2019年5月27日(月)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

9:30 ~ 10:30 | 101 1F

[U-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:田近 英一、春山 成子

9:45 ~ 10:08

[U05-01] 国際アストロ・バイオサイエンス研究センター

★招待講演

*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)

10:08 ~ 10:30

[U05-02] 太陽地球系結合過程の研究基盤形成

★招待講演

*山本 衛[1]、橋口 浩之[1]、横山 竜宏[1]、宮岡 宏[2]、小川 泰信[2]、塩川 和夫[3]、野澤 悟徳[3]、吉川 顕正[4]、津田 敏隆[5,1] (1.京都大学生存圏研究所、2.国立極地研究所、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5.情報・システム研究機構)

[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-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:春山 成子、川幡 穂高

10:45 ~ 11:08

[U05-03] Development of the global earth observation system using satellites

★Invited Papers

*Shinichi Sobue[1]、Yoshiaki HONDA[3]、Shuichi Rokugawa[2]、Akira Iwasaki[2]、Nobuhiro Takahashi[4]、Yukari Takayabu[2]、Riko Oki[1]、Toshiyoshi Kimura[1]、Teruyuki Nakajima[1]、Takeo Tadono[1]、Kosuke Yamamoto[1] (1.Japan Aerospace Exploration Agency、2.University of Tokyo、3.Chiba University、4.Nagoya University)

11:08 ~ 11:31

[U05-04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進

★招待講演

*小池 真[1,2] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.公益社団法人日本気象学会)

11:31 ~ 11:54

[U05-05] 深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化

★招待講演

*日比谷 紀之[1] (1. 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

11:54 ~ 12:15

[U05-06] 極域科学の新展開：氷床変動に起因する海水準上昇予測のための拠点観測

★招待講演

*中村 卓司[1]、杉山 慎[2]、阿部 彩子[3]、青木 輝夫[4]、野木 義史[1]、田村 岳史[1] (1.国立極地研究所、2.北海道大学低温科学研究所、3.東京大学大気海洋研究所、4.岡山大学大学院自然科学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[U-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:川幡 穂高、田近 英一

13:45 ~ 14:08

[U05-07] 革新的”質量分析技術”開発で拓く宇宙・地球・生命科学

★招待講演

*寺田 健太郎[1] (1.大阪大学院理学研究科宇宙地球科学専攻)

14:08 ~ 14:31

[U05-08] 宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築

★招待講演

*小宮 剛[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)

14:31 ~ 14:54

[U05-09] リアルタイム観測・大深度掘削・高圧実験の統合による沈み込み帯4D描像

★招待講演

*木下 正高[1]、平田 直[1]、篠原 雅尚[1]、入舩 徹男[2]、鍵 裕之[7]、加藤 照之[3]、小野 重明[4]、道林 克禎[6]、阿部 なつ江[4]、稲垣 史生[4]、小村 健太朗[5]、小原 一成[1] (1.東京大学地震研究所、2.愛媛大学、3.温泉地学研究所、4.海洋研究開発機構、5.防災科学技術研究所、6.名古屋大学、7.東京大学地殻化学実験施設)

14:54 ~ 15:15

[U05-10] 地球惑星科学・諸科学・社会とのインテリジェントミュオグラフィ連携研究基盤構築

★招待講演

*田中 宏幸[1] (1.東京大学地震研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[U-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:田近 英一、春山 成子

15:30 ~ 15:53

[U05-11] 惑星探査コンソーシアム

★招待講演

*林 祥介[1]、渡部 重十[2,5]、中本 泰史[3,4] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.地球電磁気・地球惑星圏学会、3.日本惑星科学会、4.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、5.北海道情報大学)

15:53 ~ 16:16

[U05-12] 彗星アストロバイオロジー探査サンプルリターン（CAESAR）における日本からの貢献

★招待講演

*中村 智樹[1]、山田 和彦[2]、古川 善博[1]、木村 勇気[3]、瀧川 晶[4]、臼井 寛裕[2]、國中 均[2]、 CAESAR SRC Team (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.宇宙科学研究所、3.北海道大学、4.京都大学)

16:16 ~ 16:38

[U05-13] 戦略的火星探査：周回・探査技術実証機による火星宇宙天気・気候・水環境探査計画

★招待講演

*関 華奈子[1]、渡部 重十[2]、中本 泰史[3]、寺田 直樹[4]、山崎 敦[5]、松岡 彩子[5]、臼井 寛裕[5]、関根 康人[3]、藤田 和央[5]、横田 勝一郎[6]、笠原 慧[1]、斎藤 義文[5]、中川 広務[4]、熊本 篤志[4]、前澤 裕之[7]、火星宇宙天気・気候・水環境探査計画 検討チーム (1.東京大学大学院理学系研究科、2.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻、3.東京工業大学、4.東北大学大学院理学研究科、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.大阪大学大学院理学研究科、7.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)

[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:倉本 圭(北海道大学)、佐々木 貴教(京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室)

9:00 ~ 9:15

[PPS06-01] 惑星大気ならびに系外惑星連続モニタリングのためのPLANETS望遠鏡の開発現況

*坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、平原 靖大[2]、Kuhn Jeffery[3]、Berdyugina Svetalana[4]、Emilio Marcelo[5]、中川 広務[6]、栗田 光樹夫[7]、笠羽 康正[1]、小原 隆博[1]、岡野 章一[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学環境学研究科、3.米国ハワイ大学天文学研究施設、4.ドイツケーペンハウワー研究所、5.ブラジルポンタグロッサ州立大学　、6.東北大学大学院理学研究科、7.京都大学大学院理学研究科)

9:15 ~ 9:30

[PPS06-02] 火星衛星探査計画MMX：目指す科学とその推進

*倉本 圭[1,2]、川勝 康弘[2]、藤本 正樹[2]、Jean Pierre Bibring[3]、David Lawrence[4]、玄田 英典[5]、平田 成[6]、今村 剛[7]、亀田 真吾[8]、松本 晃治[9]、宮本 英昭[7]、諸田 智克[10]、長岡 央[2]、中川 広務[11]、中村 智樹[11]、小川 和律[12]、大嶽 久志[2]、尾崎 正伸[2]、佐々木 晶[13]、千秋 博紀[14]、橘 省吾[7,2]、寺田 直樹[11]、臼井 寛裕[2]、和田 浩二[14]、渡邊 誠一郎[10]、MMX study team (1.北海道大学、2.JAXA、3.IAS、4.APL、5.ELSI、6.会津大学、7.東京大学、8.立教大学、9.国立天文台、10.名古屋大学、11.東北大学、12.神戸大学、13.大阪大学、14.千葉工業大学)

9:30 ~ 9:45

[PPS06-03] Implantation of Martian Materials in the Inner Solar System by a Mega Impact on Mars

*兵頭 龍樹[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学・地球生命研究所)

9:45 ~ 10:00

[PPS06-04] 還元型原始火星大気の流体力学的散逸

*吉田 辰哉[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学)

10:00 ~ 10:15

[PPS06-05] 低角運動量の回転原始火星大気による衛星軌道進化

*松岡 亮[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

10:15 ~ 10:30

[PPS06-06] 原始月円盤の冷却進化過程を考慮した月形成 N 体計算

*佐々木 貴教[1]、細野 七月[2] (1.京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室、2.海洋研究開発機構)

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

10:45 ~ 12:15 | 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:黒川 宏之(東京工業大学 地球生命研究所)、田中 佑希(東京工業大学)

10:45 ~ 11:00

[PPS06-07] Class 0/I 段階でのペブル集積による巨大惑星の形成可能性について

*田中 佑希[1]、塚本 裕介[2] (1.東京工業大学、2.鹿児島大学)

11:00 ~ 11:15

[PPS06-08] The effect of the three-dimensional gas flow around an embedded planet on pebble accretion

*桑原 歩[1]、黒川 宏之[2] (1.東京工業大学、2.地球生命研究所)

11:15 ~ 11:30

[PPS06-09] Icy pebble accretion onto terrestrial planets: the effect of gas flow

*黒川 宏之[1]、桑原 歩[2]、奥住 聡[2] (1.東京工業大学 地球生命研究所、2.東京工業大学)

11:30 ~ 11:45

[PPS06-10] ペブル集積による小惑星セレスへのアンモニア氷の供給

*奈良 悠冬[1]、奥住 聡[1]、黒川 宏之[2] (1.東京工業大学、2.東京工業大学　地球生命研究所)

11:45 ~ 12:00

[PPS06-11] Volatile-driven cryovolcanic eruption on asteroid Ceres as a probe to its interior

*湯本 航生[1]、長 勇一郎[1]、杉田 精司[1] (1.東京大学理学部地球惑星科学専攻)

12:00 ~ 12:15

[PPS06-12] M型星ハビタブルゾーン内の同期回転地球類似惑星における氷床形成

新井 総馬[1]、倉本 圭[1]、*石渡 正樹[1]、鎌田 俊一[1] (1.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

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

13:45 ~ 15:15 | 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:荻原 正博(国立天文台)、藤井 悠里(名古屋大学)

13:45 ~ 14:00

[PPS06-13] 非等温円盤におけるType1惑星移動の三次元線形解析

*岡田 航平[1]、田中 秀和[1] (1.東北大学理学研究科)

14:00 ~ 14:15

[PPS06-14] 中心星質量による原始惑星系円盤進化の変化

*中野 龍之介[1]、鈴木 建[1]、荻原 正博[2]、小久保 英一郎[2] (1.東京大学、2.国立天文台)

14:15 ~ 14:30

[PPS06-15] 周惑星円盤の形成に関する輻射流体力学シミュレーション

*藤井 悠里[1]、Gressel Oliver[2]、富田 賢吾[3]、Zieglar Udo[2] (1.名古屋大学高等研究院 (理学研究科)、2.Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam、3.大阪大学)

14:30 ~ 14:45

[PPS06-16] 原始惑星系円盤の非効率な磁気降着加熱：スノーラインの進化への影響

*森 昇志[1]、Xuening Bai[2]、奥住 聡[3] (1.東京大学大学院理学系研究科天文学専攻天文学教室、2.清華大学天体物理学センター、3.東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻)

14:45 ~ 15:00

[PPS06-17] 大気降着を考慮したN体計算によるスーパーアースの形成

*荻原 正博[1]、堀 安範[2,1] (1.国立天文台、2.アストロバイオロジーセンター)

15:00 ~ 15:15

[PPS06-18] 平均運動共鳴軌道における惑星系の軌道安定時間に対する惑星中心星質量比の変化の影響

*松本 侑士[1]、荻原 正博[2] (1.中央研究院天文及天文物理研究所、2.国立天文台)

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

15:30 ~ 17:00 | 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:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科)、仲内 悠祐(JAXA/ISAS)

15:30 ~ 15:45

[PPS06-19] Experimental study on the structure of shock remnant magnetization

*加藤 翔太[1]、佐藤 雅彦[1]、黒澤 耕介[2]、潮田 雅司[3]、長谷川 直[4] (1.東京大学地球惑星科学専攻、2.千葉工業大学　惑星探査研究センター、3.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、4.宇宙航空研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[PPS06-20] 2018年ふたご座流星群に伴う月面衝突閃光の低分散スペクトル

*柳澤 正久[1]、内田 有紀[1]、栗原 誠弥[1]、阿部 新助[2]、布施 綾太[2]、小野寺 圭祐[3,4]、山田 竜平[5] (1.電気通信大学情報理工学研究科、2.日本大学理工学部、3.総合研究大学院大学、4.宇宙科学研究所/宇宙航空研究開発機構、5.会津大学コンピュータ理工学部)

16:00 ~ 16:15

[PPS06-21] 小惑星表面を模擬した砂・石膏標的を用いた高速度クレーター形成実験

*杉村 瞭[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、石黒 琢也[1] (1.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[PPS06-22] 土星リング粒子を模擬した多孔質氷球の衝突過程に関する実験的研究

*豊田 優佳里[1]、保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1] (1. 神戸大学大学院理学研究科)

16:30 ~ 16:45

[PPS06-23] IN-SITU FORMATION OF THE URANIAN SATELLITES FROM WIDE DEBRIS DISK FORMED BY GIANT IMPACT

*石澤 祐弥[1]、佐々木 貴教[1]、細野 七月[2] (1.京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室、2.海洋研究開発機構)

16:45 ~ 17:00

[PPS06-24] 巨大衝突現象が及ぼす巨大氷惑星の自転軸変動への影響

*黒崎 健二[1]、犬塚 修一郎[1] (1.名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)

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

9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[P-PS07] 太陽系物質進化

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

9:00 ~ 9:15

[PPS07-07] **Evaluation of shock metamorphism of eucrites by X-ray diffraction analysis**

*金丸 礼[1]、今栄 直也[2,1]、山口 亮[2,1]、西戸 裕嗣[3] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.岡山理科大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS07-08] Hf-W dating of main-group pallasites

*本馬 佳賢[1]、飯塚 毅[1]、石川 晃[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

9:30 ~ 9:45

[PPS07-09] 水質変質程度の異なるCMコンドライト中TCIの鉱物学的研究

*家本 あかね[1]、瀬戸 雄介[1]、三宅 亮[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.京都大学大学院理学研究科)

9:45 ~ 10:00

[PPS07-10] 初期太陽系における（太陽）宇宙線照射の重要な指標としてのベリリウム１０の重要性

*比屋根 肇[1]、谷村 佑貴[1]、中村 友哉[1]、福田 航平[3]、藤谷 渉[4]、杉浦 直治[1]、鹿児島 渉悟[2]、高畑 直人[2]、佐野 有司[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.ウィスコンシン大学マディソン校、4.茨城大学理学部)

10:00 ~ 10:15

[PPS07-11] **Acfer 094隕石中の宇宙シンプレクタイトの3次元微細組織観察**

*松本 恵[1,2]、土`山 明[1]、松野 淳也[1]、中藤 亜衣子[1,3]、三宅 亮[1]、伊藤 元雄[4]、富岡 尚敬[4]、兒玉 優[5]、上杉 健太郎[6]、竹内 晃久[6]、中野 司[7]、バッカロ エピファニオ[8] (1.京都大学大学院 理学研究科、2.東北大学大学院 理学研究科、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、5.株式会社 マリン・ワーク・ジャパン、6.公益財団法人 高輝度光科学研究センター、7.産業技術総合研究所 地質情報研究部門、8.ロンドン自然史博物館)

10:15 ~ 10:30

[PPS07-12] GEMSを産する微隕石と惑星間塵に含まれるコンドルールと難揮発性包有物について

*野口 高明[1]、大橋 憲昭[2]、ブラッドレー ジョン[3]、中島 大輔[4]、中村 智樹[4]、木村 眞[5]、牛久保 孝行[6]、木多 紀子[7]、今栄 直也[5] (1.九州大学基幹教育院、2.NECネッツエスアイ、3.ハワイ大学、4.東北大学、5.極地研、6.高知コア研、7.ウィスコンシン大学)

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

10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[P-PS07] 太陽系物質進化

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

10:45 ~ 11:00

[PPS07-13] Spectral and mineralogical properties of naturally-heated carbonaceous chondrites; implication to heating processes on the surface of hydrous asteroids

★Invited Papers

*松岡 萌[1]、中村 智樹[2]、廣井 孝弘[3]、宮島 延吉[4]、今栄 直也[5,6]、山口 亮[5]、小島 秀康[5,6] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.ブラウン大学、4.バイロイト大学、5.国立極地研究所、6.総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻)

11:00 ~ 11:15

[PPS07-14] Yamato 791198 CMコンドライト中の炭酸塩鉱物粒子内における酸素・炭素同位体比の不均一性と水質変成過程での同位体比の変化

*藤谷 渉[1]、青木 佑斗[1]、牛久保 孝行[2]、橋爪 光[1] (1.茨城大学 理学部、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

11:15 ~ 11:30

[PPS07-15] タギッシュレイク隕石のコンドルールとアイソレートオリビン粒子の酸素同位体比分布

*牛久保 孝行[1]、木村 眞[2] (1.海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立極地研究所)

11:30 ~ 11:45

[PPS07-16] Isheyevo隕石中の非常に^{16}Oに富むCAI

*坂本 直哉[1]、川崎 教行[2] (1.北海道大学創成研究機構、2.北海道大学自然史科学専攻)

11:45 ~ 12:00

[PPS07-17] Reduced CVコンドライトに含まれる細粒CAIの初生^{26}Al/^{27}Al比の分布

*川崎 教行[1]、パク チャンクン[2]、坂本 直哉[1]、圦本 尚義[1,3] (1.北海道大学、2.韓国極地研究所、3.宇宙科学研究所)

12:00 ~ 12:15

[PPS07-18] 部分溶融プロセスを示すcompact type A CAIsの岩石組織学的研究

*鈴村 明政[1]、瀬戸 雄介[2]、伊藤 正一[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.神戸大学理学研究科)

[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

10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-OS13] 沿岸域の海洋循環と物質循環

コンビーナ:田中 潔(東京大学)、森本 昭彦(愛媛大学)、速水 祐一(佐賀大学)、一見 和彦(香川大学瀬戸内圏研究センター)、座長:田中 潔、森本 昭彦

10:45 ~ 11:00

[AOS13-01] 日本沿岸海況監視予測システムを利用した湾スケール・モデルの機動的開発

*坂本 圭[1]、中野 英之[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、辻野 博之[1]、山中 吾郎[1] (1.気象庁気象研究所)

11:00 ~ 11:15

[AOS13-02] 駿河湾フェリーに搭載したADCPで観測された湾奥の平均流 その2

*勝間田 高明[1,4]、仁木 将人[2]、田中 昭彦[1]、丹 佑之[1,3]、高嶋 恭子[2]、杉本 隆成 (1.東海大学　清水教養教育センター、2.東海大学 海洋学部、3.一般社団法人無人機研究開発機構、4.特定非営利活動法人 海洋環境保全協会 開発研究部)

11:15 ~ 11:30

[AOS13-03] やませに励起される陸奥湾の底入り潮と関連する海況変化について

*藤嵜 里美[1]、磯辺 篤彦[1]、扇田 いずみ[2]、髙坂 祐樹[2] (1.九州大学、2.青森県水産総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[AOS13-04] 豊後水道の底入り潮の発生過程

*前谷 佳奈[1]、森本 昭彦[2]、郭 新宇[2]、美山 透[3] (1.愛媛大学大学院理工学研究科、2.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、3.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[AOS13-05] 豊後水道の底入り潮の発生特性

*森本 昭彦[1]、藤田 修哉[1]、武岡 英隆[1]、郭 新宇[1] (1.愛媛大学)

12:00 ~ 12:15

[AOS13-06] Role of Kuroshio Current in fish resource variability off southwest Japan

*森岡 優志[1]、Sergey Varlamov[1]、宮澤 泰正[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-OS 海洋科学・海洋環境

13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-OS13] 沿岸域の海洋循環と物質循環

コンビーナ:田中 潔(東京大学)、森本 昭彦(愛媛大学)、速水 祐一(佐賀大学)、一見 和彦(香川大学瀬戸内圏研究センター)、座長:森本 昭彦、速水 祐一

13:45 ~ 14:00

[AOS13-07] 有明海奥部の貧酸素水塊の変動－酸素消費の主体は何か－

*速水 祐一[1]、藤井 直紀[1]、髙巣 裕之[2]、梅澤 有[3]、和田 実[2] (1.佐賀大学、2.長崎大学、3.東京農工大学)

14:00 ~ 14:15

[AOS13-08] ノリ養殖による光環境の変化が植物プランクトン動態へ及ぼす影響

*南浦 修也[1]、山口 創一[1] (1.九州大学)

14:15 ~ 14:30

[AOS13-09] **Enhanced West Philippine Sea intrusion diminishes hypoxia conditions in the Pearl River estuary**

*Hon-Kit Lui[1,2]、Chen-Tung Arthur Chen[1]、Wei-Ping Hou[2]、Jian-Ming Liau[2] (1.Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University、2.Taiwan Ocean Research Institute, National Applied Research Laboratories)

14:30 ~ 14:45

[AOS13-10] North Pacific seawater radiocarbon recorded in abalone shells obtained from Otsuchi Bay, Japan

*太田 耕輔[1]、横山 祐典[1,2]、宮入 陽介[2]、早川 淳[2]、佐藤 菜央美[2]、福田 秀樹[2]、田中 潔[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大気海洋研究所)

14:45 ~ 15:00

[AOS13-11] 常磐沖における河川流出に起源をもつ放射性セシウムの拡散

*田中 潔[1]、長尾 誠也[2]、北出 裕二郎[3]、仁木 将人[4]、勝間田 高明[4]、美山 透[5] (1.東京大学、2.金沢大学、3.東京海洋大学、4.東海大学、5.海洋研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

[AOS13-12] 九州の河川海洋一体型モデル開発

*堤 隆浩[1]、木田 新一郎[2]、黒木 龍介[3]、山敷 庸亮[3] (1.九州大学　大学院　総合理工学府、2.九州大学　応用力学研究所、3.京都大学　大学院　総合生存学館)

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

15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-OS15] 陸域と海洋をつなぐ水循環の素過程

コンビーナ:木田 新一郎(九州大学・応用力学研究所)、山崎 大(東京大学生産技術研究所)、山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、三寺 史夫(北海道大学低温科学研究所)、座長:木田 新一郎(九州大学応用力学研究所)、三寺 史夫(北海道大学低温科学研究所)、山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)

15:30 ~ 15:45

[AOS15-01] 静止・極軌道衛星データを使った沿岸域の流れと水質推定研究の最前線

★招待講演

*作野 裕司[1] (1.広島大学大学院工学研究科)

15:45 ~ 16:00

[AOS15-02] 湿潤熱帯流域の降雨流出氾濫現象とモデリング

★招待講演

*佐山 敬洋[1]、山本 浩大[2]、荒木 稜香[2]、Apip Apip[3]、Siska Eva[1]、寶 馨[4] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院工学研究科、3.インドネシア科学院、4.京都大学大学院総合生存学館)

16:00 ~ 16:15

[AOS15-03] オホーツク海におけるカムチャッカ半島からの河川流入の役割

*美山 透[1]、三寺 史夫[2] (1.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、2.北海道大学低温科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[AOS15-04] CHLOROPHYLL ESTIMATION OF LAKE AND COASTAL WATER USING REMOTE SENSING APPROACH

*Yadav Shweta[1]、Yosuke Yamashiki[1]、Susaki Junichi[1]、Ishikawa Kanako[2]、Yamashita Yoh[1] (1.Kyoto University、2.Lake Biwa Environmental Research Institute)

16:30 ~ 16:45

[AOS15-05] 陸海空三重境界層および生物・人類圏としての海大陸沿岸域

*山中 大学[1] (1.総合地球環境学研究所／神戸大学名誉教授)

16:45 ~ 17:00

[AOS15-06] ガンジス・ブラマプトラ川からベンガル湾への淡水流入

*木田 新一郎[1]、山崎 大[2] (1.九州大学・応用力学研究所、2.東京大学・生産技術研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[A-OS16] 海洋化学・生物学

コンビーナ:山田 奈海葉(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)、安中 さやか(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、齊藤 宏明(東京大学大気海洋研究所)、座長:小埜 恒夫(水産研究・教育機構)、小杉 如央(気象研究所)

15:30 ~ 15:45

[AOS16-01] 東経165度線における表面海水中の全炭酸濃度の増加速度の変動

*谷﨑 知穂[1]、小野 恒[2]、石井 雅男[2]、小嶋 惇[1]、増田 真次[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、中野 俊也[1] (1.気象庁、2.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[AOS16-02] 北太平洋亜寒帯海域におけるCO_2非平衡量と人為起源CO_2の季節的動態

*李 勃豊[1]、宿田 さとり[1]、葛西 広海[2]、黒田 寛[2]、谷内 由貴子[2]、長谷川 大介[3]、渡辺 豊[1] (1.北海道大学、2.国立研究開発法人　水産研究・教育機構　北海道区水産研究所、3.国立研究開発法人　水産研究・教育機構　東北区水産研究所)

16:00 ~ 16:15

[AOS16-03] pCO_2データベースに基づく沖縄本島周辺の海洋酸性化現状把握と将来予測

*小杉 如央[1]、辻野 博之[1]、石井 雅男[1] (1.気象研究所)

16:15 ~ 16:30

[AOS16-04] 西部北太平洋における人為起源窒素の分布とその変動の復元

*渡辺 豊[1]、藤田 晃市[1]、李 勃豊[1] (1.北海道大学)

16:30 ~ 16:45

[AOS16-05] 親潮域中層における顕著なケイ酸増加トレンドの要因について

*小埜 恒夫[1] (1.国立研究開発法人　水産研究・教育機構)

16:45 ~ 17:00

[AOS16-06] Systematics of aluminum, manganese, iron, cobalt, and lead in the North Pacific Ocean observed during ocean-section study of GEOTRACES Japan

*宗林 由樹[1]、鄭 臨潔[1] (1.京都大学化学研究所)

[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

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

[A-OS19] 海洋と大気の波動・渦・循環力学

コンビーナ:田中 祐希(東京大学大学院理学系研究科)、古恵 亮(APL/JAMSTEC)、久木 幸治(琉球大学)、杉本 憲彦(慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室)、座長:杉本 憲彦、古恵 亮

9:00 ~ 9:15

[AOS19-01] エクマンパンピング不安定

★招待講演

*宮本 佳明[1]、David Nolan[2]、杉本 憲彦[3] (1.慶應義塾大学　環境情報学部、2.Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami、3.慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室)

9:15 ~ 9:30

[AOS19-02] 日本付近で発達する温帯低気圧の構造　―日本付近と北西大西洋の比較―

*栃本 英伍[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

9:30 ~ 9:45

[AOS19-03] 新しい波動エネルギーフラックス式の熱帯波動伝播力学の解析への適用：海洋大陸-北オーストラリア域における熱帯総観規模波動擾乱の診断解析

*福富 慶樹[1]、相木 秀則[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[AOS19-04] 微気象学的手法を用いた外洋域における海面フラックスの直接測定

★招待講演

*近藤 文義[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、相木 秀則[4]、轡田 邦夫[5]、植松 光夫[6]、塚本 修[7] (1.海上保安大学校、2.マックス・プランク生物地球化学研究所、3.明治大学、4.名古屋大学、5.東海大学、6.東京大学、7.岡山大学)

10:00 ~ 10:15

[AOS19-05] 三陸リアス海岸の地形に固有のうねり性波浪について

*小松 幸生[1,2]、藤井 孝樹[1,2]、田中 潔[2] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所)

10:15 ~ 10:30

[AOS19-06] **Variabilities of the Sea Surface Height in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea: Coherent shelf-trapped mode and Rossby wave-like mode**

*Vigan Mensah[1]、Kay I. Ohshima[1] (1.Institute of Low Temperature Science)

[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 | 301A 3F

[A-OS19] 海洋と大気の波動・渦・循環力学

コンビーナ:田中 祐希(東京大学大学院理学系研究科)、古恵 亮(APL/JAMSTEC)、久木 幸治(琉球大学)、杉本 憲彦(慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室)、座長:久木 幸治(琉球大学理学部)、相木 秀則

10:45 ~ 11:00

[AOS19-07] サハリン島西岸の深い海谷における宗谷暖流冷水帯起源水の海水交換過程

★招待講演

*三寺 史夫[1]、飯田 博之[2] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学環境科学院)

11:00 ~ 11:15

[AOS19-08] 赤道太平洋における熱帯不安定波の発生機構

*田中 祐希[1]、日比谷 紀之[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

11:15 ~ 11:30

[AOS19-09] インド洋上層 2000 m における一年周期のロスビー波

*名倉 元樹[1] (1.(独) 海洋研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[AOS19-10] アルゴフロートで観測される渦

★招待講演

*勝又 勝郎[1] (1.海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[AOS19-11] 非線形系特有のリズム現象と海洋大循環

*下川 信也[1]、松浦 知徳[2] (1.防災科学技術研究所、2.富山大学)

12:00 ~ 12:15

[AOS19-12] 海底地形による海洋大循環の制御と中規模擾乱の発生

*加瀬 有理[1]、松浦 知徳[1] (1.国立大学法人 富山大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[A-HW24] 同位体水文学 2019

コンビーナ:安原 正也(立正大学地球環境科学部)、風早 康平(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、大沢 信二(京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）)、浅井 和由(株式会社　地球科学研究所)、座長:安原 正也(立正大学地球環境科学部)、森川 徳敏(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

9:00 ~ 9:30

[AHW24-01] 安定同位体比を用いた植物による硝酸態窒素利用の実体解明

★招待講演

*木庭 啓介[1] (1.京都大学生態学研究センター)

9:30 ~ 9:45

[AHW24-02] 複数の環境トレーサー分析と物質移行解析を用いた京都盆地における地域的大気六フッ化硫黄濃度の時間変化の復元

*柏谷 公希[1]、堀 太至[1]、硲 隆太[2]、佐久間 洋一[3]、小池 克明[1] (1.京都大学、2.大阪産業大学、3.東京工業大学)

9:45 ~ 10:00

[AHW24-03] 沖縄の降水の^{17}O-excess値を用いた水蒸気起源における相対湿度の定量的な復元

上地 佑衣菜[1]、*植村 立[1] (1.琉球大学　理学部)

10:00 ~ 10:15

[AHW24-04] Identification of deep groundwater recharge system in an intermontane basin

*中村 高志[1]、西田 継[1]、Mohamad Naim[2]、Shakya Man Bijay[1]、浅井 和由[4]、Shrestha Das Sresh[3] (1.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター、2.山梨大学、3.トリブワン大学・地質学科、4.株式会社　地球科学研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[A-HW24] 同位体水文学 2019

コンビーナ:安原 正也(立正大学地球環境科学部)、風早 康平(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、大沢 信二(京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）)、浅井 和由(株式会社　地球科学研究所)、座長:森川 徳敏(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、浅井 和由(地球科学研究所)、風早 康平(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門深部流体研究グループ)

10:45 ~ 11:15

[AHW24-05] 長野県大鹿村における有馬型塩水の湧出量推定

★招待講演

*楠原 文武[1] (1.電力中央研究所)

11:15 ~ 11:30

[AHW24-06] 阿蘇火山の火口湖「湯溜り」のマグネシウム収支から推定される湖底下熱水活動

*大沢 信二[1]、齋藤 武士[2]、網田 和宏[3] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）、2.信州大学学術研究院理学系、3.秋田大学大学院理工学研究科)

11:30 ~ 11:45

[AHW24-07] 四万十川河川水の化学組成および水素・酸素同位体比の空間分布

*高橋 正明[1]、清水 日奈子[1]、風早 康平[1]、安原 正也[2,1] (1.産業技術総合研究所、2.立正大学地球環境科学部)

11:45 ~ 12:00

[AHW24-08] 都市の浅層地下水の起源に関する同位体的研究―東京都品川区を例として―

*安原 正也[1]、稲村 明彦[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4] (1.立正大学地球環境科学部、2.（国）産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、3.山梨大学国際流域環境研究センター、4.（株）地球科学研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[H-DS14] 湿潤変動帯の地質災害とその前兆

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、八木 浩司(山形大学地域教育文化学部)、小嶋 智(岐阜大学工学部社会基盤工学科)、内田 太郎(国土技術政策総合研究所)、座長:石丸 聡

10:45 ~ 11:00

[HDS14-01] **2018年北海道胆振東部地震における斜面崩壊の発生場**

*石丸 聡[1]、廣瀬 亘[1]、川上 源太郎[1]、高橋 良[1]、加瀬 善洋[1]、輿水 健一[1]、小安 浩理[1]、千木良 雅弘[2]、田近 淳[3] (1.北海道立総合研究機構 地質研究所、2.京都大学防災研究所、3.株式会社　ドーコン)

11:00 ~ 11:15

[HDS14-02] 2018年北海道胆振東部地震による降下火砕物の地すべりの形態と被害

*田近 淳[1]、雨宮 和夫[2]、千木良 雅弘[3]、石丸 聡[4]、小池 明夫[1]、金 秀俊[1]、木崎 健治[5]、山根 幹生[6] (1.株式会社ドーコン、2.防災地質工業株式会社、3.京都大学防災研究所、4.北海道立総合研究機構地質研究所、5.きざき技術士事務所、6.有限会社テレリサーチ)

11:15 ~ 11:30

[HDS14-03] 平成30年7月豪雨，および北海道胆振東部地震で発生した崩壊における斜面切土の影響

*永田 秀尚[1] (1.有限会社風水土)

11:30 ~ 11:45

[HDS14-04] 伊豆大島南西部における地質時代の斜面崩壊

*鈴木 毅彦[1]、千木良 雅弘[2] (1.首都大学東京都市環境学部、2.京都大学防災研究所)

11:45 ~ 12:00

[HDS14-05] 赤谷西地区の岩盤クリープ斜面における孔内傾斜計によるひずみ速度の観測

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

12:00 ~ 12:15

[HDS14-06] 広域における３次元比抵抗データを用いた地震時斜面崩壊の発生場の評価

*坂井 佑介[1]、内田 太郎[1]、藤原 康正[2] (1.国土技術政策総合研究所、2.株式会社エイト日本技術開発)

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

13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-DS14] 湿潤変動帯の地質災害とその前兆

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、八木 浩司(山形大学地域教育文化学部)、小嶋 智(岐阜大学工学部社会基盤工学科)、内田 太郎(国土技術政策総合研究所)、座長:千木良 雅弘、内田 太郎

13:45 ~ 14:00

[HDS14-07] 豪雨による表層崩壊および土石流の予測と動的ハザードマッピング

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

14:00 ~ 14:30

[HDS14-08] 土壌雨量指数と土砂災害警戒判定メッシュ情報

★招待講演

*岡田 憲治[1] (1.気象庁)

14:30 ~ 15:00

[HDS14-09] 実効性のある避難を確保するための土砂災害対策の方向性

★招待講演

*國友 優[1,2,3,4]、瀧口 茂隆[1,2,3,4]、赤澤 史顕[1,2,3,4]、今井 一之[1,2,3,4] (1.国土交通省、2.水管理・国土保全局、3.砂防部、4.砂防計画課)

[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 | 304 3F

[S-GD03] 測地学一般・GGOS

コンビーナ:松尾 功二(国土地理院)、横田 裕輔(東京大学生産技術研究所)、若杉 貴浩(国土交通省国土地理院)、座長:小門 研亮(国土地理院)、横田 裕輔

13:50 ~ 14:05

[SGD03-01] 全球統合測地観測システム（GGOS）ワーキンググループの活動と展望

*宮原 伐折羅[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:05 ~ 14:20

[SGD03-02] Discussion

*松尾 功二[1] (1.国土地理院)

14:20 ~ 14:35

[SGD03-03] 石岡測地観測局におけるVLBI-GNSSコロケーション測量

*松本 紗歩[1]、梅井 迪子[1]、上芝 晴香[1]、栗原 忍[1]、吉川 忠男[1]、若杉 貴浩[1] (1.国土交通省　国土地理院)

14:35 ~ 14:50

[SGD03-04] 次期測地基準座標系の構築に向けた地殻変動モデルの検討

*小門 研亮[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:50 ~ 15:05

[SGD03-05] 地震・地殻変動の高精度観測のためのレーザー歪計ネットワークの構築

*新谷 昌人[1]、高森 昭光[1]、森井 亙[2]、勝間田 明男[3]、小林 昭夫[3]、伊藤 武男[4]、奥田 隆[4]、大久保 慎人[5] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.気象庁気象研究所、4.名古屋大学大学院環境学研究科、5.高知大学教育研究部自然科学系)

[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 | 304 3F

[S-GD03] 測地学一般・GGOS

コンビーナ:松尾 功二(国土地理院)、横田 裕輔(東京大学生産技術研究所)、若杉 貴浩(国土交通省国土地理院)、座長:原田 雄司(澳門科技大学)、松尾 功二

15:35 ~ 15:50

[SGD03-06] UNAVCO GNSS Data: Real-time High-rate Streams, Geodetic Earthquake Magnitudes, Cloud Computing and Future Machine Learning Frameworks

*David A Phillips[1]、Kathleen Hodgkinson[1]、David Mencin[1]、Charles Meertens[1]、Thomas Herring[2]、Walter Szeliga[3]、Timothy Melbourne[3]、Mark Murray[4]、Glen Mattioli[1]、Christine Puskas[1] (1.UNAVCO, Inc. Boulder、2.Massachusetts Institute of Technology、3.Central Washington University、4.USGS)

15:50 ~ 16:05

[SGD03-07] On application of GNSS-techniques for early tsunami warning in the Sea of Japan

*Grigorii Viktorovich Nechaev[1,2,3]、Nikolai Shestakov[2,3]、Hiroaki Takahashi[1]、Mako Ohzono[1] (1.Institute of Seismology and Volcanology, Graduate Schooll of Science, Hokkaido University、2.Far Eastern Federal University、3.Institute for Applied Mathematics FEB RAS)

16:05 ~ 16:20

[SGD03-08] アジアQZSS/IGSO測位衛星軌道における太陽合の同期生起の測定

発表キャンセル

*高橋 冨士信[1] (1.横浜国立大学 名誉教授)

16:20 ~ 16:35

[SGD03-09] オーストラリア北側の海洋での海水準変動について

*徳井 雄太[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学)

16:35 ~ 16:50

[SGD03-10] 地磁気観測による地球回転経年変化への示唆

*浅利 晴紀[1]、栗原 正宜[1]、森永 健司[1]、長町 信吾[1] (1.気象庁地磁気観測所)

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

13:45 ~ 15:15 | 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:高橋 努(海洋研究開発機構)

13:45 ~ 14:00

[SSS11-01] 固体地球のランダム不均質構造のパワースペクトル

*佐藤 春夫[1] (1.東北大学)

14:00 ~ 14:15

[SSS11-02] Estimation of spatio-temporal changes of seismic scattering property associated with the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake from sparse modeling of seismic ambient noise CCFs

*廣瀬 郁[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、Michel Campillo[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.University Grenoble Alpes, CNRS, ISTerre)

14:15 ~ 14:30

[SSS11-03] Surface roughness of the Philippine Sea plate at Nankai subduction zone

*高橋 努[1]、仲西 理子[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.香川大学)

14:30 ~ 14:45

[SSS11-04] Source location of volcanic earthquakes and tremors at Sakurajima volcano based on seismic correlation

*Theodorus Permana[1]、Takeshi Nishimura[1]、Hisashi Nakahara[1] (1.Solid Earth Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University)

14:45 ~ 15:00

[SSS11-05] Crustal Structure Investigation in Northern Taiwan - Localized Wavefield Inversion of TAIGER T6 Wide Angle Refraction/Reflection Data

*Fandy Adji Fachtony[1]、How-wei Chen[1] (1.Institute of Geophysics, National Central University)

15:00 ~ 15:15

[SSS11-06] バネブロックモデルのランダム性による自己組織化臨界現象とグーテンベルグ―リヒター則

*坂口 英継[1] (1.九州大学)

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

15:30 ~ 17:00 | 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:西田 究(東京大学地震研究所)

15:30 ~ 15:45

[SSS11-07] Land-Atmosphere Interaction in the low-frequency seismic band and inversion for shallow elasticity structure

*Toshiro Tanimoto[1]、Jiong Wang[1] (1.Department of Earth Science, University of California, Santa Barbara, CA93106, USA)

15:45 ~ 16:00

[SSS11-08] S-netを用いた常時微動相互相関解析

*高木 涼太[1]、豊国 源知[1]、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)

16:00 ~ 16:15

[SSS11-09] 札幌市豊平区のガス爆発で発生した空振の地震計記録

*吉澤 和範[1] (1.北海道大学大学院理学研究院)

16:15 ~ 16:30

[SSS11-10] 地震波干渉法から推定された2011年新燃岳噴火に伴う地震波速度構造の時間変化

*西田 究[1]、水谷 雄太[1] (1.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS11-11] Temporal variations of seismic velocity and azimuthal anisotropy in near-surface rock and soil at KiK-net downhole array sites

*平 貴昭[1]、Li-Wei Chen[1]、三宅 弘恵[2] (1.カリフォルニア大学バークレー校地震研究所、2.東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター／地震研究所)

16:45 ~ 17:00

[SSS11-12] Denoising Ambient Seismic Field Correlation Functions with Deep Autoencoders

*Loic Viens[1]、Chris Van Houtte[2] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University、2.GNS Science)

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

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:森川 信之(防災科学技術研究所)、中村 亮一(東京大学地震研究所)

9:00 ~ 9:15

[SSS13-25] **Determination of dynamic characteristics of existing buildings at various site conditions in Eskisehir, Turkey**

*Onur Kaplan[1]、Seiji Tsuno[2]、Hiroaki Yamanaka[3]、Mehmet Safa Arslan[4]、Oguz Ozel[4] (1.Eskisehir Technical University、2.Railway Technical Research Institute 、3.Tokyo Institute of Technology 、4.Istanbul University)

9:15 ~ 9:30

[SSS13-26] **ICDP DSeis 10: Near-field Observations for the M5.5 Orkney, South Africa Earthquake**

Tatsunari Yasutomi[1]、*James Mori[1]、Hiroshi Ogasawara[2] (1.Earthquake Hazards Division, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University、2.Ritsumeikan University)

9:30 ~ 9:45

[SSS13-27] 全国地震動予測地図の地震活動モデルで表現される地震発生数

*森川 信之[1]、宮腰 淳一[2]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.大崎総合研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS13-28] いろいろな期間の確率論的地震動予測地図と観測最大震度の比較検証

*棟田 隆元[1]、纐纈 一起[1] (1.東京大学 地震研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS13-29] 盆地端部における地震動特性に関する研究

浜辺 亮太[2]、*松島 信一[1]、吾妻 崇[3]、ドゥマルタン フロロン[4] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院工学研究科、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.フランス地質調査所)

10:15 ~ 10:30

[SSS13-30] MeSO-netのスペクトル特性（その２）－相対的増幅率による検討－

*中村 亮一[1]、鶴岡 弘[1]、加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、平田 直[1]、椎名 高裕[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-SS 地震学

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:筧 楽麿(神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)、中原 恒(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻固体地球物理学講座)

10:45 ~ 11:00

[SSS13-31] スラブ内, プレート境界, アウターライズ地震による東北日本の前弧側と背弧側のゆれの違いの統一的解釈

*筧 楽麿[1]、小笠原 勇[1] (1.神戸大学大学院理学研究科)

11:00 ~ 11:15

[SSS13-32] **Effect analysis of soil interlayer on seismic dynamic response and failure mode of metro station structure**

*Shuai Huang[1]、Yuejun Lyu[1]、Yanju Peng[1] (1.Institute of Crustal Dynamics,China Earthquake Administration)

11:15 ~ 11:30

[SSS13-33] **Investigation on the Applicability of V_{S30} Estimation Models for the Beijing Plain Area**

*Yi Fang、Yanju Peng、Zhijie Jiang

11:30 ~ 11:45

[SSS13-34] Early prediction of PGA and Sa using ANN

*Ting Yu Hsu[1] (1.Taiwan Tech)

11:45 ~ 12:00

[SSS13-35] 一般化パレート分布に基づく強震動加速度記録の解析

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

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

9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[S-EM19] 電気伝導度・地殻活動電磁気学

コンビーナ:相澤 広記(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)、松野 哲男(神戸大学海洋底探査センター)、座長:松野 哲男、相澤 広記

9:00 ~ 9:15

[SEM19-01] 秋田焼山，岩手山，栗駒山火山における繰り返し自然電位測定

*坂中 伸也[1]、澤田 安晶[3]、加藤 健太[2]、井上 雄介[1]、小林 拓也[1]、竹井 瑠一[1]、多田 悠也[2]、ムハンマド ファイズル ニザム ビン ザイヌディン[2]、森脇 知哉[2] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科、2.秋田大学国際資源学部、3.秋田大学国際資源学部卒業（2017年度）)

9:15 ~ 9:30

[SEM19-02] ベレア砂岩と多孔質ガラスの水不飽和状態における表面伝導の評価

*梅澤 良介[1]、桂 誠[1]、中嶋 悟[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻)

9:30 ~ 9:45

[SEM19-03] 動的電磁誘導により生成される地震波到達前の電磁場変動の観測波形と理論波形

*山崎 健一[1] (1.京都大学防災研究所)

9:45 ~ 10:00

[SEM19-04] Referenceデータが与える地磁気変換関数への影響について

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

10:00 ~ 10:15

[SEM19-05] 主成分分析とマルコフ連鎖モンテカルロ法によるMT法インバージョン結果の信頼性推定法

小路 久稔[1]、*後藤 忠徳[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

10:15 ~ 10:30

[SEM19-06] 海底MTアレイデータを用いた海洋上部マントルの一次元異方性電気伝導度構造の推定

*松野 哲男[1]、馬場 聖至[2]、歌田 久司[2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.東京大学地震研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[S-EM19] 電気伝導度・地殻活動電磁気学

コンビーナ:相澤 広記(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)、松野 哲男(神戸大学海洋底探査センター)、座長:相澤 広記、松野 哲男

10:45 ~ 11:00

[SEM19-07] 鬼界カルデラのMT観測データの解析

*廣瀬 時[1]、松野 哲男[2,1]、島 伸和[1,2]、沖園 雄希[4]、市原 寛[3]、杉岡 裕子[1,2]、巽 好幸[2,1] (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2.神戸大学海洋底探査センター、3.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、4.神戸大学理学部惑星学科)

11:00 ~ 11:15

[SEM19-08] Role of Fluids in the earthquake generation: The Nagamachi-Rifu reverse fault, NE Honshu, Japan

*Sabri Bulent Tank[1]、Yasuo Ogawa[2] (1.Bogazici University、2.Tokyo Institute of Technology)

11:15 ~ 11:30

[SEM19-09] 山崎断層系津山北方の断層のAudio-frequency magnetotelluric調査

*山口 覚[1]、高桑 大介[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[3]、村上 英記[4]、高倉 伸一[5] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学理学部、3.兵庫県立人と自然の博物館、4.高知大学教育研究部自然科学系理工学部門、5.産業総合研究所地質調査総合センター)

11:30 ~ 11:45

[SEM19-10] **2016年熊本地震震源域の比抵抗構造と震源分布の関係性**

*相澤 広記[1]、麻植 久史[2]、小池 克明[3]、高倉 伸一[4]、吉永 徹[10]、上嶋 誠[5]、小山 崇夫[5]、吉村 令慧[7]、山崎 健一[7]、小松 信太郎[7]、山下 裕亮[7]、市原 寛[9]、宇津木 充[8]、塚本 果織[12]、村松 弾[12]、手操 佳子[1,11]、内田 和也[1]、長谷 英彰[6]、志藤 あずさ[1]、松本 聡[1]、松島 健[1]、清水 洋[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、2.京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 インフラ先端技術共同研究講座、3.京都大学大学院工学研究科 都市社会工学専攻 地球資源学講座・地殻環境工学分野、4.国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、5.東京大学地震研究所、6.地熱技術開発株式会社、7.京都大学防災研究所、8.京都大学火山研究センター、9.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、10.熊本大学工学部技術部、11.気象庁鹿児島気象台、12.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

11:45 ~ 12:00

[SEM19-11] **中国・四国地方の基盤的比抵抗構造調査（2018年度）**

*塩崎 一郎[1]、宇都 智史[1]、上嶋 誠[2]、畑岡 寛[3]、池添 保雄[3]、山本 真二[3]、野口 竜也[1]、古市 大樹[4]、村山 佑樹[4]、松下 航平[4]、村上 英記[5]、大志万 直人[6]、飯尾 能久[6]、安藤 和也[7] (1.鳥取大学大学院工学研究科、2.東京大学地震研究所、3.鳥取大学技術部、4.鳥取大学工学部、5.高知大学教育研究部自然科学系、6.京都大学防災研究所、7.鳥取県立山陰海岸ジオパーク海と大地の自然館)

12:00 ~ 12:15

[SEM19-12] 3次元電気比抵抗モデルでイメージされる中部・南部九州下の流体分布

*畑 真紀[1]、宗包 浩志[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3] (1.東京大学地震研究所、2.国土地理院、3.阿蘇ジオパーク推進協議会)

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

9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-GL28] 地域地質と構造発達史

コンビーナ:大坪 誠(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)、細井 淳(産業技術総合研究所地質調査総合センター 地質情報研究部門)、座長:大坪 誠(産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

9:00 ~ 9:15

[SGL28-01] 島根県津和野地域の舞鶴帯に産する古原生代および古生代花崗岩複合岩体の岩相とジルコンU-Pb年代

*木村 光佑[1]、早坂 康隆[1]、柴田 知之[1]、川口 健太[1]、藤原 弘士[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

9:15 ~ 9:30

[SGL28-02] 日高帯北部から得られた新しいZircon U-Pb年代とそのテクトニックな意義

*七山 太[1,5]、山崎 徹[1]、田近 淳[2]、岩野 英樹[3]、檀原 徹[3]、平田 岳史[4] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.（株）ドーコン、3.京都フィッショントラック(株)、4.東京大学、5.熊本大学　くまもと水循環・減災研究教育センター)

9:30 ~ 9:45

[SGL28-03] 日高帯中に見いだされた後期漸新世を示す海成層とそのテクトニックな意義

*七山 太[1,6]、栗田 裕司[2]、山崎 徹[1]、田近 淳[3]、岩野 英樹[4]、檀原 徹[4]、平田 岳史[5] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.新潟大学、3.（株）ドーコン、4.京都フィッショントラック(株) 、5.東京大学、6.熊本大学　くまもと水循環・減災研究教育センター)

9:45 ~ 10:00

[SGL28-04] 東北日本の上部白亜系前弧海盆堆積物に記録された海水準変動とテクトニクス

*有元 純[1]、高嶋 礼詩[2]、西 弘嗣[2]、折橋 裕二[3]、山中 寿朗[4] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学学術資源研究公開センター、3.弘前大学理工学部地球環境防災学科、4.東京海洋大学)

10:00 ~ 10:15

[SGL28-05] 四万十帯白亜紀セノマニアン付加体の整然相における古応力解析

*橋口 誠[1]、橋本 善孝[1] (1.高知大学)

10:15 ~ 10:30

[SGL28-06] 付加体における石灰岩の保存とテクトニクス

*脇田 浩二[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

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

10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-GL28] 地域地質と構造発達史

コンビーナ:大坪 誠(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)、細井 淳(産業技術総合研究所地質調査総合センター 地質情報研究部門)、座長:細井 淳(産業技術総合研究所　地質調査総合センター　地質情報研究部門)

10:45 ~ 11:00

[SGL28-07] 鳥取層群からの断層で隔てられた堆積盆境界の発見とその意義

*丸山 祐太[1] (1.島根大学)

11:00 ~ 11:15

[SGL28-08] 高分解能音波探査記録に基づく島根半島沖の第四紀の断層活動

*田中 雅章[1]、松田 典大[1]、中村 克[1]、清水 雄一[1]、島崎 裕行[2]、畑山 一人[2] (1.中国電力株式会社、2.総合地質調査株式会社)

11:15 ~ 11:30

[SGL28-09] 中部日本の前期中新世堆積物の古地磁気方位とそのテクトニックな意義

*星 博幸[1]、松尾 卓郎[2] (1.愛知教育大学自然科学系理科教育講座地学領域、2.愛知県立刈谷高等学校)

11:30 ~ 11:45

[SGL28-10] 富山県八尾地域の新生界年代層序の再検討とテクトニクス

*中嶋 健[1]、岩野 英樹[2]、檀原 徹[2]、山下 透[2]、柳沢 幸夫[1]、谷村 好洋[3]、渡辺 真人[1]、佐脇 貴幸[1]、中西 敏[4]、三石 裕之[4]、山科 起行[4]、今堀 誠一[5] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.京都フィッショントラック（株）、3.国立科学博物館、4.JX石油開発（株）、5.JX石油開発テクニカルサービス（株）)

[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 | 105 1F

[S-VC35] 火山防災の基礎と応用

コンビーナ:宝田 晋治(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、吉本 充宏(山梨県富士山科学研究所)、石峯 康浩(鹿児島大学地震火山地域防災センター)、久保 智弘(防災科学技術研究所)、座長:久保 智弘(防災科学技術研究所)、宝田 晋治(産総研地質調査総合センター)

13:45 ~ 14:00

[SVC35-01] 1707年富士山宝永噴火の火口と推移についての新たな作業仮説

*小山 真人[1] (1.静岡大学)

14:00 ~ 14:15

[SVC35-02] 富士火山、宝永山の形成過程の考察

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

14:15 ~ 14:30

[SVC35-03] ALB計測で明らかとなった本栖湖の湖底地形 -溶岩流入による湖面水位の上昇-

*千葉 達朗[1]、金田 真一[1]、大橋 真[1] (1.アジア航測株式会社)

14:30 ~ 14:45

[SVC35-04] 人工衛星による熱赤外線データを用いた火山監視
―火山活動・林野火災速報システムとCIRC（小型赤外カメラ）が捉えた火山活動―

*高倉 有希[1]、中右 浩二[1]、石澤 淳一郎[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SVC35-05] 噴石衝突に対する木造建築物屋根の衝撃吸収特性

*立山 耕平[1]、山田 浩之[2]、吉本 充宏[3]、本多 亮[3]、藤井 敏嗣[3] (1.立命館大学、2.防衛大学校、3.山梨県富士山科学研究所)

15:00 ~ 15:15

[SVC35-06] 草津白根山2018年噴火における放出火山岩塊の分布−続報−

*吉本 充宏[1]、古川 竜太[2,3]、石塚 吉浩[2]、南 裕介[2]、長井 雅史[4]、細川 周一[3]、本多 亮[1]、安田 泰輔[1]、寺田 暁彦[5]、西澤 達治[5]、石峯 康浩[6]、荒井 健一[7]、佐々木 寿[7]、成毛 志乃[7]、関口 悠子[3]、簗田 高広[3]、石崎 泰男[8]、亀谷 伸子[8]、前野 深[9] (1.山梨県富士山科学研究所、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター 、3.気象庁、4. 防災科学技術研究所火山防災研究部門、5.東京工業大学火山流体研究センター、6.鹿児島大学地震火山地域防災センター、7.アジア航測株式会社、8.富山大学大学院理工学研究部、9.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

15:30 ~ 17:00 | 105 1F

[S-VC35] 火山防災の基礎と応用

コンビーナ:宝田 晋治(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、吉本 充宏(山梨県富士山科学研究所)、石峯 康浩(鹿児島大学地震火山地域防災センター)、久保 智弘(防災科学技術研究所)、座長:吉本 充宏(山梨県富士山科学研究所)、石峯 康浩(鹿児島大学地域防災教育研究センター)

15:30 ~ 15:45

[SVC35-07] 降灰被害予測コンテンツの開発に関する研究

*久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、中田 節也[1]、藤田 英輔[1]、宮村 正光[1] (1.防災科学技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[SVC35-08] IVHHNの新しいウェブサイトとパンフレットの紹介

*石峯 康浩[1] (1.鹿児島大学地震火山地域防災センター)

16:00 ~ 16:15

[SVC35-09] 霧島硫黄山の火山活動に伴う河川水質汚濁の現況

*木川田 喜一[1]、山本 春香[2]、Deng Wei、深井 惠 (1.上智大学理工学部、2.上智大学大学院理工学研究科)

16:15 ~ 16:30

[SVC35-10] 噴火発生時の避難や救助活動を支援するコンテンツの開発

*宮城 洋介[1]、中田 節也[1]、久保 智弘[1]、吉本 充宏[2]、本多 亮[2] (1.防災科学技術研究所、2.山梨県富士山科学研究所)

16:30 ~ 16:45

[SVC35-11] **東・東南アジア地域の火山の大規模火砕流，降下テフラ，カルデラと犠牲者数**

*宝田 晋治[1]、Joel Bandibas[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

16:45 ~ 17:00

[SVC35-12] 活火山に登る登山者の防災意識調査

*伊藤 英之[1]、戸谷 千鶴[2]、新井 瑞穂[2] (1.岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2.アジア航測株式会社)

[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:鈴木 毅彦、安井 真也

15:30 ~ 15:45

[SVC38-01] 伊豆大島南西部「地層大切断面」における先カルデラ火山新期山体形成期以降，過去約2万年間のテフロクロノロジー

*鈴木 毅彦[1]、寺山 怜[1]、松風 潤[1]、加藤 佑一[1] (1.首都大学東京都市環境学部)

15:45 ~ 16:00

[SVC38-02] **伊豆諸島新島火山，大三山及び地内島におけるテフラ層序と間々下浦火山噴出物との対比**

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、青木 かおり[1]、石村 大輔[1,2]、鈴木 毅彦[1,2] (1.首都大学東京 火山災害研究センター、2.首都大学東京 都市環境学部)

16:00 ~ 16:15

[SVC38-03] クリスタルクロットを用いたプレ噴火プロセスの制約：雲仙平成噴火の例

*岩橋 くるみ[1]、安田 敦[1] (1.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SVC38-04] ピナツボ火山1991年噴火の岩石学的研究　～マグマ供給モデルの検討～

*田村 智弥[1,2]、中川 光弘[2] (1.西日本技術開発株式会社、2.北海道大学大学院理学院地球惑星システム科学講座)

16:30 ~ 16:45

[SVC38-05] 浅間黒斑火山の火車岩屑なだれ堆積物の再発見

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

[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-VC39] 火山の熱水系

コンビーナ:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)、神田 径(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、大場 武(東海大学理学部化学科)、座長:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院)、大場 武、神田 径

9:00 ~ 9:15

[SVC39-01] 多項目調査に基づく十勝岳の熱水系の検討

*高橋 良[1]、岡崎 紀俊[1]、田村 慎[1] (1.北海道立総合研究機構地質研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC39-02] 箱根火山における2015年噴火後の噴気・温泉活動と地震地殻変動

*萬年 一剛[1]、原田 昌武[1]、行竹 洋平[1]、菊川 城司[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

9:30 ~ 9:45

[SVC39-03] A possible geothermal source at around 4 km depth estimated by the seismic observation in Ibusuki geothermal area

*笠原 順三[1,3]、羽佐田 葉子[2,1]、久詰 陽康[1] (1.エンジニアリング協会、2.大和探査技術(株）、3.静岡大学)

9:45 ~ 10:00

[SVC39-04] 草津白根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化

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

10:00 ~ 10:15

[SVC39-05] 霧島連山と薩摩硫黄島における熱水活動に伴うヒ素と水銀の挙動

*羽渕 元哉[1]、益田 晴恵[1]、新谷 毅[1]、古谷 宗三[1]、森 啓悟[1]、石橋 純一郎[2]、松島 健[2]、武内 章記[3]、大嶋 将吾[4]、井川 怜欧[5] (1.大阪市立大学、2.九州大学、3.国立環境研究所、4.西日本技術開発株式会社、5.産業技術総合研究所)

10:15 ~ 10:30

[SVC39-06] 霧島山硫黄山の湧水･湯だまりの水質

*谷口 無我[1]、大場 武[2]、外山 浩太郎[3]、気象庁 福岡管区気象台[4]、気象庁 鹿児島地方気象台[4] (1.気象研究所、2.東海大学、3.東京大学大学院、4.気象庁)

[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-VC39] 火山の熱水系

コンビーナ:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)、神田 径(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、大場 武(東海大学理学部化学科)、座長:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院)、大場 武、神田 径

10:45 ~ 11:00

[SVC39-07] マグマ起源熱水の多様性の成因の再検討

*篠原 宏志[1] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

11:00 ~ 11:15

[SVC39-08] **Constraining electrical resistivity structure of volcanoes using multiphase flow modelling: an example of Miyake-jima**

*Marceau Gresse[1]、Makoto Uyeshima[1]、Takao Koyama[1]、Maki Hata[1]、Hideaki Hase[2]、Koki Aizawa[3]、Yusuke Yamaya[4]、Yoichi Sasai[5]、Jacques Zlotnicki[6]、Tawat Rung-Arunwan[1]、Hideki Ueda[7] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Tokyo, Japan、2.Geothermal Energy Research & Development Co., Ltd., Tokyo, Japan、3.Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, Fukuoka, Japan.、4.Planning Division, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo, Japan、5.Earthquake Prediction Research Centre, Tokai University, Shizuoka, Japan、6.CNRS, OPGC-UMR6524, Aubière, France、7.National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Tsukuba, Japan)

11:15 ~ 11:30

[SVC39-09] 北海道南西部、ニセコ地域におけるMT法探査と三次元比抵抗構造

*田村 慎[1]、茂木 透[2]、金廣 純奈[2]、岡 大輔[1]、丸山 純也[1]、鈴木 隆広[1]、岡崎 紀俊[1] (1.地方独立行政法人北海道立総合研究機構　地質研究所、2.北海道大学 大学院 工学研究院 環境循環システム部門)

11:30 ~ 11:45

[SVC39-10] **Hydrothermal fluid activity of the Tatun Volcano Group, Taiwan, revealed by self-potentials and seismicity**

*Hong-Jia Chen[1]、Zhi-Xian Yang[1]、Chien-Chih Chen[1,2]、Cheng-Horng Lin[3,4] (1.Department of Earth Sciences, National Central University, Taiwan.、2.Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management, National Central University, Taoyuan, Taiwan.、3.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan.、4.Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan.)

11:45 ~ 12:00

[SVC39-11] Utilizing the electrical conductivity distribution to unravel the hydrothermal system beneath Mt.Hasan composite volcano and its vicinity, southwest Cappodocia, Turkey

*Sabri Bulent Tank[1]、Mustafa Karas[1] (1.Bogazici University)

12:00 ~ 12:15

[SVC39-12] Three-dimensional Magnetotelluric Inversion to map geothermal structures in Eburru Geothermal field, Kenya.

*JUSTUS MAITHYA[1]、Yasuhiro FUJIMITSU[2] (1.Graduate School of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University、2.Faculty of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University)

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

10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[S-TT45] 合成開口レーダー

コンビーナ:木下 陽平(筑波大学)、森下 遊(国土地理院)、小林 祥子(玉川大学)、阿部 隆博(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター)、座長:小林 祥子(玉川大学)、石塚 師也(京都大学)

10:45 ~ 11:00

[STT45-01] キラウエア火山の噴火による火口付近の地盤変動の抽出

*藤山 果穂[1]、島田 政信[1]、木本 優気[1]、吉岡 賢太[1] (1.東京電機大学)

11:00 ~ 11:15

[STT45-02] ALOS-2 observation of the 2017 Sefidsang earthquake, northeastern Iran: a blind shallow-dipping thrust event near the Eastern Kopeh Dagh

*Nematollah Ghayournajarkar[1]、Yo Fukushima[2] (1.Graduate School of Science, Tohoku University、2.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University)

11:15 ~ 11:30

[STT45-03] 2016年熊本地震の副次的断層すべりによるInSAR地表変位とすべり分布

*福島 洋[1]、石村 大輔[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室)

11:30 ~ 11:45

[STT45-04] PS干渉SAR解析を用いた熊本平野における地表変動の推定と地下水位との比較

*石塚 師也[1]、辻 健[2] (1.京都大学、2.九州大学)

11:45 ~ 12:00

[STT45-05] JICA-JAXA熱帯林早期警戒システム(JJ-FAST)による低バイオマス乾燥林火災箇所の検出

*渡辺 学[1]、コヤマ クリスティアン[1]、林 真智[2]、永谷 泉[2]、田殿 武雄[2]、島田 政信[1,2] (1.東京電機大学　理工学部、2.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター)

12:00 ~ 12:15

[STT45-06] ALOS-2の定常運用で得られた成果について

★招待講演

*祖父江 真一[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

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

13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[S-TT45] 合成開口レーダー

コンビーナ:木下 陽平(筑波大学)、森下 遊(国土地理院)、小林 祥子(玉川大学)、阿部 隆博(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター)、座長:木下 陽平(RESTEC)、阿部 隆博(JAXA)

13:45 ~ 14:00

[STT45-07] Estimation of velocity distribution of Shirase Glacier derived from SAR data obtained by ERS-1/2 tandem mission

*土井 浩一郎[1,2]、青山 雄一[1,2]、中村 和樹[3]、山之口 勤[4]、渋谷 和雄[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.日本大学工学部、4.リモート・センシング技術センター)

14:00 ~ 14:15

[STT45-08] ALOS-2のSARによって捉えられた2016年の大雨による釧路湿原の2.5m を超える地表変位

*藤原 智[1]、森下 遊[1]、中埜 貴元[1]、三浦 優司[1]、撹上 泰亮[1]、村松 弘規[1]、宇根 寛[1] (1.国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[STT45-09] Surface deformation of Asama Volcano, Japan, detected by time-series InSAR combining persistent and distributed scatterers, 2014-2018

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[1] (1.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

[STT45-10] 主従画像詳細位置合わせによる航空機搭載-Lband-SAR（Pi-SAR-L2）干渉度の改善

*村上 亮[1]、古屋 正人[1]、小澤 拓[4]、高田 陽一郎[1]、青木 陽介[3]、島田 政信[2]、成田 翔平[1] (1.国立大学法人北海道大学、2.東京電機大学　理工学部　理工学科　建築・都市環境学系、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[STT45-11] SAR干渉法における電離圏遅延推定：分割スペクトル二重差分干渉画像を用いた手法の有用性

*小澤 拓[1] (1.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[STT45-12] 大気遅延補正を適用したSentinel-1 InSARによる2018年房総半島周辺でのスロースリップに伴う地表面変位の検出

*木下 陽平[1]、二村 忠宏[1]、古田 竜一[1] (1.一般財団法人リモート・センシング技術センター)

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

13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-TT46] 最先端ベイズ統計学が拓く地震ビッグデータ解析

コンビーナ:長尾 大道(東京大学地震研究所)、加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)、前田 拓人(弘前大学大学院理工学研究科)、矢野 恵佑(東京大学)、座長:吉光 奈奈(東京大学地震研究所)、松田 孟留(東京大学大学院情報理工学系研究科)

13:45 ~ 14:00

[STT46-01] A bad inversion result suggests bad modeling: 悪いインバージョン結果には理由がある

★招待講演

*深畑 幸俊[1]、八木 勇治[2] (1.京都大学防災研究所、2.筑波大学生命環境系)

14:00 ~ 14:15

[STT46-02] 稠密地震観測網における地震波動場の推定：MeSO-netにおける最適化

*椎名 高裕[1]、前田 拓人[2]、加納 将行[3]、加藤 愛太郎[1]、平田 直[1] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東北大学理学研究科)

14:15 ~ 14:30

[STT46-03] Uncertainty quantification based on 4DVar data assimilation for massive simulation models

*伊藤 伸一[1]、加納 将行[2]、長尾 大道[1] (1.東京大学、2.東北大学)

14:30 ~ 14:45

[STT46-04] ベイズ統計を用いた余震活動のモデリングと確率予測

★招待講演

*近江 崇宏[1] (1.東京大学生産技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[STT46-05] **Bias Correction for the Distribution of Aftershocks Within Short-Term Period Immediately After Large Main Shock**

*森川 耕輔[1]、長尾 大道[2]、伊藤 伸一[2]、酒井 慎一[2]、平田 直[2] (1.大阪大学、2.東京大学地震研究所)

15:00 ~ 15:15

[STT46-06] Deep-learning-based Earthquake Detection for Continuous Seismic Network Records

*矢野 恵佑[1]、椎名 高裕[2]、倉田 澄人[1]、加藤 愛太郎[2]、駒木 文保[1]、酒井 慎一[2]、平田 直[2] (1.東京大学情報理工学研究科、2.東京大学地震研究所)

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

9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:喜岡 新、野田 篤

9:00 ~ 9:15

[SCG56-25] 白鳳丸によるサウスサンドイッチ弧観測計画：世界最南端島弧-海溝系の成立・進化過程の解明にむけて

*山口 飛鳥[1]、谷 健一郎[2]、池原 実[3] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立科学博物館、3.高知大学海洋コア総合研究センター)

9:15 ~ 9:30

[SCG56-26] 2011年東北沖巨大地震震源域の三次元構造

*趙 大鵬[1]、Liu Xin[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)

9:30 ~ 9:45

[SCG56-27] 巨大地震がもたらした超深海海溝底への莫大な有機炭素供給

*Kioka A.[1]、Schwestermann T.[1]、Moernaut J.[1]、Ikehara K.[2]、Kanamatsu T.[3]、McHugh C.M.[4]、dos Santos Ferreira C.[5]、Wiemer G.[5]、Haghipour N.[6]、Kopf A.J.[5]、Eglinton T.I.[6]、Strasser M.[1,5] (1.インスブルック大学、2.産業技術総合研究所、3.海洋研究開発機構、4.ニューヨーク市立大学、5.ブレーメン大学、6.スイス連邦工科大学チューリッヒ校)

9:45 ~ 10:00

[SCG56-28] 海溝充填堆積物はどのようにして地下深部へ沈み込むのか？

*野田 篤[1]、高下 裕章[2]、山田 泰広[3]、宮川 歩夢[1]、芦 寿一郎[2] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学大気海洋研究所、3.海洋研究開発機構)

10:00 ~ 10:15

[SCG56-29] 高分解能SBPから得られた付加体斜面堆積盆の堆積構造とその形成過程の検討：室戸沖南海付加体の例

*大熊 祐一[1]、山口 飛鳥[1]、高下 裕章[1]、福地 里菜[1]、芦 寿一郎[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

10:15 ~ 10:30

[SCG56-30] 台風24号通過時に駿河湾北部で発生したと考えられる混濁流について ―OBSアレイが捉えた海底異常現象の痕跡―

*中尾 凪佐[1]、馬塲 久紀[2]、佐藤 比呂志[3]、鶴我 佳代子[4]、坂本 泉[2]、西宮 隆仁[5]、篠原 雅尚[3]、阿部 信太郎[6] (1.東海大学大学院、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.東京大学地震研究所、4.東京海洋大学、5.気象庁気象研究所、6.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 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG60] 沈み込み帯へのインプットを探る：海溝海側で生じる過程の影響

コンビーナ:山野 誠(東京大学地震研究所)、森下 知晃(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)、藤江 剛(海洋研究開発機構)、座長:小野 重明(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[SCG60-01] チリ三重会合点におけるMR18-06'EPIC'航海レグ2調査概要

*木下 正高[1,5]、岩森 光[1,5]、西川 友章[2]、安間 了[3]、Lagarrigue Sofia[4]、阿部 なつ江[5]、横山 由香[6]、Espinosa Andres[4]、Cortes Alessandra [7]、Prado Gabriela[7]、Bascuñan Ivan [7]、原口 悟[5]、太田　耕輔[9]、折橋 裕二[8]、中尾 魁史[8]、沼田 翔伍[8]、塩原 肇[1]、杉岡 裕子[10]、伊藤 亜妃[5]、 Pérez-Estay Nicolás [11] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.徳島大学、4.チリカトリカ大学、5.海洋研究開発機構、6.東海大学海洋学部、7.アンドレス・ベロ大学、8.弘前大学、9.東京大学大気海洋研究所、10.神戸大学理学研究科、11.チリ外務省)

11:00 ~ 11:15

[SCG60-02] 北海道沖千島海溝の海側における熱流量測定

*佐々木 肯太[1]、山野 誠[1]、川田 佳史[2]、木下 正高[1]、川村 喜一郎[3] (1.東京大学地震研究所、2.東北大学災害科学国際研究所、3.山口大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG60-03] Comparison of experimental and intermediate-depth earthquake b-value: difference in hydration degree of the oceanic mantle between Tohoku and Hokkaido

★招待講演

*北 佐枝子[1]、Thomas Ferrand[2] (1.建築研究所、2.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SCG60-04] Variations in bend faulting and the nature of the incoming oceanic plate off northeast Japan arc

*藤江 剛[1]、尾鼻 浩一郎[1]、山本 揚二朗[1]、山田 知朗[2]、一瀬 建日[2]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所)

11:45 ~ 12:00

[SCG60-05] 日本海溝南部、福島・茨城沖海溝軸周辺の地震活動

*尾鼻 浩一郎[1]、藤江 剛[1]、山本 揚二朗[1]、海宝 由佳[1]、中村 恭之[1]、三浦 誠一[1]、高橋 努[1]、小平 秀一[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[SCG60-06] アウターライズ断層の強度に対する岩石・水相互作用の影響

★招待講演

*平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科)

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

13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG60] 沈み込み帯へのインプットを探る：海溝海側で生じる過程の影響

コンビーナ:山野 誠(東京大学地震研究所)、森下 知晃(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)、藤江 剛(海洋研究開発機構)、座長:山野 誠(東京大学地震研究所)

13:45 ~ 14:00

[SCG60-07] Seismic image of the incoming oceanic crust entering the central part of the Japan Trench: structural variation caused by petite-spot, bend fault and seamount

*小平 秀一[1,2]、大平 茜[1,2]、藤江 剛[1]、野 徹雄[1]、中村 恭之[1]、海宝 由佳[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター、2.横浜国立大学　横浜国立大学大学院環境情報研究院・学府)

14:00 ~ 14:15

[SCG60-08] アウターライズ地震津波の津波高予測における計算パラメタの依存性

*馬場 俊孝[1]、近貞 直孝[2]、中村 恭之[3]、藤江 剛[3]、尾鼻 浩一郎[3]、三浦 誠一[3]、小平 秀一[3] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部、2.防災科学技術研究所、3.海洋研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[SCG60-09] 昭和三陸沖地震（Mw 8.4）破壊域の海底地形データ解析とマルチチャンネル反射法地震探査

*羽入 朋子[1]、朴 進午[1]、木戸 ゆかり[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[SCG60-10] 海洋プレート上の堆積物の沈み込む前の堆積過程と変形過程：北西太平洋とスマトラ沖の例

★招待講演

*川村 喜一郎[1] (1.山口大学)

14:45 ~ 15:00

[SCG60-11] アセノスフェア組成の探究：新青丸KS-18-9航海による「直プチ」調査

*平野 直人[1]、油谷 拓[2,1]、桂木 悠希[1]、Oalmann Jeffrey[3]、Rodriguez Fidel[3]、Onboard Scientific Party KS-18-9 (1.東北大学、2.バイロイト大学、3.ナンヤン工科大学)

15:00 ~ 15:15

[SCG60-12] 沈み込み帯で起こる海洋プレートによるアルゴンのインプット

*小野 重明[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 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:竹下 徹、小林 健太

13:45 ~ 14:00

[SCG61-01] 鳥取県西部地域における断層発達過程

*小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学教室)

14:00 ~ 14:15

[SCG61-02] 0.1満点地震観測による2000年鳥取県西部地震震源域の非弾性変形検出（２）

★招待講演

*松本 聡[1]、飯尾 能久[2]、酒井 慎一[3]、加藤 愛太郎[3]、澁谷 拓郎[2]、林田 祐人[4]、0.1満点地震 観測グループ (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、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.九州大学大学院理学府)

14:15 ~ 14:30

[SCG61-03] Non-double couple micro-earthquakes in the focal area of the 2000 Western Tottori earthquake (M7.3) by "0.1 manten" hyper dense seismic observation

*林田 祐人[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]、酒井 慎一[4]、加藤 愛太郎[4]、0.1満点 地震観測グループ (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、3.京都大学防災研究所、4.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG61-04] 鳥取県西部から島根県西部にかけての応力場–稠密地震観測による-

*飯尾 能久[1]、満点地震 観測グループ、鳥取県西部 満点地震観測班 (1.京都大学防災研究所)

14:45 ~ 15:00

[SCG61-05] Modeling the spatiotemporal change in stress field around Hinagu fault zone through the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、山下 裕亮[3]、中元 真美[4]、宮崎 真大[3]、酒井 慎一[5]、飯尾 能久[3]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ (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、3.京都大学防災研究所、4.地震予知総合研究振興会、5.東京大学地震研究所)

15:00 ~ 15:15

[SCG61-06] 西南日本、三重県の中央構造線断層帯の発展：歪の局所化と軟化についての一解釈

*竹下 徹[1]、Dong Bui[1]、Thomas Czertowicz[1]、荒井 駿[2]、山本 貴史[3]、安東 淳一[3]、重松 紀生[4]、藤本 光一郎[5] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2.東北大学理学研究科地学専攻、3.広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、4.産業技術総合研究所、5.東京学芸大学)

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

15:30 ~ 17:00 | 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:岡田 知巳、安藤 亮輔(東京大学大学院理学系研究科)

15:30 ~ 15:45

[SCG61-07] **What caused the Main Himalayan Thrust (MHT) to ramp? Insights from analogue and numerical models**

*Subhajit Ghosh[1,2]、Arijit Laik[2]、Santanu Bose[2,3]、Nibir Mandal[4] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032、2.Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India、3.Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India、4.Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India)

15:45 ~ 16:00

[SCG61-08] Control of fault weakening on the structural styles of underthrusting-dominated non-cohesive tectonic wedges

*Arthur Bauville[1]、Mikito Furuichi[1] (1.Department of Mathematical Science and Advanced Techology, JAMSTEC)

16:00 ~ 16:15

[SCG61-09] **Complexity of the 2016 *M* 7.8 Kaikoura, New Zealand, earthquake from seismic observation: inferences of overpressured fluid involvement**

*岡田 知己[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]、Lanza Federica[4]、Thurber Clliford[4]、松野 弥愛[1]、河村 優太[2]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[5]、Ristau John[5]、Savage Martha[6]、Townend John[6]、Petttinga Jarg[7]、Ghisetti Francesca[8]、Sibson Richard[9] (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、2.九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、3.京都大学防災研究所、4.University of Wisconsin-Madison, U.S.A.、5.GNS Science, New Zealand、6.Victoria University of Wellington, New Zealand、7.University of Canterbury, New Zealand、8.TerraGeoLogica, New Zealand、9.University of Otago, New Zealand)

16:15 ~ 16:30

[SCG61-10] Dynamic Rupture Simulation Reproduces Spontaneous Multifault Rupture and Arrest During the 2016 Mw 7.9 Kaikoura Earthquake

*安藤 亮輔[1]、Kaneko Yoshihiro[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.GNS science)

16:30 ~ 16:45

[SCG61-11] Ductile deformation explains the physics of friction and genesis of earthquakes

*James Daniel Paul Moore[1]、Stefan Nielsen[2]、Lars N Hansen[3] (1.Earth Observatory of Singapore、2.University of Durham、3.University of Oxford)

16:45 ~ 17:00

[SCG61-12] アスペリティー破壊の地震モーメントと応力降下量，並びに歪みエネルギー解放量

*松浦 充宏[1] (1.統計数理研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[M-IS08] ジオパーク

コンビーナ:尾方 隆幸(琉球大学島嶼防災研究センター)、青木 賢人(金沢大学地域創造学類)、松原 典孝(兵庫県立大学大学院　地域資源マネジメント研究科)、田所 敬一(名古屋大学地震火山研究センター)、座長:植木 岳雪(千葉科学大学危機管理学部)、大野 希一(島原半島ジオパーク事務局)、有馬 貴之(帝京大学 経済学部 観光経営学科)

15:30 ~ 15:45

[MIS08-01] 日本最西端沖縄県与那国島に分布する正断層群

*大坪 誠[1]、大橋 聖和[2]、尾方 隆幸[3]、柴田 伊廣[4] (1.産業技術総合研究所、2.山口大学、3.琉球大学、4.文化庁)

15:45 ~ 16:00

[MIS08-02] 糸魚川ジオパークにおける「防災科研地震だねっと！」を利用した糸魚川ー静岡構造線についての学習例

*竹之内 耕[1]、茨木 洋介[1]、小河原 孝彦[1]、宮島 宏[1]、松原 誠[2]、西澤 あずさ[2]、青井 真[2]、平松 良浩[3]、中川 和之[4] (1.フォッサマグナミュージアム、2.防災科学技術研究所、3.金沢大学、4.時事通信社)

16:00 ~ 16:15

[MIS08-03] 「防災科研地震だねっと！」の開設と利活用に関するアンケート結果

*松原 誠[1]、西澤 あずさ[1]、青井 真[1]、竹之内 耕[2]、平松 良浩[3]、中川 和之[4] (1.防災科学技術研究所、2.糸魚川市フォッサマグナミュージアム、3.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系、4.時事通信社)

16:15 ~ 16:30

[MIS08-04] 磐梯山ジオパークが企画した「世界の岩なだれ」巡回展と出前講座

*佐藤 公[1]、宇井 忠英[2] (1.磐梯山噴火記念館、2.環境防災総合政策研究機構)

16:30 ~ 16:45

[MIS08-05] ジオパークにおける惑星科学教育 ―青少年のための科学の祭典島根大会における出雲平野の形成実験―

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

16:45 ~ 17:00

[MIS08-06] ジオパークのESD型地域学習カリキュラム開発を支えるシステム思考とそのコンピテンシー

*山本 隆太[1] (1.静岡大学教職センター)

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

13:45 ~ 15:15 | 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)、臼井 寛裕、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

13:45 ~ 14:00

[MIS11-01] 冥王星の不思議を解く内部構造モデル

*鎌田 俊一[1]、Nimmo Francis[2]、関根 康人[3]、倉本 圭[1]、野口 直樹[4]、木村 淳[5]、谷 篤史[6] (1.北海道大学、2.カリフォルニア大学サンタクルーズ校、3.東京工業大学、4.徳島大学、5.大阪大学、6.神戸大学)

14:00 ~ 14:15

[MIS11-02] 氷衛星・氷惑星環境を模したガスハイドレート試料の同位体測定：装置開発および測定法の検討

*工藤 久志[1]、谷 篤史[1]、吉田 尚弘[2,3] (1.神戸大学 大学院人間発達環境学研究科、2.東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、3.地球生命研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS11-03] 潮汐加熱と氷殻下における熱の南北非対称性が生み出す氷殻のダイナミクス

*原田 果穂[1,2]、中川 貴司[3]、森重 学[2]、廣瀬 重信[2] (1.慶應義塾大学、2.海洋研究開発機構、3.香港大学)

14:30 ~ 14:45

[MIS11-04] Chlorine-bearing aqueous fluid at crust/mantle boundary in mid-ocean ridge hydrothermal system: a case study of crustal diopsidite from Oman ophiolite

★Invited Papers

*秋澤 紀克[1]、三宅 亮[2]、土山 明[2] (1.東京大学　大気海洋研究所、2.京都大学　大学院理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[MIS11-05] 高圧下における$MgSO_4$-H_2O系の相関係

*近藤 忠[1]、原田 啓多[1]、白田 実希[1]、亀卦川 卓美[2] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.物質構造科学研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS11-06] 地球の揮発性元素組成の起源：衝突大気剥ぎ取りとコア形成の寄与

*櫻庭 遥[1]、黒川 宏之[2]、玄田 英典[2]、太田 健二[1] (1.東京工業大学、2.地球生命研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | 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)、福士 圭介、臼井 寛裕

15:30 ~ 15:45

[MIS11-07] Finding of oxidized sulfur species in carbonates from a Martian meteorite Allan Hills 84001 using μ-XANES

*梶谷 伊織[1]、田辺 学[1]、中田 亮一[2]、臼井 寛裕[3]、小池 みずほ[3]、松浦 史宏[4]、横山 哲也[1] (1.東京工業大学、2.海洋研究開発機構、3.宇宙科学研究所、4.地球生命研究所)

15:45 ~ 16:00

[MIS11-08] A study on Martian water environment based on the μ-XRF-XANES analysis for the secondary minerals formed in a nakhlite meteorite (Y 000593) vein

*鈴木 慧花[1]、菅 大暉[1]、山口 亮[2]、臼井 寛裕[3]、関澤 央輝[4]、新田 清文[4]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.JASRI/SPring-8)

16:00 ~ 16:15

[MIS11-09] 火星における水および粘土鉱物の傾斜角に対する影響

*松岡 友希[1]、片山 郁夫[1]、野口 里奈[2]、臼井 寛裕[2] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[MIS11-10] **Dark Streak Features in Mongolia: Implications for Formation Mechanisms of Recurring Slope Lineae on Mars**

*中村 麻也[1,2]、関根 康人[1]、福士 圭介[3]、長谷部 徳子[3]、Davaadorj Davaasuren[4]、高橋 嘉夫[2]、長谷川 精[5]、小倉 拓郎[6]、森田 康暉[3]、Tuvshin Gerelmaa[4] (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.金沢大学環日本海域環境研究センター、4.モンゴル国立大学地理学専攻、5.高知大学理工学部地球環境防災学科、6.東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻)

16:30 ~ 16:45

[MIS11-11] The occurrence of perchlorate salt in and around the Taklimakan Desert, China

*Haibo Qin[1,2]、Shitong Yang[1]、Qing Chang[3]、Chihiro Miyamoto[1]、Yoshio Takahashi[1] (1.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science、2.State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences、3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

16:45 ~ 17:00

[MIS11-12] Measurement technique to quantify OH radicals photochemically generated on the ice surface

*薮下 彰啓[1]、西本 寛彰[1]、原田 明[1] (1.九州大学大学院総合理工学研究院)

[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 | 201A 2F

[M-IS13] 生物地球化学

コンビーナ:木庭 啓介(京都大学生態学研究センター)、柴田 英昭(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)、大河内 直彦(海洋研究開発機構)、山下 洋平(北海道大学 大学院地球環境科学研究院)、座長:木庭 啓介(京都大学)、稲垣 善之、藤井 一至

10:45 ~ 11:00

[MIS13-01] 根は粘土に対応できる：ポドゾル化に対する樹木根の可塑性

*藤井 一至[1]、牧田 直樹[2]、Martin Küttim[3]、Shinya Sugita[3] (1.森林総合研究所、2.信州大学、3.タリン大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS13-02] 東日本大震災によって形成された塩性湿地における無機態窒素変換プロセス

*福島 慶太郎[1]、橋本 和磨[2]、黒岩 恵[3]、横山 勝英[2]、諏訪 裕一[3] (1.京都大学生態学研究センター、2.首都大学東京大学院都市環境科学研究科、3.中央大学理工学部)

11:15 ~ 11:30

[MIS13-03] 高緯度北極スバールバルの氷河後退域における土壌硝化能の遷移

*林 健太郎[1]、田邊 優貴子[2,3]、小野 圭介[1]、浅野 眞希[4]、服部 祥平[5]、内田 雅己[2,3]、早津 雅仁[1] (1.農研機構・農業環境変動研究センター、2.国立極地研究所、3.総研大学、4.筑波大学、5.東京工業大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS13-04] **Transition of soil organic carbon in a volcanic ash soil derived from Towada volcano, Japan**

*JITHYA NAWODI WIJESINGHE[1]、Jun Koarashi[2]、Mariko Atarashi Andoh[2]、Yoko Saito Kokubu[3]、Noriko Yamaguchi[4]、Takashi Sase[5]、Mamoru Hosono[6]、Yudzuru Inoue[7]、Yuki Mori[1]、Syuntaro Hiradate[1] (1.Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 819-0395, Japan、2.Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki 319-1195, Japan、3.Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency,Gifu 509-5102, Japan、4.National Agriculture and Food Research Organization, Institute for Agro-environmental Sciences, 3-1-3 Kan-nondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan、5.Boreal Laboratory for Phytolith Research, Iwate 028-7302,Japan、6.Tokyo Natural History Research Structure,Tokyo 162-0052, Japan、7.Faculty of Applied Information Technology, Nagasaki Institute of Applied Science,Nagasaki 851-0193, Japan)

11:45 ~ 12:00

[MIS13-05] 土壌で普遍的に起こる炭素・窒素安定同位体比および放射性炭素濃度の変動とその規定因子：微生物代謝・鉱物表面反応・団粒化

*和穎 朗太[1]、梶浦 雅子[1]、井上 弦[2]、浅野 眞希[3]、早川 智恵[4] (1.農研機構 農業環境変動研究センター、2.長崎総合科学大学、3.筑波大学 環境生命系、4.東京大学農学生命科学研究科)

12:00 ~ 12:15

[MIS13-06] 日本の森林生態系における養分供給源：降水、風化、リターの寄与率

*稲垣 善之[1]、藤井 一至[1] (1.森林総合研究所)

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

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

[M-IS13] 生物地球化学

コンビーナ:木庭 啓介(京都大学生態学研究センター)、柴田 英昭(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)、大河内 直彦(海洋研究開発機構)、山下 洋平(北海道大学 大学院地球環境科学研究院)、座長:木庭 啓介(京都大学)、山下 洋平、仁科 一哉、藤井 一至

13:45 ~ 14:00

[MIS13-07] 超高分解能質量分析法を用いた温帯林における林外雨，林内雨および土壌水の溶存有機物の解析

*井手 淳一郎[1]、山瀬 敬太郎[2]、Jeong Seonghun[3]、牧田 直樹[4]、西村 裕志[5]、福島 慶太郎[6]、大槻 恭一[7]、大橋 瑞江[8] (1.九州大学　持続可能な社会のための決断科学センター、2.兵庫県立農林水産技術総合センター　森林林業技術センター、3.九州大学大学院　生物資源環境科学府、4.信州大学　理学部、5.京都大学　生存圏研究所、6.京都大学　生態学研究センター、7.九州大学　農学研究院、8.兵庫県立大学　環境人間学部)

14:00 ~ 14:15

[MIS13-08] 北太平洋中層水による外来性腐植様溶存有機物の輸送

*山下 洋平[1]、西岡 純[2]、小畑 元[3]、小川 浩史[3] (1.北海道大学　大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学　低温科学研究所、3.東京大学　大気海洋研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS13-09] アミノ酸鏡像異性体バイオマーカーを用いた琵琶湖における細菌由来溶存有機物の寄与評価

*山口 保彦[1]、由水 千景[2]、陀安 一郎[2]、木庭 啓介[3]、早川 和秀[1] (1.滋賀県琵琶湖環境科学研究センター、2.総合地球環境学研究所、3.京都大学生態学研究センター)

14:30 ~ 14:45

[MIS13-10] 微量安定同位体トレーサーを利用した水圏環境下における酸素消費速度定量

*角皆 潤[1]、柏木 章吾[1]、伊藤 昌稚[1]、中川 書子[1]、鋤柄 千穂[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

14:45 ~ 15:00

[MIS13-11] 大水深淡水湖の有酸素深水層に生息する細菌の生態

*岡崎 友輔[1] (1.産業技術総合研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS13-12] 泥炭湿地におけるアブラヤシプランテーションの排水路における一酸化二窒素排出と発生メカニズム

*仁科 一哉[1]、Melling Lulie[2]、平田 竜一[1]、高橋 善幸[1]、豊田 栄[3]、寺嶋 晃太朗[3]、伊藤 雅之[4] (1.国立環境研究所、2.SARAWAK Tropical Peat Research Institute、3.東京工業大学、4.兵庫県立大学)

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

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[M-IS14] 南大洋・南極氷床が駆動する全球気候変動

コンビーナ:関 宰(北海道大学低温科学研究所)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、植村 立(琉球大学　理学部)、真壁 竜介(国立極地研究所)、座長:加藤 悠爾(高知大学)

9:00 ~ 9:25

[MIS14-01] Mass loss of the Antarctic ice sheet under the influence of ice-ocean interaction

★Invited Papers

*杉山 慎[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

9:25 ~ 9:40

[MIS14-02] 南極ドームふじ氷床コアによる約40万年前の間氷期における年代制約と気候復元

*川村 賢二[1,2,3]、大藪 幾美[1]、青木 周司[4]、中澤 高清[4]、阿部 彩子[5,3]、齋藤 冬樹[3] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総研大、3.海洋研究開発機構、4.東北大学、5.東京大学)

9:40 ~ 9:55

[MIS14-03] 過去７２万年間の気候変動情報を含むアイスコアの物理と層位および「最古の氷」の研究

*藤田 秀二[1,2]、平林 幹啓[1]、飯塚 芳徳[3]、大野 浩[4] (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.北海道大学低温科学研究所、4.北見工業大学)

9:55 ~ 10:15

[MIS14-04] **氷期間氷期を通じた南極前線変動の追跡**

★招待講演

*松井 浩紀[1]、加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[3]、池原 実[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.日本学術振興会特別研究員PD、3.名古屋大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS14-05] **南大洋インド洋区における海洋地球科学総合観測：白鳳丸KH-19-1次航海成果速報**

*池原 実[1]、大島 慶一郎[2]、板木 拓也[3]、佐藤 暢[4]、藤井 昌和[5]、川合 美千代[6]、松井 浩紀[1]、池上 隆仁[7]、白鳳丸KH-19-1乗船研究者一同 . (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.北海道大学低温科学研究所、3.産業技術総合研究所、4.専修大学、5.国立極地研究所、6.東京海洋大学、7.海洋生物環境研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[M-IS14] 南大洋・南極氷床が駆動する全球気候変動

コンビーナ:関 宰(北海道大学低温科学研究所)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、植村 立(琉球大学　理学部)、真壁 竜介(国立極地研究所)、座長:シェリフ多田野 サム(東京大学)

10:45 ~ 11:00

[MIS14-06] **High resolution ocean temperatures reconstructions over the last glacial-interglacial in the Kerguelen region, Southern Ocean.**

*Matthieu Civel[1,2]、Xavier Crosta[3]、Giuseppe Cortese[4]、Elisabeth Michel[5]、Alain Mazaud[5]、Samuel Jaccard[6]、Lena Thöle[6]、Minoru Ikehara[1]、Takuya Itaki[2] (1.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Japan、2.Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba, Japan、3.UMR 5805 CNRS EPOC, Université de Bordeaux, France、4.GNS Science, Lower Hutt, New Zealand、5.LSCE-IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, 91198 Gif-sur-Yvette, France、6.Institute of Geological Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland)

11:00 ~ 11:15

[MIS14-07] GIAモデルによる東南極の測地観測に対する地球内部粘性構造と完新世南極氷床変動の影響評価

*奥野 淳一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、青山 雄一[1,2]、石輪 健樹[1]、服部 晃久[2]、福田 洋一[3] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.京都大学)

11:15 ~ 11:30

[MIS14-08] **Reconstruction of the East Antarctic ice sheet variability during the last 3 myrs in the central & eastern Droning Maud Land, East Antarctica**

*菅沼 悠介[1,2]、川又 基人[2]、香月 興太[3]、金丸 龍夫[4]、金田 平太郎[5]、小山 拓志[6]、田邊 優貴子[1,2]、柴田 大輔[7]、石輪 健樹[1]、板木 拓也[8]、奥野 淳一[1,2]、関 宰[9]、須藤 斎[10]、藤井 昌和[1,2]、三浦 英樹[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.島根大学、4.日本大学、5.千葉大学、6.大分大学、7.筑波大学、8.産総研、9.北海道大学、10.名古屋大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS14-09] Vertical ice flow motions obtained from year-round GNSS observations on Shirase Glacier, Antarctica

*青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、平野 大輔[3]、田村 岳史[1,2]、青木 茂[3]、渋谷 和雄[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学低温科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS14-10] **南極探査用AUV"MONACA"の運用計画と設計**

*山縣 広和[1]、巻 俊宏[1]、吉田 弘[2]、野木 義史[3] (1.東京大学生産技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.国立極地研究所)

12:00 ~ 12:15

[MIS14-11] Geophysical insights into tectonic, volcanic, sedimentation, and glacial processes in Indian and Southern Oceans: Preliminary geophysical results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*藤井 昌和[1]、佐藤 暢[2]、池原 実[3]、野木 義史[1]、佐藤 太一[4]、中村 恭之[5]、Eri Amsler[6]、シェリフ多田野 サム[7] (1.国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2.専修大学、3.高知大学、4.産業技術総合研究所、5.海洋研究開発機構、6.University of Bern、7.東京大学大気海洋研究所)

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

13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールB 2F

[M-IS14] 南大洋・南極氷床が駆動する全球気候変動

コンビーナ:関 宰(北海道大学低温科学研究所)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、植村 立(琉球大学　理学部)、真壁 竜介(国立極地研究所)、座長:石輪 健樹(国立極地研究所)

13:45 ~ 14:00

[MIS14-12] 鉛直拡散係数の成層依存性を考慮した海洋大循環モデルによる氷期海洋炭素循環シミュレーション

*小林 英貴[1]、岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:15

[MIS14-13] Impacts of precession on the periodicity of climate and AMOC variabilities

*シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS14-14] 地軸の傾きと歳差・離心率、大気二酸化炭素濃度の変化がもたらす南半球高緯度における温暖化と気候フィードバックの違い

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[MIS14-15] Origin of Circumpolar Deep Water intruding onto the Amundsen and Bellingshausen Sea continental shelves

* 中山 佳洋[1,2]、Menemenlis Dimitris[2]、Zhang Hong[2]、Michael Schodlok[2]、Rignot Eric[2,3] (1.北海道大学低温科学研究所、2.NASA Jet Propulsion Laboratory、3.Uniersity of California, Irvine)

14:45 ~ 15:00

[MIS14-16] 2018/2019 夏季豪州南極海盆南部の海洋・物質循環 ― 開洋丸 KY18-04 航海速報

*勝又 勝郎[1]、平野 大輔[2]、野村 大樹[2]、山崎 開平[2]、國府 陽一郎[2]、木内 政彰[2]、青木 茂[2]、村瀬 弘人[3] (1.海洋研究開発機構、2.北海道大学、3.国際水産資源研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS14-17] 南大洋子午面循環の直接測流と定量評価を目指した係留観測

*北出 裕二郎[1]、溝端 浩平[1]、渡部 和帆[1]、程 霊巧[3]、高 郭平[3]、青木 茂[2]、牛尾 収輝[4]、嶋田 啓資[1]、大島 慶一郎[2] (1.東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科、2.北海道大学低温科学研究所、3.上海海洋大学、4.国立極地研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[M-IS15] 遠洋域の進化

コンビーナ:松岡 篤(新潟大学理学部)、木元 克典(独立行政法人海洋研究開発機構)、栗原 敏之(新潟大学大学院自然科学研究科)、尾上 哲治(熊本大学大学院自然科学研究科)、座長:松岡 篤、栗原 敏之

15:30 ~ 15:45

[MIS15-01] DSDP/ODPの遠洋性粘土コアに記録された北太平洋における新生代の環境変動

*見邨 和英[1]、山本 克志[1]、中村 謙太郎[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、臼井 洋一[3]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.JAMSTEC)

15:45 ~ 16:00

[MIS15-02] 美濃帯の下部ジュラ系遠洋深海堆積岩に記録された海洋酸化還元状態の復元

*曽田 勝仁[1] (1.熊本大学自然科学研究科)

16:00 ~ 16:15

[MIS15-03] パンサラッサ遠洋域深海堆積岩における中部三畳系アニシアン統のコノドント生層序—放散虫化石帯との統合—

*武藤 俊[1]、高橋 聡[1]、山北 聡[2]、曽田 勝仁[3]、尾上 哲治[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.宮崎大学教育学部、3.熊本大学先端科学研究部)

16:15 ~ 16:30

[MIS15-04] 美濃帯坂祝セクションの層状チャートから解読した三畳紀海水Os同位体比変動

★招待講演

*野崎 達生[1,2,3,4]、二階堂 崇[5]、尾上 哲治[6]、高谷 雄太郎[7,1,2,4]、佐藤 佳子[1]、木村 純一[8]、常 青[8]、山下 大輔[6]、佐藤 峰南[4,1]、鈴木 勝彦[1]、加藤 泰浩[2,4]、松岡 篤[5] (1. JAMSTEC・資源、2.東大・工、3.神戸大・理、4.千葉工大・次世代資源、5.新潟大・自然科学、6.熊本大・自然科学、7.早大・創造理工、8.JAMSTEC・D-SEG)

16:30 ~ 16:45

[MIS15-05] The preservation of radiolarians across the Jurassic-Cretaceous (J/K) boundary in the Bosso Valley section, Central Italy

*リ シン[1]、松岡 篤[2]、ベルティ アンジェラ[3]、キアーリ マルコ[4] (1.中国科学院の南京地質古生物研究所、2.新潟大学、3.ペルージャ大学、4.イタリアの地質と資源研究所)

16:45 ~ 17:00

[MIS15-06] Radiolarian faunas around the Jurassic-Cretaceous boundary in the Bosso Valley section, central Italy

*松岡 篤[1]、Xin Li[2]、Marco Chiari[3]、Angela Bertinelli[4] (1.新潟大学理学部地質科学科、2.中国科学院南京地質古生物研究所、3.地質資源研究所、4.ペルージャ大学)

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

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

[M-IS17] 歴史学×地球惑星科学

コンビーナ:加納 靖之(東京大学地震研究所)、芳村 圭(東京大学生産技術研究所)、磯部 洋明(京都市立芸術大学美術学部)、岩橋 清美(国文学研究資料館)、座長:加納 靖之 (東京大学 地震研究所)、岩橋 清美、磯部 洋明、芳村 圭、玉澤 春史

9:05 ~ 9:30

[MIS17-01] 古文書から復元する近世日本の森林環境

★招待講演

*白水 智[1] (1.中央学院大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS17-02] バビロン天文日誌の研究：現状と展望

*三津間 康幸[1] (1.東京大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS17-03] 大型太陽フレアを生じる太陽黒点の特徴と歴史的資料を活用した研究の可能性

*鳥海 森[1] (1.国立天文台)

10:00 ~ 10:15

[MIS17-04] 「14世紀の危機」についての環境史的考察の試み

*諫早 庸一[1] (1.北海道大学スラブ・ユーラシア研究センター)

10:15 ~ 10:30

[MIS17-05] ACRE－Japanのデータレスキュー活動による19世紀末以降のアジアモンスーン変動の解明

*松本 淳[1,2]、井上 知栄[1]、藤部 文昭[1]、浜田 純一[1]、林 泰一[3]、寺尾 徹[4]、村田 文絵[5]、久保田 尚之[6]、赤坂 郁美[7]、釜堀 弘隆[8]、遠藤 伸彦[9]、山本 晴彦[10]、小林 茂[11]、村治 能孝[12] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理環境科学専攻、2.海洋研究開発機構大気海洋相互作用研究分野、3.京都大学、4.香川大学、5.高知大学、6.北海道大学、7.専修大学、8.気象研究所、9.農研機構農業環境変動研究センター、10.山口大学、11.大阪大学、12.EScoT)

[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 | 201B 2F

[M-IS17] 歴史学×地球惑星科学

コンビーナ:加納 靖之(東京大学地震研究所)、芳村 圭(東京大学生産技術研究所)、磯部 洋明(京都市立芸術大学美術学部)、岩橋 清美(国文学研究資料館)、座長:磯部 洋明、芳村 圭、岩橋 清美、加納 靖之 (東京大学 地震研究所)、玉澤 春史

10:45 ~ 11:00

[MIS17-06] 歴史ビッグデータ：構造化ギャップを克服するワークフローの構築と過去世界の統合解析

*北本 朝展[1,2,3]、市野 美夏[1,2] (1.国立情報学研究所、2.ROIS-DS人文学オープンデータ共同利用センター、3.総合研究大学院大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS17-07] 日記史料と震度データベースからみた江戸・東京の有感地震

*佐竹 健治[1] (1.東京大学地震研究所)

11:15 ~ 11:30

[MIS17-08] 高解像度気候復原による日本古代の気候変動と国家・社会の変容

*今津 勝紀[1]、中塚 武[2] (1.岡山大学大学院社会文化科学研究科、2.総合地球環境学研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS17-09] 樹木年輪と歴史資料からみた10世紀の十和田カルデラと白頭山の巨大噴火の絶対年代

*箱崎 真隆[1]、三宅 芙沙[2]、佐野 雅規[3]、木村 勝彦[4]、中村 俊夫[2]、奥野 充[5]、坂本 稔[1]、中塚 武[6,2] (1.国立歴史民俗博物館、2.名古屋大学、3.早稲田大学、4.福島大学、5.福岡大学、6.総合地球環境学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS17-10] 歴史学・考古学と地球惑星科学の協働をいかに活性化できるか？－気候適応史プロジェクトの教訓－

★招待講演

*中塚 武[1,2] (1.総合地球環境学研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科)

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

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

[M-IS18] 地球流体力学：地球惑星現象への分野横断的アプローチ

コンビーナ:伊賀 啓太(東京大学大気海洋研究所)、吉田 茂生(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、柳澤 孝寿(海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)、相木 秀則(名古屋大学)、座長:中島 健介

13:45 ~ 14:00

[MIS18-01] 目のある軸対称浅水渦上の軸対称擾乱

*板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

14:00 ~ 14:15

[MIS18-02] 回転流体における3次元熱対流シミュレーションの流れ構造の解析

*亀山 真典[1,2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[MIS18-03] Diffusive behavior of columnar vortices in rotating thermal convection

*能登 大輔[1]、田坂 裕司[2]、柳澤 孝寿[3]、村井 祐一[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、3.海洋研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[MIS18-04] Liquid metal flows driven by a rotating magnetic field

*澤田 航希[1]、Vladimir Galindo[2]、Tobias Vogt[2]、Sven Eckert[2]、田坂 裕司[3]、村井 祐一[3] (1.北海道大学大学院工学院、2.ドイツヘルムホルツセンター、3.北海道大学工学研究院)

14:45 ~ 15:00

[MIS18-05] A symmetry-breaking self-regulating dynamo generating Mercury’s anomalous magnetic field

*高橋 太[1]、清水 久芳[2]、綱川 秀夫[3] (1.九州大学大学院理学研究院、2.東京大学地震研究所、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

[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 | 103 1F

[M-IS20] 山の科学

コンビーナ:鈴木 啓助(信州大学理学部)、苅谷 愛彦(専修大学文学部環境地理学科)、佐々木 明彦(国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース)、奈良間 千之(新潟大学理学部理学科)、座長:苅谷 愛彦(専修大学)

9:00 ~ 9:15

[MIS20-01] 多摩川上流・本仁田山の完新世地すべり堆積物

*苅谷 愛彦[1]、澤部 孝一郎[2] (1.専修大学文学部環境地理学科、2.国土防災技術)

9:15 ~ 9:30

[MIS20-02] 山岳地形の理解に対する立体表現地図と３D模型の活用とその効果

*小森 次郎[1] (1.帝京平成大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS20-03] 八幡平火山の大規模地すべり地に形成された長沼の発達過程

*佐々木 夏来[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

9:45 ~ 10:00

[MIS20-04] 北アルプス乗鞍火山の高山帯・亜高山帯における気温・地温状況

*佐々木 明彦[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3] (1.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、2.信州大学大学院総合工学系研究科、3.信州大学理学部)

10:00 ~ 10:15

[MIS20-05] 山岳砂礫堆積域における土石流の発生流下特性

★招待講演

*今泉 文寿[1]、早川 裕弌[2]、經隆 悠[3]、堀田 紀文[4] (1.静岡大学農学部、2.北海道大学地球環境科学研究院、3.森林総合研究所、4.東京大学大学院農学研究科)

10:15 ~ 10:30

[MIS20-06] 梓川上流，上高地谷の徳沢－明神間における10年間の河道地形変化と植生変動

★招待講演

*島津 弘[1] (1.立正大学地球環境科学部地理学科)

[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

10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[M-IS20] 山の科学

コンビーナ:鈴木 啓助(信州大学理学部)、苅谷 愛彦(専修大学文学部環境地理学科)、佐々木 明彦(国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース)、奈良間 千之(新潟大学理学部理学科)、座長:佐々木 明彦

10:45 ~ 11:00

[MIS20-07] 福島第一原子力発電所事故後の福島県内山地源流域におけるトリチウム・フロン類を用いた地下水の年代推定

*榊原 厚一[1]、岩上 翔[2]、辻村 真貴[3]、安部 豊[4]、羽田 真奈美[5]、Pun Ishwar[6]、恩田 裕一[3,7] (1.信州大学理学部、2.森林総合研究所、3.筑波大学生命環境系、4.神奈川県自然環境保全センター、5.筑波大学生命環境科学研究科、6.明治大学、7.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

11:00 ~ 11:15

[MIS20-08] 高木の樹高成長における水分生理学的適応

★招待講演

*東 若菜[1] (1.京都大学)

11:15 ~ 11:30

[MIS20-09] **高山植物コマクサにおける日本列島集団の遺伝構造とその形成過程に関する考察**

*尾崎 貴久[1]、松田 浩和、東城 幸治[2] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学理学部理学科生物学コース)

11:30 ~ 11:45

[MIS20-10] 秋田駒ヶ岳北方の偽高山帯におけるオオシラビソ小林分の成立過程

*今野 明咲香[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS20-11] 越後山脈に分布するスギを含むマツ林の形成とその環境要因について

*安田 正次[1] (1.アジア航測株式会社)

12:00 ~ 12:15

[MIS20-12] 氷河上の雪氷微生物がアジア山岳域の高山生態系に与える影響：氷河から流出するクリオコナイトによる氷河後退域の土壌形成

★招待講演

*竹内 望[1]、塩向 雅斗[1] (1.千葉大学)

[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

13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[M-IS20] 山の科学

コンビーナ:鈴木 啓助(信州大学理学部)、苅谷 愛彦(専修大学文学部環境地理学科)、佐々木 明彦(国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース)、奈良間 千之(新潟大学理学部理学科)、座長:奈良間 千之(新潟大学)

13:45 ~ 14:00

[MIS20-13] 山岳地域における複数地点間の雪面熱収支特性の比較

*西村 基志[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合工学系研究科、2.国士舘大学文学部地理学教室、3.信州大学理学部)

14:00 ~ 14:15

[MIS20-14] 乗鞍岳東斜面における局地風系に及ぼす積雪の影響

*上原 元樹[1]、鈴木 啓助[2] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学理学部)

14:15 ~ 14:30

[MIS20-15] **飛騨山脈における“雪崩涵養型”の氷河・多年性雪渓の質量収支**

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科　、2.新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3.立山カルデラ砂防博物館)

14:30 ~ 14:45

[MIS20-16] 西穂高岳近郊で発生する雲海及び滝雲の発生形態

★招待講演

*粟澤 徹[1] (1.国立大学法人信州大学　理学部)

14:45 ~ 15:00

[MIS20-17] 阿蘇山西麓を吹走する局地風「まつぼり風」に関するレビューと展望

★招待講演

*松山 洋[1] (1.首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科)

15:00 ~ 15:15

[MIS20-18] **Two decades of mountain climate monitoring and research: lessons learned and future challenges.**

*Luis Duran[1,2,3]、Irene Rodríguez-Muñoz[1] (1.interMET Sistemas y Redes S.L.U. Madrid. Spain、2.Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación del Parque Nacional Sierra de Guadarrama. Madrid. Spain、3.Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid. Spain)

[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 | 106 1F

[M-IS23] 惑星火山学

コンビーナ:野口 里奈(宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、片岡 香子(新潟大学災害・復興科学研究所)、大槻 静香(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:野口 里奈(宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)、下司 信夫(産総研　活断層・火山研究部門)

9:00 ~ 9:15

[MIS23-01] 隔絶された火山島，西之島の成長と進化

★招待講演

*前野 深[1] (1.東京大学地震研究所)

9:15 ~ 9:30

[MIS23-02] 地球型惑星のサイズと火成活動の型：マントル•ダイナミクスモデルからの予測

*小河 正基[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)

9:30 ~ 9:45

[MIS23-03] 月火星の縦孔と溶岩チューブと　その天窓となる縦孔を通しての探査

*春山 純一[1]、岩田 隆浩[1]、山本 幸生[1]、郭 哲也[2,1]、三宅 亙[2]、熊本 篤志[3]、石山 謙[1]、横田 康弘[4]、大野 匠[2,1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東海大学、3.東北大学、4.高知大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS23-04] 衛星イオの火山活動、大気形成と散逸

*土屋 史紀[1]、古賀 亮一[1]、米田 瑞生[2]、鍵谷 将人[1]、吉岡 和夫[4]、疋田 伶奈[4]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、山崎 敦[3]、北 元[3]、吉川 一朗[4] (1.東北大学、2.タダノ、3.ISAS/JAXA、4.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[MIS23-05] Cryovolcanism, a critical review

*栗田 敬[1] (1.東京大学地震研究所)

10:15 ~ 10:30

[MIS23-06] 太陽系天体における氷火山：その観測、重要性、将来への展望

★招待講演

*関根 康人[1] (1.東京工業大学地球生命研究所)

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

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

[M-IS28] 化学合成生態系と熱水・湧水・泥火山

コンビーナ:ジェンキンズ ロバート(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)、土岐 知弘(琉球大学理学部)、井尻 暁(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、延原 尊美(静岡大学教育学部理科教育講座地学教室)、渡部 裕美(海洋研究開発機構)、浅田 美穂(国立研究法人海洋研究開発機構)、座長:土岐 知弘、Robert Jenkins(金沢大学)

13:45 ~ 14:00

[MIS28-01] Upper Pliocene large lucinid communities with cold-seep carbonates from the Shimajiri Group in the Miyagi-jima Island off the central part of Okinawa-jima Island, Japan

*延原 尊美[1]、ジェンキンズ ロバート[2]、野村 真一[3] (1.静岡大学教育学部理科教育講座地学教室、2.金沢大学理工研究域自然システム学系、3.千葉県立木更津高等学校)

14:00 ~ 14:15

[MIS28-02] 北海道夕張市に分布する前期白亜紀メタン湧水性化石群集

*島津 七海[1]、ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学)

14:15 ~ 14:30

[MIS28-03] 中生代以降のメタン湧水性生物群集の組成は何がコントロールしているのか？マリンスノー仮説

*ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)

14:30 ~ 14:45

[MIS28-04] メタン湧水炭酸塩岩の局所Sr同位体比分析：地質時代の湧水の起源解明に向けて

★招待講演

*宮嶋 佑典[1]、Michał Jakubowicz[2,3]、平田 岳史[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.Institute of Geoecology and Geoinformation, Adam Mickiewicz University, Poland、3.Isotope Laboratory, Adam Mickiewicz University, Poland)

14:45 ~ 15:00

[MIS28-05] 深海泥火山の山体内部深部のメタン濃度推定

★招待講演

*Kioka A.[1]、Tsuji T.[2]、Otsuka H.[3]、Ashi J.[3] (1.インスブルック大学、2.九州大学、3.東京大学)

15:00 ~ 15:15

[MIS28-06] Discussion

*ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系)

[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

10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[M-GI33] データ駆動地球惑星科学

コンビーナ:桑谷 立(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、長尾 大道(東京大学地震研究所)、上木 賢太(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:上木 賢太、加納 将行(東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻)

10:45 ~ 11:15

[MGI33-01] 観測データと物理モデルに基づく火山噴火推移予測の可能性

★招待講演

*小屋口 剛博[1]、石井 憲介[2]、Anderson Kyle[3]、小園 誠史[4] (1.東京大学　地震研究所、2.気象研究所　火山研究部、3.米国地質調査所、4.東北大学大学院理学研究科)

11:15 ~ 11:30

[MGI33-02] スパースモデリングによる様々なテクトニクス場のマグマ化学組成の特徴抽出

*上木 賢太[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[1,3] (1.海洋研究開発機構、2.統計数理研究所、3.科学技術振興機構)

11:30 ~ 11:45

[MGI33-03] Automatic Detection of Stationary Gravity Waves in the Venus' Atmosphere Using Deep Generative Models

*成田 穂[1]、木村 大毅[2]、山崎 敦[3]、今村 剛[1] (1.東京大学、2.IBM Research AI、3.宇宙航空研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[MGI33-04] 地熱流体パス抽出を目的とした超高解像度DEMとハイパースペクトル衛星画像による亀裂・鉱物分布解析

*久保 大樹[1]、権守 宏明[1]、Naftali Hawu Hede Arie[2]、Heriawan Mohamad Nur[2]、Iskandar Irwan[2]、小池 克明[1]、Notosiswoyo Sudarto[2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.バンドン工科大学)

12:00 ~ 12:15

[MGI33-05] 統合的多変量解析に基づく北西太平洋深海堆積物の地球化学データ解析

*安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、岩森 光[3,4]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学地震研究所、4.東京工業大学地球惑星科学専攻)

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

15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[M-GI33] データ駆動地球惑星科学

コンビーナ:桑谷 立(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、長尾 大道(東京大学地震研究所)、上木 賢太(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:桑谷 立(海洋研究開発機構)、矢部 優(海洋研究開発機構)

15:30 ~ 16:00

[MGI33-06] マルコフ連鎖モンテカルロ法の現状：多峰性問題に強い手法とその応用を中心として

★招待講演

*伊庭 幸人[1] (1.統計数理研究所)

16:00 ~ 16:15

[MGI33-07] Specifying rate constants and reaction path on the water-rock chemical reaction based on exchange Monte Carlo method and sparse modeling

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、大森 敏明[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[MGI33-08] 岩石ー水相互作用によるマルチスケール構造の理解のためのコア試料のX線CT画像の超解像

*大森 敏明[1]、岡本 敦[2]、道林 克禎[3]、 Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.神戸大学、2.東北大学、3.名古屋大学)

16:30 ~ 16:45

[MGI33-09] パーシステントホモロジーを用いた3次元き裂ネットワークの構造評価

*宮澤 美幸[1]、鈴木 杏奈[2]、岡本 敦[1]、清水 浩之[3]、大林 一平[4]、平岡 裕章[4,5]、伊藤 高敏[2] (1.東北大学環境科学研究科、2.東北大学流体科学研究所、3.鹿島建設株式会社　土木設計本部、4.東北大学材料科学高等研究所、5.京都大学高等研究院)

16:45 ~ 17:00

[MGI33-10] Characteristic patterns and minimal dynamics of correlated seismicity in Japanese island region

*鳥海 光弘[1] (1.海洋研究開発機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月27日(月) 9:30 ~ 10:30 | 101 1F

[U-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:田近 英一、春山 成子

世界のトップサイエンスとして学術的価値の高い研究は, 科研費規模の研究費では収まりきれず，いわゆる大型研究（研究経費総額10〜100億円超）としての綿密な計画が必要となることが少なくない．このような大型研究計画の実現には，(1) コミュニティ内で厳しい「相互批判」を交わし，計画を練り上げること，及び (2) 最終的にはコミュニティ全体としての優先順位について合意形成すること，の2点が重要となる．3年毎に策定される学術会議の大型研究マスタープラン（MP）は，このようなプロセスを強く促し，重点研究に選定された計画は省庁の予算付けの参考にされることもある．

　現行のMP2017は2020年に大改訂が行われることを踏まえ，本セッションを提案する．地球惑星科学コミュニティにおいて現在どのような大型研究が計画されており，どれが優先順位の高い計画かについての合意形成が重要であるため，本セッションには公開ヒアリングの性格も持たせる．あわせて，他分野も含めた情勢や地球惑星科学をより戦略的に進めるための視点等も議論する．本セッションは，日本学術会議地球惑星科学委員会と日本地球惑星科学連合の共催である．

9:30 ~ 9:45

Introduction

9:45 ~ 10:08

[U05-01] 国際アストロ・バイオサイエンス研究センター

★招待講演

*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)

10:08 ~ 10:30

[U05-02] 太陽地球系結合過程の研究基盤形成

★招待講演

*山本 衛[1]、橋口 浩之[1]、横山 竜宏[1]、宮岡 宏[2]、小川 泰信[2]、塩川 和夫[3]、野澤 悟徳[3]、吉川 顕正[4]、津田 敏隆[5,1] (1.京都大学生存圏研究所、2.国立極地研究所、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5.情報・システム研究機構)

国際アストロ・バイオサイエンス研究センター
International Astro-Bioscience Research Center

*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

国家戦略としての大型研究は複数分野を包含する学際的取組みになるのが自然である。２０世紀末から２１世紀初頭の日本での地球惑星科学研究は、超高層大気、大気・海洋循環、地球表層環境、固体地球（プレート・プルーム・地球磁場）などの個々の対象について要素還元主義型研究を進めてきた。しかし海外からの視点では、欧米からのアイデアと技術の移植が主体で、世界を大きくリードする独自の研究は育っていないように映るという批判がある。

限られた科学研究予算を強いられる日本において、唯一、地球中心核から、マントルや表層地殻、表層生物圏、そして宇宙までを網羅した多圏地球の構造とシステム変動を解明できる資産がある。日本に最も有利なのは、日本人研究者の手で30年以上継続して世界中から系統的に収集された膨大な量の岩石・地層（地球史試料）を既に保持していることである。世界にはこれに匹敵する例はないので、これを有効利用する独自の研究拠点を作り、世界中の研究機関と密接なネットワークを構築して、日本主導の地球・生命の起源／進化の解読を目指すべきである。地球史という最も長いタイムスパンで地球を理解することは、現在、人類が直面するサステイナビリティー問題と直結している。

キーワード：アストロバイオサイエンス、地球史
Keywords: Astro-Bioscience, Earth history

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽地球系結合過程の研究基盤形成
Study of coupling processes in the solar-terrestrial system

*山本 衛[1]、橋口 浩之[1]、横山 竜宏[1]、宮岡 宏[2]、小川 泰信[2]、塩川 和夫[3]、野澤 悟徳[3]、吉川 顕正[4]、津田 敏隆[5,1]
*Mamoru Yamamoto[1], Hiroyuki Hashiguchi[1], Tatsuhiro Yokoyama[1], Hiroshi Miyaoka[2], Yasunobu Ogawa[2], Kazuo Shiokawa[3], Satonori Nozawa[3], Akimasa Yoshikawa[4], Toshitaka Tsuda[5,1]

1. 京都大学生存圏研究所、2. 国立極地研究所、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5. 情報・システム研究機構
1. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Institute for Space-Earth Environmental Laboratory, Nagoya University, 4. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University, 5. Research Organization of Information and Systems

太陽から地球に至るエネルギーの内、放射は赤道域で最大となり、太陽風は磁力線を通じて極域に集中する。赤道との極域の2つの特異点に大型設備を建設、全球に広域地上観測網を整備し研究を推進する。

（１）赤道ファウンテン

インドネシアに赤道MUレーダーを設置し、対流圏、中層大気、電離圏（超高層大気）に至るエネルギー・物質の噴流・循環過程（赤道ファウンテン）を解明する。

（２）極域エネルギー流入過程

スカンジナビア半島北部のEISCAT_3Dレーダー建設（6か国共同）に参加する。極域の電離圏・磁気圏を高解像度観測し、エネルギー流入と応答過程を解明する。

（３）グローバル結合過程

広域地上観測網を赤道から極域に展開する。IUGONET観測データ統合解析システム、多様な観測衛星、数値モデル研究と共同して、エネルギーと物質のグローバル結合過程を研究する。

本計画はマスタープラン2014／2017の重点大型研究計画であり文部科学省ロードマップ2014に掲載された。各研究機関から概算要求中である。これまでの評価を踏まえ、引き続きマスタープラン2020に応募する。

キーワード：赤道MUレーダー、EISCAT_3Dレーダー、国際観測網、IUGONET
Keywords: Equatorial MU Radar, EISCAT_3D Radar, International Observation Network, IUGONET

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[U-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:春山 成子、川幡 穂高

世界のトップサイエンスとして学術的価値の高い研究は, 科研費規模の研究費では収まりきれず，いわゆる大型研究（研究経費総額10〜100億円超）としての綿密な計画が必要となることが少なくない．このような大型研究計画の実現には，(1) コミュニティ内で厳しい「相互批判」を交わし，計画を練り上げること，及び (2) 最終的にはコミュニティ全体としての優先順位について合意形成すること，の2点が重要となる．3年毎に策定される学術会議の大型研究マスタープラン（MP）は，このようなプロセスを強く促し，重点研究に選定された計画は省庁の予算付けの参考にされることもある．
　現行のMP2017は2020年に大改訂が行われることを踏まえ，本セッションを提案する．地球惑星科学コミュニティにおいて現在どのような大型研究が計画されており，どれが優先順位の高い計画かについての合意形成が重要であるため，本セッションには公開ヒアリングの性格も持たせる．あわせて，他分野も含めた情勢や地球惑星科学をより戦略的に進めるための視点等も議論する．本セッションは，日本学術会議地球惑星科学委員会と日本地球惑星科学連合の共催である．

10:45 ~ 11:08

[U05-03] Development of the global earth observation system using satellites

★Invited Papers

*Shinichi Sobue[1]、Yoshiaki HONDA[3]、Shuichi Rokugawa[2]、Akira Iwasaki[2]、Nobuhiro Takahashi[4]、Yukari Takayabu[2]、Riko Oki[1]、Toshiyoshi Kimura[1]、Teruyuki Nakajima[1]、Takeo Tadono[1]、Kosuke Yamamoto[1] (1.Japan Aerospace Exploration Agency、2.University of Tokyo、3.Chiba University、4.Nagoya University)

11:08 ~ 11:31

[U05-04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進

★招待講演

*小池 真[1,2] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.公益社団法人日本気象学会)

11:31 ~ 11:54

[U05-05] 深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化

★招待講演

*日比谷 紀之[1] (1. 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

11:54 ~ 12:15

[U05-06] 極域科学の新展開：氷床変動に起因する海水準上昇予測のための拠点観測

★招待講演

*中村 卓司[1]、杉山 慎[2]、阿部 彩子[3]、青木 輝夫[4]、野木 義史[1]、田村 岳史[1] (1.国立極地研究所、2.北海道大学低温科学研究所、3.東京大学大気海洋研究所、4.岡山大学大学院自然科学研究科)

Development of the global earth observation system using satellites

*Shinichi Sobue[1], Yoshiaki HONDA[3], Shuichi Rokugawa[2], Akira Iwasaki[2], Nobuhiro Takahashi[4], Yukari Takayabu[2], Riko Oki[1], Toshiyoshi Kimura[1], Teruyuki Nakajima[1], Takeo Tadono[1], Kosuke Yamamoto[1]

1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. University of Tokyo, 3. Chiba University, 4. Nagoya University

Global efforts to solve social and scientific issues related to the earth environment are ongoing globally and it is critical to develop and operate a global earth observation system. Especially, as also shown in “Yume road map”, the satellite-based observation system is indispensable tool from present to future. However, the Earth Observation Satellite, which simultaneously realizes the two functions of both scientific and practical observation, such as the GCOM series and the TRMM / GPM series, is marked as the "advancement of other remote sensing and sensor technologies" and there is no long-term plan beyond 2020 in the chart of the space basic program.

"Advanced Earth Science Research Working Group (WG)", one of the working groups of Task Force Remote Sensing Subcommittee (TF; 23 academic societies + 2 organizations), we created the "Earth Observation Grand Design" which shows the strategies for realizing the proposals of the Science Council of the scientific community and various institutions concerning Earth Observation after the successful endorsement at the TF general assembly. The purpose of this “Earth Observation Grand Design” is aimed at proposing Earth observation mission towards the space related ministries and agencies’ with brining consensus of new earth observation satellites missions from the academic societies and organizations in TF.

In the Earth Observation Grand Design published in 2018, the following five missions are proposing through a simple selection / review process as a mission to be realized in the short term, in addition to the mission described in the chart of space basic plan.

A) Mission on elucidating global climate change / water circulation mechanism

B) Mission for forest biomass estimation

C) Mission to reduce short life air pollution

D) Mission concerning elucidation of cloud and rainfall process

E) Mission concerning monitoring and elucidation of global environmental change (global radiation enforcement force and ecosystem change affecting global warming)

Based on the consent of the TF Executive Committee in late 2018, as a first step to evolve the above selection process with revision of Earth Observation Grand Design, we called for new satellite earth observation missions from a wider field and selected those missions, including ongoing satellites series missions such as high resolution optical and SAR mission, GHGs missions and geostationary observation missions, while ensuring fairness and transparency. We will make a primary selection of the proposal and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

will discuss further by JpGU 's special session coming. As a result, we will select additional missions as well as deepen consideration of promising proposals and establish a feedback process from experts toward realizing the mission.

By using those proposed missions, global climate change and water circulation mechanism will be studied to solve various social problems such as improvement of accuracy of global warming prediction, high accuracy of weather forecast, disaster, etc. These missions will also be expected to contribute to the achievement of Society 5.0 and UN / SDGs that compatibility of social tasks.

Keywords: Earth observation, Space basic plan, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進
Promotion of Scientific Research on Climate and Earth System Sciences Using Aircrafts

*小池 真[1,2]
*Makoto Koike[1,2]

1. 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2. 公益社団法人日本気象学会
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. The Meteorological Society of Japan

本研究の目的は、わが国初となる地球観測専用の航空機を導入することにより、大気、海洋、植生、雪氷、固体地球などのすべての地球科学分野を横断した、気候・地球システム科学研究を推進するものである。本研究は、地球観測への無人機利用などの工学分野との融合を目指した、理工の融合領域への提案である。

地球温暖化を含む地球環境の変動が急速に進行し、人間の経済社会活動や水・食糧供給など生活の基盤に大きな影響を与えつつある。しかし気候・環境のシステムとしての振る舞い（マクロ量の変動）の理解のためには、温室効果気体の濃度や雲・エアロゾルの粒径・化学組成といったミクロ量や素過程の理解が不可欠である。地球科学の諸分野は共通して、このスケールギャップ問題に直面しているといえる。人工衛星や地上観測では捉えることができない、100m以下のミクロ量を広域かつ高度分布まで含めて観測できるのは航空機観測だけである。すなわち航空機観測は、従来の観測の精度を上げるのではなく、全く新しい観測量を得る手段である。本研究は航空機観測により、ミクロ量・素過程の理解に基づいた気候・地球システムの振る舞いの理解を実現する、地球科学のパラダイムシフトを目指すものである。そして航空機観測を軸として、大気、海洋、陸上植生、雪氷、そして固体地球の諸分野を横断する統合地球科学の枠組みの確立を目指す。特に急激な環境変化が顕在化しつつも、航空機観測の空白域となっているアジアと北極に重点をおいた観測研究を展開する。最先端の観測機器を開発・使用した高頻度での観測により、地球環境の時空間変動の動態とその要因を解明していく。

日本にはこれまで地球観測専用の航空機が存在しないため、個々の研究においては民間航空機をレンタルした観測により成果を得つつも、アジアでは体系的な航空機観測が実施されてこなかった。しかしながらその観測技術は世界のトップレベルにある。この日本の強みを活かすために、本研究ではわが国初となる地球観測専用の航空機を導入し、航空機を幅広い分野の研究者が長期的な視点から利用できる、共同利用・共同研究拠点制度に基づく研究者主体の運用体制を確立する。長期的な運用（10年間）により地球科学の重要な課題に対して計画的に観測・研究を実施することで、革新的な成果をあげるとともに、戦略的な機器開発と人材育成を実現する。観測機としては、民間企業が保有するG-IVクラスのジェット機を専有利用の形でレンタルする。また地球科学には、さまざま航空機を利用したいというニーズがあるため、他のプロペラ機や水上機の利用も審査の上で支援する。さらに近年、急速な技術進歩を遂げている無人機の地球観測利用も、強力に推し進める。このために理工の融合研究を展開する。予算は10年間で155億円。最初の2年を立ち上げフェーズ、続く4年を個別分野の研究フェーズ、最後の4年を統合研究フェーズとして位置づけ、さらにそれ以降への研究へと発展させる。

実施体制としては、全国共同利用拠点として認定された名古屋大学の宇宙地球環境研究所に、この航空機観測計画の実施を念頭に設置された飛翔体観測推進センターが、共同利用の運用母体となる。航空機の保有と運用は民間企業に委託する。また飛行技術開発のために、JAXAがその知見を生かした支援を行う。本研究では、学術的に優れた観測研究を公平に支援するために、大気、海洋、陸上生態系、雪氷、地震・火山分野の全

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

国の研究者からなる航空機観測推進委員会を設置する。そして、これまで航空機を利用したことがない、全国のさまざまな分野の研究者を支援していく。

本計画は日本気象学会、日本大気化学会、日本航空宇宙学会の共同提案となる予定である。また日本地理学会や日本雪氷学会をはじめとする諸学会から、正式な連携を表明いただいている。さらに本計画の立案には国内だけで22の学協会の方が参加し、連合大会などで議論を重ね、224ページの研究計画書を策定している。

本研究は、気候・地球システムの理解という学術的な深化により、台風・集中豪雨の予測精度の向上や洪水・地震などの災害状況の把握などにより防災・減災という社会貢献を目指すものである。そしてこのような研究を通じて、国連のSDGｓやフューチャーアースなどにも貢献することを目指す。

キーワード：気候、地球システム、航空機観測、大気、海洋、生態系
Keywords: climate, Earth system, aircraft observations, atmosphere, ocean, ecosystem

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化
Global deployment of Deep Argo floats toward accurate prediction of future climate and ecosystem changes

*日比谷 紀之[1]
*Toshiyuki Hibiya[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

近年の地球温暖化の進行に伴って、海洋中の貧酸素化、酸性化の問題が進行している。さらには、地球温暖化の影響が、すでに深層海洋にも現れているという可能性も否定できず、もし、それが事実だとすれば、長期的かつ不可逆的な地球環境変動／海洋環境変動に繋がっていく可能性もある。深層海洋循環が弱化すると４℃を超える温度変化がグローバルにもたらされるとともに、20%にも及ぶグローバルな海洋生物生産の減少がもたらされるという最近の数値シミュレーションの結果もある。長期にわたる不可逆的な地球環境変動／海洋環境変動に繋がる可能性が強いにもかかわらず、依然、未解明のまま残されている深層海洋の実態を把握することは、今後の地球環境変化予測そして海洋生態系の応答を予想する上で、必要不可欠な課題である。

今回、日本海洋学会が中心となり、水産・海洋科学研究連絡協議会関連学協会16学会、日本古生物学会と共同で提出する本研究計画は、上述した観点から、過去および将来の気候変動／地球環境変動を数値モデルで再現する上でボトルネックとなっている深海の実態解明を図る。具体的には、深層における循環を解明する上で最も不確定性の強い深海乱流強度の把握を目的に、現在、南大洋で10数台稼働している深海アルゴフロート（到達深度: 約4000メートル）“Deep NINJA” の温度・塩分センサーに加え、新たに乱流センサーを装着し、約1000台を世界展開することで、表層から底層に至るまでの温度／塩分、および、深海乱流の強度分布の観測を行う。さらに、これらの測定データを我が国が誇る超高速計算機の使用を前提とした大気海洋結合モデルに組み込むことで古気候の再現、気候変動の将来予測を画期的に高精度化していく。特に、古気候の下で再現された海洋環境変動に対する生物の応答に関しては、海底コア化石試料のデータなど、古生物学的なデータから情報を取得できるので、この情報を将来の気候変動予測／海洋環境予測の情報とあわせることで、食糧問題と密接に関係する将来の海洋生産／生物資源のアセスメントを従来とは比較にならない程の高精度で実行していく予定である。

キーワード：深海アルゴフロート、深海乱流、深層海洋循環、気候変動予測、生態系変動予測
Keywords: Deep Argo floats, Turbulence in the deep ocean, Deep ocean circulation, Prediction of future climate changes, Prediction of future ecosystem changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

極域科学の新展開：氷床変動に起因する海水準上昇予測のための拠点観測
A new aspect of the polar science: integrated observations of the ice sheet mass loss for better prediction of the sea level rise

*中村 卓司[1]、杉山 慎[2]、阿部 彩子[3]、青木 輝夫[4]、野木 義史[1]、田村 岳史[1]
*Takuji Nakamura[1], Shin Sugiyama[2], Ayako Abe-Ouchi[3], Teruo Aoki[4], Yoshifumi Nogi[1], Takeshi Tamura[1]

1. 国立極地研究所、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 岡山大学大学院自然科学研究科
1. National Institute of Polar Research, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ., 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 4. The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

北極域は地球温暖化による平均気温の上昇が最も大きく、気候変動による影響が最も顕著に現れ、生態系や地域住民の生活に影響を及ぼしており、さらには世界全体の経済活動を変化させる可能性がある。一方、南極域では地球温暖化に対する巨大な氷床の応答も未だ不明な点が大きいなど、大規模な地球規模変動の可能性とその予測が大きな関心となっている。また、これらの両極の変化は独立でなく、海洋・大気循環を通じて連鎖していることから、両極をひとつのシステムとして捕らえることが必要となる。これらに留まらず、南極・北極は、様々な宇宙惑星科学、大気水圏科学、固体地球科学の最適な観測・調査フィールドとなっており、まさに地球惑星科学の窓となる重要な研究領域となっている。

とくに地球上の氷の約９％を占める北極グリーンランドの氷床は、北極域の急激な温暖化とともに氷床質量の減少が顕在化しており、海面上昇への影響が加速度的に増大している。一方、グリーンランド氷床より一桁質量の大きな南極氷床においても、西南極で質量減少が増大しており、氷床質量が大きい東南極までこの傾向が拡大すると海面上昇への寄与は絶望的に大きくなる。すなわち、南北両極で合計で海面を６０ｍ以上上昇させる総量を有する氷床の動向を的確に把握し、監視することは喫緊の課題となっている。

本提案では、氷床変動と海水準上昇にターゲットを絞り、南極大陸およびグリーンランドを対象として、新たな技術開発により移動観測拠点を展開し無人・遠隔技術を活用した観測を実施して、現場観測・試料分析・衛星観測・数値モデル等を統合することで、現在と過去の氷床・海洋の変動を明らかし、今世紀中にも急速に進むことが危惧される海水準上昇の予測を改善していくことを目指す。

キーワード：極域科学、北極、南極、海水準変動、氷床
Keywords: Polar Science, Arctic, Antarctic, Sea level rise, Ice sheet

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[U-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:川幡 穂高、田近 英一

世界のトップサイエンスとして学術的価値の高い研究は, 科研費規模の研究費では収まりきれず，いわゆる大型研究（研究経費総額10〜100億円超）としての綿密な計画が必要となることが少なくない．このような大型研究計画の実現には，(1) コミュニティ内で厳しい「相互批判」を交わし，計画を練り上げること，及び (2) 最終的にはコミュニティ全体としての優先順位について合意形成すること，の2点が重要となる．3年毎に策定される学術会議の大型研究マスタープラン（MP）は，このようなプロセスを強く促し，重点研究に選定された計画は省庁の予算付けの参考にされることもある．
　現行のMP2017は2020年に大改訂が行われることを踏まえ，本セッションを提案する．地球惑星科学コミュニティにおいて現在どのような大型研究が計画されており，どれが優先順位の高い計画かについての合意形成が重要であるため，本セッションには公開ヒアリングの性格も持たせる．あわせて，他分野も含めた情勢や地球惑星科学をより戦略的に進めるための視点等も議論する．本セッションは，日本学術会議地球惑星科学委員会と日本地球惑星科学連合の共催である．

13:45 ~ 14:08

[U05-07] 革新的”質量分析技術”開発で拓く宇宙・地球・生命科学

★招待講演

*寺田 健太郎[1] (1.大阪大学院理学研究科宇宙地球科学専攻)

14:08 ~ 14:31

[U05-08] 宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築

★招待講演

*小宮 剛[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)

14:31 ~ 14:54

[U05-09] リアルタイム観測・大深度掘削・高圧実験の統合による沈み込み帯4D描像

★招待講演

*木下 正高[1]、平田 直[1]、篠原 雅尚[1]、入舩 徹男[2]、鍵 裕之[7]、加藤 照之[3]、小野 重明[4]、道林 克禎[6]、阿部 なつ江[4]、稲垣 史生[4]、小村 健太朗[5]、小原 一成[1] (1.東京大学地震研究所、2.愛媛大学、3.温泉地学研究所、4.海洋研究開発機構、5.防災科学技術研究所、6.名古屋大学、7.東京大学地殻化学実験施設)

14:54 ~ 15:15

[U05-10] 地球惑星科学・諸科学・社会とのインテリジェントミュオグラフィ連携研究基盤構築

★招待講演

*田中 宏幸[1] (1.東京大学地震研究所)

革新的”質量分析技術”開発で拓く宇宙・地球・生命科学
New frontier of Earth, Space and Life Sciences pioneered by the innovative developments of new-generation mass spectrometry

*寺田 健太郎[1]
*Kentaro Terada[1]

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

So far, various mass spectrometers, which can determine elemental abundance, isotopic composition and molecular weight of macromolecule have greatly contributed to understanding of the Earth, Space and Life sciences. Above all, high-precision isotopic measurements of natural samples using sensitive mass spectrometers provide us an important clue to decipher the origin and evolution of the Earth and/or Solar system. Whereas, it is also known that many unresolved scientific issues are still remained because of technical restrains of “general-purpose” commercially-available mass spectrometers. Therefore, the “science-oriented” development of mass spectrometer has been highly desired.

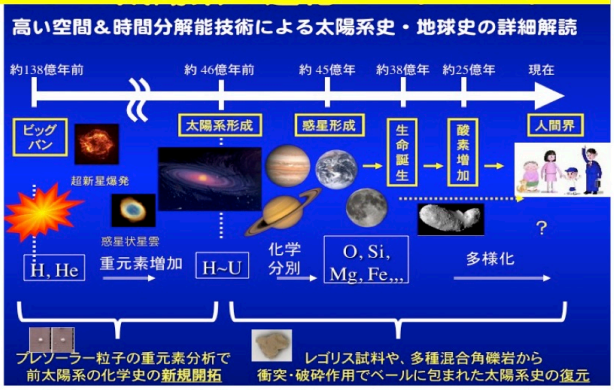
Here, Osaka University, Geochemical Society Japan, and Mass Spectrometry Society of Japan collectively propose the ideas of an innovative development of mass spectrometers that are specialized for the “Scientific issues”, which consists of two directions; (1) high-sensitive and high-spacial resolution and/or (2) reduction in size and weight with high-mass resolution. These innovative development conducted by Osaka University would pioneer a new horizon of the Earth and Planetary Science such a decipher of the pre-solar history, on-site real–time geo-cosmo-chemistry so on. These technical innovation of mass spectrometers designed for the cruel Earth and space Science would also promote the other science such as agriculture, material science and life science, so on.

キーワード：質量分析、同位体分析、革新的装置開発
Keywords: Mass spectrometer, Isotope measurement, innovative development

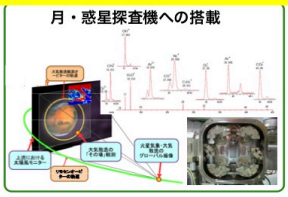
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

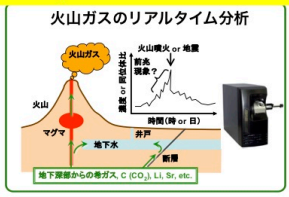
新しいサイエンスへの挑戦。他分野への波及効果

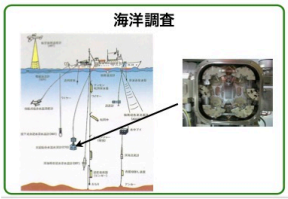
前太陽系史を含む、太陽系史の高精度解読
(高空間分解能、高感度磁場型CQHによる)

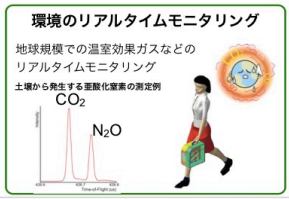


オンサイト・リアルタイム同位体分析
(小型飛行時間型MULTUMによる)

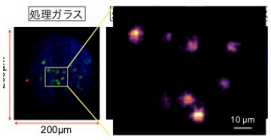








異分野への応用



有機材料などの高品質データ評価
（工学、材料科学への応用）



呼気、唾液、歯肉溝滲出液
などオンサイト診断
（医学、歯学への応用）



土壌のリアルタイムモニター
(農学への応用)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築
Building of archive and curating system for astrogeoscience materials

*小宮 剛[1]
*Tsuyoshi Komiya[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻
1. Department of Earth Science & Astronomy Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo

日本で近代科学が産声をあげて約150年、この間、日本の研究者は公的資金を用いて国内外から、非常に多くの地球試料や隕石、地質・地形情報など（宇宙・地球研究資料）を集めてきた。しかし、博物学が重要な位置付けを占める欧米と異なり、日本では研究のために資料を保管し、キュレーションするといった設備の整備が極めて立ち遅れている。そのため、学術的価値の高い試料や大きな発見につながった科学的遺産試料でさえ放置・紛失・廃棄されてきた。さらに、開発や紛争などによって試料採取が不可能になるケースや各国で岩石・生物・化石試料の採取や輸出が制限されるケースが年を追うごとに増加し、研究試料の確保の困難が浮き彫りになってきた。

しかし、カンブリア爆発を創出したバージェス頁岩や最近注目を集める希土類元素に富む深海泥の研究は、30～50年もの長い間、公的機関に保管された試料の研究から始まっている。さらに、現時点では不可能な古代ゲノム研究、岩石・化石試料の超微量分析、東日本地震を引き起こした断層岩の極微量・微小解析なども、急速に進歩する研究技術の進展を考えると、近い将来可能となることが期待されるが、その時には対象の試料を確保することがもはやできないといった問題に直面することが危惧される。

また最近、科学の社会的還元や信頼性の保証のため、論文やデータのオープンアクセス化やデータの元となった資料の保管の必要性がヨーロッパ諸国から強く唱えられ、今や中国さえもそのような国際的な取り組みに主体的に参加する大きな潮流が生まれている。しかし、日本では、このような世界的動向に主導的に参画するための基盤的設備が立ち遅れてしまっている。

我々は、現在、分散保管されている宇宙・地球研究資料を一つのプラットフォームでアーカイブし、公開・キュレーションすることと、それらを保管する施設を建設することを提案する。過去に採取した試料を保管することは一見、生産性が無く、浪費と見なされがちであるが、上述の深海泥を採取するには30以上の航海を必要とし、多大な費用がかかり、今や現実的でない。さらに、基本記載の済んだ資料は研究の進展を迅速にする。つまり、将来の研究のために資料を保管することは金銭的にも十分見合う投資となる。そこで、我々はそのような保管・頒布体系を早急に構築することで、100年後を見据えた科学の発展に寄与することを目指す。

実施主体：産総研・地質調査所。提案・支援機関：地質学会、国立極地研究所、国立科学博物館、海洋研究開発機構、神奈川県立博物館、各大学の地球惑星関連専攻、各自然史系博物館など。事業期間は１０年間で、その後は地質調査所の敷地内で保管する。費用は、施設費に100億円、アーカイブ化のため、各大学に人員を配置する人件費として200億円を見込む。

キーワード：宇宙・地球研究資料、アーカイブとキュレーション
Keywords: Astrogeoscience materials, Archive and curating system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リアルタイム観測・大深度掘削・高圧実験の統合による沈み込み帯4D描像

Innovative 4D imaging of subduction-zones through real-time observatories, ultra-deep drilling and high-pressure experiments

*木下 正高[1]、平田 直[1]、篠原 雅尚[1]、入舩 徹男[2]、鍵 裕之[7]、加藤 照之[3]、小野 重明[4]、道林 克禎[6]、阿部 なつ江[4]、稲垣 史生[4]、小村 健太朗[5]、小原 一成[1]
*Masataka Kinoshita[1], Naoshi Hirata[1], Masanao Shinohara[1], Tetsuo Irifune[2], Hiroyuki Kagi[7], Teruyuki Kato[3], Shigeaki Ono[4], Katsuyoshi Michibayashi[6], Natsue Abe[4], Fumio Inagaki[4], Kentaro Omura[5], Kazushige Obara[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 愛媛大学、3. 温泉地学研究所、4. 海洋研究開発機構、5. 防災科学技術研究所、6. 名古屋大学、7. 東京大学地殻化学実験施設
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Ehime University, 3. Hot Springs Research Institute, 4. JAMSTEC, 5. NIED, 6. Nagoya Univ., 7. Geochemical Research Center, Univ. Tokyo

我々は，2014年に「学術の大型研究計画に関するマスタープラン」として提出した「海底・陸域での地震・地殻変動観測網整備」と「超深度掘削による地下圏孔内観測」を，2017年の小改訂により統合し，「海陸・掘削統合観測による革新的地震・噴火予測科学 ー沈み込み帯の時空間情報科学の挑戦ー」として提出した．2020年の改訂にあたっては，2017年の改訂提案に，新たに海洋ブイ測地観測研究，およびマントルまでの超高圧再現実験研究を加えて，沈み込み帯周辺の諸現象を時空間解読し、地震・噴火からマントル構造，そして地球の遠未来を予測する革新的情報科学を創立する。このため，日本列島～西太平洋の海域をカバーするケーブル・ブイ統合リアルタイム地震・地殻変動観測網（大気・電離層・海洋観測含む）を整備し，超深度掘削による試料採取と超高圧実験による地球内部の再現を行う。地球科学者の叡智を結集し，30年以内の発生確率が70-80%に及ぶ南海トラフ地震発生帯等の深部構造を含めた４D描像を行うとともに，その原動力である沈み込みの力学を理解する鍵となるマントル粘性率を，温度構造や揮発性成分からこれまでにない精度で評価する．さらにマントルへの水・エネルギー移動を捉え，地球・海洋の数億年後の将来までを予測することに挑戦する．

キーワード：Seafloor cable network、Ultra-deep drilling、High pressure experiments、GNSS buoy、Subduction zone、Mantle rheology
Keywords: Seafloor cable network, Ultra-deep drilling, High pressure experiments, GNSS buoy, Subduction zone, Mantle rheology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球惑星科学・諸科学・社会とのインテリジェントミュオグラフィ連携研究基盤構築

Construction of the Cooperative Research Infrastructure for Intelligent Muography in Earth and Planetary Sciences, Other Sciences, and Society

*田中 宏幸[1]
*Hiroyuki Tanaka[1]

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

宇宙に由来する素粒子を用いた巨大物体内部の透視イメージング技術（ミュオグラフィ）を我が国が世界に先駆けて実証したことで、この技術に対する社会的関心が世界的に急激に高まり、国外では続々と社会実装が進んでいる。2019年現在、少なくとも英・米・仏・加・西・フィンランド・イスラエルにて７社のベンチャー企業が立ち上がり、炭素貯留、水資源確保、資源探査、地すべり調査、閉鎖生体系調査など地球惑星諸分野にかかわる様々な事業を展開している。一方、我が国ではミュオグラフィと社会との連携基盤構築が遅れているためにイノベーション創出において大きな後れを取っており、今のところベンチャー企業はゼロ社である。しかし、我が国は現在でも技術的に世界をリードする立場を堅持している。この国際的優位性を素地として、人工知能（AI）を実装したインテリジェントミュオグラフィ研究基盤構築を行い、我が国における関係諸分野の連携と社会実装を加速する。具体的には①地表技術、②孔井内技術、③宇宙技術各々において最も高い技術を要する火山、海底下、火星に実用可能なリサーチインフラを整備し、世界を先導する最先端技術学理を創出する。海底、地表、宇宙をシームレスにつなぐこの３種の技術は組み合わせる事であらゆるケースに対応可能であることから、波及力が強く、構築された技術学理を各分野の第一線研究者にいち早く提供することで、ミュオグラフィ分野における我が国の国際的優位性の堅持及び、関連する社会的課題の解決につなげる。また、人工知能（AI）の搭載により、限られた宇宙資源を用いるミュオグラフィの欠点を補完して、ミュオグラフィに新たな価値を付加することで実用化を加速する。全国共同利用共同研究機能、諸大学のTechnology Licensing Organization（TLO）機能及びインキュベーション機能を活用することにより、連携基盤についても整備を行い、知の地平性を広げる。ミュオグラフィだけができる挑戦的アプローチによって解決を提示し、新産業育成を加速することで、既に遅れをとっている我が国に再び世界的優位性を築き上げる。

キーワード：muography
Keywords: muography

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[U-05] 地球惑星科学の進むべき道９：大型研究計画とマスタープラン2020

コンビーナ:田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、春山 成子(三重大学大学院生物資源学研究科共生環境学専攻)、藤井 良一(情報?システム研究機構)、川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、座長:田近 英一、春山 成子

世界のトップサイエンスとして学術的価値の高い研究は, 科研費規模の研究費では収まりきれず，いわゆる大型研究（研究経費総額10〜100億円超）としての綿密な計画が必要となることが少なくない．このような大型研究計画の実現には，(1) コミュニティ内で厳しい「相互批判」を交わし，計画を練り上げること，及び (2) 最終的にはコミュニティ全体としての優先順位について合意形成すること，の2点が重要となる．3年毎に策定される学術会議の大型研究マスタープラン（MP）は，このようなプロセスを強く促し，重点研究に選定された計画は省庁の予算付けの参考にされることもある．
　現行のMP2017は2020年に大改訂が行われることを踏まえ，本セッションを提案する．地球惑星科学コミュニティにおいて現在どのような大型研究が計画されており，どれが優先順位の高い計画かについての合意形成が重要であるため，本セッションには公開ヒアリングの性格も持たせる．あわせて，他分野も含めた情勢や地球惑星科学をより戦略的に進めるための視点等も議論する．本セッションは，日本学術会議地球惑星科学委員会と日本地球惑星科学連合の共催である．

15:30 ~ 15:53

[U05-11] 惑星探査コンソーシアム

★招待講演

*林 祥介[1]、渡部 重十[2,5]、中本 泰史[3,4] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.地球電磁気・地球惑星圏学会、3.日本惑星科学会、4.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、5.北海道情報大学)

15:53 ~ 16:16

[U05-12] 彗星アストロバイオロジー探査サンプルリターン（CAESAR）における日本からの貢献

★招待講演

*中村 智樹[1]、山田 和彦[2]、古川 善博[1]、木村 勇気[3]、瀧川 晶[4]、臼井 寛裕[2]、國中 均[2]、 CAESAR SRC Team (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.宇宙科学研究所、3.北海道大学、4.京都大学)

16:16 ~ 16:38

[U05-13] 戦略的火星探査：周回・探査技術実証機による火星宇宙天気・気候・水環境探査計画

★招待講演

*関 華奈子[1]、渡部 重十[2]、中本 泰史[3]、寺田 直樹[4]、山崎 敦[5]、松岡 彩子[5]、臼井 寛裕[5]、関根 康人[3]、藤田 和央[5]、横田 勝一郎[6]、笠原 慧[1]、斎藤 義文[5]、中川 広務[4]、熊本 篤志[4]、前澤 裕之[7]、火星宇宙天気・気候・水環境探査計画 検討チーム (1.東京大学大学院理学系研究科、2.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻、3.東京工業大学、4.東北大学大学院理学研究科、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.大阪大学大学院理学研究科、7.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)

16:38 ~ 16:53

Discussion

惑星探査コンソーシアム
Consortium for Planetary Exploration

*林 祥介[1]、渡部 重十[2,5]、中本 泰史[3,4]
*Yoshi-Yuki Hayashi[1], Shigeto Watanabe[2,5], Taishi Nakamoto[3,4]

1. 神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2. 地球電磁気・地球惑星圏学会、3. 日本惑星科学会、4. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、5. 北海道情報大学
1. Department of Planetology/CPS, Graduate School of Science, Kobe University, 2. SGEPSS, 3. The Japanese Society for Planetary Sciences, 4. Dept. of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 5. Hokkaido Information University

本格的な太陽系探査に参入した我が国は、探査実施機関である宇宙航空研究開発機構(JAXA)に対し、探査計画の科学面と探査機器の開発においてこれを支え、あるいは、リードしていくことが太陽系科学コミュニティーに求められている。

ミッションプランの立案においては、太陽系科学を俯瞰しその展望に裏打ちされた魅力的な科学的課題を抽出し、実現可能な形に練り上げていく必要がある。しかるに、太陽系科学が覆う分野は広大であり、用いられる手法は多岐にわたるため、これには太陽系科学のみならず宇宙工学を含んだ様々な分野の専門家と知見の集積による密な議論を必要とする。個々のミッションプランは、太陽系科学上の位置づけや宇宙工学の技術的展開あるいは予算的制約に応じた恒常的な改良改定が必要であり、また実施環境の変化に即応するべくミッションの融合分離なども含んだプランの多重化もしておく必要がある。太陽系科学ならびに宇宙科学コミュニティ全体での議論により選択されたミッションプラン群の実現にむけての時系列をまとめたものが工程表であるが、これもまた上記に応じて不断の改定を必要とする。さらに、近年新しく始動した「国際宇宙探査」における科学ミッションを、太陽系科学として意義がありコミュニティが責任持ってこれを担っていくためには、以上のような太陽系科学におけるミッションプランの立案と実現に向けての議論試行のサイクルを大幅に短縮しかつ量的に拡充し、「国際宇宙探査」計画の進展に対して臨機応変に対応し、そこから最大限の科学を抽出する体制を確立しておかなければならない。残念ながら現状の太陽系科学コミュニティにおいては、この一連の流れに責任をもって恒常的に動かす研究者やこれを支える技術者が圧倒的に不足していると言わなければならない。

太陽系科学コミュニティでは、このような情勢に対し、根本的な対応、すなわち若手人材の育成から着手することを提案するべく「惑星探査コンソーシアム」の設立を提案する。「宇宙科学探査」の多様化の推進やトップダウン型の「国際宇宙探査」における太陽系科学の有意義な実現のためには、複数大学を研究開発のために拠点化し、太陽系科学の知識の上に、多様な分野の多様なミッション機器の開発やデータ処理・シミュレーションを通じての次世代のミッションを提案していくことのできる基礎研究とこれに従事する人材の涵養が必須であると言える。ここでは、探査計画・ロードマップの立案・調整機能、機器開発戦略・体制の検討・人材育成を主導するコンソーシアムについて概説する。

キーワード：惑星探査、研究開発基盤、人材育成活動
Keywords: planetary exploration, infrastructure for research and dvelopment , cultivating human resources

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

彗星アストロバイオロジー探査サンプルリターン（CAESAR）における日本からの貢献
Japanese contribution to CAESAR: comet astrobiology exploration sample return

*中村 智樹[1]、山田 和彦[2]、古川 善博[1]、木村 勇気[3]、瀧川 晶[4]、臼井 寛裕[2]、國中 均[2]、 CAESAR SRC Team
*Tomoki Nakamura[1], Kazuhiko Yamada[2], Yoshihiro Furukawa[1], Yuki Kimura[3], Aki Takigawa[4], Tomohiro Usui[2], Hitoshi Kuninaka[2], Team CAESAR SRC team

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 宇宙科学研究所、3. 北海道大学、4. 京都大学
1. Tohoku University, 2. ISAS/JAXA, 3. Hokkaido University, 4. Kyoto University

小天体からのサンプルリターンにより、太陽系形成、特に、そこでの生命惑星の形成に至る道筋を理解しようとする日本の惑星科学者にとって、彗星はある意味で究極の対象である。しかし、彗星からのサンプルリターンは日本による主導が可能な規模を超えてしまい、海外計画への参加が現実的な選択肢である。そこに、これまでの実績を評価され、米国主導の大規模計画提案チームから、鍵となる技術と知見を提供しての参加要請があった。本提案は、この計画が選定されるための貢献を継続し、選定後は日本チームに任された役割を確実に果たし、かつ、将来の日本惑星コミュニティに大きな科学成果創出の機会をもたらすことを述べたものである。

彗星は太陽系を形成した材料物質が低温で保存されている天体であり、その物質には太陽系の起源の謎を解き明かす多くの手がかりや、地球生命の材料の起源に迫る多くの情報が記録されている。CAESARは彗星核表面からサンプルを採取し、それを変質させずに地球に持ち帰る世界初の計画である。日本の惑星科学コミュニティーでは、一連の太陽系の小天体、衛星、惑星探査を行うことにより、究極的には「私たち生命はなぜ地球に生まれたのか、私たちは宇宙に本当に孤独な存在であるのか」を探求するべく一丸となって計画を進めている。CAESARミッションは統一目標である「生命生存可能環境の形成と持続」を明らかにするために最重要な証拠となる太陽系形成最初期の「惑星材料・揮発性物質の分布・供給」「生命前駆物質の形成・進化」を明らかにする計画に位置付けられている。この計画はNASA New Frontiers 4計画に提案され、12件のミッション候補の中から最終候補として選ばれた2つの提案のうちの1つである。米国を中心とする国際チームからの要請で、JAXAが“はやぶさ”での成功経験を活かしたサンプルリターンカプセルを製作・提供するメジャーパートナーになっている。科学面でも計画の立案から深く関わっており、複数のサンプル分析の担当にもなっている。CAESARのサンプルリターンはこれまでのサンプルリターンの歴史の中で最も遠方から、最も大量に最も低温でサンプルリターンを行うものであり、非常に革新的で、格段の科学的意義だけではなく格段の工学的な意義をもつ計画である。

太陽系の初期進化の歴史は、星間物質から原始太陽系物質に段階的に進化するところから始まる。はやぶさが持ち帰った試料やはやぶさ２が持ち帰る試料は、主に原始太陽系円盤の内側から中間領域で形成された、円盤内部での星間物質の物質進化の情報を記録した物質である。一方で、CAESAR が持ち帰る彗星物質は、原始太陽系物質の原材料である星間物質からほとんど変化を受けていない物質であると考えられる。CAESARでは彗星の揮発性成分と不揮発性成分の両方を回収する。したがって、CAESARの試料は人類がそれまで一度も手にしていない最も始原的な水、有機物、岩石からなる太陽系の起源物質である。CAESARによって得ることができる科学的情報は、これまでの日本の小天体サンプルリターンと相補的なものであり、この成功によって人類は太陽系の内側から外側までの材料物質を手に入れることになる。得られる成果は国民的関心の高い生命の起源に関する宇宙の関わりと太陽系の起源を明らかにすることに大きく貢献すると期待できる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

現在は宇宙科学研究所内のプリプロジェクトとして、PhaseA活動を実施している。PhaseA活動として、サンプルリターンカプセルの概念設計、及び、NASAへの最終プロポーザルの作成と、並行してPrePhaseA活動で抽出されたクリティカルコンポーネントについての試作と評価による開発リスクの低減を行っている。また、サイエンス側では、NASAでの第一次審査で指摘がなされた事案について実験により検証を行っている。なお、NASA NEW FRONTIESRS 4計画は、2019年夏にNASAでの最終的な採否が決定する予定である。CAESARで獲得した試料は初期分析ののちに、日本の科学コニュニティを含む研究者らに分配・共同利用され、詳細な分析が行われる。これによって、国内および世界的な地球惑星科学・天文学・宇宙生命科学における大きな発展に貢献することが期待される。

キーワード：彗星サンプルリターン
Keywords: Comet sample return

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

戦略的火星探査：周回・探査技術実証機による火星宇宙天気・気候・水環境探査計画

Strategic Mars exploration: Orbiter and EDL demonstration mission for space weather, climate, and aquatic environment

*関 華奈子[1]、渡部 重十[2]、中本 泰史[3]、寺田 直樹[4]、山崎 敦[5]、松岡 彩子[5]、臼井 寛裕[5]、関根 康人[3]、藤田 和央[5]、横田 勝一郎[6]、笠原 慧[1]、斎藤 義文[5]、中川 広務[4]、熊本 篤志[4]、前澤 裕之[7]、火星宇宙天気・気候・水環境探査計画 検討チーム
*Kanako Seki[1], Shigeto Watanabe[2], Taishi Nakamoto[3], Naoki Terada[4], Atsushi Yamazaki[5], Ayako Matsuoka[5], Tomohiro Usui[5], Yasuhito Sekine[3], Kazuhisa Fujita[5], Shoichiro Yokota[6], Satoshi Kasahara[1], Yoshifumi Saito[5], Hiromu Nakagawa[4], Atsushi Kumamoto[4], Hiroyuki Maezawa[7], Mars Orbiter and EDL Technology Demonstration Mission Planning Team

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻、3. 東京工業大学、4. 東北大学大学院理学研究科、5. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6. 大阪大学大学院理学研究科、7. 大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科
1. Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. Department of Cosmosciences, Hokkaido University, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. Graduate School of Science, Tohoku University, 5. ISAS, JAXA, 6. Graduate School of Science, Osaka University, 7. Department of Physical Science, Osaka Prefecture University

本計画の前身は、地球電磁気・地球惑星圏学会から提案し、マスタープラン2017に計画番号79学術領域番号24-2として掲載された「火星における宇宙天気・宇宙気候探査計画」である。前回の提案後、日本惑星科学会他、関連分野との分野横断的な議論を経て計画を発展させてきた結果、今回、地球電磁気・地球惑星圏学会と日本惑星科学会の両学会会長の連名で大型研究計画として提案させていただくものである。

今後20年程度の太陽系探査において、太陽系における生命生存可能環境の形成と進化の探求が重要な科学目標となっている。その中で火星は、表層に安定に水が存在するハビタブルな環境を保持していた地球外太陽系天体として、比較惑星学および宇宙生命学的研究を行う上で理想的な天体といえる。2030 年代には国際協働による火星サンプルリターンが計画されており、そこで日本が主導的な役割を果たすためにも、太陽の影響を受ける大気と浅部地下環境の共進化過程に着目した我が国独自の火星探査の実施が喫緊の要請である。本計画は、国際協働宇宙探査に向けた我が国の戦略的火星探査の重要な一歩として、周回・探査技術実証機を組み合わせ、火星における水の分布・貯蔵に着目して、太陽変動が火星表層環境に及ぼす影響の解明、および将来の着陸探査に向けた詳細観測と技術実証を目的とした火星宇宙天気・気候・水環境探査計画である。特に、極端な太陽変動への瞬時応答を調べることで、過去40億年にわたり宇宙への大気散逸が火星の気候変動にどのような影響を及ぼしてきたのかを理解するとともに、火星をとりまく宇宙環境の把握と、将来の着陸探査に必要な技術獲得と表層・浅部地下水環境の調査を行う。

約40 億年前の火星は海を持ち湿潤な気候であったと推定される一方で、現在の火星は寒冷乾燥気候の惑星である。このような気候変動を引き起こすには、表層を覆っていた海水と1気圧分程度のCO_2大気が地下に貯蔵もしくは宇宙空間に流出して表層環境から取り除かれる必要がある。火星宇宙気候研究の重要課題として、水とCO_2大気を宇宙空間に逃がすことができる物理機構の解明が挙げられる。現在の火星はグローバルな固有磁場を持たず、太陽風と大気が直接相互作用し、これまでに、NASA の火星探査機MAVEN 等によって火星大気散逸現象を含む火星圏環境について多くの基本的描像が得られつつある。特に、惑星間コロナ質量放出（ICME）時の大気散逸率の増加や太陽高エネルギー粒子（SEP）によって引き起こされるオーロラ、残留磁化による誘導磁気圏の非対称、水素散逸率の短期変動などの、最近のMAVEN による発見は、火星周辺の宇宙環境や大気散逸率に太陽変動・固有磁場・下層大気や表層からの水輸送が大きな影響を与えうることを示した。また、将来の火星有人探査にとっても、火星周辺の宇宙放射線環境把握は重要であり、その太陽変動との関係を理解することは、火星宇宙天気研究の重要な課題となっている。すなわち、本計画で提案している、新

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

しく発見された火星オーロラによる高エネルギー粒子環境の可視化と、ICMEなどの極端な太陽変動への大気散逸現象の応答の観測は、従来の統計的描像から脱却し、過去の太陽で頻発した極端現象への瞬時応答の理解をもたらす過去への演繹の切り札として、火星宇宙天気・気候研究にブレークスルーをもたらすと期待されている。

また、現在の水循環を理解するのみならず、生命探査や有人探査を行う上でも、液体の水が現在の火星に存在するかを明らかにすることは優先度の高い課題である。現在の火星において、斜面上に現れる暗い筋模様（RSL）が発見されたことにより、その成因が流水なのか、水とは関係ない重力流なのか、その成因の解明が上記課題の解決に直結する重要事項となっている。RSLの成因を明らかにする鍵の一つは、本計画で提案している高空間解像度での地表画像と表面スペクトルの取得、および形成地点付近での温度・湿度の計測である。また、RSLの成因が流水である場合、地表浅部における帯水層・氷層の存在が期待される。RSLは火星の中・低緯度に分布しており、周回機によるレーダーサウンディングや高空間解像度撮像・分光観測を組み合わせることによって、広域的な地下帯水層・氷層の空間分布を明らかにするとともに、将来の着陸探査の候補地点選定にも貢献できる。

このように本計画は、近年の先行火星探査における新発見も踏まえ、ハビタブル惑星の理解に向けて、周回・探査技術実証機により火星における宇宙天気・気候・水環境を探ることと，火星総合探査に向けた技術実証を目指している。具体的には、3つの達成目標を掲げ、その実現に向けて11の観測項目を設定している。本講演では、学術会議の評価の観点に従い、学術的意義を中心に計画の詳細について報告する予定である。

キーワード：火星、探査、マスタープラン、宇宙天気、宇宙気候、水
Keywords: Mars, Exploration, Master Plan, space weather, space climate, Water

©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27日(月) 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:倉本 圭(北海道大学)、佐々木 貴教(京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室)

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

[PPS06-01] 惑星大気ならびに系外惑星連続モニタリングのためのPLANETS望遠鏡の開発現況

*坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、平原 靖大[2]、Kuhn Jeffery[3]、Berdyugina Svetalana[4]、Emilio Marcelo[5]、中川 広務[6]、栗田 光樹夫[7]、笠羽 康正[1]、小原 隆博[1]、岡野 章一[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学環境学研究科、3.米国ハワイ大学天文学研究施設、4.ドイツケーペンハウワー研究所、5.ブラジルポンタグロッサ州立大学　、6.東北大学大学院理学研究科、7.京都大学大学院理学研究科)

9:15 ~ 9:30

[PPS06-02] 火星衛星探査計画MMX：目指す科学とその推進

*倉本 圭[1,2]、川勝 康弘[2]、藤本 正樹[2]、Jean Pierre Bibring[3]、David Lawrence[4]、玄田 英典[5]、平田 成[6]、今村 剛[7]、亀田 真吾[8]、松本 晃治[9]、宮本 英昭[7]、諸田 智克[10]、長岡 央[2]、中川 広務[11]、中村 智樹[11]、小川 和律[12]、大嶽 久志[2]、尾崎 正伸[2]、佐々木 晶[13]、千秋 博紀[14]、橘 省吾[7,2]、寺田 直樹[11]、臼井 寛裕[2]、和田 浩二[14]、渡邊 誠一郎[10]、MMX study team (1.北海道大学、2.JAXA、3.IAS、4.APL、5.ELSI、6.会津大学、7.東京大学、8.立教大学、9.国立天文台、10.名古屋大学、11.東北大学、12.神戸大学、13.大阪大学、14.千葉工業大学)

9:30 ~ 9:45

[PPS06-03] **Implantation of Martian Materials in the Inner Solar System by a Mega Impact on Mars**

*兵頭 龍樹[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学・地球生命研究所)

9:45 ~ 10:00

[PPS06-04] 還元型原始火星大気の流体力学的散逸

*吉田 辰哉[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学)

10:00 ~ 10:15

[PPS06-05] 低角運動量の回転原始火星大気による衛星軌道進化

*松岡 亮[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

10:15 ~ 10:30

[PPS06-06] 原始月円盤の冷却進化過程を考慮した月形成 N 体計算

*佐々木 貴教[1]、細野 七月[2] (1.京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室、2.海洋研究開発機構)

惑星大気ならびに系外惑星連続モニタリングのためのPLANETS望遠鏡の開発現況

Current status of the PLANETS telescope project for planetary and exoplanetary atmospheric monitoring

*坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、平原 靖大[2]、Kuhn Jeffery[3]、Berdyugina Svetalana[4]、Emilio Marcelo[5]、中川 広務[6]、栗田 光樹夫[7]、笠羽 康正[1]、小原 隆博[1]、岡野 章一[1]
*Takeshi Sakanoi[1], Masato Kagitani[1], Yasumasa Hirahara[2], Jeffery Kuhn[3], Svetalana Berdyugina[4], Marcelo Emilio[5], Hiromu Nakagawa[6], Mikio Kurita[7], Yasumasa Kasaba[1], Takahiro Obara[1], Shoichi Okano[1]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 名古屋大学環境学研究科、3. 米国ハワイ大学天文学研究施設、4. ドイツケーペンハウワー研究所、5. ブラジルポンタグロッサ州立大学　、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 京都大学大学院理学研究科
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. IfA, University of Hawaii, U.S.A., 4. KIS, Germany, 5. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brazil, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Graduate School of Science, Kyoto University

We are conducting a 1.8-m aperture off-axis telescope project PLANETS under international collaborations. In this presentation, we report the current status of PLANETS project and our scientific targets, and also promote use cases in other research fields in astronomy and planetary/exoplanetary sciences. PLANETS is characterized by low-scattering and high-contrast capability thanks to off-axis mirror system, and also by monitoring observation. We mainly concern variations in planetary atmospheres, faint gases produced from satellites, exoplanetary atmosphere, and also welcome other targets that match to the advantages of PLANETS. Continuous monitoring is essential to understanding the planetary atmospheric phenomena, and therefore, own facilities with even small- and medium sized telescopes and instruments are important. We have demonstrated that continuous monitoring is effective for understanding planetary and satellite phenomena using small telescopes at the summit of Mt. Haleakala, Hawaii (3050 m altitudes). We are now operating 40 cm (T40) and 60 cm (T60) telescopes at Haleakala combined with high-resolution spectrometers in visible and infrared ranges to observe faint atmospheric emissions/absorptions, such as plasma and neutral torus produced by Jupiter’s satellite Io, neutral torus produced by Saturn’s satellite Enceladus, gases in Venus and Mars, sodium gasses of Mercury, and so on. The polarization imager DIPOL-2 is also installed to measure the weak polarization of exoplanetary light. Our and guest investigators’ observations are also linked to Mercury, Venus (Akatsuki), Mars (Mars Express, MAVEN) and Jupiter (Juno) missions.
To achieve precise spectroscopy and polarimetry for faint emissions/absorption in planetary/exoplanetary atmospheres and satellites, PLANET’s a 1.8-m aperture with low-scattered light optics is necessary. PLANETS project is managed by the PLANETS Foundation (www.planets.life), which is an internationally organized entity whose board members are from several institutes in Japan, USA, Germany, Brazil, and France. This off-axis optical system brings us unrivaled high-dynamic range scientific capabilities on coronagraphy and polarimetry. It will have a Gregoian focus with a FOV of 6' (Fno=13) and a Coude focus with a FOV of 20" (Fno=49). The main mirror is Clearceram Z-HS with a diameter of 1850 mm, which is now on the final polishing process. We are designing mechanical structure of telescope for both cases of equatorial mount and azimuthal-elevation mount. We are also designing a mirror support structure in two ways, active support and passive support. We are aiming to get first light with PLANETS telescope within

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

next several years.

