# 2019年5月27日(月)

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

## [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)

[PPS07-P01] 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性評価

*佐藤 智仁[1]、倉本 想士[1]、横尾 卓哉[1]、吉田 聡[2]、依田 功[3]、福田 一志[3]、小栗 慶之[3]、三田 肇[4]、神田 一浩[5]、柴田 裕実[6]、高橋 淳一[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.量子科学技術研究開発機構、3.東京工業大学、4.福岡工業大学、5.兵庫県立大学、6.大阪大学)

[PPS07-P02] 隕石母天体中の水質変成過程におけるガンマ線によるアミノ酸の生成

*浅野 伸哉[1]、依田 功[2]、村松 康司[3]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.東京工業大学、3.兵庫県立大学)

[PPS07-P03] **ラマンスペクトルを基にした反応速度論から探る隕石有機物の熱履歴**

*桐生 健斗[1]、癸生川 陽子[1]、伊規須 素子[2]、渋谷 岳造[2]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[PPS07-P04] Relationship between spatial distribution of organic compounds and minerals in the Murchison meteorite

*仙石 大洋[1]、橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1] (1.九州大学)

[PPS07-P05] NWA8613隕石中のヒボナイトとメリライトに富む細粒難揮発性包有物の酸素同位体分布とAl-Mg年代

*和田 壮平[1]、川崎 教行[1]、圦本 尚義[1,2] (1.北海道大学、2.宇宙科学研究所)

[PPS07-P06] 炭素質コンドライトALH A77307におけるコンドリュールリム中のエンスタタイトウィスカーの観察

*代田 泰久[1]、安武 正展[1]、延寿 里美[1]、土山 明[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[PPS07-P07] 3D observation of whisker-like material in the porous matrix of the Paris CM chondrite by SR-XCT

*安武 正展[1]、Epifanio Vacarro[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、土山 明[1] (1.京都大学大学院　理学研究科　地球惑星科学専攻、2.National History Museum, London、3.JASRI/SPring8、4.産総研地質調査センター)

[PPS07-P08] 流体包有物の同位体分析のための凍結SIMS法の開発

*磯野 雄生[1]、坂本 直哉[2]、圦本 尚義[3] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星システム科学講座、2.北海道大学創成研究機構、3.北海道大学理学研究院自然史科学部門)

[PPS07-P09] ガンドルフィ・アタッチメントを用いたX線回折実験：微小地球外物質への適用

*今栄 直也[1,2]、木村 眞[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

[PPS07-P10] Trace elements analysis and Ar-Ar dating for microgram-scaled extraterrestrial samples

*岡崎 隆司[1]、関本 俊[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.京都大学複合原子力科学研究所)

[PPS07-P11] 小型の永久磁石を用いた低温固体粒子の磁気分離と物質同定

*植田 千秋[1]、山口 若菜[1]、久好 圭治[1]、寺田 健太郎[1] (1.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻)

[PPS07-P12] The metallographic cooling rate of the Tafassasset primitive achondrite

*杉浦 直治[1]、荒井 朋子、松井 孝典 (1.千葉工業大学)

[PPS07-P13] The systematic investigations of high-pressure minerals in lunar basaltic meteorites

*宮原 正明[1]、高妻 一就[1]、大谷 栄治[2]、山口 亮[3]、境 毅[4]、大藤 弘明[4]、富岡 尚敬[5]、兒玉 優[6] (1.広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.国立極地研究所、4.愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、5.JAMSTEC高知コア研究所、6.マリンワークジャパン)

[PPS07-P14] Bulk chemical analysis of iron meteorites by LA-ICP-MS

*山口 亮[1]、白井 直樹[2]、羽場 麻希子[3] (1.国立極地研究所、2.首都大学東京、3.東京工業大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

## [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)

[PPS07-P01] 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性評価

*佐藤 智仁[1]、倉本 想士[1]、横尾 卓哉[1]、吉田 聡[2]、依田 功[3]、福田 一志[3]、小栗 慶之[3]、三田 肇[4]、神田 一浩[5]、柴田 裕実[6]、高橋 淳一[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.量子科学技術研究開発機構、3.東京工業大学、4.福岡工業大学、5.兵庫県立大学、6.大阪大学)

[PPS07-P02] 隕石母天体中の水質変成過程におけるガンマ線によるアミノ酸の生成

*浅野 伸哉[1]、依田 功[2]、村松 康司[3]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.東京工業大学、3.兵庫県立大学)

[PPS07-P03] **ラマンスペクトルを基にした反応速度論から探る隕石有機物の熱履歴**

*桐生 健斗[1]、癸生川 陽子[1]、伊規須 素子[2]、渋谷 岳造[2]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[PPS07-P04] Relationship between spatial distribution of organic compounds and minerals in the Murchison meteorite

*仙石 大洋[1]、橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1] (1.九州大学)

[PPS07-P05] NWA8613隕石中のヒボナイトとメリライトに富む細粒難揮発性包有物の酸素同位体分布とAl-Mg年代

*和田 壮平[1]、川崎 教行[1]、圦本 尚義[1,2] (1.北海道大学、2.宇宙科学研究所)

[PPS07-P06] 炭素質コンドライトALH A77307におけるコンドリュールリム中のエンスタタイトウィスカーの観察

*代田 泰久[1]、安武 正展[1]、延寿 里美[1]、土山 明[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[PPS07-P07] 3D observation of whisker-like material in the porous matrix of the Paris CM chondrite by SR-XCT

*安武 正展[1]、Epifanio Vacarro[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、土山 明[1] (1.京都大学大学院　理学研究科　地球惑星科学専攻、2.National History Museum, London、3.JASRI/SPring8、4.産総研地質調査センター)

[PPS07-P08] 流体包有物の同位体分析のための凍結SIMS法の開発

*磯野 雄生[1]、坂本 直哉[2]、圦本 尚義[3] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星システム科学講座、2.北海道大学創成研究機構、3.北海道大学理学研究院自然史科学部門)

[PPS07-P09] ガンドルフィ・アタッチメントを用いたX線回折実験：微小地球外物質への適用

*今栄 直也[1,2]、木村 眞[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

[PPS07-P10] Trace elements analysis and Ar-Ar dating for microgram-scaled extraterrestrial samples

*岡崎 隆司[1]、関本 俊[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.京都大学複合原子力科学研究所)

[PPS07-P11] 小型の永久磁石を用いた低温固体粒子の磁気分離と物質同定

*植田 千秋[1]、山口 若菜[1]、久好 圭治[1]、寺田 健太郎[1] (1.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻)

[PPS07-P12] The metallographic cooling rate of the Tafassasset primitive achondrite

*杉浦 直治[1]、荒井 朋子、松井 孝典 (1.千葉工業大学)

[PPS07-P13] The systematic investigations of high-pressure minerals in lunar basaltic meteorites

*宮原 正明[1]、高妻 一就[1]、大谷 栄治[2]、山口 亮[3]、境 毅[4]、大藤 弘明[4]、富岡 尚敬[5]、兒玉 優[6] (1.広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.国立極地研究所、4.愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、5.JAMSTEC高知コア研究所、6.マリンワークジャパン)

[PPS07-P14] Bulk chemical analysis of iron meteorites by LA-ICP-MS

*山口 亮[1]、白井 直樹[2]、羽場 麻希子[3] (1.国立極地研究所、2.首都大学東京、3.東京工業大学)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

## [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)

[AOS13-P01] 海洋プラスチックの劣化と細片化に関する実験的研究

*山口 祐成[1] (1.九州大学)

---

[AOS13-P02] 伊勢湾，三河湾の表層堆積物の粒度と炭素，窒素，硫黄濃度分布からみた海底環境

*天野 敦子[1]、清家 弘治[1] (1.産業技術総合研究所)

---

[AOS13-P03] 駿河湾におけるエスチュアリ循環の観測

*田中 潔[1]、仁木 将人[2]、轡田 邦夫[2]、石田 明生[3]、高橋 大介[2]、勝間田 高明[2]、植原 量行[2] (1.東京大学、2.東海大学、3.常葉大学)

---

[AOS13-P04] ジャカルタ湾の河川水の滞留時間

*森本 昭彦[1]、Soeyanto Endro[2]、速水 祐一[3]、Sudaryanto Agus[2]、Sachoemar Suhendar[2] (1.愛媛大学、2.BPPT, Indonesia、3.佐賀大学)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

## [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)

[AOS13-P01] 海洋プラスチックの劣化と細片化に関する実験的研究

*山口 祐成[1] (1.九州大学)

---

[AOS13-P02] 伊勢湾，三河湾の表層堆積物の粒度と炭素，窒素，硫黄濃度分布からみた海底環境

*天野 敦子[1]、清家 弘治[1] (1.産業技術総合研究所)

---

[AOS13-P03] 駿河湾におけるエスチュアリ循環の観測

*田中 潔[1]、仁木 将人[2]、轡田 邦夫[2]、石田 明生[3]、高橋 大介[2]、勝間田 高明[2]、植原 量行[2] (1.東京大学、2.東海大学、3.常葉大学)

---

[AOS13-P04] ジャカルタ湾の河川水の滞留時間

*森本 昭彦[1]、Soeyanto Endro[2]、速水 祐一[3]、Sudaryanto Agus[2]、Sachoemar Suhendar[2] (1.愛媛大学、2.BPPT, Indonesia、3.佐賀大学)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

## [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)

[AOS16-P01] **Seasonal productions of dinoflagellate cysts in relation to environmental characteristics in Jinhae-Masan Bay, Korea: One year sediment trap observation**

*Hyeon Ho Shin[1] (1.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

[AOS16-P02] 1991年から2017年間で太平洋に蓄積した人為起源CO2

*村田 昌彦[1]、Carter B.R.[2,3]、Feely R.A.[3]、Wanninkhof R.[3]、纐纈 慎也[1]、Sonnerup R.E.[2]、Pardo P.C.[4]、Sabine C.L.[5]、Johnson G. C.[3]、Sloyan B.M.[6]、Mecking S.[2]、Tilbrook B.[6]、Speer K.[7]、Talley L.D.[8]、Millero F.J.[9]、Wijffels S.E.[6,10]、Macdonald A.M.[10]、Gruber N.[11]、Bullister J. L.[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.University of Washington、3.NOAA、4.University of Tasmania、5.University of Hawaii Manoa、6.CSIRO、7.The Florida State University、8.University of California、9.University of Miami、10.Woods Hole Oceanographic Institution、11.IBP)

[AOS16-P03] 太平洋熱帯域における表層$CO_2$分圧・栄養塩の季節・経年変動

*安中 さやか[1]、纐纈 慎也[1]、P.G. Strutton[2]、A.J. Sutton[3]、村田 昌彦[1]、中岡 慎一郎[4]、野尻 幸宏[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.University of Tasmania、3.NOAA、4.NIES)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[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)

[AOS16-P01] Seasonal productions of dinoflagellate cysts in relation to environmental characteristics in Jinhae-Masan Bay, Korea: One year sediment trap observation

*Hyeon Ho Shin[1] (1.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

[AOS16-P02] 1991年から2017年間で太平洋に蓄積した人為起源CO2

*村田 昌彦[1]、Carter B.R.[2,3]、Feely R.A.[3]、Wanninkhof R.[3]、纐纈 慎也[1]、Sonnerup R.E.[2]、Pardo P.C.[4]、Sabine C.L.[5]、Johnson G. C.[3]、Sloyan B.M.[6]、Mecking S.[2]、Tilbrook B.[6]、Speer K.[7]、Talley L.D.[8]、Millero F.J.[9]、Wijffels S.E.[6,10]、Macdonald A.M.[10]、Gruber N.[11]、Bullister J. L.[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.University of Washington、3.NOAA、4.University of Tasmania、5.University of Hawaii Manoa、6.CSIRO、7.The Florida State University、8.University of California、9.University of Miami、10.Woods Hole Oceanographic Institution、11.IBP)

[AOS16-P03] 太平洋熱帯域における表層$CO_2$分圧・栄養塩の季節・経年変動

*安中 さやか[1]、纐纈 慎也[1]、P.G. Strutton[2]、A.J. Sutton[3]、村田 昌彦[1]、中岡 慎一郎[4]、野尻 幸宏[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.University of Tasmania、3.NOAA、4.NIES)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

## [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)

[AOS19-P01] 金星AFESによる大気スーパーローテーションの発生

*杉本 憲彦[1]、高木 征弘[2]、松田 佳久[3] (1.慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室、2.京都産業大学　理学部、3.東京学芸大学　自然科学系)

[AOS19-P02] 金星の衛星間電波掩蔽観測を意識したデータ同化による研究

*阿部 未来[1]、杉本 憲彦[1]、菊池 由佳子[2]、細野 朝子[3]、安藤 紘基[4]、高木 征弘[4]、Itziar Garate Lopez[5]、Sebastien Lebonnois[6]、Chi Ao[7] (1.慶應義塾大学、2.横浜雙葉学園、3.豊島岡女子学園、4.京都産業大学、5.バスク大学、6.ソルボンヌ大学、7.ジェット推進研究所)

[AOS19-P03] 太陽風と大気循環との関係

*Prikryl Paul[1] (1.ニューブランズウィック大学物理学部、カナダ天然資源地磁気研究所)

[AOS19-P04] 2010年夏のロシアブロッキングにおける大西洋ストームトラックの寄与

*山崎 哲[1] (1.海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)

[AOS19-P05] エクマン層の不安定と台風境界層のロール渦

*伊藤 純至[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[AOS19-P06] Mathematical description of the internal waves in a proximity of the bottom of the Ocean.

*andrei giniatoulline[1]、german tobar[1] (1.Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America)

[AOS19-P07] How deterministic are the deep zonal jets?

*Ryo Furue[1]、Masami Nonaka[1]、Hideharu Sasaki[1] (1.APL/JAMSTEC)

[AOS19-P08] 潮汐混合によるインドネシア通過流への影響

*城山 航基[1]、木田 新一郎[2]、佐々木 英治[3]、古恵 亮[3] (1.九州大学大学院　総合理工学府　大気海洋環境システム学専攻、2.九州大学　応用力学研究所、3.海洋研究開発機構)

[AOS19-P09] 異なるデータ(NCEP/NCAR及びQSCAT)から得られたOFESの結果の南太平洋における再現性の検証

*福永 広重[1]、轡田 邦夫[1]、垣内 陽[1]、柳田 悠馬[1]、佐々木 英治[2]、笹井 義一[2] (1.東海大学、2.海洋研究開発機構)

[AOS19-P10] 海洋波浪データの漂流ブイ,係留式GPSブイ,再解析データの相互比較

*久木 幸治[1] (1.琉球大学)

[AOS19-P11] 黒潮続流周辺海域における渦の併合, 分離について

*松橋 孝太朗[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院海洋学研究科海洋学専攻)

[AOS19-P12] OGCMと粒子追跡法を用いた137E測線に到達する水塊における中規模渦に捕捉された輸送の影響の評価

★招待講演

*中野 英之[1]、辻野 博之[1]、坂本 圭[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、山中 吾郎[1]、松村 義正[2] (1.気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[AOS19-P13] 簡易気候モデルを用いた氷期気候における海洋深層循環の変動に関する研究

*安藤 大悟[1]、岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

## [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)

[AOS19-P01] 金星AFESによる大気スーパーローテーションの発生

*杉本 憲彦[1]、高木 征弘[2]、松田 佳久[3] (1.慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室、2.京都産業大学　理学部、3.東京学芸大学　自然科学系)

[AOS19-P02] 金星の衛星間電波掩蔽観測を意識したデータ同化による研究

*阿部 未来[1]、杉本 憲彦[1]、菊池 由佳子[2]、細野 朝子[3]、安藤 紘基[4]、高木 征弘[4]、Itziar Garate Lopez[5]、Sebastien Lebonnois[6]、Chi Ao[7] (1.慶應義塾大学、2.横浜雙葉学園、3.豊島岡女子学園、4.京都産業大学、5.バスク大学、6.ソルボンヌ大学、7.ジェット推進研究所)

[AOS19-P03] 太陽風と大気循環との関係

*Prikryl Paul[1] (1.ニューブランズウィック大学物理学部、カナダ天然資源地磁気研究所)

[AOS19-P04] 2010年夏のロシアブロッキングにおける大西洋ストームトラックの寄与

*山崎 哲[1] (1.海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)

[AOS19-P05] エクマン層の不安定と台風境界層のロール渦

*伊藤 純至[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[AOS19-P06] Mathematical description of the internal waves in a proximity of the bottom of the Ocean.

*andrei giniatoulline[1]、german tobar[1] (1.Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America)

[AOS19-P07] How deterministic are the deep zonal jets?

*Ryo Furue[1]、Masami Nonaka[1]、Hideharu Sasaki[1] (1.APL/JAMSTEC)

[AOS19-P08] 潮汐混合によるインドネシア通過流への影響

*城山 航基[1]、木田 新一郎[2]、佐々木 英治[3]、古恵 亮[3] (1.九州大学大学院　総合理工学府　大気海洋環境システム学専攻、2.九州大学　応用力学研究所、3.海洋研究開発機構)

[AOS19-P09] 異なるデータ(NCEP/NCAR及びQSCAT)から得られたOFESの結果の南太平洋における再現性の検証

*福永 広重[1]、轡田 邦夫[1]、垣内 陽[1]、柳田 悠馬[1]、佐々木 英治[2]、笹井 義一[2] (1.東海大学、2.海洋研究開発機構)

[AOS19-P10] 海洋波浪データの漂流ブイ,係留式GPSブイ,再解析データの相互比較

*久木 幸治[1] (1.琉球大学)

[AOS19-P11] 黒潮続流周辺海域における渦の併合, 分離について

*松橋 孝太朗[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院海洋学研究科海洋学専攻)

[AOS19-P12] OGCMと粒子追跡法を用いた137E測線に到達する水塊における中規模渦に捕捉された輸送の影響の評価

★招待講演

*中野 英之[1]、辻野 博之[1]、坂本 圭[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、山中 吾郎[1]、松村 義正[2] (1.気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[AOS19-P13] 簡易気候モデルを用いた氷期気候における海洋深層循環の変動に関する研究

*安藤 大悟[1]、岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[J] ポスター発表 | 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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

## [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)

[AHW24-P01] 伊豆半島の湧水の地球化学的特性

*浅井 和由[1]、浅井 和見[1] (1.株式会社　地球科学研究所)

[AHW24-P02] 長野県上田市，黄金沢川の酸性河川水と扇状地の浅層地下水の水質について

髙橋 蘭[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、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)

[AHW24-P03] 赤城山の山頂に出現する一時的な湖沼「血の池」におけるヤマヒゲナガケンミジンコの生態について

平野 有里[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、船生 泰寛[3]、岩崎 望[2]、霜田 奈積[2] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、3.立正大学大学院地球環境科学研究科)

[AHW24-P04] **河川の流水断面における溶存成分濃度と酸素・水素同位体比の分布**
**ー埼玉県福川を例としてー**

*木村 真夏[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P05] 群馬県藤岡市浄法寺地域の河川水の塩化物イオン濃度とその起源について

*長谷川 武俊[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科環境システム学専攻、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P06] Geochemical characteristics and origin of groundwater in central to eastern Hokkaido

*中垣 優盛[1] (1.千葉大学)

[AHW24-P07] Identification of hydrological characteristics on the groundwater recharge in volcanic and non-volcanic mountains

*佐野 安奈[1]、中村 高志[1]、西田 継[1] (1.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[AHW24-P08] $^{222}$Rn濃度を用いた増富温泉水の形成機構に関する水質化学的検討

*望月 映希[1]、早川 拓哉[1]、小林 浩[1] (1.山梨県衛生環境研究所)

[AHW24-P09] Migration Behavior of Radiocesium Derived from the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident in Natsui River and Tone River

*Deddy Irawan Permana Putra[1]、Shinya Ochiai[2]、Seiichi Tomihara[3]、Shun Watanabe[4]、Kyuma Suzuki[4]、Seiya Nagao[2] (1.Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology、2.Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University、3.Aquamarine Fukushima、4.Gunma Prefectural Fisheries Experiment Station)

[AHW24-P10] 溶存アルゴン濃度からみた地下水中のExcess air量の評価

*浅井 和見[1]、浅井 和由[1] (1.株式会社地球科学研究所)

[J] ポスター発表 | 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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

## [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)

[AHW24-P01] 伊豆半島の湧水の地球化学的特性

*浅井 和由[1]、浅井 和見[1] (1.株式会社　地球科学研究所)

[AHW24-P02] 長野県上田市，黄金沢川の酸性河川水と扇状地の浅層地下水の水質について

髙橋 蘭[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、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)

[AHW24-P03] 赤城山の山頂に出現する一時的な湖沼「血の池」におけるヤマヒゲナガケンミジンコの生態について

平野 有里[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、船生 泰寛[3]、岩崎 望[2]、霜田 奈積[2] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、3.立正大学大学院地球環境科学研究科)

[AHW24-P04] **河川の流水断面における溶存成分濃度と酸素・水素同位体比の分布**
**ー埼玉県福川を例としてー**

*木村 真夏[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P05] 群馬県藤岡市浄法寺地域の河川水の塩化物イオン濃度とその起源について

*長谷川 武俊[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科環境システム学専攻、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P06] Geochemical characteristics and origin of groundwater in central to eastern Hokkaido

*中垣 優盛[1] (1.千葉大学)

[AHW24-P07] Identification of hydrological characteristics on the groundwater recharge in volcanic and non-volcanic mountains

*佐野 安奈[1]、中村 高志[1]、西田 継[1] (1.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[AHW24-P08] $^{222}$Rn濃度を用いた増富温泉水の形成機構に関する水質化学的検討

*望月 映希[1]、早川 拓哉[1]、小林 浩[1] (1.山梨県衛生環境研究所)

[AHW24-P09] Migration Behavior of Radiocesium Derived from the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident in Natsui River and Tone River

*Deddy Irawan Permana Putra[1]、Shinya Ochiai[2]、Seiichi Tomihara[3]、Shun Watanabe[4]、Kyuma Suzuki[4]、Seiya Nagao[2] (1.Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology、2.Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University、3.Aquamarine Fukushima、4.Gunma Prefectural Fisheries Experiment Station)

[AHW24-P10] 溶存アルゴン濃度からみた地下水中のExcess air量の評価

*浅井 和見[1]、浅井 和由[1] (1.株式会社地球科学研究所)

[J] ポスター発表 | 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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

## [A-HW25] 都市域の水環境と地質

コンビーナ:林 武司(秋田大学教育文化学部)

[AHW25-P01] 流域水資源管理に求められる広域地下水流動評価

*林 武司[1]、宮越 昭暢[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.秋田大学教育文化学部、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.埼玉県環境科学国際センター)

---

[AHW25-P02] 流域水資源管理に求められる地下水モニタリングー首都圏既設観測井網を活用した地下水開発の影響評価ー

*宮越 昭暢[1]、林 武司[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門、2.秋田大学教育文化学部、3.埼玉県環境科学国際センター)

---

[AHW25-P03] STORMWATER DRAINAGE SYSTEM OF AN INDIAN TOWN: WHETHER SUSTAINABLE?

*Rajesh Kumar Vishwakarma[1]、Dr. Himanshu Joshi[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee)

---

[AHW25-P04] Using a genetic algorithm to investigate the spatial arrangement of low impact development facilities: a case study of National Taiwan University campus.

*Chung-Yuan Liang[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University)

[J] ポスター発表 | 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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

## [A-HW25] 都市域の水環境と地質

コンビーナ:林 武司(秋田大学教育文化学部)

[AHW25-P01] 流域水資源管理に求められる広域地下水流動評価

*林 武司[1]、宮越 昭暢[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.秋田大学教育文化学部、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.埼玉県環境科学国際センター)

---

[AHW25-P02] 流域水資源管理に求められる地下水モニタリングー首都圏既設観測井網を活用した地下水開発の影響評価ー

*宮越 昭暢[1]、林 武司[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門、2.秋田大学教育文化学部、3.埼玉県環境科学国際センター)

---

[AHW25-P03] STORMWATER DRAINAGE SYSTEM OF AN INDIAN TOWN: WHETHER SUSTAINABLE?

*Rajesh Kumar Vishwakarma[1]、Dr. Himanshu Joshi[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee)

---

[AHW25-P04] Using a genetic algorithm to investigate the spatial arrangement of low impact development facilities: a case study of National Taiwan University campus.

*Chung-Yuan Liang[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

## [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)

[HDS14-P01] 紀伊山地における$^{14}$C年代測定による深層崩壊発生頻度の推定

★招待講演

*田中 健貴[1]、小竹 利明[1]、菅原 寛明[1]、木下 篤彦[1]、小川内 良人[2]、藤原 美波[2] (1.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、2.国土防災技術株式会社)

---

[HDS14-P02] 阿蘇カルデラ北西部，後期更新世の蛇の尾火山における層序と約4000年前の斜面崩壊

*平田 康人[1]、上田 圭一[1]、宮脇 理一郎[2]、家村 克敏[2]、横山 俊高[2]、宮脇 明子[2] (1.一般財団法人電力中央研究所、2.阪神コンサルタンツ)

---

[HDS14-P03] 決定木による2017年九州北部豪雨災害時の崩壊発生要因の解析

*大丸 裕武[1]、村上 亘[1]、鶴崎 幸[2] (1.国立研究開発法人森林総合研究所、2.福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター)

---

[HDS14-P04] 平成30年7月豪雨による愛媛県宇和島市周辺の岩盤崩壊の地質学的特徴

*山崎 新太郎[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P05] 平成30年7月豪雨時に発生した真備町の堤防破堤メカニズムについて

*王 功輝[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P06] ネパールSun Kosi川支川流域におけるSAR干渉画像による地すべり性地表変動の検出

*大竹 俊兵[1]、佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

---

[HDS14-P07] 2018年インドネシア　スラウェシ島の地震によって発生した大規模流動化現象

*小俣 雅志[1]、足立 敏之[2]、山越 隆雄[3]、松井 健一[4]、岩松 敏男[1]、高岸 且[1]、本島 千帆[1]、奥泉 優[1]、和田 湖人[1] (1.株式会社パスコ、2.自民党参議院議員、3.砂防・地すべりセンター、4.足立敏之事務所)

---

[HDS14-P08] **干渉SAR解析によって捉えられた2018年北海道胆振東部地震に伴う札幌市内の被害状況と地形の関係性**

*横田 彰宏[1]、西村 智博[2]、重野 聖之[1]、本田 謙一[2]、向山 栄[2] (1.明治コンサルタント株式会社、2.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P09] 衛星干渉SAR解析に基づく2018年の北海道胆振東部地震災害による地表変動と建物被害分布，および多時期のLiDAR DEMデータ解析による地表変位の抽出

*本田 謙一[1]、浅田 典親[1]、虫明 成生[1]、西村 智博[1]、向山 栄[1] (1.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P10] Geological features of landslides of pyroclastic fall deposits induced by the 2018 Eastern Iburi Earthquake and other previous earthquakes

*千木良 雅弘[1]、田近 淳[3]、石丸 聡[2]、鈴木 毅彦[4] (1.京都大学防災研究所、2.北海道総合研究所　地質研究所、3.株式会社　ドーコン、4.首都大学東京)

---

[HDS14-P11] **地震観測に基づく奈良県十津川村山地の地震動特性ー地震による崩壊の基礎研究ー**

*飯田 智之[1]、山田 隆二[1]、先名 重樹[1]、徳井 秀光[2]、小野寺 哲也[2]、川邊 洋 (1.防災科学技術研究所、2.テクニカルリンク株式会社)

---

[HDS14-P12] 2011年台風12号により発生した崩壊における地形的特徴と地すべり発達過程に関する検討

*菊地 輝行[1]、秦野 輝儀[2]、西山 哲[3] (1.株式会社開発設計コンサルタント、2.電源開発株式会社、3.岡山大学大学院)

---

[HDS14-P13] 大規模崩壊の予兆である「斜面の膨らみ」の形成機構

*吉村 辰朗[1] (1.第一復建株式会社)

---

[HDS14-P14] 関東山地三峰地域における線状凹地を埋積する堆積物

*益子 将和[1]、千木良 雅弘[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

## [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)

[HDS14-P01] 紀伊山地における$^{14}$C年代測定による深層崩壊発生頻度の推定

★招待講演

*田中 健貴[1]、小竹 利明[1]、菅原 寛明[1]、木下 篤彦[1]、小川内 良人[2]、藤原 美波[2] (1.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、2.国土防災技術株式会社)

---

[HDS14-P02] 阿蘇カルデラ北西部，後期更新世の蛇の尾火山における層序と約4000年前の斜面崩壊

*平田 康人[1]、上田 圭一[1]、宮脇 理一郎[2]、家村 克敏[2]、横山 俊高[2]、宮脇 明子[2] (1.一般財団法人電力中央研究所、2.阪神コンサルタンツ)

---

[HDS14-P03] 決定木による2017年九州北部豪雨災害時の崩壊発生要因の解析

*大丸 裕武[1]、村上 亘[1]、鶴崎 幸[2] (1.国立研究開発法人森林総合研究所、2.福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター)

---

[HDS14-P04] 平成30年7月豪雨による愛媛県宇和島市周辺の岩盤崩壊の地質学的特徴

*山崎 新太郎[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P05] 平成30年7月豪雨時に発生した真備町の堤防破堤メカニズムについて

*王 功輝[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P06] ネパールSun Kosi川支川流域におけるSAR干渉画像による地すべり性地表変動の検出

*大竹 俊兵[1]、佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

---

[HDS14-P07] 2018年インドネシア　スラウェシ島の地震によって発生した大規模流動化現象

*小俣 雅志[1]、足立 敏之[2]、山越 隆雄[3]、松井 健一[4]、岩松 敏男[1]、高岸 且[1]、本島 千帆[1]、奥泉 優[1]、和田 湖人[1] (1.株式会社パスコ、2.自民党参議院議員、3.砂防・地すべりセンター、4.足立敏之事務所)

---

[HDS14-P08] **干渉SAR解析によって捉えられた2018年北海道胆振東部地震に伴う札幌市内の被害状況と地形の関係性**

*横田 彰宏[1]、西村 智博[2]、重野 聖之[1]、本田 謙一[2]、向山 栄[2] (1.明治コンサルタント株式会社、2.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P09] 衛星干渉SAR解析に基づく2018年の北海道胆振東部地震災害による地表変動と建物被害分布，および多時期のLiDAR DEMデータ解析による地表変位の抽出

*本田 謙一[1]、浅田 典親[1]、虫明 成生[1]、西村 智博[1]、向山 栄[1] (1.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P10] Geological features of landslides of pyroclastic fall deposits induced by the 2018 Eastern Iburi Earthquake and other previous earthquakes

*千木良 雅弘[1]、田近 淳[3]、石丸 聡[2]、鈴木 毅彦[4] (1.京都大学防災研究所、2.北海道総合研究所　地質研究所、3.株式会社　ドーコン、4.首都大学東京)

---

[HDS14-P11] **地震観測に基づく奈良県十津川村山地の地震動特性ー地震による崩壊の基礎研究ー**

*飯田 智之[1]、山田 隆二[1]、先名 重樹[1]、徳井 秀光[2]、小野寺 哲也[2]、川邊 洋 (1.防災科学技術研究所、2.テクニカルリンク株式会社)

---

[HDS14-P12] 2011年台風12号により発生した崩壊における地形的特徴と地すべり発達過程に関する検討

*菊地 輝行[1]、秦野 輝儀[2]、西山 哲[3] (1.株式会社開発設計コンサルタント、2.電源開発株式会社、3.岡山大学大学院)

---

[HDS14-P13] 大規模崩壊の予兆である「斜面の膨らみ」の形成機構

*吉村 辰朗[1] (1.第一復建株式会社)

---

[HDS14-P14] 関東山地三峰地域における線状凹地を埋積する堆積物

*益子 将和[1]、千木良 雅弘[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

## [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)

[SGD03-P01] **The Study of Sky Condition Prediction and Combination Efficiency Estimation about Multi-GNSS**

*Chieh-Ting Chou[1]、Yi-Shan - Li[2]、Yen-Te - Li[1]、Wan-Yu - Yu[1] (1.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Graduate Student、2.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Assistant Professor)

---

[SGD03-P02] 迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究（２）

*中川 弘之[1] (1.国土交通省国土地理院)

---

[SGD03-P03] 天竜船明長基線レーザー伸縮計の特性とスロースリップの検知能力

*勝間田 明男[1]、高森 昭光[2]、新谷 昌人[2] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学地震研究所)

---

[SGD03-P04] レーザーひずみ計の性能評価

*高森 昭光[1]、新谷 昌人[1]、勝間田 明男[2]、森井 亙[3]、三代 浩世希[4]、大橋 正健[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象研究所、3.京都大学防災研究所、4.東京大学宇宙線研究所)

---

[SGD03-P05] 固体地球の流体核共鳴を含む潮汐ラブ数の算出方法

*原田 雄司[1,2]、大久保 修平[3] (1.澳門科技大学太空科学研究所月球与行星科学国家重点実験室、2.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、3.東京大学地震研究所高エネルギー素粒子地球物理学研究センター)

---

[SGD03-P06] **Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain**

*Menglin Zhao[1]、juan wang[1]、wang xu[1]、bing hu[1]、yisheng chen[1] (1.Capitai Normal University)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

## [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)

[SGD03-P01] **The Study of Sky Condition Prediction and Combination Efficiency Estimation about Multi-GNSS**

*Chieh-Ting Chou[1]、Yi-Shan - Li[2]、Yen-Te - Li[1]、Wan-Yu - Yu[1] (1.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Graduate Student、2.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Assistant Professor)

---

[SGD03-P02] 迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究（２）

*中川 弘之[1] (1.国土交通省国土地理院)

---

[SGD03-P03] 天竜船明長基線レーザー伸縮計の特性とスロースリップの検知能力

*勝間田 明男[1]、高森 昭光[2]、新谷 昌人[2] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学地震研究所)

---

[SGD03-P04] レーザーひずみ計の性能評価

*高森 昭光[1]、新谷 昌人[1]、勝間田 明男[2]、森井 亙[3]、三代 浩世希[4]、大橋 正健[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象研究所、3.京都大学防災研究所、4.東京大学宇宙線研究所)

---

[SGD03-P05] 固体地球の流体核共鳴を含む潮汐ラブ数の算出方法

*原田 雄司[1,2]、大久保 修平[3] (1.澳門科技大学太空科学研究所月球与行星科学国家重点実験室、2.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、3.東京大学地震研究所高エネルギー素粒子地球物理学研究センター)

---

[SGD03-P06] **Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain**

*Menglin Zhao[1]、juan wang[1]、wang xu[1]、bing hu[1]、yisheng chen[1] (1.Capitai Normal University)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

## [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)

[SSS13-P01] 2018年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測

*西村 武[1]、野口 竜也[2]、小野 祐輔[2]、河野 勝宣[2]、日比 慧慎[1] (1.鳥取大学 大学院 持続性社会創生科学研究科 博士前期課程 工学専攻 社会システム土木コース、2.鳥取大学大学院 工学研究科)

[SSS13-P02] **Nonlinear site amplification for high intensity ground motions during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake**

*Yadab Prasad Dhakal[1]、Takashi Kunugi[1]、Takeshi Kimura[1]、Wataru Suzuki[1]、Shin Aoi[1] (1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED))

[SSS13-P03] 平成30年北海道胆振東部地震で大震度を観測したK-NET追分およびKiK-net追分における微動アレイ探査

*古川 拓人[1]、時松 孝次[1]、大川 出[1]、田中 均[1]、元木 健太郎[2] (1.株式会社 東京ソイルリサーチ、2.株式会社 小堀鐸二研究所)

[SSS13-P04] 拡散波動場理論に基づくK-NET追分とKiK-net追分の地下構造モデルの推定：近接2地点の同時逆解析

*古家 萌子[1]、元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、古川 拓人[2] (1.株式会社小堀鐸ニ研究所、2.株式会社東京ソイルリサーチ)

[SSS13-P05] Exploration of the velocity structure model in the Mukawa town, damaged area during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*重藤 迪子[1]、高井 伸雄[2]、堀田 淳[3]、野本 真吾 [3]、前田 宜浩[4]、高橋 浩晃[2]、一柳 昌義[2]、山中 浩明[5]、地元 孝輔[5]、津野 靖士[6]、是永 将宏[6]、山田 伸之[7] (1.九州大学、2.北海道大学、3.株式会社ジオテック、4.防災科学技術研究所、5.東京工業大学、6.公益財団法人鉄道総合技術研究所、7.高知大学)

[SSS13-P06] 三次元速度構造を考慮したGreen関数と強震記録による2018年北海道胆振東部地震の震源過程

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1] (1.京都大学防災研究所)

[SSS13-P07] 強震波形記録を用いて推定された平成30年北海道胆振東部地震の震源過程

*久保 久彦[1]、鈴木 亘[1]、岩城 麻子[1]、青井 真[1]、関口 春子[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.京都大学防災研究所)

[SSS13-P08] 平成30年北海道胆振東部地震の広帯域地震動シミュレーション

*岩城 麻子[1]、森川 信之[1]、前田 宜浩[1]、久保 久彦[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P09] **波形のS波初動部分を用いた波形逆解析による熊本平野および益城町周辺の深部地盤構造の推定**

*室井 謙吾[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]、三宅 弘恵[3]、山田 伸之[4] (1.東京工業大学環境・社会理工学院、2.公益財団法人鉄道総合技術研究所、3.東京大学大学院情報学環/地震研究所、4.高知大学 理工学部)

[SSS13-P10] 2016年熊本地震の余震記録を用いた高周波経験的グリーンテンソル微分（EGTD）の高精度化への検討

*吉田 沙由美[1]、堀家 正則[1]、宮腰 研[2] (1.株式会社阪神コンサルタンツ、2.一般財団法人　地域　地盤　環境　研究所)

[SSS13-P11] 2016年熊本地震の余震記録のスペクトル分離解析による熊本平野の地盤増幅特性の評価

*飯田 朋美[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、篠山 大輝[8]、津野 靖士[5]、是永 将宏[5]、山田 伸之[7]、三宅 弘恵[6]、神野 達夫[3]、重藤 迪子[3]、吉見 雅行[2]、松島 信一[4]、川瀬 博[4]、浅野 公之[4]、岩田 知孝[4] (1.東京工業大学、2.産業技術総合研究所、3.九州大学、4.京都大学、5.鉄道総合技術研究所、6.東京大学、7.高知大学、8.電力中央研究所)

[SSS13-P12] 2016年4月15日熊本の地震(Mj6.4)の運動学的および動力学震源モデル

*吉田 邦一[1]、宮腰 研[1] (1.一般財団法人 地域 地盤 環境 研究所)

[SSS13-P13] 曲面断層を考慮した2003年宮城県北部の地震（$M_{JMA}$6.4）の震源破壊過程と強震動生成域

*染井 一寛[1]、宮腰 研[1]、郭 雨佳[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[SSS13-P14] 強震動記録を用いた2018年島根県西部の地震（Mw5.6）の震源破壊過程の推定

*倉橋 奨[1]、宮腰 研[2] (1.愛知工業大学、2.地域地盤環境研究所)

[SSS13-P15] 震源近傍の強震記録に基づくM6クラスの地震のSMGAの推定－2011年茨城県北部の地震（M6.1）を対象として－

*元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、塩田 哲生[2] (1.小堀鐸二研究所、2.四国電力)

[SSS13-P16] 地表および潜在断層地震における国内の内陸地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則の違い

*吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]、野口 竜也[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P17] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その１：地震動予測式の選定）

*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)

[SSS13-P18] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その２：地震動ハザード評価）

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

[SSS13-P19] **2018年大阪府北部地震による富士川河口断層帯周辺地域における長周期地震動のシミュレーション**

*橋本 整奈[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、是永 将宏[2]、津野 靖士[2]、三宅 弘恵[3]、先名 重樹[4] (1.東京工業大学　環境社会理工学院、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所、3.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、4.防災科学技術研究所)

[SSS13-P20] コーダ規格化法を用いた茨城県周辺域のKiK-net観測点におけるサイト増幅特性の推定

*河原 純[1]、中村 敬浩[1]、山田 卓司[1] (1.茨城大学大学院理工学研究科)

[SSS13-P21] 2014年長野県北部の地震における堀之内地区の地震動レベルの推定

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

[SSS13-P22] Ground type classification for strong ground motion prediction based on characteristics of phase-velocity curves from microtremor explorations

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、松山 尚典[2]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、藤原 広行[2] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P23] **地震被害推定のための地盤モデルの構築**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P24] **近年の液状化被害を踏まえた液状化被害率の検討**

*先名 重樹[1]、小澤 京子[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P25] **MeSO-net観測点における地表地震記録の推定**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P26] 微動アレイ探査における水平動成分を利用した位相速度推定手法によるラブ波抽出の可能性について－愛知県西尾市の場合

*土田 琴世[1]、堀家 正則[1]、山田 浩二[1]、末廣 匡基[1]、吉田 沙由美[1] (1.株式会社阪神コンサルタンツ)

[SSS13-P27] 東海地域における微動アレイ探査に基づく浅部地盤構造モデルの高度化

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、松山 尚典[2]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P28] 強震動を用いた地震波干渉法による千葉県下総地域の地震基盤構造モデルの検証

*地元 孝輔[1]、山中 浩明[1] (1.東京工業大学)

[SSS13-P29] 微動アレイ観測に基づく佐賀平野のＳ波速度構造

*吉見 雅行[1]、重藤 迪子[2]、丸山 正[1] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.九州大学大学院人間環境学研究院)

[SSS13-P30] 島根県大田市波根地区および久手地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、山口 仁、森田 悠平、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P31] 鳥取県北栄町由良地区および西園地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、留奥 勝也、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P32] ネパール・カトマンズ盆地における反射法地震探査

*小鹿 浩太[1]、川崎 悠介[1]、プラダン オム[1]、山本 正人[1]、信岡 大[1]、松原 由和[1]、松山 尚典[1]、Monika Jha[2]、Chintan Timisina[2]、Suresh Shrestha[2]、Mukunda Bhattarai[2]、Dinesh Nepali[2]、Soma Nath Sapkota[2]、三宅 弘恵[3]、纐纈 一起[3] (1.応用地質株式会社、2.ネパール産業省鉱山地質局、3.東京大学地震研究所)

[SSS13-P33] ネパール・カトマンズ盆地トリブバン国際空港近傍での広帯域微動アレイ探査

*横井 俊明[1]、林田 拓己[1]、バッタライ ムクンダ[2]、ポカレル タラ[2]、シュレスタ スレッシュ[2]、ティムシナ チンタン[2]、バッタライ シュニタ[2]、ネパリ ディネッシュ[2] (1.国立研究開発法人　建築研究所国際地震工学センター、2.ネパール産業商務省鉱山地質局)

[SSS13-P34] 小規模微動アレイ(5～15m)によるベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市周辺の平均S波速度分布

*長 郁夫[1]、大久保 慎人[2] (1.産業技術総合研究所、2.高知大学)

[SSS13-P35] Microtremor Array Exploration in the Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia

*大久保 慎人[1] (1.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS13-P36] **Turkey-Japan Joint Project on Modeling of Geological Structures for Strong Ground Motion Simulations due to Crustal Earthquakes in Eskisehir Basin, Turkey, by Using Seismic Interferometry Method**

*Mehmet Safa Arslan[1]、Kosuke Chimoto[2]、Asim Oguz Ozel[1]、Hiroaki Yamanaka[2] (1.ISTANBUL UNIVERSITY-CERRAHPASA、2.TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

[SSS13-P37] **Nonlinear Ground Motion Response During the 2016 Meinong Taiwan Earthquake**

*Kuo-Liang Wen[1]、Chun-Te Chen[2] (1.National Central University, Department of Earth Sciences、2.Academia Sinica, Institute of Earth Sciences)

[SSS13-P38] Earthquake damage of the 2017 Pohang earthquake in South Korea

*Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Dong-Hyo Sohn[1]、Seolhan You[1]、Jongsun Sun[1]、Seongheum Cho[1]、Duk-Kee Lee[1] (1. Korea Meteorological Administration)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

## [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)

[SSS13-P01] 2018年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測

*西村 武[1]、野口 竜也[2]、小野 祐輔[2]、河野 勝宣[2]、日比 慧慎[1] (1.鳥取大学 大学院 持続性社会創生科学研究科 博士前期課程 工学専攻 社会システム土木コース、2.鳥取大学大学院 工学研究科)

[SSS13-P02] **Nonlinear site amplification for high intensity ground motions during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake**

*Yadab Prasad Dhakal[1]、Takashi Kunugi[1]、Takeshi Kimura[1]、Wataru Suzuki[1]、Shin Aoi[1] (1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED))

[SSS13-P03] 平成30年北海道胆振東部地震で大震度を観測したK-NET追分およびKiK-net追分における微動アレイ探査

*古川 拓人[1]、時松 孝次[1]、大川 出[1]、田中 均[1]、元木 健太郎[2] (1.株式会社 東京ソイルリサーチ、2.株式会社 小堀鐸二研究所)

[SSS13-P04] 拡散波動場理論に基づくK-NET追分とKiK-net追分の地下構造モデルの推定：近接2地点の同時逆解析

*古家 萌子[1]、元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、古川 拓人[2] (1.株式会社小堀鐸ニ研究所、2.株式会社東京ソイルリサーチ)

[SSS13-P05] Exploration of the velocity structure model in the Mukawa town, damaged area during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*重藤 迪子[1]、高井 伸雄[2]、堀田 淳[3]、野本 真吾 [3]、前田 宜浩[4]、高橋 浩晃[2]、一柳 昌義[2]、山中 浩明[5]、地元 孝輔[5]、津野 靖士[6]、是永 将宏[6]、山田 伸之[7] (1.九州大学、2.北海道大学、3.株式会社ジオテック、4.防災科学技術研究所、5.東京工業大学、6.公益財団法人鉄道総合技術研究所、7.高知大学)

[SSS13-P06] 三次元速度構造を考慮したGreen関数と強震記録による2018年北海道胆振東部地震の震源過程

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1] (1.京都大学防災研究所)

[SSS13-P07] 強震波形記録を用いて推定された平成30年北海道胆振東部地震の震源過程

*久保 久彦[1]、鈴木 亘[1]、岩城 麻子[1]、青井 真[1]、関口 春子[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.京都大学防災研究所)

[SSS13-P08] 平成30年北海道胆振東部地震の広帯域地震動シミュレーション

*岩城 麻子[1]、森川 信之[1]、前田 宜浩[1]、久保 久彦[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P09] **波形のS波初動部分を用いた波形逆解析による熊本平野および益城町周辺の深部地盤構造の推定**

*室井 謙吾[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]、三宅 弘恵[3]、山田 伸之[4] (1.東京工業大学環境・社会理工学院、2.公益財団法人鉄道総合技術研究所、3.東京大学大学院情報学環/地震研究所、4.高知大学 理工学部)

[SSS13-P10] 2016年熊本地震の余震記録を用いた高周波経験的グリーンテンソル微分（EGTD）の高精度化への検討

*吉田 沙由美[1]、堀家 正則[1]、宮腰 研[2] (1.株式会社阪神コンサルタンツ、2.一般財団法人　地域　地盤　環境　研究所)

[SSS13-P11] 2016年熊本地震の余震記録のスペクトル分離解析による熊本平野の地盤増幅特性の評価

*飯田 朋美[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、篠山 大輝[8]、津野 靖士[5]、是永 将宏[5]、山田 伸之[7]、三宅 弘恵[6]、神野 達夫[3]、重藤 迪子[3]、吉見 雅行[2]、松島 信一[4]、川瀬 博[4]、浅野 公之[4]、岩田 知孝[4] (1.東京工業大学、2.産業技術総合研究所、3.九州大学、4.京都大学、5.鉄道総合技術研究所、6.東京大学、7.高知大学、8.電力中央研究所)

[SSS13-P12] 2016年4月15日熊本の地震(Mj6.4)の運動学的および動力学震源モデル

*吉田 邦一[1]、宮腰 研[1] (1.一般財団法人 地域 地盤 環境 研究所)

[SSS13-P13] 曲面断層を考慮した2003年宮城県北部の地震（$M_{JMA}$6.4）の震源破壊過程と強震動生成域

*染井 一寛[1]、宮腰 研[1]、郭 雨佳[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[SSS13-P14] 強震動記録を用いた2018年島根県西部の地震（Mw5.6）の震源破壊過程の推定

*倉橋 奨[1]、宮腰 研[2] (1.愛知工業大学、2.地域地盤環境研究所)

[SSS13-P15] 震源近傍の強震記録に基づくM6クラスの地震のSMGAの推定－2011年茨城県北部の地震（M6.1）を対象として－

*元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、塩田 哲生[2] (1.小堀鐸二研究所、2.四国電力)

[SSS13-P16] 地表および潜在断層地震における国内の内陸地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則の違い

*吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]、野口 竜也[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P17] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その１：地震動予測式の選定）

*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)

[SSS13-P18] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その２：地震動ハザード評価）

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

[SSS13-P19] **2018年大阪府北部地震による富士川河口断層帯周辺地域における長周期地震動のシミュレーション**

*橋本 整奈[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、是永 将宏[2]、津野 靖士[2]、三宅 弘恵[3]、先名 重樹[4] (1.東京工業大学　環境社会理工学院、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所、3.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、4.防災科学技術研究所)

[SSS13-P20] コーダ規格化法を用いた茨城県周辺域のKiK-net観測点におけるサイト増幅特性の推定

*河原 純[1]、中村 敬浩[1]、山田 卓司[1] (1.茨城大学大学院理工学研究科)

[SSS13-P21] 2014年長野県北部の地震における堀之内地区の地震動レベルの推定

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

[SSS13-P22] Ground type classification for strong ground motion prediction based on characteristics of phase-velocity curves from microtremor explorations

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、松山 尚典[2]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、藤原 広行[2] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P23] **地震被害推定のための地盤モデルの構築**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P24] **近年の液状化被害を踏まえた液状化被害率の検討**

*先名 重樹[1]、小澤 京子[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P25] **MeSO-net観測点における地表地震記録の推定**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P26] 微動アレイ探査における水平動成分を利用した位相速度推定手法によるラブ波抽出の可能性について－愛知県西尾市の場合

*土田 琴世[1]、堀家 正則[1]、山田 浩二[1]、末廣 匡基[1]、吉田 沙由美[1] (1.株式会社阪神コンサルタンツ)

[SSS13-P27] 東海地域における微動アレイ探査に基づく浅部地盤構造モデルの高度化

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、松山 尚典[2]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P28] 強震動を用いた地震波干渉法による千葉県下総地域の地震基盤構造モデルの検証

*地元 孝輔[1]、山中 浩明[1] (1.東京工業大学)

[SSS13-P29] 微動アレイ観測に基づく佐賀平野のＳ波速度構造

*吉見 雅行[1]、重藤 迪子[2]、丸山 正[1] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.九州大学大学院人間環境学研究院)

[SSS13-P30] 島根県大田市波根地区および久手地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、山口 仁、森田 悠平、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P31] 鳥取県北栄町由良地区および西園地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、留奥 勝也、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P32] ネパール・カトマンズ盆地における反射法地震探査

*小鹿 浩太[1]、川崎 悠介[1]、プラダン オム[1]、山本 正人[1]、信岡 大[1]、松原 由和[1]、松山 尚典[1]、Monika Jha[2]、Chintan Timisina[2]、Suresh Shrestha[2]、Mukunda Bhattarai[2]、Dinesh Nepali[2]、Soma Nath Sapkota[2]、三宅 弘恵[3]、纐纈 一起[3] (1.応用地質株式会社、2.ネパール産業省鉱山地質局、3.東京大学地震研究所)

[SSS13-P33] ネパール・カトマンズ盆地トリブバン国際空港近傍での広帯域微動アレイ探査

*横井 俊明[1]、林田 拓己[1]、バッタライ ムクンダ[2]、ポカレル タラ[2]、シュレスタ スレッシュ[2]、ティムシナ チンタン[2]、バッタライ シュニタ[2]、ネパリ ディネッシュ[2] (1.国立研究開発法人　建築研究所国際地震工学センター、2.ネパール産業商務省鉱山地質局)

[SSS13-P34] 小規模微動アレイ(5～15m)によるベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市周辺の平均S波速度分布

*長 郁夫[1]、大久保 慎人[2] (1.産業技術総合研究所、2.高知大学)

[SSS13-P35] Microtremor Array Exploration in the Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia

*大久保 慎人[1] (1.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS13-P36] **Turkey-Japan Joint Project on Modeling of Geological Structures for Strong Ground Motion Simulations due to Crustal Earthquakes in Eskisehir Basin, Turkey, by Using Seismic Interferometry Method**

*Mehmet Safa Arslan[1]、Kosuke Chimoto[2]、Asim Oguz Ozel[1]、Hiroaki Yamanaka[2] (1.ISTANBUL UNIVERSITY-CERRAHPASA、2.TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

[SSS13-P37] **Nonlinear Ground Motion Response During the 2016 Meinong Taiwan Earthquake**

*Kuo-Liang Wen[1]、Chun-Te Chen[2] (1.National Central University, Department of Earth Sciences、2.Academia Sinica, Institute of Earth Sciences)

[SSS13-P38] Earthquake damage of the 2017 Pohang earthquake in South Korea

*Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Dong-Hyo Sohn[1]、Seolhan You[1]、Jongsun Sun[1]、Seongheum Cho[1]、Duk-Kee Lee[1] (1. Korea Meteorological Administration)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

## [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)

[SEM19-P01] 絶対湿度が乾燥岩石試料表面と電極間の接触抵抗に与える影響

*鈴木 健士[1]、吉村 令慧[2]、山崎 健一[2]、大志万 直人[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

---

[SEM19-P02] IGRFを基礎とした日本周辺の地磁気変化モデル(2): 斜軸メルカトル図法上の磁場のモデル化

*小河 勉[1] (1.東京大学地震研究所)

---

[SEM19-P03] Examination of criteria to remove the influence of the Sq-field variations from electromagnetic field spectra for a better estimation of regional electromagnetic responses

*LI RUIBAI[1]、清水 久芳[1]、馬場 聖至[1]、歌田 久司[1] (1.Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

---

[SEM19-P04] **地電流観測の長周期変動の考察**

*小関 廉[1]、藤井 郁子[1] (1.気象庁)

---

[SEM19-P05] Deep electrical conductivity structure of Eastern Marmara, Turkey by long period magnetotellurics

*Sabri Bulent Tank[1]、Naoto Oshiman[2]、Mustafa Karas[1]、Ryokei Yoshimura[2]、Yasuo Ogawa[3] (1.Bogazici University、2.Kyoto University、3.Tokyo Institute of Technology)

---

[SEM19-P06] 栗駒火山北側山腹におけるAMT観測

*小林 拓也[1]、坂中 伸也[1]、筒井 智樹[1]、ビン・ザイヌディン ムハンマッド・ファイズル・ニザム[1]、井上 雄介[1]、加藤 健太[1]、森脇 知哉[1]、多田 悠也[1]、竹井 瑠一[1] (1.秋田大学)

---

[SEM19-P07] 日本東北地方南部の地殻の三次元比抵抗構造

*本山 葵[1]、小川 康雄[2]、上嶋 誠[3]、浅森 浩一[4]、内田 利弘[5]、長谷 英彰[6]、小山 崇夫[3]、坂中 伸也[7]、山谷 祐介[5]、相澤 広記[8]、市來 雅啓[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京工業大学理学院火山流体研究センター、3.東京大学地震研究所、4.独立行政法人日本原子力研究開発機構、5.産業技術総合研究所、6. 地熱技術開発（株）、7.秋田大学大学院国際資源学研究科、8.九州大学大学院理学研究院)

---

[SEM19-P08] 雌阿寒岳北麓におけるMT法比抵抗構造探査

*井上 智裕[1]、橋本 武志[1] (1.北海道大学理学院地震火山研究観測センター)

---

[SEM19-P09] Hydrothermal system of Kuttara Volcanic Group inferred from 3D resistivity modeling (2)

*田中 良[1]、早川 美土里[2]、橋本 武志[1]、神田 径[3]、森田 裕一[4]、青山 裕[1]、上嶋 誠[4] (1.北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.三井石油開発株式会社　地熱事業部、3.東京工業大学理学院火山流体研究センター、4.東京大学　地震研究所)

---

[SEM19-P10] 阿蘇火山の3次元磁化構造解析

*宇津木 充[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

---

[SEM19-P11] 楕円体圧力源によるピエゾ磁気変化（序報）

*笹井 洋一[1] (1.東海大学・海洋研究所・地震予知研究センター)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

## [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)

[SEM19-P01] 絶対湿度が乾燥岩石試料表面と電極間の接触抵抗に与える影響

*鈴木 健士[1]、吉村 令慧[2]、山崎 健一[2]、大志万 直人[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

---

[SEM19-P02] IGRFを基礎とした日本周辺の地磁気変化モデル(2): 斜軸メルカトル図法上の磁場のモデル化

*小河 勉[1] (1.東京大学地震研究所)

---

[SEM19-P03] Examination of criteria to remove the influence of the Sq-field variations from electromagnetic field spectra for a better estimation of regional electromagnetic responses

*LI RUIBAI[1]、清水 久芳[1]、馬場 聖至[1]、歌田 久司[1] (1.Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

---

[SEM19-P04] **地電流観測の長周期変動の考察**

*小関 廉[1]、藤井 郁子[1] (1.気象庁)

---

[SEM19-P05] Deep electrical conductivity structure of Eastern Marmara, Turkey by long period magnetotellurics

*Sabri Bulent Tank[1]、Naoto Oshiman[2]、Mustafa Karas[1]、Ryokei Yoshimura[2]、Yasuo Ogawa[3] (1.Bogazici University、2.Kyoto University、3.Tokyo Institute of Technology)

---

[SEM19-P06] 栗駒火山北側山腹におけるAMT観測

*小林 拓也[1]、坂中 伸也[1]、筒井 智樹[1]、ビン・ザイヌディン ムハンマッド・ファイズル・ニザム[1]、井上 雄介[1]、加藤 健太[1]、森脇 知哉[1]、多田 悠也[1]、竹井 瑠一[1] (1.秋田大学)

---

[SEM19-P07] 日本東北地方南部の地殻の三次元比抵抗構造

*本山 葵[1]、小川 康雄[2]、上嶋 誠[3]、浅森 浩一[4]、内田 利弘[5]、長谷 英彰[6]、小山 崇夫[3]、坂中 伸也[7]、山谷 祐介[5]、相澤 広記[8]、市來 雅啓[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京工業大学理学院火山流体研究センター、3.東京大学地震研究所、4.独立行政法人日本原子力研究開発機構、5.産業技術総合研究所、6. 地熱技術開発（株）、7.秋田大学大学院国際資源学研究科、8.九州大学大学院理学研究院)

---

[SEM19-P08] 雌阿寒岳北麓におけるMT法比抵抗構造探査

*井上 智裕[1]、橋本 武志[1] (1.北海道大学理学院地震火山研究観測センター)

---

[SEM19-P09] Hydrothermal system of Kuttara Volcanic Group inferred from 3D resistivity modeling (2)

*田中 良[1]、早川 美土里[2]、橋本 武志[1]、神田 径[3]、森田 裕一[4]、青山 裕[1]、上嶋 誠[4] (1.北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.三井石油開発株式会社　地熱事業部、3.東京工業大学理学院火山流体研究センター、4.東京大学　地震研究所)

---

[SEM19-P10] 阿蘇火山の3次元磁化構造解析

*宇津木 充[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

---

[SEM19-P11] 楕円体圧力源によるピエゾ磁気変化（序報）

*笹井 洋一[1] (1.東海大学・海洋研究所・地震予知研究センター)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

## [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)

[SGL28-P01] 富山県砺波地域に分布する漸新世〜中新世火山岩類の成因：日本海拡大にともなう陸弧〜島弧火山活動の変遷

*山田 来樹[1]、高橋 俊郎[2]、植田 勇人[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

[SGL28-P02] 小川盆地と周辺の跡倉ナップの地質と中新世中期以降のテクトニクス

*小野 晃

[SGL28-P03] 埼玉県長瀞地域における三波川変成岩の小構造からみた古応力場の変遷

*中村 南[1]、高田 亞以子[1,2]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学、2.石油資源開発株式会社)

[SGL28-P04] 新岩脈法による丹沢トーナル岩中のマイクロクラックによる古応力方向の復元

*冨岡 美咲[1]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学)

[SGL28-P05] 立体斜度図を用いた地形判読で見出された北上山地，遠野-栗橋花崗岩体の環状断層

*土井 宣夫[1]、白澤 道生[2]、横山 隆三[2] (1.岩手大学地域防災研究センター、2.（株）横山空間情報研究所)

[SGL28-P06] ジルコン年代学によって明らかになった舞鶴構造帯（MTZ）の形成と再編

*早坂 康隆[1]、木村 光佑[1] (1.広島大学大学院理学研究科)

[SGL28-P07] **Erosional features of Soma Slope Channel, off Miyagi, Japan**

*Jih-Hsin Chang[1]、Takahiko Inoue[1]、Ayanori Misawa[1]、Kohsaku Arai[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial and Science Technology.)

[SGL28-P08] Preliminary Analysis Result for the Integrated Lineament Map in South Korea

*Hong-Jin Lee[1]、Kyoungtae Ko[2]、You Hong Kihm[2] (1.Geoscience Platfrom Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources、2.Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)

[SGL28-P09] **Seismicity along the Moradabad Basement Fault in the Central Ganga Plain: A Geological and Geophysical approach**

*ANKIT GUPTA[1]、Pitambar Pati[1]、Chinmay Dash[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[SGL28-P10] パキスタン Muslim Bagh地域火山岩類の岩石学的・年代学的研究

*荒尾 眞成[1,2]、今山 武志[1]、八木 公史[3]、猪川 千晶[3]、澤田 順弘[4]、Rehanul Siddiqui[5]、Said Khan[5] (1.岡山理科大学　自然科学研究所、2.岡山理科大学　生物地球学部、3.蒜山地質年代学研究所、4.島根大学　名誉教授、5.地球科学研究所 パキスタン地質調査所)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

## [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)

[SGL28-P01] 富山県砺波地域に分布する漸新世〜中新世火山岩類の成因：日本海拡大にともなう陸弧〜島弧火山活動の変遷

*山田 来樹[1]、高橋 俊郎[2]、植田 勇人[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

[SGL28-P02] 小川盆地と周辺の跡倉ナップの地質と中新世中期以降のテクトニクス

*小野 晃

[SGL28-P03] 埼玉県長瀞地域における三波川変成岩の小構造からみた古応力場の変遷

*中村 南[1]、高田 亞以子[1,2]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学、2.石油資源開発株式会社)

[SGL28-P04] 新岩脈法による丹沢トーナル岩中のマイクロクラックによる古応力方向の復元

*冨岡 美咲[1]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学)

[SGL28-P05] 立体斜度図を用いた地形判読で見出された北上山地，遠野-栗橋花崗岩体の環状断層

*土井 宣夫[1]、白澤 道生[2]、横山 隆三[2] (1.岩手大学地域防災研究センター、2.（株）横山空間情報研究所)

[SGL28-P06] ジルコン年代学によって明らかになった舞鶴構造帯（MTZ）の形成と再編

*早坂 康隆[1]、木村 光佑[1] (1.広島大学大学院理学研究科)

[SGL28-P07] **Erosional features of Soma Slope Channel, off Miyagi, Japan**

*Jih-Hsin Chang[1]、Takahiko Inoue[1]、Ayanori Misawa[1]、Kohsaku Arai[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial and Science Technology.)

[SGL28-P08] Preliminary Analysis Result for the Integrated Lineament Map in South Korea

*Hong-Jin Lee[1]、Kyoungtae Ko[2]、You Hong Kihm[2] (1.Geoscience Platfrom Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources、2.Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)

[SGL28-P09] **Seismicity along the Moradabad Basement Fault in the Central Ganga Plain: A Geological and Geophysical approach**

*ANKIT GUPTA[1]、Pitambar Pati[1]、Chinmay Dash[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[SGL28-P10] パキスタン Muslim Bagh地域火山岩類の岩石学的・年代学的研究

*荒尾 眞成[1,2]、今山 武志[1]、八木 公史[3]、猪川 千晶[3]、澤田 順弘[4]、Rehanul Siddiqui[5]、Said Khan[5] (1.岡山理科大学　自然科学研究所、2.岡山理科大学　生物地球学部、3.蒜山地質年代学研究所、4.島根大学　名誉教授、5.地球科学研究所 パキスタン地質調査所)

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

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

## [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)

[SVC35-P01] 1914年櫻島噴火を描いた油絵

*室谷 智子[1] (1.国立科学博物館)

[SVC35-P02] デジタル版火山ハザードマップデータベースの構築とその利活用について

*河野 裕希[1]、久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、棚田 俊收[1] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所)

[SVC35-P03] Tephra2と気象庁55年長期再解析データ（JRA-55）を用いた降灰シミュレーション

*佐々木 寿[1]、三浦 俊介[1]、成毛 志乃[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC35-P04] 衛星SARを用いた降灰量分布推定手法の研究（序論）

*小澤 拓[1]、藤田 英輔[1] (1.防災科学技術研究所)

[SVC35-P05] 火山地域における土石流氾濫の推定手法の開発

*山崎 祐介[1]、藤村 直樹[1]、手塚 咲子[1]、水野 正樹[1]、石井 靖雄[1]、菊井 稔宏[2]、吉田 真也[2]、五十嵐 勇気[2]、山越 隆雄[2] (1.国立研究開発法人土木研究所、2.砂防・地すべり技術センター)

[SVC35-P06] 栗駒山昭和湖および大地獄谷登山道付近における硫化水素濃度の連続観測

*伊藤 英之[1]、山本 泰道[2]、大庭 憲二[2]、辻 盛生[1]、大場 武[3] (1.岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2.株式会社ジェイエムエス、3.東海大学理学部)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

## [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)

[SVC35-P01] 1914年櫻島噴火を描いた油絵

*室谷 智子[1] (1.国立科学博物館)

[SVC35-P02] デジタル版火山ハザードマップデータベースの構築とその利活用について

*河野 裕希[1]、久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、棚田 俊收[1] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所)

[SVC35-P03] Tephra2と気象庁55年長期再解析データ（JRA-55）を用いた降灰シミュレーション

*佐々木 寿[1]、三浦 俊介[1]、成毛 志乃[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC35-P04] 衛星SARを用いた降灰量分布推定手法の研究（序論）

*小澤 拓[1]、藤田 英輔[1] (1.防災科学技術研究所)

[SVC35-P05] 火山地域における土石流氾濫の推定手法の開発

*山崎 祐介[1]、藤村 直樹[1]、手塚 咲子[1]、水野 正樹[1]、石井 靖雄[1]、菊井 稔宏[2]、吉田 真也[2]、五十嵐 勇気[2]、山越 隆雄[2] (1.国立研究開発法人土木研究所、2.砂防・地すべり技術センター)

[SVC35-P06] 栗駒山昭和湖および大地獄谷登山道付近における硫化水素濃度の連続観測

*伊藤 英之[1]、山本 泰道[2]、大庭 憲二[2]、辻 盛生[1]、大場 武[3] (1.岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2.株式会社ジェイエムエス、3.東海大学理学部)

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

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

## [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)

[SVC38-P01] 反射法地震探査による有珠昭和新山屋根山の構造

*竹井 瑠一[1]、筒井 智樹[1,2]、多田 悠也[2]、森脇 知哉[2]、青木 陽介[3]、青山 裕[4]、丸山 豪[5] (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.東京大学地震研究所、4.北海道大学大学院理学研究院、5.株式会社マルテック)

[SVC38-P02] 吾妻山の2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動

*岡田 純[1]、松浦 茂郎[2]、近江 克也[2]、山村 卓也[2]、丹原 裕[3]、関 晋[3] (1.気象庁気象研究所火山研究部（仙台分室）、2.気象庁仙台管区気象台地震火山課、3.気象庁仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

[SVC38-P03] 吾妻山におけるBP型・BT型地震について

*吉開 裕亮[1]、森田 裕一[2]、近江 克也[3]、丹原 裕[4]、小林 宰[1] (1.気象庁火山課、2.東京大学地震研究所、3.仙台管区気象台地震火山課、4.仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

[SVC38-P04] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学

*丸山 照頼[1]、鈴木 由希[2] (1.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修)

[SVC38-P05] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物の産状と岩石学

*鈴木 由希[1]、福島 涼人[2] (1.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修)

[SVC38-P06] 草津白根山の2018年の火山活動について

*小林 宰[1]、加藤 幸司[1]、末峯 宏一[1]、木村 一洋[1]、吉開 裕亮[1]、小川 康雄[2]、野上 健治[2]、神田 径[2]、寺田 暁彦[2] (1.気象庁火山課、2.東京工業大学理学部火山流体研究センター)

[SVC38-P07] 草津白根火山周辺の噴気及び温泉ガス中の希ガス同位体組成

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、秋山 良秀[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、寺田 暁彦[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁　気象研究所、4.東京工業大学　理学院火山流体研究センター)

[SVC38-P08] 本白根山における2018年噴火後の自然電位および地磁気全磁力観測

*山崎 明[1]、飯野 英樹[1]、田中 達朗[1] (1.気象庁地磁気観測所)

[SVC38-P09] 新潟焼山第3・4期噴出物の石基組織解析及び化学組成分析による噴出プロセスの検討

*吉田 巧[1]、齋藤 武士[1] (1.信州大学大学院総合理工学研究科)

[SVC38-P10] 水位変動・地震観測に基づく立山カルデラ新湯の地下構造の推定

*川口 亮平[1]、齋藤 直子[2]、鬼澤 真也[1] (1.気象研究所、2.気象庁富山地方気象台)

[SVC38-P11] Real time monitoring of underground temperature in Jigokudani, Midagahara volcano using LPWA devices

*渡辺 了[1]、西日本電信電話株式会社 富山支店[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.西日本電信電話株式会社)

[SVC38-P12] 焼岳火山の山頂と1962-63年火口の噴気の化学・同位体組成

*齋藤 武士[1]、澤村 俊[2]、網田 和宏[3]、三島 壮智[4]、大沢 信二[4] (1.信州大学学術研究院理学系、2.信州大学大学院総合理工学研究科、3.秋田大学大学院理工学研究科、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[SVC38-P13] 北八ヶ岳，横岳最新2溶岩の年代推定および横岳最新期の火山砕屑物の特徴

*新田 寛野[1]、齋藤 武士[1]、下岡 順直[2] (1.信州大学総合理工学研究科、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科)

[SVC38-P14] 波形相関処理を用いた2007年御嶽山噴火日推定の試み

*西嶋 就平[1]、寺川 寿子[1]、堀川 信一郎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P15] 2007年および2014年御嶽山噴火前後に発生した山頂付近の地震活動

*山中 佳子[1]、堀川 信一郎[1]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P16] 傾斜計データにおける降雨及び融雪補正の効果　　－御嶽山への適用例－

*木村 一洋[1,5]、河島 克久[2]、松元 高峰[2]、佐々木 明彦[4]、伊豫部 勉[3]、宮村 淳一[1]、中橋 正樹[1] (1.気象庁地震火山部火山課、2.新潟大学災害・復興科学研究所、3.京都大学大学院工学研究科、4.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、5.新潟大学自然科学研究科)

[SVC38-P17] **2011年3月15日の静岡県東部地震による富士山周辺域のb値の空間分布への影響**

*村越 匠[1]、宮下 智成[2] (1.防衛大学校、2.航空自衛隊)

[SVC38-P18] 伊豆半島東部伊東沖の海底火山手石海丘の現状

*山中 寿朗[1]、川田 佳史[2]、野口 拓郎[3]、八田 万有美[3]、岡村 慶[3] (1.東京海洋大学、2.東北大学、3.高知大学)

[SVC38-P19] 伊豆大島最北部碁石浜におけるカルデラ形成以前の火山噴出物とその堆積年代

*寺山 怜[1]、鈴木 毅彦[1]、小林　淳[2] (1.首都大学東京都市環境科学研究科、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P20] 伊豆大島山頂付近の地震のSchusterの方法によるp値の時間変化について

*高山 博之[1] (1.気象庁気象研究所火山研究部第１研究室)

[SVC38-P21] 伊豆諸島北部、新島に分布する第四紀後期テフラの標準層序と岩石学的・地化学的特性―火山ガラスの主元素組成、斜方輝石、角閃石類の屈折率を中心に―

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、西澤 文勝[1,2]、村田 昌則[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所)

[SVC38-P22] **伊豆諸島神津島火山の最新期活動におけるテフラ層序とその噴火史**

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、西澤 文勝[2]、鈴木 毅彦[1,3] (1.首都大学東京 火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所、3.首都大学東京 都市環境学部)

[SVC38-P23] 三宅島・神津島・八丈島周辺の震源分布の特徴：速度構造との関連性

*萩原 弘子[1]、渡辺 秀文[1] (1.東京都庁)

[SVC38-P24] GNSSキャンペーン観測による三宅島の地殻変動（2013年～2015年）

*渡部 陽奈[1]、松島 健[2]、福井 海世、渡邉 篤志[3]、及川 純[3]、奥田 隆[4]、小澤 拓[5]、宮城 洋介[5] (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.東京大学地震研究所、4.名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター 、5.防災科学技術研究所)

[SVC38-P25] 伊豆諸島御蔵島で確認されたテフラの記載岩石学的特徴

*田野 智大[1]、鈴木 毅彦[1,2]、小林 淳[2]、村田 昌則[2] (1.首都大学東京都市環境科学部、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P26] Pseudo thermal anomalies in the shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation

*金子 隆之[1]、安田 敦[1]、吉崎 徳人[2]、高崎 健二[3]、本多 嘉明[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象庁気象衛星センター、3.水産研究・教育機構、4.千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

[SVC38-P27] 臨時地震観測と広帯域MT観測による雲仙火山浅部で発生する火山性地震の研究

*橋本 匡[1]、相澤 広記[2]、松島 健[2]、清水 洋[2]、林田 祐人[1]、湯浅 雄平[1]、塚本 果織[1]、山本 有人[3]、宮野 幹大[3]、神薗 めぐみ[1]、松本 聡[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学理学部地球惑星科学科)

[SVC38-P28] 雲仙火山浅部で発生する火山性地震の波形の特徴

*宮野 幹大[1]、清水 洋[2]、松島 健[2]、松本 聡[2]、相澤 広記[2]、橋本 匡[3]、林田 祐人[3]、湯浅 雄平[3] (1.九州大学理学部地球惑星科学科、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SVC38-P29] 雲仙普賢岳北東麓立野地区で見られる火砕物露頭と層序

*長井 大輔[1] (1.雲仙岳災害記念館)

[SVC38-P30] 相対重力計で観測された熊本県阿蘇地域における重力変化（2015-2018）

*宮内 佑典[1]、風間 卓仁[1]、福田 洋一[1]、吉川 慎[2]、大倉 敬宏[2]、西島 潤[3]、藤光 康宏[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学火山研究センター、3.九州大学大学院工学研究院)

[SVC38-P31] 阿蘇火山における水準測量2018

*大倉 敬宏[1]、吉川 慎[1]、井上 寛之[1]、横尾 亮彦[1]、宇津木 充[1]、山本 圭吾[2]、内田 和也[4]、前田 裕太[5]、堀川 信一郎[5]、松廣 健二郎[5]、奥田 隆[5]、田ノ上 和志[5]、木股 文昭[7]、村瀬 雅之[6]、森 済[6]、三島 壮智[3]、小松 信太郎[2]、高谷 真樹[3]、及川

純[8]、石井 杏佳[3]、宮内 佑典[3]、木村 育磨[3]、内田 雅喜[3]、仲井 一穂[3]、瀧下 恒星[3]、千葉 慶太[4]、橋本 匡[4]、神谷 義之介[4]、山本 有人[4] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター、2.京都大学防災研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.九州大学大学院理学研究院、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.日本大学文理学部、7.東濃地震科学研究所、8.東京大学地震研究所)

[SVC38-P32] 斜長石斑晶の化学組成から読み解く阿蘇カルデラ形成噴火第３サイクルにおけるマグマ進化

*松木田 悠希[1]、飯塚 毅[1]、牛久保 孝行[2]、清水 健二[2]、下司 信夫[3]、宮城 磯治[3]、浜田 盛久[2] (1.東京大学、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

[SVC38-P33] 噴火微動の継続時間と噴出量の関係

*森 亜津紗[1]、熊谷 博之[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SVC38-P34] 2018年3月の新燃岳噴火に伴う地殻変動

*渡部 豪[1]、横田 崇[1]、倉橋 奨[1]、榎本 賢大[1] (1.愛知工業大学)

[SVC38-P35] GNSS観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1] (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)

[SVC38-P36] GNSSデータによる姶良カルデラ周辺の広域上下変動

*仲井 一穂[1]、井口 正人[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、3.京都大学大学院理学研究科火山研究センター)

[SVC38-P37] 水準測量によって測定された桜島火山の地盤上下変動（2017 年11 月～2018 年11 月）

*山本 圭吾[1]、松島 健[2]、吉川 慎[3]、井上 寛之[3]、園田 忠臣[1]、瀧下 恒星[1]、仲井 一穂[1]、内田 雅喜[3]、大柳 諒[3]、神谷 義之介[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学防災研究所、2.九州大学理学研究院、3.京都大学理学研究科)

[SVC38-P38] 繰り返し相対重力観測で明らかになった桜島火山における1990年代以降の重力時空間変化

*大柳 諒[1]、風間 卓仁[1]、山本 圭吾[2]、大島 弘光[3]、岡田 和見[3]、園田 忠臣[2]、井口 正人[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.北海道大学地震火山研究観測センター)

[SVC38-P39] UAVを用いた噴火中の桜島火山の火口内状況把握

*三浦 俊介[1]、望月 拓実[1]、藤田 浩司[1]、浦山 利博[1]、佐々木 寿[1]、千葉 達朗[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC38-P40] **Seismic refraction and wide-angle reflection experiment in southern Kyushu, Japan: (3) the 2018 exploration report**

*宮町 宏樹[1]、高橋 浩晃[2]、青山 裕[2]、大園 真子[2]、椎名 高裕[6]、髙田 真秀[2]、一柳 昌義[2]、山口 照寛[2]、薄田 悠樹[2]、齊藤 一真[2]、伊藤 ちひろ[2]、村井 芳夫[2]、中垣 達也[2]、筒井 智樹[3]、竹井 瑠一[3]、多田 悠也[3]、山本 希[4]、平原 聡[4]、中山 貴史[4]、東 龍介[4]、鈴木 秀市[4]、佐藤 利典[5]、蔵下 英司[6]、安藤 美和子[6]、田中 伸一[6]、池澤 賢志[6]、山田 知朗[6]、中東 和夫[7]、前田 裕太[8]、堀川 信一郎[8]、松廣 健二郎[8]、奥田 隆[8]、辻 修平[8]、十川 直樹[8]、片尾 浩[9]、澁谷 拓郎[9]、三浦 勉[9]、中川 潤[9]、米田 格[9]、為栗 健[9]、瀧下 恒星[9]、仲井 一穂[9]、山下 裕亮[9]、松島 健[10]、内田 和也[10]、宮町 凛太郎[10]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、久保 武史[1]、坂尾 健有[1] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.北海道大学大学院理学研究院、3.秋田大学国際資源学部、4.東北大学大学院理学研究科、5.千葉大学大学院理学研究院、6.東京大学地震研究所、7.東京海洋大学学術研究院、8.名古屋大学大学院環境学研究科、9.京都大学防災研究所、10.九州大学大学院理学研究院)

[SVC38-P41] 幸屋火砕流の流動・堆積機構

*鈴木 桂子[1]、中岡 礼奈[1]、山根 朋己[2] (1.神戸大学 海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科)

[SVC38-P42] 開聞岳南方海域の崩れ地形の成因を海底地形とマルチチャンネル反射波地震探査から探る

*山口 寛登[1]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、堀内 美咲[3]、松野 哲男[2,3]、巽 好幸[2,3] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

[SVC38-P43] 口永良部島火山2018-19年噴火降下火砕物の産状と分布

*長井 雅史[1]、中川 正二郎[2]、入山 宙[1]、三輪 学央[1]、棚田 俊收[1]、上田 英樹[1]、中田 節也[1] (1.防災科学技術研究所　火山防災研究部門、2.屋久島地学同好会)

[SVC38-P44] ALOS-2/PALSAR-2干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動

*谷口 隆文[1]、影山 勇雄[1]、奥山 哲[2]、安藤 忍[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[SVC38-P45] **Volcano-hydrothermal inflation revealed by the spatial variation of stress field at the Tatun Volcano Group, northern Taiwan**

*Hsin-Chieh Pu[1]、Cheng-Horng Lin[2,3,4,5]、Ya-Ju Hsu[2]、Li-Chin Chang[3] (1.Central Weather Bureau, Taiwan, ROC.、2.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ROC.、3.Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan, ROC.、4. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, ROC.、5.National Center for Research on Earthquake Engineering, National Applied Research Laboratories, Taipei, Taiwan, ROC.)

