2019年5月28日(火)

[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 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

9:00 ~ 9:30

[U03-01] 学術論文を中心とした学術情報流通のゲームチェンジと学会及びピアレビューの役割

★招待講演

*林 和弘[1] (1.文部科学省科学技術・学術政策研究所)

9:30 ~ 10:00

[U03-02] 学術出版の最新動向とこれからのジャーナル評価

★招待講演

*棚橋 佳子[1] (1.クラリベイト・アナリティクス)

10:00 ~ 10:30

[U03-03] 我が国における国際自然科学学術誌刊行における課題。"DNA Research"をケーススタデイとして。

★招待講演

*大石 道夫[1] (1.公益財団法人かずさDNA研究所)

[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 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

10:45 ~ 11:05

[U03-04] Review of editorial work for PEPS in 2018-2019 and new strategy for 2019–2020

★Invited Papers

*井龍 康文[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

11:05 ~ 11:25

[U03-05] "Earth, Planets and Space" An Open Access Journal: Past, Present and and Future

★Invited Papers

*小川 康雄[1]、馬場 聖至[2] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター、2.東京大学地震研究所)

11:25 ~ 11:55

[U03-06] 学術研究成果と「出版」のあり方の試論〜論文、データ、デジタル化

★招待講演

*村山 泰啓[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構 戦略的プログラムオフィス)

11:55 ~ 12:15

[U03-07] **日本の地球惑星科学共同体による国際情報発信強化**

★招待講演

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

[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 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS06] 惑星科学

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

9:00 ~ 9:15

[PPS06-25] 付着N体計算で探るダスト集合体の引張強度

*辰馬 未沙子[1,2]、片岡 章雅[2]、田中 秀和[3] (1.東京大学、2.国立天文台、3.東北大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS06-26] **塵粒子集合体のグラフ構造から理解する熱伝導率の充填率依存性**

*荒川 創太[1]、竹本 正輝[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学理学院)

9:30 ~ 9:45

[PPS06-27] 微惑星の衝突破壊: 物質強度依存性

*末次 竜[1]、田中 秀和[2]、小林 浩[3]、玄田 英典[4] (1.産業医科大学、2.東北大学、3.名古屋大学、4.東京工業大学)

9:45 ~ 10:00

[PPS06-28] 揮発性物質を含む微惑星の衝突により形成されるコンドリュールのサイズと冷却速度

*城野 信一[1] (1.名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻)

10:00 ~ 10:15

[PPS06-29] ダストから直接合体成長による惑星形成の理論的研究

*小林 浩[1]、田中 秀和[2] (1.名古屋大学理学研究科、2.東北大学)

10:15 ~ 10:30

[PPS06-30] 衝突による太陽系外起源小天体1I/'Oumuamuaの極端細長形状の形成条件

*杉浦 圭祐[1]、小林 浩[1]、犬塚 修一郎[1] (1.名古屋大学大学院理学研究科)

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

9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:西野 真木(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科)

9:30 ~ 9:45

[PCG25-01] 「アルマ太陽系天文学ビッグデータ」を用いた，タイタン大気微量分子時空間変動の観測的解明

*飯野 孝浩[1,2]、佐川 英夫[3]、塚越 崇[4] (1.東京大学、2.東京農工大学、3.京都産業大学、4.国立天文台)

9:45 ~ 10:00

[PCG25-02] Transport and energization of planetary ions in the magnetospheric flanks of Mercury

*相澤 紗絵[1]、Dominique Delcourt[2]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.LPC2E, CNRS)

10:00 ~ 10:15

[PCG25-03] Exploring the real-time prediction of Mercury's magnetosphere

*八木 学[1]、関 華奈子[2]、松本 洋介[3]、Dominique Delcourt[4]、Francois Leblanc[4] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.東京大学大学院理学系研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.フランス国立科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[PCG25-04] 水星大気の生成散逸に対する熱脱離およびイオンスパッタリングの寄与に関するモデル研究

*鈴木 雄大[1]、吉岡 和夫[1] (1.東京大学)

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

10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:中川 広務(東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野)、関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

10:45 ~ 11:00

[PCG25-05] 国際水星探査計画ベピコロンボの最新状況と科学課題

*村上 豪[1]、早川 基[1]、藤本 正樹[1]、ベピコロンボ プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

11:00 ~ 11:15

[PCG25-06] A Novel High-Moment Multifluid Model for Mercury: From the Planetary Conducting Core to the Dynamic Magnetosphere

*Chuanfei Dong[1]、Liang Wang[1]、Ammar Hakim[1]、Amitava Bhattacharjee[1]、James A Slavin[2]、Gina A DiBraccio[3]、Kai Germaschewski[4] (1.Princeton University、2.University of Michigan, Ann Arbor、3.NASA Goddard Space Flight Center、4.University of New Hampshire)

11:15 ~ 11:30

[PCG25-07] 地球型惑星における遅進流体力学的散逸のDSMC シミュレーション

寺田 香織[1]、*寺田 直樹[1]、藤原 均[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.成蹊大学理工学部)

11:30 ~ 11:45

[PCG25-08] The influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape

*Dave A Brain[1,2]、Robin Ramstad[1]、Yaxue Dong[1]、Tristan Weber[1]、Shogo Inui[2]、Kanako Seki[2]、Andrew Poppe[3]、Riku Jarvinen[4]、Jim McFadden[3]、Jasper Halekas[5]、Jared Espley[6]、David Mitchell[3]、Laila Andersson[1]、Bruce Jakosky[1] (1.University of Colorado、2.University of Tokyo、3.University of California Berkeley、4.Finnish Meteorological Institute、5.University of Iowa、6.NASA Goddard Space Flight Center)

11:45 ~ 12:00

[PCG25-09] Effects of the IMF direction on atmospheric escape under a weak intrinsic magnetic field at Mars

*堺 正太朗[1]、関 華奈子[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、坂田 遼弥[1]、田中 高史[3,4]、海老原 祐輔[5] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.情報通信研究機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5.京都大学生存圏研究所)

12:00 ~ 12:15

[PCG25-10] Simulating solar energetic electron precipitation and drift at Mars

*Rebecca Jolitz[1]、Chuanfei Dong[2]、Dave A Brain[1]、Steve Bougher[3]、Christina Lee[4]、Rob Lillis[4]、Shannon Curry[4]、Bruce Jakosky[1] (1.Univ. of Colorado Boulder、2.Princeton Univ.、3.Univ. of Michigan、4.Univ. of California Berkeley)

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

13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

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

13:45 ~ 14:00

[PCG25-11] Effects of the intrinsic magnetic field on the ion loss from ancient Mars

*坂田 遼弥[1]、関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、田中 高史[3,4] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立研究開発法人情報通信開発機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター)

14:00 ~ 14:15

[PCG25-12] Global characterization of wave perturbations in the middle atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Hannes Groller[7]、Roger Yelle[7]、Franck Montmessin[8]、Nicholas Schneider[4]、Scott England[5]、関 華奈子[6]、黒田 剛史[3]、藤原 均[2]、今村 剛[6]、寺田 香織[1]、吉田 奈央[1]、Justin Deighan[4]、Sonal Jain[4]、Bruce Jakosky[4] (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.成蹊大学、3.情報通信研究機構、4.LASP, コロラド大学、5.Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech、6.東京大学、7.アリゾナ大学、8.LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL)

14:15 ~ 14:30

[PCG25-13] Seasonal variation of the dayside N_2/CO_2 at 140 km altitude derived from MAVEN/IUVS

*吉田 奈央[1]、中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Nicholas Schnider[2]、Scott Evans[3]、Sonal Jain[2]、藤原 均[4]、今村 剛[5]、Justin Deighan[2]、Ian Stewart[2]、Michael Stevens[6]、Roger Yelle[7] (1.東北大学大学院 理学研究科、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA、3.Computational Physics, Inc., USA、4.成蹊大学 理工学部、5.東京大学大学院 新領域創成科学研究科、6.Naval Research Laboratory, Washington, USA、7.Department of Planetary Sciences, University of Arizona)

14:30 ~ 14:45

[PCG25-14] 深層学習を用いたMGS/MOC画像における火星ダストストーム領域の自動抽出

*小郷原 一智[1]、義忠 隆生[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)

14:45 ~ 15:00

[PCG25-15] アルマを用いた木星放射線帯変動メカニズムの解明に向けて

*北 元[1]、佐川 英夫[2]、飯野 孝浩[3]、垰 千尋[4]、黒田 剛史[4]、土屋 史紀[5]、三澤 浩昭[5]、笠羽 康正[5]、藤本 正樹[1] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.京都産業大学理学部、3.東京農工大学科学博物館、4.情報通信研究機構、5.東北大学)

15:00 ~ 15:15

[PCG25-16] Jupiter's radio Riddle arcs observed by LWA and Juno

*今井 一雅[1]、Higgins Charles[2]、今井 雅文[3]、Clarke Tracy[4] (1.高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2.Middle Tennessee State University、3.University of Iowa、4.Naval Research Laboratory)

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

10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[A-OS17] 黒潮大蛇行

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

10:45 ~ 11:00

[AOS17-01] The progress of the Kuroshio large meander in and after 2017

★Invited Papers

*桜井 敏之[1]、平原 幹俊[1]、福田 義和[1]、木村 未夏[1]、峯 宏太郎[1]、高橋 正臣[1]、小林 健作[1]、奥中 裕佳[1]、小林 熙[1] (1.気象庁)

11:00 ~ 11:15

[AOS17-02] 関東地方夏季気温場への日本南方黒潮流路の影響

*杉本 周作[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

11:15 ~ 11:30

[AOS17-03] 黒潮海域における大蛇行時と非大蛇行時における生化学的特性の差異

*瀬藤 聡[1]、小埜 恒夫[2]、日高 清隆[1]、清水 勇吾[1]、西本 篤志[1]、寒川 清佳[1]、日下 彰[1]、安倍 大介[1]、伊藤 大樹[1]、亀田 卓彦[1]、廣江 豊[3] (1.国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所、2.国立研究開発法人水産研究・教育機構国際水産資源研究所、3.国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区研究所)

11:30 ~ 11:45

[AOS17-04] The late arrival of 2017-18 Japanese eel recruitment and its links to ocean circulation

*Yu-Lin Eda Chang[1]、Yasumasa Miyazawa[1]、Michael Miller[2]、Katsumi Tsukamoto[2] (1.Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology、2.Department of Aquatic Bioscience, The University of Tokyo)

11:45 ~ 12:00

[AOS17-05] 大規模アンサンブル実験による黒潮流路の確率予測

*青木 邦弘[1]、宮澤 泰正[1]、日原 勉[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[AOS17-06] 2017年黒潮大蛇行の長期予測

*碓氷 典久[1]、広瀬 成章[1]、坂本 圭[1]、藤井 陽介[1]、高野 洋雄[1] (1.気象研究所)

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

13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[A-OS18] 海洋物理学一般

コンビーナ:川合 義美(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)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北出 裕二郎(東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)、座長:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学)

13:50 ~ 14:05

[AOS18-01] **Real-Time Subsurface Moorings as a Promising Component of Global Ocean Monitoring System**

*Jianing Wang[1]、Fan Wang[1] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

14:05 ~ 14:20

[AOS18-02] Seasonal Variation of the Mixed Layer Depth at 60°S and its governing dynamics

*Matheus Ferreira Azevedo[1]、Yujiro Kitade[1]、Shigeru Aoki[2] (1.Tokyo University of Marine Science and Technology、2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University)

14:20 ~ 14:40

[AOS18-03] **21st-Century Flood Hazards along the U.S. Atlantic Coast: Impacts of Sea Level Rise and Tropical Cyclone Climatology Change**

★Invited Papers

*Reza Marsooli[1]、Ning Lin[2]、Kerry Emanuel[3] (1.Stevens Institute of Technology、2.Princeton University、3.Massachusetts Institute of Technology)

14:40 ~ 15:00

[AOS18-04] **The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model**

★Invited Papers

*北 祐樹[1]、早稲田 卓爾[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

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

9:00 ~ 10:30 | 106 1F

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

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

9:00 ~ 9:15

[AOS20-01] 全球海洋観測システムのこれまでとこれから

★招待講演

*須賀 利雄[1,2] (1.東北大学　大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[AOS20-02] Observed long-term change and variability in the global upper-ocean stratification

*山口 凌平[1]、須賀 利雄[1,2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:30 ~ 9:45

[AOS20-03] 全球観測網から推定する海盆規模塩分・溶存酸素変動

★招待講演

*纐纈 慎也[1] (1.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[AOS20-04] 過去40年間にわたる亜熱帯モード水の物理・生物地球化学的10年規模変動

*笹野 大輔[1]、岡 英太郎[2]、山田 広大[2]、延与 和敬[1]、中野 俊也[1]、石井 雅男[3] (1.気象庁、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[AOS20-05] 海洋データ同化システムを用いた全球海洋観測システムのインパクト評価

*藤井 陽介[1] (1.気象庁気象研究所)

10:15 ~ 10:30

[AOS20-06] Global ocean state estimation with new float observations

*増田 周平[1]、長船 哲史[1]、邉見　忠[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

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

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

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

9:00 ~ 9:15

[ACC26-01] 気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動

★招待講演

*大島 長[1]、田中 泰宙[1]、神代 剛[1]、出牛 真[1]、相澤 拓郎[1]、保坂 征宏[1]、川合 秀明[1]、行本 誠史[1]、飯塚 芳徳[2]、東 久美子[3]、青木 輝夫[4] (1.気象研究所、2.北海道大学低温科学研究所、3.国立極地研究所、4.岡山大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC26-02] Particles in ice layers of SIGMA-A ice core, northwestern Greenland

*川上 薫[1,2]、飯塚 芳徳[2]、的場 澄人[2]、青木 輝夫[3]、杉山 慎[2]、安藤 卓人[4] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.岡山大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学北極域研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACC26-03] フィルンコア試料を用いたグリーンランド南東部高涵養域における過去60年間の気候変動に伴った雪質変化の評価

*安藤 卓人[1]、飯塚 芳徳[2,3]、柴田 麻衣[2,3]、的場 澄人[2,3]、杉山 慎[2,3]、安達 聖[4]、山口 悟[4]、藤田 耕史[5]、堀 彰[6]、青木 輝夫[7]、藤田 秀二[8] (1.北海道大学 北極域研究センター、2.北海道大学 低温科学研究所、3.北海道大学大学院 地球環境科学院、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学環境学研究科、6.北見工業大学社会環境工学科、7. 岡山大学自然科学研究科、8.国立極地研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACC26-04] グリーンランドにおける人為起源及び自然起源のブラックカーボンの濃度、粒径分布、季節変動の経年変化

*東 久美子[1,2]、塚川 佳美[1]、近藤 豊[1]、Dallmayr Remi[1,10]、平林 幹啓[1]、尾形 純[1]、北村 享太郎[1]、川村 賢二[1,2]、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、青木 輝夫[4]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[5]、森 樹大[6]、小池 真[5]、小室 悠紀[7]、對馬 あかね[8,9]、永塚 尚子[1]、繁山 航[1,2]、藤田 耕史[9] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学、4.岡山大学、5.東京大学、6.東京理科大学、7.山形大学、8.総合地球環境学研究所、9.名古屋大学、10.アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC26-05] 中央アジアパミール山域で掘削された浅層アイスコアのダストの鉱物構成の分析

*竹内 俊介[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[2]、Vladimir Aizen[4] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.アイダホ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC26-06] Estimation of snow surface patterns from the coast to the inland, Dome-Fuji Station, of Antarctica, using camera images

*杉浦 幸之助[1]、渡辺 健吾[1]、平沢 尚彦[2]、川村 賢二[2]、中澤 文男[2]、大野 浩[3]、藤田 秀二[2]、大藪 幾美[2]、山内 恭[2]、本山 秀明[2] (1.富山大学、2.国立極地研究所、3.北見工業大学)

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

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

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

10:45 ~ 11:00

[ACC26-07] 南極氷床コアに眠る古代菌類の分離

★招待講演

*辻 雅晴[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所)

11:00 ~ 11:15

[ACC26-08] **極域アイスコアに眠る古代菌類の研究とその将来展望**

*中澤 文男[1,2]、辻 雅晴[1]、伊村 智[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

11:15 ~ 11:30

[ACC26-09] 不揮発性微粒子の昇華抽出と個別解析によるドームCおよびドームふじ氷床コア中のダストと海塩の沈着量・起源・変質過程の推定

*大藪 幾美[1,2]、飯塚 芳徳[3]、川村 賢二[1,4,5]、Wolff Eric[6]、Severi Mirko[7]、Hansson Margareta[8] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.北海道大学低温科学研究所、4.総合研究大学院大学、5.海洋研究開発機構、6.Department of Earth Sciences, University of Cambridge、7.Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence、8.Department of Physical Geography, Stockholm University)

11:30 ~ 11:45

[ACC26-10] 浅層コアの掘削と解析による過去数千年間のドームふじ周辺における表面質量収支の地域特性

*川村 賢二[1]、大藪 幾美[1]、中澤 文男[1,2]、藤田 秀二[1,2]、山田 恭平[1]、栗田 直幸[4]、津滝 俊[5]、大野 浩[6]、杉浦 幸之助[7]、東久美子[1,2]、本山 秀明[1,2]、阿部 彩子[5,3] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.名古屋大学、5.東京大学、6.北見工業大学、7.富山大学)

11:45 ~ 12:00

[ACC26-11] 完新世初期の軌道要素に対する全球非静力学大気モデルの感度実験

*千喜良 稔[1]、阿部 彩子[1]、佐藤 正樹[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACC26-12] **Roles of sea ice–surface wind feedback in maintaining contrasting modes of glacial Atlantic meridional overturning circulation and climate**

*シェリフ多田野 サム[1]、阿部 彩子[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

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

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

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

13:45 ~ 14:00

[ACC26-13] ダンスガードオシュガー振動と急激な気候変化のメカニズム

*阿部 彩子[1,2,3]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]、小長谷 貴志[1]、吉森 正和[1]、岡 顕[1]、川村 賢二[3]、大垣内 るみ[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.JAMSTEC、3.国立極地研究所)

14:00 ~ 14:15

[ACC26-14] 珪藻活動を導入したモデルによる氷期サイクルの振幅、周期変化の再現

*赤木 右[1]、長谷川 貴大[2] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学理学府)

14:15 ~ 14:30

[ACC26-15] Development of an Ice Sheet Model coupled General Circulation Model and application of Energy Balance Model on the estimation of Ice Sheet mass balance

*大石 龍太[1]、阿部 彩子[2,1]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋開発研究機構)

14:30 ~ 14:45

[ACC26-16] 次期南極深層コア掘削候補地選定のための氷床モデル計算

★招待講演

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、齋藤 冬樹[2]、津滝 俊[1]、藤田 秀二[3]、松岡 健一[4]、川村 賢二[3,5,2]、Greve Ralf[6] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.国立極地研究所、4.ノルウェー極地研究所、5.総合研究大学院大学、6.北海道大学低温科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[ACC26-17] International studies of ice sheet and bedrock at Dome Fuji, East Antarctica

*藤田 秀二[1,2]、川村 賢二[1,2,10]、Gogineni Prasad[3]、阿部 彩子[4]、Braaten David[5]、Gallet Jean-Charles[6]、Isaksson Elisabeth[6]、van Liefferinge Brice[6]、松岡 健一[6]、O'Neill Charles[3]、Paden John[5]、Rodriguez-Morales Fernando[5]、Taylor Ryan[3]、津滝 俊[4]、Yan Jie-Bang[3]、東 久美子[1,2]、Greve Ralf[7]、Hudson Stephen[6]、Kohler Jack[6]、Kolpuke Shriniwas[3]、Linfeng Li[3]、Moholdt Geir[6]、本山 秀明[1,2]、中澤 文男[1]、小長谷 貴志[4]、大野 浩[8]、大藪 幾美[9,1]、齋藤 冬樹[10]、杉浦 幸之助[11] (1.大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学（SOKENDAI） 極域科学専攻、3.アラバマ大学、4.東京大学 大気海洋研究所、5.カンザス大学 氷床リモートセンシングセンター、6.ノルウェー極地研究所 ノルウェー、7.北海道大学低温科学研究所、8.北見工業大学、9.日本学術振興会、10.海洋科学研究機構 (JAMSTEC)、11.富山大学)

15:00 ~ 15:15

[ACC26-18] 室内実験から探る氷期氷の速い変形の原因

*猿谷 友孝[1]、高田 守昌[1]、本間 智之[1]、東 信彦[1]、東 久美子[2,3] (1.長岡技術科学大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

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

13:45 ~ 15:15 | 202 2F

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)、座長:森 也寸志(岡山大学)

13:50 ~ 14:05

[AGE30-01] ニューラルネットワークを用いた土壌表層の有機炭素量の予測

開田 行美[1]、*森 也寸志[1]、珠玖 隆行[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:05 ~ 14:25

[AGE30-02] 水田からのメタン排出とその気候変動応答

★招待講演

*常田 岳志[1] (1.国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター)

14:25 ~ 14:40

[AGE30-03] 玄米外観品質の低下と土壌中の可溶性養分の関係

*松本 真悟[1]、春日 純子[1] (1.島根大学生物資源科学部)

14:40 ~ 14:55

[AGE30-04] 畑地における溝切りと作物残渣の挿入が雨水の浸入と土壌侵食に及ぼす影響

*大澤 和敏[1]、森 也寸志[2]、干川 明 (1.宇都宮大学、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:55 ~ 15:15

[AGE30-05] GPS信号を使った広範囲土壌水分量の測定

★招待講演

*登尾 浩助[1]、長沼 菜摘[1] (1.明治大学)

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

15:30 ~ 17:00 | 202 2F

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

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

15:30 ~ 16:00

[AGE31-01] Life search on Mars by Life Detection Microscope (LDM)

★Invited Papers

*吉村 義隆[1] (1.玉川大学農学部)

16:00 ~ 16:15

[AGE31-02] 減圧蒸発過程における砂中の水分移動

*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:15 ~ 16:30

[AGE31-03] ガラスビーズ多孔質体中の水分挙動と重力の関係

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

16:30 ~ 16:45

[AGE31-04] 低重力下における粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響

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

16:45 ~ 17:00

[AGE31-05] 重力の異なる惑星下における浸透現象

*森 也寸志[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

[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

9:00 ~ 10:30 | 104 1F

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

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

9:00 ~ 9:15

[ACG38-01] ENSOに伴う気候システム変動の諸相

★招待講演

*前田 修平[1] (1.気象庁気候情報課)

9:15 ~ 9:30

[ACG38-02] 熱帯太平洋変動が北極気候に及ぼす影響とその季節性

*瀧川 翼[1]、小坂 優[1]、田口 文明[1]、Svendsen Lea[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.ベルゲン大学ビヤークネス気候研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACG38-03] CMIP5における亜表層非線形力学加熱とENSO非対称性：人為的熱帯温暖化の不確実性に対する示唆

★招待講演

*林 未知也[1]、Fe-Fei Jin[1] (1.ハワイ大学マノア校大気科学科)

9:45 ~ 10:00

[ACG38-04] **Uncertainty in the projections of ENSO amplitude change under global warming: Role of the response of atmospheric circulation to SST anomalies**

*Jun Ying[1] (1.Second institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources)

10:00 ~ 10:15

[ACG38-05] 大気変動がインド洋ダイポールモード現象に及ぼす影響

*馬場 雄也[1] (1.海洋研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG38-06] Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

*木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、Weiqing Han[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.コロラド大学ボールダー校)

[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 | 104 1F

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

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

10:45 ~ 11:00

[ACG38-07] 将来の赤道湧昇変化のメカニズム：CMIP5モデル横断解析

★招待講演

*見延 庄士郎[1,2]、寺田 美緒[2]、Deutsch Deutsch[3] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学分野、2.北海道大学大学院理学院、3.ワシントン大学海洋研究科)

11:00 ~ 11:15

[ACG38-08] 温暖化が進行する中での十年規模気候変動のインド洋-太平洋海盆間相互作用

*宮地 友麻[1]、谷本 陽一[2] (1.北海道大学大学院 環境科学院、2.北海道大学大学院 地球環境科学研究院)

11:15 ~ 11:30

[ACG38-09] Air-sea flux observation by unmanned autonomous sea surface vehicle in the Tropics - Application of the Wave Glider -

★Invited Papers

*植木 巌[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[ACG38-10] **淡水フラックスと海洋表層成層との同時観測：YMCにおける観測事例**

*勝俣 昌己[1]、耿 驃[1]、横井 覚[1]、森 修一[1]、植木 巌[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[ACG38-11] **Driving Mechanism of Inter-Annual Precipitation Variability during Monsoon Season over the Northern Part of Sumatra Island, Indonesia**

*Yahya Darmawan[1,2,3]、Huang-Hsiung Hsu[2] (1.Taiwan International Graduation Program, Academia Sinica、2.Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica、3.Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG))

12:00 ~ 12:15

[ACG38-12] 海大陸における日変化降水の総観規模擾乱への影響とMJOとの関係

*清木 亜矢子[1]、横井 覚[1]、勝俣 昌己[1]、米山 邦夫[1] (1.海洋研究開発機構)

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

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

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

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

9:00 ~ 9:15

[ACG39-01] 温度上昇と水分変動増大が火山灰土壌のCO_2放出におよぼす複合的影響の培養実験による検証

*永野 博彦[1]、安藤 麻里子[1]、小嵐 淳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[ACG39-02] 熱帯泥炭地のオイルパームプランテーションの廃液処理ため池における温暖化ガス発生量の現地観測

*高橋 善幸[1]、小野寺 崇[2]、平田 竜一[1]、仁科 一哉[2]、Joseph Waili[3]、Kevin Musin[3]、Edward Aeries[3]、Frankie Kiew[3]、Guan Wong[3]、Zufaqar Sa'adi[3]、Lulie Melling[3] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.国立環境研究所地域環境研究センター、3.サラワク州熱帯泥炭研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACG39-03] 東南アジア熱帯地域の土壌利用変化に対する土壌呼吸の長期変動

*冨松 元[1]、LIANG NAISHEN[1]、TERAMOTO MUNEMASA[1]、ZENG JIYE[1]、XIN ZHAO[1] (1.国立環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG39-04] 個体ベースの解析による常緑針葉樹林のLAIの年変動と過去の気象の残存効果

*隅田 明洋[1]、渡辺 力[1]、宮浦 富保[2] (1.北海道大学　低温科学研究所、2.龍谷大学　理工学部)

10:00 ~ 10:15

[ACG39-05] 熱帯泥炭地のオイルパーム農園における二酸化炭素収支

*平野 高司[1]、Frankie Kiew[2]、平田 竜一[3]、Guan Xhuan Wong[2]、Edward Baran Aries[2]、Kevin Kemudang[2]、Joseph Wenceslaus[2]、Lo Kim San[2]、Lulie Melling[2] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.サラワク州熱帯泥炭研究所、3.国立環境研究所地球環境研究センター)

10:15 ~ 10:30

[ACG39-06] The effect of heat wave in the summer of 2018 on carbon and water fluxes in an open black spruce forest in an interior Alaska

*小林 秀樹[1]、Robert Busey[2]、Yongwon Kim[2]、Sigrid Dengel[3]、Stephen Chan[3] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、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.ローレンスバークレー国立研究所)

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

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

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

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

10:45 ~ 11:00

[ACG39-07] ひまわり8号による広域植生モニタリングの実現性評価

*林 航大[1]、市井 和仁[1]、吉岡 博貴[2]、村上 和隆[3]、井手 玲子[3]、奈佐原 顕郎[4]、秋津 朋子[4]、三浦 知昭[5] (1.千葉大学、2.愛知県立大学、3.国立環境研究所、4.筑波大学、5.ハワイ大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG39-08] 火災による全球二酸化炭素排出量の推定

*白石 知弘[1]、平田 竜一[1] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所)

11:15 ~ 11:30

[ACG39-09] Interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest: a simulation study

*佐藤 永[1] (1.海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター)

11:30 ~ 11:45

[ACG39-10] Data assimilation experiments with MODIS LAI observation and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM in Japan

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所 計算科学研究センター)

11:45 ~ 12:15

[ACG39-11] ディープラーニングで見分ける生態系の動態

★招待講演

*伊勢 武史[1]、大西 信徳[2] (1.京都大学フィールド科学教育研究センター、2.京都大学農学研究科)

[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

9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系一１．水循環と陸海相互作用

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

9:05 ~ 9:20

[ACG40-01] 駿河湾における富士山からの海底湧出地下水（VI）

*村中 康秀[1]、神谷 貴文[1]、伏見 典晃[1]、岡 智也[1]、小野 昌彦[2]、丸井 敦尚[2] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.産業技術総合研究所)

9:20 ~ 9:35

[ACG40-02] 小浜湾海底下の淡水性地下水の分布と周辺陸域地形との関係

*山田 誠[1]、杉本 亮[2]、中島 壽視[3] (1.龍谷大学経済学部、2.福井県立大学海洋資源生物学部、3.福井県立大学)

9:35 ~ 9:50

[ACG40-03] 気仙沼舞根湾における再循環性地下水が植物プランクトン動態に及ぼす影響

*中島 壽視[1]、楠 隆大[1]、高尾 祥丈[1]、杉本 亮[1] (1.福井県立大学)

9:50 ~ 10:05

[ACG40-04] Estimation of contribution rate of Submarine Groundwater Discharge to *Ulva pertusa* using nitrogen stable isotope ratio analysis

*石田 健大[1]、竹内 優[1]、中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、小林 志保[2]、木庭 啓介[3]、福島 慶太郎[3]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.京都大学、3.京都大学生態学研究センター)

10:05 ~ 10:20

[ACG40-05] 固着性二枚貝イワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価

*富永 修[1]、竹内 優[1]、杉本 亮[1]、石田 健大[1]、平井 タケル[1]、中島 壽視[1]、小路 淳[2]、本田 尚美[4]、谷口 真人[3] (1.福井県立大学、2.東京大学大気海洋研究所、3.総合地球環境学研究所、4.福井県庁)

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

10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

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

10:45 ~ 11:00

[ACG40-06] 化学成分と同位体比からみる気候変化に伴う30年間の富山5大河川および海底湧水の栄養塩供給量の変化

*片境 紗希[1]、張 勁[2]、野嶋 航太[3] (1.富山大学理工学教育部、2.富山大学理工学研究部、3.富山大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG40-07] マングローブの分布形態に対する人為影響評価: フィジーRewaデルタとBaデルタの比較研究

*藤井 賢彦[1]、Sassen Jone[2] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院)

11:15 ~ 11:30

[ACG40-08] マングローブ二次林堆積物における有機炭素の残留と集積に対する地形的要因の効果

*宮島 利宏[1]、諏訪 錬平[2]、Bejasa Keith Limuel[3]、Rollon Rene[3]、San Diego-McGlone Maria Lourdes[3]、Jaraula Caroline[3]、Siringan Fernando[3]、小野 賢二[4]、Primavera Tirol Yasmin[5]、宮入 陽介[1]、横山 祐典[1] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター、3.フィリピン大学 海洋科学研究所、4.国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所、5.国立アクラン大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG40-09] ブルーエコノミーの推進および沿岸地域社会のレジリエンス強化に資するブルーカーボン生態系からの多様な便益

*渡邉 敦[1] (1.笹川平和財団　海洋政策研究所)

11:45 ~ 12:05

[ACG40-10] 陸と海における鉱物に囲まれた大量の有機炭素の謎と鉄の役割

★招待講演

*和穎 朗太[1] (1.農研機構 農業環境変動研究センター)

[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

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

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

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

15:30 ~ 15:45

[ACG41-01] ドロップゾンデを用いた台風の中心気圧の直接観測

*坪木 和久[1]、山田 広幸[2]、高橋 幸弘[3]、篠田 太郎[1]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、久保田 尚之[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、加藤 雅也[1]、金田 幸恵[1]、吉岡 真由美[1]、高橋 暢宏[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.琉球大学理学部、3.北海道大学大学院理学研究院 、4.防災科学技術研究所、5.気象研究所、6.明星電気株式会社)

15:45 ~ 16:00

[ACG41-02] New observation strategies for typhoon intensity over the western North Pacific

*山田 広幸[1]、坪木 和久[2]、篠田 太郎[2]、久保田 尚之[3]、高橋 幸弘[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、大東 忠保[5]、伊藤 耕介[1]、山口 宗彦[6]、中澤 哲夫[6] (1.琉球大学、2.名古屋大学、3.北海道大学、4.明星電気、5.防災科学技術研究所、6.気象庁気象研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG41-03] T-PARCIIのドロップゾンデ観測と気象庁全球予測システムを用いた台風Trami(2018)を対象とする観測システム実験

*山口 宗彦[1]、石橋 俊之[1]、中澤 哲夫[1]、伊藤 耕介[2]、山田 広幸[2]、大東 忠保[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、久保田 尚之[5]、高橋 幸弘[5]、加藤 雅也[6]、金田 幸恵[6]、吉岡 真由美[6]、篠田 太郎[6]、高橋 暢宏[6]、坪木 和久[6] (1.気象庁気象研究所、2.琉球大学理学部、3.防災科学技術研究所、4.明星電気株式会社、5.北海道大学大学院理学院、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

16:15 ~ 16:30

[ACG41-04] 航空機観測から解明された対流圏中の黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの基本的動態

*茂木 信宏[1]、小池 真[1]、大畑 祥[2]、近藤 豊[3]、竹川 暢之[5]、足立 光司[4]、大島 長[4]、松井 仁志[2]、北 和之[6]、森 樹大[7]、吉田 淳[1] (1.東京大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.気象庁気象研究所、5.首都大学東京、6.茨城大学、7.東京理科大学)

16:30 ~ 16:45

[ACG41-05] ロガロ翼UAVを用いた東南極辺縁におけるエアロゾル観測

*原口 諒平[1]、林 政彦[1]、原 圭一郎[1]、平沢 尚彦[2]、中田 浩毅[3]、尾塚 馨一[4,1] (1.福岡大学、2.極地研究所、3.kktイノベート、4.日本タングステン)

16:45 ~ 17:00

[ACG41-06] 小型無人航空機を用いたin-situ情報による測風　－風力三角形測風とホドグラフ測風－

*林 政彦[1]、小野原 智之[1]、原口 諒平[1,3]、尾塚 馨一[2,4]、岡部 和夫[3] (1.福岡大学理学部、2.日本タングステン、3.スカイリモート、4.福岡大学　FIT-EH)

[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 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

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

13:50 ~ 14:10

[ACG44-01] 熱帯沿岸海域への溶存鉄供給システムとしてのマングローブ生態系評価

★招待講演

*中西 康博[1]、檜谷 昂[1] (1.東京農業大学)

14:10 ~ 14:25

[ACG44-02] Dissolved organic carbon and optical properties in tropical and subtropical mangrove environments

*Raghab Ray[1]、Toshihiro Miyajima[1]、Charissa M Ferrera[2]、Chia-Jung Lu[1]、M.L San Diego-McGlone[2]、Hiroshi Ogawa[1]、Kazuo Nadaoka[3] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.Marine Science Institute, University of the Philippines, Diliman、3.School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology)

14:25 ~ 14:45

[ACG44-03] サンゴのポリプスケールにおける白化現象のモデル化とリーフスケールへの拡張

★招待講演

*中村 隆志[1]、樋口 富彦[2]、宮島 利宏[2]、Bernardo Lawrence Patrick C.[1]、灘岡 和夫[1]、渡邉 敦[1,3]、藤村 弘行[4] (1.東京工業大学　環境・社会理工学院、2.東京大学　大気海洋研究所、3.笹川平和財団　海洋政策研究所、4.琉球大学)

14:45 ~ 15:00

[ACG44-04] 表層海洋の酸性化の改善と石灰化の回復能：プロトン濃度制御の生態

*市川 和彦[1] (1.（前）地球環境科学院、北海道大学)

15:00 ~ 15:15

[ACG44-05] Revisit of massive *Porites* coral growth under the outbreak of crown-of-thorns starfish and thermal stress in Sekisei Lagoon, Japan

*岨 康輝[1] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

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

15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

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

15:30 ~ 15:45

[ACG44-06] Reconstructing sedimentation process of lagoon sediment in the Eastern Kume Island, Ryukyus

*佐野 亘[1]、平林 頌子[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3]、藤田 和彦[4]、菅 浩伸[2]、Lauren Toth[5]、Richard Aronson[6] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院、3.東京大学大気海洋研究所、4.琉球大学理学部物質地球科学科、5.アメリカ地質調査所、6.フロリダ工科大学)

15:45 ~ 16:00

[ACG44-07] サンゴ礁長期モニタリングにおける挑戦：新しいサンプリング手法の効果に対する統計的アプローチ

*藤井 巌[1,2]、セルグラス ジェニファー[3,2]、ビンセント アマンダ[2] (1.公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所、2.ブリティッシュコロンビア大学海洋水産研究院プロジェクト・シーホース、3.スタンフォード大学ホプキンス臨海実験所)

16:00 ~ 16:20

[ACG44-08] Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming

★Invited Papers

*熊谷 直喜[1]、Jorge García Molinos[2]、山野 博哉[1]、髙尾 信太郎[1]、藤井 賢彦[2]、山中 康裕[2] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

16:20 ~ 16:35

[ACG44-09] 衛星水温分布を用いた西部瀬戸内海における藻場植生境界水温の推定

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、島袋 寛盛[2]、吉田 吾郎[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.水産研究・教育機構)

16:35 ~ 16:55

[ACG44-10] 海藻の有機物の行方と藻場内外の生態系に対する影響

★招待講演

*和田 茂樹[1]、大森 裕子[1]、濱 健夫[1,2] (1.筑波大学、2.獨協大学)

[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 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

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

9:00 ~ 9:15

[ACG45-01] 「しきさい」の250m解像度・多波長を活用した沿岸域での新たな情報抽出に向けて

★招待講演

*村上 浩[1]、清水 学[2]、鬼塚 剛[3] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.水産研究・教育機構、3.水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所)

9:15 ~ 9:30

[ACG45-02] GCOM-C/SGLI標準大気補正手法のアルゴリズムと処理結果

*虎谷 充浩[1]、緒方 一紀[2]、福島 甫[3] (1.東海大学工学部、2.宇宙航空研究開発機構/地球観測研究センター、3.東海大学)

9:30 ~ 9:45

[ACG45-03] Verification of GCOM-C/SGLI-derived chlorophyll *a* data in the western North Pacific during May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*

*鈴木 光次[1]、Stanford Hooker[2]、伊佐田 智規[1]、緒方 一紀[3]、虎谷 充浩[4]、村上 浩[3] (1.北海道大学、2.アメリカ航空宇宙局、3.宇宙航空研究開発機構、4.東海大学)

9:45 ~ 10:00

[ACG45-04] **Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network**

*Salem Ibrahim Salem[1]、Hiroto Higa[2]、Kazuo Oki[1]、Taikan Oki[1] (1.The University of Tokyo、2.Yokohama National University)

10:00 ~ 10:15

[ACG45-05] 東京湾におけるGCOM-C/SGLIを利用した大気-水中結合アルゴリズムの開発

*中山 大雅[1]、比嘉 紘士[1]、緒方 一紀[2] (1.横浜国立大学、2.宇宙航空研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG45-06] 沿岸域、湖沼における放射伝達シミュレーションによる後方散乱係数の不確実性に関する解析

*瀧 英人[1]、比嘉 紘士[1]、中村 由行[1]、鈴木 崇之[1] (1.横浜国立大学大学院　都市イノベーション学府)

[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 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

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

10:45 ~ 11:00

[ACG45-07] 静止海色衛星による硫黄の光学特性に基づいた青潮推定手法の開発

*比嘉 紘士[1]、中村 航[1] (1.横浜国立大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG45-08] GCOM-C SGLIデータによる西日本豪雨直後の瀬戸内海の水質・赤潮分布特性

*作野 裕司[1]、比嘉 紘士[2]、小林 拓[3]、虎谷 充浩[4] (1.広島大学、2.横浜国立大学、3.山梨大学、4.東海大学)

11:15 ~ 11:30

[ACG45-09] Application of Satellite Remote Sensing to Monitor Eutrophication Status of Inland Lakes

*楊 偉[1]、松下 文経[2] (1.千葉大学、2.筑波大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG45-10] **Exploring the Potentials of Google Earth Engine for Global Assessment of Coastal Eutrophication Based on Chlorophyll-*a* concentration**

*Eligio de Raus Maure[1]、Genki Terauchi[1]、Joji Ishizaka[2] (1.Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

11:45 ~ 12:00

[ACG45-11] Seasonal and interannual variability of seagrass distribution detected by Landsat TM, ETM+ and OLI images in western Nanao Bay

*寺内 元基[1] (1.公益財団法人環日本海環境協力センター)

[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

15:30 ~ 17:00 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:三反畑 修、久保田 達矢

15:30 ~ 15:45

[HDS13-01] 2018年スラウェシ島地震津波における浸水計算における波源の影響

★招待講演

*有川 太郎[1]、ムハリ アブドル[3]、武田 翔汰[1]、スパシリ アナワット[2]、今村 文彦[2] (1.中央大学、2.東北大学災害科学国際研究所、3. 海洋漁業省、インドネシア)

15:45 ~ 16:00

[HDS13-02] Tsunami Source of the 2018 Sulawesi Earthquake Estimated from Tsunami and InSAR Data

*Tungcheng Ho[1]、Kenji Satake[1]、Shingo Watada[1]、Ray Y Chuang[2]、Chih-Heng Lu[2] (1.Earthquake Research Institute,The University of Tokyo、2.Department of Geography, National Taiwan University)

16:00 ~ 16:15

[HDS13-03] **Source Models of the Two September and December 2018 Indonesia Tsunamis Based on Spectral Analyses and Numerical Modeling**

*Mohammad Heidarzadeh[1]、Abdul Muhari[2]、Tomoya HARADA[3]、Takeo Ishibe[4]、Antonius Wijanarto[5] (1.Brunel University London、2.Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Jakarta 10110, Indonesia、3.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Japan、4.Association for the Development of Earthquake Prediction, Tokyo, 101-0064, Japan、5.Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Indonesia)

16:15 ~ 16:30

[HDS13-04] ニュージーランド・ケルマディック諸島近海における火山性津波地震による隆起現象

*三反畑 修[1]、綿田 辰吾[1]、佐竹 健治[1] (1.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[HDS13-05] **Adaptive tsunami waveform inversion for estimating coseismic vertical displacements and slip distribution**

*Iyan E. Mulia[1]、Aditya Riadi Gusman[2]、M. Jakir Hossen[3]、Kenji Satake[1] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.GNS Science、3.BRAC University)

16:45 ~ 17:00

[HDS13-06] グリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測

*津野 靖士[1]、橋本 紀彦[2] (1.公益財団法人鉄道総合技術研究所、2.伊藤忠テクノソリューションズ)

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

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

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

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

15:30 ~ 15:55

[HRE17-01] 地中熱利用での地球科学データの活用　ーとくに有効熱伝導率についてー

★招待講演

*笹田 政克[1] (1.地中熱利用促進協会)

15:55 ~ 16:10

[HRE17-02] 西大阪地域の地下水の利用と取り組みについて

*北田 奈緒子[1]、伊藤 浩子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]、西垣 誠[2] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所、2.岡山大学)

16:10 ~ 16:25

[HRE17-03] モニタリングデータを用いた風力発電出力ランプ予測の改良

*門倉 真二[1]、野原 大輔[1]、大庭 雅道[1]、橋本 篤[1]、中尾 圭佑[1]、服部 康男[1]、渡邊 武志[1]、平口 博丸[1] (1.電力中央研究所)

16:25 ~ 16:40

[HRE17-04] **気象データ利用のエネルギー マネージメントへの検討**

*大竹 秀明[1]、大関 崇[1]、井村 順一[2] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター、2.東京工業大学大学院　情報理工学研究科)

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

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

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

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

9:00 ~ 9:15

[HTT22-01] 高周波反射法地震探査による土石流被災砂防ダム堤体内構造のイメージング

*稲崎 富士[1]、木佐貫 寛[2]、小河原 敬徳[1]、清水 武志[1]、藤村 直樹[1] (1.土木研究所 つくば中央研究所 、2.土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）))

9:15 ~ 9:30

[HTT22-02] 3次元常時微動トモグラフィの開発とその適用事例

*小西 千里[1]、林 宏一[1] (1.応用地質株式会社)

9:30 ~ 9:45

[HTT22-03] 接地抵抗による不被圧地下水の水位変化推定の試み(I) ー理論の概要ー

*領木 邦浩[1] (1.職業能力開発総合大学校 能力開発院能力開発基礎系技術基礎ユニット)

9:45 ~ 10:00

[HTT22-04] 地中レーダによる海底探査の実験的・理論的検討

*園田 潤[1]、木本 智幸[2] (1.独立行政法人国立高等専門学校機構・仙台高等専門学校・総合工学科、2.独立行政法人国立高等専門学校機構・大分工業高等専門学校・電気電子工学科)

10:00 ~ 10:15

[HTT22-05] 指向性ボアホールレーダによる水平孔での岩盤内3次元割れ目分布調査

*升元 一彦[1]、松下 智昭[2]、白鷺 卓[1]、植木 隆[3]、唐澤 信輔[3]、牧野 大樹[3]、和田 一成[4] (1.鹿島建設株式会社 技術研究所、2.鹿島建設株式会社 中部支店、3.松永ジオサーベイ株式会社、4.三井金属資源開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[HTT22-06] 2 GHz ホーンアンテナを用いた劣化コンクリート橋梁床版の自動検出

*青池 邦夫[1]、田中 正吾[2]、高瀬 尚人[1]、松山 明男[1]、山内 政也[1]、宇野 嘉伯[1] (1.応用地質株式会社、2.山口大学名誉教授)

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

13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

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

13:45 ~ 14:00

[SGD01-01] 石岡測地観測局における重力値の季節変動

*冨山 顕[1]、兒玉 篤郎[1]、大森 秀一[1]、平岡 喜文[1]、矢萩 智裕[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:00 ~ 14:15

[SGD01-02] 富士山科学研究所重力点の設置と「フェーズフリー」重力観測

*本多 亮[1]、今西 祐一[2]、名和 一成[3]、田中 俊行[4]、兒玉 篤郎[5]、冨山 顕[5] (1.山梨県富士山科学研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.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、5.国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[SGD01-03] 東南極ドロンニングモードランドの露岩域における絶対重力およびGNSS測定

*風間 卓仁[1]、青山 雄一[2]、福田 洋一[1]、土井 浩一郎[2] (1.京都大学理学研究科、2.国立極地研究所)

14:30 ~ 14:45

[SGD01-04] Capability of ICA Method for separating GIA and Ice Mass Signals in Antarctica

*SHI TIANYAN[1]、福田 洋一[1] (1.京都大学理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[SGD01-05] Preliminary result of continuous observation with an iGrav superconducting gravimeter at the Teshikaga observatory, eastern Hokkaido, Japan

*名和 一成[1]、高橋 浩晃[2]、大園 真子[2]、岡田 和見[2]、山口 照寛[2]、岡 大輔[3]、岡崎 紀俊[3]、本多 亮[4]、池田 博[5] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.北海道大学、3.北海道立総合研究機構地質研究所、4.山梨県富士山科学研究所、5.筑波大学)

15:00 ~ 15:15

[SGD01-06] On the anomalous temporal gravity change between VERA and F-net stations at Ishigakijima, Japan

*名和 一成[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]、木村 武志[5] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立天文台、4.筑波大学、5.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-GD 測地学

15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)、座長:名和 一成、本多 亮(山梨県富士山科学研究所)

15:30 ~ 15:45

[SGD01-07] 絶対重力の長期変動から読み解く桜島の火山活動（2009年～2018年）

*大久保 修平[1]、山本 圭吾[2]、井口 正人[2]、田中 愛幸[3]、今西 祐一[1]、西山 竜一[1]、安藤 美和子[1]、渡邉 篤志[1] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.東京大学大学院理学系研究科)

15:45 ~ 16:00

[SGD01-08] Detection of Earthquake-induced Prompt Gravity Signals in Multi-channel Data

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]、綿田 辰吾[1]、大谷 真紀子[2]、新谷 昌人[1]、今西 祐一[1]、安東 正樹[3]、功刀 卓[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、4.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SGD01-09] 局地客観解析を用いた大気引力効果の評価

*田中 俊行[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)

16:15 ~ 16:30

[SGD01-10] 精密重力ジオイド構築に向けた航空重力測量の取組み

*兒玉 篤郎[1]、冨山 顕[1]、大森 秀一[1]、吉樂 絵里香[1]、矢萩 智裕[1]、平岡 喜文[1]、河和 宏[1] (1.国土交通省国土地理院)

16:30 ~ 16:45

[SGD01-11] 航空重力データを用いた重力ジオイド・モデリング：米国コロラド州を例に

*松尾 功二[1]、Rene Forsberg[2] (1.国土地理院、2.デンマーク工科大学)

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

9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

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

9:00 ~ 9:15

[SGD02-01] 地殻変動補正と精密重力ジオイドが導く高精度３次元測位社会の未来

*矢萩 智裕[1]、小門 研亮[1]、吉田 賢司[1]、豊福 隆史[1]、岩田 昭雄[1]、宮原 伐折羅[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:15 ~ 9:30

[SGD02-02] 衛星による地表面変位観測データの地下水流動・地盤沈下モデル逆解析への活用に関する予察的検討

*愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SGD02-03] 干渉SARによる全国の地盤変動監視と2.5次元解析の活用

*酒井 和紀[1]、林 京之介[1]、桑原 將旗[1]、山下 達也[1]、本田 昌樹[1]、宗包 浩志[1] (1.国土地理院)

9:45 ~ 10:00

[SGD02-04] InSAR計測技術の資源探査への利用

*六川 修一[1]、中村 貴子[1] (1.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[SGD02-05] The application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method

★Invited Papers

*村本 良幸[1]、早津 晋[1]、檜山 学良[1]、村井 大助[1]、国末 彰司[1] (1.関東天然瓦斯開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[SGD02-06] GNSS衛星航法が利用拡大する航空分野における新たな脅威と対策

★招待講演

*藤原 健[1]、辻井 利昭[2] (1.宇宙航空研究開発機構、2.大阪府立大学)

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

13:45 ~ 15:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)、遠田 晋次(東北大学)

13:45 ~ 14:00

[SSS10-01] 山陰地方の地殻内地震活動の季節変動性

*上田 拓[1]、加藤 愛太郎[1] (1.東京大学地震研究所)

14:00 ~ 14:15

[SSS10-02] 余震活動に基づく2018年大阪府北部地震の震源断層モデル

*加藤 愛太郎[1]、上田 拓[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS10-03] The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: Insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the mainshock

*勝俣 啓[1]、大園 真子[1]、青山 裕[1]、田中 良[1]、高田 真秀[1]、一柳 昌義[1]、山口 照寛[1]、岡田 和見[1]、高橋 浩晃[1]、酒井 慎一[2]、松本 聡[3]、岡田 知己[4]、松澤 暢[4]、平野 舟一郎[5]、寺川 寿子[6]、堀川 信一郎[6]、小菅 正裕[7]、片尾 浩[8]、飯尾 能久[8]、長岡 愛理[8]、津村 紀子[9]、上野 友岳[10]、2018年北海道胆振東部地震 合同余震観測グループ (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.東京大学地震研究所、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、5.鹿児島大学地震火山地域防災センター、6.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、7.弘前大学理工学研究科、8.京都大学防災研究所地震予知研究センター、9.千葉大学大学院理学研究科、10.防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SSS10-04] 2018年北海道胆振東部地震の余震の時系列解析からわかるマントル以浅の層状構造

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

14:45 ~ 15:00

[SSS10-05] 1847年善光寺地震の余震系列：４史料にある時間減衰と大森－宇津公式の最適パラメータ値

*服部 健太郎[1]、中西 一郎[1] (1.京都大学)

15:00 ~ 15:15

[SSS10-06] 地震とは無縁の島，天草上島・下島　—非地震域の意味を考える

*遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:勝間田 明男(気象研究所地震津波研究部第一研究室)、原田 靖(東海大学)

15:30 ~ 15:45

[SSS10-07] 小笠原諸島周辺及びカリブ海小アンティル諸島周辺のマントルウェッジ内地震活動

*勝間田 明男[1]、中田 健嗣[1]、小林 昭夫[1]、弘瀬 冬樹[1]、西宮 隆仁[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS10-08] 海域観測点の気象庁一元化処理への活用について

*上野 寛[1]、上田 満治[1]、見須 裕美[1]、横山 博文[1]、岩崎 友理子[1]、岩切 一宏[1] (1.気象庁地震火山部)

16:00 ~ 16:15

[SSS10-09] 2011年東北地方太平洋沖地震後の震源域における地震活動と応力場の空間分布

西森 智也[1]、*日野 亮太[1]、篠原 雅尚[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS10-10] 2011年東北地方太平洋沖地震の震源域北側の大地震発生アセスメント

*楠城 一嘉[1]、宮岡 一樹[2]、吉田 明夫[3] (1.静岡県立大学、2.気象庁、3.静岡大学)

16:30 ~ 16:45

[SSS10-11] 豊後水道、日向灘領域における長期的スロースリップ、低周波地震に関連したb値の時空間分布

*千葉 慶太[1] (1.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

16:45 ~ 17:00

[SSS10-12] 日本列島における誤差を考慮したb値の４次元解析

*原田 靖[1]、赤嶺 裕一[1]、安斉 正慶[1] (1.東海大学 海洋学部 海洋地球科学科)

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

9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

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

9:01 ~ 9:23

[SSS11-13] 奥会津地熱地域における微小地震観測により推定された涵養試験時の流体流動

★招待講演

*岡本 京祐[1]、易 利[2]、浅沼 宏[1]、岡部 高志[3]、阿部 泰行[4]、都築 雅年[5] (1.産業技術総合研究所、2.大阪大学、3.地熱技術開発、4.奥会津地熱、5.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

9:23 ~ 9:45

[SSS11-14] 地震波エンベロープを用いた西南日本の内部減衰と速度揺らぎの3次元構造推定

★招待講演

*小木曽 仁[1] (1.気象庁気象研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS11-15] 2013年５月24日オホーツク海深発地震（610 km, Mw8.3）による近地～遠地強震動

*古村 孝志[1]、Brian Kennett[2] (1.東京大学地震研究所、2.オーストラリア国立大学)

10:00 ~ 10:15

[SSS11-16] 海洋モホを伝播する屈折波を用いた海洋性地殻のエクロジャイト化する深さ推定の試み

*武村 俊介[1]、利根川 貴志[2]、中島 淳一[3]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[SSS11-17] **Transient gravity perturbations due to a buried gravitational source in a homogeneous elastic half space**

*Aditya Nitin Deshmukh[1]、Pratik Laxman Borate[1]、Abhishek Venkatesh Chitgopkar[1]、Nobuki Kame[2]、Ranjith Kunnath[1] (1.Mahindra Ecole Centrale, Hyderabad, India 、2.Division of Theoretical Geoscience, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan)

[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-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

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

15:30 ~ 15:45

[SSS14-01] "0.1満点"高密度地震観測に基づく微小地震の時空間発展：断層の成長過程

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3] (1.東京大学地震研究所、2.九州大学、3.京都大学防災研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS14-02] Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

*朴 舜千[1]、Won-Jin Lee[2]、Geunyoung Song[1]、Duk Kee Lee[1] (1.韓国気象庁、2.韓国環境科学院)

16:00 ~ 16:15

[SSS14-03] Estimation of rupture directivity, fault plane, and stress drop of small earthquakes in inland areas of Japan

*吉田 圭佑[1]、齊藤 竜彦[2]、江本 賢太郎[1]、浦田 優美[2] (1.東北大学理学研究科、2.防災科学技術研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS14-04] 鹿児島湾で発生した M 5.3 の地震の前駆的活動及び余震活動にみられる震源 migration とその背後の非地震的過程

*松本 圭晶[1]、吉田 圭佑[1]、松澤 暢[1]、長谷川 昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

16:30 ~ 16:45

[SSS14-05] 地震に先行する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化

*山下 輝夫

16:45 ~ 17:00

[SSS14-06] 自然・人工地震で観測されるソースパラメターの時空間変化と面上流体拡散を記述する流体誘起地震の微視的物理モデル

*佐藤 大祐[1]、吉田 圭佑[2] (1.京都大学防災研究所、2.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

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

15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

15:30 ~ 16:00

[SSS15-01] 東北地方太平洋沿岸における歴史津波の史料・伝承をめぐって

★招待講演

*蝦名 裕一[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-02] 歴史時代における沈降卓越型逆断層の活動事例

*小松原 琢[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-03] 同時代史料による文禄五年閏七月九日（1596.9.1）の伊予・豊後地震

*石橋 克彦[1] (1.神戸大学名誉教授)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-04] 地層に記録された東南海地域の歴史時代・先史時代の津波

*藤野 滋弘[1]、木村 治夫[2]、小松原 純子[3]、松本 弾[3]、行谷 佑一[3]、澤井 祐紀[3]、宍倉 正展[3] (1.筑波大学生命環境系、2.電力中央研究所、3.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 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

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

9:00 ~ 9:15

[SVC38-06] アナク・クラカタウ火山2018年12月22日火山体崩壊・津波イベントの推移

*前野 深[1]、金子 隆之[1] (1.東京大学地震研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC38-07] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：遠地実体波解析と津波シミュレーション

*綿田 辰吾[1]、Iyan Mulia[1]、山田 真澄[2]、Dimas Sianipar[3] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan)

9:30 ~ 9:45

[SVC38-08] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：近地地震波から求めた地すべりの運動メカニズム

*山田 真澄[1]、綿田 辰吾[2]、中道 治久[1]、Mulia Iyan[2]、 Dr. Karyono[3] (1.京都大学防災研究所、2.東京大学地震研究所、3.BMKG)

9:45 ~ 10:00

[SVC38-09] 2018年11月下旬以降の焼岳火山近傍の地震活動について

*大見 士朗[1] (1.京都大学防災研究所地震防災研究部門)

10:00 ~ 10:15

[SVC38-10] 九重硫黄山における火山活動の変化について

*森 健彦[1]、谷口 無我[1]、川村 安[2]、平松 秀行[3]、池田 啓二[2]、菅井 明[2]、菅原 道智[2]、髙田 健一[2]、松本 享[2]、気象庁 福岡管区気象台、気象庁 大分地方気象台 (1.気象庁　気象研究所、2.気象庁　福岡管区気象台、3.気象庁　大分地方気象台)

10:15 ~ 10:30

[SVC38-11] 合成開口レーダーにより観測された有珠山溶岩ドームの収縮: 1992-2017年

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[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-VC 火山学

10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

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

10:45 ~ 11:00

[SVC38-12] ブルカノ式噴火における噴火微動と火山灰放出量の関係：霧島山新燃岳2018年噴火の場合

*及川 純[1]、田島 靖久[2] (1.東京大学地震研究所、2.日本工営(株)中央研究所)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-13] GNSSおよびSARで捉えた2018年噴火以降の霧島山周辺の地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、藤原 智[1]、小林 知勝[1]、宗包 浩志[1]、本田 昌樹[1]、林 京之介[1]、川元 智司[1]、大脇 温子[1] (1.国土地理院)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-14] Harmonic tremor during 2011 eruption at Shinmoedake, Japan

*武尾 実[1] (1.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-15] マグマ貫入速度による桜島火山における噴火事象分岐論理

*井口 正人[1]、為栗 健[1]、平林 順一、中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所火山活動研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-16] 2017年の南岳爆発に前後する傾斜ひずみ変化

*堀田 耕平[1]、井口 正人[2] (1.富山大学、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-17] 2018年6月16日桜島南岳の噴火に伴う火砕流について

*為栗 健[1]、井口 正人[1]、真木 雅之[2]、中道 治久[1]、味喜 大介[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、2.鹿児島大学総合科学域総合研究学系)

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

13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:青山 裕、三浦 哲

13:45 ~ 14:00

[SVC38-18] 十勝岳の火口近傍でとらえられた力学現象

*青山 裕[1]、橋本 武志[1]、田中 良[1]、大島 弘光[1]、齋藤 公一滝[2]、道下 剛史[2]、奥山 哲[2]、札幌管区気象台 地域火山監視・警報センター[2] (1.北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター、2.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-19] 火口極近傍観測に基づくストロンボリ火山の超長周期地震のモーメントテンソルインバージョン

*杉村 俊輔[1,2]、Maurizio Ripepe[2]、Giorgio Lacanna[2]、Denis Legrand[3]、Sébastien Valade[4]、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.フィレンツェ大学地球科学科、3.メキシコ国立自治大学、4.GFZ-German Research Centre for Geosciences)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-20] ストロンボリ火山の山頂小爆発に伴う傾斜変動の圧力源推定

*石川 歩[1]、西村 太志[1]、青山 裕[2]、川口 亮平[3]、藤田 英輔[4]、三輪 学央[4]、山田 大志[4]、Ripepe Maurizio[5]、Genco Riccardo[5] (1.東北大学大学院理学研究科、2.北海道大学理学院、3.気象研究所、4.防災科学技術研究所、5.フィレンツェ大学)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-21] Seismic and acoustic waves excited by volcanic explosion: analyses of energy ratio and source spectra

*Mohammad Hasib[1]、Takeshi Nishimura[1]、Hisashi Nakahara[1] (1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-22] Field survey report on Zao Volcano (2012−2018)

*後藤 章夫[1]、土屋 範芳[2]、平野 伸夫[2]、久利 美和[3]、松中 哲也[4]、澤山 兼吾[2] (1.東北大学東北アジア研究センター、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.東北大学災害科学国際研究所、4.金沢大学環日本海域環境研究センター)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-23] **蔵王山の2015年膨張イベント**

*三浦 哲[1]、山本 希[1]、市來 雅啓[1]、出町 知嗣[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

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

15:30 ~ 17:00 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

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

15:30 ~ 15:45

[SVC38-24] 火山性地震活動把握のための機械学習による大振幅領域の推定

*前田 裕太[1] (1.名古屋大学)

15:45 ~ 16:00

[SVC38-25] 初動が読みにくい火山性地震の震源自動決定手法の開発　ー浅間山への適用例ー

*大湊 隆雄[1]、堀内 茂木[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ホームサイスモメータ)

16:00 ~ 16:15

[SVC38-26] 火山の散乱特性の深さ依存性を考慮したASL法による火山性地震・微動の震源推定

*熊谷 博之[1]、John Makario Lonodno[2]、Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:15 ~ 16:30

[SVC38-27] 活火山の地震波速度変化モニタリングー2012年から2018年の気象庁観測点データへの地震波干渉法の適用―

*西村 太志[1]、高野 智也[1]、廣瀬 郁[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)

16:30 ~ 16:45

[SVC38-28] クラック固有振動のQ値と形状・流体特性の関係：経験則の導出と火山性LPイベント解析への応用

*田口 貴美子[1]、熊谷 博之[1]、前田 裕太[1]、Torres Roberto[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:45 ~ 17:00

[SVC38-29] 流体亀裂振動の放射特性に関する検討

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

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

10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:桑野 修(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、清水 以知子

10:45 ~ 11:00

[SCG54-01] 周期的なせん断を受けたジャミング転移点近傍の粉体のレオロジー

★招待講演

*大槻 道夫[1]、早川 尚男[2] (1.大阪大学基礎工学研究科、2.京都大学基礎物理学研究所)

11:00 ~ 11:15

[SCG54-02] The real-scale numerical sandbox experiments for understanding stress state in accretionary prisms

*古市 幹人[1]、Arthur Bauville[1]、西浦 泰介[1]、堀 高峰[1]、桑野 修[1] (1.海洋研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SCG54-03] フェーズフィールドモデルによるマクスウェル流体破壊挙動の数値解析

*亀田 正治[1]、山西 渓太[1]、山中 晃徳[1]、市原 美恵[2] (1.東京農工大学 工学府 機械システム工学専攻、2.東京大学 地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SCG54-04] 続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応がプレート沈み込み帯の炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスに及ぼす影響

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SCG54-05] 摩擦熔融時におけるチャートの粘性すべり挙動

*本橋 銀太[1]、大橋 聖和[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.山口大学)

12:00 ~ 12:15

[SCG54-06] 石英粒子の光刺激ルミネッセンス（OSL）に対する摩擦と粉砕の影響

*大橋 聖和[1]、赤瀬川 幸治[2]、蓑毛 裕希[1]、長谷部 徳子[3]、三浦 知督[4] (1.山口大学大学院創成科学研究科、2.大和探査技術株式会社、3.金沢大学環日本海域環境研究センター、4.金沢大学自然科学研究科)

[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

13:45 ~ 15:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:田阪 美樹(島根大学)、石橋 秀巳(静岡大学)

13:45 ~ 14:00

[SCG54-07] 寒候期に不安定化する地すべりの動態を規制するスメクタイトの摩擦特性

★招待講演

*柴崎 達也[1]、松浦 純生[2] (1.国土防災技術株式会社、2.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG54-08] 中央構造線における深部断層摩擦強度: 緑泥石の影響

*清水 以知子[1]、岡本 あゆみ、Niemeijer Andre[2]、Spiers Christopher[2]、荒井 駿[3]、竹下 徹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.ユトレヒト大学、3.東北大学大学院理学研究科、4.北海道大学大学院理学院自然史研究科)

14:15 ~ 14:30

[SCG54-09] かんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度の変化

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

14:30 ~ 14:45

[SCG54-10] 衝撃圧縮によるMgOの転位組織とその生成機構

*藤野 清志[1]、Xun Liu[2]、真下 茂[2] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.熊本大学パルスパワー研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SCG54-11] 回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発と下部マントル物質の大歪変形実験

★招待講演

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

15:00 ~ 15:15

[SCG54-12] 六方最密構造(hcp)鉄のレオロジー

*西原 遊[1]、土居 峻太[1]、辻野 典秀[2]、山崎 大輔[2]、肥後 祐司[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.岡山大学惑星物質研究所、3.高輝度光科学研究センター)

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

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)、宇野 正起(東北大学)

9:00 ~ 9:15

[SCG61-13] リソスフェア-アセノスフェア境界領域における熱史のダイナミクス：一ノ目潟産マントル捕獲岩の輝石組成累帯構造からの復元

*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)

9:15 ~ 9:30

[SCG61-14] **反応誘起応力による地殻応力発生と浸透率発展：MgO-H_2O系での測定**

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

9:30 ~ 9:45

[SCG61-15] デジタル岩石亀裂を用いた亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションと実験値との比較

*澤山 和貴[1]、蒋 飛[2]、石橋 琢也[3]、辻 健[4]、藤光 康宏[4] (1.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻、2.山口大学工学部機械工学科、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、4.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

9:45 ~ 10:00

[SCG61-16] Fluid distribution in the crust – inference from seismic velocity and electrical conductivity

*渡辺 了[1]、吉田 健太[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター)

10:00 ~ 10:15

[SCG61-17] The seismological structure about fault zone extending to the lower crust in the northern Kinki district, southwestern Japan

*加藤 慎也[1]、飯尾 能久[1]、澁谷 拓郎[1]、片尾 浩[1]、澤田 麻沙代[1]、冨阪 和秀[1] (1.京都大学防災研究所)

10:15 ~ 10:30

[SCG61-18] 北海道函館周辺の深部低周波地震と内陸の繰り返し地震

*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、野口 科子[2]、笠原 敬司[2] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター、2.公益財団法人 地震予知総合研究振興会)

[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 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:芝崎 文一郎、佐藤 大祐

10:45 ~ 11:00

[SCG61-19] 不均質レオロジー構造を考慮した中部日本における歪集中と山地形成過程のモデル化

*芝崎 文一郎[1] (1.建築研究所国際地震工学センター)

11:00 ~ 11:15

[SCG61-20] Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

*湯浅 雄平[1]、松本 聡[2]、中尾 茂[3]、松島 健[2]、大倉 敬宏[4] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター、3.鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

11:15 ~ 11:30

[SCG61-21] Persistent and time-dependent crustal deformation in northern Fossa Magna and its tectonic implications

*鷺谷 威[1]、熊谷 光起[2]、Meneses Angela[3]、松多 信尚[4]、廣内 大助[5]、松廣 健二郎[2]、奥田 隆[2] (1.名古屋大学減災連携研究センター、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.京都大学防災研究所、4.岡山大学教育学研究科、5.信州大学教育学部)

11:30 ~ 11:45

[SCG61-22] ΔCFFと歪み速度パラドックスの意外な関係：非弾性歪みからの塑性歪みの分離

*深畑 幸俊[1]、Meneses Angela[1]、鷺谷 威[2] (1.京都大学防災研究所、2.名古屋大学減災連携研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SCG61-23] 粘弾性を考慮した海溝型地震サイクルの数値シミュレーションに基づく内陸地震の活動期

*水戸川 司[1]、西村 卓也[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SCG61-24] 南海トラフのプレート間カップリング推定に及ぼす粘弾性緩和の影響

*西村 卓也[1]、Fred Pollitz[2] (1.京都大学防災研究所、2.米国地質調査所)

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

13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:内田 直希、飯沼 卓史

13:45 ~ 14:00

[SCG61-25] Revisiting the Forearc Sliver Scenario Along the Southern Kurile Trench to Reconcile Interdisciplinary Observations

*伊東 優治[1]、Kelin WANG[2]、西村 卓也[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada、3.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG61-26] 数千年スケールの地殻変動の空間的差異から見た三陸海岸における地殻変動区区分

*丹羽 雄一[1] (1.中央大学理工学部)

14:15 ~ 14:30

[SCG61-27] S-netを用いた東北日本前弧海域下のS波スプリッティング解析

*内田 直希[1]、中島 淳一[2]、高木 涼太[1]、吉田 圭佑[1]、中山 貴史[1]、日野 亮太[1]、岡田 知己[1]、浅野 陽一[3]、田中 佐千子[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.東京工業大学 理学院地球惑星科学系、3.国立研究開発法人 防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG61-28] 東北日本弧における断層転位モデルを用いた活断層と地殻レオロジーによる重力異常

*平野 光浩[1]、長濱 裕幸[1]、武藤 潤[1] (1.東北大学)

14:45 ~ 15:00

[SCG61-29] 東北沖地震後の東北地方における局所的な歪速度の急激な減衰について

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

15:00 ~ 15:15

[SCG61-30] Revisiting the Coseismic Slip Distribution of the 2011 Tohoku-oki Earthquake Considering Early Postseismic Deformation, Non-linear Viscoelasticity, and Heterogeneous Structure

*飯沼 卓史[1]、縣 亮一郎[1]、太田 雄策[2]、日野 亮太[2]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構、2.東北大学大学院理学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

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

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:横山 正、福士 圭介

13:45 ~ 14:00

[BBC03-01] 熱水性カイレイツノナシオハラエビの鰓室内に見られる黒色および茶色沈殿物の化学種解析

*彦坂 柾成[1]、高橋 嘉夫[2]、チェン チョン[3]、ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学、2.東京大学、3.海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[BBC03-02] 天然岩石試料を用いた低温蛇紋岩化反応による水素生成実験

*東野 駿太[1]、川喜田 竜平[1]、大竹 翼[2]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院　工学院、2.北海道大学大学院　工学研究院)

14:15 ~ 14:30

[BBC03-03] **$^{14}CH_4$および希ガス同位体を用いた白馬八方蛇紋岩温泉におけるメタンの起源の制約**

*須田 好[1]、阿瀬 貴博[2]、宮入 陽介[2]、横山 祐典[2]、松井 洋平[3,2]、上田 修裕[3]、齋藤 拓也[3]、佐藤 友彦[4]、澤木 佑介[2]、中井 亮佑[1]、玉木 秀幸[1]、高橋 浩[1]、森川 徳敏[1] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学、3.海洋研究開発機構、4.東京工業大学)

14:30 ~ 14:45

[BBC03-04] Inhibition of calcium silicate hydrate formation by lignosulfonate and lignin

*戸田 賀奈子[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1] (1.北海道大学工学部環境地質学研究室)

14:45 ~ 15:00

[BBC03-05] シアノバクテリア表面における炭酸カルシウム形成過程

*白石 史人[1]、尾森 武尊[1]、富岡 尚敬[2]、甕 聡子[2]、菅 大暉[3]、高橋 嘉夫[3] (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.東京大学)

15:00 ~ 15:15

[BBC03-06] 古原生代ガンフリント層における含微化石堆積岩の鉱物学的および地球化学的研究

*笹木 晃平[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

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

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:掛川 武、白石 史人(広島大学)

15:30 ~ 15:45

[BBC03-07] Secular variation of multiple sulfur isotopic compositions of sulfate and sulfide during long term incubation of *Desulfovibrio desulfuricans*

*松浦 史宏[1]、牧田 寛子[2]、高井 研[3]、上野 雄一郎[1,3] (1.東京工業大学、2.東京海洋大学、3.海洋研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[BBC03-08] **Origins of volcanic SO_2 on Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1] (1.The Pennsylvania State University)

16:00 ~ 16:15

[BBC03-09] **Volcanism, sedimentation, and development of life in a Mesoarchaean intracratonic setting: the Dominion Group, South Africa**

*Andrea Agangi[1,2]、Axel Hofmann[2]、Dora Paprika[2]、Andrey Bekker[2,3]、Frantz Ossa-Ossa[2,4] (1.Akita University、2.University of Johannesburg、3.University of California、4.University of Tuebingen)

16:15 ~ 16:30

[BBC03-10] New microbial ecology results from genome centered metagenomics studies of iron carbonate and sulfidic hot springs

*Shawn E McGlynn[1]、Lewis Ward[2]、Takeshi Kakegawa[3]、Yuichiro Ueno[1]、Mayuko Nakagawa[1] (1.Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology、2.Harvard University、3.Tohoku University)

16:30 ~ 16:45

[BBC03-11] Superhabitability in ultradeep rocky environments

*鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:45 ~ 17:00

[BBC03-12] Exploring planetary habitability beneath the oceans

★Invited Papers

*稲垣 史生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

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

10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科)、澤木 佑介(東京大学)

10:50 ~ 11:10

[BCG08-01] **The Ediacaran-Cambrian transition of North China**

★Invited Papers

*Xingliang Zhang[1] (1.State Key Laboratory of Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environments, and Department of Geology, Northwest University)

11:10 ~ 11:30

[BCG08-02] The Qingjiang biota – An extraordinary new Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China

★Invited Papers

*Dongjing Fu[1]、Xingliang Zhang[1]、Robert R. Gains[2] (1.State Key Laboratory of the Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environment, Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, PR China、2.Department of Geology, Pomona College, Claremont, CA 91711, USA)

11:30 ~ 11:50

[BCG08-03] ペルム紀／三畳紀境界における地球外^{3}Heフラックスの増加イベント

★招待講演

*尾上 哲治[1]、高畑 直人[2]、佐藤 峰南[4]、石川 晃[3]、曽田 勝仁[1]、佐野 有司[2]、磯崎 行雄[2] (1.熊本大学、2.東京大学、3.東京工業大学、4.千葉工業大学)

11:50 ~ 12:10

[BCG08-04] **End-Triassic Mass Extinction: Causes and Consequences**

★Invited Papers

*藤崎 渉[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

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

13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:藤崎 渉(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

13:45 ~ 14:00

[BCG08-05] 地質学的時間スケールでみる生物多様性の変遷：拡散個体群と局所集団のスモールワールド性から考える種分化のメカニズム

*今岡 宏太[1]、山崎 和仁[1] (1.神戸大学大学院)

14:00 ~ 14:15

[BCG08-06] 最下部カンブリア系SSF生層序の改訂

*河野 聖那[1]、磯崎 行雄[1]、佐藤 友彦[2]、張 興亮[3]、劉 偉[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系、2.東京工業大学地球生命研究所 、3.中国西北大学)

14:15 ~ 14:30

[BCG08-07] δ^{88}Sr and^{87}Sr/^{86}Srrecords of the Middle-Late Permian seawater: mass extinction-relevant change in ocean Sr budget

*可児 智美[1]、磯崎 行雄[2]、三澤 啓司[3]、石川 晃[4]、米田 成一[5] (1.熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.国立極地研究所、4.東京工業大学理学院、5.国立科学博物館理工学研究部)

14:30 ~ 14:45

[BCG08-08] パンサラサ海遠洋域における後期三畳紀カーニアン湿潤化イベントにより形成された層状マンガン鉱床

*冨松 由希[1]、尾上 哲治[2]、山下 大輔[3]、野崎 達生[4,5,6,7]、高谷 雄太郎[8] (1.熊本大学大学院自然科学研究科、2.熊本大学大学院先端科学研究部、3.薩摩川内市役所、4.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5.東京大学大学院工学系研究科 資源・エネルギーフロンティアセンター、6.神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻、7.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、8.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科)

14:45 ~ 15:00

[BCG08-09] 白亜紀―古第三紀境界粘土層における親銅元素の異常濃縮

*丸岡 照幸[1]、西尾 嘉朗[2] (1.筑波大学 生命環境系、2.高知大学 農林海洋科学部)

15:00 ~ 15:15

[BCG08-10] Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

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

[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 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)

9:00 ~ 9:15

[MIS10-01] リン酸八カルシウム(OCP)ブロックの溶解析出反応による調製とその生物学的評価

*杉浦 悠紀[1]、Munar Melvin[2]、石川 邦夫[2] (1.産業技術総合研究所、2.九州大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS10-02] 生物由来の微細組織を利用した新しい水産廃棄物処理プロセスと化学蓄熱材料の開発

*小畠 秀和[1]、桐原 慎二[1] (1.弘前大学　地域戦略研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS10-03] プラズモン光ピンセットによる有機分子の結晶化操作と二段階溶解過程の発見

*新家 寛正[1]、杉山 輝樹[2,3,4]、田川 美穂[5]、宇治原 徹[5]、宮本 克彦[6,7]、尾松 考茂[6,7]、野澤 純[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学金属材料研究所、2.国立交通大学応用化学系、3.国立交通大学新世代効能性物質研究中心、4.奈良先端科学技術大学院大学物質創生科学領域、5.名古屋大学未来材料・システム研究所、6.千葉大学分子キラリティー研究センター、7.千葉大学大学院工学研究院)

9:45 ~ 10:00

[MIS10-04] Investigation of liquid cell transmission electron microscopy combined with antisolvent crystallization

*山﨑 智也[1]、木村 勇気[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

10:00 ~ 10:30

[MIS10-05] DNAガイドのナノ粒子結晶化：結晶化条件の最適化と構造解析

★招待講演

*田川 美穂[1]、小島 憧子[1]、鷲見 隼人[1]、西部 愛里紗[1]、磯貝 卓巳[1]、横森 真麻[2]、原田 俊太[1]、宇治原 徹[1]、塚本 勝男[1] (1.名古屋大学、2.東京大学)

[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

10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:佐藤 久夫

10:45 ~ 11:00

[MIS10-06] 2元系コロイド結晶の成長メカニズム

*野澤 純[1]、郭 素霞[1]、新家 寛正[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS10-07] ノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクス

*麻川 明俊[1]、畝田 廣志[1]、越後 至[1]、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

11:15 ~ 11:30

[MIS10-08] 天然アルカリ環境において生成した低結晶質マグネシウムケイ酸塩の観察とフロースルー実験

*西木 悠人[1]、新橋 美里[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[MIS10-09] Homogeneous Nucleation from Vapor in Al-O Binary System

*石塚 紳之介[1]、川野 潤[2]、山﨑 智也[3]、羽馬 哲也[3]、木村 勇気[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学大学院理学研究科、3.北海道大学低温科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS10-10] Birth-and-spread成長機構におけるヒステリシス

*三浦 均[1] (1.名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)

[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 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、座長:関根 康人(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、臼井 寛裕

9:00 ~ 9:15

[MIS11-13] A forward modeling of infrared reflectance spectra of asteroids

*黒川 宏之[1]、渋谷 岳造[2]、関根 康人[1]、Ehlmann Bethany[3,4] (1.東京工業大学 地球生命研究所、2.海洋研究開発機構、3.カリフォルニア工科大学、4.ジェット推進研究所)

9:15 ~ 9:30

[MIS11-14] 炭酸塩コンクリーションにおける形成メカニズムと形態条件の推定

*井原 貴之[1]、城野 信一[1] (1.名古屋大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS11-15] 初期火星ゲイルクレータ周辺の地下水循環と水-岩石反応の復元

*野田 夏実[1,2]、関根 康人[1]、丹 秀也[1,2]、渋谷 岳造[3]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3.海洋研究開発機構深海・地殻内生物圏研究分野)

9:45 ~ 10:00

[MIS11-16] 陸惑星におけるハビタブルゾーン

*小玉 貴則[1]、玄田 英典[2]、大石 龍太[3]、阿部 彩子[3] (1.ボルドー大学 、2.東京工業大学地球生命研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[MIS11-17] 海惑星気候の太陽定数依存性の研究: 灰色大気の吸収係数が大きい場合における海洋熱輸送の影響

*河合 佑太[1,2]、高橋 芳幸[1]、石渡 正樹[5]、中島 健介[3]、竹広 真一[4]、樫村 博基[1,6]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、林 祥介[1,6] (1.神戸大学、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.京都大学、5.北海道大学、6.惑星科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[MIS11-18] Water cycle and its evolution: High-speed H_2O transport to upper atmosphere on Mars

★Invited Papers

*中川 広務[1]、青木 翔平[1]、吉田 奈央[1]、寺田 直樹[1]、今村 剛[2]、小郷原 一智[3]、神山 徹[4]、安藤 紘基[6]、野口 克行[5]、宮本 明歩[1]、高見 康介[1]、村田 功[1]、笠羽 康正[1]、IUVS team MAVEN (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.東京大学　大学院新領域創成科学研究科、3.滋賀県立大学　工学部、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所、5.奈良女子大学、6.京都産業大学)

[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

10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:石田 直人、戸丸 仁

10:45 ~ 11:00

[MIS21-01] $^{13}CH_4$を包接するメタンハイドレートの平衡圧

*菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、小関 貴弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS21-02] 異なるハイドレート結晶構造に包接されたエタンの水素同位体分別

*松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:15 ~ 11:30

[MIS21-03] ガスハイドレートの12, 14および16面体に包接された炭化水素のC–H対称伸縮振動の温度変化の傾向

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS21-04] メタンプルームと大気中のメタン濃度の関係に関する研究

*青山 千春[1] (1.国立大学法人東京海洋大学)

11:45 ~ 12:00

[MIS21-05] Sampling of Methane Bubble Plumes and Solid Gas Hydrate on the Cascadia Margin, Pacific Northwest

*John E Lupton[1]、Tamara Baumberger[1]、Robert W. Embley[1]、Susan G. Merle[1]、Camilla Wilkinson[1]、Conrad Young[2] (1.NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, Newport, Oregon, USA、2.Young Engineering, Ramona, CA. USA)

[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 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:八久保 晶弘(北見工業大学)、戸丸 仁

13:45 ~ 14:00

[MIS21-06] 日本周辺海域の大気CH_4濃度分布とガスプルーム

*青木 伸輔[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、松本 良[4] (1.明治大学院農学研究科、2.マックスプランク研究所、3.明治大学農学部、4.明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:00 ~ 14:15

[MIS21-07] 上越沖海鷹海脚のガスチムニー内でのメタンの動態

*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS21-08] メタンハイドレート分解が誘発した斜面崩壊：隠岐トラフ南西部の海底地すべりの事例

*石田 直人[1]、森下 翔太[2]、海老沼 孝郎[1]、戸丸 仁[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻、2.鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科、3.千葉大学 理学部 地球科学科、4.明治大学 研究・戦略推進機構 ガスハイドレート研究所)

14:30 ~ 14:45

[MIS21-09] 日本海の硫化水素含有メタンハイドレートの生成と進化

*松本 良[1]、深澤 倫子[2]、蛭田 明宏[1]、Snyder Glen[1] (1.明治大学研究知財戦略機構、2.明治大学理工学部応用化学科)

14:45 ~ 15:00

[MIS21-10] オホーツク海網走沖新地点での天然ガスハイドレートの発見

*八久保 晶弘[1]、松田 純平[1]、山下 聡[1]、坂上 寛敏[1]、小西 正朗[1]、南 尚嗣[1]、仁科 健二[2]、坂口 健司[3] (1.北見工業大学、2.北海道立総合研究機構地質研究所、3.北海道立総合研究機構釧路水産試験場)

15:00 ~ 15:15

[MIS21-11] All about gas hydrates and heat flow offshore Chile

*LUCIA ALEJANDRA VILLAR MUNOZ[1]、IVAN VARGAS-CORDERO[2]、JOAQUIM P. BENTO[3]、JAN BEHRMANN[1]、UMBERTA TINIVELLA[4]、MICHELA GIUSTINIANI[4] (1.Helmholtz Centre for Ocean Research、2.Universidad Andres Bello 、3.Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso、4.Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale)

[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 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:森本健志

9:00 ~ 9:15

[MIS27-01] Advantage and Disadvantage of the Phased Array Weather Radar

*牛尾 知雄[1]、妻鹿 友昭[1]、菊池 博史[2]、吉川 栄一[3] (1.首都大学東京、2.電気通信大学、3.宇宙航空研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[MIS27-02] X帯二重偏波フェーズドアレイ気象レーダの初期観測結果とその検証

*菊池 博史[1]、末澤 卓[2]、芳原 容英[1]、牛尾 知雄[2] (1.電気通信大学、2.首都大学東京)

9:30 ~ 9:45

[MIS27-03] 東京都内で夏季に発生した3つの雷雲セルの3次元的特徴について

*櫻井 南海子[1]、Paul Krehbiel[2]、William Rison[2]、Ronald Thomas[2]、Daniel Rodeheffer[2]、清水 慎吾[1]、岩波 越[1]、前坂 剛[1]、木枝 香織[1]、宇治 靖[1] (1.防災科学技術研究所、2.ニューメキシコ鉱物工科大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS27-04] 日本国内での豪雨に伴う雷放電を用いた降水量の推定

*小川 哲也[1]、芳原 容英[1]、岩崎 博之[2]、Stan Heckman[3]、Michael Stock[3] (1.電気通信大学大学院、2.群馬大学、3.EarthNetworks)

10:00 ~ 10:15

[MIS27-05] 雷現象と地上構造物の雷害対策

★招待講演

*横山 茂[1] (1.静岡大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS27-06] Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

*芳原 容英[1]、Amir Mohamed[2]、Chandima Gomes[3]、Wan Ismail Bin Ibrahim[2]、Zulkurnain Abdul-Malek[4]、Syahrun Nizam[5]、Michael Stock[6]、塩川 和夫[7]、菊池 博史[1]、津田 卓雄[1] (1.電気通信大学　大学院情報理工学研究科、2.University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia、3.University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa、4.Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia、5.University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia、6.EarthNetworks, Inc. Germantown, USA、7.Nagoya University, Nagoya, Japan)

[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 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:芳原 容英

10:45 ~ 11:00

[MIS27-07] 地震に伴う前兆電磁気現象：総括と将来展望

★招待講演

*早川 正士[1] (1.電気通信大学認定ベンチャー　早川地震電磁気研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS27-08] 非線形自己回帰ニューラルネットワークを用いた地震に先行する下部電離層異常の検出

*松木 翔[1]、飯淵 隼人[1]、Hendy Santosa[3]、芳原 容英[1]、Michael Balikhin[2] (1.電気通信大学、2.University of Sheffield、3.University of Bengkulu)

11:15 ~ 11:30

[MIS27-09] Analysis of multipoint measurements of plasma turbulence

*Michael A Balikhin[1]、Simon N Walker[1] (1.University of Sheffield)

11:30 ~ 11:45

[MIS27-10] 冬季雷における高エネルギー現象の観測プロジェクトの進展

*和田 有希[1,2]、榎戸 輝揚[3]、松元 崇弘[1]、中澤 知洋[4]、古田 禄大[5]、湯浅 孝行、土屋 晴文[5]、米徳 大輔[6]、澤野 達哉[6]、牧島 一夫[1,2]、鴨川 仁[7]、中村 佳敬[8]、森本 健志[9]、佐藤 光輝[10]、酒井 英男[11]、南戸 秀仁[12]、牛尾 知雄[13] (1.東京大学、2.理化学研究所、3.京都大学、4.名古屋大学、5.日本原子力研究開発機構、6.金沢大学、7.東京学芸大学、8.神戸市立工業高等専門学校、9.近畿大学、10.北海道大学、11.富山大学、12.金沢工業大学、13.首都大学東京)

11:45 ~ 12:00

[MIS27-11] ロケット誘雷事例における電磁界および雷撃電流観測データの解析

*森本 健志[1]、黒川 真矢[1]、中村 佳敬[2]、山本 和男[3] (1.近畿大学、2.神戸市立工業高等専門学校、3.中部大学)

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

15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)、座長:伊藤 孝(茨城大学)、高橋 嘉夫(東京大学)、鈴木 勝彦(JAMSTEC)

15:30 ~ 15:45

[MGI34-01] 海底マンガン鉱床の縞々学における課題：マンガンクラストにみられる成長構造，組成変動とその対比

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、浦本 豪一郎[1]、村山 雅史[3] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野、3.高知大学農林海洋科学部)

15:45 ~ 16:00

[MGI34-02] 酸化的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガン粒について

*浦本 豪一郎[1,2]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、若木 重行[2]、中田 亮一[2]、和穎 朗太[3]、上杉 健太朗[4]、竹内 晃久[4]、星野 真人[4]、鈴木 芳生[4,5]、光延 聖[6]、白石 史人[7]、菅 大暉[5]、武市 泰男[8]、高橋 嘉夫[5]、稲垣 史生[2] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構、3.農業・食品産業技術総合研究機構、4.高輝度光科学研究センター、5.東京大学、6.愛媛大学、7.広島大学、8.高エネルギー加速器研究機構)

16:00 ~ 16:15

[MGI34-03] 深海底化学堆積物・鉄マンガンクラストにおけるZr, Hfの分別挙動

*坂口 綾[1]、稲垣 純平[1]、井上 美南[2]、臼井 朗[3]、羽場 宏光[4]、金子 政志[5]、山﨑 信哉[1]、末木 啓介[1]、高橋 嘉夫[6] (1.筑波大学数理物質系、2.広島大学大学院理学研究科、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.理化学研究所仁科加速器科学研究センター、5.日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター、6.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[MGI34-04] モリブデン類似元素の鉄マンガン酸化物への吸着に伴う同位体分別

*田中 雅人[1]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:30 ~ 16:45

[MGI34-05] Distinct distribution trends of arsenate and molybdate in marine ferromanganese nodules

*Shitong Yang[1]、Soichiro Uesugi[1]、Haibo Qin[1]、Akira Usui[2]、Yoshio Takahashi[1] (1.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo、2.Geology Department, Kochi University)

16:45 ~ 17:00

[MGI34-06] Mineralogical and geochemical characteristics of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*中村 謙太郎[1]、堀之内 航一[1]、下村 遼[1]、町田 嗣樹[2]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[1,2]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

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

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

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:樫村 博基

13:45 ~ 14:00

[MGI35-01] 太陽地球圏環境変動の原因としての太陽活動のシミュレーション研究

*草野 完也[1]、堀田 英之[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.千葉大学大学院融合理工学府)

14:00 ~ 14:15

[MGI35-02] 全球非静力学火星大気大循環モデルの開発と高解像度計算

*樫村 博基[1]、八代 尚[2]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、中島 健介[3]、石渡 正樹[4]、高橋 芳幸[1]、林 祥介[1] (1.神戸大学/惑星科学研究センター、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.北海道大学)

14:15 ~ 14:30

[MGI35-03] 原始惑星系円盤乱流場中のダストの衝突付着成長シミュレーション

*石原 卓[1]、濱端 航平[2]、櫻井 幹記[2]、梅村 雅之[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.名古屋大学工学研究科、3.筑波大学計算科学センター)

14:30 ~ 14:45

[MGI35-04] Particle-Particle Particle-Tree法を用いた惑星系形成のN体計算コードの開発

*石城 陽太[1,4]、小南 淳子[2]、牧野 淳一郎[3]、藤本 正樹[4] (1.東京大学、2.東京工業大学、3.理化学研究所計算科学研究機構、4.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[MGI35-05] ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の起源・進化と環境変動の解明」の現況,

*牧野 淳一郎[1,2] (1.神戸大学、2.理研計算科学研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

日本地球惑星科学連合ではオープンアクセス出版の「Progress in Earth and Planetary Science」(PEPS)を2014年に創刊し、2018年にIFが付与された．PEPSの創刊とその後の発展にとって、研究成果公開促進費（科研費）「国際情報発信強化」による支援は不可欠であった．また、関連学協会の欧文誌も科研費の支援を受けて国際情報発信力を強化しつつある．オープンアクセス電子ジャーナルは新しい出版形態で，欧米で急速にその整備が進行している．本セッションでは，地球惑星科学における学術出版の将来、特にオープンアクセス電子ジャーナルの今後の展開、データ出版と著者IDなどについて、外部から招待講演者を招いて講演および議論を行う．

9:00 ~ 9:30

[U03-01] 学術論文を中心とした学術情報流通のゲームチェンジと学会及びピアレビューの役割
★招待講演

*林 和弘[1] (1.文部科学省科学技術・学術政策研究所)

9:30 ~ 10:00

[U03-02] 学術出版の最新動向とこれからのジャーナル評価
★招待講演

*棚橋 佳子[1] (1.クラリベイト・アナリティクス)

10:00 ~ 10:30

[U03-03] 我が国における国際自然科学学術誌刊行における課題。"DNA Research"をケーススタデイとして。
★招待講演

*大石 道夫[1] (1.公益財団法人かずさDNA研究所)

学術論文を中心とした学術情報流通のゲームチェンジと学会及びピアレビューの役割

Game-change of scholarly communication based on papers and the role of learned society and peer-review

*林 和弘[1]
*Kazuhiro Hayashi[1]

1. 文部科学省科学技術・学術政策研究所
1. National Institute of Science and Technology Policy

Author reviews current topics of game-changing in scholarly communication base on papers and discuss the significance of learned society and peer review. Both couldn't stay as they are, but still have potential to keep scholarly communication healthier, resulting in transformation of scholarly society to the new research paradigm.

キーワード：オープンサイエンス、オープンアクセス、研究プラットフォーム、ピアレビュー
Keywords: Open Science, Open Access, Research Platform, Peer review

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

学術出版の最新動向とこれからのジャーナル評価
The future of the journal metrics and new trend of the scholarly publishing

*棚橋 佳子[1]
*Yoshiko Tanahashi[1]

1. クラリベイト・アナリティクス
1. Clarivate Analytics

最近の学術出版における最新動向とこれからのジャーナル評価について考察する。Clarivate Analytics社にはWeb of Scienceに収録するジャーナルを厳選する上で、１970年代から現在に至るまで一貫した選択基準がある。その選択基準を見ることで、グローバルに際立つジャーナルとなり、グローバルな視点でジャーナル運営を行い、日本発のジャーナルが戦略を持ってグローバルリサーチコミュニティに臨んでいくための視点を考察したい。さらにWeb of Scienceの論文データを地球惑星関連のジャーナル群にまとめ、ジャーナルの現状把握の基本となるベンチマークを提示する。また地球惑星科学関連分野において、Web of Science上のOAジャーナル現状を統計としてまとめ最近の傾向を見る。加えて、日本発ジャーナルの現状、興隆する中国や他国発のジャーナルの動向を地球惑星科学関連分野において最新動向を把握し、当該領域内でジャーナルのプレゼンスを高めていくための戦略策定に役立つ視点を探りたい。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

我が国における国際自然科学学術誌刊行における課題。"DNA Research"をケーススタデイとして。
Underlying Issues and Problems in Publishing International Scientific Journals in Japan. “DNA Research” As A Case Study.

*大石 道夫[1]
*Michio Oishi[1]

1. 公益財団法人かずさDNA研究所
1. Kazusa DNA Research Institute

In this presentation, I would like to discuss certain issues and problems in regards to publishing scientific journals in Japan. My talk is a reflection of my experience as the Editor-in-Chief of the journal “DNA Research” which was launched at the inauguration of the Kazusa DNA Research Institute in 1994.

Firstly, I would like to introduce the current status of DNA Research, an open access journal, regarding the editorial policy and processes, the scope, the publisher, the geographical distribution of the submitted and published papers, the acceptance rate, the impact factor (IF) and some other aspects.

Secondly, I would like to discuss some of the issues and problems in publishing scientific journals in Japan. One important issue is how to ensure objectivity in reviewing manuscripts; a problem often stemming from the unique cultural, social and academic environment of Japan. Another important issue is how to maintain a consistent editorial policy over the long term, ideally by the same Editor-in-Chief, Executive Editor and majority of associated editors. This may be difficult for some journals of academic societies in which editors selected from their members undergo turnover of their duties every few years. Furthermore, since any of these editorial jobs is quite demanding, few scientists active in research are willing to accept or assume these positions. Regarding the financing of scientific journals, we, DNA Research, decided not to seek financial support from outside; the reason will be presented.

Thirdly, I would like to list our efforts to improve the IF of our journal which now stands at between 5 and 6. Most researchers agree that it may not be correct to evaluate scientific journals by IF alone, but it is also true that there is no other reliable way to evaluate scientific journals objectively and quantitatively. In fact, the IF is now also being utilized for the evaluation of researchers themselves for the purposes of their promotion, job accession and others by taking into consideration the IF of the journals where their papers have appeared. These developments have prompted us to take steps to strive for a higher IF for our journal.

Fourthly, I would like to mention the challenge of dealing with online-publication (e-publication) and open access of scientific journals. Online-publication has virtually eliminated costs for the printing and delivery of journals, thus paving a way to publishing papers at lower cost which benefits scientific journals like ours without outside financial support. The open access movement, which was originally conceived as the result of the demand from the general public and research funders in US and EU countries, has become a mainstream trend in the publication of scientific journals. In an open access world, revenues come from the article processing charge (APC) rather than subscription charges, providing a new incentive for higher IF journals, since the level of APC often reflects the IF of the journal. Because of these trends, the number of journals which employ online only publication and/or open access is rapidly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

increasing, thus creating more competitions among scientific journals which are vying for higher-grade (IF) rankings.

Finally, I would like to discuss the need and possibility of creating a journal such as Nature or Science in Japan which focuses specifically on emerging research in the natural sciences in Asia.

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

日本地球惑星科学連合ではオープンアクセス出版の「Progress in Earth and Planetary Science」(PEPS)を2014年に創刊し、2018年にIFが付与された．PEPSの創刊とその後の発展にとって、研究成果公開促進費（科研費）「国際情報発信強化」による支援は不可欠であった．また、関連学協会の欧文誌も科研費の支援を受けて国際情報発信力を強化しつつある．オープンアクセス電子ジャーナルは新しい出版形態で，欧米で急速にその整備が進行している．本セッションでは，地球惑星科学における学術出版の将来、特にオープンアクセス電子ジャーナルの今後の展開、データ出版と著者IDなどについて、外部から招待講演者を招いて講演および議論を行う．

10:45 ~ 11:05

[U03-04] Review of editorial work for PEPS in 2018-2019 and new strategy for 2019–2020

★Invited Papers

*井龍 康文[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

11:05 ~ 11:25

[U03-05] "Earth, Planets and Space" An Open Access Journal: Past, Present and and Future

★Invited Papers

*小川 康雄[1]、馬場 聖至[2] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター、2.東京大学地震研究所)

11:25 ~ 11:55

[U03-06] 学術研究成果と「出版」のあり方の試論〜論文、データ、デジタル化

★招待講演

*村山 泰啓[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構 戦略的プログラムオフィス)

11:55 ~ 12:15

[U03-07] **日本の地球惑星科学共同体による国際情報発信強化**

★招待講演

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

Review of editorial work for PEPS in 2018-2019 and new strategy for 2019–2020

*井龍 康文[1]
*Yasufumi Iryu[1]

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

Progress in Earth and Planetary Science (PEPS) is a peer-reviewed, open-access electric journal published by the Japan Geoscience Union in partnership with Springer. PEPS received its first manuscript at the end of 2013 and we published our first papers in April 2014. By the end of the year 2018 we had published 244 scientific articles. In the first half of the year 2018 PEPS received good news. PEPS received its first Impact Factor of 2.481, which was announced in the June 2018 edition of Clarivate Analytics Journal Citation Reports. PEPS currently ranks 66/189 in the category ‘Geosciences, Multidisciplinary’. Whilst this does not yet make us a Q1 journal we are close.

In addition to being funded by the JpGU, PEPS received a grant-in-aid for scientific research from the Japan Society for the Promotion of Science. As the period covered by this five year grant-in-aid drew to an end we applied for funds for the next five fiscal years (2018-2012). Unfortunately our application has been rejected. Due to this, we were forced to raise article processing charges (APC). Since its inception we have always planned for PEPS to become entirely supported by APCs and therefore completely self financing and we have done some analysis and planning towards this goal. Our analysis shows that the most important thing is that we all focus on maintaining and increasing PEPS’ status as one of the leading journals in our field because this is the surest way of increasing our APC income.

New strategy for 2019-2020 is in preparation and will be introduced in the JpGU meeting 2019.

キーワード：地球惑星科学、Progress in Earth and Planetary Science、オープンアクセス電子ジャーナル、日本地球惑星科学連合
Keywords: Earth and planetary science, Progress in Earth and Planetary Science, Open access e-journal, Japan Geoscience Union

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

"Earth, Planets and Space" An Open Access Journal: Past, Present and and Future

*小川 康雄[1]、馬場 聖至[2]
*Yasuo Ogawa[1], Kiyoshi Baba[2]

1. 東京工業大学理学院火山流体研究センター、2. 東京大学地震研究所
1. Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

EPS (Earth, Planets and Space) is a peer-reviewed open access journal published on behalf of the following five societies; The Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences, The Seismological Society of Japan, The Volcanological Society of Japan, The Geodetic Society of Japan, The Japanese Society for Planetary Sciences. These five societies are all society members of the Japan Geoscience Union.

EPS was established in 1998 as a continuation of the two journals, the Journal of Geomagnetism and Geoelectricity (1949 to 1997) and the Journal of Physics of the Earth (1952 to 1997). In 2014 we started open access publication under the SpringerOpen platform. Open Access publication successfully shortened the publication time, increased visibility of the journal and widened its international readership. We publish average of 190 papers per year and half of the authors are from overseas. One of the qualification indices of the journal, impact factor (IF), is continuously increasing from 1.328 (2014) to 2.773 (2017) and it will also go over 2.6 in 2018. The increasing IF is supported both by increase of highly cited papers and by decrease of uncited papers, suggesting the success of quality control by the editorial board and possibly increasing of the visibility via open access.

The scope of EPS covers Earth and Planetary Sciences, particularly geomagnetism, aeronomy, space science, seismology, volcanology, geodesy, and planetary science. The EPS share common scopes as well as a common journal platform with PEPS (Progress in Earth and Planetary Science). In contrast to PEPS, which emphasizes review papers, EPS is characterized by the following article types: (1) “Express Letter” which aims at fast publications, (2) “Technical reports“, which describe technical developments for scientific researches and (3) “Frontier Letters” for leading edge researches only with the invitation from the editor in chief. EPS promotes topical article collections (what we call special issues) on the first results of geoscientific events (earthquakes and volcanic eruptions) and scientific missions (satellite missions). EPS has been recently successful in attractive special issues.

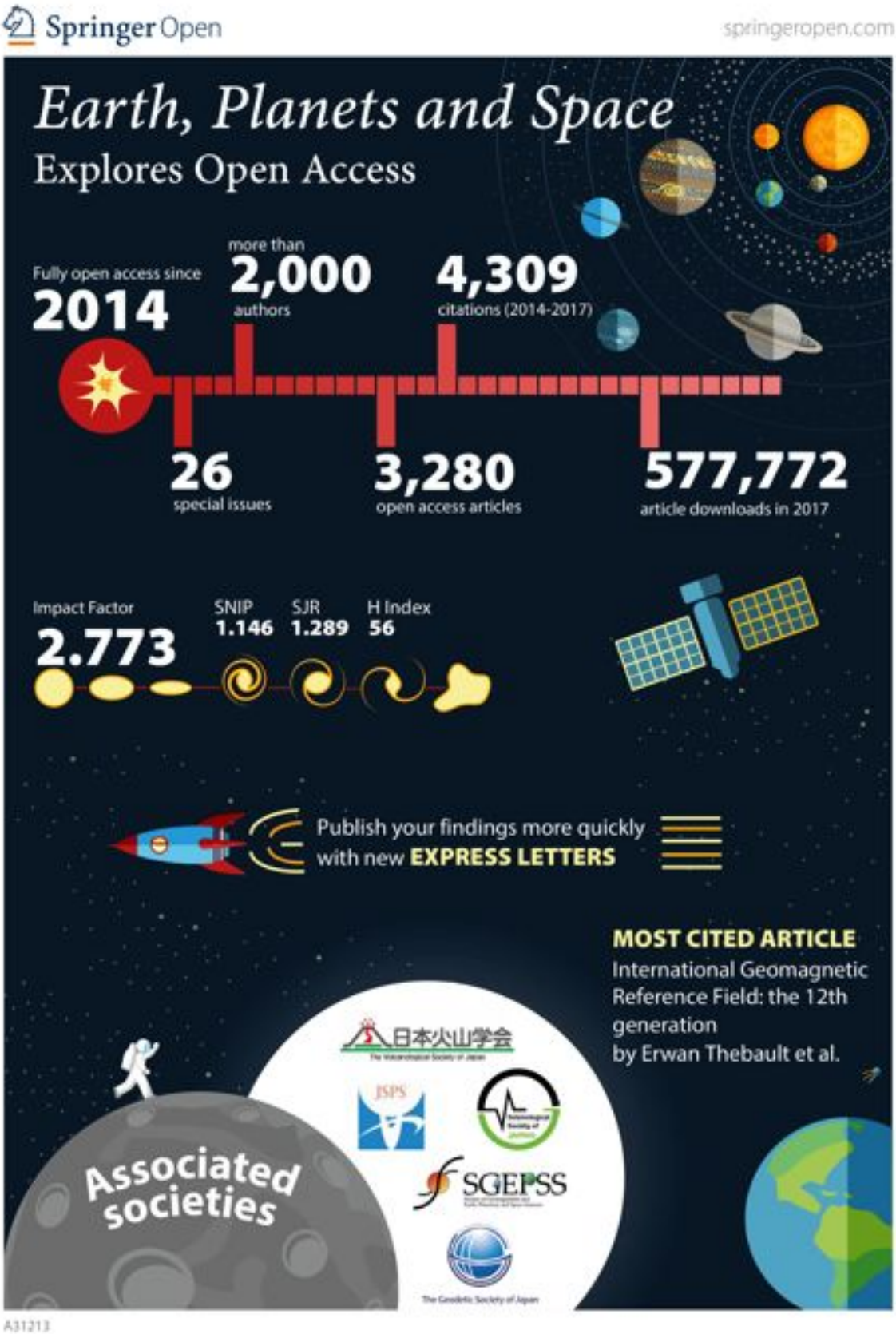
Aiming at fast and qualified review system, we have expanded editorial board members internationally since 2017. Now we have currently 50 regular editors (including 22 oversea editors). The oversea editors are 10 from Europe, 3 from North America, 5 from Asia, and 3 from Oceania.

As part of the promotion of the journal we have four annual awards to recognize authors and reviewers: (1) EPS Excellent paper awards, (2) EPS Young researcher award, (3) Highlighted Paper Awards and (4) Excellent Paper Awards.

From 2018, EPS has strengthened ties with JpGU. EPS has started collaborative advertisement activities at major domestic and international academic meetings, like JpGU, AGU, EGU and AOGS. EPS has updated the APC (Article Processing Charge) in September 2018 for sustainable operations of the journal.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：オープンアクセス雑誌、地球惑星科学
Keywords: open access journal, Earth and Planetary sciences



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

学術研究成果と「出版」のあり方の試論～論文、データ、デジタル化
Scientific Research Output and Publication: research article, data, and digital transformation

*村山 泰啓[1]
*Yasuhiro Murayama[1]

1. 国立研究開発法人情報通信研究機構 戦略的プログラムオフィス
1. Strategic Program Produce Office, National Institute of Information and Communications Technology

学術研究成果が原則的に原著論文の執筆と出版、引用といった手段をつうじて研究評価にもちいられてきた一方、外形的な評価手法が学術のあり方にかならずしも良い影響を与えない心配も議論されるようになってきた。インターネットの発明とデジタル技術基盤の普及を通じて、オンラインオブジェクトとしての論文ファイルについてオープンアクセスジャーナルというあり方が議論される一方で、さらに化学者の時間と労力、高度な科学的知見を注いで作成されう研究成果物としての研究データ（およびソフトウェア、測定技術・機器などなど）とあわせて、総合的な科学業績の「正当な」評価が確立されるべきという意見も国際的には散見されるようになってきた。学術研究業績の「出版」のあり方は論文、データ、をふくむ成果物がデジタル化されていくであろう社会の中で公的・商業的双方の側面においてどのように取り扱われることが、より研究者コミュニティが長期的によりよい研究成果を生み出し、かつそれを通じてよりよい社会貢献（もっとも広い意味で）をなしうるか、を考察していくことは、今後の学術研究のあり方を考えていく上で重要と考えられる。このような視点において、本講演では「試論」として議論を試みたい。

キーワード：オープンアクセス、研究データ、デジタル変革
Keywords: open access, research data, digital transformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の地球惑星科学共同体による国際情報発信強化
Enhancing dissemination of research activities to international communities by Japanese Geoscience Union

*川幡 穂高[1]
*Hodaka Kawahata[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所
1. Atmosphere Ocean Research Institute, the University of Tokyo

日本の地球惑星科学コミュニティの総力を挙げて，日本発の英文学術雑誌Progress in Earth and Planetary Science (PEPS)誌を創刊して5年間が経過した．ジャーナルの影響度を測る代表的な評価指標であるClarivate Analytics（旧Thomson Reuter）のインパクトファクター（IF），及びElsevier/SCOPUSのCiteScoreを2018年に初めて取得した．初回数値として，それぞれ2.481と2.52を得て，地球惑星科学分野の一流ジャーナル誌に近い値となった．2019年はこれらの値は，さらに上昇しそうである．

PEPS誌とEPS誌は，過去5年間のうちに出版プラットフォームをSpringerOpenで統一してOA電子ジャーナルとしての基盤を整えた．今後は，2誌の取組を，統一的に国際情報発信強化することで相乗効果を上げていくことを指向する．第2回JpGU-AGU共同大会（2020年）には1,000人以上の海外からの研究者の参加と発表が見込まれ，PEPS誌とEPS誌の協力特集号を組み海外情報発信を強化する予定である．

本取り組みは，JpGU参加学協会が出版する雑誌についても，コミュニティとしてサポートする際の第一ステップと位置づけて取り組む予定である．

キーワード：オープンアクセス、電子ジャーナル、PEPS
Keywords: open access, e-journal , Progress in Earth and Planetary Science

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS06] 惑星科学

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

本セッションでは、広く惑星科学に関する研究発表と議論を行う。惑星科学とは、地球や他の惑星をはじめとする太陽系や系外惑星系の現在・過去・未来に関する様々な研究からなる学問であり、幅広い視点からの議論が望まれる。

9:00 ~ 9:15

[PPS06-25] 付着N体計算で探るダスト集合体の引張強度

*辰馬 未沙子[1,2]、片岡 章雅[2]、田中 秀和[3] (1.東京大学、2.国立天文台、3.東北大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS06-26] **塵粒子集合体のグラフ構造から理解する熱伝導率の充填率依存性**

*荒川 創太[1]、竹本 正輝[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学理学院)

9:30 ~ 9:45

[PPS06-27] 微惑星の衝突破壊: 物質強度依存性

*末次 竜[1]、田中 秀和[2]、小林 浩[3]、玄田 英典[4] (1.産業医科大学、2.東北大学、3.名古屋大学、4.東京工業大学)

9:45 ~ 10:00

[PPS06-28] 揮発性物質を含む微惑星の衝突により形成されるコンドリュールのサイズと冷却速度

*城野 信一[1] (1.名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻)

10:00 ~ 10:15

[PPS06-29] ダストから直接合体成長による惑星形成の理論的研究

*小林 浩[1]、田中 秀和[2] (1.名古屋大学理学研究科、2.東北大学)

10:15 ~ 10:30

[PPS06-30] 衝突による太陽系外起源小天体1I/'Oumuamuaの極端細長形状の形成条件

*杉浦 圭祐[1]、小林 浩[1]、犬塚 修一郎[1] (1.名古屋大学大学院理学研究科)

付着N体計算で探るダスト集合体の引張強度
Tensile Strength of Porous Dust Aggregates Measured with Dust N-body Simulations

*辰馬 未沙子[1,2]、片岡 章雅[2]、田中 秀和[3]
*Misako Tatsuuma[1,2], Akimasa Kataoka[2], Hidekazu Tanaka[3]

1. 東京大学、2. 国立天文台、3. 東北大学
1. The University of Tokyo, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Tohoku University

惑星形成において、ミクロンサイズのダストがキロメートルサイズの微惑星に成長する過程は、直接付着合体成長や不安定性による濃集など諸説あり、未だ解明されていない。一方で、原始惑星系円盤で形成中の微惑星は直接観測できないため、形成過程の検証は困難である。そこで、太陽系内の最も始原的な天体であり、微惑星の残存天体だと考えられている彗星に着目する。彗星は探査衛星による詳細な観測が可能な天体である。本研究では、Rosettaミッションによって測定された、太陽系内の彗星の一つである67P/Churyumov-Gerasimenkoの引張強度に着目した。

我々は、微惑星の引張強度から形成過程への制限ができるかどうかを探るため、ダストの直接付着相互作用(Wada et al. 2007, ApJ, 661, 320)を考慮したN体計算を用いて、ダスト集合体の引張強度を求めた。初期条件としてのダスト集合体は、形成過程を模擬して等方的かつ静的に圧縮したものを用いた(Kataoka et al. 2013, A&A, 554, A4)。数値計算の結果、引張の変位が増加するにつれて引張応力は徐々に増加し、ある時点で最大値をとることが見られ、すなわち引張強度が得られた。引張応力が最大となる付近で、ダスト内の粒子間接触の切断が発生し始めることも確認された。また、ダスト集合体の引張強度は体積充填率の1.8乗、構成粒子半径の-1乗、構成物質の表面エネルギーの1乗に比例することがわかった。さらに、引張強度が粒子間接触の切断によって決まるという半解析的なモデルを用いることで、数値計算結果を再現することにも成功した。我々のモデルで彗星67Pの引張強度を再現するには、構成粒子半径がおよそ3.3–220 μmでなければならないことも明らかとなった。従来の惑星形成論では、構成粒子半径は星間ダスト半径の0.1 μmとされており、本研究の見積りとは異なる。構成粒子サイズの時間進化等の再検討が今後必要となる。

キーワード：原始惑星系円盤、微惑星、彗星、引張強度
Keywords: Protoplanetary disks, Planetesimals, Comets, Tensile Strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

塵粒子集合体のグラフ構造から理解する熱伝導率の充填率依存性
Filling factor dependence of the thermal conductivity understood from the graph structure of dust aggregates

*荒川 創太[1]、竹本 正輝[1]、中本 泰史[1]
*Sota ARAKAWA[1], Masaki TAKEMOTO[1], Taishi NAKAMOTO[1]

1. 東京工業大学理学院
1. Tokyo Institute of Technology

Previous studies (Arakawa *et al*. 2017; 2019) revealed that the thermal conductivity through the solid network of dust aggregates is proportional to the square of the filling factor. However, the reason why the thermal conductivity is given by the power-law function of the filling factor was still unclear. In order to understand the physical reason of this power-law dependence, we need to investigate the geometric structure of highly porous dust aggregates.
In this study, we study the graph structure of fractal aggregates called BCCA aggregates (e.g., Meakin 1991). The fractal dimension of BCCA aggregates is approximately 1.9 (e.g., Okuzumi *et al*. 2009) and the graph structure of BCCA aggregates is classified as a tree. Then the gyration radius r_g and the filling factor ϕ is connected by the following equation, $r_g \simeq \phi^{-1/(3-1.9)}$, and the number of the heat conduction path per unit area, σ, is given by $\sigma \simeq \phi^{2/(3-1.9)}$ for BCCA aggregates. In addition, we calculated the graph-theoretical distances of monomer grains within a BCCA aggregate. We found that the root mean square of the graph-theoretical distance d is given by $d \simeq r_g^{1.2}$. Therefore, the thermal conductivity of BCCA aggregates is proportional to $\sigma r_g / d \simeq \phi^2$.

キーワード：熱伝導率、ダストアグリゲイト、粉粒体
Keywords: thermal conductivity, dust aggregate, powder and granular material

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微惑星の衝突破壊: 物質強度依存性
Collisional disruption of planetesimals: dependence of material strength

*末次 竜[1]、田中 秀和[2]、小林 浩[3]、玄田 英典[4]
*Ryo Suetsugu[1], Hidekazu Tanaka[2], Hiroshi Kobayashi[3], Hidenori Genda[4]

1. 産業医科大学、2. 東北大学、3. 名古屋大学、4. 東京工業大学
1. University of Occupational and Environmental Health, 2. Tohoku University, 3. Nagoya University, 4. Tokyo Institute of Technology

太陽の周りの公転している惑星や小天体は天体同士の衝突による合体及び破壊で形成されたため、衝突現象は太陽系形成において非常に重要な物理過程といえる。天体は様々な規模の衝突を経験しており、破壊規模は衝突エネルギーQ_R (初期のインパクターの運動エネルギーを標的天体の質量で割った単位質量あたりのエネルギー)に依存する。特に衝突によって標的天体の質量が元の半分となる時のエネルギーは臨界衝突エネルギーQ_{RD}^*と呼ばれ、その値や性質は実験や衝突シミュレーションを用いて研究されてきた (e.g., Benz & Asphaug 1999)。その結果、Q_{RD}^*の値は衝突速度、標的天体のサイズ、物質強度、さらに計算解像度にも依存することが明らかとなった (e.g., Jutzi 2015, Genda et al. 2015)。こうした結果は、主にSPH法で得られていたが、最近、我々はメッシュ法による衝突シミュレーションを行い、高解像度の計算では、SPH法によって得られたQ_{RD}^*の値とよい一致を示すことを明らかにした (Suetsugu et al. 2018)。この研究では天体の物質強度などの組成の効果は入れていなかったが、実際には天体の組成もQ_{RD}^*の値に影響を与えうると考えられている (Jutzi 2015)。しかし、こうした天体組成とQ_{RD}^*の値の詳細な関係は調べられておらず、不明な点が多い。

そこで本研究では、衝突シミュレーションコードの一つで、弾性・塑性モデル，破壊モデル，空隙モデルなどが導入されているiSALE (Amsden et al. 1980, Ivanov al. 1997, Wunnemann et al. 2006) を用いて微惑星破壊の計算を行い、物質強度を考慮した時のQ_{RD}^*の値や、Q_{RD}^*の解像度及び物質強度への依存性について調べた。その結果、物質強度を考慮した場合でも、天体の大規模破壊に必要とされるエネルギーQ_{RD}^*の値は計算解像度に依存することがわかった。各解像度から得られたQ_{RD}^*の値をフィッティングすることで得られた収束値は、標的天体の半径が100kmの場合、約88.6 kJ/kgであり、これは物質強度の無い場合にくらべ5倍ほど高い値となった。また標的天体のサイズに対するQ_{RD}^*の依存性も調べたが、どのサイズにおいても物質強度が無い場合にくらべ、Q_{RD}^*の値は3〜10倍程度増加した。また衝突後のイジェクタの量は、天体を構成する物性の摩擦係数によっても影響をうけるが、現実的な摩擦係数を使う限り、その依存性は小さいことがわかった。

キーワード：惑星形成、衝突過程
Keywords: Planetary formation, Impact processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

揮発性物質を含む微惑星の衝突により形成されるコンドリュールのサイズと冷却速度
Size and cooling rate of chondrules formed thorough collision between planetesimals containing volatile materials

*城野 信一[1]
*Sin-iti Sirono[1]

1. 名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

コンドライト隕石中には，コンドリュールと呼ばれる直径0.1-2 mm程度の球が多数含まれる．体積比率にして80%を越える場合もあり，かつ形状が球であることから，原始太陽系円盤内で普遍的に発生していた発熱イベントにより形成されたと考えられている．室内実験で作成した冷却物との比較から，冷却速度は10-1000 K/h 程度と見積もられている．サイズと冷却速度が，コンドリュールを特徴づける上で最も重要な二つの物理量である．これまで多くのコンドリュール形成モデルが提案されてきたが，多くにおいてはコンドリュールが形成されるパラメータが特定の領域に限られている．

コンドリュール形成プロセスとして，微惑星の衝突は以前から注目されていた．しかし，衝突でシリケイトを溶融させるには数km/s の衝突速度が必要であり，ガスがまだ散逸していない段階の原始惑星系円盤ではその衝突速度が実現されることは困難である．しかし，ガスの降着により木星が形成されると周囲の微惑星の軌道を大きく乱し，衝突速度は10km/sにもなることがNagasawa et al. (2019)により明らかとなった．また一方でコンドリュールの形成年代はCAI形成後 1-3Myr 程度であり，木星の形成のタイミング，またそれに伴う微惑星軌道が乱されている期間の長さと矛盾しない．

しかし微惑星の衝突によってシリケイトメルトが形成されるとしても，大きさが0.1-2mm程度まで分裂するためには周囲のガスから受ける動圧が十分大きくなければならない．原始太陽系円盤のガスを考えると，密度が低すぎるためシリケイトメルトは1mほどのサイズまでしか小さくならない．そこで揮発性物質を含んだ微惑星の衝突を考えた．衝突によってシリケイトと共に加熱された揮発性物質は急激に膨張しガスとなる．ガスとシリケイトメルトとの速度差により動圧が生まれシリケイトメルトは分裂する．どのサイズまで分裂できるかは，ガス動圧と表面張力の比で表されるウェーバー数という無次元数で決定される．本研究では，シリケイトメルトと揮発性物質との混合物が1次元的に膨張するという衝撃波問題の数値シミュレーションを行った．

シミュレーションのパラメータは，混合層の厚さL，揮発性物質の質量分率f，温度T_0の3つである．これら3つのパラメータを様々に変化させてシミュレーションを行った．揮発性物質は水とし，簡単のためガスは理想気体であるとした．

典型的な温度の進化を図に示す．ガスは膨張により仕事をするため温度が低下する．しかしシリケイトメルトからガスに熱が移動する．このプロセスが進行することで徐徐に温度は低下する．図の破線は半解析的に求めた式である．

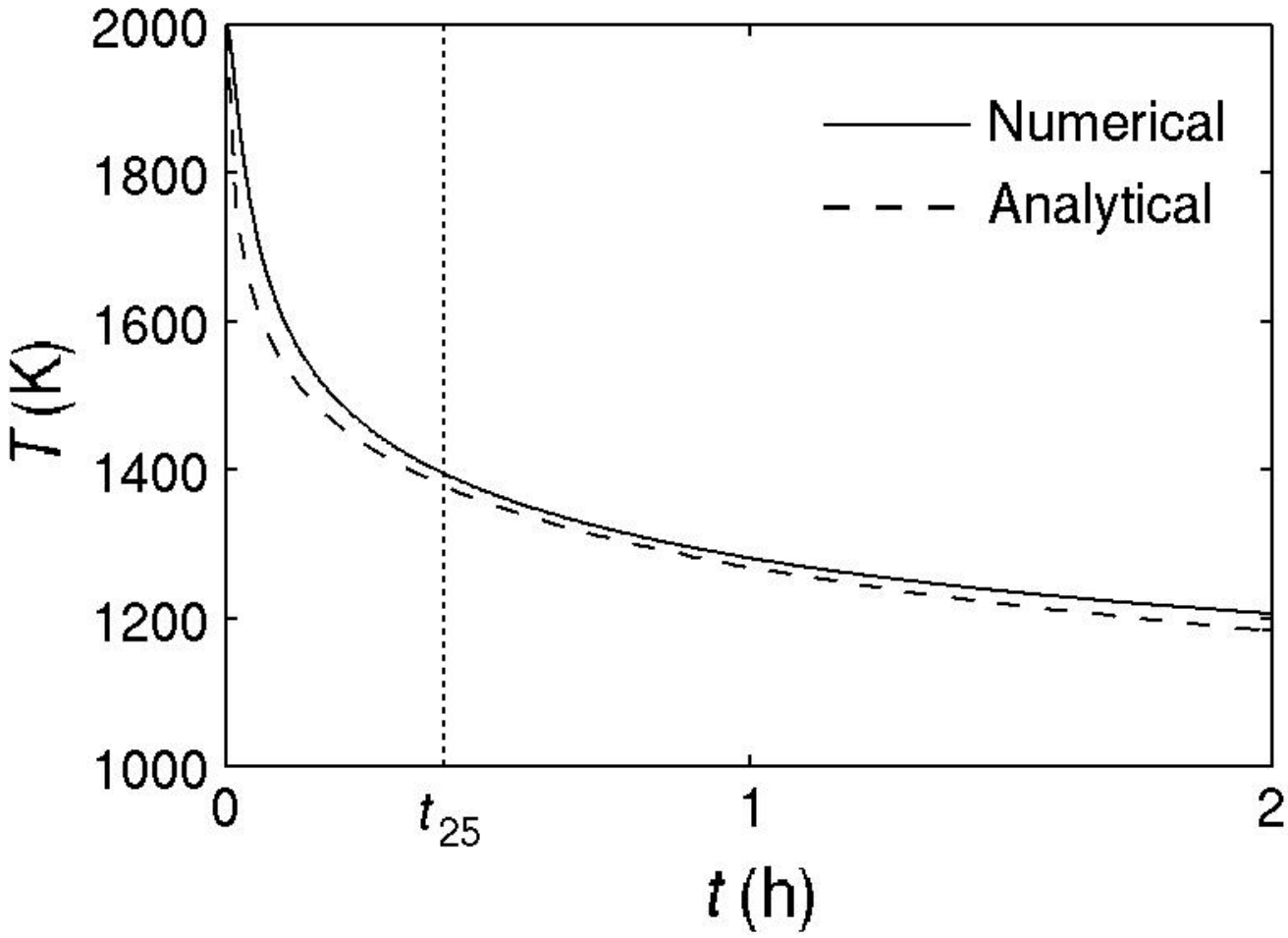
様々なパラメータでシミュレーションを行ったが，分裂したシリケイトメルトのサイズは0.3-2mm程度，冷却速度は100-10000 K/h 程度の範囲に収まることがわかった．パラメータの調整が必要なこれまでのモデルとは大きく異なる結果となった．

揮発性物質は水とは限らず有機物である場合も考えられる．有機物である場合はガスが還元的になるの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

で，Feは金属鉄としてコンドリュールに残ることになる．したがって，揮発性物質の種類によって酸化還元度の多様性が説明できる．また，微惑星の内部が^{26}Alの加熱によって溶融している場合は，Feがコアに移動してしまっている可能性もある．この場合はFe量が低下することになり，H，L，LLコンドライトとして知られている多様性も説明できる．

キーワード：コンドリュール、揮発性物質、微惑星、サイズ、冷却速度
Keywords: chondrule, volatile material, planetesimal, size, cooling rate



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダストから直接合体成長による惑星形成の理論的研究
From Dust to Planet via collisional growth

*小林 浩[1]、田中 秀和[2]
*Hiroshi Kobayashi[1], Hidekazu Tanaka[2]

1. 名古屋大学理学研究科、2. 東北大学
1. Department of Physics, Nagoya University, 2. Tohoku University

原始惑星系円盤のダストが集積して惑星が形成されたと信じられている。衝突・合体のくりかえしによるダスト成長には様々な困難が指摘されていたが、近年の研究でこれらの困難は克服されつつある。また、微惑星サイズにまで成長した後はその場成長が卓越すると長らく考えられていたが、これには形成時間が長すぎる等の困難があることが指摘されている。一方、内側円盤での微惑星から惑星への成長中にも、外側円盤で遅れて起こるダスト成長が寄与することが示唆されてきた。しかし、これらの効果を包括的に議論するには、原始惑星系円盤全体でダストから惑星までの成長を取り扱う非常に大規模なシミュレーションが必要になる。本研究では、ダストの空隙進化モデルを用いて、簡単のため衝突・破壊を無視した100AU程度の原始惑星系円盤の中でのダストから惑星までの大規模シミュレーションを行った。その結果、過去の研究で示されていたように、ダストの成長が起こり十分大きな微惑星ができ、微惑星は暴走成長を起こし、原始惑星を形成する。外側円盤から内側円盤へ小石大の天体の流入が続くが、過去の研究で指摘されたほど、原始惑星成長への寄与は大きくない。最終的には惑星サイズまで最大天体は大きくなる。この結果、世界で初めて、ダストから惑星までの直接合体による形成をシミュレーションにより示すことに成功した。また、この結果は惑星だけでなく小惑星サイズの天体のサイズ分布の議論も可能にする。

キーワード：惑星形成、原始惑星系円盤
Keywords: planet formation, protoplanetary disk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衝突による太陽系外起源小天体1I/’Oumuamuaの極端細長形状の形成条件

Impact Conditions for the Formation of the Extremely Elongated Shape of 1I/’Oumuamua

*杉浦 圭祐[1]、小林 浩[1]、犬塚 修一郎[1]
*Keisuke Sugiura[1], Hiroshi Kobayashi[1], Shu-ichiro Inutsuka[1]

1. 名古屋大学大学院理学研究科
1. NAGOYA UNIVERSITY Graduate School of Science

1I/’Oumuamuaは2017年10月にPan-STARRS望遠鏡によって発見された, 太陽系外から来たと考えられている小天体である. この天体の軌道離心率は1.2であり, 無限遠での太陽との相対速度が26 km/s程度と太陽近傍星の相対速度に近い値であることから, 近傍の惑星系から飛来してきたと考えられている. 絶対等級は22等級程度であり, 0.04のアルベドを仮定することで100 m程度のサイズの小天体であると見積もられている. また最大で2.5等級程度の大きな光度変化を示しているため, 中間軸/長軸比が少なくとも0.3よりも小さいような極端に細長い形状をしていると考えられている.

我々は1I/’Oumuamuaの極端に細長い形状を小惑星衝突によって説明するため, 小惑星衝突の数値計算を様々な条件で行った. 数値計算には弾性体力学に拡張されたSmoothed Particle Hydrodynamics法に自己重力, 岩石の破壊モデル, 及び粉々になった岩石間の摩擦モデルを導入した計算コードを用いた. 衝突天体として始めから固体の引っ張り強度を持たず横ずれ応力が粉体の摩擦で決まるようなものを考え, ターゲット天体の直径は100 mで固定した. その上で衝突2天体の質量比, 粉体の摩擦角, 衝突角度, 衝突速度を様々に変化させた衝突計算を行い, 中間軸/長軸比が0.3を下回る極端細長形状を形成するような衝突条件を調べた.

衝突計算の結果, 大雑把には質量比0.5以上, 摩擦角40度以上, 衝突角度30度以下, 衝突速度40 cm/s以下という条件を満たす衝突のうちいくつかは中間軸/長軸比が0.3を下回る極端細長形状を形成することがわかった. これらの条件のうち, 実現が最も難しいものは衝突速度である. 現在の太陽系の小惑星帯での平均の衝突速度は約5 km/sであり, 要求される衝突速度よりはるかに速い速度である.

40 cm/s以下の衝突速度を実現するためには, 原始惑星系円盤の内部のような力学的に極めて冷たい環境が必要である. しかしながら原始惑星系円盤であっても乱流や大きな天体からの重力散乱などの要因で相対速度が上げられてしまう. そこで我々は低速度衝突を実現するために必要な乱流強度と大きな天体のサイズを見積もった. その結果, 乱流の強度を表すShakura-Sunyaevのアルファパラメータが10^{-4}以下で, 周囲の大きな小天体のサイズが7 km以下ならば半径100 mの小天体間の相対速度が40 cm/s以下になることがわかった. この乱流の強度は磁気回転不安定性が成長しないような場所ならば実現可能である. 一方で7 km以下の小天体のサイズは極めて若い原始惑星系円盤でなければ実現することができない. したがって, 1I/’Oumuamuaは極めて若い原始惑星系円盤で形成され, その後巨大ガス惑星や恒星遭遇などによって惑星系から放出され, 太陽系までやって来た小天体であることが示唆された.

キーワード：1I/’Oumuamua、極端細長形状、小惑星衝突、数値計算、SPH法
Keywords: 1I/’Oumuamua, extremely elongated shape, asteroidal impact, numerical simulation, SPH 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-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:西野 真木(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科)

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

9:00 ~ 9:30

Introduction

9:30 ~ 9:45

[PCG25-01] 「アルマ太陽系天文学ビッグデータ」を用いた，タイタン大気微量分子時空間変動の観測的解明

*飯野 孝浩[1,2]、佐川 英夫[3]、塚越 崇[4] (1.東京大学、2.東京農工大学、3.京都産業大学、4.国立天文台)

9:45 ~ 10:00

[PCG25-02] Transport and energization of planetary ions in the magnetospheric flanks of Mercury

*相澤 紗絵[1]、Dominique Delcourt[2]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.LPC2E, CNRS)

10:00 ~ 10:15

[PCG25-03] Exploring the real-time prediction of Mercury's magnetosphere

*八木 学[1]、関 華奈子[2]、松本 洋介[3]、Dominique Delcourt[4]、Francois Leblanc[4] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.東京大学大学院理学系研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.フランス国立科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[PCG25-04] 水星大気の生成散逸に対する熱脱離およびイオンスパッタリングの寄与に関するモデル研究

*鈴木 雄大[1]、吉岡 和夫[1] (1.東京大学)

「アルマ太陽系天文学ビッグデータ」を用いた，タイタン大気微量分子時空間変動の観測的解明

On the observational constraint on time and spatial variation of Titan's atmospheric trace gases driven with the ALMA solar system big-data

*飯野 孝浩[1,2]、佐川 英夫[3]、塚越 崇[4]
*Takahiro IINO[1,2], Hideo Sagawa[3], Takashi Tsukagoshi[4]

1. 東京大学、2. 東京農工大学、3. 京都産業大学、4. 国立天文台
1. The University of Tokyo, 2. Tokyo Univ. of Agr. and Tech., 3. Kyoto Sangyo University, 4. NAOJ

タイタンの大気は，複雑な光化学過程によって生成される炭化水素や窒素化合物といった多様な微量分子の存在によって特徴づけられている．2017年に活動を終了したカッシーニ探査機は，微量分子の大規模な変動の観測的取得において重要な役割を果たした．例えば，南半球の高緯度領域ではシアン化水素やベンゼンの濃度の2011年から2015年にかけての1000倍の上昇など，大規模な変動を観測した．タイタンにおける複雑な大気科学過程の理解には，これら微量分子群の空間分布の長期的な観測が欠かせない．

ALMAはこの目的に適う測器である．我々はALMAにアーカイブされた大量のタイタンのキャリブレーション用データをいわゆる「FITSキューブ」形式に変換することで，巨大な分光データセットを生成した．タイタンの分光データの数は3000を超え，一酸化炭素（CO)やHCN,アセトニトリル（CH_3CN)，シアノアセチレン（HC_3N)といった分子群やその同位体群が明瞭に検出されている．

分子輝線強度マップの解析により，2015年の中旬から，HC_3N分子の北半球における輝線強度は南半球よりも弱くなったことが示された．一方で，他の窒素化合物（HCNおよびCH_3CN)の輝線強度は未だ北半球で卓越しており，これらの差異は紫外線量や全球循環といった季節変動要因が分子の生成・破壊過程に与える影響の違いを反映していると考えられる．今後は鉛直分布の最尤解を導出する「大気リトリーバル」計算コードについて，膨大なデータセットに対して半自動的に適用できるよう改良することで，分子の3次元分布を定量的に導出し，分子の生成・破壊過程の制約を目指す．

キーワード：タイタン、アルマ、惑星大気
Keywords: Titan, ALMA, Planetary atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transport and energization of planetary ions in the magnetospheric flanks of Mercury

*相澤 紗絵[1]、Dominique Delcourt[2]、寺田 直樹[1]
*Sae Aizawa[1], Dominique Delcourt[2], Naoki Terada[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. LPC2E, CNRS
1. Graduate School of Science,Tohoku University, 2. LPC2E, CNRS

The transport and energization of planetary ions within Kelvin-Helmholtz (KH) vortices developing in the magnetospheric flanks of Mercury are investigated using both numerical methods and data analysis. Due to the presence of heavy ions of planetary origin (e.g., O^+, Na^+, and K^+) and the complicated field structure present during the KH vortex development, the scale of electric field variations can be comparable to that of the ion gyromotion. Therefore, ions may experience non-adiabatic energization as they drift across the magnetopause. In this study, we focus on the effects of the spatial/temporal variations of the electric field along the ion path. We show that the intensification, rather than the change in orientation, is responsible for large non-adiabatic energization of heavy ions of planetary origin. This energization systematically occurs for ions with low initial energies in the direction perpendicular to the magnetic field. The energy gain is of the order of the energy corresponding to the maximum *ExB* drift speed. It is also found that the ion transport across the magnetopause is controlled by the orientation of the magnetosheath electric field. Analyzing data from MESSENGER allow us to compare the observational facts with our numerical results. We find that the counts of Na^+-group detected by FIPS increase with the existence of KH waves, which is consistent with our numerical results. Although some differences in the energy distribution are expected in our numerical results, the data show no significant differences. This will be the subject of further studies using the newly developed BepiColombo instruments.

キーワード：非断熱加速、水星磁気圏、FIPS/MESSENGER、ケルビン-ヘルムホルツ不安定
Keywords: Non-adiabatic energization, Mercury's magnetosphere, FIPS/MESSENGER, Kelvin-Helmholtz instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring the real-time prediction of Mercury's magnetosphere

*八木 学[1]、関 華奈子[2]、松本 洋介[3]、Dominique Delcourt[4]、Francois Leblanc[4]
*Manabu Yagi[1], Kanako Seki[2], Yosuke Matsumoto[3], Dominique C. Delcourt[4], Francois Leblanc[4]

1. 理化学研究所計算科学研究センター、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 千葉大学大学院理学研究科、4. フランス国立科学研究センター
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Graduate School of Science, University of Tokyo, 3. Graduate School of Science, Chiba University, 4. The National Center for Scientific Research

Observations by MESSENGER found that Mercury's magnetosphere is analogous to the Earth's while there are several differences of the two. Big differences from the Earth's magnetosphere are strong IMF-Bx component and dipole offset which could affect to the global configuration of Mercury's magnetosphere. In this study, first we performed many cases of MHD simulation solving an interaction with solar wind plasma and offset dipole of Mercury. Solar wind densities are given betwenn nominal(35cm^{-3}), high(70cm^{-3}), and extreme(140cm^{-3}), with velocities for 400km/s to 800km/s, which are realistic values in the Mercury's orbit. When solar wind density is nominal and no IMF-Bx, the structure of Mercury’s magnetosphere is not far from ‘miniature’ of Earth’s magnetosphere, while north-south asymmetry is outstanding because of the offset dipole. In the realistic IMF case, global configurations of magnetosphere drastically change and become more complicated structures which include stronger north-south and dawn-dusk asymmetry. IMF-Bx also affects to the intensity ratio of north and south cusp pressure. IMF-By component “twist” the cusp region to longitudinal direction. The heavy ions’ trajectories basically obey the global structure of magnetic field, so that the ions’ precipitation concentrate on the ‘magnetic cusp’ defined from MHD simulations, but the precipitation region is wider and diffusive compared to the MHD cusp. In the presentation, we will discuss more details of heavy ion precipitation pattern. The identification of global structures and ions’ precipitation region especially the cusp is important not only on the understanding of magnetospheric physics itself, but also making a proposal to the observational plan of spacecraft such as Bepi-Colombo.

キーワード：水星、磁気圏、磁気流体
Keywords: Mercury, magnetosphere, MHD

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水星大気の生成散逸に対する熱脱離およびイオンスパッタリングの寄与に関するモデル研究

Model study on the contribution of various physical processes for generation and dissipation of Mercury's exosphere

*鈴木 雄大[1]、吉岡 和夫[1]
*Yudai Suzuki[1], Kazuo Yoshioka[1]

1. 東京大学
1. University of Tokyo

水星は非常に希薄な大気（~1e-10 Pa）を保持しているが、常時強い太陽光圧や太陽風に晒されている上に重力が小さいため、非常に多くの気体が宇宙空間へと散逸している。外気圏が地表に直接接続しているため、水星大気の生成量・散逸量は周囲の環境に応じて劇的に変化する。

外気圏を構成する元素は主にNa, Mg, H, K, Ca, He等であるが、このうちH, Heは太陽風、それ以外の元素は水星表面からの脱離によって供給されると考えられている。脱離プロセスとしては例えば熱脱離、光励起脱離、イオンスパッタリング、微小隕石衝突等が考えられている。熱脱離量は公転に伴う太陽-水星間距離の変動による表面温度の変化、光励起脱離量は太陽活動度の変化による太陽放射の変動、イオンスパッタリングによる脱離量は太陽風の変動や太陽フレアによる水星周辺のプラズマ量の変化、微小隕石衝突による脱離量は水星周辺のダスト量によって変動する。従って、それぞれの過程による水星大気の生成量を推定することは太陽系内縁環境の理解に繋がる。

生成過程ごとに放出される粒子の速度分布が異なるため、現在はMESSENGER探査機の観測データから得られる大気鉛直密度分布から放出温度を推定し、水星大気生成への各過程の寄与を推定することが多い。しかし、特に高温成分の気体の存在量の推定精度に問題があるほか、探査機の軌道の都合上、中緯度帯および北半球高緯度の大気生成過程の推定が非常に困難である。

熱脱離は、粒子に与えるエネルギーが小さく、放出粒子が再度地表に戻るまでのタイムスケールが水星の自公転周期に比べて十分に短くなる（~10分）ので、地表面におけるNa原子の分布を支配していると考えられる。また、イオンスパッタリングは中高緯度で多く生じるため、MESSENGERが苦手とする中緯度および北半球高緯度における大気の生成にも大きく寄与していると考えられる。

本研究では特に熱脱離とイオンスパッタリングに着目して水星における中性Na粒子の生成から散逸までの挙動をモンテカルロ法によりシミュレーションする。さらにこの結果とMESSENGER MASCS UVVSの観測データを比較し、熱脱離とイオンスパッタリングの水星大気生成への寄与について議論する。

キーワード：水星、希薄大気、外気圏、熱脱離、イオンスパッタリング
Keywords: Mercury, tenuous atmosphere , exosphere, thermal desorption, charged particle sputtering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:中川 広務(東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野)、関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

10:45 ~ 11:00

[PCG25-05] 国際水星探査計画ベピコロンボの最新状況と科学課題

*村上 豪[1]、早川 基[1]、藤本 正樹[1]、ベピコロンボ プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

11:00 ~ 11:15

[PCG25-06] A Novel High-Moment Multifluid Model for Mercury: From the Planetary Conducting Core to the Dynamic Magnetosphere

*Chuanfei Dong[1]、Liang Wang[1]、Ammar Hakim[1]、Amitava Bhattacharjee[1]、James A Slavin[2]、Gina A DiBraccio[3]、Kai Germaschewski[4] (1.Princeton University、2.University of Michigan, Ann Arbor、3.NASA Goddard Space Flight Center、4.University of New Hampshire)

11:15 ~ 11:30

[PCG25-07] 地球型惑星における遅進流体力学的散逸のDSMC シミュレーション

寺田 香織[1]、*寺田 直樹[1]、藤原 均[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.成蹊大学理工学部)

11:30 ~ 11:45

[PCG25-08] The influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape

*Dave A Brain[1,2]、Robin Ramstad[1]、Yaxue Dong[1]、Tristan Weber[1]、Shogo Inui[2]、Kanako Seki[2]、Andrew Poppe[3]、Riku Jarvinen[4]、Jim McFadden[3]、Jasper Halekas[5]、Jared Espley[6]、David Mitchell[3]、Laila Andersson[1]、Bruce Jakosky[1] (1.University of Colorado、2.University of Tokyo、3.University of California Berkeley、4.Finnish Meteorological Institute、5.University of Iowa、6.NASA Goddard Space Flight Center)

11:45 ~ 12:00

[PCG25-09] Effects of the IMF direction on atmospheric escape under a weak intrinsic magnetic field at Mars

*堺 正太朗[1]、関 華奈子[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、坂田 遼弥[1]、田中 高史[3,4]、海老原 祐輔[5] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.情報通信研究機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5.京都大学生存圏研究所)

12:00 ~ 12:15

[PCG25-10] Simulating solar energetic electron precipitation and drift at Mars

*Rebecca Jolitz[1]、Chuanfei Dong[2]、Dave A Brain[1]、Steve Bougher[3]、Christina Lee[4]、Rob Lillis[4]、Shannon Curry[4]、Bruce Jakosky[1] (1.Univ. of Colorado Boulder、2.Princeton Univ.、3.Univ. of Michigan、4.Univ. of California Berkeley)

国際水星探査計画ベピコロンボの最新状況と科学課題
Updated status and science goals of the BepiColombo mission

*村上 豪[1]、早川 基[1]、藤本 正樹[1]、ベピコロンボ プロジェクトチーム
*Go Murakami[1], Hajime Hayakawa[1], Masaki Fujimoto[1], BepiColombo Project Team

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

The ESA-JAXA joint mission BepiColombo is now on the track to Mercury. Two spacecraft for BepiColombo, "MIO" (Mercury Magnetospheric Orbiter: MMO) and "Bepi" (Mercury Planetary Orbiter: MPO), were launched by Ariane-5 launch vehicle from Kourou in French Guiana on 20 October 2018. During the cruise to Mercury, in addition to two spacecraft MMO Sunshield and Interface Structure (MOSIF) and Mercury Transfer Module (MTM) are all integrated together. The critical phase just after launch and the near Earth commissioning phase were successfully finished in end of 2018, and the first electrical propulsion started from Decemeber 2018. The next activities are delta commissioning of high voltage instruments in mid 2019, and the first flyby around the Earth in April 2020. Here we report the updated status of BepiColombo mission and the overview of its science goals.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Novel High-Moment Multifluid Model for Mercury: From the Planetary Conducting Core to the Dynamic Magnetosphere

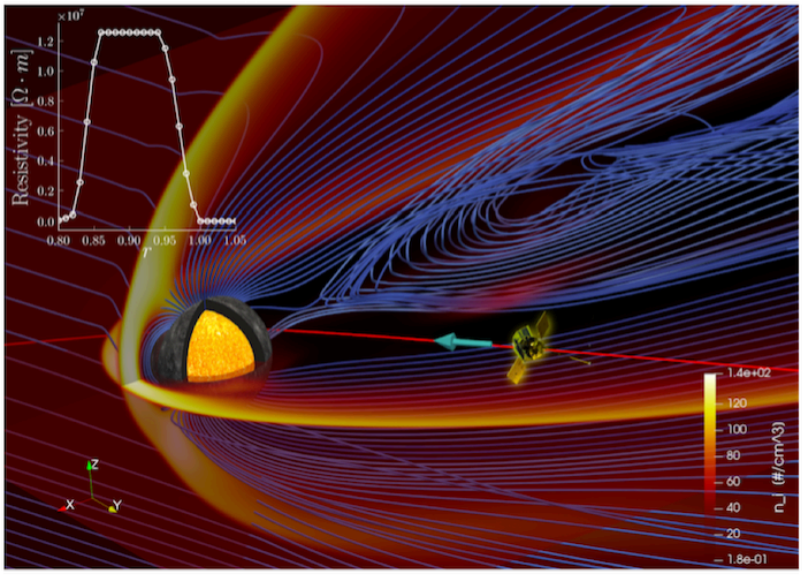
*Chuanfei Dong[1], Liang Wang[1], Ammar Hakim[1], Amitava Bhattacharjee[1], James A Slavin[2], Gina A DiBraccio[3], Kai Germaschewski[4]

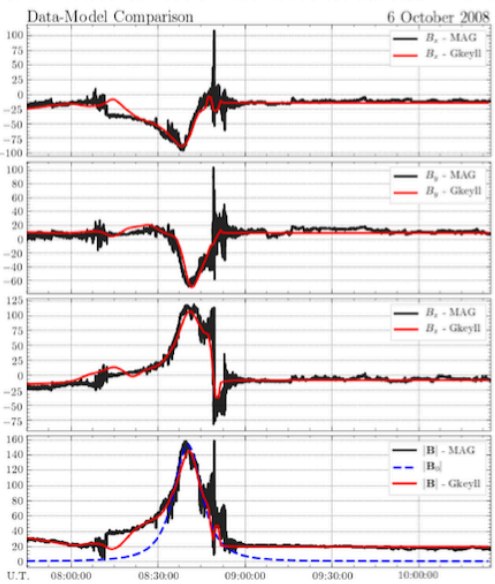
1. Princeton University, 2. University of Michigan, Ann Arbor, 3. NASA Goddard Space Flight Center, 4. University of New Hampshire

We have developed a novel three-dimensional ten-moment multifluid model and applied it to investigate the tightly coupled interior-magnetosphere system of Mercury. This new multifluid model self-consistently solves the continuity, momentum and pressure tensor equations of each species, together with the full Maxwell equations. As a result, non-ideal effects including the Hall effect, inertia, and tensorial pressures are self-consistently embedded without the need for explicitly solving a generalized Ohm's law.