キーワード：PLANETS、惑星、系外惑星
Keywords: PLANETS, planet, exoplanet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火星衛星探査計画MMX：目指す科学とその推進
Martian Moon eXploration MMX: science objectives and their promotion

*倉本 圭[1,2]、川勝 康弘[2]、藤本 正樹[2]、Jean Pierre Bibring[3]、David Lawrence[4]、玄田 英典[5]、平田 成[6]、今村 剛[7]、亀田 真吾[8]、松本 晃治[9]、宮本 英昭[7]、諸田 智克[10]、長岡 央[2]、中川 広務[11]、中村 智樹[11]、小川 和律[12]、大嶽 久志[2]、尾崎 正伸[2]、佐々木 晶[13]、千秋 博紀[14]、橘 省吾[7,2]、寺田 直樹[11]、臼井 寛裕[2]、和田 浩二[14]、渡邊 誠一郎[10]、MMX study team
*Kiyoshi Kuramoto[1,2], Yasuhiro Kawakatsu[2], Masaki Fujimoto[2], Jean Pierre Bibring[3], David Lawrence[4], Hidenori Genda[5], Naru Hirata[6], Takeshi Imamura[7], Shingo Kameda[8], Koji Matsumoto[9], Hideaki Miyamoto[7], Tomokatsu Morota[10], Hiroshi Nagaoka[2], Hiromu Nakagawa[11], Tomoki Nakamura[11], Kazunori Ogawa[12], Hisashi Otake[2], Masanobu Ozaki[2], Sho Sasaki[13], Hiroki Senshu[14], Shogo Tachibana[7,2], Naoki Terada[11], Tomohiro Usui[2], Koji Wada[14], Sei-ichiro WATANABE[10], MMX study team

1. 北海道大学、2. JAXA、3. IAS、4. APL、5. ELSI、6. 会津大学、7. 東京大学、8. 立教大学、9. 国立天文台、10. 名古屋大学、11. 東北大学、12. 神戸大学、13. 大阪大学、14. 千葉工業大学
1. Hokkaido Univ., 2. JAXA, 3. IAS, 4. APL, 5. ELSI, 6. Aizu Univ., 7. Univ. of Tokyo, 8. Rikkyo Univ., 9. NAOJ, 10. Nagoya Univ., 11. Tohoku Univ., 12. Kobe Univ., 13. Osaka Univ., 14. Chiba Inst. Tech.

はやぶさ2に続くわが国のサンプルリターンミッションである火星衛星探査計画MMXは、2024年打ち上げ、2029年地球帰還を目標に、急ピッチで開発移行に向けた準備が進められつつある。MMXは近接観測とサンプルリターンにより、火星衛星の起源を解明する。そして両衛星が、火星史の初期に形成し、それ以後、火星近傍に寄り添ってきた天体であることを活かして、衛星の調査と火星大気の並行観測から、惑星科学の大目標である、水と大気を保有するハビタブル惑星の形成と成り立ちに迫る。特に、火星表層の地質記録のみからでは得難い、かつてハビタブル環境を保有したとされる火星の形成と初期進化、初期太陽系における外惑星領域から内惑星領域への揮発性物質輸送過程に光を当てる。MMXには望遠カメラ、多色カメラ、赤外分光イメージャ、ガンマ線・中性子分光計、レーザー測距計、ダストモニタ、イオン質量分析計、サンプラが搭載される。また衛星表層の物理状態や物質組成をその場調査する、小型ローバの搭載も検討が進んでいる。MMXの個々の科学目標の達成には、機器を跨いだデータ解析、試料分析、理論検討の学際的な相互作用が重要である。そこで各機器開発チームとデータサイエンス、分析、理論研究者を跨ぐサブサイエンスチームを編成し、MMXの初期サイエンス成果の創出と、それに向けた、観測・データ解析・試料分析の準備、理論研究、既存の遠隔観測データの解析を進める体制を構築しつつある。

キーワード：MMX、サンプルリターン、フォボス、ダイモス、火星、初期太陽系
Keywords: MMX, sample return, Phobos, Deimos, Mars, Early solar system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Implantation of Martian Materials in the Inner Solar System by a Mega Impact on Mars

*兵頭 龍樹[1]、玄田 英典[1]
*Ryuki Hyodo[1], Hidenori Genda[1]

1. 東京工業大学・地球生命研究所
1. Tokyo Institute of Technology, Earth Life Science Institute

The rare asteroids, called A-type asteroids, orbit within the Hungarian region and within the main asteroid belt region. They have olivine-rich spectral features [DeMeo&Carry 2013]. Their origin is still under debate even though some could be mantle materials fragmented and ejected by a catastrophic impact of differentiated primordial asteroid [Sanchez et al. 2014]. On the other hand, olivine is a major mineral of the Martian upper mantle with ~60 wt% [e.g. Bertka&Fei 1997, Zuber 2001]. Also, at the surface of Martian grabens, such as Nili Fossae, an olivine-rich signature is detected [Hoefen et al. 2003, Mustard et al. 2009].

Recent studies showed that a giant impact may occur on Mars and it produced Mars-orbiting debris from which Martian moons, Phobos and Deimos, acreete [Rosenblatt et al. 2016, Hesselbrock&Minton 2017, Hyodo et al. 2017, Canup&Salmon 2018]. Recently, Polishook et al. (2017) suggested that such Martian-moon forming impact may also produce debris that escapes from Mars' gravitational field, and some of them may have delivered to the asteroid region. However, quantitative arguments such as mass, composition and orbits of the impact ejecta have been not studied yet.

In this talk, we will present our recent work [Hyodo&Genda 2018, ApJL] that investigated the compositional and thermodynamic properties of the impact ejecta produced by a giant impact that forms Martian moons [Hyodo et al. 2017]. We also present their mass and heliocentric orbits and discuss the possibility of forming rare A-type asteroids.

We perform high-resolution SPH simulations of Mars' giant impact (impactor mass of ~0.03 mass of Mars, impact velocity of ~6 km/s and impact angle of 45 degrees without pre-impact Martian spin). We found that the giant impact produced the following escaping debris [Hyodo&Genda 2018, ApJL]:

1. Mass of ~$10^{-2}M_{Mars}$
2. ~20wt% originates from Mars and the rest originates from the impactor
3. ~50% of the Martian material originates from Martian mantle (between 50 and 200 km in depth)
4. Temperature ranges between 1000 and 4000K with a peak around 2000 K

Assuming the Mg# (=Mg/(Mg+Fe) in mol) of bulk silicate Mars of ~75% [Elkins-Tanton et al. 2003] and thus ($Mg_{0.75}$, $Fe_{0.25}$) SiO_4olivine solid solution as a major mineral of the Martian upper mantle, solidus and liquidus temperatures are about 1850 K and 2000 K [Bowen&Schairer 1935]. Then, using our SPH simulations, we found that ~10% of escaping Martian mantle debris does not melt but ~70% of the debris completely melts. In the case of partial melting (2000 K), ~20% of the Martian mantle debris avoids melting and thus they would preserve their primitive minerarogy. Hence, the unmelted Martian mantle material (olivine-rich material) is estimated to be about ~2% of the total ejected mass (~1.7×10^{20}kg). This mass is much larger than those of current A-type asteroids found in the Hungarian region (~2.8×10^{15}kg) and the current main asteroid belt (~8.9×10^{18}kg).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The orbits of the ejected particles are distributed between ~0.5-3.0 AU with eccentricity upto ~0.6 and inclination up to ~0.3 radian. Detailed stidues on the long-term evolution of the debris is required but the initial orbits of the debris shows that they can easily reach the asteroid belt region and thus unmelted Martian mantle material (a maximum of ~2% of the total debris mass) is potentially expected to settle into stable orbits as rare A-type asteroids found in the Hungarian and main asteroid belt regions.

We also expect that the debris hit the pre-existing asteroids with impact velocity larger than 5 km/s. The nominal collision velocity between existing asteroid is ~5km/s [Bottke et al. 1994]. Such high-velocity collision between the debris and pre-existing asteroid may record a reset of ^{40}Ar–^{39}Ar age and/or impact melts [Kurosawa&Genda 2018] and thus the timing of the giant impact on Mars may be recorded in some chondrite.

キーワード：火星、A型小惑星、小惑星
Keywords: Mars, A-type asteroids, Asteroids

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

還元型原始火星大気の流体力学的散逸
Hydrodynamic escape of a reduced proto-atmosphere on early Mars

*吉田 辰哉[1]、倉本 圭[1]
*Tatsuya Yoshida[1], Kiyoshi Kuramoto[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

微惑星が集積し惑星が形成される過程で，原始火星は衝突脱ガス成分と星雲ガス成分の双方から成る原始大気を獲得したと予想される (Saito and Kuramoto, 2018)．金属鉄を含む微惑星が高速で衝突する際に放出される脱ガス成分は，ガス-マグマ-溶融金属鉄間の熱化学反応によって決定され，大気組成はH_2，CO，CH_4などの還元的な分子種に富むと推定される (Kuramoto and Matsui, 1996)．還元的な環境下では生命前駆物質が生成されやすい (Schlesinger and Miller, 1983)．そのため，還元的な原始大気が火星における生命前駆物質の生成場として重要だった可能性がある．

これまで還元的な原始大気は流体力学的散逸によって形成直後に速やかに散逸したと考えられてきた．流体力学的散逸は，初期火星においては初期太陽の強力なEUV放射によって上層大気が加熱されることで起きていたと考えられている．Lammer et al. (2013)，Erkaev et al. (2014)は火星形成期のEUV強度進化の新たな知見を用いて大気散逸量を求め，分子は全て単原子分子に解離するという仮定のもと，100 bar 相当の大気が質量分別を起こさずに 10 Myr 程度で散逸することを示した．しかし，この結果は大気中の分子が全て解離しているという仮定に強く依存している．火星は重力が小さいため光解離が十分進む前に流出が起き得る．CH_4やCOなどの赤外活性分子が存在したとすると，分子の放射冷却によって熱エネルギーが失われ，大気散逸率が減少すると考えられる．大気散逸率が減少すれば，水素が保持される期間が延び，質量分別が起きH_2以外の大気成分が取り残されたりすることで，原始火星では還元的環境が長期間持続した可能性が生じる．しかし，分子の放射冷却が流体力学的散逸に及ぼす影響についてはこれまでほとんど検討されてこなかった．そこで本研究では，光化学過程と分子の放射冷却過程を考慮した多成分大気における流体力学的散逸による大気散逸量を数値的に求め，原始火星の還元的環境の持続期間を明らかにすることを目的とする．

数値モデルは球対称一次元流体方程式を解き定常流を求めるモデルであり，波長に依存したUVならびに赤外放射の放射伝達と光解離・光電離過程を考慮している．UVスペクトルはG型主系列星の観測から推定される44.6億年前の太陽スペクトルを用いた (Claire et al., 2012)．EUV強度は現在の強度の約100倍に相当する．赤外放射についてはCOとCH_4の特に放射率の高い遷移を考慮し，光子の脱出確率を用いて冷却率を求めた．本研究では星雲ガス成分と脱ガス成分の混合大気を想定している．脱ガス成分はH_2，CO，CH_4から成るとする．モデル中ではH_2，CO，CH_4と，これらの分子から光化学過程で生じる大気成分の計18成分を考慮した．

COとCH_4の混合比が大きくなるにつれて大気散逸率は減少し，COとCH_4の混合比が10%程度以上になると，COとCH_4の放射冷却により大気散逸率は純粋な水素大気の場合と比べて一桁以上減少する．散逸率が低下した結果，質量分別も顕著に起きる．脱ガス成分質量が1.0×10^{21} kgになると，H_2が全て散逸するまでの時間は～1億年以上となる．また，多くの場合でCOとCH_4は取り残され，これらの大気種が光化学過程によって酸化されるまで還元的環境が続くことになる．この結果は，初期火星では還元的環境が1億年以上持続し，初期大気が生命材料物質の生成場として重要な役割を果たした可能性があることを示唆する．

キーワード：流体力学的散逸、初期火星、還元的大気
Keywords: hydrodynamic escape, early Mars, reduced atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低角運動量の回転原始火星大気による衛星軌道進化
Orbital evolution of Martian moons by rotating Martian proto-atmosphere with low angular momentum

*松岡 亮[1]、倉本 圭[1]
*Ryo Matsuoka[1], Kiyoshi Kuramoto[1]

1. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻
1. Department of Cosmosciences, Graduateschool of Science, Hokkaido University

火星にはフォボスとダイモスという2つの衛星がある．それぞれの半径は数 km ~ 10 km程度であり，不規則な形状をしている．また，衛星の低いアルベドと，始原的な炭素質小惑星に類似した反射スペクトルからは，これらの衛星が捕獲された微惑星であることとする説（捕獲説）が支持される．

しかしながら，両衛星は真円に近い，火星赤道面に沿った軌道を有しており，このような整った軌道を捕獲説で説明するのは困難であるとされてきた．ジャイアント・インパクト仮説 (e.g. Rosenblatt et al. 2016) は現在の火星の衛星のような整った衛星軌道を説明するものの，衛星を形成する物質が高温環境 (~2000 K) を経験するため，反射スペクトルから期待される始原的な炭素質の組成を再現することは難しい．一方で，星雲ガスを重力的に束縛して生じる原始火星大気からのガス抵抗によるエネルギー散逸を考えた先行研究では，球対称静止大気を考えることで衛星の軌道離心率を低下させることが可能であることが示されている (Hunten 1979, Sasaki 1990)．このシンプルな大気モデルでは，衛星に持続的に働くガス抵抗が衛星の惑星への落下を招くことと，傾斜角減衰ができないという問題があったが，松岡・倉本 (2018, JpGU, PPS07-02) では回転する原始火星大気を考慮することで傾斜角減衰が10^6 yrのタイムスケールで起こり，衛星落下が妨げられることが示された．しかしながら，この回転大気は，共回転半径以遠でKepler回転するという大きな角運動量を有する大気（火星自転角運動量の1.3倍）であるために実現が困難であることと，ダイモス以遠でも衛星が形成されその場に留まってしまうという問題がある．本研究では，火星の自転角運動量と比較して極めて小さな角運動量を有する回転大気のモデルを構築し，むしろこのような大気が現在の火星の衛星系の軌道特徴を説明する点においてより有利となることを示す．

本研究では，大気の回転がBondi半径以内に制限されると仮定し，回転速度場が連続となるよう，速度場を次のようにモデル化した：(1) 火星半径～共回転半径 R_C：火星と共回転する大気，(2) 共回転半径～Bondi 半径 R_B：$v(r) = ((R_B-r)/(R_B-R_C))^{\Gamma} v_K(r)$（$v_K$はKepler速度，$\Gamma$ は正定数で，本研究では1と置いた）で距離とともに回転速度が減衰する大気，(3) Bondi半径～Hill半径：Hill半径で星雲ガスと接続する静止大気．このような距離とともに回転速度が減衰する大気は，共回転半径を通じて内側から外側へ漏れ出す角運動量がKepler回転を達成できるほど大きくない場合に生じると考えられる．この速度場による遠心力と火星重力，圧力傾度力が釣り合うように大気の密度場を決定し，この速度場と密度場による抗力を衛星の運動方程式に与えた．

衛星の軌道長半径進化を追う数値実験では，衛星は全ての領域で内向き動径速度を持つが，共回転半径付近で衛星と大気の速度差が小さくなることで衛星の落下が抑制され，衛星軌道長半径の減衰のタイムスケールはフォボスサイズの衛星で少なくとも10^4yr以上のオーダーとなる．このタイムスケールは共回転半径に近づくにつれて急激に増大し，衛星がこの領域によく留まることが示された．このことは，潮汐軌道進化を考慮した場合の両衛星の初期位置が共回転半径付近であることを自然に説明する．衛星の軌道離心率進化を追う数値実験では，軌道傾斜角がある程度減衰してもなお衛星と大気との間に一定の速度差があるため，傾斜角の減衰は効率的よく起こる．本研究の低角運動量大気による傾斜角減衰のタイムスケールは，松岡・倉本 (2018, JpGU, PPS07-02) で考慮されたKepler回転する大気における傾斜角減衰のタイムスケールが傾斜角の減少に伴い急激に増大するのとは対照的に，フォボスサイズの天体で数千年から数万年という上限値を有している．このこと

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

は，現在の火星衛星の軌道傾斜角が小さいことをよく説明する．このような傾向はΓが異なる値を持つ場合にも同様に認められ，ダイモスサイズの衛星ではフォボスサイズの衛星より速やかにこのような軌道進化が引き起こされる．

本研究で考えられた回転大気は，火星の自転角運動量の0.14 %という極めて小さな角運動量しか持たないにもかかわらず，現在の火星の衛星系の特徴をよく再現するような軌道進化を引き起こすことがわかった．

キーワード：火星衛星、衛星形成
Keywords: Martian moons, Satellite formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始月円盤の冷却進化過程を考慮した月形成 N 体計算
N-body simulations of Moon formation with cooling evolution of the protolunar disk

*佐々木 貴教[1]、細野 七月[2]
*Takanori Sasaki[1], Natsuki Hosono[2]

1. 京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室、2. 海洋研究開発機構
1. Department of Astronomy, Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

月形成に関する数値計算は、ジャイアントインパクト前後についての SPH 計算（～1日）と、原始月円盤が完全冷却した後の N 体計算（～1月）が主に行われてきており、原始月円盤が冷却していく過程を考慮した長時間進化（～100年）の直接計算は過去に例が無い。本研究では、気液平衡二層構造を仮定した原始月円盤について、冷却進化を模擬した N 体計算コードを開発し、PEZY-SC を用いた長時間計算を行うことで、月円盤進化と月形成の過程を初めて同時進行的に解くことに成功した。その結果、1個の月が形成された先行研究とは異なり、複数の "mini-Moons" が形成されることが示された。

キーワード：月、形成、N体計算、原始月円盤、PEZY-SC
Keywords: Moon, formation, N-body simulation, protolunar disk, PEZY-SC

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 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:黒川 宏之(東京工業大学 地球生命研究所)、田中 佑希(東京工業大学)

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。

10:45 ~ 11:00

[PPS06-07] Class 0/I 段階でのペブル集積による巨大惑星の形成可能性について

*田中 佑希[1]、塚本 裕介[2] (1.東京工業大学、2.鹿児島大学)

11:00 ~ 11:15

[PPS06-08] The effect of the three-dimensional gas flow around an embedded planet on pebble accretion

*桑原 歩[1]、黒川 宏之[2] (1.東京工業大学、2.地球生命研究所)

11:15 ~ 11:30

[PPS06-09] Icy pebble accretion onto terrestrial planets: the effect of gas flow

*黒川 宏之[1]、桑原 歩[2]、奥住 聡[2] (1.東京工業大学 地球生命研究所、2.東京工業大学)

11:30 ~ 11:45

[PPS06-10] ペブル集積による小惑星セレスへのアンモニア氷の供給

*奈良 悠冬[1]、奥住 聡[1]、黒川 宏之[2] (1.東京工業大学、2.東京工業大学　地球生命研究所)

11:45 ~ 12:00

[PPS06-11] Volatile-driven cryovolcanic eruption on asteroid Ceres as a probe to its interior

*湯本 航生[1]、長 勇一郎[1]、杉田 精司[1] (1.東京大学理学部地球惑星科学専攻)

12:00 ~ 12:15

[PPS06-12] M型星ハビタブルゾーン内の同期回転地球類似惑星における氷床形成

新井 総馬[1]、倉本 圭[1]、*石渡 正樹[1]、鎌田 俊一[1] (1.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

Class 0/I 段階でのペブル集積による巨大惑星の形成可能性について
Possibility of giant planet formation by pebble accretion in Class 0/I YSOs

*田中 佑希[1]、塚本 裕介[2]
*Yuki Tanaka[1], Yusuke Tsukamoto[2]

1. 東京工業大学、2. 鹿児島大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Kagoshima University

近年の惑星形成における理論的研究では，原始惑星系円盤の中でのペブル集積というメカニズムが注目されている．この過程では，ペブルと呼ばれるセンチメートル程度のサイズの粒子が円盤内を移動し，これらが原始惑星に集積することで惑星成長が促進されると考えられている．これまでに，ペブル集積を仮定した巨大惑星形成やスーパーアース系の形成などの様々な研究が行われている．

一方で最近の電波観測では，明瞭なギャップとリング構造を持つ非常に若い円盤が多く発見されている．これらのギャップ・リング構造の原因はまだ明らかになっておらず，多数の理論モデルが存在するが，そのうちの一つとして円盤内にガス惑星が存在することによって円盤内に構造が形成されるという仮説が提唱されている．惑星の存在を仮定したシミュレーションでは，観測と同様のギャップ・リング構造が再現可能であることも示されている．しかし発見されているギャップの半径は比較的大きいため惑星形成のタイムスケールは長く，若い年齢で遠方の軌道にギャップを生成するような惑星が形成可能かどうかはよく分かっていない．

ここでは，一般に惑星形成が起こっていると考えられる段階より前の Class 0/I 段階での惑星形成に着目し，Class 0/I 天体周りの重力不安定な円盤の解析モデルとペブル降着のモデルを用いて，円盤進化の初期段階における惑星形成の可能性について検証する．その結果，Class 0/I 円盤の条件では質量降着率が大きいためにペブル集積のタイムスケールは典型的な原始惑星系円盤での値と比較して短くなることが判明した．しかし，集積のタイムスケールは常にガス降着率に伴って減少するわけではなく，パラメータによってはガス降着率が上昇するとペブル集積のタイムスケールが長くなる場合があることも見出した．さらに，推定したタイムスケールを用いて，異なるガス降着率やダストガス比などのパラメータのもとでの原始惑星の成長について検証した．これらの結果をもとに，Class 0/I 段階の間に巨大ガス惑星のコアを形成するのに必要な初期の微惑星/原始惑星の質量について議論する．

キーワード：惑星形成、原始惑星系円盤、ペブル集積、Class 0/I YSOs
Keywords: Planet formation, Protoplanetary disk, Pebble accreton, Class 0/I YSOs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The effect of the three-dimensional gas flow around an embedded planet on pebble accretion

*桑原 歩[1]、黒川 宏之[2]
*Ayumu Kuwahara[1], Hiroyuki Kurokawa[2]

1. 東京工業大学、2. 地球生命研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Earth-Life Science Institute

Pebble accretion is a new model of planet formation, which may overcome several problems remaining in conventional planetesimal accretion theory. Accreting mm—cm-sized particles, called pebbles, onto the proto-cores can form the massive cores faster than accreting the planetesimals. In addition to the formation of the Jovian cores in a realistic timescale, pebble accretion scenario can explain the formation of various types of planets—for instance, close-in super Earths, water-rich planets, and the size distribution of terrestrial planets in the solar system. The key point of this scenario is that the pebbles experience not only the gravitational interaction with the proto-cores but also gas drag. The hydrodynamic effect is important when we consider the planet formation via pebble accretion.

Previous works have found the three-dimensional flow field around an embedded planet. Gas from the protoplanetary disk enters the Bondi or Hill sphere of the planet at high latitude and exits through the mid-plane region in the isothermal condition (Kuwahara et al. 2019). This recycling mechanism may have both positive and negative effect on the accretion of solid materials. When the particles are moving in the region at high latitude of the planet, the accretion may be promoted by the inflow of gas. On the other hand, if the particles are in the mid-plane region, the accretion of the particles can be suppressed by the outflow barrier. Though some studies considered the accretion of dust particles in the realistic flow field (Ormel 2013; Popovas et al. 2018ab), the effect on the accretion efficiency is not fully understood. This study aims to understand the hydrodynamic effect and to obtain the accretion efficiency of particles for the range of planetary masses and particle sizes.

In this study, using the numerical data obtained from three-dimensional hydrodynamical simulations, we numerically integrated the equation of motion of pebbles including the gravitational interactions and gas drag under the influence of the flow field in three dimensions. We also performed the similar calculations on the Keplerian shear flow field without the effect of planet gravity on the flow, then investigated how the description of the pebble accretion changed on the flow pattern, pebble size, and dimensionless planetary mass, $m=R_{\mathrm{Bondi}}/H$, where R_{Bondi} and H are the Bondi radius of the planet and disk scale height, respectively.

In the flow field, we found that the description of pebble accretion differs from that of in the Keplerian shear flow. Pebbles at high altitude tend to descend toward the planet because of the downward stream of gas. The accretion rate of pebbles became smaller than in the Keplerian shear flow. In spite of the pebbles descend toward the planet, the accretion of pebbles can be suppressed because of the effect of the flow field. Since the gas flows rapidly in the vicinity of the planet, the gas flow field deflects the trajectories of the pebble in the vicinity of the planet and reduces its accretion rate. The flow field has the stronger effect on the smaller pebbles. Based on these results, we will discuss the implications for planet formation via pebble accretion.

References:

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Kuwahara, A., Kurokawa, H., & Ida, S. 2019, accepted for publication in A&A
Ormel, C. W. 2013, MNRAS, 428, 3526
Popovas, A., Nordlund, Å., Ramsey, J. P., & Ormel, C. W. 2018, MNRAS, 479, 5136
Popovas, A., Nordlund, Å., & Ramsey, J. P. 2018, MNRAS: Letters, 482, L107

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

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Icy pebble accretion onto terrestrial planets: the effect of gas flow

*黒川 宏之[1]、桑原 歩[2]、奥住 聡[2]
*Hiroyuki Kurokawa[1], Ayumu Kuwahara[2], Satoshi Okuzumi[2]

1. 東京工業大学 地球生命研究所、2. 東京工業大学
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Tokyo Institute of Technology

Earth, the only life-hosting planet we know, is characterized by the small water fraction in the bulk composition: the ocean mass being 0.023% of the Earth mass. Because the abundance of water control the physical and chemical evolution of planets by atmosphere-hydrosphere-lithosphere interactions and by changing the mantle properties, unveiling how water-depleted planets form is crucial for understanding the emergence of habitability on them. Pevious studies have pointed out that icy pebble accretion following the snow line migration in protoplanetary disks typically deliver an excess amount of water to terrestrial planets unless the initial size of the disk is small (30--50 au) or a giant planet in the outer orbit (e.g., Jupiter in our solar system) formed early (Morbidelli et al. 2016; Sato et all. 2016; Ida et al. 2019). In contrast to the previous studies where the accretion rate derived for pebbles moving in (sub-) Keplerian flow, we used the accretion rate derived for pebbles moving in the gas flow perturbed by the gravity of the planet (Kuwahara et al. 2019; Kuwahara et al. in prep.). The presence of horseshoe region and outflow shuts off the accretion of small pebbles. We show that, because migrating icy pebbles at ~1 au are small, the gas flow significantly suppress the accretion onto Earth-sized planets, whereas Mars-sized planets accretes a significant amount of icy pebbles. Our results suggest that Earth-like, water-depleted rocky planets may form in a disk-size range wider than previously considered and in the systems where no giant planet exists.

キーワード：惑星形成、水の起源、ペブル集積
Keywords: Planet formation, Origin of water, Pebble accretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ペブル集積による小惑星セレスへのアンモニア氷の供給
Delivery of ammonia ice to Ceres by pebble accretion

*奈良 悠冬[1]、奥住 聡[1]、黒川 宏之[2]
*Yuto Nara[1], Satoshi Okuzumi[1], Hiroyuki Kurokawa[2]

1. 東京工業大学、2. 東京工業大学　地球生命研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

近年，探査機Dawnの観測によって，セレス表面にアンモニア化層状ケイ酸塩の存在が示された．アンモニア化層状ケイ酸塩は，アンモニアを含む物質がセレス表面のケイ酸塩と化学反応してできたものと考えられる．しかし，現在のセレスの表面温度では，アンモニアは固体として存在することができない．したがって，アンモニア化層状ケイ酸塩の存在は，セレスが現在の位置よりも遠方で形成されたか，もしくはセレスが低温の原始太陽系星雲中のアンモニアを含んだ物質を捕獲したことを示唆している可能性がある．

本研究では，上記の2つの可能性のうち後者の可能性を検証することを目指し，原始太陽系星雲の中での小惑星による氷ダストの捕獲を計算するモデルを構築した．具体的には，粘性円盤モデルを用いて円盤ガスの面密度・温度構造の進化を計算し，かつそこでのダストの成長・移動を計算した．さらに，近年の研究で示されたペブル集積の解析公式を用いて，小惑星が捕獲する含アンモニア氷の量を計算した．

計算の結果，原始太陽系星雲の乱流が比較的強い場合には，セレスに厚さ ～ 10-100 kmの含アンモニア氷がペブル集積によって供給されることがわかった．この結果は，セレス表面にクレーターによる ～ 15 km 程度の起伏があり，アンモニア化層状ケイ酸塩が全球にわたって存在するという観測結果を説明しうる．さらに，含アンモニア氷の捕獲量は，小惑星サイズに強く依存することがわかった．このことは，セレスよりも小さな小惑星表面におけるアンモニア化層状ケイ酸塩の層が，セレスのそれに比べて非常に薄いことを予言する．

キーワード：ペブル集積、小惑星、原始太陽系星雲
Keywords: pebble accretion, asteroid, protosolar nebula

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Volatile-driven cryovolcanic eruption on asteroid Ceres as a probe to its interior

*湯本 航生[1]、長 勇一郎[1]、杉田 精司[1]
*Koki Yumoto[1], Yuichiro Cho[1], Seiji Sugita[1]

1. 東京大学理学部地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo

Introduction: Imageries from NASA's DAWN mission revealed the presence of localized bright spots (or faculae) exhibiting brighter materials with likely composition of anhydrous sodium carbonate (De Sanctis et al., 2016) within the dark Ceres surface. These materials are assumed to be remnants of cryovolcanic ejecta which ascended from brine reservoirs thorough impact induced fractures. Quick et al., (2018) showed that excess pressure caused by the gradual freezing chamber could be a driving source for its ascent. However, DAWN image revealed the presence of both explosive (e.g. Vinalia faculae) and effusive (i.e. Cerealia facula and Ahuna Mons) eruptions, implying the possibility that fragmentations of cryomagma are induced by exsolved volatiles and this could be a primal driving source.
Objectives: Volatile exsolution are known to play an important role in ascent dynamics of silicate volcanism, and it enables ascent of relatively high density cryomagmas, but their contributions to cryovolcanism are not well understood. This study attempts to obtain new constraints on the properties of a subsurface brine reservoir and conduit geometry based on phase equilibria and model calculations.
Model: The equilibrium composition of CO_2-H_2O-NaCl system by Akinfiev & Diamond (2010) was used as the cryomagma composition. The cryomagma is assumed to have a viscosity of 10^5-10^8 Pa s (Quick et al., 2018), and this slurry-like rheology constrains the temperature within the solidus and liquidus curves along decompression. If we assume ascents to be isothermal at velocity $>10^{-3}$ m/s (Quick et al., 2018) and salinity lower than the stability region of hydrohalites, then the temperature of cryomagma should be within ~260 - 270 K, consistent with impact simulation (Bowling et al., 2018), and salinity <~20 wt%. One-dimensional 2-phase (i.e. cryomagma and exsolved gaseous volatile) steady flow in a cryovolcanic conduit was modelled with the theory developed by Kozono & Koyaguchi (2009) for terrestrial volcanoes. Major modifications in our model were, adjustment of the henry's law, application of choking condition at the surface, and the liquid stability of CO_2. The depth, volatile content, viscosity of brine reservoir, and conduit radius were constrained from the estimated explosive eruption velocity of Vinalia faculae 26 - 54 m/s (Quick et al., 2018) derived from its emplaced radius.
Result and Discussion: Calculation results indicated that for a given viscosity (e.g, 10^5 Pa s), a series of combinations of conduit radius and volatile content, ranging from 10 m and 4 - 7 wt% to 50 m and 0.8 - 3 wt%, 200 m and 0.7 - 3 wt%, can achieve the above eruption velocity. Note that plausible conduit radii should lie within 1 - 100 m (Fagents 2003) and robust upper limit is given by observed radii of vent-like feature ~200 m. We found that reservoir depths have little influence on eruption velocities. For a given viscosity (10^6 Pa s), similar combinations of conduit radius and volatile content ranging from 50 m and 2 - 3 wt% to 200 m and 0.7 - 3 wt% can achieve the eruption velocity. Although higher viscosity $>10^7$ Pa s can achieve similar eruption velocity when a larger conduit radius >100 m is assumed, such large conduits are not consistent with estimations (Quick & Marsh, 2016). Results for explosive eruptions experienced fragmentation at >100 m depth and showed that volatiles could drive the ascent and cause fragmentation of cryomagmas. If effusive eruptions occurred from the same reservoir, conduit radii should be <1 m. However, the probable abundance of such conduits is inconsistent with the lack of effusive eruptions on Ceres and thus could have formed differently, such as diapiric ascents (Buczkowski et al., 2018). Our model calculations showed that cryomagmas could be volatile-driven and may cause

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

fragmentations to erupt explosively. Also, constraints from our calculation showed that Ceres subsurface could be volatile-rich than previously assumed.

キーワード：セレス、氷火山、ドーン、明斑点、噴出
Keywords: Ceres, cryovolcano, DAWN, facula, eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

M型星ハビタブルゾーン内の同期回転地球類似惑星における氷床形成
Ice sheet formation on synchrnously rotating earth-like planets in M-dwarf abitable zones

新井 総馬[1]、倉本 圭[1]、*石渡 正樹[1]、鎌田 俊一[1]
Soma Arai[1], Kiyoshi Kuramoto[1], *Masaki Ishiwatari[1], Shunichi Kamata[1]

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

M型星近傍に存在する地球型惑星は同期回転状態にあると考えられている (Von Bloh et al, 2007)。これらの惑星のうち、鉛直１次元大気モデルによって定義されるハビタブルゾーン内に存在するものは、惑星表面上に液体の水を有すると期待されている。しかし、同期回転状態にある場合、固定された夜半球の存在により、温暖な昼半球から寒冷な夜半球に輸送された水蒸気が氷として固定され、惑星表面上から液体の水が失われてしまう可能性がある。Menou (2013)は、この問題について検討するため、水深50mの海を与えた同期回転惑星の設定で大気大循環モデル(GCM)実験を行い、降水量と蒸発量から惑星上に形成される氷床の厚さを見積もった。その結果、夜半球に形成される氷床量は、惑星表層の総水量に達する可能性があることを示した。しかしMenou (2013)では氷床厚を見積もるために地形無しの設定を用いたGCM実験の結果を使用している。氷床の成長に伴い地表面高度の分布は変化するので、大気循環は影響を受け降水分布・蒸発分布も変化するはずである。このため氷床の厚さはMenou (2013)により見積もられたものとは大きく変わってくる可能性がある。そこで本研究では、夜半球に形成される氷床による高度分布の変化の影響を調べるため、氷床形成によって生じると予想される高度分布を与えたGCM計算を行った。

用いたモデルはDCPAM5(https://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/) である。大気成分・惑星半径などの外部パラメータは地球と同じ値のものを用い、全球が常時水ないし氷で覆われた水惑星実験と、昼半球の初期水深に20cmを与え、表層水の流れは無視し、液体水の水平表層分布が大気輸送の結果決まる陸惑星実験を行った。地表面アルベドとして0.15の固定値を与えた。まず地形を無視した1500日の積分を実行し、降水量・蒸発量分布から表面に固定される水量と氷床底面における氷の融解量から夜半球に形成される氷床の厚さを診断する。次に、こうして得られた氷床の厚さ分布を表面高度として与えた1500日積分を実行し、氷床厚を再診断する。これを数回繰り返し、それ以上氷床の厚さが変化しない平衡状態を探った。その結果、陸惑星実験の場合には夜半球に標高4000mを超えるほぼ平衡状態に達した氷床が得られた。水惑星実験では、平衡状態が今回の逐次計算では得られず、途中経過として夜半球に標高1万mを超える氷床が形成された。この地形を与えた実験では、昼半球の表面温度も273Kを下回るようになり、全球凍結状態が発生の可能性が示唆された。これは高高度の夜半球から低高度の昼半球へ流れこむ冷気流によって昼半球の地表面が冷却しているためだと我々は考えている。本実験では氷によるアルベド上昇の効果は無視しているため、この結果は氷床地形に影響を受けた大気循環の効果により全球凍結状態が発生し得ることを示唆するものとなっている。

キーワード：同期回転惑星、大気大循環モデル、氷床、全球凍結状態、液体の水の存在
Keywords: synchronously rotating planets, atmospheric general circulation model, ice sheet, globally ice-covered state, existence of liquid water

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 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:荻原 正博(国立天文台)、藤井 悠里(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。

13:45 ~ 14:00

[PPS06-13] 非等温円盤におけるType1惑星移動の三次元線形解析

*岡田 航平[1]、田中 秀和[1] (1.東北大学理学研究科)

14:00 ~ 14:15

[PPS06-14] 中心星質量による原始惑星系円盤進化の変化

*中野 龍之介[1]、鈴木 建[1]、荻原 正博[2]、小久保 英一郎[2] (1.東京大学、2.国立天文台)

14:15 ~ 14:30

[PPS06-15] 周惑星円盤の形成に関する輻射流体力学シミュレーション

*藤井 悠里[1]、Gressel Oliver[2]、富田 賢吾[3]、Zieglar Udo[2] (1.名古屋大学高等研究院 (理学研究科)、2.Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam、3.大阪大学)

14:30 ~ 14:45

[PPS06-16] 原始惑星系円盤の非効率な磁気降着加熱：スノーラインの進化への影響

*森 昇志[1]、Xuening Bai[2]、奥住 聡[3] (1.東京大学大学院理学系研究科天文学専攻天文学教室、2.清華大学天体物理学センター、3.東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻)

14:45 ~ 15:00

[PPS06-17] 大気降着を考慮したN体計算によるスーパーアースの形成

*荻原 正博[1]、堀 安範[2,1] (1.国立天文台、2.アストロバイオロジーセンター)

15:00 ~ 15:15

[PPS06-18] 平均運動共鳴軌道における惑星系の軌道安定時間に対する惑星中心星質量比の変化の影響

*松本 侑士[1]、荻原 正博[2] (1.中央研究院天文及天文物理研究所、2.国立天文台)

非等温円盤におけるType1惑星移動の三次元線形解析
Three-dimensional linear calculation for non-isothermal type 1 planetary migration

*岡田 航平[1]、田中 秀和[1]
*Kohei Okada[1], Hidekazu Tanaka[1]

1. 東北大学理学研究科
1. Tohoku University

惑星落下問題は惑星形成論における未解決問題の一つである。惑星はガス円盤に密度波を励起しその反作用により惑星は恒星へ急速に落下するので、それが問題になっている。本研究では、新たに温度勾配を含めた三次元線形計算を行い、従来研究よりも正確に反作用のトルクを求めた。

これまで、惑星にかかるトルクの計算は線形計算と数値流体計算の両方により調べられてきたが、三次元の線形計算は等温円盤のみに限定されていた。これは円盤動径方向の温度勾配を含めた三次元線形計算は発散を含むためであった。この発散の問題は未だ解決されておらず、最近行われている三次元数値流体計算の結果を線形計算で検証することができていなかった。

原始惑星系円盤と惑星の重力相互作用の三次元線形計算においては、円盤回転方向（z方向）の速度成分を持たない二次元的波とz方向速度成分を持つ三次元的波が存在する。このうち、三次元的波が温度勾配の効果で発散するのだが、三次元的波の惑星へのトルクの寄与はわずか数%程度と小さいことが従来研究で明らかになっている。そこで本研究では、寄与が小さいと考えられる三次元的波を無視することで温度勾配がある場合のトルクを近似的に求めた。実際、三次元流体計算において発散の兆候が見られないため、この近似は有効と期待できる。この近似のもと非等温円盤におけるType1惑星移動の三次元線形解析を行なった。その結果得られたトルクは他の研究で行われた三次元数値流体計算の結果とよく一致した。これにより、この三次元数値流体計算は精度が高いことが確認できた。

キーワード：原始惑星系円盤、惑星移動、線形解析
Keywords: Protoplanetary disks, Planetary migration, Linear theory

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中心星質量による原始惑星系円盤進化の変化
Dependence of Central star mass on Protoplanetary disk evolution

*中野 龍之介[1]、鈴木 建[1]、荻原 正博[2]、小久保 英一郎[2]
*Ryuunosuke Nakano[1], Takeru Suzuki[1], Masahiro Ogihara[2], Eiichiro Kokubo[2]

1. 東京大学、2. 国立天文台
1. University of Tokyo, 2. National Astronomical Observatory of Japan

これまでに4000個を超える太陽系外惑星が発見されてきた。この中には地球の様な岩石惑星の発見も増えてきている。一方でこの様な惑星系が、どの様に誕生しさらに進化してきたのかは大きな不確定性要素がある。惑星系形成および進化を考える上で、初期段階にあたる原始惑星系円盤の時間進化の理解は本質的に重要である。円盤はダストとガスから出来ており、岩石惑星の形成進化はダストが中心的役割を果たすが、ダストの動力学や成長を解明する上で背景のガス成分の物理状態を理解することが不可欠である。円盤の散逸は中心星からの放射による光蒸発や磁気駆動円盤風に担われるが、これらが時間とともにどの様に寄与し、更に中心星質量の違いにより異なるのかは分かっていない。

本研究ではX線による光蒸発(Owen et al. 2012)と磁気駆動円盤風(Suzuki & Inutsuka et al. 2009)を考慮した、原始惑星系円盤のガス成分の動径方向１次元のシミュレーションを行い、中心星質量の違いにより円盤進化がどの様に異なるかを調査した。

中心星質量の異なるシミュレーション行い、例えば1auで観測可能なレベル以下の円盤ガス面密度以下になるまでの消失時間を比較すると、中心星質量が大きい程短くなるが、これは主に光蒸発が大質量星ほどよく効くからである。

一方で、水の氷の存在の内縁である雪線で円盤の消失時間を見積もると、中心星質量が小さいほど早く内側が消失する。なぜなら、中心星質量が軽くなると、雪線の位置は急激に中心星の近傍へと移動するからである。

キーワード：原始惑星系円盤、小質量星
Keywords: Protoplanetary disk, Low mass stars

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

周惑星円盤の形成に関する輻射流体力学シミュレーション
Radiation Hydrodynamic Simulations of the Formation of Circumplanetary Disks

*藤井 悠里[1]、Gressel Oliver[2]、富田 賢吾[3]、Zieglar Udo[2]
*Yuri Fujii[1], Oliver Gressel[2], Kengo Tomida[3], Udo Zieglar[2]

1. 名古屋大学高等研究院 (理学研究科)、2. Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam、3. 大阪大学
1. Institute for Advanced Research, Nagoya University, 2. Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam, 3. Osaka University

規則衛星や惑星大気の形成は、惑星近傍へのガスの流入の様子に依存する。十分大きな惑星の周りには、周惑星円盤と呼ばれるガス円盤が形成され、ガスは惑星に直接集積せずに円盤を通して降着すると考えられている。しかし、近年の数値シミュレーションによる研究では、高温の場合には円盤が形成されずに、ガスの分布が広がったエンベロープ形状になるということが報告されている。よって、本研究では温度構造を正しく計算することが重要であると考え、水素分子の解離等の化学反応を考慮した状態方程式を用いて周惑星円盤の形成に関する3次元輻射流体力学シミュレーションを行った。本研究ではグローバル計算を行い、惑星の周りの解像度を上げるために解適合格子法を用いた。我々のシミュレーションでは、先行研究と同様の温度領域に達したにも関わらず、ほぼケプラー回転する円盤の形成が確認できた。

キーワード：周惑星円盤、輻射流体力学シミュレーション、衛星形成
Keywords: circumplanetary disks, radiation hydrodynamic simulations, satellite formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始惑星系円盤の非効率な磁気降着加熱：スノーラインの進化への影響
Inefficient Magnetic Accretion Heating in Protoplanetary Disks: Evolution of The Snow Line

*森 昇志[1]、Xuening Bai[2]、奥住 聡[3]
*Shoji Mori[1], Xuening Bai[2], Satoshi Okuzumi[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科天文学専攻天文学教室、2. 清華大学天体物理学センター、3. 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Astronomy, The University of Tokyo, 2. Tsinghua Center for Astrophysics, Tsinghua University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

地球型惑星の形成過程を解明するには、円盤内側の構造を知ることが重要である。原始惑星系円盤の内側領域の温度は降着加熱によって決定されると考えられている。降着加熱において、円盤ガス降着時のエネルギーが円盤内の乱流によって散逸すると考えられてきた。原始惑星系円盤の乱流は円盤内部でエネルギー散逸を起こすために熱が円盤内に蓄積し、ガス温度を効率よく上昇させる。しかし近年の研究によれば、円盤内側の領域(数AU)では非理想磁気流体効果が乱流を抑制し、むしろ円盤風の磁気応力によってガス降着が起こる。この時エネルギー散逸は円盤風の磁場のジュール加熱によって起こると考えられる。

本研究の目的は、非理想磁気流体効果を考慮し降着加熱を調べ、円盤内側領域の温度構造を明らかにすることである。本研究では局所計算領域における非理想磁気流体力学シミュレーションを行い、得られたエネルギー散逸(加熱)分布から鉛直方向の温度分布を計算した。計算の結果、基本的に円盤上層(赤道面から3スケールハイト程度)で加熱がおきるために従来の乱流円盤モデルよりも降着加熱が非効率的となることが分かった。また降着時に発生するエネルギーの８０%程度が円盤風として流出する。これらの理由から照射加熱が円盤温度を決定づけるということが分かった。 発表では計算結果に基づいた温度モデルから水スノーラインの時間進化を計算し、地球の形成過程についても議論する。

キーワード：原始惑星系円盤、磁気流体力学シミュレーション、スノーライン
Keywords: Protoplanetary disks, Magnetohydrodynamic simulation, Snow line

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気降着を考慮したN体計算によるスーパーアースの形成
Formation of super-Earths and their atmospheres with *N*-body simulations

*荻原 正博[1]、堀 安範[2,1]
*Masahiro Ogihara[1], Yasunori Hori[2,1]

1. 国立天文台、2. アストロバイオロジーセンター
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. Astrobiology Center

A large number of super-Earths have been discovered by various exoplanet search programs that include the Kepler mission, which provide the perfect opportunity for a development of planet formation theory. In fact, recent *N*-body simulations have made major progress in understanding the origin of close-in super-Earths (e.g., Izidoro et al. 2017; Ogihara et al. 2018). In these previous studies, they focus on orbital properties (e.g., period-ratio distribution) and aim to reproduce them.

In this study, we also pay attention to the amount of atmospheres and make further progress in formation models of super-Earths. According to the mass-radius relation of transiting super-Earths, it is unlikely that they generally possess massive atmospheres. This is consistent with the fact that the occurrence rate of hot Jupiters is considerably smaller than that of close-in super-Earths. The amount of atmospheres would provide useful constraints on the development of formation models of super-Earths. The gas accretion onto super-Earth cores depends on several factors (e.g., formation history, disk evolution); therefore it is crucial to follow the planetary growth, the orbital evolution, and the atmospheric accretion self-consistently.

We perform *N*-body simulations of super-Earth formation in an evolving disk considering the accretion of atmospheres. In our simulations, we also consider the pebble accretion, which is a physical process in which protoplanets grow rapidly through accumulation of small particles under gas drag. The pebble accretion would help to accelerate the core formation of gas giants in the outer region. Moreover, the pebble accretion may play an important role in the accretion of close-in super-Earths.

In this presentation, we are going to discuss several important questions about the origin of super-Earths. For example, we aim to reveal realistic formation processes by results of *N*-body simulations that include the atmospheric accretion, the pebble accretion, and the disk evolution. Then we discuss properties of formed super-Earths and compare with observed super-Earth systems. We also determine whether the pebble accretion can prevent the accumulation of massive atmospheres.

キーワード：スーパーアース、N体計算、惑星形成、ペブル集積
Keywords: Super-Earths, N-body simulation, Planet formation, Pebble accretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

平均運動共鳴軌道における惑星系の軌道安定時間に対する惑星中心星質量比の変化の影響

The orbital stability of planets in resonances: the evolution of mass ratio

*松本 侑士[1]、荻原 正博[2]
*Yuji Matsumoto[1], Masahiro Ogihara[2]

1. 中央研究院天文及天文物理研究所、2. 国立天文台
1. Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics, 2. National Astronomical Observatory of Japan

Many systems composed of Earth or super-Earth sized planets are observed to date (e.g., Gillon et al., 2017). In some systems, three or four adjacent planets are in a series of mean motion resonances, called resonant chains (Mills et al., 2016; Luger et al., 2017). The resonant chain can be reproduced when the planets migrate inward (e.g., Ogihara & Ida 2009; Izidoro et al., 2017; Bitsch et al., 2019). After gas depletion, planets in resonant chain become orbitally unstable when their number exceeds the critical number that the planets are stable in resonance (Matsumoto et al., 2012). Izidoro et al. (2017) showed over half systems hold more than five planets in their simulations that planets are stable in resonant chain after gas depletion. The disagreement of the number of planets in resonant chain between observations and simulations can be explained by some mechanism reduces the orbital stability of planets in resonances.

The mass ratios between planets in close-in orbits and their central stars would not keep the same value after their formation. There are some mechanisms that super-Earths lose their envelopes, e.g., energy limited escape (Owen 2018). Also, young stars lose their mass by the stellar wind and coronal mass ejection (Cranmer 2017).

We perform simulations that the planets trapped in the first order resonant chain considering their mass ratio change. At first, planets migrate in the disk gas and are trapped in the resonant chain composed of the same resonant commensurability. Then, the disk gas is removed and the mass ratio between planets and the central star is changed, exponentially. When the number of planets in resonant chain exceeds the critical number corresponding resonant chain, their crossing time increases as the mass ratio decreases since the separation normalized by Hill radii becomes larger. In the cases that the resonant systems hold less planets than the critical number, planets sometimes cause orbital instability when their mass ratios change. In some conditions, the orbits of planets in resonant chain become unstable, when their mass ratios decrease only a few percent. Such instabilities tend to occur in systems that hold more planets.

キーワード：軌道安定性、平均運動共鳴
Keywords: orbital stability, mean motion resonance

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 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:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科)、仲内 悠祐(JAXA/ISAS)

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。

15:30 ~ 15:45

[PPS06-19] Experimental study on the structure of shock remnant magnetization

*加藤 翔太[1]、佐藤 雅彦[1]、黒澤 耕介[2]、潮田 雅司[3]、長谷川 直[4] (1.東京大学地球惑星科学専攻、2.千葉工業大学惑星探査研究センター、3.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、4.宇宙航空研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[PPS06-20] 2018年ふたご座流星群に伴う月面衝突閃光の低分散スペクトル

*柳澤 正久[1]、内田 有紀[1]、栗原 誠弥[1]、阿部 新助[2]、布施 綾太[2]、小野寺 圭祐[3,4]、山田 竜平[5] (1.電気通信大学情報理工学研究科、2.日本大学理工学部、3.総合研究大学院大学、4.宇宙科学研究所/宇宙航空研究開発機構、5.会津大学コンピュータ理工学部)

16:00 ~ 16:15

[PPS06-21] 小惑星表面を模擬した砂・石膏標的を用いた高速度クレーター形成実験

*杉村 瞭[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、石黒 琢也[1] (1.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[PPS06-22] 土星リング粒子を模擬した多孔質氷球の衝突過程に関する実験的研究

*豊田 優佳里[1]、保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1] (1. 神戸大学大学院理学研究科)

16:30 ~ 16:45

[PPS06-23] IN-SITU FORMATION OF THE URANIAN SATELLITES FROM WIDE DEBRIS DISK FORMED BY GIANT IMPACT

*石澤 祐弥[1]、佐々木 貴教[1]、細野 七月[2] (1.京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室、2.海洋研究開発機構)

16:45 ~ 17:00

[PPS06-24] 巨大衝突現象が及ぼす巨大氷惑星の自転軸変動への影響

*黒崎 健二[1]、犬塚 修一郎[1] (1.名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)

Experimental study on the structure of shock remnant magnetization

*加藤 翔太[1]、佐藤 雅彦[1]、黒澤 耕介[2]、潮田 雅司[3]、長谷川 直[4]
*Shota Kato[1], Masahiko Sato[1], Kosuke Kurosawa[2], Masashi Ushioda[3], Sunao Hasegawa[4]

1. 東京大学地球惑星科学専攻、2. 千葉工業大学　惑星探査研究センター、3. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター、4. 宇宙航空研究開発機構
1. The University of Tokyo, 2. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 3. Geological Survey of Japan, The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Japan Aerospace Exploration Agency

惑星磁場の変動に関する情報は惑星の大気進化や内部進化の理解において重要な役割を果たすが、月・火星・水星などの惑星磁場の変動に関する記録は適切な岩石試料がほとんど存在していないために限られている。そのため、過去の惑星磁場の推定手法の開発は重要である。

天体衝突時の惑星磁場は地殻岩石中の磁性鉱物に衝突残留磁化として記録され、磁気異常として探査機によって観測される。クレーターの磁気異常は年代が精度良く決まるために過去の磁場の変動の記述に適するが、各点の残留磁化による磁場の和が磁気異常として観測されるため衝突残留磁化の構造の理解が重要である。衝突残留磁化の構造に関する過去の研究としてSQUID(超伝導量子干渉計)顕微鏡を用いた衝突実験試料の薄片観察が報告されている(Gattacceca et al., 2010)。Gattacceca et al. (2010)では、衝突残留磁化は試料内で均質と報告されているが、衝突時の温度・圧力に応じた空間構造が存在すると考えられる。

そこで本研究では衝突残留磁化の構造の解明を目的とし、磁場中で衝突実験を行った岩石試料を細分化してその残留磁化を測定した。ターゲットには直径10 cm高さ10 cmの円柱形の玄武岩を用い、衝突実験の前に80 mTで自然残留磁化を交流消磁した。この玄武岩試料の磁気的性質を調べるために同一の岩片試料の各種の磁気測定を実施した。衝突実験には宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃を用いた。真空チャンバー中に３層磁気シールドを入れて外部磁場の遮蔽を行い、さらに磁気シールド内にソレノイドコイルを入れて衝突時の磁場を制御した。今回は衝突時の磁場を強度0 μTと100 μTとし方向は円柱形試料の軸に平行に設定して実施した。プロジェクタイルには直径2 mmのAl球を用いた。先行研究との違いを明確に示すには可能な限り大きな衝突磁化構造を回収する必要がある。そこで衝突速度は本実験施設で達成可能な最高速度である約7 km/sとした。衝突実験後の試料のクレーター中心を含む領域を岩石カッターによって3 mm角立方体に細分化した。さらに、高知大学海洋コア総合研究センターにおいて各立方体試料の段階交流消磁を2 mTより80 mTまで実施し超伝導磁力計を用いて残留磁化を測定した。

衝突時磁場0 μTでの衝突残留磁化の強度は最大$1.0 10^{-4}$Am^2/kgであった。一方で、磁場100μTでの衝突残留磁化強度は$1.0 10^{-4}$Am^2/kgに対して有意に大きく、衝突残留磁化の強度に磁場の有無が大きく影響することが示された。本研究では衝突時磁場100 μTでの衝突残留磁化の構造を得ることに成功し、以下の特徴が見られた：(1)衝突点からの距離で決まる球対称構造、(2)衝突点から距離12 mm以内では距離に対して増加傾向、特に衝突点から6–9 mmの領域では高保磁力成分に富む、(3)衝突点から距離12–40 mmの領域では強度が距離に反比例する傾向であった。この結果をiSALE(Impact-Sale)による温度・圧力変化の数値計算の結果と比較を行った。10℃以上の温度上昇が距離13 mm以内で生じ(2)の領域での磁化の獲得に温度変化が関与していると考えられ、(3)の領域では温度変化はほぼ見られず圧力変化が支配的であると考えられる。また、圧力変化が1 GPa以下の領域では残留磁化強度が圧力の1次関数でよく説明でき、1 GPa以下で実験を行い試料全体の衝突残留磁化強度が圧力に比例すると報告しているNagata, (1971)の結果と整合的であった。

本研究で確立した手法により、衝突点からの距離に対する衝突残留磁化の変化を定量的に評価することが可能となった。今後は本手法を用いて各種実験を行っていく事で、実際のクレーター周辺における衝突残留磁化のモデルを構成可能であると考えられ、衝突残留磁化のモデルより計算される磁気異常をクレーター上の磁気異常の観測値と比較することによりクレーター形成時の磁場が推定できると期待される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

謝辞: G. Collins, K. Wünnemann, B. Ivanov, J. Melosh, and D. Elbeshausenを始めとするiSALEの開発者の方々にこの場を借りて謝意を表します。

キーワード：衝突残留磁化、planetary paleofield、磁気異常
Keywords: shock remnant magnetization, planetary paleofield, magnetic anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年ふたご座流星群に伴う月面衝突閃光の低分散スペクトル
Low-dispersion spectra of lunar impact flashes in 2018 Geminids

*柳澤 正久[1]、内田 有紀[1]、栗原 誠弥[1]、阿部 新助[2]、布施 綾太[2]、小野寺 圭祐[3,4]、山田 竜平[5]
*Masahisa Yanagisawa[1], Yuki Uchida[1], Seiya Kurihara[1], Shinsuke Abe[2], Ryota Fuse[2], Keisuke Onodera[3,4], Ryuhei Yamada[5]

1. 電気通信大学情報理工学研究科、2. 日本大学理工学部、3. 総合研究大学院大学、4. 宇宙科学研究所/宇宙航空研究開発機構、5. 会津大学コンピュータ理工学部
1. The University of Electro-Communications, 2. Nihon University, 3. SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 4. Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency, 5. The University of Aizu

太陽系内の衝突では、実験室では再現の難しい10 km/sを越える速度で起こるものが多い。このような衝突では、これ以下の速度では起こらないシリケイトや鉄等の溶融、蒸発、プラズマ化が起こる。このような過程を伴う高速度衝突の理解は惑星科学にとって重要な課題であるが、実際にどのような現象が起こるのかはよく分かっていない。月面衝突閃光の観測からこの問題にアプローチすることができる。

月面衝突閃光の発生頻度や明るさ、その時間変化に関しては幾つかの研究結果が報告されている。しかしスペクトルに関する報告はわずかである。我々は、月震研究のための衝突閃光観測を試みるSAKURA日仏合同観測プロジェクトの一環として可視光用簡易スペクトルカメラ(図1)[1]による2018年12月のふたご座流星群に伴う月面衝突閃光の観測を行った。電気通信大学(東京都調布市)では、口径450 mm、焦点距離2015 mmのニュートン式反射望遠鏡および、口径280 mm、実効焦点距離920 mmのシュミットカセグレン式反射望遠鏡に取り付けたスペクトルカメラで観測を行い、日本大学(千葉県船橋市)では、口径400 mmの望遠鏡に取り付けた通常の動画カメラを主力として観測を行った。

12月15日晩(JST)に13個の閃光が電気通信大学から検出され、この内9個は日本大学でも同時検出された。同時検出されなかったものについては、観測装置の感度の違いや観測の一時的な中断などが考えられるが、詳細の調査は今後の課題である。13個の閃光をAからMと名付けた。その月面上での位置を図2に示す[2]。30分おきに行った比較星のスペクトル像を基準にして閃光のスペクトルを求めた[2, 3]。一例を図3に示す。ほとんどの閃光は約3000 Kの黒体放射スペクトルでよく近似できるが、そうでないものもあった。前者については衝突時に発生した融けた岩石の微小液滴からの黒体放射と考えれば説明がつきそうであるが、後者については発光メカニズムがよく分からない。宇宙ゴミによる太陽光の反射である可能性もある。

参考文献：[1] 柿沼文広，月面閃光観測用スペクトルカメラ，電気通信大学 修士論文 情報・通信工学専攻，2016，http://id.nii.ac.jp/1438/00008427/。[2] 内田有紀，月面閃光の低分散スペクトルⅠ，電気通信大学 修士論文 基盤理工学専攻，2018。[3] 栗原誠弥，月面閃光の低分散スペクトルⅡ，電気通信大学 修士論文 基盤理工学専攻，2018。

キーワード：月面衝突閃光、スペクトル、衝突
Keywords: lunar impact flash, spectrum, impact

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

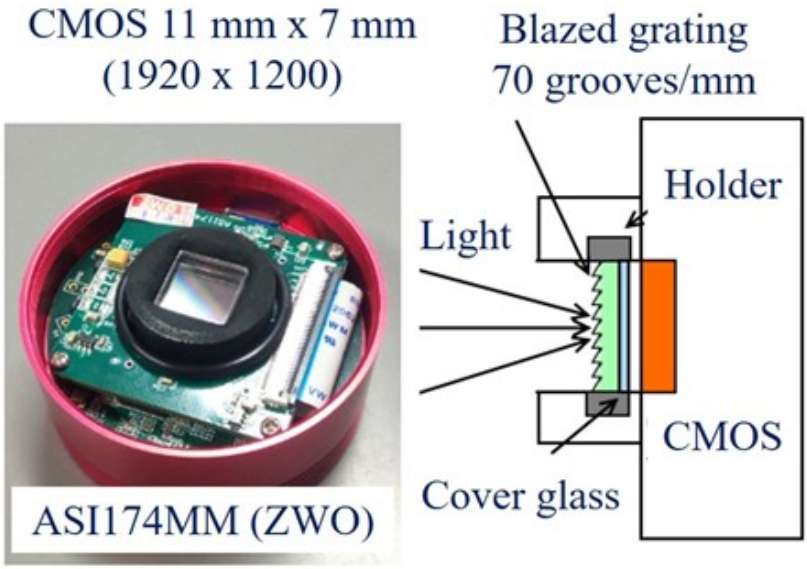


Figure 1. A simple spectral camera [1]. A grating is glued on the cover glass of a CMOS image sensor.

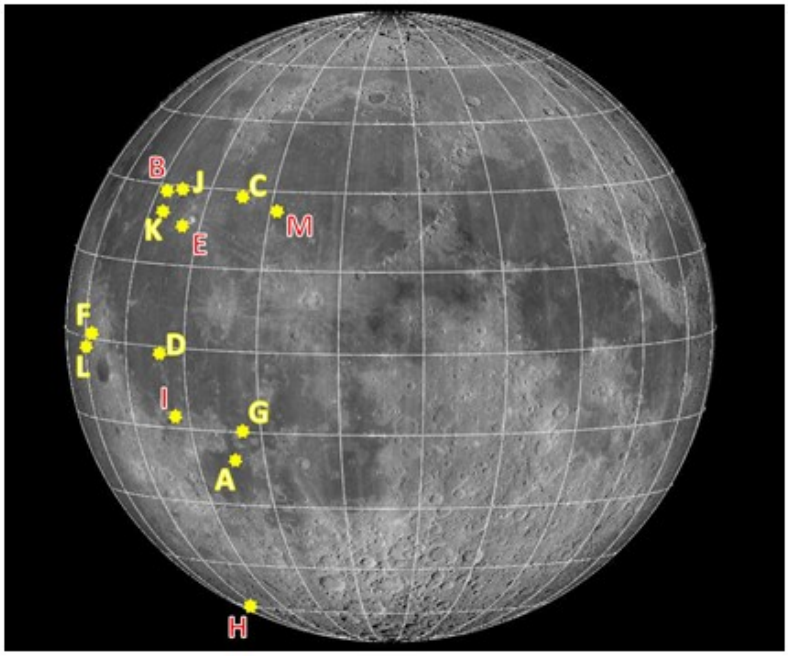


Figure 2. Locations of impact flashes (A-M) observed on December 15, 2018 [2].

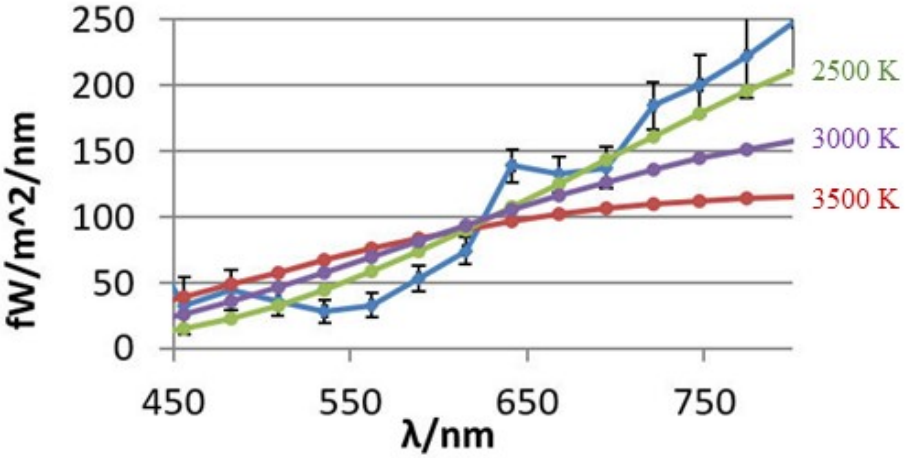


Figure 3. The spectrum of H impact flash. Black body spectra are shown with smooth lines [2].

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小惑星表面を模擬した砂・石膏標的を用いた高速度クレーター形成実験
High velocity cratering experiments on sand-gypsum targets simulating asteroids

*杉村 瞭[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、石黒 琢也[1]
*Ryo Sugimura[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], Takuya Ishiguro[1]

1. 神戸大学
1. Kobe University

近年の惑星探査や地上観測の結果、小惑星は高空隙率であることが分かってきた。例えば、現在探査されているC型小惑星Ryuguは密度が1.27g/cm^{3}であることが確認されており、C型小惑星を母天体とする炭素質コンドライト隕石の密度と比較して、50%以上の空隙率をもつと推定される。この空隙率と強度との間には密接な関係性がある。Yan and Sassa(2016)は地球の玄武岩の空隙率と圧縮強度の関係を室内実験で調べた結果、空隙率が30%の玄武岩の圧縮強度は、0%に比べて1桁近く小さくなることが分かった。従って、空隙率が50%以上もあると考えられる小惑星の表面強度は、さらに低い可能性が高い。一方、小惑星上には数多くの衝突クレーターが観測されている。小惑星上のクレーター形成過程を明らかにするため、これまで砂や氷、玄武岩など様々な物質を用いたクレーター形成実験が行われてきた。そして、これらの室内の実験結果を小惑星上に形成されるクレーター形成過程に適用するために、クレータースケーリング則がHousen & Holsapple (2011)によって提案されている。しかし、これまで調べられている比較的高強度のスケール則を多孔質小惑星表面の低強度に外挿できるかどうかは不明であり、室内実験でも低強度下での岩石物質のクレーター形成実験はほとんど行われていない。そこで、本研究では、多孔質の岩石小惑星表面に形成されるクレーター形成過程を理解するために、砂・石膏混合標的を用いた低強度範囲におけるクレーター形成実験を行い、強度がクレーター形成過程（クレーター径やエジェクタの噴出速度・角度）に与える影響を調べた。その結果を用いて、クレータースケーリング則を低強度領域まで拡張した。

本研究で用いた低強度標的は、粒径100μmの石英砂と石膏を混合して作成した。標的の引張破壊強度は、石英砂と石膏の質量混合比（石英砂：石膏粉末＝2:1～30:1）を変えることでコントロールした。衝突実験は神戸大学の横型二段式軽ガス銃を用いて行った。弾丸には直径2mmのアルミ球を用いて、衝突速度は2-6km/sと変化させた。衝突の様子は高速カメラで撮影し、撮影速度は10^{5}fpsとした。また、放出するエジェクタの速度と角度の測定は、カメラの視線方向に飛翔する破片をブロックするために、標的の前に幅1cmのスリットを置いて実験を行った。

標的中の石英砂の体積含有率を計測した結果、30～50%の間で変化することがわかった。この試料を用いてブラジリアン試験を行ったところ、引張破壊強度は約1MPaから約1kPaまで、約3桁変化することがわかった。形成されたクレーターは表面近くにスポールと呼ばれる引張破壊で形成した不規則形状の浅い孔が観察され、その中心部分に半楕円球状のピットと呼ばれる圧縮破壊で形成した深い孔が観察された。クレーターのスポール直径及び深さに対する引張破壊強度の依存性を調べた結果、強度の低下とともにスポール直径は増大する一方、深さはほとんど変化しないことが分かった。またスポール領域とピット領域の境界が、強度の低下とともに分かりにくくなることがわかった。

本実験の結果を用いて、強度支配域におけるクレーターサイズに関するスケール則を調べ、先行研究の高強度の岩石物質の結果と比較した。本研究の結果は、（はクレーター半径に関するスケーリングパラメータ、は標的強度に関するスケーリングパラメータ）で表されることが分かった。本研究から得られたπ_Rの値は、同じπ_Yでの石膏の値より大きく、凍結砂の値よりも小さいことがわかった。また、クレーターの深さに関するスケール則は、(はクレーター深さに関するスケーリングパラメータ)と表され、先行研究とは異なりπ_Yの値が変

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

化してもほとんど一定になることがわかった。π_Rの値が凍結砂の結果に対して小さくなる原因は、標的内の石膏内の微小な空隙を圧壊することに衝突エネルギーが消費されたためであると考えられる。

キーワード：クレーター形成実験、強度、空隙率、クレータースケール則、放出破片速度
Keywords: cratering experiment, strength, porosity, crater scaling law, ejecta velocity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

土星リング粒子を模擬した多孔質氷球の衝突過程に関する実験的研究
Experimental study on collisional processes of highly porous ice balls simulating Saturn’s ring particles

*豊田 優佳里[1]、保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1]
*Yukari Toyoda[1], Minami Yasui[1], Masahiko Arakawa[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Kobe University

はじめに：土星のリングは、サイズが数ｍｍから数mまでの水氷からなる粒子で構成されており、その粒子は数cm/s以下の相対速度で互いに衝突している。その相互衝突の結果、リング粒子は凝集・反発・破壊を起こし、その結果が土星リングの力学進化や構造に影響を及ぼしている。土星リングが非常に薄い円盤(厚さ100-200ｍ以下)を保っているのは、土星リングを構成する水氷粒子が非弾性衝突を起こし、その結果、エネルギーを効果的に散逸しているためと考えられている。そのため、土星リングの起源や進化過程を明らかにするためには、リング粒子の衝突特性を調べる必要がある。特に、非弾性衝突を特徴付ける反発係数に対するリング粒子の構造や衝突速度の依存性が重要となる。

これまでの地上望遠鏡や惑星探査などの観測から、土星リング粒子の構造は、均質な氷、多孔質な氷（雪）、表面が霜で覆われた氷などが提案されている。先行研究では、均質な氷と表面が霜に覆われた氷の反発係数（ε）については調べられているが、多孔質な氷(雪)の反発係数については詳しく調べられていない。そこで本研究では、土星リング粒子の空隙率に着目し、反発係数と衝突速度の関係に対する空隙率の依存性を調べた。

実験方法：リング粒子の模擬物質には、表面をなめらかにした均質な氷球（空隙なし）と、空隙率を45、50、60%とした多孔質氷球を用いた。直径は3cmとした。これらの氷球を表面をなめらかにした氷板および花崗岩の板に自由落下させた。その際の落下速度は0.8cm/s～280cm/s とした。板は球に比べて十分に大きいものを使用した。反発係数の測定は二つの方法で行った。一つ目は圧電素子を板に設置し、氷球が板に衝突する際に発生する弾性波を測定する方法である（AE法）。この方法では、氷球が板に衝突する度に弾性波が発生するため、その弾性波が発生する時間間隔を求めることができる。この時間間隔から衝突前後の球の速度変化を調べる。二つ目はレーザー変位計を用いて、自由落下させた氷球の高さ変化を測定する方法である。この方法もAE法と同様に、衝突の時間間隔から反発係数を計算した。

実験結果：氷球と氷板の衝突実験では、衝突速度が小さいと反発係数が ε =0.9でほぼ一定となったが（準弾性領域）、ある速度を超えると衝突速度が大きくなるにつれ、反発係数は急激に低下した（非弾性領域）。2つの領域の境界速度である限界速度v_cは24.5cm/s となった。また、非弾性領域では、先行研究で示された経験式 $\varepsilon = \varepsilon_{qe}(v_i/v_c)^{-\log(v_i/v_c)}$（$v_i$は衝突速度， ε_{qe}は定数）を用いて整理することができた。一方、氷球と花崗岩板の実験でも、上記の氷板への衝突と同様の振る舞いを示したが、v_c=11.2cm/sと約半分となった。

雪球の反発係数は花崗岩板・氷板ともに、衝突速度が大きくなるにつれて減少し続け、準弾性領域と非弾性領域の境界は確認できなかった。また、雪球の反発係数は空隙率が大きくなると全体的に下がるが、衝突速度が小さくなるにつれて収束することが分かった。これは空隙を潰すために運動エネルギーが使用されて、反発係数が小さくなるためと考えられる。この衝突速度と反発係数の関係は、 $\varepsilon = a \cdot v_i^{-b}$（$a$, bは定数）によって表されることがわかった。aの値は全ての場合で0.9-0.97であったが、bの値は花崗岩板でも氷板でも同様の空隙率依存性がみられた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IN-SITU FORMATION OF THE URANIAN SATELLITES FROM WIDE DEBRIS DISK FORMED BY GIANT IMPACT

*石澤 祐弥[1]、佐々木 貴教[1]、細野 七月[2]
*Ishizawa Yuya[1], Takanori Sasaki[1], Natsuki Hosono[2]

1. 京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室、2. 海洋研究開発機構
1. Department of Astronomy, Kyoto University, 2. JAMSTEC

We adopted the so-called giant impact scenario to explain both the large axial tilt of Uranus and the formation of the Uranian regular satellites simultaneously. Hydrodynamic simulations for a giant impact onto proto-Uranus have been carried out, which showed that the giant impact can explain the large axial tilt of Uranus and also suggested that ejected materials produced by the giant impact could be distributed throughout the current orbits of the Uranian regular satellites.
In this study, we modeled wide debris disks of solids with several conditions, and performed N-body simulations to investigate the in-situ satellite formation from the wide debris disks to constrain the parameters of debris disks for the in-situ satellite formation. We found that the five major satellites formed around the current orbits from wide debris disks with several times the total satellite mass. Although one or two large satellites usually form inside the current orbits of the major satellites, such satellites would migrate inward due to the tidal torque from the planet and finally be disrupted by the planetary tides or fall onto the planet over several hundred million years. We also propose that the Uranian rings could form from the disrupted satellites and the inner regular satellites could form by use of the ring materials.

キーワード：衛星形成、天王星、巨大衝突
Keywords: Satellite formation, Uranus, Giant impact

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

巨大衝突現象が及ぼす巨大氷惑星の自転軸変動への影響
Effect on the obliquity due to a giant impact on a rotating ice giant

*黒崎 健二[1]、犬塚 修一郎[1]
*Kenji Kurosaki[1], Shu-ichiro Inutsuka[1]

1. 名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻
1. Department of Physics, Nagoya University

太陽系内の惑星は固有の自転周期と自転軸傾斜角を持っている．巨大惑星に注目すると，木星，土星，海王星の自転軸傾斜角は20度であるが，天王星は98度傾いており，他の巨大惑星と大きく異なっている．その大きな自転軸傾斜角から，天体の巨大衝突が原因であると考えられてきた．巨大氷惑星の衝突計算はこれまで初期の自転速度が無視できるほど小さいことを仮定していた．初期自転周期が現在と同程度あった場合，受け取られる角運動量と初期の角運動量が同程度になる．このとき，衝突後に輸送される角運動量は初期に保持している角運動量の影響を無視できなくなるが，衝突に伴って水素エンベロープが流出することも予想される．しかし，初期自転速度を持っていた場合にどのような衝突条件であれば天王星で観測されるような自転軸傾斜角を再現できるかは，まだよくわかっていない．本講演では，自転角運動量をもった天体への衝突現象と，それに伴う自転軸傾斜の変動角度を数値流体計算によって示す．衝突現象を数値流体計算によってあらわすために，Godunov法を適用したSmoothed Particle Hydrodynamics (GSPH)を用いて計算をおこなった．計算の結果，初期に天体が自転していた場合でも大きな自転軸傾斜をもたらす衝突条件が存在することが確認できた．

キーワード：巨大氷惑星、巨大衝突、天王星
Keywords: Ice giant, Giant impact, Uranus

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[P-PS07] 太陽系物質進化

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

原始太陽系星雲における物質形成から原始惑星への集積、天体内部や表面での諸過程を隕石や他の惑星物質に対する研究と実験的研究の両面から議論する。初期太陽系の情報を保存する始原的物質（コンドライト隕石や惑星間塵、サンプルリターン試料）に関しては、それらの鉱物・有機物・水・希ガス・微量元素分析を通して明らかになった知見を総合理解することを目指す。分析手法開発研究（化学、理論、物性）や学生の萌芽的研究を歓迎し、将来の太陽系、惑星系形成研究の新たな開拓につなげたい。さらに分化隕石やコンドライト母天体における水質変成・熱変成作用、火成活動、コア・マントル・地殻形成、並びに天体衝突といった現象に加えて、母天体の内部構造や構成物質などについても議論する。実験的手法による惑星物質の組成、相平衡や構造に関する知見なども取り上げ、隕石とあわせて天体における諸過程を議論する。

9:00 ~ 9:15

[PPS07-07] Evaluation of shock metamorphism of eucrites by X-ray diffraction analysis

*金丸 礼[1]、今栄 直也[2,1]、山口 亮[2,1]、西戸 裕嗣[3] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.岡山理科大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS07-08] Hf-W dating of main-group pallasites

*本馬 佳賢[1]、飯塚 毅[1]、石川 晃[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

9:30 ~ 9:45

[PPS07-09] 水質変質程度の異なるCMコンドライト中TCIの鉱物学的研究

*家本 あかね[1]、瀬戸 雄介[1]、三宅 亮[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.京都大学大学院理学研究科)

9:45 ~ 10:00

[PPS07-10] 初期太陽系における（太陽）宇宙線照射の重要な指標としてのベリリウム１０の重要性

*比屋根 肇[1]、谷村 佑貴[1]、中村 友哉[1]、福田 航平[3]、藤谷 渉[4]、杉浦 直治[1]、鹿児島 渉悟[2]、高畑 直人[2]、佐野 有司[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.ウィスコンシン大学マディソン校、4.茨城大学理学部)

10:00 ~ 10:15

[PPS07-11] Acfer 094隕石中の宇宙シンプレクタイトの3次元微細組織観察

*松本 恵[1,2]、土`山 明[1]、松野 淳也[1]、中藤 亜衣子[1,3]、三宅 亮[1]、伊藤 元雄[4]、富岡 尚敬[4]、兒玉 優[5]、上杉 健太郎[6]、竹内 晃久[6]、中野 司[7]、バッカロ エピファニオ[8] (1.京都大学大学院 理学研究科、2.東北大学大学院 理学研究科、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、5.株式会社 マリン・ワーク・ジャパン、6.公益財団法人 高輝度光科学研究センター、7.産業技術総合研究所 地質情報研究部門、8.ロンドン自然史博物館)

10:15 ~ 10:30

[PPS07-12] GEMSを産する微隕石と惑星間塵に含まれるコンドルールと難揮発性包有物について

*野口 高明[1]、大橋 憲昭[2]、ブラッドレー ジョン[3]、中島 大輔[4]、中村 智樹[4]、木村 眞[5]、牛久保 孝行[6]、木多 紀子[7]、今栄 直也[5] (1.九州大学基幹教育院、2.NECネッツエスアイ、3.ハワイ大学、4.東北大学、5.極地研、6.高知コア研、7.ウィスコンシン大学)

Evaluation of shock metamorphism of eucrites by X-ray diffraction analysis

*金丸 礼[1]、今栄 直也[2,1]、山口 亮[2,1]、西戸 裕嗣[3]
*Rei Kanemaru[1], Naoya Imae[2,1], Akira Yamaguchi[2,1], Hirotugu Nishido[3]

1. 総合研究大学院大学、2. 国立極地研究所、3. 岡山理科大学
1. The Graduate University for Advanced Studyies, 2. National Institute of Polar Research, 3. Okayama University of scienece

Introduction

Eucrites have been considered to come from the surface crust of asteroid 4 Vesta. Eucrites experienced varying degrees of shock and thermal metamorphism. The scaling of the degree of shock metamorphism necessary for the understanding of the formation history of Vesta. However, the degree of shock metamorphism has not been established. Recent studies of X-ray diffraction (XRD) analyses using the in-plane rotation of polished thin sections (PTSs) for ordinary chondrites [2] showed that the XRD technique has a potential for the classification and identification of shock and metamorphic stages. In this study, we applied this technique for the thin or thick sections of 13 basaltic and 3 cumulate eucrites. We show that the bulk XRD data may be a useful indicator for characterizing the shock degree for eucrites.

Measurement and analytical methods

We performed X-ray measurement by SmartLab (RIGAKU) at National Institute of Polar Research, Tokyo, on the condition of Cu Kα with 40 kV and 40 mA through the slit of 10 x 5 mm in size.
We defined the shock degrees of studied eucrites from A to D by the petrographic and mineralogical features of thin and thick sections: shock degree A (unshocked) = sharp optical extinction of plagioclase and pyroxenes, shock degree B (low) = weak undulatory extinction or mosaicism of plagioclase and pyroxene, shock degree C (moderate) = the presence of maskelynite, and shock degree D (high) = most (>70-80 vol%) of the plagioclase converted to maskelynite. The degrees of A, B, and C, D for eucrites roughly correspond to 0, 1 and 2 of shock stage for basaltic meteorites defined by Bischoff and Stöffler. (1992) [3], and S1, S2-4, and S5 for enstatite chondrites by defined Rubin et al. (1997) [4], respectively.

Results

We obtained the XRD patterns of 12 eucrites exhibiting the high degree of randomness (e.g., Agoult), whereas four eucrites show the feature of the crystal orientation (e.g., Moama). We identified the peaks of plagioclase, pigeonite, and augite from the XRD patterns of eucrites. The bulk XRD data of each eucrite shows the positive correlation between the full width at half maximum (FWHM) values (for both mean and total) and the shock degree estimated from the textures. On the other hand, the number of the peak in the XRD pattern shows a negative correlation for the increasing of shock degree.
The specific peaks of plagioclase (especially -202) show the decreasing peak intensity and the increasing FWHM values for the increasing shock degree. The peak of pyroxene (pigeonite 310 and augite -311) (2theta = ~30.7º) also shows the increasing FWHM value of pyroxenes for the increasing shock degree.

Discussion

The increase of the averaged FWHM values for each eucrite are related to the shock metamorphism of pyroxene and plagioclase. The negative correlation between the peak intensities of plagioclase and shock degree implies the maskelynitization of plagioclase by shock metamorphism. In particular, most of the plagioclase peaks in A-87272, the strongest shocked sample (D) studied here, have disappeared. The pyroxene peaks show a positive correlation between the FWHM value and shock degree, whereas there is no correlation between the peak intensity and shock degree. This indicates that the shock metamorphism produces the strain in pyroxenes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In-plane rotation of PTSs method of XRD analysis for eucrites is affected by the crystal orientation in the meteorites, especially coarse-grained unbrecciated rocks and crystalline portions in brecciated rocks. Nevertheless, we suggest that the FWHM is a useful indicator for measurements of the shock degree of eucrites, since this factor is not affected by the randomness of the crystal orientation of the meteorites.

References

[1] Imae N. et al. (2019) Meteoritics & Planetary Science (in press).
[2] Bischoff A. and Stöffler D. (1992) European Journal of Mineralogy, 4, 707-755.
[3] Rubin A. et al. (1997) Geochimica et Cosmochimica Acta, 61, 847-858.

キーワード：ユークライト、衝撃変成度、X線回折
Keywords: Eucrites, Shock degree, XRD analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hf-W dating of main-group pallasites

*本馬 佳賢[1]、飯塚 毅[1]、石川 晃[2]
*Yoshitaka Homma[1], Tsuyoshi Iizuka[1], Akira Ishikawa[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Pallasites are stony-iron meteorites consisting mainly of olivine and FeNi metal, providing us a unique opportunity to study an interior of their parent body. Classically, pallasites have been thought to represent the core-mantle boundary of their parent body, since there are some links with IIIAB irons, which are the representative of the core (e.g. Clayton & Mayeda, 1996). Yet, some recent studies suggest pallasite formed at a shallower region than the core-mantle boundary likely by impact mixing (e.g. Yang et al., 2010; Tarduno et al., 2012). Chronological investigations of pallasites are important since they enable to determine the ages and the timescales of crystallization of pallasite minerals. Although the Al-Mg dating of pallasite olivine yielded a model age of 1.27 Myrs after the CAI formation (Baker et al., 2012), other chronological constraints are still required for resolving the two contrasting models of pallasite formation. Here we apply the Hf-W chronology to four pallasites to constrain when the metal segregated on their parent body. Previously reported W isotopic data of pallasites show a large variation in $\varepsilon^{182/184}$W (Quitté et al., 2005), some of which correspond to the model ages older than CAIs. These isotopic data may reflect multiple causes and effects, such as a nucleosynthetic anomaly, radiogenic and neutron capture effects. We combined the W and the Pt isotopic measurements to evaluate the neutron capture effect which may lead to misinterpretation in age. Also, we measured unradiogenic W isotopes to estimate if the nucleosynthetic anomaly existed in the pallasite parent body. The obtained $\varepsilon^{182/184}$W values corrected for the neutron capture effect by using Pt isotope data range from -3.53 ±0.14 to -3.45 ±0.18, which correspond to the model Hf-W ages of -0.30 ±1.43 to 0.31 ±1.74 Myrs after the CAI formation. Moreover, the $\varepsilon^{183/184}$W values are indistinguishable from the terrestrial value, suggesting that the pallasite parent body accreted in the inner solar system. The model Hf-W ages obtained in this study are coincident with the model Hf-W ages of magmatic irons (Kruijer et al., 2013) and the model Al-Mg age of pallasite olivine, suggesting its magmatic origin rather than impact origin. The implication is that the pallasite metal was originated from the planetary core and was segregated within first 2 Myrs of the solar system evolution.

キーワード：パラサイト隕石、Hf-W年代学、中性子捕獲反応、元素合成、コアーマントル境界
Keywords: Pallasite, Hf-W chronology, Neutron capture effect, Nucleosynthesis, Core-mantle boundary

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水質変質程度の異なるCMコンドライト中TCIの鉱物学的研究
Mineralogical study of TCIs in CM carbonaceous chondrites

*家本 あかね[1]、瀬戸 雄介[1]、三宅 亮[2]
*Akane Iemoto[1], Yusuke Seto[1], Akira Miyake[2]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Introduction
TCIs, intergrowths of tochilinite ($6(Fe_{0.9}S)\cdot 5[(Mg,Fe)(OH)_2]$) and cronstedtite (Fe-bearing serpentine) occur in most of CM chondrites, which are considered to be aqueous alteration products on the chondrite parent bodies. Based on the textures and chemistries, they can be divided into two types. Type I appears as massive and are generally found in chondrules, while type II exhibits fibrous textures and are generally found within the matrix. Many researchers support that kamacite in chondrules had been altered into type-I TCIs. However, precursors or alteration processes of type-II TCIs are still remains unknown. TCIs potentially provide important information regarding aqueous environments on chondrite parent bodies. Here, we report microtextures of type-II TCIs in 4 CM chondrites and review the formation process.

Materials and methods
We observed the following CM chondrites; QUE97990 (2.6), Murchison (2.5), Nogoya (2.2), Cold Bokkeveld (2.2). The number in parenthesis are the alteration index for CM chondrites proposed by Rubin et al. (2007), in which they defined the index ranging from 2.6 (moderately altered) to 2.0 (highly altered). Textural observation and chemical analyses were performed using an SEM-EDS (JEOL, JSM6480LAII), and nanometer-scale observations using an STEM-EDS (JEOL, JEM2100F) after processing into thin films using an FIB (FEI, Quanta 3Di).

Results and discussion
In QUE97990 and Murchison, less altered meteorites in this study, the type-II TCIs are distributed in the matrices. They are aggregates of a few μm-sized tochilinite and cronstedtite, where thin tochilinite veins occurred inside cronstedtite, suggesting that tochilinite had formed after the formation of cronstedtite. This gives us a constraint on the aqueous condition of CM chondrites. In Nogoya, the TCIs texture showed that very fine serpentine-rich region is located at core, and toward rim, gradually changed to fibrous cronstedtite and mixed-layer phase (alternate layer phase of tochilinite and cronstedtite structure in nanometer scale). The TCIs of Cold Bokkeveld also showed the core-rim structure, where core is often rich in mixed layer phase, and rim is consists of relatively coarse-grained tochilinite and cronstedtite. In the latter two highly altered CM chondrites, the both core showed very fine, fibrous, and fluffy texture, and no evidence of precursor material, suggesting that type-II TCIs were directly formed from water solution.

キーワード：CM炭素質コンドライト、水質変質、TCI、STEM
Keywords: CM carbonaceous chondrites, aqueous alteration, TCIs, STEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初期太陽系における（太陽）宇宙線照射の重要な指標としてのベリリウム１０の重要性

Importance of 10Be as a key indicator of (solar) cosmic ray irradiation in the early solar system

*比屋根 肇[1]、谷村 佑貴[1]、中村 友哉[1]、福田 航平[3]、藤谷 渉[4]、杉浦 直治[1]、鹿児島 渉悟[2]、高畑 直人[2]、佐野 有司[2]
*Hajime Hiyagon[1], Yuuki Tanimura[1], Tomoya Nakamura[1], Kohei Fukuda[3], Wataru Fujiya[4], Naoji Sugiura[1], Takanori Kagoshima[2], Naoto Takahata[2], Yuji Sano[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東京大学大気海洋研究所、3. ウィスコンシン大学マディソン校、4. 茨城大学理学部
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 3. Department of Geoscience, University of Wisconsin-Madison, 4. College of Science, Ibaraki University

Beryllium-10, which decays to ^{10}B with a half-life of 1.4 Myr, is produced mainly by spallation reactions of solar system materials induced by solar or galactic cosmic rays, but not by thermonuclear reactions in stars. Possible existence of ^{10}Be in the early solar system materials, therefore, has significant importance in considering irradiation processes near the early Sun or in the molecular cloud [1].

Excesses in ^{10}B correlated with Be/B ratios in a number of CAIs from CV chondrites [2-9] suggest the presence of live ^{10}Be at the time of CAI formation. The inferred initial ^{10}Be/^{9}Be ratios are mostly within the range of (0.5-1) x 10^{-3}, though the data are restricted to coarse-grained CAIs from CV chondrites. Recent studies including small CAIs from CH/CB chondrites [10-12] show that the initial ^{10}Be/^{9}Be ratios may be much higher and more variable (from ~10^{-4} to ~10^{-2}), suggesting that the origin of ^{10}Be in CAIs is spallation reactions induced by solar cosmic rays.

Data for chondrules are scarce. Sugiura (2001) [13] analyzed anorthite in chondrules from the Y82094 (ungrouped C3.2) chondrite and found a possible correlation between ^{10}B excesses and Be/B ratios, but the results are not conclusive due to relatively large errors. We further conducted Be-B isotope analyses for chondrules in Y82094 chondrite using NanoSIMS at the Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo [14]. Resolvable excesses in ^{10}B are found in some of the Y82094 chondrules, but ^{10}Be was probably not alive at the time of the chondrule formation. Some carriers of excess ^{10}B are required in the precursor materials of these chondrules.

Here we review recent progress in Be-B isotopic studies and discuss their importance in understanding the irradiation processes in the early solar system. We will also show our some new results on Be-B systematics for chondrules from Y82094 (C 3.2) and NWA7936 (LL 3.15) chondrite.

References

[1] Chaussidon M. and Gounelle M. (2006) in *Meteorites and the Early Solar System II*, pp. 323-339. [2] McKeegan K. D. et al. (2000) *Science*, 289, 1334-1337. [3] Sugiura N. et al. (2001) *Meteoritics & Planet. Sci.*, 36, 1397-1408. [4] MacPherson G. J. et al. (2002) *Geochim. Cosmochim. Acta*, 67, 3165-3179. [5] Chaussidon M. et al. (2006) *Geochim. Cosmochim. Acta*, 70, 224-245. [6] Wielandt D. et al. (2012) *Astrophys. J. Lett.* 748, L25-L29. [7] Srinivasan G. and Chaussidon M. (2013) *Earth Planet. Sci. Lett.,* 374, 11-23. [8] Liu M. C. et al. (2009) *Geochim. Cosmochim. Acta*, 73, 5051-5079. [9] Liu M. C. et al. (2010)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Astrophys. J. Lett., 719, L99-L103. [10] Gounelle M. et al (2013) *Astrophys. J. Lett.*, 763, L33-L37. [11] Fukuda et al. (2017) *80th Ann. Meeting of the Meteoritical Society* (Abstract) #6210. [12] Fukuda et al. (2019) *Astrophys. J.* (submitted). [13] Sugiura N. et al. *Lunar and Planetary Science* XXXII, Abstract #1277, 2001. [14] Hiyagon et al. (2018) *NIPR Symposium on Antarctic Meteorites* (Abstract).

キーワード：ベリリウム１０、初期太陽系、宇宙線、照射、難揮発性包有物、コンドルール
Keywords: Beryllium-10, early solar system, cosmic ray, irradiation, CAIs, chondrules

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Acfer 094隕石中の宇宙シンプレクタイトの3次元微細組織観察
3D microstructure of a cosmic symplectite in primitive carbonaceous chondrite Acfer 094

*松本 恵[1,2]、土`山 明[1]、松野 淳也[1]、中藤 亜衣子[1,3]、三宅 亮[1]、伊藤 元雄[4]、富岡 尚敬[4]、兒玉 優[5]、上杉 健太郎[6]、竹内 晃久[6]、中野 司[7]、バッカロ エピファニオ[8]
*Megumi Matsumoto[1,2], Akira Tsuchiyama[1], Junya Matsuno[1], Aiko Nakato[1,3], Akira Miyake[1], Motoo Ito[4], Naotaka Tomioka[4], Yu Kodama[5], Kentaro Uesugi[6], Akihisa Takeuchi[6], Tsukasa Nakano[7], Epifanio Vaccaro[8]

1. 京都大学大学院 理学研究科、2. 東北大学大学院 理学研究科、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、5. 株式会社 マリン・ワーク・ジャパン、6. 公益財団法人 高輝度光科学研究センター、7. 産業技術総合研究所 地質情報研究部門、8. ロンドン自然史博物館
1. Graduate School of Science, Kyoto Univ., 2. Graduate School of Science, Tohoku Univ., 3. JAXA, ISAS, 4. JAMSTEC, 5. Marine Work Japan LTD., 6. JASRI, 7. AIST, Geological Survey Japan, 8. Natural History Museum, London

はじめに

酸素同位体組成は、惑星物質の起源・生成環境を知る重要な手掛かりである。始原的隕石構成物の酸素同位体は、地球標準海水からの偏差量δ^{17}Oとδ^{18}Oの比がおよそ1となる、軽い組成（$\delta^{17,18}$O: ~-50–0 ‰）をもつ[e.g.,[1]]。このような組成は、通常の物理化学反応に作用する同位体質量分別効果だけではなく、初期太陽系の^{16}Oに富むリザーバーと^{17,18}Oに富むリザーバーの混合によって生じたものと考えられている。前者について、代表物質とされる難揮発性包有物（CAIやAOA）の分析から、酸素同位体組成等の見積もりが行われている[e.g.,[2]]。また近年、後者の^{17,18}Oに富むリザーバー由来の物質として、宇宙シンプレクタイト（Cosmic Symplectite, COS）と呼ばれる物質がAcfer 094隕石中に報告された[3]。COSは、磁鉄鉱（Fe_3O_4）と鉄ニッケル硫化物が数十nmスケールで入り組んだシンプレクタイト状の組織を示し、太陽系物質で最も重い酸素同位体組成（$\delta^{17,18}$O: ~180 ‰）をもつ[3,4]。これらは、初期太陽系の^{17,18}Oに富む水もしくは水蒸気と鉄ニッケル金属、硫化物からなる粒子が反応して形成したと考えられているが、岩石鉱物学的な研究は少なく、形成過程については未だ議論の余地がある。本研究では、COSの形成過程の解明を目指し、放射光X線CTによる三次元組織観察とNanoSIMSによる酸素同位体組成分析を行い詳細な特徴を調べた。

結果と考察

初めにAcfer 094隕石研磨片（~2.2 mm^2）についてFE-SEM観察を行い、マトリクス中に5個のCOS粒子を見出した。これらの粒子は小さく（~10 μm）、先行研究[5]で報告された縄状組織をもつCOSによく似た形状を示す。このうち1個の粒子を含むブロック（~25×25×30 μm）をFIBを用いて切り出し、SPring-8 BL47XUで高空間分解能（~100 nm）のX線CT撮影を行った。3次元観察から、COS粒子は、表面に多数の凸凹をもつ複雑な外形をもち、内部に微小な（<1 μm）包有物を複数含むことがわかった。包有物が含まれる空間はCOS内部で閉じており、外部と繋がるクラックは見られない。このことから、包有物はCOSが形成する際に取り込まれたと考えられる。これら包有物を含む断面をFIBを用いて作製し、FE-SEM観察と組成分析を行ったところ、包有物はNa, S, Oに富む組成をもつことがわかった。このような物質は、COS粒子の周囲のマトリクス中には含まれていない。また、包有物のホストであるCOS粒子は、Fe酸化物、Fe-Ni硫化物からなるサブミクロンスケールのシンプレクタイト組織をもつことが確認できた。

COS粒子について、NanoSIMSによる酸素同位体分析を行ったところ、周囲のマトリクスに比べ有意に^{17,18}Oに富むこと（δ^{17}O = 159.06 ±5.79 (1 σ) ‰, δ^{18}O = 166.31 ±3.18 (1 σ) ‰）がわかった。これらは、先

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

行研究が報告したCOSの酸素同位体組成[3]に近い。包有物については、粒子径が非常に小さいため酸素同位体組成を得ることは難しく、ホストのCOS粒子との組成差の有無は確認できなかった。

本研究でCOS粒子中に見出だした包有物は、これまで他のCOS粒子からは報告されていない。先行研究の多くはSEMを用いてCOSの観察を行っており、試料表面研磨時に包有物が脱離し観察できていなかった可能性がある。実際に、先行研究に記載されているCOSには空隙が多く見られる。本来は多くのCOSが包有物を含んでいたとすると、形成過程を解明する上で重要となる。本研究では、さらにCOSおよび包有物についてTEMよる微細組織観察と相同定を進め、発表ではそれらの形成過程について議論する。

参考文献： [1] Clayton (1993), *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, **21**, 115–149. [2] Krot et al. (2002), *Science*, **295**, 1051–1054. [3] Sakamoto et al. (2007), *Science*, **317**, 231–233. [4] Seto et al. (2008), *GCA*, **72**, 2723–2734. [5] Abe et al. (2017), *Geochem. J.*, **51**, 3–15.

キーワード：Acfer 094、Cosmic symplectite、SR-XCT、NanoSIMS
Keywords: Acfer 094, Cosmic symplectite, SR-XCT, NanoSIMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GEMSを産する微隕石と惑星間塵に含まれるコンドルールと難揮発性包有物について

Chondrule-like objects and refractory inclusions in GEMS-bearing Antarctic micrometeorites and an interplanetary dust particle.

*野口 高明[1]、大橋 憲昭[2]、ブラッドレー ジョン[3]、中島 大輔[4]、中村 智樹[4]、木村 眞[5]、牛久保 孝行[6]、木多 紀子[7]、今栄 直也[5]
*Takaaki Noguchi[1], Noriaki Ohashi[2], John P. Bradley[3], Daisuke Nakashima[4], Tomoki Nakamura[4], Makoto Kimura[5], Takayuki Ushikubo[6], Noriko T. Kita[7], Naoya Imae[5]

1. 九州大学基幹教育院、2. NECネッツエスアイ、3. ハワイ大学、4. 東北大学、5. 極地研、6. 高知コア研、7. ウィスコンシン大学
1. Department of Arts and Science, Kyushu University, 2. NEC Networks and System Integration Co., 3. Univ. of Hawaii at Manoa, 4. Tohoku Univ., 5. National Institute of Polar Research, 6. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 7. Univ. of Wisconsin-Madison

Glass with embedded metal and sulfide (GEMS) is regarded as a characteristic component of cometary dust. GEMS-bearing Antarctic micrometeorites (AMMs) and interplanetary dust particles (IDPs) containing chondrules and refractory inclusions are important to understand comets as well as P- and D-type asteroids.

We found three chondrules and a refractory inclusion (RI) in GEMS-bearing AMMs and IDP. We investigated them by TEM, FE-SEM, FE-EPMA, and SIMS. All the chondrules belong to type II (Mg# <90). An AMM contains a spinel-hibonite-perovskite (sp-hb-pv) inclusion, in which spinel contains tiny (<100 nm) Ti-bearing Zr oxides and Mo- and Ru-bearing Ir-Os alloy and that perovskite contains Y and Zr, suggestive of ultra-refractory nature. All the fine-grained matrices are highly porous and contain GEMS, olivine, low-Ca pyroxene including enstatite whisker, high-Ca pyroxene, pyrrhotite. In addition, the matrix and the embedded RI contains minor phyllosilicate. Oxygen isotopic ratios of olivine and pyroxene in two chondrules are plotted 0.7‰ below and 2.7‰ above the terrestrial fractionation line on the three-oxygen isotope diagram, respectively. Oxygen isotope ratios of spinel in the RI are δ^{18}O of -43.8‰ to -45.1‰ and δ^{17}O of -44.8‰ to -46.8‰, respectively. Resolvable ^{26}Mg excesses (δ^{26}Mg* ~ 13±2‰ and 14±3‰) are observed in hibonite with ^{27}Al/^{24}Mg ratios of 35-43, while spinel show marginal excess (~1‰).

The olivine/(olivine + low-Ca pyroxene) ratios were deduced from the mid-infrared spectra of asteroids and comets; those of B-, G-, and C-type asteroids, P- and D-type asteroids, and comets are <12%, 36-52%, and >50%, respectively. The ratios of the matrices in the samples range from 0.4 to 0.61, which are well above the values of B-, G-, and C-type asteroids and comparable with those of P- and D-type asteroids and comets. Therefore, P- and D-type asteroids and comets seem to be more plausible as parent bodies of these AMMs and an IDP than B-, G-, and C-type asteroids. If that is the case, P- and D-type asteroids and comets contain abundant GEMS. Ferromagnesian silicates with Mg#<90 in the chondrules distribute around Δ^{17}O ~0‰ in the Mg# vs Δ^{17}O diagram like those in the Stardust samples. This seems to be consistent with the hypothesis that P- and D-type asteroids were migrated from the Kuiper belt. The chondrules were formed in more oxidizing conditions than chondrules in CR chondrites because type II chondrules in them occupy only ~1%.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：コンドルール、難揮発性包有物、GEMS
Keywords: chondrule, refractory inclusion, GEMS

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[P-PS07] 太陽系物質進化

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

原始太陽系星雲における物質形成から原始惑星への集積、天体内部や表面での諸過程を隕石や他の惑星物質に対する研究と実験的研究の両面から議論する。初期太陽系の情報を保存する始原的物質（コンドライト隕石や惑星間塵、サンプルリターン試料）に関しては、それらの鉱物・有機物・水・希ガス・微量元素分析を通して明らかになった知見を総合理解することを目指す。分析手法開発研究（化学、理論、物性）や学生の萌芽的研究を歓迎し、将来の太陽系、惑星系形成研究の新たな開拓につなげたい。さらに分化隕石やコンドライト母天体における水質変成・熱変成作用、火成活動、コア・マントル・地殻形成、並びに天体衝突といった現象に加えて、母天体の内部構造や構成物質などについても議論する。実験的手法による惑星物質の組成、相平衡や構造に関する知見なども取り上げ、隕石とあわせて天体における諸過程を議論する。

10:45 ~ 11:00

[PPS07-13] Spectral and mineralogical properties of naturally-heated carbonaceous chondrites; implication to heating processes on the surface of hydrous asteroids

★Invited Papers

*松岡 萌[1]、中村 智樹[2]、廣井 孝弘[3]、宮島 延吉[4]、今栄 直也[5,6]、山口 亮[5]、小島 秀康[5,6] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.ブラウン大学、4.バイロイト大学、5.国立極地研究所、6.総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻)

11:00 ~ 11:15

[PPS07-14] Yamato 791198 CMコンドライト中の炭酸塩鉱物粒子内における酸素・炭素同位体比の不均一性と水質変成過程での同位体比の変化

*藤谷 渉[1]、青木 佑斗[1]、牛久保 孝行[2]、橋爪 光[1] (1.茨城大学 理学部、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

11:15 ~ 11:30

[PPS07-15] タギッシュレイク隕石のコンドルールとアイソレートオリビン粒子の酸素同位体比分布

*牛久保 孝行[1]、木村 眞[2] (1.海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立極地研究所)

11:30 ~ 11:45

[PPS07-16] Isheyevo隕石中の非常に^{16}Oに富むCAI

*坂本 直哉[1]、川崎 教行[2] (1.北海道大学創成研究機構、2.北海道大学自然史科学専攻)

11:45 ~ 12:00

[PPS07-17] Reduced CVコンドライトに含まれる細粒CAIの初生^{26}Al/^{27}Al比の分布

*川崎 教行[1]、パク チャンクン[2]、坂本 直哉[1]、圦本 尚義[1,3] (1.北海道大学、2.韓国極地研究所、3.宇宙科学研究所)

12:00 ~ 12:15

[PPS07-18] 部分溶融プロセスを示すcompact type A CAIsの岩石組織学的研究

*鈴村 明政[1]、瀬戸 雄介[2]、伊藤 正一[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.神戸大学理学研究科)

Spectral and mineralogical properties of naturally-heated carbonaceous chondrites; implication to heating processes on the surface of hydrous asteroids

*松岡 萌[1]、中村 智樹[2]、廣井 孝弘[3]、宮島 延吉[4]、今栄 直也[5,6]、山口 亮[5]、小島 秀康[5,6]
*Moe Matsuoka[1], Tomoki Nakamura[2], Takahiro Hiroi[3], Nobuyoshi Miyajima[4], Naoya Imae[5,6], Akira Yamaguchi[5], Hideyasu Kojima[5,6]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、3. ブラウン大学、4. バイロイト大学、5. 国立極地研究所、6. 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻
1. Japan Aerospace Exploration Agency(JAXA), 2. Department of Earth and Planetary Materials Sciences, Faculty of Science, Tohoku University, 3. Department of Earth, Environmental and Planetary Sciences, Brown University, 4. Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 5. National Institute of Polar Research, 6. Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Science, SOKENDAI

The parent bodies of carbonaceous chondrites are thought to be C-type asteroids based on the similarity of visible (Vis) -infrared (IR) spectra between carbonaceous chondrites and C-type asteroids [e.g., 1-5]. Several C-type asteroids are thought to have been heated and dehydrated judging from their spectra which are similar to the spectra of experimentally-heated chondrites [1,6]. The Hayabusa2 spacecraft of the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) was arrived at the target C-type asteroid 162173 Ryugu in June 2018. Ryugu spectra exhibit a weak 2.72-μm OH absorption band that is present across the surface of the asteroid, and nearly always darker than values typical for carbonaceous chondrites [7,8]. The meteorites whose spectral features are most similar to Ryugu are shocked or moderately-heated carbonaceous chondrites. In this study, we performed spectral analysis in Vis-NIR range and mineralogical analysis in micro scale using carbonaceous chondrites that heated dehydrated on their parent bodies.

Spectral and mineralogical analyses were performed using nine naturally-heated and dehydrated carbonaceous chondrite samples (seven CM, one CI, and one CV chondrites), which classified into heating stages (HS) from I to IV based on X-ray diffraction results [9]. In-situ heating of samples at 120–400 ˚C was performed during spectral measurements and successfully removed absorption water and part of rehydrated water from chondrite samples. Lewis Cliff (LEW) 87022 (unheated CM), Jbilet Winselwan, and Dhofar 735 (heated at 600–900 ˚C [10]) were used for transmission electron microscope (TEM) analysis.

Reflectance spectra of HS-I samples show the positive slope in Vis- IR range and the significant 0.7- and 3-μm absorption bands. The 0.7-μm band appears in only HS-I sample spectra. With increasing heating degree, (1) Vis-IR slope decreases, (2) the 0.7- and 3-μm bands decrease, and (3) Mid-IR spectral feature (i.e. Christiansen feature (CF) and Reststrahlen bands (RB)) shifts toward longer wavelength. TEM/EDX analyses showed that the matrix of severely-heated chondrites consists of tiny olivine, low-Ca pyroxene, and fine Fe- and Ni-rich metal grains (<1 μm). It is indicated that in proportion to the heating degree, amorphization and dehydration of serpentine and tochilinite from HS-I to HS-II might cause the 0.7- and 3-μm band weakening, and spectral slope and albedo decreasing of spectra. Then, formation of secondary olivine and pyroxene, and FeNi-rich metal grains at HS-IV would be responsible for the 3-μm band depth decreasing, spectral slope and albedo increasing, CF peak shift, and RB changes of chondrite spectra.

We plan to compare other IR reflectance spectra of asteroids, such as those acquired by AKARI [11], to

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

better interpret remotely sensed data of Bennu (NASA’s OSIRIS-REx mission target) and Ryugu. Future NIRS3 observations before/after the Small Carry-on Impactor (SCI) crater experiment and lab analyses of returned samples will reveal additional compositional properties of Ryugu.

References: [1] Hiroi T. et al. (1996) LPSC XXVII, Abstract #551. [2] Yamashita S. et al. (2015) 78th Met. Soc., Abstract #5154. [3] Mogi K. et al. (2017) 80th Met. Soc., Abstract #6225. [4] McBride K. et al. (2003) Antarct. Meteorite Newsl. 26 (1). [5] Cloutis E.A. et al. (2011) Icarus, 216, 309-346. [6] Hiroi, T. et al. (1993) Science, 261, 1016-1018. [7] Sugita et al. (2019) Science, under review. [8] Kitazato et al. (2019) Science, under review. [9] Nakamura, T. (2005) J. Miner. Petrol. Sci., 100, 260-272. [10] Nakato A. et al. (2009) 72nd Met. Soc., Abstract #5336. [11] Usui F. et al. (2018) arXiv:1810.03828.

Acknowledgements: We appreciate support from the National Institute of Polar Research for providing carbonaceous chondrites, the JSPS Japanese-German Graduate Externship for Research on Deep Earth Volatile Cycle, and the JSPS Core-to-Core Program "International Network of Planetary Sciences”.

キーワード：炭素質隕石、C型小惑星、反射スペクトル、TEM分析、はやぶさ２
Keywords: carbonaceous chondrite, C-type asteroid, reflectance spectra, TEM analysis, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Yamato 791198 CMコンドライト中の炭酸塩鉱物粒子内における酸素・炭素同位体比の不均一性と水質変成過程での同位体比の変化
Heterogeneity of oxygen and carbon isotopic compositions within carbonate grains in the Yamato 791198 CM chondrite and evolution of isotope ratios during aqueous alteration

*藤谷 渉[1]、青木 佑斗[1]、牛久保 孝行[2]、橋爪 光[1]
*Wataru Fujiya[1], YUTO AOKI[1], Takayuki Ushikubo[2], Ko Hashizume[1]

1. 茨城大学 理学部、2. 海洋研究開発機構　高知コア研究所
1. Ibaraki University, College of Science, 2. Kochi Institute for Core Sample research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Carbonate minerals are ubiquitous in CM chondrites and formed by aqueous alteration in their parent body [1]. Previous studies have revealed a large variation in C isotope ratios of CM carbonates with $\delta^{13}C$ values ranging from ~20 to ~90 ‰[e.g., 2,3]. However, the reason for this variability has remained poorly understood. Here, we conducted in-situ C- and O-isotope measurements by SIMS along crystal growth within single carbonate grains in Yamato 791198 (CM 2.4) to trace the change in $\delta^{13}C$ values during aqueous alteration.

First, we obtained color CL images of seven calcite ($CaCO_3$) grains with an FE-EPMA. Then, we measured O and C isotope ratios of the calcite grains with the CAMECA ims-1280HR. Typically, the isotope measurements were carried out on three different points for each calcite grain. Finally, we obtained quantitative chemical compositions and elemental maps of Mg, Si, Ca, Mn, and Fe of the calcite grains using the same FE-EPMA as that for the CL images.

All grain analysed exhibit a clear zoning of Mn, Mg, and Fe. The zoning is well correlated with CL images. The heterogeneous distribution of minor elements and CL intensity likely reflects the crystal growth of these grains.

The O isotope ratios of the calcite grains significantly vary with the $\delta^{18}O$ values ranging from ~22 to ~38 ‰. The O isotope ratios plot on a single trend line in an O three-isotope plot with a slope of ~0.61, slightly steeper than the terrestrial fractionation line, reflecting a progressive O-isotope exchange between initially ^{16}O-poor water and ^{16}O-rich rock [4,5]. The $\delta^{18}O$ values also vary within single calcite grains, demonstrating crystal growth from a relatively dark CL core to a red CL periphery.

The $\delta^{13}C$ values of the calcite grains range from 17 to 32 ‰. This range is much smaller than that observed for different carbonate grains or bulk meteorite samples by previous studies. Especially, the $\delta^{13}C$ variations within individual grains are only 4 ‰at most except for one grain. Previous studies have suggested that the observed $\delta^{13}C$ variation was produced by the Rayleigh-type isotopic fractionation by the escape of ^{13}C-poor methane [2], or equilibrium isotopic fractionation reflecting variable formation temperatures of carbonates [3]. However, the small intra-grain $\delta^{13}C$ variations associated with the large $\delta^{18}O$ change observed in this study cannot be explained by such processes. Instead, here we propose that the $\delta^{13}C$ values of dissolved carbon species in aqueous solutions were locally heterogeneous, and did not significantly change during carbonate formation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References: [1] Brearley A. J. (2006) in Meteorites and the Early Solar System II, 587-624. [2] Guo W. and Eiler J. M. (2007) GCA, 71, 5565-5575. [3] Alexander C. M. O’ D. et al. (2015) Meteoritics & Planet. Sci., 50, 810-833. [4] Clayton R. N. and Mayeda T. K. (1984) EPSL, 67, 151-161. [5] Fujiya W. (2018) EPSL, 481, 264-272.

キーワード：炭酸塩鉱物、炭素質コンドライト、酸素同位体、炭素同位体
Keywords: Carbonate mineral, Carbonaceous chondrite, Oxygen isotope, Carbon isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

タギッシュレイク隕石のコンドルールとアイソレートオリビン粒子の酸素同位体比分布

Characteristics of Oxygen isotope ratios of chondrules and isolated olivine grains from Tagish Lake C2 chondrite

*牛久保 孝行[1]、木村 眞[2]
*Takayuki Ushikubo[1], Makoto Kimura[2]

1. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、2. 国立極地研究所
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute for Polar Research

Recent studies on oxygen isotope systematics of chondrules show that chondrules in individual chondrite groups have characteristic distributions in their oxygen isotope ratios and Mg# (molar % of MgO/(MgO+FeO)) [1, 2]. The correlations between Mg# and $D^{17}O$ values (= $d^{17}O_{VSMOW}$ - 0.52 ×$d^{18}O_{VSMOW}$) of chondrules can be explained by mixing of ^{16}O-rich anhydrous dusts and an ^{16}O-poor oxidizing agent (most likely H_2O ice) in chondrule forming regions [3]. Based on similar Mg# - $D^{17}O$ correlations between CR chondrite chondrules and cometary silicate particles from comet Wild 2, it has been proposed that many of cometary silicate particles formed in the outer regions of the asteroid belt [e.g. 4, 5]. The Tagish Lake meteorite (ungrouped C2) is an appropriate sample to investigate the Mg# - $D^{17}O$ systematics of silicate particles formed in the outer regions of the asteroid belt because the Tagish Lake meteorite probably derived from a D-type asteroid [6]. Previous oxygen isotope studies on olivine grains from Tagish Lake and Tagish Lake-like meteorites [e.g. 7] show that their Mg# - $D^{17}O$ systematics are similar to that of CR chondrite chondrules. Here, we report new oxygen isotope data of olivine grains from the Tagish Lake meteorite for better understandings of the Mg# - $D^{17}O$ systematics of silicate particles in the outer regions of the asteroid belt.

Two polished epoxy mounts of the Tagish Lake meteorite, TL-KC-1 (8mm ×5mm) and TL-KC-2 (4mm × 3mm), were prepared for this study. Due to extensive aqueous alteration in the Tagish Lake parent body, phyllosilicates and other secondary phases such as magnetite and carbonates replace primary anhydrous phases. However, remaining olivine grains in chondrules and matrix tend to have sharp grain boundaries and no apparent evidence for the Mg-Fe exchange between olivine grains and matrix was observed. No alteration features were observed in these grains. Forty chondrules and isolated olivine grains (hereafter “ferromagnesian inclusions”) were selected for oxygen isotope measurements (34 type I [Mg#>= 90] and 6 type II [Mg#<90]). Oxygen isotope ratios of olivine grains were measured with an ion microprobe, CAMECA IMS 1280-HR at Kochi Institute. A 20 kV accelerated Cs^+ primary beam (~30 pA, ~3 um in diameter) was used. The analytical conditions were similar to those in [1].

Oxygen three-isotope ratios of ferromagnesian inclusions from Tagish Lake are distributed along the PCM (primitive chondrule minerals) line [1]. Most type I ferromagnesian inclusions are relatively ^{16}O-rich ($D^{17}O$ = -7.4 to -3.9‰) and type II ferromagnesian inclusions are relatively ^{16}O-poor ($D^{17}O$ >= -3‰). Of six type II ferromagnesian inclusions, two inclusions have $D^{17}O$ ~ 0‰, which are recognized in in Tagish Lake-like meteorites, CR chondrites, and cometary silicate particles, but are almost absent in other carbonaceous chondrites [e.g., 2-5, 7]. The present results are further evidence for the link between ferromagnesian inclusions accumulated into asteroids in the outer regions of the asteroid belt (possibly D-type asteroids) and silicate particles accumulated into cometary nuclei in the Kuiper belt. As discussed in [4, 5, 8], type II silicates are common in cometary silicate particles, which is distinct from ferromagnesian inclusions in Tagish Lake(-like) meteorites and CR chondrites. Most cometary silicate particles formed in H_2O ice

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

enriched oxidizing regions. Such regions were probably farther than where typical ^{16}O-rich type I chondrules of carbonaceous chondrites formed.

References:
[1] Ushikubo T. et al. (2012) GCA, 90, 242-240
[2] Tenner T. J. et al. (2018) Chapter 8 in Chondrules (Cambridge Univ. press)
[3] Tenner T. J. et al. (2015) GCA, 148, 228-250
[4] Nakashima D. et al. (2012) EPSL, 357-358, 355-365
[5] Defouilloy C. et al. (2017) EPSL, 465, 145-154
[6] Hiroi T. (2001) Science, 293, 2234-2236
[7] Yamanobe M. et al. (2018) Polar Sci., 15, 29-38
[8] Frank D. R. et al. (2014) GCA, 142, 240-259

キーワード：タギッシュレイク隕石、コンドルール、酸素同位体、二次イオン質量分析計
Keywords: Tagish Lake meteorite, Chondrule, Oxygen isotope, SIMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Isheyevo隕石中の非常に^{16}Oに富むCAI
Extreme ^{16}O-rich CAIs in Isheyevo chondrite

*坂本 直哉[1]、川崎 教行[2]
*Naoya Sakamoto[1], Noriyuki Kawasaki[2]

1. 北海道大学創成研究機構、2. 北海道大学自然史科学専攻
1. Creative Research Institution, Hokkaido University, 2. Natural History Sciences, Hokkaido University

Oxygen in the solar system is believed to be formed by mixing of ^{16}O-rich and ^{16}O-poor reservoirs [e.g. 1 and references therein]. The ^{16}O-poor end member ($\Delta^{17}O$ = +85‰) was found from magnetite in cosmic symplectite and infers that the ^{16}O-poor reservor is H_2O [2]. Nevertheless candidates of ^{16}O-rich end member were reported from one chondrule named a006 ($\Delta^{17}O$ = -37‰) [3], 4 Ca-Al-rich inclusions (CAIs) ($\Delta^{17}O$ = -37 to -32‰) [4,5] and the Sun ($\Delta^{17}O$ = -28‰) [6] relative to other CAIs ($\Delta^{17}O$ = -23‰) [e.g. 7], characteristics of the reservoir are unclear because of the diversity of few samples. In this study, we surveyed extreme ^{16}O-rich CAIs in Isheyevo chondrites to investigate the ^{16}O-rich end menber.

Thirteenthick sections of Isheyevo chondrite were newly prepared. X-ray elemental maps were obtaind for whole sections by FE-SEM-EDS. Al-rich inclusions on the sections were picked up as many as possible for isotope analysis in order to prevent biased sample selection. Oxygen isotope analysis for the inclusions were performed by SIMS.

Oxygen isotopic compositions of 263 CAIs were measured and 4 extreme ^{16}O-rich CAIs were found. Two CAIs are composed of grossite core rimmed by spinel, melilite and Ti-rich diopside layer and others lack diopside and/or melilite. While the heterogeneous composition of grossite ($\Delta^{17}O$ = -36 to -32‰) would be affected by altered feature of grossite, the spinel grains have uniform ^{16}O-rich compsition ($\Delta^{17}O$ = -37‰). If we draw a line in 3 oxygen isotope diagram with the extreme ^{16}O-rich spinel and spinel in chondules near the CAI, the slope is in good agreement with a slope of olivine in a006 chondrule and porphiritic olivine chondrule infer that the oxygen isotopic composition of the spinel grains maintain the signature of an^{16}O-rich end member of the Solar System.

References:[1] Yurimoto *et al.* (2008)*Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 68, 141–186. [2] Sakamoto *et al.* (2007) *Science*317, 231-233. [3] Kobayashi *et al.* (2003) *Geochemical J.* 37, 663–669. [4] Gounell *et al.* (2009) *ApJ*698, L18-L22.[5] Krot *et al.* (2017) *GCA* 201, 185-223. [6] McKeegan *et al.* (2011) *Science*332, 1528-1532. [7] Kawasaki *et al.* (2018) *GCA* 221, 318-341.

キーワード：酸素同位体、Isheyevo隕石、CAI、SIMS
Keywords: Oxygen isotope, Isheyevo chondrite, CAI, SIMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reduced CVコンドライトに含まれる細粒CAIの初生^{26}Al/^{27}Al比の分布
Variations in initial ^{26}Al/^{27}Al ratios among fine-grained CAIs in the reduced CV chondrites

*川崎 教行[1]、パク チャンクン[2]、坂本 直哉[1]、臼本 尚義[1,3]
*Noriyuki Kawasaki[1], Changkun Park[2], Naoya Sakamoto[1], Hisayoshi Yurimoto[1,3]

1. 北海道大学、2. 韓国極地研究所、3. 宇宙科学研究所
1. Hokkaido University, 2. KOPRI, 3. ISAS/JAXA

隕石に含まれるCAI (Ca-Al-rich inclusion)は，太陽系最古の岩石であり [1]，太陽組成の高温ガスから凝縮した鉱物により構成されている [2]。ほとんどのCAIは，娘核種^{26}Mgの過剰として検出可能な量の^{26}Alを，その形成時に含んでいた [3]。^{26}Alは半減期約70万年の短寿命放射性核種であり，^{26}Al–^{26}Mg相対年代系は，初期太陽系の年代学的研究に広く用いられてきた。近年二次イオン質量分析法により，CAIの高精度^{26}Al–^{26}Mg鉱物アイソクロンが取得され始め，個々のCAIそれぞれについて，その形成時の初生^{26}Al/^{27}Al比が明らかになってきた [e.g., 4–9]。CVコンドライトに含まれるCAIは，fluffy Type A CAIや細粒CAIといった，ガスからの高温凝縮物とされる「凝縮物CAI」と，太陽系円盤内で溶融・再固化を経験したとされる「火成CAI」とに大別できる。これまでに，火成CAIと，凝縮物CAIのうちfluffy Type A CAIは，それぞれが，少なくとも約5.2 ×10^{-5}から4.2 ×10^{-5}の初生^{26}Al/^{27}Al比の広がりをもつことがわかっている [5, 6, 9]。しかし，凝縮物CAIのうち，細粒CAIの高精度^{26}Al–^{26}Mg鉱物アイソクロンの測定例は，まだ1例のみ [4]で，その初生^{26}Al/^{27}Al比は約5.2 ×10^{-5}である。本研究は，「凝縮物CAI」と「火成CAI」の初生^{26}Al/^{27}Al比の分布を，より系統的に比較するために，reduced CVコンドライトであるエフレモフカ，ヴィガラノ，TIL 07007隕石に含まれる，5つの細粒CAIの高精度^{26}Al–^{26}Mg鉱物アイソクロンデータを，二次イオン質量分析計 (CAMECA ims-1280HR，北海道大学設置)を用いて新たに取得した。

新たに得られた5つの細粒CAIの^{26}Al–^{26}Mg鉱物アイソクロンはそれぞれ，(5.19 ±0.17) ×10^{-5}，(5.00 ±0.17) ×10^{-5}，(4.53 ±0.18) ×10^{-5}，(4.43 ±0.31) ×10^{-5}，(3.35 ±0.21) ×10^{-5}の初生^{26}Al/^{27}Al比を示した。2つの細粒CAIの初生^{26}Al/^{27}Al比は，上述の細粒CAIの文献値 [4]およびCVコンドライト中のCAIの全岩アイソクロンから求められたカノニカル^{26}Al/^{27}Al比 (約5.2 ×10^{-5}) [10, 11]とほぼ同一であった。一方，他3つの細粒CAIの初生^{26}Al/^{27}Al比は，5.2 ×10^{-5}よりも明らかに小さい。本研究により得られた細粒CAIの初生^{26}Al/^{27}Al比は，(5.19 ±0.17) ×10^{-5}から (3.35 ±0.21) ×10^{-5}の広がりを示し，44 ±7万年の形成年代幅に相当する。これは，火成CAIについて知られている，初生^{26}Al/^{27}Al比の約5.2 ×10^{-5}から4.2 ×10^{-5}という広がり（約20万年の形成年代幅に相当）[5, 6]よりも大きい。

これまで，CVコンドライト中のCAIの全岩Al–Mg同位体データが，一つのアイソクロンライン上にきれいにプロットされていることから，(1) CVコンドライト中のCAIの形成領域において^{26}Alが均一に分布していた，さらに，(2) CAIダストの高温凝縮プロセスは，太陽系形成最初期の約2万年以内に完了していた，とされていた [10, 11]。しかし，本研究により得られた細粒CAIの初生^{26}Al/^{27}Al比の広がりは，^{26}Alが均一に分布していた場合には，太陽系星雲ガスからの細粒CAIの高温凝縮プロセスが，太陽系形成最初期の少なくとも約40万年間続いていたことを示す。もしくは，初期太陽系のCAI形成領域において，少なくとも約3.4 ×10^{-5}から5.2 ×10^{-5}の^{26}Al/^{27}Al比の幅に相当する，^{26}Al分布の不均一があったのかもしれない。

[1] Connelly et al. (2012) *Science* 338, 651–655. [2] Grossman (1972) *GCA* 86, 597–619. [3] MacPherson et al. (1995) *Meteoritics* 30, 365–386. [4] MacPherson et al. (2010) *ApJL* 711, L117–L121. [5] MacPherson et al. (2012) *EPSL* 331–332, 43–54. [6] MacPherson et al. (2017) *GCA* 201, 65–82. [7] Kawasaki et al. (2017) *GCA* 201, 83–102. [8] Kawasaki et al. (2018) *GCA* 221, 318–341. [9] Kawasaki et al. (2019) *EPSL* 511, 25–35. [10] Jacobsen et al. (2008) *EPSL* 272, 353–364. [11] Larsen et al. (2011) *ApJL* 735, L37–L43.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

部分溶融プロセスを示すcompact type A CAIsの岩石組織学的研究
Petrographic study of compact type A CAIs with partial melting process

*鈴村 明政[1]、瀬戸 雄介[2]、伊藤 正一[1]
*Akimasa Suzumura[1], Yusuke Seto[2], Shoichi Itoh[1]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 神戸大学理学研究科
1. Graduate school of Science, Kyoto University, 2. Graduate school of Science, Kobe University

隕石に含まれる難揮発性包有物 (Ca-Al-rich inclusions (CAIs))は太陽系最古の物質であり (Connelly et al., 2012)、粗粒CAIsは岩石学的特徴によりtype A, type B,およびtype Cに分類される (e.g., Grossman 1975)。CAIsの中でもCompact Type A CAIs (CTAs)は太陽系最初期に形成され、少なくとも一度は部分溶融を経験していると考えられている (e.g., Simon et al., 1999)。部分溶融の指標は、CAIs全体の形成を議論するために必要である。Yurimoto et al. (1998) では、Compact Type A CAIs中の構成鉱物間の酸素同位体組成不均一と化学組成ゾーニングから部分溶融を説明した。しかしながら、部分溶融に伴う結晶成長の観点からCTAs全体の形成過程を議論している研究は限られている (Ito et al., 2004, Park et al., 2012, Kawasaki et al., 2017)。

一般的に、CTAs中のスピネルはメリライトまたはファサイト中に普遍的に囲まれており、CAIメルトから最初に結晶化した鉱物であると推定されている（Stolper, 1982）。すなわち、CTAs中のスピネルは、部分溶融プロセスのような熱履歴の貴重な情報を保存していることが期待される。したがって、本研究では、CTAs中のスピネルの岩石学的および鉱物学的特徴に注目した。研究対象のCTA（KU-N）は、North West Africa 7865 reduced CV3炭素質コンドライト薄片に含まれてる。Yoneyama et al.(2016)は同様のCTAを研究し、複数回の部分溶融を経験したと結論づけた。部分溶融に伴う結晶成長を評価する為に、偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡 (SEM)及び電子線後方散乱回折分析法(EBSD)を用いて部分溶融（局所組成ゾーニング、粒子形状および結晶方位の関係）に起因する微細組織に焦点を当てたCTA（KU-N-02）の岩石学的及び鉱物学的研究を行った。

KU-N-02 CTAでは、スピネル結晶はメリライトまたはファサイトに囲まれている。前者(最大約50μmまでの大きさ)は全体的に自形であるが縁は丸みを帯びており、後者(約10～100μmの大きさ)は鋭い縁を有する自形結晶でる。両方の種類のスピネル粒子の表面上に、数μmのサイズの小さなペロブスカイト粒子が偏在して存在する。

KU-N-02 CAIs内部において、スピネルを含む単結晶のメリライトが特徴的な組成ゾーニングを示した。単結晶メリライトは全体的に、コアがAlに富みリムがMgに富むノーマルゾーニングを示す。しかし、メリライト単結晶中のスピネル表面近傍の幅約10 μmの領域が、周りよりも比較的にMg-richな組成を 示した。また、EBSD測定により組成の異なるメリライトの結晶方位は一致していた。すなわち、スピネル近傍のMgに富むメリライトは、その周りのAlに富むメリライト結晶が結晶化した後に結晶化したと考えられる。単純な冷却によってこのような組織の形成を説明するのは難しい。

これらの結果より、この組織はスピネルとメリライトの境界領域が何らかの加熱過程により高温で共融し、さらにその後急冷中にMg/Al含有量がメリライトとスピネルに再分配されたことを示唆している。つまり、この部分溶融はおそらくメリライトに囲まれたスピネルの特徴的な形状およびメリライトの局所組成ゾーニングをもたらした。

本発表では、これらのスピネル-メリライト-ファッサイト-ペロブスカイト結晶の形状・方位関係・化学組成

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

の関係に注目し、部分溶融に伴う結晶成長を評価することでKU-N CTAsの形成過程を議論する。

キーワード：Compact Type A CAIs、部分溶融、岩石組織学
Keywords: Compact Type A CAIs, partial melting, petrographic study

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-OS13] 沿岸域の海洋循環と物質循環

コンビーナ:田中 潔(東京大学)、森本 昭彦(愛媛大学)、速水 祐一(佐賀大学)、一見 和彦(香川大学瀬戸内圏研究センター)、座長:田中 潔、森本 昭彦

沿岸域は生物多様性に富み生物生産の極めて高い海域である。一方、人間活動の場と近いため富栄養化、赤潮、貧酸素水塊など様々な環境問題を抱えている。このような沿岸域での物質循環や様々な現象を理解し、持続的に沿岸域の環境を維持するためには、個々の分野による研究だけでなく学際的な研究による総合的な理解が必要となる。本セッ
ションでは、沿岸海洋学に関わる様々な学術分野の研究者が集って、沿岸域における海洋循環や海洋物質循環さらにはそれらの変化に伴う海洋生物の応答動態など幅広く学際的に議論するとともに、分野間での知見の共有化を図る。調査研究対象とする海域や手法は限定せず、幅広い内容の発表を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[AOS13-01] 日本沿岸海況監視予測システムを利用した湾スケール・モデルの機動的開発

*坂本 圭[1]、中野 英之[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、辻野 博之[1]、山中 吾郎[1] (1.気象庁気象研究所)

11:00 ~ 11:15

[AOS13-02] 駿河湾フェリーに搭載したADCPで観測された湾奥の平均流 その2

*勝間田 高明[1,4]、仁木 将人[2]、田中 昭彦[1]、丹 佑之[1,3]、高嶋 恭子[2]、杉本 隆成 (1.東海大学　清水教養教育センター、2.東海大学 海洋学部、3.一般社団法人無人機研究開発機構、4.特定非営利活動法人 海洋環境保全協会 開発研究部)

11:15 ~ 11:30

[AOS13-03] やませに励起される陸奥湾の底入り潮と関連する海況変化について

*藤嵜 里美[1]、磯辺 篤彦[1]、扇田 いずみ[2]、髙坂 祐樹[2] (1.九州大学、2.青森県水産総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[AOS13-04] 豊後水道の底入り潮の発生過程

*前谷 佳奈[1]、森本 昭彦[2]、郭 新宇[2]、美山 透[3] (1.愛媛大学大学院理工学研究科、2.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、3.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[AOS13-05] 豊後水道の底入り潮の発生特性

*森本 昭彦[1]、藤田 修哉[1]、武岡 英隆[1]、郭 新宇[1] (1.愛媛大学)

12:00 ~ 12:15

[AOS13-06] Role of Kuroshio Current in fish resource variability off southwest Japan

*森岡 優志[1]、Sergey Varlamov[1]、宮澤 泰正[1] (1.海洋研究開発機構)

日本沿岸海況監視予測システムを利用した湾スケール・モデルの機動的開発

On-demand development of bay-scale models using the Japanese Coastal Ocean Monitoring and Forecasting System

*坂本 圭[1]、中野 英之[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、辻野 博之[1]、山中 吾郎[1]
*Kei Sakamoto[1], Hideyuki Nakano[1], Shogo Urakawa[1], Takahiro Toyoda[1], Hiroyuki Tsujino[1], Goro Yamanaka[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

我々は、水平解像度約2kmの海洋モデルと四次元変分法のデータ同化システムを基盤に用いて、日本沿岸全域の海洋変動を再現する「日本沿岸海況監視予測システム」(以下JPNシステム)を開発した。本システムは気象庁によって現業運用され、様々な沿岸海洋業務のプラットフォームとして利用される予定である。(システム詳細についてはOcean Dynamicsに投稿した Sakamoto et al. (2019)とHirose et al. (2019)を参照せよ。) しかし、約2kmのモデル解像度は、外洋に接する陸棚域や瀬戸内海といった比較的大きい内海のための最低限の解像度であり、社会とより密接にかかわる内湾や内海、海峡といった湾スケールの海域を対象とした情報提供はこれからの課題となっている。この課題解決に向けては、数百mの解像度で日本沿岸全域を覆うモデルも計画されているが、現在の通常の計算機ではその膨大な計算を実行できない。その点から、JPNシステムからネストした、高解像度・小領域の湾スケール・モデル群を沿岸域に配置するのが現実的と考えられるが、その場合は多数のモデルの管理コストが懸念される。そこで我々は、沿岸海況監視の将来的な拡張に向けて、必要なときに必要な領域の湾スケール・モデルを機動的に立ち上げるアプローチを検討している。その実現への第一歩として、湾スケール・モデルをすばやく構築できるパッケージの開発に着手した。現在、パッケージは主に3つの要素から成り立っている。一つ目は、我々が開発している数値モデル MRI.COM である。オフライン・ネスティング機能に加えて、海氷、潮汐や気圧応答など日本沿岸で重要となる力学要素の導入が可能である。二つ目は、「MRI.COM実験環境」として開発してきたモデルの前処理・解析ツール群である。これを利用することで、モデル実行に必要な地形データ等を比較的容易に作ることができる。三つ目は、JPNシステムによる日本沿岸海洋の解析データである。作成した湾モデルの初期値と側面境界条件にこのデータを利用することで、2008年以降であればいつからでも実験を始めることができる。これまでに実際に本パッケージを用いて、解像度100mの長崎湾モデルと、200mの大阪湾モデルを作成した。長崎湾モデルでは「あびき」と呼ばれる副振動現象を、大阪湾モデルでは2018年9月の台風21号による高潮を対象に、再現実験を試みている。発表ではそれらの結果も示す予定である。

キーワード：沿岸モデル、現業モデル、日本沿岸海洋、ネスティング、モデル開発
Keywords: coastal model, operational model, Japanese coastal seas, nesting, model development

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

駿河湾フェリーに搭載したADCPで観測された湾奥の平均流 その2
Long term measurement of the current at the bay head in the Suruga Bay, Japan. part 2

*勝間田 高明[1,4]、仁木 将人[2]、田中 昭彦[1]、丹 佑之[1,3]、高嶋 恭子[2]、杉本 隆成
*Takaaki Katsumata[1,4], Masato Niki[2], Akihiko Tanaka[1], Hiroyuki Tan[1,3], Kyoko Takashima[2], Takashige Sugimoto

1. 東海大学　清水教養教育センター、2. 東海大学 海洋学部、3. 一般社団法人無人機研究開発機構、4. 特定非営利活動法人 海洋環境保全協会 開発研究部
1. Liberal Arts Education Center, Shimizu Campus, Tokai University., 2. School of Marine Science and Technology, Tokai University, 3. Japan Unmanned Vehicle exploration Agency, 4. NPO, the association for the environmental conservation of the ocean

本州南岸の黒潮沿岸域にある開放性海湾である駿河湾には，湾奥寄りの湾央を横断する駿河湾フェリー（株式会社エスパルスドリームフェリー）が定期就航している．フェリーは清水港と土肥港を1日4往復している。湾奥での物質循環や流動場を知る目的でフェリーにADCPを搭載したのは，2008年であり途中欠測もあるが既に10年近いデータの蓄積ができた．流動の観測データは鉛直方向に4m間隔で船底下約8m深からおおよそ100m層付近までを連続的に取得し、約10年の平均流，各年平均流，1ヶ月平均流を算出し，過去の研究報告との比較を行った．本報告では過去の研究と同様な反時計回りの循環流を観測するとともにその鉛直構造がすくなくとも100mの厚みを持つことが判明した．さらに反時計回りの循環流は季節内変動を持っていた．また黒潮の典型的大蛇行と非大蛇行による違いにも注目した。

キーワード：フェリーADCP、駿河湾、黒潮大蛇行
Keywords: Ferry mount ADCP, Suruga Bay, typical large meander path of Kuroshio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

やませに励起される陸奥湾の底入り潮と関連する海況変化について
Bottom-water intrusion and subsequent water exchange induced by Yamase around Mutsu Bay

*藤嵜 里美[1]、磯辺 篤彦[1]、扇田 いずみ[2]、髙坂 祐樹[2]
*Satomi Fujisaki[1], Atsuhiko Isobe[1], Izumi Ogida[2], Yuki Kosaka[2]

1. 九州大学、2. 青森県水産総合研究所
1. Kyushu university, 2. Aomori Prefectural Fisheries Research Institute

豊後水道では、急潮と付随して黒潮中層から陸棚上に向けて冷水が流入する底入り潮の発生が知られている（Takeoka et al., 2000）。豊後水道の底入り潮は、黒潮が九州東岸から豊後水道にかけて接岸して流れているとき発生する（Kaneda et al., 2002）。本研究では、陸奥湾口に設置したブイの水温観測データを解析し、6月-9月の夏季に底層水温が約3℃以上変動することを見出した。ただ、豊後水道とは違って、津軽海峡に面した陸奥湾沖には、津軽暖流が流れているものの、底入り潮をもたらす黒潮のような強盛な海流は存在しない。ここでは、陸奥湾の底入り潮が夏季にのみ発生しているため、同時期にオホーツク海高気圧から吹き出す冷たく湿った東寄りの風である「やませ」との関連に着目し、陸奥湾の水温・流速・風速データの解析を行った。

海況自動観測システム（平舘・青森・東湾：以降、ブイシステム）と試験船・「なつどまり」での各月海洋観測を実施した。ブイシステムは水深1ｍ、15m、30ｍ、底層の水温・流速ベクトル・塩分等を1時間ごとに観測している。本研究では、陸奥湾内における2008年-2017年の水温・流速データ（ブイシステム）と1981年-2016年水温データ（各月海洋観測）、津軽海峡における日本海洋データセンター（J-DOSS）の1981年-2010年水温データと北海道立総合研究機構（道総研）中央水産試験場が観測した2008年-2017年の8月の水温偏差を用いた。風速・風向は、地形の影響を受けにくい観測地点・大間の1981年-2017年の気象庁観測データを用いた。
平舘・青森・東湾のブイシステムデータから長周期（5-14日）のデータを作成し、長周期の水温変動と大間の東西風との相関解析を行った。また、日平均風速が東風2m/sより大きい日を「東風（やませ）期」とし、日平均風速が西風2m/sより大きい日を「西風期」とし、それぞれにおける津軽海峡と陸奥湾の鉛直断面水温分布図を作成した。2008年-2017年の各年6月-9月の大間の東風積算値と青森・東湾の底層平均水温を求め、東風積算値の低い年順の底層平均水温の相関係数を求めた。その際、津軽暖流系水の低水温化が見られた2011年は除いた。

湾口に位置する平舘ブイシステムと湾奥西部に位置する青森ブイシステムの底層水温時系列には、10日前後の時間変化が顕著であり、底層水温変化は湾口から湾奥西部で確認される現象であった。ローパス底層水温データと風速データの相関係数は、平舘で最大0.68（99-% t検定で有意）、青森で最大0.75（99-% t検定で有意）となり、底層水温変動は風で駆動されることが示唆された。また、コンポジット水温分布から「東風（やませ）期」には、津軽海峡から陸奥湾底層に10℃以下の冷水塊がドーム状に盛り上がる状況が確認でき、やませが励起する底入り潮の発生をうかがわせた。
東風積算値の低い年順の底層平均水温の相関係数は0.65（90-% t検定で有意）となり、やませが吹き続けると湾内底層水温が低下し、底入り潮が発生し難くなることが予測された。

キーワード：底入り潮、陸奥湾、やませ
Keywords: Bottom-water intrusion, Mutsu Bay, Yamase

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道の底入り潮の発生過程
The Generation Process of the Bottom Intrusion in the Bungo Channel

*前谷 佳奈[1]、森本 昭彦[2]、郭 新宇[2]、美山 透[3]
*Kana Maetani[1], Akihiko Morimoto[2], Xinyu Guo[2], Toru Miyama[3]

1. 愛媛大学大学院理工学研究科、2. 愛媛大学沿岸環境科学研究センター、3. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

はじめに

豊後水道は九州と四国の間に位置する瀬戸内海と太平洋を結ぶ海域であり、太平洋に面しているためその海洋環境は外洋の擾乱の影響を強く受ける。中でも外洋起源の冷水が水道の底層に進入する「底入り潮」と呼ばれる現象が発生することが知られている（Kaneda *et al.,* 2002）。底入り潮は底層で起こるため観測が難しく、その発生メカニズムや冷水の進入過程はこれまで明らかになっていない。近年、高解像度・高精度化した数値モデル中においても底入り潮は発生しており、このモデル中の底入り潮を解析することにより、観測では難しい底入り潮の3次元的な構造の把握ができる可能性がある。しかしながら、モデル中の底入り潮が現実と同じ力学的メカニズムで発生している保証は無い。本研究では2016年に愛媛大学が係留した流速計と水温･塩分計から得られた観測データとモデル結果を比較し、豊後水道中央部底層における北向きの流速増加と水温低下が再現されたモデル中の底入り潮を解析に使用し、発生過程のケーススタディーを行うことを目的とする。

使用データ

豊後水道中央部において2016年7月6日~10月17日に係留したADCP（超音波多層流速計）と水温･塩分計により測定された観測データと、海洋開発研究機構（JAMSTEC）が開発した数値モデルJCOPE-T-NEDOの流速･水温･塩分･水位の出力を使用した。

結果・考察

2016年8月14日と9月10日に豊後水道で観測された水温が最低となった2例の底入り潮を解析した。解析の結果、この2例の底入り潮は、北緯32.72°，東経132.45°の陸棚斜面上の水深80m付近に冷水が供給され、冷水が豊後水道沖に分布していた反時計回りの流れにより200m等深線を横切って陸棚上へと持ち上げられた。その結果、豊後水道内の比較的密度の軽い水塊との間に密度差が生じ、低温な水塊が北東向きの密度流となり豊後水道内に進入したと考えられる。

また、観測データから豊後水道中央部では、底層に限らず中層においても北向きの流れが強化される場合もあることが分かった。この中層の流れが強化されたときも豊後水道南西部では北東流が発達していたが、豊後水道中央部の水温は低下しないこともあった。水温が低下しなかったのは、中層の流れにより進入した水塊は、底入り潮で進入した水塊よりも浅い場所より供給されたためと考えられる。しかし中層で流速が強化された原因は特定されておらず、今後底入り潮と合わせて解析を進めることが望まれる。

キーワード：底入り潮、豊後水道、大陸棚
Keywords: Bottom Intrusion, Bungo Channel, continental shelf

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道の底入り潮の発生特性
Characteristics of bottom intrusion in the Bungo Channel

*森本 昭彦[1]、藤田 修哉[1]、武岡 英隆[1]、郭 新宇[1]
*Akihiko Morimoto[1], Shuya Fujita[1], Hidetaka Takeoka[1], Xinyu Guo[1]

1. 愛媛大学
1. Ehime University

九州と四国の間に位置し太平洋に面している豊後水道では、初夏から晩秋にかけて底層に低温で高栄養な水塊が陸棚斜面域から間欠的に進入する底入り潮と呼ばれる現象が起こる。Kaneda et al. (2002)によると、底入り潮は夏季の小潮期を中心に約15cm/sの流れを伴って発生すると報告されている。しかしながら、2016年に豊後水道中央部の海底上で測定された流速と水温のデータを使い11回の底入り潮について解析したところ、底入り潮に伴う流速は過去の研究と同程度であったが、発生時期は必ずしも小潮期でないことが示された。Kaneda et al. (2002)は1995年～1997年のデータを、我々は2016年のデータを使って解析を行っており、使用データの違いがこのような結果になった可能性がある。そこで、本研究では、長期間の水温データを使い底入り潮の発生の特徴を再検討し、底入り潮がどのような現象なのか理解を深めることを目的とする。

Kaneda et al. (2002)が解析対象とした内海では、1995年から現在まで多層の水温が継続的に観測されている。また、内海以外の5測点（北から法華津、遊子、下波、福浦、沖の島）においても、愛媛大学により2008年より多層の水温が継続して観測されている。本研究では、各多層水温観測点での最深層の水温データを解析に使用する。ここで底入り潮の発生期間は、30時間以上連続で水温が低下し、その低下量が0.5℃より大きい場合を底入り潮が発生したと判断し、その後最低水温となる時までと定義した。

内海の1997年～2011年までの水深60mの水温データから底入り潮の発生時期を抽出し、発生時期と月齢との関係を調べたところすべての月齢で同程度の発生頻度となっており、底入り潮の発生が月齢に依存していないという結果となった。同様に、法華津、下波、福浦、沖の島においても、底入り潮の発生と月齢の間に明瞭な関係は見られなかった。ただし、遊子においてだけ小潮期に底入り潮の発生頻度が高いという結果となった。底入り潮に伴う水温低下量は、内海の場合0.5℃～7℃とそれぞれの底入り潮で大きく変わる。このような底入り潮の強度（水温変化量）により、月齢との関係が変わる可能性があると考え、水温低下量が2℃以下と以上のケースにわけて月齢との関係を調べた。どちらのケースにおいても底入り潮の発生と月齢の間には関係が認められなかった。年毎のデータにより内海での底入り潮と月齢の関係を調べたが、1997年～2011年のすべての年において小潮期に発生するという特徴は認められなかった。

上記の解析結果から、豊後水道の底入り潮は大潮、小潮に関係なく発生していることが分かった。ただし、遊子においてだけ、底入り潮の発生と月齢の間に関係がみられた。これは、遊子の西側に半島や島が存在するため潮流による鉛直混合が大きく、豊後水道内に進入した低温水が小潮期の鉛直混合が弱い時期にだけその海域を通過し進入できるためと考えられる。Kaneda et al. (2002)が使用した1995～1996年の内海のデータを調べると、たしかに底入り潮は小潮期に発生する傾向を示していた。したがって、1995～2011年の17年間で小潮期に底入り潮が発生していたのはこの2年間だけであった。講演時には、なぜこの2年だけ小潮期に底入り潮が発生したのかについて考察した結果を報告する。

キーワード：底入り潮、豊後水道
Keywords: Bottom Intrusion, Bungo Channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Role of Kuroshio Current in fish resource variability off southwest Japan

*森岡 優志[1]、Sergey Varlamov[1]、宮澤 泰正[1]
*Yushi Morioka[1], Sergey Varlamov[1], Yasumasa Miyazawa[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Western boundary currents in the subtropics play a pivotal role in transporting warm water from the tropics that contribute to development of highly diverse marine ecosystem in the coastal regions. As one of the western boundary currents in the North Pacific, the Kuroshio Current (hereafter the Kuroshio) exerts great influences on biological resource variability off southwest Japan, but few studies have examined physical processes that attribute the coastal fish resource variability to the basin-scale Kuroshio variability. Using the high-quality fish catch data and high-resolution ocean reanalysis results, this study identifies statistical links of interannual fish resource variability off Sukumo Bay, Shikoku island of Japan, to subsurface ocean temperature variability in the Kuroshio. The subsurface ocean temperature variability off the south of Sukumo Bay exhibits vertically coherent structure with sea-surface height variability, which originates from the westward-propagating oceanic Rossby waves generated through surface wind anomalies in the Northwest Pacific. Although potential sources of the atmospheric variability remain unclarified, the remotely-induced oceanic Rossby waves contribute to fish resource variability off Sukumo Bay. These findings have potential applications to other coastal regions along the western boundary currents in the subtropics where the westward-propagating oceanic Rossby waves contribute to the coastal ocean temperature variability.

キーワード：黒潮、漁獲量変動、宿毛湾
Keywords: Kuroshio, Fish catch variability, Sukumo Bay

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-OS13] 沿岸域の海洋循環と物質循環

コンビーナ:田中 潔(東京大学)、森本 昭彦(愛媛大学)、速水 祐一(佐賀大学)、一見 和彦(香川大学瀬戸内圏研究センター)、座長:森本 昭彦、速水 祐一

沿岸域は生物多様性に富み生物生産の極めて高い海域である。一方、人間活動の場と近いため富栄養化、赤潮、貧酸素水塊など様々な環境問題を抱えている。このような沿岸域での物質循環や様々な現象を理解し、持続的に沿岸域の環境を維持するためには、個々の分野による研究だけでなく学際的な研究による総合的な理解が必要となる。本セッ
ションでは、沿岸海洋学に関わる様々な学術分野の研究者が集って、沿岸域における海洋循環や海洋物質循環さらにはそれらの変化に伴う海洋生物の応答動態など幅広く学際的に議論するとともに、分野間での知見の共有化を図る。調査研究対象とする海域や手法は限定せず、幅広い内容の発表を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[AOS13-07] 有明海奥部の貧酸素水塊の変動－酸素消費の主体は何か－

*速水 祐一[1]、藤井 直紀[1]、髙巣 裕之[2]、梅澤 有[3]、和田 実[2] (1.佐賀大学、2.長崎大学、3.東京農工大学)

14:00 ~ 14:15

[AOS13-08] ノリ養殖による光環境の変化が植物プランクトン動態へ及ぼす影響

*南浦 修也[1]、山口 創一[1] (1.九州大学)

14:15 ~ 14:30

[AOS13-09] **Enhanced West Philippine Sea intrusion diminishes hypoxia conditions in the Pearl River estuary**

*Hon-Kit Lui[1,2]、Chen-Tung Arthur Chen[1]、Wei-Ping Hou[2]、Jian-Ming Liau[2] (1.Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University、2.Taiwan Ocean Research Institute, National Applied Research Laboratories)

14:30 ~ 14:45

[AOS13-10] North Pacific seawater radiocarbon recorded in abalone shells obtained from Otsuchi Bay, Japan

*太田 耕輔[1]、横山 祐典[1,2]、宮入 陽介[2]、早川 淳[2]、佐藤 菜央美[2]、福田 秀樹[2]、田中 潔[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大気海洋研究所)

14:45 ~ 15:00

[AOS13-11] 常磐沖における河川流出に起源をもつ放射性セシウムの拡散

*田中 潔[1]、長尾 誠也[2]、北出 裕二郎[3]、仁木 将人[4]、勝間田 高明[4]、美山 透[5] (1.東京大学、2.金沢大学、3.東京海洋大学、4.東海大学、5.海洋研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

[AOS13-12] 九州の河川海洋一体型モデル開発

*堤 隆浩[1]、木田 新一郎[2]、黒木 龍介[3]、山敷 庸亮[3] (1.九州大学　大学院　総合理工学府、2.九州大学　応用力学研究所、3.京都大学　大学院　総合生存学館)

有明海奥部の貧酸素水塊の変動ー酸素消費の主体は何かー
Variation in hypoxic water mass in Ariake Sea -what consumed the dissolved oxygen?-

*速水 祐一[1]、藤井 直紀[1]、髙巣 裕之[2]、梅澤 有[3]、和田 実[2]
*Yuichi Hayami[1], Naoki Fujii[1], Hiroyuki Takasu[2], Yu Umezawa[3], Minoru Wada[2]

1. 佐賀大学、2. 長崎大学、3. 東京農工大学
1. Saga University, 2. Nagasaki University, 3. Tokyo University of Agriculture and Technology

夏季の有明海奥部では、上層流出・下層流入のエスチュアリー循環が卓越し、その結果底層の懸濁物質は湾奥向きに輸送され、集積する。同時に、小潮時には成層が強まって貧酸素水塊が発達し、大潮時には鉛直混合して貧酸素化が弱まるというサイクルを繰り返す。このような貧酸素化は成層強化による酸素の鉛直輸送の減少のみによって生じるのか、酸素消費量の変動も影響するのかは、これまでの研究では分かっていない。特に、透明度が低く、有光層よりも深い層に有機物が物理的に集積してくる有明海奥部底層では、酸素消費に密接に関係する微生物群集の活動が活発だと予想される。そこで本研究では、貧酸素に関わる生態系・物質輸送の動態を調べるため、2008年夏季の有明海奥部において、係留系によって水温・塩分・流速・溶存酸素・濁度等の連続観測を行うと共に、１大潮小潮周期の間に6回の船舶観測を行った。船舶観測では物理観測に加えて微小従属栄養生物調査、懸濁態安定同位体比の調査を行った。また、底上1mの海水を採取して酸素消費実験をおこなった。

係留観測開始後、7月29日に台風が有明海を直撃したため、主要な係留系を撤収した。8月14日にも九州に台風が上陸し、風が強まった。7月30日に表層の、8月1日に底層の係留系を再設置してから、有明海奥部を縦断する測線に沿って8月1日、5日、８日、１２日と1大潮小潮周期をカバーした船舶調査を干潮時に行った。8月5日が小潮、8月11日が大潮である。測点３における係留観測の結果からは、大潮と台風にともなった強風による鉛直混合が重なったため、水柱は良く鉛直混合し、8月1日朝の時点でも水温は鉛直一様であった。その後、小潮にかけて底層水温は低下・底層塩分は上昇し、8月8日に最も成層が強まった。その後再び大潮にかけて鉛直混合が進み、8月11日には再び鉛直混合した。底層のDOは8月1日から小潮にかけて低下し、8月4日には3 mg/Lを下回った。底層DOが3 mg/L以下の状態は8月10日まで継続した。表層では、7月下旬からシャットネラ赤潮が発生しており、少なくとも8月13日まで継続した。縦断観測の結果でも、大潮から小潮にかけての沖合からの低温・高塩分水進入による成層強化と、それにともなった貧酸素水塊の形成が確認された。8月12日になると湾奥では成層は弱まり、貧酸素水塊は湾奥では解消され、沖合底層に形成された。湾奥底層では8月1日には底上に高濁度水塊が形成されていたが、8月1日・8日には濁度は低下し、8月12日に再び高濁度となった。底層水の酸素消費は8月1日から5日にかけて低下、その後再び上昇して8月12日に最も高くなった。全酸素消費に対するバクテリアの呼吸、化学的酸素消費の寄与を調べる目的で、8月6日と13日に、底層水についてホルマリンとクロラムフェニコールを添加した酸素消費実験をおこなった。その結果、8月6日には全酸素消費の約80%がバクテリアによる呼吸であったが、8月13日にはほとんどがバクテリア以外の生物の呼吸であった。化学的酸素消費の寄与は両日ともほとんどみられなかった。酸素消費速度とクロロフィルa濃度の間には高い正の相関がみられた（R=0.90）。酸素消費と濁度にも相関があったが、クロロフィルに比べると弱かった（R=0.61）

8月1日から5日までの間には、水温25.5℃以下、塩分29.5以上の低温・高塩分が湾奥底層に進入して成層を強化し、底層には貧酸素水塊が形成された。しかし、底層水の酸素消費速度はこの間低下した。これは、貧酸素水塊の発達の主要因は成層強化であり、酸素消費の増加ではないことを示す。一方で、大潮の8月1日・12日には酸素消費が高かった。同時期に底層の濁度も上昇していた。これは、大潮時には強い鉛直混合による活発な再懸濁によって底層の有機物量が増加し、酸素消費が増加したことを示唆する。酸素消費速度と

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

クロロフィルaの間には高い正の相関が見られた。しかし、貧酸素水塊発達期である8月6日には酸素消費の主体はバクテリアであり、植物プランクトンの呼吸の寄与は小さいと考えられた。このことは、植物プランクトン由来の基質がバクテリアによって分解され、酸素消費が起きていたことを示す。本観測期間中はシャットネラ赤潮が継続的に発生しており、クロロフィルa濃度の最高値は72.3 ug/Lに達した。この赤潮に由来する有機物供給が底層の酸素消費速度に影響した可能性がある。

キーワード：有明海、貧酸素、大潮小潮変動、酸素消費、シャットネラ赤潮
Keywords: Ariake Sea, hypoxia, spring-neap variation, water oxygen demand, Chattonella red-tide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ノリ養殖による光環境の変化が植物プランクトン動態へ及ぼす影響
Influence of Nori aquaculture-induced change in light environment on phytoplankton dynamics

*南浦 修也[1]、山口 創一[1]
*Naoya Minamiura[1], Soichi Yamaguchi[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

冬季有明海ではノリの養殖が活発に行われており、その生産量は日本一を誇る。その一方で、赤潮の発生によるノリの色落ちが大きな問題となっている。既往の研究から、赤潮発生には光環境の好転が関係していることが分かっている。ノリ養殖時には沿岸域にノリ網が高密度に貼られ、その網にノリが付着し成長を遂げていく。こうした網およびノリ葉体による水中の光環境への影響は大きいことが容易に想像できるが、これまで研究された例は存在しない。本研究では、ノリ養殖域と非養殖域で水中光量子量を連続的に現地観測することにより、ノリ養殖が光環境へ与える影響を評価すると共に、その影響をノリ葉体の動的な成長の関数として表した。こうした結果を数値シミュレーションに組み込むことによる植物プランクトン動態がどう変化するかについて検討を行った。

現地観測を佐賀県有明水産振興センターが所有するノリ養殖域において、ノリ養殖直下とすぐ傍の養殖が行われていない海域にそれぞれ光量子計(JFEアドバンテック社製DEFI2-L)と圧力計(同社製　DEFI2-D10)を設置し、2019年1月15日から1月25日まで5秒間隔で連続観測を実施した。観測の結果、ノリ養殖直下は平均して光量子量が約75%低下していることが明らかとなった。この光量子の低下（遮光率ｙ）をノリ葉体の長さ（x 単位:cm）の関数として表したところ、次式を得ることが出来た。

$$y=0.86e^{-0.1\times x}$$

次に、この遮光率を考慮した数値生態系モデルを開発し、植物プランクトン動態にどのような影響を与えるかについて検討した。養殖域で光の遮光が有る場合と無い場合の２つのパターンに分けてそれぞれ計算を行った。遮光率を考慮した場合は考慮しない場合と比べて、奥部のノリ養殖域付近において、植物プランクトン生物量を低下させていた。これはノリ養殖が水中の光環境を悪化させることにより、植物プランクトンの増殖を抑えているということを示している。

キーワード：養殖、有明海、光環境
Keywords: Aquaculture, Ariake Sea, Light environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Enhanced West Philippine Sea intrusion diminishes hypoxia conditions in the Pearl River estuary

*Hon-Kit Lui[1,2], Chen-Tung Arthur Chen[1], Wei-Ping Hou[2], Jian-Ming Liau[2]

1. Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University, 2. Taiwan Ocean Research Institute, National Applied Research Laboratories

The hypoxia condition (dissolved oxygen <2 mg/L) in the Pearl River estuary is worsening in the past decade, partly due to the rising anthropogenic activities. For instance, excess nutrients cause enhanced biological productivity in the surface ocean. Yet, dead phytoplankton sink to the bottom of the coastal zone, where they decompose and consume oxygen. If the oxygen consumption rate exceeds the supply rate, then hypoxia or even anoxia may develop, leading to so-called dead zones. Here we show that a strong invasion of high dissolved oxygen but low nutrients West Philippine Sea seawater into the South China Sea in the form of Kuroshio occurred around 2003-2004. Apparently due to the oxygen supply carried by the remnants of the intruded Kuroshio, little hypoxia developed off the Pearl River estuary, where the anoxic condition develops in some years with weak Kuroshio intrusion.