---

[SVC38-P46] インドネシア・クラカタウ火山の2018年12月噴火に伴う地形変化と地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、山田 晋也[1] (1.国土地理院)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

## [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)

[SVC38-P01] 反射法地震探査による有珠昭和新山屋根山の構造

*竹井 瑠一[1]、筒井 智樹[1,2]、多田 悠也[2]、森脇 知哉[2]、青木 陽介[3]、青山 裕[4]、丸山 豪[5] (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.東京大学地震研究所、4.北海道大学大学院理学研究院、5.株式会社マルテック)

[SVC38-P02] 吾妻山の2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動

*岡田 純[1]、松浦 茂郎[2]、近江 克也[2]、山村 卓也[2]、丹原 裕[3]、関 晋[3] (1.気象庁気象研究所火山研究部（仙台分室）、2.気象庁仙台管区気象台地震火山課、3.気象庁仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

[SVC38-P03] 吾妻山におけるBP型・BT型地震について

*吉開 裕亮[1]、森田 裕一[2]、近江 克也[3]、丹原 裕[4]、小林 宰[1] (1.気象庁火山課、2.東京大学地震研究所、3.仙台管区気象台地震火山課、4.仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

[SVC38-P04] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学

*丸山 照頼[1]、鈴木 由希[2] (1.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修)

[SVC38-P05] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物の産状と岩石学

*鈴木 由希[1]、福島 涼人[2] (1.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修)

[SVC38-P06] 草津白根山の2018年の火山活動について

*小林 宰[1]、加藤 幸司[1]、末峯 宏一[1]、木村 一洋[1]、吉開 裕亮[1]、小川 康雄[2]、野上 健治[2]、神田 径[2]、寺田 暁彦[2] (1.気象庁火山課、2.東京工業大学理学部火山流体研究センター)

[SVC38-P07] 草津白根火山周辺の噴気及び温泉ガス中の希ガス同位体組成

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、秋山 良秀[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、寺田 暁彦[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁　気象研究所、4.東京工業大学　理学院火山流体研究センター)

[SVC38-P08] 本白根山における2018年噴火後の自然電位および地磁気全磁力観測

*山崎 明[1]、飯野 英樹[1]、田中 達朗[1] (1.気象庁地磁気観測所)

[SVC38-P09] 新潟焼山第3・4期噴出物の石基組織解析及び化学組成分析による噴出プロセスの検討

*吉田 巧[1]、齋藤 武士[1] (1.信州大学大学院総合理工学研究科)

[SVC38-P10] 水位変動・地震観測に基づく立山カルデラ新湯の地下構造の推定

*川口 亮平[1]、齋藤 直子[2]、鬼澤 真也[1] (1.気象研究所、2.気象庁富山地方気象台)

[SVC38-P11] Real time monitoring of underground temperature in Jigokudani, Midagahara volcano using LPWA devices

*渡辺 了[1]、西日本電信電話株式会社 富山支店[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.西日本電信電話株式会社)

[SVC38-P12] 焼岳火山の山頂と1962-63年火口の噴気の化学・同位体組成

*齋藤 武士[1]、澤村 俊[2]、網田 和宏[3]、三島 壮智[4]、大沢 信二[4] (1.信州大学学術研究院理学系、2.信州大学大学院総合理工学研究科、3.秋田大学大学院理工学研究科、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[SVC38-P13] 北八ヶ岳，横岳最新2溶岩の年代推定および横岳最新期の火山砕屑物の特徴

*新田 寛野[1]、齋藤 武士[1]、下岡 順直[2] (1.信州大学総合理工学研究科、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科)

[SVC38-P14] 波形相関処理を用いた2007年御嶽山噴火日推定の試み

*西嶋 就平[1]、寺川 寿子[1]、堀川 信一郎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P15] 2007年および2014年御嶽山噴火前後に発生した山頂付近の地震活動

*山中 佳子[1]、堀川 信一郎[1]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P16] 傾斜計データにおける降雨及び融雪補正の効果　　－御嶽山への適用例－

*木村 一洋[1,5]、河島 克久[2]、松元 高峰[2]、佐々木 明彦[4]、伊豫部 勉[3]、宮村 淳一[1]、中橋 正樹[1] (1.気象庁地震火山部火山課、2.新潟大学災害・復興科学研究所、3.京都大学大学院工学研究科、4.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、5.新潟大学自然科学研究科)

[SVC38-P17] **2011年3月15日の静岡県東部地震による富士山周辺域のb値の空間分布への影響**

*村越 匠[1]、宮下 智成[2] (1.防衛大学校、2.航空自衛隊)

[SVC38-P18] 伊豆半島東部伊東沖の海底火山手石海丘の現状

*山中 寿朗[1]、川田 佳史[2]、野口 拓郎[3]、八田 万有美[3]、岡村 慶[3] (1.東京海洋大学、2.東北大学、3.高知大学)

[SVC38-P19] 伊豆大島最北部碁石浜におけるカルデラ形成以前の火山噴出物とその堆積年代

*寺山 怜[1]、鈴木 毅彦[1]、小林　淳[2] (1.首都大学東京都市環境科学研究科、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P20] 伊豆大島山頂付近の地震のSchusterの方法によるp値の時間変化について

*高山 博之[1] (1.気象庁気象研究所火山研究部第１研究室)

[SVC38-P21] 伊豆諸島北部、新島に分布する第四紀後期テフラの標準層序と岩石学的・地化学的特性―火山ガラスの主元素組成、斜方輝石、角閃石類の屈折率を中心に―

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、西澤 文勝[1,2]、村田 昌則[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所)

[SVC38-P22] **伊豆諸島神津島火山の最新期活動におけるテフラ層序とその噴火史**

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、西澤 文勝[2]、鈴木 毅彦[1,3] (1.首都大学東京 火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所、3.首都大学東京 都市環境学部)

[SVC38-P23] 三宅島・神津島・八丈島周辺の震源分布の特徴：速度構造との関連性

*萩原 弘子[1]、渡辺 秀文[1] (1.東京都庁)

[SVC38-P24] GNSSキャンペーン観測による三宅島の地殻変動（2013年～2015年）

*渡部 陽奈[1]、松島 健[2]、福井 海世、渡邉 篤志[3]、及川 純[3]、奥田 隆[4]、小澤 拓[5]、宮城 洋介[5] (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.東京大学地震研究所、4.名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター 、5.防災科学技術研究所)

[SVC38-P25] 伊豆諸島御蔵島で確認されたテフラの記載岩石学的特徴

*田野 智大[1]、鈴木 毅彦[1,2]、小林 淳[2]、村田 昌則[2] (1.首都大学東京都市環境科学部、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P26] Pseudo thermal anomalies in the shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation

*金子 隆之[1]、安田 敦[1]、吉崎 徳人[2]、高崎 健二[3]、本多 嘉明[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象庁気象衛星センター、3.水産研究・教育機構、4.千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

[SVC38-P27] 臨時地震観測と広帯域MT観測による雲仙火山浅部で発生する火山性地震の研究

*橋本 匡[1]、相澤 広記[2]、松島 健[2]、清水 洋[2]、林田 祐人[1]、湯浅 雄平[1]、塚本 果織[1]、山本 有人[3]、宮野 幹大[3]、神薗 めぐみ[1]、松本 聡[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学理学部地球惑星科学科)

[SVC38-P28] 雲仙火山浅部で発生する火山性地震の波形の特徴

*宮野 幹大[1]、清水 洋[2]、松島 健[2]、松本 聡[2]、相澤 広記[2]、橋本 匡[3]、林田 祐人[3]、湯浅 雄平[3] (1.九州大学理学部地球惑星科学科、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SVC38-P29] 雲仙普賢岳北東麓立野地区で見られる火砕物露頭と層序

*長井 大輔[1] (1.雲仙岳災害記念館)

[SVC38-P30] 相対重力計で観測された熊本県阿蘇地域における重力変化（2015-2018）

*宮内 佑典[1]、風間 卓仁[1]、福田 洋一[1]、吉川 慎[2]、大倉 敬宏[2]、西島 潤[3]、藤光 康宏[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学火山研究センター、3.九州大学大学院工学研究院)

[SVC38-P31] 阿蘇火山における水準測量2018

*大倉 敬宏[1]、吉川 慎[1]、井上 寛之[1]、横尾 亮彦[1]、宇津木 充[1]、山本 圭吾[2]、内田 和也[4]、前田 裕太[5]、堀川 信一郎[5]、松廣 健二郎[5]、奥田 隆[5]、田ノ上 和志[5]、木股 文昭[7]、村瀬 雅之[6]、森 済[6]、三島 壮智[3]、小松 信太郎[2]、高谷 真樹[3]、及川

純[8]、石井 杏佳[3]、宮内 佑典[3]、木村 育磨[3]、内田 雅喜[3]、仲井 一穂[3]、瀧下 恒星[3]、千葉 慶太[4]、橋本 匡[4]、神谷 義之介[4]、山本 有人[4] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター、2.京都大学防災研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.九州大学大学院理学研究院、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.日本大学文理学部、7.東濃地震科学研究所、8.東京大学地震研究所)

[SVC38-P32] 斜長石斑晶の化学組成から読み解く阿蘇カルデラ形成噴火第３サイクルにおけるマグマ進化

*松木田 悠希[1]、飯塚 毅[1]、牛久保 孝行[2]、清水 健二[2]、下司 信夫[3]、宮城 磯治[3]、浜田 盛久[2] (1.東京大学、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

[SVC38-P33] 噴火微動の継続時間と噴出量の関係

*森 亜津紗[1]、熊谷 博之[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SVC38-P34] 2018年3月の新燃岳噴火に伴う地殻変動

*渡部 豪[1]、横田 崇[1]、倉橋 奨[1]、榎本 賢大[1] (1.愛知工業大学)

[SVC38-P35] GNSS観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1] (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)

[SVC38-P36] GNSSデータによる姶良カルデラ周辺の広域上下変動

*仲井 一穂[1]、井口 正人[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、3.京都大学大学院理学研究科火山研究センター)

[SVC38-P37] 水準測量によって測定された桜島火山の地盤上下変動（2017 年11 月～2018 年11 月）

*山本 圭吾[1]、松島 健[2]、吉川 慎[3]、井上 寛之[3]、園田 忠臣[1]、瀧下 恒星[1]、仲井 一穂[1]、内田 雅喜[3]、大柳 諒[3]、神谷 義之介[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学防災研究所、2.九州大学理学研究院、3.京都大学理学研究科)

[SVC38-P38] 繰り返し相対重力観測で明らかになった桜島火山における1990年代以降の重力時空間変化

*大柳 諒[1]、風間 卓仁[1]、山本 圭吾[2]、大島 弘光[3]、岡田 和見[3]、園田 忠臣[2]、井口 正人[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.北海道大学地震火山研究観測センター)

[SVC38-P39] UAVを用いた噴火中の桜島火山の火口内状況把握

*三浦 俊介[1]、望月 拓実[1]、藤田 浩司[1]、浦山 利博[1]、佐々木 寿[1]、千葉 達朗[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC38-P40] **Seismic refraction and wide-angle reflection experiment in southern Kyushu, Japan: (3) the 2018 exploration report**

*宮町 宏樹[1]、高橋 浩晃[2]、青山 裕[2]、大園 真子[2]、椎名 高裕[6]、髙田 真秀[2]、一柳 昌義[2]、山口 照寛[2]、薄田 悠樹[2]、齊藤 一真[2]、伊藤 ちひろ[2]、村井 芳夫[2]、中垣 達也[2]、筒井 智樹[3]、竹井 瑠一[3]、多田 悠也[3]、山本 希[4]、平原 聡[4]、中山 貴史[4]、東 龍介[4]、鈴木 秀市[4]、佐藤 利典[5]、蔵下 英司[6]、安藤 美和子[6]、田中 伸一[6]、池澤 賢志[6]、山田 知朗[6]、中東 和夫[7]、前田 裕太[8]、堀川 信一郎[8]、松廣 健二郎[8]、奥田 隆[8]、辻 修平[8]、十川 直樹[8]、片尾 浩[9]、澁谷 拓郎[9]、三浦 勉[9]、中川 潤[9]、米田 格[9]、為栗 健[9]、瀧下 恒星[9]、仲井 一穂[9]、山下 裕亮[9]、松島 健[10]、内田 和也[10]、宮町 凛太郎[10]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、久保 武史[1]、坂尾 健有[1] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.北海道大学大学院理学研究院、3.秋田大学国際資源学部、4.東北大学大学院理学研究科、5.千葉大学大学院理学研究院、6.東京大学地震研究所、7.東京海洋大学学術研究院、8.名古屋大学大学院環境学研究科、9.京都大学防災研究所、10.九州大学大学院理学研究院)

[SVC38-P41] 幸屋火砕流の流動・堆積機構

*鈴木 桂子[1]、中岡 礼奈[1]、山根 朋己[2] (1.神戸大学 海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科)

[SVC38-P42] 開聞岳南方海域の崩れ地形の成因を海底地形とマルチチャンネル反射波地震探査から探る

*山口 寛登[1]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、堀内 美咲[3]、松野 哲男[2,3]、巽 好幸[2,3] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

[SVC38-P43] 口永良部島火山2018-19年噴火降下火砕物の産状と分布

*長井 雅史[1]、中川 正二郎[2]、入山 宙[1]、三輪 学央[1]、棚田 俊收[1]、上田 英樹[1]、中田 節也[1] (1.防災科学技術研究所　火山防災研究部門、2.屋久島地学同好会)

[SVC38-P44] ALOS-2/PALSAR-2干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動

*谷口 隆文[1]、影山 勇雄[1]、奥山 哲[2]、安藤 忍[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[SVC38-P45] **Volcano-hydrothermal inflation revealed by the spatial variation of stress field at the Tatun Volcano Group, northern Taiwan**

*Hsin-Chieh Pu[1]、Cheng-Horng Lin[2,3,4,5]、Ya-Ju Hsu[2]、Li-Chin Chang[3] (1.Central Weather Bureau, Taiwan, ROC.、2.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ROC.、3.Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan, ROC.、4. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, ROC.、5.National Center for Research on Earthquake Engineering, National Applied Research Laboratories, Taipei, Taiwan, ROC.)

[SVC38-P46] インドネシア・クラカタウ火山の2018年12月噴火に伴う地形変化と地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、山田 晋也[1] (1.国土地理院)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

## [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)

[SVC39-P01] 近年の霧島硫黄山の火山活動に伴う湧水の化学組成変化

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

[SVC39-P02] 霧島火山群・硫黄山水蒸気噴火に関連した熱水循環プロセス

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

[SVC39-P03] 火山噴煙中の水蒸気の同位体組成定量：噴煙から噴気ガス水蒸気の同位体組成は推定できるか？

*伊藤 昌稚[1]、角皆 潤[1]、高橋 幸士[2]、中川 書子[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.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)

[SVC39-P04] **Radon measurements at Aso volcano: an experimental automatic radon station operative within the proximal zone of Nakadake**

*Corrado CIGOLINI[1]、Shin Yoshikawa[2]、Tomo Shibata[3]、Marco Laiolo[1]、Diego Coppola[1] (1.Department of Earth Sciences, University of Torino, Italy、2.Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, Japan、3.Institute for Geothermal Sciences, Graduate school of Science, Kyoto University, Japan)

[SVC39-P05] ACTIVE観測結果から見る2014-2016年阿蘇山活動期の地下熱水系の変化

*南 拓人[1]、宇津木 充[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3] (1.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2.京都大学大学院理学研究科火山研究センター、3.阿蘇ジオパーク推進協議会)

[SVC39-P06] 3-D Inversion of Magnetotelluric data from the Aluto-Langano Geothermal Field, Ethiopia

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

[SVC39-P07] Interpretation of Gravity Data to Delineate the Geothermal Reservoir Extent and Assess the Geothermal Resource in the Municipality of Isa, Southern Kyushu, Japan

*CARLOS OSMIN POCASANGRE[1]、Yasuhiro Fujimitsu[1]、Jun Nishijima[1] (1.Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University)

[SVC39-P08] 伊豆大島火山カルデラ内坑井温度プロファイルによる伝導・対流熱伝達の推定

*鬼澤 真也[1] (1.気象研究所　火山研究部　第一研究室)

[SVC39-P09] 栗駒地域赤倉カルデラの熱水系数値モデル

*藤光 康宏[1]、吉岡 大地[2] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

## [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)

[SVC39-P01] 近年の霧島硫黄山の火山活動に伴う湧水の化学組成変化

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

[SVC39-P02] 霧島火山群・硫黄山水蒸気噴火に関連した熱水循環プロセス

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

[SVC39-P03] 火山噴煙中の水蒸気の同位体組成定量：噴煙から噴気ガス水蒸気の同位体組成は推定できるか？

*伊藤 昌稚[1]、角皆 潤[1]、高橋 幸士[2]、中川 書子[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.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)

[SVC39-P04] **Radon measurements at Aso volcano: an experimental automatic radon station operative within the proximal zone of Nakadake**

*Corrado CIGOLINI[1]、Shin Yoshikawa[2]、Tomo Shibata[3]、Marco Laiolo[1]、Diego Coppola[1] (1.Department of Earth Sciences, University of Torino, Italy、2.Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, Japan、3.Institute for Geothermal Sciences, Graduate school of Science, Kyoto University, Japan)

[SVC39-P05] ACTIVE観測結果から見る2014-2016年阿蘇山活動期の地下熱水系の変化

*南 拓人[1]、宇津木 充[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3] (1.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2.京都大学大学院理学研究科火山研究センター、3.阿蘇ジオパーク推進協議会)

[SVC39-P06] 3-D Inversion of Magnetotelluric data from the Aluto-Langano Geothermal Field, Ethiopia

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

[SVC39-P07] Interpretation of Gravity Data to Delineate the Geothermal Reservoir Extent and Assess the Geothermal Resource in the Municipality of Isa, Southern Kyushu, Japan

*CARLOS OSMIN POCASANGRE[1]、Yasuhiro Fujimitsu[1]、Jun Nishijima[1] (1.Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University)

[SVC39-P08] 伊豆大島火山カルデラ内坑井温度プロファイルによる伝導・対流熱伝達の推定

*鬼澤 真也[1] (1.気象研究所　火山研究部　第一研究室)

[SVC39-P09] 栗駒地域赤倉カルデラの熱水系数値モデル

*藤光 康宏[1]、吉岡 大地[2] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

## [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)

[STT45-P01] 気象研究所における干渉SAR対流圏遅延補正プログラムの開発（第2報）

*奥山 哲[1]、安藤 忍[1]、新堀 敏基[1] (1.気象研究所)

[STT45-P02] Mitigation of atmospheric delay in InSAR for fair estimate of crustal deformation at Azumayama volcano

*阿部 華菜[1]、小川 佳子[1]、久田 泰広[1]、出村 裕英[1]、小澤 拓[2]、三浦 哲[3]、日下部 玲[1]、荒井 雄大[1] (1.公立大学法人会津大学、2.防災科学技術研究所、3.東北大学大学院理学研究科)

[STT45-P03] 活火山の噴気地帯の干渉SAR解析結果に認められる特異な変位：箱根火山上湯地区の例

*道家 涼介[1]、板寺 一洋[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[STT45-P04] Detection of Deformation Signals at Mud Volcanoes in Semau Island, Indonesia

*Naufal Setiawan[1]、Masato Furuya[1] (1.Hokkaido University)

[STT45-P05] ALOS-2/PALSAR-2を用いたデブリ氷河の氷河上湖の抽出

杵淵 千香子[2]、*奈良間 千之[1]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[STT45-P06] **ALOS-2/PALSAR-2による尾瀬ヶ原の水位変動の観測**

*岩立 渉[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P07] InSAR時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動2

*安藤 忍[1]、小林 昭夫[1] (1.気象研究所 地震津波研究部)

[STT45-P08] 長野県小谷村におけるパイプ歪計観測データを用いたInSAR解析結果の評価

*清澤 友弥[1]、佐藤 浩[2] (1.日本大学大学院理工学研究科地理学専攻、2.日本大学文理学部)

[STT45-P09] ALOS/PALSARの干渉SARを用いたDEM作成とその精度評価

*高橋 昂也[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P10] 干渉SAR時系列解析による日本全国の地盤変動監視に向けた取り組み

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

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

## [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)

[STT45-P01] 気象研究所における干渉SAR対流圏遅延補正プログラムの開発（第2報）

*奥山 哲[1]、安藤 忍[1]、新堀 敏基[1] (1.気象研究所)

[STT45-P02] Mitigation of atmospheric delay in InSAR for fair estimate of crustal deformation at Azumayama volcano

*阿部 華菜[1]、小川 佳子[1]、久田 泰広[1]、出村 裕英[1]、小澤 拓[2]、三浦 哲[3]、日下部 玲[1]、荒井 雄大[1] (1.公立大学法人会津大学、2.防災科学技術研究所、3.東北大学大学院理学研究科)

[STT45-P03] 活火山の噴気地帯の干渉SAR解析結果に認められる特異な変位：箱根火山上湯地区の例

*道家 涼介[1]、板寺 一洋[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[STT45-P04] Detection of Deformation Signals at Mud Volcanoes in Semau Island, Indonesia

*Naufal Setiawan[1]、Masato Furuya[1] (1.Hokkaido University)

[STT45-P05] ALOS-2/PALSAR-2を用いたデブリ氷河の氷河上湖の抽出

杵淵 千香子[2]、*奈良間 千之[1]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[STT45-P06] **ALOS-2/PALSAR-2による尾瀬ヶ原の水位変動の観測**

*岩立 渉[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P07] InSAR時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動2

*安藤 忍[1]、小林 昭夫[1] (1.気象研究所 地震津波研究部)

[STT45-P08] 長野県小谷村におけるパイプ歪計観測データを用いたInSAR解析結果の評価

*清澤 友弥[1]、佐藤 浩[2] (1.日本大学大学院理工学研究科地理学専攻、2.日本大学文理学部)

[STT45-P09] ALOS/PALSARの干渉SARを用いたDEM作成とその精度評価

*高橋 昂也[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P10] 干渉SAR時系列解析による日本全国の地盤変動監視に向けた取り組み

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

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

## [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)

[STT46-P01] 深層学習を用いたP波初動の極性検出

*原 将太[1]、深畑 幸俊[2]、飯尾 能久[2] (1.京都大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[STT46-P02] Trans-dimensional Bayesian inversion for a radially anisotropic S-wave velocity model in the crust and upper mantle: Application to the Australian continent

*平 亨[1]、吉澤 和範[2] (1.北海道大学大学院理学院、2.北海道大学大学院理学研究院)

[STT46-P03] Seismic wavefield imaging based on dense seismic networks using replica exchange Monte Carlo method

*加納 将行[1]、長尾 大道[2,3]、永田 賢二[4,5]、伊藤 伸一[2,3]、長谷川 慶[2]、酒井 慎一[2]、中川 茂樹[2]、堀 宗朗[2]、平田 直[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所、3.東京大学情報理工学系研究科、4.産業総合技術研究所、5.科学技術振興機構)

[STT46-P04] ベイズ振動子分解による地震波データの解析

*松田 孟留[1] (1.東京大学)

[STT46-P05] Uncertainty evaluation of source parameter estimates by MCMC in Oklahoma

*吉光 奈奈[1]、前田 拓人[2]、William Ellsworth[3] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学、3.Stanford Univerisy)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

## [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)

[STT46-P01] 深層学習を用いたP波初動の極性検出

*原 将太[1]、深畑 幸俊[2]、飯尾 能久[2] (1.京都大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[STT46-P02] Trans-dimensional Bayesian inversion for a radially anisotropic S-wave velocity model in the crust and upper mantle: Application to the Australian continent

*平 亨[1]、吉澤 和範[2] (1.北海道大学大学院理学院、2.北海道大学大学院理学研究院)

[STT46-P03] Seismic wavefield imaging based on dense seismic networks using replica exchange Monte Carlo method

*加納 将行[1]、長尾 大道[2,3]、永田 賢二[4,5]、伊藤 伸一[2,3]、長谷川 慶[2]、酒井 慎一[2]、中川 茂樹[2]、堀 宗朗[2]、平田 直[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所、3.東京大学情報理工学系研究科、4.産業総合技術研究所、5.科学技術振興機構)

[STT46-P04] ベイズ振動子分解による地震波データの解析

*松田 孟留[1] (1.東京大学)

[STT46-P05] Uncertainty evaluation of source parameter estimates by MCMC in Oklahoma

*吉光 奈奈[1]、前田 拓人[2]、William Ellsworth[3] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学、3.Stanford Univerisy)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

## [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)

[SCG56-P01] Signature of plume-ridge interaction on bathymetry and geochemistry along mid-ocean ridges: Insights from the Réunion Plume and Central Indian Ridge

*Clement Vincent[1]、Jung-Woo Park[1]、Sang-Mook Lee[1]、Jonguk Kim[2]、Sang-Joon Pak[2] (1.Seoul National University、2.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

[SCG56-P02] Spreading rate and its stability of Chile Ridge near the Chile Triple Junction

*石原 隆仙[1]、松本 剛[1] (1.独立大学法人琉球大学)

[SCG56-P03] 南部チリ沖南極プレート上に発見した海山群

*富士原 敏也[1]、阿部 なつ江[2]、原田 尚美[3]、「みらい」MR16-09 Leg 2 乗船研究者 (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.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、3.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター)

[SCG56-P04] 「みらい」MR16-09航海による海上重力測定：特にチリ三重点周辺の重力異常の特徴

*松本 剛[1]、石原 隆仙[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG56-P05] 海洋底拡大初期のアファール凹地における磁気・MT探査

*吉村 令慧[1]、石川 尚人[2]、Kidane Tesfaye[3]、加々島 慎一[4]、望月 伸竜[5]、Muluneh Ameha[3]、北川 桐香[4]、池間 泰斗[6] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院人間・環境学研究科、3.アジスアベバ大学、4.山形大学理学部、5.熊本大学大学院先導機構、6.京都大学理学部)

[SCG56-P06] **四国海盆海洋コアコンプレックスの発達：背弧拡大が止まるとき**

*沖野 郷子[1]、小原 泰彦[2,3]、藤井 昌和[4]、羽入 朋子[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海上保安庁、3.海洋研究開発機構、4.国立極地研究所)

[SCG56-P07] Thermal evolution of the Lanzo orogenic peridotite massif in western Alps: implications on thermal structure near subcontinental lithosphere-asthenosphere boundary

*青木 智[1]、小澤 一仁[1]、Jean-Louis Bodinier[3]、Françoise Boudier[2] (1.東京大学、2.モンペリエ第二大学、3.Geosciences Montpellier)

[SCG56-P08] 南琉球及び中琉球の背弧海盆の形状の違いとテクトニクス

*荒井 晃作[1]、三澤 文慶[1]、井上 卓彦[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG56-P09] 御荷鉾帯と空知－エゾ帯中の苦鉄質岩の起源：地球化学的特徴とジルコンU-Pb年代およびシャツキー海台との比較

*木村 直人[1]、市山 祐司[1]、高橋 翔平[1]、伊藤 久敏[2]、田村 明弘[3]、森下 知晃[3] (1.千葉大学、2.電力中央研究所、3.金沢大学)

[SCG56-P10] Submersible magnetics reveals relationship between off-axis volcanism and hydrothermal systems of the Kairei and Yokoniwa fields at the Central Indian Ridge

*藤井 昌和[1]、沖野 郷子[2] (1.国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2.東京大学大気海洋研究所)

[SCG56-P11] 中部沖縄トラフ伊平屋北海丘および伊平屋小海嶺海域における船上重磁力調査：KR18-14 Leg1/Leg2航海速報

*北田 数也[1]、笠谷 貴史[1]、岩本 久則[1]、野木 義史[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立極地研究所)

[SCG56-P12] 沖縄トラフ東奄西熱水フィールドでの浅層科学掘削

*熊谷 英憲[1]、笠谷 貴史[1]、戸塚 修平[2]、川口 慎介[1]、町山 栄章[1]、飯島 耕一[1]、山本 浩文[1]、金子 純二[1]、大田 優介[3]、冨田 昇平[3]、小森 省吾[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.九州大学、3.京都大学、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SCG56-P13] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下の熱水変質鉱物の鉱物学的・地球化学的特徴

*石橋 純一郎[1,2]、戸塚 修平[2]、堤 映日[2]、塚本 成[2]、吉良 優佑[2]、島田 和彦[1]、山崎 徹[3]、池原 研[3]、長瀬 敏郎[4]、高谷 雄太郎[5,9]、池端 慶[6]、後藤 隆嗣[7]、郷津 知太郎[7]、新城 竜一[8]、町山 栄章[9]、飯島 耕一[9]、山本 浩文[9]、熊谷 英憲[9] (1.九州大

学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、3.産業技術総合研究所、4.東北大学総合学術博物館、5.早稲田大学創造理工学部、6.筑波大学生命環境系、7.蒜山地質年代学研究所、8.琉球大学理学部、9.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

---

[SCG56-P14] New type of self-potential anomaly observed near a hydrothermal site of Oomuro-dashi volcano, Izu-Ogasawara arc

*川田 佳史[1,2]、笠谷 貴史[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.海洋研究開発機構)

---

[SCG56-P15] 熱水流動-地球化学連成解析による海底熱水鉱床の形成シミュレーション

*藤田　クラウディア[1]、山本 肇[1]、石橋 純一郎[2]、辻 健[3] (1.大成建設株式会社、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

---

[SCG56-P16] 南鳥島レアアース泥の鉱物組成および粒度分布：超高濃度レアアース泥の生成機構への示唆

*酒井 巧[1]、田中 えりか[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2,1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

---

[SCG56-P17] 南鳥島EEZのレアアース泥に含まれるマイクロマンガンノジュールの地球化学的及び形態的特徴

*木野 聡志[1]、安川 和孝[1,2]、浅見 慶志朗[1]、田中 えりか[1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、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センター)

---

[SCG56-P18] 堆積層基盤PS変換波の走時解析に基づく日本・千島海溝域の堆積層厚さ分布

*東 龍介[1]、豊国 源知[1]、高木 涼太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、中山 貴史[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

---

[SCG56-P19] プレート沈み込み帯における水深測量データのみを用いた臨界尖形理論の検討

*高下 裕章[1]、芦 寿一郎[1]、朴 進午[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

---

[SCG56-P20] 高分解能浅部構造探査と精密照準採泥による相模湾断層の活構造

*芦 寿一郎[1]、山口 飛鳥[2]、奥津 なつみ[1]、三澤 文慶[3] (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、3.産業技術総合研究所)

---

[SCG56-P21] 南海トラフ海域の断層分布と構造的特徴

*新井 麗[1]、高橋 成実[1]、勝山 美奈子[1]、田中 恵介[1]、鎌田 弘己[1]、佐藤 智之[2]、井上 卓彦[2]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.香川大学)

---

[SCG56-P22] 海底地震計で捉えた中部琉球海溝での地震活動

*屋嘉部 蓮[1]、中村 衛[1]、山下 裕亮[2]、篠原 雅尚[3]、山田 知朗[3]、塩原 肇[3]、望月 公廣[3] (1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所)

---

[SCG56-P23] Po/So波から推定した九州下に沈み込んだフィリピン海プレートの地震学的構造

*志藤 あずさ[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)

---

[SCG56-P24] スマトラ北西沖外縁隆起帯で視認される斜面崩壊地形とその分布

*平田 賢治[1]、富士原 敏也[2]、三澤 文慶[3]、荒井 晃作[3] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

---

[SCG56-P25] Origin and migration of fluid in the Sumatra subduction input: application of a geochronological method using a long-lived radioisotope of dissolved iodine

*尾張 聡子[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院理学研究科)

---

[SCG56-P26] 深海マッピングの新時代への挑戦: 無人海底地形調査の国際大会 “Shell Ocean Discovery XPRIZE”

*住吉 昌直[1] (1.海上保安庁海洋情報部)

---

[SCG56-P27] Prototype of deep-sea ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using “A-0-A” approach for detection of long-term crustal deformation

*太田 雄策[1]、日野 亮太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、西間木 佑衣[1]、梶川 宏明[2]、小畠 時彦[2] (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.産業技術総合研究所計量標準総合センター)

---

[SCG56-P28] 広帯域海底地震計観測の高度化へ向けて：ノイズ低減と表面波アレイ分散計測

*川野 由貴[1]、一瀬 建日[1]、川勝 均[1]、竹尾 明子[1]、塩原 肇[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG56-P29] 海底基盤岩研究に於けるハイテク・ドレッジの有用性と課題。 - -海底岩石のリアルタイムモニタリングドレッジを目指して- -

*石井 輝秋[1]、樹田 行弘[2]、坂本 泉[3]、町田 嗣樹[4] (1.静岡大学防災総合センター　ishiiteruaki@hotmail.com、2.海洋研究開発機構、3.東海大学、4.千葉工業大学)

[SCG56-P30] 日本周辺海域の断層データベース・システムの構築

*鎌田 弘己[1]、高橋 成実[1,2]、田中 恵介[1]、新井 麗[1]、勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、藤原 広行[2]、大角 恒雄[2]、井上 卓彦[3]、佐藤 智之[3]、金田 義行[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.香川大学)

[SCG56-P31] 複数の海底反射強度データを統合する方法

*町田 嗣樹[1,2]、佐藤 太一[3]、安川 和孝[2] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P32] ETOPO1を用いた海洋の平均水深の精密計算

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

[J] ポスター発表 | 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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

## [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)

[SCG56-P01] Signature of plume-ridge interaction on bathymetry and geochemistry along mid-ocean ridges: Insights from the Réunion Plume and Central Indian Ridge

*Clement Vincent[1]、Jung-Woo Park[1]、Sang-Mook Lee[1]、Jonguk Kim[2]、Sang-Joon Pak[2] (1.Seoul National University、2.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

[SCG56-P02] Spreading rate and its stability of Chile Ridge near the Chile Triple Junction

*石原 隆仙[1]、松本 剛[1] (1.独立大学法人琉球大学)

[SCG56-P03] 南部チリ沖南極プレート上に発見した海山群

*富士原 敏也[1]、阿部 なつ江[2]、原田 尚美[3]、「みらい」MR16-09 Leg 2 乗船研究者 (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.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、3.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター)

[SCG56-P04] 「みらい」MR16-09航海による海上重力測定：特にチリ三重点周辺の重力異常の特徴

*松本 剛[1]、石原 隆仙[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG56-P05] 海洋底拡大初期のアファール凹地における磁気・MT探査

*吉村 令慧[1]、石川 尚人[2]、Kidane Tesfaye[3]、加々島 慎一[4]、望月 伸竜[5]、Muluneh Ameha[3]、北川 桐香[4]、池間 泰斗[6] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院人間・環境学研究科、3.アジスアベバ大学、4.山形大学理学部、5.熊本大学大学院先導機構、6.京都大学理学部)

[SCG56-P06] **四国海盆海洋コアコンプレックスの発達：背弧拡大が止まるとき**

*沖野 郷子[1]、小原 泰彦[2,3]、藤井 昌和[4]、羽入 朋子[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海上保安庁、3.海洋研究開発機構、4.国立極地研究所)

[SCG56-P07] Thermal evolution of the Lanzo orogenic peridotite massif in western Alps: implications on thermal structure near subcontinental lithosphere-asthenosphere boundary

*青木 智[1]、小澤 一仁[1]、Jean-Louis Bodinier[3]、Françoise Boudier[2] (1.東京大学、2.モンペリエ第二大学、3.Geosciences Montpellier)

[SCG56-P08] 南琉球及び中琉球の背弧海盆の形状の違いとテクトニクス

*荒井 晃作[1]、三澤 文慶[1]、井上 卓彦[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG56-P09] 御荷鉾帯と空知－エゾ帯中の苦鉄質岩の起源：地球化学的特徴とジルコンU-Pb年代およびシャツキー海台との比較

*木村 直人[1]、市山 祐司[1]、高橋 翔平[1]、伊藤 久敏[2]、田村 明弘[3]、森下 知晃[3] (1.千葉大学、2.電力中央研究所、3.金沢大学)

[SCG56-P10] Submersible magnetics reveals relationship between off-axis volcanism and hydrothermal systems of the Kairei and Yokoniwa fields at the Central Indian Ridge

*藤井 昌和[1]、沖野 郷子[2] (1.国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2.東京大学大気海洋研究所)

[SCG56-P11] 中部沖縄トラフ伊平屋北海丘および伊平屋小海嶺海域における船上重磁力調査：KR18-14 Leg1/Leg2航海速報

*北田 数也[1]、笠谷 貴史[1]、岩本 久則[1]、野木 義史[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立極地研究所)

[SCG56-P12] 沖縄トラフ東奄西熱水フィールドでの浅層科学掘削

*熊谷 英憲[1]、笠谷 貴史[1]、戸塚 修平[2]、川口 慎介[1]、町山 栄章[1]、飯島 耕一[1]、山本 浩文[1]、金子 純二[1]、大田 優介[3]、冨田 昇平[3]、小森 省吾[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.九州大学、3.京都大学、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SCG56-P13] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下の熱水変質鉱物の鉱物学的・地球化学的特徴

*石橋 純一郎[1,2]、戸塚 修平[2]、堤 映日[2]、塚本 成[2]、吉良 優佑[2]、島田 和彦[1]、山崎 徹[3]、池原 研[3]、長瀬 敏郎[4]、高谷 雄太郎[5,9]、池端 慶[6]、後藤 隆嗣[7]、郷津 知太郎[7]、新城 竜一[8]、町山 栄章[9]、飯島 耕一[9]、山本 浩文[9]、熊谷 英憲[9] (1.九州大

学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、3.産業技術総合研究所、4.東北大学総合学術博物館、5.早稲田大学創造理工学部、6.筑波大学生命環境系、7.蒜山地質年代学研究所、8.琉球大学理学部、9.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

---

[SCG56-P14] New type of self-potential anomaly observed near a hydrothermal site of Oomuro-dashi volcano, Izu-Ogasawara arc

*川田 佳史[1,2]、笠谷 貴史[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.海洋研究開発機構)

---

[SCG56-P15] 熱水流動-地球化学連成解析による海底熱水鉱床の形成シミュレーション

*藤田　クラウディア[1]、山本 肇[1]、石橋 純一郎[2]、辻 健[3] (1.大成建設株式会社、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

---

[SCG56-P16] 南鳥島レアアース泥の鉱物組成および粒度分布：超高濃度レアアース泥の生成機構への示唆

*酒井 巧[1]、田中 えりか[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2,1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

---

[SCG56-P17] 南鳥島EEZのレアアース泥に含まれるマイクロマンガンノジュールの地球化学的及び形態的特徴

*木野 聡志[1]、安川 和孝[1,2]、浅見 慶志朗[1]、田中 えりか[1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、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センター)

---

[SCG56-P18] 堆積層基盤PS変換波の走時解析に基づく日本・千島海溝域の堆積層厚さ分布

*東 龍介[1]、豊国 源知[1]、高木 涼太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、中山 貴史[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

---

[SCG56-P19] プレート沈み込み帯における水深測量データのみを用いた臨界尖形理論の検討

*高下 裕章[1]、芦 寿一郎[1]、朴 進午[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

---

[SCG56-P20] 高分解能浅部構造探査と精密照準採泥による相模湾断層の活構造

*芦 寿一郎[1]、山口 飛鳥[2]、奥津 なつみ[1]、三澤 文慶[3] (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、3.産業技術総合研究所)

---

[SCG56-P21] 南海トラフ海域の断層分布と構造的特徴

*新井 麗[1]、高橋 成実[1]、勝山 美奈子[1]、田中 恵介[1]、鎌田 弘己[1]、佐藤 智之[2]、井上 卓彦[2]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.香川大学)

---

[SCG56-P22] 海底地震計で捉えた中部琉球海溝での地震活動

*屋嘉部 蓮[1]、中村 衛[1]、山下 裕亮[2]、篠原 雅尚[3]、山田 知朗[3]、塩原 肇[3]、望月 公廣[3] (1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所)

---

[SCG56-P23] Po/So波から推定した九州下に沈み込んだフィリピン海プレートの地震学的構造

*志藤 あずさ[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)

---

[SCG56-P24] スマトラ北西沖外縁隆起帯で視認される斜面崩壊地形とその分布

*平田 賢治[1]、富士原 敏也[2]、三澤 文慶[3]、荒井 晃作[3] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

---

[SCG56-P25] Origin and migration of fluid in the Sumatra subduction input: application of a geochronological method using a long-lived radioisotope of dissolved iodine

*尾張 聡子[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院理学研究科)

---

[SCG56-P26] 深海マッピングの新時代への挑戦: 無人海底地形調査の国際大会 “Shell Ocean Discovery XPRIZE”

*住吉 昌直[1] (1.海上保安庁海洋情報部)

---

[SCG56-P27] Prototype of deep-sea ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using “A-0-A” approach for detection of long-term crustal deformation

*太田 雄策[1]、日野 亮太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、西間木 佑衣[1]、梶川 宏明[2]、小畠 時彦[2] (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.産業技術総合研究所計量標準総合センター)

---

[SCG56-P28] 広帯域海底地震計観測の高度化へ向けて：ノイズ低減と表面波アレイ分散計測

*川野 由貴[1]、一瀬 建日[1]、川勝 均[1]、竹尾 明子[1]、塩原 肇[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG56-P29] 海底基盤岩研究に於けるハイテク・ドレッジの有用性と課題。 - -海底岩石のリアルタイムモニタリングドレッジを目指して- -

*石井 輝秋[1]、樹田 行弘[2]、坂本 泉[3]、町田 嗣樹[4] (1.静岡大学防災総合センター　ishiiteruaki@hotmail.com、2.海洋研究開発機構、3.東海大学、4.千葉工業大学)

[SCG56-P30] 日本周辺海域の断層データベース・システムの構築

*鎌田 弘己[1]、高橋 成実[1,2]、田中 恵介[1]、新井 麗[1]、勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、藤原 広行[2]、大角 恒雄[2]、井上 卓彦[3]、佐藤 智之[3]、金田 義行[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.香川大学)

[SCG56-P31] 複数の海底反射強度データを統合する方法

*町田 嗣樹[1,2]、佐藤 太一[3]、安川 和孝[2] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P32] ETOPO1を用いた海洋の平均水深の精密計算

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

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

## [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)

[SCG60-P01] 2006年及び2007年千島列島沖地震による津波のシミュレーション

# 発表キャンセル

*赤井 啓嗣[1] (1.徳島大学大学院先端技術科学教育部)

[SCG60-P02] 反射法地震探査データを用いた南海トラフ沈み込み前海洋地殻の地震波アトリビュート変化

*山下 幹也[1]、三浦 誠一[1]、仲西 理子[1]、朴 進午[2]、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、2.東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

[SCG60-P03] 南東太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形

*小舘 玲乃[1]、中西 正男[2] (1.千葉大学大学院　融合理工学府　地球環境科学専攻　地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院)

[SCG60-P04] 2次元重合前深度マイグレーションによる宮城沖日本海溝沈み込み帯の地質構造

*郭 晨[1]、朴 進午[1] (1.東京大学)

[SCG60-P05] 日本海溝アウターライズ領域における太平洋プレートの低比抵抗部について

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1]、笠谷 貴史[2]、市原 寛[3]、山野 誠[4] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.名古屋大学大学院環境学研究科、4.東京大学地震研究所)

[SCG60-P06] Geochemical variations of the asthenosphere inferred from the geochemistry of petit-spot lavas in the NW Pacific plate

*桂木 悠希[1]、平野 直人[1]、清水 健二[2]、Costa Fidel[3]、Oalmann Jaffrey[3]、油谷 拓[1] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構 高知コア研究所、3.南洋理工大学)

[J] ポスター発表 | 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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_30

## [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)

[SCG60-P01] 2006年及び2007年千島列島沖地震による津波のシミュレーション

*赤井 啓嗣[1] (1.徳島大学大学院先端技術科学教育部)

---

[SCG60-P02] 反射法地震探査データを用いた南海トラフ沈み込み前海洋地殻の地震波アトリビュート変化

*山下 幹也[1]、三浦 誠一[1]、仲西 理子[1]、朴 進午[2]、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、2.東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

---

[SCG60-P03] 南東太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形

*小舘 玲乃[1]、中西 正男[2] (1.千葉大学大学院　融合理工学府　地球環境科学専攻　地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院)

---

[SCG60-P04] 2次元重合前深度マイグレーションによる宮城沖日本海溝沈み込み帯の地質構造

*郭 晨[1]、朴 進午[1] (1.東京大学)

---

[SCG60-P05] 日本海溝アウターライズ領域における太平洋プレートの低比抵抗部について

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1]、笠谷 貴史[2]、市原 寛[3]、山野 誠[4] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.名古屋大学大学院環境学研究科、4.東京大学地震研究所)

---

[SCG60-P06] Geochemical variations of the asthenosphere inferred from the geochemistry of petit-spot lavas in the NW Pacific plate

*桂木 悠希[1]、平野 直人[1]、清水 健二[2]、Costa Fidel[3]、Oalmann Jaffrey[3]、油谷 拓[1] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所、3.南洋理工大学)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

## [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)

[MIS08-P01] 大雪山カムイミンタラジオパーク構想の取組

*川辺 英行[1] (1.大雪山カムイミンタラジオパーク構想推進協議会)

[MIS08-P02] 「濁澄橋」が示す意味の再検討～白山手取川ジオパーク，牛首川・尾添川合流点の濁度特性～

*青木 賢人[1] (1.金沢大学地域創造学類)

[MIS08-P03] 山陰海岸ジオパークにおける学術研究奨励事業の取り組み

*郡山 鈴夏[1] (1.山陰海岸ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P04] 地域住民によるモニタリング調査のジオパークへの活用：桜浜の地形変化

*今井 悟[1]、佐藤 久晃[1]、平野 順久 (1.土佐清水ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P05] おおいた豊後大野ジオパーク，軸丸棚田（日本の棚田百選）の形成と地形・地質環境

*吉岡 敏和[1] (1.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P06] おおいた豊後大野ジオパーク, 軸丸棚田における土地利用と植生との関係

*岩里 実季[1]、吉岡 敏和[2] (1.豊後大野市役所商工観光課、2.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P07] **阿蘇ユネスコ世界ジオパークにおけるアウトリーチ**

*鍵山 恒臣[1]、渡辺 一徳[1]、池辺 伸一郎[1]、石松 昭信[1]、豊村 克則[2]、兒玉 夏子[1]、高森 秀平[1]、宮北 志野[1] (1.阿蘇ジオパーク推進協議会、2.阿蘇火山博物館)

[MIS08-P08] Geoscientific Setting and Educational Significances of Yonaguni Island in the Ryukyu Arc, Eastern Asia

*尾方 隆幸[1]、奈良 正和[2]、大坪 誠[3]、柴田 伊廣[4] (1.琉球大学島嶼防災研究センター、2.高知大学教育研究部自然科学系理学部門、3.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、4.文化庁文化財部記念物課天然記念物部門)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_33

## [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)

[MIS08-P01] 大雪山カムイミンタラジオパーク構想の取組

*川辺 英行[1] (1.大雪山カムイミンタラジオパーク構想推進協議会)

[MIS08-P02] 「濁澄橋」が示す意味の再検討～白山手取川ジオパーク，牛首川・尾添川合流点の濁度特性～

*青木 賢人[1] (1.金沢大学地域創造学類)

[MIS08-P03] 山陰海岸ジオパークにおける学術研究奨励事業の取り組み

*郡山 鈴夏[1] (1.山陰海岸ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P04] 地域住民によるモニタリング調査のジオパークへの活用：桜浜の地形変化

*今井 悟[1]、佐藤 久晃[1]、平野 順久 (1.土佐清水ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P05] おおいた豊後大野ジオパーク，軸丸棚田（日本の棚田百選）の形成と地形・地質環境

*吉岡 敏和[1] (1.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P06] おおいた豊後大野ジオパーク, 軸丸棚田における土地利用と植生との関係

*岩里 実季[1]、吉岡 敏和[2] (1.豊後大野市役所商工観光課、2.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P07] **阿蘇ユネスコ世界ジオパークにおけるアウトリーチ**

*鍵山 恒臣[1]、渡辺 一徳[1]、池辺 伸一郎[1]、石松 昭信[1]、豊村 克則[2]、兒玉 夏子[1]、高森 秀平[1]、宮北 志野[1] (1.阿蘇ジオパーク推進協議会、2.阿蘇火山博物館)

[MIS08-P08] Geoscientific Setting and Educational Significances of Yonaguni Island in the Ryukyu Arc, Eastern Asia

*尾方 隆幸[1]、奈良 正和[2]、大坪 誠[3]、柴田 伊廣[4] (1.琉球大学島嶼防災研究センター、2.高知大学教育研究部自然科学系理学部門、3.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、4.文化庁文化財部記念物課天然記念物部門)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

## [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)

[MIS13-P01] 有機物分解指標に関係する生体分子組成変化と生化学的プロセス

*保原 達[1]、小川 浩史[2] (1.酪農学園大学、2.東京大学)

[MIS13-P02] Community and metabolic responses of marine bacteria to the dissolved organic matter derived from phytoplankton

*多田 雄哉[1]、鈴木 光次[2]、山下 洋平[2] (1.国立水俣病総合研究センター、2.北海道大学)

[MIS13-P03] High production of benthic algae promoted by increased available phosphate in the Obitsu River tidal flat

*高貝 柚希[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

[MIS13-P04] High Concentration of Phosphate and its Mechanism in "Gomi-kui" and "Gata-do"

*木幡 聡[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

[MIS13-P05] 硫酸イオンの溶出フラックスと主成分分析による広島市内太田川派川のヘドロ化の推定

板村 弘貴[1]、*横尾 頼子[1] (1.同志社大学理工学部)

[MIS13-P06] 多層化された陸面過程モデルBEAMSによる土壌内部のエネルギー・水・炭素動態の評価

*小宮山 敬介[1]、佐々井 崇博[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_34

## [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)

[MIS13-P01] 有機物分解指標に関係する生体分子組成変化と生化学的プロセス

*保原 達[1]、小川 浩史[2] (1.酪農学園大学、2.東京大学)

---

[MIS13-P02] Community and metabolic responses of marine bacteria to the dissolved organic matter derived from phytoplankton

*多田 雄哉[1]、鈴木 光次[2]、山下 洋平[2] (1.国立水俣病総合研究センター、2.北海道大学)

---

[MIS13-P03] High production of benthic algae promoted by increased available phosphate in the Obitsu River tidal flat

*高貝 柚希[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

---

[MIS13-P04] High Concentration of Phosphate and its Mechanism in "Gomi-kui" and "Gata-do"

*木幡 聡[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

---

[MIS13-P05] 硫酸イオンの溶出フラックスと主成分分析による広島市内太田川派川のヘドロ化の推定

板村 弘貴[1]、*横尾 頼子[1] (1.同志社大学理工学部)

---

[MIS13-P06] 多層化された陸面過程モデルBEAMSによる土壌内部のエネルギー・水・炭素動態の評価

*小宮山 敬介[1]、佐々井 崇博[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

## [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)

[MIS14-P01] 低塩の海氷融解水がアイスアルジーの生物量と組成に与える影響

*髙橋 啓伍[1]、真壁 竜介[2,3]、高尾 信太郎[2,3]、小達 恒夫[2,3]、茂木 正人[1,2] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

[MIS14-P02] Effects of lugol's fixtation on preservation of samples for carbon and nitrogen stable isotope and molecular analyses

*佐野 雅美[1]、真壁 竜介[1,2]、山本 あゆ[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.東京海洋大学、4.創価大学)

[MIS14-P03] 南大洋生態系研究への環境DNAの導入

*立花 愛子[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

[MIS14-P04] アメリ―棚氷沖におけるフラジルアイスと高生物量の同時発生過程

*町村 典彦[1]、大島 慶一郎[2]、中田 和輝[3]、伊藤 優人[2]、深町 康[2,4]、真壁 竜介[5]、高尾 信太郎[5]、二橋 創平[6] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.リモート・センシング技術センター、4.北海道大学北極域研究センター、5.国立極地研究所、6.苫小牧工業高等専門学校)

[MIS14-P05] 南大洋ビンセネス湾沖における端脚類*Themisto gaudichaudii*の摂餌生態

*松下 隼士[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

[MIS14-P06] 南大洋の季節海氷域における亜表層クロロフィル極大の時系列観測

*影沢 歩友子[1]、佐野 雅美[2]、高尾 信太郎[1,2]、真壁 竜介[1,2]、溝端 浩平[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[2] (1.総合研究大学院大学、2.極地研究所、3.東京海洋大学、4.創価大学)

[MIS14-P07] 東南極における大気硫酸の硫黄安定同位体組成の季節変動と大気硫黄循環への示唆

*石野 咲子[1]、服部 祥平[1]、Joel Savarino[2]、Michel Legrand[2]、Susanne Preunkert[2]、Bruno Jourdain[2]、Francis Albarede[3]、Emmanuelle Albalat[3]、吉田 尚弘[1,4] (1.東京工業大学物質理工学院応用化学系、2.グルノーブル大学/CNRS、環境地球科学研究所、3.リヨン高等師範学校（LGL-TPE）、4.東京工業大学地球生命研究所)

[MIS14-P08] 南極ドームふじ氷床コアの大気組成からみるターミネーション2の気候変動

*大藪 幾美[1,2]、川村 賢二[1,3,4]、北村 享太郎[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

[MIS14-P09] Reconstruction of Antarctic ice sheet dynamics in the Last Interglacial

*飯塚 睦[1]、関 宰[1]、板木 拓也[2]、入野 智久[1]、池原 実[4]、杉崎 彩子[2]、山本 正伸[1]、堀川 恵司[5]、菅沼 悠介[3] (1.北海道大学、2.産業技術総合研究所、3.国立極地研究所、4.高知大学海洋コア総合研究センター、5.富山大学)

[MIS14-P10] 南大洋の表層水温から推測される鮮新世の温暖期のCO2濃度

*関 宰[1]、下野 智大[2] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院)

[MIS14-P11] **Lithogenic fluxes across a transect in the SW Indian Ocean since the last glacial inception**

*Eri Helen Amsler[1]、Walter Geibert[2]、Gerhard Kuhn[2]、Minoru Ikehara[3]、Samuel Jaccard[1] (1.Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland、2.Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany、3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Kochi, Japan)

[MIS14-P12] MIS M2からの温暖化過程におけるRoss海から産出した珪藻化石群集の変化

*石野 沙季[1]、須藤 斎[2]、McKay Rob[3]、De Santis Laura[4]、Kluhanek Denise[5]、IODP Exp. 374乗船研究者 一同 (1.産業技術総合研究所、2.名古屋大学環境学研究科、3.Victoria University、4.Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale、5.Texas A&M University)

[MIS14-P13] Geological insights into formation of Conrad Rise, Southern Ocean: Preliminary geological results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*佐藤 暢[1]、藤井 昌和[2,3]、松井 浩紀[4]、池原 実[4] (1.専修大学経営学部、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

[MIS14-P14] 新たな古環境プロキシとしての黄金色藻シスト化石

*加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学海洋コア総合研究センター（日本学術振興会 特別研究員）)

[MIS14-P15] Spatiotemporal variability of surface mass balance along the JARE traverse route for 1991−2019

*津滝 俊[1]、本山 秀明[2,3]、阿部 彩子[1,4]、藤田 秀二[2,3]、川村 賢二[2,3,4] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

[MIS14-P16] The weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica

*金丸 龍夫[1]、菅沼 悠介[2]、大岩根 尚[3]、三浦 英樹[2]、三浦 真[4]、奥野 淳一[2]、早川 秀章[5] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.国立極地研究所、3.合同会社むすひ、4.金沢大学、5.東京大学宇宙線研究所)

[MIS14-P17] 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」2年次研究報告

*福田 洋一[1]、西島 潤[2]、風間 卓仁[1]、中村 和樹[3]、土井 浩一郎[4]、菅沼 悠介[4]、奥野 淳一[4]、新谷 昌人[5]、金田 平太郎[6]、青山 雄一[4]、三浦 英樹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門、3.日本大学 工学部 情報工学科、4.国立極地研究所、5.東京大学地震研究所、6.千葉大学理学研究科)

[MIS14-P18] Late Pleistocene to Holocene sea-level change in East Antarctica revealed by glacial isostatic adjustment modeling

*石輪 健樹[1]、奥野 淳一[1,2]、菅沼 悠介[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)

[MIS14-P19] An modeling study of Antarctic ice sheet of the Last Glacial Maximum and the last deglaciation

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、Greve Ralf[3]、齋藤 冬樹[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P20] Development of a coupled ice-sheet/earth rebound model for Antarctic ice-sheet simulation

*齋藤 冬樹[1]、阿部 彩子[2,1]、奥野 淳一[3]、小長谷 貴志[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.国立極地研究所)

[MIS14-P21] Polar amplifications in the past warm periods obtained from MIROC 4m AOGCM

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

[MIS14-P22] Using a coupled AOGCM to study the Antarctic climate of the mid-Pliocene warm period

*Wing-Le Chan[1]、Ayako Abe-Ouchi[1,2] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.National Institute of Polar Research)

[MIS14-P23] CMIP5モデル結果解析による地球温暖化が海洋基礎生産に与える影響の定量的評価

*岡 顕[1]、中村 有希[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[MIS14-P24] 氷期に発生した数千年スケールの気候変動の要因分析

*三木 あかり[1]、阿部 彩子[2]、シェリフ多田野 サム[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)

[MIS14-P25] First continuous profiler observation of wintertime Antarctic coastal polynya

*青木 茂[1]、小野 数也[1]、平野 大輔[1]、伊藤 優人[1]、野口 智英[2]、小澤 知史[2] (1.北海道大学、2.マリンワークジャパン)

[MIS14-P26] Surface topography survey for bared rock and accumulated snow in Antarctica by Unmanned Aero Vehicle

*青山 雄一[1,2,3]、服部 晃久[2,3]、大石 猛[3,4]、土井 浩一郎[1,2,3]、野木 義史[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.第59次南極地域観測隊、4.NEC)

[MIS14-P27] 南大洋季節海氷域北限域における巨大係留系長期観測記録の解析

*渡部 和帆[1]、溝端 浩平[1]、北出 裕二郎[1] (1.東京海洋大学)

[MIS14-P28] 2019年夏季のケープダンレー沖におけるクロロフルオロカーボンと六フッ化硫黄の観測結果速報

*大橋 良彦[1]、川合 美千代[1]、佐々木 建一[2]、熊川 小綾花[1]、田村 尚之[1]、大島 慶一郎[3] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P29] 西南極アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量変動メカニズム

*二橋 創平[1]、峯 康太[1]、中田 和輝[2] (1.苫小牧高専、2.リモート・センシング技術センター)

[MIS14-P30] Estimation of thin ice thickness and discrimination of ice type from AMSR2 passive microwave data

*中田 和輝[1]、田丸 直也[1]、二橋 創平[2]、大島 慶一郎[3] (1.一般財団法人リモート・センシング技術センター、2.苫小牧工業高等専門学校、3.北海道大学低温科学研究所)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_35

## [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)

[MIS14-P01] 低塩の海氷融解水がアイスアルジーの生物量と組成に与える影響

*髙橋 啓伍[1]、真壁 竜介[2,3]、高尾 信太郎[2,3]、小達 恒夫[2,3]、茂木 正人[1,2] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

[MIS14-P02] Effects of lugol's fixtation on preservation of samples for carbon and nitrogen stable isotope and molecular analyses

*佐野 雅美[1]、真壁 竜介[1,2]、山本 あゆ[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.東京海洋大学、4.創価大学)

[MIS14-P03] 南大洋生態系研究への環境DNAの導入

*立花 愛子[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

[MIS14-P04] アメリ―棚氷沖におけるフラジルアイスと高生物量の同時発生過程

*町村 典彦[1]、大島 慶一郎[2]、中田 和輝[3]、伊藤 優人[2]、深町 康[2,4]、真壁 竜介[5]、高尾 信太郎[5]、二橋 創平[6] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.リモート・センシング技術センター、4.北海道大学北極域研究センター、5.国立極地研究所、6.苫小牧工業高等専門学校)

[MIS14-P05] 南大洋ビンセネス湾沖における端脚類*Themisto gaudichaudii*の摂餌生態

*松下 隼士[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

[MIS14-P06] 南大洋の季節海氷域における亜表層クロロフィル極大の時系列観測

*影沢 歩友子[1]、佐野 雅美[2]、高尾 信太郎[1,2]、真壁 竜介[1,2]、溝端 浩平[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[2] (1.総合研究大学院大学、2.極地研究所、3.東京海洋大学、4.創価大学)

[MIS14-P07] 東南極における大気硫酸の硫黄安定同位体組成の季節変動と大気硫黄循環への示唆

*石野 咲子[1]、服部 祥平[1]、Joel Savarino[2]、Michel Legrand[2]、Susanne Preunkert[2]、Bruno Jourdain[2]、Francis Albarede[3]、Emmanuelle Albalat[3]、吉田 尚弘[1,4] (1.東京工業大学物質理工学院応用化学系、2.グルノーブル大学/CNRS、環境地球科学研究所、3.リヨン高等師範学校（LGL-TPE）、4.東京工業大学地球生命研究所)

[MIS14-P08] 南極ドームふじ氷床コアの大気組成からみるターミネーション2の気候変動

*大藪 幾美[1,2]、川村 賢二[1,3,4]、北村 享太郎[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

[MIS14-P09] Reconstruction of Antarctic ice sheet dynamics in the Last Interglacial

*飯塚 睦[1]、関 宰[1]、板木 拓也[2]、入野 智久[1]、池原 実[4]、杉崎 彩子[2]、山本 正伸[1]、堀川 恵司[5]、菅沼 悠介[3] (1.北海道大学、2.産業技術総合研究所、3.国立極地研究所、4.高知大学海洋コア総合研究センター、5.富山大学)

[MIS14-P10] 南大洋の表層水温から推測される鮮新世の温暖期のCO2濃度

*関 宰[1]、下野 智大[2] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院)

[MIS14-P11] **Lithogenic fluxes across a transect in the SW Indian Ocean since the last glacial inception**

*Eri Helen Amsler[1]、Walter Geibert[2]、Gerhard Kuhn[2]、Minoru Ikehara[3]、Samuel Jaccard[1] (1.Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland、2.Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany、3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Kochi, Japan)

[MIS14-P12] MIS M2からの温暖化過程におけるRoss海から産出した珪藻化石群集の変化

*石野 沙季[1]、須藤 斎[2]、McKay Rob[3]、De Santis Laura[4]、Kluhanek Denise[5]、IODP Exp. 374乗船研究者 一同 (1.産業技術総合研究所、2.名古屋大学環境学研究科、3.Victoria University、4.Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale、5.Texas A&M University)

[MIS14-P13] Geological insights into formation of Conrad Rise, Southern Ocean: Preliminary geological results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*佐藤 暢[1]、藤井 昌和[2,3]、松井 浩紀[4]、池原 実[4] (1.専修大学経営学部、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

[MIS14-P14] 新たな古環境プロキシとしての黄金色藻シスト化石

*加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学海洋コア総合研究センター（日本学術振興会 特別研究員）)

[MIS14-P15] Spatiotemporal variability of surface mass balance along the JARE traverse route for 1991−2019

*津滝 俊[1]、本山 秀明[2,3]、阿部 彩子[1,4]、藤田 秀二[2,3]、川村 賢二[2,3,4] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

[MIS14-P16] The weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica

*金丸 龍夫[1]、菅沼 悠介[2]、大岩根 尚[3]、三浦 英樹[2]、三浦 真[4]、奥野 淳一[2]、早川 秀章[5] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.国立極地研究所、3.合同会社むすひ、4.金沢大学、5.東京大学宇宙線研究所)

[MIS14-P17] 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」2年次研究報告

*福田 洋一[1]、西島 潤[2]、風間 卓仁[1]、中村 和樹[3]、土井 浩一郎[4]、菅沼 悠介[4]、奥野 淳一[4]、新谷 昌人[5]、金田 平太郎[6]、青山 雄一[4]、三浦 英樹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門、3.日本大学 工学部 情報工学科、4.国立極地研究所、5.東京大学地震研究所、6.千葉大学理学研究科)

[MIS14-P18] Late Pleistocene to Holocene sea-level change in East Antarctica revealed by glacial isostatic adjustment modeling

*石輪 健樹[1]、奥野 淳一[1,2]、菅沼 悠介[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)

[MIS14-P19] An modeling study of Antarctic ice sheet of the Last Glacial Maximum and the last deglaciation

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、Greve Ralf[3]、齋藤 冬樹[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P20] Development of a coupled ice-sheet/earth rebound model for Antarctic ice-sheet simulation

*齋藤 冬樹[1]、阿部 彩子[2,1]、奥野 淳一[3]、小長谷 貴志[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.国立極地研究所)

[MIS14-P21] Polar amplifications in the past warm periods obtained from MIROC 4m AOGCM

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

[MIS14-P22] Using a coupled AOGCM to study the Antarctic climate of the mid-Pliocene warm period

*Wing-Le Chan[1]、Ayako Abe-Ouchi[1,2] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.National Institute of Polar Research)

[MIS14-P23] CMIP5モデル結果解析による地球温暖化が海洋基礎生産に与える影響の定量的評価

*岡 顕[1]、中村 有希[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[MIS14-P24] 氷期に発生した数千年スケールの気候変動の要因分析

*三木 あかり[1]、阿部 彩子[2]、シェリフ多田野 サム[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)

[MIS14-P25] First continuous profiler observation of wintertime Antarctic coastal polynya

*青木 茂[1]、小野 数也[1]、平野 大輔[1]、伊藤 優人[1]、野口 智英[2]、小澤 知史[2] (1.北海道大学、2.マリンワークジャパン)

[MIS14-P26] Surface topography survey for bared rock and accumulated snow in Antarctica by Unmanned Aero Vehicle

*青山 雄一[1,2,3]、服部 晃久[2,3]、大石 猛[3,4]、土井 浩一郎[1,2,3]、野木 義史[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.第59次南極地域観測隊、4.NEC)

[MIS14-P27] 南大洋季節海氷域北限域における巨大係留系長期観測記録の解析

*渡部 和帆[1]、溝端 浩平[1]、北出 裕二郎[1] (1.東京海洋大学)

[MIS14-P28] 2019年夏季のケープダンレー沖におけるクロロフルオロカーボンと六フッ化硫黄の観測結果速報

*大橋 良彦[1]、川合 美千代[1]、佐々木 建一[2]、熊川 小綾花[1]、田村 尚之[1]、大島 慶一郎[3] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P29] 西南極アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量変動メカニズム

*二橋 創平[1]、峯 康太[1]、中田 和輝[2] (1.苫小牧高専、2.リモート・センシング技術センター)

[MIS14-P30] Estimation of thin ice thickness and discrimination of ice type from AMSR2 passive microwave data

*中田 和輝[1]、田丸 直也[1]、二橋 創平[2]、大島 慶一郎[3] (1.一般財団法人リモート・センシング技術センター、2.苫小牧工業高等専門学校、3.北海道大学低温科学研究所)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

## [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)

[MIS15-P01] イクチオリス層序に基づく南太平洋レアアース泥の堆積年代および堆積場の制約

*三鍋 秀悟[1]、見邨 和英[1]、中村 謙太郎[1]、大田 隼一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MIS15-P02] Radiolarian phylogeny around the Jurassic–Cretaceous boundary

*松岡 篤[1] (1.新潟大学理学部)

[MIS15-P03] 黒瀬川帯横倉山・鴻ノ森地域における後期シルル紀・前期デボン紀の放散虫化石群集

*栗原 敏之[1]、土屋 香織[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

## [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)

[MIS15-P01] イクチオリス層序に基づく南太平洋レアアース泥の堆積年代および堆積場の制約

*三鍋 秀悟[1]、見邨 和英[1]、中村 謙太郎[1]、大田 隼一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MIS15-P02] Radiolarian phylogeny around the Jurassic–Cretaceous boundary