Our simulation results from this new model are in good agreement with observations from MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry, and Ranging (MESSENGER) spacecraft. The model is able to reproduce the magnetic field vectors, field-aligned currents and cross-tail current sheet asymmetry observed by MESSENGER. We also investigate collisionless magnetic reconnection in Mercury's magnetotail and at dayside magnetopause. In addition, we study the magnetospheric response of Mercury to a hypothetical extreme event with an enhanced solar wind dynamic pressure, which demonstrates the significance of electromagnetic induction effects resulting from the coupled interior. Moreover, two plasmoids (or flux ropes) are formed in Mercury's cross-tail current sheet during this hypothetical extreme event, indicating the extremely dynamic nature of Mercury's magnetotail. Thus, this novel high-moment, multifluid, interior-magnetosphere-coupled model is crucial for understanding Mercury's dynamic magnetosphere and has the potential to enhance the science returns of both the MESSENGER and BepiColombo missions.

Keywords: Mercury's dynamic magnetosphere, ten-moment multifluid model, induction effect, tightly coupled interior-magnetosphere system, collisionless magnetic reconnection, extreme events





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球型惑星における遅進流体力学的散逸のDSMC シミュレーション
DSMC simulation of slow hydrodynamic escape from terrestrial planets

寺田 香織[1]、*寺田 直樹[1]、藤原 均[2]
Kaori Terada[1], *Naoki Terada[1], Hitoshi Fujiwara[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 成蹊大学理工学部
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Faculty of Science and Technology, Seikei University

大気獲得直後の地球型惑星の大気組成進化を理解するために、流体力学的散逸からジーンズ散逸へと変遷する期間における遅進流体力学的散逸による大気散逸率を DSMC シミュレーションにより求めた。

形成間もない恒星は、強い極端紫外線を放射する。例えば、45 億年前の太陽の極端紫外線は、現在よりも100 倍以上強かったとみられる。原始惑星系円盤から形成された惑星は、円盤ガスの捕獲や衝突脱ガスにより大気を獲得するが、その大気は中心星からの強い極端紫外線に照射されることにより加熱され、宇宙空間に大量に流出する。

大気の散逸率には限界があり、どれだけ強い極端紫外線に曝されても、エネルギー律速で決まる散逸率以上の大気の散逸は起こらない。このエネルギー律速で決まる散逸率での大気散逸が起こっている状態は流体力学的散逸の一状態である。やがて、時間の経過とともに中心星の極端紫外線の強度は弱まり、惑星の大気は現在の地球のような静水圧平衡状態に落ち着く。静水圧平衡状態で起こるジーンズ散逸の散逸率と流体力学的散逸率の研究は進んでいるが、その間の期間の遅進流体力学的散逸の散逸率は理解が進んでいない部分が多い。

大気の散逸率は大気組成によっても左右される。先行研究により、地球のような大気組成の惑星は、現在の太陽の 20 倍の強さの極端紫外線に曝されると、その大気が10000 K を超えるまで加熱され、流体力学的散逸が起こることが明らかになっている。一方、CO2 が大量に存在する火星のような惑星では、CO2 の赤外放射による冷却効果があるため、地球ほどの大気の温度上昇は起こらない。それでも、現在の 20 倍の強さの極端紫外線の下での火星大気の温度が約 2500 K に達し、静水圧平衡が成立していないことが先行研究の流体シミュレーションによって示唆されている。

我々は、異なる強さの極端紫外線強度のもとに DSMC シミュレーションを行い、地球のような惑星、火星のような惑星からの大気散逸率を求めた。粒子シミュレーションモデルを使うことにより散逸率を自己無撞着に解くことを可能にした。大気獲得直後の惑星大気組成進化を理解するために、本発表では流体力学的散逸から遅進流体力学的散逸を経てジーンズ散逸へと変遷する期間の分子種ごとの散逸率を示す。

キーワード：大気散逸、地球型惑星、DSMC シミュレーション
Keywords: Atmospheric escape, Terrestrial planets, DSMC simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape

*Dave A Brain[1,2], Robin Ramstad[1], Yaxue Dong[1], Tristan Weber[1], Shogo Inui[2], Kanako Seki[2], Andrew Poppe[3], Riku Jarvinen[4], Jim McFadden[3], Jasper Halekas[5], Jared Espley[6], David Mitchell[3], Laila Andersson[1], Bruce Jakosky[1]

1. University of Colorado, 2. University of Tokyo, 3. University of California Berkeley, 4. Finnish Meteorological Institute, 5. University of Iowa, 6. NASA Goddard Space Flight Center

At present the influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape rates is debated. Since Mars lacks a significant global dynamo magnetic field, the presence of strong crustal fields over a significant fraction of the surface could shield portions of the atmosphere from the incident solar wind. The crustal fields could also allow or even enhance atmospheric escape through numerous cusp regions that are magnetically connected to the solar wind. This issue is of interest because the answer has implications for how atmospheric escape has operated on Mars over the history of the planet, including earlier times when Mars was more widely magnetized or even possessed a dynamo field. It is also relevant for assessing whether a global magnetic field is important for atmospheric retention. To this point, both modeling and observational studies appear to disagree on whether crustal fields significantly influence the escape of ions.

We will present the results of a new analysis of ion measurements from the Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) spacecraft mission made over four years. We examine how escape rates vary as Mars rotates and as a function of the solar zenith angle of strong crustal fields, including the dependence on ion energy and species. We also explore whether ion escape rates are larger, in a global sense, above crustal fields compared to non-magnetized regions. Finally, we introduce recent results relevant for evaluating ion escape from individual cusps, including from kinetic models of Martian cusp regions.

Keywords: Mars, Atmospheric escape, Magnetospheres

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effects of the IMF direction on atmospheric escape under a weak intrinsic magnetic field at Mars

*堺 正太朗[1]、関 華奈子[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、坂田 遼弥[1]、田中 高史[3,4]、海老原 祐輔[5]
*Shotaro Sakai[1], Kanako Seki[1], Naoki Terada[2], Hiroyuki Shinagawa[3], Ryoya Sakata[1], Takashi Tanaka[3,4], Yusuke Ebihara[5]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 情報通信研究機構、4. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5. 京都大学生存圏研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University, 5. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

The planetary intrinsic magnetic field is significantly important in considering the atmospheric escape from planets. The strength of intrinsic field particularly affects the interaction between the solar wind and terrestrial-type planets (e.g., Seki et al., 2001), and it would change the escape mechanism. In contrast, Mars would have kept the warm and wet climate around 4 Ga. However, atmosphere and water are lost by certain processes, resulting in that present Mars only leave thin atmosphere. One candidate of the escape mechanism is the ion outflow from the upper atmosphere associated with the magnetic field. It is expected that ancient Mars had a global intrinsic magnetic field because there exists the crustal magnetic field in present Mars, and thus investigating the effect of intrinsic magnetic field on the ion escape leads to understanding the climate change of Mars from past through present.

Sakai et al. (2018) investigated the effect of an intrinsic magnetic field of 100 nT at the Martian equatorial surface on the escape mechanism. It was shown that the existence of the weak field results in an enhancement of the ion escape rate. A parker-spiral interplanetary magnetic field (IMF) was used in order to obtain the escape rate in this earlier study.

In this study, influences of the IMF direction on the ion escape mechanism under the intrinsic magnetic field of 100 nT at the equatorial surface are investigated based on global multispecies single-fluid magnetohydrodynamics simulations (Terada et al., 2009; Sakai et al., 2018). Ion escape processes from Mars under two IMF conditions, namely, a northward and southward cases, are compared to those of the parker-spiral case. For the parker-spiral case, heavy ions escape through the channel associated with the open field lines and another channel associated with a magnetic reconnection between the planetary and solar wind magnetic fields at the flank magnetopause (Sakai et al., 2018). For the north-IMF case, the heavy ions mainly escape through the open or draped field lines formed by double lobe reconnections. The escape rate of heavy ions is about one order of magnitude smaller than for the parker-spiral IMF case and it is even smaller than for the no-dipole case. On the other hand, the heavy ions escape by the mass loading of draped field lines in the ionosphere for the south-IMF case. The escape rate of heavy ions is about one order of magnitude greater than for the parker-spiral case. For the north-IMF case, the interaction of the weak intrinsic magnetic field and IMF forms the firm magnetosphere, resulting in suppressing the ion escape. In contrast, the erosion of IMF into the deep ionosphere yields the increment of the ion escape rate for the south-IMF case.

References:

1. Sakai, S., Seki, K., Terada, N., Shinagawa, H., Tanaka, T., & Ebihara, Y. (2018). Effects of a weak intrinsic magnetic field on atmospheric escape from Mars. *Geophys. Res. Lett.*, *45*, 9336-9343.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

https://doi.org/10.1029/2018GL079972
2. Seki, K., Elphic, R. C., Hirahara, M., Terasawa, T., & Mukai, T. (2001). On atmospheric loss of oxygen ions from Earth through magnetospheric processes. *Science*, *291*, 1939-1941. https://doi.org/10.1126/science.1058913
3. Terada, N., Kulikov, Y. N., Lammer, H., Lichtenegger, H. I. M., Tanaka, T., Shinagawa, H., & Zhang, T. (2009). Atmospheric and water loss from early Mars under extreme solar wind and extreme ultraviolet conditions. *Astrobiology*, *9*, 55-70. https://doi.org/10.1089/ast.2008.0250

キーワード：火星、大気流出、固有磁場、惑星間空間磁場、MHDシミュレーション
Keywords: Mars, Atmospheric escape, Intrinsic magnetic field, Interplanetary magnetic field, MHD simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulating solar energetic electron precipitation and drift at Mars

*Rebecca Jolitz[1], Chuanfei Dong[2], Dave A Brain[1], Steve Bougher[3], Christina Lee[4], Rob Lillis[4], Shannon Curry[4], Bruce Jakosky[1]

1. Univ. of Colorado Boulder, 2. Princeton Univ., 3. Univ. of Michigan, 4. Univ. of California Berkeley

Solar disturbances release energetic charged particles that are expected to directly precipitate into the atmospheres of weakly magnetized planets like Mars. However, draped magnetic fields can influence the motion of energetic electrons. Using a test particle model of 1 keV - 100 keV electrons moving in magnetic fields from a multifluid magnetohydrodynamic simulation, we find that energetic electrons with steep pitch angles are affected by gradient drifts over the dayside of Mars. For an interplanetary magnetic field directed in the away sector, electrons will drift southwards, perpendicular to the direction of the draped magnetic field. Gradient drifts at Mars can facilitate increased precipitation by directing electrons towards the magnetized southern hemisphere and into magnetic field cusps. These findings suggest energetic electrons precipitate non-uniformly and are attenuated at low altitudes above the dayside northern hemisphere of Mars.

Keywords: Mars, solar energetic particles, gradient drift, particle precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

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

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

13:45 ~ 14:00

[PCG25-11] Effects of the intrinsic magnetic field on the ion loss from ancient Mars

*坂田 遼弥[1]、関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、田中 高史[3,4] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立研究開発法人情報通信開発機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター)

14:00 ~ 14:15

[PCG25-12] Global characterization of wave perturbations in the middle atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Hannes Groller[7]、Roger Yelle[7]、Franck Montmessin[8]、Nicholas Schneider[4]、Scott England[5]、関 華奈子[6]、黒田 剛史[3]、藤原 均[2]、今村 剛[6]、寺田 香織[1]、吉田 奈央[1]、Justin Deighan[4]、Sonal Jain[4]、Bruce Jakosky[4] (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.成蹊大学、3.情報通信研究機構、4.LASP, コロラド大学、5.Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech、6.東京大学、7.アリゾナ大学、8.LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL)

14:15 ~ 14:30

[PCG25-13] Seasonal variation of the dayside N_2/CO_2 at 140 km altitude derived from MAVEN/IUVS

*吉田 奈央[1]、中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Nicholas Schnider[2]、Scott Evans[3]、Sonal Jain[2]、藤原 均[4]、今村 剛[5]、Justin Deighan[2]、Ian Stewart[2]、Michael Stevens[6]、Roger Yelle[7] (1.東北大学大学院 理学研究科、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA、3.Computational Physics, Inc., USA、4.成蹊大学 理工学部、5.東京大学大学院 新領域創成科学研究科、6.Naval Research Laboratory, Washington, USA、7.Department of Planetary Sciences, University of Arizona)

14:30 ~ 14:45

[PCG25-14] 深層学習を用いたMGS/MOC画像における火星ダストストーム領域の自動抽出

*小郷原 一智[1]、義忠 隆生[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)

14:45 ~ 15:00

[PCG25-15] アルマを用いた木星放射線帯変動メカニズムの解明に向けて

*北 元[1]、佐川 英夫[2]、飯野 孝浩[3]、垰 千尋[4]、黒田 剛史[4]、土屋 史紀[5]、三澤 浩昭[5]、笠羽 康正[5]、藤本 正樹[1] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.京都産業大学理学部、3.東京農工大学科学博物館、4.情報通信研究機構、5.東北大学)

15:00 ~ 15:15

[PCG25-16] Jupiter's radio Riddle arcs observed by LWA and Juno

*今井 一雅[1]、Higgins Charles[2]、今井 雅文[3]、Clarke Tracy[4] (1.高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2.Middle Tennessee State University、3.University of Iowa、4.Naval Research Laboratory)

Effects of the intrinsic magnetic field on the ion loss from ancient Mars

*坂田 遼弥[1]、関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、田中 高史[3,4]
*Ryoya Sakata[1], Kanako Seki[1], Shotaro Sakai[1], Naoki Terada[2], Hiroyuki Shinagawa[3], Takashi Tanaka[3,4]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 国立研究開発法人情報通信開発機構、4. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University

Mars had a thick atmosphere before 4 Ga, but it lost most of them. Ion escape to space could play an important role in the atmosphere loss. The astronomical observations suggest that the solar XUV (X-ray and extreme ultra-violet) flux and the solar mass loss rate were more intense (Ribas et al., 2005; Wood et al., 2002). Previous studies pointed out that the ion loss was several orders of magnitude stronger under such intensified solar conditions (Terada et al., 2009a). On the other hand, the existence of the crustal magnetic field indicates that Mars had an intrinsic magnetic field before 4.1 Ga. The conventional idea is that the intrinsic magnetic field prevents the direct interaction between the solar wind and the atmosphere and thus restrains the ion loss (Lundin et al., 2007). On the contrary, some studies suggested that the existence of an intrinsic magnetic field promotes the ion loss (Sakai et al., 2018). Thus it is important to clarify the effect of the intrinsic magnetic field on the ion loss to understand the atmospheric evolution at Mars.

In this study, we investigated the ion loss processes from Mars under extreme solar conditions and the existence of an intrinsic magnetic field using a 3D multi-species MHD model (Terada et al., 2009b). The solar wind proton density, the solar wind velocity, and the solar XUV flux were assumed to be 1000 /cm^3, 2000 km/s, and 100 times higher than the present-day XUV flux, respectively. The interplanetary magnetic field was assumed to be in Parker spiral and its strength was 60 nT. These parameters are same as those used in Terada et al. (2009a). We conducted four cases of simulations with different intrinsic magnetic field conditions, i.e., dipole fields with the strength of 0 nT, 100 nT, 1000 nT, and 5000 nT on the equatorial surface.

In 0 nT case, there were two major ion loss processes: escape of O^+, O_2^+ and CO_2^+ from the polar region and pickup O^+ carried by the deflected solar wind. In 1000 nT case, O_2^+ and CO_2^+ mainly came from the dayside cusp region through open magnetic field lines. In 5000 nT case, O^+, O_2^+ and CO_2^+ fluxes had almost the same structure and originated from the dayside cusp region. In 0 nT, 100 nT, and 1000 nT cases, the loss rates of O_2^+ and CO_2^+ were higher under the existence of the stronger dipole field, while the O^+ loss rate was nearly the same in these three cases. In 5000 nT case, the loss rates of O_2^+ and CO_2^+ were about three orders of magnitude lower than those of the other weaker dipole cases, while the O^+ loss rate was five times lower. These results suggest that the existence of a weak intrinsic magnetic field facilitates the loss of heavier ions such as O_2^+ and CO_2^+, and there is a threshold strength of the intrinsic magnetic field for this facilitation effect.

References

Lundin, R., et al. (2007). Planetary magnetic fields and solar forcing: Implications for atmospheric evolution. *Space Sci. Rev.*, *129*(1–3), 245–278. doi:10.1007/s11214-007-9176-4
Ribas, I., et al. (2005). Evolution of the Solar Activity over Time and Effects on Planetary Atmospheres. I. High-Energy Irradiances (1-1700 Å). *ApJ*, *622*(1), 680. doi:10.1086/427977
Sakai, S., et al. (2018). Effects of a Weak Intrinsic Magnetic Field on Atmospheric Escape From Mars.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geophys. Res. Lett., *45*(18), 9336–9343. doi:10.1029/2018GL079972
Terada, N., et al. (2009). A three-dimensional, multispecies, comprehensive MHD model of the solar wind interaction with the planet Venus. *J. Geophys. Res.*, *114*(9), 1–11. doi:10.1029/2008JA013937
Terada, N., et al. (2009). Atmosphere and Water Loss from Early Mars Under Extreme Solar Wind and Extreme Ultraviolet Conditions. *Astrobiology*, *9*(1), 55–70. doi:10.1089/ast.2008.0250
Wood, B. E., et al. (2002). Measured Mass-Loss Rates of Solar-like Stars as a Function of Ageand Activity. *ApJ*, *574*(1), 412–425. doi:10.1086/340797

キーワード：太古火星、多成分MHDシミュレーション、大気散逸、固有磁場
Keywords: ancient Mars, multi-species MHD simulation, atmospheric escape, intrinsic magnetic field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global characterization of wave perturbations in the middle atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Hannes Groller[7]、Roger Yelle[7]、Franck Montmessin[8]、Nicholas Schneider[4]、Scott England[5]、関 華奈子[6]、黒田 剛史[3]、藤原 均[2]、今村 剛[6]、寺田 香織[1]、吉田 奈央[1]、Justin Deighan[4]、Sonal Jain[4]、Bruce Jakosky[4]
*Hiromu Nakagawa[1], Naoki Terada[1], Hannes Groller[7], Roger Yelle[7], Montmessin Franck[8], Schneider M Nicholas[4], England Scott[5], Kanako Seki[6], Takeshi Kuroda[3], Hitoshi Fujiwara[2], Takeshi Imamura[6], Kaori Terada[1], Nao Yoshida[1], Justin I Deighan[4], Sonal K Jain[4], Bruce M Jakosky[4]

1. 東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2. 成蹊大学、3. 情報通信研究機構、4. LASP, コロラド大学、5. Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech、6. 東京大学、7. アリゾナ大学、8. LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL
1. Planetary Atmosphere Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Seikei University, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, 5. Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech, 6. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, 7. Lunar and Planetary Laboratory Science, University of Arizona, 8. LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL

Small-scale atmospheric waves, such as internal gravity waves, are recognized as an important part of the terrestrial climate system. They ubiquitously exist on the Earth’s upper atmosphere and affect the dynamics, composition, and thermal structure of the terrestrial middle atmosphere and thermosphere. Global characteristics of gravity waves on Earth have been extensively investigated over decades. On Mars, large fluctuations in density and temperature with short vertical wavelengths were first detected in Viking, Opportunity, Spirit, and Mars Pathfinder entry profiles. Wave amplitudes in the Martian atmosphere are larger than those in the terrestrial atmosphere and the important role of gravity waves of tropospheric origin in the middle atmosphere has been appreciated in early modeling studies. Gravity waves strongly affect the large-scale winds, thermal balance, density in the mesosphere and lower thermosphere. Since October 2014, NASA’s Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) mission have been performed comprehensive studies of the Martian atmosphere. In-situ measurements of the upper atmosphere, from 300 km down to 130 km, revealed that wavelike perturbations ubiquitously exist in ions and neutrals in the upper thermosphere. Wavelike perturbations have also been detected by remote sensing with the Imaging Ultraviolet Spectrograph (IUVS) onboard MAVEN at altitudes between 20 and 150 km. These IUVS measurements provide opportunities for investigating possible links between waves in the Martian troposphere and thermosphere.
In order to clarify a global characteristic of waves and its upward propagating processes, we use IUVS stellar occultation measurements to characterize a global distribution of waves in the middle atmosphere between 24 March 2015 and 12 April 2018 for two Martian Years. This study first revealed global characteristics of wave perturbations in the night side temperature profiles derived from MAVEN/IUVS stellar occultations at 20 - 160 km altitudes on Mars. The peak amplitudes of waves on Mars exceed 20 % which is larger than those in Earth’s mesosphere/thermosphere (~5-13 %). Perturbations were found to be notably large in summer hemisphere at L_s = 0-180. These waves can be interpreted as resulting from superposed harmonics of internal gravity waves and thermal tides. The superposition of thermal-tides and small-scale perturbations generate extensive instability layer around 70 - 100 km, which potentially causes wave-breaking and turbulences. Vertical wavenumber spectral density in the Martian middle atmosphere shows a power-law dependence with the logarithmic spectral slope of -3. This is similar to the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

features seen in the Earth’ s atmosphere. The spectral density in southern hemisphere at L_s = 225-315 tends to follow the semi-empirical spectrum of saturated gravity waves on the high-wavenumber side. The spectral power at high-wavenumbers is lower at 80 - 160 km than that at 20 - 80 km. This suggests that the strong radiative damping by CO_2 15-micron could effectively dissipates shorter waves. Instead, the spectral power at low-wavenumbers suggests the amplitude growth with height of unsaturated waves toward upper thermosphere.

キーワード：火星、中間圏、熱圏、大気波動、熱潮汐
Keywords: Mars, mesosphere, thermosphere, waves, tides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal variation of the dayside N_2/CO_2 at 140 km altitude derived from MAVEN/IUVS

*吉田 奈央[1]、中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Nicholas Schnider[2]、Scott Evans[3]、Sonal Jain[2]、藤原 均[4]、今村 剛[5]、Justin Deighan[2]、Ian Stewart[2]、Michael Stevens[6]、Roger Yelle[7]
*Nao Yoshida[1], Hiromu Nakagawa[1], Naoki Terada[1], Nicholas Schnider[2], Scott Evans[3], Sonal Jain[2], Hitoshi Fujiwara[4], Takeshi Imamura[5], Justin Deighan[2], Ian Stewart[2], Michael Stivens[6], Roger Yelle[7]

1. 東北大学大学院 理学研究科、2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA、3. Computational Physics, Inc., USA、4. 成蹊大学 理工学部、5. 東京大学大学院 新領域創成科学研究科、6. Naval Research Laboratory, Washington, USA、7. Department of Planetary Sciences, University of Arizona
1. Dep. Geophysics Graduate School of Science Tohoku University, 2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA, 3. Computational Physics, Inc., Springfield, Virginia, USA, 4. Faculty of Science and Technology, Seikei University, 5. Department of Complexity Science and Engineering, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 6. Naval Research Laboratory, Washington, USA, 7. Department of Planetary Sciences, University of Arizona

It is believed that liquid water was abundant on early Mars, despite Mars being too cold today to sustain significant amounts of liquid water. The most likely explanation is that early Mars had a more-effective greenhouse atmosphere and most part of atmosphere and water have lost to space. Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) mission was designed to explore the loss of gas to space at the present. MAVEN spacecraft revealed highly variable nature of upper atmosphere in density, temperature, and atmospheric compounds (e.g. Mahaffy et al., 2015; Elrod et al., 2017; Stone et al., 2018; Slipski et al., 2018). However, the controlling factor of the variations has yet to be fully characterized due to the limited spatial- and temporal- observing geometry by in-situ measurements. In addition to the effects by the external force, such as solar wind and solar EUV on the upper atmosphere, the effect of lower atmospheric phenomena is also required to account for the substantial variations of upper atmosphere. For instance, the homopause (~120 km altitude) influences the upper thermospheric composition, thereby the species escaping to space [Imamura et al., 2016]. The fractionation between the homopause and exobase determines the relative abundance of species to escape to space [Jakosky et al., 2017]. For this purpose, further investigation around atmospheric boundary from the middle atmosphere to lower thermosphere is crucial for understanding regional coupling between lower and upper atmosphere.
We have investigated the seasonal variation of the N_2/CO_2 ratio at 140 km altitude derived from ultraviolet spectroscopy remote-sensing measurements by Imaging Ultraviolet Spectrograph (IUVS) aboard MAVEN. We used the dataset of level 2 version 13 revision 1 data provided by the Planetary Data System, which includes retrieved CO_2 and N_2 number density profiles derived from dayglow emissions. We analyzed N_2 and CO_2 number densities observed from October 2014 to May 2018. Observations cover in the dayside from 7 to 19 hr. The observations covered almost all solar longitudes within the two Martian Years. The retrieved CO_2 density has small uncertainty but the retrieved N_2 density has relatively larger uncertainty in particular above ~170 km due to the dimmer emission intensity. For precise analysis of the N_2/CO_2 ratio, we confine our analysis to the data at 140 km altitude where N_2/CO_2 has uncertainty less than 50%. We found that the N_2/CO_2 ratio at 140 km altitude significantly varies in the range of 0.02 to 0.20, which shows an annual sinusoidal trend. The higher ratio appears during aphelion and the lower ratio appears during perihelion. CO_2 and N_2 number densities also have similar annual variations. It is noted that the CO_2 density varies by a factor of 100, while N_2 density by a factor of 10. This large CO_2 variation affects the N_2/CO_2 ratio at 140 km. The potential sources of the seasonal variation we found are

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

variations (1) of the surface mixing ratio, (2) of the homopause altitude, and (3) of the thermospheric temperature. In this paper, the effect of surface mixing ratio is discussed using Mars Climate Database version 5.3 [Forget et al., 1999; Lewis et al., 1999]. We also address the effects of other sources by considering the seasonal variation of homopause altitude [Slipski et al., 2018] and background temperature [Bougher et al., 2017; Stone et al., 2018].

キーワード：熱圏、混合比、均質圏界面、MAVEN、散逸
Keywords: Thermosphere, Mixing ratio, Homopause, MAVEN, escape

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深層学習を用いたMGS/MOC画像における火星ダストストーム領域の自動抽出

Automated segmentation of Martian dust storms in MGS/MOC images using a deep learning technique

*小郷原 一智[1]、義忠 隆生[2]
*Kazunori Ogohara[1], Ryusei Gichu[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

The shape, texture, and size of dust storms and the climatology of these characteristics are important clues to understanding Martian dust storms. The relations between such characteristics and the phases of the variety of atmospheric waves as well as the frequency of textured/curvilinear dust storms and the spatial and seasonal variations of the cumulative area are also worth investigating (Wang 2007; Wang et al. 2011; Guzewich et al. 2015, 2017). However, it is time-consuming to detect all dust storms visually because of the vast number of images taken by just two instruments, the MGS/MOC and MRO/MARCI. It is also difficult to objectively define which features characterize dust storms. Even approximate categorization of dust events into textured dust storms, untextured yet discrete dust storms, and haze depends on the subjective experience of the human observer. For these reasons, visual detection and categorization of the three types of dust storm textures introduced by Kulowski et al. (2017) would not be exactly reproduced by another human viewing and characterizing the images. Furthermore, we perceive a need to update the criteria for detecting dust events, especially obscured ones such as untextured yet discrete dust storms and haze, via visual detection. Therefore, it would be useful to be able to automatically detect dust events, measure their shape, pattern, and size, and improve the objectivity and reproducibility of dust storm detection.
We have developed a novel algorithm for automated segmentation of Martian dust storms using a encoder-decoder type of Convolutional Neural Network. We can separate dust storm areas from the surface and cloud areas in subsets of the global swath images taken by MGS/MOC without any information from other instruments (e.g. MGS/TES). Assuming that segmentation based on authors' experience is the ground truth, 84% of the true dust storm areas in the Arabia Terra is recognized as dust strom. On the other hand, just 69% of the true dust storm areas in the Hellas Basin is correctly recognized as dust storm.

キーワード：火星、ダストストーム、ディープラーニング
Keywords: Mars, dust storm, deep learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルマを用いた木星放射線帯変動メカニズムの解明に向けて
Investigation of variation mechanisms of the Jovian radiation belt using ALMA

*北 元[1]、佐川 英夫[2]、飯野 孝浩[3]、垰 千尋[4]、黒田 剛史[4]、土屋 史紀[5]、三澤 浩昭[5]、笠羽 康正[5]、藤本 正樹[1]
*Hajime Kita[1], Hideo Sagawa[2], Takahiro Iino[3], Chihiro Tao[4], Takeshi Kuroda[4], Fuminori Tsuchiya[5], Hiroaki Misawa[5], Yasumasa Kasaba[5], Masaki Fujimoto[1]

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 京都産業大学理学部、3. 東京農工大学科学博物館、4. 情報通信研究機構、5. 東北大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency , 2. Faculty of Science, Kyoto Sangyo University, 3. Nature and Science Museum, Tokyo University of Agriculture and Technology, 4. National Institute of Information and Communications Technology, 5. Tohoku University

木星は、地球と比較して強力な磁場や10 時間の高速自転、太陽系外縁の弱められた太陽風といった諸要素に支配され、地球とは異なった磁気圏を形成している。地球は太陽風による影響を受けるため「太陽風駆動型」と称され、一方で木星は「回転駆動型」と対比されている。木星放射線帯には太陽系内最大であり、安定した領域だと考えられてきたが、1990 年代以降の地上観測によって数日から数週間の時間スケールで変動しているということが明らかになった。理論予測によると、太陽紫外線が熱圏大気を加熱して中性風の擾乱を引き起こし、ダイナモ電場の擾乱が誘発されることにより放射線帯内部で動径拡散が増大すると考えられている。更に、熱圏風の昼夜対流により生じる電離圏ダイナモ電場のポテンシャルが朝夕間で異なることにより、磁力線を介して電離圏と結ばれた放射線帯粒子の空間分布が変化することも予想されている。これまでの研究から太陽紫外線と放射線帯の相関関係が明らかとなったが、上層大気の風速変動については解明されていない。従って、上層大気の風速場を観測することは成層圏のダイナミクスだけでなく、放射線帯の時空間変動の解明にも繋がる。このシナリオの解明にはアルマの高空間・周波数分解能が必要不可欠である。木星成層圏にはHCNやCSが存在しており、サブミリ波帯で観測が可能である。これらの分子をトレーサーとして、輝線のドップラーシフトから成層圏の風速場を知ることができる。本発表ではアルマを用いた木星成層圏風速場観測に関するフィージビリティの議論を行なうとともに、公開データを用いた検証結果について報告する。

キーワード：木星、アルマ、成層圏、放射線帯
Keywords: Jupiter, ALMA, stratosphere, radiation belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Jupiter's radio Riddle arcs observed by LWA and Juno

*今井 一雅[1]、Higgins Charles[2]、今井 雅文[3]、Clarke Tracy[4]
*Kazumasa Imai[1], Charles A. Higgins[2], Masafumi Imai[3], Tracy Clarke[4]

1. 高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2. Middle Tennessee State University、3. University of Iowa、4. Naval Research Laboratory
1. Department of Social Design Engineering, National Institute of Technology, Kochi College, 2. Middle Tennessee State University, 3. University of Iowa, 4. Naval Research Laboratory

The Riddle arcs were found in the dynamic spectrum of Jupiter's decametric radio emissions observed by the Voyager spacecraft [Riddle, 1983]. On a frequency time plot these Riddle arcs have the same slope at the same frequency and System III longitude. (The typical System III longitude is about 260 degrees at 20 MHz.) An isolated Riddle arc can be easily recognized inside of the Io-A arc structures. This emission of Riddle arcs was concluded to be from the instantaneous Io flux tube.

The modulation lane method [Imai et al., 1992,1997,2002] is based on the measurements of the slope of modulation lanes on the dynamic spectrum of Jupiter's decametric radio emissions. We usually measure the slope with a 1 MHz bandwidth and determine the most probable value of the lead angle between activated flux tubes to fit the value of the slope. The lead angle is the longitudinal angle between the instantaneous Io flux tube and the previously energized flux tube (real emitting region). The longitudinal location of the magnetic field line of the radio emitting sources can be calculated by this lead angle.

The Long Wavelength Array (LWA) is a low-frequency radio telescope designed to produce high-sensitivity, high-resolution spectra in the frequency range of 10-88 MHz. The sensitivity of the LWA, combined with the low radio frequency interference environment, allows us to observe wide band modulation lanes of Jupiter's decametric radio emissions [Clarke et al., 2014]. We have analyzed the modulation lane data including the Riddle arcs observed by LWA. We found almost all of the Riddle arcs correspond to a zero degree lead angle. This means that the radio sources related to the Riddle arcs are located along the instantaneous Io flux tube. This result is consistent with Riddle's conclusion.

The Juno spacecraft [Bolton et al., 2017] was inserted into polar orbit around Jupiter on 04 July 2016. Juno's highly eccentric orbits have a period of about 53 days with apojove near 113 Jovian radii and perijove near 1.06 Jovian radii. With the advantage of this unique orbit, Juno's Waves instrument [Kurth et al., 2017] is observing for the first time the polar beaming patterns and geometry of Jupiter's decametric radio emission sources. The dynamic spectra recorded by the Waves instrument show the Riddle arcs very clearly. We are continuing to analyze the Waves data to find the Riddle arcs in each Juno orbit. The Riddle arcs can be used as a reference point to understand the latitudinal beaming patterns of Jupiter's decametric radio emissions and the location of radio sources. We present the preliminary results of this study.

キーワード：木星電波、デカメートル波放射、リドルアーク、モジュレーションレーン、電波源のパラメータ
Keywords: Jupiter radio, decametric emissions, Riddle arcs, modulation lanes, radio source parameters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[A-OS17] 黒潮大蛇行

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

2017年8月から黒潮が大蛇行を始めた。大会時点でまだ続いているか終息しているかは不明ながら、2004-2005年以来となる12年ぶりの黒潮大蛇行は、社会の関心も高い日本周辺海域の大イベントだと言える。本セッションでは、黒潮大蛇行の動向、力学、影響、過去の事例との比較などついて議論する。海洋物理、生物、化学、大気影響の様々な視点からの発表を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[AOS17-01] The progress of the Kuroshio large meander in and after 2017

★Invited Papers

*桜井 敏之[1]、平原 幹俊[1]、福田 義和[1]、木村 未夏[1]、峯 宏太郎[1]、高橋 正臣[1]、小林 健作[1]、奥中 裕佳[1]、小林 熙[1] (1.気象庁)

11:00 ~ 11:15

[AOS17-02] 関東地方夏季気温場への日本南方黒潮流路の影響

*杉本 周作[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

11:15 ~ 11:30

[AOS17-03] 黒潮海域における大蛇行時と非大蛇行時における生化学的特性の差異

*瀬藤 聡[1]、小埜 恒夫[2]、日高 清隆[1]、清水 勇吾[1]、西本 篤志[1]、寒川 清佳[1]、日下 彰[1]、安倍 大介[1]、伊藤 大樹[1]、亀田 卓彦[1]、廣江 豊[3] (1.国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所、2.国立研究開発法人水産研究・教育機構国際水産資源研究所、3.国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区研究所)

11:30 ~ 11:45

[AOS17-04] The late arrival of 2017-18 Japanese eel recruitment and its links to ocean circulation

*Yu-Lin Eda Chang[1]、Yasumasa Miyazawa[1]、Michael Miller[2]、Katsumi Tsukamoto[2] (1.Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology、2.Department of Aquatic Bioscience, The University of Tokyo)

11:45 ~ 12:00

[AOS17-05] 大規模アンサンブル実験による黒潮流路の確率予測

*青木 邦弘[1]、宮澤 泰正[1]、日原 勉[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[AOS17-06] 2017年黒潮大蛇行の長期予測

*碓氷 典久[1]、広瀬 成章[1]、坂本 圭[1]、藤井 陽介[1]、高野 洋雄[1] (1.気象研究所)

The progress of the Kuroshio large meander in and after 2017

*桜井 敏之[1]、平原 幹俊[1]、福田 義和[1]、木村 未夏[1]、峯 宏太郎[1]、高橋 正臣[1]、小林 健作[1]、奥中 裕佳[1]、小林 熙[1]
*Toshiyuki Sakurai[1], Mikitoshi Hirabara[1], Yoshikazu Fukuda[1], Mika Kimura[1], Kotaro Mine[1], Masaomi Takahashi[1], Kensaku Kobayashi[1], Yuka Okunaka[1], Hiromu Kobayashi[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

Office of Marine Prediction (OMP) at Japan Meteorological Agency (JMA) has been routinely operating an ocean data assimilation and prediction system for the western North Pacific (MOVE/MRI.COM-WNP) since March 2008. This system aims to represent ocean characteristics such as the Kuroshio/Oyashio current and meso-scale eddies. Using MOVE/MRI.COM-WNP, OMP provides ocean state information of major currents around Japan (Kuroshio/Oyashio/Tsushima-Warm-Current) and water temperatures in the western North Pacific mainly through the JMA website.
In August 2017, the Kuroshio developed a large meander (LM) for the first time in 12 years. A small meander that developed southeast of Japan’s Kyushu Island in late March 2017 and propagated eastward to waters off the country’s Tokai region in August is considered to have induced the Kuroshio LM. In August, MOVE/MRI.COM-WNP successfully forecasted the generation of the Kuroshio LM and JMA published a press release about the probabilityof the Kuroshio LM.
This presentation shows the progress of the Kuroshio LM in and after 2017 as contrasted with the past cases.

キーワード：黒潮、黒潮大蛇行、予報、海洋データ同化
Keywords: The Kuroshio, Kuroshio large meander, Forecast, Ocean Data Assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

関東地方夏季気温場への日本南方黒潮流路の影響
Influences of the Kuroshio path variation south of Honshu on summer surface air temperature in Kanto district, Japan

*杉本 周作[1]
*Shusaku Sugimoto[1]

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

冬季の黒潮/黒潮続流上では多くの熱が上空大気に向けて放出されており、この熱交換関係は黒潮/続流が大気場に影響を及ぼすことを示している。一方で、夏季大気場への黒潮/続流の影響は明らかになっていない。これは黒潮/続流とその直上大気の温度差が小さいことや黒潮/続流に伴う海面水温前線が弱いことが要因としてあげられる。そのような状況の中、本研究では日本南方海域に焦点をあて、高解像度人工衛星観測資料を用いて夏季海面水温変動の振幅の大きさを調べた。その結果、海面水温変動は関東・東海沖で卓越することがわかり、黒潮が本州南方で蛇行する時期ほど関東・東海沖海面水温が上昇傾向にあることを指摘した。このことは、黒潮蛇行には、（１）伊豆諸島周辺で北向きに転向した黒潮が関東地方南岸近辺にまで流入し、（２）黒潮の一部が蛇行による反時計回りの渦の北縁沿いに東海地方沿岸を東から西に流れることを反映したのであろう。続いて、黒潮流路に起因した関東・東海沖海面水温が上空大気場に与える影響を同定・評価するために、気象庁非静力学大気モデルを用いて数値実験を実施した。本実験では海面水温の影響を十分に分解できるよう空間解像度5kmの実験を設計した。実験の結果、関東・東海沖での暖水の出現に伴い上空への蒸発量が増え、対流圏下層での北向き水蒸気輸送により関東地方の水蒸気量が増加することがわかった。そして、この水蒸気量増加に起因した下向き長波放射量の増加が地表気温の上昇に寄与することを指摘した。加えて、AMeDAS観測資料を用いた結果、関東地方の地表気温は関東・東海沖海面水温と有意な関係にあることが確認され、本数値実験を支持する結果が得られた。以上より、夏季においては、本州南方での黒潮の流路形態が、大気海洋相互作用系および日本の気候場の理解に重要であることを提案する。

キーワード：黒潮蛇行流路、関東・東海沖海面水温、関東地方地表気温、領域大気モデル実験
Keywords: Kuroshio meander path, SST off Kanto-Tokai district, SAT in Kanto district, Regional atmospheric model experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒潮海域における大蛇行時と非大蛇行時における生化学的特性の差異
Bio-chemilcal difference between the large meander and the non case of the Kuroshio current

*瀬藤 聡[1]、小埜 恒夫[2]、日高 清隆[1]、清水 勇吾[1]、西本 篤志[1]、寒川 清佳[1]、日下 彰[1]、安倍 大介[1]、伊藤 大樹[1]、亀田 卓彦[1]、廣江 豊[3]
*Takashi Setou[1], Tuneo Ono[2], Kiyotaka Hidaka[1], Yugo Shimizu[1], Atsushi Nishimoto[1], Sayaka Sogawa[1], Akira Kusaka[1], Daisuke Ambe[1], Daiki Itoh[1], Takashiko Kameda[1], Yutaka Hiroe[3]

1. 国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所、2. 国立研究開発法人水産研究・教育機構国際水産資源研究所、3. 国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区研究所
1. National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research and Education Agency , 2. National Research Institute of Far Seas Fisheires,Fisheries Research and Education Agency , 3. National Research Institute of Far Seas Fisheires,Seikai National Fisheries Research Institute

国立研究開発法人水産研究・教育機構は、2001年より御前崎沖138Eに南北のモニタリング定線、通称Oラインを設置し、現在まで年4～5回の観測を行っています。Oラインという名称は、この定線の始点となる観測点に近い御前崎市に因んで名付けられました。このラインは同機構の中央水産研究所を中心に実施され、通常、水温・塩分、栄養塩、植物・動物プランクトンの観測を実施しています。本講演では大蛇行時と非大蛇行時における物理化学的特性の差異について紹介します。

キーワード：黒潮
Keywords: Kuroshio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The late arrival of 2017-18 Japanese eel recruitment and its links to ocean circulation

*Yu-Lin Eda Chang[1], Yasumasa Miyazawa[1], Michael Miller[2], Katsumi Tsukamoto[2]

1. Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Department of Aquatic Bioscience, The University of Tokyo

In the year 2018, the Japanese eel (*Anguilla japonica*) recruitment almost vanished in Japan in the early recruitment season, and the eel catch peaked up in late recruitment period when the recruitment was usually small. Coincidently, the Kuroshio meander occurring south of Japan was revisiting since the previous event ends in 2005. The role of ocean circulation in 2018 unusual Japanese eel larvae recruitment was investigated using a three-dimensional particle tracking model, in which swimming behaviors of virtue larvae (v-larvae) was included in addition to passively drift by ocean currents. Similar results appeared in the simulation, showing none v-larvae arrival to the south of Japan in early recruitment period and increased substantially in the late recruitment period. The late arrival could be explained by the change of ocean circulation. The southward shifting and weak North Equatorial Current near spawning area, less Subtropical Countercurrent eddies, and weak Kuroshio during the early migration and recruitment period prevented v-larvae transport. In the late recruitment period, the Kuroshio was strengthened and strong near the East China Sea and south of Japan that transported v-larvae downstream efficiently. The maximum eel catch reduction in Tokai region where Kuroshio bifurcated offshore could be related to large meander. The Kuroshio large meander could potentially influence the local eel recruitment, but its actual role remained to be explored.

Keywords: Japanese eel, North Equatorial Current, Kuroshio large meander

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模アンサンブル実験による黒潮流路の確率予測
A probabilistic forecast of the Kuroshio current path variability using an 80-member ensemble simulation.

*青木 邦弘[1]、宮澤 泰正[1]、日原 勉[1]
*Kunihiro Aoki[1], Yasumasa Miyazawa[1], Tsutomu Hihara[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構
1. JAMSTEC

数ヶ月先の黒潮大蛇行の発生の有無，発生確率，および，大蛇行強度は，黒潮流路変動の確率予測における基本的推定量である。これらは，それぞれ，黒潮流路の従う確率分布の多峰性の有無，大蛇行に対応する分布の確率，および，平均値と分散の組み，の推定問題と捉えることができる。

本研究では，この問題がガウス混合分布モデルの適用で一挙に解決できることを示す。同モデルは，教師なし機械学習によるクラスタリング手法で，任意の確率分布を複数の分布に分解し，各分布の平均値，分散，および，混合比（各分布が持つ重み）を推定する。これら３つの量は，それぞれ，系に特徴的なパターン（あるいは強度），その不確定性，および，パターンの発生確率に対応する。さらに，分布の多峰性の有無は情報量基準を用いて判定できる。

同手法を黒潮流路の確率予測に適用するため，黒潮域を対象とする数値海洋モデルを用いた80メンバーによるアンサンブル予測実験を行う。本実験では，現在継続中の大蛇行が起きる直前の期間に注目し，各メンバーの数値解に対して，アンサンブルカルマンフィルター（LETKF）でデータ同化を行った後に4ヶ月間の予測を行う。予測開始後のおよそ2ヶ月間は全てのメンバーが非大蛇行流路を取るが，その後，大蛇行流路を取るメンバーが現れる傾向がある。発表時には，この予測値への混合分布モデルの具体的な適用方法と，適用結果の詳細を示す。

キーワード：アンサンブル予測、データ同化、クラスタリング
Keywords: Ensemble forecast, Data assimilation, Clustering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2017年黒潮大蛇行の長期予測
Long-term forecast of the Kuroshio large meander in 2017

*碓氷 典久[1]、広瀬 成章[1]、坂本 圭[1]、藤井 陽介[1]、高野 洋雄[1]
*Norihisa Usui[1], Nariaki Hirose[1], Kei Sakamoto[1], Yosuke Fujii[1], Nadao Kohno[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

日本南岸の黒潮は2017年8月末に12年ぶりに大蛇行流路へと遷移し、その後1年以上大蛇行が持続している。大蛇行に伴う、日本南岸の海洋環境の変化は、漁業、海運、及び天候等に大きな影響を及ぼすことが指摘されており、大蛇行の今後の見通しに大きな関心が寄せられている。本発表では、渦解像モデルによる長期予測実験の結果をもとに、2017年の大蛇行の今後の見通しについて議論する。実験設定としては、大蛇行発生から約1年後の2018年8月末まで、データ同化により、現実の大蛇行をモデル内に再現し、2018年8月28日以降、大気フォーシングを1975年から2014年の各年のものに置き換えて、全40ケースのアンサンブル計算を行った。各ケースとも3年後の年末まで計算を実施した。なお、大気フォーシングデータとしては、JRA55をベースに海洋モデル駆動用に調整を施したデータセットJRA55-doを用いた。予測開始後1年半（2020年2月に相当）程度までは、ほぼ全てのケースで大蛇行が安定して持続した。その後は、メンバー間でのばらつきが大きくなり、大蛇行が持続するケースと大蛇行が解消するケースに分かれた。先行研究により、大蛇行の持続期間は、日本南岸の黒潮流量に強く依存することが指揮されており、上記結果は、各アンサンブルメンバーに与えた風の違いによって概ね説明がつきそうである。発表時には、2019年5月の実況について予測結果の妥当性を議論すると共に、実験結果についてより詳細に紹介する。

キーワード：黒潮大蛇行、黒潮流量、長期予測
Keywords: Kuroshio large meander, Kuroshio transport, long-term forecast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[A-OS18] 海洋物理学一般

コンビーナ:川合 義美(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)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北出 裕二郎(東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)、座長:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学)

本セッションは、海洋物理学に関する幅広い研究テーマについて、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表を歓迎する。

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:05

[AOS18-01] **Real-Time Subsurface Moorings as a Promising Component of Global Ocean Monitoring System**

*Jianing Wang[1]、Fan Wang[1] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

14:05 ~ 14:20

[AOS18-02] Seasonal Variation of the Mixed Layer Depth at 60°S and its governing dynamics

*Matheus Ferreira Azevedo[1]、Yujiro Kitade[1]、Shigeru Aoki[2] (1.Tokyo University of Marine Science and Technology、2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University)

14:20 ~ 14:40

[AOS18-03] **21st-Century Flood Hazards along the U.S. Atlantic Coast: Impacts of Sea Level Rise and Tropical Cyclone Climatology Change**

★Invited Papers

*Reza Marsooli[1]、Ning Lin[2]、Kerry Emanuel[3] (1.Stevens Institute of Technology、2.Princeton University、3.Massachusetts Institute of Technology)

14:40 ~ 15:00

[AOS18-04] **The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model**

★Invited Papers

*北 祐樹[1]、早稲田 卓爾[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

15:00 ~ 15:15

Discussion

Real-Time Subsurface Moorings as a Promising Component of Global Ocean Monitoring System

*Jianing Wang[1], Fan Wang[1]

1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences

Subsurface moorings have advantage in providing long term and full-depth ocean monitoring parameters. Traditional moorings normally release data once a year, which put constraints on the mooring data usage in the weather and short-term climate forecasts. Recently, the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences (IOCAS) has overcome difficulties in the long-term transmission of real-time data from subsurface moorings. Data from sensors up to 3000 m depth can be transmitted to the surface floating body through wireless acoustic communications and then to the shore through satellite. In 2016, the IOCAS had realized real-time transmission of three dimensional velocities over the upper 1000 m from one mooring for more than 280 days. In 2017, real-time transmission module was equipped on the majority of the moorings, and the depth range of data has been extended from 1000 to 3000 m; this real-time observing network has successfully been conducted for 300 days until now. The aim of this abstract is to make recommendation for Real-Time Subsurface Moorings (RTSMs) as a promising component of global ocean observing systems.

The present prediction skill of ENSO at short lead time still leaves much to be desired. Beyond surface ocean data delivered by moored buoys and satellites in real time, the RTSMs can provide the time-depth variations of temperature and velocity at the subsurface and intermediate layers (e.g., the Equatorial Undercurrent variability), which also play a crucial role in the evolution of ENSO. Assimilation of these data will further improve the ENSO prediction skill. Deep-sea data acquiring in real time are also useful to many marine applications, including shipping, fishing, ocean emergent search and rescue, and pollution monitoring. RTSMs will provide data without the need of the use of a ship. This reduces the cost of ship and the risk of data loss due to mooring damage, making the fixed observation system in a more cost-effective manner.

Keywords: Real-Time Subsurface Mooring, Global Ocean Observing Systems

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal Variation of the Mixed Layer Depth at 60°S and its governing dynamics

*Matheus Ferreira Azevedo[1], Yujiro Kitade[1], Shigeru Aoki[2]

1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

In this research, data from a yearlong M-TRITON type mooring system deployed in 2012 is used to study the seasonal variability of the dynamics governing the Southern Ocean and its influence on the mixed layer depth by measuring temperature, salinity and current velocity data. GHRSST Satellite data and reanalysis ERA-interim wind data were used to complement the mooring, identifying spatial variation in wind and sea surface temperature (SST). This is relevant in the context of coupling readily available surface information (via satellite) and punctual information from ship CTD casts with corresponding subsurface phenomena.

A major factor of mixing was identified as the work on upper-ocean inertial motions (period T =13.8186 hours) associated with variable wind forcing, corroborating with the work of Alford (2001, 2003), Watanabe & Hibiya (2002) and Furuichi et al. (2008). Strong wind peaks, were observed to break stability, parametrized as the Buoyancy frequency N^2, which varied from an order of 10^{-4} s^{-2} to 0 or negative values in the original mixed layer depth (MLD) at the period, while enhancing stability at deeper layers in the same proportion it decreases at the layer above. As a consequence, the MLD increases by around 25m during these events. Wind forcing was found to influence stability and MLD not only through the work of storm induced near-inertial motion but also through meso-scale meridional transport, modulating the frontal structure of the Antarctic Convergence. During winter, the system response to wind weakened as surface cooling induced large scale convection. In particular a cold front reached the mooring at May 28th, starting the convection process. MLD responded by deepening to as far as 150m, and upward salinity flux could be observed.

Strong shear could be observed, usually bellow the mixed layer and generally agreeing with other reports of momentum penetration beyond the scalar mixed layer (e.g. Johnston & Rudnick, 2009). Shear comparison could not be made throughout the year, however, as the mixed layer goes bellow the ADCP detection range during winter. The strong stratification at the base of the mixed layer was seen to generate a complex internal wave field, where shear instability dissipates through high frequency internal waves of period between 2 and 4 hours. These waves seem to become trapped at the stratified layer and evolve to inertial period oscillations, increasing in amplitude until they break, generating high frequency waves once again. This process was observed to repeat at every mixed layer deepening event, either in summer or winter. The relation between internal waves, mixing and MLD at the Southern Ocean is a step to understand nutrient availability and the formation of important water masses of global influence.

Keywords: Southern Ocean, Internal waves, Mixing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

21st-Century Flood Hazards along the U.S. Atlantic Coast: Impacts of Sea Level Rise and Tropical Cyclone Climatology Change

*Reza Marsooli[1], Ning Lin[2], Kerry Emanuel[3]

1. Stevens Institute of Technology, 2. Princeton University, 3. Massachusetts Institute of Technology

Flooding due to tropical cyclones (TC) is among the most destructive coastal hazards along the U.S. Atlantic Coast. TC-induced coastal flooding will worsen under sea level rise (SLR) and climate change. To effectively adapt to these evolving hazards, it is essential to understand potential changes in future flood return levels. The present study investigates the impact of 21st-century sea level and TC climatology on flood return levels along the U.S. East and Gulf Coasts. We use extreme value theory and combine probabilistic estimates of sea level rise and TC storm tides to determine flood return levels for the historical period of 1980-2005 and the future period of 2070-2100 (under the emission scenario RCP8.5). A basin-scale hydrodynamic model is implemented to simulate storm tides for large numbers of synthetic TCs that are generated by a statistical-deterministic TC model under climate conditions observed during the historical period and projected by six climate models for the future period. We present and discuss flood return level projections and the contribution of sea level rise and TC climatology change to the projected changes in the return levels.

Keywords: Storm Surge, Tropical Cyclone, Sea Level Rise, Climate Change, U.S. Atlantic Coast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model

*北 祐樹[1]、早稲田 卓爾[1]
*Yuki Kita[1], Takuji Waseda[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. University of Tokyo

Violent ocean waves are generated by the explosive cyclone. Since ocean waves affect the development of tropical cyclones, the impacts of ocean waves on the development of explosive cyclones are expected. Ocean waves have several impacts on the atmospheric surface layer: surface friction, sea spray, and momentum flux. We implemented sensitivity experiments to clarify how much ocean waves affect the development of an explosive cyclone with an atmosphere-ocean-wave coupled model, especially focusing on surface friction affected by ocean waves. The test case is the explosive cyclone emerged in early January 2018 over the Northwestern Atlantic. The atmospheric model is Weather Research and Forecasting Model (WRF), the ocean model is Coastal and Regional Ocean COmmunity model (CROCO), and the ocean wave model is WAVEWATCH III (WW3). We compared the numerical simulation results between the WRF-CROCO model and the WRF-CROCO-WW3 model. In the WRF-CROCO-WW3 coupled model considering ocean wave impacts just on surface friction, it is found that the deepening of the explosive cyclone was intensified by about 2hPa in the central sea level pressure, and the center track slightly shifted. In the fully coupled model, the surface roughness reduced and the wind speed was intensified by and large. Compared with observation data above the ocean, the fully coupled model had more accurate wind speed and sea level pressure than the atmosphere-ocean coupled model. It is also revealed that the boundary surface layer scheme in the atmospheric model is critical for accurate reproduction of surface atmospheric process and ocean waves. To reproduce accurate wind speed and wave height, the YSU (Yonsei University) scheme had a better performance than the MYNN (Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino) 3rd scheme. As the next step, it is necessary that a coupled model takes into account the turbulent momentum flux produced by ocean waves to reproduce complete accurate air-sea interactions.

キーワード：爆弾低気圧、波浪、大気海洋相互作用、結合モデル
Keywords: Explosive cyclone, Ocean surface waves, Air-sea interaction, Coupled model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 106 1F

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

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

Argo計画による全球海洋観測網構築が開始されて約20年が経過した。過去に類を見ない膨大なデータの集積と多数の研究成果により，Argoは海洋観測のBest practiceの一つとして知られている。近年，Argoは2000m深までの物理計測に加え，生物地球化学計測や4000m以深の深海観測へ拡張されつつある。それらデータの解析に基づき多数の科学的成果が得られ，観測システムの新たな活用法も見出されている。一方，Argo観測網を最適化・効率化し，より堅牢な国際的共通基盤とするために，Argo観測網をエンドースしてきたGODAE OceanViewを中心に，観測データのインパクト評価を行う等の努力が続けられている。来年開催されるOceanObs'19でもArgoの発展・拡張・継続，インパクト評価、観測網最適化の提案がなされる予定である。本セッションは，ArgoをはじめGOSHIP，OceanSITESなども含めた全球・海盆規模の観測システムによる研究成果と，次世代に向けた全球海洋観測システムの構築及び活用に関する現状・課題について広く議論することを目的とする。

9:00 ~ 9:15

[AOS20-01] 全球海洋観測システムのこれまでとこれから

★招待講演

*須賀 利雄[1,2] (1.東北大学　大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[AOS20-02] Observed long-term change and variability in the global upper-ocean stratification

*山口 凌平[1]、須賀 利雄[1,2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:30 ~ 9:45

[AOS20-03] 全球観測網から推定する海盆規模塩分・溶存酸素変動

★招待講演

*纐纈 慎也[1] (1.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[AOS20-04] 過去40年間にわたる亜熱帯モード水の物理・生物地球化学的10年規模変動

*笹野 大輔[1]、岡 英太郎[2]、山田 広大[2]、延与 和敬[1]、中野 俊也[1]、石井 雅男[3] (1.気象庁、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[AOS20-05] 海洋データ同化システムを用いた全球海洋観測システムのインパクト評価

*藤井 陽介[1] (1.気象庁気象研究所)

10:15 ~ 10:30

[AOS20-06] **Global ocean state estimation with new float observations**

*増田 周平[1]、長船 哲史[1]、邉見　忠[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

全球海洋観測システムのこれまでとこれから
Global Ocean Observing System: The Past, the Present and the Future

*須賀 利雄[1,2]
*Toshio Suga[1,2]

1. 東北大学　大学院理学研究科、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. JAMSTEC

全球海洋観測システムを，頭文字を大文字にしてGlobal Ocean Observing System（GOOS）と綴ると，ユネスコ政府間海洋学委員会（IOC）が主導する国際プログラムの名称になる。現在，GOOSは気候，オペレーショナル・サービス，海洋生態系の健全性という3つの重要なテーマに関わる全球海洋の観測の調整を担っている。GOOSは，1990年に開催された第二回世界気候会議の要請を受け，IOCによって1991年に立ち上げられ，その後の展開には研究者コミュニティが本質的な関与をしてきた。国際プログラムとしてのGOOSにとっても，多様な観測ネットワークから成るシステムとしての全球海洋観測システムにとっても，大きな節目となった２つの国際会議，OceanObs’99とOceanObs’09の成果と意義に焦点を当てつつ，GOOSのこれまでの歩みを紹介する。GOOSもその中に取り込み，観測実施者から観測データに基づく情報のエンドユーザーまでを一堂に集めて，OceanObs’09以降の海洋観測ネットワークの進展に関する情報を交換し，海洋情報への増大する社会のニーズに応える革新的な方策を立案することを目指したOceanObs’19の準備が本年9月の開催へ向けて進んでいる。これに関わる動きとその背景に触れ，研究者コミュニティが果すべき役割について考える。

キーワード：全球海洋観測システム、必須気候変数、必須海洋変数、観測ネットワーク、海洋観測枠組
Keywords: Global Ocean Observing System, Essential Climate Variables, Essential Ocean Variables, observing network, Framework for Ocean Observing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observed long-term change and variability in the global upper-ocean stratification

*山口 凌平[1]、須賀 利雄[1,2]
*Ryohei Yamaguchi[1], Toshio Suga[1,2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

With the progress of global warming, enhanced upper-ocean thermal stratification from the 1970s has been reported by IPCC AR5. Many studies on future climate projection using CMIP climate models also point out that upper-ocean stratification will strengthen in this century. The strengthened stratification will reduce vertical nutrient supply from the subsurface by futher stabilizing the upper-ocean water column, and then the primary production of the whole ocean is concerned to decrease.

However, large uncertainties in the observational estimate of the long-term change in the upper-ocean stratification still remain. Strengthening trend of the upper-ocean thermal stratification due to the surface intensification of the warming signals has been detected from estimation using globally-averaged sea surface and subsurface temperature time series. On the other hand, some observational studies focusing on some specific regions or using relatively short time series demonstrate that the upper-ocean stratifications are weakening in recent decades, rather than strengthening associated with global warming.

We investigated globally the long-term change and variability in the upper-ocean stratification defined here as the difference between the surface and subsurface density. To resolve spatial patterns of the trends and superposed decadal variability, we used temperature and salinity observations with as spatial and temporal coverage as wide as possible from World Ocean Database 2013. As a result, strengthening trends of the upper-ocean stratification associated with global warming were detected over the global ocean, except for the Arctic Ocean. In the global average, the increase in density stratification corresponds to a 6.6–11.8% of the mean stratification from the 1960s. In addition to the well-documented cause, that is the surface intensified warming, the subsurface temperature changes and haline stratification changes also have significant impacts on the long-term changes in the upper-ocean stratification. The decadal/interannual variabilities in the upper-ocean stratification associated with each particular climate mode are also detected in some ocean regions: The density stratification is correlated with the Niño 3.4 index in the tropical Pacific, negatively lagged correlated with the North Atlantic Oscillation (NAO) index in the North Atlantic, and shows correspondences with SST variations associated with the Pacific Decadal Oscillation (PDO) in the North Pacific.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全球観測網から推定する海盆規模塩分・溶存酸素変動
Estimation of changes in salinity and dissolved oxygen based on observational networks

*纐纈 慎也[1]
*Shinya Kouketsu[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

全球自動観測網の発展により海洋内部の水温・塩分の変動が直接的に把握されるようになっている。例えば全球貯熱量の変動は、水位変動や地球の熱収支変動と比較して一定程度の確からしさで整合的に評価されるに至っている。また、海洋内部の海盆毎、海盆内の大規模変動についても特に表層水塊を中心に様々な研究がおこなわれてきている。しかしながら、循環や変動の定量的評価が十分になされているわけではない。例えば、現状の自動観測網で把握される深度（2000m）であっても、深い層の変動については主に塩分の観測精度の問題もあり十分検討されていない。また、自動観測網で測られてこなかったプロパティの変動についても十分わかっていない。そこで、本研究では、より長期の海洋変化を知る一つの取り組みとして、他の様々な観測と自動観測網を組み合わせることで、自動観測網が把握する変動の不確かさの評価や自動観測網が把握する海水循環の変動を利用して他の海水プロパティを把握することを目的とする。

その第一歩として自動昇降式フロート観測のみで作成した等密度面上での月ごと塩分・水温分布をもとにして海洋の主温度躍層以深の15年平均の拡散を含む平均流動場を作成し、月ごとデータから得られる長期変化に関わる収支を見積もった。その結果、特に中層以深の等密度面上での変化は拡散の効果が大きいと診断された。これは等密度面上、等圧面上での水温・塩分変化の比較から、主に中層以深の温度上昇によって説明される変化と推定された。この変化に伴う等密度面上での塩分変化のパターンは２回の高精度観測に現れる差と比較的良い一致を示しており、自動観測網の精度・品質管理に改善の余地はあるものの大域的には変化の検出力は低くないことも示唆している。これは、観測網を利用することで現存量変化とその仕組み（収支）を評価できることを表した結果といえる。

また、この塩分収支をベースとした１５年平均の流動場を元に溶存酸素の長期平均場を与えることで、溶存酸素の収支について検討した。収支の残差の広域平均は、生物活動により消費される酸素量の過去の見積もりとある程度一致していた。但し、海域によっては、酸素のその場での長期変化と同じオーダーであるためより溶存物質の長期的・広域の変動を把握する観測網が必要であることも示唆していた。

なお、公演時にはこれらの結果と同化・数値モデル結果との比較やその他ここで利用したデータセットをもとにした研究についても紹介する予定である。

キーワード：海洋観測、長期変動
Keywords: ocean observations, long-term ocean variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

過去40年間にわたる亜熱帯モード水の物理・生物地球化学的10年規模変動

Remotely forced decadal physical and biogeochemical variability of North Pacific Subtropical Mode Water over the last 40 years

*笹野 大輔[1]、岡 英太郎[2]、山田 広大[2]、延与 和敬[1]、中野 俊也[1]、石井 雅男[3]
*Daisuke Sasano[1], Eitarou Oka[2], Yudai Yamada[2], Enyo Kazutaka[1], Toshiya Nakano[1], Masao Ishii[3]

1. 気象庁、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Meteorological Research Institute

西部北太平洋を横断する東経137度定線での半世紀にわたる観測から、遠隔強制による亜熱帯モード水（STMW）の物理・生物地球化学的10年規模変動が過去40年間にわたり起きていたことを明らかにした。太平洋十年規模振動（PDO）のwarm phaseから3-4年遅れで起きる黒潮続流の不安定期には、続流周辺における活発な渦活動が続流南の海域におけるSTMWの形成量と塩分をともに低下させる。日本の南の東経137度定線では、続流南側の形成域からのSTMWの西向き移流の減少により、STMWの断面積、溶存酸素、pH、アラドナイト飽和度が減少し、栄養塩と溶存無機炭素が増加する。その中でも特に炭酸系パラメタの変化は、それらの長期トレンドを加速するものである。逆に黒潮続流の安定期には、これらの変化は逆転し、海洋酸性化は減速する。とりわけ、2010年以降続いている現在の黒潮安定期では、酸性化のハイエイタスが生じている。

キーワード：亜熱帯モード水、黒潮続流、十年規模変動、分野横断
Keywords: North Pacific Subtropical Mode Water, Kuroshio Extension, Decadal variability, physical and biogeochemical linkage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋データ同化システムを用いた全球海洋観測システムのインパクト評価
Asessing the impact of the global ocean observing system using ocean data assimilation systems

*藤井 陽介[1]
*Yosuke Fujii[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

全球海洋観測システムによる観測データの重要な利用用途の一つとして、海洋または気候の予測システムがあげられる。それらの予測システムでは、一般に海洋データ同化システムを用いてできるだけ正確な予報開始時の海洋状態を推定し、それを初期値として、海洋、もしくは、大気海洋結合系の将来変動を、数値モデルにより計算する。海洋データ同化システムでは、海洋状態の推定のために海洋観測データが必要であり、それ故、予測の精度は、数値モデルや海洋データ同化システムの性能のほか、同化で利用する観測データの中に、予測のために必要な海洋状態に関する情報がどれだけ含まれるかにも大きく依存する。よって、観測システムの充実も予測精度向上のための重要な要素である。一方、観測システムは公共資金や受益者負担で構築や管理が行われており、その維持・拡充のためには、観測システムにそれに見合う価値があることを示す必要がある。そして、観測データの社会利用の多くは予測システムを通して行われているため、予測システムやデータ同化システムにおける解析や予測の精度に対する観測データのインパクトを評価することは、その観測システムの価値を明らかにする大変有効な方法である。

GODAE OceanView（2019年5月にその活動は、後継プロジェクトOceanPredictに引き継がれる）では、そのプロジェクト開始時より、海洋観測システム評価タスクチームを設置し、観測データのインパクト評価の推進やそのための情報共有・国際協力体制の構築を行ってきた。またその活動はCLIVAR全球統合観測パネル（GSOP）からも継続的に支援されている。気象庁やECMWFなどの現業機関やJAMSTEC、スクリプス海洋研究所など研究機関では､これらの支援のもと、これまでアルゴフロートやTAO-TRITONアレイ、衛星海面高度データなど様々な観測データについてそのインパクト評価を行ってきた。それらは、TAO-TRITONアレイの再構築に向けた評価などに活用されてきたが、その結果のシステム依存性という問題を抱えており、その解決のために複数のシステムでできるだけ統一した指標による評価を行うことの有効性が指摘されている。観測システムの評価に関する近年の成果や課題については、現在執筆中のOceanObs’19に向けたCommunity White Paperでもまとめられる予定である。本発表では、観測システム評価のこれまでの成果をいくつか紹介しつつ、今後の展望について述べる。

キーワード：観測システム評価、海洋データ同化、GODAE OceanView、海洋予測、OceanObs'19
Keywords: Observing System Evaluation, Ocean Data Assimilation, GODAE OceanView, Ocean Prediction, OceanObs'19

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global ocean state estimation with new float observations

*増田 周平[1]、長船 哲史[1]、邉見　忠[1]
*Shuhei Masuda[1], Satoshi Osafune[1], Tadashi Hemmi[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

Argo floats are successfully contributing to global ocean state estimation. As the important roles of deep ocean to global changes has been recognized, sustainable deep ocean monitoring networks that use autonomous profiling floats have been widely proposed by the ocean observation community. An increasing number of deep-float deployment initiatives around the world. Deployed floats promise to provide unprecedented deep ocean information. Here we applied deep float data deployed by JAMSTEC to a deep ocean state estimation by using a four-dimensional variational approach. The results demonstrate that the available float data enables some corrections of the modeled ocean state locally for each float although the impact of the data on a basin-scale deep ocean state estimation was still limited in this study due to sparseness of used float data. This implies strategic deployments of deep float in the world’s ocean can immediately contribute to improvement of a current global deep ocean state estimation.

キーワード：海洋観測、全球、データ同化
Keywords: Ocean Observation, Global, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

9:00 ~ 9:15

[ACC26-01] 気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動

★招待講演

*大島 長[1]、田中 泰宙[1]、神代 剛[1]、出牛 真[1]、相澤 拓郎[1]、保坂 征宏[1]、川合 秀明[1]、行本 誠史[1]、飯塚 芳徳[2]、東 久美子[3]、青木 輝夫[4] (1.気象研究所、2.北海道大学低温科学研究所、3.国立極地研究所、4.岡山大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC26-02] Particles in ice layers of SIGMA-A ice core, northwestern Greenland

*川上 薫[1,2]、飯塚 芳徳[2]、的場 澄人[2]、青木 輝夫[3]、杉山 慎[2]、安藤 卓人[4] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.岡山大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学北極域研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACC26-03] フィルンコア試料を用いたグリーンランド南東部高涵養域における過去60年間の気候変動に伴った雪質変化の評価

*安藤 卓人[1]、飯塚 芳徳[2,3]、柴田 麻衣[2,3]、的場 澄人[2,3]、杉山 慎[2,3]、安達 聖[4]、山口 悟[4]、藤田 耕史[5]、堀 彰[6]、青木 輝夫[7]、藤田 秀二[8] (1.北海道大学 北極域研究センター、2.北海道大学 低温科学研究所、3.北海道大学大学院 地球環境科学院、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学環境学研究科、6.北見工業大学社会環境工学科、7.岡山大学自然科学研究科、8.国立極地研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACC26-04] グリーンランドにおける人為起源及び自然起源のブラックカーボンの濃度、粒径分布、季節変動の経年変化

*東 久美子[1,2]、塚川 佳美[1]、近藤 豊[1]、Dallmayr Remi[1,10]、平林 幹啓[1]、尾形 純[1]、北村 享太郎[1]、川村 賢二[1,2]、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、青木 輝夫[4]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[5]、森 樹大[6]、小池 真[5]、小室 悠紀[7]、對馬 あかね[8,9]、永塚 尚子[1]、繁山 航[1,2]、藤田 耕史[9] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学、4.岡山大学、5.東京大学、6.東京理科大学、7.山形大学、8.総合地球環境学研究所、9.名古屋大学、10.アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC26-05] 中央アジアパミール山域で掘削された浅層アイスコアのダストの鉱物構成の分析

*竹内 俊介[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[2]、Vladimir Aizen[4] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.アイダホ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC26-06] Estimation of snow surface patterns from the coast to the inland, Dome-Fuji Station, of Antarctica, using camera images

*杉浦 幸之助[1]、渡辺 健吾[1]、平沢 尚彦[2]、川村 賢二[2]、中澤 文男[2]、大野 浩[3]、藤田 秀二[2]、大藪 幾美[2]、山内 恭[2]、本山 秀明[2] (1.富山大学、2.国立極地研究所、3.北見工業大学)

気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動

Aerosols and climate change in the Arctic in the historical experiments using the MRI Earth System Model

*大島 長[1]、田中 泰宙[1]、神代 剛[1]、出牛 真[1]、相澤 拓郎[1]、保坂 征宏[1]、川合 秀明[1]、行本 誠史[1]、飯塚 芳徳[2]、東 久美子[3]、青木 輝夫[4]
*Naga Oshima[1], Taichu Y Tanaka[1], Tsuyoshi Koshiro[1], Makoto Deushi[1], Takuro Aizawa[1], Masahiro Hosaka[1], Hideaki Kawai[1], Seiji Yukimoto[1], Iizuka Yoshinori[2], Kumiko Goto-Azuma[3], Teruo Aoki[4]

1. 気象研究所、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 国立極地研究所、4. 岡山大学
1. Meteorological Research Institute, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Okayama University

大気中のエアロゾルは、太陽放射を散乱・吸収し、また雲の微物理特性を変調することにより、地球の放射収支を変化させる。しかしながら、従来の気候モデルでは北極域におけるエアロゾルの再現性が不十分であり、これまでのエアロゾルによる気候影響評価には大きな不確定性が含まれていた。

気象研究所では、気象研究所地球システムモデルMRI-ESM1に数多くの改良を実施することで、第６期結合モデル比較計画CMIP6に向けた新しいバージョンのモデルMRI-ESM2を開発した。MRI-ESM2は大気モデル（水平解像度約120 km）、海洋モデル、エアロゾルモデル（水平解像度約180 km）、大気化学モデル（水平解像度約280 km）が結合して構成され、大気の鉛直解像度は80層（上端0.01 hPa）である。MRI-ESM2では、近年の北極域におけるエアロゾルの再現性が従来と比べて大きく向上したため、本研究ではこのモデルを用いて、エアロゾルが産業革命前から現在までの北極域の気候変動に及ぼす影響評価を行っている。

MRI-ESM2を用いて、CMIP6で提供されている排出量データや境界条件を与えて、CMIP6過去再現実験（1850-2014年）を実施した。モデル計算結果の再現性を検証するために、グリーンランドにおけるアイスコア観測との比較を行った。この比較では、CMIP6排出量データを用いたMRI-ESM2計算、CMIP5排出量データを用いたMRI-ESM2計算、CMIP5排出量データを用いた従来モデル（MRI-ESM1）計算の3種類を用いた。グリーンランド南東ドーム（SE-Dome）でのアイスコア中の硫酸塩エアロゾルと比較したところ、従来モデルは観測を大幅に過小評価したが、MRI-ESM2は良い再現性を示した。またSE-Domeでの硫酸塩エアロゾルの沈着量は、冬季は人為起源の影響が主要であったのに対し、夏季は自然起源の影響も大きいことが示唆された。次に、D4サイトでのアイスコア中のブラックカーボンと比較したところ、CMIP6排出量を用いたMRI-ESM2計算は20世紀前半の濃度増大を再現できなかった。一方、CMIP5排出量を用いたMRI-ESM2計算は、期間全体では過大評価するものの、20世紀前半の濃度増大を再現した。これは、CMIP6で提供されているブラックカーボンの排出量が、CMIP5で提供された排出量に比べ、19世紀後半から20世紀前半にかけて北米域とヨーロッパ域で大きく減少していたことが原因と考えられ、ブラックカーボンの排出量データには未だ大きな不確定性が含まれていることを示唆している。MRI-ESM2によるCMIP6過去再現実験では、エアロゾルが北極域の気温変化に重要な役割を果たす結果が示唆されている。MRI-ESM2による地上気温変化を観測結果と比較したところ、全球平均・北極圏平均ともに、従来よりも再現性が向上した。これらの結果は、気候モデルの予測精度向上のためには、高精度・高時間分解能のアイスコア観測・分析が必要であるとともに、アイスコアデータの解釈における気候モデルの有用性を示している。

キーワード：エアロゾル、気候モデル、アイスコア、気候変動、環境変動、北極
Keywords: Aerosol, Climate model, Ice core, Climate change, Environmental change, Arctic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Particles in ice layers of SIGMA-A ice core, northwestern Greenland

*川上 薫[1,2]、飯塚 芳徳[2]、的場 澄人[2]、青木 輝夫[3]、杉山 慎[2]、安藤 卓人[4]
*Kaoru Kawakami[1,2], Yoshinori Iizuka[2], Sumito Matoba[2], Teruo Aoki[3], Shin Sugiyama[2], Takuto Ando[4]

1. 北海道大学大学院環境科学院、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 岡山大学大学院自然科学研究科、4. 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. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 4. Arctic Research Center, Hokkaido University

Arctic atmospheric warming accelerates surface melting on the Greenland ice sheet. In the accumulation areas of the Greenland ice sheet, ice layers are formed by snowmelt and refreezing processes during summer. In the snowmelt water, chemical substances originated from atmospheric soluble aerosols exist as dissolved anion and cation species. After refreezing process, the ions are preserved in the state of acid or salt in the refrozen ice layer. However, the behavior of inclusions in refreezing ice layers is still unclear. In this study, we observed salt inclusions in ice layers of a Greenlandic ice core to understand how and where inclusions were formed along the snowmelt and refreezing process.
During spring 2017, a 60m ice core (hereinafter referred to as SIGMA-A core) was drilled on the northwestern Greenland (78º 03′06″N, 67º 37′42″W, 1490 m a.s.l), which covers the past 100 years. The SIGMA-A core has 243 ice layers (longer than 1mm in thickness), whose mean thickness is 13.8mm.Both the number and the thickness of ice layers have increased in recent 30 years. In a -20℃ cold room of Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ice layers formed in 2006 and 2014 were selected from the SIGMA-A ice core. The two ice layers were cut to three sections of 40*6.56*25 mm(the 2014 sample), 40*5.45*75 mm(the bottom part of 2006 sample), 40*6*80 mm(the top part of 2006 sample) in the -20℃ cold room. Then, the size and location of inclusions in the sections were observed by a measuring microscope (OLYMPUS, STM-UM) in the cold room. The chemical composition of inclusions were identified by Raman spectroscopy in a cold chamber at -30℃ with the same method described in Ohno et al.[1].
The location of inclusions tends to be the bottom part of the both ice layers. The mean particle size is 17.6 μm, which is larger than that in other dry ice cores. For example, the mean size of particles in Greenland NEEM core is about 1-4 μm[2], and that in Dome Fuji core is 1-3 μm[1]. Also, inclusions are identified as $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ and $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ by the Raman measurements. The snowmelt and refreezing processes may produce huge salt inclusions at the last stage of refreezing due to ion redistribution.

References

[1] Ohno, H., et al. (2006), Characteristics of salt inclusions in polar ice from Dome Fuji, East Antarctica, *Geophysical Research Letters*, **33**, 8, L08501.

[2] Oyabu, I., et al. (2015), Chemical compositions of solid particles present in the Greenland NEEM ice core over the last 110,000 years, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **120**, 9789–9813.

キーワード：アイスコア、グリーンランド、SIGMA-A
Keywords: ice core, Greenland, SIGMA-A

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィルンコア試料を用いたグリーンランド南東部高涵養域における過去60年間の気候変動に伴った雪質変化の評価
Snow modification due to climate change in southeastern high-accumulation area of Greenland over the last 60 years evaluated by physical properties of firn core.

*安藤 卓人[1]、飯塚 芳徳[2,3]、柴田 麻衣[2,3]、的場 澄人[2,3]、杉山 慎[2,3]、安達 聖[4]、山口 悟[4]、藤田 耕史[5]、堀 彰[6]、青木 輝夫[7]、藤田 秀二[8]
*Takuto Ando[1], Iizuka Yoshinori[2,3], Mai Shibata[2,3], Sumito Matoba[2,3], Shin Sugiyama[2,3], Satoru Adachi[4], Satoru Yamaguchi[4], Koji Fujita[5], Akira Hori[6], Teruo Aoki[7], Shuji Fujita[8]

1. 北海道大学 北極域研究センター、2. 北海道大学 低温科学研究所、3. 北海道大学大学院 地球環境科学院、4. 防災科学技術研究所、5. 名古屋大学環境学研究科、6. 北見工業大学社会環境工学科、7. 岡山大学自然科学研究科、8. 国立極地研究所
1. Arctic Research Center, Hokkaido University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 6. Department of Civil and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology, 7. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 8. National Institute of Polar Research

氷床の表面積雪粒径は氷床のアルベドを制御するため，重要な物理パラメーターである。しかし，より深部の積雪は圧密氷化過程によって高密度化や粒子の粗大化がすすみ，積雪時の情報は失われていく。アイスコア・フィルンコア試料では，氷やフィルンの密度や比表面積を測定することで，降雪から氷までの変質過程を評価してきたが，これまで比表面積を数十ｍにもなるアイスコアで連続に測定した例は少ない。近赤外光反射率は，比表面積（specific surface area; SSA）の指標として近年注目されている。コア試料について近赤外光反射率測定を連続的に行なうことで，原理的にはSSAの時系列変動データを得ることができる。2015年にグリーンランド北東部で掘削されたSE-Domeフィルンコアは，その非常に速い堆積速度 （~1m/年）から，季節レベルでの物理・化学分析が可能である。本発表では，主にコア試料の密度と近赤外光反射率を計測し，比表面積を季節レベルの高時間分解能で復元した。

その結果，SE-Dome試料の近赤外光反射率と密度は，圧密氷化過程を反映して長期スケールでは逆相関関係にあった。その一方で，季節レベルの短期スケールでは，正相関の関係にあり，特に夏季に相当する深度では，低い近赤外光反射率（低SSA）かつ低密度の層が年ごとに何層か存在していた。この低密度一低SSA層は，ERAの再解析データによる気温が-5℃以上となる期間がより長い年により多く形成されていることがわかった。この地域の気温は0℃以上になることはまれであるため，積雪表面での融解ではなく昇華によって密度が低下しつつ雪粒子が丸みを帯びることで，低密度一低SSA層の形成が起きたと考えられる。

キーワード：グリーンランド、物理測定、近赤外光反射率、フィルン、雪粒子、アルベド
Keywords: Greenland, physical property, near-infrared reflectance , firn, snow grain, albedo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランドにおける人為起源及び自然起源のブラックカーボンの濃度、粒径分布、季節変動の経年変化

Temporal variations of concentrations, size distributions, and seasonal variations of anthropogenic and natural black carbon in Greenland

*東 久美子[1,2]、塚川 佳美[1]、近藤 豊[1]、Dallmayr Remi[1,10]、平林 幹啓[1]、尾形 純[1]、北村 享太郎[1]、川村 賢二[1,2]、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、青木 輝夫[4]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[5]、森 樹大[6]、小池 真[5]、小室 悠紀[7]、對馬 あかね[8,9]、永塚 尚子[1]、繁山 航[1,2]、藤田 耕史[9]
*Kumiko Goto-Azuma[1,2], Yoshimi Ogawa-Tsukagawa[1], Yutaka Kondo[1], Remi Dallmayr[1,10], Motohiro Hirabayashi[1], Jun Ogata[1], Kyotaro Kitamura[1], Kenji Kawamura[1,2], Hideaki Motoyama[1,2], Sumito Matoba[3], Teruo Aoki[4], Nobuhiro Moteki[5], Sho Ohata[5], Tatsuhiro Mori[6], Makoto Koike[5], Yuki Komuro[7], Akane Tsushima[8,9], Naoko Nagatsuka[1], Wataru Shigeyama[1,2], Koji Fujita[9]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 北海道大学、4. 岡山大学、5. 東京大学、6. 東京理科大学、7. 山形大学、8. 総合地球環境学研究所、9. 名古屋大学、10. アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Hokkaido University, 4. Okayama University, 5. University of Tokyo, 6. University of Science, 7. Yamagata University, 8. Research Institute for Humanity and Nature, 9. Nagoya University, 10. AWI

2014年春にグリーンランド氷床北西部のSIGMA-Dサイトで225メートルの深さまでのアイスコアが掘削された。積雪のアルベドに影響を及ぼす物質として注目されているブラックカーボン（BC）の変動を高時間分解能で復元するため、国立極地研究所で開発されたアイスコア連続融解析装置（CFA）を用いてこのコアの深度6～113mを高時間分解能分析した。CFAはアイスコアを融解しながら連続的に分析する方法であるが、融解部に接続したWide-Range SP2 (Single Soot Photometer）によりBCを分析した。コアの上部6mは空隙の多いフィルンであり、CFAを用いることができなかったため、約5cmの長さ毎に切り、試料表面の汚染を除去して融解した後、SP2で分析した。主としてナトリウムイオン濃度と酸素同位体比の季節変動を利用してこのコアの年代決定を行い、1年を12に分割して月毎の変化を調べた。

ブラックカーボンの質量濃度と数濃度はともに1870年頃から増加し始め、1920～1930年頃にピークを迎えたが、その後減少に転じた。1870年頃からの濃度の増加は、化石燃料の燃焼によって発生する人為起源のブラックカーボンがグリーンランドに流入したためであると考えられる。化石燃料起源のBC濃度の増加に伴ってBCの粒径が大きくなる傾向が見られた。これはグリーンランドに到達する化石燃料起源のBCの粒径が森林火災起源のものよりも大きいことを示唆している。BC濃度の季節変動を調べたところ、BC濃度の増加は主に秋～冬に生じていることが分かった。また、人為起源のBCの影響がない時代にはBC濃度は夏にピークを示していたが、人為起源のBCが多量に流入した時代には冬にピークを示していたことも分かった。夏にはしばしばBCが短期間だけ50μg/Lを超える高濃度になることがあったが、これは森林火災によるものと考えられる。本発表では、SIGMA-Dコアの結果を他のグリーンランドコアと比較して議論する。

キーワード：ブラックカーボン、グリーンランド、アイスコア
Keywords: Black carbon, Greenland, Ice core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央アジアパミール山域で掘削された浅層アイスコアのダストの鉱物構成の分析

Mineral composition of dust layers in a shallow ice core drilled in Pamir Alay Mountains of Central Asia

*竹内 俊介[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[2]、Vladimir Aizen[4]
*Shunsuke Takeuchi[1], Nozomu Takeuchi[1], Koji Fujita[2], Kenji Kawamura[3], Akane Tsushima[2], Vladimir Aizen[4]

1. 千葉大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. アイダホ大学
1. Chiba University, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Idaho University

アイスコア中に含まれるダスト(鉱物粒子)は、過去の大気循環や乾燥度を示すプロキシーとして用いられている。ダスト研究の多くは、ダストフラックスやダスト粒径分布に注目するものがほとんどであるが、ダストを構成する鉱物の種類や組成について分析された例は少ない。ダストの種類や組成は、その起源や輸送過程を反映するので、その分析によってより詳細なダストの供給源や大気循環変動の解析ができる可能性がある。そこで、本研究では、2016年8月に中央アジア・キルギス共和国パミール山域で掘削された深さ約7 mの浅層アイスコアを用いて、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡を使って各層のダスト分析を行った。

ダスト粒径の小さいもの（粒径d，1<d ≦15 μm)、とダスト粒径の大きいもの(d >15μm)に分け、ダスト濃度を比較したところ、それぞれ異なる深度にピークが現れた。また、ダスト粒径の小さい層では，黄色い有色鉱物の割合が比較的高く、ダスト粒径の大きい層では、赤色鉱物の割合が比較的高いという違いが見られた。さらに、電子顕微鏡によるダストの元素分析から、ダスト粒径の大きい層には，パミール特有の地質である石灰岩を起源とする方解石が含まれることが明らかになった。以上の結果から、本研究で分析したパミールの浅層アイスコアでは，ダスト層に含まれるダストの種類や組成は、一様でないことが明らかになった。ダスト層には、方解石及び赤色鉱物を含む近距離輸送ダストで構成されるものと、それらを含まない長距離輸送ダストで構成されるものがあることが示唆された。

キーワード：氷河、アイスコア、ダスト、有色鉱物、鉱物組成、パミール
Keywords: Glacier, Ice core, Dust, Colored mineral, Mineral composition, Pamir

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of snow surface patterns from the coast to the inland, Dome-Fuji Station, of Antarctica, using camera images

*杉浦 幸之助[1]、渡辺 健吾[1]、平沢 尚彦[2]、川村 賢二[2]、中澤 文男[2]、大野 浩[3]、藤田 秀二[2]、大藪 幾美[2]、山内 恭[2]、本山 秀明[2]
*Konosuke Sugiura[1], Kengo Watanabe[1], Naohiko Hirasawa[2], Kenji Kawamura[2], Fumio Nakazawa[2], Hiroshi Ohno[3], Shuji Fujita[2], Ikumi Oyabu[2], Takashi Yamanouchi[2], Hideaki Motoyama[2]

1. 富山大学、2. 国立極地研究所、3. 北見工業大学
1. University of Toyama, 2. National Institute of Polar Research, 3. Kitami Institute of Technology

Snow surface patterns in Antarctica are of practical concern and are important from the standpoint of developing an optimum route in Antarctica. In this study, we estimate snow surface patterns from the coast to the inland of Antarctica using camera images during JARE-59. The interval camera was used to capture the image of snow surface. Snow surface was photographed from November 13, 2017 to December 9, 2017. The number of images from the southern latitude of 69 degrees to 77 degrees was about 14,000 sheets. One sheet was divided into eight zones to distinguish a small-scale snow surface pattern. The pattern of snow surface was classified in three kinds such as 1) deposition, 2) equilibrium, and 3) erosion. We judged the snow surface patterns by sight. When Snow dune/Snow barchan was observed, it was classified as a deposition pattern. When Sastrugi/Glazed surface was observed, it was classified as an erosion pattern. In addition, when snow ripples were observed, it was classified as an equilibrium pattern.
The result of our analysis shows that the frequency of the deposition pattern decreases as latitude rises to 73 degrees south (Katabatic wind region) and then it increases slightly. In contrast, the frequency of the erosion pattern increases as latitude rises to 73 degrees south above which it decreases slightly. On the other hand, there have been no outstanding changes in the equilibrium pattern. The analyzed results of latitude dependence agree with the previous research qualitatively. However, the dominant surface pattern in the inland plateau region was still the erosion pattern. Since we analyzed the data of the outward trip, it is necessary to analyze the data of the return trip from the inland to the coast and to investigate a time scale of the surface pattern changes.

キーワード：デューン、バルハン、サスツルギ、光沢雪面、リップル
Keywords: snow dune, snow barchan, sastrugi, glazed surface, snow ripple

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

10:45 ~ 11:00

[ACC26-07] 南極氷床コアに眠る古代菌類の分離

★招待講演

*辻 雅晴[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所)

11:00 ~ 11:15

[ACC26-08] **極域アイスコアに眠る古代菌類の研究とその将来展望**

*中澤 文男[1,2]、辻 雅晴[1]、伊村 智[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

11:15 ~ 11:30

[ACC26-09] 不揮発性微粒子の昇華抽出と個別解析によるドームCおよびドームふじ氷床コア中のダストと海塩の沈着量・起源・変質過程の推定

*大藪 幾美[1,2]、飯塚 芳徳[3]、川村 賢二[1,4,5]、Wolff Eric[6]、Severi Mirko[7]、Hansson Margareta[8] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.北海道大学低温科学研究所、4.総合研究大学院大学、5.海洋研究開発機構、6.Department of Earth Sciences, University of Cambridge、7.Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence、8.Department of Physical Geography, Stockholm University)

11:30 ~ 11:45

[ACC26-10] 浅層コアの掘削と解析による過去数千年間のドームふじ周辺における表面質量収支の地域特性

*川村 賢二[1]、大藪 幾美[1]、中澤 文男[1,2]、藤田 秀二[1,2]、山田 恭平[1]、栗田 直幸[4]、津滝 俊[5]、大野 浩[6]、杉浦 幸之助[7]、東 久美子[1,2]、本山 秀明[1,2]、阿部 彩子[5,3] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.名古屋大学、5.東京大学、6.北見工業大学、7.富山大学)

11:45 ~ 12:00

[ACC26-11] 完新世初期の軌道要素に対する全球非静力学大気モデルの感度実験

*千喜良 稔[1]、阿部 彩子[1]、佐藤 正樹[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACC26-12] **Roles of sea ice–surface wind feedback in maintaining contrasting modes of glacial Atlantic meridional overturning circulation and climate**

*シェリフ多田野 サム[1]、阿部 彩子[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

南極氷床コアに眠る古代菌類の分離
Isolation of living fungi from Antarctic ice cores

*辻 雅晴[1]
*Masaharu Tsuji[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

1500万年前の南極大陸は、現在より11℃以上気温が高く、ブナ類や針葉樹の林があったとされている(1)。現在の南極大陸に生息している菌類は、南極以外では高緯度北極やアルプス山脈、ヒマラヤ山脈など低温で樹木が生息していない地域からしか発見されていないことから、現在南極大陸に生息している菌類はそれ以降に定着したと考えられている。しかし、南極大陸に生息している菌類の起源は、大気輸送によって他の大気中微粒子（エアロゾル）と共にパタゴニア氷河から運ばれたという説もあるが、依然として不明な点が多い。というのも、菌類は死亡すると自己消化することから、化石として発見されることは殆どないため、南極大陸に生息している菌類の祖先がどこからやってきて、どのように氷点下という菌類にとって生命活動の維持が困難な環境に適応し進化してきたのかは不明なためである。

そこで本講演では、南極産菌類の起源と進化を解明するため、南極の氷床コアに眠っている古代菌類を分離する取り組みについて紹介したい。

キーワード：アイスコア、古代菌類、南極
Keywords: Ice core, Ancient fungi, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

極域アイスコアに眠る古代菌類の研究とその将来展望
Study of ancient fungi resting in the polar ice cores and its future prospects

*中澤 文男[1,2]、辻 雅晴[1]、伊村 智[1,2]
*Fumio Nakazawa[1,2], Masaharu Tsuji[1], Satoshi Imura[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies)

This study attempted to culture ancient fungi preserved in the polar ice cores dated from ~1000 to ~9000 years ago. The samples of several hundred grams of ice collected at depths of 97, 470 and 670 m from Mizuho station (70˚42'S, 44˚20'E; 2230 m a.s.l.) and at depths of 116, 141 and 169 m from Dome Fuji station (77˚19'S, 39˚42'E; 3810 m a.s.l.) in Antarctica (Fujii, 1985; Dome-F Deep Coring Group, 1998). The ages of these samples were estimated to be ~1000, ~5500 and ~9000 years for the Mizuho ice core (Nakawo et al., 1989) and ~3000, ~4000 and ~5000 years for the Dome Fuji deep ice core (Dome Fuji Ice Core Project Members, 2017) respectively. In addition, an ice core sample from Åsgardfonna in the northeastern part of Svalbard (79˚27'N, 16˚43'E; 1140 m a.s.l.) (Uchida et al., 1993) was used for the cultivation. The information on the sample depth and age were unclear. In this study, we successfully cultivated fungi from all the samples. The nucleotide sequences were obtained by DNA analyses of the strains. Many of these sequences showed low homology to those registered in the NCBI DNA database, therefore it was believed that ancient fungi were actually obtained. This suggested that the culture of ancient fungi and its DNA analysis enable to be done over time by using deep ice cores such as the Dome Fuji ice core. This allows to study the physiological ecology of ancient fungi and to use decomposition and fermentation characteristics of ancient fungi for industrial purposes. Also, DNA analyses of the ancient fungi may enable to examine the diversity of fungi with climate and environmental changes and to study the evolutionary history on fungi. In our presentation, we will introduce the results obtained and discuss the prospects and developments of the study using the ancient fungi preserved in the polar ice cores in the future.

References

1. Dome-F Deep Coring Group, Deep ice-core drilling at Dome Fuji and glaciological studies in East Dronning Maud
Land, Antarctica. Annals of Glaciology, 27, 333-337, 1998.
2. Dome Fuji Ice Core Project Members, State dependence of climatic instability over the past 720,000 years from
Antarctic ice cores and climate modeling. Science Advances, 3(2), e1600446, 2017, doi:10.1126/sciadv.1600446.
3. Fujii, Y., Drilling an ice core to a depth of 700 m at Mizuho Station, Kyokuchi, 41, 29–34, 1985. (in Japanese)
Nakawo, M, H. Ohmae, F. Nishio and T. Kameda, Dating the Mizuho 700-m core from core ice fabric data. Proceedings of the NIPR Symposium on Polar. Meteorology and Glaciology, 2, 105–110, 1989.
4. Uchida, T., K. Kamiyama, Y. Fujii., A. Takahashi, T. Suzuki, Y. Yoshimura, M. Igarashi and O. Watanabe, Ice core
analyses and borehole temperature measurements at the drilling site on Asgardfonna, Svalbard, in 1993.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Memoirs of National Institute of Polar Research. Special issue, 51, 377–386, 1996.

キーワード：雪氷、微生物、古代DNA、集団遺伝学、進化、バイオテクノロジー
Keywords: snow and ice, microorganism, ancient DNA, population genetics, evolution, biotechnology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

不揮発性微粒子の昇華抽出と個別解析によるドームCおよびドームふじ氷床コア中のダストと海塩の沈着量・起源・変質過程の推定

Flux, provenance and modification of terrestrial dust and sea salt in the Dome C and Dome Fuji ice cores from Last Glacial Maximum to early Holocene by ice-sublimation and single-particle measurement of soluble and insoluble particles

*大藪 幾美[1,2]、飯塚 芳徳[3]、川村 賢二[1,4,5]、Wolff Eric[6]、Severi Mirko[7]、Hansson Margareta[8]
*Ikumi Oyabu[1,2], Iizuka Yoshinori[3], Kenji Kawamura[1,4,5], Eric Wolff[6], Mirko Severi[7], Margareta Hansson[8]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 日本学術振興会、3. 北海道大学低温科学研究所、4. 総合研究大学院大学、5. 海洋研究開発機構、6. Department of Earth Sciences, University of Cambridge、7. Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence、8. Department of Physical Geography, Stockholm University
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. Japan Society for the Promotion of Science, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 5. Japan Agency for Marine Science and Technology (JAMSTEC), 6. Department of Earth Sciences, University of Cambridge, 7. Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence, 8. Department of Physical Geography, Stockholm University

We analyzed chemical compositions of dust and sea-salt particles in the EPICA Dome C (EDC) ice core between 26 and 7kyr BP by using an ice sublimation technique, and compared the results with existing data of the Dome Fuji (DF) ice core. Combining the results of non-sea-salt Na and sea-salt Na fractions in total Na from the sublimation measurement and Na^+concentrations from ion measurement, we estimated that sea-salt flux in the two cores are roughly the same, while dust flux in the EDC core is significantly lower than that in the DF core throughout the studied period. Al/Si ratio of dust particles in the EDC core increased since around 16 kyr BP, suggesting that the average mixing ratios of minerals, presumably from different source locations, are different before and after 16 kyr BP. The composition of calcic dust also changed around 16 kyr BP; the fraction of calcium sulfate (calcic dust sulfatized during transport through lower troposphere) decreased and that of calcium nitrate (calcic dust reacted with nitric acid during transport through the middle to upper troposphere) increased. Previous studies on the mineralogy of EDC dust have suggested that dominant dust source area was Patagonia before 16 kyr BP and that multiple dust sources may have contributed thereafter (Siggaard-Andersen et al., 2007; Marino et al., 2008; Vallelonga et al., 2010).On the other hand, atmospheric model simulations have suggested that Patagonian dust is transported via lower troposphere, while Australian dust is transported via middle to upper troposphere (Li et al., 2008; Krinner et al., 2010). Thus, our data collectively confirm the dominance of Patagonian dust during the LGM and support the hypothesis of increased Australian dust contribution during the Termination and Holocene. The Dome Fuji Al/Si ratios were lower than those in the EDC core, and the fraction of calcium sulfate in the DF core are higher than those in the EDC core after around 16 kyr BP. The results suggest that Patagonian dust continued to be the dominant contributor to the Dome Fuji region after 16 kyr BP.

References

Siggaard-Andersen et al. (2007), *Earth Planet. Sci. Lett.*, *258*(1-2), 32-43.
Marino, F., (2008), *Geochem. Geophys. Geosyst.*, *9*(10), Q10018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Vallelonga, P., et al. (2010), *Quat. Sci. Rev.*, *29*(1-2), 247-255.
Li, F. (2008), *J. Geophys. Res. Oceans*, *113*(D10), 573-515.
Krinner, G. (2010), *Quat. Sci. Rev.*, *29*, 274-284.

キーワード：アイスコア、南極、エアロゾル、ダスト、海塩
Keywords: Ice core, Antarctica, aerosol, dust, sea salt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浅層コアの掘削と解析による過去数千年間のドームふじ周辺における表面質量収支の地域特性

Spatial variation of surface mass balance over the last few millennia in the Dome Fuji area from the analyses of shallow ice cores

*川村 賢二[1]、大藪 幾美[1]、中澤 文男[1,2]、藤田 秀二[1,2]、山田 恭平[1]、栗田 直幸[4]、津滝 俊[5]、大野 浩[6]、杉浦 幸之助[7]、東 久美子[1,2]、本山 秀明[1,2]、阿部 彩子[5,3]
*Kenji Kawamura[1], Ikumi Oyabu[1], Fumio Nakazawa[1,2], Shuji Fujita[1,2], Kyohei Yamada[1], Naoyuki Kurita[4], Shun Tsutaki[5], Hiroshi Ohno[6], Konosuke Sugiura[7], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Hideaki Motoyama[1,2], Ayako Abe-Ouchi[5,3]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 海洋研究開発機構、4. 名古屋大学、5. 東京大学、6. 北見工業大学、7. 富山大学
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 3. JAMSTEC, 4. Nagoya University, 5. University of Tokyo, 6. Kitami Institute of Technology, 7. University of Toyama

One of the main targets in the current Japanese Antarctic program is to identify the drilling site for the oldest ice around Dome Fuji. The site selection activities (during JARE 59 and 60 summer seasons) include national and international ice-penetrating radar surveys, four shallow ice corings, and firn air sampling at one site. In this presentation, we report the shallow drillings and their analytical results for DEP (dielectric profiling) for deducing spatial differences of accumulation rate among the shallow drill sites.

During the JARE 59 surveys (2017-2018), the first core was drilled at 55 km south of Dome Fuji (New Dome Fuji; NDF) to the depth of 151.9 m, second one was drilled at 40 km southeast of Dome Fuji (DFSE) to 41 m, and third one was drilled at 30 km northwest of Dome Fuji (DFNW) to 41 m. The DEP of these cores were analyzed in summer 2018 at the NIPR cold laboratory, and major volcanic signals were identified back to 13thcentury for all three cores. During the JARE 60 surveys (2018-2019), we set up one base camp 5 km north of NDF (~50 km south of Dome Fuji) (NDFN) and drilled a shallow core to 142 m. The DEP analyses will be conducted for detecting volcanic signals along the core.

We also found a visible 20-mm-thick volcanic ash layer at 118.9 m in the NDF core, and a 10-mm-thick layer at 122.18 m in the NDFN core. Visible ash layers from probably the same origin have also been found in the Dome C (< 1-mm-thick layer at 132.6 m) and Vostok (~30-mm-thick layer at 103.04 m) ice cores. These ash layers were dated at 3500–3600 years before present (Basile et al., 2001; Kohno et al., 2004). On the other hand, volcanic ash layer was not found in the first Dome Fuji deep ice core (Narcisi et al., 2005) but in the second Dome Fuji deep ice core at 133.6 m.

The DEP and in-situ density data are used to date the horizons by comparing the DEP peaks to published

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

volcanic data sets from several ice cores including the WAIS Divide core (Sigl et al., 2014), and to deduce surface mass balance between the volcanic signals for the three cores from JARE 59.

We identified 6 volcanic signals to 40-m depth and 12 signals to ~150-m depth (from the DF and NDF cores). We also use the data from the previously drilled cores (e.g. one from 6-km south of DF drilled in JARE 52, and one from 195-km south of DF in JARE 54) to discuss spatial patterns of accumulation rate from the corings. In the near future, the data will be combined with shallow ice-radar data from the JARE 60 international surveys to expand the spatial estimate of accumulation rate over the Dome Fuji area.

キーワード：アイスコア、火山灰、南極、ドームふじ
Keywords: Ice core, Volcanic ash, Antarctica, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

完新世初期の軌道要素に対する全球非静力学大気モデルの感度実験
Sensitivity of global nonhydrostatic atmospheric model to changes in orbital forcing for the early Holocene

*千喜良 稔[1]、阿部 彩子[1]、佐藤 正樹[1]
*Minoru Chikira[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Masaki Satoh[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

様々な種類の広域的な地質データが、完新世初期から中期にかけてアジアとアフリカで夏季の温暖化および湿潤化の整合的なパターンを示している。この時期の軌道要素に対する気候モデルの応答を調べた過去の多くの実験は、共通してアジアおよびアフリカモンスーンの強化を示しており、これらのデータの定性的な解釈に成功してきた。本研究は、近年、気候研究にも利用可能になりつつある全球非静力学モデルを用いることで、この時期の気候の議論に新しい光を当てることを目指している。本研究で用いるモデルは、日本の気象学グループによって開発されたNICAM（Nonhydrostatic ICosahedoral Atmospheric Model）である。このモデルは、積雲パラメタリゼーションを使用せず、適切な解像度のもとでは積雲を直接解像することに特徴がある。本研究ではコンピューター資源の都合により、NICAMを水平解像度56kmで使用する。この解像度ではモデルは積雲を解像しないが、先行研究により、このような解像度でも、より高い解像度によるシミュレーション結果と似た振る舞いをし、現実的な平均場と変動を得ることができることが確認されている。実験は海洋混合層モデルと結合して行われ、軌道要素は9000年前の値を用いた。積分は５年間行っている。現在気候実験における季節平均の降水量は大きく過大評価されているが、ITCZの位置や降水のピークの位置は観測と非常によく合っている。とりわけ、チベット高原の急峻な地形を表現するのに十分な水平解像度を有することから、チベット高原南端に沿った東西に延びる細い降水帯をよく再現している。9000年前の実験においては、先行研究と同様に、アフリカのITCZの北上が見られる。アジアにおいては、チベット高原南端に沿った降水が顕著に増加している。またインド洋でも降水が増加している。チベット高原とインド洋の間の緯度帯では、インドとインドシナ半島の領域で帯状に降水が弱化する地域が見られる。本研究で用いた全球非静力学モデルは、積雲を直接解像するには十分ではないが、これまでの全球モデルでは十分に表現されていなかった地形の構造をよく表現し、それが降水にもたらす影響を評価でき、地域スケールの地質学的データの空間分布を議論するのに有用であると期待される。

キーワード：古気候、気候モデル、完新世
Keywords: Paleoclimate, Climate model, Holocene

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Roles of sea ice–surface wind feedback in maintaining contrasting modes of glacial Atlantic meridional overturning circulation and climate

*シェリフ多田野 サム[1]、阿部 彩子[1]
*Sam Sherriff-Tadano[1], Ayako Abe-Ouchi[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

During the glacial period, climate varied on millennial-time scale between two contrasting modes. These climate changes are often associated with drastic reorganizations of North Atlantic sea ice and Atlantic meridional overturning circulation (AMOC). However, processes affecting the periodicity of AMOC and climate variability remain unclear. Here, through performing simulations with a comprehensive climate model, we show that sea ice and associated changes in surface winds play a key role in maintaining the contrasting modes of AMOC and climate. Experiments highlights the importance of the suppression of atmosphere-ocean heat exchange by sea ice in inducing a weakening of surface winds. The surface wind anomaly then causes a reduction of salt transport and weakens AMOC, which triggers further expansion of sea ice. Our results show that sea ice–surface wind interactions over the North Atlantic plays an important role in inducing the long periodicity of the climate variability.

キーワード：数千年の気候変動、海氷-風相互作用、大西洋子午面循環
Keywords: millennial time-scale climate variability, sea ice-surface wind interaction, AMOC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

13:45 ~ 14:00

[ACC26-13] ダンスガードオシュガー振動と急激な気候変化のメカニズム

*阿部 彩子[1,2,3]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]、小長谷 貴志[1]、吉森 正和[1]、岡 顕[1]、川村 賢二[3]、大垣内 るみ[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.JAMSTEC、3.国立極地研究所)

14:00 ~ 14:15

[ACC26-14] 珪藻活動を導入したモデルによる氷期サイクルの振幅、周期変化の再現

*赤木 右[1]、長谷川 貴大[2] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学理学府)

14:15 ~ 14:30

[ACC26-15] Development of an Ice Sheet Model coupled General Circulation Model and application of Energy Balance Model on the estimation of Ice Sheet mass balance

*大石 龍太[1]、阿部 彩子[2,1]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋開発研究機構)

14:30 ~ 14:45

[ACC26-16] 次期南極深層コア掘削候補地選定のための氷床モデル計算

★招待講演

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、齋藤 冬樹[2]、津滝 俊[1]、藤田 秀二[3]、松岡 健一[4]、川村 賢二[3,5,2]、Greve Ralf[6] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.国立極地研究所、4.ノルウェー極地研究所、5.総合研究大学院大学、6.北海道大学低温科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[ACC26-17] International studies of ice sheet and bedrock at Dome Fuji, East Antarctica

*藤田 秀二[1,2]、川村 賢二[1,2,10]、Gogineni Prasad[3]、阿部 彩子[4]、Braaten David[5]、Gallet Jean-Charles[6]、Isaksson Elisabeth[6]、van Liefferinge Brice[6]、松岡 健一[6]、O'Neill Charles[3]、Paden John[5]、Rodriguez-Morales Fernando[5]、Taylor Ryan[3]、津滝 俊[4]、Yan Jie-Bang[3]、東 久美子[1,2]、Greve Ralf[7]、Hudson Stephen[6]、Kohler Jack[6]、Kolpuke Shriniwas[3]、Linfeng Li[3]、Moholdt Geir[6]、本山 秀明[1,2]、中澤 文男[1]、小長谷 貴志[4]、大野 浩[8]、大藪 幾美[9,1]、齋藤 冬樹[10]、杉浦 幸之助[11] (1.大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学 （SOKENDAI） 極域科学専攻、3.アラバマ大学、4.東京大学大気海洋研究所、5.カンザス大学 氷床リモートセンシングセンター、6.ノルウェー極地研究所 ノルウェー、7.北海道大学低温科学研究所、8.北見工業大学、9.日本学術振興会、10.海洋科学研究機構 (JAMSTEC)、11.富山大学)

15:00 ~ 15:15

[ACC26-18] 室内実験から探る氷期氷の速い変形の原因

*猿谷 友孝[1]、高田 守昌[1]、本間 智之[1]、東 信彦[1]、東 久美子[2,3] (1.長岡技術科学大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

ダンスガードオシュガー振動と急激な気候変化のメカニズム
Simulated Dansgaard-Oeschger like oscillations and abrupt climate changes

*阿部 彩子[1,2,3]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]、小長谷 貴志[1]、吉森 正和[1]、岡 顕[1]、川村 賢二[3]、大垣内 るみ[2]
*Ayako Abe-Ouchi[1,2,3], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1], Takashi Obase[1], Masakazu Yoshimori[1], Akira Oka[1], Kenji Kawamura[3], Rumi Ohgaito[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. JAMSTEC、3. 国立極地研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. National Institute of Polar Research

During the last termination of ice age cycle (deglaciation), Heinrich event 1 as well as B/A, Antarctic Cold Reversal (ACR) and Younger Dryas occurred as millennial scale climate changes. On the other hand, millennial scale climate changes such as D-O cycles recorded in ice core and deep sea cores in both hemisphere seem to occur more frequently during the mid-glacial state than during the early or late glacial state. Here we ran several sensitivity experiments and deglaciation simulations using a coupled atmosphere and ocean GCM (MIROC4m AOGCM) developed in Japan and analyzed the stability of AMOC and climate. Many model experiments were run for longer than10000 years under many different conditions of constant Greenhouse Gas levels, obliquity with/without glacial ice sheet and with and without freshwater flux into North Atlantic region. The results show large self-sustained oscillation of AMOC and high latitude temperature change similar to D-O cycles, which are consistent with ice core data and deep-sea data in both low and high latitude. Furthurmore, the results imply that both Northern Atlantic ocean-atmosphere-sea ice coupled system and Southern Ocean are important to maintain the oscillation with periodicity longer than 2000 years, for which we propose “Bipolar thermohaline oscillation” as its mechanism. We show that the D-O like oscillation occur with Glacial ice sheets under limited range of CO2, obliquity, and freshwater forcing. Implication on the mechanism and the conditions of the millennial scale climate changes for the past time period is discussed.

キーワード：気候、氷期サイクル、北大西洋子午面循環
Keywords: Climate, Ice age cycle, Atlantic Meridional Overturning Circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

珪藻活動を導入したモデルによる氷期サイクルの振幅、周期変化の再現

Reproduction of the increasing amplitude and period in the glacial cycles using a model incorporating diatomaceous activity.

*赤木 右[1]、長谷川 貴大[2]
*Tasuku Akagi[1], Takahiro Hasegawa[2]

1. 九州大学大学院理学研究院、2. 九州大学理学府
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 2. Graduate School of Science, Kyushu University

The mode changes in the glacial cycle, smaller amplitudes with 20 kyr periods before 2.7 BP; medium amplitudes with 40 kyr periods between 2.70 and 1 Ma BP; greater amplitudes with around 100 kyr periods after 1 Ma BP, remain unanswered.

Carbon cycling is closely coupled with silicon cycling in the Earth surface. Oceanic silica is supplied from weathering of terrestrial matter, which depends on the atmospheric pCO_2. The atmospheric pCO_2, in turn, is influenced by the diatomaceous biological pump. Silicon can be a crucial driver of the Earth surface environment. Oceanic silica is removed by the burial of amorphous silica produced by diatoms. We have reported that the non-linear dissolution behavior of diatom frustules, where greater diatomaceous production tends to suppress dissolution of dissolved silica forming greater-sized frustule-aggregates.

Here we have developed a numerical model expressing the carbon and silicon cycling in the Earth surface, with diatomaceous biological pump and the non-linear dissolution behavior of diatom frustules being introduced.

The results of the model runs show interesting outcomes: when the amount of circulating carbon is reduced with time, both the amplitude and period of atmospheric pCO_2increase with time. When the insolation changes by Milankovitch forcing were loaded on the model temperature, the mode changes are successfully reproduced.

We propose that the glacial cycles may be understood by the coupling of ice-sheet dynamics and change in the oceanic Si inventory.

キーワード：氷期サイクル、周期振幅変化、ケイ素循環、珪藻活動
Keywords: the glacial cycles, amplitude and period, silicon cycling, diatom activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of an Ice Sheet Model coupled General Circulation Model and application of Energy Balance Model on the estimation of Ice Sheet mass balance

*大石 龍太[1]、阿部 彩子[2,1]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1]
*Ryouta O'ishi[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1], Fuyuki SAITO[2], Takashi Obase[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋開発研究機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the Universitoy of Tokyo, 2. JAMSTEC

A sea level rise is an important topic in a future climate projection. In the past warm period known as the Last Interglacial (LIG), paleoevidences indicate sea level rise of several meters. Paleoclimate modeling community applies past GCM results on ice sheet models and tries to reproduce past sea level rises.
We designed a coupling procedure between an ice sheet model and a general circulation model and are planning to introduce a surface mass balance of ice sheet not only by a typicall empirical method called PDD (Positive Degree Days) but also surface mass balance on the ice sheet as an upper boundary condition. The PDD only refers the surface atmosphere temperature and snowfall. In the present study, we use a process-based land surface model MATSIRO to estimate surface mas balance forced not only by temperature and snowfall but also by other surface variables including shortwave and longwave radiation. We compare the characteristics of resultant ice melt amount from PDD and MATSIRO to evaluate the inclusion of process-based heat and water balance instead of empirical equation.
We apply this procedure on the estimation of Grennland mass balance in the LIG.

キーワード：氷床、質量収支、大循環モデル
Keywords: ice sheet, mass balance, grneral circulation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

次期南極深層コア掘削候補地選定のための氷床モデル計算
An ice-flow modeling study for evaluation of sites for and oldest ice core around Dome Fuji, Antarctica

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、齋藤 冬樹[2]、津滝 俊[1]、藤田 秀二[3]、松岡 健一[4]、川村 賢二[3,5,2]、Greve Ralf[6]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Fuyuki SAITO[2], Shun Tsutaki[1], Shuji Fujita[3], Kenny Matsuoka[4], Kenji Kawamura[3,5,2], Ralf Greve[6]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 国立極地研究所、4. ノルウェー極地研究所、5. 総合研究大学院大学、6. 北海道大学低温科学研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 4. Norwegian Polar Institute, 5. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 6. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The recovery of a new Antarctic ice core to cover one million years will advance our understandings of the Quaternary climate. Previous ice flow modeling studies indicate that such old ice may exist in inland areas of the Antarctic continent, where horizontal ice flow is slow, the ice is thick, accumulation rate is low, basal temperature is well below the pressure melting point (Pattyn 2010; Fischer et al. 2013). We have been analyzing the field data taken by 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE 59, 2017-2018) and conducting ice flow modelings as the essential parts of the site selection activities. In the present study, we show results of ice flow modeling to estimate the temperature and age of ice, and age resolution of the ice near the bed at a dome of the ice sheet. We use an one-dimensional ice flow-thermodynamic model, in which the vertical velocity of the ice is parameterized with empirical functions applied to the area near ice sheet domes. At first, the calculated age and temperature profiles of the ice are compared with depth-age profile of the Dome Fuji ice core and borehole temperature at Dome Fuji to assess the model performance for our purposes. Next, we investigate the influence of parameters (ice thickness, accumulation rate, geothermal heat flux, profile of vertical velocity of the ice) on the age of ice especially in the lowest few hundred meters. The results indicate that a fine resolution of oldest ice (~age of 1.0 Ma before present) is expected from a thick ice and a low accumulation, but the thick ice increases the chance of basal melting. The one-dimensional model is applied to the vicinity of Dome Fuji along the transect of JARE 59 surveys, using estimated ice thickness and simplified pattern of surface mass balance and geothermal heat flux. The calculated distribution of the age of ice are compared with internal layers of the ice (isochrone) derived from ground radar surveys. The calculated age of ice roughly follows observed internal layers of ice, and a smaller accumulation near NDF compared to Dome Fuji increases the agreement between calculated age of ice and internal layers of ice.

キーワード：南極氷床、アイスコア、モデリング、ドームふじ
Keywords: Antarctic ice sheet, ice core, modeling, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

International studies of ice sheet and bedrock at Dome Fuji, East Antarctica

*藤田 秀二[1,2]、川村 賢二[1,2,10]、Gogineni Prasad[3]、阿部 彩子[4]、Braaten David[5]、Gallet Jean-Charles[6]、Isaksson Elisabeth[6]、van Liefferinge Brice[6]、松岡 健一[6]、O'Neill Charles[3]、Paden John[5]、Rodriguez-Morales Fernando[5]、Taylor Ryan[3]、津滝 俊[4]、Yan Jie-Bang[3]、東 久美子[1,2]、Greve Ralf[7]、Hudson Stephen[6]、Kohler Jack[6]、Kolpuke Shriniwas[3]、Linfeng Li[3]、Moholdt Geir[6]、本山 秀明[1,2]、中澤 文男[1]、小長谷 貴志[4]、大野 浩[8]、大藪 幾美[9,1]、齋藤 冬樹[10]、杉浦 幸之助[11]
*Shuji Fujita[1,2], Kenji Kawamura[1,2,10], Prasad Gogineni[3], Ayako Abe-Ouchi[4], David Braaten[5], Jean-Charles Gallet[6], Elisabeth Isaksson[6], Brice van Liefferinge[6], Kenny Matsuoka[6], Charles O'Neill[3], John Paden[5], Fernando Rodriguez-Morales[5], Ryan A. Taylor[3], Shun Tsutaki[4], Jie-Bang Yan[3], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Ralf Greve[7], Stephen Hudson[6], Jack Kohler[6], Shriniwas Kolpuke[3], Linfeng Li[3], Geir Moholdt[6], Hideaki Motoyama[1,2], Fumio Nakazawa[1], Takashi Obase[4], Hiroshi Ohno[8], Ikumi Oyabu[9,1], Fuyuki Saito[10], Konosuke Sugiura[11]

1. 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学 （SOKENDAI） 極域科学専攻、3. アラバマ大学、4. 東京大学 大気海洋研究所、5. カンザス大学 氷床リモートセンシングセンター、6. ノルウェー極地研究所 ノルウェー、7. 北海道大学低温科学研究所、8. 北見工業大学、9. 日本学術振興会、10. 海洋科学研究機構 (JAMSTEC)、11. 富山大学
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems(ROIS), 2. Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Japan, 3. The University of Alabama, USA, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, Japan, 5. CReSIS, University of Kansas, USA, 6. Norwegian Polar Institute, Norway, 7. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Japan, 8. Kitami Institute of Technology, Japan, 9. JSPS, Japan, 10. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Japan, 11. University of Toyama, Japan

Climatic histories from about 800 kyr BP up to present have been studied using very deep ice cores drilled at dome summits in East Antarctica at Dome Fuji and Dome C. Knowledge gained from ice cores studies are crucial to understand the past and present climate and to predict the impacts of future climate changes. International Partnership for Ice Core Sciences (IPICS) identified that ice cores covering ages of the mid-Pleistocene Transition are necessary step to better understand climate dynamics. Multiple ice cores older than 1 M yrs BP are necessary. Dome Fuji area in East Antarctica is one of the candidate areas where we may be able to find very old ice core near the bottom of the ice sheet. Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) has conducted deep ice coring at Dome Fuji twice in the past decade. They recovered ice cores covering ages up to about 720 kyr BP. At the same time, they have accumulated radar sounding data in this area. Alfred Wegener Institute (AWI), Germany, made an extensive airborne radar survey in 2016/2017 season covering Dom Fuji with a basic survey line spacing of 10 km. In the following season of 2017/2018, JARE also made ground-based radar surveys over a distance of 2950 km with a line spacing of 5 km or less. Based on results of these surveys, we conducted a more detailed radar surveys at Dome Fuji in 2018/2019 season as a collaborative research between University of Alabama, the University of Kansas, National Institute of Polar Research under Research Organization of Information and Systems (Japan), and Norwegian Polar Institute. Norwegian Polar Institute joined also collaborating on these efforts with the European framework of Beyond EPICA - Oldest Ice (BE-OI). We used two state-of-the-art radars: A wideband radar ice sounder developed by CReSIS, University of Kansas and ultra-wideband radar developed by University of Alabama. In addition, we used a classical pulse-modulated VHF radar of JARE with high gain antennas. Using a traverse team of JARE and its snow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

vehicles, we investigated along 2,700 km in an area of about 1,000 km^2. Final spacing between survey lines varied between 0.5 km and 0.25 km. The surveys were completed by the end of December, 2018. We will present preliminary results from these surveys. Preliminary quick-look results indicate that we collected an excellent radar data set with very good layering information including the bottom 10% of the ice. The data will be examined to identify candidate locations to drill very old ice.

キーワード：南極、アイスコア、氷床、レーダ、古気候、気候変動
Keywords: Antarctica, ice core, ice sheet, radar, paleoclimate, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室内実験から探る氷期氷の速い変形の原因
Possible cause for rapid deformation of ice from glacial periods, investigated from laboratory-based deformation experiments and microstructural observations

*猿谷 友孝[1]、高田 守昌[1]、本間 智之[1]、東 信彦[1]、東 久美子[2,3]
*Tomotaka Saruya[1], Morimasa Takata[1], Tomoyuki Homma[1], Nobuhiko Azuma[1], Kumiko Goto-Azuma[2,3]

1. 長岡技術科学大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学
1. Nagaoka University of Technology, 2. National Institute of Polar Research, 3. SOKENDAI (The Graduate University for Advaced Research)

Deformation mechanism of coarse-grained polycrystalline ice is well investigated by various experiments. However, the deformation of ice-sheet ice is complicated by various factors such as local distributions of impurities and mechanical anisotropies. Detailed analyses of ice cores have revealed that ice from glacial periods (ice-age ice) that has highly-concentrated impurities and small grains deforms rapidly compared with ice from Holocene. Although the causes of the rapid deformation in ice-age ice have been discussed in various studies, the detailed mechanism remains unclear.
The deformation rate in ice sheets is extremely slow; therefore, ice-sheet ice deforms under low dislocation density state. To replicate such deformation mechanism in laboratory experiments, we prepared fine-grained ice which has much grain boundaries. Since grain boundaries can act as sinks of dislocations, a low dislocation density state is kept during deformation like ice sheets.
To investigate the cause of rapid deformation of ice-age ice, we conducted deformation experiments and microstructural observations using artificial ice, with focusing on the influences of microparticles and grain size (grain boundaries). We made pure ice, and silica-dispersed ice with particle diameters of 0.3 μm and mass concentrations of 0.1 and 0.01 %. For the investigation of grain-size-sensitivity of deformation, various-sized ice (mean grain size with 30 μm –2 mm) was prepared.
Our experimental results revealed different trends for softening and hardening effect due to microparticles dispersion, grain-size-sensitivity, and microstructural evolutions during deformation in fine- and coarse-grained ice. Silica-dispersed ice with coarse grains indicated a hardening trend compared with pure ice, while little direct effect on the deformation in fine-grained ice. Grain-size-sensitivity was appeared only in fine-grained ice: the strain rates become larger at finer grains.
In this presentation, we discuss the possible cause for the rapid deformation of ice-age ice based on systematic deformation experiments and microstructural observations.

キーワード：氷床流動、結晶組織、微粒子
Keywords: ice-sheet flow, microstructure, microparticles

©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-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 202 2F

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)、座長:森 也寸志(岡山大学)

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫にして，水源涵養や植栽としての機能も併せ持ちます．しかしながら，今日では管理不全や気候変動由来の豪雨が有機物に富む表層土壌を洗い流すなど，その機能が果たせていません．このセッションでは土壌環境，すなわち土壌環境保全から劣化土壌環境の修復技術まで幅広い研究成果発表を募集します．

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:05

[AGE30-01] ニューラルネットワークを用いた土壌表層の有機炭素量の予測

開田 行美[1]、*森 也寸志[1]、珠玖 隆行[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:05 ~ 14:25

[AGE30-02] 水田からのメタン排出とその気候変動応答

★招待講演

*常田 岳志[1] (1.国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター)

14:25 ~ 14:40

[AGE30-03] 玄米外観品質の低下と土壌中の可溶性養分の関係

*松本 真悟[1]、春日 純子[1] (1.島根大学生物資源科学部)

14:40 ~ 14:55

[AGE30-04] 畑地における溝切りと作物残渣の挿入が雨水の浸入と土壌侵食に及ぼす影響

*大澤 和敏[1]、森 也寸志[2]、干川 明 (1.宇都宮大学、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:55 ~ 15:15

[AGE30-05] GPS信号を使った広範囲土壌水分量の測定

★招待講演

*登尾 浩助[1]、長沼 菜摘[1] (1.明治大学)

ニューラルネットワークを用いた土壌表層の有機炭素量の予測
Soil Organic Cabon Contents Estimation using Neural Network System

開田 行美[1]、*森 也寸志[1]、珠玖 隆行[1]
Ikumi Kaida[1], *Yasushi Mori[1], Takayuki Shuku[1]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

土壌中の有機物の動態は地球最表層の物質循環に大きく影響し，また，陸域最大の貯蔵量を持つことから，その蓄積と消失は地球温暖化へ影響評価として高い関心を集めている．これまでの研究から土壌有機物量の推定についてはある程度の成果をおさめている．しかしながら自然の営みは非常に複雑であるため，推定に関わるパラメータは個別研究の蓄積から抽出されており，充分な量のデータを元に相互関係を考慮しながら推定されているわけではない．また一方で，膨大なデータを利用したとしても，何がどのように関わるか関数的に明らかにならない状態で全てのデータを利用しながら研究に取り組むことは時間的に無駄が多く，現実的ではない．

近年の計算機の発達により，急速に現実的な課題への応用例が見られるようになってきた機械学習，ニューラルネットワークは，膨大なデータを読み込み，個々の関連を学習しながら自らの中にシステムを構築し，ターゲットとなる値を推定することができる．そこで本研究では，Harmonized World Soil Database (FAO, IIASA)で取得された土壌の16種類のデータセット約11000個（欧州に限定）を使って，土壌有機物がどのパラメータと関連づけられ，推定されるのかを調べた．再帰的特徴消去（Recursive Feature Elimination，RFE法）を用いて指定した特徴数になるまで特徴の消去を行い，ついでニューラルネットワークを使って，選択された特徴量から目的となる土壌有機物量を推測するモデルを作成した．

検証した中では特徴量を７つにしたときに，ニューラルネットワークが最も良い成績を示した．粘土鉱物量，乾燥密度，粘土CEC，総CEC，塩基飽和度，交換性塩基，ESPが関連度が高いと評価されが，これには一般的にあまり使われないものも含まれており，興味深かった．このパラメータで構築したモデルは７割が土壌有機物量を非常に良く推定し，３割が極端に悪い結果となった．また，選択されたパラメータは土壌有機物量を説明するために必要なパラメータではあるが，非線形関数の中で，正・負どちらに働くのかは明らかにはならない．導き出された関係は非線形で非常に複雑であるので，一般的な理解が難しいが，学習モデルには人間の側から関数系を与えずに得られた成果であるため，未知の関係が想像される現象から必要なパラメータを抽出する際には強力な道具となることが期待された． また，その上ですすめる研究はより効果的になると想像され，複雑な因子が絡む環境動態の解明に大きく貢献すると与えると考えられた．

キーワード：土壌有機炭素、ニューラルネットワーク、地球温暖化
Keywords: Soil Organic Carbon, Neural Network, Global Warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水田からのメタン排出とその気候変動応答
Methane emission from rice paddies and its response to climate change

*常田 岳志[1]
*Takeshi Tokida[1]

1. 国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター
1. Institute for Agro-Environmental Sciences, National Agriculture and Food Research Organization

メタン（CH_4）は二酸化炭素につぐ温室効果ガスであり、対流圏オゾンの生成など間接的な効果を含めると、その放射強制力は二酸化炭素（CO_2）の約58%にも及ぶ。またCH_4は大気中の滞留時間が10年以下と短く排出削減によって大気中濃度が速やかに低下するため、温度上昇を+1.5℃ないし+2.0℃以内に抑える上では、CO_2の排出抑制よりもはるかに効果が大きい。人為的なメタン排出源として農業分野は38%を占めており、中でも水田の寄与は大きい。ところがそのCH_4排出が、大気中CO_2濃度の増加や温度の上昇によってさらに増加することが懸念されている。

発表者らは、囲いのない田んぼにCO_2を制御的に付加し、大気CO_2濃度の増加を模擬するFree-Air CO_2 Enrichment (FACE)と呼ばれる実験、および電熱線ヒーターによって田面水・土壌を加温する温暖化実験を実施し、水田からのCH_4排出の高CO_2・温暖化応答に関する知見を得てきた。岩手県で行われた雫石FACE実験では、+200ppmのCO_2増加と+2℃の加温によって、メタン排出量は80%も増加した。これはCO_2増加とそれに伴う温暖化が、メタン排出増加を通して更なる温暖化を引き起こす「正のフィードバック」が強く働くことを示している。

大気CO_2の上昇がCH_4排出を増加させるのは、CO_2施肥効果によってイネの光合成が増え、CH_4の有機物源となる根からの滲出物や根自体の分解が増えたことが主要因であった。一方、温度上昇は、土壌の酸化容量を超える有機物分解が加温により大幅に増えたことと、加温がCH_4の基質となるイネ根の老化・分解を促進すること、が重要なメカニズムであった。前者に関しては、土壌有機物・残渣の分解が主要な有機物源である生育前半に働くメカニズムであり、+2℃の加温による有機物の分解量の増加が15%程度であるにもかかわらず、土壌の酸化容量の大半を占める酸化鉄の還元量が加温によって増加しなかったことから、差し引きとして求まるCH_4生成量を40%以上も増大させていた。

なおFACE実験で暴露に用いるCO_2は大気中のCO_2より小さい$^{13}C/^{12}C$比（^{13}Cが少ない）を持つため、FACE区と外気区のイネは異なる炭素同位体比を持つ。この性質を利用しFACEを「炭素安定同位体のトレーサー実験」と見なすことにより、加温処理によって光合成産物を基質とするCH_4生成が増加したことが確認され、イネ根の分解促進がCH_4排出の大幅な増加の要因であることが突き止められた。

発表者らの結果だけでなく、既存の報告の多くは高CO_2によってCH_4排出が増える可能性を指摘しているが、その程度には大きなバラツキがある。このバラツキの要因をさらに解明することで、コメ生産面におけるCO_2施肥効果を最大化しつつCH_4排出の増加を抑えるようなイネの形質や栽培管理法に関する知見が得られると期待される。また温暖化による影響は高CO_2と異なり、コメ収量にマイナスに作用する可能性が指摘されている。さらに高温不稔によって穂に転流されるはずだった炭素が地下部に回り、CH_4排出が増加する可能性も報告されている。したがって、高温による減収リスクを抑えるなどの温暖化に対する適応策の確立も、収量当たりのCH_4排出を減らす上でも極めて重要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：水田、メタン、地球温暖化、大気CO2濃度増加実験
Keywords: rice paddy, methane, global warming, FACE (Free-Air CO2 Enrichment)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

玄米外観品質の低下と土壌中の可溶性養分の関係

Relationship between degradation of rice grain quality due to chalky kernels and available nutrients in soil

*松本 真悟[1]、春日 純子[1]
*Shingo Matsumoto[1], Junko Kasuga[1]

1. 島根大学生物資源科学部
1. Shimane University

1990年代以降にわが国稲作の重大な問題となっている夏期の高温登熟障害による白未熟粒の多発に対して，様々な栽培的な対策が各地で取り組まれてきた．しかし西日本においては玄米外観品質の回復が未だに達成されていない状況にあるのも事実である．一方で，稲作をめぐる環境の変化によって水田土壌の管理実態は変貌し，肥沃度の低下，塩基バランスの悪化などが白未熟粒の多発を助長している可能性が指摘されている．そこで，本研究では気象条件や土壌型の違いを排除しつつ多くの可溶性養分と白未熟粒の発生との関係を解析することが可能ではないか考え，一筆の水田を縦横４ｍ間隔で土壌とコメをサンプリングしてそれぞれの地点の土壌の可溶性養分の分析ならびにコメの外観品質の調査を行い，それらの関連の解析を試みた．その結果，可給態ケイ酸の不足により有意に白未熟粒が増加することが明らかとなった．また，ケイ酸／リン酸比が高いほど白未熟粒の発生が多くなり，過剰に蓄積されたリン酸の影響も大きいことが推察された．

キーワード：高温登熟障害、白未熟粒、可給態ケイ酸
Keywords: high-temperature damage to rice grain ripening, chalky grain, available silicate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

畑地における溝切りと作物残渣の挿入が雨水の浸入と土壌侵食に及ぼす影響

The effects of trenching and insertion of crop residue on infiltration and soil erosion in a farmland

*大澤 和敏[1]、森 也寸志[2]、干川 明
*Kazutoshi Osawa[1], Yasushi Mori[2], Akira Hoshikawa

1. 宇都宮大学、2. 岡山大学大学院環境生命科学研究科
1. Utsunomiya University, 2. Graduate school of Environmental and Life Science, Okayama University

沖縄地方では，気候，地形，土壌特性などの自然的要因や，農業活動，開発工事などの人為的要因により，農地における土壌侵食や河川および沿岸域における土砂，栄養塩流出の問題が顕著となっている．その結果，農地の地力および生産性を低下させ，流域圏の水環境へ悪影響を及ぼしている．これまで地表面の被覆による土壌侵食の抑制効果は多く報告されているが，雨水の浸入促進による土壌侵食の抑制に着目した研究は少ない．そこで，本研究では沖縄県石垣市におけるサトウキビ畑を対象として，雨水の浸入を促進する畝間の溝切りと溝への有機物の挿入に着目し，それらが表流水の流出量及び土壌侵食量へ与える影響を明らかにすることを目的とした．

休閑期における試験結果では，ほぼ全てのイベントにおいて，雨水の浸入が促進されたため，流量は溝切りをした試験区が小さくなった．時系列でみると，多くのイベントで初期降雨損失が溝切りをした試験区では大きかった．しかし，土砂流出量において比較的大きなイベントで，溝切りをした試験区が標準区を上回った．総流量は溝切りによって約69%の削減となり，総土砂流出量は溝切りによって約57%の増大となった．以上より，残渣が地表面を覆った状態の休閑期では，溝切りによって表流水の発生は抑制できるが，土壌のかく乱によって侵食が増大してしまうことが分かった．

栽培期における試験結果では，全てのイベントにおいて，溝に作物残渣を挿入した試験区は標準区より流量が常に小さく，溝へ雨水が浸入した．時系列でみると，休閑期と同様に多くのイベントで初期降雨の浸入が確認できた．土砂流出量に関して，作物残渣を挿入した試験区は標準区より常に小さく，土砂流出が抑制できた．総流量において，作物残渣を挿入した試験区は標準区と比較して約39%の削減となった．総土砂流出量において，作物残渣を挿入した試験区および不耕起栽培（株出し栽培）をした試験区は標準区と比べて，それぞれ約64%および約89%の削減となった．以上より，植え付けや耕起等の作業によって土壌のかく乱がある栽培期では，溝や有機物の挿入は雨水の浸入を促進し，不耕起栽培ほどではないが，土砂流出を顕著に抑制できることが分かった．

キーワード：土壌侵食、浸入、溝切り、有機物の挿入、サトウキビ、沖縄
Keywords: Soil erosion, Infiltration, Trenching, insertion of organic matter, Sugarcane, Okinawa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GPS信号を使った広範囲土壌水分量の測定
Measuring wide-range soil water content using GPS signals

*登尾 浩助[1]、長沼 菜摘[1]
*Kosuke Noborio[1], Natsumi Naganuma[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

畑地作物栽培時の灌漑水量の予測、地下水涵養量の推定、地滑り予報などにとって、広範囲の土壌水分量の測定は必要不可欠である。1980年にToppらによってTDR水分計が紹介されて以来、ある地点における土壌水分量の測定は高精度かつ簡易に、しかも遠隔で自動測定とデータ回収が可能になって来ている。しかし、広範囲な土壌水分量の測定となると、従来は人工衛星データを使った広域の測定であったり、宇宙線を使った測定法が紹介されているが、解像度や測定精度に問題があったり、特殊な測定器が必要であったりと、なかなかルーチーン観測にまでは適用されていない。Larsonらは2008年にGPS信号に含まれる地上反射波強度とGPSアンテナ周辺の土壌水分量に有意な関係があることを報告している。GPS衛星は24時間地球上のいかなる位置においても観測可能なように配置されているので、GPS信号から土壌水分量を推定できれば、活用法は計り知れない。本報告では、GPS信号による広範囲土壌水分量測定の原理と測定例について概説する。

キーワード：土壌水分、GPS衛星、SN比
Keywords: soil moisture, GPS satellite, signal noise ratio

©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 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 202 2F

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

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

In recent years water ice and vapor have been discovered in extraterrestrials; however, liquid and ice water behavior in such environments is still not well understood. We will share recent studies how liquid or ice water behavior in porous media in microgravity or vacuum condition.

15:30 ~ 16:00

[AGE31-01] Life search on Mars by Life Detection Microscope (LDM)

★Invited Papers

*吉村 義隆[1] (1.玉川大学農学部)

16:00 ~ 16:15

[AGE31-02] 減圧蒸発過程における砂中の水分移動

*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:15 ~ 16:30

[AGE31-03] ガラスビーズ多孔質体中の水分挙動と重力の関係

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

16:30 ~ 16:45

[AGE31-04] 低重力下における粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響

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

16:45 ~ 17:00

[AGE31-05] 重力の異なる惑星下における浸透現象

*森 也寸志[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

Life search on Mars by Life Detection Microscope (LDM)

*吉村 義隆[1]
*Yoshitaka Yoshimura[1]

1. 玉川大学農学部
1. College of Agriculture, Tamagawa University

Recent findings on Mars tend to support the possible presence of living microbes near the surface of Mars. MSL Curiosity has found organic compounds [1], the temporal increase of methane concentration in Martian atmosphere [2] and reduced sulfur compounds such as pyrite in Martian soil [3]. Methane and reduced sulfur compounds can be energy sources to support the growth of chemoautotrophic microbes [4]. The detection of hydrated salts suggested the possible presence of liquid water at Recurring Slope Lineae [5]. Although present Martian environments are hostile to life, terrestrial microorganisms inhabit a wide range of environmental conditions, suggesting some microorganisms may survive near the surface [4]. Though UV radiation is harmful, it would be shielded by thin layers (less than a millimeter) of dust or regolith [6]. A depth of several centimeters from the surface, therefore, could provide sufficient covering for microorganisms to survive.

The Viking mission in 1970’s did not find evidence for life [7], however, the sensitivity of the GC-MS (mass spectrometer) onboard the Viking mission was found not to be very high, and it was not able to detect 10^6 microbial cells in 1 gram soil [8, 9], indicating that another life detection program is necessary.