Keywords: hypoxia, Kuroshio, Pearl River estuary, West Philippine Sea, intrusion, South China Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

North Pacific seawater radiocarbon recorded in abalone shells obtained from Otsuchi Bay, Japan

*太田 耕輔[1]、横山 祐典[1,2]、宮入 陽介[2]、早川 淳[2]、佐藤 菜央美[2]、福田 秀樹[2]、田中 潔[2]
*Ota Kosuke[1], Yusuke Yokoyama[1,2], Yosuke Miyairi[2], Jun Hayakawa[2], Naomi Sato[2], Hideki Fukuda[2], Kiyoshi Tanaka[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Reconstructing past ocean currents in the coastal regions is needed to better understand the relationship between oceanographic changes and coastal ecosystems. Seawater radiocarbon is a unique proxy to understand the properties of water masses. However, the knowledge of the water mass distribution is limited to the low latitude regions as the only well-established proxy for it is reef-building corals. Alternative archives are required for high latitude regions. Here we measured $\Delta^{14}C$ values of three abalone shells using accelerator mass spectrometry (AMS) and counted the shell growth checks which were made in the winter season. Abalone shells were obtained from Otsuchi Bay, where the cold Oyashio Current and the warm Kuroshio Current converge. The Oyashio Current has more depleted radiocarbon than the Kuroshio Current. We compared $\Delta^{14}C$ values of abalone shells with the sea surface temperature anomaly in Sanriku region. $\Delta^{14}C$ values of abalone shells range from 5.4 ‰to 31‰ and indicated seasonal variations. $\Delta^{14}C$ values decreased by about 5 ‰in shell growth checks that indicates winter season.We found this decrease of $\Delta^{14}C$ values of abalone shells are consistent with the significantly mixing of water brought by the Oyashio Current. $\Delta^{14}C$ value of abalone shells clearly shows the Oyashio Current inflow in 2013, 2015 and 2017 and it can be used to reconstruct fluctuations between past water masses. In addition, the $\Delta^{14}C$ values of abalone shells are possibly affected by their habitat. Abalone at 2 m to 6 m depth exhibited higher $\Delta^{14}C$ values than those in abalone at 6 m to 10 m depth. This trend resulted from cold water from the Oyashio Current having a greater influence on deeper water. These radiocarbon records indicate past seawater conditions in northern Japan, where the Oyashio and Kuroshio currents converge, can be reconstructed using abalone shells.

キーワード：放射性炭素、加速器質量分析装置、アワビ、大槌湾、親潮、海流
Keywords: Radiocarbon, AMS, Abalone, Otsuchi Bay, Oyashio Current, Ocean circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

常磐沖における河川流出に起源をもつ放射性セシウムの拡散
Spreading of Radioactive Cesium off Joban coast through Large River Discharge

*田中 潔[1]、長尾 誠也[2]、北出 裕二郎[3]、仁木 将人[4]、勝間田 高明[4]、美山 透[5]
*Kiyoshi Tanaka[1], Seiya Nagao[2], Yujiro Kitade[3], Masato Niki[4], Takaaki Katsumata[4], Toru Miyama[5]

1. 東京大学、2. 金沢大学、3. 東京海洋大学、4. 東海大学、5. 海洋研究開発機構
1. University of Tokyo, 2. Kanazawa University, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Tokai University, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2011年の9月7日から12日にかけて（東日本大震災の発生から六ヶ月後）、常磐沖でCTD及びADCPを用いての海洋観測を実施した。同時に、表層（深度10 m）の海水を採取して、海水中に含まれる放射性セシウムの濃度を測定した（金沢大学低レベル放射能実験施設のゲルマニウム半導体検出器；リンモリブデンサン酸アンモニウム沈殿法）。その結果、表層（深度10 m）において、セシウム濃度と塩分の間には負の相関が有り、低塩域ほど放射性セシウム濃度が高かった。観測海域には三つの大きな一級河川（利根川、那珂川、久慈川）が注いでいる。特筆すべき点として、観測期間の数日前に河川上流域で驚異的な大雨が降り、その結果、例えば利根川流量は9月4日に2000 m^3/sを超えたことがある。すなわち、観測された海洋表層の高濃度の放射性セシウムは、陸上から河川経由で海洋に輸送されたものと考えられる。また、そうした河川水と放射性セシウムの常磐沖での分布形態は、黒潮にも強く影響を受けていることが示された。

キーワード：放射性セシウム、河川水流出、東日本大震災、常磐沖
Keywords: radioactive cesium, river discharge, 2011 Great East Japan Earthquake, off the Joban coast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

九州の河川海洋一体型モデル開発
Development of a river-ocean seamless model for simulating river discharges around Kyushu

*堤 隆浩[1]、木田 新一郎[2]、黒木 龍介[3]、山敷 庸亮[3]
*Takahiro Tsutsumi[1], Shinichiro Kida[2], Ryusuke Kuroki[3], Yosuke Alexandre Yamashiki[3]

1. 九州大学　大学院　総合理工学府、2. 九州大学　応用力学研究所、3. 京都大学　大学院　総合生存学館
1. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Science, Kyushu University, 2. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 3. Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

近年、複数の県をまたぐような集中豪雨による洪水が同時にいくつかの場所で発生している。そのような災害の予測には、複数の河川を同時に解くことが必要である。また、海への影響を考慮するには河川と海洋を同時に再現する必要がある。そこで我々は領域規模で複数の河川と海洋の流れを同時に再現できるモデルの開発を目指し、まずは九州全域のモデルを構築した。Isopycnal-Layered model(Kida and Yamashiki 2015)を用いて、2015年9月に九州に降った大雨による河川流量の増加を再現した。観測値と比較すると雨による増水が上流から下流まで伝搬するスピードが遅い河川も存在する一方、実際の観測結果をよく再現する河川も存在した。今後、感度実験を実施しモデルの再現性の差を検証する。

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-OS15] 陸域と海洋をつなぐ水循環の素過程

コンビーナ:木田 新一郎(九州大学・応用力学研究所)、山崎 大(東京大学生産技術研究所)、山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、三寺 史夫(北海道大学低温科学研究所)、座長:木田 新一郎(九州大学応用力学研究所)、三寺 史夫(北海道大学低温科学研究所)、山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)

陸域の気象場と海洋の循環場は河川水を通じて繋がっており、大規模スケールで起こる淡水循環は近年、衛星観測や数値モデルなどを通じて急速にその実態が明らかになりつつある。本セッションでは地表面流出、河川の流量変動・洪水、そしてデルタ地帯などのエスチュアリーや海洋で起こる水塊交換・河川プリュームの形成、など陸域と海洋をつなぐ水循環に関わる力学・物質循環の素過程に関する研究成果を数値モデル・観測・理論を問わず募集する。

15:30 ~ 15:45

[AOS15-01] 静止・極軌道衛星データを使った沿岸域の流れと水質推定研究の最前線

★招待講演

*作野 裕司[1] (1.広島大学大学院工学研究科)

15:45 ~ 16:00

[AOS15-02] 湿潤熱帯流域の降雨流出氾濫現象とモデリング

★招待講演

*佐山 敬洋[1]、山本 浩大[2]、荒木 稜香[2]、Apip Apip[3]、Siska Eva[1]、寶 馨[4] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院工学研究科、3.インドネシア科学院、4.京都大学大学院総合生存学館)

16:00 ~ 16:15

[AOS15-03] オホーツク海におけるカムチャッカ半島からの河川流入の役割

*美山 透[1]、三寺 史夫[2] (1.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、2.北海道大学低温科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[AOS15-04] CHLOROPHYLL ESTIMATION OF LAKE AND COASTAL WATER USING REMOTE SENSING APPROACH

*Yadav Shweta[1]、Yosuke Yamashiki[1]、Susaki Junichi[1]、Ishikawa Kanako[2]、Yamashita Yoh[1] (1.Kyoto University、2.Lake Biwa Environmental Research Institute)

16:30 ~ 16:45

[AOS15-05] 陸海空三重境界層および生物・人類圏としての海大陸沿岸域

*山中 大学[1] (1.総合地球環境学研究所／神戸大学名誉教授)

16:45 ~ 17:00

[AOS15-06] ガンジス・ブラマプトラ川からベンガル湾への淡水流入

*木田 新一郎[1]、山崎 大[2] (1.九州大学・応用力学研究所、2.東京大学・生産技術研究所)

静止・極軌道衛星データを使った沿岸域の流れと水質推定研究の最前線
The forefront research for flow and water quality estimations in coastal area using geo-stationary and polar orbital satellites data

*作野 裕司[1]
*Yuji Sakuno[1]

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

広域の流速や水質分布を高解像度で，連続的に推定することは，河川と海洋との接点で発生する現象を解明するために，極めて重要である．近年，衛星リモートセンシングはそのような現象を把握する強力なツールとして期待される．本発表では，最初に海面水温（SST）を10分間隔で観測する静止気象衛星「ひまわり8号」データを使った流速推定の事例が紹介される．研究対象地域のインドネシアのロンボク海峡南部において，連続したSST画像に画像相関法を適用することによって0.5m/s程度の強い流速分布が検出された．このような手法は広い海峡の流速分布を低コストで測定できるため，顕著な水温差がある海域では特に有効である．一方，2018年7月には西日本豪雨が発生し，陸上から流出した大量の土砂は， 瀬戸内海などに流出した．その結果，養殖用のカキ筏が壊されたり，大量に流出した栄養塩が原因と考えられる赤潮被害が発生した．このような大きな出水の様子は，Landsat-8やSentinel-2と呼ばれる高分解能地球観測衛星（10～30m）やGCOM-C （250m）と呼ばれる中分解能地球観測衛星（250m）極軌道衛星データによってモニタリングされた．極軌道衛星は静止衛星と比べて観測頻度は低いが，解像度が良いため河川からの土砂流出分布や赤潮分布を詳細に可視化できる利点がある．今後，このような静止・極軌道衛星データ，実測データ，および数値モデルなどの技術を組み合わせれば，外洋と河川とをつなぐ沿岸域の環境をさらに迅速かつ詳細にモニタリングできるようになるだろう．

キーワード：衛星、流れ、水質
Keywords: satellite, flow, water quality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

湿潤熱帯流域の降雨流出氾濫現象とモデリング
Rainfall-Runoff-Inundation Processes and Modeling in a Humid Tropical River Basin

*佐山 敬洋[1]、山本 浩大[2]、荒木 稜香[2]、Apip Apip[3]、Siska Eva[1]、寶 馨[4]
*Takahiro Sayama[1], Kodai Yamamoto[2], Ryoko Araki[2], Apip Apip[3], Eva Mia Siska[1], Kaoru Takara[4]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都大学大学院工学研究科、3. インドネシア科学院、4. 京都大学大学院総合生存学館
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. LIPI, Indonesia, 4. Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

Large-scale plantations of palm and acacia trees have caused 50 % reduction of natural forests in the 25 years between 1985 to 2009 in Sumatra, Indonesia. Deforestation of natural forest might have changed water cycle in the area including runoff and evapotranspiration, which may lead to possible changes in flood and drought conditions. Downstream parts of river basins in Sumatra spreads wetlands with rich ecosystems, though such environment have degraded due to land cover changes over the last few decades to agricultural areas. Drying the wetlands by drainage for rice cropping and other agricultures caused various issues including peatland fire and haze in surrounding regions. In addition to the land cover change, climate change may give significant impact on the hydrologic cycle in this region. Climate change in humid tropical region in South East Asia has been difficult to be predicted due to local atmospheric cycle. Furthermore, hydrologic process understandings and their representations by simulation models are the important scientific step toward adequate assessment of land cover and climate changes. Among various hydrologic processes, rainfall-runoff processes in tropical climate conditions characterized also by deep weathered soil layers have been poorly understood. Our study is conducted based on field investigation with respect to rainfall-runoff processes in the mountainous hillslope in Sumatra to understand the fundamental characteristics of rainfall-runoff in this region, and to represent the feature particularly with a thick soil layer, in our distributed hydrologic model. After the calibration and validation of the model at the river basin scale in the Batanghari River basin, we assess the impact of the climate change by inputting the rainfall.

Some findings from the field monitoring are summarized below. According to a simple cone penetration experiment, the soil depths in the hillslope were estimated to be about 1.5 ~ 4.5 meters. Furthermore, the soil sample experiment at surface, 30 cm and 60 cm depths showed that saturated hydraulic conductivities were as high as 7,200 mm/h while the volumetric water content maintain also high (0.45~0.50) with negative suction between 1~10 m. Such characteristics should be explained due to the aggregated soil in humid tropics. In our site, the foot of the slope (SK1) has thicker soil layer (4.5 m), while it is reduced to 1.5 m about 20 m upstream along the hillslope (SK3). Groundwater table exists at the depths of about 3 ~ 4 m depth consistently at SK1 (bottom) and SK2 (middle) and the groundwater table responses rapidly to rainfall. With the high saturated hydraulic conductivity and high infiltration rate, especially in the natural forest area, we conceptualize the rainfall-runoff in this region is dominated by fairly quick vertical infiltration into the thick soil layer and the recharge to the groundwater table. Based on the above process understandings, we represent the process in the Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model to the entire Batanghari River basin to simulate streamflow at the river basin scale.

キーワード：熱帯雨林、降雨流出、RRIモデル、土地利用変化、気候変動、スマトラ島

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Tropical Forest, Rainfall-Runoff, RRI Model, Landuse Change, Climate Change, Sumatra Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オホーツク海におけるカムチャッカ半島からの河川流入の役割
Role of river inflows from Kamchatka Peninsula in the Okhotsk Sea

*美山 透[1]、三寺 史夫[2]
*Toru Miyama[1], Humio Mitsudera[2]

1. 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、2. 北海道大学低温科学研究所
1. Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, , 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

オホーツク海は海氷の最南下緯度が世界で最も低いユニークな海である。海氷生成は、オホーツク海のみならず、北太平洋の水塊形成にとっても重要である。沿岸からの河川流入は成層を変えることで海氷生成に影響を与える。特にオホーツク海西側のアムール川の影響については広く議論されてきた。アムール川の化学・生物サイクルに果たす役割も調べられてきた。一方で、オホーツク海東側のカムチャッカ半島からの河川流入の役割についてはあまり知られていない。

本研究ではカムチャッカ半島からの河川流入の役割を調べるために、北オホーツク海を数値計算した。FVCOM (Finite-Volume, Primitive equation Community Ocean Model; Chen et al. 2003)を使用している。大気外力にはJRA55-do (Tsujino et al., 2018)を用いた。河川流入のデータもSuzuki et al. (2017)にもとづいたJRA55-doのものを使用した. 非構造格子のグリッド距離は南境界の約9.0kmから北岸の1.4kmまで小さくしてある。

カムチャッカからの河川流入有り・無しの実験を比較した。カムチャッカからの河川流入無しでは、カムチャッカ沿岸の塩分が顕著に(1単位以上)増加した。塩分増加はオホーツク海西側まで広がる。塩分の変化によりオホーツク海の海氷生成にも影響が見られた。

キーワード：オホーツク海、海氷、河川流入
Keywords: Okhotsk Sea, sea ice, river inflow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CHLOROPHYLL ESTIMATION OF LAKE AND COASTAL WATER USING REMOTE SENSING APPROACH

*Yadav Shweta[1]、Yosuke Yamashiki[1]、Susaki Junichi[1]、Ishikawa Kanako[2]、Yamashita Yoh[1]
*Shweta Yadav[1], Yamashiki Yosuke[1], Junichi Susaki[1], Kanako Ishikawa[2], Yoh Yamashita[1]

1. Kyoto University、2. Lake Biwa Environmental Research Institute
1. Kyoto University, 2. LBERI

Chlorophyll-a is an optically active compound (OAC) commonly used as a proxy for phytoplankton biomass in an aquatic environment. Retrieving the concentration of chlorophyll-a remains a challenge due to the presence of several OAC particularly in water bodies which are in proximity to the land-based activities. In this study, an effort has been made to estimate the chlorophyll-a concentration of both the freshwater Lake Biwa and the coastal water of Wakasa Bay in Japan. A spectral decomposition algorithm was used to determine the chlorophyll-a using the satellite images. The algorithm was applied to the satellite images from two different sensors namely Landsat-8 /OLI and Sentinel-2A/MSI. The satellite-derived chlorophyll-a concentration for the lake and coastal water from two different sensors were compared to assess the performance of both the sensors. The accuracy of the chlorophyll-a results derived from the images was evaluated with the in-situ measurement data of the chlorophyll-a for the Lake Biwa and the coastal water of Wakasa Bay. Both satellite sensors appear to give the best results for the coastal water ($R^2 > 0.80$) with an RMSE < 0.3 μg/L. However, slight underestimation of chlorophyll-a noted for the Landsat-8 image with an increase in chlorophyll-a concentration. For the lake water, Sentinel-2A results were relatively better ($R^2 > 0.70$) than Landsat-8, with an RMSE of < 1.0 μg/L. The obtained results will be useful to evaluate the primary productivity of both freshwater and coastal water body.

キーワード：Chlorophyll-a、 Lake and Coastal Water、Satellite-Remote Sensing
Keywords: Chlorophyll-a, Lake and Coastal Water, Satellite-Remote Sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸海空三重境界層および生物・人類圏としての海大陸沿岸域
Maritime-continent coastal region as land-sea-air triple boundary layer and bio-anthroposphere

*山中 大学[1]
*Manabu D. Yamanaka[1]

1. 総合地球環境学研究所／神戸大学名誉教授
1. Research Institute for Humanity and Nature / Professor Emeritus of Kobe University

放射平衡からのずれは大気・海洋大循環と潜熱加熱で補われる．主に赤道域積乱雲で生成される潜熱は，加熱過多と大循環生成の両方に関与する．赤道域では低気圧を作るCoriolis力が弱いので，日周期の海陸温度差が積乱雲つまり雨の主要因である．インドネシア海大陸の世界最長の海岸線が，地球気候を支える世界最多雨と最大潜熱源を作る（山中他，2018, *PEPS*）．多量の淡水が海大陸沿岸泥炭地域の生物圏と生物多様性を支え，それらは泥炭・石炭という形で地質学的時間炭素の循環・貯蔵にも関与してきた．人類は熱帯アフリカで進化してから他生物との共存が容易な温帯へ疎開したが，その増加と発展は熱帯の現生・化石生物資源を収奪することでなされてきた．気候は飲用・農業用・工業用の雨水量を通じて人口を規定すると共に，産業革命後の人類の化石燃料と泥炭地開発が温室効果気体増加により気候を変えてきた．このような気候と人間活動との相互作用の研究が進められている（地球研泥炭社会プロジェクト）．中小規模（レーダー等）から経年変動（歴史的気候データ復元）に至る雨量変動の解析に基き，海大陸沿岸域に集中する雨における人類圏の「飽和」を議論する．

キーワード：海岸線地帯、海陸風・季節風循環、水循環、生物・人類圏、海大陸泥炭地域
Keywords: cosatal region, sea-land breeze and monsoon circulations , hydrologic cycle, bio-anthroposphere, maritime-continent peatland

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガンジス・ブラマプトラ川からベンガル湾への淡水流入
River-ocean interaction at the Ganges-Brahmaputra river mouth

*木田 新一郎[1]、山崎 大[2]
*Shinichiro Kida[1], Dai Yamazaki[2]

1. 九州大学・応用力学研究所、2. 東京大学・生産技術研究所
1. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 2. Institute of Industrial Sciences, The University of Tokyo

The Ganges-Brahmaputra river is a major source of freshwater for the Bay of Bengal. River discharge occurs through the Ganges-Brahmaputra Delta, which consists of multiple river mouths. The seasonal cycle of this river discharge is observed with a minimum from late winter to early spring and a maximum from late summer to early fall. The seasonal cycle of the sea surface height for the Bay of Bengal, on the other hand, shows the presence of the Kelvin waves propagating from the equatorial Indian Ocean. We investigated how these two processes may interact at the river mouths based on a high-resolution numerical model that resolves the various channels of the Ganges-Brahmaputra Delta. The model simulates the basic seasonal cycle of the river discharge that is comparable to observations, with a river plume forming from the major river mouth and along the coast. Preliminary results suggest significant river-ocean interaction in narrow channels and, at times, reverse the direction of the river flow.

キーワード：河川流出、水循環、ベンガル湾
Keywords: River discharge, water cycle, Bay of Bengal

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[A-OS16] 海洋化学・生物学

コンビーナ:山田 奈海葉(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)、安中 さやか(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、齊藤 宏明(東京大学大気海洋研究所)、座長:小埜 恒夫(水産研究・教育機構)、小杉 如央(気象研究所)

本セッションは、海洋化学・海洋生物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?う場とする。観測データ解析・数値モデリング・室内実験など幅広い研究?法からの発表を歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[AOS16-01] 東経165度線における表面海水中の全炭酸濃度の増加速度の変動

*谷﨑 知穂[1]、小野 恒[2]、石井 雅男[2]、小嶋 惇[1]、増田 真次[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、中野 俊也[1] (1.気象庁、2.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[AOS16-02] 北太平洋亜寒帯海域におけるCO_2非平衡量と人為起源CO_2の季節的動態

*李 勃豊[1]、宿田 さとり[1]、葛西 広海[2]、黒田 寛[2]、谷内 由貴子[2]、長谷川 大介[3]、渡辺 豊[1] (1.北海道大学、2.国立研究開発法人　水産研究・教育機構　北海道区水産研究所、3.国立研究開発法人　水産研究・教育機構　東北区水産研究所)

16:00 ~ 16:15

[AOS16-03] pCO_2データベースに基づく沖縄本島周辺の海洋酸性化現状把握と将来予測

*小杉 如央[1]、辻野 博之[1]、石井 雅男[1] (1.気象研究所)

16:15 ~ 16:30

[AOS16-04] 西部北太平洋における人為起源窒素の分布とその変動の復元

*渡辺 豊[1]、藤田 晃市[1]、李 勃豊[1] (1.北海道大学)

16:30 ~ 16:45

[AOS16-05] 親潮域中層における顕著なケイ酸増加トレンドの要因について

*小埜 恒夫[1] (1.国立研究開発法人　水産研究・教育機構)

16:45 ~ 17:00

[AOS16-06] Systematics of aluminum, manganese, iron, cobalt, and lead in the North Pacific Ocean observed during ocean-section study of GEOTRACES Japan

*宗林 由樹[1]、鄭 臨潔[1] (1.京都大学化学研究所)

東経165度線における表面海水中の全炭酸濃度の増加速度の変動
Variability of the growth rate for dissolved inorganic carbon in surface seawater along the 165°E line

*谷﨑 知穂[1]、小野 恒[2]、石井 雅男[2]、小嶋 惇[1]、増田 真次[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、中野 俊也[1]
*Chiho Tanizaki[1], Hisashi Ono[2], Masao Ishii[2], Atsushi Kojima[1], Shinji Masuda[1], Kazutaka Enyo[1], Daisuke Sasano[1], Toshiya NAKANO[1]

1. 気象庁、2. 気象庁気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

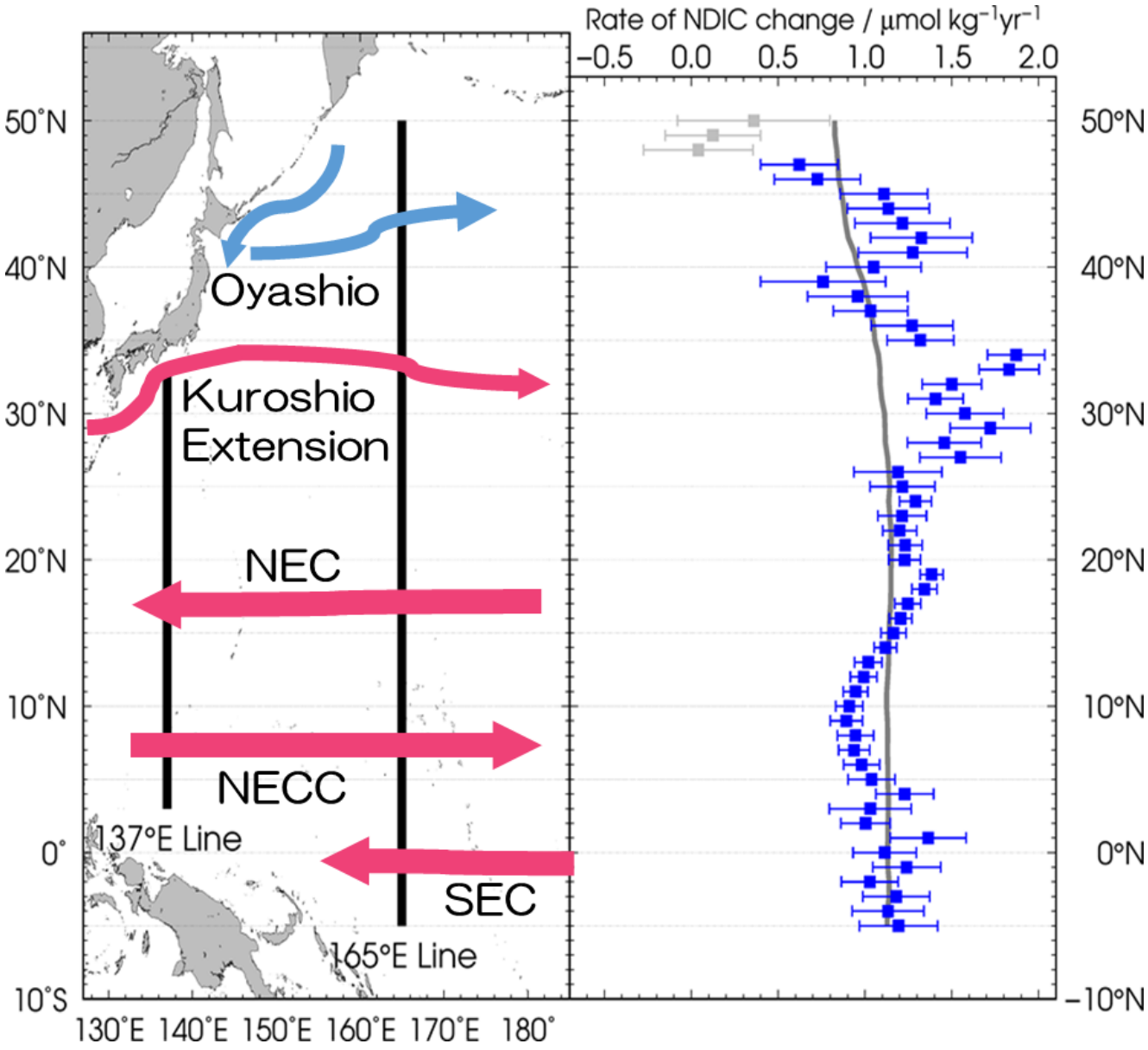
産業活動によって人為的な二酸化炭素の排出量が増加し、大気中の二酸化炭素濃度は工業化（1750年）以前と比べて46%増加している。一方、海洋は人為起源の二酸化炭素の約30%を吸収し、大気中の二酸化炭素の増加を抑制する働きをしている（IPCC,2013）。Midorikawa et al. (2012)は、東経137度線の観測データを用いて、大気中の二酸化炭素が近年加速度的に増加する一方で、表面海水中の二酸化炭素濃度（分圧, pCO_2^{sea}）の増加速度は減少していることを示した。ここで、pCO_2^{sea}は海面水温、塩分、全炭酸（DIC）及びアルカリ度の変化の影響を受けて変動するが、大気中の二酸化炭素を吸収することによって増加する海洋表層のDICの変動を理解することが重要である。本研究では、気象庁の定線時系列観測のひとつである亜寒帯域から赤道域に至る165度定線における海洋表層のDICの変動について解析した。

気象庁の東経165度定線の二酸化炭素観測値及び表面海水二酸化炭素観測データベース（SOCATv6）を用いて、1996年から2017年までの表層海水中のDICの平均増加速度を求めた。DICの増加速度を大気中の二酸化炭素の増加速度と比較すると、赤道域では同程度、北緯10度付近では大気よりも有意に小さく、北緯30度付近で大気と比べて有意に大きいという特徴が見られた。

また、全炭酸濃度の10年平均増加速度の時間変化を調べたところ、赤道域では近年加速傾向が見られる一方で、北緯30度付近では減少傾向が見られることが分かった。

キーワード：東経165度線、全炭酸濃度、増加速度
Keywords: 165°E section, Dissolved Inorganic Carbon, growth rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋亜寒帯海域におけるCO_2非平衡量と人為起源CO_2の季節的動態
Seasonal variations of oceanic CO_2 disequilibrium and anthropogenic CO_2 in the subarctic North Pacific

*李 勃豊[1]、宿田 さとり[1]、葛西 広海[2]、黒田 寛[2]、谷内 由貴子[2]、長谷川 大介[3]、渡辺 豊[1]
*Bofeng Li[1], Shukuta Satori[1], Kasai Hiromi[2], Hiroshi Kuroda[2], Taniuchi Yukiko[2], Daisuke Hasegawa[3], Yutaka Watanabe[1]

1. 北海道大学、2. 国立研究開発法人　水産研究・教育機構　北海道区水産研究所、3. 国立研究開発法人　水産研究・教育機構　東北区水産研究所
1. Hokkaido University, 2. Hokkaido National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries and Education Research , 3. Tohoku National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries and Education Research

【はじめに】
産業革命以降，現在までに人間活動によって大気中に排出された二酸化炭素(CO_2)は約40%増加し、これに伴い、海洋表層のpHはおおよそ0.1減少した［*IPCC,* 2013］。海洋表層のpHの低下は海洋の緩衝能力を弱めるとともに、炭酸カルシウムの殻をもつ海洋生物などに大きな影響を与える［*Doney et al.,* 2009］。

これまでに、化学トレーサーと炭酸系データ両方に基づくΔC*法を用いて、人為的CO_2量の測定がされてきた[*Gruber et al.,* 1996; *Sabine et al.,* 2004; *Watanabe et al.,* 2013] 。この方法は化学トレーサーと炭酸系物質を広域的に測定しなければならず、船舶を用いての観測が必須となり、広範囲の海域には不向きで、人為的CO_2量を求めるにはCO_2非平衡量（C_{diseq}）が最大の誤差となる。このため、詳細なC_{diseq}の時間変動を求めなければならない。さらに、ΔC*法では400m以深にしか使えない窒素・酸素・炭素化学量論比(*Anderson and Sarmiento,* 1994)を用いて人為起源CO_2 (C_{ant})量が多い400 m以浅を見積もるため、その確度については未だ不明である。

本研究では、水塊が複雑で、北太平洋中層水が形成され、かつ季節による水塊分布の変動も激しく、生物生産が活発な、北太平洋西部海域において、CO_2非平衡量の季節的動態を明らかにする。さらに、C_{ant}の見積りのボトルネックとなっている400 m以浅の化学量論比の妥当性を評価し、CO_2非平衡量の季節的動態と合わせて、C_{ant}のより詳細な時空間分布を明らかにする。

【方法】
本研究では、表層混合層内（MLD）では大気海洋間のCO_2がよく混合されていることを仮定し、C_{diseq} は以下の式から求める [*Li et al.*, 2019]。

$$C_{diseq} = DIC_{MLD} - C_{sat,\,MLD} - C_{soft,\,MLD} - C_{carb,\,MLD} \quad (1)$$

ここで、DIC_{MLD}：現在のMLDのDIC、$C_{sat,\,MLD}$：MLDにおける飽和CO_2量、$C_{soft,\,MLD}$：MLDにおける有機物の再無機化によるDIC量、$C_{carb,\,MLD}$：MLDにおける$CaCO_3$ 溶解由来のDIC量。

$C_{soft,\,MLD}$、$C_{carb,\,MLD}$は、窒素・酸素・炭素の化学量論比から求めるが、従来の方法で400m以深にしか使えない窒素・酸素・炭素化学量論比(*Anderson and Sarmiento,* 1994)を使っており、400m以浅ではその使用の保証はされていない。$C_{soft,\,MLD}$と$C_{carb,\,MLD}$は生物生産と再無機化の影響を補正する項であり、400 m以浅ではその影響は大きい。このため、古典的な生物活動由来の化学量論比であるRedfield比を用いて400m以浅の計算を行い[*Chen and Millero,* 1979]、従来のΔC*法との比較を行った。DICの観測は、2017年10月・2018年1月北海道区水産研究所の北光丸、2018年5月・7月の東北区水産研究所の若鷹丸に乗船し、各クルーズ4地点

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

12層で採水し、224試料を得た。semi-closed法により高精度かつ高確度な炭酸系物質のデータを測定した[*Li et al.*, 2016]。

【結果と考察】

古典的な化学量論比と*Anderson and Sarmiento* (1994)の化学量論比でそれぞれ計算したC_{diseq}の差は5 μmol kg^{-1}以内であり、従来の方法(Sabine et al. 2004)の誤差範囲内であるため、C_{diseq}を計算する際に、*Anderson and Sarmiento* (1994)の化学量論比も使えることがわかった。このため、これを基盤に、北太平洋亜寒帯海域のMLD内のC_{diseq}の変動を評価したところ、１月冬季には −38.29 μmol kg^{-1} から−56.93 μmol kg^{-1}、7月夏季では−9.65 μmol kg^{-1} から1.02 μmol kg^{-1}となり、強い季節変動を見出した。このC_{diseq}をC_{ant}の見積りに適用することで、C_{ant}の強い季節性が明らかとなった。

キーワード：大気海洋CO2の非平衡 、人為起源CO2　、北太平洋亜寒帯海域
Keywords: Air-sea CO2 disequilibrium, Anthropogenic CO2, Subarctic North Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

pCO_2データベースに基づく沖縄本島周辺の海洋酸性化現状把握と将来予測

An evaluation of current and future ocean acidification based on pCO_2 database around Okinawa Island

*小杉 如央[1]、辻野 博之[1]、石井 雅男[1]
*Naohiro Kosugi[1], Hiroyuki Tsujino[1], Masao Ishii[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

【緒言】

海洋酸性化は大気中へ排出された人為起源CO_2が海水に溶け込むことで起こり、気候変動と並ぶもうひとつのCO_2問題とされている。海水にCO_2が溶けるとpHが低下し、化学平衡の移動によって炭酸イオン濃度が低下する。海洋生物の中には炭酸カルシウムを殻や骨格などの硬組織の主成分とするものがいる。炭酸イオンは炭酸カルシウムの原料であるため、これらの生物の成長は海洋酸性化によって阻害されることが懸念される。

熱帯域でサンゴ礁を形成する造礁サンゴは炭酸カルシウムの一種であるアラゴナイトを主成分とした骨格を持つため海洋酸性化に対して脆弱であると考えられている。サンゴ礁は多くの生物にとって産卵・養育・生息の重要な拠点であり、貧栄養の熱帯域における生物多様性を支えている。従って海洋酸性化が及ぼす影響はサンゴ礁のみに留まらず、熱帯域の生態系全般に及ぶ可能性がある。

沖縄周辺には多くのサンゴ礁が存在し、多くの恩恵を当地にもたらしている。その景観は重要な観光資源である上に、サンゴ礁の生物多様性は漁業を支えており、経済への貢献は計り知れない。地理的に見ると沖縄周辺のサンゴ礁は高緯度域に位置しており、冬季の水温低下が大きい。

本研究では海洋表層の二酸化炭素分圧(pCO_2)のデータベースを使い、1980年代から現在に至るまでの沖縄周辺における海洋酸性化の進行を評価する。また、その結果をもとに将来の大気中二酸化炭素濃度変動に対する酸性化を予測する。CO_2排出シナリオを用いた日本全体から全球規模での海洋酸性化予測やサンゴ礁への影響評価は既に行われているが、本研究では沖縄周辺で測定されたpCO_2のデータベース利用することによって当該海域のpCO_2の季節変動をより正確に再現し、より精度の高い将来予測を目指す。

【手法】

Surface Ocean CO_2 Atlas (SOCAT)データベースから、沖縄周辺(北緯24-30度、東経123-130度)の水温(SST)、塩分(SSS)、pCO_2データを抽出した。また、塩分と全アルカリ度（TA）の関係式を作成するために、気象庁が2010-2017年に同海域で行った海洋観測の結果を利用した。この関係式を使用してSOCATの塩分データからTAを推定し、pCO_2や水温と組み合わせてCO2SYSプログラムでアラゴナイト飽和度(Ω_A)、pH、全炭酸濃度を計算した。

【結果】

SOCATデータベースから抽出した1982-2016年のpCO_2は長期的な増加傾向を示した(図a)。また、pCO_2は水温と強く連動しており、冬季に低く夏季に高い亜熱帯域に特徴的な傾向を示した。pCO_2の変動を年々・季節変動と長期変動に分けるため、Ishii et al. [2011]の方法を使用したところ長期変動成分は+1.49±0.26 μatm（平均と95%信頼区間）であり、同期間のハワイ・マウナロアにおけるCO_2濃度から求めた大気中pCO_2の増加速度+1.73±0.04 μatm/年と近くなった。

TAは基本的に塩分と比例関係にあったが、東シナ海の陸棚に近い海域ではこの関係式からずれるものがあった。これは長江の河川水起源のTAの影響とみられる。TAの推定には TA = 2297.1 / 35 * SSSの式を採用したが、6-9月・北緯26度以北・SSS < 34.2の海水にのみ河川水の影響を考慮したTA = 1347 + 897.6 / 34.2 * SSSの式を用いた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

TAとpCO_2から計算したΩ_Aについて、pCO_2と同様の方法で長期変化傾向を求めたところ、-0.0102±0.0018/年の低下傾向を示した。サンゴ礁の生息域は季節的にΩ_Aが3.0を下回らない海域と一致するという報告結果[Kleypas et al., 1999]があるが、現状では沖縄本島付近(冬季のSST>21℃)のΩ_Aは一年を通じて3.0以上に保たれていた(図b)。

【将来予測】

現在の大気海洋間の二酸化炭素分圧差(大気－海洋; ΔpCO_2）が将来にわたり長期的に変化しないと仮定すると、大気中pCO_2予測に沿った海洋のpCO_2やΩ_Aの変動を推定できる。SOCATデータベースから過去のΔpCO_2を平均して月別のΔpCO_2気候値を作成した。2100年までの大気pCO_2は代表濃度経路シナリオ(RCP)に対応する濃度[Meinshausen et al., 2011]から計算した。SST・SSSは北西太平洋海洋長期再解析データセット（FORA-WNP30）の1982-2014年の月別気候値を用いた。

RCP2.6シナリオでは予測期間を通じΩ_Aは3.0以上を保っていた。しかし、RCP8.5シナリオでは2030年頃に沖縄本島北部沿岸で季節的にΩ_Aが3.0未満になり、2060年頃に年間を通じてΩ_Aが3.0未満になるという結果が得られた（図c）。現状のCO_2濃度増加が続いた場合、沖縄周辺のサンゴ礁は近い将来酸性化による深刻な影響を受けるが、排出削減次第ではサンゴ礁にとって適した環境を保つことができる可能性がある。

【図キャプション】

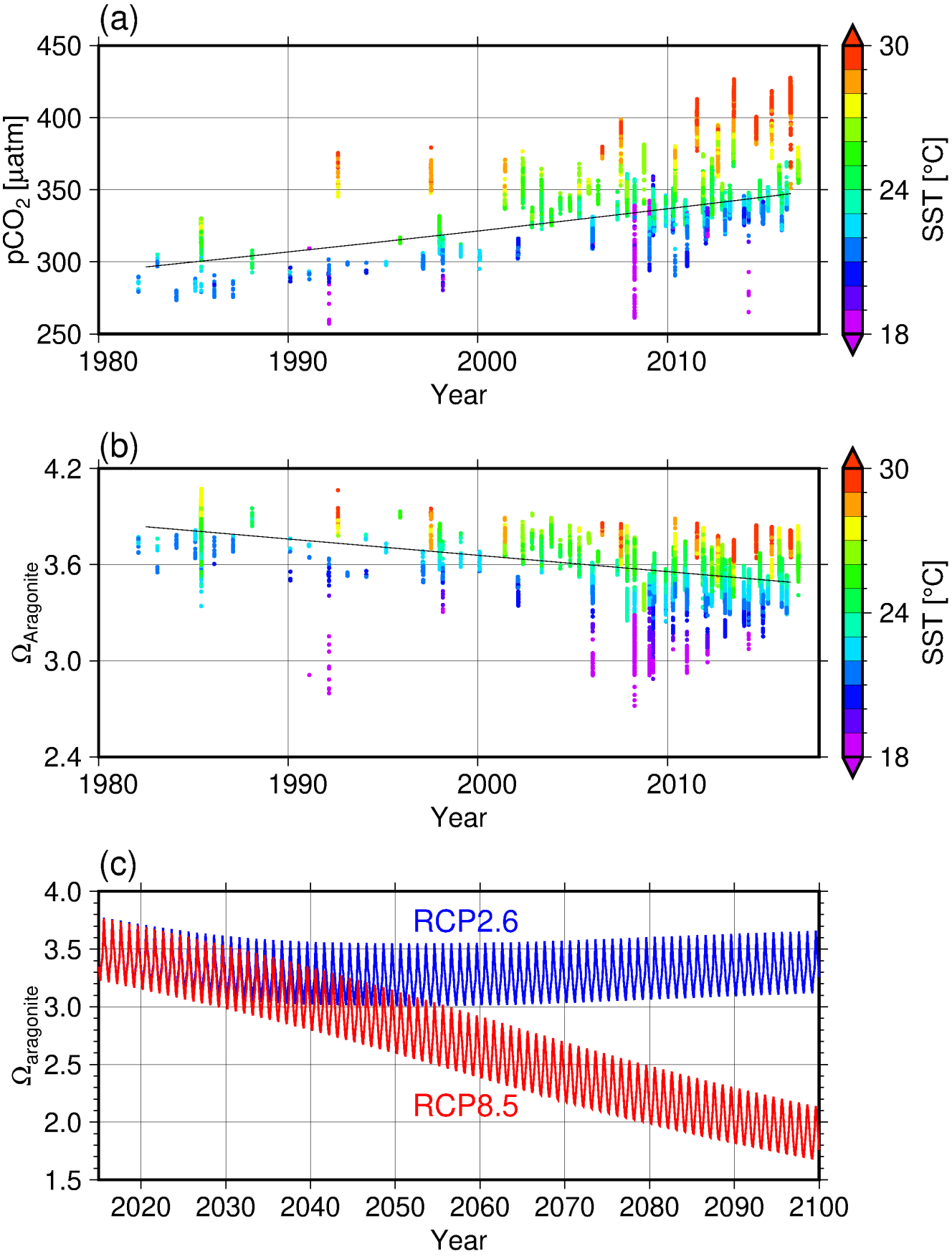
(a) SOCATデータベースによる沖縄周辺の海面pCO_2時系列、点は個別のpCO_2データで色は水温を示す。黒線は水温・塩分の変動を除去した長期変化成分のみの回帰直線。

(b) SOCATデータベースを使って計算した沖縄周辺の海面アラゴナイト飽和度(Ω_A)、色は水温を示す。黒線は水温・塩分の変動を除去した長期変化成分のみの回帰直線。

(c) RCP2.6シナリオとRCP8.5シナリオに基づいた沖縄本島北部沿岸(北緯26.8度、東経128.1度)におけるΩ_Aの予測値(2015-2100年)。

キーワード：海洋酸性化、サンゴ礁、SOCATデータベース、将来予測
Keywords: ocean acidification, coral reef, SOCAT database, Future prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西部北太平洋における人為起源窒素の分布とその変動の復元
Reconstruction of spatiotemporal change of anthropogenic fixed nitrogen in the western North Pacific

*渡辺 豊[1]、藤田 晃市[1]、李 勃豊[1]
*Yutaka Watanabe[1], Kouichi Fujita[1], BOFENG LI[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

【はじめに】

北太平洋では、北東アジアでの急速な人口増加や工業の発展により人為的な窒素が急激に増加している。環境へ放出された窒素は河川や大気を通して海洋へ硝酸(N)としてもたらされ、沿岸域の富栄養化や海洋酸性化の進行に影響を与えている。また、海洋の窒素循環と炭素循環は密接に関係しており、海洋への人為起源窒素(N_{anth})の流入は海洋の窒素循環や海洋への二酸化炭素の取り込みにも大きな影響を与える。

しかし、海洋にもともと存在する窒素とN_{anth}を区別することは難しいため、海洋におけるN_{anth}の動態解明の実現に至る見積り法の確立には未だ至っていない。このため、海洋生物生産への影響の定量的な全貌についてもその時空間的な詳細について明らかにされていない。さらに、Nの観測データ(N_{obs})は時空間的に離散的で乏しい。その理由は、海洋のNの測定がその他の観測成分(水温(T)、塩分(S)、圧力(P)、溶存酸素(DO))に比べて煩雑で時間がかかり、さらに、海洋観測船を用いての観測を基盤とせざるを得ない制約条件のためである。

そこで、本研究では、海洋中のNのパラメタリゼーションを構築することで、その時空間的分布を明らかにし、N_{anth}の動態解明の実現に至る見積り法の開発し、これを基盤に、西部北太平洋におけるN_{anth}の分布とその変動を復元することを目的とした。

【方法】

高精度高確度なデータベース(WOCE、PACIFICA等)より得られた海洋の水理データ群を基盤に、一次重回帰モデルを用いて2000～2013年の西部北太平洋(20˚N～55˚N, 120˚E～160˚E)における深度0m～500mのNのパラメタリゼーション(N_p)の構築を行った。

$$N_p = f(T, \sigma_\theta, DO) = a \cdot T + b \cdot \sigma_\theta + c \cdot DO + d \quad 式(1)$$

さらに、137°E測線に沿ってN_{obs}とN_pとの時系列解析を行い、N_{obs}の変化量(ΔN_{obs})とN_pの変化量(ΔN_p)の差からN_{anth}の増加速度($\Delta N_{anth}/\Delta t$)の見積もりを行った。

【結果と考察】

Nのパラメタリゼーションの構築を行ったところ、実測値と高い相関を持つ以下の式を得た。

$$N_p = -2.24 \cdot T - 4.70 \cdot \sigma_\theta - 0.0970 \cdot DO + 182.2 \ (n = 9164, r^2 = 0.988, RMSE = 1.25) \quad 式(2)$$

この式を基盤に、1980年から2014年までの137˚E測線の亜熱帯海域表層0–150mにおける$\Delta N_{anth}/\Delta t$は有意に増加していることが明らかになった。

キーワード：人為起源窒素、西部北太平洋、パラメタリゼーション

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: anthropogenic fixed nitrogen, western North Pacific, parameterization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

親潮域中層における顕著なケイ酸増加トレンドの要因について
On the mechanism of significant increasing trend of silicate in intermediate layer of Oyashio region

*小埜 恒夫[1]
*Tsuneo Ono[1]

1. 国立研究開発法人　水産研究・教育機構
1. Fisheries Research and Education Agency

　親潮域の中層では溶存酸素濃度の減少とともに栄養塩濃度の増加が確認されているが、ケイ酸についてはその増加トレンドが他の栄養塩に比べて顕著に大きい事が確認されている（Whitney et al., 2013）。このケイ素の増加トレンドは単純な太平洋域におけるベンチレーションの減少だけでは説明できないほどに大きいが、ケイ素にだけこのような増加が引き起こされる理由については長い間不明のままであった。
　本講演では、近年のオホーツク海における顕著な昇温によって、オホーツク中層域の等密度面が下方に移動することにより、親潮域中層の任意の等密度面にオホーツク海から等密度面混合によって供給されるケイ酸塩濃度が急激に増加する効果を考慮することで、観測されているケイ素の特異的な増加トレンドが説明できる事を示す。

キーワード：長期トレンド、ケイ素、親潮、オホーツク海
Keywords: long-term trend, silicate, Oyashio, Okhotsk Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Systematics of aluminum, manganese, iron, cobalt, and lead in the North Pacific Ocean observed during ocean-section study of GEOTRACES Japan

*宗林 由樹[1]、鄭 臨潔[1]
*Yoshiki Sohrin[1], Linjie Zheng[1]

1. 京都大学化学研究所
1. Institute for Chemical Research, Kyoto University

Trace metals in seawater are critical parameters in oceanography as trace nutrients for organisms, tracers in the modern ocean, and proxies in paleoceanography [1]. The international study programme GEOTRACES based on intercalibrated methods is revealing global distributions and temporal variations of trace metals in the ocean (http://www.geotraces.org). We have developed a method for multielemental determination of Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in seawater using NOBIS Chelate-PA1 resin [2, 3], and revealed basin-scale and full-depth sectional distributions of the trace metals in the North Pacific during three GEOTRACES Japan cruises of R/V Hakuho Maru: a 160°W section during KH-05-2, a 165°E section (GP18) during KH-11-7, and a 47°N section (GP02) during KH-12-4. The elements showed different speciations and distributions. The fraction of labile particulate (lp) species was calculated as the difference between the total dissolvable (td) species and dissolved (d) species. The lpM/tdM ratio, where M refers to an element, is highest for Al, at 0.66 ±0.31 (average ±sd, *n*= 489), and lowest for Pb, at 0.02 ± 0.08 (*n*= 575). The distribution of each element is uniquely related to ocean circulation. We propose that the enrichment factor of dM, defined as $EF(\mathrm{dM}) = (\mathrm{dM/dAl})_{\mathrm{seawater}}/(\mathrm{M/Al})_{\mathrm{upper\ crust}}$, where $(\mathrm{M/Al})_{\mathrm{upper\ crust}}$ is the molar ratio in upper crustal abundance, can be a good parameter for the sources. As an example, the *EF*(dPb) found in this study is on the same order of magnitude as the *EF* values for aerosols found in the literature, suggesting that the deposition of aerosols is a major source for dPb. The lpFe dominates tdFe and is strongly correlated with lpAl: lpFe = 0.543 lpAl −0.12, r^2= 0.968, *n*= 510. The results also indicate that the dFe concentration corrected for lithogenic contribution improves the linear relationship with phosphate. Thus, we suggest that the mechanism controlling a scavenged element of Al significantly affects the biogeochemistry of Fe. Based on the concurrent observation of these metals, we confirm that the width of the boundary scavenging zone is approximately 500 km off the Aleutian shelf. We estimate an inventory of tdFe in the North Pacific as 1.1×10^{12} mol, and this is approximately four times that of dFe. The results emphasise the potential importance of lpFe in the ocean iron cycle.

1. Y. Sohrin and K. W. Bruland, Trends Anal. Chem., 2011, 30, 1291-1307.
2. Y. Sohrin, S. Urushihara, S. Nakatsuka, T. Kono, E. Higo, T. Minami, K. Norisuye and S. Umetani, Anal. Chem., 2008, 80, 6267-6273.
3. T. Minami, W. Konagaya, L. Zheng, S. Takano, M. Sasaki, R. Murata, Y. Nakaguchi and Y. Sohrin, Anal. Chim. Acta, 2015, 854, 183-190.

キーワード：微量元素、海水、多元素分析、GEOTRACES、北太平洋
Keywords: trace metals, seawater, multielemental determination, GEOTRACES, North Pacific Ocean

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | 301A 3F

[A-OS19] 海洋と大気の波動・渦・循環力学

コンビーナ:田中 祐希(東京大学大学院理学系研究科)、古恵 亮(APL/JAMSTEC)、久木 幸治(琉球大学)、杉本 憲彦(慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室)、座長:杉本 憲彦、古恵 亮

本セッションでは、海洋および大気中に見られる具体的な現象の中から一般原理を抽出し体系化することによって数理モデルを構築し、それを再び具体的な現象の解釈・予測・パラメータ化につなげるという海洋力学・大気力学の意義を再確認する。このような円環的な思考を通じて、風波・波浪・内部重力波・ロスビー波・赤道波・潮汐流・渦・蛇行・大循環・境界層・大気海洋系などについての研究発展の見通しが与えられるとともに、共鳴・非線形相互作用・スペクトル解析・確率統計・力学系などの理論の利用方法が開拓されることを期待する。観測データ・再解析プロダクトの診断手法の開発、生態系モデルや気候・環境問題を含む学際的な研究、力学的に未解明だが興味深い観測・数値実験・データ解析結果の紹介なども歓迎し、新しい発想を生み出す原動力としたい。

9:00 ~ 9:15

[AOS19-01] エクマンパンピング不安定

★招待講演

*宮本 佳明[1]、David Nolan[2]、杉本 憲彦[3] (1.慶應義塾大学　環境情報学部、2.Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami、3.慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室)

9:15 ~ 9:30

[AOS19-02] 日本付近で発達する温帯低気圧の構造　―日本付近と北西大西洋の比較―

*栃本 英伍[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

9:30 ~ 9:45

[AOS19-03] 新しい波動エネルギーフラックス式の熱帯波動伝播力学の解析への適用：海洋大陸-北オーストラリア域における熱帯総観規模波動擾乱の診断解析

*福富 慶樹[1]、相木 秀則[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[AOS19-04] 微気象学的手法を用いた外洋域における海面フラックスの直接測定

★招待講演

*近藤 文義[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、相木 秀則[4]、轡田 邦夫[5]、植松 光夫[6]、塚本 修[7] (1.海上保安大学校、2.マックス・プランク生物地球化学研究所、3.明治大学、4.名古屋大学、5.東海大学、6.東京大学、7.岡山大学)

10:00 ~ 10:15

[AOS19-05] 三陸リアス海岸の地形に固有のうねり性波浪について

*小松 幸生[1,2]、藤井 孝樹[1,2]、田中 潔[2] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所)

10:15 ~ 10:30

[AOS19-06] **Variabilities of the Sea Surface Height in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea: Coherent shelf-trapped mode and Rossby wave-like mode**

*Vigan Mensah[1]、Kay I. Ohshima[1] (1.Institute of Low Temperature Science)

エクマンパンピング不安定
Instability of Ekman pumping

*宮本 佳明[1]、David Nolan[2]、杉本 憲彦[3]
*Yoshiaki Miyamoto[1], Daivd S Nolan[2], Norihiko Sugimoto[3]

1. 慶應義塾大学　環境情報学部、2. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami、3. 慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室
1. Faculty of Environment and Information Studies, Keio University, 2. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, 3. Keio University, Department of Physics

回転する系では地表面付近にエクマン層と呼ばれる地表面摩擦の影響を受けた層が形成される。エクマン層内の質量収束・発散と対応して、その上端・下端では、エクマン層と質量をやり取りする鉛直流（エクマンパンピング速度）が存在する。地球大気で言えば、エクマンパンピング速度は平均流として与えられる自由大気の相対渦度に比例することが一般的に知られている（Holton 2006）。また、この関係により、自由大気中の渦は、効率的に角運動量を輸送して減衰するという性質がある（線形論では擾乱が指数関数的に減衰）。しかしこの関係は、自由大気の流速が遅く一様であるという仮定の下導出されている。そこで本研究では、エクマンパンピング解を一般化するために、この仮定を取り除いた定式化を試みた。すると、ある条件を満たすと擾乱が指数関数的に成長することが示された。つまり、これまで渦を減衰するのみと考えられていたエクマンパンピングが、ある条件を満たすと逆に渦の成長を促す方向に働くことが分かった。その条件とは、自由大気の流速が速く、渦度の空間変動が大きいときである。著者らは、台風の中心外側に形成する第二の目の壁雲（通常は目を取り囲む１つしかない）の発生メカニズムに応用できることを示した。

キーワード：エクマンパンピング
Keywords: Ekman pumping

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本付近で発達する温帯低気圧の構造　ー日本付近と北西大西洋の比較ー
Extratropical Cyclone Structures around Japan -Comparison between Extratropical Cyclones Developing around Japan and those in Northwestern Atlantic Ocean-

*栃本 英伍[1]、新野 宏[1]
*Eigo Tochimoto[1], Hiroshi Niino[1]

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

温帯低気圧は、水平スケールが数千キロメートル、時間スケールが数日～１週間程度の気象現象であり、中高緯度大気で発生・発達する。温帯低気圧は、日々の天候に大きな影響を与えるが、時に大雨・集中豪雨や竜巻等の突風を生ずることで気象災害の原因となる。また低気圧活動は、大気ブロッキングなどのより大規模な時空間スケールの変動に大きな影響を与える事が指摘されている(Pfahl et al. 2015)。したがって、温帯低気圧の構造・力学を理解することは重要である。温帯低気圧の構造と時間発展に関する概念モデルは、大きく分けて２つ提案されている。一つは、20世紀初頭にノルウェー学派によって提唱された低気圧モデルで、ノルウェーモデルと呼ばれる。このモデルでは、低気圧の成熟段階において、寒冷前線が温暖前線に追いつき、閉塞前線を形成する。一方、大西洋における1990年代の特別観測や研究プロジェクトを基に提案されたのがシャピロ・カイザーモデル（Shapiro and Keyser 1990）である。このモデルでは、閉塞前線を形成せず、低気圧の後方に向かって伸びる後屈温暖前線を形成する。これらのモデルは北西太平洋なヨーロッパの低気圧の研究を基に提案されたものであり、必ずしも北西太平洋や日本付近の低気圧に当てはまるとは限らない。実際に、北西太平洋の低気圧の構造に関する事例解析では、大西洋の低気圧と比較して寒冷前線が弱いなどの特徴が指摘されている（e.g., Takano 2002；津村・山崎2005）。そこで本研究は、長期再解析データから低気圧および前線を客観的に抽出し、日本付近で発達する低気圧と北西大西洋で発達する低気圧構造の統計的な特徴を比較した。

解析期間は1978年12月～2016年11月の春季(MAM)、秋季（SON）、冬期（DJF）である。使用したデータはJRA-55（Kobayashi et al. 2015）で、水平格子間隔は1.25度、時間間隔は6時間である。温帯低気圧の客観的抽出にはHodges (1994, 1995, 1999)の手法を用いた。ある程度発達する低気圧の特徴を調べるために発達率が0.5 Bergeron (Sanders and Gyakum 1980)以上の低気圧を対象とした。また、北西太平洋で発達する低気圧をPacific Ocean Cyclone (POC), 日本海およびオホーツク海で発達する低気圧をOkhotsk-Japan Sea Cyclone (OJC) とした。低気圧に伴う前線の特徴を調べるために、thermal front parameter (TFP; Hewson 1998)を用いた。本研究ではSchemm et al. (2015) と同様に850hPaの相当温位を採用し、TFP=0の場所が4格子点以上連続していれば前線と定義した。

また、低気圧の構造を調べるために、POC, OJCそれぞれのカテゴリーにおいて、各低気圧の中心を重ね合わせたコンポジット解析を行った。ここで、Key Time (KT)は発達率最大の時刻とし、その前後48時間(KT-48～KT+48)の時間発展を調べた。

低気圧中心を合わせたコンポジット解析を行った結果、OJC、POC、AOC間で前線構造に異なる特徴が見られた。KTにおいて、OJCは寒冷前線の発達が温暖前線よりも活発であり、特にMAMにおいて寒冷前線の発達が顕著であった。一方、POC・AOCは温暖前線・寒冷前線共に発達が顕著である。寒冷前線は冬季に出現頻度が相対的に低くなるが、春季には活発となり、大西洋の低気圧と比較しても出現頻度が高い。Takano (2002)や津村・山崎（2005）の解析した事例は冬季の事例であったため、寒冷前線が不明瞭であったことが示唆される。KTの12時間後、OJCは寒冷前線が低気圧の南東領域に移り、温暖前線の発達は見られない。一

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

方、POC・AOCは活発な温暖前線が維持され、後屈温暖前線の構造を持っていた。AOCとPOCを比較すると、AOCは温暖前線が低気圧中心から、東北東～東方へ伸びる構造を持つのに対し、POCでは東南東～南東へ伸びる構造を持っていた。これらのことから、日本付近の低気圧に伴う前線構造とその時間発展は、発達する領域によって異なることを示している。

　また、前線発達の物理プロセスを前線形成関数により調査した。その結果、AOCでは、より前線の北側でシアー変形項が大きくなっており、後屈前線の発達への寄与を示唆した。また、POCでは、低気圧の東南東領域でシアー変形項がより大きくなっており、より東南東方向への温暖前線の発達を示唆した。

キーワード：温帯低気圧、前線、ジェット気流
Keywords: Extratropical cyclones, Front, Jetstream

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新しい波動エネルギーフラックス式の熱帯波動伝播力学の解析への適用：海洋大陸-北オーストラリア域における熱帯総観規模波動擾乱の診断解析

Application of a new wave energy flux formulation to assessment of tropical wave propagation dynamics: Diagnostics for the tropical synoptic-scale wave disturbances in the Maritime Continent-northern Australian region

*福富 慶樹[1]、相木 秀則[1]
*Fukutomi Yoshiki[1], Hidenori Aiki[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Reasearch, Nagoya University

Aiki et al. (2017) によって導出された新しい波動擾乱エネルギーフラックス式を適用し海洋大陸ー北オーストラリア域を伝播する熱帯総観規模波動擾乱の力学的診断を試みた。この波動エネルギーフラックスベクトルは熱帯や中緯度の様々なタイプの波動擾乱のエネルギー分散現象を評価するのに効果的であると考えられている。この波動エネルギーフラックスは渦動ジオポテンシャルフラックスに対しエーテル渦位ベースの回転流成分を含むフラックス項を付加することで定義されている。この付加的な回転流フラックス項を算定するためエーテル渦位ベースの流線関数と回転風の渦動成分をJRA-55大気再解析データから数値的逆解析手法により計算した。本研究で解析した熱帯総観規模波動は2ー8日程度の周期性と3000ー4000程度の東西波長を持つ(Fukutomi 2018)。この波動はインド洋から西太平洋に延びる平均モンスーン西風域に沿って8m/s で西向きに位相伝播する。また波動のトラフとリッジはこの地域で波列構造を形成している。一方、この波列上でトラフとリッジの東方増幅が群速度現象として発生する。波動エネルギーフラックス解析により、平均モンスーン西風上での波動エネルギー伝播が波列の下流発達を促し、この西風帯は熱帯の導波管としての役割を果たしている様相を示す。加えて、この波動エネルギーフラックスの分布と特徴を、伝統的な波動活動度フラックスのそれらと比較する。この新しいツールの熱帯や中高緯度の波動擾乱へのさらなる適用可能性についても議論する。

キーワード：熱帯波動擾乱、波動エネルギーフラックス、波動エネルギ伝播
Keywords: Tropical wave disturbances, Wave energy flux, Wave enegy dispersion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微気象学的手法を用いた外洋域における海面フラックスの直接測定
Direct measurement of turbulent fluxes at sea-air interface by micrometeorological technique

*近藤 文義[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、相木 秀則[4]、轡田 邦夫[5]、植松 光夫[6]、塚本 修[7]
*Fumiyoshi Kondo[1], Shujiro Komiya[2], Kosuke Noborio[3], Hidenori Aiki[4], Kunio Kutsuwada[5], Mitsuo Uematsu[6], Osamu Tsukamoto[7]

1. 海上保安大学校、2. マックス・フ゜ランク生物地球化学研究所、3. 明治大学、4. 名古屋大学、5. 東海大学、6. 東京大学、7. 岡山大学
1. Japan Coast Guard Academy, 2. Max Planck Institute for Biogeochemistry, 3. Meiji University, 4. Nagoya University , 5. Tokai University, 6. The University of Tokyo, 7. Okayama University

Accurate parameterizations of sea–air momentum, sensible and latent heats, trace gases (e.g. greenhouse gases including CO_2 and CH_4), and aerosol fluxes are important in sea–air interaction. Coupled ocean–atmosphere global climate models require high accuracy of the net surface heat flux for the prediction of climate change, and process–based understanding of particle formation from bubble bursting to realistically predict the climate effect of marine aerosols. Precise measurements of the CO_2 gas transfer across the air–sea interface provide a better understanding of the global carbon cycle. The eddy covariance technique is the definitive method to directly determine these sea–air fluxes, but it requires measurements of the vertical and downwind components of air velocity, air temperature, humidity, trace gases, and aerosol over a sufficiently long averaging period (> 30 min) and with sufficient frequency response (< 10 Hz). One of the greatest difficulties in measuring sea–air flux by the eddy covariance technique over the open ocean is the apparent wind velocity caused by the wave–induced platform motion. As a result, the uncorrected eddy covariance results are all strongly biased, and especially represent unrealistic momentum fluxes. Improved ship motion correction scheme with Kalman filter results in a significant reduction in both the bias and the scatter of momentum fluxes. Previous studies over the oceans have shown that the eddy covariance CO_2 flux was larger than the bulk CO_2 flux estimated by the mass balance technique. Our results suggest that the density correction due to the air pressure fluctuation, which is assumed to be negligible in the WPL correction, is required to evaluate the accurate eddy covariance CO_2 flux over the ocean.

キーワード：海面フラックス、大気海洋相互作用、渦相関法
Keywords: air-sea flux, air-sea interaction, eddy covariance technique

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三陸リアス海岸の地形に固有のうねり性波浪について
Swell-Dominant Surface Waves Inherent in the Shape of the Rias Coast facing the western North Pacific

*小松 幸生[1,2]、藤井 孝樹[1,2]、田中 潔[2]
*Kosei Komatsu[1,2], Takaki Fujii[1,2], Kiyoshi Tanaka[2]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Real-time monitoring of wind and surface waves in Otsuchi Bay, a ria located in the northeastern portion of Japan, had been continued over four years since October 2012, using a mooring buoy with an ultrasonic anemometer and a single-mode GPS wave sensor. The monitoring revealed that waves in the bay were dominated by swells propagated from the northeastern offshore region in all seasons. Time-lag correlation coefficient between the significant wave height in the bay and the offshore wind velocity component blowing in the direction to the bay was maximized in the region approximately 300 km northeast of the bay, from which waves developed by the local wind are accessible within the corresponding time-lag to the bay at a speed of the group velocity of the swell observed in the bay. As an interesting feature common to swell-dominant waves observed in the rias bays adjacent to Otsuchi Bay, the region of the significant correlation between the wave height and the offshore wind velocity extends to the direction that faces the bay mouth. It implies that the source region of the swell depends heavily on the coastal shape of the bay. Consequently, the relation between the offshore wind field and the decay-rate of the swells propagating to Otsuchi Bay indicates that the source region of the swell influential in the bay is located in the offshore region several hundreds of kilometers northeast of the bay, which is on the typical migration route of high and low pressures in the Northern temperate zone.

キーワード：うねり、海面波、リアス海岸、沖合海上風、海岸地形
Keywords: swell, surface wave, rias coast, offshore surface wind, coastal shape

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variabilities of the Sea Surface Height in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea: Coherent shelf-trapped mode and Rossby wave-like mode

*Vigan Mensah[1], Kay I. Ohshima[1]

1. Institute of Low Temperature Science

Time series analysis of Sea Surface Height anomaly (SSHa) is conducted in the Kuril Basin of the Sea of Okhotsk. The mapping methodology of the satellite-derived SSHa data is optimized to mitigate the effects of sea ice on the SSHa field during winter and the early spring. In particular, we found that conducting an objective mapping of along-track SSHa data with correlation length and time scales adapted to the Kuril Basin considerably reduces the number of missing data days in this region. A Complex Empirical Orthogonal Functions (CEOF) is then used to analyze the SSHa field, and the first 3 modes, representing 54 % of the total variability are delineated here. The focus is brought on the first and third modes. The first mode mainly represents the coherent variability trapped over the shelves all along the coast and Kuril Islands. Both seasonal (high over the shelves in winter) and interannual variations are strongly correlated with the alongshore wind stress. These variations can be well explained by the arrested topographic waves. The third mode is a propagating mode, with trains of southwestward propagating anomalies. Their characteristics are consistent with those of westward propagating Rossby waves, whose energy propagates from the Kuril Straits towards the Kuril Basin.

Keywords: Okhotsk Sea, SSHa, Circulation, Interannual variability, Dynamics, Rossby Waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 301A 3F

[A-OS19] 海洋と大気の波動・渦・循環力学

コンビーナ:田中 祐希(東京大学大学院理学系研究科)、古恵 亮(APL/JAMSTEC)、久木 幸治(琉球大学)、杉本 憲彦(慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室)、座長:久木 幸治(琉球大学理学部)、相木 秀則

本セッションでは、海洋および大気中に見られる具体的な現象の中から一般原理を抽出し体系化することによって数理モデルを構築し、それを再び具体的な現象の解釈・予測・パラメータ化につなげるという海洋力学・大気力学の意義を再確認する。このような円環的な思考を通じて、風波・波浪・内部重力波・ロスビー波・赤道波・潮汐流・渦・蛇行・大循環・境界層・大気海洋系などについての研究発展の見通しが与えられるとともに、共鳴・非線形相互作用・スペクトル解析・確率統計・力学系などの理論の利用方法が開拓されることを期待する。観測データ・再解析プロダクトの診断手法の開発、生態系モデルや気候・環境問題を含む学際的な研究、力学的に未解明だが興味深い観測・数値実験・データ解析結果の紹介なども歓迎し、新しい発想を生み出す原動力としたい。

10:45 ~ 11:00

[AOS19-07] サハリン島西岸の深い海谷における宗谷暖流冷水帯起源水の海水交換過程

★招待講演

*三寺 史夫[1]、飯田 博之[2] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学環境科学院)

11:00 ~ 11:15

[AOS19-08] 赤道太平洋における熱帯不安定波の発生機構

*田中 祐希[1]、日比谷 紀之[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

11:15 ~ 11:30

[AOS19-09] インド洋上層 2000 m における一年周期のロスビー波

*名倉 元樹[1] (1.(独) 海洋研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[AOS19-10] アルゴフロートで観測される渦

★招待講演

*勝又 勝郎[1] (1.海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[AOS19-11] 非線形系特有のリズム現象と海洋大循環

*下川 信也[1]、松浦 知徳[2] (1.防災科学技術研究所、2.富山大学)

12:00 ~ 12:15

[AOS19-12] 海底地形による海洋大循環の制御と中規模擾乱の発生

*加瀬 有理[1]、松浦 知徳[1] (1.国立大学法人 富山大学)

サハリン島西岸の深い海谷における宗谷暖流冷水帯起源水の海水交換過程
Dynamics of water exchange processes at a deep submarine canyon off the western coast of the Sakhaline which causes the origin of the cold water belt along the Soya Warm Current

*三寺 史夫[1]、飯田 博之[2]
*Humio Mitsudera[1], Hiroyuki Iida[2]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 北海道大学環境科学院
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Graduate School of Environmental Science

宗谷暖流の特徴的な現象として、サハリン島南西端付近から始まり、宗谷暖流沖合の表層にかけて存在する帯状の低温域(冷水帯)がある。Kuma *et al.*(2016)や飯田ら(2018)は冷水帯の直接観測を行い、冷水帯が低温高塩で特徴づけられる水塊(水温7℃、塩分34.0付近)で構成されており、この水塊は日本海外洋の水温躍層下部に起源を持つと指摘した。このため冷水帯が生じるには、外洋の低温高塩水が大陸棚へと湧昇し、岸近傍へと輸送される必要がある。そこで本研究は、サハリン島西岸における外洋と大陸棚間での海水交換のメカニズムを明らかにすることを目的とした。

本研究ではまず、海洋大循環モデル(1/30° OFES)の出力を用い、冷水帯を構成する水塊の起源を追跡した。解析の結果、サハリン島西岸の都市であるKholmsk沖合いで、サハリン島北西の大陸斜面上に起源を持つ水塊が、急峻な海谷において等深線を急激に横切り、陸棚斜面上へと流入していることを見出した。さらに、この流入プロセスは順圧の力学で説明できる可能性も示唆された。しかしながら、大陸斜面と大陸棚の間には渦位の大きな勾配（渦位障壁）があるため、順圧流が等深線を横切ることは容易ではない。そこで、Princeton Ocean Model (POM)を用いた順圧数値実験(現実地形)を行ったところOFESで得られた海水交換とよく一致した結果が得られ、この海水交換は順圧の力学で説明できることが示された。海峡通過流は、陸棚波長波によって励起されることが知られている(Ohshima, 1994)。そのため、Kholmsk沖の海水交換は陸棚波の力学で説明される必要がある。POMを用い海底地形を理想化した順圧数値実験を行った結果、Kholmsk沖に存在する海谷地形によって陸棚波は散乱され、大陸斜面上に流量ピークを持つ第2、第3モードの陸棚波が励起されていること、そして、この大陸斜面上の流れが陸棚上へと流入することで、海水交換が生じることが分かった。次に、陸棚波の散乱が生じている海谷地形周辺の流れ場を解析したところ、非線形性が重要であることが明らかとなった。具体的には、1)大陸斜面の低渦位水を大陸棚上に移流することによって渦位障壁を解消し、導波管を形成する効果、2) 第1~3モードの陸棚波が励起した背景流によって高次モード(第4モード以上)陸棚波の伝搬が抑制され、斜面上に定常流（非線形定常流）を形成する効果、である。この非線形定常流によって陸棚上には大陸斜面から定常的に低渦位水が供給されることから、2）の効果は導波管の維持にも重要な役割を持つものと考えられる。以上のように、大陸斜面上の非線形定常流が海谷において大陸棚上へと湧昇し、最終的に冷水帯を構成することが分かった。

最後に、数値実験から予想されるKholmsk沖での海水交換が、現実の海洋において存在するかを検証した。検証に用いたデータは日本海洋データセンターに登録されている水温・塩分の観測データで、解析期間は1960~1986年の夏季(7~10月)である。観測データを解析した結果、外洋からの海水流入が予想されるKholms近傍の観測点でのみ、海水交換の証拠となる海水湧昇が生じている様子が確認された。

キーワード：陸棚端を挟んだ海水交換、陸棚波、海谷、宗谷暖流冷水帯
Keywords: water exchange across the shelf break, continental shelf wave, submarine canyon, cold water belt along the Soya Warm Current

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤道太平洋における熱帯不安定波の発生機構
Generation Mechanism of Tropical Instability Waves in the Equatorial Pacific Ocean

*田中 祐希[1]、日比谷 紀之[1]
*Yuki Tanaka[1], Toshiyuki Hibiya[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

Tropical instability waves (TIWs) are prominent features observed in the eastern to central equatorial Pacific, which typically have a wavelength of ~1000 km and a period of ~25 days, propagating westward at a speed of ~0.5 m/s. Although TIWs are thought to be generated by meridional shear between the westward-flowing South Equatorial Current (SEC) and the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent (NECC), the decisive parameter responsible for the occurrence of the instability has not yet been fully understood. Because the meridional and vertical momentum and heat transfer by TIWs are essential to drive the equatorial ocean circulation and affect the air-sea interactions related to the global climate, a better understanding of the generation mechanism of the TIWs is prerequisite for improving models' capability to predict climate variations.

In this study, we show that a linear stability analysis using a 1.5-layer shallow water model with a zonal mean flow on the equatorial beta plane can successfully predict an unstable mode whose phase speed and meridional structure are both very similar to those of the TIWs simulated in an eddy-resolving ocean general circulation model (OGCM), although the wavelength and the growth rate are somewhat larger and smaller, respectively. This unstable mode can be interpreted as resulting from a coupling between a Rossby wave propagating eastward in the negative potential vorticity (PV) gradient just north of the equator (~1°–3.5°N) while advected westward by the SEC, and a Rossby wave propagating westward in the positive PV gradient further north (~3.5°–8°N) while weakly advected eastward by the NECC. The unstable mode tends to have smaller growth rate as the negative PV gradient becomes weaker, and even disappears when it is completely absent.

The negative PV gradient just north of the equator thus plays an essential role in forming the unstable mode. Actually, the seasonal and interannual variability of the TIWs simulated in the OGCM is shown to be significantly controlled by the strength of the negative PV gradient, suggesting the possibility that it can serve as a key parameter for a dynamically based parameterization of the heat and momentum transfer associated with TIWs in coarse-resolution OGCMs.

キーワード：熱帯不安定波、赤道太平洋、渦位勾配、ロスビー波、1.5層浅水モデル、線形安定性解析
Keywords: Tropical Instability Wave, Equatorial Pacific Ocean, Potential Vorticity Gradient, Rossby Wave, 1.5-Layer Shallow Water Model, Linear Stability Analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インド洋上層 2000 m における一年周期のロスビー波
Annual Rossby waves below the pycnocline in the Indian Ocean

*名倉 元樹[1]
*Motoki Nagura[1]

1. (独) 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

インド洋の現場観測は長らく散発的な船舶観測に依存しており、海盆規模の循環場や変動を観測だけから調べるのは困難であった。このような状況は2004年から始まったアルゴフロートの展開によって劇的に改善され、現在では海面から深度2000 mまでの水温塩分の鉛直プロファイルが高密度で取得されている。本研究ではこの水温塩分観測値、および深度1000 mにおけるアルゴフロートの漂流速度を用い、インド洋密度躍層下の圧力と水平流の一年周期変動を調べた。一年周期変動はアラビア海と南インド洋の10°Sから20°Sにかけて有意な振幅を示した。調和関数の位相に直線を回帰して鉛直波数を見積もったところ、南北両半球共に赤道付近から極に向かって鉛直波数が減少しており、鉛直波長は5°N/Sから20°N/Sにかけて5000 mから16 000 mに増加することがわかった。一方、コリオリ係数 f の絶対値は極方向に増加し、鉛直波数 m の極方向の減少と相殺するため、変形半径の逆数の自乗(f^2m^2/N^2)は緯度に関する依存性を示さなかった (解析領域におけるブラントバイサラ振動数 N の緯度方向の変化は小さい)。静止場における線形準地衡ロスビー波の分散関係式に依拠すると、鉛直波数と変形半径が上記のような南北分布を持つ場合、経度・深さ断面におけるエネルギーの伝播曲線(ray trajectory)の角度は緯度が高くなるにつれ大きくなることが予想される。現場観測から計算した1年周期変動のエネルギー分布はこのような予想と整合的であった。観測から見積もった変動の等位相線の傾きも緯度が高くなるにつれ大きくなっており、これも分散関係式と鉛直波数の南北分布から得られる予想と整合する。これらの結果は、一年周期変動のエネルギーは緯度が高くなるにつれてより深くまで到達することを示している。

キーワード：インド洋、中層、線形準地衡ロスビー波
Keywords: Indian Ocean, mid-depth, Linear, quasi-geostrophic Rossby waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルゴフロートで観測される渦
Eddies observed by Argo floats

*勝又 勝郎[1]
*Katsuro Katsumata[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC

海洋循環、特に子午面循環において渦は重要な役割を果たす。しかしその限られた水平スケールのために総観規模での（同時）観測は困難であり、もっぱらその役割は数値シミュレーションで定量化されてきた。海洋物理学観測に革命をもたらしたアルゴフロートは渦観測でもその役割を十二分に発揮する（とはいっても現状では深さが限られてしまうのだが）。

海洋循環論でもっとも自然な Temporal Residual Mean の考え方を用いて、海洋上層 1000 dbar 以浅の渦輸送をアルゴフロートによって観測された温度・塩分・停留深度における流速から計算した。渦輸送は西岸境界流や南大洋で強い。中緯度では渦はもっぱら 1000 dbar の等密度線を横切る向きで赤道向き。南大洋とくに環海流南部では極向きで 10 Sv 以上の大きな値を示す。

南大洋に着目すると渦による東西運動量の鉛直輸送や近年注目される環海流の風に対する反応の海底地形への局所化などが議論できる。

キーワード：渦、南大洋
Keywords: Eddy, Southern Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

非線形系特有のリズム現象と海洋大循環
Rhythmic Phenomena in Nonlinear Systems and Oceanic General Circulation

*下川 信也[1]、松浦 知徳[2]
*Shinya Shimokawa[1], Tomonori Matsuura[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 富山大学
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2. University of Toyama

Various oscillation phenomena such as transition between meander and non- meander paths of western boundary current such as the Kuroshio exist in the oceanic general circulation. These phenomena can be related to nonlinear rhythmic phenomena such as synchronization, stochastic resonance and stochastic synchronization. Synchronization 1) is a phenomenon for an adjustment of rhythms of two or more self-sustained oscillating systems, which have different periods. Stochastic resonance 2) is a phenomenon in which a kind of noise amplifies and elicits weak signals under detection thresholds. Both phenomena are observed in various nonlinear systems such as climate system, living system, and electric circuits. Also, the coupling of both phenomena was found and is called stochastic synchronization 3).

Thus, we investigate the responses of oceanic double-gyre to external wind forcing with and without noise using a 1.5 layer quasi-geostrophic model, and considered the possible role of nonlinear rhythmic phenomena in oceanic general circulation 4)-7). The variable parameter is the amplitude of external seasonal forcing, α, the amplitude of red noise, ε, and the Reynolds number, Re.

Synchronization at two times the period of the forcing occurs at a parameter range of α and Re without noise (ε =0). For cases with adequate (not too weak and not too strong) noise, potential signals in the system appear at the front as actual signals (i.e., stochastic resonance) such as intermittent large variations in energy. Also, by adding red noise to external forcing, synchronization (i.e., stochastic synchronization) occurs when the amplitude of external forcing is smaller than that in the case without noise. These results suggest that potential signals in the system are amplified and appear as stochastic resonance or synchronization in relation to the added noise.

References:

1) Kuramoto, Y., “Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence”, (Springer, 1984), p.156.

2) Benzi, R., A. Sutera and A. Vulpiani, “The Mechanism of Stochastic Resonance”, J. Phys., Vol.14A (1981), pp.L453-L457.

3) Fukuda, H., H. Nagano, and S. Kai, “Stochastic Synchronization in Two-Dimensional Coupled Lattice Oscillators in the Belousov–Zhabotinsky Reaction”, J. Phys. Soc. Jpn., Vol.72 (2003), pp.487-490.

4) Shimokawa, S. and T. Matsuura, “Chaotic Behaviors in the Response of Q-G Oceanic Double-Gyre to Seasonal External Forcing”, J. Phys. Oceanogr., Vol.40 (2010), pp.1458-1472.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

5) Shimokawa, S., K. Shiratori, and T. Matsuura, “Responses of Oceanic Double-Gyre to External Wind Forcing with Noise”, Theor. Appl. Mech. Jpn., Vol.62 (2014), pp.49-57.

6) Shimokawa, S. and T. Matsuura, “Stochastic Synchronization in an Oceanic Double Gyre”, Theor. Appl. Mech. Jpn., Vol.63 (2015), pp.99-107.

7) Shimokawa, S and T. Matsuura, “Chaos excitation and stochastic synchronization in an oceanic double gyre”, Theor. Appl. Mech. Jpn., Vol. 64 (2018), pp. 15-22.

キーワード：海洋大循環、非線形系、同期、確率共鳴、確率同期
Keywords: Oceanic general circulation, Nonlinear systems, Synchronization, Stochastic resonance, Stochastic synchronization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底地形による海洋大循環の制御と中規模擾乱の発生
Control of the ocean circulation by bottom topography and generation of mesoscale disturbances

*加瀬 有理[1]、松浦 知徳[1]
*Yuri Kase[1], Tomonori Matsuura[1]

1. 国立大学法人 富山大学
1. National university corporation University of Toyama

北太平洋における代表的な海流には黒潮がある．北太平洋亜熱帯循環の西縁にあたる黒潮は西岸強化流であり，千葉県銚子沖で離岸すると，東向きの黒潮続流となる．約160°Eでは南北に伸びるシャツキー海台と出会い，この地形周辺では流れ-地形相互作用による流路の変動や中規模擾乱の発生が見られる．本研究では，北太平洋域を意識したモデリングによって，回転成層場における流れ-地形相互作用による中規模擾乱（中規模渦や傾圧不安定波）の発生に関し，地球流体力学現象の観点からそれらのメカニズムを探る．

今回は，海底地形の存在による主流の変動やそれに伴う中規模擾乱の発生を調べるための3層準地衡流渦位方程式に基づく渦解像QGモデル（Hogg et al.,2010）を用い，海底地形を変えた4ケースのシミュレーションを行った．ケース1には地形を与えず，ケース2には円錐型の地形（円形海山；以下corn），ケース3には半円筒型の地形（南北海嶺；以下kamaboko），ケース4にはその両方の地形（円形海山＋南北海嶺）を与えた．各ケースに共通して，北太平洋域に対応するダブルジャイヤの海域（東西10,000 km，南北5,000 km）に，現実を模擬した東西風応力を与え，数値シミュレーションを行った．得られた結果（瞬間の圧力等）からは，平均場（時間平均）に見られる流れ（平均流）と長寿命の渦（定在的な渦）を差し引き，擾乱場（瞬間）にしか見られない短寿命の乱れ（中規模擾乱）を分離して解析した．更に，中規模擾乱の量の時系列変動に関しては，東西強流域と地形周辺の2種類の領域に絞って調べた．

用いる物理量は圧力 p_i (i=1,2,3)，渦位 q_i (i=1,2,3) とし，まず，1層目の圧力 p_1 から平均場を見る．図1には，圧力 p_1 の10年平均値 $\overline{p_1}(10)$ の空間パターンを描画している．各ケースの強流域は，西岸や中間緯度付近に見られ，地形を与えていないケース1では最も顕著なダブルジャイヤとそのフロントの東西強流域が見られる．今回は北太平洋域に対応する風応力を与えており，このダブルジャイヤは北太平洋亜熱帯循環・亜寒帯循環に，フロントの強流は黒潮続流に対応させている．一方，地形を与えたケース2～4では，地形によって中間緯度付近の強流が遮られたり蛇行させられたりしており，地形の上部には高気圧性の定在的な渦が存在する．特に地形後方の蛇行流に注目して，ケース3とケース4を比較すると，kamabokoにcornが付加されることで，kamabokoの背後に2波長の流れが強化されていることが分かる（図1のケース4）．

次に，1層目の渦位から中規模擾乱の空間パターンを見る．瞬間の渦位 q_1 の偏差（ただし，時間平均値としては1年平均値 $\overline{q_1}(1)$ を採用）としての渦位の擾乱 q_1' について，中規模擾乱の発達している所とそうでない所の差を明瞭にするため，10年平均を取った．その際，正負による打ち消しを防ぐために2乗をしている．図2には，上述した渦位の擾乱の2乗の10年平均値 $\overline{(q_1')^2}(10)$ の空間パターンを可視化したが，数値が高いほど，強くて細かい中規模擾乱が発達していることを示している．各ケースの中規模擾乱の発達箇所は西岸の強流域や地形周辺であり，図1（1層目の圧力 p_1 の10年平均値 $\overline{p_1}(10)$ ）に見られる強流域と対応している．また，ケース3とケース4を比較すると，kamabokoにcornが付加されることで，kamabokoの背後に2波長の流れが強化されていたが（図1のケース4），それに伴って $\overline{(q_1')^2}(10)$ が強まっている（図2のケース4）．これらより，地形の影響で流れが乱され，層間の界面高度の変化が増して位置エネルギーが大きくなる，すなわち，傾圧不安定が強化されている可能性が示唆された．そして，大きくなった位置エネルギーは運動エネルギーとして解放され（傾圧不安定の解消），中規模擾乱が発達するというメカニズムを考えた．この地形によ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る流れの変化の仕方や傾圧不安定の強化の程度は，地形の形状や配置，組み合わせで変わり，海底地形が中規模擾乱の発生に重要な役割を果たしていることが分かった．

今後の発展として，北太平洋域の伊豆海嶺やシャツキー海台（タム山塊）を模した海底地形としてのkamaboko，cornの位置（緯度・経度）や高さを変えてモデリングすることで，より現実の現象へのシミュレーション結果の適用の妥当性が示されると考えている．

キーワード：中規模擾乱、海底地形、西岸強化流、黒潮、黒潮続流
Keywords: mesoscale disturbance, bottom topography, western boundary current, Kuroshio, Kuroshio extension

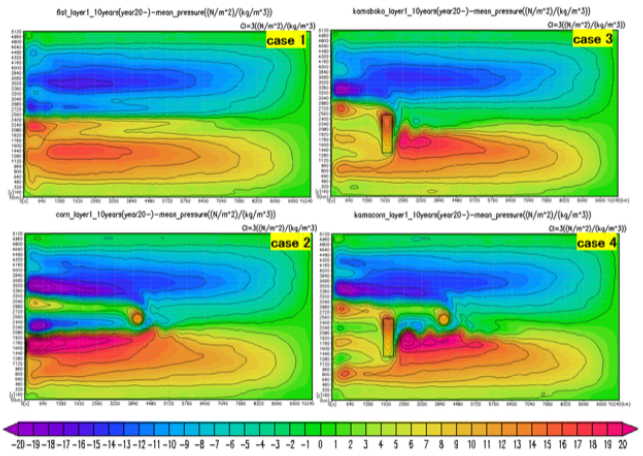


Figure 1: the four cases' spatial patterns of the 10 years mean values of the pressure in layer 1 ($\overline{p_1}(10)$) (superimposed the horizontal section of the bottom topography in each case)

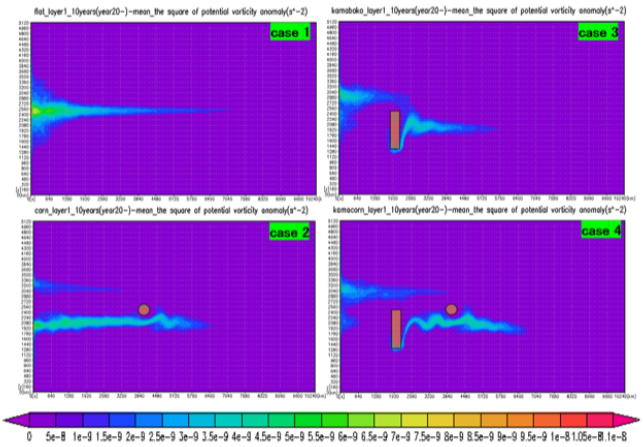


Figure 2: the four cases' spatial patterns of the 10 years mean values of the squared disturbances of the potential vorticity in layer 1 ($\overline{(q_1')^2}(10)$) (superimposed the horizontal section of the bottom topography in each case)

©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-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

2019年5月27日(月) 9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[A-HW24] 同位体水文学 2019

コンビーナ:安原 正也(立正大学地球環境科学部)、風早 康平(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、大沢 信二(京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）)、浅井 和由(株式会社　地球科学研究所)、座長:安原 正也(立正大学地球環境科学部)、森川 徳敏(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

気圏・水圏・地圏における陸水循環ならびにそれに伴う物質循環のプロセスの解明を目的とした同位体水文学的研究は，現在，陸水学，地球化学，地形学，火山学，気象学，農学，林学，土木工学，衛生工学，生態学，土壌学等の多様な分野で行われている．本セッションでは，各分野における研究成果を持ち寄ることによって，同位体水文学研究の最新の知見の集積を図るとともに，異分野の活動を有機的・横断的に結びつけ，新しい同位体トレーサーの発見，新たな研究領域の開拓，社会への応用を促進することを目的とする．一般水質や微量成分等に基づく研究でも，同位体を用いた水・物質循環研究に貢献あるいは発展する可能性のあるものであればこれを歓迎する．

9:00 ~ 9:30

[AHW24-01] 安定同位体比を用いた植物による硝酸態窒素利用の実体解明

★招待講演

*木庭 啓介[1] (1.京都大学生態学研究センター)

9:30 ~ 9:45

[AHW24-02] 複数の環境トレーサー分析と物質移行解析を用いた京都盆地における地域的大気六フッ化硫黄濃度の時間変化の復元

*柏谷 公希[1]、堀 太至[1]、硲 隆太[2]、佐久間 洋一[3]、小池 克明[1] (1.京都大学、2.大阪産業大学、3.東京工業大学)

9:45 ~ 10:00

[AHW24-03] 沖縄の降水の^{17}O-excess値を用いた水蒸気起源における相対湿度の定量的な復元

上地 佑衣菜[1]、*植村 立[1] (1.琉球大学　理学部)

10:00 ~ 10:15

[AHW24-04] Identification of deep groundwater recharge system in an intermontane basin

*中村 高志[1]、西田 継[1]、Mohamad Naim[2]、Shakya Man Bijay[1]、浅井 和由[4]、Shrestha Das Sresh[3] (1.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター、2.山梨大学、3.トリブワン大学・地質学科、4.株式会社　地球科学研究所)

10:15 ~ 10:30

Discussion

安定同位体比を用いた植物による硝酸態窒素利用の実体解明
The use of natural abundances of stable isotopes to elucidate the nitrogen dynamics in plant-soil systems

*木庭 啓介[1]
*Keisuke Koba[1]

1. 京都大学生態学研究センター
1. Center for Ecological Research, Kyoto University

軽元素の安定同位体比は物質循環解析に強力なツールではあるものの、同位体分別というブラックボックスのために、その解析は多くの場合、半定量的なものにとどまってしまいます。残念なことではあるが、一方でたとえば窒素循環のようにプールの回転速度が早く、プールの濃度変動からフラックスを類推することが困難である循環系では、半定量的な解析であるとしても、その開先に寄ってこれまで考えられてこなかったフラックスの重要性を明らかにするというような形で、循環系の理解を大きくすすめることができる可能性がある。本発表では通常のプール情報からでは見逃しがちなフラックスの重要性を明らかにした例としてアラスカツンドラ生態系での硝酸態窒素についての報告を行う。植物体内に残された微量の硝酸態窒素の窒素酸素安定同位体比の測定から、ツンドラ土壌ではほとんど検出されない硝酸態窒素が実は生産され消費されているという、「見えなかった」硝酸態窒素に関するフラックスをどのように追跡したかについて発表させていただく。

キーワード：安定同位体、硝酸態窒素
Keywords: stable isotopes, soil nitrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

複数の環境トレーサー分析と物質移行解析を用いた京都盆地における地域的大気六フッ化硫黄濃度の時間変化の復元

Reconstruction of local temporal variation on atmospheric sulfur hexafluoride concentration in the Kyoto Basin by multiple environmental tracer and mass transport analyses

*柏谷 公希[1]、堀 太至[1]、硲 隆太[2]、佐久間 洋一[3]、小池 克明[1]
*Koki Kashiwaya[1], Taishi Hori[1], Ryuta Hazama[2], Yoichi Sakuma[3], Katsuaki Koike[1]

1. 京都大学、2. 大阪産業大学、3. 東京工業大学
1. Kyoto University, 2. Osaka Sangyo University, 3. Tokyo Institute of Technology

Groundwater is a valuable water resource and understanding groundwater flow regime is indispensable to maintain its quantity and quality at favorable conditions and to achieve its sustainable use. Residence time is an indicator reflecting flow regime of groundwater and various environmental tracers can be used to estimate residence time. Sulfur hexafluoride (SF_6) is one of such dating tracer and is frequently used to estimate residence time of relatively young groundwater. SF_6 residence time is estimated by comparing temporal variation curve of atmospheric SF_6 concentration with concentration obtained from measurement of groundwater sample. Groundwater dating with SF_6 is sometimes difficult in urban areas because of locally elevated atmospheric SF_6 concentration and/or contamination. If local temporal change of atmospheric SF_6 concentration can be reconstructed, and if contaminated samples can be detected, they help to increase accuracy of groundwater dating with SF_6. Therefore, we tried to estimate local temporal change of atmospheric SF_6 concentration in the Kyoto Basin. Groundwater samples were collected from 47 wells in the basin and concentrations of tritium and SF_6 were determined. Air samples were also collected at three points to reconstruct the variation curve. Additionally, groundwater flow and mass transport analyses were conducted using MODFLOW and MT3DMS. The groundwater flow and mass transport models were calibrated by comparisons with actually measured water levels and tritium concentrations. Several temporal variation curves of local temporal variation on atmospheric SF_6 concentration were considered, and using these curves, mass transport analysis of SF_6 was conducted. Finally, the calculated and actually measured SF_6 concentrations in groundwater were compared and the temporal variation curve with which error between the calculated and measured values was minimum was selected. In the presentation, residence time of groundwater in the Kyoto Basin is presented and plausibility of the selected temporal curve is discussed.

キーワード：地下水、滞留時間、六フッ化硫黄、トリチウム、物質移行解析
Keywords: Groundwater, Residence time, Sulfur hexafluoride, Tritium, Mass transport analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄の降水の^{17}O-excess値を用いた水蒸気起源における相対湿度の定量的な復元

Quantitative reconstruction of the humidity in the moisture source region based on the ^{17}O-excess in precipitation on a subtropical island

上地 佑衣菜[1]、*植村 立[1]
Yuina Uechi[1], *Ryu Uemura[1]

1. 琉球大学　理学部
1. University of the Ryukyus

近年、酸素17（δ^{17}O）の高精度測定が可能になり、δ^{18}Oとδ^{17}Oを組み合わせた^{17}O-excessという指標が提案された。降水の^{17}O-excessの変動は、海洋上の蒸発における分子拡散により生じると考えられており、相対湿度を示す指標として注目されている。しかし、その後の観測データからは、起源海域の湿度以外の影響（雨滴の再蒸発等）があることが示唆されている。これらの研究では南極・北極や砂漠地帯など極端な場所での研究例が多く、降水の^{17}O-excessから復元した湿度を観測的に検証した例はない。そこで本研究では、湿度が高く、雨滴の再蒸発の影響が小さいと予想される沖縄島降水の^{17}O-excessを測定し、復元した蒸発時の湿度を観測された海洋上の湿度と比較し検証した。

沖縄本島の降水の^{17}O-excessは明確な季節変動を示した。この降水の^{17}O-excess値から蒸発モデルを使用して、蒸発起源海域の相対湿度（h_n）を復元したところ、^{17}O-excessに基づくh_nの値は、降水の起源海域の海洋上で観測されたh_nと誤差範囲内で一致した。様々なバイアス（閉鎖系の仮定、降水形成時の効果、海水の^{17}O-excess値）を考慮しても復元したh_nは、起源海域におけるh_nと整合的であった。したがって、沖縄本島の降水の^{17}O-excessは分子拡散による同位体分別の強弱、つまり降水の起源海域のh_nによって、変動していると考えられる。この結果は、湿潤な熱帯および亜熱帯地域における^{17}O-excessは、降水の起源海域の相対湿度を定量的に復元することが可能なユニークなトレーサーであることを示している。また、鍾乳石中の流体包有物および炭酸カルシウムの中の^{17}Oの分析によって過去の気候変動の定量的復元に対しても有用であることを示唆している。

文献
Uechi, Y. and R. Uemura, Dominant influence of the humidity in the moisture source region on the ^{17}O-excess in precipitation on a subtropical island, Earth and Planetary Science Letters, in press.

キーワード：17O、安定同位体、モンスーン、降水
Keywords: 17O, stable isotope, monsoon, precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Identification of deep groundwater recharge system in an intermontane basin

*中村 高志[1]、西田 継[1]、Mohamad Naim[2]、Shakya Man Bijay[1]、浅井 和由[4]、Shrestha Das Sresh[3]
*Takashi Nakamura[1], Kei Nishida[1], Naim Mohamad[2], Bijay Man Shakya[1], Kazuyoshi Asai[4], Sresh Das Shrestha[3]

1. 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター、2. 山梨大学、3. トリブワン大学・地質学科、4. 株式会社　地球科学研究所
1. ICRE, University of YAMANASHI, 2. University of Yamanashi, 3. CDG, Tribhuvan University, 4. Geo-Science Laboratory

This study focuses on identifying the deep groundwater recharge system in Kathmandu Valley, Nepal using various environmental tracers. The Kathmandu Valley is one of the largest intermontane basin that covers an area of 625 km^2. The average altitude of the valley floor is 1350 m above sea level and is surrounded by the hills rising more than 2800 m. Rainfall in the basin is mostly seasonal with roughly 80% of the 1755 mm average annual total arriving between June and September during monsoon season. Groundwater samples were collected from 10 deep tube wells covering almost all parts of the valley and 2 shallow dug wells located at the central part of the valley. All the collected samples were then subjected to the analysis of major dissolved ions, hydrogen and oxygen stable isotopes and radiocarbon.

Groundwater ion composition using Hexa-diagram showed that the deep groundwater of the Kathmandu Valley tends to be relatively young in the outer peripheral area. Meanwhile for the groundwater located in the central area tends to be older. However, for the shallow wells located at the central area, the higher values of ion composition were derived from the effect of human activities. Relatively high pMC values obtained from radiocarbon were detected from the shallow groundwater at central part of the valley and from the deep groundwater samples those were collected from the peripheral area. On the other hand, the deep groundwater at the central part of valley was observed with low pMC values.

Relatively heavier stable isotopes of hydrogen were observed from both the deep groundwater and the shallow groundwater in the central part of the valley. Along with the pMC values, these results also suggests the possibility of vertical groundwater recharge from the shallow groundwater to the deep groundwater in central part of the valley. However, isotopically depleted groundwater recorded from the peripheral areas also concludes the recharge in this basin occurs from the mountain areas.

AKNOWLEDGMENTS: This study was supported by the JSPS KAKENHI Grant Number is 18K11617. It was also partly supported by the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development Program (SATREPS, Project Manager: Professor Narendra Man Shakya and Professor Futaba Kazama) of the Japan International Cooperation Agency (JICA)/Japan Science and Technology Agency (JST).

キーワード：Groundwater recharge、water quality、Hydrogen and oxygen stable isotope、Radiocarbon、Kathmandu Valley, Nepal
Keywords: Groundwater recharge, water quality, Hydrogen and oxygen stable isotope, Radiocarbon, Kathmandu Valley, Nepal

©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-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

2019年5月27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[A-HW24] 同位体水文学 2019

コンビーナ:安原 正也(立正大学地球環境科学部)、風早 康平(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、大沢 信二(京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）)、浅井 和由(株式会社　地球科学研究所)、座長:森川 徳敏(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、浅井 和由(地球科学研究所)、風早 康平(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門深部流体研究グループ)

気圏・水圏・地圏における陸水循環ならびにそれに伴う物質循環のプロセスの解明を目的とした同位体水文学的研究は，現在，陸水学，地球化学，地形学，火山学，気象学，農学，林学，土木工学，衛生工学，生態学，土壌学等の多様な分野で行われている．本セッションでは，各分野における研究成果を持ち寄ることによって，同位体水文学研究の最新の知見の集積を図るとともに，異分野の活動を有機的・横断的に結びつけ，新しい同位体トレーサーの発見，新たな研究領域の開拓，社会への応用を促進することを目的とする．一般水質や微量成分等に基づく研究でも，同位体を用いた水・物質循環研究に貢献あるいは発展する可能性のあるものであればこれを歓迎する．

10:45 ~ 11:15

[AHW24-05] 長野県大鹿村における有馬型塩水の湧出量推定

★招待講演

*楠原 文武[1] (1.電力中央研究所)

11:15 ~ 11:30

[AHW24-06] 阿蘇火山の火口湖「湯溜り」のマグネシウム収支から推定される湖底下熱水活動

*大沢 信二[1]、齋藤 武士[2]、網田 和宏[3] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）、2.信州大学学術研究院理学系、3.秋田大学大学院理工学研究科)

11:30 ~ 11:45

[AHW24-07] 四万十川河川水の化学組成および水素・酸素同位体比の空間分布

*高橋 正明[1]、清水 日奈子[1]、風早 康平[1]、安原 正也[2,1] (1.産業技術総合研究所、2.立正大学地球環境科学部)

11:45 ~ 12:00

[AHW24-08] 都市の浅層地下水の起源に関する同位体的研究―東京都品川区を例として―

*安原 正也[1]、稲村 明彦[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4] (1.立正大学地球環境科学部、2.（国）産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、3.山梨大学国際流域環境研究センター、4.（株）地球科学研究所)

12:00 ~ 12:15

Discussion

長野県大鹿村における有馬型塩水の湧出量推定
The discharge rate of the Arima-type deep brine discharge in Ooshika-mura, Nagano Prefecture

*楠原 文武[1]
*Fumitake Kusuhara[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

有馬型温泉は，沈み込んだスラブ中の鉱物から脱水した水（ここでは「有馬型塩水」と呼称）を起源とすると考えられており，特にその地表での湧出量は，沈み込み帯における水循環の定量的な理解に向けて重要なパラメータである。しかし，有馬型塩水の化学・同位体組成が明確になっていないため，水文学的実測値から湧出量を推定した研究はほとんど例がない。

長野県南部に位置する大鹿村では，有馬型温泉の一つである鹿塩（かしお）温泉を始めとして村内の複数地点において，有馬型塩水と天水が混合して湧出していることが知られており，それらは最終的に村内を流れる4河川に流入していると考えられる。本研究では，各河川の上流～下流の複数地点において河川水の流量とCl濃度を測定した。鹿塩温泉において，天水が混合する前の有馬型塩水のCl濃度を推定した先行研究の結果を適用することによって，各地点における有馬型塩水の流量を推定した。この推定値は，当該地点より上流の流域内における有馬型塩水の湧出量とみなすことができる。

各河川の最下流における有馬型塩水の流量を合計することで，大鹿村内における有馬型塩水の湧出量の合計は約0.8 L/sと推定された。この値は，先行研究で実施された，スラブから脱水・上昇する水のフラックス値のモデル計算結果と矛盾しない。また，村内で湧出している有馬型塩水の50%以上が，塩川と鹿塩川の合流点から数km以内の地域で湧出していることが示された。この地域は，塩川が彫り込んだ谷を中央構造線の断層面が横断する地質構造となっており，先行研究で示された，近畿地方の中央構造線付近における有馬型塩水の流出経路モデルと調和的である。

キーワード：スラブ起源流体、湧出量、中央構造線、地質構造、鹿塩
Keywords: slab-derived fluid, discharge rate, Median Tectonic Line, geologic structure, Kashio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇火山の火口湖「湯溜り」のマグネシウム収支から推定される湖底下熱水活動

Sublacustrine hydrothermal system of the active crater lake, Yudamari of Aso Volcano inferred from Mg budget of the lake

*大沢 信二[1]、齋藤 武士[2]、網田 和宏[3]
*Shinji Ohsawa[1], Takeshi Saito[2], Kazuhiro Amita[3]

1. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）、2. 信州大学学術研究院理学系、3. 秋田大学大学院理工学研究科
1. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Academic Assembly School of Science and Technology, Shinshu University, 3. Graduate School of Engineering Science, Akita University

阿蘇火山の中岳第一火口に形成される火口湖「湯溜り（ゆだまり）」は，湖水の表面流出は存在せず，高温で酸性が強く，塩化物イオン（Cl）やマグネシウムイオン（Mg）などの多量の溶存成分を含む．この様な水質は，湖水が湖底に噴出する火山ガスの影響を受けて形成されている．私たちは，湯溜りの同位体組成（δDとδ^{18}O）の解析から，極端に酸性になった湖水が岩石成分を溶脱させる際にδ^{18}Oの交換が起こり，水同位体組成に大きな変化が起こったことを見出した（昨年2018年の同セッションで発表）．この湖水が極端に酸性となった期間には，湖の体積や水収支が詳しく求められており（齋藤ほか，2008），そこに報告されている水文パラメータ等を含めて湖水のMg収支の計算を行ったところ，１日あたり5～10トンという多量のMgが岩石から湖水へ溶出していると結果が得られた．酸性溶脱を受ける元の岩石の化学組成と密度をある値に仮定して，そのMg溶脱量を岩石の体積に換算すると50～200立方メートルとなり，これは１辺が3～6mの立方体の岩石がわずか１日で完全に変質するという驚くべき現象である．このような膨大な量の岩石成分の溶出は，湖底表面だけでの溶脱反応では到底追いつかず，湖水が循環して連続的に岩石と反応するシステム，例えば，湯溜りと同様な活動的火口湖（active crater lake）と呼ばれる高温強酸性火口湖の湖底下にしばしば想定されるような湖水が循環する熱水系の存在を強く支持する．

キーワード：阿蘇火山、火口湖、マグネシウム収支、酸性溶脱、湖底下熱水活動
Keywords: Aso volcano, active crater lake, magnesium budget, acid leaching, sublacustrine hydrothermal system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

四万十川河川水の化学組成および水素・酸素同位体比の空間分布
Spatial distribution of chemical compositions, hydrogen and oxygen isotopic ratios of stream water of the Shimanto River area, southwestern Japan

*高橋 正明[1]、清水 日奈子[1]、風早 康平[1]、安原 正也[2,1]
*Masaaki Takahashi[1], Hinako Shimizu[1], Kohei Kazahaya[1], Masaya Yasuhara[2,1]

1. 産業技術総合研究所、2. 立正大学地球環境科学部
1. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Rissho University

2007年12月14～18日、2008年11月22～26日、および2009年12月12～17日に、四万十川水系およびその周辺の小河川（高知県西部および愛媛県南部）の101箇所より109試料を採取し、その水素および酸素同位体比の分析を行った。地理学的パラメータとして緯度（LAT）、標高（ELV）および内陸度（DS）、気象学的パラメータとして年平均気温（MAT）および年平均降水量（MAP）を用い、四万十地域の河川水のδD、δ^{18}Oデータとの関係について考察した。その結果、地理学的パラメータとしてELVおよびDS、気象学的パラメータとしてMAPを説明変数として用いると、四万十地域の河川水のδD、δ^{18}Oの空間分布を詳細に示すことができることがわかった。

キーワード：四万十川河川水、水素･酸素同位体比、高度効果、降水量（雨量）効果、内陸効果
Keywords: stream water of the Shimanto River, hydrogen and oxygen isotopic ratio, altitude effect, amount effect, inland effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

都市の浅層地下水の起源に関する同位体的研究ー東京都品川区を例としてー

An isotopic study on shallow groundwater origins in a densely-populated area in Shinagawa, central Tokyo, Japan

*安原 正也[1]、稲村 明彦[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4]
*Masaya Yasuhara[1], Akihiko Inamura[2], Takashi Nakamura[3], Kazuyoshi Asai[4]

1. 立正大学地球環境科学部、2. （国）産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、3. 山梨大学国際流域環境研究センター、4. （株）地球科学研究所
1. Rissho Univ., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Yamanashi Univ., 4. Geo Science Laboratory

近年，都市の地下水は大規模災害時の非常用水源（防火用，生活用，飲料用）として，また親水環境の保全や創生，ヒートアイランド現象の緩和といった各種取り組みを推進する際の環境用水源としてその重要性がクローズアップされている．都市にとって自己水源である地下水を将来にわたり適切にかつ有効に利用してゆくためには，質と量の両面からその実態を正確に理解しておくことが必要である．しかし，都市の地下水の水質についてはこれまでいくつか詳細な報告（たとえば，黒田ほか，2007；安原ほか，2014）がある一方で，地下水の起源をはじめとする量的な検討は進んでいないのが現状である．

そこで，都市の地下水の形成に果たす1）降水浸透水，2）水道漏水，3）下水漏水の役割を地球化学的手法に基づいて定量化することを目的に，東京都品川区北品川ならびに南品川の人口密集地帯（南北約1 km，東西約500 m）の浅層地下水を対象に予察的な研究を実施した．同地域の浅層地下水は関東ローム層あるいは埋立土層中に賦存し，地下水面は地表面下数m程度にあるものと考えられる．2016年4月に採水した井戸水の分析結果から，南北約1 km，東西約500 mという非常に狭い範囲であるにもかかわらず，同地域の浅層地下水は電気伝導度：28 mS/m～70 mS/m，アンモニウムイオン濃度：0.0 mg/L～9.1 mg/L，硝酸イオン濃度：0.1 mg/L～36.2 mg/L，塩化物イオン濃度：4.8 mg/L～46.6 mg/L，酸素同位体比：-8.7‰～-7.4‰と，その地球化学的性状は著しく不均質であることが明らかとなった．この事実は，都市の地下水はその起源としてpoint sourceに依存するところが大きいことを示唆している．塩化物イオン濃度と酸素同位体比に基づく降水浸透水，水道漏水，下水漏水をエンドメンバーとする3成分混合解析の結果，同地域の浅層地下水の形成に果たす下水漏水の寄与率は最大で70%と推定された．同時に，地表面の大部分が不透水性であるにもかかわらず，浅層地下水の形成に果たす降水浸透水の役割が80%以上と非常に大きい地点も存在することが明らかとなった．今後，窒素・硫黄等の同位体トレーサーの測定や地下水の起源となる上記3成分の相対的重要性の季節変化の調査を通じて，都市の地下水の形成プロセスをさらに詳細に評価・検討してゆく必要がある．

キーワード：東京、浅層地下水、地下水の起源、水道漏水、下水漏水、同位体
Keywords: Tokyo, shallow groundwater, origins of groundwater, water leakage, sewage leakage, isotope

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[H-DS14] 湿潤変動帯の地質災害とその前兆

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、八木 浩司(山形大学地域教育文化学部)、小嶋 智(岐阜大学工学部社会基盤工学科)、内田 太郎(国土技術政策総合研究所)、座長:石丸 聡

変動帯では地震や火山活動による地質災害が頻発している。本セッションでは，湿潤変動帯における地質災害，特に地すべり，崩壊，土石流などのマスムーブメント、およびそれに関連する山体重力変形などの自然現象を対象とし，それらのメカニズムや発生の場，地質的時間軸における意義の解明，さらに災害軽減への方法論提言に向けて，関連諸分野の英知を糾合して発表・討論する。昨年の九州北部豪雨，今年の大阪府北部地震，西日本豪雨，北海道胆振東部地震についての発表も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[HDS14-01] **2018年北海道胆振東部地震における斜面崩壊の発生場**

*石丸 聡[1]、廣瀬 亘[1]、川上 源太郎[1]、高橋 良[1]、加瀬 善洋[1]、輿水 健一[1]、小安 浩理[1]、千木良 雅弘[2]、田近 淳[3] (1.北海道立総合研究機構 地質研究所、2.京都大学防災研究所、3.株式会社　ドーコン)

11:00 ~ 11:15

[HDS14-02] 2018年北海道胆振東部地震による降下火砕物の地すべりの形態と被害

*田近 淳[1]、雨宮 和夫[2]、千木良 雅弘[3]、石丸 聡[4]、小池 明夫[1]、金 秀俊[1]、木崎 健治[5]、山根 幹生[6] (1.株式会社ドーコン、2.防災地質工業株式会社、3.京都大学防災研究所、4.北海道立総合研究機構地質研究所、5.きざき技術士事務所、6.有限会社テレリサーチ)

11:15 ~ 11:30

[HDS14-03] 平成30年7月豪雨，および北海道胆振東部地震で発生した崩壊における斜面切土の影響

*永田 秀尚[1] (1.有限会社風水土)

11:30 ~ 11:45

[HDS14-04] 伊豆大島南西部における地質時代の斜面崩壊

*鈴木 毅彦[1]、千木良 雅弘[2] (1.首都大学東京都市環境学部、2.京都大学防災研究所)

11:45 ~ 12:00

[HDS14-05] 赤谷西地区の岩盤クリープ斜面における孔内傾斜計によるひずみ速度の観測

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

12:00 ~ 12:15

[HDS14-06] 広域における３次元比抵抗データを用いた地震時斜面崩壊の発生場の評価

*坂井 佑介[1]、内田 太郎[1]、藤原 康正[2] (1.国土技術政策総合研究所、2.株式会社エイト日本技術開発)

2018年北海道胆振東部地震における斜面崩壊の発生場

The sources of landslides occurred by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*石丸 聡[1]、廣瀬 亘[1]、川上 源太郎[1]、高橋 良[1]、加瀬 善洋[1]、奥水 健一[1]、小安 浩理[1]、千木良 雅弘[2]、田近 淳[3]
*Satoshi Ishimaru[1], Wataru Hirose[1], Gentaro Kawakami[1], Ryo Takahashi[1], Yoshihiro Kase[1], Ken'ichi Koshimizu[1], Hiromichi Koyasu[1], Masahiro Chigira[2], Jun Tajika[3]

1. 北海道立総合研究機構 地質研究所、2. 京都大学防災研究所、3. 株式会社　ドーコン
1. Geological Survey of Hokkaido, 2. Kyoto University, 3. Docon Co., Ltd.

2018年9月6日に，北海道胆振地方中東部の深さ37kmにおいてM6.7の胆振東部地震が発生した．この地震により震度7や6+を記録した厚真町やその周辺で斜面崩壊が多発し，多くの犠牲者を出した．斜面崩壊の数は約8000箇所にのぼるが，そのほとんどは震源北側の約20km×20kmの範囲に集中した．Varnesの分類に従えば，震源に比較的近い地域では，岩盤すべりや落石も見られるが，ほとんどは火山軽石・火山灰等の火山噴出物（以下，テフラと呼ぶ）による岩屑すべりであった．当地では複数のテフラ層やクロボク層が発達しており，地形発達史的観点から，この岩屑すべりを“土層すべり”と呼ぶ．

1　テフラ層の分布

斜面災害の多発地域には，層厚2m以上のテフラ・クロボク層が丘陵斜面や段丘崖上を厚く覆う．これらのテフラは，主に西方約50kmの支笏カルデラおよびその周辺の火山を起源とする．丘陵斜面上に見られる主なテフラ層は下位から支笏カルデラ起源のSpfa1 (48ka)，カルデラの北に位置する恵庭岳起源のEn-a (20ka)，南に位置する樽前山起源のTa-d (9ka)，Ta-c (3ka)，Ta-b (1667年)，Ta-a (1739年)である．崩壊多発地域の北側にはEn-aが厚く（>1m）分布し，南側の地域にはTa-dが厚く（>1m）分布しており，胆振東部地震により，これらのテフラを主体とする土層すべりが多数発生した．

2　地形発達にともなう丘陵上のテフラ

周氷河環境にあった1万年以上前の最終氷期には，斜面表層付近の物質は凍結融解によるソリフラクション（土壌匍行）が活発であったため，地表を覆ったSpfa1やEn-a以前の古いテフラは斜面上に残りづらく，尾根沿い，あるいは斜面の堆積域にあたる谷頭斜面や一部の斜面脚部にのみ残存する．一方，斜面下部については，晩氷期から完新世にかけて，気候の温暖化・多雨化により河川の下刻や側刻に伴う斜面の開析が活発となったため地形が更新された．したがって，丘陵斜面下方にあたる下部谷壁斜面上においても，最終氷期に降下したSpfa1やEn-aは残存せず，風化岩盤上の薄い斜面堆積物をTa-dが覆う．

なお，谷頭斜面などEn-aの残る斜面では，その下位にSpfa1の二次堆積物が見られる．Spfa1混じりの火山灰土は水を含みやすく，かつ滑りやすい特徴を持つ．一方，下部谷壁斜面ではTa-d層下位の斜面堆積物にはしばしば，En-aの二次堆積物がみられる．これらの二次堆積物および後述するTa-d最下部の水を含みやすいユニットが，今回の地震による土層すべりの主なすべり層準になったと推定される．

3　斜面崩壊事例

Ta-dが厚く分布する南側地域と，En-aが厚く分布する北側地域の代表的な斜面崩壊の事例をそれぞれ紹介する．

3.1　Ta-dが厚く分布する南側地域

最も多くの犠牲者を出した吉野地区の西隣りに位置する朝日地区の崩壊は，古い段丘が丘陵化した斜面の下部谷壁斜面にあたる平滑斜面で発生した．崩壊範囲は下部谷壁斜面最上部の遷急線付近を頭部とする．高さ35m，幅35m，奥行き90mであり，左右両側部には垂直に近い厚さ約3mの土層が露出する．崩壊の底面には，風化岩盤上の薄い斜面堆積物の表面に，黄白色の軽石混じりの水分を多く含む火山灰が削痕を伴い付着していた．側壁の土層観察によれば，すべり面となったのはTa-d最下部の水分を多く含む細粒軽石層であった．厚さ約130cmのTa-d層は，上部は風化により赤褐色化し一部粘土を伴うが，下部は鈍い灰色の軽石層

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

で細粒分は少なく透水性が良い．その上位に，Ta-c以上の細粒軽石層がクロボクを挟んでのる．崩壊土砂は斜面下にTa-d以上のテフラ・クロボク層の層序を概ね保ちながら流走・堆積した．

3.2　En-aが厚く分布する北側地域

安平川上流の右岸斜面では，高さ80m，幅45m，奥行きは230ｍの範囲が崩壊し，土砂が安平川を埋積した．崩壊斜面は遷急線を境に上部と下部に区分されるが，崩壊土砂は主として上部の谷頭部にあたる浅い平底の谷型地形を起源とするもので，En-a層を主体とする土層斜面が崩壊した．下部は崩壊以前からV字型の谷地形であり，崩壊移動体は下部斜面の高い位置を谷沿いに滑走し，土砂のほとんどが安平川の対岸に堆積した．

崩壊により露出した頭部側壁の土層観察によれば，層厚130cmのEn-aの上には薄いTa-d以上のテフラ層がのる．En-aは粒径1-2mmの輝石に富んだ軽石層で，その下位のガラス質のSpfa1混じり火山灰土がすべり面となっている．

4　南北両地域の崩壊地の形状

南側地域の斜面では，急傾斜地以外のほとんどがTa-dに厚く覆われる．今回の地震において，厚いTa-d層が崩壊の発生源となったことは上述の通りである．そのため，Ta-dが厚く堆積する斜面，特に比較的傾斜の急な下部谷壁斜面で崩壊が多発した．一方，北側地域では下部谷壁斜面を含め斜面上のTa-d層が薄いため，Ta-d層の崩壊は稀で，その下位のEn-aが厚く残存する谷頭斜面での崩壊が偏在する．

このように南北の地域で斜面崩壊の発生する地形的位置が異なるため，崩壊発生域の形状が異なる．その平面形状は，南側では斜面上部から下部まで全面的に崩壊するのに対し，北側では斜面上部は幅広でも下部で狭まる．

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、テフラ層、谷頭斜面、下部谷壁斜面
Keywords: the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, tephra layer, valley head slope, lower valley-side slope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震による降下火砕物の地すべりの形態と被害
Feature of landslide of pyroclastic fall deposits induced by 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, and its relation with damage

*田近 淳[1]、雨宮 和夫[2]、千木良 雅弘[3]、石丸 聡[4]、小池 明夫[1]、金 秀俊[1]、木崎 健治[5]、山根 幹生[6]
*Jun Tajika[1], Kazuo Amemiya[2], Masahiro Chigira[3], Satoshi Ishimaru[4], Akio Koike[1], Hidetoshi Kon[1], Kenji Kizaki[5], Nobuo Yamane[6]

1. 株式会社ドーコン、2. 防災地質工業株式会社、3. 京都大学防災研究所、4. 北海道立総合研究機構地質研究所、5. きざき技術士事務所、6. 有限会社テレリサーチ
1. Docon Co.,Ltd., 2. Bousai Chishitsu Kogyo Co.,Ltd., 3. Kyoto University, 4. Geological Survey of Hokkaido, HRO, 5. Kizaki PE Office, 6. Terre Research Co.

2018年北海道胆振東部地震では厚真町を中心に多くの斜面変動（landslide）が発生した．なかでも36人もの人的被害を出したのは，完新世降下火砕物からなる崩壊性地すべり（Varnesの分類ではdebris slide；石丸ほか（本学会発表）の「土層すべり」，以下，単に地すべりと呼ぶ）であった．この講演では厚真地域における地すべり発生地の地形地質条件と地すべりの形態的な特徴を示して，被害との関係を考える．

厚真地域は，石狩低地帯の東縁の台地・丘陵・山地にあたり，基盤の新第三系堆積岩類の上を主に支笏・恵庭・樽前火山由来のテフラが覆っている．とくに，この地域は樽前d降下火砕物（Ta-d; 9ka）の分布の主軸にあたる．地すべりはマントルベッディングしたTa-d（厚さ1～２m）とそれ以降の樽前テフラ（Ta-c, -b, -a）と黒色土壌（合わせて厚さ約1.5～３m）が移動体として滑動したものである．

基盤の泥岩（やそれに由来した角礫層）をTa-dが直接覆っている斜面（幌里，本郷を除くほとんどの斜面）では，Ta-d軽石の下底面のやや上にすべり層が形成された．崩壊面には地震直後には厚さ1～3cmのすべり層（ハロイサイトを含むクリーム状粘土）が見られたが．1～2か月後には多くが流失し，粘土化した軽石層（Ta-d由来：すべり面残留軽石層）が残った．すべり面残留軽石層は谷壁や平滑斜面では数cmと薄いが谷底で10㎝前後と厚く，その一部は変形している．なお，Ta-dの下位に恵庭aテフラ（En-a：20ka）やその風化/再堆積火山灰土がある場合には，下位のEn-a 軽石まじり火山灰土がすべり層準となっている（幌里，本郷，幌内の一部）．

崩壊面の形態などから地すべりを以下のような７タイプに区分した．1)ごく緩い浅い谷型（Gv；傾斜10°未満．このタイプのみ移動体の大部分が崩壊源に残留，例：本郷），2)緩く浅い谷型（Sv；傾斜10°～25°，例：朝日），3)やや深い谷型（Dv；谷底の傾斜10°～25°，前面に崩落堆や沖積錐が発達，例：吉野，幌里，富里）．4) 懸谷型（Hv；谷型斜面が平滑斜面に切られた斜面，崩壊源は谷型斜面でその下の平滑斜面が削りとられる場合もある．例：幌内，厚幌），5)平滑型（Ps；25°～40°，遷急線付近から崩壊，下半は移動域の場合もある，例：吉野），6)複合型（Cf；複数の谷型の地すべりが小渓流に流下して流動化したもの）および7）重複型（Ol；移動体が緩斜面にオーバーラップし緩斜面が移動，例：富里）．

これらの斜面では程度の差はあるものの，斜面末端でTa-dの層理の切断が見られることが多い．Cf型ではTa-dが被覆する谷壁斜面が小渓流に下刻されている．またHv型では懸谷の出口でTa-dの分布形態が変化し薄化や欠落が起こっているため，「下部切断」に近い状態となっている（Chigira et al. 本学会発表）．また，Sv，Dv，Ps型では崩壊面の末端に遷急線や高さ1～3mの人工的な小崖が分布している場合が多い．

移動体を見ると各タイプとも，ほぼ堆積時の成層状態を保存した状態で移動している．移動体の先端は，複数の移動体のスライスがスタックして重なり，さらに前面にスラストを形成するもの（吉野，富里）から，移

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

動体がそのまま伸長分離してハンモック状に堆積するものまで各段階のものが認められた．先端に支障物があって拘束されている場合には前者，開放されている場合には後者のような形態になると推定される．また，すべり層の流動性が大きい場合には後者のようになり，特にCf型は複数の移動体が混合して岩屑なだれまたは土石流のような堆積体となっている．移動距離は一般にPs型に比べDv型やHv型，Cf型が大きい．移動体の厚さは，層厚に対応して1.5～3m前後で，スタックした部分では3～5mに達する．被災した住宅の多くはSv型, Dv型, およびPs型の移動体の押し出し域やCf型の小渓流の出口に位置していた．3mは概ね住宅の1階の高さである．

Ta-dは山地斜面がほぼ現在の地形になった完新世の初めのテフラであり，マントルベッディングの連続性がよい．また，軽石は風化が進んで粘土化（ハロイサイトが形成）していた．さらに自然状態や人為的なTa-dテフラの下部切断が進んでいた．これらの要因が今回の地すべりの主な地形地質的な素因である．一方，胆振東部地震は，2016年熊本地震に引き続き，マントルベッディングした降下火砕物の堆積した傾斜地（ごく緩い斜面を含む）で，ある程度の規模の内陸地震が起きた場合には，降下火砕物の地すべりが（おそらく）必ず発生することを示した．地震では事前の避難はできない．予防的な対策工事は必ずしも現実的ではない．このような斜面下に住む場合は，土石流の被害を避ける場合と同様に，谷の出口は避ける，あるいは，せめて2階以上を寝室にするなどの習慣付けが，発災時に犠牲者を少なくするための現実的な方法ではないだろうか．

キーワード：地震地すべり、テフラ、地すべり移動体、下部切断、風化
Keywords: landslide induced by earthquake, tephra, landslide body, Lower cutting, weathering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

平成30年7月豪雨，および北海道胆振東部地震で発生した崩壊における斜面切土の影響

Influence of slope cutting on failures induced by the July heavy rain, and the Iburi-tobu earthquake, 2018.

*永田 秀尚[1]
*Hidehisa Nagata[1]

1. 有限会社風水土
1. Fu-Sui-Do Company Limited

斜面の切土がその安定性に影響することはこれまでにも多くの例が示されてきた．ここでは，2018年6月28日から7月8日までの「平成30年7月豪雨」と2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震による崩壊例をいくつか報告する．平成30年7月豪雨では，広島県，愛媛県ほか，岐阜県を含む中部地方以西を主に日本各地で斜面崩壊が多発した．また，北海道胆振東部地震では，厚真町を中心に斜面崩壊が高密度で発生した．

ケースA（北海道）：台地末端の幅20mの崩壊である．平面長さも堆積域を含め50mと，非常に多数発生した胆振東部地震による崩壊の中でも規模的には小さいものである．他の崩壊の多くと同様，深度2.5mに位置する樽前dテフラ(9ka)の下底付近がすべり面となって崩壊した．崩壊した斜面の下部では作業小屋を設置するために高さ約3mの切土がなされていた．その結果，傾斜した弱層が切土面に露出する状態となっていた．

ケースB（愛媛県）：ミカン畑となっている斜面で発生した頭部幅30mの崩壊である．二次的に左側で深さ2mの崩壊が発生したが，初生的には深さ0.5m程度の表層崩壊である．その頭部には作業用の歩道があり，これがさらに掘り込まれて撒水用のパイプが埋設されていた．パイプからの漏水が崩壊の引き金になった可能性があり，表層崩壊頭部からガリーが多数発生している．少なくとも強風化した四万十帯砂岩の溝状の掘削は崩壊の要因となったものと考えられる．

ケースC（岐阜県）：マサ状に強風化したジュラ紀の飛騨花崗岩からなる林道の路肩が幅25mにわたって崩壊した．崩壊地はもともと浅い谷であり，道路はその上部を上り勾配で通過している．本来の谷の流域は狭いものであるが，豪雨時には上隣の谷から道路沿いに水が流れ込み，林道上のわずかな凹凸によって路肩へ排水された．この多量の流水が崩壊を引き起こしたと考えられる．道路が存在することによって流域面積は少なくとも8.5倍となっていた．

住宅を含めた構造物の立地のために斜面の切土が避けられない場合がある．また，農林業の効率的な経営のために林道・作業道の密な配置は必要でもある．しかし，切土は規模にかかわらず斜面への水文的，微地形的な影響は発生する．豪雨や地震のような大きなインパクトがあった場合，改変された地形は崩壊の要因となり得る．ケースAでは弱層を斜面下部で切断したこと，ケースB，ケースCでは切土した斜面上部から水が流入したこと．とくにケースCでは他の流域の水を引き込んだことが崩壊を引き起こした．斜面に切土を計画する場合，微地形や表層の地質性状や構造を把握し，適切な設計，施工，保守を行う必要がある．

キーワード：平成30年7月豪雨、北海道胆振東部地震、斜面崩壊、切土
Keywords: 2018 July heavy rain, 2018 Iburi-tobu earthquake, slope failure, cutting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊豆大島南西部における地質時代の斜面崩壊
Slope failures occurred in the southwest part of the Izu-oshima Island in geological time, NE Japan

*鈴木 毅彦[1]、千木良 雅弘[2]
*Takehiko Suzuki[1], Masahiro Chigira[2]

1. 首都大学東京都市環境学部、2. 京都大学防災研究所
1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1．はじめに

湿潤変動帯に位置する日本列島においては斜面崩壊が頻繁に発生し，時に甚大な災害をひきおこす．崩壊発生の素因と誘因には多数の組み合わせがある．そのうち未固結な火山砕屑物分布域における地震動による流動性地すべりとして，2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）や2018年北海道胆振東部地震（M6.7）の際に発生した事例があげられる．

一般に未固結な火山砕屑物とは，火山の爆発的噴火によりもたらされる降下火砕物とそれを含む風成堆積物であり，いわゆる「ローム（層）」とよばれ日本列島各地に分布する．小起伏な丘陵・山地でありロームが厚く堆積している地域は流動性地すべりの発生頻度が高いことが予想される．

このようなロームが顕著に堆積する地域として阿蘇カルデラ東側，富士山東側，伊豆大島などがあげられる．これら地域ではローム中に複数の不整合（斜交ともよばれる）が存在することが知られている．かつてはこの不整合を海面変動や地殻変動，火山活動などと関連させる見方があった（上杉ほか，1983など）．しかしロームの編年研究が日本各地で進み，上記の諸現象から不整合を説明することは困難であるように思われる．

本研究では不整合を流動性地すべりに起因（ただし地震動によるものかそれ以外の誘因かは判断困難）すると考え，その層準解明により地すべりの頻度や発生の地学的条件を明らかにすることを試みる．その一つの事例として伊豆大島の地層大切断面を検討対象とした．その理由は不整合の形成を精度よく復元するために都合のよい降下火砕物が極めて多数存在するからである．

2．地層大切断面の概要と研究手法

地層大切断面は伊豆大島南西部の都道路沿いにあり，長さ600 m以上高さ約20 mにわたる，多数の降下火砕物を含むロームの連続露頭である．降下火砕物は緩やかな丘陵状の地形を覆うため波うつようにみえる．川辺（1998）によればこれらの大半は先カルデラ火山新期山体（約20 ka以降）を構成するものであり，約100の部層からなる．本露頭を詳細に記載した上杉ほか（1994）によれば少なくとも127（上位からO1-95，Osb96-127）以上の部層からなり下限は25 kaを遡り，また露頭の上部には新期大島層群（約1.8 ka以降；川辺，2012）も部分的に露出するとされている．

不整合の実体を把握するため降下火砕物の年代を正確に把握することに努めた．上杉ほか（1994）では未較正の14-13 kaを示す放射性炭素年代測定値をもとに噴火頻度が一定であったという仮定にもとづき降下火砕

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

物の年代を求めており充分な精度がない．本研究では火山灰土に含まれる腐植を対象に，O55の上位，下位それぞれ9，16層準で放射性炭素年代測定を実施した．得られた最も古い年代値は測定O95の4 m下の18,598-18,287 cal BPである．また本露頭の重要指標層であるO95とO55の年代はそれぞれ16-17 ka，11-12 ka，このほかK-Ah (7307-7196 cal yrs BP; McLean et al., 2018)を検出し，露出する降下火砕物の信頼性の高い年代値が得られた．

3．認定された不整合の数と年代

大切断面をWest，Middle，Eastに分けた．それぞれで顕著な不整合面を識別してそれらを側方に欠落のない箇所まで追跡し層位を検討してそれぞれ上位から1，2と番号をふった．全体を通して上位から指標層とあわせて記すと，E-1，C-1，O55（11-12 ka），C-2，W-1，E-2，O95（16-17 ka），E-3となるが，E-1とC-1，およびC-2とW-1とE-2の組合せはそれぞれ上下関係が不明確で同層準になる可能性もある．最大で19-1.8 kaの17000年間で6回の不整合（流動性地すべり）が形成されたことになる．また，11-19 ka間の約8000年間にそれ以降よりも高頻度で不整合が形成されていた可能性がある．

本研究は京都大学防災研究所一般共同研究（H29～30年）「火山灰地域における地震時流動性地すべりのカタログ作成と崩壊ハザードマップ」（課題番号29G-07）により実施した．ここに記して深く感謝いたします．

引用文献

川辺(1998)伊豆大島火山地質図. 川辺（2012）地質調査研究報告, 63, 83-289. McLean et al. (2018) Quaternary Science Reviews, 183, 36-58. 上杉ほか(1983)アーバンクボタ, 21, 2-17.上杉ほか（1994）第四紀研究, 3, 165-187.

キーワード：斜面崩壊、ローム、伊豆大島
Keywords: Slope failure, Tephric soil deposits, Izu-oshima Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤谷西地区の岩盤クリープ斜面における孔内傾斜計によるひずみ速度の観測

The strain rate observation by the borehole inclinometer on the bedrock creep slopes in Akadani-west area

*木下 篤彦[1,2]、田中 健貴[2]、桜井 亘[1]、内田 太郎[1]、林 幸一郎[3]、窪田 安打[3]、河戸 克志[4]
*Atsuhiko Kinoshita[1,2], Yasutaka Tanaka[2], Wataru Sakurai[1], Taro Uchida[1], Koichiro Hayashi[3], Yasuuchi Kubota[3], Katsushi Kawato[4]

1. 国土交通省国土技術政策総合研究所、2. 国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター、3. 応用地質株式会社、4. 大日本コンサルタント株式会社
1. National Institute for Land and Infrastructure Management, 2. Sediment Disaster Prevention Technology Center, Kinki Developing Regional Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism , 3. OYO Corporation, 4. NIPPON ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.

2011年の紀伊半島大水害では，紀伊山系で多数の深層崩壊が発生している．これらの被害を軽減するには，深層崩壊危険斜面の抽出手法を確立し，事前に対策を検討しておく必要がある．これまで，深層崩壊危険斜面の抽出技術として，レーザプロファイラなどの地形図から微地形を判読する手法，地質・地形的な概況から危険度を判定する手法などが提案されている．一方で，岩盤クリープ斜面などの崩壊危険斜面において，ひずみ速度の計測などが行われている事例はほとんど無く，既往の手法の妥当性が十分検証されていない実態がある．本研究では，岩盤クリープ斜面である赤谷西地区の2斜面において，ボーリング調査を行うとともに孔内傾斜計によるひずみ速度の観測を行った．また，この実測値を基に，既往研究による危険度手法の妥当性を検証した．

本研究では，まず，岩盤クリープが発生している赤谷西地区の2斜面(赤谷西Ⅰ・Ⅱ地区)において，レーザプロファイラによる地形データから，ひずみ率(滑落崖の長さを斜面長で除した値)の計測を行った．また，千木良らによる地質・地形から危険度を評価する手法を用いて，2斜面の危険度を評価した．その他，当該箇所は空中電磁探査を実施しており，地盤の比抵抗分布からもひずみの程度を調査した．これらの手法によって，危険度を評価した後に2斜面においてそれぞれ2箇所ずつボーリング調査を行った．ボーリング箇所においては，孔内傾斜計によるひずみ速度の観測を行った．これらにより，実測のデータと危険度評価結果の整合性について検証した．

赤谷西Ⅰ地区のひずみ率は4.1%，地質・地形による危険度はⅣであった．赤谷西Ⅱ地区のひずみ率は2.7%，地質・地形による危険度はⅡであった．このことから，既往研究による危険度評価としては，赤谷西Ⅰ地区の方が危険度が高いことが分かった．また，孔内傾斜計によるひずみ速度は赤谷西Ⅰ・Ⅱ地区でそれぞれ0.6mm/年，1.0mm/年であった．このため，実測データでは赤谷西Ⅱ地区の方が危険度が高いことが分かった．一方，空中電磁探査による比抵抗分布だと，赤谷西Ⅱ地区で比抵抗に大きな変化が見られており，実測データとの整合が取れていることが分かった．このことから，複数の手法を組み合わせることで精度良く危険度が評価できる可能性があることが分かった．

キーワード：岩盤クリープ、孔内傾斜計、ひずみ速度
Keywords: Bedrock creep, Borehole inclinometer, Strain rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

広域における３次元比抵抗データを用いた地震時斜面崩壊の発生場の評価
Assessing Potential Landslide Areas Due to Earthquake Using Three-Dimensional Resistivity Datasets from Across a Wide Area

*坂井 佑介[1]、内田 太郎[1]、藤原 康正[2]
*Yusuke Sakai[1], Taro Uchida[1], YASUMASA FUJIWARA[2]

1. 国土技術政策総合研究所、2. 株式会社エイト日本技術開発
1. National Institute for Land and Infrastructure Management , 2. Eight-Japan Engineering Consultants

近年、平成23年東北太平洋沖地震、平成28年熊本地震、平成30年北海道胆振東部地震など、地震を誘因とした斜面崩壊による土砂災害が頻発している。将来的には、南海トラフ地震なども想定される中で、地震を誘因とする土砂災害の被害を防止・軽減する対策は喫緊の課題となっている。このことから、地震時斜面崩壊の発生場を広域において事前に推定する手法が数多く検討され、精度が検証されてきている。そして、これらの手法では、斜面崩壊の危険度を評価する項目について、素因として斜面勾配や斜面の曲率、起伏量などの地形条件が用いられることが多い。

一方で、平成28年熊本地震における京都大学火山研究センター周辺で発生した地すべりのように、地盤構造の影響が非常に大きい事例も報告されている。このような事例の発生場を抽出するためには、地盤情報を評価項目とする必要があるが、これまで面的な地盤情報は地質図による分類のみであった。また、深度方向の地盤情報はボーリングによる点での情報であることが多い。このように、地震時斜面崩壊の発生場を広域において精度よく抽出するためには、地盤構造に関する３次元の空間情報が不足しているという課題がある。

そこで、筆者らは、空中電磁探査によって取得できる比抵抗に着目した。空中電磁探査は，電磁誘導現象を利用する電磁探査の一つで，ヘリコプターに曳航した電磁センサーを用いて地中の電磁場応答を測定することで，広域における比抵抗の３次元構造を把握する探査手法である。

本研究では、空中電磁探査で取得した３次元比抵抗データが、広域における地震時斜面崩壊の危険度評価の項目として活用可能か検証することを目的して実施した。使用したデータは、平成28年熊本地震前に阿蘇中央火口丘周辺で空中電磁探査によって取得された３次元比抵抗データ及び平成28年熊本地震前後の航空レーザ計測結果およびオルソ画像から判読した崩壊分布図である。上記のデータをGIS上で重ね合わせることにより、地震時斜面崩壊の発生場の３次元比抵抗の特徴について分析した。また、この分析から、３次元比抵抗データが地震時斜面崩壊の発生場の危険度評価項目として活用可能か検証した結果を報告する。

キーワード：比抵抗、空中電磁探査、斜面崩壊、地震
Keywords: resistivity, airborne electromagnetic survey, landslide, earthguake

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-DS14] 湿潤変動帯の地質災害とその前兆

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、八木 浩司(山形大学地域教育文化学部)、小嶋 智(岐阜大学工学部社会基盤工学科)、内田 太郎(国土技術政策総合研究所)、座長:千木良 雅弘、内田 太郎

変動帯では地震や火山活動による地質災害が頻発している。本セッションでは，湿潤変動帯における地質災害，特に地すべり，崩壊，土石流などのマスムーブメント、およびそれに関連する山体重力変形などの自然現象を対象とし，それらのメカニズムや発生の場，地質的時間軸における意義の解明，さらに災害軽減への方法論提言に向けて，関連諸分野の英知を糾合して発表・討論する。昨年の九州北部豪雨，今年の大阪府北部地震，西日本豪雨，北海道胆振東部地震についての発表も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[HDS14-07] 豪雨による表層崩壊および土石流の予測と動的ハザードマッピング

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

14:00 ~ 14:30

[HDS14-08] 土壌雨量指数と土砂災害警戒判定メッシュ情報

★招待講演

*岡田 憲治[1] (1.気象庁)

14:30 ~ 15:00

[HDS14-09] 実効性のある避難を確保するための土砂災害対策の方向性

★招待講演

*國友 優[1,2,3,4]、瀧口 茂隆[1,2,3,4]、赤澤 史顕[1,2,3,4]、今井 一之[1,2,3,4] (1.国土交通省、2.水管理・国土保全局、3.砂防部、4.砂防計画課)

15:00 ~ 15:15

Discussion

豪雨による表層崩壊および土石流の予測と動的ハザードマッピング
Prediction of shallow landslides and debris flow by rainstorm: dynamic hazard mapping toward disaster mitigation

*松四 雄騎[1]
*Yuki Matsushi[1]

1. 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

This study demonstrates a strategy for predicting location, timing, and magnitude of rainfall-induced shallow landslides and areas affected by subsequent debris flows. Spatial distribution of soil layers was modeled for evaluating thickness of sliding material on hillslopes, which provides a basis for predicting source area and volume of shallow landslides and simulating subsurface hydrological processes. Soil accumulation in hollows was calculated on a geographic information system using a 1 m-meshed digital terrain model with soil production by bedrock weathering and transport by soil creep. The output was validated by a ground-based survey in the actual terrain in a selected watershed. The shear strength of the bulk soil was evaluated by direct shear tests using undisturbed specimens, and quantification of soil reinforcement by tree roots through an in-situ survey at soil pits. Hydrological monitoring was carried out at representative hillslopes for modeling fluctuation in subsurface pore-water pressure by rainwater infiltration. By coupling all of those data and modeling, we analyzed the hillslope instability, and then compared the output with a landslide inventory map to confirm the accuracy and precision of the prediction. Time-series change in areas of debris flow runout was estimated based on assumed equivalent coefficient of friction as a function of hillslope wetness in the watershed. Such dynamic mapping of geohazard fills a demand in disaster mitigation in local communities for increasing events of heavy rainfall.

キーワード：土層厚、樹木根系、間隙水圧、斜面安定、等価摩擦係数
Keywords: Soil thickness, Tree roots, Pore-water pressure, Slope stability, Equivalent coefficient of friction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

土壌雨量指数と土砂災害警戒判定メッシュ情報
Land slide warning judgment mesh information of the Meteorological Agency using the Soil Water Index

*岡田 憲治[1]
*KENJI OKADA[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

雨による土砂災害発生危険度をリアルタイムで示す土壌雨量指数と、それを使って気象庁のHPで公開している土砂災害警戒判定メッシュ情報を紹介する。
最近20年間の土砂災害による死者の大部分は土壌雨量指数値が直近10年間の最大値を更新した状態で発生していた。

キーワード：土砂災害、土壌雨量指数、土砂災害警戒判定メッシュ情報
Keywords: land slide, Soil Water Index, Land slide warning judgment mesh information

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

実効性のある避難を確保するための土砂災害対策の方向性
A future direction of remedial measures for sediment disaster reduction from the viewpoint of enhancing a workable early warning system

*國友 優[1,2,3,4]、瀧口 茂隆[1,2,3,4]、赤澤 史顕[1,2,3,4]、今井 一之[1,2,3,4]
*Masaru Kunitomo[1,2,3,4], Shigetaka Takiguchi[1,2,3,4], Fumiaki Akazawa[1,2,3,4], Kazuyuki Imai[1,2,3,4]

1. 国土交通省、2. 水管理・国土保全局、3. 砂防部、4. 砂防計画課
1. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2. Water and Disaster Management Bureau, 3. Sediment and Erosion Control Department, 4. Sediment and Erosion Control Planning Division

2018年7月豪雨では、西日本を中心に2,500件を超える土砂災害発生件数を記録した。これは日本全国での1年間の平均土砂災害発生件数の約2.3倍にあたる。またこの土砂災害による死者数は119名に上り平成最大となった。今回の土砂災害では、避難勧告等が概ねなされていたにも関わらず多数犠牲者が発生した。

このため、国土交通省では今回の土砂災害における被害実態やこれまでの取組みを検証するとともに今後の対策を検討するため「実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会」を設置した。

委員会による検討の結果、住民が災害リスクを十分理解していないことにより避難行動をとっていないことが被害を大きくした可能性があること、一方土石流が発生して人家等の財産が被災したにもかかわらず避難により死傷者が出なかった地区では、災害時に高齢者を支援する担当者を事前に決めておく取組み行っていたことなど、土砂災害警戒情報、土砂災害警戒区域、避難行動等に関する検証結果を整理し、実効性のある避難を確保するため、以下の通り取り組むべき事項をとりまとめた。

①地区防災計画に基づく警戒避難体制の構築

②土砂災害警戒情報の精度向上等

③土砂災害警戒区域等の認知度の向上等

④市町村の防災力向上のための支援体制の構築

⑤地区防災計画と連携した砂防施設の整備

⑥インフラ・ライフライン保全等の強化、土砂・洪水氾濫対策、気候変動への対応等

キーワード：土砂災害、警戒避難
Keywords: Sediment Disasters, Early Warning

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 304 3F

[S-GD03] 測地学一般・GGOS

コンビーナ:松尾 功二(国土地理院)、横田 裕輔(東京大学生産技術研究所)、若杉 貴浩(国土交通省国土地理院)、座長:小門 研亮(国土地理院)、横田 裕輔

測地学における，理論，観測，実験についての最新の研究発表および議論の場を提供する．扱う話題としては，最新の測地計測技術，測地基準系，地球回転，地球潮汐などが考えられるが，これにとらわれず測地学の幅広い分野からの発表を期待する．また本セッションでは, GGOS（全球統合測地観測システム）に関連する観測システムの話題や複数測地技術の統合, 宇宙技術を持つ機関間および国家間の連携等についても議論の場を提供する. 観測システム・データ処理技術の改良・更新, 国際観測への参加, 座標系の構築, また, 測地観測による社会への貢献等に関する話題も期待する.

13:45 ~ 13:50
Introduction

13:50 ~ 14:05
[SGD03-01] 全球統合測地観測システム（GGOS）ワーキンググループの活動と展望

*宮原 伐折羅[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:05 ~ 14:20
[SGD03-02] Discussion

*松尾 功二[1] (1.国土地理院)

14:20 ~ 14:35
[SGD03-03] 石岡測地観測局におけるVLBI-GNSSコロケーション測量

*松本 紗歩[1]、梅井 迪子[1]、上芝 晴香[1]、栗原 忍[1]、吉川 忠男[1]、若杉 貴浩[1] (1.国土交通省　国土地理院)

14:35 ~ 14:50
[SGD03-04] 次期測地基準座標系の構築に向けた地殻変動モデルの検討

*小門 研亮[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:50 ~ 15:05
[SGD03-05] 地震・地殻変動の高精度観測のためのレーザー歪計ネットワークの構築

*新谷 昌人[1]、高森 昭光[1]、森井 亙[2]、勝間田 明男[3]、小林 昭夫[3]、伊藤 武男[4]、奥田 隆[4]、大久保 慎人[5] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.気象庁気象研究所、4.名古屋大学大学院環境学研究科、5.高知大学教育研究部自然科学系)

15:05 ~ 15:15
Discussion

全球統合測地観測システム（GGOS）ワーキンググループの活動と展望
Activities and future perspective of GGOS Working Group Japan

*宮原 伐折羅[1]
*Basara Miyahara[1]

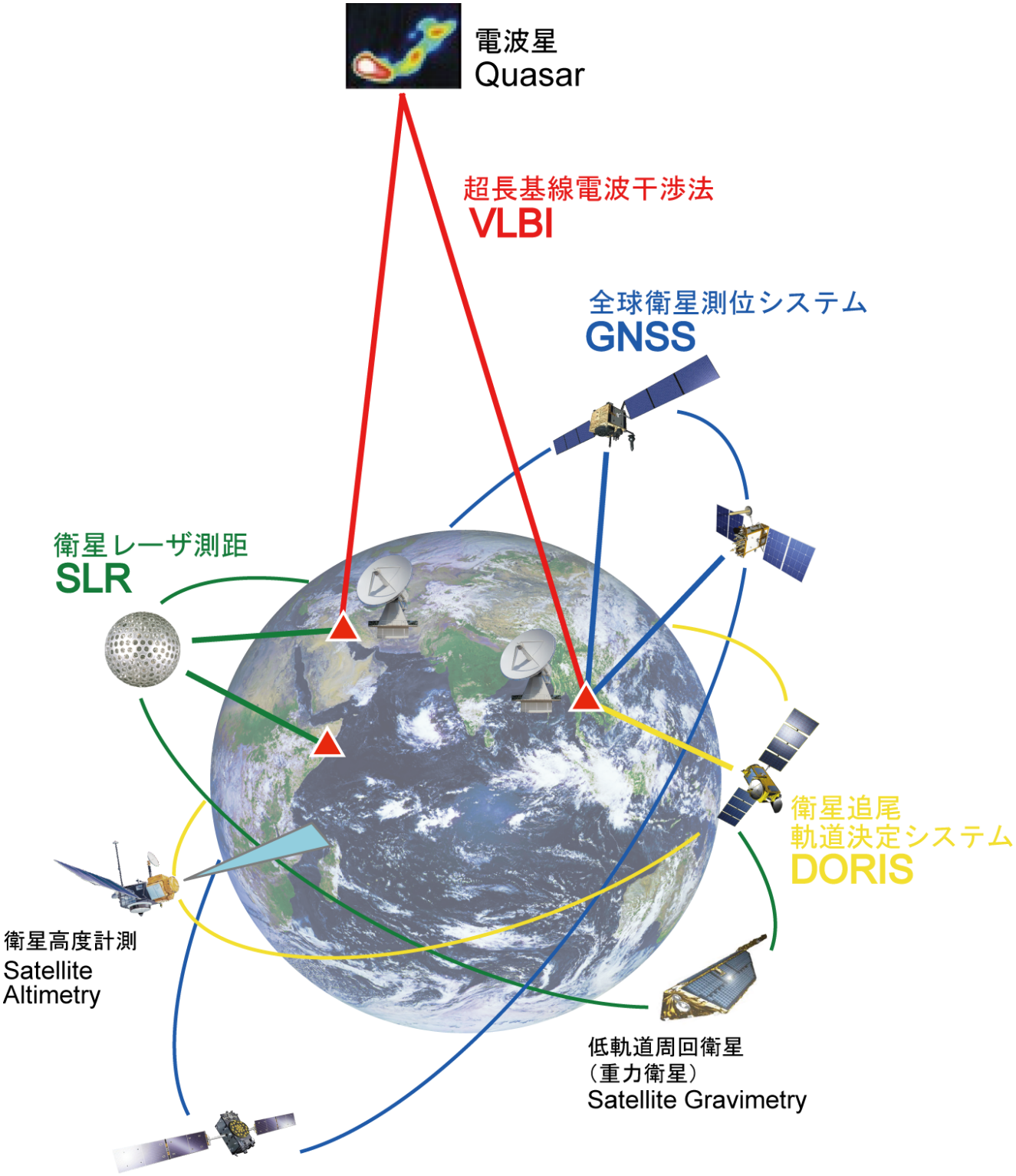
1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

全球統合測地観測システム（GGOS；Global Geodetic Observing System）は、地球の形状、回転、重力場とその変化の把握を目的に、GNSS、超長基線電波干渉法（VLBI；Very Long Baseline Interferometry）、衛星レーザ測距（SLR；Satellite Laser Ranging）、DORIS、重力などの地球規模の測地観測を統合する枠組みである。国際GNSS事業（IGS；International GNSS Service）、国際VLBI事業（IVS；International VLBI Service for Geodesy and Astrometry）、国際レーザ測距事業（ILRS；International Laser Ranging Service）など、様々な国際機関を統合して、地球規模で測地観測を調整、推進している。国連総会が2015年に決議した地球規模の測地基準座標系（GGRF；Global Geodetic Reference Frame）の実質の標準に用いられるITRF（International Terrestrial Reference Frame）もGGOSの観測の成果の一つであり、地球の形状と変化を知るためには、欠かすことの出来ない観測システムとなっている。

地球の形状と変化を把握するというGGOSの目的を達成するためには、品質の良い測地観測を地球全体で空白域なしに継続することが必須である。全ての国が責任を持って観測を継続する必要があるため、日本においても、国土地理院、海上保安庁海洋情報部、情報通信研究機構、国立天文台、国立極地研究所、宇宙開発研究機構など、GNSS、VLBI、SLRといった宇宙測地技術による観測を日本国内及び南極で実施する機関がIGS、IVS、ILRSなどの国際機関へ参加するとともに、一橋大学、京都大学、北海道大学などの研究者が国際機関の役員として活動へ参加することでGGOSに貢献している。これに加え、組織横断的に情報を交換し、GGOSへの貢献に向けた連携を進めるため、2013年には日本学術会議のIAG小委員会のもとに作業部会（GGOS-WG）が設立された。GGOS-WGは、2014年に日本のGGOS観測について国内の各機関の観測の状況をとりまとめた報告書をGGOSに提出し，2017年にはこれを更新したほか、2015年からは、地球惑星科学連合（JpGU）の連合大会においてGGOSセッションを開催して議論を行っている。これに加え，2018年からは，測地学会講演会においてもGGOS区分での講演を開始した．さらに、2017年にはGGOSと地域の連携を促進するGGOS構成員であるGGOS Affiliateの第1号として日本のGGOS-WGがGGOSに登録され、地域・国家の観点から正式にGGOSの議論に参加することが可能となった。これを受けて、2018年には国土地理院でGGOSの公式年次会合であるGGOS Days 2018を開催し、GGOSの活動方針を議論するとともに、GGOSと日本のGGOSワーキンググループの連携を強化した。会合では、観測局やデータ、プロダクツや標準に関する課題や現状が報告されるとともに、4つの重点分野のうち、3分野（1. Unified Height System, 2. Geohazards, 4. Geodetic Space Weather）から報告が行われた。また、日本の GGOS ワーキンググループをロールモデルとしてドイツ語圏3国，北欧，中南米，北米でも GGOS Affiliate を組織する動きがあることが報告され，測地データの DOI に関するワーキンググループをGGOS内に結成が決定した．2009年に刊行されたGGOS ガイドブックの更新版についても議論された．上記の活動に加えて、ワーキンググループは、GGOSの意義と重要性に対する国内の理解を促進するため、2018年には測地学会誌でGGOS特集号を刊行するとともに、GGOSの概要と意義を示したパンフレットの作成し、発信を行っている。2018年はまた、ワーキンググループメンバーがIVS、IGS、ILRSなどGGOS関連の国際会議に多く参加し、測地観測に関する国内外の最新の情報共有を促進した。2019年は、引き続き国内の情報共有、連携を継続するとともに、GGOS関連の国際会議に参加し、GGOSとの連携強化を進めていく。

キーワード：全球統合測地観測システム、地球規模の測地基準座標系
Keywords: GGOS, GGRF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discussion

*松尾 功二[1]
*Koji Matsuo[1]

1. 国土地理院
1. Geospatial Information Authority of Japan

We provide a forum for discussion on today's presentation and any topics related to geodesy and GGOS.

キーワード：Discussion
Keywords: Discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石岡測地観測局におけるVLBI-GNSSコロケーション測量
VLBI-GNSS Co-location Survey at the Ishioka Geodetic Observing Station

*松本 紗歩[1]、梅井 迪子[1]、上芝 晴香[1]、栗原 忍[1]、吉川 忠男[1]、若杉 貴浩[1]
*Saho Matsumoto[1], Michiko Umei[1], Haruka Ueshiba[1], Shinobu Kurihara[1], Tadao Kikkawa[1], Takahiro Wakasugi[1]

1. 国土交通省　国土地理院
1. GSI of Japan

国際地球基準座標系（International Terrestrial Reference Frame; ITRF）は、複数の宇宙測地技術（VLBI、GNSS、 SLR、 DORIS）により構築される。それぞれの特長を持つ宇宙測地技術の観測網を結合することで、はじめてITRFの構築が可能となる。例えばVLBIはスケールと自転軸の決定に用いられ、SLRはスケールと重心の決定に用いられる。異なる宇宙測地技術の観測網を結合する際、観測点相互の位置関係が必要となるため、それを地上で計測する測量（コロケーション測量）を実施する必要がある。

国土地理院石岡測地観測局では、VLBI観測施設とGNSS観測点の2つの観測施設を運用している。VLBI観測施設は国際VLBI事業(IVS)の新しい規格であるVGOSに対応したものであると同時に、GNSS観測点はIGS点「ISHI」として登録されており、ITRFの構築において重要な役割を持つ観測局である。

石岡局では2018年11月に、2015年1月以来2度目のコロケーション測量を実施した。コロケーション測量では、VLBIアンテナ中心（AZ-EL交点）とGNSSアンテナ中心間の相対位置を計測するが、VLBIアンテナ中心については間接的な手法で測量を実施する必要がある。今回のコロケーション測量では、アウトサイド法とインサイド法の二つの手法で測量を実施した。アウトサイド法は、アンテナの周囲に設置されたピラーに設置したトータルステーションからアンテナ駆動部分に取り付けたターゲットを観測する方法である。インサイド法では、アンテナ中心付近にトータルステーションを設置し、アンテナキャビン内に取り付けたターゲットを観測する。インサイド法は今回初めてコロケーション測量に導入した手法であるため、観測手法や計算方法、誤差の評価方法について新たに検討した。

本発表では、石岡測地観測局で2018年11月に実施したコロケーション測量について、その成果を報告するとともに、二つの手法の比較検討を行う。

キーワード：VLBI、コロケーション測量、ローカルタイベクトル、ITRF、GNSS
Keywords: VLBI, Co-location survey, Local tie vector, ITRF, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

次期測地基準座標系の構築に向けた地殻変動モデルの検討
Research of Crustal Deformation Model for Next Version of Japanese Geodetic Datum

*小門 研亮[1]
*Kensuke Kokado[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

要旨

国土地理院では、日本における位置の基準として測地基準座標系を定め、この測地基準座標系に基づいて電子基準点をはじめとした基準点の位置を測量成果として公開している。これらの測量成果が世の中の様々な測量や地図等の基準として用いられることで、全国で互いに整合した位置情報サービスを享受することができる。近年の衛星測位技術の進展に伴い、高精度な単独測位手法を用いた位置情報サービスの展開が予想されるが、この単独測位手法で得られる計測時点の位置座標を測地基準座標系に基づき作成された地図等と重ね合わせるためには、測地基準座標系の基準日（東日本：2011.5.24、西日本：1997.1.1）から計測時点までに発生した定常的な地殻変動によるズレを適切に補正しなければならない。

国土地理院では上記の地殻変動によるズレを適切に補正するために、従来のセミ・ダイナミック補正に代わるより高度な補正システムの構築を予定しており、定常的なプレート運動だけでなく、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震後の余効変動やその他の内陸地震等を考慮した地殻変動モデルの検討を進めている。本発表では、検討内容のうち余効変動の影響にテーマを絞り、東北地方における地殻変動モデルの検討・研究状況を報告する。

内容

本研究における地殻変動モデルの検討は、東北地方太平洋沖地震による余効変動が顕著な東北地方のGEONETの定常解析（F3解）を用いて行った。地殻変動モデルの作成及びその検証の手順は以下のとおりである。

東北地方６県に位置する電子基準点（データ品質の悪い点は除く）について、地震後の変動を表現するフィッティング関数を対数関数と指数関数の組み合わせで推定。 ①で求めたフィッティング関数の将来的な予測値精度を明らかにするため、フィッティング関数の推定に用いたデータ期間以降について、各関数による推定値とF3解を比較し、フィッティング関数が達成する予測精度を評価。 ①で求めたフィッティング関数に基づいて任意の時点の地殻変動量を算出し、クリギング法による空間補間を実施することで全国を網羅する任意の時点の地殻変動モデルを作成。空間補間の妥当性を評価するため、空間補間の入力点間に位置する任意の点について、GNSS連続観測の関数フィッティングと空間補間により推定した時系列変化を比較し、残差を評価。

結果と考察

データの使用期間を地震直後（2011/3/11）から2018/7/10までとし、関数を対数（Log）+対数（Log）+指数（Exp）の形としてフィッティングを実施した。フィッティング残差を確認したところ、全161点のRMS平均が、東西成分2.3mm（最大：5.1mm）、南北成分2.0mm（最大：3.1mm）、上下成分7.3mm（最大：12.5mm）となり、概ね1cm以内のRMSで時系列変化を表現できた。

次に予測精度の評価のため、データ使用期間以降の2018/7/11～2018/12/10の期間について、推定したフィッティング関数による計算値と実測値を比較した。残差は時間の経過とともに多少大きくなる傾向があるが、2018/12/1～12/10の残差を確認したところ、RMS平均が、東西成分2.6mm（最大：6.3mm）、南北成分2.3mm（最大：7.5mm）、上下成分7.5mm（最大：22.5mm）となり、概ね2cm以内の良好な整合性が得られた。今回の検証ではデータ使用期間が７年４ヶ月、予測期間は約５ヶ月半であり、余効変動の速度は地震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

直後に比べ小さくなっているため、フィッティング関数による予測が容易であると言える。しかしながら、地震後のデータ使用期間を2.5年より短くした場合、粘弾性緩和に係る時定数を正確に推定することができず、予測値精度が大きく低下する。データ使用期間が短い場合は、粘弾性緩和による影響を考慮した上で、フィッティング関数を推定する必要がある。

上記の作業により推定したフィッティング関数に基づき、クリギング法による空間補間を実施し、任意の地点における時系列変化（2011/3/11～2018/7/10）を推定した。推定した時系列変化の妥当性を評価するため、当該地点におけるGNSS連続観測による実測値との残差を計算したところ、空間補間におけるデータ入力点と推定地点の位置関係によって、残差にばらつきが生じた。周辺近傍（30km以内）を均等に取り囲むようにデータ入力点が存在する地点では、全期間を通して残差１cm以内に収まる傾向にあるが、近傍点の方向に偏りがある地点や、近傍（30km以内）にデータ入力点が存在しない地点では、時間の経過とともに残差が大きくなる傾向が見られ、地点によって残差（水平）が5cmを超える地点（2018/7/10）も見られた。 データ入力点が不足している地点の補間精度が低下することは一般的だが、現状の補間手法が東北地方における地殻変動モデルを作成する上で最適なものであるかを判断するため、今後はクリギング法の設定値や他の補間手法の採用を検討し、より高精度な地殻変動モデルの構築に取り組む予定である。

キーワード：測地基準座標系、地殻変動、変動モデル、衛星測位
Keywords: Geodetic Datum, Crustal Deformation, Deformation Model, GNSS positiong

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震・地殻変動の高精度観測のためのレーザー歪計ネットワークの構築
Construction of a laser-strainmeter network for accurate seismic and geodetic observations

*新谷 昌人[1]、高森 昭光[1]、森井 亙[2]、勝間田 明男[3]、小林 昭夫[3]、伊藤 武男[4]、奥田 隆[4]、大久保 慎人[5]
*Akito Araya[1], Akiteru Takamori[1], Wataru Morii[2], Akio Katsumata[3], Akio Kobayashi[3], Takeo Ito[4], Takashi Okuda[4], Makoto Okubo[5]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所、3. 気象庁気象研究所、4. 名古屋大学大学院環境学研究科、5. 高知大学教育研究部自然科学系
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 5. Natural Science Cluster, Kochi University

Laser interferometers are widely used for precise measurements of displacement with reference to wavelength of light. As their geophysical application, a laser strainmeter is used for measuring deformation of the ground by sensing distance between two separated points, enabling to detect small strain changes over wide frequency range [1]. The advantages of the laser strainmeter over conventional strainmeters using mechanical references are high resolution with a long baseline, resonance-free response of optical reference, and low-drift detection using stabilized laser wavelength. Apart from the instrumental detectability, local noise sources, such as changes in temperature, air pressure, and ground water level, will affect both the instrument and the ground, and should be properly evaluated to examine the measured strain data. For this purpose, we constructed a network of laser strainmeters deployed at three underground sites in Japan: Kamioka (Gifu Pref.), Inuyama (Aichi Pref.), and Tenryu-Funagira (Shizuoka Pref.). These strain data are analyzed to evaluate performance of instruments installed at these sites as well as to identify common geophysical signals.