*松岡 篤[1] (1.新潟大学理学部)

[MIS15-P03] 黒瀬川帯横倉山・鴻ノ森地域における後期シルル紀・前期デボン紀の放散虫化石群集

*栗原 敏之[1]、土屋 香織[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

## [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)

[MIS17-P01] 「歴史学×地球惑星科学」の目指すもの

*加納 靖之[1]、磯部 洋明[2]、芳村 圭[3]、岩橋 清美[4]、玉澤 春史[5,2] (1.東京大学地震研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.東京大学生産技術研究所、4.国文学研究資料館、5.京都大学防災研究所)

[MIS17-P02] 距離減衰式を用いた歴史地震の震度分布の再検討

*加納 靖之[1]、大邑 潤三[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所)

[MIS17-P03] れきすけ：多分野連携による歴史資料に関する情報共有システム
★招待講演

*市野 美夏[1,2]、橋本 幸恵、増田 耕一[3]、北本 朝展[2,1]、平野 淳平[4] (1.大学共同利用機関法人　情報・システム研究機構・データサイエンス共同利用基盤施設　人文学オープンデータ共同利用センター、2.国立情報学研究所、3.首都大学東京、4.帝京大学文学部)

[MIS17-P04] 絵図にみる1707年富士山宝永噴火後の降灰除去の実態

*大邑 潤三[1] (1.京都大学防災研究所附属地震予知研究センター)

[MIS17-P05] 市民参加による歴史史料からの地球惑星科学現象サーベイワークショップ

*玉澤 春史[1,2]、岩橋 清美[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.国文学研究資料館)

[MIS17-P06] 現代観測と歴史史料をつなぐ20世紀前半の観測データ：花山天文台乾板データの利用例

*玉澤 春史[1]、北井 礼三郎[4]、磯部 洋明[2]、上野 悟[3]、坂上 峻仁[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.京都大学大学院理学研究科附属天文台、4.佛教大学)

[MIS17-P07] 近世日本における気候変動と領主支配

*鎌谷 かおる[1]、佐野 雅規[2]、中塚 武[3] (1.立命館大学、2.早稲田大学、3.総合地球環境学研究所)

[MIS17-P08] 静穏領域フィラメントの噴出によるマウンダー極小期中の巨大磁気嵐

*磯部 洋明[1]、海老原 祐輔[2]、玉澤 春史[1]、河村 聡人[3]、早川 尚志[4] (1.京都市立芸術大学美術学部、2.京都大学生存圏研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.大阪大学大学院文学研究科)

[MIS17-P09] Reconstructing 1931 flood in Yangtze River basin and its application to Chinese economic history

*劉 暢[1]、川崎 昭如[1]、城山 智子[2] (1.東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻、2.東京大学大学院経済学研究科経済専攻)

[MIS17-P10] 有感地震記述ならびに震度の距離減衰式に基づく地震活動解析

*石辺 岳男[1]、岩佐 幸治[1]、古村 美津子[1]、松浦 律子[1] (1.地震予知総合研究振興会)

[MIS17-P11] 日本産樹木年輪の炭素14年代測定ー年代研究と日本版較正曲線

*坂本 稔[1,2]、箱﨑 真隆[1]、光谷 拓実[3]、中塚 武[4,5] (1.国立歴史民俗博物館、2.総合研究大学院大学、3.奈良文化財研究所、4.総合地球環境学研究所、5.名古屋大学)

[MIS17-P12] 太陽物理学における、科学的知見を踏まえた歴史資料の活用方法

*河村 聡人[1]、早川 尚志[2]、玉澤 晴史[3]、磯部 洋明[3]、柴田 一成[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属天文台、2.大阪大学大学院文学研究科、3.京都市立芸術大学美術学部)

[MIS17-P13] 江戸時代後期の北上川における自然災害と社会

*佐藤 大介[1]、高橋 美貴[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.東京農工大学)

[MIS17-P14] 古日記データ同化による歴史天候の復元

*芳村 圭[1]、Neluwala Panduka[2]、市野 美夏[3]、増田 耕一[4]、平野 淳平[5] (1.東京大学生産技術研究所、2.University of Peradeniya 、3.国立情報学研究所、4.首都大学東京、5.帝京大学)

[MIS17-P15] 1830年京都地震史料における，余震活動減衰式の当てはめるデータ範囲に関する考察 －同一地点における余震回数の違いの原因－

*服部 健太郎[1]、大邑 潤三[2]、中西 一郎[1] (1.京都大学、2.佛教大学)

---

[MIS17-P16] 古絵図から特定する安政東海地震における浜名湖周辺の津波痕跡について

*蝦名 裕一[1]、今井 健太郎[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.公益財団法人深田地質研究所、4.株式会社エコー)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

## [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)

[MIS17-P01] 「歴史学×地球惑星科学」の目指すもの

*加納 靖之[1]、磯部 洋明[2]、芳村 圭[3]、岩橋 清美[4]、玉澤 春史[5,2] (1.東京大学地震研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.東京大学生産技術研究所、4.国文学研究資料館、5.京都大学防災研究所)

[MIS17-P02] 距離減衰式を用いた歴史地震の震度分布の再検討

*加納 靖之[1]、大邑 潤三[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所)

[MIS17-P03] れきすけ：多分野連携による歴史資料に関する情報共有システム
★招待講演

*市野 美夏[1,2]、橋本 幸恵、増田 耕一[3]、北本 朝展[2,1]、平野 淳平[4] (1.大学共同利用機関法人　情報・システム研究機構・データサイエンス共同利用基盤施設　人文学オープンデータ共同利用センター、2.国立情報学研究所、3.首都大学東京、4.帝京大学文学部)

[MIS17-P04] 絵図にみる1707年富士山宝永噴火後の降灰除去の実態

*大邑 潤三[1] (1.京都大学防災研究所附属地震予知研究センター)

[MIS17-P05] 市民参加による歴史史料からの地球惑星科学現象サーベイワークショップ

*玉澤 春史[1,2]、岩橋 清美[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.国文学研究資料館)

[MIS17-P06] 現代観測と歴史史料をつなぐ20世紀前半の観測データ：花山天文台乾板データの利用例

*玉澤 春史[1]、北井 礼三郎[4]、磯部 洋明[2]、上野 悟[3]、坂上 峻仁[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.京都大学大学院理学研究科附属天文台、4.佛教大学)

[MIS17-P07] 近世日本における気候変動と領主支配

*鎌谷 かおる[1]、佐野 雅規[2]、中塚 武[3] (1.立命館大学、2.早稲田大学、3.総合地球環境学研究所)

[MIS17-P08] 静穏領域フィラメントの噴出によるマウンダー極小期中の巨大磁気嵐

*磯部 洋明[1]、海老原 祐輔[2]、玉澤 春史[1]、河村 聡人[3]、早川 尚志[4] (1.京都市立芸術大学美術学部、2.京都大学生存圏研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.大阪大学大学院文学研究科)

[MIS17-P09] Reconstructing 1931 flood in Yangtze River basin and its application to Chinese economic history

*劉 暢[1]、川崎 昭如[1]、城山 智子[2] (1.東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻、2.東京大学大学院経済学研究科経済専攻)

[MIS17-P10] 有感地震記述ならびに震度の距離減衰式に基づく地震活動解析

*石辺 岳男[1]、岩佐 幸治[1]、古村 美津子[1]、松浦 律子[1] (1.地震予知総合研究振興会)

[MIS17-P11] 日本産樹木年輪の炭素14年代測定ー年代研究と日本版較正曲線

*坂本 稔[1,2]、箱﨑 真隆[1]、光谷 拓実[3]、中塚 武[4,5] (1.国立歴史民俗博物館、2.総合研究大学院大学、3.奈良文化財研究所、4.総合地球環境学研究所、5.名古屋大学)

[MIS17-P12] 太陽物理学における、科学的知見を踏まえた歴史資料の活用方法

*河村 聡人[1]、早川 尚志[2]、玉澤 晴史[3]、磯部 洋明[3]、柴田 一成[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属天文台、2.大阪大学大学院文学研究科、3.京都市立芸術大学美術学部)

[MIS17-P13] 江戸時代後期の北上川における自然災害と社会

*佐藤 大介[1]、高橋 美貴[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.東京農工大学)

[MIS17-P14] 古日記データ同化による歴史天候の復元

*芳村 圭[1]、Neluwala Panduka[2]、市野 美夏[3]、増田 耕一[4]、平野 淳平[5] (1.東京大学生産技術研究所、2.University of Peradeniya 、3.国立情報学研究所、4.首都大学東京、5.帝京大学)

[MIS17-P15] 1830年京都地震史料における，余震活動減衰式の当てはめるデータ範囲に関する考察 －同一地点における余震回数の違いの原因－

*服部 健太郎[1]、大邑 潤三[2]、中西 一郎[1] (1.京都大学、2.佛教大学)

---

[MIS17-P16] 古絵図から特定する安政東海地震における浜名湖周辺の津波痕跡について

*蝦名 裕一[1]、今井 健太郎[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.公益財団法人深田地質研究所、4.株式会社エコー)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

## [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)

[MIS18-P01] 南北1次元EBMを用いた地球型系外惑星の定常気候状態に関するパラメタ実験

*大中 智博[1]、野沢 徹[2] (1.岡山大学 理学部、2.岡山大学大学院　自然科学研究科)

---

[MIS18-P02] 台風の内部コア領域に見られる波数２擾乱に関する研究

*河田 裕貴[1]、伊賀 啓太[1]、横田 祥[2]、栃本 英伍[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象庁気象研究所)

---

[MIS18-P03] Typhoon-induced vertical mixing measured by the Kuroshio Extension Observatory buoy

*相木 秀則[1]、亀山 昂平[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科)

---

[MIS18-P04] A comparison between top-down and bottom-up type convective flows in a rotating spherical shell with stress-free boundaries

*谷口 陽菜実[1]、高橋 太[1]、竹広 真一[2] (1.九州大学、2.京都大学)

---

[MIS18-P05] 強磁場の下での熱対流に見られる二次元的なロール構造とその振動

*柳澤 孝寿[1]、田坂 裕司[2]、宮腰 剛広[1]、櫻庭 中[3] (1.海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、2.北海道大学大学院　工学研究院、3.東京大学大学院　理学系研究科)

---

[MIS18-P06] Two-dimensional or shallow water MHD waves on a rotating sphere with an imposed azimuthal magnetic field

*中島 涼輔[1]、吉田 茂生[2] (1.九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2.九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

## [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)

[MIS18-P01] 南北1次元EBMを用いた地球型系外惑星の定常気候状態に関するパラメタ実験

*大中 智博[1]、野沢 徹[2] (1.岡山大学 理学部、2.岡山大学大学院　自然科学研究科)

---

[MIS18-P02] 台風の内部コア領域に見られる波数２擾乱に関する研究

*河田 裕貴[1]、伊賀 啓太[1]、横田 祥[2]、栃本 英伍[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象庁気象研究所)

---

[MIS18-P03] Typhoon-induced vertical mixing measured by the Kuroshio Extension Observatory buoy

*相木 秀則[1]、亀山 昂平[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科)

---

[MIS18-P04] A comparison between top-down and bottom-up type convective flows in a rotating spherical shell with stress-free boundaries

*谷口 陽菜実[1]、高橋 太[1]、竹広 真一[2] (1.九州大学、2.京都大学)

---

[MIS18-P05] 強磁場の下での熱対流に見られる二次元的なロール構造とその振動

*柳澤 孝寿[1]、田坂 裕司[2]、宮腰 剛広[1]、櫻庭 中[3] (1.海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、2.北海道大学大学院　工学研究院、3.東京大学大学院　理学系研究科)

---

[MIS18-P06] Two-dimensional or shallow water MHD waves on a rotating sphere with an imposed azimuthal magnetic field

*中島 涼輔[1]、吉田 茂生[2] (1.九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2.九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

## [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)

[MIS20-P01] 天城火山南東部・白田川流域における更新世後期以降の段丘地形と地すべり地形の発達

*徳本 直生[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学、2.専修大学、3.日本ジオサービス)

[MIS20-P02] 中部山岳地域における気温と積雪深の変動

*鈴木 啓助[1]、佐々木 明彦[2] (1.信州大学理学部、2.国士舘大学文学部)

[MIS20-P03] 山形県月山の積雪中に見られた高密度のクマムシ

*小野 誠仁[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P04] 中部山岳地域における降水安定同位体比の変動要因

*桂川 司[1]、山中 勤[2]、佐々木 明彦[3]、黒雲 勇希[1]、西村 基志[1]、清水 啓紀[1]、鈴木 啓助[4] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、4.信州大学理学部)

[MIS20-P05] 横尾岩小屋モレーンより低位置で発見された氷河性堆積物の可能性をもつ岩屑

*石橋 真那美[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学部、2.専修大学、3.日本ジオサービス株式会社)

[MIS20-P06] 白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化

*杉山 博崇[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[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.防災科学技術研究所)

[MIS20-P07] 乗鞍岳の源流域における大気沈着および表面流を介した化学物質の挙動

*清水 啓紀[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.国士舘大学文学部地理学教室、3.信州大学理学部)

[MIS20-P08] 飛騨山脈，立山カルデラの重力断層の過去55年間の活動状況

*福井 幸太郎[1]、飯田 肇[1] (1.立山カルデラ砂防博物館)

[MIS20-P09] 上高地・槍-穂高連峰の高山帯・亜高山帯山岳池沼における底生動物の集団構造と遺伝構造

*井上 恵輔[1]、東城 幸治[1] (1.国立大学法人信州大学理学部理学科生物学コース)

[MIS20-P10] 森林限界の樹木4種における細根系の水および炭素利用様式の解明

*矢原 ひかり[1]、東 若菜[2]、鎌倉 真依[2]、牧田 直樹[1] (1.信州大学総合理工学研究科、2.京都大学農学研究科)

[MIS20-P11] 可視 近赤外分光反射率画像を用いた樹木細根の樹種間差と根特性の評価

*谷川 夏子[1]、中路 達郎[3]、小畠 実和[2]、牧田 直樹[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、3.北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)

[MIS20-P12] 上高地における冷気湖形成の熱収支解析

*小山 紗莉[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学大学院総合工学系研究科、3.信州大学理学部)

[MIS20-P13] 9世紀後半に発生した赤石山地ドンドコ沢岩石なだれの堰き止め湖沼堆積物中における材化石群の発見とその意義

*木村 誇[1]、山田 隆二[1]、苅谷 愛彦[2] (1.防災科学技術研究所、2.専修大学)

[MIS20-P14] 大雪山国立公園においてどのような高山植物が訪問者を引き付けるのか

*雨谷 教弘[1]、豆野 皓太[1,2]、小熊 宏之[1]、久保 雄広[1] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

[MIS20-P15] 山形県月山における雪氷藻類による彩雪現象の時空間分布とその決定要因

*鈴木 拓海[1]、竹内 望[1]、高橋 翼[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P16] 山形県月山におけるセッケイカワゲラの種と食性に関する研究

*米地 梨紗子[1]、竹内 望[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P17] 2017年8月4日にラダック，アチナータン村で生じた氷河湖出水

早乙女 真穂[2]、*奈良間 千之[1]、櫻井 尚輝[2] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科)

---

[MIS20-P18] 空撮画像を用いたケニア山における最近の氷河変動

*奈良間 千之[1]、有江 賢志朗[2]、水野 一晴[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.京都大学大学院文学研究科)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

## [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)

[MIS20-P01] 天城火山南東部・白田川流域における更新世後期以降の段丘地形と地すべり地形の発達

*徳本 直生[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学、2.専修大学、3.日本ジオサービス)

[MIS20-P02] 中部山岳地域における気温と積雪深の変動

*鈴木 啓助[1]、佐々木 明彦[2] (1.信州大学理学部、2.国士舘大学文学部)

[MIS20-P03] 山形県月山の積雪中に見られた高密度のクマムシ

*小野 誠仁[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P04] 中部山岳地域における降水安定同位体比の変動要因

*桂川 司[1]、山中 勤[2]、佐々木 明彦[3]、黒雲 勇希[1]、西村 基志[1]、清水 啓紀[1]、鈴木 啓助[4] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、4.信州大学理学部)

[MIS20-P05] 横尾岩小屋モレーンより低位置で発見された氷河性堆積物の可能性をもつ岩屑

*石橋 真那美[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学部、2.専修大学、3.日本ジオサービス株式会社)

[MIS20-P06] 白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化

*杉山 博崇[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[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.防災科学技術研究所)

[MIS20-P07] 乗鞍岳の源流域における大気沈着および表面流を介した化学物質の挙動

*清水 啓紀[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.国士舘大学文学部地理学教室、3.信州大学理学部)

[MIS20-P08] 飛騨山脈，立山カルデラの重力断層の過去55年間の活動状況

*福井 幸太郎[1]、飯田 肇[1] (1.立山カルデラ砂防博物館)

[MIS20-P09] 上高地・槍-穂高連峰の高山帯・亜高山帯山岳池沼における底生動物の集団構造と遺伝構造

*井上 恵輔[1]、東城 幸治[1] (1.国立大学法人信州大学理学部理学科生物学コース)

[MIS20-P10] 森林限界の樹木4種における細根系の水および炭素利用様式の解明

*矢原 ひかり[1]、東 若菜[2]、鎌倉 真依[2]、牧田 直樹[1] (1.信州大学総合理工学研究科、2.京都大学農学研究科)

[MIS20-P11] 可視 近赤外分光反射率画像を用いた樹木細根の樹種間差と根特性の評価

*谷川 夏子[1]、中路 達郎[3]、小畠 実和[2]、牧田 直樹[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、3.北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)

[MIS20-P12] 上高地における冷気湖形成の熱収支解析

*小山 紗莉[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学大学院総合工学系研究科、3.信州大学理学部)

[MIS20-P13] 9世紀後半に発生した赤石山地ドンドコ沢岩石なだれの堰き止め湖沼堆積物中における材化石群の発見とその意義

*木村 誇[1]、山田 隆二[1]、苅谷 愛彦[2] (1.防災科学技術研究所、2.専修大学)

[MIS20-P14] 大雪山国立公園においてどのような高山植物が訪問者を引き付けるのか

*雨谷 教弘[1]、豆野 皓太[1,2]、小熊 宏之[1]、久保 雄広[1] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

[MIS20-P15] 山形県月山における雪氷藻類による彩雪現象の時空間分布とその決定要因

*鈴木 拓海[1]、竹内 望[1]、高橋 翼[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P16] 山形県月山におけるセッケイカワゲラの種と食性に関する研究

*米地 梨紗子[1]、竹内 望[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P17] 2017年8月4日にラダック，アチナータン村で生じた氷河湖出水

早乙女 真穂[2]、*奈良間 千之[1]、櫻井 尚輝[2] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科)

---

[MIS20-P18] 空撮画像を用いたケニア山における最近の氷河変動

*奈良間 千之[1]、有江 賢志朗[2]、水野 一晴[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.京都大学大学院文学研究科)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

## [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)

[MIS23-P01] **地球・月・火星の溶岩チューブ洞窟形状による溶岩流温度の推定可能性**

*本多 力[1] (1.火山洞窟学会)

---

[MIS23-P02] 月の海のマグマ噴出過程と時間変化

*諸田 智克[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

---

[MIS23-P03] 高速衝突実験により生成された模擬火山灰粒子形状の統計解析

*野口 里奈[1]、大槻 静香[2]、鈴木 絢子、長谷川 直[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

---

[MIS23-P04] Disequilibrium precipitation of salts during rapid freezing of brine: Implications for cryovolcanisms and formation of sodium carbonate of bright spots on Ceres.

*依田 優大[1,2]、関根 康人[2]、丹 秀也[1,2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学　地球生命研究所)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_40

## [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)

[MIS23-P01] **地球・月・火星の溶岩チューブ洞窟形状による溶岩流温度の推定可能性**

*本多 力[1] (1.火山洞窟学会)

---

[MIS23-P02] 月の海のマグマ噴出過程と時間変化

*諸田 智克[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

---

[MIS23-P03] 高速衝突実験により生成された模擬火山灰粒子形状の統計解析

*野口 里奈[1]、大槻 静香[2]、鈴木 絢子、長谷川 直[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

---

[MIS23-P04] Disequilibrium precipitation of salts during rapid freezing of brine: Implications for cryovolcanisms and formation of sodium carbonate of bright spots on Ceres.

*依田 優大[1,2]、関根 康人[2]、丹 秀也[1,2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学　地球生命研究所)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

## [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)

[MIS28-P01] 海域泥火山分布が示唆する西南日本太平洋側海底下の不均一な環境

*浅田 美穂[1,2]、北田 数也[2] (1.日本学術振興会特別研究員、2.国立研究法人海洋研究開発機構)

[MIS28-P02] 化学合成細菌を共生させるゴエモンコシオリエビの新しい分布域の発見とその分散能力の推定

*渡部 裕美[1]、Chen Chong[1]、Chan Tin-Yam[2]、Yang Chien-Hui[2]、Wang Chu-Chang[3]、御手洗 哲司[4]、山本 啓之[1] (1.海洋研究開発機構、2.国立台湾海洋大学、3.台湾海洋科学技術研究センター、4.沖縄科学技術大学院大学)

[MIS28-P03] 九十九湾に設置した鯨骨に生息するノリコイソメ科多毛類の分類と食性

*鈴木 碧[1]、ジェンキンズ ロバート[1]、小木曽 正造[2]、鈴木 信雄[3] (1.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2.金沢大学総合技術部、3.金沢大学環日本海域環境研究センター)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_41

## [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)

[MIS28-P01] 海域泥火山分布が示唆する西南日本太平洋側海底下の不均一な環境

*浅田 美穂[1,2]、北田 数也[2] (1.日本学術振興会特別研究員、2.国立研究法人海洋研究開発機構)

[MIS28-P02] 化学合成細菌を共生させるゴエモンコシオリエビの新しい分布域の発見とその分散能力の推定

*渡部 裕美[1]、Chen Chong[1]、Chan Tin-Yam[2]、Yang Chien-Hui[2]、Wang Chu-Chang[3]、御手洗 哲司[4]、山本 啓之[1] (1.海洋研究開発機構、2.国立台湾海洋大学、3.台湾海洋科学技術研究センター、4.沖縄科学技術大学院大学)

[MIS28-P03] 九十九湾に設置した鯨骨に生息するノリコイソメ科多毛類の分類と食性

*鈴木 碧[1]、ジェンキンズ ロバート[1]、小木曽 正造[2]、鈴木 信雄[3] (1.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2.金沢大学総合技術部、3.金沢大学環日本海域環境研究センター)

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

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

## [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)

[MGI33-P01] 位置情報精度を向上した地球化学データベース「DODAI」について

*原口 悟[1]、上木 賢太[1]、吉田 健太[1]、桑谷 立[1,3]、モハメド 美香[1]、岩森 光[1,2,4] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.科学技術振興機構、4.東京工業大学)

[MGI33-P02] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology

*古川 旦[1]、辻森 樹[1] (1.東北大学)

[MGI33-P03] 人工データを用いた機械学習による地球化学的データ処理および鉱山地域での重金属バックグラウンドを考慮した河川環境評価手法の提案

*佐藤 憲太[1]、澤山 兼吾[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

[MGI33-P04] Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

*矢部 優[1]、福地 里菜[2]、上木 賢太[1]、濱田 洋平[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[MGI33-P05] スパースモデリングによる不均質反応非線形ダイナミクスの推定

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

[MGI33-P06] How to obtain a high-SNR EPMA map?: complementary roles of high-resolution imaging and subsequent binning

*安本 篤史[1]、吉田 健太[2] (1.(株) 蒜山地質年代学研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[MGI33-P07] 全岩組成を用いた物質移動量のデータ駆動型解析

*桑谷 立[1,2]、吉田 健太[1]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、宇野 正起[3]、赤穂 昭太郎[4] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.産業技術総合研究所)

[J] ポスター発表 | 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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_42

## [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)

[MGI33-P01] 位置情報精度を向上した地球化学データベース「DODAI」について

*原口 悟[1]、上木 賢太[1]、吉田 健太[1]、桑谷 立[1,3]、モハメド 美香[1]、岩森 光[1,2,4] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.科学技術振興機構、4.東京工業大学)

[MGI33-P02] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology

*古川 旦[1]、辻森 樹[1] (1.東北大学)

[MGI33-P03] 人工データを用いた機械学習による地球化学的データ処理および鉱山地域での重金属バックグラウンドを考慮した河川環境評価手法の提案

*佐藤 憲太[1]、澤山 兼吾[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

[MGI33-P04] Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

*矢部 優[1]、福地 里菜[2]、上木 賢太[1]、濱田 洋平[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[MGI33-P05] スパースモデリングによる不均質反応非線形ダイナミクスの推定

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

[MGI33-P06] How to obtain a high-SNR EPMA map?: complementary roles of high-resolution imaging and subsequent binning

*安本 篤史[1]、吉田 健太[2] (1.(株) 蒜山地質年代学研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[MGI33-P07] 全岩組成を用いた物質移動量のデータ駆動型解析

*桑谷 立[1,2]、吉田 健太[1]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、宇野 正起[3]、赤穂 昭太郎[4] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.産業技術総合研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

## [M-ZZ51] 地球惑星科学の科学史・科学哲学・科学技術社会論

コンビーナ:矢島 道子(日本大学文理学部)、青木 滋之(中央大学文学部)、山田 俊弘(東京大学大学院教育学研究科研究員)、吉田 茂生(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[MZZ51-P01] 宇宙論がもたらす「人生の意味」への問い

*青木 滋之[1] (1.会津大学コンピュータ理工学部)

[MZZ51-P02] 層序学における「ステノ革命」再考―『プロドロムス』（1669年）から「人新世」まで

*山田 俊弘[1] (1.東京大学大学院教育学研究科研究員)

[MZZ51-P03] ナウマンはどうやって、日本の地質図を描いたか

*矢島 道子[1] (1.日本大学文理学部)

[MZZ51-P04] 明治期気象観測ネットワーク構築における民間部門の役割

*山本 哲[1] (1.気象庁気象研究所)

[MZZ51-P05] 地質学におけるティコ・ブラーエたち；プレート・テクトニクス革命における折衷モデル

*千葉 淳一[1] (1.大原法律専門学校)

[MZZ51-P06] 松本達郎（1913-2008)の日本におけるプレートテクトニクス・パラダイム転換への貢献

*眞島 英壽[1] (1.明治大学黒耀石研究センター)

[MZZ51-P07] ネット民俗学的アプローチによる2018年草津白根山噴火への社会的反応分析

*山田 耕[1] (1.早稲田大学政治経済学術院)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_45

## [M-ZZ51] 地球惑星科学の科学史・科学哲学・科学技術社会論

コンビーナ:矢島 道子(日本大学文理学部)、青木 滋之(中央大学文学部)、山田 俊弘(東京大学大学院教育学研究科研究員)、吉田 茂生(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[MZZ51-P01] 宇宙論がもたらす「人生の意味」への問い

*青木 滋之[1] (1.会津大学コンピュータ理工学部)

---

[MZZ51-P02] 層序学における「ステノ革命」再考―『プロドロムス』（1669年）から「人新世」まで

*山田 俊弘[1] (1.東京大学大学院教育学研究科研究員)

---

[MZZ51-P03] ナウマンはどうやって、日本の地質図を描いたか

*矢島 道子[1] (1.日本大学文理学部)

---

[MZZ51-P04] 明治期気象観測ネットワーク構築における民間部門の役割

*山本 哲[1] (1.気象庁気象研究所)

---

[MZZ51-P05] 地質学におけるティコ・ブラーエたち；プレート・テクトニクス革命における折衷モデル

*千葉 淳一[1] (1.大原法律専門学校)

---

[MZZ51-P06] 松本達郎（1913-2008)の日本におけるプレートテクトニクス・パラダイム転換への貢献

*眞島 英壽[1] (1.明治大学黒耀石研究センター)

---

[MZZ51-P07] ネット民俗学的アプローチによる2018年草津白根山噴火への社会的反応分析

*山田 耕[1] (1.早稲田大学政治経済学術院)

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

## [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)

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。

### [PPS07-P01] 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性評価

*佐藤 智仁[1]、倉本 想士[1]、横尾 卓哉[1]、吉田 聡[2]、依田 功[3]、福田 一志[3]、小栗 慶之[3]、三田 肇[4]、神田 一浩[5]、柴田 裕実[6]、高橋 淳一[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.量子科学技術研究開発機構、3.東京工業大学、4.福岡工業大学、5.兵庫県立大学、6.大阪大学)

### [PPS07-P02] 隕石母天体中の水質変成過程におけるガンマ線によるアミノ酸の生成

*浅野 伸哉[1]、依田 功[2]、村松 康司[3]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.東京工業大学、3.兵庫県立大学)

### [PPS07-P03] ラマンスペクトルを基にした反応速度論から探る隕石有機物の熱履歴

*桐生 健斗[1]、癸生川 陽子[1]、伊規須 素子[2]、渋谷 岳造[2]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

### [PPS07-P04] Relationship between spatial distribution of organic compounds and minerals in the Murchison meteorite

*仙石 大洋[1]、橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1] (1.九州大学)

### [PPS07-P05] NWA8613隕石中のヒボナイトとメリライトに富む細粒難揮発性包有物の酸素同位体分布とAl-Mg年代

*和田 壮平[1]、川崎 教行[1]、圦本 尚義[1,2] (1.北海道大学、2.宇宙科学研究所)

### [PPS07-P06] 炭素質コンドライトALH A77307におけるコンドリュールリム中のエンスタタイトウィスカーの観察

*代田 泰久[1]、安武 正展[1]、延寿 里美[1]、土山 明[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

### [PPS07-P07] 3D observation of whisker-like material in the porous matrix of the Paris CM chondrite by SR-XCT

*安武 正展[1]、Epifanio Vacarro[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、土山 明[1] (1.京都大学大学院　理学研究科　地球惑星科学専攻、2.National History Museum, London、3.JASRI/SPring8、4.産総研地質調査センター)

### [PPS07-P08] 流体包有物の同位体分析のための凍結SIMS法の開発

*磯野 雄生[1]、坂本 直哉[2]、圦本 尚義[3] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星システム科学講座、2.北海道大学創成研究機構、3.北海道大学理学研究院自然史科学部門)

### [PPS07-P09] ガンドルフィ・アタッチメントを用いたX線回折実験：微小地球外物質への適用

*今栄 直也[1,2]、木村 眞[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

[PPS07-P10] Trace elements analysis and Ar-Ar dating for microgram-scaled extraterrestrial samples

*岡崎 隆司[1]、関本 俊[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.京都大学複合原子力科学研究所)

[PPS07-P11] 小型の永久磁石を用いた低温固体粒子の磁気分離と物質同定

*植田 千秋[1]、山口 若菜[1]、久好 圭治[1]、寺田 健太郎[1] (1.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻)

[PPS07-P12] The metallographic cooling rate of the Tafassasset primitive achondrite

*杉浦 直治[1]、荒井 朋子、松井 孝典 (1.千葉工業大学)

[PPS07-P13] The systematic investigations of high-pressure minerals in lunar basaltic meteorites

*宮原 正明[1]、高妻 一就[1]、大谷 栄治[2]、山口 亮[3]、境 毅[4]、大藤 弘明[4]、富岡 尚敬[5]、兒玉 優[6] (1.広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.国立極地研究所、4.愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、5.JAMSTEC高知コア研究所、6.マリンワークジャパン)

[PPS07-P14] Bulk chemical analysis of iron meteorites by LA-ICP-MS

*山口 亮[1]、白井 直樹[2]、羽場 麻希子[3] (1.国立極地研究所、2.首都大学東京、3.東京工業大学)

# 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性評価
# Stability of Amino Acid Precursors in Simulated Extraterestrial Environments

*佐藤 智仁[1]、倉本 想士[1]、横尾 卓哉[1]、吉田 聡[2]、依田 功[3]、福田 一志[3]、小栗 慶之[3]、三田 肇[4]、神田 一浩[5]、柴田 裕実[6]、高橋 淳一[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1]
*tomohito sato[1], Soushi Kuramoto[1], Takuya Yokoo[1], Yoshida Satoshi[2], Isao Yoda[3], Hitoshi Fukuda[3], Yoshiyuki Oguri[3], MITA Hajime[4], Kazuhiro Kanda[5], Hiromi Shibata[6], Zyunichi Takahashi[1], Yoko Kebukawa[1], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学、2. 量子科学技術研究開発機構、3. 東京工業大学、4. 福岡工業大学、5. 兵庫県立大学、6. 大阪大学
1. yokohama national univercity, 2. QST, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. Fukuoka Institute of Technology, 5. University of Hyogo, 6. Osaka University

Since a wide variety of organic compounds have been detected in extraterrestrial bodies like carbonaceous chondrites [1] and comets [2], extraterrestrial organics could be essential sources for the first life on the Earth. Amino acids in carbonaceous chondrites increased after acid-hydrolysis, which suggested that not only free amino acids but also amino acid precursors were present in them. Laboratory experiments simulating extraterrestrial environments showed that not free amino acids but amino acid precursors were mainly formed [3, 4]. Though amino acid precursors in meteorites and products of laboratory simulations have not been well identified, aminonitriles and hydantoins could be candidates. On the other hands, proton irradiation of a mixture of CO, $NH_3$ and $H_2O$, which simulated possible reactions among interstellar media, gave complex amino acid precursors with large molecular weights [5]. Such amino acids and amino acid precursors that were formed abiotically in space environments would be exposed to various energy sources in prior to delivery to the primitive Earth. For example, organics in molecular clouds were exposed to galactic cosmic rays (protons and heavy ions). Interstellar organic compounds were irradiated with strong VUV/X-rays from the young Sun. Organic compounds in small bodies were irradiated with gamma rays from such nuclides as $^{26}$Al in the earlier stage of the solar system. Organic compounds in interplanetary dust particles were exposed to solar UV/VUV before delivery to Earth atmosphere. Thus it is important to examine stability of amino acids and their precursors against energetic particles and photons. We experimentally investigated the stability of amino acids and their precursors against heavy ions, gamma-rays, UV and soft X-rays.

Target molecules used in the present study were (i) glycine (Gly), (ii) hydantoin (Hyd; a precursor of Gly), and (iii) aminoacetonitrile (AAN; the Strecker-type precursor of Gly). They are used as 5 mM solutions in ammonia water (pH 9). In addition to them, we chose (iv) organic material synthesized from a mixture of CO, $NH_3$ and $H_2O$ by 2.5 MeV protons from a Tandem accelerator (Tokyo Tech). We will call them CAW. CAW contained complex amino acid precursors with large molecular weights [3].

Experimental: *Heavy ions irradiation*: Aqueous solution of each target molecule was frozen in liquid nitrogen, and was irradiated with 290 MeV/u carbon ions from HIMAC (NIRS, Japan) at 7.5-15 kGy. *Gamma-rays irradiation*: Aqueous solution of each target molecule was irradiated with gamma rays (5-10 kGy) from a $^{60}$Co source (Tokyo Tech, Japan). *UV irradiation*: Each target molecule was irradiated with UV from a xenon lamp after dried in pits of an aluminum plate. *Soft X-rays irradiation*: Each target molecule was irradiated with soft X-rays from a synchrotron (NewSUBARU BL-6) for 10 min after dried on aluminum plates. Amino acid analysis: all the target materials were recovered as aqueous solutions, were

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

acid-hydrolyzed (6 M HCl, 110℃, 24 h), and amino acids in them were determined by reversed-phase HPLC after pre-column derivatization with *o*-phthalaldehyde and mercaptoethanol.

Results and Discussion: Since glycine was always major amino acids after acid hydrolysis of all the target materials after irradiation yielded glycine, we will discuss stability of target molecules by using the glycine yields.

*Heavy ions irradiation*: Recoveries at 15 kGy were as follows. CAW (95.1%), Hyd (93.6%), Gly (91.8%) and AAN (77.5%). AAN was least stable among all. *Gamma-rays irradiation*: Decomposition of AAN, CAW and Hyd at 10 kGy was not detected, while recovery of Gly was 79.5%. *Soft X-rays irradiation*: recovery ratios were less than 10 % in the case of Gly, Hyd and AAN, while that of CAW was 51.1%. UV-irradiated samples were now under analysis.

Free amino acid (glycine) was generally less stable than amino acid precursors (CAW and Hyd), and CAW was most stable among 4 compounds tested against all the energies. Thus it was suggested that complex amino acid precursors were robust molecules in space, while free amino acids were easy to decompose even if they were formed from their precursors in space.

References

[1] K. Kvenvolden *et al.*, *Nature*, **228**, 923-926 (1970).

[2] J. Kissel and F. R. Krueger, *Nature*, **326**, 755-760 (1987).

[3] Y. Takano *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **84**, 1410-1412 (2004).

[4] Y. Kebukawa et al., *Sci. Adv.*, **3**, e1602093 (2017).

[5] S. Kuramoto *et al.*, *2019 JpGU Meeting*, Chiba (2019).

[6] S. Iglesias-Groth et al., *Mon. Not. R. Astron. Soc.,* **410**, 1447-1453 (2011).

キーワード：アミノ酸前駆体、放射線、安定性
Keywords: Amino Acid Precursors, Radiation, Stability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 隕石母天体中の水質変成過程におけるガンマ線によるアミノ酸の生成
# Production of amino acids by gamma rays during aqueous alteration process in meteorite parent body

*浅野 伸哉[1]、依田 功[2]、村松 康司[3]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1]
*Shinya Asano[1], Isao Yoda[2], Yasuji Muramatsu[3], Yoko Kebukawa[1], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学、2. 東京工業大学、3. 兵庫県立大学
1. Yokohama national university, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. University of Hyogo

[諸元]地球上における生命の誕生にはアミノ酸等の有機物が必要である。そのアミノ酸の供給源の一つとして、隕石などの地球外物質が考えられている。このような隕石の多くは小惑星を起源としているため、小惑星中の有機物の起源を考える必要がある。太陽系形成初期に、塵、氷、分子雲由来の低分子有機物を含む小惑星では、$^{26}$Alの放射性崩壊による熱により氷が溶けて水質変質が起こった。隕石中に存在する複雑な高分子有機物(不溶性有機物)は、このような液体の水(0～150℃程度)が存在する環境下で形成された可能性が指摘されている。この説を基に小惑星での水質変成を模擬した実験で、ホルムアルデヒド、アンモニア、水を加熱すると隕石有機物のような高分子有機物が形成されることがわかった。本研究では、水質変質過程において$^{26}$Alの放射性崩壊により発生するガンマ線が有機物生成にどれだけ影響するか調べることを目的とした。

[実験方法]出発物質として体積が200μl、モル比が水：ホルムアルデヒド:アンモニア＝100:5:5になるような混合物質をガラス管に加え、ガラス管内を真空にして封緘したものに東京工業大学の$^{60}$Co線源を用いてガンマ線を照射した。照射条件は、3kGy/h×2.5h,3kGy×4h,3kGy/h×5h,1.5kGy/h×5h,1.5kGy/h×8h,1.5kGy/h×10hの６種類とした。比較のため同様の試料をオーブンで加熱(150℃、24h)した試料も作成した。照射後の試料は$CaF_2$プレートに乗せて乾燥させたものを顕微FT-IR、金板に乗せて乾燥させたものを兵庫県立大学のX線吸収端近傍構造解析（XANES）で解析した。また、照射後の試料を酸加水分解（6 M塩酸、24h、110℃）したものを、陽イオン交換HPLCを用いてアミノ酸分析を行った。

[結果と考察]<陽イオン交換HPLC>

酸加水分解後の試料からグリシン、アラニン、β-アラニンなどの種々のアミノ酸が検出された。また、照射後の試料からは加熱試料に比べてアラニンが比較的多く生成していた。これは照射試料と加熱試料でアミノ酸の生成経路が異なることを示唆している。

[今後の展望]

今後の展望として照射条件（単位時間あたりのエネルギーと時間）を増やして、水質変成過程で$^{26}$Alが放射性崩壊によって系に与えたエネルギーの概算値を用いて隕石母天体環境への外挿を行いたいと考えている。また、先行研究より複雑な高分子有機物が生成することがわかっているため、LC-MS等を用いた分析を行いたい。

[参考文献]

[1] G.D.Cody et al.,*PNAS*,108,19171-19176 (2011).
[2] Y.Kebukawa et al.,*Astrophysical J.*, 771, 19 (2013)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ラマンスペクトルを基にした反応速度論から探る隕石有機物の熱履歴
# Kinetic approaches for the thermal history of organic matter in meteorites based on Raman spectra

*桐生 健斗[1]、癸生川 陽子[1]、伊規須 素子[2]、渋谷 岳造[2]、小林 憲正[1]
*Kento Kiryu[1], Yoko Kebukawa[1], Motoko Igisu[2], Takazo Shibuya[2], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Yokohama National Univ., 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

CI, CM, and CR chondrites experienced aqueous alteration in their parent bodies, and contain organic carbon up to a few wt%. More than 70 wt% of it exists in the form of insoluble organic matter (IOM) (e.g., Pizzarello et al., 2006). Organic matter (OM) is susceptible to heating, and changes their structures, reflecting aqueous alteration and/or thermal metamorphisms. Thus, it attracts attention as the index of the parent body processes.

Kebukawa et al. (2010) estimated kinetic parameters for thermal degradation of aliphatic C-H through in-situ heating experiments of IOM and bulk of the Murchison meteorite (CM2) using the Fourier transform infrared micro-spectroscopy (microFTIR) combined with heating stage. They revealed that the peak intensity of aliphatic C-H is a good index of low-temperature and/or short-duration heating in the parent bodies. However, microFTIR is not enough for estimating thermal process of OM under high-temperature and long-duration heating which IR signals of aliphatic C-H are unlikely to be detected. Raman spectroscopy is a complementary tool to IR spectroscopy, since their spectral features of OM in the chondrites reflect thermal changes in aromatic structure in the complex OM (Quirico et al. 2003; Bonal et al., 2006, 2007; Busemann et al., 2007). When chondritic OM is heated, its aromatic structure will be more ordered to graphitic structure. This process is an irreversible, and results in changes of disordered ($D_1$-: ~1350 $cm^{-1}$) and graphite bands (G: ~1590 $cm^{-1}$) in Ramn spectra. Therefore, $D_1$- and G-bands were often used as indicators of degree of thermal metamorphism, but understanding of kinetic behaviors of the Raman spectral parameters is still limited. Thus, in order to evaluate thermal history of OM in chondrites under high-temperature and/or long-duration heating, we performed a series of heating experiments of the Murchison meteorite powders and kinetic analyses of their Raman spectral parameters.

The Murchison meteorite powders were heated under low oxygen condition in a vacuum furnace for 3-48 h at 600-900˚C. The low-oxygen condition was maintained by a gas mixture of $N_2$ and $H_2$ (99:1, v/v). The samples after heating were analyzed using Raman spectrometer with a 532 nm laser (RAMANtouch; Nanophoton). The Raman spectra of all the samples show $D_1$- and G-bands. We determined 5 Raman spectral parameters: the full width at half maximum (FWHM) and the peak positions of $D_1$- and G-bands, and the ratio of the peak intensity of $D_1$- to G-band. The changes in these Raman parameters with time at each temperature will be fitted with algebraic kinetic equations deduced by possible physical mechanisms, and estimate reaction rate constant. Then the apparent activation energies and frequency factors will be calculated by the reaction rates using the Arrhenius equation. Finally, we will establish the Raman parameters as functions of heating temperature and time. Combining previously reported kinetics of aliphatic C-H (Kebukawa et al. 2010), it may allow us to calculate precise time and temperature of thermal processes for chondrites.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：隕石有機物、熱史、反応速度論、ラマン分光法
Keywords: Organic matter in meteorites, Thermal history, Kinetics, Raman spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Relationship between spatial distribution of organic compounds and minerals in the Murchison meteorite

*仙石 大洋[1]、橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1]
*Taiyo Sengoku[1], Minako Hashiguchi[1], Hiroshi Naraoka[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

[Introduction]

Primitive meteorites contain a wide variety of organic compounds. More than 600 species of CHN compounds were identified in the methanol extract of the Murchison meteorite (CM2), in which saturated- and unsaturated-alkylated pyridines ($C_nH_{2n-4}N^+$ and $C_nH_{2n-6}N^+$) as well as alkylimidazoles ($C_nH_{2n-1}N_2^+$) are predominant (Naraoka et al., 2017). Interaction between organic matter and minerals during aqueous alteration is very important in the chemical evolution (e.g. Kebukawa et al., 2010), therefore, it is necessary to investigate the spatial distribution of the organic matter and minerals in the meteorites. In the previous studies, chemical imaging of soluble organic matter (SOM) was performed on the Murray and Murchison meteorites (CM2) by desorption electrospray ionization/high-resolution mass spectrometry (DESI/HRMS), and the different spatial distribution was observed among the different CHN species and/or their alkylated homologues (Naraoka & Hashiguchi, 2018, Hashiguchi & Naraoka, 2018). However, the relationship between the organic compounds and minerals is still unresolved. In this study, the DESI-HRMS imaging and detailed mineralogical observation were performed on fragments of the Murchison meteorite.

[Sample & Method]

Two fragments designated as “np15" (2x3 $mm^2$) and “np16” (2x2 $mm^2$) were obtained by chipping from different large fragments of the Murchison meteorite. These fragments were embedded in indium or metal with low-melting point for DESI-HRMS imaging. The DESI-HRMS imaging was performed on each sample for three times. Methanol was used as a spray solvent with the flow rate of 2 $\mu$L/min. The electrospray voltage was set to 3 kV. The nebulizer $N_2$ gas pressure was ~100 psi. The positive ions were collected in a full scan mode (*m/z* 50-500) with mass resolution of about 140,000 ($m/\Delta m$ at *m/z* 200) on the sample surface of np15 (4x4 $mm^2$) and np16 (3.8x3.8 $mm^2$). For the fragment np16, dry polishing was performed on the sample to remove ~250 $\mu$m from the surface and the imaging was performed again, because no signals of CHN compounds were obtained by the 1$^{st}$ set of DESI-HRMS imaging. After the DESI-HRMS imaging, the same sample surface was used to obtain backscattered electron images (BSE) and X-ray elemental maps using SEM/EDS.

[Results & Discussion]

Some alkylated homologues of CHN compounds were detected from np15 by DESI-HRMS imaging. Their exact masses correspond to alkylimidazole ($C_nH_{2n-1}N_2^+$) and saturated- or unsaturated-alkylated pyridine ($C_nH_{2n-4}N^+$ or $C_nH_{2n-6}N^+$) within 3 ppm of mass precision. The spatial distribution was different between $C_nH_{2n-1}N_2^+$ and $C_nH_{2n-4}N^+$, which is consistent with the previous study (Naraoka & Hashiguchi, 2018). On the other hand, no CHN compounds were detected from np16. After removing ~250 $\mu$m of the surface of np16 by polishing, some CHN compounds corresponding to $C_nH_{2n-1}N_2^+$ and $C_nH_{2n-6}N^+$ were detected in 3

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

rd DESI-HRMS imaging finally, however, these compounds were not detected by 1st and 2nd analyses. These results indicated that the CHN compounds might have been volatilized from the sample surface during its storage, and that repeated DESI-HRMS imaging is important to obtain clear signals of SOM from inside of meteorite. The detected CHN compounds showed heterogeneous spatial distribution in the sample surface, which indicate that dry polishing does not affect the spatial distribution of SOM significantly.

In both np15 and polished np16 samples, the CHN compounds distribute mainly in the matrix region (~ few hundreds of square meters) of the meteorite. Although the X-ray elemental mapping showed that CHN compounds-rich region seemed to contain abundant Ca-containing minerals in both fragments, no clear relationship was observed between the averaged chemical compositions of matrix region and the spatial distribution of the CHN compounds. Further detailed analysis will be performed on tiny minerals in the matrix.

キーワード：炭素質コンドライト、化学イメージング、可溶性有機化合物
Keywords: carbonaceous chondrite, chemical imaging , soluble organic compounds

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# NWA8613隕石中のヒボナイトとメリライトに富む細粒難揮発性包有物の酸素同位体分布とAl-Mg年代
# O and Al-Mg isotope systematics of a hibonite-melilite-rich fine-grained CAI in the reduced CV chondrite NWA8613

*和田 壮平[1]、川崎 教行[1]、圦本 尚義[1,2]
*Sohei Wada[1], Noriyuki Kawasaki[1], Hisayoshi Yurimoto[1,2]

1. 北海道大学、2. 宇宙科学研究所
1. Hokkaido University, 2. ISAS/JAXA

隕石に含まれるCa–Al-rich inclusions (CAIs) は，太陽組成高温ガスからの凝縮鉱物により構成される岩石である [1]．CAIsは，岩石学的に粗粒CAIsと細粒CAIsに分けられる．その中でも，細粒CAIsは，希土類元素パターンと鉱物の複雑な層構造から，溶融を経験していない凝縮物であると考えられている [2, 3]．粗粒Type B CAIsのように溶融を経験したCAIsについては，これまでに詳細に形成過程研究，酸素同位体組成の非平衡分布の起源解明や，形成年代測定がなされてきた [4, 5]．一方，細粒CAIsについて，それらを系統的に行った研究はこれまでにほとんどない．本研究では，NWA8613 CVコンドライト中の細粒CAIについて，形成過程と周囲のガスの酸素同位体変化，および形成年代を明らかにすることを目的とし，系統的な岩石学的研究・局所酸素同位体分析・$^{26}$Al–$^{26}$Mg年代測定を行った．試料の観察と元素分析には，走査電子顕微鏡システム FE-SEM-EDS-EBSD (JEOL JSM-7000F; Oxford X-Max$^{N}$ 150; Oxford HKL) を用いた．局所酸素・Al–Mg同位体分析は，二次イオン質量分析計 (SIMS, Cameca ims-1270e7, 1280HR) で行った．

本細粒CAIは，10 ×12 mmのサイズで，不規則な外形をもつ．本CAIは主に，メリライト，ヒボナイト，スピネルから構成され，これらの鉱物がCAI全体で存在比を変えながら分布する．鉱物の組み合わせ自体は，粗粒Type A CAIによく似ているが，よりヒボナイトに富むことが特徴である．構成鉱物の酸素同位体組成は，CCAM (Carbonaceous Chondrite Anhydrous Mineral) ライン上にプロットされる非平衡分布を示し，$\Delta^{17}$O ~ –23から0 ‰の間に分布している．本CAIは岩石学的にヒボナイトに富むコア部，スピネルに富むコア部，メリライトに富む内部マントル部，ヒボナイトとスピネルに富む外部マントル部に分けられる．さらに包有物の周囲は，薄いスピネルとディオプサイドの層状リムに囲まれている．メリライト結晶は，コア・マントル部それぞれに含まれている．コア部のメリライト結晶は結晶内部がゲーレナイト成分に富み，結晶粒界部分がオケルマナイト成分に富む正累帯構造をもち，$\Delta^{17}$O ~ –23から–10‰の間の酸素同位体組成変化を示す．メリライトの酸素同位体組成と化学組成の変化には相関がみられ，オケルマナイト成分値 (Åk値) が上昇するにつれて$\Delta^{17}$O値が上昇する傾向を示す．内部マントル部に見られるメリライト結晶は，結晶の中心部分から粒界に向かって，まず，逆累帯構造の結晶成長を示し，その周りで正累帯構造に転じ，さらに再び結晶リム部にかけて逆累帯構造へと変化する．一方，その酸素同位体組成は，このような複雑な化学組成変化 (Åk2–14) にかかわらず，均一な値を示す ($\Delta^{17}$O ~ 0 ‰)．外部マントル部のメリライト結晶は，正累帯構造をもつ．酸素同位体組成は，$\Delta^{17}$O ~ –17から0 ‰の間の変化を示し，Åk値が上昇するにつれて$\Delta^{17}$O値が上昇する傾向を示す．ヒボナイトとスピネルは，その産状・組織にかかわらず均一な酸素同位体組成を示した ($\Delta^{17}$O = –23 ‰)．コア部と外部マントル部に含まれるヒボナイトと内部マントル部に含まれるメリライトのAl–Mg同位体組成はアイソクロン図上で全て一つの直線上にプロットされた．このAl–Mg鉱物アイソクロンが与える初生$^{26}$Al/$^{27}$Al比は (4.50 ±0.09) ×10$^{-5}$である．

本CAIと同じバルク化学組成をもつメルトからは，ヒボナイトが晶出しないことが実験的に示されているが [6]，本CAI中では，ヒボナイトが存在比を変えながら全域に分布している．また，内部マントルのメリライト結晶の化学組成が振動する累帯構造をメリライトのメルト晶出により説明ことは難しい．これらの岩石学的組織は，メリライトが星雲ガスから凝縮しながら，先に形成していたヒボナイトとスピネルを取り込みつつ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

CAIが成長したことを示している．鉱物間の酸素同位体非平衡分布は，その凝縮時に，周囲のガスの酸素同位体組成$\Delta^{17}O$ が~ −23から0 ‰の範囲で変動していたことを示し，さらにその変動方向は，少なくとも，$^{16}O$に富む組成から乏しい組成に変化し，再び$^{16}O$に富む組成へと変化していたことを示す．また本CAIの初生$^{26}Al/^{27}Al$比は，この一連の形成過程が，太陽系最初の固体形成 [7] から16 ±2万年後に起きていたことを示唆する．本研究は，太陽系の形成最初期のおよそ20万年の間，異なる酸素同位体組成をもつガスリザーバが存在していたこと [8] を支持する．

**References:** [1] Grossman (1972) *GCA* 36, 597–619. [2] Boynton (1975) *GCA* 39, 569–584. [3] Krot et al. (2010) *MaPS* 39, 1517–1553. [4] Kawasaki et al. (2018) *GCA* 221, 318–341. [5] Yurimoto et al. (1998) *Science* 282, 1874–1877. [6] Beckett and Stolper (1994) *MaPS* 29, 41–65. [7] Larsen et al. (2011) *ApJL* 735 L37–L43. [8] Kawasaki et al. (2017) *GCA* 201, 83–102.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 炭素質コンドライトALH A77307におけるコンドリュールリム中のエンスタタイトウィスカーの観察
# Observation of Enstatite Whiskers in Fine-grained Rims in the Carbonaceous Chondrite ALH A77307

*代田 泰久[1]、安武 正展[1]、延寿 里美[1]、土山 明[1]
*Yasuhisa Shirota[1], Masahiro YASUTAKE[1], Satomi Enju[1], Akira Tsuchiyama[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planet, Science, Kyoto University

**はじめに** コンドライト組成をもつ多孔質惑星間塵(CP IDP)は、彗星に起源をもつ太陽系で最も始原的な物質の一つであると考えられている(Bradley et al., 1983)。CP IDPには、エンスタタイトウィスカーと呼ばれるエンスタタイト($MgSiO_3$)の微小なひげ状結晶が含まれている。エンスタタイトウィスカーは原始太陽系星雲においてガスからの凝縮により形成された物質と考えられている。

一方、炭素質コンドライトの中には変成をほとんど受けていない始原的な特徴を保持している隕石が存在し、Vaccaro et al. (2017)やMatsumoto et al. (2018)は、このような始原的炭素質コンドライトのマトリクス中にエンスタタイトウィスカーを発見した。もし、これらがCP IDPs中のものと同様であるとすると、隕石の起源である小惑星だけでなく彗星の形成過程にも大きな制約を与えることになる。しかしながら、炭素質コンドライト中に見出されたウィスカーの数は少なく、ウィスカーが隕石中に普遍的に存在するかどうか、またCP IDPsに産するものと同様のものであるか、その詳細は未だ明らかにされていない。

本研究の目的は、始原的炭素質コンドライトの詳細な走査型電子顕微鏡(SEM)観察により、多くのウィスカー状エンスタタイトを見出し、どのような部分にどのような頻度で存在するのかを明らかすることである。また、透過型電子顕微鏡(TEM)による詳細な観察および記載を行い、その起源に制約を与えることを目指した。

**サンプルと手法** 試料は最も始原的な炭素質コンドライトの一つであるALH A77307(CO3.0)を用いた。Vaccaro et al. (2017)によってこの隕石中に、エンスタタイトウィスカーが存在することが報告されている。組織観察は、京都大学、およびJAXA宇宙科学研究所にて行った。まず、隕石の研磨薄片をFE-SEM(JEOL JSM-7001F, Hitachi HT SU6600)により詳細に観察するとともにEDSによる元素マッピングを行うことでエンスタタイトウィスカーの探索を行った(加速電圧8 kV、プローブ電流100 pA)。これにより見出された一つのエンスタタイト結晶については、京都大学にて収束イオンビーム(FIB)装置(FEI Helios NanoLab 3G CX)を用いて薄膜試料を作成し、TEM(JEOL JEM2100T)による観察と(S)TEM/EDSによる分析を行った

**結果と考察** 3つのコンドリュールを取り囲む細粒リムにおいて、エンスタタイトウィスカーの探索を行った。これらのリムは、マトリクスと同様に、主に非晶質ケイ酸塩、カンラン石、輝石、Fe,Niメタルの集合体からなる。観察した全ての領域において、合計12本のウィスカー状エンスタタイトを発見した。発見されたウィスカーで最大のものは長さ11.9 μm、幅0.27 μmである。Bradley et al. (1983)をもとにウィスカーの分類を行った結果、アスペクト比が20以上のRodが４本、20以下のRibbonが８本であった。これらの数密度は少なくとも40本/$mm^2$であり、CP IDP中の存在度と比べると低いものの、ウィスカー状エンスタタイトが細粒リムに普遍的に存在する可能性を示唆している。今回発見されたウィスカーの一部には、しなりや折れた部分が観察され、CP IDPs中のものとは異なる。これはウィスカーがリムとして集積した時に変形した結果であると考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

1本のRibbon結晶（長さ1.21μm、幅0.16μm）の薄膜試料をTEMにより観察した結果、c軸方向に伸長した直方エンスタタイトであることがわかった。これは３次元的には、c軸に伸長した柱状結晶か、あるいは（010）に扁平な板状結晶であると考えられる。この結果から、この結晶はCP IDP中のものと同様に原始太陽系星雲中の凝縮過程により形成された板状結晶(Bradley et al., 1983)、もしくは、アニーリングにより非晶質ケイ酸塩から結晶化したもの(Brearley, 1993)である可能性が考えられる。炭素質コンドライト中のウィスカー状結晶のより詳細な成因を明らかにするためには、Rod結晶のようなウィスカー状エンスタタイトのさらなる鉱物学的分析が必要である。

[1] Vaccaro E. (2017) PhD thesis. The Open University. [2] Bradley J. P. et al. (1983) Nature. 301, 473-477. [3] Matsumoto M. et al. (2018) 81st Annual Meeting of the Meteoritical Society [4] Brearley. (1993) Geochim. Cosmochim. Acta 57, 1521-1550

キーワード：エンスタタイトウィスカー、始原的炭素質コンドライト
Keywords: Enstatite whisker, Primitive Carbonaceous Chondrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 3D observation of whisker-like material in the porous matrix of the Paris CM chondrite by SR-XCT

*安武 正展[1]、Epifanio Vacarro[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、土山 明[1]
*Masahiro YASUTAKE[1], Epifanio Vacarro[2], Kentaro Uesugi[3], Akihisa Takeuchi[3], Tsukasa Nakano[4], Akira Tsuchiyama[1]

1. 京都大学大学院　理学研究科　地球惑星科学専攻、2. National History Museum, London、3. JASRI/SPring8、4. 産総研地質調査センター
1. Division of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National History Museum, London, 3. JASRI/SPring8, 4. GSJ/AIST

Introduction The chondritic-porous interplanetary dust particles (CP-IDPs) are well-known material, that preserves primitive and pristine features of the early solar system. Enstatite whisker is one of the materials that characterizes CP-IDPs. It is thought that enstatite whiskers are condensates formed in the inner solar system and transferred to the outer regions, where comets formed [e.g. 1, 2]. Recently, whisker-like enstatite crystals were found in the primitive carbonaceous chondrites [3, 4]. However, the whisker-like materials they found could be a cut-plane of thin enstatite plate. By the 2D observation, it is hard to solve this matter. 3D observation based on synchrotron radiation X-ray nano-CT is a strong tool to understand the crystal shape, mineral phase, and rough composition. We conducted a 3D observation to better understand the characteristics of whisker-like materials in primitive carbonaceous chondrites.

Methods We investigated the Paris primitive CM chondrite. Paris was reported to have a very primitive matrix that includes GEMS-like materials [5]. A section of this meteorite was observed and elemental maps of the primitive matrix were obtained by FE-SEM/EDS. A house-shaped CT sample (~25 x 25 x 30 $\mu$m) was extracted from the primitive matrix by using a FIB-SEM. CT data of the micro-samples were conducted at beamline BL47XU, SPring-8. CT images were acquired at energies of 7 keV and 7.35 keV with voxel sizes of ~32.2 nm and ~ 33.9 nm, respectively. Mineral phases were estimated using dual-energy tomography (DET) method using the X-ray linear attenuation coefficient (LAC) [6].

Result and Discussion The observed matrix is a part of the fine-grained rim of Type I porphyritic olivine pyroxene chondrule. The matrix is porous and consists mainly of amorphous silicates that include sub-micron sized Fe-rich phases. Whisker-shaped materials are abundant in the CT sample observed. However, fibrous alteration materials were also reported in the matrix of Paris [5]. The whisker-like materials observed might include such products in addition to enstatite. The size of the largest whisker is ~6 $\mu$m x ~700 nm x ~350 nm (Fig. 1) and similar to ribbon-type enstatite whisker in the CP-IDPs [1]. This whisker has a curved shape unlike those in CP-IDPs. Probably it reflects deformation during accretion to the parent body and/or planetary processes such as planetary collision.

The LAC values of most whisker materials are hard to obtain quantitatively because refraction of X-ray at the edges of the narrow whiskers enhanced their LAC values. The LAC values of the largest whisker are less affected by refraction and have the range of ~170-180 $cm^{-1}$ and ~250-270 $cm^{-1}$ at 7.00 and 7.35 keV, respectively. These values are consistent with those of pyroxene ($En_{80}Fs_{20}$) and clearly distinguishable from the values of fibrous alteration products (cronstedtite, tochilinite, and ferrihydrite) [5]. The above results suggest that this whisker material is an enstatite whisker. The possibility of olivine whisker (~$Fo_{85}$) cannot be excluded but forsterite whiskers have not been reported so far. Thus, it is reasonable to consider that the enstatite whiskers accreted to the carbonaceous chondrite parent body.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Crystallographic features such as defects and direction of elongation are still not examined. Investigation of crystallography is required to constrain the formation processes of whiskers, and it will enable us to compare the enstatite whiskers in carbonaceous chondrites with those in CP-IDPs.

Reference [1] Bradley (1983) *Nature*, 301, 473-477. [2] Bradley, J. P. (2003) *Treatise on geochemistry*, 1, 711. [3] Vaccaro (2017) PhD thesis, The Open University. [4] Matsumoto et al. (2017) abstract JAMS annual meeting. [5] Leroux et al. (2015) *GCA*, 170, 247-265. [6] Tsuchiyama et al, (2013) *GCA*, 116, 5-16.

キーワード：CMコンドライト、Paris隕石、始原的マトリクス、エンスタタイトウィスカー、SR-XCT
Keywords: CM chondrite, Paris meteortite, Primitive matrix, Enstatite whisker, SR-XCT

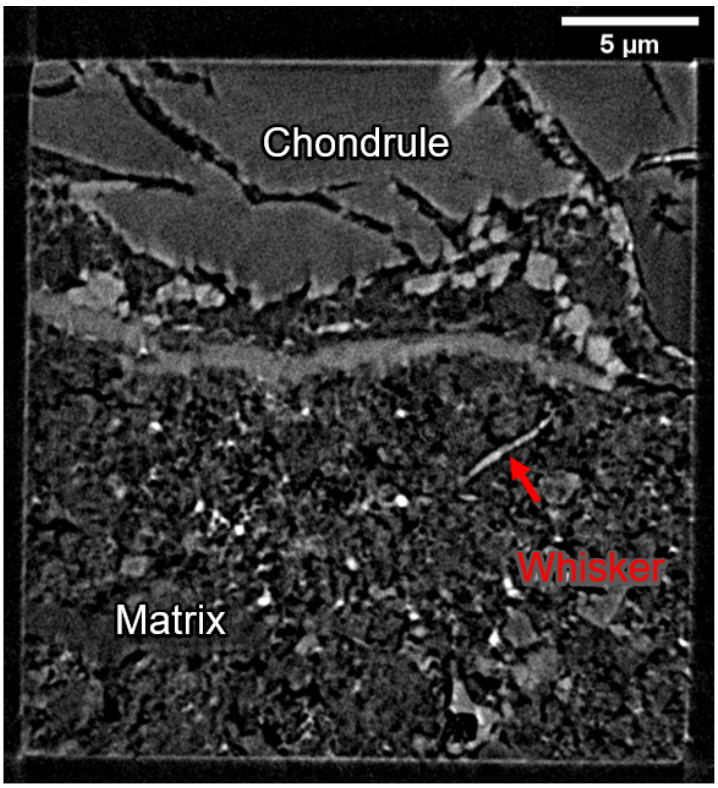



Fig. 1. CT image of porous matrix in Paris acquired at 7 keV. Silicates are shown in light grey. Amorphous silicates are shown in dark grey. Metal and sulfide are shown in white. The enstatite whisker is shown by red arrow.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 流体包有物の同位体分析のための凍結SIMS法の開発
# Development of cryogenic SIMS technique for isotope analysis of fluid inclusions

*磯野 雄生[1]、坂本 直哉[2]、臼本 尚義[3]
*Isono Yuki[1], Naoya Sakamoto[2], Hisayoshi Yurimoto[3]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星システム科学講座、2. 北海道大学創成研究機構、3. 北海道大学理学研究院自然史科学部門
1. Department of Natural History Sciences, Hokkaido University, 2. Creative Research Institusion, Hokkaido University, 3. Department of Natural History Sciences, Hokkaido University

**イントロダクション:** 隕石中のハライト結晶に含まれる流体包有物は、地球外の水の直接的な情報を保持している[1]。凍結ステージを有したSIMSにより、隕石中の流体包有物についてその場局所同位体分析が行われた [2]。しかし、イオンビームで結晶中の流体包有物を露出させるためにできる深いスパッタクレータにより、分析精度が $\delta^{18}O$ の値で±14 ‰(1 $\sigma$) に制限されていた。分析精度を向上のために、凍結した流体包有物を窒素ガス雰囲気下で研磨し、試料表面に露出させる方法を試みている [3, 4]。凍結研磨した流体包有物をSIMS分析するためには、表面を金などの導電膜で覆う必要があるが、蒸着装置に導入する前に霜が試料表面に付着するために、良好な導電膜の生成が困難であった。そのときの試料温度は-100 ℃であり、一方、グローブボックス内の露点 (-60 ℃) は試料温度より高温であったため、本研究では試料温度を変更した。

**凍結試料調整法の改良:** 凍結SIMSのための凍結試料調整システムは、グローブボックス中に設置された凍結研磨装置と金蒸着装置からなる。凍結研磨装置の温度は-35 ℃に設定し、試料表面での霜の付着は見られなかった。金蒸着装置内の真空では氷の昇華温度が-50 ℃程度であるため、研磨した試料を新たに設計した井戸型の極低温蒸着台に設置し、液体窒素で-196 ℃まで冷却した。蒸着台は、試料の表面に霜がつかないよう液体窒素から生成した窒素ガスで満たされている。試料温度は、4分間の蒸着中に液体窒素温度 から-130 ℃程度まで上昇すると推定される。

研磨・金蒸着したエポキシ樹脂上の$H_2O$氷を凍結ホルダーにセットし、凍結輸送システムにより-190 ℃に冷却されたSIMS (Cameca ims-1270) の凍結ステージに導入した。ルーツポンプを用いて凍結ステージへ液体窒素を供給することにより、ステージの振動を低減した。酸素同位体の分析条件は[2]と同様である。

SIMS分析によって$H_2O$氷から酸素同位体の質量スペクトルを得た。$^{16}O^-$ピークの強度は$2.8 \times 10^5$ cpsであり、ピークの両側に左右対称な3 cps程度のテールがみられた。$^{16}OH^-$の強度は$^{16}O^-$の強度と同等であり、$^{17}O^-$に対する$^{16}OH^-$の妨害の寄与は約10 ‰であった。高精度な$H_2O$氷の酸素同位体分析のためには、テール補正法[2]、もしくは$^{16}OH^-$および$^{17,18}OH^-$ピークを用いた酸素同位体分析が効果的であると考えられる。

**References:** [1] Zolensky M. et al. (1999) Science, 285, 1377-1379. [2] Yurimoto H. et al. (2014) Geochem. J, 48, 549-56. [3] A. Ishibashi (2014) Master thesis [4] J. Song (2017) Master thesis.

キーワード：流体包有物、凍結SIMS、酸素同位体
Keywords: Fluid inclusion, Cryogenic SIMS, Oxygen isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ガンドルフィ・アタッチメントを用いたX線回折実験：微小地球外物質への適用

# X-ray diffraction study using Gandolfi attachment: Implications for small extraterrestrial materials

*今栄 直也[1,2]、木村 眞[1]
*Naoya Imae[1,2], Makoto Kimura[1]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学
1. Antarctic Meteorite Research Center, National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI

Introduction

Recent studies have established the bulk features of various chondrite species based on the X-ray diffraction patterns (Howard et al. 2009; Imae and Nakamuta 2018; Imae et al. 2019). In the present study, X-ray diffraction experiments were carried out using Gandolfi attachment in order to apply for small extraterrestrial materials of various kinds of stony meteorites. The present technique is convenient in the laboratory and also useful for rapidly identifying the mineral species without any significant sample loss.

Experiments

We used the X-ray diffractometer in air with the goniometer radius of 30 cm (RIGAKU, SmartLab) at NIPR on the following conditions: (1) CuKa1 with 40 kV, and 30 mA for glass X-ray tube and 40 mA for ceramic X-ray tube, (2) the X-ray beam of 0.4 mm in diameter obtained from the polycapillary focusing optics (CBO-f unit), (3) the strip detector (D/teX Ultra 250) for counting diffracted X-rays, (4) the revolution rate of the goniometer head on the Gandolfi attachment at 30 rpm, and (5) the scan speed of normally 0.2 º/min or 0.5 º/min with the step of 0.01º and the average of the repeated analyses.

Glass fiber (13 $\mu$m in diameter) attached with glass rod (1 mm in diameter) was mainly used for holding samples. Both powder and grain samples with the diameter of ~0.2-0.8 mm were used for the measurements.

Powders and single grains for San Carlos olivine and NWA 4719 L6 chondrite were used for the calibration focused on olivine 130 index. So far, 36 stony meteorites have been measured and they are 27 ordinary chondrites (mostly Antarctic meteorites), 5 carbonaceous chondrites, an E chondrite (NWA 7401), a eucrite (Cachari), a diogenite (Bilanga), and an aubrite (Pena Blanca Spring).

Results and discussion

Calibration: The two-theta position of the olivine 130 peak for the powder samples of San Carlos olivine shows nearly consistent value by Yoder and Sahama (1957), on the contrary, the intensity of the San Carlos olivine grains is lower than that of powder on the similar measurement condition, and in addition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

the position of the two-theta is slightly higher than that of powder. In case of chondrite (NWA 4719 L6), the intensity is significantly lower than San Carlos olivine. Although the two-theta values for powder samples and grain samples are within the mean Fa# range of L group, the intensity of grain is significantly lower than that of powder.

Samples: The systematic differences of olivine 130 two-theta values were observed among ordinary chondrites: 32.18º-32.29º for H, 32.15º-32.21º for L, and 32.13º-32.16º for LL. These ranges include that the two-theta values are obviously higher than the ranges expected from the mean Fa# for three chemical groups (32.18º-32.21º for H, 32.12º-32.16º for L, and 32.08-32.12 for LL, Yoder and Sahama 1957). The existence of orthoenstatite 511 peak is an indicator for equilibrated ordinary chondrites but not definite, since the peak intensity is normally low. More ferroan olivine peak than ordinary chondrites appears from carbonaceous chondrites. EL6 consists of orthoenstatite. Diffraction patterns of achondrites are different from those of chondrites: pigeonite and anorthite peaks for eucrite and dominant orthopyroxene for diogenite, and dominant clinoenstatite for an aubrite. Fine-grained powder samples may represent the bulk chondrite compositions, but not for grains. This may lead to the different diffraction pattern.

Summary

The present technique is useful conveniently for examining limited or small extraterrestrial materials, when we take into consideration the variations for chondrite species depending on the different sample conditions of powder or grain and the relative modal abundance of olivines and pyroxenes for grains with the limited range of variation of the chemical groups.

Acknowledgements

NI is grateful to Dr. Yoshihiro Nakamuta for discussions, and the study is partly supported by NIPR and KAKENHI (17K05721).

References

Howard K. T., Benedix G. K., Bland P. A., and Cressey G. 2009. Geochimica et Cosmochimica Acta 73: 4576-4589.

Imae N. and Nakamuta Y. 2018. Meteoritics & Planetary Science 53: 232-248.

Imae N., Kimura M., Yamaguchi A., and Kojima H. 2019. Meteoritics & Planetary Science (In press).

Yoder Jr. H. S. and Sahama T. G. 1957. American Mineralogist 42: 475-491.