The Life Detection Microscope (LDM) that we have proposed [6, 10] has the potential sensitivity much higher than the Viking instrument. Microscopes directly image life forms and identify their shapes, sizes, and other morphological structures and have the potential to detect a single cell in field of view. Therefore, the sensitivity can be as high as desired just by increasing the volume of sample to be scanned in a reasonable duration of experiment. LDM scans about 1 mm^3 and detects less than 10^4 cells in 1 gram soil at a spatial resolution of 1 μm [10]. LDM differentiates among organic compounds surrounded by membranes or with enzyme activity by staining the samples with fluorescent pigments. This technique is especially useful for the detection of living microorganisms.

Our investigation goals are the followings. 1) Identify cell-like structure in which organic compounds are enveloped by membrane, which may represent Martian life. 2) Search for organic compounds in Mars surface samples. The compounds include cells, other biological materials, and abiotic polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). 3) High-resolution characterization of regolith and dust particles. The search for living microorganisms is important not only for scientific interest but for planetary protection. Before future human missions begin, surveys investigating the presence of living microorganisms should be conducted to mitigate the risk of human contact with Martian microorganisms, which may be harmful to human health. The LDM would be also an effective tool for this purpose.

References

[1] Eigenbrode, J. L., et al., *Science*, 360 (2018).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Webster, C. R., et al., *Science*, 360 (2018).

[3] Ming, D., et al., *Science*, 343 (2014).

[4] Yamagishi, A., et al., *Biol. Sci. Space*, 24 (2010).

[5] Ojha, L., et al., *Nature Geosci.*, 8 (2015).

[6] Mancinelli, R. L., et al., *Planetary and Space Sci.*, 48 (2000).

[7] Margulis, L., et al., *J. Mol. Evol.*, 14 (1979).

[8] Glavin, D. P., et al., *Earth and Planetary Sci. Let.*, 185 (2001).

[9] Navarro-Gonzalez, R., et al., *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103 (2006).

[10] Yamagishi, A., et al., *Trans. JSASS, Aerospace Tech. Japan*, 16 (2018).

キーワード：蛍光顕微鏡、地球外生命
Keywords: fluorescent microscope, extraterrestrial life

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

減圧蒸発過程における砂中の水分移動

Moisture movement in sand during evaporation under reduced pressure

*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

火星の地下における水分移動のメカニズムを探る目的で、減圧蒸発過程での砂カラム中の水分・温度・塩分分布を測定する実験を行った。その結果、低塩分濃度では試料が凍結するが高濃度では試料が凍結しないこと、液状水移動に伴い塩分が表層に移動すること、塩分濃度が高いほど蒸発量が多いことがわかった。これらは、減圧蒸発に伴う乾燥、潜熱損失による凍結、塩濃縮によるクラスト形成や凝固点降下などの現象が関係している。

キーワード：減圧過程、水分移動、蒸発
Keywords: under reduced pressure, Moisture movement, evaporation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガラスビーズ多孔質体中の水分挙動と重力の関係
Gravity effects on liquid behavior in porous media of uniform glass beads.

*佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[2]、野川 健人[2]、丸尾 裕一[2]、登尾 浩助[1]
*Naoto Sato[1], Natsumi Naganuma[2], Kento Nogawa[2], Yuichi Maruo[2], Kosuke Noborio[1]

1. 明治大学農学部、2. 明治大学大学院農学研究科
1. School of Agriculture, Meiji University, 2. Graduate School of Agriculture, Meiji University

In recent years, evidence of the existence of water has been found on the moon and Mars. The water resources on the moon or Mars are expected to be utilized as an in situ resource for future manned exploration. It is necessary to elucidate how the water exists in the porous media and how we can extract it. Under the 1G condition, water flow in porous media is expressed by Richards' equation. According to Richards' equation, water moves by a matric potential gradient and a gravity gradient. It was reported that water movement by a matric potential gradient, however, changed under microgravity. Therefore, water movement under low gravity might be different from estimation by conventional water movement theory. In this study, we observed water movement in porous media made of glass beads under microgravity and evaluated the effects of gravity on liquid behavior in porous media. We conducted infiltration experiments using porous media of 0.4 mm grass beads under microgravity conditions created by parabolic flight. The advances of the gas-liquid interface were captured by a video camera and the infiltration rate was calculated. We also conducted a horizontal infiltration experiment under 1G and compared the infiltration rate under each gravity conditions. The infiltration rate under microgravity was slightly lower than the horizontal infiltration rate under 1G. The decrease of infiltration rate, however, was smaller than the decrease in the previous study using 1.5 mm glass beads.

キーワード：多孔質体、水分挙動、重力
Keywords: Porous media, Liquid behavior, Gravity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低重力下における粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響
Effects of changes in viscosity under low gravity on infiltration rate

*野川 健人[1]、佐藤 直人[2]、丸尾 裕一[1]、長沼 菜摘[1]、登尾 浩助[2]
*Kento Nogawa[1], Naoto Sato[2], Yuichi Maruo[1], Natsumi Naganuma[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院農学研究科、2. 明治大学農学部
1. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 2. School of Agriculture, Meiji University

宇宙船内や火星・月表面上で作物栽培を行うためには多孔質体中の水分挙動を明らかにすることが重要である。しかしJonesら（1999）の実験により微小重力（μG）下における多孔質体中の水分移動速度は1G下と比べて低下することが明らかになった。また丸尾（2018）の実験によりμG下における毛管浸潤速度は1G下と比べて低下することが明らかになった。μG下における多孔質体中の浸潤は毛管力に依存すると考えられるため，毛管浸潤速度の低下がμG下における多孔質体中の浸潤速度低下を引き起こした可能性がある。μG下における毛管浸潤速度の低下は表面張力の低下，接触角の増加，粘度の増加のいずれかもしくは複数が原因でもたらされたと考えられる。長沼ら（2019）の実験によりμG下における水の表面張力は1G下と比べて変化しないことが明らかになった。また長沼ら（2018）の実験によりμG下における微小液滴の接触角は1G下と比べて変化しないことが明らかになった。しかし水の粘度の重力依存性を明らかにした先行研究はほとんど存在しない。そのため本実験では水の粘度の重力依存性を明らかにし，粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響を考察する。本実験では航空機としてMU-300（Diamond Air Service Inc., Nagoya, Japan）を使用しパラボリックフライトによる低重力実験を2日間行った。重力条件はμG（1日目: 3回, 2日目: 3回），1/6G（1日目: 3回, 2日目: 6回），1/3G（1日目: 5回, 2日目: 3回）の3条件であり、それぞれの低重力持続時間は20～30秒であった。重力の変化は機内に設置された加速度計より取得した。実験に使った内径64 mm，高さ41 mmのアクリルカラムには，カラム内壁の上部14 mmに撥水加工を行い，加工部と未加工部の境目が水面となるよう水位を調節した。カラムに充填する試料は脱気水を使用した。粘度の測定には粘度計（音叉型振動式粘度計 SV-10, A&D社）を使用した。また粘度計に内蔵された温度センサーにより水温を測定した。粘度と温度の測定間隔は1日目が2秒，2日目が1秒だった。水面の様子をビデオカメラ（GoPro Hero4, GoPro Inc.）で撮影した。実験の結果より0Gから1Gの範囲で粘度と重力の間に負の相関が見られた（Fig. 1）。また1Gから2Gの範囲では振動により測定値がばらつき，信頼できるデータが得られなかった。μG下において表面張力と接触角は変化しないことが分かっているため、毛管浸潤速度の低下は粘度の増加のみによってもたらされたと考えられる。このことからμG下における粘度の増加が毛管浸潤速度の低下にもたらす影響を考察する。丸尾（2018）は1G下と比較したμG下における毛管浸潤速度の変化率を遅延係数αで定義し，式（1）で表した（Fig. 2）。式（1）で粘度以外の値が1Gとμで変化しないと仮定すると式（2）が成り立つと考えられる（Fig. 3）。そこで丸尾（2018）の毛管浸潤実験における$1/\alpha^2$と本実験における$\eta_{\mu G}/\eta_{1G}$を比較する。$1/\alpha^2$は毛管径0.8 mmで2.49，2.3 mmで2.78，5.5 mmで3.19，$\eta_{\mu G}/\eta_{1G}$は1日目が2.66，2日目が2.70であり$1/\alpha^2$と$\eta_{\mu G}/\eta_{1G}$はほとんど同じ値となった。このことからμG下における毛管浸潤速度の低下は粘度の増加によってもたらされたと考えられる。

キーワード：粘度、低重力、浸潤速度
Keywords: viscosity, low gravity, infiltration rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

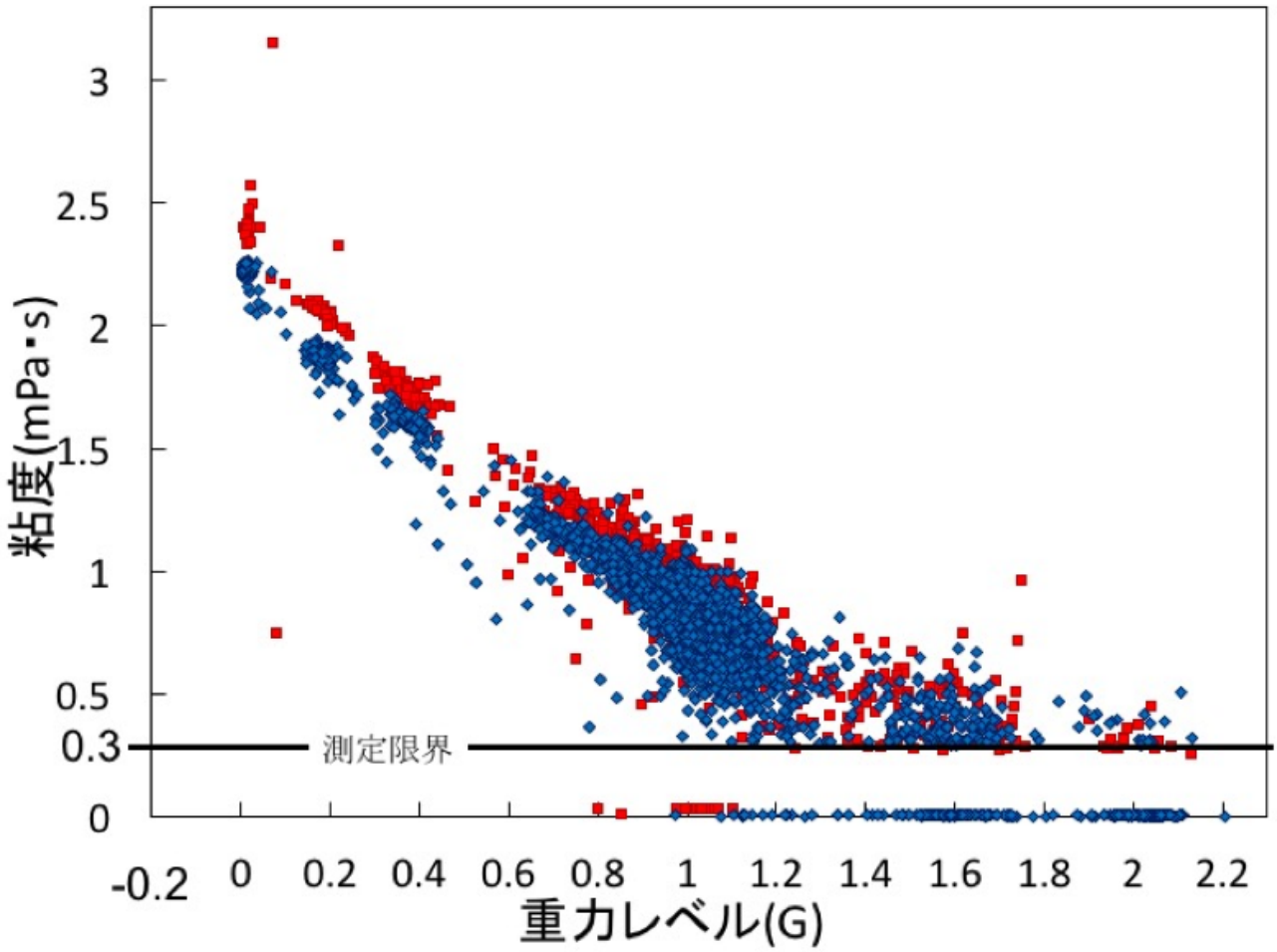


Fig. 1 粘度と重力の関係

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sigma_{\mu G}}{\sigma_{1G}} \frac{\cos\theta_{\mu G}}{\cos\theta_{1G}} \frac{\eta_{\mu G}}{\eta_{1G}}}$$

Fig. 2 式 (1)

α ：遅延係数, σ ：表面張力 (N/m),
θ ：接触角(°), η ：粘度(Pa・s)

$$\frac{1}{2} = \frac{\eta_{\mu G}}{}$$

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

重力の異なる惑星下における浸透現象
Differences in infiltration process on the planets under different gravity.

*森 也寸志[1]
*Yasushi Mori[1]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

宇宙ステーションにおける長期滞在，パラボリックフライトによる微少重力下における各種実験，と人類が重力を離れたところでどのように活動できるかその可能性を探る研究が盛んである．また，惑星・衛星探査において，水の存在や生物の痕跡を探ろうとする取り組みも盛んに行われている．もしそのような取り組みが現実味を帯びてきたとき，次の対象は大地であり，そのレゴリス（土壌）の中で液体がどのように振る舞うのか考察することは近未来の技術に貢献する．ここでは重力が異なる場合の溶液の浸透現象について考察する．パラボリックフライトにおいて，無重力となる際に器の水が麺類に吸い込まれる現象が観察されている．これは重力の影響が小さくなると多孔質体による毛管力の影響が相対的に大きくなり，慣性力による下方移動が制限される可能性を示している．実際，基礎実験をすると疑似重力が増加するごとに溶液の下方到達距離が長くなった．時間の影響もあるので慎重に考察する必要があるが，重力の小さな惑星でレゴリスを利用しようとした場合，例えば農地化など，水などの溶液は想定するほど下方には移動しない可能性を示している．

キーワード：微小重力、レゴリス、浸透現象
Keywords: micro-gravity, regolith, infiltration

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 104 1F

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

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

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[ACG38-01] ENSOに伴う気候システム変動の諸相

★招待講演

*前田 修平[1] (1.気象庁気候情報課)

9:15 ~ 9:30

[ACG38-02] 熱帯太平洋変動が北極気候に及ぼす影響とその季節性

*瀧川 翼[1]、小坂 優[1]、田口 文明[1]、Svendsen Lea[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.ベルゲン大学ビヤークネス気候研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACG38-03] CMIP5における亜表層非線形力学加熱とENSO非対称性：人為的熱帯温暖化の不確実性に対する示唆

★招待講演

*林 未知也[1]、Fe-Fei Jin[1] (1.ハワイ大学マノア校大気科学科)

9:45 ~ 10:00

[ACG38-04] **Uncertainty in the projections of ENSO amplitude change under global warming: Role of the response of atmospheric circulation to SST anomalies**

*Jun Ying[1] (1.Second institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources)

10:00 ~ 10:15

[ACG38-05] 大気変動がインド洋ダイポールモード現象に及ぼす影響

*馬場 雄也[1] (1.海洋研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG38-06] Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

*木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、Weiqing Han[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.コロラド大学ボールダー校)

ENSOに伴う気候システム変動の諸相
Various aspects of climate system variability associated with ENSO

*前田 修平[1]
*Shuhei Maeda[1]

1. 気象庁気候情報課
1. Climate Prediction Division, Japan Meteorological Agency

ENSOは最も卓越する気候システムの年々変動であり、その変動パターンは、熱帯太平洋における大気・海洋偏差の東西シーソー、そのテレコネクションとしての中高緯度大気の変動、として理解されることが多い。しかし、それ以外にも、ENSOに伴って気候システムは大きく揺らぐ。例えば、①海洋表層水温の深さ方向の分布、②全球平均気温、③気候システムの熱エネルギー（大気上端における熱収支）、④大気の有効位置エネルギー、⑤大気の子午面循環（ハドレー循環、中高緯度直接循環）、⑥偏西風、⑦中高緯度の大気擾乱とそれによる熱・運動量輸送、⑦極渦、などである。講演では、これらENSOに伴う気候システムの様々な変動をレビューし、変動のメカニズムについて議論したい。

キーワード：ENSO、子午面循環、極渦
Keywords: ENSO, meridional circulation, polar vortex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯太平洋変動が北極気候に及ぼす影響とその季節性
Influence and mechanism of the tropical Pacific variability on the Arctic and its seasonality

*瀧川 翼[1]、小坂 優[1]、田口 文明[1]、Svendsen Lea[2]
*Tsubasa Takigawa[1], Yu Kosaka[1], Bunmei Taguchi[1], Lea Svendsen[2]

1. 東京大学先端科学技術研究センター、2. ベルゲン大学ビヤークネス気候研究センター
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 2. Bjerknes Centre for Climate Research, University of Bergen

近年、北極における気温は全球平均気温のおよそ2倍の速さで上昇しており、この現象は北極温暖化増幅(Arctic Amplification)として知られている。産業活動に伴う温室効果ガス増加が北極温暖化へ影響を及ぼしていることは先行研究からも明らかであるが、内部変動の影響については現在も様々な研究が行われている。Svenden et al. (2018)は、20世紀初期に観測された北極温暖化における主要因が太平洋十年規模変動であったことを、大気海洋結合ペースメーカー実験によって示した。しかし、太平洋の内部変動が北極温暖化にどの程度影響を及ぼすのか、さらにその遠隔影響の詳細なメカニズムは明らかになっていない。

本研究では、熱帯太平洋変動と北極気候の関係性を異なる時間スケールに着目して調査することを目的とし、大気海洋結合モデル(GFDL CM2.1)によるコントロール実験(外部強制力を産業革命以前に固定した実験)を用いた解析を行った。これにより、熱帯太平洋変動に対する高緯度地域地表面気温の応答は、経年変動よりも十年規模変動で大きくなることが明らかになった。また、北極気温偏差の応答は地表面でピークをとり高度に伴って減少することも発見された。さらに、熱帯太平洋十年規模変動に伴う海面水温偏差はそれ自体の季節性が非常に弱いにも関わらず、それに応答する北極気温と海氷は冬季にピークをもつ強い季節性が見られた。これらの特徴が放射強制力によって引き起こされる北極温暖化と類似していることから、熱帯太平洋変動によって駆動される局所的なフィードバック機構が北極気候変動において重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

キーワード：ENSO、太平洋十年規模変動、遠隔影響
Keywords: ENSO, Inter-decadal Pacific Oscillation, Teleconnection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CMIP5における亜表層非線形力学加熱とENSO非対称性：人為的熱帯温暖化の不確実性に対する示唆
Subsurface nonlinear dynamical heating and ENSO asymmetry in CMIP5: Implications for anthropogenic tropical-warming uncertainties

*林 未知也[1]、Fe-Fei Jin[1]
*Michiya Hayashi[1], Fei-Fei Jin[1]

1. ハワイ大学マノア校大気科学科
1. Department of Atmospheric Sciences, University of Hawaii at Manoa

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is a dominant interannual tropical variability, playing a key role in worldwide climate. Most climate models participating in CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project phase 5) can produce ENSO amplitude close to observations, but the asymmetry between its warm and cold phases is still poorly simulated in general. Here, using 25 CMIP5 historical simulations and multiple ocean reanalysis datasets, it is shown that the model-to-model diversity of ENSO asymmetry is mostly explained by the representation of nonlinear dynamical heating (NDH) in the subsurface ocean along the equatorial Pacific thermocline. The skewness of sea-surface temperature (SST) anomalies in the Niño-3 region linearly increases with respect to the variability of the subsurface NDH among the CMIP5 models (correlation of 0.8). The NDH variability in most CMIP5 models is under-simulated due to weak Equatorial Undercurrent variability.

Using a small subset of the models having the NDH variability greater than the CMIP5 average, the influence of ENSO amplitude change in CMIP5 anthropogenic warming scenarios is further assessed. The future change in ENSO amplitude still shows a large spread even within this subset. Nevertheless, the long-term change in climatological NDH mean follows the ENSO amplitude change, which is absent in the rest of the CMIP5 models having weak NDH variability. Hence, increasing the rectification effect of the subsurface NDH that deepens the mean-state thermocline to warm the SST can enhance the so-called "El Niño-like" global-warming pattern that exhibits the faster eastern-Pacific surface warming. In contrast, suppressing the subsurface rectification effect can cause a more "La Niña-like" warming pattern. These results suggest that properly simulating ENSO asymmetry and subsurface NDH in climate models is critical on projecting future climate.

キーワード：エルニーニョ・南方振動、人為的地球温暖化、CMIP5気候モデル
Keywords: El Niño-Southern Oscillation, anthropogenic global warming, CMIP5 climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

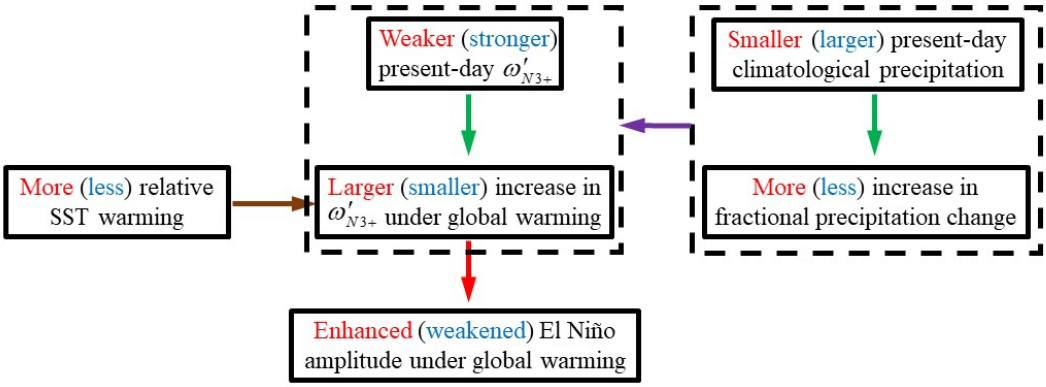
Uncertainty in the projections of ENSO amplitude change under global warming: Role of the response of atmospheric circulation to SST anomalies

*Jun Ying[1]

1. Second institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources

The study investigates the mechanism of the large inter-model uncertainty in the change of ENSO’s amplitude under global warming, based on 31 CMIP5 models. We find that the uncertainty in ENSO’s amplitude is significantly correlated to that of the change in the response of atmospheric circulation to SST anomalies (SSTAs) in the eastern equatorial Pacific Niño3 region. This effect of the atmospheric response to SSTAs mainly influences the uncertainty in ENSO’s amplitude during El Niño (EN) phases, but not during La Niña (LN) phases, showing pronounced nonlinearity. The effect of the relative SST warming and the present-day response of atmospheric circulation to SSTAs are the two major contributors to the inter-model spread of the change in the atmospheric response to SSTAs, of which the latter is more important. On the one hand, models with a stronger (weaker) mean-state SST warming in the eastern equatorial Pacific, relative to the tropical-mean warming, favor a larger (smaller) increase in the change in the response of atmospheric circulation to SSTAs in the eastern equatorial Pacific during EN. On the other hand, models with a weaker (stronger) present-day response of atmospheric circulation to SSTAs during EN tend to exhibit a larger (smaller) increase in the change under global warming. The result implies that an improved simulation of the present-day response of atmospheric circulation to SSTAs will be effective in lowering the uncertainty in ENSO’s amplitude change under global warming.

Keywords: ENSO amplitude , Global warming, Uncertainty, relative SST warming



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気変動がインド洋ダイポールモード現象に及ぼす影響
Impact of atmospheric variability on Indian Ocean Dipole mode

*馬場 雄也[1]
*Yuya Baba[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

マッデン・ジュリアン振動など熱帯大気内部変動がインド洋ダイポールモード現象（IOD）に及ぼす影響を調べた既往研究は存在するが、数が少なく未知の部分が多い。本研究では海洋大循環モデルと異なる大気フォーシングデータを用いて、大気変動がIODの形成に及ぼす影響を調べた。大気の季節内振動に着目するため、日単位のフォーシングに加えて（１）気候値フォーシング、（２）気候値に年変動を加えたフォーシング、（３）気候値に季節変動を加えたフォーシング、（４）気候値に月変動値を加えたフォーシング、（５）９０日以上のローパスフィルターを用いたフォーシングと、海洋大循環モデルを用いて、1980-2009年の間のIODの再現・感度実験を行った。ダイポールモード・インデックス（DMI）を調べたところ、（１）は全くIODを再現せず、（２）（３）はピーク値が減衰したIODを再現し、（４）（５）は日単位のフォーシングと同程度のDMIを再現した。この発表では異なるフォーシングデータを用いて現れた、IODに関連する海洋側の変動、フォーシングに含まれる大気側の変動の相関を調べ、明らかにしたメカニズムについて報告する。

キーワード：インド洋ダイポールモード現象、大気内部変動
Keywords: Indian Ocean Dipole mode, atmospheric internal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

*木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、Weiqing Han[2]
*Shoichiro Kido[1], Tomoki Tozuka[1], Weiqing Han[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. コロラド大学ボールダー校
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado Boulder

The Indian Ocean Dipole (IOD), which is a dominant climate mode in the tropical Indian Ocean, is accompanied by significant surface and subsurface salinity anomalies. These salinity anomalies alter density field and stratification in the upper ocean, and thereby have potentials to affect the evolution of the IOD itself. Though many previous studies have attempted to estimate the impacts of the IOD-related salinity anomalies, no comprehensive assessments have been conducted. To this end, a series of sensitivity experiments using a regional ocean model is conducted with a novel experimental strategy.

Results from these sensitivity experiments show that interannual salinity anomalies associated with the positive IOD tend to suppress the cooling in the eastern equatorial Indian Ocean by about 1.0˚C. Through an on-line heat budget analysis of each experiment, it is shown that weakening of the upwelling in the eastern Indian Ocean, which originates from the upward shift of the Equatorial Undercurrent, is the primary cause of the suppressed cooling there. These changes are induced by enhanced stratification in the eastern equatorial Indian Ocean associated with negative (positive) salinity anomalies near the surface (pycnocline). Momentum budget analysis and additional sensitivity experiments using a linear continuously stratified ocean model further support these ideas. Therefore, salinity plays an active role in the evolution of the IOD, rather than being passively influenced by atmospheric anomalies.

キーワード：インド洋ダイポールモード、塩分偏差、領域海洋モデル
Keywords: Indian Ocean Dipole, Salinity anomaly, Regional ocean model

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 104 1F

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

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

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[ACG38-07] 将来の赤道湧昇変化のメカニズム：CMIP5モデル横断解析

★招待講演

*見延 庄士郎[1,2]、寺田 美緒[2]、Deutsch Deutsch[3] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学分野、2.北海道大学大学院理学院、3.ワシントン大学海洋研究科)

11:00 ~ 11:15

[ACG38-08] 温暖化が進行する中での十年規模気候変動のインド洋-太平洋海盆間相互作用

*宮地 友麻[1]、谷本 陽一[2] (1.北海道大学大学院 環境科学院、2.北海道大学大学院 地球環境科学研究院)

11:15 ~ 11:30

[ACG38-09] Air-sea flux observation by unmanned autonomous sea surface vehicle in the Tropics - Application of the Wave Glider -

★Invited Papers

*植木 巌[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[ACG38-10] **淡水フラックスと海洋表層成層との同時観測：YMCにおける観測事例**

*勝俣 昌己[1]、耿 驃[1]、横井 覚[1]、森 修一[1]、植木 巌[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[ACG38-11] **Driving Mechanism of Inter-Annual Precipitation Variability during Monsoon Season over the Northern Part of Sumatra Island, Indonesia**

*Yahya Darmawan[1,2,3]、Huang-Hsiung Hsu[2] (1.Taiwan International Graduation Program, Academia Sinica、2.Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica、3.Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG))

12:00 ~ 12:15

[ACG38-12] 海大陸における日変化降水の総観規模擾乱への影響とMJOとの関係

*清木 亜矢子[1]、横井 覚[1]、勝俣 昌己[1]、米山 邦夫[1] (1.海洋研究開発機構)

将来の赤道湧昇変化のメカニズム：CMIP5モデル横断解析
Mechanisms of future changes in equatorial upwelling: CMIP5 inter-model analysis

*見延 庄士郎[1,2]、寺田 美緒[2]、Deutsch Deutsch[3]
*Shoshiro Minobe[1,2], Mio Terada[2], Curtis Deutsch[3]

1. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学分野、2. 北海道大学大学院理学院、3. ワシントン大学海洋研究科
1. Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Graduate School of Science, Hokkaido University, 3. School of Oceanography, University of Washington

太平洋と大西洋における将来の湧昇変化を，第五次気候モデル相互比較プロジェクト(CMIP5)の24モデル出力を用いて調査を行った．使用したのは，過去再現実験(historical)と温暖化が最も急速に進展するRCP8.5シナリオ実験である．湧昇についてのCMIP5モデルの解析では初めて海洋の3次元の速度成分を推定して解析に用い，湧昇流速を密度面に直交する成分と密度面に平行な成分とに分離した．この湧昇流の成分分析と湧昇の変化についての複数モデル回帰分析を組み合わせることで，モデル間のばらつきとモデル平均が，共に二つのメカニズムで説明されることが示された．一つは表面付近の密度面に直交する湧昇流の弱化で，これはエクマン流の南北発散が弱まることによって生じる．他の一つは密度面に平行な湧昇流の弱化で，これは75-200mの赤道潜流のコア深度付近で生じ，その原因は赤道潜流の平坦化による．すなわち太平洋の西で深く東で浅い深度を東に流れる赤道潜流が，その西側での深度が浅くなって平坦化することで，湧昇が弱化するのである．両者のメカニズムとも，赤道東太平洋における貿易風の弱化によって引き起こされる．赤道大西洋では，モデル平均の湧昇流弱化もモデル間の湧昇流のばらつきも，貿易風の弱化および成層強化と関係するが，後者の二つの原因は赤道大西洋では独立ではないため，どちらが主な原因であるかを判断することは困難である．太平洋の湧昇流の変化が，異なる深度では異なるメカニズムによって生じることは，湧昇がもたらす影響を論じる上で重要である．大気に重要な海洋表面水温への湧昇の影響はエクマン湧昇の弱化が，より深い水深での湧昇が担う有光層への栄養分供給には赤道潜流の平坦化が，重要な役割を担うであろう．

キーワード：地球温暖化、モデル間の変動と平均、海洋力学
Keywords: global warming , variability and mean across multiple models , ocean dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

温暖化が進行する中での十年規模気候変動のインド洋-太平洋海盆間相互作用

The Indo-Pacific cross-basin interaction of the decadal climate variability under the progress of the global warming

*宮地 友麻[1]、谷本 陽一[2]
*Yuma Miyaji[1], Youichi Tanimoto[2]

1. 北海道大学大学院 環境科学院、2. 北海道大学大学院 地球環境科学研究院
1. Hokkaido University, Graduate School of Environmental Science, 2. Hokkaido University, Faculty of Environmental Earth Science

We investigate a relationship of the decadal sea surface temperature (SST) variability between over the Indian Ocean and over the tropical Pacific based on the observed data sets and the multi-model climate simulations. In the present study, by subtracting the multi-model ensemble mean rather than the observed linear trend, we attempt to retain the decadal signals without the effect of the radiative forcing, in the observed long-term records of the ocean and atmosphere.
While several observational studies indicated that the simultaneous correlation coefficient of the long-term SST variability over the two basins changed from positive before 1985 into negative after 1985, our analysis always shows the positive correlation regardless of the selected decades, indicating that the internal dynamics of the Indo-Pacific ocean-atmosphere system for this cross-basin interaction. While the decadal variations of the surface winds over the Indian Ocean are influenced by the SST variability over the tropical Pacific, the SST formation processes by those surface winds are different among the regions north and south of 10˚S, respectively. The effect of the climatological meridional gradient in the thermocline depth on the different formation processes is discussed.

キーワード：大気海洋相互作用、海盆間相互作用、十年規模変動
Keywords: Air-sea interaction, cross-basin interaction, Decadal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Air-sea flux observation by unmanned autonomous sea surface vehicle in the Tropics - Application of the Wave Glider -

*植木 巌[1]
*Iwao Ueki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Air-sea fluxes of heat and momentum are fundamental variables for the ocean and atmosphere interaction, which influence weather and climate. The air-sea flux measurements; actually measurements of air temperature, humidity, sea surface temperature, winds, and radiations, are mainly conducted by research vessels, mooring buoys, and satellites. Based on these measurements, many types of global air-sea flux products are produced. However, these products still remain large biases and uncertainties in the global fields. Reducing inaccuracies in air-sea fluxes is important for improving long-term weather and climate predictions. For that purpose, we should consider about intensification of *in situ* measurements, which contribute to improve bulk algorithms, to understand mechanisms of flux variability, and to validate the products as proposed in Community White Papers of air-sea fluxes with a focus on heat and momentum in OceanObs’19. Due to the relatively high cost of research vessel and mooring buoy operations, number of in situ measurements is limited. The sparsity of the *in situ* measurement in present situation is one of obstacles to improve satellite algorithm development and product validation. Because of recent progress of unmanned autonomous ocean surface vehicles (UAVs) development, we can use these vehicles as a platform for air-sea flux observation. In this study, several field tests and evaluations of the acquired data through comparison with mooring buoys have been conducted especially in the tropical region. The present status of these activities will be introduced in the presentation.

キーワード：大気-海洋フラックス、自律型海洋観測プラットフォーム、Wave Glider
Keywords: Air-sea flux, unmanned autonomous vehicle, Wave Glider

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

淡水フラックスと海洋表層成層との同時観測：YMCにおける観測事例
Radar-derived Fresh water flux and its possible impact to the oceanic stratification observed during the Years of the Maritime Continent (YMC)

*勝俣 昌己[1]、耿 驃[1]、横井 覚[1]、森 修一[1]、植木 巖[1]
*Masaki Katsumata[1], Biao Geng[1], Satoru Yokoi[1], Shuichi Mori[1], Iwao Ueki[1]

1. 独立行政法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

To investigate the air-land-sea interaction in the Maritime Continent (the world's largest archipelago bridging tropical Indian Ocean and tropical western Pacific), a series of the field campaign “YMC-Sumatra” was conducted as part of the project "Years of the Maritime Continent (YMC)". In “YMC-Sumatra 2017”, we deploy the research vessel "Mirai" at one station near the west coast of Sumatra Island to obtain time series.

The continuous dataset from C-band polarimetric radar is converted to the rainrate (i.e. fresh water flux) by utilizing the data from disdrometers and raingauges. The estimated fresh water flux is compared to the oceanic near-surface stratifications measured by the unmanned surface vehicle “wave glider”. The observed salinity at 0.2m and 6m depths differ under a precipitating event with weak wind (< 5 m/s). The event was followed by the strong wind (>10 m/s) precipitation. After the event, low salinity layer was captured down to 30~40 m depth for more than half days.

キーワード：淡水フラックス、海洋表層成層、YMC
Keywords: fresh water flux, oceanic near-surface stratification, YMC (Years of the Maritime Continent)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Driving Mechanism of Inter-Annual Precipitation Variability during Monsoon Season over the Northern Part of Sumatra Island, Indonesia

*Yahya Darmawan[1,2,3], Huang-Hsiung Hsu[2]

1. Taiwan International Graduation Program, Academia Sinica, 2. Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica, 3. Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG)

The precipitation variability of the Northern part of Sumatra Island in Indonesia has been driven by the complex tropical climate systems along with the local factors. The aim of this study is to investigate the driving mechanism of precipitation variability during the JJA-periods (June, July, and August) over the northern part of Sumatra. Moist Static Energy (MSE) budget analysis was used to model the source of energy which supports the precipitation anomalies. Composite analysis and statistical methods were used for confirming the result of MSE budget. By using 36 years of ERA-interim data, precipitation anomalies of JJA periods were classified into two categories, namely: wet years and dry years. Positive precipitation anomalies are found during the wet years which are supported by the upward motion of vertical velocity. During the wet years, the weaker easterly wind of Indian Summer Monsoon (ISM) associated with the westerly winds of a negative El Niño–Southern Oscillation (ENSO), a positive Indian Ocean Dipole (IOD), and a strong Western North Pacific Subtropical High (WNPSH). As a consequence, these anomalous circulations trigger a moisture flux convergence and positive precipitation anomaly. In the dry years, the downward of vertical velocity leads to negative precipitation anomaly. Generally, a stronger easterly wind of ISM was found during the dry years which is associated with a positive ENSO, a negative IOD, and a weak WNPSH. Even though the precipitation anomalies occur due to the collaboration of those winds, a new finding shows that WNSPH has a stronger impact to the precipitation anomalies than ENSO and IOD in the Northern part of Sumatra Island. In addition to those circulations, higher topography of the Barisan Mountains supports the ascending motion to moisten the lower troposphere and induces a positive precipitation anomaly in this maritime continent.

Keywords: Precipitation, MSE, ENSO, IOD, ISM, Sumatra Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海大陸における日変化降水の総観規模擾乱への影響とMJOとの関係
The impact of diurnal precipitation over the maritime continent on synoptic disturbances and its relation to the MJO

*清木 亜矢子[1]、横井 覚[1]、勝俣 昌己[1]、米山 邦夫[1]
*Ayako Seiki[1], Satoru Yokoi[1], Masaki Katsumata[1], Kunio Yoneyama[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海大陸で観測される多量の降水には日変化の寄与が大きいことが知られている。その降水量には季節変化がみられることや、日変化振幅がMJOの位相によって変調を受けることは指摘されているが、日変化降水がより大規模な擾乱へ与える影響については研究がなされていない。本研究では、衛星全球降水マップ(GSMaP)の時間平均降水量を用いて、インドネシアスマトラ島の沿岸降水に着目し、その日変化が総観規模擾乱へ与える影響とMJOとの関係について調査した結果を報告する。

スマトラ西岸における日変化降水は沖合へ伝播することが報告されているが、日変化振幅の強い日を抽出したコンポジット結果では、その伝播距離は平均して500kmを超えていた。また、日変化ピーク日にはスマトラ島西方の赤道南側に、擾乱の運動エネルギーや低気圧性渦度の増加が見られ、それらが極方向に伝播していく様子がみられた。このことから、日変化降水を熱源として、東部インド洋上に総観規模の渦擾乱が形成されることが示唆される。また、MJOの内部擾乱と区別するために、MJO対流がインド洋上にある時とそれ以外の時にグループ分けをして比較した結果、総観規模擾乱はどちらでも発達していたが、MJOがインド洋で観測されたグループでは全体的に擾乱は強く、その他のグループでは弱かった赤道北側の擾乱も強化され、極方向への伝播速度も速い傾向がみられた。

キーワード：日変化降水、海大陸、総観規模擾乱
Keywords: diurnal precipitation, the maritime continent, synoptic disturbances

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 301A 3F

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

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

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

9:00 ~ 9:15

[ACG39-01] 温度上昇と水分変動増大が火山灰土壌のCO_2放出におよぼす複合的影響の培養実験による検証

*永野 博彦[1]、安藤 麻里子[1]、小嵐 淳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[ACG39-02] 熱帯泥炭地のオイルパームプランテーションの廃液処理ため池における温暖化ガス発生量の現地観測

*高橋 善幸[1]、小野寺 崇[2]、平田 竜一[1]、仁科 一哉[2]、Joseph Waili[3]、Kevin Musin[3]、Edward Aeries[3]、Frankie Kiew[3]、Guan Wong[3]、Zufaqar Sa'adi[3]、Lulie Melling[3] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.国立環境研究所地域環境研究センター、3.サラワク州熱帯泥炭研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACG39-03] 東南アジア熱帯地域の土壌利用変化に対する土壌呼吸の長期変動

*冨松 元[1]、LIANG NAISHEN[1]、TERAMOTO MUNEMASA[1]、ZENG JIYE[1]、XIN ZHAO[1] (1.国立環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG39-04] 個体ベースの解析による常緑針葉樹林のLAIの年変動と過去の気象の残存効果

*隅田 明洋[1]、渡辺 力[1]、宮浦 富保[2] (1.北海道大学　低温科学研究所、2.龍谷大学　理工学部)

10:00 ~ 10:15

[ACG39-05] 熱帯泥炭地のオイルパーム農園における二酸化炭素収支

*平野 高司[1]、Frankie Kiew[2]、平田 竜一[3]、Guan Xhuan Wong[2]、Edward Baran Aries[2]、Kevin Kemudang[2]、Joseph Wenceslaus[2]、Lo Kim San[2]、Lulie Melling[2] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.サラワク州熱帯泥炭研究所、3.国立環境研究所地球環境研究センター)

10:15 ~ 10:30

[ACG39-06] The effect of heat wave in the summer of 2018 on carbon and water fluxes in an open black spruce forest in an interior Alaska

*小林 秀樹[1]、Robert Busey[2]、Yongwon Kim[2]、Sigrid Dengel[3]、Stephen Chan[3] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、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.ローレンスバークレー国立研究所)

温度上昇と水分変動増大が火山灰土壌のCO_2放出におよぼす複合的影響の培養実験による検証

Laboratory examination of combined effects of temperature rising and increased water fluctuation on CO_2 release from volcanic ash soils

*永野 博彦[1]、安藤 麻里子[1]、小嵐 淳[1]
*Hirohiko Nagano[1], Mariko Atarashi-Andoh[1], Jun Koarashi[1]

1. 日本原子力研究開発機構
1. Japan Atomic Energy Agency

Global warming will alter the precipitation pattern, resulting in the increase in seasonal fluctuation of soil water conditions. Both environmental factors of soil temperature and water fundamentally affect soil CO_2 release, a major carbon flux in terrestrial ecosystems. However, our understandings of soil CO_2 release under the increased temperature and fluctuated water conditions are still insufficient to infer the feedback of terrestrial carbon cycling in future worlds. In the present study, we are conducting laboratory incubation experiments for examining the combined effects of temperature rising and soil water fluctuation on CO_2 release from volcanic ash soils. Volcanic ash soil is the major soil type in Japan and is expected to have great ability to stabilize carbon as soil organic matter. We incubated volcanic ash soils under four combinatorial conditions of two temperatures (20 and 30 ˚C) and two water conditions (a continuously constant water and a fluctuated water conditions). The rate of CO_2 release was periodically measured during the incubation. Then, the ratio of CO_2 release at 20 ˚C to that at 30 ˚C, namely Q_{10}, was expressed as the temperature sensitivity of soil CO_2 release. The fluctuated water condition was maintained with multiple dry-wet cycles to achieve an average water content of 40% of water holding capacity which was equivalent to that under the continuously constant water condition. For the incubation at 20 ˚C, soil CO_2 release under the fluctuated water condition was up to 50% greater than that under the constant water condition. The excess of soil CO_2 release under the fluctuated water condition was, however, reduced to less than 10% for the incubation at 30 ˚C. Thus, Q_{10} under the fluctuated water condition (1.3 to 1.5) was equivalent to or lower than that under the continuously constant water condition (around 1.5). These preliminary results offer the needs of modifying basal CO_2 release extent and Q_{10} value for inferring the soil CO_2 release under increased temperature and fluctuated water conditions. The experiments are still ongoing and results and further insights will be presented at the meeting.

キーワード：温室効果ガス、土壌炭素動態、地球温暖化
Keywords: greenhouse gas, soil carbon dynamics, global warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯泥炭地のオイルパームプランテーションの廃液処理ため池における温暖化ガス発生量の現地観測
Field observation of GHGs emission from pome palm oil mill effluent (POME) treatment ponds in an oil palm plantation in tropical peatland.

*高橋 善幸[1]、小野寺 崇[2]、平田 竜一[1]、仁科 一哉[2]、Joseph Waili[3]、Kevin Musin[3]、Edward Aeries[3]、Frankie Kiew[3]、Guan Wong[3]、Zufaqar Sa'adi[3]、Lulie Melling[3]
*Yoshiyuki Takahashi[1], Takashi Onodera[2], Ryuichi Hirata[1], Kazuya Nishina[2], Joseph Wenceslaus Waili[3], Kevin Kemudang Musin[3], Edward Baran Aeries[3], Frankie Kiew[3], Guan Xhuan Wong[3], Zufaqar Sa'adi[3], Lulie Melling[3]

1. 国立環境研究所地球環境研究センター、2. 国立環境研究所地域環境研究センター、3. サラワク州熱帯泥炭研究所
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 2. Center for Regional Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 3. Sarawak Tropical Peat Research Institute

１．はじめに

熱帯アジアは世界的に見て、著しい土地利用変化が進行している地帯であり、温暖化ガス収支の大きな変化がおこっていると考えられる。この地域の代表的な土地利用変化として熱帯泥炭林のオイルパームプランテーションへの転用がある。この土地利用変化が温暖化ガス収支に与える影響を評価するためには、泥炭林の伐採、排水による土壌有機炭素の好気的分解の促進、窒素施肥による亜酸化窒素の放出、搾油プラントの廃液処理からのメタン発生などさまざまな要素を定量的に把握する必要がある。オイルパームプランテーションにおいて、果実に含まれる酵素により収穫直後から油脂の分解による劣化が進むため、収穫後24時間以内に処理できるように圃場に隣接して搾油施設が設置される。こうして圃場と搾油処理施設全体として連続的・定常的な物質循環システムが形成されている。搾油施設においては廃液処理において大量のメタンが発生しているが、この発生量についての実測値は非常に少ない。今回は、オイルパームプランテーションの搾油施設の廃液処理から発生する温暖化ガスの定量的把握を目的として、マレーシア・サラワク州において現地調査を行った。

２．方法

マレーシア・サラワク州シブ郊外のオイルパームプランテーション内にある搾油施設の廃液処理用開放型ため池から発生する温暖化ガス等の定量化を目的として、多点同時サンプリングを可能とする低コストで自動制御可能なフローティングチャンバーを開発した。このチャンバーで採取されたバイオガスは、現場で水上置換法を応用して体積を量り、主要なガス組成をポータブルガスモニタ（Geotech社BIOGAS5000）により測定した。チャンバーの被覆面積、サンプリング時間、採取されたガスの体積とガス組成から各ガスのフラックスを計算した。サンプリングは乾期である2018年の6月と雨期である2019年1月に10段階あるため池のうち上流側の8つのため池で実施した。

３．結果と考察

ため池から発生するバイオガスの主成分はCH_4とCO_2である。ガスの発生量は2回の観測期間のいずれにおいても4段階目のため池が卓越していた。これはこのため池のpHが中性付近であるなどメタン菌の活動に好適条件にあったことが主な原因と考えられる。酸の生成によりｐＨが低く酸性となっている上流から3段階目までのため池においては、CH_4の含有量が20-40%となっており、これに比べて高い濃度のCO_2が含まれていた。一方で5段階目以降のため池においては、今回のサンプリング時ではバイオガスの発生量自体が非常に少なかった。

４．まとめ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタン醗酵による有機炭素除去を目的として作られた多段階からなるため池においては、段階毎にpH、温度、含有有機炭素量、妨害成分が異なり、内部で生じている生物化学的なプロセスも大きく異なると考えられる。オイルパームプランテーションは圃場と処理施設を含めた定常的・連続的な物質循環システムを形成しており、その土地利用変化と温暖化ガス収支を考える上では、生態系からのガス収支を把握するだけでは不十分である。オイルパームプランテーションでの温暖化ガス収支を総合的に理解するために、ため池毎のバイオガス発生量とガス組成の観測と同時にpHやCODなど関連する環境要素を測定しており、同時にプランテーションのシステム全体の物質フローについての把握するためのインタビューをすすめている。

今回の発表では雨期（2019年1月）に行われた調査の結果についても紹介する予定である。

キーワード：気候変動、土地利用変化、熱帯アジア、熱帯泥炭、温暖化ガス
Keywords: Climate change, Land-use change, Tropical Asia, Tropical peat, Greenhouse gases

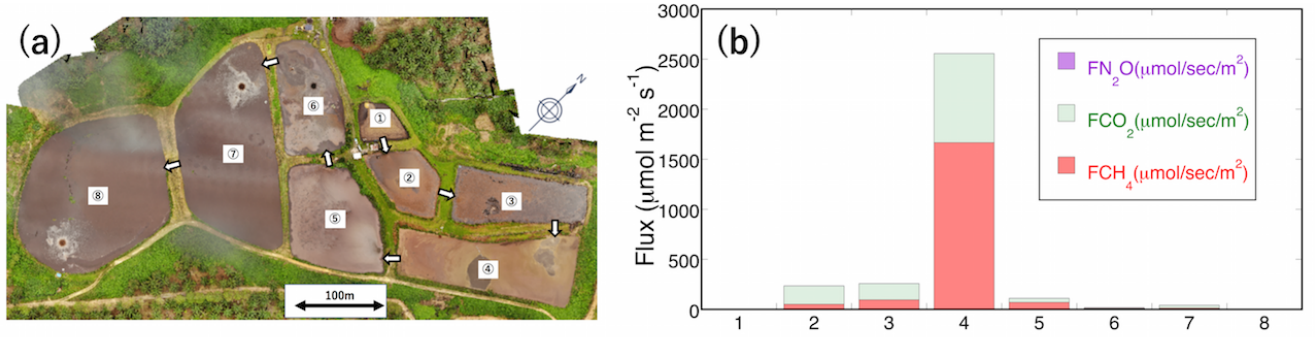


Figure. (a) Location of ponds and (b)GHGs flux from the ponds.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南アジア熱帯地域の土壌利用変化に対する土壌呼吸の長期変動
Soil CO_2 efflux dynamics with land-use changes in Southeast Asia

*冨松 元[1]、LIANG NAISHEN[1]、TERAMOTO MUNEMASA[1]、ZENG JIYE[1]、XIN ZHAO[1]
*HAJIME TOMIMATSU[1], NAISHEN LIANG[1], MUNEMASA TERAMOTO[1], JIYE ZENG[1], ZHAO XIN[1]

1. 国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

Land use changes greatly affect carbon cycle of forest ecosystem. Since the 1970s, about 35% of tropical primary forests were lost due to disorderly commercial logging, plantation development such as oil palm and rubber in Southeast Asia. These rapid land use changes cause serious environmental problems such as soil erosion, decrease in soil fertility, and decrease in productivity. As a result, there will be a major change in the regional biochemical cycles.

Soil is an important source of information on the global carbon budget and it is a carbon sink, and soil respiration (R_s) is one of the most important elements of the carbon cycle in terrestrial ecosystems. Land use changes influence the dynamics of R_s. However, most studies on the effects of land use change on R_s focused on the boreal, temperate and subtropical ecosystems. In Southeast Asia, we have addressed the response of R_s to the land use changes, but mostly it is a short period with little spatial or temporal repetition, especially there are few long-term observations in lowland rainforests with no seasonal changes in temperature.

To examine the long-term response of R_s to land use change in Southeast Asia, we selected 4 research sites of different land use type, primary forest (PF), secondary forest (SF), oil palm plantation (OP), and rubber plantation (RP). In 2010, we installed total 30 soil collars (diameter 32 cm) in each site. The 30 collars were distributed in two rows, each with 15 collars and at 5 m intervals. R_s was measured every two weeks using a portable automatic opening and closing chamber system developed by the National Institute for Environmental Studies.

R_s showed synchronicity seasonal change among all sites, suggesting that it is controlled by both soil temperature and moisture. The apparent temperature sensitivity of R_s (Q_{10}) decreased from 4.86 in NF to 2.09 in SF, 2.14 in OP, 3.79 in GP. In addition, the annual average soil respiration rate decreased about 38% in SF, about 33% in OP and about 40% in GP compared with NF. Our results indicate that logging and/or conversions of primary forests to plantations lead severe soil degradation.

キーワード：土地利用変化、プランテーション、土壌呼吸
Keywords: Land use change, Plantation, Soil respiration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

個体ベースの解析による常緑針葉樹林のLAIの年変動と過去の気象の残存効果

Individual-based analyses of the carry-over effects from recent climatic conditions on the interannual variability of LAI of an evergreen conifer stand

*隅田 明洋[1]、渡辺 力[1]、宮浦 富保[2]
*Akihiro Sumida[1], Tsutomu Watanabe[1], Tomiyasu Miyaura[2]

1. 北海道大学　低温科学研究所、2. 龍谷大学　理工学部
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

半世紀以上にわたる森林の生態学的研究によって、ある土地の森林の林冠が閉鎖した後は葉面積指数（LAI)がほぼ一定に保たれると考えられてきた。一方で、葉面積指数が年とともにどの程度変動するのか、年変動があるとすればどのような要因が関係しているのか、その年変動が森林のバイオマスの年間増加量に影響するのか、などについて、常緑樹林ではほとんどわかっていなかった。本報告では、常緑針葉樹ヒノキの同齢林において林齢21年から40年までの20年にわたり記録された詳細な長期毎木調査データを利用し、この期間の幹バイオマスの成長速度とLAIの年変動、およびその生物的・気象的要因を調べた研究（[1], [2])について紹介する。この長期調査では、全生存個体に対して樹冠基部の幹直径（D_{CB})が毎年調べられた。D_{CB}からアロメトリックな方法によって個体の葉量を推定でき、そのアロメトリー関係は、森林の違いや林齢の違いの影響を比較的受けにくいことが知られている。また、個体間競争に負けつつある樹木では個体葉量が年とともに減少するが、そのような場合樹冠基部の枝の枯れ上がりの程度が激しく、前年より細い部位が新たな幹の樹冠基部となりD_{CB}が前年より減少する。従ってD_{CB}の測定により個体葉量が減る現象を捉えることができる。このほか、地上から樹木の先端部までの1ｍおきの幹の太さや樹高も記録されており、それらから幹の体積や乾重も推定した。このような個体ベースの測定に基づく個体葉量や個体の幹乾重の推定値を毎年合計することで、年ごとのLAIや幹バイオマスの年変化を推定した。さらに、それらの推定値に誤差伝播の法則を適用することで、幹のバイオマスの成長速度やLAIの信頼範囲も示した。月別の降水量や気温は調査地近くの測候所のAMeDASデータから計算した。

LAIは緩やかな年変動をしながらおよそ7.1-8.8の範囲に維持された。個体の葉面積の時間変化を調べたところ、森林の中の最も大型の個体グループだけが個体葉面積を年とともに増加させ、その増加は、最も小型の個体グループからのみ葉面積を奪うように起こっていた。中間的なサイズをもつ個体グループでは、個体葉面積は20年間大きく変化しなかった。競争に負けて個体葉面積を徐々に減じた小型個体グループは徐々に枯死した。枯死する個体の葉面積が森林のLAIに占める割合は、枯死直前には1%程度以下にまで減っていたため、個体の枯死はLAIの年変動には影響しなかった。以上の結果は、少しずつ葉量を減らしながらも簡単には枯死しない小型個体の存在が、森林のLAIが20年間一定の範囲に維持される理由として重要であることを示唆している。また、20年間で2度胸高の幹断面積合計が前年より減った年があったが、森林の幹バイオマスは常に増加した。これは、胸高の幹直径の成長速度が小さい個体でも樹冠部の幹の太りは比較的大きかったためである。

毎年のLAIとその年の夏（7，8月）の平均気温との間には、弱いが有意な正の相関（r=0.40）があった。この結果は、ヒノキの新葉がつくられる夏の気温が高い年にLAIが増加する傾向があることを示している。さらに、当年の夏の気温だけでなく、当年を含む過去数年の夏の気温の移動平均と当年のLAIとの相関をとり、夏の気温を何年分平均したときに相関が最も高くなるかを調べた。最も強い相関は、当年を含む過去6年間の移動平均を取った時に現れた（r=0.93)。過去の研究により、この森林の林冠の葉のターンオーバー時間が平均6年

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

程度であることがわかっており、葉の入れ替わりに要した過去6年間の夏の気温が、残存効果となってLAIの年変動を引き起こしたことを示している。

一般的にはLAIと森林全体の光合成生産量との間には正の相関があるので、LAIが大きい年は幹バイオマスの増加量も大きいと予想していたが、LAIの年変動と幹バイオマスの増加量の年変動とは無関係（r =0.09）だった。一方幹バイオマスの年増加量はその年の初夏（5〜7月）の降水量と有意な正の相関があった（r=0.63）。樹木生理学の分野の先行研究によれば、光合成で生産された非構造性炭水化物（NSC)のかなりの割合が、成長以外の重要な用途（乾燥に対する生理的恒常性の維持など）に使われており、寡雨による乾燥等のストレスが生じた際は、幹の成長に対するNSCの割当ては最も優先度が低いであろうことが指摘されている。これらの知見が、光合成生産と正の関係をもつはずのLAIと幹バイオマス成長量との間に相関が無かった理由を説明している。

[1] Sumida et al. (2013) Tree Physiology 33, 106–118; [2] Sumida et al.(2018) Scientific Reports 8, 13950.

キーワード：常緑針葉樹林、葉面積指数、気象の残存効果、バイオマス成長、個体間競争、年変動
Keywords: evergreen conifer forest, leaf area index, carry-over effects from recent climatic conditions, biomass growth, competition among individuals, interannual variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯泥炭地のオイルパーム農園における二酸化炭素収支
Carbon dioxide balance of an oil palm plantation on tropical peat

*平野 高司[1]、Frankie Kiew[2]、平田 竜一[3]、Guan Xhuan Wong[2]、Edward Baran Aries[2]、Kevin Kemudang[2]、Joseph Wenceslaus[2]、Lo Kim San[2]、Lulie Melling[2]
*Takashi Hirano[1], Frankie Kiew[2], Ryuichi Hirata[3], Guan Xhuan Wong[2], Edward Baran Aries[2], Kevin Kemudang[2], Joseph Wenceslaus[2], Lo Kim San[2], Lulie Melling[2]

1. 北海道大学大学院農学研究院、2. サラワク州熱帯泥炭研究所、3. 国立環境研究所地球環境研究センター
1. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 2. Sarawak Tropical Peat Research Institute, 3. CGER, National Institute for Environmental Studies

Oil palm plantations have been expanding rapidly over recent decades especially in Indonesia and Malaysia, the two largest oil palm producers in the world. The greatest concern associated with such expansion is its environmental impact. Carbon rich tropical peat swamp forest is also not excluded from such expansion, because it is accessible for developers. Carbon dioxide (CO_2) release through accelerated oxidative peat decomposition is one of the main environmental concerns in the land conversion from peat swamp forest into oil palm plantations, which were drained and compacted to increase yield. Changes in aboveground biomass also might significantly alter the CO_2 exchange dynamics of the ecosystems. Despite the possible significant changes in the CO_2 balance through the land conversion, there is still no study on the ecosystem-scale CO_2 balance of oil palm plantations established on tropical peat. Thus, we have monitored CO_2 flux above an oil palm plantation established on tropical peatland in Sarawak, Malaysia by the eddy covariance technique since 2011. We quantify the annual CO_2 balance of the oil palm plantation and compare it with that of a secondary peat swamp forest in the same region.

キーワード：CO2フラックス、渦相関法、熱帯泥炭林、森林伐採、排水
Keywords: CO2 flux, Eddy covariance technique, Tropical peat swamp forest, Deforestation, Drainage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The effect of heat wave in the summer of 2018 on carbon and water fluxes in an open black spruce forest in an interior Alaska

*小林 秀樹[1]、Robert Busey[2]、Yongwon Kim[2]、Sigrid Dengel[3]、Stephen Chan[3]
*Hideki Kobayashi[1], Robert Busey[2], Yongwon Kim[2], Sigrid Dengel[3], Stephen Chan[3]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、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. ローレンスバークレー国立研究所
1. Japan Agency for Marine-Earch Science and Technology, 2. International Arctic Research Center, University of Alaska, Fairbanks, 3. Lawrence Berkeley National Laboratory

Temperatures have been increasing at higher rate in the northern high latitudes than any other regions of the globe, especially over the land areas, and are projected to continue to do so during this century. In interior Alaska, where the majority of landscape is covered with evergreen needleleaf forest, an exceptionally hot dry summer heat wave was observed in July 2018. In this study, we investigated the eddy covariance carbon and water fluxes under the hot dry period in July 2018. The study was performed in an open black spruce forest site located in the Poker Flat Research Range in interior Alaska. Three eddy covariance systems (two enclosed path and one open path eddy covariance systems) were utilized in the study period. We found the significant down regulation of net ecosystem exchanges (NEE) during a high temperature period during DOY 201-206, 2018. We will introduce the results from the carbon and water fluxes with meteorological and spectral measurements in order to understand how the environmental conditions regulated the carbon and water fluxes and how these fluxes are related with the continuous spectral measurements.

キーワード：渦相関法、熱波、寒帯林
Keywords: eddy Covariance, heat wave, boreal forest

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 301A 3F

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

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

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

10:45 ~ 11:00

[ACG39-07] ひまわり8号による広域植生モニタリングの実現性評価

*林 航大[1]、市井 和仁[1]、吉岡 博貴[2]、村上 和隆[3]、井手 玲子[3]、奈佐原 顕郎[4]、秋津 朋子[4]、三浦 知昭[5] (1.千葉大学、2.愛知県立大学、3.国立環境研究所、4.筑波大学、5.ハワイ大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG39-08] 火災による全球二酸化炭素排出量の推定

*白石 知弘[1]、平田 竜一[1] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所)

11:15 ~ 11:30

[ACG39-09] Interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest: a simulation study

*佐藤 永[1] (1.海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター)

11:30 ~ 11:45

[ACG39-10] Data assimilation experiments with MODIS LAI observation and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM in Japan

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所 計算科学研究センター)

11:45 ~ 12:15

[ACG39-11] ディープラーニングで見分ける生態系の動態

★招待講演

*伊勢 武史[1]、大西 信徳[2] (1.京都大学フィールド科学教育研究センター、2.京都大学農学研究科)

ひまわり8号による広域植生モニタリングの実現性評価
Evaluation of feasibility of continental vegetation monitoring using Himawari-8.

*林 航大[1]、市井 和仁[1]、吉岡 博貴[2]、村上 和隆[3]、井手 玲子[3]、奈佐原 顕郎[4]、秋津 朋子[4]、三浦 知昭[5]
*Kodai Hayashi[1], Kazuhito Ichii[1], Hiroki Yoshioka[2], Kazutaka Murakami[3], Reiko Ide[3], Kenlo Nasahara[4], Tomoko Akitsu[4], Tomoaki Miura[5]

1. 千葉大学、2. 愛知県立大学、3. 国立環境研究所、4. 筑波大学、5. ハワイ大学
1. Chiba Univ., 2. Aichi Prefectural Univ., 3. NIES, 4. Tsukuba Univ., 5. Univ. Hawaii

2015年7月に運用を開始した静止気象衛星ひまわり8号は，搭載された可視近赤外放射計（AHI; Advanced Himawari Imager）の可視・近赤外バンドの増加や空間分解能と観測頻度の向上などにより，新たに陸域観測への応用が期待されている．そのため，広域植生モニタリングに応用できれば，特に観測頻度の飛躍的な向上により，新規性の高いデータを提供することが可能になる．これにより，広範囲での植物フェノロジー変化の低労力かつ定量的な評価や，環境変動に対する陸域生態系の応答メカニズムの解明などへの活用が期待できる．

ひまわり8号データは大気上端（TOA; Top of atmosphere）における放射輝度及び反射率として提供されている．陸域植生モニタリングを行うためには，植生キャノピー上端（TOC; Top of canopy）での反射率を推定する必要がある．しかし，ひまわり8号データからTOC反射率を推定し検証する手法は確立されていない．特に，静止軌道特有の観測幾何条件がもたらすTOC反射率データの性質は分かっておらず，実利用に向けての大きな課題となっている．

本研究では，ひまわり8号/AHIデータを用いてTOC反射率データを構築し，静止軌道特有の観測幾何条件がもたらす性質を把握した上で，広域植生モニタリングへの有用性を評価することを目的とした．まず，ひまわり8号/AHIデータから放射伝達コード6SVを利用してTOC反射率を推定した．そして，陸域植生モニタリングネットワークであるPEN（Phenological Eyes Network）のサイトにおいて，サイト観測の半球分光放射計データとTerra・Aqua衛星搭載MODISセンサによるTOA，TOC反射率データを用いて，NDVIやNrefなどの正規化指数データの日変化と季節変化を比較した．

ひまわり8号/AHIのTOA，TOC反射率データの相互検証としてTerra・Aqua/MODISのTOA，TOC反射率データ（MOD/MYD021KM, MOD/MYD09GA）と比較した結果，特に波長の短い可視域青や緑の波長帯では大気補正により決定係数r^2が大幅に向上した．さらに、2衛星の太陽ーセンサ相対幾何条件が近いもののみ選択したところ，全波長帯で，両者のTOC反射率が1：1の関係に非常に近く，良好な一致となった．次に，PENサイトの半球分光放射計観測データを含め，TOC反射率の季節変化を確認したところ，1年のうち前半（春・夏）はほぼ一致した．一方で，夏以降については，ひまわり8号のTOC反射率はMODISや現地観測（半球分光放射計観測）に比較して高かった．この理由としては，ひまわり8号の場合，日本域では，観測される反射光は後方散乱が卓越し，特に，南中高度が低くなる時期ほど後方散乱と前方散乱の強度の差が大きくなるためだと考える．また，NDVIなどの正規化指数は，地表面反射率の異方性効果の影響を効率的に軽減することができ，MODISと同程度で大まかな植物フェノロジーを捉えることを確認できた．本研究では，相互検証の結果，構築したひまわり8号TOC反射率データについては，観測条件に関して留意する必要があるものの，おおむね他データと一貫した反射率となった．今後は，ひまわり8号の時間分解能の高さにより陸域モニタリングがどの程度進展するかを検証する必要がある．

キーワード：ひまわり8号、大気補正、PEN、MODIS、植生モニタリング、6SV
Keywords: Himawari-8, atmospheric correction, PEN, MODIS, vegetation monitoring, 6SV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火災による全球二酸化炭素排出量の推定
Estimation of global carbon dioxide emissions by fires

*白石 知弘[1]、平田 竜一[1]
*Tomohiro Shiraishi[1], Ryuichi Hirata[1]

1. 国立研究開発法人　国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

地球温暖化は融雪や乾燥を招くことから森林火災の発生や大規模化の一因であり，これらの火災は温室効果ガスの排出や森林減少・劣化につながり地球温暖化を加速させる。このように森林火災は温室効果ガス排出源であり，より正確な排出量を推定することは重要な課題である。

本研究は衛星観測データを利用し，2001年から2018年に発生した火災による全球二酸化炭素排出量の推定を行う。データは，火災域検出のためにMODISのMOD14A1プロダクト，土地被覆分類図としてMODISのMCD12Q1プロダクト，また，Wageningen大学Avitabileらの作成した地上バイオマス図を使用した。二酸化炭素排出量は燃焼面積，バイオマス密度，燃焼効率，排出係数から土地被覆タイプを考慮して推定した。本手法は空間分解能が500m，時間分解能が日次であり，他の先行研究と比較し詳細な解析が可能である。2001年から2018年間の二酸化炭素排出量の推定結果は年平均6140.16[Tg/year]，標準偏差595.76[Tg/year]であった。この結果を他研究と比較すると，GFED4.1sとFINN1.0には約11%，GFAS1.0には約8%，G-G (Shi et al.,2015)には約36%の過小評価となった。

キーワード：二酸化炭素排出
Keywords: Carbon dioxide emissions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest: a simulation study

*佐藤 永[1]
*Hisashi Sato[1]

1. 海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター
1. Institute of Arctic Climate and Environment Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

In eastern Siberia, larches (Larix spp.) often exist in pure stands, constructing the world's largest coniferous forest, of which changes can significantly affect the earth's albedo and the global carbon balance. Siberian larch area locates on the environmental edge of existence of forest ecosystem, and hence small difference in environmental condition alters existence of larch trees.

Indeed, there is a quantitative pattern that topographic properties controls the abundance of larch forest via both drought and flooding stresses in this region; larch abundance appears to be controlled by drought stress in mountainous regions, while controlled by flooding stresses in plain areas (Sato& Kobayashi 2018). Besides, this region is underlaid by permafrost, vegetation productivity is constraint by depth of active layer; plant productivity becomes lower for shallower active layer by reducing liquid-state-water holding capacity (Beers et al. 2007). At the same time, active layer depth is a function of soil wetness, because wetland soil has larger ice content in active layer, which facilitates downward heat conduction to the permafrost, resulting in shallow thaw for the active layers (Woo & Xia 1996).

To reconstruct such complicated interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest, the TOPMODEL, which is a physically based streamflow and water-table-depth computation scheme was implemented to a dynamic vegetation model SEIB-DGVM (Sato et al. 2016), which works with a thermohydrology model. In this presentation, I will talk how this integrated model reasonably works, and how it can be employed for future projection of environmental conditions of the Siberian larch region.

Citations

Beer, C., et al. (2007). "Effects of soil freezing and thawing on vegetation carbon density in Siberia: A modeling analysis with the Lund-Potsdam-Jena Dynamic Global Vegetation Model (LPJ-DGVM)." Global Biogeochemical Cycles 21(1).

Carey, S. K. and M.-k. Woo (1998). A Case Study of Active Layer Thaw and Its Controlling Factors. 7th International Permafrost Conference. Yellowknife, NWT: 127-132.

Sato, H., et al. (2016). "Endurance of larch forest ecosystems in eastern Siberia under warming trends." Ecol Evol 6(16): 5690-5704.

Sato, H. and H. Kobayashi (2018). "Topography Controls the Abundance of Siberian Larch Forest." Journal of Geophysical Research-Biogeosciences 123(1): 106-116.

Woo, M. K. and Z. J. Xia (1996). "Effects of hydrology on the thermal conditions of the active layer." Nordic Hydrology 27(1-2): 129-142.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：永久凍土、動的全球植生モデル、カラマツ、TOPMODEL
Keywords: Permafrost, Dynamic Global Vegetation Models, Larch, TOPMODEL

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data assimilation experiments with MODIS LAI observation and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM in Japan

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1]
*Hazuki Arakida[1], Shunji Kotsuki[1], Shigenori Otsuka[1], Takemasa Miyoshi[1]

1. 理化学研究所 計算科学研究センター
1. RIKEN Center for Computational Science

In the previous study, Arakida et al. (2017) developed a data assimilation system with the SEIB-DGVM (Spatially Explicit Individual-Based Dynamic Global Vegetation Model), and assimilated satellite-observed Leaf Area Index (LAI) successfully over Siberia. In this study, we extend the experiment to a Japanese forest at the Takayama flux site and investigate the performance of the data assimilation system. We estimate the vegetation functions and structures, and model parameters related to the phenology of the deciduous broad-leaved tree and the undergrowth. For the climate forcing data, we used the global reanalysis dataset known as the ERA5. The original data assimilation system developed for Siberia turned out not to be suitable for the Japanese forest because of different LAI variabilities between Siberia and Japan. Namely, LAI stays at the saturated level for an extended period in Japan, while in Siberia, the LAI starts to drop soon after it reaches to the maximum value. Therefore, a model parameter which controls the saturated LAI level was considered for additional parameter estimation. In addition, the undergrowth was changed from deciduous to evergreen. The results show that the DA system performs generally well in Japan with the additional parameter estimation and the modification to the undergrowth.

Arakida, H., T. Miyoshi, T. Ise, S.-I. Shima, and S. Kotsuki (2017), Non-Gaussian data assimilation of satellite-based leaf area index observations with an individual-based dynamic global vegetation model, Nonlinear Proc. Geoph., 24, 553-567, doi:10.5194/npg-24-553-2017.

キーワード：データ同化、植生モデル、衛星データ
Keywords: data assimilation, vegetation model, satellite data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ディープラーニングで見分ける生態系の動態
Studying ecosystem dynamics with deep neural networks

*伊勢 武史[1]、大西 信徳[2]
*Takeshi Ise[1], Masanori Onishi[2]

1. 京都大学フィールド科学教育研究センター、2. 京都大学農学研究科
1. FSERC, Kyoto University, 2. Grad. School of Agriculture, Kyoto University

観測による生態学的データの取得には多くの苦労がともなってきた。そもそも観測対象として生物を選んだ時点で困難がつきまとうのだが、生態学がターゲットとする森林・湿地・岩場・高山・海洋などのフィールドで、学術研究に値する正確なデータを取得することに多大な時間と労力をかけてきた生態学者は多いことだろう。そのようなフィールド観測自体が生態学の醍醐味だと感じることも確かにあるが、新しい技術や考え方でデータ取得が容易になり研究がはかどるならば、我々はそれも受け入れるべきではないだろうか。本発表ではまず、観察し、仮説を立て、検証するという科学の手続きが、ビッグデータにもとづく「データ駆動型科学」でどのように成り立つかを検討する。次に、ビッグデータ科学の応用例としてディープラーニングを検討する。人工知能研究の進歩によって、従来はむずかしかった生態学的情報の抽出が可能となってきた。ディープラーニングによって、人工衛星画像からさまざまな植生を判別したり、デジタルカメラによる静止画や動画から特定の植物の存在を見分けたりすることが可能になっている。さらに、ディープラーニングによる時系列データ処理と将来予測についても紹介する。このように、強力なデータ取得ツールとしてのディープラーニングについて学ぶことは陸域生態系の理解の促進に貢献すると信じたい。

キーワード：ディープラーニング、ニューラルネットワーク、リモートセンシング
Keywords: deep learning, neural networks, remote sensing

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

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

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

9:00 ~ 9:05

Introduction

9:05 ~ 9:20

[ACG40-01] 駿河湾における富士山からの海底湧出地下水（VI）

*村中 康秀[1]、神谷 貴文[1]、伏見 典晃[1]、岡 智也[1]、小野 昌彦[2]、丸井 敦尚[2] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.産業技術総合研究所)

9:20 ~ 9:35

[ACG40-02] 小浜湾海底下の淡水性地下水の分布と周辺陸域地形との関係

*山田 誠[1]、杉本 亮[2]、中島 壽視[3] (1.龍谷大学経済学部、2.福井県立大学海洋資源生物学部、3.福井県立大学)

9:35 ~ 9:50

[ACG40-03] 気仙沼舞根湾における再循環性地下水が植物プランクトン動態に及ぼす影響

*中島 壽視[1]、楠 隆大[1]、高尾 祥丈[1]、杉本 亮[1] (1.福井県立大学)

9:50 ~ 10:05

[ACG40-04] Estimation of contribution rate of Submarine Groundwater Discharge to *Ulva pertusa* using nitrogen stable isotope ratio analysis

*石田 健大[1]、竹内 優[1]、中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、小林 志保[2]、木庭 啓介[3]、福島 慶太郎[3]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.京都大学、3.京都大学生態学研究センター)

10:05 ~ 10:20

[ACG40-05] 固着性二枚貝イワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価

*富永 修[1]、竹内 優[1]、杉本 亮[1]、石田 健大[1]、平井 タケル[1]、中島 壽視[1]、小路 淳[2]、本田 尚美[4]、谷口 真人[3] (1.福井県立大学、2.東京大学大気海洋研究所、3.総合地球環境学研究所、4.福井県庁)

10:20 ~ 10:30

Discussion

駿河湾における富士山からの海底湧出地下水（VI）
Submarine groundwater discharge from Mt. Fuji in Suruga Bay(VI)

*村中 康秀[1]、神谷 貴文[1]、伏見 典晃[1]、岡 智也[1]、小野 昌彦[2]、丸井 敦尚[2]
*Yasuhide Muranaka[1], Takafumi Kamitani[1], Noriaki Fushimi[1], Tomoya Oka[1], Masahiko Ono[2], Atsunao Marui[2]

1. 静岡県環境衛生科学研究所、2. 産業技術総合研究所
1. Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

富士山周辺では、透水性に富む玄武岩質の新富士溶岩が主要な地下水の流路になっている。特に富士山南西麓では、富士川河口断層が南北方向に分布しており、この断層が駿河湾への地下水流動に大きな影響を与えている可能性がある。また、富士山にもたらされた降水が駿河湾で海底湧出地下水となって湧出し、沿岸海域の生物資源に影響を与えていると考えられる。

本研究では、駿河湾の豊かな沿岸生態系の解明への貢献を目指し、奥駿河湾において海底湧出地下水調査を実施した。断層がある富士川河口周辺から深さ100～200mに新富士溶岩が分布する富士川～田子の浦間の奥駿河湾において、これらの推定された場所を対象に、遠隔操作無人探査機（ROV）を使用して海底の状況を把握するとともに、海底湧出地下水を高い割合で含むサンプルを採取して水質分析を実施した。本発表ではこれらの取り組みについて紹介する。

キーワード：海底湧出地下水、富士山、遠隔操作無人探査機、採水法
Keywords: submarine groundwater discharge (SGD), Mt. Fuji, remotely operated vehicle (ROV), water sampling method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小浜湾海底下の淡水性地下水の分布と周辺陸域地形との関係
Relationship between the distribution of freshwater groundwater under the seabed at Obama Bay and the surrounding terrain of the land

*山田 誠[1]、杉本 亮[2]、中島 壽視[3]
*Makoto Yamada[1], Ryo Sugimoto[2], Toshimi Nakajima[3]

1. 龍谷大学経済学部、2. 福井県立大学海洋資源生物学部、3. 福井県立大学
1. Faculty of Economics, Ryukoku University, 2. Fuculty of Marine Biosciences, Fukui Prefectural University, 3. Fukui Prefectural University

福井県小浜市に隣接する小浜湾では、これまでに、海底湧水の研究が精力的に行われており、小浜湾では海底湧水が湧出していることが明らかとなっている。しかし、海底湧水の賦存状況、つまり、海底下の淡水性地下水の分布状況については、まだ不明な点が多い。近年、海底下の水理構造を明らかにする目的で、曳航型の海底電気探査システムによる海底の地盤を対象とした電気探査が各地で行われている。海底下に淡水が存在すれば、その部分の比抵抗は周囲と比べ高くなる。電気探査で海底下の比抵抗分布を明らかにすることで、海底下の淡水の分布を見ることが出来る。本研究では、曳航型の電気探査システム（SuperSting: Advanced Geosciences, Inc.）を用いて、小浜湾の海底下の比抵抗分布を明らかにし、海底下の淡水性の地下水の分布状況を把握することを目的とする。加えて、その分布状況と周辺の陸域地形との関係性から、淡水性地下水の分布理由について考察する。

曳航調査を行った海底下の比抵抗値が示した範囲はおよそ0.1～6Ωｍであった。1Ωm以上の比較的高い値が見られた場所は、主に、扇状地の扇端部の沖合の陸に近い場所であった。調査地北部海域の扇端部から沖合方向に向かって観測した結果では、沖に向かって高比抵抗のエリアが伸びていた。しかし、さらに沖合では高比抵抗の場所は見られなかった。これらのことから、高比抵抗のエリアは汀線から沖に向かって500ｍ程度広がっており、淡水性の地下水が、海底下数十mの深さに存在している可能性が示唆された。

調査地南部海域の北川流域河口部では、汀線から1km離れた場所で高比抵抗部が見られ、淡水性地下水が存在している可能性が示唆された。海底地形図を見ると、北川河口部から沖に向かっては、海底の傾斜が緩やかで、北川からの堆積物に覆われている可能性が高い。高比抵抗が観測された場所はその部分に当たり、海底に堆積した扇状地堆積物中に淡水性の地下水が存在していることが推察された。つまり、陸域の地下を流れてきた地下水が、そのまま海底下の扇状地堆積物内を流れて、海底下に淡水性地下水を供給していると考えられる。

以上のことから、小浜湾における海底下の淡水性地下水の分布は、陸域の扇状地の地形に強く影響されており、扇状地堆積物の海底下での広がりが淡水性地下水の分布を決めている可能性が示唆された。

キーワード：海底湧水、扇状地、小浜湾
Keywords: Submarine Groundwater Discharge, Alluvial fan, Obama Bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気仙沼舞根湾における再循環性地下水が植物プランクトン動態に及ぼす影響

Influence of recirculated submarine groundwater discharge on phytoplankton dynamics in Moune Bay, Kesennuma

*中島 壽視[1]、楠 隆大[1]、高尾 祥丈[1]、杉本 亮[1]
*Toshimi Nakajima[1], Takahiro Kusunoki[1], Yoshitake Takao[1], Ryo Sugimoto[1]

1. 福井県立大学
1. Fukui Prefectural University

Riverine inputs are often considered as the main terrestrial source of dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphorus (DIP), and silicon (DSi) in coastal seas. However, the fluxes of nutrients through submarine groundwater discharge (SGD) often exceed riverine inputs in different local and regional scale settings. Although the combined effects of riverine and SGD-derived nutrient inputs are crucial for sustaining marine productivity, a difference of nutrient composition in each source may result in a different response of phytoplankton dynamics in coastal seas. In this study, we evaluated the influence of each nutrient source on phytoplankton dynamics in the head of Kesennuma Bay in June, September and November 2018. Using the short-lived radium and radon isotopes, we quantified the contribution rates of four nutrient sources (river water, fresh SGD, recirculated SGD and offshore waters) on surface waters. Simultaneously, we evaluated productivity, biomass, apparent growth rates and species composition of phytoplankton. In brief results, DIP-enriched recirculated SGD affect significant impacts on phytoplankton dynamics. In the presentation, we will discuss more detailed results.

キーワード：再循環性地下水、植物プランクトン、ラジウム同位体
Keywords: Recirculated submarine groundwater discharge, Phytoplankton, Radium isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of contribution rate of Submarine Groundwater Discharge to *Ulva pertusa* using nitrogen stable isotope ratio analysis

*石田 健大[1]、竹内 優[1]、中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、小林 志保[2]、木庭 啓介[3]、福島 慶太郎[3]、富永 修[1]
*Tatsuhiro Ishida[1], Masaru Takeuchi[1], Toshimi Nakajima[1], Ryo Sugimoto[1], Shiho Kobayashi[2], Keisuke Koba[3], Keitaro Fukushima[3], Osamu Tominaga[1]

1. 福井県立大学、2. 京都大学、3. 京都大学生態学研究センター
1. Fukui Prefectural University, 2. Kyoto University, 3. Center for Ecological Research,Kyoto Univrsity

In recent years, the influence of Submarine groundwater discharge (SGD) has attracted attention as a source of nutrient that supports biological production in the coastal area. However, the information about the direct influence of SGD on biological production is poor. In this study, in order to examine how much the groundwater contributes to primary production, we collected the primary producer *Ulva pertusa* in Yuza, Yamagata Prefecture, where the groundwater is abundant. On August 27, 2018, we collected sea water, ground water and ambient water around *Ulva* at five sites in the Yuza Coast and simultaneously measured salinity, water temperature, ^{222}Rn concentration which is the indicator of undergroundwater. We also analyzed the nutrient concentration, of sampled water and of *Ulva*. Finally, we estimated the contribution of groundwater to Ulva using two source Bayesian Mixing model. The value of nitrate nitrogen derived from SGD was low. In the high SGD sites (^{222}Rn concentration 427 ~ 22000 Bq/m^3) and the low SGD sites (^{222}Rn concentration 38.1 to 210.6 Bq/m^3), the of *Ulva* was 2.1 to 3.6 and 5.4 to 6.9, respectively. It was suggested that nutrient derived from SGD contributed to the production of *Ulva* in Yuza.

キーワード：海底地下水湧出、生物生産、δ15N
Keywords: Submarine Groundwater Discharge, Biological production, δ15N

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

固着性二枚貝イワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価

Evaluation of the environmental condition of Submarine Groundwater Discharge (SGD) using carbon and oxygen stable isotope ratio of the sessile bivalve *Crassostrea nippona* shell

*富永 修[1]、竹内 優[1]、杉本 亮[1]、石田 健大[1]、平井 タケル[1]、中島 壽視[1]、小路 淳[2]、本田 尚美[4]、谷口 真人[3]
*Osamu Tominaga[1], Takeuchi Masaru[1], Ryo Sugimoto[1], Ishida Tatsuhiro[1], Takeru Hirai[1], Toshimi Nakajima[1], Jun Shoji[2], Hisami Honda[4], Makoto Taniguchi[3]

1. 福井県立大学、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 総合地球環境学研究所、4. 福井県庁
1. Fukui Prefectural University, 2. Tokyo Univ. AORI, 3. RIHN, 4. Fukui Pref Gov

Submarine Groundwater Discharge (SGD) results in various biogeochemical changes in the coastal environments, such as coastal primary production, eutrophication, and benthic production. The SGD condition of 6 sites along volcanic mountain coast in northern Japan was evaluated by using carbon and oxygen stable isotope ratio (δ^{13}C and δ^{18}O) in the shell of sessile bivalves *Crassostrea nippona*. In order to estimate the proportion of fresh water flow rate in SGD (FR) from the respective δ^{13}C and δ^{18}O of *C. nippona* shell, we used the three end member (sea water, riverine water and fresh underground water) bayesian stable isotope mixing model. The significant positive correlation was found between δ^{13}C and δ^{18}O of the shell and those of ambient water, respectively. FRs estimated from three source model were 3.1 -8.6% at low ^{222}Rn sites and 21.9-28.5% at high ^{222}Rn sites. At the site (Nishihama) of river mouth, the δ^{13}C and δ^{18}O of the shell collected were low (estimated FR 10.6-25.0%) and ^{222}Rn concentration was also low. The contribution of DIC in SGD and riverine water for shell formation was estimated to be 19.8 % and 7.8%, respectively. In the present study, we demonstrated the effectiveness of δ^{13}C and δ^{18}O of *C. nippona* shell as the tool for estimating FR.

キーワード：海底湧水、炭素安定同位体比、酸素安定同位体比、イワガキ貝殻、ベイズミキシングモデル
Keywords: Submarine Groundwater Discharge, carbon stable isotope, oxygen stable isotope, rock oyster shell, bayesian stable isotope mixing model

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

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

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

10:45 ~ 11:00

[ACG40-06] 化学成分と同位体比からみる気候変化に伴う30年間の富山5大河川および海底湧水の栄養塩供給量の変化

*片境 紗希[1]、張 勁[2]、野嶋 航太[3] (1.富山大学理工学教育部、2.富山大学理工学研究部、3.富山大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG40-07] マングローブの分布形態に対する人為影響評価: フィジーRewaデルタとBaデルタの比較研究

*藤井 賢彦[1]、Sassen Jone[2] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院)

11:15 ~ 11:30

[ACG40-08] マングローブ二次林堆積物における有機炭素の残留と集積に対する地形的要因の効果

*宮島 利宏[1]、諏訪 錬平[2]、Bejasa Keith Limuel[3]、Rollon Rene[3]、San Diego-McGlone Maria Lourdes[3]、Jaraula Caroline[3]、Siringan Fernando[3]、小野 賢二[4]、Primavera Tirol Yasmin[5]、宮入 陽介[1]、横山 祐典[1] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター、3.フィリピン大学 海洋科学研究所、4.国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所、5.国立アクラン大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG40-09] ブルーエコノミーの推進および沿岸地域社会のレジリエンス強化に資するブルーカーボン生態系からの多様な便益

*渡邉 敦[1] (1.笹川平和財団　海洋政策研究所)

11:45 ~ 12:05

[ACG40-10] 陸と海における鉱物に囲まれた大量の有機炭素の謎と鉄の役割

★招待講演

*和穎 朗太[1] (1.農研機構 農業環境変動研究センター)

12:05 ~ 12:15

Discussion

化学成分と同位体比からみる気候変化に伴う30年間の富山5大河川および海底湧水の栄養塩供給量の変化

Influence of climate change on river and submarine groundwater discharge for three decades and the change of nutrient fluxes from the land to the coastal area

*片境 紗希[1]、張 勁[2]、野嶋 航太[3]
*Saki KATAZAKAI[1], Jing ZHANG[2], Kota NOJIMA[3]

1. 富山大学理工学教育部、2. 富山大学理工学研究部、3. 富山大学
1. Graduate School of Science and Engineer, University of Toyama, 2. Graduate School of Science and Engineering for Science, University of Toyama, 3. University of Toyama

In Toyama prefecture, 10 billion tons of river and submarine groundwater discharge annually flows in to Toyama Bay containing nutrients (Hatta et al., 2005) . Urasawa et al. (2016) shows that 20-40% of nitrate originated on land contributes to the coastal ecosystems. So it is important to evaluate the state of nutrient transport of from the land to the coastal area. However, global warming has caused an increase in rainfall and a decrease in snowfall in Hokuriku area and it is possible that the states of water and material fluxes has changed over the past years. The aim of this study is to clarify the change of nutrient fluxes via river and submarine groundwater discharge into the coastal area, analyzing hydrogen and oxygen stable isotopes as well as chemical composition.
Results of my analysis, should be, data in my study show that the stable isotopes decreased due to increasing rainfall and decreasing snowfall for three decades. Nitrate and phosphate fluxes are shown to have dramatically decreased as forest and paddy field decreased and the water treatment facilities increased over the years.
These results suggest that nutrient fluxes from the land to coastal zone in this region may continue to decrease due to ongoing climate change and the impact of human activities.

キーワード：気候変化、栄養塩、河川水、海底湧水
Keywords: climate change, nutrients, river , submarine groundwater discharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マングローブの分布形態に対する人為影響評価: フィジーRewaデルタとBaデルタの比較研究

The assessment of human impacts on the distribution patterns of mangroves: a comparative study between the Rewa and Ba delta, Fiji

*藤井 賢彦[1]、Sassen Jone[2]
*Masahiko Fujii[1], Jone Ravuci Sassen[2]

1. 北海道大学大学院地球環境科学研究院、2. 北海道大学大学院環境科学院
1. Faculty of Environmental Earth Science, 2. Graduate School of Environmental Science

Mangrove ecosystems are among the most productive ecosystems on this planet. They are sources of livelihood to many people, the first walls of protection from storm waves, and nursery grounds for some marine organisms. Unfortunately, mangroves in Fiji are observed to have decreased over the years due to human (induced) activities. Moreover, apart from human impacts, there are several other natural impacts like tropical cyclones that may influence the distribution patterns of mangroves. The aims of this study are: (1) to elucidate changes of the distribution patterns of mangroves and the causes, and based on the results, and (2) to provide practical suggestions for sustainable use of mangroves and saving the ecosystems in Fiji.

To estimate changes in the area of mangroves, satellite imagery data from Landsat 7 and 8 were acquired and analyzed by using Geographic Information System (GIS) to produce land use classification maps for the Rewa delta (in 2002, 2005, 2016 and 2017) and Ba delta (in 2004, 2007, 2010 and 2017) in Fiji. A total of five land cover classes, i.e. mangrove, non-mangrove, urban, barren land, and water were used to classify the land cover. To elucidate causes of the changes in the area of mangroves, social survey was conducted in three villages of Kiuva, Muana I ra and Kinoya in the Rewa delta and three villages of Natutu, Nawaqarua and Votua of the Ba delta, respectively.

The trend in distribution patterns of mangroves was different between the study sites. In the Rewa delta, the area of mangroves has increased from 2002 to 2016 and decreased by 5 km² from 2016 to 2017. In Ba delta, on the other hand, the area decreased from 2004 to 2007, increased from 2007 to 2010, and again decreased from 2010 to 2017. The difference is considered to be caused by the difference in the dependency of people on mangrove ecosystems in the two sites, i.e. higher dependency on mangrove ecosystems for livelihood in the Ba delta with less access to urban centers than in the Rewa delta. Impacts of tropical cyclones and subsequent floods to mangrove ecosystems were also examined as possible climate change stressors, but the impacts were not found clearly in this study.

This study suggests that anthropogenic factors have continuously been major causes of mangrove degradation in Fiji. Mangrove protection in Fiji can be improved firstly by raising people’s awareness on the importance of mangroves to their lives. Secondly, amendment of current legislation might administer the protection of mangrove ecosystems by broadening its scope to monitor the domestic use as well as the commercial use of mangroves. Furthermore, mangrove areas are also required to be designated as “protected areas”, which can be an effective way to guard mangrove ecosystems from human impacts.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マングローブ二次林堆積物における有機炭素の残留と集積に対する地形的要因の効果

Landscape factors affect persistence and accumulation of organic carbon in sediment of secondary mangrove forests: A preliminary study

*宮島 利宏[1]、諏訪 錬平[2]、Bejasa Keith Limuel[3]、Rollon Rene[3]、San Diego-McGlone Maria Lourdes[3]、Jaraula Caroline[3]、Siringan Fernando[3]、小野 賢二[4]、Primavera Tirol Yasmin[5]、宮入 陽介[1]、横山 祐典[1]
*Toshihiro Miyajima[1], Rempei Suwa[2], Keith Limuel C. Bejasa[3], Rene N. Rollon[3], Maria Lourdes San Diego-McGlone[3], Caroline M.B. Jaraula[3], Fernando P. Siringan[3], Kenji Ono[4], Yasmin H. Primavera Tirol[5], Yosuke Miyairi[1], Yusuke Yokoyama[1]

1. 東京大学 大気海洋研究所、2. 国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター、3. フィリピン大学 海洋科学研究所、4. 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所、5. 国立アクラン大学
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 3. Marine Science Institute, University of the Philippines, 4. Forestry and Forest Products Research Institute, 5. Aklan State University

マングローブは熱帯・亜熱帯の穏やかな堆積性の汽水域に成立する塩性広葉樹林である。卓越した炭素隔離機能を持ち、膨大な量の炭素を非生物態有機炭素として土壌中に保持していることから、マングローブの消長は温暖化ガスの動態と気候変動を考える上で重要な意味を持っている。年間１ヘクタールあたり１トンを超えると言われているその炭素隔離能力もさることながら、近年注目を集めているのは、マングローブが消失することによって大気中に放出されることになる二酸化炭素（CO_2）の量である。実際、マングローブは人類による薪炭利用や干拓・造成によって、全世界にもともと存在した生態系面積の優に半分以上が過去数百年間に失われており、今なお年間最大２パーセントのマングローブが失われつつあるという試算がある。マングローブ土壌中には表層部１メートルだけで１ヘクタールあたり平均700トンを超える有機炭素が貯蔵されている。仮に年間２パーセントのマングローブの消失後に表層土壌１メートル分の炭素がすべて微生物分解を受けて酸化されると仮定すると、それによるCO_2放出量は世界全体で最大年間60万トンにも及ぶという計算になる。しかしながら、マングローブが伐採されて養殖池や農地に転換された場合、実際に土壌に貯留されている炭素のどのくらいがCO_2として放出されるのか、またどのくらいの速度で放出されるのかは実はよく分かっていない。土壌有機炭素の一部は転換後も長期にわたって残留する可能性もあり、または潮汐や出水の作用で海洋に流出する場合もある。それぞれのプロセスの相対的重要性は転換後の土地利用形態や水文学的条件に依存していると考えられる。

私共はマングローブ消失後の土壌有機炭素の動態と、マングローブが再生する際の土壌炭素ストックの回復過程とを明らかにするために、フィリピンのパナイ島沿岸部において国際共同研究プロジェクトを開始している。パナイ島沿岸部では原生的なマングローブはほぼ完全に失われているが、伐採後に自然に回復した二次林、人為的に植林された再生マングローブ、もともと前浜であったところに新規に植林されたマングローブなど、多種多様な二次林が分布しているほか、放置されたまま塩性湿地に変わっている養殖池跡、マングローブから流出したと想定される土壌が沖合海底に堆積している場所等も存在し、比較研究のサイトとしてたいへん興味深い。本研究では最初の研究結果として、自然に回復した河口域デルタ型のマングローブと、閉鎖的な内湾に植林されたマングローブから得た土壌コア試料の貯留有機炭素の分析結果について紹介する。

今回調査したマングローブ二次林では、表層土壌１メートルの有機炭素貯留量は１ヘクタールあたり40トンから420トンと評価され、自然林マングローブの世界平均に比べるとかなり低いことが分かった。放射炭素年代測定を適用したところ、河口域下部の二次林では表層１メートルの土壌中有機炭素はほぼ現代のもので

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

あった。このことは、もともとの原生林にあった土壌有機炭素は伐採後にほぼ流失したか、分解されたことを示唆している。それに対して河口域上部の二次林では土壌有機炭素の年代は400年から1200年と評価されたことから、この場所では原生林の土壌有機炭素がかなり残留しているものと推定された。土壌粒子の単位表面積あたりの有機炭素負荷量は場所によって大きく異なり、物理条件が安定した場所ほど高くなる傾向があった。このことはマングローブのリターに由来するデトリタスが物理的に安定している土壌ほど高濃度に滞留しやすいことによると考えられる。単位粒子表面積あたりの有機炭素負荷量と炭素・窒素安定同位体比との関係から、マングローブ由来の有機物の炭素・窒素同位体比はそれぞれ-28‰と+0.5‰と評価された。海洋性有機物に由来すると思われるもう一方の端成分はそれぞれ-25‰と+3‰であり、土壌深度が深いほど存在比が減少する傾向が認められた。

このように、マングローブ二次林土壌における古くからの有機炭素の残留状況と新たな有機炭素の集積状況はともに、生息地の立地条件、特に水流動場の特性に強く規定されていることが示唆された。

キーワード：炭素隔離機能、マングローブ、植林
Keywords: carbon sequestration function, mangroves, reforestation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ブルーエコノミーの推進および沿岸地域社会のレジリエンス強化に資するブルーカーボン生態系からの多様な便益
Multiple benefits of blue carbon ecosystems in promoting blue economy and reinforcing resilience in coastal communities

*渡邉 敦[1]
*Atsushi Watanabe[1]

1. 笹川平和財団　海洋政策研究所
1. The ocean policy research institute, The Sasakawa peace foundation

海草藻場やマングローブ林といったブルーカーボン生態系は、適切に管理することで気候変動緩和に貢献することが期待され、国際的にも関心が高まっている。これらの生態系に密接に関係するサンゴ礁も含めて広義のブルーカーボン生態系（Blue Carbon Ecosystems以下BCEs）と定義すると、BCEsは沿岸地域社会にとって気候変動の影響を低減することや環境を調整すること等を通し、地域のレジリエンス強化に貢献すると考えられる。具体的にはをBCEsを活用した防災・減災（Eco-DRR）機能、養殖・漁業に適した環境の創出、持続可能な観光の提供、教育の場としての利用により、地域振興やレジリエンス強化に繋がる。沿岸地域に安心・安全で循環型な社会を実現することは、近年国際的に注目が高まっている持続可能なブルーエコノミーの目的の一つでもある。

本発表では、日本の岡山県備前市や沖縄県恩納村、太平洋島嶼国のパラオでのBCEsの活用に関する優良事例を紹介する。日本の事例では、地域の漁業者を主体に海草藻場やサンゴの再生を実施し、その結果カキやモズクの養殖業が安定したと言われている。また両地域とも地域内外の様々なステークホルダーと連携し、保全活動を継続している。パラオではサンゴ礁をはじめとする自然環境が観光客を呼び込んでいるが、この観光客から徴収する環境税の活用により保護区の保全活動等に取り組んでいる。こうしたBCEsへの保全等の取組に投資することが、どの程度地域社会の経済振興に結び付き得るかについて、本発表では紹介する予定である。

キーワード：ブルーエコノミー、ブルーカーボン、海草藻場、サンゴ礁
Keywords: Blue economy, Blue carbon, Seagrass beds, Coral reefs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸と海における鉱物に囲まれた大量の有機炭素の謎と鉄の役割
Significant storage of organic carbon in mineral matrix in both land and ocean and the role of Fe

*和穎 朗太[1]
*Rota Wagai[1]

1. 農研機構 農業環境変動研究センター
1. NARO, Institute for Agro-Environmental Sciences

Land-ocean linkage is one of the least understood aspects in biogeochemistry and carbon (C) cycle, which presumably results from insufficient collaboration between land and ocean scientists as well as the inherent complexity of land-to-ocean processes. At a global scale, the largest C reservoir on land is soil (1500-2400 Pg C) in which major portions of C is stored as organic C (OC) in association with soil mineral particles. In ocean, sediment holds similar amounts of OC. Thus, OC stability and reactivity in soils and sediments have been a great concern as their strong impacts on global C cycle and climate change.

In this talk, I focus on the interaction of organic C with minerals (e.g., aluminosilicate clays, hydrous iron oxides) and discuss the similarity and difference in their interaction between soil and sediment based on my own studies and the literature. I also discuss mechanistic reasons why OC is stabilized in mineral matrix in both systems. An emphasis is given to iron-C interaction due to their high reactivity and ecological importance in both terrestrial and aquatic systems. For instance, OC cycle is linked to N and P cycling as many organic compounds contain N and P. Iron can control P cycle due to strong sorption of phosphate to Fe oxides.

I plan to end my talk by emphasizing that basic understanding of soil formation and biogeochemistry would greatly help when tackling C and nutrient-related questions in river and coastal water.

キーワード：鉄、有機物、土壌と堆積物、土壌炭素、炭素循環
Keywords: iron, organic matter, soil and sediment, soil carbon, carbon cycle

©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28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 201B 2F

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

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

地球温暖化などの地球環境変動の問題は地球惑星科学全体にわたる課題である。その解決には、数値モデルによる予測技術の発展とともに、監視的要素を持つ観測とプロセス解明のための観測の発展が必須である．航空機観測は，即時性・直接性といった高い観測の自由度を有し，人工衛星や地上観測では不可能な観測が行える。最近では，温室効果気体の濃度やエアロゾル・雲の粒径分布・化学組成などのミクロな量の「その場観測」や台風や森林など「リモートセンシング」において航空機観測の重要度が増しているほか、測地・火山・地震などへの応用も進んでいる。しかし、我が国では定常的かつ広範な航空機観測は、現在のところ実現していない。一方で、これまで単発に行われてきた航空機観測では、世界をリードする成果を挙げてきているのも事実であり、これをさらに発展させるためには地球惑星科学分野をはじめとする航空機利用の研究者が連携し、一体となって航空機観測を推進するとともに、学術会議のマスタープラン等における重要施策として実施する必要がある。本セッションでは、航空機観測・利用の最新の研究成果報告を通じて、今後の航空機観測の発展に関する議論を行う。

15:30 ~ 15:45

[ACG41-01] ドロップゾンデを用いた台風の中心気圧の直接観測

*坪木 和久[1]、山田 広幸[2]、高橋 幸弘[3]、篠田 太郎[1]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、久保田 尚之[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、加藤 雅也[1]、金田 幸恵[1]、吉岡 真由美[1]、高橋 暢宏[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.琉球大学理学部、3.北海道大学大学院理学研究院 、4.防災科学技術研究所、5.気象研究所、6.明星電気株式会社)

15:45 ~ 16:00

[ACG41-02] New observation strategies for typhoon intensity over the western North Pacific

*山田 広幸[1]、坪木 和久[2]、篠田 太郎[2]、久保田 尚之[3]、高橋 幸弘[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、大東 忠保[5]、伊藤 耕介[1]、山口 宗彦[6]、中澤 哲夫[6] (1.琉球大学、2.名古屋大学、3.北海道大学、4.明星電気、5.防災科学技術研究所、6.気象庁気象研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG41-03] T-PARCIIのドロップゾンデ観測と気象庁全球予測システムを用いた台風Trami(2018)を対象とする観測システム実験

*山口 宗彦[1]、石橋 俊之[1]、中澤 哲夫[1]、伊藤 耕介[2]、山田 広幸[2]、大東 忠保[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、久保田 尚之[5]、高橋 幸弘[5]、加藤 雅也[6]、金田 幸恵[6]、吉岡 真由美[6]、篠田 太郎[6]、高橋 暢宏[6]、坪木 和久[6] (1.気象庁気象研究所、2.琉球大学理学部、3.防災科学技術研究所、4.明星電気株式会社、5.北海道大学大学院理学院、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

16:15 ~ 16:30

[ACG41-04] 航空機観測から解明された対流圏中の黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの基本的動態

*茂木 信宏[1]、小池 真[1]、大畑 祥[2]、近藤 豊[3]、竹川 暢之[5]、足立 光司[4]、大島 長[4]、松井 仁志[2]、北 和之[6]、森 樹大[7]、吉田 淳[1] (1.東京大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.気象庁気象研究所、5.首都大学東京、6.茨城大学、7.東京理科大学)

16:30 ~ 16:45

[ACG41-05] ロガロ翼UAVを用いた東南極辺縁におけるエアロゾル観測

*原口 諒平[1]、林 政彦[1]、原 圭一郎[1]、平沢 尚彦[2]、中田 浩毅[3]、尾塚 馨一[4,1] (1.福岡大学、2.極地研究所、3.kktイノベート、4.日本タングステン)

16:45 ~ 17:00

[ACG41-06] 小型無人航空機を用いたin-situ情報による測風　ー風力三角形測風とホドグラフ測風ー

*林 政彦[1]、小野原 智之[1]、原口 諒平[1,3]、尾塚 馨一[2,4]、岡部 和夫[3] (1.福岡大学理学部、2.日本タングステン、3.スカイリモート、4.福岡大学　FIT-EH)

ドロップゾンデを用いた台風の中心気圧の直接観測
In situ observation of typhoon central pressure using dropsondes

*坪木 和久[1]、山田 広幸[2]、高橋 幸弘[3]、篠田 太郎[1]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、久保田 尚之[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、加藤 雅也[1]、金田 幸恵[1]、吉岡 真由美[1]、高橋 暢宏[1]
*Kazuhisa Tsuboki[1], Hiroyuki Yamada[2], Yukihiro Takahashi[3], Taro Shinoda[1], Tadayasu Ohigashi[4], Munehiko Yamaguchi[5], Hisayuki Kubota[3], Tetsuo Nakazawa[5], Norio Nagahama[6], Kensaku Shimizu[6], Masaya Kato[1], Sachie Kanada[1], Mayumi Yoshioka[1], Nobuhiro Takahashi[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 琉球大学理学部、3. 北海道大学大学院理学研究院 、4. 防災科学技術研究所、5. 気象研究所、6. 明星電気株式会社
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. University of the Ryukyus, 3. Hokkaido University, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 6. Meisei Electric Co. Ltd.

After the US aircraft reconnaissance in the western North Pacific was terminated in 1987, typhoon intensity is estimated by the Dvorak technique using satellite cloud pattern. Consequently, uncertainty of intensity estimation became large for very intense typhoons. Accurate intensity estimations are essential for prevention and mitigation of typhoon disaster. They are also important information for a study of long-term change of typhoon with the climate change. To improve this problem, the T-PARCII (Tropical cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts) project performs an in situ observation of typhoons. In this project, Nagoya University and Meisei Electric Co., Ltd developed a new dropsonde and a four-channel dropsonde receiver. Using these systems on a jet aircraft, the T-PARCII project performed aircraft observations of very intense typhoons in 2017 and 2018. Typhoon Lan (2017) was the most intense typhoon in 2017 and was categorized as a supertyphoon by JTWC. It moved northeastward in the east of the Okinawa main island at 23 N on 21 October and at 28 N on October 22, 2017. In these two days, we made dropsonde observations inside of the eye and in the surrounding area of the eyewall. The T-PARCII team also made aircraft observations of Typhoon Trami (2018) during the period from 25 to 28 September 2018 in collaboration with the SATREPS ULAT group as well as Taiwan DOTSTAR. The observed dropsonde data were transmitted to GTS (Global Telecommunication System) in real time and were used for typhoon forecasts in 2018.

Because the height of dropsonde is derived from GPS, error of height data becomes large just before the dropsonde reaches to the sea surface. As a result, the sea level pressure is uncertain. Typhoon intensity is represented by the central sea level pressure. Accurate estimation of sea level pressure is necessary for a typhoon intensity information. We, therefore, developed two schemes to estimate the sea level pressure from dropsonde data. Temperature, humidity and pressure are measured by sensors of dropsonde. We assume that the accuracy of these data is sufficiently high and height is also accurate above ~500 m in height. In the scheme I, the sea level pressure is calculated by a pressure correction method from 50~100 observed points in 900~750 hPa. The final result is the average of these calculated sea level pressure values. In the scheme II, heights of observed pressure levels below 800 hPa are calculated by the hydrostatic equation using virtual temperature. The sea level pressure is corrected from the lowest grid point.

These schemes were examined by special observations around Minami-Daitojima comparing dropsonde observations with balloon sonde observations launched from Minami-Daitojima Island as well as the JMA surface observation. The maximum difference of sea level pressure is less than 3 hPa. The central sea level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

pressures of typhoons Lan and Trami were calculated by the schemes I and II. The results by these two schemes agreed well each other. We consider that the sea level pressures were estimated with a sufficient accuracy. They were compared with the JMA best track data. The difference of central pressure of typhoon Trami was about 5 hPa on September 25 when the typhoon was most intense. It was about 10 hPa on September 28 when the typhoon was weakened in the south of the Okinawa main island.

キーワード：台風、ドロップゾンデ、中心気圧
Keywords: typhoon, dropsonde, central pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New observation strategies for typhoon intensity over the western North Pacific

*山田 広幸[1]、坪木 和久[2]、篠田 太郎[2]、久保田 尚之[3]、高橋 幸弘[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、大東 忠保[5]、伊藤 耕介[1]、山口 宗彦[6]、中澤 哲夫[6]
*Hiroyuki Yamada[1], Kazuhisa Tsuboki[2], Taro Shinoda[2], Hisayuki Kubota[3], Yukihiro Takahashi[3], Norio Nagahama[4], Kensaku Shimizu[4], Tadayasu Ohigashi[5], Kosuke Ito[1], Munehiko Yamaguchi[6], Tetsuo Nakazawa[6]

1. 琉球大学、2. 名古屋大学、3. 北海道大学、4. 明星電気、5. 防災科学技術研究所、6. 気象庁気象研究所
1. University of the Ryukyus, 2. Nagoya University, 3. Hokkaido University, 4. Meisei Electric, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 6. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

Recent activities on typhoon intensity observation/estimation using aircraft reconnaissance and ground-based Doppler radars in the western North Pacific are introduced. Since aircraft reconnaissance by the US military was ceased in 1987, new techniques of intensity estimation using microwave radiometer and a geostationary satellite are used in this basin without enough verification. The major obstacle of aircraft reconnaissance is the difficulty of having a specially-designed propeller aircraft that withstands strong turbulence. Since wind speed in a typhoon is stronger in the lower troposphere, it takes a great deal of labor and expense to measure the center position and the central pressure of a typhoon through low-altitude flight with slow speed. On the other hand, since the winds become weaker in the upper troposphere, it is possible to fly into the typhoon center if the risks of heavy icing and severe turbulence in a convective burst can be avoided by using an airborne weather radar. During T-PARCII (Tropical Cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity Estimations / Forecasts), we succeeded in observing the central pressure of two intense typhoons, Lan (2017) and Trami (2018), by using a commercial jet aircraft (Gulfstream-II) with a newly-developed GPS dropsonde system. These flight missions were made in the upper troposphere (43,000ft, approximately 13.7 km) and were marked by very weak turbulence during eyewall penetration. These flights demonstrated a possibility of typhoon intensity observation using a civil aircraft. In the Pacific coast of Japan and Philippines, Doppler radars became available in this decade. The combination of aircraft reconnaissance off the coast with the ground-based velocity track display (GBVTD) analysis near the coast will provide accurate information on typhoon intensity.

Acknowledgements: This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Numbers JP16H06311, JP16H04053, JP18H03805, and the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) Understanding Lightning and Thunderstorm (ULAT) project.

キーワード：航空機観測、台風、北西太平洋
Keywords: aircraft reconnaissance, tropical cyclone, western North Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

T-PARCIIのドロップゾンデ観測と気象庁全球予測システムを用いた台風Trami(2018)を対象とする観測システム実験
Observing System Experiment for Typhoon Trami (2018) using T-PARCII dropsondes and JMA Global Forecasting System

*山口 宗彦[1]、石橋 俊之[1]、中澤 哲夫[1]、伊藤 耕介[2]、山田 広幸[2]、大東 忠保[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、久保田 尚之[5]、高橋 幸弘[5]、加藤 雅也[6]、金田 幸恵[6]、吉岡 真由美[6]、篠田 太郎[6]、高橋 暢宏[6]、坪木 和久[6]
*Munehiko Yamaguchi[1], Toshiyuki Ishibashi[1], Tetsuo Nakazawa[1], Kosuke Ito[2], Hiroyuki Yamada[2], Tadayasu Ohigashi[3], Norio Nagahama[4], Kensaku Shimizu[4], Hisayuki Kubota[5], Yukihiro Takahashi[5], Masaya Kato[6], Sachie Kanada[6], Mayumi Yoshioka[6], Taro Shinoda[6], Nobuhiro Takahashi[6], Kazuhisa Tsuboki[6]

1. 気象庁気象研究所、2. 琉球大学理学部、3. 防災科学技術研究所、4. 明星電気株式会社、5. 北海道大学大学院理学院、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Meisei Electric, 5. Graduate School of Science, Hokkaido University, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Airborne typhoon observations were conducted for Typhoon Trami (2018) under Tropical cyclones-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts (T-PARCII). Using the dropsonde data (zonal and meridional winds, temperature, and relative humidity) and the Japan Meteorological Agency Global Spectral Model (JMA/GSM, TL959L100) and 4 Dimensional Variational data assimilation (4DVAR, TL319L100), we performed Observing System Experiment (OSE) to see the impact of the newly available observational date on the track/intensity predictions by the JMA/GSM.

Three sets of numerical experiments, CNTL, EXP1 and EXP2, were performed. All the T-PARCII dropsonde and typhoon bogus data were used in the data assimilation in CNTL while T-PARCII dropsonde (typhoon bogus) data only were assimilated in the 4DVAR in EXP1 (EXP2). The period of the experiments is from 2018.09.25 00UTC to 2018.09.28 18UTC with a 6-hour data assimilation and forecasting cycle.

The error of the track predictions of EXP1 and EXP2 is smaller than that of CNTL. For example, the 3-day track prediction error of CNTL, EXP1 and EXP2 is 232, 201 and 218 km, respectively. A possible reason of the degradation of the track predictions by CNTL is that some dropsonde data were assimilated at the almost same locations as typhoon bogus data, which might deteriorate the initial structure of the typhoon.

In the operational configuration of the 4DVAR, all dropsonde data were assimilated irrespective of the existence of the typhoon bogus data. The results of a series of these numerical experiments may lead to improvement in the operational setting of dropsonde assimilation.

キーワード：航空機観測、台風、気象予測
Keywords: Airborne observation, Typhoon, Weather Prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空機観測から解明された対流圏中の黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの基本的動態

Fundamental characteristics of black carbon and iron oxide aerosols in the troposphere revealed from the aircraft measurements

*茂木 信宏[1]、小池 真[1]、大畑 祥[2]、近藤 豊[3]、竹川 暢之[5]、足立 光司[4]、大島 長[4]、松井 仁志[2]、北 和之[6]、森 樹大[7]、吉田 淳[1]
*Nobuhiro Moteki[1], Makoto Koike[1], Sho Ohata[2], Yutaka Kondo[3], Nobuyuki Takegawa[5], Kouji Adachi[4], Naga Oshima[4], Hitoshi Matsui[2], Kazuyuki Kita[6], Tatsuhiro Mori[7], Atsushi Yoshida[1]

1. 東京大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 気象庁気象研究所、5. 首都大学東京、6. 茨城大学、7. 東京理科大学
1. The Univerisity of Tokyo, 2. Nagoya University, 3. National Institute for Polar Research, 4. Meteorological Research Institute, 5. Tokyo Metropolitan University, 6. Ibaraki University, 7. Tokyo University of Science

本発表では、これまで当研究グループが主に航空機観測を通じて解明してきた、黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの対流圏中の基本的な動態、微物理および光学的特性、輸送および除去過程について、気候研究における国際的な位置づけを踏まえて説明する所存である。また、今後、航空機観測によってしか調査できないと考えられる、本発表に関連した未解明事象について、いくつか提案する所存である。

キーワード：エアロゾル、航空機観測、黒色炭素、酸化鉄、大気物質
Keywords: aerosol, aircraft measurement, black carbon, iron oxide, atmospheric chemical composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロガロ翼UAVを用いた東南極辺縁におけるエアロゾル観測
Aerosol measurements around the ridge of East Antarctica using a Rogallo wing UAV

*原口 諒平[1]、林 政彦[1]、原 圭一郎[1]、平沢 尚彦[2]、中田 浩毅[3]、尾塚 馨一[4,1]
*Ryohei Haraguchi[1], Masahiko Hayashi[1], Keiichiro Hara[1], Naohiko Hirasawa[2], Koki Nakata[3], Kei-ichi Ozuka[4,1]

1. 福岡大学、2. 極地研究所、3. kktイノベート、4. 日本タングステン
1. Fukuoka University, 2. National Institute of Polar Research, 3. kkt Inovate Co., Ltd, 4. Nippon Tungsten Co., Ltd

第48次，54次，56次日本南極地域観測隊によって，昭和基地地近くの南極大陸上S17航空拠点（69o02’S, 40o06’E，606m a.s.l.)において無人航空機を用いた気象観測が実施されてきた。58次南極地域観測隊は，雪，水蒸気，エアロゾルの収支を含んだ気象観測を2016年12月22日から2017年2月4日まで行った。観測の主要な項目の一つは，自動制御ロガロ翼機（カイトプレーン）を用いたエアロゾル修士課程に注目したものである。2つのタイプのカイトプレーン観測が計画された。一つは，エンジン式のカイトプレーンを用いた水平方向の分布に特に注目した観測である。凝結核計数装置，光学的粒子計数装置，エアロゾルサンプラーを搭載した。サンプルは，国内で，SEM/EDXによる個別粒子の元素組成分析に用いられた。もう一つは，光学粒子計数装置を搭載した滑空カイトプレーンである。エアロゾルの鉛直分布の観測に用いられた。第58次観測隊の観測期間中に22回の飛行が行われ，以下の結果が得られた。

１．凝結核濃度，大粒子濃度の高い一様性が2017年1月に見られた。
２．地表（雪面）付近で低い凝結核濃度が時々観測された。
３．1月23日に高い凝結核濃度で，低い大粒子濃度の状態で観測され，この層では新粒子生成が起きていた可能性が示された。
４．1月27日には，凝結核濃度，大粒子濃度ともに高い状態が観測され，海洋境界層内での水蒸気の凝縮成長が起きていた可能性が示された。

キーワード：エアロゾル、無人航空機、南極、新粒子生成
Keywords: Aerosol, UAV, Antarctica, new particle formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小型無人航空機を用いたin-situ情報による測風　ー風力三角形測風とホドグラフ測風ー

Wind Mesurements Based on In-situ Data -Direct Vector Calculation and Hodograph Analyses-

*林 政彦[1]、小野原 智之[1]、原口 諒平[1,3]、尾塚 馨一[2,4]、岡部 和夫[3]
*Masahiko Hayashi[1], Tomoyuki Onohara[1], Ryohei Haraguchi[1,3], Kei-ichi Ozuka[2,4], Kazuo Okabe[3]

1. 福岡大学理学部、2. 日本タングステン、3. スカイリモート、4. 福岡大学　FIT-EH
1. Faculty of Science, Fukuoka University, 2. Nippon Tungsten Co.,Ltd, 3. SkyRemote Co.,Ltd, 4. FIT-EH, Fukuoka University

近年，無人航空機の発達に伴い大気科学の領域でも無人航空機を用いた観測が行われるようになっている。我々は，約20年前からロガロ翼を主翼とした「カイトプレーン」を用いたエアロゾル観測を実施してきた。無人航空機を用いたin-situ観測において，気温等の気象情報は基本データとして必須のものである。しかし，3次元空間を相対的に運動する無人航空機によるin-situ風観測には，特に機体の姿勢情報の正確な把握に困難があり，現在でも様々な研究がされている。

本研究では，２つの測風方法のデータ処理と計測精度について検討した。一つは，対地速度ベクトルと対気速度ベクトルの差から風を算出する風力三角形測風であり，もう一つは旋回飛行させたときの多数の対地速度ベクトルの始点を原点においた時の終点の集合が作る円の中心が原点からずれることを利用したホドグラフ測風である。

風力三角形測風は，1秒，10m程度の時空間分解能を得られるが，正確な対気速度ベクトルの計測が必要である。ホドグラフ測風は，1分，数100mの時空間分解能となるが，GPSによる対地速度情報だけで測風ができる。

いずれも，現在の小型化された慣性航法装置などを用いることで0.1m/sec，数度程度の精度で測風できることを実際の飛行データに基づき紹介する。

キーワード：風計測、無人航空機、気象観測
Keywords: wind mesurements, UAV, meteorology

©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28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

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

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:10

[ACG44-01] 熱帯沿岸海域への溶存鉄供給システムとしてのマングローブ生態系評価

★招待講演

*中西 康博[1]、檜谷 昂[1] (1.東京農業大学)

14:10 ~ 14:25

[ACG44-02] Dissolved organic carbon and optical properties in tropical and subtropical mangrove environments

*Raghab Ray[1]、Toshihiro Miyajima[1]、Charissa M Ferrera[2]、Chia-Jung Lu[1]、M.L San Diego-McGlone[2]、Hiroshi Ogawa[1]、Kazuo Nadaoka[3] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.Marine Science Institute, University of the Philippines, Diliman、3.School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology)

14:25 ~ 14:45

[ACG44-03] サンゴのポリプスケールにおける白化現象のモデル化とリーフスケールへの拡張

★招待講演

*中村 隆志[1]、樋口 富彦[2]、宮島 利宏[2]、Bernardo Lawrence Patrick C.[1]、灘岡 和夫[1]、渡邉 敦[1,3]、藤村 弘行[4] (1.東京工業大学　環境・社会理工学院、2.東京大学　大気海洋研究所、3.笹川平和財団　海洋政策研究所、4.琉球大学)

14:45 ~ 15:00

[ACG44-04] 表層海洋の酸性化の改善と石灰化の回復能：プロトン濃度制御の生態

*市川 和彦[1] (1.（前）地球環境科学院、北海道大学)

15:00 ~ 15:15

[ACG44-05] Revisit of massive *Porites* coral growth under the outbreak of crown-of-thorns starfish and thermal stress in Sekisei Lagoon, Japan

*岨 康輝[1] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

熱帯沿岸海域への溶存鉄供給システムとしてのマングローブ生態系評価
Evaluation of mangrove ecosystems as a dissolved iron supplying system to tropical coastal waters

*中西 康博[1]、檜谷 昂[1]
*Yasuhiro Nakanishi[1], Ko Hinokidani[1]

1. 東京農業大学
1. Tokyo University of Agriculture

【はじめに】植物微量必須元素のひとつである鉄は海水中で不溶化しやすいことから，海水中の可給態の鉄（溶存鉄）の量は，海洋における食物連鎖源ならびに二酸化炭素吸収源となる植物プランクトンの生育・増殖を大きく左右する。そこで，海域への溶存鉄自然供給システムに関する研究が進展してきているなか，熱帯・亜熱帯の陸海境界に成立するマングローブ生態系に焦点を当て，同生態系から海洋への溶存鉄溶出メカニズムを明らかにするため，マングローブ樹種の葉中に含まれるポリフェノール含有率を他樹種と比較すると共に，葉中ポリフェノールによる林床土壌からの溶存鉄溶出量を測定した。また，同溶出メカニズムに林床ベントスを介在させたモデル，すなわち植物-動物-土壌系モデルを検討する一環として，同葉を摂食する*Neosarmatium smithi*アシハラガニモドキならびに*Telebralia palustris*キバウミニナに着目し，それらのマングローブ葉摂食速度や排泄糞と林床土壌との反応による溶存鉄溶出量等を調べた。

【方法】*N. smithi*: 同種の生息する宮古島マングローブを調査地とし，1) 総リター量に対する*N. smithi*の落葉除去率，2) *N. smithi*による葉摂食速度，3) 糞中及び巣穴内壁土壌のポリフェノール含有率，4) 根圏土壌中の溶存鉄含有率，を調査した。*T. palustris*: 同種の生息する西表島船浦マングローブにて，i) 葉摂食速度，ii) 生息密度を調査するとともに，iii) 生息・非生域林床の土壌中溶存鉄含有率を測定した。葉ならびに糞中キレート成分：マングローブ葉及び排泄糞中の鉄キレート成分は，液体クロマトグラフ質量分析計（LC-MS）とガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）を用い測定した。

【結果・考察】*N. smithi*: 1) 島尻マングローブのリター量は9.89 $Mgha^{-1}yr^{-1}$と推定され，*B. gymnorrhiza*（オヒルギ）, *R. stylosa*（ヤエヤマヒルギ），*D. trifoliata*（シイノキカズラ）の*N. smithi*による落葉除去率はそれぞれ84.3，77.1，31.0 %とマングローブ樹種で高かった。2) *N. smithi*のマングローブ葉の比摂食速度は*R. stylosa* >*B. gymnorrhiza* > *K. obovata*（メヒルギ），> *A. marina*（ヒルギダマシ）の順で，ポリフェノール含有率が5～15%程度の植物葉に対する速度が高かった。3) *N. smithi*の巣穴内壁黒色部のポリフェノール含有率は0.049 ±0.028%と，同黄色部（0.011 ±0.006%）と畑土壌（0.012 ±0.09%）のそれぞれ4.45，4.08倍で，また排せつ糞中含有率は0.61 ±0.15%と黒色部の12.4倍であったことから，巣穴内壁黒色部には，ポリフェノールを含有する*N. smithi*の排せつ糞が付着していることが示唆された。この糞水抽出液をマングローブ林床土壌へ添加し反応させると溶存鉄の溶出量が有意に増加することが確認された。4) 同カニの生息が確認された*B. gymnorrhiza*林床土壌から深さ0 ～80 cmまで10 cmごとに採土し，土壌中の溶存鉄及び，ポリフェノール含有率を測定した結果，溶存鉄ならびにフェノール成分含有率は両者ともに同カニ営巣区と推察される25～35 cmで最も高くなった。このことから，マングローブ落葉を巣穴へ持ち去り，摂食するカニ類の生息林床では，マングローブ葉中のポリフェノールと林床土壌中の不溶態鉄との接触機会が増大している可能性が推察された。*T. palustris*: i) 現場での摂食速度試験の結果，*R. stylosa*緑葉及び黄葉の比摂食速度の平均値は0.12及び0.13 $DWgh^{-1}$個体$^{-1}$，*B. gymnorrhiza*緑葉及び黄葉は，0.14及び0.12 $DWgh^{-1}$個体$^{-1}$であった。ii) *T. palustris*の（成貝および稚貝）の生息密度は、C：*R. stylosa*と*B. gymnorrhiza*の分布境界～*B. gymnorrhiza*群落中央で最も高く（30個体/㎡）、A：*R. stylosa*海側林縁～*R. stylosa*群落中央で最も低かった（11個体/㎡）。成貝はCで最も高く（27個体/㎡）、稚貝はAで最も高かった（16個体/㎡）。調査地区全体でみると，稚貝の生息密度は海側に行くにしたがい高く、逆に成貝の生息密度は海側に行くにしたがい低くな

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

り、各調査プロットにおけるそれらの間には有意な負の相関関係が示された。iii) *T. palustris*の生息する林床土壌中の溶存鉄及びポリフェノール含有率の平均値は，生育しない土壌と比べて有意に高く（p<0.01），同貝の介在により林床土壌における溶存鉄生成が促進されていることが示唆された。そこで*N. smithi*と同様，同貝の糞水抽出液をマングローブ林床土壌へ添加し反応させると，多量の溶存鉄が溶出した。また，全供試マングローブ林床土壌中の溶存鉄とポリフェノール含有率との間には有意な強い正の相関関係（R^2 = 0.79, p <0.01）が示された。葉ならびに糞中キレート成分：供試マングローブ葉中からは，鉄キレート能を有する成分としてフェノール酸類，フラボノイド類，ヒドロキシカルボン酸類が検出された。同葉を給餌し得られた排泄糞中には上記と同様のポリフェノール類が含まれた。

キーワード：マングローブ、生態系、溶存鉄、ベントス、ポリフェノール
Keywords: Mangrove, Ecosystem, Dissolved iron, Benthos, Polyphenole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dissolved organic carbon and optical properties in tropical and subtropical mangrove environments

*Raghab Ray[1], Toshihiro Miyajima[1], Charissa M Ferrera[2], Chia-Jung Lu[1], M.L San Diego-McGlone[2], Hiroshi Ogawa[1], Kazuo Nadaoka[3]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Marine Science Institute, University of the Philippines, Diliman, 3. School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

Among different wetland habitats, mangroves are key source of dissolved organic matter (DOM) for the estuarine and coastal waters. However, the quantity and quality of DOM from both natural and rehabilitated mangroves sustained under contrasting hydro-climatological settings of tropical and subtropical regions have not been examined comprehensively. The present study was carried out in areas of such regions in the tropics (Panay and Palawan, Philippines) and sub-tropics (Ishigaki and Iriomote, Japan). Surface water sampling was performed along the salinity gradient of mangrove dominated rivers and estuaries in 2018, aiming to investigate the distribution, mixing and fate of dissolved organic carbon (DOC), δ^{13}C-DOC and optical properties such as chromophoric dissolved organic matter (as CDOM). Preliminary results showed that mean DOC concentration was ~2-fold higher in Ishigaki and Iriomote than Panay and Palawan mangroves (225±111 μM and 103±52 μM, respectively) due to dilution effect by increased rain water flux from the typhoon event during sampling in Panay and Palawan. Strong correlation between DOC and CDOM absorption coefficient at 412 nm was only evident for the Ishigaki and Iriomote mangroves, indicative of dominance of predominantly allochthonous DOM. In the Philippines, there were no significant variations of DOM properties observed between natural (Palawan) and rehabilitated (Panay) mangroves but their mixing pattern along the salinity transect differed significantly. Property-salinity relationship revealed regions of non-linear mixing of DOC for both sites demonstrating dynamic source-sink reaction processes within the river estuaries. During the course of transport to the sea, DOC was added to the waters in Palawan in contrast to the recruited mangroves of Panay reflecting higher mangrove material input for the former site. Other optical descriptors (like spectra slope between 275 nm and 295 nm, and slope ratio in the ranges of 275-295 nm and 350-400 nm) confirmed the shift in DOM origin from terrigenous to marine sources along the salinity transects of the river estuaries. The linear decreasing trend of specific UV absorption at 254 nm ($SUVA_{254}$) further indicated the loss of DOM aromaticity downstream to the sea. Further attempt will be made to better characterize the DOM molecular compositions and fluorescence properties from the same tropical and sub-tropical mangrove sites.

Keywords: Dissolved organic matter, CDOM, Mangrove, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サンゴのポリプスケールにおける白化現象のモデル化とリーフスケールへの拡張

Modeling coral polyp-scale bleaching phenomenon and upscaling to reef-scale

*中村 隆志[1]、樋口 富彦[2]、宮島 利宏[2]、Bernardo Lawrence Patrick C.[1]、灘岡 和夫[1]、渡邉 敦[1,3]、藤村 弘行[4]
*Takashi Nakamura[1], Tomihiko Higuchi[2], Toshihiro Miyajima[2], Lawrence Patrick Cases Bernardo[1], Kazuo Nadaoka[1], Atsushi Watanabe[1,3], Hiroyuki Fujimura[4]

1. 東京工業大学　環境・社会理工学院、2. 東京大学　大気海洋研究所、3. 笹川平和財団　海洋政策研究所、4. 琉球大学
1. School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, 2. AORI, The University of Tokyo, 3. The ocean policy research institute, The Sasakawa peace foundation, 4. University of the Ryukyus

To elucidate the mechanism responsible for coral bleaching and to project the status of coral communities in the near future, a coral bleaching model was developed based on a reef-scale three-dimensional hydrodynamic–biogeochemical model coupled with a polyp-scale coral bleaching model.

The polyp-scale bleaching model was developed by incorporating the dynamics of photoinhibition, reactive oxygen species (ROS), and zooxanthella abundance based on a previously developed coral polyp model by Nakamura et al. (2013). The polyp-scale model assumes that ROS are produced by zooxanthellae and that corals expel zooxanthellae when the concentration of ROS in their tissues exceeds tolerable levels. When temperature increases, corals release more zooxanthellae because the ROS production rate per zooxanthella cell increases with increasing temperature. This mechanism accounts for coral bleaching at high temperatures. The model assumes that ROS are produced from excess electrons transferred from photosystem II (PSII) that are not used in the downstream photosynthetic process. Photoinhibition, which is a key factor in the transfer of electrons from PSII, was included in the model, and the temperature dependence of Rubisco activity was introduced as a blocking factor in the downstream photosynthetic process. The ROS dynamics include detoxification of ROS by antioxidant substances, and the zooxanthella population dynamics include reproduction, mortality, and the rate of zooxanthellae release, which depends on the ROS damage of the coral cell. Results of simulated incubation experiments under different temperature conditions by the bleaching model reproduced the temperature dependence of the coral bleaching phenomenon. Moreover, recovery process after bleaching was also reproduced, and the ability of the model to describe the recovery process is a unique feature. The model also reproduced the phenomenon that coral bleaching is effectively reduced by light shading. A comparison between photoinhibition and its absence revealed that photoinhibition effectively reduced electron transport from PSII and consequently reduced the production of excess electrons that form ROS. Photoinhibition therefore protects the photosystem and tissues from oxidative damage by ROS. A temperature-dependent repair delay from photoinhibition also reduces ROS production and thereby prevents coral bleaching. The delay may be strategically controlled by zooxanthellae.

The polyp-scale bleaching model was coupled with reef-scale hydrodynamic-biogeochemical model based on the model framework by Nakamura et al. (2018). The model was applied to both the Shiraho coral reef based on Nakamura et al. (2018), and Sekisei Lagoon based on Bernardo et al. (2017). The results of the model simulation confirmed that the model accurately reproduced the spatiotemporal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

variations of bottom water temperatures on the reef. In particular, the temperatures during the daytime were significantly higher on the reef crest and in shallow nearshore areas than in the offshore seawater. The model confirmed that the spatial pattern of zooxanthella density coincided with the spatial pattern of water temperature on the reef. The model can use the internal condition of the corals to output the parameters that characterize coral population dynamics, such as coral growth rates and mortality rates. The coupled model therefore has the potential to simulate long-term spatiotemporal changes in coral coverage. Although the model still needs some improvement, incorporation of additional modules and improvement of the model will make it a useful tool for evaluating how corals respond to multiple environmental stresses on the reef-scale.

キーワード：サンゴの白化現象、数値シミュレーション、共生藻、活性酸素種
Keywords: coral bleaching, numerical simulation, zooxanthellae, ROS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

表層海洋の酸性化の改善と石灰化の回復能：プロトン濃度制御の生態
Reversal of surface ocean acidification and recovery potential of calcification: ecology of proton concentration control

*市川 和彦[1]
*Kazuhiko Ichikawa[1]

1.（前）地球環境科学院、北海道大学
1. (post) Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University

沿岸海洋生態系は、人間活動の影響を受けている開放系である。表層海洋を棲息領域とするサンゴ礁は、サンゴポリプの個体骨格形成、更に集団のコミュニテイ骨格形成を遂行している。地球環境規模の骨格形成成長過程は、表層海洋でのプロトンダイナミクスと炭酸水素塩からの鉱物化が起きている。骨格形成・骨格溶解はプロトン生成・消費に対応している。表層海洋は開放系であって大気の地球環境との相互作用を考慮しなければならない。人間活動のない紀元前の時代から人間活動の影響を受けている時代（1950以降）を迎えた。表層海洋酸性化による環境変動応答機構を明らかにする必要がある。その上で地球温暖化対策にも繋がる大気二酸化炭素の物質変換対策を必要としている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Revisit of massive *Porites* coral growth under the outbreak of crown-of-thorns starfish and thermal stress in Sekisei Lagoon, Japan

*岨 康輝[1]
*Kohki Sowa[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

Recently, shallow water coral reefs have come under high pressure because of the changes in climate due to global warming and water quality due to pollution. Coral reefs, which are distributed from the tropical to the temperate areas, consist of calcareous biotas such as scleractinian corals. As the coral skeletal growth is one of the candidate proxies for representing the whole coral reef health, it can provide vital information for developing effective conservation strategies for coral reefs. However, there are only a few studies on the long-term and *in-situ* verification of the relationships among coral skeletal growth, and changes in coral ecology and climate information.

Sekisei area is located between the Yaeyama Islands and the largest coral reef lagoon in Japan (approximately 400 km^2). Continual monitoring of coral and crown-of-thorns starfish (COTS) started in 1983, and the results revealed the negative effects of the outbreak of COTS and the thermal stress-induced severe damage to coral reef ecology. Massive *Porites* coral is one of the key species in the framework of coral reefs in North-West Pacific. The coral continuously precipitates carbonate skeleton over its previous frame, which provides us an opportunity to hindcast the skeletal growth for the long term. Therefore, massive *Porites* coral skeleton in Sekisei Lagoon offers an opportunity to verify whether their skeletal growth is an indicator of coral reef health.

This study shows the revisit of long-term massive *Porites* coral growth (extension rate) estimated from the coral cores in Sekisei Lagoon from 1965 to 2000 reported by Omata *et al.* (2002). Eighty-two coral cores were collected from 12 areas, including reef fronts and patch reefs in Sekisei Lagoon. This study then selected seventy-four coral cores. The average growth anomaly decreased from the 1980s to 1990, which corresponded to decreasing coral coverage. The results imply that the growth of *Porites* coral would be an indicator of the changes in coral coverage by biodisturbance in this area. On the contrary, there were several reductions in extension anomaly, but it did not entirely correspond to the coral bleaching events in 1983 and 1998. These results imply that the growth of *Porites* coral does not represent the coral bleaching events in this area.

References
Omata *et al.* (2002) Skeletal growth history of modern corals in Sekisei Lagoon as a bio-indicator. *JAMSTEC-R* 45, 17-30.

キーワード：サンゴ、骨格、ハインドキャスト、オニヒトデ、温度ストレス、石西礁湖
Keywords: Coral, Skeleton , Hindcast, COTS, Thermal stress, Sekisei lagoon

©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28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

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

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[ACG44-06] Reconstructing sedimentation process of lagoon sediment in the Eastern Kume Island, Ryukyus

*佐野 亘[1]、平林 頌子[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3]、藤田 和彦[4]、菅 浩伸[2]、Lauren Toth[5]、Richard Aronson[6] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院、3.東京大学大気海洋研究所、4.琉球大学理学部物質地球科学科、5.アメリカ地質調査所、6.フロリダ工科大学)

15:45 ~ 16:00

[ACG44-07] サンゴ礁長期モニタリングにおける挑戦：新しいサンプリング手法の効果に対する統計的アプローチ

*藤井 巖[1,2]、セルグラス ジェニファー[3,2]、ビンセント アマンダ[2] (1.公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所、2.ブリティッシュコロンビア大学海洋水産研究院プロジェクト・シーホース、3.スタンフォード大学ホプキンス臨海実験所)

16:00 ~ 16:20

[ACG44-08] Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming

★Invited Papers

*熊谷 直喜[1]、Jorge García Molinos[2]、山野 博哉[1]、髙尾 信太郎[1]、藤井 賢彦[2]、山中 康裕[2] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

16:20 ~ 16:35

[ACG44-09] 衛星水温分布を用いた西部瀬戸内海における藻場植生境界水温の推定

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、島袋 寛盛[2]、吉田 吾郎[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.水産研究・教育機構)

16:35 ~ 16:55

[ACG44-10] 海藻の有機物の行方と藻場内外の生態系に対する影響

★招待講演

*和田 茂樹[1]、大森 裕子[1]、濱 健夫[1,2] (1.筑波大学、2.獨協大学)

16:55 ~ 17:00

Discussion

Reconstructing sedimentation process of lagoon sediment in the Eastern Kume Island, Ryukyus

*佐野 亘[1]、平林 頌子[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3]、藤田 和彦[4]、菅 浩伸[2]、Lauren Toth[5]、Richard Aronson[6]
*Wataru Sano[1], Shoko Hirabayashi[2], Yusuke Yokoyama[3], Yosuke Miyairi[3], Kazuhiko Fujita[4], Hironobu Kan[2], Lauren T. Toth[5], Richard B. Aronson[6]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 九州大学大学院比較社会文化研究院、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 琉球大学理学部物質地球科学科、5. アメリカ地質調査所、6. フロリダ工科大学
1. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 2. Graduate School of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 4. Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 5. United States Geological Survey, 6. Florida Institute of Technology

This study aims to reveal the sedimentation process of the barrier reef lagoon in the Eastern Kume Island. We drilled at two sites (the south of Ooha island and the east of Eef beach)in Kume Island and obtained 4 cores. The penetration depth of cores were from 2.4 to 4.2 m. Unlithified sediments in coral reef lagoons in Kume Island were mainly composed of bioclast such as branching coral pebbles, foraminifera, shell, algae and lime mud.
We measured radiocarbon dating of 28 samples (18 coral pebbles and 10 foraminifera) in the cores and estimated their sedimentation rates. The results showed that the sedimentation rate was slow at the south of Ooha Island, but rapid at Eef beach. The timing of rapid sediment accumulation at Ooha Island coincided with the timing of relative sea-level rise around 6.7 ka and reached its highest level at Tonaki Island (Kan et al.,1997) locating next to Kume Island. The sediment accumulation at Eef Beach was from 4.1 to 3.2 ka and it lagged behind Ooha Island. It may be because the coastal plain was developed with three beach ridges behind Eef Beach (Kawana,1990) and the coring sites were located at the front of the coastal plain formation.
This study was supported by JSPS and the U.S. National Science Foundation.

キーワード：サンゴ礁、海水準変動、地形発達史、完新世、琉球列島
Keywords: Coral reef, Sea-level change, Geomorphological development, Holocene, Ryukyu Islands

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サンゴ礁長期モニタリングにおける挑戦：新しいサンプリング手法の効果に対する統計的アプローチ

Addressing challenges in long-term coral reef monitoring: Statistical tools to address the effect of new methods

*藤井 巌[1,2]、セルグラス ジェニファー[3,2]、ビンセント アマンダ[2]
*Iwao Fujii[1,2], Jennifer Selgrath[3,2], Amanda Vincent[2]

1. 公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所、2. ブリティッシュコロンビア大学海洋水産研究院プロジェクト・シーホース、3. スタンフォード大学ホプキンス臨海実験所
1. The Ocean Policy Research Institute of the Sasakawa Peace Foundation, 2. Project Seahorse, Institute of the Oceans and Fisheries, The University of British Columbia, 3. Hopkins Marine Station, Stanford University

効果的なサンゴ礁保全のためには、海洋保護区がサンゴに与え得る影響を長期にわたりモニタリングする必要がある。このような長期モニタリングでは、期間を通して同一のサンプリング方法を採用することが理想である。しかし、当初用いられた方法が最適でなく、あるいはより適したサンプリング技術・器材が開発され、方法の変更を迫られた場合、どのような対応をとればよいだろうか。本研究ではライン・インターセプト・トランセクト法 (LIT) およびフォト・コドラート法 (PQ) により推計されたサンゴの被度データを比較し、異なる方法から得られたデータを一つの時系列データとして扱うことが可能かを検証した。

本研究では18年にわたるデータのうち、LIT・PQ両方が実施された3年分を用いた。調査は1998年から2016年の間に乾期（3 ~ 4月）と雨期（9 ~ 10月）の年2回、計8か所の海洋保護区で実施され、モニタリング前半ではLIT（1998 ~ 2010年）が、後半ではPQ（2008 ~ 2016年）が使用された。また、サンプリング方法変更時には、移行期間として3年（2008 ~ 2010年）にわたり両方法が用いられた。LITでは各海洋保護区に20 mトランセクトが計2本、固定トランセクトとして設置された。しかし、調査海域ではトランセクトの完全な固定が困難であったため、方法がPQに切り替えられた。PQでは各海洋保護区に23 mトランセクトが計10本、無作為に設置された。なお、調査は5 m以浅の海域で行われた。LITは水深5 ~ 10 mの海域でも実施されたが、本研究では浅海域のデータのみを使用した。

サンプリング方法移行期間のデータを用いた比較では、LITはPQと比較して高い平均値を示した（LIT平均値40.5 %、PQ平均値31.1 %）。しかし、20 mのLITデータを1 mごとに区切り、そのサンプル数をn = 2から40に増加させることにより、LIT・PQ両データの平均値に有意の差が見られなくなった（サンプル数増加後のLIT平均値39.0 %）。一方、移行期間中のサンゴの被度の増減は、PQでは有意の結果が示されるのに対して（5.8%/年減少）、LITでは有意の結果が示されなかった（1.8 %/年増加）。この違いはPQデータのサンプル数が多いこと、また、データが広範囲からサンプリングされたことによるものと考えられる。被度の増減に関しては、サンプル数増加後もLITデータに大きな変化が見られなかった。しかし、異なる水深のデータに大きな差が見られない場合、5 m 以深のLITデータを加える等によって、LITとPQの類似性をさらに高められると考えられる。これらの結果から、異なる方法から得られたデータを使用する際、サンプル数および調査範囲の差に留意する必要があることが確認された。また、データの類似性を高めるうえで、再サンプリングが有用であることが示唆された。本研究における結果は、長期モニタリングデータの質を改善し得るとともに、海洋保護区による効果的なサンゴ礁保全に寄与するだろう。

キーワード：サンゴ礁、海洋保護区、長期モニタリング、海洋保全
Keywords: Coral reef, Marine protected area, Long-term monitoring , Marine Conservation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming

*熊谷 直喜[1]、Jorge García Molinos[2]、山野 博哉[1]、髙尾 信太郎[1]、藤井 賢彦[2]、山中 康裕[2]
*Naoki H. Kumagai[1], Jorge García Molinos[2], Hiroya Yamano[1], Shintaro Takao[1], Masahiko Fujii[2], Yasuhiro Yamanaka[2]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Hokkaido University

Range shifts in foundation species induced by global warming are likely to have ecosystem-wide implications for biodiversity, ecological functioning, biogeochemical cycling and resources used by humans. Corals and macroalgae are habitat-forming species in coastal ecosystems that co-occur and compete for space, and thus global degradation of coral reefs and macroalgal beds can have ecosystem-wide implications. However, recent studies in warm temperate zones have documented community shifts from macroalgae to corals, signaling a potential mechanism for coral conservation under climate warming at the expense of macroalgae under climate warming. Although such community shifts are expanding geographically, our understanding of the driving processes is still limited. Here, we reconstruct long-term climate-driven range shifts in 30 species of macroalgae (8 kelp and 22 fucoid species), 12 species of corals and three species of herbivorous fishes (records of overgrazing) from over 60 years records (mainly 1950–2015) stretching across 3,000 km of the Japanese archipelago from tropical to subarctic zones.