At Kamioka site, two laser strainmeters with baselines of 100m and 1500m are in operation [2, 3]. At Inuyama and Tenryu-Funagira sites, a 30-m strainmeter and a 400-m one are installed, respectively [4]. These strainmeters clearly detect earth tides, and their amplitudes are consistent with the calculation based on the tidal force, the standard Earth's model, and the topographic effects around the sites. Using the site effects, coseismic strain steps observed by the strainmeter network are compared with fault parameters estimated from seismic observations and the detectability of the fault mechanisms using the strainmeter network is estimated. For long-term strain changes, local disturbances of the sites and detectability of the network are estimated using GNSS data. In the presentation, we discuss detectability of the strainmeter network for seismic and geodetic signals and prospects for monitoring crustal activities using long-baseline laser strainmeters.

References

[1] V. Vali, R. S. Krogstad, and R. W. Moss, Laser interferometer for earth strain measurements, Rev. Sci. Instrum., 36, 1352, 1965.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] A. Araya, A. Takamori, W. Morii, K. Miyo, M. Ohashi, K. Hayama, T. Uchiyama, S. Miyoki, and Y. Saito, Design and operation of a 1500-m laser strainmeter installed at an underground site in Kamioka, Japan, Earth, Planets and Space, 69:77, 2017.

[3] T. Akutsu, M. Ando, S. Araki, A. Araya, T. Arima et al., Construction of KAGRA: an underground gravitational-wave observatory, Prog. Theor. Exp. Phys., 013F01, 2018.

[4] A. Araya, T. Kunugi, Y. Fukao, I. Yamada, N. Suda, S. Maruyama, N. Mio, and S. Moriwaki, Iodine-stabilized Nd:YAG laser applied to a long-baseline interferometer for wideband earth strain observations, Rev. Sci. Instrum., 73, 6, 2434-2439, 2002.

キーワード：歪計、レーザー、地殻変動、神岡、犬山、天竜船明
Keywords: strainmeter, laser, crustal deformation, Kamioka, Inuyama, Tenryu-Funagira

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 304 3F

[S-GD03] 測地学一般・GGOS

コンビーナ:松尾 功二(国土地理院)、横田 裕輔(東京大学生産技術研究所)、若杉 貴浩(国土交通省国土地理院)、座長:原田 雄司(澳門科技大学)、松尾 功二

測地学における，理論，観測，実験についての最新の研究発表および議論の場を提供する．扱う話題としては，最新の測地計測技術，測地基準系，地球回転，地球潮汐などが考えられるが，これにとらわれず測地学の幅広い分野からの発表を期待する．また本セッションでは, GGOS（全球統合測地観測システム）に関連する観測システムの話題や複数測地技術の統合, 宇宙技術を持つ機関間および国家間の連携等についても議論の場を提供する. 観測システム・データ処理技術の改良・更新, 国際観測への参加, 座標系の構築, また, 測地観測による社会への貢献等に関する話題も期待する.

15:30 ~ 15:35
Introduction

15:35 ~ 15:50
[SGD03-06] UNAVCO GNSS Data: Real-time High-rate Streams, Geodetic Earthquake Magnitudes, Cloud Computing and Future Machine Learning Frameworks

*David A Phillips[1]、Kathleen Hodgkinson[1]、David Mencin[1]、Charles Meertens[1]、Thomas Herring[2]、Walter Szeliga[3]、Timothy Melbourne[3]、Mark Murray[4]、Glen Mattioli[1]、Christine Puskas[1] (1.UNAVCO, Inc. Boulder、2.Massachusetts Institute of Technology、3.Central Washington University、4.USGS)

15:50 ~ 16:05
[SGD03-07] On application of GNSS-techniques for early tsunami warning in the Sea of Japan

*Grigorii Viktorovich Nechaev[1,2,3]、Nikolai Shestakov[2,3]、Hiroaki Takahashi[1]、Mako Ohzono[1] (1.Institute of Seismology and Volcanology, Graduate Schooll of Science, Hokkaido University、2.Far Eastern Federal University、3.Institute for Applied Mathematics FEB RAS)

16:05 ~ 16:20
[SGD03-08] アジアQZSS/IGSO測位衛星軌道における太陽合の同期生起の測定
発表キャンセル

*高橋 冨士信[1] (1.横浜国立大学 名誉教授)

16:20 ~ 16:35
[SGD03-09] オーストラリア北側の海洋での海水準変動について

*徳井 雄太[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学)

16:35 ~ 16:50
[SGD03-10] 地磁気観測による地球回転経年変化への示唆

*浅利 晴紀[1]、栗原 正宜[1]、森永 健司[1]、長町 信吾[1] (1.気象庁地磁気観測所)

16:50 ~ 17:00
Discussion

UNAVCO GNSS Data: Real-time High-rate Streams, Geodetic Earthquake Magnitudes, Cloud Computing and Future Machine Learning Frameworks

*David A Phillips[1], Kathleen Hodgkinson[1], David Mencin[1], Charles Meertens[1], Thomas Herring[2], Walter Szeliga[3], Timothy Melbourne[3], Mark Murray[4], Glen Mattioli[1], Christine Puskas[1]

1. UNAVCO, Inc. Boulder, 2. Massachusetts Institute of Technology, 3. Central Washington University, 4. USGS

UNAVCO provides a diverse suite of geodetic data, derived products and cyberinfrastructure services to support the geodetic community, Earth science research and education. We present here an overview of recent developments related to real-time GNSS data streams, GNSS earthquake magnitude estimation, a new project focusing on machine learning for geoscience and hazards research, and cloud based GNSS data analysis experiments. UNAVCO operates the National Earth Science Geodetic Facility through a cooperative agreement with the U.S. National Science Foundation (NSF) and NASA.

Real-time (<2 seconds) high-rate (1 Hz) GNSS (RT-GNSS) data streams are now provided from ~900 UNAVCO sites. Streams include raw data in BINEX and RTCM3, and PPP solutions in ITRF2008 via Trimble PIVOT RTX software. Most UNAVCO RT-GNSS sites are within the Network of the Americas (NOTA). NOTA, which includes the historic Plate Boundary Observatory (PBO) network, is an extensive network of GNSS reference stations and other geophysical instruments in the United States, Mexico, Central America, the Caribbean and parts of South America. The network advances research into Earth systems from the core to the atmosphere. Recent advances include improved plate tectonic models, understanding earthquakes and slow slip/episodic tremor, measuring surface water load, deciphering ionospheric dynamics and measuring changes in permafrost. Beyond research the network provides information for earthquake and tsunami early warning systems (EWS), severe weather and space weather forecasts, volcanic activity alerts, drought and flood monitoring and other risk assessments. UNAVCO data are open access; an objective of the geodetic community is to enhance data access and data use for global hazard risk reduction.

Following an earthquake, RT-GNSS data streams can record peak ground displacement (PGD) measurements from long-period surface waves and provide a source-scaling relation that does not saturate with event magnitude. “Geodetic magnitudes” derived from RT-GNSS data can be estimated within seconds to minutes after an earthquake, and can improve earthquake and tsunami EWS. Dynamic displacements estimated in real time show reasonable agreement with post-processed estimates. And while individual position estimates have large errors, RT-GNSS solutions offer excellent operational potential for EWS, including the use of PGD to directly invert for finite-fault solutions. We will show PGD and geodetic magnitude estimate results from recent earthquakes including the 2018-11-30 Mw 7.0 Anchorage, Alaska earthquake. PGD’s from this earthquake were calculated automatically from the RT-GNSS displacement traces, which were large enough and recorded by enough sites to determine that, using GNSS data only, the event was ~M7 within 120s.

As the number of RT-GNSS sites increases, the volume of data and the complexity of automated analysis increase as well. When other data streams are factored in, such as seismic, ocean bottom pressure and satellite radar, the shear volume and complexity of these data streams, coupled with the need to model, analyze and assess hazards in a matter of only minutes, makes geophysical applications to hazards early

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

warning a Big Data problem. To address this, UNAVCO is collaborating in an NSF project called “GeoSCIFramework: Scalable Real-time Streaming Analytics and Machine Learning for Geoscience and Hazards Research.” This project unites computer scientists and geoscientists to develop a data framework for generalized real-time streaming analytics and machine learning for geoscience and hazards research. The goals of this project, which was just initiated, will be presented.

In addition to real-time products, UNAVCO also provides post-processed position time series and velocities from 2000+ GNSS stations. These products are based on daily solutions generated using GIPSY PPP and GAMIT/GLOBK double-difference network software. This software is currently run on local computing clusters. As part of an NSF funded project called GeoSciCloud, we are testing our GIPSY and GAMIT workflows in two cloud computing environments: Amazon Web Services and NSF’s Extreme Science and Engineering Discovery Environment (XSEDE). The IRIS seismic data facility is a collaborative partner on this project and conducted similar experiments using seismic software and data. We summarize our latest findings from these cloud computing experiments including performance and cost relative to local systems.

Keywords: Geodesy, GNSS, Real-Time Data, EWS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On application of GNSS-techniques for early tsunami warning in the Sea of Japan

*Grigorii Viktorovich Nechaev[1,2,3], Nikolai Shestakov[2,3], Hiroaki Takahashi[1], Mako Ohzono[1]

1. Institute of Seismology and Volcanology, Graduate Schooll of Science, Hokkaido University, 2. Far Eastern Federal University, 3. Institute for Applied Mathematics FEB RAS

Tsunami hazard threatens an extensive coastlines located in the seismically active areas. About 250000 persons were killed by tsunami only with the beginning of 21th century. Thus, the problem of reliable early tsunami warning is very important nowadays.
The most of working tsunami early warning systems (TEWS) are based on seismic methods that often cannot provide a reliable and accurate warning due to different reasons. The GNSS-based TEWS recently has been developed and they are free of many shortcomings of seismic methods. Such systems utilize coseismic shifts measured by onshore GNSS-networks for tsunami modeling. The TEWS operating now, for example, REGARD [Kawamoto S. et al., 2017], are mainly focused on detection of huge Mw8-9 class subduction zone earthquakes. They are not designed to process relatively small events, which can produce coseismic displacements less than 10 cm, despite on RTX-techniques or recently developed methods [Fratarcangeli F. et al., 2018], which can detect site position changes of 1-2 cm in horizontal and 3-4 cm in vertical components. However, devastating tsunamis regularly appear in the Japan Sea. They are caused by shallow thrust seismic events with magnitudes Mw6.2-7.8. These quakes generate tsunamis more effectively than Pacific ones with the same magnitude.The epicenters of tsunamigenic earthquakes are distributed along the western coast of Honshu, south-west of Hokkaido and Sakhalin Islands. Nevertheless, tectonics and seismicity of the Japan Seahaven't been sufficiently investigated still and tsunamigenic seismic events can occur along the north-western margin of the sea. For example, the potentially tsunamigenic Mw~6 shallow seismic event occurred near the northeastern coast of Primorye on Nov. 11, 1990.
In this work we explored: 1) the capacity of GNSS-based TEWS application using data about historical Mw 6.2-7.8 Japan Sea crustal seismic events. The appropriate coseismic displacement fields were calculated and analyzed. Possible hypothetic tsunamigenic seismic sources were also considered; 2) the optimal GNSS-site distribution for earthquake source parameters obtaining based on existing and prospective GNSS-networks configuration in the region.
We obtained, that historical tsunamigenic earthquakes occurred along the eastern margin of the Japan Sea induced coseismic displacements ranging from 1 cm to a few decimeters through the northern Honshu and western Hokkaido. Even 1964 Oga-oki, Mw7.0 event caused up to 4 cm surface offsets on the Honshu Island coast. Southwestern Sakhalin Island are also might be affected by centimeter level coseismic movement invoked by the shallow Mw 6.2-7.3 earthquakes appeared in the north of the Sea of Japan and Tatar strait. Hypothetical events with Mw > 7.5 and located in the north-west of the sea may excite displacement varying from 1 to 4 cm in Russian Primorye and Hokkaido Island. A set of inversion tests lead us to a conclusion that GEONET GNSS-network might be used to model tsunamigenic earthquake sources with Mw>7.0-7.8 distributed along the eastern margin of the Japan Sea. Working and prospective GNSS-networks located along the western coast of the sea and Sakhalin Island might be involved into processing of seismic events with Mw ≧ 7.3 appeared in the northern part of the sea.

This work was partially supported by the RFBR grant No. 17-55-53110 and JREX Fellowship.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: tsunami early warning, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アジアQZSS/IGSO測位衛星軌道における太陽合の同期生起の測定
Measurements of occurrence of solar conjunction with the orbits of Asian QZSS/IGSO satellites

*高橋 冨士信[1]
*Fujinobu Takahashi[1]

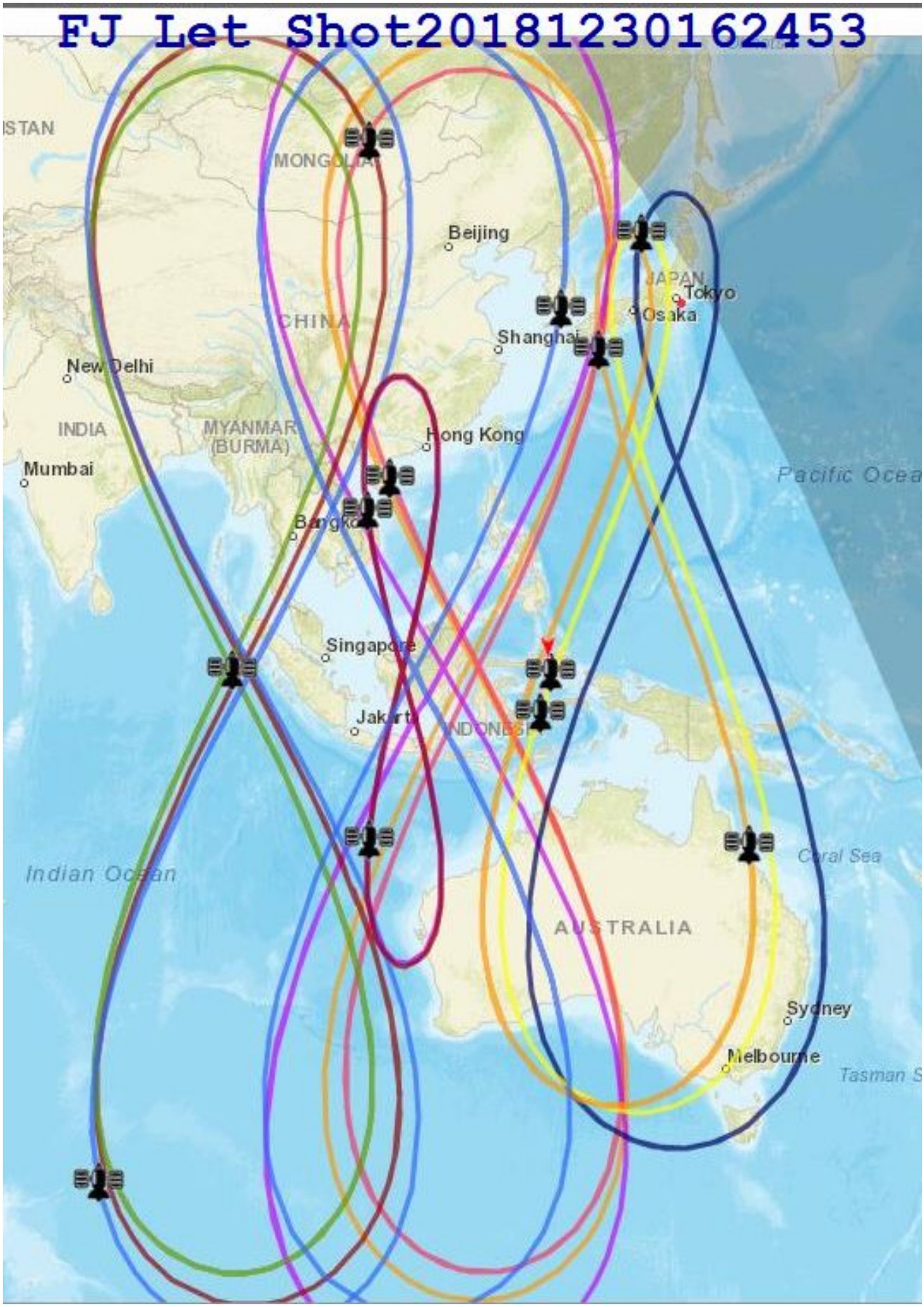
1. 横浜国立大学 名誉教授
1. Yokohama National University

２０世紀の宇宙測位・測地技術では米国GPS宇宙セグメントを代表とするMEO衛星系が主要な役割を果たしてきた。21世紀に入って日本のQZSS(みちびき)衛星系の準天頂軌道や中国やインドのIGSO宇宙セグメントが登場してきている。MEO衛星系の特徴は仰角リミット以上を飛翔する衛星をランダムに捕捉して、DOPが小さくなるMEO衛星の組合せを選択することで、測位の精度の確保を狙う方式である。衛星の軌道運動の法則性よりもランダムに発見される群としての衛星配置を重視している確率的な再現性の困難な方式といえる。一方、21世紀型のQZSS/IGSOは特定の地域においては軌道運動が非常にゆっくりしているため、衛星軌道の追尾が可能であり、再現性の高い解析的な手法が可能である。筆者はアジアQZSS/IGSOの軌道運動と太陽合を1年以上にわたって測定してきた。その成果を報告する。

01/09頃にBDSSペア：東輪BD-IGSO-2 西輪BD-IGSO-5
02/08頃にNavIC単独：東輪1C
02/14頃にNavIC単独：西輪1I
03/03頃にQZSS単独:日輪QZS-1
03/23春分頃に全GEOが赤道上で次々と太陽合
04/02頃にBDSS３ペア：東輪BD-IGSO-1 西輪BD-IGSO-4 中輪BD-IGSO-7
05/02頃にQZSS単独:日輪QZS-4
05/28頃にNavICペア；東輪1D　西輪1B
06/13頃にQZSS/BDSSペア：日輪QZS-2　東輪BD-IGSO-3 西輪BD-IGSO-6
07/09頃にBDSSペア：東輪BD-IGSO-2 西輪BD-IGSO-5
08/08頃にNavIC単独：東輪1C
08/14頃にNavIC単独：西輪1I
09/04頃にQZSS単独:日輪QZS-1
09/23秋分頃に全GEOが赤道上で次々と太陽合
10/02頃にBDSS３ペア：東輪BD-IGSO-1 西輪BD-IGSO-4 中輪BD-IGSO-7
11/02頃にQZSS単独:日輪QZS-4
11/27頃にNavICペア；東輪1D　西輪1B
12/13頃にQZSS/BDSSペア：日輪QZS-2　東輪BD-IGSO-3 西輪BD-IGSO-6

キーワード：準天頂軌道、みちびき、宇宙測位技術
Keywords: QZSS, IGSO, PNT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーストラリア北側の海洋での海水準変動について
Sea level evaluation in northern Australian coast

*徳井 雄太[1]、日置 幸介[1]
*Yuta Tokui[1], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

衛星海面高度計で計測される海面高は２つの主な要因によって変動する。第一は陸域の水との再分配に伴う質量変化、第二は海水温変化による体積変化であり、それぞれGRACEとArgo floatによって計測される。これら３種の量の関係は海域ごとに異なっており、それぞれの地域でそれらの相互関係を明らかにすることは、海域ごとのダイナミクスを理解するために有効である。この研究ではオーストラリア北側の海洋（アラフラ海、チモール海、カーペンタリア湾、ソロモン海）における海面高の変動を考える。この地域の特徴は、季節変化が大きいことと、ENSOやIODといった複数の気候変動の影響を受けることである。まず、海面高度、海水の熱膨張、重力変化の３つの量について、それぞれの時間変化を比較し、吹き寄せによる質量変化が卓越するカーペンタリア湾以外の海域では熱膨張成分が海面高変動の主要因であることがわかった。次に、気候変動駆動の成分を評価するため、季節変化と経年変化に注目してEOF解析を行った。海面高変動の季節変化が最も大きいのはカーペンタリア湾であり、重力の季節変動は陸域と海域で同じ位相で起こっていることがわかった。また、先行研究で指摘されている降水量の長期トレンドの変動が重力変化のEOF第２モードに現れた。また、季節変動を除いたデータでEOF解析を行ったところ、海面高変動ではENSOの、重力変化ではPDOの影響を受けていることがわかった。

キーワード：衛星高度計、GRACE、Argo float、海面高、ENSO
Keywords: Altimeter, GRACE, Argo float, SSH, ENSO

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地磁気観測による地球回転経年変化への示唆
Implications from geomagnetic observation for the interannual fluctuations of Earth rotation

*浅利 晴紀[1]、栗原 正宜[1]、森永 健司[1]、長町 信吾[1]
*Seiki Asari[1], Masanori Kurihara[1], Kenji Morinaga[1], Shingo Nagamachi[1]

1. 気象庁地磁気観測所
1. Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency

気象庁地磁気観測所は茨城県石岡市柿岡を所在地とし、同地での地磁気観測では既に百年を越える歴史を有する。日本の地磁気基準点としての測地的役割を担うと共に、観測技術の開発や測器の検定に加え、高品質データの安定供給により科学研究や産業の発展を支えてきた。また、人工衛星機動観測の参照となる定点観測データの即時提供が要求される近年では、世界観測網の主要な観測所の一つとして、その高い信頼性の継続に益々の期待が寄せられている。
地磁気の変化は異なる起源と時間スケールを持つ多様な成分から構成されるが、地球中心核に由来する主磁場の経年変化成分に関心が集まるようになったのは、膨大な人工衛星データの蓄積が進んだごく最近のことである。以前は、その振幅の微小さゆえ、磁気圏・電離層および海洋起源の磁場変化に埋もれて十分に認知されなかった。同成分の明確な検出に至れば、それは即ち地球外核中の波動などの経年現象を解明する非常に貴重な鍵となり得る。外核金属流体の対流分布に対しては地震や重力などの力学的観測量は十分な感度を持たず、観測からの解像は専ら地磁気に依存するためである。ただし、外核流体運動の全体としての変化の解析には地球回転変化が有用な観測量となる。
現在、地磁気観測所では過去約５０年間分の経年変化の特定に最適化された月平均値データベースの構築を進めている。他起源の擾乱成分を除外するため、データ日時の選定基準を検証し、これを世界各地の観測所データに適用した結果、どの観測所においても約７割の擾乱成分が除外されることがわかった。これにより長期にわたる外核流体の流れの経年変化がより鮮明に解像されうる。本発表では、同調査の進捗と展望を報告し、特に地磁気観測から推定される外核流体運動を通じて導かれる地球回転経年変化への示唆に議論の焦点を当てる。その中で、最新の両データからここ数年の加速度的な主磁場変化とLOD（地球の一日の長さ）変化の共通の成因と考えられている外核流体の北半球高緯度におけるジェット流の時空間的特徴を示す。

キーワード：地球回転、地磁気、経年変化、角運動量、核
Keywords: Earth rotation, Geomagnetic field, Interannual variation, Angular momentum, Core

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 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:高橋 努(海洋研究開発機構)

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.

13:45 ~ 14:00

[SSS11-01] 固体地球のランダム不均質構造のパワースペクトル

*佐藤 春夫[1] (1.東北大学)

14:00 ~ 14:15

[SSS11-02] Estimation of spatio-temporal changes of seismic scattering property associated with the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake from sparse modeling of seismic ambient noise CCFs

*廣瀬 郁[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、Michel Campillo[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.University Grenoble Alpes, CNRS, ISTerre)

14:15 ~ 14:30

[SSS11-03] Surface roughness of the Philippine Sea plate at Nankai subduction zone

*高橋 努[1]、仲西 理子[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.香川大学)

14:30 ~ 14:45

[SSS11-04] Source location of volcanic earthquakes and tremors at Sakurajima volcano based on seismic correlation

*Theodorus Permana[1]、Takeshi Nishimura[1]、Hisashi Nakahara[1] (1.Solid Earth Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University)

14:45 ~ 15:00

[SSS11-05] **Crustal Structure Investigation in Northern Taiwan - Localized Wavefield Inversion of TAIGER T6 Wide Angle Refraction/Reflection Data**

*Fandy Adji Fachtony[1]、How-wei Chen[1] (1.Institute of Geophysics, National Central University)

15:00 ~ 15:15

[SSS11-06] バネブロックモデルのランダム性による自己組織化臨界現象とグーテンベルグ―リヒター則

*坂口 英継[1] (1.九州大学)

固体地球のランダム不均質構造のパワースペクトル
Power Spectrum of Random Heterogeneity of the Solid Earth

*佐藤 春夫[1]
*Haruo Sato[1]

1. 東北大学
1. Tohoku Unvieristy

近年，地震波動の散乱に着目した観測研究によって固体地球のランダム不均質の存在が明らかになりつつある．特に輻射伝達理論(RTT)が地震波動強度（MSエンベロープ）の解析に重用されてきた．この解析法は，ランダムな速度ゆらぎをパワースペクトル密度で表して統計的に取り扱うものであり，特に３つのパラメータ(ゆらぎのRMS値，特徴的長さ，第２種ベッセル関数の次数)で特徴づけられるフォンカルマン型を仮定することが多い．このモデルによるパワースペクトル密度は，波数が特徴的長さの逆数にコーナーを持ち，それより高波数側では冪乗で減少する．この他の測定手段としては，高精度の速度トモグラフィー法，地殻浅部では孔井における音波検層，小さい尺度では岩石サンプルの光学的解析などが用いられてきた．

地殻からマントルにおけるこれらの報告値を総括的に調べたところ，ゆらぎのRMS値は0.01から0.1の間に分布し,特に火山地帯では比較的大きく下部マントルでは小さい．高波数側における波数の冪値は-３から−４の間の値をとり，それらの多くは-３に近い値をとることがわかった．しかし，特徴的長さは大きくばらつき，それぞれの測定方法に依存しているように見える．パワースペクトルの特徴をつかむために，火山のような強い不均質や下部マントルのような弱い不均質データを除いたデータセットを作成したところ，これらパワースペクトル密度のエンベロープは，幅広い波数領域で波数の冪が-３の冪関数で良く近似できることがわかった．

この結果から，理論面では，波数がコーナーよりも充分大きい場合にボルン近似を用いることについての再検討が必要であることが示唆される．観測面では，それぞれの測定においてコーナー波数の両側の領域における精緻な解析の重要性が提起される．幅広い波数領域で，また温度圧力条件の異なる領域において，このような冪乗スペクトルを造るにはどのような地球物理的過程が働いていたのかを考察することも重要な課題であろう．

キーワード：地震波動、速度構造、地殻、マントル、ランダム媒質、散乱
Keywords: Seismic waves, Velocity structure, Crust, Mantle, Random media, Scattering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of spatio-temporal changes of seismic scattering property associated with the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake from sparse modeling of seismic ambient noise CCFs

*廣瀬 郁[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、Michel Campillo[2]
*Takashi Hirose[1], Hisashi Nakahara[1], Takeshi Nishimura[1], Michel Campillo[2]

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

In recent years, spatial distributions of seismic velocity and/or seismic scattering property changes associated with volcanic activities and earthquakes have been investigated by linear least-squares inversions using seismic ambient noise cross-correlation functions (CCFs) and sensitivity kernels (e.g., Obermann et al., 2013; Obermann et al., 2014). However, spatial distributions of medium changes are not easily estimated in the regions where only a small number of stations are set up. Here, we use sparse modeling (L_1 norm regularization) to estimate model parameters for a small data set (e.g., Tibshirani, 1996), and evaluate the minimum number of stations for these studies. We apply the sparse modeling to the 2008 M_w 6.9 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake that occurred on 14 June 2008, and estimate the spatial distribution of seismic scattering property changes from decoherence (waveform changes) data of seismic ambient noise CCFs. Since we have enough seismic stations, we can compare the results from the sparse modeling and those from an ordinary linear least-squares inversion with L_2 norm regularization which has been widely used to solve linearized problems.

Seismic ambient noise CCFs were calculated at 0.5-1 Hz band for the pairs among 17 Hi-net stations during the years of 2007 and 2008. We firstly calculate decoherence values between reference CCFs (Jan-Dec, 2007) and target CCFs in two time periods of May 1 to June 13 (Period I) and June 15 to July 31 (Period II) in 2008, respectively. We then calculate the differences of decoherence values of Period I and Period II, and use them as observed decoherences. Totally, 450 observed decoherence values are analyzed. Finally, we divide the study area into 63 small cells with a size of $0.15^\circ \times 0.15^\circ$ and estimate scattering coefficient changes, Δg, for each small cell by comparing the observed and synthesized decoherence values. Here, we estimate synthesized decoherence values using 2-D decorrelation kernels (Margerin et al., 2016).

The result from the linear least-squares inversion with L_2 norm regularization shows that large Δg values are estimated around the epicenter of the main shock. The region of the largest Δg value is located at the south of the epicenter also from the sparse modeling. The maximum Δg value is about 0.035 km^{-1}, which is almost equivalent to the total scattering coefficient at this region. To know a minimum number of stations for the estimation, we selected the stations which locate within 30 km, 40 km, and 50 km from the epicenter (5, 7, and 13 stations, respectively), and conducted the same estimations for each case using the sparse modeling. We confirmed that 7 stations were necessary to recover the similar result.

The regions with large Δg values are well correlated with the region where large peak ground acceleration and large seismic velocity decreases are obtained (Takagi et al., 2012; Hobiger et al., 2014). This consistency suggests that strong motion by the main shock introduce not only large seismic velocity decreases but also large seismic scattering property changes in the shallow medium at the south of the epicenter. The sparse modeling will be useful to locate a change region of seismic scattering property

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

changes from a sparse seismic network with several seismic stations.

Acknowledgements: We would like to thank the High Sensitivity Seismograph Network (Hi-net), NIED for providing the waveform data used in the present study.

キーワード：スパースモデリング 、地震波散乱特性変化、岩手・宮城内陸地震、地震波干渉法
Keywords: sparse modeling, seismic scattering property change, Iwate-Miyagi Nairiku earthquake, seismic interferometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Surface roughness of the Philippine Sea plate at Nankai subduction zone

*高橋 努[1]、仲西 理子[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2]
*Tsutomu Takahashi[1], Ayako Nakanishi[1], Shuichi Kodaira[1], Yoshiyuki Kaneda[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 香川大学
1. JAMSTEC, 2. Kagawa University

Seismic fault surfaces have roughness over a broad spatial scale range. In this study, we measured surface roughness of subducting Philippine Sea plate along several seismic survey lines at Nankai trough. Surface geometry of the subducting plate have been estimated by analyzing both the wide-angle refraction and high-resolution seismic-reflection surveys by Nakanishi et al. (2018). They estimated velocity structures from the former data with consideration for travel times of reflected waves from the top of the Philippine Sea plate of the latter data. Uncertainties of their geometry of the Philippine Sea plate can be examined by the uncertainties of velocity structures in the overriding continental plate.
First, we examined the P-wave velocity structures in the continental plate. Power spectra of the velocity fluctuations obey a power-law at small wavenumbers. We also find a clear decrease of power spectral density at larger wavenumbers. Cutoff wavenumber of this change almost corresponds to the inverse of receiver interval. Such decrease of power spectral density is probably caused by a spatial smoothness constraint of velocity estimation. Then, we examined the surface geometries at wavenumbers smaller than the cutoff wavenumber. Power spectra of surface geometries shows self-affine property. We applied bandpass filters for geometry data and mapped the root mean squared amplitudes of filtered geometries as surface roughness. Roughness is large at Hyuga-nada, and becomes small near the trough-axis off south of Shikoku. The small roughness area off Shikoku shows low activity of regular and slow earthquakes. Meanwhile, Hyuga-nada area shows high activity of low frequency earthquakes (Yamashita et al. 2015). Since surface roughness is relevant to a small-scale stress concentration on faults, this result implies an importance of surface roughness for seismicity.

Acknowledgement
This study was supported by “Research Project for Compound Disaster Mitigation on the Great Earthquakes and Tsunamis around the Nankai Trough Region” of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan.

キーワード：surface roughness、Philippine Sea plate、velocity inhomogeneity、self-affine
Keywords: surface roughness, Philippine Sea plate, velocity inhomogeneity, self-affine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Source location of volcanic earthquakes and tremors at Sakurajima volcano based on seismic correlation

*Theodorus Permana[1], Takeshi Nishimura[1], Hisashi Nakahara[1]

1. Solid Earth Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

Precise source locations of volcanic tremors and earthquakes are one of the most basic information that is important to understand the volcanic process. The spatio-temporal changes of these source locations may provide insights into the eruption mechanism and the movement of volcanic fluids. However, the determination of those source locations is quite challenging due to the difficulties to distinguish their seismic phases and precisely measure the arrival times. Recently, we developed a hypocenter determination method for volcanic earthquakes and tremor, which adopts seismic interferometry processing technique for calculating cross-correlation functions (CCFs) and the source-scanning algorithm (SSA) (Permana et al., in preparation). Here, we apply our method to observed data recorded at Sakurajima volcano. We first locate volcano-tectonic earthquakes (VTs) and evaluate the location errors by comparing the results with the hypocenters determined by a phase-picking method. Then, we locate volcanic tremors and discuss their source locations, which cannot be obtained from phase-picking methods due to indistinguishable phase arrivals.

We analyze VTs that occurred during a rapid dike intrusion on August 15, 2015. Our result shows the hypocenters are distributed beneath the Mt. Minamidake mainly at 0-4 km depths. Our source locations are consistent with the hypocenters obtained by using the method of Hirata and Matsuura (1987), and the errors are estimated to be 2 km or less.

We determine the source locations of two kinds of tremors occurred on August 22-25, 2017. The first is a 13.5 hours long continuous tremor accompanying Strombolian eruptions on August 22-23. The second is a series of intermittent tremors that are recorded following the explosion earthquakes associated with Vulcanian eruptions which followed the continuous tremor. We calculate the CCFs at 1-3 Hz by using 20 s time windows with 19 s overlap for these tremors and stacked them to obtain average CCFs. Our results show that the source locations of the first 6 hours of continuous tremor, which are determined every 10 minutes, are located beneath Mt. Minamidake at depths from about 3 km to below the active crater. The sources of the following continuous tremor are located at shallower depths, from about 2 km depth to the ground surface on the southern flank of Mt. Minamidake. The sources of 61 segments of the intermittent tremors are densely distributed at 0-2 km depth beneath Mt. Minamidake.

The observed tremors are related to the eruptive activities at Sakurajima volcano and their sources are expected to be located at the eruptive conduit. Our estimated sources are distributed at the shallow depths beneath the active craters within the estimated errors. Therefore, our results show the prospect of our method as an alternative for tremor source location determination and volcano monitoring. The depth range of our results for continuous tremor also coincides with the previous studies on the generation depth of volcanic earthquakes.

Keywords: volcanic earthquakes, volcanic tremor, source location, cross-correlation, hypocenter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Crustal Structure Investigation in Northern Taiwan - Localized Wavefield Inversion of TAIGER T6 Wide Angle Refraction/Reflection Data

*Fandy Adji Fachtony[1], How-wei Chen[1]

1. Institute of Geophysics, National Central University

TAIGER T6 transects is one of the four crustal-scale Wide Angle Refraction/Reflection (WARR) survey lines under **TA**iwan **I**ntegrated **GE**odynamics **R**esearch (TAIGER) project conducted in 2008 in Taiwan. The north main array consist of four shot points (N1, N2, N3, and N4) across northern Taiwan from west to east. A total of 456 geophones deployed with receiver interval of ~200m on average. However, the recorded data suffers from crooked survey line geometry, uneven shot energy, noise level and currently available poorly defined 3D reference velocity model. Near-surface static effects caused by the irregular source and receiver spacing, strong lateral velocity variations and rapid topography changes produce apparent 3D wave propagation so that the standard seismic data processing or travel-time inversion could not be fully applied. To compensate above-mentioned drawbacks, Localized Slant Stack Transformation (LSST) for data pre-processing was applied to separate signal from interfering noise that has big amplitude and minor T-X curve difference. LSST is slowness and offset range-based plane wave destruction and construction techniques. The pros and cons of LSST will be discussed for TAIGER-T6 line.
For stable wavefield inversion, sufficient spatial sampling and events enhancement is essential. Wavefield inversion utilize the complete-cycle of wavelet information without picking compared to tomography study that rely on the travel time picks with potential reading errors. Velocity estimation is performed via wavefield transformation from τ-p data domain to τ-p-z solution domain through downward continuation and the application of imaging condition ($\tau = 0$). Ray tracing is performed for quality control and to quantify the separated static effects produced from source, receiver and velocity changes. Feasibility studies of three crustal scale synthetic models containing: (1) flat layers without topographic, (2) flat layers with topographic, (3) laterally varying topographic velocity models. Synthetic data is produced from Specfem2D computations. Effects of source and/or receiver static, velocity variation, and the combination of all were studied. Wavefield inversion is stable for all test models. Inverted 1D velocity becomes less smooth when static effects are included with and without static corrections. Real data implementation for all shots were cross-checked through numerical travel-time curve with acceptable error bound. Furthermore, the bottoming point of each ray through seismic ray tracing can be mapped along with the velocity information to construct quasi-2D velocity model. Inverted velocity depth profile from wavefield inversion provide higher resolution compared to the existing tomography velocity model across northern Taiwan area.

Keywords: Localized Slant Stack, TAIGER Project, Wiechert-Herglotz Inversion, Vespagram

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バネブロックモデルのランダム性による自己組織化臨界現象とグーテンベルグーリヒターー則
Self-organized criticality induced by randomness in block-spring models and the Gutenberg=Richter law

*坂口 英継[1]
*Hidetsugu Sakaguchi [1]

1. 九州大学
1. Kyushi University

バネブロックモデルはBurridge-Knopoffによって提案された簡単な地震の数理モデルである。CarlsonとLangerは一様なバネブロックモデルに速度弱化摩擦力を仮定してシミュレーションをおこない、サイズの小さなすべりの大きさの分布がべき則に従うことを示し、Gutenberg-Richter則との関連性を議論した。Carlson-Langerのモデルは一様な系で大自由度カオスの示す統計則がすべりの大きさ分布をもたらしているものと考えられる。バネブロックモデルは多くのシミュレーション研究があるが、今回摩擦力にランダム性を含む速度強化摩擦力を仮定してシミュレーションした結果を示す。摩擦力にランダム性があり一定の力でゆっくりと引く場合には、その力の大きさを変えていくとランダムさによりピン止めされた状態から滑りが起こる状態に連続的に転移する。バネを介してゆっくり引く場合には、すべりとピン止めを繰り返して、その転移点のまわりで揺らぐ現象が起こる。系が転移点(臨界点）の近傍に自発的に近づくという意味で自己組織化臨界現象が起こっていると考えられる。その臨界性のためにすべりの大きさ分布もべき分布になることが分かった。すべりの大きさ分布のべき則はランダム性に起因する自己組織化臨界現象により生じるのではないかと考えている。また、ランダム性(不均質性)が重要な点でアスペリティ説とも関連性があるのではないかと考えている。

キーワード：ブロックバネモデル、べき則、ピン止め相転移、自己組織化臨界現象
Keywords: block-spring model, power law, pinning transition, self-organized criticality

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 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:西田 究(東京大学地震研究所)

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.

15:30 ~ 15:45

[SSS11-07] Land-Atmosphere Interaction in the low-frequency seismic band and inversion for shallow elasticity structure

*Toshiro Tanimoto[1]、Jiong Wang[1] (1.Department of Earth Science, University of California, Santa Barbara, CA93106, USA)

15:45 ~ 16:00

[SSS11-08] S-netを用いた常時微動相互相関解析

*高木 涼太[1]、豊国 源知[1]、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)

16:00 ~ 16:15

[SSS11-09] 札幌市豊平区のガス爆発で発生した空振の地震計記録

*吉澤 和範[1] (1.北海道大学大学院理学研究院)

16:15 ~ 16:30

[SSS11-10] 地震波干渉法から推定された2011年新燃岳噴火に伴う地震波速度構造の時間変化

*西田 究[1]、水谷 雄太[1] (1.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS11-11] Temporal variations of seismic velocity and azimuthal anisotropy in near-surface rock and soil at KiK-net downhole array sites

*平 貴昭[1]、Li-Wei Chen[1]、三宅 弘恵[2] (1.カリフォルニア大学バークレー校地震研究所、2.東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター／地震研究所)

16:45 ~ 17:00

[SSS11-12] Denoising Ambient Seismic Field Correlation Functions with Deep Autoencoders

*Loic Viens[1]、Chris Van Houtte[2] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University、2.GNS Science)

Land-Atmosphere Interaction in the low-frequency seismic band and inversion for shallow elasticity structure

*Toshiro Tanimoto[1], Jiong Wang[1]

1. Department of Earth Science, University of California, Santa Barbara, CA93106, USA

For frequencies below 0.05 Hz, except for the hum signals generated by ocean waves, the atmosphere is the main source of seismic noise. Some characteristics of atmosphere-generated seismic noise have been reported (e.g., Zürn et al., 2007; Zürn and Wielandt, 2007) but recent data from co-located pressure and seismic sensors allow us to improve our understanding of this interaction. We report our analysis of data from the EarthScope Transportable Array (TA) and some global permanent stations that are equipped with pressure and seismic sensors.

We first point out that coherence between surface pressure and vertical seismic data shows two broad peaks, a lower frequency one that rises below about 0.002 Hz and a higher frequency peak that reaches its maximum about 0.02 Hz. There is a minimum of coherence between them at about 0.003-0.004 Hz.

We noted that there is basically no phase-shift between pressure and vertical seismic displacement for the lower frequency peak while there is a 180-degree phase shift between pressure and vertical displacement for the higher frequency peak at about 0.02 Hz. Two peaks show a completely opposite relationship between pressure and vertical displacement. The zero phase-shift for the lower frequency peak is consistent with the mass-attraction effect due to density perturbations in the atmosphere and the 180-degree phase shift for the peak about 0.02 Hz is consistent with elastic deformation caused by surface pressure.

They suggest that these are two competing forces generated by the atmosphere, one that tends to attract the sensor mass upward by density perturbations in the atmosphere and the other that tends to push down the ground due to high pressure. The mass-attraction effect wins for the lower frequency peak and the ground deformation effect wins for frequencies above 0.01 Hz. The existence of the minimum between the two peaks indicates that relative size of these forces switches at about 0.003-0.004 Hz (already pointed out by Zürn and Wielandt, 2007).

The size of the higher frequency peak (at about 0.02 Hz) is strongly influenced by the elasticity of near-surface materials; at many sites with STS-1 sensors, this high frequency peak is often hard to identify as the sites are mostly at hard-rock sites, meaning there is little deformation due to atmospheric pressure. On the other hand, some EarthScope TA sites are at soft sediment sites and show a large (and dominant) peak at about 0.02 Hz. For such soft sites, we can derive shallow structure from pressure and seismic data.

We will present an inversion scheme to invert data from this higher frequency peak. Basic data are the ratios between vertical seismic data to pressure data and also between horizontal seismic data to pressure data for frequencies between 0.005 Hz and 0.05 Hz. The method is an iterative nonlinear inversion from a starting model using depth sensitivity kernels that are computed at each iteration step. The framework of inversion is similar to surface-wave phase velocity inversion. The product is a layered elasticity structure beneath a co-located station.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Land-Atmosphere Interaction, Shallow elasticity structure, Inversion of pressure and seismic data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた常時微動相互相関解析
Noise correlation analysis of S-net records

*高木 涼太[1]、豊国 源知[1]、山本 希[1]
*Ryota Takagi[1], Genti Toyokuni[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

東北日本前弧海域下における地殻構造を推定するため、日本海溝海底地震津波観測網（S-net）で観測された脈動記録に対して相互相関関数に基づく地震波干渉法解析を行ない、観測点間を伝播する表面波を抽出した。データは，防災科学技術研究所によるS-netで収録された2017年1月から2018年12月までの2年間の三成分連続記録を用いた。周期数秒より長周期帯域では、速度計に比べて加速度計の方がS/Nが良いため、解析には加速度計記録を使用した。観測記録はXYZ座標からUNE座標への変換を行い、さらに水平動成分をRadialとTransverse方向に回転させることで、9成分の相互相関関数を全観測点ペアで計算した。その結果、60秒周期のパルス、および、ゼロラグにピークを持つパルスが相互相関関数に現れ、全観測点間で60秒の周期を持つ機器ノイズ、および、同ケーブル内の観測点でコヒーレントなランダムノイズが観測記録に含まれていることがわかった。周期的機器ノイズは、観測点・成分に依存し、さらに期間によって変化する。そのため、ある日の記録とその一日前の記録の差をとってから相互相関関数を計算することで、共通する周期的ノイズを除去した。ケーブル依存のランダムノイズについては、周波数領域における経験的な関数フィッティングにより除去した。これらのノイズ除去処理と距離ビン毎の相互相関関数のスタックにより、周期30秒程度まで、観測点間を伝播するレイリー波およびラブ波を抽出することができた。周期10秒以下の短周期帯域では、1.5 km/s、および、0.3 km/s程度の群速度で伝播する複数モードのレイリー波が確認でき、海水層と堆積層にエネルギーを持つようなモードが卓越していることが示された。また、周期8秒程度では外洋から沿岸部に伝播するレイリー波が卓越するのに対し、周期4秒程度では沿岸部から外洋方向へのフラックスも存在することがわかった。今後は、陸上観測点も含めた解析を行うとともに、抽出した表面波を用いて地殻構造を推定する予定である。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所のS-netの連続地震波形データを用いた。観測点の設置および維持にかかわって来られた皆様に感謝いたします。

キーワード：S-net、地震波干渉法、常時微動、相互相関解析、表面波、日本海溝
Keywords: S-net, Seismic interferometry, Ambient noise, Noise correlation, Surface wave, Japan trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

札幌市豊平区のガス爆発で発生した空振の地震計記録
Atmospheric waves from the gas explosion in Sapporo on December 16, 2018, recorded by seismometers

*吉澤 和範[1]
*Kazunori Yoshizawa[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院
1. Faculty of Science, Hokkaido University

A large gas explosion occurred in Hiragishi, Sapporo, on December 16, 2018, which blew up a two-story building in the hypocenter with more than 50 injured, although no casualty was reported miraculously. Damages to window glasses of neighboring buildings were reported in the radius of about 100 meters around the hypocenter due to strong blast waves from the explosion.

The infrasound waves from this explosion have been recorded in several seismometers installed on the ground surface of Ishikari Lowland (including the one in the campus of Hokkaido University) even at stations more than 60 kilometers away from the hypocenter, which has traveled with a speed of about 330 m/s. It is well known that atmospheric infrasound waves from large volcanic eruptions and/or meteor blast can travel very long distances, which can be observed with broad-band seismometers. Although this explosion in Sapporo is much smaller than such natural phenomena, the observed seismic records are likely to be caused by the air-earth coupled ground motions due to the infrasound waves from the explosion.

The observed infrasound/acoustic signals from this explosion cannot be observed in seismometers installed underground in and around Sapporo. Also, we cannot see any clear elastic wave (P-wave or surface waves) from this explosion. Only several seismometers installed on the ground surface have recorded the infrasound signals that are characterized by strong spectral peaks in a frequency range between 5 and 30 Hz. We can also identify the directional dependence of the observed waveforms; i.e., the amplitudes of infrasound signals are more attenuated and scattered in the north of hypocenter. This may be affected by winds and/or propagation paths, in particular, the urban area of Sapporo with tall buildings spared over the north of hypocenter.

キーワード：インフラサウンド、空振、地震計、ガス爆発
Keywords: infrasound, atmospheric wave, seismometer, gas explosion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波干渉法から推定された2011年新燃岳噴火に伴う地震波速度構造の時間変化

Time-lapse monitoring of seismic velocity associated with the 2011 Shinmoedake eruption using seismic interferometry

*西田 究[1]、水谷 雄太[1]
*Kiwamu Nishida[1], Yuta Mizutani[1]

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

近年，ランダムな地震波動場の解析手法である地震波干渉法の適用事例が増えている．この解析手法では，2観測点での雑微動連続記録から計算された相互相関関数を，一方の観測点を震源とし，もう一方の観測点で記録された仮想的な地震波形とみなすことができる．繰り返し相互相関を計算する度に得られる仮想的な地震波形から観測点周辺の地震波速度を推定できるため，地震波干渉法を用いた地震波速度のモニタリングが活発に行われてきた． 地震波干渉法を用い，火山噴火に伴う速度変化を検出した研究例は数多く報告されている (Brenguier et al., 2008; Rivet et al., 2015)．加えて，火山地域で地震波速度モニタリングを行うと，降水の影響と考えられる季節変動が顕著に観測される場合も少なくない．こうした季節変動は，噴火に伴う速度変化量と同程度の振幅を持つ．故に，噴火に伴う過渡的な速度変化を検出するためには，降水による年周変動を定量的に評価し，地震波速度のモニタリング結果から適切に除去することが重要になる． 本研究では，2011年新燃岳噴火に伴う速度変化を検出することを目的とし，新燃岳周辺の地震計アレイ記録に地震波干渉法を適用して地震波速度のモニタリングを行なった．解析には，2010年5月から2018年4月までの8年分の雑微動連続記録を用い，0.1-0.9 Hzの帯域で各観測点ペアごとの相互相関関数を計算した． その後，計算された相互相関関数にStretching法 (Sens-Schönfelder and Wegler, 2006) を適用し，地震波速度の時間変化を推定した．モニタリングの結果から，Wang et al. (2017) が報告した降水に伴う年周変動が検出された．そこで，間隙水圧モデル (Roeloffs, 1988; Talwani et al., 2007) を用いて，降水の影響を定量的に評価した．降水の影響を除去すると，いくつかの観測点ペアで噴火に伴うと考えられる地震波速度変化が検出された． 水平方向の感度カーネルと深さ方向の感度カーネルを計算し，速度変化を引き起こした構造変化位置を制約することを目指した．その結果，山体南東部の深さ1-3 kmと山体北西部の深さ1-2 kmでは構造変化が生じていないことが分かった．

キーワード：地震波干渉法
Keywords: seismic interferometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Temporal variations of seismic velocity and azimuthal anisotropy in near-surface rock and soil at KiK-net downhole array sites

*平 貴昭[1]、Li-Wei Chen[1]、三宅 弘恵[2]
*Taka'aki Taira[1], Li-Wei Chen[1], Hiroe Miyake[2]

1. カリフォルニア大学バークレー校地震研究所、2. 東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター／地震研究所
1. Berkeley Seismological Laboratory, University of California, Berkeley, 2. The University of Tokyo

Measuring stress and damage induced seismic velocity and anisotropy in crustal structure and their temporal behaviors provide insights into the underlying mechanisms of healing processes and its evolution, which would lead to a better understanding of earthquake cycle. We analyze three-component surface and borehole seismic data collected by KiK-net (Kiban-Kyoshin Net) to explore temporal variations in P- and S-wave velocity and S-wave azimuthal anisotropy (strength of anisotropy and polarization direction of the fast S wave) through coda wave interferometry. Our preliminary focus is on Hokkaido sites that experienced ground motion from the 2003 magnitude (M) 8.3 Tokachi-Oki and the 2018 M 6.0 Hokkaido Eastern Iburi earthquakes. Following Chen et al. (2017, EPSL), we analyzed all available KiK-net seismic waveforms in a frequency band of 1-15 Hz from 1997 through 2018 (more than 700 events) and evaluated seismic velocity and azimuthal anisotropy between surface and borehole sensors at 22 KiK-net sites. Median P- and S-wave velocity stacked by all measurements at each site are good agreement with them obtained from borehole logging data provided by NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience). We find that a number of KiK-net sites recording peak ground acceleration (PGA) higher than ~500 cm/s^2 (at surface sensor) exhibit clear S-wave velocity reductions following the 2018 Hokkaido Eastern Iburi mainshock. Station IBUH03 (located at Atuma town) also shows a sudden decrease of S-wave velocity following the 2003 Tokachi-Oki earthquake (PGA = ~350 cm cm/s^2 at station IBUH03). Reductions of S-wave velocity were about 6.5% for both mainshocks. However, there are a number of differences between two earthquakes. Our preliminary analysis suggests that the polarization direction of fast S-wave was systematically changed from 50 degrees to 10 degrees (measured clockwise from the north) following the 2018 earthquake and no notable change of P-wave velocity was observed. On the other hand, for the Hokkaido earthquake case, station IBUH03 appears to have a large variability in the polarization direction and displays a P-wave velocity reduction of about 4.5%. Our observation suggests a temporally increase of randomly oriented fractures following the 2003 Tokachi-Oki earthquake and also may suggest that the stress changes from the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake created water-saturated cracks oriented at ~10 degrees from north.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Denoising Ambient Seismic Field Correlation Functions with Deep Autoencoders

*Loic Viens[1], Chris Van Houtte[2]

1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. GNS Science

In the last decade, seismic interferometry has become an established technique for monitoring the temporal changes of the Earth’s physical properties. This technique relies on measuring time shifts of seismic waves present in Green’s functions, which are generally approximated by cross-correlating 1-h long ambient seismic field records at two stations. To increase the accuracy of the phase information of hourly cross-correlation functions, pre-processing is generally applied to the recorded ambient seismic field, such as 1-bit normalization and/or pre-whitening. Despite this, hourly cross correlation functions often need to be stacked over a few hours/days to increase their signal-to-noise ratio and measure reliable phase shifts. We introduce a new technique for improving the time resolution of seismic monitoring, which denoises cross-correlation functions using deep autoencoders. Autoencoders are composed of an encoding function, which computes a compressed representation of the input data, and a decoding function which reconstructs a simplified representation of the input data. Both the encoder and decoder parts are composed of a stack of densely-connected neural network layers. Such an algorithm can be trained to denoise corrupted versions of their inputs, which in our case are correlation functions with low signal-to-noise ratio. We apply our deep denoising autoencoder on synthetic and real single-station cross-correlation functions computed from a few MeSO-net stations located in the Tokyo Metropolitan area. The denoised waveforms allow us to compute more precise relative velocity change (dv/v) than with the raw waveforms. The great advantage of this technique is that the algorithm can be trained within a few seconds and can be used to denoise near-real-time data, which could be useful for volcano monitoring.

Keywords: Seismic noise, Deep Autoencoders, Green's function

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:森川 信之(防災科学技術研究所)、中村 亮一(東京大学地震研究所)

地震災害に直結する強震動に関して討論する．強震動をもたらす震源特性，地盤構造，地震波動伝播，揺れの特徴を支配する表層構造の理解など，理論や観測に基づく，現象の理解を目的とする研究発表を募集する．これに加え，強震動予測や地震防災の研究など将来の地震災害を軽減するための研究発表・提言も歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[SSS13-25] Determination of dynamic characteristics of existing buildings at various site conditions in Eskisehir, Turkey

*Onur Kaplan[1]、Seiji Tsuno[2]、Hiroaki Yamanaka[3]、Mehmet Safa Arslan[4]、Oguz Ozel[4] (1.Eskisehir Technical University、2.Railway Technical Research Institute 、3.Tokyo Institute of Technology 、4.Istanbul University)

9:15 ~ 9:30

[SSS13-26] ICDP DSeis 10: Near-field Observations for the M5.5 Orkney, South Africa Earthquake

Tatsunari Yasutomi[1]、*James Mori[1]、Hiroshi Ogasawara[2] (1.Earthquake Hazards Division, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University、2.Ritsumeikan University)

9:30 ~ 9:45

[SSS13-27] 全国地震動予測地図の地震活動モデルで表現される地震発生数

*森川 信之[1]、宮腰 淳一[2]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.大崎総合研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS13-28] いろいろな期間の確率論的地震動予測地図と観測最大震度の比較検証

*棟田 隆元[1]、纐纈 一起[1] (1.東京大学 地震研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS13-29] 盆地端部における地震動特性に関する研究

浜辺 亮太[2]、*松島 信一[1]、吾妻 崇[3]、ドゥマルタン フロロン[4] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院工学研究科、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.フランス地質調査所)

10:15 ~ 10:30

[SSS13-30] MeSO-netのスペクトル特性（その２）－相対的増幅率による検討－

*中村 亮一[1]、鶴岡 弘[1]、加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、平田 直[1]、椎名 高裕[1] (1.東京大学地震研究所)

Determination of dynamic characteristics of existing buildings at various site conditions in Eskisehir, Turkey

*Onur Kaplan[1], Seiji Tsuno[2], Hiroaki Yamanaka[3], Mehmet Safa Arslan[4], Oguz Ozel[4]

1. Eskisehir Technical University, 2. Railway Technical Research Institute , 3. Tokyo Institute of Technology , 4. Istanbul University

The fundamental vibration period of a building is a crucial parameter for earthquake engineering. The equivalent seismic lateral force is determined from a design spectrum in most static design methods. Accordingly, the earthquake force is a function of the fundamental vibration period of the building. The fundamental period of an existing building can be determined by both forced and ambient vibration measurements. In this study, ambient vibration measurements were conducted at 17 existing buildings including different structural styles (masonry and reinforced concrete) and heights (7 to about 65 meters) which are located at different site conditions in Eskisehir, Turkey. In ambient vibration measurements, two accelerometers were placed on the top of the buildings and one accelerometer was placed on the ground. The fundamental vibration periods and the dampings of the measured buildings were evaluated. The fundamental vibration periods of the buildings were evaluated by picking the peaks of the spectral ratios of Fourier spectra on the top floor of buildings to those on the ground. The dampings of the measured buildings were estimated by fitting the spectral ratios calculated using a single degree of freedom system to the spectral ratios observed, in the process of trial and error (Iwata and Tsuno, 2013). In order to understand the site conditions near the buildings, array microtremor observations by small-scale arrays of 1.5 to 16 meters were performed on the free field. SPAC method was used to obtain the phase velocities of Rayleigh waves and the S-wave velocity profiles were estimated using those phase velocities in the inversion technique. Tsuno et al. (2018) derived an equation of T=0.016H from 10 building measurements carried out in Eskisehir, Turkey. In this study, 7 more measurements were added to the previous measurements of Tsuno et al. (2018) thus, according to findings of this study, the equation of T=0.0165H was proposed to estimate the fundamental vibration period (T, in seconds) of an existing building in Eskisehir, Turkey with respect to its height (H, in meters). This equation is still in need to improve with additional measurements, which could represent most of the building heights in the Eskisehir building inventory. The calculated dampings of the measured buildings have a general tendency that the higher the buildings, the smaller the dampings.

Acknowledgment

This study is supported by the Joint Research Project under the Bilateral Program of the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) and The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under Grant TUBITAK 116Y524.

References

Iwata, N., and Tsuno, S. (2013). Estimation of vibration characteristics and seismic responses of railway viaducts using microtremors data. In *Proceedings of the 11th SEGJ International Symposium, Yokohama, Japan, 18-21 November 2013* (pp. 286-289).

Tsuno, S., Yamanaka, H., Kaplan, O., Arslan, M. S. and Ozel, O. (2018). Characteristics of building vibrations estimated in various site conditions in Eskisehir, Turkey. In *Proceedings of the 13th SEGJ International Symposium, Tokyo, Japan, 12-14 November 2018.*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Ambient Vibration Measurement, Fundamental Vibration Period, Damping, Array Microtremor Observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ICDP DSeis 10: Near-field Observations for the M5.5 Orkney, South Africa Earthquake

Tatsunari Yasutomi[1], *James Mori[1], Hiroshi Ogasawara[2]

1. Earthquake Hazards Division, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Ritsumeikan University

We examined the near-field records for the 2014 Orkney earthquake (M5.5) to infer source properties for this moderate-sized earthquake. The event was the largest recent earthquake associated with the deep gold mines of the region. Different from usual normal-faulting events that are induced on known structures of the mines, the M5.5 earthquake took place significantly below the mining horizon with a strike-slip mechanism on an unknown geologic structure. Seismic activity close to the Moab Khotsong and Great Noligwa mines is very well monitored by instruments installed on the surface and in the mine tunnels. The high sample-rate (6 khz) geophones installed in the mine at depths of 1 to 3 km provide high-quality recordings of the mainshock and aftershocks.

The waveforms show that there is a small foreshock (about M1.8) located 1.6 km south of the mainshock hypocenter and at 0.6 sec before the mainshock. There is no evidence of any unusual character of the foreshock, or any significant deformation between the foreshock and mainshock.

Using lower frequency (<2.0 hz) data, the nearfield waveforms can be modeled using a finite fault slip inversion. The results show a slip distribution with two main patches of larger slip, which are located a few kilometers to the north and to the south of the hypocenter. The area of the fault plane is relatively large for a M5 earthquake and this gives a rather small static stress drop.

Keywords: Orkney earthquake, South Africa, slip inverstion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全国地震動予測地図の地震活動モデルで表現される地震発生数
Number of earthquakes from seismic activity model of the national seismic hazard maps for Japan

*森川 信之[1]、宮腰 淳一[2]、藤原 広行[1]
*Nobuyuki Morikawa[1], Junichi Miyakoshi[2], Hiroyuki Fujiwara[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 大崎総合研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Ohsaki Research Institute, Inc.

地震調査研究推進本部地震調査委員会により公表されている「全国地震動予測地図」では、地震を複数に分類した上で、各々について地震発生の確率モデルが作成されている。確率論的地震動予測地図の妥当性検証の1つとして、地震活動モデルで表現されている規模別地震発生頻度を近年の地震カタログデータとの比較がある（例えば、奥村・藤原，2010、日本地震学会秋季大会）。本稿では、全国地震動予測地図における地震発生数と地震カタログデータの比較結果を示す。

確率論的地震動予測地図2018年版の地震活動モデルで表現されている地震数として、30年間での期待値を規模ごとに算定し累積地震数で表す。手順は以下の通り。

・非定常な地震活動モデルが採用されている地震については、基準日から30年間の地震発生確率を地震数の期待値とする。

・南海トラフの地震（M8～9クラス）、相模トラフ沿いのM8クラスの地震、千島海溝沿いの超巨大地震（17世紀型）、十勝沖および根室沖のプレート間巨大地震については、30年間の全体の地震発生確率に各発生パターンの重みを乗じたものをそれぞれ30年間の地震数の期待値とする。

・ポアソン過程が採用されている地震については、地震発生頻度に基づく30年間の地震数を用いる。

・モーメントマグニチュード（Mw）でモデル化されている地震の規模について、主要活断層帯で発生する地震はM = (Mw-1.08) / 0.78、それ以外の地震は M = Mwにより気象庁マグニチュードMに変換する。

ここでは、地震動予測地図における「平均ケース」と「最大ケース」に加えて、「長期間平均ハザードの計3種類の地震活動モデルによる累積地震数のデータを作成した。

比較対象とする地震カタログについては、宇津（1982）による1885～1925年のM 6.0以上の地震と1926～2010年のM 5.0以上の気象庁震源データを組み合わせたものとする。このとき、地震動予測地図と同じルールに従って余震を除去している。

陸側プレートの浅い地震については、平均ケースの場合M7.0未満、最大ケースの場合M7.7未満においてモデルとカタログの地震数は整合的であるが、それより大きな規模ではモデルの地震数が小さい傾向が見られる。フィリピン海プレートの地震については、M8.0以下においてモデルとカタログの地震数が整合的であるものの、それより大きな規模ではモデルの地震数が極端に大きくなっている。これは南海トラフの地震（M8～9クラス）において時間予測モデルに基づいた大きな発生確率がモデル化されていることが影響しており、「長期間平均ハザード」のモデルではM8.0以上の地震数が小さくなる。ただし、カタログにおける最大規模の地震は1946年の南海地震（M8.0）であり、それより大きな規模については直接カタログの地震数との比較はできない。太平洋プレートの地震については、M7.0未満においてモデルとカタログの地震数が整合的であるが、それより大きな規模ではモデルの地震数がやや大きい。M7.8以上については、千島海溝沿いの地震について新たな長期評価に基づいてモデルが変更となった結果、地震数が増えていることも影響している。

一方、地震カタログの期間を平成23年東北地方太平洋沖地震後の2015年まで拡張した場合、フィリピン海プレートおよび太平洋プレートの地震に関しては、活発な余震活動や誘発地震の影響が含まれることによりM7.0未満の規模の小さな地震数はモデルの方が小さくなる。東北地方太平洋沖地震後のカタログについては余震をどのように扱うかによって大きく地震数が変わる。現状では地震ハザード評価のためのモデル化に向けた検討を行っている最中であるが、本検討に基づいた地震の総数を押さえることも重要な視点となるであろう。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：全国地震動予測地図、地震活動モデル、地震カタログ、東北地方太平洋沖地震、検証
Keywords: National seismic hazard maps for Japan, Seismic activity model, Earthquake catalog, The 2011 great Tohoku earthquake, Verification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

いろいろな期間の確率論的地震動予測地図と観測最大震度の比較検証
Comparative examination of the Probabilistic Seismic Hazard Maps in Japan with observed maximum seismic intensities for various periods

*棟田 隆元[1]、纐纈 一起[1]
*Takamoto Muneta[1], Kazuki Koketsu[1]

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

地震調査研究推進本部の確率論的地震動予測地図（以下，PSHMJ）について、実際に観測された最大震度と比較することによって、どの程度の精度であるかの検証をおこなった。その際に、対象とする期間の起点年を1890年として再現期間を30，60，90，120年と延ばした時の変化を観察した。PSHMJと観測最大震度との比較については、対象期間を500年と長期間にした場合（Miyazawa and Mori, 2009）、期間を30年に固定して起点年を変えた場合（近藤, 2017）などが挙げられるが、本研究のように起点年を固定して再現期間を変化させるのは初めてである。

PSHMJの作成手法としては近藤（2017）にならい、PSHMJの各メッシュにおいて計算された工学的基盤上のハザードカーブ（宮腰・他, 2016）と、表層地盤増幅率（若松・松岡, 2013）および最大速度から震度への換算式（翠川・他, 1999; 藤本・翠川, 2005）を組み合わせた。その際、Miyazawa and Mori (2009) に従ってポアソン分布を仮定し、再現期間30，60，90，120年の事象の30年超過確率をそれぞれ64, 45, 28, 22%とおいてPSHMJの予測震度を求めた。観測最大震度としては、気象庁震度データベース（石垣・高木, 2000; 石垣, 2007）と1944～1964年にかけての大地震の記録（宇佐美, 1985; 原田・他, 2016）を用い、近接した観測点も組み合わせれば1890年からの120年間を通して存在する観測点110点を抽出した。これら観測点110点における観測最大震度と、対応するPSHMJのメッシュにおける予測震度の比較を行った。

比較方法の第一として、観測最大震度と予測震度の差の二乗平均平方根を算出してみると、再現期間30，60，90，120年に対して1.2, 0.8, 0.7, 0.7が得られた。大きな震度を観測するような大地震はプレート境界地震なら数百年に一度、地殻内地震ならば数千年に一度の現象であるから再現期間を長くとるほど精度があがることが期待されるが、結果はほぼそのようになっている。ただし、Miyazawa and Mori (2009)による500年の結果である0.4～0.5に向かって順調に減少せず、90年で飽和しているように見える。この状況は、比較方法の第二として採用した回帰分析においても同様に現れる。この問題の原因としては、たとえば観測点数の少なさが挙げられ、今後、検討を加える予定である。

謝辞：宮腰淳一氏にはハザードカーブを，近藤利明氏には計算コード等を提供いただきました．宮腰氏，藤原広行氏との議論は有益でした．

キーワード：確率論的地震動予測地図、観測最大震度、再現期間
Keywords: probabilistic seismic hazard map, observed maximun seismic intensity, return period

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

盆地端部における地震動特性に関する研究
A Study on the Ground Motion Characteristics close to the Basin Edge

浜辺 亮太[2]、*松島 信一[1]、吾妻 崇[3]、ドゥマルタン フロロン[4]
Ryota Hamabe[2], *Shinichi Matsushima[1], Takashi Azuma[3], Florent De Martin[4]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都大学大学院工学研究科、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. フランス地質調査所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. French Geological Survey

平成7年（1995年）兵庫県南部地震では、神戸市須磨区から西宮市にかけての幅1km、長さ20kmにわたる「震災の帯」が現れた。この「震災の帯」の生成原因は六甲断層系によって形成された盆地端部の基盤の段差構造に起因する「エッジ効果」である。エッジ効果は普遍的な現象であり、それにより大きな被害がもたらされる可能性は神戸地域に限ったものではないと考えられるため、現象のより正確な把握が重要である。

本研究ではエッジ効果による波の増幅的干渉を定量的に評価するためにさまざまな基盤の段差構造を想定し、スペクトルエレメント法を用いて地盤応答解析を行う。また、微動観測記録の分析から段差構造と微動水平上下スペクトル比の形状などについて考察するとともに、微動水平上下スペクトル比から推測される段差構造からエッジ効果による増幅位置推定方法について検討を行う。これらの結果により、基盤構造に段差構造がある場合の、地下構造による地震動増幅特性の指標として応用できることになることを目指す。

キーワード：エッジ効果、盆地端部、増幅特性、水平上下スペクトル比
Keywords: Basin-Edge effect, Basin edge, Amplification factor, Horizontal-to-Vertical spectral ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MeSO-netのスペクトル特性（その２）－相対的増幅率による検討－
Spectrum Characteristics of MeSO-net seismograms –Effect of Underground Installation -

*中村 亮一[1]、鶴岡 弘[1]、加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、平田 直[1]、椎名 高裕[1]
*Ryoichi Nakamura[1], Hiroshi Tsuruoka[1], Aitaro Kato[1], Shin'ichi Sakai[1], Naoshi Hirata[1], Takahiro Shiina[1]

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

1. はじめに

関東地方にはMeSO-netによる加速度計が約300点の高密度の地震計が展開され，2008年からの記録が蓄積されている．この記録とK-NET及びKiK-netを統合して解析することにより，より詳細な減衰構造を求めることができることが期待される．しかし，MeSO-netは地中約20mに設置されているため，扱いに注意が必要である．

中村・他(2018,JpGU)は，MeSO-netとK-NET及びKiK-net記録を用いた三次元Q値とサイト増幅特性の同時インバージョンを行い地中設置による影響について調べた．今回は，相対的増幅率を求め，地表と地中の増幅率の比較を行った．

2. 方法及びデータ

近接した2 地点で得られる同じ地震による観測記録は，放射特性や伝播経路がほぼ同じであるため，観測波形の違いを表層地盤特性の違いとみなすことができる．この考えのもとで，これまで多くの研究で観測点間の相対的な地震動増幅特性の検討が行われている（Borcherdt, 2002, 藤本・翠川,2006, 池浦・加藤,2011）．このうち，池浦・加藤(2011)では複数の観測点ペアをネットワークとしてとらえ，ネットワーク内の相対地盤増幅率を最小二乗法により求める手法を提案した．本研究では，池浦・加藤(2011)と同様の方法で，MeSO-netにおける相対的増幅率を調べた．また，地表における増幅率との比較を行うため，解析にはK-NET及びKiK-netの地表記録も含めた．最小二乗推定はARTB（Herman, 1980）を用いた．ペアとなる観測点間距離は10 km以下とした．なお，結果の妥当性については数値実験を行い確認した．用いたデータは1~10Hzの1Hz毎のフーリエスペクトルとした．解析期間はMeSO-netでは2011年～2015年，K-NETとKiK-net地表記録は観測開始から2016年7月までとし， Mj 4以上かつ深さ200 km以浅の地震を対象とした．強震動による表層地盤の非線形の影響を除くため100 Gal以下のNS成分記録を用いた．最終的にデータ数（ペア数）は962,422組で，観測点数は394地点（うちMeSO-netは297地点)となった．

3. 結果

本研究ではまず，実際に用いた観測点ペアのデータセットについて仮想的なデータを与えた数値実験を行い，ARTBによる結果の妥当性を検討した．その結果，イタレーション1回目終了時点で，概ね「仮想データ」が復元されることを確認した．ただし，検討対象の観測網周辺部ではやや復元が不十分なものもみられた．しかし，50回のイタレーションを行うことで，周辺部を含めて与えた「仮想データ」をよく再現できることがわかった．

実際の観測記録を用いて，100回のイタレーション後に推定されたMeSO-netおよびK-NET/KiK-netの相対

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

的地盤増幅率を図1に示す．ここではJSHISの表層 30m の平均 S 波速度AVS30との関係を比べている．K-NET及びKiK-netの結果は，地表における増幅率が地中（MeSO-net）に比べて平均的にみると，おおよそ3倍程度大きいことを示す．また，地表・地中ともAVS30が遅くなるほど増幅率が増加する傾向が見える．この勾配は，藤本・翠川（2006）に従って期待される最大速度の増幅率（図1黒実線）と整合的であることがわかる．

なお，本研究で求めた相対的増幅率を，先験情報として，三次元スペクトルインバージョンのサイト増幅特性に与えることで，減衰トモグラフィにおける残差を大きく減少させることができることを確認した．

4. まとめ

観測点間距離10km以内のペアの観測記録スペクトル比を用い，最小二乗法により相対的増幅特性を求めた．その結果，地中-20m埋設のMeSO-netでは，平均的にみて地表（K-NET及びKiK-netの地表観測点）に比べて増幅特性が約1/3であることが分かった．

求められた増幅率は地震波減衰構造推定や強震動予測をする際のサイト補正係数として与えることが有効であると考えられる．

謝辞：防災科学技術研究所K-NET，KiK-netデータを使用させていただきました．本研究は文部科学省受託研究「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」の一環として実施されました．また，本研究の一部はJST，CREST，JPMJCR1763の支援を受けたものです．記して感謝いたします．

キーワード：MeSO-net、相対的増幅率
Keywords: MeSO-net, Relative Amplification Factor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

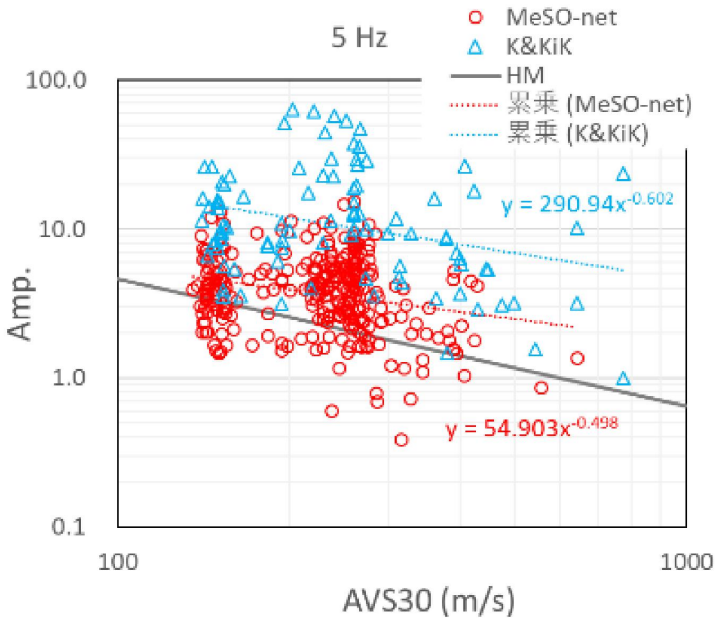


Fig.1 Relation between relative amplification factors at 5 Hz and AVS30 by JSHIS
△ : K-NET・KiK-net (free surface) ○ : MeSO-net(underground G.L.-20 m)
HM : Relation between PGV and AVS30 by Fujimoto and Midorikawa(2006)

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:筧 楽麿(神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)、中原 恒(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻固体地球物理学講座)

地震災害に直結する強震動に関して討論する．強震動をもたらす震源特性，地盤構造，地震波動伝播，揺れの特徴を支配する表層構造の理解など，理論や観測に基づく，現象の理解を目的とする研究発表を募集する．これに加え，強震動予測や地震防災の研究など将来の地震災害を軽減するための研究発表・提言も歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[SSS13-31] スラブ内, プレート境界, アウターライズ地震による東北日本の前弧側と背弧側のゆれの違いの統一的解釈

*筧 楽麿[1]、小笠原 勇[1] (1.神戸大学大学院理学研究科)

11:00 ~ 11:15

[SSS13-32] **Effect analysis of soil interlayer on seismic dynamic response and failure mode of metro station structure**

*Shuai Huang[1]、Yuejun Lyu[1]、Yanju Peng[1] (1.Institute of Crustal Dynamics,China Earthquake Administration)

11:15 ~ 11:30

[SSS13-33] **Investigation on the Applicability of V_{S30} Estimation Models for the Beijing Plain Area**

*Yi Fang、Yanju Peng、Zhijie Jiang

11:30 ~ 11:45

[SSS13-34] Early prediction of PGA and Sa using ANN

*Ting Yu Hsu[1] (1.Taiwan Tech)

11:45 ~ 12:00

[SSS13-35] 一般化パレート分布に基づく強震動加速度記録の解析

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

12:00 ~ 12:15

Discussion

スラブ内, プレート境界, アウターライズ地震による東北日本の前弧側と背弧側のゆれの違いの統一的解釈

Interpretation of attenuation of high-frequency waves from the intraslab, interplate, and outer-rise earthqukakes of Northeastern Japan

*筧 楽麿[1]、小笠原 勇[1]
*Yasumaro Kakehi[1], Yu Ogasawara[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Kobe University

東北日本弧の火山フロントの背弧側は前弧側に比べてQ値が低く，火山フロントの直下ないしやや背弧寄りには著しくQ値が低い領域が存在することが先行研究により指摘されている（例えばTsumura et al, 2000）。背弧側では低Q値の媒質により高周波地震波が減衰し，減衰を受けない前弧側との間で高周波地震波の振幅のコントラストが生じる（例えば筧・西條，2006）。本研究では，防災科学技術研究所のK-NET, KiK-netによる高密度強震データを用いて，スラブ内，プレート境界，アウターライズ地震の3タイプの地震による最大加速度の空間分布，最大加速度の距離減衰特性の特徴を調べた。解析した地震数は合計15地震である。前弧側と背弧側のコントラストが最も明瞭となるのは震源の深いスラブ内地震で，震源の浅いアウターライズ地震においてもスラブ内地震に比べると明瞭さは劣るものの，コントラストが明瞭に見えた。一方，震源の浅いプレート境界地震の場合，コントラストは見えるものの，アウターライズ地震の場合に比べ不明瞭であった。背弧側の低Q値領域を通過する波線経路長は，震源の深いスラブ内地震では長く，震源の浅いプレート境界地震とアウターライズ地震の場合，スラブ内地震に比べ短く，かつ互いにほぼ同じ長さであると考えられる。従って，アウターライズ地震の場合のコントラストがスラブ内地震に比べて不明瞭となることは理解できる。しかし，プレート境界地震の場合のコントラストがアウターライズ地震よりも不明瞭に見える点は不可解である。

この謎を明らかにするために，本研究では新たに幾何減衰項の寄与を考えた。震央が陸に近いプレート境界地震の場合，観測点のある陸域での震源距離のコンターの曲りは大きくなる。そのため，震源距離が中央部に比べ大きくなる東北日本弧の北端と南端では幾何減衰項による減衰が大きく，前弧側と背弧側の振幅差がマスクされ，前弧側と背弧側のコントラストが不明瞭となる。一方，震央が陸から遠く離れたアウターライズ地震の場合，観測点のある陸域での震源距離のコンターの曲りが小さく，東北日本弧全体に渡って幾何減衰項はほとんど変化しない。そのため，東北日本弧の北端と南端での幾何減衰項によるマスク効果はほとんど働かない。即ち，幾何減衰項によるマスク効果によって，プレート境界地震の前弧側と背弧側のコントラストは，マスク効果がほとんど働かないアウターライズ地震に比べ不明瞭になる。

更に距離減衰特性については，小笠原・筧（2018，日本地震学会秋季大会）が指摘したように，他の2タイプの地震に比べて震源距離が系統的に大きくなるアウターライズ地震の場合，見かけ上の効果の問題を生じる。即ち，横軸に震源距離の対数をとる距離減衰の図において，震源距離が非常に大きい観測値のみしかないアウターライズ地震の場合，観測値が震源距離大の狭い範囲に集中してプロットされることになり，その結果前弧側と背弧側の振幅差が見かけ上強調される。

以上をまとめると，3タイプの地震による前弧側と背弧側のゆれコントラストの現れ方の違いは，(1) 背弧側の低Q値領域を通過する地震波の波線長，(2) 幾何減衰項のマスク効果，(3) 横軸に震源距離の対数をとった距離減衰特性の図におけるアウターライズ地震の震源距離が系統的に大きいことによる見かけ上の効果，という3つの因子を考慮することによって，統一的に理解することができる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：スラブ内地震、プレート境界地震、アウターライズ地震、地震波の減衰
Keywords: intraslab earthquake, interplate earthquake, outer-rise earthquake, attenuation of seismic waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect analysis of soil interlayer on seismic dynamic response and failure mode of metro station structure

*Shuai Huang[1], Yuejun Lyu[1], Yanju Peng[1]

1. Institute of Crustal Dynamics,China Earthquake Administration

When the metro station structure is built in the site with weak interlayer, the metro station structure shows different patterns of destruction. In this article, based on the nonlinear elastic-plastic finite element model for metro station, considering the structure-soil dynamic interaction, the influence laws of the weak interlayer on the dynamic response and failure mode of the metro station structure under near and far-field earthquakes are studied. We found that the weak interlayer in the middle of the metro station has the greatest effect on the displacement, dynamic amplification factor and internal force of the metro station which leads to the poor anti-seismic performance of the metro station structure, and the metro station is more vulnerable to damage under near-field earthquake. When there is a middle interlayer, the maximum horizontal displacement of the metro station increases 63% at most compared to no interlayer under near-field earthquake. The interlayer below the metro station has a minimal impact on the dynamic amplification factor which shows that the existence of the interlayer below the metro station could reduce the vibration of the metro station to a certain extent. At last, indoor shaking table test for metro station was done, through which we determined the position of initial failure and the failure mode of the metro station structure under earthquake, and shaking table test results demonstrate the validation of the numerical simulation results.

Keywords: weak interlayer, metro station, near and far-field earthquakes, shaking table test, failure mode

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation on the Applicability of V_{S30} Estimation Models for the Beijing Plain Area

*Yi Fang, Yanju Peng, Zhijie Jiang

Using three models which respectively are bottom-layer constant velocity model, velocity gradient model and the extrapolation model with the travel-time averaged shear-wave velocities at two different depths, we investigate the data from 460 boreholes in Beijing plain area that the shear-wave velocity profile reaches at least 30 m. Through a detailed research, we found that the last method can estimate V_{S30} with high accuracy. It does not need any regression analysis to derive empirical relations from a large number of data. Meanwhile, this method is not regionally dependent, and has a remarkable improvement in the accuracy, therefore, it is potentially useful for many parts of the world including Beijing. It provides a basis for site classification, and then extends its application to evaluation of site effect in a rapid assessment of earthquake damage, thus being worth to be extensively applied.

Keywords: Vs30 , Estimation Models, Beijing Plain Area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Early prediction of PGA and Sa using ANN

*Ting Yu Hsu[1]

1. Taiwan Tech

In order to perform on-site earthquake early warning, in this study, we develop a novel approach to predict the peak ground acceleration (PGA) and pseudo-spectral acceleration (Sa) using the first few seconds of P-wave features. The Fourier spectrum amplitude (FSA) and phase (FSP) are handled separately and then combined together to predict the acceleration time history, then the PGA and Sa can be estimated accordingly. The FSA is predicted using the artificial neural network (ANN) with the predominant period, peak acceleration amplitude, peak velocity amplitude, peak displacement amplitude, cumulative absolute velocity, integral of the squared velocity, and FSA of the first three seconds of P-wave as input. The mean and standard deviation of the group delay time of phase spectrum of each separated frequency range decomposed by wavelet transform is employed as the prediction target, then the FSP can be generated using these mean and standard deviation of the group delay time. The FSP is predicted using another ANN model using similar P-wave features as the FSA ANN model. The earthquake records of the Taiwan Strong Motion Instrumentation Program from 1992 to 2006 were used to train and validate the proposed approach, and the promising accuracy of PGA and Sa prediction is obtained.

Keywords: Peak Ground Acceleration, Pseudo-spectral Acceleration, Artificial Neural Network

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

一般化パレート分布に基づく強震動加速度記録の解析
Analysis of strong-motion acceleration records based on the Generalized Pareto distribution

*中原 恒[1]
*Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻固体地球物理学講座
1. Solid Earth Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

はじめに

防災科学技術研究所のK-NET，KiK-netにより20年以上にわたって強震動記録が観測・蓄積され，高品質かつ大量の強震動記録からなるデータベースが構築されている．このデータベースの中で，観測された最大の加速度は2008年岩手宮城内陸地震の際のIWTH25（一関西）観測点における4022galである．最大加速度の上限について，物理的にはどこかに上限があるはずであるが，観測データからはどの程度のことが言えるのだろうか？本研究では，このことについて検討する．そのため，データベースから最大加速度が1gを超えるような極大地震動の記録のみを抜き出し，一般化パレート分布を用いた統計解析により，最大加速度に上限が見られるのかどうかを統計的に検証することにした．

強震動記録の極値の統計解析

強震動加速度記録の統計的な解析は古くから行われてきているが，例えばHanks and McGuire（1981）は，カリフォルニアの強震動記録を用いて，強震動加速度記録が有限時間長の帯域制限ガウス確率過程として近似できることを示した．この結果に基づくと加速度記録のRMS振幅から極値統計に基づいて最大加速度を予測することができる．RMS振幅に対する最大値の比をピークファクターと呼ぶ．Gusev (1996)はメキシコの強震動加速度記録を用いて極値統計に基づいてピークファクターを調べ，ガウス分布よりもべき分布のように裾が重い分布の方が結果をよく説明できることを指摘した．裾が重い分布としては，Cauchy分布やLevy分布がある（例えば，Lavallee，2008）．しかし，一般に極値統計は極値のみを用いるため，データ数が少なくなってしまう．そこで極値だけではなく，ある閾値を設定してそれを超えるすべてのデータを用いて分布の裾の振る舞いを調べるPeaks Over Threshold（POT）解析がある．閾値を超えたデータは一般化パレート分布に従い，その形状パラメタが負であれば分布に上限（あるいは下限）があることになる．本研究では，強震動加速度記録に一般化パレート分布を適用し，分布のパラメタを推定する．

データ解析

K-NET，KiK-netのデータベースから，最大加速度が1gを超える記録のみをダウンロードして，解析に使用した．98個の記録が選択された．そのうち，余震など別の地震の混入により波形が汚染されていたり，継続時間が短いためデータ数が少ないものを除去して，77個の水平動記録を解析することにした．加速度記録のオフセットを除去した後，POT解析の閾値を10-300galの範囲で変化させ，それより大きな閾値に対して一般化パレート分布の形状パラメタ，スケールパラメタ，平均超過量が安定し始める閾値を決める．その際，トランポリン効果のような影響があるかもしれないので，加速度記録の正値と負値を独立に解析を行う．負値は絶対値

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

をとり，絶対値に対して解析を行う．一般化パレート分布のパラメタは最尤法で推定した．P-Pプロットと Q-Qプロットを作成して，閾値を超えたデータが確かに一般化パレート分布で説明されることを確認した．

結果とまとめ

77個の記録に対して，いずれも一般化パレート分布で概ねよく説明されることが分かった．そのうち，形状パラメタが負になり，データから最大加速度に上限があることが示されたのは，正の振幅で48個，負の振幅で53個，全体で約7割であった．また，残り3割の記録は，一般化パレート分布にはあてはまるものの，形状パラメタは0以上となり，最大加速度に上限が見られないということになった．スパイク的な振幅が見られた場合にこのような結果になる場合が多いように感じられる．上限の値は概ね6000gal以下となった．しかし，上限は形状パラメタの逆数に比例するため，形状パラメタが0に近い負値となった数例ではさらに桁が大きい極端な値が求められた．これは形状パラメタが実質0で，上限はないと解釈した方がよいだろう．物理的には最大加速度に上限があるはずであるが，観測データからは統計的に抑えられない場合も3割程度あることを示す．今後その理由について考察を進める必要がある．

謝辞　本研究では，防災科学技術研究所のK-NET，KiK-netの強震動記録を使用させていただきました．記して感謝いたします．

キーワード：強震動、最大加速度、一般化パレート分布
Keywords: Strong motion, peak ground acceleration, generalized Pareto distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[S-EM19] 電気伝導度・地殻活動電磁気学

コンビーナ:相澤 広記(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)、松野 哲男(神戸大学海洋底探査センター)、座長:松野 哲男、相澤 広記

地震や火山活動に関係した電磁気現象、地球や惑星内部の電磁気学的構造を研究対象とし、野外観測、海底観測、人工衛星観測、室内実験、数値実験から得られた知見、解析手法や観測装置の開発などについての発表と議論を行う。

9:00 ~ 9:15

[SEM19-01] 秋田焼山，岩手山，栗駒山火山における繰り返し自然電位測定

*坂中 伸也[1]、澤田 安晶[3]、加藤 健太[2]、井上 雄介[1]、小林 拓也[1]、竹井 瑠一[1]、多田 悠也[2]、ムハンマド ファイズル ニザム ビン ザイヌディン[2]、森脇 知哉[2] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科、2.秋田大学国際資源学部、3.秋田大学国際資源学部卒業（2017年度）)

9:15 ~ 9:30

[SEM19-02] ベレア砂岩と多孔質ガラスの水不飽和状態における表面伝導の評価

*梅澤 良介[1]、桂 誠[1]、中嶋 悟[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻)

9:30 ~ 9:45

[SEM19-03] 動的電磁誘導により生成される地震波到達前の電磁場変動の観測波形と理論波形

*山崎 健一[1] (1.京都大学防災研究所)

9:45 ~ 10:00

[SEM19-04] Referenceデータが与える地磁気変換関数への影響について

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

10:00 ~ 10:15

[SEM19-05] 主成分分析とマルコフ連鎖モンテカルロ法によるMT法インバージョン結果の信頼性推定法

小路 久稔[1]、*後藤 忠徳[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

10:15 ~ 10:30

[SEM19-06] 海底MTアレイデータを用いた海洋上部マントルの一次元異方性電気伝導度構造の推定

*松野 哲男[1]、馬場 聖至[2]、歌田 久司[2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.東京大学地震研究所)

秋田焼山，岩手山，栗駒山火山における繰り返し自然電位測定
Repeated measurements of the Self-Potential at Akita-Yakeyama, Iwate and Kurikoma volcanoes

*坂中 伸也[1]、澤田 安晶[3]、加藤 健太[2]、井上 雄介[1]、小林 拓也[1]、竹井 瑠一[1]、多田 悠也[2]、ムハンマド ファイズル ニザム ビン ザイヌディン[2]、森脇 知哉[2]
*Shin'ya Sakanaka[1], Yasiaki Sawada[3], Kenta Kato[2], Inoue Yusuke[1], Kobayashi Takuya[1], Ryuichi Takei[1], YUYA TADA[2], Muhammad Faizul Nizam Bin Zainudin[2], Tomoya Moriwaki[2]

1. 秋田大学大学院国際資源学研究科、2. 秋田大学国際資源学部、3. 秋田大学国際資源学部卒業（2017年度）
1. Graduate school of International Resource Sciences, Akita University, 2. Faculty of International Resource Sciences, Akita University, 3. Faculty of International Resource Sciences, Akita University (gradusted in 2018)

We will report the SP (Self-Potential) anomalies at Akita-Yakeyama, Iwate, and Kurikomayama volcanoes. They are active volcanoes along the boundary of Akita and Iwate prefectures and their volcanic activities are relatively high recently.

SP measurements and SP anomalies at those volcanoes were reported by some researchers. We are still carrying out the SP measurements there repeatedly so as to monitor the activities of the volcanoes.

We conducted the SP measurements along the mountain trail from Tamagawa hot spring to Goshougake hot spring at Akita-Yakeyama in 2007 and 2017. At Mt. Iwate the SP measurements were conducted along the Yakebashiri trail up to the summit in 1999, 2004 and 2017. At northern part of Mt. Kurikoma we walked from the Nagorigahara moor, went through the summit and returned back anti-clockwised along the trail with SP electrodes in 2018. The result of the previous SP measurement in Kurikoma volcano can be found in the part of the Aizawa (2010) and we can investigate the time-lapse SP anomalies on these volcanoes.

We adopted the leap-frog measurement method with a 50 m cable, copper-copper sulfate electrodes, and a digital multi-meter (voltmeter). The latitude and longitude data were recorded by the handy GPS receiver (like as Garmin product). Although in the measurements of the leap-frog method might be easily piled up each error of the measured value at a site, a short cable can be easier handled than a longer cable over the length of a couple of kilometers using by the total-potential measurement method. The long and thin cable is sometimes cut apart by animals or human beings and unfortunately we have to return back to the cut point all the way to fix it.

On the compiling the SP data in different years we draw the SP curves along the cumulated distance. Since the cumulated distances of the SP measurements are sometimes up to several kilometers, the lengths of the cumulated distance are sometimes different by more than 100 m in the data of the respective years. We measure the SP on the same mountain trail but the end of the cable at each measurement is not always at the same point and the SP paths are slightly different in year to year on the measurements. This is the reason why the difference of the cumulated distance in different years. The problem might be happened also with the measurements of the total-potential method. To solve it, we set a model path with the function of the cumulated distance on the trail map in advance and the measured site were relocated (projected) onto the model path referred by GPS locations. After that we successfully and comfortably compare the SP data on the same trails.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

At Akita-Yakeyama and Iwate volcanoes, we cannot find out the outstanding time variations of SP anomalies but the acquired SP data can be use the monitor the active volcanoes.

キーワード：自然電位、活火山、尺取り法、銅－硫酸銅電極、秋田焼山、岩手山
Keywords: self potential, active volcano, leap frog method, copper-copper sulfate electrode, Akita-Yakeyama volcano, Iwate volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ベレア砂岩と多孔質ガラスの水不飽和状態における表面伝導の評価
Evaluation of surface conductivity of unsaturated Berea sandstone and porous glasses

*梅澤 良介[1]、桂 誠[1]、中嶋 悟[1]
*Ryosuke Umezawa[1], Makoto Katsura[1], Satoru Nakashima[1]

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

絶縁性鉱物から成る岩石の電気伝導は、間隙のサイズや形状、間隙水の飽和率や分布状態などに依存することが知られており、間隙水（バルク水）の伝導と鉱物表面水の伝導からなるとされている。表面伝導は、イオンが吸着するシュテルン層と濃度勾配が生じる拡散層からなる電気二重層における伝導のことを言い、その厚さはイオン濃度に依存する特徴的な長さ（デバイ長）で決まる。表面伝導は、間隙内に空気などが混在する不飽和状態や間隙径の小さな岩石において重要と考えられるが、間隙径の小さな岩石では間隙水の溶存イオンの定量が難しいため、定量的な記述が困難である。そこで、砂岩と多孔質ガラスの電気伝導度について、既知の溶存イオン濃度の水溶液を用いて、水飽和率を変化させながら測定を行った。

本研究では、主に石英からなるベレア砂岩(支配的な間隙径: 約40 μm)と、均一な間隙径を持つシラス多孔質ガラス(SPGテクノ; 間隙径1.0, 0.5, 0.2 μm)を用いた。これらの試料の間隙を純水、NaCl水溶液（0.001, 0.01, 0.1 mol L^{-1}）で飽和させ、自然乾燥により水飽和率を減少させ周波数0.1 Hz –1 MHzにおいて電気伝導測定を行った。

これらベレア砂岩とシラス多孔質ガラスの不飽和における表面伝導について理解するために、表面錯体モデルを用いた電気伝導モデルに基づき比表面伝導度を求め、水膜厚さやデバイ長との関係などについて考察を行った。

キーワード：水飽和率、電気伝導度、イオン濃度、デバイ長、表面伝導
Keywords: Water saturation, electrical conductivity, ion concentration, Debye length, surface conductivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

動的電磁誘導により生成される地震波到達前の電磁場変動の観測波形と理論波形

Observational and theoretical waveforms of electromagnetic signals generated by the motional induction effect before the arrival of seismic waves

*山崎 健一[1]
*Ken'ichi Yamazaki[1]

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

地震動は、大地の電磁気物性を介して電磁場変動を生成する。この現象は、存在自体は理論的には明らかであり、観測例もある。その中には、電磁場変動が地震波到達に先行するものもある[e.g. Iyemori et al. 1996 (JGG); Honkura et al. 2002 (EPS); Okubo et al. 2011 (EPSL)]。地震波に伴う電磁場変動の生成メカニズムには、界面導電現象[Pride, 1994 (PR E)]、動的電磁誘導[Gao et al. 2014 (JGR)]、ピエゾ磁気効果[Yamazaki 2016 (GJI)]、ピエゾ電気効果[Ogawa and Utada 2000a (PEPI), 2000b (EPS)]などがある。しかし、特に地震波到達に先行する電磁場変動については、いずれのメカニズムから生じたものかは定量的には明らかではない。その解明には、各メカニズムを介して生成される電磁場変動の理論値を計算して、観測される変動の定性的・定量的な特徴を説明しうるか検討することが必要である。

本研究では、動的電磁誘導効果に焦点を絞り、単純化したモデルによって報告されている地震波到達前の電磁場変動が説明できるのかを確かめた。先行研究[Gao et al. 2014]では、無限媒質中のダブルカップル震源から生成される地震動に付随する電磁場変動を解析的に求めている。彼らの結果は、地震動に先行する電磁場変動は報告されている値よりも数桁小さいことを示している。今回は、現実の地殻の構造により近づけるため、一様電気伝導度を持った半無限媒質の大地と絶縁大気からなるモデルを考察した。円柱座標において適当な変数変換を行い、さらにハンケル変換を行うことにより、支配方程式は鉛直座標のみに関する常微分方程式に帰着する。その解を求めて逆ハンケル変換を行うことにより、電磁場変動の理論波形を求めることができる。この方法はSGEPSS2018年秋学会すでに発表したとおりである。

地震波到達前の電磁場変動の例として、1999年の Izmit 地震（トルコ）の時のもの[Honkura et al. 2002]と、2008年岩手宮城内陸地震の時のもの[Okubo et al. 2011]を対象として比較のための計算を行った。これら二つの地震の際に観測された電磁場変動は、時系列のパターンが異なる。前者では、地震波が観測点のごく近傍に達してから磁場変化が始まっていた。後者では、震源断層での破壊（滑り）の開始とほぼ同時に電磁場変化が始まっていた。それぞれの震源ー観測点配置などを単純化した模型で計算を行ったところ、前者についてはある程度特徴を再現することができたが、後者については特徴を正しく再現することができなかった。

キーワード：電磁場、動的電磁誘導、地震動
Keywords: electromagnetic field, motional induction effect, seismic ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Referenceデータが与える地磁気変換関数への影響について
Effect of reference data on geomagnetic transfer functions

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1]
*Shinya Sato[1], Tada-nori Goto[1]

1. 京都大学大学院工学研究科
1. Kyoto Univesity, Graduate School of Engineering

It is well-known that inter-station transfer functions (TFs), which are derived generally using two sites (as following Schmucker 1984; Neska 2006), are effected by source field. Also, we sometimes use three sites for deriving TFs in order to reduce the noises mixed in geomagnetic data. These 2 or 3 sites-based TFs have been used for evaluating the spatial characteristics of source field. However, the 3 sites-based TFs (i.e., using site 1, site 2 and reference site) do not always reflect the source field’s condition between site 1 and site 2, and can possibly be effected by the source field’ characteristics at reference site. Also, the evaluation of source field’s condition at time-frequency domain (i.e., at the stage of spectra or spectrograms) will be more accurate. Therefore, for the evaluation we used Multi-Channel Nonnegative Matrix Factorization (MC-NMF, suggested by Sato and Goto 2018), which can extract components included in several geomagnetic spectrograms. Moreover, we derived the condition of geomagnetic events’ spatial-characteristics, which triggers the effect of reference data on 3 sites-based TFs. In order to verify that the TFs are effected by the reference site, we derived the temporal changes in 3 sites-based TFs replacing the reference sites. As a result, we founded that the TFs changed not only temporally but dependent on the reference site and the interpretation of source field’s spatial characteristics was different dependent on the reference site. For exposing the cause, we evaluated the spatial-characteristics of geomagnetic events using MC-NMF. The evaluated spatial-characteristics of geomagnetic events were corresponding with the condition triggering the effect of reference data on TFs as mentioned above. We succeeded to expose the cause of TFs’ variation triggered by reference data evaluating the spatial-characteristics of geomagnetic events at time-frequency domain. Using TFs together with MC-NMF, the interpretation of source-field’s spatial characteristics will be with high accuracy.

キーワード：電流源の空間特性、地磁気変換関数、リモートリファレンス
Keywords: Spatial characteristics of source field, Inter-station Transfer Function, Remote reference

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

主成分分析とマルコフ連鎖モンテカルロ法によるMT法インバージョン結果の信頼性推定法
Reliability estimation of magnetotelluric inversion result based on the Principle Component Analysis and Markov Chain Monte-Carlo method

小路 久稔[1]、*後藤 忠徳[1]
Hisatoshi Koji[1], *Tada-nori Goto[1]

1. 京都大学大学院工学研究科
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University

Magnetotelluric (MT) method is used for detection of electrical conductive materials such as fluid, clay, partial melt and so on. Subsurface resistivity structure is generally estimated by an inverse algorism, based on the least-square scheme using observed apparent resistivity and phase. The reliability of the optimal model in the inversion procedure should be discussed together with seeking the “better” model having the lower data misfit than the optimal model. However, the sophisticated method is not well developed for the magnetotelluric survey, except for the simple test based on a number of forward modeling, constrained inversions and so on, or simple visualization of sensitivity of model parameters. In this study, for a quantitative visualization of reliability of optimal model parameters, we propose a new way of the numerical test of the model based on the Markov Chain Monte-Carlo (MCMC) methods. Since the MCMC cannot solve a number of unknowns in model parameters, we adopted the principle component analysis (PCA) to reduce unknowns in the model obtained by MT inversion code. First, for testing the PCA ability in subsurface image analysis, various two-dimensional (2-D) resistivity models are decomposed by PCA. As a result, we succeeded to extract the “major features” of 2-D resistivity model, especially by using first to third principle components. Then, we tested the MCMC algorithm with changing parameters of “major features” of 2-D model, such as its resistivity, width, thickness, horizontal and vertical locations. In a case of a simple two-prism model, we confirmed that the reliability of low and high resistive anomalies are shown in the probability density functions obtained by MCMC. We also found that some parameters (e.g., thickness and resistivity of an anomalous body) indicate a tread-off relationship as mentioned in the previous studies, and also found the reliable range of parameters even under the trade-off. We then applied this technique to the magnetotelluric data obtained at a field experiment. In consequence, anomalies in the optimal model are detected properly by PCA, and the reliable range of model parameters based on the MCMC method are similar to those inferred by the conventional forward calculations. We conclude that our proposed method can be widely applied to magnetotelluric exploration, even to the three-dimensional inversion.

キーワード：主成分分析、マルコフ連鎖モンテカルロ法、MT法インバージョン
Keywords: Principle Component Analysis, Markov Chain Monte-Carlo method, Magnetotelluric Inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底MTアレイデータを用いた海洋上部マントルの一次元異方性電気伝導度構造の推定

Probing one-dimensional electrical anisotropy in the oceanic upper mantle from seafloor magnetotelluric array data

*松野 哲男[1]、馬場 聖至[2]、歌田 久司[2]
*Tetsuo Matsuno[1], Kiyoshi Baba[2], Hisashi Utada[2]

1. 神戸大学海洋底探査センター、2. 東京大学地震研究所
1. Kobe Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

海洋上部マントルの電気伝導度異方性は、海底MTデータから制約できれば、マントルの構造やダイナミクスの理解に重要な手がかりを与える。本研究では、海洋上部マントルの一次元異方性（方位異方性）電気伝導度構造を、北西太平洋130-145 Maの海底で最近得られた海底MTアレイデータの解析から解明することを試みる。本研究では、次のような一次元異方性モデル推定方法を提案する。最初に海底MTアレイデータから繰り返し地形補正を行いながらアレイ域を代表する等方性の一次元モデルを推定し、その次に推定した等方一次元モデルからのずれとして異方性モデルの特徴を推定するという方法である。この方法の有効性を、フォワード計算とインバージョン計算により検証した。計算では、研究対象域で考えられる一次元異方性電気伝導度構造と三次元海底地形を用いた。この検証により、提案する方法は高電気伝導度の上部マントル、もしくは、電磁気学的アセノスフェアに存在する異方性を明らかにできることを確認した。さらにこの検証では、等方一次元モデルを推定する際に使用するMTインピーダンスの二つの回転不変量と二つの地形補正式による結果の違いについても検討した。提案する方法を、北西太平洋で得られた二つの海底MTアレイデータに対し適用した。その結果、この海域の深さ50-250 kmの100 Ω-m以下の高電気伝導度において二層の異方性層が存在する可能性を明らかにした。いずれの海域でも二層のうち浅部の異方性が強いことは共通した。一方、二層の存在する深さと異方性の高電気伝導度の方位は、距離はおよそ1,000 km離れているが海底年代はほぼ同じ二つの海域で異なっていた。高電気伝導度の方位の多くは、現在のプレートの運動方向よりも、過去の海底拡大の方向かそれに垂直な方向を向いている。また、同じ海域で推定されている地震波の方位異方性の高速度方向とも揃っていない。以上のように推定した異方性一次元電気伝導度構造は、この地域のマントルのダイナミクスが、太平洋海盆のような大きなスケールよりも、小規模マントル対流や過去の海底拡大に関係するような観測アレイのスケール（およそ500 kmかそれ以上）の現象の影響をより受けている可能性を示す。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[S-EM19] 電気伝導度・地殻活動電磁気学

コンビーナ:相澤 広記(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)、松野 哲男(神戸大学海洋底探査センター)、座長:相澤 広記、松野 哲男

地震や火山活動に関係した電磁気現象、地球や惑星内部の電磁気学的構造を研究対象とし、野外観測、海底観測、人工衛星観測、室内実験、数値実験から得られた知見、解析手法や観測装置の開発などについての発表と議論を行う。

10:45 ~ 11:00

[SEM19-07] 鬼界カルデラのMT観測データの解析

*廣瀬 時[1]、松野 哲男[2,1]、島 伸和[1,2]、沖園 雄希[4]、市原 寛[3]、杉岡 裕子[1,2]、巽 好幸[2,1] (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2.神戸大学海洋底探査センター、3.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、4.神戸大学理学部惑星学科)

11:00 ~ 11:15

[SEM19-08] Role of Fluids in the earthquake generation: The Nagamachi-Rifu reverse fault, NE Honshu, Japan

*Sabri Bulent Tank[1]、Yasuo Ogawa[2] (1.Bogazici University、2.Tokyo Institute of Technology)

11:15 ~ 11:30

[SEM19-09] 山崎断層系津山北方の断層のAudio-frequency magnetotelluric調査

*山口 覚[1]、高桑 大介[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[3]、村上 英記[4]、高倉 伸一[5] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学理学部、3.兵庫県立人と自然の博物館、4.高知大学教育研究部自然科学系理工学部門、5.産業総合研究所地質調査総合センター)

11:30 ~ 11:45

[SEM19-10] **2016年熊本地震震源域の比抵抗構造と震源分布の関係性**

*相澤 広記[1]、麻植 久史[2]、小池 克明[3]、高倉 伸一[4]、吉永 徹[10]、上嶋 誠[5]、小山 崇夫[5]、吉村 令慧[7]、山崎 健一[7]、小松 信太郎[7]、山下 裕亮[7]、市原 寛[9]、宇津木 充[8]、塚本 果織[12]、村松 弾[12]、手操 佳子[1,11]、内田 和也[1]、長谷 英彰[6]、志藤 あずさ[1]、松本 聡[1]、松島 健[1]、清水 洋[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、2.京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 インフラ先端技術共同研究講座、3.京都大学大学院工学研究科 都市社会工学専攻 地球資源学講座・地殻環境工学分野、4.国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、5.東京大学地震研究所、6.地熱技術開発株式会社、7.京都大学防災研究所、8.京都大学火山研究センター、9.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、10.熊本大学工学部技術部、11.気象庁鹿児島気象台、12.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

11:45 ~ 12:00

[SEM19-11] **中国・四国地方の基盤的比抵抗構造調査（2018年度）**

*塩崎 一郎[1]、宇都 智史[1]、上嶋 誠[2]、畑岡 寛[3]、池添 保雄[3]、山本 真二[3]、野口 竜也[1]、古市 大樹[4]、村山 佑樹[4]、松下 航平[4]、村上 英記[5]、大志万 直人[6]、飯尾 能久[6]、安藤 和也[7] (1.鳥取大学大学院工学研究科、2.東京大学地震研究所、3.鳥取大学技術部、4.鳥取大学工学部、5.高知大学教育研究部自然科学系、6.京都大学防災研究所、7.鳥取県立山陰海岸ジオパーク海と大地の自然館)

12:00 ~ 12:15

[SEM19-12] 3次元電気比抵抗モデルでイメージされる中部・南部九州下の流体分布

*畑 真紀[1]、宗包 浩志[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3] (1.東京大学地震研究所、2.国土地理院、3.阿蘇ジオパーク推進協議会)

鬼界カルデラのMT観測データの解析
The Analysis of magnetotelluric sounding data on Kikai submarine caldera.

*廣瀬 時[1]、松野 哲男[2,1]、島 伸和[1,2]、沖園 雄希[4]、市原 寛[3]、杉岡 裕子[1,2]、巽 好幸[2,1]
*Toki Hirose[1], Tetsuo Matsuno[2,1], Nobukazu Seama[1,2], Yuki Okizono[4], Hiroshi Ichihara[3], Hiroko Sugioka[1,2], Yoshiyuki Tatsumi[2,1]

1. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2. 神戸大学海洋底探査センター、3. 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、4. 神戸大学理学部惑星学科
1. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Kobe ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 3. Graduate school of environmental studies, Nagoya University, 4. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University

鬼界カルデラは鹿児島南部海域に位置する海底にあるカルデラである。鬼界カルデラは7.3kaの巨大噴火によって形成されたと考えられており、現在まで急速に巨大な溶岩ドームが形成された (Tatsumi et al., 2018)。本研究の目的は鬼界カルデラ海域浅部の海底下比抵抗構造の特徴を調べ、溶岩ドーム下のメルト、マグマだまりの分布や温度分布の推定を行うことである。今回は観測データから見かけ比抵抗、位相を計算し、地形補正を適用した一次元インバージョン比抵抗構造モデルの推定を行った。

海底電磁差磁力計を用いて鬼界カルデラ海域における海底電場、磁場の観測を行なった。これまで１０観測点で測定周期８Hz、観測期間約２０日間の観測を行なった。そのうち、４点では追加で測定周期６０s、観測期間約半年の観測を行なった。8Hzの観測データを1Hzにダウンサンプリングを行い、時系列補正、一日より長周期のトレンド除去、傾度補正を行なった。その後、地磁気座標変換で観測データを地理的座標系に回転した。観測磁場、電場への観測機器の揺れと連動した変動がみられたので、観測機器の揺れによる影響を取り除くために時系列データにおける海流以外の揺れがないとみられる期間のデータを抽出した。その後BIRRP(Chave and Thomson, 2004)によりMTインピーダンス、見かけ比抵抗値と位相を計算した。リモートリファレンスには鹿屋地磁気観測所の地磁気データを用いた。

観測点での見かけ比抵抗値の傾向を、周期と成分ごとに特徴付けた。周期については見かけ比抵抗値は短周期から長周期になると大きくなる。21秒ではおおよそ1Ωmから10Ωm の値を示し、1024秒についてはおおよそ10Ωmから100Ωmの値を示した。また見かけ比抵抗値の対角成分と非対角成分を比較すると、対角成分がおおよそ１オーダー非対角成分を下回ることがわかった。次に位相の傾向は周期21sから1024sについて、xy成分、yx成分ともに第一象限付近、第三象限付近にとどまった。

FS3D(Baba and Seama, 2002)を利用して、この海域の海底地形による観測データへの影響を調べた。FS3Dの計算結果と剥ぎ取り法(Nolasco et al., 1998)を用いて、MTインピーダンスの地形補正を行なった。地形補正を行なったMTインピーダンスについてOccam1D(Constable et al., 1987)を用いて、観測点下の一次元比抵抗構造を推定した。得られた一次元比抵抗構造を三次元インバージョン計算の結果（松野　他　本学会で発表）と比較した。

キーワード：地磁気電流法、鬼界カルデラ、1次元インバージョン
Keywords: magnetotelluric, Kikai caldera, 1D inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Role of Fluids in the earthquake generation: The Nagamachi-Rifu reverse fault, NE Honshu, Japan

*Sabri Bulent Tank[1], Yasuo Ogawa[2]

1. Bogazici University, 2. Tokyo Institute of Technology

The Japanese island arc was drastically influenced by the occurence of the 2011 Tohoku-Oki earthquake (M9) which also effected the volcanic activity and modified the local seismicity both of which are proven to be related to crustal fluid distribution. Therefore, for understanding the dynamic behavior of the region and for making further comparisons, developing an electrical conductivity model that enables to image the fluid’ s presence and capacity by means of analyses based on high-quality magnetotellurics data collected prior to the Tohoku-Oki earthquake at 61 sounding locations near the Nagamachi-Rifu Fault, Northeast Honshu, Japan, became an important task. Magnetotelluric data collected along three profiles that orthogonally cross the almost NE-SW geo-electric strike were used to image the epicentral region of this active reverse fault and its vicinity. State-of-the-art three-dimensional data-space inversion schemes were applied on the wide-band magnetotellurics data to map the fluid-rich and/or -depleted zones. Inversions included 0.3 Ohmm cells with realistic bathymetry on both sides of the initial model representing the Japan Sea in the west and Pacific Ocean in the east to realize the ocean effect. Resulting models were compared with prior and post seismicity of the main event.

Keywords: Magnetotellurics, Nagamachi-Rifu fault, Fluids

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山崎断層系津山北方の断層のAudio-frequency magnetotelluric調査
Audio-frequency Magnetotelluric Survey of the Tsuyama-hoppou Fault, Yamasaki Fault Zone, southwest Japan.

*山口 覚[1]、高桑 大介[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[3]、村上 英記[4]、高倉 伸一[5]
*Satoru Yamaguchi[1], Daisuke Takakuwa[2], Akira Mimura[1], Kazuki Fkue[1], Shigehiro Katoh[3], Hideki Murakami[4], Shinichi Takakura[5]

1. 大阪市立大学大学院理学研究科、2. 大阪市立大学理学部、3. 兵庫県立人と自然の博物館、4. 高知大学教育研究部自然科学系理工学部門、5. 産業総合研究所地質調査総合センター
1. Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2. Faculty of Science, Osaka City University, 3. The Museum of Nature and Human Activities, 4. Science and Technology Unit, Research and Education Faculty, Kochi University, 5. Geological Survey of Japan, Institute of Advanced Industrial Science and Technology

山崎断層系は岡山県東部から兵庫県南東部にかけて分布する活断層系で，那岐山断層帯，山崎断層帯主部，草谷断層の3つの起震断層に区分される．このうち那岐山断層帯は山崎断層系の他の断層と断層の運動および地震活動の特徴が異なる．具体的には那岐山断層帯の一般走向，傾斜，ずれの向き，平均的なずれの速度，最新活動時期，平均活動間隔は，隣接する山崎断層帯主部北西部と異なる．那岐山断層帯の断層トレース付近ではあまり地震が発生していないが，また山崎断層帯主部や草谷断層の断層トレース付近では多く地震が発生している．

地震調査委員会（2013）は，那岐山断層帯は西側の津山北方の断層と那岐山断層からなると報告している．近年，岡田ほか（2016）は，那岐山断層を声ヶ屺断層，那岐山断層，那岐池断層（本発表ではこれらを那岐池断層群と総称する）に区分し．また，これらには断層運動による地形変位が認められていると報告している．一方，津山北方の断層（津山北方断層）については，空中写真判読によって活断層と推定されており，更新世中期以降活動の形跡なしとされている（活断層研究会編, 1991）．これ以外には津山北方の断層の地表トレース周辺では断層運動による地形の変位に関する報告は見いだされない．いわば，この断層は未解明な断層と言えよう．

福江（2018）は，那岐山断層群のうち，那岐山断層と那岐池断層の地下構造を地磁気地電流法（Magnetotelluric法；MT法）を用いて明らかにし，那岐池断層が顕著な比抵抗構造境界として認められると報告している．本研究では，先行研究と同じ手法を用いて，未解明な断層である津山北方の断層の地下比抵抗構造を決定した．

津山北方の断層の地表トレースとほぼ直交する全長約4㎞の測線を設定し，この測線上の19点で観測を行った．観測には，比較的浅部（地下数kmまで）の空間分解能が高いAMT法（Audio-Frequency Magnetotelluric法）を採用した．このデータから，深さ約1.5kmまでの2次元比抵抗モデルを決定した．

本発表では，観測の概要を紹介すると共に，得られたモデルの特徴を那岐山断層群の比抵抗モデルと比較しながら紹介する．

キーワード：山崎断層系、津山北方の断層、活断層、比抵抗、地磁気地電流法
Keywords: Yamasaki Fault Zone, Tsuyama-hoppou Fault, active fault, resistivity, Magnetotellurics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震震源域の比抵抗構造と震源分布の関係性

Three dimensional resistivity structure around the focal region of the 2016 Kumamoto earthquakes

*相澤 広記[1]、麻植 久史[2]、小池 克明[3]、高倉 伸一[4]、吉永 徹[10]、上嶋 誠[5]、小山 崇夫[5]、吉村 令慧[7]、山崎 健一[7]、小松 信太郎[7]、山下 裕亮[7]、市原 寛[9]、宇津木 充[8]、塚本 果織[12]、村松 弾[12]、手操 佳子[1,11]、内田 和也[1]、長谷 英彰[6]、志藤 あずさ[1]、松本 聡[1]、松島 健[1]、清水 洋[1]
*Koki Aizawa[1], Hisashi Asaue[2], Katsuaki Koike[3], Shinichi Takakura[4], Toru Yoshinaga[10], Makoto Uyeshima[5], Takao Koyama[5], Ryokei Yoshimura[7], Ken'ichi Yamazaki[7], Shintaro Komatsu[7], Yusuke Yamashita[7], Hiroshi Ichihara[9], Mitsuru Utsugi[8], Kaori Tsukamoto[12], Dan Muramatsu[12], Yoshiko Teguri[1,11], Kazunari Uchida[1], Hideaki Hase[6], Azusa Shito[1], Satoshi Matsumoto[1], Takeshi Matsushima[1], Hiroshi Shimizu[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、2. 京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 インフラ先端技術共同研究講座、3. 京都大学大学院工学研究科 都市社会工学専攻 地球資源学講座・地殻環境工学分野、4. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、5. 東京大学地震研究所、6. 地熱技術開発株式会社、7. 京都大学防災研究所、8. 京都大学火山研究センター、9. 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、10. 熊本大学工学部技術部、11. 気象庁鹿児島気象台、12. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 2. Laboratory on Innovative Techniques for Infrastructures, Kyoto University, 3. Environmental Geosphere Engineering, Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 4. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 5. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 6. GERD, 7. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 8. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 9. Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 10. Kumamoto University, 11. Japan Meteorological Agency, 12. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University

熊本地震震源域周辺の80観測点で行われた広帯域MT観測データを用いて3次元比抵抗構造が推定され、本震や前震など比較的規模の大きい地震の破壊開始点は低比抵抗体のへりに位置すること、本震の破壊が阿蘇火山下の低比抵抗で阻害された可能性が示唆された(相澤他, 2017, Sgepss秋学会)。本発表では2018年12月に日奈久断層帯、宇土半島周辺の40観測点で実施した広帯域MT観測データを新たに加え、より詳細な3次元比抵抗構造を報告する。また地震波速度構造 (Shito et al., 2017)を考慮しDouble Difference 法によって再決定された震源との対応を定量的に議論する。これまでの解析により熊本地震震源域には低比抵抗体が存在することが推定されているが、その周辺で破壊が生じているように思われる高比抵抗領域の空間分布や比抵抗値はそれほど拘束できていなかった。これまで観測点が存在しなかった宇土半島と、市街地である日奈久断層帯で新たな広帯域MTデータを取得することで、実際に破壊が生じた布田川断層、微小地震が時間とともに広がった熊本平野、地震が発生していない宇土半島ー天草諸島、そして日奈久断層帯、それぞれの比抵抗構造の特徴と、高精度で再決定された震源分布との対応を議論する予定である。

謝辞
MT応答関数推定には気象庁柿岡地磁気観測所の磁場データを参照点として使用しました。広帯域MT調査には高村直也、雨宮康二、緒方美季、渡部陽奈、藤森佳奈さんの協力を頂きました。本研究は地震調査研究推進本部「平成２８年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」、文部科学省科研費「2016年熊本地震と関連する活動に関する総合調査」(JP16H06298)、文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の支援を受けました。広帯域MT観測装置の使用は東京大学地震研究所共同利用の助成を受けました。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：比抵抗構造、MT法、熊本地震
Keywords: resistivity structure, magnetotellurics, Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中国・四国地方の基盤的比抵抗構造調査（2018年度）
A research report on the fundamental investigations of an electrical resistivity structure beneath Chugoku and Shikoku regions, southwestern Japan(2018)

*塩崎 一郎[1]、宇都 智史[1]、上嶋 誠[2]、畑岡 寛[3]、池添 保雄[3]、山本 真二[3]、野口 竜也[1]、古市 大樹[4]、村山 佑樹[4]、松下 航平[4]、村上 英記[5]、大志万 直人[6]、飯尾 能久[6]、安藤 和也[7]
*Ichiro Shiozaki[1], Tomofumi Uto[1], Makoto Uyeshima[2], Hiroshi Hataoka[3], Yasuo Ikezoe[3], Shinji Yamamoto[3], Tatsuya Noguchi[1], Daiki Furuichi[4], Yuki Murayama[4], Kohei Matsushita[4], Hideki Murakami[5], Naoto Oshiman[6], Yoshihisa Iio[6], Kazuya Ando[7]

1. 鳥取大学大学院工学研究科、2. 東京大学地震研究所、3. 鳥取大学技術部、4. 鳥取大学工学部、5. 高知大学教育研究部自然科学系、6. 京都大学防災研究所、7. 鳥取県立山陰海岸ジオパーク海と大地の自然館
1. Graduate School of Engineering, Tottori University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Technical Department, Tottori University, 4. Faculty of Engineering, Tottori University, 5. Research and Education Faculty , Kochi University, 6. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 7. San'in Kaigan Geopark Museum of the Earth and Sea

【背景・目的】本研究では、地震・火山噴火による災害の軽減に貢献するために、中国・四国地方において基盤的な比抵抗構造調査を行い、地殻・マントル上部の空間・構造的不均質性を明らかにすることを目的とする。山陰地域では、歪み集中帯外における地震発生と比較的長い期間に噴火記録のない火山と地殻流体との関連を解明すること、内陸地震発生域と内陸地震空白域および深部低周波地震域の構造的不均質性、また、四国地方では、地殻地震およびスロー地震の発生様式と構造的地域性等について、沈み込む海洋プレートから供給が想定される流体と関連づけることが重要である。

これまでに京都大学防災研究所並びに鳥取大学大学院工学研究科を中心とする研究グループは、山陰地方や四国地方外帯において電気比抵抗構造と地震活動の間に密接な関連がみられることを示してきた。例えば、山陰地方東部では、鳥取地震（1943年、M=7.2）の地震断層である吉岡・鹿野断層をはじめとして、顕著な地震の震源域およびそれらを含み日本海沿岸部に沿う帯状の地震活動域を横切る測線でMT調査を実施し、ほぼ東西方向に伸びる地震活動帯に沿って、高比抵抗領域である地震発生層の下、地殻深部に低比抵抗領域の存在を明らかにした。これと調和的な研究成果が測地学研究から示された。国土地理院GPS電子基準点データ解析により、鳥取・島根北部が南部に対して相対的に東に５mm／年で変位しており、歪みが集中しつつあることが判明し、この「ひずみ集中帯」と1943年鳥取地震、1983年鳥取県中部の地震、2000年鳥取県西部地震との関連が示唆された（西村(2015)）。

しかしながら、先述の山陰地方の比抵抗研究グループが提唱してきたモデルと調和しない比抵抗研究の成果（例えば、塩崎他(2015)）も示された。もし、内陸地震が地震活動帯直下の不均質構造に起因する局所的な応力集中により発生する（飯尾、2009）ならば、この不均質構造について今後はさらなる面的な構造データの充実を図ることが必要である。

一方、四国地方においては、主に外帯での調査結果から上部地殻内に顕著な低比抵抗領域が存在し、それと中央部・西部では無地震域との明瞭な関連が示唆された。地震現象の統一的理解のためには、スロー地震の活動様式だけでなく発生環境や発生原理の解明の重要（小原(2017)）であるため、大局的な比抵抗構造の地域特性を解明するための基盤的比抵抗構造調査が求められる。

【実施内容】このような背景のもと、山陰地方においては2016年に発生した鳥取県中部(M6.6)の地震震源断層周辺域の不均質構造の実態の解明を目的として、既存観測では取得されていない南側延長部ならびに西方域の比抵抗構造の推定精度をあげるために、鳥取・岡山県境脊梁部ならびに鳥取県中西部域において追加観測を実施した。観測は2018年11月初旬から12月初旬にかけて合計12地点で、自然界に存在する微弱な電磁場変動を信号とする広帯域MT法観測を実施した。広帯域MT法観測にはフェニックス社製の測定器MTU-５および

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MTU-５Aを使用し、原則として地磁気3成分と電場2成分を測定した。震央を横切る南北測線において東西走向の２次元構造をもつものと仮定してOgawa and Uchida(1996)のコードを用いて構造解析を行った。その結果、震源域の南側地殻深部にみられていた低比抵抗領域の南限位置を確認することができた。

中国・四国地方では大局的な3次元比抵抗構造の解明を目指し、2017年度研究と同様、新規ならびに再解析・既存データを活用・統合して各地点で得られたdeterminant impeadanceデータに対して１次元Occam inversionを実施し、中国・四国地方における深度別比抵抗分布図を作成した。10km深度の比抵抗分布図から、山陰地方の地殻深部の低比抵抗領域はある程度の規模を持って東西方向に連続的に存在することが再確認された。四国地方では、中央構造線周辺域を境とする相対的な高/低の比抵抗構造の存在が顕著である。瀬戸内海側の観測の空白域はあるものの、その高比抵抗地殻の北部延長に関しては、山陰地方の低比抵抗領域の南限までの連続性が示唆される。また、この深度において地殻地震の震央分布との対応関係をみれば、中央構造線周辺北側・内帯では、高比抵抗域もしくはその境界領域と明瞭な対応がみられるが、この関連性は山陰地方におけるそれと共通する知見である。

【謝辞】四国地方の観測研究では主に文部科学省による災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画、また、鳥取県中西部の地震域周辺のデータ取得には2018年度鳥取県環境学術研究等振興事業の支援を受けた。本観測では京都大学防災研究所の共同研究機器を使用した。参照磁場記録は日鉄鉱コンサルタント株式会社の無償提供データである。ここに謝意を表す。

キーワード：電気比抵抗、中国・四国地方、基盤的構造調査
Keywords: electrical resistivity, Chugoku and Shikoku regions, fundamental investigations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3次元電気比抵抗モデルでイメージされる中部・南部九州下の流体分布
Fluid distribution beneath central and southern Kyushu imaged by 3-D electrical resistivity model

*畑 真紀[1]、宗包 浩志[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3]
*Maki Hata[1], Hiroshi Munekane[2], Hisashi Utada[1], Tsuneomi Kagiyama[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 国土地理院、3. 阿蘇ジオパーク推進協議会
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo , 2. Geospatial Information Aurhotiry of Japan, 3. Aso Geopark Promotion Council

The island of Kyushu is characterized by a high concentration of active Quaternary volcanoes along a volcanic front of N30˚E–S30˚W associated with the subduction of the Philippine Sea Plate. Some of the active volcanoes exist in southern Kyushu (the southern volcanic region), whereas no volcano exists in central Kyushu (the non-volcanic region). Most of volcanoes in the southern volcanic region exist in the Kagoshima Graben, whose formation was created with ejecting huge pyroclastic flows by the Quaternary volcanism. The Kirishima volcano group appears in Kakuto-Kobayashi caldera on the northern edge of the graben. Shinmoe-dake of the Kirishima volcano group experienced a magmatic eruption of the VEI 3 in 2011 and ash emissions in March 2018. Moreover, Iwo-yama of the Kirishima volcano group experienced hot material ejections in April 2018. Besides, Sakurajima volcano in the southern part of the graben has experienced 153–1,355 small eruptions per year for the last 10 years (the Japanese Meteorological Agency).
The Philippine Sea Plate, whose subduction involves the formation of the volcanic island of Kyushu, in and around Kyushu is classified into three portions: a younger portion, an older portion, and the other part of the Kyushu–Palau Ridge between the two portions. A non-volcanic region distributes in central Kyushu above a junction where the three portions of the subducting Philippine Sea Plate contact with each other. Owing to the subduction of the Philippine Sea Plate, moment magnitude 7-class thrust earthquakes have repeatedly occurred in the Hyuga-nada, lying offshore of the southeast Kyushu. In addition, recent studies using continuous global-navigation-satellite-system data have revealed that long-term slow slip events and short-term slow slip events occur in the Hyuga-nada. Besides, most of the earthquakes in the land area occur along three tectonic lines: Oita-Kumamoto tectonic line, Usuki-Yatsushiro tectonic line and Butsuzo tectonic line.
Fluid distribution in the mantle wedge is an essential factor for the seismic activity and magmatism leading to volcanic activity. Electromagnetic sounding data have high sensitivity to a few percent of interconnected fluids (aqueous fluid and melt). In this study, we generated a three-dimensional (3-D) electrical resistivity model by inverting magnetotelluric data, which covers the active southern volcanic region and the non-volcanic region, to examine the fluid distribution in the mantle wedge beneath Kyushu. We find three important conductive features in the 3-D model. A magma system and a fluid system imaged as two vertical conductors relating to slab-derived fluid, which exist along the volcanic front beneath the southern volcanic region and the non-volcanic region, respectively. The other conductor, relating to the presence of slab-derived fluid and serpentinite in the mantle wedge, appears at a blank area of the slow slip events.

キーワード：3次元比抵抗モデル、流体分布、火成活動、地震活動、マントルウェッジ
Keywords: 3-D electrical resistivity model, Fluid distribution, magmatism, seismic activity, mantle wedge

©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-GL 地質学

2019年5月27日(月) 9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-GL28] 地域地質と構造発達史

コンビーナ:大坪 誠(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)、細井 淳(産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門)、座長:大坪 誠(産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

日本列島を含めた東アジアを中心とした地域の地質学的研究を核に、地球物理を初めとする様々な研究成果とそれに基づく議論により、その地域の地質構造などの地球科学的実体を明らかにする．更にそこから、日本列島、東アジアにおける地質構造の検討や、その構造発達史の解明を目指す。

9:00 ~ 9:15

[SGL28-01] 島根県津和野地域の舞鶴帯に産する古原生代および古生代花崗岩複合岩体の岩相とジルコンU-Pb年代

*木村 光佑[1]、早坂 康隆[1]、柴田 知之[1]、川口 健太[1]、藤原 弘士[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

9:15 ~ 9:30

[SGL28-02] 日高帯北部から得られた新しいZircon U-Pb年代とそのテクトニックな意義

*七山 太[1,5]、山崎 徹[1]、田近 淳[2]、岩野 英樹[3]、檀原 徹[3]、平田 岳史[4] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.（株）ドーコン、3.京都フィッショントラック(株)、4.東京大学、5.熊本大学　くまもと水循環・減災研究教育センター)

9:30 ~ 9:45

[SGL28-03] 日高帯中に見いだされた後期漸新世を示す海成層とそのテクトニックな意義

*七山 太[1,6]、栗田 裕司[2]、山崎 徹[1]、田近 淳[3]、岩野 英樹[4]、檀原 徹[4]、平田 岳史[5] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.新潟大学、3.（株）ドーコン、4.京都フィッショントラック(株) 、5.東京大学、6.熊本大学　くまもと水循環・減災研究教育センター)

9:45 ~ 10:00

[SGL28-04] 東北日本の上部白亜系前弧海盆堆積物に記録された海水準変動とテクトニクス

*有元 純[1]、高嶋 礼詩[2]、西 弘嗣[2]、折橋 裕二[3]、山中 寿朗[4] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学学術資源研究公開センター、3.弘前大学理工学部地球環境防災学科、4.東京海洋大学)

10:00 ~ 10:15

[SGL28-05] 四万十帯白亜紀セノマニアン付加体の整然相における古応力解析

*橋口 誠[1]、橋本 善孝[1] (1.高知大学)

10:15 ~ 10:30

[SGL28-06] 付加体における石灰岩の保存とテクトニクス

*脇田 浩二[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

島根県津和野地域の舞鶴帯に産する古原生代および古生代花崗岩複合岩体の岩相とジルコンU-Pb年代

Lithology and zircon U-Pb geochronology of Paleoproterozoic and Paleozoic granitic complex in Maizuru Terrane from Tsuwano area, Shimane Prefecture, SW Japan

*木村 光佑[1]、早坂 康隆[1]、柴田 知之[1]、川口 健太[1]、藤原 弘士[1]
*Kosuke Kimura[1], Yasutaka Hayasaka[1], Tomoyuki Shibata[1], Kenta Kawaguchi[1], Hiroshi Fujiwara[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University

Maizuru Terrane is geographically distributed from Oshima Peninsula of Fukui Prefecture to western Shimane Prefecture, Southwest Japan. Maizuru Terrane is divided into three subzones, the Northern zone, Central zone, and Southern zone. Northern zone is mainly composed of granitic rocks and metamorphic rocks that derived from continental crust, and Siluro-Devonian granitoids have been reported from Maizuru-Oe area which is the type locality of the Maizuru Terrane (Fujii et al., 2008; Tsutsumi et al., 2014). Recently, Kimura et al. (2018) reported granitic complex from Tsuwano area, Shimane Prefecture. This complex contains not only Paleozoic granitoid that show same age of the Maizuru granite but also the late Paleoproterozoic granitoid and orthogneiss those are unreported so far from the basement rock distributed in Honshu island.

The granitic complex occurs in Tsuwano area is distributed discontinuously along with the northern margin of Maizuru Terrane, and about 2 km long. This complex occurs as lenticular blocks in a narrow zone of several hundred meters in width. This complex is mainly composed of granitic rocks and mafic rocks that intruded into granitic rocks, and suffered cataclasis in the major part. From the viewpoint of their age and lithology, this granitic complex could be divided into three groups, which are as follows:

1) early Paleoproterozoic metaquartzite: Quartz completely recrystallized and doesn’t show the dust rim. Grain boundary shows sutured texture. Detrital zircon grains show reddish brown color and rounded shape. Zircon U-Pb concordant ages are only older than 2.4 Ga, and the probability density curve shows two large peaks around 2.5 Ga and 2.7 Ga.

2) late Paleoproterozoic granitoids and orthogneiss: These rocks are most common in the granitic complex. These rocks show various lithology. Orthogneiss show banded structure and granoblastic texture. Zircon grains show reddish brown color and core-rim structure, and zircon U-Pb ages range 1.85-1.83 Ga. Furthermore, 2.8-2.05 Ga inherited ages are also yielded.

3) early Paleozoic rocks: These Paleozoic rocks are less in amount than Paleoproterozoic rocks in Tsuwano area. Paleozoic rocks are subdivided into plutonic rocks and volcaniclastic rocks. Plutonic rocks are leucocratic granodiorite and metagabbro. Their zircon U-Pb ages range from 423-411 Ma. On the other hand, volcaniclastic rock is felsic tuff that shows light brown to light greenish gray color, and this lithology varies from glassy to crystalline. Zircon U-Pb ages range from 424-413 Ma.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Metaquartzite have only older than 2.4 Ga concordant ages in spite of 1.85 Ga rocks are most common in this granitic complex. Therefore, the sedimentation age of metaquartzite is considered to be between 2.4 to 1.85 Ga. On the other hand, detrital monazite and zircon ages reported from orthoquartzite pebble that occur in the conglomerate layer of Tetori and Muro groups show 1.8 Ga peak (Yokoyama et al., 2002; Hisada et al., 2010). Therefore, metaquartzite occur in Tsuwano area have a different origin that of these orthoquartzite pebbles.

Ages of 2.7, 2.5 and 1.8 Ga that measured from metaquartzite and late Paleoproterozoic rocks are consistent with similar rocks reported from North China Craton.

Zircon U-Pb ages of early Paleozoic rocks range from ca. 424-411 Ma. These ages and occurrence of this granitic complex are consistent with that of Northern zone from Maizuru-Oe area. Therefore, the granitic complex of Tsuwano area can be compared with Northern zone of Maizuru Terrane.

Reference: Fujii et al. (2008) Island Arc, 17, 322-341. Tsutsumi et al. (2014) JMPS, 101, 289-298. Kimura et al. (2018) 125th Annu. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr, R5-O-23. Yokoyama et al. (2002) Research Report of the Mesozoic Tetori Group in the Tedori River Area, Ishikawa Prefecture, 57-70. Hisada et al. (2010) JpGU Meeting 2010 Abstr., SGL046-03.

キーワード：西南日本内帯、津和野地域、舞鶴帯北帯、古原生代花崗岩類、ジルコンU-Pb年代、北中国地塊
Keywords: Inner Zone of Southwest Japan, Tsuwano area, Northern zone of Maizuru Terrane, Paleoproterozoic granitoid, Zircon U-Pb age, North China Craton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日高帯北部から得られた新しいZircon U-Pb年代とそのテクトニックな意義

Tectonic significance of new Zircon U-Pb ages of sedimentary complexes in the northern Hidaka Belt, central Hokkaido, northern Japan

*七山 太[1,5]、山崎 徹[1]、田近 淳[2]、岩野 英樹[3]、檀原 徹[3]、平田 岳史[4]
*Futoshi Nanayama[1,5], Toru Yamasaki[1], Jun Tajika[2], Hideki Iwano[3], Tohru Danhara[3], Takafumi Hirata[4]

1. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2. （株）ドーコン、3. 京都フィッショントラック(株)、4. 東京大学、5. 熊本大学　くまもと水循環・減災研究教育センター
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Docon Co. Ltd, 3. Kyoto Fission-Track Co.Ltd, 4. Tokyo Univ., 5. CWMD, Kumamoto Univ.

北海道中軸部の日高帯は本邦において最も研究が遅れている地域の一つであり，その堆積年代やテクトニックセッティングについては明確にはされてこず，漠然と西南日本の四万十帯のような後期白亜紀の付加体と考えられてきた（例えば，君波ほか，1986；田近，1989）．今回，東部の瑠橡層，中央部の上興部層および西部の岩尾内フリッシュのタービダイト砂岩からジルコン粒子を抽出し，LA-ICP-MS法でU-Pb年代の測定を行った．その結果，瑠橡層からは52.4 ±0.5 Ma，上興部層からは54.9 ±0.3 Ma，岩尾内フリッシュからは47.3 ±0.5 Maの年代値がそれぞれ得られた．既にNanayama et al. (2018)が示した日高帯南部の年代情報を含めて日高帯全体を俯瞰的に考察すると，以下4点が明らかになってきた．

(1)日高帯に分布する砕屑岩類（日高累層群）は暁新世～前期始新世の年代範疇にある．

(2)日高帯は東西幅100 km以上に渡って広大に分布するが，その内部構造や年代差は明確ではなく，従来の東方へ若くなる付加体成長モデルでは説明できない．

(3)今回年代が得られた3帯には有意な年代差が認められないことから，それらに伴われる現地性玄武岩（N-MORB）を宮下ほか（1997）等の海嶺沈み込みモデルで説明するならば，1回のイベントのみで説明可能となる．

(4)日高累層群は暁新世～前期始新世に古日本弧と古千島弧の狭間の海域を埋積したタービダイト相主体の堆積体であり，47 Ma以降に，両者の接合に伴い著しく変形を伴ったcollision complex（Nanayama et al., 1993）と考えるのが妥当であろう．

本研究はJSPS科研費 16K05585の助成を受けたものである．

（引用文献）君波ほか，1986，地団研専報，no. 31, 137-155. 宮下ほか，1997，地質学論集，no. 47，307-323.　Nanayama et al., 1993, Palaeogeography, Palaeoclinatology, Palaeoecology, 105, 53-69. Nanayama et al., 2018, Island Arc, 27, e12233. 田近，1989，月刊地球，11 , 323-327.

キーワード：堆積年代、日高帯、日高累層群、LA-ICP-MS、ジルコンU-Pb年代、collision complex
Keywords: Depositional age, Hidaka Belt, Hidaka Supergroup, LA-ICP-MS, zircon U-Pb age, collision complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日高帯中に見いだされた後期漸新世を示す海成層とそのテクトニックな意義

New age constraints and tectonic significance of Late Oligocene marine biosiliceous deposits in the Hidaka Belt, northeastern Hokkaido, northern Japan

*七山 太[1,6]、栗田 裕司[2]、山崎 徹[1]、田近 淳[3]、岩野 英樹[4]、檀原 徹[4]、平田 岳史[5]
*Futoshi Nanayama[1,6], Hiroshi Kurita[2], Toru Yamasaki[1], Jun Tajika[3], Hideki Iwano[4], Tohru Danhara[4], Takafumi Hirata[5]

1. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2. 新潟大学、3. （株）ドーコン、4. 京都フィッショントラック(株) 、5. 東京大学、6. 熊本大学　くまもと水循環・減災研究教育センター
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Niigata Univ., 3. Docon Co. Ltd, 4. Kyoto Fission-Track Co. Ltd, 5. Tokyo Univ., 6. CWMD, Kumamoto Univ.

北見紋別地域に分布する立牛層は珪質泥岩主体の地層からなるが，これまでは周辺の上古丹層や瑠橡層と共に日高帯（日高累層群）に含められていた（田近・岩田, 1994）．今回，立牛層のタービダイト砂岩から砕屑性ジルコン粒子を分離し，LA-ICP-MS法でU-Pb年代を測定した．その結果，27.2 ±0.1 Ma（後期漸新世）を示す年代値が得られた．一方各種微化石検討の結果，立牛層から後期漸新世を示準する渦鞭毛藻化石の産出が明らかにされた．よって， 27.2 ±0.1 Maは立牛層の堆積年代に近い年代値と理解される．これまで周辺の日高累層群からは暁新世～前期始新世の放散虫化石や渦鞭毛藻化石の産出報告があるが，これらと立牛層の年代の間には有意な年代差が存在する．北海道東部の地質を俯瞰的に見た場合，立牛層は根室帯と常呂帯の境界をなす網走構造線に沿って分布する津別・川上両層群下部（栗田ほか, 1998）に，年代的にも岩相的にも対比されうる．また，日高帯においては，同時代の堆積物は襟裳岬地域の日高累層群（襟裳コンプレックス）に近接する襟裳層にのみにその存在が知られていた（栗田・楠，1997）．立牛層と襟裳層は，後期漸新世の右横ずれ構造運動によって，基盤の日高累層群中に南北に生じた右横ずれのプルアパートベースンを埋めるようにして発生したと考えられる．特に立牛層には湧昇流によって生じた珪質泥岩層が卓越すること，ならびにタービダイト砂岩層中には海緑石が産出することから，千島海盆の開口によってオホーツク海から流入した底層深層水の湧昇の影響を被った陸棚周辺の堆積物であった可能性がある．

本研究はJSPS科研費16K05585の助成を受けたものである．

（引用文献）栗田・楠，1997, 地質学雑誌, 103, 1179-1182. 栗田ほか, 1998, 石油資源開発株式会社技術研究所研究報告, no. 13, 11-31. 田近・岩田, 1994, 月刊地球, 16, 495-499.

キーワード：LA-ICP-MS U-Pb年代、後期漸新世、立牛層、日高帯、日高累層群、渦鞭毛藻化石
Keywords: LA-ICP-MS U-Pb age, late Oligocene to early Miocene, Tatsuushi Formation, Hidaka Belt, Hidaka Supergroup, Dinoflagellate cysts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本の上部白亜系前弧海盆堆積物に記録された海水準変動とテクトニクス

Late Cretaceous sea-level changes and tectonic history recorded in the forearc sedimentary successions of the Northeast Japan

*有元 純[1]、高嶋 礼詩[2]、西 弘嗣[2]、折橋 裕二[3]、山中 寿朗[4]
*Jun Arimoto[1], Reishi Takashima[2], Hiroshi Nishi[2], Yuji Orihashi[3], Toshiro Yamanaka[4]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 東北大学学術資源研究公開センター、3. 弘前大学理工学部地球環境防災学科、4. 東京海洋大学
1. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. The Center for Academic Resources and Archives, Tohoku University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Hirosaki University, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology

白亜紀の東アジア大陸縁辺域のテクトニクスの解明は，日本列島の形成やユーラシア大陸との陸上生物相の繋がりを知るために重要である．特に，後期白亜紀の東北日本の地史を理解する鍵となるのが，常磐地域から北海道・サハリンにかけて南北に広がる前弧海盆に形成された，上部白亜系～古第三系堆積岩類である．陸域に露出する代表的な地層群として，双葉層群，久慈層群，蝦夷層群などが知られるが，中でも浅海～非海成相の発達する久慈層群および双葉層群は，相対的海水準変動の強い影響下で形成されたと考えられている．相対的海水準変動は，1) 汎世界的な海水準変動，および2) 堆積盆のテクトニックな隆起・沈降の両方に支配される．しかし，久慈層群の既往研究においては，地質年代が詳細に制約されていなかったことから，両者の関係については不明な点が多かった．これに対し，本研究では久慈層群における新たな堆積年代の制約を提示し，東北日本の上部白亜系の広域対比の再解釈に基づいて，後期白亜紀の東アジア大陸縁辺に記録されたテクトニクス，および汎世界的海水準変動との関係を明らかにすることを目的とする．

久慈層群は，岩手県北部の太平洋沿岸部に沿って帯状に分布し，全層厚は約700 mに達する．砂質シルト岩，炭質泥岩，砂岩，礫岩の互層からなり，複数層準に炭層，および珪長質凝灰岩層を挟む．下位の先白亜紀付加体と前期白亜紀花崗岩類を不整合に覆い，上位は古第三系野田層群に平行不整合に覆われる．下位より玉川層（浅海～非海成），国丹層（海成），沢山層（非海成）に区分され，全体として少なくとも4回の上方細粒化傾向がみられる．これらは先行研究の詳細な堆積相解析と年代層序をもとに，第3オーダーの海水準変動に由来する堆積シーケンス（DS1～DS5）に位置づけられている（三塚・安藤, 2016）．

久慈層群における，炭素同位体比層序と凝灰岩のU–Pb放射年代を根拠とする新たな年代モデルに基づくと，DS1～DS5は上部白亜系チューロニアン階～カンパニアン階に対比される．特に久慈層群のDS2～DS4は，同じ堆積盆西縁部に位置する双葉層群（コニアシアン階～サントニアン階）の堆積シーケンス（安藤ほか, 1995）と対比される可能性が高いことが，新たな年代モデルから明らかとなった．DS1～DS4に認められる海水準変動のサイクルは，チューロニアン期中期～カンパニアン期前期における第2・第3オーダーの全球的海水準変動（Haq, 2014）と調和的である．一方，久慈層群沢山層（カンパニアン階）に相当するDS5は，最大層厚200 mに達する非海成相（網状～蛇行河川相）を主体とし，カンパニアン期前期に顕著な陸化が起きたことを示している．また，北方に隣接する亜堆積盆で形成された蝦夷層群においても，函淵層（カンパニアン階; 辻野, 2009）において浅海相が顕著に発達する．これらの陸化・浅海化は，同時期の汎世界的な海水準の上昇傾向を反映していないことから，カンパニアン期前期の東北日本前弧堆積盆の広範囲な隆起に起因すると考えられる．このような造構運動の背景には，海洋プレートの運動方向の変化（e.g. Ando, 2003）などの関与が想定されており，本研究結果は後期白亜紀の東アジア大陸縁辺における重要なテクトニックイベントに新たな年代の制約を与える．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

参考文献：
安藤寿男ほか, 1995, 地学雑誌104, 284–303.; Ando, H., 2003, *Journal of Asian Earth Sciences* 21, 921–935.; Haq, B., 2014, *Global and Planetary Change*113, 44–58.; 三塚俊輔，安藤寿男, 2016, 日本地質学会第123年学術大会講演要旨,205.; 辻野泰之, 2009, 地質学雑誌115, 122–129.

キーワード：後期白亜紀、東北日本、前弧海盆、久慈層群、シーケンス層序、テクトニクス
Keywords: Late Cretaceous, Northeast Japan, forearc basin, Kuji Group, Sequence stratigraphy, tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

四万十帯白亜紀セノマニアン付加体の整然相における古応力解析
Paleo-stress analysis in coherent zone, an exhumed Cretacesou accretionary complex, Shimanto Belt, in Konan city and Geisei villege, Kochi prefecture, SW Japan

*橋口 誠[1]、橋本 善孝[1]
*Makoto Hashiguchi[1], Yoshitaka Hashimoto[1]

1. 高知大学
1. Kochi University

地震サイクルに伴って沈み込み帯の応力場が逆断層と正断層で入れ替わることが東北地方太平洋沖巨大地震で観測され（たとえば、Asano et al., 2011）、陸上付加体においても同様の変化が古応力解析によって得られている(Hashimoto et al., 2014)。しかし、陸上付加体では海岸線に露出するメランジュ相のみを対象としている。そこで本研究では、整然相に着目しさらに面的な変化を検討するために、メランジュ相に隣接する内陸の整然相の古応力解析を行い、応力の交換が記録されているか確かめることを目的としている。

調査地域は高知県香南市夜須町と芸西村で、地質は四万十帯北帯に位置する。調査地域の地質は北側がコヒーレント相、南側がメランジュ相である。コヒーレント相は主に砂岩と泥岩の互層から成り、場所によっては１０m以上の厚い砂岩のみが分布することもある。層理面の走向傾斜はN37°E75°S程度である。コヒーレント相の年代は堆積物の放射性同位体測定から、セノマニアンーカンパニアン（100 Maー72 Ma）と報告されている［Taira et al., 1988］。小断層データはスリッケンラインとスリッケンステップから測る。ラインからすべりの方向を、またステップからすべりのセンスを決定することができる。本研究では、コヒーレント相の小断層のすべりデータを取得し、小断層解析に用いた。小断層解析の結果、６つの応力場（stress１，２，３，４，５，６）が推定された。その中でも個々の応力にのみ見出される固有の小断層の割合が多い４つの応力（stress1，3，５，６）について議論する。stress2とstress4は固有断層の数が少なく，かつ応力成分が横ずれ的であるので主要な応力解として扱わない。stress1はNW-SE方向に低角なσ_1と高角なσ_3、stress3はNW-SE方向に低角なσ_1とN方向に高角なσ_3、stress5はNE方向にやや高角なσ_1とE方向にやや低角なσ_3、stress6は高角なσ_1とNE方向に低角なσ_3である。stress1、stress3は低角なσ_1と高角なσ_3を持つため、応力状態は逆断層である。stress5はやや高角なσ_1とσ_3を持ち，断層の種類を断定することが難しい。stress6は高角なσ_1と低角なσ_3を持つため、応力状態は正断層である。stress1,3とstress6のように応力状態が逆断層と正断層の両方の応力場が確認された。地震が起こることにより逆断層から正断層に応力場が変化しているならば、水平圧縮応力は逆断層から正断層に移る際に応力が減少しているはずである。水平圧縮応力が減少しているか調べるため、stress porygonを使い応力の大きさを制約した。具体的には、応力解をS_{Hmax}, S_{hmin}, Svの３成分に分解し、応力比の４つの式で連立方程式を解くと、S_{Hmax}とS_{hmin}の１次関数の式が得られる。その式とストレスポリゴンが重なるところから応力の大きさを制約する。応力の大きさのとり得る範囲を次に述べる。逆断層のstress1はS_{Hmax}が169-320MPa, S_{hmin}が140-280MPa,同じく逆断層のstress3はS_{Hmax}が251-320MPa, S_{hmin}が140-169MPa, 正断層のstress6はS_{Hmax}が94-140MPa, S_{hmin}が82-115MPaの範囲をとった。stress5はやや高角なσ_1とσ_3を持ち、断層の種類を断定することが難しかったため、正断層，逆断層，横ずれ断層の全ての範囲で見る。応力の大きさのとり得る範囲はS_{Hmax}が85-320MPa, S_{hmin}が82-241MPa,となった。逆断層と正断層の応力の大きさの範囲に注目すると、正断層より逆断層の応力が大きいことが分かり、応力の交換が地震サイクルとする解釈と整合的といえる。次に逆断層から正断層に変化したと仮定し、せん断応力の差（stress drop）の妥当性を検討した。stress dropは逆断層のモール円の半径から正断層のモール円の半径を引いた値である。モール円の半径は（S_{Hmax}ーS_{hmin}）/2で求められる。stress1とstress6のstress dropは1.8-14.0 MPaである。stress3とstress6のstress dropは43-63MPaである。stress5は断層のタイプを決めることができなかったため、議論を省略する。［Susan L. et al., 2018］では，地球物理学的に観測された海溝型地震のstress dropの分布はおよそ0.01-100MPaの範囲であった。求めたstress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

dropがどちらも0.01-100MPaの範囲の中に含まれているため、あり得ない規模の地震ではないことが分かった。以上より、逆断層と正断層の応力の大小関係とstress dropの妥当性から、メランジュ相で確認された地震サイクルに伴う応力の交換が整然相でも起こっているという可能性が支持された。メランジュ相で観測された応力の交換が整然相でも記録されているということは、メランジュ相とコヒーレント相が隣接したあとに応力の交換（地震）を記録している可能性が高いと考える。すなわち今回見ている小断層は臨界応力状態の付加体内部で活動したものであることを示唆する。

キーワード：古応力解析、付加体、四万十帯
Keywords: Paleo-stress analysis, accretionary complex, Shimanto Belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

付加体における石灰岩の保存とテクトニクス
Relationship between accretion of limestone blocks and subduction tectonics in Japan

*脇田 浩二[1]
*Koji Wakita[1]

1. 山口大学大学院創成科学研究科
1. Yamaguchi University

付加体は、基本的に海洋プレート層序から構成されていることは、多くの研究者によって明らかにされてきた.ただし、海洋プレート層序において、石灰岩と玄武岩が担う役割は特別である。海洋底玄武岩の上に堆積して整然とした層序をなすチャートや珪質泥岩と異なり、海底火山の山頂部で形成され、付加体に取り込まれるため、本当の意味で、”層序“をなしているわけではない。しかも、他の深海堆積物や海溝充塡堆積物と異なり、付加体にどのように取り込まれるのかは、現在の付加プリズムを研究しても、その答えは得られていない。秋吉帯では、石炭紀からペルム紀に形成された秋吉石灰岩が海溝で崩壊し、付加体中に取り込まれたと解釈されている。確かに、日本海溝などでは、第1鹿島海山が海溝で崩壊し、岩塊となって崩れている様子が観察できる。しかし、残念なことに、これらの礁成石灰岩の崩壊堆積物は、造構性侵食場である日本海溝沿いでは、付加体に取り込まれることなく、地下深部までもたらされてしまう。一方、付加体を形成する南海トラフ沿いの収束境界では、固結した海底火山が水をたっぷり含んだ付加体構成堆積層の中に”押し入り”、付加プリズム側を崩壊させたのち、海洋プレートと共に、地下深部まで沈み込んでゆく。このように見ていくと、現在の収束境界において、海底火山上の礁成石灰岩を付加体の中に取り込むことは、困難なように思える。しかし、現実に、日本の付加体には、海底火山上の石灰礁を起源とするとみなされている石灰岩が、多く知られている。この謎を解明するために、石灰岩を含む付加体の特徴を検討してみることにした。日本の石灰岩は、大きく分けると３つの地質体に分布している。古い方から、中-後期ペルム紀の付加体（秋吉帯）、中期ジュラ紀の付加体（美濃帯の舟伏山ユニットなど）、前期白亜紀の付加体（秩父帯南帯の三宝山ユニット）である。石灰岩を含むこれらの地質ユニットは、ある地質帯の最後かあるいは、それに近い時代に形成されたという共通点がある。この不思議な符合は、何を意味するのであろうか？これまで付加体のギャップは、海嶺の沈み込みや造構造性侵食などが原因として推定されている。しかし火成作用の変遷も重要である。砕屑性ジルコンによる研究によって、付加体が存在しないギャップと砕屑性ジルコンの量が著しく減少する傾向が一致することが判明した。ここの砕屑性ジルコンの減少は、ジルコンを供給する火成作用が、堆積物を供給する場から遠ざかったことを意味している。これは, 海台の沈み込みなどによって引き起こされるスラブの低角沈み込みと、それに伴う火山フロントの大陸側への後退などが要因として考えられる.このように低角沈み込みなどの特殊な状況が、石灰岩の海溝部での付加に何らかの関わりがあった可能性がある。

キーワード：石灰岩、付加体、海台
Keywords: limestone, accretionary complex, oceanic plateau

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-GL28] 地域地質と構造発達史

コンビーナ:大坪 誠(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)、細井 淳(産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門)、座長:細井 淳(産業技術総合研究所　地質調査総合センター　地質情報研究部門)

日本列島を含めた東アジアを中心とした地域の地質学的研究を核に、地球物理を初めとする様々な研究成果とそれに基づく議論により、その地域の地質構造などの地球科学的実体を明らかにする．更にそこから、日本列島、東アジアにおける地質構造の検討や、その構造発達史の解明を目指す。

10:45 ~ 11:00

[SGL28-07] 鳥取層群からの断層で隔てられた堆積盆境界の発見とその意義

*丸山 祐太[1] (1.島根大学)

11:00 ~ 11:15

[SGL28-08] 高分解能音波探査記録に基づく島根半島沖の第四紀の断層活動

*田中 雅章[1]、松田 典大[1]、中村 克[1]、清水 雄一[1]、島崎 裕行[2]、畑山 一人[2] (1.中国電力株式会社、2.総合地質調査株式会社)

11:15 ~ 11:30

[SGL28-09] 中部日本の前期中新世堆積物の古地磁気方位とそのテクトニックな意義

*星 博幸[1]、松尾 卓郎[2] (1.愛知教育大学自然科学系理科教育講座地学領域、2.愛知県立刈谷高等学校)

11:30 ~ 11:45

[SGL28-10] 富山県八尾地域の新生界年代層序の再検討とテクトニクス

*中嶋 健[1]、岩野 英樹[2]、檀原 徹[2]、山下 透[2]、柳沢 幸夫[1]、谷村 好洋[3]、渡辺 真人[1]、佐脇 貴幸[1]、中西 敏[4]、三石 裕之[4]、山科 起行[4]、今堀 誠一[5] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.京都フィッショントラック（株）、3.国立科学博物館、4.JX石油開発（株）、5.JX石油開発テクニカルサービス（株）)

11:45 ~ 12:15

Discussion

鳥取層群からの断層で隔てられた堆積盆境界の発見とその意義
Discovery of faulted basin margin from the middle Miocene Tottori Grope, Tottori Prefecture, Southwest Japan and its significance

*丸山 祐太[1]
*Yuta Maruyma[1]

1. 島根大学
1. Shimane Umiversity

山陰地方には湾入部と呼ばれる，ほぼ南北から，北東一南西方向に伸びる中新世の堆積盆が存在しており，それらを日本海拡大に伴って形成されたオラーコジン，西南日本の回転以前に拡大軸に平行に割れた盆地，と見なすアイデアが出されているが，その発達については未解明のままである．こうした盆地の形成を正しく理解することは，日本海拡大に伴う堆積盆の発達，ひいては日本海の拡大に伴う西南日本の変形を正しく理解することにつながる．これらの盆地の発達が未だ理解されずに至っている理由は，こうした盆地を埋める地層に対する堆積地質学的研究，年代学的研究が少ないためである．とくに，盆地の特性や発達を理解するためには，盆地を埋める地層の縁辺部における地質情報が欠かせない．

鳥取県東部には鳥取湾入部とよばれるほぼ南北に延びる盆地を埋める地層がある．この湾入部を埋める地層は，島根県側の湾入部とは異なり，大規模な火山岩の貫入を被っていない．このため，湾入部と呼ばれる盆地の発達を理解するためには最適の地層である．そこで，この研究では鳥取層群の地質調査を行うとともに，一般的な堆積地質学的手法 (堆積相解析)を適用して，鳥取層群南東部の縁辺部分の地層(岩見層)の堆積環境の復元を行った．

調査対象とした鳥取層群・岩美層はさらに円通寺礫岩砂岩部層，普含寺泥岩部層からなり，普含寺泥岩部層はさらに淡水成の泥岩と海成の泥岩からなる．これまでの調査で，従来は不整合と扱われてきた基盤岩との境界，あるいは基盤岩周辺の地層内部に，比較的変位量が大きいと推定される断層が見つかった．さらに，断層の活動時期を制約することができた．この断層の西には河原火山岩部層由来と思われる礫を含む礫岩と河原火山岩部層の大礫が孤立して含まれる泥岩が見られた．泥岩中の大礫は斜面からの崩落によるものと判断され，泥岩の堆積中にはすぐ近傍に斜面があったと判断される．このほか，崖錐堆積物と判断できる砂礫岩も断層周辺に確認された．この断層の破砕帯では下位の八頭層・河原火山岩部層の岩石が変形を受けているため，河原火山岩部層の堆積後，泥岩の堆積前にはこの断層が活動をはじめており，断層の西側が相対的に沈降して湖が形成されたと考えられる．また，斜面の存在を示す小規模なスランプ構造が見られ，西方向への斜面の傾斜が確認されたため，このほかの鳥取層群の東縁の一部についても断層の存在が強く疑われる．

今回の研究で鳥取層群が埋めた堆積盆の少なくとも東縁は複雑な断層活動によって形成されたことが示された．今後，鳥取層群の研究を行い，堆積盆の形成を理解することで，日本海拡大に伴う堆積盆の発達を理解できると考える．なお，この調査は山陰海岸ジオパークの支援を受けて調査を行った．

キーワード：鳥取層群、中期中新世、堆積盆、日本海拡大イベント
Keywords: Tottori Group, Middle Miocene, Sedimentary basin, Japan Sea opening event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高分解能音波探査記録に基づく島根半島沖の第四紀の断層活動
Fault activity during Quaternary Period off the Shimane Peninsula based on the profiles acquired by the high-resolution seismic survey

*田中 雅章[1]、松田 典大[1]、中村 克[1]、清水 雄一[1]、島崎 裕行[2]、畑山 一人[2]
*Masaaki Tanaka[1], Norihiro Matsuda[1], Masaru Nakamura[1], Yuichi Shimizu[1], Masanori Shimazaki[2], Kazuhito Hatakeyama[2]

1. 中国電力株式会社、2. 総合地質調査株式会社
1. The Chugoku Electric Power Co., Inc., 2. Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd.