キーワード：X線回折実験、ガンドルフィー　アタッチメント、微小地球外物質、隕石

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: X-ray diffraction study, Gandolfi attachment, small extraterrestrial materials, meteorites

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Trace elements analysis and Ar-Ar dating for microgram-scaled extraterrestrial samples

*岡崎 隆司[1]、関本 俊[2]
*Ryuji Okazaki[1], Sekimoto Shun[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 京都大学複合原子力科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 2. Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

In order to elucidate the origin and evolution of planetary materials, it is important to determine the chemical composition and timing of geological events for specific minerals and microscopic portions, such as impact melt pockets, CAIs (Ca- and Al-rich Inclusion), and chondrules. Combination of EMPA, INAA, and noble gas analysis are one of the best way to determine chemical and isotopic compositions of extraterrestrial dust particles (micrometeorites) and spacecraft-returned samples.
As a first step, we have analyzed rock fragments (<several hundreds of micrometer in diameter) recovered from Holbrook L6 chondrite. Neutron irradiation and NAA experiments were conducted at Institute of Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto Univ. Allende CV3 and Madagascar feldspar were used for standardization of INAA and Ar-Ar analyses, respectively. Each of the sample particles was individually placed in a conical dimple ($\phi$1, depth ~ 0.5 mm) of a sapphire disk ($\phi$5.5, 1.5 mm thick), and covered with a sapphire disk ($\phi$5.5, 0.3 mm thick). Each of the sapphire container was wrapped with pure aluminum foil. These Al-wrapped containers were stacked and sealed in aluminum capsules to perform neutron irradiation at the hydro-irradiation port. After irradiation, the samples were recovered from irradiated glass containers, and moved to non-irradiated containers in order to reduce the radioactivity from the sapphire containers and Al foil. Gamma-ray measurements for short half-life nuclides were performed promptly after collection of the samples. Several months after the irradiation, some of the Holbrook samples were transported to Kyushu Univ. to measure noble gas isotopes.
Concentrations of Co and Ni in two Holbrook samples were determined to be 57 and 157, and 1260 and 13400 ppm, respectively. The Ni/Co ratios of the Holbrook samples are 22 and 85, which are similar to those observed in iron meteorites and chondrites (e.g., Ebihara et al., 2011). The result guarantees our NAA measurement.
Noble gas isotopes ($^{36}$Ar, $^{38}$Ar, $^{39}$Ar, and $^{40}$Ar) were determined for different two Holbrook samples using stepwise heating method. The bulk $^{39}$Ar concentration in the irradiated standard feldspar (K: 12.6 wt%) is 7E-6 cm$^3$STP/g, and the bulk $^{39}$Ar/$^{40}$Ar ratio is 0.026. The result indicates that the neutron flux of KURRI is enough to determine $^{39}$Ar for microgram samples with K>0.1 wt%. Using the neutron flux determined by the standard feldspar, with 450 Ma of K-Ar age (ranging 435-461 Ma; Flude et al, 2014), we calculated the Ar-Ar ages for two Holbrook samples (9.4 and 16.8 $\mu$g) to be 3795±368Ma (based on 3 plateau ages of 4 stepwise extractions) and 3714±128Ma (based on 4 plateau ages of 7 stepwise extractions). Noble gases extracted at the lowest and highest temperature steps are influenced by atmospheric Ar, resulting unreasonable old Ar-Ar age. Based on these results, we found appropriate extraction temperature for plagioclase-rich microgram samples to be 600, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, and 1600 ˚C.
Through this study we have established an analytical method that consists of a combination of EPMA, INAA, and noble gas analyses. The new method will be applied for Antarctic micrometeorites and the Hayabusa2 samples.

キーワード：Ar-Ar年代、隕石、微隕石、INAA、Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: Ar-Ar age, meteorite, micrometeorite, INAA, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 小型の永久磁石を用いた低温固体粒子の磁気分離と物質同定
# Magnetic separation and identification of low-temperature solid particles using their translation caused by a pair of small permanent magnets

*植田 千秋[1]、山口 若菜[1]、久好 圭治[1]、寺田 健太郎[1]
*Chiaki Uyeda[1], Wakana Yamaguchi[1], Keiji Hisayoshi[1], Kentaro Terada[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻
1. Institute of earth and Space Science Graduate School of Science Osaka University

近年、ネオジム磁石による磁気力によって、異なる粒子の集合体を微小重力空間内で並進させ、物質の種類ごとの集団に分離する原理が実証された。さらに粒子の速度から求めた磁化率から、その物質の種類を非破壊で識別できることが、様々な物質で示された[1]。自然界に存在する物質の多くは、反磁性体あるいは弱い常磁性体であり、それらは物質ごとに各々固有の磁化率を有している。この磁化率の差異によって、上記の分離や同定が可能になる。これまで磁気並進の実験は、主として室温条件で検証されてきた[1]。しかし自然界に存在する粒子の大多数は、小惑星以遠の太陽系や、地上の寒冷地で見られるように、揮発性の低温固体である。これまで私たちは$T$ = 200Kの低温条件で、氷やドライアイスの磁気並進を観測した[2]。さらに$T$ = 100K以下の条件で、ＣＯ，エタン、メタン、窒素などの低温固体の磁気分離を目指しており、今回はこれに向けた成果を報告する。

微小重力空間での磁気分離は、以下のメカニズムによって進行する。一方向に減少する磁場を空間内に設定し、その中の一点で、質量$m$の単一の反磁性粒子を静かに開放する。すると粒子内には磁場と逆方向に反磁性磁化が発生し、これが磁場勾配による磁気力を生む結果、粒子は磁場ゼロの方向に並進する[1]。そして粒子が磁場ゼロの空間に達した時の終端速度は、エネルギー保存則により、初期位置の磁場強度と物質固有の磁化率のみに依存し、$m$に依存しない。従って、物質の種類が異なる複数の粒子を、磁場勾配内の同一位置で開放すると、それらの粒子は、$m$の大小に関係なく、(磁化率の差異のみによって）物質の種類ごとの集団に分かれて並進し、分離が実現する[1]。

今回開発する測定システムでは、まず断熱二重ガラス容器の中に液体窒素を充填して、内部を冷却し、その中に小型のネオジム磁石を設置して磁場勾配を発生させる。この磁場空間の中に、固体エタン粒子（融点90 K）を試料としてセットする。以上のセットアップを落下用の木箱内に設置し、180cmの高さから自由落下させて、0.5秒間の微小重力環境を作る。そして自由落下中の粒子運動を高速度カメラで観測し、得られた終端速度から粒子の磁化率を求める。この値を文献値と比較し、粒子の分離と同定が上記の原理通り実現するか検証する。

今後は現装置の改良を行い、メタン（融点91K）、一酸化炭素（融点68K）窒素（融点63K）などの固体粒子の磁気並進運動を観測する。これが実現すれば、氷天体および太陽系外縁部に存在する主要な固体物質について、磁気分離による分析を実施できる展望が得られる。周知のように、太陽系内において固体物質の詳細な物質分布を知るには、広い空間領域で無人探査を実施し、各観測点での物質の存在頻度のデータを、効率よく分析し集積する必要がある。このような分析を実現できる装置の要点として、①原理が単純で実証済である、②サイズがコンパクトで堅牢、③電力消費が少ない、④試料の非破壊測定が可能、などが挙げられる。今回開発した装置は、上記の条件を、①以外はほぼ満たしている。従って今後、測定精度を向上させることで、将来的には、既存の質量分析計や赤外分光計装置などの既存の手法を補完する装置に発展する可能性がある。なお外惑星のリングや衛星表面は、揮発性固体とシリケートを端成分にもつ混合体で構成されていると考えられており、探査の現場では、広大な探査領域で、その質量比を効率よく知る必要がある。今回提案した磁

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

気分離装置は、その機能を果たす潜在力も有している[3]。

[1] Hisayoshi, Uyeda & Terada (2016) Sci., Reps., 6, 38431.

[2] Yamaguchi, Hisayoshi, Uyeda & Terada (2017) J. Phys., Conf. Ser.903, 012026.

[3] Hitomi, Yamaguchi, Hisayoshi, Uyeda (2018) Planet Space Sci., available online.

キーワード：磁気分離、反磁性体、低温固体
Keywords: magnetic separation, diamagnetic material, low temperature solid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# The metallographic cooling rate of the Tafassasset primitive achondrite

*杉浦 直治[1]、荒井 朋子、松井 孝典
*naoji sugiura[1], Tomoko Arai, takafumi matsui

1. 千葉工業大学
1. Chiba Institute of Technology

Tafassasset (Tafa) is a primitive achondrite with carbonaceous chondrite-like (CC) isotopic (Cr etc.) signatures. Cooling rates and chronological information give valuable insight on the evolution of achondrite parent bodies. Brent et al. [1] constructed an evolutionary model (the parent body with a radius ~17 km, accreted at ~1 Ma after CAI; Tafa is located in the middle of the mantle). It is mainly based on the chronology, but is considered to be supported by the metallographic cooling rate (100~200 C/Ma). But it is said to require refinement. Here we report observations of the metal texture and compositions, based on which a cooling history is derived.

Observation

Fe-Ni grains (average composition ~10 mol.% Ni) in Tafa show various textures. Many grains show kamacite that nucleated on the metal-silicate boundary and expanded inward during cooling. The central part is zoneless plessite which must be martensite at higher temperatures but now is made of kamacite and taenite. An interesting feature is that the boundary of kamacite and interior plessite is made of thin (~a few mm wide) taenite wall, suggesting rapid coolig. The compositions range from 17 to 31 % Ni and the average is ~26% Ni. Considering the difficulties in measuring compositions of thin taenite rim, the real value could be ~31% Ni. The zoneless plessite interior (average composition ~10 mol% Ni) is made of taenite islands in kamacite matrix. The taenite island sizes are usually only a few mm or less and the compositions range, if measurable, from 28 to 39% Ni, and the average is ~34% Ni. Again, the real value is considered to be close to ~39% Ni. A typical distance between taenite islands is ~10 mm. There are isolated zoned taenite grains, the central compositions of which are correlated with the size. There are zoned taenite grains which are surrounded by kamacite. Their compositions at the center mostly do not depend on the size, and is ~10 mol.% Ni. We note that cloudy taenite is not observed in any taenite grains. It is also to be noted that the phosphorous content in metal is nearly zero because phosphide is not observed.

Cooling rates

Estimates of the cooling rates can be made based on the above observations. Plotting on Fig.1 of [2], the isolated taenite data suggest a cooling rate slightly faster than $10^4$ C/Ma. The data from zoned taenite surrounded by kamacite, when plotted on the same diagram, suggests a much faster cooling rate, but this may be artifact due to late nucleation of kamacite. Using the concept of closure, the thin taenite wall with ~31% Ni suggests a cooling rate ~$10^4$ C/Ma. Similarly, taenite islands with ~39% Ni in zoneless plessite suggest a cooling rate ~$10^3$ C/Ma. Distance between taenite islands could also be used for the cooling rate estimate. Assuming that diffusion in kamacite controls the island separation, a cooling rate of ~$10^4$ C/Ma is obtained. Absence of cloudy taenite is also consistent with rapid cooling.

Discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Although there are variations in the cooling rates depending on the features used for the calculation, it is clear that the cooling rate of Tafa (~$10^4$ C/Ma) is much faster than previously considered [2]. In order to cool at this rate, Tafa has to be located at a shallow depth (~1km from the surface). Because of this, the parent body size cannot be constrained well, except that it is much larger than 10 km in order to be kept warm at ~3.5 Ma (Mn-Cr age [3]). The rapid cooling is consistent with the chronological data. All (Hf-W, Pb-Pb, Mn-Cr and Al-Mg) ages may be identical. Or, the Hf-W age may be older than the rest because of the higher closure temperature.

[1] Brent et al., 2015, EPSL, 45, 193.

[2] Taylor et al., 1987, Icarus, 69, 1.

[3] Gopel et al., 2015, GCA,156,1.

キーワード：始原的エイコンドライト、金属学的冷却速度、母天体
Keywords: primitive achondrite, metallographic cooling rate, parent body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# The systematic investigations of high-pressure minerals in lunar basaltic meteorites

*宮原 正明[1]、高妻 一就[1]、大谷 栄治[2]、山口 亮[3]、境 毅[4]、大藤 弘明[4]、富岡 尚敬[5]、兒玉 優[6]
*Masaaki Miyahara[1], Kazunari Kozuma[1], Eiji Ohtani[2], Akira Yamaguchi[3], Takeshi Sakai[4], Hiroaki Ohfuji[4], Naotaka Tomioka[5], Yu Kodama[6]

1. 広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、3. 国立極地研究所、4. 愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、5. JAMSTEC高知コア研究所、6. マリンワークジャパン
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University, 2. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Geodynamics Research Center, Ehime University, 5. 5Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Marine Works Japan

The Moon has recorded the impact history for ca. 4.5 Ga, which is closely related with the orbit evolution of asteroids and planets in the solar system. The impact events occurred on the moon can be clarified using lunar meteorites. The lunar meteorites have several kinds of evidence for the impact events: e.g., brecciation, shock-induced melting, and high-pressure polymorphs. The high-pressure polymorph is one of the important clues for clarifying the impact events because we can constrain several physical parameters (e.g., shock pressure) for the impact events. However, only a few lunar meteorites were investigated about the high-pressure polymorphs. Several radio-isotope ages in the lunar meteorites were measured to deduce when the impact events occurred. However, the relevance between the radio-isotope ages and the shock features has not been clear. Accordingly, we initiated to investigate the shock features, especially the shock-induced melting and high-pressure polymorphs in the lunar mare basalt, NWA 032, NWA 479, NWA 2727, NWA 2977, and NWA 4898 using FE-SEM, Raman, EMPA, and FIB-TEM techniques to obtain the clues for clarifying the impact events occurred on the moon.

NWA 032 consisted of a basaltic portion and a small amount of breccia. Olivine, Ca-pyroxene, and low-Ca pyroxene occurred as phenocrysts in the basaltic portion. The matrix was filled with spherulitic textures consisting of plagioclase and Ca-pyroxene. Several shock-melt veins and melt-pockets occurred in the basaltic portion. Several olivine grains next to the shock-met veins have transformed into ringwoodite. The estimated shock pressure is ~13 GPa at least. The petrological and mineralogical features of NWA 479 were similar to those of NWA 032. Olivine grains entrained in the shock-melt veins dissociated into bridgmanite + (Mg, Fe)O. The estimated shock pressure is ~23 GPa at least. NWA 4898 showed the basaltic texture. Olivine occurred as phenocrysts. The matrix portion consisted mainly of Ca-pyroxene and plagioclase. A trace amount of silica minerals was entrained in the shock-melt veins. Some silica minerals in the shock-melt veins were stishovite. Ca-pyroxene next to the shock-melt veins dissociated into ahrensite, pyroxene-glass, and (probably) silicate titanite. The estimated shock pressure is ~9 GPa at least. NWA 2977 showed a gabbroitic texture and consisted mainly of olivine, low-Ca pyroxene, Ca-pyroxene, and plagioclase. Olivine grains next to or entrained in the shock-melt veins have transformed into ringwoodite. The estimated shock pressure is ~16 GPa at least. Two third of NWA 2727 was breccia and the other was gabbroitic. The gabbroitic portion consisted of olivine, low-Ca pyroxene, Ca-pyroxene, and plagioclase. The breccia portion included silica besides the fragments of the gabbroitic portions. Silica minerals entrained in the shock-melt veins or melt-pockets have transformed into coesite. The estimated shock pressure is ~3 GPa at least.

The shock-induced melting textures were observed in all investigated lunar mare basalt samples. Although

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

the high-pressure polymorphs of olivine, Ca-pyroxene, and silica minerals were identified, the high-pressure polymorphs of plagioclase, which are abundant in other shocked meteorites, were not identified. In addition to previous studies [1–3], the present study reveals that many kinds of high-pressure polymorphs occur in the lunar mare basalt, implying that most lunar mare basalts have experienced the heavy impact events.

References

[1] Ohtani E. et al. *PNAS* 108, 463–46, 2011.

[2] Miyahara M. et al. *NatureGeosci* 4:1737, 2013.

[3] Kayama M. et al. Sci.Adv. 4: eaar4378, 2018.

キーワード：月、月の玄武岩、高圧鉱物
Keywords: Moon, Lunar mare basalt, High-pressure minerals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Bulk chemical analysis of iron meteorites by LA-ICP-MS

*山口 亮[1]、白井 直樹[2]、羽場 麻希子[3]
*Akira Yamaguchi[1], Naoki Shirai[2], Makiko K. Haba[3]

1. 国立極地研究所、2. 首都大学東京、3. 東京工業大学
1. National Institute of Polar Research, 2. Tokyo Metropolitan University, 3. Tokyo Institute of Technology

Iron meteorites are Fe-Ni alloys with minor elements such as Co, P, S, and C. They are classified on the basis of textures (e.g., Widmanstatten pattern) and bulk chemical compositions (e.g., Ni, Ge, Ir). We performed bulk chemical analysis of iron meteorites by using an LA-ICP-MS and compared with the data obtained by INAA.

We measured five iron meteorites, Canyon Diablo (IAB, coarse octahedrite), Toluca (IAB, coarse octahedrite), Cape York (IIIAB, medium octahedrite), Muonionalusta (IV, fine octahedrite) and Dronino (ungrouped, ataxite) by using an LA-ICP-MS and INAA. Polished thick sections are prepared for LA-ICP-MS analysis. Polished thick sections of the meteorites were examined using an optical microscope, a scanning electron microscope, and an electron microprobe analyzer to observe the textures. A Thermo Element XR ICP-MS coupled to a CETAC LSX-213 laser was operated in low resolution mode (R = 300). The peaks monitored are $^{31}$P, $^{34}$S, $^{57}$Fe, $^{59}$Co, $^{60}$Ni, $^{65}$Cu, $^{69}$Ga, $^{74}$Ge, $^{95}$Mo, $^{99}$Ru, $^{103}$Rh, $^{105}$Pd, $^{182}$W, $^{185}$Re, $^{189}$Os, $^{193}$Ir, $^{194}$Pt and $^{197}$Au. Analyses in line and/or scanning modes were performed on a representative area of polished sections, using a 100 $\mu$m beam spot at 20 $\mu$m/sec., 20 Hz repetition rate. Typical analytical time was several minutes. Elemental abundances were obtained using Hoba (IVB, ataxite) and North Chile (IIAB, hexahedrite) iron meteorites as standard reference samples.

In INAA, samples weighing about 150 mg were firstly irradiated for 10 sec. at a neutron flux of 4.6 x 1012 $cm^{-2}s^{-1}$ at Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University for the determination of Co, Ni, Cu, Ge, and Rh. The same samples were reirradiated for 4 hrs at a neutron flux of 5.6 x 1012 $cm^{-2}s^{-1}$ at Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University for the determination of Cr, Fe, Co, Ni, Ga, As, Mo, Ru, Sb, W, Re, Os, Ir, Pt and Au.

We determined twenty elements (P, S, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Ge, As, Mo, Ru, Rh, Pd, Sb, W, Re, Os, Ir, Pt, and Au) for the five iron meteorites. Our results obtained by using two analytical methods were generally consistent with each other. However, our data of Muonionalusta are slightly different from literature values due to the large-scale heterogeneity of the meteorite (e.g., due to magmatic process). The abundance of some elements (e.g., Ru, Rh, Re, Ir) obtained from LA-ICP-MS data are higher than those from INAA due to the sample heterogeneity. It is possible to avoid this problem by choosing representative areas of the surface. Our study demonstrates that LA-ICP-MS has the potential to analyze a large number of iron meteorites.

キーワード：鉄隕石、化学組成分析
Keywords: Iron meteorites, Bulk chemical analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

## [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)

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。

### [PPS07-P01] 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性評価

*佐藤 智仁[1]、倉本 想士[1]、横尾 卓哉[1]、吉田 聡[2]、依田 功[3]、福田 一志[3]、小栗 慶之[3]、三田 肇[4]、神田 一浩[5]、柴田 裕実[6]、高橋 淳一[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.量子科学技術研究開発機構、3.東京工業大学、4.福岡工業大学、5.兵庫県立大学、6.大阪大学)

### [PPS07-P02] 隕石母天体中の水質変成過程におけるガンマ線によるアミノ酸の生成

*浅野 伸哉[1]、依田 功[2]、村松 康司[3]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.東京工業大学、3.兵庫県立大学)

### [PPS07-P03] ラマンスペクトルを基にした反応速度論から探る隕石有機物の熱履歴

*桐生 健斗[1]、癸生川 陽子[1]、伊規須 素子[2]、渋谷 岳造[2]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

### [PPS07-P04] Relationship between spatial distribution of organic compounds and minerals in the Murchison meteorite

*仙石 大洋[1]、橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1] (1.九州大学)

### [PPS07-P05] NWA8613隕石中のヒボナイトとメリライトに富む細粒難揮発性包有物の酸素同位体分布とAl-Mg年代

*和田 壮平[1]、川崎 教行[1]、圦本 尚義[1,2] (1.北海道大学、2.宇宙科学研究所)

### [PPS07-P06] 炭素質コンドライトALH A77307におけるコンドリュールリム中のエンスタタイトウィスカーの観察

*代田 泰久[1]、安武 正展[1]、延寿 里美[1]、土山 明[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

### [PPS07-P07] 3D observation of whisker-like material in the porous matrix of the Paris CM chondrite by SR-XCT

*安武 正展[1]、Epifanio Vacarro[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、土山 明[1] (1.京都大学大学院　理学研究科　地球惑星科学専攻、2.National History Museum, London、3.JASRI/SPring8、4.産総研地質調査センター)

### [PPS07-P08] 流体包有物の同位体分析のための凍結SIMS法の開発

*磯野 雄生[1]、坂本 直哉[2]、圦本 尚義[3] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星システム科学講座、2.北海道大学創成研究機構、3.北海道大学理学研究院自然史科学部門)

### [PPS07-P09] ガンドルフィ・アタッチメントを用いたX線回折実験：微小地球外物質への適用

*今栄 直也[1,2]、木村 眞[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

[PPS07-P10] Trace elements analysis and Ar-Ar dating for microgram-scaled extraterrestrial samples

*岡崎 隆司[1]、関本 俊[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.京都大学複合原子力科学研究所)

[PPS07-P11] 小型の永久磁石を用いた低温固体粒子の磁気分離と物質同定

*植田 千秋[1]、山口 若菜[1]、久好 圭治[1]、寺田 健太郎[1] (1.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻)

[PPS07-P12] The metallographic cooling rate of the Tafassasset primitive achondrite

*杉浦 直治[1]、荒井 朋子、松井 孝典 (1.千葉工業大学)

[PPS07-P13] The systematic investigations of high-pressure minerals in lunar basaltic meteorites

*宮原 正明[1]、高妻 一就[1]、大谷 栄治[2]、山口 亮[3]、境 毅[4]、大藤 弘明[4]、富岡 尚敬[5]、兒玉 優[6] (1.広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.国立極地研究所、4.愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、5.JAMSTEC高知コア研究所、6.マリンワークジャパン)

[PPS07-P14] Bulk chemical analysis of iron meteorites by LA-ICP-MS

*山口 亮[1]、白井 直樹[2]、羽場 麻希子[3] (1.国立極地研究所、2.首都大学東京、3.東京工業大学)

# 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性評価
# Stability of Amino Acid Precursors in Simulated Extraterestrial Environments

*佐藤 智仁[1]、倉本 想士[1]、横尾 卓哉[1]、吉田 聡[2]、依田 功[3]、福田 一志[3]、小栗 慶之[3]、三田 肇[4]、神田 一浩[5]、柴田 裕実[6]、高橋 淳一[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1]
*tomohito sato[1], Soushi Kuramoto[1], Takuya Yokoo[1], Yoshida Satoshi[2], Isao Yoda[3], Hitoshi Fukuda[3], Yoshiyuki Oguri[3], MITA Hajime[4], Kazuhiro Kanda[5], Hiromi Shibata[6], Zyunichi Takahashi[1], Yoko Kebukawa[1], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学、2. 量子科学技術研究開発機構、3. 東京工業大学、4. 福岡工業大学、5. 兵庫県立大学、6. 大阪大学
1. yokohama national univercity, 2. QST, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. Fukuoka Institute of Technology, 5. University of Hyogo, 6. Osaka University

Since a wide variety of organic compounds have been detected in extraterrestrial bodies like carbonaceous chondrites [1] and comets [2], extraterrestrial organics could be essential sources for the first life on the Earth. Amino acids in carbonaceous chondrites increased after acid-hydrolysis, which suggested that not only free amino acids but also amino acid precursors were present in them. Laboratory experiments simulating extraterrestrial environments showed that not free amino acids but amino acid precursors were mainly formed [3, 4]. Though amino acid precursors in meteorites and products of laboratory simulations have not been well identified, aminonitriles and hydantoins could be candidates. On the other hands, proton irradiation of a mixture of CO, $NH_3$ and $H_2O$, which simulated possible reactions among interstellar media, gave complex amino acid precursors with large molecular weights [5]. Such amino acids and amino acid precursors that were formed abiotically in space environments would be exposed to various energy sources in prior to delivery to the primitive Earth. For example, organics in molecular clouds were exposed to galactic cosmic rays (protons and heavy ions). Interstellar organic compounds were irradiated with strong VUV/X-rays from the young Sun. Organic compounds in small bodies were irradiated with gamma rays from such nuclides as $^{26}$Al in the earlier stage of the solar system. Organic compounds in interplanetary dust particles were exposed to solar UV/VUV before delivery to Earth atmosphere. Thus it is important to examine stability of amino acids and their precursors against energetic particles and photons. We experimentally investigated the stability of amino acids and their precursors against heavy ions, gamma-rays, UV and soft X-rays.

Target molecules used in the present study were (i) glycine (Gly), (ii) hydantoin (Hyd; a precursor of Gly), and (iii) aminoacetonitrile (AAN; the Strecker-type precursor of Gly). They are used as 5 mM solutions in ammonia water (pH 9). In addition to them, we chose (iv) organic material synthesized from a mixture of CO, $NH_3$ and $H_2O$ by 2.5 MeV protons from a Tandem accelerator (Tokyo Tech). We will call them CAW. CAW contained complex amino acid precursors with large molecular weights [3].

Experimental: *Heavy ions irradiation*: Aqueous solution of each target molecule was frozen in liquid nitrogen, and was irradiated with 290 MeV/u carbon ions from HIMAC (NIRS, Japan) at 7.5-15 kGy. *Gamma-rays irradiation*: Aqueous solution of each target molecule was irradiated with gamma rays (5-10 kGy) from a $^{60}$Co source (Tokyo Tech, Japan). *UV irradiation*: Each target molecule was irradiated with UV from a xenon lamp after dried in pits of an aluminum plate. *Soft X-rays irradiation*: Each target molecule was irradiated with soft X-rays from a synchrotron (NewSUBARU BL-6) for 10 min after dried on aluminum plates. Amino acid analysis: all the target materials were recovered as aqueous solutions, were

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

acid-hydrolyzed (6 M HCl, 110℃, 24 h), and amino acids in them were determined by reversed-phase HPLC after pre-column derivatization with *o*-phthalaldehyde and mercaptoethanol.

Results and Discussion: Since glycine was always major amino acids after acid hydrolysis of all the target materials after irradiation yielded glycine, we will discuss stability of target molecules by using the glycine yields.

*Heavy ions irradiation*: Recoveries at 15 kGy were as follows. CAW (95.1%), Hyd (93.6%), Gly (91.8%) and AAN (77.5%). AAN was least stable among all. *Gamma-rays irradiation*: Decomposition of AAN, CAW and Hyd at 10 kGy was not detected, while recovery of Gly was 79.5%. *Soft X-rays irradiation*: recovery ratios were less than 10 % in the case of Gly, Hyd and AAN, while that of CAW was 51.1%. UV-irradiated samples were now under analysis.

Free amino acid (glycine) was generally less stable than amino acid precursors (CAW and Hyd), and CAW was most stable among 4 compounds tested against all the energies. Thus it was suggested that complex amino acid precursors were robust molecules in space, while free amino acids were easy to decompose even if they were formed from their precursors in space.

References

[1] K. Kvenvolden *et al.*, *Nature*, **228**, 923-926 (1970).

[2] J. Kissel and F. R. Krueger, *Nature*, **326**, 755-760 (1987).

[3] Y. Takano *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **84**, 1410-1412 (2004).

[4] Y. Kebukawa et al., *Sci. Adv.*, **3**, e1602093 (2017).

[5] S. Kuramoto *et al.*, *2019 JpGU Meeting*, Chiba (2019).

[6] S. Iglesias-Groth et al., *Mon. Not. R. Astron. Soc.,* **410**, 1447-1453 (2011).

キーワード：アミノ酸前駆体、放射線、安定性
Keywords: Amino Acid Precursors, Radiation, Stability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 隕石母天体中の水質変成過程におけるガンマ線によるアミノ酸の生成
# Production of amino acids by gamma rays during aqueous alteration process in meteorite parent body

*浅野 伸哉[1]、依田 功[2]、村松 康司[3]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1]
*Shinya Asano[1], Isao Yoda[2], Yasuji Muramatsu[3], Yoko Kebukawa[1], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学、2. 東京工業大学、3. 兵庫県立大学
1. Yokohama national university, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. University of Hyogo

[諸元]地球上における生命の誕生にはアミノ酸等の有機物が必要である。そのアミノ酸の供給源の一つとして、隕石などの地球外物質が考えられている。このような隕石の多くは小惑星を起源としているため、小惑星中の有機物の起源を考える必要がある。太陽系形成初期に、塵、氷、分子雲由来の低分子有機物を含む小惑星では、$^{26}$Alの放射性崩壊による熱により氷が溶けて水質変質が起こった。隕石中に存在する複雑な高分子有機物(不溶性有機物)は、このような液体の水(0～150℃程度)が存在する環境下で形成された可能性が指摘されている。この説を基に小惑星での水質変成を模擬した実験で、ホルムアルデヒド、アンモニア、水を加熱すると隕石有機物のような高分子有機物が形成されることがわかった。本研究では、水質変質過程において$^{26}$Alの放射性崩壊により発生するガンマ線が有機物生成にどれだけ影響するか調べることを目的とした。

[実験方法]出発物質として体積が200μl、モル比が水：ホルムアルデヒド:アンモニア＝100:5:5になるような混合物質をガラス管に加え、ガラス管内を真空にして封緘したものに東京工業大学の$^{60}$Co線源を用いてガンマ線を照射した。照射条件は、3kGy/h×2.5h,3kGy×4h,3kGy/h×5h,1.5kGy/h×5h,1.5kGy/h×8h,1.5kGy/h×10hの６種類とした。比較のため同様の試料をオーブンで加熱(150℃、24h)した試料も作成した。照射後の試料は$CaF_2$プレートに乗せて乾燥させたものを顕微FT-IR、金板に乗せて乾燥させたものを兵庫県立大学のX線吸収端近傍構造解析（XANES）で解析した。また、照射後の試料を酸加水分解（6 M塩酸、24h、110℃）したものを、陽イオン交換HPLCを用いてアミノ酸分析を行った。

[結果と考察]<陽イオン交換HPLC>

酸加水分解後の試料からグリシン、アラニン、β-アラニンなどの種々のアミノ酸が検出された。また、照射後の試料からは加熱試料に比べてアラニンが比較的多く生成していた。これは照射試料と加熱試料でアミノ酸の生成経路が異なることを示唆している。

[今後の展望]

今後の展望として照射条件（単位時間あたりのエネルギーと時間）を増やして、水質変成過程で$^{26}$Alが放射性崩壊によって系に与えたエネルギーの概算値を用いて隕石母天体環境への外挿を行いたいと考えている。また、先行研究より複雑な高分子有機物が生成することがわかっているため、LC-MS等を用いた分析を行いたい。

[参考文献]

[1] G.D.Cody et al.,*PNAS*,108,19171-19176 (2011).
[2] Y.Kebukawa et al.,*Astrophysical J.*, 771, 19 (2013)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ラマンスペクトルを基にした反応速度論から探る隕石有機物の熱履歴
# Kinetic approaches for the thermal history of organic matter in meteorites based on Raman spectra

*桐生 健斗[1]、癸生川 陽子[1]、伊規須 素子[2]、渋谷 岳造[2]、小林 憲正[1]
*Kento Kiryu[1], Yoko Kebukawa[1], Motoko Igisu[2], Takazo Shibuya[2], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Yokohama National Univ., 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

CI, CM, and CR chondrites experienced aqueous alteration in their parent bodies, and contain organic carbon up to a few wt%. More than 70 wt% of it exists in the form of insoluble organic matter (IOM) (e.g., Pizzarello et al., 2006). Organic matter (OM) is susceptible to heating, and changes their structures, reflecting aqueous alteration and/or thermal metamorphisms. Thus, it attracts attention as the index of the parent body processes.

Kebukawa et al. (2010) estimated kinetic parameters for thermal degradation of aliphatic C-H through in-situ heating experiments of IOM and bulk of the Murchison meteorite (CM2) using the Fourier transform infrared micro-spectroscopy (microFTIR) combined with heating stage. They revealed that the peak intensity of aliphatic C-H is a good index of low-temperature and/or short-duration heating in the parent bodies. However, microFTIR is not enough for estimating thermal process of OM under high-temperature and long-duration heating which IR signals of aliphatic C-H are unlikely to be detected. Raman spectroscopy is a complementary tool to IR spectroscopy, since their spectral features of OM in the chondrites reflect thermal changes in aromatic structure in the complex OM (Quirico et al. 2003; Bonal et al., 2006, 2007; Busemann et al., 2007). When chondritic OM is heated, its aromatic structure will be more ordered to graphitic structure. This process is an irreversible, and results in changes of disordered ($D_1$-: ~1350 $cm^{-1}$) and graphite bands (G: ~1590 $cm^{-1}$) in Ramn spectra. Therefore, $D_1$- and G-bands were often used as indicators of degree of thermal metamorphism, but understanding of kinetic behaviors of the Raman spectral parameters is still limited. Thus, in order to evaluate thermal history of OM in chondrites under high-temperature and/or long-duration heating, we performed a series of heating experiments of the Murchison meteorite powders and kinetic analyses of their Raman spectral parameters.

The Murchison meteorite powders were heated under low oxygen condition in a vacuum furnace for 3-48 h at 600-900˚C. The low-oxygen condition was maintained by a gas mixture of $N_2$ and $H_2$ (99:1, v/v). The samples after heating were analyzed using Raman spectrometer with a 532 nm laser (RAMANtouch; Nanophoton). The Raman spectra of all the samples show $D_1$- and G-bands. We determined 5 Raman spectral parameters: the full width at half maximum (FWHM) and the peak positions of $D_1$- and G-bands, and the ratio of the peak intensity of $D_1$- to G-band. The changes in these Raman parameters with time at each temperature will be fitted with algebraic kinetic equations deduced by possible physical mechanisms, and estimate reaction rate constant. Then the apparent activation energies and frequency factors will be calculated by the reaction rates using the Arrhenius equation. Finally, we will establish the Raman parameters as functions of heating temperature and time. Combining previously reported kinetics of aliphatic C-H (Kebukawa et al. 2010), it may allow us to calculate precise time and temperature of thermal processes for chondrites.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：隕石有機物、熱史、反応速度論、ラマン分光法
Keywords: Organic matter in meteorites, Thermal history, Kinetics, Raman spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Relationship between spatial distribution of organic compounds and minerals in the Murchison meteorite

*仙石 大洋[1]、橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1]
*Taiyo Sengoku[1], Minako Hashiguchi[1], Hiroshi Naraoka[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

[Introduction]

Primitive meteorites contain a wide variety of organic compounds. More than 600 species of CHN compounds were identified in the methanol extract of the Murchison meteorite (CM2), in which saturated- and unsaturated-alkylated pyridines ($C_nH_{2n-4}N^+$ and $C_nH_{2n-6}N^+$) as well as alkylimidazoles ($C_nH_{2n-1}N_2^+$) are predominant (Naraoka et al., 2017). Interaction between organic matter and minerals during aqueous alteration is very important in the chemical evolution (e.g. Kebukawa et al., 2010), therefore, it is necessary to investigate the spatial distribution of the organic matter and minerals in the meteorites. In the previous studies, chemical imaging of soluble organic matter (SOM) was performed on the Murray and Murchison meteorites (CM2) by desorption electrospray ionization/high-resolution mass spectrometry (DESI/HRMS), and the different spatial distribution was observed among the different CHN species and/or their alkylated homologues (Naraoka & Hashiguchi, 2018, Hashiguchi & Naraoka, 2018). However, the relationship between the organic compounds and minerals is still unresolved. In this study, the DESI-HRMS imaging and detailed mineralogical observation were performed on fragments of the Murchison meteorite.

[Sample & Method]

Two fragments designated as “np15" (2x3 $mm^2$) and “np16” (2x2 $mm^2$) were obtained by chipping from different large fragments of the Murchison meteorite. These fragments were embedded in indium or metal with low-melting point for DESI-HRMS imaging. The DESI-HRMS imaging was performed on each sample for three times. Methanol was used as a spray solvent with the flow rate of 2 $\mu$L/min. The electrospray voltage was set to 3 kV. The nebulizer $N_2$ gas pressure was ~100 psi. The positive ions were collected in a full scan mode (*m/z* 50-500) with mass resolution of about 140,000 ($m/\Delta m$ at *m/z* 200) on the sample surface of np15 (4x4 $mm^2$) and np16 (3.8x3.8 $mm^2$). For the fragment np16, dry polishing was performed on the sample to remove ~250 $\mu$m from the surface and the imaging was performed again, because no signals of CHN compounds were obtained by the 1$^{st}$ set of DESI-HRMS imaging. After the DESI-HRMS imaging, the same sample surface was used to obtain backscattered electron images (BSE) and X-ray elemental maps using SEM/EDS.

[Results & Discussion]

Some alkylated homologues of CHN compounds were detected from np15 by DESI-HRMS imaging. Their exact masses correspond to alkylimidazole ($C_nH_{2n-1}N_2^+$) and saturated- or unsaturated-alkylated pyridine ($C_nH_{2n-4}N^+$ or $C_nH_{2n-6}N^+$) within 3 ppm of mass precision. The spatial distribution was different between $C_nH_{2n-1}N_2^+$ and $C_nH_{2n-4}N^+$, which is consistent with the previous study (Naraoka & Hashiguchi, 2018). On the other hand, no CHN compounds were detected from np16. After removing ~250 $\mu$m of the surface of np16 by polishing, some CHN compounds corresponding to $C_nH_{2n-1}N_2^+$ and $C_nH_{2n-6}N^+$ were detected in 3

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

rd DESI-HRMS imaging finally, however, these compounds were not detected by 1st and 2nd analyses. These results indicated that the CHN compounds might have been volatilized from the sample surface during its storage, and that repeated DESI-HRMS imaging is important to obtain clear signals of SOM from inside of meteorite. The detected CHN compounds showed heterogeneous spatial distribution in the sample surface, which indicate that dry polishing does not affect the spatial distribution of SOM significantly.

In both np15 and polished np16 samples, the CHN compounds distribute mainly in the matrix region (~ few hundreds of square meters) of the meteorite. Although the X-ray elemental mapping showed that CHN compounds-rich region seemed to contain abundant Ca-containing minerals in both fragments, no clear relationship was observed between the averaged chemical compositions of matrix region and the spatial distribution of the CHN compounds. Further detailed analysis will be performed on tiny minerals in the matrix.

キーワード：炭素質コンドライト、化学イメージング、可溶性有機化合物
Keywords: carbonaceous chondrite, chemical imaging , soluble organic compounds

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# NWA8613隕石中のヒボナイトとメリライトに富む細粒難揮発性包有物の酸素同位体分布とAl-Mg年代
# O and Al-Mg isotope systematics of a hibonite-melilite-rich fine-grained CAI in the reduced CV chondrite NWA8613

*和田 壮平[1]、川崎 教行[1]、圦本 尚義[1,2]
*Sohei Wada[1], Noriyuki Kawasaki[1], Hisayoshi Yurimoto[1,2]

1. 北海道大学、2. 宇宙科学研究所
1. Hokkaido University, 2. ISAS/JAXA

隕石に含まれるCa–Al-rich inclusions (CAIs) は，太陽組成高温ガスからの凝縮鉱物により構成される岩石である [1]．CAIsは，岩石学的に粗粒CAIsと細粒CAIsに分けられる．その中でも，細粒CAIsは，希土類元素パターンと鉱物の複雑な層構造から，溶融を経験していない凝縮物であると考えられている [2, 3]．粗粒Type B CAIsのように溶融を経験したCAIsについては，これまでに詳細に形成過程研究，酸素同位体組成の非平衡分布の起源解明や，形成年代測定がなされてきた [4, 5]．一方，細粒CAIsについて，それらを系統的に行った研究はこれまでにほとんどない．本研究では，NWA8613 CVコンドライト中の細粒CAIについて，形成過程と周囲のガスの酸素同位体変化，および形成年代を明らかにすることを目的とし，系統的な岩石学的研究・局所酸素同位体分析・$^{26}$Al–$^{26}$Mg年代測定を行った．試料の観察と元素分析には，走査電子顕微鏡システム FE-SEM-EDS-EBSD (JEOL JSM-7000F; Oxford X-Max$^{N}$ 150; Oxford HKL) を用いた．局所酸素・Al–Mg同位体分析は，二次イオン質量分析計 (SIMS, Cameca ims-1270e7, 1280HR) で行った．

本細粒CAIは，10 ×12 mmのサイズで，不規則な外形をもつ．本CAIは主に，メリライト，ヒボナイト，スピネルから構成され，これらの鉱物がCAI全体で存在比を変えながら分布する．鉱物の組み合わせ自体は，粗粒Type A CAIによく似ているが，よりヒボナイトに富むことが特徴である．構成鉱物の酸素同位体組成は，CCAM (Carbonaceous Chondrite Anhydrous Mineral) ライン上にプロットされる非平衡分布を示し，$\Delta^{17}$O ~ –23から0 ‰の間に分布している．本CAIは岩石学的にヒボナイトに富むコア部，スピネルに富むコア部，メリライトに富む内部マントル部，ヒボナイトとスピネルに富む外部マントル部に分けられる．さらに包有物の周囲は，薄いスピネルとディオプサイドの層状リムに囲まれている．メリライト結晶は，コア・マントル部それぞれに含まれている．コア部のメリライト結晶は結晶内部がゲーレナイト成分に富み，結晶粒界部分がオケルマナイト成分に富む正累帯構造をもち，$\Delta^{17}$O ~ –23から–10‰の間の酸素同位体組成変化を示す．メリライトの酸素同位体組成と化学組成の変化には相関がみられ，オケルマナイト成分値 (Åk値) が上昇するにつれて$\Delta^{17}$O値が上昇する傾向を示す．内部マントル部に見られるメリライト結晶は，結晶の中心部分から粒界に向かって，まず，逆累帯構造の結晶成長を示し，その周りで正累帯構造に転じ，さらに再び結晶リム部にかけて逆累帯構造へと変化する．一方，その酸素同位体組成は，このような複雑な化学組成変化 (Åk2–14) にかかわらず，均一な値を示す ($\Delta^{17}$O ~ 0 ‰)．外部マントル部のメリライト結晶は，正累帯構造をもつ．酸素同位体組成は，$\Delta^{17}$O ~ –17から0 ‰の間の変化を示し，Åk値が上昇するにつれて$\Delta^{17}$O値が上昇する傾向を示す．ヒボナイトとスピネルは，その産状・組織にかかわらず均一な酸素同位体組成を示した ($\Delta^{17}$O = –23 ‰)．コア部と外部マントル部に含まれるヒボナイトと内部マントル部に含まれるメリライトのAl–Mg同位体組成はアイソクロン図上で全て一つの直線上にプロットされた．このAl–Mg鉱物アイソクロンが与える初生$^{26}$Al/$^{27}$Al比は (4.50 ±0.09) ×10$^{-5}$である．

本CAIと同じバルク化学組成をもつメルトからは，ヒボナイトが晶出しないことが実験的に示されているが [6]，本CAI中では，ヒボナイトが存在比を変えながら全域に分布している．また，内部マントルのメリライト結晶の化学組成が振動する累帯構造をメリライトのメルト晶出により説明ことは難しい．これらの岩石学的組織は，メリライトが星雲ガスから凝縮しながら，先に形成していたヒボナイトとスピネルを取り込みつつ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

CAIが成長したことを示している．鉱物間の酸素同位体非平衡分布は，その凝縮時に，周囲のガスの酸素同位体組成$\Delta^{17}O$ が~ −23から0 ‰の範囲で変動していたことを示し，さらにその変動方向は，少なくとも，$^{16}O$に富む組成から乏しい組成に変化し，再び$^{16}O$に富む組成へと変化していたことを示す．また本CAIの初生$^{26}Al/^{27}Al$比は，この一連の形成過程が，太陽系最初の固体形成 [7] から16 ±2万年後に起きていたことを示唆する．本研究は，太陽系の形成最初期のおよそ20万年の間，異なる酸素同位体組成をもつガスリザーバが存在していたこと [8] を支持する．

**References:** [1] Grossman (1972) *GCA* 36, 597–619. [2] Boynton (1975) *GCA* 39, 569–584. [3] Krot et al. (2010) *MaPS* 39, 1517–1553. [4] Kawasaki et al. (2018) *GCA* 221, 318–341. [5] Yurimoto et al. (1998) *Science* 282, 1874–1877. [6] Beckett and Stolper (1994) *MaPS* 29, 41–65. [7] Larsen et al. (2011) *ApJL* 735 L37–L43. [8] Kawasaki et al. (2017) *GCA* 201, 83–102.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 炭素質コンドライトALH A77307におけるコンドリュールリム中のエンスタタイトウィスカーの観察
# Observation of Enstatite Whiskers in Fine-grained Rims in the Carbonaceous Chondrite ALH A77307

*代田 泰久[1]、安武 正展[1]、延寿 里美[1]、土山 明[1]
*Yasuhisa Shirota[1], Masahiro YASUTAKE[1], Satomi Enju[1], Akira Tsuchiyama[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planet, Science, Kyoto University

**はじめに** コンドライト組成をもつ多孔質惑星間塵(CP IDP)は、彗星に起源をもつ太陽系で最も始原的な物質の一つであると考えられている(Bradley et al., 1983)。CP IDPには、エンスタタイトウィスカーと呼ばれるエンスタタイト($MgSiO_3$)の微小なひげ状結晶が含まれている。エンスタタイトウィスカーは原始太陽系星雲においてガスからの凝縮により形成された物質と考えられている。

一方、炭素質コンドライトの中には変成をほとんど受けていない始原的な特徴を保持している隕石が存在し、Vaccaro et al. (2017)やMatsumoto et al. (2018)は、このような始原的炭素質コンドライトのマトリクス中にエンスタタイトウィスカーを発見した。もし、これらがCP IDPs中のものと同様であるとすると、隕石の起源である小惑星だけでなく彗星の形成過程にも大きな制約を与えることになる。しかしながら、炭素質コンドライト中に見出されたウィスカーの数は少なく、ウィスカーが隕石中に普遍的に存在するかどうか、またCP IDPsに産するものと同様のものであるか、その詳細は未だ明らかにされていない。

本研究の目的は、始原的炭素質コンドライトの詳細な走査型電子顕微鏡(SEM)観察により、多くのウィスカー状エンスタタイトを見出し、どのような部分にどのような頻度で存在するのかを明らかすることである。また、透過型電子顕微鏡(TEM)による詳細な観察および記載を行い、その起源に制約を与えることを目指した。

**サンプルと手法** 試料は最も始原的な炭素質コンドライトの一つであるALH A77307(CO3.0)を用いた。Vaccaro et al. (2017)によってこの隕石中に、エンスタタイトウィスカーが存在することが報告されている。組織観察は、京都大学、およびJAXA宇宙科学研究所にて行った。まず、隕石の研磨薄片をFE-SEM(JEOL JSM-7001F, Hitachi HT SU6600)により詳細に観察するとともにEDSによる元素マッピングを行うことでエンスタタイトウィスカーの探索を行った(加速電圧8 kV、プローブ電流100 pA)。これにより見出された一つのエンスタタイト結晶については、京都大学にて収束イオンビーム(FIB)装置(FEI Helios NanoLab 3G CX)を用いて薄膜試料を作成し、TEM(JEOL JEM2100T)による観察と(S)TEM/EDSによる分析を行った

**結果と考察** 3つのコンドリュールを取り囲む細粒リムにおいて、エンスタタイトウィスカーの探索を行った。これらのリムは、マトリクスと同様に、主に非晶質ケイ酸塩、カンラン石、輝石、Fe,Niメタルの集合体からなる。観察した全ての領域において、合計12本のウィスカー状エンスタタイトを発見した。発見されたウィスカーで最大のものは長さ11.9 μm、幅0.27 μmである。Bradley et al. (1983)をもとにウィスカーの分類を行った結果、アスペクト比が20以上のRodが４本、20以下のRibbonが８本であった。これらの数密度は少なくとも40本/$mm^2$であり、CP IDP中の存在度と比べると低いものの、ウィスカー状エンスタタイトが細粒リムに普遍的に存在する可能性を示唆している。今回発見されたウィスカーの一部には、しなりや折れた部分が観察され、CP IDPs中のものとは異なる。これはウィスカーがリムとして集積した時に変形した結果であると考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

1本のRibbon結晶（長さ1.21μm、幅0.16μm）の薄膜試料をTEMにより観察した結果、c軸方向に伸長した直方エンスタタイトであることがわかった。これは３次元的には、c軸に伸長した柱状結晶か、あるいは（010）に扁平な板状結晶であると考えられる。この結果から、この結晶はCP IDP中のものと同様に原始太陽系星雲中の凝縮過程により形成された板状結晶(Bradley et al., 1983)、もしくは、アニーリングにより非晶質ケイ酸塩から結晶化したもの(Brearley, 1993)である可能性が考えられる。炭素質コンドライト中のウィスカー状結晶のより詳細な成因を明らかにするためには、Rod結晶のようなウィスカー状エンスタタイトのさらなる鉱物学的分析が必要である。

[1] Vaccaro E. (2017) PhD thesis. The Open University. [2] Bradley J. P. et al. (1983) Nature. 301, 473-477. [3] Matsumoto M. et al. (2018) 81st Annual Meeting of the Meteoritical Society [4] Brearley. (1993) Geochim. Cosmochim. Acta 57, 1521-1550

キーワード：エンスタタイトウィスカー、始原的炭素質コンドライト
Keywords: Enstatite whisker, Primitive Carbonaceous Chondrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 3D observation of whisker-like material in the porous matrix of the Paris CM chondrite by SR-XCT

*安武 正展[1]、Epifanio Vacarro[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、土山 明[1]
*Masahiro YASUTAKE[1], Epifanio Vacarro[2], Kentaro Uesugi[3], Akihisa Takeuchi[3], Tsukasa Nakano[4], Akira Tsuchiyama[1]

1. 京都大学大学院　理学研究科　地球惑星科学専攻、2. National History Museum, London、3. JASRI/SPring8、4. 産総研地質調査センター
1. Division of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National History Museum, London, 3. JASRI/SPring8, 4. GSJ/AIST

Introduction The chondritic-porous interplanetary dust particles (CP-IDPs) are well-known material, that preserves primitive and pristine features of the early solar system. Enstatite whisker is one of the materials that characterizes CP-IDPs. It is thought that enstatite whiskers are condensates formed in the inner solar system and transferred to the outer regions, where comets formed [e.g. 1, 2]. Recently, whisker-like enstatite crystals were found in the primitive carbonaceous chondrites [3, 4]. However, the whisker-like materials they found could be a cut-plane of thin enstatite plate. By the 2D observation, it is hard to solve this matter. 3D observation based on synchrotron radiation X-ray nano-CT is a strong tool to understand the crystal shape, mineral phase, and rough composition. We conducted a 3D observation to better understand the characteristics of whisker-like materials in primitive carbonaceous chondrites.

Methods We investigated the Paris primitive CM chondrite. Paris was reported to have a very primitive matrix that includes GEMS-like materials [5]. A section of this meteorite was observed and elemental maps of the primitive matrix were obtained by FE-SEM/EDS. A house-shaped CT sample (~25 x 25 x 30 $\mu$m) was extracted from the primitive matrix by using a FIB-SEM. CT data of the micro-samples were conducted at beamline BL47XU, SPring-8. CT images were acquired at energies of 7 keV and 7.35 keV with voxel sizes of ~32.2 nm and ~ 33.9 nm, respectively. Mineral phases were estimated using dual-energy tomography (DET) method using the X-ray linear attenuation coefficient (LAC) [6].

Result and Discussion The observed matrix is a part of the fine-grained rim of Type I porphyritic olivine pyroxene chondrule. The matrix is porous and consists mainly of amorphous silicates that include sub-micron sized Fe-rich phases. Whisker-shaped materials are abundant in the CT sample observed. However, fibrous alteration materials were also reported in the matrix of Paris [5]. The whisker-like materials observed might include such products in addition to enstatite. The size of the largest whisker is ~6 $\mu$m x ~700 nm x ~350 nm (Fig. 1) and similar to ribbon-type enstatite whisker in the CP-IDPs [1]. This whisker has a curved shape unlike those in CP-IDPs. Probably it reflects deformation during accretion to the parent body and/or planetary processes such as planetary collision.

The LAC values of most whisker materials are hard to obtain quantitatively because refraction of X-ray at the edges of the narrow whiskers enhanced their LAC values. The LAC values of the largest whisker are less affected by refraction and have the range of ~170-180 $cm^{-1}$ and ~250-270 $cm^{-1}$ at 7.00 and 7.35 keV, respectively. These values are consistent with those of pyroxene ($En_{80}Fs_{20}$) and clearly distinguishable from the values of fibrous alteration products (cronstedtite, tochilinite, and ferrihydrite) [5]. The above results suggest that this whisker material is an enstatite whisker. The possibility of olivine whisker (~$Fo_{85}$) cannot be excluded but forsterite whiskers have not been reported so far. Thus, it is reasonable to consider that the enstatite whiskers accreted to the carbonaceous chondrite parent body.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Crystallographic features such as defects and direction of elongation are still not examined. Investigation of crystallography is required to constrain the formation processes of whiskers, and it will enable us to compare the enstatite whiskers in carbonaceous chondrites with those in CP-IDPs.

Reference [1] Bradley (1983) *Nature*, 301, 473-477. [2] Bradley, J. P. (2003) *Treatise on geochemistry*, 1, 711. [3] Vaccaro (2017) PhD thesis, The Open University. [4] Matsumoto et al. (2017) abstract JAMS annual meeting. [5] Leroux et al. (2015) *GCA*, 170, 247-265. [6] Tsuchiyama et al, (2013) *GCA*, 116, 5-16.

キーワード：CMコンドライト、Paris隕石、始原的マトリクス、エンスタタイトウィスカー、SR-XCT
Keywords: CM chondrite, Paris meteortite, Primitive matrix, Enstatite whisker, SR-XCT

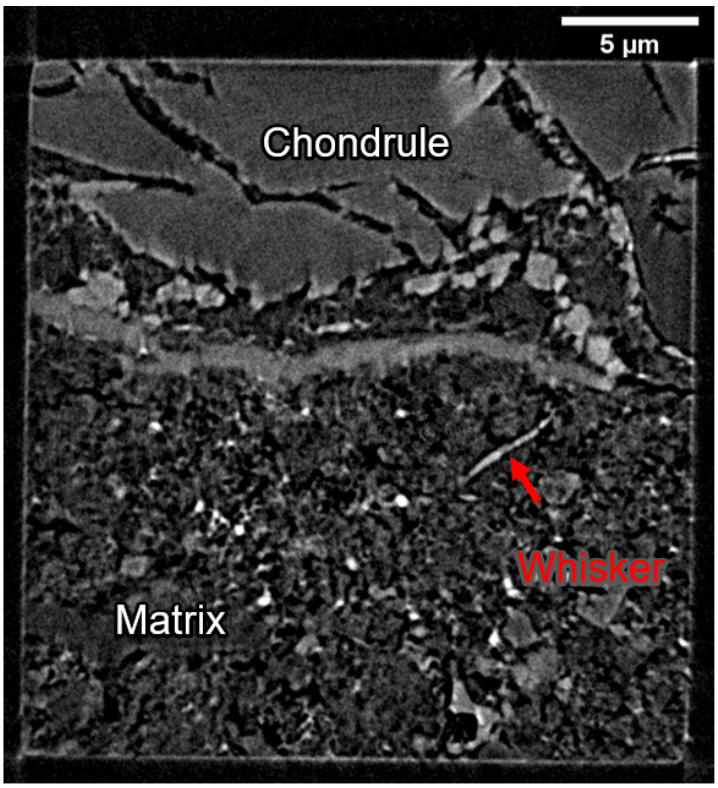



Fig. 1. CT image of porous matrix in Paris acquired at 7 keV. Silicates are shown in light grey. Amorphous silicates are shown in dark grey. Metal and sulfide are shown in white. The enstatite whisker is shown by red arrow.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 流体包有物の同位体分析のための凍結SIMS法の開発
# Development of cryogenic SIMS technique for isotope analysis of fluid inclusions

*磯野 雄生[1]、坂本 直哉[2]、臼本 尚義[3]
*Isono Yuki[1], Naoya Sakamoto[2], Hisayoshi Yurimoto[3]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星システム科学講座、2. 北海道大学創成研究機構、3. 北海道大学理学研究院自然史科学部門
1. Department of Natural History Sciences, Hokkaido University, 2. Creative Research Institusion, Hokkaido University, 3. Department of Natural History Sciences, Hokkaido University

**イントロダクション:** 隕石中のハライト結晶に含まれる流体包有物は、地球外の水の直接的な情報を保持している[1]。凍結ステージを有したSIMSにより、隕石中の流体包有物についてその場局所同位体分析が行われた [2]。しかし、イオンビームで結晶中の流体包有物を露出させるためにできる深いスパッタクレータにより、分析精度が $\delta^{18}O$ の値で±14 ‰(1 $\sigma$) に制限されていた。分析精度を向上のために、凍結した流体包有物を窒素ガス雰囲気下で研磨し、試料表面に露出させる方法を試みている [3, 4]。凍結研磨した流体包有物をSIMS分析するためには、表面を金などの導電膜で覆う必要があるが、蒸着装置に導入する前に霜が試料表面に付着するために、良好な導電膜の生成が困難であった。そのときの試料温度は-100 ℃であり、一方、グローブボックス内の露点 (-60 ℃) は試料温度より高温であったため、本研究では試料温度を変更した。

**凍結試料調整法の改良:** 凍結SIMSのための凍結試料調整システムは、グローブボックス中に設置された凍結研磨装置と金蒸着装置からなる。凍結研磨装置の温度は-35 ℃に設定し、試料表面での霜の付着は見られなかった。金蒸着装置内の真空では氷の昇華温度が-50 ℃程度であるため、研磨した試料を新たに設計した井戸型の極低温蒸着台に設置し、液体窒素で-196 ℃まで冷却した。蒸着台は、試料の表面に霜がつかないよう液体窒素から生成した窒素ガスで満たされている。試料温度は、4分間の蒸着中に液体窒素温度 から-130 ℃程度まで上昇すると推定される。

研磨・金蒸着したエポキシ樹脂上の$H_2O$氷を凍結ホルダーにセットし、凍結輸送システムにより-190 ℃に冷却されたSIMS (Cameca ims-1270) の凍結ステージに導入した。ルーツポンプを用いて凍結ステージへ液体窒素を供給することにより、ステージの振動を低減した。酸素同位体の分析条件は[2]と同様である。

SIMS分析によって$H_2O$氷から酸素同位体の質量スペクトルを得た。$^{16}O^-$ピークの強度は$2.8 \times 10^5$ cpsであり、ピークの両側に左右対称な3 cps程度のテールがみられた。$^{16}OH^-$の強度は$^{16}O^-$の強度と同等であり、$^{17}O^-$に対する$^{16}OH^-$の妨害の寄与は約10 ‰であった。高精度な$H_2O$氷の酸素同位体分析のためには、テール補正法[2]、もしくは$^{16}OH^-$および$^{17,18}OH^-$ピークを用いた酸素同位体分析が効果的であると考えられる。

**References:** [1] Zolensky M. et al. (1999) Science, 285, 1377-1379. [2] Yurimoto H. et al. (2014) Geochem. J, 48, 549-56. [3] A. Ishibashi (2014) Master thesis [4] J. Song (2017) Master thesis.

キーワード：流体包有物、凍結SIMS、酸素同位体
Keywords: Fluid inclusion, Cryogenic SIMS, Oxygen isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ガンドルフィ・アタッチメントを用いたX線回折実験：微小地球外物質への適用

# X-ray diffraction study using Gandolfi attachment: Implications for small extraterrestrial materials

*今栄 直也[1,2]、木村 眞[1]
*Naoya Imae[1,2], Makoto Kimura[1]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学
1. Antarctic Meteorite Research Center, National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI

Introduction

Recent studies have established the bulk features of various chondrite species based on the X-ray diffraction patterns (Howard et al. 2009; Imae and Nakamuta 2018; Imae et al. 2019). In the present study, X-ray diffraction experiments were carried out using Gandolfi attachment in order to apply for small extraterrestrial materials of various kinds of stony meteorites. The present technique is convenient in the laboratory and also useful for rapidly identifying the mineral species without any significant sample loss.

Experiments

We used the X-ray diffractometer in air with the goniometer radius of 30 cm (RIGAKU, SmartLab) at NIPR on the following conditions: (1) CuKa1 with 40 kV, and 30 mA for glass X-ray tube and 40 mA for ceramic X-ray tube, (2) the X-ray beam of 0.4 mm in diameter obtained from the polycapillary focusing optics (CBO-f unit), (3) the strip detector (D/teX Ultra 250) for counting diffracted X-rays, (4) the revolution rate of the goniometer head on the Gandolfi attachment at 30 rpm, and (5) the scan speed of normally 0.2 º/min or 0.5 º/min with the step of 0.01º and the average of the repeated analyses.

Glass fiber (13 $\mu$m in diameter) attached with glass rod (1 mm in diameter) was mainly used for holding samples. Both powder and grain samples with the diameter of ~0.2-0.8 mm were used for the measurements.

Powders and single grains for San Carlos olivine and NWA 4719 L6 chondrite were used for the calibration focused on olivine 130 index. So far, 36 stony meteorites have been measured and they are 27 ordinary chondrites (mostly Antarctic meteorites), 5 carbonaceous chondrites, an E chondrite (NWA 7401), a eucrite (Cachari), a diogenite (Bilanga), and an aubrite (Pena Blanca Spring).

Results and discussion

Calibration: The two-theta position of the olivine 130 peak for the powder samples of San Carlos olivine shows nearly consistent value by Yoder and Sahama (1957), on the contrary, the intensity of the San Carlos olivine grains is lower than that of powder on the similar measurement condition, and in addition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

the position of the two-theta is slightly higher than that of powder. In case of chondrite (NWA 4719 L6), the intensity is significantly lower than San Carlos olivine. Although the two-theta values for powder samples and grain samples are within the mean Fa# range of L group, the intensity of grain is significantly lower than that of powder.

Samples: The systematic differences of olivine 130 two-theta values were observed among ordinary chondrites: 32.18º-32.29º for H, 32.15º-32.21º for L, and 32.13º-32.16º for LL. These ranges include that the two-theta values are obviously higher than the ranges expected from the mean Fa# for three chemical groups (32.18º-32.21º for H, 32.12º-32.16º for L, and 32.08-32.12 for LL, Yoder and Sahama 1957). The existence of orthoenstatite 511 peak is an indicator for equilibrated ordinary chondrites but not definite, since the peak intensity is normally low. More ferroan olivine peak than ordinary chondrites appears from carbonaceous chondrites. EL6 consists of orthoenstatite. Diffraction patterns of achondrites are different from those of chondrites: pigeonite and anorthite peaks for eucrite and dominant orthopyroxene for diogenite, and dominant clinoenstatite for an aubrite. Fine-grained powder samples may represent the bulk chondrite compositions, but not for grains. This may lead to the different diffraction pattern.

Summary

The present technique is useful conveniently for examining limited or small extraterrestrial materials, when we take into consideration the variations for chondrite species depending on the different sample conditions of powder or grain and the relative modal abundance of olivines and pyroxenes for grains with the limited range of variation of the chemical groups.

Acknowledgements

NI is grateful to Dr. Yoshihiro Nakamuta for discussions, and the study is partly supported by NIPR and KAKENHI (17K05721).

References

Howard K. T., Benedix G. K., Bland P. A., and Cressey G. 2009. Geochimica et Cosmochimica Acta 73: 4576-4589.

Imae N. and Nakamuta Y. 2018. Meteoritics & Planetary Science 53: 232-248.

Imae N., Kimura M., Yamaguchi A., and Kojima H. 2019. Meteoritics & Planetary Science (In press).

Yoder Jr. H. S. and Sahama T. G. 1957. American Mineralogist 42: 475-491.

キーワード：X線回折実験、ガンドルフィー　アタッチメント、微小地球外物質、隕石

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: X-ray diffraction study, Gandolfi attachment, small extraterrestrial materials, meteorites

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Trace elements analysis and Ar-Ar dating for microgram-scaled extraterrestrial samples

*岡崎 隆司[1]、関本 俊[2]
*Ryuji Okazaki[1], Sekimoto Shun[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 京都大学複合原子力科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 2. Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

In order to elucidate the origin and evolution of planetary materials, it is important to determine the chemical composition and timing of geological events for specific minerals and microscopic portions, such as impact melt pockets, CAIs (Ca- and Al-rich Inclusion), and chondrules. Combination of EMPA, INAA, and noble gas analysis are one of the best way to determine chemical and isotopic compositions of extraterrestrial dust particles (micrometeorites) and spacecraft-returned samples.
As a first step, we have analyzed rock fragments (<several hundreds of micrometer in diameter) recovered from Holbrook L6 chondrite. Neutron irradiation and NAA experiments were conducted at Institute of Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto Univ. Allende CV3 and Madagascar feldspar were used for standardization of INAA and Ar-Ar analyses, respectively. Each of the sample particles was individually placed in a conical dimple ($\phi$1, depth ~ 0.5 mm) of a sapphire disk ($\phi$5.5, 1.5 mm thick), and covered with a sapphire disk ($\phi$5.5, 0.3 mm thick). Each of the sapphire container was wrapped with pure aluminum foil. These Al-wrapped containers were stacked and sealed in aluminum capsules to perform neutron irradiation at the hydro-irradiation port. After irradiation, the samples were recovered from irradiated glass containers, and moved to non-irradiated containers in order to reduce the radioactivity from the sapphire containers and Al foil. Gamma-ray measurements for short half-life nuclides were performed promptly after collection of the samples. Several months after the irradiation, some of the Holbrook samples were transported to Kyushu Univ. to measure noble gas isotopes.
Concentrations of Co and Ni in two Holbrook samples were determined to be 57 and 157, and 1260 and 13400 ppm, respectively. The Ni/Co ratios of the Holbrook samples are 22 and 85, which are similar to those observed in iron meteorites and chondrites (e.g., Ebihara et al., 2011). The result guarantees our NAA measurement.
Noble gas isotopes ($^{36}$Ar, $^{38}$Ar, $^{39}$Ar, and $^{40}$Ar) were determined for different two Holbrook samples using stepwise heating method. The bulk $^{39}$Ar concentration in the irradiated standard feldspar (K: 12.6 wt%) is 7E-6 cm$^3$STP/g, and the bulk $^{39}$Ar/$^{40}$Ar ratio is 0.026. The result indicates that the neutron flux of KURRI is enough to determine $^{39}$Ar for microgram samples with K>0.1 wt%. Using the neutron flux determined by the standard feldspar, with 450 Ma of K-Ar age (ranging 435-461 Ma; Flude et al, 2014), we calculated the Ar-Ar ages for two Holbrook samples (9.4 and 16.8 $\mu$g) to be 3795±368Ma (based on 3 plateau ages of 4 stepwise extractions) and 3714±128Ma (based on 4 plateau ages of 7 stepwise extractions). Noble gases extracted at the lowest and highest temperature steps are influenced by atmospheric Ar, resulting unreasonable old Ar-Ar age. Based on these results, we found appropriate extraction temperature for plagioclase-rich microgram samples to be 600, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, and 1600 ˚C.
Through this study we have established an analytical method that consists of a combination of EPMA, INAA, and noble gas analyses. The new method will be applied for Antarctic micrometeorites and the Hayabusa2 samples.

キーワード：Ar-Ar年代、隕石、微隕石、INAA、Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: Ar-Ar age, meteorite, micrometeorite, INAA, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 小型の永久磁石を用いた低温固体粒子の磁気分離と物質同定
# Magnetic separation and identification of low-temperature solid particles using their translation caused by a pair of small permanent magnets

*植田 千秋[1]、山口 若菜[1]、久好 圭治[1]、寺田 健太郎[1]
*Chiaki Uyeda[1], Wakana Yamaguchi[1], Keiji Hisayoshi[1], Kentaro Terada[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻
1. Institute of earth and Space Science Graduate School of Science Osaka University

近年、ネオジム磁石による磁気力によって、異なる粒子の集合体を微小重力空間内で並進させ、物質の種類ごとの集団に分離する原理が実証された。さらに粒子の速度から求めた磁化率から、その物質の種類を非破壊で識別できることが、様々な物質で示された[1]。自然界に存在する物質の多くは、反磁性体あるいは弱い常磁性体であり、それらは物質ごとに各々固有の磁化率を有している。この磁化率の差異によって、上記の分離や同定が可能になる。これまで磁気並進の実験は、主として室温条件で検証されてきた[1]。しかし自然界に存在する粒子の大多数は、小惑星以遠の太陽系や、地上の寒冷地で見られるように、揮発性の低温固体である。これまで私たちは$T$ = 200Kの低温条件で、氷やドライアイスの磁気並進を観測した[2]。さらに$T$ = 100K以下の条件で、ＣＯ，エタン、メタン、窒素などの低温固体の磁気分離を目指しており、今回はこれに向けた成果を報告する。

微小重力空間での磁気分離は、以下のメカニズムによって進行する。一方向に減少する磁場を空間内に設定し、その中の一点で、質量$m$の単一の反磁性粒子を静かに開放する。すると粒子内には磁場と逆方向に反磁性磁化が発生し、これが磁場勾配による磁気力を生む結果、粒子は磁場ゼロの方向に並進する[1]。そして粒子が磁場ゼロの空間に達した時の終端速度は、エネルギー保存則により、初期位置の磁場強度と物質固有の磁化率のみに依存し、$m$に依存しない。従って、物質の種類が異なる複数の粒子を、磁場勾配内の同一位置で開放すると、それらの粒子は、$m$の大小に関係なく、(磁化率の差異のみによって）物質の種類ごとの集団に分かれて並進し、分離が実現する[1]。

今回開発する測定システムでは、まず断熱二重ガラス容器の中に液体窒素を充填して、内部を冷却し、その中に小型のネオジム磁石を設置して磁場勾配を発生させる。この磁場空間の中に、固体エタン粒子（融点90 K）を試料としてセットする。以上のセットアップを落下用の木箱内に設置し、180cmの高さから自由落下させて、0.5秒間の微小重力環境を作る。そして自由落下中の粒子運動を高速度カメラで観測し、得られた終端速度から粒子の磁化率を求める。この値を文献値と比較し、粒子の分離と同定が上記の原理通り実現するか検証する。

今後は現装置の改良を行い、メタン（融点91K）、一酸化炭素（融点68K）窒素（融点63K）などの固体粒子の磁気並進運動を観測する。これが実現すれば、氷天体および太陽系外縁部に存在する主要な固体物質について、磁気分離による分析を実施できる展望が得られる。周知のように、太陽系内において固体物質の詳細な物質分布を知るには、広い空間領域で無人探査を実施し、各観測点での物質の存在頻度のデータを、効率よく分析し集積する必要がある。このような分析を実現できる装置の要点として、①原理が単純で実証済である、②サイズがコンパクトで堅牢、③電力消費が少ない、④試料の非破壊測定が可能、などが挙げられる。今回開発した装置は、上記の条件を、①以外はほぼ満たしている。従って今後、測定精度を向上させることで、将来的には、既存の質量分析計や赤外分光計装置などの既存の手法を補完する装置に発展する可能性がある。なお外惑星のリングや衛星表面は、揮発性固体とシリケートを端成分にもつ混合体で構成されていると考えられており、探査の現場では、広大な探査領域で、その質量比を効率よく知る必要がある。今回提案した磁

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

気分離装置は、その機能を果たす潜在力も有している[3]。

[1] Hisayoshi, Uyeda & Terada (2016) Sci., Reps., 6, 38431.

[2] Yamaguchi, Hisayoshi, Uyeda & Terada (2017) J. Phys., Conf. Ser.903, 012026.

[3] Hitomi, Yamaguchi, Hisayoshi, Uyeda (2018) Planet Space Sci., available online.

キーワード：磁気分離、反磁性体、低温固体
Keywords: magnetic separation, diamagnetic material, low temperature solid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# The metallographic cooling rate of the Tafassasset primitive achondrite

*杉浦 直治[1]、荒井 朋子、松井 孝典
*naoji sugiura[1], Tomoko Arai, takafumi matsui

1. 千葉工業大学
1. Chiba Institute of Technology

Tafassasset (Tafa) is a primitive achondrite with carbonaceous chondrite-like (CC) isotopic (Cr etc.) signatures. Cooling rates and chronological information give valuable insight on the evolution of achondrite parent bodies. Brent et al. [1] constructed an evolutionary model (the parent body with a radius ~17 km, accreted at ~1 Ma after CAI; Tafa is located in the middle of the mantle). It is mainly based on the chronology, but is considered to be supported by the metallographic cooling rate (100~200 C/Ma). But it is said to require refinement. Here we report observations of the metal texture and compositions, based on which a cooling history is derived.

Observation

Fe-Ni grains (average composition ~10 mol.% Ni) in Tafa show various textures. Many grains show kamacite that nucleated on the metal-silicate boundary and expanded inward during cooling. The central part is zoneless plessite which must be martensite at higher temperatures but now is made of kamacite and taenite. An interesting feature is that the boundary of kamacite and interior plessite is made of thin (~a few mm wide) taenite wall, suggesting rapid coolig. The compositions range from 17 to 31 % Ni and the average is ~26% Ni. Considering the difficulties in measuring compositions of thin taenite rim, the real value could be ~31% Ni. The zoneless plessite interior (average composition ~10 mol% Ni) is made of taenite islands in kamacite matrix. The taenite island sizes are usually only a few mm or less and the compositions range, if measurable, from 28 to 39% Ni, and the average is ~34% Ni. Again, the real value is considered to be close to ~39% Ni. A typical distance between taenite islands is ~10 mm. There are isolated zoned taenite grains, the central compositions of which are correlated with the size. There are zoned taenite grains which are surrounded by kamacite. Their compositions at the center mostly do not depend on the size, and is ~10 mol.% Ni. We note that cloudy taenite is not observed in any taenite grains. It is also to be noted that the phosphorous content in metal is nearly zero because phosphide is not observed.