The direction and rate of the observed range shifts calculated for each species and coast during the study period showed considerable variation in both distribution centroids and range edges. Expansions were scarcer than contractions in macroalgae, whereas fishes and corals experienced expansions much more frequently than contractions. Expansions were fastest in fishes, followed by corals, fucoids and kelps, whereas macroalgae contracted their range faster than corals and fishes. Based on a revised coastal version of climate velocity trajectories and a Bayesian inference, we found that prediction models combining the effects of climate and ocean currents consistently explained observed community shifts significantly better than those relying on climate alone. Corals and herbivorous fishes performed better at exploiting opportunities offered by this interaction.

The contrasting range dynamics for these taxa suggest that ocean warming is promoting macroalgal-to-coral shifts both directly by increased competition from the expansion of tropical corals into the contracting temperate macroalgae, and indirectly via deforestation by the expansion of tropical herbivorous fish. Beyond individual species' effects, our results provide novel evidence on the important role that the interaction between climate warming and external forces conditioning the dispersal of organisms, such as ocean currents, can have in shaping community-level responses, with concomitant changes to ecosystem structure and functioning. Further, we found that community shifts from macroalgae to corals might accelerate with future climate warming, highlighting the complexity of managing these evolving communities under future climate change. Nevertheless, and although expansion rates are faster than contraction rates overall, we found that not only macroalgae but even corals might be unable to keep pace with climate change. This may suggest that the apparent expansion in overall range might be a transient effect potentially masking risk of metapopulation collapse with decreasing connectivity among local populations and future range collapses. Thus, future conservation of these communities might require of a more proactive management towards climate adaptation including

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

abundance control of herbivorous fishes, artificial assistance for thermal adaptation through selection of thermal-tolerant lineages, or relocation and translocation into cooler areas.

(Kumagai, N. H., J. García Molinos, H. Yamano, S. Takao, M. Fujii, and Y. Yamanaka 2018. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115: 8990–8995; doi: 10.1073/pnas.1716826115)

キーワード：気候変化速度、沿岸の熱帯化、群集フェーズシフト、分布範囲の推移
Keywords: climate velocity, coastal tropicalization, community phase shifts, range shifts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星水温分布を用いた西部瀬戸内海における藻場植生境界水温の推定
Estimation of temperature of seaweed bed vegetation boundary in the Western Seto Inland Sea using satellite SST

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、島袋 寛盛[2]、吉田 吾郎[2]
*Naoki Yoshie[1], Anri Kabe[1], Hiromori Shimabukuro[2], Goro Yoshida[2]

1. 愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2. 水産研究・教育機構
1. Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, 2. Japan Fisheries Research and Education Agency

海藻や海草の群落である藻場は、沿岸漁業を支える重要な要素であり、その他にも非常に多くの生態系サービスを人類に提供している。近年、この藻場を構成する海藻種の変化や分布面積の縮小が深刻化しており、将来の藻場植生分布の変遷が注目されている。これまで、気候変動に伴う将来の海水温上昇に応答した藻場植生分布の変化を予測する研究がなされてきたが（Takao et al., 2014等）、時空間解像度が非常に粗く(10年平均・100km平均)、植生の境界となる水温が曖昧であるという問題点があった。そこで本研究では、南北に約100kmという狭い海域だが、南北の水温差に起因して藻場植生分布が大きく異なる豊後水道を対象に、高時空間解像度の衛星水温データと藻場植生分布図を用いて藻場植生の境界となる水温を求めることを目的とした。衛星水温データはNOAAのAVHRR Pathfinder ver. 5.3 (時間解像度:1983-2014年の昼夜12時間毎、空間解像度:4km)を、藻場植生分布図は瀬戸内海区水産研究所の島袋らによるGISマップ(1976-1977年・1988-1991年・2013-2014年、1km)を用いた。衛星水温は沿岸域ではかなりのバイアスを持つことがあるため、船舶による現場観測水温データ(愛媛県沿岸定線調査、 1962-2014年各月、10km)を用いて推定精度を評価した。藻場植生分布図から、①温帯性コンブ目藻場の南限、②その他の温帯性藻場の南限、③温帯性・亜熱帯性藻場の移行域の南限（亜熱帯性の北限）の3つの植生境界を抽出し、最寒月(2月)と最暖月(8月)の水温の時系列変化を解析することにより、上記3つの植生境界となる水温を求めた。衛星水温は、鉛直混合の活発な冬季には推定精度が高く、成層化する夏季には過大評価であった。これは成層化に伴い海表面に極薄く形成される高温のスキンレイヤーと大気中の水蒸気による影響と考えられた。3つの植生境界の水温は、①が2月14.5℃、8月26.0℃、②が2月15.0℃、8月26.5℃、③が2月16.0℃、8月27.0℃であることが明らかとなった。①は1990年頃から冬季水温の上昇に伴い変化が始まり、2000年代の夏季の高水温の影響を受け北上したものと推察され、②の変化には夏季よりも冬季の水温変化の影響が大きいこと、③における南からの亜熱帯性藻場の進出は元来そこに生息していた温帯性藻場北上に起因することが示唆された。また、推定された8月の閾値は+0.5℃程度のズレがある可能性が考えられる。

キーワード：藻場、気候変動、植生境界、リモートセンシング
Keywords: Seaweed bed, climate change, vegetation boundary, remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海藻の有機物の行方と藻場内外の生態系に対する影響
Fate of macroalgal organic matter and its effects on in and outside of algal bed

*和田 茂樹[1]、大森 裕子[1]、濱 健夫[1,2]
*Shigeki Wada[1], Yuko Omori[1], Takeo Hama[1,2]

1. 筑波大学、2. 獨協大学
1. University of Tsukuba, 2. Dokkyo University

海藻藻場は単位面積当たりの光合成が地球上で最大級であることから、海藻は沿岸域の主要な有機物の生産者の一つとして知られている。このように、沿岸生態系における海藻の重要性は広く認識されているが、沿岸域は閉鎖的な環境ではなく外洋域と連続的につながっており、その影響は広域な空間スケールでも考慮すべきである。海藻の生産する有機物の行方の一つには、海底から脱離し広域に輸送されるものがあり、外洋域の生物によって利用される可能性がある。その他、藻体外に分泌される溶存態有機物(DOM: Dissolved Organic Matter)は、水塊とともに広域へ移動・拡散し、無機化されにくい難分解な画分は炭素隔離に寄与する可能性がある。我々は、藻場外へ輸送される有機物の定量的解析を基にして、海藻藻場の有する役割を広い空間スケールで明らかにすることを目的に、研究を行っている。

脱離した海藻の行方

沿岸域で不定期に生じる波浪などによって、海藻は断続的に脱離しそれらが広域に輸送されていく。我々は脱離量を定量化するため、静岡県下田市沿岸で海中林を形成しているカジメ(*Ecklonia cava*)を対象とし、その藻体にラベルを付けてラベルの消失過程から脱離量を解析した。その結果、カジメの光合成の2-3割が脱離して藻場内から失われることが明らかとなった。さらに、下田沖においてカジメの生育しない深度(水深50m)の海域で底生動物の多様性を解析したところ、脱離した個体が流されて加入した海底は底生動物の多様性が増大することが明らかとなった。

海藻由来のDOMの動態

カジメの藻体に袋をかぶせ、DOMの生産過程を明らかにした。さらに、藻場から沖合にかけてのDOMの空間分布の解析を行った。その結果、カジメは光合成の約4割をDOMとして放出しており、藻場から外洋にかけてのDOMの濃度勾配を作り出すことが明らかとなった。また、DOMの分解過程を明らかにするため、バクテリア分解および光化学的分解過程を実験的に検証したところ、海藻を由来とするDOMはバクテリア分解に抵抗性を有する一方で、光によって無機化および変性を受けやすいことが明らかとなった。すなわち、海藻の生産した有機物は水塊の移動とともに広域へ輸送されるが、表層においては太陽光によってその一部が分解を受ける。一方で、鉛直的な混合で強い光にさらされることのない深度まで輸送された画分は、バクテリアによる分解を受けず炭素隔離に寄与すると考えられる。

キーワード：海藻、脱離、溶存態有機物、分解
Keywords: Macroalgae, Dislodgement, Dissolved Organic Matter, Decomposition

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

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

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

9:00 ~ 9:15

[ACG45-01] 「しきさい」の250m解像度・多波長を活用した沿岸域での新たな情報抽出に向けて

★招待講演

*村上 浩[1]、清水 学[2]、鬼塚 剛[3] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.水産研究・教育機構、3.水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所)

9:15 ~ 9:30

[ACG45-02] GCOM-C/SGLI標準大気補正手法のアルゴリズムと処理結果

*虎谷 充浩[1]、緒方 一紀[2]、福島 甫[3] (1.東海大学工学部、2.宇宙航空研究開発機構/地球観測研究センター、3.東海大学)

9:30 ~ 9:45

[ACG45-03] Verification of GCOM-C/SGLI-derived chlorophyll *a* data in the western North Pacific during May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*

*鈴木 光次[1]、Stanford Hooker[2]、伊佐田 智規[1]、緒方 一紀[3]、虎谷 充浩[4]、村上 浩[3] (1.北海道大学、2.アメリカ航空宇宙局、3.宇宙航空研究開発機構、4.東海大学)

9:45 ~ 10:00

[ACG45-04] **Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network**

*Salem Ibrahim Salem[1]、Hiroto Higa[2]、Kazuo Oki[1]、Taikan Oki[1] (1.The University of Tokyo、2.Yokohama National University)

10:00 ~ 10:15

[ACG45-05] 東京湾におけるGCOM-C/SGLIを利用した大気-水中結合アルゴリズムの開発

*中山 大雅[1]、比嘉 紘士[1]、緒方 一紀[2] (1.横浜国立大学、2.宇宙航空研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG45-06] 沿岸域、湖沼における放射伝達シミュレーションによる後方散乱係数の不確実性に関する解析

*瀧 英人[1]、比嘉 紘士[1]、中村 由行[1]、鈴木 崇之[1] (1.横浜国立大学大学院　都市イノベーション学府)

「しきさい」の250m解像度・多波長を活用した沿岸域での新たな情報抽出に向けて
Further information in the coastal areas from 250-m resolution multiple bands of GCOM-C “SHIKISAI”

*村上 浩[1]、清水 学[2]、鬼塚 剛[3]
*Hiroshi Murakami[1], Manabu Shimizu[2], Goh Onizuka[3]

1. 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2. 水産研究・教育機構、3. 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所
1. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Japan Fisheries Research and Education Agency, 3. National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Japan Fisheries Research and Education Agency

一般に沿岸域は外洋より複雑な光学特性を持つため、衛星データからクロロフィルa濃度のような生物量を推定するためには従来以上に水中の光学特性（吸収・散乱とその波長特性）の地域性を考慮する必要がある。しかし逆に、この光学特性を抽出できれば新たな環境情報として活用できる可能性もある。2017年12月に打ち上げられた気候変動観測ミッションGCOM-C「しきさい」搭載の多波長光学放射計（SGLI）は、可視～近赤外領域に250m空間解像度の観測チャンネルを持っているため、250mの解像度による従来よりも沿岸に近い海域における利用が期待される。SGLIの観測波長（380, 412, 443, 490, 530, 565, 672, 867nm）には、近紫外域（380nm）と比較的長波長域に吸収とベースラインのバンドとして利用可能な530nmと565nmのペアを持つ（比較的高濃度のクロロフィルa濃度でも吸収の影響が飽和しないため、高濃度域における推定に優位性がある）という特徴がある。

2018年8月1日、5日、13日の瀬戸内海の中央部において、Pstar-4（Ota et al., 2010）を用いて大気補正した565nmのGCOM-Cの海水射出反射率（r_w）が530nmのr_wに比べて高くなっているパッチ状の海域が確認されていた。試しに、NOMADデータ（Werdell, and Bailey, 2005）を用いた平均的なa_phやa_dgスペクトルを用いた水中光学特性モデルを用いて複数波長の水中射出反射率からa_ph/(a_ph+a_dg)比を推定すると（Lyon and Hoge, 2006; 村上, 2018）、上記のスペクトルの特徴に対応してa_phが周囲より相対的に大きい領域として推定された（Fig. 1）。植物プランクトンの吸収係数（a_ph）の530nmと565nmの波長間差（a_ph(530) - a_ph(565)）は有色溶存有機物とデトリタスの吸収係数（a_dg）の波長間差（a_dg(530) - a_dg(565)）に比べて一般に大きいため、それがr_wの波長間差を作っていた可能性がある。ただし、植物プランクトンの種類等によってa_phの波長特性が変わるため、それらが原因である可能性もある。残念ながら現場の光学観測が無いため確認できないが、この期間の瀬戸内海では赤潮が発生していたことが報告されており（水産庁、2018）、それと対応している可能性がある。

沿岸での衛星海水射出反射率推定における課題として残っているエアロゾルによる吸収の影響などを改善し、より効果的な沿岸情報として利用できるようにしたい。

参考文献

Ota, Y., A. Higurashi, T. Nakajima, and T. Yokota, 2010: Matrix formulations of radiative transfer including the polarization effect in a coupled atmosphere-ocean system, *J. Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, **111**, 878-894.

Werdell, P. J., and S.W. Bailey, 2005: An improved bio-optical data set for ocean color algorithm development and satellite data product validation, *Remote Sens. Environment,* 98, 122-140.

Lyon, P., and F. Hoge, 2006: The Linear Matrix Inversion Algorithm, Chap. 7 of IOCCG Report Number 5, Remote Sensing of Inherent Optical Properties: Fundamentals, Tests of Algorithms, and Applications, Ed. by Z. Lee.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

村上浩、「第10 章　海色」、気象研究ノート第238号、静止気象衛星ひまわり8号・9号とその利用、岡本幸三、別所康太郎、吉崎徳人、村田英彦編、2019.
水産庁瀬戸内海漁業調整事務所、「瀬戸内海の赤潮」、平成30年8月

キーワード：GCOM-C、しきさい、SGLI、海色、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SHIKISAI, SGLI , ocean color, remote sensing

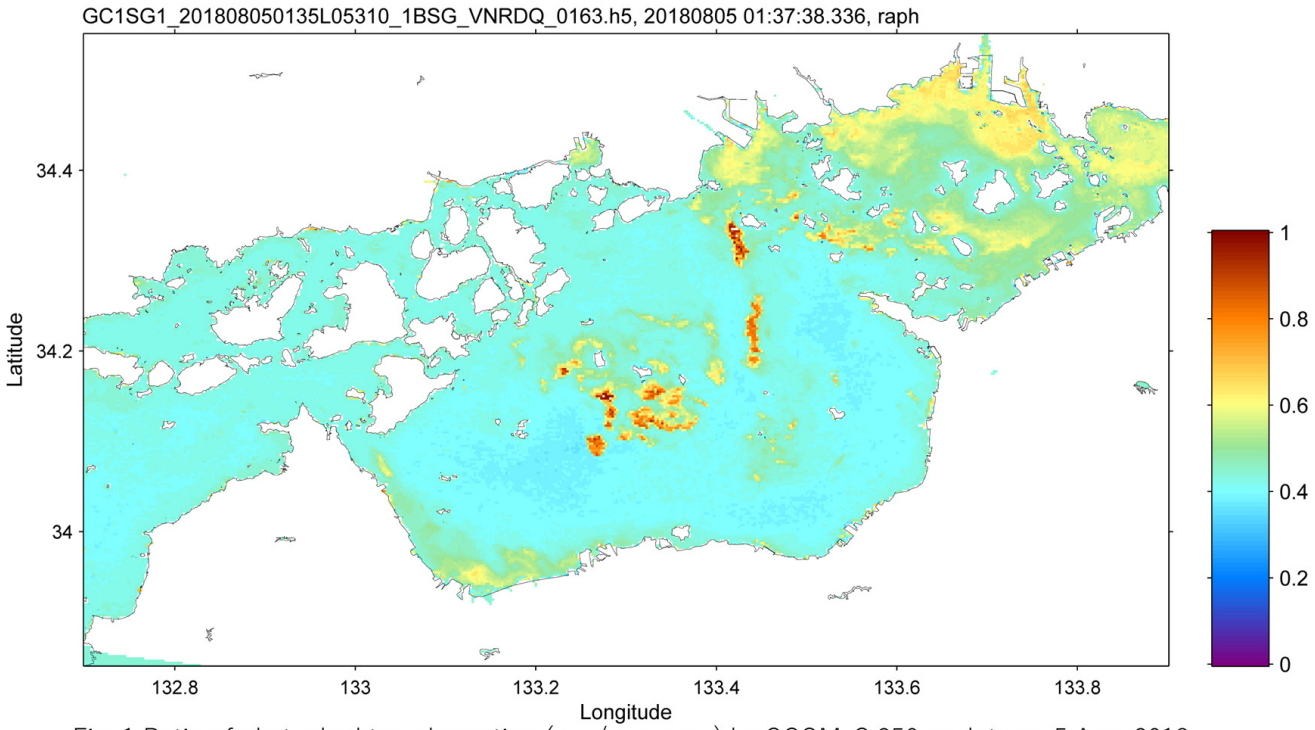


Fig. 1 Ratio of phytoplankton absorption (a_{ph} / a_{ph} + a_{dg}) by GCOM-C 250-m data on 5 Aug. 2018

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLI標準大気補正手法のアルゴリズムと処理結果
Features of GCOM-C/SGLI standard atmospheric correction scheme and its processing results

*虎谷 充浩[1]、緒方 一紀[2]、福島 甫[3]
*Mitsuhiro Toratani[1], Kazunori Ogata[2], Hajime Fukushima[3]

1. 東海大学工学部、2. 宇宙航空研究開発機構/地球観測研究センター、3. 東海大学
1. School of Engineering, Tokai University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency/Earth Observation Research Center, 3. Tokai University

2017年12月23日, 海色衛星「しきさい」（Global Climate Observation Mission/ Second Global Imager:GCOM-C/SGLI)が打ち上げられた. SGLIは, 可視・近赤外域(380-870nm)に11バンド, 短波長赤外域(1000-2210nm)に4バンド, 海水のわずかな色の変化を捉える輝度分解能を持ち, 250ｍ解像度で観測することができる. わずかな色の変化を観測するためには, 大気の吸収や散乱の影響の補正（大気補正）が必要である. JAXAの標準アルゴリズムとして使用されているSGLI用大気補正の特徴は, 外洋向けの従来の海色大気補正手法と, 沿岸の高懸濁物質濃度向けの短波長赤外域を使う手法を組み合わせている点である. この大気補正手法による処理結果について, MODISデータとの比較結果を報告するとともに, 残されている課題について説明する.

キーワード：海色リモートセンシング、大気補正
Keywords: ocean color remote sensing, atmospheric correction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Verification of GCOM-C/SGLI-derived chlorophyll *a* data in the western North Pacific during May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*

*鈴木 光次[1]、Stanford Hooker[2]、伊佐田 智規[1]、緒方 一紀[3]、虎谷 充浩[4]、村上 浩[3]
*Koji Suzuki[1], Stanford B. Hooker[2], Tomonori Isada[1], Kazunori Ogata[3], Mitsuhiro Toratani[4], Hiroshi Murakami[3]

1. 北海道大学、2. アメリカ航空宇宙局、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 東海大学
1. Hokkaido University, 2. NASA, 3. JAXA, 4. Tokai University

The Second-generation Global Imager (SGLI) aboard the JAXA GCOM-C satellite was successfully launched on 23 December 2017. We conducted the first GCOM-C field campaign for the western North Pacific during 20–30 May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*. During this expedition, in situ apparent optical property (AOP) measurements were made using a Compact-Optical Profiling System (C-OPS, Biospherical Instruments Inc.) in order to match up with SGLI data. Also, phytoplankton pigment samples were concomitantly collected from surface waters. A significant linear correlation (R^2 = 0.99, n = 6) was found between ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC)-determined chlorophyll (Chl) *a* levels and those derived from C-OPS with the in-water algorithm OC3M6. However, the C-OPS values were underestimated by 32% as compared with the UHPLC data. This could be partly due to the higher pigment extraction efficiency of *N*,*N*-dimethylformamide (DMF) than other organic solvents such as methanol and acetone which are generally used in the world. During the field campaign, SGLI data were successfully matched up with in situ data at a station off Iwate Prefecture, Japan on 21 May. The SGLI-, C-OPS-, UHPLC- and Turner fluorometry-determined surface Chl *a* values were 0.546, 0.709, 0.847 and 1.21 mg m^{-3}, respectively. Other results obtained from the GCOM-C field campaign will also be shown in our presentation.

キーワード：GCOM-C/SGLI、海色、衛星リモートセンシング
Keywords: GCOM-C/SGLI, ocean color, satellite remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network

*Salem Ibrahim Salem[1], Hiroto Higa[2], Kazuo Oki[1], Taikan Oki[1]

1. The University of Tokyo, 2. Yokohama National University

Reflected sunlight from water bodies, which records by ocean color sensors, contains information of optical properties of water bodies (e.g., chlorophyll-a concentrations, absorption and backscattering coefficients). During the last few decades, researches have been proposed many approaches for monitoring water bodies by retrieving their optical properties. These approaches include bands ratio, semi-analytical algorithms, and spectrum matching. However, there is no accurate continuous monitoring on a global scale, particularly over inland lakes and coastal regions. This is mainly due to the nonlinear complexity of water environment. In additions, there are a few studies that used the synthetic simulated reflectance to train artificial neural network (ANN) models to be applied on a global scale. However, the recent revaluation of these ANN models over the Japanese and European lakes revealed their limitation to provide accurate monitoring of these water bodies. These results could be attributed to two main reasons; (1) inappropriate ANN architecture with one hidden layer which could not be suitable to represent the complex situation of water bodies. (2) the limitation of the synthetic simulated reflectance that used to train these models. The deep neural network (DNN) with multiple hidden layers could provide a promising approach to overcome these complexities. Up to 2006, there is no way to accurately train a DNN due to a Vanishing gradient problem. the recent advances of DNN enable researchers to efficiently use the DNN models with low cost. During the current research, the performance of a DNN model with three-, five- and seven-hidden layers under different architecture conditions will be presented. These conditions include different activation functions (i.e., sigmoid, Relu and TanH), different optimization technique (i.e, Adam optimizer and stochastic gradient descent) and with/without applying dropout technique. The DNN model was designed to receive water leaving reflectance of several ocean color satellites (e.g., Global Change Observation Mission –Climate (GCOM-C)). Nine water quality parameters are generating from the DNN model. Two independent simulated datasets comprising 100,000 water leaving reflectance spectra each were generated for training and testing the DNN models. The two simulated datasets cover wide ranges of Chla (0.01–250 $mg \cdot m^{-3}$), NAP (0.01–250 $g \cdot m^{-3}$), and CDOM (0.001–10 m^{-1}) concentrations, representing the open ocean, coastal areas, and inland lakes. The proposed technique was also validated using in-situ datasets (e.g., NOMAD dataset, and many Japanese lakes and coastal bodies) that represent various trophic statuses. The results reveal the ability of proposed technique to provide accurate retrieval of in-water optical properties as will be discussed.

Keywords: deep neural network, water quality, optical properties, Lakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network

Salem Ibrahim Salem[1], Hiroto Higa[2], Kazuo Oki[1], Taikan Oki[1]
[1] Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan.
[2] Faculty of Urban Innovation, Yokohama National University, Japan.

Corresponding e-mail: salem@rainbow.iis.u-tokyo.ac.jp and eng.salemsalem@gmail.com

Reflected sunlight from water bodies, which records by ocean color sensors, contains information of optical properties of water bodies (e.g., chlorophyll-a concentrations, absorption and backscattering coefficients). During the last few decades, researches have been proposed many approaches for monitoring water bodies by retrieving their optical properties. These approaches include bands ratio, semi-analytical algorithms, and spectrum matching. However, there is no accurate continuous monitoring on a global scale, particularly over inland lakes and coastal regions. This is mainly due to the nonlinear complexity of water environment. In additions, there are a few studies that used the synthetic simulated reflectance to train artificial neural network (ANN) models to be applied on a global scale. However, the recent revaluation of these ANN models over the Japanese and European lakes revealed their limitation to provide accurate monitoring of these water bodies. These results could be attributed to two main reasons; (1) inappropriate ANN architecture with one hidden layer which could not be suitable to represent the complex situation of water bodies. (2) the limitation of the synthetic simulated reflectance that used to train these models. The deep neural network (DNN) with multiple hidden layers could provide a promising approach to overcome these complexities. Up to 2006, there is no way to accurately train a DNN due to a Vanishing gradient problem. the recent advances of DNN enable researchers to efficiently use the DNN models with low cost. During the current research, the performance of a DNN model with three-, five- and seven-hidden layers under different architecture conditions will be presented. These conditions include different activation functions (i.e., sigmoid, Relu and TanH), different optimization technique (i.e, Adam optimizer and stochastic gradient descent) and with/without applying dropout technique. The DNN model was designed to receive water leaving reflectance of several ocean color satellites (e.g., Global Change Observation Mission – Climate (GCOM-C)). Nine water quality parameters are generating from the DNN model. Two independent simulated datasets comprising 100,000 water leaving reflectance spectra each were generated for training and testing the DNN models. The two simulated datasets cover wide ranges of Chla (0.01–250 $mg \cdot m^{-3}$), NAP (0.01–250 $g \cdot m^{-3}$), and CDOM (0.001–10 m^{-1}) concentrations, representing the open ocean, coastal areas, and inland lakes. The proposed technique was also validated using in-situ datasets (e.g., NOMAD dataset, and many Japanese lakes and coastal bodies) that represent various trophic statuses. The results reveal the ability of proposed technique to provide accurate retrieval of in-water optical properties as will be discussed.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京湾におけるGCOM-C/SGLIを利用した大気-水中結合アルゴリズムの開発

Development of atmosphere and in-water combining algorithm using GCOM-C/SGLI in Tokyo Bay

*中山 大雅[1]、比嘉 紘士[1]、緒方 一紀[2]
*Taiga Nakayama[1], HIROTO HIGA[1], Kazuki Ogata[2]

1. 横浜国立大学、2. 宇宙航空研究開発機構
1. Yokohama National University, 2. Japan Aerospace eXploration Agency

2017年12月末に打ち上げられたGCOM-C/SGLIは，同地点を2-3日に1度の割合で観測すると共に、沿岸域を250ｍ空間分解能で観測する優れた時空間分解能を有しており、面積が小さく、環境変動の大きい沿岸域のモニタリングに期待されている。しかしながら、沿岸域は水中の光環境が複雑に変化するため、高精度な水質推定が非常に難しい状況である。伝統的な海色大気補正アルゴリズムでは近赤外域の水中射出光を０と仮定して大気中散乱光を推定した後に可視域の水中射出光を求めるが、沿岸域の様に水中で有機物や無機物が著しく増加する場合は近赤外域の水中射出光が増大し仮定が成り立たなくなるため、エアロゾル反射率を過剰推定し可視域海水反射率の推定に誤りが生じる。これを改善するために反復的手法により近赤外域の水中射出光を推定しながらエアロゾル散乱光を推定する方法があり、水中モデルが海域に対して適当であれば高精度な海水反射率の推定が可能となる。SGLIは外洋域等の低懸濁海域においてこの反復的手法を用いており、沿岸域等の高懸濁海域では水中モデルを用いずに短波長赤外チャンネルから大気散乱光を推定し海水反射率を求めているが、その精度は高懸濁海域ほど良くはない。

そこで本研究では、有機物が卓越する東京湾を対象として大気補正モデルと沿岸域に適した水中モデルを組み合わせたアルゴリズムの開発を試みた。これは大気補正の段階において使用される水中モデルを、東京湾のSIOPs(Specific inherent optical properties)の実測値に基づき作成されたBio-Opticalモデルに組み替え、Chl-a(Chlorophyll-a)、CDOM(Color dissolved organic matter)、NAP(Non algal particles)に基づきエアロゾルモデル選択及び各波長の反射率を繰り返し計算により推定する手法となっている。この結果、通常のSGLIの大気補正と比較して、高精度にRrs及びChl-aを推定することが可能となった。

キーワード：大気補正、G-COMC、東京湾
Keywords: atmospheric correction, SGLI, TokyoBay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸域、湖沼における放射伝達シミュレーションによる後方散乱係数の不確実性に関する解析

Analysis of the uncertainty of backscattering coefficient by radiative transfer simulation in coastal areas and lakes

*瀧 英人[1]、比嘉 紘士[1]、中村 由行[1]、鈴木 崇之[1]
*Hidehito Taki[1], Hiroto Higa[1], Yoshiyuki Nakamura[1], Takayuki Suzuki[1]

1. 横浜国立大学大学院　都市イノベーション学府
1. Graduate School of Urban Innovation, Yokohama National University

沿岸域・湖沼では、陸域及び内部生産起源の様々な物質が水中に混在するため、水色の変化が非常に複雑である.

そのため、水中の放射伝達シミュレーションでは、基礎パラメーターとなる物質濃度あたりの固有光学特性が時空間的に大きく変化することが原因となり、計算精度に誤差が生じる. 特に後方散乱係数の不確実性は、放射伝達の計算において主な誤差要因であることが指摘されている（Lain et al., (2017)）.

そこで本研究では、東京湾、霞ヶ浦、タイランド湾、瀬戸内海といった光学特性が異なる沿岸域・湖沼において現地観測を実施し、各水域における水質、見かけの光学特性、固有光学特性を測定し、放射伝達計算のため基礎パラメーターを収集した.

また、各水域ごとの比光吸収係数、比後方散乱係数の実測値を使用し、Mobley et al., (2000)のHydrolight4.1を用いて放射伝達シミュレーションを実施した.その結果、水中の粒子散乱形態を表現するBackscattering probabilityの変動により、R_{rs}の計算値は著しく変動することが分かった.

これは、粒子の特性による散乱形態の変動を適切に考慮できていないことが原因であることが示唆された.

キーワード：海色リモートセンシング、沿岸域・湖沼、放射伝達シミュレーション、固有光学特性、後方散乱率
Keywords: Ocean color remote sensing, Coastal areas and lakes, Radiative transfer simulation, Inherent optical properties, Backscattering probability

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

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

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

10:45 ~ 11:00

[ACG45-07] 静止海色衛星による硫黄の光学特性に基づいた青潮推定手法の開発

*比嘉 紘士[1]、中村 航[1] (1.横浜国立大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG45-08] GCOM-C SGLIデータによる西日本豪雨直後の瀬戸内海の水質・赤潮分布特性

*作野 裕司[1]、比嘉 紘士[2]、小林 拓[3]、虎谷 充浩[4] (1.広島大学、2.横浜国立大学、3.山梨大学、4.東海大学)

11:15 ~ 11:30

[ACG45-09] Application of Satellite Remote Sensing to Monitor Eutrophication Status of Inland Lakes

*楊 偉[1]、松下 文経[2] (1.千葉大学、2.筑波大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG45-10] **Exploring the Potentials of Google Earth Engine for Global Assessment of Coastal Eutrophication Based on Chlorophyll-*a* concentration**

*Eligio de Raus Maure[1]、Genki Terauchi[1]、Joji Ishizaka[2] (1.Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

11:45 ~ 12:00

[ACG45-11] Seasonal and interannual variability of seagrass distribution detected by Landsat TM, ETM+ and OLI images in western Nanao Bay

*寺内 元基[1] (1.公益財団法人環日本海環境協力センター)

12:00 ~ 12:15

Discussion

静止海色衛星による硫黄の光学特性に基づいた青潮推定手法の開発
Development of a blue tide estimation method based on the optical properties of sulfur colloid particles by geostationary ocean color satellite

*比嘉 紘士[1]、中村 航[1]
*HIROTO HIGA[1], WATARU NAKAMURA[1]

1. 横浜国立大学
1. Yokohama National University

東京湾や三河湾では、夏季から秋季にかけて青潮が度々発生する。青潮は、底層の無酸素水塊中で溶出した硫化水素が、酸素と反応することにより硫黄のコロイド粒子へと形態を変え、これが風等の外力によって表層へ湧昇することで発生する。硫黄のコロイド粒子は、水表面において光を強く散乱するため、青白く見えることから青潮と呼ばれている。青潮が大規模な場合には、魚介類死滅し、漁業被害に繋がることもあるため、重大な環境問題として認識されている。青潮は、短期スケールで発生する現象であることから空間的挙動を捉えることが困難である。そのため、時空間的観測に優れた静止海色衛星を利用した青潮のモニタリングが期待されている。

既往の研究では、660 nmにおけるRrs（Remote Sensing Reflcetance）の単バンドを使用した簡易的な硫黄推定手法が提案されている（比嘉ら、2017）。しかしこの簡易的な硫黄推定手法では、硫黄のコロイド粒子による散乱とそれ以外のデトリタスの散乱を分離することは困難である。そこで本研究では、硫黄自体の光吸収係数、後方散乱係数を計測することによって、これらの固有光学特性に基づいた青潮に特化したBio-Opticalモデルを構築した。さらに、QAA（Quasi Analytical Algorithm）に基づき、硫黄とそれ以外のデトリタスの散乱を分離し、硫黄濃度を推定する手法を開発した。

キーワード：青潮、静止海色衛星
Keywords: Blue tide, Geostationary Ocean Color Satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C SGLIデータによる西日本豪雨直後の瀬戸内海の水質・赤潮分布特性

Characteristics of water quality and red tide distribution in the Seto Inland Sea immediately after heavy rain in the western Japan by GCOM-C SGLI data

*作野 裕司[1]、比嘉 紘士[2]、小林 拓[3]、虎谷 充浩[4]
*Yuji Sakuno[1], Hiroto Higa[2], Hiroshi Kobayashi[3], Mitsuhiro Toratani[4]

1. 広島大学、2. 横浜国立大学、3. 山梨大学、4. 東海大学
1. Hiroshima University, 2. Yokohama National University, 3. Yamanashi University, 4. Tokai University

2018年7月初旬に西日本豪雨災害が発生した．この豪雨の後，瀬戸内海では河川からの大量の土砂流出や赤潮の被害が起こった．一方，2017年12月末に打ち上げられたGCOM-C SGLIは，250ｍの解像度で，2-3日に1回，Chla（Chlorophyll-a），TSM（Total Suspended Matter），CDOM（Color Dissolved Organic Matter），SST（Sea Surface Temperature），Rrs（Remote Sensing Reflectance）の標準プロダクトデータがJAXA（The Japan Aerospace Exploration Agency）から提供される．本研究では，まず2018年12月に正式リリースされたこれらのプロダクトデータ（レベル2）の精度検証結果が報告される．次に，Rrsプロダクトから瀬戸内海で発生した有害赤潮（主にシャトネラとカレニア）分布の推定手法も検討される．研究の対象期間は主として2018年6月～8月のである．これらの結果としてSGLIプロダクトは，この水域においても目標精度を満たしており，豪雨後約1か月の瀬戸内海における水質分布や赤潮分布の特性が明らかになった．

キーワード：赤潮、豪雨、衛星
Keywords: red tide, heavy rain, satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of Satellite Remote Sensing to Monitor Eutrophication Status of Inland Lakes

*楊 偉[1]、松下 文経[2]
*Wei Yang[1], Bunkei Matsushita[2]

1. 千葉大学、2. 筑波大学
1. Chiba University, 2. University of Tsukuba

Eutrophication of inland lakes is becoming a severe environmental issue all over the world. Routine monitoring of eutrophication status of inland lakes is essential for guaranteeing sustainable development of freshwater resources. The coupled spatial and temporal heterogeneity of water bodies often result in inadequate monitoring and characterization of water quality by using conventional sampling methods. On contrast, satellite remote sensing is quite flexible for monitoring the eutrophication status of inland lakes in terms of being able to cover large spatial areas at very frequent intervals. However, remote sensing of inland lakes has been far less successful than that of open oceans, due mainly to the complex interactions among optically active substances in the lake waters, as well as the difficulties in atmospheric correction. In this presentation, we will introduce our state-of-the-art remote sensing algorithms for estimating Chlorophyll-a concentrations (Chl-*a*) and Secchi disk depth (SDD), which have been widely used to evaluate the eutrophication status of lakes. These algorithms have been extensively validated using extensive in situ collected data sets, yielding satisfactory performances in overcoming the difficulties in remote sensing of turbid inland lakes. Application studies on satellite-based operational monitoring of Chl-*a* and SDD in several lakes of Japan will also be presented. Assessment results demonstrated that the proposed algorithms have the potential of being applied to operationally monitor water quality of inland lakes.

キーワード：inland lake、satellite remote sensing、water quality
Keywords: inland lake, satellite remote sensing, water quality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring the Potentials of Google Earth Engine for Global Assessment of Coastal Eutrophication Based on Chlorophyll-*a* concentration

*Eligio de Raus Maure[1], Genki Terauchi[1], Joji Ishizaka[2]

1. Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Eutrophication is either emerging or growing environmental issue in many parts of the global marine systems in the ocean. This deterioration in water quality in the coastal regions may at times result in the appearance of harmful algal blooms or hypoxic conditions that affects large spatial and temporal scales with serious damages to the environment and economy, and the marine ecosystem itself. To assess the coastal eutrophication the Special Monitoring and Coastal Environment Assessment Regional Activity Centre (of the Action Plan for the Protection, Management and Development of the Marine and Coastal Environment of the Northwest Pacific Region of the United Nations Environmental Programme) developed a screening procedure to detect symptoms of eutrophication based on satellite observations of chlorophyll-a concentration. The methodology was originally developed for the Toyama Bay, Japan and later applied to the whole Northwest Pacific region. In this presentation, we introduced the method and its applicability to the global ocean. Furthermore, we also introduce the potentials of the Google Earth Engine (GEE)—a cloud-based tool with planetary-scale analysis capability—for future coastal eutrophication assessment based on recent higher resolution ocean colour sensors such as SGLI on GCOM-C with 250 m or Sentinel-3 with 300 m spatial resolutions. Once the GEE is proven useful, it will be an important tool in providing rapid assessment of the status of marine systems in many regions where the information on the status and extent of coastal eutrophication is very limited.

Keywords: coastal eutrophication, assessment, satellite, chlorophyll-a concentration, google earth engine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal and interannual variability of seagrass distribution detected by Landsat TM, ETM+ and OLI images in western Nanao Bay

*寺内 元基[1]
*Genki Terauchi[1]

1. 公益財団法人環日本海環境協力センター
1. Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center

Western Nanao Bay is known for being a home to massive seagrass beds. A massive die-off of seagrass was reported in 2012 in this area, possibly due to high water temperature in summer. Archive images of Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Operational Land Imager (OLI) were obtained from USGS to detect seasonal and interannual variability of seagrass distribution. Ground truthing survey with an underwater video camera were carried out from a small boat to study sea floor substrates on June 1, 2 and 16 in 2016. Still photos were also taken from a Stand Up Paddleboard on June 1, 2016 to study seagrass species in a very shallow (< 1m) water area. Information of sea floor substrates obtained from the field survey was then used to classify sea floor types. Six classes of training data were then prepared for classifying the Landsat OLI image observed on June 1, 2016 namely: (1) dense seagrass, (2) dense seagrass with *Sargassum*, (3) *Sargassum*, (4) sandy bottom, (5) mud and (6) exposed sand. Supervised classification of the bottom substrates was carried out by the maximum likelihood method using bands of Red, Green and Blue or ratios of Green/Blue, Green/Red, Blue/Red and Green/Coastal bands corrected with the Depth Invariant Index (DII) method. Accuracy assessment showed better results in the DII corrected band ratios: overall accuracy of 0.73 and tau coefficient of 0.66.

To study seasonal and interannual variability for seagrass, past Landsat archive images were analyzed to detect seagrass distribution. Since past field data of seagrass distribution were not sufficient, the K means unsupervised classification technique with the six classes was applied for mapping the seagrass distribution from past Landsat archive images. The classification result of the Landsat OLI image on June 1, 2015 was used as a reference to determine seagrass distributions as it had a good compliance with the ground truth data. Since two out of the six classes obtained from the unsupervised classification corresponded to a distribution pattern of (1) the dense seagrass and (2) the dense seagrass with *Sargassum* classes from the June 1, 2015, these two classes were merged into one class to represent seagrass distribution in Western Nanao Bay. A comparison of seasonal patterns of seagrass distribution estimated by the unsupervised classification of the Landsat archive data from November 22, 1991 to June 1, 1992 and from November 21, 2014 to June 1, 2015 showed consistent similar seasonal pattern; indicating seagrass recovery between late fall to early summer, which corresponds to seagrass seed germination periods. The Landsat archive data during the seagrass seed germination periods were also obtained to study interannual variability of seagrass distribution. The obtained results showed that there are fewer seagrass years (1994, 1996 and 1999) and more seagrass years (2000, 2004, 2007 and 2008) during the seagrass seed germination periods, indicating the survival rate of seagrass varied depending on the year.

キーワード：アマモ、ランドサット、リモートセンシング、マッピング、七尾湾
Keywords: seagrass, landsat, remote sensing, mapping, Nanao Bay

©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28日(火) 15:30 ~ 17:00 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:三反畑 修、久保田 達矢

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[HDS13-01] 2018年スラウェシ島地震津波における浸水計算における波源の影響

★招待講演

*有川 太郎[1]、ムハリ アブドル[3]、武田 翔汰[1]、スパシリ アナワット[2]、今村 文彦[2] (1.中央大学、2.東北大学災害科学国際研究所、3. 海洋漁業省、インドネシア)

15:45 ~ 16:00

[HDS13-02] Tsunami Source of the 2018 Sulawesi Earthquake Estimated from Tsunami and InSAR Data

*Tungcheng Ho[1]、Kenji Satake[1]、Shingo Watada[1]、Ray Y Chuang[2]、Chih-Heng Lu[2] (1.Earthquake Research Institute,The University of Tokyo、2.Department of Geography, National Taiwan University)

16:00 ~ 16:15

[HDS13-03] **Source Models of the Two September and December 2018 Indonesia Tsunamis Based on Spectral Analyses and Numerical Modeling**

*Mohammad Heidarzadeh[1]、Abdul Muhari[2]、Tomoya HARADA[3]、Takeo Ishibe[4]、Antonius Wijanarto[5] (1.Brunel University London、2.Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Jakarta 10110, Indonesia、3.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Japan、4.Association for the Development of Earthquake Prediction, Tokyo, 101-0064, Japan、5.Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Indonesia)

16:15 ~ 16:30

[HDS13-04] ニュージーランド・ケルマディック諸島近海における火山性津波地震による隆起現象

*三反畑 修[1]、綿田 辰吾[1]、佐竹 健治[1] (1.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[HDS13-05] **Adaptive tsunami waveform inversion for estimating coseismic vertical displacements and slip distribution**

*Iyan E. Mulia[1]、Aditya Riadi Gusman[2]、M. Jakir Hossen[3]、Kenji Satake[1] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.GNS Science、3.BRAC University)

16:45 ~ 17:00

[HDS13-06] グリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測

*津野 靖士[1]、橋本 紀彦[2] (1.公益財団法人鉄道総合技術研究所、2.伊藤忠テクノソリューションズ)

2018年スラウェシ島地震津波における浸水計算における波源の影響
Sensibility analysis for the inundation tsunami height due to 2018 Sulawesi earthquake and tsunami

*有川 太郎[1]、ムハリ アブドル[3]、武田 翔汰[1]、スパシリ アナワット[2]、今村 文彦[2]
*Taro Arikawa[1], Abdul Muhari[3], Shota Takeda[1], Anawat Suppasri[2], Fumihiko Imamura[2]

1. 中央大学、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 海洋漁業省、インドネシア
1. Chuo University, 2. IRIDES, Tohoku University, 3. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia

遡上する津波波力が建物に作用する際の振る舞いについて，実験的にも解析的にも多くの研究がされている．しかし，斜面崩壊による津波の遡上及び浸水における波力の変動は十分に明らかになっていない．そこで本研究では，3次元流体シミュレータである及び2次元シミュレータを用いて，遡上計算の精度，特に波力の変動について考察する．対象としては2018年スラウェシ島地震津波の地滑り性津波とした。

まず，Arikawa et al.(2018)の調査結果を参考に，パル湾内の波源位置を合計6地点に設定した．本検討では簡易的に断層モデルによる波源の作成を行うこととした．各パラメータの内，断層面積，走向，傾斜角についてそれぞれ3ケース，9ケース，2ケースずつ考慮して，合計288ケースとした．そのなかで、潮位計の記録に対する変動特性を検討した。

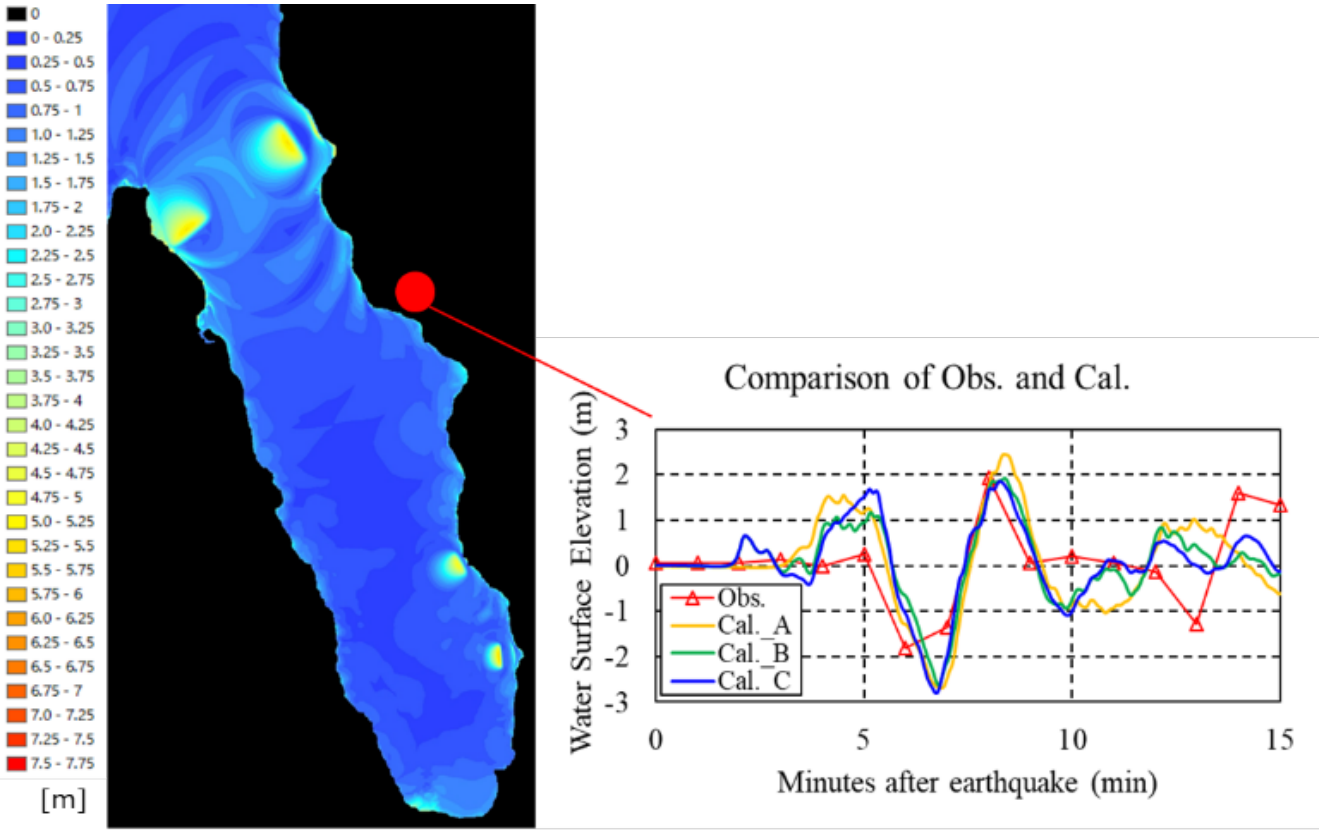
次に、最大浸水深とフルード数のばらつきについて検討した。検討を行うにあたっては，評価検討区域を湾内の20の地域に細分化した．各セグメントは、パル湾の沿岸に沿って，地形的な変化点を境界として，簡易的に区分した。セグメントごとに，全ての津波波源のケースに関する津波遡上計算結果をまとめ，最大浸水深及び最大浸水深時フルード数の結果を用いてそれぞれのヒストグラムを作成した。

これら結果から，最大浸水深の平均及び分散は，波源に近い，または湾内の対岸に位置するセグメントにおいて大きくなっていることが分かった．一方で，最大浸水深時フルード数の平均及び分散は，最大浸水深の結果と比較するとセグメントによっての差異が小さく，今回の検討においては，地形的特性の影響が小さいと言える．

次に，各種ばらつきと，最大浸水深との関係についての検討を行った．その際，全ての津波波源のケース及びセグメントについての津波遡上計算結果をまとめ，最大浸水深の小さな値から順に，0.2mごとに群を設定した．そして設定した群ごとに最大浸水深及び最大浸水深時フルード数のヒストグラムを作成した．その結果、全体的に最大浸水深が増加するに従って約4倍程度まで漸増する傾向がみられる．最大浸水深時フルード数の値としては，1.5～2.0倍程度増加していたことがわかり、今後は、本検討結果を構造物に対する設計などに活かす方法を考えることが重要である

キーワード：2018年スラウェシ島地震津波、地滑り性津波、浸水計算
Keywords: 2018 Sulawesi earthquake and tsunami, Landslide tsuanmi, Inundation simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tsunami Source of the 2018 Sulawesi Earthquake Estimated from Tsunami and InSAR Data

*Tungcheng Ho[1], Kenji Satake[1], Shingo Watada[1], Ray Y Chuang[2], Chih-Heng Lu[2]

1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Department of Geography, National Taiwan University

An unexpected destructive tsunami struck Palu Bay after the Mw 7.5 strike-slip faulting earthquake in Sulawesi, Indonesia, on 28 September 2018. This tsunami impacted Palu city with 5 m to 10 m runup. The combined effects of the earthquake and tsunami caused a few thousand casualties. The tsunami waves were observed by two tide gauges in Sulawesi. One tide gauge at Pantoloan port in the bay recorded tsunami waves starting at about 5 minutes after the earthquake with amplitudes of up to 2 m. The other tide gauge at Mamuju port recorded tsunami waves after about 20 minutes with peaks of about 10 cm. To understand the mechanism of this unusual tsunami, we jointly utilized the tsunami records and InSAR data to analyze the source of this earthquake. The InSAR data observed by Sentinel-1 well resolved the offset of horizontal ground movement in the direction of the orbit azimuth along the fault strike. The data show a strike of about 358˚ in the north of the bay and about 352˚ in the south of the bay. The magnitude of the offsets varied from about 1 m in the north to up to 5 m in the south. Our simple modeling result suggests a slip of about 5 m at the north and a slip up to 8 m at the south to reproduce the observed tsunami waveform at Pantoloan. The southern asperity extended about 40 km from the bay with a width of about 16 km. Tsunami travel time analysis showed that the main tsunami arrived at the Mamuju station after about 45 minutes which means the first tsunami wave at this station was triggered by another source.

Keywords: Palu, tsunami, InSAR, Sulawesi Earthquake, source inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Source Models of the Two September and December 2018 Indonesia Tsunamis Based on Spectral Analyses and Numerical Modeling

*Mohammad Heidarzadeh[1], Abdul Muhari[2], Tomoya HARADA[3], Takeo Ishibe[4], Antonius Wijanarto[5]

1. Brunel University London, 2. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Jakarta 10110, Indonesia, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Japan, 4. Association for the Development of Earthquake Prediction, Tokyo, 101-0064, Japan, 5. Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Indonesia

Indonesia was struck by two tsunamis in September and December 2018 in Sulawesi and Sunda strait, respectively. The combined fatalities from the two events were ~2500 people which made 2018 as one of the deadliest year for Indonesia in terms of natural disasters. The 2018 twin tsunamis were unique because both events were not generated by typical earthquake-generated seafloor deformation. The Sulawesi tsunami in September 2018 was most likely associated with a large submarine landslide (Heidarzadeh et al., 2018, Pure & Appl. Geophys. 176) and the Sunda event was of volcanic origin. Therefore, there have been intense speculations in the scientific community about the origins and mechanisms of these twin tsunamis without any clear clues about the source mechanisms so far (February 2019). Our methodology here to address the puzzle of the 2018 twin tsunamis is analyzing the observed tide gauges records of both events and then applying numerical simulations. For the Sulawesi tsunami, two tide gauge records were analyzed belonging to Pantoloan (inside the Palu Bay) and Mamuju (outside the Palu Bay). Maximum tsunami trough-to-crest heights of 380 and 24 cm, were measured in Pantoloan and Mamuju, respectively. Spectral analyses of the tide gauge records revealed dominating wave periods of 3.6–4.4 and 10 min at the aforesaid stations, respectively. Spectral results indicate that the tsunami source dimensions should have been most likely in the range of 3.4–4.1 km and 32.5 km, for inside and outside of the Palu Bay, respectively. We were able to reproduce the two observed tide gauge records using numerical simulations. However, the maximum simulated runup was approximately 2 m which was less than the observed runup of 11 m. It is likely that a secondary source, i.e. submarine landslide(s), has contributed to the tectonic source of the tsunami. We identify the southern part of the Palu Bay, around the latitude of -0.82°S, as the most likely location of a potential landslide based on our backward tsunami ray tracing analysis. For the Sunda tsunami, four tide gauges were analyzed revealing wave amplitudes in the range of 44-139 cm. The dominating period of the waves were ~7 min which are shorter than tsunamis generated by earthquakes. We have considered several landslide scenarios and conducted numerical modeling in order to reproduce the observed tsunami waves on the tide gauges and propose a source model for this tsunami.

Keywords: Tsunami, Indonesia, Sulawesi, Krakatoa Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ニューシ゛ーラント゛・ケルマテ゛ィック諸島近海における火山性津波地震による隆起現象

Abrupt Large Uplift Caused by Volcanic Tsunami Earthquakes near the Kermadec Islands, New Zealand

*三反畑 修[1]、綿田 辰吾[1]、佐竹 健治[1]
*Osamu Sandanbata[1], Shingo Watada[1], Kenji Satake[1]

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

Abnormal non-double-couple (NDC) earthquakes are sometimes observed near volcanic or geothermal areas [e.g. Shuler et al., 2013, JGR], some of which generate large tsunamis despite their moderate seismic magnitudes, M5-6. The Torishima earthquakes are ones of the few examples and were attributed to a large crustal uplift associated with some volcanic activity at a submarine caldera edifice on Izu-Bonin Ridge [Fukao et al., 2018, Sci. Adv.; Sandanbata et al., 2018, PAGEOPH]. This type of earthquakes therefore can be regarded as "volcanic tsunami earthquakes."

Another series of volcanic tsunami earthquake were observed near the Curtis and Cheeseman Islands, parts of the Kermadec Islands, north of New Zealand, on 17 Feb 2009 and 8 Dec 2017 (UTC). Tsunamis were recorded at tide gauges and ocean bottom pressure gauges with a maximum amplitude of ~40 cm. The two earthquakes are remarkably similar in seismic magnitudes (M~6.0), focal mechanisms (dominant NDC components), centroid locations (gap of ~10 km) and observed tsunami waves.

In order to investigate their tsunami sources, we numerically solved two-dimensional Boussinesq-like equations with the simulation code, JAGURS [Baba et al., 2015, PAGEOPH]. We first located their source region in the vicinity of the Curtis and Cheeseman Islands, by assuming Gaussian-shaped sea-surface uplifts at 9 locations. We then conducted the tsunami waveform inversion with Green’s functions computed from cosine-tapered uplift distributed around the islands. The estimated tsunami source has a large sea-surface uplift concentrated just over a bathymetric depression that is a characteristic structure of calderas. This suggests a large uplift on seafloor was caused by the earthquakes associated with a volcanic activity of the submarine caldera.

Large uplift events called “resurgence” have been observed at calderas in nature and experiments, which are often attributed to reactivation of ring faults due to overpressure of a magma reservoir [e.g. Acocella et al., 2001, JVGR]. We modeled crustal deformation of a caldera with an interacted system of a ring-fault structure and a shallow sill-like magma reservoir [Liu et al., 2017, AGU Fall Meeting]. Our modeling suggests that the system can cause a large uplift concentrated just over the caldera. The uplift also reproduced tsunami waves similar to the observations, while the gap between seismic and tsunami magnitudes can be explained qualitatively. We therefore suggest that a ring-fault reactivation due to overpressure in a sill-like magma reservoir as a possible mechanism of the earthquakes and their resultant tsunamis.

キーワード：火山性地震、火山性津波、火山性津波地震、カルデラ、津波、海底火山
Keywords: volcanic earthquake, volcanic tsunami, volcanic tsunami earthquake, caldera, tsunami, submarine volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Adaptive tsunami waveform inversion for estimating coseismic vertical displacements and slip distribution

*Iyan E. Mulia[1], Aditya Riadi Gusman[2], M. Jakir Hossen[3], Kenji Satake[1]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. GNS Science, 3. BRAC University

We developed an advanced two-step tsunami source inversion method with adaptive Green's functions by applying an optimization and a reciprocity principle (Mulia et al., 2018 JGR). In the first step, the method reconstructs the sea surface displacement from observed tsunami waveforms based on a superposition of Gaussian-shaped unit sources. Here, we optimize the unit source locations that give the best fit of waveforms to observations. This leads to non-equidistantly distributed unit sources, in which the synthetic waveforms from such sources to the observation points are generated using the reciprocity principle to save computational efforts of Green's functions. In the second step, the reconstructed sea surface displacement is used to estimate the slip on a finite fault plane. We also optimize the fault parameters that produce the closest displacement pattern to the first step result. Therefore, our method provides best fitting of waveforms and optimum fault parameters with automation for the process. The current method improves our previous studies, in terms of the construction of tsunami Green's functions using the reciprocity principle and determination of fault parameters through the optimizations.

We tested the proposed method using tsunami data of the 2004 Kii Peninsula, Japan event generated by an M_w 7.4 intraplate earthquake. Our result revealed a maximum initial displacement of approximately 0.5 m with the uplift region extended northwest to the epicenter. This value is slightly higher than that of most source models by the previous studies (e.g. Baba et al., 2005 EPS, Satake et al., 2005 EPS), but yields more accurate tsunami waveforms, particularly at the later phase of waveform recorded at a Global Positioning System buoy station off Cape Muroto. In terms of fault slip distribution, our model produced a maximum slip of 2.1 m, located at the uplift region of the coseismic displacement. Furthermore, the shallow fault depth resulted from our simulation is consistent with the more reliably relocated aftershock distribution by Bai et al. (2006 EPS).

Keywords: Tsunami, Inversion, Optimization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測
Real-time tsunami prediction in a coastal zone, using a superposition of Green’s function

*津野 靖士[1]、橋本 紀彦[2]
*Seiji Tsuno[1], Norihiko Hashimoto[2]

1. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、2. 伊藤忠テクノソリューションズ
1. Railway Technical Research Institute, 2. ITOCHU Techno-Solutions Corporation

近年、日本海溝海底地震津波観測網S-netや地震・津波観測監視システムDONET1＆2(防災科学技術研究所、海洋研究開発機構)が太平洋沖に整備され、海域の津波データを直接的に利用したリアルタイム津波予測手法が新たに提案されている(例えば、Yamamoto, 2016; Tanioka, 2018)。本研究では、津波予測手法の即時性とロバスト性に着目し、予め算出したグリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測手法について検討した。

本手法では、波源域全体を要素波源(例えば、50km x 50km)に分割し、その要素波源の単位津波水位上昇量(1m)に対する沿岸地点のグリーン関数を予め算出する。津波が発生した場合は要素波源内では津波水位上昇量が同一であると仮定して、要素波源内1地点において計測された津波水位上昇量の最大値に対する要素波源-沿岸地点のグリーン関数を求める。これを分割した全ての要素波源に適用した後、それらのグリーン関数を重ね合わせることで、波源域全体に対する沿岸部の津波水位が得られる。本手法を2011年東北地方太平洋沖地震の内閣府モデルから算出した津波シミュレーション結果と比較した結果、両者は良く整合していることを確認した。

さらに、不均質な断層破壊による波源域の津波水位上昇量を利用することを目的に、要素波源内1地点において計測された時系列の津波データを要素波源の津波水位上昇量に置き換える方法についても検討した。津波が要素波源内を伝播する時間を適切に見積もることで、グリーン関数の重ね合わせを利用したリアルタイム津波予測に時系列の津波データを利用することができることが分かった。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：リアルタイム津波予測、グリーン関数、重ね合わせ、2011年東北地方太平洋沖地震
Keywords: Real-time tsunami prediction, Green’s function, Superposition, 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 301B 3F

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

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

2018年7月にエネルギー基本計画が閣議決定され、2050年に向けた脱炭素化への挑戦として、再生可能エネルギーは主力電源化と位置付けられた。国内外において、再生可能エネルギーの導入量が飛躍的に増加し、電力システムに対する存在感も大きくなりつつある。しかし、自然変動性や資源の偏在性により、再生可能エネルギーは安定した主力電源としては課題も多い。再生可能エネルギーを有効に利用するためには、資源量・変動要因・予測可能性等を理解した上で、他の電源や蓄エネルギー（揚水発電や蓄電池・EVなど）と組み合わせることでエネルギーシステムの柔軟性も期待できる。そのためにも, 地球科学分野が持つ多様で膨大な観測データやモデリング技術をエネルギー分野が活用しやすい形で分析、利用する必要がある。
本セッションでは、太陽光発電、風力発電、地熱発電、海流・潮流発電、波力発電、バイオマス発電といった再生可能エネルギー分野全般の講演を募集し、地球科学データの活用状況、課題、将来の可能性、各分野間の連携について、広く意見交換を行うことを目的としている。

15:30 ~ 15:55

[HRE17-01] 地中熱利用での地球科学データの活用　ーとくに有効熱伝導率についてー
★招待講演

*笹田 政克[1] (1.地中熱利用促進協会)

15:55 ~ 16:10

[HRE17-02] 西大阪地域の地下水の利用と取り組みについて

*北田 奈緒子[1]、伊藤 浩子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]、西垣 誠[2] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所、2.岡山大学)

16:10 ~ 16:25

[HRE17-03] モニタリングデータを用いた風力発電出力ランプ予測の改良

*門倉 真二[1]、野原 大輔[1]、大庭 雅道[1]、橋本 篤[1]、中尾 圭佑[1]、服部 康男[1]、渡邊 武志[1]、平口 博丸[1] (1.電力中央研究所)

16:25 ~ 16:40

[HRE17-04] **気象データ利用のエネルギー マネージメントへの検討**

*大竹 秀明[1]、大関 崇[1]、井村 順一[2] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター、2.東京工業大学大学院　情報理工学研究科)

16:40 ~ 17:00

Discussion

地中熱利用での地球科学データの活用　ーとくに有効熱伝導率についてー
Application of geological dara to ground source heat pump systems with special reference to thermal conductivity of geological materials

*笹田 政克[1]
*Masakatsu SASADA[1]

1. 地中熱利用促進協会
1. Geo-Heat Promotion Association of Japan

地表から200mくらいまでの深さにある熱エネルギーを地中熱と呼んでいる。地中の温度は年間通してほぼ一定であるので、冬と夏に地上と地中との間に10℃を超える温度差が生じる。この温度差を活用して地中の熱エネルギーをヒートポンプにより生活に必要な温度範囲のエネルギーに変換すると、冷暖房、給湯などが効率的にできる。地中熱ヒートポンプは、一般に使用されている空気を熱源にしたヒートポンプ(エアコン)に比べて省エネ性が高く、温室効果ガスの削減効果が大きい。また、夏季の冷房廃熱が大気中に放出されないため、大都市圏で顕著なヒートアイランド現象の抑制効果がある。

地中熱ヒートポンプシステムを住宅・建築物に導入する場合、熱源の評価が必要となる。建物の熱負荷に応じて、暖房時には地中から採熱され、冷房時には地中に放熱される。建物が立地する場所の地層の熱物性の違いで、採放熱時の地中での熱拡散が異なるので、地中熱ヒートポンプシステムの設計においては、それらの熱物性のデータが必要となる。とりわけ重要な値が有効熱伝導率である。

有効熱伝導率については、空気調和衛生工学便覧に収録された代表的な地質ユニットのデータが活用されているが、地中熱利用が増えてきている現状において、日本列島における地質の多様性を考慮するなら、より多くの地質データに基づく検討が必要な時期にきている。一方、現地での熱応答試験により求めた有効熱伝導率の実測値については、地中熱利用促進協会がまとめたデータが活用されており、地質データとの対応が示されていないが、地中熱利用が行われている主として市街地に分布する地層の有効熱伝導率を表しているものといえる。

2016年から地中熱ヒートポンプシステムの省エネ基準による評価が可能になり、現時点では非住宅建築物でクローズドループを用いた場合の年間一次エネルギー消費量の値が、それぞれの建物種別ごとに、また気象条件の異なる地域ごとにWebプログラムにより計算できる。その際に地層の有効熱伝導率の値の入力が必要であり、入力にあたっては3つの方法が選択できる。

一番望ましい方法は、熱応答試験で求めた現地の有効熱伝導率を用いる方法であるが、熱応答試験が実施されていない場合は、現地での地盤調査のボーリングデータに基づき計算された値(地質データに上記便覧の文献値を対応させる)を用いることもでき、また、それもできない場合は、有効熱伝導率のデフォルト値として1.2W/mKを入力することになっている。

熱応答試験による有効熱伝導率の算出が望ましいことは言うまでもないが、その品質の確保も必要であり、建築確認申請をする際には測定装置については地中熱利用促進協会の装置認定を受けたものであることを示す書類の提出が義務付けられている。

このように地層の有効熱伝導率のデータが、省エネ基準による一次エネルギー消費量の計算に活用されてきているが、熱応答試験を行わないケースがほとんどとなる住宅や小規模建築物においては、それぞれの地域の地質特性に応じて、参照できる文献値としての有効熱伝導率のデータの整備が必要であり、設計者が利用できるデータベースがあると普及に役立つ。近年、主に都道府県単位で整備が進められている地中熱ポテンシャルマップは、その要請に応えるものであるが、マップを作成するための基礎データである有効熱伝導率の実測値がまだ少ないのが現状である。

キーワード：地中熱ヒートポンプ、有効熱伝導率、熱応答試験

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Ground source heat pump, Effective thermal conductivity, Thermal response test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西大阪地域の地下水の利用と取り組みについて
Use of groundwater in the Nishi-Osaka Area and its activities.

*北田 奈緒子[1]、伊藤 浩子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]、西垣 誠[2]
*Naoko Kitada[1], Hiroko Ito[1], Tomoo Echigo[1], Teruyuki Fujiwara[1], Makoto Nishigaki[2]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所、2. 岡山大学
1. Geo-Research Institute, 2. Okayama University

上町台地より西側の西大阪地域では、海水準変動の繰り返しに伴う複数の粘土層が層状に堆積し、粘土層間の砂礫層は豊富な地下水が賦存する被圧帯水層を形成している。しかしながら、1960年代の工場用水の大量汲み上げによって引き起こされた深刻な地盤沈下が原因となり、現在は揚水が厳しく規制されている。昨今、特に大阪市内においては、再生熱エネルギーとしての地下水利用プロジェクトが推進されるなど、地下水の有効利用についての検討が進められている。

本研究ではNEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発／再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発/都市域における，オープンループシステムによる地下水の大規模熱源利用のための技術開発」（研究代表者：北田奈緒子）の一環として、地下水の広域的な特性を把握することを目的に3年間の水質観測を実施するとともに、観測井構築時の採取試料から、各帯水層の特性の把握を行い、ボーリングデータベースを用いた帯水層分布の推定などを実施した。本研究の地下水観測には、「地下水地盤環境に関する研究協議会」が管理する観測井の一部を利用させていただいた。対象とした帯水層は、完新統の粘土層(Ma13)の下位に分布する砂礫層（第1被圧帯水層：Dg1)と、最上位更新統の粘土層(Ma12)の下位に分布する砂礫層（第2被圧帯水層：Dg2)である。水質については、2016～2018年の年4回、計12回採水した地下水について主成分組成の分析と水温測定を実施し、その特性を把握した。その結果、Dg1、Dg2共に還元的でNa-Cl型の水質組成を示し、特にDg1の方がより塩濃度が高いことが明らかとなった。また、採取試料による粒度試験とボーリングデータベースの検討からは，Dg2層は大阪の中心地域（大阪駅から中之島付近）において層厚が厚く分布することが明らかになった.

キーワード：ボーリング　データベース、地下水、砂礫層
Keywords: Borehole Database, goundwater, gravel layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モニタリングデータを用いた風力発電出力ランプ予測の改良
Improvement of prediction of wind power ramp by using monitoring data

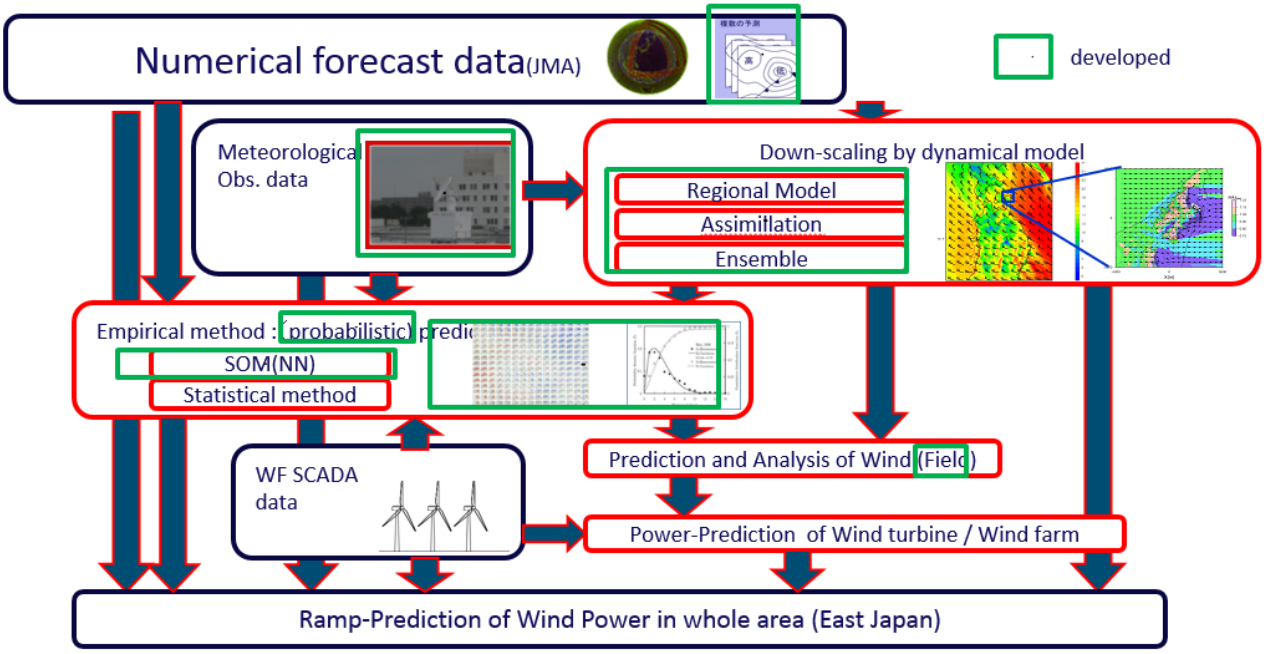
*門倉 真二[1]、野原 大輔[1]、大庭 雅道[1]、橋本 篤[1]、中尾 圭佑[1]、服部 康男[1]、渡邊 武志[1]、平口 博丸[1]
*Shinji Kadokura[1], Daisuke Nohara[1], Masamichi Ohba[1], Atsushi Hashimoto[1], Keisuke Nakao[1], Yasuo Hattori[1], Takeshi Watanabe[1], Hiromaru Hirakuchi[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

世界的に太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電の導入が進んでいる。これらは、天候による変動が著しいため、電力系統の安定性への懸念がある。そのため、我々は系統安定化に有用と考えられる風力発電出力の予測手法を開発している。本手法では、気象庁から提供される数値予報値(GPV)を気象モデル WRF と局所風況モデルを用いてダウンスケーリングし、風車位置の風速を予測し、さらにパワーカーブを用いて発電出力を予測する。得られた風車毎の発電出力を加えて、エリアの合計出力を得る。

本研究では、風車毎のモニタリングデータを用いて、重回帰に基づく補正と経験的パワーカーブの構築・活用により、風速および発電出力の予測を改良した。さらに、風車毎のデータが取得されない風力サイトについて、逐次的な補正を行うことで、エリア合計出力の精度を改善した。また、出力の変化の振幅を重回帰することで、風力発電急変化現象(ランプ)の補足率を改善した。

キーワード：風力発電出力予測、風力ランプ、風力発電、SCADA、気象予測
Keywords: Wind power output prediction, wind power ramp, wind power generation, SCADA, Weather forecast



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気象データ利用のエネルギー マネージメントへの検討
A study of the use of meteorological data for energy management

*大竹 秀明[1]、大関 崇[1]、井村 順一[2]
*Hideaki Ohtake[1], Takashi Oozeki[1], Junichi Imura[2]

1. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター、2. 東京工業大学大学院　情報理工学研究科
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Tokyo institute of technology

Recently, a large amount of photovoltaics (PV) power systems (approximately 45 GW as of June 2018) have been connected to a power grid in Japan. Electric power supply with PV power generation exceed electric power demand in a power grid. For safety control of an energy manage system (EMS) with variable PV power generation, optimal use of other power plants (thermal power plants etc) and battery systems will be required in a future energy network (Fig.1). PV power monitoring and forecasts based on a meteorological data can be useful information for an optimal control of other power systems. In our research group (referred as a HARPS in a JST CREST project), we developed a communication tool between meteorology and EMS research fields. Impacts of meteorological data have been also investigated in an EMS (e.g., optimal control of electrical power systems and battery systems) under large PV installations. Furthermore, real time monitoring of regional PV power estimation have been also tried using a new geostationary satellite, Himawari 8/9. In this presentation, we will introduce research topic of meteorological data in the EMS field.

キーワード：太陽光、エネルギーマネージメントシステム、気象データ
Keywords: photovoltaic, energy manage system, meteorological data



©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

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

浅部物理探査の技術，手法，適用に関する研究発表を募集致します。探査対象は問いませんが，探査深度を地表下5 cmから30 mに限定します。地表下の浅部領域は地球環境において人間社会に最も近い未知の領域と言えます。人間社会への影響が大きいため，非開削で調査可能な多様な手法や技術が求められています。また，検証が容易であり，探査結果に厳しい目が向けられる深度です。探査技術の高精度化と適用や応用への課題を議論したいと思います。
　探査深度の範囲内であれば，探査対象や探査手法は問いません。地下水調査や地盤調査に対して，電気探査，地中レーダ，表面波探査などの手法を適用した研究が多い分野ですが，新しい調査課題や探査・解析手法の研究も歓迎します。浅部領域を理解するための室内試験や数値解析を用いた研究議論も広く歓迎します。

9:00 ~ 9:15

[HTT22-01] 高周波反射法地震探査による土石流被災砂防ダム堤体内構造のイメージング

*稲崎 富士[1]、木佐貫 寛[2]、小河原 敬徳[1]、清水 武志[1]、藤村 直樹[1] (1.土木研究所 つくば中央研究所 、2.土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）))

9:15 ~ 9:30

[HTT22-02] 3次元常時微動トモグラフィの開発とその適用事例

*小西 千里[1]、林 宏一[1] (1.応用地質株式会社)

9:30 ~ 9:45

[HTT22-03] 接地抵抗による不被圧地下水の水位変化推定の試み(I) －理論の概要－

*領木 邦浩[1] (1.職業能力開発総合大学校 能力開発院能力開発基礎系技術基礎ユニット)

9:45 ~ 10:00

[HTT22-04] 地中レーダによる海底探査の実験的・理論的検討

*園田 潤[1]、木本 智幸[2] (1.独立行政法人国立高等専門学校機構・仙台高等専門学校・総合工学科、2.独立行政法人国立高等専門学校機構・大分工業高等専門学校・電気電子工学科)

10:00 ~ 10:15

[HTT22-05] 指向性ボアホールレーダによる水平孔での岩盤内3次元割れ目分布調査

*升元 一彦[1]、松下 智昭[2]、白鷺 卓[1]、植木 隆[3]、唐澤 信輔[3]、牧野 大樹[3]、和田 一成[4] (1.鹿島建設株式会社 技術研究所、2.鹿島建設株式会社 中部支店、3.松永ジオサーベイ株式会社、4.三井金属資源開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[HTT22-06] 2 GHz ホーンアンテナを用いた劣化コンクリート橋梁床版の自動検出

*青池 邦夫[1]、田中 正吾[2]、高瀬 尚人[1]、松山 明男[1]、山内 政也[1]、宇野 嘉伯[1] (1.応用地質株式会社、2.山口大学 名誉教授)

高周波反射法地震探査による土石流被災砂防ダム堤体内構造のイメージング

High-frequency seismic reflection measurements for imaging internal structure of a sabo dam damaged by a huge debris flow

*稲崎 富士[1]、木佐貫 寛[2]、小河原 敬徳[1]、清水 武志[1]、藤村 直樹[1]
*Tomio INAZAKI[1], Hiroshi Kisanuki[2], Takanori Ogahara[1], Takeshi Shimizu[1], Naoki Fujimura[1]

1. 土木研究所 つくば中央研究所 、2. 土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）)
1. Public Works Research Institute, Tsukuba Central Institute, 2. PWRI (Present address: OYO Corporation)

2014年7月に上陸した台風8号による集中豪雨によって長野県南木曽町で大規模土石流が発生し，この土石流の一部を捕捉した最上流の不透過型コンクリート砂防ダムでは堤体上部約5mが流出するとともにジョイント部での変位，堤体の下流方向への傾動，剥離面の形成など，堤体の機能を低下させる深刻な損傷被害を受けた．このダム堤体の損傷状態を評価することを目的として堤体背面において数次にわたって物理探査を実施した．このうちGPR探査結果については青池ほか（2015），清水ほか（2017）で概要を報告している．また背面のDSM構築とそれに基づく堤体の変形様式の3D空間モデル化については本大会で報告した（Inazaki, et al., 2017）. 一方高周波反射法探査は3次にわたって実施し，背面に6測線を設定して内部構造のイメージングを試みたが，その一部を紹介するにとどまっていた（Kisanuki, et al., 2015）．今回，3次にわたって実施した高周波反射法地震探査記録を再処理し，堤体内部反射構造のイメージングを試みた．

現地探査は2014年12月，2016年2月および4月に実施した．探査測定条件は以下である．ダム堤体背面の底部に水平方向に約10m長さの測線を設定した．測線上に10cm間隔に高周波加速度センサ（Crossbow CXL 10HF）を貼り付け，結線する．壁面をハンマーで打撃して打撃振動を発生させ，観測する．使用した加速度センサは高感度で10kHz程度までの高周波数帯域の振動を測定することができる（稲崎・雷,1999）．また従来の地震計を用いる計測では高周波数帯域の振動計測は困難であることがわかっている．なお上記使用ツールおよび測定条件下ではSV波成分が卓越することが経験的に知られている（稲崎ほか，2003）．ところで高い空間分解能を確保するには，稠密なセンサアレイの設定に加えて高速サンプリングが不可欠である．第一次調査ではサンプル間隔を25μsに，第2次調査では2μsec，第三次調査では5μsに設定して波形を収録した．

収録した波形データを通常の反射法探査データ処理の流れに沿って処理した．ただし処理時のビット落ちを防ぐため，ジオメトリを100倍して処理した．なおショットギャザには見かけ速度2.5km/sの直達波,測線直交亀裂からの対向波に加え,内部からの反射波が明瞭に捉えられていた.各測線のデータセットに対しRMS速度2.5km/sを仮定して重合前時間マイグレーションを施し,時間-深度変換ののち深度断面を再構成した.

高周波反射深度断面には見かけ深度10m付近に強振幅の連続性の良い水平な反射面が共通して出現した．設計図等との対比から堤体上流側壁面からの反射波に比定することができる．また最表層部深さ2m程度の領域には低角の反射面を認めることができる．壁面に出現した亀裂とその傾斜と調和的であった．一方表層はく離推定部上に設置した測線下の深度断面には，表層はく離面比定反射イベントの下位には明瞭な反射面が見いだされなかった．

ダム堤体などコンクリート構造物の内部物性構造を把握するには，高周波数帯域での高密度計測が必要とされる．筆者らは高周波加速度センサおよび高速高分解能収録装置を採用することでこの条件を解決した．また稠密なセンサアレイ配置を採用することにより，構造物内部あるいは境界面を鮮明にイメージングできることを示した．

キーワード：砂防ダム、土石流、反射法地震探査、高周波加速度センサ
Keywords: Sabo dam, debris flow, seismic reflection survey, high-frequency accelerometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3次元常時微動トモグラフィの開発とその適用事例
Development and applications of 3D ambient noise tomography

*小西 千里[1]、林 宏一[1]
*Chisato Konishi[1], Koichi Hayashi[1]

1. 応用地質株式会社
1. OYO Corporation

従来の微動アレイ探査は、微動の到来方向に偏りがあった場合でも適切な位相速度を推定できるように、同心円上とその中心あるいは正三角形の頂点とその重心に受振点を設けて様々な方位からの微動を計測し、主に1次元のS波速度構造を推定する目的で利用されてきた。我々は、このような微動アレイ探査を2次元/3次元に拡張した常時微動トモグラフィを開発し、適用実験を実施してきた。同手法は、GPS、A/Dコンバーター、バッテリー，SDカード等が全て内蔵された独立型の地震探査装置を用いることで、ケーブルの取り回しの必要がなく、設置場所の制約もあまりうけずに、簡便に計測できるのが特長である。また、一度に数10台の受振点を面的に設置することで、微動の到来方向の偏りの影響も受けることも少ない。さらに、受振器間隔が等しいデータを多数の地震計ペアで同時に取得できるため、スタッキング効果によって、短い計測時間でも品質の高いデータを取得することができるという利点もある。

解析については、表面波探査のCMPCC解析を改良したCMP-SPAC法を用いる。面的に配置した受振器の全ての組み合わせに対してSPAC法により空間自己相関係数を計算し、CMPによるビンニングとソーティングを行って、CMP毎にコヒーレンス波形を作成する。このコヒーレンス波形を、周波数と位相速度を仮定して得られるベッセル関数と比較することにより、周波数毎の位相速度を決定する。周波数ー位相速度の関係から分散曲線を読み取った後は、表面波探査と同様、非線形最小二乗法に基づく逆解析によってCMP毎の1次元S波速度構造を求めることができる。全てのCMPにおける1次元S波速度構造を空間補間することで、簡便に3次元S波速度構造を求めることができる。この方法は、3次元探査であっても計算量は2次元の表面波探査と大きく変わらないため、比較的容易に3次元のS波速度構造を得ることができる。

これまでの現場適用実験の結果は既存の地質情報や物理探査結果と概ね整合しており、期待通りの結果が得られている。ただし、多数の受振器を配置した場合でも、測定範囲の端部では受振器ペアの数や方向が限定されることから、深部の速度推定精度が悪くなることや、微動の偏りの影響も受けやすいこともわかってきた。しかし、これらは通常の物理探査と同様、調査範囲をあらかじめ広めに取っておくことで対応可能である。また、微動のみを利用する場合、波長の短い振動が少なく受振器間隔を短くしても浅部の構造が十分に探査できない可能性もあるが、受振器アレイの外側で人工的な振動を与えることで、浅部の感度も向上し、浅部探査にも適用可能であることもわかった。

キーワード：微動、S波速度、3次元探査
Keywords: Microtremor, S-wave velocity, 3D exploration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

接地抵抗による不被圧地下水の水位変化推定の試み(I) －理論の概要－
An Attempt to Estimate the Level of Non-confind Groundwater by Earthing Resistance (I) - Outline of Theory -

*領木 邦浩[1]
*Kunihiro Ryoki[1]

1. 職業能力開発総合大学校 能力開発院能力開発基礎系技術基礎ユニット
1. Polytechnic University

1.はじめに

関東平野の武蔵野台地では，透水性の良い関東ローム層が数メートルにわたって武蔵野礫層を覆っている．ここでの不被圧地下水は武蔵野礫層を主な帯水層としているが，季節的な涵養を受けて上位のローム層までその水位が上昇することがある．特に，ローム層中には粘土質に富むレンズ状の不透水層が点在しており(角田, 2017)，しばしばこの上に滞留した宙水の水位が地表付近まで上昇するため，水害をもたらすことがある(例えば，東京都地質調査業協会, 2000)．従って，このような地下水位の変動を多くの地点で観測し，水害への備えが求められている．

大島・他 (2015)は，住宅基礎を電気設備の保安用接地として利用するために，約2m×2mの小型モデル基礎や実規模住宅の建築基礎を用いて，これらの接地抵抗の安定性を検証した．これによると，接地抵抗には小型モデルでは200%程度，実規模基礎では20%～30%程度の季節的な変動があることが示され，この変動は表層および住宅基礎の気温変化に伴う温度特性に起因するものと考えられた．一方，1988年12月始めから2001年3月までの井の頭池周辺の観測井における地下水の観測結果(国分, 2005)を見ると，いずれもpeak to peakで2m～3mの年周変化を示している．このような地下水位の変化は大地の大局的な抵抗率を変化させ，接地電極の接地抵抗を変化させる要因となる(領木, 2019)．そこで，本報告では，その考え方を紹介し，地下水位の変動が接地抵抗の変化に与える寄与に基づいた地下水位の推定方法について検討する．

2.理論

原点Oから抵抗率ρの半無限媒質の大地に流入する点電流Iが距離rの地表に作る電位V_rは，$V_r=\rho I/2\pi r$である．このとき，点電流源に代えて半径aの半球状の金属電極を接地すれば，金属内での電位はその表面での電位V_aと等しくなり，$V_a=\rho I/2\pi a$となる．従って，無限遠から見た原点Oの抵抗値（半球状金属電極の抵抗値）Rは，$R=V_a/I=\rho/2\pi a$であり，これが半球状金属電極の接地抵抗となる．

次に，大地を水平二層構造とみなした場合の地表電位を考える．萩原(1951)が示した鏡像法(図1)によると，点電流源が作る距離rの地表z=0での電位$V_{0(r,\,z=0)}$は，$V_{0(r,\,z=0)}=\rho_1 I(1/r+2\Sigma^{\infty}_{k=1}(Q^k/(r^2+(2kd)^2)^{1/2}))/2\pi$となる．ここで，$Q$は電流密度に関する反射係数で，$Q=(\rho_2-\rho_1)/(\rho_2+\rho_1)$，$\rho_1$，$\rho_2$は，それぞれ第1層，第2層の抵抗率，$d$は第1層の層厚である．このとき，二層構造上の接地極の接地抵抗R_aは，垂直電気探査Wenner法と同様に考えると，$r=a$とおいて，$R_a=V_a/I=\rho_1(1/a+2\Sigma^{\infty}_{k=1}(Q^k/(a^2+(2kd)^2)^{1/2}))/2\pi$となり，これを等価接地抵抗と呼ぶこととする．ここで，R_aと，抵抗率ρ_1の第一層だけからなる半無限媒質での接地抵抗R_1(=R)との比を考えると，$R_a/R_1=1+2\Sigma^{\infty}_{k=1}(Q^k/(1+4k^2(d/a)^2)^{1/2})$は等価接地抵抗に関する見掛抵抗率ということができる．

図2は，R_1で基準化したR_aに対する半球導体電極の半径aで基準化した第1層の層厚dの関係を示したものである．これを見ると，地下水位が変化すると相当接地抵抗が変化することが分かり，接地抵抗の変動を監視することによって地下水位の変動を感知できるものと期待できる．

3.今後の計画

ここで示された方法を検証するため，観測井を設置して地下水位等の変動を測定するとともに，電気設備の保安用接地電極の接地抵抗を連続測定を行う．予定されている観測は，(1)地下水の水位，(2)地下水温，(3)地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

下水の電気伝導度，(4)大地の見掛抵抗率，(5)接地の抵抗値，である．講演では予察的な測定結果を示す予定である．

参考文献

萩原尊禮(1951)：比抵抗法，物理探鉱法，朝倉書店，復刻版，現代工学社，143-172.

国分邦紀(2005)：大雨により復活した台地の湧水・地下水についての水文学的考察，平成17年度東京都土木技術研究所年報，201-208.

大島正念・大槻卓也・小林綾(2015)：住宅用鉄筋コンクリート基礎の接地システムへの適用と接地抵抗値の季節変動，電気設備学会誌，**35**, 612-613.

領木邦浩(2019)：不被圧地下水水位変化に伴う水害予測のための接地抵抗変化を用いた水位推定法の理論，技能科学研究，**35**, (投稿中).

角田清美(2017)：武蔵野台地中央部の段丘地形と不圧地下水，駒澤地理，**53**, 35-53.

キーワード：電気設備、武蔵野台地、ローム層、宙水、水害、等価接地抵抗

Keywords: electrical equipment, Musashino district, loam layers, perchied water, flood damage, equivalent earthing resistance

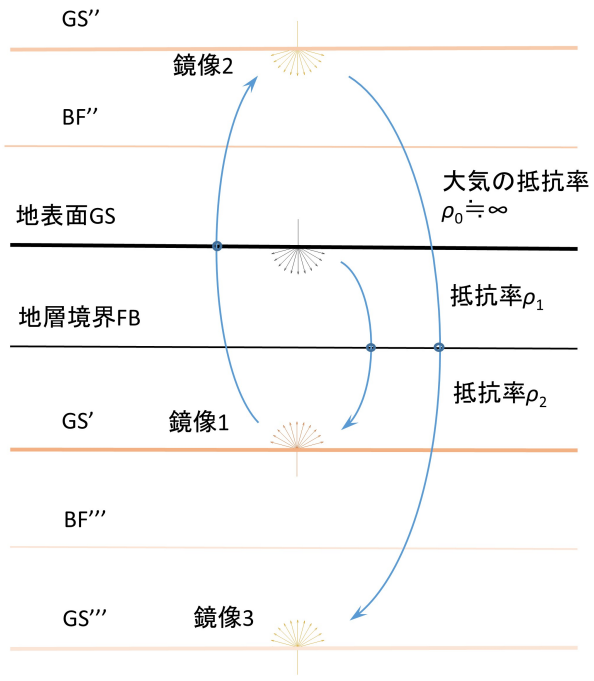


図1　鏡像法の概念図 (領木, 2019).
Fig. 1. Conceptual diagram of the mirror imaging method (Ryoki, 2019).

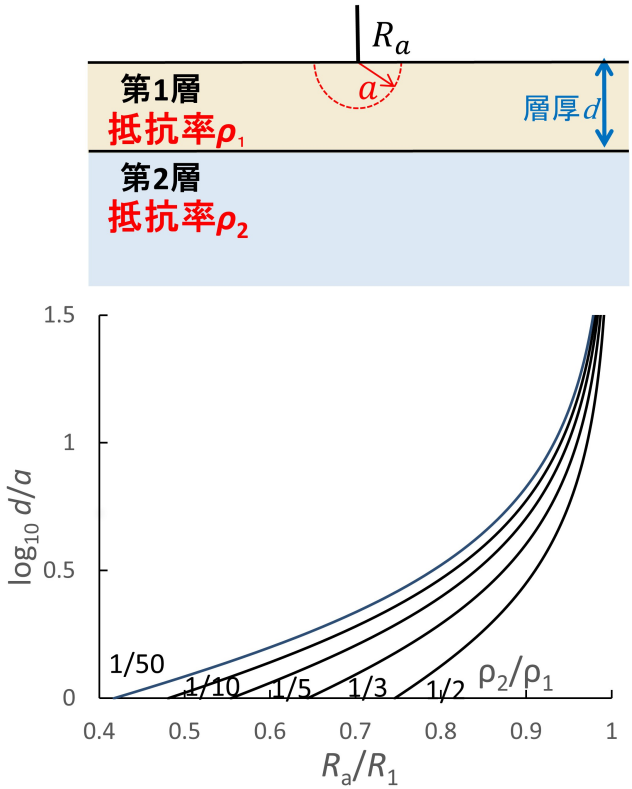


図2　等価接地抵抗と第1層の層厚との関係　それぞれ，半無限媒質での接地抵抗と半球導体電極の半径で基準化してある (領木, 2019).
Fig. 2. Relationship between the equivalent earthing resistance and the 1st layer thickness. Parameters are nor-malized by the earthing resistance in the semi infinite medium and the radius of the hemi-spherical conductor electrode, respectively (Ryoki, 2019).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地中レーダによる海底探査の実験的・理論的検討
Experimental and Theoretical Studies for Seafloor Survey by Ground Penetrating Radar

*園田 潤[1]、木本 智幸[2]
*Jun Sonoda[1], Tomoyuki Kimoto[2]

1. 独立行政法人国立高等専門学校機構・仙台高等専門学校・総合工学科、2. 独立行政法人国立高等専門学校機構・大分工業高等専門学校・電気電子工学科
1. National Institute of Technology, Sendai College, 2. National Institute of Technology, Oita College

海水は導電率が高く一般的に電波は伝搬しないとされており，現在では海水中では主に超音波が利用されている．我々は東日本大震災の津波災害による海底の行方不明者やがれきを探索するために，数百MHz帯の地中レーダを用いた海底探査を試みている．本稿では，宮城県閖上広浦湾と山元町磯浜漁港および坂元沖における地中レーダによる海底探査実験について，TDR (Time Domain Reflectometry) による海水の複素比誘電率の周波数特性と，CTD (Conductivity Temperature Depth profiler) による深さ方向の導電率分布の測定結果とともに，実際の地中レーダ画像からの海底物体探査について述べ，350 MHzの地中レーダで深さ10 m程度の海底物体の反射波が受信できたことを明らかにする．また，GPUを用いたFDTD法による海水中の電波伝搬解析を行い，実験結果の妥当性を示す．

キーワード：地中レーダ、海底探査、FDTD
Keywords: ground penetrating radar, seafloor survey, FDTD

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

指向性ボアホールレーダによる水平孔での岩盤内3次元割れ目分布調査
Evaluation of the 3-D Distribution of Fractures in a Rock Mass using Directional Borehole Radar Data from a Horizontal Borehole

*升元 一彦[1]、松下 智昭[2]、白鷺 卓[1]、植木 隆[3]、唐澤 信輔[3]、牧野 大樹[3]、和田 一成[4]
*Kazuhiko Masumoto[1], Tomoaki Matsushita[2], Suguru Shirasagi[1], Takashi Ueki[3], Shinsuke Karasawa[3], Daiki Makino[3], Kazushige Wada[4]

1. 鹿島建設株式会社 技術研究所、2. 鹿島建設株式会社 中部支店、3. 松永ジオサーベイ株式会社、4. 三井金属資源開発株式会社
1. Kajima Technical Research Institute, 2. Kajima Corporation, 3. Matsunaga Geo-Survey Co., Ltd., 4. Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd.

山岳トンネルにおいて遭遇する施工中の切羽崩壊等の地質トラブルを回避するためには、事前に切羽前方の割れ目に関する情報を取得しておくことが重要である。そのための調査手法として、先進水平ボーリングが広く利用されているが、コストや工期の面から単一孔での調査になり、割れ目の広がりや分布を評価するのは困難であった。筆者らは単一孔であっても割れ目の位置だけでなく、その3次元的分布を評価可能な指向性ボアホールレーダを先進水平ボーリングへ適用することによる切羽前方探査手法の開発を進めている。本研究では、水平孔での探査手法の検討と現場試験を実施したので、その結果を報告する。

指向性ボアホールレーダの特長は、複数本の受信アンテナ素子が円形アレー状に配置されているため、素子間の反射波の到達時間差から到来方向を推定することができ、さらに、送受信アンテナ間の間隔を一定のまま深度方向に微小に移動させて得た2深度の反射波の平均到達時間から、探査対象の3次元位置を推定することができることである。

レーダを水平孔に適用する場合、孔崩れ防止策が大きな課題となる。この際、高周波電磁波による計測を行うため、非鋼製材の保孔管が必要になる。そこで、トンネル補助工法の一つFRP Injection Tube工法（以下，FIT工法）で使われているガラス繊維強化プラスチック（GFRP）製のFIT管を保孔管として適用することにした。一方で、構造上FIT管同士を繋ぐスリーブ（L=0.2m）は鋼製材となるため、探査結果への影響が懸念された。そこで、スリーブがレーダ探査へ与える影響を確認するため、地表面下約1mのガス管（φ85mm）を探査ターゲットとした基礎試験を実施した。この結果、FIT管ありの場合でも、検出した反射点の位置はほぼガス管に一致した。スリーブは探査結果にほとんど影響を与えないことから、FIT管を保孔管として利用できることが確認できた。

次に、花崗岩主体のトンネル側壁に水平に削孔したボーリング孔において、岩盤割れ目を探査ターゲットとした現場試験を実施した。最初にボアホールカメラで孔内を撮影し、次に水平ボーリングをFIT管で保孔し、その中に指向性ボアホールレーダを挿入し、孔口から深度4m～18m範囲を0.1m間隔でデータ収録した。ボアホールカメラの孔内画像から破砕帯5箇所、開口割れ目24本を確認した。また、波形データからは計8個の反射面からの反射波を抽出し、各反射波の到達時間を解析して、反射面の走向傾斜とボーリング孔との交差深度を算出した。両者の比較から、各反射面の走向傾斜はボアホールカメラで得られた破砕帯や開口割れ目の走向傾斜とほぼ一致した。一方、ボアホールカメラで捉えられた破砕帯や開口割れ目の内いくつかは指向性ボアホールレーダの反射面として抽出されておらず、このことは孔内画像として捉えられていても孔壁から奥行き方向へ連続性が乏しい割れ目があることを示している。指向性ボアホールレーダを用いることで、比較的連続性の大きい割れ目の３次元分布が把握できると考えられる。

キーワード：ボアホールレーダ、水平ボーリング、割れ目分布
Keywords: borehole radar, horizontal borehole, distribution of fractures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2 GHz ホーンアンテナを用いた劣化コンクリート橋梁床版の自動検出
Automatic Detection of Deteriorated Concrete Bridge Deck using 2 GHz Horn Antennae

*青池 邦夫[1]、田中 正吾[2]、高瀬 尚人[1]、松山 明男[1]、山内 政也[1]、宇野 嘉伯[1]
*Kunio Aoike[1], Shogo Tanaka[2], Naoto Takase[1], Akio Matsuyama[1], Masaya Yamauchi[1], Yoshinori Uno[1]

1. 応用地質株式会社、2. 山口大学名誉教授
1. OYO Corporation, 2. Professor Emeritus of Yamaguchi Univ.

In 10 years, about 40% road bridges in Japan will become over 50 years old after the construction. Although many inspections have been conducted to the aged road bridges, the upper part of the bridge deck is impossible to inspect visually because of the asphalt concrete layer covering the bridge decks. It is becoming an important problem that slab deterioration is often generated in the upper part of the aged concrete bridge deck. Thus, it is becoming urgently necessary for the deterioration of the aged concrete bridge deck to be detected and repaired to elongate the life of the bridge. Ground penetrating radar (GPR) mounted on a vehicle is one of the effective non-destructive methods, which enables us to inspect the deterioration under no traffic control. A high pulse resolution is required to the GPR to detect anomalies beneath the asphalt concrete layer of the thickness of about 8cm. Adding to it, both a high scan rate in data acquisition and a safe mounting way of the GPR on vehicle are required to achieve the accurate and high-resolution inspection with a high speed traveling of the inspection cars. We adopted the horn antenna, produced by GSSI, whose central frequency is 2 GHz. The antenna can detect reflection waves from the boundary between the asphalt layer and the concrete bridge deck, and also can distinguish them from the surface reflection wave of the asphalt surface. SIR-30 type radar system having 8 channels enables us to realize 989 scans per second with 512 samples, thus it can realize the inspection under the vehicle speed up to 80km/h. We also mount the GPR antennae to the height of 45cm (i.e., lift off) from the road surface. This mounting is important for safe traveling of the inspection vehicle. 8 antennae are mounted on a boat trailer towed by vehicle and aligned in the transverse line to the moving direction. It allows us to scan about 1.7m width at one time. For the inspection of the deterioration of the concrete bridge deck, we developed an automatic processing system. This method predicts a received signal by using two empirical reflection waveforms. We acquired in advance surface reflection waveform and asphalt bottom reflection waveform from an experiment using a real size physical model. We determined the arrival time and the amplitude for each empirical waveform by matching the linear combination of the two empirical waveforms and the actual received signal. To visualize the anomaly distribution of the concrete bridge deck and to inspect the deterioration, we made three types of 2 dimensional maps on thickness of asphalt layer, relative reflectivity at the asphalt bottom, and the fitness between the received and the predicted waveforms. As the results, we could successfully detect the anomalies and delineate their extents. Fig. 1 shows an example of the processing results on a concrete bridge deck model which simulated slab deterioration. We have a plan to continue to modify and update the proposed method by applying the method to real road bridges as a future work.

キーワード：地中レーダ、ホーンアンテナ、橋梁床版
Keywords: Ground Panetrating Radar, horn antenna, bridge deck

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

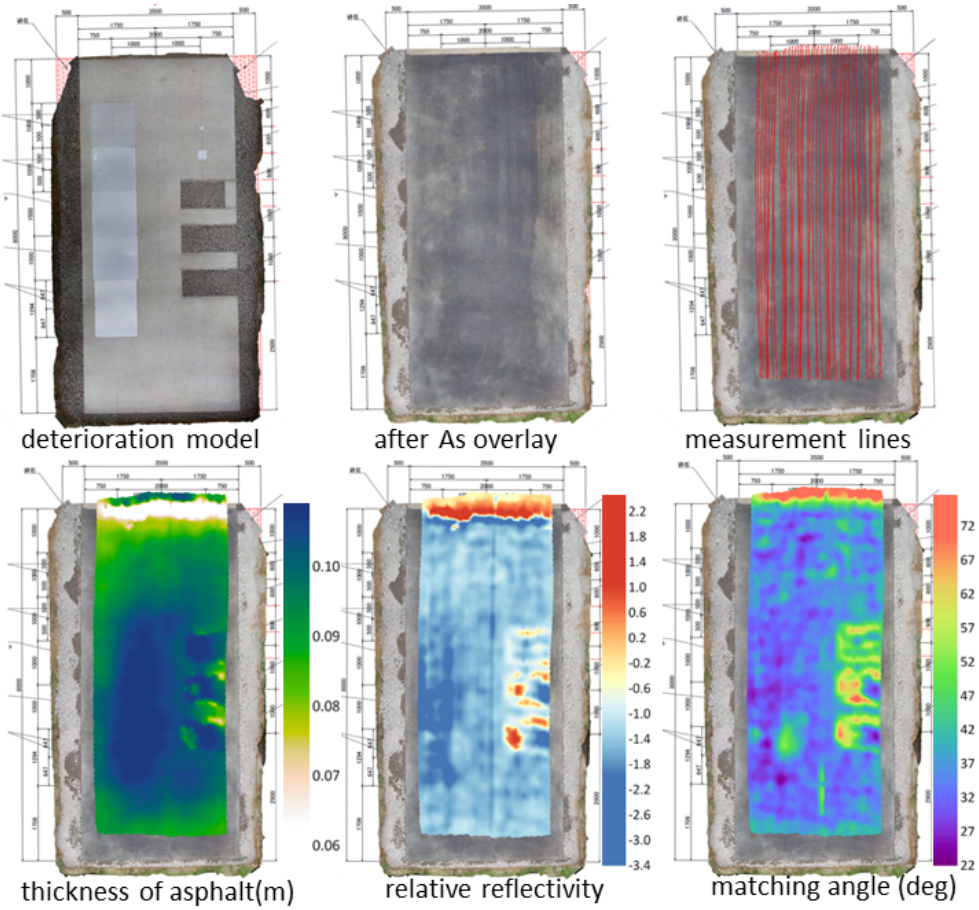


Fig. 1 Simulated deterioration model of concrete bridge deck and the results of automatic processing

©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-GD 測地学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

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

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SGD01-01] 石岡測地観測局における重力値の季節変動

*冨山 顕[1]、兒玉 篤郎[1]、大森 秀一[1]、平岡 喜文[1]、矢萩 智裕[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:00 ~ 14:15

[SGD01-02] 富士山科学研究所重力点の設置と「フェーズフリー」重力観測

*本多 亮[1]、今西 祐一[2]、名和 一成[3]、田中 俊行[4]、兒玉 篤郎[5]、冨山 顕[5] (1.山梨県富士山科学研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.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、5.国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[SGD01-03] 東南極ドロンニングモードランドの露岩域における絶対重力およびGNSS測定

*風間 卓仁[1]、青山 雄一[2]、福田 洋一[1]、土井 浩一郎[2] (1.京都大学理学研究科、2.国立極地研究所)

14:30 ~ 14:45

[SGD01-04] Capability of ICA Method for separating GIA and Ice Mass Signals in Antarctica

*SHI TIANYAN[1]、福田 洋一[1] (1.京都大学理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[SGD01-05] Preliminary result of continuous observation with an iGrav superconducting gravimeter at the Teshikaga observatory, eastern Hokkaido, Japan

*名和 一成[1]、高橋 浩晃[2]、大園 真子[2]、岡田 和見[2]、山口 照寛[2]、岡 大輔[3]、岡崎 紀俊[3]、本多 亮[4]、池田 博[5] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.北海道大学、3.北海道立総合研究機構地質研究所、4.山梨県富士山科学研究所、5.筑波大学)

15:00 ~ 15:15

[SGD01-06] On the anomalous temporal gravity change between VERA and F-net stations at Ishigakijima, Japan

*名和 一成[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]、木村 武志[5] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立天文台、4.筑波大学、5.防災科学技術研究所)

石岡測地観測局における重力値の季節変動
Seasonal variation of gravity values at the Ishioka Geodetic Observing Station

*冨山 顕[1]、兒玉 篤郎[1]、大森 秀一[1]、平岡 喜文[1]、矢萩 智裕[1]
*Akira Tomiyama[1], Tokuro Kodama[1], Shuichi Oomori[1], Yoshifumi Hiraoka[1], Toshihiro Yahagi[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

海外での絶対重力計の観測値の整合性は、国際度量衡委員会（Comité International des Poids et Mesures; CIPM）と国際測地学協会（International Association of Geodesy; IAG）の協力で定期的に開催される国際比較観測によって確認されている。一方、日本国内の絶対重力計については、2002年から毎年、国土地理院が主体となって実施している国内比較観測で整合性を確認しており、2016年からは絶対重力計を保有する国内の関係機関を石岡測地観測局に招聘して実施している。比較観測された結果の妥当性を議論するためには、石岡測地観測局における観測値が外的な要因でどの程度の時間的な揺らぎを持つのか把握しておく必要がある。そのため、同観測局内の基準重力点「石岡FGS」において、絶対重力計FG5による毎月1週間程度の定期観測を1年間実施し、重力値の季節変化等について評価した。本発表では、その結果を報告する。

キーワード：絶対重力計、季節変動
Keywords: Absolute gravimeter, Seasonal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山科学研究所重力点の設置と「フェーズフリー」重力観測
Installation of the First Gravity Station in the Mount Fuji Research Institute, and the Phase-Free gravity measurement

*本多 亮[1]、今西 祐一[2]、名和 一成[3]、田中 俊行[4]、兒玉 篤郎[5]、冨山 顕[5]
*Ryo Honda[1], Yuichi Imanishi[2], Kazunari Nawa[3], Toshiyuki Tanaka[4], Tokuro Kodama[5], Akira Tomiyama[5]

1. 山梨県富士山科学研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. 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、5. 国土地理院
1. MFRI, Yamanashi Prefectural Government, 2. ERI, University of Tokyo, 3. GSJ, AIST, 4. TRIES, ADEP, 5. GSI

Mount Fuji is an active volcano, the difficult situation is that we can’ t tell where the vent will open. Moreover, the eruption is thought to occur rapidly after the precursors such as grand deformations or increase of the seismic activities, because of its low viscosity magma. As a part of the volcano monitoring system, we are now constructing the gravity monitoring network. We are planning to install multiple continuous gravity monitoring stations. We installed the First Gravity Station in Mount Fuji Research Institute (MFRI) last year, where the absolute gravity value is measured by GSI. We are going to start the continuous observation in this station. Although low frequency events or tremors are observed sporadically, Mount Fuji is quiet at this point of time. So, the purpose of our observation at the beginning is to comprehend the precipitation and ground water effect, including snow melting effect in the spring time.

There is another interesting point for the gravity observation in Mount Fuji. The gravity difference between MFRI and the fifth station of the Yoshida trail is about 320 mGal, and the travel time between two points is about 30 minutes. It means that this is a good observation line for the verification of the gravimeters. Now we suggest the "phase-free" gravity measurement (https://phasefree.org/). The idea of "phase-free" is to eliminate the social phases (time, state) of normal times and disasters, so that goods or services normally used can be appropriately used at the time of disaster. If we continuously use the gravity observation line for the verification by various gravimeters in the normal time, that will be the important data for the volcano monitoring when the Mount Fuji is starting to prepare the eruption.

キーワード：重力、富士山、火山監視、重力計検定、フェーズフリー
Keywords: Gravity, Mount Fuji, Volcano Monitoring, Verification of Gravimeter, Phase-Free

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南極ドロンニングモードランドの露岩域における絶対重力およびGNSS測定

Absolute gravity and GNSS measurements on bedrock outcrops in Dronning Maud Land, East Antarctica

*風間 卓仁[1]、青山 雄一[2]、福田 洋一[1]、土井 浩一郎[2]
*Takahito Kazama[1], Yuichi Aoyama[2], Yoichi Fukuda[1], Koichiro Doi[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 国立極地研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National Institute of Polar Research

南極氷床は長期の全球気候変動に大きな役割を果たしていて、将来の気候変動を予測するには南極氷床の時空間変動を詳細に把握することが重要である。いま氷床変動に伴う固体地球の荷重変形応答に注目すると、この応答には「現代の氷床変動に伴う弾性的地殻変動」と「過去の氷床変動に伴う粘弾性的地殻変動」の2種類が存在する。これらは地殻変動観測のみから分離することは困難であるものの、地上重力変化を同時に観測することで両者を分離することが可能である。しかしながら、南極地域で重力変化を観測している地点は非常に少ないため、固体地球科学の観点から南極氷床変動を詳細に理解するには南極のより多くの地点で重力観測を継続的に実施する必要がある。

そこで本研究は、南極氷床の大部分を占める東南極ドロンニングモードランドの2つの露岩域において、Micro-g LaCoste社製FG5絶対重力計（#210）を用いた絶対重力測定を2018年11月～12月に実施した。まず、我々は11月13日～26日の日程でノルウェーのトロール基地（南緯72.01度、東経2.53度）に滞在し、重力計室の基台（基準点名：Troll AA）上で絶対重力値を測定した。当初は寒さの影響で真空ポンプが作動しないなどのトラブルがあったものの、滞在6日目の11月18日に絶対重力測定を開始することができた。11月22日までの5日間で計178セットの重力データを取得し、それらの平均値として絶対重力値982,360,741.41 +/- 1.16 +/- 1.82 microGalを得た。次に、我々は11月26日～12月4日の日程でインドのマイトリ基地（南緯70.77度、東経11.73度）に滞在し、同様に重力計室の基台（基準点名：Maitri AB）上で絶対重力値を測定した。11月28日～12月1日の4日間で計112セットの重力データを取得し、それらの平均値として982,576,883.10 +/- 1.23 +/- 1.83 microGalを得た。

本研究で得られた絶対重力値を2012年１月～2月の測定結果(Dr. Jaakko Mäkinen, personal communication)と比較すると、約7年間にトロール基地では-4.4 microGal、マイトリ基地では-4.2 microGalだけ絶対重力値が減少していることが分かった。この原因としては地表面の沈降や基地周辺の氷床質量の損失が考えられる。なお、両基地では絶対重力と同時にGNSSデータを取得したので、このGNSSデータから地殻変動量を把握することで重力減少の原因を定量的に理解することができると期待される。

キーワード：南極氷床、絶対重力、相対重力、GNSS、トロール基地、マイトリ基地
Keywords: Antarctic ice sheet, absolute gravity, relative gravity, GNSS, Troll Station, Maitri Station

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Capability of ICA Method for separating GIA and Ice Mass Signals in Antarctica

*SHI TIANYAN[1]、福田 洋一[1]
*SHI TIANYAN[1], Yoichi Fukuda[1]

1. 京都大学理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

The Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) mission provided global gravity change data with a spatial resolution of a few hundred kilometers and a temporal resolution of 30 days. The GRACE data revealed the total mass changes in Antarctica and contributed to Antarctic Ice Sheet (AIS) mass balance researches. However, there are large uncertainties in Glacial Isostatic Adjustment (GIA) effects, which should be removed from the GRACE data, for estimating the AIS mass balance. While many studies have been conducted for estimating or removing the GIA effects thus far, we try to use a statistical analysis method called Independent Component Analysis (ICA) and investigated its capability of separating GIA and AIS mass signals.

We primarily employed GRACE RL05 mascon data provided by NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) of all the GRACE available period from January 2002 to June 2017 with the spatial coverage of all Antarctica. And we used three ICA methods, namely, spatial ICA (sICA), temporal ICA (tICA), and spatio-temporal ICA (stICA), for testing the characteristics and/or the capabilities of the methods.

The results showed that the GIA like signal can be recovered successfully with sICA which separated GIA signals and AIS mass change signals into two statistical independent components. On the other hand, tICA decomposed the GIA signal into two independent components. This suggested that tICA could not solve the signals mixing problem completely. Nevertheless, tICA detected an extra anomaly snow-fall signal around 2010. This shows that tICA may have the potential to separate long-term trend signals with different time scales. The results of stICA suggested that its characteristics could be seen as a combination of the above two methods. Thus, an appropriate combination of the methods should be examined.

We also tested other datasets and revealed the different datasets and/or pre-processing of the datasets largely affected the obtained results. It is impossible to assess the validity of the results only using the GRACE data. Therefore, additional information should be necessary to validate and interpret the results.

キーワード：GRACE、GIA、ICA
Keywords: GRACE, GIA, ICA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preliminary result of continuous observation with an iGrav superconducting gravimeter at the Teshikaga observatory, eastern Hokkaido, Japan

*名和 一成[1]、高橋 浩晃[2]、大園 真子[2]、岡田 和見[2]、山口 照寛[2]、岡 大輔[3]、岡崎 紀俊[3]、本多 亮[4]、池田 博[5]
*Kazunari Nawa[1], Hiroaki Takahashi[2], Mako Ohzono[2], Kazumi Okada[2], Teruhiro Yamaguchi[2], Daisuke Oka[3], Noritoshi Okazaki[3], Ryo Honda[4], Hiroshi Ikeda[5]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 北海道大学、3. 北海道立総合研究機構地質研究所、4. 山梨県富士山科学研究所、5. 筑波大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Hokkaido University, 3. Geological Survey of Hokkaido, 4. Mount Fuji Research Institute, 5. University of Tsukuba

In November, 2018, continuous observation with the iGrav type superconducting gravimeter (# 017) was started at the Teshikaga Observatory of the Hokkaido University in order to carry out high spatiotemporal resolution gravity monitoring in the caldera / volcanic area in eastern Hokkaido. The gravity meter used in CCS project of Tomakomai site was temporarily relocated to the Minami-shinkawa Observatory in September of the same year and then moved to the Teshikaga Observatory from Minami-shinkawa at the timing before entering the snowy season . We report what kind of record is obtained by the superconducting gravimeter at each observatory in wide frequency band from the seismic to the geodetic band. The observation data will be registered in the Crustal Deformation Database of Hokkaido University for the purpose of archive, distribution and comparative analysis with other principle data.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the anomalous temporal gravity change between VERA and F-net stations at Ishigakijima, Japan

*名和 一成[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]、木村 武志[5]
*Kazunari Nawa[1], Yuichi Imanishi[2], Yoshiaki Tamura[3], Hiroshi Ikeda[4], Takeshi Kimura[5]

1. 産業技術総合研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 国立天文台、4. 筑波大学、5. 防災科学技術研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. University of Tsukuba, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Continuous gravity and hydrological observations at Ishigakijima revealed that the gravity difference between the F-net station (gPhone) and the VERA station (superconducting gravimeter) is closely related with the change in the soil water content near the F-net station. It was also noted, however, that the gravity difference did not indicate significant changes on some occasions of heavy rainfall. In addition, our precipitation response model did not predict the observed gravity change well for a particular period expanding a few tens of days. Here we reexamine our data of precipitation, soil moisture, and underground water level as well as gravity, to refine our model of the hydrological effects on gravity at Ishigakijima.

©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-GD 測地学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)、座長:名和 一成、本多 亮(山梨県富士山科学研究所)

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[SGD01-07] 絶対重力の長期変動から読み解く桜島の火山活動（2009年～2018年）

*大久保 修平[1]、山本 圭吾[2]、井口 正人[2]、田中 愛幸[3]、今西 祐一[1]、西山 竜一[1]、安藤 美和子[1]、渡邉 篤志[1] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.東京大学大学院理学系研究科)

15:45 ~ 16:00

[SGD01-08] Detection of Earthquake-induced Prompt Gravity Signals in Multi-channel Data

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]、綿田 辰吾[1]、大谷 真紀子[2]、新谷 昌人[1]、今西 祐一[1]、安東 正樹[3]、功刀 卓[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、4.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SGD01-09] 局地客観解析を用いた大気引力効果の評価

*田中 俊行[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)

16:15 ~ 16:30

[SGD01-10] 精密重力ジオイド構築に向けた航空重力測量の取組み

*兒玉 篤郎[1]、冨山 顕[1]、大森 秀一[1]、吉樂 絵里香[1]、矢萩 智裕[1]、平岡 喜文[1]、河和 宏[1] (1.国土交通省国土地理院)

16:30 ~ 16:45

[SGD01-11] 航空重力データを用いた重力ジオイド・モデリング：米国コロラド州を例に

*松尾 功二[1]、Rene Forsberg[2] (1.国土地理院、2.デンマーク工科大学)

16:45 ~ 17:00

Discussion

絶対重力の長期変動から読み解く桜島の火山活動（2009年～2018年）

Absolute gravity signals at the Sakurajima volcano since 2009 through 2018

*大久保 修平[1]、山本 圭吾[2]、井口 正人[2]、田中 愛幸[3]、今西 祐一[1]、西山 竜一[1]、安藤 美和子[1]、渡邉 篤志[1]
*Shuhei Okubo[1], Keigo Yamamoto[2], Masato Iguchi[2], Yoshiyuki Tanaka[3], Yuichi Imanishi[1], Ryuichi Nishiyama[1], Miwako Ando[1], Atsushi Watanabe[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, The University of Tokyo

[1] はじめに

われわれは桜島火山において、2008年4月から2019年2月現在まで10年以上の長期にわたって絶対重力観測を行ってきた。この間に、火山活動は2009年に本格化し、およそ2015年までの7年間は、毎年の爆発回数が500～1000回にも及んだ。ことに2015年8月15日にはダイク貫入イベントが発生し、多数の火山性地震および10cmを超える地殻変動が観測され、噴火警戒レベルが４まで上げられるなど緊迫した事態も生じた。しかし、このイベント直後に爆発・噴火活動はかえって劇的に低下するという予想外の展開となった。本講演では、上述の火山活動が、長期的な重力変動データから、どのように解釈されるかについて議論する。

[2] 重力変動の特徴とその解釈

重力観測データには、降雨等に伴う陸水変動による重力擾乱や、不圧地下水の潮汐等、火山活動とは独立な要因で変化する成分が含まれている。これらの擾乱を除去する手法については、Kazama and Okubo (2009)や、Okubo et al (2014)で開発してきた。これらの擾乱を取り除いた後の重力シグナルを調べたところ、(1)~(3)に示す火山活動期ごとに、それぞれ特徴的な変動を示していることがわかった。

(1) ブルカノ式噴火期（2009年～2015年7月）

重力は±10microgalの変動幅におさまり、噴火活動が低調な時期には重力増加が、活発にな時期には重力減少が見られる。深さ5㎞程度のマグマだまりへのマグマ供給と、噴火による物質放出とが動的平衡状態にあると考えられる。

(2) ダイク貫入イベント（2015年8月前後）

6 microgalの重力減少が、10 microradian 程度の地殻変動と同期して（タイムラグなし）で生じた。両者の変動のタイムスケールはともに、12-18時間前後で完結している。

(3) 爆発活動が急激に静穏化した時期（2015年後半～）

重力は概ね10microgal/yrで単調に増加し、マグマ溜りの収縮を示唆する。

上記のさまざまな特徴は、火道の「開口 ・閉塞」状態のスイッチングを反映している。すなわち(1)では、火道が開口状態にあって、周囲に生じる弾性変形が小さく、重力変動の大部分が火道内のマグマ頭位変化＝線質量の長さ変化ととらえることができる。その後、火道が火道が閉塞させられ、地殻の弾性変形が生じた(2)の段階を経て、現在はマグマ溜りの収縮過程にある可能性がある。

キーワード：絶対重力、桜島火山
Keywords: Absolute Gravity, Sakurajima

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detection of Earthquake-induced Prompt Gravity Signals in Multi-channel Data

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]、綿田 辰吾[1]、大谷 真紀子[2]、新谷 昌人[1]、今西 祐一[1]、安東 正樹[3]、功刀 卓[4]
*Masaya Kimura[1], Nobuki Kame[1], Shingo Watada[1], Makiko Ohtani[2], Akito Araya[1], Yuichi Imanishi[1], Masaki Ando[3], Takashi Kunugi[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、4. 防災科学技術研究所
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Department of Physics, The University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Seismic waves radiating from an earthquake rupture induce density perturbations of the medium, which in turn generate widespread transient gravity perturbations before the arrival of P-waves. Recently, signal detections of such prompt gravity perturbations from the 2011 Tohoku-Oki earthquake were reported. However, the data used for the detections were only a small subset of the available data, and the statistical significance of the signals were not sufficient nor discussed. In this study, we optimized multi-channel data recorded by several instruments and searched for the signals from the 2011 event. Though the single-trace records did not show any signal, the stacked trace of the broadband seismometer array data in Japan showed a signal clearly standing above the noise level, and this detection was confirmed with a sufficient statistical significance. This result provides the first constraint on the amplitude of prompt gravity signals by observation and will work as a reference for future detections.

キーワード：earthquake-induced gravity perturbation、transient deformation、time variable gravity、2011 Tohoku-Oki earthquake
Keywords: earthquake-induced gravity perturbation, transient deformation, time variable gravity, 2011 Tohoku-Oki earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

局地客観解析を用いた大気引力効果の評価
Evaluation of atmospheric attraction effect using local-scale objective analysis (LANAL)

*田中 俊行[1]
*Toshiyuki Tanaka[1]

1. 公益財団法人地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所
1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

東濃地震科学研究所（TRIES）では，地下水を含めた地下の質量変動をモニターするために，瑞浪超深地層研究所の地上と地下で重力連続観測を継続している（Tanaka and Honda, 2018, doi:10.1002/2017EA000311）．これら２台の重力計間の質量変動は２台の重力差から評価出来る．また，２台の重力和は，地上重力計位置より上方と地下重力計位置より下方からの引力効果を反映する．地震に関連した重力変動，即ち，地下重力計位置より下方からの引力効果を抽出するためには，地上重力計より上方の大気引力効果を補正する必要がある（簡単のため，ここでは大気荷重変形効果と観測点近傍の高地の存在は無視する）．

これまでTRIESは，重力観測点を中心とする10˚×10˚×100hPa面（経度方向約900 km ×緯度方向約1100 km ×高度約16 km）の範囲の大気引力効果の計算には，メソ客観解析（MANAL）を用いてきた．これは，全球総和の大気引力効果時間変動振幅の6割程度を占める．

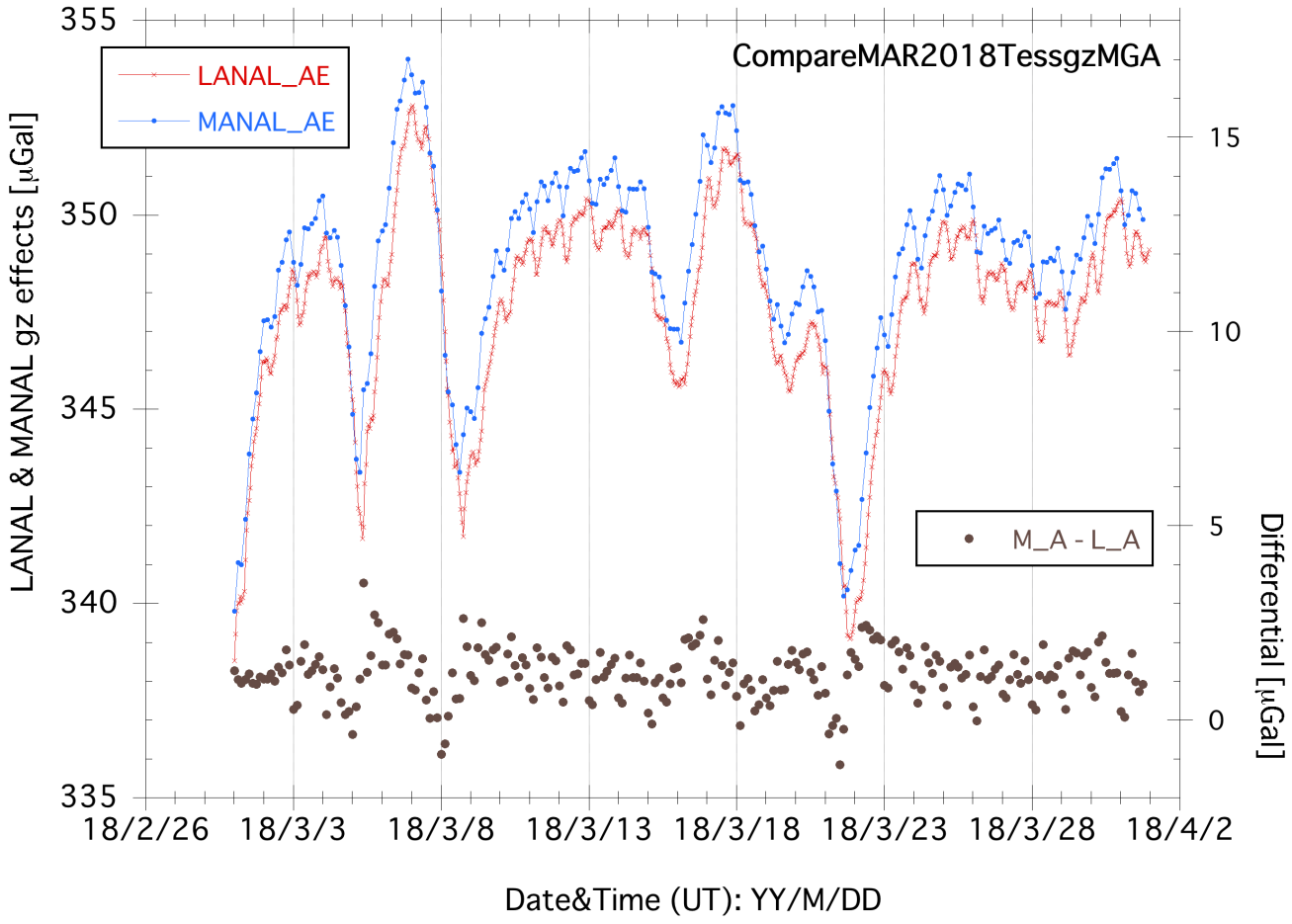
2018年より局地客観解析（LANAL）が公開開始となった．格子間隔はMANALとLANALは同じ5 kmだが，LANALは等気圧面（P面）数がMANALから１つ（975 hPa面）増えた．これにより観測点に近い高度の空間分解能が向上した．そして，時間間隔がMANALの3時間から1時間になった事で，時間分解能も向上した．したがって，大気引力効果の評価にMANALからLANALへの更新を見当する必要が生じた．

LANALも他の客観解析同様，GRIB2フォーマットで提供される．GrADS (http://cola.gmu.edu/grads/)を用いてLANALデータにアクセスするが，MANALでも見られたように，g2cltもしくはalt_g2ctlコマンドで生成されるコントロールファイルのままでは正常に表示出来なかった．コントロールファイルのPDEF行で，1になっているjref変数をjsize変数の値に変更する必要がある．また，地形面での大気密度計算やP面と地形高度の比較の必要性から，同梱される地形データ（4byte実数バイナリー）を使用する．これについてもMANAL同様の仕様で，GrADSの描画では南北方向が反転する．これを修正するため，北西端を開始点として格納されているデータを南西端を開始点として格納しなおした（処理系によってはバイトスワップも必要）．後は，MANAL用に開発した手順に準じて，大気引力効果の計算を行った．

本稿執筆時点では，2018年3月の１ヶ月間のみの計算結果であるが，同時刻数値の差の標準偏差は0.66 microGal，瞬間値では最大2.4 microGalの差が生じた．これまで用いてきたMANALとは有意な差がある．今後，重力観測データへの適用により，MANAL利用との違いを評価したい．

キーワード：重力、局地客観解析、大気
Keywords: gravity, local-scale objective analysis, atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

精密重力ジオイド構築に向けた航空重力測量の取組み
Airborne gravity survey for establishment of a new precise gravimetric geoid model

*兒玉 篤郎[1]、冨山 顕[1]、大森 秀一[1]、吉樂 絵里香[1]、矢萩 智裕[1]、平岡 喜文[1]、河和 宏[1]
*Tokuro Kodama[1], Akira Tomiyama[1], Shuichi Oomori[1], Erika Wada[1], Toshihiro Yahagi[1], Yoshifumi Hiraoka[1], Hiroshi Kawawa[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

これまで日本の標高は、東京湾平均海面を基準として決められた日本水準原点から、全国の主要国道沿いに約2km間隔で設置された水準点に対し、国土地理院が水準測量によって標高成果を取り付けることで維持管理されてきた。しかし、水準測量は非常に時間とコストがかかる上、地震やプレート運動等に伴う地殻変動を迅速に標高へ反映することが難しく、迅速な復旧・復興に支障を来たすという課題があった。一方で、国土地理院では、平成25年（2013年）4月の「日本のジオイド2011+2000」の公開に合わせて新たに「GNSSによる標高の測量マニュアル」を施行し、一部の公共測量において測位衛星を利用して標高を決定することを可能とした。しかしながら、これまで国土地理院が構築してきたジオイド・モデルは、既存の標高体系に整合させるため、電子基準点の楕円体高成果と水準測量による標高成果から得られる実測ジオイド高と、精度的には粗いが広域を計算できる重力ジオイド・モデルとを組み合わせたハイブリッドなモデルであった。そのため、地震に伴う地殻変動などにより楕円体高成果と標高成果がそれぞれ別に改定された場合には、その改定量をジオイド・モデルへ反映させる必要があり、結果として水準測量が終わるまでは使えない仕組みとなっている。また、重力ジオイド・モデルの構築に必要な重力データについても、山岳部や沿岸海域における空白域の存在や、衛星重力データの空間分解能が低いこと、国内にある地上重力データは大部分が約30年前に観測されたもので現況から乖離していること、さらにそれらの観測位置の情報は地図等から取得したものが多く精度が低いことなどから品質の面で課題がある。

そこで、これらの課題を解決し、より迅速に精度の高い標高決定を可能にするため、国土地理院では、平成30年（2018年）度から航空重力測量のプロジェクトを開始した。具体的には、2019年度から４年計画で、航空機に搭載した相対重力計を用いて全国の重力データを整備し、そのほかに利用可能な地上重力、衛星重力、海上重力等のデータと組み合わせて新たに３cm精度以下の精密重力ジオイド・モデルを構築する。電子基準点から得られる楕円体高と精密重力ジオイド・モデルを基盤とした新たな標高の仕組みを2024年度までに整備し、誰もが衛星測位で簡単に高精度な標高を利用できる社会を目指す。精密重力ジオイド・モデルは楕円体高成果や標高成果に依存しないため、地殻変動が発生した場合でも衛星測位で迅速に標高算出が可能となる。

本発表では、国土地理院が目指す新たな標高の仕組みと、その実現に向けた航空重力測量の取組み状況について報告する。

キーワード：航空重力測量、重力ジオイド・モデル、標高体系
Keywords: Airborne gravity survey, Gravimetric geoid model, Height system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空重力データを用いた重力ジオイド・モデリング：米国コロラド州を例に

Gravimetric geoid modeling using airborne gravity data : a case study in Colorado, U.S.A.

*松尾 功二[1]、Rene Forsberg[2]
*Koji Matsuo[1], Rene Forsberg[2]

1. 国土地理院、2. デンマーク工科大学
1. GSI of Japan, 2. Denmark Technical University

日本の標高は、水準測量により維持管理されているが、全国規模の水準測量には膨大な時間と費用を要する。そこで、国土地理院では衛星測位と精密重力ジオイド・モデルを用いた効率的な標高の維持管理への移行に向けて、2019～2022年にかけて全国を対象に航空重力測量を実施し、日本列島の重力ジオイド・モデルの精密化を計画している。本研究では、航空重力データを用いて精密重力ジオイド・モデルを構築するための最適な計算手法について海外の既存のデータを用いた検証を行った。検証に用いたデータは、NGS（米国測地測量局）とデンマーク工科大学より提供を受けた米国コロラド州のデータである。本発表では、２つの異なる計算手法（ストークス・ヘルマート法とUNB法）で構築したジオイド・モデルについて検証結果を報告する。

キーワード：測地学、重力・ジオイド、航空重力測量
Keywords: Geodesy, Gravity and Geoid, Airborne gravimetry

©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-GD 測地学

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

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

日本国内における宇宙測地学のコミュニティでは，地震学・火山学・気象学など地球科学を中心とした理学的な利用研究が圧倒的である．しかし，AGUなど海外の学会では工学的な利用の研究も盛んに行われている．近年は，GNSSやInSAR測定手法の進歩によって，国内でも宇宙測地計測を広く工学に利用しようとする動きが進みつつある．また，国土地理院が標高測量を水準測量からGNSSを中心とした宇宙測地計測に移行しようとしており，水準測量を利用してきた多くの工学分野でも宇宙測地手法が急速に普及していく可能性が高い．本セッションでは，地盤計測・自動運転など宇宙測地計測を利用した工学分野の先進的な研究を紹介して，特に若い地球科学研究者に対して宇宙測地学の工学利用を紹介する．また，宇宙測地技術を用いた工学分野の計測・研究に関する幅広い一般投稿を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[SGD02-01] 地殻変動補正と精密重力ジオイドが導く高精度３次元測位社会の未来

*矢萩 智裕[1]、小門 研亮[1]、吉田 賢司[1]、豊福 隆史[1]、岩田 昭雄[1]、宮原 伐折羅[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:15 ~ 9:30

[SGD02-02] 衛星による地表面変位観測データの地下水流動・地盤沈下モデル逆解析への活用に関する予察的検討

*愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SGD02-03] 干渉SARによる全国の地盤変動監視と2.5次元解析の活用

*酒井 和紀[1]、林 京之介[1]、桑原 將旗[1]、山下 達也[1]、本田 昌樹[1]、宗包 浩志[1] (1.国土地理院)

9:45 ~ 10:00

[SGD02-04] InSAR計測技術の資源探査への利用

*六川 修一[1]、中村 貴子[1] (1.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[SGD02-05] The application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method

★Invited Papers

*村本 良幸[1]、早津 晋[1]、檜山 学良[1]、村井 大助[1]、国末 彰司[1] (1.関東天然瓦斯開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[SGD02-06] GNSS衛星航法が利用拡大する航空分野における新たな脅威と対策

★招待講演

*藤原 健[1]、辻井 利昭[2] (1.宇宙航空研究開発機構、2.大阪府立大学)

地殻変動補正と精密重力ジオイドが導く高精度３次元測位社会の未来
Future vision of the society for utilizing highly precise three dimensional positioning data by applying crustal deformation and precise gravimetric geoid model

*矢萩 智裕[1]、小門 研亮[1]、吉田 賢司[1]、豊福 隆史[1]、岩田 昭雄[1]、宮原 伐折羅[1]
*Toshihiro Yahagi[1], Kensuke Kokado[1], Kenji Yoshida[1], Takashi Toyofuku[1], Masao Iwata[1], Basara Miyahara[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

2018年11月に準天頂衛星による高精度なセンチメートル級測位補正サービス（CLAS）が開始されるなど、近年，GPSや準天頂衛星等を利用した衛星測位技術が発達し，高精度な位置情報を誰でも簡易に利用できる環境が整いつつある。衛星測位の利活用は、基準点の維持管理や公共工事用の位置基準の決定といった従来の測量用途から、自動運転、ICT施工、スマート農業、ドローン宅配等の様々な分野に拡大しており、測位結果を矛盾なく利用するための仕組み作りが必要となるとともに、３次元空間で位置情報が利活用できる環境整備が求められる。

我が国の位置情報の基盤である基準点の位置は、過去のある時点（元期）における座標で管理され、地図等の地理空間情報もこれら基準点の位置情報に基づいて整備されている。一方、測位手法の中には、CLASをはじめとする現在（今期）の位置情報を決定する技術もあり、地殻変動の影響によって、衛星測位の精度が上がれば上がるほど、得られる位置情報と既存の地理空間情報の位置との不整合が問題となる可能性がある。また、我が国の標高は、明治以来国土地理院が全国で繰り返し実施してきた水準測量を基盤とした仕組みとなっている。衛星測位で得られる楕円体高を標高に換算するためには、重力データから計算できる標高の基準（ジオイド）の情報によって補正する必要があるが、既存の重力データの品質では水準測量に置き換えられる精度のジオイド・モデルを構築できないという課題もある。

上記の背景を踏まえ、国土地理院では、2020年を目途に測位結果と既存の地理空間情報とを整合させる仕組みである地殻変動補正システムを構築することとし、2019年1月から3月までテスト版の計算サイトを公開し利用者のニーズを把握した。また、衛星測位から高精度な標高を得られる環境を整備するため、2019年度から4年かけて航空重力測量により全国の重力データを取得し、2024年度までに全国で精度3cm以内の精密重力ジオイド・モデルを構築するプロジェクトを立ち上げ、2018年度は重力計調達のほか、地上検定線の設置、測線の設計等の準備を行っている。さらに、これらのデータを活用した３次元位置情報サービスの可能性を探るため、産官学各分野への関係者へのヒアリング調査も進めている。本講演では、３次元測位情報の高度利用に向けた国土地理院の取組について報告する。

キーワード：地殻変動補正、重力ジオイド・モデル、航空重力
Keywords: Crustal deformation model , Gravimetric geoid model, Airborne gravity survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星による地表面変位観測データの地下水流動・地盤沈下モデル逆解析への活用に関する予察的検討

Preliminary study on the application of satelite-based monitoring for land surface displacement to inverse analyses of groundater flow/land subsidence modeling

*愛知 正温[1]
*Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

InSAR技術の発展やGNSS観測点数の増加により、広範囲の地表面変位を観測できるようになったことから、これを地下水・地盤沈下モデルのキャリブレーションに用いることができれば、これまで以上にモデルの精度向上につながると期待されている。一方で、観測地表面変位データには、地震やその余効変動など、地下水揚水とは関係のない成分が含まれることがあり、そのままモデルの比較対象とする情報としては適切でないことがあると考えられる。地下水揚水に関わる変動成分とそうでない変動成分を分離しながら、モデルのキャリブレーションを行う手法を開発することが重要であると考えられる。

本研究では、未知の地表面変動は空間的になめらかに変化するという事前の仮定を追加し、以下の3段階の操作を繰り返し行って推定する手法を提案した。まず、適当な地下水・地盤沈下モデルを用いて地下水揚水に起因する変位成分を計算した結果と、観測データとの差分変位分布データを作成する。その上で、差分変位分布データの回転エネルギーを計算する。地下水・地盤沈下モデルのパラメータを変更し、差分変位分布データの回転エネルギーが最小化するようにパラメータを探索する。

仮想的な地下水利用および広域的地殻変動を仮定した数値実験を行った結果、広域的な変動成分や未知の揚水による地盤沈下が観測データに含まれている場合にも、その影響を受けずに地下水・地盤沈下モデルのキャリブレーションを行える可能性があることが示唆された。

キーワード：地下水、地盤沈下モデル、逆解析、衛星モニタリング
Keywords: groundwater, land subsidence modeling, inverse analysis, satellite-based monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

干渉SARによる全国の地盤変動監視と2.5次元解析の活用
Monitoring of ground deformation all over Japan by InSAR and utilizing 2.5-D analysis

*酒井 和紀[1]、林 京之介[1]、桑原 將旗[1]、山下 達也[1]、本田 昌樹[1]、宗包 浩志[1]
*Kazuki Sakai[1], Kyonosuke Hayahsi[1], Masaki Kuwahara[1], Tatsuya Yamashita[1], Masaki Honda[1], Hiroshi Munekane[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

国土地理院では、全国の地盤変動の監視を目的に、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」（ALOS-2）の観測データを用いたSAR干渉解析を実施している。また、大規模な地震や火山活動等の発生時には、臨時的なSAR干渉解析により、これらに伴う変動を迅速に把握している。得られた変動情報については、地震調査委員会や火山噴火予知連絡会等の防災関係機関に情報提供するとともに、国土地理院のwebサイトに掲載している。

単独の観測ペアに対するSAR干渉解析では、2回の観測の間に生じた衛星ー地表間の距離の1次元の変化しか捉えることができない。しかし、同一の範囲を東西両方向から観測したデータを用いることで、変動の準上下成分と準東西成分を導出することができる。この手法を2.5次元解析（Fujiwara et al., 2000）という。準上下（東西）成分の「準」とは、得られる変動成分が完全な上下または東西方向ではなく、数度ずれた方向であることを示している。

SAR干渉画像は衛星ー地表間の変動量を虹色で表現しており、変動を直感的に理解することが難しいことに加え、単独の画像では変動の方向を特定することができない。一方、2.5次元解析では変動の理解が容易になるとともに、変動の方向が特定できるというメリットがある。国土地理院では、わかりやすい干渉SARによる変動情報の公開方法について検討を進めており、そのひとつの手法として2.5次元解析の活用を進めているところである。2.5次元解析の活用例として、平成30年（2018年）北海道胆振東部地震では、準上下成分の結果が当該地域の水準点の復旧測量実施範囲の検討に活用されたことが挙げられる。
本発表では、SAR干渉解析により捉えられた地盤変動や、地震や火山活動における2.5次元解析の解析事例について紹介する。

＊謝辞

本研究で用いたALOS-2データは「陸域観測技術衛星2号に関する国土地理院と宇宙航空研究開発機構の間の協定」に基づいて提供されたものであり、原初データの所有権はJAXAにあります。

キーワード：干渉SAR、2.5次元解析、地盤変動、だいち２号（ALOS-2）
Keywords: InSAR, 2.5-D analysis, Ground deformation, ALOS-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

InSAR計測技術の資源探査への利用
Resource Exploration using Interferometric Synthetic Aperture Radar Measurement Technology

*六川 修一[1]、中村 貴子[1]
*Shuichi Rokugawa[1], Takako Nakamura[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

宇宙からの地球観測技術のひとつであるSARを用いたInSAR（干渉型合成開口レーダ）は、地上に観測点を必要とせず地表の変形を検出可能とする技術である。ALOS/PALSAR-2に搭載されたLバンドSARは日本特有のセンサで植生を透過するため森林に覆われた日本のような地域で有効である。干渉SARは様々な技術的応用の可能性がある。この技術はこれまで地震や火山噴火に伴う地殻変動や自然災害による変動などの比較的突発的かつ大きい変動を中心とした解析に使われてきたが、継続的な地盤変動モニタリングにより微小な変動量抽出も可能である。また、水準測量やGNSSと異なり、InSARを用いた測量は広域な地盤沈下の状況が面データとして解析可能であるという利点があるが、その反面、解析に際してはそれなりのデータ量の蓄積を必要とする。本研究では、実際の石油生産国であるクウェートと、千葉県に分布する東関東ガス田を解析対象地域に選定し詳細な解析を行った。その結果、クウェートについては主に４か所で顕著な地盤変動が確認され、各地点がそれぞれブルガン油田、ミナギシュ油田、ウムグダイヤ油田、ワフラ油田の位置と一致していることが確認できた。このことから干渉SARを用いて油田の産油地点付近の地盤変動を的確に把握できる可能性があることが分かった。また、ブルガン油田を例として、2004年から2010年までの7年間における生産量の実データと干渉SARより算出したデータの相関性について解析した結果、高い相関(相関係数：0.83)が確認された。この結果から、油田の影響範囲内における沈下量と油田の生産量の間には一次相関があることが確認され油田の沈下量と実際の生産量の間に高い相関性が認められたことにより、干渉SARの解析結果から適切な生産マネジメントができる可能性が示された。また、千葉県においても同様にInSAR時系列解析を行い地盤変動量の空間分布を時系列的に把握し、天然ガスの生産状況のモニタリングと生産マネジメントの可能性を考察した。

キーワード：干渉型合成開口レーダ、ALOS/PALSAR-2、油田
Keywords: InSAR, ALOS/PALSAR-2, oil/gas fields

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method

*村本 良幸[1]、早津 晋[1]、檜山 学良[1]、村井 大助[1]、国末 彰司[1]
*Yoshiyuki Muramoto[1], Susumu Hayatsu[1], Michiharu Hiyama[1], Daisuke Murai[1], Shoji Kunisue[1]

1. 関東天然瓦斯開発株式会社
1. KANTO NATURAL GAS DEVELOPMENT CO., LTD

[Background]
We have been developing the Southern Kanto gas field for many years. This field which contains natural gas dissolved in water is located primarily under Chiba prefecture, and it extends across a wide area of the Kanto region, including Ibaraki, Saitama and Kanagawa prefectures as well as Tokyo Metropolis. This field’s recoverable reserves are estimated 368.5 billion cubic meters, making it the largest field of gas dissolved in water in Japan. The gas is dissolved in formation water which is called brine, so it is produced together with brine. Commercial production of natural gas has been conducted in Chiba prefecture since 1931 and has contributed to the growth in the region. Formerly, it was mainly used for industrial gas, but now most common usage is for city gas. On the other hand, land subsidence has been confirmed in Kujukuri area, east of Chiba prefecture. Brine production is considered as one of possible causes of it. Companies producing natural gas in this area including our company have made a land subsidence prevention agreement with the Chiba prefectural government to prevent and control land subsidence. Also, from the technical point of view, we conduct joint study on environmental issues with other gas production companies as a member of “Environmental Technology Research Association for Natural Gas Dissolved in Water”.