島根半島沖では，玉木ほか（1982），海上保安庁水路部（1991，1992），徳山ほか（2001）等により複数の断層が示されている。中国電力は，1981年にこれらの断層分布域を含む島根半島の沖合方向約30km，沿岸方向約60kmの範囲において，主にスパーカー（水中放電）を用いた音波探査を約1km～約4kmの測線間隔で実施した。その後も，マルチチャンネル方式等の最新技術を用いた調査を行い，断層の分布および性状を把握してきた。また，音波探査記録の解釈においてもシーケンス層序学の概念を参考に地層区分を行い，断層の活動性評価の信頼性を高める努力を継続してきた。これらの評価結果は，国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）においても参照されている。

島根半島沖で確認される断層は，大局的には東北東－西南西方向の走向を有し，逆断層センスを有する断層または撓曲からなる。伊藤・荒戸（1999）等によると，山陰沖における応力場は，後期中新世では「南北圧縮」，鮮新世以降では「東西圧縮」とされ，また，本海域の中新統には，東北東－西南西方向の褶曲・逆断層が発達するとされている。したがって，島根半島沖の断層の大半は，後期中新世頃の南北圧縮応力場において形成された断層であり，後期中新世末期頃には断層活動を終え，鮮新世以降は主たる活動は終了したものと考えられる。しかしながら，島根半島沖の海域では，中部～上部更新統（Ｂ層）の分布範囲が狭く，かつ分布しても層厚が極めて薄いことから，第四紀の断層活動性の評価が困難であった。

以上を踏まえ，2014年に島根半島沖において，浅部から深部に至る地質構造の把握を目的として，各種音源を用いたマルチチャンネル方式音波探査を実施した。また，松江市鹿島町沖約7km付近の音波探査測線沿いにおいて，柱状採泥器による試料採取を実施し，火山灰分析および放射性炭素同位体法による地層の年代分析を行った。その結果，従来の編年では完新統と考えられていたＡ層から採取した試料の中から，火山灰分析により三瓶雲南（SUn，約5万年前（町田・新井（2011））が認められ，放射性炭素同位体法によっても上部更新統に対比される試料が複数箇所で確認された。したがって，従来のＡ層は，表層部を除き上部更新統であることが明らかとなった。従来調査のスパーカー音波探査記録では，このＡ層の中を完新統と中部～上部更新統に細区分できる十分な分解能がなかったが，今回実施したブーマー・マルチチャンネル方式による高分解能の音波探査記録ではこれを細区分できることを確認した。
以上のことから，新たに中部～上部更新統の分布が見直された範囲の断層については，少なくとも後期更新世以降の活動は認められないことを確認した。また，島根半島沖の海域では，従来評価より更新統が広範囲に分布する可能性が高いことから，ブーマー・マルチチャンネル方式等による高分解能音波探査を実施し，更新統の範囲を詳細に把握することで，第四紀の東西圧縮応力場のもとでの断層活動性を高精度に再評価することが可能であると考えられる。

キーワード：島根沖、音波探査、柱状採泥、地質構造発達史、第四紀、断層
Keywords: offshore area of the Shimane Peninsula, seismic profile, bottom sampling, tectonic evolution, Quaternary period, fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中部日本の前期中新世堆積物の古地磁気方位とそのテクトニックな意義
Paleomagnetic directions of early Miocene sediments in central Japan and tectonic implications

*星 博幸[1]、松尾 卓郎[2]
*Hiroyuki Hoshi[1], Takuro Matsuo[2]

1. 愛知教育大学自然科学系理科教育講座地学領域、2. 愛知県立刈谷高等学校
1. Department of Earth Sciences, Aichi University of Education, 2. Aichi Prefectural Kariya High School

We present new paleomagnetic data obtained from early Miocene (~18-17 Ma) sediments in three areas (Iwamura, Tengudana and Niinotoge) in central Japan. Oriented cores consisting mainly of mudstones and intercalated fine felsic tuffs were collected at more than 50 sites. Stepwise thermal demagnetization of both natural and isothermal remanent magnetizations suggests magnetite as a main magnetic carrier, with possible presence of greigite in rock samples from some sites. Site-mean directions of characteristic remanent magnetization components are all reverse polarity, suggesting deposition within the same reverse polarity chron, probably Chron C5Dr. Declinations of the site-mean directions are mostly southwesterly and deflected clockwise from the expected direction, indicating clockwise rotation after deposition. These declinations are similar to those from early Miocene and older rocks of the main part of the SW Japan arc, while they are significantly different from the undeflected paleomagnetic direction from Tomikusa, located 10-20 km northeast of Niinotoge. Thus, the Iwamura, Tengudana and Niinotoge areas are located on the main part of the SW Japan arc. It is suggested that the main part of the SW Japan arc has its eastern "rotational" boundary with a differentially rotated piece of crust between Niinotoge and Tomikusa.

キーワード：中部日本、前期中新世、古地磁気、岩石磁気、回転運動
Keywords: central Japan, early Miocene, paleomagnetism, rock magnetism, tectonic rotation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富山県八尾地域の新生界年代層序の再検討とテクトニクス
Revised Cenozoic chronostratigraphy and tectonics in the Yatsuo Area, Toyama Prefecture, central Japan

*中嶋 健[1]、岩野 英樹[2]、檀原 徹[2]、山下 透[2]、柳沢 幸夫[1]、谷村 好洋[3]、渡辺 真人[1]、佐脇 貴幸[1]、中西 敏[4]、三石 裕之[4]、山科 起行[4]、今堀 誠一[5]
*Takeshi Nakajima[1], Hideki Iwano[2], Tohru Danhara[2], Tohru Yamashita[2], Yukio Yanagisawa[1], Yoshihiro Tanimura[3], Mahito Watanabe[1], Takayuki Sawaki[1], Satoshi Nakanishi[4], Hiroyuki Mitsuishi[4], Okiyuki Yamashina[4], Seiichi Imahori[5]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 京都フィッショントラック（株）、3. 国立科学博物館、4. JX石油開発（株）、5. JX石油開発テクニカルサービス（株）
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Kyoto Fission-Track Co., Ltd., 3. National Museum of Nature and Science, 4. JX Nippon Oil & Gas Exploration Corporation, 5. JX Nippon Oil & Gas Exploration Technical Services Corporation

Cenozoic chronostratigraphy of the Yatsuo Area in Toyama Prefecture is revised based on U-Pb and fission-track (FT) dating on the same zircon grains from tuff beds using LA-ICP-MS, mineralogical analysis of tuff beds and diatom biostratigraphy. The results reveal followings. Syn-rift volcanism (the Iwaine Formation) started at around 17.5 Ma. The Ikahama unconformity between the syn-rift Higashibessho Formation and the post-rift Tenguyama Formation was a relatively short duration (c. 0.5 m.y.) tectonic event around 15 Ma. The Otogawa Formation unconformably overlying the Tenguyama Formation is divided into Middle Miocene (Serravallian) lower portion and Late Miocene upper portion with a possible unconformity between them. The age of the Mita Formation ranges from 4 to 2 Ma and unconformably overlies the Otogawa Formation. Local correlation of a key tuff bed MT2 in the Mita Formation in previous reports was misleading and needs to be reassessed.

Facies and sequence stratigraphic analysis of the lowermost Nirehara Formation clarifies that the Nirehara Formation comprises many depositional cycles formed by sea level or lake level fluctuation in a coastal or lacustrine fan delta environment. The results also suggest that the Nirehara Formation was formed in an early rift basin, which is overlain by the syn-rift Yatsuo Group with an unconformity. Detrital zircon U-Pb and FT dating of sandstone in the Nirehara Formation suggests that possible source of sandstone was the Nohi Rhyolite.

Regional correlation of onshore and offshore Cenozoic chronostratigraphy in the Hokuriku district shows multistage rifting during Oligocene-Middle Miocene opening of the Sea of Japan. The regional correlation also suggests that post-rifting compressive tectonics was also incremental associated with fluctuation of strength and direction of compressive stress fields.

キーワード：新生代、年代層序、U-Pb年代測定、フィッショントラック年代測定、珪藻、テクトニクス
Keywords: Cenozoic, chronostratigraphy, U-Pb dating, Fission-Track dating, diatom, tectonics

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[S-VC35] 火山防災の基礎と応用

コンビーナ:宝田 晋治(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、吉本 充宏(山梨県富士山科学研究所)、石峯 康浩(鹿児島大学地震火山地域防災センター)、久保 智弘(防災科学技術研究所)、座長:久保 智弘(防災科学技術研究所)、宝田 晋治(産総研地質調査総合センター)

火山災害には、降灰・火砕流・岩屑なだれ・ラハール・溶岩流など多様な要因があり、その災害軽減にはシミュレーション技術、GIS技術、防災情報の受け手である住民への効果的な伝達技術など、広範囲にわたる技術と知識の整備と共有が必要である。また、火山ハザードマップの作成、噴火シナリオの検討、確率論的な噴火予測などの研究も必要とされている。本セッションでは、火山防災に向けた理論や技術開発、適用事例、火山災害事例に関する発表を募る。また、データベースの開発や、教育・啓発活動などに関連する発表も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SVC35-01] 1707年富士山宝永噴火の火口と推移についての新たな作業仮説

*小山 真人[1] (1.静岡大学)

14:00 ~ 14:15

[SVC35-02] 富士火山、宝永山の形成過程の考察

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

14:15 ~ 14:30

[SVC35-03] ALB計測で明らかとなった本栖湖の湖底地形 -溶岩流入による湖面水位の上昇-

*千葉 達朗[1]、金田 真一[1]、大橋 真[1] (1.アジア航測株式会社)

14:30 ~ 14:45

[SVC35-04] 人工衛星による熱赤外線データを用いた火山監視
―火山活動・林野火災速報システムとCIRC（小型赤外カメラ）が捉えた火山活動―

*高倉 有希[1]、中右 浩二[1]、石澤 淳一郎[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SVC35-05] 噴石衝突に対する木造建築物屋根の衝撃吸収特性

*立山 耕平[1]、山田 浩之[2]、吉本 充宏[3]、本多 亮[3]、藤井 敏嗣[3] (1.立命館大学、2.防衛大学校、3.山梨県富士山科学研究所)

15:00 ~ 15:15

[SVC35-06] 草津白根山2018年噴火における放出火山岩塊の分布−続報−

*吉本 充宏[1]、古川 竜太[2,3]、石塚 吉浩[2]、南 裕介[2]、長井 雅史[4]、細川 周一[3]、本多 亮[1]、安田 泰輔[1]、寺田 暁彦[5]、西澤 達治[5]、石峯 康浩[6]、荒井 健一[7]、佐々木 寿[7]、成毛 志乃[7]、関口 悠子[3]、簗田 高広[3]、石崎 泰男[8]、亀谷 伸子[8]、前野 深[9] (1.山梨県富士山科学研究所、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター 、3.気象庁、4. 防災科学技術研究所火山防災研究部門、5.東京工業大学火山流体研究センター、6.鹿児島大学地震火山地域防災センター、7.アジア航測株式会社、8.富山大学大学院理工学研究部、9.東京大学地震研究所)

1707年富士山宝永噴火の火口と推移についての新たな作業仮説
A working hypothesis for source craters and sequence of the 1707 Hoei eruption of Fuji Volcano, Japan

*小山 真人[1]
*Masato Koyama[1]

1. 静岡大学
1. Shizuoka Univ.

1707年富士山宝永噴火の火口は、これまで富士山南東斜面にある火口列（宝永第１～第３火口）とされ、その脇にある宝永山は宝永噴火中のマグマの突き上げによって古い地層（古富士火山の一部）が隆起したものと解釈されていた（宮地・小山, 2007,「富士火山」；Miyaji et al., 2011, JVGRなど）。しかしながら、最近の台風通過による露頭状況の改善後に現地の地形・地質を見直した結果、従来の考え方と異なる結論に達したので報告する。

宝永山付近の地質と赤岩の成因

宝永山の山頂近くの赤岩に露出する凝灰角礫岩（ATB）は、1）黄褐色をして変質・固結が進んでいること、2）山体の傾斜とは不調和な南西方向に傾斜し、周囲の地層と不整合関係に見えること、3）宝永山の膨らみが宝永第２火口底を変形させたように見えること、4）周囲には見られない複数の断層が観察されることから、古富士火山時代の古い地層が宝永噴火の際に隆起して地表に露出したものと考えられてきた。

しかしながら、地質調査ならびにドローンを用いた近接撮影画像とそれらのSfM（Structure from Motion）解析の結果、ATBは未固結・新鮮な降下スコリア（宝永スコリア：図のHSc）と指交関係にあり、従来考えられていた不整合は見当たらない。また、ATBは、着地時の高温で周囲を焼いた新鮮な火山弾・火山礫を含む。

これらの観察事実から、ATBは宝永噴火堆積物の一部と考えられる。黄褐色の変質部分は、おそらく噴火時かその直後の熱水変質によるものであろう。また、第２火口底の「変形」は、HScが風下の東側に厚く堆積したことと、堆積後の斜面移動の影響と考えて矛盾はない。なお、赤岩表面の断層群には南東傾斜と北西傾斜の２系統（走向はともに尾根の伸びに沿う北東ー南西）があって共役断層の疑いがあり、隆起の可能性は残される。HScの下位には、細粒基質をもつ凝灰角礫岩（宝永噴火堆積物の一般的特徴であるハンレイ岩礫を多く含む）が宝永山の東側斜面を取り巻くように広く露出しており、第1火口によって形成された火砕丘（HCC）と考えられる。

宝永噴火の給源火口と推移

宝永噴火を起こした火口は、従来の考えでは宝永山の南西に隣接して北西ー南東方位に並ぶ火口列（宝永第１、第２、第３火口）であり、噴火初期の軽石（宝永軽石）の給源が第２・第３火口、以後のスコリアの給源が主に第１火口と考えられてきた（宮地, 1984, 第四紀研究）。しかしながら、実際には第1～第3のいずれの火口の周囲にも軽石が見当たらず（第1火口の東側地表に変質した軽石がまれに見つかるが、転石状で層位不

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

明）、宝永軽石の給源火口は不明と言わざるを得ない。

一方、第3火口の東側にU字形をした火砕丘とみられる地形があり（ここでは御殿庭東火砕丘GHCと呼ぶ）、その表面ならびに断面には灰色で雑多な岩質の巨礫を多数含む角礫岩（基質は均質で新鮮な黒色岩片）が露出する。その特徴は、宝永第２・第３火口周囲の火砕丘HCCと類似し、噴火堆積物と考えられる。GHCのU字形の北西延長上には宝永山がある。

以上のことと前節で述べた宝永山付近の観察事実に加え、宝永噴火の古記録と絵図（小山, 2009,古今書院）、宝永軽石と宝永スコリアの等層厚線図（宮地, 1984）、宝永噴火のメカニズムに関する岩石学的解釈（藤井, 2007,「富士火山」；Miyaji et al., 2011）も考慮に入れて、宝永噴火の推移を次のように見直した（１～５が従来の考え方と大きく異なる）。

１．宝永噴火は、現在の宝永山から南東に伸びる割れ目（第1噴火割れ目）の噴火として始まり、最初に宝永軽石を噴出した後、割れ目火口の南東端に火砕丘GHCを形成した。

２．宝永軽石（流紋岩質マグマ）の噴火を誘発した玄武岩質マグマが、軽石に引き続いて上昇し、若干南西側にずれた場所に新たに北西ー南東方位の割れ目火口（第2噴火割れ目）を開いた。

３．第2噴火割れ目上に並んだ宝永第１～第３火口から爆発的な噴火が起き（火口が開いた順序は、地形から判断して南東→北西）、火口の周囲に火砕丘HCCを形成した。

４．宝永スコリアが主として第１火口から噴出し、すでにあった火砕丘（GHCとHCC）の一部を厚くおおった（図のHSc）。この際に赤岩のATBも堆積した。

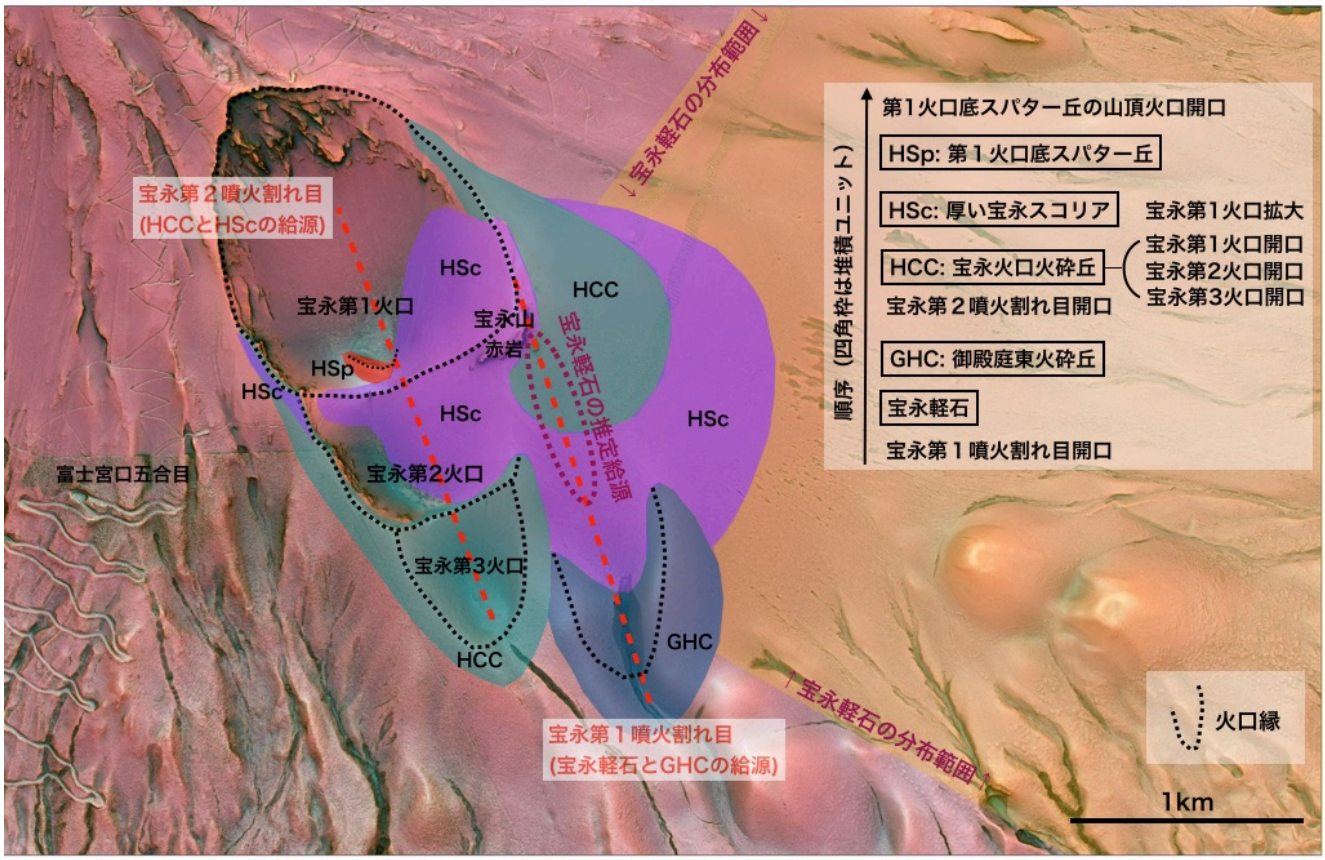
５．主として３～４の結果として、噴火初期にできた宝永軽石の給源火口が埋没し、宝永山が形成された。なお、宝永軽石の元となった流紋岩質マグマの一部が宝永山を若干隆起させた可能性が残る。

６．噴火の最終段階に至り、第１火口底にスパター丘HSpが形成され、最後の爆発でその山頂に小火口が開いた。

キーワード：富士山、1707年宝永噴火、給源火口、宝永山、噴火推移、作業仮説
Keywords: Fuji Volcano, 1707 Hoei eruption, source craters, Hoei mound, eruption sequence, working hypothesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宝永火口周辺の地形・地質の新たな解釈（作業仮説）



背景図：国交省富士砂防事務所・(株)アジア航測

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士火山、宝永山の形成過程の考察
Consideration of the formation process of Mt.Hoei, Fuji volcano

*馬場 章[1]、藤井 敏嗣[1]、千葉 達朗[2]、吉本 充宏[1]、西澤 文勝[1]、渋谷 秀敏[3]
*Akira Baba[1], Toshitsugu Fujii[1], Tatsuro Chiba[2], Mitsuhiro Yoshimoto[1], Fumikatsu NISHIZAWA[1], Hidetoshi Shibuya[3]

1. 山梨県富士山科学研究所、2. アジア航測株式会社、3. 熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門地球環境科学分野
1. Mount Fuji Research Institute, 2. Asia Air Survey Co., Ltd., 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University

将来起こりうる火山災害を軽減するためには，過去の噴火推移の詳細を明らかにすることが重要である．特に西暦1707年の宝永噴火については，富士火山では比較的例の少ない大規模爆発的噴火の例として，ハザードマップ作成でも重要視されている．宝永噴火は基本的にプリニー式噴火であったとみなされているが，火口近傍相の研究は多くない．また，宝永山については，脱ガスしたマグマの貫入による隆起モデルが提唱されており(Miyaji et al.,2011)，さらにはマグマ貫入による山体崩壊未遂の可能性と，予知可能な山体崩壊の例として避難計画策定の必要性が指摘されている(小山,2018)．本発表では，宝永噴火の火口近傍相の地質調査・全岩化学組成分析・古地磁気測定などから新たに得られた知見をもとに，宝永山の形成過程について考察する．

富士火山南東麓に位置する宝永山は，宝永噴火の際に古富士火山の一部が隆起して形成されたと推定されてきた(Tsuya,1955 ; Miyaji et al.,2011)．しかし，赤岩を含む宝永山には多種多様な類質岩片は認められるものの，主には緻密な暗灰色スコリア片、火山弾から構成され，斑れい岩岩片や斑れい岩を捕獲した火山弾も認められる．それらの鏡下観察・全岩化学組成分析・古地磁気測定から，赤岩を含む宝永山は，Ho-Ⅲでもステージ2(Miyaji et al.,2011)に対比され，マグマ水蒸気爆発による火口近傍の降下堆積物ないしサージ堆積物と推定される．また，宝永第2・第3火口縁，御殿庭の侵食谷側壁は，宝永噴火の降下堆積物で構成されており，ステージ1のHo-Ⅰ～Ⅲ(Miyaji et al.,2011)に対比される．侵食谷の基底部に白色・縞状軽石層は現時点において確認できないものの，下位から上位にかけて安山岩質から玄武岩質に漸移的な組成変化（SiO2=62.8～52.2wt%）をしている．そして，宝永第1火口内の火砕丘，宝永山山頂付近，御殿庭の侵食谷から得た古地磁気方位は，古地磁気永年変化曲線(JRFM2K.1)の西暦1707頃の古地磁気方位と一致する．

これらの新たな知見に加えて，宝永噴出物のアイソパック(Miyaji et al.,2011)，マグマ供給系(藤井，2007 ; 安田ほか，2015)と史料と絵図(小山，2009)も考慮し，宝永噴火に伴う宝永山の形成過程を推定した．宝永山はわずか9日間で形成された宝永噴火の給源近傍相としての火砕丘である．

1.玄武岩質マグマがデイサイト質マグマに接触・混合したことで白色・縞状軽石が第1火口付近から噴出し，偏西風により東方向に流された(12月16日10～17時頃，Miyaji et al.,（2011）のUnit A,Bに相当).

2.火口拡大に伴って第1火口の山体側も削剥され，多量の類質岩片が本質物と共に東～南方向に放出し，宝永山を形成し始めた(12月17日未明，Miyaji et al.,（2011）のUnit C～Fに相当).

3.第1火口縁の地すべりによる火口閉塞ないし火口域の拡大により，噴出中心は第2火口に移行した(12月17～19日、Miyaji et al.,（2011）のUnit G～Iに相当).

4.火口閉塞した類質岩片が噴出されることにより，噴火中心は第1火口に遷移し，断続的なマグマ水蒸気爆発により宝永山(赤岩)が形成された(12月19～25日、Miyaji et al.,（2011）のUnit J～Mに相当).

5.噴火口が第1火口に限定されることで類質岩片の流入が止み，玄武岩質マグマによるプリニー噴火が６日間継続したのち，噴火が終了した(12月25～30日，Miyaji et al.,（2011）のUnit N～Qに相当).

キーワード：富士火山、宝永山、形成過程、ハザードマップ
Keywords: Fuji volcano, Mt.Hoei, formation process, hazard map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALB計測で明らかとなった本栖湖の湖底地形 -溶岩流入による湖面水位の上昇-

Airborne LiDAR Bathymetry reveals underwater topography of Lake Motosu - The level of water raised by lava inflow -

*千葉 達朗[1]、金田 真一[1]、大橋 真[1]
*Tatsuro Chiba[1], Sin-ichi kaneta[1], Makoto Ohashi[1]

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

1.はじめに

本栖湖は富士山の北西に位置する堰止湖で、湖面標高は約900mである。西暦864年の貞観噴火で青木ヶ原溶岩流が流入したため、湖岸線は北東側が円弧で切り取られたような形状をしている。富士山の巡検でも、よく訪問する地点である。ここで見られる溶岩流の特徴については、小幡・海野（1999）の研究があるが、湖底について特に浅い部分の調査は行われてこなかった。

一般的に、湖に大量の土砂や溶岩などが流れ込むと、湖の水位は上昇する可能性がある。もちろん津波のような一過性のものではなく、湖底が浅くなるために恒久的に上昇するという可能性である。青木ヶ原溶岩流流入の際に、本栖湖の水位が変化したのかを検討するために、ALB計測を行ったので、その結果を報告する。

2.ALB計測

航空レーザ測深(以下ALB)は、河川や海岸沿いの浅瀬の水深・地形計測を目的とした計測手法である。本研究で用いた機材は、地上計測と水中計測の2系統のレーザ測距システムから構成されており、地上計測用レーザは近赤外、水中計測用レーザは可視域（532nm）の波長を用いる。計測可能水深は対象の透明度に大きく依存する。本栖湖は年間を通じて透明度が高く約14-16m程度であるので、水深15m程度まで計測可能と予想された。計測は2017年9月9日に実施した。周辺地域の起伏が激しいことから、飛行高度の調整が容易なヘリコプターを用いた。飛行コースは全11コースである。

3.計測結果

ALB計測では電子基準点を 基準としたキネマティックGNSS測量により航空機の位置を決定、慣性航法装置と2系統のレーザ測距装置のデータとを合わせて、対象の陸上・水底の地形 を計測する。点群データの密度は陸上10～100点/m^2、水中では1～5点/m^2程度であった。最大水深は11～15mまで計測できた。付図は点群データをもとに作成した赤色立体地図である。湖底の地形は計測範囲の南北で大きく異なる。北側は陸上から水中にかけて、青木ヶ原溶岩による特徴的な凹凸がみられる。現在の湖面を境にほとんど変化せず、連続的に水深15m程度に達している。一方、南側の湖底段丘部分には、湖岸から少し離れた地点に緩やかに盛り上がった地形が認められる。その北側斜面の一部に、矩形の平坦面が少なくとも2段確認できる。

4.湖面上昇の可能性

測定範囲の北側には、枝珊瑚のように分岐し、中央部が裂けたた溶岩地形が見られ、赤色酸化した部分もあることから陸上で堆積したことは明らかである（小幡・海野、1999）。この地形と類似した地形を、水深15m付近まで連続的に追跡できたことは、溶岩流入時の水位が少なくとも現在よりも15mほど低かった可能性を示唆する。また、南側の湖底段丘付近では、水中考古学的な調査も行われている（上九一色村教育委員会,1999）。これまで甕形土器をはじめとする遺物が確認されており、大半は古墳時代前期初頭に位置づけられるものであった。完形のものも多く、おそらくそれ以降水没したと推定されていたが、それが平安時代の青

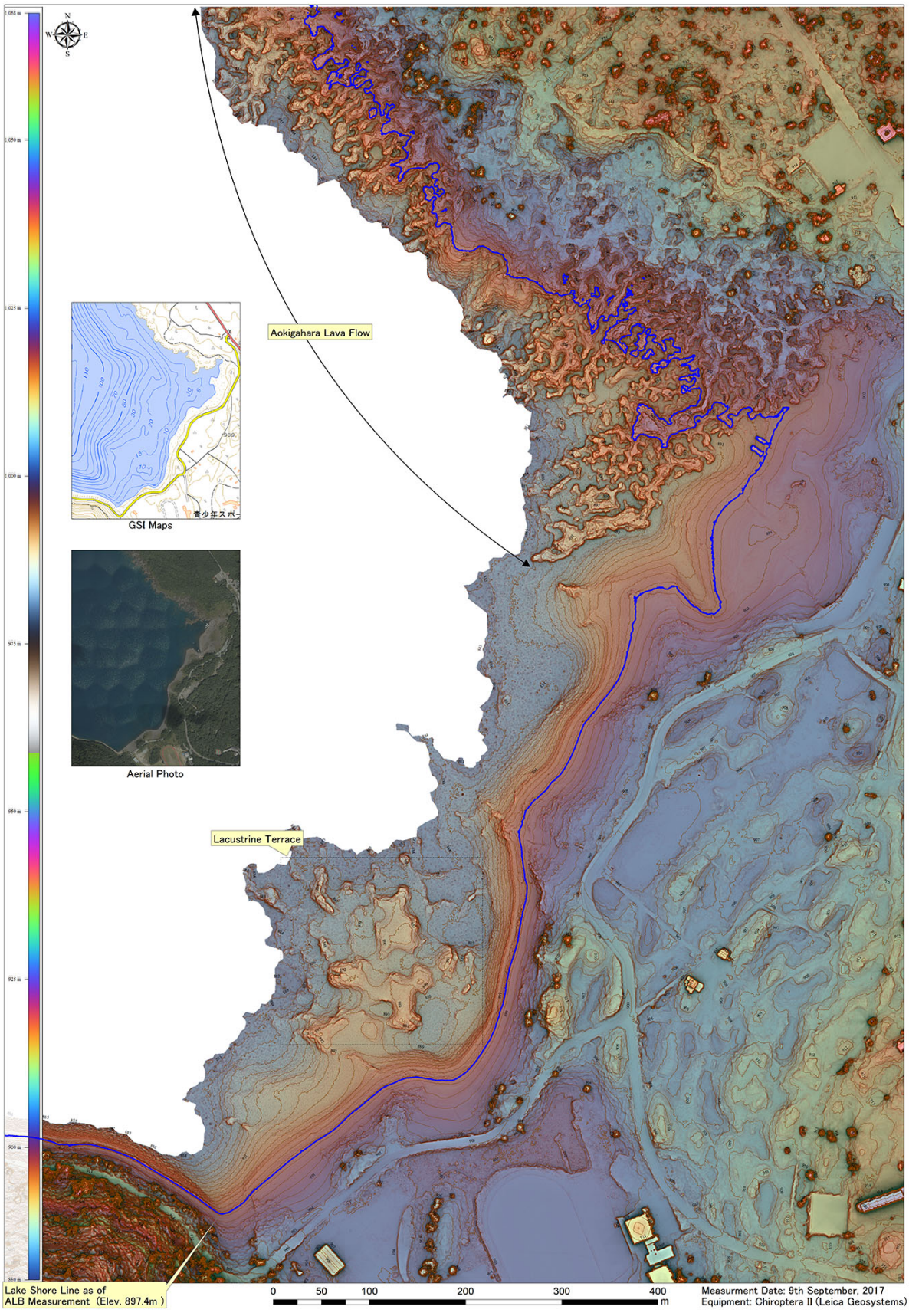
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

木ヶ原溶岩流の流入時点としても矛盾はしない。
今後、水中での溶岩地形の赤色酸化部の確認や、平坦面が水没村落遺稿である可能性についての詳細な調査が望まれる。

文献
小幡涼江・海野進(1999)富士火山北西山麓本栖湖畔の864年青木ヶ原溶岩の形態について,火山,44,201-206.
上九一色村教育委員会（2004）本栖湖湖底遺跡調査報告書
金田真一・千葉達朗(2017)航空レーザ測深(ALB)による本栖湖湖底の地形計測,http://www.rssj.or.jp/wp-content/uploads/2018/08/u05_64_h30.pdf

キーワード：レーザ計測、溶岩流、湖底地形、水位変化
Keywords: LiDAR, lava flow, bathymnetry, water level change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

人工衛星による熱赤外線データを用いた火山監視 ー火山活動・林野火災速報システムとCIRC（小型赤外カメラ）が捉えた火山活動ー

Volcano monitoring using satellite thermal infrared imagery of CIRC (Compact Infrared Camera)

*高倉 有希[1]、中右 浩二[1]、石澤 淳一郎[1]
*Yuki Takakura[1], Koji Nakau[1], Junichiro Ishizawa[1]

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

世界有数の火山大国である我が国には、研究や防災のために火山の地上観測網が発達しており、年々高度化されている。しかしながら、遠方離島や海底火山などについては常時観測の手段が限られる場合もある。これらの火山を網羅的かつ定期的に監視するために人工衛星は有効であり、特に、人工衛星に搭載した熱赤外線センサによる夜間の熱赤外線画像は、溶岩流、火砕流だけでなく、地熱異常域等の監視が可能となることが期待できる。

この人工衛星の赤外線データを防災に有効利用するには、防災機関自らが簡便に解析結果を利用できるデータ提供システムが必要である。そこで、JAXAはCIRC等の熱赤外線データを提供する「火山活動・林野火災速報システム（以下、速報システム）」を開発した。速報システムの火山部分は2018年9月から公開済である（https://kazan.jaxa.jp/）。速報システムは大きく3つの機能がある。①CIRC等の衛星赤外線データを地図上で表示する機能、②火山活動の変化を自動抽出する機能、③自動抽出した変化をメールなどでプッシュ通知する機能である。通知機能については、今後の運用開始を検討中である。同システムの監視対象は日本国内および周辺の活火山である。そのうち、防災機関と定めた12個の火山について、火山活動の状況把握手法の研究を行っている。本発表では速報システムとCIRC等の衛星赤外線センサで捉えた火山活動を紹介する。

キーワード：人工衛星、赤外線、火山防災
Keywords: Satellite, Infrared, Volcanic disasters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

噴石衝突に対する木造建築物屋根の衝撃吸収特性
Impact absorption properties of wooden buildings roof subjected to ballistic block collision

*立山 耕平[1]、山田 浩之[2]、吉本 充宏[3]、本多 亮[3]、藤井 敏嗣[3]
*Kohei Tateyama[1], Hiroyuki Yamada[2], Mitsuhiro Yoshimoto[3], Ryo Honda[3], Toshitsugu Fujii[3]

1. 立命館大学、2. 防衛大学校、3. 山梨県富士山科学研究所
1. Ritsumeikan University, 2. National defense academy, 3. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government

Volcanic disasters include various factors such as eruption, lava flow, pyroclastic flow, debris avalanche, debris flow and so on. Especially, at the phreatic eruption of Mt. Ontake in September 27, 2014, most of the damages were caused by clashes of ballistic block. In order to prevent these damages, it is suggested that evacuation to a mountain hut is effective. Thus, evaluation of impact absorption properties for wooden buildings (e.g. mountain hut) against ballistic block collision is necessary. Previously, we reported the protective abilities of as-built wooden buildings, which were reinforced with high performance fabric using aramid fiber. In addition, the penetration boundary energy for a 15 mm thick wooden building roof was reported. However, the impact absorption properties of various type wooden buildings has not been clarified enough. Therefore, in this study, impact absorption properties of wooden buildings roof subjected to ballistic block collision was experimentally investigated.

A collision test was carried out at the velocity of 10 to 90 m/s using a large scale launching system. In this system, a projectile was accelerated by compressed air and then collided with the target. The projectile velocity was measured using two lasers and light receiving parts. In many cases, size of the ballistic block is almost the fist size (ϕ100 mm) under phreatic eruption. Therefore, Vitrified whetstone similar to the common ballistic block (density: 2400 kg/m^3) was used as the projectile, and the diameter was determined ϕ90 mm (mass: 2.66 kg). For the target, typical wooden roof structure (e.g. cedar boards, waterproof sheet, galvalume steel plate and cedar rafter) was used. Two types of thickness of cedar board (15 mm and 18 mm) were prepared. The thickness of the waterproof sheet and galvalume steel plate were 1.0 mm and 0.4 mm, respectively. The dimensions of the specimen were 600 mm ×600 mm. The components were fixed with nails and its spacing was approximately 150 mm. In addition, specimens in which two cedar plates were superimposed was also prepared. There are two kinds of superimposing methods: a ” staggered structure “ that is alternately superimposed on one another, and a "cross structure" in which plates are orthogonalized.

Collision test results revealed penetration boundary energies of 15 mm and 18 mm specimens, respectively. In previous study, it was shown the maximum collision energy of volcanic ballistic block (ϕ 2-64 mm) was 1700 J (in the case of ϕ64mm, 100 m/s), and average collision energy was less than approximately 1200J in many cases. From the result, it was revealed that the roof of cedar board having a thickness of 15 mm and 18 mm could prevent penetration of volcanic ballistic block. In addition, it was found that by superimposing the cedar boards, impact absorption properties can be improved simply. At the time of superimposition, the impact absorption properties was hardly improved in the ” staggered structure”. However, in the "cross structure", it was confirmed that the impact absorption properties were greatly improved. From this it was found that the "cross structure" is better when reinforcing by simple superimposition.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：噴石衝突、衝撃吸収、木造建築物屋根
Keywords: ballistic block collision, Impact absorption, wooden buildings roof

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

草津白根山2018年噴火における放出火山岩塊の分布–続報–
Distribution of ballistic ejecta of the phreatic eruption at Kusatsu-Shirane volcano, on 23 Jan, 2018, part 2

*吉本 充宏[1]、古川 竜太[2,3]、石塚 吉浩[2]、南 裕介[2]、長井 雅史[4]、細川 周一[3]、本多 亮[1]、安田 泰輔[1]、寺田 暁彦[5]、西澤 達治[5]、石峯 康浩[6]、荒井 健一[7]、佐々木 寿[7]、成毛 志乃[7]、関口 悠子[3]、簗田 高広[3]、石崎 泰男[8]、亀谷 伸子[8]、前野 深[9]
*Mitsuhiro Yoshimoto[1], Ryuta FURUKAWA[2,3], Yoshihiro Ishizuka[2], Yusuke Minami[2], Masashi NAGAI[4], Shuichi Hosokawa[3], Ryo Honda[1], Taisuke Yasuda[1], Akihiko Terada[5], Tatsuji Nishizawa[5], Yasuhiro Ishimine[6], Kenichi Arai[7], Hisashi Sasaki[7], Shino Naruke[7], Yuko Sekiguchi[3], Takahiro Yanada[3], Yasuo Ishizaki[8], Nobuko Kametani[8], Fukashi Maeno[9]

1. 山梨県富士山科学研究所、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター 、3. 気象庁、4. 防災科学技術研究所火山防災研究部門、5. 東京工業大学火山流体研究センター、6. 鹿児島大学地震火山地域防災センター、7. アジア航測株式会社、8. 富山大学大学院理工学研究部、9. 東京大学地震研究所
1. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government, 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Japan Meteorological Agency, 4. Volcano Research Department, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, 6. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University, 7. Asia Air Survey Co., Ltd., 8. Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama, 9. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

2018年1月23日に発生した草津白根山本白根山の水蒸気噴火では，放出岩塊によって1名が死亡し，11名が負傷した．放出岩塊による被害は，本白根火山鏡池北火砕丘の500m北～北東を通過するロープウェイの山頂駅や搬器に及んでいる．御嶽山2014年噴火や阿蘇山2016年噴火においても，放出岩塊の被害が報告されており，放出岩塊の分布や挙動の解明は防災上重要な課題である．

我々は，2018年5月10-12日および10月23–25日に火口周辺部および登山道，スキーコース周辺において放出された火山岩塊（径64mm以上）の分布調査およびドローンによる空撮調査を実施した．分布調査では，計191カ所で放出岩塊の最大粒径を，計64地点において単位面積あたりの個数を計測した．

放出岩塊は主火口の周囲500m圏内に分布し，北～北東にかけて集中的に分布する．今回の調査で最も火口から離れた放出岩塊の確認地点は鏡池北の主火口中心から東北東約600m地点（振子沢）である．北側は，主火口から約500m地点，南東側は主火口から約450m地点まで放出岩塊が確認される．放出岩塊の最大長径は，西火口縁に落下した4.8mで，主火口付近の最大径は3.4mであった．主火口，西火口共に最大粒径の分布主軸を北北東に持つ．長径64mm以上の放出岩塊の降下個数密度は，測定できた中で最も多かった主火口の北北東200m地点で1m^{2}あたり68個であった．放出岩塊の降下個数密度の分布主軸は北東にもち，火口近傍では個数密度が急激に増える．一方，火口の北西から北東にかけての400m付近を境に，急激に個数密度が小さくなる. 西から北西の分布限界では，個数密度1m^{2}あたり0.2～0.01個とすくないものの，長径約20cmを超えるものが点在する.一方，それより小さい粒径の岩塊は存在しない．東側の分布限界では鏡池北火口の東側から急激に個数密度が小さくなり，こぶし大の放出岩塊が散見される．本調査で観察された放出岩塊のうち長径約20cmの岩塊の最大水平飛距離は400～650m，長径50cmの岩塊は400m，長径100cmの岩塊は350m，長径200cmの岩塊は150mである．このことは，各々のサイズの岩塊の初速が異なることを示唆している．

キーワード：放出岩塊、草津白根山、水蒸気噴火
Keywords: ballistic ejecta, Kusatsu-Shirane volcano, phreatic eruption

©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-VC 火山学

2019年5月27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 105 1F

[S-VC35] 火山防災の基礎と応用

コンビーナ:宝田 晋治(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)、吉本 充宏(山梨県富士山科学研究所)、石峯 康浩(鹿児島大学地震火山地域防災センター)、久保 智弘(防災科学技術研究所)、座長:吉本 充宏(山梨県富士山科学研究所)、石峯 康浩(鹿児島大学地域防災教育研究センター)

火山災害には、降灰・火砕流・岩屑なだれ・ラハール・溶岩流など多様な要因があり、その災害軽減にはシミュレーション技術、GIS技術、防災情報の受け手である住民への効果的な伝達技術など、広範囲にわたる技術と知識の整備と共有が必要である。また、火山ハザードマップの作成、噴火シナリオの検討、確率論的な噴火予測などの研究も必要とされている。本セッションでは、火山防災に向けた理論や技術開発、適用事例、火山災害事例に関する発表を募る。また、データベースの開発や、教育・啓発活動などに関連する発表も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[SVC35-07] 降灰被害予測コンテンツの開発に関する研究

*久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、中田 節也[1]、藤田 英輔[1]、宮村 正光[1] (1.防災科学技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[SVC35-08] IVHHNの新しいウェブサイトとパンフレットの紹介

*石峯 康浩[1] (1.鹿児島大学地震火山地域防災センター)

16:00 ~ 16:15

[SVC35-09] 霧島硫黄山の火山活動に伴う河川水質汚濁の現況

*木川田 喜一[1]、山本 春香[2]、Deng Wei、深井 惠 (1.上智大学理工学部、2.上智大学大学院理工学研究科)

16:15 ~ 16:30

[SVC35-10] 噴火発生時の避難や救助活動を支援するコンテンツの開発

*宮城 洋介[1]、中田 節也[1]、久保 智弘[1]、吉本 充宏[2]、本多 亮[2] (1.防災科学技術研究所、2.山梨県富士山科学研究所)

16:30 ~ 16:45

[SVC35-11] **東・東南アジア地域の火山の大規模火砕流，降下テフラ，カルデラと犠牲者数**

*宝田 晋治[1]、Joel Bandibas[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

16:45 ~ 17:00

[SVC35-12] 活火山に登る登山者の防災意識調査

*伊藤 英之[1]、戸谷 千鶴[2]、新井 瑞穂[2] (1.岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2.アジア航測株式会社)

降灰被害予測コンテンツの開発に関する研究
Developing Ash-fall impact forecasting content.

*久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、中田 節也[1]、藤田 英輔[1]、宮村 正光[1]
*Tomohiro Kubo[1], Yosuke Miyagi[1], Setsuya Nakada[1], Eisuke Fujita[1], Masamitsu Miyamura[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

火山噴火によって社会基盤に影響を与える現象は様々なものがあるが、その中で特に火山灰は広範囲まで及ぶこともあり、広範囲に被害を及ぼす可能性が高い。たとえば、2011年新燃岳噴火において降灰により高速道路が通行止めになった事例や、火山灰によりスリップ事故が発生するなどの被害をもたらす。また、2016年阿蘇中岳噴火において、降灰により変電所設備が被害を受け、しばらくの間、地域一帯で停電被害をもたらした。一方、建築物についても木造建築などでは設計基準値以上の火山灰が屋根に積もった際にその重さによって倒壊する危険がある。さらに、RC造や鉄骨造で作られることの多いオフィスビルや病院施設、行政施設などにおいては、積載荷重による被害よりも屋上に設置している建築設備機器に直接降灰した際に、その機能に何らかの影響がある可能性がある。そこで、本研究では、噴火災害の際に広範囲に影響を及ぼす可能性のある火山灰について、災害時において重要な機能を持つ病院や行政施設などを対象として、降灰による建築設備機器への影響について、実験を行い、降灰による被害を予測するための検討を行っている。本発表では2018年度に実験を行った冷却塔に関する実験結果について報告する。

さらに、これまでの評価結果に加え、内閣府防災などで検討されている大規模降灰によるインフラ施設への被害に関する情報などを利用した試作版降灰被害予測コンテンツについても報告する。

なお、本研究は文部科学省次世代火山研究・人材育成プロジェクトの課題D3として実施されている事業である。

キーワード：火山灰、被害予測、火山災害対策、実験、建築設備
Keywords: ash-fall, damage estimation, volcano disaster countermeasure, experiment, building equipment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IVHHNの新しいウェブサイトとパンフレットの紹介
New Websites and a Pamphlet of IVHHN

*石峯 康浩[1]
*Yasuhiro Ishimine[1]

1. 鹿児島大学地震火山地域防災センター
1. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University

発表者が日本語に翻訳した国際火山災害健康リスク評価ネットワーク(International Volcanic Health Hazard Network= IVHHN)の新しいホームページとパンフレットの概要を紹介する。IVHHNは、火山活動に起因する健康影響に関する研究や情報交換を担う組織として2003年2月に結成された国際火山学地球内部化学協会（IAVCEI）の小委員会である。ダラム大学のクレア・ホーエル博士らIVHHNの主要メンバーは、Enhancing Learning and Research for Humanitarian Assistance (ELRHA)という国際支援団体からの助成を受け、2015年から2018年にかけて「A New Evidence Base for Respiratory Health Interventions in Volcanic Eruption Crises（通称HIVEプロジェクト）」を実施した。その研究成果を盛り込み、2018年8月にIVHHNのホームページの全面的な改訂を実施して公開した。特筆すべき点は、降灰時にマスクを利用する効果や住民の利用実態等を日本、インドネシア、メキシコでHIVEプロジェクトの一環として調査した結果に基づき、IVHHNとしての推奨マスクについてガイドラインをまとめた点である。同ガイドラインでは、大規模な降灰が発生した場合は、なるべく屋内に留まることを最優先とすべきとした上で、長時間、外出する場合ならびに清掃作業を行う場合にはN95（もしくは同等のレベルを示す日本の基準であるDS2）の規格を満たす産業用の防じんマスクで、自分の顔のサイズにしっかりと合ったものを着用することを推奨している。また、産業用のマスクの多くは、子供の利用を想定していないために子供には大きすぎ、効果が得られにくいことを注意喚起している。IVHHNの新しいホームページは、これらの情報を追加して内容を拡充した上で、最近の情報端末の進展に合わせ、ホームページのデザインをスマートフォン対応したリスポンシブ・レイアウトに変更する等の改良も加えている。また、動画配信サイトが国際的に広く利用されている状況を踏まえ、マスクの装着方法や降灰時の留意点を数分程度にまとめた3点の映像も作成し、同ページ上で公開している。これらの動画はYouTubeならびにVimeoでも配信されている。これらは、また、YouTubeの字幕表示機能を利用して、英語だけでなくスペイン語やインドネシア語でも専門家が翻訳した字幕が表示できるようになっている。発表者は2005年よりIVHHNのメンバーとして日本語版ウェブサイトの管理を担当しているため、英語版のホームページが改訂されたのを受けて翻訳作業を開始し、2019年1月2日より新しい日本語版ホームページをインターネット上に公開した。従来は発表者本人の個人ホームページで公開していたが、今回の改訂を機に新たに取得した独自ドメイン(http://www.ivhhn.jp/)での公開としている。また、IVHHNが新しく作成した「火山灰から呼吸器を守るために」というパンフレットも日本語に翻訳し、製本した。第１版として2019年1月12日付で2000部を印刷し、同日、鹿児島市の主催で開催された平成30年度の桜島火山爆発総合防災訓練にて約1000部を配布した。さらに、IVHHNでは、同ホームページで公開予定の「火山ガスの健康影響」に関するガイドラインを準備中であり、発表者は同ガイドラインの査読を担当するとともに、同パンフレットで利用する予定の写真の提供も行った。

キーワード：IVHHN、HIVE、マスク
Keywords: IVHHN, HIVE, Mask

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島硫黄山の火山活動に伴う河川水質汚濁の現況
State of river water pollution derived from the recent volcanic activity of Mt Iwo-Yama, Kirishima volcanoes

*木川田 喜一[1]、山本 春香[2]、Deng Wei、深井 恵
*Yoshikazu Kikawada[1], Haruka Yamamoto[2], Wei Deng, Megumi Fukai

1. 上智大学理工学部、2. 上智大学大学院理工学研究科
1. Faculty of Science and Technology, Sophia University, 2. Graduate School of Science and Technology, Sophia University

Mt Iwo-Yama belonging to the Kirishima Volcanoes erupted in 2018 for the first time in 250 years. The recent activity of the volcano has a profound effect on the regional economy, especially in the fields of agriculture and tourism. With the phreatic eruption in April 2018, muddy thermal water spouted out from the newly opened vents resulting pollution in the downstream river. As a result, about 1,400 farmers in the downstream area abandoned rice cultivation in 2018.
The muddy water from the newly opened vents is strongly acidic and high in the concentrations of chloride and sulfate with a remarkable amount of arsenic and some kinds of heavy metals. The mud from the vents is mainly composed of grayish argillaceous particles and elemental sulfur suggesting that it is originated from highly-altered zone related to the geothermal reservoir beneath the volcano.
The vents are still busy gushing the muddy thermal water and vapor/steam as of mid-February 2019, ten months after the eruptive events. Based on our continuous investigation, the overflowing water from the vents is constantly strongly acidic (pH <1) and contains a relatively high concentration of arsenic, although the overflow rate is not constant and changes on occasion. The results of our latest chemical analysis show the water contains around 5 mg/L arsenic. Besides, the spring water in the west flank area of the volcano, which is one of the headwaters of the local river, has become strongly acidic with a rise of volcanic activity. That spring water is also one of the reasons for water pollution in the downstream. As a result, even recently the river water pollution in the foot of the volcano is sometimes reported. The river water pollution thus remains as a problem to be solved both environmentally and economically.

キーワード：硫黄山、霧島火山、えびの高原、河川水質汚濁、ヒ素
Keywords: Iwo-Yama, Kirishima Volcanoes, Ebino Highland, river water pollution, arsenic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

噴火発生時の避難や救助活動を支援するコンテンツの開発
Development of information tools for evacuation and rescue in the event of volcanic disaster

*宮城 洋介[1]、中田 節也[1]、久保 智弘[1]、吉本 充宏[2]、本多 亮[2]
*Yosuke Miyagi[1], Setsuya Nakada[1], Tomohiro Kubo[1], Mitsuhiro Yoshimoto[2], Ryo Honda[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 山梨県富士山科学研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government

2016年に始まった文部科学省による「次世代火山研究推進事業」は、従前の観測研究・予測研究に加えて「対策研究」も一体的に行うことを目指すプロジェクトである。防災科研では本プロジェクトの主課題の一つである「火山災害対策技術の開発」の課題責任機関として、「火山災害対策のための情報ツールの開発」というサブテーマで対策研究を進めており、その中で「避難・救助支援コンテンツ」の開発を進めている。これはユーザーとして自治体の防災担当者を想定し、ユーザーが平時及び発災時に必要な情報を取得し、適切な事前防災及び初動対応をとることができるようになることを目的としたものである。

多くの犠牲者を出した2014年9月の御嶽山噴火災害では、登山者の動向（※ここでは、「おおよその数」と「大まかな位置」）を把握することが難しく、避難や救助・捜索活動に際し困難が生じたとされる[火山防災対策推進ワーキンググループ（中央防災会議）、2015]。現在でも火口近傍まで登山者が近づくことができる火山は富士山をはじめとして日本国内に多数存在し、噴火災害発生時に登山者の動向を把握することは、その後の避難や救助・捜索活動に際して適切な判断をするために重要であると考えられる。この登山者動向データを取得する試みとして、2015年から富士山における登山者の動向把握実験「富士山チャレンジ」が行われている[Tanaka, COV10, 2018; 本多他、JpGU2018]。富士山は年間20万人以上の登山者が訪れる活火山であり、実験では登山者にビーコンを配布しモニター協力をお願いし、登山道に設置したレシーバーで検知・認識をすることでビーコンを持った登山者の数と位置をリアルタイムで把握することが可能となる。実験に協力してくれた登山者の数は、2017年は約2,300人、2018年は約14,000人であった。2018年の実験では噴火発生を仮定し、どれくらいの時間で特定の場所の登山者の数と位置を把握できるかなどを調査した。

本研究で開発を進めているコンテンツでは富士山チャレンジで得られた登山者の動態データ（人流位置データ）をインプットデータとして利用し、登山者の動態データを可視化し地図上で他の情報（例えば登山道や避難施設、避難経路、ハザード情報等）と重ねて表示できるようにする。こうすることで、噴火発生時に登山者が「どの辺り」に「何人くらい」いるのかを把握することができ、適切な避難指示や救助・捜索活動を行うことができると考えられる。また平時においても、2015年に改訂された活火山法において各火山防災協議会を構成する自治体では避難計画の策定が義務付けられており、計画の策定にあたり避難施設等の設置場所や避難経路を決定する際に、登山者の動態データとその他地図情報を重ね合わせることで、有効な情報を得ることができ、ハザードのシミュレーション等と組み合わせることで、人的被害を推定することができると考えらえる。

本発表では、2018年に富士山で行われた登山者動向把握実験（富士山チャレンジ）の概要と結果を紹介し、得られたデータを利用した避難・救助支援コンテンツ開発の進捗について報告する。

キーワード：次世代火山研究推進事業、火山災害対策技術、富士山チャレンジ
Keywords: Next Generation Volcano Research, countermeasure technology for volcanic disaster, Mt. Fuji Challenge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東・東南アジア地域の火山の大規模火砕流，降下テフラ，カルデラと犠牲者数

Ignimbrite, tephra-fall, caldera and fatalities of major volcanoes in the East and Southeast Asia

*宝田 晋治[1]、Joel Bandibas[1]
*Shinji Takarada[1], Joel Calupas Bandibas[1]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター
1. Geological Survey of Japan, AIST

カルデラ形成を伴う大規模噴火では，噴出源から数10～100 km以上離れた地域に様々な影響・被害を与えることが多い．大規模噴火による火砕流や降下テフラの影響範囲，カルデラの形状は，今後の大規模カルデラ噴火の影響範囲を予測する上で重要な基礎データとなる．そこで，東・東南アジア地域の火山について，大規模火砕流堆積物及び降下テフラの分布，カルデラの形状，火山イベントによる犠牲者数を取りまとめた．

産総研地質調査総合センターでは，G-EVER推進チームが中核となり，アジア太平洋地域のハザード関連情報の整備として，東・東南アジア地域の研究機関と連携し，震源域，震源，活断層，津波，地震犠牲者数，大規模火砕流，大規模降下テフラ，カルデラ，火山イベントの犠牲者数の整備を進めている．2016年には，1000万分の１東アジア地域地震火山災害情報図 （Takarada et al., 2016）として出版した．これらのデータは，WebGISの国際標準形式により，アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム (http://ccop-geoinfo.org/G-EVER/)で閲覧検索が可能であり，ほとんどのデータはGIS形式のファイルをダウンロードできる．その後，火山については，大規模火砕流及び降下テフラの分布，カルデラの形状，火山イベントによる犠牲者数についてより詳細なデータの整備を進め，2019年に公開に至った．

大規模火砕流堆積物: 東・東南アジア地域に分布する代表的なVEI6以上の大規模火砕流堆積物の分布を取りまとめた．ここでは，トバ7.4万年前噴火，白頭山946年噴火，タンボラ1815年噴火，リンジャニ・サマラス1257年噴火，阿蘇4噴火，阿蘇3噴火，姶良-入戸噴火，鬼界-幸屋噴火，鬼界-長瀬噴火，阿多噴火，洞爺噴火，支笏4.6万年前噴火，屈斜路I噴火，屈斜路IV噴火，クラカタウ1883年噴火，ラバウル7世紀噴火，ピナツボ1991年噴火，箱根-東京噴火，十和田-八戸噴火による19の火砕流堆積物について取りまとめている．

大規模降下テフラ: 東・東南アジア地域に分布する代表的なVEI6以上の大規模降下テフラの分布限界や等層厚線を作成した．ここでは，国内の大規模噴火の他，トバ7.4万年前噴火，白頭山946年噴火，タンボラ1815年噴火，リンジャニ・サマラス1257年噴火，ロングアイランド1660年噴火，ウィトリ-キンベ2噴火，ウルルン-隠岐噴火，ウルルン-大和海盆噴火など24の降下テフラを取りまとめている．

カルデラ: 東・東南アジア地域に分布する代表的なVEI6以上のカルデラの形状を取りまとめた．トバ，白頭山，タンボラ, 阿蘇，姶良，鬼界，阿多，洞爺，支笏，阿寒，屈斜路，タール，クラカタウ，リンジャニ・サマラス，ピナツボ，ラバウル，ロングアイランド，ダカタウア，ウィトリ，ビリーミッチェル，十和田，摩周，萌消の23のカルデラを取りまとめている．

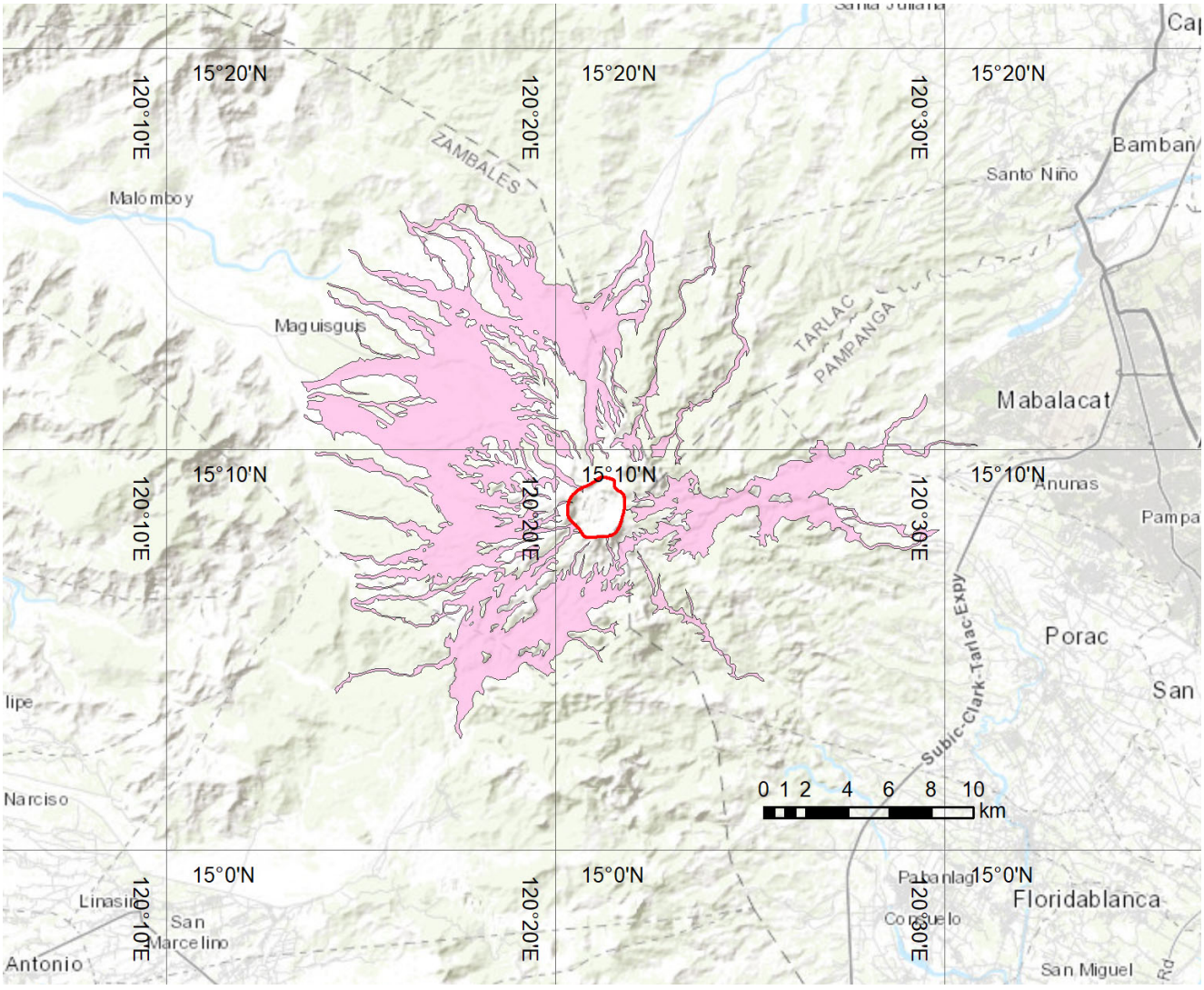
犠牲者数: 東・東南アジア地域に分布する代表的な活火山の西暦1400年以降の火山噴火イベントによる5名以上の犠牲者数とその要因（火砕流，岩屑なだれ，降下火砕物及び噴石，火山泥流，津波，火山ガス，その他関連事象）を取りまとめた．ここでは，パプアニューギニアの9火山13イベント，ソロモン諸島の2火山3イベント，バヌアツの3火山6イベント，インドネシアの27火山74イベント，フィリピンの6火山20イベント，日本の21火山 36イベント，合計67火山，152イベントについて取りまとめている．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

これらのデータは，GISデータとして整備されている．地質調査総合センターの研究資料集で，詳細情報とGISデータが公開されている．また，アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム上で，閲覧・検索，データダウンロードが可能である．大規模火山の噴火イベントの影響評価等多方面に利用できる．

図: ピナツボ火山1991年噴火の火砕流堆積物の分布とカルデラの形状 (地形図はArcGISのベースマップを使用).

キーワード：大規模火砕流、降下テフラ、カルデラ、犠牲者数、ハザード
Keywords: Ignimbrite, Tephra Fall, Caldera, Fatality, Hazard



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活火山に登る登山者の防災意識調査
On the climber’ s attitudes to the Volcanic mitigation for active volcanoes.

*伊藤 英之[1]、戸谷 千鶴[2]、新井 瑞穂[2]
*Hideyuki Itoh[1], Chizuru Totani[2], Mizuho Arai[2]

1. 岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2. アジア航測株式会社
1. Faculty of policy studies, Iwate prefectural University, 2. Asia air Survey, Co.Ltd.

1.はじめに

2014年9月27日の御嶽山噴火を受け，2015年に活動的火山特別措置法が改定され，自治体は火山防災マップの配布等により避難場所，円滑な警戒避難の把握に必要な事項を周知するとともに，自治体による登山者等の情報把握の努力義務と，登山者の火山情報の収集，連絡手段の確保等の努力義務が新たに追加された。一方，登山者への火山防災情報の伝達方法について，現状では十分検討されているとは言い難く，緊急時における円滑な情報提供と避難手法の確立が急務である。また，平常時における避難路・避難経路等に関する普及啓発も重要であると考えられる。

さらに登山者等も自ら情報収集や危険箇所の把握に努めるよう努力義務が定められたが，実際に登山者が登山前に火山情報を収集しているか疑念が残る。さらに登山届の提出など基本的な安全管理行動が適切に行われているか疑問が残る。

そこで本研究では，栗駒山および秋田駒ヶ岳を対象として，登山者の活火山に対する意識調査を行った。

2. 調査項目と調査方法

調査は対面アンケートで行われた。下山した登山者に対し，登山経験，，登山届提出の有無，登山時の所持品，噴火警戒レベルの理解度等，年齢，居住地など計21項目の設問を用意した。対面アンケートは栗駒山では2018年10月6日に須川温泉付近の登山道入口で，秋田駒ヶ岳では2018年10月7日にアルパこまくさ前で実施した。サンプル数は栗駒山でN=72，秋田駒ヶ岳でN=81であった。

3.単純集計

秋田駒ヶ岳では，岩手・秋田両県からの登山者が多いのに対し，栗駒山では関東地方から大型バスで来訪する団体登山者が多く認められた。また秋田駒ヶ岳，栗駒山ともに67%の登山客が登山届を出していない。栗駒山では約40%，秋田駒ヶ岳では約25%の登山客が登っている山を活火山と認識されておらず，噴火警戒レベルに対しても十分理解がされている状況ではないことが明らかになった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 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:鈴木 毅彦、安井 真也

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

[SVC38-01] 伊豆大島南西部「地層大切断面」における先カルデラ火山新期山体形成期以降，過去約2万年間のテフロクロノロジー

*鈴木 毅彦[1]、寺山 怜[1]、松風 潤[1]、加藤 佑一[1] (1.首都大学東京都市環境学部)

15:45 ~ 16:00

[SVC38-02] **伊豆諸島新島火山，大三山及び地内島におけるテフラ層序と間々下浦火山噴出物との対比**

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、青木 かおり[1]、石村 大輔[1,2]、鈴木 毅彦[1,2] (1.首都大学東京 火山災害研究センター、2.首都大学東京 都市環境学部)

16:00 ~ 16:15

[SVC38-03] クリスタルクロットを用いたプレ噴火プロセスの制約：雲仙平成噴火の例

*岩橋 くるみ[1]、安田 敦[1] (1.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SVC38-04] ピナツボ火山1991年噴火の岩石学的研究　～マグマ供給モデルの検討～

*田村 智弥[1,2]、中川 光弘[2] (1.西日本技術開発株式会社、2.北海道大学大学院理学院地球惑星システム科学講座)

16:30 ~ 16:45

[SVC38-05] 浅間黒斑火山の火車岩屑なだれ堆積物の再発見

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

16:45 ~ 17:00

Discussion

伊豆大島南西部「地層大切断面」における先カルデラ火山新期山体形成期以降，過去約2万年間のテフロクロノロジー
Tephrochoronology in the southwest part of basaltic Izu-oshima volcanic island during last 20,000 years, off Tokyo, Pacific Ocean

*鈴木 毅彦[1]、寺山 怜[1]、松風 潤[1]、加藤 佑一[1]
*Takehiko Suzuki[1], Satoshi Terayama[1], Jun Matsukaze[1], Yuichi Kato[1]

1. 首都大学東京都市環境学部
1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

はじめに

東京の南南西110 kmに位置する伊豆大島火山は，伊豆・小笠原弧北部の火山としては最も活動度の高い火山の一つである．玄武岩マグマに由来する本火山では頻繁に噴火が発生し，過去1800年間において12回の大規模なマグマ噴火が発生した．そしてこれらの詳細な噴火史が編まれてきた（中村，1964；小山・早川，1996；川辺，2012など）．しかしながら1.8 kaのカルデラ形成前の噴火史については詳細なデータが得られていない．そこで本研究では，先カルデラ火山新期山体（古期大島層群）（川辺，1998）と呼ばれる期間，すなわち1.8 ka以降に開始した活動期の噴出物に着目する．本講演では，それらが模式的に露出する島南西部の地層大切断面において実施した多数の放射性炭素年代測定，および島外から飛来したテフラの検討結果について報告する．

従来の研究

地層大切断面は伊豆大島南西部の都道路沿いにあり，長さ600 m以上高さ約20 mにわたる，多数の降下火砕物を含む風成層（一部，溶岩も含む）の連続露頭である．川辺（1998）によればこれらの大半は先カルデラ火山新期山体を構成するものである．田沢（1990），上杉ほか（1994）は本露頭に産出するテフラ（おもに降下堆積物）に上位からO1–95，Osb96–127の番号をふった．しかしこれらはほとんどが伊豆大島起源の降下スコリア火山礫，降下スコリア質火山灰など多数の類似したテフラ層からなるため，層厚なO95や，神津島・大室ダシから飛来した流紋岩質テフラO55とO58（斎藤ほか，2007）などを除くと各々の追認・確認は困難である場合が多い．また，上杉ほか（1994）は15の放射性炭素年代測定値に基づき，最下位のテフラは25 kaかそれよりも遡るとした．しかしこの推定は，14–13 kaを示す最も古い年代値2つの放射性炭素年代値（未較正）と，噴火頻度が一定（154年間隔）であったという仮定にもとづき降下火砕物の年代を求めており充分な精度がない．

本研究の成果

本研究では降下テフラ間の火山灰土に含まれる腐植を対象に，O55の上位，下位それぞれ9，16層準で放射性炭素年代測定を実施した．得られた最も古い年代値はO95の4 m下の18,598–18,287 cal BPである．また本露頭の重要指標層であるO95は16–17 kaと推定でき，上杉ほか（1994）の推定（19.4–19.7 ka）よりも2400–3700年若い．また新島の宮塚山テフラと対比されているO55（斎藤ほか，2007）の年代は11–12 kaと推定できる．このほかK-Ahを検出し，上下からそれぞれ6,882–6,747 cal BP，8,167–8,021 cal BPの年代を得ており，K-Ahの年代値 (7,307–7,196 cal yrs BP; McLean et al., 2018)と整合する．これまで本地点での噴火史構築に際し，O95とK-Ahの層位と噴出年代（それぞれ，19.4–19.7 kaと6,330±85 yBPが用いられた）は重要な役割を果たしてきた．しかしそれらの年代の更新により，同テフラ間の期間が67–75%短縮された．これにより噴火頻度はより大きくなる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：伊豆大島、噴火史、放射性炭素年代測定
Keywords: Izu-oshima, eruption history, carbon dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊豆諸島新島火山，大三山及び地内島におけるテフラ層序と間々下浦火山噴出物との対比

Tephrostratigraphy at Daisan-yama and Jinai-jima, and correlation with eruption deposits from Mamashitaura Volcanoes in Niijima Volcano, Izu-islands

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、青木 かおり[1]、石村 大輔[1,2]、鈴木 毅彦[1,2]
*Makoto Kobayashi[1], Masanori Murata[1], Kaori Aoki[1], Daisuke Ishimura[1,2], Takehiko Suzuki[1,2]

1. 首都大学東京 火山災害研究センター、2. 首都大学東京 都市環境学部
1. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigations, Tokyo Metropolitan Univ., 2. Department of Geography, Tokyo Metropolitan Univ.

伊豆諸島新島火山は，主に流紋岩の溶岩ドーム及び同質の火砕丘群で構成される。その形成史は地質層序及び岩石鉱物学的特徴により構築され，新島本島の西岸及びその沖合に位置する大三山及び地内島が最も古い山体の一部とされている（一色，1987，伊藤，1991）。一方，新島本島の南西崖に露出する間々下浦火山噴出物（伊藤，1993）は，層厚50m以上にも及ぶ厚い火砕堆積物の互層からなり，大規模かつ爆発的な火砕噴火の存在が示唆される。しかし，向山噴出物で大部分が覆われるため，地形地質学的な観点から，新島火山の噴火履歴上での位置づけを把握するのは難しい。本研究では，大三山及び地内島の両地点で確認できるテフラ層序を確立するとともに，鉱物組成，火山ガラスの屈折率・化学組成等の特徴に基づき，間々下浦火山噴出物との対比を行い，新島火山の長期的噴火履歴の構築を目指して検討を進めている。

大三山及び地内島では少なくとも20の噴火イベントに伴うテフラ層を確認できる。広域テフラATの層準を踏まえると，これらの地点には，第四紀後期（およそ過去5万年間程度）の新島火山及び周辺火山の爆発的噴火による堆積物が保存されていると考えられる。
両地点では，約2万年前以前のテフラとして，上位より，火山豆石を含む降下火山砂（N：赤崎峰テフラ：吉田，1992（略称は新島火山全体のテフラ名称（上位よりA，B…）：小林ほか（2018））），降下火山灰（P：神津島秩父山Aテフラ（菅ほか，1992）），AT，軽石混じり降下火山灰（S；神津島秩父山Bテフラ（菅ほか，1992）），径数cmの軽石密集部を伴う火砕サージ・降下火山灰（T），火山礫・軽石混じりの降下火山灰（V），軽石混じり火砕サージ堆積物（X）を確認できる。地内島では，さらに下位のテフラとして，変質した火山岩塊を多量に含む降下火砕堆積物（Y），上位の地層とは斜交関係にある火砕サージ堆積物（Z）を確認できる。Tテフラより下位のテフラの層厚・粒径は，同露頭における他の新島火山起源のテフラよりも大きいことから，それらの給源は大三山や地内島により近い間々下浦火山が候補に挙げられる。

間々下浦火山噴出物は，伊藤・磯部（2007）によれば，鉱物組成の違いや土壌層の挟在及びその中に含まれる炭化木片の^{14}C年代値より，カミングトン閃石流紋岩からなる上部間々下浦火山（噴出年代：約2万年前），黒雲母流紋岩からなる下部間々下浦火山（同：約3.5万年前以前）と大別されている。現地では，上部間々下浦火山噴出物は，層厚数10m以上の流紋岩の火山岩塊・火山礫及び軽石を多く含む火砕サージ・降下火砕物の互層からなり，下位ほど褐色変質した火山岩塊（玄武岩？）を多く含む。一方，下部間々下浦火山噴出物は，層厚20m以上の火砕流と火砕サージの互層が発達し，それらを覆って火山岩塊を多量に含む岩屑流及びこれと指交関係にある土石流状の堆積物が分布する。

大三山及び地内島で確認したテフラ（T，V，X等）及び間々下浦火山噴出物を対象に，鉱物組成観察，火山ガラスの屈折率測定及び主成分化学組成分析を実施した。
Tテフラは，角閃石及びカミングトン閃石を多く含み，火山ガラスの屈折率は1.497-1.500，K_2O量は

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3.0～3.3wt%，CaO量は0.7～1.0wt%を示す。この特徴は，上部間々下浦火山噴出物の一部層準（屈折率：1.496-1.499，K_2O量：3.0wt%前後，CaO量：0.7～0.9wt%）とよく類似する。一方，その下位にあたるV及びXテフラは，角閃石とカミングトン閃石に加えて黒雲母を含む点で下部間々下浦火山噴出物と類似するが，火山ガラスの屈折率及びCaO量が有意に異なることから，これらを対比することは困難である。

以上のことから，大三山及び地内島で確認できるテフラのうち，Tテフラは上部間々下浦火山の噴出物である可能性が高く，その年代は3万数千前と考えるのが適当である。一方，下部間々下浦火山の噴出物に対比可能なテフラは，現時点では大三山及び地内島には確認できず，その年代を評価することはできない。なお，地内島では，TテフラとVテフラとの間に層理が発達した軽石混じりの粗粒砂からなる厚い堆積物を確認でき，新島火山の山体形成を構築する上でその成因は興味深い。

キーワード：大三山、地内島、間々下浦火山、新島火山
Keywords: Daisan-yama, Jinai-jima, Mamashitaura Volcano, Niijima Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

クリスタルクロットを用いたプレ噴火プロセスの制約：雲仙平成噴火の例
Constration of pre-eruptive process using crystal clot: A case study of Unzen 1991-95 eruption

*岩橋 くるみ[1]、安田 敦[1]
*Kurumi Iwahashi[1], ATSUSHI YASUDA[1]

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

1. はじめに

噴火のトリガーの一つとして，マグマだまりへのマグマ供給とそれに伴うマグマ混合が考えられている．このマグマ混合のプロセスがどのように起こるかは，混合後に噴火が発生するかそれとも噴火未遂に終わるのかを支配しうる．従って，マグマだまりにおける混合プロセスを知ることは噴火の開始，また噴火の推移のメカニズムについて理解する上で重要であると考えられる．

本研究では，雲仙平成噴火を対象とした．この噴火は1991-95年の期間にわたり継続した主にデイサイト質の非爆発的噴火であり，溶岩ドームの形成とその崩壊による火砕流の発生を繰り返した．また，活動の中で2回ブルカノ式噴火が発生している．この噴火に先立ち，無斑晶質の高温苦鉄質マグマと斑晶に富む低温珪長質マグマの二端成分混合が起こったと考えられている (e.g., Sato et al., 1999)．この噴火は地球物理・岩石学的研究が数多くなされており(e.g.,Kohno et al., 2008;Nakada and Motomura, 1999)，プレ噴火過程について理解する上で適した対象である．

ところで近年，角閃石単相の化学組成を用いた温度計・化学組成計が提案されてきている(e.g., Ridolfi and Renzulli, 2012; Putirka,2016). これらの温度計・化学組成計は，角閃石単相の化学組成のみから，角閃石の成長環境条件（共存メルトの温度と化学組成）を見積もることが出来る.著者らは，これまでに雲仙平成噴火の噴出物中の角閃石斑晶にこれらの手法を適用することで，雲仙平成噴火のプレ噴火過程においては以前より考えられていたような高温マグマと低温マグマの二端成分混合ではなく，高温・中温・低温の三端成分の混合が起こっていたという結果を得た(iwahashi et al.，JpGU2018).

平成噴火の噴出物中にはしばしばクリスタルクロットが含まれており，主に角閃石，斜長石，不透明鉱物により構成されている．また，マスバランス計算などにより雲仙火山のマグマだまりはマッシュ状であると考えられている (e.g., Nakamura, 1995)．結晶同士が接しており，かつ間に粒間メルトを残しているという特徴を持つことから，クリスタルクロットはマッシュ状マグマだまりの一部である可能性がある．このことから，クリスタルクロットを調べることで雲仙火山のマグマだまりについての有益な情報を得ることができると期待される．

そこで，本研究では，角閃石斑晶に加え，クリスタルクロットを用いて同噴火のプレ噴火過程について更に検討した．

2. 研究方法

本研究では，雲仙平成噴火の異なる時期に噴出した11の噴出物を試料として用いた．これらの試料はいずれもクリスタルクロットを含んでいた．クリスタルクロットは，角閃石，斜長石，Fe-Ti酸化物から構成されていた．これらのクリスタルクロットについて，角閃石，斜長石, 粒間メルトの化学組成の分析を行った．

3. 結果

クリスタルクロット中の角閃石は，Type A, Type B, Type C, Type Dの４種類に分類された．Type Aは累帯構造を持つもの，Type Bは反応縁を持つもの，Type Cは累帯構造と反応縁の両方の特徴を持つもの，Type Dは全体に化学組成が均質なものである．これらの角閃石は，タイプに依らずチェルマカイトとマグネシオホルンブレンドの二種類に大分され，両者の間には組成ギャップが見られた．これらの角閃石にPutirka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(2016)の角閃石単相温度計を適用したところ，マグネシオホルンブレンドはおよそ 750-800℃，チェルマカイトはおよそ850-950℃の温度を示し，それぞれ低温端成分と中温端成分に対応する．また，角閃石と共存しうるメルトのSiO2含有量は，中温端成分に対応する角閃石でおよそ60-67wt.%，低温端成分に対応する角閃石でおよそ66-73wt.%と見積もられた．一方で，クリスタルクロット中に実際に含まれる粒間メルトのSiO2含有量はおよそ68-72wt.%であり低温端成分に対応する角閃石から見積もられたSiO2含有量と一致する．

クリスタルクロット中の斜長石はその多くがオシラトリーゾーニングを持っていた．リムのAn値(=100*Ca/Ca+Na)はいずれもおよそ60-75であり，クリスタルクロット中・クリスタルクロット同士で明確な特徴の違いは見られなかった．斜長石と粒間メルト組成から，飽和含水量を求め(e.g., Putirka, 2008），形成深度（最低値）の推定を行うと，およそ12kmとなった．

4. 議論

クリスタルクロットを構成する斜長石と粒間メルトから見積もられたクリスタルクロットの形成深度は，すべてメインのマグマだまりの深度とおおよそ一致している．一方で，中温マグマに対応する角閃石の累帯構造は他の結晶によって切られており，中温マグマの混合がクリスタルクロット形成以前にあったことを示唆している．このことから，中温マグマは平成噴火以前から存在していたと考えられる．また，角閃石温度計より得られた温度とNoguchi et al.(2008)の相図の比較により，中温端成分マグマ中には斜長石が存在しないことが示唆される．斜長石の種類にバリエーションが見られないこともこれを支持する．

本発表では，以上のことに加え，雲仙平成噴火のプレ噴火過程におけるマグマだまりの描像と中温マグマだまりのより詳細な描像について得られた知見を発表する予定である．

キーワード：プレ噴火過程、クリスタルクロット、角閃石
Keywords: pre-eruptive process, crystal clot, amphibole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ピナツボ火山1991年噴火の岩石学的研究　～マグマ供給モデルの検討～
Petrological study of Pinatubo 1991 eruption ~ Discussions of magma plumbing model~

*田村 智弥[1,2]、中川 光弘[2]
*Tomohisa Tamura[1,2], Mitsuhiro Nakagawa[2]

1. 西日本技術開発株式会社、2. 北海道大学大学院理学院地球惑星システム科学講座
1. West Japan Engineering Consultants, Inc., 2. Earth and Planetary System Science, Hokkaido University

はじめに

フィリピン、ルソン島北部に位置するピナツボ火山は1991年6月15日に20世紀最大規模の噴火を起こした．この噴火に関わる主な噴出物は6月7日に山頂に出現した溶岩ドームを形成する安山岩質溶岩（J7-LD）とそれに含まれる玄武岩質包有物（J7-ME）、6月12日に発生した最初のプリニー式噴火による安山岩質スコリア（J12-P）、そして6月15日の最大規模のクライマクス噴火によるデイサイト質軽石（J15-C；灰色・緻密で斑晶量が少ないものをJ15-CP、白色・発泡で斑晶量が多いものをJ15-CR）からなる．これらの噴出物についてはPallister *et al.*(1996)をはじめとして多くの岩石学的研究がされており、ピナツボ火山1991年噴火のマグマ供給モデルは「珪長質マグマ溜まり内に苦鉄質マグマが貫入することで安山岩質マグマが形成される」という一般的なマグマ混合モデルによって説明されてきた．しかしながら今回、ピナツボ火山1991年噴火の噴出物の全岩化学組成および鉱物化学組成を測定した結果、この1991年噴火のマグマ供給モデルについての新知見が得られたのでここに報告する．

研究手法

試料は岩石薄片を作成し偏光顕微鏡下で観察を行い、斑晶モード組成を測定した．また、化学分析は北海道大学理学部のXRFで溶岩やスコリア、軽石の主・微量成分組成を、同大学理学研究院マグマ変遷解析センターのSEM-WDSで斑晶鉱物の主成分組成をそれぞれ測定した．

結果と考察

ピナツボ火山1991年噴火の噴出物は岩石の化学組成の違いに関わらず、斜長石と角閃石の斑晶を主体的に含み、カンラン石、単斜輝石、黒雲母、石英、不透明鉱物も少量含む．各噴出物の全岩化学組成をハーカー図にプロットするとSiO_2量の変化に対して玄武岩J7-ME（玄武岩）からJ7-LDとJ12-P（安山岩）、J15-C（デイサイト）まで一直線のトレンドを示し、既往の研究と同様にマグマ混合が起きているように見える．しかしながら、J15-Cの組成に着目すると、マグマ混合による直線的なトレンドとは交差する別のトレンドを持ち、組成幅も認められる．なお、J7-LDとJ12-P（安山岩）にもこれと同様の交差したトレンドと組成幅が認められる．特にK_2OやRb量においてこの組成幅は顕著であるが、カリウムを比較的多く含む角閃石や黒雲母の斑晶量との関係性は見られない．したがって、ピナツボ火山の珪長質マグマは苦鉄質マグマとの混合前から不均質な組成であったと考えられる．

斜長石コアや角閃石コアは幅広い組成を持っており、斜長石コア組成と角閃石コア組成のそれぞれと平衡なメルト組成を算出した結果、珪長質マグマのメルトに異なる2つの組成（D1とD2）の存在が示唆された．この2つのメルト組成は、斜長石や角閃石斑晶内に包有されたメルト包有物のガラス組成と一致した．以上のことは珪長質マグマに不均質性があることを意味しており、珪長質な2つの端成分マグマの混合によって、不均質な珪長質マグマが生成されたと考えられる．

また、J15-Cに含まれる斑晶鉱物は正累帯と逆累帯構造の斑晶が共存し、またライン分析結果からは正累帯と逆累帯を繰り返すものが認められる．斜長石の組成は晶出した時のメルトの組成や温度に依存することから、メルトの組成や温度に不均質性がありマグマ溜まり内部は対流していたことが示唆される．このことは前述した珪長質マグマの不均質性と整合的である．さらに、J15-Cの全岩組成はD1とD2の間を連続的に変化することから、珪長質マグマ溜まり内の組成変化は連続的であると考えられる．

結論

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1991年噴出物の化学分析の結果、J15-Cのデイサイト質マグマに組成幅があることが分かり、これは斜長石や角閃石などの斑晶鉱物にも組成幅が見られることと整合的であった．また、珪長質マグマは苦鉄質マグマとの混合前から組成的に不均質であり、組成の異なる2つの端成分マグマであるD1とD2が存在していた．2つの端成分マグマはマグマ溜まり内部の対流によって混ざり合うことで、両者の中間で連続した組成のマグマが生成された．さらに、1991年噴火に近づくと、不均質な珪長質マグマ溜まりに苦鉄質マグマが貫入して混合した結果、マグマ混合トレンドと交差しかつ組成幅のある安山岩質マグマが生成された．

謝辞

本研究で使用した試料は米国カスケード火山観測所のJohn Pallister博士および東京大学地震研究所の小屋口剛博教授から提供していただいた．以上の方々に深く感謝いたします．

キーワード：ピナツボ火山、珪長質マグマの不均質性、マグマ混合
Keywords: Pinatubo volcano, Heterogeneous of silicic magma, Magma mixing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浅間黒斑火山の火車岩屑なだれ堆積物の再発見
Rediscovery of the Higuruma Debris Avalanche Deposit in Asama-Kurofu Volcano

*安井 真也[1]、高橋 正樹[1]、金丸 龍夫[1]
*Maya Yasui[1], Masaki Takahashi[1], Tatsuo Kanamaru[1]

1. 日本大学文理学部
1. College of Humanities and Sciences, Nihon University

Asama-Kurofu volcano experienced a large-scale sector collapse in its later stage indicated by a horse-shoe shaped caldera and debris avalanche deposit in the distal flank. The area immediately east of the collapsed caldera is occupied by younger volcanic edifices of Hotokeiwa and Maekake. The medial area that is a flank slope of the former Kurofu is thickly covered with the younger deposits from Hotokeiwa and Maekake. Therefore, few information was available for the distribution and thickness of the debris avalanche deposit. Hummocky topography develops on the eastern area of Maekake and Hotokeiwa volcanoes. Geological survey especially in the valley bottom in the hummocky area in the Gunma Prefecture Asama Dairy Farm, the Nagakurayama National Forest, and its vicinity was carried out in this study. Outcrops of the deposits those occurrences were typical of debris avalanche were occasionally found in the valley bottom. In addition, 50-meter deep borehole core sample was taken on the ENE flank slope of Maekake volcano. This is a part of the “integrated program for next generation volcano research and human resource development” supported by ministry of education, culture, sports, science and technology, Japan. Thick debris avalanche deposit of 27 meters was recognized in the lower half of the borehole core sample. That is, weakly stratified and partly solidified tuff breccia that is characterized by heterogeneous matrix and occasional mega-blocks is observed. Whole-rock chemical analyses of the blocks from these deposits show that they are the same as those of the Asama-Kurofu and Asama-Sennin volcanoes. The distribution of “Higuruma debris avalanche” was shown on Yagi (1936) ‘s geologic map but few descriptions were made about it. The deposit confirmed in this study corresponds to the Higuruma debris avalanche and the description including thickness will be a clue for understanding the scale of the sector collapse.

キーワード：浅間火山、岩屑なだれ堆積物、山体崩壊
Keywords: Asama volcano, debris avalanche deposit, sector collapse

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[S-VC39] 火山の熱水系

コンビーナ:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)、神田 径(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、大場 武(東海大学理学部化学科)、座長:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院)、大場 武、神田 径

マグマと地表との間には、異なる地学環境の中で、多様な熱水系が生じている。熱水系の理解は地球システムの理解に寄与するとともに、地熱エネルギー利用或いは火山噴火予知においても欠かすことはできない。本セッションでは火山の熱水系に関して、地球物理・地球化学・地質学・貯留層工学的立場からの地下構造及び熱と流体の流れに関する議論を集中的に行う。理論・観測・実験いずれの立場からの研究も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[SVC39-01] 多項目調査に基づく十勝岳の熱水系の検討

*高橋 良[1]、岡崎 紀俊[1]、田村 慎[1] (1.北海道立総合研究機構地質研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC39-02] 箱根火山における2015年噴火後の噴気・温泉活動と地震地殻変動

*萬年 一剛[1]、原田 昌武[1]、行竹 洋平[1]、菊川 城司[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

9:30 ~ 9:45

[SVC39-03] A possible geothermal source at around 4 km depth estimated by the seismic observation in Ibusuki geothermal area

*笠原 順三[1,3]、羽佐田 葉子[2,1]、久詰 陽康[1] (1.エンジニアリング協会、2.大和探査技術(株）、3.静岡大学)

9:45 ~ 10:00

[SVC39-04] 草津白根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化

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

10:00 ~ 10:15

[SVC39-05] 霧島連山と薩摩硫黄島における熱水活動に伴うヒ素と水銀の挙動

*羽渕 元哉[1]、益田 晴恵[1]、新谷 毅[1]、古谷 宗三[1]、森 啓悟[1]、石橋 純一郎[2]、松島 健[2]、武内 章記[3]、大嶋 将吾[4]、井川 怜欧[5] (1.大阪市立大学、2.九州大学、3.国立環境研究所、4.西日本技術開発株式会社、5.産業技術総合研究所)

10:15 ~ 10:30

[SVC39-06] 霧島山硫黄山の湧水･湯だまりの水質

*谷口 無我[1]、大場 武[2]、外山 浩太郎[3]、気象庁 福岡管区気象台[4]、気象庁 鹿児島地方気象台[4] (1.気象研究所、2.東海大学、3.東京大学大学院、4.気象庁)

多項目調査に基づく十勝岳の熱水系の検討
Hydrothermal system of Tokachidake volcano, Japan: Examination from multi-disciplinary surveys

*高橋 良[1]、岡崎 紀俊[1]、田村 慎[1]
*Ryo Takahashi[1], Noritoshi Okazaki[1], Makoto Tamura[1]

1. 北海道立総合研究機構地質研究所
1. Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization

北海道の中央部に位置する十勝岳は20世紀以降もマグマ噴火（1926年、1962年、1988-1989年）を繰り返しており、最後のマグマ噴火から既に30年が経過している。最近は地震活動の活発化や火口域の膨張、温泉成分の変化などが観測され、近い将来のマグマ噴火が危惧されている。1926年噴火では大規模な泥流（大正泥流）が発生しており、山体内からの熱水の噴出（熱水サージ）が泥流の規模を大きくした可能性が指摘されている（Uesawa, 2014）。また、十勝岳周辺の温泉では、火山活動に関連した化学成分の変化が観測されている（Takahashi et al., 2015）。これらのことから、十勝岳での前兆現象や、起こりうる噴火活動を的確に把握するためには、山体内の熱水系についての理解が重要である。そこで、我々はMT探査や熱水変質調査、噴気・熱水調査などを行い、十勝岳の熱水系について検討した。

MT探査は十勝岳を北西ー南東方向に横断する13地点で行った。その結果、山体内にいくつかの低比抵抗域が認められた（田村ほか，2017）。一つは山頂火口域の地下3～4kmよりも深い場所に認められる深部低比抵抗域である。この深部低比抵抗域では地震は起こっておらず、その外側に震源が分布する。そのため、この低比抵抗域の外縁は脆性延性境界に一致していると考えられる。もう一つは火口域の地下300～1500m付近に認められる浅部低比抵抗域である。これらの低比抵抗域の特徴について、他の調査結果を基に検討した。

十勝岳周辺に分布している水蒸気噴火堆積物や1926年噴火に伴う山体崩壊堆積物などの山体内部からもたらされた堆積物に対して熱水変質調査を行い、山体浅部の熱水系の分布を検討した。その結果、火口域の地下500m以深には石英やパイロフィライトを特徴的に含む熱水系が分布していることが分かった（Takahashi & Yahata, 2018）。変質鉱物の組み合わせに基づくと、この熱水系の温度は200～300℃と推定される。また、噴気調査の結果からは地下浅部に200～300℃の熱水系が存在している可能性が示唆された。これらの調査から捉えられた火口域の地下浅部に分布する熱水系は、浅部低比抵抗域に一致すると考えられる。なお、1926年の山体崩壊に伴う熱水サージ堆積物（Uesawa, 2014）中の熱水変質鉱物を検討した結果、熱水噴出は熱水系本体からではなく、最上部のごく一部からのみ起こったと考えられる（Takahashi & Yahata, 2018）。

十勝岳周辺の温泉では、1986年から30年以上にわたって観測を行っている。その観測の結果、山頂火口域の西麓約3kmに位置する吹上温泉地域では、火山活動の活発化に伴ってマグマに由来する高温・高NaCl濃度の熱水（高NaCl熱水）が供給され、温泉水の温度や化学成分が変化することが分かっている（Takahashi et al., 2015）。このことから、十勝岳の地下のマグマ周辺には高NaCl熱水が分布している領域があると考えられる。高温・高NaCl濃度の熱水は電気伝導度が高いため、その分布域は低比抵抗域として捉えられることが考えられる。したがって、深部低比抵抗域は、一部はマグマ本体の可能性もあるが、高NaCl熱水の分布域である可能性がある。

以上のように、十勝岳において多くの調査を行った結果、火口域の浅部には200～300℃の熱水系が分布していることがわかった。また、火口域の深部にはマグマに由来する高NaCl熱水が分布している。今後も調査・観測を続けることによって、この熱水系モデルを改定していき、より詳細な十勝岳の火山活動の把握につなげていく必要がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：十勝岳、熱水系、MT探査
Keywords: Tokachidake volcano, hydrothermal system, magnetotelluric survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

箱根火山における2015年噴火後の噴気・温泉活動と地震地殻変動
Fumarole and hot spring activities after the 2015 eruption of Hakone Volcano and their relationships with the seismicity and crustal deformation

*萬年 一剛[1]、原田 昌武[1]、行竹 洋平[1]、菊川 城司[1]
*Kazutaka Mannen[1], Masatake Harada[1], Yohei Yukutake[1], George Kikugawa[1]

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

箱根火山では2015年にごく小規模な水蒸気噴火が発生した．この噴火の噴出中心となった大涌谷では，噴火前に顕著な噴気活動がほとんど無かったが，噴火に関連して20以上の火口・噴気孔が新たに開口し，現在も活動中である．我々は噴火後の火山活動を監視するため，２週間に１回程度の頻度で，これらの噴気孔の噴気温度と，周辺に湧出する温泉の化学組成の測定を実施している．本発表では，その結果と，箱根火山の地震地殻変動との関連について述べる．

1　噴気温度

2015年噴火に関連して形成された噴気孔は20以上あるが，そのうちアクセス可能で主要な10の噴気孔についてこれまで温度測定を行ってきた（萬年・ほか，2019）．これらの噴気孔は噴火直後，遠望観測による限りいずれも単一の開口部からなる単純な形態をしていた．しかし，2015年末以降，複数の噴気塔を形成したり，噴気場所が移動するようになった．このため，測定開始当初から同一の開口部で安定した測定を実施出来ているのは，15-12噴気孔（2017年5月1日～）と16-1噴気孔（2018年1月11日～）に限られている．

15-12噴気孔の噴気温度は2017年8月頃まで150 ℃を超えていたが，徐々に低下し2018年末には120 ℃台前半にまで低下した．また，16-1噴気孔の噴気温度は2018年2月には140 ℃前後あったが，やはり徐々に低下し，2018年末には130 ℃ 台前半にまで落ちた．

一方，15-1および15-14B噴気孔は，噴気の出口が安定していないものの，高温の噴気が観測され続けており，両者とも2018年12月末でも150 ℃台前半を記録している．しかし，高温の噴気を探索するのが難しくなっていることや，閉塞する噴気孔もあることなどから，全体としてみると噴気の温度や勢いは低下傾向にあると考えられる．なお，これまでに観測された噴気の最高温度は，15-1で2017年8月23日に記録した162.0℃である．

2　温泉・表流水の化学組成

大涌谷地域では，13点の自然湧泉や表流水，造成温泉の化学分析を繰り返し実施している（菊川・ほか，2019）．このうち，噴出中心を集水域とする大涌沢の沢水については，2015年の火山活動の活発化に関連して塩化物イオンの濃度が，Cl/SO4比で1.0前後まで上昇したことが報告されている（Mannen et al. 2018）．塩化物イオンの濃度は2017年に入る頃までには低下したが（Cl/SO4比で0.2程度），2017年11月から翌年1月にかけて塩化物イオンの濃度がやや上昇した（Cl/SO4比で0.3程度）．また，52号蒸気井の造成

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

温泉は2017年4月下旬から10月下旬にかけて電気伝導度の上昇，pHの低下が顕著に見られたほか塩化物イオン濃度も上昇した．

大涌谷地域の建物の床下からでている自然噴気の繰り返し測定では（Mannen et al. 2018），噴火後，時間とともにCO2/H2S比が徐々に低下をしている．2017年は低下の傾向が一時的に減衰したようにも見えるが明瞭ではない．一方，代田ほか（2018）は大涌谷の北にある上湯噴気地で，噴気のCO2/H2S比が2017年6月頃に上昇したことを報告している．

3　2017年の地震地殻変動と噴気・温泉活動

箱根火山では熱水活動の活発化に先行して群発地震活動や，深部低周波地震活動や，山体を挟む基線長の増加が観測されてきた（Harada et al. 2018; Mannen et al. 2018）．2015年噴火の後，群発地震と呼べるほど活発な地震活動は無かったが，2017年4月下旬から5月上旬にかけて金時山付近で地震活動がやや活発になった（行竹・ほか，2018）．深部低周波地震は，Matched Filter法による解析で（行竹, 2017），これに先立つ2017年4月中旬頃に活発になったことがわかった．また，基線長の増加は同年5月初めから11月終わり頃に認められ，小田原―裾野2間で約12mmの伸長が認められた（2015年の活発時の伸長量は約21mm）．これらの時期，噴気の温度に顕著な変化は認められないが，前述の通り造成温泉の成分変化が4月下旬以降，噴気地帯の表流水の塩化物イオン濃度の上昇が11月以降に認められ，熱水活動の活発化が示唆される．

以上のように，箱根火山は2015年噴火後，顕著な活発化は見られないものの，2017年には2001年の噴気異常や2015年の噴火に類似した活動を非常に微弱ながらも見せており，何らかの活動活発化が疑われる．一方，この活動は地震活動がこれまでに比べて大幅に小さい点や，基線長の増加速度が顕著に低い点が，これまでの活動とは大きく異なる．また，代田・ほか（2018）は，上湯場噴気地でのCO2/H2S比上昇量も2017年のそれは2015年や2013年よりかなり小さく，上昇後の減衰も緩やかであることを指摘している．以上のように2017年の活動は，それ以前の類似した活動と強度や様態が異なるが，これはマグマ・熱水システムが噴火で変化したことを反映している可能性があり注目される（代田・ほか，2018）．

【文献】代田・ほか（2018）火山学会秋季予稿 P113.：Harada et al. (2018) EPS 70, 152；菊川・ほか（2019）温地研報告, 50, 69.：Mannen et al. 2018 EPS 70, 68.：行竹（2017）温地研報告 49, 1.：行竹・ほか（2018）温地研観測だより 68, 47.

キーワード：箱根、深部低周波地震、山体膨張、噴気、温泉、火山活動
Keywords: Hakone, Deep low frequency earthquake, inflation of edifice, fumarole, hot springs, volcanic activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A possible geothermal source at around 4 km depth estimated by the seismic observation in Ibusuki geothermal area

*笠原 順三[1,3]、羽佐田 葉子[2,1]、久詰 陽康[1]
*Junzo Kasahara[1,3], Yoko Hasada[2,1], Hiroyasu Kuzume[1]

1. エンジニアリング協会、2. 大和探査技術(株）、3. 静岡大学
1. ENAA, 2. Daiwa Exploration and Consulting Co., 3. Shizuoka Univ.

Introduction: The Medipolis is located in Ibusuki geothermal area, Japan. There are three geothermal boreholes in the field. The geothermal characteristics of the boreholes were studied by NEDO (2008-2010). The IK-1 borehole is commercially used for the electric power generation. The IK-4 is used for observation. The depths of three boreholes are around 1,500 m. The temperature of the boreholes was approximately 250˚C around the 900 m-depth and the production depth for the steam is around 1,200 m. The temperature model by NEDO (2008-2010) proposes a hot reservoir around the NE direction of IK-1 and IK-4 boreholes although it is not confirmed by real drillings.

To know the precise geothermal characteristics of this field, we conducted a seismic observation by a fiber-optic distributed acoustic sensor (DAS) and ground surface seismometers in November 2018.

Field observation: We installed 20 sets of 3C seismometers along the 2 km-long EW line and deployed a fiber-optic cable for the DAS and distributed temperature (DTS) measurements down to 977 m depth. We measured the temperature and seismic signals using the same fiber-optic cable for DAS and DTS. The total DAS observation period is 4.5 days. The interval of ground surface seismometers is approximately 100 m. We observed seven natural earthquakes by DAS and surface seismometers. The largest observed earthquake is M5.2 which occurred west of Tanegashima with 123 km focal depth. The temperature of the IK-4 was measured as 264˚C by DTS at the 914 m depth.

Observed waveforms: The first arrivals of the M5.2 earthquake measured by DAS are traveling from the 977 m depth to the wellhead with the velocity of 4 km/s~3 km/s. There are no evident reflections from the deeper zone than 1,000 m. In addition, any evident attenuation of seismic waves is not identified in the high temperature zone around the 914 m-depth.

Surface seismometers show unusual waveform characteristics. Although the amplitudes of the P-wave first arrivals of M5.2 earthquake on vertical seismometers are small, the EW and the NS seismometers show small P first arrivals and succeeding large amplitude phase with a second delay. Because this phase is recognized only on EW and NS components, this phase is possibly P-to-S converted phase. The aftershocks of the M5.2 Tanegashima also showed similar waveforms as those of the M5.2 event. Other earthquakes also showed similar characteristics on the horizontal components.

Interpretation of P-to-S converted phase: We examined the cause of estimated P-to-S conversion. The delay time from the P first arrival to the P-to-S converted phase is estimated as ~0.8 s. We assumed a low Vp/Vs zone at the 4 km-depth with 500 m thick and calculated synthetic waveforms generated by deep seismic sources corresponding to natural earthquakes. The seismic velocity profile estimated by the DAS observation is used in the calculation. The models can explain the observed characteristics such as small P amplitude and large P-to-S converted phase on horizontal components, when incident seismic wave is slightly oblique to the low Vp/Vs zone. We also estimated borehole waveforms and ground surface

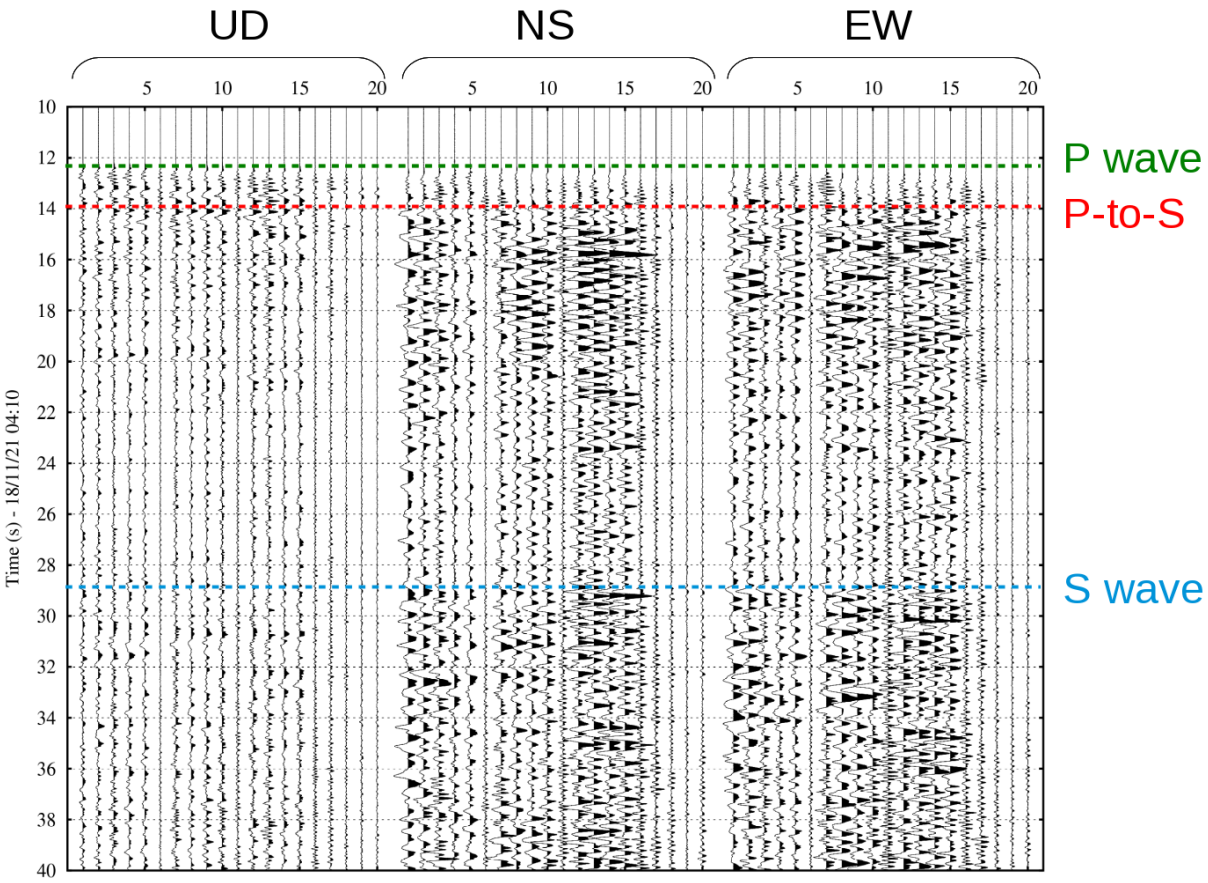
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

waveforms.

Discussion and conclusions: According to the simulation, there is a chance to prove the presence of the low Vs zone at the 4 km-depth. Because the temperature around ~900 m is 264˚C, the low Vs zone might be useful for a future geothermal energy source. For either case, more detailed study of the proposed low Vs zone is required.

Acknowledgements: This study is supported by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). Medipolis Energy Co. kindly allowed the use of their IK-4 geothermal well for this study. Mr. Kimura provided us with the Schlumberger hDVS measurements. WELMA Co. provided us with the borehole fiber-optic system and measurement of temperatures in the borehole. The staff of West Japan Engineering Consultants, Inc., helped us during the field study.

キーワード：地熱フィールド、地震波、Vp/Vs、P-S変換、地熱貯留層、パッシブ地震波震源
Keywords: Geothermal field, Seismic wave, Vp/Vs, P-to-S conversion, Geothermal reservoir, Passive seismic source



The seismic records of M5.2 Tanegashima earthquake obtained by the surface seismometers. The labels on the horizonal axis are the station numbers and the station interval is approximately 100 m. The vertical axis is time in seconds. The horizontal dotted lines denote arrival times for P, P-to-S, S waves, respectively.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

草津白根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化
Time variation in the chemical and isotopic composition of fumarolic gases at Kusatsu-Shirane volcano Japan

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、沼波 望[1]、外山 浩太郎[3]、角野 浩史[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、新宮原 諒[4]
*Takeshi Ohba[1], Muga Yaguchi[2], Nozomi Numanami[1], Kotaro Toyama[3], Hirochika Sumino[3], Urumu Tsunogai[4], Masanori Ito[4], Ryo Shingubara[4]

1. 東海大学理学部化学科、2. 気象庁気象研究所、3. 東京大学大学院　総合文化研究科　広域科学専攻、4. 名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻
1. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 2. Meteorological Research Institute, JMA, 3. The University of Tokyo Graduate School of Arts and Sciences Department of Basic Science, 4. Nagoya University Graduate School of Environmental Studies

草津白根火山では2014年と2018年に火山性地震が頻発し，2018年1月には本白根山で小規模な水蒸気噴火が発生した．火山性地震に代表される火山活動と噴気の化学組成および安定同位体比の関係を調べるために，噴気を繰り返し採取・分析した． 2014年7月から2017年11月にかけCO2/H2O，He/H2OおよびN2/H2O比は単調に低下し，噴気に含まれるマグマ成分の減少を示唆した．これとは対照的にCH4/H2O比は地震の静かな期間中に著しく増加した．これは熱水系の流体が還元的になりCH4の形成に有利な条件が成立したことを示唆している．静穏期においてマグマ成分のN2/He比は高く，熱水系に対する地殻成分の付加を示唆している．火山性地震が頻発した2018年にN2/He比は静穏期の比よりも明らかに低下し，マグマの脱ガスの際にN2が優先的に失われたと推定される．

噴気のδD（H2O），δ18O（H2O）およびCO2/H2O比に基づき草津白根山の熱水系における流体の進化をモデル化した．マグマ性ガスは天水起源の冷たい地下水との混合し，一次蒸気相と熱水相を生成する．さらに一次蒸気相に天水起源の蒸気相が添加する．このようにして形成された蒸気は熱水溜まりから地表までの移動過程で部分的な水蒸気の凝縮を受ける．上記のモデルでは共通のマグマ性ガスが進化することにより山頂北側地熱地帯，殺生河原地熱地帯，万座地区地熱地帯の噴気組成を合理的に説明することができる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島連山と薩摩硫黄島における熱水活動に伴うヒ素と水銀の挙動
Behavior of Arsenic and Mercury related to hydrothermal activities in Kirishima, Satsuma Iwojima, and Yamagawa, Kyushu Japan

*羽渕 元哉[1]、益田 晴恵[1]、新谷 毅[1]、古谷 宗三[1]、森 啓悟[1]、石橋 純一郎[2]、松島 健[2]、武内 章記[3]、大嶋 将吾[4]、井川 怜欧[5]
*Motoya Habuchi[1], Harue Masuda[1], Tsuyoshi Shintani[1], Shuzo Furuya[1], Keigo Mori[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Takeshi Matsushima[2], Akinori Takeuchi[3], Syogo Oshima[4], Reo Ikawa[5]

1. 大阪市立大学、2. 九州大学、3. 国立環境研究所、4. 西日本技術開発株式会社、5. 産業技術総合研究所
1. Osaka City University, 2. Kyushu University, 3. National Institute for Environmental Studies, 4. West Japan Engineering Consultants, Inc., 5. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

ヒ素と水銀は火成作用とそれに伴う熱水活動によって地下深部から地表へ移動する挙動のよく似た元素である。本研究では、鹿児島県と宮崎県の地熱水を対象として、ヒ素と水銀がマグマから熱水を通して地表へ移動する過程を追跡した。2017年11月～2018年3月にかけて、薩摩硫黄島で温泉水8試料、霧島温泉水4試料を、また山川温泉・鰻池温泉から3試料を採水した。また、2018年7月～12月にかけて霧島連山の硫黄山に2018年4月の水蒸気噴火によって新しく形成された湯だまりを中心として熱水と低温湧水を合計33試料と周辺河川水9試料を採水した。試料は持ち帰り、主成分とヒ素・水銀の定量分析と水の水素・酸素同位体比測定を行った。

硫黄山の熱水の水温は最高で94.5℃、pHは0.8-1.7であった。塩化物イオンと硫酸イオンの最大濃度は300mMと190mMであり、2成分間には正の直線関係が得られた。また、これらの陰イオンが最大濃度を示す試料のpHが最小であることから、端成分となる高温流体は塩酸・硫酸酸性である。硫酸イオンは天水由来の地下水によりマグマ起源流体中の成分が酸化されることによって生じている。高温熱水のδ^{2}Hとδ^{18}Oは-25～-5‰と+4～+9‰のマグマ水の範囲にあるものが多く観察された。熱水中の総ヒ素濃度は1210-4640μg/lで、硫酸イオンと正の直線関係がある。熱水中の溶存総水銀濃度は0.5-85ng/l、懸濁態総水銀濃度は0.5-826ng/lであった。水銀がとりわけ高濃度である熱水はヒ素を高濃度に含んでいることから、ヒ素や水銀は塩素やイオウと同じ起源を持つと判断された。近傍の霧島温泉・栗野岳温泉の噴気の塩化物イオンと硫酸イオン濃度は0.2mM以下と最高26mMであった。総ヒ素濃度は0.58-24μg/l 懸濁態総水銀濃度は最大1980ng/lであった。海水が循環している薩摩硫黄島と山川温泉では海水成分の割合が高い熱水で総ヒ素濃度が高くなる傾向があり、最高濃度は薩摩硫黄島での2500μg/lであった。一方、これらの地域では総水銀濃度が高くなる熱水はpHが低く、薩摩硫黄島のpHが1.4の温泉では溶存態総水銀濃度が177ng/lであった。

ヒ素と水銀はともにマグマ性流体に伴って地下深部から上昇していることは明らかである。一方で、2元素は流動経路で異なった挙動を示している可能性がある。すなわち、水銀は主に噴気とともに移動するが、ヒ素は主に熱水中を移動する。また、地表流出後は、水銀は懸濁物に吸着され、ヒ素は溶存した状態で流下する傾向が大きい。

キーワード：マグマ性流体、硫黄山、水蒸気噴火、水の酸素・水素安定同位体比
Keywords: magmatic fluids, Iwo-yama, phreatic eruption, hydrogen and oxygen isotope ratios of water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島山硫黄山の湧水・湯だまりの水質
The chemical composition of thermal waters from spring and hot pool at Mt. Iwoyama of Kirishima volcano

*谷口 無我[1]、大場 武[2]、外山 浩太郎[3]、気象庁 福岡管区気象台[4]、気象庁 鹿児島地方気象台[4]
*Muga Yaguchi[1], Takeshi Ohba[2], Kotaro Toyama[3], Fukuoka Regional Headquarters JMA[4], Kagoshima Meteorological Office JMA[4]

1. 気象研究所、2. 東海大学、3. 東京大学大学院、4. 気象庁
1. Meteorological Research Institute, 2. Tokai University, 3. Graduate School of the University of Tokyo, 4. Japan Meteorological Agency

霧島山硫黄山は霧島火山群の北西部に位置する活火山である. 山頂付近の噴気活動は1990年代から減衰して2007年頃に一旦消失していたが, 2015年12月に山頂火口内で噴気活動を再開した(舟崎ほか, 2017). 硫黄山周辺ではその後も噴気域の拡大や周辺湧水の水質変化, 熱水孔の出現などが相次ぎ, 2018年4月には硫黄山南および西側で水蒸気噴火が発生した. これらの火口群からは当該噴火以降も熱水が噴出して湯だまりが形成されるなど, 硫黄山周辺では現在も活発な現象が続いている. 一般に, 火山活動の活発化に伴って火山ガスの温度が上昇すると, 火山ガスに含まれる塩素と硫黄の比率(Cl/S 比)が増大することが知られおり(例えば, 小坂ほか, 1998), 火山ガス起源と考えられる熱水中の塩化物イオンと硫酸イオンの比率等も火山活動の盛衰に応じて変化すると期待される. 報告者らは, 硫黄山の火山活動の推移を予測することを目的として, 硫黄山周辺の湧水や湯だまりの化学組成の分析に取り組んでいる. 本発表では主に, 噴気活動が再開した翌年の2016年8月から観測を継続している硫黄山山麓の湧水, および2018年4月噴火口周辺に形成された湯だまりについて, その化学組成と時間変化を報告する.

硫黄山山麓の湧水に含まれる塩化物イオンと硫酸イオンの物質量比(Cl/SO_4モル比)は, 調査を開始した2016年8月時点では0.07程度であり, その後増減を繰り返しながら増加を続け2018年3月28日時点で0.9程度となった. 2018年4月噴火後の5月29日時点では同比は1.6に増加した. その後は2019年1月25日までの期間1.2～1.6程度と噴火前よりも高い値で推移しており, 現在も高温の火山ガスの供給が継続しているものとみられる.

一方, 硫黄山南火口周辺には複数の湯だまりが生じており, これらのうち一つの湯だまりではCl/SO_4モル比が2018年5月29日時点で1.3, 2019年1月25日時点で1.8-2.3であった. また, 硫黄山西火口跡の湯だまりのCl/SO_4モル比は2018年7月25日に1.3, 10月19日に1.9, 2019年1月25日には2.2と推移した. 総じて, 火口跡の湯だまりのCl/SO_4比は増加傾向である. Cl/SO_4比の増加は, 例えば, 揮発性成分に富む新鮮なマグマの上昇や脱ガス温度の上昇, あるいは脱ガスの進行に伴って火山ガスの供給源であるマグマに相対的にClが濃集されたことに起因するなどいくつかの要因によって引き起こされる可能性があり, 引き続き観測を続けている.

キーワード：霧島山（硫黄山）、熱水、化学組成
Keywords: Mt. Iwoyama of Kirishimayama volcano, Thermal water, Chemical composition

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC39] 火山の熱水系

コンビーナ:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)、神田 径(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、大場 武(東海大学理学部化学科)、座長:藤光 康宏(九州大学大学院工学研究院)、大場 武、神田 径

マグマと地表との間には、異なる地学環境の中で、多様な熱水系が生じている。熱水系の理解は地球システムの理解に寄与するとともに、地熱エネルギー利用或いは火山噴火予知においても欠かすことはできない。本セッションでは火山の熱水系に関して、地球物理・地球化学・地質学・貯留層工学的立場からの地下構造及び熱と流体の流れに関する議論を集中的に行う。理論・観測・実験いずれの立場からの研究も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SVC39-07] マグマ起源熱水の多様性の成因の再検討

*篠原 宏志[1] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

11:00 ~ 11:15

[SVC39-08] **Constraining electrical resistivity structure of volcanoes using multiphase flow modelling: an example of Miyake-jima**

*Marceau Gresse[1]、Makoto Uyeshima[1]、Takao Koyama[1]、Maki Hata[1]、Hideaki Hase[2]、Koki Aizawa[3]、Yusuke Yamaya[4]、Yoichi Sasai[5]、Jacques Zlotnicki[6]、Tawat Rung-Arunwan[1]、Hideki Ueda[7] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Tokyo, Japan、2.Geothermal Energy Research & Development Co., Ltd., Tokyo, Japan、3.Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, Fukuoka, Japan.、4.Planning Division, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo, Japan、5.Earthquake Prediction Research Centre, Tokai University, Shizuoka, Japan、6.CNRS, OPGC-UMR6524, Aubière, France、7.National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Tsukuba, Japan)

11:15 ~ 11:30

[SVC39-09] 北海道南西部、ニセコ地域におけるMT法探査と三次元比抵抗構造

*田村 慎[1]、茂木 透[2]、金廣 純奈[2]、岡 大輔[1]、丸山 純也[1]、鈴木 隆広[1]、岡崎 紀俊[1] (1.地方独立行政法人北海道立総合研究機構　地質研究所、2.北海道大学 大学院 工学研究院 環境循環システム部門)

11:30 ~ 11:45

[SVC39-10] **Hydrothermal fluid activity of the Tatun Volcano Group, Taiwan, revealed by self-potentials and seismicity**

*Hong-Jia Chen[1]、Zhi-Xian Yang[1]、Chien-Chih Chen[1,2]、Cheng-Horng Lin[3,4] (1.Department of Earth Sciences, National Central University, Taiwan.、2.Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management, National Central University, Taoyuan, Taiwan.、3.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan.、4.Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan.)

11:45 ~ 12:00

[SVC39-11] Utilizing the electrical conductivity distribution to unravel the hydrothermal system beneath Mt.Hasan composite volcano and its vicinity, southwest Cappodocia, Turkey

*Sabri Bulent Tank[1]、Mustafa Karas[1] (1.Bogazici University)

12:00 ~ 12:15

[SVC39-12] Three-dimensional Magnetotelluric Inversion to map geothermal structures in Eburru Geothermal field, Kenya.

*JUSTUS MAITHYA[1]、Yasuhiro FUJIMITSU[2] (1.Graduate School of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University、2.Faculty of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University)

マグマ起源熱水の多様性の成因の再検討
Re-examination of origin of the variety in magmatic-hydrothermal fluids

*篠原 宏志[1]
*Hiroshi Shinohara[1]

1. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門
1. Geological Survey of Japan, AIST

本発表では、地下のマグマを起源として形成されるマグマ性熱水系に生ずる、火山ガス、温泉水、地熱水の多様な化学組成が生ずる原因について、特に主成分であるCl/S比に着目して、従来のモデルを踏まえ、再評価を行う。マグマ性熱水系の主要な温泉（熱水）はGiggenbach(1996）により、１）酸性Cl-SO_4泉（熱水）、２）中性NaCl泉（熱水）、３）重炭酸泉（熱水）、４）蒸気加熱型酸性硫酸泉（熱水）に大別される、その成因を論じられている。酸性Cl-SO_4熱水は、マグマから放出されたマグマ性ガスの冷却・凝縮により生じる。その酸性熱水が温度の低下に伴う岩石との反応の結果、中和・含硫黄鉱物の析出により、中性NaCl熱水が生ずる。重炭酸熱水と酸性硫酸熱水は、深部の熱水の気液分離により生じたCO_2もしくはH_2Sが中性NaCl熱水や地下水に混合し生じたものである。そのため、熱水の多様性を生ずる主要な過程は、マグマ性ガスの凝縮により生じた酸性熱水から、温度低下と熱水-岩石反応により中性NaCl熱水の生成するであると考えられる。しかし、これらのモデルでは考慮されていない、いくつかの規制要因があり、それらの影響を検討する必要がある。

熱水ー岩石反応は温度のみならず圧力にも依存し、岩石と平衡にある熱水中のHCl濃度は低圧下で大きく高圧化で小さい（Shinohara and Fujimoto, 1994; Botcharnikov et al., 2015）。そのため、高圧条件下で放出されるマグマ性の熱水は、地表で観測される火山ガスから生成される酸性Cl-SO_4熱水より中性NaCl熱水に類似したものと考えられる。また、我が国の高温火山ガスの平均値はCl/Sモル比は0.2であるが（Shinohara, 2013）、メルト包有物組成から推定されるマグマ中のCl/S比はより大きく、玄武岩質マグマで0.5前後、より珪長質のマグマでは10前後である。そのため、マグマの固化によりその揮発性物質の大部分が熱水として放出された場合には、火山ガスや酸性Cl-SO_4熱水で見られるCl/S比に比べ、はるかに大きなCl/S比を持つ組成となると推定される。そのため、酸性Cl-SO_4熱水（およびその元となる火山ガス）と中性NaCl熱水は、マグマから放出される条件が異なる別の起源を持つ可能性がある。我が国の温泉・熱水のpHの頻度分布を調べると、酸性と中性の二つのグループに分かれ、pH4-5の温泉は少ない（村岡他、2007）。この頻度分布は、中性NaCl熱水が、酸性熱水の中和や希釈とは異なる起源を有していることと調和的である。

キーワード：火山ガス、温泉、熱水
Keywords: volcanic gas, hot spring, geothermal fluids

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Constraining electrical resistivity structure of volcanoes using multiphase flow modelling: an example of Miyake-jima

*Marceau Gresse[1], Makoto Uyeshima[1], Takao Koyama[1], Maki Hata[1], Hideaki Hase[2], Koki Aizawa[3], Yusuke Yamaya[4], Yoichi Sasai[5], Jacques Zlotnicki[6], Tawat Rung-Arunwan[1], Hideki Ueda[7]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2. Geothermal Energy Research & Development Co., Ltd., Tokyo, Japan, 3. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, Fukuoka, Japan., 4. Planning Division, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo, Japan, 5. Earthquake Prediction Research Centre, Tokai University, Shizuoka, Japan, 6. CNRS, OPGC-UMR6524, Aubière, France, 7. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Tsukuba, Japan

Measuring the electrical resistivity of rocks is a powerful and reliable method used to investigate volcanic edifices at depth. The electrical resistivity has two main contributions: (i) the conduction in the bulk pore fluid, associated to saturation, the ionic strength, and temperature of pore water, and (ii) the surface conductivity, related to the formation of secondary minerals. In volcanic environments, these two contributions are controlled by numerous interactions between hydrology, geology, tectonic settings and magmatic forcing. As a consequence, the evaluation of electrical resistivity images is strongly non-unique, and its interpretation remains complex.

Here, we propose a new approach to address this issue. First, we performed a 3-D electrical resistivity imagery of the Miyake-jima volcano using Magnetotellurics. Next, we combined the resistivity model obtained with hypocenters distribution. We revealed the sharp boundary between the saturated and unsaturated region, and a large conductive hydrothermal system connected to the main fumarolic area through a fractured region. Finally, we created a multiphase flow model of the volcano that constrains the resistivity model in term of temperature, fluid content and alteration.

Keywords: Hydrothermal system, Magnetotellurics, Miyake-jima, multiphase flow, electrical resistivity, alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道南西部、ニセコ地域におけるMT法探査と三次元比抵抗構造
MT survey and 3-D resistivity structure in the Niseko area, southwestern Hokkaido

*田村 慎[1]、茂木 透[2]、金廣 純奈[2]、岡 大輔[1]、丸山 純也[1]、鈴木 隆広[1]、岡崎 紀俊[1]
*Makoto Tamura[1], Toru Mogi[2], Junna Kanahiro[2], Daisuke Oka[1], Junya Maruyama[1], Takahiro Suzuki[1], Noritoshi Okazaki[1]

1. 地方独立行政法人北海道立総合研究機構　地質研究所、2. 北海道大学 大学院 工学研究院 環境循環システム部門
1. Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, 2. Division of Sustainable Resource Engineering, Fucluty of Engineering, Hokkaido University

北海道南西部ニセコ地域では，東西方向に約25kmにわたって多くの火山が分布しており，ニセコ火山群と総称される．特にイワオヌプリ，ニセコアンヌプリの周辺には大湯沼や五色温泉といった数多くの温泉が分布し，近年では地熱開発に向けた調査も行われている．

こうした中，道総研ではニセコ地域における適正な地熱開発に向け，重点研究「ニセコ地域における地熱構造モデルの構築と資源量評価」を実施している.この研究では，物理探査，地化学調査，地質調査などを実施し，これらの結果を総合的に検討した地熱構造モデルを構築し，シミュレーションにより各種評価を実施する．本発表では，当該地域の比抵抗構造把握のために実施したMT法探査および三次元比抵抗構造解析結果について報告する．

探査は2017年に18地点で，2018年に24地点で実施した．探査装置は独国Metronix社製ADU-07eおよびADU-08eを用い，電場水平2成分，磁場は鉛直も含めた3成分の時系列を測定した．サンプリング周波数は32Hz, 1024Hz，および32kHzである．32Hzおよび1024Hzは原則５日以上測定を実施し，うち1024Hzはノイズの少ない夜間（1時～5時）にデータを取得した，32kHzは探査初日の夜間（3時～4時）のみデータを取得した.

得られたデータに対し，32Hzおよび1024Hzデータは地熱技術開発株式会社が運営する山形県大蔵村参照点で取得されたデータを用いたリモート・リファレンス処理を行い，32KHzデータは本研究において同日に測定を行った観測点間で相互リファレンス処理を実施した．さらに，商用電源の影響除去処理を行った.処理後のデータセットについて，BIRRP（Chave and Thomson, 2004）で解析し，12288～0.000488Hz間の50周波数のテンソルインピーダンス，見かけ比抵抗，位相などを算出した．

三次元比抵抗構造解析にあたっては，“ModEM”三次元インバージョンソフト(Egbert and Kelbert, 2012)を使用した.解析にあたり，先に算出した4成分テンソルインピーダンスデータから，ノイズ等の少ない15周波数を選んで用いた．本ソフトは地形情報をモデルに組み込むことが可能であり，陸上地形は10mメッシュのDEMデータ（国土地理院）を，海底地形は500mメッシュのDEMデータ（海上保安庁）を用いた.

解析の結果，ニセコ山系中軸部のイワオヌプリ付近に地表付近から深度数km付近にかけて続く低比抵抗領域が検出された.また、地表地熱兆候の一つであるニセコ大湯沼付近や源泉が分布するニセコアンヌプリ南側山麓部においても地表付近から深度2000m付近にかけて低比抵抗領域が検出された．ニセコ山系における火山活動および地熱・温泉資源の形成に関連した構造を示唆している．

謝辞：東京大学地震研究所による共同利用により，ADU-07探査装置を借用いたしました．また，地熱技術開発（株）による参照点データを用いました．

キーワード：ニセコ火山群、MT法探査、比抵抗構造、三次元モデリング
Keywords: Niseko volcanic group, Magnetotelluric survey, resistivity structure, 3-D modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

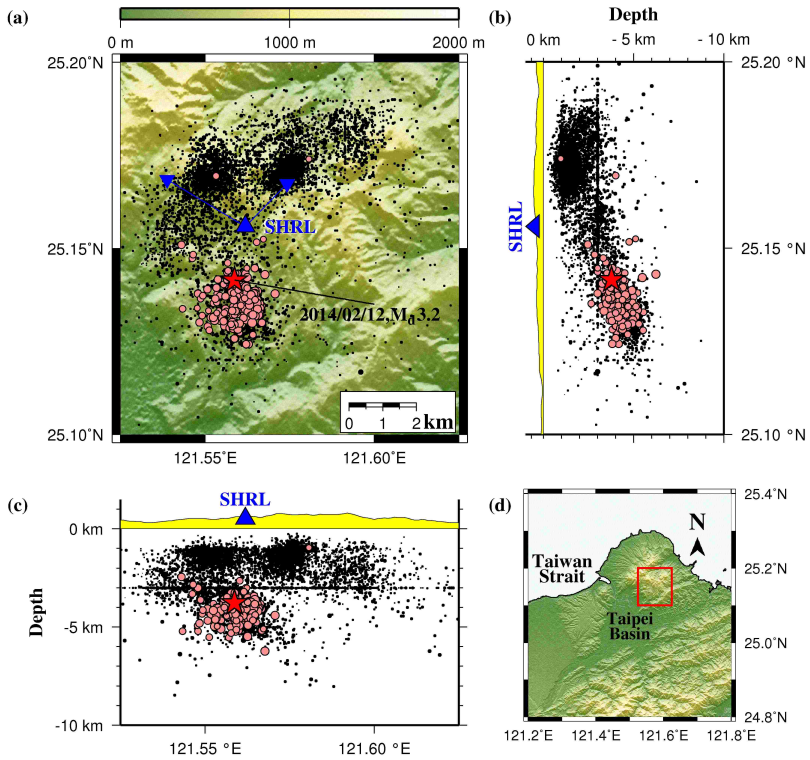
Hydrothermal fluid activity of the Tatun Volcano Group, Taiwan, revealed by self-potentials and seismicity

*Hong-Jia Chen[1], Zhi-Xian Yang[1], Chien-Chih Chen[1,2], Cheng-Horng Lin[3,4]

1. Department of Earth Sciences, National Central University, Taiwan., 2. Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management, National Central University, Taoyuan, Taiwan., 3. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan., 4. Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan.

The objective of our research was to unravel the evolutions of the hydrothermal activities in the Tatun Volcano Group, Taiwan. We observed the significant variations of monthly earthquake counts, daily cumulative earthquake counts, and self-potential power spectral densities (PSDs) after April 21, 2016, providing strong evidence to identify hydrothermal fluid activities. This was further confirmed by the simulated electrical impedances using the resistivity forward modeling. Thus, an upward hydrothermal fluid movement is required to generate weaker PSDs of self-potentials at different frequencies. Herein, we concluded that geoelectric monitoring, along with seismic monitoring, help to understand the evolution of a hydrothermal system beneath a volcanic region.

Keywords: Hydrothermal fluid, Tatun Volcano, self-potential



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Utilizing the electrical conductivity distribution to unravel the hydrothermal system beneath Mt.Hasan composite volcano and its vicinity, southwest Cappodocia, Turkey

*Sabri Bulent Tank[1], Mustafa Karas[1]

1. Bogazici University

The electrical conductivity structure in the vicinity of Mt.Hasan composite volcano at Central Anatolia, Turkey was imaged by means of wide-band magnetotellurics data collected at 38 sounding locations and three-dimensional numerical modeling. The primary aim in this study was to decipher the major elements that drive a hydrothermal system beneath study area in detail. Therefore, following the dimensionality analyses performed by plotting induction arrows and phase tensor ellipses, the electromagnetic impedance data were numerically modeled in the data-space for imaging (i) the shallow and (ii) the deep electric structure with different frequency tables. While the former approach, provided information on the the thickness of a surficial (surface-to-2 km) and widespread welded ignimbrite layer, the latter approach, revealed the geometry of the deeper two layers beneath the ignimbrites that make up the clay cap. These layers that are found on the top of one another are interpreted as smectite (<10 Ohmm) and smectite-illite mixed (<10-15 Ohmm) layers. And finally beneath the smectite and smectite-illite layers, there is a cone-shaped anomaly (10 –60 Ohmm) that may have been serving as a reservoir for different vents in the area.

Keywords: Magnetotellurics, Volcanology, Hydrothermal systems, Mt.Hasan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Three-dimensional Magnetotelluric Inversion to map geothermal structures in Eburru Geothermal field, Kenya.

*JUSTUS MAITHYA[1], Yasuhiro FUJIMITSU[2]

1. Graduate School of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University, 2. Faculty of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

To explore the geothermal system in Eburru geothermal field in an attempt to delineate possible heat sources and fluid flow pathways governing the system, 107 Magnetotelluric (MT) soundings were deployed in the field. The MT data was analyzed using phase tensor to determine the dimensionality of the subsurface resistivity structure. These data were inverted to a fully three-dimensional resistivity model. Overall, the inverted resistivity model fits the MT data very well as evidenced by the data misfit curves. Consequently, 2-D inversion were carried out and a joint interpretation was made on the basis of the two models. The preferred 3-D model images a resistive top layer overlying a very conductive layer (~ 10 ohm.m) interpreted as the hydrothermally altered clay cap of the system and a moderate resistivity layer (about 30 ohm.m). These layers are underlain by a higher resistivity zone (~ 100 ohm.m). To characterize the resistivity structure in the field, resistivity profiles were extracted from the 3-D model in order to cut across the known geological structures. The profiles analysed show a deep reaching conductive channel connecting two conductors located at ~ 1 km from the surface and at a depth of ~ 4 km. This channel can be interpreted as potential path way used by geothermal fluid to migrate to the surface and manifests as fumaroles and hot spring. The occurrence of fumaroles along faults suggests leakage of steam where the cap is likely to have been cut by the faults. The resultant 3-D resistivity models are generally similar to the two-dimensional (2-D) inversion models, however, the deeper portion of the 3-D model seems to be more realistic than that of the 2-D model.

Keywords: Eburru geothermal field , Magnetotelluric, 3-D Inversion, Resistivity, 2-D inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[S-TT45] 合成開口レーダー

コンビーナ:木下 陽平(筑波大学)、森下 遊(国土地理院)、小林 祥子(玉川大学)、阿部 隆博(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター)、座長:小林 祥子(玉川大学)、石塚 師也(京都大学)

2014年に従来のSAR衛星を大きく凌駕する性能を持った日本のALOS-2及び欧州のSentinel-1が相次いで打ち上げられて約4年間のアーカイブが利用可能となり、すでに長期運用されているTerraSAR-XやCosmo-SkyMedのデータと合わせてSARの利用は益々拡大している。さらなる高性能SAR衛星の打ち上げ計画に加え民間企業によるコンステレーションSAR衛星計画も数多く企画されており、世界的な衛星データのオープン&フリー化の流れも相まって、衛星SARは豊富なデータを背景とした新時代を迎えようとしている。衛星SARに加え、高時間分解能での観測が可能な地上設置型SARや、運用時の機動性に優れるUAV搭載型SARなど、ターゲットや用途・目的に沿った様々な技術が発展し、利用されている。こうした動きは、SARが地球科学を始めとする基礎研究のみならず、防災や森林監視等の実利用の分野でも欠かせないツールとして浸透が進んでいることの証左といえる。本セッションでは、SARに関する基礎研究から実利用まで幅広く成果を募集し、SAR利用の発展に向けた知見の共有・議論を図る。

10:45 ~ 11:00

[STT45-01] キラウエア火山の噴火による火口付近の地盤変動の抽出

*藤山 果穂[1]、島田 政信[1]、木本 優気[1]、吉岡 賢太[1] (1.東京電機大学)

11:00 ~ 11:15

[STT45-02] ALOS-2 observation of the 2017 Sefidsang earthquake, northeastern Iran: a blind shallow-dipping thrust event near the Eastern Kopeh Dagh

*Nematollah Ghayournajarkar[1]、Yo Fukushima[2] (1.Graduate School of Science, Tohoku University、2.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University)

11:15 ~ 11:30

[STT45-03] 2016年熊本地震の副次的断層すべりによるInSAR地表変位とすべり分布

*福島 洋[1]、石村 大輔[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室)

11:30 ~ 11:45

[STT45-04] PS干渉SAR解析を用いた熊本平野における地表変動の推定と地下水位との比較

*石塚 師也[1]、辻 健[2] (1.京都大学、2.九州大学)

11:45 ~ 12:00

[STT45-05] JICA-JAXA熱帯林早期警戒システム(JJ-FAST)による低バイオマス乾燥林火災箇所の検出

*渡辺 学[1]、コヤマ クリスティアン[1]、林 真智[2]、永谷 泉[2]、田殿 武雄[2]、島田 政信[1,2] (1.東京電機大学　理工学部、2.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター)

12:00 ~ 12:15

[STT45-06] ALOS-2の定常運用で得られた成果について

★招待講演

*祖父江 真一[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

キラウエア火山の噴火による火口付近の地盤変動の抽出
Extraction of ground changes near the crater by the eruption of Kilauea volcano.

*藤山 果穂[1]、島田 政信[1]、木本 優気[1]、吉岡 賢太[1]
*Fujiyama Kaho[1], Masanobu Shimada[1], Yuki Kimoto[1], Kenta Yoshioka[1]

1. 東京電機大学
1. TokyoDenki University

合成開口レーダーSARは電波（マイクロ波）を照射し、地表面から反射して返ってきた電波を受信するセンサである。天候や昼夜に影響されることなく広範囲で観測できるのが強みでありSARは雲や煙を通過するため、火口から煙が激しく噴いている場合でも、火口の様子をはっきり捉えることができ、災害が起きた際に広範囲な変化の観測が可能である。

研究対象であるキラウエア火山は、ハワイ諸島のハワイ島を構成する5つの楯状火山の1つである。約60万年前から30万年前に形成され始め、約10万年前に海面上に現れたと推定される活火山であり、現在もなお噴火が続いているが、2018年の噴火で溶岩の流出は停止した。穏やかな噴火で知られるキラウエアであるが、1983年以来、ほぼ連続的に噴火し続けており、溶岩流の向かう方向によっては、溶岩が集落を飲み込み壊滅させることもある。

本研究では干渉SAR(Interferometric SAR:INSAR)と呼ばれる手法を用いて山体の変化量を検出する。INSARは時期の異なる2種類のデータを使い、衛星から対象物までの距離の差（位相差）から変化量を求めるものである。

この手法を用いて、現地での調査が不可能なキラウエア火山の火口付近の変動を面的に捉え数mm～数cmの精度で地殻変動を計測する。2014年10月9日から2018年7月31日までの噴火発生時期を含む二時期の画像データを使用し、火口付近の地殻変動の定量的な評価を行う。

解析の結果、昇交軌道では2014年11月25日から2018年3月27日までの期間で約6.5cm沈降、降交軌道は2014年10月9日から2017年12月14日までの期間約9cm沈降した。
今後の課題として火口内で垂直成分の変動以外に北方向への変動が見られたため、ハワイ島の地盤特性との関連も含めて研究を進めていく方針である。

キーワード：干渉SAR
Keywords: INSAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS-2 observation of the 2017 Sefidsang earthquake, northeastern Iran: a blind shallow-dipping thrust event near the Eastern Kopeh Dagh

*Nematollah Ghayournajarkar[1], Yo Fukushima[2]

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

The Iranian plateau is deformed between the converging Arabian and Eurasian plates. Their convergence is principally taken up by the active Makran subduction zone to the South, in addition to shortening and strike-slip faulting accommodated by crustal structures, which are non-uniformly distributed in several continental deformation domains such as the Zagros, Alborz and Kopeh Dagh mountain ranges. During the last decade, several studies carried out in the Zagros, Alborz and central Iran have produced a better understanding of active deformation in these zones. Conversely, such detailed studies are less common in northeast Iran.
Indeed, despite all the efforts made by previous workers to shed light on active tectonics in northeast Iran, this region still suffers from a lack of detailed structural and kinematics data and should be considered as a concealed segment in the geodynamic puzzle of the Arabia-Eurasia collision. This matter is made worse by the facts that northeast Iran is the second populated region and one of the most seismically active deformation domains in the country that has experienced at least nine large earthquakes (M >= 7) during the last six centuries (Tchalenko, 1975; Ambraseys and Melville, 1982; Berberian and Yeats, 1999, 2001).
On 5 April 2017, an Mw 6.1 earthquake occurred in the northeastern region of Iran, about 90 km southeast of the city of Mashhad, the second most populous city in Iran with a population of over 3 million people. The epicenter (35.776 N, 60.436 E, USGS) was at a remote mountainous area, about 30 km northeast of the Sefidsang district where approximately 5000 people live, and the depth was about 13 km. This earthquake raised an opportunity to study the deformation pattern in the SE of the Kopeh Dagh Mountains.
Space geodetic observations of ground deformation provide important data to investigate the seismogenic fault and the subsurface deformation mechanics. Here we used ALOS-2 synthetic aperture radar data to produce SAR interferograms using the GMTSAR software (Sandwell et al., 2010) to investigate coseismic and postseismic deformation associated with the 2017 Sefidsang earthquake. The ascending and descending interferograms were produced and both indicate thrust-dominated slip that is consistent with seismic data sets, with the maximum line-of-sight coseismic displacement of 9.9 and 13 cm, respectively. The obtained coseismic deformation maps have good consistency with Sentinel-1 interferograms that showed maximum line-of-sight displacement of 10.5 and 13.7 cm for ascending and descending interferograms, respectively (Xu et al., 2018).
We also used ascending SAR data acquired on 2017/06/24 to 2018/12/22 for evaluating the postseismic deformation caused by this earthquake. The produced interferogram does not show any displacement more than the noise level (~1 cm).

Keywords: InSAR, Northeastern Iran, Kopeh Dagh, Sefidsang earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震の副次的断層すべりによるInSAR地表変位とすべり分布
InSAR ground displacements and slip distribution associated with secondary fault slips of the 2016 Kumamoto earthquake

*福島 洋[1]、石村 大輔[2]
*Yo Fukushima[1], Daisuke Ishimura[2]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Department of Geology, Tokyo Metropolitan University

2016年熊本地震に関しては、これまで合成開口レーダ干渉法（InSAR）を用いた研究や現地調査から、地震を引き起こした主断層のほかに、副次的に発生した断層変位が多数見つかっている（例えば、Fujiwara et al., 2016, EPS）。本研究では、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が運用する陸域観測技術衛星２号「だいち２号」（ALOS-2）のPALSAR-2レーダにより撮像されたSARデータを用い、熊本地震に伴い副次的に発生した阿蘇カルデラ内（熊本県阿蘇市宮地周辺）の断層運動による地表変位をしらべ、さらに断層すべり分布を推定した。

本研究では、異なる視線方向をもつ３つの画像ペアを用い、それぞれ干渉解析処理を行った。解析ソフトウェアにはRINC（Ozawa et al., 2016, EPS）を用いた。通常の干渉処理のあと、干渉画像内の相対変位分布であるInSAR解析結果を国土地理院GEONETの日々の座標値（F3解）を基準とし絶対変位分布に変換した。さらに、３つの視線方向の変位を東西・南北・上下の３成分に変換し、ふたつの水平成分から宮地周辺の地表地震断層の走向（N50E）に平行な水平変動量を求めた。解析の結果認められる地表変位の特徴は以下の通りである。（１）平行な変位不連続トレース（地表地震断層に対応）群が２条認められ、それらの間隔は0.8km程度である。（２）北側および南側の変位不連続トレース群の長さはそれぞれ約1.3km、2.3kmである。（３）細かく見ると、２条のトレースともに雁行した小規模なトレースから構成されている。（４）北側のトレース群の断層変位量は、上下（北落ち）・右横ずれともに、最大5cm程度であった。（５）南側のトレース群の断層変位量は、上下（北落ち）最大8cm程度、右横ずれ最大10cm程度であった。

次に、熊本地震の主要断層による長波長の変動を多項式近似で除去した後、断層の形状とすべり分布を同時に推定する手法（Fukushima et al., 2013, 2018）を用い、断層すべり分布を求めた。断層の形状については、上端をInSAR解析結果から同定される地表地震断層のトレースに固定し（簡単のため、微細な雁行構造は無視）、傾斜角を推定パラメタとした。地表変位の特徴から、横ずれ成分については右横ずれを仮定し、縦ずれ成分については北側が相対的に沈降する向きのすべりを仮定し、非負の拘束条件を課したインバージョンを行った。すべり角については、一様と仮定して推定するインバージョンと、すべり角を固定せずに横ずれと縦ずれ成分を独立に推定するインバージョンを行ったが、より簡単である前者のインバージョンでデータを十分に説明できるモデルが得られたため、一様なすべり角を仮定したインバージョン結果を最終推定モデルとした。

最終推定モデルとして、南側の断層（傾斜角48°）と北側の断層（傾斜角67°）が地下で収斂するような形状が求まった。南側の断層のすべり域下端はちょうど二枚の断層が収斂する深さである1.3kmあたりとなり、また、南側の断層は深さ0.7kmあたりで最大すべり量25cmが得られた。一方、北側の断層のすべりは0.4km程度以浅に限定され、最大すべり量は12cmと推定された。

謝辞
本研究では、PIXEL（PALSAR Interferometry Consortium to Study out Evolving Land surface）で共有して

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

いるPALSAR-2データを使用した。これは、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と東京大学地震研究所との共同研究契約によりJAXAから提供されたものである。本研究の一部は、東京大学地震研究所特定共同研究（B）「SARを用いた多角的な地殻・地表変動研究」で行われた。RINCソフトウェアは、小澤拓博士より提供いただいた。また、本研究では国土地理院GEONETの日々の座標値（F3解）を使用した。関係各位に感謝の意を申し上げる。

キーワード：合成開口レーダ干渉法、熊本地震、副次断層
Keywords: Synthetic Aperture Radar Interferometry, Kumamoto Earthquake, Secondary Fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PS干渉SAR解析を用いた熊本平野における地表変動の推定と地下水位との比較

Surface displacements at the Kumamoto plain using persistent scatterer interferometry and comparison with groundwater levels

*石塚 師也[1]、辻 健[2]
*Kazuya Ishitsuka[1], Takeshi Tsuji[2]

1. 京都大学、2. 九州大学
1. Kyoto Univ., 2. Kyushu Univ.

熊本平野の一部では、2016年熊本地震後に地下水位の変化が観測されており、地震によって何らかの帯水層システムへの影響が示唆されている。被圧帯水層の地下水位の変化は、帯水層の変形を引き起こすため、地表変動として観測できると考えられる。衛星搭載SARデータを用いたPS干渉SAR解析は、地表変動の空間分布および時間変化を推定することが可能であるため、これまでの研究においても詳細な地表変動の把握に有効性を示している。本研究では、ALOS-2/PALSAR-2データを用いて、2016年5月から2017年6月における熊本地域の地表変動の推定を行った。また、2007年1月から2011年1月に取得されたALOS/PALSARデータを用いて推定された地表変動との比較を行った。

解析の結果、震源断層である布田川断層および日奈久断層に沿って、約2−3 cmの大きさの地表変動が推定された。このような地表変動は、震源断層の余効滑りによるものと考えられる。一方、震源断層と相関の少ない空間分布をもつ地表変動も推定された。特に阿蘇カルデラ西麓では、地震直後より約1年にわたって、数kmの範囲において、約1−4 cm/年の地表隆起が推定された。この地表変動は、地震から数カ月後に始まり、その後、徐々に減衰する傾向を示している。これらの地表変動は、ALOS/PALSARデータを用いた解析では推定されておらず、地震に伴う影響を表していると考えている。特に阿蘇火山西麗で捉えられた地表変動は、地下水位の変化と相関性があり、地下水位変化によって引き起こされたと考えられる。また、本研究で地表変動と地下水位の変化から、地震前後の帯水層全体の比貯留係数を推定したところ、阿蘇カルデラ西麗の一部では、比貯留係数に変化が見られることが分かった。これは、地震によって、浸透率や圧縮率等の帯水層物性が一時的に変化したことを示唆している。本研究の結果は、PS干渉SAR解析を用いた地表変動モニタリングの有効性を示していると考えている。

謝辞：本研究で用いたALOS-2/PALSAR-2データは、PIXEL (PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land Surface)を通じて提供されたものです。また、本研究で用いた地下水位データは、各観測機関が測定した観測値を地震後に日本地下水学会熊本地震調査研究グループを中心として実施した再測量に基づく地盤標高補正及びその補完によって得られたものです。ここに記して感謝致します。

キーワード：地表変動、熊本平野、地下水位変化
Keywords: Surface displacement, the Kumamoto plain, change in groundwater levels

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

JICA-JAXA熱帯林早期警戒システム(JJ-FAST)による低バイオマス乾燥林火災箇所の検出

Forest fire detection in the low biomass dry forest with JICA-JAXA Forest Early Warning System in the Tropics (JJ-FAST).

*渡辺 学[1]、コヤマ クリスティアン[1]、林 真智[2]、永谷 泉[2]、田殿 武雄[2]、島田 政信[1,2]
*Manabu Watanabe[1], Christian Naohide koyama[1], Masato Hayashi[2], Izumi Nagatani[2], Takeo Tadono[2], Masanobu Shimada[1,2]

1. 東京電機大学　理工学部、2. 宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター
1. School of Science and Engineering, Tokyo denki university, 2. JAXA/EORC

JICA-JAXA Forest Early Warning System in the Tropics (JJ-FAST, [1]) is first and only one SAR-based deforestation detection system monitoring tropical forest globally. The JJ-FAST started from November 2016, and has a merit to operate not only in dry season, but also in rainy season. The current system uses change of gamma_0 for deforestation detection. Watanabe et al. [2] pointed out the JJ-FAST detected not only the deforestation sites, but also detected severely damaged forest fire sites occurred in a dense forest. In this paper, detectability of forest fire in the low biomass dry forest with JJ-FAST system were examined.

JJ-FAST detected 168 deforestation sites between Nov. 11 and Dec. 23, 2018 in South Africa. MODIS burned area product [3] obtained between Oct. 10 and Dec. 31, 2018 were overlapped and confirmed that the almost all the polygons detected by the JJ-FAST deforestation detection algorithm were overlapped with the burned area detected by MODIS. The forest fire area were also identified by Sentinel-2 data. BBC news [4] reported severe wildfire occurred in George, South Africa on Oct. 30, and the area was also coincident with the one detected by the JJ-FAST algorithm. The JJ-FAST algorithm also detected 82 deforestation sites in Mozambique between Aug. 13 and Nov. 5, 2018. These sites were also overlapped with the MODIS burned area. From these facts, we concluded that the current JJ-FAST deforestation detection algorithm could detected severely damaged forest fire area in the low biomass dry forest. It is known that forest fire in dense forest is detected by increase of radar backscattering in HH polarization [2]. This is explained that forest fire makes forest canopy dry and induces more double bounce scattering, implying the increase of backscattering in HH polarization. In the case of low biomass dry forest, forest fire makes forest canopy dry and induces lower volume scattering in a tree canopy layer, implying the decrease of backscattering in HV. The decrease of volume scattering also occurred in the dense forest. But higher density of burned trees left on the ground still induces brighter radar reflection in HV and make it difficult to detects the forest fire sites in HV polarization.

[1] JJ-FAST, http://www.eorc.jaxa.jp/jjfast/jj_index.html, accessed on February 17, 2019

[2] Manabu Watanabe, et al., A possibility of forest fire site detection by JJ-FAST system

[3] https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataprod/mod45.php, accessed on Feb. 17, 2019

[4] https://www.bbc.com/news/world-africa-46029553, accessed on Feb. 17, 2019

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：森林監視、伐採検出、PALSAR-2
Keywords: Forest monitoring, Deforestation detection, PALSAR-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS-2の定常運用で得られた成果について
Nominal operation results of Japanese ALOS-2

*祖父江 真一[1]
*Shinichi Sobue[1]

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

The Advanced Land Observing Satellite-2 (ALOS-2) was successfully launched on 24th May 2014. The mission sensor of ALOS-2 is the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-2 called PALSAR-2 which is the state of the art L-band SAR system. Until now after the successful completion of initial checkout after launching, ALOS-2 has been contributed to a lot of emergency observations for natural disasters, not only in Japan but also in the world. Furthermore, based on the Basic Observation Scenario (BOS) of ALOS-2, 10m global map data and other mode data are routinely collected and archived. This paper describes the results of ALOS-2 operation in nominal operation phase.

キーワード：ALOS-2、定常運用
Keywords: ALOS-2, nominal operation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[S-TT45] 合成開口レーダー

コンビーナ:木下 陽平(筑波大学)、森下 遊(国土地理院)、小林 祥子(玉川大学)、阿部 隆博(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター)、座長:木下 陽平(RESTEC)、阿部 隆博(JAXA)

2014年に従来のSAR衛星を大きく凌駕する性能を持った日本のALOS-2及び欧州のSentinel-1が相次いで打ち上げられて約4年間のアーカイブが利用可能となり、すでに長期運用されているTerraSAR-XやCosmo-SkyMedのデータと合わせてSARの利用は益々拡大している。さらなる高性能SAR衛星の打ち上げ計画に加え民間企業によるコンステレーションSAR衛星計画も数多く企画されており、世界的な衛星データのオープン&フリー化の流れも相まって、衛星SARは豊富なデータを背景とした新時代を迎えようとしている。衛星SARに加え、高時間分解能での観測が可能な地上設置型SARや、運用時の機動性に優れるUAV搭載型SARなど、ターゲットや用途・目的に沿った様々な技術が発展し、利用されている。こうした動きは、SARが地球科学を始めとする基礎研究のみならず、防災や森林監視等の実利用の分野でも欠かせないツールとして浸透が進んでいることの証左といえる。本セッションでは、SARに関する基礎研究から実利用まで幅広く成果を募集し、SAR利用の発展に向けた知見の共有・議論を図る。

13:45 ~ 14:00

[STT45-07] Estimation of velocity distribution of Shirase Glacier derived from SAR data obtained by ERS-1/2 tandem mission

*土井 浩一郎[1,2]、青山 雄一[1,2]、中村 和樹[3]、山之口 勤[4]、渋谷 和雄[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.日本大学工学部、4.リモート・センシング技術センター)

14:00 ~ 14:15

[STT45-08] ALOS-2のSARによって捉えられた2016年の大雨による釧路湿原の2.5m を超える地表変位

*藤原 智[1]、森下 遊[1]、中埜 貴元[1]、三浦 優司[1]、撹上 泰亮[1]、村松 弘規[1]、宇根 寛[1] (1.国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[STT45-09] Surface deformation of Asama Volcano, Japan, detected by time-series InSAR combining persistent and distributed scatterers, 2014-2018

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[1] (1.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

[STT45-10] 主従画像詳細位置合わせによる航空機搭載-Lband-SAR（Pi-SAR-L2）干渉度の改善

*村上 亮[1]、古屋 正人[1]、小澤 拓[4]、高田 陽一郎[1]、青木 陽介[3]、島田 政信[2]、成田 翔平[1] (1.国立大学法人北海道大学、2.東京電機大学　理工学部　理工学科　建築・都市環境学系、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[STT45-11] SAR干渉法における電離圏遅延推定：分割スペクトル二重差分干渉画像を用いた手法の有用性

*小澤 拓[1] (1.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[STT45-12] 大気遅延補正を適用したSentinel-1 InSARによる2018年房総半島周辺でのスロースリップに伴う地表面変位の検出

*木下 陽平[1]、二村 忠宏[1]、古田 竜一[1] (1.一般財団法人リモート・センシング技術センター)

Estimation of velocity distribution of Shirase Glacier derived from SAR data obtained by ERS-1/2 tandem mission

*土井 浩一郎[1,2]、青山 雄一[1,2]、中村 和樹[3]、山之口 勤[4]、渋谷 和雄[1]
*Koichiro Doi[1,2], Yuichi Aoyama[1,2], Kazuki Nakamura[3], Tsutomu Yamanokuchi[4], Kazuo Shibuya[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 日本大学工学部、4. リモート・センシング技術センター
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. College of Engineering, Nihon University, 4. RESTEC

Shirase Glacier is one of the fastest flowing ice stream in Antarctica flowing into the southernmost of Lutzow-Holm Bay in Dronning Maud Land, East Antarctica. It is important to clarify the spatial flow rate distribution with a high resolution to investigate causes of the fast flow and the temporal flow rate changes. In order to make a high resolution flow velocity map, we apply a usual interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) technique to the obtained data. However, since flowing velocity of the ice stream is greater than 2 km/year (Nakamura et al., 2007, Aoyama et al., 2016), it is difficult to estimate the flow velocity by applying an InSAR technique to the ordinal repeat cycle SAR mission data.

Tandem mission by European Satellite of Remote sensing (ERS)-1/2 was conducted in 1996 and 1999. In this tandem mission, ERS-2 had flown after ERS-1 in the same orbit with an interval of one day, and many InSAR pairs with one day temporal baseline were obtained through the mission.

We successfully obtained two SAR interferograms over Shirase Glacier using this tandem mission InSAR pairs acquired at 1996/06/02-1996/06/03 and 1999/11/14-1999/11/15. We estimated surface displacements along range direction (direction of radar illumination) by applying differential InSAR (DInSAR) with a TanDEM-X 90m DEM (Rizzoli et al., 2017) to remove topographic phase. We also estimated displacements along azimuth direction (direction perpendicular to range direction) by applying a split beam interferometry (SBI) (Bechor and Zebker, 2006) technique to the two InSAR pairs. By combining the range and azimuth displacements, spatial flow velocity distributions can be derived with a high resolution.

In the presentation, we will show two dimensional flow velocity maps with a resolution of approximately 20 m at the two periods and discuss spatial and temporal velocity changes. We will also compare the obtained flow velocity with those by in-situ GNSS measurements in the glacier.

キーワード：白瀬氷河、流動速度マップ、ERS-1/2タンデムミッション、DInSAR、SBI
Keywords: Shirase Glacier, flow velocity map, ERS-1/2 tandem mission, DInSAR, SBI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS-2のSARによって捉えられた2016年の大雨による釧路湿原の2.5mを超える地表変位

Heavy rainfall-induced displacement of more than 2.5m in the Kushiro Marsh in 2016, detected by ALOS-2 SAR

*藤原 智[1]、森下 遊[1]、中埜 貴元[1]、三浦 優司[1]、撹上 泰亮[1]、村松 弘規[1]、宇根 寛[1]
*Satoshi Fujiwara[1], Yu Morishita[1], Takayuki Nakano[1], Yuji Miura[1], Yasuaki Kakiage[1], MURAMATSU Hiroki[1], Hiroshi Une[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

１．はじめに

国土地理院は，宇宙航空研究開発機構（JAXA）が2014年5月に打ち上げた陸域観測技術衛星2号「だいち2号」（ALOS-2）のSARデータを用いて全国の地表変位を監視している。監視の対象は主に地震・火山活動・地すべり・地盤沈下に伴う地表変位である。しかし，地表変位の原因はこれらに限らない。観測された様々な地表変位の形態やメカニズムを解明することは，影響の評価や対策の検討において重要である。

本講演では，2016年夏の大雨に伴い北海道東部の釧路湿原で発生した，最大2.5 mを超える地表変位がSARによって検出されたことを取り扱う。そして大きな変位の形態やこうした変位が発生する前に生じていた小さな変位の分布から，こうした大きな変位の発生メカニズムについて考察する。

２．釧路湿原と2016年の大雨

1) 釧路湿原
釧路湿原は北海道東部の釧路川に沿って存在する我が国最大の湿原である(Fig 1)。湿原全体に蛇行する河川が存在し，ヨシやスゲが繁茂するほか，ハンノキが散在している。タンチョウ等の繁殖地としても知られており，水を中心とする独自の生態系を形成していることから，特に水に関する保全とモニタリングの必要性は高い。

湿原では枯死した植物が堆積してできる泥炭が表層を覆っており，その泥炭表面と水面の位置関係から高層湿原（通常時に泥炭表面が水面より高い），低層湿原という分類がなされる。釧路湿原では低層湿原が大部分を占めており，高層湿原は釧路湿原西部の赤沼周辺などに限られている。

2) 2016年夏季の大雨
2016年8月に発生した台風第7号，第11号，第9号は，それぞれ8月17日，21日，23日に北海道に上陸した。その後，台風第10号が8月30日に暴風域を伴ったまま岩手県に上陸し日本海に抜けた。これらにより，釧路川や幌呂川の水位観測所では，8月後半から急激な水位の上昇が観測された。

３．SARによって捉えられた地表変位

SARを用いた人工衛星からのリモートセンシングにより，釧路湿原という広大な領域内での地表面の動きを把握することで明らかになったことは下記の通りである。

1) 水位変化に関連した低層湿原での地表変位

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

釧路湿原内でも特に低層湿原で河川の水位との比高が小さい地域では，衛星SARで計測される地表の変位が非常に大きく複雑である。その地表変位には水平成分がほとんど含まれず，ほぼ上下成分のみである。また，周囲の河川の水位とも関連しており，湿原内の水位の変位を捉えているものと考えられる。湿原内の変位は，場所ごと，時期ごとに特徴をもった変位を示しており，湿原内の地表水の変化を捉える手段として有効である。干渉SARでは数10 cm程度までの変位を精度よく捉えるのに適しており，それ以上の変位が発生した場合はピクセルオフセット法を併用することで大きな変位の検出も可能である。

2) 赤沼南東変位

釧路湿原西部の高層湿原に位置する赤沼の南東で，2016年夏季の大雨に伴って，長軸が1 km程度の楕円形の領域が南南東方向へ最大2.7 m水平に変位した（Fig 2）。変位には上下成分がほとんど含まれず，地表の非常に浅い場所が面的にすべることで永久的な変位として残った。

この大きな水平変位が発生した場所及び赤沼とつながる領域で，水平変位発生前に10 cm程度の隆起が確認されている（Fig 3）。この隆起域は赤沼の地下から通じる地下水の動きに関連していると考えられ，

・あらかじめ地下の浅い場所に地下水が流入することで泥炭層がわずかに浮き上がる
・その後の大雨による冠水とその流れによって，数mの厚さをもつ泥炭層が広域にわたって浮島状に部分的に浮き上がって水平に移動

という2段階の過程を経たと推定される。

こうした大きな水平変位及び赤沼からつながる隆起は両方とも赤沼からつながる隆起域（水平変位発生前）が高層湿原に特有の植生であるハンモック地域と一致することから（Fig 3），赤沼南東変位が偶然形成されたものではなく，赤沼からつながる地下水の存在によって浮き上がりやすい場所であることが示唆される。そして，その地下水によってハンモック地域が長年にわたって涵養されてきたなどの微地形や水文環境と関連している可能性がある。

これらのように，湿原内で大きな水平変位が発生したという興味深い現象の発見にとどまらず，さらには湿原内の変位の分布が地下水や植生とおおいに関連する現象であることを示す結果が得られている。

参考文献

藤原他（2019）：ALOS-2のSARによって捉えられた2016年の大雨による釧路湿原の2.5m を超える地表変位, 地学雑誌.

キーワード：釧路湿原、湿原環境、地下水、洪水、地表変位、ALOS-2
Keywords: Kushiro Marsh, environment of wetland, underground water, heavy rainfall, surface displacement, ALOS-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

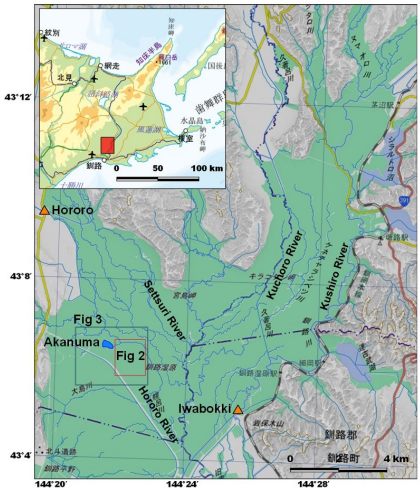


Fig 1 Map of the Kushiro Marsh.
The light green areas denote the wetlands. The red rectangles denotes the area shown in Fig 2, and the dark blue rectangle corresponds to the area shown in Fig 3.

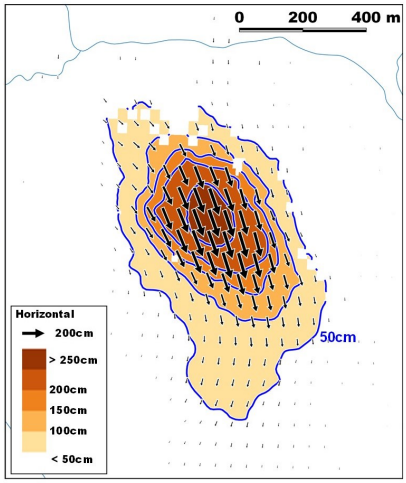


Fig 2 Horizontal displacement to the southeast of Akanuma in the summer of 2016 detected by ALOS-2 SAR.