Cooling rates

Estimates of the cooling rates can be made based on the above observations. Plotting on Fig.1 of [2], the isolated taenite data suggest a cooling rate slightly faster than $10^4$ C/Ma. The data from zoned taenite surrounded by kamacite, when plotted on the same diagram, suggests a much faster cooling rate, but this may be artifact due to late nucleation of kamacite. Using the concept of closure, the thin taenite wall with ~31% Ni suggests a cooling rate ~$10^4$ C/Ma. Similarly, taenite islands with ~39% Ni in zoneless plessite suggest a cooling rate ~$10^3$ C/Ma. Distance between taenite islands could also be used for the cooling rate estimate. Assuming that diffusion in kamacite controls the island separation, a cooling rate of ~$10^4$ C/Ma is obtained. Absence of cloudy taenite is also consistent with rapid cooling.

Discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Although there are variations in the cooling rates depending on the features used for the calculation, it is clear that the cooling rate of Tafa (~$10^4$ C/Ma) is much faster than previously considered [2]. In order to cool at this rate, Tafa has to be located at a shallow depth (~1km from the surface). Because of this, the parent body size cannot be constrained well, except that it is much larger than 10 km in order to be kept warm at ~3.5 Ma (Mn-Cr age [3]). The rapid cooling is consistent with the chronological data. All (Hf-W, Pb-Pb, Mn-Cr and Al-Mg) ages may be identical. Or, the Hf-W age may be older than the rest because of the higher closure temperature.

[1] Brent et al., 2015, EPSL, 45, 193.

[2] Taylor et al., 1987, Icarus, 69, 1.

[3] Gopel et al., 2015, GCA,156,1.

キーワード：始原的エイコンドライト、金属学的冷却速度、母天体
Keywords: primitive achondrite, metallographic cooling rate, parent body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# The systematic investigations of high-pressure minerals in lunar basaltic meteorites

*宮原 正明[1]、高妻 一就[1]、大谷 栄治[2]、山口 亮[3]、境 毅[4]、大藤 弘明[4]、富岡 尚敬[5]、兒玉 優[6]
*Masaaki Miyahara[1], Kazunari Kozuma[1], Eiji Ohtani[2], Akira Yamaguchi[3], Takeshi Sakai[4], Hiroaki Ohfuji[4], Naotaka Tomioka[5], Yu Kodama[6]

1. 広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、3. 国立極地研究所、4. 愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、5. JAMSTEC高知コア研究所、6. マリンワークジャパン
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University, 2. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Geodynamics Research Center, Ehime University, 5. 5Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Marine Works Japan

The Moon has recorded the impact history for ca. 4.5 Ga, which is closely related with the orbit evolution of asteroids and planets in the solar system. The impact events occurred on the moon can be clarified using lunar meteorites. The lunar meteorites have several kinds of evidence for the impact events: e.g., brecciation, shock-induced melting, and high-pressure polymorphs. The high-pressure polymorph is one of the important clues for clarifying the impact events because we can constrain several physical parameters (e.g., shock pressure) for the impact events. However, only a few lunar meteorites were investigated about the high-pressure polymorphs. Several radio-isotope ages in the lunar meteorites were measured to deduce when the impact events occurred. However, the relevance between the radio-isotope ages and the shock features has not been clear. Accordingly, we initiated to investigate the shock features, especially the shock-induced melting and high-pressure polymorphs in the lunar mare basalt, NWA 032, NWA 479, NWA 2727, NWA 2977, and NWA 4898 using FE-SEM, Raman, EMPA, and FIB-TEM techniques to obtain the clues for clarifying the impact events occurred on the moon.

NWA 032 consisted of a basaltic portion and a small amount of breccia. Olivine, Ca-pyroxene, and low-Ca pyroxene occurred as phenocrysts in the basaltic portion. The matrix was filled with spherulitic textures consisting of plagioclase and Ca-pyroxene. Several shock-melt veins and melt-pockets occurred in the basaltic portion. Several olivine grains next to the shock-met veins have transformed into ringwoodite. The estimated shock pressure is ~13 GPa at least. The petrological and mineralogical features of NWA 479 were similar to those of NWA 032. Olivine grains entrained in the shock-melt veins dissociated into bridgmanite + (Mg, Fe)O. The estimated shock pressure is ~23 GPa at least. NWA 4898 showed the basaltic texture. Olivine occurred as phenocrysts. The matrix portion consisted mainly of Ca-pyroxene and plagioclase. A trace amount of silica minerals was entrained in the shock-melt veins. Some silica minerals in the shock-melt veins were stishovite. Ca-pyroxene next to the shock-melt veins dissociated into ahrensite, pyroxene-glass, and (probably) silicate titanite. The estimated shock pressure is ~9 GPa at least. NWA 2977 showed a gabbroitic texture and consisted mainly of olivine, low-Ca pyroxene, Ca-pyroxene, and plagioclase. Olivine grains next to or entrained in the shock-melt veins have transformed into ringwoodite. The estimated shock pressure is ~16 GPa at least. Two third of NWA 2727 was breccia and the other was gabbroitic. The gabbroitic portion consisted of olivine, low-Ca pyroxene, Ca-pyroxene, and plagioclase. The breccia portion included silica besides the fragments of the gabbroitic portions. Silica minerals entrained in the shock-melt veins or melt-pockets have transformed into coesite. The estimated shock pressure is ~3 GPa at least.

The shock-induced melting textures were observed in all investigated lunar mare basalt samples. Although

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

the high-pressure polymorphs of olivine, Ca-pyroxene, and silica minerals were identified, the high-pressure polymorphs of plagioclase, which are abundant in other shocked meteorites, were not identified. In addition to previous studies [1–3], the present study reveals that many kinds of high-pressure polymorphs occur in the lunar mare basalt, implying that most lunar mare basalts have experienced the heavy impact events.

References

[1] Ohtani E. et al. *PNAS* 108, 463–46, 2011.

[2] Miyahara M. et al. *NatureGeosci* 4:1737, 2013.

[3] Kayama M. et al. Sci.Adv. 4: eaar4378, 2018.

キーワード：月、月の玄武岩、高圧鉱物
Keywords: Moon, Lunar mare basalt, High-pressure minerals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Bulk chemical analysis of iron meteorites by LA-ICP-MS

*山口 亮[1]、白井 直樹[2]、羽場 麻希子[3]
*Akira Yamaguchi[1], Naoki Shirai[2], Makiko K. Haba[3]

1. 国立極地研究所、2. 首都大学東京、3. 東京工業大学
1. National Institute of Polar Research, 2. Tokyo Metropolitan University, 3. Tokyo Institute of Technology

Iron meteorites are Fe-Ni alloys with minor elements such as Co, P, S, and C. They are classified on the basis of textures (e.g., Widmanstatten pattern) and bulk chemical compositions (e.g., Ni, Ge, Ir). We performed bulk chemical analysis of iron meteorites by using an LA-ICP-MS and compared with the data obtained by INAA.

We measured five iron meteorites, Canyon Diablo (IAB, coarse octahedrite), Toluca (IAB, coarse octahedrite), Cape York (IIIAB, medium octahedrite), Muonionalusta (IV, fine octahedrite) and Dronino (ungrouped, ataxite) by using an LA-ICP-MS and INAA. Polished thick sections are prepared for LA-ICP-MS analysis. Polished thick sections of the meteorites were examined using an optical microscope, a scanning electron microscope, and an electron microprobe analyzer to observe the textures. A Thermo Element XR ICP-MS coupled to a CETAC LSX-213 laser was operated in low resolution mode (R = 300). The peaks monitored are $^{31}$P, $^{34}$S, $^{57}$Fe, $^{59}$Co, $^{60}$Ni, $^{65}$Cu, $^{69}$Ga, $^{74}$Ge, $^{95}$Mo, $^{99}$Ru, $^{103}$Rh, $^{105}$Pd, $^{182}$W, $^{185}$Re, $^{189}$Os, $^{193}$Ir, $^{194}$Pt and $^{197}$Au. Analyses in line and/or scanning modes were performed on a representative area of polished sections, using a 100 $\mu$m beam spot at 20 $\mu$m/sec., 20 Hz repetition rate. Typical analytical time was several minutes. Elemental abundances were obtained using Hoba (IVB, ataxite) and North Chile (IIAB, hexahedrite) iron meteorites as standard reference samples.

In INAA, samples weighing about 150 mg were firstly irradiated for 10 sec. at a neutron flux of 4.6 x 1012 $cm^{-2}s^{-1}$ at Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University for the determination of Co, Ni, Cu, Ge, and Rh. The same samples were reirradiated for 4 hrs at a neutron flux of 5.6 x 1012 $cm^{-2}s^{-1}$ at Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University for the determination of Cr, Fe, Co, Ni, Ga, As, Mo, Ru, Sb, W, Re, Os, Ir, Pt and Au.

We determined twenty elements (P, S, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Ge, As, Mo, Ru, Rh, Pd, Sb, W, Re, Os, Ir, Pt, and Au) for the five iron meteorites. Our results obtained by using two analytical methods were generally consistent with each other. However, our data of Muonionalusta are slightly different from literature values due to the large-scale heterogeneity of the meteorite (e.g., due to magmatic process). The abundance of some elements (e.g., Ru, Rh, Re, Ir) obtained from LA-ICP-MS data are higher than those from INAA due to the sample heterogeneity. It is possible to avoid this problem by choosing representative areas of the surface. Our study demonstrates that LA-ICP-MS has the potential to analyze a large number of iron meteorites.

キーワード：鉄隕石、化学組成分析
Keywords: Iron meteorites, Bulk chemical analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

## [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)

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<br/>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。

### [AOS13-P01] 海洋プラスチックの劣化と細片化に関する実験的研究

*山口 祐成[1] (1.九州大学)

### [AOS13-P02] 伊勢湾，三河湾の表層堆積物の粒度と炭素，窒素，硫黄濃度分布からみた海底環境

*天野 敦子[1]、清家 弘治[1] (1.産業技術総合研究所)

### [AOS13-P03] 駿河湾におけるエスチュアリ循環の観測

*田中 潔[1]、仁木 将人[2]、轡田 邦夫[2]、石田 明生[3]、高橋 大介[2]、勝間田 高明[2]、植原 量行[2] (1.東京大学、2.東海大学、3.常葉大学)

### [AOS13-P04] ジャカルタ湾の河川水の滞留時間

*森本 昭彦[1]、Soeyanto Endro[2]、速水 祐一[3]、Sudaryanto Agus[2]、Sachoemar Suhendar[2] (1.愛媛大学、2.BPPT, Indonesia、3.佐賀大学)

# 海洋プラスチックの劣化と細片化に関する実験的研究
# An experimental study on degradation and fragmentation of marine plastic debris

*山口 祐成[1]
*YUSEI YAMAGUCHI[1]

1. 九州大学
1. KYUSHU UNIVERSITY

海洋ごみの問題の一つとして、マイクロプラスチック汚染が世界的に注目されている。海洋中に微小プラスチックが存在することは既に報告されているが、その形成過程は詳しく解明されていない。本研究では、海表面を漂流するプラスチックが紫外線により劣化し波により微片化する過程の解明を目指す。まず紫外線照射実験を行った。最初に紫外線を照射する高圧UVランプの紫外線強度と太陽光が含む紫外線強度の比を知るべく、高圧UVランプ下と屋外でかつ一日中日影にならない場所の二箇所で測定を行った。誤差を無くすべく複数回行い、屋外での測定に関しては紫外線強度が天気に左右されると予測したため、本研究では晴れ、曇り、雨の日それぞれの平均を利用した。その後、同じ大きさのプラスチック片に高圧UVランプにより紫外線を照射し、性状を劣化させた後、波を模擬した実験機の中に投入し微片化させる。それぞれ照射時間や投入時間をを変化させ、プラスチック片の劣化の過程を解明していく予定である。

キーワード：マイクロプラスチック、ごみ、紫外線
Keywords: microplastics, rubbish, ultraviolet ray

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊勢湾，三河湾の表層堆積物の粒度と炭素，窒素，硫黄濃度分布からみた海底環境

# Seafloor environment based on grain and concentrations of carbon, nitrogen and sulfur of surface sediment in Ise and Mikawa bays

*天野 敦子[1]、清家 弘治[1]
*Atsuko Amano[1], Koji Seike[1]

1. 産業技術総合研究所
1. National institute of Advanced Industrial Science and Technology

伊勢湾・三河湾内の表層堆積物の粒度，全有機炭素（TOC），全窒素（TN），全硫黄（TS）濃度，全有機炭素全窒素量比（C/N）分布を明らかにし，海底環境について検討した．本研究では，2018年9月にミニマルチプルコアラーを用いて採取された18試料と，2004年12月にグラブ採泥器によって採取された26試料の合計44試料を用いて分析を行った．伊勢湾，三河湾の粒度は湾奥から中央部では6-8φで，中央部から湾口にかけては3-4φと粗くなる．TOC，TN，TS濃度はシルトが堆積する湾奥から湾中央部にかけては相対的に高い値を示し，湾口付近では急激に減少する．またC/N比は本調査海域の大部分で8-9を示すが，伊勢湾の湾奥，木曽川河口沖で10以上の値を示す．粒度分布は湾奥から湾中央にかけての海域はシルトが堆積する停滞的な水利環境であるが，湾口や海峡付近では潮汐流の増加によって砂質堆積物が堆積することを示す．元素分布は，停滞的なために湾口～湾中央部では有機物は堆積しやすく，貧酸素状態であることを示唆する．また，有機物起源の指標となるC/N比は湾内の大部分は海洋プランクトン起源の有機物が堆積するが，木曽川河口沖では陸性植物が多くなることを示す．

キーワード：粒度、CNS元素、海底表層堆積物
Keywords: grain size, CNS elements, surface sediment of seafloor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 駿河湾におけるエスチュアリ循環の観測
# Hydrographic observations of estuarine circulation in Suruga Bay, Japan

*田中 潔[1]、仁木 将人[2]、轡田 邦夫[2]、石田 明生[3]、高橋 大介[2]、勝間田 高明[2]、植原 量行[2]
*Kiyoshi Tanaka[1], Masato Niki[2], Kunio Kutsuwada[2], Akio Ishida[3], daisuke Takahashi[2], Takaaki Katsumata[2], Kazuyuki Uehara[2]

1. 東京大学、2. 東海大学、3. 常葉大学
1. University of Tokyo, 2. Tokai University, 3. Tokoha University

桜エビは駿河湾の重要漁獲物である。桜エビの商業漁獲は日本では駿河湾でのみ、世界でも日本以外では台湾でだけで行われている。なぜ世界でもこれら二地域だけにしか桜エビが豊富に生息していないのかはよく分かっていない部分も多いが、二つの要因が重要であろうと考えられている。一つは深海にまで続く急峻な大陸斜面の存在、もう一つは豊富な河川水が注がれていることである。そこで、筆者らは駿河湾の奥部で、ADCPやCTDを用いての高解像度の船舶観測を実施した。駿河湾の奥部には富士川の河口が位置し、それは急峻な大陸斜面に直結している。また、河口域には高気圧性（時計回り）の渦が形成され易いことも知られている。そして、今回の観測結果では、その河口域にエスチュアリ循環的な傾圧構造が見られた。深度20 m程に位置する層内に（河川系水の流れとは反対向きに）河口に向かう流れが存在しており、それは河口近傍で河川系水に連行加入されている可能性が示唆された。

キーワード：駿河湾、桜エビ、エスチュアリ循環、海洋観測
Keywords: Suruga Bay, Sergia lucens, estuarine circulation, hydrographic observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ジャカルタ湾の河川水の滞留時間
# Residence time of river water in the Jakarta Bay

*森本 昭彦[1]、Soeyanto Endro[2]、速水 祐一[3]、Sudaryanto Agus[2]、Sachoemar Suhendar[2]
*Akihiko Morimoto[1], Endro Soeyanto[2], Yuichi Hayami[3], Agus Sudaryanto[2], Suhendar Sachoemar[2]

1. 愛媛大学、2. BPPT, Indonesia、3. 佐賀大学
1. Ehime University, 2. BPPT, Indonesia, 3. Saga University

インドネシアの首都ジャカルタに面するジャカルタ湾は、東西約30㎞、南北約10㎞、最大水深20m程度の比較的浅く、ジャワ海に対し開放的な湾である。この湾には多くの河川を通じ大量の物質が供給されている。ジャカルタの下水道整備率は4%程度と低いため、大量の有機物、栄養塩、ごみなどがジャカルタ湾へと供給されている。そのため、湾内の海洋環境はかなり悪化していると予想されるが、観測データが多くなくその実態はつかめていない。我々は2015年の12月より、ジャカルタ湾の貧酸素の状況を把握するため年4回の海洋観測を実施している。その結果、1年を通じて湾内底層には貧酸素水塊が形成されていることが分かった。また、貧酸素の規模は河川流量が最も多い雨季には小さく、雨季から乾季や乾季から雨季の移行期に大きくなっていた。ジャカルタ湾のような熱帯では常に海面から加熱されているため、水温は鉛直一様になり成層しない。そのため密度成層は、河川からの淡水供給により決める。そのことを考えると、ジャカルタ湾の密度成層は雨季に発達することが予想され、成層の発達により酸素の鉛直輸送量の減少により貧酸素化することが期待されるが、実際はそのような状態になっていない。

本研究では、ジャカルタ湾の成層構造の季節変化を理解するため、3次元の数値モデルを構築し河川水の年齢と各河川の湾内の塩分への寄与率の季節変化を明らかにすることを目的とする。数値モデルはPOMをベースとしたもので、ジャカルタの気象台の風データ、湾内へ淡水を供給する10河川の河川流量データ、開境界での4分潮の調和定数と観測された水温・塩分を境界条件として与え、2016年の計算を行った。計算された塩分分布は乾季を除き観測とよく一致していた。表層流を調べると、2，5月は湾の西から流入し東から流出、9，12月は反対に東から流入し西から流出する流れとなっていた。湾内に流入する最大河川であるCitarum川が湾北東部に位置することから、河川流量の大きい2，5月には流入した淡水が速やかに湾外へ流出していることが予想された。湾内での河川水の滞留時間を把握するため、CART理論(Deleersnijder et al., 2001)によりジャカルタ湾内の河川水の年齢を計算した。雨季～乾季の移行期である5月の河川水の年齢は約15日、乾季である9月の河川水の年齢は約50日であった。季節による河川流量の違いだけでなく、このような河川水の湾内での滞留時間の違いが、密度成層構造と貧酸素水塊の形成に関係することが示唆された。発表時には、湾内へ淡水を供給する10河川の各河川が塩分にそれぞれどの程度寄与しているかについても紹介する。

キーワード：河川水の滞留時間、ジャカルタ湾
Keywords: Residence time of river water, Jakarta Bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

## [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)

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<br/>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。

[AOS13-P01] 海洋プラスチックの劣化と細片化に関する実験的研究

*山口 祐成[1] (1.九州大学)

---

[AOS13-P02] 伊勢湾，三河湾の表層堆積物の粒度と炭素，窒素，硫黄濃度分布からみた海底環境

*天野 敦子[1]、清家 弘治[1] (1.産業技術総合研究所)

---

[AOS13-P03] 駿河湾におけるエスチュアリ循環の観測

*田中 潔[1]、仁木 将人[2]、轡田 邦夫[2]、石田 明生[3]、高橋 大介[2]、勝間田 高明[2]、植原 量行[2] (1.東京大学、2.東海大学、3.常葉大学)

---

[AOS13-P04] ジャカルタ湾の河川水の滞留時間

*森本 昭彦[1]、Soeyanto Endro[2]、速水 祐一[3]、Sudaryanto Agus[2]、Sachoemar Suhendar[2] (1.愛媛大学、2.BPPT, Indonesia、3.佐賀大学)

# 海洋プラスチックの劣化と細片化に関する実験的研究
# An experimental study on degradation and fragmentation of marine plastic debris

*山口 祐成[1]
*YUSEI YAMAGUCHI[1]

1. 九州大学
1. KYUSHU UNIVERSITY

海洋ごみの問題の一つとして、マイクロプラスチック汚染が世界的に注目されている。海洋中に微小プラスチックが存在することは既に報告されているが、その形成過程は詳しく解明されていない。本研究では、海表面を漂流するプラスチックが紫外線により劣化し波により微片化する過程の解明を目指す。まず紫外線照射実験を行った。最初に紫外線を照射する高圧UVランプの紫外線強度と太陽光が含む紫外線強度の比を知るべく、高圧UVランプ下と屋外でかつ一日中日影にならない場所の二箇所で測定を行った。誤差を無くすべく複数回行い、屋外での測定に関しては紫外線強度が天気に左右されると予測したため、本研究では晴れ、曇り、雨の日それぞれの平均を利用した。その後、同じ大きさのプラスチック片に高圧UVランプにより紫外線を照射し、性状を劣化させた後、波を模擬した実験機の中に投入し微片化させる。それぞれ照射時間や投入時間をを変化させ、プラスチック片の劣化の過程を解明していく予定である。

キーワード：マイクロプラスチック、ごみ、紫外線
Keywords: microplastics, rubbish, ultraviolet ray

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊勢湾，三河湾の表層堆積物の粒度と炭素，窒素，硫黄濃度分布からみた海底環境

# Seafloor environment based on grain and concentrations of carbon, nitrogen and sulfur of surface sediment in Ise and Mikawa bays

*天野 敦子[1]、清家 弘治[1]
*Atsuko Amano[1], Koji Seike[1]

1. 産業技術総合研究所
1. National institute of Advanced Industrial Science and Technology

伊勢湾・三河湾内の表層堆積物の粒度，全有機炭素（TOC），全窒素（TN），全硫黄（TS）濃度，全有機炭素全窒素量比（C/N）分布を明らかにし，海底環境について検討した．本研究では，2018年9月にミニマルチプルコアラーを用いて採取された18試料と，2004年12月にグラブ採泥器によって採取された26試料の合計44試料を用いて分析を行った．伊勢湾，三河湾の粒度は湾奥から中央部では6-8φで，中央部から湾口にかけては3-4φと粗くなる．TOC，TN，TS濃度はシルトが堆積する湾奥から湾中央部にかけては相対的に高い値を示し，湾口付近では急激に減少する．またC/N比は本調査海域の大部分で8-9を示すが，伊勢湾の湾奥，木曽川河口沖で10以上の値を示す．粒度分布は湾奥から湾中央にかけての海域はシルトが堆積する停滞的な水利環境であるが，湾口や海峡付近では潮汐流の増加によって砂質堆積物が堆積することを示す．元素分布は，停滞的なために湾口～湾中央部では有機物は堆積しやすく，貧酸素状態であることを示唆する．また，有機物起源の指標となるC/N比は湾内の大部分は海洋プランクトン起源の有機物が堆積するが，木曽川河口沖では陸性植物が多くなることを示す．

キーワード：粒度、CNS元素、海底表層堆積物
Keywords: grain size, CNS elements, surface sediment of seafloor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 駿河湾におけるエスチュアリ循環の観測
# Hydrographic observations of estuarine circulation in Suruga Bay, Japan

*田中 潔[1]、仁木 将人[2]、轡田 邦夫[2]、石田 明生[3]、高橋 大介[2]、勝間田 高明[2]、植原 量行[2]
*Kiyoshi Tanaka[1], Masato Niki[2], Kunio Kutsuwada[2], Akio Ishida[3], daisuke Takahashi[2], Takaaki Katsumata[2], Kazuyuki Uehara[2]

1. 東京大学、2. 東海大学、3. 常葉大学
1. University of Tokyo, 2. Tokai University, 3. Tokoha University

桜エビは駿河湾の重要漁獲物である。桜エビの商業漁獲は日本では駿河湾でのみ、世界でも日本以外では台湾でだけで行われている。なぜ世界でもこれら二地域だけにしか桜エビが豊富に生息していないのかはよく分かっていない部分も多いが、二つの要因が重要であろうと考えられている。一つは深海にまで続く急峻な大陸斜面の存在、もう一つは豊富な河川水が注がれていることである。そこで、筆者らは駿河湾の奥部で、ADCPやCTDを用いての高解像度の船舶観測を実施した。駿河湾の奥部には富士川の河口が位置し、それは急峻な大陸斜面に直結している。また、河口域には高気圧性（時計回り）の渦が形成され易いことも知られている。そして、今回の観測結果では、その河口域にエスチュアリ循環的な傾圧構造が見られた。深度20 m程に位置する層内に（河川系水の流れとは反対向きに）河口に向かう流れが存在しており、それは河口近傍で河川系水に連行加入されている可能性が示唆された。

キーワード：駿河湾、桜エビ、エスチュアリ循環、海洋観測
Keywords: Suruga Bay, Sergia lucens, estuarine circulation, hydrographic observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ジャカルタ湾の河川水の滞留時間
# Residence time of river water in the Jakarta Bay

*森本 昭彦[1]、Soeyanto Endro[2]、速水 祐一[3]、Sudaryanto Agus[2]、Sachoemar Suhendar[2]
*Akihiko Morimoto[1], Endro Soeyanto[2], Yuichi Hayami[3], Agus Sudaryanto[2], Suhendar Sachoemar[2]

1. 愛媛大学、2. BPPT, Indonesia、3. 佐賀大学
1. Ehime University, 2. BPPT, Indonesia, 3. Saga University

インドネシアの首都ジャカルタに面するジャカルタ湾は、東西約30㎞、南北約10㎞、最大水深20m程度の比較的浅く、ジャワ海に対し開放的な湾である。この湾には多くの河川を通じ大量の物質が供給されている。ジャカルタの下水道整備率は4%程度と低いため、大量の有機物、栄養塩、ごみなどがジャカルタ湾へと供給されている。そのため、湾内の海洋環境はかなり悪化していると予想されるが、観測データが多くなくその実態はつかめていない。我々は2015年の12月より、ジャカルタ湾の貧酸素の状況を把握するため年4回の海洋観測を実施している。その結果、1年を通じて湾内底層には貧酸素水塊が形成されていることが分かった。また、貧酸素の規模は河川流量が最も多い雨季には小さく、雨季から乾季や乾季から雨季の移行期に大きくなっていた。ジャカルタ湾のような熱帯では常に海面から加熱されているため、水温は鉛直一様になり成層しない。そのため密度成層は、河川からの淡水供給により決める。そのことを考えると、ジャカルタ湾の密度成層は雨季に発達することが予想され、成層の発達により酸素の鉛直輸送量の減少により貧酸素化することが期待されるが、実際はそのような状態になっていない。

本研究では、ジャカルタ湾の成層構造の季節変化を理解するため、3次元の数値モデルを構築し河川水の年齢と各河川の湾内の塩分への寄与率の季節変化を明らかにすることを目的とする。数値モデルはPOMをベースとしたもので、ジャカルタの気象台の風データ、湾内へ淡水を供給する10河川の河川流量データ、開境界での4分潮の調和定数と観測された水温・塩分を境界条件として与え、2016年の計算を行った。計算された塩分分布は乾季を除き観測とよく一致していた。表層流を調べると、2，5月は湾の西から流入し東から流出、9，12月は反対に東から流入し西から流出する流れとなっていた。湾内に流入する最大河川であるCitarum川が湾北東部に位置することから、河川流量の大きい2，5月には流入した淡水が速やかに湾外へ流出していることが予想された。湾内での河川水の滞留時間を把握するため、CART理論(Deleersnijder et al., 2001)によりジャカルタ湾内の河川水の年齢を計算した。雨季～乾季の移行期である5月の河川水の年齢は約15日、乾季である9月の河川水の年齢は約50日であった。季節による河川流量の違いだけでなく、このような河川水の湾内での滞留時間の違いが、密度成層構造と貧酸素水塊の形成に関係することが示唆された。発表時には、湾内へ淡水を供給する10河川の各河川が塩分にそれぞれどの程度寄与しているかについても紹介する。

キーワード：河川水の滞留時間、ジャカルタ湾
Keywords: Residence time of river water, Jakarta Bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

## [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)

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。

[AOS16-P01] **Seasonal productions of dinoflagellate cysts in relation to environmental characteristics in Jinhae-Masan Bay, Korea: One year sediment trap observation**

*Hyeon Ho Shin[1] (1.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

---

[AOS16-P02] 1991年から2017年間で太平洋に蓄積した人為起源CO2

*村田 昌彦[1]、Carter B.R.[2,3]、Feely R.A.[3]、Wanninkhof R.[3]、纐纈 慎也[1]、Sonnerup R.E.[2]、Pardo P.C.[4]、Sabine C.L.[5]、Johnson G. C.[3]、Sloyan B.M.[6]、Mecking S.[2]、Tilbrook B.[6]、Speer K.[7]、Talley L.D.[8]、Millero F.J.[9]、Wijffels S.E.[6,10]、Macdonald A.M.[10]、Gruber N.[11]、Bullister J. L.[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.University of Washington、3.NOAA、4.University of Tasmania、5.University of Hawaii Manoa、6.CSIRO、7.The Florida State University、8.University of California、9.University of Miami、10.Woods Hole Oceanographic Institution、11.IBP)

---

[AOS16-P03] 太平洋熱帯域における表層$CO_2$分圧・栄養塩の季節・経年変動

*安中 さやか[1]、纐纈 慎也[1]、P.G. Strutton[2]、A.J. Sutton[3]、村田 昌彦[1]、中岡 慎一郎[4]、野尻 幸宏[4] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.University of Tasmania、3.NOAA、4.NIES)

# Seasonal productions of dinoflagellate cysts in relation to environmental characteristics in Jinhae-Masan Bay, Korea: One year sediment trap observation

*Hyeon Ho Shin[1]

1. Korea Institute of Ocean Science and Technology

To investigate dinoflagellate cyst production and seasonality in relation to major environmental factors, such as water temperature, salinity, chlorophyll-*a* (chl-*a*) and dissolved nutrients, and to propose dinoflagellate cysts as possible biological indicators for the reconstruction of past environmental conditions, a sediment trap study was conducted for one year, from March 2011 to February 2012, in Jinhae-Masan Bay, Korea. Marked increases in dinoflagellate cyst production were documented in Jinhae-Masna Bay during two distinct seasons (summer and late autumn) characterized by different environmental conditions. Summer (July and August) was characterized by relatively high water temperature, dissolved inorganic nitrogen (DIN), and chl-*a* concentrations and low salinity, whereas late autumn (November and December) exhibited high dissolved inorganic phosphorus, low water temperature and high salinity, compared to those of the summer. Fourteen dinoflagellate cyst taxa were identified. These assemblages were dominated by *Brigantedinium* species (round brown cyst), cysts of *Scrippsiella* species, *Spiniferites* species and cysts of *Alexandrium* species (ellipsoidal cyst). The total flux of dinoflagellate cysts ranged from 781 cysts $m^{-2}$ $day^{-1}$ to 5,602 cysts $m^{-2}$ $day^{-1}$, and the production of autotrophic dinoflagellate cysts was mainly restricted to the warmest months (July-September) and autumn. Multivariable analysis revealed that the production of major dinoflagellate cysts, excluding those of *Brigantedinium* species, can be enhanced by environmental conditions during summer in Jinhae-Masan Bay. In particular, the increased production of cysts of *Scrippsiella* species was related to increased water temperature, and the increased production production of *Spiniferites* species was associated with lower salinity. Two peaks in cyst production of *Alexandrium* species in August and November corresponded with significant increases in DIN and DIP; however, no significant relationship was found between the production of *Brigantedinium* species and environmental factors in Jinhae-Masan Bay. These results suggest that the cysts of *Scrippsiella* species, *Spiniferites* species and cysts of *Alexandrium* species present in sediment samples from Jinhae-Masan Bay can be used as biological indicators to reconstruct past environmental conditions involving relatively high water temperature, low salinity and enhanced nutrient level.

Keywords: Scrippsiella, Spiniferites, Alexandrium, phytoplankton, summer, Late autumn

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 1991年から2017年間で太平洋に蓄積した人為起源CO2
# Pacific anthropogenic carbon between 1991 and 2017

*村田 昌彦[1]、Carter B.R.[2,3]、Feely R.A.[3]、Wanninkhof R.[3]、纐纈 慎也[1]、Sonnerup R.E.[2]、Pardo P.C.[4]、Sabine C.L.[5]、Johnson G. C.[3]、Sloyan B.M.[6]、Mecking S.[2]、Tilbrook B.[6]、Speer K.[7]、Talley L.D.[8]、Millero F.J.[9]、Wijffels S.E.[6,10]、Macdonald A.M.[10]、Gruber N.[11]、Bullister J. L.[3]
*Akihiko Murata[1], Carter B.R.[2,3], Feely, R.A. Feely, R.A.[3], Wanninkhof, R. Wanninkhof, R.[3], Shinya Kouketsu[1], Sonnerup R.E.[2], Pardo P.C.[4], Sabine C.L.[5], Johnson G. C.[3], Sloyan B.M.[6], Mecking S.[2], Tilbrook B.[6], Speer K.[7], Talley L.D.[8], Millero F.J.[9], Wijffels S.E.[6,10], Macdonald A.M.[10], Gruber N.[11], Bullister J. L.[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. University of Washington、3. NOAA、4. University of Tasmania、5. University of Hawaii Manoa、6. CSIRO、7. The Florida State University、8. University of California、9. University of Miami、10. Woods Hole Oceanographic Institution、11. IBP
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Washington, 3. NOAA, 4. University of Tasmania, 5. University of Hawaii Manoa, 6. CSIRO, 7. The Florida State University, 8. University of California, 9. University of Miami, 10. Woods Hole Oceanographic Institution, 11. IBP

The ocean is storing between a fourth and a third of anthropogenic $CO_2$ ($C_{anth}$) emissions. Monitoring the oceanic $CO_2$ sink is critical to assessing the global carbon budget. We estimate total $C_{anth}$ storage and accumulation rates from 14 Pacific hydrographic sections that have been occupied two to four times over the past decades, with most sections having been recently measured as part of the Global Ocean Hydrographic Investigations Program (GO-SHIP). The $C_{anth}$ sink over the top 1500 m of the Pacific increased from 8.6 (±1.1, 1 $\sigma$) Pg of carbon decade$^{-1}$ from 1995 to 2005 to 10.8 (±1.1) PgC decade$^{-1}$ from 2005 to 2015. We estimate 1.2 of this observed 2.2 PgC decade$^{-1}$ increase in the rate of accumulation between decades is attributable to atmospheric anthropogenic $CO_2$ increases alone, while the remaining increase is consistent with recent literature suggesting there was an increase in the ocean carbon sink during the mid-2000s. Methods that allow for analysis of multiple occupations of sections and comparisons between different sections spaced irregularly in time are introduced. The accuracy of the resulting $C_{anth}$ accumulation reconstructions is limited by the accuracy of the data, suggesting that a continuation of repeat hydrographic surveys with a high emphasis on obtaining multiple independent realizations of the most accurate possible measurements is a critical piece of future carbon cycle monitoring.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 太平洋熱帯域における表層$CO_2$分圧・栄養塩の季節・経年変動
# Spatio-temporal variability of surface water pCO2 and nutrients in the tropical Pacific from 1981 to 2015

*安中 さやか[1]、纐纈 慎也[1]、P.G. Strutton[2]、A.J. Sutton[3]、村田 昌彦[1]、中岡 慎一郎[4]、野尻 幸宏[4]
*Sayaka Yasunaka[1], Shinya Kouketsu[1], P.G. Strutton[2], A.J. Sutton[3], Akihiko Murata[1], Shin-ichiro Nakaoka[4], Yukihiro Nojiri[4]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. University of Tasmania、3. NOAA、4. NIES
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Tasmania, 3. NOAA, 4. NIES

We present a synthesis of surface water partial pressure of $CO_2$ ($pCO_2$) and nutrient observations in the tropical Pacific from 1981 to 2015. The e-folding scale for interannual variability of $pCO_2$ is estimated to be 6˚ in latitude, 13˚ in longitude, and 2 months with a signal-to-noise ratio of 4. When El Niño occurs, $pCO_2$ along the equator is reduced due to weakening of the easterly wind and reduced upwelling of $CO_2$ rich subsurface water. The surface seawater $pCO_2$ trend is positive in all regions with an area average of 1.8 ±0.1 μatm/yr. However, along the equator the trend is > 2 μatm/yr linked to the Pacific Decadal Oscillation forcing. Surface nutrient concentrations in the central to eastern tropics along the equator decreased during El Niño periods, but there are not enough data to characterize the trends of nutrients in the tropical Pacific.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

## [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)

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。

[AOS16-P01] **Seasonal productions of dinoflagellate cysts in relation to environmental characteristics in Jinhae-Masan Bay, Korea: One year sediment trap observation**

*Hyeon Ho Shin[1] (1.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

---

[AOS16-P02] 1991年から2017年間で太平洋に蓄積した人為起源CO2

*村田 昌彦[1]、Carter B.R.[2,3]、Feely R.A.[3]、Wanninkhof R.[3]、纐纈 慎也[1]、Sonnerup R.E.[2]、Pardo P.C.[4]、Sabine C.L.[5]、Johnson G. C.[3]、Sloyan B.M.[6]、Mecking S.[2]、Tilbrook B.[6]、Speer K.[7]、Talley L.D.[8]、Millero F.J.[9]、Wijffels S.E.[6,10]、Macdonald A.M.[10]、Gruber N.[11]、Bullister J. L.[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.University of Washington、3.NOAA、4.University of Tasmania、5.University of Hawaii Manoa、6.CSIRO、7.The Florida State University、8.University of California、9.University of Miami、10.Woods Hole Oceanographic Institution、11.IBP)

---

[AOS16-P03] 太平洋熱帯域における表層$CO_2$分圧・栄養塩の季節・経年変動

*安中 さやか[1]、纐纈 慎也[1]、P.G. Strutton[2]、A.J. Sutton[3]、村田 昌彦[1]、中岡 慎一郎[4]、野尻 幸宏[4] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.University of Tasmania、3.NOAA、4.NIES)

# Seasonal productions of dinoflagellate cysts in relation to environmental characteristics in Jinhae-Masan Bay, Korea: One year sediment trap observation

*Hyeon Ho Shin[1]

1. Korea Institute of Ocean Science and Technology

To investigate dinoflagellate cyst production and seasonality in relation to major environmental factors, such as water temperature, salinity, chlorophyll-*a* (chl-*a*) and dissolved nutrients, and to propose dinoflagellate cysts as possible biological indicators for the reconstruction of past environmental conditions, a sediment trap study was conducted for one year, from March 2011 to February 2012, in Jinhae-Masan Bay, Korea. Marked increases in dinoflagellate cyst production were documented in Jinhae-Masna Bay during two distinct seasons (summer and late autumn) characterized by different environmental conditions. Summer (July and August) was characterized by relatively high water temperature, dissolved inorganic nitrogen (DIN), and chl-*a* concentrations and low salinity, whereas late autumn (November and December) exhibited high dissolved inorganic phosphorus, low water temperature and high salinity, compared to those of the summer. Fourteen dinoflagellate cyst taxa were identified. These assemblages were dominated by *Brigantedinium* species (round brown cyst), cysts of *Scrippsiella* species, *Spiniferites* species and cysts of *Alexandrium* species (ellipsoidal cyst). The total flux of dinoflagellate cysts ranged from 781 cysts $m^{-2}$ $day^{-1}$ to 5,602 cysts $m^{-2}$ $day^{-1}$, and the production of autotrophic dinoflagellate cysts was mainly restricted to the warmest months (July-September) and autumn. Multivariable analysis revealed that the production of major dinoflagellate cysts, excluding those of *Brigantedinium* species, can be enhanced by environmental conditions during summer in Jinhae-Masan Bay. In particular, the increased production of cysts of *Scrippsiella* species was related to increased water temperature, and the increased production production of *Spiniferites* species was associated with lower salinity. Two peaks in cyst production of *Alexandrium* species in August and November corresponded with significant increases in DIN and DIP; however, no significant relationship was found between the production of *Brigantedinium* species and environmental factors in Jinhae-Masan Bay. These results suggest that the cysts of *Scrippsiella* species, *Spiniferites* species and cysts of *Alexandrium* species present in sediment samples from Jinhae-Masan Bay can be used as biological indicators to reconstruct past environmental conditions involving relatively high water temperature, low salinity and enhanced nutrient level.

Keywords: Scrippsiella, Spiniferites, Alexandrium, phytoplankton, summer, Late autumn

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 1991年から2017年間で太平洋に蓄積した人為起源CO2
# Pacific anthropogenic carbon between 1991 and 2017

*村田 昌彦[1]、Carter B.R.[2,3]、Feely R.A.[3]、Wanninkhof R.[3]、纐纈 慎也[1]、Sonnerup R.E.[2]、Pardo P.C.[4]、Sabine C.L.[5]、Johnson G. C.[3]、Sloyan B.M.[6]、Mecking S.[2]、Tilbrook B.[6]、Speer K.[7]、Talley L.D.[8]、Millero F.J.[9]、Wijffels S.E.[6,10]、Macdonald A.M.[10]、Gruber N.[11]、Bullister J. L.[3]
*Akihiko Murata[1], Carter B.R.[2,3], Feely, R.A. Feely, R.A.[3], Wanninkhof, R. Wanninkhof, R.[3], Shinya Kouketsu[1], Sonnerup R.E.[2], Pardo P.C.[4], Sabine C.L.[5], Johnson G. C.[3], Sloyan B.M.[6], Mecking S.[2], Tilbrook B.[6], Speer K.[7], Talley L.D.[8], Millero F.J.[9], Wijffels S.E.[6,10], Macdonald A.M.[10], Gruber N.[11], Bullister J. L.[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. University of Washington、3. NOAA、4. University of Tasmania、5. University of Hawaii Manoa、6. CSIRO、7. The Florida State University、8. University of California、9. University of Miami、10. Woods Hole Oceanographic Institution、11. IBP
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Washington, 3. NOAA, 4. University of Tasmania, 5. University of Hawaii Manoa, 6. CSIRO, 7. The Florida State University, 8. University of California, 9. University of Miami, 10. Woods Hole Oceanographic Institution, 11. IBP

The ocean is storing between a fourth and a third of anthropogenic $CO_2$ ($C_{anth}$) emissions. Monitoring the oceanic $CO_2$ sink is critical to assessing the global carbon budget. We estimate total $C_{anth}$ storage and accumulation rates from 14 Pacific hydrographic sections that have been occupied two to four times over the past decades, with most sections having been recently measured as part of the Global Ocean Hydrographic Investigations Program (GO-SHIP). The $C_{anth}$ sink over the top 1500 m of the Pacific increased from 8.6 (±1.1, 1 $\sigma$) Pg of carbon decade$^{-1}$ from 1995 to 2005 to 10.8 (±1.1) PgC decade$^{-1}$ from 2005 to 2015. We estimate 1.2 of this observed 2.2 PgC decade$^{-1}$ increase in the rate of accumulation between decades is attributable to atmospheric anthropogenic $CO_2$ increases alone, while the remaining increase is consistent with recent literature suggesting there was an increase in the ocean carbon sink during the mid-2000s. Methods that allow for analysis of multiple occupations of sections and comparisons between different sections spaced irregularly in time are introduced. The accuracy of the resulting $C_{anth}$ accumulation reconstructions is limited by the accuracy of the data, suggesting that a continuation of repeat hydrographic surveys with a high emphasis on obtaining multiple independent realizations of the most accurate possible measurements is a critical piece of future carbon cycle monitoring.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 太平洋熱帯域における表層$CO_2$分圧・栄養塩の季節・経年変動
# Spatio-temporal variability of surface water pCO2 and nutrients in the tropical Pacific from 1981 to 2015

*安中 さやか[1]、纐纈 慎也[1]、P.G. Strutton[2]、A.J. Sutton[3]、村田 昌彦[1]、中岡 慎一郎[4]、野尻 幸宏[4]
*Sayaka Yasunaka[1], Shinya Kouketsu[1], P.G. Strutton[2], A.J. Sutton[3], Akihiko Murata[1], Shin-ichiro Nakaoka[4], Yukihiro Nojiri[4]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. University of Tasmania、3. NOAA、4. NIES
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Tasmania, 3. NOAA, 4. NIES

We present a synthesis of surface water partial pressure of $CO_2$ ($pCO_2$) and nutrient observations in the tropical Pacific from 1981 to 2015. The e-folding scale for interannual variability of $pCO_2$ is estimated to be 6˚ in latitude, 13˚ in longitude, and 2 months with a signal-to-noise ratio of 4. When El Niño occurs, $pCO_2$ along the equator is reduced due to weakening of the easterly wind and reduced upwelling of $CO_2$ rich subsurface water. The surface seawater $pCO_2$ trend is positive in all regions with an area average of 1.8 ±0.1 μatm/yr. However, along the equator the trend is > 2 μatm/yr linked to the Pacific Decadal Oscillation forcing. Surface nutrient concentrations in the central to eastern tropics along the equator decreased during El Niño periods, but there are not enough data to characterize the trends of nutrients in the tropical Pacific.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

## [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)

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。

### [AOS19-P01] 金星AFESによる大気スーパーローテーションの発生

*杉本 憲彦[1]、高木 征弘[2]、松田 佳久[3] (1.慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室、2.京都産業大学　理学部、3.東京学芸大学　自然科学系)

### [AOS19-P02] 金星の衛星間電波掩蔽観測を意識したデータ同化による研究

*阿部 未来[1]、杉本 憲彦[1]、菊池 由佳子[2]、細野 朝子[3]、安藤 紘基[4]、高木 征弘[4]、Itziar Garate Lopez[5]、Sebastien Lebonnois[6]、Chi Ao[7] (1.慶應義塾大学、2.横浜雙葉学園、3.豊島岡女子学園、4.京都産業大学、5.バスク大学、6.ソルボンヌ大学、7.ジェット推進研究所)

### [AOS19-P03] 太陽風と大気循環との関係

*Prikryl Paul[1] (1.ニューブランズウィック大学物理学部、カナダ天然資源地磁気研究所)

### [AOS19-P04] 2010年夏のロシアブロッキングにおける大西洋ストームトラックの寄与

*山崎 哲[1] (1.海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)

### [AOS19-P05] エクマン層の不安定と台風境界層のロール渦

*伊藤 純至[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

### [AOS19-P06] Mathematical description of the internal waves in a proximity of the bottom of the Ocean.

*andrei giniatoulline[1]、german tobar[1] (1.Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America)

### [AOS19-P07] How deterministic are the deep zonal jets?

*Ryo Furue[1]、Masami Nonaka[1]、Hideharu Sasaki[1] (1.APL/JAMSTEC)

### [AOS19-P08] 潮汐混合によるインドネシア通過流への影響

*城山 航基[1]、木田 新一郎[2]、佐々木 英治[3]、古恵 亮[3] (1.九州大学大学院　総合理工学府　大気海洋環境システム学専攻、2.九州大学　応用力学研究所、3.海洋研究開発機構)

### [AOS19-P09] 異なるデータ(NCEP/NCAR及びQSCAT)から得られたOFESの結果の南太平洋における再現性の検証

*福永 広重[1]、轡田 邦夫[1]、垣内 陽[1]、柳田 悠馬[1]、佐々木 英治[2]、笹井 義一[2] (1.東海大学、2.海洋研究開発機構)

### [AOS19-P10] 海洋波浪データの漂流ブイ,係留式GPSブイ,再解析データの相互比較

*久木 幸治[1] (1.琉球大学)

### [AOS19-P11] 黒潮続流周辺海域における渦の併合, 分離について

*松橋 孝太朗[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院海洋学研究科海洋学専攻)

[AOS19-P12] OGCMと粒子追跡法を用いた137E測線に到達する水塊における中規模渦に捕捉された輸送の影響の評価

★招待講演

*中野 英之[1]、辻野 博之[1]、坂本 圭[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、山中 吾郎[1]、松村 義正[2] (1.気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[AOS19-P13] 簡易気候モデルを用いた氷期気候における海洋深層循環の変動に関する研究

*安藤 大悟[1]、岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

# 金星AFESによる大気スーパーローテーションの発生
# Atmospheric super rotation developed in a GCM (AFES-Venus)

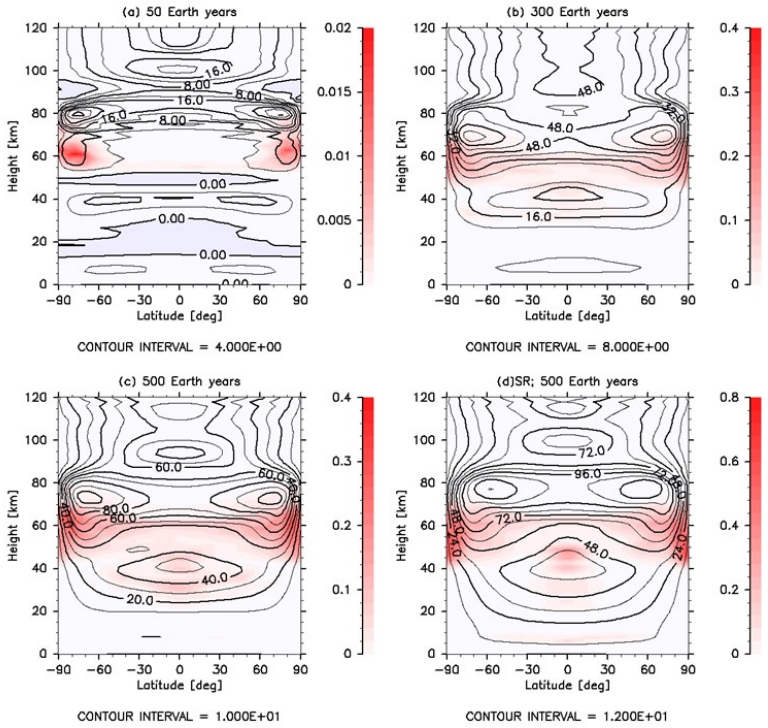
*杉本 憲彦[1]、高木 征弘[2]、松田 佳久[3]
*Norihiko Sugimoto[1], Masahiro Takagi[2], Yoshihisa Matsuda[3]

1. 慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室、2. 京都産業大学　理学部、3. 東京学芸大学　自然科学系
1. Keio University, Department of Physics, 2. Kyoto Sangyo University, Department of Physics, 3. Tokyo Gakugei University, Department of Natural Sciences

金星の大気では, 自転を追い越す東西風「スーパーローテーション」が卓越している.
スーパーローテーションの発生メカニズムには, 平均子午面循環による「ギーラッシュメカニズム」と, 波と平均流の相互作用による「熱潮汐波メカニズム」がある. これまで, 金星の大気大循環モデルでは, 現実的な東西平均加熱の設定で, ギーラッシュメカニズムによるスーパーローテーションの再現はできていない. 本研究では, 金星AFES(Atmospheric general circulation model For the Earth Simulator)を用いて, 先行研究より鉛直渦粘性を小さくした長時間積分を実行した。その結果、静止状態から高速スーパーローテーションを発生させることに成功した(図参照).

**Fully developed super-rotation driven by the mean meridional circulation in a Venus GCM,** Norihiko Sugimoto, Masahiro Takagi, and Yoshihisa Matsuda, *Geophysical Research Letters*, (2019), doi.org/10.1029/2018GL080917.

キーワード：大気大循環、スーパーローテーション、金星
Keywords: General circulation, Super rotation, Venus




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 金星の衛星間電波掩蔽観測を意識したデータ同化による研究
# Data assimilation of the Venus atmosphere assuming radio occultation measurement by small satellites

*阿部 未来[1]、杉本 憲彦[1]、菊池 由佳子[2]、細野 朝子[3]、安藤 紘基[4]、高木 征弘[4]、Itziar Garate Lopez[5]、Sebastien Lebonnois[6]、Chi Ao[7]
*Mirai Abe[1], Norihiko Sugimoto[1], Yukako Kikuchi[2], Asako Hosono[3], Hiroki Ando[4], Masahiro Takagi[4], Itziar Garate Lopez[5], Sebastien Lebonnois[6], Chi Ao[7]

1. 慶應義塾大学、2. 横浜雙葉学園、3. 豊島岡女子学園、4. 京都産業大学、5. バスク大学、6. ソルボンヌ大学、7. ジェット推進研究所
1. Keio University, 2. Yokohama Futaba High School, 3. Toshimagaoka Women High School, 4. Kyoto Sangyo University, 5. Euskal Herriko Unibertsitatea, 6. Sorbonne Universite, 7. Jet Propulsion Laboratory

金星大気の高度約60-70㎞では、極域が周辺に比べて温度が高く、その周辺の緯度約60-80度で低温になる「コールドカラー」と呼ばれる現象が存在する。これまで金星大気大循環モデル(AFES-Venus)では、コールドカラーの再現に成功している[1]が、実際の観測と比べて極とコールドカラーの温度差が小さい。また近年、局所アンサンブル変換カルマンフィルター(LETKF)を用いた金星大気データ同化システム(VALEDAS)の開発にも成功している[2]。本研究では、より温度差を良く再現しているフランスの金星大気大循環モデル(LMD/VGCM)のデータ[3]を同化することによりコールドカラーの再現可能性を調べた。金星の衛星間電波掩蔽を想定した温度の擬似観測データを作成し、観測地点、観測数、時間間隔等の条件を変え、再現性を評価した結果を報告する。図に、高度約66km、緯度30-90°Nの温度分布について、85°Nの3地点で温度の鉛直分布の観測が毎地球時に得られた場合の同化結果を示す。コールドカラーの再現に成功し、衛星間電波掩蔽観測が有効であることを示唆している。

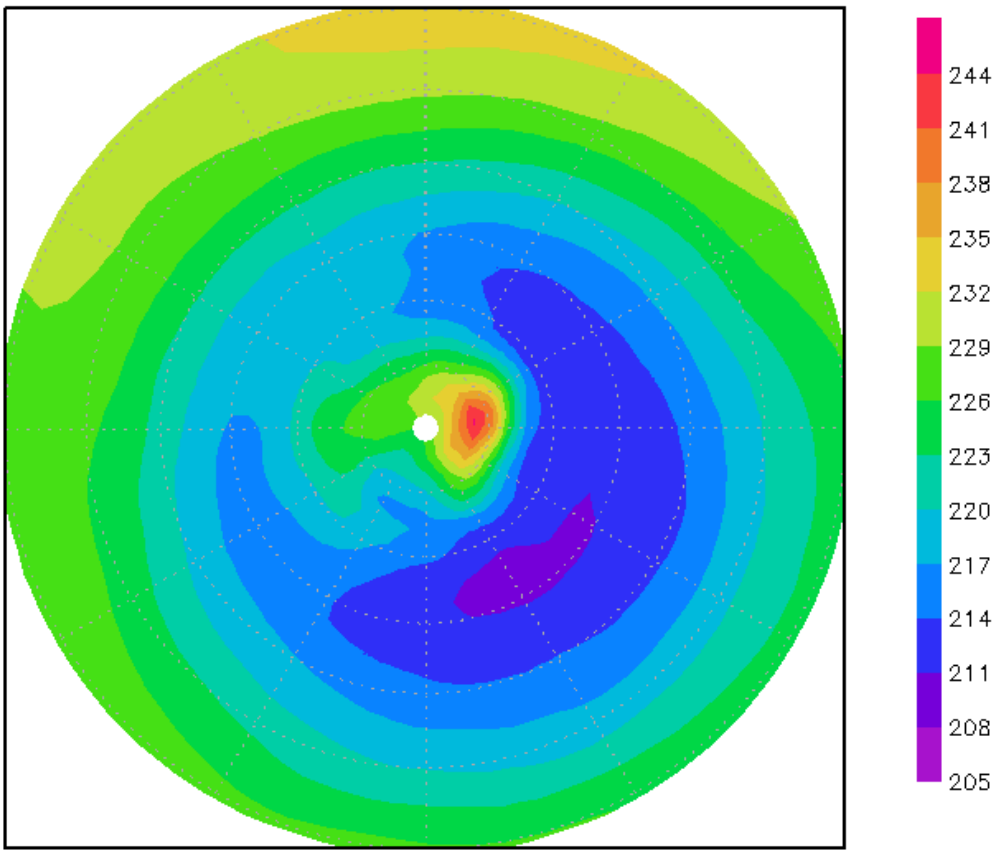
**[1] The puzzling Venusian polar atmospheric structure reproduced by a general circulation model,** Hiroki Ando, Norihiko Sugimoto, Masahiro Takagi, Hiroki Kashimura, Takeshi Imamura, and Yoshihisa Matsuda, *Nature Communications*, Vol. 7, (2016), 10398, 8pp.

**[2] Development of an ensemble Kalman filter data assimilation system for the Venusian atmosphere,** Norihiko Sugimoto, Akira Yamazaki, Toru Kouyama, Hiroki Kashimura, Takeshi Enomoto, and Masahiro Takagi, *Scientific Reports*, Vol. 7, (2017), 9321, 9pp

**[3] Latitudinal variation of clouds' structure responsible for Venus' cold collar,** Itziar Garate-Lopez, Sébastien Lebonnois, *Icarus*, Vol. 314, (2018), p1-11.

キーワード：データ同化、金星、電波掩蔽
Keywords: Data assimilation, Venus, Radio occultation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 太陽風と大気循環との関係
# Relationship between solar wind and atmospheric circulation

*Prikryl Paul[1]
*Paul Prikryl[1]

1. ニューブランズウィック大学物理学部、カナダ天然資源地磁気研究所
1. Physics Department University of New Brunswick and Geomagnetic Laboratory Natural Resources Canada

太陽風磁場のセクター構造と冬季の中緯度上部対流圏の渦度/循環の関係が発見されて以来、40年以上が経過した[1,2]。これらの結果は後に確認され、さまざまな物理的メカニズムが提案された[3,4]。太陽風 - 磁気圏 - 電離圏 - 大気圏（MIA）結合過程は、高緯度の下部熱圏源から上下に伝播する内部大気重力波を生成する[5]。大気重力波は低層大気中で長距離にわたってダクト伝搬し、対流圏に到達する可能性がある[6,7]。振幅は大幅に減少するが、上部対流圏での過剰反射により増幅された重力波は、対流圏に存在する湿潤不安定性を誘発して対流バーストを引き起こす可能性がある[4]。潜熱放出は、温帯低気圧の強化につながるエネルギー源であり、対流バーストは熱帯低気圧の急発達に関連する。最近の研究[8,9,10]では、コロナホールまたはコロナ質量放出からの高速太陽風の到達後に爆弾低気圧と熱帯低気圧が急発達する傾向が示されている。太陽風MIA結合は、共回転相互作用領域(CIR)と高速太陽風の前縁での惑星間衝撃波の到着時に最も強いので、オーロラ起源の重力波の振幅が最大である。重力波が温帯低気圧や熱帯低気圧に存在する湿潤不安定性を誘発して対流バーストを開始させると、低気圧を強化して循環を増加する。

[1] Wilcox J. M., et al., Science, 180, 185-186, 1973.
[2] Wilcox J. M., et al., J. Atmos. Sci. 31, 581–588, 1974.
[3] Prikryl P., et al., Ann. Geophys. 27, 1–30, 2009. https://doi.org/10.5194/angeo-27-1-2009
[4] Prikryl P., et al., Ann. Geophys. 27, 31–57, 2009. https://doi.org/10.5194/angeo-27-31-2009.
[5] Hines, C.O., Can. J. Phys. 38, 1441–1481, 1960.
[6] Mayr H.G., et al., J. Geophys. Res., 89, 10929–10959, 1984.
[7] Prikryl P., et al., Ann. Geophys., 23, 401-417, 2005. doi:10.5194/angeo-23-401-2005
[8] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 149, 219–231, 2016.
[9] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 171, 94–110, 2018.
[10] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 183, 36-60, 2019.
https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.12.009.

キーワード：太陽風-磁気圏-電離圏-大気圏結合、高速太陽風、内部重力波 、大気循環、温帯・熱帯低気圧
Keywords: Solar wind-magnetosphere-ionosphere-atmosphere coupling, High-speed solar wind, Internal gravity waves, Atmospheric circulation, Extratropical and tropical cyclones

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2010年夏のロシアブロッキングにおける大西洋ストームトラックの寄与
# Contribution of the Atlantic storm track to the Euro-Russian blocking maintenance in summer 2010

*山崎 哲[1]
*Akira Yamazaki[1]

1. 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ
1. Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A long-lived blocking anticyclone occurred over western Russia during summer of 2010. This blocking persisted especially during the whole July over the western Russia and caused various weather extremes in the Eurasian continent. In this study, we investigate the mechanism and predictability of Euro-Russian blocking in terms of the interaction between blocking and synoptic eddies or storm tracks, that is, the eddy feedback mechanism. The author adopts the selective absorption mechanism (SAM, Yamazaki and Itoh 2013) to explain the maintenance mechanism and predictability of Euro-Russian blocking during July. Using an ensemble data assimilation system and an AGCM with the same forecast model, we conducted ensemble medium-range (7 days) forecast experiments. Isentropic trajectory analyses suggested that the SAM can work even in the summertime blocking event and the mechanism is more effective for forecast members in which the blocking is successfully forecast. We also conducted a sensitivity experiments in which the Atlantic storm track was suppressed by a piecewise potential vorticity inversion method to evaluate the impact of the storm track on the maintenance of the blocking. The result indicates that the blocking can be substantially maintained by the feedback from the storm track. The results suggested that the Atlantic storm track can substantially contribute to the maintenance of Euro-Russian blocking and its predictability.

キーワード：大気ブロッキング、ストームトラック、アンサンブル予報
Keywords: atmospheric blocking, storm tracks, ensemble forecasting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

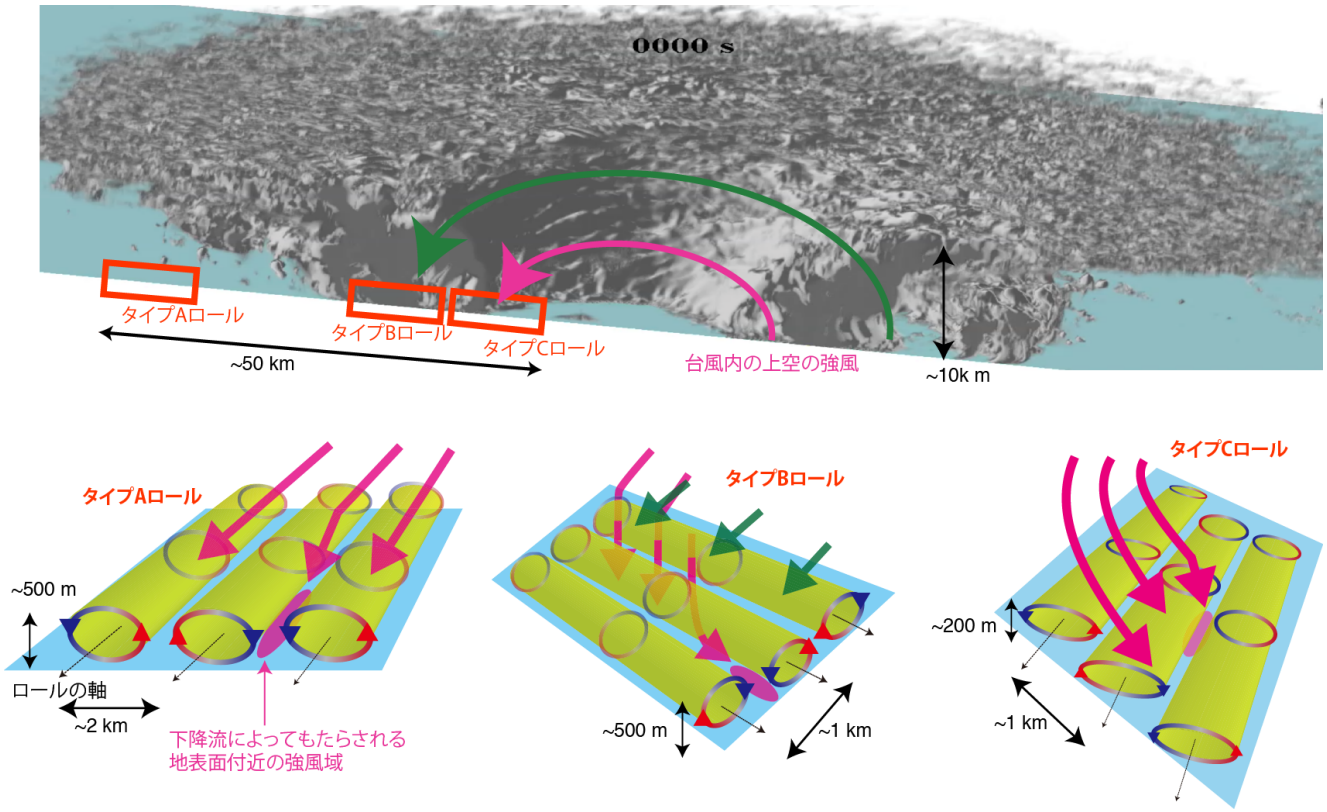
# エクマン層の不安定と台風境界層のロール渦
# Instabilities in Ekman layer and roll structures in a tropical cyclone boundary layer

*伊藤 純至[1]、新野 宏[1]
*Junshi Ito[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

京コンピュータを活用し、台風全域のラージ・エディ・シミュレーションを実施した。シミュレーション結果には3種類のロール構造がみられた(図参照、Ito et al., 2017)。このようなロールの形成機構について、エクマン層の不安定性解析との関連を考察した。その結果、エクマン層の2種類の不安定（変曲点不安定と平行不安定）と関連することが示唆された。

キーワード：台風境界層、ロール構造、線形不安定性、エクマン層
Keywords: Tropical cyclone boundary layer, Roll structure, Linear Instability, Ekman Layer




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Mathematical description of the internal waves in a proximity of the bottom of the Ocean.

*andrei giniatoulline[1], german tobar[1]

1. Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America

We construct an explicit solution for a boundary value problem in a layer at the bottom of the Ocean for a system of partial differential equations which describes the motion of a viscous rotating stratified fluid. As an effect of Coriolis and gravitational forces, there arise internal waves in the fluid. We prove the existence and uniqueness of the solution.
For a model in the half-space, for the constructed solutions we find the asymptotical behavior for large values of t. We prove the existence of the following boundary layer phenomena: the asymptotical decay of the solution is slower as we approach the boundary plane of the bottom.
The obtained results can be used not only for modeling the flows at the bottom of the Ocean, but also for the flows in the lower Atmosphere.

Keywords: Internal waves, Stratified fluid, Rotating fluid, Boundary layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# How deterministic are the deep zonal jets?

*Ryo Furue[1], Masami Nonaka[1], Hideharu Sasaki[1]

1. APL/JAMSTEC

Eddy-resolving oceanic general circulation models (OGCMs) often show eastward and westward alternating flows below the main thermocline in the velocity field averaged over one year or longer. They are commonly termed the “deep jets”. They are fairly coherent zonally, extending tens of degrees, and vertically, extending down to 1000–2000 m. Their meridional wavelength (distance between eastward flows) is typically 3º–5º. Although they tend to be masked by the general circulation near the surface, their pressure anomalies exist there and has been detected in satellite-observed sea-surface height fields. Recently, a compilation of high-resolution ADCP sections and an analysis on geostrophic velocity based on Argo showed the horizontal and vertical structure of the jets (Cravatte et al. 2017).

In an analysis of OFES , an eddy resolving model, deep jets tend to systematically migrate toward the equator between 20º–30ºN and S (Richards et al. 2006) with a period of approximately 4 years. On the other hand, Qiu et al. (2013) proposed a mechanism that generates a series of stationary deep jets at fixed distances from the equator.

A number of mechanisms have been proposed to explain the existence and the properties of these deep jets, some of them suggesting that the positions and strengths of the jets are determined by external forcing (“deterministic”) and others, that they are (or should be) only statistically determined (“stochastic”).

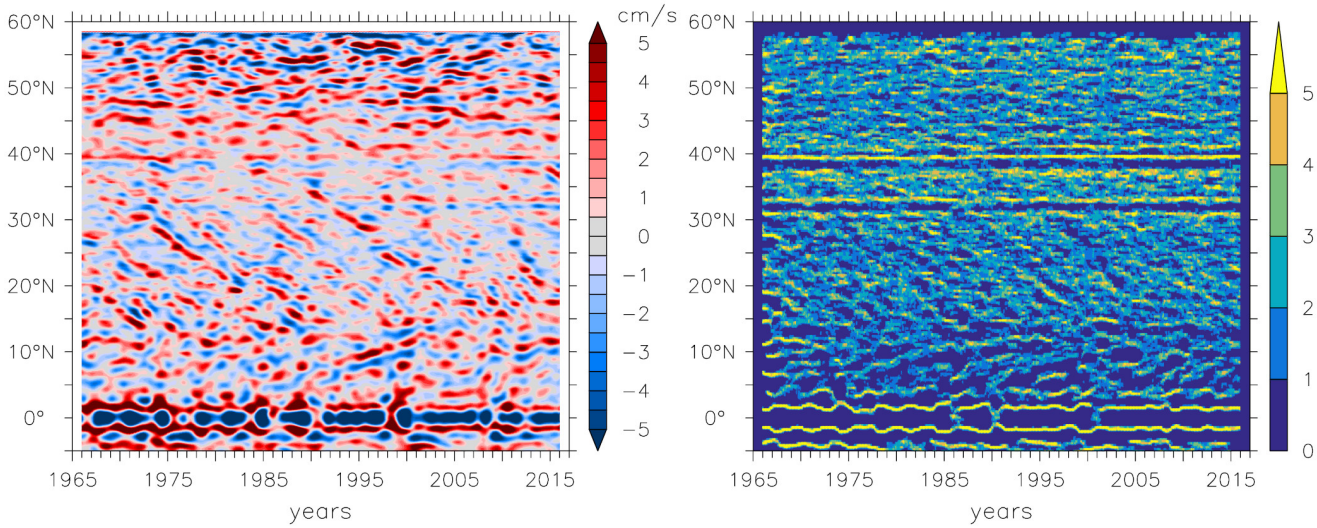
To determine how deterministic the deep jets are, we use a 10-member ensemble of runs of OFES 2, an OGCM for the Earth Simulator version 2, which is a semi-global model with a 0.1º horizontal resolution. Its surface forcing is based on JRA55-do, a timeseries of atmospheric conditions derived from a reanalysis product. The ensemble runs are started from the beginning of 1965 and extended to the end of 2016; their difference comes solely from slight differences in their initial conditions.

As the left panel of the figure below shows, equatorward phase propagation of deep jets is clear between 20º–30ºN, whereas poleward propagation is discernible between 5º–15ºN. Along 33º and 40ºN are rather persistent eastward jets flanked by westward jets on their equatorward sides. North of 40ºN, the jets tend to be somewhat stronger and less stable and to have shorter meridional wavelengths.

The variance among the ensemble members initially grows rapidly but stabilizes in 5–10 years (not shown). The right panel of the figure below indicates how well the positions of eastward jets agree among the ensemble members. Except for the equatorial currents (like the primary and secondary Tsuchiya Jets) and those stable jets near 33º and 40ºN, the axes of the jets more or less vary among ensemble members. Nevertheless, some coherence is also evident; in particular, the poleward-propagating jets in the 5º–15ºN band tend to agree among themselves. In the equatorward-propagating regime 20º–30ºN, coherent propagation sometimes emerges. If the tropical (equatorward of 15ºN) jets are deterministic, their migration may be due to some slow change in external forcing.