[Observation of land subsidence]
The Chiba prefectural government has conducted leveling every year. We also have conducted it, but it takes a lot of time to get the survey result because we have to revise the observation data based on the leveling result conducted by local government. On the other hand, GNSS observation which is one of the surface level observation techniques has been prevailed recently. The advantage of GNSS is that continuous observation is possible at the place where it is installed. In Japan, the Geographical Survey Institute has established GEONET (GNSS Earth Observation Network System) throughout the country. We installed GNSS stations in our operating area and analyze these data together with GEONET’s since 2013 to get circumstance of land subsidence quickly.

[Application example of GNSS for natural gas production]
We installed GNSS station to monitor the land subsidence in a certain area where natural gas is newly developed. The reason for that is because we need to adjust the brine production rate based on land subsidence. We use GNSS data in “PDCA Management for Land Subsidence Control”, one method for controlling land subsidence systematically. This method consists of four elements. “P”, Plan, means making of production plan based on the simulation result. “D”, Do, means production of natural gas based on the production plan. “C”, Check, means observation and evaluation of land subsidence by GNSS and leveling. “A”, Act, means update of simulation model. By repeating this method every year, we will improve the way of subsidence management.
In the presentation, we will introduce the application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：GNSS、水溶性天然ガス、南関東ガス田
Keywords: GNSS, Natural gas dissolved in water, Southern Kanto gas field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSS衛星航法が利用拡大する航空分野における新たな脅威と対策
New threats and countermeasures in the aviation field where the use of GNSS satellite navigation expands

*藤原 健[1]、辻井 利昭[2]
*Takeshi Fujiwara[1], Toshiaki Tsujii[2]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 大阪府立大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Osaka Prefecture University

宇宙測地計測を利用した工学分野のひとつである航空分野において、GNSSを利用した衛星航法の重要性は飛躍的に増大しつつある。アジア太平洋地域を中心に世界的に増加が予想される将来の航空交通需要に対し、我が国では将来の航空交通システムに関する長期ビジョンCARATS（Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems：航空交通システムの変革に向けた協調的行動）を国土交通省航空局が作成し、JAXAもCARATSと連携した次世代運航システムの研究開発プロジェクトDREAMS（Distributed and Revolutionary Efficient Air-safety Management System：分散型高効率航空交通管理システム）、およびそのフォローアップ研究事業を実施してきた。

CARATSは、変革の方向性のひとつとして「全飛行フェーズでの衛星航法の実現」を掲げ、今後ますますGNSS（Global Navigation Satellite Systems：全球測位衛星システム）を利用した衛星航法の利用を推進している。なかでも衛星航法による精密進入やRNP（Required Navigation Performance：航法性能要件）運航の実現は柔軟な運航を可能とし、将来の増加した航空交通量のもとでの安全かつ高密度な運航につながると期待されている。

一方、これら衛星航法による柔軟な運航の実現には、GNSSの信号の伝搬経路にある電離圏の異常への適切な対処が必要とされている。欧米では太陽フレア等を原因とする磁気嵐（中低緯度において全世界的に地磁気が減少する現象）に起因する大きな電離圏異常がおもな脅威とされ、多くの評価がなされてきた。それに対し日本などの磁気緯度の低い地域では、より高頻度な赤道プラズマバブル（赤道域電離圏においてプラズマ密度が局所的に減少する現象）の影響が懸念されている。

このような一時的な衛星航法の脅威への対抗策として、外部からの信号等に頼らずに航法を実現できるINS（Inertial Navigation System：慣性航法装置）を援用する技術が従来から提案されてきた。この技術を民間航空機の正式な運航で使用できるようにするために、現在、米国RTCA（Radio Technical Commission for Aeronautics：航空無線技術委員会）において技術基準の策定が進められている。

技術基準においては、開発した航法装置が民間航空機に搭載するにあたり必要な機能・性能を有しているか試験・検証する方法を規定するが、多様な条件下での各種性能を評価するためには、実環境における試験だけでは十分とは言えず、多様な条件設定が可能である数値シミュレーションの活用が不可欠である。衛星航法に対する電離圏異常等の影響を評価するためには、それらがGNSSの信号に与える影響を調査し、その結果を数値解析モデルとして数値シミュレーションに組み込む必要がある。

JAXAは、DREAMSプロジェクトにおいて衛星航法の信頼性向上についての研究に取り組み、実際の電離圏異常環境下でGNSSデータを収集し、調査を行ってきた。本講演では、航空分野におけるGNSSの利用拡大の状況を報告するとともに、実際の電離圏異常環境下で収集されたGNSSデータの調査結果と、その結果をもとに構築された数値解析モデル、ならびにそのモデルを組み込んだ数値シミュレーションツールについて紹介する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：航空、GNSS、衛星航法
Keywords: aviation, GNSS, satellite navigation

©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28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)、遠田 晋次(東北大学)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SSS10-01] 山陰地方の地殻内地震活動の季節変動性

*上田 拓[1]、加藤 愛太郎[1] (1.東京大学地震研究所)

14:00 ~ 14:15

[SSS10-02] 余震活動に基づく2018年大阪府北部地震の震源断層モデル

*加藤 愛太郎[1]、上田 拓[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS10-03] The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: Insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the mainshock

*勝俣 啓[1]、大園 真子[1]、青山 裕[1]、田中 良[1]、高田 真秀[1]、一柳 昌義[1]、山口 照寛[1]、岡田 和見[1]、高橋 浩晃[1]、酒井 慎一[2]、松本 聡[3]、岡田 知己[4]、松澤 暢[4]、平野 舟一郎[5]、寺川 寿子[6]、堀川 信一郎[6]、小菅 正裕[7]、片尾 浩[8]、飯尾 能久[8]、長岡 愛理[8]、津村 紀子[9]、上野 友岳[10]、2018年北海道胆振東部地震 合同余震観測グループ (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.東京大学地震研究所、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、5.鹿児島大学地震火山地域防災センター、6.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、7.弘前大学理工学研究科、8.京都大学防災研究所地震予知研究センター、9.千葉大学大学院理学研究科、10.防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SSS10-04] 2018年北海道胆振東部地震の余震の時系列解析からわかるマントル以浅の層状構造

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

14:45 ~ 15:00

[SSS10-05] 1847年善光寺地震の余震系列：４史料にある時間減衰と大森－宇津公式の最適パラメータ値

*服部 健太郎[1]、中西 一郎[1] (1.京都大学)

15:00 ~ 15:15

[SSS10-06] 地震とは無縁の島，天草上島・下島　—非地震域の意味を考える

*遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

山陰地方の地殻内地震活動の季節変動性
Seasonal variations in crustal seismicity in San-in district, southwest Japan

*上田 拓[1]、加藤 愛太郎[1]
*Taku Ueda[1], Aitaro Kato[1]

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

A growing body of evidence suggests that seismicity is seasonally modulated in a variety of tectonic environments (e.g., Gao et al., 2000; Heki, 2003; Bettinelli et al., 2008; Ben-Zion & Allam, 2013; Amos et al., 2014; Johnson et al., 2017). Identifying cyclic variations in seismicity leads to an improvement of our understanding about the physics of earthquake triggering.

San-in district, southwest Japan, is an active seismicity zone characterized as high shear strain rate by geodetic measurement (Nishimura and Takada, 2017). Moreover, Ogata (1983) has pointed out a possibility of seasonal variations in seismicity rate in the Inner Zone of southwest Japan. We here focus on seasonal variations in crustal seismicity in San-in district.

We used the JMA catalog (constructed by Japan Meteorological Agency) from 1975 through 2017 (magnitude M >= 3.0 and depth <= 20 km). We applied space-time Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) model (e.g., Ogata, 1998; Zhuang et al., 2004) to the catalog and used a probability-based declustering procedure based on the work of Zhuang et al. (2002) to evaluate the significance of the seasonal variations, adopting uncertainties derived from the declustering scheme.

We demonstrated that semiannual variations in background seismicity rate, which increases in spring and autumn, are statistically significant from 1980 through 2017. The distribution of large historic and modern earthquakes (from 1850 through 2017, magnitude M >= 6.2, constructed by Chronological Scientific Tables) shows a similar pattern to recent background seismicity, suggesting that seismicity in San-in district has shown seasonal variations for over 150 years. There is some correlation between the monthly averaged background rate shifted backward 2 months and monthly averaged rain amount in the studied region. These results infer that seasonal variations in seismicity in San-in district can be explained by increasing pore pressure within fault zones, caused by infiltration of rainfall in autumn and decreasing surface mass due to snow melting in spring. Some correlation between seismicity and precipitation suggests that modulation of precipitation may be a key ingredient to produce time-dependence of background seismicity.

キーワード：地震活動、季節変動、確率論的decluster法、山陰歪集中帯
Keywords: Seismicity, Seasonal variations, Stochastic declustering, San-in shear zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

余震活動に基づく2018年大阪府北部地震の震源断層モデル

Source fault model of the 2018 M_w 5.6 northern Osaka earthquake, Japan, inferred from the aftershock sequence

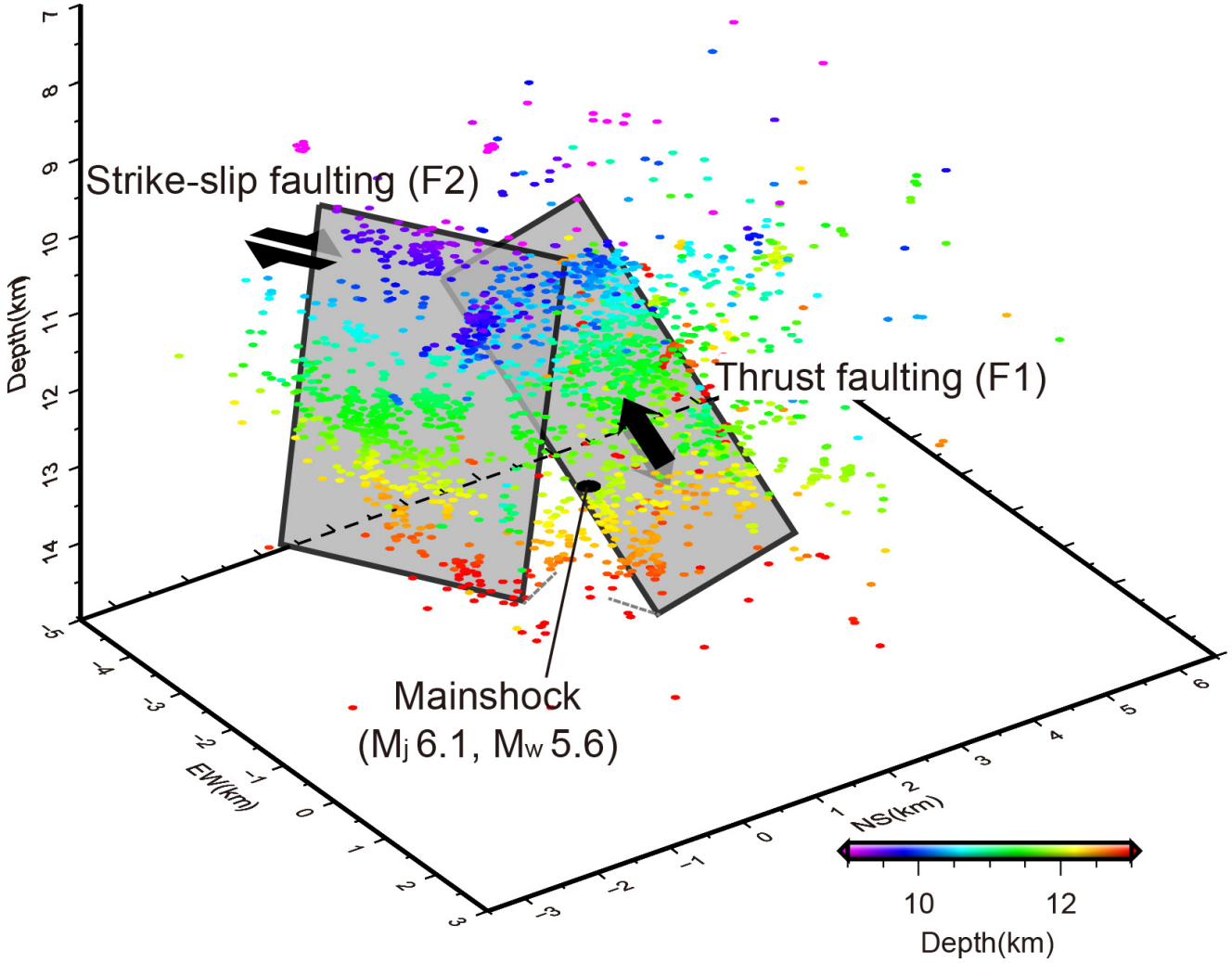
*加藤 愛太郎[1]、上田 拓[1]
*Aitaro Kato[1], Taku Ueda[1]

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

We reconstructed the spatiotemporal evolution of seismicity associated with the 2018 M_w 5.6 northern Osaka earthquake, Japan, to discuss the source fault model of the mainshock rupture, the possible link between this rupture and known active faults, and subsequent crustal deformation. We first relocated the hypocenters listed in the earthquake catalog determined by the Japan Meteorological Agency using a double-difference relocation algorithm. We then searched for the earthquake waveforms that closely resembled those of the relocated hypocenters by applying a matched filtering technique to the continuous waveform data. The relocated hypocenters revealed two distinct planar alignments with different fault geometries. A combination of the relocated hypocenters and focal mechanisms suggests that the mainshock rupture initiated on a NNW–SSE-striking thrust fault, dipping ~45° to the east, with the rupture propagating to an adjacent sub-vertical ENE–WSW-striking strike-slip fault ~0.3 s after the initial mainshock rupture, resulting in the simultaneous propagation of dynamic rupture along the two faults. The strike-slip fault is oblique to the strike of the Arima-Takatsuki Fault, indicating that blind strike-slip faulting occurred. While the east-dipping thrust fault is located deeper than the modeled extent of the Uemachi Fault, a simple extrapolation of the near-surface geometry of the Uemachi fault partially overlaps the mainshock rupture area. Although it is unclear as to whether a blind thrust fault or a deep portion of the Uemachi Fault ruptured during this mainshock–aftershock sequence, a mainshock rupture would have transferred a static stress change of >0.1 MPa to a portion of the east-dipping thrust fault system. Intensive aftershocks have persisted along the northern and southern edges of the source area, including moderate-magnitude events, whereas the seismicity in the central part of the source area has shown a rapid decay over time. Delayed triggered aftershocks were clearly identified along the northern extension of the rupture area. Because the background seismicity is predominant in this northern area, we interpret that aseismic deformation, such as cataclastic flow lubricated by crustal fluids, triggered this off-fault seismicity.

キーワード：大阪府北部地震、余震、震源断層モデル
Keywords: the 2018 Mw 5.6 northern Osaka earthquake, afershocks, Source fault model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: Insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the mainshock

*勝俣 啓[1]、大園 真子[1]、青山 裕[1]、田中 良[1]、高田 真秀[1]、一柳 昌義[1]、山口 照寛[1]、岡田 和見[1]、高橋 浩晃[1]、酒井 慎一[2]、松本 聡[3]、岡田 知己[4]、松澤 暢[4]、平野 舟一郎[5]、寺川 寿子[6]、堀川 信一郎[6]、小菅 正裕[7]、片尾 浩[8]、飯尾 能久[8]、長岡 愛理[8]、津村 紀子[9]、上野 友岳[10]、2018年北海道胆振東部地震合同余震観測グループ
*Kei Katsumata[1], Mako Ohzono[1], Hiroshi Aoyama[1], Ryo Tanaka[1], Masamitsu Takada[1], Masayoshi Ichiyanagi[1], Teruhiro Yamaguchi[1], Kazumi Okada[1], Hiroaki Takahashi[1], Shin'ichi Sakai[2], Satoshi Matsumoto[3], Tomomi Okada[4], Toru Matsuzawa[4], Shuichiro Hirano[5], Toshiko Terakawa[6], Shinichiro Horikawa[6], Masahiro Kosuga[7], Hiroshi Katao[8], Yoshihisa Iio[8], Airi Nagaoka[8], Noriko Tsumura[9], Tomotake Ueno[10], the Group for the Aftershock Observations of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2. 東京大学地震研究所、3. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、5. 鹿児島大学地震火山地域防災センター、6. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、7. 弘前大学理工学研究科、8. 京都大学防災研究所地震予知研究センター、9. 千葉大学大学院理学研究科、10. 防災科学技術研究所
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 4. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 5. Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 6. Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 7. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 8. Research Center for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 9. Graduate School of Science, Chiba University, 10. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

The Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) occurred on 6 September 2018 in the Hokkaido-corner region where the Kurile and the northeastern Japan island arcs meet. We relocated aftershocks of this intraplate event immediately after the mainshock by using data from a permanent local seismic network and found that the aftershocks concentrated in depths from 20 to 40 km, which is extraordinarily deep when comparing with other shallow intraplate earthquakes in the inland area of Honshu and Kyushu, Japan. Moreover, we found that the aftershock area consists of three segments. The first one is located in the northern part of the aftershock area, the second one is located in the southern part, and the third one is located in a stepover segment between the first one and the second one. The hypocenter of the mainshock, which is a rupture initiation point, is located in the stepover segment. The centroid moment tensor solution for the mainshock indicates a reverse faulting, whereas the focal mechanism solution determined by using a first motion polarity of *P* wave indicates a strike-slip faulting. To explain this mismatch qualitatively, we present a model that the rupture started as a small strike-slip faulting in the stepover segment of the aftershock area and it is followed by the large rupture of two reverse faulting in the northern and the southern segments.

キーワード：北海道胆振東部地震、余震分布、震源メカニズム解

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the Hokkaido Eastern Iburi earthquake, aftershock distribution, focal mechanism solution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震の余震の時系列解析からわかるマントル以浅の層状構造

Layered structure of the upper mantle and the crust revealed in the time series analyses of the aftershocks of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*川辺 孝幸[1]
*Takayuki Kawabe[1]

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

１．はじめに

2018年9月6日3時8分頃，北海道胆振地方東部を震央とするM6.7の平成30年（2018年）北海道胆振東部地震が発生した（気象庁，2018）．震央周辺の北海道勇払郡厚真町の北東部を中心とする丘陵地域での斜面災害による死者41名を含む大規模な被害や，震央に近い海岸部で発生した液状化被害が発生した．また，苫東厚真火力発電所では地震動および発生した火災の影響で発電を停止したことが引き金になり北海道内全域の停電に陥った．さらに，札幌市清田区の丘陵地域を開発した住宅地の埋め立て部で大規模な液状化・流動化被害が発生した．

本報告では，平成30年（2018年）北海道胆振東部地震の本震および余震の3次元分布およびその時系列解析によって明らかになった上部マントルおよび地殻の層状構造について報告する．

なお，本地震によって被災された方々にお見舞い申し上げるとともに，一刻も早い日常生活への復旧を祈念する．また，本報告中で使用した震源データは，すべて気象庁一元化処理データを使用した．記してお礼申し上げる．

２．2018年北海道胆振東部地震の地震活動と震源分布

2018年北海道胆振東部地震は，2018年9月6日午前3時7分59秒に，東経142.00667°，北緯42.69083°の北海道胆振東部地域の深さ37kmにおいてMj6.7の規模で発生した．この地震による最大震度は７であった．

初動解における推定される断層面は，北北東-南南西方向で東傾斜であるが，大局的な震央分布は南北方向になっている．詳しく見ると，北北東-南南西方向の部分と北北西-南南東方向の部分に伸びる部分とがジグザグ状に分布している．

３．余震分布の時系列的変化と震度ゾーン

2018年北海道胆振東部地震の余震分布を時系列的にみると，地下の地質構造が層状の構造をなしていることが推定される．

余震の発生場所を時間で区切って見てみると，大局的には，地下37kmの本震の発生場所の深度から地表方向に向けて広がっていくことがわかるが，起こる頻度や規模によって４つの震度ゾーンにごとに分けることができる．

すなわち，最初は本震を含む発生頻度の高い深さ約45km～約30kmの深度ゾーン，地震の発生数が少ないが規模の比較的大きい地震の起こる深さ約30km～約20kmの深度ゾーン，直下のゾーンより発生頻度が高い深さ約20km～約10kmの深度ゾーン，発生頻度は高くはないが面の傾斜が緩くなる深さ約10km～約5kmの深度ゾーンの4つの深度ゾーンに分けることができる．

これらの深度ゾーンの中で注目すべきは，約20km～約10kmの深さの深度ゾーンである．このゾーンでは，本震よりやや南の場所から放射状の線状に広がるように震源分布があることである．しかも，余震が起こる時系列でみると，まず，南の上方向に進む一群があり，次いで北方向に斜め上に進む一群があることが識別

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

できる．このような地震の発生の場の時間的変化からは，地震の発生が単純な力学的原因で起こっているのではなく，本州弧で一般的な地震でみられるように，地震の発生に熱流体が関与していると推定される．

４．余震が示す断層面の傾斜と地下地質との関係

本震から1ヶ月半の震源の東西投影断面図では，余震が示す断層面は西傾斜で，約10km以深では，ほぼ70°前後の傾斜で東に傾斜している．これに対してそれ以浅では，傾斜が約45°前後と緩くなる．このような地下では高角度の断層面が地表付近に近づくほど底角度になることは，実験やシミュレーションでは一般的であり，地表付近では，最小圧縮応力σ3が地表に垂直になることで最大圧縮応力軸σ1が必然的に水平になるからである．

今回の地震の場合，地下40km付近では断層の上盤の東側が上昇して傾斜が70°の逆断層面ができ，その断層面はほぼ同じ傾斜で地下10kmまで続いた．それより浅所では地表方向への応力解放により低角度になったと考えられる．あるいは，地下約10kmより深部では，花崗岩あるいは玄武岩質深成岩などの固い岩盤であるが，それより浅所では古第三系や新第三系などの堆積岩であることから，摩擦角の低下によって断層面が次第に低角度になった可能性が考えられる．

また，地震頻度の少ないゾーンを塑性的な下部地殻とすると，その上は中部地殻と上部地殻に，地震の発生地点を含むゾーンは上部マントルの最上部に対応すると考えられる．

引用文献

気象庁（2018）平成30年９月６日03時08分頃の胆振地方中東部の地震について（第４報）．https://www.jma.go.jp/jma/press/1809/06h/kaisetsu201809061730_4.pdf.

キーワード：地殻の層状構造、2018年北海道胆振東部地震、余震の時系列解析
Keywords: Layered structure of the Crust, the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, time series analyses of the aftershocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1847年善光寺地震の余震系列：４史料にある時間減衰と大森ー宇津公式の最適パラメータ値

Aftershock sequence of the 1847 Zenkoji earthquake: Temporal decay presented in four historical materials and best fit values of paramaters for Omori-Utsu law

*服部 健太郎[1]、中西 一郎[1]
*Kentaro Hattori[1], Ichiro Nakanishi[1]

1. 京都大学
1. Kyoto Univ.

Seismic intensities estimated from damage caused by earthquakes have been most commonly used to locate earthquake epicentral area since Irish seismologist Mallet used degree of damage by the great Napoli earthquake of 1857 to locate earthquake source area. However, the scales of seismic intensity are different among countries. The seismic intensities are somewhat subjective and are affected by ground conditions.

Matsui and Oike (1997) proposed the use of the numbers of felt aftershocks right after large historical earthquakes to locate source area. A problem in their approach is that it is usually difficult to count the number of aftershocks in epicentral area or places close to the area.

We attempt to fit Omori-Utsu law (Utsu, 1961) to aftershock sequences of a historical large earthquake to overcome the above mentioned problem of the location of epicentral area. The value from counting aftershocks is integer, and seems to be more robust than the estimation of ground motion from the description in historical materials. The temporal decay of the number of aftershocks n(t) is described by the empirical Omori-Utsu law as $n(t) = K (t+c)^{-p}$, where t is the lapse time after the mainshock, p is an exponent showing the decay rate, c is a time scale, and K is a parameter showing aftershock activity.

We use aftershock sequence data of the 1847 Zenkoji earthquake presented in four historical materials owned in Matsushiro, Suwa, Fujinomiya, Gifu, in order of the distance from the epicentral area. We assume c=0.1 and p is common in four data, and obtain the best fitting p and four K. The result is shown in Fig.1. In the figure, it is clear that Omori-Utsu law does not fit the time range right after the earthquake occurrence for Matsushiro, Gifu, Suwa data, but fits Fujinomiya data. Another clear feature in Fig.1 is that the parameter K for Gifu data is 300. This value is much larger than those for Suwa (K=80) and Fujinomiya (K=6), both places are located closer to epicental area than Gifu. Fig.1 may suggest that the data preserved in Gifu were not written in Gifu, but in a place much closer to epicentral area.

キーワード：1847年善光寺地震、余震系列、大森・宇津公式
Keywords: the 1847 Zenkoji earthquake, aftershock sequence, Omori-Utsu law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

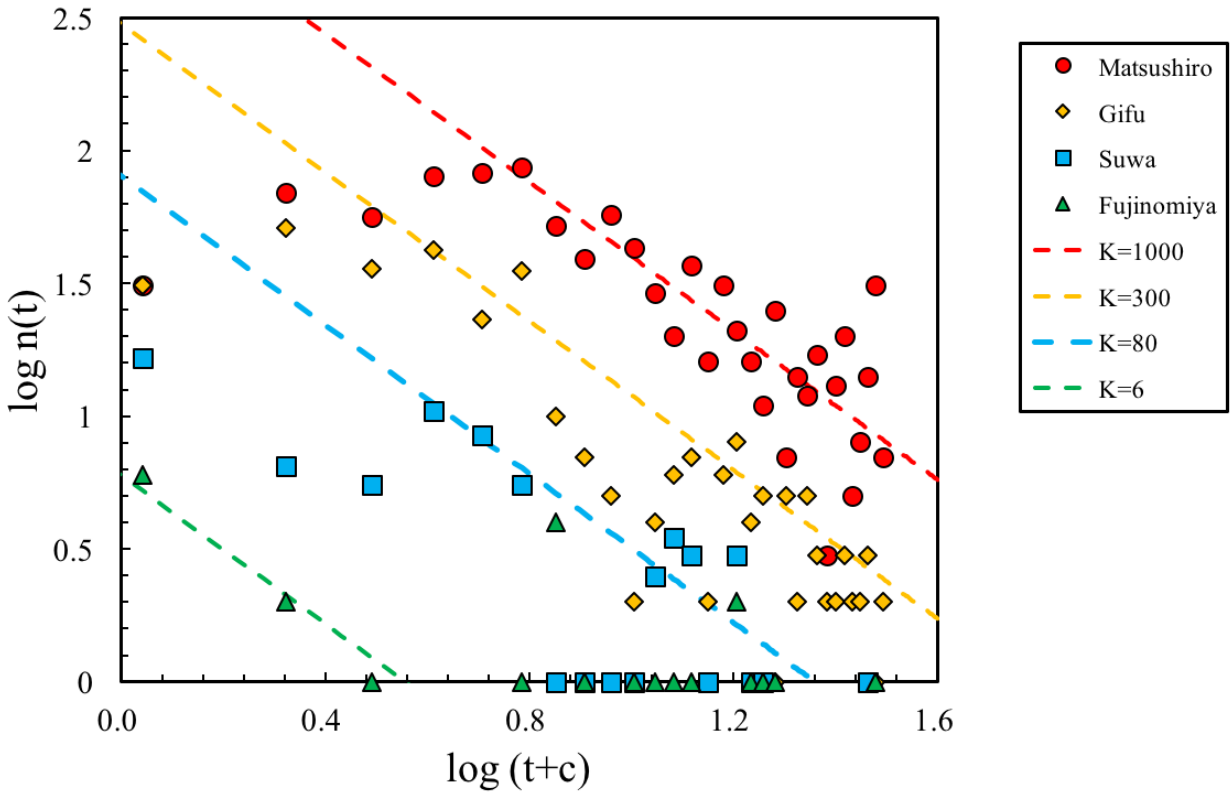


Fig. 1 Temporal decay of the aftershocks of the 1847 Zenkoji earthquake with lines (p=1.4) from Omori-Utsu law (Utsu, 1961)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震とは無縁の島，天草上島・下島　ー非地震域の意味を考える
The aseismic islands, Amakusa-Kamishima and Shimoshima, Kumamoto Prefecture, southwest Japan: What persistently shuts off regional seismicity

*遠田 晋次[1]
*Shinji Toda[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

１．はじめに

伏在断層による内陸大地震（浅部地殻内地震）が発生するたびに「日本列島どこでも震度６弱以上の揺れに見舞われてもおかしくない」という論調が繰り返される．本当だろうか．グローバルにみると列島全体が沈み込み変動帯に位置しているので，地震から無縁の地はないように見える．検知能力の著しく向上した気象庁一元化ネットワークで地震が捉えられない地域はあるのか．日本列島に「プチ安定地塊」は存在するのであろうか．逆説的であるが，「地震が起こらない」理由を考えることは，地震発生メカニズムを理解するために重要であろう．

２．天草上島・下島の地震活動と地質構造，測地歪み

1923年～2018年1月の気象庁一元化震源の浅部地震活動（深さ30km以浅）を調べると，日本列島内陸でも震央が全くプロットされない地域がわずかにある．そのうちの1つが天草諸島の上島・下島である．両島を中心とする約2000km^2の地域ではほとんど地震が発生していない（図1a）．日本被害地震総覧（宇佐美ほか，2013）にも両島を震源とする被害地震は全く記載がない．地震活動から見たこの地域の特徴は単に地震活動がきわめて低調であるだけではなく，囲碁の黒石に囲まれた白石のように，熊本地震余震域を含め周辺を地震活動活発域に囲まれているのが特徴である．北～北西は雲仙岳直下から橘湾，天草灘へ抜ける北東一南東走向の地震帯（天草灘地溝），東には島原湾東部～熊本平野～八代～八代海沿い（八代海地溝）の熊本地震余震域を含む地震帯，南は阿久根市西方沖に広がる多数の北東一南西走向の地震クラスター群に囲まれる．これらの周辺活発域の地震のメカニズムは北東一南西走向の横ずれか，東西走向の正断層解が卓越する．

当地域は高重力異常で特徴付けられ，基盤は下島西岸に露出している長崎変成岩類が予想される．ただし，実際に地表に露出している地層としては，主として上部白亜系および古第三系の堆積岩類である（図1b, 産総研シームレス地質図）．これらの堆積岩類には主として北北東一南南西の褶曲軸を持つ褶曲構造が著しく，天草褶曲運動とも称される．また，これらの褶曲を胴切りにする西北西走向の多数の高角横ずれ断層が並走する（天草型構造ともよばれる）が，一連の構造は中新世中期頃に形成されたと考えられている（高井・佐藤，1982）．少なくとも，上記の西北西走向の断層群沿いに活構造を示唆する変動地形はみあたらない．当該地域には「新編日本の活断層」に活断層が６箇所ほど示されているが，いずれも4km以下で確実度II～IIIとされている．ただし，上島北部から下島北部には海成段丘が発達し，両島南部はリアス式海岸で特徴付けられることから，第四紀後期に北高南低の地殻運動が続いていると推定されている（町田ほか，2001）．なお，国土地理院（2018）による電子基準点による観測では，熊本地震の余効変動の影響はあるものの，当該地域は0.1ppm程度の東西圧縮・南北引張の場にある．日本列島の他の地域と比べて，歪速度が小さな地域に含まれる．

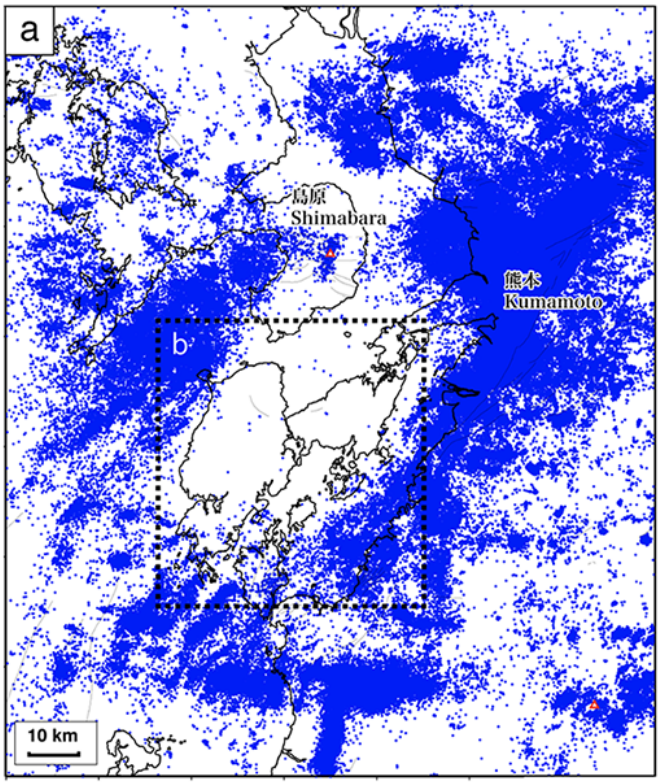
３．議論

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜ，天草上島・下島では地震が発生しないのか．第四紀後期を通じて恒久的な非地震域であるかどうかは不明であるが，少なくとも顕著な活断層も分布しない．測地学的にも少なくとも内部での歪みはきわめて小さく，周辺を活発な地震帯に囲まれることから，この部分が内部歪みを生じないようにブロック状に振る舞っている可能性が推測される．テクトニックな観点からは，別府一島原地溝帯外（南側）にあること，天草灘一橘湾沿いに指摘されている沖縄トラフの九州上陸部からも外れていること，日奈久断層帯からある程度の離隔距離があること，などから，すべての主要変動帯から逃れている可能性がある．実際，下島の一部を除いて後期中新世以降に堆積物がほとんどみられず，全域が安定か長期的に緩やかに隆起する傾向にあった可能性がある（ただし，第四紀後期に南部はおそらく沈降している）． なお，同様に地震活動域に囲まれる非地震域として面積こそ小さいが，琵琶湖直下がある．日本列島内陸で非地震域を生じるためには，周りを主要活構造に囲まれるのが条件なのかもしれない．そのような地域は超長期的なストレスシャドウに置かれていると考えられる．

文献： 活断層研究会（1991）新編日本の活断層；国土地理院（2018）地震予知連絡会会報，99巻；町田ほか（2011）日本の地形「九州・南西諸島」； Mogi, K. (1969) Bull. Earthq.Res.Inst., 47, 397-417; 産業技術総合研究所（2018）日本シームレス地質図；高井保明・佐藤博之（1982） 5 万分の 1 図幅「魚貫崎及び牛深地域の地質」；宇佐美ほか（2013）「日本被害地震総覧」.

キーワード：非地震性、内陸地殻内地震、地震活動
Keywords: aseismicity, inland earthquake, seismicity





©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28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:勝間田 明男(気象研究所地震津波研究部第一研究室)、原田 靖(東海大学)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[SSS10-07] 小笠原諸島周辺及びカリブ海小アンティル諸島周辺のマントルウェッジ内地震活動

*勝間田 明男[1]、中田 健嗣[1]、小林 昭夫[1]、弘瀬 冬樹[1]、西宮 隆仁[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS10-08] 海域観測点の気象庁一元化処理への活用について

*上野 寛[1]、上田 満治[1]、見須 裕美[1]、横山 博文[1]、岩崎 友理子[1]、岩切 一宏[1] (1.気象庁地震火山部)

16:00 ~ 16:15

[SSS10-09] 2011年東北地方太平洋沖地震後の震源域における地震活動と応力場の空間分布

西森 智也[1]、*日野 亮太[1]、篠原 雅尚[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS10-10] 2011年東北地方太平洋沖地震の震源域北側の大地震発生アセスメント

*楠城 一嘉[1]、宮岡 一樹[2]、吉田 明夫[3] (1.静岡県立大学、2.気象庁、3.静岡大学)

16:30 ~ 16:45

[SSS10-11] 豊後水道、日向灘領域における長期的スロースリップ、低周波地震に関連したb値の時空間分布

*千葉 慶太[1] (1.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

16:45 ~ 17:00

[SSS10-12] 日本列島における誤差を考慮したb値の４次元解析

*原田 靖[1]、赤嶺 裕一[1]、安斉 正慶[1] (1.東海大学 海洋学部 海洋地球科学科)

小笠原諸島周辺及びカリブ海小アンティル諸島周辺のマントルウェッジ内地震活動

Seismicity in the matle wedge around Ogasawara Islands and Lesser Antilles

*勝間田 明男[1]、中田 健嗣[1]、小林 昭夫[1]、弘瀬 冬樹[1]、西宮 隆仁[1]
*Akio Katsumata[1], Kenji Nakata[1], Akio Kobayashi[1], Fuyuki Hirose[1], Takahito Nishimiya[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

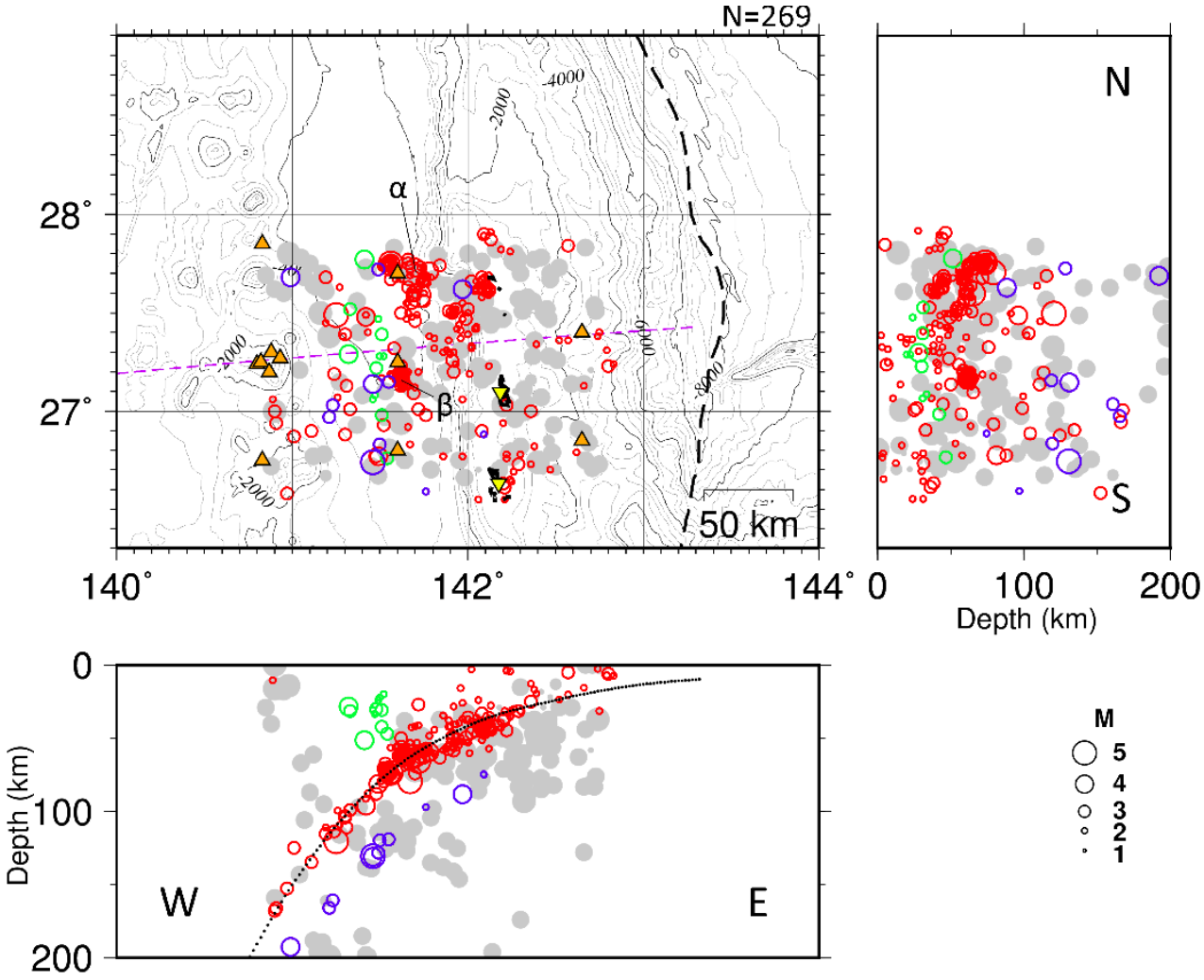
中田・他(2018)は小笠原諸島において2015年7月から10月まで，海底地震計による観測を行った.その結果，二重深発面と深さ20～50kmのマントルウェッジ内の地震活動(図中緑のプロット)が確認された.マントルウェッジ内の震源は小笠原トラフの下に分布している.小笠原トラフは現在の火山フロントと小笠原リッジの間に形成されている前弧海盆である.

他の地域でもマントルウェッジ内の地震活動が報告されている．Uchida et al. (2010)は三陸沖におけるプレート境界上部のマントルウェッジ内の地震活動を発見した.三陸沖のプレート境界上方の活動はマントルウェッジの先端部においていくつかのクラスターを形成している.Davey and Ristau (2011)はニュージーランド北東部のマントルウェッジ内の地震活動を報告しているが，それはプレートに隣接してクラスターを形成している.Laigle et al. (2013)はカリブ海の小アンティル諸島におけるマントルウェッジ内において幅数十km以上にわたって分散している地震活動を報告している.クラスターを形成せず分散しているという特徴は，小笠原諸島のマントルウェッジ内地震活動と小アンティル諸島の地震活動とに共通している.

前弧海盆下における活動という点においても小笠原諸島と小アンティル諸島の活動は類似している.父島・母島は太平洋プレートの沈み込みの開始に関連した41-48 Maの火山活動によって形成された(Ishizuka et al. 2006).小アンティル諸島の背弧海盆と前弧海盆は一連の地形として形成されたが， 40 Maの火山活動による小アンティル諸島の形成時に分割された(Aitken et al. 2011).小アンティル諸島の火山活動は大西洋プレートの沈み込み再開に伴って始まった(Aitken et al. 2011).小笠原諸島と小アンティル諸島の両者とも，前弧海盆はプレートの沈み込み開始に関連して形成された.両者のマントル内地震活動もプレートの沈み込み開始に関連して形成された鉱物に関連している可能性が考えられる.

キーワード：小笠原諸島、小アンティル諸島、マントルウェッジ内地震活動、海洋性スラブの沈み込み開始
Keywords: Ogasawara Islands, the Lesser Antilles, seismicity in the mantle wedge, onset of oceanic slab subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海域観測点の気象庁一元化処理への活用について
Improvement of the accuracy of the unified Japan Earthquake Catalog using ocean bottom seismographs

*上野 寛[1]、上田 満治[1]、見須 裕美[1]、横山 博文[1]、岩崎 友理子[1]、岩切 一宏[1]
*Hiroshi UENO[1], Mitsuharu Ueda[1], Hiromi Misu[1], Hirofumi Yokoyama[1], Yuriko Iwasaki[1], Iwakiri Kazuhiro[1]

1. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

気象庁及び関係機関の高感度地震観測データの一元的処理（以下、「一元化処理」という）に、近年、日本海溝及び南海トラフの海域に整備された地震観測点であるS-netやDONETのデータを導入すべく、以下のことについて検討を行った。

〇海底地震計の堆積層補正値の算出
海底地震計の直下に存在する未固結堆積層により走時が大幅に遅れることが知られている。今般、未固結堆積層と基盤層の境界でP波からS波に変換した波（PS変換波）の走時データを収集し、PS変換波とP波との時間差から、一元化処理で使用する全ての海底地震計の未固結堆積層補正値を求めた。
〇海域速度構造の検討
現在気象庁が震源計算に用いている陸用の速度構造であるJMA2001を海域地震観測点の走時計算や射出角計算に使用すると、海域で発生する地震の位置（特に深さ）や初動発震機構解を適切に決めることが出来ない。その改善策として、既知の海域構造探査結果を用いて、日本海溝陸寄り用構造、日本海溝アウターライズ周辺用構造、南海トラフ用構造の３種類の速度構造を作成した。
〇S-net用速度M補正値の算出
S-netデータを一元化処理に使用し始めると、特に陸から遠い海溝軸周辺の地震はS-netのみの検測データとなることが予想される。一方、S-net速度地震計は固有周期15Hzであり、従来気象庁や関係機関で使用していた固有周期1秒の速度計と比べ、特性が異なっているため、そのままでは従来の速度M式に適用できない。今般、S-net速度地震計の最大振幅データを用いて速度Mを求めるために、従来の速度Mとの連続性を考慮し、震源距離50km～150kmまでの3成分毎最大振幅値を合成したデータを用いることとした。また、埋設用及び非埋設用のS-netの速度M補正値を求めた。

上記の未固結堆積層補正値及び海域速度構造を考慮して震源計算を行った結果、海域の地震の震源位置及びＯ－Ｃの残差が大きく改善された。特にＳ相のＯ－Ｃが大きく改善され、海域で発生した地震の深さ精度が良くなったと思われる。また、その震源位置と海域構造を考慮した射出角を初動発震機構解析に用いることにより、発震機構解の改善がみられた。
これらの震源計算及びM計算手法等の変更について、処理システムの準備が整い次第、運用を開始する。

キーワード：一元化震源、海底地震計、震源決定
Keywords: Unified Japan Earthquake Catalog, Ocean bottom seismograph, hypocenter determination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震後の震源域における地震活動と応力場の空間分布

Spatial distribution of seismic activity and stress field in the source region after the 2011 Tohoku-Oki earthquake

西森 智也[1]、*日野 亮太[1]、篠原 雅尚[2]
Tomoya Nishimori[1], *Ryota Hino[1], Masanao Shinohara[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0，以後，東北沖地震)によって，東北日本前弧域の応力状態は大きく変化した．震源となったプレート境界にかかっていたせん断応力のほとんどすべてが解放されたことにより，震源周辺では最大主圧縮応力軸とプレート境界がなす角度が大きく変化したことが明らかになっている(たとえば，Hasegawa et al., 2011)．したがって，東北沖地震後の応力状態の空間変化を詳細に明らかにすることは，地震時に発生した応力変化や地震発生前の応力状態，とりわけその空間変化を理解する上で重要である．これまでの応力解析に用いられてきた発震機構解は，陸域の地震観測網のデータによるものであり，沖合で発生する地震の震源深さの決定精度が充分でないことから，特に鉛直方向の応力状態の変化を議論することが難しかった．そこで，本研究では，地震時すべりが大きかった宮城県沖において繰り返し実施されてきた海底地震観測のデータを用い震源再決定を行うことで，東北沖地震前後に発生した地震の発震機構解の３次元的な分布の詳細を明らかにした．震源再決定により改善された震源深さ分布に基づき応力場の推定を行った結果，東北沖地震の地震時すべり域の西側において，地震後の応力場がプレート境界を境に上盤と下盤プレートの内部で顕著に異なることが示された．こうした応力場の急変は，地震時すべり域の深部延長のプレート境界沿いでのせん断応力が非常に小さいことを示唆する．この範囲は顕著な余効すべりが進行している領域と一致している．東北沖地震後の上盤プレート内部には，局所的ではあるが深さ方向に広がる地震活動があり，その解析から上盤プレート内部における応力場の深さ変化を検討した．その結果，プレート境界面から離れるにつれて東西引張が弱まっていることで解釈できるような変化が認められた．

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、応力逆解析、余効変動
Keywords: 2011 Tohoku-Oki Earthquake, Stress tensor inversion, postseismic processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震の震源域北側の大地震発生アセスメント
Assessment for a large earthquake occurrence on the northern side of the focal region of the 2011 off-Tohoku mega-thrust earthquake

*楠城 一嘉[1]、宮岡 一樹[2]、吉田 明夫[3]
*Kazuyoshi Nanjo[1], Kazuki Miyaoka[2], Akio Yoshida[3]

1. 静岡県立大学、2. 気象庁、3. 静岡大学
1. University of Shizuoka, 2. Japan Meteorological Agency, 3. Shizuoka University

2011年東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震)から8年が経過した。震源域中心部の活動は次第に落ちついてきているが、東北から関東にかけての沿岸域や内陸部では、*M*5～6クラスの地震が、まだ、時折、発生している。いまもなお広範な地域で、東北沖地震前よりも地震活動の高まっている状態が続いているとみられる。

東北沖地震の発生直後には、その震源域の北側あるいは南側で、大地震が続いて発生するのではないかと懸念された。過去のプレート沈み込み境界における*M*9級の巨大地震の後、その隣接域で巨大地震が続いて起きた事例は珍しくないからである。また、松浦(2018)は、北海道東方沖では2008年秋頃から地震活動が静穏化し、2015年夏頃から復活傾向が見えることを示し、こうした地震活動の近年の状況は東北沖地震の発生前における震源域での地震活動の変化と似ていると指摘して、歴史地震の発生履歴も踏まえながら、北海道の南方沖から東方沖にかけての海域で巨大地震が切迫しているのではないかと警告している。ここでは、東北沖地震の震源域の北側の青森県沖合から根室半島沖にかけての海域における地震活動及び*b*値の時空間変化について詳細に検討した結果を報告する。

Tormann et al. (2015) は、東北沖地震後の約3年間のデータを用いた*b*値解析を基に、震源域の応力レベルは、すでに地震発生前の状態に回復しているとして、大地震の発生は固有の周期性を持たずにランダムかもしれないという考えを提議した。これに対して、その後のデータを加えて*b*値の空間分布を再解析した楠城・吉田(2017)は、東北沖地震の震源域では、地震時の大すべり域で前駆的に現れたような*b*値の明瞭な低下(Nanjo et al., 2012)は見えていないことを報告している。一方、震源域の北側、青森県東方はるか沖では、東北沖地震の震源域と比べて*b*値の低い状態が長期にわたって続いている傾向があった。それに加えて、特に*b*値の低い青森県はるか沖合では最近2年間ほど、地震活動が静穏化してきている様子も見えた。

本研究では、青森県沖合だけではなく、根室半島沖の海域を研究領域に含むようして地震活動を解析し、その結果、*b*値が時空間的に大きく変化することが分かった。特に、2003年十勝沖地震後の*b*値が、地震前に比べて低下し、その低い*b*値の領域は広範囲に拡大したことも分かった。本結果は、Nanjo et al. (2012)が指摘する、東北沖地震の震源域の北側における*b*値の傾向と矛盾しない。

こうしたことから、我々は、東北沖地震のような巨大地震が、その震源域で近々に再来する恐れはないものの、*b*値の低下傾向に加えて地震活動の静穏化傾向もみられる東北沖地震の震源域北側では、近い将来に大地震が発生する可能性があると懸念する。

なお、東北沖地震のカップリング域の深い側の沿岸域では、*M*5～6クラスの地震発生頻度が高い状態が続いている。そうした地震の前に、その震源の周辺で、局所的な地震活動の静穏化や活発化、*b*値の低下が認められることがある。地震活動の静穏化や*b*値の低下が地震発生予測に実際に有効であるかどうかは、なお議論があるところであるが、我々は、将来の大地震発生と関連づけて*b*値解析結果を検討する際に、台風の規模を暴風域の範囲と中心気圧の二つの指標で表すように、想定される地震の規模を低*b*値域の範囲とその中心域における*b*値で評価することを提案したい。そして台風の接近が気圧の低下で推測できるように、地震の切迫性を*b*値の低下傾向で評価できるかもしれないと期待している。

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、b値、地震活動

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 2011 off-Tohoku mega-thrust earthquake, b value , seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道、日向灘領域における長期的スロースリップ、低周波地震に関連したb値の時空間分布

Spatial and temporal distributions of *b*-values related to long-term slow-slip and low-frequency earthquakes in the Bungo Channel and Hyuga-nada regions, Japan

*千葉 慶太[1]
*Keita Chiba[1]

1. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

Long-term slow-slip events (SSEs) and low-frequency earthquakes (LFEs) repeatedly occur in the area encompassing the Bungo Channel and Hyuga-nada region in Japan (e.g., Shelly et al., 2006; Ide et al., 2007; Ozawa et al., 2013; Ozawa, 2017). SSEs are slow earthquake events with a duration of months to years, characterized by a type of slip that is considered transitional between the fast rupture of regular earthquakes and stable sliding along a plate interface, and have characteristics sensitive to stress states near the plate interface (e.g., Obara and Kato, 2016). In addition, since LFEs are also thought to occur at the plate interface, it would be useful to infer the stress state in this region. This study focuses on the stress-dependent characteristics of the *b*-value of regular earthquakes, SSEs, and LFEs, as well as the spatio-temporal relationships between *b*-values and these events in this area, using the Japan Unified high-resolution relocated Catalog for Earthquakes (JUICE) (Yano et al., 2017). The *b*-value, which represents the relative proportion of large to small earthquakes (Gutenberg and Richter, 1944), is inversely related to differential stress or effective stress (e.g., Scholz, 1968, 2015; Wyss, 1973; Urbancic, 1992). As a result, the *b*-values are moderate to low (b = 0.6–1.1) in regions with a high incidence of long-term SSEs. This spatial anomaly in *b*-values is attributed to a partial release of the accumulated stress in regions with relatively high differential stress that are characterized by SSEs. In addition, the *b*-values in the Bungo Channel region are relatively higher than those in the Hyuga-nada region. It was also found that the difference of the *b*-values in the vertical direction within the plate for the Bungo Channel region is larger than that for the Hyuga-nada region. These findings support a generation model of LFEs by Nakajima and Hasegawa (2016), in which undrained conditions in the overlying plate are a key factor for generating LFEs. On the other hand, the *b*-values increase and decrease before and during periods of enhanced LFE activity in the Bungo Channel, respectively. The increase and following decrease in *b* -values are thought to reflect episodes of low and high shear strength along the plate interface, which were caused by the presence of abundant fluids supplied from the subducting slab under undrained conditions above the plate interface and the decreased pore pressure related to fluid consumptions by the generation of the LFEs, respectively.

キーワード：b値、応力状態、長期的スロースリップ、低周波地震
Keywords: b-value, stress states, long-term slow slip, low-frequency earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本列島における誤差を考慮したb値の４次元解析
4D b-Value Mapping for Japan

*原田 靖[1]、赤嶺 裕一[1]、安斉 正慶[1]
*Yasushi Harada[1], Yuichi Akamine[1], Masayoshi Anzai[1]

1. 東海大学 海洋学部 海洋地球科学科
1. School of Marine Science and Technology, Tokai University

地震活動の指標の１つであるグーテンベルグ・リヒター式の定数ｂ値は, 高ければ小地震が発生しやすく, 低ければ大地震の割合が多くなると解釈されており，Nanjo et al.(2012)では, 東北地方太平洋沖地震の発生前におけるb値の有意な低下と, 発生後の回復が確認されている．このｂ値の時間変動を含めた日本列島の４次元ｂ値マップを作成し, その変動の様子を観察することを本研究の目的とする．またb値の標準偏差の時空間変動にも着目した. b値の標準偏差の変動は, グーテンベルグ・リヒター則が成り立たない度合いを示している可能性があるからである. 本研究では, 静岡県立大の楠城一嘉氏からb値と標準偏差を計算するプログラムを提供して頂き, それを用いて解析を行った（ここにお礼を申し上げます). まず日本列島全体のb値マップの分布を見てわかることは, 震源が沖合の海域に行くほどb値が小さくなる傾向が見て取れる。これは観測点からの距離が大きくなるほど小さい地震の観測が出来なくなることを意味していると考えられるので, この効果を補正した新たなb値マップを作成した. この結果, 東北地方太平洋沖地震の影響と考えられていたb値の異常値の大部分が取り省かれた. このことからｂ値マップの作成には精度良いb値補正が必要不可欠であることがわかる.

キーワード：日本のb値マップ、４次元解析、b値の標準偏差のマップ、補正式
Keywords: b-Value Mapping for Japan, 4D analysis, maps of SD of b-value, correction formula

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

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

地震波は地下の不均質構造や励起源の情報を豊富に含んでいる.そのような豊かな情報を効率よく抽出するためには,地震波動論に基づく数理的・数値的研究,岩石試料を用いた物理実験,実際のデータ解析による検証することが必要不可欠である.さらに近年の観測技術の進展にともなって,弾性波,音響波,移動性電離圏擾乱,津波といった様々な波動現象の観測事例が増えてきた.これらの現象を包括的に理解する枠組みを構築することは,今後新たな研究分野を切り開く意味でも重要であろう.このセッションでは,地震学,物理探査学の分野を中心に,波動論・室内実験の基礎的研究から,実データを用いた不均質場の定量的把握に関する実用的な成果までを募集し,不均質媒質における波動伝播の総合的な理解を深めることを目的とする.

9:00 ~ 9:01

Introduction

9:01 ~ 9:23

[SSS11-13] 奥会津地熱地域における微小地震観測により推定された涵養試験時の流体流動

★招待講演

*岡本 京祐[1]、易 利[2]、浅沼 宏[1]、岡部 高志[3]、阿部 泰行[4]、都築 雅年[5] (1.産業技術総合研究所、2.大阪大学、3.地熱技術開発、4.奥会津地熱、5.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

9:23 ~ 9:45

[SSS11-14] 地震波エンベロープを用いた西南日本の内部減衰と速度揺らぎの3次元構造推定

★招待講演

*小木曽 仁[1] (1.気象庁気象研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS11-15] 2013年５月24日オホーツク海深発地震（610 km, Mw8.3）による近地～遠地強震動

*古村 孝志[1]、Brian Kennett[2] (1.東京大学地震研究所、2.オーストラリア国立大学)

10:00 ~ 10:15

[SSS11-16] 海洋モホを伝播する屈折波を用いた海洋性地殻のエクロジャイト化する深さ推定の試み

*武村 俊介[1]、利根川 貴志[2]、中島 淳一[3]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[SSS11-17] Transient gravity perturbations due to a buried gravitational source in a homogeneous elastic half space

*Aditya Nitin Deshmukh[1]、Pratik Laxman Borate[1]、Abhishek Venkatesh Chitgopkar[1]、Nobuki Kame[2]、Ranjith Kunnath[1] (1.Mahindra Ecole Centrale, Hyderabad, India 、2.Division of Theoretical Geoscience, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan)

奥会津地熱地域における微小地震観測により推定された涵養試験時の流体流動

Fluid flows inferred from microseismic events associated with injection test in Okuaizu Geothermal Field

*岡本 京祐[1]、易 利[2]、浅沼 宏[1]、岡部 高志[3]、阿部 泰行[4]、都築 雅年[5]
*Kyosuke Okamoto[1], Li Yi[2], Hiroshi Asanuma[1], Takashi Okabe[3], Yasuyuki Abe[4], Masatoshi Tsuzuki[5]

1. 産業技術総合研究所、2. 大阪大学、3. 地熱技術開発、4. 奥会津地熱、5. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Osaka University, 3. Geothermal Energy Research and Development Co., Ltd., 4. Okuaizu Geothermal Co., Ltd., 5. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

奥会津地熱地域（福島県柳津町）では，2015年度から，蒸気生産量安定化のために涵養注水試験が行われている。注水による地熱貯留層の冷却を避けるためや，より大きな涵養効果を得るためには，注入水の地下での流動把握・予測が重要である。一方で，一般的に地下，特に脆性領域内では複雑な地下構造が発達しており，単純な均質モデルでの流動予測は難しい。その要因として，破砕帯のような高透水域を選択的に通る流動の発生や，せん断破壊による新たな流動経路の生成などが挙げられる。また，後者のせん断破壊においては，間隙内への流体流入による有効応力の低下，注水や微小地震発生に伴う応力変化の伝播，熱変化による応力の発生等，その発生メカニズムを特定することは難しく，新たな流動経路の予測は困難である。

当該地域では，2015年度よりJOGMEC「地熱貯留層評価・管理技術」研究の一環として整備された微小地震監視ネットワークが整備されている。本研究では，これを用いて地下流動の解明を行う。地震波散乱解析から推定した地下間隙内の弾性波速度変化や，注水井底の圧力・温度情報等を用いて，地熱貯留層内の微小地震発生の要因についての考察を行う。

キーワード：微小地震観測、散乱波解析、地熱貯留層
Keywords: Microseismic monitoring, Scattering analysis, Geothermal reservoir

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波エンベロープを用いた西南日本の内部減衰と速度揺らぎの3次元構造推定

3D distribution of intrinsic attenuation factors and random velocity fluctuations in southwestern Japan inferred from seismogram envelopes

*小木曽 仁[1]
*Masashi Ogiso[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

おおよそ1Hzより高周波数帯における地震波エンベロープは、媒質の内部減衰とともに地震波散乱の影響を強く受け、複雑な形状を示す。このような複雑な地震波エンベロープから推定される地下の内部減衰・散乱減衰構造は、我々の地球内部構造の知識をより豊かにするとともに、強震動予測においても重要な情報となる。Ogiso (2019)はエンベロープフィッティングとTakeuchi (2016)のセンシティビティカーネルを組み合わせて、内部減衰と散乱係数の3次元構造の同時推定に挑戦した。本研究では、Ogiso (2019)の手法を発展させ、前方散乱モデルのもとで内部減衰と速度揺らぎの3次元分布の同時推定手法を提案する。

本研究で提案する手法はOgiso (2019)と同様2つのパートからなる。まず、エンベロープフィッティングを用いて、各地震ー観測点ペアごとに最適な減衰パラメータ(内部減衰と速度揺らぎ)を推定する。次のステップとして、得られた地震ー観測点ペアごとの減衰パラメータをTakeuchi (2016)のセンシティビティカーネルを用いて3次元空間に投影していく。

エンベロープの合成には輻射伝達理論とボルン近似にに基づいた非等方な散乱係数を利用した。また、1次元速度構造の効果も取り込んでいる。

提案した手法を用いて西南日本の3次元減衰構造を推定した。使用した地震はM3.0-4.5、深さ90km以浅の328個、使用観測点はHi-net236点である。得られた構造には次のような特徴が見られた; (1)九州地方は内部減衰・速度揺らぎとも他の地域より大きい、(2)特に中国地方で明瞭であるが、下部地殻が上部地殻より内部減衰・速度揺らぎとも小さい、(3)四国地方で内部減衰にのみ水平不均質性が見られる。(1)はTakahashi et al. (2013; 2014)と共通の特徴とみられ、九州地方の活火山や活構造等、活発なテクトニクスを反映しているものと考えられる。(2)は南カリフォルニア(Wang and Shearer, 2017)と同様であり、地殻に一般的にみられる特徴かもしれない。(3)はKita and Matsubara (2016) と共通の特徴のように見える。この内部減衰の水平不均質はこの地域で発生しているスロースリップの地域性と関連がある可能性があり、興味深い。

謝辞

本研究にあたり、防災科研Hi-netの波形を使用しました。また、JSPS科研費JSPS科研費JP17H02064及びJP18K13622の援助を受けています。

キーワード：地震波エンベロープ、地震波散乱、地震波減衰構造、西南日本

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: seismogram envelope, seismic wave scattering, seismic attenuation structure, southwestern Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2013年５月24日オホーツク海深発地震（610 km, Mw8.3）による近地～遠地強震動

Regional to teleseismic strong ground motions from a 610 km deep 24 May 2013 Sea of Okhotsk earthquake

*古村 孝志[1]、Brian Kennett[2]
*Takashi Furumura[1], Brian LN Kennett[2]

1. 東京大学地震研究所、2. オーストラリア国立大学
1. Earthquake Research Institute The University of Tokyo, 2. Research School of Earth Sciences, The Australian National University

１．はじめに

2013年５月24日にカムチャッカ半島の西方の深さ610 kmで発生したMw8.3の深発地震（オホーツク海深発地震）では、北海道宗谷郡猿払村や秋田市で最大震度３の揺れを観測したほか、震源から3000 km離れた鹿児島県でも震度１を観測するなど、日本列島全域が揺れた。また、震源から6000 km離れたドバイやインド北部、カリフォルニアでも揺れが報告されたほか、モスクワでは建物から人が避難する事態となった。Kuge (2015)は、遠地地震波形を解析し、遠地の顕著な揺れがP波放射パターンと関連する可能性を1994年ボリビア深発地震における同様の現象（Anderson et al, 1996）と比較して議論している。本研究では、オホーツク海深発地震による地震波伝播の特性を日本列島の高密度観測データ（F-net，Hi-net）と全地球の広帯域観測データ（IRIS DMC）の解析と、３次元差分法に基づく地震波伝播シミュレーションに基づき検討した。

２．日本列島の強震特性

日本列島の波動伝播特性を、F-net広帯域強震計、及び、特性補正フイルタ（Maeda et al., 2011）を用いてSTS-2広帯域地震計特性に変換したHi-net地震計データを用いて評価した。最大速度分布を描くと、大きな震度を観測した猿払村と秋田市を中心に、最大10 cm/sを越える地動分布が得られた。地動は日本海側で大きく、一般に深発地震で見られる太平洋岸の大きな揺れ（異常震域）とは逆の分布を示した。地動速度は震源距離とともに単調には減衰せず、震源距離2000 km付近に第２の震幅のピークが見られた。

深い（610 km）震源から放射される地震波は、近地には地表に向け上方向に放射されものが、遠地では下部マントルに向けて下方に放射されたものオーバラップして到達する。レコードセクションを見ると、震源距離2000 km付近で二つのS波が同時に到着（near caustics）して大振幅の波群を形成していることが解った。また、地表に臨界角で入射したS波は、大振幅のsP変換波を生成し、地殻を広角反射しながら3500 km付近まで伝播し（sPmP波）、またS波とカップリングして長い波群（S-PL波）を作っていた。さらに、震源距離3000 km以遠に、地表で反射したSS波が深部マントルを伝わり再び地表に到達して、第３の振幅ピークを作っていることも確認できた。深発地震による特異な距離減衰は、2013年サハリンの深発地震（Mw7,7; 600km）などでも確認できた。

３．深発地震の強震動シミュレーション

ak135標準地球モデルを用いた地震波伝播シミュレーションより、震源距離1000～3000 kmで観測された大振幅の相（S, sP, SS等）の伝播過程を確認した。S波のcausticsやsP変換波により作られる、第２の振幅ピークは震源深さにより変化し、深さ200～610 kmの深発地震ではおよそ1500～3000 kmとなる。また、sP波やSS波の変換・反射効率は地殻の厚さに敏感であり、厚い大陸地殻ではSS反射波が大きくsPは小さい、そして、地殻の薄い海域ではこの逆となる。日本列島で観測された大振幅のSS波は、比較的厚い（20～30km）オホーツク海下の地殻で反射した結果であり、伊豆一小笠原諸島や北西太平洋の観測点での大振幅のsP変換波は、薄い海洋地殻での反射によるものである。

次に、太平洋プレートモデル（横田・他、2017）を組み込み、千島海溝～日本海溝の３次元構造の波動伝

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

播に与える影響を確認した。High-Vプレートを伝わるS波が周囲のLow-Vマントルへ屈折することで、観測に見られたように日本海側で振幅が大きくなる効果が認められた。これは、High-Qかつ不均質なプレート構造が、高周波数（> 1-2 Hz）地震動に対して働く導波効果（Furumura and Kennett, 2005; 2008）とは別のものである。導波効果は、遠地かつプレートを横切って伝わる長周期の地震動成分に対しては弱いと考えられる。

４．数千キロでの揺れは長周期地震動？

さらに、遠地での地震波伝播特性をIRIS DMCの広帯域波形により調べたところ、SS波による第３の震幅のピークは3500 kmをピークに現れ、その後、振幅が緩やかに減衰しながら、SSS波により7000 km付近に次の緩やかなピークが現れることが確認された。

オホーツク海深発地震では、かなり遠地（4000-6000 km）で揺れが報告されているが、その原因は、長周期のSS波やSSS波による可能性がある。建物からの避難騒ぎがあったモスクワに近いオビニスク地点（OBN；6050 km）の長周期地震動成分は、固有周期3.5秒で0.7 cm/sの速度応答スペクトルを持ち、堆積平野での長周期地震動の増幅が起きれば、長周期地震動震度階級１（>5 cm/s）の基準を満たす揺れとなる。

キーワード：深発地震、強震動
Keywords: Deep earthquake, Strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋モホを伝播する屈折波を用いた海洋性地殻のエクロジャイト化する深さ推定の試み

Trial estimation of eclogitization depths within subducting oceanic crust of the Philippine Sea slab inferred from head wave propagating along the oceanic Moho

*武村 俊介[1]、利根川 貴志[2]、中島 淳一[3]、汐見 勝彦[1]
*Shunsuke Takemura[1], Takashi Tonegawa[2], Junichi Nakajima[3], Katsuhiko Shiomi[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 東京工業大学
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology , 3. Tokyo Institute of Technology

海洋プレート上部に低速度層として存在する海洋性地殻は，沈み込みに伴う脱水反応によりエクロジャイト化することで，深い部分では海洋マントルと同程度の地震波速度となることが予想される（例えば，Fukao et al., 1983 Nature; Abers et al., 2003 GRL; Hacker et al., 2003 JGR）．本研究では，海洋モホを伝播する屈折波を用いて，フィリピン海プレートの海洋性地殻がエクロジャイト化する深さを拘束することを試みる．

海域で発生する海洋モホより浅い地震時に，陸域で観測される初動は海洋モホを伝播する屈折波となることが知られている（Takemura et al., 2016 EPS）．例えば，2016年4月1日に三重県南東沖の地震時に陸域のHi-netで観測された初動走時は，震央距離70~200 kmにおいて見掛け速度7.2 km/s程度の屈折波P_{PHS}が明瞭に確認できる．震央距離200 km以上では，見掛け速度8 km/s以上と海洋マントルに対応した初動走時となる．このような見掛け速度の距離変化は，マントル以深の地震波速度構造に起因すると考えられる．

現実的な構造を仮定した2次元差分法による地震動シミュレーションにより，初動走時の特徴を調べる．地殻構造はF-net 1D構造（Kubo et al., 2002 Tectonophys.），フィリピン海プレート上面形状はHirose et al. (2008 JGR)を採用し，プレート上面から深さ方向に7 kmの領域を海洋性地殻としてシミュレーションを行った．海洋性地殻を深部まで低速度層として存在させると，P_{PHS}が遠方まで初動として伝播し，観測された初動走時の特徴を説明できない．そこで，海洋性地殻が海洋マントルと同程度まで高速化し，海洋モホがある深さで消失したとしてシミュレーションを行った．海洋モホの消失する深さを様々に変えたシミュレーションから，海洋モホが消失する深さに依存して初動走時が変化することがわかった．海洋性地殻のエクロジャイト化により海洋モホが深さ52 km以深で速度コントラストを持たなくなり，初動がP_{PHS}から海洋マントルに対応したP波に変わるため，初動走時が変化する．海洋モホの消失する深さを52 kmとした時に，初動走時の再現性が最も良くなった．この深さは，Kato et al. (2014 EPS)による紀伊半島下のフィリピン海プレートの海洋性地殻のエクロジャイト化する深さと整合的である．

以上のことから，海域で発生した海洋モホより浅い地震とモデルシミュレーションの比較から，海洋モホの速度コントラストが消失する深さを拘束できることが期待される．海洋モホの消失は沈み込みに伴う脱水反応が原因と考えられ，海洋性地殻のエクロジャイト化と関連があると考えられ，沈み込む流体の移送過程を知るヒントとなる．

謝辞
F-net MTカタログとHi-net速度波形を利用したました．地震動計算には地球シミュレータを利用しました．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：南海トラフ、フィリピン海プレート、海洋性地殻、エクロジャイト化、屈折波
Keywords: Nankai Trough, Philippine Sea Slab, Oceanic crust, Eclogitization, Head wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transient gravity perturbations due to a buried gravitational source in a homogeneous elastic half space

*Aditya Nitin Deshmukh[1], Pratik Laxman Borate[1], Abhishek Venkatesh Chitgopkar[1], Nobuki Kame[2], Ranjith Kunnath[1]

1. Mahindra Ecole Centrale, Hyderabad, India , 2. Division of Theoretical Geoscience, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan

Earthquake ruptures induce transient deformations which result in changes in the gravity field (Harms, *et. al* (2015)). Prompt elastogravity signals due to the earthquake source arrive before any seismic wave from the source and it has been proposed that these signals could be used for earthquake early warning systems. In this work, we study the model of a buried gravitational load in an isotropic, homogenous elastic half-plane or half-space. The response at the surface is determined for a suddenly applied gravitational line-load in an elastic half-plane. Also, the response at the surface is calculated for a suddenly applied gravitational point-load in an elastic half-space. Due to the gravitational field induced by a suddenly applied line-mass, every point in the half-plane acts as a source by itself. The elastic response due to each point in the half-plane is calculated using the solution of Garvin (1956) for a buried line blast load in an elastic half-plane. The total response at the receiver point on the surface of the half-plane is determined numerically by the convolution of Garvin’ s solution with the gravitational force. Similarly, the elastogravitational response to a suddenly applied point mass in a half-space is determined using the solution of Johnson (1974) to Lamb’ s problem of a source buried in a half-space. We show that in both these models, prompt gravity signals are obtained.Earlier, Kame and Kimura (2018) had considered the elastic response to a suddenly applied point mass in an unbounded medium. They showed that the ground acceleration at any receiver point is exactly cancelled by the gravity perturbation during the entire duration of the prompt period so that a gravimeter at the receiver will not detect any prompt signals. This appears to be a peculiarity of the model of an unbounded medium.

References:

Harms, J., Ampuero, J.-P., Barsuglia, M., Chassande-Mottin, E., Montagner, J.-P., Somala, S. N. and Whiting, B. F. (2015). Transient gravity perturbations induced by earthquake rupture, *Geophys. J. Int.* **201**, 1416-1425.

Garvin, W. W. (1956). Exact transient solution of the buried line source problem, *Proc. R. Soc. Lond. A* **234**, 529-541.

Johnson, L.R. (1974). Green’ s function for the Lamb’ s Problem. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **37**, 99-131.

Kame, N. and Kimura, M. (2018). The fundamental nature of a transient elastic response to prompt gravity perturbations, submitted to *Geophy. J. Int.*

Keywords: Geomechanics , Elastogravity, Transient deformation, Computational mechanics

©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28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

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

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

15:30 ~ 15:45

[SSS14-01] "0.1満点"高密度地震観測に基づく微小地震の時空間発展：断層の成長過程

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3] (1.東京大学地震研究所、2.九州大学、3.京都大学防災研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS14-02] Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

*朴 舜千[1]、Won-Jin Lee[2]、Geunyoung Song[1]、Duk Kee Lee[1] (1.韓国気象庁、2.韓国環境科学院)

16:00 ~ 16:15

[SSS14-03] Estimation of rupture directivity, fault plane, and stress drop of small earthquakes in inland areas of Japan

*吉田 圭佑[1]、齊藤 竜彦[2]、江本 賢太郎[1]、浦田 優美[2] (1.東北大学理学研究科、2.防災科学技術研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS14-04] 鹿児島湾で発生した M 5.3 の地震の前駆的活動及び余震活動にみられる震源 migration とその背後の非地震的過程

*松本 圭晶[1]、吉田 圭佑[1]、松澤 暢[1]、長谷川 昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

16:30 ~ 16:45

[SSS14-05] 地震に先行する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化

*山下 輝夫

16:45 ~ 17:00

[SSS14-06] 自然・人工地震で観測されるソースパラメターの時空間変化と面上流体拡散を記述する流体誘起地震の微視的物理モデル

*佐藤 大祐[1]、吉田 圭佑[2] (1.京都大学防災研究所、2.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

"0.1満点"高密度地震観測に基づく微小地震の時空間発展：断層の成長過程

Spatio-temporal Evolution of Micro-Earthquakes illuminated by “0.1 manten” Hyper Dense Seismic Observation: Implication of Fault Growth

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]
*Aitaro Kato[1], Shin'ichi Sakai[1], Satoshi Matsumoto[2], Yoshihisa Iio[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 九州大学、3. 京都大学防災研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. Kyushu University, 3. Kyoto University

To deepen fundamental understanding of earthquake faulting, it is of crucial importance to image fine scale structure of fault zone. We installed a thousand of seismic stations in the source area, which covers an entire aftershock zone of the 2000 Western-Tottori earthquake (Mw 6.7) from March 2017 to March 2018. The spatial interval of each seismic station ranges from 1 to 2 km. We initially detected ~3000 earthquakes from the continuous waveforms, using automatic arrival time picking technique. Applying a double-difference algorithm to the arrival data-set, we relocated more precise hypocenters in the studied region. The completeness magnitude of the catalog is around -0.7.

From the center to the southeast part, the relocated hypocenters are aligned along sharp fault planes, which are dipping almost vertically. In contrast, at the northwest area, the hypocenter distributions are complex, including several fault planes which are conjugate to the main NW-SE aftershock trend.

We focus on a tiny seismic cluster associated with Mj 1.7 event (main event) in the aftershock zone, which took place on 24th Dec., 2017. Following this event, a total of ~80 micro-earthquakes were detected by automatic-processng and matched filter technique. We visually picked up P-wave arrival times for each micro-earthquake. Using differential travel times derived from waveform cross-correlation technique, we succeeded to relocate them very precicely. The relative hypocenter acuuray appears to be less than 5 m. The relocated micro-earthquakes are sharply aligned along vertically NNW-SSE-striking fault. The length and dip-width of the fault dimension is about 200 m, respectively. This hypoenter alignment is well consisten with a focal mechanism of the main event. Based on the distribution of the earthquakes, the fault zone width is estimated to be ~10 m. The ratio of the fault (process) zone width to the fault length is ~0.01, which fairly matches with that geological observation of fault exposure.

In addition, we identify spatial-temporal evolution of the micro-earthquakes after the main Mj 1.7 event. Interestingly, these migrating events occurred so that they did not overlap events that occurred earlier, like complementary manner. The migration speed is estimated to be < ~0.1 km/day, which is quite lower than that slow slip events observed typically along subduction. This slow migration is similar to fluid migration speeds inferred from seismic observation of induced seismicities following the 2011 Tohoku-Oki earthquake. These results indicate a growth of fault network on a scale of tens of meters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

*朴 舜千[1]、Won-Jin Lee[2]、Geunyoung Song[1]、Duk Kee Lee[1]
*Sun-Cheon Park[1], Won-Jin Lee[2], Geunyoung Song[1], Duk Kee Lee[1]

1. 韓国気象庁、2. 韓国環境科学院
1. Korea Meteorological Administration, 2. National Institute of Environmental Research

After the 2017 Pohang, South Korea earthquake with magnitude (ML) 5.4, surface deformation was observed using Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) technique. This observation of surface deformation can be a constraint to estimate the fault model in addition to aftershock distribution and other seismic information. As the result of InSAR processing using X-band Cosmo-Sky-Med and C-band Sentinel-1 data, we observed the maximum deformation of about 4 cm in Line-Of-Sight (LOS) direction.

Considering this observation, we estimated the fault model of the 2017 Pohang earthquake. We determined hypocenters of the earthquake sequence and carried out moment tensor inversion. Then we estimated the dimension and depth of the fault plane using aftershock distribution and displacement on the fault using the seismic moment. Surface deformation was calculated using the formula of Okada (1985) and assuming several models of slip distribution on the fault and was compared with the surface deformation pattern in LOS direction. Larger surface deformation toward the satellite was observed to the northeast from the epicenter and this pattern was well explained by fault models having the slip on the shallow fault plane. During the presentation, we will discuss more about the fault model comparing surface deformation and the aftershock distribution.

キーワード：2017 Pohang earthquake、surface deformation、aftershock distribution、fault model
Keywords: 2017 Pohang earthquake, surface deformation, aftershock distribution, fault model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of rupture directivity, fault plane, and stress drop of small earthquakes in inland areas of Japan

*吉田 圭佑[1]、齊藤 竜彦[2]、江本 賢太郎[1]、浦田 優美[2]
*Keisuke Yoshida[1], Tatsuhiko Saito[2], Kentaro Emoto[1], Yumi Urata[2]

1. 東北大学理学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Tohoku University, 2. NIED

Dominant frequency or duration of seismic waves is considered to reflect the fault size. Some studies used the dominant frequency for the estimation of fault size and stress drop for small earthquakes assuming simple fault models (e.g., Brune, 1970; Sato & Hirasawa, 1973; Madariaga, 1976) without estimating heterogeneous slip distribution on the fault. Some of the simple source models are based on a symmetrical circular fault model (Madariaga & Ruiz, 2016). The assumption of the isotropic rupture evolution on a symmetrical circular fault can lead to a large estimation error of the fault size and thus the stress drops if the real source process is asymmetrical or exhibits a significant directivity effect (e.g., Kaneko & Shearer, 2015). We should carefully check if we can assume a symmetrical source model when we apply it in analyzing seismograms of small earthquakes.

We investigated the rupture directivities of small and moderate-sized earthquakes (M_JMA>2) in the Yamagata-Fukushima border earthquake swarm which was estimated to be triggered by the upward fluid movement after the 2011 Tohoku-Oki earthquake. We utilized the dense nationwide seismic network in Japan to estimate the rupture directivity. Apparent source time functions were calculated at each station for 1,782 earthquakes based on the waveform deconvolution technique with nearby (< 300 m) small earthquakes to remove the propagation- and site-effects. We found clear directional dependences of the peak amplitude and the pulse width in the apparent source time functions, suggesting the earthquake rupture directivity, for 904 of 1,782 events.

Based on the unilateral rupture model, we estimated the direction, duration, and velocity of rupture for each earthquake. Rupture directions of most earthquakes tend to be different from those of the hypocenter migration. This difference between the microscopic and macroscopic propagations of rupture might be explained by the spatial variation of the frictional strength; ruptures of each earthquake are hindered to develop toward shallower part due to higher frictional strength ahead of the pore-pressure front (shallower part) than behind (deeper part). It suggests the importance of the knowledge of frictional strength on fault to understand fracture dynamics of small earthquakes.

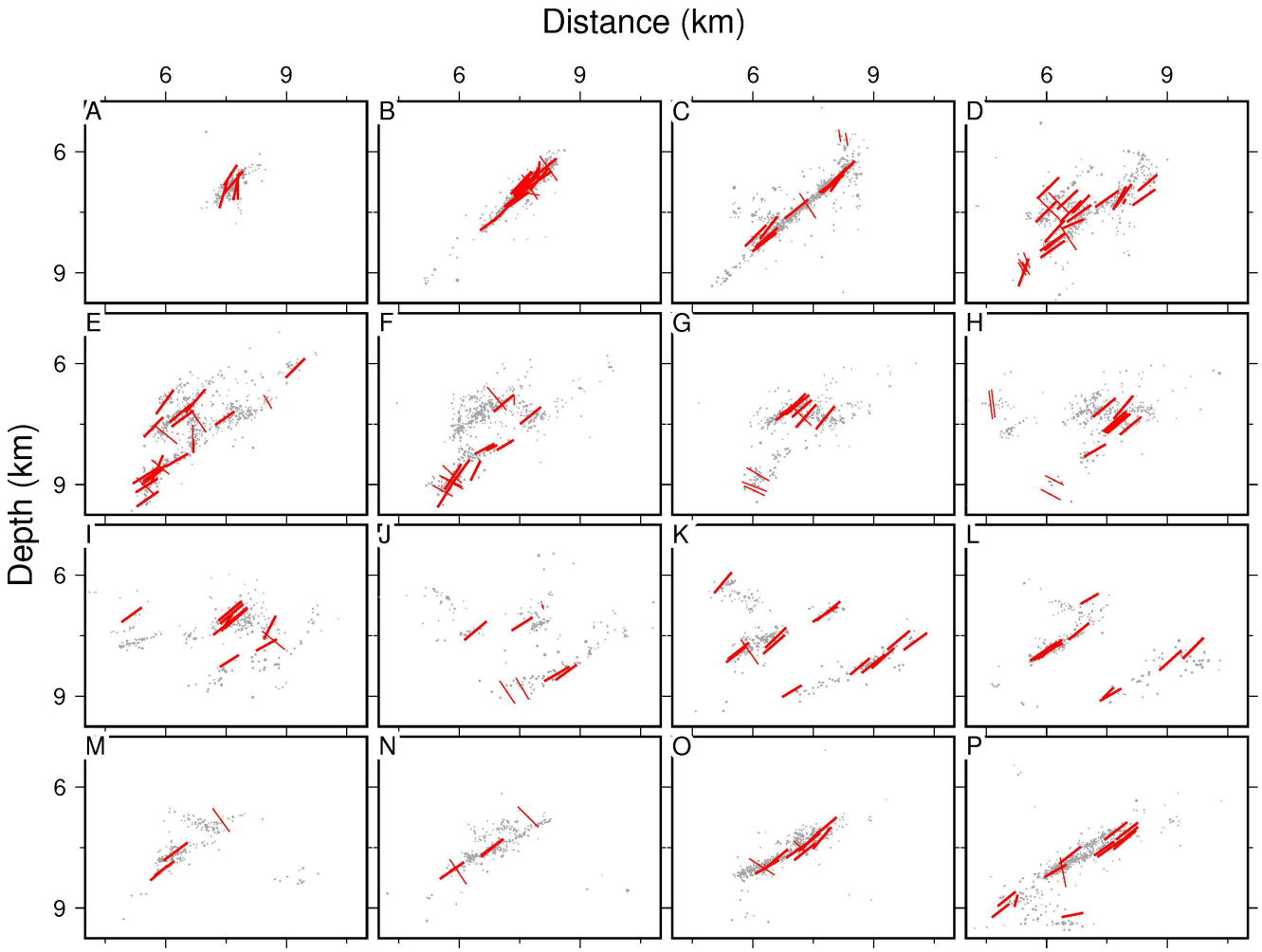
Besides, we estimated fault planes of small and moderate-sized earthquakes based on focal mechanism and rupture directivity (Fig.). Most of fault planes are parallel to the macroscopic planar structures, which suggests that they were triggered by fluid intrusions along those common planar structures. By taking the limitation of the resolution of hypocenter relocation, information from the rupture directivity can be unique data to reliably determine the fault planes of small and moderate-sized earthquakes.

By considering the estimated fault planes and areas of small earthquakes, we confirmed the temporal increase in stress drop reported by Yoshida et al. (2017, JGR). The systematic temporal changes in frictional strength, stress drop, background seismicity rate, b-values, the upward hypocenter migration along the planar structures, and the rupture directivity rather opposite to the hypocenter migration can be explained in a consistent manner by the effects of the upward fluid flow along several pre-existing planes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

after the 2011 M9 Tohoku-Oki earthquake.

キーワード：rupture directivity、pore pressure、fault plane
Keywords: frictional strength, stress drop, hypocenter migration



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鹿児島湾で発生した M 5.3 の地震の前駆的活動及び余震活動にみられる震源 migration とその背後の非地震的過程

Possible aseismic phenomena causing the hypocenter migration in the precursory activity and aftershocks of the 2017 M 5.3 Kagoshima Bay earthquake, Kyusyu, SW Japan

*松本 圭晶[1]、吉田 圭佑[1]、松澤 暢[1]、長谷川 昭[1]
*Yoshiaki Matsumoto[1], Keisuke Yoshida[1], Toru Matsuzawa[1], Akira Hasegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University

地震の発生要因としては，断層上のせん断応力の増加の他に，面の摩擦強度の低下が考えられる．このことは，地震の発生に間隙水圧の変化が深く関わっていることを示唆する (例えば，Hasegawa, 2017; Hubbert and Rubey, 1959; Nur and Booker, 1972; Sibson, 1992)．従って，地下の流体の挙動を調べることは地震の発生メカニズムを考える上でとても重要である． 震源 migration は，地下に存在する流体の移動や面に沿っての非地震性の滑りのような非地震的な現象に起因するとよく説明される．このように，詳細な震源の時空間分布は，地殻や上部マントルで生じている非地震的な現象を調べるための重要な手がかりとなる．

2017 年 7 月 11 日 11:56 (JST) に，鹿児島湾の深さ約 10 km を震源とする M 5.3 の地震が発生した．本震震源の周辺では，前年の2016 年 12 月頃を境に地震活動が活発化していたことがわかっている．本研究では， M 5.3 の地震の前後で発生した地震について，波形相関を用いた精密な震源再決定により求めた詳細な震源分布を用いて，一連の地震活動活発化の原因について調べた．

まず，気象庁一元化震源カタログに記載されている 2010 年1月から2018年4月の期間において鹿児島湾南部の本震震源周辺で発生した地震を対象にして，波形相関を用いることで精密な到達時刻差を求めた．この波形相関を用いて得られた到達時刻差データとカタログ記載の検測値の到達時刻差データに対し， DD 震源決定法 (Waldhauser & Ellsworth, 2002) を適用した．初期震源としては，気象庁一元化震源カタログデータを用いた．

震源再決定により，気象庁一元化カタログの震源では雲状にばらついていた震源が，複数枚の面状に集中した．それらのうちの主要な面の方向は，本震や余震のメカニズム解の節面の一つと整合的である．特に，前駆的活動の震源の多くは 1 枚の面状に集中し，震源が時間と共に面上を広がるような明瞭な震源 migration をする性質を示した．その「面」の中には震源の空白域がみられ，本震震源は空白域の端に位置する．余震の震源もまた空白域を避けるように分布することから，本震の主要なすべり域がこの空白域に対応する可能性がある．スペクトル比法を用いて推定した本震震源スペクトルのコーナー周波数から求めた本震の断層サイズはこの空白域の大きさと整合的であった．余震の震源は複数枚の面状構造を示し，その活動が時間とともに浅部から深部へと移動する傾向がみられる．このような浅部から深部へと向かう震源移動の特徴は，流体の関与が指摘されている，東北沖地震後にstress shadowである東北地方中部で発生した群発地震活動の特徴 (Yoshida & Hasegawa, 2018) と良く似ている．

以上の前駆的活動と余震活動にみられた震源の空白域および震源の migration などの特徴は，次のように考えると説明できるかもしれない．(1) 本震の発生に先立ち既存の亀裂等の弱面に流体が浸入し，弱面の摩擦強度が減少することで，活発な前駆的活動が生じた．そして，流体が弱面に沿って移動することに伴い，前駆的活動の発生場所も徐々に移動した. この際，トリガーされた非地震性すべりや本震の前駆的すべりも生じて地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震発生・震源移動に貢献したかもしれない．(2) 前駆的活動がさらに進行し，前駆的活動では地震すべりが生じなかった空白域においてもついに本震すべりに至った． (3) 本震に伴う応力変化により広範囲で余震が生じた．また前駆的活動や本震に関与した流体が複数枚の弱面を伝わりながら浅部へ移動していった結果，震源も深部から浅部へと移動した．

キーワード：鹿児島湾の地震活動、前駆的活動、余震、震源migration、空白域
Keywords: seismic activity in Kagoshima Bay, precursory seismic activity, aftershocks, hypocenter migration, seismic gap

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震に先行する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化
Stress and pore fluid pressure changes in fault zone preceding the earthquake occurrence

*山下 輝夫
*Teruo Yamashita

本講演では、弾塑性変形する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化を理論的に考察する。このような考察は、地震発生に至る過程についての知見を得るのに有用であろう。解析には、孔隙弾塑性理論(poro-elasto-plasticity)を用いる (Coussy,2006)。塑性条件としてCapped Drucker-Pragerモデルを仮定する（図１）。$f=\tau_J+f_m\sigma_{eff}+\kappa=0$で記述される塑性条件の直線部分（直線A）の基本パラメタは、内部摩擦係数f_mで与えられる。なお、κは硬化変数の関数、$(\tau_J)^2$は偏差応力の第2普遍量、$\sigma_{eff}(=(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3)/3+p_f)$は平均実効応力であり、$\sigma_i$(i=1,2,3)と$p_f$は主応力と間隙流体圧である。塑性条件が満たされれば、遠方応力の増大とともに図1の矢印に示すように応力状態が変化していく（比較的低い平均実効応力を仮定し、点Iは弾性領域内部の初期値で直線A上のある点Pで初めて塑性条件を満たすとする）。塑性ポテンシアルについては、岩石実験結果に基づき非関連流れ則を用いることにし、図1の直線部分の塑性条件に対応する塑性ポテンシアルとして$g=\tau_J+f_d\sigma_{eff}+\kappa$を仮定する。ここで、$f_d$はdilatancy factorと呼ばれ、一般に$f_m>f_d$の関係がある。塑性体積歪は、f_dに比例し正となる。そのため、図1の直線部分Aでは、流体圧変化は負になることが予想される。空隙率が小さいほどf_mは大きいということが実験により知られている(Chang et al.,2006)。空隙率の低い岩体からなる断層ダメージ帯では、断層コアに近いほど透水率は高いと考えられている。したがって、断層コアに近いほど空隙率は高く、f_mは小さいと考えるのは妥当だろう。f_mは断層ダメージ帯と断層コアの境界付近(y=+0)で最小値を取り、外部に向かって線形増大し一定値に達するという1次元モデルを仮定する（図２）。f_mが線形増大する領域を断層ダメージ帯と呼ぶことにする。断層コアについては、空隙率が十分に小さいためf_mは断層ダメージ帯外部の値と同程度で流体の出入りはないとする。また、遠方で主応力($\sigma_1<\sigma_2<\sigma_3<0$)が作用しその絶対値が準静的かつ一様に増大していくものとする。したがって、応力の蓄積が十分になった時点で、断層ダメージ帯と断層コアの境界付近(|y|=c+0)で塑性が始まり、塑性域は徐々に外部に向かって広がっていく（なお、σ_1の蓄積速度は、0.2MPa/年とする)。 図1の直線A上に応力点がある限り、流体圧は応力蓄積とともに減少していくことが予想されるが、問題は、その流体圧変化速度の応力蓄積速度への依存性である。さらには、地震発生の問題からは、塑性域内部の応力変化も関心事となる。図３に透水率$10^{-18}m^2$について|y|=c+0での流体圧の時間変化の例を示す。曲線(A)は塑性硬化がある場合。(B),(C)は完全塑性の場合であるが、(C)のほうが断層ダメージ帯の幅が二倍大きい。これから、 (a)塑性硬化が小さいほど、(b)断層ダメージ帯幅が大きいほど、塑性域内部の流体圧低下は大きいことがわかる。しかし、無次元時間t/dt=10000での孔隙弾性だけによるによる流体圧変化（上昇）は、約10MPaと見積もられ、塑性効果は、無視できる程度だと考えられる。もちろん、透水率がもっと大きければ流体圧の低下は軽減される。実際、数値計算によると、透水率が$10^{-17}m^2$の場合は、10^{-18} m^2の場合に比べてy=0での流体圧低下は26%程度である。さらに、塑性域内部のせん断応力$|\sigma_1-\sigma_3|$の値は塑性域外部に比べ小さくなり、また圧縮応力$|\sigma_1+\sigma_3|$の値は大きくなる。そのため、断層ダメージ帯は、塑性域の拡大とともに、より安定的になっていく。ただ、断層ダメージ帯と断層コアの境界付近で応力・流体圧の急変があり、場合によりこの境界が壊れる可能性もある。応力が蓄積にするに従い、応力点は直線A上を左上に移動して行くが、もちろん無限にこのようなことが起きるわけではない。実験からは、ある応力値を超えると、図１の曲線Bで表される塑性条件がもっともらしいと考えられている。この部分は、一般にcapと呼ばれ、その上では塑性体積ひずみは負に転ずる。そのため、流体圧は上昇に転じ、ダメージ帯はより不安定になっていく。したがって、地震発生に至るためには、応力点がcap上に乗り移る必要がある。講演では、流体圧が低下から上昇に至る全過程についての計算結果の紹介も行う。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：孔隙弾塑性理論、ドラッカー・プラガーモデル、断層帯
Keywords: poro-elasto-plasticity theory, Drucker-Prager model, fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

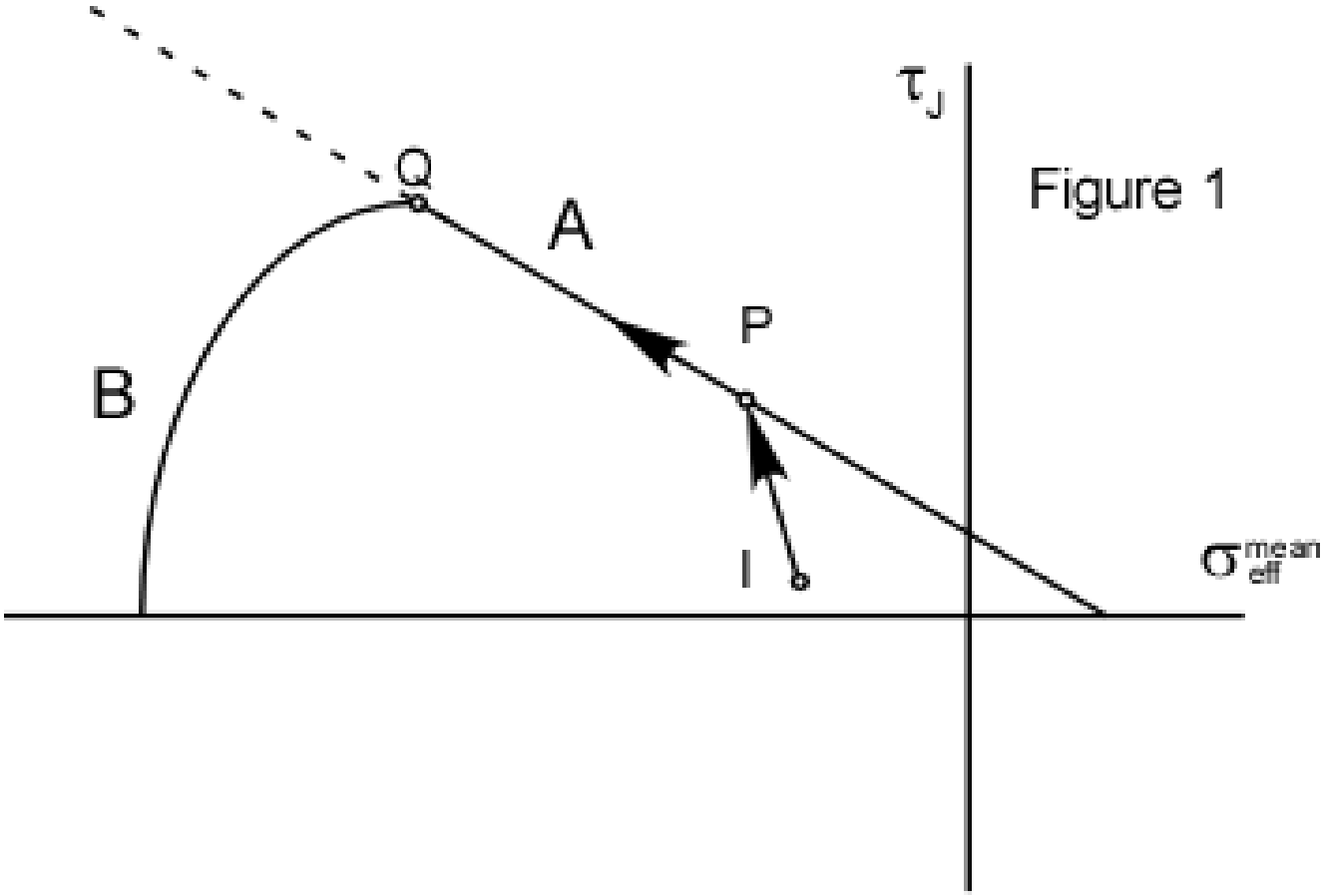


Figure 1

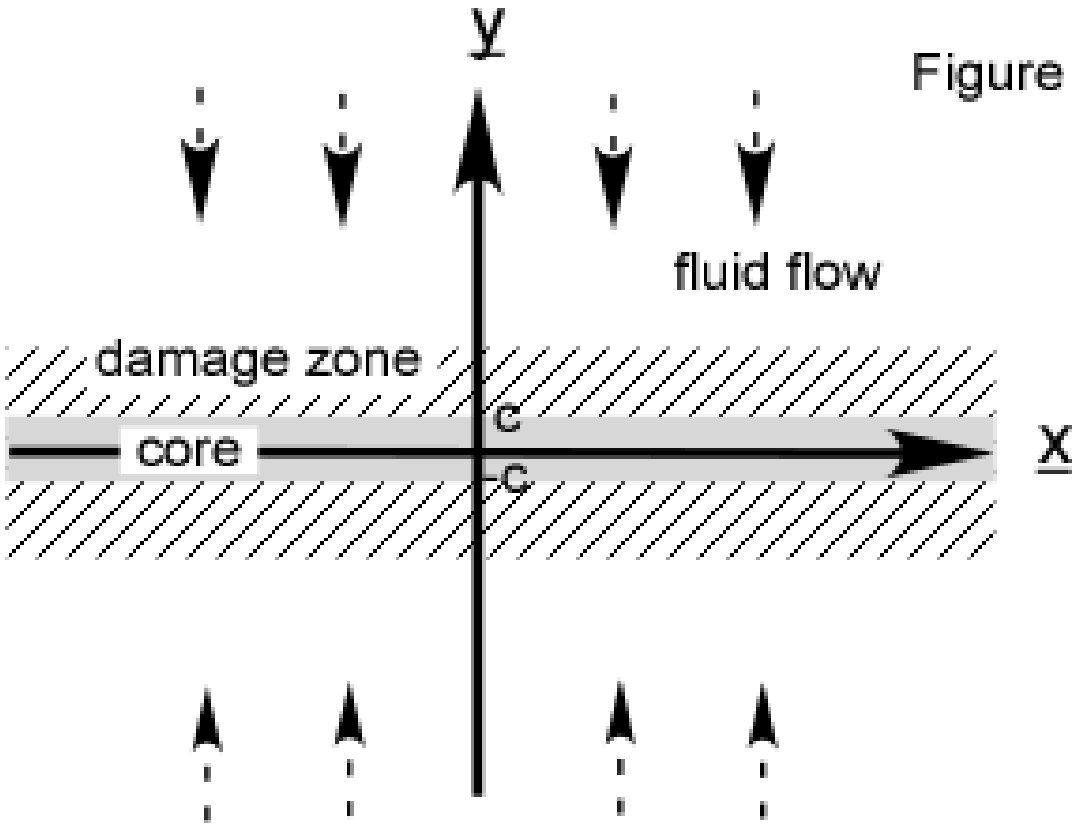


Figure 2

Figure 3

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然・人工地震で観測されるソースパラメターの時空間変化と面上流体拡散を記述する流体誘起地震の微視的物理モデル
Micromechanical model of fluid-induced seismicity to reproduce observed spatiotemporal changes in source parameters and on-fault fluid diffusion

*佐藤 大祐[1]、吉田 圭佑[2]
*Daisuke Sato[1], Keisuke Yoshida[2]

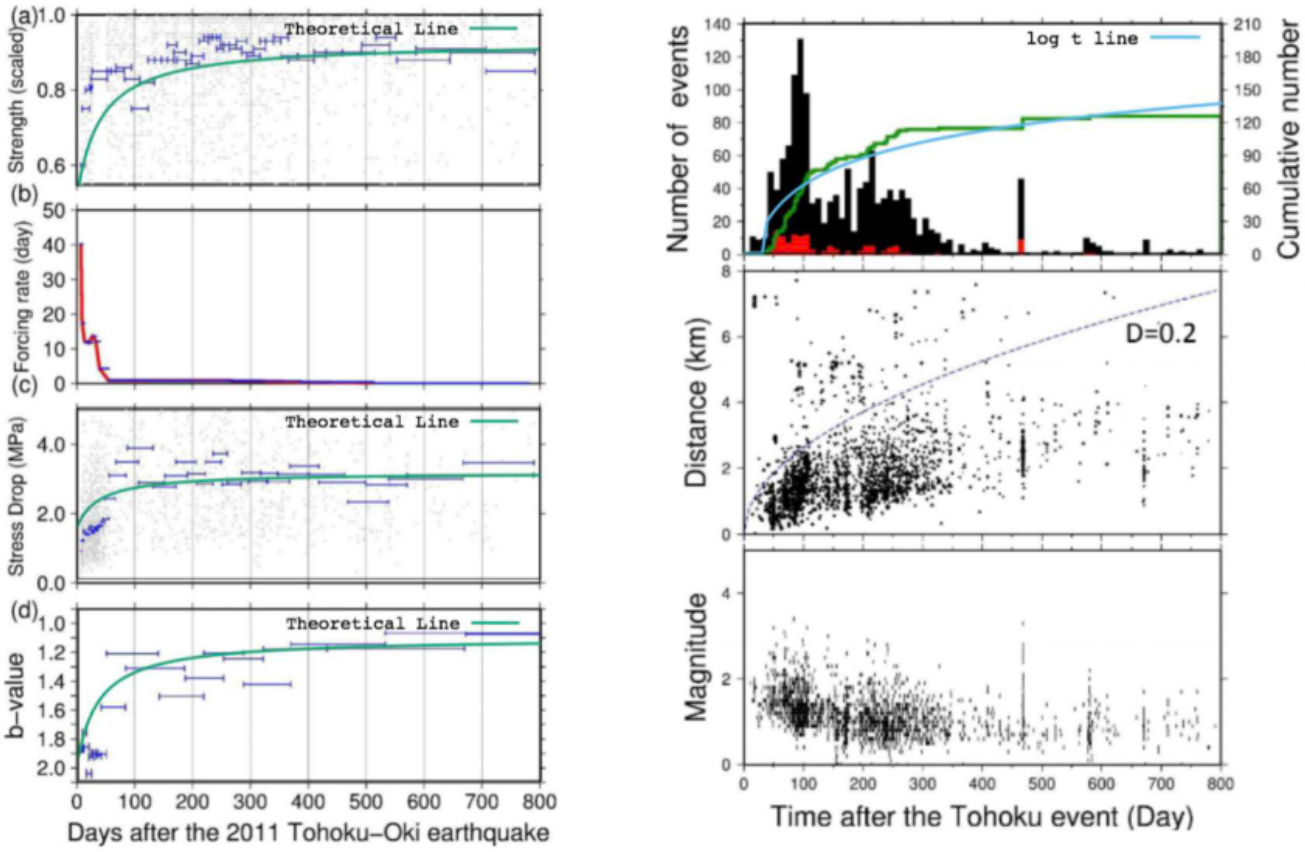
1. 京都大学防災研究所、2. 東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Tohoku University

群発性の自然地震や注水実験による人工地震で、流体と地震活動との関係が示唆されてきた。震源リロケーションを用いたいくつかの解析では、地震活動は面的に拡散すること(e.g., Yukutake et al., 2010)、流体注入(あるいはそれと思しき本震を伴わない地震発生レートの急増)時刻からの経過時間の関数としていくつかのソースパラメター(ストレスドロップ・強度・b値・地震発生レート)が変化することが報告されている(e.g., Yoshida et al., 2017; Bachmann et al., 2012)。本研究で我々は、微視的物理から期待される強度不均一を考慮し、上記観測を説明するような、面上流体拡散によって生じる地震活動の微視的物理モデルを構築する。

内容は4つに分けられる。第一に微視的物理モデルが提示される。モデル中では、互いの相互作用が無視できるほどに十分小さなパッチが面上にランダムに配置され、パッチは点源として注入された流体による有効強度の降下によって破壊される。第二に、微視的物理モデルでの複数の巨視的震源パラメターの時空間変化が解析的に解かれる。結果、複数のソースパラメターが、注入圧と流体の拡散有効半径、法線圧、余剰強度のゆらぎによってパラメトライズされ、また共通のマスターカーブで記述される。第三に、観測結果がフィッティングされ、理論と観測との整合性が示される。第四に、モーメント解放量の時間推移についての理論予言がYoshida et al., (2017)のデータを通して実証され、理論の正しさが強く裏付けられる。

キーワード：群発地震と流体誘起地震、微視的物理モデル、ソースパラメター
Keywords: earthquake swarms and induced-seismicity, micromechanical model, source paraemters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Yoshida et al. (2017)

Fig. 1. A data example of Yoshida et al. (2017) fitted by our theoretical model (written as theoretical or log t line in the figure), after Yoshida et al (2017). (Left) Temporal evolution of the source paramters. (Right) Number of events and the spatial patterns of the seismicity.

©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28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

15:30 ~ 16:00

[SSS15-01] 東北地方太平洋沿岸における歴史津波の史料・伝承をめぐって

★招待講演

*蝦名 裕一[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-02] 歴史時代における沈降卓越型逆断層の活動事例

*小松原 琢[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-03] 同時代史料による文禄五年閏七月九日（1596.9.1）の伊予・豊後地震

*石橋 克彦[1] (1.神戸大学名誉教授)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-04] 地層に記録された東南海地域の歴史時代・先史時代の津波

*藤野 滋弘[1]、木村 治夫[2]、小松原 純子[3]、松本 弾[3]、行谷 佑一[3]、澤井 祐紀[3]、宍倉 正展[3] (1.筑波大学生命環境系、2.電力中央研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

16:45 ~ 17:00

Discussion

東北地方太平洋沿岸における歴史津波の史料・伝承をめぐって
Historical documents and oral transmissions on historical tsunamis in the Paciffic coast of Tohoku

*蝦名 裕一[1]
*ebina yuichi[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所
1. International Research Institute of Disaster Science

本報告では、1611年に発生した慶長奥州地震津波（従来の慶長三陸地震津波）をはじめとする東北地方太平洋沿岸で発生した歴史津波に対する歴史資料や伝承を活用した歴史学に基づいた学際的研究手法について述べる。

2011年に発生した東日本大震災をうけて、東北地方太平洋沿岸で歴史上発生した巨大津波についての関心が高まり、これを869年貞観地震津波と対比した「1000年に１度の津波」とのイメージが流布するとともに、過去の津波伝承やいわゆる災害由来地名などが注目されている。これに対し、1611年の慶長欧州地震津波に対する従来の研究史における過小評価が指摘され、関する歴史資料の再調査・分析がおこなわれている（蝦名・今井2014）。また、同地域で発生した巨大地震津波として1454年に発生した享徳地震の存在が注目されることになった（行谷・矢田2014、Sawai et al. 2015）。さらに、これに対比される津波堆積物が、仙台平野や岩手県各地で相次いで発見されている（Sawai et al. 2012; 高田ほか2016）。

慶長奥州地震津波について記した史料として『駿府政事録』・『駿府記』があり、これには漁に出た仙台藩家臣と漁師の船が津波に遭遇し、「千貫松」と呼ばれる山の上に流されたと記述されている。これが現在の宮城県岩沼市の阿武隈川河口周辺での出来事と推定されているが、千貫松が存在した山の標高が高すぎることなどの理由から、この記述が作為的なものとして、この津波における仙台平野の被害が否定され、過小評価されていた（渡辺1998）。しかし、江戸時代に作成された岩沼周辺の絵図にもとづく歴史地形復元により、当時の阿武隈川の河川がより内陸側に流れていたこと、付近に中世以来の漁村が存在することなどから説明が可能となる（蝦名2014）。『駿府政事録』の記述は、遠隔地で編纂されたために、若干の情報の錯綜がありながらも、当時の津波の状況を伝えていると判断できる。

歴史地形の復元は地震規模の上限を決める上でも有効である。例えば岩手県宮古市に存在する史料や伝承には、2011年の津波到達地点より内陸まで津波が浸水していた記述をみることができ（蝦名・今井2014）、これに基づけば慶長奥州地震津波の地震規模は2011年に匹敵ないしそれ以上と考えることが可能である（福原・谷岡2018）。ただし、近世近代にかけて作成された絵図をもとに歴史地形を復元すると、これらの痕跡点が旧河川上に位置することがわかり、津波の河川遡上として説明することができる。

さて、こうした東北地方太平洋沿岸についての古地震・古津波の情報は、以前から地域の人々に共有されていたわけではなかった。東京大学地震研究所所蔵『地震・地理学研究材料報告』は、1890年代に帝国大学理科大学が全国の自治体に対して「海嘯」の有無についてアンケート調査を実施した際、岩手県沿岸の自治体は1856年の安政八戸沖地震津波の被害以前の歴史地震・津波について、史料・伝承ともに存在しないとの回答を寄せている（蝦名・佐竹2018）。ここから、東北地方太平洋沿岸がいわゆる津波常襲地帯であるという認識は、この時期の住民に共有されていなかったことがわかる。その中で、地域に残る歴史津波の記録・伝承について再評価をしたのが、1896年明治三陸地震津波の後に被災地を踏査し、『三陸沿岸大海嘯取調書』を著した山奈宗真であった。彼は津波被災後の各地の状況を調査するとともに、各地の有力者宅で古文書を調査し、『武藤六右衛門所蔵文書』や『宮古由来記』の類書から、慶長奥州地震津波の記述を書写している。一方

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

で、山奈は津波由来地名について『岩手沿岸古地名考』をまとめている。これは山奈が当時の住民から聞いた、過去の津波漂流物に由来した地名について記したもので、40件の地名のうち、半数の地名が現在も確認できることが判明している（村中ほか2017）。一方で、これらの地点の多くは実際に津波が到達するとは考えにくい箇所も多く、明治三陸地震津波直後の混乱状況で新たに生じた伝承である可能性も考慮にいれるべきであろう。

古地震・古津波研究における歴史資料および伝承を用いる場合、それらの成立過程や歴史地形の変遷といった視点を、研究をより深化させることができると考える。

キーワード：歴史津波、歴史資料・伝承、学際的研究、慶長奥州地震津波
Keywords: historical tsunamis, historical documents and oral transmissions, Interdisciplinary research, Keicho Oshu earthquake and tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

歴史時代における沈降卓越型逆断層の活動事例
Co-seismic crustal movements along reverse faults which subsidence component is larger than uplifting component

*小松原 琢[1]
*Taku Komatsubara[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Institute of Geology and Geoinformation, Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

逆断層運動は短縮歪場で生じることから，断層上盤側の隆起量は，下盤側の沈降量を上回るはず，である．しかし，日本海東縁～新潟-神戸歪集中帯では，地質学的時間スケールにおいて下盤側の沈降量が上盤側の隆起量を上回っている逆断層が少なくない(小松原，2015)．こうした断層の活動と地質構造のでき方について考察するために，沿岸部に起震断層が位置する歴史地震について，上下地殻変動の事例をまとめた．

2. 事例1　1586年天正地震時の桑名断層の活動

桑名断層の上盤側にあたる三重県朝日町埋縄地区でMIS5e旧汀線高度は+63m，桑名市西方でMIS5cの河口成段丘の最高高度は+55～63ｍ，高位段丘高度が+80ｍである．同断層下盤側のMIS5e海成層上面高度は，桑名市和泉で約-92ｍ，同市長島町浦安で-72ｍである．

桑名断層は1586年天正地震時に活動したとされる(須貝，2011)が，断層沈下側に当たる愛知県弥富市荷の上には1576年建造の建物が現存し，三重県・愛知県の断層下盤側における中世の大部分の遺構の埋没深度は1mを越えない(小松原，2018)．以上から，桑名断層はMIS5以降でみれば沈降と隆起が拮抗ないしは沈降が卓越する活動を行ってきたが，天正地震時には大きな沈降を生じなかった可能性が高い．

3. 事例2　1662年寛文近江若狭地震時の三方断層帯・日向断層の活動

日向断層の上盤側にあたる福井県若狭町気山の海成MIS5e堆積面の標高は+15～16ｍに位置する．この断層下盤側のMIS5eと考えられる湖沼堆積物上面の標高は水月湖で-90ｍ付近，三方湖で-80.9ｍである(竹村ほか，1993)．

一方，古文書には寛文地震時に日向断層上盤の菅湖北東で2.4ｍ(八尺)隆起，三方湖南西で1.5ｍ余り(数尺)沈降したと記録されている（小松原ほか，1999）．以上から，日向断層はMIS5e以降でみれば大幅な沈降卓越型の活動を行ってきたが，寛文地震時には隆起が沈降を上回っていたと考えられる．

4. 事例3　1694年元禄能代地震時の能代断層帯の活動

能代断層帯北部の上盤側におけるMIS5e海成段丘の旧汀線高度は秋田県峰浜村畑谷で+50～60ｍ，三種町森竹地区で+30m前後，同断層下盤のMIS5e海成層上面高度は能代市浅内地区で-85m付近である(秋田県，2002)．

一方，1694年元禄能代地震時による八郎潟北部の隆起を示した絵図(粟田，1985)を含む史料には，沈降(沈水)に関する記載は認められないことから，この地震時に顕著な沈降運動が生じたとは考えにくい．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

5. まとめ

歴史時代に沈降卓越型逆断層を起震断層として生じた地震性地殻変動では，3事例とも顕著な沈降運動が生じた証拠を見出すことはできない．これは，当断層沿いで非地震的な沈降運動が生じていることを示唆する．今後さらに検討したい．

文献

秋田県(2002)平成13年度能代断層に関する調査研究報告書．(地震本部HP)

粟田(1985)歴史地震，1，191-194.

小松原(2015)活断層研究，43，17-34.

小松原(2018)歴史地震講演要旨，35，42.

小松原ほか(1999)歴史地震，15，81-100.

須貝(2011)活断層研究，35，15-28.

竹村ほか(1993)地学雑誌，103，233-242.

キーワード：歴史地震、地震性地殻変動、逆断層、新潟-神戸歪集中帯、日本海東縁変動帯
Keywords: historical earthquake, co-seismic crustal movement, reverse fault, Niigata-Kobe tectonic zone, eastern margin of Japan Sea tectonic zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

同時代史料による文禄五年閏七月九日（1596.9.1）の伊予・豊後地震
The Iyo-Bungo, southwest Japan, earthquake on September 1st, 1596 as deduced from contemporary historical records

*石橋 克彦[1]
*Katsuhiko Ishibashi[1]

1. 神戸大学名誉教授
1. Emeritus Professor, Kobe University

●文禄五年（十月二十七日に慶長と改元）閏七月に豊後国（大分県）に地震動・津波災害をもたらした地震の発生日については，九日（1596.9.1）と十二日（1596.9.4）の２説がある．『増訂大日本地震史料』は十二日とするが，石橋（1989）は九日19時頃と主張し，十二日としていた『日本被害地震総覧』も宇佐美（1996）から九日に変わった．しかし堤・他（2000）は，伊予国（愛媛県）の地震史料から，9月4日豊後地震とは別の伊予地震が9月1日に発生したことは間違いないとして，それが中央構造線活断層帯・川上断層の最新イベントの可能性があると述べた．松岡（2014），中西・弘瀬（2015），松崎・他（2017）も，閏七月十二日の豊後地震とは異なる九日の伊予地震を考えている．これらに対して本発表では，信頼性の高い同時代史料によれば，九日19時頃に，別府湾付近から伊予にかけてを震源域とする単一の「伊予・豊後地震」が発生したと考えられることを述べる．

●既刊の地震史料集には本地震について70点以上の史・資料が印刷されているが，史料価値は玉石混淆である．いわば「古い地震観測データによる歴史地震源の考究」においては，史料批判をおこない，信頼性の高い同時代史料だけを用いるべきである．「十二日」は，元禄十一年（1698）成立の『豊府聞書』が恐らく伏見地震（十二～十三日深夜）と混同して以来，その後の多数の史・資料が踏襲したもので，信憑性は低い．16点の同時代史料の良質なテキストによる各地の状況は以下のとおりである．なお，同時代に成立した『イエズス会報告』と『日本王国記』は種々の問題があるので用いなかった．

京都：『言経卿記』が九日戌刻（19-21時頃）の地動を記し，『孝亮宿禰日次記』（今回初めて自筆原本を使用）は九日酉戌刻間（19時頃）に地震が「事の外」だったとする．

豊後：『由原宮年代略記』が九日戌刻に大地震で同社悉く転倒し，黄昏（たそがれ）時分に府中（大分市）に大津波があったと記す．『興導寺大般若経奥書』と『柴山勘兵衛記』も九日の大地震と府中の大津波を伝える．『玄与日記』は「去七月十二日之地震之時」（たぶん"閏"が脱）として，かみの関（大分市佐賀関；松崎・平井，2014）の大津波の伝聞を記すが，この記事には問題があって津波が十二日だったかどうかわからない（松岡，2017；榎原・村田，2018）．

安芸（広島県）：廿日市市と厳島神社では，『穂田元清書状』によって九日夜に大地震があったが損傷がなかったことがわかる．『仏通禅寺住持記』によれば，三原市でも九日から十二日まで大地震が続いた．『毛利元就書状』によれば，日時不明だが広島も強く揺れたが破損はなかった．

伊予：松山市の『薬師寺大般若経奥書』に，九日に強震動があって国中が迷惑とあり，広範囲で被害があったことを示唆する．中西（2002）が，江戸時代の編纂史料だが，松山市・西条市で九日戌刻の地震により寺社の倒壊・土地の陥没・集落移転の被害があったことを報告している．

薩摩・大隅（鹿児島県）：『樺山紹剱自記』が九日に大地震があったと記す．『帖佐屋地書状』は八日から少なくとも廿九日まで地震が続いたと書いており，八日は記憶違いかもしれないが帖佐（姶良市）では地震を感じたのかもしれない（西尾，2018）．『南航日記残簡』は鹿児島で，九日の地震，十二日の大地震と夜の地震，十三日の大地震を記す．榎原・村田（2018）は十二日に九州南部で別の地震が起きたかもしれないとするが，本発表では触れない．

●以上から，九日に各地に地震動があった．時間が不明な所もあるが，夜か，19～21時，19時頃であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る．史料地震学の原則として，明確な反証や理由がない限り，これらを同一の地震源によると考える．震度は，大分と松山・東予が所によって6強程度，廿日市・厳島・広島・三原が4程度，京都が3の強いほう，鹿児島付近が3程度と推定される．当時の時刻精度の粗さと大分の9月1日の日没時刻（18時40分頃）も考慮すれば，最も単純で合理的な推定は，九日の19時頃に大分付近～伊予に震源域をもつ単一の「伊予・豊後地震」が発生して直後に津波を生じたことである．別府湾から西条市付近までだと震源域が約150kmもあってM8級となるが，震源破壊伝播の効果も考えればもっと短くてよいかもしれない（M7.5級）．M7.3の兵庫県南部地震で震源域から40 km前後の姫路や和歌山が震度4だったから，伊予・豊後地震で広島県が震度4でも不思議ではない．更なる検討が必要だが，西条市で地盤沈下が生じた（中西，2002）とすれば，北落右横ずれの川上断層の活動もあったかもしれない．伊予・豊後と伏見の2地震は中央構造線断層帯の活動を含んで関連していて，その後の南海トラフの地震発生に影響を与えた可能性がある（石橋，1989a，2014）．

キーワード：1596年、伊予・豊後地震、史料批判、同時代史料、中央構造線断層帯
Keywords: 1596, Iyo-Bungo earthquake, historical source criticism, contemporary historical documents, MTL fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地層に記録された東南海地域の歴史時代・先史時代の津波
Geologically recorded historical and prehistoric tsunamis in the Tonankai region

*藤野 滋弘[1]、木村 治夫[2]、小松原 純子[3]、松本 弾[3]、行谷 佑一[3]、澤井 祐紀[3]、宍倉 正展[3]
*Shigehiro Fujino[1], Haruo Kimura[2], Junko Komatsubara[3], Dan Matsumoto[3], Yuichi Namegaya[3], Yuki Sawai[3], Masanobu Shishikura[3]

1. 筑波大学生命環境系、2. 電力中央研究所、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Civil Engineering Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

三重県の沿岸低地で機械ボーリングとハンドコアリングによる掘削調査を行ったところ，約4500–500年前に堆積した有機質泥層中に10層の砂層が見つかった．有孔虫や巻貝などの海生生物の遺骸を多く含むことや，現世津波堆積物と共通する堆積構造を有することから，これらの砂層を津波堆積物と解釈した．この調査地は安政東海地震津波（1854年）で浸水して砂が堆積したことが文書に記録されているが，伊勢湾台風（1959年）では浸水や砂の堆積の記録はない．見つかった砂層の内，上位3層の年代値は明応地震津波（1498年），永長地震津波（1096年），白鳳地震津波（684年）に重なる．この結果は白鳳地震の破壊域が東南海地域にまで及んでいたか，白鳳地震前後に別の地震が東南海地域で発生していたという地震考古学の仮説を支持する．一方，破壊域が東南海地域にまで及んでいたとも言われる仁和地震（887年）や正平地震（1361年）の津波の痕跡は見つからなかった．仮に，上位3層の砂層が明応，永長，白鳳地震津波によるものであり，かつ仁和，正平地震津波がこの地域に及んでいなかった場合，7–15世紀の東南海地域における津波の再来間隔は約400年となる．これは，南海トラフでは100年前後の一定の間隔で地震・津波が発生する，という一般に広く信じられている説と一致しない．また，調査地における先史時代の津波堆積物の年代間隔も100–600年程度でばらついていた．南海トラフにおける地震・津波の再来間隔については今後さらに検証する必要があるが，一定の再来間隔という先入観を持たないことが必要である．

キーワード：津波堆積物、南海トラフ、再来間隔
Keywords: tsunami deposit, Nankai Trough, recurrence interval

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

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

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[SVC38-06] アナク・クラカタウ火山2018年12月22日火山体崩壊・津波イベントの推移

*前野 深[1]、金子 隆之[1] (1.東京大学地震研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC38-07] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：遠地実体波解析と津波シミュレーション

*綿田 辰吾[1]、Iyan Mulia[1]、山田 真澄[2]、Dimas Sianipar[3] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan)

9:30 ~ 9:45

[SVC38-08] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：近地地震波から求めた地すべりの運動メカニズム

*山田 真澄[1]、綿田 辰吾[2]、中道 治久[1]、Mulia Iyan[2]、 Dr. Karyono[3] (1.京都大学防災研究所、2.東京大学地震研究所、3.BMKG)

9:45 ~ 10:00

[SVC38-09] 2018年11月下旬以降の焼岳火山近傍の地震活動について

*大見 士朗[1] (1.京都大学防災研究所地震防災研究部門)

10:00 ~ 10:15

[SVC38-10] 九重硫黄山における火山活動の変化について

*森 健彦[1]、谷口 無我[1]、川村 安[2]、平松 秀行[3]、池田 啓二[2]、菅井 明[2]、菅原 道智[2]、髙田 健一[2]、松本 享[2]、気象庁 福岡管区気象台、気象庁 大分地方気象台 (1.気象庁　気象研究所、2.気象庁　福岡管区気象台、3.気象庁 大分地方気象台)

10:15 ~ 10:30

[SVC38-11] 合成開口レーダーにより観測された有珠山溶岩ドームの収縮: 1992-2017年

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[1] (1.東京大学地震研究所)

アナク・クラカタウ火山2018年12月22日火山体崩壊・津波イベントの推移

A sequence of volcanic flank collapse and tsunami event on 22 December 2018 at Anak Krakatau volcano, Indonesia

*前野 深[1]、金子 隆之[1]
*Fukashi Maeno[1], Takayuki Kaneko[1]

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

Tsunamis were generated at the Sunda Strait, Indonesia, on 22 December 2018 (~21:00 local time), and a disaster (>430 victims) occurred along the coastal area close to Krakatau. As it became clear that the southwest side of Anak Krakatau Island that has continued eruptive activity in recent years had collapsed, the tsunamis are thought to have occurred with the edifice collapse of this volcanic island (PVMBG, 2018). The volume of collapsed material, the process of the collapse event, the tsunami generation and propagation processes, and the relationship between these and the eruption activity are still unclear. Therefore we investigated the sequence of the eruption and tsunami event at Anak Krakatau on 22 Dec 2018 based on satellite images and tsunami numerical simulation. Infrared data of Himawari-8 showed that thermal anomaly has continued since the middle of June 2018 but no specific anomaly signals were detected before the collapse-tsunami event. Then the data showed that the eruptive plume occurred from ~13:50 UTC on 22 December 2018. This time was 40-70 min before tsunami arrival at the coastal areas around Sunda Strait (~14:30-15:00 UTC). The first eruptive plume developed after ~13:50 but soon declined within an hour, then the second eruptive plume developed from ~15:20. It became much higher than the first one and sustained in the next couple of days. Numerical simulation of tsunami and volcanic flank collapse was carried out with the two-layer shallow water model based on non-linear long wave theory that has been developed for the tsunamis generated by gravity flows (pyroclastic flows, debris avalanche, etc.) flowing into the water. It was solved with a finite difference method. Bathymetry data is the same as that used in Maeno and Imamura (2011). The bottom friction coefficient of the gravity current was set to be 0.01 for subaerial condition and 0.06-0.12 for submarine condition. The interfacial drag coefficients between the gravity current and seawater were set to be 0.2. The four cases with different collapsed volumes (0.16, 0.21, 0.26, 0.31 km^3) were examined. The computed tsunami waveforms were compared with tide gauge records (PVMBG, 2018) at representative locations. The most likely initial condition to explain the tide gauge records was the initial collapse volume of 0.21-0.26 km^3. Other parameters don't significantly affect the results. Numerical results also showed that, for all cases, the maximum wave height (>3 m) in the SW coast of Java became higher than other areas. This tendency is consistent with the observational records that the SW coast of Java was more heavily damaged by tsunamis. This is probably because the direction of the collapse was southwestward but the direction of tsunami propagation was gradually changed from SW to S-SE by the effect of bathymetry. We also calculated tsunami travel times and estimated the occurrence time at the source, comparing with tsunami arrival times recorded in the tide gauges. As a result it seems that the tsunamis were caused by 13:54±2 min. We conclude that the collapse occurred almost simultaneously with the small eruption from ~13:50 UTC then followed by the main sustained eruption from ~15:20. In order to determine the timing and mechanism of the collapse event more precisely, it is necessary to further evaluate initial conditions and models as well as to compare with other geological and geophysical data.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火山体崩壊、津波、アナク・クラカタウ
Keywords: volcanic flank collapse, tsunami, Anak Krakatau

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：遠地実体波解析と津波シミュレーション
The 2018 eddifice collapse event of Anak Krakatau, Indonesia: Telseismic waveform analysis and tsunami simulation

*綿田 辰吾[1]、Iyan Mulia[1]、山田 真澄[2]、Dimas Sianipar[3]
*Shingo Watada[1], Iyan E. Mulia[1], Masumi Yamada[2], Dimas Sianipar[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所、3. TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan

2018年12月22日UT14時30分頃、インドネシアスンダ海峡周辺のジャワ島・スマトラ島を津波が襲い400名余が犠牲となった。この津波の発生とほぼ同時期にAnak Krakatau火山が噴火し、火山の標高が噴火前後で300mから100mへと低下したと報告されているため、津波は陸上または海中の山体崩壊が引き起こしたと考えられている。噴火直後のSAR画像から南西方向に山頂部を含め山体が崩落し海中に消失している。周辺の検潮記録から、津波の発生は13時58分頃と推定される。インドネシア国内では火山噴火や津波発生時に強い地震の発生の報告はないが、日本を含むインドネシア国内外の広帯域地震計には周期50-100秒の長周期の地震波（S波・レイリー波）が明瞭に記録されている。S波は14時11分に日本の南西諸島へ、14時16分に北海道へ到達している。表面波も14時27分に北海道を通過している。どの地震波も13時56分頃にAnak Krakatau火山付近で長周期の地震波発生イベントがあったことを示している。遠地実体波から震源時間関数は100秒以内（1分程度）であり、スンダ海峡周辺の４観測点の地震波形３成分は、最大5x10^{11}Nの力が、最初に20秒間でほぼ北東方向わずかに上向き、さらに50秒で南西方向に方向でわずかに下向き向きに働いたことで説明できる。力の方向と角度は、Krakatau海底カルデラ外縁部に成長していたAnak Krakatau山体の低角（8度）南西方向へ水深250mのカルデラ底へ崩壊とそれに伴う津波の可能性を指摘していたGiachetti et al. (2012, Geol. Soc. London)　の山体崩壊モデルとほぼ一致する。山体崩壊の質量はEkstrom and Startk (2013, Science) が経験的に求めた陸上地滑りの最大力と質量の比例式から3x10^{11}kgと推定され、山体の密度を2gr/cm^3を仮定すると山体崩壊体積はおよそ0.15km^3となり、検潮記録から推定されている海底地滑りを引き起こした体積0.2km^3とおよそ一致している。

津波を引き起こすような地震が現地では検知されなかったため、津波警報は発令されなかった。一方、津波の発生と共に発生したと考えられる長周期地震波は地震発生イベントの40秒後にはJakartaに到達した。もし今回観測されたような長周期地震動が定常的にインドネシアでモニターされれていれば、Anak Krakatau山体崩壊の早期検知とそれに伴う津波発生の可能性は津波被害発生前に把握できたかもしれない。

キーワード：2018　スンダ海峡　津波、2018　アナク　クラカタウ　火山噴火　山体崩壊、山体崩壊による地震波・津波、海底地滑
Keywords: 2018 tsunami in Sunda Strait, 2018 Anak Krakatau volcano eruption edifice collapse, seismic waves and tsunamis from the edifice collapse, submarine landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：近地地震波から求めた地すべりの運動メカニズム
The 2018 edifice collapse event of Anak Krakatau, Indonesia: Landslide movement history estimated from seismic waveforms

*山田 真澄[1]、綿田 辰吾[2]、中道 治久[1]、Mulia Iyan[2]、 Dr. Karyono[3]
*Masumi Yamada[1], Shingo Watada[2], Haruhisa Nakamichi[1], Iyan Mulia[2], Karyono Dr.[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 東京大学地震研究所、3. BMKG
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Center for Earthquake and Tsunami, BMKG

On December 22, 2018, a huge Tsunami occurred at the Sunda strait in Indonesia, and more than 400 people were killed. There was no large earthquake at that time and the tsunami was associated with the volcanic eruption and edifice collapse in Anak Krakatau island.

The seismic signals due to this event are recorded by the broadband seismic network in Indonesia. There are about 170 broadband stations all over Indonesia, with a spacing 50-100 km. We performed the seismic waveform inversion using long-period component (20-100 s) at the near-field distance (60-200 km), assuming a single force mechanism. We also performed a grid search with 10 km spacing to estimate the location of the source.

Our result shows that the onset of the event was about 14:55:50 (UTC), December 22, 2018. The duration of the source time function is about 1 min with a large amplitude, followed by a smaller signal about a few min. The particle motion of the source time function suggests the event was occurred from northeast to southwest direction with very low dipping angle (about 10 degree). The location of the event was estimated at the Anak Krakatau.

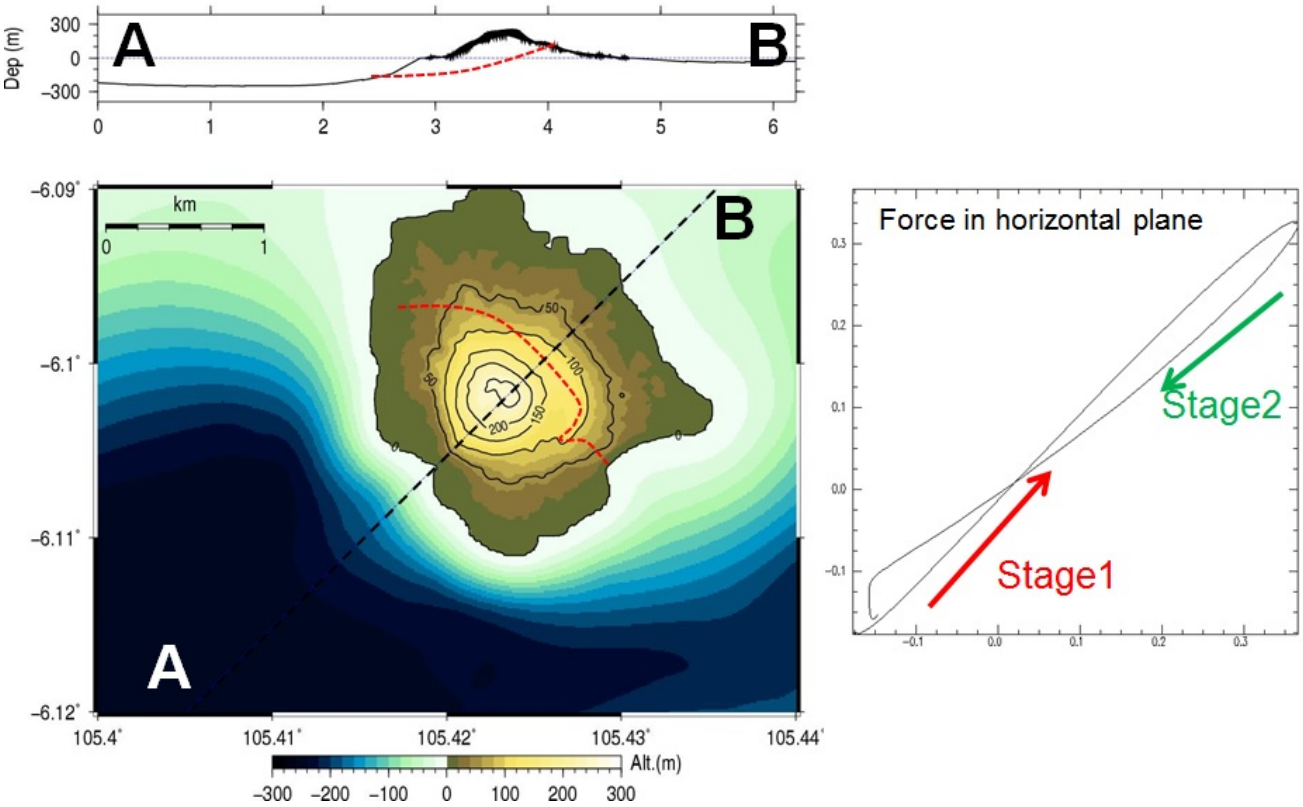
This seismic event was most likely caused by the edifice collapse of the Anak Krakatau. The satellite image shows that the southwest half of the island was subsided after the collapse, and there is a oceanic basin at the depth of 200 m in the southwest of the island, which was the old crater created by the eruption in 1883. These geometries are consistent with the movement history estimated by the seismic waveform inversion.

Based on the scaling relationship between single force amplitude vs mass of the landslide (Ekström and Sterk, 2013), the mass was estimated as 0.2-0.4 * 10^12 kg. This number is consistent with the volume estimated by the tsunami waveform simulation (Maeno and Kaneko 2019; Watada et al., 2019). We think that the edifice collapse was very low-dipping and moved like a landslide, and the mass sliding into the ocean caused the huge tsunami.

The relationship between this landslide and volcanic eruption is still debating, but Center for Volcanology and Geological Disaster Mitigation in Indonesia officially reported the timing of the eruption was 15:03 (UTC). Since the occurrence of the landslide was estimated as 14:55:50, the eruption may be triggered by the landslide, such as the 1980 eruption of Mount St. Helens triggered by the massive landslide.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：アナク・クラカタウ、火山噴火、地すべり、地震波形インバージョン
Keywords: Anak Krakatau, Volcanic eruption, Landslide, Seismic waveform inversion



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年11月下旬以降の焼岳火山近傍の地震活動について
Intense Swarm Activity in the Vicinity of Yake-dake Volcano, Central Japan, Started in November 2018

*大見 士朗[1]
*Shiro Ohmi[1]

1. 京都大学防災研究所地震防災研究部門
1. Earthquake Hazards Division, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

１．地震活動の概要

飛騨山脈南部の岐阜・長野県境に位置する焼岳火山の近傍において、2018年11月22日午前から同12月5日頃にかけて群発地震活動が発生した。一連の地震活動は11月22日午前から始まり、翌日11月23日から活発化した後に約10日間にわたり継続し、12月2日頃までにはほぼ終息した（以下、シリーズAとよぶ）。その後12月4日夕方から一時的に焼岳の東側にあたる上高地側で小規模な地震活動がみられた（同、シリーズB）。シリーズAの群発地震活動の震央は焼岳山頂の西約1.5kmから2kmの、深さ（海抜下）3kmから4kmに分布している。これは、2011年3月から4月に発生した群発地震の震源域の南西延長にあたる場所である。12月4日以降に上高地側で発生したシリーズBの地震は焼岳西側のそれに比べて若干震源が深い。その後、2019年1月末に、当初の焼岳西麓よりもさらに西側（同、シリーズC）で、また、2019年2月上旬には焼岳南部の飛騨山脈の稜線下（同、シリーズD）でそれぞれ小規模な地震活動がみられている。

飛騨山脈南部の群発地震活動は、同地域で京都大学が地震観測を開始した1970年代後半以降は、主な群発地震の震源域は互いに重ならず、いわば「棲み分け」をしている傾向が認められ、2018年11月末の焼岳西麓に集中するシリーズAの地震活動もその例外ではない。

また、シリーズAには明瞭な震源移動は認められなかったが、上述のように、シリーズB、C、Dのようにそれぞれ異なる領域で小規模な活動がみられるなど、焼岳の周辺域で地震活動の活発化が認められる。

２．発震機構について

シリーズAの主たる地震の発震機構は、北西-南東圧縮の応力場を示す逆断層タイプのものが多い印象があるが、シリーズBの上高地側での地震にはこの地域では珍しい正断層型の地震が含まれる。また、シリーズCの地震は、観測点分布のためか、発震機構の決定が困難なイベントが散見され、精査が必要である。また、シリーズDのイベントは北西-南東の圧縮場を示すものが支配的にみえる。

２．現地有感地震について

同地域では、気象庁により奥飛騨温泉郷栃尾における震度情報が発表されるが、防災研究所附属地震予知研究センター上宝観測所では、さらに飛騨山脈の脊梁部に近い地域での揺れの状況を把握するために2011年秋から奥飛騨温泉郷中尾地区のDP.YAKE観測点にも強震計を設置して有感地震の観測を継続している。今回の地震活動における、DP.YAKEにおいて現地有感と考えられる地震は11月23日18時から12月16日0時までの期間に合計約340回を数えた。また、11月25日にはDP.YAKEにおいて震度4相当のゆれを観測した地震が3回発生した。なお、12月4日夕方からの上高地側での地震活動の際には15個程度の現地有感地震が観測され、そのうち12月4日22時50分の地震では震度4相当のゆれを観測した。

飛騨山脈南部の脊梁部付近で発生する地震が奥飛騨温泉郷中尾において現地有感になる例は、これまでも2011年3月や2014年5月の群発地震の際にも認められており、今回も同様の現象が観測されていると考えられる。中尾地区では気象庁の公式発表震度よりも有意に大きな揺れが観測されていることがあるので注意が必要

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

である。

３．焼岳の火山活動との関連

焼岳山頂、焼岳中尾峠などに設置してある、温度計、地殻変動、地磁気等の観測データには季節変動以上の異常値は見られず、たとえ変動があったとしても検出限界以下であった。

キーワード：焼岳火山、火山構造性地震、群発地震
Keywords: Yake-dake volcano, volcano tectonic earthquakes, swarm activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

九重硫黄山における火山活動の変化について
Change of the volcanic activity at Kuju volcano.