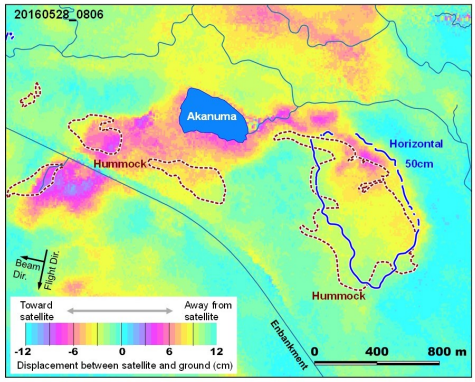


Fig 3 ALOS-2 SAR interferogram of around Akanuma. The blue line denotes the area with large horizontal displacement (>50cm). The brown broken lines denote hummocks.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Surface deformation of Asama Volcano, Japan, detected by time-series InSAR combining persistent and distributed scatterers, 2014-2018

*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

Asama volcano, located in Central Japan, is one of the most active volcanoes in Japan. Surface deformation at Asama volcano has rarely been documented because of its high topography and snow cover at the summit. In this study, we present first Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) observation of ground deformation of Asama volcano with 120 Sentinel-1 SAR images from both ascending and descending tracks and 20 ALOS-2 images from a descending track acquired between 2014 and 2018. We exploited both persistent and distributed scatterers to overcome SAR signal decorrelation and applied the three-dimensional unwrapping method to retrieval displacement time series efficiently. Our observations reveal asymmetric deformation at Asama volcano with two main deformation regions at the northeast and southeast flanks of the volcano, respectively. The northeast flank (NEF) exhibits line-of-sight (LOS) extensions in all the three SAR datasets with maximum velocities of 14, 10, and 12 mm/year for the descending ALOS-2, ascending and descending Sentinel-1 measurements, respectively. The southeast flank (SEF) shows LOS extension in the ascending observations and LOS shortening in the descending observations with velocities between -12 and 9 mm/year, respectively. Decomposition of the LOS displacements reveals nearly pure vertical subsidence at the NEF, while the SEF also shows an evident eastward component other than vertical subsidence. Comparisons of the vertical subsidence at two continuous GPS stations near the summit crater with our InSAR observations indicate small discrepancies smaller than 3 mm/year. We interpret that the subsidence at the NEF is primarily due to the cooling contraction of pyroclastic deposits emplaced in the 1783 eruption, and the SEF is susceptible to flank instability. The asymmetric deformation of the volcano may also be related to the hydrothermal activity that is controlled by the underground structure of the volcano. This study highlights that much more efforts should be taken to monitor the slope instability of Asama volcano in the future.

キーワード：合成開口レーダー、時系列解析、熱収縮
Keywords: Synthetic Aperture Radar, Time-series analysis, Thermal contraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

主従画像詳細位置合わせによる航空機搭載-Lband-SAR（Pi-SAR-L2）干渉度の改善

Improvement of Airborne L-band-SAR (Pi-SAR-L2) Coherence by Pixel by Pixel Resampling

*村上 亮[1]、古屋 正人[1]、小澤 拓[4]、高田 陽一郎[1]、青木 陽介[3]、島田 政信[2]、成田 翔平[1]
*Makoto Murakami[1], Masato Furuya[1], Taku Ozawa[4], Youichiro Takada[1], Yosuke Aoki[3], Masanobu Shimada[2], Shohei Narita[1]

1. 国立大学法人北海道大学、2. 東京電機大学　理工学部　理工学科　建築・都市環境学系、3. 東京大学地震研究所、4. 防災科学技術研究所
1. Hokkaido University, 2. Tokyo Denki University, School of Science and engineerring, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

１．はじめに

航空機搭載SARは，ある程度自由に飛行経路を設定でき，即時対応にも適応性が高いことから，衛星搭載型にない多くの長所を有している．しかしながら，リピートパス干渉法（DInSAR）解析では，飛行軌跡が経路上の風などの影響によって不規則に変動し，干渉度を著しく劣化させる航空機SAR特有の困難さがあるが，実際に火山を対象としたリピート観測データを用いて，解析手法の改良を試み，特に，主従画像の位置合わせを可能な限り詳細に実施することで，これまでの手法に比べて干渉性をより高めることができた．本報告では，この手法について紹介し，火山活動モニタリングにもたらす効果について報告する．

２．従来のPi-SAR-L2データの干渉処理について

Pi-SAR-L2には，高精度なINS-GPSハイブリッド型の航路追跡装置が搭載されている．これにより，高い軌道再現性が実現されているが，予測不可能な気流の変化等の影響によって，完全な同一航路の実現は困難である．その結果，航空機干渉SARの飛翔航路偏差起源の位相差の分布は，衛星のそれに比べてより複雑な形状を呈し，地殻変動情報の有効な抽出には，航跡の複雑性に起因する位相分布の適切な除去が必須である．

これまでの解析から，ペアを構成する主画像(Master)および従画像(Slave)の位置合わせの達成度が干渉性をほぼ支配することが確認されている．位置合わせのためには，まず，地上の同一点に対する主従の画像のピクセルのズレを検出し，その情報に基づいて，同一地点のピクセルが同じ位置に来るように従画像の位置を補正する，リサンプルのプロセスの二段階の処理が必要である．

解析に使用する干渉SAR解析パッケージであるRINC（小澤拓防災科研主任研究員が開発）のリサンプル過程では，従来は，ズレの分布を二次関数で近似し，その予測に従って従画像（Slave）の画素を再整列させるという，衛星と同様の処理を行ってきた．しかし，航空機の場合は，特に風によって飛行速度が不規則に変化するため，飛行(Azimuth)方向において，10ピクセル以上におよぶ残差が残留しており，これが，Azimuth方向に直行する帯状の干渉不良領域を発生させている原因であることが分かっていた．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

３． 位置合わせ手法の改良

今回は，二次関数では近似できない高周波成分がもたらす位置ズレについても対応するため，二次関数による近似後の残差について，ある程度滑らかな曲面を仮定し，Matlabの曲面近似機能を使用した再フィッティングを行い，この曲面の値を1ピクセル単位で近似した．この1ピクセル毎の位置ズレの近似値を用いて，主従画像の位置ズレを1ピクセル毎に再計算し，最終的にこの情報に基づいて，RINCの1ピクセル毎に従画像リサンプルを行う機能を利用して，詳細位置合わせを達成する手法を実現した．

３． 霧島火山の干渉解析結果への適用

今回，実現した詳細位置合わせ手法について，霧島上空を南東から北西方向に向かって左下を見下ろしながら観測した2014年と2016年のデータに適用した．コヒーレンスを確認したところ（図参照），従来の2次関数の当てはめでリサンプルを行ったデータに比べて，画像全体で干渉性が上がったことが確認できた．特に，Azimuth方向に直行して出現していた不干渉帯の幅が狭まった．しかしながら，帯が完全に消滅したわけではなく，狭い領域に集中して不干渉領域が残存している．この筋に相当する観測時に，航空機の速度が大きく変化したことが示唆される．コヒーレンスの帯に対応した位置で，位相にも同様の帯状の変化が現れている．現時点では，航空機の精密な航路情報が入手不能であるので，確認はできないが，航路の乱れによって位相の乱れが発生している可能性が高い．幸い，位相誤差分布の空間波長は比較的長く，変化の度合いも緩やかであるので，位相の長周期トレンド成分のフィッティングにより，取り除くことが可能であり，局所的な地殻変動は十分に抽出可能である．このペアでは，ちょうど硫黄山に相当する観測時間帯に，速度変化が発生したと考えられ，旧手法では，干渉性が十分ではなかったが，新手法ではより広く干渉を復元することができた．講演では，他の観測データにも対象を広げ，位置合わせ手法の改良による干渉改善が火山モニタリングにもたらす効果について考察する．

クレジット：干渉SAR解析には小澤拓博士が開発したRINC（Ver.0.36）および国土地理院の標高データを使用した．ここに記して感謝する．本研究は文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の支援を受けた．

キーワード：航空機SAR、干渉SAR、地殻変動
Keywords: Airborne SAR, SAR Interferometry, Crustal Deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

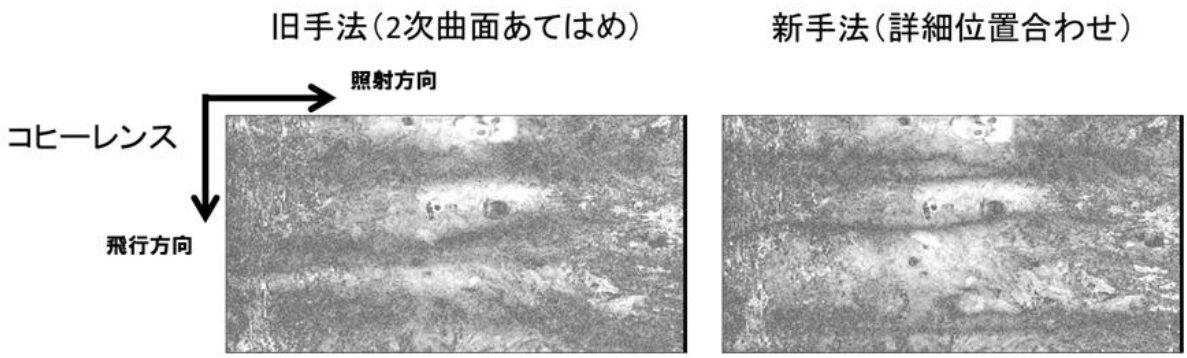


図　EW軌道データ（2014-2016）に対するリサンプル新旧手法の比較.
コヒーレンスは，明るいピクセルほど干渉性が高い．全体的に干渉性が上がっているが，特に，画像の下半分で改善が顕著である.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

SAR干渉法における電離圏遅延推定：分割スペクトル二重差分干渉画像を用いた手法の有用性

Ionospheric delay estimation in SAR interferometry: Significance of the method using the split-spectrum double-difference interferogram

*小澤 拓[1]
*Taku Ozawa[1]

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

SAR干渉法における大きな誤差要因の一つである電離圏遅延誤差の軽減においては、Split-spectrum法（e.g., Brcic et al., 2010; Rosen et al., 2010; Gomba et al., 2016）が有用な方法として用いられるようになりつつある。この手法は、SARのチャープ信号を高周波側と低周波側に分割したSAR画像を作成し、それぞれの干渉ペアから得られる干渉画像において、電離圏遅延成分と地殻変動等の成分の周波数に対する応答の違いを利用して、それぞれの成分を分離する。一般に、電離圏遅延成分は、

$\Phi_{iono}=f_L f_H(\Phi_L f_H - \Phi_H f_L)/(f_0(f_H^2-f_L^2))$ -(1)

の式から推定される。ここで、Φ_{iono}は電離圏遅延成分、f_0、f_L、f_HはフルバンドSAR画像、低周波側SAR画像、高周波側SAR画像の中心周波数、Φ_L、Φ_Hは、低周波側の干渉ペアと高周波側の干渉ペアから得られる干渉画像の位相差である。経験的に、干渉性が高い干渉ペアにおいては、この式から精度よく電離圏遅延成分を推定できるが、干渉性が低い干渉ペアにおいては、主にアンラッピングの困難により、精度が劣化する場合が多い。そこで、Wegmüller et al. (2018)は、

$\Phi_{iono}=A\Phi_0 + B(\Phi_H-\Phi_L)$ -(2)

の式から電離圏遅延成分を推定する方法を提案した。Φ_0はフルバンドSAR画像の干渉ペアから得られる位相差であり、A,Bは周波数から求められる係数である。一般に、帯域幅が広いほど、干渉性は良いので、第1項は周波数を分割した干渉ペアよりもアンラッピングは比較的容易である。第2項は、ほとんどの場合で$-\pi$から$+\pi$の値に入るため、容易に位相差を求めることが可能である。さらに、Aはほぼ0.5であることから、

$2\Phi_{iono}=\Phi_0 + 2B(\Phi_H-\Phi_L)$ -(3)

と近似することが可能である。前述したように、第2項は容易に位相差を推定することが可能であので、アンラッピングすることなしに、電離圏遅延成分のみを示す干渉画像を得ることが可能である。

以上で述べた３つの式に基づいた電離圏遅延成分を推定するツールは、防災科研が開発を進めているSAR干渉解析ツール（RINC）に組み込むために、開発を進めている。ここでは、開発中のツールを用いて行った、いくつかのペアについてのテスト解析結果を述べる。本解析においては、帯域を半分に分割して作成した高周波側と低周波側のSAR画像を用いる。高周波側と低周波側の干渉ペアについて、それぞれ干渉画像を作成し、軌道情報に基づいて、軌道・地形縞成分を除去してスペクトル強調フィルター（Goldstein and Werner, 1998）を適用し、それらの干渉画像から、それぞれの式に基づいて電離圏遅延を推定する。推定した結果は、それぞれ、ほぼ同様のパラメータを用いて、outlierを除去するフィルター、ガウスフィルターを適用し、電離圏遅延成分を求めた。

まず、比較的干渉性が高いペアとして、ALOS-2/PALSAR-2のパス124の右方向視で、2014年9月9日と2015年8月11日に吾妻山を観測したSM1の干渉ペアを解析した。このペアについては、どの式に基づいた手法によっても、ほぼ同じ結果が得られた。しかし、ALOS-2/PALSAR-2のパス23の右方向視で、2016年3月7日と2016年4月18日に2016年熊本地震の震源域を観測したSM1の干渉ペアを解析したところ、断層付近において、それぞれの方法で差が見られた。特に、式(1)の解析では、断層付近におけるアンラッピングエラーが大きく影響しているようである。手動解析において、正しくマスクすれば、式(2)とおおよそ同じ結果が得られると考えられる。式(3)においては、断層付近においても、電離圏遅延成分が得られた。しかし、他の特に干渉性が悪い干渉ペアにおいては、式(3)を用いた解析ではうまく処理できない場合もあった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

現時点では解析事例が少なく、より多くの事例解析を要するが、概して、式(2)に基づく方法が、比較的精度良く、電離圏遅延を推定できるように感じられる。ただし、アンラッピングが困難なほどの、大きな地殻変動が含まれる場合には、式(3)に基づく方法が良い場合もある。場合に即した使い分けが必要かもしれない。

キーワード：SAR、電離圏遅延、地殻変動
Keywords: SAR, ionospheric delay, crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気遅延補正を適用したSentinel-1 InSARによる2018年房総半島周辺でのスロースリップに伴う地表面変位の検出
Detecting surface displacement accosiated with the 2018 slow slip event around Boso peninsla by use of Sentinel-1 InSAR with atmospheric correction

*木下 陽平[1]、二村 忠宏[1]、古田 竜一[1]
*Youhei Kinoshita[1], Tadahiro Nimura[1], Ryoichi Furuta[1]

1. 一般財団法人リモート・センシング技術センター
1. RESTEC, Remote Sensing Technology Center of Japan

スロースリップあるいはスロー地震は地震波をほとんど放出することなく断層上に蓄積されたひずみエネルギーを解放することで知られている. スロースリップに伴う地表面変位や地殻内振動は多くの場合微小なことから, そのシグナル検出は通常GNSSや地震計のような高精度な地球科学的観測手法を用いて行われてきた. これまでの研究において, 例えば東海地域 (e.g. Yamamoto et al. 2005, EPS; Ozawa et al. 2016, EPS), カスケード地域 (e.g. Dragert et al. 2004, EPS; Hawthorne and Bartlow 2018, JGR), 南海トラフ (e.g. Kobayashi 2017, EPS; Ozawa 2017, EPS) など, 多くの地域でのスロースリップの検出事例が報告されてきた. 房総半島周辺についてもスロースリップが度々発生している地域として知られている (Fukuda 2018, JGR). しかしながら, これらスロースリップに伴う地表面変位を検出した先行研究はほとんどがGNSS観測を使ったものであり, 空間的解像度の制限から地表面変位の詳細な空間構造を把握することは困難であった. 本研究では2018年に房総半島周辺で発生したスロースリップに伴う地表面変位の検出を目的として, Sentinel-1 TOPS SARデータを用いたInSAR解析を行ったのでその結果と進捗を報告する.

InSAR解析ではSentinel-1 TOPS IWデータを用いて干渉解析を行った. Sentinel-1データについては合計3つのパスのデータを用いており、パス39とパス141がアセンディング、パス46がディセンディングとなっている. これらSentinel-1データをGAMMAソフトウェアを用いて干渉処理しており, 地形縞のシミュレーションには1-arcsecond SRTM DEMを用いた. 本研究で解析した干渉ペアについては全て基線長の垂直成分が200m未満となっており、ほとんどの干渉ペアで良好な干渉性を得ることができた. 本事例において期待される地表面変位量はGNSS観測から2cm未満となりそうなことから, 大気遅延効果の低減のために各パスにおいて干渉画像のスタッキング処理を行った. これにより時間的空間的ランダム性が仮定できる大気遅延成分については大幅に低減することが可能である. また必ずしも時間的空間的にランダム性を仮定できない地形相関性大気遅延成分に対しては, 気象庁のMSM数値気象モデル客観解析データを用いた補正を各干渉画像に適用することで低減を図った.

大気遅延補正を適用したInSARスタッキング解析の結果, パス141のスタッキング結果において視線方向の変位量が約1cmの地表面変位シグナルを検出することができた. この変位シグナルは空間的大きさがおよそ20km四方程度であり, GNSS観測から得られていたスロースリップ時の変位量と整合的である. 一方でパス39とパス46のスタッキング画像については, スタッキングに用いた個々の干渉画像の多くが大気遅延による位相擾乱の影響を受けてしまい, スタッキング画像においても明瞭な地表面変位シグナルを検出することはできなかった.

本研究では大気遅延補正の補正効果についても簡単に評価を行った. 評価は地表面変位がないと考えられる領域を切り出し, その領域ないので位相の標準偏差を補正前後で比較するというものである. 補正前のスタッキング画像における位相の標準偏差はパス39, 46, 141でそれぞれ5.9cm, 7.5cm, and 4.2cmであったのに対し, MSMによる補正適用後は2.7cm, 4.6cm, and 1.6cmに改善した. このことはMSMが10kmの水平格子間隔と3時間の時間間隔でInSAR大気遅延補正にとって十分なものとは言えないものの, 地形相関性大気遅延効果を補正する効果は十分にあること示している.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

明瞭な地表面変位シグナルが得られたパス141のスタッキング画像を元に, 単純な矩形断層モデルによるフォワードモデリングを実施してInSARで得られた地表面変位を説明できるような断層パラメータの推定を行った. 断層モデリングの結果, 断層は深さ15kmでフィリピン海プレートの境界と整合的な位置に求まり, モーメントマグニチュードは6.6となった.

キーワード：InSAR、InSAR大気遅延補正、スロースリップ
Keywords: InSAR, Atmospheric delay correction, Slow Slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-TT46] 最先端ベイズ統計学が拓く地震ビッグデータ解析

コンビーナ:長尾 大道(東京大学地震研究所)、加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)、前田 拓人(弘前大学大学院理工学研究科)、矢野 恵佑(東京大学)、座長:吉光 奈奈(東京大学地震研究所)、松田 孟留(東京大学大学院情報理工学系研究科)

近年，従来の定常地震観測点に加え，臨時の高密度稠密地震観測網や建物・ライフライン・スマートフォン等が持つ振動計を利活用した次世代の地震ビッグデータベースが構築されつつある。しかし，これらの多種多様な地震データを包括的に解析する方法やアルゴリズムは未整備のままであり，地震防災・減災や地震現象の解明に最大限に活かすためにも，超大容量の地震データ向けに最適化された解析手法の開発に着手することが極めて重要である。一方，近年のベイズ統計学の進展は著しく，機械学習，特に深層学習に代表される，あらゆるビッグデータ解析手法の数理基盤となっており，地震データ解析への応用展開にも大きな期待が寄せられている。
本セッションでは，地震ビッグデータ解析に焦点を当てた講演を募集する。特に，機械学習・スパースモデリング・データ同化等のベイズ統計学を活かした解析手法開発，およびそれらの地震データへの応用研究を中心に，地震データ解析に資する数理科学・統計学の理論的研究や，将来的な実データ応用を目指す解析アルゴリズムのフィージビリティスタディ，さらには地震ビッグデータやその解析結果の現状に関する講演等を幅広く歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[STT46-01] A bad inversion result suggests bad modeling: 悪いインバージョン結果には理由がある

★招待講演

*深畑 幸俊[1]、八木 勇治[2] (1.京都大学防災研究所、2.筑波大学生命環境系)

14:00 ~ 14:15

[STT46-02] 稠密地震観測網における地震波動場の推定：MeSO-netにおける最適化

*椎名 高裕[1]、前田 拓人[2]、加納 将行[3]、加藤 愛太郎[1]、平田 直[1] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東北大学理学研究科)

14:15 ~ 14:30

[STT46-03] Uncertainty quantification based on 4DVar data assimilation for massive simulation models

*伊藤 伸一[1]、加納 将行[2]、長尾 大道[1] (1.東京大学、2.東北大学)

14:30 ~ 14:45

[STT46-04] ベイズ統計を用いた余震活動のモデリングと確率予測

★招待講演

*近江 崇宏[1] (1.東京大学生産技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[STT46-05] **Bias Correction for the Distribution of Aftershocks Within Short-Term Period Immediately After Large Main Shock**

*森川 耕輔[1]、長尾 大道[2]、伊藤 伸一[2]、酒井 慎一[2]、平田 直[2] (1.大阪大学、2.東京大学地震研究所)

15:00 ~ 15:15

[STT46-06] Deep-learning-based Earthquake Detection for Continuous Seismic Network Records

*矢野 恵佑[1]、椎名 高裕[2]、倉田 澄人[1]、加藤 愛太郎[2]、駒木 文保[1]、酒井 慎一[2]、平田 直[2] (1.東京大学情報理工学研究科、2.東京大学地震研究所)

A bad inversion result suggests bad modeling: 悪いインバージョン結果には理由がある
A bad inversion result suggests bad modeling

*深畑 幸俊[1]、八木 勇治[2]
*Yukitoshi Fukahata[1], Yuji Yagi[2]

1. 京都大学防災研究所、2. 筑波大学生命環境系
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

インバージョン解析をすると、何らかの結果が得られるものの、それが自分の抱いていたイメージや期待にそぐわないことは珍しくない。例えば、地震の滑り分布インバージョンの場合、典型的には、推定された滑り分布が過度に暴れていたり、一部領域で全体とは逆向きに滑っていたり（負の滑り）といったことが起こる。そういう場合に、見栄えの良い結果を得るために、しばしば滑らかさの程度（smoothing parameter）を結果を見つつ調整したり、非負の条件を課したりなどといったことがなされる。しかし、滑らかさの程度はABIC（赤池のベイズ情報量規準）などを用いて本来統計的かつ客観的に定められるべきであり、非負の条件は（物理的に合理的と多くの人が考えているが）不偏推定の原則から逸脱することに注意すべきである。

インバージョン解析では通常、モデル化に問題があれば、おかしな結果が得られると考えられる。そして逆に、おかしな結果が得られたならば、それはモデル化に何らかの問題があることを疑うべきである。

本講演では、既存の方法ではおかしな結果が得られた問題に対し、モデル化の各種過程を見直すことにより、その問題を解決したいくつかの例を示す。このような営みを積み重ねていくことにより、地球物理学のより正しい理解に到達していくことができるだろう。

キーワード：インバージョン解析、ABIC、地震すべり分布
Keywords: Inversion analysis, ABIC, slip distribution of earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

稠密地震観測網における地震波動場の推定：MeSO-netにおける最適化
A seismic wavefield estimation in a dense seismograph network: An optimization for the MeSO-net

*椎名 高裕[1]、前田 拓人[2]、加納 将行[3]、加藤 愛太郎[1]、平田 直[1]
*Takahiro Shiina[1], Takuto Maeda[2], Masayuki Kano[3], Aitaro Kato[1], Naoshi Hirata[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学大学院理工学研究科、3. 東北大学理学研究科
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 3. Graduate school of science, Tohoku University

MeSO-net（首都圏地震観測網：Metropolitan Seismic Observation network）は首都圏を中心に展開された非常に稠密な地震観測網であり，その観測点間隔は平均で5 km程度，最も密な地域で2 km程度となる[笠原・他, 2009，酒井・平田, 2009]．近年，このような稠密観測網で得られる観測波形記録から地震波動場そのものを再構築する試みが世界各地で進められている[e.g., Langston, 2007; Kano et al., 2017]．Kano et al [2017]では数値モデリングをベースにした手法により，MeSO-netにおいて1.0 Hz程度までの高精度地震波動場推定を実現した．彼らの手法では周辺の構造や震源位置も同時に推定することができる．一方で，観測記録からより直接的に波動場を推定する手法としてSeismic Wave Gradiometry法（SWG法）が知られている[e.g., Langston, 2007; Maeda et al., 2016]．SWG法は計算コストが少なく，震源や不均質構造の仮定を必要としない．このため，地震波動場の即時把握や明確な励起源を持たない地動現象の抽出等への応用が期待される．

SWG法[Maeda et al., 2016]は，観測網内の任意点における波形振幅とその空間勾配を，取り囲む観測点で得られる観測振幅から重み付き最小二乗法によって推定する．このとき決定される「重み」（空間補間係数）は任意点から観測点までの距離によりのみ決まる．一方，観測点密度が場所により大きく異なるMeSO-netでは，最適な空間補間係数の分布がSWG推定を行う点の場所により変化することが予想される．そこで本研究では，MeSO-netを最大限活用した波動場推定を行う上で最適な空間補間係数の分布を数値実験により調べた．

任意点および仮想観測点における波形は有限差分法（OpenSWPC [Maeda et al., 2017]）を用いて計算し，0.1-0.2 Hzのバンドでフィルターをかけた．なお，仮想観測点の配置は現実のMeSO-netの観測点分布と同じである．空間補間係数の分布は，最小二乗法の際に課す重みを変化させることで探索した．ここで重み関数として2次元ガウス分布を仮定した．したがって，2軸の標準偏差（長軸と短軸の探索距離），および短軸の回転角（北から時計周り）をグリッドサーチにより求めた．なお，本研究ではSWG法により推定される合成波形が，計算波形との3成分相互相関係数を最大とするように重み関数を探索した．

本研究では，30°毎に配置した12の仮想震源それぞれに対して相互相関係数の計算を行い，その総和が最も大きくなる重み関数を探索した．これは，どのような方向から入射する地震波に対しても波動場を平均的に良く再現することのできる空間補間係数を求めることに対応する．ここで，仮想震源の深さは10 kmとし，MeSO-net中心部からの距離は150 kmとした．また，それぞれの仮想震源に対してMeSO-net中心方向に腹を持つ逆断層タイプのメカニズム解を仮定した．得られた重み関数はMeSO-net中心部で等方的で観測点探索距離が小さくなる．一方，周辺部では探索距離が大きな楕円形状を示す．これはMeSO-netの観測点密度や配置を反映していると考えられる．また，最適化を行うことで，等方的な1つの重み関数を与える従来法に比べて，再現性を維持したまま波動場推定範囲を拡大できることを確認した．さらに，特定の到来方向に対して重み関数の最適化を行い，波動場推定の更なる高精度化・広範囲化が可能なことがわかった．ただし，そのような重み関数を選択するためには，正確な到来方向の推定が必要となる．今後，SWG法で同時に推定される空間勾配やスローネスなどの情報を採り入れ，より高度な波動場推定手法の構築を目指す．

キーワード：地震波動場、Seismic wave gradiometry、MeSO-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Seismic wavefield, Seismic wave gradiometry, MeSO-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Uncertainty quantification based on 4DVar data assimilation for massive simulation models

*伊藤 伸一[1]、加納 将行[2]、長尾 大道[1]
*Shin-ichi Ito[1], Masayuki Kano[2], Hiromichi Nagao[1]

1. 東京大学、2. 東北大学
1. The University of Tokyo, 2. Tohoku University

Data assimilation (DA) is a fundamental computational technique that integrates numerical simulation models and observation data on the basis of Bayesian statistics. Originally developed for meteorology, especially weather forecasting, DA is now an accepted technique in various scientific fields. One key issue that remains controversial is the implementation of DA in massive simulation models under the constraints of limited computation time and resources. This work proposes a DA technique based on a four dimensional variational (4DVar) method for massive autonomous models that produces optimum estimates and their uncertainties within reasonable computation time and resource constraints. The uncertainties are given as several elements of an inverse Hessian matrix, which is the covariance matrix of a normal distribution that approximates the target posterior probability density function in the neighborhood of the optimum. The proposed method based on a second-order adjoint method allows us to directly evaluate the elements of the inverse Hessian matrix without computing all of its elements. Some numerical tests assuming a massive simulation model confirm that the proposed method works well and enables us to evaluate the uncertainties of the parameters involved in the assumed model faster than the conventional DA approaches. Such information regarding uncertainty is valuable, as it can be used to optimize the design of experiments.

キーワード：ベイズ統計、データ同化、不確実性評価
Keywords: Bayesian statistics, Data assimilation, Uncertainty quantification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ベイズ統計を用いた余震活動のモデリングと確率予測
Bayesian approach for statistical modeling and forecasting of aftershock activities

*近江 崇宏[1]
*Takahiro Omi[1]

1. 東京大学生産技術研究所
1. Institue of Industrial Science, the University of Tokyo

大きな地震が発生すると、その後におびただしい数の地震、いわゆる余震が起こる。余震は多くの場合、本震（最初の大きな地震）に比べると規模が小さいが、それでも規模な大きな余震は被災地に追加的な被害をもたらすことが多く、できるだけ早い段階から、余震活動の特徴を捉え、今後の活動の推移を予測することが防災上重要である。地震学における余震活動のモデリングについての歴史は古く、余震活動の基本的な予測手法は1990年ごろにはすでに提案されていた。その一方で、現実的に予測を行う上では、この手法だけでは不十分である。例えば、大きな地震が起こるとしばらくの間、観測網の地震検出能力が下がることが知られており、特に初期の余震の多くが観測から漏れてしまうという問題があるが、このようなことは上の手法では考慮されていない。また、比較的短い期間のデータから予測を行う際には、予測の不確定性を適切に評価することも重要である。そこで我々は、実際にリアルタイムに余震活動の確率予測を行うことを念頭におき、観測漏れのあるデータの状態空間法を用いたモデルの開発や、ベイズ型の予測手法の導入を行い、より精度の高い予測手法の開発を行ってきた。また最近では、防災科学技術研究所と共同で、予測システムのリアルタイムでの試験運用も行っている。本講演では我々の手法について簡単に説明を行う予定である。

キーワード：余震活動、確率予測、ベイズ統計
Keywords: aftershock activity, probabilistic forecasting, bayesian statistics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bias Correction for the Distribution of Aftershocks Within Short-Term Period Immediately After Large Main Shock

*森川 耕輔[1]、長尾 大道[2]、伊藤 伸一[2]、酒井 慎一[2]、平田 直[2]
*Kosuke Morikawa[1], Hiromichi Nagao[2], Shin-ichi Ito[2], Shin'ichi Sakai[2], Naoshi Hirata[2]

1. 大阪大学、2. 東京大学地震研究所
1. Osaka University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

The main shock of a large earthquake often makes it difficult to identify a number of subsequent aftershocks. Knowing the distribution of magnitudes and arrival times of the aftershocks is essential to figure out the characteristics of the sequence of earthquakes, which enables us to predict the frequency of earthquakes depending on space and time. Such the distribution of aftershocks should be estimated within a couple of days eventually since most of the large aftershocks occur within one day from the main shock. However, an exact count of all aftershocks right after a main shock is very hard due to large signal-to-noise ratio, so that an estimated distribution of the aftershocks is usually biased.

An adoption of a likelihood that incorporates models of the detection rate of aftershocks can be a solution to correct the bias, but the simultaneous dependency on both magnitudes and arrival times of the aftershocks makes this difficult. Thus using nonparametric models for the detection rate is unrealistic though misspecification of the model may lead to a severe biased estimator.

In this study, we propose two detection rate models that are individually conditional on the magnitudes and the arrival times. The Generalized Moments of Methods (GMM)-type estimator overcomes the difficulty in estimation due to the imcompletely defined joint distribution. With the use of prior information, the distribution of the aftershocks can be effectively estimated within short-time period.

キーワード：マグニチュード分布、マーク付き点過程、地球科学
Keywords: Magnitude frequency, Marked point process, Geoscience

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Deep-learning-based Earthquake Detection for Continuous Seismic Network Records

Deep-learning-based Earthquake Detection for Continuous Seismic Network Records

*矢野 恵佑[1]、椎名 高裕[2]、倉田 澄人[1]、加藤 愛太郎[2]、駒木 文保[1]、酒井 慎一[2]、平田 直[2]
*Keisuke Yano[1], Takahiro Shiina[2], Sumito Kurata[1], Aitaro Kato[2], Fumiyasu Komaki[1], Shin'ichi Sakai[2], Naoshi Hirata[2]

1. 東京大学情報理工学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, , 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Over the last decade, continuous seismic data have been enormously acquired on seismic networks consisting of multiple sensors at distributed locations. Analyzing these data efficiently and thoroughly offers substantial benefits to seismology. The first important step in the analysis is earthquake detection, that is, detecting earthquakes in continuous massive datasets.

In this talk, we present a deep-learning-based scheme for earthquake detection from continuous records in a seismic network. We work with a convolutional neural network (CNN), which is one of the most powerful supervised learning techniques, to capture features discriminating between earthquakes and noises. Our scheme has an advantage of utilizing multiple stations in a seismic network to discriminate between earthquakes and noises.

We apply our scheme to continuous data on Metropolitan Seismic Observation network (MeSO-net) from September 4, 2011 to September 16, 2011. We show our scheme improves on CNNs based on few stations especially in preventing mis-detection. In addition, the trained network in the last fully connected layer has quasi-sparsity, by which we identify features important for CNN to recognize earthquakes.

キーワード：地震学、深層学習
Keywords: Seismology, Deep learning

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:喜岡 新、野田 篤

海洋底は現在の地球上において最も活動的な場所です。海洋底で起こるさまざまな地学現象はプレートテクトニクスのみならず地球深部の構造やダイナミクス、さらに地球表層環境と密接な関わりがあります。また、海洋底には過去の環境変動の歴史や物質循環の記録が残されています。本セッションでは、”海洋底”というキーワードを含む研究成果の発表を海嶺系・沈み込み帯・ホットスポットなど地域によらず、地球物理学的・地球化学的・地質学的など研究分野によらず、観測的・実験的・理論的・技術開発的など研究手法によらず、幅広く歓迎します。多様な研究者が集い議論できる場として、新しい海洋底像を描き出すことを目標とします。共同コンビーナ：田所敬一（名古屋大）、石塚治（産総研）、土岐知弘（琉球大）、高橋成実（JAMSTEC)

9:00 ~ 9:15

[SCG56-25] 白鳳丸によるサウスサンドイッチ弧観測計画：世界最南端島弧-海溝系の成立・進化過程の解明にむけて

*山口 飛鳥[1]、谷 健一郎[2]、池原 実[3] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立科学博物館、3.高知大学海洋コア総合研究センター)

9:15 ~ 9:30

[SCG56-26] 2011年東北沖巨大地震震源域の三次元構造

*趙 大鵬[1]、Liu Xin[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)

9:30 ~ 9:45

[SCG56-27] 巨大地震がもたらした超深海海溝底への莫大な有機炭素供給

*Kioka A.[1]、Schwestermann T.[1]、Moernaut J.[1]、Ikehara K.[2]、Kanamatsu T.[3]、McHugh C.M.[4]、dos Santos Ferreira C.[5]、Wiemer G.[5]、Haghipour N.[6]、Kopf A.J.[5]、Eglinton T.I.[6]、Strasser M.[1,5] (1.インスブルック大学、2.産業技術総合研究所、3.海洋研究開発機構、4.ニューヨーク市立大学、5.ブレーメン大学、6.スイス連邦工科大学チューリッヒ校)

9:45 ~ 10:00

[SCG56-28] 海溝充填堆積物はどのようにして地下深部へ沈み込むのか？

*野田 篤[1]、高下 裕章[2]、山田 泰広[3]、宮川 歩夢[1]、芦 寿一郎[2] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学大気海洋研究所、3.海洋研究開発機構)

10:00 ~ 10:15

[SCG56-29] 高分解能SBPから得られた付加体斜面堆積盆の堆積構造とその形成過程の検討：室戸沖南海付加体の例

*大熊 祐一[1]、山口 飛鳥[1]、高下 裕章[1]、福地 里菜[1]、芦 寿一郎[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

10:15 ~ 10:30

[SCG56-30] 台風24号通過時に駿河湾北部で発生したと考えられる混濁流について ―OBSアレイが捉えた海底異常現象の痕跡―

*中尾 凪佐[1]、馬場 久紀[2]、佐藤 比呂志[3]、鶴我 佳代子[4]、坂本 泉[2]、西宮 隆仁[5]、篠原 雅尚[3]、阿部 信太郎[6] (1.東海大学大学院、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.東京大学地震研究所、4.東京海洋大学、5.気象庁気象研究所、6.公益財団法人　地震予知総合研究振興会)

白鳳丸によるサウスサンドイッチ弧観測計画：世界最南端島弧-海溝系の成立・進化過程の解明にむけて

Observational plans of the South Sandwich Arc by R/V Hakuho Maru: Toward understanding formation and evolution of the world southernmost arc-trench system

*山口 飛鳥[1]、谷 健一郎[2]、池原 実[3]
*Asuka Yamaguchi[1], Kenichiro Tani[2], Minoru Ikehara[3]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 国立科学博物館、3. 高知大学海洋コア総合研究センター
1. Atomosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Museum of Nature and Science, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

The South Sandwich arc-trench system, located in between South America and Antarctica, is one of the unexplored subduction zones of the world. It was originated in Mesozoic fragmentation of Gondwana, and Neogene westward subduction of South American plate causes formation of South Sandwich volcanic arc and back-arc opening of West and East Scotia Sea. The formation of Scotia Sea is closely related to the opening of Drake Passage Gateway, and thus it caused the development of the Antarctic Circumpolar Current and affected the earth’s climate. However, detail back-arc opening process of Scotia Sea is poorly understood. Sediment accumulated in the South Sandwich Trench is expected to contain large amount of diatom and IRD (ice-rafted debris), but the nature of the sediment in the trench is unknown because of the lack of sediment cores.
On 2019 December-2020 January, R/V Hakuho Maru will visit the South Sandwich Arc and Weddell Sea as a part of around the world cruise for her 30th anniversary. During this cruise, we plan to take 1) dredge samples of forearc high of South Sandwich Arc possibly recording initiation process of oceanic island arc, as well as 2) sediment cores in South Sandwich Trench as an input to a subduction zone in polar region. By comparing the findings during this cruise to accumulated knowledge on backarc-arc-trench system around Japan, we try to understand the formation and evolution of the world southernmost arc-trench system.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖巨大地震震源域の三次元構造
Seismic imaging of the source zone of the 2011 Tohoku-oki earthquake

*趙 大鵬[1]、Liu Xin[1]
*Dapeng Zhao[1], Xin Liu[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Department of Geophysics, Tohoku University

The great 2011 Tohoku-oki earthquake (*Mw* 9.0) is the best-documented megathrust earthquake in the world, but its causal mechanism is still in controversy because of the poor state of knowledge on the nature of the megathrust zone. *Zhao et al*. (2011) used seismic tomography to study structural heterogeneity in the megathrust zone and suggested that lateral structural variations atop the subducting Pacific slab, such as the subducted seafloor topography, seamounts and sediments, affected nucleation of the 2011 Tohoku-oki earthquake. In contrast, *Bassett et al*. (2016) used residual topography and gravity data to constrain the Tohoku forearc structure and proposed that variations in the forearc lithology of the overriding Okhotsk plate were the main cause of along-strike variations of the Tohoku-oki slip behavior. In this work we constrain the structure of the Tohoku forearc using seismic tomography, residual topography and gravity data. We apply a tomographic method (*Zhao et al*., 2002) to invert 144,354 *P*-wave arrival-time data recorded at 382 permanent seismic stations in Tohoku from 4760 local shallow and intermediate depth earthquakes that occurred during January 2000 to June 2016.

Our results reveal a close relationship between structural heterogeneities in and around the megathrust zone and rupture processes of the 2011 Tohoku-oki earthquake (*Liu and Zhao*, 2018). Its mainshock nucleated in an off-Miyagi area with high seismic velocity, low seismic attenuation and strong seismic coupling, indicating a large asperity (or a cluster of asperities) in the Tohoku megathrust zone. Strong coseismic high-frequency radiations also occurred in high-velocity patches, whereas large afterslips took plate in low-velocity areas, which may reflect changes in fault friction and lithological variations. These results indicate that structural anomalies in and around the Tohoku megathrust originate from both the upper Okhotsk plate and the lower Pacific plate, which controlled the generation and rupture processes of the 2011 Tohoku-oki earthquake. This huge earthquake was caused by collision of harder rocks in both the upper and lower plates.

This work sheds new light on the causal mechanism of megathrust earthquakes. It also suggests that the location of a future great earthquake may be pinpointed by investigating the detailed structure of the megathrust zone.

In this presentation, we will also show our new results obtained by adding the data recorded by the S-net that has been installed in the eastern Japan forearc region under the Pacific Ocean.

References

Bassett, D., D. Sandwell, Y. Fialko, A. Watts (2016) Upper-plate controls on co-seismic slip in the 2011 magnitude 9.0 Tohoku-oki earthquake. *Nature* **531,** 92-96.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Liu, X., D. Zhao (2018) Upper and lower plate controls on the great 2011 Tohoku-oki earthquake. *Science Advances* **4**, eaat4396.

Zhao, D., Z. Huang, N. Umino, A. Hasegawa, H. Kanamori (2011) Structural heterogeneity in the megathrust zone and mechanism of the 2011 Tohoku-oki earthquake (Mw 9.0). *Geophys. Res. Lett.* **38,** L17308.

Zhao, D., O.P. Mishra, R. Sanda (2002) Influence of fluids and magma on earthquakes: seismological evidence. *Phys. Earth Planet. Inter.* **132,** 249-267.

キーワード：東北沖巨大地震、地震波トモグラフィー、地震発生機構
Keywords: The great Tohoku-oki earthquake, seismic tomography, Earthquake mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

巨大地震がもたらした超深海海溝底への莫大な有機炭素供給
Drastic export of organic carbon to hadal trench driven by megathrust earthquake

*Kioka A.[1]、Schwestermann T.[1]、Moernaut J.[1]、Ikehara K.[2]、Kanamatsu T.[3]、McHugh C.M.[4]、dos Santos Ferreira C.[5]、Wiemer G.[5]、Haghipour N.[6]、Kopf A.J.[5]、Eglinton T.I.[6]、Strasser M.[1,5]
*A. Kioka[1], T. Schwestermann[1], J. Moernaut[1], K. Ikehara[2], T. Kanamatsu[3], C. M. McHugh[4], C. dos Santos Ferreira[5], G. Wiemer[5], N. Haghipour[6], A. J. Kopf[5], T. I. Eglinton[6], M. Strasser[1,5]

1. インスブルック大学、2. 産業技術総合研究所、3. 海洋研究開発機構、4. ニューヨーク市立大学、5. ブレーメン大学、6. スイス連邦工科大学チューリッヒ校
1. Universität Innsbruck, Austria, 2. GSJ-AIST, Japan, 3. JAMSTEC, Japan, 4. Queens-CUNY, USA, 5. MARUM-U. Bremen, Germany, 6. ETH Zürich, Switzerland

これまで、地球の気候変動・生物圏における炭素循環の役割について理解が進んでいるが、有機炭素が超深海に供給されるメカニズムに関する理解は限られ、その厳密な定量化の報告例はない。例えば2011年東北太平洋沖地震では、有機物に富んだ年代の新しい表層の細粒堆積物が、再懸濁・再移動によって水深7 km以深の日本海溝に広く再堆積したことが考えられている。しかし、データ密度や分解能などの理由で、超深海のおける再堆積とその炭素循環への寄与の検証は進んでこなかった。本研究では、日本海溝で2012～2016年に取得された、超深海では最高分解能を誇る海底地形およびサブボトムプロファイラーデータならびに堆積物コアを用いて、日本海溝軸海溝底におけるターミナル小海盆の詳細なマッピングと、そこに堆積した地震起源のイベント堆積物の体積計算を初めて行った。その結果、2011年の地震によって、合わせて約0.2 km^3の前弧斜面起源の表層堆積物が、海溝軸上の多数の小海盆に再堆積したことがわかった。この結果を用いて有機炭素の質量を定量化すると、少なくとも1 Tgの有機炭素が2011年地震で海溝底に供給されたことが明らかになった。これは、たった1回のテクトニックイベントがもたらした有機炭素供給が、ガンジス・ブラマプトラ河川系システムといった高い有機炭素フラックスで知られる他の地球表層プロセスに匹敵することを意味する。大地震が超深海における中・長期的な炭素循環ならびに短期的な底生生物活動に与えるインパクトは、我々の想像以上に大きいのかもしれない。

キーワード：超深海、日本海溝、有機炭素、炭素循環、再堆積、2011年東北太平洋沖地震
Keywords: Hadal zone, Japan Trench, Organic carbon, Carbon cycle, Sediment remobilization, The 2011 Tohoku-oki Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海溝充填堆積物はどのようにして地下深部へ沈み込むのか？
How do trench-fill sediments subduct under the accretionary wedge?

*野田 篤[1]、高下 裕章[2]、山田 泰広[3]、宮川 歩夢[1]、芦 寿一郎[2]
*Atsushi Noda[1], Hiroaki Koge[2], Yasuhiro Yamada[3], Ayumu Miyakawa[1], Juichiro Ashi[2]

1. 産業技術総合研究所、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 海洋研究開発機構
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Atomosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地表に露出する地質時代の付加コンプレックスには，海溝を充填していた同時代の砂質堆積物を原岩とする低変成度付加岩体と高圧低温型変成岩体が共存するとともに，その陸側に同時代の前弧海盆堆積物が見られることがある．例えば，西南日本の四万十付加コンプレックスの砂岩と三波川変成コンプレックスの砂質片岩は，よく似た化学組成と堆積年代を示す海溝充填堆積物（砂岩）を原岩として含むが，前者は沈み込み帯浅部において付加され，後者は地下10~km以上の地下深部にまで沈み込んでいる．一般に，付加体が発達する沈み込み帯では海洋プレート上の堆積物中の弱層がデコルマとして使用されるため，海溝充填堆積物の中でも下位の（半）遠洋性堆積物はサブダクションチャネルを通じて付加ウェッジの下に沈み込むが，上位に位置する砂質堆積物は付加体の浅部で付加されることが多く，地下深部まで沈み込むことは難しい．逆に，構造侵食型の沈み込み帯では，海溝充填堆積物のほとんどはウェッジの下に沈み込むが，同時代の付加体は成長しない．このように，同時代の砂質堆積物を原岩とする浅部付加体と高圧低温型変成岩がどのように形成されるのかは，よく分かっていない．本研究では，海溝充填堆積物の地下深部への運搬について，沈み込む海洋プレート上の起伏が重要な役割を果しているとの仮定のもとに，砂箱実験を行った．実験では，端を固定しないバックストップを陸側に設置し，その下に堆積物が排出できる隙間（サブダクションチャネル）を設け，沈み込む海洋プレートが平坦な実験Aと障害物（海山・海嶺に相当）を含む実験Bの2種類を実施した．実験Aでは，当初ははぎとり付加が主体であったが，厚くなった付加ウェッジがバックストップを押し下げることにより，デコルマがステップダウンしてサブダクションチャネルを閉じ，底付け付加が促進された．一方，実験Bでも途中までは実験Aと同様な結果を示したが，バックストップの下に沈み込む障害物が，サブダクションチャネルを開放し，比較的未変形な堆積物とともにバックストップの下から排出された．このことは，海山のような強固な障害物の沈み込みはサブダクションチャネルの開放に重要な役割を果していることを示唆している．付加体を形成するに十分な土砂供給と海洋プレート上の起伏が，同時代の付加体・高圧低温型変成岩・前弧堆積盆の形成に重要であると考えられる．

キーワード：沈み込み帯、付加体、高圧低温型変成岩、前弧堆積盆、海山、海溝充填堆積物
Keywords: Subduction zone, Accretionary wedge, High-pressure/low-temperature metamorphic rocks, Forearc basin, Seamount, trench-fill sediments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高分解能SBPから得られた付加体斜面堆積盆の堆積構造とその形成過程の検討：室戸沖南海付加体の例

Formation process of a slope basin in the Nankai Accretionary prism reconstructed from high-resolution SBP integrated with core data of ODP Site 1175 and Site 1176

*大熊 祐一[1]、山口 飛鳥[1]、高下 裕章[1]、福地 里菜[1]、芦 寿一郎[1]
*Yuichi Okuma[1], Asuka Yamaguchi[1], Hiroaki Koge[1], Rina Fukuchi[1], Juichiro Ashi[1]

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

上盤プレートには，海洋プレートの沈み込みに伴う様々な力学的現象が記録される．その中で付加体表層の堆積盆の堆積構造は，地層の傾動を記録し，プレート境界断層やそれに付随する付加体中の衝上断層の活動史を推定できる．海溝斜面に見られる堆積盆は水深が深く，反射法地震探査では一般に，水中での音波の減衰を軽減するために低い周波数の発信源が用いられる．低周波の震源は大構造の把握には有用であるが，得られるデータの解像度が低くなってしまうため海溝域の堆積盆において浅部の微細な構造を解析した研究例は少ない(例えば，Tsuji et al., 2014) ．そこで本研究では，南海付加体の斜面堆積盆を研究対象とし，学術研究船「白鳳丸」KH-16-5次航海において深海曳航式のサブボトムプロファイラー(Subbottom Profiler: SBP)から得られた空間解像度の高い地下構造断面図を使用して，構造の解釈と堆積盆の形成過程の検討を行った．対象の堆積盆は室戸沖南東方向約80 km，水深約3000 mに位置し，北西ー南東方向に8 km，北東ー南西方向に6.5 kmのほぼ楕円形をしている．この堆積盆からおよそ1 km海側には明瞭な正断層成分を含む横ずれ断層が，さらにそこから2 km海側には分岐断層が確認されているため(Underwood et al., 2003)，堆積盆はこれらの断層の活動履歴を記録している可能性がある．また，堆積盆の北には沈み込んだ海山の存在も確認されており(Kodaira et al., 2000)，堆積盆の形成に影響を与えた可能性がある．堆積盆内とその３kmほど海側の地点ではOcean Drilling Program (ODP) Leg 190にて計2本のボーリングコア試料(Site 1175とSite 1176)が採取されており，本研究ではSBPの反射断面の解釈の結果とこれらのコア試料の堆積構造や堆積年代の対比も行った．SBPの断面図には分岐断層や横ずれ断層，小断層と随伴して形成された高まりなどが確認された．この高まりの最頂部(中央部)には逆断層成分を含む横ずれ断層も確認された．堆積盆を含む横ずれ断層の陸側の領域では、陸側に向かって相対的な沈降を示す構造が見られた．また、この領域の堆積中心は陸側へ移動しており、反射法地震探査断面(Shipboard Scientific Party, 2001)とも調和的である．Site 1175付近では深度方向に地層の傾斜が大きくなっていることから，継続的に傾動が起こっていたと考えられる．更に，高まりの最頂部の横ずれ断層から陸側の領域では正断層のみが確認された．特に堆積盆の中に見られる4本の正断層は海底面まで到達しており，深度方向に変位量が累積して大きくなることから，最近まで繰り返し活動していたと考えられる．また，堆積盆には陸側斜面から流入したと考えられる地すべり移動体も確認された．これに対して横ずれ断層の海側では分岐断層の一員をなす逆断層が含まれる．SBPの反射断面からは明瞭な逆断層や正断層が確認された．特に高まりの海側半分では逆断層が卓越しているものの，海底面まで到達しているものは見受けられなかった．次に、SBPの反射断面とODP Site 1175, 1176の層序を比較した結果，SBP中の反射面は火山灰層や砂層と非常によく対応することが確認された．火山灰の追加分析も含めた堆積年代との比較の結果，横ずれ断層より陸側の傾動は約28 kaまでには沈静化したことが示唆される．SBPの深度限界のため傾動の開始時期は推定できないが，Site 1175付近の傾動がおよそ105 kaの反射面でも確認できるため，堆積盆の傾動は105 kaには始まっていたと考えられる．また，両領域の境界部の断層群は，およそ28 kaの反射面を境に上位の反射面を貫く断層の数が減少し，さらに海底面を切る断層は中央部の横ずれ断層を除き確認されていない．これらの結果から，本研究で対象とする堆積盆の表層に見られる傾動は，領域Bの分岐断層によって形成された可能性が高い．その活動は遅くとも約105 kaには始まり約28 kaには終わっていたことが示唆され

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る．このように，深海曳航SBP断面図の構造とコア試料中の詳細な層序の検討を組み合わせることで，従来よりも高い時間分解能で断層活動や堆積盆の消長を復元できる可能性がある．

キーワード：斜面堆積盆、付加体、サブボトムプロファイラー
Keywords: Slope basins, Accretionary prism, Sub-bottom profiler

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風24号通過時に駿河湾北部で発生したと考えられる混濁流について ーOBSアレイが捉えた海底異常現象の痕跡ー

About the turbidity current considered that it occurred in the northern Suruga Bay, Central Japan by the typhoon No.24. -The traces of the accidents and the phenomenon at the sea floor detected the OBSs Array-

*中尾 凪佐[1]、馬塲 久紀[2]、佐藤 比呂志[3]、鶴我 佳代子[4]、坂本 泉[2]、西宮 隆仁[5]、篠原 雅尚[3]、阿部 信太郎[6]
*Nakao Nagisa[1], Hisatoshi Baba[2], Hiroshi Sato[3], Kayoko Tsuruga[4], Izumi Sakamoto[2], Takahito Nishimiya[5], Masanao Shinohara[3], Shintaro Abe[6]

1. 東海大学大学院、2. 東海大学海洋学部海洋地球科学、3. 東京大学地震研究所、4. 東京海洋大学、5. 気象庁気象研究所、6. 公益財団法人　地震予知総合研究振興会
1. Tokai University, 2. Department of Marine and Earth Science, Tokai University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 6. Association for the Development of Earthquake Prediction

2018年08月から駿河湾北部にて「富士川河口断層帯における重点的な調査観測」による構造探査が開始された．この構造探査の測線（清水興津川沖～伊豆戸田沖）には自己浮上式海底地震計（以下OBS）が18台設置され，またこの測線以外に自然地震観測として4台のOBSが設置された．

2018年09月30日から10月01日にかけて台風24号が駿河湾付近を通過した．台風通過後に様々なOBSの異常が起きた．OBSの異常は以下である．

1．4台のOBSが海岸に漂着した．

2．2台のOBSは設置位置に存在せず，最大約800 m南東側の海底に移動が確認された．

3．1台のOBSはトランスポンダ応答がなく，行方不明になった．

4．2台のOBSはトランスポンダの応答があるが，浮上しない．

このことから本研究では，台風24号によって駿河湾北部の海底で起きた現象により，OBSは異常を起こしたと考えられる．

この現象を特定するためにOBSの記録・海底地形・OBSに付着していた泥・投入位置と回収位置でのスミスマッキンタイヤでの採泥を用い考察を行ったので報告を行なう．

・OBSで得られた波形記録によると，異常は富士川河口延長の駿河湾中央部より広がった．

・富士川河口から測線に掛けて，混濁流が発生しやすい傾斜であった．

・採泥では，設置地点と回収地点で行なったところ，同じ粒径が存在した．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

以上のことから，駿河湾北部でOBSにおきた異常の原因は，富士川由来の堆積物が駿河湾に流れ込みOBSを押し流したと推定される．

このことから，駿河湾北部で混濁流が発生した可能性が高い．

キーワード：駿河湾、海底地震計、混濁流
Keywords: Suruga Bay, OBS, turbidity current

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG60] 沈み込み帯へのインプットを探る：海溝海側で生じる過程の影響

コンビーナ:山野 誠(東京大学地震研究所)、森下 知晃(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)、藤江 剛(海洋研究開発機構)、座長:小野 重明(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

海溝の海側では、沈み込む海洋プレートの変形に伴ってさまざまな過程（海洋地殻の破砕、水の浸入、火成活動等）が起きている。沈み込み帯に対する境界条件（インプット）を知るためには、これらの過程がどのように進行し、その結果海洋プレートがどう変化するかを明らかにすることが重要である。一方、インプットの違いが沈み込み帯における諸現象や物質循環に及ぼす影響も、検討すべき課題である。本セッションでは、沈み込み帯へのインプットに関する以下のような話題について、地球物理、地質、岩石学等、幅広い分野からの研究発表・議論を行う。
・海溝海側でのプレート変形に伴って生じる過程
・その過程により海洋プレートが受ける変化
・その過程と海洋プレートの元々の構造の関係
・海洋プレートの変化が沈み込みプレート境界に及ぼす影響
日本海溝や南海トラフだけでなく、他の海溝についての研究、異なる海溝間の比較研究の発表も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SCG60-01] チリ三重会合点におけるMR18-06'EPIC'航海レグ2調査概要

*木下 正高[1,5]、岩森 光[1,5]、西川 友章[2]、安間 了[3]、Lagarrigue Sofia[4]、阿部 なつ江[5]、横山 由香[6]、Espinosa Andres[4]、Cortes Alessandra [7]、Prado Gabriela[7]、Bascuñan Ivan [7]、原口 悟[5]、太田　耕輔[9]、折橋 裕二[8]、中尾 魁史[8]、沼田 翔伍[8]、塩原 肇[1]、杉岡 裕子[10]、伊藤 亜妃[5]、 Pérez-Estay Nicolás [11] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.徳島大学、4.チリカトリカ大学、5.海洋研究開発機構、6.東海大学海洋学部、7.アンドレス・ベロ大学、8.弘前大学、9.東京大学大気海洋研究所、10.神戸大学理学研究科、11.チリ外務省)

11:00 ~ 11:15

[SCG60-02] 北海道沖千島海溝の海側における熱流量測定

*佐々木 肯太[1]、山野 誠[1]、川田 佳史[2]、木下 正高[1]、川村 喜一郎[3] (1.東京大学地震研究所、2.東北大学災害科学国際研究所、3.山口大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG60-03] Comparison of experimental and intermediate-depth earthquake b-value: difference in hydration degree of the oceanic mantle between Tohoku and Hokkaido

★招待講演

*北 佐枝子[1]、Thomas Ferrand[2] (1.建築研究所、2.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SCG60-04] Variations in bend faulting and the nature of the incoming oceanic plate off northeast Japan arc

*藤江 剛[1]、尾鼻 浩一郎[1]、山本 揚二朗[1]、山田 知朗[2]、一瀬 建日[2]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所)

11:45 ~ 12:00

[SCG60-05] 日本海溝南部、福島・茨城沖海溝軸周辺の地震活動

*尾鼻 浩一郎[1]、藤江 剛[1]、山本 揚二朗[1]、海宝 由佳[1]、中村 恭之[1]、三浦 誠一[1]、高橋 努[1]、小平 秀一[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[SCG60-06] アウターライズ断層の強度に対する岩石・水相互作用の影響

★招待講演

*平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科)

チリ三重会合点におけるMR18-06'EPIC'航海レグ2調査概要
Geophysical-petrological studies of the Chile triple junction and their significance: MIRAI research cruise MR-1806Leg2

*木下 正高[1,5]、岩森 光[1,5]、西川 友章[2]、安間 了[3]、Lagarrigue Sofia[4]、阿部 なつ江[5]、横山 由香[6]、Espinosa Andres[4]、Cortes Alessandra [7]、Prado Gabriela[7]、Bascuñan Ivan [7]、原口 悟[5]、太田 耕輔[9]、折橋 裕二[8]、中尾 魁史[8]、沼田 翔伍[8]、塩原 肇[1]、杉岡 裕子[10]、伊藤 亜妃[5]、 Pérez-Estay Nicolás [11]
*Masataka Kinoshita[1,5], Hikaru Iwamori[1,5], Tomoaki Nishikawa[2], Ryo Anma[3], Sofia Lagarrigue[4], Natsue Abe[5], Yuka Yokoyama[6], Andres Veloso Espinosa[4], Alessandra Isabella Rivero Cortes[7], Gabriela Pia Lazcano Prado[7], Ivan Andres Arriagada Bascuñan[7], Satoru Haraguchi[5], Kosuke Ota[9], Yuji Orihashi[8], Kaishi Nakao[8], Shogo Numata[8], Hajime Shiobara[1], Hiroko Sugioka[10], Aki Ito[5], Nicolás Pérez-Estay[11]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所、3. 徳島大学、4. チリカトリカ大学、5. 海洋研究開発機構、6. 東海大学海洋学部、7. アンドレス・ベロ大学、8. 弘前大学、9. 東京大学大気海洋研究所、10. 神戸大学理学研究科、11. チリ外務省
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. DPRI, Kyoto Univ., 3. Tokushima Univ., 4. Pontificia Universidad Catolica de Chile, 5. JAMSTEC, 6. Tokai Univ., 7. Andres Bello University, 8. Hirosaki Univ., 9. AORI, Univ. Tokyo, 10. Graduate School of Science, Kobe Univ., 11. Ministerio de relaciones exteriores, Chile

The Chile triple junction (CTJ) is a unique place where a spreading center of mid-ocean ridge is subducting near the Taitao peninsula. Around CTJ, presence of high heat flow on the continental slope (Cande et al., 1987, J. Geophys. Res.) and near-trench young granitic rocks on the Taitao peninsula (Anma and Orihashi, 2013, Geochem. J.) suggests the thermal and petrological impact of subducting ridge on the continental side. The tectonic history of the southeast Pacific since early Cenozoic to the present suggests that ridge subduction continuously occurred along the Chile trench, which migrated northward (Cande and Leslie, 1986, J. Geophys. Res.), which can contribute to growth of the continental crust (Iwamori, 2000, EPSL).
In January 2019, the MR18-06 cruise Leg 2 was conducted at the Chile Triple Junction, as a part of 'EPIC' expedition by using R.V Mirai of JAMSTEC. During the leg, we completed 4 SCS lines, 6 piston coring, 6 heat flow measurements, 2 dredges, and underway geophysics observations, as well as deployment of 13 OBSs. The primary object of heat flow measurement at CTJ is to better constrain the thermal regime around CTJ by adding new data right above CTJ. The key question is whether CTJ is thermally dominated by ridge activity (magmatic, tectonic, and/or hydrothermal) or by subduction initiation (tectonic thickening, accretion, and/or erosion). The ultimate goal is to model the temperature at the plate interface from the heat flow and other data, and to infer how the thermal regime at CTJ contributes the seismogenic behavior at the M~9 megathrust zone.
Our preliminary analysis shows high and variable heat flow around CTJ. It is generally consistent with previous heat flow along line 751 (Cande et al., 1987). With SCS and piston core data, a reasonable thermal model can be constructed around CTJ. (Acknowledgment) we thank the Hydrographic Department of Chile (SHOA), for allowing to enter the Chilean EEZ and territory for our survey.

キーワード：熱流量、チリ三重会合点
Keywords: heat flow, Chile Triple Junction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道沖千島海溝の海側における熱流量測定
Heat flow measurement on the seaward side of the Kuril Trench off Hokkaido

*佐々木 肯太[1]、山野 誠[1]、川田 佳史[2]、木下 正高[1]、川村 喜一郎[3]
*Kouta Sasaki[1], Makoto Yamano[1], Yoshifumi Kawada[2], Masataka Kinoshita[1], Kiichiro Kawamura[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 山口大学
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Yamaguchi University

To understand thermal structure of subduction zone, heat flow on the surface of incoming oceanic plate serves as an important boundary condition. On the surface of oceanic plate, observed value of heat flow is generally consistent with prediction of the plate cooling model (e.g., Stein and Stein, 1992). Yamano et al. (2014) revealed extensive high heat flow anomaly on the seaward side of the Japan Trench, where the very old Pacific plate (~135 Myr) subducts beneath northeast Japan, and some possible causes of the anomaly have been examined. Fujie et al. (2013, 2015) pointed out seismic velocity structure anomalies in the crust and the uppermost mantle seaward of the Japan and Kuril trenches and attributed them to increase in water content as a result of bending of the incoming oceanic plate. Kawada et al. (2014) examined influence of hydrothermal circulation in a permeable layer in the oceanic crust as a possible source of the high heat flow anomaly. They showed that hydrothermal circulation in the permeable layer thickening toward the trench axis in concordance with the seismic velocity anomaly pumps up heat efficiently and raises heat flow on the seafloor.

Infiltration of water into the crust is inferred seaward of the Kuril Trench as well based on the seismic velocity anomaly. Nakanishi (2011) argued that the direction of bending-related faults on the oceanward slope of the Kuril and Japan trenches is well correlated with the angle between the trench axis and the ancient spreading ridge axis, which varies along the trenches. It is also speculated that the trench-ridge angle is a major controlling factor of incoming plate hydration (Fujie et al., 2018). These studies suggest that it is indispensable to examine heat flow distribution seaward of the Kuril Trench, where few data have been obtained, for investigation of water and heat transport processes associated with plate bending.

In this study, we conducted heat flow measurement on the seaward of the Kuril trench off Hokkaido on KH-18-5 cruise of R/V Hakuho-maru. We measured geothermal gradient with a 3 m long temperature probe at eight sites and with a piston corer at four sites within about 120 km of the trench axis. We attempted penetration of the temperature probe several times at each site at intervals of 300 to 500 m. Few penetrations were successful within 60 km of the trench axis probably because thick layers of volcanic ash prevented the probe from penetrating into the sediment. Thermal conductivity was measured on piston core samples.

Most of the obtained 25 new heat flow values are roughly consistent with typical values for ocean basins older than 100 Myr (~50 mW/m^2), while high heat flow, 90 to 100 mW/m^2, was observed at one station about 70 km from the trench axis. This result indicates that the degree of heat flow anomaly on the seaward side of the Kuril Trench is lower than that in the counterpart of the Japan Trench.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：熱流量、千島海溝、海洋地殻、熱水循環、日本海溝、太平洋プレート
Keywords: heat flow, Kuril Trench, oceanic crust, hydrothermal circulation, Japan Trench, Pacific plate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comparison of experimental and intermediate-depth earthquake b-value: difference in hydration degree of the oceanic mantle between Tohoku and Hokkaido

Comparison of experimental and intermediate-depth earthquake b-value: difference in hydration degree of the oceanic mantle between Tohoku and Hokkaido

*北 佐枝子[1]、Thomas Ferrand[2]
*Saeko Kita[1], Thomas P. Ferrand[2]

1. 建築研究所、2. 東京大学地震研究所
1. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, BRI, 2. ERI, University of Tokyo

We examine b-values of the lower-plane events than beneath Tohoku. Using the acoustic emission (AE) experimental result, the b-values for intermediate-depth intraslab earthquakes in the Pacific slab beneath the Tohoku and Hokkaido regions, northeastern Japan and find a difference in the b-values of lower-plane events in the double seismic zone. Lower-plane events reveal significantly larger b-values beneath Tohoku (0.96) than Hokkaido (0.86), implying that the brittle deformation beneath Hokkaido is more localized and leads to higher ratio of relatively large lower-plane events by Ferrand et al. [2017, Nature Communications], we also found that the b-values for experimental earthquakes increase with increasing antigorite content in serpentinized peridotite. A comparison of experimental and natural earthquake b-values implies that lower- plane peridotite is more hydrated beneath the Tohoku region, which is consistent with the difference in oceanic-plate velocity structures near the trench identified in Ocean Bottom Seismometer studies off Tohoku and Hokkaido by Fujie et al. [2017, Nature communications]. Since the density of fracture zones offshore Tohoku is larger than offshore Hokkaido, the extent of hydration of the oceanic mantle beneath Tohoku could be larger than beneath Hokkaido.

キーワード：スラブ内地震、b値、AE、二重深発地震面、海洋性マントル、かんらん岩
Keywords: intraslab earthquake, b-value, Acoustic emission , Wadati-Benioff zone, oceanic mantle, peridotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variations in bend faulting and the nature of the incoming oceanic plate off northeast Japan arc

*藤江 剛[1]、尾鼻 浩一郎[1]、山本 揚二朗[1]、山田 知朗[2]、一瀬 建日[2]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]
*Gou Fujie[1], Koichiro Obana[1], Yojiro Yamamoto[1], Tomoaki Yamada[2], Takehi Isse[2], Shuichi Kodaira[1], Seiichi Miura[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学地震研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo

As the inputs to subduction zone, the nature of the incoming oceanic plate, such as relief, thermal state, lithology, and the water content, affects subduction zone processes, including arc magmatism and interplate and intraplate seismic activities. Thus, regional variations in the nature of the incoming oceanic plate have a potential to cause regional variations in such subduction zone processes.

To reveal the nature of the incoming oceanic plate and its regional variations off northeastern Japan arc, we have conducted extensive controlled-source seismic experiments at the northwestern margin of the oceanic Pacific plate. First, we conducted seismic experiments at around the junction of the Kuril and Japan trenches. We observed seismic structural changes owing to the plate bending-related faults just prior to subduction at both trenches and found the structural changes caused by bend faulting are more significant in the Japan trench side than that in the Kuril Trench side, indicating that plate hydration before subduction is remarkably higher in the Japan Trench than in the Kuril Trench. These observed differences can be explained by the type of the bend faults, newly created faults (Japan Trench) or reactivated abyssal-hill faults (Kuril Trench). As the type of bend faults are determined by the angle between the current trench and the ancient spreading ridge, this angle is one of key factors controlling the hydration of the incoming oceanic plate.

In 2017 and 2018, we conducted additional seismic experiment at the trench-outer rise areas of the southern Japan Trench off Fukushima. This was our first seismic survey in the trench-outer rise region of the southern Japan trench. The strike of the Japan trench differs between the northern part and the southern part, indicating that the angle between the current trench axis and the ancient spreading ridge also differs between the northern part and the southern part. In addition, unlike the northern part of the Japan trench, a large seamount chain exists in the trench-outer rise region of the southern Japan Trench. The primary aim of our new seismic survey in the southern part of the Japan Trench is to clarify the differences between the northern and the southern part of the Japan trenches.

We applied traveltime tomographic inversion to the wide-angle reflection and refraction seismic data and developed a P-wave velocity (Vp) model. The obtained Vp model clearly shows the reduction in Vp near the trench axis caused by bend faulting. The Vp reduction patterns are closely akin to that in the northern Japan trench area. The angle between the current trench and the ancient ridge axis differs between the northern and the southern Japan trench, but the type of bend faults are the same. Our new observation confirmed that the type of bend faults is a key controlling factor on the bend faulting and plate hydration prior to subduction.

In addition to the structural changes caused by bend faulting, we observed curious features in crustal Vp structure. In the area far from the trench axis off Fukushima, our Vp model shows velocity reversal within the oceanic crust which is suggested by the "shadow zones" of the crustal refractions. We have observed

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

similar velocity reversal within the oceanic crust in the areas far off Iwate, but not in the areas far off Miyagi. These observations suggest that the oceanic crust are intrinsically inhomogeneous in the northwestern part of the Pacific plate.

In this presentation, we will show the variations in the Vp model in the northwestern part of the Pacific plate including the structural changes caused by bend faulting and the velocity reversal within the crust, and discuss the possible impact as the subduction inputs.

キーワード：アウターライズ、地震探査、海洋プレート
Keywords: outer rise, controlled-source seismic survey, oceaic plate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海溝南部、福島・茨城沖海溝軸周辺の地震活動
Seismicity in the trench-outer rise region off Fukushima and Ibaraki, southern Japan Trench

*尾鼻 浩一郎[1]、藤江 剛[1]、山本 揚二朗[1]、海宝 由佳[1]、中村 恭之[1]、三浦 誠一[1]、高橋 努[1]、小平 秀一[1]
*Koichiro Obana[1], Gou Fujie[1], Yojiro Yamamoto[1], Yuka Kaiho[1], Yasuyuki Nakamura[1], Seiichi Miura[1], Tsutomu Takahashi[1], Shuichi Kodaira[1]

1. 海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

After the 2011 Tohoku-oki earthquake, seismicity within the incoming Pacific plate is active in the trench-outer rise region along the Japan Trench. These earthquakes were characterized by normal-faulting focal mechanisms and could provide information about potential source faults of large outer-rise normal-faulting earthquakes. We have conducted earthquake observations in the southern part of the Japan Trench, off Fukushima and Ibaraki region(36º—38º N) by using ocean bottom seismographs (OBSs). The observations were conducted from March to July, 2017. We have deployed 35 OBSs including 14 ultra-deep type OBSs, which can be deployed in the trench-axis area where the maximum water depth was about 7800 m. Earthquakes were detected from continuous OBS records and phase arrival times were picked manually. Then, we relocated earthquakes by using double-difference tomography technique. In the tomography analysis, we used the initial velocity model based on an active seismic study conducted in the study area. Finally, we have obtained hypocenter location of about 1400 earthquakes. We also estimated focal mechanisms by using P-wave first-motion polarities in vertical component seismograms. The results show several linear earthquake clusters in the trench-outer rise region extended in roughly N-S and NNE-SSW directions. Pre-dominance of the normal-faulting focal mechanisms indicate that the earthquakes in the trench-outer rise region were explained by bending-related normal-faulting. The earthquake cluster oriented N-S direction was almost parallel to the strike of the northern Japan Trench, whereas NNE-SSW oriented linear clusters were almost parallel to the strike of the southern Japan Trench. Although the strike of the Japan trench changes from N-S in the north to NNE-SSW in the south at around 38º N, linear clusters parallel to both directions suggest existence of the complicated fault system in the trench-outer rise region in this area. Previous OBS observations along the Japan Trench showed that there was almost no seismicity along the plate boundary and within the overriding plate closed to the trench axis. The trench landward seismicity close to the trench axis observed only within the subducting Pacific plate. However, shallow earthquakes, which could occur along the plate boundary or within the overriding plate, close to the trench axis were observed landward slope of the Japan Trench south of 36.7º N. Seafloor geodetic studies indicated that seaward motion in the landward slope along the southern part of the Japan Trench, while landward motion were observed along the central part of the Japan trench. The characteristic shallow seismicity beneath the landward slope close to the trench axis might relate to the different displacement of the trench landward slope in the southern part of the Japan Trench.

キーワード：海洋プレート、アウターライズ、日本海溝
Keywords: oceanic plate, outer rise, Japan trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アウターライズ断層の強度に対する岩石・水相互作用の影響
Influence of water–rock interactions on the strength of outer-rise faults

*平内 健一[1]
*Ken-ichi Hirauchi[1]

1. 静岡大学理学部地球科学科
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University

Knowledge of the amount of water stored in oceanic plates is important for understanding subduction zone water budgets (e.g., Hatakeyama et al., 2017, *Sci. Rep.*). Beneath the outer rise, the incoming oceanic plate bends down into the trench, resulting in the formation of extensional normal faults (i.e., outer-rise faults). Seismic reflection studies have shown that these normal faults penetrate into the upper mantle and act as a permeable fluid pathway. How deep outer-rise faults can develop primarily depends on the depth extent of strain localization within the oceanic lithosphere. Infiltration of seawater into outer-rise faults may promote the growth of mechanically weak hydrous phases such as talc and serpentines, perhaps leading to further strain localization. In order to understand effects of water–rock interactions on the strength of the upper mantle, I have conducted high-pressure deformation experiments on simulated peridotite fault gouges in the presence of hydrothermal water (Hirauchi et al., 2016, *Nat. Commun.*). I found that at a temperature of 500˚C and a confining pressure of 1 GPa, the development of talc-bearing, localized shear zones leads to an order-of-magnitude reduction in strength. This finding indicates that water–rock interactions along outer-rise faults play a role in deepening the fault depth and increasing water budgets in the oceanic upper mantle.

キーワード：アウターライズ断層、断層強度、含水鉱物
Keywords: outer-rise faults, fault strength, hydrous minerals

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG60] 沈み込み帯へのインプットを探る：海溝海側で生じる過程の影響

コンビーナ:山野 誠(東京大学地震研究所)、森下 知晃(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)、藤江 剛(海洋研究開発機構)、座長:山野 誠(東京大学地震研究所)

海溝の海側では、沈み込む海洋プレートの変形に伴ってさまざまな過程（海洋地殻の破砕、水の浸入、火成活動等）が起きている。沈み込み帯に対する境界条件（インプット）を知るためには、これらの過程がどのように進行し、その結果海洋プレートがどう変化するかを明らかにすることが重要である。一方、インプットの違いが沈み込み帯における諸現象や物質循環に及ぼす影響も、検討すべき課題である。本セッションでは、沈み込み帯へのインプットに関する以下のような話題について、地球物理、地質、岩石学等、幅広い分野からの研究発表・議論を行う。
・海溝海側でのプレート変形に伴って生じる過程
・その過程により海洋プレートが受ける変化
・その過程と海洋プレートの元々の構造の関係
・海洋プレートの変化が沈み込みプレート境界に及ぼす影響
日本海溝や南海トラフだけでなく、他の海溝についての研究、異なる海溝間の比較研究の発表も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SCG60-07] Seismic image of the incoming oceanic crust entering the central part of the Japan Trench: structural variation caused by petite-spot, bend fault and seamount

*小平 秀一[1,2]、大平 茜[1,2]、藤江 剛[1]、野 徹雄[1]、中村 恭之[1]、海宝 由佳[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター、2.横浜国立大学　横浜国立大学大学院環境情報研究院・学府)

14:00 ~ 14:15

[SCG60-08] アウターライズ地震津波の津波高予測における計算パラメタの依存性

*馬場 俊孝[1]、近貞 直孝[2]、中村 恭之[3]、藤江 剛[3]、尾鼻 浩一郎[3]、三浦 誠一[3]、小平 秀一[3] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部、2.防災科学技術研究所、3.海洋研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[SCG60-09] 昭和三陸沖地震（Mw 8.4）破壊域の海底地形データ解析とマルチチャンネル反射法地震探査

*羽入 朋子[1]、朴 進午[1]、木戸 ゆかり[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[SCG60-10] 海洋プレート上の堆積物の沈み込む前の堆積過程と変形過程：北西太平洋とスマトラ沖の例

★招待講演

*川村 喜一郎[1] (1.山口大学)

14:45 ~ 15:00

[SCG60-11] アセノスフェア組成の探究：新青丸KS-18-9航海による「直プチ」調査

*平野 直人[1]、油谷 拓[2,1]、桂木 悠希[1]、Oalmann Jeffrey[3]、Rodriguez Fidel[3]、Onboard Scientific Party KS-18-9 (1.東北大学、2.バイロイト大学、3.ナンヤン工科大学)

15:00 ~ 15:15

[SCG60-12] 沈み込み帯で起こる海洋プレートによるアルゴンのインプット

*小野 重明[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

Seismic image of the incoming oceanic crust entering the central part of the Japan Trench: structural variation caused by petite-spot, bend fault and seamount

*小平 秀一[1,2]、大平 茜[1,2]、藤江 剛[1]、野 徹雄[1]、中村 恭之[1]、海宝 由佳[1]、三浦 誠一[1]
*Shuichi Kodaira[1,2], Akane Ohira[1,2], Gou Fujie[1], Tetsuo No[1], Yasuyuki Nakamura[1], Yuka Kaiho[1], Seiichi Miura[1]

1. 海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター、2. 横浜国立大学　横浜国立大学大学院環境情報研究院・学府
1. R&D Center for Earthquake and Tsunami Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

The structure of an incoming oceanic plate influences various seismic behavior in subduction zones. In the outer-rise region of the Japan Trench, young intraplate volcanism, called “petit-spot” volcanism, has been reported (e.g., Hirano et al., 2006). However, to date, only a few geophysical studies have focused on petit-spot volcanism and its modifying effects on the structure of the oceanic crust. In 2017, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) conducted an active-source seismic survey in the trench-outer-rise region of the Japan Trench during cruise KM17-05 of R/V *Kaimei* (Ohira et al., 2018). For refraction studies, a large tuned airgun array with a total volume of 10,600 cubic inches was towed at 10 m depth and fired every 100 m. The seismic data were recorded on 40 OBSs deployed along a 100-km-long line (line A4) with a spacing of 2 km. The multi-channel seismic (MCS) reflection data were collected by R/V *Kairei* using a 6,000-m-long, 444-channel streamer cable during cruise KR11-05 and KR15-07. On the MCS reflection section, we imaged opaque reflections at the top of the oceanic crust and a weak or absent Moho reflection under petit-spot volcanoes. The P-wave velocity model obtained from first-arrival traveltime tomography showed the large velocity reduction at the top of the oceanic crust near petit-spot volcanoes. This velocity reduction can be interpreted as fractures, hydration, and high porosity associated with petit-spot volcanic activity, as well as by the development of bend faulting (e.g., Fujie et al., 2018) and ancient fractures (Fujie et al., 2016). Our results suggest that petit-spot volcanism is one of the contributing factors leading to structural variation and modification of the incoming oceanic plate prior to its subduction. In 2018, additional new seismic reflection data from 25 –50 km interval of profiles were acquired during cruise KM18-06 of R/V Kaimei to cover the outer-rise region from 38°N to 36°N at the south of the petit-spot region. The new data provide along-strike structural variations attributed to petite-spot, bend fault and seamount.

キーワード：日本海溝、アウターライズ、地震探査
Keywords: Japan Trench, Outer-rise, Seismic survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アウターライズ地震津波の津波高予測における計算パラメタの依存性
Dependence of calculation parameters on tsunami height from the outer-rise earthquakes

*馬場 俊孝[1]、近貞 直孝[2]、中村 恭之[3]、藤江 剛[3]、尾鼻 浩一郎[3]、三浦 誠一[3]、小平 秀一[3]
*Toshitaka Baba[1], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[2], Yasuyuki Nakamura[3], Gou Fujie[3], Koichiro Obana[3], Seiichi Miura[3], Shuichi Kodaira[3]

1. 徳島大学大学院産業理工学研究部、2. 防災科学技術研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Science and Technology, Tokushima University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

巨大な海溝型地震が発生すると，海溝軸より海側でプレートのベンディングにともなうアウターライズ地震がしばしば発生する．2011年東北地方太平洋沖地震の対となるＭ８クラスのアウターライズ地震は未だ発生しておらず，その発生が予想される．津波の即時予測にはDB検索型システムが一般的だが，DB検索型システムで津波の予測精度を担保するためには，多種多様な地震シナリオを不足なくDBに取り込む必要がある．しかし，実はこれが難しく，DBに格納する断層の深さは何キロ間隔で設定すべきかなどの問いに対して，我々は明確な答えを持ち合わせていない．そこでまず本研究では，アウターライズ地震津波に対する断層パラメタ等の感度解析を行った．

地殻構造探査や海底観測の結果を参照して，日本海溝アウターライズ地震の９つの基本モデルを設定した．各基本モデルは長さ20km程度の複数の小断層で構成され，小断層の上端深さは全て海底下0.1km，傾斜は60°，すべり角は270°とした．地形や構造探査に基づいて走向を与えた．アウターライズ地震のスケーリング則（Álvarez-Gómez et al., 2012）を使って，全断層長（L）からMwをもとめた．断層幅（W）は地震発生層の下端に達するまでは L/W=1 で与えることとしたが，地震発生層の厚さ35kmでは９つの基本モデル全てで下端に達した．すべり量は断層面積とMwから求めた．半無限均質弾性体媒質を仮定して地殻変動を計算し（Okada, 1985），斜面の水平移動による津波励起の効果（Tanioka and Satake, 1996）と，水理フィルタ（Kajiura, 1963）を考慮した上で津波の初期水位分布とした．津波計算は非線形浅水波式を差分法で解くことによって行い，東北地方沿岸での最大津波高を出力した．

次にこの基本モデルの断層パラメタ，計算法をひとつずつ変えて津波を計算した．検討したケースは，基本モデルの傾斜60°に対して①45°と②75°のモデルを利用した場合,③1枚断層で近似したモデルを利用した場合，④斜面の水平移動の効果を無視した場合，⑤水理フィルタを無視した場合，⑥異なる断層スケーリング則を用いた場合，⑦津波計算に非線形分散波式を用いた場合の7ケースである．沿岸津波高について基本モデルとの残差を平均値で規格化した二乗平均平方根誤差(NRMSE)で評価した．

本検討において，沿岸最大津波高における基本モデルとの違いが大きかったのは⑥断層スケーリング則の違いであった（NRMSE˜0.50）．そして⑦分散のありなし（NRMSE=0.28），⑤水理フィルタのありなし（NRMSE=0.21），①②断層の傾斜を変えた場合（NEMSE˜0.15），③１枚断層で近似した場合（NRMSE=0.10）と続く．アウターライズ地震は比較的平坦な大洋下で発生する高角な断層なので④斜面の水平移動による効果は比較的小さかった（NRMSE=0.025）．

本研究は科研費JP15H05718の助成を受けています。記して感謝いたします。

キーワード：アウターライズ地震、津波、数値計算
Keywords: Outer rise earthquake, Tsunami, Numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

昭和三陸沖地震（Mw 8.4）破壊域の海底地形データ解析とマルチチャンネル反射法地震探査

Bathymetry data analysis and multi-channel seismic reflection survey in the 1933 Sanriku earthquake (Mw 8.4) rupture region

*羽入 朋子[1]、朴 進午[1]、木戸 ゆかり[2]
*Tomoko Hanyu[1], Jin-Oh Park[1], Yukari Kido[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

日本海溝北側では、1896年の明治三陸沖地震(Mw 8.0)の37年後に、海洋プレート内部での正断層型の地震「アウターライズ地震」である昭和三陸沖地震(Mw 8.4)が発生し、甚大な津波被害をもたらした。2011年の東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)の後にも大規模なアウターライズ地震が発生すると予想される。しかし、アウターライズ地震を引き起こす断層に関する知見は未だ不足している。Kanamori (1971)の断層モデルでは、深さ約70 kmまで達する西傾斜45˚鉛直変位量3.3 mの正断層が、昭和三陸沖地震の震源断層であると推定した。しかし、海底面からモホ面を貫き上部マントルまで発達する大規模な正断層は現在も特定されていない。アウターライズ地震断層の発達様式を理解するためには、昭和三陸沖地震の発生した岩手沖海側と、東北地方太平洋沖地震の破壊領域である宮城沖の海側に存在する多数の正断層の中から、アウターライズ地震を引き起こす断層を特定する必要がある。アウターライズ地震断層を特定するため、2019年4月の新青丸航海でマルチチャンネル反射法地震探査を行う。これに先立ち、JAMSTECから提供された90 mメッシュのマルチナロービーム観測による詳細な海底地形グリッド(after Kido et al., 2011)を使用し、海底表層の構造解析を行った。本研究では解析に２次微分を用いることで、傾斜角の大きなホルスト・グラーベン構造をピックアップした。

本研究の海底地形解析による正断層構造や構造的弱線の位置と走向は、Nakanishi (2011)の結果と整合的である。ridge propagationの痕跡と考えられている37.5˚N–40˚Nの領域では、N20˚Wの走向を持つ断層構造やN50˚E–N70˚Eの走向を持つabyssal hillによって、大部分のホルスト・グラーベン構造(N20˚E–N30˚E)は連続性を失っている。OBS観測の結果から、ridge propagationに関係した断裂帯と考えられている場所に、モホ面まで達する構造境界が存在する事が示された(Fujie et al., 2016)。しかし、地殻上面とモホ面の乱れは、構造境界を含めて60 kmにも及んでいる。ここで、N20˚Wの走向を持つ断層構造は、Nakanishi (2011)では海底拡大に起因した弱線構造の再活動だと指摘しているが、Kobayashi et al. (1998)では、海溝軸の走向が日本海溝南部から北部にかけて変化しているため、プレート屈曲に対する強度の方位変化によってN20˚Wの走向を持つ断層構造が現れたのではないかと議論している点に留意したい。日本海溝海側37.5˚N～40˚Nの海溝から100kmの範囲で、断層の傾斜角の最大値が50˚を超える場所はあるが、連続性に欠ける。傾斜角30˚程度の連続的なホルスト・グラーベン構造が39.5˚N周辺に数本確認された。それらの断層の鉛直変位は平均で200 m程度である。南北に伸びるホルスト・グラーベン構造で最も連続的なものは全長250 km以上に及び、その北側は昭和三陸沖地震の破壊開始点に到達する。しかし、この断層が本当に連続的なものなのか、それとも、いくつかの断層が連なって連続的に見えているだけに過ぎないのかは、明らかではない。堆積層や解像度の問題から、マルチビーム海底地形データのみでは海洋地殻上面の正確な角度と深度を得られない。しかし、大規模な断層構造をピックアップすることは可能であり、データベースから観測データを取得する際や観測計画を立てる上では有用な指標となるだろう。本発表では、海底地形データの解析結果と、2019年4月の新青丸航海で得られるマルチチャンネル反射法地震探査データの解析結果を紹介し、日本海溝の海側に発達するアウターライズ地震について議論する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：日本海溝、アウターライズ、地震断層、海底地形、反射法地震探査
Keywords: Japan Trench, Outer-rise, Normal fault associated with the outer-rise earthquakes, Bathymetry data, Multi-channel seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋プレート上の堆積物の沈み込む前の堆積過程と変形過程：北西太平洋とスマトラ沖の例

Sedimentation process and deformation process before sinking of sediment on oceanic plate: examples in northwest Pacific Ocean and Sumatra

*川村 喜一郎[1]
*Kiichiro Kawamura[1]

1. 山口大学
1. Yamaguchi University

沈み込む海洋プレートは，被覆する堆積物を大陸側に押し付ける．それが付加体となることもあるし，それらが崩壊して海底地すべりとなることもある．また，沈み込む過程において断層帯となることもある．このように，沈み込む海洋プレート上の堆積物は，沈み込み帯における大陸側での変形プロセスに重要な役割を果たす．以上のような観点に立つと，沈み込むプレート上の堆積物の沈み込む前と後との堆積学的，鉱物学的，力学的特徴などを比較することが現在求められている研究課題である．本発表では，北西太平洋とスマトラ沖での沈み込む前の堆積物の特徴を詳細に報告する．

堆積学的特徴として，北西太平洋では，底層流の影響が大きく，以下に示すように堆積物や海底地形に現れている．この海域では，南側で，伊豆小笠原海溝，北部では日本海溝や千島海溝があり，それらに太平洋プレートが沈み込んでいる．この海域では，海溝軸に沿った強い南北性の流れが観測されており（Lee et al., 2003など），陸側では北から南，海側では南から北への流れがある（Owens and Warren, 2001）．また，太平洋の深海底では，概ね西から東への流れが報告されている（Fujio and Yanagimoto, 2005）．

長さ4m未満のピストンコアラーで，18本の堆積物試料が採取されており，主として，珪藻質半遠洋性粘土と火山灰層とからなる．火山灰層は，ガラス屈折率測定に基づいて年代決定を試みている．粘土層には，さまざまな堆積構造が見られ，特に，海溝軸では，浸食面が見られ，海溝軸に沿った底層流による影響が示唆される．このような底層流による影響は，帯磁率異方性データにも現れている．また，海丘周辺の海底地形の非対称の窪地（深さ数十m，幅数ｋｍ程度）からも底層流による地形改変が示唆される．このように，堆積物と海底地形とから，数千年という地質学的な時間スケールでの太平洋の卓越流向が示唆されており．帯磁率異方性や海丘周辺の窪地は，それを明らかにするための重要な証拠を提示するだろう．

力学的特徴として，沈み込む前の堆積物では，圧密・続成作用が重要なプロセスの内の一つである．堆積物は圧密されるときに，応力に応答して，脱水が進行し，それに伴い微細組織が徐々に変化することが知られる．それらは，浅部でカードハウス構造，中部でブックハウス構造，深部で頁岩様構造になるとされる．それらは粒子回転やスライドによってクリープによって進行するとされており，一般的に異常間隙水圧の解消によって生じる一次圧密の後に生じる二次圧密であるとされている．圧密によって堆積物は，徐々に硬くなるが，その力学特性の変化速度は，堆積速度，地温勾配，間隙水の化学組成，粒子組成など，さまざまな要因によって変化する．例えば，頁岩様構造は，伊豆小笠原海溝のインプット物質では間隙比約1.0で，スマトラ沖では約0.5で生じる．また，伊豆小笠原海溝やスマトラ沖のインプット物質では，正断層系のさまざまな変形構造が沈み込む前の変形構造として観察される．

このように，インプット物質や周辺の海底地形などの堆積学的特徴を明らかにすることによって，堆積速度の差異や堆積物の層厚の分布域などについて，解釈を与えることができる．また，力学的特徴は，沈み込む

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

前，すなわち付加体の発達している海域では，付加前変形プロセスを表している．以上のような沈み込む前の堆積物の詳細な特徴は，沈み込んだ後の堆積物を比較検討する上で重要な情報となるだろう．

キーワード：インプット堆積物、北西太平洋、スマトラ
Keywords: Input sediments, Northwest Pacific, Sumatra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アセノスフェア組成の探究：新青丸KS-18-9航海による「直プチ」調査
Exploring more asthenospheric melt: the preliminary report of KS-18-9 cruise, R/V Shinseimaru

*平野 直人[1]、油谷 拓[2,1]、桂木 悠希[1]、Oalmann Jeffrey[3]、Rodriguez Fidel[3]、Onboard Scientific Party KS-18-9
*Naoto Hirano[1], Taku Yutani[2,1], Yuki Katsuragi[1], Jeffrey Anthony Oalmann[3], Fidel Costa Rodriguez[3], KS-18-9 Onboard Scientific Party

1. 東北大学、2. バイロイト大学、3. ナンヤン工科大学
1. Tohoku University, 2. University of Bayreuth, 3. Nanyang Technological University

The petit-spot magmas originate from the asthenosphere, ascending along the flexed zone of the outer-rise prior to plate subduction (Hirano *et al.*, 2006, *Science* 313, 1426; Valentine & Hirano, 2010, *Geology* 38, 55; Yamamoto *et al.*, 2014, *Geology* 42, 967; Machida *et al.*, 2015, *EPSL* 426, 267). This forms a unique opportunity to examine the asthenosphere below the ocean in a region outside of the well-examined but spatially restricted areas of MORs and hotspots. Recent researches, however, indicates that most of petit-spot erupted on concavely flexed plate are highly reacted with the depleted lithosphere during the magma ascending to surface. Geochemical composition of entrained xenolith from depleted mantle is disturbed by wall-rock interaction (Pilet *et al.*, 2016, *Nature Geosci.* 9, 898). From the observation that silica-poor alkaline melt is shifted to silica-rich subalkaline melts as a result of metasomatic interaction with lithospheric peridotite, the wall-rock interaction with silica-poor and strongly alkaline melts produces melts such as the majority of those at petit-spot lavas in NW Pacific (Pilet *et al.*, 2008, *Science* 320, 916). Experimental studies conducted by Machida *et al.* (2017, *Nature Comm.* 8, 14302), moreover, reported that the NW Pacific petit-spot melts were last equilibrated with peridotite at 1.5–2 GPa corresponding to the mid-depth or lower part of NW Pacific lithosphere as well. The melt fractionation must occur at depths greater than the mid-lithosphere because the geobarometer of peridotitic xenoliths shows the deepest 43 km (Yamamoto *et al.*, 2014) in spite of the lack of olivine phenocrysts. The most of petit-spot magma fractionated in mid- or lower lithosphere with some metasomatic reactions with depleted mantle at lower lithosphere during the magma-ascending to surface.

We newly discovered the directly ascending petit-spot melt from asthenosphere (Sato *et al.*, 2018, *Int'l. Geol. Rev.* 60, 1231). The lavas, silica-poor and strongly alkaline with phenocrystic olivines, are completely discriminated from the majority of previously reported petit-spot. They selectively erupt atop the outer-rise wherein the lithosphere behaves entirely in an extensional regime during the ascent of melt from asthenosphere. We conducted several dredge samplings in order to access the asthenosphere more directly, by the research cruise KS-18-9, R/V *Shinseimaru*, in August 2018, supported by AORI, Tokyo University, and the JSPS Japanese-German Graduate Externship. Special thanks to shipboard scientific party (S. Machida, N. Akizawa, T. Ishii, A. Matsumoto, M. Kaneko, Y. Sato, Y. Nakano, T. Yutani, K. Azami, S. Sakai, Y. Katsuragi), captain A. Tsuji, and crews on KS18-09, R/V Shinsei.

The petit-spot rocks are dredged at a lava field displayed by multibeam survey without any topographic highs, which are small blocks surrounding very fresh glass with less palagonitic alteration and manganese coating, implying the lavas are quite young. The quenched glass rinds were analysed for major and trace elements by an electoron microprobe at University of Bayreuth, Germany (co-work with T. Yutani), and an inductively coupled plasma–mass spectrometer (LA-ICP-MS) at Nanyang Technological University,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Singapore (co-work with F. Rodriguez, J. Oalmann, Y. Katsuragi), respectively. As we gained “directly ascending petit-spots” from several volcanoes on this cruise, it is possible to recognize their source and melting process from their geochemical variations. The strongly alkaline lavas, directly ascending petit-spot, show clear trend in Zr/Hf, Sm/Hf ratios and HREEs, implying the carbonatite addition with the depth in source mantle. We present here the several processes of lithospheric flexure, metasomatized lithosphere, magma-fractionation, and finally, upwelling directly from asthenosphere occur prior to trench-oceanward slope, which would be significant components into the incoming oceanic plate.

キーワード：プチスポット、アセノスフェア、太平洋プレート、アルカリ玄武岩、アウターライズ
Keywords: petit-spot, asthenosphere, Pacific plate, alkali-basalt, outer rise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沈み込み帯で起こる海洋プレートによるアルゴンのインプット
Inputs of Argon on oceanic plate at subduction zones

*小野 重明[1]
*Shigeaki Ono[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

It is known that noble gases are key tracers to understand the evolution of the mantle because of their inertness nature and isotope variations. However, a mechanism of recycle of noble gases in the deep mantle is still open question. Argon is one of noble gases and has three isotopes, ^{36}Ar, ^{38}Ar, and ^{40}Ar. Holland and Ballentine [2006] proposed that Ar from the mantle is identical to seawater component. This indicates that the seawater recycling dominates a behavior of Ar in the mantle. In contrast, the systematic analysis for noble gases indicates that ocean island basalt has a primordial signature which is different from atmosphere component [Mukhopadhyay 2012]. The recycling of Ar between the Earth’s surface and the deep mantle has been discussed using the isotope data of noble gases. However, it is difficult to understand a mechanism of recycling of Ar because of a lack of knowledge for physical and chemical properties of Ar at high pressure and high temperature.

In this study, we used density functional theory to investigate the melting temperature and thermal pressure of Ar. We also performed the high-pressure experiments to determine the room-temperature equation of state for Ar. The combination of the first-principles molecular dynamics calculations and the high-pressure experiments led us to determine reliable physical properties, such as the equation of state and the melting temperature, over a wide range of pressures and temperatures.

The equation of state of Ar has been investigated to 382 GPa and 3000 K using the diamond anvil cell experiments and the first-principles molecular dynamics method. A large volume dependence of the thermal pressure of Ar was revealed at pressures higher than 200 GPa. A significant temperature dependence of the calculated effective Grüneisen parameters was confirmed at high pressures. This indicates that the conventional approach to analyze thermal properties using the Mie-Grüneisen approximation is likely to have a significant uncertainty in determining the equation of state for Ar, and that an intrinsic anharmonicity should be considered to analyze the equation of state. A melting temperature of Ar was estimated from calculation data, and a significant pressure dependence was confirmed. If the pressure-temperature path of the subducted slab is lower than critical condition, ~750 K and ~7.5 GPa, solid Ar can be carried down into the deep mantle. Melting of solid Ar in the upwelling mantle plume occurs at the bottom of the transition zone.

キーワード：アルゴン、海洋プレート、マントル、状態方程式
Keywords: Argon, Oceanic plate, Mantle, Equation of state

©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27日(月) 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:竹下 徹、小林 健太

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

[SCG61-01] 鳥取県西部地域における断層発達過程

*小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学教室)

14:00 ~ 14:15

[SCG61-02] 0.1満点地震観測による2000年鳥取県西部地震震源域の非弾性変形検出（２）

★招待講演

*松本 聡[1]、飯尾 能久[2]、酒井 慎一[3]、加藤 愛太郎[3]、澁谷 拓郎[2]、林田 祐人[4]、0.1満点地震 観測グループ (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、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.九州大学大学院理学府)

14:15 ~ 14:30

[SCG61-03] Non-double couple micro-earthquakes in the focal area of the 2000 Western Tottori earthquake (M7.3) by "0.1 manten" hyper dense seismic observation

*林田 祐人[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]、酒井 慎一[4]、加藤 愛太郎[4]、0.1満点 地震観測グループ (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、3.京都大学防災研究所、4.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG61-04] 鳥取県西部から島根県西部にかけての応力場–稠密地震観測による-

*飯尾 能久[1]、満点地震 観測グループ、鳥取県西部 満点地震観測班 (1.京都大学防災研究所)

14:45 ~ 15:00

[SCG61-05] Modeling the spatiotemporal change in stress field around Hinagu fault zone through the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、山下 裕亮[3]、中元 真美[4]、宮崎 真大[3]、酒井 慎一[5]、飯尾 能久[3]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ (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、3.京都大学防災研究所、4.地震予知総合研究振興会、5.東京大学地震研究所)

15:00 ~ 15:15

[SCG61-06] 西南日本、三重県の中央構造線断層帯の発展：歪の局所化と軟化についての一解釈

*竹下 徹[1]、Dong Bui[1]、Thomas Czertowicz[1]、荒井 駿[2]、山本 貴史[3]、安東 淳一[3]、重松 紀生[4]、藤本 光一郎[5] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2.東北大学理学研究科地学専攻、3.広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、4.産業技術総合研究所、5.東京学芸大学)

鳥取県西部地域における断層発達過程
Fault zone development in the West Tottori area, Japan

*小林 健太[1]
*Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学理学部地質科学教室
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

Several kinds of investigations were carried out in the NW-SE trending aftershock area of the 2000 Tottori-ken Seibu earthquake (Mj7.3) and along the Nichinanko lineament (L=15km) which runs the SW of the aftershock area. The earthquake occurred in a place where no active fault is identified, with the exception of some short lineaments (e.g. Kanayama lineament: L=2km) in the direction of NW-SE. After the earthquake, many NW-SE to WNW-ESE trending surface ruptures were found in the aftershock area (e.g. Ryokusuien in central part of the area). They indicated sinistral slip sense. On the other hand, brittle fault rock zones are distributed in Late Cretaceous to Paleogene granitic rocks. Miocene rhyolite, basalt-andesite and aplite dikes intrude the granitic rocks, also deformed along the faults. Most fault planes with WNW strike indicate sinistral slip, and most of those with ENE strike show dextral slip. The determined paleo stress field is strike slip type of N-S tension, congruents with the 2000 Tottori-ken Seibu earthquake. However, along a few fault planes with WNW strike the early dextral slip is detected (e.g. Ryokusuien). Brittle fault rock zones are also distributed along the NW-SE trending Nichinanko lineament. Along the lineament, a wider mixture zone is formed. Fault planes with NW strike indicate sinistral slip.

XRD analysis showed that the gouge in the central part of the aftershock area is mainly composed of illite and chlorite (Kobayashi et al., 2006; Manaka et al., 2012), while the gouges in the NW and SE parts of the aftershock area (Kaneki et al., 2019) and those along the Nichinanko lineament (Manaka et al., 2012) are rich in halloysite. Chemical processes are different between these fault rock zones. In the central part of the aftershock area, most gouges were formed at a higher temperature than the neighborhood. On the other hand, the latest gouge is rich in smectite at Ryokusuien.

These facts suggest that the maturity of the fault zone along the aftershock area has been a low level, WNW strike fault planes (R1 shears) and ENE strike fault planes (R2 shears) formed predominantly. Therefore, the early kinematic (dextral) and chemical (illite-chlorite forming hydrothermal alteration) processes are remained. On the other hand, the activity along the Nichinanko lineament has been a higher level in a shallower depth (halloysite-smectite forming environment), NW strike fault planes (Y surfaces) formed predominantly, the remarkable Nichinanko lineament developed. In addition, the Komachi-Ohdani lineament system (L=12km) which runs the NE of the aftershock area also developed. How these fault zones have developed over a long period of time will be discussed.

キーワード：鳥取県、活断層、断層岩、地震
Keywords: Tottori Prefecture, active fault, fault rocks, earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

0.1満点地震観測による2000年鳥取県西部地震震源域の非弾性変形検出（２）

Inerastic deformation around focal area of the 2000 Western Tottori EQ (M7.3) detected by “0.1 manten” Hyper Dense Seismic Observation (2)

*松本 聡[1]、飯尾 能久[2]、酒井 慎一[3]、加藤 愛太郎[3]、澁谷 拓郎[2]、林田 祐人[4]、0.1満点地震 観測グループ
*Satoshi Matsumoto[1], Yoshihisa Iio[2], Shin'ichi Sakai[3], Aitaro Kato[3], Takuo Shibutani[2], Yuto Hayashida[4], Group for 0.1 manten Hyper dense seismic observation

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、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学地震研究所、4. 九州大学大学院理学府
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 2. Disaster Prevention Reasearch Institute, Kyoto University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Graduate School of Science, Kyushu University

Seismic observation with high resolution and sensitivity is a key to solve a question how the crust deforms inelastically and accumulate stress in the seismogenic zone. We have completed a seismic observation for one year at one thousand sites (0.1 Manten seismic observation) in an aftershock area of the 2000 Western Tottori earthquake (M7.3). The seismic network with radius of about 18 km covered entire aftershock area of the M7.3 event. Automatic-detecting procedure was applied to the seismograms in order to detect small earthquakes. Over 5000 events of natural earthquakes were obtained during the observation. Sensitivity of the network is high and its detection limit for small earthquake was about magnitude of -1.0. Focal mechanism of the earthquake with magnitude range below zero could be determined. In this study, we showed inelastic deformation due to seismic activity of the small earthquake around the fault of the main shock.
The detected aftershock activity is higher at north of the large slip area of the main shock than at other area. Taking into account the activity just after the main shock, we found inelastic strain rate inferred from the aftershock reveals spatial heterogeneous distribution. The rate is smaller than inverse of the lapse time from the main shock, indicating that inelastic deformation due to the aftershock continue long duration compared with other part of the fault. This area corresponds to the hypocentral area of the preceding activity toward the main shock of the Western Tottori earthquake. These suggests that the high inelastic strain rate area at the north of the asperity of the main shock behaved as low strength area relaxing stress at the part and resulted stress loading to the asperity. Comparing the rate with it estimated from the preceding activity to the main shock, the rate at present is similar order to one before the mainshock. It suggests a possibility that loading processes exists below the low-decay rate zone where seismic activity observed prior to the main shock.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Non-double couple micro-earthquakes in the focal area of the 2000 Western Tottori earthquake (M7.3) by "0.1 manten" hyper dense seismic observation

*林田 祐人[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]、酒井 慎一[4]、加藤 愛太郎[4]、0.1満点 地震観測グループ
*Yuto Hayashida[1], Satoshi Matsumoto[2], Yoshihisa Iio[3], Shin'ichi Sakai[4], Aitaro Kato[4], Group for "0.1 Manten" hyper dense seismic observation Group registration

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. 京都大学防災研究所、4. 東京大学地震研究所
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. Disater Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Earthquakes with non-double couple (NDC) component could provide information such as geometric fault complexity, tensile failure, and fluid flow in faulting.

In this study, we found definite micro-earthquakes with NDC in the aftershock area of the 2000 Western Tottori earthquake (M 7.3) based on polarity analysis for first P-wave motion data from “0.1 manten” hyper dense seismic observation. The observation composed of a thousand seismic stations successfully provided with high resolution focal mechanisms of a lot of micro-earthquakes in the area.

We attempted to model the events with NDC by tensile-shear faulting, shear-tensile faulting, and multiple events with pure double couple focal mechanisms. We analyzed 8 events that distributes the entire after shock area.

Plausible models for the events occurring at shallower and deeper depth are the faulting with tensile crack and the multiple shear faulting models, respectively. The results suggest that fluid contributes to the crack opening at the shallow part. In contrast, fluid pressure does not sufficient to open tensile crack at the deep part. Therefore, the depth of the boundary may relate to the pressure of fluid at the earthquake fault. In addition, the events with large NDC component were located around co-seismic large slip area of the mainshock of the Western Tottori earthquake. This suggests that fluid exits around the co-seismic slip area.

キーワード：非ダブルカップル型地震、メカニズム解、2000年鳥取県西部地震
Keywords: non-double couple earthquake, focal mechanism, the 2000 Western Tottori earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鳥取県西部から島根県西部にかけての応力場–稠密地震観測による-
Stress field in the Western Tottori and Western Shimane regions deduced by the dense seismic observations

*飯尾 能久[1]、満点地震 観測グループ、鳥取県西部 満点地震観測班
*Yoshihisa Iio[1], Manten seicmic observation group, Manten seismic observation group in the Western Tottori region

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

山陰地方の地震帯、鳥取県西部から島根県西部地域にかけての応力場を推定した。Kawanishi et al. (2009)は、中国地方全体においてσ_1の方位はほぼ東西であるのに対して、地震帯直下では西北西-東南東に回転していることを見出し、それを、直下の下部地殻内のゆっくりすべりで説明した。今回、2009年からこの地域で行われている満点地震観測データ(50点)、2015年から鳥取県西部地域で行われている満点地震観測データ(81点)、2000年鳥取県西部合同地震観測データと定常観測点のデータを総合して、この地域にわたる広域の応力場を推定した。

得られた結果は以下のように要約される。鳥取県西部地震の余震域から三瓶山付近へかけての領域で、σ1の方位の回転が見られた。その領域の南側ではσ1はN90˚E～N110˚E程度なのに対して、領域内ではN100˚E～N140˚E程度であり、20～30˚の回転となっている。鳥取県西部地震の余震域の西側および三瓶山付近で回転が大きく、それらの間は小さい。この領域の北側の宍道地溝帯周辺では、データは少ないが、σ1がN120˚E～N140˚EとNW-SEを向いており、この地域全体の中でも回転が最も大きい。ことのうに、この地域では、山陰の地震帯の中軸部においてσ1の方位の回転が見られ、その中でも鳥取県西部地震の余震域の西側および三瓶山付近で局所的に回転が大きい。加えて、地震帯の北側の宍道地溝帯周辺で、σ1が大きく回転してNW-SEを向いている。

地震帯付近の直下の下部地殻では、深さ25kmにおいて、幅50km程度の低速度異常が推定されている(津田・他,2017)。上部地殻においては、宍道地溝帯に沿って大きな低速度異常が見られる。この地域における応力場は、地震帯直下のゆっくりすべりに加えて、宍道地溝帯の直交方向への短縮により形成されている可能性がある。Kawanishi et al. (2009)は地震帯をひとつの領域として応力場を推定したが、その中には内部構造があることが明らかになった。

キーワード：応力、下部地殻、地震メカニズム解、内陸地震、地震観測
Keywords: stress, lower crust, focal mechanism, intraplate earthquake, seicmic observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modeling the spatiotemporal change in stress field around Hinagu fault zone through the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、山下 裕亮[3]、中元 真美[4]、宮崎 真大[3]、酒井 慎一[5]、飯尾 能久[3]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ
*Ayaho Mitsuoka[1], Satoshi Matsumoto[2], Azusa Shito[2], Yusuke Yamashita[3], Manami Nakamoto[4], Masahiro Miyazaki[3], Shin'ichi Sakai[5], Yoshihisa Iio[3], Group for urgent joint seismic observation of the 2016 Kumamoto earthquake

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. 京都大学防災研究所、4. 地震予知総合研究振興会、5. 東京大学地震研究所
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. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Association for the Development of Earthquake Prediction, 5. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

For a purpose of understanding physical process of earthquake generation, knowledge of stress condition around a fault is required. We estimated stress field and discussed its spatiotemporal change around Hinagu fault zone that was the hypocentral area of the 2016 Kumamoto earthquake sequence.
The 2016 Kumamoto earthquake sequence occurred around Hinagu and Futagawa fault zones in Kumamoto prefecture, central Kyushu Island, Japan. The largest foreshock with Mj 6.5 (Mj: magnitude by Japan Metrological Agency) on April 14, 2016 was located Hinagu fault zone. The mainshock (Mj 7.3) generated slip at both Hinagu and Futagawa fault on April 16, 2016. After that, many earthquakes occurred around these faults until now.
In this study, we estimated the spatiotemporal change in the deviatoric stress field and its differential stress. For discussing the temporal change in the target region, we divided time sequence into three periods: (1) prior to the sequence (i.e. before Mj 6.5 event), (2) between the foreshock and the mainshock, and (3) after the mainshock. We compared the deviatoric stress fields with the co-seismic stress change by faulting of this sequence. From focal mechanism solutions from January 1, 1993 to December 31, 2017, we estimated the deviatoric stress field using the method by Matsumoto [2016]. We adopted fault slip models of the fore- and mainshock, which is the slip distribution projected result by Asano and Iwata [2016] on the fault geometries determined from the distribution of hypocenters. We performed a grid search procedure for the differential stress at each spatial block with horizontal size of 0.05˚in latitude and longitude, and 5 km in depth.
As a result, we captured the stress condition in the both period (1) and (3). Before the foreshock (i.e. period (1)), the differential stress around the fore- and mainshock faults is higher than the other region, its value is from several MPa to several tens of MPa. On the other hand, the differential stress in south area of Hinagu fault zone ranges from about 0.1 to 1 MPa. We found the foreshock and mainshock occurred in the state of high differential stress.
After the mainshock (i.e. period (3)), the spatial heterogeneity of the differential stress still remained. However, the differential stress at the area around the hypocenters of the fore- and mainshock is about half of that before the foreshock. At the southeast area of Hinagu fault, the differential stress is about twice of that before, so potential of occurring earthquake becomes relatively high compared with the prior state to this sequence.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：熊本地震、応力場、断層強度
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake, stress field, fault strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西南日本、三重県の中央構造線断層帯の発展：歪の局所化と軟化についての一解釈

Development of the Median Tectonic Line Fault zone in Mie Prefecture, Southwest Japan : A Possible Interpretation for Strain Localization and Softening

*竹下 徹[1]、Dong Bui[1]、Thomas Czertowicz[1]、荒井 駿[2]、山本 貴史[3]、安東 淳一[3]、重松 紀生[4]、藤本 光一郎[5]
*Toru Takeshita[1], Dong Van Bui[1], Thomas Anthony Czertowicz[1], Shun Arai[2], Takafumi Yamamoto[3], Jun-ichi Ando[3], Norio Shigematsu[4], Koichiro Fujimoto[5]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2. 東北大学理学研究科地学専攻、3. 広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、4. 産業技術総合研究所、5. 東京学芸大学
1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 4. AIST, 5. Tokyo Gakugei University

中央構造線は、九州から関東山地まで800 km以上追跡される、日本で最も大規模な断層であるが、その起源は白亜紀後期に領家帯の花崗岩類に発生した剪断帯（マイロナイト帯）に遡ることが出来る。その後、古第三紀の初頭に、この剪断帯の部分が大規模正断層として再活動し、西南日本外帯の三波川高圧型変成岩と内帯の領家帯の花崗岩類および低圧型変成岩類の接合を引き起こした（狭義の中央構造線、例えばKubota and Takeshita, 2008）。さらに、その後も中央構造線は様々な時代に活動したが、特に、第四紀に顕著な右横ずれ断層として再活動している。

我々は、その形成以後複数回再活動した中央構造線について、その発生段階の過程を明らかにするため、現在の中央構造線のもとになった領家帯の花崗岩類起源のマイロナイト帯（いわゆる領家南縁剪断帯）に焦点を当て、上昇にともなう温度の低下とともにマイロナイト帯がどのように発展し、どのように歪が局所化していったのかを詳細に解析した。三重県松阪市飯高町月出の研究フィールドにおいて、東西走向で約60°北傾斜している中央構造線に直交する赤岩谷ルートにおいて、南北約800 m間の地質調査を行い、断層岩試料を定方位で採取した。その結果、我々は中央構造線に平行に延長される断層岩は、中央構造線から300 mの幅で分布するプロトマイロナイト（Area A）と、その北に約500 mの幅で分布するマイロナイト（Area B）に区分されることを明らかにした。さらに、断層岩を構成する鉱物モード組成をポイントカウンティングにより測定した結果、プロトマイロナイトはカリ長石を殆ど含まないトーナル岩を、一方、マイロナイトはカリ長石の巨晶を大量に含む花崗岩を原岩とし、変形の程度が原岩に支配されていることが明らかにした。

次に我々はプロトマイロナイト（7試料）およびマイロナイト（8試料）を構成する変形・再結晶石英集合体の微細構造を検討し、マイロナイト（Area B）を構成するに石英再結晶粒子ついて、中央構造線の北方300 mから490 mの距離に分布するものは高いアスペクト比と比較的平面状の粒子境界を示す一方（Sタイプ、亜結晶粒回転再結晶により形成）、490 mから800 mの距離に分布するものは低いアスペクト比と入り組んだ粒子境界（Pタイプ、粒界移動再結晶により形成）を示すことを明かにした。プロトマイロナイト中の石英再結晶粒子はSタイプの組織を持つ。さらに、石英の格子選択配向をSEM-EBSD装置を用いて測定した結果、プロトマイロナイトおよびマイロナイト試料とも殆どの試料が石英のｃ軸方位が中間主歪軸（Y）方位に集中するパターンを示す一方、プロトマイロナイトの一部でタイプIクロスガードルパターン、Sタイプ組織を持つマイロナイトの最南部中でY集中とタイプIクロスガードルパターンの中間型が認められることを明かにした。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

我々はまた、SEM-EBSD測定から得られたデータについて、Grain Orientation Spread (GOS, Cross et al., 2017)法を用いて、石英再結晶粒子とレリクト粒子を厳密に分離し、マイロナイト中の石英再結晶粒径を厳密に求めた。その結果、再結晶粒径は最も北側のPタイプ組織を持つマイロナイトで最大100ミクロンを超えているが、Sタイプ組織を持つマイロナイトで11-20ミクロンに低下すること、また、プロトマイロナイト中の石英再結晶粒径は6-19ミクロンであることを明らかにした。さらに、マイロナイトを構成するカリ長石は、一部ミルメカイト（斜長石と石英の連晶）となっているが、２長石温度計を用い、マイロナイト形成時の変形温度を推定した。その結果、Pタイプ組織を持つマイロナイトの最北部で 500 ˚Cに至る温度が得られたが、南に向かって温度は低下し、Sタイプ組織を持つマイロナイトでは350-400 ˚Cの変形温度が推定された。この事実は、Pタイプ組織を持つマイロナイト中でカリ長石は塑性変形しているが、Sタイプ組織を持つマイロナイト中ではカリ長石は破断している事実と調和的である。

以上の観測事実をまとめ、我々は中央構造線断層帯における温度の低下にともなう歪の局所化を以下のように推察した。最初、500 ˚Cの温度条件ではカリ長石を大量に含む花崗岩がそれを含まないトーナル岩より流動的なため、花崗岩のみが変形しPタイプ組織を持つマイロナイトとなった。その後、450 ˚Cとなりトーナル岩も変形を開始するが、変形は引き続いて花崗岩中に集中するほか、350-400 ˚CではPタイプ組織を持つマイロナイトで変形が停止し、変形はSタイプ組織を持つマイロナイトに局所化した。ところが、Sタイプ組織を持つマイロナイト帯の部分が中央構造線に発達していった訳ではなく、300-350 ˚Cになって現在の中央構造線に沿う僅か50 mのウルトラマイロナイト帯（Czertowicz et al., 2019, PEPS, in press）に変形中心が突然ジャンプし、ここに最終的に歪が局所化し、中央構造線へと発展していった。

キーワード：中央構造線、マイロナイト、石英c軸ファブリック
Keywords: Median Tectonic Line, mylonite, quartz c-axis fabric

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 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:岡田 知巳、安藤 亮輔(東京大学大学院理学系研究科)

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。

15:30 ~ 15:45

[SCG61-07] What caused the Main Himalayan Thrust (MHT) to ramp? Insights from analogue and numerical models

*Subhajit Ghosh[1,2]、Arijit Laik[2]、Santanu Bose[2,3]、Nibir Mandal[4] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032、2.Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India、3.Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India、4.Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India)

15:45 ~ 16:00

[SCG61-08] Control of fault weakening on the structural styles of underthrusting-dominated non-cohesive tectonic wedges

*Arthur Bauville[1]、Mikito Furuichi[1] (1.Department of Mathematical Science and Advanced Techology, JAMSTEC)

16:00 ~ 16:15

[SCG61-09] Complexity of the 2016 *M* 7.8 Kaikoura, New Zealand, earthquake from seismic observation: inferences of overpressured fluid involvement

*岡田 知己[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]、Lanza Federica[4]、Thurber Clliford[4]、松野 弥愛[1]、河村 優太[2]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[5]、Ristau John[5]、Savage Martha[6]、Townend John[6]、Petttinga Jarg[7]、Ghisetti Francesca[8]、Sibson Richard[9] (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、2.九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、3.京都大学防災研究所、4.University of Wisconsin-Madison, U.S.A.、5.GNS Science, New Zealand、6.Victoria University of Wellington, New Zealand、7.University of Canterbury, New Zealand、8.TerraGeoLogica, New Zealand、9.University of Otago, New Zealand)

16:15 ~ 16:30

[SCG61-10] Dynamic Rupture Simulation Reproduces Spontaneous Multifault Rupture and Arrest During the 2016 Mw 7.9 Kaikoura Earthquake

*安藤 亮輔[1]、Kaneko Yoshihiro[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.GNS science)

16:30 ~ 16:45

[SCG61-11] Ductile deformation explains the physics of friction and genesis of earthquakes

*James Daniel Paul Moore[1]、Stefan Nielsen[2]、Lars N Hansen[3] (1.Earth Observatory of Singapore、2.University of Durham、3.University of Oxford)

16:45 ~ 17:00

[SCG61-12] アスペリティー破壊の地震モーメントと応力降下量，並びに歪みエネルギー解放量

*松浦 充宏[1] (1.統計数理研究所)

What caused the Main Himalayan Thrust (MHT) to ramp? Insights from analogue and numerical models

*Subhajit Ghosh[1,2], Arijit Laik[2], Santanu Bose[2,3], Nibir Mandal[4]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032, 2. Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India, 3. Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India, 4. Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India

Occurrence of any conspicuous ramp on the low angle basal detachment causes hindrance on the overall wedge progression and behaves as an asperity by localizing stress in the inter-seismic gaps. The mid-crustal ramp on the Main Himalayan Thrust (MHT) results in strain partitioning by focusing seismicity, including 2015 magnitude 7.8 Gorkha earthquake in the central Nepal Himalaya. However, the ramp structure is laterally discontinuous; even absent in some parts of the Himalaya (e.g. western Bhutan). Interestingly, it has been widely shown that the geometry of the basal detachment (in terms of presence or absence or geographic location of the ramp) provides first order control on the along strike variations in the structure, topography, low-temperature thermochronological ages, precipitation, exhumation and erosion patterns. Motivated by the absence of any mechanical explanation for these peculiar observations, we compare physical and numerical experiments with the geology of the frontal eastern Himalaya to show how the mechanically weak coal bearing Gondwana horizon controls the position of the basal detachment in space and time. Our modelling results confirm that the initial spatial distribution of the Gondwana horizon strongly influences the position of the mid-crustal ramp at different geographic location which resulted in segmented MHT structure (Fig. 1). The numerical modelling largely validates the physical experiments and explains the rock uplift and river incision pattern recorded in the Nepal Himalaya.

Keywords: mid-crustal ramp, Main Himalayan megathrust, seismicity asperity, Basal friction, Analog sandbox, Numerical model Underground

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

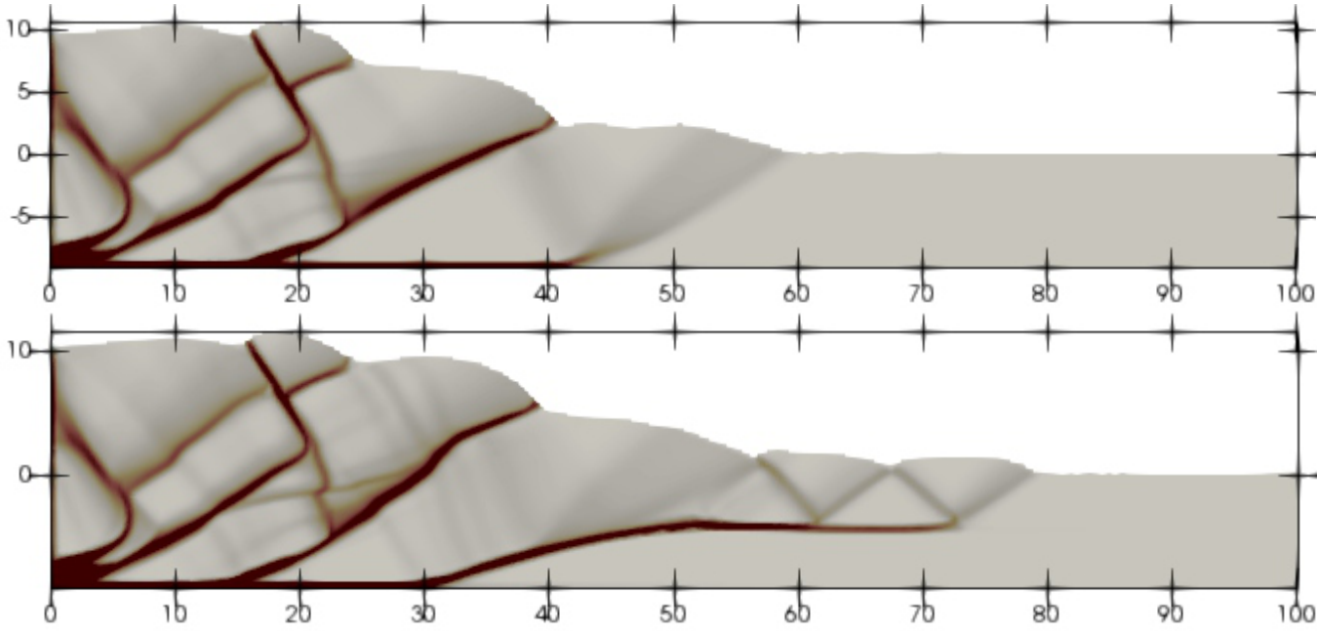


Fig. 1 Numerical sandbox simulation with visco-plastic rheology. Sequential thrust progression in a model containing a weak zone (Φ_W = 10°). The weak zone shifted the thrust progression to a shallower depth. Plastic strain mapping clearly marks the location of ramping of the basal detachment.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Control of fault weakening on the structural styles of underthrusting-dominated non-cohesive tectonic wedges

*Arthur Bauville[1], Mikito Furuichi[1]

1. Department of Mathematical Science and Advanced Techology, JAMSTEC

Underthrusting is a typical process at compressive margins responsible for nappe stacking and sediment subduction. Despite being essential for orogenesis, and the subduction cycle, the mechanics of underthrusting is still incompletely understood. The critical taper theory predicts that underthrusting occurs only in the limit where $\mu_b' = \mu'$, with μ' and μ_b' the inner and basal effective coefficient of friction, respectively. Paradoxically, in nature, underthrusting is associated with weak faults. For instance, at erosive subduction margins, sediments are dragged in subduction, while normal faulting in the middle prism suggests the plate boundary is weak. Wang et al., (2010) have proposed that dynamic fault strength variations during the earthquake cycle can reconcile these observations. In their model, underthrusting occurs during earthquakes when the fault is strong and normal faulting occurs in the prism during the interseismic period when the fault is weak. However, recent evidence (Gao and Wang, 2016) suggests that plate boundaries are relatively weak also during earthquakes.
In this contribution, we investigate the control of permanent fault weakening on the dynamics of a strong-based ($\mu_b' = \mu'$,) non-cohesive tectonic wedge. We control the wedge material strength by a spatially constant fluid overpressure factor (λ^*, and fault strength by a strain weakening factor (χ). We investigated the problem in two steps. First, we used the critical taper theory to determine a mechanical mode diagram that predicts structural styles. This diagram is deduced from the function $\Delta\alpha(\beta, \chi, \lambda^*)$ which is the difference in taper angle at a given β, between the compressively critical taper of a strong-based wedge and the extensionally critical taper of a weak-based wedge ($\mu_b' = (1-\chi)\mu'$). Then, we performed numerical simulations of accretionary wedge formation to establish the characteristics of these structural styles regarding wedge and fault geometry. We determined there is a continuum of structural styles with three end-members occurring at the theoretically determined mechanical mode transitions.

Style 1 is characterized by thin tectonic slices and little to no underthrusting.
Style 2 is characterized by thick slices and nappe stacking.
Style 3 is characterized by the complete underthrusting of the incoming sediments.

The model gives a mechanical explanation that reconciles underthrusting with weak faults. In agreement with observations, the model predicts the occurrence of style 2 in strong-based sandbox experiment. Finally, we argue that style 3 is triggered by any mechanism, such as material weakening, erosion or sedimentation, that limits the surface angle such that the incoming material is always significantly under-critical.

Keywords: Accretionary prism, Underthrusting, Critical taper theory, Numerical simulations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Complexity of the 2016 *M* 7.8 Kaikoura, New Zealand, earthquake from seismic observation: inferences of overpressured fluid involvement

Complexity of the 2016 *M* 7.8 Kaikoura, New Zealand, earthquake from seismic observation: inferences of overpressured fluid involvement

*岡田 知己[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]、Lanza Federica[4]、Thurber Clliford[4]、松野 弥愛[1]、河村 優太[2]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[5]、Ristau John[5]、Savage Martha[6]、Townend John[6]、Petttinga Jarg[7]、Ghisetti Francesca[8]、Sibson Richard[9]
*Tomomi Okada[1], Satoshi Matsumoto[2], Yoshihisa Iio[3], Federica Lanza[4], Clifford H Thurber[4], Miu Matsuno[1], Yuta Kawamura[2], Tadashi Sato[1], Stephen C Bannister[5], John Ristau[5], Martha K Savage[6], John Townend[6], Jarg Petttinga[7], Francesca Ghisetti[8], Richard H Sibson[9]

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. 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. 京都大学防災研究所、4. University of Wisconsin-Madison, U.S.A.、5. GNS Science, New Zealand、6. Victoria University of Wellington, New Zealand、7. University of Canterbury, New Zealand、8. TerraGeoLogica, New Zealand、9. University of Otago, New Zealand
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Disater Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. University of Wisconsin-Madison, U.S.A., 5. GNS Science, New Zealand, 6. Victoria University of Wellington, New Zealand, 7. University of Canterbury, New Zealand, 8. TerraGeoLogica, New Zealand, 9. University of Otago, New Zealand

The *M* 7.8 Kaikoura earthquake occurred in the northern South Island on 3 Nov., 2016, involving the rupture of > 20 faults. To understand the complexity of the Kaikoura earthquake, details of fault geometry, seismic velocity distribution and stress field are necessary. We have undertaken seismic tomography and stress tensor inversion using focal mechanisms along the c. 200 km length of the rupture zone.

Data from both 51 temporary stations and 22 GEONET stations were collected from March 2011 to December 2017. Hypocenter locations and the three-dimensional velocity structure were determined using the method of Zhang and Thurber (2003 and 2006).

The hypocenter of the Kaikoura earthquake and aftershocks near the Kekerengu fault locate along lineaments where seismic velocity changes horizontally.

In the uppermost crust, lower velocities occur beneath the Emu Plain and Cape Campbell. Higher velocities occur in and around Kaikoura.
In the middle to lower crust, high Vp/Vs occurs not only in and around the hypocenter but also along the northern part of the rupture zone.
In the lowermost crustal or uppermost mantle, high Vp occurs east of the Kekerengu fault and south of the Hope fault and beneath the Canterbury plains faults. This high Vp likely corresponds to the Pacific plate.

These complexities in the seismic velocity structure may relate to the multi-rupture character of the Kaikoura earthquake. In particular, spatial correlations between rupture areas and high Vp/Vs suggests

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the involvement of overpressured fluid in the nucleation and propagation of rupture segments, which is also supported by the reactivation of unfavourably oriented strike-slip ruptures, many lying at c.70° to regional sigma-one stress trajectories.

キーワード：2016 Kaikoura earthquake
Keywords: 2016 Kaikoura earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dynamic Rupture Simulation Reproduces Spontaneous Multifault Rupture and Arrest During the 2016 Mw 7.9 Kaikoura Earthquake

*安藤 亮輔[1]、Kaneko Yoshihiro[2]
*Ryosuke Ando[1], Yoshihiro Kaneko[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. GNS science
1. Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. GNS science

The 2016 Kaikoura (New Zealand) earthquake is characterized as one of the most complex multifault rupture events ever observed. We perform dynamic rupture simulations to evaluate to what extent relatively simple forward models accounting for realistic fault geometry can explain the characteristics of coseismic observations. Without fine parameter tuning, our model reproduces many observed features including the multifault rupture, overall slip distribution and direction, and the locations of the maximum slip and rupture arrest. In particular, our model shows spontaneous arrest of dynamic rupture at the both ends of the ruptured fault system due to smaller prestress levels expected from a regional tectonic stress field. Both the simulated and the observationally inferred source time functions show similar double peaks with a larger second peak. The results illuminate the importance of the 3-D fault geometry in understanding the dynamics of complex multifault rupture.

キーワード：動的破壊、境界積分方程式法、断層形状
Keywords: Dynamic rupture, Boundary integral equation method, Fault geometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ductile deformation explains the physics of friction and genesis of earthquakes

*James Daniel Paul Moore[1], Stefan Nielsen[2], Lars N Hansen[3]

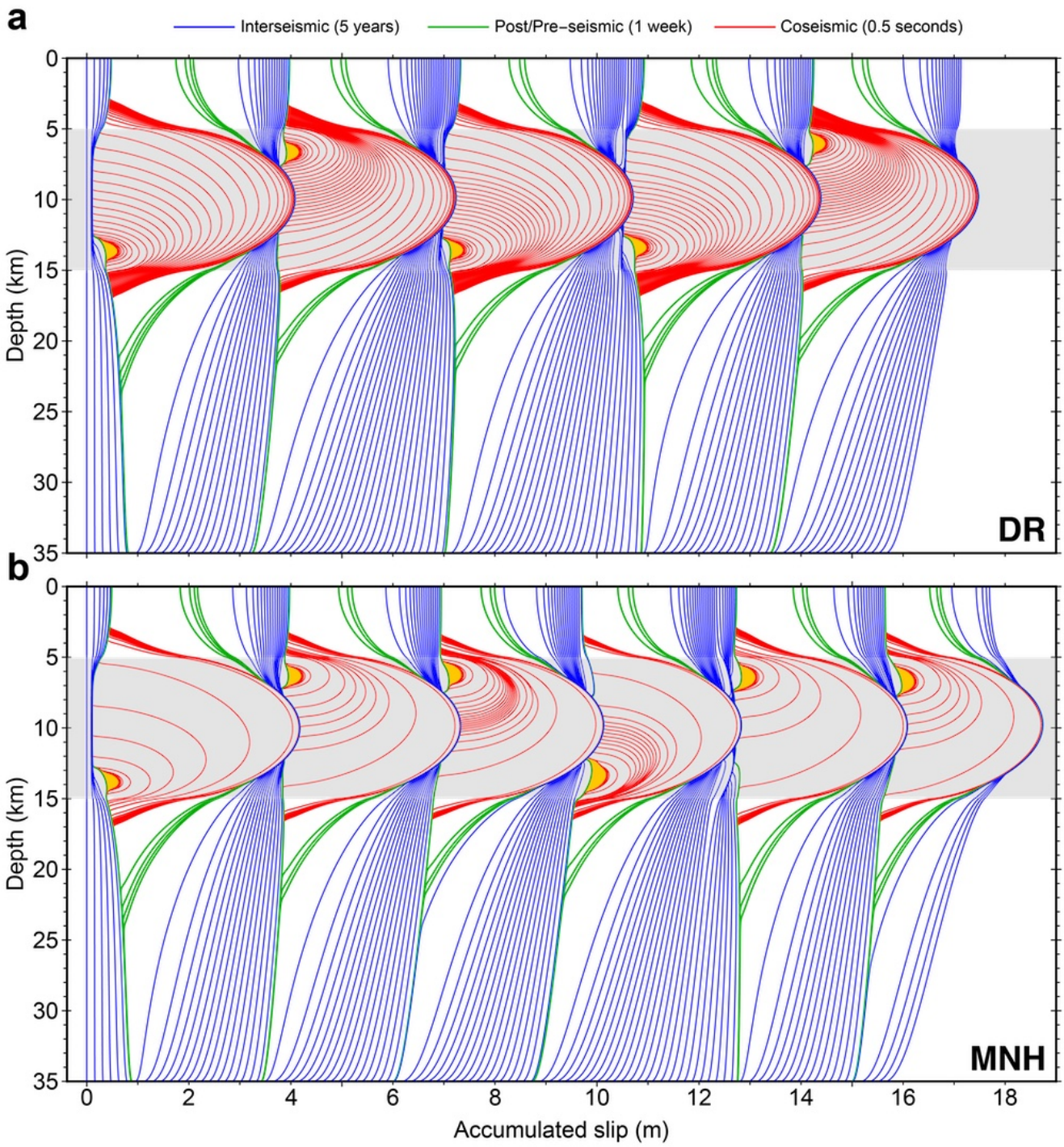
1. Earth Observatory of Singapore, 2. University of Durham, 3. University of Oxford

Seismic hazard presents a significant global threat to both life and property, with increased urbanisation in the twenty-first century only intensifying the risk as populations concentrate near fault lines. It is therefore imperative to develop a clear understanding of the physical origins of earthquakes, with their associated hazards, and use that knowledge to work towards building more resilient societies. To this end, we show that ductile deformation on contact regions within fault zones explains the physics of fault friction, and the genesis of earthquakes. We find the empirical framework of rate-and-state friction may be derived from grain-scale creep processes, and that earthquakes are the macroscopic manifestation of ductile deformation at microscopic contacting regions. The governing equations are well behaved at low slip rates, the seismogenic layer emerges as a consequence of the pressure-temperature dependence of ductile creep processes, and we offer an explanation for the temporal distribution of earthquake clustering.

The physical origins of the laws of friction that govern the genesis of earthquakes have long been the subject of discussion and debate. Here we demonstrate that the empirical framework of rate-and-state friction is a natural consequence of grain-scale processes, and that fault slip is the macroscopic manifestation of creep on contact asperities, modulated by grain-size processes, at the microscopic scale.We find that common rate-and-state parameters derived from laboratory data and geodetic observations are entirely commensurate with known flow laws: diffusion creep, dislocation-accommodated grain-boundary sliding, and dislocation creep. Additionally, we find that the temperature, grain size, and stress dependence of these flow laws naturally give rise to the full spectrum of fault behaviour from stable creep, through slow slip and tremor, to bilateral ruptures. In particular a seismogenic layer emerges spontaneously from the interplay of these creep mechanisms, for which the stability is primarily determined by the grain-size dependence of the active flow law. Our framework unifies the work of friction experiments for localised deformation and flow laws governing distributed deformation, whilst simultaneously addressing a number of shortcomings of the Dieterich-Ruina form of rate-and-state friction, such as the non-physical divergence as the sliding velocity tends to zero. We present very close equivalence between rate-and-state friction and established flow laws, and provide an explanation for the emergence of the seismogenic layer.

Keywords: Earthquake, Friction, Rheology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アスペリティー破壊の地震モーメントと応力降下量，並びに歪みエネルギー解放量

The seismic moment, stress drop, and strain energy release for the rupture of asperities

*松浦 充宏[1]
*Mitsuhiro Matsu'ura[1]

1. 統計数理研究所
1. Institute of Statistical Mathematics

Seismic moment and stress drop are known as the most fundamental physical quantities characterizing seismic events. The seismic moment of an event is clearly defined as the product of its rupture area (*S*), average fault slip (*D*), and the rigidity of the surrounding elastic medium (Aki, 1966; Kostrov, 1974), but the stress drop is not (Madariaga, 1979), which depends on adopted source models. In the simplest case of a circular crack model with uniform stress drop, the stress drop is proportional to *D* and the inverse of the square root of *S*, and so independent of seismic moment (e.g., Kanamori & Anderson, 1975). However, with the simplest model, Nadeau & Johnson (1998) found a clear dependence of average stress drop on seismic moment from a detailed analysis of repeating earthquakes along the Parkfield segment of SAF. This empirical scaling relationship for average stress drop is contrary to what is commonly assumed in seismology: that is the stress drop is independent of earthquake size.

Since then, many seismologists (e.g., Sammis & Rice, 2001; Anooshehpoor & Brune, 2001; Beeler, Lockner & Hickman, 2001; Johnson & Nadeau, 2002) tried to explain the observed size-dependence of stress drop by theoretically considering the loading and rupture processes of asperities, but didn't succeed. The size-dependence of stress drop seems to result from an inappropriate assumption for background slip rates [1]. Aside from that, in these theoretical studies, the asperity is modeled as a completely locked small patch surrounded by freely creeping zones. In such modeling, steady tectonic loading causes stress singularity just inside the locked patch and broad slip-deficit distribution on the surrounding freely creeping zones. The rupture of the asperity suddenly releases the concentrated stress at the small locked patch and causes fault slip so as to cancel the slip deficit distributed on the surrounding zones without stress drop. Even in such a case, we can clearly define the seismic moment by multiplying the integral of coseismic slip over the whole fault plane by the rigidity of the surrounding medium. In contrast, the definition of average stress drop is multiple (Noda, Lapusta & Kanamori, 2013), which suggests that the static stress drop on fault may not be the fundamental physical quantity.

Recently, on the basis of theoretical consideration to the equation of motion in continuum mechanics, we derived a fundamental equation that the volume integral of static stress changes caused by a seismic event over the whole elastic region is mathematically equivalent to its moment tensor [2]. Applying the fundamental equation to the energetics of shear faulting, we can obtain a quantitative relationship between the work done for shear faulting and the change in elastic strain energy in the surrounding region. This means that we should use the volume integral of static stress changes or the total strain energy change as the fundamental physical quantity characterizing seismic events.

References:

[1] Matsu'ura, M., Nomura, S., Ogata, Y., & Uchida, N. (2017), Reciprocal relationship between seismically estimated slip rates and geodetically estimated slip-deficit rates at plate interfaces: Physical interpretation and logical consequence, IAG-IASPEI 2017 Meeting, J05, Kobe, Japan.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Matsu'ura, M., Noda, A., & Terakawa, T. (2018), Two different representations of moment tensor and the energetics of shear faulting, 10th ACES International Worlshop, O24-3, Awaji Island, Japan.

キーワード：地震モーメント、応力降下量、歪みエネルギー解放量、アスペリティーモデル
Keywords: Seismic moment, Stress drop, Strain energy release, Asperity model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[M-IS08] ジオパーク

コンビーナ:尾方 隆幸(琉球大学島嶼防災研究センター)、青木 賢人(金沢大学地域創造学類)、松原 典孝(兵庫県立大学大学院　地域資源マネジメント研究科)、田所 敬一(名古屋大学地震火山研究センター)、座長:植木 岳雪(千葉科学大学危機管理学部)、大野 希一(島原半島ジオパーク事務局)、有馬 貴之(帝京大学 経済学部 観光経営学科)

ジオパークに関する領域横断的な発表を対象とする。トピックとして，地球惑星科学的資源，ジオダイバーシティ，ジオコンサベーション，ジオツーリズム，持続可能な地域振興，ガバナンス，危機管理，科学コミュニケーション，地球惑星科学の教育などがあげられる。これらのトピックを通して，ジオパークを科学の側から支える議論をしたい。

15:30 ~ 15:45

[MIS08-01] 日本最西端沖縄県与那国島に分布する正断層群

*大坪 誠[1]、大橋 聖和[2]、尾方 隆幸[3]、柴田 伊廣[4] (1.産業技術総合研究所、2.山口大学、3.琉球大学、4.文化庁)

15:45 ~ 16:00

[MIS08-02] 糸魚川ジオパークにおける「防災科研地震だねっと！」を利用した糸魚川－静岡構造線についての学習例

*竹之内 耕[1]、茨木 洋介[1]、小河原 孝彦[1]、宮島 宏[1]、松原 誠[2]、西澤 あずさ[2]、青井 真[2]、平松 良浩[3]、中川 和之[4] (1.フォッサマグナミュージアム、2.防災科学技術研究所、3.金沢大学、4.時事通信社)

16:00 ~ 16:15

[MIS08-03] 「防災科研地震だねっと！」の開設と利活用に関するアンケート結果

*松原 誠[1]、西澤 あずさ[1]、青井 真[1]、竹之内 耕[2]、平松 良浩[3]、中川 和之[4] (1.防災科学技術研究所、2.糸魚川市フォッサマグナミュージアム、3.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系、4.時事通信社)

16:15 ~ 16:30

[MIS08-04] 磐梯山ジオパークが企画した「世界の岩なだれ」巡回展と出前講座

*佐藤 公[1]、宇井 忠英[2] (1.磐梯山噴火記念館、2.環境防災総合政策研究機構)

16:30 ~ 16:45

[MIS08-05] ジオパークにおける惑星科学教育 ―青少年のための科学の祭典島根大会における出雲平野の形成実験―

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

16:45 ~ 17:00

[MIS08-06] ジオパークのESD型地域学習カリキュラム開発を支えるシステム思考とそのコンピテンシー

*山本 隆太[1] (1.静岡大学教職センター)

日本最西端沖縄県与那国島に分布する正断層群
Normal faults observed in the Yonaguni-jima Island, Okinawa Prefecture, southwestern Japan

*大坪 誠[1]、大橋 聖和[2]、尾方 隆幸[3]、柴田 伊廣[4]
*Makoto Otsubo[1], Kiyokazu Oohashi[2], Takayuki Ogata[3], Tadahiro Shibata[4]

1. 産業技術総合研究所、2. 山口大学、3. 琉球大学、4. 文化庁
1. Geological Survey of Japan, 2. Yamaguchi University, 3. University of the Ryukyus, 4. Agency for Cultural Affairs

沖縄県与那国島は日本最西端に位置する島で，琉球弧に属する．与那国島では，新第三系八重山層群と第四系琉球層群が露出しており，島をひし形状に分断するように正断層が多く発達している．島の南東部のサンニヌ台で認められる断層露頭では，正断層の断層中軸部（断層ガウジ），ダメージゾーン，健岩部分，と断層帯を構成する要素を全て観察することができる．野外調査の結果，サンニヌ台で認められる断層は，(1)沖縄トラフ（背弧海盆）内と類似した応力場で運動可能であることから，与那国島は南琉球弧島嶼域（例えば，宮古島や石垣島）とは力学的な場が異なること，(2)断層破砕帯の幅と断層の長さ，総変位量と断層コアの幅の関係は一般的な断層と同様の傾向であり，この断層は第四紀中に繰り返し運動していること，などが明らかとなった．これらの成果を踏まえると，与那国島の形成に大きく関係すると考えられる沖縄トラフの拡大に関連して，「地殻変動の激しさや大規模地殻変動を知ることができる地質学的資料（ジオサイト）」として，サンニヌ台で認められる断層は日本全国を代表する適地の可能性がある．これらの調査は未指定文化財の調査であり，与那国町は将来的に国の天然記念物にむけた申請を行う予定である．

キーワード：背弧海盆、正断層、沖縄トラフ、第四紀、琉球弧
Keywords: Backarc basin, Normal fault, Okinawa Trough, Quaternary, Ryukyu Arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川ジオパークにおける「防災科研地震だねっと！」を利用した糸魚川ー静岡構造線についての学習例
Example of Study of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line using “NIED Quake map!”

*竹之内 耕[1]、茨木 洋介[1]、小河原 孝彦[1]、宮島 宏[1]、松原 誠[2]、西澤 あずさ[2]、青井 真[2]、平松 良浩[3]、中川 和之[4]
*Ko Takenouchi[1], Yousuke Ibaraki[1], Takahiko Ogawara[1], Hiroshi Miyajima[1], Makoto Matsubara[2], Azusa Nishizawa[2], Shin Aoi[2], Yoshihiro Hiramatsu[3], Kazuyuki Nakagawa[4]

1. フォッサマグナミュージアム、2. 防災科学技術研究所、3. 金沢大学、4. 時事通信社
1. Fossa Magna Museum, 2. National Research Institute for earth Science and Disaster Resilience, 3. Kanazawa University, 4. Jiji Press

1. はじめに

新潟県糸魚川ジオパークには，1990年に公開されたフォッサマグナパークと呼ばれる糸魚川ー静岡構造線（以下，糸静線）断層露頭の見学公園がある．国道148号脇の駐車場から遊歩道をへて断層露頭まで徒歩約10分の行程である．2018年8月の改修にあたっては，断層露頭の拡張のほか，断層のはぎ取り展示の設置や野外解説板の新設や改修が行われた．断層露頭近くの野外解説板には，防災科学技術研究所が開設した「地震だねっと！」（地震活動や歴史地震を閲覧できるホームページ）に接続できるQRコードを表示して，断層と地震を関連付けて学習できるようにした．ここでは，高校生を対象にした，「地震だねっと！」を活用した地震と断層の学習例を紹介する．

2. 地震と断層の学習例（神奈川県の私立高校）

(1) 断層に至る遊歩道での学習

二つの河川の川原の岩石の色が違うことに気づき，糸静線を境に地質が異なることを説明する．古生代の岩石を観察し，年代が古いほど多くの地殻変動を受けて硬いがボロボロの性質になっていることを理解する．近づくと見えてくる断層露頭では， 西側の古生代の岩石（暗緑色～白色）と東側の新生代の岩石の色調が，縦方向の不連続線を境に明瞭に異なり，それが糸静線であることが容易に理解される．

(2) フォッサマグナと地震についての解説（野外解説板による）

糸静線はフォッサマグナの西端断層であり，日本列島形成と密接な関係があること，また，断層が動く時に地震が起き，中でも大きな断層運動が起こると断層が地表まで達して活断層と呼ばれること，また，動くたびに生じた変位が積み重なって，山地などの地形が形成されていくことを説明する．

(3) 「地震だねっと！」からの情報

生徒が携帯するスマートフォンで「地震だねっと！」に接続し，過去10年間の糸魚川周辺で起きた地震を表示する．画像から生徒が気づく点は以下のとおりである．

・感じない地震を含めると，多数の地震が起きている．
・地震が起きている場所と起きていない場所がある．
・線状，楕円状に集中して起こる地震がある．
・内陸の地震は，深さ10kmよりも浅いところで起きている．
・活断層に沿って起きている地震とそうでない地震がある．
・同じ活断層帯でも，地震が起きている場所と起きていない場所がある．
・糸魚川は地震が空白で，活断層がない．
・歴史地震が起こった場所に地震が集中しているようにみえる．

その後，5年間，1年間，30日間，一週間，24時間と震源分布図を表示させていくと，表示される地震数は減少していく．24時間の画像でも，最新の地震が表示され，人が気づかない地震が今も起こっていることに驚

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

く生徒も多い.

(4) 断層露頭

露頭全体がボロボロになっていて，岩石が壊されていることに気づく．断層角礫との隙間には，さらに破砕された細粒物質（断層ガウジ）が充填されており，指で断層ガウジを押すと凹んで固結していないことがわかる．断層ガウジには，断層の運動方向を示す条線が認められるので，断層ガウジは岩石が粉砕されてできたことが理解される．マグニチュード7前後の地震を伴う断層運動では変位量が1.5～2ｍとされているので，糸静線に沿う落差（東落ち6000ｍ以上）を考えると，過去3000～4000回の断層運動が起こって，フォッサマグナが落ち込んでいったことが想像できる．また，フォッサマグナの落差が進展する過程で，断層の幅が成長していったことが理解される.

3. まとめ

「地震だねっと！」で示される震源分布図は，日本列島が地震の多い場所だと視覚的に理解でき，地震と断層を結び付けて考えるための良いツールである．断層露頭観察では，地質現象の結果の観察で終わってしまう傾向にある．しかし，「地震だねっと！」の利用によって地震と断層が関連付けられることで，生徒たちが地下の断層運動をイメージすることができるようになると期待される．今後，高校生を対象に「地震だねっと！」を利用した野外観察授業の経験を増やし，地震防災学習を含めた豊富な学習例をつくっていきたい.

キーワード：糸魚川ジオパーク、フォッサマグナパーク、糸魚川ー静岡構造線、防災科学技術研究所 地震だねっと！
Keywords: Itoigawa Geopark, Fossa Magna Park, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, NIED Quake map!

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「防災科研地震だねっと！」の開設と利活用に関するアンケート結果
The Opening of ‘NIED Quake map!’ and result of questionnaire survey about interest of local seismicity

*松原 誠[1]、西澤 あずさ[1]、青井 真[1]、竹之内 耕[2]、平松 良浩[3]、中川 和之[4]
*Makoto MATSUBARA[1], Azusa Nishizawa[1], Shin Aoi[1], Ko Takenouchi[2], Yoshihiro Hiramatsu[3], Kazuyuki Nakagawa[4]

1. 防災科学技術研究所、2. 糸魚川市フォッサマグナミュージアム、3. 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系、4. 時事通信社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Fossa Magna Museum, Itoigawa City, 3. School of Geosciences and Civil Engineering, College of Science and Engineering, Kanazawa University, 4. Jiji Press

（1） はじめに

公益社団法人日本地震学会(地震学会)では「行動計画2012」における「地震学の現状を一般市民の目線に立って社会に伝えていくとともに、地域防災への貢献及び社会からの要請を受け止める場となることを目指す」という考えに基づき、その具体化と手段の多様化を実現するために2017年4月にジオパーク支援委員会を設立した。ジオパークでは、火山や地質・歴史地震・津波痕跡に関するジオサイト・ガイド・案内板は数多く存在するが、自分たちの足元で起きている地震活動を認識してもらう案内方法が欠けている面があった。

防災科学技術研究所（防災科研）では、ジオサイトで足元の地球の活動を可視化するという観点から、「防災科研 地震だねっと！」というホームページ（http://www.geopark.bosai.go.jp/、以下、当サイト）を構築し、防災科研陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）で捉えた現在の地震活動や歴史地震を簡単に見られるホームページを2018年7月に開設した。これは、糸魚川世界ユネスコジオパークのフォッサマグナパークのリニューアルオープンを機に、案内板のQRコードから当サイトに接続することにより、現在の糸魚川周辺の地震活動を閲覧できるホームページである。

（2）ホームページの概要

当サイトに接続すると、過去1年間の震源分布図が表示される。色で震源の深さを、丸の大きさでマグニチュードを表している。震源分布は1時間毎に更新され、最新の地震は星印で表示されている。地図には、現在地に加え、火山・活断層・河川・県境なども表示され、周辺を含めた位置を捉えやすくなっている。震源分布図の期間は過去24時間～10年間が選択可能である。記憶に残っている過去の地震もプロットされると同時に、無感の微小地震の分布も表示されるので、足元の地球内部でどのような活動が起こっているかを診ることができる。震源分布図の下には、被害地震も列挙されているので、地元での有史以来の地震活動を把握することが可能である。

（3）閲覧実績

当サイト開設後、毎日20-30の所外からのアクセスが確認されている。また、フォッサマグナパークにおいて団体の見学があり、糸魚川ジオパークで当サイトについて紹介した際には、50～60のアクセスがあった。

（4）ジオパークとの連携

防災科研は日本ジオパークネットワーク(JGN)と包括的連携協定を2018年10月13日に締結した。また、糸魚川ユネスコ世界ジオパークとは、当サイトの活用に関する覚書を締結した。今後、JGNを通じて、要望のあるジオパークに向けて当サイトを構築していく予定である。

(5)利活用に関するアンケート結果と今後の展開

地震学会ジオパーク支援委員会では、JpGUの際にジオパーク向けに地震に関する勉強会を開催してい

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る。2018年度には、歴史地震の利活用について説明したこともあり、JGNを通じて、全国のジオパーク協議会やジオパーク推進協議会に対して歴史地震や最近の震源分布図、地震波形の展示の希望に関するアンケートを実施した。26のジオパークと7つのジオパーク構想から回答があった。以下の結果では、ジオパーク構想についてもジオパークに含める。

歴史地震に関するジオサイトは、46%の構想中を含めたジオパークに存在した。また、地元の地震活動には、91%のジオパークから関心があるという回答を得た。しかし、現在の地震活動に関する展示が存在するのは27%であった。博物館などの展示施設や屋外のジオサイトの案内板等で地震活動の展示希望については、条件によるも含めて、82%のジオパークで関心があった。条件としての多くは費用に関するものであった。当サイトのホームページの作成・運用費用は防災科研で負担しているので、ジオパーク側ではQRコードを掲載するジオサイトでの案内板の更新や、展示施設内でホームページを閲覧できるような仕組み（例えばパソコン等）を準備していただくことになる。防災科研では、ジオパークにおいて地震活動を実感する一助となるべく、それぞれの要望に沿った領域の地震活動の図を作成・提供していきたいと考えている。

キーワード：防災科研 地震だねっと！、地震活動展示
Keywords: NIED Quake map!, display of local seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磐梯山ジオパークが企画した「世界の岩なだれ」巡回展と出前講座
Bandaisan Geopark's traveling exhibitions and lectures on "Debris avalanche in the world"

*佐藤 公[1]、宇井 忠英[2]
*Hiroshi Sato[1], Tadahide UI[2]

1. 磐梯山噴火記念館、2. 環境防災総合政策研究機構
1. Mt.Bandai Museum, 2. CeMI

磐梯山ジオパークは５万年前と1888年の2回に発生した山体崩壊とそれに伴う岩なだれ（岩屑なだれ）で生じた地形や人々の営みに影響を与えた様子を来訪者に伝える狙いで作られた。磐梯山噴火記念館はその中核展示施設である。

2018年は1888年の山体崩壊から130年、記念館の開館から30年という節目の年に当たっていた。岩なだれは日本では100年に1回程度しか発生しないため、市民にあまり知られていない。この岩なだれにスポットを当てた企画展を磐梯山噴火記念館で開催した。合わせて全国の火山系博物館でも巡回展示を行った。この巡回展を通して、参加したジオパークの連携と互いの理解が進むと考え、シンポジウムを開催したり、それらのジオパークに出向き出前講座も実施した。
この講演では企画展と出前講座の概要を紹介し、出前講座の際に実施した参加者アンケートから、地域による火山理解の違いなどを紹介する。

キーワード：磐梯山、ジオパーク、岩なだれ
Keywords: Mt. Bandai, Geopark, Debris avalanche

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ジオパークにおける惑星科学教育 ー青少年のための科学の祭典島根大会における出雲平野の形成実験ー
PLANETARY SCIENCE Education in Geoparks-Science Festival for Youth Formation experiment of Izumo Plain in Shimane convention

*阿部 國廣[1]
*Kunihiro Abe[1]

1. 島根半島・宍道湖中海（国引き）ジオパーク推進協議会
1. Shimane Penunsula Shinjiko Narumi, Kuibiki Geopark Promotion Committee

島根半島・宍道湖中海ジオパークは日本ジオパークに認定され3年目となる。島根県でのジオパーク認定は、隠岐世界ジオパークに次いで2番目となる。隠岐ジオパークの知名度は県民にもかなり認知されているが、島根半島・宍道湖中海はまだまだという感が強い。推進協議会は認知活動と合わせ、ジオパークの活用と、教育活動が強く求められている。昨年18回目を迎えた青少年のための科学の祭典島根大会で、島根の地学系のブースにおいて、島根半島・宍道湖中海ジオパークのブースを出展し、「宍道湖、出雲平野の誕生」というてーまでコンパネで、360×270×120㎝の型枠に真さ砂で斐伊川と神門川の流域地形を作り、二川の源流部に散水ホースを固定し、散水し続けることにより、流水による堆積実験に合わせ、中国山地と島根半島に挟まれた海域に次第に土砂が堆積し、出雲平野が出来上がってくる過程を観察しながら時間の経過とともに宍道湖が形成されていく様子を理解していくものである。出雲大社のある西側は平野となって海域ではなくなっている。これは神門川水系に位置する三瓶火山の噴火による影響は無視できない。築地松で知られる出雲平野を形成した斐伊川、神門川、中国山地の花崗岩を主体とするがん性、三瓶さんの火山活動によって、北に位置する島根半島突動く産地の間に出雲平野が形成されていったことをジオパークの宍道湖中海低地帯の所信や資料と対比させながら実験を行った。

キーワード：島根半島・宍道湖中海ジオパーク、　出雲平野の形成　、堆積実験、　散水
Keywords: Shimane Peninsula and Shinjiko Nakaumi Estuary Geopark, Formation of the Izumo Plain, Deposition experiment, Watering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ジオパークのESD型地域学習カリキュラム開発を支えるシステム思考とそのコンピテンシー

ESD in Geopark: Systems thinking and Systems competence for renovating the school curriculum of local area study.