Keywords: deep jets, chaos, eddy-resolving OGCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 潮汐混合によるインドネシア通過流への影響
# The impact of tidal mixing on the Indonesian Throughflow

*城山 航基[1]、木田 新一郎[2]、佐々木 英治[3]、古恵 亮[3]
*Kohki Shiroyama[1], Shinichiro Kida[2], Hideharu Sasaki[3], Ryo Furue[3]

1. 九州大学大学院　総合理工学府　大気海洋環境システム学専攻、2. 九州大学　応用力学研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, 2. Research Institute for Applied Mechanics Kyushu University, 3. JAMSTEC. APL

インドネシア多島海は太平洋とインド洋の二つの大洋を繋ぐインドネシア通過流が流れている海域である。直上の大気は赤道の大気大循環の中心域でもありインドネシア多島海の海面水温は雲の発達過程に重要な役割を果たしている。この海域は、海底地形が複雑なため、潮汐による鉛直混合が活発に起きていると考えられている。インドネシア通過流がこの海域を通る過程で潮汐混合がその水塊性質にどのような影響を与えるのかを調べるため、潮汐混合パラメタリゼーションの感度実験を行った準全球海洋大循環モデル　OFES2を解析した。パラメタリゼーションの有無による数値モデルの解析結果の違いによってインドネシア通過流に沿って起きる海水の温度、塩分、流速の変化を調べた。その結果、潮汐混合がインドネシア通過流に確かに影響を与えていることを確認できた。特に、海峡や浅くなっている地点（海嶺火山など）の前後での水塊性質の変化が顕著で、水塊性質の鉛直分布が均一になっていることを確認できた。これは海峡などの狭い場所を通過する時に、潮汐混合の影響を強く受けるためであると考えられるが、原因解明のためにより詳しく解析を行っていく。

キーワード：潮汐混合、インドネシア通過流
Keywords: tidal mixing, Indonesian Throughflow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 異なるデータ(NCEPNCAR及びQSCAT)から得られたOFESの結果の南太平洋における再現性の検証

# Verification for subsurface oceanic structure in OFES outputs driven by different wind data sets (NCEP/NCAR and QSCAT)in the tropical Pacific Ocean

*福永 広重[1]、轡田 邦夫[1]、垣内 陽[1]、柳田 悠馬[1]、佐々木 英治[2]、笹井 義一[2]
*Hiroshige Fukunaga[1], Kunio Kutsuwada[1], Akira Kakiuchi[1], Yuma Yanagida[1], Hideharu Sasaki[2], Yoshikazu Sasai[2]

1. 東海大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tokai University, 2. JAMSTEC

１　はじめに

ＯＦＥＳは海洋循環と海洋構造を、海面フラックス（運動量、熱、淡水）を入力することで高解像度に再現する数値モデルである。異なる海上風データセットであるＮＣＥＰとＱＳＣＡＴによって駆動された２種類のＯＦＥＳrun（ＮＣＥＰrun及びＱＳＣＡＴrun）の相互比較では、表層水温がほぼ同様であるのに対して、海洋内部の亜表層（１００ｍの深度）において、北半球では１０°Ｎ付近でＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunよりも水温構造が約５０ｍ浅い。また、東岸からの地衡流量の鉛直積分流量も異なる（ＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunよりも１０Sv大きい）(Kutsuwada et al .,2018)。

本研究では、北半球で確認された両ｒｕｎの水温構造の違いや、鉛直積分流量の東岸からの積分値における違いが南半球においても同様に表れるかを検証した。また、比較としてArgo観測データから格子化されたＭＯＡＡ－ＧＰＶを用いた。

２　使用データ

ＯＦＥＳは、NOAAによって開発されたModular Ocean Model ver.3に基づきJAMSTECによって開発された高解像準全球海洋大循環モデルである。海面フラックスデータを入力して、高い時空間解像度で海洋循環場及び海洋構造の再現を可能にした。ＯＦＥＳの駆動外力として、NCEP/NCARにより作成された再解析データ及び、人工衛星QSCAT(QuikACAT)の散乱計データセットを与えている。

空間解像度は水平方向には0.1°×0.1°のものを1°×1°に平均した。鉛直方向には海面(2.5m)から6065mまでで間隔が5mから330mまで変化する54層のものを秋間法(Akima, 1970)を用いて10m間隔の補間を行った。

３　解析方法

水温T(℃)、塩分S(PSS)から求めた海面力学高度偏差を用いて、海面から水深ｈまで鉛直積分した地衡流量を算出した。その際、無流面を2000mとした。スベルドラップ流量は海面から無流面（風成循環が及ぶ最大深度）までの鉛直積分流量に相当し、コリオリパラメーターと海面応力の東西成分によって求められるエクマン層内の流量と地衡流の鉛直積分流量の和で表される。

本研究では、海洋データから得られる地衡流量と海上風データから得られる風成駆動流量が一致するかを見る。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

４　結果

水温構造は１０°Ｓ付近においてＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunよりも約５０ｍ浅く、東西積分流量は同緯度帯でＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunより１０Sv小さい値となった。また、ＭＯＡＡ－ＧＰＶとの比較では、ＱＳＣＡＴｒｕｎの水温は２００ｍ付近まで良く一致する一方、ＮＣＥＰｒｕｎは５０～４００ｍで低く、東西積分流量は、ＱＳＣＡＴrunがＭＯＡＡ－ＧＰＶにほぼ一致する。以上より、北半球と同様に南半球においてもＱＳＣＡＴｒｕｎはＮＣＡＰｒｕｎよりも再現性が高いと言える。

両ｒｕｎを駆動する風応力回転場の東西平均値の南北分布プロファイルの比較では、１０°Ｎ付近に見られる正の極大値がＮＣＥＰはＱＳＣＡＴよりも大きく、１０°Ｓにおける負の極大値も同様な特性が見られる。亜表層構造の違いも１０°Ｎと１０°Ｓで見られることから、亜表層構造の風応力への依存性が強く示唆される。また、ＱＳＣＡＴｒｕｎによる地衡流量と風データから算出した風成駆動流量が低緯度帯ではほぼ一致することから、同緯度帯ではスベルドラップ平衡が成立することが確認できた

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海洋波浪データの漂流ブイ,係留式GPSブイ,再解析データの相互比較
# Inter-comparison of ocean wave data from drifting buoys, moored GPS buoys and reanalysis data

*久木 幸治[1]
*Yukiharu Hisaki[1]

1. 琉球大学
1. University of the Ryukyus

Observation of surface wave data such as wave height and period are important for practical and scientific purposes. However, wave observations by moored buoys around Japan are only by GPS buoys, which are located about 10 km from the coast. The observations of wave heights and periods by Japan Meteorological Agency (JMA) drifting buoys were conducted from 2000. Wave data from drifting buoys are inter-compared with GPS buoys and ERA-Interim reanalysis data. The GPS wave data are compared with those from drifting buoys and ERA-Interim data, when a drifting buoy is close to a GPS buoy position, and the number of comparison is limited. The data period of wave data of drifting buoys and ERA-Interim data is from 2000 to 2018. The agreement of wave heights between from GPS and drifting buoys is better than that between from GPS and ERA-Interim data. The agreement of wave periods between from GPS and drifting buoys is not much better than that between from GPS and ERA-Interim data. There are cases that wave periods by drifting buoys are much longer than those from GPS buoys. The dependency of wave parameter differences between from drifting buoys and ERA-Interim data on drifting buoy speeds is investigated.
The drifting current components to the mean wave directions are evaluated from the drifting currents estimated from the drifting buoy positions and the ERA interim mean wave directions.
The differences of wave heights between from drifting buoys and ERA-Interim data are larger as faster current speeds.
The ERA-Interim wave heights are underestimated when current directions are opposite to mean wave directions. The ERA-Interim wave heights are overestimated current directions are following to wave directions. The ratio as drifting wave period/ERA-Interim wave period is smaller as increasing opposing current component, which is consistent with the Doppler shift.

キーワード：波高、周期、漂流ブイ
Keywords: wave height, wave period, drifting buoy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 黒潮続流周辺海域における渦の併合, 分離について
# Merge and Separation of ocean eddies around the Kuroshio Extension

*松橋 孝太朗[1]、植原 量行[1]
*koutarou matsuhashi[1], Kazuyuki Uehara[1]

1. 東海大学大学院海洋学研究科海洋学専攻
1. The Graduate School of Marine Science Technology

海洋中規模渦は流れの状態を複雑にし, 大循環の場に非定常な特性をもたらすと同時に, 熱や物質輸送に重要な役割を果たしていると考えられており, 中規模渦の動態と役割を解明することは, 海洋物理学の主要な課題の一つである.特に黒潮続流周辺海域は黒潮続流の蛇行に伴って中規模渦活動が極めて活発な海域であり, 黒潮続流から切離されてできる比較的長い期間存続する渦が多数見られる.それゆえこの海域では２つの渦が一つの渦に併合する現象や, 一つの渦から２つの渦に分離する現象が頻繁にみられる.Matsuoka et al. (2016)は, 1/30 ∘の高解像度海洋大循環モデルを用いて渦の抽出とトラッキングを行い, モデル内における渦の併合, 分離する現象を調べて可視化した.本研究では, Matsuoka et al. (2016) の渦の併合, 分離のclassificationを参考にし, AVISOの海面高度偏差データを用いて,渦を抽出するための物理パラメータである速度勾配テンソルの第2不変量(これは非発散場においてOkubo-Weissパラメータと等価である)と, 海面高度偏差場の等高線から求められる幾何学的な渦抽出法を併用することで渦の併合, 分離を定義し, また比較的長く存続する渦を対象にすることで追跡を容易にした．これらの方法を用いて, 黒潮続流周辺海域において比較的長期間存続する渦を対象に, 併合, 分離イベントの前後における物理パラメータの変化について議論する.

キーワード：中規模渦
Keywords: messoscale eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# OGCMと粒子追跡法を用いた137E測線に到達する水塊における中規模渦に捕捉された輸送の影響の評価

# Influence of eddy-trapped water mass reaching 137E survey line using OGCM and a particle-tracking method

*中野 英之[1]、辻野 博之[1]、坂本 圭[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、山中 吾郎[1]、松村 義正[2]
*Hideyuki Nakano[1], Hiroyuki Tsujino[1], Kei Sakamoto[1], Shogo Urakawa[1], Takahiro Toyoda[1], Goro Yamanaka[1], Yoshimasa Matsumura[2]

1. 気象研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Meteorological Research Institute, 2. Atmosphere and ocean research Institute, the University of Tokyo

水塊形成および輸送に関して中規模渦が大きな役割を示していることは知られている。近年では、中規模渦に捕捉されて輸送される水塊の見積もりがなされており(例えばZhang et al 2014)、平均流に匹敵する量が運ばれているという試算もある。ただし、これらは衛星観測と理想的な渦の鉛直構造を仮定した見積もりであり、直接的な見積もりではない。この研究では、中規模渦を解像できる海洋大循環モデル(OGCM)と粒子追跡法の組み合わせにより、どの水塊に属する粒子がどのような形態で輸送されるかを定量的に診断することを試みる。ここでは137Eの子午面に到達する水塊についての中規模渦の役割について着目する。137E側線は気象庁により50年以上にもわたり維持された測線であり、また渦活動の重要性も指摘されているからである。具体的には137E 度の子午面断面に一グリッドあたり49個で合計約100万個の粒子を1993年から2017年まで毎年8月13日に撒き、解像度1/10のOGCMの日平均の計算結果をオフラインで用いた粒子追跡法により、混合層に達するまで逆追跡をおこなった。137Ｅ測線に達する粒子の軌道から、中規模渦に捕捉されて移動している水塊(渦捕捉)と、それ以外(渦非捕捉)に分類した。水塊の判別は混合層に達したときの温度、PV, 場所等で判定した。渦捕捉はOkubo-Weiss parameter を用いて判定した。Tropical Water (TW) 、Subtropical Mode Water( STMW), Eastern Subtropical Mode Water (ESTMW), Lower Central Mode Water (L-CMW) など代表的な水塊の分布は十数年変動も含めてほぼ現実的に再現されていた。TW は形成時には2割が中規模渦中に存在し、さらにそのうち6割が高気圧性渦であった。TWでは形成域から137Eに達したもののうち、約一割) が渦捕捉の状態で運ばれてきた。渦捕捉の軌跡は渦非捕捉のものが亜熱帯循環を反映した西南西方向であったのに対して、ほぼ真西方向であった。形成領域からの到達時間は両者でほぼ同程度であったが、平均流が東向きとなる亜熱帯反流の場所では渦捕捉の水塊の方が速く到達した。STMW では形成時に約3割が渦捕捉で、そのうち高気圧性の割合は8割程度であった。137Eに到達した水塊のうち渦捕捉の割合は約一割であった。STMW においては渦捕捉の方が到達に時間がかかるようになっており、その軌跡は単純な西方向ではなかった。ESTMW やL-CMW において形成時は2割弱が渦捕捉の形で存在し、高気圧性と低気圧性の割合はほぼ同じであった。渦捕捉の水塊の軌跡はTWと同じく、東西方向に卓越した構造を示したが、渦捕捉で到達した割合は5%以下であり、渦捕捉の方が137Eまでの到達に時間がかかった。これらの137Eに達する水塊のうち、5－10%が渦捕捉で到達するという見積もりは、過去の研究で時々主張される量よりも小さく思えるかもしれない。これらの差異についても議論する。

キーワード：中規模渦、水塊、粒子追跡法
Keywords: mesoscale eddy, watermass, particle tracking

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 簡易気候モデルを用いた氷期気候における海洋深層循環の変動に関する研究

# A study on the variability of the deep ocean circulation during glacial climate with a climate model of intermediate complexity

*安藤 大悟[1]、岡 顕[1]
*Taigo Ando[1], Akira Oka[1]

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

氷床コアから過去の気候を復元することによって、氷期にはDansgaard-Oeschger(D-O)振動とよばれる急激な気候変動があり、グリーンランドではD-O振動によって数十年のうちに気温が約10℃変動したことが分かっている。D-O振動には大西洋子午面循環の変動が関わっていることが多くの先行研究によって指摘されているが、その変動の詳細はいまだ明らかになっていない。従来のモデリング研究では、D-O振動を含む大西洋深層循環の変動は主に氷床融解による北大西洋の深層水形成域への淡水流入によって駆動されていると考えられてきた(e.g. Rahmstrf, 2002)。しかし、近年における大気海洋結合大循環モデルを用いた研究で外力として氷床融解水を与えない場合でもD-O振動のような気候変動が起きうることが報告されており(Peltier and Vettoretti, 2014; Brown and Galbraith, 2016)、海洋を中心とした大気海氷海洋結合系の内部にD-O振動を引き起こすメカニズムが含まれているという考え方が広がりつつある。しかしながら、大気海洋結合大循環モデルで再現される内部振動の解析はまだ十分には行われていない。全球結合モデルは様々な大気海洋のプロセスを組み込んでいるため、計算負荷が大きく、D-O振動に関わるメカニズムを特定するための感度実験を行うことも困難であった。一方で、より単純化して計算負荷を落としたモデルによる先行研究も行われているものの、気候の再現性に問題があった。

そこで本研究では、大気をエネルギーバランスモデルとして簡略化したモデル(MIROC-lite, Oka et al., 2011, 2017)を改良し、大気海洋結合大循環モデル(MIROC, Hasumi and Emori, 2001)の結果を用いることで同等の再現性を確保したモデルを開発し、そのモデルを使用して氷期気候のシミュレーションを行った。本モデルはエネルギーバランスに基づいて大気温度を予報しており、海洋モデルのみでの実験に比べて大気海洋間の熱的フィードバックをより適切に表現できるため、大気海洋結合大循環モデルで再現される自発的振動の解析にも用いることができると期待される。本発表ではモデルのシミュレーション結果を報告するとともに、それらの結果からD-O振動のメカニズムについて議論する。

キーワード：氷期気候、海洋深層循環、気候モデル
Keywords: glacial climate, deep ocean circulation, climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

## [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)

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。

### [AOS19-P01] 金星AFESによる大気スーパーローテーションの発生

*杉本 憲彦[1]、高木 征弘[2]、松田 佳久[3] (1.慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室、2.京都産業大学　理学部、3.東京学芸大学　自然科学系)

### [AOS19-P02] 金星の衛星間電波掩蔽観測を意識したデータ同化による研究

*阿部 未来[1]、杉本 憲彦[1]、菊池 由佳子[2]、細野 朝子[3]、安藤 紘基[4]、高木 征弘[4]、Itziar Garate Lopez[5]、Sebastien Lebonnois[6]、Chi Ao[7] (1.慶應義塾大学、2.横浜雙葉学園、3.豊島岡女子学園、4.京都産業大学、5.バスク大学、6.ソルボンヌ大学、7.ジェット推進研究所)

### [AOS19-P03] 太陽風と大気循環との関係

*Prikryl Paul[1] (1.ニューブランズウィック大学物理学部、カナダ天然資源地磁気研究所)

### [AOS19-P04] 2010年夏のロシアブロッキングにおける大西洋ストームトラックの寄与

*山崎 哲[1] (1.海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)

### [AOS19-P05] エクマン層の不安定と台風境界層のロール渦

*伊藤 純至[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

### [AOS19-P06] Mathematical description of the internal waves in a proximity of the bottom of the Ocean.

*andrei giniatoulline[1]、german tobar[1] (1.Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America)

### [AOS19-P07] How deterministic are the deep zonal jets?

*Ryo Furue[1]、Masami Nonaka[1]、Hideharu Sasaki[1] (1.APL/JAMSTEC)

### [AOS19-P08] 潮汐混合によるインドネシア通過流への影響

*城山 航基[1]、木田 新一郎[2]、佐々木 英治[3]、古恵 亮[3] (1.九州大学大学院　総合理工学府　大気海洋環境システム学専攻、2.九州大学　応用力学研究所、3.海洋研究開発機構)

### [AOS19-P09] 異なるデータ(NCEP/NCAR及びQSCAT)から得られたOFESの結果の南太平洋における再現性の検証

*福永 広重[1]、轡田 邦夫[1]、垣内 陽[1]、柳田 悠馬[1]、佐々木 英治[2]、笹井 義一[2] (1.東海大学、2.海洋研究開発機構)

### [AOS19-P10] 海洋波浪データの漂流ブイ,係留式GPSブイ,再解析データの相互比較

*久木 幸治[1] (1.琉球大学)

### [AOS19-P11] 黒潮続流周辺海域における渦の併合, 分離について

*松橋 孝太朗[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院海洋学研究科海洋学専攻)

[AOS19-P12] OGCMと粒子追跡法を用いた137E測線に到達する水塊における中規模渦に捕捉された輸送の影響の評価

★招待講演

*中野 英之[1]、辻野 博之[1]、坂本 圭[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、山中 吾郎[1]、松村 義正[2] (1.気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[AOS19-P13] 簡易気候モデルを用いた氷期気候における海洋深層循環の変動に関する研究

*安藤 大悟[1]、岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

# 金星AFESによる大気スーパーローテーションの発生
# Atmospheric super rotation developed in a GCM (AFES-Venus)

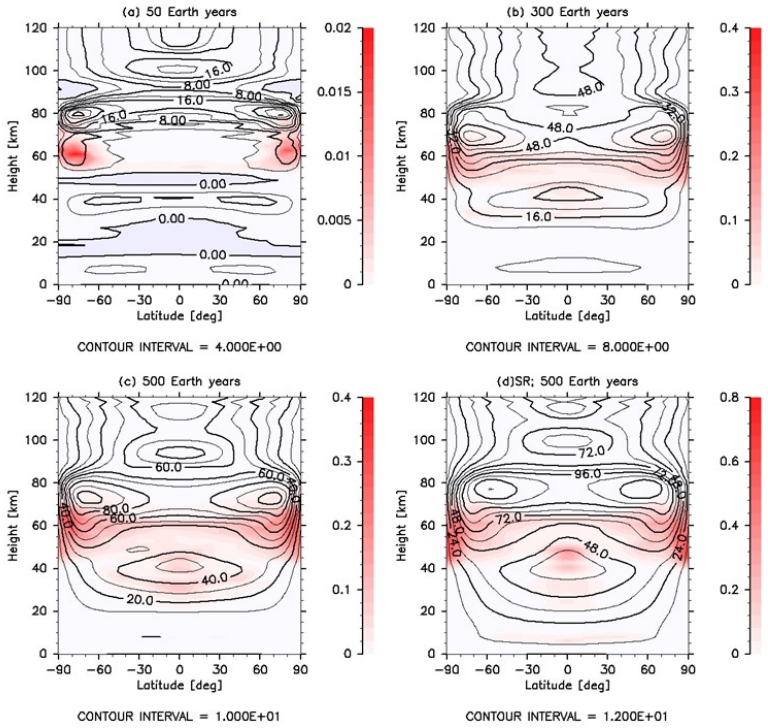
*杉本 憲彦[1]、高木 征弘[2]、松田 佳久[3]
*Norihiko Sugimoto[1], Masahiro Takagi[2], Yoshihisa Matsuda[3]

1. 慶應義塾大学　法学部　日吉物理学教室、2. 京都産業大学　理学部、3. 東京学芸大学　自然科学系
1. Keio University, Department of Physics, 2. Kyoto Sangyo University, Department of Physics, 3. Tokyo Gakugei University, Department of Natural Sciences

金星の大気では, 自転を追い越す東西風「スーパーローテーション」が卓越している.
スーパーローテーションの発生メカニズムには, 平均子午面循環による「ギーラッシュメカニズム」と, 波と平均流の相互作用による「熱潮汐波メカニズム」がある. これまで, 金星の大気大循環モデルでは, 現実的な東西平均加熱の設定で, ギーラッシュメカニズムによるスーパーローテーションの再現はできていない. 本研究では, 金星AFES(Atmospheric general circulation model For the Earth Simulator)を用いて, 先行研究より鉛直渦粘性を小さくした長時間積分を実行した。その結果、静止状態から高速スーパーローテーションを発生させることに成功した(図参照).

**Fully developed super-rotation driven by the mean meridional circulation in a Venus GCM,** Norihiko Sugimoto, Masahiro Takagi, and Yoshihisa Matsuda, *Geophysical Research Letters*, (2019), doi.org/10.1029/2018GL080917.

キーワード：大気大循環、スーパーローテーション、金星
Keywords: General circulation, Super rotation, Venus




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 金星の衛星間電波掩蔽観測を意識したデータ同化による研究
# Data assimilation of the Venus atmosphere assuming radio occultation measurement by small satellites

*阿部 未来[1]、杉本 憲彦[1]、菊池 由佳子[2]、細野 朝子[3]、安藤 紘基[4]、高木 征弘[4]、Itziar Garate Lopez[5]、Sebastien Lebonnois[6]、Chi Ao[7]
*Mirai Abe[1], Norihiko Sugimoto[1], Yukako Kikuchi[2], Asako Hosono[3], Hiroki Ando[4], Masahiro Takagi[4], Itziar Garate Lopez[5], Sebastien Lebonnois[6], Chi Ao[7]

1. 慶應義塾大学、2. 横浜雙葉学園、3. 豊島岡女子学園、4. 京都産業大学、5. バスク大学、6. ソルボンヌ大学、7. ジェット推進研究所
1. Keio University, 2. Yokohama Futaba High School, 3. Toshimagaoka Women High School, 4. Kyoto Sangyo University, 5. Euskal Herriko Unibertsitatea, 6. Sorbonne Universite, 7. Jet Propulsion Laboratory

金星大気の高度約60-70㎞では、極域が周辺に比べて温度が高く、その周辺の緯度約60-80度で低温になる「コールドカラー」と呼ばれる現象が存在する。これまで金星大気大循環モデル(AFES-Venus)では、コールドカラーの再現に成功している[1]が、実際の観測と比べて極とコールドカラーの温度差が小さい。また近年、局所アンサンブル変換カルマンフィルター(LETKF)を用いた金星大気データ同化システム(VALEDAS)の開発にも成功している[2]。本研究では、より温度差を良く再現しているフランスの金星大気大循環モデル(LMD/VGCM)のデータ[3]を同化することによりコールドカラーの再現可能性を調べた。金星の衛星間電波掩蔽を想定した温度の擬似観測データを作成し、観測地点、観測数、時間間隔等の条件を変え、再現性を評価した結果を報告する。図に、高度約66km、緯度30-90°Nの温度分布について、85°Nの3地点で温度の鉛直分布の観測が毎地球時に得られた場合の同化結果を示す。コールドカラーの再現に成功し、衛星間電波掩蔽観測が有効であることを示唆している。

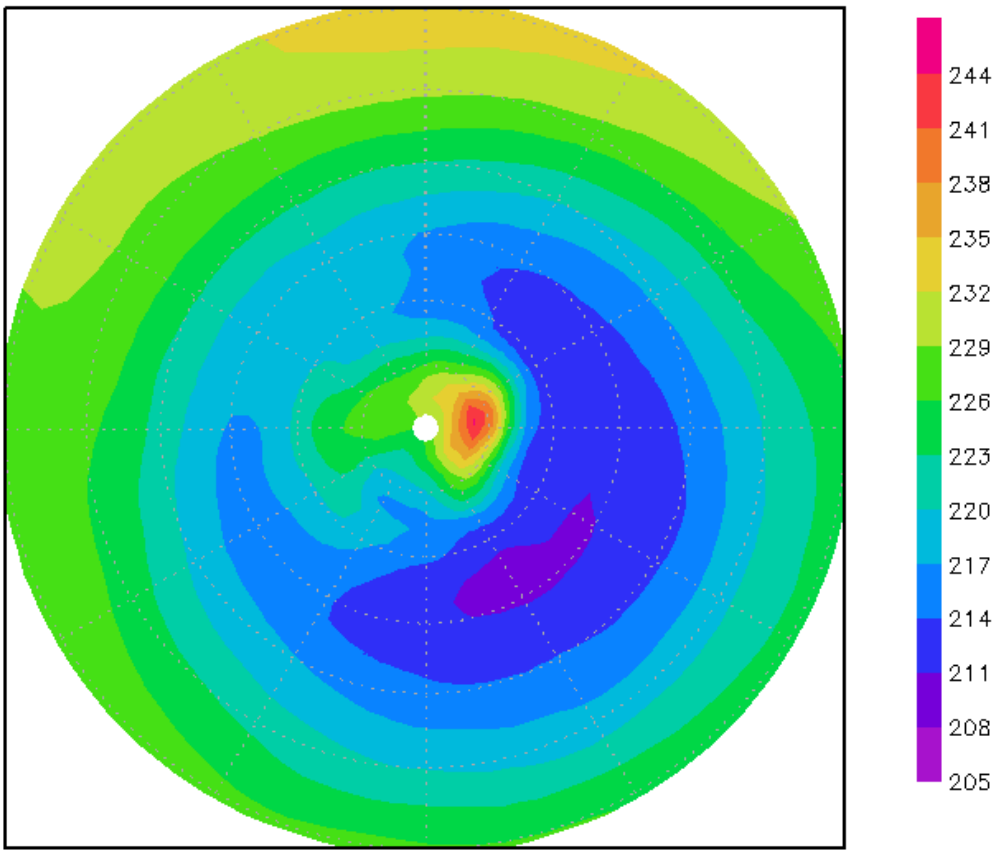
**[1] The puzzling Venusian polar atmospheric structure reproduced by a general circulation model,** Hiroki Ando, Norihiko Sugimoto, Masahiro Takagi, Hiroki Kashimura, Takeshi Imamura, and Yoshihisa Matsuda, *Nature Communications*, Vol. 7, (2016), 10398, 8pp.

**[2] Development of an ensemble Kalman filter data assimilation system for the Venusian atmosphere,** Norihiko Sugimoto, Akira Yamazaki, Toru Kouyama, Hiroki Kashimura, Takeshi Enomoto, and Masahiro Takagi, *Scientific Reports*, Vol. 7, (2017), 9321, 9pp

**[3] Latitudinal variation of clouds' structure responsible for Venus' cold collar,** Itziar Garate-Lopez, Sébastien Lebonnois, *Icarus*, Vol. 314, (2018), p1-11.

キーワード：データ同化、金星、電波掩蔽
Keywords: Data assimilation, Venus, Radio occultation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 太陽風と大気循環との関係
# Relationship between solar wind and atmospheric circulation

*Prikryl Paul[1]
*Paul Prikryl[1]

1. ニューブランズウィック大学物理学部、カナダ天然資源地磁気研究所
1. Physics Department University of New Brunswick and Geomagnetic Laboratory Natural Resources Canada

太陽風磁場のセクター構造と冬季の中緯度上部対流圏の渦度/循環の関係が発見されて以来、40年以上が経過した[1,2]。これらの結果は後に確認され、さまざまな物理的メカニズムが提案された[3,4]。太陽風 - 磁気圏 - 電離圏 - 大気圏（MIA）結合過程は、高緯度の下部熱圏源から上下に伝播する内部大気重力波を生成する[5]。大気重力波は低層大気中で長距離にわたってダクト伝搬し、対流圏に到達する可能性がある[6,7]。振幅は大幅に減少するが、上部対流圏での過剰反射により増幅された重力波は、対流圏に存在する湿潤不安定性を誘発して対流バーストを引き起こす可能性がある[4]。潜熱放出は、温帯低気圧の強化につながるエネルギー源であり、対流バーストは熱帯低気圧の急発達に関連する。最近の研究[8,9,10]では、コロナホールまたはコロナ質量放出からの高速太陽風の到達後に爆弾低気圧と熱帯低気圧が急発達する傾向が示されている。太陽風MIA結合は、共回転相互作用領域(CIR)と高速太陽風の前縁での惑星間衝撃波の到着時に最も強いので、オーロラ起源の重力波の振幅が最大である。重力波が温帯低気圧や熱帯低気圧に存在する湿潤不安定性を誘発して対流バーストを開始させると、低気圧を強化して循環を増加する。

[1] Wilcox J. M., et al., Science, 180, 185-186, 1973.
[2] Wilcox J. M., et al., J. Atmos. Sci. 31, 581–588, 1974.
[3] Prikryl P., et al., Ann. Geophys. 27, 1–30, 2009. https://doi.org/10.5194/angeo-27-1-2009
[4] Prikryl P., et al., Ann. Geophys. 27, 31–57, 2009. https://doi.org/10.5194/angeo-27-31-2009.
[5] Hines, C.O., Can. J. Phys. 38, 1441–1481, 1960.
[6] Mayr H.G., et al., J. Geophys. Res., 89, 10929–10959, 1984.
[7] Prikryl P., et al., Ann. Geophys., 23, 401-417, 2005. doi:10.5194/angeo-23-401-2005
[8] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 149, 219–231, 2016.
[9] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 171, 94–110, 2018.
[10] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 183, 36-60, 2019.
https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.12.009.

キーワード：太陽風-磁気圏-電離圏-大気圏結合、高速太陽風、内部重力波 、大気循環、温帯・熱帯低気圧
Keywords: Solar wind-magnetosphere-ionosphere-atmosphere coupling, High-speed solar wind, Internal gravity waves, Atmospheric circulation, Extratropical and tropical cyclones

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2010年夏のロシアブロッキングにおける大西洋ストームトラックの寄与
# Contribution of the Atlantic storm track to the Euro-Russian blocking maintenance in summer 2010

*山崎 哲[1]
*Akira Yamazaki[1]

1. 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ
1. Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A long-lived blocking anticyclone occurred over western Russia during summer of 2010. This blocking persisted especially during the whole July over the western Russia and caused various weather extremes in the Eurasian continent. In this study, we investigate the mechanism and predictability of Euro-Russian blocking in terms of the interaction between blocking and synoptic eddies or storm tracks, that is, the eddy feedback mechanism. The author adopts the selective absorption mechanism (SAM, Yamazaki and Itoh 2013) to explain the maintenance mechanism and predictability of Euro-Russian blocking during July. Using an ensemble data assimilation system and an AGCM with the same forecast model, we conducted ensemble medium-range (7 days) forecast experiments. Isentropic trajectory analyses suggested that the SAM can work even in the summertime blocking event and the mechanism is more effective for forecast members in which the blocking is successfully forecast. We also conducted a sensitivity experiments in which the Atlantic storm track was suppressed by a piecewise potential vorticity inversion method to evaluate the impact of the storm track on the maintenance of the blocking. The result indicates that the blocking can be substantially maintained by the feedback from the storm track. The results suggested that the Atlantic storm track can substantially contribute to the maintenance of Euro-Russian blocking and its predictability.

キーワード：大気ブロッキング、ストームトラック、アンサンブル予報
Keywords: atmospheric blocking, storm tracks, ensemble forecasting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

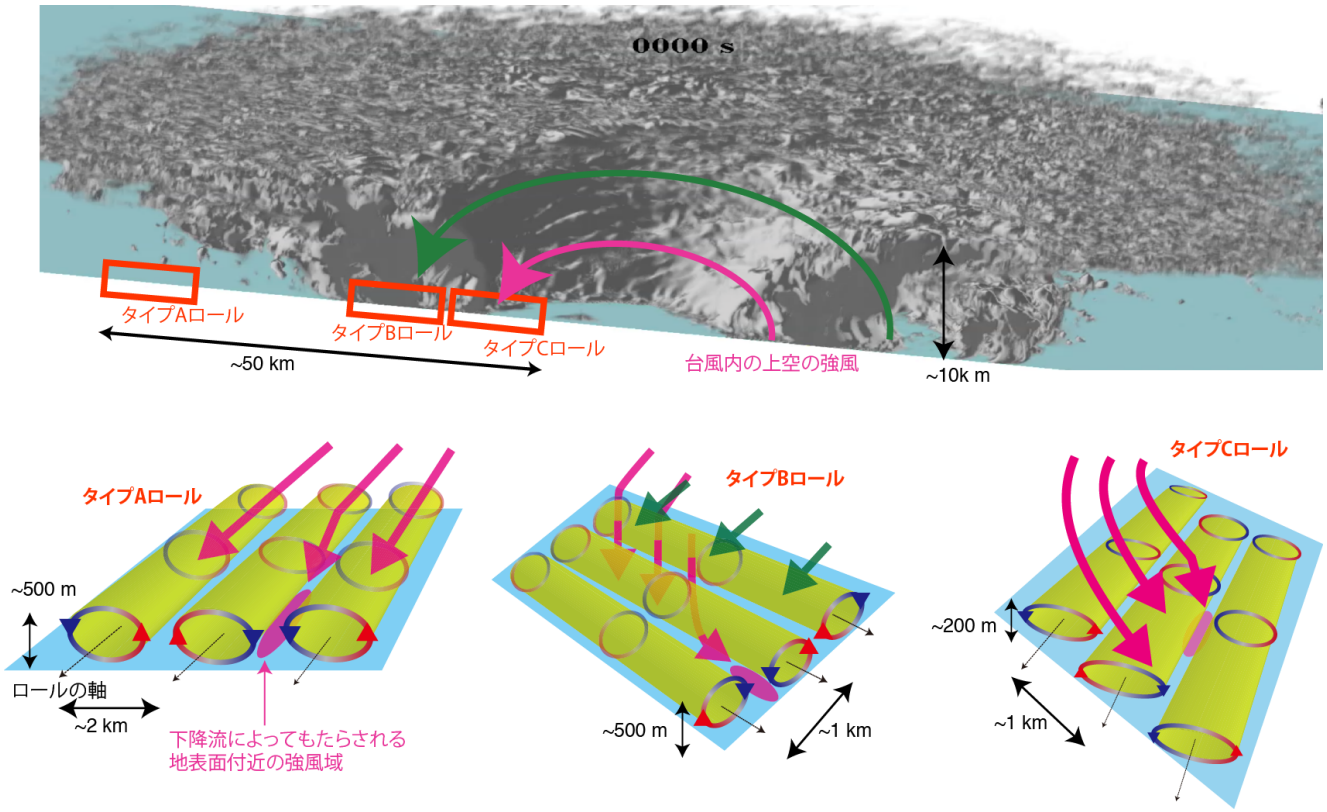
# エクマン層の不安定と台風境界層のロール渦
# Instabilities in Ekman layer and roll structures in a tropical cyclone boundary layer

*伊藤 純至[1]、新野 宏[1]
*Junshi Ito[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

京コンピュータを活用し、台風全域のラージ・エディ・シミュレーションを実施した。シミュレーション結果には3種類のロール構造がみられた(図参照、Ito et al., 2017)。このようなロールの形成機構について、エクマン層の不安定性解析との関連を考察した。その結果、エクマン層の2種類の不安定（変曲点不安定と平行不安定）と関連することが示唆された。

キーワード：台風境界層、ロール構造、線形不安定性、エクマン層
Keywords: Tropical cyclone boundary layer, Roll structure, Linear Instability, Ekman Layer




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Mathematical description of the internal waves in a proximity of the bottom of the Ocean.

*andrei giniatoulline[1], german tobar[1]

1. Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America

We construct an explicit solution for a boundary value problem in a layer at the bottom of the Ocean for a system of partial differential equations which describes the motion of a viscous rotating stratified fluid. As an effect of Coriolis and gravitational forces, there arise internal waves in the fluid. We prove the existence and uniqueness of the solution.
For a model in the half-space, for the constructed solutions we find the asymptotical behavior for large values of t. We prove the existence of the following boundary layer phenomena: the asymptotical decay of the solution is slower as we approach the boundary plane of the bottom.
The obtained results can be used not only for modeling the flows at the bottom of the Ocean, but also for the flows in the lower Atmosphere.

Keywords: Internal waves, Stratified fluid, Rotating fluid, Boundary layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# How deterministic are the deep zonal jets?

*Ryo Furue[1], Masami Nonaka[1], Hideharu Sasaki[1]

1. APL/JAMSTEC

Eddy-resolving oceanic general circulation models (OGCMs) often show eastward and westward alternating flows below the main thermocline in the velocity field averaged over one year or longer. They are commonly termed the “deep jets”. They are fairly coherent zonally, extending tens of degrees, and vertically, extending down to 1000–2000 m. Their meridional wavelength (distance between eastward flows) is typically 3º–5º. Although they tend to be masked by the general circulation near the surface, their pressure anomalies exist there and has been detected in satellite-observed sea-surface height fields. Recently, a compilation of high-resolution ADCP sections and an analysis on geostrophic velocity based on Argo showed the horizontal and vertical structure of the jets (Cravatte et al. 2017).

In an analysis of OFES , an eddy resolving model, deep jets tend to systematically migrate toward the equator between 20º–30ºN and S (Richards et al. 2006) with a period of approximately 4 years. On the other hand, Qiu et al. (2013) proposed a mechanism that generates a series of stationary deep jets at fixed distances from the equator.

A number of mechanisms have been proposed to explain the existence and the properties of these deep jets, some of them suggesting that the positions and strengths of the jets are determined by external forcing (“deterministic”) and others, that they are (or should be) only statistically determined (“stochastic”).

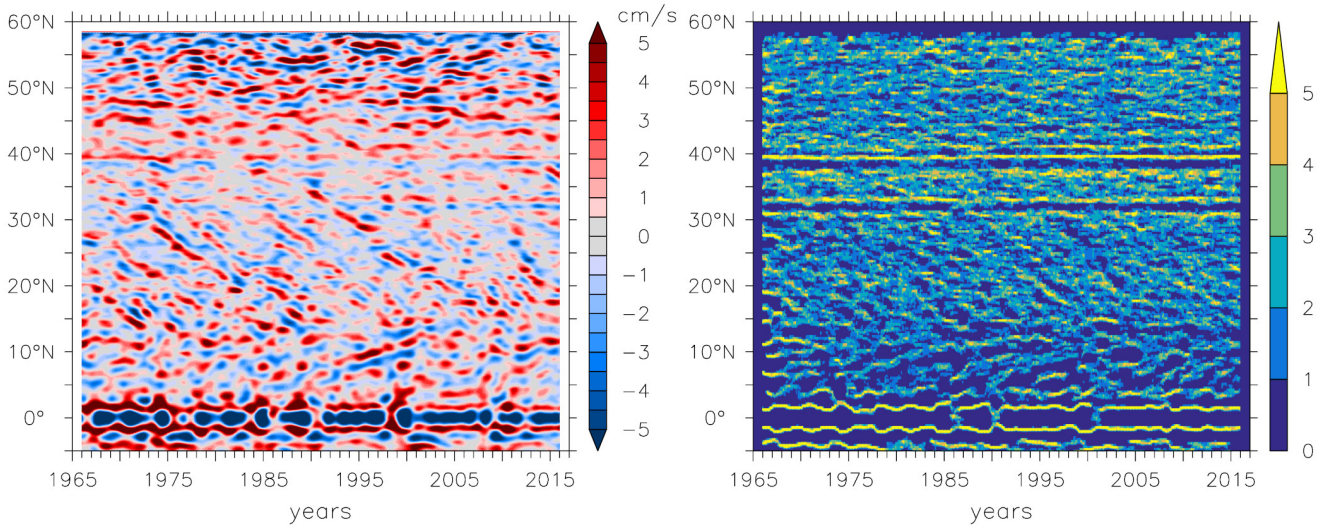
To determine how deterministic the deep jets are, we use a 10-member ensemble of runs of OFES 2, an OGCM for the Earth Simulator version 2, which is a semi-global model with a 0.1º horizontal resolution. Its surface forcing is based on JRA55-do, a timeseries of atmospheric conditions derived from a reanalysis product. The ensemble runs are started from the beginning of 1965 and extended to the end of 2016; their difference comes solely from slight differences in their initial conditions.

As the left panel of the figure below shows, equatorward phase propagation of deep jets is clear between 20º–30ºN, whereas poleward propagation is discernible between 5º–15ºN. Along 33º and 40ºN are rather persistent eastward jets flanked by westward jets on their equatorward sides. North of 40ºN, the jets tend to be somewhat stronger and less stable and to have shorter meridional wavelengths.

The variance among the ensemble members initially grows rapidly but stabilizes in 5–10 years (not shown). The right panel of the figure below indicates how well the positions of eastward jets agree among the ensemble members. Except for the equatorial currents (like the primary and secondary Tsuchiya Jets) and those stable jets near 33º and 40ºN, the axes of the jets more or less vary among ensemble members. Nevertheless, some coherence is also evident; in particular, the poleward-propagating jets in the 5º–15ºN band tend to agree among themselves. In the equatorward-propagating regime 20º–30ºN, coherent propagation sometimes emerges. If the tropical (equatorward of 15ºN) jets are deterministic, their migration may be due to some slow change in external forcing.

Keywords: deep jets, chaos, eddy-resolving OGCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 潮汐混合によるインドネシア通過流への影響
# The impact of tidal mixing on the Indonesian Throughflow

*城山 航基[1]、木田 新一郎[2]、佐々木 英治[3]、古恵 亮[3]
*Kohki Shiroyama[1], Shinichiro Kida[2], Hideharu Sasaki[3], Ryo Furue[3]

1. 九州大学大学院　総合理工学府　大気海洋環境システム学専攻、2. 九州大学　応用力学研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, 2. Research Institute for Applied Mechanics Kyushu University, 3. JAMSTEC. APL

インドネシア多島海は太平洋とインド洋の二つの大洋を繋ぐインドネシア通過流が流れている海域である。直上の大気は赤道の大気大循環の中心域でもありインドネシア多島海の海面水温は雲の発達過程に重要な役割を果たしている。この海域は、海底地形が複雑なため、潮汐による鉛直混合が活発に起きていると考えられている。インドネシア通過流がこの海域を通る過程で潮汐混合がその水塊性質にどのような影響を与えるのかを調べるため、潮汐混合パラメタリゼーションの感度実験を行った準全球海洋大循環モデル　OFES2を解析した。パラメタリゼーションの有無による数値モデルの解析結果の違いによってインドネシア通過流に沿って起きる海水の温度、塩分、流速の変化を調べた。その結果、潮汐混合がインドネシア通過流に確かに影響を与えていることを確認できた。特に、海峡や浅くなっている地点（海嶺火山など）の前後での水塊性質の変化が顕著で、水塊性質の鉛直分布が均一になっていることを確認できた。これは海峡などの狭い場所を通過する時に、潮汐混合の影響を強く受けるためであると考えられるが、原因解明のためにより詳しく解析を行っていく。

キーワード：潮汐混合、インドネシア通過流
Keywords: tidal mixing, Indonesian Throughflow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 異なるデータ(NCEPNCAR及びQSCAT)から得られたOFESの結果の南太平洋における再現性の検証

# Verification for subsurface oceanic structure in OFES outputs driven by different wind data sets (NCEP/NCAR and QSCAT)in the tropical Pacific Ocean

*福永 広重[1]、轡田 邦夫[1]、垣内 陽[1]、柳田 悠馬[1]、佐々木 英治[2]、笹井 義一[2]
*Hiroshige Fukunaga[1], Kunio Kutsuwada[1], Akira Kakiuchi[1], Yuma Yanagida[1], Hideharu Sasaki[2], Yoshikazu Sasai[2]

1. 東海大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tokai University, 2. JAMSTEC

１　はじめに

ＯＦＥＳは海洋循環と海洋構造を、海面フラックス（運動量、熱、淡水）を入力することで高解像度に再現する数値モデルである。異なる海上風データセットであるＮＣＥＰとＱＳＣＡＴによって駆動された２種類のＯＦＥＳrun（ＮＣＥＰrun及びＱＳＣＡＴrun）の相互比較では、表層水温がほぼ同様であるのに対して、海洋内部の亜表層（１００ｍの深度）において、北半球では１０°Ｎ付近でＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunよりも水温構造が約５０ｍ浅い。また、東岸からの地衡流量の鉛直積分流量も異なる（ＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunよりも１０Sv大きい）(Kutsuwada et al .,2018)。

本研究では、北半球で確認された両ｒｕｎの水温構造の違いや、鉛直積分流量の東岸からの積分値における違いが南半球においても同様に表れるかを検証した。また、比較としてArgo観測データから格子化されたＭＯＡＡ－ＧＰＶを用いた。

２　使用データ

ＯＦＥＳは、NOAAによって開発されたModular Ocean Model ver.3に基づきJAMSTECによって開発された高解像準全球海洋大循環モデルである。海面フラックスデータを入力して、高い時空間解像度で海洋循環場及び海洋構造の再現を可能にした。ＯＦＥＳの駆動外力として、NCEP/NCARにより作成された再解析データ及び、人工衛星QSCAT(QuikACAT)の散乱計データセットを与えている。

空間解像度は水平方向には0.1°×0.1°のものを1°×1°に平均した。鉛直方向には海面(2.5m)から6065mまでで間隔が5mから330mまで変化する54層のものを秋間法(Akima, 1970)を用いて10m間隔の補間を行った。

３　解析方法

水温T(℃)、塩分S(PSS)から求めた海面力学高度偏差を用いて、海面から水深ｈまで鉛直積分した地衡流量を算出した。その際、無流面を2000mとした。スベルドラップ流量は海面から無流面（風成循環が及ぶ最大深度）までの鉛直積分流量に相当し、コリオリパラメーターと海面応力の東西成分によって求められるエクマン層内の流量と地衡流の鉛直積分流量の和で表される。

本研究では、海洋データから得られる地衡流量と海上風データから得られる風成駆動流量が一致するかを見る。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

４　結果

水温構造は１０°Ｓ付近においてＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunよりも約５０ｍ浅く、東西積分流量は同緯度帯でＮＣＥＰrunがＱＳＣＡＴrunより１０Sv小さい値となった。また、ＭＯＡＡ－ＧＰＶとの比較では、ＱＳＣＡＴｒｕｎの水温は２００ｍ付近まで良く一致する一方、ＮＣＥＰｒｕｎは５０～４００ｍで低く、東西積分流量は、ＱＳＣＡＴrunがＭＯＡＡ－ＧＰＶにほぼ一致する。以上より、北半球と同様に南半球においてもＱＳＣＡＴｒｕｎはＮＣＡＰｒｕｎよりも再現性が高いと言える。

両ｒｕｎを駆動する風応力回転場の東西平均値の南北分布プロファイルの比較では、１０°Ｎ付近に見られる正の極大値がＮＣＥＰはＱＳＣＡＴよりも大きく、１０°Ｓにおける負の極大値も同様な特性が見られる。亜表層構造の違いも１０°Ｎと１０°Ｓで見られることから、亜表層構造の風応力への依存性が強く示唆される。また、ＱＳＣＡＴｒｕｎによる地衡流量と風データから算出した風成駆動流量が低緯度帯ではほぼ一致することから、同緯度帯ではスベルドラップ平衡が成立することが確認できた

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海洋波浪データの漂流ブイ,係留式GPSブイ,再解析データの相互比較
# Inter-comparison of ocean wave data from drifting buoys, moored GPS buoys and reanalysis data

*久木 幸治[1]
*Yukiharu Hisaki[1]

1. 琉球大学
1. University of the Ryukyus

Observation of surface wave data such as wave height and period are important for practical and scientific purposes. However, wave observations by moored buoys around Japan are only by GPS buoys, which are located about 10 km from the coast. The observations of wave heights and periods by Japan Meteorological Agency (JMA) drifting buoys were conducted from 2000. Wave data from drifting buoys are inter-compared with GPS buoys and ERA-Interim reanalysis data. The GPS wave data are compared with those from drifting buoys and ERA-Interim data, when a drifting buoy is close to a GPS buoy position, and the number of comparison is limited. The data period of wave data of drifting buoys and ERA-Interim data is from 2000 to 2018. The agreement of wave heights between from GPS and drifting buoys is better than that between from GPS and ERA-Interim data. The agreement of wave periods between from GPS and drifting buoys is not much better than that between from GPS and ERA-Interim data. There are cases that wave periods by drifting buoys are much longer than those from GPS buoys. The dependency of wave parameter differences between from drifting buoys and ERA-Interim data on drifting buoy speeds is investigated.
The drifting current components to the mean wave directions are evaluated from the drifting currents estimated from the drifting buoy positions and the ERA interim mean wave directions.
The differences of wave heights between from drifting buoys and ERA-Interim data are larger as faster current speeds.
The ERA-Interim wave heights are underestimated when current directions are opposite to mean wave directions. The ERA-Interim wave heights are overestimated current directions are following to wave directions. The ratio as drifting wave period/ERA-Interim wave period is smaller as increasing opposing current component, which is consistent with the Doppler shift.

キーワード：波高、周期、漂流ブイ
Keywords: wave height, wave period, drifting buoy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 黒潮続流周辺海域における渦の併合, 分離について
# Merge and Separation of ocean eddies around the Kuroshio Extension

*松橋 孝太朗[1]、植原 量行[1]
*koutarou matsuhashi[1], Kazuyuki Uehara[1]

1. 東海大学大学院海洋学研究科海洋学専攻
1. The Graduate School of Marine Science Technology

海洋中規模渦は流れの状態を複雑にし, 大循環の場に非定常な特性をもたらすと同時に, 熱や物質輸送に重要な役割を果たしていると考えられており, 中規模渦の動態と役割を解明することは, 海洋物理学の主要な課題の一つである.特に黒潮続流周辺海域は黒潮続流の蛇行に伴って中規模渦活動が極めて活発な海域であり, 黒潮続流から切離されてできる比較的長い期間存続する渦が多数見られる.それゆえこの海域では２つの渦が一つの渦に併合する現象や, 一つの渦から２つの渦に分離する現象が頻繁にみられる.Matsuoka et al. (2016)は, 1/30 ∘の高解像度海洋大循環モデルを用いて渦の抽出とトラッキングを行い, モデル内における渦の併合, 分離する現象を調べて可視化した.本研究では, Matsuoka et al. (2016) の渦の併合, 分離のclassificationを参考にし, AVISOの海面高度偏差データを用いて,渦を抽出するための物理パラメータである速度勾配テンソルの第2不変量(これは非発散場においてOkubo-Weissパラメータと等価である)と, 海面高度偏差場の等高線から求められる幾何学的な渦抽出法を併用することで渦の併合, 分離を定義し, また比較的長く存続する渦を対象にすることで追跡を容易にした．これらの方法を用いて, 黒潮続流周辺海域において比較的長期間存続する渦を対象に, 併合, 分離イベントの前後における物理パラメータの変化について議論する.

キーワード：中規模渦
Keywords: messoscale eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# OGCMと粒子追跡法を用いた137E測線に到達する水塊における中規模渦に捕捉された輸送の影響の評価

# Influence of eddy-trapped water mass reaching 137E survey line using OGCM and a particle-tracking method

*中野 英之[1]、辻野 博之[1]、坂本 圭[1]、浦川 昇吾[1]、豊田 隆寛[1]、山中 吾郎[1]、松村 義正[2]
*Hideyuki Nakano[1], Hiroyuki Tsujino[1], Kei Sakamoto[1], Shogo Urakawa[1], Takahiro Toyoda[1], Goro Yamanaka[1], Yoshimasa Matsumura[2]

1. 気象研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Meteorological Research Institute, 2. Atmosphere and ocean research Institute, the University of Tokyo

水塊形成および輸送に関して中規模渦が大きな役割を示していることは知られている。近年では、中規模渦に捕捉されて輸送される水塊の見積もりがなされており(例えばZhang et al 2014)、平均流に匹敵する量が運ばれているという試算もある。ただし、これらは衛星観測と理想的な渦の鉛直構造を仮定した見積もりであり、直接的な見積もりではない。この研究では、中規模渦を解像できる海洋大循環モデル(OGCM)と粒子追跡法の組み合わせにより、どの水塊に属する粒子がどのような形態で輸送されるかを定量的に診断することを試みる。ここでは137Eの子午面に到達する水塊についての中規模渦の役割について着目する。137E側線は気象庁により50年以上にもわたり維持された測線であり、また渦活動の重要性も指摘されているからである。具体的には137E 度の子午面断面に一グリッドあたり49個で合計約100万個の粒子を1993年から2017年まで毎年8月13日に撒き、解像度1/10のOGCMの日平均の計算結果をオフラインで用いた粒子追跡法により、混合層に達するまで逆追跡をおこなった。137Ｅ測線に達する粒子の軌道から、中規模渦に捕捉されて移動している水塊(渦捕捉)と、それ以外(渦非捕捉)に分類した。水塊の判別は混合層に達したときの温度、PV, 場所等で判定した。渦捕捉はOkubo-Weiss parameter を用いて判定した。Tropical Water (TW) 、Subtropical Mode Water( STMW), Eastern Subtropical Mode Water (ESTMW), Lower Central Mode Water (L-CMW) など代表的な水塊の分布は十数年変動も含めてほぼ現実的に再現されていた。TW は形成時には2割が中規模渦中に存在し、さらにそのうち6割が高気圧性渦であった。TWでは形成域から137Eに達したもののうち、約一割) が渦捕捉の状態で運ばれてきた。渦捕捉の軌跡は渦非捕捉のものが亜熱帯循環を反映した西南西方向であったのに対して、ほぼ真西方向であった。形成領域からの到達時間は両者でほぼ同程度であったが、平均流が東向きとなる亜熱帯反流の場所では渦捕捉の水塊の方が速く到達した。STMW では形成時に約3割が渦捕捉で、そのうち高気圧性の割合は8割程度であった。137Eに到達した水塊のうち渦捕捉の割合は約一割であった。STMW においては渦捕捉の方が到達に時間がかかるようになっており、その軌跡は単純な西方向ではなかった。ESTMW やL-CMW において形成時は2割弱が渦捕捉の形で存在し、高気圧性と低気圧性の割合はほぼ同じであった。渦捕捉の水塊の軌跡はTWと同じく、東西方向に卓越した構造を示したが、渦捕捉で到達した割合は5%以下であり、渦捕捉の方が137Eまでの到達に時間がかかった。これらの137Eに達する水塊のうち、5－10%が渦捕捉で到達するという見積もりは、過去の研究で時々主張される量よりも小さく思えるかもしれない。これらの差異についても議論する。

キーワード：中規模渦、水塊、粒子追跡法
Keywords: mesoscale eddy, watermass, particle tracking

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 簡易気候モデルを用いた氷期気候における海洋深層循環の変動に関する研究

# A study on the variability of the deep ocean circulation during glacial climate with a climate model of intermediate complexity

*安藤 大悟[1]、岡 顕[1]
*Taigo Ando[1], Akira Oka[1]

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

氷床コアから過去の気候を復元することによって、氷期にはDansgaard-Oeschger(D-O)振動とよばれる急激な気候変動があり、グリーンランドではD-O振動によって数十年のうちに気温が約10℃変動したことが分かっている。D-O振動には大西洋子午面循環の変動が関わっていることが多くの先行研究によって指摘されているが、その変動の詳細はいまだ明らかになっていない。従来のモデリング研究では、D-O振動を含む大西洋深層循環の変動は主に氷床融解による北大西洋の深層水形成域への淡水流入によって駆動されていると考えられてきた(e.g. Rahmstrf, 2002)。しかし、近年における大気海洋結合大循環モデルを用いた研究で外力として氷床融解水を与えない場合でもD-O振動のような気候変動が起きうることが報告されており(Peltier and Vettoretti, 2014; Brown and Galbraith, 2016)、海洋を中心とした大気海氷海洋結合系の内部にD-O振動を引き起こすメカニズムが含まれているという考え方が広がりつつある。しかしながら、大気海洋結合大循環モデルで再現される内部振動の解析はまだ十分には行われていない。全球結合モデルは様々な大気海洋のプロセスを組み込んでいるため、計算負荷が大きく、D-O振動に関わるメカニズムを特定するための感度実験を行うことも困難であった。一方で、より単純化して計算負荷を落としたモデルによる先行研究も行われているものの、気候の再現性に問題があった。

そこで本研究では、大気をエネルギーバランスモデルとして簡略化したモデル(MIROC-lite, Oka et al., 2011, 2017)を改良し、大気海洋結合大循環モデル(MIROC, Hasumi and Emori, 2001)の結果を用いることで同等の再現性を確保したモデルを開発し、そのモデルを使用して氷期気候のシミュレーションを行った。本モデルはエネルギーバランスに基づいて大気温度を予報しており、海洋モデルのみでの実験に比べて大気海洋間の熱的フィードバックをより適切に表現できるため、大気海洋結合大循環モデルで再現される自発的振動の解析にも用いることができると期待される。本発表ではモデルのシミュレーション結果を報告するとともに、それらの結果からD-O振動のメカニズムについて議論する。

キーワード：氷期気候、海洋深層循環、気候モデル
Keywords: glacial climate, deep ocean circulation, climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

## [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)

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．

[AHW24-P01] 伊豆半島の湧水の地球化学的特性

*浅井 和由[1]、浅井 和見[1] (1.株式会社　地球科学研究所)

[AHW24-P02] 長野県上田市，黄金沢川の酸性河川水と扇状地の浅層地下水の水質について

髙橋 蘭[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、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)

[AHW24-P03] 赤城山の山頂に出現する一時的な湖沼「血の池」におけるヤマヒゲナガケンミジンコの生態について

平野 有里[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、船生 泰寛[3]、岩崎 望[2]、霜田 奈積[2] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、3.立正大学大学院地球環境科学研究科)

[AHW24-P04] **河川の流水断面における溶存成分濃度と酸素・水素同位体比の分布 ー埼玉県福川を例としてー**

*木村 真夏[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P05] 群馬県藤岡市浄法寺地域の河川水の塩化物イオン濃度とその起源について

*長谷川 武俊[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科環境システム学専攻、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P06] Geochemical characteristics and origin of groundwater in central to eastern Hokkaido

*中垣 優盛[1] (1.千葉大学)

[AHW24-P07] Identification of hydrological characteristics on the groundwater recharge in volcanic and non-volcanic mountains

*佐野 安奈[1]、中村 高志[1]、西田 継[1] (1.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[AHW24-P08] $^{222}$Rn濃度を用いた増富温泉水の形成機構に関する水質化学的検討

*望月 映希[1]、早川 拓哉[1]、小林 浩[1] (1.山梨県衛生環境研究所)

[AHW24-P09] Migration Behavior of Radiocesium Derived from the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident in Natsui River and Tone River

*Deddy Irawan Permana Putra[1]、Shinya Ochiai[2]、Seiichi Tomihara[3]、Shun Watanabe[4]、Kyuma Suzuki[4]、Seiya Nagao[2] (1.Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology、2.Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University、3.Aquamarine Fukushima、4.Gunma Prefectural Fisheries Experiment Station)

[AHW24-P10] 溶存アルゴン濃度からみた地下水中のExcess air量の評価

*浅井 和見[1]、浅井 和由[1] (1.株式会社地球科学研究所)

# 伊豆半島の湧水の地球化学的特性
# Geochemical features for spring at Izu Peninsula

*浅井 和由[1]、浅井 和見[1]
*Kazuyoshi Asai[1], Kazumi Asai[1]

1. 株式会社　地球科学研究所
1. Geo Science Laboratory

プレート境界に位置する伊豆半島は地質的に非常に興味深い地域である。半島の大部分は海成もしくは陸成の火山から構成されており、温泉が非常に多いのが特徴である。一方、降水量が多いこともあり、表層系の地下水の循環も盛んであり、中部の火山山麓から流出する地下水はワサビ田の水源として利用されている。著者らは2019年11月に伊豆半島を代表する湧水を採水し、その水質・同位体・CFCs, SF6について分析を実施した。本発表では伊豆半島の表層系地下水の水質特性・起源・滞留時間について検討した結果を紹介する。

キーワード：伊豆半島、湧水、水質、水の起源、滞留時間
Keywords: IZU Peninsula , spring, water chemistry, origin, residence time

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 長野県上田市，黄金沢川の酸性河川水と扇状地の浅層地下水の水質について

# Acidification process of shallow groundwater in an alluvial fan in Ueda City, Nagano, Japan

髙橋 蘭[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4]
Ran Takahashi[1], *Masaya Yasuhara[2], Seongwon Lee[2], Takashi Nakamura[3], Kazuyoshi Asai[4]

1. 立正大学地球環境科学部（学）、2. 立正大学地球環境科学部、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. Undergraduate student, Rissho Univ., 2. Rissho Univ., 3. Yamanashi Univ., 4. Geo Science Laboratory

長野県上田市を流れる黄金沢川の河川水は，上流の黄鉄鉱鉱床の影響により硫酸酸性を示す．そして，同河川水の伏没が原因で，黄金沢川扇状地とその周辺の浅層地下水はpH5～6程度の酸性を呈するものとされてきた（阿久津，1958）．しかし，扇状地の地形断面図や地下水面の形状からは，酸性河川水の伏没浸透が地下水水質に影響を及ぼすのは河川直近もしくはその右岸側のみと考えられる．さらに土地利用状況をみると，酸性河川水の伏没以外にも，扇状地上での盛んな農業活動（特に果樹栽培；かつては桑，現在はりんご）に伴う大量の施肥が浅層地下水の酸性化の一因となっている可能性もあることから，阿久津（1958）の説は再検討する必要がある．そこで本研究では，マルチトレーサー手法に基づき，黄金沢川扇状地と周辺の現在の水文環境を把握するとともに，酸性化を含めた浅層地下水の水質形成プロセスを明らかにすることを目的とした．

黄金沢川の河川水と浅層地下水（井戸水と湧水）を対象とした調査を2018年8～11月に実施した．その結果，1）黄金沢川左岸側の地下水は硝酸酸性を，一方右岸側の地下水は硫酸酸性を示すこと，2）黄金沢川右岸側の地下水のpHは左岸側に比べて低いこと，3）酸素（$\delta^{18}O$）・水素（$\delta D$）同位体比は右岸側の地下水の方が左岸側のそれより小さいことが明らかとなった．これは硫酸酸性でかつ同位体的に軽い黄金沢川の河川水が，主に右岸側方向に伏没浸透していることを強く示唆している．硫酸イオン（$SO_4^{2-}$）と硝酸イオン（$NO_3^-$）濃度に基づく2成分混合解析の結果，右岸側の地下水ならびに河川直近の地下水（左岸側）の形成に果たす河川水の寄与率は8～31 %と求められた．さらに，窒素（$\delta^{15}N$）と硫黄（$\delta^{34}S$）同位体比からは，有機肥料が左岸側の地下水中の窒素と硫黄の主な供給源となっていることがわかった．すなわち，浅層地下水の酸性化は，黄金沢川の右岸側は河川水の伏没，また左岸側は施肥によって引き起こされていることが明らかとなった．当日は，河川伏没水や施肥による酸性物質の負荷，さらに右岸側地下水と左岸側地下水のミキシングを含む黄金沢川扇状地とその周辺の浅層地下水の水質形成モデルを提示する．

キーワード：酸性河川水、扇状地、伏没浸透、浅層地下水、地下水の酸性化、マルチトレーサー
Keywords: acidified river water, alluvial fan, river water infiltration, shallow groundwater, groundwater acidification, multi-tracer method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 赤城山の山頂に出現する一時的な湖沼「血の池」におけるヤマヒゲナガケンミジンコの生態について

# Hydroecological study on fresh water copepod in Chino-ike ('Bloody lake'), an ephemeral lake on the top of Mt. Akagi, central Japan

平野 有里[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、船生 泰寛[3]、岩崎 望[2]、霜田 奈積[2]
Hirano Yuri[1], *Masaya Yasuhara[2], Seongwon Lee[2], Yasuhiro Funyu[3], Nozomu Iwasaki[2], Natsumi Shimoda[2]

1. 立正大学地球環境科学部（学）、2. 立正大学地球環境科学部、3. 立正大学大学院地球環境科学研究科
1. Undergraduate student, Rissho Univ., 2. Rissho Univ., 3. Graduate student, Rissho Univ.

赤城山の山頂部の標高1,400 m付近に位置する「血の池」（面積約0.008 $km^2$）は、初夏から秋にかけて一時的に水が出現する湖沼、すなわち“ephemeral lake”として知られている。「血の池」には魚類は生息しておらず、その生態系は主にプランクトンから構成されている。その代表種が「血の池」の名前の由来ともなった赤色を呈するAcanthodiaptomus pacificus（ヤマヒゲナガケンミジンコ）である。水が出現した際にA. pacificusが大発生し、湖沼が赤く見えたことから「血の池」と呼ばれている。本研究では、このような一時的に形成される湖沼に生息するA. pacificusの生活環を中心とした生態を明らかにすることを目的とし、2018年6月2〜3日、10月16日、12月7日に現地調査を実施した。

2018年には、10月1日0：00〜10月19日10：00の期間中に最大水深98 ㎝（10月3日5：00）の湖水が出現した（船生泰寛，未公表データ）。10月16日の調査日時点の湖心の水深は37 cmであった。同日、「血の池」の13地点から、同一地点における深度方向のサンプルを含む計17試料（各1 Lの湖水を32㎛メッシュのプランクトンネットにてろ過したもの；ただし，湖心のみ4 Lをろ過）を採取し、実験室に持ち帰って試料中の個体数の測定ならびに個体の解剖を行った。また、6月および12月の調査では同じ地点において表層土壌を採取し、その中から休眠卵や休眠個体の発見を試みた。

10月16日に採取したA. pacificusは成体、幼体を合わせて7919個体であり、ほとんどはコペポダイト幼生であった。その分布は水深の深いところや溶存酸素濃度（DO）の高い地点に多い傾向を示し、最も密度の高かった湖心の水深32cm地点（湖底より5 cm上）では477個体/LのA. pacificusが確認された。門田（1971）によると、生活環の短縮が見られる湖沼の場合でも、卵からノープリウス幼生を経てコペポダイト幼生にいたるまでには約4か月弱かかるとされている。しかし、「血の池」では，コペポダイト幼生にいたるその個体成長は湖水の出現からわずか2週間程度と、さらに早い生活環を見せることが明らかとなった。また、湖水が消滅する約3日前の10月16日時点でもほとんどがコペポタイド幼生であったことから，「血の池」においてはA. pacificusは幼生の形で休眠を行っている可能性が示唆される。今後、窒素や炭素の同位体に基づく食性の解明や土壌からの休眠卵・休眠個体の発見および孵化実験を試み、湖水の消長や水質の変化といった水文学的な現象・要素も踏まえながら、「血の池」におけるA. pacificusの生態をさらに解明してゆく予定である。

キーワード：赤城山、一時的な湖沼、ヤマヒゲナガケンミジンコ、水圏生態学、休眠、炭素・窒素同位体
Keywords: Mt. Akagi, ephemeral lake, Acanthodiaptomus pacificus, aquatic ecology, diapause, carbon and nitrogen isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 河川の流水断面における溶存成分濃度と酸素・水素同位体比の分布 ー埼玉県福川を例としてー

# Cross-sectional distribution in water chemistry and oxygen and hydrogen isotopic ratios in Fuku River, Saitama, Japan

*木村 真夏[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2]
*Manatsu Kimura[1], Yasuhara Masaya[2], Seongwon Lee[2]

1. 立正大学大学院地球環境科学研究科、2. 立正大学地球環境科学部
1. Graduate School of Geo-Environmental Science, Rissho University, 2. Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

河川の水環境を議論する際には，河川水中に含まれる物質の濃度だけでなく，それぞれの物質の濃度に河川流量を乗じることによって得られる負荷量を明らかにすることが不可欠である．そのためには，河川流量ならびに各物質の濃度を詳細に測定・分析し，負荷量を正確に算出することが重要となる．

負荷量を求める場合，従来は物質の濃度については河川の流水断面の1ポイントのみの試料（一般的には流水断面中央の表層付近の河川水試料）で代表させることが多く，流水断面における濃度の分布構造を明らかにした研究例はほとんど見当たらない．すなわち，採水した試料の流水断面における代表性，さらにはその濃度を流水断面の代表値として用いた場合に生ずる負荷量推定値への影響については，これまで十分な検討がおこなわれていないのが現状である．これは同位体をトレーサーに用いる場合でも同様である．

そこで，本研究では埼玉県北部を流れる福川（川幅7.7m，平均水深0.5m）において河川の流水断面の深度別採水をおこない，流水断面における主要溶存成分と溶存態重金属類の濃度分布，ならびに酸素（$\delta^{18}$O）・水素（$\delta$D）同位体比の分布を明らかにすることを目的とした．また，流水断面中央の表層付近の試料水の濃度・同位体比をもって流水断面を代表させた場合，負荷量の推定結果にどの程度の誤差が生じるのかについて議論をおこなった．

主要溶存成分については濃度の分布パターンはイオン毎に異なるものの，いずれの溶存イオンも流水断面の水平・鉛直方向に濃度の大きな差はなかった（最大で7.2%）．対照的に，溶存態重金属類では物質毎の濃度の分布パターンはほぼ一様であったが，いずれの物質にも水平・鉛直方向に顕著な濃度差が認められた（最大で95%）．同位体比については，分布パターンは流水断面における流速のそれと類似しており，$\delta$Dで数‰，また$\delta^{18}$Oで0.3‰程度の差が同一流水断面内において認められた．

溶存物質と同位体の負荷量の算出に際して3つのケースを想定し，それぞれのケースで得られた値について比較検討をおこなった．その結果，一般的な調査・研究でよく採用される，流水断面中央の表層水試料で流水断面全体の濃度・同位体比を代表させるやり方では，負荷量を正確に評価できない場合があることが明らかとなった．この傾向は溶存態重金属類の場合にとりわけ顕著となる．河川において負荷量の検討をおこなう際には，試料水の採水ポイントや流量の算出方法について十分考慮・検討する必要がある．

今後，さらに高密度の採水と高精度の流量測定をおこない，溶存物質濃度や同位体比の流水断面における分布構造と負荷量の実態を詳細に明らかにすることが求められる．また，今回は重金属類については溶存態重金属類のみを対象としたが，将来的には懸濁態重金属類も加味した上で，重金属類の負荷量の正確な調査・推定方法を確立していく必要がある．

キーワード：河川水、流水断面、溶存成分、酸素・水素同位体、濃度分布、負荷量
Keywords: River water, River cross section, Water chemistry, Oxygen and hydrogen isotope, Cross-sectional distribution, Dissolved load

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 群馬県藤岡市浄法寺地域の河川水の塩化物イオン濃度とその起源について
# On concentration and origin of chloride ion in small rivers in Jyoboji area, Fujioka, Gunma, Japan

*長谷川 武俊[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2]
*Taketoshi Hasegawa[1], Masaya Yasuhara[2], Seongwon Lee[2]

1. 立正大学大学院地球環境科学研究科環境システム学専攻、2. 立正大学地球環境科学部
1. Rissho University Graduate School of Geo-environmental Science Environmental Systems Science, 2. Rissho Univ.

群馬県藤岡市浄法寺地域（神流川左岸）の八塩温泉には自然湧出する源泉（冷泉）が8箇所存在する．高瀬（1963）によると源泉の水質はNaCl型（塩化物イオン濃度：7,670～12,560 mg/L）であり，松葉谷ほか（1985）はその水の起源を新第三紀の海水（化石海水）としている．三波川帯でしばしば認められる，地下深部から上昇してくるこのような塩化物イオンに富んだ「深部流体」の湧出経路，浅層地下水系や地表水系への混入地点，さらにそのフラックスについてはいまだに不明の点が多く，事例研究に基づく知見の集積が待たれている．本研究では，八塩温泉の脇を東流する南沢川と周辺の9つの小河川（いずれも全長1 km程度；最後は神流川に合流）を対象に，河川水の塩化物イオン濃度の測定と負荷量の算出，ならびに塩化物イオンの起源について検討を行った．エンドメンバーとなる八塩温泉源泉の調査を含む現地水文調査は，2018年8月と12月の二回実施した．

2018年8月の八塩温泉源泉の塩化物イオン濃度は4,798mg/L～11,892 mg/L，また同年12月のそれは5,162 mg/L～11,032 mg/L，一方，2018年7月の南沢川の塩化物イオン濃度は4.1 mg/L（源流部）～632.5 mg/L（最下流部），同年12月には4.0 mg/L（源流部）～213.7 mg/L（最下流部）であった．7月と12月の神流川合流前の南沢川における塩化物イオン負荷量はそれぞれ約44 kg/day，約45 kg/dayであり，季節による負荷量の大きな変化は認められなかった．南沢川を含む浄法寺地域のすべての河川の神流川合流前の塩化物イオン負荷量の合計は，12月には50 kg/day程度（温泉排水を除く）であったことから，同地域の河川の塩化物イオン負荷量の90%を南沢川が担っていることになる．一方，全長1 km程度の短い河川であるにもかかわらず，12月の南沢川の水素同位体比（δD）は源流部で-54.5‰，最下流部で-46.7‰と1 kmの間に約8 ‰大きくなり，また酸素同位体比（δ18O）も源流部の-8.0 ‰から最下流部の-7.3 ‰と0.7 ‰大きくなった．これは河床を通じて同位体的に重い深部流体（八塩温泉源泉：δD＝-29.8～-10.8 ‰，δ18O＝-1.4～4.3 ‰）が大量に混入するためと考えられる．さらに，Li/Cl比（八塩温泉源泉：Li/Cl比＝0.0018～0.0020）をみると，南沢川ではほとんどの流路区間で12月のLi/Cl比は0.001以上の値を示し，かつ流下に伴い値が大きくなる傾向が認められた（最下流部では0.0018）．これも，八塩温泉源泉に代表される高いLi/Cl比を有する深部流体が河床を通じて河川水中へ混入していることを強く示唆している．このように，三波川帯に位置する浄法寺地域の河川，特に南沢川には河床を通じて大量の深部流体が混入し，その結果，河川水が高い塩化物イオン濃度を呈するものと推定される．発表当日には，深部流体の混入箇所（流路区間）の地質学的な特徴や深部流体混入量の推定結果，さらに同じく深部流体の浅層地下水系への混入が発生している神流川対岸の埼玉県神川町渡瀬地域の現状についても紹介し，議論する予定である．

キーワード：河川水、塩化物イオン、負荷量、酸素・水素同位体比、八塩温泉、深部流体
Keywords: stream water, chloride ion, dissolved load, stable isotopes of water, Yasio mineral springs, deep-seated fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geochemical characteristics and origin of groundwater in central to eastern Hokkaido

*中垣 優盛[1]
*Yusei Nakagaki[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

Japanese island arc is located in the subduction system where the groundwater migration/circulation is significant. Groundwater has chemical history of dissolved components that come from deep part. There are many reports about chemical composition of groundwater in Hokkaido. However, there is little geochemical research about chemical constituents derived from deep in the groundwater in Hokkaido. The relationship between geological features and chemical characteristics of groundwater remains unknown. This study focused on the geochemistry of deep fluid collected from hot springs in central to eastern Hokkaido area to understand the origin and underground geochemical processes by analyzing main and trace elements, hydrocarbon gas, and oxygen-hydrogen isotopes.

The concentrations of dissolved major elements such as Cl, suggested that groundwater in Hokkaido is mainly of seawater origin. The $\delta$18O and $\delta$D values, however, indicate that the fluid also contains meteoric water. The redox condition of deep environment had changed the concentrations of Mn and SO4, and the weathering of sedimentary rocks had increased the amount of Si, respectively. Iodine was significantly enriched compared to seawater, resulting from the deposition of I-rich marine algae in the internal shallow water zone. Concentrations of trace elements such as Pb, Zn, and Li vary among sampling locations, which indicates elution of Pb and Zn by the weathering of minerals, and release of Li from clay minerals in high temperature environment.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Identification of hydrological characteristics on the groundwater recharge in volcanic and non-volcanic mountains

*佐野 安奈[1]、中村 高志[1]、西田 継[1]
*sano anna[1], Takashi Nakamura[1], Kei Nishida[1]

1. 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター
1. International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI

Kofu basin is located at the central part of Japan, Yamanashi and lies 300 km away from Japan Sea. 80% of this basin area is covered by the mountains that are originated from the volcanism and diastrophism with various geological settings. This study focuses on identifying the groundwater recharge processes in Kai city derived from volcanic mountain and Minami Alps city formed from the fault block mountains, located at the western Kofu basin of Yamanashi prefecture. Water samples were collected from major river, deep tube wells and mountain springs at 2011 to 2013 and 2018.
Spring water collected from the mountains and river water were observed with almost similar depleted value ranges. However, in both cities, the high d-excess values are detected. Higher d-excess value in the mountain might occur from the higher rainfall and snow during winter season, whereas the low d-excess values detected on the alluvial fan might be due to the less winter rainfall and snow in comparison with mountain area. The spatial distributions of the d-excess values and the $Cl^-$ concentrations suggested the Minami Alps city is recharged from the water infiltrated at the mountain to the alluvial fan. Meanwhile, water originated from mountain is recharged to the hill, but it is not recharged to the alluvial fan in Kai city. Thus, the combination of d-excess value and Cl- tracer is useful in identifying the groundwater recharge process of areas with different geological origin.