*森 健彦[1]、谷口 無我[1]、川村 安[2]、平松 秀行[3]、池田 啓二[2]、菅井 明[2]、菅原 道智[2]、髙田 健一[2]、松本 享[2]、気象庁 福岡管区気象台、気象庁 大分地方気象台
*Mori Takehiko[1], Muga Yaguchi[1], Yasushi Kawamura[2], Hideyuki Hiramatsu[3], Keiji Ikeda[2], Sugai Akira[2], Michitomo Sugahara[2], Kenichi Takata[2], Kyo Matsumoto[2], Fukuoka Regional Headquarters Japan Meteorological Agency, Oita Meteorological Office Japan Meteorological Agency

1. 気象庁　気象研究所、2. 気象庁　福岡管区気象台、3. 気象庁　大分地方気象台
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Fukuoka Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency, 3. Oita Meteorological Office, Japan Meteorological Agency

九重山では，1995年10月及び翌1996年1月に星生山東山腹（硫黄山付近）で噴火が発生して以後，噴火は発生していない．1995年の噴火後，大学や研究機関及び気象庁による連続的な観測が始まった．地震活動は，硫黄山直下の浅部を震源とする地震の活発な状態が観測されていたが，2005年以後，殆ど発生が見られなくなる．地磁気観測では，1995年以後，硫黄山浅部における冷却化が継続する様子が捉えられ，遠望観測では噴気活動が徐々に衰退する傾向が見られるなど，様々な観測項目から，静穏化する九重硫黄山の火山活動が捉えられていた．

火山活動に変化が見え始めたのは2012年頃からである．まず，九重硫黄山を挟むGNSSの基線長で伸びの傾向が見られ始めた．続いて，地磁気観測において，2014年頃から浅部の蓄熱を示唆する傾向が始まった．噴気活動も2015年頃から緩やかな増加が見られ始め，2016年頃からは地震活動にも僅かな増加傾向が見られている．

1995年の噴火以前，九重山では連続的な観測が行われておらず，噴火に先行する火山活動の推移は得られていない．現在の火山活動の推移が，将来の噴火を示唆する活動であるのかか，判断できる情報が乏しい．しかしながら，観測データを積み重ねていくことは，将来の火山活動予測の一助になるのは確かなことであることからも，我々は地球物理学的観測のみならず，火山化学観測などを加えた多項目の継続した観測によって，九重火山における火山活動の特徴を捉え，火山活動の推移を監視していく．

キーワード：火山活動、地殻変動、地磁気変化、火山ガス、水蒸気爆発
Keywords: volcanic activity, crustal deformation, geomagnetic variation, Volcanic Gas, phreatic explosion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

合成開口レーダーにより観測された有珠山溶岩ドームの収縮: 1992-2017年
Posteruptive Thermoelastic Deflation of Intruded Magma in Usu Volcano, Japan, 1992–2017

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[1]
*Yosuke Aoki[1], Xiaowen Wang[1]

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

Secular ground subsidence at Usu volcano (Japan) has been reported around the eruption vents following the four eruptions in 1910, 1943, 1977, and 2000. However, the mechanisms accounting for the subsidence have not been well understood. In this study, we systematically investigated the posteruptive deformation at Usu volcano using interferometric synthetic aperture radar based on 111 JERS, ALOS-1, and ALOS-2 images acquired from 1992 to 2017. We also calculated quasi east-west and vertical ground displacements between 2006 and 2017. Our results show three localized deformation regions from west to east of Usu volcano with their locations corresponding to the 2000, 1977, and 1943 eruption vents, respectively. All the deformation sites show patterns of east-west contraction and subsidence. The extent and rate of posteruptive subsidence declined dramatically at the vent of the 2000 eruption site from 2006 to 2017, decreased gradually at the 1977 vent, and show a steady pattern for the 1943 site during 1992-2017. We ascribed the observed posteruptive subsidence to thermoelastic contraction of a sphere intruded at the time of the eruptions to constrain locations, depths, and volumes of heat sources with the assumption of the spherical source shapes. Thermoelastic modeling reveals that the heat sources are embedded at shallow depths not deeper than 400 m below sea level with volumes of about (8.72 ±0.19) $\times 10^6$, (132.18 ±5.21) $\times 10^6$, and (49.51 ±2.02) $\times 10^6$ m^3 for the 2000, 1977, and 1943 eruption sites, respectively. The modeling also highlights the importance of underground water in assessing the thermal diffusion process and the associated posteruptive deformation.

キーワード：溶岩ドーム、熱収縮、合成開口レーダー
Keywords: Lava dome, Thermal contraction, InSAR

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

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

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SVC38-12] ブルカノ式噴火における噴火微動と火山灰放出量の関係：霧島山新燃岳2018年噴火の場合

*及川 純[1]、田島 靖久[2] (1.東京大学地震研究所、2.日本工営(株)中央研究所)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-13] GNSSおよびSARで捉えた2018年噴火以降の霧島山周辺の地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、藤原 智[1]、小林 知勝[1]、宗包 浩志[1]、本田 昌樹[1]、林 京之介[1]、川元 智司[1]、大脇 温子[1] (1.国土地理院)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-14] Harmonic tremor during 2011 eruption at Shinmoedake, Japan

*武尾 実[1] (1.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-15] マグマ貫入速度による桜島火山における噴火事象分岐論理

*井口 正人[1]、為栗 健[1]、平林 順一、中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所火山活動研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-16] 2017年の南岳爆発に前後する傾斜ひずみ変化

*堀田 耕平[1]、井口 正人[2] (1.富山大学、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-17] 2018年6月16日桜島南岳の噴火に伴う火砕流について

*為栗 健[1]、井口 正人[1]、真木 雅之[2]、中道 治久[1]、味喜 大介[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、2.鹿児島大学総合科学域総合研究学系)

ブルカノ式噴火における噴火微動と火山灰放出量の関係：霧島山新燃岳2018年噴火の場合

Volcanic tremors and ash fall volumes associated with the 2018 vulcanian eruptions of Shinmoe-dake

*及川 純[1]、田島 靖久[2]
*Jun Oikawa[1], Yasuhisa Tajima[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 日本工営(株)中央研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. NIPPON KOEI CO.,LTD.

霧島火山群の新燃岳では，2008年8月～2011年に一連の噴火活動が起こった後，6年の休止期間を経て2017年10月に噴火活動を再開し，2018年3月～6月に噴火活動があった．田島・他（本連合大会）は，2018年3月からの一連の噴火活動において新燃岳降灰調査グループなどによる火山灰調査の結果を用いて，いくつかの噴火によって放出された火山灰量を推定した．本研究は，そのうち，ブルカノ式噴火に着目し，噴火に伴って観測される火山性微動の特徴と火山灰放出量を比較する事により，これらの関係性を調べた．

本研究で使用する噴火微動の地震動データとしては，噴火毎に比較できるようにするため，地震観測点と噴火微動発生源との距離の変化が小さい，地震観測点への降灰や噴石の影響が少ない，などの条件を満たすことを考慮して，新燃岳火口から適当な距離にある東京大学地震研究所霧島火山観測所に設置されている地震計で得られたデータを用いた．田島・他（本連合大会）が火山灰放出量を求める事が出来た６個のブルカノ式噴火に対応する噴火微動について，微動の開始時刻を噴火の発生開始時刻，噴火微動の振幅が十分に小さくなった時刻を噴火終了時刻とした．これを用いて，積算二乗和（波動の積算エネルギーに相当）や微動継続時間（噴火の継続時間に相当）などを求め，火山灰放出量と比較した．例えば図１は，縦軸に火山灰放出量，横軸に微動の積算二乗和をとって両対数で表示したものである．この組合せでは，系統的な変化が見られなくは無いが，ベキ乗則のように単純な関係は見られない．組合せを変えて調べると，火山灰放出量と継続時間に明瞭な関係が見られた．図２は，縦軸に火山灰放出量，横軸に噴火微動の継続時間をとって両対数で示したものである．ベキ乗則が成り立つと仮定すると，火山灰放出量は噴火微動の継続時間の2乗に比例していることになる．

本研究で得られた関係は，あくまでも霧島山新燃岳の2018年に起こったブルカノ式噴火におけるケーススタディとして得られた結果であり，一般的な関係かどうかは，他の火山や，新燃岳の他の時期の調査が必要となるが，ブルカノ式噴火における火山灰放出メカニズムを考える上で，重要な指針になると筆者らは考える．

キーワード：ブルカノ式噴火、火山性微動、火山灰放出量、新燃岳
Keywords: vulcanian eruption, volcanic tremor, ashfall volumes, Shinmoe-dake volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fig. 1

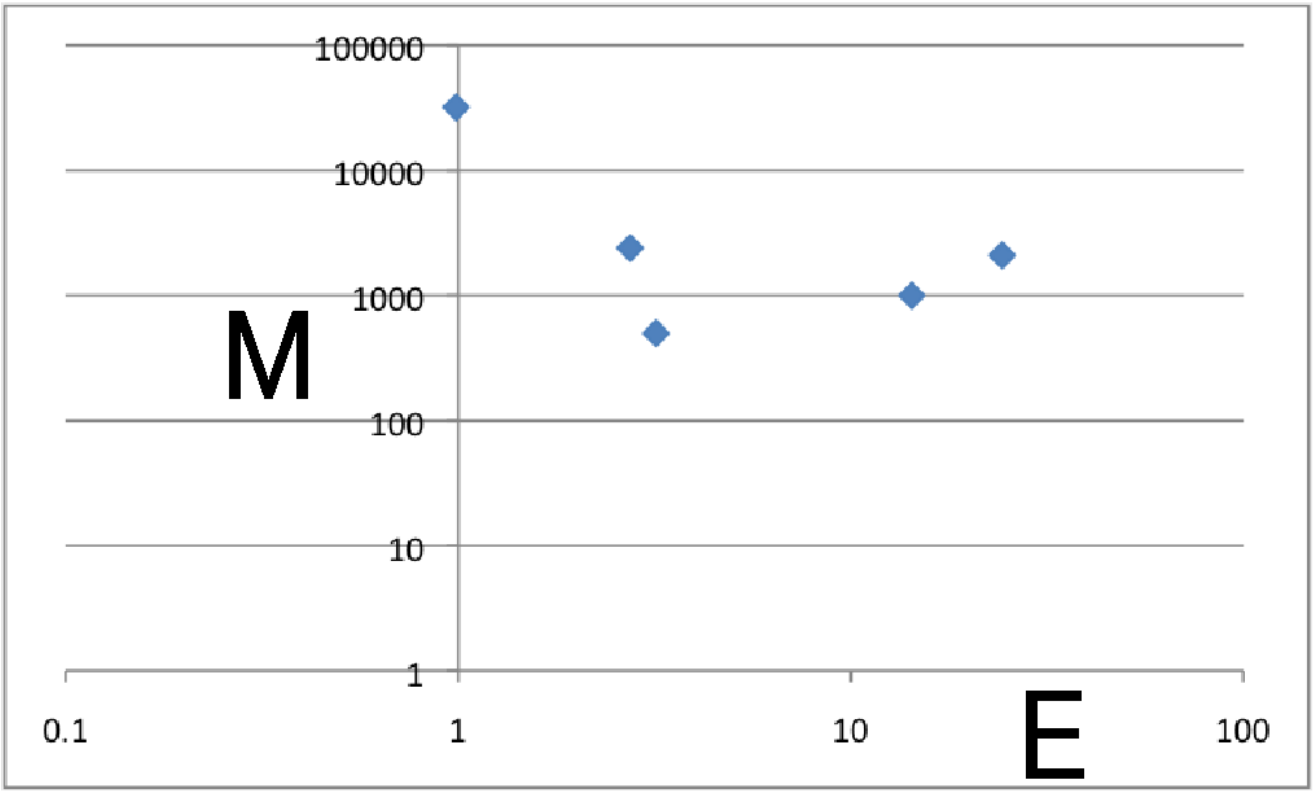
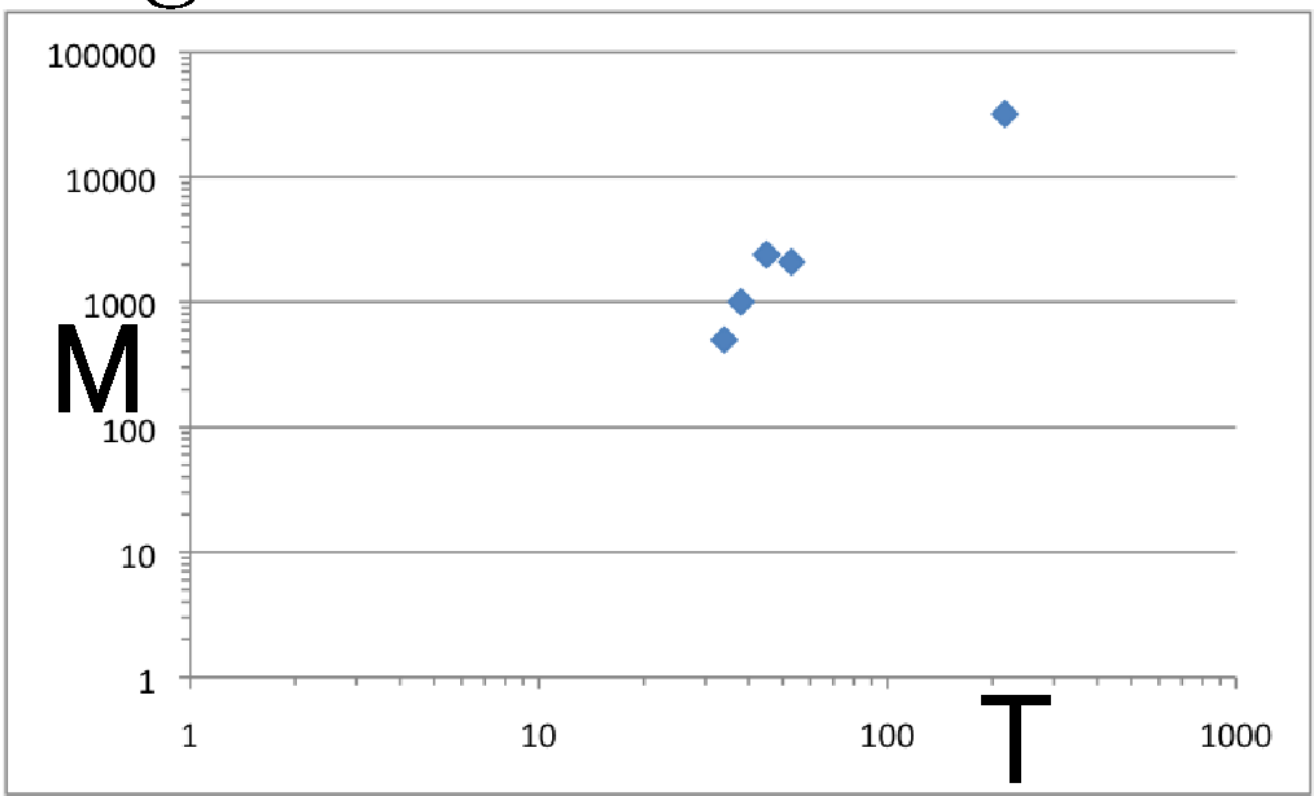


Fig. 2



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSおよびSARで捉えた2018年噴火以降の霧島山周辺の地殻変動
Crustal deformation around the Kirishima Volcano Group detected by GNSS and SAR observation after 2018 eruption.

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、藤原 智[1]、小林 知勝[1]、宗包 浩志[1]、本田 昌樹[1]、林 京之介[1]、川元 智司[1]、大脇 温子[1]
*Hiroshi Yarai[1], Tomokazu Kobayashi[1], Satoshi Fujiwara[1], Tomokazu Kobayashi[1], Hiroshi Munekane[1], Masaki Honda[1], Kyonosuke Hayahsi[1], Satoshi Kawamoto[1], Atsuko Oowaki[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

はじめに

霧島山では、2017年7月以降、国土地理院のGEONETにより霧島山全体を囲む基線で伸びが観測されていたが、2018年3月の新燃岳の噴火に伴い急激な短縮が観測され、その後、再び伸びが観測されている。2011年の新燃岳噴火の際にも同様の地殻変動が観測されており、その際には新燃岳の北西地下約6～7kmのマグマ溜りの膨張・収縮が推定されている（例えば小林ほか，2012）。また、霧島山の北西に位置する硫黄山では、地球観測技術衛星だいち2号（ALOS-2）のSARデータの解析や硫黄山周辺のGNSS観測により硫黄山付近を中心とする膨張性の地殻変動が捉えられていたところ、2018年4月に硫黄山で250年ぶりの噴火が発生した。

このように、地殻変動は、霧島山の火山活動の状況を把握する上で重要な情報である。本研究では、霧島山周辺のGNSS観測点データおよびALOS-2（だいち2号）のSARデータを用い、2018年の新燃岳および硫黄山の噴火以降の霧島山の地殻変動を調査した結果について報告する。

GNSS

国土地理院では、GEONETに加え、火山周辺の地殻変動を詳細に把握するため、気象庁や防災科学技術研究所が火山近傍に設置したGNSS連続観測点のデータを用い、GEONETのF3解と整合する測位解を得る統合解析（畑中、2012）をルーチン的に行っている。本研究ではその統合解析結果を用いて、2018年3月の新燃岳噴火以降の地殻変動を詳細に調べた。その結果、新燃岳噴火に伴った収縮後、引き続き新燃岳を含む霧島山全体が膨張するような地殻変動が継続していることが明らかとなった。2018年9月以降は山体全体にわたる広い範囲での変動は鈍化したが、硫黄山、韓国岳周辺では変動が減衰しながらも継続し、11月以降は硫黄山付近を除いて変動はかなり小さくなった。

SAR

GNSS観測では変動観測の時間分解能は高いものの、観測点を設置した地点の変動しか捉えられないため、空間分解能に限界がある。霧島山周辺の地殻変動を空間的に詳細に把握するため、ALOS-2による2018年5月以降の観測データを用いてSAR干渉解析を行った。その結果、新燃岳周辺、硫黄山周辺での変動が捉えられた。新燃岳では、火口内では溶岩のわずかな膨張が見られているが、火口外では火口を中心とする収縮性の変動が生じていることが明らかとなった。硫黄山では、硫黄山付近を中心として局所的な膨張性の変動が生じている。

これらの変動について、東西両方向からのSAR干渉解析結果を用いて2.5次元解析（Fujiwara et al., 2000）を行い、準東西、準上下方向の変動量を求めた。新燃岳の火口外の収縮性の変動は、火口を中心とした沈降と東西方向の短縮を示している。なお、噴火以前の2017年までのデータを用いた干渉SAR時系列解析では、火口外では火口を中心とする膨張性の地殻変動が捉えられており（矢来ほか、2018、JpGU、森下・小林、2018、火山）、それとは逆向きである。硫黄山付近の局所的な膨張性の変動については、硫黄山のやや西を中心として隆起しており、隆起量は約7ヶ月で約5cmに達していることが明らかとなった。隆起域は数百

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

m程度の範囲であり、変動源は地下浅部に位置すると考えられる。

解釈
GNSS及びSAR観測により、霧島山全体の変動、新燃岳や硫黄山周辺の変動が明らかとなった。変動の空間分布、時間変化等から、変動源は複数存在すると考えられ、山体全体に変動を及ぼす地下深部の変動源、硫黄山付近の浅部の変動源に加え、硫黄山や韓国岳周辺に変動を及ぼすようなやや深い変動源や、新燃岳火口直下の浅部に変動源が存在する可能性がある。今後、変動源についても考察を進める予定である。

（謝辞）SAR解析で用いたデータは、国土地理院と宇宙航空研究開発機構（JAXA）間の協定に基づき提供されたものです。また、使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

キーワード：霧島山、新燃岳、硫黄山、地殻変動、GNSS、SAR
Keywords: Kisihisma volcano Group, Shinmoe-dake, Iwo-yama, crustal deformation, GNSS, SAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Harmonic tremor during 2011 eruption at Shinmoedake, Japan

*武尾 実[1]
*Minoru Takeo[1]

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

Volcanic tremor is a continuous seismic signal that is observed near active volcanoes and is often accompanied by evidence of subterranean movement or pressure fluctuation due to a physical or chemical process inside the volcano. However, the source of volcanic tremor is still poorly understood. Most existing tremor’ s models, except for Julian’ s nonlinear channel flow model (Julian, 1994), consider an acoustic resonance in the magma channels, but mechanism to excite this resonance has not been identified until now.

During 2011 eruption at Shinmoedake, Japan, we observed a series of volcanic tremors including harmonic tremor which exhibits a set of narrow, evenly spaced frequency peaks. Natsume *et al.*(2018) perform non-linear time-series analysis on a harmonic tremor recorded near the crater. They found that the stable oscillation of the harmonic tremor is predominantly a limit cycle, implying that the harmonic tremor is generated by self-sustained oscillation. In this paper, I propose a new model of harmonic tremor and reproduce the topological characteristics of observed harmonic tremor using the new model. I formulate a lumped-parameter model of incompressible viscous fluid flow through a partially constrictive path, which seems to be realistic modeling in a shallow part of conduit. I consider inertias and resistances in the upstream and in downstream pipes. The upstream pipe is connected to a large chamber with pressure of Po. Lengths and radiuses of the pipes and the constrictive path could be set flexibly in this model. This model leads to a third-order system of nonlinear ordinary differential equations with functions of area of throat, fluid velocities in upper stream and in downstream. The equations of the model are as follows:
Mass conservations in upstream and in downstream of the constricting path; Conservation of momentum in upstream and in downstream of the constricting path; Equations of motion in upstream pipe and in downstream pipe; Elastic law of the constrictive path;
Typical frequency of the harmonic tremor is 1~2Hz and the wavelength seems to be hundreds meter, so these signals were recorded within a distance of one wavelength, being little affected by wave propagation. Therefore, assuming that these observed signals represent only linear transformations of one parametric function of the nonlinear tremor model, we can compare topological characteristics of observed and simulated signals to evaluate validity of the new model. When the resistance of downstream is larger than that of upstream, a self-sustained oscillation starts in a suitable parameter range. For different driving pressure (Po), numerical solutions exhibit steady flow, simple limit-cycle oscillation, limit-cycle oscillation with double-loops or with quadruple-loops, and a chaotic oscillation. Changing Po in time, I succeed in simulating a harmonic tremor which has same topological characteristics with the observed harmonic tremor in several portions of time series (see Figure 1).

キーワード：火山性微動、非線形振動、カオス
Keywords: volcanic tremor, nonlinear oscillation, chaos

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

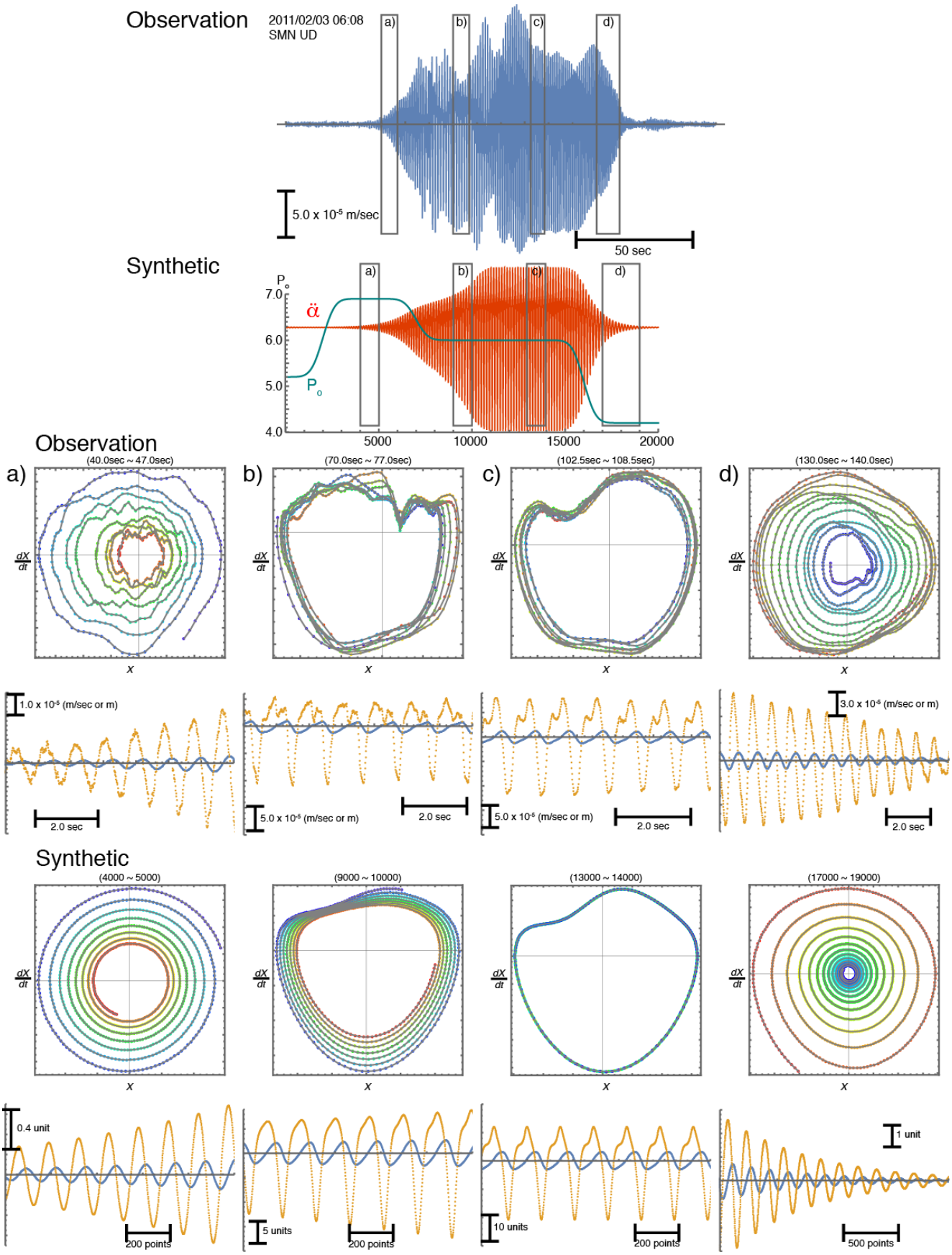


Figure 1

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マグマ貫入速度による桜島火山における噴火事象分岐論理
Forecasting Volcanic Eruption of Sakurajima Volcano Based on Magma Intrusion Rate

*井口 正人[1]、為栗 健[1]、平林 順一、中道 治久[1]
*Masato Iguchi[1], Takeshi Tameguri[1], Jun-ichi Hirabayashi, Haruhisa Nakamichi[1]

1. 京都大学防災研究所火山活動研究センター
1. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In order to find an empirical event branch logic from abnormal phenomena to following volcanic activity for forecasting scale and type of eruption, the magma intrusion rate prior to eruptions of Sakurajima volcano is examined using ground deformation mostly from observation data and partially based on legends, for eruptions after the 20th century: the 1914 eruption starting with plinian eruption followed by effusion of lava, the 1946 eruptions with lava effusion, eruptions at the summit crater of Minamidake during the period from 1955 to 2005, and vulcanian eruptions at Showa crater east of the summit from 2006 to 2017. Prior to the 1914 eruption, it is estimated that the magma intrusion rate attained a level of approximately 10^8 m^3/day and was on the order of 10^6 m^3/day during the effusion of lava in the 1946 eruption. During the eruptive period of Minamidake summit crater, three types of eruption occurred: vulcanian eruption, strombolian/lava fountain and continuous emission of volcanic ash. In cases of intrusion of magma forming a new conduit, the intrusion rate immediately before the 1914 eruption exceeded 10^8 m^3/day, but only 10^6m^3/day in the dyke-forming event of August 15, 2015. Magma intrusion rate into a pre-existing conduit prior to eruptions at Minamidake summit crater are ordered as follows: vulcanian eruption ($1x10^5$ to $8x10^5$ m^3/day) > continuous emission of volcanic ash (approximately $1x10^5$m^3/day) > strombolian/lava fountain ($0.2x10^5$ to $2x10^5$ m^3/day). The magma intrusion rate prior to vulcanian eruptions at Showa crater is smaller (approximately 10^4m^3/day) than for eruptions at Minamidake summit crater. However, the rate reached an order of 10^5m^3/day prior to lava fountain on August 22, 2017. Magma intrusion rates well correspond to the scale and type of eruption. In the case of magma intrusion under detection, the change of volcanic gas and increase in the heat discharge rate are available for the empirical event branch logic.

キーワード：マグマ貫入速度、桜島、火山性地震、ブルカノ式噴火、ストロンボリ式噴火、プリニー式噴火
Keywords: magma intrusion rate, Sakurajima, volcanic earthquake, vulcanian eruption, strombolian eruption, plinian eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2017年の南岳爆発に前後する傾斜ひずみ変化
Tilt and strain change before and after the explosion at Minami-dake, Sakurajima, in 2017

*堀田 耕平[1]、井口 正人[2]
*Kohei Hotta[1], Masato Iguchi[2]

1. 富山大学、2. 京都大学防災研究所
1. University of Toyama, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

A deformation source associated with each eruption at Sakurajima have been estimated beneath Minami-dake [Ishihara, 1990; Iguchi et al., 2013]. Deformation sources for mid-long-term magma intrusion event were estimated beneath Aira caldera, Kita-dake and Minami-dake; and the deformation source beneath Kita-dake was found to act as a buffer of mid-long eruptive activity at Sakurajima [Hotta et al., 2016].

On November 13, 2017, an explosion with an infrasound occurred at Minami-dake at 22:07. Ground deformation was accompanied and kept for approximately five hours. For the period of 22:07–22:10 (period I), a large strain change at Arimura observation tunnel, which is the nearest tilt/strain station from Minami-dake crater and operated by Ministry of Land Infrastructure, Transport and Tourism, was detected whereas no significant change in tilt/strain was detected at other tilt/strain stations. For the period of 22:10–22:50 (period II), tilt/strain change was detected at all tilt/strain stations associated with violent eruptive activity. At around 23:00, style of eruption shifted from Vulcanian to Strombolian. For the period of 22:50–3:00 of the next day (period III), a pattern of tilt change at Japan Meteoritical Agency (JMA)-A station, which located on western area of Sakurajima, and tilt/strain gradually stopped.

We modeled the detected tilt/strain change using a finite spherical source model [McTigue, 1987]. Because of the poor constraint of the radius of the source, we assumed the radius of the source as 20 m for period I and 200 m for periods II and III. A shallow deflation source was located at a depth of 0.1 km above sea level beneath Minami-dake for period I. A deeper deflation source was located at a depth of 5.9 km below sea level beneath Minami-dake for period II. Then, a deflation source was located at a depth of 5.9 km below sea level beneath Kita-dake for period III. Deformation sources beneath Minami-dake for periods I and II are corresponding to the deformation sources previously found for each eruption at Sakurajima. Meanwhile, the deformation source beneath Kita-dake for period III is corresponding to the deformation source beneath Kita-dake which was found during mid-long eruptive activity. Each eruption at Sakurajima revealed to cause deflation of not only Minami-dake source but also Kita-dake one, which considered to repeat inflation/deflation during mid-long eruptive activity at Sakurajima. Temporal development of deflation accompanied by the eruption on November 13, 2017, will be revealed in our future study.

キーワード：桜島火山、南岳爆発、地盤変動、傾斜ひずみ
Keywords: Sakurajima Volcano, Explosion at Minami-dake, Ground deformation, Tilt and strain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年6月16日桜島南岳の噴火に伴う火砕流について
Pyroclastic Flow Accompanied with an Eruption on June 16, 2018 at Sakurajima Volcano

*為栗 健[1]、井口 正人[1]、真木 雅之[2]、中道 治久[1]、味喜 大介[1]
*Takeshi Tameguri[1], Masato Iguchi[1], Masayuki Maki[2], Haruhisa Nakamichi[1], Daisuke Miki[1]

1. 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、2. 鹿児島大学総合科学域総合研究学系
1. Sakurajima Volcano Research Center,Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Research Field in Integrated Studies,Kagoshima University

桜島火山では1955年以降、山頂火口においてブルカノ式と呼ばれる爆発的噴火を繰り返している。東側山腹の昭和火口では2006年に58年ぶりに噴火が再開し、2009年以降は特に噴火活動が活発化していた。2018年以降は昭和火口から南岳山頂火口に噴火活動が再度移行している。爆発的噴火の特徴として、火山弾の放出、衝撃波の発生、急激な火山灰や火山ガスの放出が上げられる。他にも、頻度は少ないものの南岳山頂火口や昭和火口の爆発的噴火では小規模な火砕流の発生が上げられる。火砕流は高温の火砕物や火山ガスが山腹斜面を高速で流れ下るもので、火山噴火の中で最も危険な現象の一つであり、火山防災上、その発生予測は必要不可欠である。

1967年以降～1985年の間に南岳山頂火口における噴火に伴い７回の火砕流が確認されている（加茂・石原，1986）。さらに、気象庁によると2006年～2014年に昭和火口の噴火に伴い37回の火砕流発生が報告されている。いずれの火砕流も流下距離は2km未満で小規模なものであった。活発な噴火活動を続ける桜島であるが、火砕流はすべての噴火に伴うわけではなく、同規模の噴火でも火砕流が発生しない場合が多く、桜島における火砕流発生メカニズムの解明には至っていない。今後、噴火活動が活発化した際には大規模な火砕流の発生も考慮する必要があり、火砕流を伴う噴火の発生メカニズムの解明と噴火の前兆現象から火砕流が発生した場合の規模予測をすることが重要である。本研究では2012年～2018年に昭和火口で発生した火砕流、および2018年6月16日に南岳山頂火口において発生した爆発的噴火に伴う火砕流について前兆地震活動や地盤変動データの特徴を明らかにする。また、観測される前兆地震や地盤変動から火砕流が発生した場合の流下予測が可能かについて検証を行う。

6月16日に発生した南岳山頂火口における爆発的噴火では噴煙高度4700mに達した。噴石が6合目まで飛散し、火砕流が南西方向に1.3 km流下した。噴火の発生約18時間前から地盤の膨張が観測されていた。噴火の1時間ほど前から散発的に前駆地震が発生していたが、昭和火口の噴火の際に観測される前駆地震と比較するとあまり明瞭な群発活動ではなかった。噴火時の映像から火砕流は噴煙が上昇し始めた約1分後に噴煙柱の根元から降下した噴出物が斜面に流れ下って発生していたことが分かる。火砕流は噴火と同時に発生しているわけではなく、これは南岳活動期に発生していた火砕流と同じ特徴を持っている（加茂・石原，1986）。噴火による地盤変動の収縮量から噴出物量は28万m3と推定される。それら噴出物の全てが火砕流となるわけではなく、火山灰として飛散していくものもある。地盤変動の膨張量から噴火による噴出物量の予測は可能であるが、火砕流の流下予測を行うためには斜面を流下する噴出物量を推定する必要がある。気象レーダーを使用した空中に放出された火山灰量の測定や降下火山灰の実測値などから火砕流となった噴出物量の推定を行うことが可能である。これにより前兆現象である地盤膨張量から火砕流発生時の最大流下距離の予測を行う。

キーワード：桜島火山、火砕流
Keywords: Sakurajima volcano, pyroclastic flow

©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28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:青山 裕、三浦 哲

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SVC38-18] 十勝岳の火口近傍でとらえられた力学現象

*青山 裕[1]、橋本 武志[1]、田中 良[1]、大島 弘光[1]、齋藤 公一滝[2]、道下 剛史[2]、奥山 哲[2]、札幌管区気象台 地域火山監視・警報センター[2] (1.北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター、2.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-19] 火口極近傍観測に基づくストロンボリ火山の超長周期地震のモーメントテンソルインバージョン

*杉村 俊輔[1,2]、Maurizio Ripepe[2]、Giorgio Lacanna[2]、Denis Legrand[3]、Sébastien Valade[4]、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.フィレンツェ大学地球科学科、3.メキシコ国立自治大学、4.GFZ-German Research Centre for Geosciences)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-20] ストロンボリ火山の山頂小爆発に伴う傾斜変動の圧力源推定

*石川 歩[1]、西村 太志[1]、青山 裕[2]、川口 亮平[3]、藤田 英輔[4]、三輪 学央[4]、山田 大志[4]、Ripepe Maurizio[5]、Genco Riccardo[5] (1.東北大学大学院理学研究科、2.北海道大学理学院、3.気象研究所、4.防災科学技術研究所、5.フィレンツェ大学)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-21] Seismic and acoustic waves excited by volcanic explosion: analyses of energy ratio and source spectra

*Mohammad Hasib[1]、Takeshi Nishimura[1]、Hisashi Nakahara[1] (1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-22] Field survey report on Zao Volcano (2012−2018)

*後藤 章夫[1]、土屋 範芳[2]、平野 伸夫[2]、久利 美和[3]、松中 哲也[4]、澤山 兼吾[2] (1.東北大学東北アジア研究センター、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.東北大学災害科学国際研究所、4.金沢大学環日本海域環境研究センター)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-23] 蔵王山の2015年膨張イベント

*三浦 哲[1]、山本 希[1]、市來 雅啓[1]、出町 知嗣[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

十勝岳の火口近傍でとらえられた力学現象
Ground deformation observed at the crater area of Tokachidake volcano

*青山 裕[1]、橋本 武志[1]、田中 良[1]、大島 弘光[1]、齋藤 公一滝[2]、道下 剛史[2]、奥山 哲[2]、札幌管区気象台 地域火山監視・警報センター[2]
*Hiroshi Aoyama[1], Takeshi Hashimoto[1], Ryo Tanaka[1], Hiromitsu Oshima[1], Koichiro Saito[2], Tsuyoshi Michishita[2], Satoshi Okuyama[2], Volcanic Observation and Warning Center Sapporo Regional Headquarters[2]

1. 北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター、2. 気象庁
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Japan Meteorological Agency

火山体の浅い部分に熱水系が発達する活動的な火山は，いずれも水蒸気噴火の危険性を秘めている．しかし，長い噴火休止期の中でまれに発生する水蒸気噴火を対象とした観測研究を継続することは難しく，噴火休止期における火山活動の振る舞いや噴火にむけた準備過程についての研究報告は極めて乏しい．我々は噴火休止期にも活発な噴気活動が続いている十勝岳を観測研究対象とし，2014年頃から火口近傍における観測施設の強化を進め，熱水系の活動を反映すると思われる現象の把握に努めてきた．

十勝岳は，1926年，1962年，1988年とマグマ噴火を繰り返した活動的な火山である．これらのマグマ噴火に先行して，数年前から水蒸気噴火の発生が確認されている．最近30年は本格的な噴火がないものの，2006年頃から62-2火口周辺を中心とする長期的な膨張変動が見られるようになり，火口域西側の小ピークである前十勝は2017年末頃までに累計で50cm以上も移動した．加速と停滞を繰り返しながら10年以上続く変動は，口永良部島の噴火活動前に観測されてきた山体膨張の様式と極めて似ている．この膨張性の地殻変動と同期するように，62-2火口直下を変動源とする消磁傾向も続いてきた．

火口近傍における繰り返しGNSS観測から，62-2火口近傍および大正火口近傍を膨張変動の中心とするような変動期の存在が示唆された．これら2カ所に等方膨張源を仮定して変動ベクトルの時間変化を解析したところ，2つの膨張源はそれぞれが変動速度を変えながらも，全体としてはほぼ一定の変化率で膨張していたことが明らかになった．想定される変動源が極めて浅く，62-2火口底からはしばしば熱泥水の噴出が確認できることから，この膨張変動は浅い部分の熱水系の力学的応答を反映していると考えられる．

2017年末から2018年初めに，10年以上継続してきた膨張変動が停滞もしくは収縮に転じたことがGNSS観測やInSAR解析から明らかになった．ほぼ時期を同じくして，62-2火口直下の消磁傾向を示してきた全磁力データにも変化が認められた．また，62-2火口南側の富良野川に面した振子沢噴気孔群では，2017年頃から地熱域の拡大や噴気量の増大が報告されている．

このような状況の中で，2018年5月下旬から一時的に火山性地震や微動の発生頻度が高まった．活動の転機となった5月29日の微動は，以前にも報告してきた火口方向のステップ的な沈降を示す傾斜変動を伴っていた．そこで，2016年に新設した前十勝西観測点（火口西方約650m）の2018年1月以降の傾斜計記録を目視で精査した．その結果，3月下旬頃まではステップ的な傾斜変動イベントが少なかったものの，それ以降は発生頻度が増加し，5月29日を境にさらに発生頻度が増大していたことが明らかになった．8月末までに計117回の傾斜イベントが抽出され，3月末までに10回，4-5月に30回，以後8月までに77回となっている．傾斜イベントは総じて火口方向下がりのステップ的変化を示すが，個々のイベントの波形を丁寧に調べると，先行相が認められるもの，膨張ー収縮のパターンを示すもの，数分以上の緩やかな変化を示すもの，VLP的な震動を伴うものなど変化に富んでいる．117回の傾斜イベントについて，前十勝西観測点における傾斜変動ベクトルの方向を調べると，90%程度がN120−135°Eの沈降変動を示すことが分かった．活動変化のきっかけとなった5月29日のイベントについて，前十勝西観測点以外の傾斜変動データも利用して等方膨張ソースを仮定した予備的解析を行ったところ，62-2火口やや南方の標高1300m付近に130m^{3}程度の体積収縮を想定すれば観測データをおよそ説明できることが分かった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

12月7日と18日には，2時間ほど数秒おきに相似地震が繰り返すという，特徴的な群発地震が認められた．イベントの規模が小さく通常の震源決定は難しいが，おおよその到着時差や震幅分布から，62-2火口近傍の浅い地震と推定される．7日の地震活動について波形相関でイベント抽出を試みたところ，400近いイベントが同定された．単なる相似地震群ではなく，発生間隔にも規則性が見られる．18日の活動は7日の活動に比べて地震の規模は小さいが，主要なイベントについて7日の地震群と波形を比較すると，比較的後続相まで類似の波群が認められることから，震源位置，発震機構ともに似たような現象が繰り返されたものと考えられる．

最近までの浅い活動を総括すると，10年以上にわたって続いてきた膨張や消磁傾向が停滞するのにあわせて，地熱域の拡大や噴気量の増大が見られるようになった．収縮変動が本格化した頃にステップ的な収縮変動を伴う地震・微動イベントが増加した．山体収縮には大きく2つの可能性が考えられ，1つは深部からの熱水供給量の減少，もう1つは放出量の増大による供給・放出バランスの変化である．深部からの供給量についての議論は難しいが，噴気域の拡大や噴気量の増加，傾斜イベントの増加は後者の可能性を強く示唆している．

キーワード：火山、地震、地殻変動、熱水系、水蒸気噴火
Keywords: Volcano, Earthquake, Crustal Deformation, Hydrothermal System, Phreatic Eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火口極近傍観測に基づくストロンボリ火山の超長周期地震のモーメントテンソルインバージョン

Moment tensor inversion of very-long-period seismicity at Stromboli volcano based on a very-near-field observation

*杉村 俊輔[1,2]、Maurizio Ripepe[2]、Giorgio Lacanna[2]、Denis Legrand[3]、Sébastien Valade[4]、西村 太志[1]
*Shunsuke Sugimura[1,2], Maurizio Ripepe[2], Giorgio Lacanna[2], Denis Legrand[3], Sébastien Valade[4], Takeshi Nishimura[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. フィレンツェ大学地球科学科、3. メキシコ国立自治大学、4. GFZ-German Research Centre for Geosciences
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Department of Earth Sciences, University of Florence, Italy, 3. UNAM University, Mexico, 4. GFZ-German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

In recent decades, moment tensor inversion of very-long-period (VLP, 2-100 s) earthquakes associated with explosive/non-explosive activities has been applied to estimate the optimal source location and mechanism. Source mechanism of VLP associated with explosions at Stromboli volcano has been interpreted as the pressure source of opening/closing cracks embedded in the volcanic medium (Chouet et al., 2003). However, the nearest temporal station is 300 m away from the craters so that the source mechanism might have not been constrained well to discuss the detail processes of the magma motion in the conduit. In this study, we analyze broadband seismic data observed in the very-near-field condition, only 100-300 m away from the active craters, to obtain a more precise source mechanism solution.

We use the seismic data recorded at eight broadband seismic stations including temporary and permanent networks. Infrasonic array analyses show that the explosive eruptions mostly occurred at the north-east (NE) crater during the observation period in the end of September 2016. We apply a moment tensor inversion method to VLP (0.05-0.2 Hz) signals associated with the largest explosion occurring at the NE crater. The result shows that the optimal centroid is located at 200 m southwest of, 160 m beneath the NE crater. The source mechanism is greatly dominated by the vertical component of the moment tensor (Mzz), although the polarity inverts with other two diagonal components (Mxx, Myy). The squared error between the observed and synthetic waves (Ohminato et al. 1998) is only 11%.

We note that the squared errors less than 20 % are widely distributed around the optimal location: 300 m ×300 m in horizontal distances and 250 m in the vertical direction. For example, the solution obtained at a depth of 160 m beneath the NE crater shows the error of 18 %, which is within the confidence interval 95 % range of the residual at the optimal location. At this location, the inverted source mechanism is dominated by three diagonal components with a same polarity. This is much different from the best solution.

To examine why such different source mechanisms are obtained for nearby source locations, we calculate a model resolution matrix using the Green’s functions computed from a point source at the optimal location and investigate how well the moment tensors can be resolved. The minimum singular value in the model resolution matrix is assumed to be 2.1 % of the maximum. We replace this value with zero and consider the pseudoinverse. The model resolution matrix for the pseudoinverse shows that the resolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

of the diagonal components of moment tensors is lower than deviatoric ones. This suggests that the amplitudes of diagonal components are not well constrained from the moment tensor inversion even using near-by stations in our temporal observations. These results will be indispensable for discussing the spatial distribution of the volumetric change in the conduit or magma chamber accompanying the explosions.

キーワード：モーメントテンソルインバージョン、震源メカニズム、超長周期地震、ストロンボリ火山、very-near-field、モデル分解能行列
Keywords: moment tensor inversion, source mechanism, VLP, Stromboli volcano, very-near-field, model resolution matrix

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ストロンボリ火山の山頂小爆発に伴う傾斜変動の圧力源推定
Pressure source estimation of tilt changes associated with small explosions at Stromboli volcano

*石川 歩[1]、西村 太志[1]、青山 裕[2]、川口 亮平[3]、藤田 英輔[4]、三輪 学央[4]、山田 大志[4]、Ripepe Maurizio[5]、Genco Riccardo[5]
*Ayumu Ishikawa[1], Takeshi Nishimura[1], Hiroshi Aoyama[2], Ryohei Kawaguchi[3], Eisuke Fujita[4], Takahiro Miwa[4], Taishi Yamada[4], Maurizio Ripepe[5], Riccardo Genco[5]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 北海道大学理学院、3. 気象研究所、4. 防災科学技術研究所、5. フィレンツェ大学
1. Graduate school of science, Tohoku university, 2. Faculty of science, Hokkaido university, 3. Meteorological Research Institute, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. University of Florence

イタリア国・ストロンボリ火山の山頂火口群におけるストロンボリ式噴火（小爆発）は,表面現象観察や空振・地震観測などに基づく多項目観測が実施され, 現在, 噴火現象が最もよく調べられている火山の一つである. しかしながら, 測地観測は火口から500m～1 kmほどにやや離れたフィレンツェ大学の傾斜計3点のみで, マグマダイナミクスの理解に最も重要な浅部マグマ溜まりによる火山性圧力源の位置は不明なままであった. そこで, 我々は, 2014年5月末に山頂火口極近傍に臨時傾斜観測点を3点追加し, 小爆発に伴う大量の傾斜変動記録を得た. 今回, 3次元静的有限要素法を用いて山体地形を考慮した傾斜変動を計算し, マグマが火口直下まで到達していた期間に発生した小爆発に伴う傾斜変動をもたらす標準的な圧力源の位置と大きさを推定する. また, 表面現象観測から推定された噴出量と本研究で推定した圧力変化量とを比較し, マグマ供給過程を議論する.

臨時観測点CPL, PZZ, RFRは火口近傍約500 m以内にあり, 傾斜計Applied Geomechanics 701-2Aを設置した. 定常観測点LFS, OHO、LSCはフィレンツェ大学が運用し, 傾斜計Pinnacle 5000Tが設置されている. このうちLSCは遠方で十分な信号が得られなかったので, 残りの5観測点で連続収録された7月1日から7月15日までの傾斜記録を解析対象とした. 山頂小爆発の傾斜信号を抽出するために傾斜データにフィルタ処理を施すと, Genco and Ripepe（2010)が報告したような小爆発に前後して火口方向が隆起沈降する現象が見られた. 一連の傾斜変動を, 小爆発発生に数百秒程度先行する緩やかな隆起現象（A）, 小爆発直前・直後に数秒から数十秒程度で起こる短期的隆起（B）及び短期的沈降現象（C）, その後の小規模な隆起（D）の4現象区分に分類した. 680個の傾斜変動イベントを抽出し, （A）-（C）について傾斜方向と傾斜変動量を調べた.

（A）-（C）の3現象区分ごとに, 傾斜方向と傾斜変動量それぞれの頻度分布の中央値で表現した傾斜ベクトルを観測量とした. 本研究では, 傾斜変動の理論計算に有限要素解析ソフトウェアCOMSOL Multiphysics を使用した. ストロンボリ火山の数値標高データ（10 mメッシュ）を用いて計算領域を構成し, 山体内部に仮定した楕円体表面に一定圧力を与えた場合の傾斜変動を求めた. 楕円体の位置は、（1）山頂火口群直下付近, あるいは（2）山頂火口群から200 m程度北西にあるVLP震源位置付近（Chouet et al., 2003）に仮定した. 楕円体の大きさや形状を変化させながら傾斜ベクトルを計算し, 3現象区分の観測傾斜ベクトルを平均的に説明できる圧力源を探索した. その結果, （1）（2）の位置に球状圧力源などの単純な形状の圧力源や,（2）の位置にVLPの震源メカニズムを模した回転楕円体の圧力源を仮定した場合, 観測された傾斜ベクトルをうまく説明できない. 一方, （1）の山頂火口群直下の標高400 m（深さ約400 m）を中心とする幅300 mと150 m, 高さ600 mの楕円体をやや傾けた圧力源は、5観測点の傾斜方向をよく説明できることが分かった. また, 傾斜変動量から圧力変動量は1 kPa程度と求められた.

本研究で推定した圧力源は, 2007年山腹噴火に伴う溶岩流出の噴出量及びその時間変化の解析から推測される火口直下の浅部マグマ溜まり（Ripepe et al., 2015) の大きさや位置と概ね一致する. また, 小爆発に先行する緩やかな隆起（A）における圧力変化量と, 推定される火道半径及びマグマ密度をもとに, 一回の小爆発の際に火道内に供給されるマグマの量を計算したところ, 表面現象観測により推定された1回の小爆発による噴出量（～5 m^3）と同程度と見積もられることが分かった.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ストロンボリ式噴火、傾斜変動、有限要素法
Keywords: Strombolian eruption, Tilt, FEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic and acoustic waves excited by volcanic explosion: analyses of energy ratio and source spectra

*Mohammad Hasib[1], Takeshi Nishimura[1], Hisashi Nakahara[1]

1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

Volcanic eruptions generally accompany both seismic and acoustic signals, and these signals are used to understand volcanic fluid motions in the conduit and/or its effusion process from active vents. In the present study, we compare these two kinds of signals observed at three volcanoes in Japan, systematically examining the temporal changes of radiated energy. We further examine the basic spectral characteristics of seismic and acoustic signal radiations during large and small Vulcanian explosions at Sakurajima volcano. We use seismic and acoustic records at seismic-acoustic stations operated by Japan Meteorological Agency (JMA).

We first examine the energy ratio between seismic and acoustic signals of volcanic explosions at Sakurajima, Kirishima, and Kuchinoerabu-jima volcanoes. We calculate the time series of energy ratio of acoustic signals to three-component seismic signals by calculating their envelopes at the frequency band of 1-5 Hz. To obtain averaged characteristics, we stack the energy ratios of seismic and acoustic signals of about 900 explosions at Sakurajima and 8 explosions Shinmoe-dake (Kirishima) volcanoes, respectively. We analyze only one eruption at Kuchinoerabu-jima. The results at Sakurajima and Shinmoedake (Kirishima) show the following characteristics in the temporal changes: the ratio of seismic energies to acoustic energies rapidly decreases at the beginning and reaches the minimum in about 10 s -20 s; then the ratio gradually increases for 20 s - 40 s; the seismic signals continue after the acoustic energy decreases down to the noise level. Although we can analyze one eruption data for Kuchinoerabu-jima volcano (18 December 2018), similar characteristics are recognized. These results suggest that the volcanic fluid motions are strong in the shallow parts in the beginning, and the active zone gradually becomes deep.

Next, we investigate the source spectra of acoustic signals of volcanic explosions. Applying the spectral ratio method that has been often used for seismic signals, we clarify the difference of source spectra between large and small acoustic signals. We stack the spectral ratios of acoustic signals according to their maximum amplitudes, and classify them into Classes IV, III, II, and I from the largest to the smallest. The maximum amplitude of the largest event is about 10 Pa, while the smallest is about 2.5 Pa. Since the wind around the volcano may disturb the wave propagations, we only select the acoustic signals excited by volcanic explosions occurring during a low wind speed (< 3.3 m/s) condition, using the assimilation wind data recorded by ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). We observe that the spectral ratios of acoustic signals are similar among different stations both for direct and coda waves. This means that the spectral ratio method is applicable for the acoustic signals of volcanic explosions during low wind speeds. All pair of the observed source spectral ratios of acoustic signals (Class IV/I, III/I, II/I) are characterized by almost flat amplitudes at the frequency range of about 0.2 -10 Hz. The difference between the classes is the amplitude. This characteristic is much different from the seismic signals excited by Vulcanian explosions (Hasib et al., 2018), in which a flat amplitude at low frequency range (about 0.5 - 2 Hz), a gradual decrease with frequency at an intermediate frequency range (about 2–3.5 Hz), and a flat amplitude at high frequency range (about 3.5 –10 Hz). These differences suggest the differences in the generation mechanisms between seismic and acoustic signals, which may reflect the difference of excitation region: the seismic waves are in the volcanic conduit beneath the vent, while the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

acoustic waves are at the orifice of the conduit.

Acknowledgements: We used JMA seismic and acoustic signal records.

Keywords: Seismic wave, Acoustic wave, Energy ratio, Source spectra, Volcanic explosion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Field survey report on Zao Volcano (2012–2018)

*後藤 章夫[1]、土屋 範芳[2]、平野 伸夫[2]、久利 美和[3]、松中 哲也[4]、澤山 兼吾[2]
*Akio Goto[1], Noriyoshi Tsuchiya[2], Nobuo Hirano[2], Miwa Kuri[3], Tetsuya Matsunaka[4], Kengo Sawayama[2]

1. 東北大学東北アジア研究センター、2. 東北大学大学院環境科学研究科、3. 東北大学災害科学国際研究所、4. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 3. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 4. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

We have been conducting field surveys on Zao volcano since 2012, such as temperature monitoring and water sampling on Maruyama-sawa geothermal area, ruin of Niizeki hotspring and Okama crater lake, based on the expectation that Zao volcano may be activated by 2011 Great East Japan Earthquake. Geophysical observation network by Japan Meteorological Agency, which has started 24-hour monitoring in September 2010, detected volcanic tremor in January 2013 for the first time, and a tremor and preceding tilting occurred in April (JMA, 2013). Since then Zao volcano sustains its higher activity than usual. Volcanic warning, Level 2: Do not approach the crater, were issued in April 2015 due to the increase in volcanic earthquake and in January 2018 due to the occurrence of volcanic tremor with largest-ever amplitude and continuous tilt motion. In harmony with these activities our field surveys also detect some changes in surface activities. Here we review our field survey results since 2012, especially focusing on the 2017-2018 results which has not reported yet.

Temperature of over 20 fumaroles has been measured repeatedly on Maruyama-sawa geothermal area, where small phreatic explosion occurred in 1940 (Toraishi and Tominaga, 1940; Anzai, 1941). The highest temperature exceeded 102 ˚C in 2012, but decreased over 7 ˚C within four months in 2013; fumarole temperature overall fell lower than 95 ˚C by 2014. After the first volcanic warning in 2015, the highest fumarole temperature reached nearly 100 ˚C temporarily, and then overall temperature rise occurred in 2016. In 2018, after volcanic warning was issued for the second time in January, the highest fumarole temperature exceeded 100 ˚C in June and reached 104 ˚C in July, which is the highest record in our survey since 2012.

We have paid attention to ruin of Niizeki hotspring, where high temperature and high concentration hotsprings gushed as a result of activization in the past, but no activity was recognized between 2012 and 2014. In September 2015, five months later from the first volcanic warning, we found that Niizeki hotspring resumed welling up with multiple hotsprings at around 32˚C. But in 2016 surveys, Niizeki hotspring had only a few weak cold-water springs, and no remarkable activity was recognized after the second volcanic warning in 2018.

In contrast with Maruyama-sawa and ruin of Niizeki hotspring, no thermal activity has been recognized on Okama crater lake thus far. The bottom temperature was around 4 ˚C in late May and early June (2014 and 2016), and around 7 ˚C in early September (2014, 2015, 2017 and 2018). We installed thermocouples in 2017 and 2018 on the bottom of Okama crater lake to record the temperature change one hour interval. We found that 3-4 ˚C temperature rise occurred in early October in 2017 and 2018, which is probably not be the results of thermal activity of Zao volcano but seasonal variation, because the degree of temperature change and the time of the year were identical. In 2018 other research group conducted topography survey of Okama crater lake bottom using a multiple-frequency sonar system and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

detected vertically extending reflection over a small mound on the center of the lake bottom, which may be caused by a chain of rising volcanic gas bubbles or hot water plume (Yamasaki et al., 2018). One of our thermocouple is set within 10 m from the reflection source. Our thermocouple may catch the temperature change if thermal activity occurs there.

キーワード：蔵王火山、表面活動
Keywords: Zao volcano, surface activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蔵王山の2015年膨張イベント
Inflation Event of Zao Volcano in 2015

*三浦 哲[1]、山本 希[1]、市來 雅啓[1]、出町 知嗣[1]
*Satoshi Miura[1], Mare Yamamoto[1], Masahiro Ichiki[1], Tomotsugu Demachi[1]

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

はじめに：

蔵王山では，2012年頃から深部低周波地震の発生頻度が増大するとともに，2013年以降は火山性地震・微動が観測されている．2015年4月には火山性地震が継続的に多数発生したため，気象庁が同月13日に火口周辺警報を発表するに至ったが，その後地震回数は徐々に減り始めたため，同年6月16日に警報は解除された．同時期には蔵王山周辺のGNSS連続観測網によって僅かな山体膨張も観測されている（三浦・他，JpGU2016）．それ以降2018年前半に至るまで蔵王山周辺の基線長変化は概ね平坦になっている（気象庁，第141回噴火予知連資料，2018）ことから，この期間中顕著な火山性地殻変動は発生していないと考えられる．本報告ではこの期間のGNSS時系列を定常的であると仮定し，それを差し引くことによって従来よりも信頼性の高い火山性地殻変動を抽出し，変動源に関する検討を行う．

データ解析と結果：

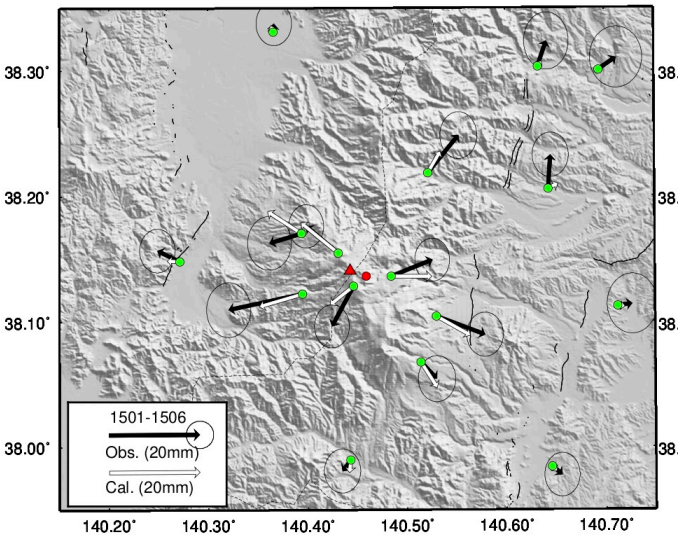
蔵王山周辺では未だに2011年東北沖地震の余効変動が支配的であるため，本研究では2015年7月から2018年6月までの期間を定常的変動と仮定し，その期間の余効変動成分を線型，対数，年周，半年周の各関数の和で表せると仮定し，各項の係数等のパラメタを推定して近似関数を求め，それを原データから差し引いて火山性地殻変動を抽出した．以上の処理により得られた時系列に遮断周期90日のローパスフィルターをかけた上で2015年1月から6月までの期間の地殻変動の水平成分，上下成分を図1に示す．水平成分を見ると山頂周辺を中心とする山体膨張を示していることがわかる．従来の解析では，定常的地殻変動として2015年の膨張イベントの前の期間を採用してきたため，イベント直前に設置された山頂直近の観測点の変位については，解析に使用されていなかったが，今回はイベント終息後の期間を定常変動期間としたために，これらの観測点でも山体膨張を示唆する変動が抽出できた．これらのデータを用いてインバージョン解析を行い，地下の球状圧力源（茂木モデル）を推定したところ，御釜の中心から東側に約800m（図中の赤丸），深さ約5.6kmの位置に推定された。圧力変化を体積増加量に換算すると$3.8\times10^{6}m^{3}$といった量になった．このモデルから計算された変位を白の矢印と棒で示している．

推定された圧力源の位置と蔵王山周辺の震源分布図を比べてみると，深部低周波地震群のほぼ直上で上部地殻内地震発生域の中に対応している．また，小川・他（2014）によって推定された地下の電気伝導度構造と比較すると，球状圧力源は蔵王山以西の深さ5km以深に推定されている高電気伝導度域の上端付近に相当することから、この高電気伝導度域がマグマ溜まりに相当している可能性が考えられる．

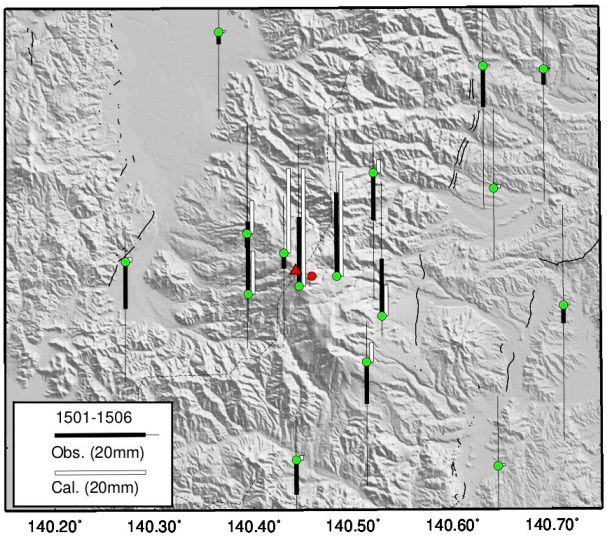
キーワード：火山、地盤変動、圧力源
Keywords: Volcano, deformation, Pressure source

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(a) 水平変動 (2015年1月～6月)



(b) 上下変動



©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28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

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

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[SVC38-24] 火山性地震活動把握のための機械学習による大振幅領域の推定

*前田 裕太[1] (1.名古屋大学)

15:45 ~ 16:00

[SVC38-25] 初動が読みにくい火山性地震の震源自動決定手法の開発　ー浅間山への適用例ー

*大湊 隆雄[1]、堀内 茂木[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ホームサイスモメータ)

16:00 ~ 16:15

[SVC38-26] 火山の散乱特性の深さ依存性を考慮したASL法による火山性地震・微動の震源推定

*熊谷 博之[1]、John Makario Lonodno[2]、Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:15 ~ 16:30

[SVC38-27] 活火山の地震波速度変化モニタリング－2012年から2018年の気象庁観測点データへの地震波干渉法の適用―

*西村 太志[1]、高野 智也[1]、廣瀬 郁[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)

16:30 ~ 16:45

[SVC38-28] クラック固有振動の*Q*値と形状・流体特性の関係：経験則の導出と火山性LPイベント解析への応用

*田口 貴美子[1]、熊谷 博之[1]、前田 裕太[1]、Torres Roberto[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:45 ~ 17:00

[SVC38-29] 流体亀裂振動の放射特性に関する検討

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

火山性地震活動把握のための機械学習による大振幅領域の推定
A machine-learning-based estimation of large amplitude regions for monitoring volcano seismicity

*前田 裕太[1]
*Yuta Maeda[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

御嶽山では2014年噴火以降に地震観測網の整備が進められ、山頂から1 km以内に9点、4 km以内に17点、10 km以内に29点という世界有数の高密度観測網を有するに至った。その観測データから御嶽山では従来ほとんど発生していないと思われていた低周波地震や微動の存在が明らかになった(前田他, 2018連合大会)。これらのシグナルは他の火山での先行研究から火山浅部流体の移動や体積変化によって起きると考えられ、そうした流体の状態・振る舞いを知る上で重要なマーカーである。しかし現状はいくつかの低周波地震・微動を見つけた段階であり、御嶽山におけるこれらの地震活動の全体像は明らかになっていない。というのも風のノイズ等による偽のイベントが多数存在し、それらと真の火山起源のシグナルとの識別が困難なために手作業でのイベントカタログ作成は容易でない。これは多数の観測点の記録を少数の図を用いて十分な時間解像度で比較するのが困難なことが一因である。したがって多数の観測点から有用な情報を引き出す新しい方策が求められる。

本研究では地震・微動の活動を簡便に把握するために振幅が大きい領域の時空間分布を推定する手法を考案した。振幅は初動が不明瞭な地震活動をモニターする上で有用な指標となりうるが、観測点直下の構造の影響を受ける。その影響を軽減するため、本研究では振幅が平時に比べて有意に大きいか否かという情報を用いた。そのためにまず、振幅が平時よりも大きいか否かの判断の閾値を各トレースにおいて5分ウインドウ毎に決定した。そこでは振幅の頻度分布のうちのガウス分布に合う部分を平時、ガウス分布に合わない部分を有意に大きな振幅と見なすという考え方をとる。具体的には5分間の絶対値振幅の小さい順にNサンプルのみを用いて累積頻度分布を作成し、その分布を誤差関数でフィッティングしてずれを求め、Nを変えながらこの計算を行ってずれが最小になるNを探索し、その最適なNに対応する振幅を閾値とした。次に各トレースにおいて有意に大きな振幅をもつデータサンプルの比率を1秒毎に算出した。この比率の空間分布を入力データとして機械学習(ニューラルネットワークモデル)によってその1秒間の大振幅領域を推定した。こうして得られる1秒毎の大振幅領域の空間分布を用いれば真の火山性シグナルと偽のシグナルの識別が容易になると期待される。

御嶽山の2017年11月・12月の連続記録にこの手法を適用した。解析領域内で発生した地震の多くで大振幅領域は震央付近の比較的狭い範囲に推定されるか、または震央付近から時間とともに拡がっていくパターンを示した。一方、遠地地震やローカルノイズでは解析領域全体にわたり大振幅領域が低確率で広がる分布となった。このパターンの違いは真の火山性シグナルと偽のシグナルの識別に有用であった。但しこの方法ではごく小規模な地震・微動の見逃しは避けられない。大振幅領域を用いれば1秒につき1枚の図で済み、連続波形を詳細に検討するよりも簡便に地震活動を把握できる。また大振幅領域の時空間分布を入力データとした2段階目の機械学習による地震・微動の自動検知も試みており、暫定結果としては93%の成功率が得られている。

キーワード：火山地震学、機械学習、御嶽山
Keywords: Volcano seismology, Machine learning, Mt. Ontake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初動が読みにくい火山性地震の震源自動決定手法の開発　ー浅間山への適用例ー

Development of a technique for automatic determination of volcanic earthquakes with unclear onsets - Application to Mt. Asama -

*大湊 隆雄[1]、堀内 茂木[2]
*Takao Ohminato[1], Shigeki Horiuchi[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 株式会社ホームサイスモメータ
1. Earthquake Research Institute, Tokyo University, 2. Home Seismometer Corporation

火山で発生する地震には，P波やS波の立ち上がりが比較的明瞭で初動を読み取ることにより震源を容易に決定できるイベントと，P波やS波の初動が不明瞭で読み取りにくく，走時を用いた震源決定手法が有効でないイベントがある．古くから用いられる火山性地震の分類では，前者はA型地震，VT(火山構造性地震）あるいはHF地震，後者はB型地震，LP地震，あるいはLF地震などと呼ばれる．前者の震源メカニズムは火山体内部の応力変化による岩石の破壊と考えられている．後者についてはガスや熱水，マグマなど火山内部の流体が関与する様々なメカニズムが提唱されている．

火山の火口近傍に地震観測網を展開すると，活動度がそれほど高まっていない場合でもB型地震が多数観測される．また，活動度が高まるとB型地震の数が急増する例が多く見られる．火山体浅部で発生するB型地震はマグマ供給系や浅部熱水系の状態を反映しており火山の活動度の指標となると考えられるので，普段から発生数や震源分布などを把握することが重要である．しかしながらこのタイプの地震は非常に数が多いものの初動が読みにくく，人間が目で見て処理することは難しいことから，自動でイベントを検出し震源位置を決定する手法の開発が必要であり，これまで様々な手法が提案されてきた．初動が読み取りにくいイベントについては，波形の相関を利用して走時差を得る方法，パーティクルモーションを用いる方法，振幅の空間分布を利用する方法などが提唱されており，特に振幅を用いる手法は比較的良い結果が得られることから，多くの火山でB型地震の震源推定に用いられている．

本研究ではまず，火山性ではない通常の地震の震源決定において実績のある堀内　他（2010）の手法が，初動を読み取りにくい火口近傍で発生する地震の震源決定にどの程度有効であるかを調べた．この手法の基本的な考え方は，人間が地震波の到着時刻を読み取る際に行う総合的な判断を模した評価関数を定義し，正解と考えられる人間による読み取りに自動読み取りの結果がもっとも近づくように評価関数のパラメタを自動的に最適化する，というものである．更に，理論走時と観測走時の差が小さい観測点に高いScore値を与え，すべての観測点のScore値の和が最大となる解を選ぶことによりノイズの影響を低減したり，S波についてはSNを上げるために波形を適宜回転した上で処理するなどの工夫を加えている．

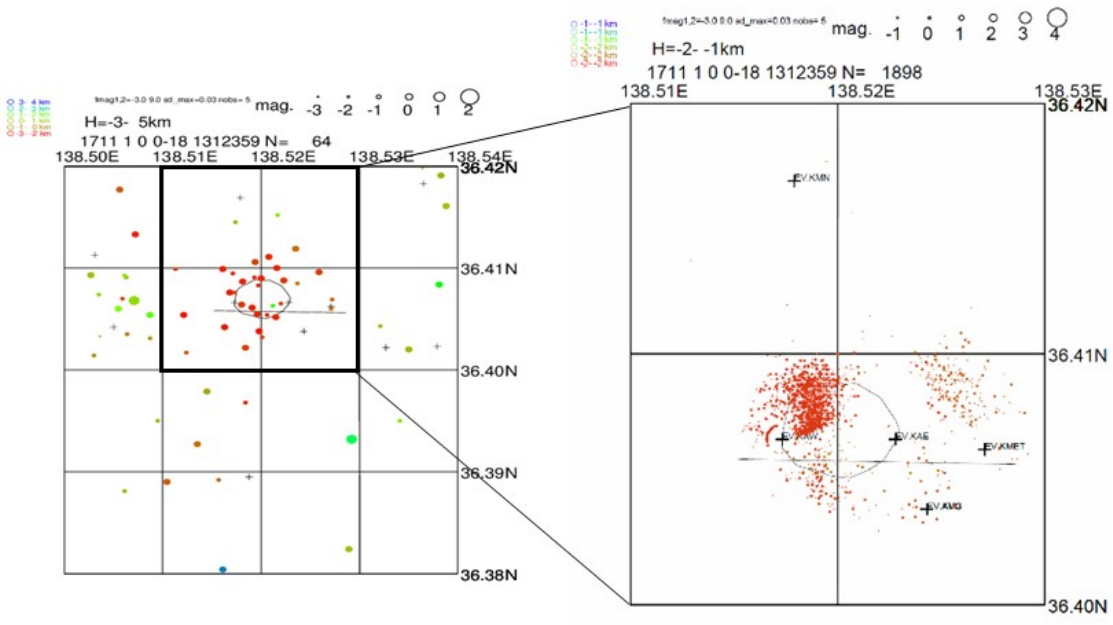
浅間山の周辺の観測データに対して，堀内　他（2010）の手法を適用したところ，そのままでは十分な精度が得られないことがわかった．これは，初動の読み取りそのものが難しいことに加え，パラメタ最適化の根拠となる人間による読み取り値の精度が低いことや各観測点のノイズレベルが高いなどの様々な要因の影響と考えられる．走時を読み取る手法の改良，振幅の利用，ノイズの処理などについて改良を加えた結果，比較的精度よく震源の自動決定ができる段階に到達した．試みた対策とその結果は以下の通りである．

・従来の自動読み取り手法をそのまま適用したのでは，S波の走時精度が悪く震源が精度良く決まらない．振幅データでおおよその震源決定を行い、その後、相関を用いてS波を読み取る方法を検討した。エンベロープ波形の相関を用いてS波到着時刻を読み取り、振幅と走時の両者を用いて震源決定を行うようにしたが，S波を高精度に読み取ることが難しく、精度の高い震源決定を行うことはできなかったため，この方法は断念した。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・S波到着時刻の自動読み取り値と振幅を用いて震源決定をしたが，精度が出なかった．
・「ノイズを読み取らない」，「遠地地震と火山性の近地地震を峻別する」，「S/Nが2.0以下の読み取り値は用いない」，「S波到着時刻にずれがある観測点の振幅データ削除」の4つの対策を取った上で，振幅のみで震源決定を行った場合に最も妥当と思われる結果が得られた．
2017年11月から2018年1月までの3ヵ月間のデータに対し改良された手法を適用したところ，火口周辺で約1900個のイベントの震源が決定された．同じ期間に手動で震源決定できたイベント数は100個に満たなかった．震源の決定精度の評価がまだ十分ではないものの，自動検測による火山火口域で観測されるB型地震の活動を評価する上で，期待できる成果が得られたと考えられる．

キーワード：火山性地震、震源決定、波形振幅、不明瞭な立ち上がり
Keywords: volcanic earthquakes, hypocenter determination, amplitude of waveforms, unclear onset



Manual pick　　Auto pick

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火山の散乱特性の深さ依存性を考慮したASL法による火山性地震・微動の震源推定

Amplitude source location method with depth-dependent scattering and attenuation structures for volcano-seismic signals

*熊谷 博之[1]、John Makario Lonodno[2]、Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2]、前田 裕太[1]
*Hiroyuki Kumagai[1], John Makario Lonodno[2], Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2], Yuta Maeda[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. コロンビア地質調査所
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Colombian Geological Survey

The amplitude source location (ASL) method has been used to locate seismic events and tremor at various volcanoes. It has been indicated that the far-field and isotropic radiation equation for *S* waves used in the ASL method is valid in highly scattering wavefields. A constant *Q* value in the far-field and isotropic radiation equation has been commonly used in previous studies. This implicitly assumes homogenous distributions of scattering characteristics represented by the mean free path (l_0) and intrinsic attenuation (Q_i) beneath volcanoes. Wegler (JGR, 2004) and Kumagai et al. (JGR, 2018) showed that highly heterogeneous structures at volcanoes only exist in a surface thin layer with a thickness of about 1 km, below which less heterogeneous layers comparable to those in the normal crust exist. To evaluate the effects of such layered structures for ASL determinations, we performed synthetic tests using envelope waveforms simulated with the Monte Carlo method of Yoshimoto (JGR, 2000) for a two layer model based on the l_0 and Q_i structures at Nevado del Ruiz volcano (NRV) estimated by Kumagai et al. (2018). Our results indicated that the input source locations were estimated by the ASL method when appropriate values of *Q* values for the two layered model were used in the far-field and isotropic radiation equation. When a constant *Q* value was used, the estimated locations were largely deviated from the input locations especially in the depth direction. We then determined ASLs of volcano-tectonic (VT) earthquakes at NRV, which were compared with their hypocenters determined by the onset arrival times. Our results indicated that the differences between the ASLs and hypocenters of VT earthquakes became smaller when using a two layer *Q* model than those using a constant *Q* model. Our estimated ASLs of long-period (LP) events and tremor at NRV using the two layer *Q* model were more sharply clustered beneath the SW flank compared to those using the constant *Q* model. These locations corresponded to high *P*-wave to *S*-wave velocity ratio regions (Londono and Kumagai, JVGR, 2018), suggesting that the LP events and tremor were generated by fragmentation processes in a shallow magma storage region. These results indicate that use of appropriate *Q* values in the ASL method accommodating a thin surface heterogeneous layer is important to estimate precise source locations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活火山の地震波速度変化モニタリングー2012年から2018年の気象庁観測点データへの地震波干渉法の適用ー
Seismic interferometry at active volcanoes in Japan: Analyses of seismic records of JMA for the period from 2012 to 2018

*西村 太志[1]、高野 智也[1]、廣瀬 郁[1]、中原 恒[1]
*Takeshi Nishimura[1], Tomoya Takano[1], Takashi Hirose[1], Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

2観測点で観測される雑微動の相互相関関数を利用した地震波干渉法により、噴火や火山活動の活発化、あるいは大地震の発生により、地盤や地殻浅部の地震波速度や不均質構造が微小に変化することが明らかとなってきた。しかしながら、このような個別の地震や噴火現象への適用例は多いものの、通常時の構造変化の状況を調べた例はまだ少ない。そこで、我々は、国内の複数の火山を対象に、2012年から2018年までの7年間について相互相関関数に表れる特徴を調べたので報告する。

解析には、気象庁の火山観測点データを利用した。雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、北海道駒ヶ岳、吾妻山、磐梯山、安達太良山、那須岳、御嶽山、箱根山、雲仙岳、阿蘇山、霧島山、薩摩硫黄島、口永良部島など、熱水系が卓越すると考えられる15火山、マグマ噴火が卓越する有珠山、浅間山、伊豆大島、三宅島、桜島の5火山を対象とした。2012年から2018年までの7年間の連続地震波記録に対し、0.5-1Hz, 1-2Hz, 2-4Hzの周波数帯を解析する。7年間全体のデータを用いて求められる相互相関関数を参照関数として、5日平均の相互相関関数から地震波速度変化量の時間変化を調べた。その結果、多くの火山で、それぞれの解析周波数帯で、年周期や数ヶ月程度の周期を持つ変動が見られた。求められた地震波速度変化量は、頻度分布を見るとおおむね正規分布に従い、その標準偏差は0.2から1%程度と求められた。観測期間中、御嶽山や口永良部島、阿蘇山、箱根山で水蒸気爆発など噴火が発生したが、これらの噴火に伴って、日々の変動量を超える顕著な地震波速度変化は認められなかった。一方、山体膨張・収縮変動がGNSS記録に見られる吾妻山では、火山性圧力源による歪み変化に伴うと考えられる地震波速度変化の長期的変動が観測された。また、伊豆大島、桜島、三宅島、樽前山でも、中長期的な火山性圧力源等による歪み変化に応じた速度変化量が認められた。そのほか、2016年熊本地震（雲仙岳）、Ｍ６クラスの近海の2013年地震（三宅島）、2015年ダイク貫入（桜島）など、地震・火山活動に関連した短期的な変動も捉えられている。

7年間のデータを系統的に解析することにより、地震波速度変化量の揺らぎの特徴を明らかにすることが可能となった。地震波速度変化は、周辺のGNSS観測点や傾斜・歪み記録と相関が高く、降雨による影響の見られる観測点ペアもある。歪み量や降雨量などにより相互相関関数を補正することにより、今後、それ以外の、火山活動に起因する地震波速度変化をモニターすることが可能であろう。

2観測点で観測される雑微動の相互相関関数を利用した地震波干渉法により、噴火や火山活動の活発化、あるいは大地震の発生により、地盤や地殻浅部の地震波速度や不均質構造が微小に変化することが明らかとなってきた。しかしながら、このような個別の地震や噴火現象への適用例は多いものの、通常時の構造変化の状況を調べた例はまだ少ない。そこで、我々は、国内の複数の火山を対象に、2012年から2018年までの7年間について相互相関関数に表れる特徴を調べたので報告する。

解析には、気象庁の火山観測点データを利用した。雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、北海道駒ヶ岳、吾妻山、磐梯山、安達太良山、那須岳、御嶽山、箱根山、雲仙岳、阿蘇山、霧島山、薩摩硫黄島、口永良部島など、熱水系が卓越すると考えられる15火山、マグマ噴火が卓越する有珠山、浅間山、伊豆大島、三宅島、桜島の5火山

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

を対象とした。2012年から2018年までの7年間の連続地震波記録に対し、0.5-1Hz, 1-2Hz, 2-4Hzの周波数帯を解析する。7年間全体のデータを用いて求められる相互相関関数を参照関数として、5日平均の相互相関関数から地震波速度変化量の時間変化を調べた。その結果、多くの火山で、それぞれの解析周波数帯で、年周期や数ヶ月程度の周期を持つ変動が見られた。求められた地震波速度変化量は、頻度分布を見るとおおむね正規分布に従い、その標準偏差は0.2から1%程度と求められた。観測期間中、御嶽山や口永良部島、阿蘇山、箱根山で水蒸気爆発など噴火が発生したが、これらの噴火に伴って、日々の変動量を超える顕著な地震波速度変化は認められなかった。一方、山体膨張・収縮変動がGNSS記録に見られる吾妻山では、火山性圧力源による歪み変化に伴うと考えられる地震波速度変化の長期的変動が観測された。また、伊豆大島、桜島、三宅島、樽前山でも、中長期的な火山性圧力源等による歪み変化に応じた速度変化量が認められた。そのほか、2016年熊本地震（雲仙岳）、Ｍ６クラスの近海の2013年地震（三宅島）、2015年ダイク貫入（桜島）など、地震・火山活動に関連した短期的な変動も捉えられている。

7年間のデータを系統的に解析することにより、地震波速度変化量の揺らぎの特徴を明らかにすることが可能となった。地震波速度変化は、周辺のGNSS観測点や傾斜・歪み記録と相関が高く、降雨による影響の見られる観測点ペアもある。歪み量や降雨量などにより相互相関関数を補正することにより、今後、それ以外の、火山活動に起因する地震波速度変化をモニターすることが可能であろう。

キーワード：地震波干渉法、活火山、地震波速度変化
Keywords: Seismic interferometry, active volcanoes, seismic velocity change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

クラック固有振動のQ値と形状・流体特性の関係：経験則の導出と火山性LPイベント解析への応用

Empirical relation for *Q* factors of crack resonances and its use to estimate source properties of volcanic LP events

*田口 貴美子[1]、熊谷 博之[1]、前田 裕太[1]、Torres Roberto[2]
*Kimiko Taguchi[1], Hiroyuki Kumagai[1], Yuta Maeda[1], Roberto Torres[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. コロンビア地質調査所
1. Nagoya University Environmental Studies, 2. Colombian Geological Survey

火山活動の活発化に伴い観測される地震のうち、long-period (LP)イベントは熱水割れ目などの振動体中における流体の固有振動により発生すると考えられている。よってLPイベントの解析による振動体サイズや流体特性の推定は、火山の下にある流体の状態を把握するうえで重要である。このサイズおよび流体特性は振動体としてクラックモデル(Chouet, *J. Geophys. Res.*, 1986) を考え、その固有振動の周波数や*Q*値を観測されたLPイベントのものと比較することで推定されてきた。このうちクラック固有周波数はMaeda and Kumagai (*Geophys. J. Int.*, 2017) により提案された解析式が存在し、これを用いることでクラックサイズや流体特性のパラメータをすべて推定することが可能になった(Taguchi et al., *J. Geophys. Res.*, 2018) 。しかし*Q*値にはそのような式は存在せずクラックモデルの数値計算を使った比較を行う必要があるため、特に*Q*値が大きいLPイベントについてはすべてのクラックモデルのパラメータ推定に時間がかかるという問題点があった。

そこで本研究では数値計算により、クラックモデルのパラメータと固有振動の*Q*値の関係を系統的に調べた。クラック固有振動の*Q*値は固体中*P*波速度（α）とクラック内の流体音速（a）の比（α/a）に比例して大きくなることが知られている(Kumagai and Chouet, *J. Geophys. Res.*, 2000) 。本研究でも同様の結果が得られたことに加え、*Q*値に対するα/aの比例定数はクラックの短軸方向と長軸方向の長さの比（W/L）の対数に比例して大きくなるという経験則を得た。この経験則が実際の解析に適用できるかを確かめるため、ガレラス山（コロンビア）で1993年1月にマグマ活動に伴い発生したLPイベントを解析した。この期間のLPイベントは火山灰を含む水蒸気（ダスト状ガス）を含むクラック固有振動により発生したと考えられており、Taguchi et al. (2018) は推定したクラック体積（V）とクラック内の水蒸気質量の割合（n）はどちらも減少する傾向があると示している。これと同様のVとnの減少傾向が本研究でも得られ、上記で述べた*Q*値の経験則はLPイベントの解析に適用可能であることがわかった。さらにこの経験則を用いて、同火山で1993年5月と2006年12月にマグマ活動に伴い発生したLPイベントを解析した。これら2つの期間のLPイベントの*Q*値は1993年1月のものよりも大きく、従来の数値計算を用いた解析手法ではクラックモデルのパラメータをすべて推定することは困難であった。2つの期間についてもマグマ活動に伴うLPイベントであることからクラック内流体としてダスト状ガスを仮定し、本研究で得られた*Q*値の経験式を適用した。その結果どちらの期間でもVとnは1993年1月と同様の減少傾向を示すことがわかった。これは同じ火山で活動が活発化してから収まるまで、LPイベント震源のクラックサイズや流体特性は同様の過程を経て変化したことを示唆している。

以上のように、本研究で得られたクラック固有振動の*Q*値の経験則は観測されたLPイベント震源のクラックサイズと流体特性の推定に適用可能であり、それに基づく火山ごとでの流体の状態把握やその特徴の解明に貢献できると考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体亀裂振動の放射特性に関する検討
A study on the radiation pattern for resonating fluid-filled crack

*山本 希[1]
*Mare Yamamoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

活火山周辺で観測される火山性地震，特に低周波地震・長周期地震には，複数のスペクトルピークを呈する調和振動的なものも多く，その振動源のモデルとしてマグマ溜りや火山浅部における亀裂のような火山性流体に満たされた共鳴体の振動が提案されてきた．このような共鳴体モデルとしては，これまでに球状，円筒状，クラック状といった幾何形状のものが考えられてきており，卓越周波数・減衰特性といった火山性微動の波動特性をよく再現するモデルとして観測記録への適用が行われてきた．一方で，近年，震源域近傍での稠密地震観測が行われるようになり，これまで議論がやや困難であった卓越周波数成分の観測点間での振幅比やスペクトルピーク間の振幅比の情報を抽出することができるようになった．そこで本研究では，流体を含む亀裂状共鳴体から放射される波動場の放射特性を求め，卓越周波数の振幅方位依存性・共鳴モード間の振幅情報を用いて亀裂走向の推定可能性等について検討した結果を報告する．

本研究では，3次元無限弾性体の流体を含む薄い亀裂（流体亀裂）からの弾性波伝播を考える．まず，流体亀裂の共鳴振動を数値的に解き，得られた亀裂面上に生じる開口食い違い変位により生じる弾性波の伝播を数値的に積分し，無限弾性体中の波動場の計算を行う．この放射波動場を方位角ごとに計算することで各距離における流体亀裂振動からの放射特性を求める．流体亀裂振動の亀裂面上開口量分布は重み付きチェビシェフ多項式の低次項で近似できることがYamamoto and Kawakatsu (2008) でも示されているため，比較のために亀裂面上の開口量を解析的に与えた場合の計算も行った．ここで，弾性体中の波動場グリーン関数として遠地Ｐ波項のみを用いた場合は，Chouet (1986) で議論された問題設定と同等である．本研究では，波動場グリーン関数として，Ｐ波・Ｓ波の近地項も含む解析式を用い，放射波動場・放射特性の震源距離依存性を調べた．

流体亀裂振動と考えられる調和振動型の火山性地震が多く観測される熱水系卓越火山を仮定し，流体亀裂内外の圧縮波速度の比が比較的大きな条件について検討した結果，亀裂振動の各モードの放射特性は，亀裂サイズに比べ約50倍以上の震源距離では遠地P波項のみを仮定した放射特性と概ね等しくなる一方，より短い震源距離では近地項の影響と亀裂上各点から放射される波動の干渉により放射特性は大きく歪められることが明らかになった．また，放射特性の距離依存性は，亀裂振動の奇数モード・偶数モードにより差異が認められた．これらの結果は，流体亀裂振動の比較的低次のモードについては各共鳴モードの波長が亀裂サイズと同程度であるが亀裂内外の媒質速度の違いにより放射波動場において近地項の影響する震源距離が点震源の場合に比べ長距離になること，有限サイズの亀裂振動の偶数／奇数モードでは亀裂中心に対する開口食い違い変位量の対称性が異なることで解釈できる．なお後者については，Kumagai et al. (2002) でも指摘がされている．また，主にこの波長による近地項の影響距離の違いにより，亀裂振動の共鳴モード間での振幅比に距離依存性が生じることが明らかになった．

以上の結果は，調和振動型火山性地震のスペクトルピークの振幅比を観測点間およびモード間で求めることにより，振動源の流体亀裂の走向や亀裂サイズを推定できる可能性を示唆する．この手法では，スペクトル振幅をデータとして用いるため，火山体浅部における散乱現象等による観測波形の位相の乱れの影響を軽減し，解析を行える利点もある．またこれらの結果は，震源域近傍により稠密な観測網を展開していくことが，火山性地震の発生機構の理解のために重要であることも示唆する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

謝辞：本研究は鳥本達矢氏（平成28年度卒）との予察をもとに発展させたものである．記して謝意を表する．

キーワード：火山性地震、流体亀裂振動、発震機構
Keywords: Volcanic earthquakes, Fluid-filled crack, Source mechanism

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SCG54-01] 周期的なせん断を受けたジャミング転移点近傍の粉体のレオロジー

★招待講演

*大槻 道夫[1]、早川 尚男[2] (1.大阪大学基礎工学研究科、2.京都大学基礎物理学研究所)

11:00 ~ 11:15

[SCG54-02] The real-scale numerical sandbox experiments for understanding stress state in accretionary prisms

*古市 幹人[1]、Arthur Bauville[1]、西浦 泰介[1]、堀 高峰[1]、桑野 修[1] (1.海洋研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SCG54-03] フェーズフィールドモデルによるマクスウェル流体破壊挙動の数値解析

*亀田 正治[1]、山西 渓太[1]、山中 晃徳[1]、市原 美恵[2] (1.東京農工大学 工学府 機械システム工学専攻、2.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SCG54-04] 続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応がプレート沈み込み帯の炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスに及ぼす影響

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SCG54-05] 摩擦溶融時におけるチャートの粘性すべり挙動

*本橋 銀太[1]、大橋 聖和[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.山口大学)

12:00 ~ 12:15

[SCG54-06] 石英粒子の光刺激ルミネッセンス（OSL）に対する摩擦と粉砕の影響

*大橋 聖和[1]、赤瀬川 幸治[2]、蓑毛 裕希[1]、長谷部 徳子[3]、三浦 知督[4] (1.山口大学大学院創成科学研究科、2.大和探査技術株式会社、3.金沢大学環日本海域環境研究センター、4.金沢大学自然科学研究科)

周期的なせん断を受けたジャミング転移点近傍の粉体のレオロジー
Rheology of granular materials near the jamming transition under oscillatory shear

*大槻 道夫[1]、早川 尚男[2]
*Michio Otsuki[1], Hisao Hayakawa[2]

1. 大阪大学基礎工学研究科、2. 京都大学基礎物理学研究所
1. Graduate School of Engineering Science, Osaka University, 2. Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University

粉体やコロイドなどのアモルファスな粒子の集合体を等方的に圧縮すると、充填率がある閾値よりも低い場合に系は流体的に振る舞う一方、充填率が閾値を越えると剛性が発生し系は固体的な状態へ変化する。この現象はジャミング転移と呼ばれ、近年になって大きな注目を集めている[1]。従来の研究では、こうした充填率の変化に対する物性の変化が主に議論されていたが、近年ではさらにせん断変形を加えた際の相変化に関する研究が進みつつある。

こうしたせん断変形が粉体に与える影響を調べるために、本研究では離散要素法を用いて周期的なせん断変形を受けた粉体のシミュレーションを実施した。その結果、充填率が転移点よりもわずかに小さい場合、せん断変形によって流体的な状態から固体的な状態へと遷移するシア・ジャミングと呼ばれる現象が発生することを発見した[2]。また、充填率が転移点よりも大きい場合、塑性変形を伴う降伏が発生し、極端な場合はせん断による固体的な状態から流体的な状態への変化も発生することを発見した。講演では、こうしたせん断によって誘起されるレオロジー特性の変化に関して、粒子の平均自乗変位、応力歪み曲線に現れる非線形応答など多角的な視点から解析を進めた結果を報告する。

[1] M. van Hecke, J. Phys.: Condens. Matter 22, 033101 (2009).
[2] M. Otsuki and H. Hayakawa, arXiv:1810.03846.

キーワード：レオロジー、粉体、ジャミング転移
Keywords: Rheology, Granular materials, Jamming transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The real-scale numerical sandbox experiments for understanding stress state in accretionary prisms

*古市 幹人[1]、Arthur Bauville[1]、西浦 泰介[1]、堀 高峰[1]、桑野 修[1]
*Mikito Furuichi[1], Arthur Bauville[1], Daisuke Nishiura[1], Takane Hori[1], Osamu Kuwano[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

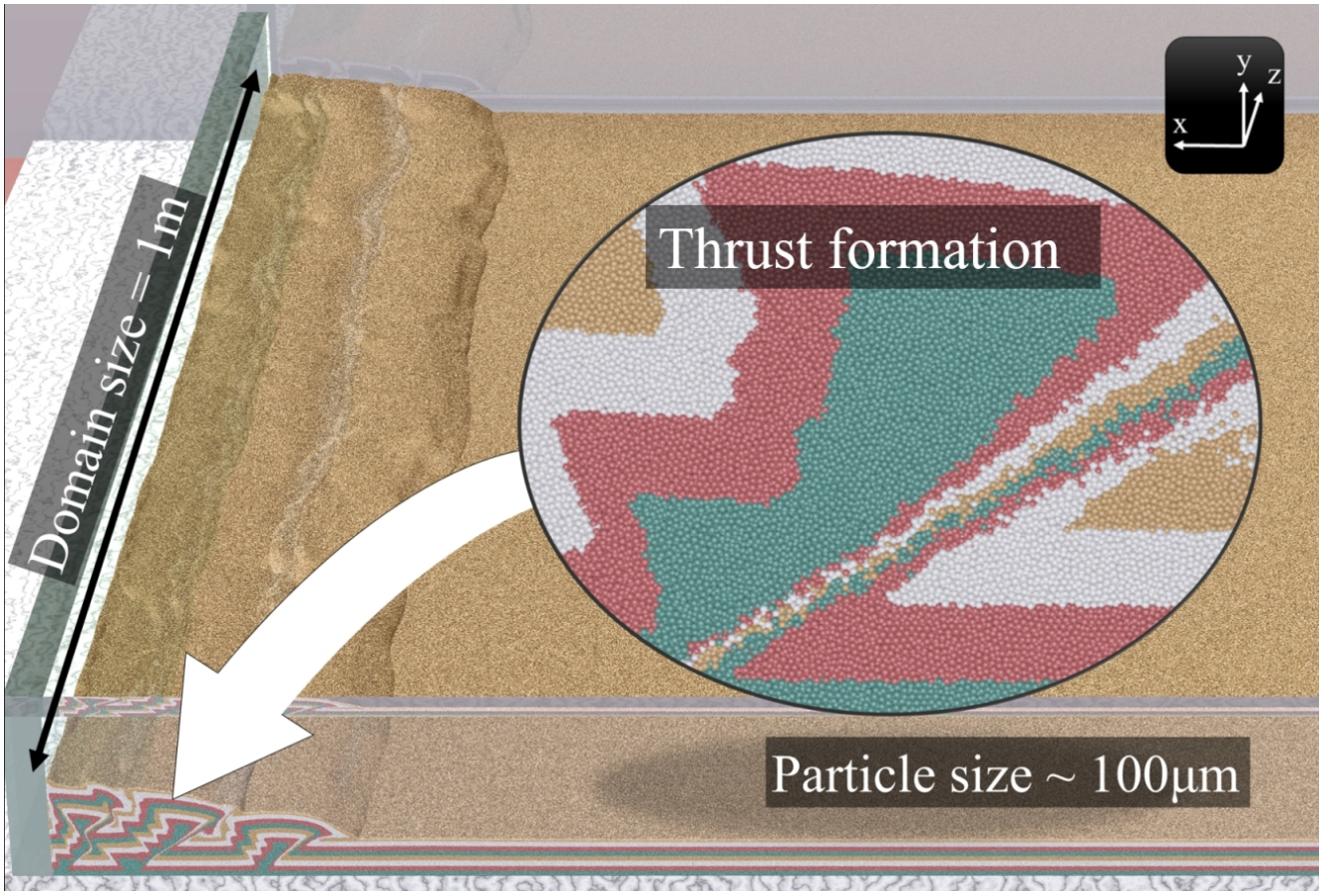
The sandbox experiment is known as a scaled physical analog model of accretionary prisms. Thus, understanding the stress state inside the sand layer is the interesting challenge of the geology. However, measuring stress states in laboratory sandbox experiments is still practically infeasible. Here we performed real-scale numerical sandbox experiments using the Discrete Element Method (DEM) to understand the 3D stress state in the accretionary prism. The critical bottleneck of DEM was the limited number of particles acceptable for practical computation time and it was difficult to simulate a system with a huge number of particles required by such as our target sandbox test with realistic particle size. We had overcome this issue by developing the dynamic load balancing technique for the DEM codes and run the real-scale numerical sandbox simulation using up to 2.4 billion particles [Furuichi et.al. 2017]. We also performed the large-scale stress chain analysis. One of the interesting findings was that the simulation of the horizontal shortening of the granular layer showed undulated margins similar to those observed in accretionary prism, despite the nearly uniform initial conditions. The 3D stress chain analysis that is practically infeasible for the laboratory experiment studies, revealed that arcuate faults emerge from micro-scale perturbations owing to the formation of the stress arch [Furuichi et.al. 2018]. Furthermore, analyses demonstrate that the in-situ stress orientation from borehole data can be a signal of either the regional direction of plate convergence or the local stress orientation associated with such a stress arch. The results may greatly enhance the outcome of long-term monitoring in areas, such as the Nankai Trough. In this contribution, we also investigated the stress state associated with a seamount (indenter) entering the accretionary prisms. The role of indenter was significant as a frictional heterogeneity to control the tomography (taper angle), material transport and stress chain distribution. Especially, amount of sediment covering the indenter was transported inward without deformation. This mechanism potentially constructs the thick low-velocity zone into the plate boundary, the subduction channel. In this presentation, we discuss the detail mechanism of these observed compressional events inside the sand layers.

[Furuichi et.al. 2017] M. Furuichi, D. Nishiura, Comput. Phys. Comm. (2017) DOI:10.1016/j.cpc.2017.05.015

[Furuichi et.al. 2018] M. Furuichi, D. Nishiura, O. Kuwano, A. Bauville, T. Hori, H. Sakaguchi, Scientific Reports (2018), DOI:10.1038/s41598-018-26534-x

キーワード：付加体、内部応力、DEM
Keywords: Accretionary prism, Stress, DEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フェーズフィールドモデルによるマクスウェル流体破壊挙動の数値解析
Numerical analysis on the fracture of Maxwell fluid by phase field models

*亀田 正治[1]、山西 渓太[1]、山中 晃徳[1]、市原 美恵[2]
*Masaharu Kameda[1], Keita Yamanishi[1], Akinori Yamanaka[1], Mie Ichihara[2]

1. 東京農工大学 工学府 機械システム工学専攻、2. 東京大学 地震研究所
1. Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

発泡マグマの固体的破砕は、爆発的な噴火の重要な過程である。実際の爆発における減圧時間に関する最近の推定は、破砕のスタイルが「脆性的破砕」であることを示している（Kameda et al. J. Volcanol. Geotherm. Res 2013）。すなわち、バルクのレオロジー特性が流体に近い場合でも、材料の固体状の破壊が発生する。また、実験を通して、気泡分布の空間的不均一性が脆性的破砕にいたるき裂発生の主要な原因である、という見通しを得た（Kameda et al. Sci. Rep. 2017）。

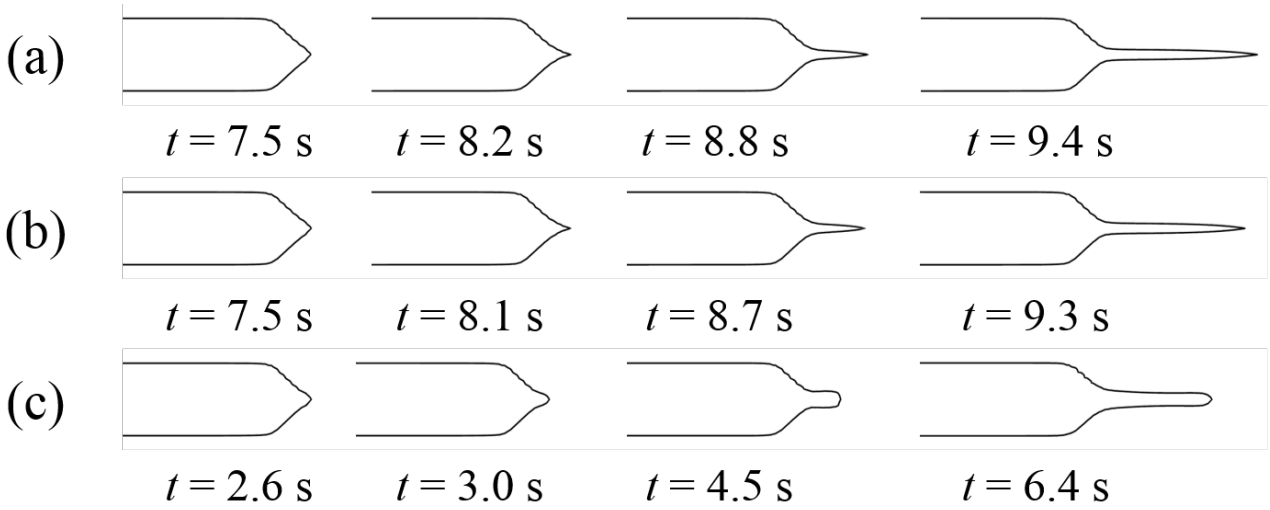
脆性的破砕を数値計算によって再現することを目指して、我々はKuhnら（Comput. Mat. Sci. 2015）によって開発されたフェーズフィールド破壊モデルを用いて粘弾性流体における破壊現象を連続体的に記述することを提案する。フェーズフィールドモデルでは、いわゆる「秩序変数」と呼ばれる場における連続変数によって、マグマと気泡（またはき裂）とを分別する。破壊の進展は、秩序変数の時間発展を記述するフェーズフィールド破壊モデルと材料の変形を記述する力学モデルを組み合わせて解くことによって得られる。数値シミュレーションのプラットフォームとして、市販のマルチフィジックスソルバー（COMSOL）を使用した。フェーズフィールド破壊モデルは、COMSOLのPDEソルバーを使用して解いた。材料の力学は、ソルバーに用意されている従来の有限要素解析（FEM）を使用して計算した。また、マグマのレオロジーは線形マクスウェル流体であると仮定した。

まず、一定の伸び率での引張試験における、切欠きを有する二次元平板のき裂進展をシミュレーションした。純粋な弾性体（図１(a)）または十分に高い粘性を有する粘弾性流体（図１(b)）において鋭い先端を有するき裂の拡大を得た。これに対し、粘性が中程度の粘弾性流体（図1(c)）では、き裂進展が始まった後に先端が鈍頭化した。その後、さらに引張続けることによって、再びき裂が広がった。

次に、中心に大きな気泡を含む球形の多孔質材料におけるき裂の発生と伝播をシミュレートした。材料内には、大きな気泡に加えて、その近くに2つのサテライト気泡を配置した。材料外側の圧力を下げて、材料内に不均一な応力場を発生させた。その結果、サテライト気泡間に平面クラックが発生した。き裂は外側境界に達し、その後き裂が鋭く開口した。本計算におけるき裂伝播の時間スケールは、実験（Kameda et al. Sci. Rep. 2017）で観察されたスケールと同等であった。一方、この時間スケールは、Karmaら（Phys. Rev. Lett. 2001）によって提案された別のフェーズフィールド破壊モデルでシミュレートされたスケールよりもはるかに小さい。

キーワード：マグマ、破壊、フェーズフィールドモデル
Keywords: Magma, Fracture, Phase field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応がプレート沈み込み帯の炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスに及ぼす影響

Diagenesis- and earthquake-driven transformations of carbonaceous materials and their implication for frictional strength and earthquake rupture dynamics in carbon-bearing plate-subduction faults

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]
*Shunya Kaneki[1], Tetsuro Hirono[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Osaka University

プレート沈み込み帯における断層物質の様々な物理化学反応は，例えばスメクタイトのイライト化や非晶質シリカの結晶化などが挙げられ，プレート沈み込み帯の岩石強度および地震ダイナミクスを支配しうることが指摘されている．炭質物は様々な地域のプレート境界断層・内陸活断層中に存在する普遍的な物質の一つであり，その熟成反応は地震時の断層岩の摩擦強度に影響を及ぼすことが先行研究から指摘されている．しかし，炭質物の熟成度と摩擦強度の関係を系統的に調べた研究は無く，続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応が炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスにどう影響するのかは未だ不明であった．本研究では，異なる4種類の熟成度の炭質物（褐炭，瀝青炭，無煙炭，グラファイト）について高速摩擦実験および元素分析，透過電子顕微鏡観察，X線回折分析，赤外・ラマン分光分析を実施した．高速摩擦実験の結果，炭質物の熟成度および結晶度の増加に伴って，摩擦実験の初期に存在するピーク摩擦強度が減少していくことがわかった（褐炭：0.5，グラファイト：0.2）．また分光分析の結果から，低熟成（褐炭・瀝青炭）および中熟成（無煙炭）の試料は高速摩擦滑りによって熟成度を増加させる一方，高熟成（グラファイト）の試料は熟成度を減少させることがわかった．実験時の破壊エネルギーおよび応力比が熟成度の増加に伴って減少および増加することを考慮すると，続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熱熟成反応は，プレート沈み込み帯に存在する炭質断層の摩擦強度およびラプチャダイナミクスの深度依存性に影響を与えうることが示唆された．

キーワード：地震、炭質物、熱熟成、摩擦係数、プレート沈み込み帯、ラプチャダイナミクス
Keywords: Earthquake, Carbonaceous material, Thermal maturation, Friction coefficient, Plate subduction zone, Rupture dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

摩擦熔融時におけるチャートの粘性すべり挙動
Viscous behavior of chert during frictional melting

*本橋 銀太[1]、大橋 聖和[2]、氏家 恒太郎[1]
*Ginta Motohashi[1], Kiyokazu Oohashi[2], Kohtaro Ujiie[1]

1. 筑波大学、2. 山口大学
1. University of Tsukuba, 2. Yamaguchi University

Pelagic chert is one of the major lithology in accretionary complexes. Thus, frictional properties of chert at seismic slip rates are important for understanding of earthquake faulting in subduction zones. Here, we conducted high-velocity friction experiments on chert collected from the Jurassic accretionary complex in central Japan at a slip rate of 1.3 m/s and normal stresses of 5–13 MPa under room humidity conditions. The results show that initial slip weakening was followed by slip strengthening and subsequent second slip weakening toward a steady-state shear strength. Slip strengthening resulted from the formation of a silica-rich melt layer (experimentally generated pseudotachylyte) at lower melting temperatures than expected. The chemical composition of the pseudotachylyte matrix suggests the frictional melting of quartz with a small amount of illite, which may contribute to reduce melting temperatures. The second slip weakening occurred despite an increasing shear strain rate because of the thinning of the melt layer, implying that the viscosity of the melt layer decreased with slip. The estimated temperatures before and after the second slip weakening and microstructural and chemical features of experimentally generated pseudotachylytes suggest that the viscosity decrease during the second slip weakening is not due to a change in the chemical composition of melt layer, but rather a temperature increase in the melt layer.

キーワード：摩擦熔融、チャート、高速摩擦実験
Keywords: frictional melting , chert, high-velocity friction experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石英粒子の光刺激ルミネッセンス（OSL）に対する摩擦と粉砕の影響
Effect of friction and comminution on the optically-stimulated luminescence of quartz grains

*大橋 聖和[1]、赤瀬川 幸治[2]、蓑毛 裕希[1]、長谷部 徳子[3]、三浦 知督[4]
*Kiyokazu Oohashi[1], Koji Akasegawa[2], Yuki Minomo[1], Noriko Hasebe[3], Kazumasa Miura[4]

1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 大和探査技術株式会社、3. 金沢大学環日本海域環境研究センター、4. 金沢大学自然科学研究科
1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, 2. Daiwa Exploration & Consulting Co., Ltd., 3. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4. Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University

鉱物の光刺激ルミネッセンス（Optically-stimulated luminescence; OSL）は比較的低温・短時間の熱パルス（300˚C，数十秒）に対して不安定であり，地震時の摩擦発熱によってシグナルがリセットされる可能性が指摘されている（Yang et al., 2018, Quat. Geochronol.）．この特性を利用して，断層の直接年代測定法として適用することが提案されているが，摩擦や粉砕に対して信号がどのように変化するかはまだ十分に理解されていない．本研究では，石英粒子に対して変位量一定・速度可変（10 m，200 μm/s～1.3 m/s）の摩擦実験群，および速度一定・変位量可変（200 μm/s，0.1～30 m）の実験群を実施し，回収試料のOSL測定とガス吸着法（BET法）による比表面積測定から摩擦・粉砕現象に伴うOSL信号変化を議論する．

摩擦実験には，花崗岩から抽出した天然の石英粒子（<150 μm）に3.15±1.66 Gyの等価線量を照射したものを使用した．また，実験は全て垂直応力1 MPaの条件下で実施した．回収試料のOSL測定は，粉砕の影響を評価するために粗粒（75–150 μm）と細粒（<75 μm）のフラクションに分け実施した．比表面積測定は<75 μmのフラクションにのみ実施した．

OSL測定の結果，すべての実験において粗粒フラクションより細粒フラクションの方が発光強度（Lx/Tx）が高い傾向が認められた．また，速度可変実験後の細粒フラクションにおいて，速度の増加に伴うFast～Medium成分の増大が認められた．なお，0.25 m/s以上では摩擦発熱によって信号はゼロ化する（蓑毛ほか, 2019本大会）．回収試料の比表面積測定の結果，細粒試料に摩擦実験に伴う明瞭な細粒化が認められた．しかしながら，速度可変実験においてFast～Medium成分の増大が認められた試料において，速度との明瞭な相関関係は認められなかった．また，変位量可変実験でもOSL信号と比表面積の間に相関関係は認められなかった．これらのことは，認められたOSL信号の変化には，新生界面の形成（細粒化）以外にもトライボエミッションのような速度依存性を持った電子生成プロセス（中山, 2006, 真空）が寄与していることを示唆する．

[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、摩擦実験、BET比表面積、トライボルミネッセンス
Keywords: Optically stimulated luminescence, Friction experiment, BET specific surface area, Triboluminescence

©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28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:田阪 美樹(島根大学)、石橋 秀巳(静岡大学)

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SCG54-07] 寒候期に不安定化する地すべりの動態を規制するスメクタイトの摩擦特性

★招待講演

*柴崎 達也[1]、松浦 純生[2] (1.国土防災技術株式会社、2.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG54-08] 中央構造線における深部断層摩擦強度: 緑泥石の影響

*清水 以知子[1]、岡本 あゆみ、Niemeijer Andre[2]、Spiers Christopher[2]、荒井 駿[3]、竹下 徹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.ユトレヒト大学、3.東北大学大学院理学研究科、4.北海道大学大学院理学院自然史研究科)

14:15 ~ 14:30

[SCG54-09] かんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度の変化

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

14:30 ~ 14:45

[SCG54-10] 衝撃圧縮によるMgOの転位組織とその生成機構

*藤野 清志[1]、Xun Liu[2]、真下 茂[2] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.熊本大学パルスパワー研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SCG54-11] 回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発と下部マントル物質の大歪変形実験

★招待講演

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

15:00 ~ 15:15

[SCG54-12] 六方最密構造(hcp)鉄のレオロジー

*西原 遊[1]、土居 峻太[1]、辻野 典秀[2]、山崎 大輔[2]、肥後 祐司[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.岡山大学惑星物質研究所、3.高輝度光科学研究センター)

寒候期に不安定化する地すべりの動態を規制するスメクタイトの摩擦特性
Frictional behaviors of smectite clay: constraints for the mobility of slow-moving landslides in the cold season

*柴崎 達也[1]、松浦 純生[2]
*Tatsuya Shibasaki[1], Sumio Matsuura[2]

1. 国土防災技術株式会社、2. 京都大学防災研究所
1. Japan Conservation Engineers and Co., Ltd, 2. DPRI, Kyoto University

日本国内では，特に新第三紀の堆積岩地帯や火山体周辺の熱水変質岩地帯において，スメクタイトを含む地層で地すべりが頻繁に発生している。大変位を受け残留せん断状態にあるスメクタイトに富む粘土は摩擦係数が小さく，これを滑材とする地すべりは非常に緩やかな斜面でも安定を損ないやすい。また，その移動速度は0.01～0.1 mm/min前後での観測例が統計的にも多く，毎年同じような時期に緩慢な移動を繰り返す特性がある。地すべり多発地帯として知られる新潟県内で発生した地すべりの動態観測によると，寒候期に多様な運動パターンを示すことが明らかとなっている。晩秋期や積雪初期から移動を開始するものや，厳冬期に移動を開始するもの，融雪期に移動するものがあるが，このような多様な運動パターンを規定する要因がよくわかっていない。そこで筆者らは，浅い小規模な地すべりほど晩秋から積雪初期に移動を開始する事例が多いことに注目し，地すべり面を含む不撹乱試料を用いた繰り返し一面せん断試験や，再構成した粘土を用いたリングせん断試験により，粘土の残留強度の温度依存特性を検証した。その結果，スメクタイトに富む粘土は，0.1 mm/min以下の低速条件において，低温環境ほど摩擦抵抗が低下する特性があることが判明した。つまり，寒候期に緩慢な地すべり移動を生じる要因として，間隙水圧の変動以外に季節的な地温変動が関与している可能性が示唆される。せん断速度によって温度依存特性が変化する要因としては，せん断面におけるスメクタイト粒子の配向状態が関与しているものと考察している。

参考文献
1) Shibasaki T., Matsuura S., and Okamoto T. (2016): Experimental evidence for shallow, slow-moving landslides activated by a decrease in ground temperature. Geophysical Research Letters, 43, 13, 6975-6984. doi.org/10.1002/2016GL069604
2) Shibasaki T., Matsuura S., and Hasegawa Y. (2017): Temperature-dependent residual shear strength characteristics of smectite-bearing landslide soils. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 122, 2, 1449-1469. doi.org/10.1002/2016JB013241

キーワード：地すべり、スメクタイト、残留強度、温度依存
Keywords: Landslide, Smectite, Residual strength, Temperature dependency

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線における深部断層摩擦強度: 緑泥石の影響
Strength of a deep fault zone along the Median Tectonic Line: Influence of chrolite friction

*清水 以知子[1]、岡本 あゆみ、Niemeijer Andre[2]、Spiers Christopher[2]、荒井 駿[3]、竹下 徹[4]
*Ichiko Shimizu[1], Ayumi S. Okamoto, Andre R. Niemeijer[2], Christopher J. Spiers[2], Shun Arai[3], Toru Takeshita[4]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. ユトレヒト大学、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 北海道大学大学院理学院自然史研究科
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Faculty of Geosciences, Utrecht University, 3. Tohoku University, 4. Hokkaido University

To explore the fault strength at the middle crustal levels, we conducted high-pressure hydrothermal experiments using natural fault rocks exposed along the Median Tectonic Line (MTL), focusing on the role of chlorite in fault weakening. Chlorite is a hydrous mineral commonly observed in basic metamorphic rocks and fault zones, and is known to have low friction coefficients around 0.3–0.4 at room temperature water saturated conditions (Behnsen and Faulkner, 2012), and about 0.3 at hydrothermal conditions (Okamoto et al., *in review*).

The experiments were performed on powdered samples of cataclasite and protomylonite, which are originated from tonalite or basic rocks in the Ryoke belt on the northern side of MTL. Cataclasites contain ~30 wt.% mica and clay minerals. Among them, chlorite-rich cataclasite (Chl-cataclasite) contains ~14 wt.% chlorite, and mica-rich cataclasite (Ms-cataclasite) contains ~14 wt.% white mica. Chlorite geothermometer (Bourdelle *et al.*, 2013, CMP) yields a bimodal distribution (230–240˚C and 290–340˚C) for the protomylonite sample. The low-temperature chlorite occurs as blobs with the diameter of ~1–2 mm, which contain lamella of white mica. These chlorite grains are considered as pseudomorphs of biotite. The high-temperature chlorite filled fractures and interstice of grains. We therefore interpreted that brittle deformation first occurred at a temperature around 300˚C and subsequent hydrothermal alteration occurred at 230–240˚C. Chl-cataclasite also shows a bimodal temperature distribution (180–220˚C and 240–300˚C), although no clear relationships between temperatures and microstructures were found.

To simulate the deformation conditions at depth, friction experiments were conducted at temperature of 300˚C, normal stress of 300 MPa, and pore fluid pressures of 120 MPa and 240 MPa, using the hydrothermal ring shear apparatus at Utrecht University. Sliding velocities were varied from 0.001 mm/s to 0.1 mm/s. The steady-state friction coefficients obtained for protomylonite were ~0.68, whereas those for Ms- and Chl-cataclasites were ~0.65 and ~0.56 at 120 MPa, and ~0.87 and ~0.66 at 240 MPa, respectively. Velocity stepping tests yielded velocity-weakening or neutral behaviours, although existing laboratory data for pure chlorite gouges mostly show velocity-strengthening behaviours. Our results indicate that fault strengths and sliding behaviours in the middle crusts are not drastically changed by the presence of phyllosilicates even if chlorite contents in fault zones are relatively high (<14 wt.%).

キーワード：摩擦、断層強度、高温高圧実験
Keywords: friction, fault strength, high-PT experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

かんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度の変化
Changes in seismic wave velocity during brittle deformation of gabbro and peridotite

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1]
*Yuya Akamatsu[1], Ikuo Katayama[1]

1. 広島大学
1. Hiroshima University

モホ面は地震波速度の不連続で定義され，一般的には地殻とマントルの物質境界と解釈される．海洋地殻は中央海嶺のマグマシステムによって連続的に生成されるため，モホ面での地震波速度の不連続や反射面は海洋プレート内で一様に観測されることが期待される．しかし，近年の海底下の地震波探査では，モホ面での地震波の反射強度に地域性があることが報告されている（例えば，Mutter and Carton, 2013; Ohira et al., 2018）．地震波速度はマイクロクラックの存在に大きく影響を受けるため，それらの地震波速度異常にマイクロクラックが寄与している可能性がある．脆性変形中のかんらん岩は苦鉄質岩に比べて著しく小さい非弾性体積膨張（ダイラタンシー）を示すことが，三軸圧縮試験における歪み測定から明らかになっている（Akamatsu et al., 2019）．このダイラタンシーの違いは，脆性変形中の地震波速度の変化が地殻とマントルで異なることを示唆しており，モホ面での地震波速度異常を引き起こしている可能性がある．そこで本研究は，かんらん岩とはんれい岩の変形中の地震波速度を測定し，脆性変形が地震波速度と反射強度に与える影響について考察した．

試料にはオマーンオフィオライトのはんれい岩と幌満かんらん岩を用い，三軸変形試験中に地震波速度の測定を行った．実験は広島大学の容器内透水変形試験機を用いて，室温，歪み速度~10^{-6} s^{-1}，封圧20 MPaの条件で行った．その際，圧縮軸に垂直な方向を透過する弾性波（P波・S波）を測定し，試料幅とパルス透過法で得られた走時から地震波速度を算出した．なお，S波は圧縮軸に平行に振動するSH波と，垂直に振動するSV波の2種類を測定した．

はんれい岩は破壊に近づくにつれVp，Vsともに大きく低下した（Vp: ~40%, Vs: ~30%）．また，地震波速度から求めたクラック密度は，圧縮軸に平行なマイクロクラックが卓越していることを示した．これらの結果は，苦鉄質岩の歪み測定と破壊後の微細組織観察と整合的である（Akamatsu et al., 2019）．一方かんらん岩の Vp，Vs の低下ははんれい岩に比べて小さく（<20%），圧縮軸に平行なクラック密度もはんれい岩に比べて著しく小さい値を示した．この結果は，脆性変形中のかんらん岩で形成されるマイクロクラックが主に剪断性（モードII）のクラックであることを示唆しており，歪みと微細組織観察の結果とも整合的である．これらのかんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度とクラック密度の変化の違いは，モホ面での地震波速度の不連続と反射強度に影響を与えている可能性があり，海洋プレート内のモホ面の多様性に寄与していると考えられる．

キーワード：かんらん岩、はんれい岩、地震波速度、脆性変形、ダイラタンシー、マイクロクラック
Keywords: Peridotite, Gabbro, Seismic wave velocity, Brittle deformation, Dilatancy, Microcrack

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衝撃圧縮によるMgOの転位組織とその生成機構
Dislocation textures in shock-compressed MgO and their formation mechanisms

*藤野 清志[1]、Xun Liu[2]、真下 茂[2]
*Kiyoshi Fujino[1], Xun Liu[2], Tsutomu Mashimo[2]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 熊本大学パルスパワー研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Institute of Pulsed Power Science, Kumamoto University

地球惑星科学における高圧下での物質の変形現象は，静的あるいは準静的条件下と同様，衝撃圧縮条件下でも数多くみられる．しかし，静的あるいは準静的な圧縮変形による変形組織の研究に比べ，衝撃圧縮変形による変形組織の研究例は極めて限られている．本研究では，こうした衝撃圧縮変形による転位組織に着目し，地球深部物質に関係するMgOについて衝撃圧縮実験を行い，回収した試料を透過電子顕微鏡で観察し，そこに見られる転位組織の詳細を明らかにするとともに，それら転位組織が生成される機構を明らかにすることを目ざした．これらの研究結果は，隕石等の衝撃現象を解明する上で大きく貢献すると思われる．

MgOにおける変形機構で主となる転位のすべり系の挙動を比較検討するため，熊本大のパルスパワー研究所で火薬銃によりMgOの単結晶試料を<100>と<110>の異なった結晶方位方向で衝撃圧縮実験を行った．<100>方向圧縮ではピーク圧力29.3 GPaで，また<110>方向圧縮ではピーク圧力10.7 GPa と29.3 GPaの２条件で，それぞれ回収実験を行った．実験で回収した試料について愛媛大GRCの200 kV透過電子顕微鏡で観察し，それら回収試料に見られる転位の詳細を調べた．

これまでのMgOの転位のすべり系についての報告では，バーガースベクトルは常に $(\boldsymbol{a}_1 + \boldsymbol{a}_2)/2$で，すべり面は{110}と{100}が主であったが，今回の衝撃圧縮実験では，<100>方向圧縮の試料ではすべり面が{110}の転位しか観察されないのに対し，<110>方向圧縮ではピーク圧力10.7 GPaの試料では転位のすべり面が{110}のみであったが，ピーク圧力29.3 GPa の試料ではすべり面として{110}と{100}の両方が観察された．これらの観察結果は，衝撃圧縮実験における粒子速度履歴の観察結果に基づいてなされた予測と整合的で，MgOにおける転位のすべり面が圧力の上昇とともに{110}から{100}に変わることを示すと思われる．また，観察された転位組織の中には，静的あるいは準静的圧縮変形では見られないような転位組織も含まれていた．講演ではこうした転位組織について報告するとともに，それら転位組織の生成機構について議論する予定である．

キーワード：衝撃圧縮、MgO、透過電顕観察、転位のすべり系
Keywords: shock compression, MgO, TEM observation, slip system of dislocation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発と下部マントル物質の大歪変形実験

Development of rotational diamond anvil cell and large strain deformation experiments of lower-mantle materials

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4]
*Shintaro Azuma[1,2], Ryuichi Nomura[3,4], Kentaro Uesugi[5], Yu Nishihara[4], Doi Shunta[4], Takeshi Arimoto[4], Tetsuo Irifune[4]

1. 東京工業大学、2. 九州大学、3. 京都大学、4. 愛媛大学、5. 公益財団法人高輝度光科学研究センター
1. Tokyo Tech., 2. Kyushu Univ., 3. Kyoto Univ., 4. Ehime Univ., 5. Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)

The rheological properties of lower-mantle materials are key to understanding the dynamics and evolution in the Earth’s interior. However, the pressure range of deformation apparatuses which can achieve large strain is limited to ~30–40 GPa due to a technical reason. We developed the rotational diamond anvil cell (rDAC) which can conduct deformation experiments with large strain under ultra-high pressure conditions, corresponding to those of core-mantle boundary [Nomura et al., 2017]. The rDAC can apply the torsional deformation to sample with constant strain rate by a gearbox and diamond anvils with grooves [Azuma et al., 2018]. However, the stress measurement and high temperature conditions has not been achieved in rDAC. To solve these problems, the vacuum chamber newly designed for rDAC was installed and the stress measurements using X-ray Diffraction (XRD) were applied to deformation experiments in rDAC at SPring-8 (Japan). In this presentation, we will present the preliminary results of stress measurements, high temperature techniques in rDAC, and the results of deformation experiments of lower-mantle materials.

In this study, the mixture of bridgmanite (Mg,Fe)SiO_3 and ferropericlase (Mg,Fe)O, which was synthesized from San Carlos olivine, was deformed under torsion geometry using the rDAC. The experimental conditions are ranging 26–130 GPa, 300–673 K. Starting material was grooved by FIB and the groove was deposited by Pt as a strain-marker. Recovered samples were cut by FIB to observe the deformation microstructures in each cross-section. Deformation experiments were conducted at BL47XU, SPring-8 (Japan) and 3D visualization of strain marker within samples was performed every rotation angle of upper anvil of 5–30 degree using X-ray laminography technique [Nomura and Uesugi, 2016]. Stress was measured by collecting X-ray diffraction pattern at twelve different azimuthal angles, Ψ= 0º, ±30º, ±60º, ±90º, ±120º, ±150º, and 180º. Testing of the new vacuum chamber was also performed at SPring-8. The vacuum chamber has a removable Kapton window for incident and diffracted X-ray, and can keep the vacuum state (<~10 Pa) to prevent the diamond anvils from oxidation during high-temperature deformation experiments. Platinum wires were used as a resistance heater surrounding the sample and Rhenium gasket.

The geometry of strain-marker in cross-section of deformed samples show nearly simple shear (or general shear). Deformed microstructure of recovered samples was observed using FE-SEM and we determined the 2D surface area of ferropericlase and aspect ratio of bridgmanite. The deformation microstructures of the recovered samples showed that ferropericlase highly deformed and formed an interconnected weak layer. On the other hand, the aspect ratio of bridgmanite did not change with the strain, indicating that bridgmanite has high viscosity compared with ferropericlase. These results imply that ferropericlase

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

dominates the deformation in the regions where large shear strain occurs under relatively low-temperature conditions in the lower mantle (e.g., mantle portion in subducted slabs).

Stress in bridgmanite was estimated by using diffraction peaks (110) and (112) at P = 50 GPa and T= 673 K. Shear stress in bridgmanite was relatively constant values, whereas uniaxial stress changed during deformation experiments. This preliminary experiment was performed under low-temperature and high-pressure conditions, thus the equivalent stress in bridgmanite was about three times higher than that in previous studies [Girard et al., 2016].

In heating experiments using new vacuum chamber, temperature was monitored by Pt/Rh thermocouple placed close to the sample and and we succeeded in increasing temperature up to ~1000 K. However, the resistance heater (Pt) was unstable in vacuum. In the future, high-temperature deformation experiments using rDAC will be conducted in reducing atmosphere produced by inactive gas or internal heating system should be developed for rDAC.

キーワード：下部マントル、回転式ダイヤモンドアンビルセル 、変形
Keywords: Lower mantle, Rotational diamond anvil cell, Deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

六方最密構造(hcp)鉄のレオロジー
Rheology of hcp-iron

*西原 遊[1]、土居 峻太[1]、辻野 典秀[2]、山崎 大輔[2]、肥後 祐司[3]
*Yu Nishihara[1], Doi Shunta[1], Noriyoshi Tsujino[2], Daisuke Yamazaki[2], Yuji Higo[3]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 岡山大学惑星物質研究所、3. 高輝度光科学研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Institute of Planetary Materials, Okayama University, 3. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

地球中心に位置する固体金属の内核には、南北方向に伝播するP波が赤道方向のものに対し約3%も高速となる大きな地震波異方性が存在することがわかっている。この内核の異方性の成因には、さまざまなメカニズムが提唱されているが、現在までに一致した見解は得られていない。Lasbleis and Deguen (2015) によれば、内核の年齢（内核冷却速度の逆数に相当）と粘性率の値によって内核ダイナミクスの支配的なメカニズムが異り、異方的成長（Yoshida et al., 1996）、熱対流 (Jealoz and Wenk, 1988) をはじめとするいくつものメカニズムが可能性を持つとされる。しかしながら、内核年齢と粘性率はよく制約されていないため、いずれのメカニズムも現在の内核ダイナミクスの支配的メカニズムである可能性を持っている。内核の粘性率は内核を構成する六方最密構造(hcp)鉄の流動変形の力学的性質（レオロジー）によって決まっていると考えられるため、hcp鉄の高温高圧でのレオロジーの理解が重要である。本研究では、内核異方性形成メカニズムに制約を与えることを目的として、高温高圧変形実験によってhcp鉄のレオロジーの決定を目指した。

実験は高エネルギー加速器研究機構、PF-AR、NE7A設置のD111型変形装置 およびSPring-8、BL04B1設置のD-DIA装置SPEED-MkII-Dを用いて行った。直径0.5 mm、高さ0.5-0.6 mmに成型したbcc鉄焼結多結晶体を用いて、一定歪速度における高温高圧変形実験を行なった。変形の条件はT = 423–873 K、P = 16.9–22.6 GPa、一軸圧縮歪速度0.2–5.2×10^{-5} s^{-1}である。実験中の試料の差応力は60 keVの放射光単色X線を用いた２次元X線回折により、歪はX線ラジオグラフィーにより決定した。

実験の結果、約700K以上の高温では、5に近い応力指数の値が得られた。これは純金属のべき乗則クリープで一般的な値である。いっぽうで、より低温ではべき乗則の崩壊 (power-law breakdown) が起こり、流動応力はほとんど歪速度に依存せず、また温度依存性も非常に小さかった。融点規格化に基づいた予察的な見積もりによると、内核条件でのhcp鉄の粘性率は10^{21} Pa s以上の高い値を持つことが示唆される。

キーワード：hcp鉄、内核、レオロジー
Keywords: hcp-iron, inner core, rheology

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)、宇野 正起(東北大学)

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[SCG61-13] リソスフェア-アセノスフェア境界領域における熱史のダイナミクス：一ノ目潟産マントル捕獲岩の輝石組成累帯構造からの復元

*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)

9:15 ~ 9:30

[SCG61-14] 反応誘起応力による地殻応力発生と浸透率発展：MgO-H_2O系での測定

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

9:30 ~ 9:45

[SCG61-15] デジタル岩石亀裂を用いた亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションと実験値との比較

*澤山 和貴[1]、蒋 飛[2]、石橋 琢也[3]、辻 健[4]、藤光 康宏[4] (1.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻、2.山口大学工学部機械工学科、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、4.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

9:45 ~ 10:00

[SCG61-16] Fluid distribution in the crust – inference from seismic velocity and electrical conductivity

*渡辺 了[1]、吉田 健太[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター)

10:00 ~ 10:15

[SCG61-17] The seismological structure about fault zone extending to the lower crust in the northern Kinki district, southwestern Japan

*加藤 慎也[1]、飯尾 能久[1]、澁谷 拓郎[1]、片尾 浩[1]、澤田 麻沙代[1]、冨阪 和秀[1] (1.京都大学防災研究所)

10:15 ~ 10:30

[SCG61-18] 北海道函館周辺の深部低周波地震と内陸の繰り返し地震

*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、野口 科子[2]、笠原 敬司[2] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター、2.公益財団法人 地震予知総合研究振興会)

リソスフェア-アセノスフェア境界領域における熱史のダイナミクス：一ノ目潟産マントル捕獲岩の輝石組成累帯構造からの復元

Deciphering dynamics of thermal events at lithosphere-asthenosphere boundary from peridotite xenoliths of Ichinomegata maar, NE Japan

*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

Mantle xenoliths are fragments of mantle materials almost instantaneously transported to the surface by alkali basalt or kimberlite magmas (Nixon, 1987). They are unique in that they record temporal changes of mantle processes in chemical zonings and microstructures of constituent minerals. Thus, such information can potentially constrain time-dependent dynamic processes occurring in the lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) zone, where mechanisms of heat and material transfer drastically change (Sleep, 2005, 2006). In this regard, Takahashi (1980) and Koyaguchi (1986) achieved key contributions. They examined chemical zonings of olivine and pyroxenes in spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata, a latest Pleistocene andesitic-dacitic maar located in the back-arc side of NE Japan arc (Katsui et al., 1979). They clarified a variety of thermal history that the xenoliths underwent, but processes responsible for the diversity is not resolved yet because the derivation depth was not constrained. We have conducted very careful geothermobarometry of spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata maar and successfully reconstructed the thermal, chemical, and rheological structures of the LAB zone beneath NE Japan arc at the time of Ichinomegata maar formation (80-60 ka) (Sato and Ozawa, 2017, 2018, JpGU meeting; Sato and Ozawa, 2016, 2017, AGU fall meeting; see our companion presentation in this meeting). We examined temporal changes of the structures through analyses of chemical zonings of pyroxenes in 9 plagioclase and spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata.

In our previous study, the depths and temperatures of 8 of the 9 xenoliths just before the xenolith extraction are estimated to range 28-55 km and 828-1081 ˚C. The mantle beneath Ichinomegata consists of shallow (28-32 km), low temperature, granular (less strained), and amphibole-bearing zone and deep (41-55 km), high temperature, porphyroclastic (strained), and amphibole-free and melt-bearing zone. We identified the shallower zone as lithospheric mantle, the deeper zone as LAB zone, and that their boundary was controlled by wet solidus.

We obtained Ca, Al, Cr, and Ti zonings of large clinopyroxene and orthopyroxene using EPMA at the University of Tokyo and analyzed them with a diffusion model. The zoning patterns of Ca, Al, and Cr of pyroxenes allow us to identify 4 different thermal histories from 4 types of chemical zonings for orthopyroxene (O1-O4) and 3 types for clinopyroxene (C1-C3) as summarized in Table 1. They are (1) continuous cooling at a cooling rate of ~$1x10^{-4}$ ˚C/y over the time scale of ~1-10 million years from ~1000 to ~830 ˚C (constrained from O1 and C1), (2) cooling followed by weak heating at ~900 ˚C over the time scale of ~10-100 thousand years (from O2 and C1), (3) cooling followed by strong heating at ~1050 ˚C over the time scale of ~1-100 thousand years (from O3 and C2), and (4) prolonged cooling and heating at ~1000 ˚C (from O4 and C3). There is a systematic depth variation of thermal histories as summarized in Table 2. It is notable that the shallow lithospheric mantle is characterized by simple cooling or cooling followed by weak heating and the deep LAB zone by cooling followed by strong heating. This systematic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

depth variation requires a thermal perturbation of asthenospheric mantle beneath the deeper LAB zone, most plausibly asthenospheric upwelling.

The age of the Japan Sea opening is comparable to the time scale of cooling estimated from O1 and C1, and the continuous cooling at the shallow lithospheric mantle is attributable to the cooling of the back-arc basin lithosphere, The timescale of the heating event in the deep LAB zone is too short to be explained by LAB-fixed heat conduction model. Effective heat transportation mechanisms are necessary, either partial crystallization of melt generated in the asthenosphere that passed through the LAB zone as advocated by Takahashi (1980) or extensive lithosphere thinning.

キーワード：リソスフェア-アセノスフェア境界領域、スピネルカンラン岩捕獲岩、熱史、化学組成累帯構造
Keywords: lithosphere-asthenosphere boundary zone, spinel peridotite xenolith, thermal history, chemical zoning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Table 1. Patterns of chemical zonings in orthopyroxene and clinopyroxene.

Zoning type	Patterns of zoning profiles from core to rim		
	Ca	Al	Cr
Orthopyroxene			
O1	simple decrease	simple decrease	
O2	decrease followed by weak increase	decrease followed by weak increase	
		decrease followed by weak increase	simple decrease
O3	decrease followed by intense increase	decrease followed by intense increase	
O4	faint increase	faint decrease	
Clinopyroxene			
C1	simple increase	simple decrease	
C2	simple decrease	simple increase or decrease followed by intense increase	
C3	flat	faint decrease	

Table 2. Depth variations of chemical zoning types of pyroxenes and thermal hisotry.

Sample name	Pressure (GPa)	Depth (km)	Temperature (°C)	Chemical zoning of pyroxenes	
				Types	Decoded thermal history
HK64081206g	0.72 ± .52	28 ± 16	829 ± 23	O1 & C1	Simple cooling.
HK64081206c	0.80 ± .70	30 ± 21	828 ± 30	O1 & C1	Simple cooling.
HK64081206d	(0.82)	(31)	(875)	O2 & C1	Cooling followed by weak heating.
HK66031502	0.85 ± .42	32 ± 13	905 ± 19	O2 & C1	Cooling followed by weak heating.
IC81-5	1.16 ± .29	41 ± 9	1017 ± 15	O4 & C3	Cooling and long heating.
HK64081205a	1.29 ± .24	45 ± 7	1050 ± 12	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.
IC81-8	1.46 ± .37	50 ± 11	1052 ± 19	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.
HK66031501	1.51 ± .36	52 ± 11	1057 ± 18	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.
HK64081205b	1.62 ± .44	55 ± 13	1081 ± 23	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

反応誘起応力による地殻応力発生と浸透率発展：MgO-H_2O系での測定
Experimental investigation of reaction-induced stress and permeability evolution in MgO–H_2O system

*宇野 正起[1]、笠原 久夢[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1]
*Masaoki Uno[1], Hisamu Kasahara[1], Atsushi Okamoto[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

Crustal and mantle hydration reactions at subduction zones accompany large solid volume change as much as several vol.% to several tens of vol.%. Such large solid volume change can generate stress and fractures, accelerate reactions and fluid migrations (e.g., Kelemen and Hirth, 2012), and potentially influence the fluid transport in the crust and mantle (e.g., Jamtveit et al., 2000). Field observations of serpentinization and peridotite carbonation suggest fracture generation and permeability enhancement by such “reaction-induced stress” (e.g., Jamtveit et al., 2008; Plumer et al., 2012). However, the permeability enhancement during hydration reaction have not been reproduced by experiments, and the mechanisms and conditions of permeability enhancement by volume-increasing reactions remain largely unknown.

To understand the controlling mechanisms of fluid flow during hydration reactions, we show one of the first experimental trial to measure the permeability evolution during hydration reactions. We use MgO–H_2O system, where periclase (MgO) react with H_2O to produce brucite ($Mg(OH)_2$). The reaction involves solid volume increase of as much as +119%. Our earlier experiments have revealed that the reaction-induced stress in this system are controlled by the competition of reaction rate and stress-dependent deformation rate, and exceeds ～40 MPa in this system which well exceeds the tensile strength of crustal rocks.

In this presentation, we have conducted flow thorough experiments to reveal the permeability evolution during hydration reactions. Experiments were conducted with sintered MgO with 4–14 vol.% porosity, under 100–300˚C with 5–50 MPa confining pressure and 5–15 fluid pressures. Preliminary experiments showed rapid permeability decrease in 2–3 orders, and finally the stainless sleeve broke by the reaction-induced expansion. The rate of permeability decrease is a function of the confining pressure, suggesting that the deformation of the reactant (brucite) has significant control over the permeability evolution during hydration reactions. We will present further experiments with various reaction rate/deformation rate ratios, and discuss the controlling factors of permeability enhancement/reduction during hydration reactions.

[References]
Jamtveit, B., Austrheim., H., Mathe-Sørenssen, A., 2000. *Nature* **408**, 75–78.
Jamtveit, B., Mathe-Sørenssen, A., Kstenko, Olga., 2008. *Earth and Planetary Science Letters* **267**, 620–627.
Kelemen, P.B., Hirth, G., 2012. *Earth and Planetary Science Letters* **345–348**, 81–89.
Plümper O., Røyne, A., Magrasó, A., Jamtveit, B., 2012. *Geology* **40**, 1103–1106.

キーワード：反応誘起応力、反応誘起破壊、浸透率
Keywords: Reaction-induced stress, Reaction-induced fracturing, permeability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

デジタル岩石亀裂を用いた亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションと実験値との比較
Fluid-Flow, Resistivity and Elastic Wave Velocity Simulation of Digital Rock Fracture and Comparison with Experimental Data

*澤山 和貴[1]、蒋 飛[2]、石橋 琢也[3]、辻 健[4]、藤光 康宏[4]
*Kazuki Sawayama[1], Fei Jiang[2], Takuya ISHIBASHI[3], Takeshi Tsuji[4], Yasuhiro Fujimitsu[4]

1. 九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻、2. 山口大学工学部機械工学科、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、4. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門
1. Department of Earth Resources Engineering, Graduate school of engineering, Kyushu University, 2. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Yamaguchi University, 3. Fukushima Renewable Energy Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Department of Earth Resources Engineering, Faculty of engineering, Kyushu University

亀裂内の流体流動特性は，地殻流体の挙動を律則し，岩盤の強度等にも影響を与える。そのため，地震発生や亀裂型貯留層（地熱貯留層やシェールガス）の定量的な評価を行う上でも，亀裂内流体流動を明らかにすることは極めて重要である。地殻流体の分布を把握するためには，電磁探査や地震探査などの物理探査手法がよく用いられる。しかしながら，比抵抗や弾性波速度と流体流動特性（浸透率など）を関連付ける岩石物理モデルが，亀裂を含む岩石において確立されておらず，物理探査の結果から亀裂内流体流動特性を詳細に検討することはできていない。また亀裂を含む岩石を用いてこれらの関連を同時に調べた研究もほとんど報告されていない。そこで本研究では，岩石亀裂を用いた実験に加え，これをデジタル化した数値モデルを用いて亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションをそれぞれ行い，亀裂浸透率・比抵抗・弾性波速度の関連性を検討した。

実験試料として，それぞれ異なる開口幅を持つ2種類の稲田花崗岩亀裂試料（直径50 mm，長さ80 mm）を用意し，有効封圧5–30 MPa下で室内透水試験を行い圧力増加に伴う浸透率変化を測定した。この試料の亀裂表面粗さをデジタル化することで，様々な開口幅の数値モデル（解像度0.1 mm）を作成し，実験と同一の試料で数値シミュレーションを行った。流体流動シミュレーションは格子ボルツマン法を用いて行い，得られた流体分布から比抵抗・弾性波速度を有限要素法解析により検討した。

浸透率測定の実験結果から，圧力の増加によって浸透率が減少し，ある圧力を超えると浸透率の減少割合が変化する傾向が確認された。また数値シミュレーションの結果からも，亀裂開口幅を狭めるほど浸透率が減少し，ある一定の開口幅を超えると浸透率の減少割合が変化するという類似の傾向が確認された。さらに浸透率のマッチングによってこのときの亀裂形状を評価すると，この浸透率挙動の変化は亀裂接触面積がおよそ80%を超えると発生することが明らかとなった。このとき亀裂内の流路が大幅に制限され，亀裂スティフネスは急激に増加する傾向を示した。さらに，このしきい値の前後では比抵抗や弾性波速度の挙動も変化することが確認された。このことは，これら流体流動挙動の変化は，電磁探査や地震探査から検知可能であることを示唆している。

キーワード：デジタル岩石物理、弾性波速度、比抵抗、亀裂内流れ、格子ボルツマン法
Keywords: digital rock physics, elastic wave velocity, resistivity, fracture flow, Lattice Boltzmann Method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fluid distribution in the crust –inference from seismic velocity and electrical conductivity

*渡辺 了[1]、吉田 健太[2]
*Tohru Watanabe[1], Kenta Yoshida[2]

1. 富山大学大学院理工学研究部、2. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター
1. Gradudate School of Science and Engineering, University of Toyama, 2. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, Japan Agency for Marine-earth Science and Technology

Aqueous fluids must play important roles in crustal dynamics including seismicity. Geophysical mapping of fluids will thus give us insights into crustal dynamics. Electrical conductivity profiles have suggested that fluids exist pervasively in the crust. However, the fluid distribution has not been quantitatively constrained. It must be due to our poor understanding of pores that govern seismic velocity and electrical conductivity under high pressures.