*山本 隆太[1]
*Ryuta YAMAMOTO[1]

1. 静岡大学教職センター
1. Center for professional development of teachers Shizuoka University

日本のジオパークでは学校教育との定期的な教育連携活動が見られる。出前講座や実験演習といった比較的一回性の教育イベントとなりやすい教育活動に対して，地域学習（郷土学習，ふるさと学習）では，年間あるいは学校修学年限（3年・6年），場合によっては学校種を横断した一貫性あるカリキュラムが構想されている地域も少なくない。近年では持続可能な開発のための教育（ESD）の進展に伴い，ESDカレンダーのような体系的な教育カリキュラムが求められており，これまでの総合的な学習に加え，各教科の横断的なカリキュラムも認められている。こうしたカリキュラムを作成するにあたっては，学年配列と学習内容のマトリクスをたたき台としながらジオパークと関連する学習内容を当てはめていくことで，見かけ上のカリキュラムを作成することが従来は可能であった。

しかし，新学習指導要領の最も基本的な転換点は，PISAに象徴されるようなコンピテンシーへの能力論的な展開であるといえ，つまりは育むべき能力と位置付けられた資質・能力（コンピテンシー）と，それを受けた各教科での見方・考え方が教育活動の軸に据えられるようになる。その結果，コンピテンシーはコンテンツ（学習内容）に先んじることとなり，カリキュラムも育成すべきコンピテンシーによって再構成されていく。ただし，学校現場レベルでは移行期間としてコンテンツベースが続くことも考えられるが，その場合でも，コンテンツに準じながらもコンピテンシーを意識せざるをえない状況に迫られる。

そこで本発表では，ジオパークで育まれるコンピテンシーに関して，とりわけ地域学習のカリキュラム開発に資すると考えられるシステム思考とそのコンピテンシーの理論ついて取り上げた上で，コンテンツベースからコンピテンシーベースのカリキュラムへの移行についてシステム思考の援用を具体的に論ずる。

システム思考コンピテンシーは，把握対象をシステムとして捉えるのみならず，システム的な問題解決の能力として教育分野で開発されてきた。日本の新指導要領でもコンピテンシーの問題解決能力に着目しており，その意味では地域学習も問題解決能力に資する部分を明示する必要がある。そのためには，問題解決能力の全体像を示すことが前提となるが，システム思考のコンピテンシーモデルが説明モデルとして適応できる。

またジオパークの特性を生かすということは，ジオパークの持つシステマティックな特性とシステミックな特性を整理した上でカリキュラム開発に寄与することといえる。その際，システマティックな特性については従来のコンテンツベースカリキュラムでカバーしきれるためいわゆる内容の読み替えが適応可能である。一方，システミックな特性についてはESDやSDGsにおいて重視されているものの学校教育では扱いきれていない部分であり，この点についてはジオストーリーが概念的に近いが，地域学習カリキュラムの開発のためには，静的で固定されたジオストーリーではなく操作可能なジオストーリーの在り方が求められることが考えられる。

キーワード：ESD、地域学習、システム思考、コンピテンシー、SDGs、カリキュラム
Keywords: ESD, local area study, Systems thinking, Competence, SDGs, School Curriculum

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 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)、臼井 寛裕、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

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。

13:45 ~ 14:00

[MIS11-01] 冥王星の不思議を解く内部構造モデル

*鎌田 俊一[1]、Nimmo Francis[2]、関根 康人[3]、倉本 圭[1]、野口 直樹[4]、木村 淳[5]、谷 篤史[6] (1.北海道大学、2.カリフォルニア大学サンタクルーズ校、3.東京工業大学、4.徳島大学、5.大阪大学、6.神戸大学)

14:00 ~ 14:15

[MIS11-02] 氷衛星・氷惑星環境を模したガスハイドレート試料の同位体測定：装置開発および測定法の検討

*工藤 久志[1]、谷 篤史[1]、吉田 尚弘[2,3] (1.神戸大学 大学院人間発達環境学研究科、2.東京工業大学 物質理工学院応用化学系、3.地球生命研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS11-03] 潮汐加熱と氷殻下における熱の南北非対称性が生み出す氷殻のダイナミクス

*原田 果穂[1,2]、中川 貴司[3]、森重 学[2]、廣瀬 重信[2] (1.慶應義塾大学、2.海洋研究開発機構、3.香港大学)

14:30 ~ 14:45

[MIS11-04] Chlorine-bearing aqueous fluid at crust/mantle boundary in mid-ocean ridge hydrothermal system: a case study of crustal diopsidite from Oman ophiolite

★Invited Papers

*秋澤 紀克[1]、三宅 亮[2]、土山 明[2] (1.東京大学　大気海洋研究所、2.京都大学　大学院理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[MIS11-05] 高圧下における$MgSO_4$-H_2O系の相関係

*近藤 忠[1]、原田 啓多[1]、白田 実希[1]、亀卦川 卓美[2] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.物質構造科学研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS11-06] 地球の揮発性元素組成の起源：衝突大気剥ぎ取りとコア形成の寄与

*櫻庭 遥[1]、黒川 宏之[2]、玄田 英典[2]、太田 健二[1] (1.東京工業大学、2.地球生命研究所)

冥王星の不思議を解く内部構造モデル
An interior structure model of Pluto resolving its mysteries

*鎌田 俊一[1]、Nimmo Francis[2]、関根 康人[3]、倉本 圭[1]、野口 直樹[4]、木村 淳[5]、谷 篤史[6]
*Shunichi Kamata[1], Francis Nimmo[2], Yasuhito Sekine[3], Kiyoshi Kuramoto[1], Naoki Noguchi[4], Jun Kimura[5], Atsushi Tani[6]

1. 北海道大学、2. カリフォルニア大学サンタクルーズ校、3. 東京工業大学、4. 徳島大学、5. 大阪大学、6. 神戸大学
1. Hokkaido University, 2. University of California, Santa Cruz, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. Tokushima University, 5. Osaka University, 6. Kobe University

水惑星の形成条件の知る上で、内部海の保持メカニズム解明は欠かせない。近年の惑星探査により、外側太陽系の天体のいくつかは内部海を持つことが示唆されている。その多くは巨大惑星の氷衛星であり、潮汐による加熱が内部海の維持に重要な働きをしていると考えられる。内部海の存在は太陽系外縁に位置する冥王星においても示唆されているが、潮汐加熱は効かない。熱源に乏しい冥王星が今も内部海を保持するためには、その上にある氷地殻が熱対流しないことが必要であり、氷地殻は高粘性率であると見積もられる。同様の結論は氷地殻の粘性緩和の観点からも支持されている。その原因として、内部海がアンモニアなどの不純物を大量に含み、凝固点が非常に低いためということが指摘されてきたが、冥王星表面ではアンモニアはほとんど観測されない上、冥王星と同様の組成を持つと考えられる彗星もアンモニアをほとんど含まない。したがって、冥王星の内部海が凍り付いていない理由は謎に包まれている。

我々は、冥王星の氷地殻と内部海の間にガスハイドレートの薄い層が存在し、内部海の凍結を阻害しているという仮説を提案する。ガスハイドレートは熱伝導率が低いため、断熱材の働きをする。我々は長期熱進化計算を行い、暖かい内部海と冷たい氷地殻が長期に渡って維持され、内部海の凍結はほとんど起こらないことを示す。また我々は長期粘弾性変形計算も行い、氷地殻がほとんど粘性緩和しなくなることも示す。この仮説は内部海に多量の不純物を必要としない。彗星は水に対して数%程度のメタンなどを含むが、これだけで内部海保持に必要なガスハイドレートが十分に生成可能である。ガスハイドレートは生成時に一部のガス種を選択的に取り込む性質があり、これは冥王星表層の揮発性物質と彗星に含まれるそれが大きく異なる組成を持つことも説明しうる。今回提唱する内部海保持メカニズムは、冥王星に限らず比較的大型の氷天体に対しては有効であろう。またカイパーベルト天体表層の組成多様性をも説明するかもしれない。

キーワード：冥王星、内部海、ガスハイドレート
Keywords: Pluto, Subsurface ocean, Gay hydrates

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷衛星・氷惑星環境を模したガスハイドレート試料の同位体測定：装置開発および測定法の検討

Isotopic measurement of gas hydrate sample simulating environment of icy satellite and icy planet: Equipment development and consideration for observation method

*工藤 久志[1]、谷 篤史[1]、吉田 尚弘[2,3]
*Kushi Kudo[1], Atsushi Tani[1], Naohiro Yoshida[2,3]

1. 神戸大学 大学院人間発達環境学研究科、2. 東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、3. 地球生命研究所
1. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University, 2. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 3. Earth–Life Science Institute

近年のカッシーニによる観測から、氷衛星・氷惑星は有機物を含んだプルームや内部に液体状の海や岩石地殻を有することが知られている。その事から、地球外生命活動が存在する可能性が高いとされている。プルームを構成するガス分子の中でも、メタン（CH_4）ガスは、CH_4生成菌によるCH_4生成反応という切り口から、微生物による生命活動の指標を示唆する候補の一つとして挙げられている。しかし、プルームにおけるCH_4ガスの生成過程について、初期に発生したCH_4や岩石での地質化学的な生成の寄与が不明瞭であることから、CH_4の存在を検知するだけでは、微生物による生命活動があるといいきることができない。この現状を踏まえると、近い将来行われる氷衛星の微量ガスの同位体測定を見据え、氷衛星の環境を模したCH_4の安定炭素・水素同位体（$\delta^{13}C$, δD）の分別の素過程を室内実験により評価することが重要と考える。

本研究では、内部海–氷地殻界面においてCH_4を補捉し、プルーム放出に影響を及ぼしうるCH_4ハイドレート（Kieffer et al. 2006）に着目し、その同位体分別の程度を評価していきたいと考えている。地球内の条件（~10 MPa）では、CH_4ハイドレートの形成に伴い、δD のみ同位体分別（~10‰）が確認された（e.g. Hachikubo et al. 2007, 2015; Lapham et al. 2012）。氷衛星・氷惑星の条件の場合、更に広い圧力範囲（10–100 MPa スケール）での同位体分別の有無や程度を評価する必要がある。そのために必要な装置の設計、および、測定法の検討を進めた。発表では、装置開発の現状や測定法について紹介する。
本研究では、上記のCH_4ハイドレートへの取り込みと放出の解析を行った後、岩石地殻表層におけるCH_4生成の素過程における同位体分別、それらのデータに基づく3次元流体シミュレーションによる内部海におけるCH_4の輸送の解析により、氷衛星・氷惑星におけるCH_4の同位体がどのように変化していくかを評価していく計画を考えている。対象天体は、エンケラドス、エウロパ、および、トリトンとする。

キーワード：同位体測定、同位体分別、メタン、氷衛星・氷惑星、ガスハイドレート
Keywords: isotopic observation, isotopic fractionation, methane, icy satellite and icy planet, gas hydrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

潮汐加熱と氷殻下における熱の南北非対称性が生み出す氷殻のダイナミクス

Dynamics of icy crust of the Enceladus with tidal heating and asymmetric distribution of heat generation in the rocky core

*原田 果穂[1,2]、中川 貴司[3]、森重 学[2]、廣瀬 重信[2]
*Kaho Harada[1,2], Takashi Nakagawa[3], Manabu Morishige[2], Shigenobu Hirose[2]

1. 慶應義塾大学、2. 海洋研究開発機構、3. 香港大学
1. Keio University, 2. JAMSTEC, 3. University of Hong Kong

土星の氷衛星エンセラダスは，北半球ではクレーターが多い一方で南半球ではクレーターが少なく，特に南極付近においては約15 GWの熱放出が確認されているタイガーストライプと呼ばれる亀裂が見られる．このような熱放出を伴う表面地形が形成される要因は，エンセラダスの内部海とそこでの熱水環境を維持している熱エネルギーにあると考えられ，その熱源となりうるのは土星の潮汐力による摩擦熱（潮汐加熱）である．実際，潮汐加熱が駆動する氷殻内部における熱対流現象が表面地形形成に寄与することが先行研究によって示されているものの，南極付近のみに活発な地質活動が見られる理由はまだ分かっていない．一方，エンセラダスの岩石コアは熱源分布の不均質性がある可能性が示されている．

そこで本研究では，エンセラダスの岩石コア内部の熱生成に南北非対称性を仮定し，氷殻下から伝わる熱の南北非対称性が南極付近にのみ活発な地質活動をもたらすという仮説を立て，氷殻における熱対流シミュレーションを用いてその検証を行った．具体的には，氷殻上部の境界温度を73Kで一様にする一方で，氷殻下部の境界温度を北半球全体で273K，南半球全体で283Kと10Kの差をつけた．シミュレーションの結果，氷殻上下の温度差によって熱対流が駆動される中で，特に南極付近に集中した上昇流と北極付近に集中した下降流が現れることがわかった．下部境界温度は各半球で一様であるにもかかわらず，それぞれの極付近に集中した上昇・下降流が現れるのは，それらの流れを結ぶグローバルな子午面循環が発生するためである．また氷殻内部における熱対流が全体として輸送するエネルギーは約300GWであり，エンセラダスの南極付近で観測される熱放出の20倍に相当する．すなわち，本研究で仮定した南北非対称性のある岩石コア内部で生成される熱は大きすぎると言える．以上のような結果から生成される熱は大きすぎるものの，岩石コア内部における熱生成の南北非対称性が，現在観測されている南極付近に限定した表面地形の形成の原因となりうることが示された．ただし本研究では氷殻上面を固定境界としているため，タイガーストライプをはじめとする，熱対流が駆動すると考えられる表面地形の形成の再現はできておらず，今後の課題として残っている．

キーワード：エンセラダス、熱対流、潮汐加熱
Keywords: Enceladus, Thermal convection, Tidal heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Chlorine-bearing aqueous fluid at crust/mantle boundary in mid-ocean ridge hydrothermal system: a case study of crustal diopsidite from Oman ophiolite

*秋澤 紀克[1]、三宅 亮[2]、土山 明[2]
*Norikatsu Akizawa[1], Akira Miyake[2], Akira Tsuchiyama[2]

1. 東京大学　大気海洋研究所、2. 京都大学　大学院理学研究科
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Hydrothermal circulation in the mid-ocean ridge system is responsible for elemental enrichment, and modification of original chemical composition of the oceanic crust. In recent times, deep-rooted hydrothermal circulation down to crust/mantle boundary has been introduced regarding geological investigations and numerical models. The deep-rooted hydrothermal circulation in the mid-ocean ridge system can be one of the necessary mechanisms generating plate tectonics due to mantle hydration lowering mantle viscosity. In order to assess the mechanism of the mantle hydration in the mid-ocean ridge system, chemical composition of mantle-buffered hydrothermal fluids must be characterized. Here, we present a series of intense investigations for aqueous fluid inclusions in crustal diopsidites from Oman ophiolite. The crustal diopsidite is considered as a reaction product between gabbro (lowermost crustal material) and seawater-derived hydrothermal fluids en route from the mantle to the crust. Considering that Cr-rich minerals such as chromian spinel (Cr-spinel) and chromian garnet (uvarovites) are contained in the crustal diopsidites, the hydrothermal fluids involved were enriched in Cr. A few micrometer-sized inclusion of aqueous fluid with chromian spinel grains was frozen with a nitrogen gas-cooled cold stage, and investigated with a focused ion beam equipped with a scanning electron microscope and an energy dispersive X-ray spectrometer (cryo-FIB-SEM-EDS system). The results showed that the Cr-spinel-bearing aqueous fluid inclusion contains Cl. Regarding the mass and chemical composition of the Cr-spinels in the aqueous fluid inclusion, Cr content in the aqueous fluid was estimated at ~71400 ppm. Although Cr is considered relatively insoluble in aqueous fluids, solubility of Cr depends strongly on the activity of Cl due to complexation reactions with Cl. We propose a possibility that seawater-derived hydrothermal fluids penetrated throughout the crustal section reacted with Cl-bearing magma portion. Flow direction of the hydrothermal fluids probably changed from downward to upward in response to the heat release of the magma to the hydrothermal fluid.

キーワード：cryo-FIB-SEM-EDS、流体包有物、熱水循環、クロムスピネル、クロム、microthermometry
Keywords: cryo-FIB-SEM-EDS, fluid inclusion, hydrothermal circulation, Cr-spinel, Chromium, microthermometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高圧下における$MgSO_4$-H_2O系の相関係
Phase relation of the $MgSO_4$-H_2O system under high pressure

*近藤 忠[1]、原田 啓多[1]、白田 実希[1]、亀卦川 卓美[2]
*Tadashi Kondo[1], Keita Harada[1], Miki Sirata[1], Takumi Kikegawa[2]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 物質構造科学研究所
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science Osaka University, 2. Institute for Material Structure Science, KEK

Resent planetary exploration projects suggest existence of internal ocean in the several icy satellites. Spectral analysis of surface material of such satellite indicate sulfate materials as solute in the water ocean. Salts change generally the phase relation such as melting temperature and generation of a kind of hydrate, and affects the internal structure of the satellite. For the $MgSO_4$-H_2O system, which was considered as a possible major component in internal ocean, Nakamura and Ohtani (2011) has proposed the phase relation under pressure condition up to 4.5 GPa with existence of epsomite($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), and discussed a deep internal ocean in the Ganymede. However, the X-ray diffraction pattern they reported as epsomite includes many unidentified diffraction peaks. In this study, we re-examined the phase relation in the system $MgSO_4$-H_2O under pressure by optical observation, micro-Raman, X-ray diffraction at synchrotron facility. High pressure experiments was performed using diamond anvil cell(DAC) up to about 5GPa at room temperature for 5 to 25wt% $MgSO_4$ solution. The results show a quite different phase relation from Nakamura and Ohtani(2011) in $MgSO_4$-rich side and solidified phases. The eutectic composition is almost same as previous report, but pentahydrate($MgSO_4 \cdot 5H_2O$) is newly observed as coexisting phase with Ice VI-VII in solid, and also liquidus phase in $MgSO_4$-rich solution. We observed direct conversion from low-pressure pentahydrate to high-pressure pentahydrate which reported by Wang et al.(2018). We also evaluate the relative density difference between liquid and solid for all composition by gravitational method in DAC. Ice VI is always denser than liquid while hydrate is always less denser than liquid. We will discuss internal structure and evolution of icy satellite based on this new results.

キーワード：エウロパ、高圧実験、内部海構造
Keywords: Europe, high-pressure experiment, structure of internal ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球の揮発性元素組成の起源：衝突大気剥ぎ取りとコア形成の寄与
The Origin of Earth’s Volatile Composition: Effects of Impact-induced Atmospheric Erosion and Core Formation

*櫻庭 遥[1]、黒川 宏之[2]、玄田 英典[2]、太田 健二[1]
*Sakuraba Haruka[1], Hiroyuki Kurokawa[2], Hidenori Genda[2], Kenji Ohta[1]

1. 東京工業大学、2. 地球生命研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Earth-Life Science Institute

Unveiling the origin of Earth’s volatile composition is crucial for understanding how Earth developed its habitable environment. Carbon (C), nitrogen (N), and hydrogen (H) are the backbone for the chemistry of life and main components of the atmosphere and oceans (e.g., Katling & Casting, 2017). The volatiles in rocky planets are thought to have been delivered by chondritic materials. However, the elemental composition of the bulk silicate Earth (BSE) shows the depletion of C and N relative to H, a high C/N ratio, and a low C/H ratio compared to chondrites (e.g., Hirschmann, 2016; Bergin et al., 2015).

The volatiles delivered to the accreting planet were potentially lost to space by impacts or sequestered in the core. In order to understand how these processes affect the Earth’s volatile composition, we modeled both the main accretion stage and the late accretion stage. The former considered the elemental partitioning between the atmosphere, MO, and metal which segregates into the core (e.g., Hirschmann, 2016; Bergin et al., 2015). The latter considered the partitioning between the atmosphere, oceans, and carbonate (the crust) (e.g., Sakuraba et al., 2019). By calculating the evolution for the range of partitioning coefficient, solubilities, and impactor properties, we evaluated how the resulting volatile composition of BSE depends on these input parameters.

As a result, we succeeded to reproduce the elemental composition of major volatile elements in current BSE from a chondritic source when we chose the appropriate parameter values. While the elemental fractionation during the main accretion ended up with the excess of N/C, the preferential loss of N from the atmosphere during the late accretion reproduced BSE’s volatile pattern. During the main accretion, C was most affected by the core segregation because C is the most siderophile among the volatile elements. During the late accretion, N was most affected by the atmospheric erosion because C and H were trapped in the surface reservoirs. The different BSE’s composition patterns were obtained depending on parameters such as impactor’s composition, impactor’s size-distribution, and element partitioning properties. Our results suggest that the current Earth’s composition can be obtained by the homogeneous accretion of chondritic planetesimals.

[1] Hirschmann, (2016) *American Mineralogist*, 101, 540.
[2] Bergin et al., (2015) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 8965.
[3] Sakuraba et al., (2019) *Icarus*, 317, 48.

キーワード：揮発性元素組成、マグマオーシャン、衝突大気剥ぎ取り、コア形成
Keywords: volatile composition, magma ocean, impact-induced atmospheric erosion, core formation

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 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)、福士 圭介、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。

15:30 ~ 15:45

[MIS11-07] Finding of oxidized sulfur species in carbonates from a Martian meteorite Allan Hills 84001 using μ-XANES

*梶谷 伊織[1]、田辺 学[1]、中田 亮一[2]、臼井 寛裕[3]、小池 みずほ[3]、松浦 史宏[4]、横山 哲也[1] (1.東京工業大学、2.海洋研究開発機構、3.宇宙科学研究所、4.地球生命研究所)

15:45 ~ 16:00

[MIS11-08] A study on Martian water environment based on the μ-XRF-XANES analysis for the secondary minerals formed in a nakhlite meteorite (Y 000593) vein

*鈴木 慧花[1]、菅 大暉[1]、山口 亮[2]、臼井 寛裕[3]、関澤 央輝[4]、新田 清文[4]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.JASRI/SPring-8)

16:00 ~ 16:15

[MIS11-09] 火星における水および粘土鉱物の傾斜角に対する影響

*松岡 友希[1]、片山 郁夫[1]、野口 里奈[2]、臼井 寛裕[2] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[MIS11-10] **Dark Streak Features in Mongolia: Implications for Formation Mechanisms of Recurring Slope Lineae on Mars**

*中村 麻也[1,2]、関根 康人[1]、福士 圭介[3]、長谷部 徳子[3]、Davaadorj Davaasuren[4]、高橋 嘉夫[2]、長谷川 精[5]、小倉 拓郎[6]、森田 康暉[3]、Tuvshin Gerelmaa[4] (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.金沢大学環日本海域環境研究センター、4.モンゴル国立大学地理学専攻、5.高知大学理工学部地球環境防災学科、6.東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻)

16:30 ~ 16:45

[MIS11-11] The occurrence of perchlorate salt in and around the Taklimakan Desert, China

*Haibo Qin[1,2]、Shitong Yang[1]、Qing Chang[3]、Chihiro Miyamoto[1]、Yoshio Takahashi[1] (1.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science、2.State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences、3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

16:45 ~ 17:00

[MIS11-12] Measurement technique to quantify OH radicals photochemically generated on the ice surface

*薮下 彰啓[1]、西本 寛彰[1]、原田 明[1] (1.九州大学大学院総合理工学研究院)

Finding of oxidized sulfur species in carbonates from a Martian meteorite Allan Hills 84001 using μ-XANES

*梶谷 伊織[1]、田辺 学[1]、中田 亮一[2]、臼井 寛裕[3]、小池 みずほ[3]、松浦 史宏[4]、横山 哲也[1]
*Kajitani Iori[1], Gaku Tanabe[1], Ryoichi Nakada[2], Tomohiro Usui[3], Mizuho Koike[3], Fumihiro Matsuura[4], Tetsuya Yokoyama[1]

1. 東京工業大学、2. 海洋研究開発機構、3. 宇宙科学研究所、4. 地球生命研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Institute of Space and Astronautical Science, 4. Earth-Life Science Institute

The widespread evidence of liquid water on Mars has led to detailed studies of Martian habitable surface environments [1]. Among them is the geochemical study of carbonate in the 4-billion-year old meteorite Allan Hills (ALH) 84001 because the carbonate is interpreted to have formed from fluids in the early stage of Mars history (~4 Ga) [2]. This study examined speciation of sulfur in carbonates of ALH 84001 as a proxy to trace the chemical evolution of fluids that formed the ALH 84001 carbonates.

We conducted sulfur K-edge (2472 eV) micro X-ray absorption near edge structure (μ-XANES) analysis at BL27SU at SPring-8. X-ray beam was focused using a K-B mirror to a final spot size of 15 (H) ×15 (V) μm^2. Prior to the μ-XANES analysis, X-ray fluorescence mapping which was scanned in 20 μm step was obtained to determine the analytical spot with referring to the petrological observation and backscattered electron images using electron prove micro analyzer (EPMA).

A diagnostic signature of oxidized sulfur [S(VI)] was observed in all the analytical points, whereas X-ray absorption peaks corresponding to S(-II) and an organic sulfur (Di-n-octadecyl disulfide) were observed in some analytical spots. We propose two possible processes for the incorporation of S(VI) species in the carbonate grains of ALH 84001 on the Martian surface: (co-)precipitation of sulfate minerals with the carbonate or substitution of sulfate ion for carbonate ion (carbonate associated sulfate: CAS). The incorporation of trace amount of sulfate minerals is consistent with the widespread distribution of sulfate-bearing deposits in Noachian terranes [3]. However, any type of sulfate minerals has not been observed in the carbonate grains of ALH 84001 even using the transmission electron microscope observations [4]. On the other hand, the CAS-bearing carbonates are common on Earth, though the concentration of CAS in carbonate is typically low (~100s-1,000s ppm) [5]. We conducted thermodynamic calculations under conditions proposed to explain the ALH 84001 carbonates [6, 7]. The thermodynamic calculations indicated that sulfur mainly occurred as sulfate ion in water at Eh-pH conditions where the ALH 84001 carbonate precipitated. This result suggests a possibility that the observed S(VI) species could have occurred as CAS in the ALH 84001 carbonates under the fluid conditions ranging from 6 to 9 for pH and -0.25 to 0 for Eh (V).

[1] Klingelhöfer et al. (2004) Science 306, 1740-1745. [2] Lapen et al. (2010) Science 328, 347-351. [3] Okubo et al. (2008) Planets, 113. [4] Thomas-Keprta et al. (2009) Geochimica et Cosmochimica Acta 73, 6631-6677. [5] Matsu’ura (2016) PhD Thesis, Tokyo Institute of Technology. [6] Melwani Daswani et al. (2016) Meteoritics & Planetary Science 51, 2154-2174. [7] Fairén et al. (2004) Nature 431, 423.

キーワード：火星、ALH 84001、μ-XANES、硫黄
Keywords: Mars, ALH 84001, μ-XANES, sulfur

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A study on Martian water environment based on the μ-XRF-XANES analysis for the secondary minerals formed in a nakhlite meteorite (Y 000593) vein

*鈴木 慧花[1]、菅 大暉[1]、山口 亮[2]、臼井 寛裕[3]、関澤 央輝[4]、新田 清文[4]、高橋 嘉夫[1]
*Keika Suzuki[1], Hiroki Suga[1], Akira Yamaguchi[2], Tomohiro Usui[3], Oki Sekizawa[4], Kiyofumi Nitta[4], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. JASRI/SPring-8
1. University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research, 3. JAXA, ISAS, 4. JASRI/SPring-8

Martian meteorite nakhlite has attracted attention because it has various secondary mineral assemblages (such as iddingsite) formed by water-rock reaction on the Mars. The iddingsite holds physicochemical information of water when it formed on Mars. However, the formation processes of the minerals are not clear because both carbonates (precipitate under reductive alkaline conditions) and sulfates (precipitate under oxidative acidic conditions) that cannot coexist under an equilibrium condition were found. Among these minerals, sulfate minerals are considered as a terrestrial contamination in several researches in contrast to carbonate minerals accompanied with various secondary minerals such as saponite and serpentine. Here, we examined trace element distribution within the carbonate phases in Y 000593 by FE-SEM-EDS/FE-EPMA and synchrotron-based μ-XRF-XANES in order to determine the transition history of the Eh-pH conditions during the carbonate formation, which reconcile the coexistence of carbonate and sulfate phases in the iddingsite. The detailed understanding of environment (*e.g.,* fluid chemistry) allows us to give a new constraint on the physicochemical evolution of the water that altered the nakhlite body during the last ~6.5 million years.

The polished thin section (PTS: #58-1 in NIPR) of Y 000593 was used for this study. First, the identification of secondary mineral phases in the iddingsite were conducted by FE-SEM-EDS and FE-EPMA at the University of Tokyo. After that, we investigated distribution of trace elements by μ-XRF-XANES at BL37XU of SPring-8, and BL-4A/15A of KEK-PF. Subsequently, we tried to constrain the iddingsite formation environment (such as Eh-pH conditions) from the proportion of secondary minerals.

Carbonates ($FeCO_3$, $MnCO_3$, $CaCO_3$), iron oxides (FeOOH), clay minerals (Fe-rich saponite), and Si-rich vein were identified in the iddingsite from the outside to the center of vein by FE-SEM-EDS and FE-EPMA analysis. In particular, carbonate aggregates were mainly composed of $(Mn,Fe)CO_3$ and $(Ca,Fe)CO_3$. This result suggested that the iddingsite was altered by CO_2-rich reductive alkaline fluid (Eh≦0.2: pH=9.0~11) [Brookins, 1998]. The difference between distributions of Mn and Ca suggests that fluid with different Eh-pH conditions flowed several times or water condition was changed during carbonate formation because $(Mn,Fe)CO_3$ and $(Ca,Fe)CO_3$ cannot overlap in the Eh-pH diagrams ($(Mn,Fe)CO_3$ precipitate at Eh=-0.4~-0.0: pH=9.0~9.5; $(Ca,Fe)CO_3$ precipitate at Eh=-0.3~-0.1: pH=6.5~9.0). The μ-XANES analysis revealed that Cr(III) coexisted in $(Mn,Fe)CO_3$, since Cr cannot be enriched in MnO_2 in general. It is presumed that Mn precipitated originally as MnOOH, which was transformed into $MnCO_3$ in the presence of alkaline fluid. In $(Ca,Fe)CO_3$, 20% of Fe was present as FeOOH. It was implied that FeOOH is precursor of the $FeCO_3$. In addition, we detected S(VI) in the iddingsite, of which chemical species are the clay mineral adsorbent (Fe-rich saponite), $Mn^{2+}(Mn^{3+})O_4$, and $MnCO_3$ by XANES fitting. This results suggested that sulfate-bearing alkaline fluid flowed in the final stage of the iddingsite formation. Besides, its concentration decrease from the mesostasis phase. Therefore, S(VI) in the clay minerals portion related to

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the FeS in the mesostasis, and apart of FeS might flowed out as alkaline fluid.

From this study, we conclude that the carbonates in iddingsite formed by reductive alkaline fluid (Eh≦0.2: pH=9.0-11), opposite to sulfate formation. However, it is still not clear whether these carbonate minerals were locally formed or widespread in the nakhlite from the spatial distribution point of view. Therefore, we are trying to observe the 3D structure/elemental distribution of the iddingsite by XAFS-CT method in order to clarify the fluid path related to the formation process of the carbonate minerals.

キーワード：火星、火星隕石、放射光X線分析
Keywords: Mars, Martian meteorite, Synchrotron radiation X-ray analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火星における水および粘土鉱物の傾斜角に対する影響
Influence of water and clay minerals for slope angles on Mars

*松岡 友希[1]、片山 郁夫[1]、野口 里奈[2]、臼井 寛裕[2]
*Yuhki Matsuoka[1], Ikuo Katayama[1], Rina Noguchi[2], Tomohiro Usui[2]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

内部摩擦角は，水と粘土鉱物の影響を強く受ける摩擦係数によって決定される．間隙水は有効圧を減少させ，内部摩擦角は小さくなる．すると，ドライ条件では約35度となる摩擦角がウェット条件では約25度になると考えられる．また，多くの鉱物は摩擦係数0.6-0.85でほぼ一定となることが知られているが，粘土鉱物は水の存在によって0.1と非常に低い摩擦係数を示す例も知られている(e.g. Behnsen and Faulkner, 2012; Moore and Lockner, 2004)．その場合，摩擦角も非常に小さくなると考えられる．安息角はおおよそ内部摩擦角と等しいと考えられるため，傾斜角も水およびウェット条件の粘土鉱物の存在によって著しく小さくなる可能性があげられる．

粘土鉱物は火星の広い範囲で確認されている(Ehlmann and Edwards, 2014)．そこで、火星の地形における傾斜角に注目し，水が存在した可能性のある領域においてその影響が見られないかを検証した．

本研究ではまずRecurring Slope Lineae(RSL)に注目した．RSLとは，火星において流動する水の証拠になるのではないかと考えられている黒い筋のことである(e.g. McEwen et al., 2011; Stillman et al., 2017)．複数のRSLがマリネリス峡谷東部に位置するコプラテス・カズマにおいて確認されている．今回，RSLが確認されている地域と確認されていない地域において傾斜角を比較した．

コプラテス・カズマにおいては10地点の傾斜角を算出した．ほぼすべての領域で傾斜角は31-37度という結果となり，RSLや水和珪酸塩の存在による違いは見られなかった．そのため，コプラテス・カズマでは水および粘土鉱物による傾斜角の影響は卓越していないと結論付けた．

また，他の火星において水が存在した可能性のある地域についても同様の手法を用いて検証を行う．

キーワード：火星、水、傾斜角
Keywords: Mars, water, slope angle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dark Streak Features in Mongolia: Implications for Formation Mechanisms of Recurring Slope Lineae on Mars

*中村 麻也[1,2]、関根 康人[1]、福士 圭介[3]、長谷部 徳子[3]、Davaadorj Davaasuren[4]、高橋 嘉夫[2]、長谷川 精[5]、小倉 拓郎[6]、森田 康暉[3]、Tuvshin Gerelmaa[4]
*Maya Nakamura[1,2], Yasuhito Sekine[1], Keisuke Fukushi[3], Noriko Hasebe[3], Davaadorj Davaasuren[4], Yoshio Takahashi[2], Hitoshi Hasegawa[5], Takuro Ogura[6], Koki Morida[3], Tuvshin Gerelmaa[4]

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. 金沢大学環日本海域環境研究センター、4. モンゴル国立大学地理学専攻、5. 高知大学理工学部地球環境防災学科、6. 東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 3. Institute of Nature & Environmental Technology, Kanazawa University, 4. Department of Geography, National University of Mongolia, 5. Department of Global Environment and Disaster Prevention, Kochi University, 6. Department of Socio-Cultural Environmental Science, The University of Tokyo

Recurring Slope Lineae (RSL) are dark, narrow features that appear and lengthen on steep (~30°) slopes in warm seasons and fade in cold seasons of Mars (e.g., McEwen et al., 2011). Although the formation mechanism of RSL is still in debate, several processes have been proposed, including liquid brine flows triggered by melting of subsurface ice (a wet process) (e.g., Stillman et al., 2016), and granular flows on slopes (a dry process) (e.g., Schmidt et al., 2017). However, neither wet nor dry processes can explain all of the observables of RSL. In especially, the wet process seems to be inconsistent with the absence of absorptions due to liquid water on RSL and the fact that RSL appear only on steep slopes (McEwen et al., 2014).

Here, we report RSL-like dark streak features in cold, arid areas of Khangai Mountains, Mongolia, on Earth. In this area, discontinuous permafrost and underground ice melt seasonally (Szuminska, 2016). We find that dark streak features in this area show seasonal variation similar to RSL on Mars. Although the slope angles of the terrestrial analogues (~10°) are shallow, the observed similarities in morphology and seasonal activity suggest that the streak features in Mongolia can be promising terrestrial analogues of RSL on Mars.

We also conducted geological survey for the terrestrial RSL analogues found in Mongolia in August 2018. By analyzing the visual images taken by a unmanned aerial vehicle, a three-dimensional topographic structure was constructed. In the geological survey, we measured water contents of soils on site on and outside the dark streak features. The mineralogical compositions and grain size distributions were measured for the collected soil samples.

Although no water flowed during the survey, dark streak features appeared in the terrestrial RSL analog sites in Mongolia. The upstream of the dark streaks are dented in a few centimeters, which becomes shallower toward the downstream. These observations suggest that erosion of surface soils occurred along with the dark streak features in the past. This view is supported by our results of the flow accumulation analysis. Although the formation of the dark streaks relate with water flow, darkening itself is not caused by the presence of liquid water. Water contents in surface soils on the dark streaks show no significant difference from those outside the streaks within errors. The surface of the dark streaks contains less bright sands and more dark silts than the surfaces outside the dark streaks. These results suggest that selective traction of the bright sand-sized grains by surface runoff results in remnant of the dark silt-sized

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

grains on the slopes, which darkens the streak features after dryness. The required friction velocity for the traction is estimated to be ~20 mm/sec, consistent with flow rate due to melting of ground ice in the research area.

Based on the formation mechanism of the terrestrial RSL analogues, we can address the two issues in the wet process for RSL formation on Mars; 1) no remote-sensing detection of liquid water, and 2) the fact that RSL appear only on steep slopes. At RSL sites on Mars, a thin layer of fine soils is considered to cover basaltic bedrocks on the slopes (Ruff and Christensen, 2002). If liquid brine flows due to melting of underground ice, this can remove fine sands on the slopes. Consequently, dark streak features appear on the slopes due to exposure of underlying basaltic bedrocks after dryness of brine. Given the difference in gravity between Earth and Mars, we suggest that a friction velocity of surface runoff similar to the terrestrial RSL analogs can be achieved when a slope with angle > ~25–30° on Mars, if the depth and width of water flow are same. Our results suggest that RSL on Mars would appear only on steep slopes due to its low gravity.

キーワード：火星、繰り返し現れる斜面の筋模様(RSL)、地球上アナログフィールド
Keywords: Mars, Recurring Slope Lineae (RSL), Terrestrial analogues

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The occurrence of perchlorate salt in and around the Taklimakan Desert, China

*Haibo Qin[1,2], Shitong Yang[1], Qing Chang[3], Chihiro Miyamoto[1], Yoshio Takahashi[1]

1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, 2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The formation and preservation of perchlorate (ClO_4^-) in arid and semi-arid deserts on Earth is of growing concern, because the desert could serve as a viable analog for Martian landscape where high perchlorate has been recently discovered. In this study, perchlorate in samples collected from the Taklimakan Desert, Xinjiang, NW China was extracted by water and then measured by IC-MS/MS. The Cl speciation was determined by Cl K-edge XANES analysis to provide direct spectroscopic evidences for the presence of perchlorate. Results showed that the moraine sample contains a higher perchlorate concentration and the ClO_4^-/Cl^- ratio in comparison with sand, river sediment and loess samples. Furthermore, $KClO_4$ was identified as the dominant perchlorate species in the hotspot of moraine sample by μ-XANES analysis, which is significantly different from the dominant presence of $Ca(ClO_4)_2$ and $Mg(ClO_4)_2$ species on Martial soil. This result could be explained by the lowest solubility for $KClO_4$, while other perchlorate salts would be easily leached and mobile on Earth in contrast to Mars where much lesser liquid water is present in the history and present-day. Thus, the finding in this study would provide important insights into the prevalence of perchlorate on Mars.

Keywords: perchlorate, distribution, XANES

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Measurement technique to quantify OH radicals photochemically generated on the ice surface

*薮下 彰啓[1]、西本 寛彰[1]、原田 明[1]
*Akihiro Yabushita[1], Hiroaki Nishimoto[1], Akira Harata[1]

1. 九州大学大学院総合理工学研究院
1. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

Reaction processes of many molecules are presumably involved in oxidative atoms/molecules generated by photodecomposition of molecules adsorbed on cold dust grains. Hydroxyl (OH) radicals are considered as one of them. The chemistry of OH radicals plays a key role in the radiolysis and photolysis of water-rich ices of astrochemical origin. Measurements of OH radical in water-ice in the laboratory have been done by UV, EPR, X-ray absorption, and infrared absorption measurements. However, quantification of OH radicals on the ice surface has not yet been made. In the present work, we have tried to develop the measurement technique to quantify OH radicals photochemically generated on the surface of ice film. In this technique, OH are converted to the different molecule by utilizing the chemical reaction, and monitored through reflection absorption infrared spectroscopy. We have investigated the effect of ice temperature on abundance of OH radicals on the ice surface at 8-70 K. In addition, the effect of ice surface morphology on abundance of OH radicals has been studied by preparing the amorphous solid water and polycrystalline ice. The present study experimentally shows both the temperature and surface morphology plays an important role in abundance of OH radicals on the ice surface.

キーワード：OHラジカル、氷、真空紫外光、赤外反射吸収分光法、表面
Keywords: OH radical, ice, vacuum-ultraviolet light, RAIRS, surface

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 201A 2F

[M-IS13] 生物地球化学

コンビーナ:木庭 啓介(京都大学生態学研究センター)、柴田 英昭(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)、大河内 直彦(海洋研究開発機構)、山下 洋平(北海道大学 大学院地球環境科学研究院)、座長:木庭 啓介(京都大学)、稲垣 善之、藤井 一至

生物地球化学は、生態学や地球化学、陸水学、水文学、土壌学、環境科学など、さまざまな分野の研究者により取り組まれている領域である。これ まで我が国では、これらの活動は分野毎に個別的に行われてきた。本セッションは、生物地球化学分野を包括する場を提供し、 交流を促進させることで、この領域の将来的な発展を期する。大気水圏科学、地球人間圏科学、地球生命科学 などの領域を包含していることから、『領域外・複数領域』として本セッションを開催する。

10:45 ~ 11:00

[MIS13-01] 根は粘土に対応できる：ポドゾル化に対する樹木根の可塑性

*藤井 一至[1]、牧田 直樹[2]、Martin Küttim[3]、Shinya Sugita[3] (1.森林総合研究所、2.信州大学、3.タリン大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS13-02] 東日本大震災によって形成された塩性湿地における無機態窒素変換プロセス

*福島 慶太郎[1]、橋本 和磨[2]、黒岩 恵[3]、横山 勝英[2]、諏訪 裕一[3] (1.京都大学生態学研究センター、2.首都大学東京大学院都市環境科学研究科、3.中央大学理工学部)

11:15 ~ 11:30

[MIS13-03] 高緯度北極スバールバルの氷河後退域における土壌硝化能の遷移

*林 健太郎[1]、田邊 優貴子[2,3]、小野 圭介[1]、浅野 眞希[4]、服部 祥平[5]、内田 雅己[2,3]、早津 雅仁[1] (1.農研機構・農業環境変動研究センター、2.国立極地研究所、3.総研大学、4.筑波大学、5.東京工業大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS13-04] **Transition of soil organic carbon in a volcanic ash soil derived from Towada volcano, Japan**

*JITHYA NAWODI WIJESINGHE[1]、Jun Koarashi[2]、Mariko Atarashi Andoh[2]、Yoko Saito Kokubu[3]、Noriko Yamaguchi[4]、Takashi Sase[5]、Mamoru Hosono[6]、Yudzuru Inoue[7]、Yuki Mori[1]、Syuntaro Hiradate[1] (1.Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 819-0395, Japan、2.Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki 319-1195, Japan、3.Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency,Gifu 509-5102, Japan、4.National Agriculture and Food Research Organization, Institute for Agro-environmental Sciences, 3-1-3 Kan-nondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan、5.Boreal Laboratory for Phytolith Research, Iwate 028-7302,Japan、6.Tokyo Natural History Research Structure,Tokyo 162-0052, Japan、7.Faculty of Applied Information Technology, Nagasaki Institute of Applied Science,Nagasaki 851-0193, Japan)

11:45 ~ 12:00

[MIS13-05] 土壌で普遍的に起こる炭素・窒素安定同位体比および放射性炭素濃度の変動とその規定因子：微生物代謝・鉱物表面反応・団粒化

*和穎 朗太[1]、梶浦 雅子[1]、井上 弦[2]、浅野 眞希[3]、早川 智恵[4] (1.農研機構 農業環境変動研究センター、2.長崎総合科学大学、3.筑波大学 環境生命系、4.東京大学農学生命科学研究科)

12:00 ~ 12:15

[MIS13-06] 日本の森林生態系における養分供給源：降水、風化、リターの寄与率

*稲垣 善之[1]、藤井 一至[1] (1.森林総合研究所)

根は粘土に対応できる：ポドゾル化に対する樹木根の可塑性
Root meets clays: Tree root plasticity in podzolized soil

*藤井 一至[1]、牧田 直樹[2]、Martin Küttim[3]、Shinya Sugita[3]
*Kazumichi Fujii[1], Naoki Makita[2], Martin Küttim[3], Shinya sugita[3]

1. 森林総合研究所、2. 信州大学、3. タリン大学
1. Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Shinshu University, 3. Tallinn University

Root functional traits could vary among plant species. Root traits are known to respond to a decrease in nutrient availability along with soil aging and plant succession, while root plasticity of single tree species to soil aging is still unclear on a soil profile scale. We investigated whether trees develop finer root architecture along with soil aging in coniferous forest dominated by single species (*Pinus sylvestris*) in Estonia. We measured depth distribution of root biomass and traits (specific root length and tissue density). We compared ca. 100, 300, and 500 years old soils (podzols) on two coastal dune chrnosequence that differ in abundance of soil clay or Al and Fe oxides; Hiiumaa island (facing Balt Sea) and Juminda (facing Finland Gulf), where ridge-swale topography has been developed by isostacy. On Juminda chronosequence where oxalate-extractable P (oxide-bonded) is accumulated in the shallow subsoil, fine roots are concentrated in oxide-rich soil horizons. On oxide-poor Hiiumaa chronosequence where P is translocated in the deeper soil, fine roots are concentrated in organic horizon. Tree roots could change root distribution and surface area depending on extent of P occlusion in clays or leaching in soil aging. Tree community shift toward finer root architecture along with migration of Al and Fe oxides or selection of individuals with finer root structure could occur.

キーワード：アイソスタシー、細根、土壌、ポドゾル化
Keywords: Isostacy, Fine root, Soil, Podzolization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東日本大震災によって形成された塩性湿地における無機態窒素変換プロセス

Nitrogen transformation process in newly created salt marsh in the aftermath of the 2011 Great East Japan Earthquake

*福島 慶太郎[1]、橋本 和磨[2]、黒岩 恵[3]、横山 勝英[2]、諏訪 裕一[3]
*Keitaro Fukushima[1], Kazuma Hashimoto[2], Megumi Kuroiwa[3], Katsuhide Yokoyama[2], Yuichi Suwa[3]

1. 京都大学生態学研究センター、2. 首都大学東京大学院都市環境科学研究科、3. 中央大学理工学部
1. Center for Ecological Research, Kyoto University, 2. Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 3. Faculty of Science and Engineering, Chuo University

Dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA) is one of the most important processes of nitrate removal in an anaerobic condition. The 2011 Great East Japan Earthquake and subsequent tsunami attack widely created the intertidal salt marsh along the coast due to sea water intrusion and large ground subsidence. It is necessary to elucidate the ecosystem functions of the newly created salt march. Salt marsh is located in the conjunction point of river and sea, therefore the conversion of dissolved inorganic nitrogen concentrations and forms in the salt marsh may directly impact the productivity and biodiversity of marine ecosystems. However it is still unknown that the role of this specific salt marsh in nutrient dynamics. In September 2017, the surface sediments were collected at the intertidal and subtidal points of the salt marsh, and their potential rates of denitrification, DNRA, and anaerobic ammonium oxidation (Anammox) were estimated by using a 15N tracer technique. As for the nitrate-nitrogen removal in the sediments, the rate of DNRA was ranged from 24.8 to 177 nmol g-1 h-1, while the denitrification rate was ranged from 2.9 to 32.8 nmol g-1 h-1. Our results demonstrate that the DNRA would be significantly important in nitrate removal, and it also suggests that the conversion of inorganic nitrogen form nitrate to ammonium in the salt marsh might affect the species composition of phytoplankton and the primary production in the marsh and the coastal area connected with the marsh.

キーワード：塩性湿地、異化的硝酸還元、脱窒
Keywords: salt marsh, dissimilatory nitrate reduction to ammonium, denitrification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高緯度北極スバールバルの氷河後退域における土壌硝化能の遷移
Succession of soil nitrification potential at a glacier foreland in Svalbard

*林 健太郎[1]、田邊 優貴子[2,3]、小野 圭介[1]、浅野 眞希[4]、服部 祥平[5]、内田 雅己[2,3]、早津 雅仁[1]
*Kentaro Hayashi[1], Yukiko Tanabe[2,3], Keisuke Ono[1], Maki Asano[4], Shohei Hattori[5], Masaki Uchida[2,3], Masahito Hayatsu[1]

1. 農研機構・農業環境変動研究センター、2. 国立極地研究所、3. 総研大学、4. 筑波大学、5. 東京工業大学
1. Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO, 2. National Institute of Polar Research, 3. SOKENDAI, 4. University of Tsukuba, 5. Tokyo Institute of Technology

北緯80度付近に位置するスバールバル諸島は，暖流の影響を受けるために比較的暖かく，諸島西部を中心に20世紀より氷河の後退が進んできた．近年は氷河後退が一層加速していると懸念されている．陸上氷河の後退とは，それまで氷に隠れていた地表が外界に晒されることでもある．かつて存在したかも知れない土壌は氷食によって失われており，いわゆる母材が露出した状態となる．そこでは，水食のリスクはあるものの，土壌生成が再開する．その時，一度リセットされた土壌窒素循環はどのように再始動し，変遷していくのだろうか．また，高緯度北極で進行中と懸念される気候変動（特に昇温とそれに係る水循環の変化）が重なると，土壌窒素循環の変遷はどのように応答するのだろうか．窒素循環は多くのプレーヤーによる多くの過程が複雑に絡み合って成り立っている．本研究ではそのうち，硝酸態窒素の給源として重要な硝化に着目する．硝化はアンモニア酸化による亜硝酸生成と亜硝酸酸化による硝酸生成の2段階からなる微生物過程であり，アンモニア酸化が硝化速度全体を律速するとされる．また，硝化微生物は主として独立栄養性であり，遷移の初期から生態系に入り込んで定着するプレーヤーでもある．さらに，硝化微生物は細菌および古細菌と異なるドメインに存在することも興味深い．本研究の目的は，氷河後退が進行中のスバールバル諸島スピッツベルゲン島ニーオルスン近郊の東ブレッガー氷河において，その氷河後退域（前地）における表層土壌の硝化特性（アンモニア酸化能［AOP］および硝化微生物フロラ）の実態および経年変化，そしてオープントップチャンバー（OTC）を用いた環境操作（パッシブ式加温および土壌水分への影響）に対する硝化特性の応答を解明することである．

調査地は国立極地研究所が東ブレッガー氷河後退域に設置した永久コドラート2か所（サイト1, 北緯78˚54'46", 東経 11˚50'18"; サイト2, 北緯78˚54'54", 東経11˚49'38"）である．航空写真によれば，サイト1は1969～1977年の間に，サイト2は1950～1960年代に氷河が後退して地表が露出したとみられる．各サイトは岩や石に富むものの，細砂やシルトを含む鉱質土壌が形成されている．硝化特性の実態および経年変化を調べる実験は2015年7月に開始した．各サイトにOTCによる加温区と未処理の対照区を1つずつ設け，4 mmの篩を通してよく混和した現地の表層土壌（一部は初期値測定のために確保）を充填した塩ビ製コアを各区に20個ずつ埋設した．この混和処理は土壌の初期条件を揃えてシグナルの検出力を高めるためである．各区の土壌コアのうち5個にはそれぞれ土壌水分・地温センサー（5TM, Decagon）を設置してモニタリングを開始した．以降，毎年夏季に現地に赴き，サイトのメンテナンス，土壌水分・地温データの回収，および各区から3個の土壌コア回収を行った．回収した土壌コアは表層（0-2 cm）と下層（2-4 cm）分け，硝化特性の分析に供した．実験は2020年夏季まで継続する予定であり，今回の発表では途中経過を報告する．AOPは，好気条件で土壌に基質溶液を加えた振とう培養による10℃および20℃における亜硝酸生成速度として求めた．微生物フロラは，全年次の試料が揃ってから一まとめに解析する予定である．

OTCによる年単位の加温効果はサイト1で0.4～0.5℃，サイト2で0.5～0.7℃であった．ただし，加温効果が強くあらわれたのは積雪期であった．また，OTCによる土壌水分への影響は，実験開始後1年間は加温区で加湿傾向であったが，以降は加温区で乾燥傾向となった．原因の特定には至っていないものの，加温区の昇温が長期的な土壌の乾燥化をもたらしている可能性がある．AOPは，氷河後退後の経過年数の長いサイト2においてサイト1の約2倍の値を示した．加温区と対照区のAOPの差は顕著ではなく，表層と下層の差も顕著ではな

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

く，また，経年変化も単調ではなかった．一方，20℃のAOPは，両サイト，表層・下層，経年変化の全ての条件を含めて10℃のAOPよりも顕著に大きかった．調査地の年平均地温は−1.5〜0.3℃，非積雪期については5〜6℃，日平均最高地温は14℃であった．20℃に対するAOPの顕著な正の応答は，今後の温暖化が硝化を促進する可能性を示唆する．調査開始から3年間のデータでは遷移傾向の結論は出せないものの，AOP（10℃）は増減が明瞭でなく，AOP（20℃）は増加傾向であった．今後2年分のデータに期待する．

本研究の成果は科研費26304018「高緯度北極氷河後退域における硝化特性の遷移とその気候変動応答の解明」および国立極地研究所プロジェクト研究KP309により得られた．

キーワード：硝化、アンモニア酸化能、氷河後退、ツンドラ、北極土壌、オープントップチャンバー
Keywords: Nitrification, Ammonia oxidation potential, Glacier retreat, Tundra, Arctic soil, Open top chamber

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transition of soil organic carbon in a volcanic ash soil derived from Towada volcano, Japan

*JITHYA NAWODI WIJESINGHE[1], Jun Koarashi[2], Mariko Atarashi Andoh[2], Yoko Saito Kokubu[3], Noriko Yamaguchi[4], Takashi Sase[5], Mamoru Hosono[6], Yudzuru Inoue[7], Yuki Mori[1], Syuntaro Hiradate[1]

1. Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 819-0395, Japan, 2. Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki 319-1195, Japan, 3. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency,Gifu 509-5102, Japan, 4. National Agriculture and Food Research Organization, Institute for Agro-environmental Sciences, 3-1-3 Kan-nondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan, 5. Boreal Laboratory for Phytolith Research, Iwate 028-7302,Japan, 6. Tokyo Natural History Research Structure,Tokyo 162-0052, Japan, 7. Faculty of Applied Information Technology, Nagasaki Institute of Applied Science,Nagasaki 851-0193, Japan

Soil organic carbon (SOC) is generated from organic components by receiving biological and chemical transformations in soils. In volcanic ash soils, mean resident time of SOC is generally long, so the mechanisms of the long lives are of interest for the development of techniques for carbon sequestration in soils. In the present study, we aim to elucidate the transformation process of SOC by fractionating SOC representing the transition stage of the original organic components and characterized the SOC fractions by isotopic and nuclear magnetic resonance spectroscopic analyses.

In this study, we analyzed SOC from a buried soil layer formed between 6,200 and 9,400 cal yBP, because the SOC can be well conserved without the influence of serious human activity. In addition, the age of those buried SOC can be determined by ^{14}C analysis with high accuracy. The soil samples were collected from a buried soil horizon (six samples collected from the depth between 152 and 182 cm at 5 cm intervals) close to Towada volcano, Japan. From each of the soil sample, SOC were extracted and fractionated by precipitation with controlling pH of the extracted solution (Hiradate *et al.*, 2007), resulting in humin, humic acid, and four fulvic acid fractions (two hydrophilic fulvic acid fractions: FA_1 and FA_2, and two hydrophobic fulvic acid fractions: FA_3, and FA_{IHSS}). The SOC fractions were freeze-dried and analyzed for determining $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values by using isotope ratio mass spectrometer and for ^{14}C dating by using accelerator mass spectrometer. Solid-state ^{13}C CPMAS NMR analysis was also conducted to investigate the structural characteristics and quantify the carbon species of the SOC fractions.

The $\delta^{13}C$ values of humic acid, FA_1, FA_2, FA_3, and FA_{IHSS} fractions were -23.85±0.36, -20.75±0.32, -21.10 ±0.38, -22.81±0.41, and -23.22 ±0.33‰, respectively, while $\delta^{15}N$ values were 3.00±0.37, 8.16±1.73, 9.66±0.54 , 4.73±0.83, and 5.20±0.54‰, respectively. The ^{14}C age of humic acid, FA_1, FA_2, FA_3, and FA_{IHSS} fractions was 6130±300, 5630±240, 5400±200, 5410±230, and 5680±260 cal yBP, respectively. Decomposition and recycling of plant residues during the transformation of SOC result in enrichment of heavier carbon and nitrogen isotopes due to preferential stabilization (Wada *et al.*, 2013). Therefore, the increase of $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values in SOC fractions corresponds to successive transformation of SOC. The slope of the relationship between $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values was 1.69, and the results were similar to the result of Wada *et al.* (2013), indicating successive transformation of SOC from plant organic matter to hydrophilic fulvic acid fraction. The hydrophilic fulvic acid fraction would be more microbially processed than hydrophobic fulvic acid and humic acid fractions. Because the humic acid fractions were rich in aromatic structure, they would be formed in the early stage of the formation right after C fixation by plants and chemically stabilized in the soil horizon by fire event etc. The hydrophobic fulvic acid horizons, which are less rich in aromatic C but relatively rich in aliphatic C, would be formed by microbial transformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

and stabilized by chemical and physical factor. The hydrophilic fulvic acid fractions, which are rich in *O*-alkyl C, would be microbially metabolized many times and stabilized physically in the soil horizons.

The validity of the chemical fractionation of SOC on the soil dynamics study has been discussed and sometimes regarded as questionable, but at least in our study on a buried volcanic ash soil, the chemical fractionation procedure successfully separated SOC receiving different metabolisms and having different genesis and chemical structural features.

Hiradate, S., Yonezawa, T., Takesako, H., 2007. Soil science and Plant Nutrition 57, 413-419.
Wada, E., Ishii, R., Aita, M.N., Ogawa, N. O., Kohzu, A., Hyodo, F., Yamada, Y., 2013. Ecological Research 28, 173-181.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

土壌で普遍的に起こる炭素・窒素安定同位体比および放射性炭素濃度の変動とその規定因子：微生物代謝・鉱物表面反応・団粒化
General pattern of carbon and nitrogen isotopic variation across a wide range of soils and its controlling factors

*和穎 朗太[1]、梶浦 雅子[1]、井上 弦[2]、浅野 眞希[3]、早川 智恵[4]
*Rota Wagai[1], Masako Kajiura[1], Yudzuru Inoue[2], Maki Asano[3], Chie Hayakawa[4]

1. 農研機構 農業環境変動研究センター、2. 長崎総合科学大学、3. 筑波大学 環境生命系、4. 東京大学農学生命科学研究科
1. NARO, Institute for Agro-Environmental Sciences, 2. Nagasaki Institute of Applied Science, 3. University of Tsukuba, 4. University of Tokyo

Organic matter (OM) in soil represents the largest carbon pool on land. The production of CO2 via microbial degradation of soil OM therefore has a strong impact on global C cycle and anticipated global warming. Previous studies have shown that any soil holds multiple OM pools of varying stability against microbial attack. Growing number of studies suggests protective effect of specific mineral phases and mineral matrix. OM, however, interacts with soil minerals in highly complex ways including co-precipitation of organic ligands with multivalent metals at molecular scale and physical aggregation of OM with mineral particles at micron and larger scales.

Here we examined the relationship between the isotopic compositions (C-13, C-14, and N-15) and mineralogical characteristics (surface area and elemental composition, pedogenic metal oxides) among density fractions using a range of surface soils of contrasting mineralogy including volcanic soils rich in short-range-order minerals and much more weathered soils from both agricultural and natural systems. Each soil was separated into 4-7 density fractions after mechanical shaking with sodium polytungstate. From LF to higher-density fractions, We assessed how C aging is related to C13 and N15 enrichment and to what extent these isotopic variations among the fractions were controlled by the mineralogical characteristics.

キーワード：土壌、炭素隔離、有機物・鉱物相互作用、炭素，窒素安定同位体、放射性炭素、鉱物学
Keywords: Soil, Carbon sequestration, organo-mineral interaction, stable carbon and nitrogen isotope, Radiocarbon, mineralogy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の森林生態系における養分供給源：降水、風化、リターの寄与率
Nutrient sources in some Japanese forest ecosystems: the contribution of precipitation, weathering and litter fall

*稲垣 善之[1]、藤井 一至[1]
*Yoshiyuki Inagaki[1], Kazumichi Fujii[1]

1. 森林総合研究所
1. Forestry and Forest Products Research Institute

カリウムやカルシウムなどの塩基性カチオンは樹木の生育にとって重要な養分物質である。土壌中の塩基性カチオンは、降水または岩石の風化によって土壌に供給される。また、樹木の地上部バイオマスからは、リターフォールや樹冠の洗脱によって土壌に塩基性カチオンが供給される。岩石の風化速度は、降水による供給量、渓流水からの流出量、樹木のバイオマスへの蓄積量（養分吸収量）から算出する。土壌への寄与を明らかにするためには、樹木の養分吸収量について、長期的なバイオマスへの蓄積速度と、毎年の吸収量の２つを明らかにすることが必要である。日本においては、多くの森林で養分収支が明らかにされたが、土壌の養分の3つの給源を比較することができる研究事例は限られている。本研究では、日本の4地域の森林生態系の研究結果を用いて、降水、風化、リターの寄与を明らかにすることを目的とする。調査対象としたのは、大谷山（群馬県）、上賀茂（京都府）、桐生（滋賀県）、鷹取（高知県）の森林流域である。大谷山はスギ人工林、ヒノキ人工林、上賀茂はヒノキ林、常緑広葉樹林、桐生は、ヒノキ人工林、アカマツ林、鷹取はモミ天然林である。カリウム、カルシウム、マグネシウムについて、土壌への供給として、降水、風化、リター、消費として、樹木吸収、土壌からの流出を算出した。カリウム、カルシウム、マグネシウムの風化速度は、0.22～4.37 kmolc ha^{-1} yr^{-1}であり、上賀茂＜桐生＜大谷山＜鷹取の順に大きくなった。カリウムは、風化速度に比べてリターによる土壌への供給が大きく、土壌からの流出は極めて小さかった。カルシウム、マグネシウムは、風化速度が大きい鷹取で、土壌からの流出が大きかった。森林生態系によって母材の風化速度が大きく異なるが、樹木によるリター供給は比較的一定に維持されることが示された。窒素についても同様の計算を行い、風化に該当する部分は、土壌の長期的な蓄積からの供給として評価した。窒素の長期的な蓄積からの供給は、大谷山で36%を占めたが、他の3つの流域では0%であった。大谷山は、窒素飽和状態の森林であると考えられているが、今回の手法により、他の生態系と異なる窒素源に依存することが示唆された。

キーワード：養分循環、風化、植物の吸収、森林生態系
Keywords: nutrient cycling, weathering, plant uptake, forest ecosystems

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[M-IS13] 生物地球化学

コンビーナ:木庭 啓介(京都大学生態学研究センター)、柴田 英昭(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)、大河内 直彦(海洋研究開発機構)、山下 洋平(北海道大学 大学院地球環境科学研究院)、座長:木庭 啓介(京都大学)、山下 洋平、仁科 一哉、藤井 一至

生物地球化学は、生態学や地球化学、陸水学、水文学、土壌学、環境科学など、さまざまな分野の研究者により取り組まれている領域である。これ まで我が国では、これらの活動は分野毎に個別的に行われてきた。本セッションは、生物地球化学分野を包括する場を提供し、 交流を促進させることで、この領域の将来的な発展を期する。大気水圏科学、地球人間圏科学、地球生命科学 などの領域を包含していることから、『領域外・複数領域』として本セッションを開催する。

13:45 ~ 14:00

[MIS13-07] 超高分解能質量分析法を用いた温帯林における林外雨，林内雨および土壌水の溶存有機物の解析

*井手 淳一郎[1]、山瀬 敬太郎[2]、Jeong Seonghun[3]、牧田 直樹[4]、西村 裕志[5]、福島 慶太郎[6]、大槻 恭一[7]、大橋 瑞江[8] (1.九州大学　持続可能な社会のための決断科学センター、2.兵庫県立農林水産技術総合センター　森林林業技術センター、3.九州大学大学院　生物資源環境科学府、4.信州大学　理学部、5.京都大学　生存圏研究所、6.京都大学　生態学研究センター、7.九州大学　農学研究院、8.兵庫県立大学　環境人間学部)

14:00 ~ 14:15

[MIS13-08] 北太平洋中層水による外来性腐植様溶存有機物の輸送

*山下 洋平[1]、西岡 純[2]、小畑 元[3]、小川 浩史[3] (1.北海道大学　大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学　低温科学研究所、3.東京大学　大気海洋研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS13-09] アミノ酸鏡像異性体バイオマーカーを用いた琵琶湖における細菌由来溶存有機物の寄与評価

*山口 保彦[1]、由水 千景[2]、陀安 一郎[2]、木庭 啓介[3]、早川 和秀[1] (1.滋賀県琵琶湖環境科学研究センター、2.総合地球環境学研究所、3.京都大学生態学研究センター)

14:30 ~ 14:45

[MIS13-10] 微量安定同位体トレーサーを利用した水圏環境下における酸素消費速度定量

*角皆 潤[1]、柏木 章吾[1]、伊藤 昌稚[1]、中川 書子[1]、鋤柄 千穂[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

14:45 ~ 15:00

[MIS13-11] 大水深淡水湖の有酸素深水層に生息する細菌の生態

*岡崎 友輔[1] (1.産業技術総合研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS13-12] 泥炭湿地におけるアブラヤシプランテーションの排水路における一酸化二窒素排出と発生メカニズム

*仁科 一哉[1]、Melling Lulie[2]、平田 竜一[1]、高橋 善幸[1]、豊田 栄[3]、寺嶋 晃太朗[3]、伊藤 雅之[4] (1.国立環境研究所、2.SARAWAK Tropical Peat Research Institute、3.東京工業大学、4.兵庫県立大学)

超高分解能質量分析法を用いた温帯林における林外雨，林内雨および土壌水の溶存有機物の解析

Ultrahigh-resolution mass spectral analysis of dissolved organic matter in rainfall, throughfall and soil water in temperate forest stands, western Japan

*井手 淳一郎[1]、山瀬 敬太郎[2]、Jeong Seonghun[3]、牧田 直樹[4]、西村 裕志[5]、福島 慶太郎[6]、大槻 恭一[7]、大橋 瑞江[8]
*Junichiro Ide[1], Keitaro Yamase[2], Seonghun Jeong[3], Noki Makita[4], Hiroshi Nishimura[5], Keitaro Fukushima[6], Kyoichi Otsuki[7], Mizue Ohashi[8]

1. 九州大学　持続可能な社会のための決断科学センター、2. 兵庫県立農林水産技術総合センター　森林林業技術センター、3. 九州大学大学院　生物資源環境科学府、4. 信州大学　理学部、5. 京都大学　生存圏研究所、6. 京都大学　生態学研究センター、7. 九州大学　農学研究院、8. 兵庫県立大学　環境人間学部
1. Institute of Decision Science for a Sustainable Society, Kyushu University, 2. Forestry and Forest Products Research Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, 3. Graduate School of Bioresources and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, 4. Faculty of Science, Shinshu University, 5. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 6. The Center for Ecological Research, Kyoto University, 7. Faculty of Agriculture, Kyushu University, 8. School of Human Science and Environment, University of Hyogo

This study aimed to clarify alternations of the quality of dissolved organic matter (DOM) in rainwater moving through temperate forests. For this, we compared the molecular composition of dissolved organic matter (DOM) between bulk deposition (rainfall), throughfall and soil water in Japanese cypress (*Cryptomeria japonica*) and Japanese stone oak (*Lithocarpus edulis*) stands, which were regarded as coniferous and broad-leaved stands, respectively, during a rain event. Analyses of ultrahigh-resolution Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry revealed that the number of DOM molecular species detected was significantly greater in throughfall and soil water than in rainfall ($p < 0.05$). In contrast, the number of molecular species did not significantly differ between throughfall and soil water ($p > 0.05$). There were no significant differences in the number of molecular species in both throughfall and soil water between coniferous and broad-leaved stands ($p > 0.05$). These results suggest that a diverse array of DOM molecules are provided from the tree canopies and soils to the rainwater in both stands. Approximately 52%–59% of the total molecular species in throughfall samples ($n = 6$) were unique to throughfall. Additionally, approximately a half of the total molecular species in soil water samples ($n = 5$) were unique to soil water. The classification of molecular species into seven biomolecular classes using a van Krevelen diagram revealed that throughfall samples contained many of lipid and protein molecules compared to rainfall and soil water samples, whereas approximately 70% of the total molecular species in soil water were lignin-like molecules. The analysis of multidimensional scaling revealed that molecular species were significantly differentiated between rainfall, throughfall and soil water ($p < 0.05$). These results indicate that there are diverse molecules unique to throughfall and soil water and that the quality of DOM drastically changes in rainwater as it moves through temperate forests.

キーワード：生体分子、炭素動態、林相、フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴型質量分析法、分子多様性
Keywords: Biomolecules, Carbon dynamics, Forest type, FT-ICR MS, Molecular diversity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋中層水による外来性腐植様溶存有機物の輸送
Basin-scale transport of allochthonous humic-like fluorescent dissolved organic matter by the North Pacific Intermediate water

*山下 洋平[1]、西岡 純[2]、小畑 元[3]、小川 浩史[3]
*Youhei Yamashita[1], Jun Nishioka[2], Hajime Obata[3], Hiroshi Ogawa[3]

1. 北海道大学　大学院地球環境科学研究院、2. 北海道大学　低温科学研究所、3. 東京大学　大気海洋研究所
1. Faculty of Environmental and Earth Science, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The levels of humic-like fluorescent dissolved organic matter (FDOM) in the open ocean generally showed nutrient-type vertical profile. In the surface water, low levels of humic-like FDOM is due to degradation by sunlight. In the dark ocean, linear relationships between levels of humic-like FDOM and apparent oxygen utilization (AOU) have been observed throughout the global ocean, indicating that humic-like FDOM is produced in situ in the ocean interior as organic matter is oxidized by microbes and is resistant to microbial degradation with time scales of thermohaline circulation.

While, it has also been observed that some plots of humic-like FDOM vs AOU in the specific water masses, namely, the North Pacific Intermediate Water (NPIW) and the North Atlantic Deep Water (NADW), seemed to deviate from the general relationship between humic-like FDOM and AOU. The previous studies showed that concentrations of lignin phenols, a unique biomarker of vascular plants, were found to be higher in the NPIW and the NADW compared with other water masses. Thus, the deviations of plots between humic-like FDOM and AOU in the NPIW and the NADW can be considered to be derived from terrestrial (allochthonous) humic-like FDOM.

In this study, we determined a basin-scale distribution of humic-like FDOM from the Sea of Okhotsk to the western subtropical North Pacific. We found the linear relationship between levels of humic-like FDOM and AOU in the deep layer (>1000 m) of the western North Pacific. While, we also found plots in the mesopelagic layer, corresponding to the NPIW, were significantly deviated from the relationship observed in the deep layer. Such distributional pattern implies that allochthonous humic-like FDOM derived from the Sea of Okhotsk is transported widely to the intermediate layer of the North Pacific by the NPIW.

キーワード：北太平洋中層水、溶存有機物、外来性
Keywords: North Pacific Intermediate Water, dissolved organic matter, allochthonous

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アミノ酸鏡像異性体バイオマーカーを用いた琵琶湖における細菌由来溶存有機物の寄与評価

Bacterial contribution to dissolved organic matter in a large monomictic lake (Lake Biwa) indicated by amino acids enantiomers

*山口 保彦[1]、由水 千景[2]、陀安 一郎[2]、木庭 啓介[3]、早川 和秀[1]
*Yasuhiko T. Yamaguchi[1], Chikage Yoshimizu[2], Ichiro Tayasu[2], Keisuke Koba[3], Kazuhide Hayakawa[1]

1. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター、2. 総合地球環境学研究所、3. 京都大学生態学研究センター
1. Lake Biwa Environmental Research Institute, 2. Research Institute for Humanity and Nature, 3. Center for Ecological Research, Kyoto University

Dissolved organic matter (DOM) plays crucial roles in the biogeochemical cycles in aquatic environments. A number of past studies have strongly indicated that heterotrophic bacteria represent a major source to the ocean DOM pool, suggesting that microbial processes may underlie the mechanisms for DOM preservation ("microbial carbon pump"). In particular, enantiomeric (D/L) analysis of amino acids (AA) in DOM has been used to characterize sources of DOM, and high abundance of specific D-AA bacterial biomarkers have suggested that bacterially-sourced organic matter may be a key in formation of the ocean’s recalcitrant DOM pool (e.g., McCarthy et al., 1998; Kaiser & Benner, 2008; Yamaguchi & McCarthy, 2018). In contrast to the marine environments, the distribution of D-AA bacterial biomarkers in DOM has been severely understudied in lacustrine environments. To our knowledge, there has been just one report of D-AA concentration in DOM for a freshwater lake water column (Kawasaki et al., 2013: in eutrophic Lake Kasumigaura, Japan).

Our study explores the use of D-AA bacterial biomarkers as an effective approach to estimate bacterial contribution to the DOM pools in lacustrine environments. First, we have developed a new analytical approach using GC-MS for D-AA concentration in the total DOM pool of lake water. This method can detect unusual D-AA molecules (e.g., D-Val, D-Phe, D-Tyr) together with the major four bacterial biomarkers (D-Ala, D-Glu, D-Asp, and D-Ser) which have been analyzed by the conventional HPLC method. Second, we determined vertical and seasonal variations in the D-AA concentrations of DOM in a large monomictic lake (Lake Biwa, Japan). To our knowledge, this study is the first report of D-AA concentrations of DOM in a meso/oligotrophic lake. Finally, we conducted an incubation experiment using natural microbial community in Lake Biwa to estimate the D-AA yields in freshly-produced bacterial DOM in the lake environment, which are essential for the calculation of bacterial contribution to the natural DOM pools.

From the vertical distribution of D-AA concentration during the stratified period (summer and fall), we estimated that a substantial fraction (30-40%) of the recalcitrant pool of dissolved organic carbon (DOC) is bacterial origin. In contrast, the bacterial contribution was less than 20% to the semi-labile DOC pool which accumulates in the lake epilimnion during summer. These results suggest that the "microbial carbon pump" (production of recalcitrant DOM by heterotrophic bacteria) is an important process in the biogeochemical cycles of lakes.

キーワード：溶存有機物、アミノ酸、鏡像異性体、微生物ループ、微生物炭素ポンプ、有機地球化学

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Dissolved Organic Matter, Amino Acids, Enantiomers, Microbial Loop, Microbial Carbon Pump, Organic Geochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微量安定同位体トレーサーを利用した水圏環境下における酸素消費速度定量

High-sensitivity tracer assay for oxygen consumption rate in ocean and lakes using ^{17}O as a tracer

*角皆 潤[1]、柏木 章吾[1]、伊藤 昌稚[1]、中川 書子[1]、鋤柄 千穂[1]
*Urumu Tsunogai[1], Shogo Kashiwagi[1], Masanori Ito[1], Fumiko Nakagawa[1], Chiho Sukigara[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

酸素 (O_2) は強力な酸化力を持ち、地球表層環境を特徴づける重要な物質の一つである。海洋、湖沼、地下水といった水圏環境においては、供給過程 (光合成や大気とのガス交換) と消費過程 (呼吸) の大小によって、O_2 濃度が大きく変動する。O_2が枯渇して貧酸素状態になると、水質の劣化や青潮、生物の大量死等の環境問題を引き起こす。さらに栄養塩などの共存物質の挙動も大きく変わる。従って溶存O_2の消費速度の大小やその規定因子を明らかにすることは、環境科学的にきわめて重要な課題である。

従来、水中の酸素消費速度は、容器内の試料水を一定時間培養し、培養前後のO_2濃度変化を測定することで求める方法（O_2濃度変化法）が最も一般的であった。だが、この手法は感度が低く、貧栄養湖や外洋中深層の酸素消費速度は定量出来ない。またO_2濃度変化法は、遮光して培養する必要がある。つまり表層の有光環境下で採取された試料水の場合、これを遮光しても酸素消費速度は変わらないことを仮定する必要があるため、確度にも問題があった。

そこで、本研究では、酸素の微量安定同位体 (^{17}O) をトレーサーに用いて、酸素消費速度を高感度、高確度かつ簡便に定量出来る新手法を開発した。この新手法では、^{17}Oを濃縮したO_2 ($^{17}O_2$) を密閉容器中の水試料に添加し、一定の培養期間中に進行する呼吸 (酸素消費反応) で増大する$H_2{}^{17}O$量を高精度に定量化することで、酸素消費速度を求める。

はじめに、超純水を用いた新手法のブランク評価を行った。次に遮光環境下で培養した水試料について、従来のO_2濃度変化法との比較実験を通じて確度の検証を行った。その結果、新手法で求めた酸素消費速度は、従来法と誤差内で一致した。

次にこの新手法を用いて、琵琶湖の湖心部（水深約90 m）で5-10 m毎に各層採水を行い、酸素消費速度の鉛直分布を実測した。その結果、一次生産が活発な表層（＝有光層）で速く、深層水中で遅くなることが明らかになった。これは新鮮な有機物量の大小が酸素消費速度を決めていることを示唆する。また、表層（＝有光層）内で採取した試料に光を当てて培養すると、同じ試料を遮光して培養した場合と比べて、酸素消費速度が速くなることが明らかになった。これは従来の暗瓶法で求めた酸素消費速度は、過小見積もりとなっていた可能性を示唆する。さらに、酸素消費速度を定量化することで、貧酸素水塊発生の主要因の区別 (水柱か、それとも堆積物か) や、貧酸素水塊発生までの所要時間の予測出来ることが明らかになった。

キーワード：酸素消費速度、安定同位体、トレーサー、貧酸素水塊、光呼吸
Keywords: oxygen consumption rate, stable isotopes, tracer assay, anoxic water, photorespiration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大水深淡水湖の有酸素深水層に生息する細菌の生態
Ecology of bacterioplankton inhabiting oxygenated hypolimnia of deep freshwater lakes

*岡崎 友輔[1]
*Yusuke Okazaki[1]

1. 産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

海洋や湖沼の水中には1 mLあたり10^4–10^7細胞もの浮遊細菌（Bacterioplankton）が存在し、微生物食物網およびそれを介した物質循環における中心的役割を担っている。国内では琵琶湖や支笏湖、海外ではバイカル湖や五大湖に代表される、貧–中栄養の全循環の大水深淡水湖において、深水層（水温躍層以下の水層）は湖体積の大部分を占める有酸素・低水温・無光の水塊であり、深海と同様、比較的難分解の有機物の蓄積と分解、硝化・メタン酸化等の重要な物質循環プロセスの場であると考えられている。しかしながら、その中核を担う有酸素深水層の細菌の多様性や生態に焦点を当てた研究はほとんど無く、その実態に関しては深海よりも知見に乏しい。本発表では、その全貌を明らかにするべく演者がこれまで取り組んできた、大水深淡水湖の有酸素深水層の細菌群集に焦点をあてた研究を紹介する。

水深・面積・水温・栄養度・pH・湖の成因・滞留時間等の条件の異なる様々な湖からデータを得るため、これまでに国内13、海外7の大水深淡水湖において、沖合最深地点で鉛直採水を行った。得られたサンプル中の浮遊細菌の群集組成は、16S rRNA遺伝子アンプリコンシーケンス法およびCatalyzed reporter deposition-fluorescence *in situ* hybridization (CARD-FISH法)によって決定した。その結果、大水深淡水湖の有酸素深水層の細菌群集は、湖沼の表水層で幅広く見られる普遍的な淡水性細菌系統に加え、表水層の細菌とは系統的に大きく（門レベルで）異なる、深水層特異的な細菌系統群によって構成されることが明らかとなった。深水層特異的な細菌系統はいずれも単離株が得られていない未培養系統であったが、その多くは国内外の複数の湖で共通して検出されることから、大水深淡水湖の微生物食物網および物質循環において重要な機能を担うと考えられる。

深水層特異的な細菌系統の中でも特に、Chloroflexi門に属する「CL500-11」系統は現存量が多く、多くの湖で深水層の全細菌の10%以上、琵琶湖を含む一部の湖では20%以上を占めることもある最優占系統である。CARD-FISH法による特異的染色・顕微鏡観察の結果、CL500-11は細胞数が多いだけでなく、細胞サイズも大きい(1–2 μm)ことから、大水深淡水湖の微生物生態系を駆動する量的に最も重要な細菌であることが示唆された。本研究で得たデータと、文献及び塩基配列データベースから収集した情報を総合すると、CL500-11系統は、有酸素深水層を有するほとんどの淡水湖に生息するが、pHが低い湖、水深が比較的浅い湖、滞留時間が極端に短い（1年未満）湖においては、現存量が少ないことが明らかになった。さらにメタゲノム解析や溶存有機炭素の動態に着目した先行研究の情報を加えて総括した結果、CL500-11が利用している有機物は、表層での分解を免れた一次生産物あるいは他の細菌の死細胞に起因し、有酸素深水層に幅広く存在する、準易分解性の窒素リッチな有機物であると推定された。

総じて本研究では、多数の湖を対象とした網羅的調査により、大水深淡水湖の有酸素深水層の微生物食物網・物質循環プロセスが独自の細菌系統群によって駆動していることを明らかにした。今後は、メタゲノム解析や単離培養手法の確立によって、個々の細菌系統の生理・生態を詳細に追究することが課題となる。

キーワード：陸水学、微生物生態学

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Limnology, Microbial Ecology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

泥炭湿地におけるアブラヤシプランテーションの排水路における一酸化二窒素排出と発生メカニズム

Nitrous oxide emission from the drainage and the production processes in oil palm plantation on peatland

*仁科 一哉[1]、Melling Lulie[2]、平田 竜一[1]、高橋 善幸[1]、豊田 栄[3]、寺嶋 晃太朗[3]、伊藤 雅之[4]
*Kazuya Nishina[1], Lulie Melling[2], Ryuichi Hirata[1], Yoshiyuki Takahashi[1], Sakae Toyoda[3], Kotaro Terajima[3], Masayuki Itoh[4]

1. 国立環境研究所、2. SARAWAK Tropical Peat Research Institute、3. 東京工業大学、4. 兵庫県立大学
1. NIES National Institute of Environmental Studies, 2. SARAWAK Tropical Peat Research Institute, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. University of Hyogo

In South-East Asia, oil palm plantation has rapidly expanded in the past few decades even in peatland areas. In the light of nitrogen cycling, this land-use change would result in enrichment on the ecosystem N cycling due to the N fertilization for the maintaining oil palm growth and the wastewater emission from the palm mills in the plantation. Oil palm plantations converted from peat swamp forests require the drainage to keep cultivation and thus has unique hydrological characteristics. In such plantation, drainage water surface dominates up to 5% of plantation area and therefore it is important to evaluate the gas exchange between the drainage water and atmosphere.

In this study, we have conducted spatial sampling for dissolved N_2O concentration (dN_2O) in the oil palm plantation on drained peat soil in July 2018, in Sarawak, Malaysia in order to evaluate the indirect N_2O emission from palm oil plantation. We have intensively sampled the water samples from the drainage in the plantation (ca. 120 km^2) and the water samples from Raja river, which is adjacent to the plantation. 90% of samples (N = 84) in the drainage water showed over-saturation in dissolved N_2O concentration (up to 570%), suggesting that the drainage water in the oil palm plantation acts the source of N_2O to the atmosphere. The emission factor for indirect emission (EFr: i.e., dN_2O/nitrate concentration) showed relatively higher than the default EFr in IPCC. However, there were no clear linear relationships between the water qualities (including nitrate) and dN_2O. We have also analyzed the isotopic composition of dN_2O in both drainage and river samples. This analysis suggested the denitrification contributed dN_2O in the drainage water.

キーワード：一酸化二窒素、オイルパームプランテーション、窒素同位体
Keywords: Nitrous oxide, Oil palm plantation, Nitrogen stable isotope

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[M-IS14] 南大洋・南極氷床が駆動する全球気候変動

コンビーナ:関 宰(北海道大学低温科学研究所)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、植村 立(琉球大学　理学部)、真壁 竜介(国立極地研究所)、座長:加藤 悠爾(高知大学)

熱・水・物質の巨大リザーバである南大洋と南極氷床は、長期の全球気候変動の中心的役割を果たしている可能性がある。この「南大洋・南極氷床システム」を構成するサブシステムとしては，氷床と海の相互作用の場である棚氷、そこから流出する氷山、大きな季節変動をする海氷、海洋熱塩循環を駆動する南極底層水，活発な生物生産，そして3大大洋を連結する南極周極流などがあり、これらのサブシステムは相互に連動しながら地球規模の環境変動に重大な影響を与えていると考えられている。本セッションは、地球規模の環境変動を正確に理解するために必要不可欠である過去から現在に至る南極氷床変動、南大洋海洋循環、南大洋生態系変動に焦点を絞り、各サブシステムの挙動や相互作用に関する様々な分野の最新の観測やシミュレーション結果、新たな研究観測の提案等を総括的に議論し、“南極氷床”と”南大洋”に関わる分野融合研究を推進する場とする。

9:00 ~ 9:25

[MIS14-01] Mass loss of the Antarctic ice sheet under the influence of ice-ocean interaction

★Invited Papers

*杉山 慎[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

9:25 ~ 9:40

[MIS14-02] 南極ドームふじ氷床コアによる約40万年前の間氷期における年代制約と気候復元

*川村 賢二[1,2,3]、大藪 幾美[1]、青木 周司[4]、中澤 高清[4]、阿部 彩子[5,3]、齋藤 冬樹[3] (1.情報・システム研究機構 国立極地研究所、2.総研大、3.海洋研究開発機構、4.東北大学、5.東京大学)

9:40 ~ 9:55

[MIS14-03] 過去７２万年間の気候変動情報を含むアイスコアの物理と層位および「最古の氷」の研究

*藤田 秀二[1,2]、平林 幹啓[1]、飯塚 芳徳[3]、大野 浩[4] (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.北海道大学低温科学研究所、4.北見工業大学)

9:55 ~ 10:15

[MIS14-04] **氷期間氷期を通じた南極前線変動の追跡**

★招待講演

*松井 浩紀[1]、加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[3]、池原 実[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.日本学術振興会特別研究員PD、3.名古屋大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS14-05] **南大洋インド洋区における海洋地球科学総合観測：白鳳丸KH-19-1次航海成果速報**

*池原 実[1]、大島 慶一郎[2]、板木 拓也[3]、佐藤 暢[4]、藤井 昌和[5]、川合 美千代[6]、松井 浩紀[1]、池上 隆仁[7]、白鳳丸KH-19-1乗船研究者一同 . (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.北海道大学低温科学研究所、3.産業技術総合研究所、4.専修大学、5.国立極地研究所、6.東京海洋大学、7.海洋生物環境研究所)

Mass loss of the Antarctic ice sheet under the influence of ice-ocean interaction

*杉山 慎[1]
*Shin Sugiyama[1]

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The Antarctic ice sheet covers 8.3% of the global land surface with a mean ice thickness of 1937 m. The mass of the ice accounts for ~90% of freshwater on the earth and has a potential of 58.3 m sea level rise. Mass change of the ice sheet has a large impact on the Antarctic and global environment since meltwater discharge affects not only sea level, but also ocean circulation and marine ecosystems. Therefore, quantification of ice sheet mass balance and understanding the driving mechanisms are crucially important.

Our understanding of the Antarctic ice sheet mass balance has been greatly improved over the last two decades. Novel satellite measurement techniques enabled us to quantify year to year variations in the mass balance, as well as to investigate key processes such as ice speed, calving and ice shelf basal melting. These new observations have shown a trend of ice sheet mass loss since 1990s. The most significant changes are observed at fast flowing glaciers and ice shelves along the coast in West Antarctica. More detailed studies strongly suggest that the mass loss is due to increasing ice shelf basal melting and ice flow acceleration. To clarify the mechanism of the observed changes, further investigations are in progress on the ice sheet and in the ocean. Study results indicate that the ice sheet is losing mass under the influence of changing ocean, and meltwater discharge is affecting the ocean environment in turn.

In this presentation, we review progress in understanding of the Antarctic ice sheet mass balance and mechanisms driving the recent mass trends. Based on the existing knowledge, we discuss future research directions required for satellite and in-situ measurements as well as numerical investigations.

キーワード：南極氷床、氷床・海洋相互作用、質量収支、棚氷、海水準
Keywords: Antarctic ice sheet, Ice sheet-ocean interaction, Mass balance, Ice shelf, Sea level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南極ドームふじ氷床コアによる約40万年前の間氷期における年代制約と気候復元

Accurate chronology and climatic reconstruction around MIS 11 (interglacial period ~400,000 years ago) from Dome Fuji ice core, Antarctica

*川村 賢二[1,2,3]、大藪 幾美[1]、青木 周司[4]、中澤 高清[4]、阿部 彩子[5,3]、齋藤 冬樹[3]
*Kenji Kawamura[1,2,3], Ikumi Oyabu[1], Shuji Aoki[4], Takakiyo Nakazawa[4], Ayako Abe-Ouchi[5,3], Fuyuki SAITO[3]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総研大、3. 海洋研究開発機構、4. 東北大学、5. 東京大学
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 3. JAMSTEC, 4. Tohoku University, 5. University of Tokyo

Marine Isotope Stage (MIS) 11 is characterized by long duration of glacial termination and interglacial, with higher sea level than today, despite moderate atmospheric CO_2 concentration and small variations in northern summer insolation (due to small orbital eccentricity). To investigate the roles of different forcings (e.g. orbital variations and greenhouse gases) on climate and ice sheets (sea level), paleoclimatic proxy records need to be accurately dated and precisely synchronized with each other. An accurate chronology for the past 360 ky was constructed through orbital tuning of O_2/N_2 ratio of trapped air in the Dome Fuji and Vostok ice cores with local summer insolation (Kawamura et al., 2007), and its improvement has been underway (Oyabu et al., this session). We have also been extending the O_2/N_2 chronology to older periods by analyzing the second Dome Fuji ice core, and constrain the timing and duration of the past interglacial periods.

Marine sediment cores from northern North Atlantic region exhibit millennial-scale variations, including abrupt climatic shifts and bipolar seesaw, during glacial periods and terminations in various proxy records (e.g. sea surface temperature and ice-rafted debris). By correlating the millennial-scale changes recorded in the marine sediment cores with those in the Dome Fuji ice core (CH_4 concentration and d18O of ice), it may be possible to transfer the Dome Fuji chronology to the marine cores from the North Atlantic. We first attempted to correlate planktonic $\delta^{18}O$ and IRD records from the marine core ODP 980 with the Dome Fuji CH_4 around MIS 11 and constrain the durations of interglacial periods recorded in the marine core, with some success. However, the current resolution of the Dome Fuji gas records (~2000 years on average) is not sufficient to undoubtedly identify all millennial-scale events, thus we will start new measurements to improve the resolution. In the presentation, we will show the results of the new measurements and synchronization, and discuss the timing, duration and mechanism of climatic changes over Termination V and MIS 11.

キーワード：アイスコア、MIS 11、間氷期、ドームふじ
Keywords: Ice core, MIS 11, interglacial period, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

過去７２万年間の気候変動情報を含むアイスコアの物理と層位および「最古の氷」の研究

Study on physics and layers of ice cores containing information of climate change over the past 720 k-years, and study on the "oldest ice"

*藤田 秀二[1,2]、平林 幹啓[1]、飯塚 芳徳[3]、大野 浩[4]
*Shuji Fujita[1,2], Motohiro Hirabayashi[1], Iizuka Yoshinori[3], Hiroshi Ohno[4]

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. 北海道大学低温科学研究所、4. 北見工業大学
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. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Japan, 4. Kitami Institute of Technology, Japan

本発表は、標記題名の進行中の研究課題や今後の取り組みへの展望を示すことを目的とする。

【研究の背景・目的】

南極内陸のアイスコアは、約150万年規模の気候変動史の重要な情報源である。気候変動のシグナルを含有している氷は、深いほど年代が古くなり、氷床の流動によって鉛直に圧縮変形し、さらには、地熱の影響を受けてシグナルには種々の経時変質が起こる。気候変動の信号を非常に古い氷まで高時間分解能で解読できれば、急激な気候変動の歴史を読み解き、その知識は温暖化する地球上での人類の生存戦略につながる。しかし、現状のアイスコア解析は基本的に離散的な分析に基づき、連続高分解能解析技術は近年端緒についたばかりである。本研究では、結晶物理と連続融解を手法とする最先端の連続高分解能解析手法群を用い、約20万年前から72万年前に遡る非常に古いアイスコアの層位を高時間分解能で解読する。この長大なアイスコアの分析に基づき、①古気候シグナルとしての情報価値創出に加え、②経時変質の性質と素性を明らかにし、③複数のコア間の精緻な年代同期や比較解析を実現する。更には、④将来に掘削する150万年規模のアイスコアのもつ情報の質の予測を可能にする。

【研究の方法】

南極大陸の「ドームふじ」（図１参照）で国立極地研究所を中心とした日本のアイスコア研究コミュニティが採取をした、過去約７２万年間の気候変動史の情報を含むアイスコアのうち、特に約20万年前から72万年前に遡る非常に古い部位の詳細解析を実施する。こうした年代部位は、約3000メートルの長さをもつアイスコアの、最も深い約1000メートル区間に、年層が縦に圧縮した状態で存在する。本研究は、南極各地で掘削される全深層アイスコア、特にドームふじとドームC（図１参照）に共通な年代軸を与えうるか、それに、急激な気候変動の動態を、古い時代に向かいどこまで解読可能かを問う。

問いに挑むアクションとして、層序を読み取る２つの手法を用いる。まず、最も深い約1000メートル区間深度帯の層毎の圧縮変形履歴や、分子拡散の物理履歴を読む。「ミリ波共振器」と呼ばれる手法を用い、結晶集合組織の層構造の連続解析を、約20mm分解能で実施する。さらに、氷のなかで拡散しにくい物質の層序を読み取る。ケイ素、ナトリウム、カルシウムの連続解析を、「連続融解解析システム」と呼ぶ手法を用いて実施する。測定分解能は約10mmとなる。

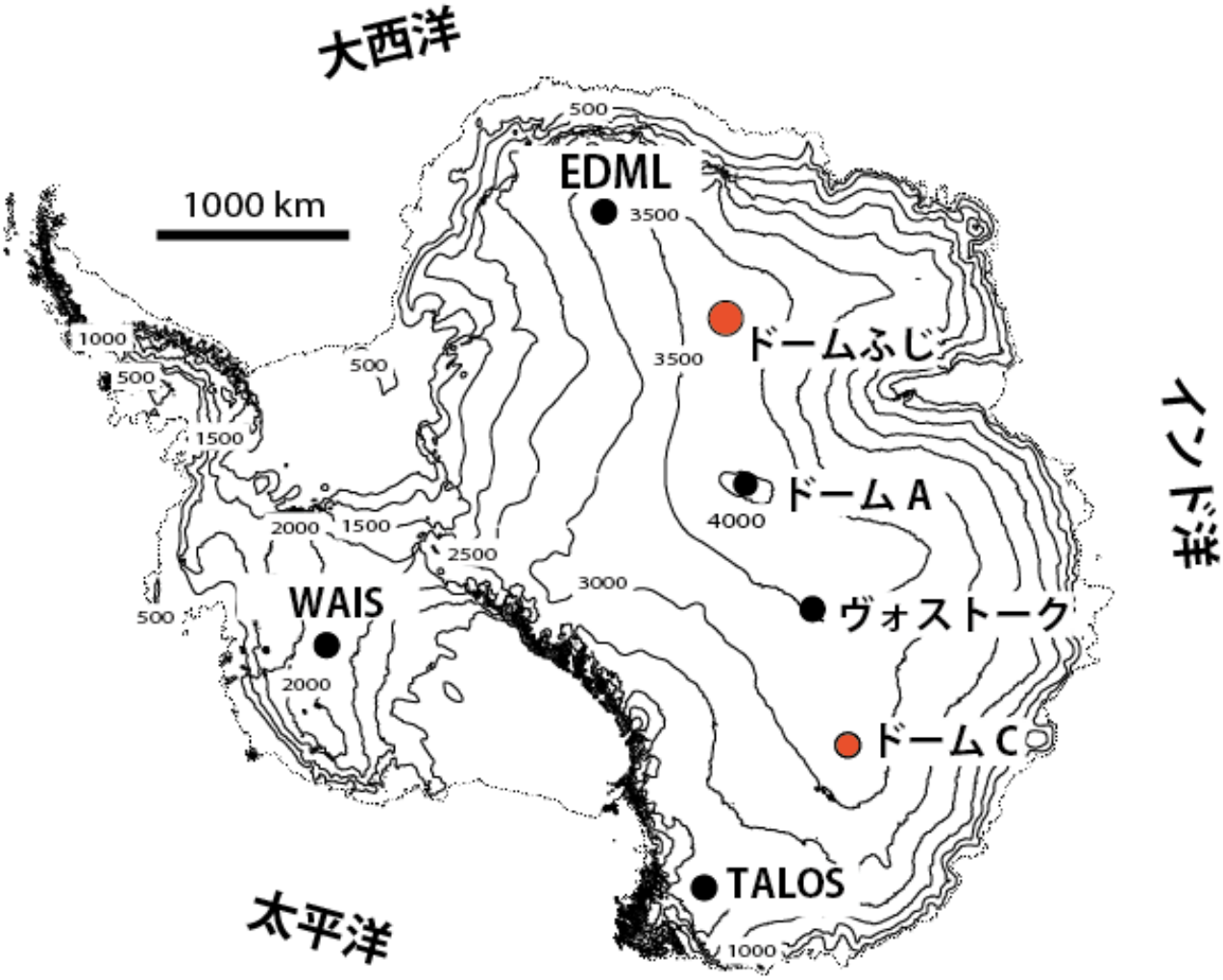
【期待される成果と意義】

上に述べた主に２つの高分解能連続解析から、相当する連続高分解能のアイスコアデータを生成する。これは、発展的な問いに対する検討材料となる。こうしたデータを用いて、ドームふじコアとドームCコアの年代同期を実施し、年代が精密に対応する深度を同定する。それをもとにして、ドームふじコアとドームCコア間

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

のアイスコアシグナルの年代差を抽出する。これにより達成できることは、将来にわたる多くの深層コアに共通な精密年代軸を世界で初めて達成できることである。さらには、地球規模の熱循環モードの７２万年の変化の有無を明らかにする。さらには、非常に古い氷の層構造の存在状態を予測する。アイスコアの、急激な気候変動に関する古気候アーカイブしての情報価値と信頼性と限界を明らかにする。

キーワード：南極、氷床、アイスコア、気候変動、年代、古気候
Keywords: Antarctica, ice sheet, ice core, climate change, dating, paleoclimate



図：南極氷床上の主要な深層アイスコア掘削点

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷期間氷期を通じた南極前線変動の追跡

Reconstructions of the Antarctic Polar Front through the glacial/interglacials

*松井 浩紀[1]、加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[3]、池原 実[1]
*Hiroki Matsui[1], Yuji Kato[1,2], Itsuki Suto[3], Minoru Ikehara[1]

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 日本学術振興会特別研究員PD、3. 名古屋大学
1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. JSPS PD, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

三大洋を連結する南極周極流（南極前線，亜南極前線）は南大洋・南極氷床システムの主要な構成要素であり，その挙動を過去から現在まで解明することは重要である．現在の南極前線は表層海水温の温度勾配（>1.5˚C/100 km）によって定義され，南緯44度～64度に位置している（Freeman and Lovenduski, 2016）．2002年～2014年の前線位置からは，近年の温暖化に対し全球的な傾向（北上や南下）は顕著には読み取れない（Freeman et al., 2016）．一方，約2万年前の最終氷期最寒冷期において，南極前線は約5度北上したと考えられている（e.g., Gersonde et al., 2005）．しかし，過去の温度勾配を復元するには海底堆積物のデータ密度は十分でなく，等温線（例えば4˚C）を南極前線とする異なる定義が用いられている（Kohfeld et al., 2013）．本講演では海底堆積物に含まれる微化石（動植物プランクトンである有孔虫や珪藻の遺骸）に着目し，氷期間氷期を通じた南極前線の復元に関して現状の知見と問題点を整理する．加えて，精度よく前線変動を追跡するための適切なアプローチについて議論する．

キーワード：南極前線、古海洋
Keywords: Antarctic Polar Front, Paleoceanography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南大洋インド洋区における海洋地球科学総合観測：白鳳丸KH-19-1次航海成果速報

Integrated observations for marine earth science in the Indian sector of the Southern Ocean: Preliminary results of R/V Hakuho-maru KH-19-1 cruise

*池原 実[1]、大島 慶一郎[2]、板木 拓也[3]、佐藤 暢[4]、藤井 昌和[5]、川合 美千代[6]、松井 浩紀[1]、池上 隆仁[7]、白鳳丸KH-19-1乗船研究者一同 .
*Minoru Ikehara[1], Kay I. Ohshima[2], Takuya Itaki[3], Hiroshi Sato[4], Masakazu Fujii[5], Michiyo Yamamoto-Kawai[6], Hiroki Matsui[1], Takahito Ikenoue[7], . Scientific Party of R/V Hakuho-maru KH-19-1 cruise

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 産業技術総合研究所、4. 専修大学、5. 国立極地研究所、6. 東京海洋大学、7. 海洋生物環境研究所
1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. ILTS, Hokkaido University, 3. GSJ, AIST, 4. Senshu University, 5. National Institute of Polar Research, 6. Tokyo University of Marine Science and Technology, 7. Marine Ecology Research Institute

南大洋インド洋区において、白鳳丸を用いた海洋地球科学総合観測（KH-19-1）を実施した。IODPプロポーザル918の３地点（デルカノライズおよびコンラッドライズ）においてサイトサーベイ（シービーム海底地形、反射法地震探査、SBP地層探査）を行い掘削地点の精査を完了した。デルカノライズのDCR-03AおよびDCR-02Aからマルチプルコアとピストンコアを採取した。帯磁率および明度の変化からDCR-2PC（DCR-02A）は複数回の氷期・間氷期サイクルを保持していることが推定され、亜南極域における古海洋変動を復元する試料として重要である。コンラッドライズにおけるドレッジ観測にて多様な岩石試料を採取し、ライズの成因や南西インド洋のテクトニクスの理解に供する試料を確保した。また、南極前線の南の高い生物生産を有する海域のECR-1（55˚S, 45˚E）からセジメントトラップを回収することに成功し、１年間の沈降粒子を得た。沈降粒子フラックスは夏季に多く冬季に少ない典型的な季節変化を示した。さらに、南極ケープダンレー沖の深海チャネルにおいて３つの係留系を設置するとともに、深海チャネルを横断する測線にて反射法地震探査を初めて実施し、チャネル底脇からピストンコアを採取した。今後これらの試料とデータを解析することで、南極氷床の拡大縮小にともなう堆積プロセスの変化やケープダンレー底層水の変遷史の解明に繋がる研究が進展すると期待される。

キーワード：南大洋、古海洋、海氷、南極、生物生産、南極底層水
Keywords: Southern Ocean, paleoceanography, sea ice, Antarctic, productivity, Antarctic Bottom Water

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[M-IS14] 南大洋・南極氷床が駆動する全球気候変動

コンビーナ:関 宰(北海道大学低温科学研究所)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、植村 立(琉球大学　理学部)、真壁 竜介(国立極地研究所)、座長:シェリフ多田野 サム(東京大学)

熱・水・物質の巨大リザーバである南大洋と南極氷床は、長期の全球気候変動の中心的役割を果たしている可能性がある。この「南大洋・南極氷床システム」を構成するサブシステムとしては，氷床と海の相互作用の場である棚氷、そこから流出する氷山、大きな季節変動をする海氷、海洋熱塩循環を駆動する南極底層水，活発な生物生産，そして3大大洋を連結する南極周極流などがあり、これらのサブシステムは相互に連動しながら地球規模の環境変動に重大な影響を与えていると考えられている。本セッションは、地球規模の環境変動を正確に理解するために必要不可欠である過去から現在に至る南極氷床変動、南大洋海洋循環、南大洋生態系変動に焦点を絞り、各サブシステムの挙動や相互作用に関する様々な分野の最新の観測やシミュレーション結果、新たな研究観測の提案等を総括的に議論し、“南極氷床”と”南大洋”に関わる分野融合研究を推進する場とする。

10:45 ~ 11:00

[MIS14-06] **High resolution ocean temperatures reconstructions over the last glacial-interglacial in the Kerguelen region, Southern Ocean.**

*Matthieu Civel[1,2]、Xavier Crosta[3]、Giuseppe Cortese[4]、Elisabeth Michel[5]、Alain Mazaud[5]、Samuel Jaccard[6]、Lena Thöle[6]、Minoru Ikehara[1]、Takuya Itaki[2] (1.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Japan、2.Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba, Japan、3.UMR 5805 CNRS EPOC, Université de Bordeaux, France、4.GNS Science, Lower Hutt, New Zealand、5.LSCE-IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, 91198 Gif-sur-Yvette, France、6.Institute of Geological Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland)

11:00 ~ 11:15

[MIS14-07] GIAモデルによる東南極の測地観測に対する地球内部粘性構造と完新世南極氷床変動の影響評価

*奥野 淳一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、青山 雄一[1,2]、石輪 健樹[1]、服部 晃久[2]、福田 洋一[3] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.京都大学)

11:15 ~ 11:30

[MIS14-08] **Reconstruction of the East Antarctic ice sheet variability during the last 3 myrs in the central & eastern Droning Maud Land, East Antarctica**

*菅沼 悠介[1,2]、川又 基人[2]、香月 興太[3]、金丸 龍夫[4]、金田 平太郎[5]、小山 拓志[6]、田邊 優貴子[1,2]、柴田 大輔[7]、石輪 健樹[1]、板木 拓也[8]、奥野 淳一[1,2]、関 宰[9]、須藤 斎[10]、藤井 昌和[1,2]、三浦 英樹[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.島根大学、4.日本大学、5.千葉大学、6.大分大学、7.筑波大学、8.産総研、9.北海道大学、10.名古屋大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS14-09] Vertical ice flow motions obtained from year-round GNSS observations on Shirase Glacier, Antarctica

*青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、平野 大輔[3]、田村 岳史[1,2]、青木 茂[3]、渋谷 和雄[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学低温科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS14-10] **南極探査用AUV"MONACA"の運用計画と設計**

*山縣 広和[1]、巻 俊宏[1]、吉田 弘[2]、野木 義史[3] (1.東京大学生産技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.国立極地研究所)

12:00 ~ 12:15

[MIS14-11] Geophysical insights into tectonic, volcanic, sedimentation, and glacial processes in Indian and Southern Oceans: Preliminary geophysical results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*藤井 昌和[1]、佐藤 暢[2]、池原 実[3]、野木 義史[1]、佐藤 太一[4]、中村 恭之[5]、Eri Amsler[6]、シェリフ多田野 サム[7]
(1.国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2.専修大学、3.高知大学、4.産業技術総合研究所、5.海洋研究開発機構、6.University of Bern、7.東京大学大気海洋研究所)

High resolution ocean temperatures reconstructions over the last glacial-interglacial in the Kerguelen region, Southern Ocean.

*Matthieu Civel[1,2], Xavier Crosta[3], Giuseppe Cortese[4], Elisabeth Michel[5], Alain Mazaud[5], Samuel Jaccard[6], Lena Thöle[6], Minoru Ikehara[1], Takuya Itaki[2]

1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Japan, 2. Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba, Japan, 3. UMR 5805 CNRS EPOC, Université de Bordeaux, France, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand, 5. LSCE-IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, 91198 Gif-sur-Yvette, France, 6. Institute of Geological Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland

The Southern Ocean (SO) is a place of primordial importance to the understanding of global ocean circulation as it connects the Atlantic, the Pacific and the Indian oceans and thus actively participates in global climate changes. Climate processes and variations in the Indian sector of the SO are not as well understood as processes in the Atlantic sector. This why this project documents climate variations and migrations of the Antarctic Circumpolar Current (ACC) hydrological fronts in the Kerguelen area over the last glacial-interglacial cycle. In this study sea surface temperatures (SST) are reconstructed in two sediment cores, the MD11-3353 (PFZ) and MD12-3396CQ (SAZ), with radiolarian and diatoms microfossil assemblages. By comparing the results given by these two proxies different signals were identified for surface and subsurface waters suggesting a decoupling of these two water masses in the SAZ East of the Kerguelen Plateau. But in the PFZ, both proxies showed similar results. The comparison between these results leads us to think of an influence of lower latitudes warm water in the SAZ whereas this influence is absent in the PFZ in this region.

Keywords: Southern Ocean, Radiolarian, Diatoms, Micropaleontology, Kerguelen

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GIAモデルによる東南極の測地観測に対する地球内部粘性構造と完新世南極氷床変動の影響評価

Present-day crustal motion and gravity change in East Antarctica: implications for the mantle viscosity and Holocene Antarctic Ice Sheet change inferred from GIA modeling

*奥野 淳一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、青山 雄一[1,2]、石輪 健樹[1]、服部 晃久[2]、福田 洋一[3]
*Jun'ichi Okuno[1,2], Koichiro Doi[1,2], Yuichi Aoyama[1,2], Takeshige Ishiwa[1], Akihisa Hattori[2], Yoichi Fukuda[3]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 京都大学
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Kyoto University

Geodetic and geomorphological observations in the coastal part of Antarctica indicate the uplift trend associated with the removal mass of the Antarctic Ice Sheet (AIS) in the last deglaciation. The numerical calculations of crustal motion derived from the glacial isostatic adjustment (GIA) modeling have played the role of inferring the ice mass change of AIS from observations related to solid Earth deformation. The deglaciation histories of the AIS inferred from the comparisons between the geomorphological sea-level records, and GIA modeling shows the monotonic Holocene retreat for the AIS (e.g., Whitehouse et al., 2012). However, GNSS observations in some regions in the coastal part of Antarctica cannot be explained the amplitudes of the uplift by only glacial rebound due to the last deglaciation of the AIS. Also, recent studies (e.g., Kingslake et al., 2018) concerning bedrock topography in the margin of AIS inferred that some portions of the ice sheet might have re-advanced after retreating behind the present-day margin in mid-to-late Holocene. Therefore, this re-advance of AIS in Holocene may be caused to arise the mismatch between GNSS observations and numerical predictions. On the other hand, GNSS observations include not only the components of the GIA due to the last deglaciation and also elastic deformation due to present-day surface mass balance (e.g., Hattori et al., 2018). Similarly, this effect could cause a difference between the GNSS observations and the GIA calculations. In this presentation, we will show the crustal deformation rates and gravity changes calculated by the GIA modeling using the previously published deglaciation histories and the comparisons with these observations obtained from East Antarctica. We intend to discuss the influences of AIS mass changes and choice of mantle viscosity profile on the geodetic measurements in East Antarctica.

キーワード：GIA、東南極、GNSS、重力変化
Keywords: Glacial Isostatic Adjustment, East Antarctica, GNSS, gravity change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reconstruction of the East Antarctic ice sheet variability during the last 3 myrs in the central & eastern Droning Maud Land, East Antarctica

*菅沼 悠介[1,2]、川又 基人[2]、香月 興太[3]、金丸 龍夫[4]、金田 平太郎[5]、小山 拓志[6]、田邊 優貴子[1,2]、柴田 大輔[7]、石輪 健樹[1]、板木 拓也[8]、奥野 淳一[1,2]、関 宰[9]、須藤 斎[10]、藤井 昌和[1,2]、三浦 英樹[1,2]
*Yusuke Suganuma[1,2], Moto Kawamata[2], Kota Katsuki[3], Tatsuo Kanamaru[4], Heitaro Kaneda[5], Takushi Koyama[6], Tanabe Yukiko[1,2], Daisuke Shibata[7], Takeshige Ishiwa[1], Takuya Itaki[8], Jun'ichi Okuno[1,2], Osamu Seki[9], Itsuki Suto[10], Masakazu Fujii[1,2], Hideki Miura[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 島根大学、4. 日本大学、5. 千葉大学、6. 大分大学、7. 筑波大学、8. 産総研、9. 北海道大学、10. 名古屋大学
1. National institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Shimane University, 4. Nihon University, 5. Chiba University, 6. Oita University, 7. Tsukuba University, 8. GSJ, AIST, 9. Hokkaido University, 10. Nagoya University

Reconstructing past variability of the Antarctic ice sheets is essential to understand their stability and to anticipate their contribution to future sea level rise. However, magnitude and timing of ice sheet changes during the last several million years have not been well constrained, especially in central & eastern Droning Maud Land, East Antarctica. Recently, we have carried out several field campaigns in this area to reconstruct changes in thickness, geographical extent, and timing of retreat of the East Antarctic Ice Sheet based on the detailed geomorphological survey, cosmogenic exposure dating, and lake/shallow marine sediment records coupled with glacial isostatic adjustment modeling (GIA). In this presentation, we will introduce these recent achievements from the field campaigns and discuss scientific plans for the next few seasons.

キーワード：南大洋・南極氷床、固体班
Keywords: Giant Reservoirs - Antarctic, Solid Earth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Vertical ice flow motions obtained from year-round GNSS observations on Shirase Glacier, Antarctica

*青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、平野 大輔[3]、田村 岳史[1,2]、青木 茂[3]、渋谷 和雄[1]
*Yuichi Aoyama[1,2], Koichiro Doi[1,2], Daisuke Hirano[3], Takeshi Tamura[1,2], Shigeru Aoki[3], Kazuo Shibuya[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 北海道大学低温科学研究所
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The Antarctic ice sheet is a huge heat sink acting as a feedback controller for adjusting global warming, so a loss of its mass would cause a great impact on the global climate change. It is valuable to evaluate an Antarctic ice mass balance, which is a consequence of competition between an ice discharge and a snow accumulation. With an objective of estimating the ice discharge around Lützow-Holmbukta, East Antarctica, we have measured three-dimensional (3D) ice flow motions around a grounding line of Shirase Glacier, which is fastest and largest ice stream in Lützow-Holmbukta.

We first performed one-month GPS measurement near the calving front of Shirase Glacier in 2011/2012 austral summer. The three-dimensional position of this site was determined by the kinematic precise point positioning (kPPP) method at every 30 seconds with a 4-5-cm precision for 25 days. From the 30-s interval position, we estimated the ice flow velocity vector, the basal melting rate of the iceberg, and ocean tidal variations (Aoyama et al. 2016). Subsequently, a year-round GNSS measurement system was installed six kilometers downstream from the grounding line of Shirase Glacier at the end of Jan. 2015. By maintaining this year-round system (changing SD card and battery) every austral summer season, we have already obtained a three-years continuous data from Jan. 30, 2015 to Dec. 30, 2017.
We analyzed the time series of the three-dimensional position of this system with kPPP method. The time series revealed the ice flow motion downstream from the grounding line of Shirase Glacier during 2015-2017. Focusing on the vertical motion, there is no remarkable ocean tidal variation. And the obtained vertical flow motion shows gradually descent, then rise, again descent slope. In order to clarify whether such vertical change is local or wide area, we compared with a TanDEM-X 90m DEM (Rizzoli et al., 2017). In the presentation, we will show properties of the ice flow motion downstream the grounding line of Shirase Glacier.

キーワード：白瀬氷河上でのGNSS通年観測、アクセスが困難な場所での無人観測
Keywords: year-round GNSS measurements on Shirase Glacier, Unmanned measurement in site where access is difficult

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南極探査用AUV"MONACA"の運用計画と設計
Operation plan and design of the Antarctic exploration AUV "MONACA"

*山縣 広和[1]、巻 俊宏[1]、吉田 弘[2]、野木 義史[3]
*Hirokazu Yamagata[1], Toshihiro Maki[1], Hiroshi Yoshida[2], Yoshifumi Nogi[3]

1. 東京大学生産技術研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 国立極地研究所
1. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 2. Japan Marine Science and Technology Center, 3. National Institute of Polar Research

Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) have been used for under-ice explorations of the Antarctic Ocean. Most of the current under ice AUVs are large and are used for the long-distance survey. Survey results of these AUVs are extremely precise, but there is a trade-off between precision and running cost and/or risk of losing AUVs.

In this presentation, the authors propose a variable and compact AUV MONACA (Mobility Oriented Nadir AntarctiC Adventurer) which can offer the necessary and sufficient compositions for various survey needs by the modular design. Development of MONACA is supported by JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas No.4902, to measure the sea ice/shelf ice and ocean floor for research of ice sheet-ocean interaction.

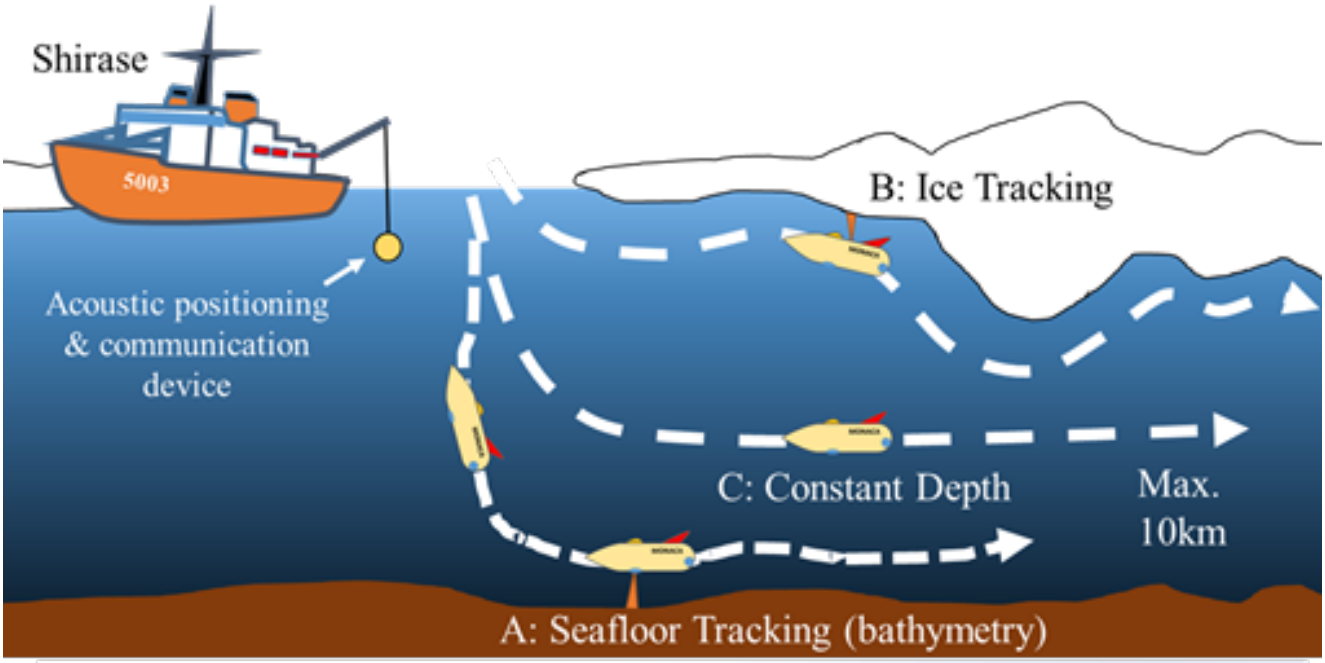
MONACA is 2 m long, 230 kg weight, and it can cruise for about 8 hours. Depth rating is 1500m. The vehicle is designed to go into ice-covered oceans as far as 10 km. The flat body is filled with buoyancy materials at the top so that the battery units and main unit can be accessed from the side. The vehicle has five degrees of freedom (surge, heave, roll, pitch, and yaw) by 4 vertical thrusters and 2 horizontal thrusters. Although the survey range is limited compared with large AUVs, it can conduct a highly precise survey with lower costs.

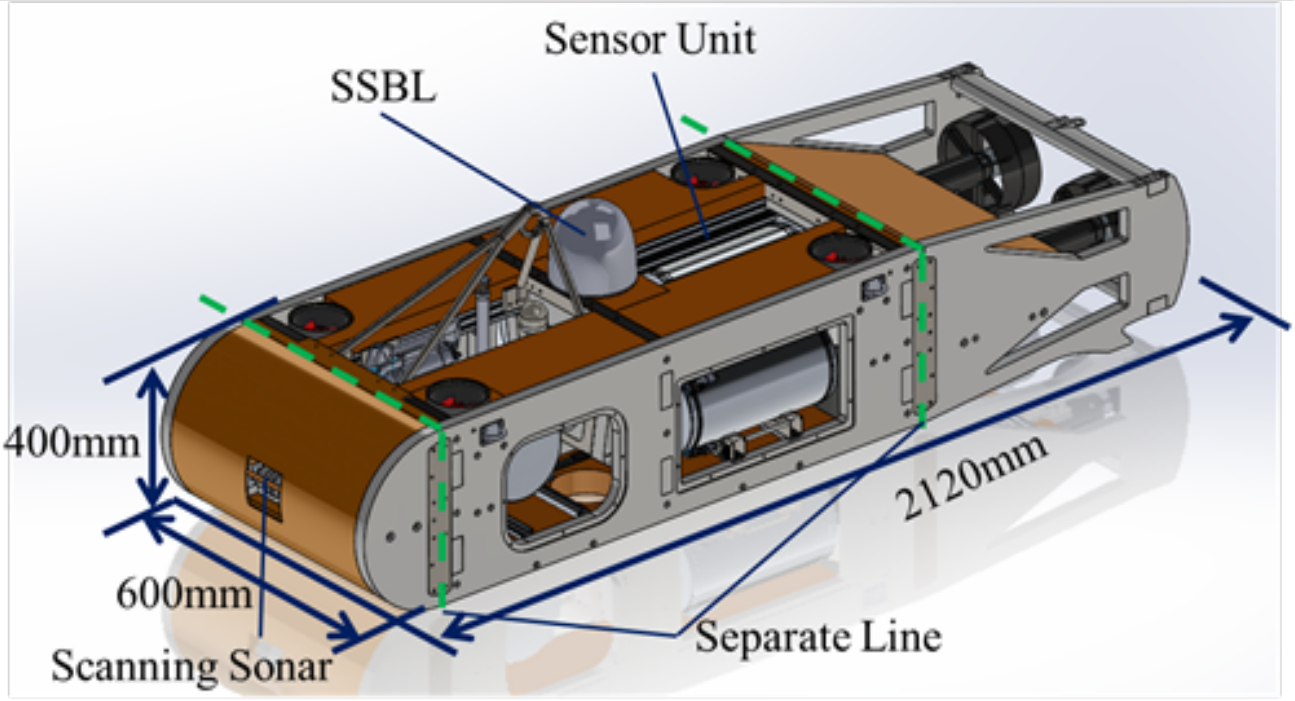
The three missions are considered as shown in the figure. (A: Seafloor tracking, B: Ice tracking, C: Water survey in constant depth). In the missions A and B, the shape of the seafloor or the ice is mapped by a multi-beam sonar while tracking it by a probabilistic approach using a scanning sonar. The multi-beam sonar measures 480 points in the swath width of 120˚. The vehicle has two set of releasable ballasts for diving and surfacing. The vehicle is designed to follow the seafloor or ice at the reference altitude of 50 m. In the mission C, the vehicle navigates at a constant depth, measuring water quality by a CTD sensor. Resolution of the CTD sensor is Temperature = +/- 0.0001 ˚C, Conductivity = +/- 0.0001 mS / cm, Depth = 0.03 m.

In order to realize these three missions under the size limitation, MONACA has the sensor unit that can be flipped upside down. The sensor unit includes the multi-beam sonar, an INS, and a DVL. Therefore, MONACA can navigate only by the sensor unit in case there are no obstacles in the seafloor.
MONACA is currently under construction, to be launched in 2019.

キーワード：南極、AUV
Keywords: Antarctic, AUV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geophysical insights into tectonic, volcanic, sedimentation, and glacial processes in Indian and Southern Oceans: Preliminary geophysical results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*藤井 昌和[1]、佐藤 暢[2]、池原 実[3]、野木 義史[1]、佐藤 太一[4]、中村 恭之[5]、Eri Amsler[6]、シェリフ多田野 サム[7]
*Masakazu Fujii[1], Hiroshi Sato[2], Minoru Ikehara[3], Yoshifumi Nogi[1], Taichi Sato[4], Yasuyuki Nakamura[5], Eri Helen Amsler[6], Sam Sherriff-Tadano[7]

1. 国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2. 専修大学、3. 高知大学、4. 産業技術総合研究所、5. 海洋研究開発機構、6. University of Bern、7. 東京大学大気海洋研究所
1. National Institute of Polar Research and SOKENDAI, 2. Senshu University, 3. Kochi University, 4. AIST, 5. JAMSTEC, 6. University of Bern, 7. AORI, UTokyo

The seafloor covers more than 70 percent of the solid-earth surface and has been progressively investigated since the 20th century, however most parts have not been explored because of observation difficulties in the ocean. Particularly, the seafloor of the Indian and Southern Oceans are expected to preserve significant records of paleo glacial processes and submarine volcanism as well as continental breakup and seafloor spreading. Here, we show new geophysical dataset just obtained during the R/V *Hakuho-maru*KH-19-1 cruise in early 2019. Underway geophysical mapping as well as multichannel reflection surveys and dredge rock samplings were conducted in this cruse. Specific scientific target area were set to 1) the Southwest Indian Ridge to reveal the seafloor spreading process in the Cenozoic era; 2) Conrad Rise to understand its origin and surrounding magmatism; 3) Del Cano Rise to reveal how it has been formed; 4) off Cape Darnley to reveal relationship between solid-earth processes and presently formed Antarctic bottom water; and 5) Southeast Indian Ridge to reveal the mid-ocean ridge oscillation. Multibeam bathymetry, total and vector magnetic fields, gravity, and sub-bottom profiler data were successfully acquired along the ship tracks which covers Fremantle to Mauritius in leg-1 (2 Jan to 11 Jan 2019) and Mauritius to Fremantle via mentioned target area in leg-2 (16 Jan to 12 Feb 2019). We overview preliminary geophysical results which were combined with previous *Hakuho-maru*cruises of KH-07-04, KH-09-05, KH-10-07, and KH-16-01 and data acquired during Japanese Antarctic Research Expedition by using Japanese icebreaker *Shirase*. Finally, we discuss geophysical insights into tectonic, volcanic, sedimentation, and glacial processes in Indian and Southern Oceans.

キーワード：インド洋・南大洋、固体地球プロセス、海域地球物理観測、白鳳丸
Keywords: Indian and Southern Oceans, Solid Earth processes, Marine geophysics, Hakuho-maru

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールB 2F

[M-IS14] 南大洋・南極氷床が駆動する全球気候変動

コンビーナ:関 宰(北海道大学低温科学研究所)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、植村 立(琉球大学　理学部)、真壁 竜介(国立極地研究所)、座長:石輪 健樹(国立極地研究所)

熱・水・物質の巨大リザーバである南大洋と南極氷床は、長期の全球気候変動の中心的役割を果たしている可能性がある。この「南大洋・南極氷床システム」を構成するサブシステムとしては，氷床と海の相互作用の場である棚氷、そこから流出する氷山、大きな季節変動をする海氷、海洋熱塩循環を駆動する南極底層水，活発な生物生産，そして3大大洋を連結する南極周極流などがあり、これらのサブシステムは相互に連動しながら地球規模の環境変動に重大な影響を与えていると考えられている。本セッションは、地球規模の環境変動を正確に理解するために必要不可欠である過去から現在に至る南極氷床変動、南大洋海洋循環、南大洋生態系変動に焦点を絞り、各サブシステムの挙動や相互作用に関する様々な分野の最新の観測やシミュレーション結果、新たな研究観測の提案等を総括的に議論し、“南極氷床”と”南大洋”に関わる分野融合研究を推進する場とする。

13:45 ~ 14:00

[MIS14-12] 鉛直拡散係数の成層依存性を考慮した海洋大循環モデルによる氷期海洋炭素循環シミュレーション

*小林 英貴[1]、岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:15

[MIS14-13] Impacts of precession on the periodicity of climate and AMOC variabilities

*シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS14-14] 地軸の傾きと歳差・離心率、大気二酸化炭素濃度の変化がもたらす南半球高緯度における温暖化と気候フィードバックの違い

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[MIS14-15] Origin of Circumpolar Deep Water intruding onto the Amundsen and Bellingshausen Sea continental shelves

* 中山 佳洋[1,2]、Menemenlis Dimitris[2]、Zhang Hong[2]、Michael Schodlok[2]、Rignot Eric[2,3] (1.北海道大学低温科学研究所、2.NASA Jet Propulsion Laboratory、3.Uniersity of California, Irvine)

14:45 ~ 15:00

[MIS14-16] 2018/2019 夏季豪州南極海盆南部の海洋・物質循環 ― 開洋丸 KY18-04 航海速報

*勝又 勝郎[1]、平野 大輔[2]、野村 大樹[2]、山崎 開平[2]、國府 陽一郎[2]、木内 政彰[2]、青木 茂[2]、村瀬 弘人[3] (1.海洋研究開発機構、2.北海道大学、3.国際水産資源研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS14-17] 南大洋子午面循環の直接測流と定量評価を目指した係留観測

*北出 裕二郎[1]、溝端 浩平[1]、渡部 和帆[1]、程 霊巧[3]、高 郭平[3]、青木 茂[2]、牛尾 収輝[4]、嶋田 啓資[1]、大島 慶一郎[2] (1.東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科、2.北海道大学低温科学研究所、3.上海海洋大学、4.国立極地研究所)

鉛直拡散係数の成層依存性を考慮した海洋大循環モデルによる氷期海洋炭素循環シミュレーション

Simulations of glacial ocean carbon cycle with a parameterization of stratification dependence of vertical diffusivity

*小林 英貴[1]、岡 顕[1]
*Hidetaka Kobayashi[1], Akira Oka[1]

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

約 2 万年前の最終氷期最盛期は、間氷期と比較すると、大気中二酸化炭素濃度が 100 ppm 近く低かった。その主要因は、海洋の炭素貯蔵量の変化であると認識されているが、メカニズムの詳細は未解明である。最終氷期最盛期に関して、プロキシデータを用いた古海洋復元から、間氷期に比べて高塩で古い海水が南大洋深層を占めていた可能性が提示されている。成層が強まることで海水の鉛直混合が弱くなると、海洋深層への炭素貯蔵が増加し、氷期の大気中二酸化炭素濃度の低下に貢献すると考えられる。一方で、そのような水塊特性は、過去に行われた海洋大循環モデルを用いた数値的研究では十分に再現されていない。これは、先行研究が氷期の大気中二酸化炭素濃度を再現できていない要因の一つと考えられる。そこで、海洋大循環モデルによる数値実験で、氷期の南大洋における水塊特性を再現した上で、それが海洋炭素循環の変化を介して大気中二酸化炭素濃度に及ぼす影響を評価することを試みる。先行研究の Kobayashi et al. [2015; 2018] における氷期実験では、海氷生産の増加に伴う深層水形成の増加と、それに伴う深層の高塩化を模して、南大洋の深層で高塩分への緩和を行い、さらに水柱全体で理想的に小さい鉛直拡散係数を与えることで、氷期の南大洋における成層の強化に伴う鉛直混合の弱化を表現した。そのような海洋物理場の下で、炭酸塩補償を含む海洋炭素循環の変化により、氷期-間氷期間の大気中二酸化炭素濃度の約 100 ppm の変化のうち 73 ppm を説明していた。本発表では、前述の塩分緩和に加えて、Oka and Niwa [2013] で提示された、鉛直拡散係数の成層依存性を考慮できるパラメタ化を新たに導入した。鉛直拡散係数の成層依存性を考慮することで、データと数値実験との差がどの程度埋まるのかを議論することが、本発表の目的である。全球海洋で鉛直拡散係数の成層依存性を考慮すると、氷期実験において海洋全体で塩分による成層が中層から深層にかけて強まり、鉛直拡散係数が減少することが確認された。その結果、海水のベンチレーション年齢が、現代実験に比べて中層から深層にかけて古くなった。これは生物過程や深層大循環を経て深層に輸送されてきた炭素の滞留時間を増加させるため、溶存無機炭素の鉛直勾配は増加し、プロキシデータから示唆されるように、大気中二酸化炭素濃度が低下させる方向にはたらく。これに加えて、Kobayashi et al. [2018] で示したように、海底堆積物と海洋炭素循環との相互作用である炭酸塩補償による数万年の時間スケールをもつ応答が、海洋内部の炭素循環の変化を増幅させる方向にはたらくと予想される。発表では、海洋大循環モデルを用いた数値実験において、炭酸塩補償も含めた海洋炭素循環の応答により、氷期における大気中二酸化炭素濃度がどの程度説明されるのかについて報告する予定である。

キーワード：海洋炭素循環、氷期/間氷期サイクル、海洋子午面循環、炭酸塩補償
Keywords: ocean carbon cycle, glacial-interglacial cycle, global ocean meridional overturning circulation, carbonate compensation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impacts of precession on the periodicity of climate and AMOC variabilities

*シェリフ多田野 サム[1]
*Sam Sherriff-Tadano[1]

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

Over the glacial period, climate varied on centennial to millennial time scale between the warm instersadial and the cold staidial. Recent ice core and modelling studies have shown that changes in CO2 and the glacial ice sheet played a critical role in controlling the periodicity of the climate variability through affecting the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). Here, by analysing simulation data from a climate model GFDL, it is shown that changes in insolation pattern due to changes in precession also exert a substantial impact on the periodicity of the climate and AMOC variability. Model results show that a change from a Northern Hemisphere summer solstice perihelion to winter solstice perihelion causes an increase in the periodicity of the AMOC variability from decadal to millennial. Analysis reveals that an increase of sea ice over the Northern Hemisphere and a decrease in sea ice over the Southern Ocean due to insolation changes play a role in increasing the periodicity through stabilising both the vigorous AMOC and weak AMOC. These results may have some implications in interpreting the ice core data.

キーワード：数千年の気候変動、大西洋子午面循環、海氷
Keywords: millennial time-scale climate variability, AMOC, sea ice

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地軸の傾きと歳差・離心率、大気二酸化炭素濃度の変化がもたらす南半球高緯度における温暖化と気候フィードバックの違い
Warming and climate feedbacks in the southern high latitude driven by obliquity, precession-eccentricity, and atmospheric CO2

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1]
*Kanon Kino[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Ryouta O'ishi[1], Fuyuki SAITO[2], Masakazu Yoshimori[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

大気中二酸化炭素濃度の増加に伴う地球温暖化が特に極域で大きく現れることは極域気温増幅としてよく知られており、南半球高緯度においては、気候モデルを用いた研究によって温暖化要因の分析がされている (Lu and Cai, 2009)。また、南極氷床コアを用いた最新の研究では、地球の軌道要素である地軸の傾きや離心率の周期変動と現地気温の変動について、詳細な位相関係の議論が行われている (Uemura et al., 2018)。そこで、本研究では気候モデルMIROCを用いて、地球軌道要素が変化したときの南半球高緯度温暖化がどのようになるか大気中二酸化炭素濃度増加の場合と比較を行い、気候フィードバックの違いを調べた。

大気大循環モデルに海洋混合層モデルを結合したMIROC(Hasumi and Emori, 2004)を用いて、地軸の傾きを過去にあり得る最大値とした実験、離心率を過去にあり得る最大値でかつ近日点に冬至がくるとした実験を行い、南半球高緯度の気候変化を解析した。さらに、地表面での放射収支解析 (Lu and Cai, 2009) を行った。

結果として、南極氷床が存在する南極大陸上の温暖化は、地球軌道要素が変化する場合、日射が雲に遮られない晴天域の短波放射の変化によって主に決められていた。このことは、長波放射による強い加熱が温暖化をもたらす大気中二酸化炭素濃度増加の場合と対照的だった。また、南大洋上の温暖化の定性的な季節性は、放射強制力にかかわらず共通していて、夏にほとんど温暖化がみられず、秋から冬にかけて強い温暖化がみられた。放射収支解析から、この季節性をもたらす要因は、北半球高緯度の場合と共通しており、夏に海洋に吸収されたエネルギーが 冬に大気へ放出されることであるとわかった。また、定量的には、秋から冬の温暖化の強度が異なった。これには、特に春から初夏にかけての放射強制力の違いが海氷融解に与える影響が、重要であることがわかった。

今後は、大気循環や降水分布の解析も行っていく。また、海洋大循環も考慮したモデルの結果も解析する予定である。

キーワード：気候モデル、南極、軌道要素、フィードバック
Keywords: GCM, Antarctica, orbital parameter, feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origin of Circumpolar Deep Water intruding onto the Amundsen and Bellingshausen Sea continental shelves

* 中山 佳洋[1,2]、Menemenlis Dimitris[2]、Zhang Hong[2]、Michael Schodlok[2]、Rignot Eric[2,3]
*Yoshihiro Nakayama[1,2], Menemenlis Dimitris[2], Hong Zhang[2], Michael Schodlok[2], Eric Rignot[2,3]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. NASA Jet Propulsion Laboratory、3. Uniersity of California, Irvine
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. NASA's Jet Propulsion Laboratory, 3. Uniersity of California, Irvine

Melting of West Antarctic ice shelves is enhanced by Circumpolar Deep Water (CDW) intruding onto the Amundsen and Bellingshausen Seas (ABS) continental shelves. Despite existing studies of cross-shelf and on-shelf CDW transports, CDW pathways onto the ABS originating from further offshore have never been investigated. Here, we investigate CDW pathways onto the ABS using a regional ocean model. Simulated CDW tracers from a zonal section across 67˚S (S04P) circulate along the Antarctic Circumpolar Current (ACC) and Ross Gyre (RG) and travel into ABS continental shelf after 3–5 years, but source locations are shifted westward by ~900 km along S04P in 2001–2006 compared to 2009–2014. We find that simulated on- and off-shelf CDW is ~0.1–0.2 ˚C warmer in the 2009–2014 case than in the 2001–2006 case together with changes in simulated ocean circulation. These differences are primarily caused by lateral, rather than surface, boundary conditions, implying that large-scale atmospheric and ocean circulations are able to control CDW pathways and thus off- and on-shelf CDW properties.

キーワード：Ice shelf-ocean interaction、Amundsen-Bellingshausen Sea、Circumpolar Deep Water (CDW)
Keywords: Ice shelf-ocean interaction, Amundsen-Bellingshausen Sea, Circumpolar Deep Water (CDW)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018/2019 夏季豪州南極海盆南部の海洋・物質循環 ー 開洋丸 KY18-04 航海速報

Ocean and material circulation in the southern part of the Australian Antarctic Basin in 2018/2019 summer - preliminary results from Kaiyomaru KY18-04 cruise

*勝又 勝郎[1]、平野 大輔[2]、野村 大樹[2]、山崎 開平[2]、國府 陽一郎[2]、木内 政彰[2]、青木 茂[2]、村瀬 弘人[3]
*Katsuro Katsumata[1], Daisuke Hirano[2], Daiki Nomura[2], Kaihe Yamazaki[2], Yoichiro Koh[2], Masaaki Kiuchi[2], Shigeru Aoki[2], Hiroto Murase[3]

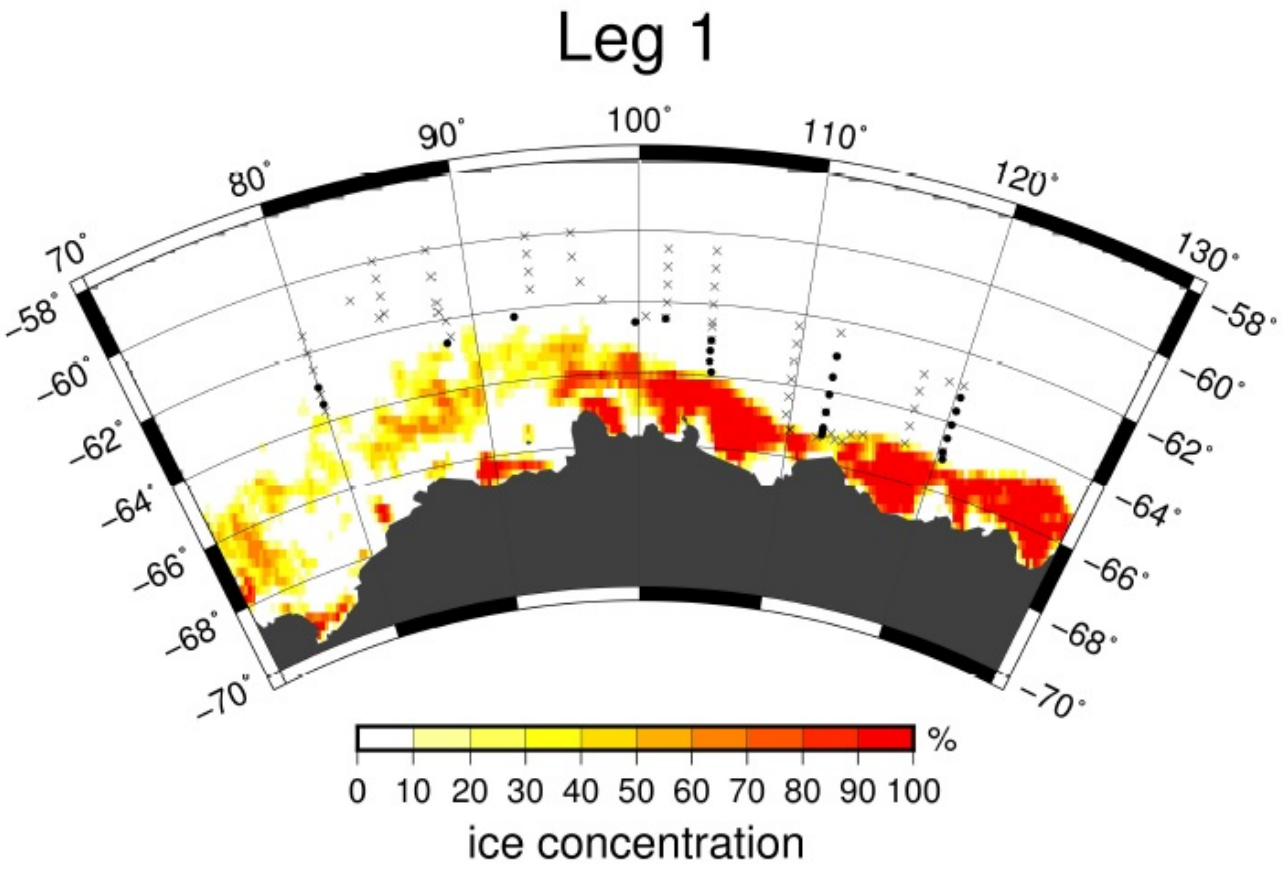
1. 海洋研究開発機構、2. 北海道大学、3. 国際水産資源研究所
1. JAMSTEC, 2. Hokkaido Univ., 3. NRI-FSF

豪州南極海盆はロス海・アデリー沖などで形成された底層水が南極沿岸流に沿って流入し、それを変質させて太平洋・インド洋の南極底層水循環の起点となる海盆である。近年観測されている南極底層水の体積減少・低塩化と大気・海氷と海洋の間の相互作用を結び付けるためには豪州南極海盆の循環がどのように変化しているのか知る必要がある。南大洋はおもに環海流北部で中層水・モード水への人為起源二酸化炭素を送り込む入り口として知られているが、環海流南部で底層水にどれほど炭素を送り込んでいるのか、あるいは炭素の多い深層水の湧昇を通じて大気に炭素を放出しているのかという質問に答えるためにはやはり豪州南極海盆の炭素循環を知る必要がある。またこれらの海洋・物質循環の変化はそこに生息する生物および生態系にどのような変化を与えているのかといった問題に取り組むうえで、生態系調査との同時観測が極めて有益である。

水産庁調査船開洋丸は 2018 年 12 月から 2019 年 3 月まで豪州南極海盆南部の海氷縁付近で海洋・物質循環および生態系に関する総合現地調査を行った。この海域は 1996 年に豪州によって観測されている。要旨執筆時点で 40 を超える CTD・LADCP・採水観測が行われている。また 80 を越える上層 1000 m までの XCTD 観測が行われている。予備的な解析では南極底層水の変化が観測されている。下図には前半 Leg 1 (2018 年 12 月 5 日から 2019 年 1 月 16 日）の CTD・LADCP・採水 （黒丸） XCTD 点（バツ）を示す。人工衛星搭載センサ AMSR2 から推定された海氷密接度は緯度 90 度以西は 2018 年 12 月 17 日、緯度 90 度から 107 度は同年同月 24 日、緯度 107 度以東は同年同月 31 日のデータを組み合わせて表示した。本発表では調査結果の概要を紹介するとともに今後の研究展開を展望する。

キーワード：陸棚循環、深層水形成、炭素循環
Keywords: Shelf circulation, Bottom water formation, carbon circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南大洋子午面循環の直接測流と定量評価を目指した係留観測
Mooring observation aiming direct current measurement and quantitative evaluation of Meridional Circulation of Southern Ocean

*北出 裕二郎[1]、溝端 浩平[1]、渡部 和帆[1]、程 霊巧[3]、高 郭平[3]、青木 茂[2]、牛尾 収輝[4]、嶋田 啓資[1]、大島 慶一郎[2]
*Kitade Yujiro[1], Kohei Mizobata[1], Kazuho Watanabe[1], Linquiao Chen[3], Gaopin Guo[3], Shigeru Aoki[2], Shyuki Ushio[4], Keishi Shimada[1], Kay I. Ohshima[2]

1. 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 上海海洋大学、4. 国立極地研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Hokkaido University, 3. Shanghi Ocean University, 4. National Institute of Polar Research

深層大循環は地球を巡る大規模な熱塩循環で、安定した気候の維持に重要な役割を果たす。近年、南極底層水が昇温・低塩化する傾向が各地で観測されつつある中、我々は、その低塩化機構の解明、および南大洋子午面循環の流量と変化を定量的に捉えるため、大規模な係留観測網の構築を目指している。そこで、最初の試みとして、南大洋子午面循環の直接測流を行うため、海鷹丸により2系の係留観測（2017年1月～2018年1月）を行った。設置回収時には、110°E上の定点とビンセネス湾沖で、海底直上までのCTDを実施した。季節海氷域北限域の測点KMN (60-56S,110-07E、水深：4180m)には、5台の流速計、ADP流速計、マイクロキャット4台、RBR solo T6台からなる全長約4200m、夏期発散帯付近のKMS（63-32S,108-02E、水深：3201m）には、マイクロキャット10台、CT計3台、solo T 30台からなる全長約2300mである。KMNの係留系はトップブイが海面まで出ていたため、冬季海氷の張り出しにより２つのブイが破損し、若干沈みやすくなってしいたが、全てのセンサーを無事回収することができた。

係留で得られた記録には、循環流の構造を示唆する流れ場が観測されており、中規模渦による周期的な変動や季節変動も認められた。詳細な変動の特性については、別に投稿しているポスターの結果を参照していただきたい。本報告では、観測の全様、係留観測結果のダイジェスト的な結果について紹介する。５つの流速計で得られた年平均流速[u, v(㎝/s)]は、上から429mで[2.15, -1.26]、859mで[1.46, -0.88]、1918dbで[0.26, -1.26]、3366dbで[-1.32, -0.78]、4080dbで[-1.65,-1.77]であった。東西流は、上の３層で東向き、下の2層では西向きで、緯線に沿ったリーズナブルな流速構造を示すことが分かる。南北流では、下層で少し大きいが、他の深度では1㎝/s程度の南向きの流れを示す。この1㎝/sという流速は、この海域の風応力場から求まるスベルドラップ輸送の流速値とほぼ一致する。また、400m深付近には、周極深層水と考えられる2℃前後の水塊が分布し、2カ月程度の周期的な南向流と同期して昇温する様子が認められた。これらの流速構造と変動は、当該海域の循環の第一近似的な特徴であると考えている。また、WindSatによる海上風データを用いて風応力のCurlの変動を調べた結果、一部の流速変動と対応する周期変動を示すことが分かった。本要旨では、速報値から分かる定性的な特徴だけを記したが、講演時には他の係留データも加え、より定量的な議論に踏み込んだ内容を紹介する。

キーワード：南大洋、子午面循環、係留観測、風応力
Keywords: Southern Ocean, Meridional Circulation, mooring observation, wind stress

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[M-IS15] 遠洋域の進化

コンビーナ:松岡 篤(新潟大学理学部)、木元 克典(独立行政法人海洋研究開発機構)、栗原 敏之(新潟大学大学院自然科学研究科)、尾上 哲治(熊本大学大学院自然科学研究科)、座長:松岡 篤、栗原 敏之

This session focuses on the evolution of ecosystem in the pelagic realms,
including discussions on all aspects of pelagic biota covering biostratigraphy,
biochronology, evolution, and biogeography, which are important to the
reconstruction of the spatio-temporal framework in the pelagic realm.
Reconstructions of plate configuration through time are included in the scope of
 this session. Biological, geochemical, sedimentological approaches to the
pelagic environments are welcomed.

15:30 ~ 15:45

[MIS15-01] DSDP/ODPの遠洋性粘土コアに記録された北太平洋における新生代の環境変動

*見邨 和英[1]、山本 克志[1]、中村 謙太郎[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、臼井 洋一[3]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.JAMSTEC)

15:45 ~ 16:00

[MIS15-02] 美濃帯の下部ジュラ系遠洋深海堆積岩に記録された海洋酸化還元状態の復元

*曽田 勝仁[1] (1.熊本大学自然科学研究科)

16:00 ~ 16:15

[MIS15-03] パンサラッサ遠洋域深海堆積岩における中部三畳系アニシアン統のコノドント生層序—放散虫化石帯との統合—

*武藤 俊[1]、高橋 聡[1]、山北 聡[2]、曽田 勝仁[3]、尾上 哲治[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.宮崎大学教育学部、3.熊本大学先端科学研究部)

16:15 ~ 16:30

[MIS15-04] 美濃帯坂祝セクションの層状チャートから解読した三畳紀海水Os同位体比変動

★招待講演

*野崎 達生[1,2,3,4]、二階堂 崇[5]、尾上 哲治[6]、高谷 雄太郎[7,1,2,4]、佐藤 佳子[1]、木村 純一[8]、常 青[8]、山下 大輔[6]、佐藤 峰南[4,1]、鈴木 勝彦[1]、加藤 泰浩[2,4]、松岡 篤[5] (1. JAMSTEC・資源、2.東大・工、3.神戸大・理、4.千葉工大・次世代資源、5.新潟大・自然科学、6.熊本大・自然科学、7.早大・創造理工、8.JAMSTEC・D-SEG)

16:30 ~ 16:45

[MIS15-05] **The preservation of radiolarians across the Jurassic-Cretaceous (J/K) boundary in the Bosso Valley section, Central Italy**

*リ シン[1]、松岡 篤[2]、ベルティ アンジェラ[3]、キアーリ マルコ[4] (1.中国科学院の南京地質古生物研究所、2.新潟大学、3.ペルージャ大学、4.イタリアの地質と資源研究所)

16:45 ~ 17:00

[MIS15-06] Radiolarian faunas around the Jurassic-Cretaceous boundary in the Bosso Valley section, central Italy

*松岡 篤[1]、Xin Li[2]、Marco Chiari[3]、Angela Bertinelli[4] (1.新潟大学理学部地質科学科、2.中国科学院南京地質古生物研究所、3.地質資源研究所、4.ペルージャ大学)

DSDP/ODPの遠洋性粘土コアに記録された北太平洋における新生代の環境変動

Environmental changes of the North Pacific Ocean through the Cenozoic era recorded in DSDP/ODP pelagic clay cores

*見邨 和英[1]、山本 克志[1]、中村 謙太郎[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、臼井 洋一[3]、加藤 泰浩[1,2]
*Kazuhide Mimura[1], Katsushi Yamamoto[1], Kentaro Nakamura[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Junichiro Ohta[2], Koichiro Fujinaga[2,1], Shiki Machida[2], Yoichi Usui[3], Yasuhiro Kato[1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. JAMSTEC
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, the University of Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology, 3. JAMSTEC

Deep-sea sediment records paleo-environmental changes thorough geologic time. Pelagic clay, one of the most common types of deep-sea sediment, is an important medium recording changes of atmospheric/oceanic circulations and surface ocean productivity that occurred in pelagic realm [1]. Despite its importance, however, less attention has been paid to the pelagic clay than to other sediments, mainly due to the two following reasons: (1) pelagic clay lacks visible features, which hampers clarifying the stratigraphic variations within pelagic clay units, (2) determining the depositional age is very difficult due to lacks of siliceous/calcareous microfossils and difficulties in identifying paleomagnetic reversals.

Our recent studies [2,3] have shown that bulk chemical composition is a very useful tool to characterize apparently homogenous pelagic clay. We previously determined bulk geochemistry of pelagic clay samples obtained from ODP sites 1149 and 1179 in the western North Pacific Ocean [2], and compared with that from LL44-GPC3 in the central North Pacific Ocean [1]. The results indicate that pelagic clay in the North Pacific is composed of common three layers, each having characteristic major- and trace-element composition [2,3]. This suggests that the problem (1) (i.e., difficulty in stratigraphic characterization) can be solved on the basis of geochemistry. Moreover, regarding the problem (2) (i.e., difficulty in age determination), we have applied biostratigraphy of ichthyolith (microfossils of fish teeth) to constraining the depositional ages of pelagic clay at sites 1149 and 1179 [3]. These achievements suggest that the problems in using pelagic clay as a recorder of paleo-environment can be overcome.

Here, we newly determined bulk chemical compositions of pelagic clay cores at DSDP sites 576, 578 and ODP Site 886, whose depositional ages were constrained [4,5]. By combining the results with our previous data, we constructed a dataset of bulk geochemistry and depositional age of pelagic clay covering a broad area in the North Pacific Ocean. The data show that the common chemostratigraphy we have reported [2,3] is truly a general feature of pelagic clay in the North Pacific Ocean. Moreover, the integration of the geochemical features and paleogeographic reconstruction suggests that the common chemostratigraphy in the North Pacific Ocean reflects the global environmental changes through the Cenozoic era.

References: [1] Kyte et al. (1993) *Geochim. Cosmochim. Acta* **57**, 1719-1740. [2] Mimura, K et al. (2017) *JpGU Meeting 2017*. [3] Mimura, K et al. (2018) *JpGU Meeting 2018*. [4] Doyle and Riedel (1985) *Init. Repts. DSDP* **86**, 349-366. [5] Ingram (1995) *Proc. ODP* **145** 399-412.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：遠洋性粘土、北太平洋、化学層序、古環境、新生代
Keywords: pelagic clay, North Pacific Ocean, chemostratigraphy, paleoenvironment, Cenozoic era

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

美濃帯の下部ジュラ系遠洋深海堆積岩に記録された海洋酸化還元状態の復元

Reconstruction of oceanic redox conditions in the Lower Jurassic (Pliensbachian–Toarcian) pelagic deep-sea bedded chert sequence of the Mino Belt, central Japan

*曽田 勝仁[1]
*Katsuhito Soda[1]

1. 熊本大学自然科学研究科
1. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Kumamoto University

The Pliensbachian-Toarcian interval in the Early Jurassic is characterized by a second-order marine mass extinction and remarkable worldwide palaeoenvironmental perturbations associated with the early Toarcian oceanic anoxic event (T-OAE). However, oceanic redox conditions and palaeoceanographic processes for redox sensitive elemental accumulation are unclear in the pelagic deep-sea realms of the Panthalassic Ocean. Here we show geochemical and multivariate statistical analyses in the pelagic deep-sea sedimentary rocks of the Panthalassic Ocean during the Pliensbachian-Toarcian. Three principal components (PC1, PC2, and PC3) in the redox sensitive elements explained 88.64% of the total variance. The PC1 represents the comprehensive redox variations, whose stratigraphic variations show euxinic-anoxic conditions across the Pliensbachian/Toarcian (Pl/To) boundary layer and the classical T-OAE. The PC2 depicts the sorption processes of Fe-Mn oxide minerals with transition elements, whose stratigraphic variations suggest few drawdowns of the transition elemental inventory after the Pl/To boundary layer. The PC3 delineates the active particulate shuttles by Fe (-Mn) oxide minerals, whose stratigraphic variations indicate the strong activation between the Pl/To boundary layer and the classical T-OAE. The statistical extraction of both the PC1 and the PC3 support the characteristic phenomena in the pelagic deep-sea realms of the Panthalassic Ocean under the relatively strong reductive conditions.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パンサラッサ遠洋域深海堆積岩における中部三畳系アニシアン統のコノドント生層序ー放散虫化石帯との統合ー

Conodont biostratigraphy of Anisian pelagic deep-sea sedimentary rocks deposited in the pelagic Panthalassa—Integration with radiolarian biozones—

*武藤 俊[1]、高橋 聡[1]、山北 聡[2]、曽田 勝仁[3]、尾上 哲治[3]
*Shun Muto[1], Satoshi Takahashi[1], Satoshi Yamakita[2], Katsuhito Soda[3], Tetsuji Onoue[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 宮崎大学教育学部、3. 熊本大学先端科学研究部
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. Faculty of Education, University of Miyazaki, 3. Faculty of Advanced Science and Technology

The age of pelagic Panthalassic deep-sea sedimentary rocks such as bedded chert and claystone has been assigned based on radiolarian biozones. However, Middle Triassic radiolarian biozones of pelagic Panthalassic deep-sea strata are not precisely correlated to the standard geological timescale. In order to establish a direct correlation between the pelagic Panthalassic radiolarian biozones and the standard geological timescale, we investigated conodont biostratigraphy in two radiolarian-controlled bedded chert sections of Anisian age: the Ajiro Island section in Oita Prefecture and the Kurusu section in Aichi Prefecture. We recognised six conodont biozones in the studied sections: the upper Olenekian *Novispathodus brevissimus-Icriospathodus collinsoni* and *Triassospathodus homeri* Zones, the lower Anisian *Chiosella timorensis* Zone, the middle Anisian *Paragondolella bulgarica* Zone, the upper Anisian *Paragondolella excelsa* Zone and the uppermost Anisian to lowermost Ladinian *Paragondolella trammeri* Zone. Based on the recognition on these conodont zones, we reassessed the age of the Triassic radiolarian biozones defined by Sugiyama (1997, *Bull. Mizunami Foss. Mus.*, vol. 24, p. 79–193). Sugiyama’s radiolarian TR 1 Zone, previously considered to be of Olenekian age, extends to the middle Anisian. The TR 2A Zone, the TR 2B Zone and the lower part of the TR 2C Zone are correlated to the middle Anisian, while the upper part of the TR 2C Zone and the lower part of the TR 3A Zone are correlated to the upper Anisian. The upper part of the TR 3A Zone and the lower part of the TR 3B Zone are probably correlative to the uppermost Anisian, but the possibility that they are correlative to the lowermost Ladinian cannot be ruled out.

キーワード：層状チャート、微化石層序、ジュラ紀付加体
Keywords: bedded chert, microbiostratigraphy, Jurassic accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

美濃帯坂祝セクションの層状チャートから解読した三畳紀海水Os同位体比変動

Triassic marine Os isotope record reconstructed from a pelagic chert succession, Sakahogi section, Mino Belt, southwest Japan

*野崎 達生[1,2,3,4]、二階堂 崇[5]、尾上 哲治[6]、高谷 雄太郎[7,1,2,4]、佐藤 佳子[1]、木村 純一[8]、常 青[8]、山下 大輔[6]、佐藤 峰南[4,1]、鈴木 勝彦[1]、加藤 泰浩[2,4]、松岡 篤[5]
*Tatsuo Nozaki[1,2,3,4], Takashi Nikaido[5], Tetsuji Onoue[6], Yutaro Takaya[7,1,2,4], Keiko Sato[1], Jun-Ichi Kimura[8], Qing Chang[8], Daisuke Yamashita[6], Honami Sato[4,1], Katsuhiko Suzuki[1], Yasuhiro Kato[2,4], Atsushi Matsuoka[5]

1. JAMSTEC・資源、2. 東大・工、3. 神戸大・理、4. 千葉工大・次世代資源、5. 新潟大・自然科学、6. 熊本大・自然科学、7. 早大・創造理工、8. JAMSTEC・D-SEG
1. JAMSTEC/R&D CSR, 2. Univ. of Tokyo, 3. Kobe Univ., 4. ChibaTech, 5. Niigata Univ., 6. Kumamoto Univ., 7. Waseda Univ., 8. JAMSTEC/D-SEG

Pelagic cherts preserved in accretionary complexes represent former seafloor sediment that can retain geochemical evidence of paleoceanographic conditions that predate the oldest extant oceanic crust. The ratio of Os isotopes in seawater, in particular, is of wide interest as a source of insight into notable geologic events such as oceanic anoxic events, rapid global warming episodes, and eruption of large igneous provinces, but marine Os isotope records from before 80 Ma are scarce. We present a record of secular variations of marine Os isotope ratios from a thick, continuous succession of Middle and Upper Triassic pelagic chert in the Sakahogi section of the Mino Belt accretionary complex.

キーワード：チャート、Re-Os同位体、三畳紀、付加体、美濃帯、西南日本
Keywords: Chert, Re-Os isotope, Triassic, Accretionary complex, Mino Belt, Southwest Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The preservation of radiolarians across the Jurassic-Cretaceous (J/K) boundary in the Bosso Valley section, Central Italy

*リ シン[1]、松岡 篤[2]、ベルティ アンジェラ[3]、キアーリ マルコ[4]
*XIN LI[1], Atsushi Matsuoka[2], Angela Bertinelli[3], Marco Chiari[4]

1. 中国科学院の南京地質古生物研究所、2. 新潟大学、3. ペルージャ大学、4. イタリアの地質と資源研究所
1. State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, 2. Niigata University, 3. Università degli Studi di Perugia, 4. Istituto di Geoscienze e Georisorse

The Bosso Valley section is located near the Pianello-Cagli road and follows the Bosso River in the Umbria-Marche area of the Central Italy. The pronounced increase in abundance of *Calpionella alpina* documented at the base of *Calpionella* zone was accepted as the Jurassic–Cretaceous boundary (JKB) indicator in the Bosso Valley section. The magnetostratigraphical record of the JKB has been correlated with the *Calpionella* zone. The JKB is placed between Beds 77 and 78 (Housa et al. 2004). The Maiolica Formation, which crosses the JKB, is characterized by whitish, beige to gray colored, well-bedded limestones with abundant black to gray chert layers and chert nodules and marly intervals. Certain horizons in the Bosso Valley section yield well-preserved radiolarians, significant for the correlation of deep marine sediments. In order to establish radiolarian biostratigraphy across the JKB, detailed study was conducted to elucidate relationship between lithology and preservation of radiolarians in the Bosso Valley section.

Thin sections of 19 samples were observed to elucidate the relationship between lithology and preservation of radiolarians. Three samples of micritic limestone below the JKB (Beds 73, 75, and 77) and two samples above the JKB were collected for analyzing. The limestone samples were immersed in 10% hydrochloric acid for 30 to 60 minutes, then washed, dried and examined under a binocular microscope and a scanning electron microscope.

Radiolarians are abundant both in the chert bands or nodules and in the limestone. Preservation of radiolarians varies in different parts because of the diagenesis. Surfaces of etched limestone are observed and divided into different parts, based on the preservation of radiolarians. Radiolarians are generally calcified in the pure lime beds. Radiolarians are generally bad preserved in the chert bands or nodules. Well-preserved radiolarians are located inside the lime part near the chert bands or nodules. Primary results of radiolarian assemblages near the JKB are proposed. Limestones near chert layers or nodules in the Bosso Valley section enable radiolarian biostratigraphic study across the JKB.

キーワード：保存、放散虫、ジュラ紀白亜紀（J/K）の境界
Keywords: preservation, radiolarians, Jurassic-Cretaceous (J/K) boundary

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiolarian faunas around the Jurassic-Cretaceous boundary in the Bosso Valley section, central Italy

*松岡 篤[1]、Xin Li[2]、Marco Chiari[3]、Angela Bertinelli[4]
*Atsushi Matsuoka[1], XIN LI[2], Marco Chiari[3], Angela Bertinelli[4]

1. 新潟大学理学部地質科学科、2. 中国科学院南京地質古生物研究所、3. 地質資源研究所、4. ペルージャ大学
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 2. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciense, 3. C.N.R., Istituto di Geoscienze e Georisorse, sede secondaria di Firenze, 4. Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia

The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Jurassic–Cretaceous boundary (JKB) is the last among the GSSPs in the Phanerozoic. It is defined as the base of the Berriasian Stage. The formal definition was decided in 2016 to use the base of the *Calpionella alpina* Subzone as the primary marker by the Berriasian Working Group in the International Subcommission on Cretaceous Stratigraphy. The definition is satisfactorily applicable for shallow marine deposits within the western Tethys, north Atlantic and central-south America. Unfortunately, the primary marker taxon cannot be found in the Pacific and circum-Pacific regions because of the limited distribution of *Calpionella*. To determine the base of the Berriasian outside of the *Calpionella* territory, alternative markers are needed.

Radiolarians are good candidates for defining the JKB because they are wide spread and can be found both shallow and deep sedimentary facies. Pelagic sequences across the JKB have been reported in ODP/IODP sites in the western Pacific and land sections in Japan, the Philippines, southern Tibet, Iran and others. Evolutionary lineages of several radiolarian taxa across the JKB are reviewed and suitable bioevents, which are approximate to the JKB, are presented. The *Loopus–Pseudodictyomitra* lineage can be the most important phylogeny for defining the JKB.

The Bosso Valley section in Umbria–Marche, central Italy, is one of potential candidates for GSSP of the JKB. The Maiolica Formation, which crosses the JKB, is characterized by whitish, beige to gray colored, well-bedded micritic limestones with abundant black to gray chert layers and nodules. Calpionellid stratigraphy and magnetostratigraphy have been studied sufficiently in the section. The base of the *Calpionella alpina* Subzone, i.e. the JKB, is placed between Beds 77 and 78. We carried out detailed field observations and careful sample collections in a 4-m interval across the JKB. Acid-etched examination of rock samples revealed that well-preserved radiolarians are recognized inside the lime part near the chert layers or nodules. Several samples of micritic limestone below and above the JKB yield well-preserved radiolarians. The result of radiolarian faunal analysis in the Bosso Valley section is presented.