キーワード：水の安定同位体、水質、地下水涵養、地塊山地
Keywords: stable isotope of water, Water quality, Groundwater recharge, Mountain block recharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# $^{222}$Rn濃度を用いた増富温泉水の形成機構に関する水質化学的検討
# Analysis of spring water formation mechanism used by $^{222}$Rn concentration at Masutomi-Onsen located in Yamanashi, Japan

*望月 映希[1]、早川 拓哉[1]、小林 浩[1]
*Eiki Mochizuki[1], Takuya Hayakawa[1], Hiroshi Kobayashi[1]

1. 山梨県衛生環境研究所
1. Yamanashi Institute of Public Health and Environment

山梨県北部の増富温泉の$^{222}$Rn含有量は全国屈指で、温泉保養地として多くの利用者が訪れている。この温泉を長期的、計画的に使用するために、現在の湧出状況や湧出機構を明らかにすることは重要である。

増富温泉では、地表近くに存在する沈澱岩が$^{222}$Rn源になっていることが報告されており、$^{222}$Rn濃度と$^{222}$Rnを除く他の温泉成分（以下「温泉成分」）濃度の挙動は異なると考えられる。そこで、$^{222}$Rn濃度と温泉成分濃度を元に温泉水の形成機構の推定を試みた。

本研究では、増富温泉地内の丹生沢（にゅうざわ）源泉を平成28年4月から平成30年3月の2年間定期的にモニタリングを実施し、この源泉に含まれる$^{222}$Rn濃度と温泉成分濃度、湧出量、泉温を観測した。その結果、$^{222}$Rn濃度は3,700～7,800Bq/kgの範囲で周期的な変動が観測されたが、温泉成分濃度、湧出量及び泉温は、平成29年10月及び平成30年3月の温泉成分濃度の特異的低下を除き、ほぼ一定であった。

温泉成分濃度の特異的低下の認められた平成29年10月及び平成30年3月は、いずれも$^{222}$Rn濃度の周期的変動が極小を示した時期と一致していた。いずれもモニタリング直前にまとまった降水が観測されており、これが$^{222}$Rn及び温泉成分濃度低下に関与していると考えられた。このことから、$^{222}$Rn濃度の変動及び温泉成分濃度の特異的低下と降水の関連性に注目して解析した。

降水により地表に水が供給されると$^{222}$Rn濃度が低下し、その後4か月ほどかけて緩やかに回復した。温泉成分濃度は、特異的な低下を除き降水の多寡によらず一定であった。

このことを説明するため以下の仮説を立てた。沈澱岩から生じた$^{222}$Rnは、土中$^{222}$Rnガスとなり、この$^{222}$Rnガスが温泉水中の$^{222}$Rn源の一つとなっている。通常、浅層地下水は、温泉水と交わらないが、浅層地下水がその量に応じて$^{222}$Rnガスを奪うことで、温泉水中の$^{222}$Rn濃度が変動している。

この仮説を検証するため、降水を元に推定した浅層地下水量と$^{222}$Rn濃度の関係を確認したところ、有意な負の相関が認められ、仮説を支持する結果が得られた。

これらのことから、丹生沢源泉において、$^{222}$Rn濃度と温泉成分濃度、降水を元に温泉水の形成機構を説明することができた。

キーワード：温泉、増富温泉、山梨県、ラドン222、形成機構
Keywords: hot spring, Masutomi-Onsen, Yamanashi prefecture, Radon-222, formation mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Migration Behavior of Radiocesium Derived from the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident in Natsui River and Tone River

*Deddy Irawan Permana Putra[1], Shinya Ochiai[2], Seiichi Tomihara[3], Shun Watanabe[4], Kyuma Suzuki[4], Seiya Nagao[2]

1. Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology, 2. Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University, 3. Aquamarine Fukushima, 4. Gunma Prefectural Fisheries Experiment Station

The accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant due to the Tohoku earthquake, which occurred on 11 March 2011, has released a large amount of radioactive materials to the atmosphere. This accident resulted contamination of radioactive cesium ($^{134}$Cs and $^{137}$Cs) on land, rivers and sea around Fukushima Prefecture. Radioactive cesium widely deposited on land and transported from watershed through river system to the ocean. In this study concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in river water has been investigated for dissolved and particulate phase. River water sample was collected at a fixed station from the Tone River and the Natsui River at normal and high flow condition during 2018-2019. Suspended solids were separated using continuous flow centrifugation and dissolved cesium were co-precipitated using ammonium molybdophosphate (AMP) method.
The AMP precipitated and suspended solids were dried to determined radioactive cesium concentration using HPGe gamma spectrometry. Investigations of cesium concentration in the rivers have been performed to understand factors controlling transport of radiocesium during different condition. The maximum concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs at normal condition was 0.7 mBq $L^{-1}$and 7.9 mBq $L^{-1}$in the Tone River, and 1.1 mBq $L^{-1}$and 11 mBq $L^{-1}$in the Natsui River, respectively. After the rainy events and typhoon, the concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in river water was increased. Total concentration of $^{134}$Cs after the rainy events in the Tone River and the Natsui River was 18 –37 mBq $L^{-1}$and 40 mBq $L^{-1}$ respectively, and concentration for $^{137}$Cs was 211 –411 mBq $L^{-1}$and 447 mBq $L^{-1}$respectively. During the study period, 97-100 % of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs was distributed by suspended solid in the Tone River and 95-100 % of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in the Natsui River after the rainy events. These results indicate that behavior of suspended solids is a main factor controlling variation of concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in both rivers.

Keywords: Radioactive Cesium, River water, Suspended solids, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 溶存アルゴン濃度からみた地下水中のExcess air量の評価
# Estimation of excess air component in groundwater by using dissolved Argon concentration

*浅井 和見[1]、浅井 和由[1]
*Kazumi Asai[1], Kazuyoshi Asai[1]

1. 株式会社地球科学研究所
1. Chikyukagakukenkyusho inc

六フッ化硫黄による地下水年代測定の信頼性を上げるためにはexcess air量の評価が不可欠である。本研究では溶存アルゴン量に基づいてexcess air量の評価を実施した。発表では、アルゴン量から見積もった中部日本各地の湧水や地下水のexcess air量について報告する予定である。

キーワード：過剰大気の混入、溶存アルゴン、地下水、SF6年代測定、中部日本
Keywords: excess air, dissolved argon, groundwater, SF6 dating, Central Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

## [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)

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．

[AHW24-P01] 伊豆半島の湧水の地球化学的特性

*浅井 和由[1]、浅井 和見[1] (1.株式会社　地球科学研究所)

[AHW24-P02] 長野県上田市，黄金沢川の酸性河川水と扇状地の浅層地下水の水質について

髙橋 蘭[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、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)

[AHW24-P03] 赤城山の山頂に出現する一時的な湖沼「血の池」におけるヤマヒゲナガケンミジンコの生態について

平野 有里[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、船生 泰寛[3]、岩崎 望[2]、霜田 奈積[2] (1.立正大学地球環境科学部（学）、2.立正大学地球環境科学部、3.立正大学大学院地球環境科学研究科)

[AHW24-P04] **河川の流水断面における溶存成分濃度と酸素・水素同位体比の分布 ー埼玉県福川を例としてー**

*木村 真夏[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P05] 群馬県藤岡市浄法寺地域の河川水の塩化物イオン濃度とその起源について

*長谷川 武俊[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2] (1.立正大学大学院地球環境科学研究科環境システム学専攻、2.立正大学地球環境科学部)

[AHW24-P06] Geochemical characteristics and origin of groundwater in central to eastern Hokkaido

*中垣 優盛[1] (1.千葉大学)

[AHW24-P07] Identification of hydrological characteristics on the groundwater recharge in volcanic and non-volcanic mountains

*佐野 安奈[1]、中村 高志[1]、西田 継[1] (1.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[AHW24-P08] $^{222}$Rn濃度を用いた増富温泉水の形成機構に関する水質化学的検討

*望月 映希[1]、早川 拓哉[1]、小林 浩[1] (1.山梨県衛生環境研究所)

[AHW24-P09] Migration Behavior of Radiocesium Derived from the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident in Natsui River and Tone River

*Deddy Irawan Permana Putra[1]、Shinya Ochiai[2]、Seiichi Tomihara[3]、Shun Watanabe[4]、Kyuma Suzuki[4]、Seiya Nagao[2] (1.Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology、2.Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University、3.Aquamarine Fukushima、4.Gunma Prefectural Fisheries Experiment Station)

[AHW24-P10] 溶存アルゴン濃度からみた地下水中のExcess air量の評価

*浅井 和見[1]、浅井 和由[1] (1.株式会社地球科学研究所)

# 伊豆半島の湧水の地球化学的特性
# Geochemical features for spring at Izu Peninsula

*浅井 和由[1]、浅井 和見[1]
*Kazuyoshi Asai[1], Kazumi Asai[1]

1. 株式会社　地球科学研究所
1. Geo Science Laboratory

プレート境界に位置する伊豆半島は地質的に非常に興味深い地域である。半島の大部分は海成もしくは陸成の火山から構成されており、温泉が非常に多いのが特徴である。一方、降水量が多いこともあり、表層系の地下水の循環も盛んであり、中部の火山山麓から流出する地下水はワサビ田の水源として利用されている。著者らは2019年11月に伊豆半島を代表する湧水を採水し、その水質・同位体・CFCs, SF6について分析を実施した。本発表では伊豆半島の表層系地下水の水質特性・起源・滞留時間について検討した結果を紹介する。

キーワード：伊豆半島、湧水、水質、水の起源、滞留時間
Keywords: IZU Peninsula , spring, water chemistry, origin, residence time

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 長野県上田市，黄金沢川の酸性河川水と扇状地の浅層地下水の水質について

# Acidification process of shallow groundwater in an alluvial fan in Ueda City, Nagano, Japan

髙橋 蘭[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、中村 高志[3]、浅井 和由[4]
Ran Takahashi[1], *Masaya Yasuhara[2], Seongwon Lee[2], Takashi Nakamura[3], Kazuyoshi Asai[4]

1. 立正大学地球環境科学部（学）、2. 立正大学地球環境科学部、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. Undergraduate student, Rissho Univ., 2. Rissho Univ., 3. Yamanashi Univ., 4. Geo Science Laboratory

長野県上田市を流れる黄金沢川の河川水は，上流の黄鉄鉱鉱床の影響により硫酸酸性を示す．そして，同河川水の伏没が原因で，黄金沢川扇状地とその周辺の浅層地下水はpH5～6程度の酸性を呈するものとされてきた（阿久津，1958）．しかし，扇状地の地形断面図や地下水面の形状からは，酸性河川水の伏没浸透が地下水水質に影響を及ぼすのは河川直近もしくはその右岸側のみと考えられる．さらに土地利用状況をみると，酸性河川水の伏没以外にも，扇状地上での盛んな農業活動（特に果樹栽培；かつては桑，現在はりんご）に伴う大量の施肥が浅層地下水の酸性化の一因となっている可能性もあることから，阿久津（1958）の説は再検討する必要がある．そこで本研究では，マルチトレーサー手法に基づき，黄金沢川扇状地と周辺の現在の水文環境を把握するとともに，酸性化を含めた浅層地下水の水質形成プロセスを明らかにすることを目的とした．

黄金沢川の河川水と浅層地下水（井戸水と湧水）を対象とした調査を2018年8～11月に実施した．その結果，1）黄金沢川左岸側の地下水は硝酸酸性を，一方右岸側の地下水は硫酸酸性を示すこと，2）黄金沢川右岸側の地下水のpHは左岸側に比べて低いこと，3）酸素（$\delta^{18}O$）・水素（$\delta D$）同位体比は右岸側の地下水の方が左岸側のそれより小さいことが明らかとなった．これは硫酸酸性でかつ同位体的に軽い黄金沢川の河川水が，主に右岸側方向に伏没浸透していることを強く示唆している．硫酸イオン（$SO_4^{2-}$）と硝酸イオン（$NO_3^-$）濃度に基づく2成分混合解析の結果，右岸側の地下水ならびに河川直近の地下水（左岸側）の形成に果たす河川水の寄与率は8～31 %と求められた．さらに，窒素（$\delta^{15}N$）と硫黄（$\delta^{34}S$）同位体比からは，有機肥料が左岸側の地下水中の窒素と硫黄の主な供給源となっていることがわかった．すなわち，浅層地下水の酸性化は，黄金沢川の右岸側は河川水の伏没，また左岸側は施肥によって引き起こされていることが明らかとなった．当日は，河川伏没水や施肥による酸性物質の負荷，さらに右岸側地下水と左岸側地下水のミキシングを含む黄金沢川扇状地とその周辺の浅層地下水の水質形成モデルを提示する．

キーワード：酸性河川水、扇状地、伏没浸透、浅層地下水、地下水の酸性化、マルチトレーサー
Keywords: acidified river water, alluvial fan, river water infiltration, shallow groundwater, groundwater acidification, multi-tracer method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 赤城山の山頂に出現する一時的な湖沼「血の池」におけるヤマヒゲナガケンミジンコの生態について

# Hydroecological study on fresh water copepod in Chino-ike ('Bloody lake'), an ephemeral lake on the top of Mt. Akagi, central Japan

平野 有里[1]、*安原 正也[2]、李 盛源[2]、船生 泰寛[3]、岩崎 望[2]、霜田 奈積[2]
Hirano Yuri[1], *Masaya Yasuhara[2], Seongwon Lee[2], Yasuhiro Funyu[3], Nozomu Iwasaki[2], Natsumi Shimoda[2]

1. 立正大学地球環境科学部（学）、2. 立正大学地球環境科学部、3. 立正大学大学院地球環境科学研究科
1. Undergraduate student, Rissho Univ., 2. Rissho Univ., 3. Graduate student, Rissho Univ.

赤城山の山頂部の標高1,400 m付近に位置する「血の池」（面積約0.008 $km^2$）は、初夏から秋にかけて一時的に水が出現する湖沼、すなわち“ephemeral lake”として知られている。「血の池」には魚類は生息しておらず、その生態系は主にプランクトンから構成されている。その代表種が「血の池」の名前の由来ともなった赤色を呈するAcanthodiaptomus pacificus（ヤマヒゲナガケンミジンコ）である。水が出現した際にA. pacificusが大発生し、湖沼が赤く見えたことから「血の池」と呼ばれている。本研究では、このような一時的に形成される湖沼に生息するA. pacificusの生活環を中心とした生態を明らかにすることを目的とし、2018年6月2〜3日、10月16日、12月7日に現地調査を実施した。

2018年には、10月1日0：00〜10月19日10：00の期間中に最大水深98 ㎝（10月3日5：00）の湖水が出現した（船生泰寛，未公表データ）。10月16日の調査日時点の湖心の水深は37 cmであった。同日、「血の池」の13地点から、同一地点における深度方向のサンプルを含む計17試料（各1 Lの湖水を32㎛メッシュのプランクトンネットにてろ過したもの；ただし，湖心のみ4 Lをろ過）を採取し、実験室に持ち帰って試料中の個体数の測定ならびに個体の解剖を行った。また、6月および12月の調査では同じ地点において表層土壌を採取し、その中から休眠卵や休眠個体の発見を試みた。

10月16日に採取したA. pacificusは成体、幼体を合わせて7919個体であり、ほとんどはコペポダイト幼生であった。その分布は水深の深いところや溶存酸素濃度（DO）の高い地点に多い傾向を示し、最も密度の高かった湖心の水深32cm地点（湖底より5 cm上）では477個体/LのA. pacificusが確認された。門田（1971）によると、生活環の短縮が見られる湖沼の場合でも、卵からノープリウス幼生を経てコペポダイト幼生にいたるまでには約4か月弱かかるとされている。しかし、「血の池」では，コペポダイト幼生にいたるその個体成長は湖水の出現からわずか2週間程度と、さらに早い生活環を見せることが明らかとなった。また、湖水が消滅する約3日前の10月16日時点でもほとんどがコペポタイド幼生であったことから，「血の池」においてはA. pacificusは幼生の形で休眠を行っている可能性が示唆される。今後、窒素や炭素の同位体に基づく食性の解明や土壌からの休眠卵・休眠個体の発見および孵化実験を試み、湖水の消長や水質の変化といった水文学的な現象・要素も踏まえながら、「血の池」におけるA. pacificusの生態をさらに解明してゆく予定である。

キーワード：赤城山、一時的な湖沼、ヤマヒゲナガケンミジンコ、水圏生態学、休眠、炭素・窒素同位体
Keywords: Mt. Akagi, ephemeral lake, Acanthodiaptomus pacificus, aquatic ecology, diapause, carbon and nitrogen isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 河川の流水断面における溶存成分濃度と酸素・水素同位体比の分布 ー埼玉県福川を例としてー

# Cross-sectional distribution in water chemistry and oxygen and hydrogen isotopic ratios in Fuku River, Saitama, Japan

*木村 真夏[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2]
*Manatsu Kimura[1], Yasuhara Masaya[2], Seongwon Lee[2]

1. 立正大学大学院地球環境科学研究科、2. 立正大学地球環境科学部
1. Graduate School of Geo-Environmental Science, Rissho University, 2. Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

河川の水環境を議論する際には，河川水中に含まれる物質の濃度だけでなく，それぞれの物質の濃度に河川流量を乗じることによって得られる負荷量を明らかにすることが不可欠である．そのためには，河川流量ならびに各物質の濃度を詳細に測定・分析し，負荷量を正確に算出することが重要となる．

負荷量を求める場合，従来は物質の濃度については河川の流水断面の1ポイントのみの試料（一般的には流水断面中央の表層付近の河川水試料）で代表させることが多く，流水断面における濃度の分布構造を明らかにした研究例はほとんど見当たらない．すなわち，採水した試料の流水断面における代表性，さらにはその濃度を流水断面の代表値として用いた場合に生ずる負荷量推定値への影響については，これまで十分な検討がおこなわれていないのが現状である．これは同位体をトレーサーに用いる場合でも同様である．

そこで，本研究では埼玉県北部を流れる福川（川幅7.7m，平均水深0.5m）において河川の流水断面の深度別採水をおこない，流水断面における主要溶存成分と溶存態重金属類の濃度分布，ならびに酸素（$\delta^{18}$O）・水素（$\delta$D）同位体比の分布を明らかにすることを目的とした．また，流水断面中央の表層付近の試料水の濃度・同位体比をもって流水断面を代表させた場合，負荷量の推定結果にどの程度の誤差が生じるのかについて議論をおこなった．

主要溶存成分については濃度の分布パターンはイオン毎に異なるものの，いずれの溶存イオンも流水断面の水平・鉛直方向に濃度の大きな差はなかった（最大で7.2%）．対照的に，溶存態重金属類では物質毎の濃度の分布パターンはほぼ一様であったが，いずれの物質にも水平・鉛直方向に顕著な濃度差が認められた（最大で95%）．同位体比については，分布パターンは流水断面における流速のそれと類似しており，$\delta$Dで数‰，また$\delta^{18}$Oで0.3‰程度の差が同一流水断面内において認められた．

溶存物質と同位体の負荷量の算出に際して3つのケースを想定し，それぞれのケースで得られた値について比較検討をおこなった．その結果，一般的な調査・研究でよく採用される，流水断面中央の表層水試料で流水断面全体の濃度・同位体比を代表させるやり方では，負荷量を正確に評価できない場合があることが明らかとなった．この傾向は溶存態重金属類の場合にとりわけ顕著となる．河川において負荷量の検討をおこなう際には，試料水の採水ポイントや流量の算出方法について十分考慮・検討する必要がある．

今後，さらに高密度の採水と高精度の流量測定をおこない，溶存物質濃度や同位体比の流水断面における分布構造と負荷量の実態を詳細に明らかにすることが求められる．また，今回は重金属類については溶存態重金属類のみを対象としたが，将来的には懸濁態重金属類も加味した上で，重金属類の負荷量の正確な調査・推定方法を確立していく必要がある．

キーワード：河川水、流水断面、溶存成分、酸素・水素同位体、濃度分布、負荷量
Keywords: River water, River cross section, Water chemistry, Oxygen and hydrogen isotope, Cross-sectional distribution, Dissolved load

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 群馬県藤岡市浄法寺地域の河川水の塩化物イオン濃度とその起源について
# On concentration and origin of chloride ion in small rivers in Jyoboji area, Fujioka, Gunma, Japan

*長谷川 武俊[1]、安原 正也[2]、李 盛源[2]
*Taketoshi Hasegawa[1], Masaya Yasuhara[2], Seongwon Lee[2]

1. 立正大学大学院地球環境科学研究科環境システム学専攻、2. 立正大学地球環境科学部
1. Rissho University Graduate School of Geo-environmental Science Environmental Systems Science, 2. Rissho Univ.

群馬県藤岡市浄法寺地域（神流川左岸）の八塩温泉には自然湧出する源泉（冷泉）が8箇所存在する．高瀬（1963）によると源泉の水質はNaCl型（塩化物イオン濃度：7,670～12,560 mg/L）であり，松葉谷ほか（1985）はその水の起源を新第三紀の海水（化石海水）としている．三波川帯でしばしば認められる，地下深部から上昇してくるこのような塩化物イオンに富んだ「深部流体」の湧出経路，浅層地下水系や地表水系への混入地点，さらにそのフラックスについてはいまだに不明の点が多く，事例研究に基づく知見の集積が待たれている．本研究では，八塩温泉の脇を東流する南沢川と周辺の9つの小河川（いずれも全長1 km程度；最後は神流川に合流）を対象に，河川水の塩化物イオン濃度の測定と負荷量の算出，ならびに塩化物イオンの起源について検討を行った．エンドメンバーとなる八塩温泉源泉の調査を含む現地水文調査は，2018年8月と12月の二回実施した．

2018年8月の八塩温泉源泉の塩化物イオン濃度は4,798mg/L～11,892 mg/L，また同年12月のそれは5,162 mg/L～11,032 mg/L，一方，2018年7月の南沢川の塩化物イオン濃度は4.1 mg/L（源流部）～632.5 mg/L（最下流部），同年12月には4.0 mg/L（源流部）～213.7 mg/L（最下流部）であった．7月と12月の神流川合流前の南沢川における塩化物イオン負荷量はそれぞれ約44 kg/day，約45 kg/dayであり，季節による負荷量の大きな変化は認められなかった．南沢川を含む浄法寺地域のすべての河川の神流川合流前の塩化物イオン負荷量の合計は，12月には50 kg/day程度（温泉排水を除く）であったことから，同地域の河川の塩化物イオン負荷量の90%を南沢川が担っていることになる．一方，全長1 km程度の短い河川であるにもかかわらず，12月の南沢川の水素同位体比（δD）は源流部で-54.5‰，最下流部で-46.7‰と1 kmの間に約8 ‰大きくなり，また酸素同位体比（δ18O）も源流部の-8.0 ‰から最下流部の-7.3 ‰と0.7 ‰大きくなった．これは河床を通じて同位体的に重い深部流体（八塩温泉源泉：δD＝-29.8～-10.8 ‰，δ18O＝-1.4～4.3 ‰）が大量に混入するためと考えられる．さらに，Li/Cl比（八塩温泉源泉：Li/Cl比＝0.0018～0.0020）をみると，南沢川ではほとんどの流路区間で12月のLi/Cl比は0.001以上の値を示し，かつ流下に伴い値が大きくなる傾向が認められた（最下流部では0.0018）．これも，八塩温泉源泉に代表される高いLi/Cl比を有する深部流体が河床を通じて河川水中へ混入していることを強く示唆している．このように，三波川帯に位置する浄法寺地域の河川，特に南沢川には河床を通じて大量の深部流体が混入し，その結果，河川水が高い塩化物イオン濃度を呈するものと推定される．発表当日には，深部流体の混入箇所（流路区間）の地質学的な特徴や深部流体混入量の推定結果，さらに同じく深部流体の浅層地下水系への混入が発生している神流川対岸の埼玉県神川町渡瀬地域の現状についても紹介し，議論する予定である．

キーワード：河川水、塩化物イオン、負荷量、酸素・水素同位体比、八塩温泉、深部流体
Keywords: stream water, chloride ion, dissolved load, stable isotopes of water, Yasio mineral springs, deep-seated fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geochemical characteristics and origin of groundwater in central to eastern Hokkaido

*中垣 優盛[1]
*Yusei Nakagaki[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

Japanese island arc is located in the subduction system where the groundwater migration/circulation is significant. Groundwater has chemical history of dissolved components that come from deep part. There are many reports about chemical composition of groundwater in Hokkaido. However, there is little geochemical research about chemical constituents derived from deep in the groundwater in Hokkaido. The relationship between geological features and chemical characteristics of groundwater remains unknown. This study focused on the geochemistry of deep fluid collected from hot springs in central to eastern Hokkaido area to understand the origin and underground geochemical processes by analyzing main and trace elements, hydrocarbon gas, and oxygen-hydrogen isotopes.

The concentrations of dissolved major elements such as Cl, suggested that groundwater in Hokkaido is mainly of seawater origin. The $\delta$18O and $\delta$D values, however, indicate that the fluid also contains meteoric water. The redox condition of deep environment had changed the concentrations of Mn and SO4, and the weathering of sedimentary rocks had increased the amount of Si, respectively. Iodine was significantly enriched compared to seawater, resulting from the deposition of I-rich marine algae in the internal shallow water zone. Concentrations of trace elements such as Pb, Zn, and Li vary among sampling locations, which indicates elution of Pb and Zn by the weathering of minerals, and release of Li from clay minerals in high temperature environment.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Identification of hydrological characteristics on the groundwater recharge in volcanic and non-volcanic mountains

*佐野 安奈[1]、中村 高志[1]、西田 継[1]
*sano anna[1], Takashi Nakamura[1], Kei Nishida[1]

1. 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター
1. International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI

Kofu basin is located at the central part of Japan, Yamanashi and lies 300 km away from Japan Sea. 80% of this basin area is covered by the mountains that are originated from the volcanism and diastrophism with various geological settings. This study focuses on identifying the groundwater recharge processes in Kai city derived from volcanic mountain and Minami Alps city formed from the fault block mountains, located at the western Kofu basin of Yamanashi prefecture. Water samples were collected from major river, deep tube wells and mountain springs at 2011 to 2013 and 2018.
Spring water collected from the mountains and river water were observed with almost similar depleted value ranges. However, in both cities, the high d-excess values are detected. Higher d-excess value in the mountain might occur from the higher rainfall and snow during winter season, whereas the low d-excess values detected on the alluvial fan might be due to the less winter rainfall and snow in comparison with mountain area. The spatial distributions of the d-excess values and the $Cl^-$ concentrations suggested the Minami Alps city is recharged from the water infiltrated at the mountain to the alluvial fan. Meanwhile, water originated from mountain is recharged to the hill, but it is not recharged to the alluvial fan in Kai city. Thus, the combination of d-excess value and Cl- tracer is useful in identifying the groundwater recharge process of areas with different geological origin.

キーワード：水の安定同位体、水質、地下水涵養、地塊山地
Keywords: stable isotope of water, Water quality, Groundwater recharge, Mountain block recharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# $^{222}$Rn濃度を用いた増富温泉水の形成機構に関する水質化学的検討
# Analysis of spring water formation mechanism used by $^{222}$Rn concentration at Masutomi-Onsen located in Yamanashi, Japan

*望月 映希[1]、早川 拓哉[1]、小林 浩[1]
*Eiki Mochizuki[1], Takuya Hayakawa[1], Hiroshi Kobayashi[1]

1. 山梨県衛生環境研究所
1. Yamanashi Institute of Public Health and Environment

山梨県北部の増富温泉の$^{222}$Rn含有量は全国屈指で、温泉保養地として多くの利用者が訪れている。この温泉を長期的、計画的に使用するために、現在の湧出状況や湧出機構を明らかにすることは重要である。

増富温泉では、地表近くに存在する沈澱岩が$^{222}$Rn源になっていることが報告されており、$^{222}$Rn濃度と$^{222}$Rnを除く他の温泉成分（以下「温泉成分」）濃度の挙動は異なると考えられる。そこで、$^{222}$Rn濃度と温泉成分濃度を元に温泉水の形成機構の推定を試みた。

本研究では、増富温泉地内の丹生沢（にゅうざわ）源泉を平成28年4月から平成30年3月の2年間定期的にモニタリングを実施し、この源泉に含まれる$^{222}$Rn濃度と温泉成分濃度、湧出量、泉温を観測した。その結果、$^{222}$Rn濃度は3,700～7,800Bq/kgの範囲で周期的な変動が観測されたが、温泉成分濃度、湧出量及び泉温は、平成29年10月及び平成30年3月の温泉成分濃度の特異的低下を除き、ほぼ一定であった。

温泉成分濃度の特異的低下の認められた平成29年10月及び平成30年3月は、いずれも$^{222}$Rn濃度の周期的変動が極小を示した時期と一致していた。いずれもモニタリング直前にまとまった降水が観測されており、これが$^{222}$Rn及び温泉成分濃度低下に関与していると考えられた。このことから、$^{222}$Rn濃度の変動及び温泉成分濃度の特異的低下と降水の関連性に注目して解析した。

降水により地表に水が供給されると$^{222}$Rn濃度が低下し、その後4か月ほどかけて緩やかに回復した。温泉成分濃度は、特異的な低下を除き降水の多寡によらず一定であった。

このことを説明するため以下の仮説を立てた。沈澱岩から生じた$^{222}$Rnは、土中$^{222}$Rnガスとなり、この$^{222}$Rnガスが温泉水中の$^{222}$Rn源の一つとなっている。通常、浅層地下水は、温泉水と交わらないが、浅層地下水がその量に応じて$^{222}$Rnガスを奪うことで、温泉水中の$^{222}$Rn濃度が変動している。

この仮説を検証するため、降水を元に推定した浅層地下水量と$^{222}$Rn濃度の関係を確認したところ、有意な負の相関が認められ、仮説を支持する結果が得られた。

これらのことから、丹生沢源泉において、$^{222}$Rn濃度と温泉成分濃度、降水を元に温泉水の形成機構を説明することができた。

キーワード：温泉、増富温泉、山梨県、ラドン222、形成機構
Keywords: hot spring, Masutomi-Onsen, Yamanashi prefecture, Radon-222, formation mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Migration Behavior of Radiocesium Derived from the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident in Natsui River and Tone River

*Deddy Irawan Permana Putra[1], Shinya Ochiai[2], Seiichi Tomihara[3], Shun Watanabe[4], Kyuma Suzuki[4], Seiya Nagao[2]

1. Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology, 2. Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University, 3. Aquamarine Fukushima, 4. Gunma Prefectural Fisheries Experiment Station

The accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant due to the Tohoku earthquake, which occurred on 11 March 2011, has released a large amount of radioactive materials to the atmosphere. This accident resulted contamination of radioactive cesium ($^{134}$Cs and $^{137}$Cs) on land, rivers and sea around Fukushima Prefecture. Radioactive cesium widely deposited on land and transported from watershed through river system to the ocean. In this study concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in river water has been investigated for dissolved and particulate phase. River water sample was collected at a fixed station from the Tone River and the Natsui River at normal and high flow condition during 2018-2019. Suspended solids were separated using continuous flow centrifugation and dissolved cesium were co-precipitated using ammonium molybdophosphate (AMP) method.
The AMP precipitated and suspended solids were dried to determined radioactive cesium concentration using HPGe gamma spectrometry. Investigations of cesium concentration in the rivers have been performed to understand factors controlling transport of radiocesium during different condition. The maximum concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs at normal condition was 0.7 mBq $L^{-1}$and 7.9 mBq $L^{-1}$in the Tone River, and 1.1 mBq $L^{-1}$and 11 mBq $L^{-1}$in the Natsui River, respectively. After the rainy events and typhoon, the concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in river water was increased. Total concentration of $^{134}$Cs after the rainy events in the Tone River and the Natsui River was 18 –37 mBq $L^{-1}$and 40 mBq $L^{-1}$ respectively, and concentration for $^{137}$Cs was 211 –411 mBq $L^{-1}$and 447 mBq $L^{-1}$respectively. During the study period, 97-100 % of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs was distributed by suspended solid in the Tone River and 95-100 % of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in the Natsui River after the rainy events. These results indicate that behavior of suspended solids is a main factor controlling variation of concentration of $^{134}$Cs and $^{137}$Cs in both rivers.

Keywords: Radioactive Cesium, River water, Suspended solids, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 溶存アルゴン濃度からみた地下水中のExcess air量の評価
# Estimation of excess air component in groundwater by using dissolved Argon concentration

*浅井 和見[1]、浅井 和由[1]
*Kazumi Asai[1], Kazuyoshi Asai[1]

1. 株式会社地球科学研究所
1. Chikyukagakukenkyusho inc

六フッ化硫黄による地下水年代測定の信頼性を上げるためにはexcess air量の評価が不可欠である。本研究では溶存アルゴン量に基づいてexcess air量の評価を実施した。発表では、アルゴン量から見積もった中部日本各地の湧水や地下水のexcess air量について報告する予定である。

キーワード：過剰大気の混入、溶存アルゴン、地下水、SF6年代測定、中部日本
Keywords: excess air, dissolved argon, groundwater, SF6 dating, Central Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

## [A-HW25] 都市域の水環境と地質

コンビーナ:林 武司(秋田大学教育文化学部)

現在，世界の全人口の半数以上が都市域に集中しており，活発化する人間活動は様々な水問題や地質問題を引き起こしている．また近年では，地震や極端気象現象などによる自然災害が増加しており，水・地質問題への対応をより複雑にしている．水・地質問題のメカニズムやプロセスを適切に理解して対策を講じていくためには，学際的な連携が不可欠である．本セッションでは，都市域の水ならびに地質にかかわる環境問題についての最近の知見を総合的・学際的に取り上げ，それらのさらなる理解と研究の進展を図ることを目的とする．テーマは，水収支，水循環，水資源の開発と管理，内水氾濫，水文地質，水・地質汚染と浄化，地下水障害，地質災害，地下空間利用，水循環基本法など多岐にわたる．海外での事例を含め，広範な分野からの発表を歓迎する．

[AHW25-P01] 流域水資源管理に求められる広域地下水流動評価

*林 武司[1]、宮越 昭暢[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.秋田大学教育文化学部、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.埼玉県環境科学国際センター)

[AHW25-P02] 流域水資源管理に求められる地下水モニタリング－首都圏既設観測井網を活用した地下水開発の影響評価－

*宮越 昭暢[1]、林 武司[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門、2.秋田大学教育文化学部、3.埼玉県環境科学国際センター)

[AHW25-P03] **STORMWATER DRAINAGE SYSTEM OF AN INDIAN TOWN: WHETHER SUSTAINABLE?**

*Rajesh Kumar Vishwakarma[1]、Dr. Himanshu Joshi[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee)

[AHW25-P04] Using a genetic algorithm to investigate the spatial arrangement of low impact development facilities: a case study of National Taiwan University campus.

*Chung-Yuan Liang[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University)

# 流域水資源管理に求められる広域地下水流動評価
# Evaluation of regional groundwater flow system for basin water resource management

*林 武司[1]、宮越 昭暢[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3]
*Takeshi Hayashi[1], Akinobu Miyakoshi[2], Shoichi Hachinohe[3], Hideki Hamamoto[3]

1. 秋田大学教育文化学部、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 埼玉県環境科学国際センター
1. Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 2. GSJ, AIST, 3. Center for Environmental Science in Saitama

世界有数の大都市圏である首都圏を擁する関東平野では，重要な水資源として，地下水が各地で大規模に開発されてきた．地下水開発は，都市域の発展・拡大を支えてきた一方で，地下水資源の減少や地盤沈下等をもたらしてきた．このため，国や自治体は，法や条例によって地下水揚水を規制してきた．しかし近年，病院等の施設の水源や，人口減少に伴う自治体・事業体の上下水道インフラの維持コストの負担増への対応，大規模な自然災害の発生時の緊急水源等として，地下水の需要が再び高まっている．これらの地下水需要に対応し，地盤沈下を再発させることなく地下水を適正に利用するためには，流域・地下水盆単位での水資源管理が求められる．また，水資源管理を適切に行ううえで，各地域での地下水利用の影響を把握するとともに，広域地下水流動の変化を把握することが不可欠である．

筆者らは，関東平野の中央部に位置する埼玉県平野部を対象として，地下水開発に伴う広域地下水流動の変遷のプロセスやメカニズムを明らかにするための調査を実施している．当該地域では，過去の地下水開発や揚水規制によって地下水流動が変化しつづけてきた．将来の地下水需要に対応する，すなわち，各地での地下水需要に対して地下水流動がどのように変化するかを予測するためには，地下水流動の現状を把握するだけでなく，地下水流動の変遷のメカニズムを明らかにすることが重要である．また当該地域では，地域内での地下水開発だけでなく，周辺の都県内での地下水利用の影響も受けることから，地下水流動をより広域で把握することも同時に求められる．

当該地域では，地下水揚水規制によって各地の地下水開発層中の水理水頭が回復してきたが，この過程において地域の全体的な水理水頭分布は変化せず，地域内の水頭差が減少してきた．このことから，地下水の流動機構は大きく変化していないものの，フラックスは減少してきたことが考えられる．ただし，現在の水理水頭分布ならびに地下水流動機構は，本来のもの（大規模開発以前）とは大きく異なっている．このことは，当該地域の地下水流動が地盤沈下の進行を留めている状態に過ぎず，新たな定常的状態となりつつあることを示唆する．本発表では，これまでの調査結果に基づいて，当該地域における地下水流動の人間活動による変遷と現状，また広域地下水流動を適切に把握するための課題について論じる．

キーワード：流域水資源管理、持続可能な地下水開発、広域地下水流動系、首都圏
Keywords: basin water resource management, sustainable groundwater development, regional groundwater flow system, Tokyo metropolitan area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 流域水資源管理に求められる地下水モニタリングー首都圏既設観測井網を活用した地下水開発の影響評価ー

# Integrated groundwater monitoring required for sustainable basin water resources management: Evaluation of effects of groundwater development utilized existing observation well network in the Tokyo metropolitan area

*宮越 昭暢[1]、林 武司[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3]
*Akinobu Miyakoshi[1], Takeshi Hayashi[2], Shoichi Hachinohe[3], Hideki Hamamoto[3]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センターー　活断層・火山研究部門、2. 秋田大学教育文化学部、3. 埼玉県環境科学国際センターー
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 3. Center for Environmental Science in Saitama

筆者らは，世界有数の大都市圏である首都圏を対象として，都市域における地下水開発や揚水規制等により変化する地下水流動や都市特有の熱環境や地球温暖化に伴う気候変動が地下水・地下熱環境に及ぼす影響等を把握するため，地下温度観測を継続的に実施している。これらの調査結果により，首都圏の地下水・地下熱環境が長期かつ広域・大深度に複雑な変化を示すことが明らかとなってきた。例えば，関東平野南部の事例（宮越ほか，2017）では，東京都および埼玉県内に分布する既存の地盤沈下・地下水位観測井にて過去10年間に測定された地下温度プロファイルの比較検討から，地下浅部の温度が継続的に上昇しており，地下温度上昇が地下水涵養域に相当する台地において，より深部まで及んでいることを報告した。また，関東平野北部の事例（宮越ほか，2016）では，群馬県南部および栃木県南部の既設観測井で測定した現在の地下温度プロファイルと，既往の1960～70年代の地下水温のデータを比較検討することにより，地下水開発と揚水規制による地下水流動の変化に起因して深度100～300ｍの地下温度が過去40～50年の長期にわたって変化していることを報告した。これらの結果は地下水流動の変化が，地下温度分布ならびに地下温度変化のアノマリーとして表れることを示している。

これら先行研究は，数年～十数年間隔で断続的に実施された繰返し測定結果の比較検討から求めた地下温度変化に基づくものである。一方で，地下水開発は時代ごとの社会的な要請に応じて変化するものであり，近年は，水資源としての地下水需要が再び高まっている。地下水に対する社会的需要に対応して持続可能な地下水資源管理を行うためには，流域スケールでの水資源管理に加え，地域スケールでの地下水環境の変化を即応的に捉えることが必要となる。地下水環境の変化には，都市化に伴う地上・地下構造物からの排熱や気候変動による地下熱環境の変化も含まれる。筆者らは，2007年（埼玉県内4地点）および2012・2013年（東京都内6地点，宮越ほか，2017）から地下温度の高精度モニタリングを実施し，地下温度の連続的かつ微細な変化と，深度による変化傾向の差異を調査してきた。その結果，地下水流動の涵養域にあたる埼玉県南西部および東京都西部の台地部と下流側に位置する埼玉県南東部や東京都東部の低地部では，温度上昇率の値や季節的な変動傾向に差異が認められた。

また，地下水利用の多様化に伴って，地下水の揚水時期や揚水量だけでなく地下水開発深度も変化することが想定される。このような地下水開発の変化に対応するためには，既設観測井網を活用し，より多くの観測データを蓄積することが有効である。例えば地下温度では，自記記録計を用いた多深度での地下温度モニタリングに加えて，光ファイバー温度計を用いた温度プロファイルモニタリングを併用することにより，帯水層内で生じる地下水フラックスの変動や，複数の地域スケールでの地下水流動の変化を把握することが可能である（例えば，Yamano and Goto，2001；Benseほか，2016など）。各観測地点で観測された地下温度の変動を，地下地質構造や地盤や広域的な地下水流動の変化と併せて解析することにより，都市化や地下水開発が地下水環境に与える影響を即応的に把握・評価することができる。流域水資源管理ならびに持続可能な地下水利

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

用を実現するためには，既設観測井網を活用した即応的な地下水開発監視・評価システムの確立が不可欠である。本発表は埼玉県ー秋田大学ー産業技術総合研究所による共同研究の成果の一部である。

キーワード：流域水資源管理、持続可能な地下水開発地盤沈下・地下水位観測井網，首都圏、地下水・地下温度モニタリング、地盤沈下・地下水位観測井網、首都圏
Keywords: Basin water resources management, Sustainable groundwater development, Groundwater and subsurface temperature monitoring, Land subsidence and groundwater level observation well network, , Tokyo metropolitan area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# STORMWATER DRAINAGE SYSTEM OF AN INDIAN TOWN: WHETHER SUSTAINABLE?

*Rajesh Kumar Vishwakarma[1], Dr. Himanshu Joshi[1]

1. Indian Institute of Technology, Roorkee

In the last few decades, the world has witnessed rapid urbanization. One of the many complex problems which have come up with increased urbanization is that of rapid drainage of storm water from the inhabited areas. This paper presents sustainability evaluation of storm water drainage system of an Indian urban town and interpretation of the findings in order to explore solution. To determine and monitor the implementation of sustainable storm water paradigm, the sub-committee for development of “National (Indian) sustainable habitat parameters on urban storm water management” has developed the key parameters and indicators which are: Natural drainage system index, Drainage coverage (constructed) index, Permeability index, Water bodies rejuvenation index, water body vulnerability index, Water logging index, Area vulnerability index, Storm water discharge quality index and Rainfall intensity index etc. The sustainability indices for the storm water have been computed within the limit on 0 to 1 scale. Interpretation of the computed indices has thrown light on the current status of the system and the desired developments.

Keywords: Storm water, Drainage system, SuDS, Indicators

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Using a genetic algorithm to investigate the spatial arrangement of low impact development facilities: a case study of National Taiwan University campus.

*Chung-Yuan Liang[1], Gene Jiing-yun You[1]

1. National Taiwan University

With urban development, surface runoff and peak flow in cites continuously increase and the insufficient capacity of the sewer system induces more and more urban flooding problems. Low Impact Development (LID), one of the source control strategies, uses functionally equivalent hydrologic landscape to improve the ability of infiltration and retention so that the hydrologic condition of the urban surface can be more returned to the pre-development state. Although LID is a kind of the source control strategies, previous studies seldom focus on the spatial arrangement of LID in an urban watershed but only focus on the mechanism units of LID facilities or simple case studies of its implications. This study took the main campus of National Taiwan University (NTU) as a case study. We combined SWMM and a genetic algorithm (GA) to simulate under 36 different rainfall scenarios. The program optimizes installed area size of LID in each sewershed with two different budgetary constraints. By this way, we can know what kind of watershed allocation of LID is more effective for reducing peak flow. In addition, statistical and hydrologic methods are used to analyze the results of optimization. Through analyzing the mechanism of a single unit of LID and optimizing the installed area size of LID in each subcatchment, we can find out how LID reduce peak flow from the microscale and the macroscale. This mechanism of LID also corresponds to the analysis results from optimization, which elaborated that the first priority of setting LID is located at the midstream of the main line where the peak flow concentrates on the peak outflow of the basin rather than before it or after it. In the end, we suggest a LID spatial arrangement strategy for the reference to further city planning.

Keywords: Low Impact Development (LID), Optimization, Genetic Algorithm (GA), SWMM, Urban Hydrology, Urban Drainage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

## [A-HW25] 都市域の水環境と地質

コンビーナ:林 武司(秋田大学教育文化学部)

現在，世界の全人口の半数以上が都市域に集中しており，活発化する人間活動は様々な水問題や地質問題を引き起こしている．また近年では，地震や極端気象現象などによる自然災害が増加しており，水・地質問題への対応をより複雑にしている．水・地質問題のメカニズムやプロセスを適切に理解して対策を講じていくためには，学際的な連携が不可欠である．本セッションでは，都市域の水ならびに地質にかかわる環境問題についての最近の知見を総合的・学際的に取り上げ，それらのさらなる理解と研究の進展を図ることを目的とする．テーマは，水収支，水循環，水資源の開発と管理，内水氾濫，水文地質，水・地質汚染と浄化，地下水障害，地質災害，地下空間利用，水循環基本法など多岐にわたる．海外での事例を含め，広範な分野からの発表を歓迎する．

[AHW25-P01] 流域水資源管理に求められる広域地下水流動評価

*林 武司[1]、宮越 昭暢[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.秋田大学教育文化学部、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.埼玉県環境科学国際センター)

[AHW25-P02] 流域水資源管理に求められる地下水モニタリングー首都圏既設観測井網を活用した地下水開発の影響評価ー

*宮越 昭暢[1]、林 武司[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門、2.秋田大学教育文化学部、3.埼玉県環境科学国際センター)

[AHW25-P03] **STORMWATER DRAINAGE SYSTEM OF AN INDIAN TOWN: WHETHER SUSTAINABLE?**

*Rajesh Kumar Vishwakarma[1]、Dr. Himanshu Joshi[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee)

[AHW25-P04] Using a genetic algorithm to investigate the spatial arrangement of low impact development facilities: a case study of National Taiwan University campus.

*Chung-Yuan Liang[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University)

# 流域水資源管理に求められる広域地下水流動評価
# Evaluation of regional groundwater flow system for basin water resource management

*林 武司[1]、宮越 昭暢[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3]
*Takeshi Hayashi[1], Akinobu Miyakoshi[2], Shoichi Hachinohe[3], Hideki Hamamoto[3]

1. 秋田大学教育文化学部、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 埼玉県環境科学国際センター
1. Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 2. GSJ, AIST, 3. Center for Environmental Science in Saitama

世界有数の大都市圏である首都圏を擁する関東平野では，重要な水資源として，地下水が各地で大規模に開発されてきた．地下水開発は，都市域の発展・拡大を支えてきた一方で，地下水資源の減少や地盤沈下等をもたらしてきた．このため，国や自治体は，法や条例によって地下水揚水を規制してきた．しかし近年，病院等の施設の水源や，人口減少に伴う自治体・事業体の上下水道インフラの維持コストの負担増への対応，大規模な自然災害の発生時の緊急水源等として，地下水の需要が再び高まっている．これらの地下水需要に対応し，地盤沈下を再発させることなく地下水を適正に利用するためには，流域・地下水盆単位での水資源管理が求められる．また，水資源管理を適切に行ううえで，各地域での地下水利用の影響を把握するとともに，広域地下水流動の変化を把握することが不可欠である．

筆者らは，関東平野の中央部に位置する埼玉県平野部を対象として，地下水開発に伴う広域地下水流動の変遷のプロセスやメカニズムを明らかにするための調査を実施している．当該地域では，過去の地下水開発や揚水規制によって地下水流動が変化しつづけてきた．将来の地下水需要に対応する，すなわち，各地での地下水需要に対して地下水流動がどのように変化するかを予測するためには，地下水流動の現状を把握するだけでなく，地下水流動の変遷のメカニズムを明らかにすることが重要である．また当該地域では，地域内での地下水開発だけでなく，周辺の都県内での地下水利用の影響も受けることから，地下水流動をより広域で把握することも同時に求められる．

当該地域では，地下水揚水規制によって各地の地下水開発層中の水理水頭が回復してきたが，この過程において地域の全体的な水理水頭分布は変化せず，地域内の水頭差が減少してきた．このことから，地下水の流動機構は大きく変化していないものの，フラックスは減少してきたことが考えられる．ただし，現在の水理水頭分布ならびに地下水流動機構は，本来のもの（大規模開発以前）とは大きく異なっている．このことは，当該地域の地下水流動が地盤沈下の進行を留めている状態に過ぎず，新たな定常的状態となりつつあることを示唆する．本発表では，これまでの調査結果に基づいて，当該地域における地下水流動の人間活動による変遷と現状，また広域地下水流動を適切に把握するための課題について論じる．

キーワード：流域水資源管理、持続可能な地下水開発、広域地下水流動系、首都圏
Keywords: basin water resource management, sustainable groundwater development, regional groundwater flow system, Tokyo metropolitan area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 流域水資源管理に求められる地下水モニタリングー首都圏既設観測井網を活用した地下水開発の影響評価ー

# Integrated groundwater monitoring required for sustainable basin water resources management: Evaluation of effects of groundwater development utilized existing observation well network in the Tokyo metropolitan area

*宮越 昭暢[1]、林 武司[2]、八戸 昭一[3]、濱元 栄起[3]
*Akinobu Miyakoshi[1], Takeshi Hayashi[2], Shoichi Hachinohe[3], Hideki Hamamoto[3]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センターー　活断層・火山研究部門、2. 秋田大学教育文化学部、3. 埼玉県環境科学国際センターー
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 3. Center for Environmental Science in Saitama

筆者らは，世界有数の大都市圏である首都圏を対象として，都市域における地下水開発や揚水規制等により変化する地下水流動や都市特有の熱環境や地球温暖化に伴う気候変動が地下水・地下熱環境に及ぼす影響等を把握するため，地下温度観測を継続的に実施している。これらの調査結果により，首都圏の地下水・地下熱環境が長期かつ広域・大深度に複雑な変化を示すことが明らかとなってきた。例えば，関東平野南部の事例（宮越ほか，2017）では，東京都および埼玉県内に分布する既存の地盤沈下・地下水位観測井にて過去10年間に測定された地下温度プロファイルの比較検討から，地下浅部の温度が継続的に上昇しており，地下温度上昇が地下水涵養域に相当する台地において，より深部まで及んでいることを報告した。また，関東平野北部の事例（宮越ほか，2016）では，群馬県南部および栃木県南部の既設観測井で測定した現在の地下温度プロファイルと，既往の1960～70年代の地下水温のデータを比較検討することにより，地下水開発と揚水規制による地下水流動の変化に起因して深度100～300ｍの地下温度が過去40～50年の長期にわたって変化していることを報告した。これらの結果は地下水流動の変化が，地下温度分布ならびに地下温度変化のアノマリーとして表れることを示している。

これら先行研究は，数年～十数年間隔で断続的に実施された繰返し測定結果の比較検討から求めた地下温度変化に基づくものである。一方で，地下水開発は時代ごとの社会的な要請に応じて変化するものであり，近年は，水資源としての地下水需要が再び高まっている。地下水に対する社会的需要に対応して持続可能な地下水資源管理を行うためには，流域スケールでの水資源管理に加え，地域スケールでの地下水環境の変化を即応的に捉えることが必要となる。地下水環境の変化には，都市化に伴う地上・地下構造物からの排熱や気候変動による地下熱環境の変化も含まれる。筆者らは，2007年（埼玉県内4地点）および2012・2013年（東京都内6地点，宮越ほか，2017）から地下温度の高精度モニタリングを実施し，地下温度の連続的かつ微細な変化と，深度による変化傾向の差異を調査してきた。その結果，地下水流動の涵養域にあたる埼玉県南西部および東京都西部の台地部と下流側に位置する埼玉県南東部や東京都東部の低地部では，温度上昇率の値や季節的な変動傾向に差異が認められた。

また，地下水利用の多様化に伴って，地下水の揚水時期や揚水量だけでなく地下水開発深度も変化することが想定される。このような地下水開発の変化に対応するためには，既設観測井網を活用し，より多くの観測データを蓄積することが有効である。例えば地下温度では，自記記録計を用いた多深度での地下温度モニタリングに加えて，光ファイバー温度計を用いた温度プロファイルモニタリングを併用することにより，帯水層内で生じる地下水フラックスの変動や，複数の地域スケールでの地下水流動の変化を把握することが可能である（例えば，Yamano and Goto，2001；Benseほか，2016など）。各観測地点で観測された地下温度の変動を，地下地質構造や地盤や広域的な地下水流動の変化と併せて解析することにより，都市化や地下水開発が地下水環境に与える影響を即応的に把握・評価することができる。流域水資源管理ならびに持続可能な地下水利

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

用を実現するためには，既設観測井網を活用した即応的な地下水開発監視・評価システムの確立が不可欠である。本発表は埼玉県ー秋田大学ー産業技術総合研究所による共同研究の成果の一部である。

キーワード：流域水資源管理、持続可能な地下水開発地盤沈下・地下水位観測井網，首都圏、地下水・地下温度モニタリング、地盤沈下・地下水位観測井網、首都圏
Keywords: Basin water resources management, Sustainable groundwater development, Groundwater and subsurface temperature monitoring, Land subsidence and groundwater level observation well network, , Tokyo metropolitan area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# STORMWATER DRAINAGE SYSTEM OF AN INDIAN TOWN: WHETHER SUSTAINABLE?

*Rajesh Kumar Vishwakarma[1], Dr. Himanshu Joshi[1]

1. Indian Institute of Technology, Roorkee

In the last few decades, the world has witnessed rapid urbanization. One of the many complex problems which have come up with increased urbanization is that of rapid drainage of storm water from the inhabited areas. This paper presents sustainability evaluation of storm water drainage system of an Indian urban town and interpretation of the findings in order to explore solution. To determine and monitor the implementation of sustainable storm water paradigm, the sub-committee for development of “National (Indian) sustainable habitat parameters on urban storm water management” has developed the key parameters and indicators which are: Natural drainage system index, Drainage coverage (constructed) index, Permeability index, Water bodies rejuvenation index, water body vulnerability index, Water logging index, Area vulnerability index, Storm water discharge quality index and Rainfall intensity index etc. The sustainability indices for the storm water have been computed within the limit on 0 to 1 scale. Interpretation of the computed indices has thrown light on the current status of the system and the desired developments.

Keywords: Storm water, Drainage system, SuDS, Indicators

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Using a genetic algorithm to investigate the spatial arrangement of low impact development facilities: a case study of National Taiwan University campus.

*Chung-Yuan Liang[1], Gene Jiing-yun You[1]

1. National Taiwan University

With urban development, surface runoff and peak flow in cites continuously increase and the insufficient capacity of the sewer system induces more and more urban flooding problems. Low Impact Development (LID), one of the source control strategies, uses functionally equivalent hydrologic landscape to improve the ability of infiltration and retention so that the hydrologic condition of the urban surface can be more returned to the pre-development state. Although LID is a kind of the source control strategies, previous studies seldom focus on the spatial arrangement of LID in an urban watershed but only focus on the mechanism units of LID facilities or simple case studies of its implications. This study took the main campus of National Taiwan University (NTU) as a case study. We combined SWMM and a genetic algorithm (GA) to simulate under 36 different rainfall scenarios. The program optimizes installed area size of LID in each sewershed with two different budgetary constraints. By this way, we can know what kind of watershed allocation of LID is more effective for reducing peak flow. In addition, statistical and hydrologic methods are used to analyze the results of optimization. Through analyzing the mechanism of a single unit of LID and optimizing the installed area size of LID in each subcatchment, we can find out how LID reduce peak flow from the microscale and the macroscale. This mechanism of LID also corresponds to the analysis results from optimization, which elaborated that the first priority of setting LID is located at the midstream of the main line where the peak flow concentrates on the peak outflow of the basin rather than before it or after it. In the end, we suggest a LID spatial arrangement strategy for the reference to further city planning.

Keywords: Low Impact Development (LID), Optimization, Genetic Algorithm (GA), SWMM, Urban Hydrology, Urban Drainage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

## [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)

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。

[HDS14-P01] 紀伊山地における$^{14}$C年代測定による深層崩壊発生頻度の推定

★招待講演

*田中 健貴[1]、小竹 利明[1]、菅原 寛明[1]、木下 篤彦[1]、小川内 良人[2]、藤原 美波[2] (1.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、2.国土防災技術株式会社)

---

[HDS14-P02] 阿蘇カルデラ北西部，後期更新世の蛇の尾火山における層序と約4000年前の斜面崩壊

*平田 康人[1]、上田 圭一[1]、宮脇 理一郎[2]、家村 克敏[2]、横山 俊高[2]、宮脇 明子[2] (1.一般財団法人電力中央研究所、2.阪神コンサルタンツ)

---

[HDS14-P03] 決定木による2017年九州北部豪雨災害時の崩壊発生要因の解析

*大丸 裕武[1]、村上 亘[1]、鶴崎 幸[2] (1.国立研究開発法人森林総合研究所、2.福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター)

---

[HDS14-P04] 平成30年7月豪雨による愛媛県宇和島市周辺の岩盤崩壊の地質学的特徴

*山崎 新太郎[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P05] 平成30年7月豪雨時に発生した真備町の堤防破堤メカニズムについて

*王 功輝[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P06] ネパールSun Kosi川支川流域におけるSAR干渉画像による地すべり性地表変動の検出

*大竹 俊兵[1]、佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

---

[HDS14-P07] 2018年インドネシア　スラウェシ島の地震によって発生した大規模流動化現象

*小俣 雅志[1]、足立 敏之[2]、山越 隆雄[3]、松井 健一[4]、岩松 敏男[1]、高岸 且[1]、本島 千帆[1]、奥泉 優[1]、和田 湖人[1] (1.株式会社パスコ、2.自民党参議院議員、3.砂防・地すべりセンター、4.足立敏之事務所)

---

[HDS14-P08] **干渉SAR解析によって捉えられた2018年北海道胆振東部地震に伴う札幌市内の被害状況と地形の関係性**

*横田 彰宏[1]、西村 智博[2]、重野 聖之[1]、本田 謙一[2]、向山 栄[2] (1.明治コンサルタント株式会社、2.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P09] 衛星干渉SAR解析に基づく2018年の北海道胆振東部地震災害による地表変動と建物被害分布，および多時期のLiDAR DEMデータ解析による地表変位の抽出

*本田 謙一[1]、浅田 典親[1]、虫明 成生[1]、西村 智博[1]、向山 栄[1] (1.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P10] Geological features of landslides of pyroclastic fall deposits induced by the 2018 Eastern Iburi Earthquake and other previous earthquakes

*千木良 雅弘[1]、田近 淳[3]、石丸 聡[2]、鈴木 毅彦[4] (1.京都大学防災研究所、2.北海道総合研究所　地質研究所、3.株式会社　ドーコン、4.首都大学東京)

---

[HDS14-P11] **地震観測に基づく奈良県十津川村山地の地震動特性ー地震による崩壊の基礎研究ー**

*飯田 智之[1]、山田 隆二[1]、先名 重樹[1]、徳井 秀光[2]、小野寺 哲也[2]、川邊 洋 (1.防災科学技術研究所、2.テクニカルリンク株式会社)

---

[HDS14-P12] 2011年台風12号により発生した崩壊における地形的特徴と地すべり発達過程に関する検討

*菊地 輝行[1]、秦野 輝儀[2]、西山 哲[3] (1.株式会社開発設計コンサルタント、2.電源開発株式会社、3.岡山大学大学院)

---

[HDS14-P13] 大規模崩壊の予兆である「斜面の膨らみ」の形成機構

*吉村 辰朗[1] (1.第一復建株式会社)

---

[HDS14-P14] 関東山地三峰地域における線状凹地を埋積する堆積物

*益子 将和[1]、千木良 雅弘[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

# 紀伊山地における$^{14}$C年代測定による深層崩壊発生頻度の推定
# The estimation of frequency for deep-seated landslide with carbon dating in Kii mountain area

*田中 健貴[1]、小竹 利明[1]、菅原 寛明[1]、木下 篤彦[1]、小川内 良人[2]、藤原 美波[2]
*Yasutaka Tanaka[1], Toshiaki Kotake[1], Hiroaki Sugawara[1], Atsuhiko Kinoshita[1], Yoshito Ogawauchi[2], Minami Fujiwara[2]

1. 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、2. 国土防災技術株式会社
1. Sediment Disaster Prevention Technology Center, Kinki Regional Developing Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2. Japan Conservation Engineers & CO., LTD.

平成23年台風12号によって紀伊山地では深層崩壊と呼ばれる大規模な斜面崩壊が発生した。紀伊山地においては明治22年にも一般に十津川水害と呼ばれる災害が発生しており、当時の災害報告から大規模な斜面崩壊が発生していたことが分かる。以上のことから、紀伊山地では土砂災害対策として深層崩壊への対策が必要である。深層崩壊への対策を考える上では、候補地の優先順位や施設規模を検討するために対象地域における深層崩壊発生頻度が重要な指標である。

これまで深層崩壊の発生頻度は火山灰の堆積を利用した方法などが提案されてきている。しかし、紀伊山地では火山灰の分布が乏しく、深層崩壊発生頻度の推定に活用できない。近年、木片や炭化物などを試料とした炭素年代測定法を活用した土砂災害の発生年代推定事例が報告されている。そこで本研究では、木片や炭化物などを用いた炭素年代測定法を用いた深層崩壊発生頻度推定方法に基づき、紀伊山地における深層崩壊発生頻度を調査したので報告する。

試料採取方法については、下記のようなフローを構築した。

1　航空レーザー測量データを基にした崩壊堆積物の抽出

2　現地における予備調査

3　現地における詳細調査および試料採取

4　試料分析

1では航空レーザー測量データから作成された地形図を基に崩壊堆積物を抽出した。崩壊堆積物の抽出は、河道沿いを中心に行い、河道閉塞跡地と考えられる箇所を抽出した。2ではアクセス方法や概略的に試料となりうる炭化物の存在を確認した。3では2の結果を基に試料採取を行った。ここでは、今回作成した土壌も含めて採取できるサンプラーを活用した。さらに4として実際に試料分析を行い、年代測定結果を整理した。

調査の結果、調査実施箇所11箇所で28試料採取することが出来た。特に崩壊堆積物の上部や下部、あるいは水中堆積物では良好な試料を採取することが出来た。また試料分析の結果、紀伊山地においては、深層崩壊の発生頻度は概ね150～200年程度の間隔であることが分かった。提案したフローおよびサンプラーを活用することで試料採取が効率的に行える可能性が示された。また分析結果から、紀伊山地では概ね150～200年間隔で規模の大きな崩壊が発生していることが示されたが、これは過去の災害報告とも整合的である。ただし、測定された年代には誤差が含まれるため、精度よく年代を推定するためには今後さらなる検討が必要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：深層崩壊、炭素年代測定、紀伊山地
Keywords: deep-seated landslide, carbon dating, Kii mountain area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇カルデラ北西部，後期更新世の蛇の尾火山における層序と約4000年前の斜面崩壊

# Tephra stratigraphy and a slope failure of about 4,000 years ago on the slope of the Late Pleistocene Janoo Volcano in the northwestern of Aso Caldera

*平田 康人[1]、上田 圭一[1]、宮脇 理一郎[2]、家村 克敏[2]、横山 俊高[2]、宮脇 明子[2]
*Yasuto Hirata[1], Keiichi Ueta[1], Riichiro Miyawaki[2], Katsutoshi Iemura[2], Toshitaka Yokoyama[2], Akiko Miyawaki[2]

1. 一般財団法人電力中央研究所、2. 阪神コンサルタンツ
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Hanshin Consultants

活断層の評価を高精度化するためには，テクトニックな断層だけではなく，ノンテクトニックな断層群の実態解明が重要である．2016年熊本地震においては，阿蘇カルデラ西部に布田川・日奈久断層帯沿った地表地震断層の北東端が出現するとともに，数多くの斜面崩壊や大規模な地表変状が発生した．われわれは，地表地震断層北東端の延長部にあたる蛇の尾火山の南側斜面において，トレンチ調査およびボーリング調査，ならびに採取試料の全岩化学組成分析および放射性炭素年代分析を実施して，当該地域の蛇の尾火砕丘形成以後の火山層序を明らかにし，約4000年前の斜面崩壊に伴う変形構造を見出した．

鍵層の暦年較正した噴出年代は，蛇の尾スコリア (15500年以前)，ACP1軽石 (約4000年前)，杵島岳溶岩・スコリア (約3700年前)，往生岳スコリア (3500±100年前)，そして米塚溶岩 (3000±100年前) である．

8 m以深の細粒火山灰層と蛇の尾スコリア表層部は黄色に風化しており，斜面と平行な走向の正断層センスの小断層を伴っていた．それらの層を覆う火山灰土層は，高さ約1 mの塊状に分離して，地層の上下が逆転した状態で覆瓦状に配列していた．さらに，この再堆積層は厚さ2 mの流動した火山灰土層に覆われていた．上記すべてのテフラはACP1軽石層に整合的に覆われていた．これらの一連の堆積構造は，ACP1の噴出直前に，それまでに堆積した降下火山灰が次々と崩壊して，崩壊の発生場が火砕丘斜面を遡上したことを示唆している．また，すべり面の構成物や崩壊深度が2016年熊本地震によるものと類似することから，この斜面崩壊は地震動に誘発されたと考えられる．

キーワード：阿蘇カルデラ、噴火活動、地すべり、ノンテクトニクス断層、トレンチ調査
Keywords: Aso Caldera, eruptive history, landslide, non-tectonic faulting, trench survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 決定木による2017年九州北部豪雨災害時の崩壊発生要因の解析
# Analysis of causal factors of landslides during 2017 northern Kyusyu torrential rainfall disaster by using decision tree

*大丸 裕武[1]、村上 亘[1]、鶴崎 幸[2]
*Hiromu Daimaru[1], Wataru Murakami[1], Yuki Tsurusaki[2]

1. 国立研究開発法人森林総合研究所、2. 福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター
1. Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center

2017年7月の九州北部豪雨時の崩壊発生の要因について、決定木による解析を行った。国土地理院のオルソ写真から崩壊地を判読し、気象庁のレーダーアメダス解析雨量、10mDEMによる傾斜、地質（産業技術研究所のシームレス地質図）、福岡県の植生データと樹齢データとオーバーレイ解析を行い、Pythonの Scikit-learnモジュールを用いて崩壊発生に対する影響度を評価した。崩壊発生の分布を主に規定しているのは降雨量の分布であった。第2の要因は傾斜で、崩壊発生の閾値は降雨量とともに低下する傾向が見られた。第3の要因は地質で、花崗岩（花崗閃緑岩を含む）のエリアでは変成岩や第三紀の火山岩地域に比べて崩壊が発生しやすい傾向が見られた。樹齢は第4の要因であったが、降雨量が500mm以下のエリアにおいて顕著な影響が認められた。一方、樹種の影響は他の要因と比べて極めて小さいことが推定された。

キーワード：2017年九州北部豪雨、崩壊、決定木
Keywords: 2017 northern Kyusyu torrential rainfall disaster, landslide, decision tree

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年7月豪雨による愛媛県宇和島市周辺の岩盤崩壊の地質学的特徴
# Geologic characteristics of rock mass failures caused by the heavy rain event of July 2018 in Uwajima, Ehime

*山崎 新太郎[1]
*Shintaro Yamasaki[1]

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

西日本全域に被害をもたらした「平成30年7月豪雨」は宇和島市および西予市の法華津湾周辺において岩盤崩壊を多発させた．本報告では岩盤崩壊の特徴を報告する．岩盤崩壊は低起伏の地形上で発生し比較的小規模であった．滑落崖はいずれも風化が認められ，斜面を切断する分離面と高密度の亀裂があった．さらに脆弱な鉱物脈と断層による破砕も認められた．これらの特徴のために岩盤崩壊が発生した斜面では微視的にも巨視的にも強度が低下していた．さらに，低強度の岩盤では重力変形が進行し，大量の降水の流入経路が崩壊前に斜面に形成されていたと考えられる．崩壊が多発した宇和島市法華津湾周辺は四国の四万十帯内では特徴的に低起伏な地域である．このような低起伏地域は四国を東西に横断する仏像構造線に沿って帯状に分布する．

キーワード：豪雨、地すべり、深層崩壊、地質規制、四万十帯
Keywords: heavy rain event, landslide, deep-seated landslide, rock control, Shimanto belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年7月豪雨時に発生した真備町の堤防破堤メカニズムについて
# On the failure mechanism of embankments in Mabi Town during the Heavy rain of July, 2018, Japan

*王 功輝[1]
*Gonghui Wang[1]

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

平成30年6月28日から7月8日にかけて，西日本を中心に中部地方や北海道など全国的に広い範囲で発生した集中豪雨により，多くの地域で河川の氾濫や浸水害および土砂災害が発生し，死者数が200人を超える甚大な災害となった．その内，岡山県倉敷市真備町で小田川と支流の末政川や高馬川などの堤防が決壊し，広範囲が冠水した．これにより，51名の犠牲と4千棟以上の家屋浸水など甚大な被害が起きた．これらの堤防の決壊機構を解明するために，堤防に対する現地調査や物理探査及び遠心載荷実験を実施した．その結果を報告する．

キーワード：堤防決壊、決壊機構、堤体内部構造、堤体基盤、遠心実験
Keywords: failure of embankment, failure mechanism, Internal structure of embankement, foundation of embankment, Centrifuge test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネパールSun Kosi川支川流域におけるSAR干渉画像による地すべり性地表変動の検出

# Interpretation of landslide surface deformation around the branch basins of Sun Kosi river in Nepal using InSAR images

*大竹 俊兵[1]、佐藤 浩[1]
*Otake Shunpei[1], Hiroshi, P. Sato[1]

1. 日本大学文理学部
1. College of Humanities and Sciences, Nihon University

2015年4月25日，ネパールの首都カトマンズ北西約80㎞地点においてMw7.8の地震（ネパール・ゴルカ地震）が発生し，その後の同年5月12日にはカトマンズ東北東約75㎞地点においてMw7.3の最大余震が生じた。これらの地震により，ネパールの山岳地帯では斜面災害が多発し，大きな被害を出した。また，ネパールはインドプレートがユーラシアプレートに衝突・沈み込みのある地域であり，地震が発生しやすいほか，山岳地域が広く分布し，モンスーン期に多量の雨が降るといった斜面災害が発生しやすい条件がそろっており，今回の地震によって滑動した斜面が今後再滑動する可能性がある。そのため、地すべり性地表変動の監視をすることは斜面災害に対する防災に貢献できるという点で重要である。そこで，本研究では地すべりが多発した地域の一つであるMw7.3の最大余震の起こった周辺地域を対象に，地すべり性地表変動の検出を試みた。

地すべり性地表変動を検出する方法として，干渉SARを用いた試みが行われている。そこで，本研究では最大余震の震央を含むSun Kosi川支川流域のSAR干渉画像を2016年9月12日/2017年1月30日と2017年1月30日/2017年9月11日の2時期分作成し，それぞれのSAR干渉画像において地すべり性地表変動の判読を行い，判読された範囲を囲み，その中心に点を与えた。その検出された地点について震央からの距離，標高，斜面の向き，変位量，変位面積，地質，河川流域について調べ，分析した。

判読の結果，2016年9月12日/2017年1月30日で29地点，2017年1月30日/2017年9月11日で25地点の地すべり性地表変動が検出された。解析の結果，標高帯1500－2999mに全体の約7割の地点が属していること，2016年9月12日/2017年1月30日より2017年1月30日/2017年9月11日の方が1地点当たりの平均の変位面積が大きいことがわかった。これは，標高帯1500－2999mにおいて比較的広く分布している地質である低ヒマラヤメタ堆積岩類が多くの検出地点を与えること，2017年1月30日/2017年9月11日では雨季による降水の影響が変動に関与したことで変位面積が増加したことが考えられる。

キーワード：地すべり、SAR、地震、ネパール
Keywords: Landslide, SAR, Earthquake, Nepal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2018年インドネシア　スラウェシ島の地震によって発生した大規模流動化現象

# The large scale landslides triggered by The 2018 Sulawesi Earthquake, Indonesia

*小俣 雅志[1]、足立 敏之[2]、山越 隆雄[3]、松井 健一[4]、岩松 敏男[1]、高岸 且[1]、本島 千帆[1]、奥泉 優[1]、和田 湖人[1]
*Masashi Omata[1], Toshiyuki Adachi[2], Takao Yamakoshi[3], Kenichi Matsui[4], Tosho Iwamatsu[1], Susumu Takagishi[1], Chiho Motojima[1], Yuu Okuizumi[1], Umito Wada[1]

1. 株式会社パスコ、2. 自民党参議院議員、3. 砂防・地すべりセンター、4. 足立敏之事務所
1. PASCO CORPORATION, 2. LDP Upper House member, 3. SABO & LANDSLIDE TECNICAL CENTER, 4. Nobuyuki Adzchi Office

2018年9月28日にインドネシアのSulawesi島で発生した地震は、地震の規模がMw7.5、震源の深さは20km（USGS,2018）であった。Sulawesi島にあるPalu市街地の西側、山地と平野の境界にはPalu-Koro断層という活断層が分布している。干渉SAR解析結果によれば、このPalu-Koro断層に沿って南北の走向を持つ、地震はこの活断層が活動したものであると考えられる。筆者らは、地震後に撮影された光学衛星画像を入手して観察を行った。光学衛星画像から読み取れる現象について検討した結果を報告する。　光学衛星画像は地震直後の9月30日に撮影されたPleiadesによる50cm解像度の画像、および10月17日に撮影されたSPOT-7による1.5m解像度の画像を用いた。この衛星画像にJAXA（2018）から無償公開されているALOS World 3D - 30m（AW3D30）をもとに生成した5m等高線を重畳して検討を行った。Palu市街地はPalu川の河口部付近の平野に位置する。平野の西側にはおおよそ南北走向でPalu-Koro断層が分布するために比較的直線状の山地・平野境界として見えるが、山地から平野に注ぐ河川沿いには扇状地が発達している。平野東側の山地と平野の境界は入り組んでおり、山地からの流れ出る河川には比較的大きな扇状地が連続して発達し、緩やかな傾斜を持って平野と接する。平野部もPalu川に向かってごく緩やかに傾斜していることが等高線から確認できる。

地震後に報道されたところによれば、この地震によって、Palu周辺の複数の地点で、ほぼ平坦な地面が側方に大きく流動化する現象が発生し、大きな被害をもたらしたとのことである。衛星画像からも、これらの現象が発生している状況が、少なくともPalu市街地の東側に２箇所、西側に１箇所確認できる。市街地の東側で空港の南側に位置するPetobo地区では幅約1km長さ約2.5kmの範囲で流動化現象が発生し、流動化現象が発生した範囲の上部側では褐色の土砂がむき出しになり、下部側には土砂が押し寄せて形成した縄状構造が確認できる。Petobo地区の約5km南側、Jono Oge地区においても大規模な流動化現象が確認できる。上端の幅は約1kmで下側に行くほど幅が狭くなる。流動化した地面はかなり緩い状態で移動したようで、下端部付近では土石流が流下したように耕作地の上に薄く褐色土砂を載せているように見える。これらPetobo地区とJono Oge地区の流動化現象の上端は、扇状地末端の傾斜変換線付近で発生し、ほぼ同じ標高である。扇状地で伏流していた地下水が豊富に地表付近に分布している地点であると推定される。Palu市街地の西側Balaroa地区で発生した流動化現象は規模がやや小さく、幅が約0.4km程度であるが、住宅が比較的密集している市街地で発生しているため、人的被害は大きいと推定された。流動化現象の末端部はPetobo地区と同様に縄状の構造が確認できる。

現地のカイリ族には「Nalodo」という「泥に吸い込まれる」という意味の液状化を示す言葉があるとのことである。このような液状化現象が過去にも繰り返し起きていたことが推定できる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

【参考文献】

JAXA（2018） ALOS全球数値地表モデル (DSM) "ALOS World 3D - 30m (AW3D30)" （第2.1版）．https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index_j.htm
USGS（2018）M 7.5 - 70km N of Palu, Indonesia, Earth quake Hazards Program．https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4/executive

キーワード：大規模流動化現象、衛星画像、地震、SPOT-7、Pleiades、インドネシア
Keywords: lateral spread, satellite imagery, earthquake, SPOT-7, Pleiades, Indonesia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 干渉SAR解析によって捉えられた2018年北海道胆振東部地震に伴う札幌市内の被害状況と地形の関係性

# Relationship of the grand deformation and topography in Sapporo City at the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake confirmed by InSAR analysis

*横田 彰宏[1]、西村 智博[2]、重野 聖之[1]、本田 謙一[2]、向山 栄[2]
*Akihiro Yokota[1], Tomohiro Nishimura[2], Kiyoyuki Shigeno[1], Kenichi Honda[2], Sakae Mukoyama[2]

1. 明治コンサルタント株式会社、2. 国際航業株式会社
1. Meiji Consultant Co., Ltd, 2. Kokusai Kogyo Co., Ltd

平成30 年（2018 年）北海道胆振東部地震では，札幌市清田区をはじめ広範囲で地盤変位による道路や建物被害が発生した．これら自然災害で生じた被害を迅速に把握することは，支援および救急活動を円滑にし，減災を進める上で重要であると考えられる．

合成開口レーダ（SAR）を用いた干渉SAR解析は，天候に左右されることなく，広範囲で地表形状の微小な変位を抽出できるので，今回の地震調査にも適用した結果，表層地盤や建物に被害が発生した可能性がある場所を迅速に検出できたことが報告されている（向山ほか，2019など）．

筆者らは，Sentinel-1衛星により取得された地震前後のSARデータを解析して推定された変位について，空中写真判読および現地踏査から，被害状況や旧地形について調査を行い，干渉SAR結果の妥当性と変位の原因について検討を行った．

SAR解析の結果，札幌市清田区清田・里塚・美しが丘のほか，豊平区平岸，東区伏古-苗穂などでも顕著な変位が観測され，大きな地震被害が推定された．これらの地区を対象に，現地踏査による変位状況と，米軍写真等を用いた地形判読や土地利用変遷について調査を行った．

調査の結果，東区伏古-苗穂地区では,旧豊平川（伏古川）の蛇行した河道地形や氾濫原となる地形が分布し，旧河道の埋め立て部や河道縁辺部に沿って最大5 cm程度の地盤沈下が集中していることが確認された．豊平区平岸では，平岸面にあたる河川段丘と月寒川支流河川の侵食で形成された沖積低地が分布し，沖積低地の一部と，元採石場を埋め立てた箇所で地盤沈下が確認された．

これらの地盤変位が確認される箇所は，SAR解析で大きな変位が推定された箇所にほぼ一致し，地盤沈下の他に建物に亀裂や,躯体が抜け上がるなどの被害が生じていた．また，清田区清田・里塚・美しが丘においても，SAR解析により大きな変位が推定された箇所では，同様に地表部の変位が確認された．

今回確認された地盤変位は，旧河道や旧地形を人工的に埋め立てた改変地に集中しており，旧地形や盛土箇所との相関が高いと考えられる．

2018年北海道胆振東部地震後の地盤変位に伴う被害について,Sentinel-1衛星によるSARデータを利用することにより,短時間に広域の概略被害状況を把握できることが明らかとなった．

参考文献

向山栄・本田謙一・西村智博（2019）衛星SARや航空レーザ計測データを用いた地震時の家屋・地盤被害の把握技術．地盤工学会誌，Vol. 67，No. 3

横田彰宏・重野聖之・西村智博・本田謙一・向山 栄（2019）干渉SARと古地理でみる札幌市の地震被害－2018年北海道胆振東部地震－．日本地理学会発表要旨集．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：干渉SAR、地盤変位、2018年北海道胆振東部地震
Keywords: Interferometric SAR, Ground displacement, 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 衛星干渉SAR解析に基づく2018年の北海道胆振東部地震災害による地表変動と建物被害分布，および多時期のLiDAR DEMデータ解析による地表変位の抽出

# Estimation of co-seismic surface displacement and ground deformation associated with the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, based on differential InSAR and differential LiDAR DEM analysis.