In order to understand pores governing physical properties under pressures, simultaneous measurements of elastic wave velocities and electrical conductivity were conducted on a brine saturated granitic rock (Aji granite) under pressures up to 150 MPa and microstructure of pores was observed by X-ray micro CT and SEM with ion-milling and FIB. X-ray micro CT images show that many grain boundaries are open at atmospheric pressure. Elastic wave velocity increases and electrical conductivity decreases with increasing confining pressure. Most of grain bouundary cracks are closed under high pressures (>100 MPa). The electrical conductivity is, however, still much higher than that of the solid phase. The brine must be interconnected under high pressures. SEM images suggest that wide aperture parts in grain boundaries are open even at high pressures and form conduction paths.

There should be cracks with various sizes in the crust: from grain boundaries to large faults. Though cracks are closed under pressure, there must be a variation in the aperture. Wide aperture parts may form conduction paths even under high pressures. The influence of wide aperture parts on physical properties can be evaluated by tube model. Electrical conductivity is proportional to the fluid volume fraction. A change in conductivity by 4 orders of magnitude requires a change in fluid volume fraction by 4 orders of magnitude. However, seismic velocity for tube model is insenstive to fluid volume fraction. Seismic velocity will thus show relatively small decrease for a large change in fluid fraction. Observed large variation in conductivity and relatively small variation in seismic velocity (e.g., Ogawa et al., 2001; Matsubara et al., 2004) are consistent with tube model. The variation in fluid fraction must reflect that in the amount of wide aperture parts, which is attributed to the variation the amount of cracks.

キーワード：地震波速度、比抵抗、流体
Keywords: seismic velcoity, resistivity, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The seismological structure about fault zone extending to the lower crust in the northern Kinki district, southwestern Japan

*加藤 慎也[1]、飯尾 能久[1]、澁谷 拓郎[1]、片尾 浩[1]、澤田 麻沙代[1]、冨阪 和秀[1]
*Shinya Kato[1], Yoshihisa Iio[1], Takuo Shibutani[1], Hiroshi Katao[1], Masayo Sawada[1], Kazuhide Tomisaka[1]

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

The “water-weakened lower crust model” has been proposed to explain the mechanism of stress concentration on faults of inland earthquakes (Iio et al. 2002). According to this model, it is necessary that heterogeneous structure caused by the fluid exists locally in the deeper part of fault zones in the lower crust, but it has not been clearly confirmed in previous researches. This is because we do not resolve the heterogeneous structure due to fluid in the deeper part of fault zones in the lower crust. In order to solve this problem, in this study, we tried to image the heterogeneous structure in the lower crust in detail.

We conducted S-wave reflection analysis to detect the horizontal distribution of the heterogeneous structure (reflector), and receiver function analysis to estimate the structure beneath the reflector, in the northern Kinki district, southwestern Japan. As a result of the S-wave reflection analysis, it is found that the reflector exists on the north side of the Arima-Takatsuki fault zone and does not exist on the south side of it. We consider that the distribution of the reflector is related to the Arima-Takatsuki fault zone. From a result of the receiver function analysis, it is found that reflector is a thin layer with low S-wave velocity.

It is concluded that the thin layer with low S-wave velocity exists in the lower crust of the northern Kinki region. As the origin of it, it is possible to consider fluid dehydrated from the Philippine Sea slab subducting beneath the Arima-Takatsuki fault zone. In the vicinity of the Arima-Takatsuki fault zone, it is known that fluid that seems to originate in the mantle springs out (Kazahaya et al. (2014)). In the lower crust, pores between minerals exist independently (Yoshino et al. 2002), and fractures caused by faulting is thought to be necessary for fluid movement (Mibe et al. (2000)). Furthermore, since the spatial distribution of the reflector is related to the Arima-Takatsuki fault zone, we consider that the reflector in the lower crust indicates that fluid exists in fractures caused by faulting. This result supports the water-weakened lower crust model.

キーワード：S波の反射法解析、レシーバ関数解析、下部地殻、断層帯、流体
Keywords: S-wave reflection analysis, receiver function analysis, lower crust, fault zone, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道函館周辺の深部低周波地震と内陸の繰り返し地震
Inland repeating earthquakes in the vicinity of low frequency earthquakes around Hakodate, Hokkaido

*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、野口 科子[2]、笠原 敬司[2]
*Keisuke Yoshida[1], Akira Hasegawa[1], Shinako Noguchi[2], Keiji Kasahara[2]

1. 東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター、2. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会
1. Tohoku University, 2. Association for the Development of Earthquake Prediction

地震の発生に，断層強度を低下させる流体圧の増加が重要な役割を果たしていることが指摘されている。例えば，2011年東北沖地震後に stress shadowにあたる東北日本中央部で発生した群発地震活動は，東北沖地震で生じた圧縮応力の低下が原因で深部から上昇してきた流体とその migrationにより引き起こされたと推定されている (Yoshida & Hasegawa, 2018a and b)。内陸域で発生する深部低周波地震も，しばしば流体との関係が議論される現象の一つである (例えば，Hasegawa & Yamamoto, 1994)が，その詳細なメカニズムについては未知のところも多い。我々は、流体圧変化と多様な断層運動現象について知見を得る目的で，地震予知総合研究振興会により展開された稠密な観測網内 (Noguchi et al., 2017)に発生した北海道函館周辺の深部低周波地震と周辺の地震活動について調べている。この地域では，通常の地震と低周波地震が非常に近接して発生しており，断層運動の流体との関わりを考える上で興味深い．本講演では，その調査結果について紹介する。

最初に，通常の地震と低周波地震の震源の再決定を行った。相対震源決定精度を大幅に向上させる目的で，Yoshida & Hasegawa (2018)と同様に，波形相関により求めた精密な P, S波の相対到達時刻差データを用いた Double-Difference法 (Waldhauser & Ellsworth, 2002)を適用した。ただし，低周波地震の波形は多様であり，低周波地震同士でほとんど高い相関は得られず，それらの相対位置はマニュアルによる検測値により規定されている。対象としたイベントの期間は 2003年から 2018年10月で，イベント総数は 198個，そのうち通常の地震が 22個，低周波地震が 176個である。

得られた震源分布によると，低周波地震は深さ方向に広がりを持ち，やや東向きに傾斜して分布している。最も深いものはおよそ35 km程度の深さで発生しており，一方最も浅いものの深さは約 5 kmである。この深さ方向の広がりは，直上の観測点におけるS-P時間の変化からも確かめられている。

この地域では、上記のように低周波地震が極浅部でも発生し，それらは通常の地震の発生域に近接して発生している．低周波地震と近傍で発生している通常の地震を比較してみると，初動部分の波形がよく似た特徴を持つことが分かった。スペクトル比を取ると，通常地震のコーナー周波数よりも低周波側で ω-2 よりもやや緩いスロープで振幅が低下している。また，通常の地震同士の震源位置および相対到達時刻データを調べてみると，それらが同一場所の繰り返し破壊であることが分かった。周辺域においてtemplate matching法 (Shelly et al., 2013)により，地震の検出を行ってみると，それ以外にも繰り返し地震とみられる地震系列が見つかった。ある繰り返し地震系列は，10分程度の非常に短い時間間隔で発生している。注水実験の際に，非常に短い時間間隔で繰り返し地震の発生が報告されているが (Lengline et al., JGR 2014)，それと同様のことが自然地震でも生じていることを示唆する。すなわち，一度地震が発生してせん断応力が減少しても，その断層面で急激な間隙水圧増加が生じ断層強度が更に低下させられたことにより，同一場所が繰り返し滑りを生じさせた可能性が考えられる。

キーワード：repeating earthquakes、hypocenter relocation
Keywords: low frequency earthquakes, earthquake detection

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:芝崎 文一郎、佐藤 大祐

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SCG61-19] 不均質レオロジー構造を考慮した中部日本における歪集中と山地形成過程のモデル化

*芝崎 文一郎[1] (1.建築研究所国際地震工学センター)

11:00 ~ 11:15

[SCG61-20] Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

*湯浅 雄平[1]、松本 聡[2]、中尾 茂[3]、松島 健[2]、大倉 敬宏[4] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター、3.鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

11:15 ~ 11:30

[SCG61-21] Persistent and time-dependent crustal deformation in northern Fossa Magna and its tectonic implications

*鷺谷 威[1]、熊谷 光起[2]、Meneses Angela[3]、松多 信尚[4]、廣内 大助[5]、松廣 健二郎[2]、奥田 隆[2] (1.名古屋大学減災連携研究センター、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.京都大学防災研究所、4.岡山大学教育学研究科、5.信州大学教育学部)

11:30 ~ 11:45

[SCG61-22] ΔCFFと歪み速度パラドックスの意外な関係：非弾性歪みからの塑性歪みの分離

*深畑 幸俊[1]、Meneses Angela[1]、鷺谷 威[2] (1.京都大学防災研究所、2.名古屋大学減災連携研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SCG61-23] 粘弾性を考慮した海溝型地震サイクルの数値シミュレーションに基づく内陸地震の活動期

*水戸川 司[1]、西村 卓也[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SCG61-24] 南海トラフのプレート間カップリング推定に及ぼす粘弾性緩和の影響

*西村 卓也[1]、Fred Pollitz[2] (1.京都大学防災研究所、2.米国地質調査所)

不均質レオロジー構造を考慮した中部日本における歪集中と山地形成過程のモデル化

Modeling strain concentration and mountain building processes in central Japan considering heterogeneous rheological structure

*芝崎 文一郎[1]
*Bunichiro Shibazaki[1]

1. 建築研究所国際地震工学センター
1. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute

Recent analysis of crustal deformation using GEONET data has revealed the existence of several strain concentration zones in the Niigata–Kobe Tectonic Zone (Sagiya, et al., 2000), in the Ou backbone range (Miura et al., 2004), in Kyushu, and San-in (Nishimura et al., 2018), etc. Many large inland earthquakes have occurred in the strain concentration zones. Elucidating the mechanism of strain concentration leads to understanding generation processes of large inland earthquakes. We develop a model of strain concentration and mountain building in the island-arc crust of central Japan, where several high mountain ranges have been formed by active crustal deformation. We use the finite element code with nonlinear viscoelasticity and plasticity based on Mohr-Coulomb criterion (e.g. Shibazaki et al., 2016). We consider gravitational force as a body force because the plasticity and the flow law depend on absolute stress.

Based on dense geothermal gradient data from Hi-net (Matsumoto et al., 2007) and the Geological Survey of Japan (Tanaka et al., 2004), we develop a thermal structure. We also consider a thick sedimentary layer where the friction coefficient is low based on the J-SHIS deep subsurface structure (NIED). Numerical results show that under the compressional tectonic setting, mountains are reproduced along high geothermal gradient regions. We can reproduce the Hida mountain range, Chikuma mountain, Echigo mountain range, and others, where a geothermal anomaly exists. Our model can also reproduce strain concentration in the Hida region. Furthermore, we can reproduce a strain concentration zone by setting the frictional coefficient to be low in the basement of the Niigata region.

However, the model cannot reproduce the strain concentration zone in the Atotsugawa and Kinki regions where strike slip faulting is dominant; therefore, we consider the boundary condition that yields the stress state of the strike-slip faulting and the effect of water distribution or rheology of partial melting based on seismic velocity anomalies (Nakajima and Hasegawa, 2007). We can reproduce strain concentration along the seismic velocity anomalies. Our results suggest that the Niigata-Kobe strain concentration zone is developed by several factors: thermal anomaly, pre-existing rift structure, and the presence of fluid and partial melting in the crust and the upper mantle.

キーワード：中部日本、歪集中帯、山地形成、有限要素法、非線形粘弾性、モール・クーロンの降伏基準による塑性
Keywords: Central Japan, Strain concentration zone, Mountain building, Finite element method, Nonlinear viscoelasticity , Plasticity based on Mohr-Coulomb criterion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

*湯浅 雄平[1]、松本 聡[2]、中尾 茂[3]、松島 健[2]、大倉 敬宏[4]
*Yuhei Yuasa[1], Satoshi Matsumoto[2], Shigeru Nakao[3], Takeshi Matsushima[2], Takahiro Ohkura[4]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター、3. 鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻、4. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 4. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

地震は地殻中の差応力を開放する現象とみることが出来るので、地震発生のメカニズムを理解するためには地殻中の応力の状態を知る必要がある。これまでに発震機構解やサイスミックモーメントテンソルを用いた応力場推定の研究は数多く行われてきた(e.g., Michael 1984; Horiuchi et al. 1995; Terakawa & Matsu’ura 2008)。しかしながら正確な応力場推定は十分な量の地震データを必要とするので、地震活動の低調な領域の応力場を正確に推定することは困難である。そこで地震空白域における応力場を知るために重要な要素は非弾性歪みとなる。これは塑性理論の流れ則に基づいて非弾性歪み変化と偏差応力を関連付けることが出来るからである(Matsumoto 2016)。従って、偏差応力場を推定するためには測地学的観測から得られる総歪み変化から非弾性歪みソースによるひずみ速度を分離する必要がある。ここで我々はサイスミックモーメントテンソルと測地データを組み合わせた非弾性歪みの解析による新たな偏差応力場推定を導入する。本研究では、全ひずみ速度場の短波長成分が非弾性変形によるものと仮定して上部地殻内の非弾性ひずみ速度場を推定し、流れ則から偏差応力場を決定する。この方法を九州西部の天草地震空白域とその周辺に対して適用させた。地震空白域の非弾性変形は横ずれ、もしくは正断層タイプの変形を示し、そこから推定された偏差応力場は空白域周辺と同様の傾向を有していることが分かった。さらに推定された偏差応力は地震空白域内でごく稀に発生する地震の滑りベクトルをよく説明している。これらの結果は地震空白域の成因と周辺の断層への応力集中に関する重要な情報を提供すると期待される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Persistent and time-dependent crustal deformation in northern Fossa Magna and its tectonic implications

*鷺谷 威[1]、熊谷 光起[2]、Meneses Angela[3]、松多 信尚[4]、廣内 大助[5]、松廣 健二郎[2]、奥田 隆[2]
*Takeshi Sagiya[1], Koki Kumagai[2], Angela Meneses-Gutierrez[3], Nobuhisa Matsuta[4], Daisuke Hirouchi[5], Kenjiro Matsuhiro[2], Takashi OKUDA[2]

1. 名古屋大学減災連携研究センター、2. 名古屋大学大学院環境学研究科、3. 京都大学防災研究所、4. 岡山大学教育学研究科、5. 信州大学教育学部
1. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Graduate School of Education, Okayama University, 5. Faculty of Education, Shinshu University

In the northern Fossa Magna of the northern Nagano Prefecture, GNSS observations over last two decades identified a rapid E-W contraction around the northern Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL) and the Western Nagano Basin Fault (WNBF). After the 2011 Tohoku-oki earthquake, postseismic deformation with a large E-W extension occurred throughout northeast Japan. However, the northern Nagano area has been still under contraction, implying that the local contraction is a persistent deformation feature. Similar persistent deformation was identified in the Niigata area by Meneses-Gutierrez and Sagiya (2016) and around other active faults in central Japan. These observations illustrate that there exists persistent localized deformation in the lower crust beneath active faults, driven by the regional stress field. This localized deformation in the lower crust is the driving force for faults in the upper crust. The persistent local crustal deformation around active faults suggests that the long-term inland deformation and resultant inland seismic activity are steady over a longer time scale than that of an earthquake cycle at subduction zones. On the other hand, after the 2014 Northern Nagano Earthquake (Mw6.3) along the northern ISTL, an acceleration of contraction along the WNBF was identified. This observation implies that the northern ISTL and WNBF are not independent but mechanically interact each other, forming an active deformation system that accommodates regional deformation. Such a complicated behavior of the fault system implies that the long-term activity of each fault in the system is not steady but time-dependent. Such a time-dependence may be a cause of irregular activity of inland faults and such a possibility should be considered for evaluation of seismic hazard.

キーワード：内陸地震、活断層、非弾性変形、定常地殻変動、断層相互作用
Keywords: inland earthquake, active fault, inelastic deformation, persistent crustal deformation, fault interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ΔCFFと歪み速度パラドックスの意外な関係：非弾性歪みからの塑性歪みの分離

Unexpected relationship between ΔCFF and the strain-rate paradox: separation of plastic strain from inelastic strain

*深畑 幸俊[1]、Meneses Angela[1]、鷺谷 威[2]
*Yukitoshi Fukahata[1], Angela Meneses-Gutierrez[1], Takeshi Sagiya[2]

1. 京都大学防災研究所、2. 名古屋大学減災連携研究センター
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

In the field of seismic activity, the phenomena of stress shadow is well known, that is to say, the area with negative ΔCFF after an large earthquake tends to have fewer aftershocks (e.g., Toda et al. 2011, GRL). The concept of ΔCFF is also usful to understand earthquake activity for longer time scales as exemplified by Shikakura et al. (2014, JGR), which shows that large inland earthquakes that happened in western Japan recent 500 years can be very well exlpained by the change history of ΔCFF, which is mainly controled by the repeated occurrences of the Nankai earthquakes and secular increase of east-west compression.

Meneses-Gutierrez and Sagiya (2016, EPSL) have successfully separated the component of inelastic strain from the analysis of pre- and post-seismic GNSS data of the 2011 Tohoku-oki earthquake in the area around the Niigata prefecture. However, when we examine the observed GNSS data in detail, the separated inelastic strain rate is slightly but clearly faster before the Tohoku-oki earthquake. If the inelastic strain is due to viscous flow that depends only on the absolute stress, it is difficult to explain the observed GNSS data, because the stress change due to the 2011 Tohoku-oki earthquake in this area is less than 1 MPa, which is likely to be much smaller than the absolute stress.

Therefore, we consider that the concept of ΔCFF could be applicable not only to seismic activity but also to crustal deformation. In other words, we consider that the change of the inelastic strain rate is caused by plastic strain, which was active before the 2011 Tohoku-oki earthquake but ceased after the earthquake, because the stress level is dropped due to the occurrence of the 2011 Tohoku-oki earthquake, although inelastic strain due to viscous flow occurs essentially in the same manner before and after the 2011 Tohoku-oki earthquake.

If we accept this concept, the strain rate paradox of Japan is viewed differently, that is, the strain rate was exceptionally faster before the 2011 Tohoku-oki earthquake. It might also be possible to issue more effective warnings of large inland earthquakes in western Japan from detailed analyses of crustal deformation data.

キーワード：塑性歪み、ΔCFF、非弾性歪み、歪み速度パラドックス
Keywords: plastic strain, ΔCFF, inelastic strain, strain-rate paradox

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘弾性を考慮した海溝型地震サイクルの数値シミュレーションに基づく内陸地震の活動期

Active period of inland earthquakes based on numerical simulation of megathrust earthquake cycle incorporating viscoelasticity

*水戸川 司[1]、西村 卓也[2]
*Tsukasa MITOGAWA[1], Takuya NISHIMURA[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In the subduction zone, megathrust earthquakes may modulate shallow crustal seismicity in the overriding plate. Historical documents demonstrate that large inland earthquakes frequently occurred for 50 years before and 10 years after megathrust earthquakes along the Nankai trough, southwest Japan. Previous studies suggest that inland earthquakes cannot occur until recovering the stress reduced by a megathrust earthquake on the fault. In this study, we modeled megathrust earthquake cycle in a simple oblique subduction zone and calculated temporal evolution of the Coulomb’s Failure Stress changes (ΔCFS) on inland right-lateral strike-slip faults. And we examined the influence of megathrust earthquake cycle on the activity tune of inland earthquake.

Sources for loading inland faults are assumed to be interseismic locking and coseismic slip on the megathrust fault, stress changes due to inland earthquake and interaction between inland earthquake, and creep on a deeper extension of the inland faults. The stress change due to the megathrust fault was computed with numerical code by Fukahata and Matsu'ura (2006), assuming a medium composed of an elastic layer overlying a Maxwell viscoelastic half-space. We focus on ΔCFS depending on the distance from the megathrust fault, not its along-strike variation. In other words, only two-dimensional stress change at the center of a sufficiently long thrust fault plane (length 2000 km) is calculated. The megathrust fault is represented by a single rectangular fault whose depth, width, strike, dip, and rake are 11 km, 108 km, 270˚, 10˚, and 117˚, respectively. We assigned 6 m of coseismic slip at an interval of 100 years and 6 cm/year of back-slip during the interseismic period on the megathrust fault.The inland faults are located at 150 km (hereafter fault A) and 300 km (hereafter fault B) away from the upper edge of the megathrust fault and their depth, length, width, strike, dip, and rake are 4 km, 30 km, 6 km, 110˚, 90˚, and 180˚, respectively. Coseismic slip of 2 m was assigned when ΔCFS at the center of the inland faults exceeded 4.4 MPa.Becuase the code of Fukahata and Matsu'ura (2006) approximates a rectangular fault by numbers of point sources, a stress change on the fault plane can’t be calculated. Therefore, we calculated a coseismic stress change on the fault plane assuming a semi-infinite elastic medium (Okada, 1992). In addition, stress loading by creep on a deeper extension of the inland faults was given to each inland fault at a constant rate.

ΔCFS on both inland faults is negative at the megathrust earthquake. When the stress loading rate is 5 kPa/year, the inland earthquake does not occur for 42 years on fault A and 15 years on fault B after the megathrust earthquake. Our interpretation is that viscoelastic effects of megathrust earthquakes makes these quiescence periods shorter and longer for faults A and B, respectively. Also, when the stress loading rate is 0.5 kPa/year, the quiescence period is 83 and 71 years for faults A and B. It is interesting that the quiescence period is not much dependent on the distance from the megathrust fault if the stress loading rate is small, though ΔCFS on both inland faults is highly dependent on the distance at the megathrust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

earthquake.

キーワード：地震サイクル、クーロン応力変化、粘弾性
Keywords: seismic cycle, coulomb stress change, viscoelasticity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフのプレート間カップリング推定に及ぼす粘弾性緩和の影響
Influence of viscoelastic relaxation on estimated interplate coupling along the Nankai Trough, southwest Japan

*西村 卓也[1]、Fred Pollitz[2]
*Takuya NISHIMURA[1], Fred F Pollitz[2]

1. 京都大学防災研究所、2. 米国地質調査所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. U.S. Geological Survey

沈み込み帯の地殻変動を理解する上でアセノスフェアの粘弾性緩和を考慮することは重要である．測地データに基づくプレート間カップリングの推定には，弾性ディスロケーションモデルが用いられることが多かったが，近年の研究では(例えば，Li et al., 2015)粘弾性の影響を無視することによる推定結果のバイアスが指摘されている．Pollitz and Evans (2017)は，米国西部のブロック断層モデルに沈み込み帯の地震サイクルの粘弾性変形補正項を導入し，プレート間カップリングと剛体ブロック運動の同時推定を行った．粘弾性変形補正項は２つの項がある，第一項は過去からのプレート間固着による粘弾性変形に関連して，時間変化しない成分である．第二項は過去に発生した大地震の粘弾性緩和による余効変動であり，大地震からの経過時間に依存する成分である．本研究では，これらの補正項について南海トラフの巨大地震サイクルにおける時間変化を検討した．

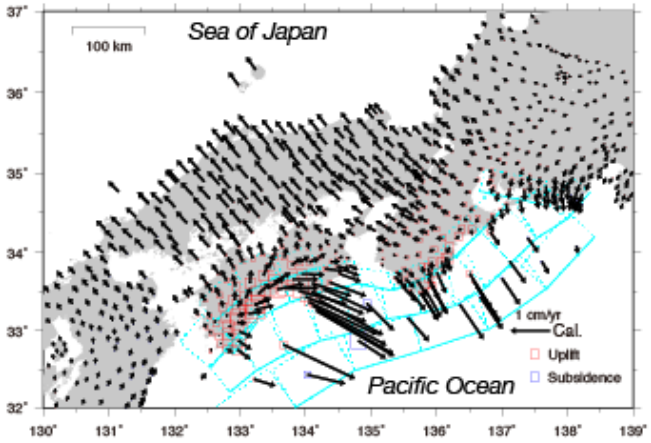
粘弾性変形の計算には，VISCO1D(Pollitz, 1997)を用い，厚さ35kmの弾性体の下に粘性率10^{19}Pa sの半無限マックスウェル粘弾性体からなる二層構造を仮定した．1944年東南海地震と1946年南海地震を合わせた南海トラフ地震の震源断層モデルとしてSagiya and Thatcher (1999)を用いた．地震の再来間隔は117年とし，地震間にすべり欠損速度は一定で，蓄積したすべり欠損の全てが南海トラフ地震によって完全に解放されると仮定した．図A-Cに，2007年時点での粘弾性変形の補正項（第一項，第二項，及びその和）を示す．第一項はすべり欠損による弾性応答と粘弾性応答の差に対応するが，太平洋沿岸で2cm/年，日本海沿岸で数mm/年に達する．第二項の変形速度は，第一項とは概ね逆向きとなり，最後の大地震からの経過時間によって減衰していく．第二項の大きさは概ね地震の30年後に第一項と同じとなるため，粘弾性変形補正項全体としては，30年後に一番小さくなる．地震後61年(2007年)でも第一項と第二項の大きさはさほど変わらないので，補正項全体で2mm/年を超えるのは，室戸岬周辺など太平洋沿岸の一部のみとなる．海溝型地震サイクルの最終盤であっても，第二項の大きさは数mm/年程度であるので，粘弾性補正の精度を高めるには第二項の影響を無視することはできない．

発表では，陸上GNSSと海底GNSS-Aの速度場に基づく西南日本のブロック断層モデル（Nishimura et al., 2018）に粘弾性補正を適用した結果についても報告する．

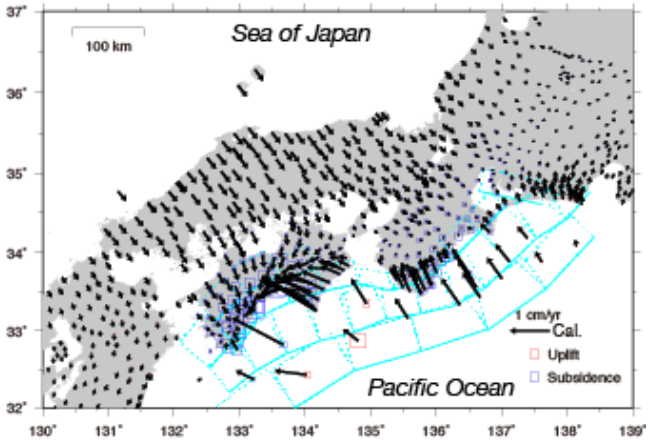
キーワード：地殻変動、粘弾性緩和、南海トラフ、粘弾性ブロックモデル
Keywords: Crustal deformation, Viscoelastic relaxation, Nankai trough, Viscoelastic block model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

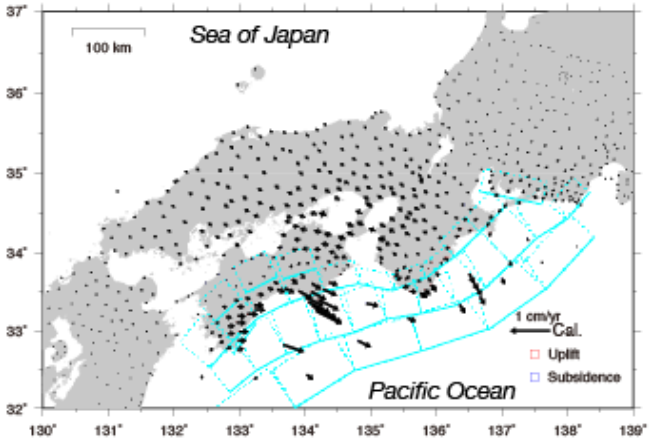
(a)Velocity for viscoelastic correction of slip-deficit



(b) Velocity for viscoelastic correction of past earthquakes



(c) Velocity for total viscoelastic correction



©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28日(火) 13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:内田 直希、飯沼 卓史

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SCG61-25] Revisiting the Forearc Sliver Scenario Along the Southern Kurile Trench to Reconcile Interdisciplinary Observations

*伊東 優治[1]、Kelin WANG[2]、西村 卓也[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada、3.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG61-26] 数千年スケールの地殻変動の空間的差異から見た三陸海岸における地殻変動区区分

*丹羽 雄一[1] (1.中央大学理工学部)

14:15 ~ 14:30

[SCG61-27] S-netを用いた東北日本前弧海域下のS波スプリッティング解析

*内田 直希[1]、中島 淳一[2]、高木 涼太[1]、吉田 圭佑[1]、中山 貴史[1]、日野 亮太[1]、岡田 知己[1]、浅野 陽一[3]、田中 佐千子[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.東京工業大学 理学院地球惑星科学系、3.国立研究開発法人 防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG61-28] 東北日本弧における断層転位モデルを用いた活断層と地殻レオロジーによる重力異常

*平野 光浩[1]、長濱 裕幸[1]、武藤 潤[1] (1.東北大学)

14:45 ~ 15:00

[SCG61-29] 東北沖地震後の東北地方における局所的な歪速度の急激な減衰について

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

15:00 ~ 15:15

[SCG61-30] Revisiting the Coseismic Slip Distribution of the 2011 Tohoku-oki Earthquake Considering Early Postseismic Deformation, Non-linear Viscoelasticity, and Heterogeneous Structure

*飯沼 卓史[1]、縣 亮一郎[1]、太田 雄策[2]、日野 亮太[2]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構、2.東北大学大学院理学研究科)

Revisiting the Forearc Sliver Scenario Along the Southern Kurile Trench to Reconcile Interdisciplinary Observations

*伊東 優治[1]、Kelin WANG[2]、西村 卓也[3]
*Yuji ITOH[1], Kelin WANG[2], Takuya NISHIMURA[3]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada、3. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Forearc sliver has been proposed as a mechanism to accommodate margin-parallel component of oblique plate convergence along the southern Kurile trench. The sliver scenario was established based mostly on the presence of the margin-perpendicular Hidaka Mountain Range (HMR), graben at Bussol Strait, en echelon Kurile Islands and high temperature metamorphic and intrusive rocks exposed at HMR. Along the volcanic front, geological faults including Kamishi-Yubetsu tectonic zone with 50 km right-lateral displacement was reported. Seismic velocity tomography and refraction/reflection experiments beneath HMR show the heterogeneous crustal structure relating to collision of the Kurile forearc and Northeast Japan arc, indicating upwelling of upper mantle, sinking of crustal material and delamination of upper mantle beneath HMR, and shortening in the foreland of HMR. Anomalous deep crustal earthquakes beneath HMR such as the 1970 M6.7 Hidaka and 1982 M7.1 Urakawa-oki earthquakes show active margin-parallel compression. However, other observations cast doubt on the forearc sliver being presently active. Although some active faults are reported along the volcanic front, they are not right-lateral faults. Interseismic GNSS velocities do not show localized right-lateral shear deformation along the volcanic front, although they show active margin-normal shortening in the foreland of HMR consistent with active collision. In this study, we propose a new scenario of forearc kinematics and strain partitioning along the southern Kurile trench to reconcile these seemingly discordant observations.

A mountain like HMR pushes sideways because of gravity and acts as a buttress of the forearc sliver to impede its migration. We compared the stress field inferred from CMT solution with that predicted from a buttressed sliver model. The comparison suggests that (1) the forearc sliver is buttressed at HMR and (2) resistance to right-lateral shear along the volcanic front is very large. Therefore, we propose a scenario as follows. The forearc sliver had been increasingly buttressed as HMR rose, so that the rate of strain partitioning diminished with time. Eventually, the forearc migration became too slow to cause recurring large earthquakes and to maintain a mature active fault zone along the volcanic front. As a result, the fault zone healed with time. At present, the forearc and backarc deform together without active faulting and localized shear along the volcanic front.

We also compared Kurile with other oblique subduction zones and found that margin (trench) curvature appears to principal control forearc kinematics. At Cascadia and Nankai where the margin is concave seaward, interseismic GNSS velocities do not show discernable localized shear to define the forearc sliver but strong margin-parallel shortening towards the area of maximum margin curvature. In contrast, in southernmost Chile where the trench is approximately straight, there is little margin-parallel shortening but significant forearc sliver migration. However, at Kamchatka, although the margin is concave off-Kamchatka Peninsula, significant margin-parallel migration of Aleutian Islands is still occurring, which we speculate is due to the extreme obliquity of plate convergence here. Even in this case, significant shortening is observed at the leading edge of the forearc sliver. The concave margin has buttressed the forearc sliver and caused shortening in the area of maximum curvature in the geological time scale as well because the tectonic setting itself, such as the margin curvature and the obliquity of plate convergence, is the controlling factor of the forearc kinematics.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：千島海溝、前弧スリバー、斜め沈み込み、日高山脈、Strain Partitioning、火山フロント
Keywords: Kurile Trench, Forearc Sliver, Oblique Subduction, Hidaka Mountain Range, Strain Partitioning, Volcanic Front

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

数千年スケールの地殻変動の空間的差異から見た三陸海岸における地殻変動区区分

Segmentation of crustal deformation area within the Sanriku coast, northeast Japan, on the basis of spatial distribution of millennial-scale crustal movements

*丹羽 雄一[1]
*Yuichi Niwa[1]

1. 中央大学理工学部
1. Faculty of Science and Engineering, Chuo University

東北地方太平洋岸に位置する三陸海岸では，2011年に発生した東北地方太平洋沖地震前の数十～百年間の沈降傾向(Kato, 1983)，2011年の地震時の最大1 m強の沈降(Ozawa et al., 2011)，および現在までで最大数10 cmにおよぶ地震後の隆起(国土地理院，2017)が観測されている。一方，当該海岸では，海岸沿いに分布する平坦面を海成段丘と解釈することで，10^5年スケールの隆起傾向が示唆されてきた(小池・町田，2001)。

この対象期間によって異なる地殻変動の向きを説明するモデルが，地震サイクルと関連付けて提案されている(池田ほか，2012；Nishimura, 2014など)。これらのモデルは，三陸海岸が単一の地殻変動区から構成され，1つの地震サイクルで隆起量の累積が沈降量の累積を上回るように示される。しかし，隆起傾向の根拠となる海成段丘のうち，分布が明瞭かつ，編年データが得られているのは三陸海岸の中でも久慈以北だけである(宮崎・石村，2018)。また，宮古以南では，海成段丘と解釈された平坦面の分布は断片的であり，確実度高く海成段丘を認定することはできない(小池・町田，2001)。

このように，海成段丘の分布の特徴のみから三陸海岸における測地観測よりも長期間の地殻変動を広域的に把握することは難しい。一方，近年では三陸海岸に点在する沖積平野では，表層地質の解析に基づいて10^3～10^4年スケールの地殻変動が推定されつつある(丹羽ほか，2014など)。三陸海岸南部に位置する陸前高田平野，気仙沼大川平野，および大沼では，沖積層の解析から推定される潮間帯堆積物(過去の海面高度指標)が地殻変動を含まない理論的な海面高度よりも低いことから，10^3～10^4年スケールの沈降傾向が示唆される(丹羽ほか，2014，2015；Ishimura and Miyauchi, 2017)。気仙沼大川平野と大沼の中間に位置する津谷平野では，10^3～10^4年スケールの沈降傾向を支持する，相対的海水準上昇に対応した堆積環境変化が報告されている(丹羽ほか，2016)。三陸海岸中部に位置する津軽石平野においても潮間帯堆積物が地殻変動を含まない理論的な海面高度よりも低いこと，および相対的海水準上昇に対応した堆積環境変化が報告され，10^3～10^4年スケールの沈降傾向が示唆される(Niwa et al., 2017)。一方，三陸海岸北部の小本平野では，前述の顕著な沈降を示す堆積環境の特徴は認められず，10^3～10^4年スケールの沈降傾向は認められない，あるいは顕著ではない(Niwa et al., in press)。

これら10^3～10^4年スケールの地殻変動の空間分布に着目すると，津軽石以南では沈降傾向，津軽石よりも北方に位置する小本では津軽石以南に対して相対的な隆起傾向にあることが確認される。この分布傾向は，東北地方太平洋沖地震時の沈降量(Ozawa et al., 2011)および同地震以前の10^1～10^2年スケールの沈降速度(Kato, 1983)の分布傾向とも調和する。これらの結果から，三陸海岸の地殻変動様式が津軽石と小本の間で異なることが考えられ，地震サイクルの議論の際に単一と見なされてきた三陸海岸の地殻変動区を複数にセグメント区分する必要性が示唆される。

池田ほか(2012) 地質学雑誌，118，294-312．Ishimura and Miyauchi (2017) Mar. Geol., 38, 126-139. Kato (1983) Tectonophysics, 97, 183-200. 小池・町田(2001) 東京大学出版会, 122p．国土地理院(2017)地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震予知連絡会会報，96，75-93．宮崎・石村(2018) 地学雑誌，127，735-757．Nishimura (2014) J. Disaster Res., 9, 294-302. 丹羽ほか(2014)第四紀研究，53，311–312. 丹羽ほか(2015) 地学雑誌．124, 554-560．丹羽ほか(2016)地学雑誌，125，395-407．Niwa et al. (2017) Quat. Int., 456, 1-16. Niwa et al. (in press) Quat. Int.. Ozawa et al. (2011) Nature, 475, 373-377.

キーワード：三陸海岸、地震サイクル、数千年スケール、地殻変動区
Keywords: the Sanriku coast, earthquake cycle, millennial-scale, crustal deformation area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた東北日本前弧海域下のS波スプリッティング解析
Shear wave splitting east off NE Japan based on the S-net data

*内田 直希[1]、中島 淳一[2]、高木 涼太[1]、吉田 圭佑[1]、中山 貴史[1]、日野 亮太[1]、岡田 知己[1]、浅野 陽一[3]、田中 佐千子[3]
*Naoki Uchida[1], Junichi Nakajima[2], Ryota Takagi[1], Keisuke Yoshida[1], Takashi NAKAYAMA[1], Ryota Hino[1], Tomomi Okada[1], Youichi Asano[3], Sachiko Tanaka[3]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 東京工業大学 理学院地球惑星科学系、3. 国立研究開発法人 防災科学技術研究所
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

東北日本前弧海域下の地震波速度異方性をS波スプリッティングデータ解析により推定した。データは，防災科学技術研究所による日本海溝海底地震津波観測網（S-net）で収録された2016年8月から2018年10月の421個のプレート境界地震を用いた。このプレート境界地震の判定には，防災科学技術研究所の広帯域地震観測網（F-net）によるメカニズム解を用いた。速いS波の振動方向および速いS波と遅いS 波との時間差は波形相関法により推定した。なお，解析に用いる地震は，観測点からみて鉛直下向きから35°の範囲に限定した。推定の結果，千葉県沖から北海道東方沖にかけて，速いS波の振動は海溝と平行な方向を持つ傾向が見られた。これは，先行研究による前弧陸域の結果と同様である。このような前弧海域下の地震波速度異方性の原因としては，Bタイプかんらん石の流動直交方向の速い地震波速度や前弧上盤での現在の応力場や過去の構造発達過程に起因するクラックの選択配向などが考えられる。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所によるS-netのデータを使用させていただいた。記して感謝いたします。

キーワード：S波スプリッテイング、S-net、前弧
Keywords: Shear wave splitting, S-net, forearc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本弧における断層転位モデルを用いた活断層と地殻レオロジーによる重力異常

Gravity anomaly due to active faults and crustal rheology in the northeastern Japan arc inferred by fault dislocation model

*平野 光浩[1]、長濱 裕幸[1]、武藤 潤[1]
*Mitsuhiro Hirano[1], Hiroyuki Nagahama[1], Jun Muto[1]

1. 東北大学
1. tohoku university

Short-wavelength Bouguer gravity anomaly reflects crustal structures including effective elastic thickness distribution in the northeastern (NE) Japan arc [1-3]. Moreover, earthquake epicenters and active faults tend to be located in the region of the negative gravity anomaly or high gradient in the anomaly in the NE Japan arc [1-3]. Following the relationship between gravity anomaly and active fault distributions, Yamazaki and Nagahama [4] derive an equation of static gravity change by volumetric strain due to fault dislocation, and argue that active faults contribute to Bouguer gravity anomaly in the NE Japan arc. On the other hand, seismicity and active fault distribution tend to be located in the region with high gradient of thermal gradients or along the boundary between high and low seismic wave velocity [5-7]. Thermal gradient and seismic wave velocity reflect mechanical behaviors (viscosity and elasticity) and they are indices of crustal rheology. However, relationship between gravity anomaly and the influence of the inhomogeneity in crustal rheological structures including active fault distributions have been not unknown yet. In addition, although large positive gravity anomaly is expected along the Ou-backbone Range by its pop-up structure, negative or small positive gravity anomaly zone exists along the Ou-backbone Range. So, we study relationship between gravity anomaly and rheological properties in the NE Japan arc. First, we calculated gravity anomaly due to volumetric strain by fault dislocation model in a homogeneous elastic half space. In this case, considering compressive stress field that has continued since 3 Ma in the NE Japan arc, we give total fault displacements in the 3 million years to active faults. This model calculation generates negative gravity anomaly less than 15 mGal around active faults and these generally agree with some negative areas of short-wavelength Bouguer gravity anomaly (such as the Ou-backbone Range, Yamagata Basin and the Niigata Plain). Next, we compare short-wavelength Bouguer gravity anomaly with three available datasets in the NE Japan (thermal gradient, crustal strain rate and P-wave velocity) along the two transects created normal to the arc. This comparison reveals the correlation between negative peak in the gravity anomaly and the peaks of thermal gradient and contraction, and negative peak of P-wave velocity around the Ou-backbone Range. The comparisons suggest the relationship between gravity anomaly and crustal rheology, and that contraction along the Ou Backbone Range produces negative gravity anomaly. The result also explains the relationship between gravity anomaly and seismicity and active fault distributions since both of them distribute to transitional areas of crustal rheological structures. Hasegawa et al. [8] pointed out that reverse faults and large contraction along the Ou Backbone Range reflects the heterogeneity in rheological properties in the NE Japan arc. Therefore, those comparisons imply that reverse faults and anelastic contraction produce continuous negative gravity anomaly along the Ou-backbone Range. Finally, we propose that the gravity anomaly can be an index of the heterogeneity in crustal rheology.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References: [1] Hagiwara, Y. (1979), J. Geod. Soc. Japan, 25, 209-210. [2] Hagiwara. Y. (1980), J. Geod. Soc. Japan, 26, 132-133. [3] Kudo, K. et al. (2010), The earth monthly, 32, 373-382. [4] Yamazaki, K. and Nagahama, H. (1999), Acta Geophys. Pol., 47, 239-257. [5] Zhao, D. and Ochi, F. (2000), JGR, 105, 579-594. [6] Shibazaki, B. (2008), JGR, 113, B08415. [7] Shibazaki, B. (2016), JGR, 121, 3099-3117. [8] Hasegawa, A. (2004), Earthquake, 56, 413-424.

キーワード：重力異常、地殻レオロジー、断層転位モデル
Keywords: gravity anomaly, crustal rheology, fault dislocation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北沖地震後の東北地方における局所的な歪速度の急激な減衰について
On the temporal decay of the localized strain rate in the Tohoku region after the Tohoku-Oki earthquake

*高田 陽一郎[1]、稲松 知美[2]
*Youichiro Takada[1], Tomomi Inamatsu[2]

1. 北海道大学大学院理学研究院、2. 北海道大学大学院自然史科学専攻
1. Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Dept. Natural History Sciences, Hokkaido University

2011年3月11日，Mw9.0の東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震と呼ぶ)が発生した．歪集中帯や活断層のM9クラスの地震に対する応答を，密に配置されたGNSSの観測データを用いて調べた例は殆どなく，東北沖地震が初めての機会である．東北地方の脊梁山地においては，東北沖地震前(Miura et al., 2004)および地震後(e.g., Takada and Inamatsu, 2018)のいずれについても歪速度が局所的に大きいことが知られている．本研究では東北沖地震後の局所的な歪速度に焦点をあて，地震後のGNSS時系列とシンプルな数値シミュレーションを用いて，その駆動メカニズムを調べた．

GNSSデータ解析には国土地理院のGEONETを用いた．地震前・地震後ともに時系列解析により年周・半年周変動を除去し，速度場を求めた．ただし，地震後については速度の時間変化が大きいため，2年毎に期間を区切って推定した．こうして求めた速度場からShen et al (1996) の手法を用いて歪速度場を推定した．また，主に東北沖地震の余効すべりとアセノスフェアの粘性緩和に伴う速度場の長波長成分を2次関数を用いてモデル化し，これを除去することで地震後の歪速度の短波長成分を求めた．その結果，東北地方脊梁山地では東北沖地震後にパッチ状の負の面積歪速度（収縮）が見られ，その振幅は時間とともに急激に減衰することが明らかになった．

地震後に面積歪速度が急激に減衰する原因を調べるため，有限要素法ソフトウェアCOMSOL Multiphysicsを用いて以下の計算を行った．東北地方脊梁山地にはカルデラが集中して熱的に活発な地域が複数存在する(e.g., Yoshida, 2001; Takada and Fukushima, 2013)．一方，それを取り巻く領域はそれほど熱的に活発ではない．そこで，弾性体の媒質中にMaxwell粘弾性体からなる複数の楕円体を南北に配置し，内部の粘性率を小さく設定した．モデル領域全体に物体力として重力を与え，側方から重力による荷重を支えつつ東北沖地震に伴う1 MPaのステップ的な応力変化を与えた．計算結果から長波長成分を除去し，短波長成分の時間変化を調べた．まず，応力変化を加えた直後は媒質全体が弾性体として応答し，その後楕円体内部の粘性流動が始まる．やがて楕円体内部の粘性緩和が進むにつれて周囲の弾性体が多くの差応力を支えるようになる．局所的な歪速度の集中が見られるのは，この楕円体内部の流動が発生している期間のみであり，周囲の弾性体が全ての差応力を支えるようになると局所的な歪速度はほぼゼロになる．このように，外的な応力変化に対する地殻の応答を考える上で，低粘性領域の3次元的な結合は重要である．

キーワード：東北沖地震、GNSS、粘弾性
Keywords: Tohoku-Oki earthquake, GNSS, Viscoelasticity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Revisiting the Coseismic Slip Distribution of the 2011 Tohoku-oki Earthquake Considering Early Postseismic Deformation, Non-linear Viscoelasticity, and Heterogeneous Structure

*飯沼 卓史[1]、縣 亮一郎[1]、太田 雄策[2]、日野 亮太[2]、堀 高峰[1]
*Takeshi Iinuma[1], Ryoichiro Agata[1], Yusaku Ohta[2], Ryota Hino[2], Takane Hori[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東北大学大学院理学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. Graduate School of Science, Tohoku University

The 2011 Tohoku-oki earthquake produced large coseismic displacements that were detected by terrestrial and seafloor geodetic observations, namely, global navigation satellite systems (GNSS), GNSS-Acoustic (GNSS-A), and ocean bottom pressure (OBP) measurements. Previous studies constructed coseismic slip distribution models of the Tohoku-oki earthquake using the daily GNSS site coordinate time series, seafloor GNSS-A, and/or OBP data to estimate the coseismic displacements [e.g., Ito et al., 2011; Koketsu et al., 2011; Ozawa et al., 2011; Iinuma et al., 2012]. However, studies for these several years suggested that the coseismic displacements must include early postseismic deformation due to a low-viscosity zone beneath the Pacific plate that is necessary to explain terrestrial and seafloor postseismic crustal deformations [Sun et al., 2014; Freed et al., 2017; Suito, 2017]. This low-viscosity zone may not be persistent but could result in huge changes in stress resulting from the coseismic slip with reflecting non-linear rheology [Muto et al., 2018; Agata et al., 2019]. The effect of non-linear rheology is great immediately after a main shock. Therefore, coseismic displacements based on the daily site coordinate time series and GNSS-A measurements inevitably must include early postseismic deformation.

Thus, we derived “pure” coseismic displacements based on 1-Hz site coordinate time series at GNSS sites of the Geospatial Information Authority of Japan estimated by utilizing kinematic PPP (precise point positioning) analysis and based on 1-min average seafloor level time series at OBP sites. The residual displacements were obtained by subtracting the pure coseismic displacement from that based on the daily site coordinate time series. The data showed subsidence and trenchward motions in the entire Tohoku district. These broad deformations could not be explained solely by aftershocks nor by afterslip on the plate interface. Viscoelastic deformation that occurs immediately after the main shock is required to explain the displacement field. We present the results of our investigations into coseismic slip distribution and early postseismic deformation by applying Green’s function, which is calculated by considering the shapes of surface terrain and subducting slabs as well as heterogeneous thermal structures and power-law rheology.

References

Agata, R., et al. (2019). Rapid mantle flow with power-law creep explains deformation after the 2011 Tohoku mega-quake. *Nat. Commun.*, in press.

Freed, A. M., et al. (2017). Resolving depth-dependent subduction zone viscosity and afterslip from postseismic displacements following the 2011 Tohoku-oki, Japan earthquake. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 459

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

, 279-290, doi:10.1016/j.epsl.2016.11.040.

Iinuma, T., et al. (2012). Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0) refined by means of seafloor geodetic data. *J. Geophys. Res.*, **117**, B07409, doi:10.1029/2012JB009186.

Ito, T., et al. (2011). Slip distribution of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake inferred from geodetic data, *Earth Planets Space*, **63**, 627-630, doi:10.5047/eps.2011.06.023.

Koketsu, K., et al. (2011). A unified source model for the 2011 Tohoku earthquake. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **310**, 480-487, doi:10.1016/j.epsl.2011.09.009.

Muto, J., et al. (2018). Nonlinear mechanical coupling between viscoelastic relaxation and deep afterslip in the post-seismic deformation of the 2011 Tohoku-oki earthquake. Abstract SCG57-30, presented at *JpGU Meeting 2018*, Chiba, Japan, 20-24 May.

Ozawa, S., et al. (2011). Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake. *Nature*, **475**, 373-376, doi:10.1038/nature10227.

Suito, H. (2017). Importance of rheological heterogeneity for interpreting viscoelastic relaxation caused by the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Earth Planets Space*, **69**, 1, doi:10.1186/s40623-017-0611-9.

Sun, T., et al. (2014). Prevalence of viscoelastic relaxation after the 2011 Tohoku-oki earthquake. *Nature*, **514**, 84-87, doi:10.1038/nature13778.

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、余効変動、非線形粘弾性
Keywords: The 2011 Tohoku-oki Earthquake, Postseismic deformation, Power-law rheology

©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-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:横山 正、福士 圭介

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

13:45 ~ 14:00

[BBC03-01] 熱水性カイレイツノナシオハラエビの鰓室内に見られる黒色および茶色沈殿物の化学種解析

*彦坂 柾成[1]、高橋 嘉夫[2]、チェン チョン[3]、ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学、2.東京大学、3.海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[BBC03-02] 天然岩石試料を用いた低温蛇紋岩化反応による水素生成実験

*東野 駿太[1]、川喜田 竜平[1]、大竹 翼[2]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院　工学院、2.北海道大学大学院　工学研究院)

14:15 ~ 14:30

[BBC03-03] **$^{14}CH_4$および希ガス同位体を用いた白馬八方蛇紋岩温泉におけるメタンの起源の制約**

*須田 好[1]、阿瀬 貴博[2]、宮入 陽介[2]、横山 祐典[2]、松井 洋平[3,2]、上田 修裕[3]、齋藤 拓也[3]、佐藤 友彦[4]、澤木 佑介[2]、中井 亮佑[1]、玉木 秀幸[1]、高橋 浩[1]、森川 徳敏[1] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学、3.海洋研究開発機構、4.東京工業大学)

14:30 ~ 14:45

[BBC03-04] Inhibition of calcium silicate hydrate formation by lignosulfonate and lignin

*戸田 賀奈子[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1] (1.北海道大学工学部環境地質学研究室)

14:45 ~ 15:00

[BBC03-05] シアノバクテリア表面における炭酸カルシウム形成過程

*白石 史人[1]、尾森 武尊[1]、富岡 尚敬[2]、甕 聡子[2]、菅 大暉[3]、高橋 嘉夫[3] (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.東京大学)

15:00 ~ 15:15

[BBC03-06] 古原生代ガンフリント層における含微化石堆積岩の鉱物学的および地球化学的研究

*笹木 晃平[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

熱水性カイレイツノナシオハラエビの鰓室内に見られる黒色および茶色沈殿物の化学種解析

Chemical speciation analysis of the brown and black precipitates observed in the gill chamber of the vent shrimp *Rimicaris kairei*

*彦坂 柾成[1]、高橋 嘉夫[2]、チェン チョン[3]、ジェンキンズ ロバート[1]
*Masanari Hikosaka[1], Yoshio Takahashi[2], Chong Chen[3], Robert Jenkins[1]

1. 金沢大学、2. 東京大学、3. 海洋研究開発機構
1. Kanazawa University, 2. Tokyo University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

大西洋中央海嶺（MAR），中央インド洋海嶺（CIR），カリブ海ミッドケイマンライズの多くの熱水生態系に優占する熱水性のツノナシオハラエビ属は，膨らんだ鰓室の内部空間に数種のバクテリアを共生させており，栄養のほとんどを共生バクテリアに依存しているとされている．この共生バクテリアの代謝に起因してか，鰓室内組織表面は鉄を主成分とする茶色，もしくは黒色の沈殿物に覆われている．これら沈殿物は脱皮によって取り去られるが，脱皮後数日経過すると再び沈殿物によって覆われることになる．ツノナシオハラエビはバクテリアに栄養面では依存しつつも，バクテリア由来の沈殿物は宿主の遊泳や栄養摂取を阻害するように思われ，ツノナシオハラエビーバクテリア間では一般的な相利共生関係とはまた異なる関係が築かれているように思われる．この共生関係を正しく理解するには，宿主，外部共生バクテリア，そして沈殿物の関係性を明らかにする必要がある．本研究では，XAFS法を用いてCIRに生息するカイレイツノナシオハラエビの鰓室内の茶色，および黒色沈殿物の化学種解析を行い，鰓室内化学環境を明らかとすることを目的とした．

試料はCIRで実施された研究航海YK16-E02の6K1457, 6K1458潜航において，Edmondフィールドおよび Kaireiフィールドから採取されたカイレイツノナシオハラエビを用いた．前処理として，組織を99.5%エタノールで固定後，エポキシ樹脂（Epofix, Struers）に包埋し，厚さ約50 μmの両面研磨薄片を作成した．両面研磨薄片はKEK PF BL-4Aにてμ-XRF元素マッピング，およびFe K-edge XANES測定を行い，バクテリア周辺での元素分布，および鉄の化学状態を調べた．鉱物種および鉄の化学状態は，試料から得られたXANESスペクトルを,解析ソフトREX2000（Rigaku）を用いて各種標準試料（ferrihydrite, goethite, magnetite, $FePO_4$, pyrite, pyrrhotite）とフィッティングを行うことで推定した．

走査型電子顕微鏡（JSM-6100, JEOL）による凍結乾燥試料の観察および偏光顕微鏡による薄片試料の観察から，茶色沈殿物は厚さ50 μm程度のクラストを形成し，鰓蓋内側全体を被覆する産状，黒色沈殿物は糸状菌周囲の有機膜状組織にサブミクロンサイズの微小粒子として沈殿する産状が観察された．XANESのフィッティングから，茶色沈殿物はferrihydrite, goethite, $FePO_4$，黒色沈殿物はferrihydrite, goethite, $FePO_4$，pyrrhotiteを含むと推定され，鉄は茶色沈殿物中ではFe^{3+}，黒色沈殿物中ではFe^{2+}, Fe^{3+}として存在することが明らかとなった．茶色沈殿物は好気環境，黒色沈殿物は比較的嫌気環境で形成されたものと推定される．本研究から，同種間における鰓室内環境の多様性が示された．今後鰓室の微生物叢の解析を進めていき，それぞれの鉱物の沈殿条件，宿主の生育可能環境について詳細に検討していく必要がある．

キーワード：深海熱水噴出孔、カイレイツノナシオハラエビ、バイオミネラリゼーション、XAFS
Keywords: hydrothermal vent, Rimicaris kairei, biomineralization, XAFS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天然岩石試料を用いた低温蛇紋岩化反応による水素生成実験
Experimental study on hydrogen generation during low temperature serpentinization by using natural samples

*東野 駿太[1]、川喜田 竜平[1]、大竹 翼[2]、佐藤 努[2]
*Shunta Higashino[1], Ryohei Kawakita[1], Tsubasa Otake[2], Tsutomu Sato[2]

1. 北海道大学大学院　工学院、2. 北海道大学大学院　工学研究院
1. Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

Low temperature serpentinization, a reaction between ultramafic rocks and water under ambient conditions, generates hydrogen near Earth’ s surface environments. This reaction has been considered to play important roles in the origin of life since hydrogen may have been an important reducing gas for building blocks of life as well as early metabolisms. Furthermore, this process may be applicable for industrial hydrogen production that does not emit carbon dioxide during its production or consumption whereas the conventional method for hydrogen production essentially relies on fossil fuels. During serpentinization, hydrogen is generated by the reduction of water accompanied with oxidation of ferrous ion to ferric ion in the primary minerals of ultramafic rocks such as olivine or pyroxene. However, the amount of hydrogen produced during low temperature serpentinization is controlled by various factors, which have not been well understood, particularly, the effect of the formation of secondary minerals (Mayhew et al., 2018). Therefore, we conducted a series of experiments for hydrogen production using 10 ultramafic rock samples (dunites and harzburgites), from Japan (Horoman and Wakamatsu), Oman and Indonesia, showing various lithological features and degrees of serpentinization subjected during obduction. Mineralogical and geochemical characterizations were conducted using XRD, XRF and SEM-EDS. Experiments were then conducted by reacting the samples with water under anaerobic conditions at 90℃, for 2 weeks. After the experiments, gas, solid, and solution obtained from the experiments were analyzed by GC-RGD, XRD, and ICP-AES, respectively.

The results of experiments show that samples with lower degrees of serpentinization tend to generate larger amounts of hydrogen, and that harzburgites tend to generate more hydrogen than dunite when they are at the same degree of serpentinization. However, some highly serpentinized samples also generated large amounts of hydrogen though these results werepooly reproduced. This may have stemmed from the oxidation of trace minerals (e.g., Ni-Fe alloy) or their catalytic effects, in addition to the dissolution of Fe^{2+}-bearing primary minerals, because these minerals were heterogeneously observed by microscopy in the serpentinites. Experiments were also conducted with some additives (e.g., MgO, SiO_2, and magnetite) to investigate the effect of solution chemistry and formation of secondary minerals on hydrogen generation. The results show that hydrogen was generated the most under Si-rich conditions. Solution chemistry suggests that, olivine and pyroxene were likely dissolved more rapidly with Si-rich solutions. This is consistent with the trend that harzburgites generate hydrogen more than dunite because harzburgite contains pyroxene, which dissolved much Si compared to olivine. Moreover, thermodynamic calculations suggest that the precipitation of amorphous Mg-silicate minerals (e.g., M-S-H), which are commonly precursors of serpentine controls the solution chemistry including decreasing pH. Because the dissolution rate of the primary minerals is greater at lower pH, the precipitation of Mg-silicate minerals may have promoted the dissolution cycle of the primary minerals and therefore generation of hydrogen, especially under Si-rich conditions.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reference

Mayhew, L. E., Ellison, E. T., Miller, H. M., Kelemen, P. B., & Templeton, A. S. (2018). Iron transformations during low temperature alteration of variably serpentinized rocks from the Samail ophiolite, Oman. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *222*, 704–728.

キーワード：蛇紋岩化反応、蛇紋石、超苦鉄質岩、水素、非晶質Mg-Si鉱物、熱力学的計算
Keywords: serpentinization, serpentine, ultramafic rock, hydrogen, amorphous Mg-silicate mineral, thermodynamic calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$^{14}CH_4$および希ガス同位体を用いた白馬八方蛇紋岩温泉におけるメタンの起源の制約

Constraint on the origin of methane from Hakuba Happo serpentinite-hosted hot spring by using $^{14}CH_4$ and noble gas isotope

*須田 好[1]、阿瀬 貴博[2]、宮入 陽介[2]、横山 祐典[2]、松井 洋平[3,2]、上田 修裕[3]、齋藤 拓也[3]、佐藤 友彦[4]、澤木 佑介[2]、中井 亮佑[1]、玉木 秀幸[1]、高橋 浩[1]、森川 徳敏[1]
*Konomi Suda[1], Takahiro AZE[2], Yosuke Miyairi[2], Yusuke Yokoyama[2], Yohei Matsui[3,2], Hisahiro Ueda[3], Takuya Saito[3], Tomohiko Sato[4], Yusuke Sawaki[2], Ryosuke Nakai[1], Hideyuki Tamaki[1], Hiroshi A Takahashi[1], Noritoshi Morikawa[1]

1. 産業技術総合研究所、2. 東京大学、3. 海洋研究開発機構、4. 東京工業大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. The University of Tokyo, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Tokyo Institute of Technology

Ultramafic rock-water interaction systems attract more interest from the perspective of study for origin of life since the discovery of the hyperalkaline hydrothermal system in the Atlantic Ocean in 2001 (Kelley et al., 2001). These serpentinite-hosted systems are generally characterized by high concentrations of methane (CH_4) and higher hydrocarbons (C^{2+}) regardless of seafloor or on-land (e.g., Schrenk et al., 2013; Etiope and Sherwood-Lollar, 2013). Previous stable carbon and hydrogen isotopic studies have suggested that hydrocarbons could be formed abiotically via polymerization process (Proskurowski et al., 2008; Suda et al., 2017). However, the following is still poorly constrained; when and where hydrocarbons are produced. In this study, to constrain the origin of methane, we determined the radiocarbon (^{14}C) content in CH_4 and the helium isotope obtained from serpentinite-hosted hot spring in Hakuba Happo.
Hakuba Happo hot spring lies on a serpentinized ultramafic rock body in the Shiroumadake area, which belongs to the Hida Marginal Tectonic Belt in central Japan. The hyperalkaline waters (pH>10), with temperatures of approximately 50˚C, are pumped from two borehole wells (Happo #1 and Happo #3). N_2, H_2 and CH_4 are main gas components (Homma and Tsukahara, 2008; Suda et al., 2014). Water chemistry and volatile component are controlled primarily by serpentinization reaction.
Sample collection was conducted in 2015-2018. Hot spring gas samples were collected by a displacement method in water from two borehole wells (Happo #1 and Happo #3). For radiocarbon (^{14}C) analysis of methane, firstly, CH_4 in gas samples was converted to CO_2 by using the custom-built flow-through vacuum line system (similar to Pack et al., 2015) at JAMSTEC. Secondly, the purified CO_2 gas was reduced to graphite by using the graphitization reactor with Fe powder and hydrogen gas, and then the ^{14}C content was determined by using an accelerator mass spectrometry (AMS) at AORI, the University of Tokyo. Noble gas isotope abundances were measured with a noble gas mass spectrometer at GSJ, AIST. The concentrations of CO and CO_2 in gas phase were determined by using a GC-methanizer-FID method, which was suitable for detection of trace amounts of CO and CO_2 (Kaminski et al., 2003). The concentration of dissolved inorganic carbon (DIC) in spring water was measured by using GasBench/IRMS system at GSJ, AIST.
In Hakuba Happo hot spring, CO and CO_2 were below detection limit (<0.0005 vol.%). DIC concentration was <28 μmol/L (upper values because of suspicion of air contamination during sampling), which was lower than dissolved methane concentration (124-664 μmol/L; Suda et al., 2014). Methane is the most abundant carbon compound in Hakuba Happo hot spring. If methane production occurs under on-site condition, the inorganic carbon compounds (CO, CO_2 and DIC) are not likely to be a carbon source for CH_4. The high helium isotope ratio ($^3He/^4He$) was observed in both well sites. The $^3He/^4He$ ratios for

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Happo #1 and Happo #3 were 4.10 R_{atm} and 4.47 R_{atm}, respectively (where R_{atm} is the atmospheric $^{3}He/^{4}He$ ratio of 1.4×10^{-6}). For Happo #1 site, relative contribution of air, mantle and crustal components are estimated to be 47%, 31% and 22%, respectively. For Happo #3 site, 69%, 24% and 8%, respectively. The result of AMS measurements on two CH_4 samples from Hakuba Happo reveals that ^{14}C contents are near the detectable limit, i.e., the ^{14}C ages of CH_4 is at least approximately 50,000 years before present. Radiocarbon evidence rules out a modern carbon compound (e.g., atmospheric CO_2, organics in surface soil) as the carbon source of CH_4 at Hakuba Happo hot spring system. The helium isotope and $^{14}CH_4$ data could be consistent with deep-derived carbon source of the Hakuba Happo CH_4. Therefore, it will be important to consider a relation between surface reaction system and deep mantle/crustal system.

キーワード：蛇紋岩、強アルカリ性温泉、メタン、放射性炭素、ヘリウム同位体
Keywords: serpentinite, hyperalkaline hot spring, methane, radiocarbon, helium isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inhibition of calcium silicate hydrate formation by lignosulfonate and lignin

*戸田 賀奈子[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]
*Kanako Toda[1], Tsubasa Otake[1], Tsutomu Sato[1]

1. 北海道大学工学部環境地質学研究室
1. Laboratory of Environmental Geology, Faculty of Engineering, Hokkaido University

Dams and harbors have frequently dredged in order to secure the water storage capacity and shipping routes. Dredged soils are mostly treated as waste, though utilization of dredged soils for construction resources are economically and environmentally desired. Only a part of the dredged soils has been used for construction materials after mixing with steel slags due to their low physical strength. Mixture’s strength development has been known to depend on utilized dredged soil. However, even under the same mixing conditions, some combinations may not be hardened. Soil composition is generally complex as it reflects the result of mineral-water-organic matter-microbe interactions occurred onto components from diverse origin. In solidification of the dredged soils to form construction materials, alkaline activators, steels slags in this case, are added, which triggers the formation of secondary phases such as calcium silicate hydrate (C-S-H). Factors affecting C-S-H formation have been reported previously (e.g., Tremblay et al., 2002; Zhu et al., 2007; Toda et al., 2018). However, inhibition mechanism of authentic organic matter in the soils and the quantitative effects of their functional groups on C-S-H formation are not fully understood.
In this context, the effects of 1) lignosulfonate and 2) lignin that contain carboxylic, sulfonic and thiol functional groups that have similar structures to soil organic matter and 3) simple organic molecule with one of carboxylic, sulfonic and thiol functional groups on C-S-H formation were investigated in this study. C-S-H was synthesized from $Ca(OH)_2$ and amorphous silica in coexistence of multiple addition ratio of lignosulfonate and lignin to expecting amount of C-S-H formed, in 100 rpm shaker at 50℃ for 10 days. After the syntheses, C-S-H were characterized by X-ray diffraction and FT-IR analysis, and chemical composition of the remaining solutions were analyzed by ICP-AES and TOC analyzer. After syntheses, solution pH were all above 12. The threshold quantity of lignosulfonate and lignin was evaluated to suppress the formation of C-S-H. Above the threshold, XRD peaks assigned to $Ca(OH)_2$ and amorphous silica could still be obtained after synthesis, without C-S-H peaks. Furthermore, below the threshold, the broad diffraction peak assigned to (001) reflection of C-S-H decreased with increasing the added amount of lignosulfonate and lignin. This suggests that lignosulfonate and lignin may suppress the dissolution of initial phases but also C-S-H crystal growth. Both of the indicated inhibition factors could occur due to the surface coverage by negatively charged functional groups in the organic matter under alkaline condition, which may be interacting with positively charged sites such as $Ca(OH)_2$ surface and CaO layer in C-S-H. C-S-H synthesis with simple organic molecule with various functional groups were also conducted to further discuss how the difference in soil organic matter structure in terms of functional group can inhibit C-S-H formation.

キーワード：浚渫土、土壌有機物、 C-S-H、建設材料
Keywords: dredged soils, soil organic matter, C-S-H, construction materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

シアノバクテリア表面における炭酸カルシウム形成過程
Calcium carbonate formation processes on cyanobacterial surface

*白石 史人[1]、尾森 武尊[1]、富岡 尚敬[2]、甕 聡子[2]、菅 大暉[3]、高橋 嘉夫[3]
*Fumito Shiraishi[1], Takeru Omori[1], Naotaka Tomioka[2], Satoko Motai[2], Hiroki Suga[3], Yoshio Takahashi[3]

1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学
1. Hiroshima University, 2. JAMSTEC, 3. The University of Tokyo

酸素生成型光合成細菌であるシアノバクテリアは，周辺の水化学組成によっては石灰化することが知られている．そのような石灰化したシアノバクテリアの化石は特に顕生代において広く見られ，その産出頻度の変動は過去の海水化学組成（特にpHなど）を復元するために重要である．シアノバクテリアの石灰化には1) 光合成による$CaCO_3$鉱物飽和度の上昇，および2) 細胞外高分子（EPS）の酸性官能基による結晶核形成場の提供が重要であると考えられている．天然試料に基づく先行研究からは，石灰化の有無や様式におけるEPSの重要性が指摘されている．しかしながら，特に石灰化様式については，結晶の形態や配列，前駆体（非晶質炭酸カルシウム：ACC）の有無などにおけるEPSの影響について，未だ理解が進んでいない．そこで本研究は，培養シアノバクテリアを用いてEPSの物理的・化学的特性と石灰化様式の関係について検討を行った．

まず，EPS特性の異なる4種類のシアノバクテリア（*Spirulina*, *Phormidium*, *Scytonema*, *Leptolyngbya*）を培養した．酸塩基滴定およびレクチン結合解析の結果から，4種類とも酸性官能基を含むEPSを分泌していることが示された．次にシアノバクテリアを水槽（pH = 約8.5，$[Ca^{2+}]$ = 2 mM，DIC = 2 mM）に移し，光を照射して石灰化実験を行った．微小電極（pH，O_2，Ca^{2+}）によるモニタリングから，4種類のシアノバクテリアは程度に差があるものの，全て光合成によって$CaCO_3$沈殿を誘導していることが確認された．しかしながら，透過型電子顕微鏡（TEM）や走査型透過X線顕微鏡（STXM）などの観察から，形成される$CaCO_3$の特徴はシアノバクテリアの種類によって大きく異なっていることが明らかとなった．特に*Spirulina*, *Phormidium*, *Scytonema*の周囲で形成された方解石にはACC・多結晶（サブミクロンサイズ）・超構造などの特徴が見られ，酸性EPS上におけるACCナノ粒子を介した核形成が示唆される．一方，上記３種類のシアノバクテリアに比べてEPS分泌量が非常に小さい*Leptolyngbya*では，そのような特徴はほとんど見らない．これらの結果から，シアノバクテリア表面において以下のような$CaCO_3$形成過程が考えられる：1) 酸性EPS上でACCナノ粒子が形成，2) 成長したACC粒子中で結晶化が進行し，サブミクロンサイズの方解石多結晶が形成，3) それらが単結晶方解石へと成長し，ACCや方解石多結晶が部分的に残存する．

キーワード：CaCO3、シアノバクテリア、EPS
Keywords: CaCO3, Cyanobacteria, EPS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

古原生代ガンフリント層における含微化石堆積岩の鉱物学的および地球化学的研究

Mineralogical and geochemical study on sedimentary rock containing microfossils from 1.9 billion years ago(Ga) Gunflint Formation, Canada

*笹木 晃平[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1]
*kouhei Sasaki[1], Akizumi Ishida[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

古原生代ガンフリント層微化石群の情報は太古代および初期原生代の微化石研究のモデルとなっているが, いまだにガンフリント層堆積場の表層環境と一次生産者に関して統一した見解はない. 本研究では, 19億年前のカナダ・ガンフリント層を対象に, 産状の異なる微化石を含む堆積岩において, それぞれ地質調査・鉱物観察・全岩化学組成分析および微化石の詳細な形態観察と局所分析を行った. シュライバー地域では, シアノバクテリアのコロニーおよび休眠細胞, 細胞膜上に放射状の突起構造を有するような真核生物であることを示唆する微化石が新たに発見された. また微化石局所分析から, 金属元素および有機物の軽元素の分布が明らかとなり, 特にNanoSIMSでの微化石のその場分析により膜の微細構造や生物活動に由来する可能性を持つ不均一な元素分布を初めて見出した. これらによってガンフリント微生物群は, 今まで考えられていた以上に多様性があり, 当時の微生物生態系がより詳細に明らかになった. ミンクマウンテン地域では, 地質調査や鉱物観察に加え, ストロマトライトに伴う微化石の形態から総合的に判断し, 局所的浅海における鉄酸化菌主体の生態系が発達していたことが示唆された. また, 同一堆積物は鉄や粘土鉱物に富んでおり, これらは浅海における還元的熱水活動にもたらされ, この地域における局所的な生態系形成に寄与した可能性が示された.

キーワード：ガンフリント層、微化石、ストロマトライト
Keywords: Gunflint Formation, microfossils, stromatolite

©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-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 201A 2F

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:掛川 武、白石 史人(広島大学)

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

15:30 ~ 15:45

[BBC03-07] Secular variation of multiple sulfur isotopic compositions of sulfate and sulfide during long term incubation of *Desulfovibrio desulfuricans*

*松浦 史宏[1]、牧田 寛子[2]、高井 研[3]、上野 雄一郎[1,3] (1.東京工業大学、2.東京海洋大学、3.海洋研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[BBC03-08] **Origins of volcanic SO_2 on Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1] (1.The Pennsylvania State University)

16:00 ~ 16:15

[BBC03-09] **Volcanism, sedimentation, and development of life in a Mesoarchaean intracratonic setting: the Dominion Group, South Africa**

*Andrea Agangi[1,2]、Axel Hofmann[2]、Dora Paprika[2]、Andrey Bekker[2,3]、Frantz Ossa-Ossa[2,4] (1.Akita University、2.University of Johannesburg、3.University of California、4.University of Tuebingen)

16:15 ~ 16:30

[BBC03-10] New microbial ecology results from genome centered metagenomics studies of iron carbonate and sulfidic hot springs

*Shawn E McGlynn[1]、Lewis Ward[2]、Takeshi Kakegawa[3]、Yuichiro Ueno[1]、Mayuko Nakagawa[1] (1.Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology、2.Harvard University、3.Tohoku University)

16:30 ~ 16:45

[BBC03-11] Superhabitability in ultradeep rocky environments

*鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:45 ~ 17:00

[BBC03-12] Exploring planetary habitability beneath the oceans

★Invited Papers

*稲垣 史生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

Secular variation of multiple sulfur isotopic compositions of sulfate and sulfide during long term incubation of *Desulfovibrio desulfuricans*

*松浦 史宏[1]、牧田 寛子[2]、高井 研[3]、上野 雄一郎[1,3]
*Fumihiro Matsuura[1], Hiroko Makita[2], Ken Takai[3], Yuichiro Ueno[1,3]

1. 東京工業大学、2. 東京海洋大学、3. 海洋研究開発機構
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science & Technology (JAMSTEC)

Incubation experiments of sulfate reducing microbes have been carried out since 1950s to quantify sulfur isotope fractionation. Sulfur isotope fractionation models are constructed from the results of these experiments. These models are applicable only when steady state is accomplished in the cells; thus, most of incubation experiments targeted cells exponential growth phase. We aimed to quantify the isotope fractionation in stationary to death phase of the cells and carried out two series of incubation experiment of sulfate reducing bacteria, *Desulfovibrio desulfuricans* (DSM-642), until c.a. 2000 hours. In addition, we used glucose as electron donor to make cell specific sulfate reduction rate low. Cells grew linearly rather than exponentially until cell concentration became c.a. 2×10^7 cells/mL in the early stage of incubation. Calculated sulfur isotope fractionation increased from 13.5±3.7‰ at the earliest stage of linear growth phase to 70.5±21.0‰ at the middle of linear growth phase. The cell specific sulfate reduction rate was 1.0±0.3 fmol/cell/day when sulfur isotope fractionation became 70.5±21.0‰, consistent with the results of a previous study. In the stationary to death phase, sulfide concentration started decreasing on the contrary to our expectation. Besides, $\delta^{34}S_{sulfide}$ value increased concomitant with the decrease of $\Delta^{33}S'_{sulfide}$ value. The $\delta^{34}S'_{sulfide}$ and $\Delta^{33}S'_{sulfide}$ have good linear correlation, and that indicate a sulfide originated reaction in a closed system with a unique fractionation factor dominates sulfur cycle during stationary to death phase. The calculated enrichment factors of the reaction in the two series experiments are 10.5‰ and 30‰. These enrichment factors are large compared to those of biotic or abiotic sulfide oxidation experiments of previous studies. We checked the reaction occur without cells and infer that the reaction is caused from sulfide oxidation by oxidants containing in the medium or sulfurization of organic matter containing in the medium.

キーワード：硫酸還元菌、硫黄同位体分別、長期間培養
Keywords: sulfate reducing bacteria, sulfur isotope fractionation, long term incubation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origins of volcanic SO_2 on Earth

*Hiroshi Ohmoto[1]

1. The Pennsylvania State University

SO_2 is a principal volcanic gas today. The two important questions to be addressed are: (i). the origin of S atoms in volcanic SO_2; and (ii) whether or not SO_2 was an important volcanic gas of early Earth. I have approached these questions from: (a) thermodynamic- and kinetic analyses of various reactions involving S-bearing species in silicate melts, fluids, rocks, minerals, and aqueous solutions at T = 0-1500 ˚C and P = 1-10 kb, and (b) examinations of the chemical and S-isotopic characteristics of volcanic gases and rocks in various tectonic settings on modern Earth. Here are some of the important suggestions from these investigations:

1. All of the S-bearing species from submarine volcanic eruptions have been nearly completely trapped in oceans through reactions such as: $H_2S_{(g)} = H_2S_{(aq)}$; $4SO_{2(g)} + 4H_2O = 3HSO_4^- + H_2S_{(aq)} + 3H^+$; $S_{8(g)} = 8S_{(s)}$; and $7H_2S_{(aq)} + HSO_4^- + 4Fe^{2+} = 4FeS_{2(py)} + 7H^+ + 4H_2O$. S-bearing volcanic gases have only been emitted into the atmospheres by subaerial eruptions. Therefore, on the ocean-covered planets, possibly including the pre-3.0 Ga Earth, S-bearing gases have not been emitted into the atmospheres.

2. The fluids that originated from normal-mantle-derived-magmas (i.e., $\log fO_2$ = FMQ-2 to FMQ+0.5) were initially H_2S-rich and SO_2-poor, whereas those from subduction-related arc magmas (i.e., $\log fO_2$ = FMQ+0.5 to FMQ+3) were initially SO_2- and/or H_2S-rich.

3. H_2S-rich magmatic fluids may become SO_2-rich gas, if: (i) the fluids were derived from high fO_2 magmas (i.e., $\log fO_2$ > FMQ) and ascended slowly through conduits (i.e., diffusive eruptions) and re-equilibrated with wall-rocks at P_{H2O}<10 bars, or (ii) the fluids are oxidized by reactions with an O_2-rich atmosphere, -groundwater and/or high-fO_2 wall-rocks during and/or after the ascent through conduits. In the absence of (i) and (ii), such as the Earth prior to the oxygenation of the atmosphere, H_2S-rich magmatic fluids were not transformed to SO_2 during eruptions.

4. SO_2-rich fluids from arc magmas would remain SO_2-rich during explosive or diffusive eruptions. However, if the fluids cool down to <~700˚C, SO_2 transforms to H_2S.

5. Volcanic SO_2 from arc magmas was transformed from seawater sulfate through the following processes: (i) formation of pyrite, hematite and anhydrite by reactions between SO_4^{2-}-rich seawater and hot basalts on MORs; (ii) devolatilization of H_2O- and SO_2-rich fluids from the subducting oceanic crust; (iii) formation of oxidized- and SO_4^{2-}-rich magmas by partial melting of peridotite in the mantle wedges, and (iv) degassing of SO_2-rich fluids from these magmas. If the oceans were SO_4^{2-}-poor, volcanic gases from arc magmas would be SO_2-poor.

6. Oceanic SO_4^{2-} has been produced mostly by the oxidative weathering of pyrite on land. Therefore, subaerial volcanic gases on planets with O_2-poor atmospheres would be SO_2-poor and H_2S-rich. Then, the current paradigm concerning the origin of mass-independent-fractionations of sulfur isotopes (MIF-S) in Archean-aged sedimentary rocks (i.e., the UV photolysis of volcanic SO_2 in an O_2-poor atmosphere) becomes invalid. Consequently, the MIF-S record in sedimentary rocks is not supportive evidence for the “Great Oxidation Event” at ~2.5 Ga ago. Furthermore, the current atmospheric O_2-evolution models,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

which are based on the premise of SO_2-rich volcanic gases throughout geologic time, become invalid.

(7). The MIF-S in the Archean- and younger sedimentary rocks may have been created by the chemisorption isotope effects during thermochemical reductions of seawater sulfates by hydrothermally-generated, very reactive organic matter.

Keywords: volcanic SO2, evolution of the atmospheric oxygen, arc magmatism, origin of MIF-S

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Volcanism, sedimentation, and development of life in a Mesoarchaean intracratonic setting: the Dominion Group, South Africa

*Andrea Agangi[1,2], Axel Hofmann[2], Dora Paprika[2], Andrey Bekker[2,3], Frantz Ossa-Ossa[2,4]

1. Akita University, 2. University of Johannesburg, 3. University of California, 4. University of Tuebingen

The ca. 3 billion-years-old Dominion Group of the Kaapvaal craton, South Africa is a >2 km-thick volcano-sedimentary succession emplaced in an intracontinental setting shortly after craton consolidation. As such, it represents one of the oldest examples of volcanism and sedimentation on stable continental crust. Deposition of the Dominion Group is interpreted to have occurred largely subaerially in a failed rift. In contrast to other Palaeo- to Mesoarchaean successions of the Kaapvaal craton, the Dominion Group is little deformed and was metamorphosed at greenschist facies grade, allowing excellent preservation of rock textures and chemical composition. The succession includes a thin basal conglomerate that marks a major, craton-scale nonconformity, and is overlain by sandstone. Volcanic rocks include intercalated massive to amygdaloidal mafic lavas of tholeiitic affinity, felsic lavas, and ignimbrites with high Fe/Mg.

In the area around the town of Ottosdal, the Dominion Group is represented by felsic volcanic rocks with intercalated, thin sedimentary layers that crop out discontinuously for several km along the strike. The presence of shallow, porphyritic intrusions that developed peperitic contacts with the sediments and the intense alteration developed in sediments underlying (but not in overlying) volcanic rocks indicate deposition of these sediments in a volcanically and hydrothermally active environment, such as volcanic lakes. These sediments are composed of carbonaceous and variably sulfidic shale and minor arenite and have a distinctive aluminium-rich composition (Al_2O_3 up to 36 wt.%) and very low contents of alkaline elements, Ca, and Fe (Na_2O content from below detection limit to 0.3 wt%; Fe_2O_3 = 0.1 to 1.6 wt%). The main mineral components of these sediments are pyrophyllite, diaspore, K-mica, rutile, and pyrite. No carbonate was found.

The total organic carbon content) is up to 1.5 wt%, and bulk-sample isotope analyses indicate strongly ^{13}C-depleted composition ($\delta^{13}C_{VPDB}$ = -45 to -29‰). These isotopic values are diagnostic of biogenic carbon fixation and the lowest, best-preserved values are indicative of methanogenesis and methanotrophy in a redox and chemically stratified shallow basin. Modern examples of volcanic environments hosting methane-producing Archaea, even under low pH and high temperature conditions, are known from Kamchatka, Russia and Argentina.

Our results indicate that restricted and ephemeral lakes that developed in Mesoarchaean volcanic environments shortly after the large-scale emergence of the Kaapvaal craton fostered life and were likely niches for life diversification. This ancient environment might be a better Mars analogue than modern caldera environments on Earth where the impact of advanced biosphere is more pronounced.

Keywords: Archaean, Terrestrial life, Alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New microbial ecology results from genome centered metagenomics studies of iron carbonate and sulfidic hot springs

*Shawn E McGlynn[1], Lewis Ward[2], Takeshi Kakegawa[3], Yuichiro Ueno[1], Mayuko Nakagawa[1]

1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Harvard University, 3. Tohoku University

The ability to recover microbial genomes from metagenomic datasets has revolutionized how we understand microbial inhabitants in the environment, and is a powerful way to develop detailed hypotheses of community function and evolution. In this talk, I will discuss recent genomes we have recovered from two iron rich, carbonate hot springs in Japan, and contrast these to observations in low iron, sulfidic springs. Surprisingly, despite the different chemistry, some overall trends in phylogeny and physiology are observed, however water chemistry differences such as salinity and the availability of ferrous iron does alter the observed microbial inhabitants and physiologies.
These overall results will be discussed within the context of the possible ability to recognize microbial inhabitation on Earth through time.

Keywords: metagenomics, microbial ecology, geochemistry, geobiology



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Superhabitability in ultradeep rocky environments

*鈴木 庸平[1]
*Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

It is challenging for life to proliferate in cold rocky habitats deeply isolated from photosynthetic organic matter. Although fluid circulation is previously considered to be necessary for supplying energy sources and oxidants, it is also considered that substrates available within the rocky environment are diluted by fluid circulation. As the abundance of microbial life within the rock matrix is largely unknown, I developed nanoscale analytical procedures to unveil the distributions of microbial cells, organic matters and low-temperature minerals. As a result of applying the analytical procedures to various deep-sea and subsurface rocky environments such as deep-sea hydrothermal vents, deep-sea ferromanganese crusts and deep subseafloor basaltic rocks, it is unexpectedly unveiled that the rocky habitats are superhabitalble with cell densities locally exceeding 10^{10}cells/cm^3. The superhabitablity might be explained by the coexistence of solid silicate phases such smectite clays that play roles in concentrating nutrients from the ambient fluid.In this presentation, I will introduce the analytical procedures and main results obtained from the ultradeep rocky habitats.

キーワード：地下生命圏 、ナノ生物地球科学、微生物生態学
Keywords: deep biosphere, nanobiogeoscience, microbial ecology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring planetary habitability beneath the oceans

*稲垣 史生[1]
*Fumio Inagaki[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 Ocean Drilling Program (ODP) Leg 201 in 2002 off Peru and eastern equatorial Pacific, numerous geochemists and microbiologists have participated in multiple expeditions of scientific ocean drilling to explore subseafloor life and the deep biosphere beneath the oceans. The discovery of diverse microbial life in marine sediments and oceanic crusts worldwide points to a notion that subseafloor microbial ecosystems may have uniquely co-evolved with Earth's dynamics and this inevitable interrelationship has shaped environemnts for more than 3 billion years. Expanding our knowledge of the comprehensive ocean-Earth-life system through scientific ocean drilling inspires new insights into the essence of "planetary habitability"—down to the Earth’s upper mantle, which with today’s drilling technology provides the deepest yet accessible limit. The deep ocean offers windows into thick piles of ocean sediment and the Earth’s interior that has vast potentials for the development of sustainable ocean-Earth-life system in the past but also into the future, yet there is still a large insufficiency in our knowledge of the habitability extent of our own planet. Such explorations towards deep frontiers will lead us to an understanding of how and why life emerged on our planet, as well as an estimation (prediction) of the possible trajectories of life on Earth, and finally, will provide hints as to whether life persists in the other celestial bodies, and which ones are the most likely to be habitable and even inhabited.

キーワード：planetary habitability、subseafloor life、mantle drilling、deep biosphere、scientific ocean drilling
Keywords: planetary habitability, subseafloor life, mantle drilling, deep biosphere, scientific ocean drilling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科)、澤木 佑介(東京大学)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

10:45 ~ 10:50

Introduction

10:50 ~ 11:10

[BCG08-01] **The Ediacaran-Cambrian transition of North China**

★Invited Papers

*Xingliang Zhang[1] (1.State Key Laboratory of Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environments, and Department of Geology, Northwest University)

11:10 ~ 11:30

[BCG08-02] The Qingjiang biota – An extraordinary new Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China

★Invited Papers

*Dongjing Fu[1]、Xingliang Zhang[1]、Robert R. Gains[2] (1.State Key Laboratory of the Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environment, Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, PR China、2.Department of Geology, Pomona College, Claremont, CA 91711, USA)

11:30 ~ 11:50

[BCG08-03] ペルム紀／三畳紀境界における地球外^{3}Heフラックスの増加イベント

★招待講演

*尾上 哲治[1]、高畑 直人[2]、佐藤 峰南[4]、石川 晃[3]、曽田 勝仁[1]、佐野 有司[2]、磯崎 行雄[2] (1.熊本大学、2.東京大学、3.東京工業大学、4.千葉工業大学)

11:50 ~ 12:10

[BCG08-04] **End-Triassic Mass Extinction: Causes and Consequences**

★Invited Papers

*藤崎 渉[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

12:10 ~ 12:15

Discussion

The Ediacaran-Cambrian transition of North China

*Xingliang Zhang[1]

1. State Key Laboratory of Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environments, and Department of Geology, Northwest University

The central mountain range, known as the backbone of China, separates the country into North China and South China, which are different from each other in geology, geography, climate, and culture. The Precambrian-Cambrian transition of South China has received much attention of world scientists for beautiful sections and numerous fantastic fossil-Lagerstätten. However, the Ediacaran-Cambrian sequences of North China have some attractive points as well. The lowermost Cambrian of North China, the Xinji Formation, unconformably overlies Precambrian rocks of various ages, from Archean to late Ediacaran. The Xinji Formation is rich in SSFs of Cambrian Epoch 2 aspects and thus the Terreneuvian is absent throughout North China. The Xinji SSF assemblage is taxonomically dominated by molluscs and hyoliths, which are represented by 26 and 12 species, respectively. A number of molluscan taxa are conspecific with Australia, Antarctic and Laurentia, and thus have biostratigraphical and paleobiogeographical values. Remarkably, shell microstructures are well preserved in molluscs and hyoliths, which demonstrate how these Cambrian animals use minute mineral crystals to build their shells. Additionally, shell microstructures shed new light on the phylogenic links between the groups. Ediacaran rocks developed in marginal regions and cratonic basins. Along the south and west margins of North China, the Dongpo/Tuerkeng Shale/Slate immediately underlies the unconformity and overlies the Luoquan/Zhengmuguan Diamictite which is poorly constrained in age. The shale/slate unit above the diamictite yields a diverse form of macroscopic, soft-bodied fossils, e.g. the annulated tubular form *Shaanxilithes*, the form of a string of beads *Horodyskia*, the WiFi symbol-like form *Palaeopascichnus*, an unnamed form resembling a string of rings (which might be a segmented organism composed of many repetitive units), and small clew-like fossils of unknown affinities. Algal fossils are abundant but simple in complexity and poor in diversity. The presence of *Shaanxilithes* and *Palaeopascichnus* suggests an age of late Ediacaran. New specimens demonstrate that *Shaanxilithes* is composed of a cone-in-cone internal tube encased in a flexible external tube with irregular cross annulations. Such a morphological reconstruction is analogous to the contemporary *Cloudina* and other tubular organisms. New findings in North China would provide new insights into the biotic evolution of the Ediacaran-Cambrian transition.

Keywords: Ediacaran, Cambrian, Biodiversity, North China

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Qingjiang biota –An extraordinary new Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China

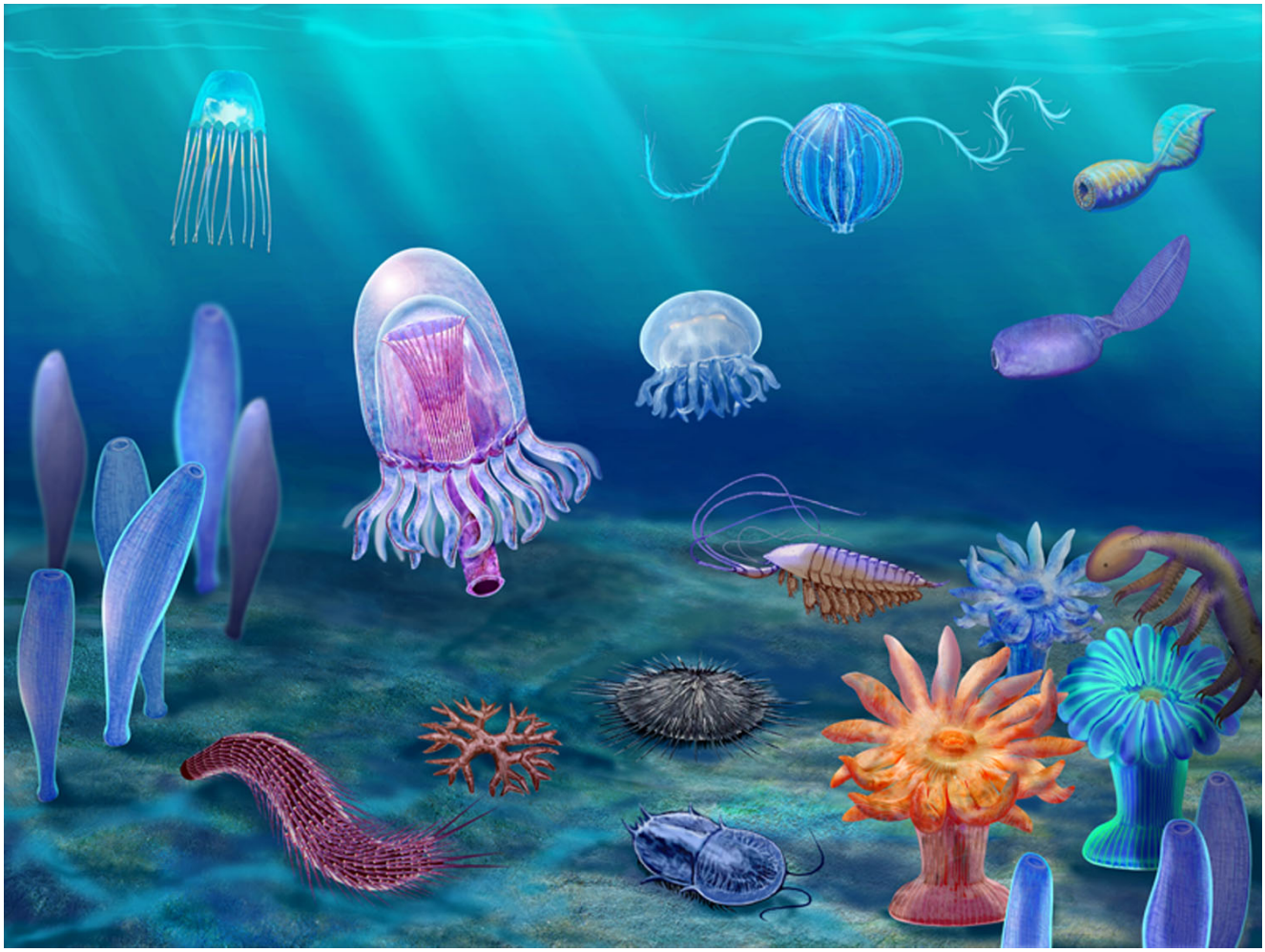
*Dongjing Fu[1], Xingliang Zhang[1], Robert R. Gains[2]

1. State Key Laboratory of the Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environment, Department of Geology, Northwest University, Xi' an 710069, PR China, 2. Department of Geology, Pomona College, Claremont, CA 91711, USA

Our understanding of the Cambrian explosion and of the fundamental structure of the tree of animal life rests in large part on evidence from a dramatically enhanced fossil record, characterized by the preservation of entire assemblages of soft-bodied fossils. In the one hundred years since Walcott' s original discovery of the Burgess Shale, exceptionally preserved fossil assemblages have been reported from Cambrian strata of almost every paleocontinent. Nevertheless, only the early Cambrian Chengjiang biota of Yunnan Province has matched the Burgess Shale in total diversity of soft-bodied taxa and fidelity of exceptional preservation. Here, we report the discovery of an extraordinary new early Cambrian Burgess Shale-type (BST) fossil Lagerstätte from the Changyang area of South China, which is characterized by high taxonomic diversity (101 metazoan taxa plus 8 algal forms), an unexpectedly large proportion of new taxa (53.2%), and exquisite preservation of fine aspects of labile tissue anatomy. The taxonomic richness of soft-bodied taxa (85%) approaches the top tier of BST deposits, presently occupied only by the Burgess Shale and Chengjiang biotas. Rarefaction analyses suggest that diversity may surpass all other BST biotas. Novel aspects include high abundance of cnidarians, including both medusoid and polypoid forms, new taxa resembling extant kinorhynchs, and abundant larval or juvenile forms. While approximately coeval to the Chengjiang biota, the Qingjiang biota (518 Ma) appears to have occupied a more distal environmental setting, in which a different early Cambrian ecosystem flourished. The uniqueness of the Qingjiang biota in the taxon composition and preservation quality holds special potential to provide new insights into the evolution of early metazoans and the structuring of Cambrian ecosystems across environmental gradients.

Keywords: Qingjiang Biota, Cambrian Explosion, Exceptional Preservation, South China, Burgess Shale Type

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ペルム紀／三畳紀境界における地球外^{3}Heフラックスの増加イベント
Enhanced flux of extraterrestrial ^{3}He across the Permian–Triassic boundary

*尾上 哲治[1]、高畑 直人[2]、佐藤 峰南[4]、石川 晃[3]、曽田 勝仁[1]、佐野 有司[2]、磯崎 行雄[2]
*Tetsuji Onoue[1], Naoto Takahata[2], Honami Sato[4], Akira Ishikawa[3], Katsuhito Soda[1], Yuji Sano[2], Yukio Isozaki[2]

1. 熊本大学、2. 東京大学、3. 東京工業大学、4. 千葉工業大学
1. Kumamoto Univ., 2. Univ. Tokyo, 3. Tokyo Inst. Tech., 4. Chiba Inst. Tech.

The Solar System contains abundant submillimetre interplanetary dust particles (IDPs) that are enriched in ^{3}He. ^{3}He concentrations in ancient deep-sea sediments have been used to constrain the flux of IDPs onto the Earth for at least the last 100 Myr. However, the use of ^{3}He in detecting IDP flux is often compromised by the diffusional loss of ^{3}He in sedimentary rocks, with the exception of some Ordovician samples that record a period of unusually high extraterrestrial^{3}He ($^{3}He_{ET}$) flux. In this study, we report for the first time the preservation of extra-terrestrial ^{3}Hein deep-sea bedded chertfrom a continuous Permian-Triassic boundary (PTB) section at Waidani in Japan, which was deposited in the Panthalassa superocean.

High ^{3}He/^{4}He ratios (up to 150 Ra; 1Ra = the atmospheric ratio) were detected from acid-insoluble residues fromthe uppermost Permian deposits, which suggeststhe existence of extraterrestrial He hosted mainly in IDPs. The estimated extraterrestrial fraction of ^{3}He across the PTB revealsthat$^{3}He_{ET}$ concentrations are higher in the topmost ~1.5 m ofthe studied Permian deposits, which is 4–5 times greater than that measured in the overlying Triassic unit. Based on the $^{3}He_{ET}$ concentration and sedimentary mass accumulation rate of the PTB section at Waidani, we calculated $^{3}He_{ET}$ fluxacross the PTB.The data document the presence of an up to 4-fold increase in IDP flux for the last 500 kyr interval of the Permian.This unusual signal suggests a significant increase in the influx of interplanetary dust particles, likely related to an asteroid showerin the inner Solar System. High-resolution stratigraphy indicates that peak IDP flux occurred during the final 500 kyr of the Permian, concurrent with a pre-extinction decline in radiolarian diversity.

キーワード：ペルム紀、三畳紀、層状チャート、ヘリウム、惑星間塵、白金族元素
Keywords: Permian, Triassic, Bedded Chert, Helium, Interplanetary dust particle, Platinum group element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

End-Triassic Mass Extinction: Causes and Consequences

*藤崎 渉[1]
*Wataru Fujisaki[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

The biodiversity crisis across the Triassic-Jurassic boundary (TJB; *ca.* 201 Ma) is characterized by one of the largest mass extinctions in the Phanerozoic. Significant increases in the extinction rate of marine fauna, and major turnovers in terrestrial vegetation and vertebrate groups, have been well documented across the TJB. In addition to the extinction, several unique geological episodes around the TJB were recognized; i.e., the emplacement of the Central Atlantic Magmatic Provinces (CAMP) which is associated with the breakup of Pangea, carbon cycle perturbations, and widespread ocean anoxia and associated deficits of nutrients. In the last decade, based on of the numerous data-set obtained from the shallow-marine shelf sequences around the Pangea, major advances have been made in our understanding of the TJB biotic crisis, related environmental changes, and the CAMP volcanism. However, the casual relationships between the CAMP volcanism and extinction-related environmental changes of global context still remain unclear. Therefore, the deep mid-Panthalassa, which occupied major portion of the global ocean during the Triassic-Jurassic transition, is indispensable for reconstructing the global environmental changes related to the TJB biotic crisis.

Deep-sea bedded cherts in the Mino-Tanba belt in SW Japan provide critical constraints for reconstructing paleo-environmental changes because they preserve extinction-related intervals from the Middle Permian to the Early Jurassic deposited in the deep mid-Panthalassa. Most recently, the stratigraphic $\delta^{13}C_{org}$ variation using Rhaetian (Late Triassic) to Hettangian (Early Jurassic) shales interbedded within deep-sea cherts was established in the Katsuyama section in the Mino-Tanba belt. By obtaining high-resolution Rhaetian to Hettangian $\delta^{13}C_{org}$ values, three negative carbon isotopic excursions (NCIEs) were newly detected before and across the TJB. The mid-Panthalassic NCIEs are well correlated with those in many shallow-marine regions including the base Jurassic GSSP of TJB at Kuhjoch in Austria, suggesting that three NCIEs in the Tethys and mid-Panthalassa likely reflected global perturbations of the carbon cycle, rather than local phenomena. Based on the Os isotopic records correlated with $\delta^{13}C_{org}$ stratigraphic profiles, the mid-Panthalassic NCIEs can be interpreted as the consequences of the multiple emplacements of CAMP volcanism.

On the other hand, despite the oxic deep mid-Panthalassa, widespread ocean anoxia and associated deficits of nutrients around the TJB were recently identified in the Eastern Panthalassa. Since the redox conditions were quite different between shallow-marine regions and mid-Panthalassic sites, information regarding nutrient concentrations in the mid-Panthalassa is required. Oceanic fixed nitrogen is a bio-limiting component in the modern ocean, and total nitrogen isotopic composition ($\delta^{15}N_{TN}$) of sedimentary rocks is a useful tool for the reconstruction of ancient nitrogen cycles. To advance our understanding on the global nitrogen cycle, this study for the first time provides Rhaetian to Hettangian $\delta^{15}N_{TN}$ records in combined with Mo and U concentrations from the shales in the Katsuyama section. Based on the newly obtained data-set, I comprehensively discuss relative concentrations of biologically available nitrogen compounds in the mid-Panthalassa, their possible association with the redox condition, and biodiversity during the Triassic-Jurassic transition.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：中央大西洋火成岩岩石区、パンサラッサ海、窒素同位体、酸化還元鋭敏元素、層状チャート、日本
Keywords: Central Atlantic Magmatic Provinces (CAMP), Panthalassic ocean, Nitrogen isotopes, Redox sensitive elements, Bedded cherts, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:藤崎 渉(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

13:45 ~ 14:00

[BCG08-05] 地質学的時間スケールでみる生物多様性の変遷：拡散個体群と局所集団のスモールワールド性から考える種分化のメカニズム

*今岡 宏太[1]、山崎 和仁[1] (1.神戸大学大学院)

14:00 ~ 14:15

[BCG08-06] 最下部カンブリア系SSF生層序の改訂

*河野 聖那[1]、磯崎 行雄[1]、佐藤 友彦[2]、張 興亮[3]、劉 偉[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系、2.東京工業大学地球生命研究所 、3.中国西北大学)

14:15 ~ 14:30

[BCG08-07] $\delta^{88}Sr$ and$^{87}Sr/^{86}Sr$records of the Middle-Late Permian seawater: mass extinction-relevant change in ocean Sr budget

*可児 智美[1]、磯崎 行雄[2]、三澤 啓司[3]、石川 晃[4]、米田 成一[5] (1.熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.国立極地研究所、4.東京工業大学理学院、5.国立科学博物館理工学研究部)

14:30 ~ 14:45

[BCG08-08] パンサラサ海遠洋域における後期三畳紀カーニアン湿潤化イベントにより形成された層状マンガン鉱床

*冨松 由希[1]、尾上 哲治[2]、山下 大輔[3]、野崎 達生[4,5,6,7]、高谷 雄太郎[8] (1.熊本大学大学院自然科学研究科、2.熊本大学大学院先端科学研究部、3.薩摩川内市役所、4.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5.東京大学大学院工学系研究科 資源・エネルギーフロンティアセンター、6.神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻、7.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、8.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科)

14:45 ~ 15:00

[BCG08-09] 白亜紀―古第三紀境界粘土層における親銅元素の異常濃縮

*丸岡 照幸[1]、西尾 嘉朗[2] (1.筑波大学 生命環境系、2.高知大学 農林海洋科学部)

15:00 ~ 15:15

[BCG08-10] Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

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

地質学的時間スケールでみる生物多様性の変遷：拡散個体群と局所集団のスモールワールド性から考える種分化のメカニズム
Transition of biodiversity in mobile populations and the small world in local subpopulations

*今岡 宏太[1]、山崎 和仁[1]
*Kota Imaoka[1], Kazuhito Yamasaki[1]

1. 神戸大学大学院
1. Kobe University Graduate school of Science

1. 研究の背景と目的

地質学的時間スケールで生じる生物の多様性のひとつとして種分化があげられる(Gould 1989, 河田 2000)。したがって、そのメカニズムを解明することは，過去から現在に至るまでの生物進化の流れを知るうえで非常に重要な古生物学的研究テーマといえる。このメカニズムの基本のひとつとして生殖隔離があり、地理的障壁により集団が分断され、分集団内で変異が蓄積し、その後の二次的接触の際には雑種不適合が生じて、生殖隔離に至る異所的種分化(Hubbell, 2001)や、遺伝子流動のある集団内で、餌や生息地の違いといった自然選択から選択交配がなされ、集団が分化していく同所的種分化(Gavrilets, 2003)などが提唱されてきた。しかし、近年では地理的隔離や自然選択を考えない生態学的に中立な種分化がシミュレーションによって研究され(Suzuki and Chiba, 2016)、種個体数分布や面積種数関係など自然界で実際に見ることができるパターンを再現している(Aguiar et al., 2009)。この中立な種分化において生殖隔離を引き起こす要因となっているのが、個体の交配範囲を表す空間的距離と交配相手との遺伝子の違いを表す遺伝的距離の2つの交配条件である(Aguiar et al., 2009)。この2つの条件が厳しいほどに集団は選択交配を行い、生殖隔離が成立する(Kawata, 2002)。このような種分化を'topopatric speciation'と呼ぶ。

ところで、地質学的時間スケールを考えた場合、生物の拡散現象による効果も、生物多様性に影響を与える大きな要因のひとつと考えられる(Yamasaki et al., 1999)。しかしながら、topopatric speciationを考えた多くのシミュレーションでは静止個体群を考えており、個体群の拡散能力が種分化や生態系に及ぼす影響を解析した例は少ない。よって、本研究ではそこに着目し、個体が常に移動することで、個体群の分布が変化する拡散個体群を考えた。この中立な拡散個体群についても種分化を促す要因を解明することで、拡散個体群を含めた生物全体の種分化のメカニズムや、過去に生物がどのように多様性を増加させたかを解明することにつながると思われる。さらに、本研究では各種の空間的な構造をネットワーク理論に基づいて考察し、シミュレーションの過程で拡散個体群が示す分布の違いを定量的に示す。このことにより、種分化が起きるときに集団が空間中でとる構造を定量化し、それが生物多様性にどのような影響を与えるのかを示すことができる。

2. 研究手法

仮想的生物として優劣の無い対立遺伝子を持つ2倍体の個体を考える。遺伝的変異は突然変異のみで自然淘汰を考えない中立で確率的なモデルを作成し、多主体系（多体系かつ各個体が意思を持って行動する系）のシミュレーションを行った。生殖隔離の遺伝的機構としては2つ以上の遺伝子座に着目したDobzhansky-Muller modelを用い、種の定義は輪状種の概念を用いた(Irwin et al., 2001, 2005)。シミュレーションでは各拡散能力における空間中の種数だけを考えるのではなく、種個体数分布の観点から見た種多様性や、ヘテロ接合度による遺伝的多様性も考え、生物多様性全体を定量化した。また、ネットワーク理論を用いて各種の個体をノードとし、交配可能な個体間の関係をリンクとみなすことで平均頂点間距離と平均クラスター係数を求めた。

3. 結果と考察

シミュレーションの結果、拡散能力の違いにより種数は変化し、それに伴い種多様性、遺伝的多様性も変化していた。よって、拡散能力の違いが生物多様性に影響を与えていることがわかる。さらに、実際に自然界で

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成立していることが知られている種個体数分布則や面積種数関係が本研究のシミュレーションの結果でも成立していることがわかった。また、種数が最大となったのは本研究で用いた拡散能力のパラメータが最小の時であり、各種の平均頂点間距離は小さく、逆に、平均クラスター係数は大きかった。したがって、この時、集団はネットワークの分野で言われるスモールワールドの特徴を持つことがわかる。スモールワールドには情報の伝達速度が速く、ノード間のつながりも強いという性質があり、ここでは、集団内での遺伝情報のやり取り速度が速く、多くの個体と関係を持つことができることを意味する。よって、このようなスモールワールドの特徴を持った局所的な集団ができることで、その中で変異が蓄積され、生殖隔離が促進されたことが示唆される。これらのことから、拡散個体群においても種分化が起きるときには集団の局所化が必要であり、それが地理的隔離や自然選択に依らずとも、生態学的に中立なモデルにおける空間的な条件と遺伝的な条件による選択交配によって引き起こされることがわかる。

キーワード：種分化、生物多様性、生物拡散、Dobzhansky-Muller model、スモールワールド
Keywords: speciation, biodiversity, biological diffusion, Dobzhansky-Muller model, the small world

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

最下部カンブリア系SSF生層序の改訂
Rivision of the lowermost Cambrian SSF stratigraphy

*河野 聖那[1]、磯崎 行雄[1]、佐藤 友彦[2]、張 興亮[3]、劉 偉[3]
*KONO SENA[1], Yukio Isozaki[1], Tomohiko Sato[2], Xingliang Zhang[3], Wei Liu[3]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系、2. 東京工業大学地球生命研究所 、3. 中国西北大学
1. The University of Tokyo School of Arts &Sciences, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Northwest university, China

カンブリア紀最初期の動物多様化はsmall shelly fossils (SSF)群集の出現として記録されている．これまで最も詳しい研究が行われてきた南中国，雲南省東部澄江地域の小濫田および洪家冲セクションの露頭試料および掘削コア試料を用いて，最下部カンブリア系の詳細な岩相およびSSF生層序を検討した． 小濫田セクションにおける最下部カンブリア系の中で，SSFを含有するリン酸塩岩（中誼村部層:層厚約30 m）について詳細な検討を行った結果，以下の事が明らかになった．1)中誼村部層は岩相の特徴から6つのユニットに細分される．黒色泥岩層を伴うユニット3は中誼村部層の中で明瞭な鍵層となる．2) 中誼村部層および直上の大海部層から採取した83層準の試料中，26層準からSSFが得られ，多様なSSF化石の産出範囲の詳細が明らかになった．下位より順に(i) *Acanthocasis orthocanthus, Spirellus*sp., *Protohertzina unguloformis, Protohertzina anabarica*を主に産する区間（中誼村部層ユニット1の最上部およびユニット2の下部）．(ii) *Ocruranus finial, Purella* sp., *Yunnanopleura biformis*を含み（ユニット2の上部）, cap状化石の初出によって特徴付けられる区間．(iii) *Helcionella*sp., *Oelandiella korobkovi*からなる区間（ユニット3）．(iv) *Obtusoconus*sp.,*Conopoconis*sp., *Erongia acculatus*を含む区間（ ユニット6の下部）．そして(v) *Igorella* sp., *Bemella simplelx, Paragloborilus subglobosus*からなる区間（ユニット6の上部）である．3) 洪家冲セクションでは(i)と(ii)の間に*Halkieria*sp., *Pteromus* sp., *Sinosachites delicatus*などからなる特異な群集を産する区間がさらに識別可能である．

以上のことから，小濫田および洪家冲セクションでは，以下の６つの化石帯が設定できる．すなわち，*Acanthocasis orthocanthus- Protohertzina anabarica*Zone， *Halkieria- Pteromus*Zone，*Ocruranus finial-Yunnanopleura biformis*Zone，*Paracarinachites sinensis-Oelandiella korobkovi*Zone，*Obtusoconus -Conopoconis*Zoneそして*Igorella-Bemella simplelx*Zoneである．中誼村部層のSSFについてはこれまで2つの群集帯が区分された（Steiner et al., 2007）のみであったが，本研究によって6つの化石帯が識別可能であることが明らかとなった．また，中誼村部層中部の鍵層が*Paracarinachites sinensis-Oelandiella korobkovi* zoneに限定されることは，広域の年代対比に極めて有効である．

キーワード：カンブリア紀、SSF、雲南省
Keywords: Cambrain, SSF, Yunnan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

δ^{88}Sr and ^{87}Sr/^{86}Srrecords of the Middle-Late Permian seawater: mass extinction-relevant change in ocean Sr budget

*可児 智美[1]、磯崎 行雄[2]、三澤 啓司[3]、石川 晃[4]、米田 成一[5]
*Tomomi Kani[1], Yukio Isozaki[2], Keiji Misawa[3], Akira Ishikawa[4], Shigekazu Yoneda[5]

1. 熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）、2. 東京大学大学院総合文化研究科、3. 国立極地研究所、4. 東京工業大学理学院、5. 国立科学博物館理工学研究部
1. Kumamoto University, 2. The University of Tokyo, 3. National Institute of Polar Research, 4. Tokyo Tech, School of Science, 5. National Museum of Nature and Science

ペルム紀中期後期海水のδ^{88}Srと^{87}Sr/^{86}Sr記録:大量絶滅期の海洋Sr収支変化

キーワード：ペルム紀、Sr同位体、炭酸塩
Keywords: Permian, Sr isotope, carbonate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パンサラサ海遠洋域における後期三畳紀カーニアン湿潤化イベントにより形成された層状マンガン鉱床

Formation of stratiform manganese deposits during the Carnian (Late Triassic) “pluvial event” in the pelagic Panthalassa

*冨松 由希[1]、尾上 哲治[2]、山下 大輔[3]、野崎 達生[4,5,6,7]、高谷 雄太郎[8]
*Yuki Tomimatsu[1], Tetsuji Onoue[2], Daisuke Yamashita[3], Tatsuo Nozaki[4,5,6,7], Yutaro Takaya[8]

1. 熊本大学大学院自然科学研究科、2. 熊本大学大学院先端科学研究部、3. 薩摩川内市役所、4. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5. 東京大学大学院工学系研究科 資源・エネルギーフロンティアセンター、6. 神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻、7. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、8. 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科
1. Graduate school of Science and Technology, Kumamoto University, 2. Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University , 3. Satsumasendai City Office, 4. Research and Development Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Frontier Research Center for Energy and Resources (FRC- ER), Graduate School of Engineering, Tokyo University, 6. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 7. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 8. Department of Resources and Environmental Engineering School of Creative Science and Enginerring, Waseda University

Stratiform manganese deposits have been reported from the Triassic bedded chert sequences in the Japanese accretionary complexes, which are considered to have accumulated in a mid–oceanic basin of the Panthalassa Ocean.However, their precise mineralization age and depositional environment remain poorly understood. In the present study, we investigated lithostratigraphy, conodont and radiolarian ages, and geochemistry of bedded cherts and chert-hosted manganese deposits from the Jurassic accretionary complexes (Chichibu, Mino–Tamba, and Northern Kitakami Belts) in Japan.
The studied sequences are classified into three to four lithostratigraphical units; lower bedded chert, massive chert, manganese ore (30-150 cm thick), and upper bedded chert units in ascending order. Radiolarian fossils from the lower bedded chert unit indicate the Early Carnian age, based on the occurrence of *Capnuchosphaera deweveri*and *C. triassica*, whereas the upper bedded chert unit contains Late Carnian radioralian species, including *Poulpus carcharus*and *Trialatus megacornutus*. Conodonts extracted from the upper bedded chert unit also include Late Carnian species, such as *Paragondolella praelindae*and*Metapolygnathus praecommunisti*. These occurrences of microfossils suggest that the sedimentary age of the manganese ores can be constrained from the late Early Carnian to early Late Carnian. Chemical compositions of the manganese ore are characterized by the enrichments in Mn and low concentrations of Co, Ni, and Zn. These geochemical features are similar to those in modern submarine hydrothermal manganese deposits. On the other hand, highly enrichments in V, Ni, Zn, U, and high U/Th ratio were recognized in the massive chert unit below the manganese ores, which indicate deposition under a reducing depositional environment.
Our biostratigraphic and geochemical analyses indicate that a redox state change from anoxic to oxic environments occurred in a pelagic deep seafloor in the late Early to early Late Carnian. This interval is known as a period of increased rainfall, named the Carnian Pluvial Event (CPE) in the western Tethys. CPE is characterized by the increased continental weathering which led to the increased nutrient flux and triggered the development of anoxia. It is likely that the Upper Triassic manganese deposits may have been formed during recovery from the reducing environment associated with the CPE.

キーワード：層状マンガン鉱床、三畳紀、カーニアン湿潤化イベント、ジュラ紀付加体、微化石、地球化学

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Stratiform manganese deposit, Triassic, Carnian Pluvial Event, Jurassic accretionary complex, Microfossil, Geochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

白亜紀ー古第三紀境界粘土層における親銅元素の異常濃縮
Enrichment of chalcophile elements in Cretaceous–Paleogene boundary clays

*丸岡 照幸[1]、西尾 嘉朗[2]
*Teruyuki Maruoka[1], Yoshiro Nishio[2]

1. 筑波大学 生命環境系、2. 高知大学 農林海洋科学部
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Research and Education Faculty, Kochi University

白亜紀ー古第三紀(K-Pg)境界に相当する時代に隕石衝突が起こったことは様々な地球科学的証拠から示されているが，隕石衝突後の地球の環境変化を含めて大量絶滅を引き起こした直接的な要因については明確になっていない。K-Pg境界は、Ir、Osなどの親鉄元素の異常濃縮で特徴づけられるが、Cu、Zn、Asなどの親銅元素にも異常濃縮が見出されている。親鉄元素の元素比はコンドライトと同様の比であり、この親鉄元素は衝突した隕石に起因することが分かっている。一方で、親銅元素/親鉄元素の比は1-2桁程度コンドライトにおける比よりも高くなっている。このために親銅元素は隕石成分だけでは説明がつかない。本研究ではK-Pg境界粘土層に含まれる主要・微量元素組成をもとに、親銅元素過剰を生み出すメカニズムを議論する。

K-Pg境界粘土層の主要・微量元素濃度は近接する露頭から得られた試料でさえも一定ではなく、いくつかの元素濃度間に相関関係を見出すことができた。この相関は2成分の混合で説明可能である。一方は親銅元素・Feに富んだ成分で、他方はCaに富んだ成分であった。Ag, Cu, Pb, Irに関してはこの2成分以外にさらに1成分が必要であった。K-Pg境界粘土層に含まれる親銅元素は、鉄に富む成分、Ag, Cu, Pbに富む成分として存在している。

境界粘土層は鉄酸化物/水酸化物の微粒子に富んでいることがあり、このような粒子は隕石衝突に伴う衝撃加熱で生じた凝縮物だと考えられている。鉄酸化物/水酸化物は貧酸素な海洋底に到達すると還元され、硫化物として堆積物に固定される。鉄酸化物/水酸化物は海水中の親銅元素を捕集することが知られており、捕集されていた親銅元素は硫化物に取り込まれる。Feに伴われる親銅元素はこのようなプロセスを経て、境界粘土層に濃縮したと考えられる。一方、Ag, Cu, Pbは閃亜鉛鉱や方鉛鉱などの酸可溶硫化鉱物に濃縮しやすい元素であるため、隕石衝突直後に起きた酸性雨により溶解し、海洋に流入した成分であると考えられる。これらの親銅元素に富む2成分は衝突加熱、酸性雨といった隕石衝突に関連する事象により生じたことになる。

キーワード：隕石衝突、衝突加熱、酸性雨
Keywords: meteorite impact, impact heating, acid rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

*磯崎 行雄[1]
*Yukio Isozaki[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系
1. Department of Earth Science and Astronomy, Multi-disciplinary Sciences - General Systems Studies, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

This paper reviews possible causes proposed for the double-stepped extinction in regard of the current status of mass extinction studies. Causes of extinction can be grouped into four categories; from small to large scale, Caterogry 1 to Category 4. Category 1 –direct kill mechanism, Category 2 –global environmental change, Category 3 –trigger on the planet’s surface, and Category 4 –ultimate cause. Among the Big-5 mass extinctions of the Phanerozic, two events in the Paleozoic, i.e.,the Hirnantian (Ordovician) and end-Guadalupian (Permian) events, show significant similarities in various aspects. Biological and non-biological aspects unique to these two distinct events include changes in biodiversity, isotope ratios (C, Sr *etc.*) of seawater, sea level, ocean redox state, episodic volcanism, and geomagnetism. In particular, the similar appearance of global cooling (Category 2) suggests the same cause and processes were likely responsible for the biodiversity drop. In addition to the most prevalent scenario of mantle plume-generated large igneous provinces (LIPs) (Category 3) for the end-Permian extinction, an emerging perspective of cosmoclimatology is introduced with respect to astrobiology. Galactic cosmic radiation (GCR) and solar/terrestrial responses in magnetism (Category 4) could have had a profound impact on Earth’s climate, in particular, on extensive cloud coverage (irradiance shutdown). Furthermore, the star-burst events detected in the Milky Way Galaxy apparently coincide in timing with the cooling-associated major extinctions of the Phanerozoic and also with the Proterozoic snowball Earth episode. As an ultimate cause (Category 4) for major extinction, the episodic increase in GCR flux from the source (dark clouds derived from star-burst) against the geomagnetic shield likely determined the major climate changes, particularly global cooling in the past. The study of mass extinctions on Earth is entering a new stage with a new astrobiological perspective.

キーワード：大量絶滅、グローバル寒冷化、銀河宇宙線、絶滅原因
Keywords: mass extinction, global cooling, GCR, extinction cause

©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

9:00 ~ 9:15

[MIS10-01] リン酸八カルシウム(OCP)ブロックの溶解析出反応による調製とその生物学的評価

*杉浦 悠紀[1]、Munar Melvin[2]、石川 邦夫[2] (1.産業技術総合研究所、2.九州大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS10-02] 生物由来の微細組織を利用した新しい水産廃棄物処理プロセスと化学蓄熱材料の開発

*小畠 秀和[1]、桐原 慎二[1] (1.弘前大学　地域戦略研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS10-03] プラズモン光ピンセットによる有機分子の結晶化操作と二段階溶解過程の発見

*新家 寛正[1]、杉山 輝樹[2,3,4]、田川 美穂[5]、宇治原 徹[5]、宮本 克彦[6,7]、尾松 考茂[6,7]、野澤 純[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学金属材料研究所、2.国立交通大学応用化学系、3.国立交通大学新世代効能性物質研究中心、4.奈良先端科学技術大学院大学物質創生科学領域、5.名古屋大学未来材料・システム研究所、6.千葉大学分子キラリティー研究センター、7.千葉大学大学院工学研究院)

9:45 ~ 10:00

[MIS10-04] Investigation of liquid cell transmission electron microscopy combined with antisolvent crystallization

*山﨑 智也[1]、木村 勇気[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

10:00 ~ 10:30

[MIS10-05] DNAガイドのナノ粒子結晶化：結晶化条件の最適化と構造解析

★招待講演

*田川 美穂[1]、小島 憧子[1]、鷲見 隼人[1]、西部 愛里紗[1]、磯貝 卓巳[1]、横森 真麻[2]、原田 俊太[1]、宇治原 徹[1]、塚本 勝男[1] (1.名古屋大学、2.東京大学)

リン酸八カルシウム(OCP)ブロックの溶解析出反応による調製とその生物学的評価

Fabrication of octacalcium phosphate block through a dissolutionprecipitation reaction and its biological evaluation

*杉浦 悠紀[1]、Munar Melvin[2]、石川 邦夫[2]
*Yuki Sugiura[1], Munar L Melvin[2], Kunio Ishikawa[2]

1. 産業技術総合研究所、2. 九州大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Kyushu University

Although octacalcium phosphate (OCP) powder and a collagen/gelatin composite demonstrate good potential as bone substitutes, an OCP block has not been fabricated to date. In this study, the feasibility of fabricating an OCP block was evaluated through a dissolution-precipitation reaction using a calcium sulfate hemihydrate (CSH) block as a precursor. When the block was immersed in a phosphate salt solution, its composition changed to that of OCP, while its structure was maintained. The diametral tensile strength (DTS) of the OCP block was 1.0 ±0.2 MPa. The macroporosity and microporosity of the OCP block were 33.4 ±4.5% and, 69.0 ±1.6%, respectively. New bone attached well to the OCP block, and this block was partially replaced by bone 2 weeks after implantation. Four weeks after implantation, the surface of the OCP block was nearly covered with new bone and ~30% of the block was replaced by new bone, while no replacement by bone was observed in the case of a hydroxyapatite (HAp) block used as a control. It is concluded that OCP blocks are potentially suitable for their use as artificial bone substitutes.

キーワード：リン酸カルシウム、人工骨、バイオマテリアル
Keywords: Calcium phosphate, bone substitute, biomaterial

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

生物由来の微細組織を利用した新しい水産廃棄物処理プロセスと化学蓄熱材料の開発

Development of optimized incineration process of fisheries waste for synthesizing a functional heat storage material

*小畠 秀和[1]、桐原 慎二[1]
*Hidekazu Kobatake[1], SHinji Kirihara[1]

1. 弘前大学　地域戦略研究所
1. Hirosaki University Institute of Regional Innovation

貝殻などの水産廃棄物は主に炭酸カルシウムからなる。これらの一部は肥料、飼料などに利用されているが、大部分は1000℃以上の高温で焼却処分されている。この焼却処分には大量の燃料とコストが必要なため、水産廃棄物の処理問題は水産業における大きな負担となっている。持続可能な地域の水産業を維持するためには、この焼却プロセスの省エネ化と、水産廃棄物の新しい利活用法の開拓が重要である。

著者らはすでに、これら貝殻などの焼成は、純粋な炭酸カルシウムに比べ最大70℃程度低い温度でも酸化カルシウムへの熱分解が可能であることを見出している。そこで本研究では、貝殻など水産廃棄物の熱分解温度を実験的に測定し、この分解反応における速度論的考察を試みた。また、貝殻等の焼成によって得られる酸化カルシウムの新しい利用法の開拓に向けて、化学蓄熱材としての評価を行ったので、その結果について報告する。

洗浄後、粒径を63-125 μmに粉砕したホタテ、マガキの貝殻およびキタムラサキウ棘と純度99.95% のカルサイト試薬数十 mgをAr雰囲気下で5℃/min、 から40℃/minの速度で昇温させながら酸化カルシウムへの熱分解速度を示差走査熱量測定で調べた。昇温速度と反応終了温度との関係から各試料の熱分解反応の活性化エネルギーおよび頻度因子を評価した。

また、焼成によって得られたカルシウムの蓄熱材としての機能を評価するために、ホタテガイ、マガキ、キヌマトイガイ、ウズマキゴカイおよびキタムラサキウニ(棘)を電気炉内で1000℃、2時間の加熱で焼成し酸化カルシウムを作成した。得られた酸化カルシウムを水と反応させて水酸化カルシウムを生成した。生成した水酸化カルシウム数十 mgをAr雰囲気下で20℃/minの昇温速度で加熱してDSCによる熱測定を行い、これらの熱分解挙動を調べた。各試料に対して3回測定を行い、測定した温度の標準偏差を不確かさとして評価した。

各種の殻や棘の熱分解反応の終了温度は、昇温速度に依存した。カルサイト試薬では819℃から926℃、ホタテガイでは785℃から907℃、マガキでは761℃から887℃、キタムラサキウニの棘では761℃から880℃へと昇温速度が速くなるに従い、高くなった。試料毎の熱分解反応の活性化エネルギーには8%程度の違いしか見られなかった。よってこの反応終了温度の違いは主に頻度因子によって生じていると考えられる。

一方、水酸化カルシウムの熱分解挙動ではカルサイト試薬およびホタテガイから生成した水酸化カルシウムの熱分解終了温度が最も高く、510℃以上の温度が必要である。ウズマキゴカイ、マガキ、キヌマトイガイの順に熱分解終了温度は低下し、ウニの棘から生成した水酸化カルシウムが500℃以下の最も低い温度で熱分解した。

このことから、種による反応終了温度の差異は、試料中の微量成分などの化学的性質によるものではなく、それぞれの種に固有な微細構造によってもたらされる表面積の違いなどによって引き起こされたと考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

以上の結果より、貝殻等は、カルサイト試薬の熱分解温度よりも低温で分解できるだけでなく、カルサイト試薬から得られる材料よりも反応性が高い酸化カルシウムや水酸化カルシウムが貝殻の焼成によって得られることが分かった。 この違いは貝殻等の微細構造によって生じたと考えられる。また貝殻等の粒度調整によって、焼却温度をより低下できること、反応性の異なる酸化カルシウムや水酸化カルシウムを得ることができるが可能性が示唆された。

キーワード：カルサイト、貝、熱分解
Keywords: Calcite, Shell, Thermal decomposition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

プラズモン光ピンセットによる有機分子の結晶化操作と二段階溶解過程の発見

“Manipulated” Organic Crystallization and Two-step Dissolution Process Attained by Plasmonic Optical Tweezers

*新家 寛正[1]、杉山 輝樹[2,3,4]、田川 美穂[5]、宇治原 徹[5]、宮本 克彦[6,7]、尾松 考茂[6,7]、野澤 純[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1]
*Hiromasa Niinomi[1], Teruki Sugiyama[2,3,4], Miho Tagawa[5], Toru Ujihara[5], Katsuhiko Miyamoto[6,7], Takashige Omatsu[6,7], Jun Nozawa[1], Junpei Okada[1], Satoshi Uda[1]

1. 東北大学金属材料研究所、2. 国立交通大学応用化学系、3. 国立交通大学新世代効能性物質研究中心、4. 奈良先端科学技術大学院大学物質創生科学領域、5. 名古屋大学未来材料・システム研究所、6. 千葉大学分子キラリティー研究センター、7. 千葉大学大学院工学研究院
1. Institute for Materials Research, Tohoku University, 2. Department of Applied Chemistry, National Chiao Tung University, 3. Center for Emergent Functional Matter Science, National Chiao Tung University, 4. Division of Materials Science, Nara Institute of Science and Technology, 5. Institute of Materials and Systems for Sustainability (IMaSS), Nagoya University, 6. Molecular Chirality Research Center (MCRC), Chiba University, 7. Graduate School of Engineering, Chiba University

Spatiotemporal control of crystallization from a solution is often required for detailed exploration on mechanism of early stage of crystallization because the stochastic nature of nucleation process hinders us to chase its early stage. Recently, laser trapping-induced crystallization technique has received increasing attention as a possible candidate to realize spatiotemporally controllable crystallization.[1] In the technique, the crystallization is induced by trapping molecular clusters in a solution with optical tweezers, in which dielectric tiny particles are captured by electrical field gradient force generated by tightly focusing laser light by optical lens. This technique has actually demonstrated forced nucleation of various organic molecules from an unsaturated mother solution at the focal spot. Although recent progress of nanoscience including research on nucleation dynamics demands precise manipulation of nanoscopic objects, the conventional optical tweezers, electrical field gradient force of which relies on the focusing the laser by optical lens, has a limitation of diffraction limit on focusing the light. To overcome the limit, the use of near-field generated by localized surface plasmon resonance, which is collective oscillation of free electrons on surfaces of metal nanoparticles when light impinges on the nanoparticle, has been proposed. [2] Because the near-field is confined in nanoscale, the light focusing beyond the diffraction limit can be achieved consequently, allowing us to capture the smaller particles much tightly than the conventional method. However, the plasmonic optical tweezers has never been applied to crystallization. Here we applied plasmonic optical tweezers to crystallization of acetaminophen molecule from an aqueous solution.

Figure 1 shows schematic illustration of experimental setup. Periodic Au nanolattice the unit structure of which is gammadion with the size of 500 nm was fabricated on a cover glass by electron beam lithography. An aqueous solution of acetaminophen saturated at room temperature (24°C) was dropped on the Au nanolattice, and then solution thin layer supported by the nanolattice was formed by capillarity. Near-infrared continuous-wave left-handed circularly polarized laser (1064 nm, 6.4×10^{9} W/m^{2}) was focused to the nanolattice supporting the solution thin layer by passing through an objective lens equipped on an inverted polarized-light optical microscope. In-situ microscopic observation for the vicinity of the focal spot was also performed simultaneous with the laser irradiation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Figure 2 shows time-lapse micrographs of the in-situ observation in the vicinity of the focal spot. After the laser irradiation, crystals with the size of 1000 ~ 2000 nm were precipitated 19 mm away from the focal spot in annular pattern. The position of the annular pattern moved while following the change of in-plane position of the focal spot via dissolution/precipitation process, indicating that position of the crystal is manipulatable. When the plasmon excitation by laser irradiation was stopped, the crystals were disappeared via two-step dissolution process; the crystals first transformed to dense liquid droplets, and then the dense droplet disappeared through molecular diffusion.
Generally, large temperature gradient generates in the vicinity of the focal spot when localized surface plasmon resonance was excited, because of the heat generation through electron-phonon scattering. Thus, the large temperature gradient exerts thermophoretic force outward from the focal spot on acetaminophen molecules. Since the electrical field gradient force attracts the molecules towards the focal spot, the annular-patterned precipitation can be interpreted as the consequence of the balancing the electrical field gradient force as attractive force and the thermophoretic force as repulsive force. Therefore, our observation strongly suggested that plasmonic optical tweezers can precisely control crystallization.
[1] T. Sugiyama *et al.*, *Acc. Chem. Res.* **2012**, 45(11), 1946-1954.
[2] T. Shoji *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* **2014**, 5(17), 2957–2967.

キーワード：プラズモンピンセット、有機分子結晶化、二段階溶解過程
Keywords: Plasmonic Optical Tweezres, Crystallization of Organic Molecule, Two-step Dissolution Process

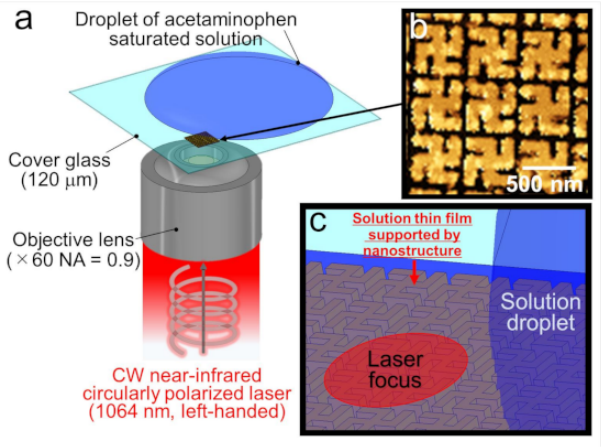


Figure 1 **a** Schematic illustration of the experimental setup **b** Atomic force microscopic image of the plasmonic Au nanolattice **c** Position of the laser focus.

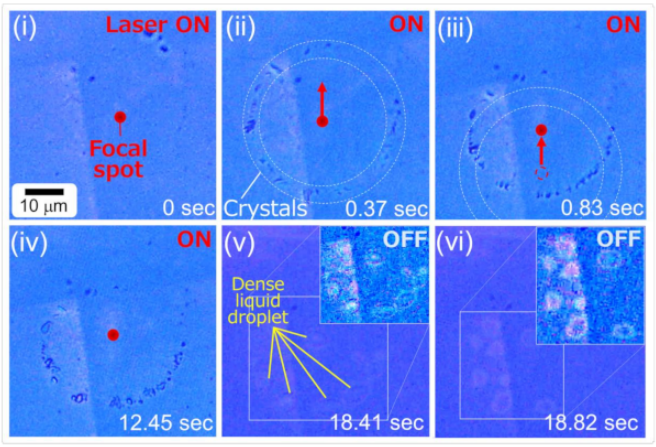


Figure 2 Time-lapse micrographs showing the dynamics of the plasmonic trapping-induced crystallization and the two-step dissolution process.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of liquid cell transmission electron microscopy combined with antisolvent crystallization

*山﨑 智也[1]、木村 勇気[1]
*Tomoya Yamazaki[1], Yuki Kimura[1]

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science Hokkkaido University

Crystallization of salts in solutions is a quite common phenomenon in the earth and is important not only for production of materials but also for understanding geochemical processes. However, initial stage of crystallization, called nucleation, is not fully understood and numerous studies to understand the process have been reported. Recently, multistep nucleation pathway, which formations of one or more metastable phases are required on the route to a formation of a crystalline phase, have been proposed. Liquid cell transmission electron microscopy (TEM) is a promising method for observing the nucleation process directly because the spatial resolution of this method is under nanometer scale. More recently, multistep nucleation pathways of the crystals of calcium carbonate [1] and lysozyme protein [2] have been revealed by liquid cell TEM. However, capturing a moment of a nucleation event is quite difficult because the observable area of the method is small ($< 100\ \mu m^2$) and a nucleation event is typically very rare in the tiny volume within the area. In order to observe nucleation events efficiently, a supersaturation of a sample solution should be increased with observing the solution. To create the situation, we applied the anti-solvent crystallization technique, which crystallize the solute to add the solvent with the extremely low solubility of the solute (anti-solvent), to liquid cell TEM and tried to observe the nucleation event of a salt crystal.

We used the TEM holder (Poseidon 300, Protochips Inc.) and the liquid cells of silicon chips equipped with thin silicon nitride windows. Aqueous solution of sodium chlorate under equilibrium at room temperature was enclosed in the liquid cell. The TEM holder has two injection ports of liquid, and one of the ports was filled by acetone as the anti-solvent of sodium chlorate. After starting the observation of the sample solution, acetone was injected by syringe pump for mixing the aqueous solution in the liquid cell.

Using the methods, we succeeded in observing the nucleation events of crystals. In this presentation, we will report the detailed analysis of crystals and the nucleation processes.

Acknowledgement

This work was supported partly by Grant for Basic Science Research Projects from The Sumitomo Foundation (Grant Number 170738) and JSPS KAKENHI Grant Numbers JP15H05731 and JP18J01470. T.Y. is grateful for the JSPS Research Fellowship for Young Scientists.

References

[1] M. H. Nielsen *et al.*, *Science* **345** (2014), 1158.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] T. Yamazaki *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **114** (2017), 2154.

キーワード：溶液セル透過型電子顕微法、結晶成長、溶液成長、貧溶媒晶析
Keywords: liquid cell transmission electron microscopy, crystal growth, solution growth, anti-solvent crystallization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DNAガイドのナノ粒子結晶化：結晶化条件の最適化と構造解析
DNA-guided crystallization of nanoparticles: optimization of crystallization conditions and structure analysis

*田川 美穂[1]、小島 憧子[1]、鷲見 隼人[1]、西部 愛里紗[1]、磯貝 卓巳[1]、横森 真麻[2]、原田 俊太[1]、宇治原 徹[1]、塚本 勝男[1]
*Miho Tagawa[1], Shoko Kojima[1], Hayato Sumi[1], Arisa Nishibu[1], Takumi Isogai[1], Maasa Yokomori[2], Shunta Harada[1], Toru Ujihara[1], Katsuo Tsukamoto[1]

1. 名古屋大学、2. 東京大学
1. Nagoya University, 2. The University of Tokyo

Due to the programmability and self-assembly characteristic, DNA is a powerful tool for guiding the assembly of nanometer-sized particles into large-scale ordered structures. Recently, DNA-guided nanoparticle crystallization has been demonstrated and many types of crystal structures have been created[1-3]. By changing particle size ratio, DNA length and complementarity, particles assemble into different types of crystals. By TEM imaging after silica encapsulations, Mirkin et al. confirmed that some of DNA-guided nanoparticle crystals assembled into wulff polyhedra in solution[3]. However, it is crucially difficult to grow large-scale wulff polyhedral single crystal of DNA-functionalized nanoparticles (DNA-NPs) with size up to several microns. Herein, we demonstrate the optimization of solution composition on DNA-NP crystal growth, specifically the effect of sodium chloride concentration and polyethylene glycol (PEG) addition into DNA-NP colloidal solution.

Au nanoparticles of diameter 7 nm were functionalized with two different sequenced thiolated-DNA strands (DNAa and DNAb), respectively. These DNA-functionalized nanoparticles, DNA-NPa and DNA-NPb, were combined with linker DNA strands, which hybridize to complementary sequences of DNAa and DNAb (Figure 1). The mixed solutions were adjusted under different sodium chloride concentration (100, 300, 500, 700 and 900 mM) and by adding PEG with different molecular weights (1000, 4000 and 8000) and subsequently heated to 65 ºC and then slowly cooled back to 25 ºC. The crystal structure of assembled DNA-NP superlattices were analyzed by small angle x-ray scattering (SAXS) and imaged by scanning electron microscope (SEM).

We confirmed the crystal structure of assembled DNA-NP aggregates was bcc by analyzing peak positions of SAXS 1D curves. The differences were seen in SAXS and SEM data with different samples under different sodium chloride concentrations. Relatively large wulff polyhedral single crystals of DNA-NP superlattices were assembled in buffer solution under 500 mM NaCl. The significant differences were seen in SAXS and SEM data with different samples by adding PEG with different molecular weights. DNA-NP superlattices assembled in the buffer solution with PEG 1000 showed a clear SAXS 1D curve which indicates bcc structure (Figure 2) and a significant increase in average crystal size were confirmed by SEM (Figure 3).

We will also present the recent progress on the formation of lattice using DNA-NPs linked by DNA polyhedral constructs. DNA polyhedron has symmetrical connecting bonds and plays a determining role in the inter-particle bonding; that allows for control of particles coordination. DNA nanostructure-directed crystallization has a power of the proposed approach for assembly of complex nanoparticle lattices[4].

[1] D. Nykypanchuk et al., *Nature* **451**, 549-552 (2008).
[2] S. Y. Park *et al.*, *Nature* **451**, 553-556 (2008).
[3] R. J. Macfarlane *et al.*, *Science* **334**, 204-208 (2011).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[4] W. Liu *et al.*, *Science* **351**, 582-586 (2016).