キーワード：ジュラ-白亜系境界、GSSP、放散虫
Keywords: Jurassic–Cretaceous boundary , GSSP, Radiolaria

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | 201B 2F

[M-IS17] 歴史学×地球惑星科学

コンビーナ:加納 靖之(東京大学地震研究所)、芳村 圭(東京大学生産技術研究所)、磯部 洋明(京都市立芸術大学美術学部)、岩橋 清美(国文学研究資料館)、座長:加納 靖之 (東京大学 地震研究所)、岩橋 清美、磯部 洋明、芳村 圭、玉澤 春史

現代の地球惑星科学において観測データは不可欠であるが，一方でそのデータを取得し始めたのは地球の歴史から見ればあまりに最近である．様々な長期変動を議論したり，非常に稀な現象をとらえたりするには，現代観測以前の情報を有効に活用しなければならない．人々が様々な場面で記録した記録は，歴史的な価値と同時に，自然科学の重要な観測記録の側面ももつ．

歴史資料を利用した地球惑星科学研究は，歴史地震学，歴史気象学・気候学，歴史天文学など，様々な分野で行われているが，分野間連携により資料・データや手法，モデルなどそれぞれの知見を共有することで新たな知見が得られる．歴史資料の利用にあたってはその信頼性や書かれた社会背景なども吟味する必要があり、歴史学者の参画が必須である。同時に、現代自然科学の観点から歴史史料に残された現象を読み解くことは、翻って歴史学にも新たな知見をもたらし得る。

人文情報学の発達や，歴史資料を使用したデータ同化といった新手法など，近年の新たな動きを概観するとともに，自然科学，社会科学，人文科学にわたる幅広い研究者の間の交流や対話をうながし，新たなアイデアを創出する．

9:00 ~ 9:05

Introduction

9:05 ~ 9:30

[MIS17-01] 古文書から復元する近世日本の森林環境

★招待講演

*白水 智[1] (1.中央学院大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS17-02] バビロン天文日誌の研究：現状と展望

*三津間 康幸[1] (1.東京大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS17-03] 大型太陽フレアを生じる太陽黒点の特徴と歴史的資料を活用した研究の可能性

*鳥海 森[1] (1.国立天文台)

10:00 ~ 10:15

[MIS17-04] 「14世紀の危機」についての環境史的考察の試み

*諫早 庸一[1] (1.北海道大学スラブ・ユーラシア研究センター)

10:15 ~ 10:30

[MIS17-05] ACRE－Japanのデータレスキュー活動による19世紀末以降のアジアモンスーン変動の解明

*松本 淳[1,2]、井上 知栄[1]、藤部 文昭[1]、浜田 純一[1]、林 泰一[3]、寺尾 徹[4]、村田 文絵[5]、久保田 尚之[6]、赤坂 郁美[7]、釜堀 弘隆[8]、遠藤 伸彦[9]、山本 晴彦[10]、小林 茂[11]、村治 能孝[12] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理環境科学専攻、2.海洋研究開発機構大気海洋相互作用研究分野、3.京都大学、4.香川大学、5.高知大学、6.北海道大学、7.専修大学、8.気象研究所、9.農研機構農業環境変動研究センター、10.山口大学、11.大阪大学、12.EScoT)

古文書から復元する近世日本の森林環境
Document based reconstruction of environment of forests in the Edo period

*白水 智[1]
*SATOSHI SHIROUZU[1]

1. 中央学院大学
1. Chuogakuin University

江戸時代については、巷間、人と自然が優しく共存した時代であると称揚されることが多い。しかし、実際には自然の過剰利用による資源枯渇が発生するなど、必ずしも人は自然に優しく生きていたわけではない。

「御林書上帳」という史料がある。御林とは、庶民の利用に厳しい規制がかかった幕府・大名の統制林であったが、その日常的管理は、御林守などに任命された地元住民に委ねられていた。彼らは領主の指示により、森林の状況を詳細に調べ上げた報告書を作成し、「御林書上帳」として提出した。そこには、木の種類・太さ・高さ・本数などが列記されている。歴史学研究者にとっては、解読することはできるが、ひたすら退屈な史料である。しかし林学の研究者から見ると、この帳面は、今は見ることのできない何百年も前の森林状況のデータが埋もれた宝の山であり、当時の森林環境が鮮やかに復元できる素材である。長野県林業総合センターの小山泰弘氏に信濃国北部の森林について、これらの史料を利用して復元研究を行ってもらったところ、御林の多くは直径20～30センチほどのアカマツを中心とする疎林にすぎず、豊かな緑に覆われていたわけではないことが明らかとなった。一方で、同じ地域の栄村にあった「仙道御林」は、全く様相が異なっていた。そこはナラとブナが7割を占める13.5の森で、幹周2丈(6m。胸高直径2mに相当)を超える樹木が56本もあった。環境省が「巨木」とする木は幹周3m以上をいうが、それに相当する目通り9尺以上の樹木は1615本もあり、まさに現代なら天然記念物級の「巨木の森」だったのである。わずか200年前の日本にこのような森があったのは驚きであるが、逆に言えば、こうした森を当たり前のように存在させたのが日本の自然だったのであり、それが失われた原因は紛れもなく人為による伐採であった。日本の自然を考えるとき、人間活動の痕跡を大きな要因として加えることの重要性を示す重要な一例といえる。

民有林に相当する林地では、当然ながら過剰な伐採は進行し、有用樹種の枯渇を招く事態となった。北信濃の秋山地区では、スギ・クロベなどの有用な針葉樹は19世紀初頭までに多くを伐り尽くしてしまい、史料には「残るのはブナ・ナラ・トチなど雑木ばかり」と、どうでもいい無用な木ばかりになってしまったかのように記されている。それまで秋山で生産されていたのは、桶・曲物など目の通った針葉樹材を材料にした器物であったからである。しかし人は窮地に陥れば知恵を働かす。今度は材料を豊富に存在する広葉樹に転換し、木鉢・コースキ(木鋤)などの木工品作りに精を出すようになった。「使えない雑木」だったものが主たる素材になったのである。こうして新たな樹種の利用方法を編み出し、窮地を脱することができたが、「人欲は限りなし」と自ら記録に記す伐採状況であったことは間違いない。

また一方、「御林書上帳」を子細に見れば、必ずしも真実を正確に書き上げたものとはいえない部分もある。歳月を経て提出された２冊の書上帳間で、樹木の本数が全く同数に揃えられているのである。森林管理の不備を問われることを恐れて、明らかに数字を調整したと見られる。書き残された古文書は、やはり「人くさい」社会の産物でもあるのである。この「人くさい」社会の営み(政治・経済・制度・心意・習俗)を明らかにするのが、歴史学の真骨頂である。そしてこの「人くささ」を前提とした古文書の内容・文言の吟味、すなわち史料批判を通じて、史料はデータとしての意味をより明確に捉えられるようになる。

キーワード：歴史、森林、環境
Keywords: history, forests, environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バビロン天文日誌の研究：現状と展望
Studies of Babylonian Astronomical Diaries: Today and the Future

*三津間 康幸[1]
*Yasuyuki Mitsuma[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

発表者はアッカド語楔形文字で粘土板に書かれた膨大な文書、『バビロン天文日誌』（以下ADB）の研究状況と今後の展望について述べる。ADBはバビロニア（主にバビロン）で前7世紀から前1世紀にかけて作成され、天文、天候、ユーフラテス河の水位、農畜産物の価格、歴史的事件などを詳細に記録する。ADBの粘土板は1500枚ほど現存するが、これまでに400枚程度が、研究者が使用できるかたちで出版されているに過ぎない。発表者は2年間ロンドンに滞在し、未発表のADB粘土板のほとんどと、既発表のADB粘土板のかなりの部分を調査し、その写真を撮影した。これをもとに、今後発表者は未発表粘土板の出版と、既発表粘土板の再校訂を行う。さらに他の研究者と共同し、ADBの天文、天候の情報から、オーロラをはじめとする古代の天文現象や古気候を復元する。

キーワード：バビロン天文日誌、バビロン、楔形文字
Keywords: Babylonian Astronomical Diaries, Babylon, Cuneiform Scripts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大型太陽フレアを生じる太陽黒点の特徴と歴史的資料を活用した研究の可能性

Characteristics of the Sunspots that Produce Large Solar Flares and the Possibility to Investigate these Events Utilizing Historical Observational Records

*鳥海 森[1]
*Shin Toriumi[1]

1. 国立天文台
1. National Astronomical Observatory of Japan

太陽フレアは太陽表面で生じる突発的な磁気エネルギー解放現象であり、太陽黒点の周辺で発生する特に強大なイベントは、電磁波強度の増大・高エネルギー粒子の放出・コロナ質量放出を通じて直接、間接的に地球へ影響を及ぼす。史上最大規模とされる太陽フレアは1859年9月の「キャリントンイベント」であるが、このような極端現象の性質を理解するには、観測データの揃ったイベントのサンプル数を増やし、統計的研究を行う必要がある。これらの現象には現代の研究に耐えうるデータが必ずしも残されていないが、それでもなお、いくつかの手法によって太陽黒点が巨大フレアを生じた経緯や過程を明らかにできる可能性がある。講演ではまず、第24太陽活動周期（特に2010年以降6年間）に生じた太陽黒点の観測データ解析や、磁気流体シミュレーションによる黒点モデリングから明らかになったフレア黒点の形状的・磁気的特徴について述べる。続いて、黒点スケッチなど太陽活動現象に関する歴史的資料を用いて磁気活動を復元した研究例を紹介する。これらを通じて、太陽フレア黒点に関する現代の知見を過去に発生した極端現象の資料に当てはめ、現象の一端を解明する可能性について議論する。

キーワード：太陽フレア、太陽黒点、歴史的資料
Keywords: Solar flares, Sunspots, Historical documents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「14世紀の危機」についての環境史的考察の試み
An Approach of Environmental History to the "14th Century Crisis"

*諫早 庸一[1]
*Isahaya Yoichi[1]

1. 北海道大学スラブ・ユーラシア研究センター
1. Slavic-Eurasian Research Center, Hokkaido University

この報告は「14世紀の危機」について環境史的考察を試みるものである。「14世紀の危機」とは、一般に「中世の温暖期 (Medieval Warm Period: 1000～1300年)」が終わり、「小氷期 (Little Ice Age)」が始まるとされる14世紀に起きた寒冷化や天災の頻発、疫病の流行およびそれに伴うモンゴル帝国（1206～1368年）の崩壊のような政治変動を総合した「危機」を指す。天文学・気象学・地震学のような科学分野と歴史学・アーカイブ学のような人文学分野が共同する我々のプロジェクトは、分野横断的なアプローチでこの「危機」の実態に迫ることを目的の1つとしている。「14世紀の危機」は、これによりアフロ・ユーラシアにまたがった多元的な「13世紀システム」が閉じ、西洋主導の「近代世界システム」への道を開く画期として、かねてより注目されてきた。しかし、「危機」の要因――の少なくともその一部――が小氷期への移行という環境的な要因にあるのであれば、この種の生態環境の激変を考慮に入れなければ「危機」の実態は見えてこない。このプロジェクトは人間活動と生態環境との複雑な関わり合いに新たな光を当てようとするものである。

キーワード：14世紀の危機、環境史、小氷期、中世の温暖期、ユーラシア史、モンゴル帝国
Keywords: 14th Century Crisis, Environmental History, Little Ice Age, Medieval Warm Period, History of Eurasia, Mongol Empire

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ACREーJapanのデータレスキュー活動による19世紀末以降のアジアモンスーン変動の解明

Recovery of the Asian monsoon variations since the late 19th century by the data rescue activities in ACRE-Japan

*松本 淳[1,2]、井上 知栄[1]、藤部 文昭[1]、浜田 純一[1]、林 泰一[3]、寺尾 徹[4]、村田 文絵[5]、久保田 尚之[6]、赤坂 郁美[7]、釜堀 弘隆[8]、遠藤 伸彦[9]、山本 晴彦[10]、小林 茂[11]、村治 能孝[12]
*Jun Matsumoto[1,2], Tomoshige Inoue[1], Fumiaki Fujibe[1], Jun-Ichi Hamada[1], Taiichi Hayashi[3], Toru Terao[4], Fumie Murata[5], Hisayuki Kubota[6], Ikumi Akasaka[7], Hirotaka Kamahori[8], Nobuhiko Endo[9], Haruhiko Yamamoto[10], Shigeru Kobayashi[11], Yoshitaka Muraji[12]

1. 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理環境科学専攻、2. 海洋研究開発機構大気海洋相互作用研究分野、3. 京都大学、4. 香川大学、5. 高知大学、6. 北海道大学、7. 専修大学、8. 気象研究所、9. 農研機構農業環境変動研究センター、10. 山口大学、11. 大阪大学、12. EScoT
1. Deaprtment of Geography, Tokyo Metropolitan University, 2. Department of Coupled Ocean-Atmosphere-Land Processes Research, 3. Kyoto University, 4. Kagawa University, 5. Kochi University, 6. Hokkaido University, 7. Senshu University, 8. Meteorological Research Institute, 9. NARO/NIAES, 10. Yamaguchi University, 11. Osaka University, 12. EScoT

In most of the countries in monsoon Asia, the meteorological observations by modern instruments started during their colonial period before the World War II. However, most of these old meteorological data have not been digitized yet, and have not been utilized in the past climatic change researches. Here, we will briefly introduce our recent data rescue activities mainly for the daily precipitation data in the Former British India, China, Philippines, Vietnam, and Japan for the recovery of the past Asian monsoon variations since the late 19th century as one of the activities in the ACRE (Atmospheric Circulation Reconstruction over the Earth) project. Although with the aid of the World Meteorological Organization, the National Oceanic and Atmospheric Administration archived the scanned images of huge data books all over the world, it was sometimes very difficult to read the numerals in the scanned data. The original data books/sheets are needed for the accurate digitization of the old data. Acknowledgments: Part of this study was supported by The JSPS KAKENHI (25282085,26220202,15K16283,18K19951, 18H01681), The GRENE program of the MEXT. Digitization activities of the former British India were supported by Drs. Shoichi Shige (Kyoto Univ.), Masashi Kiguchi (Univ. Tokyo), Hironari Kanamori (Nagoya Univ.), and Nozomi Kamizawa(Tokyo Metrop Univ.). They were also supported from the India Meteorological Department, the Indian Institute of Tropical Meteorology and Indian students in Pune.

キーワード：データレスキュー、降水量、気候変動、アジアモンスーン
Keywords: Data rescue, Precipitation, Climatic variations, Asian monsoon

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 201B 2F

[M-IS17] 歴史学×地球惑星科学

コンビーナ:加納 靖之(東京大学地震研究所)、芳村 圭(東京大学生産技術研究所)、磯部 洋明(京都市立芸術大学美術学部)、岩橋 清美(国文学研究資料館)、座長:磯部 洋明、芳村 圭、岩橋 清美、加納 靖之 (東京大学 地震研究所)、玉澤 春史

現代の地球惑星科学において観測データは不可欠であるが，一方でそのデータを取得し始めたのは地球の歴史から見ればあまりに最近である．様々な長期変動を議論したり，非常に稀な現象をとらえたりするには，現代観測以前の情報を有効に活用しなければならない．人々が様々な場面で記録した記録は，歴史的な価値と同時に，自然科学の重要な観測記録の側面ももつ．

歴史資料を利用した地球惑星科学研究は，歴史地震学，歴史気象学・気候学，歴史天文学など，様々な分野で行われているが，分野間連携により資料・データや手法，モデルなどそれぞれの知見を共有することで新たな知見が得られる．歴史資料の利用にあたってはその信頼性や書かれた社会背景なども吟味する必要があり、歴史学者の参画が必須である。同時に、現代自然科学の観点から歴史史料に残された現象を読み解くことは、翻って歴史学にも新たな知見をもたらし得る。

人文情報学の発達や，歴史資料を使用したデータ同化といった新手法など，近年の新たな動きを概観するとともに，自然科学，社会科学，人文科学にわたる幅広い研究者の間の交流や対話をうながし，新たなアイデアを創出する．

10:45 ~ 11:00

[MIS17-06] 歴史ビッグデータ：構造化ギャップを克服するワークフローの構築と過去世界の統合解析

*北本 朝展[1,2,3]、市野 美夏[1,2] (1.国立情報学研究所、2.ROIS-DS人文学オープンデータ共同利用センター、3.総合研究大学院大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS17-07] 日記史料と震度データベースからみた江戸・東京の有感地震

*佐竹 健治[1] (1.東京大学地震研究所)

11:15 ~ 11:30

[MIS17-08] 高解像度気候復原による日本古代の気候変動と国家・社会の変容

*今津 勝紀[1]、中塚 武[2] (1.岡山大学大学院社会文化科学研究科、2.総合地球環境学研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS17-09] 樹木年輪と歴史資料からみた10世紀の十和田カルデラと白頭山の巨大噴火の絶対年代

*箱崎 真隆[1]、三宅 芙沙[2]、佐野 雅規[3]、木村 勝彦[4]、中村 俊夫[2]、奥野 充[5]、坂本 稔[1]、中塚 武[6,2] (1.国立歴史民俗博物館、2.名古屋大学、3.早稲田大学、4.福島大学、5.福岡大学、6.総合地球環境学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS17-10] 歴史学・考古学と地球惑星科学の協働をいかに活性化できるか？－気候適応史プロジェクトの教訓－

★招待講演

*中塚 武[1,2] (1.総合地球環境学研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科)

12:00 ~ 12:15

Discussion

歴史ビッグデータ：構造化ギャップを克服するワークフローの構築と過去世界の統合解析

Historical big data: integrated analysis of the past world by the workflow that bridges data structuring gaps

*北本 朝展[1,2,3]、市野 美夏[1,2]
*Asanobu Kitamoto[1,2,3], Mika Ichino[1,2]

1. 国立情報学研究所、2. ROIS-DS人文学オープンデータ共同利用センター、3. 総合研究大学院大学
1. National Institute of Informatics, 2. ROIS-DS Center for Open Data in the Humanities, 3. SOKENDAI

1. はじめに

過去の書籍や文書から情報を抽出し、それを統合することで、過去の世界を復元して分析する。このような歴史研究を我々は「歴史ビッグデータ」と呼ぶ。それはこのアプローチが、現代を対象に行われる「ビッグデータ」の研究と同じ構造や同じ目的を持つため、現代ビッグデータを過去に延長していくことに意味があると考えるからである。しかしそこに立ちはだかるのがデータ構造化である。過去のドキュメントにくずし字（手書き文字）で書かれたデータから、過去の世界を計算処理で復元するための高品質データを整備するには、デジタル化から品質管理に至る長大なデータ構造化ワークフローを支援する情報基盤が必要である。しかし自動的な構造化は困難なため、人間と機械の共同作業による効率的なデータ構造化ワークフローが必要である。そこで本研究は、非構造化データ（画像・テキスト）を構造化データ（解析準備データ）に変換するワークフローを設計し、再利用かつ検証可能な人文学データセットを構築するための情報基盤を構築する。

EUでは「Time Machine Flagship」（https://timemachineproject.eu/）という巨大プロジェクトが200機関以上の参加を得て立ち上がりつつある。そして、イタリアのベニスやオランダのアムステルダムなど、都市の歴史のビッグデータを集めて時空間を自由に行き来する「タイムマシン」の構築が始まっている。この動向は日本やアジアにはまだ波及していないため、本研究で構築する情報基盤は日本の拠点となってグローバルな活動と連携できる可能性がある。

2. 課題

過去の世界を復元するための研究はこれまでも数多く行われてきたが、歴史ビッグデータ研究は以下の点で既存のアプローチとは異なる。

第一に、対象とするデータの種類である。例えば古気候研究の場合、気候に関するあらゆるデータを用いるため、書籍や文書に限らず、自然界に残された痕跡（アイスコアや年輪などのプロキシデータ）なども活用することになる。しかし歴史ビッグデータの対象はあくまで人間が残した記録に限定し、文字記録の読み解きを含めた新しいデータ構造化の研究に焦点を合わせる。

第二に、対象とする分野である。単一分野の研究では、過去の世界の一部の現象のみを対象とし、それ以外の現象には注意を払わないことが多かった。例えば同じ日記を研究対象としていても、書誌データや抽出データは研究者グループを越えて共有されず、多数の研究者が同じような作業を繰り返す状況に陥ることが多かった。この状況を解決するため、歴史ビッグデータは分野横断的に活用可能な構造化ワークフローを提供し、情報共有のメリットを活用した研究を可能とする。

3. データの掛け合わせと読み替え

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

現代ビッグデータを過去に延長するには、技術の過去への延長に加えて、コンセプトや方法論の延長も重要な課題である。

第一に、データの掛け合わせとは、異なるデータを重ねて意外な関係性を見出すという方法論である。その典型的な例が地図である。複数のデータを位置合わせして重畳表示することで、データから得た洞察をアクションにつなげることができる。そこで課題となるのが、APIの相互運用性や語彙の共有などである。この問題を解決するために、我々は研究グループの今後の研究課題を共有し、作業の重複を避けてお互いの強みを活かすことで、限られたリソースを最大限に活用した情報基盤を開発している。

第二に、データの読み替えとは、ある目的に作られたデータを別の目的に再利用することの価値を見出す方法論である。現代ビッグデータにおいて有名な例は、車の走行データを震災時の通れる道マップに再利用するという事例であるが、同様のアイデアは歴史ビッグデータでも有用なはずはずである。例えば、人名録の変遷は気候変動の社会影響評価に使えないかなど、柔軟に発想を巡らせてデータを創造的に活用する必要がある。

4. 同床異夢を越えて

歴史ビッグデータ研究は、多分野を融合した研究である。もちろん人文学と理工学など文理の間には大きな違いがあるが、理工学の中でも分野による考え方の違いは決して小さくはない。こうした違いをどのように乗り越えるか。我々の基本的な考え方は、まず同床異夢であること、すなわち共同研究のメンバーが目指す個々の夢は異なることを認めた上で、なお同床であることの意義を積極的に評価するというものである。例えばデータやツールは夢が異なるものの間でも共有できるはずである。こうした共有のメリットを最大化した上で、個々の研究者は過去世界の異なる部分の復元に挑むというのが歴史ビッグデータ研究の構想である。

キーワード：歴史ビッグデータ、古気候、データ構造化、情報基盤、異分野融合研究、歴史的文書
Keywords: Historical big data, Paleoclimate, Data structuring, Information infrastructure, Multi-disciplinary research , Historical documents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日記史料と震度データベースからみた江戸・東京の有感地震
Felt earthquakes in Tokyo (Edo) based on historical daily records and seismic intensity data

*佐竹 健治[1]
*Kenji Satake[1]

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

歴史地震の史料については，明治時代以降3世代にわたって，史料収集と史料集の刊行が行われてきており，『大日本地震史料』(1904)，『増訂大日本地震史料』，『日本地震史料』（1941ー1951），『新収日本地震史料』（1981ー1991）として刊行されてきた．宇佐美（1980：地震予知連会報）や宇佐美・渡邊（2005，2006：歴史地震）は，これらの史料集に基づいて江戸時代以降の東京の有感記録数の年毎の変化をまとめている．このようにして調べられた有感地震の個数は史料の多寡に大きく依存する．上記の史料集に収められた史料のなかには，長期間にわたって毎日の天気などとともに有感地震について記録しているものがあり，これらは比較的小さな地震や大地震の余震も記録している．地震活動の時間的な変化を議論するには，このように均質な記録を使用することが望ましい．そこで，上記の史料集に収められている日記ごとに有感地震数をカウントし，明治以降の気象庁震度データベースによる有感地震数と比較してみた．

江戸時代の長期間にわたって最多の地震を記録しているのは『津軽藩御日記』であり，寛文八年（1668年）から慶応二年（1866年）までの約200年間に約1550個の有感地震を記録している．ただし，有感地震が全く記録されていない年が数年続くこともある．次に多いのは『榊原藩日記』であり，慶安四年（1651年）から安政六年（1859年）までの約200年間に約700個の有感地震を記録している．こちらも地震が全く記録されていない年があるが，津軽藩日記と相補的になっており，両者を合わせると地震が記録されていない年はほとんどなくなる．江戸時代初期については，『江戸幕府日記』（西丸及び島原松平藩）が寛永八年（1631年）から宝永四年（1707年）までの680個の有感地震をほぼ連続的に記録している．なお，石橋（1995）によれば，西丸とは酒井家旧蔵の右筆所日記の写本のことらしい．これらの他に，『対馬藩毎日記』，『稲葉氏永代日記』，『酒井家史料』などがそれぞれ100回以上の有感地震を記録している．それぞれの日記について，1年毎の地震回数を調べ，年毎に最も多いものを選んだ結果，1628年～1868年の241年間に2460個（年平均10回）が記録されていた．年毎の有感地震回数には，1704年（約60回），1855年（約50回），1649年（約50回）にピークがあり，これらはそれぞれ1703年12月31日元禄関東地震，安政江戸地震，関東における2つのＭ７クラスの地震の余震に対応する．

1885年以降は気象庁によって震度データベースが整備されており（石垣・高木，2000；石垣，2007：験震時報），それによると東京（大手町）における震度1，2，3以上の地震は年平均52回，16回，5回である．江戸時代と明治以降の有感地震の回数が同じであると仮定すると，江戸時代の日記はほぼ震度2以上の地震を記録していると考えられる．　また，1885年以降で震度2以上が最も多かったのは2011年の148回であり，東北地方太平洋沖地震の余震及びそれによって誘発された地震を記録している．大正関東地震が発生した1923年及びその翌年は，震度2以上の回数はそれぞれ36，35回であった． 日記史料と合わせると，2011年東北地方太平洋沖地震後の東京は，過去400年間で最も有感地震が多かったことがわかる．

キーワード：歴史地震、日記史料、東京
Keywords: Historical earthquakes, Daily records, Tokyo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度気候復原による日本古代の気候変動と国家・社会の変容
Climate and social changes in ancient Japan construed by use of high resolution reconstruction of the Climate in Historical Time

*今津 勝紀[1]、中塚 武[2]
*Katsunori IMAZU[1], Takeshi Nakatsuka[2]

1. 岡山大学大学院社会文化科学研究科、2. 総合地球環境学研究所
1. OKAYAMA University Graduate School of Humanities and Social Sciences, 2. Research Institute for Humanity and Nature

年輪酸素同位体比の解析により、年単位の高解像度の気候復原が実現し、過去数千年にわたる気候変動が明らかになった。年輪を構成するセルロースの酸素同位体比はその年の夏期の乾燥と湿潤を反映する。文字資料のない先史時代などの分析では、気候の数十年から数百年の中期的・長期的変動が有効であるが、文字を本格的に利用する国家成立以降の段階では、年単位のイベントと気象のあり方を照合することが可能となったのである。人間の生活が、自然との応答の中にあることは間違いないが、これまでの歴史学においては、過去の人間の生活と自然との応答を客観的に把握する方法が十分ではなかった。高解像度の古気候復原は、歴史学に新たな「ものさし」をもたらしたのである。

本研究では、日本の古代、とりわけ8世紀と9世紀を取りあげ、当該期の気候と社会との応答関係を明らかにする。中塚武による当該期の年単位気候復原により、8世紀は総体として乾燥気味ではあったが安定的であり、9世紀後半に不安定化して湿潤化し、10世紀に一転して乾燥が進行することが明らかとなった。当該期の歴史を記した文献資料『続日本紀』・『日本後紀』・『続日本後紀』・『日本文徳天皇実録』・『日本三代実録』にも気象に関する記事が含まれるが、それは簡略なものであり、実際にどれだけの旱や旱魃、霖雨や大雨であったのかはわからなかった。ようやく、高解像度の気候復原により、夏期の極端な乾燥や湿潤がどのような規模で、どのような被害をもたらしたのかを史料に即して理解することができるようになった。また、中長期的な気候の変動が把握できるようになることで、気候変動と国家や社会の変容との関連について見通しをえることも可能になった。

とりわけ、本研究で注目したいのは、古代の人口変動と社会システムの変容についてである。8世紀初頭の大宝律令の施行により、中国に範を求めた律令国家が完成するが、律令国家の諸制度は、日本という枠組みの起源となり、その後の日本の歴史を根底において規定する重要な意味をもった。律令国家の支配人口は、8世紀初頭で450万人程度、9世紀初頭で550万人程度と見込まれており、8世紀から9世紀の年平均人口増加率は0.2%となる。江戸時代の初頭、17世紀の人口は1200万人～1800万人と推定されており、古代から近世にかけて人口は微増するのだが、中世から近世に至る800年間の年平均人口増加率はせいぜい0.1%から0.15%である。日本古代は飢饉や疫病が頻発し脆弱で流動性の高い社会であったが、中世に比して高率の人口増加が実現した。その背景には、人と田を中央集権的に管理する律令制による再生産システムが機能していたことが想定できるとともに、8世紀の比較的安定的な気候が作用していたことが考えられる。

また、唐や新羅といった日本の周辺諸国の変動にともない、日本の律令制もなし崩し的に崩壊する。律令国家は、9世紀の後半から10世紀後半にかけて大きく変容するのだが、こうした社会システムの変容には、当時の世界情勢の変化とともに気候の変動が作用した。9世紀の後半には、耕作できない土地の増加や水損被害の田が問題化するが、その現実的な背景として、湿潤化という気候の変動があったことは間違いない。律令国家は、人と田を把握し管理することを放棄するようになるのであり、律令制再生産システムは崩壊していった。この時期は日本列島で地震が頻発し、火山の噴火もみられ、飢饉に疫病が集中する時期でもある。いわば、9世紀後半は日本古代社会の全般的危機の時代であった。8世紀の初頭に完成した律令国家の中央集権的

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

構造は、9世紀の後半以降、崩壊しはじめ、中央政府は都市平安京の王朝政府へと縮小するのであった。

キーワード：年輪酸素同位体比、律令国家、人口変動、気候変動
Keywords: tree-ring oxygen isotope ratio, Ritsuryo system, population, Climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

樹木年輪と歴史資料からみた10世紀の十和田カルデラと白頭山の巨大噴火の絶対年代

Absolute ages for huge eruptions of Towada Caldera and Baitoushan volcano in the 10th century as seen from dendrochronological studies and historical documents

*箱崎 真隆[1]、三宅 芙沙[2]、佐野 雅規[3]、木村 勝彦[4]、中村 俊夫[2]、奥野 充[5]、坂本 稔[1]、中塚 武[6,2]
*Masataka Hakozaki[1], Fusa Miyake[2], Masaki Sano[3], Katsuhiko Kimura[4], Toshio Nakamura[2], Mitsuru Okuno[5], Minoru Sakamoto[1], Takeshi Nakatsuka[6,2]

1. 国立歴史民俗博物館、2. 名古屋大学、3. 早稲田大学、4. 福島大学、5. 福岡大学、6. 総合地球環境学研究所
1. National Museum of Japanese History, 2. Nagoya University, 3. Waseda University, 4. Fukushima University, 5. Fukuoka University, 6. Research Institute for Humanity and Nature

十和田カルデラ（青森県／秋田県）と白頭山（中国／北朝鮮）は、10世紀に巨大噴火を起こした。その痕跡はTo-aテフラ、B-Tmテフラとして、北日本の地層に明瞭に残されている。この2つの噴火は、それぞれ過去2000年間で日本最大級、世界最大級のものと推定されている（早川・小山1998）。しかしながら、この2つの噴火に関する直接的な文書記録は、周辺国のいずれからも見つかっていない。そのため、その年代は長らく未確定であった。また、年代が未確定であるために、人間社会や地球環境への影響評価も進んでいなかった。

近年、白頭山の10世紀噴火の年代は、日本で発見された西暦775年の炭素14濃度急増イベント（Miyake et al. 2012）を年代指標とする「^{14}C-spike matching」と、日本で実用化された「酸素同位体比年輪年代法」により、西暦946年と確定した（Oppenheimer et al. 2017, Hakozaki et al. 2018, 木村ほか 2017）。この年代は、早川・小山（1998）が日本列島と朝鮮半島のごく限られた古文書（「興福寺年代記」や「高麗史」）から読み取った「遠方で起きた大きな噴火」を示唆する記述と一致した。

一方、B-Tmの年代が確定したことにより、十和田カルデラ10世紀噴火の年代に疑義が生じた。十和田カルデラ10世紀噴火は、「扶桑略記」における東北地方の噴火を示唆する記述や、ラハールに埋没する建築遺物の年輪年代をもとに西暦915年と推定されてきた。この915年を基準にTo-aとB-Tmの間に挟まる年縞堆積物をカウントし、上手ほか（2010）は白頭山の噴火年代を929年と推定していた。しかし、先のとおりB-Tmの絶対年代は946年であったため、上手ほかの推定から17年のズレがあることが明らかとなった。つまり、十和田カルデラ10世紀噴火は西暦946年から14年を差し引いて西暦932年である可能性が生じた。もし、これが正しいとすれば、扶桑略記の西暦915年の記述は、十和田カルデラ以外の火山で起きた噴火を示唆している可能性がある。

最近、宮城県多賀城跡の柵木に、酸素同位体比年輪年代法が適用され、西暦917年の年輪が認められた（斎藤ほか 2018）。この柵は、考古学的調査ではTo-aテフラ（915年）の降灰前に築造されたと考えられてきた（宮城県多賀城跡調査研究所 2018）。その構造材に西暦917年の年輪が認められたことは、To-aテフラの年代と大きく矛盾する。さらにその構造材には樹皮も辺材も残存せず、伐採年は917年よりも後の年代であることが明らかである。

本発表では、「^{14}C-spike matching」と「酸素同位体比年輪年代法」という2つの新しい年輪年代法によって、白頭山や多賀城跡の木材の年代がどのようにして決定したのか、十和田カルデラ10世紀噴火の絶対年代の確定に必要な調査とは何かについて示す。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：年輪年代法、14C-spike、白頭山、酸素同位体比、十和田カルデラ、巨大噴火
Keywords: dendrochronology, 14C-spike, Baitoushan volcano, oxygen isotope, Towada Caldera, huge eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

歴史学・考古学と地球惑星科学の協働をいかに活性化できるか？ー気候適応史プロジェクトの教訓ー
How can we activate collaborations with history and archaeology? –Lesson from Historical Climate Adaptation project

*中塚 武[1,2]
*Takeshi Nakatsuka[1,2]

1. 総合地球環境学研究所、2. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

〇はじめにー文理融合と言う課題

歴史学や考古学と地球惑星科学は、ともに過去におきた出来事を対象に含み、長い時間を掛けて進む、いわゆる歴史的プロセスを扱う学問分野である。その共通の特性を生かして、さまざまな共同研究が行われてきた。しかし文理融合にはさまざまな課題があり、その背景には学問の根源的な目的の違いという問題があった。ここでは、総合地球環境学研究所（地球研）で2014年から5年間にわたって行われた研究プロジェクト「高分解能古気候学と歴史・考古学の連携による気候変動に強い社会システムの探索」（気候適応史プロジェクト）の経験から、歴史学・考古学と地球惑星科学の協働の活性化の方向性について議論したい。

〇気候適応史プロジェクトの基本構造

地球研は文理融合の手法を用いて地球環境問題の解決に資するプロジェクトを全国の大学等から多数公募し、時間を掛けて準備と審査を繰り返したのち期限を定めて本格的な研究を行わせる大学共同利用機関である。古気候学者である私は、その枠組みの中で2010年から全国の古気候学、歴史学、考古学の関係者に呼びかけて、3つのステップからなる気候適応史プロジェクトの構想を作った。１）最新の古気候学の手法を用いて過去数千年間の日本の気候を年単位で復元する、２）得られた古気候データを歴史学・考古学の膨大な史・資料と詳細に対比する、３）気候と社会の関係の無数の事例を比較分析して、気候変動に強い社会と弱い社会の特徴を明らかにする。このプロジェクトでは当初、文献史料から天候を解読する歴史気候学を除くと、理系から文系への一方的な情報の流れだけを想定していたが、実際には両者の緊密な相互作用により、事前の想定を遥かに越えた研究の進展があった。以下、プロジェクトで最も重視した古気候復元指標である樹木年輪セルロースの酸素同位体比を用いた夏の降水量の復元を例にして、文理融合の効果と課題について述べる。

〇文理融合による研究の進展と課題

樹木年輪セルロースの酸素同位体比は、年輪古気候学に独特の難しさがあった日本のような温暖湿潤域で高精度の気候復元を可能にした画期的なプロキシーであり、プロジェクトでは、そのデータを日本全国で過去数千年間にわたって早期に構築することを目指していた。文系の研究者は、当初、年輪古気候データのユーザーとしてのみ位置づけられていたが、実際にはさまざまなレベルでデータ構築自体に大きく貢献することになる。理系から文系へは高精度の古気候情報と共に、酸素同位体比を用いた新しい年輪年代情報が提供されたが、それに対して文系から理系には以下のような反応があった。１．出土材や建築古材の積極的な提供、２．データの史・資料による批判、３．データの時空間的な精度と範囲の改善要求である。理系の側にとって１は全面的に歓迎できるが、２，３は耳が痛く、自らの発想からは生まれにくい。しかし3の要求が、世界で初めて酸素と水素の同位体比を組み合わせて、年輪古気候学が最も苦手とする長周期の気候復元を可能にした。その結果、2の批判も克服して、過去数千年間に亘る年～千年のあらゆる周期の気候変動の復元

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

に成功し、古気候学・歴史学・考古学の研究は一気に進展したが、プロジェクトの目的である肝心の「気候変動に強い社会システムの探索」の方はなかなか進まなかった。文理を越えた学問の根源的な目的への相互理解が足りなかったからである。

〇おわりにー相互理解が協働の基本

空前の長さと精度を持つ高分解能古気候データの構築という気候適応史プロジェクトの成果は、文理双方の学問的なニーズが緊密に相互作用した結果である。当初は理系データの文系への提供だけを考えていたが、実際には相手のニーズを無視した一方的なデータの押し付けはうまく行かず、文理を超えた相互批判が重要であった。これは、文系のデータを理系が利用する場合でも同じである。一方で、文理融合が個別分野の発展を促すだけでなく、真の「融合」になるためには、より深いレベルでの相互理解が必要であった。私が気候適応史プロジェクトの中で気付いた最も重要な事実は、「歴史学者や考古学者は、必ずしも現代の問題の解決のために、歴史の研究をしている訳ではない」ということである。もちろん、それには意味がある。文系の歴史研究が重視するのは、研究対象とする時代の人々の価値観の違い、つまり歴史上の各時代の人々の多様性を理解し、現代の私たちを相対化することである。現代が過去と違うのと同様に、未来も現代とは違う以上、未来志向で現在の問題を解決していくためには、法則性の発見を重視する理系の研究者と、多様性の理解を重視する文系の研究者が、相互に尊重し合って未来に向って共に考えていくスタンスが必要である。そのことに気が付いたことが私にとってプロジェクトの最も重要な教訓であった。

キーワード：文理融合、気候変動、古気候学、歴史学、考古学、年輪年代学
Keywords: Inter-disciplinary between natural and human sciences, Climate variation, Paleoclimatology, History, Archaeology, Dendrochronology

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[M-IS18] 地球流体力学：地球惑星現象への分野横断的アプローチ

コンビーナ:伊賀 啓太(東京大学大気海洋研究所)、吉田 茂生(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、柳澤 孝寿(海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)、相木 秀則(名古屋大学)、座長:中島 健介

地球惑星科学の様々な分野の研究者が集まって, 諸分野に現れる過程や現象を, 広い意味での地球流体力学というキーワードを用いて比較しながら議論し, 分野間の共通の概念として認識を深める. 惑星・超高層・大気・海洋・火山・マントル・地球中心核など対象とする分野は限定せず, 手法も問わない.

13:45 ~ 14:00

[MIS18-01] 目のある軸対称浅水渦上の軸対称擾乱

*板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

14:00 ~ 14:15

[MIS18-02] 回転流体における3次元熱対流シミュレーションの流れ構造の解析

*亀山 真典[1,2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[MIS18-03] Diffusive behavior of columnar vortices in rotating thermal convection

*能登 大輔[1]、田坂 裕司[2]、柳澤 孝寿[3]、村井 祐一[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、3.海洋研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[MIS18-04] Liquid metal flows driven by a rotating magnetic field

*澤田 航希[1]、Vladimir Galindo[2]、Tobias Vogt[2]、Sven Eckert[2]、田坂 裕司[3]、村井 祐一[3] (1.北海道大学大学院工学院、2.ドイツヘルムホルツセンター、3.北海道大学工学研究院)

14:45 ~ 15:00

[MIS18-05] A symmetry-breaking self-regulating dynamo generating Mercury’s anomalous magnetic field

*高橋 太[1]、清水 久芳[2]、綱川 秀夫[3] (1.九州大学大学院理学研究院、2.東京大学地震研究所、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:00 ~ 15:15

Discussion

目のある軸対称浅水渦上の軸対称擾乱
Axisymmetric disturbance on an axisymmetric shallow water vortex

*板野 稔久[1]
*Toshihisa Itano[1]

1. 防衛大学校
1. National Defense Academy

台風の目の中は成層圏から下りてきた空気で構成されるともいわれ、実際に、特に相当温位でみると、成層圏から目の中へと高温位の空気が連続して分布している様子が確認できる。台風を単純化して考えると、そのような高温位の空気を対流圏の低温位の空気が旋回しながら取り巻いている渦であるとみなすことが可能である。また、目の収縮や、楕円形あるいは多角形への変形は、その２つの空気の境界面が振動する現象であると考えることも可能である。本研究では、そのような概念とモデルに基づき、上層が中心部で接地した２層の流体で台風を近似して、その境界面で生じる波動現象の解析を実施した。但し、今回の解析では、上層は動かないものとし、下層の運動のみを調査することとした。

解析においては、極座標で記述した浅水方程式系を支配方程式とした。上述したような中心部で接地した”目”を取り囲む軸対称な渦を考え、接線方向の流速は半径のα乗に反比例するものと仮定して、それを基本場とした。この基本場に重なる擾乱についても、今回は軸対称なものに限定し、その設定のもとで浅水方程式系を線形化した。ここで時間方向に角振動数ωで振動する解を仮定すると、線形固有値問題が定式化される。まず、この問題について、スタッガード格子を採用して各変数の離散化をおこない、数値的に固有値と固有ベクトルの導出を試みた。次に、系が非回転（i.e. f=0）の場合について、級数解を仮定することで解析解の導出を実施した。

結果をみると、半径方向に振動する重力波的なモードが確認された。このモードでは、計算領域の内端（すなわち”目”）での振幅がゼロではないため、目が収縮する現象を説明できる可能性が示唆される。このモードに加え、系が回転している場合（i.e. f≠0）には、半径方向に”節”がない準定常的なモードの存在が確認された。最後に、数値解と級数解を比較すると、基本的にほぼ両者の半径方向の構造は一致したが、目の近辺でのみ不一致がみられ、数値解の方が余分に１回スイングする傾向が認められた。

キーワード：目、渦、軸対称擾乱、浅水方程式
Keywords: eye, vortex, axisymmetric disturbance, shallow water equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

回転流体における3次元熱対流シミュレーションの流れ構造の解析
Numerical studies on the classification of flow regimes of the 3-D thermal convection of rotating fluids

*亀山 真典[1,2]
*Masanori Kameyama[1,2]

1. 国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

流体鉄からなる外核のダイナミクスを把握することは、固体地球惑星物理学の分野における最も重要なテーマの1つである。本研究では、外核内対流の理解に向けた3次元箱型モデルでの回転流体の熱対流シミュレーション研究を行った。具体的には、熱対流の激しさを表すレイリー数 Ra、回転の弱さを表すエクマン数 Ek、流体の粘性に関係するプラントル数 Pr、の3つの無次元パラメータを系統的に20通りに変化させ、回転流体の流れ場の特徴的構造を正確かつ簡便に抽出することを図った。この実験から、複雑な現実の外核条件下における回転流体の熱対流の把握につなげることを目的とする。

本研究では高さがL、底面が2L×2Lで鉛直方向に回転軸をもつ直方体の領域の中での流体の熱対流を考える。計算領域は水平方向に128×128または256×256、深さ方向に64または128のメッシュに等分割し、基礎方程式系の離散化は有限体積法に基づいて行った。境界条件として、上下境界面で温度一定かつ速度を0にとり、側壁は周期境界とする。数値シミュレーションには、我々が別途開発したマントル内対流3次元シミュレーションプログラムの技術を転用した独自のプログラムを用いている。

対流の熱輸送効率に基づいて対流の様式を分類したところ、主に Ra と Ek の違いによって (i) 無回転系、(ii) 回転が支配的な状態、(iii) 回転が支配的でない状態、という3つの状態に分けられることを確認した。さらに、上下境界付近における流速と渦度の鉛直成分との相関を調べることにより、このような流れ構造の変化は上下境界面付近におけるエクマン湧昇の発生と強く関連していることが分かった。具体的には、(ii) 回転が支配的な状態では境界から離れる流れと近づく流れの両方にエクマン湧昇が観察されるものの、(iii) 回転が支配的でない状態では境界から離れる流れでのみそれが観察された。

本研究の結果より、水平境界付近における速度と渦構造の相関に注目することが、回転流体の熱対流の特徴を把握する上で特に有用であるといえる。すなわち、地球の核-マントル境界での外核内の鉛直方向の流れと水平面内の渦との相関を解析すれば、回転流体の観点から外核の流れの理解が深められると期待できる。

キーワード：回転流体の熱対流、3次元数値シミュレーション、エクマン湧昇
Keywords: thermal convection of rotating fluids, 3-D numerical experiments, Ekman pumping

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Diffusive behavior of columnar vortices in rotating thermal convection

*能登 大輔[1]、田坂 裕司[2]、柳澤 孝寿[3]、村井 祐一[2]
*Daisuke Noto[1], Yuji Tasaka[2], Takatoshi Yanagisawa[3], Yuichi Murai[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、3. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Rotation effect on thermal convections in a fluid layer driven between two parallel plates with temperature difference, i.e., Rayleigh-Bénard convection (RBC) is a ubiquitous to explain large scale fluid motions observed on the Earth, such as typhoon, tornadoes, and liquid metal convection inside outer core. Various approaches so far have revealed its interesting features, e.g. heat transfer enhancement at moderate rotation rate, rotation dependent flow morphologies, and so on. Especially in them, formation of vertically aligned columnar vortices is one of the most curious phenomenon. Early experimental works mentioned those chaotic behavior like vortex-vortex interactions, however, little is known about this complicated vortex dynamics.

The present study is paying attention to such vortex dynamics observable in rotating RBC. With using encapsulated thermochromic liquid crystals, long-time $O(10^3$ s) experimental visualizations of the vortices on time variations of a temperature field were conducted, and we reached two novel insights. One is horizontal diffusive motion like Brownian motion of the columnar vortices. Statistical analyses on motions of the columnar vortices elucidated various kinds of diffusive motion. Such diffusive motions strongly depend on observation timescale (vortex lifetime) and columnar vortices present anomalous diffusive motion. Another is the effect of centrifugal force even under conditions for empirically negligible small effects of centrifugal force. This is the first found thanks to our long-time observations and might give a new caution to rotating RBC studies.

キーワード：自然対流、回転場、拡散運動、渦ダイナミクス
Keywords: Natural convection, Rotating field, Diffusive motion, Vortex dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Liquid metal flows driven by a rotating magnetic field

*澤田 航希[1]、Vladimir Galindo[2]、Tobias Vogt[2]、Sven Eckert[2]、田坂 裕司[3]、村井 祐一[3]
*Koki Sawada[1], Vladimir Galindo[2], Tobias Vogt[2], Sven Eckert[2], Yuji Tasaka[3], Yuichi Murai[3]

1. 北海道大学大学院工学院、2. ドイツヘルムホルツセンター、3. 北海道大学工学研究院
1. Graduate School of Engineering, Hokkaido University , 2. Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, 3. Faculty of Engineering, Hokkaido University,

Doing experimental studies on liquid metal flows under interactions with magnetic fields is of great importance for understanding fluid dynamical phenomena including flows in planetary cores. In this research, liquid metal flows driven by a rotating magnetic field (RMF) were examined experimentally. The RMF generates eddy currents in liquid metal layers, and thus Lorentz force as the results of the interaction between the magnetic field and the current achieves the rotating flows. The fluid motions are dominated by angular velocity and magnetic strength of the RMF. In cases at which the skin effect is negligible small because of moderate angular velocity, modal transitions of the flow occur with increase of magnetic Taylor number (Ta_m), which is a dimensionless number including the angular velocity and the magnetic strength. For sufficiently small Ta_m, a quasi-two-dimensional, axisymmetric steady flow is formed. With increase of Ta_m, then, unsteady flows emerge by collapsing the symmetry. For this transition problem, theory and numerical calculation have been preceded. On the other hand, experimental approaches have essential unknows, even though there are quired to uncover the phenomena especially at higher Ta_m with stronger nonlinearity; namely, how to realize the RMF by experiment, and whether the experiment system can reproduce the flows expected by numerical simulations.

In the present experiment, we tried to produce the RMF by switching electric current in six-pair coils. A square container with aspect ratio 2 filled with eutectic of GaInSn, a liquid metal having low melting point, was arranged at the center of the coil. The GaInSn is an opaque fluid and it is impossible to be optically visualized. Ultrasonic Doppler velocimetry was used to obtain information of the flow fields. The switching frequency of the RMF was set at 50 Hz at which the skin effect did not appear, and Ta_m was modified by changing the magnetic strength. A long these methods, the flow transition depending on Ta_m was observed. As the measurement results, a stationary axial symmetric flow, that is in good agreement with the numerical simulation results, was observed under relatively small Ta_m. The increase in Reynolds number with respect to Ta_m also show reasonable agreement with the numerical simulations. Furthermore, the process of unsteady and turbulent transition in the increase of Ta_m was discussed and was compared with the numerical simulations.

キーワード：回転磁場、液体金属流れ、流れの遷移
Keywords: Rotating magnetic field, Liquid metal flow, Flow transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A symmetry-breaking self-regulating dynamo generating Mercury’s anomalous magnetic field

*高橋 太[1]、清水 久芳[2]、綱川 秀夫[3]
*Futoshi Takahashi[1], Hisayoshi Shimizu[2], Hideo Tsunakawa[3]

1. 九州大学大学院理学研究院、2. 東京大学地震研究所、3. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Faculty of Sciences, Kyushu University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo , 3. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology

The discovery of Mercury’s unusually axisymmetric, anomalously axially offset dipolar magnetic field shows a new regime of planetary magnetic fields. The cause of the offset dipole remains to be resolved, although some exotic models have been proposed. Since the magnetic fields of the terrestrial planets are generated by fluid motions in the liquid iron core through dynamo action, which is inevitably linked to the structure and evolution of planetary interiors, untangling why Mercury has such an anomalous field is not only crucial for understanding the internal dynamics, evolution history and origin of the planet, but also essential for establishing the general theory of planetary magnetic fields by extending our knowledge to small bodies in our solar system such as Ganymede, Moon and asteroids. In this study, we use numerical dynamo models. Convection is driven as thermo-compositional convection. A thermally stably stratified layer is imposed in the outer part of the core. It is found that the magnetic fields similar in morphology as well as strength to that of Mercury are reproduced. Also, the dynamo-generated magnetic fields act on the flow to induce interaction between equatorially symmetric and antisymmetric components, and resultantly to yield north-south asymmetric helicity. Additional runs demonstrate that the offset dipolar field cannot be maintained without the magnetic self-regulating effect. Thus, it is concluded that the symmetry breaking self-regulating effect causes the flow to generate and maintain the Mercury-like offset dipolar field.

キーワード：水星、偏心双極子、ダイナモ、自己調整機能、対称性破れ
Keywords: Mercury, Offset dipole, Dynamo, Self-regulation, Symmetry-breaking

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[M-IS20] 山の科学

コンビーナ:鈴木 啓助(信州大学理学部)、苅谷 愛彦(専修大学文学部環境地理学科)、佐々木 明彦(国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース)、奈良間 千之(新潟大学理学部理学科)、座長:苅谷 愛彦(専修大学)

山岳地域は低標高の人口密集域へ水資源を供給するとともに、多様な生態系を育む貴重な役割を担っている。近年の地球温暖化に伴う山岳域での環境変動の影響評価と緩和策を探るために、気候、地形・地質、水循環、物質循環、炭素循環、生物多様性など様々な分野の横断的研究セッションを開催する事を目的とする。

9:00 ~ 9:15

[MIS20-01] 多摩川上流・本仁田山の完新世地すべり堆積物

*苅谷 愛彦[1]、澤部 孝一郎[2] (1.専修大学文学部環境地理学科、2.国土防災技術)

9:15 ~ 9:30

[MIS20-02] 山岳地形の理解に対する立体表現地図と３D模型の活用とその効果

*小森 次郎[1] (1.帝京平成大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS20-03] 八幡平火山の大規模地すべり地に形成された長沼の発達過程

*佐々木 夏来[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

9:45 ~ 10:00

[MIS20-04] 北アルプス乗鞍火山の高山帯・亜高山帯における気温・地温状況

*佐々木 明彦[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3] (1.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、2.信州大学大学院総合工学系研究科、3.信州大学理学部)

10:00 ~ 10:15

[MIS20-05] 山岳砂礫堆積域における土石流の発生流下特性

★招待講演

*今泉 文寿[1]、早川 裕弋[2]、經隆 悠[3]、堀田 紀文[4] (1.静岡大学農学部、2.北海道大学地球環境科学研究院、3.森林総合研究所、4.東京大学大学院農学研究科)

10:15 ~ 10:30

[MIS20-06] 梓川上流，上高地谷の徳沢－明神間における10年間の河道地形変化と植生変動

★招待講演

*島津 弘[1] (1.立正大学地球環境科学部地理学科)

多摩川上流・本仁田山の完新世地すべり堆積物
Early Holocene landslide deposits found from Mount Honita, the upper Tama River basin, west of Tokyo

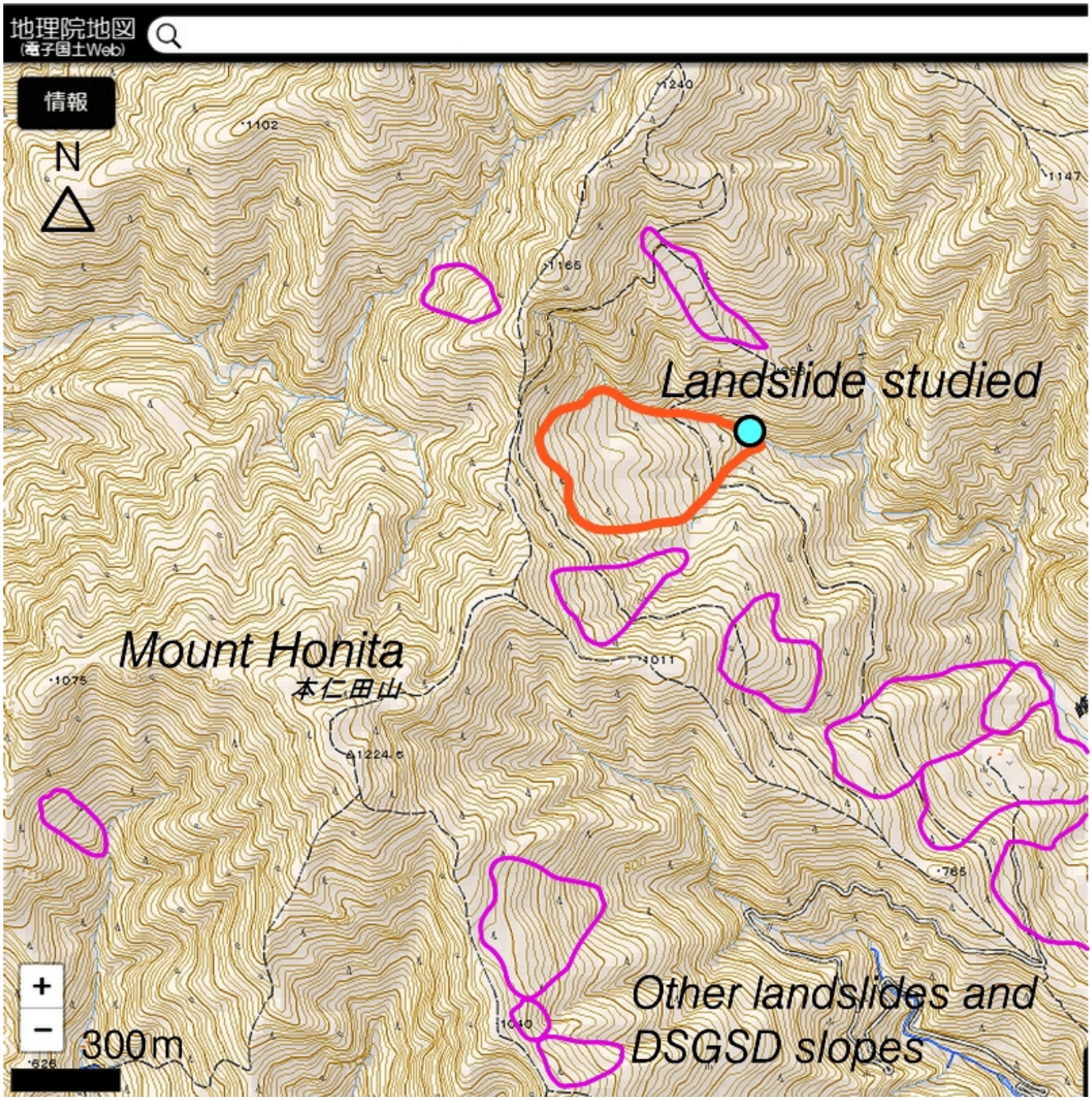
*苅谷 愛彦[1]、澤部 孝一郎[2]
*Yoshihiko Kariya[1], Koichiro Sawabe[2]

1. 専修大学文学部環境地理学科、2. 国土防災技術
1. Department of Environmental Geography, Senshu University, 2. Japan Conservation Engineers

多摩川上流地域は付加体堆積岩類から成り，中・小規模の地すべり地が随所に発達する．本研究では，東京都奥多摩町本仁田山山頂の北東約1.4kmの谷底（北緯35度50分17秒，東経139度6分50秒，標高710 m）に定置する地すべり堆積物から2点の材化石を得て，それらの最外部分の^{14}C年代を測定した．この結果，試料は10250-10189 cal BPおよび10150-10057/10042-9987/9959-9704 cal BPを示した．いずれもOxCal4.3とIntCal13による2σ年代である．これらの年代値より，この事例では完新世初頭に地すべりが発生したと判断される．これまで指摘されてきたように，この時代の多雨化と河床高度の低下が相まって，多摩川上流で地すべりが増加した可能性がある．年代の面では，近接する立川断層帯の最新古地震イベントとは直接結びつかない．

キーワード：奥多摩、14C年代、斜面物質移動、地すべり
Keywords: Upper Tama River basin, 14C ages, Mass movement, Landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山岳地形の理解に対する立体表現地図と３D模型の活用とその効果
The effect of understanding of mountainous terrain using 3D maps and solid model

*小森 次郎[1]
*Jiro Komori[1]

1. 帝京平成大学
1. Teikyo Heisei University

地形はそれを構成する地質や地形面の構造発達史、風化～堆積に至る履歴により特徴的な形態を示す。しかし、地球惑星科学に興味がない、あるいは学ぶ機会がない人にとって、その特徴を理解することは難しい。特に一般の人が直接目にする機会の少ない山岳域の地形についてはそれは顕著であろう。この問題に対しては、ステレオ画像の立体視が以前から有効であるが、立体視鏡の確保や視認の個人差など解決を要する点が多い。いっぽう近年、特殊な立体地図やWeb画面上での3Dビューイング、3Dプリンターによる印刷模型、など室内に居ながらにして地形の立体像を目にし、手にすることが容易になってきた。以上の背景から、本研究ではこれらを使うことで山岳域の地形について一般の人の理解がどのように進むかについて調査を進めている。

用いた材料は赤色立体地図(紙資料)、Google Mapの3Dビュー(スクリーンへの投影)、および小型3Dプリンターによる立体地形模型(ハンズオン資料)である。それぞれの利用を経たものと経ない者には明らかに理解の差が見られる。本発表では国内の氷河地形および崩壊地形等を例に、利用の効果について報告する。

（・本研究は科学研究費補助金　基盤研究（C）16K04706-A「ボーリングコアを用いた理科地学領域の授業改善：野外自然体験学習の代替として（研究代表者　植木岳雪）」による助成を受けた．・本大会内での関連の発表:「卓上３Dプリンターの地形模型をつかった地球惑星科学のアウトリーチとその効果」（セッション　G-02　地球惑星科学のアウトリーチ））

キーワード：赤色立体地図、オンライン地図、３Dプリンター、氷河地形、地すべり地形、教育効果
Keywords: Red Relief Image Map, online map, 3D printer, glacial topography, landslide topography, educational effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

八幡平火山の大規模地すべり地に形成された長沼の発達過程
Development process of Lake Naganuma in a large-scale landslide on Hachimantai Volcano

*佐々木 夏来[1]、須貝 俊彦[1]
*Natsuki Sasaki[1], Toshihiko Sugai[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Science, the University of Tokyo

八幡平火山群では，湿地の形成要因の一つに地すべり地形があげられ，土塊が10^6 m^3を超える大規模な地すべり地内に，湖沼や湿原など様々なタイプの湿地が共存している（Sasaki and Sugai, 2015）．一般に，地すべり性湿地は湖沼から湿原へと発達する陸化型湿原であるので，湿地タイプの違いは湿地の発達段階の違いを反映していると考えられる．本研究では，八幡平火山群の大規模地すべり地内凹地に形成された長沼湿地を対象として掘削調査をおこない，長沼の発達過程を明らかにした．さらに，同じ地すべり地内の大谷地湿原との発達過程の違いについて考察した．

長沼は，八幡平火山北西の菰ノ森地すべり地の土塊上部に形成された湿地で，地すべりの滑落崖に平行な南北方向に長軸をもつ楕円形をしている．長沼は，北半分が水域，南半分が湿原化している．長沼の長軸上の湿原部2か所で掘削調査を実施し，それぞれの堆積物コアを水域に近い方からNN1，NN2とした．NN1は長さ3.4 mで，下位から有機質シルト層（NN1-Unit1：3.40–2.64 m深）と泥炭層（NN1-Unit2：2.64–0.00 m深）に分けられた．NN2は長さ4.5 mで，下位から平行ラミナを伴うシルト層（NN2-Unit１：4.50–4.20 m深），有機質シルト層（NN2-Unit2：4.20–1.57 m深），泥炭層（NN2-Unit3：1.57–0.00 m深）に分けられた．各Unitの境界は不明瞭で，有機物含有量は漸次的に変化していた．また，NN1コアとNN2コアでそれぞれ5枚と4枚のテフラ層が見出された．火山ガラスの主成分分析の結果，NN1の1.05 m深とNN2の1.10 m深の軽石層がAD915年に降下した十和田aテフラ（To-a）に，NN1の2.22 m深とNN2の2.87 m深の火山灰層が6.2 kaに降下した十和田中掫テフラ（To-Cu）にそれぞれ対比された．

NN1，NN2ともに上位に向かって有機質シルト層が泥炭層へ変化しており，NN1では有機質シルト層の下部に，NN2では最下部のシルト層に平行ラミナ構造が認められたことから，長沼の南側は湖沼から湿原へと発達したと考えらえる．そして湿原になった時期は，NN1でTo-Cuが泥炭層に挟在していたことから，6.2 ka以前と考えらえる．しかし，水域から遠いNN2ではTo-Cuが泥炭層下位の有機質シルト層内に挟在していた．さらに，有機質シルト層は厚く，To-Cu降下以降，To-a降下前までの堆積速度は，NN1が約0.23 mm/年であるのに対し，NN2は約0.35 mm/年であった．したがって，水域が縮小して湿原化した後にも，NN2では継続的に周辺斜面から細粒物の流入があったことが示唆された．以上のことから，長沼は，湖沼が上流部（南側）から埋積によって緩やかに湿原へと発達し，泥炭が堆積する少なくとも千年以上は現在のような状態で安定していると考えられる．

菰ノ森地すべり地内には複数の湿地が形成されており，長沼の南西800 mに位置する大谷地湿原と長沼の発達過程は異なっている．大谷地湿原では，8600年前以前に地すべり性凹地形が形成されたのち，森林と湿地のモザイク状の景観へ変わり，約5500年前に河川の堰き止めによると考えられる湖が出現し，約3300年前に湿原化したことが報告されている（Sasaki and Sugai, 2018）．一方で，長沼は，長期にわたって安定的に湿地が存在し，湖沼から湿原への発達も緩やかである．以上のことから，菰ノ森地すべり地では，大規模地すべり活動によって湿地が形成されて以降，安定的に存在する湿地がある一方で，局所的な地形変化による湖沼の形成や湿原化もみられた．つまり，同一の地すべり地内の湿地でも，発達過程や発達速度が異なること，大規模地すべり地内では長期間湖が存続しうることが明らかとなった．

引用文献

Sasaki, N. and Sugai, T. (2015): Distribution and Development Processes of Wetlands on Landslides in

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the Hachimantai Volcanic Group, NE Japan. Geographical Review of Japan Series B, 87, 103–114.
Sasaki, N. and Sugai, T. (2018): Holocene development of mountain wetlands within and outside of landslide in the Hachimantai volcanic group, northeastern Japan. Quaternary International, 471, 345–358.

キーワード：湿地、発達過程、地すべり、八幡平火山
Keywords: wetland, development process, landslide, Hachimantai Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北アルプス乗鞍火山の高山帯・亜高山帯における気温・地温状況
Air and ground temperature conditions on alpine and sub-apline zone of Norikura Volcano, Northern Japanese Alps

*佐々木 明彦[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3]
*Akihiko SASAKI[1], Motoshi NISHIMURA[2], Keisuke Suzuki[3]

1. 国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、2. 信州大学大学院総合工学系研究科、3. 信州大学理学部
1. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 2. Interdisciplinary Graduate school of Science and Technology, Shinshu University, 3. Faculty of Science, Shinshu University

乗鞍岳は標高2500～3000 mの山頂を有する火山体が南北に10 km以上にわたって連なる山域で，稜線付近には広大な高山帯がみられる．本地域は周氷河地形の研究対象として重要であるほか，植生帯と気候の関係を検討するうえでも貴重な研究対象になりうる.また，こうした巨大な山塊を挟んだ東西両斜面における積雪・融雪過程の違いなど，気象状況に対する山塊効果などを検討するうえでも重要な研究対象と考えられる.このような研究を今後実施するにあたり，乗鞍火山の各所で気温データを取得し，気温状況を整理することは基本的な作業として重要である．そこで本研究では，乗鞍火山の山地帯-亜高山帯の境界，亜高山帯-高山帯の境界，および高山帯において，気温の通年観測を行った．また，高山帯において地温の観測を実施した.

気温の観測は，標高1700 mの亜高山帯下限，標高2500 mの高山帯下限，標高2795 mの高山帯の各観測点で実施した．温度観測には自記記録式のサーミスタ温度計（T&D社製　TR-52S）を用い，1時間毎にデータを記録した．気温の観測は2011年の秋季に開始した．地表面から2 mの高さに自然通風型の日射シェルターを設置し，それに温度センサーを格納して気温の観測を実施した．地温観測は標高2795 mの高山帯の砂礫斜面において2016年秋季に開始した．センサーは1 cm，10 cm，40 cm，100 cmの4深度に設置した．データロガーの電池切れのための欠測や，センサーの積雪への埋没による無効データがあるため，観測期間のデータは冬季を中心に一部取得できていない.それらをのぞき，気温データを整理した.

全観測期間を通じて，最高気温は標高1700 mにおける26.6℃，最低気温は最高所の2795 mにおける-26.8℃であった.平均気温は，データの欠測期間があるため算出が難しい年もあるが，標高2795 mでは2013年に-2.1℃，2016年に-0.3℃，2017年に-2.4℃であった．標高2500 mにおける年平均気温は，2014年に0.1℃，2017年に-0.3℃であった．標高1700 mにおける平均気温は，2014年に4.8℃，2015年に5.6℃であった．各観測点の月平均気温を用いて，温量指数を検討した結果，標高1700 mにおいて43.3℃・月（2014年），45.2℃・月（2015年）となり，亜高山帯下限の一般的な温量指数である45℃・月におおむね一致した.一方，標高2500 mにおける温量指数は，19.7℃・月（2014年），21.8℃・月（2015年），19.8℃・月（2017年）であり，高山帯下限の一般的な温量指数である15℃・月に比べると，かなり大きい値であった.実際の温度環境よりも，風や積雪の着き方などの山頂効果によって温度条件見合いよりも低所まで高山帯が広がっている可能性がある.

高山帯の標高2795 mで観測された地温の最高・最低値は，いずれも1 cm深で記録され，それぞれ24.1℃，-19.3℃であった．1 cm深では，凍結進行期の10-11月に10回程度の日周期の凍結融解サイクルがみられ，その後は凍結したまま推移した．3月～6月が季節凍土の融解進行期にあたり，1 cm深ではおおむね20数回の日周期の凍結融解サイクルが認められた．一方，本観測期間において，10 cm以深では日周期の凍結融解サイクルは発生しなかった.

キーワード：気温観測、地温観測、森林限界、高山帯、乗鞍火山、北アルプス
Keywords: air temperature observation, ground temperature observation, forest limit, alpine zone, norikura volcano, Northern Japanese Alps

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山岳砂礫堆積域における土石流の発生流下特性
Initiation and flow characteristics of debris flows on a sediment deposition zone in a mountain area

*今泉 文寿[1]、早川 裕弌[2]、經隆 悠[3]、堀田 紀文[4]
*Fumitoshi Imaizumi[1], Yuichi S. Hayakawa[2], Haruka Tsunetaka[3], Norifumi Hotta[4]

1. 静岡大学農学部、2. 北海道大学地球環境科学研究院、3. 森林総合研究所、4. 東京大学大学院農学研究科
1. Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 2. Faculty of Environmental Earth Sciences, 3. Forestry and Forest Products Research Institute, 4. Graduate School of Agricultural and Life Sciences

土石流はその速度，移動距離，破壊力から，甚大な災害を引き起こす土砂移動現象である。土石流の発生・流下特性は土石流の材料となりうる不安定土砂の土石流発生域における貯留状況の影響を受けていると考えられるが，土石流の発生域はアクセスが困難であり，また危険性が伴うことからほとんど明らかになっていない。そこで静岡県北部の大谷崩において，定期的な地上レーザースキャンやUAV撮影，現地観測によって不安定土砂の貯留状況が土石流の発生・流下特性へ及ぼす影響について調べた。その結果，土石流の発生位置は不安定土砂の堆積状況，および支流から土石流渓流への水の供給の影響を受けていることがわかった。土石流発生域においては渓床勾配が急なことから不飽和土石流が重要な流動形態である。さらに堆積土砂量が15,000m^3を超えるときには不飽和土石流が，10,000 m^3を下回るときには飽和土石流が多く発生した。また，流動形態は流下とともに変化をすることが明らかになった。このように，土石流の発生・流下特性は発生域における不安定土砂の堆積状況の影響を受け，さらに流下・堆積域で観測される土石流と流下形態が異なることがあることが明らかになった。

キーワード：土石流、山岳域、土砂災害
Keywords: debris flow, mountainous area, sediment disasters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

梓川上流，上高地谷の徳沢ー明神間における10年間の河道地形変化と植生変動

Relationships between annual landform changes of the riverbed and vegetation dynamics during recent 10 years in the upper Asusa River in Kamikochi valley in the Japan Alps

*島津 弘[1]
*Hiroshi Shimazu[1]

1. 立正大学地球環境科学部地理学科
1. Department of Geography, Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

槍ヶ岳を源流に持つ梓川の上流，上高地谷は山岳地域にもかかわらず幅の広い谷底平野が形成されている．梓川は複列砂礫堆を持つ礫床網状河川となっている．河道内にはケショウヤナギやエゾヤナギのパッチ状群落が立地している．上高地自然史研究会では人工的な地形変化や攪乱の少ない徳沢ー明神間の梓川河道に継続観察地を設定し，25年以上にわたって地形変化と植生変動を記録してきた．本発表では，発表者が測量を行った最近10年間について，河道地形変化とヤナギ群落の消長の関係についての検討結果を報告する．

2008年以降，2009年，2010年，2011年，2013年，2017年，2018年に河道内の流路の位置が変化した．2009年を除くこれらの年には梅雨期間内に日降水量110mmを超える大雨が観測され，2009年には連続降雨の中，3日間降水量が170mmを超える降雨が続いた．インターバル撮影カメラを用いた観察によると，梅雨時期には降雨開始から2時間以内に急激に水位が上昇することがわかっている．また，梅雨期以外の大雨では同程度の降水量でも増水の規模がかなり小さいこともわかっている．

地形変化後の流路の横断形状，砂礫堆上の植生の観察から，流路は横方向に徐々に移動するのではなく，それ以前の流路の埋積と新たな流路の掘削が生じていると考えられる．このため，砂礫堆上の植生は，多少の埋没は起こるとしても，新たな流路の形成がない限り生き残り，生長を続ける．一方，流路の側方侵食がわずかに起こるため，パッチ状群落の一部が侵食されることもある．この10年間には溝状地形の中で発芽したケショウヤナギ群落が，現在3mを超す高さにまで生長を続けている．また，上高地自然史研究会が調査を始めた1998年頃に一度破壊された群落跡に発芽し，生長したパッチ状群落は，側方侵食によって徐々に幅が縮小しているが，樹高20mに達する群落となっている．河道中央部に立つ数本の大径木からなる群落で最初の測量である1994年から現在まで残存しているものもある一方で，2017年，2018年の増水時の地形変化により流失したものもある．

このように，上高地梓川の河道では数年に1回の梅雨時期の豪雨にともなう増水によって，流路の埋積と新たな流路の掘削が起こり，大きく地形変化が起こるが，そのなかで先駆植物であるケショウヤナギの新たな群落が形成され，侵食で部分的には失われながらも，大径木となるまで残存して，独特の山岳河川景観をつくり出してきた．

キーワード：河床、地形変化、植生変動、網状河道、梓川、日本アルプス
Keywords: riverbed, landform change, vegetation dynamics, braided channel, Azusa river, Japan Alps

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[M-IS20] 山の科学

コンビーナ:鈴木 啓助(信州大学理学部)、苅谷 愛彦(専修大学文学部環境地理学科)、佐々木 明彦(国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース)、奈良間 千之(新潟大学理学部理学科)、座長:佐々木 明彦

山岳地域は低標高の人口密集域へ水資源を供給するとともに、多様な生態系を育む貴重な役割を担っている。近年の地球温暖化に伴う山岳域での環境変動の影響評価と緩和策を探るために、気候、地形・地質、水循環、物質循環、炭素循環、生物多様性など様々な分野の横断的研究セッションを開催する事を目的とする。

10:45 ~ 11:00

[MIS20-07] 福島第一原子力発電所事故後の福島県内山地源流域におけるトリチウム・フロン類を用いた地下水の年代推定

*榊原 厚一[1]、岩上 翔[2]、辻村 真貴[3]、安部 豊[4]、羽田 真奈美[5]、Pun Ishwar[6]、恩田 裕一[3,7] (1.信州大学理学部、2.森林総合研究所、3.筑波大学生命環境系、4.神奈川県自然環境保全センター、5.筑波大学生命環境科学研究科、6.明治大学、7.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

11:00 ~ 11:15

[MIS20-08] 高木の樹高成長における水分生理学的適応

★招待講演

*東 若菜[1] (1.京都大学)

11:15 ~ 11:30

[MIS20-09] **高山植物コマクサにおける日本列島集団の遺伝構造とその形成過程に関する考察**

*尾崎 貴久[1]、松田 浩和、東城 幸治[2] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学理学部理学科生物学コース)

11:30 ~ 11:45

[MIS20-10] 秋田駒ヶ岳北方の偽高山帯におけるオオシラビソ小林分の成立過程

*今野 明咲香[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS20-11] 越後山脈に分布するスギを含むマツ林の形成とその環境要因について

*安田 正次[1] (1.アジア航測株式会社)

12:00 ~ 12:15

[MIS20-12] 氷河上の雪氷微生物がアジア山岳域の高山生態系に与える影響：氷河から流出するクリオコナイトによる氷河後退域の土壌形成

★招待講演

*竹内 望[1]、塩向 雅斗[1] (1.千葉大学)

福島第一原子力発電所事故後の福島県内山地源流域におけるトリチウム・フロン類を用いた地下水の年代推定

Age dating of groundwater using tritium and CFCs in headwater catchments, Fukushima after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident

*榊原 厚一[1]、岩上 翔[2]、辻村 真貴[3]、安部 豊[4]、羽田 真奈美[5]、Pun Ishwar[6]、恩田 裕一[3,7]
*Koichi Sakakibara[1], Sho Iwagami[2], Maki Tsujimura[3], Yutaka Abe[4], Manami Hada[5], Ishwar Pun[6], Yuichi Onda[3,7]

1. 信州大学理学部、2. 森林総合研究所、3. 筑波大学生命環境系、4. 神奈川県自然環境保全センター、5. 筑波大学生命環境科学研究科、6. 明治大学、7. 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター
1. Faculty of Science, Shinshu University, 2. Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, Forestry and Forest Products Research Institute, 3. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 4. Natural Environment Conservation Center, Kanagawa, 5. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 6. Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Property, Meiji University, 7. Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

Groundwater age is crucial information for understanding the continuum groundwater flow system from mountain to ocean. Headwaters are origins of the terrestrial hydrological cycle and therefore important areas to understand the water resources management, material cycle, and disaster prevention. After the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, concerns of radionuclide contamination of water resources have been elevated. However, the groundwater flow system including age information in radionuclide-contaminated headwaters in Japan has not been well clarified. Therefore, the objective of this study is to investigate the groundwater age and related radionuclide effect on the water resources by using multi-tracer approach in headwater catchments approximately 30 km north-west apart from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. Periodical field surveys were conducted from May 2011 (2 months after the disaster) to November 2012. Tritium, chlorofluorocarbon (CFCs), and stable isotopes (oxygen and hydrogen) were used as environmental tracers.
Mean groundwater age in the study areas was estimated to be ranging from 10 to 26 years by combined use of multiple CFCs concentrations. The tritium concentration in groundwater was between 1.3 TU and 6.0 TU, which supported the estimated CFCs-based groundwater age. In addition, the governing groundwater flow system was approximated by a piston flow model; however, a modern water fraction was also suggested based on the relationship between CFC-11 and CFC-12. The estimated water age and isotopic signals among the stream water, spring water, and groundwater suggested an indication of the radionuclide intrusion into the groundwater. This is consistent with the monitored ^{137}Cs concentration in the groundwater (Iwagami et al., 2017). Modern water fractions with relatively high radionuclide concentrations into groundwater possibly cause the prolonged contamination of water resources.

キーワード：トリチウム、フロン類、地下水、源流域
Keywords: tritium, CFCs, groundwater age, headwater catchment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高木の樹高成長における水分生理学的適応
Hydraulic adaptation for tree height growth in tall tree species

*東 若菜[1]
*Wakana Azuma[1]

1. 京都大学
1. Kyoto University

山岳地域の主要な要素のひとつである森林生態系は、草原や砂漠や岩地と比較してその複雑な三次元構造が特徴の一つである。そして、その95%は地上からは到達できない林冠部が占めている（Lowman and Rinker 2004）。森林生態系において林冠部は光合成や蒸散や繁殖などの生命活動を担う場であり、多様な生物との相互作用の場である。そのような林冠部における研究は、近年の林冠へのアクセス手段の発展によって急速に進展してきた（中西ら　2018）。

“樹木がなぜ大きくなれるのか”という問いはシンプルながらも古くから議論が続いており、生理生態学的な研究が進められている。樹高成長に関わる要因がいくつか指摘されている中で、根から梢端の葉までの水輸送限界が主要因として考えられている（e.g. Ryan et al. 2006）。これは理論的研究を発端としている一方で、実際の高木がどれだけ根からの水輸送限界の影響を受けているかは直接測定されてこなかった。そこで、樹高100mを超す北米のセコイアメスギや樹高50mのスギにツリークライミングによってアクセスし、樹冠内の葉の水分生理に関する様々な性質を直接的に評価した。すると、梢端で想定される水不足の影響は見られず、梢端の葉の高い貯水性が明らかとなった。つまり、高木は梢端で生じる物理的な水輸送限界に対して、葉の高い貯水性によって補償するという適応的なメカニズムが示唆された（Ishii et al. 2014）。

この葉における高い貯水性はどのように実現されているのだろうか？葉内の組織構造と水の関係性について調べるために、夜明け前と日中に液体窒素を樹高50mのスギの樹冠へ持って上がって葉をその場で急速凍結し、実験室に持ち帰って凍ったままの切片を作成し、低温走査電子顕微鏡で観察した。その結果、維管束と葉肉組織の間に位置する、裸子植物に特有の移入組織が、スポンジのように可逆的に水を貯留したり収縮して放出したりしていることが明らかとなった。梢端の葉では、移入組織の細胞数が多く葉の貯水性を優先した組織構造によって高所の生理機能を維持しており、光合成に関わる組織との資源分配のトレードオフによって最大樹高が規定されることが示唆された（Azuma et al. 2016）。

また、赤外分光法を用いて、水の物理的性質に着目した、葉の水分保持のメカニズムの解明にむけて研究が行われている。顕微鏡と組み合わせて葉の横断面に適用することで、解剖学的手法だけでは評価が難しかった水や糖類の分布を定量化して可視化することができる。現在の植物生理学において水は一種類のものとして扱われているが、実際は水素結合距離の違いなどから様々な性質の水が存在することが、物理化学的研究において知られている。この研究では、得られたスペクトルから、水素結合距離の短い水が多糖類に保持されているという作業仮説が考えられた（Azuma et al. 2017）。

これらの報告は、“高木による水輸送限界への適応” という新たな観点を取り入れた針葉樹高木種における樹高成長メカニズムを示唆している。さらなる高木の生理生態の実態解明には、多角的視点から統括的な理解を目指すことが必要であると考える。

引用文献

Lowman MD, Rinker HB. 2004. Forest Canopies, Second Edition. Elsiver Academic Press, Oxford.

中西　晃, 東　若菜, 田中　美澄枝, 宮崎　祐子, 乾　陽子. 2018. 林冠生物学におけるツリークライミングの適用と展望. 日本生態学会誌 68: 125-139.

Ryan MG, Phillips N, Bond BJ. 2006. The hydraulic limitation hypothesis revisited. Plant, Cell & Environment **29**, 367–381.

Ishii HR, Azuma W, Kuroda K, Sillett SC. 2014. Pushing the limits to tree height: could foliar water storage compensate for hydraulic constraints in Sequoia sempervirens? Functional Ecology **28**,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1087–1093.

Azuma W, Ishii HR, Kuroda K, Kuroda K. 2016. Function and structure of leaves contributing to increasing water storage with height in the tallest Cryptomeria japonica trees of Japan. Trees **30**, 141–152.

Azuma W, Nakashima S, Yamakita E, Ishii HR, Kuroda K. 2017. Water retained in tall Cryptomeria japonica leaves as studied by infrared micro-spectroscopy. Tree Physiology **37**.

キーワード：水分生理、通水構造、林冠
Keywords: water relations, hydraulic architecture, canopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高山植物コマクサにおける日本列島集団の遺伝構造とその形成過程に関する考察

The molecular phylogenetic structure and biogeographic history of a alpine gravel environment specific plant *Dicentra peregrina* (Papaveraceae) in Japan

*尾崎 貴久[1]、松田 浩和、東城 幸治[2]
*Takahisa Ozaki[1], Hirokazu Matsuda, Koji Tojo[2]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、2. 信州大学理学部理学科生物学コース
1. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 2. Biology Department, Faculty of Science, Shinshu University

気候や地理地形・地質学的環境や地史は、生物の分布域を規定する要因として重要である。特に植物は動物と比較して分散に大きな制約があることから、気候変動の影響を受けやすく、氷期-間氷期サイクルにおける気候変動と分布域変遷の関連が議論されてきた。例えば、日本列島に生育する高山植物の多くは、氷期などの寒冷期に分布拡大し、間氷期の温暖化によって高山に取り残されたという過程が推定されている。対して、土壌の栄養量および岩屑の大きさや安定性などの地質条件は、植物の生育や分散を大きく制限することから、種構成や集団動態に影響を与えると考えられている。しかし、生育環境が生物の分布域変遷に与える影響について検討した事例はほとんどみられない。

コマクサ *Dicentra peregrina* は高山砂礫地に生育し、高山荒原植物群落を代表する植物である。 高山砂礫地は稜線上の活発に風化が起きている場所や火山の周囲に点在する撹乱の多い環境である。そのため、分布は強く制限され、高山植物のなかでも特に気象や地形・地質学的影響を強く受けていると考えられる。つまり、生育環境と分布域変遷の関係を検討するために適した種である。本研究では、コマクサの日本列島集団において分子系統地理学的解析および生態学的ニッチモデル解析を実施し、分布域変遷を推定した。

系統解析の結果、日本列島のコマクサは２つの主要な遺伝系統群で構成されており、その境界は北海道中部の大雪山系内に存在するという結果が得られた。また、北海道内において、本州の山岳と共通する遺伝系統群は、化雲岳周辺と富良野岳においてのみ検出され、他の山域からは北海道に固有の遺伝系統群が検出された。さらに、地質学的研究において、化雲岳および富良野岳は約70万年前までに形成されたと推定されているが、北海道に固有の遺伝系統群が検出された山域は約15万年前から形成されたことが示されている。これらの形成年代の違いは、氷期-間氷期サイクルにおける集団動態に影響を与え、古い山岳が間氷期のレフュジアとして機能したという可能性を示唆する。また、コマクサにみられた遺伝的構造は他の高山植物と大きく異なり、地史との関連が強いことが明らかとなった。以上のように、コマクサの分布域変遷は気候変動と地史の影響を強く受けており、生育環境の違いを反映していることが示された。

キーワード：系統地理学、高山植物、高山荒原、氷期-間氷期サイクル
Keywords: phylogeography, alpine Plant, alpine desert, glacial-interglacial cycles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

秋田駒ヶ岳北方の偽高山帯におけるオオシラビソ小林分の成立過程
Formation process of small stands of *Abies mariesii* forest in pseudo-alpine zone on Mt. Akita-komagatake, northern Japan

*今野 明咲香[1]
*Asaka Konno[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

秋田駒ヶ岳では，本来亜高山帯針葉樹が成立する標高帯にササや灌木を主とする偽高山帯景観が広がっており，亜高山帯性針葉樹であるオオシラビソ林は小林分で存在する。守田（1985）の花粉分析の研究によると，秋田駒ヶ岳地域北部でオオシラビソの花粉が検出されるのが約600年前からであり，現在まで増加傾向にあることから，秋田駒ヶ岳地域における偽高山帯景観の成立は，オオシラビソ林が未だ分布拡大途上であることが要因と考えられている。今野（2015）では，よりミクロなオオシラビソ林の成立時期を検討するために，秋田駒ヶ岳北方のオオシラビソ小林分において植物珪酸体分析を行い，少なくとも500年前以降に成立したと推定した。このことから，この林分の樹齢構成には現在もオオシラビソ林成立の形跡が残っている可能性が高く，オオシラビソ林拡大の初期段階を把握できる重要な地域であると言える。

そこで本研究は，秋田駒ヶ岳北方のオオシラビソ小林分における胸高直径階分布から林分の更新過程を明らかにすることで，オオシラビソ小林分の成立過程を考察することを目的とする。

オオシラビソ小林分内において植生を分類し，それぞれの胸高直径階分布を作成した。オオシラビソ疎林では20 cmと30 cmにピークを持ち，より小さいサイズでは減少する。オオシラビソ密林では5 cmと30 cmにピークを持ち，10～25 cmの個体で減少する。オオシラビソ・ダケカンバ・ブナ林では，個体数が少なく特徴が見いだせなかった。

一般に，順調に更新が行われている林分では，胸高直径階分布はサイズが小さい個体ほど多く，大きくなるにつれて個体数が減少しL字型の分布を示す。しかし，本調査では小さい階級で減少する傾向が認められた。

この個体数の減少は，林分の成立が新しく現在林分を構成している胸高直径20～30 cmの世代の多くが種子を生産できる樹齢に達していないことと，これ以前に種子を生産できた個体がほとんどなかったことを反映していると考えられる。すなわち，胸高直径階20～30 cmの個体は細々と存在していた第一世代から生産された第二世代である可能性が高く，この林分は第二世代において急速に形成されたと考えられる。
この結果は，東北地方の多くの地域の花粉分析結果から認められるモミ属花粉の急増とも整合的であり，現在東北日本の亜高山帯一面に広がるオオシラビソ林は，急速に拡大して亜高山帯を代表する植生となったと推測される。

キーワード：オオシラビソ林、形成過程、秋田駒ヶ岳、偽高山帯
Keywords: Abies mariesii forest, formation process, Mt. Akita-komagatake, pseudo-alpine zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

越後山脈に分布するスギを含むマツ林の形成とその環境要因について
Distribution of the pinas forests including a Cryptomeria japonica and its environmental factors in Echigo mountain range.

*安田 正次[1]
*Masatsugu YASUDA[1]

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

福島県会津地域南西部から新潟県東蒲原郡が接する地域には、天然生のスギが生育していることが知られている。

このスギは本名スギまたは三条スギと呼ばれる郷土品種として知られており（中元・渡部 1959）、緩やかな斜面ではブナと混交する林を形成し、尾根上ではキタゴヨウあるいはアカマツとの混生林を形成する。

スギとブナが混交した林分は秋田県を中心に日本海側で認められる（2018 越前谷）、一方スギとキタゴヨウもしくはアカマツと混交する林分は他の地域ではあまり認められず、この地域特有のものである。

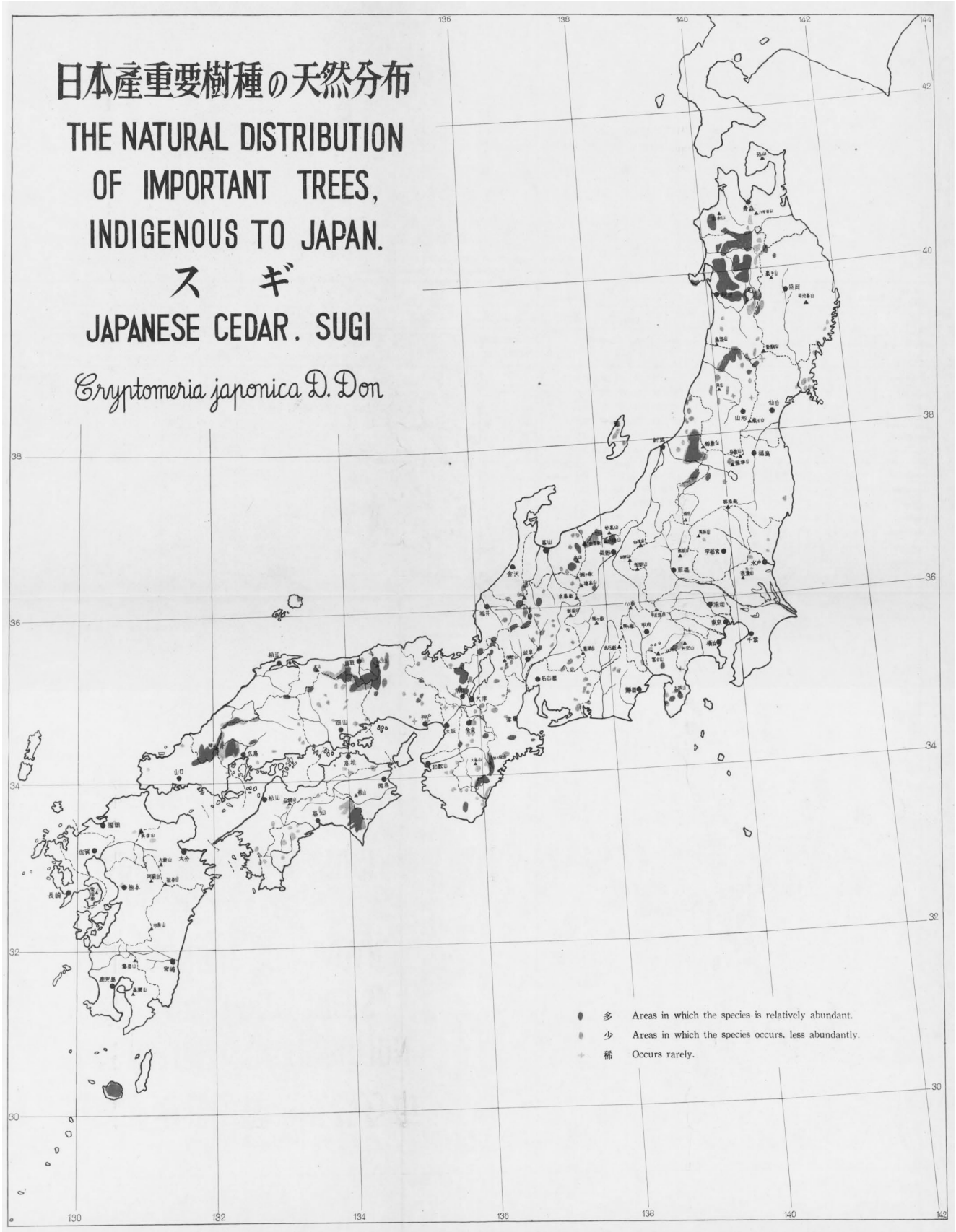
この地域の植生について松浦（2010）は「本地域の植生で最も特徴的といえるものは、豪雪による頻繁な雪崩により形成された低木林や草地からなる雪崩植生である。尾根脇の上部斜面の両側から低木林の雪崩植生となり、ヤセ尾根上にマツ林（キタゴヨウを主体とし、低標高地にはアカマツが混生）が線状（モヒカン刈り状）に残る。」として、積雪の影響によって形成された植生であることを示している。

ところで、筆者は昨年秋季を中心にこの地域において踏査を行い、このスギを含むマツ林が積雪傾度との関連性を持っていることに気がついた。また、植物の組み合わせの観点、つまり植物社会学的には日本の亜高山域に分布する「クロベ-キタゴヨウ林」との関連性が強いことも明らかとなった。

これらの関連性、つまり、植物社会学的特徴と積雪などの環境の地理的な関連性について、既存の植生調査データベースやメッシュ気候値を用いて解析を行い、その結果を報告する。

キーワード：天然スギ、越後山脈、御神楽岳、積雪傾度、植物社会学、植生調査データベース
Keywords: Natural Cryptomeria japonica, Echigo mountain range, Mt. Mikagura, Snow coverage, Phytosociology, Vegetation survey database

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷河上の雪氷微生物がアジア山岳域の高山生態系に与える影響：氷河から流出するクリオコナイトによる氷河後退域の土壌形成
Roles of glacier microbes in alpine ecosystems of Asian high mountains: effect of cryoconite outflow on soil development in glacier forefields

*竹内 望[1]、塩向 雅斗[1]
*Nozomu Takeuchi[1], Masato Shiomuki[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

ユーラシア大陸中央部の広大な乾燥地帯には，天山山脈をはじめとする巨大な山岳地帯が発達している．その頂上部に数多くする存在する氷河は，周囲の乾燥地帯に融解水を供給し，地域の人間社会を始め高山生態系の水資源として重要な役割を果たしている．近年の温暖化による山岳氷河の縮小は，地域社会や生態系に大きな影響を与える可能性が高く，現在大きな注目を集めている．一年を通じて寒冷な環境である氷河上には，雪氷生物と呼ばれる特殊な生物群集が存在する．アジアの山岳氷河では，氷の表面でシアノバクテリアと呼ばれる光合成微生物が大量に繁殖し，クリオコナイトと呼ばれる微生物複合体を形成している．この雪氷微生物由来の有機物を含むクリオコナイトは，やがて融解水とともに氷河の外に流出する．しかし，氷河から流出したクリオコナイトが周囲の環境にどのような影響を及ぼすかについては，ほとんどわかっていなかった．中国天山山脈に位置するウルムチNo.1氷河で，氷河表面，流出河川, および周辺の地表面から採取した堆積物を分析したところ，氷河末端から1600 m下流の地点まで流出したクリオコナイト粒が堆積していることが明らかになった．さらに，氷河末端に近い流出河川沿いの平坦地では，クリオコナイトが広範囲にわたって深さ20 cm以上堆積していた．以上の結果は，山岳氷河は単に周囲の環境に融解水を供給するだけでなく，有機物も供給し山岳地帯の土壌形成に重要な役割を果たしていることを強く示唆している．いままでほとんど注目されることがなかった雪氷上の微生物群集は，アジアに限らず世界各地の山岳地の生態系に対して大きな影響力を持っている可能性がある．

キーワード：クリオコナイト、氷河後退域、天山山脈
Keywords: cryooconite, glacier forcefields, Tienshan Mountains

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[M-IS20] 山の科学

コンビーナ:鈴木 啓助(信州大学理学部)、苅谷 愛彦(専修大学文学部環境地理学科)、佐々木 明彦(国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース)、奈良間 千之(新潟大学理学部理学科)、座長:奈良間 千之(新潟大学)

山岳地域は低標高の人口密集域へ水資源を供給するとともに、多様な生態系を育む貴重な役割を担っている。近年の地球温暖化に伴う山岳域での環境変動の影響評価と緩和策を探るために、気候、地形・地質、水循環、物質循環、炭素循環、生物多様性など様々な分野の横断的研究セッションを開催する事を目的とする。

13:45 ~ 14:00

[MIS20-13] 山岳地域における複数地点間の雪面熱収支特性の比較

*西村 基志[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合工学系研究科、2.国士舘大学文学部地理学教室、3.信州大学理学部)

14:00 ~ 14:15

[MIS20-14] 乗鞍岳東斜面における局地風系に及ぼす積雪の影響

*上原 元樹[1]、鈴木 啓助[2] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学理学部)

14:15 ~ 14:30

[MIS20-15] **飛騨山脈における“雪崩涵養型”の氷河・多年性雪渓の質量収支**

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科　、2.新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3.立山カルデラ砂防博物館)

14:30 ~ 14:45

[MIS20-16] 西穂高岳近郊で発生する雲海及び滝雲の発生形態
★招待講演

*粟澤 徹[1] (1.国立大学法人信州大学　理学部)

14:45 ~ 15:00

[MIS20-17] 阿蘇山西麓を吹走する局地風「まつぼり風」に関するレビューと展望
★招待講演

*松山 洋[1] (1.首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科)

15:00 ~ 15:15

[MIS20-18] **Two decades of mountain climate monitoring and research: lessons learned and future challenges.**

*Luis Duran[1,2,3]、Irene Rodríguez-Muñoz[1] (1.interMET Sistemas y Redes S.L.U. Madrid. Spain、2.Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación del Parque Nacional Sierra de Guadarrama. Madrid. Spain、3.Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid. Spain)

山岳地域における複数地点間の雪面熱収支特性の比較
Comparison of surface energy balance of seasonal snowcover for three sites in Japanese alpine region

*西村 基志[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3]
*Motoshi NISHIMURA[1], Akihiko SASAKI[2], Keisuke Suzuki[3]

1. 信州大学大学院総合工学系研究科、2. 国士舘大学文学部地理学教室、3. 信州大学理学部
1. Interdisciplinary Graduate school of Science and Technology, Shinshu University, 2. Department of Geography and environmental Studies, Kokushikan University, 3. Faculty of Science, Shinshu University

積雪や氷河の消耗過程に関する解析は，全球規模での気候変動に対する一つの指標となり，また，対象とされる雪氷圏は地球システムを理解する上でも非常に重要な領域の一つである．積雪の消耗過程に関する議論を行う際には，気象観測データを用いて積雪表面の熱収支を解析する手法が効果的であり，現在はこの手法が世界各地で広く用いられている．雪面熱収支の特徴は対象地域の気象条件に大きく影響を受けるため，その地点の気候や周辺の自然環境を反映しているとも考えられる．本発表では，日本の中部山岳地域における上高地，乗鞍高原および西穂高の3地点の雪面熱収支特性を明らかにし，日本の亜高山帯での季節積雪の消耗過程およびその特徴について発表する．

信州大学では自動気象観測装置を上高地 (1490 m a.s.l.)，乗鞍高原 (1590 m a.s.l.) および西穂高 (2355 m a.s.l.) に設置しており，2016/17年冬季において熱収支法を用いて雪面熱収支の解析を行った．乱流フラックスの解析にはバルク法を用いた．

3地点の熱収支特性で共通していたのは，短波放射収支が最も大きなエネルギー源であり，また，長波放射と潜熱フラックスによって積雪層が冷却されていた点である．これらの特徴は，気温が低く，空気が乾燥していると言われる大陸性気候の地域や，標高の高い山岳地域でよく見られる特徴であり，日本の豪雪地帯と呼ばれる日本海沿岸地域とは異なった特徴である．

一方，3地点の異なった熱収支特性が見られたのは，積雪消耗期後期の熱収支特性に関してである．西穂高では上高地と乗鞍に比べて積雪期が長く (6月まで)，消耗期後期の大気環境 (例えば，気温や比湿) および放射要素が他2地点とは異なる．それによって，西穂高では特異的な熱収支特性も見られた．

上記のように，地理的には近いが，異なる (または同じ) 標高帯での熱収支解析の比較を行うことにより，気象特性や地形などの周囲の環境による熱収支特性および，日本の亜高山帯での熱収支特性が明らかとなり，それぞれ類似した傾向と異なる傾向が見られた．今後は日本の積雪地における熱収支特性の地域特性に関する解析を進めることで，さらなる融雪プロセスへの理解を深める必要がある．

キーワード：融雪、山岳地域、雪面熱収支
Keywords: snow melt, alpine region, snow surface energy balance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

乗鞍岳東斜面における局地風系に及ぼす積雪の影響
The influence of snow for the local wind system on the east slope of Mt.Norikura

*上原 元樹[1]、鈴木 啓助[2]
*Genki Uehara[1], Keisuke Suzuki[2]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、2. 信州大学理学部
1. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 2. Department of Environmental Science, Faculty of Science, Shinshu University

本研究の対象である乗鞍岳（標高3026 m）の東斜面では，斜面上の雪面に影響されたと考えられる特異的な局地風系が現れる．一般的に，山岳斜面では夜間に斜面下降風や山風が吹き，日中に斜面上昇風や谷風が吹く．しかしながら，冬季から春季にかけての乗鞍岳東斜面では，日中にも関わらず，午後に斜面下降風が吹く特異的な風系が形成される．この風系の形成に対して山岳斜面の雪面が重要な役割を果たしている可能性がある．雪面温度は常に融点（0 ˚C）付近もしくはそれ以下であるため，気温がその温度を上回る時には大気から雪面への下向きの顕熱輸送が行われることとなる．下向きの顕熱によって冷却された雪面付近の空気によって斜面下降風が形成され，特に午後遅くや暖かい晴天日は顕著となる（Whiteman, 1999）．このような「雪面上で発生する斜面下降風」と「非雪面で発生する斜面上昇風」との相互作用の結果により，乗鞍岳東斜面では特異的な風系が形成されていると考えられる．

乗鞍岳を含む日本アルプスは世界的にも稀な多雪地帯として知られ，冬季には山岳地域に多量の雪が涵養される（鈴木，2013）．積雪に覆われた地表面は，裸地や植生帯とも異なる熱力学的に特徴的な状態を作り出し，山岳の大気環境に重大な影響を及ぼしていると予想されるが，観測網の不足等の理由から山岳の大気環境の実情は把握できていないのが現状である．そこで本研究では気象観測の実測値から山岳地域の風系と積雪との関連について報告する．

キーワード：山岳気象、熱的駆動風、雪
Keywords: mountains meteorological, thermally driven wind, snow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

飛騨山脈における“雪崩涵養型”の氷河・多年性雪渓の質量収支

Mass balance of "Avalanche-accumulation type"glaciers and perennial snow patches in Hida mountain range.

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3]
*Kenshiro Arie[1], Chiyuki Narama[2], Kotaro FUKUI[3], Hajime IIDA[3]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科　、2. 新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3. 立山カルデラ砂防博物館
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University, 3. Tateyama Caldera Sabo Museum

飛騨山脈北部の現在の環境では，降雪量が融解量を超えることができないため，多年性雪渓の分布は吹きだまりや雪崩の地形効果による積雪があるところに限定される．日本の多年性雪渓の質量収支は，三角側量が可能な”吹きだまり涵養型”の多年性雪渓に限定されており，”雪崩涵養型”の氷河や多年性雪渓の質量収支は明らかでない．そこで，本研究では，セスナ空撮とSfMソフトを使用し，2015～2018年の飛騨山脈北部の氷河と多年性雪渓の質量収支を算出した．

2015年～2018年の氷河と雪渓の質量収支は，2015/2016年では全域が消耗域，2016/2017年では全域が涵養域，2017/2018年ではパッチ状に涵養域と消耗域が点在した．2015～2018年の融雪末期の中で最も氷河と多年性雪渓の規模が小さくなったのは，小雪年の2016年である．2016/2018年の高度変化を”吹きだまり涵養型”の多年性雪渓と”雪崩涵養型”の氷河・多年性雪渓を比較したところ，”雪崩涵養型”の氷河・多年性雪渓のほうが大きく涵養していた．

キーワード：氷河、多年性雪渓、質量収支、SfM、空撮
Keywords: glacier, perennial snow patch, mass balance, SfM, aerial photography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西穂高岳近郊で発生する雲海及び滝雲の発生形態
Pattern of occurrence of sea of clouds and waterfall cloud near Mt.Nishihotakadake

*粟澤 徹[1]
*Toru Awazawa[1]

1. 国立大学法人信州大学　理学部
1. Faculty of Science, Shinshu University National University, Shinshu University Faculty of Science

槍・穂高連峰には3000m級の山々が連なり、またこの西南端に位置する西穂高岳から焼岳、乗鞍岳へと続く山稜も概ね2000mを超えている。大気境界層は温帯地方では1000m以内といわれているが、この地域では連なる山々によって岐阜県と長野県との大気境界層が分断される状況がしばしば発生する。このような状況下において日本海側から湿った空気が下層に流入すると、岐阜県側にせき止められる形となる。更に高気圧によって沈降性逆転層が形成される等の事象が発生すると、逆転層を境に層積雲が空を埋め尽くし、雲海が発生する。発生時の気象状況を解析した結果、下層の湿った空気の流入にいくつかのパターンがあることが分かった。また、生成された雲海が維持されるための下層湿りの供給と、消失時の日射の影響についても検証した。

また、西穂山荘付近において滝雲がしばしば発生するが、これは槍・穂高連峰から焼岳へと連なる稜線の中で西穂丸山ー焼岳間が最も低いことによるものである。この山域に見られる滝雲には二つのパターンがあることが分かった。ダイナミックなものは、雲海発生時に高気圧の弱まりや、下層の湿った空気の流入が強化される等の事象が加わることにより、雲海の高度が高まり、西穂丸山ー焼岳間から長野県側へと雲が溢れることによって発生する。小規模なものは、笠雲のように斜面に沿って上昇した空気が雲を作り、下降する際に消失することによって発生するものであるが、いずれにしても西穂丸山ー焼岳間の標高が低いことが、発生の大きな要因をなしている。

キーワード：槍・穂高連峰、雲海、滝雲、逆転層
Keywords: Mt.Yarigatake-Mt.Hotakadake mountain range, sea of clouds, waterfall cloud, inversion layer



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇山西麓を吹走する局地風「まつぼり風」に関するレビューと展望
Review and prospect of strong local wind “Matsubori-kaze” blowing at the western foot of Mt. Aso.

*松山 洋[1]
*Hiroshi Matsuyama[1]

1. 首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科
1. Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

要旨については，英文要旨を参照願います。

キーワード：阿蘇山、局地風、まつぼり風、阿蘇おろし、山岳気象観測
Keywords: Mt. Aso, local wind, Matsubori-kaze, Aso-oroshi, Meteorological observations in mountains

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Two decades of mountain climate monitoring and research: lessons learned and future challenges.

*Luis Duran[1,2,3], Irene Rodríguez-Muñoz[1]

1. interMET Sistemas y Redes S.L.U. Madrid. Spain, 2. Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación del Parque Nacional Sierra de Guadarrama. Madrid. Spain, 3. Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid. Spain

During the last two decades several efforts have been made in order to have an accurate assessment of climatic conditions in a mountain area in Central Spain (Peñalara Massif). A combination of in-situ measurements, statistical analysis of historical data, use of re-analyses and high resolution modeling has been done in order to overcome the difficulties inherent in such a complex terrain. The first decade has been focused on the design and operation of a mountain observational network. After some efforts, the performance achieved was satisfactory. As a result, long and homogeneous records are now available for the first time. Also, valuable technical and operational information has been gained which helped in the re-design of the network which is now in operation. In the meantime, connections between mountain meteorological phenomena and synoptic forcing has been found using weather typing methods using total column water vapor flux fields from re-analyses. The interaction between regional scale advection of humidity and orography has been identified as the leading phenomena in terms of precipitation. This finally led to the application of an orographic precipitation model giving a high resolution assessment of precipitation at this mountain area which is coherent with in-situ observations. This database opens new horizons of research since it converts point measurements into spatial fields. This comprehensive approach for researching the climate of a mountain area has proven to be effective but also brings future challenges which will be discussed here.

Keywords: Mountain climate, Mountain meteorology, Mountain weather monitoring

©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27日(月) 9:00 ~ 10:30 | 106 1F

[M-IS23] 惑星火山学

コンビーナ:野口 里奈(宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、片岡 香子(新潟大学災害・復興科学研究所)、大槻 静香(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:野口 里奈(宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)、下司 信夫(産総研　活断層・火山研究部門)

火山活動は太陽系固体天体に普遍的に存在する自然現象である。探査によって得られる火山地形・地質データからは、窺い知るのが困難な天体内部の情報や形成以降の表層環境情報を抽出することができる。リモートセンシングデータの充実により、地球外の天体表層について露頭スケールでの議論ができる時代が到来している。本セッションでは、太陽系で普遍的に見られる地形である火山について日本での研究土壌を醸成するため、火山学・惑星科学の垣根を越えた情報共有および議論を行う。遠隔地や極限環境での調査、将来の惑星探査を視野に入れた技術の開発に関する話題も対象とする。 また地球上の火山地形・地質を類似物（terrestrial analogue)として扱い、その直接的な分析・解析および他の惑星との比較から、惑星地形・地質を理解する試みも扱う。

9:00 ~ 9:15

[MIS23-01] 隔絶された火山島，西之島の成長と進化

★招待講演

*前野 深[1] (1.東京大学地震研究所)

9:15 ~ 9:30

[MIS23-02] 地球型惑星のサイズと火成活動の型：マントル•ダイナミクスモデルからの予測

*小河 正基[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)

9:30 ~ 9:45

[MIS23-03] 月火星の縦孔と溶岩チューブと　その天窓となる縦孔を通しての探査

*春山 純一[1]、岩田 隆浩[1]、山本 幸生[1]、郭 哲也[2,1]、三宅 亙[2]、熊本 篤志[3]、石山 謙[1]、横田 康弘[4]、大野 匠[2,1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東海大学、3.東北大学、4.高知大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS23-04] 衛星イオの火山活動、大気形成と散逸

*土屋 史紀[1]、古賀 亮一[1]、米田 瑞生[2]、鍵谷 将人[1]、吉岡 和夫[4]、疋田 伶奈[4]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、山崎 敦[3]、北 元[3]、吉川 一朗[4] (1.東北大学、2.タダノ、3.ISAS/JAXA、4.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[MIS23-05] Cryovolcanism, a critical review

*栗田 敬[1] (1.東京大学地震研究所)

10:15 ~ 10:30

[MIS23-06] 太陽系天体における氷火山：その観測、重要性、将来への展望

★招待講演

*関根 康人[1] (1.東京工業大学地球生命研究所)

隔絶された火山島，西之島の成長と進化
Growth and evolution of isolated volcanic island, Nishinoshima, Ogasawara

*前野 深[1]
*Fukashi Maeno[1]

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

海洋島が誕生し成長していく過程は，新たな陸地の創生，新たな陸上生命活動の場の創生という点で，地球科学的に興味深い現象である。西之島は，このような海洋島の誕生，形成，進化のプロセスを様々な研究分野の視点から追跡できる地球上でもまれな場所といえる。一方，浅海での噴火は海域ハザードの要因となるため，調査・観測手法やリスク評価手法の確立も重要な課題となる。西之島は，小笠原諸島父島から西に130 kmの絶海の孤島と呼ぶにふさわしい場所に存在する。2013年11月，海底噴火が起こり新たな島が誕生し，その後の活動でもとの島を飲み込み大きく成長していった。2013年から2018年の西之島の一連の噴火活動は，新たな火山島の誕生とその成長プロセスについて様々な貴重なデータを提供するとととともに，離島火山の調査・観測の実践の場としても重要な舞台となった。西之島の噴火活動は，2013年11月–2015年12月（第1期），2017年4月–8月（第2期），2018年7月（第3期）に分けられるが，この間，西之島の活動を理解するためにさまざまな調査・観測が行われた。噴火開始直後は，遠隔からの観察データが唯一の情報源であり，高分解能人工衛星画像の解析や，上空からの直接観察をもとに，西之島の表面地形や形態の変化，面積・噴出量・噴出率の変化に注目して，その成長過程を追跡した。その後，2015年末の活動低下を受けて，2016年10月には火山活動と生物相の総合的調査が実施された。この調査では，新しい西之島への外来種持ち込みのリスクを最小限に抑えるために，地球科学と生態系の研究者が相互に協力して上陸調査が実施され，初めて島内から直接溶岩試料が採取され，地震計，空振計も設置された。西之島は2017年，2018年に活動が再び活発化しさらに成長を続けた後，2018年7月末にようやく活動を沈静化し，現在に至る。2016年以降の調査では，ドローンや無人ヘリを活用した遠隔からの調査が行われ，新しい溶岩流や火口地形の画像・映像の撮影，噴出物採取，生態系モニタリング用ロガーの設置・回収，空中磁気測量などが行われ，西之島の活動と進化の理解を進める成果が得られつつある。このようなアクセスが困難かつ原初生態系保護の視点も必要な，絶海の西之島での調査・観測には，他天体表層探査との共通項があるかもしれない。本発表では，惑星火山学との接点に注目しつつ，西之島の成長・進化，火山活動とこれまでに行われた調査の方法や成果について紹介する。

キーワード：火山島、西之島、遠隔観測、上陸調査
Keywords: volcanic island, Nishinoshima, remote observation, landing survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球型惑星のサイズと火成活動の型：マントル•ダイナミクスモデルからの予測

The style of magmatism on terrestrial planets of various sizes predicted from numerical models of mantle dynamics

*小河 正基[1]
*Masaki Ogawa[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻
1. Division of General Systems Studies, Graduate School of Arts and Sciences, University of Tokyo

A series of numerical models of magmatism in the convecting mantle suggest that the vigor and style of mantle magmatism critically depend on the planetary size because of its effects on the elementary processes that exert control over mantle dynamics. On a small planet like the Moon, a mild magmatism continuously occurs for several hundred million years in upwelling limbs of mantle convection and then wanes, because the magmatism extracts heat-producing elements (HPEs) from the mantle. Magmatism, however, often becomes more vigorous and episodic, as observed for the Large Igneous Provinces on Mars and larger planets, because the buoyancy of the generated magma boosts the upwelling flow in the mantle that causes the magmatism itself. The convective stirring enhanced by the MMU feedback keeps the mantle rather homogeneous, despite that the vigorous magmatism due to the feedback differentiates the mantle. The effect of the MMU feedback is particularly important in Venus and the Earth where the lower mantle develops: The solid-solid phase transitions that occur at the top of the lower mantle make mantle upwelling flow pulsating, when the mantle is strongly heated by HPEs and magmatism is vigorous. This pulse or burst of hot materials from the lower mantle causes a vigorous magmatism, especially in the early mantle. Due to this vigorous magmatism, the crust enriched in HPEs recycles back to the mantle to serve as the energy source for the magmatism that continues throughout the history of the mantle. On the Earth, plate tectonics also causes magmatism and recycling of the generated crust. In contrast to Venus, this magmatism differentiates the mantle, because tectonic plates and subducting slabs stir the mantle only mildly.

キーワード：火成活動、マントル対流、惑星サイズ、数値シミュレーション
Keywords: magmatism, mantle convection, planetary size, numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月火星の縦孔と溶岩チューブと　その天窓となる縦孔を通しての探査
Lunar and Matian lava tubes and explorations to them through their skylight holes

*春山 純一[1]、岩田 隆浩[1]、山本 幸生[1]、郭 哲也[2,1]、三宅 亙[2]、熊本 篤志[3]、石山 謙[1]、横田 康弘[4]、大野 匠[2,1]
*Junichi Haruyama[1], Takahiro Iwata[1], Yukio Yamamoto[1], Tetsuya Kaku[2,1], Wataru Miyake[2], Atsushi Kumamoto[3], Ken Ishiyama[1], yokota yasuhiro[4], Takumi Ono[2,1]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 東海大学、3. 東北大学、4. 高知大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Tokai University, 3. Tohoku University, 4. Kochi University

10年ほど前、火星探査機Mars Odyssey搭載のTHEMISによって取得された熱輻射データや、月探査機SELENE（かぐや）搭載の地形カメラ画像データに、直径、深さ共に数10ｍから数100mにおよぶ縦孔が発見された。これらは、溶岩チューブのような、火成活動によって形成された地下空洞に開いたSkylight「天窓」と考えられている。その後、多くの溶岩チューブと関係があると思われる縦孔や陥没地形が、火星や月の探査機によって得られた画像データにに見つかってきている。壊れていない溶岩チューブが月に存在することは、他にも、GRAILによる重力場データや、SELENE（かぐや）のレーダサウンディング観測によって示唆されている。

月や火星の広大な大地形成に関する溶岩チューブの役割は科学的にも興味深いものであるが、まだこうした研究は十分にはされきっていない。溶岩チューブや、それらに開いた天窓といえる縦孔は、火星や月の火成活動史を調べるのに非常に優れた場所である。火星や月の溶岩チューブは、潜在的に微小隕石十爆撃や宇宙線放射から人や機器を保護する潜在的に安全なシェルターとなることも期待される。これら理由から、今後数10年にわたって、月や火星の溶岩チューブ探査は、各国の宇宙機関や民間企業によってもされていくであろう。

本講演では、最近の溶岩チューブの研究や、その探査について、述べる予定である。

キーワード：月、火星、縦孔、溶岩チューブ、空洞
Keywords: moon, Mars, hole, lava tube, cave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星イオの火山活動、大気形成と散逸
Volcanic activity on Io, formation of the atmosphere, and escape of atmosphere to the magnetosphere

*土屋 史紀[1]、古賀 亮一[1]、米田 瑞生[2]、鍵谷 将人[1]、吉岡 和夫[4]、疋田 伶奈[4]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、山崎 敦[3]、北 元[3]、吉川 一朗[4]
*Fuminori Tsuchiya[1], Ryoichi Koga[1], Mizuki Yoneda[2], Masato Kagitani[1], Kazuo Yoshioka[4], Reina Hikida[4], Go Murakami[3], Tomoki Kimura[1], Atsushi Yamazaki[3], Hajime Kita[3], Ichiro Yoshikawa[4]

1. 東北大学、2. タダノ、3. ISAS/JAXA、4. 東京大学
1. Tohoku University, 2. Tadano, 3. ISAS/JAXA, 4. The University of Tokyo

木星の衛星イオは、太陽系で最も活動的な火山活動を持つ天体として知られている。衛星の大気は主に二酸化硫黄からなる火山ガスで構成されており、この大気は木星の磁気圏へと散逸したのちイオン化し、木星磁気圏内のプラズマの9割を占める重要なプラズマ源となる。本講演では、極端紫外線望遠鏡衛星「ひさき」と地上の可視望遠鏡による、衛星から散逸した火山ガスの観測と、地上の赤外望遠鏡による火山のホットスポットの観測から、衛星イオの大気形成と大気散逸、並びに、火山タイプに対するこれらの対応について議論する。

ひさき衛星は地球周回軌道から太陽系惑星の大気・電磁圏の観測を目的とした極端紫外線衛星である。2013年9月に打ち上げられ、衛星イオから散逸ガスのうち、二酸化硫黄ガスの散逸・解離により生成した酸素原子と硫黄・酸素イオン発光のモニタリングを行っている。東北大学のハワイ・ハレアカラ観測では、火山起源ガス中の微量成分であるNaClが散逸・解離したNa発光の可視光観測を行っている。NaClは昇華温度が650K(~1pbar)と高い。このため、NaClの昇華は衛星表面の溶岩流や溶岩湖では昇華が起きず、プリューム活動を伴う高温のホットスポットで発生すると考えられている。このため、NaClの解離により生じるNaはプリューム活動の指標となる。

これらの光学観測は2013年末から2016年にかけて連続的に実施され、幸運にも、2015年1月に、イオでの火山活動に伴う明瞭な発光強度の増加(event 1)の観測に成功した。Na発光がこの時のみ明瞭な増光を示したのに対し、ひさき衛星による原子・イオン発光の観測では、この他に、2014年12月、2016年1月、4月に3回の弱い発光強度の増光を示した(event 2,3,4)。この期間中に、赤外線によるイオの熱放射観測が海外の観測グループにより実施された。赤外線観測は木星による衛星蝕を利用して火山の熱放射の空間分布を観測しており、火山の位置の同定が可能である。この観測から、event 1ではプリュームタイプのKurdalagonが、event 2,3,4では溶岩湖タイプのLokiの活動度の増加が関連していると考えられ、event 1でのみ強いNaの発光が観測されたことと矛盾がない。ひさき衛星からは、すべての事例で酸素原子・イオン、硫黄イオンの増光が確認されたが、event1の増光はevent 2,3,4に比べ強く、event1でのみ大量の酸素・硫黄原子がイオ大気から散逸したことを示している。

これらの観測事実から、イオの大気生成と大気からの散逸の大きさは、イオの火山活動に依存しており、特にプリュームタイプの火山の寄与が大きいことが推測される。イオの大気形成過程ついては、火山ガスによる直接生成と衛星表表面の二酸化硫黄の霜が太陽光による加熱で昇華による説の２つが議論されてきたが、近年の観測的研究は後者を支持している。講演では、本研究の観測則結果から示唆されるイオ大気の形成・散逸過程と火山タイプとの関係について議論する。

キーワード：火山、イオ、ひさき衛星
Keywords: volcano, Io, Hisaki

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cryovolcanism, a critical review

*栗田 敬[1]
*Kei Kurita[1]

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

Volcanoes are surface manifestation of internal activity of planets and satellites. In planetary explorations the primarily available data source would be the surface images so that the volcanoes identified on the surface are unique window into the interior. This argument is particularly significant in icy bodies of the outer solar system because exploration data are so limited except for the surface images. Up to now several types of surface morphology have been considered as a product of cryovolcanism. In this presentation I will focus on the general aspects of the cryovolcanism in comparison to the silicate volcanism and would like to emphasize the significant role of hydrate phase in cryovolcanism.

Similarities and dissimilarities between cryovolcanism and silicate volcanism: There exist a lot of similarities between ice and silicate minerals such as the rheological properties and the melting relationship. The depression of the melting point in the existence of accessary components in both systems should play an important role in promoting differentiation. The critical difference is the pressure dependence of the melting temperature and the density contrast between liquid and solid phase. Since water magma is not buoyant in the icy lithosphere this density reversal requires special mechanism for driving water magma to the surface. This situation is, however similar to the continental basalt volcanism. In the icy satellites the stress field in the outer lithosphere plays an important role. Both exogenetic origin such as tidal forcing and endogenous origin such as thermal stress and volume change driven by phase change would be

Significant role of hydrate phase in cryovolcanism: Hydrate is a common phase in the multicomponent system including H2O. It is stable at higher pressure so that it should be an important constituent phase while it decomposes near surface. This may result in explosive behavior because the decomposition is associated with generation of gas phase. Although a lot of combination of the components form various hydrate phases, there exist two planetologically significant end-members, CO2 hydrate and CH4 hydrate. These two have contrasting nature in terms of the density, which would cause different evolution path in the material differentiation.

キーワード：氷火山活動、ハイドレート
Keywords: cryovolcanism, hydrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽系天体における氷火山：その観測、重要性、将来への展望
Cryovolcanisms on Solar System bodies: Observations, importance, and future perspectives

*関根 康人[1]
*Yasuhito Sekine[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所
1. Earth-Life Science Insitute, Tokyo Institute of Technology

Cyrovolcanos are volcanos on icy planetary bodies, erupting liquids and vapors of volatiles (e.g., water, ammonia, methane, and carbon dioxide) from subsurface water reservoirs or oceans. In the Solar System, geologically-active icy moons (e.g., Enceladus, Titan, and potentially Europa) and icy dwarf planets (e.g., Ceres and Pluto) are known to possess cryovolcanisms in the past or even today.

Cryovolcanos are unique windows to reveal the physico-chemical states of the subsurface oceans of the icy bodies, which is essential to understand the thermal evolution and habitability. Morphology of cryovolcanos would be a key to constrain the physical properties (e.g., viscosity and density) of liquids in the subsurface water reservoirs. Chemical compositions of erupting materials would provide information on volatile and salt compositions of the liquids. Eruption of volatiles (e.g., methane and nitrogen) could be also a major source of atmospheric gas species and thus could have affected the surface environments.

Despite such importance, the nature of cryovolcanisms, such as formation mechanisms and eruption styles, is largely unknown. Since pure liquid water is denser than that of ice, dissolved gas species in cryolava would play a key role for its eruption through bubbling and a consequent decline in the bulk density. Dissolved gas/salt in the liquids also controls the viscosity of cryolava. Such importance of dissolved species in cryovolcanisms implies a potential similarity in the role of volatiles in silicate volcanisms on rocky planets, such as Earth. Here we review recent observations of cryovolcanos on the Solar System icy bodies by spacecrafts. We then discuss the possibility of and future perspectives for development of comparative researches between cryo- and silicate-volcanisms in the Solar System.

キーワード：氷天体、太陽系探査、氷火山
Keywords: icy bodies, Solar System exploration, cryovolcano

©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27日(月) 13:45 ~ 15:15 | 201B 2F

[M-IS28] 化学合成生態系と熱水・湧水・泥火山

コンビーナ:ジェンキンズ ロバート(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)、土岐 知弘(琉球大学理学部)、井尻 暁(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、延原 尊美(静岡大学教育学部理科教育講座地学教室)、渡部 裕美(海洋研究開発機構)、浅田 美穂(国立研究法人海洋研究開発機構)、座長:土岐 知弘、Robert Jenkins(金沢大学)

化学合成細菌を一次生産者とする化学合成生態系は、太陽エネルギーが届かない深海の熱水噴出孔や冷湧水周辺など多様かつ極限環境に成立する化学合成生態系は、地球史を通じて分類構成や分布パタンを変化させてきたが、その原因や背景は明らかにされていない。
泥火山は、地下の流体と堆積物が地表に至り形成する地形的特徴である。泥火山は地下と地表を繋ぐ炭素循環、地下生命圏の移動・拡散、自然災害や土木など他分野に影響を及ぼすが実態解明に至っていない。日本の泥火山の多くは海域で確認され、周辺に冷湧水噴き出し場を伴うことが知られている。
「堆積物と流体を大規模に移動させる泥火山」と「地下からの流体移動に依存して進化する生態系」を視野の一部に入れて、化学合成生態系を通して泥火山活動実態に迫り、同時に化学合成生態系の分布変化や進化の謎に迫るために、このたび「化学合成生態系」および「泥火山」の２セッションを統合し共通の議論の場を設けた。投稿には、従来の個々のセッションに特徴的な内容はもちろん、生物・化学・地質ほか分野を横断する関連の話題を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[MIS28-01] Upper Pliocene large lucinid communities with cold-seep carbonates from the Shimajiri Group in the Miyagi-jima Island off the central part of Okinawa-jima Island, Japan

*延原 尊美[1]、ジェンキンズ ロバート[2]、野村 真一[3] (1.静岡大学教育学部理科教育講座地学教室、2.金沢大学理工研究域自然システム学系、3.千葉県立木更津高等学校)

14:00 ~ 14:15

[MIS28-02] 北海道夕張市に分布する前期白亜紀メタン湧水性化石群集

*島津 七海[1]、ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学)

14:15 ~ 14:30

[MIS28-03] 中生代以降のメタン湧水性生物群集の組成は何がコントロールしているのか？マリンスノー仮説

*ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)

14:30 ~ 14:45

[MIS28-04] メタン湧水炭酸塩岩の局所Sr同位体比分析：地質時代の湧水の起源解明に向けて

★招待講演

*宮嶋 佑典[1]、Michał Jakubowicz[2,3]、平田 岳史[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.Institute of Geoecology and Geoinformation, Adam Mickiewicz University, Poland、3.Isotope Laboratory, Adam Mickiewicz University, Poland)

14:45 ~ 15:00

[MIS28-05] 深海泥火山の山体内部深部のメタン濃度推定

★招待講演

*Kioka A.[1]、Tsuji T.[2]、Otsuka H.[3]、Ashi J.[3] (1.インスブルック大学、2.九州大学、3.東京大学)

15:00 ~ 15:15

[MIS28-06] Discussion

*ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系)

Upper Pliocene large lucinid communities with cold-seep carbonates from the Shimajiri Group in the Miyagi-jima Island off the central part of Okinawa-jima Island, Japan

*延原 尊美[1]、ジェンキンズ ロバート[2]、野村 真一[3]
*Takami Nobuhara[1], Robert Jenkins[2], Shin-ichi Nomura[3]

1. 静岡大学教育学部理科教育講座地学教室、2. 金沢大学理工研究域自然システム学系、3. 千葉県立木更津高等学校
1. Science Education (Geology), Faculty of Education, Shizuoka University, 2. School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University, 3. Chiba Prefectural Kisarazu High School

沖縄本島中部宮城島に分布する島尻層群の上部鮮新統より発見された大型ツキガイ類化石群集と冷湧水コンクリーション

キーワード：化学合成、湧水、ツキガイ科、沖縄、鮮新世
Keywords: chemosynthesis, cold seepage, Lucinidae, Okinawa, Pliocene

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道夕張市に分布する前期白亜紀メタン湧水性化石群集
Chemosynthetic fossil community in Early Cretaceous methane seep from Yubari City, Hokkaido

*島津 七海[1]、ジェンキンズ ロバート[1]
*Nanami Shimazu[1], Robert Jenkins[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

日本列島では、後期白亜紀以降におけるメタン湧水の化石記録は豊富だが，前期白亜紀の化石記録についてはあまり知られていない．本研究では，北海道夕張市の歌越沢で発見された地質時代が前期白亜紀（アルビアン期）とされるメタン湧水性炭酸塩岩について，堆積岩岩石学的，同位体地球科学的，古生物学的検討を行った．

多くの炭酸塩岩が沢に沿って発見され，炭酸塩岩のサイズの分布は供給源が単一の露頭であることを示唆している．炭酸塩岩は，主に灰色の斑状ブロックからなるモザイク模様を示し，空隙は層状や塊状のカルサイトに埋められている．詳細を観察すると，ミクライトと刃状カルサイトが炭酸塩岩の形成初期に沈殿しており，炭素同位体比が−45.8〜−35.8‰VPDB，酸素同位体比が−25.4〜−17.9‰VPDBであった．

岩石学的および地球科学的特徴は炭酸塩岩の形成が，メタン湧水における微生物活動によって起きた嫌気的メタン酸化（AOM）によるものであることを示している．

炭酸塩岩からは，*Caspiconcha*, lucinids, *Nucinella*, solemyids, thyasirids,などの多くの二枚貝やhokkaidoconchidなどの腹足類が産出した．これらの軟体動物は世界中の白亜紀メタン湧水から産出しているメタン湧水特徴種である．本研究地域からは腕足類は産出しなかった．歌越沢にみられる化石群集は，この地域のメタン湧水が化学合成軟体動物種を主体としていることを示したのに対して，カルフォルニア州で発見されている前期白亜紀メタン湧水は腕足類が特徴的に産出することが報告されている．
Campbell and Bottjer（1995）は，メタン湧水における群集組成が前期白亜紀から後期白亜紀への時代変化にともない，優占種が腕足類から二枚貝へと変化したことを示唆した．しかし，本研究の結果を踏まえると，この現象が前期ー後期白亜紀に起きたのはカルフォルニア州などの一部地域のみである可能性がある．

キーワード：メタン湧水、前期白亜紀、化学合成化石群集
Keywords: methane seep, Early Cretaceous, Chemosynthetic fossil community

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中生代以降のメタン湧水性生物群集の組成は何がコントロールしているのか？マリンスノー仮説

Marine Snow Hypothesis: What is controling faunal composition of the methane-seep since Mesozoic?

*ジェンキンズ ロバート[1]
*Robert Jenkins[1]

1. 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系
1. School of Geosciences and Civil Engineering, College of Science and Engineering, Kanazawa University

Fossil record of the methane-seep communities shows several interesting phenomena. One of it is the decreasing of epifaunal bivalve/brachiopod in Late Cretaceous. There are several hypotheses, e.g. “sulfate hypothesis” by Kiel (2015), are proposed to explain the situation. Here, I propose another hypothesis to explain the lacking of epifaunal bivalves/brachiopods in the Late Cretaceous. Occurring pattern of epifaunal bivalves/brachiopods through Paleozoic to Neogene is apparently corresponding to the oil resources in sedimentary rocks in each age. The oil production in the sediments are largely related to the primary production in marine, and the origin of methane is ultimately related to the organic matter in the sediment as almost same as oils. The organic matter, deposited on the sea floor, was subsequently used for the generation of methane in the anoxic condition beneath the sea floor after buried. In the case of increasing organic matter settled onto the sea floor, production of methane would be increasing, and if the organic matter decrease, the production rate of methane would be decrease. These methane is energy source for the chemosynthetic community, thus, the primary production rate at the sea surface level by the photosynthesis may control the presence/absence of epifaunal bivalve/brachiopod in seep environment. I coined this hypothesis as 'Marine Snow Hypothesis', because the particulated organic matter sinking to the sea floor is called marine snow.

キーワード：有機物生産量、メタン生成、化学合成群集
Keywords: organic flux, methanogenesis, chemosynthetic community

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタン湧水炭酸塩岩の局所Sr同位体比分析：地質時代の湧水の起源解明に向けて

In situ Sr isotope analysis of methane-seep carbonates: insight into ancient subseafloor fluid circulation

*宮嶋 佑典[1]、Michał Jakubowicz[2,3]、平田 岳史[1]
*Yusuke Miyajima[1], Michał Jakubowicz[2,3], Takafumi Hirata[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2. Institute of Geoecology and Geoinformation, Adam Mickiewicz University, Poland、3. Isotope Laboratory, Adam Mickiewicz University, Poland
1. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Institute of Geoecology and Geoinformation, Adam Mickiewicz University, Poland, 3. Isotope Laboratory, Adam Mickiewicz University, Poland

メタン湧水は大陸縁辺域でテクトニクスに伴う流体移動によって湧出し、海底に化学合成生態系を繁栄させてきた。湧出する水はその起源や湧出経路に応じた元素・同位体組成をもつため、海底下での水と岩石の相互作用や物質循環を知る手がかりとなる。メタンの湧出場では、メタンが微生物に消費されて炭酸水素イオンを生成することで炭酸塩が沈殿する。この炭酸塩は過去に湧出していた水の元素・同位体組成を記録しているため、湧水起源の炭酸塩の元素・同位体組成を使って地質時代の湧水の起源や移動経路を推定することが試みられてきた（Jakubowicz et al., 2015, 2019など）。

ストロンチウム同位体比（$^{87}Sr/^{86}Sr$）は流体循環や水–岩石相互作用のトレーサーの1つであり、湧水炭酸塩の研究にも応用されてきた（Peckmann et al., 2001; Joseph et al., 2012; Jakubowicz et al., 2019）。湧水炭酸塩は、粘土や砕屑粒子に富むマトリックスと砕屑物を含まない空隙セメントを主とする複雑な組織を呈することが多い。セメント部には海底面付近の堆積物の影響のない、湧水由来のSr同位体組成が保存されていると考えられるが、ミリメートルスケール以下のセメント部をマトリックスの混入なしにマイクロドリルでサンプリングすることは従来困難であった。そこで本研究では、炭酸塩セメントから堆積物の影響のない過去の湧水由来の同位体組成を検出するため、レーザーアブレーション-多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析計（LA-MC-ICP-MS）を用いた高空間分解能なSr同位体比分析を行った。LA-MC-ICP-MSにより、モロッコの中部デボン系Hollard Moundとチェコ共和国の下部白亜系Baškaで採取された湧水炭酸塩のリムセメントのSr同位体比を測定した。その結果、マイクロドリルでサンプリングし表面電離型質量分析計を用いて測定された値（Jakubowicz et al., 2019）と整合的な同位体比が得られた。また、北海道の上部白亜系前弧海盆堆積物（蝦夷層群）より産出する冷湧水炭酸塩を対象に、放射状セメントのSr同位体比を測定した。蝦夷層群はジュラ系～下部白亜系の塩基性岩を基盤とし、湧水に深部の基盤岩由来の流体の寄与があれば、湧水炭酸塩は^{87}Srに乏しい同位体比を示すと期待される。北海道の1産地（学校の沢）の炭酸塩の測定結果は、同時代の海水よりも^{87}Srに乏しい値を示し、深部流体の寄与が示唆された。今後北海道のその他の白亜系湧水炭酸塩からも、^{87}Srに乏しい同位体比を検出することで、白亜紀のユーラシア大陸縁辺の沈み込み帯における海底下深部での流体循環を読み解く手がかりが得られると期待される。

キーワード：炭酸塩、流体循環、LA-MC-ICP-MS、メタン湧水、ストロンチウム同位体
Keywords: Carbonate, Fluid flow, LA-MC-ICP-MS, Methane seep, Strontium isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海泥火山の山体内部深部のメタン濃度推定
Monitoring CH_4 amounts deep inside deep-water mud volcanoes

*Kioka A.[1]、Tsuji T.[2]、Otsuka H.[3]、Ashi J.[3]
*A. Kioka[1], T. Tsuji[2], H. Otsuka[3], J. Ashi[3]

1. インスブルック大学、2. 九州大学、3. 東京大学
1. Universität Innsbruck, Austria, 2. Kyushu University, Japan, 3. The University of Tokyo, Japan

これまで、泥火山からは大量のメタンガスが放出されていることや、そのメタンの起源についての理解が進んできた。しかし、サンプリングおよび測定の難しさから、海底泥火山の内部に潜在するメタン量の評価は厳密に行われてこなかった。また泥火山内部のメタン量の推定は、現状として間隙水測定やハイドレートに委ねられてきた。本研究では、地球化学と地球物理学の知見を融合し、海底泥火山の内部深部のメタン濃度を推定できる計算手法を開発した。これにより、地震波速度データを用いれば、報告例のない海底泥火山内部のフリーガス量の推定だけでなくハイドレート安定領域以深へのメタン量推定の拡張が可能になった。例えば、本アプローチを東地中海と南海トラフのプレート沈み込み帯の海底泥火山に適用すると、山体内部深部には堆積物総質量中1000～3500 ppmの溶存メタンおよびフリーガスが存在することがわかった。こういったメタン濃度の定量化は、過小評価されてきた海底泥火山の炭素循環への寄与度ならびに生物群集に与えるインパクトを再評価するきっかけにもなるだけでなく、メタンガスに影響される泥火山活動自体の理解を進めることができるであろう。

キーワード：海底泥火山、メタン濃度、溶存メタン・フリーガス、化学熱力学、岩石物理
Keywords: Submarine mud volcanoes, Methane concentration, Gaseous and dissolved methane, Chemical thermodynamics, Rock physics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discussion

*ジェンキンズ ロバート[1]
*Robert Jenkins[1]

1. 金沢大学理工研究域自然システム学系
1. School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University

Discussion

©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27日(月) 10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[M-GI33] データ駆動地球惑星科学

コンビーナ:桑谷 立(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、長尾 大道(東京大学地震研究所)、上木 賢太(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:上木 賢太、加納 将行(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)

地球科学諸現象の解明と予測には，観測・分析データ中に隠れている本質的な物理化学プロセスや構造を抽出することが重要である．近年，情報科学分野では強力なデータ駆動型情報抽出技術が数多く開発されつつあり，様々な自然科学分野でも大きな注目を浴びている．本セッションは地球惑星科学関連データの数理解析に興味を持つ多様な分野の研究者の参加により，学際的な研究交流・発表と情報・意見交換の場を提供する．

10:45 ~ 11:15

[MGI33-01] 観測データと物理モデルに基づく火山噴火推移予測の可能性

★招待講演

*小屋口 剛博[1]、石井 憲介[2]、Anderson Kyle[3]、小園 誠史[4] (1.東京大学　地震研究所、2.気象研究所　火山研究部、3.米国地質調査所、4.東北大学大学院理学研究科)

11:15 ~ 11:30

[MGI33-02] スパースモデリングによる様々なテクトニクス場のマグマ化学組成の特徴抽出

*上木 賢太[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[1,3] (1.海洋研究開発機構、2.統計数理研究所、3.科学技術振興機構)

11:30 ~ 11:45

[MGI33-03] Automatic Detection of Stationary Gravity Waves in the Venus’ Atmosphere Using Deep Generative Models

*成田 穂[1]、木村 大毅[2]、山崎 敦[3]、今村 剛[1] (1.東京大学、2.IBM Research AI、3.宇宙航空研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[MGI33-04] 地熱流体パス抽出を目的とした超高解像度DEMとハイパースペクトル衛星画像による亀裂・鉱物分布解析

*久保 大樹[1]、権守 宏明[1]、Naftali Hawu Hede Arie[2]、Heriawan Mohamad Nur[2]、Iskandar Irwan[2]、小池 克明[1]、Notosiswoyo Sudarto[2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.バンドン工科大学)

12:00 ~ 12:15

[MGI33-05] 統合的多変量解析に基づく北西太平洋深海堆積物の地球化学データ解析

*安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、岩森 光[3,4]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学地震研究所、4.東京工業大学地球惑星科学専攻)

観測データと物理モデルに基づく火山噴火推移予測の可能性
Forecasting volcanic eruption sequence based on field data and physical models

*小屋口 剛博[1]、石井 憲介[2]、Anderson Kyle[3]、小園 誠史[4]
*Takehiro Koyaguchi[1], Kensuke Ishii[2], Kyle R. Anderson[3], Tomofumi Kozono[4]

1. 東京大学　地震研究所、2. 気象研究所　火山研究部、3. 米国地質調査所、4. 東北大学大学院理学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Meteorological Research Institute, 3. US Geological Survey, 4. Graduate School of Science, Tohoku University

火山噴火においては，その開始を予知することだけではなく，進行中の現象を把握し，推移を予測することが望まれる．火山噴火の推移予測は，得られた観測データに基づいて予測制度を逐次向上させることを目標とする点で，データ同化の考え方と合致する．データ同化においては，物理過程に関する順問題モデルによって「興味ある量」の時間発展が記述され，逆問題モデルにおいて，「観測データ」から「興味ある量」と「順問題のモデルパラメータ」の事後確率分布がベイズ推定に基づいて計算される．すなわち，順問題モデルと逆問題モデルの組み合わせが新たな最適化問題を構成する．発表者は，これまで主に火山噴火現象の物理過程に関する順問題モデルの開発を進めてきたが，近年，逆問題の数理的性質を併せて調べることにより，それらの順問題モデルに対するデータ同化手法の適用可能性について検討している．本発表では，「噴出率の観測データからマグマ供給・噴出系モデルのパラメータを推定する逆問題」および「降下火砕物粒子の分布から噴出率を推定する逆問題」について問題点を整理しつつ，観測と物理モデルに基づく火山噴火推移予測の可能性を展望する．

マグマ供給・噴出系モデルの逆問題と火山噴火推移予測

一般に，火山噴火の推移の性質は，マグマ噴出率（Q）とマグマ溜りの圧力（P）が時間の経過とともにどのように推移するかによって特徴付けることができる．ここでは，弾性体地殻中のマグマ溜りと火道よりなる「マグマ供給・噴出系モデル」に基づいて，QとPの時間発展に対する力学系モデルを定式化し，QとPの観測データから力学系モデルパラメータを推定する逆問題を考える．

火道流の物理モデルによると， マグマ供給・噴出系モデルにおけるQとPの時間発展は，火道上昇途中の脱ガス過程による密度変化や流動様式の変化（マグマの破砕）に強く依存する．また，マグマ溜りの物理モデルによると，QとPは，マグマ溜りの実効圧縮率や体積に依存し，さらに，この実効圧縮率はマグマの揮発成分量や圧力に依存する．上記の力学系モデルでは，これらの地質学的・岩石学的要因がモデルパラメータとして考慮される．この問題の特徴は，順問題モデルの複雑なパラメータ依存性のため，力学系モデルが著しい非線形性を持ち，それがモデルパラメータの逆問題推定に制約を与えている点にある．本研究では，火道流の解析解（Koyaguchi, 2005; Kozono and Koyaguchi, 2009）を用いて，逆問題推定の対象となるモデルパラメータ間のトレードオフ関係を可能な限り明示的に表した．その結果，逆解析によって推定可能なモデルパラメータの組み合わせが，噴火様式が爆発的か非爆発的かによって変化することが示された．

爆発的噴火における噴出率の推定

マグマ噴出率は火山噴火を特徴付ける最も基本的な量である．例えば，上記のマグマ供給・噴出系モデルに基づく噴火推移予測においては，マグマ噴出率（Q）を観測データとして与える必要がある．しかしながら，実際の噴火において直接観測される物理量から噴出率を推定することは必ずしも容易ではない．ここでは，定常的に継続する爆発的噴火に絞って，観測される降下火砕物の分布から噴出率を推定する問題について

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

考える．

爆発的噴火において火口から噴出したマグマの破片（火砕物）は，噴煙とともに上昇した後，風で運ばれつつ大気中で拡散し，地表に堆積する．この過程の順問題モデルは，噴煙ダイナミクスに基づく火口直上の火砕物供給モデルと大気中の火砕物の移流拡散モデルにより構成される．特異値解析によると，移流拡散モデルに関する逆問題は数理的に「不適切」となる傾向をもち，その結果，降灰観測データから推定可能な供給源のパラメータの数が著しく限られる．一方，噴煙ダイナミクスモデルによると，火口におけるマグマ噴出率と火口直上の噴煙からの火砕物供給率分布の性質の間には相関があることが示される．本発表では，噴煙ダイナミクスに基づく噴出率と火砕物供給率の関係に関する知見を先験的情報として用いることによって，移流拡散モデルの逆問題で得られた少数の供給源のパラメータから噴出率を高精度で推定する方法ついて考察する．

キーワード：火山噴火、 データ同化、火道流モデル、降灰モデル
Keywords: volcanic eruption, data assimilation, conduit flow model, tephra dispersal model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スパースモデリングによる様々なテクトニクス場のマグマ化学組成の特徴抽出
Sparse modeling based feature selection of magmatic tectonic settings

*上木 賢太[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[1,3]
*Kenta Ueki[1], Hideitsu Hino[2], Tatsu Kuwatani[1,3]

1. 海洋研究開発機構、2. 統計数理研究所、3. 科学技術振興機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. The Institute of Statistical Mathematics, 3. Japan Science and Technology Agency

Understanding the magma generation processes and characteristic end-members in various tectonic settings is fundamental to understand the material circulation and compositional evolution of the solid Earth. Recent studies based on a machine learning approach revealed that volcanic rocks formed in different tectonic settings have unique geochemical signatures, indicating that both volcanic rock geochemistry and magma generation processes are closely connected to the tectonic setting. We present a result of a feature selection where sparse modeling approach is used. Sparse modeling is an approach in which automatically selects the smallest number of essential variables from high-dimensional data and constructs a succinct model. We used 24 elements and five isotopic ratios of igneous rocks formed in eight different tectonic settings for the feature selection of the settings. In addition to the major and trace element concentrations and isotopic ratios, we also considered combinations of elements, i.e., sum or ratio between two different elements, for the feature selection. This study uses sparse multinomial regression (SMR) approaches for feature selection. Multinomial regression is the classical linear discrimination method. Using the multinomial regression with the sparse modeling approach, a small number of essential geochemical information of tectonic settings are extracted. Based on the automatically selected features, we will discuss the geodynamical and geochemical process to derive various magmas and tectonics.

キーワード：機械学習、マグマ生成、テクトニックセッティング、地球化学データ
Keywords: Machine learning, Magma generation, Tectonic setting, Geochemical data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automatic Detection of Stationary Gravity Waves in the Venus' Atmosphere Using Deep Generative Models

*成田 穂[1]、木村 大毅[2]、山崎 敦[3]、今村 剛[1]
*Minori Narita[1], Daiki Kimura[2], Atsushi Yamazaki[3], Takeshi Imamura[1]

1. 東京大学、2. IBM Research AI、3. 宇宙航空研究開発機構
1. The University of Tokyo, 2. IBM Research AI, 3. ISAS/JAXA

Venus is covered with thick clouds of sulfuric acid, and the entire upper atmosphere rotates much faster than the planet itself. Recently, interhemispheric large bow-shaped structures, remaining fixed above the highland in contrast to background wind fields, were observed in long-infrared and ultraviolet images by Venus Orbiter Akatsuki. These bow-shaped structures are said to be the result of atmospheric gravity waves generated in the lower atmosphere and propagate upwards to the cloud top, which has a significant influence on the Venus' atmospheric system. Not a few bow-shaped, stationary features indicative of topographic gravity waves have been reported so far. However, to unravel where and when these structures appear frequently, we need to analyze the phenomena comprehensively, using much more data. Detection of such characteristic cloud features in images has been done by human eye in Venus research, but to detect many more cases efficiently from massive amounts of image data, we need a framework to do it automatically and robustly. Moreover, most of the bow-shaped structures in ultraviolet images are small, which is almost impossible to find out every case by our eyes.

In this study, we propose a novel approach that detects these stationary features using a deep generative model that has deep neural networks (deep learning). There are various types of such deep models nowadays; we used a variational auto-encoder (VAE) because it has reported good results in dimensionality reduction fields and been a well-known method for image reconstruction. The input and the output of VAE are set to be the same, and the network is divided into two parts, which are the encoder that converts an image to latent representation, and the decoder that reconstructs an image from given latent variables. The detection of stationary features can be seen as an anomaly detection task, which treats images that have stationary features as the anomaly class and the normal cloud image as the normal class.

We used ultraviolet (283 nm) images for this analysis. Firstly, we performed photometric correction using Minnaert Law, and averaged several images taken successively in 24 hours to highlight structures that remains still. Then we extracted features that have scales smaller than 6 degrees by high-pass filtering. Lastly, we extracted image patches from these images. Each patch has the size of 24 degrees both in latitude and longitude. We used images taken in 25 days in 2016 and 2017.

The analysis procedure is as follows. First, we train this network using only normal cloud images that do not include stationary features to let it learn its latent features. When testing, we input test images composed of both normal and anomaly (stationary feature) images, and detect anomalies based on the reconstruction loss that is calculated by the sum of the pixel-wise distance between the original image and the reconstructed image that is output from the last layer in the network. The network has five convolutional layers in the encoder and the decoder, respectively. The latent space has 32 dimensions. We used 4,000 normal cloud images as the training data, and 1,000 normal and 255 anomaly images as the test data.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We evaluated our method by calculating the area under the curve (AUC) of the receiver operating characteristic (ROC) curve. As a result, the AUC was 0.93 (maximum is 1.00), which shows that the proposed method successfully detects stationary features. The reconstruction error of a stationary structure image is large because the network cannot reconstruct such bow-shaped structure properly. Our method can be easily applied not only to Venus but also various planetary images to detect characteristic structures.

キーワード：金星、深層学習、生成モデル、異常検知、画像
Keywords: Venus, Deep Learning, Generative Model, Anomaly Detection, Image

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地熱流体パス抽出を目的とした超高解像度DEMとハイパースペクトル衛星画像による亀裂・鉱物分布解析

Fracture and mineral distribution analysis using hyper-resolution DEM and hyperspectral satellite imagery for detecting geothermal fluids paths

*久保 大樹[1]、権守 宏明[1]、Naftali Hawu Hede Arie[2]、Heriawan Mohamad Nur[2]、Iskandar Irwan[2]、小池 克明[1]、Notosiswoyo Sudarto[2]
*Taiki Kubo[1], Hiroaki Gonnokami[1], Arie Naftali Hawu Hede[2], Mohamad Nur Heriawan[2], Irwan Iskandar[2], Katsuaki Koike[1], Sudarto Notosiswoyo[2]

1. 京都大学大学院工学研究科、2. バンドン工科大学
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. Bandung Institute of Technology

From criteria of power output and temporal stability, geothermal is the most promising renewable energy for electrical generation. However, high introduction cost for geothermal power generation, in particular the cost for exploration to identify the geothermal reservoir is a main issue against the plan. Development of more accurate geothermal-resource exploration is necessary for enhancement of geothermal energy use. Detection of geothermal fluids paths including water and steam from geothermal reservoir is a major target in the exploration stage. Topographic analysis is one of the effective methods for the detection. Thus, we have generated a hyper-resolution DEM (HR-DEM) of the Wayang Windu Geothermal Field (WWGF), situated in West Java, Indonesia using UAV. HR-DEM with high spatial resolution (0.5 m) covers an area of 5 km (E–W) by 10 km (N–S) in WWGF. The lineament density map of WWGF was produced by a topographic analysis through HR-DEM. Moreover, spatial distributions of geothermal alteration minerals such as alunite, calcite, and kaolinite were mapped from an image processing of hyperspectral satellite image, Hyperion. A combination of the lineament and mineral distributions specified highly permeable zones in which the fractures and geothermal alteration minerals were concentrated. The location of high igh radon concentration by in-situ measurements correspond well with these estimated permeable zones. Therefore, the integrated analysis is expected to increase the identification accuracy of fluid paths and clarify the geothermal system in WWGF. This research is supported by JST and JICA through Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS).

キーワード：変質鉱物、数値標高モデル、地熱貯留層、ハイパースペクトル衛星画像、リニアメント
Keywords: alteration mineral, digital elevation model, geothermal reservoir, hyperspectral satellite image, lineament

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

統合的多変量解析に基づく北西太平洋深海堆積物の地球化学データ解析
Geochemical characterization of deep-sea sediments in the western North Pacific Ocean by an integrated multivariate statistical technique

*安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、岩森 光[3,4]、加藤 泰浩[1,2]
*Kazutaka Yasukawa[1,2], Kentaro Nakamura[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Hikaru Iwamori[3,4], Yasuhiro Kato[1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学地震研究所、4. 東京工業大学地球惑星科学専攻
1. School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

近年，南鳥島周辺の日本の排他的経済水域 (exclusive economic zone, EEZ) 内において，レアアースを非常に高濃度で含む深海堆積物が発見された [1]．この「超高濃度レアアース泥」の分布把握を目的として，2013年から2018年にかけて計8回に渡る調査航海 (KR13-02, MR13-E02, KR14-02, MR14-E02, MR15-E01 Leg2, MR15-02, MR16-07, KM17-14C) が実施され，総計71本の堆積物コア試料が採取された．発表者らは，蛍光X線分析及び誘導結合プラズマ質量分析を用いて，計1,646試料の主成分・微量元素組成から成る包括的なデータセットを構築した [1-8].

本研究では，超高濃度レアアース泥を含む南鳥島EEZ内外の深海堆積物の地球化学的特徴を明らかにするために，当該海域の深海堆積物の膨大な全岩化学組成データセット (1,646試料 x 41元素) に対し，クラスター分析と独立成分分析を組み合わせた統合的な多変量解析手法 [9] を適用した．解析結果を実空間座標と組み合わせて見ると，得られたデータクラスターは堆積層内においてランダムに分布しているのではなく，海底面から深部に向かって，ある特定の順序を持って系統的に並んでいることが示された．すなわち，各データクラスターは，多元素の化学組成によって定義される堆積層序ユニットを構成していることが分かった．さらに，抽出された独立成分について，各コアにおける深度方向変化に着目すると，ある成分の得点値が超高濃度レアアース泥層を境にstepwiseな変化を示すことが分かった．これは，数百kmスケールに及ぶ研究対象海域内において普遍的な特徴である．また，この独立成分の変化層準の直下に位置するデータクラスターは，コアによりまちまちであることが分かった．このことは，上述の超高濃度レアアース泥層をまたぐ独立成分の変化が，堆積層内の不整合に相当し，恐らくは下位層準がコア毎に異なる度合いで浸食されていることを示唆している [5, 6]．大規模・高次元データから抽出された地球化学的データクラスター及び独立成分の空間分布が示すこれら一連の特徴は，先行研究 [10] により提案された以下の仮説を支持している．すなわち，強い底層流が生じたことにより，堆積粒子のうち細粒な粒子は吹き流され，粗粒で密度の大きい生物源リン酸カルシウム粒子 (魚類の歯や骨片等) が海底面付近に取り残された．この生物源リン酸カルシウム粒子は，周囲の海水からレアアースを非常に高濃度になるまで濃集する．こうした物理的な選別作用による生物源リン酸カルシウム粒子の選択的堆積が，堆積層内におけるレアアースの異常濃集に寄与した可能性がある．

[1] Iijima, K. et al., Geochemical Journal 50, 557-573 (2016). [2] Fujinaga, K. et al., Geochemical Journal 50, 575-590 (2016). [3] Takaya, Y. et al. Scientific Reports 8, 5763 (2018). [4] Yasukawa, K. et al., Ore Geology Reviews 102, 260-267 (2018). [5] Yasukawa, K. et al., under review. [6] Tanaka, E. et al., under review. [7] Fujinaga, K. et al., JpGU2018 SCG61-04. [8] Fujinaga, K. et al., JpGU2019. [9] Iwamori, H. et al., Geochemistry, Geophysics, Geosystems 18, 994-1012 (2017). [10] Ohta, J. et al., Geochemical Journal 50, 591-603 (2016).

キーワード：深海堆積物、多変量解析、独立成分分析、クラスター分析、レアアース泥、全岩化学組成

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: deep-sea sediment, multivariate analysis, independent component analysis, k-means cluster analysis, REY-rich mud, bulk chemical composition

©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27日(月) 15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[M-GI33] データ駆動地球惑星科学

コンビーナ:桑谷 立(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、長尾 大道(東京大学地震研究所)、上木 賢太(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:桑谷 立(海洋研究開発機構)、矢部 優(海洋研究開発機構)

地球科学諸現象の解明と予測には，観測・分析データ中に隠れている本質的な物理化学プロセスや構造を抽出することが重要である．近年，情報科学分野では強力なデータ駆動型情報抽出技術が数多く開発されつつあり，様々な自然科学分野でも大きな注目を浴びている．本セッションは地球惑星科学関連データの数理解析に興味を持つ多様な分野の研究者の参加により，学際的な研究交流・発表と情報・意見交換の場を提供する．

15:30 ~ 16:00

[MGI33-06] マルコフ連鎖モンテカルロ法の現状：多峰性問題に強い手法とその応用を中心として

★招待講演

*伊庭 幸人[1] (1.統計数理研究所)

16:00 ~ 16:15

[MGI33-07] **Specifying rate constants and reaction path on the water-rock chemical reaction based on exchange Monte Carlo method and sparse modeling**

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、大森 敏明[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[MGI33-08] 岩石ー水相互作用によるマルチスケール構造の理解のためのコア試料のX線CT画像の超解像

*大森 敏明[1]、岡本 敦[2]、道林 克禎[3]、 Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.神戸大学、2.東北大学、3.名古屋大学)

16:30 ~ 16:45

[MGI33-09] パーシステントホモロジーを用いた3次元き裂ネットワークの構造評価

*宮澤 美幸[1]、鈴木 杏奈[2]、岡本 敦[1]、清水 浩之[3]、大林 一平[4]、平岡 裕章[4,5]、伊藤 高敏[2] (1.東北大学環境科学研究科、2.東北大学流体科学研究所、3.鹿島建設株式会社　土木設計本部、4.東北大学材料科学高等研究所、5.京都大学高等研究院)

16:45 ~ 17:00

[MGI33-10] Characteristic patterns and minimal dynamics of correlated seismicity in Japanese island region

*鳥海 光弘[1] (1.海洋研究開発機構)

マルコフ連鎖モンテカルロ法の現状：多峰性問題に強い手法とその応用を中心として

Markov Chain Monte Carlo: algorithms for multimodal distribution and their applications

*伊庭 幸人[1]
*Yukito iba[1]

1. 統計数理研究所
1. The Institute of Statistical Mathematics

本講演では、まず、統計物理で生まれたマルコフ連鎖モンテカルロ法がベイズ統計に応用されるまでの歴史とWinBugs, JAGS, Stanなど現在利用できる計算環境について簡単に説明する。次に、複雑で非線形性・非ガウス性の強い問題に適用するためには多峰性の分布の扱いがポイントであることを指摘し、そのために有用な手法としてレプリカ交換モンテカルロ法(パラレルテンパリング)を紹介する。最後に、マルコフ連鎖モンテカルロ法の適用分野は統計物理とベイズ統計に限らず、魔方陣の個数の推定、非線形力学系の珍しい軌道のサンプリング、複雑な統計的検定など、確率や高次元体積に関連した問題への多様な応用が可能であることを論じる。

キーワード：マルコフ連鎖モンテカルロ法、レプリカ交換モンテカルロ法（パラレルテンパリング）、ベイズモデリング、レアイベントサンプリング
Keywords: Markov Chain Monte Carlo, Replica Exchange Monte Carlo (Parallel Tempering), Bayesian modeling, rare event sampling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Specifying rate constants and reaction path on the water-rock chemical reaction based on exchange Monte Carlo method and sparse modeling

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、大森 敏明[2]
*Ryosuke Oyanagi[1], Tatsu Kuwatani[1], Omori Toshiaki[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 神戸大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kobe University

Water-rock interaction in surface and subsurface environments occurs in complex multicomponent systems and involves several reactions, including element transfer. Such kinetic information is obtained by fitting a forward model into the temporal evolution of solution chemistry or the spatial pattern recorded in the rock samples, although geochemical and petrological data are essentially sparse and noisy. Therefore, the optimization of kinetic parameters sometimes fails to converge toward the global minimum due to being trapped in a local minimum.

In this study, we present a novel framework to estimate multiple reaction-rate constants from the mineral distribution pattern in a rock by using the exchange Monte Carlo method (Hukushima & Nemoto, 1997; Iba, 2001). We applied the method to the synthetic data, which includes nine unknown parameters to be estimated (Oyanagi et al., 2018). As a result, probabilistic distribution of six unknown parameters among them showed normal distributions and the proposed method could find each true parameter. However, the probabilistic distribution of others showed uniform distributions and the proposed method failed to estimate each true value because these parameters did not contribute to the observed dataset. We suggest that effective reaction paths could be extracted from mineral distribution pattern in a rock, by excluding non-effective rate constant using a sparse Modeling.

References

Hukushima K, Nemoto K (1996) Exchange Monte Carlo method and application to spin glass simulations. J Phys Soc Japan 65:1604–1608. doi: 10.1143/JPSJ.65.1604

Iba Y (2001) Extended Ensemble Monte Carlo. Int J Mod Phys C 12:623–656. doi: 10.1142/S0129183101001912

Oyanagi R, Okamoto A, Tsuchiya N (2018) Multiple Kinetic Parameterization in a Reactive Transport Model Using the Exchange Monte Carlo Method. Minerals 8:579. doi: 10.3390/min8120579

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石ー水相互作用によるマルチスケール構造の理解のためのコア試料のX線CT画像の超解像

Superresolution of X-ray CT images of core samples for understanding the multi-scale structures of water-rock interaction

*大森 敏明[1]、岡本 敦[2]、道林 克禎[3]、- Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Toshiaki Omori[1], Atsushi Okamoto[2], Katsuyoshi Michibayashi[3], Oman Drilling Project Phase 2 Science Party -

1. 神戸大学、2. 東北大学、3. 名古屋大学
1. Kobe Univ., 2. Tohoku Univ., 3. Nagoya Univ.

X-ray computed tomography (CT) has become a common tool of earth sciences for the 3D imaging of various structures (layering, fractures, pores etc) of rocks. Recently, several scientific drilling projects has been carried out, and the X-ray CT of such cores provide us the 100 to 1000 m scale continuous data. However, the resolution of such X-ray CT for the cores (for example, ~0.17 mm by the X-ray CT of Drilling Chikyu) is slightly low compare to reveal the shape and geometry of mineral grains and thin fractures. In contrast, the resolution of X-ray CT in usual laboratories is high (~0.01 mm). Therefore, if we can link the high resolution X-ray CT in the lab of the limited samples to the low resolution drilling core CT data, we can obtain the valuable big data for the analyses of multi-scale structures.

For this purpose, we have tried to apply sparse superresolution techniques to the sample of serpentinezed dunite in the Moho transition zone taken by the Oman Drilling project (CM1A). We took the X-ray CT images of the samples with the voxel size of 10, 20, 40 and 80 micrometers. The X-ray CT image reveals that distribution of magnetite and spinel grains and fractures filled with serpentine. In sparse image representation framework, an image is expressed as a sparse linear combination of basis images. In learning phase, basis images are learned from multiple X-ray CT images. In superresolution phase, high resolution X-ray CT image is estimated from low resolution one through common sparse representation of basis images between high and low resolution images. By applying the sparse superresolution technique to the sample of serpentinezed dunite, we obtained results that 2x and 4x sparse superresolutions provide fine structure from low resolution X-ray image.

キーワード：Oman Drilling Project、superresolution、sparse modeling
Keywords: Oman Drilling Project, superresolution, sparse modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パーシステントホモロジーを用いた3次元き裂ネットワークの構造評価
3-dimensional Fracture Network Analysis by Persistent Homology

*宮澤 美幸[1]、鈴木 杏奈[2]、岡本 敦[1]、清水 浩之[3]、大林 一平[4]、平岡 裕章[4,5]、伊藤 高敏[2]
*Miyuki Miyazawa[1], Anna Suzuki[2], Atsushi Okamoto[1], Hiroyuki Shimizu[3], Ippei Obayashi[4], Yasuaki Hiraoka[4,5], Takatoshi Ito[2]

1. 東北大学環境科学研究科、2. 東北大学流体科学研究所、3. 鹿島建設株式会社　土木設計本部、4. 東北大学材料科学高等研究所、5. 京都大学高等研究院
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Institute of Fluid Science, Tohoku University, 3. Kajima Corporation, 4. The Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University, 5. Kyoto University

位相幾何学に由来するパーシステントホモロジー(PH)は、画像や3D データに表れる“穴”、すなわち連結性の情報を抽出することで、複雑な構造を定量評価できる方法である。き裂性岩体ではき裂同士の連結性が岩体の流れを支配しており、 PHにより構造と流れの関係を評価できると期待できる。

PHによる画像解析の一例を Fig.1に示す。ここでは中央の画像(original)を解析することを考える。黒いピクセルを減らす過程を左方向に、増やす過程を右方向に表し、上の数字が黒いピクセルの増減量を示している。PHでは、穴（ピクセルで囲われた領域）が現れることをBirth、穴が潰れることをDeathと呼んでいる。規則的なメッシュ構造をき裂分布としてPHによって解析した場合、Birthがき裂開口幅、Deathがき裂間隔、BirthとDeathの組み合わせの数がマトリックスブロックの数を表すことがわかった。

本研究では、岩石のき裂構造と数値シミュレーション結果のき裂画像をPHにより定量評価した。数値シミュレーションでは、カンラン石が加水反応によって蛇紋石となる膨張過程を考慮し、離散要素法と有限差分法により岩石内の流体流動とき裂進展を計算した[1]。シミュレーションから得られた画像と天然の岩石の薄片画像をPHを用いて解析し、得られたPHパラメータをプロットしたものをFig. 2に示す。ここで、横軸はBirthとDeathの組み合わせの数、縦軸はDeathの最大値を示しており、それぞれ、マトリックスブロックの数、最大のき裂間隔を表していると考えることができる。Fig.2より、実際のき裂画像の構造に近い数値計算結果を選出し、その時の流動条件が蛇紋岩のき裂構造の形成条件であると推測した。推測した結果は、 岩石学者の経験や感覚によって選定した結果と一致している(Okamoto and Shimizu, 2016)。PHを用いて経過時間、流動条件などが異なるき裂構造を定量的に評価・比較し、き裂の生成条件の検討や、き裂の進展予測を行うことが期待される。

キーワード：位相幾何学、データサイエンス、メッシュ構造、3Dプリンター
Keywords: Topology, Data science, Mesh structure, 3D printer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

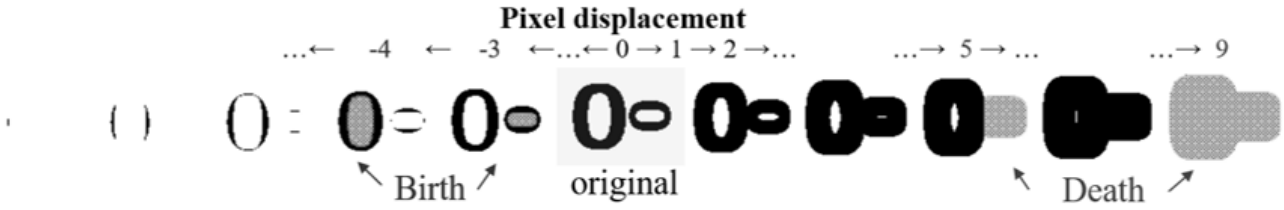


Fig.1 : Example of image analysis by persistent homology.

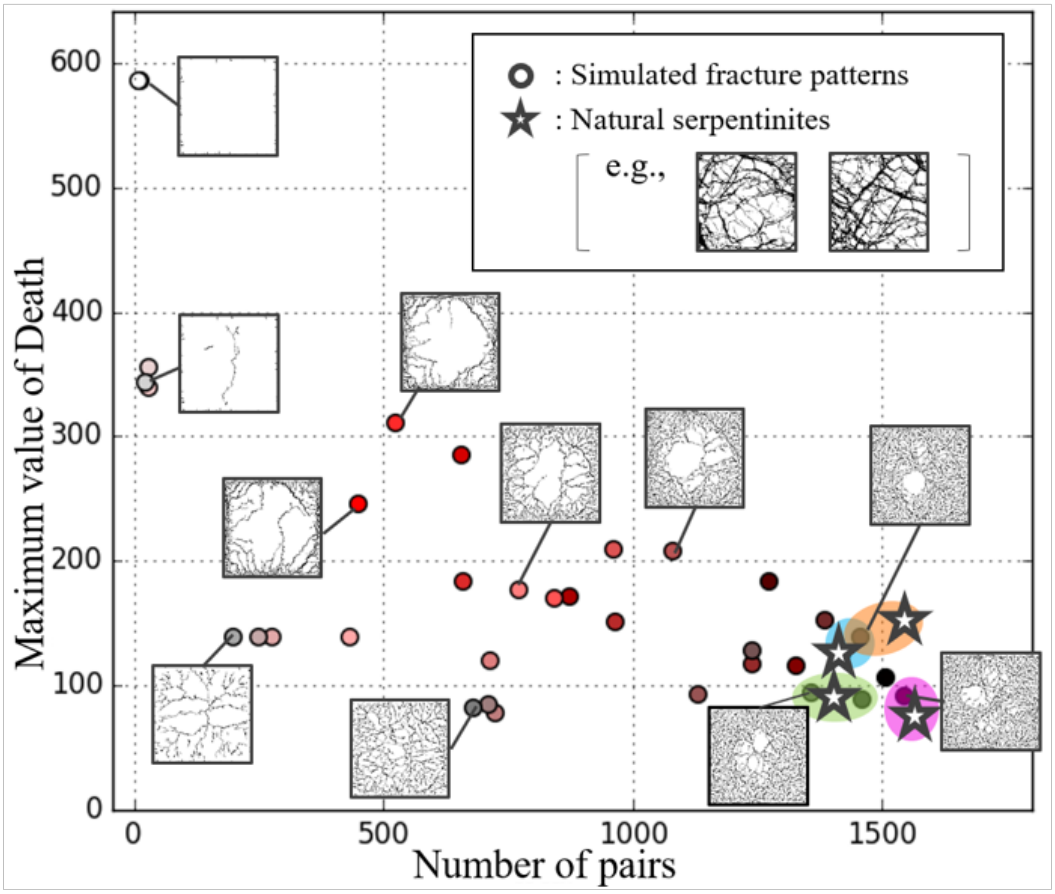


Fig.2 : PH analysis results.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristic patterns and minimal dynamics of correlated seismicity in Japanese island region

*鳥海 光弘[1]
*mitsuhiro toriumi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan agency of marine science and technology

The seismicity rates in this study are defined as the seismic event numbers of the given volume having one degree of longitude and 2.5 degree of latitude from the surface to 30 km depth and 30 to 660km depth in the Japanese islands region. It shows that the characteristic trends of time series of strongly correlated seismicity are possibly obtained as transformed seismicity rates by SVD; the one shows the long term change, second does the periodic time series with various periodicity involving annual variation, and third does nearly Gaussian noise. The first two types of time series can be mapped as five clusters in the diagram of newly transformed seismicity rate coordinates, suggesting existence of stable nodes with annual oscilation and gaussian noises. From these stable nodes, it concludes that the minimal dynamics of the seismicity of the Japanese island region is approximated as the simple low dimensional nonlinear dynamics with semi-periodic variable as is similar to van del Pol equation.

キーワード：地震活動度の時空間変化、相関地震活動、最小非線形ダイナミクス
Keywords: spatio-temporal variation of seismicity, correlated seismicity time series, minimal non-linear dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.