キーワード：DNA、ナノ粒子、小角散乱、コロイド結晶成長
Keywords: DNA, Nanoparticles, SAXS, colloidal crystallization

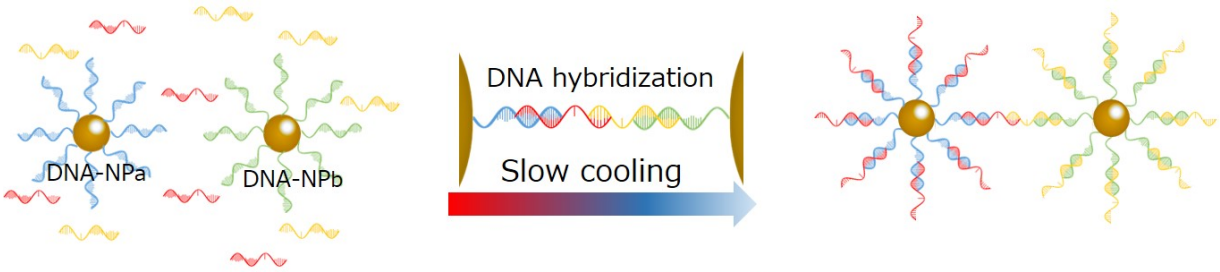


Figure 1. DNA-NP assembly

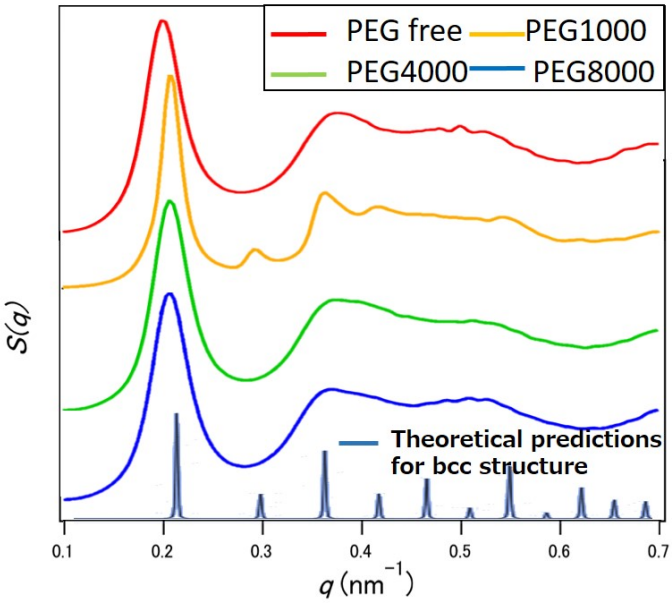


Figure 2. SAXS analysis of DNA-NP aggregates with PEG of different weights as additives

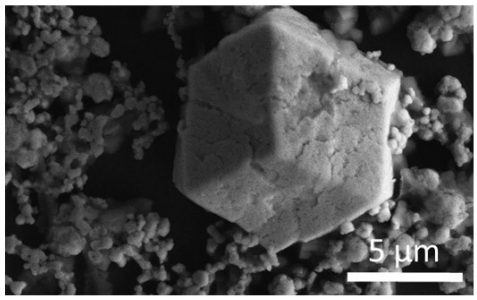


Figure 3. SEM image of DNA-NP superlattice

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:佐藤 久夫

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

10:45 ~ 11:00

[MIS10-06] 2元系コロイド結晶の成長メカニズム

*野澤 純[1]、郭 素霞[1]、新家 寛正[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS10-07] ノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクス

*麻川 明俊[1]、畝田 廣志[1]、越後 至[1]、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

11:15 ~ 11:30

[MIS10-08] 天然アルカリ環境において生成した低結晶質マグネシウムケイ酸塩の観察とフロースルー実験

*西木 悠人[1]、新橋 美里[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[MIS10-09] Homogeneous Nucleation from Vapor in Al-O Binary System

*石塚 紳之介[1]、川野 潤[2]、山﨑 智也[3]、羽馬 哲也[3]、木村 勇気[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学大学院理学研究科、3.北海道大学低温科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS10-10] Birth-and-spread成長機構におけるヒステリシス

*三浦 均[1] (1.名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)

12:00 ~ 12:15

Discussion

2元系コロイド結晶の成長メカニズム
Growth mechanism of binary colloidal crystals

*野澤 純[1]、郭 素霞[1]、新家 寛正[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1]
*Jun Nozawa[1], Suxia Guo[1], Hiromasa Niinomi[1], Junpei Okada[1], Satoshi Uda[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

Colloidal crystals have been attracted great attention from wide application fields owing to their unique optical properties. Now, varieties structures of the colloidal crystal, e.g. non-closed packed structure, are significantly demanded for diverse applications. For this ends, to grow binary colloidal crystal is promising method since it displays rich structural diversity. However, in contrast to single component system, growth mechanism of binary system of colloidal crystals is poorly understood. Also, to grow large size of binary colloidal crystals with high crystallinity is still difficult. In this study, in-situ observation is conducted to reveal detailed growth process of binary colloidal crystals. Then, growth mechanism is discussed.
Polystyrene particles are employed in the experiment. Green fluorescent particles with 500 nm and red with 700 nm are employed. Crystallization of colloidal crystals is induced by depletion attraction.
We have found several features on the growth of binary colloidal crystals. First, it grows on substrate. The AB_2 structure (A: 700 nm, B: 500 nm) is found to be grown by utilizing crystals composed only of 700 nm particles. The AB_2 crystals also grow on crystals of 500 nm. The specific crystallographic orientations between those crystals are recognized. Combination of orientations between AB_2 and substrate are classified into four types. Heteroepitaxial growth is found to occur for growth of AB2 structure. Second, growth rate of binary colloidal crystals is quite small compare to that of single component system under the same particle concentration. We think this is attributed to complex structure of the crystals, which requires each particle incorporating to their own site. This process is not required for crystals composed of single component. Third, cluster formation at the interface is recognized. The ordered structure composed only of 500 nm is formed at growing interface. Particles of 700 nm is incorporated into the ordered structure generates AB_2 structure.
These observations provide great hints to reveal overall growth mechanism of binary colloidal crystals, which will lead to establish sophisticated growth technique to grow large and high quality crystals.

キーワード：コロイド結晶、結晶成長
Keywords: Colloidal crystal, Crystal growth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクス
Solution-Mediated-Transformation Kinetics of Norsethite

*麻川 明俊[1]、畝田 廣志[1]、越後 至[1]、小松 隆一[1]
*Harutoshi Asakawa[1], Hiroshi Uneda[1], Itaru Echigo[1], Ryuichi Komatsu[1]

1. 山口大学大学院創成科学研究科
1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation Yamaguchi University

ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$は従来の圧電結晶や光学結晶より高い複屈折を示すため、音響光学素子や波長変換素子としての利用が期待できる。ノルセサイトを素子材料として検討するためには、数mmの結晶サイズが必要であるが、これまで誰も数mmサイズのノルセサイトを人工的に育成できていないのが現状である。その要因の一つとして、ノルセサイトは溶液媒介相転移により生成するため、結晶化の駆動力の制御が一つの結晶を育成する場合に比べ複雑であることが挙げられる。そこで、本研究では、偏光顕微鏡観察、X線回折測定(XRD)、pH計測によりノルセサイトや準安定結晶のウィッセライト$BaCO_3$の誘導期を計測し、求めた核生成頻度と過飽和度の関係からノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクスの特徴について調べた。

誘導期の計測では、0.3M $BaCl_2 \cdot 2H_2O$、0.3M $MgCl_2 \cdot 6H_2O$、0.125M $NaHCO_3$を順番に、50～90℃の純水200mLに混合し、沈殿物の経時変化をEx-situで偏光顕微鏡観察、XRD測定した。また、溶液内のCO_3^{2-}濃度の変化を検出するため、pHを計測した。更に上澄み液のICP発光分光分析や全有機炭素測定(TOC)を用い、Ba^{2+}、Mg^{2+}、CO_3^{2-}を計測し、溶液内の過飽和度を求めた。

溶液中に種々の試料を添加直後、針状のウィッセライト$BaCO_3$が瞬間的に生成した。その後、ノルセサイトはウィッセライトの溶解を介して生成することを光学顕微鏡観察及びXRD測定により確認した。更に回折プロファイルの解析から、ノルセサイトの誘導期を計測した。ノルセサイトの誘導期は温度の増加と共に減少した。溶解度の結果と比較すると、これはノルセサイトとウィッセライトの溶解度差が温度の増加と共に増加していくことが要因の一つと分かった。また、得られた誘導期から核生成頻度を計算し、ノルセサイトの界面自由エネルギー等の物理量を求め、ウィッセライトの物理量と比較した。当日は解析の詳細について報告する。

キーワード：ノルセサイト、溶液媒介相転移
Keywords: Norsethite, Solution-mediated transformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天然アルカリ環境において生成した低結晶質マグネシウムケイ酸塩の観察とフロースルー実験

Formation of low-crystalline magnesium silicate in natural alkaline environment and flow-through experiments

*西木 悠人[1]、新橋 美里[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2]
*Yuto Nishiki[1], Misato Shimbashi[1], Tsutomu Sato[2], Tsubasa Otake[2]

1. 北海道大学大学院工学院、2. 北海道大学大学院工学研究院
1. Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

はじめに

低温環境（25-200℃）におけるマグネシウムケイ酸塩の生成は、今日様々な分野において注目されている。低温でのMgO-SiO_2-H_2O系における反応において、従来はセピオライトや蛇紋石といった結晶質のマグネシウム粘土鉱物の生成が考えられてきたが、近年では低結晶質なマグネシウムケイ酸塩の生成が考えられるようになってきている[1]。この種の低結晶質ケイ酸塩は多くの研究者や技術者によって精力的に研究されてきた。例えば、低結晶質カルシウムケイ酸塩はC-S-H（カルシウムシリケート水和物）として、アルミニウムケイ酸塩はアロフェンやイモゴライトとして既に知られている。これらは天然で産出される鉱物と実験的合成物の両面から研究されていたが、一方で、マグネシウムに関する低結晶質ケイ酸塩の研究はまだ始まったばかりであり、その地球化学的性質の理解は不十分であると言える。従って、低結晶質マグネシウムケイ酸塩の生成しうる多種多様な工学的場面（石油増進回収[2]、CO_2地中貯留[3]、地熱発電[4]、コンクリートの配合[5]、放射性廃棄物地層処分[6]、環境汚染処理[7]など）では、その生成自体が、業界の度肝を抜いた事件であり、工学技術の向上のためにその地球化学的性質の理解が喫緊の課題である。少し毛色の違う分野としては、惑星科学の分野でも、火星の表層環境[8]や星間ダストの水質変成過程[9]においても生成されることが知られているため、この研究は幅広い学術的分野において応用できると考えられる。

フィールド調査

本研究においては、始めに、天然環境において低結晶質マグネシウムケイ酸塩が生成することを確認した。北海道神居古潭帯の赤岩青巌峡の蛇紋岩の表層より流出したアルカリ地下水の作用で生成された沈殿物を採取して分析を行った。バルクで分析したＸ線回折プロファイルからは生成物に関する明確なピークは見られなかったが、電子顕微鏡（電界放射型走査電子顕微鏡および透過電子顕微鏡；TEM）での観察から低結晶質マグネシウムケイ酸塩の粒子を確認することができた。TEMのエネルギー分散型X線分析よりその粒子はMg, Si, Oから成ることが判明し、電子線回折図よりブロードなハローリングが得られたため、低結晶質のマグネシウムケイ酸塩であることが証明できた。更に、採取した溶液試料の分析より、それらはアルカリ性（$9.50 < pH < 10.67$）であり、低結晶質マグネシウムケイ酸塩相（マグネシウムシリケート水和物[10]）に飽和であった。

フロースルー実験

次に、上記の天然での沈殿反応を実証し速度論的考察を深めるため、開放系でのフロースルー実験を行った。溶存シリカ1.5mMのアルカリ水溶液を反応容器中の粉末状MgOに定流量で供給した。反応後の固体物質からは、TEM観察より同様に低結晶性マグネシウムケイ酸塩を確認した。更に、反応後の採取した溶液濃

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

度から、マグネシウム鉱物（初期物質）の溶解速度とマグネシウムケイ酸塩（二次生成物）の生成速度を算出した。マグネシウムケイ酸塩の生成速度はマグネシウム鉱物の溶解速度よりも遥かに大きい結果を得たことから、溶存シリカが十分にあればマグネシウムケイ酸塩は瞬時に生成し、マグネシウム鉱物の溶解が律速過程となっていることがわかった。本実験ではマグネシウム鉱物としてMgOのみを使用しているが、MgOの溶解速度は他のどのマグネシウム鉱物（橄欖石や輝石など）の溶解速度よりも大きい為、上記の考察は一般的に全てのマグネシウム鉱物に対して適用できる。即ち、本実験は、赤岩青巌峡だけでなく、岩石や土壌中の鉱物からのマグネシウムの供給により低結晶性マグネシウムケイ酸塩が生成するあらゆる場所において、その生成に関する速度論的理解の一助となることがわかる。

引用文献

[1] Roosz et al., 2015, Cement and Concrete Research

[2] Olajire, 2014, Energy

[3] Carroll et al., 2011, Energy Procedia

[4] Spinthaki et al., 2018, Geothermics

[5] Brew and Glasser, 2005, Cement and Concrete Research

[6] Ramirez et al., 2002, Applied Clay Science

[7] Nozawa, Sato, and Otake, 2018, Minerals

[8] Gainey et al., 2017, Nature Communications

[9] 松野ら, 2013, Photon Factory Activity Report

[10] Lothenbach et al., 2018, Cement and Concrete Research

キーワード：マグネシウムケイ酸塩、透過電子顕微鏡、速度論、神居古潭帯、蛇紋石、熱力学的計算
Keywords: Magnesium silicate, Transmission electron microscope, Kinetics, Kamuikotan metamorphic belts, Serpentine, Thermodynamic calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Homogeneous Nucleation from Vapor in Al-O Binary System

*石塚 紳之介[1]、川野 潤[2]、山﨑 智也[3]、羽馬 哲也[3]、木村 勇気[3]
*Shinnosuke Ishizuka[1], Jun Kawano[2], Tomoya Yamazaki[3], Tetsuya Hama[3], Yuki Kimura[3]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学大学院理学研究科、3. 北海道大学低温科学研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

A gaseous molecule can have a chemical formula that is inconsistent with its ability to act as a building block for crystals; for example, hot AlO and AlO_2 vapors cannot solidify directly to crystals. The contributions of such gases to homogeneous nucleation processes are unknown. Using in situ IR spectroscopy on nucleating nanoparticles, we show that a liquid-like behavior of nucleating nanoparticles in the Al–O system induces immiscible phase segregation. In an oxygen-deficient atmosphere, aluminum oxide nanoparticles formed with a unique shape composed of an Al metal head and an anisotropic Al_2O_3 crystalline tail. The anisotropic nanoparticles are larger than Al_2O_3 nanoparticles formed in a sufficient oxygen condition. Fewer nuclei may be available in the supersaturated gas, indicating that homogeneous nucleation is initiated by oxygen-bearing species. The nuclei grow by incorporation of Al-bearing species, changing the composition of the particle as a whole toward an Al-rich material. In situ IR measurements revealed that the degree of anisotropy continues to increase, suggesting that oxygen-bearing species also formed by oxidation on the surface of the molten Al-rich head. The scenario is supported by quantum-chemical calculations indicating that oxygen-deficient $(AlO)_n$ clusters as few as 16 molecules induce aggregation of Al atoms. Because Al metal has a significantly lower melting temperature than Al_2O_3, the immiscibility of the nucleating nanoparticles leads to vapor–liquid–solid growth. Astronomical implication will be given in the presentation.

キーワード：均質核生成、宇宙ダスト
Keywords: Homogeneous Nucleation, Cosmic Dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Birth-and-spread成長機構におけるヒステリシス
Crystal growth hysteresis in birth-and-spread mechanism

*三浦 均[1]
*Hitoshi Miura[1]

1. 名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科
1. Graduate School of Natural Sciences, Department of Information and Basic Science, Nagoya City University

結晶成長において不純物が引き起こす現象のひとつに，成長ヒステリシスが挙げられる。結晶化駆動力（過飽和度や過冷却度）を増加させるときの成長速度が，駆動力を減少させるときと異なって観察される現象である。これは，結晶表面への不純物の「遅い吸着」が原因だと考えられている。成長表面には原子スケールのステップが存在し，そこに原子や分子が取り込まれることによってステップが前進し，一層一層成長する（層成長機構）。結晶表面に不純物が付着すると，ステップ前進を妨げることで結晶成長を阻害する。だが，ステップ前進速度が大きい場合，結晶表面が頻繁に更新されることで吸着不純物が排除され，吸着不純物量が少なくなるのである。不純物の吸着タイムスケールと，結晶表面が更新される間隔（テラス露出時間），このふたつのタイムスケールの競合により，成長ヒステリシスが引き起こされる。

成長ヒステリシスが現れるメカニズムは，平均場理論によって説明された。Punin and Artamonova [1]とMiura and Tsukamoto [2]は，不純物がステップ前進を阻害する効果（pinning効果）と，逆にステップ前進が吸着不純物を排除する効果（impurity sweeping）を定式化し，両者を満足する定常解がある過飽和度範囲において複数存在することを明らかにした。その後，フェーズフィールド法に基づいた数値計算により，ステップ間隔が一定の場合について，各物理量の平均値からの揺らぎを考慮した場合においても平均場理論が予想したとおりにヒステリシスが現れることが確認された[3]。結晶面がらせん成長する場合についても同様の数値計算が実施され，ヒステリシスの出現が確認された[4]。しかし，表面に露出したらせん転位がステップを供給するらせん成長機構に対して，もうひとつの代表的なステップ供給機構である二次元核形成による面成長（birth-and-spread成長機構）については調べられていなかった。Birth-and-spread成長機構は高過飽和度において支配的となる成長機構であり，それに対する不純物効果を明らかにしておくことは重要である。そこで，本研究では，birth-and-spread成長機構におけるヒステリシスについて理論的に検討した。

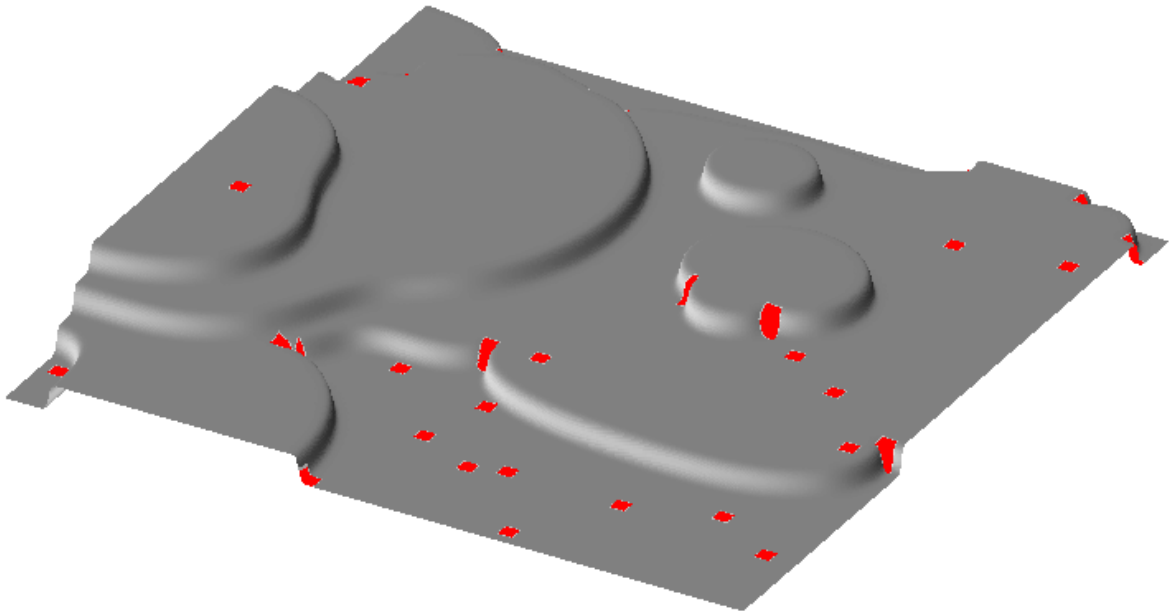
まず，らせん成長機構のときと同様に，平均場理論に基づいてステップ前進速度と吸着不純物量との相互依存関係を定式化した。その結果，ある過飽和度範囲において複数の定常解が存在することを見出した。これは，原理的には成長ヒステリシスが現れうることを示している。続いて，平均場理論で用いた計算条件と同等の条件にてフェーズフィールド法による数値計算を実施した。過飽和度の変化速度の大きさを固定して増減を繰り返したところ，過飽和度減少時と増加時の面成長速度が異なった履歴を辿ることを確認した。また，ヒステリシスが出現する過飽和度範囲は過飽和度の変化速度に依存し，過飽和度をゆっくり変化させるとヒステリシスが検出されにくくなることがわかった。

参考文献：
[1] Y. O. Punin and O. I. Artamonova, *Kristallographiya* **32**, 1262 (1989). [2] H. Miura and K. Tsukamoto, *Cryst. Growth Des.* **13**, 3588 (2013). [3] H. Miura, *Cryst. Growth Des.* **16**, 2033 (2016). [4] 三浦均，日本地球惑星科学連合2017年大会予稿MIS11-P04.

キーワード：結晶成長、ステップ・ダイナミクス、不純物効果、フェーズ・フィールド法

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Crystal growth, Step dynamics, Impurity effect, Phase-field method



©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28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、座長:関根 康人(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、臼井 寛裕

本セッションでは、地球を始めとする惑星や衛星の形成・進化に対して、液体の水が果たした役割を統一的に理解する「水惑星学」に関する研究発表と議論を行う。特に、微惑星での水-鉱物化学反応、原始太陽系での水分布と地球型惑星の水の起源、地球における水循環やその化学的性質の理解、火星の水環境復元、氷衛星における水の挙動と生命生存可能性、水を含む太陽系天体の探査、ハビタブル水惑星の形成・進化など、地球を基礎として太陽系外まで視野に入れた議論が望まれる。

9:00 ~ 9:15

[MIS11-13] A forward modeling of infrared reflectance spectra of asteroids

*黒川 宏之[1]、渋谷 岳造[2]、関根 康人[1]、Ehlmann Bethany[3,4] (1.東京工業大学 地球生命研究所、2.海洋研究開発機構、3.カリフォルニア工科大学、4.ジェット推進研究所)

9:15 ~ 9:30

[MIS11-14] 炭酸塩コンクリーションにおける形成メカニズムと形態条件の推定

*井原 貴之[1]、城野 信一[1] (1.名古屋大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS11-15] 初期火星ゲイルクレータ周辺の地下水循環と水-岩石反応の復元

*野田 夏実[1,2]、関根 康人[1]、丹 秀也[1,2]、渋谷 岳造[3]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3.海洋研究開発機構深海・地殻内生物圏研究分野)

9:45 ~ 10:00

[MIS11-16] 陸惑星におけるハビタブルゾーン

*小玉 貴則[1]、玄田 英典[2]、大石 龍太[3]、阿部 彩子[3] (1.ボルドー大学 、2.東京工業大学地球生命研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[MIS11-17] 海惑星気候の太陽定数依存性の研究: 灰色大気の吸収係数が大きい場合における海洋熱輸送の影響

*河合 佑太[1,2]、高橋 芳幸[1]、石渡 正樹[5]、中島 健介[3]、竹広 真一[4]、樫村 博基[1,6]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、林 祥介[1,6] (1.神戸大学、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.京都大学、5.北海道大学、6.惑星科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[MIS11-18] Water cycle and its evolution: High-speed H_2O transport to upper atmosphere on Mars

★Invited Papers

*中川 広務[1]、青木 翔平[1]、吉田 奈央[1]、寺田 直樹[1]、今村 剛[2]、小郷原 一智[3]、神山 徹[4]、安藤 紘基[6]、野口 克行[5]、宮本 明歩[1]、高見 康介[1]、村田 功[1]、笠羽 康正[1]、IUVS team MAVEN (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.東京大学　大学院新領域創成科学研究科、3.滋賀県立大学　工学部、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所、5.奈良女子大学、6.京都産業大学)

A forward modeling of infrared reflectance spectra of asteroids

*黒川 宏之[1]、渋谷 岳造[2]、関根 康人[1]、Ehlmann Bethany[3,4]
*Hiroyuki Kurokawa[1], Takazo Shibuya[2], Yasuhito Sekine[1], Bethany L Ehlmann[3,4]

1. 東京工業大学 地球生命研究所、2. 海洋研究開発機構、3. カリフォルニア工科大学、4. ジェット推進研究所
1. ELSI, Tokyo Tech, 2. JAMSTEC, 3. Caltech, 4. JPL

The mineral assemblages on asteroids are useful to constrain the aqueous environments, the temperature (T), pressure (P), water to rock ratio (W/R), and bulk chemical composition, existed in them or in their parent bodies. Near- to mid-infrared (IR) reflectance spectroscopy of asteroids contains the information of the surficial minerals in their characteristic absorption features, spectral slopes, and overall brightness or darkness. Recent remote-sensing of asteroids by Hayabusa2, OSIRIS-Rex, and Dawn spacecrafts as well as telescopic observations by AKARI infrared space telescope provided detailed IR reflectance spectra of many types of asteroids. These observations would allow us to discuss the diversity of asteroids in their principle parameter space of paleo-aqueous environments: T, P, W/R, and the bulk chemical compositions. This study aims to connect the observed IR spectra of asteroids to the original bulk compositions and T-Pconditions of them or their parent bodies. We performed a series of chemical equilibrium calculations to obtain the mineral compositions. We computed the model IR reflectance spectra from the obtained mineral compositions. The chemical equilibrium calculations assumed the rocky bulk compositions of CV chondrites. We treated W/R as a parameter (0.2-10). We fixed the relative abundance of volatiles to water. The model IR reflectance spectra were calculated by adopting the radiative transfer theory for granular surfaces. The reflectance of a model mineral assemblage was computed from the weighted average of the single scattering albedos (SSAs) of endmembers. We found that the model reflectance spectra vary according to the equilibrium mineral compositions. Reducing W/R led to the darkening in overall reflectance as the dominant minerals change from bright carbonate to serpentine, gibbsite, and dark phases: pyrite, troilite, magnetite, and organics. The change in the dominant phase is visible in the characteristic absorption features: carbonate at 3.5 micro m and 4.0 micro m and serpentine at 2.7-2.8 micro m. We note that, though carbonate has a broad absorption from 2.7 to 3.2 micro m, the absorption feature of serpentine is sharp and distinguishable.Ammonia-bearing saponite more than a few wt.% shows its characteristic absorption feature at 3.1micro m in the reflectance of mixture. In this presentation, we discuss the implications for Haybusa2 and AKARI observation results.

キーワード：小惑星、近赤外スペクトル
Keywords: Asteroids, Near-infrared spectra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

炭酸塩コンクリーションにおける形成メカニズムと形態条件の推定
Estimation of formation mechanism and morphological condition in calcite concretion

*井原 貴之[1]、城野 信一[1]
*Takayuki Ihara[1], Sin-iti Sirono[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

地層中において特定の物質が沈殿し、それが濃集した団塊をコンクリーションという。火星探査機オポチュニティによりメリディアニ平原でコンクリーションが発見された。火星で発見されたコンクリーションはブルーベリーと呼ばれ、球状で組成は酸化鉄が主体となっている。それによく似たコンクリーションがアメリカのユタ州ナバホ砂岩層、モンゴルのゴビ砂漠で発見されている。それらは鉄コンクリーションと呼ばれている。鉄コンクリーションとブルーベリーはともに酸化鉄の球殻の構造を持っており、非常に似ている。[1]はユタとゴビの鉄コンクリーションの形成メカニズムを調べるためにフィールドワークおよび元素マップの解析を行った。その結果、次のような球状鉄コンクリーションの形成メカニズムを[1]は示した。まず先駆物質として地層中に球状炭酸塩コンクリーションが何らかのメカニズムで形成される。次に鉄イオンが含まれている酸性地下水がそこに流れ込んで、炭酸カルシウムと反応し、球殻状に鉄が沈殿する。さらに火星の鉄コンクリーションも同様のメカニズムではないかと[1]は示した。しかし先駆物質となる球状炭酸塩コンクリーションの形成メカニズムは分かっていない。その形成メカニズムを明らかにすることが出来れば地球と火星の古環境に制約を与えることができる。

球状炭酸塩コンクリーションは風成層で形成される。風成層の炭酸塩コンクリーションは球状、板状、魚卵状(球状が集まったような状態)といった３つの形態で産出される。その形成メカニズムおよび形成条件を室内実験で明らかにすることを目的とする。今回は現状の実験および解析報告をする。ユタ州で採集した砂に炭酸カルシウムを蒸発により析出させる。その際、炭酸カルシウム水溶液の溶解度を大きくするため、溶媒にCO_2を吹き込む。そうすることで溶媒中に$Ca(HCO_3)_2$を作る。それを蒸発させることで砂の層中に$CaCO_3$を析出させコンクリーションを生成する。砂の平均粒径は150μmである(Kawakami 2015)。 地球で発見されているコンクリーションの最小の大きさは直径数mmであり[2]、その大きさの作成を目標に実験を行っている。 パラメーターとして$CaCO_3$濃度と蒸発速度を変化させている。実験でできた層中の炭酸カルシウムを解析するためにX線CTを用いる。X線CT画像で炭酸カルシウムと砂を判別できるか調べるために砂層中に炭酸カルシウムが沈殿した場合の模擬実験を行った。ユタ州ナバホ砂岩層の砂岩を乳鉢で砂の状態にしたもの数gと炭酸カルシウム数mgの塊を混ぜ、模擬試料を作成した。X線CT実験の結果、解像度0.019mm/pixelで大きさ0.50mmの炭酸カルシウム塊が判別可能である事を確認した。炭酸カルシウムと砂は密度が近い値なので、炭酸カルシウムが砂の平均粒径150μmより十分な大きさでないと判別出来ない事も分かった。

今後は、実験で作成した試料を解析するとともに、実験のパラメーターを$CaCO_3$濃度、蒸発速度だけでなく砂の充填率を加え様々な条件で実験を行おうと考えている。そうすることで、風成層における炭酸塩カルシウムコンクリーションの形成メカニズムと形態条件を推定できる。

[1] Yoshida et al.(2018) Science Advances Vol.4, no.12;[2]Sally Latham Potter.2009 Chracteization of navajo sandstone hydrous ferric oxide concretions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：球状炭酸塩コンクリーション
Keywords: Spherical calcite concretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初期火星ゲイルクレータ周辺の地下水循環と水-岩石反応の復元
Reconstructing groundwater hydrology and water-rock reactions around Gale Crater on early Mars

*野田 夏実[1,2]、関根 康人[1]、丹 秀也[1,2]、渋谷 岳造[3]、玄田 英典[1]
*Natsumi Noda[1,2], Yasuhito Sekine[1], Shuya Tan[1,2], Takazo Shibuya[3], Hidenori Genda[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3. 海洋研究開発機構深海・地殻内生物圏研究分野
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Department of Subsurface Geobiological Analysis and Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

火星では、過去に液体の水が表層付近に存在した地質的・地球化学的証拠が数多く得られてきた。一方、初期火星の気候や水の存在量の観測事実に基づく復元は難しい。火星探査車キュリオシティは、ゲイルクレータ内に残された約38~35億年前の湖底堆積物の鉱物・化学組成のその場分析を可能としており(e.g. Grotzinger et al. 2015, Rampe et al. 2017)、これを解釈することは水・物質循環を介して記録された堆積当時の気候や環境の理解に繋がると期待される。例えば、堆積岩中にマグネタイトやヘマタイトといった鉄酸化物やシリカに富む層準が存在することが明らかになった(Hurowitz et al. 2017)。これらの鉄酸化物やシリカは、鉄イオンや溶存シリカに富む地下水あるいは地下熱水がクレータ内に湧昇し、溶存成分が沈殿することで形成した可能性も考えられる。しかしながら、火星の地下水圏を含めた水循環を扱う研究は乏しく、地下水湧昇をもたらすための気候や水量の条件は明らかとなっていない。また、火星の地下水の化学的性質、特にシリカや二価鉄の溶存濃度の支配要因は制約されていない。

そこで本研究では、3次元水循環モデルを火星に初めて適用し、地下水が湧昇する条件を制約した。また、火星模擬岩石を用いた室内実験に基づき、地下水の溶存組成を推定した。得られた結果に基づき、地下水湧昇によるシリカや二価鉄の供給フラックスを制約し、堆積記録が意味する気候や水量、ハビタビリティを議論した。

水循環モデリングでは、表層流及び地下水流を統合した3次元流体シミュレーションが可能である”GETFLOWS”を用いた。重力可変機構を施すことで初めて火星に応用し、ゲイルクレータ古湖周辺の水循環を再現した。その結果、湖の分布や地下水流動は、蒸発量の大小に従う2つのモードとして表されることを発見した。蒸発量が多い条件では、地下水湧昇がおこることでゲイルより標高の高い周囲でも湖が散見されるモードとなる。一方、蒸発量が少ない条件では、領域内で最も標高が低い地点にのみ湖が形成されるモードとなる。地質記録に残されたゲイルクレータ内の閉鎖湖及び周囲の湖の存在は、前者のモードで良く説明される。そのため、本研究の結果は、（半）乾燥気候と浅い地下水頭分布を支持する。このような乾燥気候では、地下水湧昇が引き起こされ、当時の地温勾配から、この地下水は周囲の地殻との熱水-岩石反応を経たと推定される。

次に模擬岩石を用いた熱水-岩石反応実験を火星地下の温度圧力条件で行い、シリカや鉄の溶存濃度の支配要因を制約した。模擬岩石は着陸探査から示唆されたゲイルクレータ周辺の地殻組成に基づいて合成し、熱水実験はディクソン型熱水装置を用いて行った。200℃での熱水反応を経て生成した二次鉱物として、アナルサイム、クォーツ、アルバイト、サーペンティン、サポナイト、炭酸塩が検出された。熱水流体中の溶存シリカ濃度(1–10 mM)はクォーツの溶解平衡に従うこと、また鉄濃度(~10^{-3} mM)は炭酸塩(シデライト)の溶解平衡に従うことが示唆された。

以上の水循環モデルと熱水実験の結果を組み合わせて、SiO_2やFe^{2+}が地下水湧昇に伴いゲイルクレータに供

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

給されるフラックスを推定した。シリカの供給は堆積速度で1火星年あたり~0.02–0.2 mmに相当し、湖底堆積物中に観られるラミナ(Grotzinger et al. 2015)が年縞である可能性を示唆した。この場合、温暖な堆積環境が~10^5 年もの間維持されたことを意味する。また、地下水湧昇が供給する鉄から、酸化鉄が析出し、水素が大気に供給されたかもしれない。本結果は、ゲイルをはじめとする赤道域の深いクレータが、熱水ー岩石反応を経た地下水が湧昇し、水と物質を地表へ供給する場所として、初期火星環境において重要な場であった可能性を示唆した。

キーワード：火星、熱水実験、水循環モデル
Keywords: Mars, Hydrothermal experiment, hydrologic model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸惑星におけるハビタブルゾーン
Habitable zone for a land planet

*小玉 貴則[1]、玄田 英典[2]、大石 龍太[3]、阿部 彩子[3]
*Takanori Kodama[1], Hidenori Genda[2], Ryouta O'ishi[3], Ayako Abe-Ouchi[3]

1. ボルドー大学 、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 東京大学大気海洋研究所
1. University of Bordeaux, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

系外惑星系におけるハビタブル惑星の議論のほとんどは、全球的に多くの水量をもつ地球のような惑星について議論されている。水を保持する惑星が強い太陽放射を受け取った場合、惑星表面の液体の水は全て蒸発してしまい、暴走温室状態へと気候が遷移する。この時の惑星が受け取る太陽放射を暴走温室限界と呼ぶ。また、恒星から遠い惑星は受け取る太陽放射が小さいため、表面の水は凍ってしまい、全球凍結状態に陥る。その時の惑星が受け取る太陽放射を凍結限界と呼ぶ。暴走温室限界と凍結限界の間の領域は液体の水が惑星表面に長期間安定に維持される領域であり、ハビタブルゾーンと呼ばれている。

Abe et al. (2011)は、３次元大気大循環モデル(GCM)を用いて、惑星の保持する水量に焦点を当て、暴走温室限界と凍結限界を調べ、水量の異なる惑星のハビタブルゾーンを見積もった。その結果、地球のような惑星に比べ少ない水を保持している惑星の方が広いハビタブルゾーンをとることを示した。彼らが検討した水量のレンジは全球20[cm]から60[cm]と狭いため、惑星の水分布と気候の関係を十分に理解できなかった。

我々は、地球サイズの惑星のおける様々な表層水分布を仮定し、３次元大気大循環モデルを用いて、暴走温室限界と凍結限界への水分布の影響を調べた。水分布は、経度に一様な水分布を仮定した。背景大気として現在の地球と同じ大気組成からなる１barの大気を仮定した。
結果として、惑星の水分布により、暴走温室限界と凍結限界共に、連続的に変化することがわかった。また、両限界についても、大気循環により表層状態が大きく影響を受け、両限界を決めていることがわかった。発表では、これまでの我々の結果と合わせて、水分布とハビタブルゾーンの関係をまとめる。

キーワード：陸惑星、ハビタブルゾーン
Keywords: Land planet, Habitable zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海惑星気候の太陽定数依存性の研究: 灰色大気の吸収係数が大きい場合における海洋熱輸送の影響

A study on the dependence of ocean planet climate on solar constant: influence of oceanic heat transport in the case of large absorption coefficients of gray atmosphere

*河合 佑太[1,2]、高橋 芳幸[1]、石渡 正樹[5]、中島 健介[3]、竹広 真一[4]、樫村 博基[1,6]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、林 祥介[1,6]
*Yuta Kawai[1,2], Yoshiyuki O. Takahashi[1], Masaki Ishiwatari[5], Kensuke Nakajima[3], Shin-ichi Takehiro[4], Hiroki Kashimura[1,6], Seiya Nishizawa[2], Hirofumi Tomita[2], Yoshi-Yuki Hayashi[1,6]

1. 神戸大学、2. 理化学研究所計算科学研究センター、3. 九州大学、4. 京都大学、5. 北海道大学、6. 惑星科学研究センター
1. Kobe University, 2. RIKEN Center for Computational Science, 3. Kyusyu University, 4. Kyoto University , 5. Hokkaido University, 6. Center for Planetary Science

1. イントロダクション

水が存在する惑星で実現される気候の多様性や安定性を明らかにするために, 我々の研究グループでは理想化した惑星の気候を数値的に探索してきた. Ishiwatari et al. (2007) (以後, INTH07 と書く)では, 3 次元大気大循環モデルを用いて沼惑星における気候の太陽定数依存性を調べた. このとき, 海洋熱輸送は考慮しなかった. 海洋熱輸送も気候に寄与し得るため, 例えば Rose (2015) (以後, R15 と書く)は大気海洋海氷結合モデルを駆使して全球が海で覆われた惑星(海惑星)の気候を調べている. R15 の得た結果は, 気候の安定性に対する海洋熱輸送の重要性を示している. 我々も最近, INTH07 の研究の発展として, 大気海洋海氷結合モデルによる海惑星気候の太陽定数増減実験を行った. 海洋大循環を表現すると大気場に明瞭な変化が生じたが, 氷線の変位は小さく, 気候レジーム図(太陽定数と氷線緯度の関係図)はあまり変化しなかった. この理由として, INTH07 の灰色大気設定では太陽定数に対する温度変化が, R15 の設定と比べて小さいことが関係する可能性が考えられた. そのため, 灰色大気の吸収係数を大きくした場合の海惑星気候の太陽定数増減実験を実施した. 本発表ではその初期的結果を示す.

2. モデルと実験設定

使用するモデルは, 我々が構築した大気海洋海氷結合モデルである. 大気モデルは DCPAM であり, 3 次元プリミティブ方程式系が解かれる. 大部分の大気設定は INTH07 と同じであるが, 灰色大気放射スキーム (Nakajima et al., 1992)における水蒸気と非凝結成分に対する吸収係数をそれぞれ 1×10^{-1}, 1×10^{-5} [m^2/kg] とする. 海洋海氷モデルは, 東西平均した 2 次元モデルある. 海洋モデルでは静力学ブジネスク方程式系が解かれ, メソ渦や対流による混合はパラメタリゼーションで表現する. 海氷モデルは鉛直 1 次元熱力学モデルであり, 水平拡散により輸送を表現する. 表面アルベドの表面温度依存性は, 263 K 以下で 0.5, それ以上で 0 とし, 格子内の温度分布を考慮して与える. 海洋熱輸送の効果を評価するために, 上記の結合モデルによる実験(dynamic ocean 実験)に加え, 海洋混合層の熱容量のみを考慮する海洋モデルに変更した実験(slab ocean 実験)も行う. 大気モデルの解像度は 64x32x16 (T21L16) に設定する. 海洋モデルの解像度は南北 64 点・鉛直 60 層, 海氷モデルの解像度は南北 64 点である. 初期値は基本的に 280 K 等温の静止した大気海洋であるが, 部分凍結解等を初期値にした実験も行う. 時間積分は slab ocean 実験で約 300 年間, dynamic ocean 実験では結合モデルによるランと海洋海氷モデル単体によるランを交互に繰り返す方法で約 3 万年間実施する.

3. 結果

水蒸気の吸収係数を大きくした結果, 気候レジーム図の特徴は大きく変化した. 始めに dynamic ocean 実験の結果を記述する. 部分凍結解が得られる太陽定数は, 約 1040 W/m^2 から1055 W/m^2 となった. INTH07 の大

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気設定よりも部分凍結解が得られる太陽定数は全体的に 300 W/m^2 小さくなり, その範囲はかなり狭まった. さらに, 初期に280 K の等温大気を与えた場合には, S=1070 W/m^2 で暴走温室状態に至ることも確認された. 大氷冠不安定が生じる緯度範囲は INTH07 の大気設定に比べて広い. 緯度 40 度よりも低い部分凍結解は見つかりにくいが, 初期条件や太陽定数の与え方を工夫した特定の条件では, 30 度付近に氷線を長期間維持する解が見つかる. R15 と類似した, 部分凍結解のブランチの分断が起きている可能性もあり, その存在を慎重に検証する必要がある. slab ocean 実験では部分凍結解は存在できず, dynamic ocean 実験で得られた部分凍結解は海洋熱輸送によって安定に維持されていることが想像される. ただし, 今回の実験設定は R15 と同程度に太陽定数に伴う温度変化が大きく, 部分凍結解が存在できるパラメータ範囲が潜在的にかなり狭い. そのため, 結果はモデルの解像度や定式化の影響を受けやすい. 今後の課題として, 吸収係数を少し振った実験によって, 今回得られた結果の蓋然性を調べる必要があるだろう.

キーワード：海惑星、気候の太陽定数依存性、大気海洋海氷結合モデル
Keywords: ocean planet, dependence of climates on solar constant, a coupled atmosphere-ocean-sea ice model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Water cycle and its evolution: High-speed H_2O transport to upper atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、青木 翔平[1]、吉田 奈央[1]、寺田 直樹[1]、今村 剛[2]、小郷原 一智[3]、神山 徹[4]、安藤 紘基[6]、野口 克行[5]、宮本 明歩[1]、高見 康介[1]、村田 功[1]、笠羽 康正[1]、IUVS team MAVEN
*Hiromu Nakagawa[1], Shohei Aoki[1], Nao Yoshida[1], Naoki Terada[1], Takeshi Imamura[2], Kazunori Ogohara[3], Toru Kouyama[4], Hiroki Ando[6], Katsuyuki Noguchi[5], Akiho Miyamoto[1], Kosuke Takami[1], Isao Murata[1], Yasumasa Kasaba[1], IUVS team MAVEN

1. 東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2. 東京大学　大学院新領域創成科学研究科、3. 滋賀県立大学　工学部、4. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、5. 奈良女子大学、6. 京都産業大学
1. Planetary Atmosphere Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Graduate school of Frontier sciences, University of Tokyo, 3. University of Shiga prefecture, 4. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 5. Nara Women's university, 6. Kyoto Sangyo university

It is believed that Mars underwent drastic climate change, changing its environment from warm and wet to cold and dry. This gives rise to the idea that Mars may have hosted life in the past, and indeed, may do so even today. Atmospheric and water evolution is thus an important key to understanding the history of Martian habitability. Mars must somehow have lost most of its atmosphere and water. The evolution of the Mars environment is thought to have proceeded by some combination of atmospheric escape to space and surface-subsurface adsorption. Especially, a lack of global magnetic field on Mars must have a significant impact to the atmospheric escape. The upper atmosphere is the primary reservoir for atmospheric escape. Owing to the technical difficulties associated with observations, datasets of the upper atmosphere are limited. However, the last decade has seen a renewed interest in the upper atmosphere, thanks to the aggressive explorations by the Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), Mars Express(MEX), and Mars Volatile Evolution (MAVEN) missions. Recent studies have highlighted various interesting facts related to the efficient of material/water transport from the lower to upper atmospheric reservoir which have an impact on the atmospheric escape or evolution.

High-altitude (above 60 km) H2O was first identified by SPICAM occultations [Maltagliati et al., 2011, 2013] in the southern summer, which happens to be a dusty season at a solar longitude of 240 degree or later. Chaffin et al. [2017] demonstrated that the high-altitude H2O can considerably increase H escape on the weekly timescale, which can potentially explain the observations. Purpose of this study is to clarify the mechanism for upward transport of H2O into the upper atmosphere and formation of the detached layer of H2O and aerosols, by using multi-spacecraft dataset in order to cover whole altitude range from lower to upper atmosphere.

Here we report the detection of an extensive layer of warm air at altitudes 70-100 km on the night side that we interpreted as the result of combinations of aerosol heating, thermal tides, and/or global circulation. Such a strong warm layer for which the current models have no explanation can maintain temperature to evaporate water ice adsorbed on the aerosols and can form the detached layer of water vapor. We also measured the mesospheric distribution sub-micron aerosols is abundant than our expectation at altitudes 70-100 km. Such a detached layer of aerosol can potentially explain the warm layer, and this implies the importance of aerosols for key processes in the Martian water cycle and climate as a whole. The remarkable heating at altitudes 70-80 km was also confirmed by our dedicated

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ground-based observations during global dust storm 2018. The new pathway of water loss proposed by this implies much higher loss to space, in addition to the diffuse-limited escape of H2.

キーワード：火星、水、ハビタビリティ、散逸、超高層大気
Keywords: Mars, water, habitability, escape, upper atmosphere

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:石田 直人、戸丸 仁

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

10:45 ~ 11:00

[MIS21-01] $^{13}CH_4$を包接するメタンハイドレートの平衡圧

*菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、小関 貴弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS21-02] 異なるハイドレート結晶構造に包接されたエタンの水素同位体分別

*松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:15 ~ 11:30

[MIS21-03] ガスハイドレートの12, 14および16面体に包接された炭化水素のC–H対称伸縮振動の温度変化の傾向

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS21-04] メタンプルームと大気中のメタン濃度の関係に関する研究

*青山 千春[1] (1.国立大学法人東京海洋大学)

11:45 ~ 12:00

[MIS21-05] Sampling of Methane Bubble Plumes and Solid Gas Hydrate on the Cascadia Margin, Pacific Northwest

*John E Lupton[1]、Tamara Baumberger[1]、Robert W. Embley[1]、Susan G. Merle[1]、Camilla Wilkinson[1]、Conrad Young[2] (1.NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, Newport, Oregon, USA、2.Young Engineering, Ramona, CA. USA)

12:00 ~ 12:15

Discussion

$^{13}CH_4$を包接するメタンハイドレートの平衡圧
Equilibrium pressure of clathrate hydrates encaged $^{13}CH_4$

*菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、小関 貴弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Takahiro Ozeki[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane molecule is composed of carbon and hydrogen, and three kinds of isotopologues, $^{12}CH_4$ (98.9%), $^{13}CH_4$ (1.1%), and CH_3D (0.013%) exist in nature. We often measure stable carbon isotope ($^{13}C/^{12}C$) of methane to understand its gas origin. Since their weight of isotopologues differ with each other, physicochemical properties of them are also different. Pure methane hydrate must be "mixed-gas hydrate" of their isotopologues. Ozeki *et al.* (2018) measured an equilibrium pressure of CH_3D hydrate, but that of $^{13}CH_4$ has not been studied yet. Fractionation of hydrogen isotope of methane during the formation of methane hydrate has been reported by Hachikubo *et al.* (2007) that δ D of hydrate-bound methane becomes several ‰smaller than that of residual methane. This result suggests that the equilibrium pressure of CH_3D hydrate is larger than that of CH_4 hydrate, and Ozeki *et al.* (2018) demonstrated the difference between these equilibrium pressures. Since Hachikubo *et al.* (2007) showed no isotopic fractionation in methane $\delta\,^{13}C$, the equilibrium pressures of $^{12}CH_4$ and $^{13}CH_4$ hydrates are thought to be almost the same. In this study, we measured the equilibrium pressures of $^{13}CH_4$ hydrate to check the difference from that of $^{12}CH_4$ hydrate.

Methane hydrate samples were synthesized in small pressure cells (volume: 5 mL). Fine ice powder (1g) was put in a pressure cell, and introduced $^{13}CH_4$ (purity: 99.5%, Taiyo-Nissan). Clathrate hydrate was formed by melting the ice powder at the temperature of 273.2K under high pressure of methane. We also prepared normal methane (purity: 99.99% for methane, but 98.9% for $^{12}CH_4$, Takachiho Chemical Industry Co. Ltd.) hydrate as a reference, using the same preparation method. These pressure cells were placed in a temperature-controlled liquid bath, and measured their equilibrium pressures from 269.5K to 277.9K.

The difference in equilibrium pressure between $^{13}CH_4$ and normal methane (mainly $^{12}CH_4$) hydrates was smaller than the measurement error. This results agree with the previous report by Hachikubo *et al.* (2007).

References

Ozeki T, Kikuchi Y, Takeya S, Hachikubo A (2018) Phase equilibrium of isotopologue methane hydrates enclathrated CH_3D and CD_4. J Chem Eng Data 63(6): 2266-2270, doi: 0.1021/acs.jced.8b00203

Hachikubo A, Kosaka T, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H (2007) Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases. Geophys Res Lett 34: L21502. doi:10.1029/2007GL030557

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、メタンハイドレート、平衡圧、安定同位体
Keywords: gas hydrate, methane hydrate, equilibrium pressure, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

異なるハイドレート結晶構造に包接されたエタンの水素同位体分別
Hydrogen isotopic fractionation of ethane encaged in different crystallographic structure

*松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane and ethane mixed-gas hydrate forms the cubic structure II in appropriate gas composition. Hachikubo *et al.* (2009) measured isotopic compositions of Lake Baikal gas hydrates and showed that δD of hydrate-bound ethane in the structure II is smaller than that in the structure I. These results might be explained by the difference in hydrogen isotope fractionation between formation processes of the structure I and II. In the last JpGU meeting we reported that the isotopic difference between gas and hydrate phases increased to 9-12‰ in the case of the structure II, whereas the difference was 1-2‰ in the case of the structure I. However, the effect of methane on the isotopic fractionation of ethane is unknown. In this study, we choose argon instead of methane and synthesize argon and ethane mixed-gas hydrates to check the isotopic difference in ethane between gas and hydrate phases.

0.7 g of fine ice powder was introduced in a pressure cell (volume: 30 mL). Argon and ethane mixed-gas were introduced in the cell and gas hydrate sample formed at 274.2 K. Before the retrieval of gas hydrate sample, residual gas was sampled, and then gas hydrate was cooled at the temperature of liquid nitrogen and retrieved the hydrate-bound gas. We controlled the ethane composition of initial gas from 3% to 25%. We measured compositions of argon and ethane by a gas chromatograph, and hydrogen isotopic composition (δD) of ethane by a CF-IRMS. Crystallographic structure of gas hydrate was determined using a Raman spectrometer, because the Raman spectra (around 1000 cm^{-1}) of C-C stretching mode of ethane in hydrate phase provide information of the crystallographic structure.

Because ethane was concentrated into hydrate phase rather than argon, ethane compositions of hydrate-bound gas distributed from 30% to 71%. In the case of low concentration of ethane, crystallographic structure II forms due to the effect of argon (the structure II former). δD of hydrate-bound ethane was about 4-7‰ smaller than that of residual ethane in the case of structure II, where ethane composition was 30-36% in the hydrate phase. On the other hand, in the case of high concentration of ethane (around 70% in the hydrate phase) δD of hydrate-bound ethane was around 2‰ larger than that of residual ethane. In the transition zone between the structures I and II the isotopic difference between hydrate and residual gas phases seemed to be an intermediate value (1-4‰). From these results we can conclude that light ethane (C_2H_6) prefers to be encaged into the structure II clathrate hydrate, compared to heavy ethane (C_2H_5D).

Reference

Hachikubo A, Khlystov O, Manakov A, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H, Kalmychkov G, Poort J (2009) Model of formation of double structure gas hydrates in Lake Baikal based

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

on isotopic data. Geophys Res Lett 36: L18504. doi:10.1029/2009GL039805

キーワード：ガスハイドレート、エタン、水素同位体比
Keywords: gas hydrate, ethane, hydrogen isotope ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガスハイドレートの12, 14および16面体に包接された炭化水素のC–H対称伸縮振動の温度変化の傾向

Trend of effect of temperature on C–H symmetric stretching vibrational frequencies of hydrocarbon molecules in 12, 14 and 16-hedra cages of gas hydrates

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1]
*Go Fuseya[1], Satoshi Takeya[2], Akihiro Hachikubo[1]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Clathrate hydrates are crystalline inclusion compounds that consist of guest molecules of suitable sizes and shapes trapped in well-defined cages formed by water molecules. Clathrate hydrates with natural gases as guest molecules are commonly known as gas hydrates. Gas hydrates with enclathrated hydrocarbon gases that exist in sea or lake bottom sediments and permafrost layers have attracted considerable interest as a potential source of unconventional natural gas.

There are three common crystallographic structures of hydrates, structure I (sI), structure II (sII), and structure H (sH). The unit cell of sI hydrates are composed of two pentagonal dodecahedral (5^{12}) and six tetrakaidecahedral ($5^{12}6^2$) water cages. The unit cell of sII hydrates are composed of sixteen 512 cages and eight hexakaidecahedral ($5^{12}6^4$) water cages. Small guest molecules such as methane (CH_4) or ethane (C_2H_6) form sI hydrates and larger molecules such as propane (C_3H_8) form sII hydrates.

In this study, we observed the variations of Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations of various hydrocarbons encaged in $5^{12,}$ $5^{12}6^2$ and $5^{12}6^4$ cages of sI and sII hydrates. By changing temperature, we investigated variations of Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations of guest hydrocarbons. It was revealed that the vibrations of guest hydrocarbons in smaller sI 51262 cages were greater than those in bigger sII 51264 cages. These results are inconsistent with our prediction in earlier study (Fuseya et al. 2018), that is, the volume of host water cages increases, and the variations of the Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations of guest hydrocarbon molecules in host water cages due to change temperature increase. Taking into account the facts obtained in this study and in our earlier study, we conclude that the temperature change of Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations is affected by geometric asymmetry of host water cages.

Reference

Sloan and Koh (2008) Clathrate Hydrates of Natural Gases, 3rd ed., CRC Press: Boca Raton, FL, USA

Fuseya *et al.* (2018) Effect of temperature and large guest molecules on the C–H symmetric stretching vibrational frequencies of methane in structure H and I clathrate hydrates. *RSC Adv.* **8**: 3237-3242. doi: 10.1039/c7ra12334e

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、ラマン分光分析、粉末X線回折、分子振動
Keywords: gas hydrate, Raman spectroscopy, powder X-ray diffraction, molecular vibrations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタンプルームと大気中のメタン濃度の関係に関する研究
The study on relations of the methane plume and atmospheric methane concentration

*青山 千春[1]
*Chiharu Aoyama[1]

1. 国立大学法人東京海洋大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology

はじめに、平成30年5月に閣議決定された第3期海洋基本計画においてメタンハイドレートは資源化に向けて着々と回収技術の検討と開発が進んでいる。メタンハイドレートが商業化される際、同時に環境への影響も調べ、影響を小さくすることが必要である。表層型メタンハイドレートの回収技術はこれから開発が始まる。深海域での環境影響評価に関する研究はほとんど報告されていない。そこで本研究では、メタンハイドレートにおける環境影響評価方法の提案を目的とする。注目したのは、ガス湧出海域直上の大気中はメタン濃度が高いのではないか。このことは環境への影響があると推察されるからその調査方法はどのようにすれば良いか検討を行う。方法は、ひとつめはメタンプルーム直上の海水中ナトリウムイオン濃度の測定は、2018年7月に神鷹丸に搭載された連層式採水器により深さ50メートル毎に採取した海水のサンプルを分析して深さ毎の濃度を求めた。ふたつめはメタンプルーム直上の大気中メタン濃度の計測は、2018年8月に第1開洋丸に大気メタンセンサーを設置してメタンプルームの直上海域のメタン濃度を測定した。 結果は、ひとつめに関しては、深さ毎の海水中のナトリウムイオン濃度に大きな変化は見られなかった。ふたつめは、メタンプルーム直上の大気中メタン濃度の上昇にはばらつきが見られた。計量魚群探知機で取得した海中のデータの一部が破損し、濃度とプルームの位置の関係を明らかにするにはデータ数が少なかった。破損の原因は不明である。考察として、ナトリウムイオン濃度に大きな変化が見られなかった理由は、ナトリウムイオンは海水中において濃度が高く、微細な変化があっても計測することができなかったためと考えられる。また大気中メタン濃度の上昇にばらつきが見られた。具体的にはメタンプルーム直上に船があった場合は大気中メタン濃度の上昇が確認され、船がメタンプルームから離れた場所に位置していた場合、大気中メタン濃度の上昇は確認できなかったことで、メタンプルームと大気のメタン濃度変化とは何らかの関係があることが示唆された。最後に、海中のメタンプルームと大気中のメタン濃度との関係を明らかにするためには、ADCPによる流況の計測や大気中の風向風力の観察をメタン濃度計測と同時に実施することと、長期の観測を実施することが必要であることがわかった。大気中のメタン濃度のモニタリングだけで海中や海底のメタン湧出状況を把握することができる。

キーワード：メタンプルーム、大気中メタン濃度、日本海
Keywords: methaneplume, methane concentration in atmosphere, Japan sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sampling of Methane Bubble Plumes and Solid Gas Hydrate on the Cascadia Margin, Pacific Northwest

*John E Lupton[1], Tamara Baumberger[1], Robert W. Embley[1], Susan G. Merle[1], Camilla Wilkinson[1], Conrad Young[2]

1. NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, Newport, Oregon, USA, 2. Young Engineering, Ramona, CA. USA

The Cascadia Margin along California, Oregon, and Washington is host to hundreds of offshore methane seeps that produce bubble streams that ascend through the water column. In addition to the bubble streams, seismic reflection studies have detected the presence of extensive methane hydrate deposits beneath the seafloor. There are also a few sites along the Cascadia Margin where hydrate deposits are exposed and visible on the seafloor. During an expedition in 2016, our group used an ROV to collect uncontaminated samples of the bubble stream gas at several Cascadia Margin sites using special gas-tight bottles. Although we have successfully obtained samples of the bubble streams, the question remains as to whether the bubble streams are produced by the dissociation of hydrate, or instead represent free gas ascending through the sediment. We have developed a new sampler in which small samples of hydrate can be hermetically sealed into a small gas-tight volume in-situ while incorporating only a small amount of ambient seawater. The hydrate is then allowed to dissociate in the sample volume without exposure to air or other contaminates. During a return expedition to the Cascadia margin in June 2018 we successfully sampled solid methane hydrate at two sites using this new sampler and also collected additional samples of the free gas bubble streams. The paper will compare the results from these hydrate collections with the composition of the free gas.

Keywords: methane, hydrate, Cascadia Margin

©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28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:八久保 晶弘(北見工業大学)、戸丸 仁

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

13:45 ~ 14:00

[MIS21-06] 日本周辺海域の大気CH_4濃度分布とガスプルーム

*青木 伸輔[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、松本 良[4] (1.明治大学院農学研究科、2.マックスプランク研究所、3.明治大学農学部、4.明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:00 ~ 14:15

[MIS21-07] 上越沖海鷹海脚のガスチムニー内でのメタンの動態

*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS21-08] メタンハイドレート分解が誘発した斜面崩壊：隠岐トラフ南西部の海底地すべりの事例

*石田 直人[1]、森下 翔太[2]、海老沼 孝郎[1]、戸丸 仁[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻、2.鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科、3.千葉大学 理学部 地球科学科、4.明治大学 研究・戦略推進機構 ガスハイドレート研究所)

14:30 ~ 14:45

[MIS21-09] 日本海の硫化水素含有メタンハイドレートの生成と進化

*松本 良[1]、深澤 倫子[2]、蛭田 明宏[1]、Snyder Glen[1] (1.明治大学研究知財戦略機構、2.明治大学理工学部応用化学科)

14:45 ~ 15:00

[MIS21-10] オホーツク海網走沖新地点での天然ガスハイドレートの発見

*八久保 晶弘[1]、松田 純平[1]、山下 聡[1]、坂上 寛敏[1]、小西 正朗[1]、南 尚嗣[1]、仁科 健二[2]、坂口 健司[3] (1.北見工業大学、2.北海道立総合研究機構地質研究所、3.北海道立総合研究機構釧路水産試験場)

15:00 ~ 15:15

[MIS21-11] All about gas hydrates and heat flow offshore Chile

*LUCIA ALEJANDRA VILLAR MUNOZ[1]、IVAN VARGAS-CORDERO[2]、JOAQUIM P. BENTO[3]、JAN BEHRMANN[1]、UMBERTA TINIVELLA[4]、MICHELA GIUSTINIANI[4] (1.Helmholtz Centre for Ocean Research、2.Universidad Andres Bello 、3.Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso、4.Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale)

日本周辺海域の大気CH_4濃度分布とガスプルーム
The distribution of atmospheric CH_4 concentration and gas plume location in the sea around Japanese islands.

*青木 伸輔[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、松本 良[4]
*Shinsuke Aoki[1], Shujiro Komiya[2], Kosuke Noborio[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 明治大学院農学研究科、2. マックスプランク研究所、3. 明治大学農学部、4. 明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Graduate School of Agriculture, Meiji Universiy, 2. Max Planck Institute, 3. School of Agriculture, Meiji Universiy, 4. Gas Hydrate Laboratory - Meiji University Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Property

海底からのメタン湧出は広く報告されてきたが，大気に放出されることを示した報告は北極海の水深の浅い一部の海域などに限られる．その他の多くの海域でメタンは大気に到達せず，海水中で分解されると考えられている．しかし，メタンハイドレートの安定領域内では海底から湧出したメタンの表面にメタンハイドレートの殻を形成する．メタンハイドレートの殻はメタンの海水への溶解を遅らせるため，海洋の浅い場所までメタンを効率的に輸送するシステムとなる．この輸送システムによって運ばれるメタンの量を明らかにすることは難しく，一部のメタンが大気へ放出する可能性が指摘されている．メタンは二酸化炭素と同様に温室効果ガスの1つであるため，大気への放出は大気中濃度の上昇に繋がり，気候変動の要因になりうる．一方で，大気中濃度の上昇が起きるのであれば人工衛星による観測からメタンハイドレートの賦存域を探索する際の一助となる可能性がある．本研究では大気メタン濃度の連続観測とガスプルームの観測，CTDによる水温プロファイル測定を実施し，海底から噴出するメタンの大気への影響を検討した．調査海域はガスプルームの報告がある日本近海（7K14と7K15航海）と，対照海域として太平洋（MR15-3，KH16-3，KH17-3航海）である．メタンハイドレートの安定領域上限はCTD観測による水温プロファイルと海水中のメタンハイドレートの相平衡曲線から海域ごとに見積もった．太平洋で観測した大気メタン濃度は地球全体の平均濃度よりやや高い1.9 ppmで推移し，経時変化はほとんどみられなかった．日本近海で観測した大気メタン濃度も1.9 ppm程度が最頻値で，最上トラフや網走沖でのみ，他の海域に比べて高いメタン濃度（>2.1 ppm）を示した．この両海域ではガスプルームが観察されたため，ガスプルームの大気への影響を捉えたものと考えられる．しかし，ほかのガスプルーム海域（十勝や日高–胆振沖）で観測されたメタン濃度はガスプルームが観測されなかった海域とほとんど変わらなかったことから，すべてのガスプルームが常に大気中濃度に影響しているわけではないことがわかった．高いメタン濃度を観測した最上トラフと網走沖の大気メタン濃度分布とガスプルーム観測地点を地図上に示すと，ガスプルームの近辺でのみ高いメタン濃度が観測された．しかし，同地点を通過する際に常に高濃度が観測されるのではなく，時間によって異なる濃度が観測された．これは海底から湧出するメタンが海流や洋上の風によって流されること，湧出するメタンの量が変化したことが原因と考えられる．水温プロファイルから見積もったメタンハイドレートの安定領域上限は網走沖や最上トラフでやや浅くなった．Heeschen et al. (2003)はガスプルームの高さが安定領域上限の水深に一致することを報告したが，網走沖で観測されたガスプルームは安定領域の上限より浅い水深にまで達することがあった．本研究の結果から，浅い水深のガスプルームだけでなく，メタンハイドレートの安定領域が海洋の表層に位置する海域でも海底から噴出するメタンが大気に到達することが示唆された．本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり，産業技術総合研究所の再委託により実施した．7K14，7K15，MR15-3，KH16-3，KH17-3航海関係者に大変お世話になりました．ここに記して深謝いたします．

キーワード：ガスハイドレート、ガスプルーム、メタン
Keywords: gas hydrate, gas plume, methane (CH4)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上越沖海鷹海脚のガスチムニー内でのメタンの動態
Reaction/fixation/migration of methane within the gas chimney on the Umitaka Spur, eastern margin of the Japan Sea

*戸丸 仁[1]、松本 良[2]
*Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2]

1. 千葉大学大学院理学研究院、2. 明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

表層型ガスハイドレートが分布する海域では、ガスもしくはガスを大量に含んだ流体の流路として、顕著なガスチムニー（構造）が発達している。ガスハイドレートが形成し、成長もしくは溶解せずに存在し続けるためには、ガスチムニーを通じた継続的かつ大量のガス供給（メタンフラックス）が必要である。メタンフラックスの大小を比較するための指標としては、間隙水中の硫酸イオン濃度を用いた、SMI深度（＝硫酸イオンの濃度減少率）から、堆積物中をメタンが拡散移動した場合のメタンフラックスを見積もることができる。しかし、SMIではAOMで消費されているメタンフラックスを求めることができるが、実際には表層型ガスハイドレートが発達する系では、そのほかにガスハイドレートとして固定されているメタン、さらには海底に放出されているメタンを考慮して初めて、現実的なメタンフラックスの値となる。本研究では、ガスチムニー周辺のSMIの分布から求められたAOMで消費されるメタン量、掘削調査で明らかになったガスハイドレート中のメタン量、底層海水中の溶存メタン量と底層流の観測結果に基づいて、上越沖の海鷹海脚上のガスチムニー内のメタンフラックスの実態の解明を試みた。

ガスチムニー周辺のSMIは2.5から3.5 mbsf程度であり、これらの値から外挿したガスチムニー中心部（SMI: <1 mbsf）のメタンフラックスは>600 mmol/m^2/yrとなった。面積200×250 mのガスチムニー内には6×10^8 m^3のメタンがハイドレートとして固定されており、堆積物の年代との比較から、ガスチムニー内のメタンフラックスが常に一定で、すべてのメタンがハイドレート化していたとすると、>1500 mmol/m^2/yrのメタンフラックスが必要であることが明らかになった。また、海底直上の海水中のメタン濃度は場所によって大きく異なるが最大でも<1500 nMであり、底層水は<10 cm/s程度で移動していることから、ガスチムニー上では堆積物（海底）から海水中に<5 mmol/m^2/yr程度のメタンフラックスがあることが明らかになった。表層型ガスハイドレートを含む系では堆積速度が環境によって大きく変動すること、気体としてのメタンの移動量があること、溶解しているガスハイドレートがあることなど、実際には考慮しきれていない因子は多いが、近年の調査の進展により、現在の環境を反映させたガスチムニー内のメタンフラックスが明らかになってきた。

本研究では、経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部として産業技術総合研究所の再委託により実施した調査で得られたデータを、一部使用している。

キーワード：ガスハイドレート、メタンフラックス、日本海
Keywords: gas hydrate, methane flux, Japan Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタンハイドレート分解が誘発した斜面崩壊：隠岐トラフ南西部の海底地すべりの事例

Slope failures induced by methane hydrate dissociation: a case of submarine slide in the southwestern Oki Trough, Japan Sea

*石田 直人[1]、森下 翔太[2]、海老沼 孝郎[1]、戸丸 仁[3]、松本 良[4]
*Naoto Ishida[1], Shota Morihita[2], Takao Ebinuma[1], Hitoshi Tomaru[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻、2. 鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科、3. 千葉大学 理学部 地球科学科、4. 明治大学 研究・戦略推進機構 ガスハイドレート研究所
1. Social Systems and Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tottori University, 2. Department of Social Systems and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University, 3. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University, 4. Gas Hydrate Research Laboratory, Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University

ガスハイドレートが周辺環境に与える影響のひとつに，安定領域下限（base of gas hydrate stability: BGHS）の変動が誘発する斜面崩壊がある（例えば，Sultan et al., 2004）．日本海南部の隠岐トラフ南西部には多数の海底地すべりが存在するが（池原ほか，1990），近年の調査により，この海域は表層型メタンハイドレートの胚胎域であることが明らかになりつつある．日本海のBGHS深度は浅く，外的要因の影響を特に受け易いことが予想される．明治大学ガスハイドレート研究所による2018年学術調査航海（使用船舶：第七開洋丸（海洋エンジニアリング））では，隠岐トラフ南西部の海底地すべりを対象にBGHS変動との関連について検証した．

調査対象とした海底地すべりは鳥取市の北方約80 kmの隠岐トラフ南西斜面に位置しており，周辺にはマウンドやポックマーク等の表層型メタンハイドレート胚胎域に特徴的な海底微地形が多数分布している．地すべりのある斜面の傾斜は約1.6˚で，すべり方向は東北東，地形変状のすべり方向の長さは20 kmに達する．地すべり近傍の水深700 m，および水深1000 m地点の地温計測の結果，地温勾配はそれぞれ83.13 mK/m，99.42 mK/mと求められた．これから現在のBGHS深度は，水深700 m地点で115.1 mbsf，水深1000 m地点では130.5 mbsfと見積もられる．

地すべりの末端で採取したコアには，ATテフラの下位に泥礫を含む崩壊堆積物が見られた．堆積速度から換算して，この海底地すべりは約34 kaに発生したと考えられる．この年代は最終氷期最盛期に向けた海水準低下期にあたり，海水準は現在より100 m以上低かったとの試算がある（Spratt and Lisiecki, 2016）．海水準低下量と堆積速度に基づいてBGHSを復元したところ，地すべり発生当時，地すべり土塊の直下にBGHSが位置していたことが明らかになった．この海底地すべりはBGHSの上昇途中，つまりメタンハイドレートの安定領域が縮小しつつある過程で発生している．メタンハイドレートの分解が進行するにつれて斜面の地盤支持力が失われ，BGHSをすべり面として斜面が滑動した可能性が強く示唆される．

本研究は，経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業として産業技術総合研究所の再委託により実施した研究の成果を一部に使用した．

キーワード：ガスハイドレート安定領域下限、海底地すべり、表層型メタンハイドレート、隠岐トラフ、日本海
Keywords: base of gas hydrate stability, submarine slide, shallow-type methane hydrate, Oki Trough, Japan Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海の硫化水素含有メタンハイドレートの生成と進化
Origin and evolution of H_2S-bearing methane hydrate in the Sea of Japan

*松本 良[1]、深澤 倫子[2]、蛭田 明宏[1]、Snyder Glen[1]
*Ryo Matsumoto[1], Tomoko Fukazawa[2], Akihiro Hiruta[1], Glen Snyder[1]

1. 明治大学研究知財戦略機構、2. 明治大学理工学部応用化学科
1. Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University, 2. Department of Applied Chemistry, School of Science and Technoloty, Meiji University

日本海の表層型メタンハイドレート鉱床は、２つの発達段階を経て成立した。第一段階は高い熱流量を維持し続け、有機物を集積し、さらに反転テクトニクスによってガス移動と集積場を準備した日本海形成の2500万年の構造発達過程で、これにより、ハイドレートの“容れ物”としてのガスチムニーが発達した。第二段階は数10万年のタイムスケールの氷期・間氷期変動である。氷期・海水準低下に対応した深部ハイドレートの広域的分解とメタン供給の強化によって効率的な集積がなされた。高フラックス時には海底下数10メートル以内で粒子排除型の結晶成長により塊状ハイドレート形成が進んだ。この時、海底付近での硫酸-メタン反応も強化され表層直下に硫化水素が蓄積、表層数メートル以内で生成したハイドレートは硫化水素を最大数パーセントも取り込んだ。海水準低下に呼応し、ガスチムニーの最上部には硫化水素含有ハイドレートが繰り返し発達した。一方、継続的な成長に伴って埋没するハイドレートは埋没過程で硫化水素を失い、ガスチムニーの深部での硫化水素含有量は数10ppm程度となるものが多い。

日本海の拡大と収縮に関係した断層を通路とした深部過剰ガスの定常的供給と、海水準低下期におけるハイドレートの分解と再沈殿（メタンのリサイクル）が、日本海における密集型メタンハイドレート発達の要因であると結論できる。

キーワード：表層型メタンハイドレート、硫化水素、氷河性海水準変動
Keywords: shallow gas hydrates, H2S, eustatic sea level change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オホーツク海網走沖新地点での天然ガスハイドレートの発見
Discovery of gas hydrate at the new point off Abashiri, the Sea of Okhotsk

*八久保 晶弘[1]、松田 純平[1]、山下 聡[1]、坂上 寛敏[1]、小西 正朗[1]、南 尚嗣[1]、仁科 健二[2]、坂口 健司[3]
*Akihiro Hachikubo[1], Jumpei Matsuda[1], Satoshi Yamashita[1], Hirotoshi Sakagami[1], Masaaki Konishi[1], Hirotsugu Minami[1], Kenji Nishina[2], Kenji Sakaguchi[3]

1. 北見工業大学、2. 北海道立総合研究機構地質研究所、3. 北海道立総合研究機構釧路水産試験場
1. Kitami Institute of Technology, 2. Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, 3. Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization

To understand environment of near-surface gas hydrates at the sea floor, HKS16, HKS17, and HKS18 cruses were conducted using RV Hokushin-Maru (255t) of the Kushiro Fisheries Research Institute off Abashiri, the Sea of Okhotsk, in a framework of joint research between Kitami Institute of Technology and Hokkaido Research Organization. We report success in retrieval of hydrate-bound sediment cores using a research vessel belonging to Hokkaido Prefecture. In this area, natural gas hydrates have been recovered in the NT13-20 and C020 cruises using RV Natsushima and TS Oshoro-maru, respectively. We also observed gas hydrate crystals with many crabs at the seepage sites using a remotely operated vehicle (ROV, KAIYO3000) in the 1KY17 cruise. In the cruise of HKS18, we got gas hydrate samples from a gas seepage site, located 2 km south from the 1KY17 site.

In the HKS18 cruise, we used a hydrostatic corer optimally tuned for a small vessel and a transponder to know exact position of the corer. We obtained nine sediment cores, including two hydrate-bound cores. Gas hydrate crystals were preserved in liquid nitrogen, and sediment gases were obtained by a headspace gas method. Raman spectroscopic analysis was conducted to know crystallographic structure, hydration number and cage occupancies. Molecular and isotopic compositions of gas samples were measured using a gas chromatograph and an isotope ratio mass spectrometer, respectively.

Crystallographic structure of gas hydrate samples belonged to the structure I, and hydration number was estimated as 6.00±0.02. Hydrate-bound H_2S molecules were also detected in the Raman spectra. Hydrate-bound gas was mainly methane, and C_1 / (C_2 + C_3) distributed between 30,000 and 60,000. C_1 $\delta^{13}C$ and δD were -66‰ and -197‰. These molecular and isotopic compositions of hydrate-bound hydrocarbons suggested microbial origin. The depths of sulfate-methane interface (SMI) in HC1807, HC1808, and HC1810 cores were less than 30 cm, indicating high gas flux. Concentrations of H_2S in the headspace gas samples were in the same order (around 1 mM), therefore process of anaerobic oxidation of methane was active. C_1 / (C_2 + C_3) of headspace gases in the hydrate-bound cores (HC1807 and HC1808) distributed between 4,000 and 9,000, and those of other sediment cores were relatively small, indicating that they are in the oxidation layer above the SMI depth. Headspace gas in the HC1808 core contained a lot of isobutane. It is possible that thermogenic gas supplied from deeper sediment layer partly mixes with microbial gas.

キーワード：ガスハイドレート、オホーツク海、ガス起源
Keywords: gas hydrate, Sea of Okhotsk, gas origin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

All about gas hydrates and heat flow offshore Chile

*LUCIA ALEJANDRA VILLAR MUNOZ[1], IVAN VARGAS-CORDERO[2], JOAQUIM P. BENTO[3], JAN BEHRMANN[1], UMBERTA TINIVELLA[4], MICHELA GIUSTINIANI[4]

1. Helmholtz Centre for Ocean Research, 2. Universidad Andres Bello , 3. Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso, 4. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale

From a geological point of view, Chile lies in an incomparable area of the globe, which include four tectonic plates moving against (Nazca, Antarctic, South American and Scotia plates), two triple junctions (Chile and Fuegian triple junctions), numerous mega-earthquakes and tsunami-related, more than 500 active volcanoes, the Andes, and several mineral resources. One of the last natural resources where the Chilean government and institutions have focused on is in gas hydrate, which is a solid ice-like form of water that contains gas molecules highly-concentrated in methane. Since Chile import most of its gas budget, hence the discovery of this new resource open a new window for the national economy, but also for geosciences, due to methane that escapes from sediments and enter to the ocean or even reach the atmosphere could pose a great environmental threat. To identify the presence of hydrates, in this thesis it was used the bottom-simulating reflector BSR, which has the half amplitude and opposite polarity relative to the seafloor.

Moreover, fluids play a key role in the nucleation and rupture propagation of earthquakes in convergent margins, since are a major agent of advective heat transfer from depth to the Earth’ s surface. If provide enough information for the regional heat flow we will improve our knowledge of these violent shakes of plate motion. For this purpose, it is crucial to know the BSR-depth, which serves to calculate the steady-state heat flow q (mW m^{-2}), and therefore, the heat flow can be envisaged in a regional overview.

This work aims to investigate the tectonic processes of the Chilean forearc through the calculation of the regional BSR-derived heat flow, identification of fluid escape sites, description of the distribution of gas hydrates and estimation of the gas hydrate and free gas reservoirs .

One of the major results is the regional overview of the thermal regime and BSR-based gas hydrate distribution along the Chilean forearc. Here, the BSR was identified into the marine sediments mainly along the accretionary prism between 33˚-57˚S, around 2000 m water depth, and between 90-600 m below seafloor. The heat flow estimated through the forearc on the upper and middle continental slope, from Valparaiso to Chiloe (33˚-43˚S), shows common values of heat flow for the continental basement and overlying slope sediments. However, on the lower slope of the actively deforming accretionary wedge, some places show unexpected values, which indicates that advecting pore fluids from deeper may transport a considerable part of the heat there.

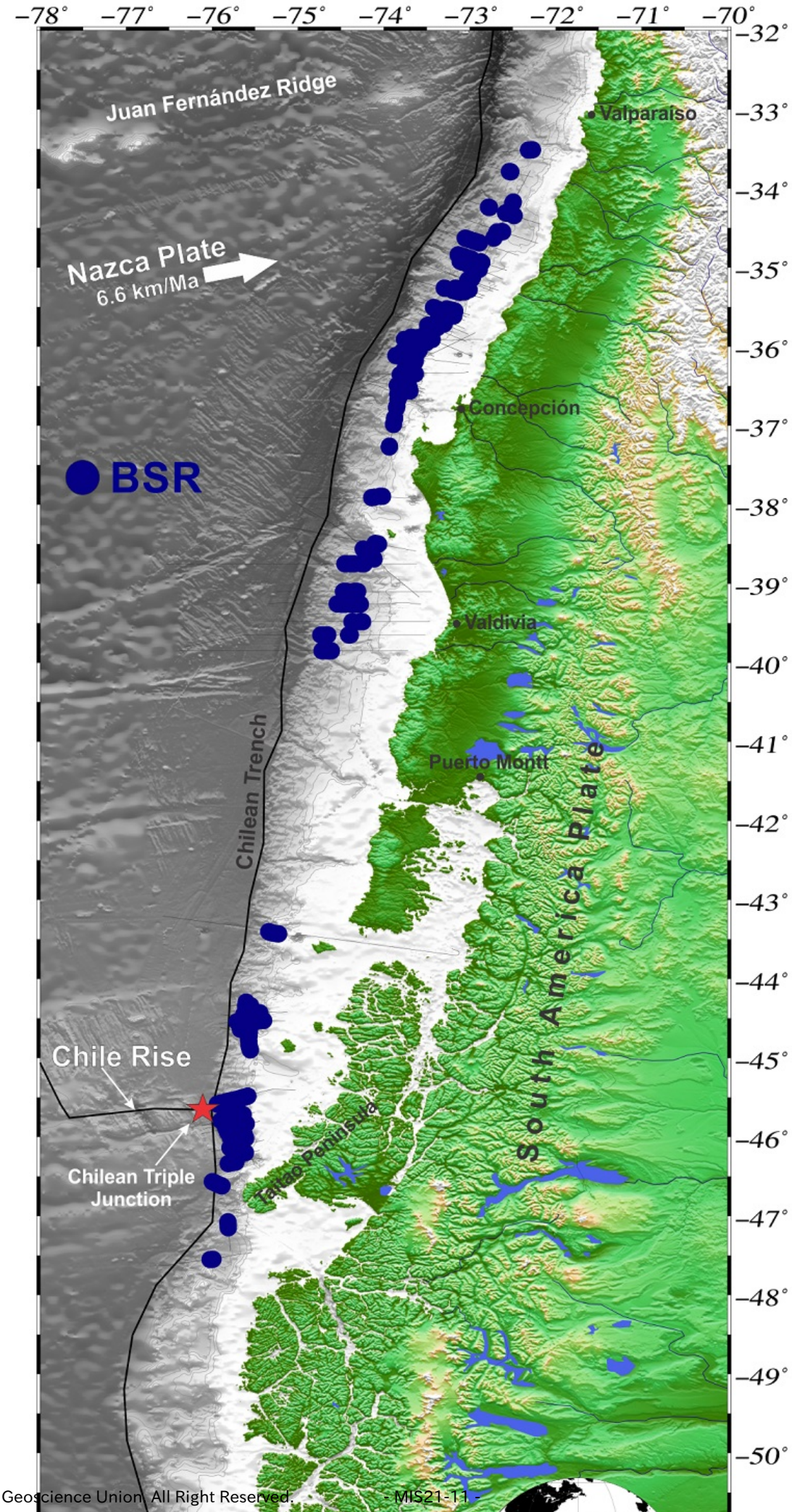
Southern, a second approach was made over a large area of extremely anomalous heat flow that is associated with a major tectonic feature: the Chile Triple Junction. In this unusual place, the Nazca, Antarctic and South American plate converge in a common point; while an active spreading centre (the Chile Rise) is subducting beneath the continental plate. Here, gas hydrates are located in very shallow sediments and the extreme values of heat flow estimated (<280 mW m^{-2}) indicate that the overriding South American Plate is effectively heated by subjacent zero-age oceanic plate material. In order to improve the understanding of the geological risk, in case the methane is released to the ocean/atmosphere system, it was estimated the concentration of gas hydrate in this particular region.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Finally, in the southernmost tip of the continent (offshore Patagonia), the heat flow estimated once again shows a range of values typical for subduction zones of oceanic crust older than 10 Ma. Here, a high concentration of methane hydrate is present beneath the active margin. The average thickness of the gas hydrate layer modelled is almost 300 m and the volume of methane estimated is more than $3x10^{13}$ m^3 at standard pressure-temperature conditions, concluding that the active forearc of the Chilean Patagonia is an important reservoir of methane hydrates.

Keywords: gas hydrates, heat flow, BSR, active margin, Chile, fluids flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:森本 健志

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。
特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

9:00 ~ 9:15

[MIS27-01] Advantage and Disadvantage of the Phased Array Weather Radar

*牛尾 知雄[1]、妻鹿 友昭[1]、菊池 博史[2]、吉川 栄一[3] (1.首都大学東京、2.電気通信大学、3.宇宙航空研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[MIS27-02] X帯二重偏波フェーズドアレイ気象レーダの初期観測結果とその検証

*菊池 博史[1]、末澤 卓[2]、芳原 容英[1]、牛尾 知雄[2] (1.電気通信大学、2.首都大学東京)

9:30 ~ 9:45

[MIS27-03] 東京都内で夏季に発生した3つの雷雲セルの3次元的特徴について

*櫻井 南海子[1]、Paul Krehbiel[2]、William Rison[2]、Ronald Thomas[2]、Daniel Rodeheffer[2]、清水 慎吾[1]、岩波 越[1]、前坂 剛[1]、木枝 香織[1]、宇治 靖[1] (1.防災科学技術研究所、2.ニューメキシコ鉱物工科大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS27-04] 日本国内での豪雨に伴う雷放電を用いた降水量の推定

*小川 哲也[1]、芳原 容英[1]、岩崎 博之[2]、Stan Heckman[3]、Michael Stock[3] (1.電気通信大学大学院、2.群馬大学、3.EarthNetworks)

10:00 ~ 10:15

[MIS27-05] 雷現象と地上構造物の雷害対策

★招待講演

*横山 茂[1] (1.静岡大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS27-06] Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

*芳原 容英[1]、Amir Mohamed[2]、Chandima Gomes[3]、Wan Ismail Bin Ibrahim[2]、Zulkurnain Abdul-Malek[4]、Syahrun Nizam[5]、Michael Stock[6]、塩川 和夫[7]、菊池 博史[1]、津田 卓雄[1] (1.電気通信大学　大学院情報理工学研究科、2.University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia、3.University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa、4.Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia、5.University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia、6.EarthNetworks, Inc. Germantown, USA、7.Nagoya University, Nagoya, Japan)

Advantage and Disadvantage of the Phased Array Weather Radar

*牛尾 知雄[1]、妻鹿 友昭[1]、菊池 博史[2]、吉川 栄一[3]
*Tomoo Ushio[1], Tomoaki Mega[1], Hiroshi Kikuchi[2], Eiichi Yoshikawa[3]

1. 首都大学東京、2. 電気通信大学、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Tokyo Metropolitan University, 2. University of Electro-Communications, 3. JAXA

Recent progress of information and communication technologies has been enabling us to realize a rapid scanning radar system. In 2012, Toshiba Corporation and Osaka University succeeded in developing a new type of Phased Array Radar (PAR) system (Yoshikawa et al. 2013, Ushio et al. 2015, Mizutani et al. 2018) under a grant of National Institute of Communication and Information Technology (NICT), and installed in Suita Campus, Osaka University. This PAR system can scan the whole sky within 30 seconds up to 60 km in radius over 100 elevation angles with digital beam forming technique, and the initial observation results demonstrate the unique capability of the new PAR system. However, the observation is sometimes seriously contaminated by strong ground clutter through relatively high sidelobes at transmitting stage. In this study, a new clutter mitigation algorithm from adaptive beam forming technique on Minimum Mean Square Error (MMSE) formulation was investigated, and succeeded in suppressing not only the ground clutter but also ghost echo from strong precipitation echo nearby more than 20dB. And also the adaptive algorithm was applied to supress the range sidelobe and showed the sidelobe level of -60dB. In this presentation, the advantages and disadvantages of the PAR will be discussed based on the observation results.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X帯二重偏波フェーズドアレイ気象レーダの初期観測結果とその検証
Initial Observations with X-band Dual Polarimetric Phased Array Weather Radar in Tokyo

*菊池 博史[1]、末澤 卓[2]、芳原 容英[1]、牛尾 知雄[2]
*Hiroshi Kikuchi[1], Taku Suezawa[2], Yasuhide Hobara[1], Tomoo Ushio[2]

1. 電気通信大学、2. 首都大学東京
1. The University of Electro-Communications, 2. Tokyo Metropolitan University

The weather radars using parabolic dish antenna generally require 5-10 minutes to mechanically rotate and to tilt upwards as they sample the atmosphere at several different elevation angles. The number of the observable elevation angles is about ten or so. The single polarization phased array weather radar (SP-PAWR), which has been developed in 2012, was designed to conduct precipitation measurement of a radar reflectivity factor, in less than 10 or 30 seconds in a range of 20 or 60 km in real-time, respectively. As a next radar development project, a dual polarimetric phased array weather radar (Multi-parameter phased array radar; MP-PAWR) is being developed. It can provide multi-parameter measurements that reveal detailed microphysics of storms in addition to accurate precipitation estimation, and can improve weather forecasts.
The first made MP-PAWR, which simultaneously transmits pulses of horizontal and vertical polarized radiation, has been developed and installed in December 2017, at Saitama University, Japan. The center of frequency is 9.4GHz (X-band). The MP-PAWR has a scanning scheme similar to the SP-PAWR, which uses the mechanical and electronic scanning in azimuth and elevation angles, respectively. The MP-PAWR provides the polarimetric precipitation measurements in three-dimensional volume scanning in less than 30 or 60 seconds in a range of 60 or 80 km in real-time, respectively.
In this presentation, we will show the initial observation results. To confirm reliability of the measurements and to evaluate the accuracy of the measurements by the MP-PAWR, the initial observation results of the MP-PAWR are compared with an optical disdrometer data.

キーワード：Precipitation Observation、Phased array radar
Keywords: Precipitation Observation, Phased array radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京都内で夏季に発生した3つの雷雲セルの3次元的特徴について
Three-dimensional total lightning characteristics of convective cells observed by the Tokyo LMA in the summer season in Tokyo Metropolitan area

*櫻井 南海子[1]、Paul Krehbiel[2]、William Rison[2]、Ronald Thomas[2]、Daniel Rodeheffer[2]、清水 慎吾[1]、岩波 越[1]、前坂 剛[1]、木枝 香織[1]、宇治 靖[1]
*Namiko Sakurai[1], Paul R. Krehbiel[2], William Rison[2], Ronald J. Thomas[2], Daniel Rodeheffer[2], Shingo Shimizu[1], Koyuru Iwanami[1], Takeshi Maesaka[1], Kaori Kieda[1], Yasushi Uji[1]

1. 防災科学技術研究所、2. ニューメキシコ鉱物工科大学
1. National Research Institute For Earth Science and Disaster Resilience, 2. New Mexico Tech.

防災科研では、雷3次元観測装置(Tokyo LMA)による雷の連続観測を行っている。前回の発表では、Tokyo LMAで観測されたスーパーセル雷雲の雷の3次元的特徴について報告した。本研究では、2017年8月30日に東京都内に発生した一般的な雷雲セル3つの雷放電の特徴について報告する。雷雲セルは、14:00 JST頃のほぼ同時刻に、東西方向に並んで発生した。最初に雷放電を開始した真ん中の雷雲セルは、雲放電が対地放電より約20分先行して発生した後、対地放電が発生した。一方、次に雷放電を開始した西側の雷雲セルは、対地放電に先行する雲放電は観測されず、最初に対地放電が発生した。最後に雷放電を開始した東側の雷雲セルは、主に雲放電が観測された。また、これらの雷雲セル内で観測された対地放電のうち、Bolt from the blue（BFB）が複数観測された。BFBは、降雨域から離れた場所に落雷することがあるため、危険な現象である。Tokyo LMAで雷放電を3次元的に捉えることにより、BFBが首都圏で発生することを示した。

キーワード：雷
Keywords: lightning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本国内での豪雨に伴う雷放電を用いた降水量の推定
Estimating rainfall in heavy rain events using lightning data in Japan

*小川 哲也[1]、芳原 容英[1]、岩崎 博之[2]、Stan Heckman[3]、Michael Stock[3]
*Ogawa Tetsuya[1], Yasuhide Hobara[1], Hiroyuki IWASAKI[2], Stan Heckman[3], Michael Stock[3]

1. 電気通信大学大学院、2. 群馬大学、3. EarthNetworks
1. University of Electro-Communications, 2. Gunma University, 3. EarthNetworks

In this study, we examined the relationship between total lightning (TL) and heavy rainfall in high spatio-time resolution by using 37 severe thunderstorms in Japan. TL is continuously monitored by the Japanese Total Lightning Network (JTLN) deployed by UEC and operated jointly by UEC and EarthNetworks, whilst high spatio-temporal precipitation data is obtained by eXtended Rader Information Network (XRAIN) operated by Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism in Japan. As a result, positive linear relation with rather high cross correlation (r2 ~ 0.54 between TL and Precipitation Volume (PV) [m3] has been obtained. The cross correlation between TL and PV is much higher than that for cloud-to-ground lightning (CG) and PV. Although the slope of linear relation (TL vs. PV) varies depending on heavy rain events, TL can be promising tool to estimate severe rainfall.

キーワード：雷、トータル雷、極端気象
Keywords: lightning, Total lightning, severe weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雷現象と地上構造物の雷害対策
The Effect of Lightning Phenomena on Lightning Protection for Objects on the Ground

*横山 茂[1]
*Yokoyama Shigeru[1]

1. 静岡大学
1. Shizuoka University

送電線や配電線に雷が落ちると、電線と大地の間に高電圧が発生して碍子で放電が起こり、停電が発生する。雷電流の波高値が大きい時に高い電圧が発生する。また、電流の波頭長が短いほど高い電圧が発生する。一方、避雷針が雷の捕捉に失敗して建物の屋根部や壁面を破壊する被害は、逆に、雷電流の波高値が小さい雷ほど生じやすい。さらに、避雷器が焼損する被害は、波頭長の長さにはあまり影響されず、雷電流の継続時間（電荷量）に大きく影響される。　雷被害の種類と雷のパラメータの関係を表1に示す。このように、地上構造物の雷被害に関係する雷性状は、対象物により異なり、雷害に関係する雷現象を十分理解して対策を立てることが重要である。

しかし、対策を立てるための雷性状のデータが十分に判明している場合だけではなく、日本の冬季雷のように通常の夏季雷と性状が大きく異なる雷もあり、雷の季節特性や、地域特性についても、十分明らかにしておくことが、リスクマネジメントの観点から必要になる。以下に雷害対策に必要な雷性状を、説明するとともに、今後必要とされる雷観測の課題について考察する。

キーワード：雷、雷害対策、送配電線、風力発電
Keywords: Lightning, Lightning Protection, Power Grid, Wind Power

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

表１雷被害と関係する雷のパラメータ

	電流波高値	雷撃距離	波頭峻度（波頭長の逆数）	波尾長（電流継続時間）		対策法	備考
絶縁破壊(碍子など回復可能なもの)	◎		○			架空地線、避雷器、SPD	統流の影響
絶縁破壊(半導体など)	◎					SPD,光ファイバ	
通過電荷量によるエネルギー被害(避雷器焼損、架空地線素線切れ)				○		避雷器（SPD）の容量増加	
オーミックロス（エネルギー）によるエネルギー被害（風車塔体内焼損など）	○			○		引下げ導体と受雷部などの接続部強固化	
送電線架空地線遮蔽失敗		○				架空地線の2条化	
建築物損壊（コンクリート、レンガ等）		○				避雷針（受雷部）の強化	
建築物損壊、着火（藁葺き屋根、桧皮葺き屋根）		○		◎		避雷針（受雷部）の強化	消火体制
ノイズ（EMC 的影響）	○		○			離隔距離の確保、信号線の電磁シールド	雷電流の通過による回路の誤動作など

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

*芳原 容英[1]、Amir Mohamed[2]、Chandima Gomes[3]、Wan Ismail Bin Ibrahim[2]、Zulkurnain Abdul-Malek[4]、Syahrun Nizam[5]、Michael Stock[6]、塩川 和夫[7]、菊池 博史[1]、津田 卓雄[1]
*Yasuhide Hobara[1], Amir Izzani Mohamed[2], Chandima Gomes[3], Wan Ismail Bin Ibrahim[2], Zulkurnain Abdul-Malek[4], Syahrun Nizam[5], Michael Stock[6], Kazuo Shiokawa[7], Hiroshi Kikuchi[1], Takuo T. Tsuda[1]

1. 電気通信大学　大学院情報理工学研究科、2. University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia、3. University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa、4. Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia、5. University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia、6. EarthNetworks, Inc. Germantown, USA、7. Nagoya University, Nagoya, Japan
1. Graduate School of Information and Engineering Department of Communication Engineering and Informatics, The University of Electro-Communications, 2. University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia, 3. University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa, 4. Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia, 5. University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia, 6. EarthNetworks, Inc. Germantown, USA, 7. Nagoya University, Nagoya, Japan

In 2018 we established the new permanent observation site in Pahang, Malaysia and started continuous recording of horizontal magnetic waveforms in the Extremely Low Frequency (ELF) band by using high sensitivity search coils. We carried out test measurements at four different locations in Malay peninsula and found out that Pahang is the most electromagnetically quiet place for measurement. Initial results indicate a very good performance registering clear waveforms from lightning discharges. We successfully estimated individual lightning charge moment changes (CMCs) with a small lower bound (~few Ckm) with a lightning location data from total lightning network indicative of deducing spatial and temporal dependence of lightning with CMC over Southeast Asia region.

キーワード：Lightning、ELF (Extremely Low Frequency)、Charge Moment Changes
Keywords: Lightning, ELF (Extremely Low Frequency), Charge Moment Changes

©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28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:芳原 容英

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。 特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

10:45 ~ 11:00

[MIS27-07] 地震に伴う前兆電磁気現象：総括と将来展望

★招待講演

*早川 正士[1] (1.電気通信大学認定ベンチャー　早川地震電磁気研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS27-08] 非線形自己回帰ニューラルネットワークを用いた地震に先行する下部電離層異常の検出

*松木 翔[1]、飯淵 隼人[1]、Hendy Santosa[3]、芳原 容英[1]、Michael Balikhin[2] (1.電気通信大学、2.University of Sheffield、3.University of Bengkulu)

11:15 ~ 11:30

[MIS27-09] Analysis of multipoint measurements of plasma turbulence

*Michael A Balikhin[1]、Simon N Walker[1] (1.University of Sheffield)

11:30 ~ 11:45

[MIS27-10] 冬季雷における高エネルギー現象の観測プロジェクトの進展

*和田 有希[1,2]、榎戸 輝揚[3]、松元 崇弘[1]、中澤 知洋[4]、古田 禄大[5]、湯浅 孝行、土屋 晴文[5]、米徳 大輔[6]、澤野 達哉[6]、牧島 一夫[1,2]、鴨川 仁[7]、中村 佳敬[8]、森本 健志[9]、佐藤 光輝[10]、酒井 英男[11]、南戸 秀仁[12]、牛尾 知雄[13] (1.東京大学、2.理化学研究所、3.京都大学、4.名古屋大学、5.日本原子力研究開発機構、6.金沢大学、7.東京学芸大学、8.神戸市立工業高等専門学校、9.近畿大学、10.北海道大学、11.富山大学、12.金沢工業大学、13.首都大学東京)

11:45 ~ 12:00

[MIS27-11] ロケット誘雷事例における電磁界および雷撃電流観測データの解析

*森本 健志[1]、黒川 真矢[1]、中村 佳敬[2]、山本 和男[3] (1.近畿大学、2.神戸市立工業高等専門学校、3.中部大学)

12:00 ~ 12:15

Discussion

地震に伴う前兆電磁気現象：総括と将来展望
Earthquake precursory electromagnetic phenoma : Summary and prospective

*早川 正士[1]
*Masashi Hayakawa[1]

1. 電気通信大学認定ベンチャー　早川地震電磁気研究所
1. Hayakawa Institute of Seismo Electromagnetics.Co. LTD. University of Electro-Communications venture company

地震に伴う電磁気現象は1980年代に2,3の論文が発表されたものの、
一部の研究者の注意を引いただけにとどまった。しかし、1995年の
神戸地震の際いろいろな電磁気現象が発見されるに至り、世界的に多くの
注目を集め、本格的な研究活動がスタートした。その後、地震電磁気学
としてここ30年にて大きな発展を遂げ、昨年にはAGUより地震前兆現象と
題する新本が発刊され、１つの学問体系になろうとしている。さらに、
2014年には日本地震予知学会が発足し、大変盛んである。地震の短期予知
に向けての学問的基盤を目指す地震予知学を提唱している。
本講演では、この地震電磁気学の歴史、神戸地震および2011年東北
地震での各種電磁気現象の紹介、多年にわたる統計的因果関係の紹介、最新の
学問の進展、とりわけ地圏・大気圏・電離圏結合機構などを紹介し、最後に
今後の展望を述べる。

キーワード：地震電磁気前兆現象
Keywords: Seismo-Electromagnetics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

非線形自己回帰ニューラルネットワークを用いた地震に先行する下部電離層異常の検出

Detection of lower ionospheric anomaly preceding earthquake using nonlinear autoregressive neural network

*松木 翔[1]、飯淵 隼人[1]、Hendy Santosa[3]、芳原 容英[1]、Michael Balikhin[2]
*Kakeru Matsuki[1], Hayato Iibuchi[1], Hendy Santosa[3], Yasuhide Hobara[1], Michael A Balikhin[2]

1. 電気通信大学、2. University of Sheffield、3. University of Bengkulu
1. The University of Electro-Communications , 2. University of Sheffield, 3. University of Bengkulu

地球と電離層の間を伝搬する周波数帯域10～50 kHzのVLF (Very Low Frequency)帯送信電波を観測することにより、電離層下部の状態の監視が可能であることが知られている。近年、NARX-NN(Nonlinear Auto Regressive with eXogenous Input-Neural Network)が、VLF帯送信電波振幅の時間変動の高精度のモデリング、予測手法として適用された。その結果、送信電波振幅の予測値と実測値に対して相互相関係数0.9以上という極めて高い予測精度が達成されている。一方、近年規模が大きい地震に先行して、夜間の下部電離層の擾乱を示す、 VLF帯送信電波強度の異常が報告されているが、未だ異常検出精度は高くないため，検出精度の向上が不可欠の課題である。

そこで、本研究はNARX-NNを用いてVLF帯送信電波の夜間電界振幅を解析し、下部電離層擾乱の検出精度の向上を目的とする。また地震に先行する下部電離層擾乱に影響する外因の特定と、VLF帯電界振幅の実測値と予測値の残差を統計的に調査することで、下部電離層異常擾乱の発生機構の解明に寄与する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of multipoint measurements of plasma turbulence

*Michael A Balikhin[1], Simon N Walker[1]

1. University of Sheffield

The presentation is devoted to the review of advanced methods for the analysis of multipoint measurements of plasma turbulence. Both time and frequency domain methods are reviewed. Using examples of in situ spacecraft observations of plasma turbulence it is shown how the system science based approaches can be used to identify linear and nonlinear dynamical processes within the turbulence.

Keywords: Turbulence, Dynamical processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冬季雷における高エネルギー現象の観測プロジェクトの進展
Progress of Observation Project for High-energy Phenomena in Winter Thunderstorms

*和田 有希[1,2]、榎戸 輝揚[3]、松元 崇弘[1]、中澤 知洋[4]、古田 禄大[5]、湯浅 孝行、土屋 晴文[5]、米徳 大輔[6]、澤野 達哉[6]、牧島 一夫[1,2]、鴨川 仁[7]、中村 佳敬[8]、森本 健志[9]、佐藤 光輝[10]、酒井 英男[11]、南戸 秀仁[12]、牛尾 知雄[13]
*Yuuki Wada[1,2], Teruaki Enoto[3], Takahiro Matsumoto[1], Kazuhiro Nakazawa[4], Yoshihiro Furuta[5], Takayuki Yuasa, Harufumi Tsuchiya[5], Daisuke Yonetoku[6], Tatsuya Sawano[6], Kazuo Makishima[1,2], Masashi Kamogawa[7], Yoshitaka Nakamura[8], Takeshi Morimoto[9], Mitsuteru Sato[10], Hideo Sakai[11], Hidehito Nanto[12], Tomoo Ushio[13]

1. 東京大学、2. 理化学研究所、3. 京都大学、4. 名古屋大学、5. 日本原子力研究開発機構、6. 金沢大学、7. 東京学芸大学、8. 神戸市立工業高等専門学校、9. 近畿大学、10. 北海道大学、11. 富山大学、12. 金沢工業大学、13. 首都大学東京
1. The University of Tokyo, 2. RIKEN, 3. Kyoto University, 4. Nagoya University, 5. Japan Atomic Energy Agency, 6. Kanazawa University, 7. Tokyo Gakugei University, 8. Kobe City College of Technology, 9. Kindai University, 10. Hokkaido University, 11. University of Toyama, 12. Kanazawa Institute of Technology, 13. Tokyo Metropolitan University

雷雲や雷放電における強電場領域では電子が相対論的な速度まで加速され、その制動放射が地上あるいは衛星・飛翔体実験により検出されている。電子が加速される機構や条件を明らかにするため、我々はGamma-Ray Observation of Winter Thunderclouds (GROWTH) 実験を2007年より行っており、2015年からは石川県や新潟県で可搬型の放射線検出器を用いた多地点観測を実施している。これまで、雷雲から数分以上にわたって放出されるロングバーストの性質 (Tsuchiya et al. 2007) や、雷放電によって放出された地球ガンマ線フラッシュが大気中で光核反応を引き起こしたこと (ショートバースト：Enoto et al. 2017) を解明している。これらロングバーストやショートバーストの検出事例を増やし、さらに個々の事象を複数の観測点で捉えるために、検出器の台数をさらに拡充しており、2018-2019年の冬季シーズンでは合計で20台以上の可搬型検出器を運用した。また雷放電や雲中電場とロングバースト・ショートバーストの関係を探るため、長波帯電波観測や大気電場計測との連携も進めている (Wada et al. 2018)。新たなイベントとして、2018年1月には金沢市で雷放電に同期したロングバーストの途絶とショートバーストの同時検出することに成功した。ロングバーストが途絶した位置と、ショートバーストを発生させた放電の電波パルスの位置は1 km以内で一致しており、ロングバーストを引き起こす雷雲内の強電場領域がショートバーストの発生を促進したことが示唆される。本講演ではGROWTH実験の進展状況、およびこのロングバーストとショートバーストの同時検出事象について報告する。

キーワード：雷、ガンマ線、放射線
Keywords: lightning, gamma ray, radiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロケット誘雷事例における電磁界および雷撃電流観測データの解析
Electromagnetic and stroke current observations on rocket-triggered lightning

*森本 健志[1]、黒川 真矢[1]、中村 佳敬[2]、山本 和男[3]
*Takeshi Morimoto[1], Shinya Kurokawa[1], Yoshitaka Nakamura[2], Kazuo Yamamoto[3]

1. 近畿大学、2. 神戸市立工業高等専門学校、3. 中部大学
1. Kindai University, 2. Kobe City College of Technology, 3. Chubu University

ロケット誘雷とは、雷雲下で小型ロケットにより導電性ワイヤを引き上げることで、ワイヤに沿って雷放電を誘発する技術である。筆者らのグループでは、石川県羽咋郡で冬季にロケット誘雷実験を行い、その周辺にVHFおよびLF帯の電磁界観測装置、雷撃電流測定用のロゴスキーコイル、高速ビデオカメラを設置して観測を行った。

本発表では、誘雷に成功した負極性落雷について、観測されたデータを総合的に解析し、放電過程を考察する。ロケットにより誘発された上向き正リーダ進展の後、雲から大地に向かう下向き負リーダが進展し、帰還雷撃が発生した。帰還雷撃後に200 ms程度継続する電流中に、電流の急峻な変化に伴う両極性のLF帯電磁パルスを確認した。

キーワード：ロケット誘雷、冬季雷、雷撃電流、電磁界観測
Keywords: Rocket-triggered lightning, Winter thunderstorm, Lightning current, EM observations



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)、座長:伊藤 孝(茨城大学)、高橋 嘉夫(東京大学)、鈴木 勝彦(JAMSTEC)

海底マンガン鉱床はマンガンクラスト，マンガン団塊などと呼ばれる酸化物の集合体である。コバルト，銅，ニッケル，レアアース，白金，テルルなどの潜在資源として注目され，将来の低品位大規模鉱床とみなされている。但し，その地域的な組成変化，時間的な組成変動などを規制する要因は明確にはなっていない。ここでは，地質学，鉱物学，古海洋学，地球化学，微生物学，海底物理工学などの専門家を交えて，海底マンガン酸化物の成長プロセス，金属濃集プロセス，金属の循環過程，成長史，成長環境，形成時期の解明に基づいて，マンガンクラスト，団塊の多様性の要因を総合的に議論する。

15:30 ~ 15:45

[MGI34-01] 海底マンガン鉱床の縞々学における課題：マンガンクラストにみられる成長構造，組成変動とその対比

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、浦本 豪一郎[1]、村山 雅史[3] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野、3.高知大学農林海洋科学部)

15:45 ~ 16:00

[MGI34-02] 酸化的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガン粒について

*浦本 豪一郎[1,2]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、若木 重行[2]、中田 亮一[2]、和穎 朗太[3]、上杉 健太朗[4]、竹内 晃久[4]、星野 真人[4]、鈴木 芳生[4,5]、光延 聖[6]、白石 史人[7]、菅 大暉[5]、武市 泰男[8]、高橋 嘉夫[5]、稲垣 史生[2] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構、3.農業・食品産業技術総合研究機構、4.高輝度光科学研究センター、5.東京大学、6.愛媛大学、7.広島大学、8.高エネルギー加速器研究機構)

16:00 ~ 16:15

[MGI34-03] 深海底化学堆積物・鉄マンガンクラストにおけるZr, Hfの分別挙動

*坂口 綾[1]、稲垣 純平[1]、井上 美南[2]、臼井 朗[3]、羽場 宏光[4]、金子 政志[5]、山﨑 信哉[1]、末木 啓介[1]、高橋 嘉夫[6] (1.筑波大学数理物質系、2.広島大学大学院理学研究科、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.理化学研究所仁科加速器科学研究センター、5.日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター、6.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[MGI34-04] モリブデン類似元素の鉄マンガン酸化物への吸着に伴う同位体分別

*田中 雅人[1]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:30 ~ 16:45

[MGI34-05] Distinct distribution trends of arsenate and molybdate in marine ferromanganese nodules

*Shitong Yang[1]、Soichiro Uesugi[1]、Haibo Qin[1]、Akira Usui[2]、Yoshio Takahashi[1] (1.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo、2.Geology Department, Kochi University)

16:45 ~ 17:00

[MGI34-06] Mineralogical and geochemical characteristics of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*中村 謙太郎[1]、堀之内 航一[1]、下村 遼[1]、町田 嗣樹[2]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[1,2]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

海底マンガン鉱床の縞々学における課題：マンガンクラストにみられる成長構造，組成変動とその対比

Challenges in microstratigraphy on the hydrogenetic ferromanganese crusts: Depositional processes and environments recorded as secular variations in microstructure, chemical and mineralogical compositions.

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、浦本 豪一郎[1]、村山 雅史[3]
*Akira Usui[1], Anna Nagaoka[2], Go-Ichiro Uramoto[1], Masafumi MURAYAMA[3]

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 高知大学大学院理学専攻地球科学分野、3. 高知大学農林海洋科学部
1. Marine Core Research Center, Kochi University, 2. Graduate School of Science, Kochi University, 3. Fac. Agriculture and Marine Sciences, Kochi University

We attempted to apply the method of Shima-Shima-gaku (lamina stratigraphy named by prof. S. Kawakami) on the secular variations in growth structure, chemical and mineralogical properties between the growth columns of the hydrogenetic ferromanganese deposit. The critera for describing each bands or zones based on the macroscopic (=physical) properties are not always consistant with chronological correlations or may not match with mineral/chemical composition. Our microscopic characterization using optical microscope, XRF mapping, XRD, acid-leach, micro-focus X-ray CT proved a possibility of separating local and regional sources of each mineral particle or element which is closely associated the environments of eposition.

キーワード：海底マンガン鉱床、マンガンクラスト、微細層序、縞々学
Keywords: marine manganese deposit, manganese crust, microstratigraphy, Shima-Shima-gaku

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

酸化的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガン粒について
Abundant ferromanganese microparticles in oxic pelagic sediments

*浦本 豪一郎[1,2]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、若木 重行[2]、中田 亮一[2]、和穎 朗太[3]、上杉 健太朗[4]、竹内 晃久[4]、星野 真人[4]、鈴木 芳生[4,5]、光延 聖[6]、白石 史人[7]、菅 大暉[5]、武市 泰男[8]、高橋 嘉夫[5]、稲垣 史生[2]
*Go-Ichiro Uramoto[1,2], Yuki Morono[2], Naotaka Tomioka[2], Shigeyuki Wakaki[2], Ryoichi Nakada[2], Rota Wagai[3], Kentaro Uesugi[4], Akihisa Takeuchi[4], Masato Hoshino[4], Yoshio Suzuki[4,5], Satoshi Mitsunobu[6], Fumito Shiraishi[7], Hiroki Suga[5], Yasuo Takeichi[8], Yoshio Takahashi[5], Fumio Inagaki[2]

1. 高知大学、2. 海洋研究開発機構、3. 農業・食品産業技術総合研究機構、4. 高輝度光科学研究センター、5. 東京大学、6. 愛媛大学、7. 広島大学、8. 高エネルギー加速器研究機構
1. Kochi University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Agriculture and Food Research Organization, 4. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 5. University of Tokyo, 6. Ehime University, 7. Hiroshima University, 8. High Energy Accelerator Research Organization

マンガンは地殻に存在する金属元素の中で鉄、チタンに次いで存在量が多く、また、酸化還元状態のような化学的な環境変化に反応して希少金属を伴って沈殿物を形成または分解するため、環境中での金属元素の挙動を理解する上で、重要な元素として注目されてきた。深海底ではマンガン団塊やコバルトリッチクラストのような球状ないし板状の金属酸化物として広く存在し、近年はその成因について調査研究が進められている。ただし、鉄マンガン酸化物の生成が大規模に生じていると考えられる広大な外洋環流域海底下の酸化的な地層環境内で、どのように鉄マンガン酸化物が存在するか、その実態は分かっていなかった。

本研究は、統合国際深海掘削計画第329次航海で得られた南太平洋環流域の酸化的な海底堆積物 [1] の微細構造を詳しく調べた結果、直径数ミクロンの鉄マンガン酸化物微粒子（以下「微小マンガン粒」）が、堆積物1ccあたり1億～10億個存在することを発見した [2]。微小マンガン粒は、外洋域の酸素に富む堆積物にのみ見つかり、外洋地層全体での存在量を計算した結果、10^{28}～10^{29}個の微小マンガン粒が海底下に存在することが分かった。さらに、比重分画と鉱物の光学的性質から、こうした微粒子を堆積物から分離する技術を確立した。その上で主要・微量元素の組成を分析した結果、微小マンガン粒は海水中で形成されたことが示唆され、鉄やマンガン等の主要金属元素だけでなく、レアアースのような有用希少金属を多く含むことが分かった。特にマンガンについては、地層中に含まれるマンガンの30～60%、重さにして1.28～7.62 兆トンのマンガンに相当することが明らかとなった。これは、海底表層のマンガン団塊やコバルトリッチクラストに含まれるマンガン総量の100～1000倍に相当し、膨大なマンガンが微粒子状の形で海底下に埋もれていることを示している。以上から、これまで存在すら知られていなかった金属酸化物の微粒子が、海洋での金属元素循環や物質保持メカニズムを理解する上で重要な役割を果たすことが明らかとなった。また、本研究で確立した環境試料から特定の微細粒子を精密かつ高速に分離・回収する技術は、今後、微粒子解析の基礎技術として、様々な応用展開が期待される。

キーワード：微小マンガン粒、酸化的堆積物、IODP第329次航海
Keywords: Mn-microparticle, oxic pelagic clay, IODP Exp. 329

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海底化学堆積物・鉄マンガンクラストにおけるZr, Hfの分別挙動
Fractionation of Zirconium-Hafnium in ferromanganese crusts

*坂口 綾[1]、稲垣 純平[1]、井上 美南[2]、臼井 朗[3]、羽場 宏光[4]、金子 政志[5]、山﨑 信哉[1]、末木 啓介[1]、高橋 嘉夫[6]
*Aya Sakaguchi[1], Junpei Inagaki[1], Minami Inoue[2], Akira Usui[3], Hiromitsu Haba[4], Masashi Kaneko[5], Shinya Yamasaki[1], Keisuke Sueki[1], Yoshio Takahashi[6]

1. 筑波大学数理物質系、2. 広島大学大学院理学研究科、3. 高知大学海洋コア総合研究センター、4. 理化学研究所仁科加速器科学研究センター、5. 日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター、6. 東京大学大学院理学系研究科
1. Faculty of Pure and Applied Science, 2. Graduate School of Science, Hiroshima University, 3. Center for Advanced Marine Core Research , Kochi University, 4. Nishina Center, Riken, 5. Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency, 6. Graduate School of Science, The University of Tokyo

Ferromanganese crusts (FMCs) are abyssal benthic chemical sediments that consist mainly of Fe and Mn oxide and hydroxide minerals, enriched with trace and precious metals. Due to their similar physicochemical properties, the elements zirconium (Zr) and hafnium (Hf), which are concentrated in FMCs, have a theoretically uniform ratio (Zr/Hf), which ratio is found in numerous systems. However, recent advances in analytical techniques have allowed observation of significant differences in the fractionation of these elements between seawater (Zr/Hf~45-350; Firdaus et al. 2011) and FMCs (Zr/Hf~57-88; Schmidt et al., 2014). In this study, we conducted adsorption experiments and XAFS analyses to clarify the concentrations and fractionation mechanisms of Zr-Hf in FMCs using synthesized minerals (Ferrihydrite and δ-MnO_2), radio-Zr and Hf tracers, and natural samples.

Six FMCs were collected from the Takuyo-Daigo and Ryusei seamounts, at water depths of from 950 m to 3000 m, using a ROV equipped with a live video camera and manipulators. The near surface layers (less than 1 mm) of all the FMCs were analyzed with XAFS and ICP-MS for Zr, Hf and other elements, and with XRD for mineral composition. Radiotracers were produced using the RIKEN AVF cyclotron for adsorption and co-precipitation experiments. Appropriate amounts of these tracers were added to 0.7 M NaCl solutions containing desferrioxamine B (DFOB) to obtain some Zr and Hf concentrations of solutions. The speciations of these elements in said solutions were confirmed by ESI-TOF-MS. Synthesized Ferrihydrite or δ-MnO_2 was added to the solutions and stirred for three hours at a pH of 8. In addition, Ferrihydrite or δ-MnO_2 was synthesized in said solutions. The activities of radio tracers in the filtered solutions were measured using a Ge detector. The adsorption/co-precipitation amounts to the solid phase were calculated using the differences in the radioactivity of the solution before and after filtration.

The major mineral composition of Fe and Mn in the FMCs did not vary significantly with the water depth of these seamounts. The concentrations of Zr and Hf increased with depth, and their ratios were totally fractionated from those of the seawater (Firdaus et al., 2011). Hf was more enriched in all FMCs than was Zr. The observed Zr chemical states in the FMCs were mainly coprecipitation with Ferrihydrite and coprecipitation with d-MnO2. In our adsorption experiments, the largest adsorption rate was observed in Hf to δ-MnO_2, followed in order by Zr to δ-MnO_2, Hf to Ferrihydrite and Zr to Ferrihydrite. The partition coefficients (K_D values) were calculated using the concentration ranges of Zr and Hf in seawater, where it was clear that Hf adsorbed more on both. Even though complexation rates estimated by RI-TLC were considered, there was no change in the adsorption behaviors in these experiments. For these samples, we found that the bond lengths between Zr-O and Hf-O in the first shells were shortened when they were incorporated into the oxides, with Hf-O becoming more shortened compared to Zr-O. The DFT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

calculations showed that Zr and Hf adsorbs on Fe and Mn oxides as bidentate-mono nuclear and bidentate-binuclear structures. The calculation results for the binding energies and bond orders of Zr and Hf to minerals gave a reasonable explanation of the fractionation mechanism for Zr-Hf pairs in FMCs.

キーワード：鉄マンガンクラスト、ジルコニウム、ハフニウム
Keywords: Ferromanganese crusts, Zirconium, Hafnium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モリブデン類似元素の鉄マンガン酸化物への吸着に伴う同位体分別
Isotope fractionation of Mo-like elements during adsorption to ferromanganese oxides

*田中 雅人[1]、高橋 嘉夫[1]
*Masato Tanaka[1], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

A large mass-dependent isotope fractionation between seawater and ferromanganese oxides was observed, where lighter isotopes of Mo were preferentially incorporated into ferromanganese oxides. The large isotopic fractionation of molybdenum (Mo) is most likely caused by geometrical change from tetrahedral (Td) to distorted octahedral (Oh) during adsorption on manganese oxides based on X-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy. The coordination number relates to its ionic radius. Thus, the elements which have similar ionic radius to Mo are expected to show the similar phenomena to Mo, i.e. the large isotope fractionation. Germanium (Ge) and Vanadium (V) can be candidate of such elements because they have similar ionic radius to Mo (Ge(IV): r= 0.53 Å, V(V): r=0.54 Å, and Mo(VI): r=0.59 Åfor 6-hold coordination). In this study, we examine the adsorption structure of Ge and V on Fe-/Mn-(oxyhydr)oxides by XAFS spectroscopy. Furthermore, the isotope fractionation during adsorption on the minerals is estimated by quantum chemical calculations.

XAFS analysis indicated that the adsorbed species of Ge on Fe- and Mn-(oxyhydr)oxides have Td geometry. On the other hand, the adsorbed structure of V on ferrihydrite is Td whereas that on δ-MnO_2 is distorted Oh. This trend of V in adsorbed species is similar to that of Mo. The geometries of hydrated species of Ge and V are Td. Thus, it is expected that a large V isotope fractionation occur during adsorption on Mn oxide, but a small fractionation in the case of Ge. In fact, a large isotope fractionation for V and a small isotope fractionation for Ge were estimated by quantum chemical calculations. This finding indicates that the requirement to show a Mo like large isotope fractionation during adsorption is not only an appropriate ionic radius. Recently, we found that two elemental properties of Mo(VI), namely d^0 electronic configuration and appropriate ionic radius, lead to the large isotope fractionation. In fact, V(V) possesses d^0 electronic configuration, but Ge(IV) does not. Tungsten (W)(VI) also satisfies the two properties and shows a large isotope fractionation during adsorption on Fe-/Mn-(oxyhydr)oxides. Thus, the elements which have the two elemental properties (Mo-like elements) can exhibit a Mo like large isotope fractionation during ferromanganese oxides.

キーワード：モリブデン、鉄マンガン酸化物、同位体分別、量子化学計算、バナジウム、ゲルマニウム
Keywords: molybdenum, ferromanganese oxide, isotope fractionation, quantum chemical calculation, vanadium, germanium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Distinct distribution trends of arsenate and molybdate in marine ferromanganese nodules

*Shitong Yang[1], Soichiro Uesugi[1], Haibo Qin[1], Akira Usui[2], Yoshio Takahashi[1]

1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Geology Department, Kochi University

Marine ferromanganese nodules or crusts with the hydrogenetic (HG), diagenetic (DG) and hydrothermal (HT) origins, are important sedimentary substrates for various elements such as lead (Pb), zinc (Zn), cobalt (Co), cerium (Ce), molybdenum (Mo), tungsten (W), arsenic (As), antimony (Sb), tellurium (Te), and etc. However, the distribution behaviors and host phases of tetrahedral arsenate (AsO_4^{3-}) and molybdate (MoO_4^{2-}) oxyanions in the ferromanganese oxides are far from understood. Herein, we combine sequential extraction approach and spectroscopic analyses to explore the mineralogical components of HG ferromanganese nodules collected from the Pacific Ocean and the speciation of arsenate and molybdate therein.

X-ray diffraction (XRD), X-ray absorption near-edge structure (XANES) and extended X-ray absorption fine structure (EXAFS) spectroscopy analyses indicate that the predominant manganese and iron phases were vernadite (δ-MnO_2) and ferrihydrite, respectively. According to the sequential extraction examination, both As and Mo are associated with the iron (oxyhydr)oxide phases. As K-edge EXAFS analyses indicate the immobilization of arsenate by ferrihydrite via forming inner-sphere complexes in double corner-shared form. This result is consistent with the sequential extraction data. However, Mo L_3-edge XANES analyses suggest the adsorption of molybdate on vernadite surfaces via the edge-shared complexation, being contrary to the conclusion derived from the sequential extraction results. This inconsistency reveals the unreliability of sequential extraction approach to verify the host phase of trace elements in complicated natural samples due to the potential occurrence of re-adsorption risk.

According to the spectroscopic analyses, chemical binding (ΔG_{chem}) rather than the previously proposed coulombic interaction (ΔG_{coul}) is the predominant driving force for the retention of arsenate and molybdate by HG ferromanganese nodules. The disparate distribution trends of arsenate and molybdate are attributed to their different intrinsic properties (e.g., averaged dissociation constants of conjugate acids) and the diverse properties (e.g., surface site densify, adsorption equilibrium constant and crystalline structure) of ferrihydrite and vernadite. These research findings will help assess the geochemical behaviors and environmental fate of trace elements in marine environment.

Keywords: Marine ferromanganese nodules, Arsenate , Molybdate, Host phases, Geochemical behaviors

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mineralogical and geochemical characteristics of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*中村 謙太郎[1]、堀之内 航一[1]、下村 遼[1]、町田 嗣樹[2]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[1,2]、加藤 泰浩[1,2]
*Kentaro Nakamura[1], Koichi Horinouchi[1], Ryo Shimomura[1], Shiki Machida[2], Kazutaka Yasukawa[1,2], Koichiro Fujinaga[1,2], Yasuhiro Kato[1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology

Ferromanganese nodules are spherical material mainly composed of manganese, iron, and other transition metal (oxyhydro)oxides, which are widely distributed on the deep seafloor around the world [1]. It has been widely accepted that ferromanganese nodules can be classified into three types: hydrogenetic, diagenetic and hydrothermal types [1]. Among them, hydrogenetic nodules are composed of Fe–Mn (oxyhydr)oxides that precipitated from seawater and thus, this type of nodules can be expected to provide proxy paleoceanographic records [2, 3, 4, 5].
In this study, we investigated mineralogy and geochemistry of ferromanganese nodules sampled from the Minamitorishima EEZ for the purpose of elucidating formation environment of the nodules. Both the ferromanganese mineral phase and bulk chemical compositions clearly show that these nodules are hydrogenetic in origin. Based on X-ray CT and micro X-ray mapping analyses, oxide layer of the nodules can be subdivided into five layers [6. 7]. Although ferromanganese mineral is common to all the oxide layers, we found that Mn/Fe and Ni content systematically changed from inner layer to outer layer. The result implies that bottom water of the Minamitorishima EEZ has gradually been oxygenated toward the present.

キーワード：マンガンノジュール、マンガン鉱物、全岩化学組成、形成環境、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodules, ferromanganese mineral, bulk chemical compositions, formation environment, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 301B 3F

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:樫村 博基

惑星形成・進化・表層環境の多様性の解明と理解に、計算機シミュレーションは大きな役割を果たしてきた。しかしながら、近年においては、計算機の能力の進歩は続いているにもかかわらず、そのことが必ずしも直接にシミュレーションでできることの改善につながっていない面もある。90年代初頭に比べて計算機は6桁性能向上しているが、我々が行っているシミュレーションは量的にも質的にもそれに見合ったものにはなっていないようにも見える。 本企画セッションでは、「京」コンピュータにいたり、さらにはポスト「京」コンピュータ等を実現しようという今日、これら計算能力の向上をいかにして惑星科学の量的・質的な発展につなげるか、ということをテーマに、惑星形成・進化、惑星内部と表層の構造と進化、それらの多様性について、理論、観測、および数値計算手法についての発表を募り、計算惑星科学の将来計画についての総合的な議論の場とする。 惑星科学に限らず、地球科学のあらゆる分野からの分野横断的な参加を期待する。

13:45 ~ 14:00

[MGI35-01] 太陽地球圏環境変動の原因としての太陽活動のシミュレーション研究

*草野 完也[1]、堀田 英之[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.千葉大学大学院融合理工学府)

14:00 ~ 14:15

[MGI35-02] 全球非静力学火星大気大循環モデルの開発と高解像度計算

*樫村 博基[1]、八代 尚[2]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、中島 健介[3]、石渡 正樹[4]、高橋 芳幸[1]、林 祥介[1] (1.神戸大学/惑星科学研究センター、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.北海道大学)

14:15 ~ 14:30

[MGI35-03] 原始惑星系円盤乱流場中のダストの衝突付着成長シミュレーション

*石原 卓[1]、濱端 航平[2]、櫻井 幹記[2]、梅村 雅之[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.名古屋大学工学研究科、3.筑波大学計算科学センター)

14:30 ~ 14:45

[MGI35-04] Particle-Particle Particle-Tree法を用いた惑星系形成のN体計算コードの開発

*石城 陽太[1,4]、小南 淳子[2]、牧野 淳一郎[3]、藤本 正樹[4] (1.東京大学、2.東京工業大学、3.理化学研究所計算科学研究機構、4.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[MGI35-05] ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の起源・進化と環境変動の解明」の現況,

*牧野 淳一郎[1,2] (1.神戸大学、2.理研計算科学研究センター)

15:00 ~ 15:15

Discussion

太陽地球圏環境変動の原因としての太陽活動のシミュレーション研究
Simulation Studies of Solar Activities as a Cause of Solar-Terrestrial Environment Variation

*草野 完也[1]、堀田 英之[2]
*Kanya Kusano[1], Hideyuki Hotta[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 千葉大学大学院融合理工学府
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Faculty of Science and Engineering, Chiba University

Solar activity is the main driver of disturbance of solar-terrestrial environment, and an extreme space weather disaster caused by a giant solar eruption is a potential risk to modern society. The prediction is just a way to mitigate the space weather disaster. In this study, in order to improve our understanding and predictability of the solar-terrestrial environmental variation, we are developing the various types of simulations of solar activities. In this paper, we will report the recent progress of the following two topics. The first topic is for the comprehensive simulation of the whole solar convection zone. Since comprehensive calculation covering whole convection zone has not been carried out ever due to significant temporal and spatial differences between deep and surface layers, our understanding for connection between the solar surface and the deep solar interior has been limited. Here we succeed in carrying out such a calculation for the first time. The results show that the surface region has an unexpectedly small effect on the deep convection zone. The second topic is for the physics-based prediction of imminent giant solar flares. The results indicate that the non-linear force-free modeling based on the vector magnetic field data can be a powerful tool to predict when, where and how large giant solar flares will occur.

キーワード：太陽対流層、太陽フレア、宇宙天気
Keywords: solar convection zone, solar flares, space weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全球非静力学火星大気大循環モデルの開発と高解像度計算
Development of a global non-hydrostatic Martian atmospheric model and its high-resolution simulation

*樫村 博基[1]、八代 尚[2]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、中島 健介[3]、石渡 正樹[4]、高橋 芳幸[1]、林 祥介[1]
*Hiroki Kashimura[1], Hisashi Yashiro[2], Seiya Nishizawa[2], Hirofumi Tomita[2], Kensuke Nakajima[3], Masaki Ishiwatari[4], Yoshiyuki O. Takahashi[1], Yoshi-Yuki Hayashi[1]

1. 神戸大学/惑星科学研究センター、2. 理化学研究所計算科学研究センター、3. 九州大学、4. 北海道大学
1. Kobe University/Center for Planetary Science, 2. RIKEN Center for Computational Science, 3. Kyushu University, 4. Hokkaido University

地球大気の運動は数メートル規模から惑星規模に至るまで幅広く、様々な規模の現象が相互作用している。このことが、より高解像度の大気シミュレーションが求められる理由の1つである。こうした状況は、火星をはじめとした他の惑星でも同様なはずである。火星では数十から数百メートル規模のダストデビル（塵旋風）から、数十キロメートル規模のローカルダストストーム、全球を覆うグローバルダストストームまで、大小様々な規模の砂嵐が観測されているが、これらのスケール間の相互作用は未解明である。また火星は大気が薄く海がないため、昼夜間の寒暖差が大きく、鉛直対流が卓越すると考えられるが、全球規模の大気大循環に対するその役割は解明されていない。これらの謎に挑むためには、水平数キロメートル解像度の高解像度全球大気計算が求められる。また鉛直対流を陽に表現するために、非静力学の方程式系で計算する必要がある。

そこで我々は、大型計算機「京」の後継機、ポスト「京」での火星高解像度計算の実現を目指し、全球非静力学火星大気モデル (火星版SCALE-GM) を開発している。SCALE-GM (http://scale.aics.riken.jp/) は、正二十面体準一様格子法 (Tomita et al., 2001, 2002) による地球大気の全球非静力学モデルNICAM (Tomita & Satoh, 2005; Satoh et al., 2008; Satoh et al., 2014) の力学コアを基に、領域モデル (SCALE-RM) との物理過程モジュールの共通化や他の惑星大気計算など、より幅広い応用を目指して開発が進められている大気大循環モデルである。我々はSCALE-GMに、火星大気用の定数や放射・地表面過程などの物理モジュールを組み込んだ火星版SCALE-GMを開発している。開発は、既存の汎惑星大気大循環モデルDCPAM (https://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/) の火星物理モジュールを移植する形で進めている。なおDCPAMは静力学平衡を仮定した方程式系をスペクトル法で解く、伝統的な全球大気モデルである。

本研究ではまず、DCPAM物理モジュールのうち、火星大気放射モデル (Forget et al., 1999) と土壌モデルを移植し、テスト計算として鉛直1次元大気と土壌の温度変化を確認した。大気は鉛直100層 ($\Delta z = 1$ km)、ダストは光学的厚さ0.2の固定分布とし、土壌は18層、熱容量 9.7×10^5 [J K^{-1} kg^{-1}]、熱伝導率0.076 [W m^{-1} K^{-1}] とした。地表アルベドは0.2とし、地表面フラックスはBH91B95 (Beljaars & Holstang, 1991; Beljaars, 1995)、鉛直拡散はMY2.5 (Mellor & Yamada, 1982) で計算した。初期値は200 Kの等温静止大気・土壌とし、SCALE-GMとDCPAMで同様の時間発展が計算されることを確認した。

次に、火星的設定下における高解像度3次元計算のテストと解像度依存性の確認を兼ねて、水平解像度の異なる以下の7ケースの計算を実施した。水平格子間隔は、$240\times(1/2)^n$ [km] (n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6; 以下同じ) であり、最小時は3.75 kmである。サブグリッドスケールの乱流拡散を表す水平渦拡散は3次のラプラシアンで与え、その最小スケールに対する緩和時間は、$100\times(1/2)^n$ [s] とした。大気の鉛直層数は36とし、地表付近ほど層間隔が狭くなるように配置した。モデル上端での波の反射を防ぐため、高度 40 kmより上空に1次のラプラシアンで擾乱を潰すスポンジ層を設置した。その最小スケールに対する緩和時間は $3600\times(1/4)^n$ [s] とした。ただし計算の都合上$\Delta x = 3.75$ kmのときは、3 sとした。時間積分には4段4次のルンゲクッタ法を用い、時間刻み幅 $360\times(1/2)^n$ [s] で計算した。地表アルベドは0.5とした。地形および凝結過程は導入していな

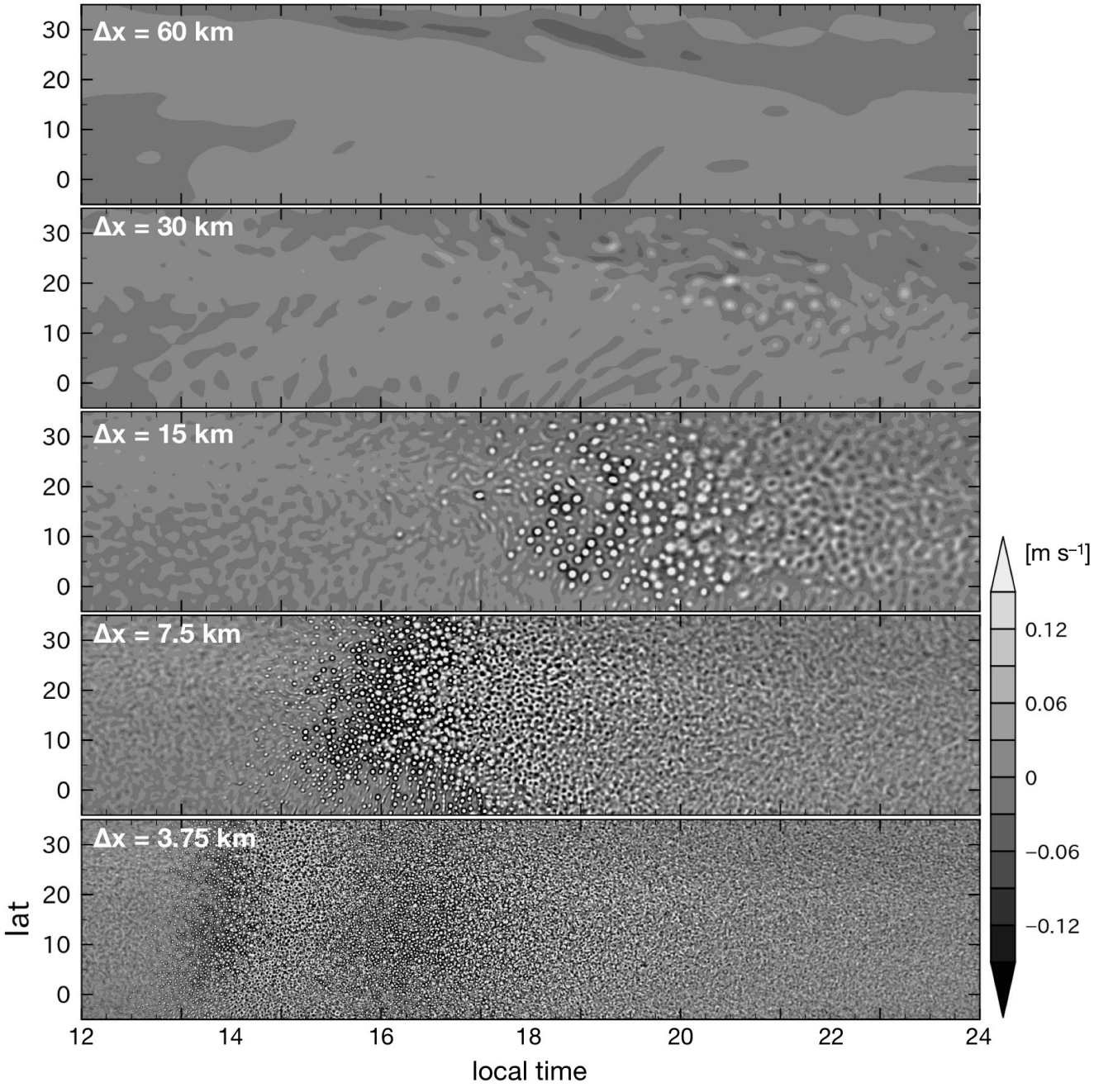
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

い。

計算の結果、水平格子間隔が30 km以上の場合、日周期加熱に伴う鉛直対流は明瞭には現れなかったが、15 km以下の場合には、鉛直対流が表現された。また、鉛直対流の規模・発生時刻は、今回計算した範囲では解像度に制約されていることが確認された。

（図：高度2 kmの鉛直流の解像度依存性．北半球春分から30日後の瞬間場）

キーワード：火星、大気、全球、非静力学、高解像度シミュレーション、モデル開発
Keywords: Mars, atmosphere, global, non-hydrostatic, high-resolution simulation, model development



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始惑星系円盤乱流場中のダストの衝突付着成長シミュレーション
Numerical simulations on the collision, adhesion, and growth of dust particles in turbulent gas in a protoplanetary disk

*石原 卓[1]、濱端 航平[2]、櫻井 幹記[2]、梅村 雅之[3]
*Takashi Ishihara[1], Kohei Hamabata[2], Yoshiki Sakurai[2], Masayuki Umemura[3]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、2. 名古屋大学工学研究科、3. 筑波大学計算科学センター
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 3. Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

In a protoplanetary disk, dust grains, which are icy or rocky microscopic particles, are present at about one percent of gas mass. The dust grains collide and adhere with each other to grow in size repeatedly in turbulent gas of a protoplanetary disk. Planetesimals are widely believed to form as a consequence of this hierarchical coagulation from submicron-size dust particles to kilometer-size bodies in a protoplanetary disk. However, it has been argued that there are several physical barriers such as bouncing and radial drift barriers in the planetesimal formation process, and these remain unresolved, especially for silicate dust. In recent years, as a possible solution to these problems, the effect of turbulent clustering of dust grains has been attracting attentions.

In previous studies, it was pointed out that the clustering of particles by turbulence promotes adhesion growth (Pan et al, ApJ2011), and the statistics such as the collision velocity of dust particles in turbulent flow were investigated by a direct numerical simulation (DNS) of turbulence, solving the Navier–Stokes equations (Pan and Padoan, ApJ 2015). Recently, a series of large-scale DNSs of turbulence was conducted to study the velocity distribution of colliding particles in the turbulent flow and the dependence on flow nonlinearity (Reynolds number) (Ishihara et al, ApJ2018). However, numerical simulations on the coagulation process of dust particles were not performed. Therefore, whether dust grains grow hierarchically has not been clarified.

In this study, we developed a parallel code (using MPI and OpenMP) to simulate the collisional adhesion process of dust particles, in which the critical collision velocity (Wada et al, A & A, 2013) is taken into account, and investigated the adhesion processes of 512^3 dust particles using a large-scale DNS of turbulence.
As a result, we have found the following by the analyses of the obtained data:
(1) Dust particles collides with each other within the critical collision velocity preferentially at positions with smaller enstrophy (intensity of vorticity), while dust particles collide with the critical or higher collision velocity at positions with larger enstrophy.
(2) Even if the average collision speed exceeds the critical collision velocity, the collisions within the critical collision velocity can occur repeatedly, and thus rapidly growing dust grains do exist.
(3) The sticking probability of dust particles directly obtained by our simulations is larger than that estimated by the previous DNS data analysis (Ishihara et al ApJ 2018).
(4) The Reynolds number dependence of the dust motion for grains with long stopping time (the response time to flow change) is very weak. Hence, even in protoplanetary disk turbulence with much larger Reynolds number, the same growth process as in this study is expected.

The reasons and implication of the above results will be discussed by conducting the additional data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

analysis.

キーワード：原始惑星系円盤、微惑星形成、ダストの衝突付着シミュレーション
Keywords: Protoplanetary disk, Planetesimal formation, Numerical simulations on the collision, adhesion, and growth of dust particles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Particle-Particle Particle-Tree法を用いた惑星系形成のN体計算コードの開発

Development of N-body Simulation Code for Planetary System Formation With Particle-Particle Particle-Tree Scheme

*石城 陽太[1,4]、小南 淳子[2]、牧野 淳一郎[3]、藤本 正樹[4]
*Yota Ishigaki[1,4], Junko Kominami[2], Junichiro Makino[3], Masaki Fujimoto[4]

1. 東京大学、2. 東京工業大学、3. 理化学研究所計算科学研究機構、4. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
1. University of Tokyo, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. RIKEN AICS, 4. Institite of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

一般に，惑星系は，中心星を取り巻く原始惑星系円盤から形成したと考えられている．特に，固体惑星やガス惑星のコアは，原始惑星系円盤内でkmサイズの天体(微惑星)の集積により形成したとされている．微惑星の集積過程は，主に微惑星系の重力多体計算(N体計算)によって議論されている．また，従来の惑星系形成標準理論にも様々な未解決問題が指摘されており，近年，それらの問題を解決するために様々な惑星系形成モデルが提唱されている．しかし，これらの新しいモデルにも問題点のないものは存在しない．また，十分な粒子数のN体計算が行われていないため，汎惑星系形成論となるモデルは未だ構築されていない．

本研究では，惑星系形成シミュレーションのためのparticle-particle particle-tree (P^3T)法を用いた新しいN体計算コード，GPLUMの開発を行った．GPLUMでは，カットオフ半径より近距離の粒子間の重力相互作用を4次エルミート法で計算し，それより遠距離の粒子間重力相互作用をツリー法を用いて計算する．また，従来のP3T法を用いたコードでは，系内の粒子について質量比が大きくつくと計算速度が低下するという問題があるが，GPLUMでは，カットオフ半径を粒子間の相互作用ごとに質量と軌道長半径に基づいて定める新たなアルゴリズムを実装することで，従来のP3T法コードの問題点を解決している．GPLUMの性能は，従来のP^3T法コードと比較して，大きな質量比のついた質量分布を持つ粒子系のシミュレーションに対しては大幅に改善される．

N体計算コードの性能を改善することにより，惑星系形成過程の大域的なシミュレーションが可能になる．GPLUMによって，N体計算で~10^6-10^7粒子を扱うことが可能となり，これまでN体計算で扱うことができなかった広範囲，高解像度のN体計算を行うことができる．さらに，計算コストが向上したことで，たくさんの数値実験が可能となり，パラメータスタディによる新たな議論も可能となることが期待される．

キーワード：N体計算、惑星系形成
Keywords: N-body simulation, planetary system formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の起源・進化と環境変動の解明」の現況,
Current status of post-K Exploratory Challenge, computational planetary science

*牧野 淳一郎[1,2]
*Junichiro Makino[1,2]

1. 神戸大学、2. 理研計算科学研究センター
1. Kobe Univ, 2. RIKEN R-CCS

2016 年度から4年間(2年の準備研究+2年の本格研究)のプロジェクトとして、ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の 起源・進化と環境変動の解明」(以下計算惑星)がスタートし、今年度が本格研究フェーズの最終年度となる。本講演では、計算惑星プロジェクトの概要と進捗状況について報告する。

ポスト「京」は2011年度に完成したスーパーコンピューター「京」の後継プロジェクトであり、2021年頃の完成、アプリケーションで「京」の最大100倍の性能を目指している。ポスト「京」で推進する科学的課題として、重点9課題と萌芽的4課題が選定されているが、萌芽的課題の1つに惑星科学があり、その実施は神戸大学を代表機関とし、9研究機関からなる体制で進めることとなった。これが計算惑星プロジェクトである。

計算惑星プロジェクトは、4つのサブ課題からなり、それぞれ主に惑星形成、惑星内部・表層のダイナミクスと進化、太陽活動による地球環境変動、原始太陽系における物質進化と生命起源をテーマとする。本講演では各サブ課題の概要、準備研究の成果、計算科学的なチャレンジ、これまでの成果と今後の展開等をまとめる。

キーワード：高性能計算、計算科学
Keywords: High Performance Computing, Computational Science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.