*本田 謙一[1]、浅田 典親[1]、虫明 成生[1]、西村 智博[1]、向山 栄[1]
*Kenichi Honda[1], Norichika Asada[1], Naruo Mushiake[1], Tomohiro Nishimura[1], Sakae Mukoyama[1]

1. 国際航業株式会社
1. Kokusai Kogyo Co.,LTD.

地震国である日本にとって，地震が発生した際，迅速に建物の被災状況を把握することは，災害の初動対応において非常に重要である．

衛星リモートセンシングは，広域を計測できることから，災害時の被害把握が期待されている．しかし，衛星の観測頻度や解析処理時間，初期に求められる情報の選定等，実用への課題は多い．

本発表では，衛星リモートセンシングを活用することで提供できる情報の事例として，今年度発生した災害の内，北海道胆振東部地震（9/6）に対するSARと多時期のLiDAR DEMデータ解析による対応について紹介する．

液状化の被害があった札幌市清田区の解析を行った．Sentinel-1による干渉解析の変位は不連続かノイズとなっており，被害地域の変位抽出は困難であったが，干渉性（コヒーレンス）の変化から被害域を抽出できた．対して，ALOS-2では干渉性の低下は小さく，干渉画像の変位が被害域の抽出に適していた．これは観測波長帯域の違いによる感度の違いによるものと考えられる．

比較のため，航空レーザースキャナの災害前後2時期の計測データを用いた，3D-GIVの解析から，水平移動を含む地表変位の解析結果と比較した．災害前の人工改変の影響も含まれるが，災害による谷埋め盛土の沈下や水平移動の領域とSARの結果が一致していることが確認できた．

この地震では地震直後の9月6日5時40分にSentinel-1が観測されたため，地震当日中に解析し，解析結果を現地社員に提供した．地震翌日の9月7日に現地確認を行い，その結果を被災自治体等に提供した．地震当日を除き，天候が悪く航空機が撮影できない状況が数日続いたため，迅速に広域の被災範囲を抽出するという衛星SARの利点が活かせた事例といえる．

本研究では，SARによる建物被害抽出事例を紹介した．

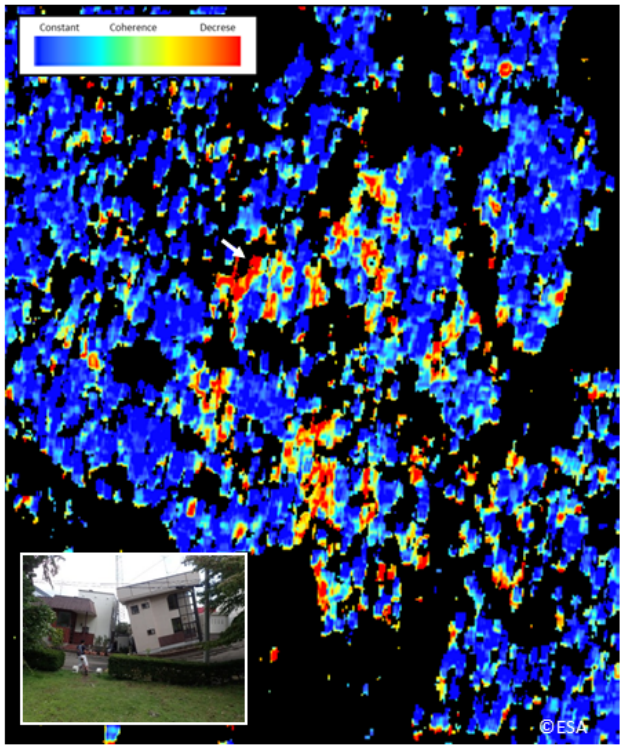
衛星リモートセンシングによる被害把握は有用ではあるが，日本国内では，災害直後から現地への踏査や航空機による状況把握が行われ，衛星リモートセンシングが活用される状況は実態としては少ない．

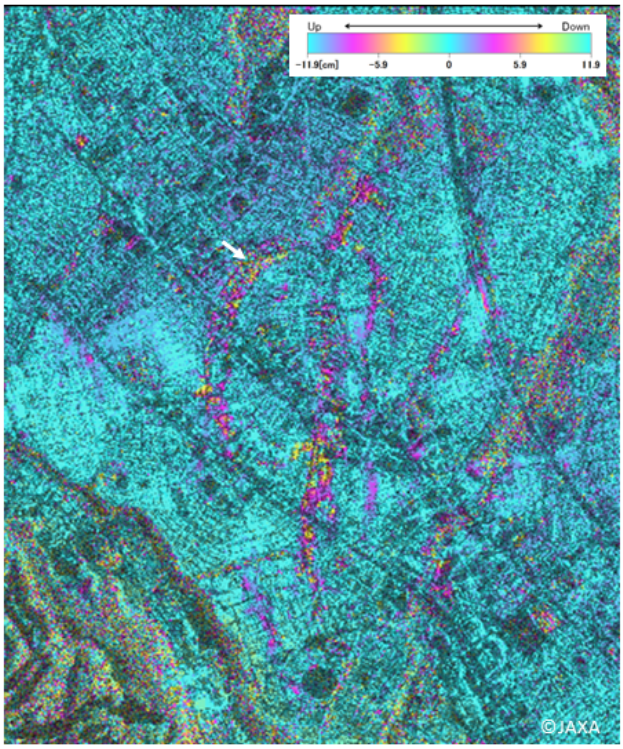
しかし，北海道胆振東部地震で行われたように，衛星データを迅速に撮影し，解析結果を提供することで，初期の災害情報把握の一つの選択肢になり得ることを示した．また，建造物被害域の推定は，光学写真で判読することは難しく，SARの干渉性による推定の意義は大きいと考えられる．

最後に，このたびの災害で被災された方々に謹んでお見舞い申し上げます．

キーワード：地震、合成開口レーダー、航空レーザスキャナ
Keywords: Earthquake, SAR, LiDAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geological features of landslides of pyroclastic fall deposits induced by the 2018 Eastern Iburi Earthquake and other previous earthquakes

*千木良 雅弘[1]、田近 淳[3]、石丸 聡[2]、鈴木 毅彦[4]
*Masahiro Chigira[1], Jun Tajika[3], Satoshi Ishimaru[2], Takehiko Suzuki[4]

1. 京都大学防災研究所、2. 北海道総合研究所　地質研究所、3. 株式会社　ドーコン、4. 首都大学東京
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Hokkaido Geological Survey, Hokkaido Research Organization, 3. Docon Co. Ltd, 4. Tokyo Metropolitan University

2018 Eastern Iburi Earthquake induced numerous numbers of landslides in Atsuma town and its neighborhood with the seismic intensities of 7 and 6+. This was one of the most devastating earthquake-induced landslide hazards in Japan. Geographical Information Authority of Japan published a map showing the distribution of landslides, which counted 8000 in an area of 400 $km^2$. Most of the landslides were of pyroclastic fall deposits and highly mobile. Those deposits were of Ta-d pumice of 9 ka and En-a pumice of 20 ka, and their sliding surfaces were made within specific beds, which were the bottom of Ta-d, reworked Ta-d in its base or reworked En-a beneath Ta-d, or volcanic soil with pumice grains beneath the Ta-d or volcanic soil beneath En-a. The materials that accommodated the sliding surfaces were heavily weathered to be rich in halloysite, which mineral has been found from the sliding surface materials of previous earthquake-induced landslides of pyroclastic fall deposits and is supposed to be very weak to earthquake shaking. The depths of the landslides varied from 2 to 3 m. Most of the beds that slid were undercut at the lower portion of the slopes, because of man-made cutting or convex slope breaks of which origin is in dispute.

Landslides similar to the landslides stated above have previously occurred in Japan, Indonesia, and El Salvador. They were 1923 Kanto, 1949 Imaichi, 1968 Tokachi-Oki, 1978 Izu-Oshima-Kinkai, 1984 Naganoken-Seibu, and 2011 Tohoku earthquakes in Japan, 2001 El Salvador earthquake, and 2009 Padang earthquake in Indonesia (Chigira and Suzuki 2016). The oldest beds that accommodated a sliding surface and was dated was 330 ka and the youngest was 9 ka of Ta-d. The beds of the sliding surfaces were rich in halloysite and most of the landslides were undercut like those by Eastern Iburi earthquake.

Chigira, M. & Suzuki, T. 2016. Prediction of earthquake-induced landslides of pyroclastic fall deposits. In: Aversa, S., Cascini, L., Picarelli, L. & Scavia, C. (eds.) Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice. Associone Geotecnica Italiana, Rome, 93-100

キーワード：地震、地すべり、降下火砕物
Keywords: Earthquake, Landslide, Pyroclastic fall deposits

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地震観測に基づく奈良県十津川村山地の地震動特性－地震による崩壊の基礎研究－

# Earthquake ground motion properties of mountainous district in Totsukawa village, Nara pref. based on the seismic observation –A fundamental study of landslides caused by earthquake –

*飯田 智之[1]、山田 隆二[1]、先名 重樹[1]、徳井 秀光[2]、小野寺 哲也[2]、川邊 洋
*Tomoyuki Iida[1], Ryuji Yamada[1], Shigeki Senna[1], Hidemitsu Tokui[2], Tetsuya Onodera[2], Hiroshi Kawabe

1. 防災科学技術研究所、2. テクニカルリンク株式会社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2. Technicallink Kabushiki kaisya

K-NETやKiK-netなどの地震観測ネットワークが全国的に整備されて以来、膨大な量の地震観測情報が蓄積されてきた。しかし、地震計の多くは平地や丘陵地に設置されており、斜面崩壊が発生する可能性のある山地に設置されている地震計は極めて少ない。そのため、斜面崩壊に大きく影響すると考えられる増幅特性など、山地の地震動特性についてはよく分かっていないのが現状である。山地の地震動特性には、AVS30（表層30mの平均S波速度）などの地盤構造とともに、地形や震央との位置関係など他の要因が影響することが予想される。そこで我々は、特に地震動特性に対する地形の影響に着目して、尾根地形での地震観測を継続している。

KiK-net観測地点のひとつであるNARH01は、奈良県十津川村の東西に伸びた尾根上に設置されている。NARH01には、地表とともに約100m深の地中にも地震計が設置されている。地質は四万十層と呼ばれる付加体である。その観測データを補完して、山地斜面の各部における地震動特性を把握するために、NARH01の周囲に加速度計（白山工業JU210）を設置して2017年11月に地震の連続観測を開始した。加速度計の設置箇所は、尾根線上に位置するNARH01観測地の直近点（標高823m）、尾根線の延長上の東部尾根にある東西点（733m）、尾根線に対して垂直な北部斜面にある南北点（670m）、谷部に位置する谷底点（565m）の4カ所である。

１年強の観測期間中に、NARH01でも観測された小規模な４つの地震を（その内のひとつは2018年6月18日の大阪北部地震）観測できたが、フーリエスペクトル分析等の結果、地震動の増幅特性には、地形や地盤構造の他、震央との位置関係などが影響していることが推定された。

キーワード：地震動、崩壊、地震観測、増幅特性、奈良県十津川村
Keywords: earthquake ground motion, landslide, seismic observation, amplification property, Totsukawa-village, Nara pref.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2011年台風12号により発生した崩壊における地形的特徴と地すべり発達過程に関する検討

# Study on topographic features and landslide development process in slope failure by Typhoon Talas

*菊地 輝行[1]、秦野 輝儀[2]、西山 哲[3]
*Teruyuki Kikuchi[1], Teruyoshi Hatano[2], Satoshi Nishiyama[3]

1. 株式会社開発設計コンサルタント、2. 電源開発株式会社、3. 岡山大学大学院
1. JP-Design Co., Ltd., 2. Electric Power Development Co.,Ltd., 3. Okayama University Graduate School of Environmental and Life Science

## 1.はじめに

豪雨や地震による斜面災害発生後の地形・地質に関する知見は日々蓄積しているが，地すべり・崩壊の予察を確立するには至っていない．この地すべり・崩壊の原因は，素因・誘因が複雑に関係しており，崩壊に至る過程を解明するためには事例の集積・分析と長期の観測・評価が必要となるためである．近年，地すべり・崩壊発生前の地形を正確に把握するには，国や地方自治体による航空レーザ計測データが蓄積されつつあり災害発生前の地形情報は崩壊の発生過程を明らかにすることが可能である[1)など]．そこで， 2011年台風12号による紀伊山地の崩壊発生箇所について微地形判読を行い，崩壊が発生した箇所の地形的特徴と地すべり発達過程に関して検討を試みた．

## 2.対象箇所

2011年9月2日から5日にかけて西日本を横断した台風12号は，紀伊山地に2000mmに迫る降雨をもたらし，50箇所以上[1)]の深層崩壊を発生させた．本研究の対象とする崩壊箇所は，十津川上流域とした．この流域では，災害前後のレーザ地形図が国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所によって実施されている．特に崩壊が多く発生している地域は，積算雨量が600mmを超える場所であり，それに加えて十津川上流域の四万十帯日高層群美山ユニットの分布域に相当しており，北～北西斜面は流れ盤の斜面となっている．ただし地すべり・崩壊が同一の付加体のユニットで頻発しているわけではなく，複雑な付加体の地質構造に加え，泥岩・砂岩の優勢程度，スラスト断層やテクトニックな断層の分布の影響を受けている．

## 3.検証方法

検証は，対象とした範囲において，2011年豪雨により崩壊を発生した1,000m$^2$以上の崩壊面積を有する38箇所を特定し[2)]，その崩壊前の航空レーザ地形図の微地形判読を実施した．筆者らは,微地形判読の着目地形として山体の重力変形を示す地形である滑落崖・側方崖・小崖，また紀伊山地での深層崩壊で認められる特徴的な地形として斜面下部の状況を示す末端崩壊及び背後斜面と移動岩体が完全に分離していない変形状態を示す不規則凹凸を対象とした[3)]．また表層水の集中や地下水の影響を示す地形として「ガリー地形」を選択した．これらの微地形は，「無」「有（不明瞭）」「有（明瞭）」の3種類に区分した．次に崩壊地形の発達状態を示す指標として，地すべり地形発達過程と関連付けて考察を行う．崩壊に至る原因は，山体における重力変形の進展が大きな影響を与えていると考えるが，この重力変形が地表面に生じる時期は，地すべり地形発達過程においては大八木[4)]により先滑動期と漸移期としており，この時期に着目して区分を行った．

## 4.解析結果

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

微地形判読の結果，表-1に示すように第一のグループとして地形的特徴の合計が1～3と少ないものが7箇所認められた．これらは，滑落崖・側方崖の明瞭なものは認められず，斜面上部の不規則凹凸が主体である．崩壊範囲を比較すると全体の輪郭は不明瞭である．これは，表-2に示す地すべり地形発達過程において最も初期的な重力変形として区分でき「先滑動期」に極めて近い事例であり漸移期でも前期の段階であると考えることができる．

第二のグループの地形的特徴は，合計数3～7で，滑落崖・側方崖を含むか，明瞭な地形的特徴を含む．不規則凹凸・小崖地形・末端崩壊が顕著であることから，重力変形が明瞭化しつつある段階と考えられる．全体の輪郭は部分的に明瞭なものがある．これらは漸移期ではあるが，滑動期に近いと考えられ，漸移期の後期と区分した．

第三のグループは，地形的特徴の合計数4～12で，滑落崖を含むグループである．これは，滑落崖，側方崖は明瞭．移動体の輪郭は明瞭かつ移動体内のガリー地形の進行が顕著である．末端崩壊やこれに伴う小崖地形も明瞭なことが多い．斜面内に不規則凹凸や小崖が明瞭となっている．これは，重量変形が進行し初生変動としてすべり面が連結し「滑動期」に相当すると考えられる．

## 5.まとめ

本検討により漸移期前期・後期の地形的特徴は，「滑落崖，ガリー地形，側方崖」の出現は不確実だが，「不規則凹凸，末端崩壊」の出現が高確率であった．また，狭義の地すべり滑動であれば，漸移期の前期から後期へと段階的な発達過程を経るものと考えられるが，2011年豪雨では，前期段階であっても崩壊に至っている．これは，特定の強い誘因で崩壊が発生することを示す．この段階で多く認められる不規則凹凸は，重力性の岩盤クリープに相当し基盤岩の組織が健全であるために地表に出現したと考えられる．このような不規則凹凸に着目し，特徴を理解することで崩壊の予察を行える可能性があると考える．今後の課題は，航空レーザ計測による地形を傾斜量図だけではなく，特性図作成や元データの点群座標をビッグデータとして活用することであり，不規則凹凸に関しては定量的な解析を行い，現地の解釈と物理的な形状の関係を把握することが崩壊に関する予察に有効であると考える．

本研究で使用した航空レーザ測量データは，国土地理院から提供いただきました．貴重なデータを提供いただき心より感謝いたします．

## 引用文献

1)Chigira, M., Tsou, C.-Y., Matsushi, Y., Hiraishi, N., and Matsuzawa, M.（2013）：Topographic precursors and geological structures of deep-seated catastrophic landslides caused by Typhoon Talas，Geomorphology vol.201, pp.479-493.

2) 奈良県県土マネジメント部砂防・災害対策課：奈良県　紀伊半島大水害　大規模土砂災害アーカイブ,ホームページ(最終検索日:2018/7/13).

3)Chigira, M., Hiraishi, N., Ching-Ying, T., Matsushi, Y. (2015): Catastrophic landslides and their precursory deep-seated gravitational slope deformation induced by the river rejuvenation in the Kii mountains, central Japan,　Engineering Geology for Society and Territory 2, pp.577-581.

4)大八木規夫(2007)：「地すべり地形の判読法-空中写真をどう読み解くか-」,pp.7-20,近未来社.

キーワード：崩壊、地すべりの発達過程、微地形
Keywords: slope failure, development of landslide process, microtopography

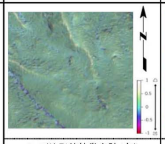
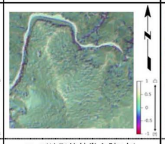
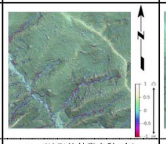
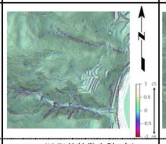
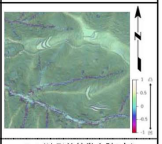
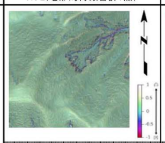
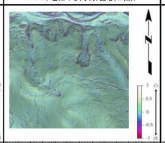
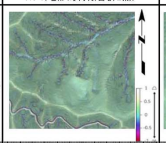
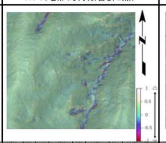
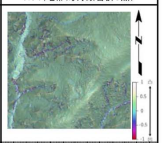
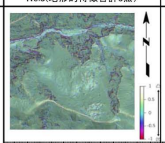
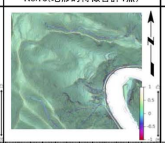
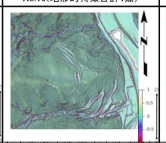
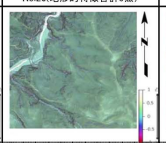
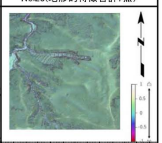
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

表-1 崩壊地の解析結果
Table-2 Data used for microtopographic features analysis

| No. | 面積 (m2) | 比高 (m) | 最大傾斜方向 | 崩壊範囲内の平均傾斜 (° ) | 地形的特徴 [0 無 ,1 有(不明瞭), 2 有(明瞭)] 滑落崖 | 側方崖 | 小崖 | 末端崩壊 | ガリー | 不規則凹凸 | 合計 | 地質 (*1) | 地すべり地形発達過程 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,500 | 112 | NNE | 36.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | Ob | 漸移期[前期] |
| 2 | 5,100 | 96 | E | 37.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | My3 | 〃 |
| 3 | 48,000 | 56 | N | 38.3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | My2 | 〃 |
| 4 | 28,700 | 176 | WSW | 35.3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | My3 | 〃 |
| 5 | 26,400 | 124 | SSE | 32.8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | H4 | 〃 |
| 6 | 6,600 | 108 | NE | 37.3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | My2 | 〃 |
| 7 | 35,900 | 176 | SW | 31.1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | Yk2 | 〃 |
| 8 | 29,900 | 254 | NE | 38.4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 | My3 | 漸移期[後期] |
| 9 | 9,200 | 128 | E | 37.3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | My1 | 〃 |
| 10 | 9,400 | 92 | SW | 38.8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | My1 | 〃 |
| 11 | 14,000 | 114 | NW | 34.6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | My3 | 〃 |
| 12 | 4,500 | 94 | NNE | 33.7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | My4 | 〃 |
| 13 | 20,600 | 154 | N | 35.3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | My3 | 〃 |
| 14 | 8,500 | 165 | NW | 39.8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | Ry | 〃 |
| 15 | 42,100 | 174 | N | 32.6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | H4 | 〃 |
| 16 | 48,100 | 308 | NW | 38.5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | My2 | 〃 |
| 17 | 5,044 | 103 | W | 39.8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 | Yk3 | 〃 |
| 18 | 14,300 | 154 | NNW | 38.2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | My4 | 〃 |
| 19 | 34,100 | 234 | NE | 38.3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | Ry | 〃 |
| 20 | 13,500 | 136 | ENE | 39.6 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 | Yk2 | 〃 |
| 21 | 7,400 | 64 | W | 41.8 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 6 | My3 | 〃 |
| 22 | 14,700 | 126 | NNW | 37.8 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 7 | My3 | 〃 |
| 23 | 42,300 | 218 | WSW | 38.8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 7 | My3 | 〃 |
| 24 | 5,100 | 158 | NW | 40.9 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | My3 | 〃 |
| 25 | 48,000 | 226 | WSW | 30.0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 7 | My2 | 〃 |
| 26 | 18,200 | 134 | NNW | 38.1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | gc | 滑動期 |
| 27 | 1,400 | 32 | NE | 39.9 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 5 | My2 | 〃 |
| 28 | 51,700 | 227 | NNW | 32.2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 6 | Ry | 〃 |
| 29 | 22,500 | 92 | NNW | 36.8 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 6 | Ry | 〃 |
| 30 | 77,200 | 124 | ESE | 29.6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | H4 | 〃 |
| 31 | 38,600 | 120 | NNW | 35.1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | H4 | 〃 |
| 32 | 59,000 | 254 | ENE | 37.3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | My1 | 〃 |
| 33 | 86,300 | 396 | NNE | 42.1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 7 | My4 | 〃 |
| 34 | 10,300 | 144 | SW | 41.3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 7 | My2 | 〃 |
| 35 | 254,900 | 592 | NW | 38.3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 | My2 | 〃 |
| 36 | 19,200 | 120 | NNE | 34.2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 8 | My3 | 〃 |
| 37 | 182,700 | 400 | NW | 39.0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 9 | My2 | 〃 |
| 38 | 195,100 | 446 | NNW | 36.2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 11 | My2 | 〃 |

*1) 地質
Ry: 竜神層, H1～4: 花園層(ユニット1～4), gc 花園層緑色岩チャート, My1～4: 美山層(ユニット1～4)

表-2 崩壊事例の地すべり地形発達過程における検討結果
Conceptual map of Landslide developing history of slopes at micro-topography interpretation

| 先行研究 | | 本研究 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 大八木[4] | | 新区分 | 地形的特徴の傾向 | 合計点数と箇所数 | 上段:具体的な事例(それぞれ5箇所) ／下段:通しNo.と地形的特徴合計点 [先滑動期と後滑動期には崩壊事例がない] | | | | |
| 先滑動期 | 対象斜面に地すべりによる変形や運動が全体のみならず部分にも発生していない期間。地質時代に形成された地質構造が地表環境下の諸営力によって変化する。特定の構造や地層が地すべり構造の基本的な要素に移化する。 | 先滑動期 | 本研究では事例はないが、重力変形が生じる前段階の組織地形から生じる小崖地形が断続的に分布する<br>これ以外の地形変状は認められない. | 地形的特徴は認められない | – | – | – | – | – |
| 漸移期 | 対象斜面の一部に小さい変形が生じているが、変動部分全体がまだ基岩から分離していない。全体の輪郭となる構造がまだ形成されていない | 漸移期[前期] | 初期的な重力変形によって生じる不規則凹凸、末端崩壊が主体. 滑落崖・側方崖が認められない. また明瞭な地形的特徴が認められない<br>特定の外的要因によって急激に不安定化する全体の輪郭は不明瞭 | 合計数:1～3<br>箇所数:7 |  <br>No.2(地形的特徴合計1点) |  <br>No.3(地形的特徴合計2点) |  <br>No.4(地形的特徴合計2点) |  <br>No.5(地形的特徴合計2点) |  <br>No.7(地形的特徴合計3点) |
| | | 漸移期[後期] | 重力変形が明瞭化.<br>不規則凹凸・小崖地形・末端崩壊が顕著. 滑落崖・側方崖を含むか、明瞭な地形的特徴を含む.<br><br>全体の輪郭は部分的に明瞭 | 合計数:3～7<br>箇所数:17 |  <br>No.8(地形的特徴合計3点) |  <br>No.13(地形的特徴合計4点) |  <br>No.15(地形的特徴合計4点) |  <br>No.20(地形的特徴合計5点) |  <br>No.23(地形的特徴合計7点) |
| 滑動期 | 対象斜面の変動域構成体とその下位の非変動域構成体とを限る輪郭構造が形成されて変動域構成体は非変動域から独立して運動しているか、運動できる状態になっている。活層、休止、再活動、移行拡大に細分も可能 | 滑動期 | 滑落崖、側方崖は明瞭. 移動体の輪郭は明瞭. 移動体内のガリー地形の進行が顕著<br>末端崩壊やこれに伴う小崖地形も明瞭なことが多い. 斜面内に不規則凹凸や小崖が明瞭となる | 合計数:4～12<br>箇所数:13 |  <br>No.26(地形的特徴合計6点) |  <br>No.30(地形的特徴合計6点) |  <br>No.32(地形的特徴合計6点) |  <br>No.35(地形的特徴合計8点) |  <br>No.37(地形的特徴合計9点) |
| 後滑動期 | 対象斜面における地すべり移動体が運動を完全に停止し、移動体の移動・活動中に形成された構造が運動を停止(休積)下状態において削剥される状態 | 後滑動期 | 滑落崖を含むが、一部消失している場合もある. エッジが消失することがある. 移動体の輪郭は明瞭. 移動体内のガリー地形の進行が顕著<br>移動体内の不規則凹凸やは拡大しないため不明瞭化する. 削剥が進行するため、末端崩壊は明瞭なことがある. | – | – | – | – | – | – |

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 大規模崩壊の予兆である「斜面の膨らみ」の形成機構
# Formation mechanism of bulge of slope that is sign of large-scale collapse

*吉村 辰朗[1]
*tatsurou yoshimura[1]

1. 第一復建株式会社
1. Daiichi Fukken Co., Ltd.

近年の集中豪雨の発生に伴い，大分県では大規模な地すべりが発生している．崩壊した切土のり面周辺においてγ線探査を実施し断裂分布を調べた結果，移動土塊の形成は主断裂・共役断裂による分断が原因であることが判明した．この「断裂の分断による移動土塊形成モデル」を大規模地すべりにおいて検証した場合，主断裂・共役断裂の他に移動土塊中央部に規模が大きい断裂が認められ，崩壊前には「斜面の膨らみ」が認められる．耶馬渓崩壊においては，崩壊中央部の断裂の表層部は凹地形を呈し，古期崖錐が堆積している．その下方の移動土塊は，崩積土中に溶結凝灰岩の大転石を多量に含んでおり，また安山岩（不動層）との境界付近では湧水が見られ埋没谷の存在が示唆される．火砕岩まじりの崩積土で構成される埋没谷に関係する地すべりは，長野県北部のグリーンタフ地域で発生していることが報告されている　.この様な埋没谷の成因としては，断裂による谷の下刻作用が主因と考えられる．崩壊事例では移動土塊中央部に規模が大きい断裂が分布することから，この断裂付近の侵食によって中央部分に深い谷が形成され崩積土や岩屑が堆積する．次に側方崖付近の共役断裂付近の侵食によって「地形の逆転」が生じ，谷底が尾根になる．この場合，移動土塊は旧谷地形に分布した地質体で，接触不整合面がすべり面となる可能性が高い．

断層付近の地震動の振幅特性として，断層と直交する方向に地震動が卓越する可能性が高いと考えられている．また，和賀岳東面において「山体重力変形地形」の一つである小崖地形周辺の基盤岩の変位を調べた八木(1993)では，卓越する節理系に直交方向に前倒していたことから，基盤岩の前倒による小崖地形形成の引金として，斜面に加速度的な振動をもたらす地震動が考えられている．2016年4月に熊本地震が発生し，補強土壁が部分的に崩壊した．補強土壁は連続的な構造物であるが，崩壊箇所と残存箇所が隣り合っており，これに作用した地震動による外力が局所的に大きく異なったものと推察された．補強土壁付近には，主断裂と共役断裂が検出された．断裂で分断された区間と崩壊区間がほぼ一致していることから，この区間のみが地震動によって射出的な崩壊をしたと考えられる．主断裂と共役断裂で分断された区間に地形の逆転によって基盤岩（不動層）と異なる地質体（例えば岩屑）が分布し，地震動によって主断裂に直交する方向に加速的な振動が加わった場合には，「斜面の膨らみ」が生じいびつな凸状斜面が形成されると考えられる．

キーワード：大規模崩壊、斜面の膨らみ、地震動、地形の逆転、γ線探査
Keywords: large-scale collapse, bulge of slope, seismic motion, relief inversion, gamma-ray survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 関東山地三峰地域における線状凹地を埋積する堆積物
# Sediments accumulated in the linear depressions in the Mitsumine area, Kanto Mountains

*益子 将和[1]、千木良 雅弘[2]
*Masakazu Mashiko[1], Masahiro Chigira[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

山体重力変形の発生・発達メカニズムは未だ不明な点が多い．我々は，四万十付加コンプレックスが分布する関東山地三峰地域において，山体重力変形の発生・発達メカニズムの解明を目的として調査を行っている．ここでは，東流する中津川と荒川との間の山稜頂部に約6kmにわたって断続的に連続する山上凹地が存在し，大規模な重力斜面変形を示唆している．この山上凹地内の2.3km離れた2か所で，パーカッション式簡易ボーリングを用いて凹地の埋積堆積物を採取した．東のボーリングがP1，西がP2である．

P1とP2は，それぞれ6.75mと6.95mで岩盤に到達した．埋積堆積物は，表層からおよそ1.0mの深さまで黒褐色の腐植土および粘土，またそれ以深より基盤岩に至るまでは褐色粘土で構成される．

ボーリングコア中に含まれるテフラを特定することで，線状凹地や，その山腹斜面にみられる山体重力変形の発生年代を推定することができる．深さ20cmごとにボーリングコア中の火山ガラス含有率を測定したところ，P1では2.20m付近に，P2では2.40mおよび6.00m付近にそれぞれ火山ガラス含有率のピークが認められた．三峰地域一帯における堆積物からは，姶良Tnテフラ (AT) (2.6から2.9万年前)，御岳第一テフラ (On-Pm1) (約10万年前)，八ヶ岳川上テフラ (Yt-Kw) (約17万年前) などのテフラが同定されている．このことから，コア中の火山ガラスはこれらのいずれかのテフラが起源であると考えられる．コア中に含まれるテフラを同定するため，現在これらの火山ガラスの屈折率を分析中である．なお，P1の東方2kmの大滝げんきプラザでは当該山上凹地内に厚さ約10mの堆積物が確認され，岩盤から約2m上でYt-Kwが，そしてその上にはOn-Pm1が報告されており (埼玉県地質図編纂委員会，1999)，この部分の山上凹地形成は17万年よりも前にさかのぼると推定される．

調査地域における山体重力変形のメカニズム解明のためには，地域の地形学的・地質学的特徴を明らかにすることが不可欠である．線状凹地の堆積物の調査とともに，地域の地質構造を明らかにするための現地調査を今後も引き続き行う予定である．

キーワード：山体重力変形、線状凹地、堆積物、ボーリングコア、テフラ
Keywords: Deep-seated gravitational slope deformations, Linear depressions, Sediments, Boring core, Tephra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

## [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)

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。

[HDS14-P01] 紀伊山地における$^{14}$C年代測定による深層崩壊発生頻度の推定

★招待講演

*田中 健貴[1]、小竹 利明[1]、菅原 寛明[1]、木下 篤彦[1]、小川内 良人[2]、藤原 美波[2] (1.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、2.国土防災技術株式会社)

---

[HDS14-P02] 阿蘇カルデラ北西部，後期更新世の蛇の尾火山における層序と約4000年前の斜面崩壊

*平田 康人[1]、上田 圭一[1]、宮脇 理一郎[2]、家村 克敏[2]、横山 俊高[2]、宮脇 明子[2] (1.一般財団法人電力中央研究所、2.阪神コンサルタンツ)

---

[HDS14-P03] 決定木による2017年九州北部豪雨災害時の崩壊発生要因の解析

*大丸 裕武[1]、村上 亘[1]、鶴崎 幸[2] (1.国立研究開発法人森林総合研究所、2.福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター)

---

[HDS14-P04] 平成30年7月豪雨による愛媛県宇和島市周辺の岩盤崩壊の地質学的特徴

*山崎 新太郎[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P05] 平成30年7月豪雨時に発生した真備町の堤防破堤メカニズムについて

*王 功輝[1] (1.京都大学防災研究所)

---

[HDS14-P06] ネパールSun Kosi川支川流域におけるSAR干渉画像による地すべり性地表変動の検出

*大竹 俊兵[1]、佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

---

[HDS14-P07] 2018年インドネシア　スラウェシ島の地震によって発生した大規模流動化現象

*小俣 雅志[1]、足立 敏之[2]、山越 隆雄[3]、松井 健一[4]、岩松 敏男[1]、高岸 且[1]、本島 千帆[1]、奥泉 優[1]、和田 湖人[1] (1.株式会社パスコ、2.自民党参議院議員、3.砂防・地すべりセンター、4.足立敏之事務所)

---

[HDS14-P08] **干渉SAR解析によって捉えられた2018年北海道胆振東部地震に伴う札幌市内の被害状況と地形の関係性**

*横田 彰宏[1]、西村 智博[2]、重野 聖之[1]、本田 謙一[2]、向山 栄[2] (1.明治コンサルタント株式会社、2.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P09] 衛星干渉SAR解析に基づく2018年の北海道胆振東部地震災害による地表変動と建物被害分布，および多時期のLiDAR DEMデータ解析による地表変位の抽出

*本田 謙一[1]、浅田 典親[1]、虫明 成生[1]、西村 智博[1]、向山 栄[1] (1.国際航業株式会社)

---

[HDS14-P10] Geological features of landslides of pyroclastic fall deposits induced by the 2018 Eastern Iburi Earthquake and other previous earthquakes

*千木良 雅弘[1]、田近 淳[3]、石丸 聡[2]、鈴木 毅彦[4] (1.京都大学防災研究所、2.北海道総合研究所　地質研究所、3.株式会社　ドーコン、4.首都大学東京)

---

[HDS14-P11] **地震観測に基づく奈良県十津川村山地の地震動特性ー地震による崩壊の基礎研究ー**

*飯田 智之[1]、山田 隆二[1]、先名 重樹[1]、徳井 秀光[2]、小野寺 哲也[2]、川邊 洋 (1.防災科学技術研究所、2.テクニカルリンク株式会社)

---

[HDS14-P12] 2011年台風12号により発生した崩壊における地形的特徴と地すべり発達過程に関する検討

*菊地 輝行[1]、秦野 輝儀[2]、西山 哲[3] (1.株式会社開発設計コンサルタント、2.電源開発株式会社、3.岡山大学大学院)

---

[HDS14-P13] 大規模崩壊の予兆である「斜面の膨らみ」の形成機構

*吉村 辰朗[1] (1.第一復建株式会社)

---

[HDS14-P14] 関東山地三峰地域における線状凹地を埋積する堆積物

*益子 将和[1]、千木良 雅弘[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

# 紀伊山地における$^{14}$C年代測定による深層崩壊発生頻度の推定
# The estimation of frequency for deep-seated landslide with carbon dating in Kii mountain area

*田中 健貴[1]、小竹 利明[1]、菅原 寛明[1]、木下 篤彦[1]、小川内 良人[2]、藤原 美波[2]
*Yasutaka Tanaka[1], Toshiaki Kotake[1], Hiroaki Sugawara[1], Atsuhiko Kinoshita[1], Yoshito Ogawauchi[2], Minami Fujiwara[2]

1. 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、2. 国土防災技術株式会社
1. Sediment Disaster Prevention Technology Center, Kinki Regional Developing Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2. Japan Conservation Engineers & CO., LTD.

平成23年台風12号によって紀伊山地では深層崩壊と呼ばれる大規模な斜面崩壊が発生した。紀伊山地においては明治22年にも一般に十津川水害と呼ばれる災害が発生しており、当時の災害報告から大規模な斜面崩壊が発生していたことが分かる。以上のことから、紀伊山地では土砂災害対策として深層崩壊への対策が必要である。深層崩壊への対策を考える上では、候補地の優先順位や施設規模を検討するために対象地域における深層崩壊発生頻度が重要な指標である。

これまで深層崩壊の発生頻度は火山灰の堆積を利用した方法などが提案されてきている。しかし、紀伊山地では火山灰の分布が乏しく、深層崩壊発生頻度の推定に活用できない。近年、木片や炭化物などを試料とした炭素年代測定法を活用した土砂災害の発生年代推定事例が報告されている。そこで本研究では、木片や炭化物などを用いた炭素年代測定法を用いた深層崩壊発生頻度推定方法に基づき、紀伊山地における深層崩壊発生頻度を調査したので報告する。

試料採取方法については、下記のようなフローを構築した。

1　航空レーザー測量データを基にした崩壊堆積物の抽出

2　現地における予備調査

3　現地における詳細調査および試料採取

4　試料分析

1では航空レーザー測量データから作成された地形図を基に崩壊堆積物を抽出した。崩壊堆積物の抽出は、河道沿いを中心に行い、河道閉塞跡地と考えられる箇所を抽出した。2ではアクセス方法や概略的に試料となりうる炭化物の存在を確認した。3では2の結果を基に試料採取を行った。ここでは、今回作成した土壌も含めて採取できるサンプラーを活用した。さらに4として実際に試料分析を行い、年代測定結果を整理した。

調査の結果、調査実施箇所11箇所で28試料採取することが出来た。特に崩壊堆積物の上部や下部、あるいは水中堆積物では良好な試料を採取することが出来た。また試料分析の結果、紀伊山地においては、深層崩壊の発生頻度は概ね150～200年程度の間隔であることが分かった。提案したフローおよびサンプラーを活用することで試料採取が効率的に行える可能性が示された。また分析結果から、紀伊山地では概ね150～200年間隔で規模の大きな崩壊が発生していることが示されたが、これは過去の災害報告とも整合的である。ただし、測定された年代には誤差が含まれるため、精度よく年代を推定するためには今後さらなる検討が必要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：深層崩壊、炭素年代測定、紀伊山地
Keywords: deep-seated landslide, carbon dating, Kii mountain area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇カルデラ北西部，後期更新世の蛇の尾火山における層序と約4000年前の斜面崩壊

# Tephra stratigraphy and a slope failure of about 4,000 years ago on the slope of the Late Pleistocene Janoo Volcano in the northwestern of Aso Caldera

*平田 康人[1]、上田 圭一[1]、宮脇 理一郎[2]、家村 克敏[2]、横山 俊高[2]、宮脇 明子[2]
*Yasuto Hirata[1], Keiichi Ueta[1], Riichiro Miyawaki[2], Katsutoshi Iemura[2], Toshitaka Yokoyama[2], Akiko Miyawaki[2]

1. 一般財団法人電力中央研究所、2. 阪神コンサルタンツ
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Hanshin Consultants

活断層の評価を高精度化するためには，テクトニックな断層だけではなく，ノンテクトニックな断層群の実態解明が重要である．2016年熊本地震においては，阿蘇カルデラ西部に布田川・日奈久断層帯沿った地表地震断層の北東端が出現するとともに，数多くの斜面崩壊や大規模な地表変状が発生した．われわれは，地表地震断層北東端の延長部にあたる蛇の尾火山の南側斜面において，トレンチ調査およびボーリング調査，ならびに採取試料の全岩化学組成分析および放射性炭素年代分析を実施して，当該地域の蛇の尾火砕丘形成以後の火山層序を明らかにし，約4000年前の斜面崩壊に伴う変形構造を見出した．

鍵層の暦年較正した噴出年代は，蛇の尾スコリア (15500年以前)，ACP1軽石 (約4000年前)，杵島岳溶岩・スコリア (約3700年前)，往生岳スコリア (3500±100年前)，そして米塚溶岩 (3000±100年前) である．

8 m以深の細粒火山灰層と蛇の尾スコリア表層部は黄色に風化しており，斜面と平行な走向の正断層センスの小断層を伴っていた．それらの層を覆う火山灰土層は，高さ約1 mの塊状に分離して，地層の上下が逆転した状態で覆瓦状に配列していた．さらに，この再堆積層は厚さ2 mの流動した火山灰土層に覆われていた．上記すべてのテフラはACP1軽石層に整合的に覆われていた．これらの一連の堆積構造は，ACP1の噴出直前に，それまでに堆積した降下火山灰が次々と崩壊して，崩壊の発生場が火砕丘斜面を遡上したことを示唆している．また，すべり面の構成物や崩壊深度が2016年熊本地震によるものと類似することから，この斜面崩壊は地震動に誘発されたと考えられる．

キーワード：阿蘇カルデラ、噴火活動、地すべり、ノンテクトニクス断層、トレンチ調査
Keywords: Aso Caldera, eruptive history, landslide, non-tectonic faulting, trench survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 決定木による2017年九州北部豪雨災害時の崩壊発生要因の解析
# Analysis of causal factors of landslides during 2017 northern Kyusyu torrential rainfall disaster by using decision tree

*大丸 裕武[1]、村上 亘[1]、鶴崎 幸[2]
*Hiromu Daimaru[1], Wataru Murakami[1], Yuki Tsurusaki[2]

1. 国立研究開発法人森林総合研究所、2. 福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター
1. Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center

2017年7月の九州北部豪雨時の崩壊発生の要因について、決定木による解析を行った。国土地理院のオルソ写真から崩壊地を判読し、気象庁のレーダーアメダス解析雨量、10mDEMによる傾斜、地質（産業技術研究所のシームレス地質図）、福岡県の植生データと樹齢データとオーバーレイ解析を行い、Pythonの Scikit-learnモジュールを用いて崩壊発生に対する影響度を評価した。崩壊発生の分布を主に規定しているのは降雨量の分布であった。第2の要因は傾斜で、崩壊発生の閾値は降雨量とともに低下する傾向が見られた。第3の要因は地質で、花崗岩（花崗閃緑岩を含む）のエリアでは変成岩や第三紀の火山岩地域に比べて崩壊が発生しやすい傾向が見られた。樹齢は第4の要因であったが、降雨量が500mm以下のエリアにおいて顕著な影響が認められた。一方、樹種の影響は他の要因と比べて極めて小さいことが推定された。

キーワード：2017年九州北部豪雨、崩壊、決定木
Keywords: 2017 northern Kyusyu torrential rainfall disaster, landslide, decision tree

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年7月豪雨による愛媛県宇和島市周辺の岩盤崩壊の地質学的特徴
# Geologic characteristics of rock mass failures caused by the heavy rain event of July 2018 in Uwajima, Ehime

*山崎 新太郎[1]
*Shintaro Yamasaki[1]

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

西日本全域に被害をもたらした「平成30年7月豪雨」は宇和島市および西予市の法華津湾周辺において岩盤崩壊を多発させた．本報告では岩盤崩壊の特徴を報告する．岩盤崩壊は低起伏の地形上で発生し比較的小規模であった．滑落崖はいずれも風化が認められ，斜面を切断する分離面と高密度の亀裂があった．さらに脆弱な鉱物脈と断層による破砕も認められた．これらの特徴のために岩盤崩壊が発生した斜面では微視的にも巨視的にも強度が低下していた．さらに，低強度の岩盤では重力変形が進行し，大量の降水の流入経路が崩壊前に斜面に形成されていたと考えられる．崩壊が多発した宇和島市法華津湾周辺は四国の四万十帯内では特徴的に低起伏な地域である．このような低起伏地域は四国を東西に横断する仏像構造線に沿って帯状に分布する．

キーワード：豪雨、地すべり、深層崩壊、地質規制、四万十帯
Keywords: heavy rain event, landslide, deep-seated landslide, rock control, Shimanto belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年7月豪雨時に発生した真備町の堤防破堤メカニズムについて
# On the failure mechanism of embankments in Mabi Town during the Heavy rain of July, 2018, Japan

*王 功輝[1]
*Gonghui Wang[1]

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

平成30年6月28日から7月8日にかけて，西日本を中心に中部地方や北海道など全国的に広い範囲で発生した集中豪雨により，多くの地域で河川の氾濫や浸水害および土砂災害が発生し，死者数が200人を超える甚大な災害となった．その内，岡山県倉敷市真備町で小田川と支流の末政川や高馬川などの堤防が決壊し，広範囲が冠水した．これにより，51名の犠牲と4千棟以上の家屋浸水など甚大な被害が起きた．これらの堤防の決壊機構を解明するために，堤防に対する現地調査や物理探査及び遠心載荷実験を実施した．その結果を報告する．

キーワード：堤防決壊、決壊機構、堤体内部構造、堤体基盤、遠心実験
Keywords: failure of embankment, failure mechanism, Internal structure of embankement, foundation of embankment, Centrifuge test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネパールSun Kosi川支川流域におけるSAR干渉画像による地すべり性地表変動の検出

# Interpretation of landslide surface deformation around the branch basins of Sun Kosi river in Nepal using InSAR images

*大竹 俊兵[1]、佐藤 浩[1]
*Otake Shunpei[1], Hiroshi, P. Sato[1]

1. 日本大学文理学部
1. College of Humanities and Sciences, Nihon University

2015年4月25日，ネパールの首都カトマンズ北西約80㎞地点においてMw7.8の地震（ネパール・ゴルカ地震）が発生し，その後の同年5月12日にはカトマンズ東北東約75㎞地点においてMw7.3の最大余震が生じた。これらの地震により，ネパールの山岳地帯では斜面災害が多発し，大きな被害を出した。また，ネパールはインドプレートがユーラシアプレートに衝突・沈み込みのある地域であり，地震が発生しやすいほか，山岳地域が広く分布し，モンスーン期に多量の雨が降るといった斜面災害が発生しやすい条件がそろっており，今回の地震によって滑動した斜面が今後再滑動する可能性がある。そのため、地すべり性地表変動の監視をすることは斜面災害に対する防災に貢献できるという点で重要である。そこで，本研究では地すべりが多発した地域の一つであるMw7.3の最大余震の起こった周辺地域を対象に，地すべり性地表変動の検出を試みた。

地すべり性地表変動を検出する方法として，干渉SARを用いた試みが行われている。そこで，本研究では最大余震の震央を含むSun Kosi川支川流域のSAR干渉画像を2016年9月12日/2017年1月30日と2017年1月30日/2017年9月11日の2時期分作成し，それぞれのSAR干渉画像において地すべり性地表変動の判読を行い，判読された範囲を囲み，その中心に点を与えた。その検出された地点について震央からの距離，標高，斜面の向き，変位量，変位面積，地質，河川流域について調べ，分析した。

判読の結果，2016年9月12日/2017年1月30日で29地点，2017年1月30日/2017年9月11日で25地点の地すべり性地表変動が検出された。解析の結果，標高帯1500－2999mに全体の約7割の地点が属していること，2016年9月12日/2017年1月30日より2017年1月30日/2017年9月11日の方が1地点当たりの平均の変位面積が大きいことがわかった。これは，標高帯1500－2999mにおいて比較的広く分布している地質である低ヒマラヤメタ堆積岩類が多くの検出地点を与えること，2017年1月30日/2017年9月11日では雨季による降水の影響が変動に関与したことで変位面積が増加したことが考えられる。

キーワード：地すべり、SAR、地震、ネパール
Keywords: Landslide, SAR, Earthquake, Nepal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2018年インドネシア　スラウェシ島の地震によって発生した大規模流動化現象

# The large scale landslides triggered by The 2018 Sulawesi Earthquake, Indonesia

*小俣 雅志[1]、足立 敏之[2]、山越 隆雄[3]、松井 健一[4]、岩松 敏男[1]、高岸 且[1]、本島 千帆[1]、奥泉 優[1]、和田 湖人[1]
*Masashi Omata[1], Toshiyuki Adachi[2], Takao Yamakoshi[3], Kenichi Matsui[4], Tosho Iwamatsu[1], Susumu Takagishi[1], Chiho Motojima[1], Yuu Okuizumi[1], Umito Wada[1]

1. 株式会社パスコ、2. 自民党参議院議員、3. 砂防・地すべりセンター、4. 足立敏之事務所
1. PASCO CORPORATION, 2. LDP Upper House member, 3. SABO & LANDSLIDE TECNICAL CENTER, 4. Nobuyuki Adzchi Office

2018年9月28日にインドネシアのSulawesi島で発生した地震は、地震の規模がMw7.5、震源の深さは20km（USGS,2018）であった。Sulawesi島にあるPalu市街地の西側、山地と平野の境界にはPalu-Koro断層という活断層が分布している。干渉SAR解析結果によれば、このPalu-Koro断層に沿って南北の走向を持つ、地震はこの活断層が活動したものであると考えられる。筆者らは、地震後に撮影された光学衛星画像を入手して観察を行った。光学衛星画像から読み取れる現象について検討した結果を報告する。　光学衛星画像は地震直後の9月30日に撮影されたPleiadesによる50cm解像度の画像、および10月17日に撮影されたSPOT-7による1.5m解像度の画像を用いた。この衛星画像にJAXA（2018）から無償公開されているALOS World 3D - 30m（AW3D30）をもとに生成した5m等高線を重畳して検討を行った。Palu市街地はPalu川の河口部付近の平野に位置する。平野の西側にはおおよそ南北走向でPalu-Koro断層が分布するために比較的直線状の山地・平野境界として見えるが、山地から平野に注ぐ河川沿いには扇状地が発達している。平野東側の山地と平野の境界は入り組んでおり、山地からの流れ出る河川には比較的大きな扇状地が連続して発達し、緩やかな傾斜を持って平野と接する。平野部もPalu川に向かってごく緩やかに傾斜していることが等高線から確認できる。

地震後に報道されたところによれば、この地震によって、Palu周辺の複数の地点で、ほぼ平坦な地面が側方に大きく流動化する現象が発生し、大きな被害をもたらしたとのことである。衛星画像からも、これらの現象が発生している状況が、少なくともPalu市街地の東側に２箇所、西側に１箇所確認できる。市街地の東側で空港の南側に位置するPetobo地区では幅約1km長さ約2.5kmの範囲で流動化現象が発生し、流動化現象が発生した範囲の上部側では褐色の土砂がむき出しになり、下部側には土砂が押し寄せて形成した縄状構造が確認できる。Petobo地区の約5km南側、Jono Oge地区においても大規模な流動化現象が確認できる。上端の幅は約1kmで下側に行くほど幅が狭くなる。流動化した地面はかなり緩い状態で移動したようで、下端部付近では土石流が流下したように耕作地の上に薄く褐色土砂を載せているように見える。これらPetobo地区とJono Oge地区の流動化現象の上端は、扇状地末端の傾斜変換線付近で発生し、ほぼ同じ標高である。扇状地で伏流していた地下水が豊富に地表付近に分布している地点であると推定される。Palu市街地の西側Balaroa地区で発生した流動化現象は規模がやや小さく、幅が約0.4km程度であるが、住宅が比較的密集している市街地で発生しているため、人的被害は大きいと推定された。流動化現象の末端部はPetobo地区と同様に縄状の構造が確認できる。

現地のカイリ族には「Nalodo」という「泥に吸い込まれる」という意味の液状化を示す言葉があるとのことである。このような液状化現象が過去にも繰り返し起きていたことが推定できる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

【参考文献】

JAXA（2018） ALOS全球数値地表モデル (DSM) "ALOS World 3D - 30m (AW3D30)" （第2.1版）．https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index_j.htm
USGS（2018）M 7.5 - 70km N of Palu, Indonesia, Earth quake Hazards Program．https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4/executive

キーワード：大規模流動化現象、衛星画像、地震、SPOT-7、Pleiades、インドネシア
Keywords: lateral spread, satellite imagery, earthquake, SPOT-7, Pleiades, Indonesia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 干渉SAR解析によって捉えられた2018年北海道胆振東部地震に伴う札幌市内の被害状況と地形の関係性

# Relationship of the grand deformation and topography in Sapporo City at the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake confirmed by InSAR analysis

*横田 彰宏[1]、西村 智博[2]、重野 聖之[1]、本田 謙一[2]、向山 栄[2]
*Akihiro Yokota[1], Tomohiro Nishimura[2], Kiyoyuki Shigeno[1], Kenichi Honda[2], Sakae Mukoyama[2]

1. 明治コンサルタント株式会社、2. 国際航業株式会社
1. Meiji Consultant Co., Ltd, 2. Kokusai Kogyo Co., Ltd

平成30 年（2018 年）北海道胆振東部地震では，札幌市清田区をはじめ広範囲で地盤変位による道路や建物被害が発生した．これら自然災害で生じた被害を迅速に把握することは，支援および救急活動を円滑にし，減災を進める上で重要であると考えられる．

合成開口レーダ（SAR）を用いた干渉SAR解析は，天候に左右されることなく，広範囲で地表形状の微小な変位を抽出できるので，今回の地震調査にも適用した結果，表層地盤や建物に被害が発生した可能性がある場所を迅速に検出できたことが報告されている（向山ほか，2019など）．

筆者らは，Sentinel-1衛星により取得された地震前後のSARデータを解析して推定された変位について，空中写真判読および現地踏査から，被害状況や旧地形について調査を行い，干渉SAR結果の妥当性と変位の原因について検討を行った．

SAR解析の結果，札幌市清田区清田・里塚・美しが丘のほか，豊平区平岸，東区伏古-苗穂などでも顕著な変位が観測され，大きな地震被害が推定された．これらの地区を対象に，現地踏査による変位状況と，米軍写真等を用いた地形判読や土地利用変遷について調査を行った．

調査の結果，東区伏古-苗穂地区では,旧豊平川（伏古川）の蛇行した河道地形や氾濫原となる地形が分布し，旧河道の埋め立て部や河道縁辺部に沿って最大5 cm程度の地盤沈下が集中していることが確認された．豊平区平岸では，平岸面にあたる河川段丘と月寒川支流河川の侵食で形成された沖積低地が分布し，沖積低地の一部と，元採石場を埋め立てた箇所で地盤沈下が確認された．

これらの地盤変位が確認される箇所は，SAR解析で大きな変位が推定された箇所にほぼ一致し，地盤沈下の他に建物に亀裂や,躯体が抜け上がるなどの被害が生じていた．また，清田区清田・里塚・美しが丘においても，SAR解析により大きな変位が推定された箇所では，同様に地表部の変位が確認された．

今回確認された地盤変位は，旧河道や旧地形を人工的に埋め立てた改変地に集中しており，旧地形や盛土箇所との相関が高いと考えられる．

2018年北海道胆振東部地震後の地盤変位に伴う被害について,Sentinel-1衛星によるSARデータを利用することにより,短時間に広域の概略被害状況を把握できることが明らかとなった．

参考文献

向山栄・本田謙一・西村智博（2019）衛星SARや航空レーザ計測データを用いた地震時の家屋・地盤被害の把握技術．地盤工学会誌，Vol. 67，No. 3

横田彰宏・重野聖之・西村智博・本田謙一・向山 栄（2019）干渉SARと古地理でみる札幌市の地震被害－2018年北海道胆振東部地震－．日本地理学会発表要旨集．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：干渉SAR、地盤変位、2018年北海道胆振東部地震
Keywords: Interferometric SAR, Ground displacement, 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 衛星干渉SAR解析に基づく2018年の北海道胆振東部地震災害による地表変動と建物被害分布，および多時期のLiDAR DEMデータ解析による地表変位の抽出

# Estimation of co-seismic surface displacement and ground deformation associated with the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, based on differential InSAR and differential LiDAR DEM analysis.

*本田 謙一[1]、浅田 典親[1]、虫明 成生[1]、西村 智博[1]、向山 栄[1]
*Kenichi Honda[1], Norichika Asada[1], Naruo Mushiake[1], Tomohiro Nishimura[1], Sakae Mukoyama[1]

1. 国際航業株式会社
1. Kokusai Kogyo Co.,LTD.

地震国である日本にとって，地震が発生した際，迅速に建物の被災状況を把握することは，災害の初動対応において非常に重要である．

衛星リモートセンシングは，広域を計測できることから，災害時の被害把握が期待されている．しかし，衛星の観測頻度や解析処理時間，初期に求められる情報の選定等，実用への課題は多い．

本発表では，衛星リモートセンシングを活用することで提供できる情報の事例として，今年度発生した災害の内，北海道胆振東部地震（9/6）に対するSARと多時期のLiDAR DEMデータ解析による対応について紹介する．

液状化の被害があった札幌市清田区の解析を行った．Sentinel-1による干渉解析の変位は不連続かノイズとなっており，被害地域の変位抽出は困難であったが，干渉性（コヒーレンス）の変化から被害域を抽出できた．対して，ALOS-2では干渉性の低下は小さく，干渉画像の変位が被害域の抽出に適していた．これは観測波長帯域の違いによる感度の違いによるものと考えられる．

比較のため，航空レーザースキャナの災害前後2時期の計測データを用いた，3D-GIVの解析から，水平移動を含む地表変位の解析結果と比較した．災害前の人工改変の影響も含まれるが，災害による谷埋め盛土の沈下や水平移動の領域とSARの結果が一致していることが確認できた．

この地震では地震直後の9月6日5時40分にSentinel-1が観測されたため，地震当日中に解析し，解析結果を現地社員に提供した．地震翌日の9月7日に現地確認を行い，その結果を被災自治体等に提供した．地震当日を除き，天候が悪く航空機が撮影できない状況が数日続いたため，迅速に広域の被災範囲を抽出するという衛星SARの利点が活かせた事例といえる．

本研究では，SARによる建物被害抽出事例を紹介した．

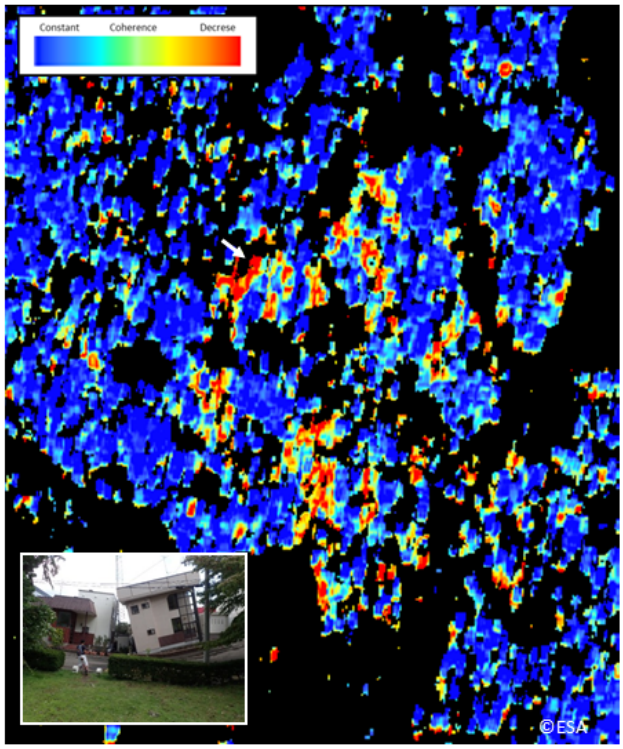
衛星リモートセンシングによる被害把握は有用ではあるが，日本国内では，災害直後から現地への踏査や航空機による状況把握が行われ，衛星リモートセンシングが活用される状況は実態としては少ない．

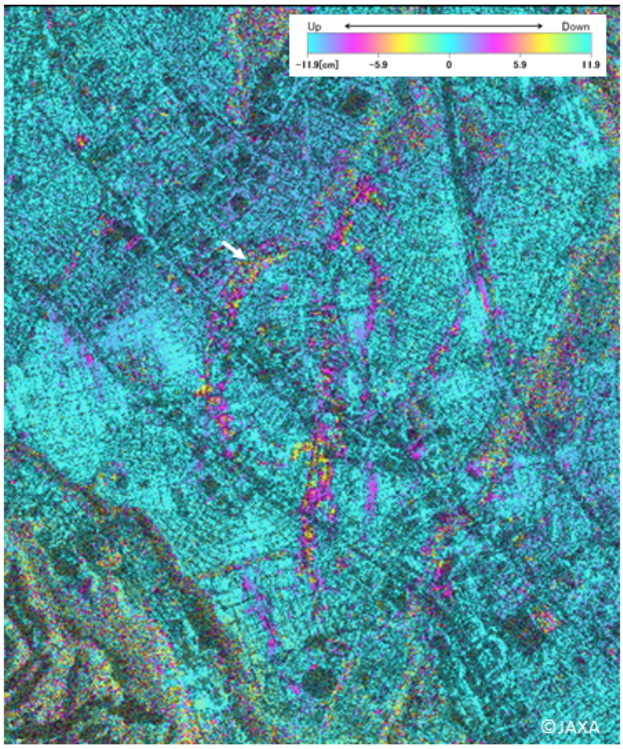
しかし，北海道胆振東部地震で行われたように，衛星データを迅速に撮影し，解析結果を提供することで，初期の災害情報把握の一つの選択肢になり得ることを示した．また，建造物被害域の推定は，光学写真で判読することは難しく，SARの干渉性による推定の意義は大きいと考えられる．

最後に，このたびの災害で被災された方々に謹んでお見舞い申し上げます．

キーワード：地震、合成開口レーダー、航空レーザスキャナ
Keywords: Earthquake, SAR, LiDAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geological features of landslides of pyroclastic fall deposits induced by the 2018 Eastern Iburi Earthquake and other previous earthquakes

*千木良 雅弘[1]、田近 淳[3]、石丸 聡[2]、鈴木 毅彦[4]
*Masahiro Chigira[1], Jun Tajika[3], Satoshi Ishimaru[2], Takehiko Suzuki[4]

1. 京都大学防災研究所、2. 北海道総合研究所　地質研究所、3. 株式会社　ドーコン、4. 首都大学東京
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Hokkaido Geological Survey, Hokkaido Research Organization, 3. Docon Co. Ltd, 4. Tokyo Metropolitan University

2018 Eastern Iburi Earthquake induced numerous numbers of landslides in Atsuma town and its neighborhood with the seismic intensities of 7 and 6+. This was one of the most devastating earthquake-induced landslide hazards in Japan. Geographical Information Authority of Japan published a map showing the distribution of landslides, which counted 8000 in an area of 400 $km^2$. Most of the landslides were of pyroclastic fall deposits and highly mobile. Those deposits were of Ta-d pumice of 9 ka and En-a pumice of 20 ka, and their sliding surfaces were made within specific beds, which were the bottom of Ta-d, reworked Ta-d in its base or reworked En-a beneath Ta-d, or volcanic soil with pumice grains beneath the Ta-d or volcanic soil beneath En-a. The materials that accommodated the sliding surfaces were heavily weathered to be rich in halloysite, which mineral has been found from the sliding surface materials of previous earthquake-induced landslides of pyroclastic fall deposits and is supposed to be very weak to earthquake shaking. The depths of the landslides varied from 2 to 3 m. Most of the beds that slid were undercut at the lower portion of the slopes, because of man-made cutting or convex slope breaks of which origin is in dispute.

Landslides similar to the landslides stated above have previously occurred in Japan, Indonesia, and El Salvador. They were 1923 Kanto, 1949 Imaichi, 1968 Tokachi-Oki, 1978 Izu-Oshima-Kinkai, 1984 Naganoken-Seibu, and 2011 Tohoku earthquakes in Japan, 2001 El Salvador earthquake, and 2009 Padang earthquake in Indonesia (Chigira and Suzuki 2016). The oldest beds that accommodated a sliding surface and was dated was 330 ka and the youngest was 9 ka of Ta-d. The beds of the sliding surfaces were rich in halloysite and most of the landslides were undercut like those by Eastern Iburi earthquake.

Chigira, M. & Suzuki, T. 2016. Prediction of earthquake-induced landslides of pyroclastic fall deposits. In: Aversa, S., Cascini, L., Picarelli, L. & Scavia, C. (eds.) Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice. Associone Geotecnica Italiana, Rome, 93-100

キーワード：地震、地すべり、降下火砕物
Keywords: Earthquake, Landslide, Pyroclastic fall deposits

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地震観測に基づく奈良県十津川村山地の地震動特性－地震による崩壊の基礎研究－

# Earthquake ground motion properties of mountainous district in Totsukawa village, Nara pref. based on the seismic observation –A fundamental study of landslides caused by earthquake –

*飯田 智之[1]、山田 隆二[1]、先名 重樹[1]、徳井 秀光[2]、小野寺 哲也[2]、川邊 洋
*Tomoyuki Iida[1], Ryuji Yamada[1], Shigeki Senna[1], Hidemitsu Tokui[2], Tetsuya Onodera[2], Hiroshi Kawabe

1. 防災科学技術研究所、2. テクニカルリンク株式会社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2. Technicallink Kabushiki kaisya

K-NETやKiK-netなどの地震観測ネットワークが全国的に整備されて以来、膨大な量の地震観測情報が蓄積されてきた。しかし、地震計の多くは平地や丘陵地に設置されており、斜面崩壊が発生する可能性のある山地に設置されている地震計は極めて少ない。そのため、斜面崩壊に大きく影響すると考えられる増幅特性など、山地の地震動特性についてはよく分かっていないのが現状である。山地の地震動特性には、AVS30（表層30mの平均S波速度）などの地盤構造とともに、地形や震央との位置関係など他の要因が影響することが予想される。そこで我々は、特に地震動特性に対する地形の影響に着目して、尾根地形での地震観測を継続している。

KiK-net観測地点のひとつであるNARH01は、奈良県十津川村の東西に伸びた尾根上に設置されている。NARH01には、地表とともに約100m深の地中にも地震計が設置されている。地質は四万十層と呼ばれる付加体である。その観測データを補完して、山地斜面の各部における地震動特性を把握するために、NARH01の周囲に加速度計（白山工業JU210）を設置して2017年11月に地震の連続観測を開始した。加速度計の設置箇所は、尾根線上に位置するNARH01観測地の直近点（標高823m）、尾根線の延長上の東部尾根にある東西点（733m）、尾根線に対して垂直な北部斜面にある南北点（670m）、谷部に位置する谷底点（565m）の4カ所である。

１年強の観測期間中に、NARH01でも観測された小規模な４つの地震を（その内のひとつは2018年6月18日の大阪北部地震）観測できたが、フーリエスペクトル分析等の結果、地震動の増幅特性には、地形や地盤構造の他、震央との位置関係などが影響していることが推定された。

キーワード：地震動、崩壊、地震観測、増幅特性、奈良県十津川村
Keywords: earthquake ground motion, landslide, seismic observation, amplification property, Totsukawa-village, Nara pref.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2011年台風12号により発生した崩壊における地形的特徴と地すべり発達過程に関する検討

# Study on topographic features and landslide development process in slope failure by Typhoon Talas

*菊地 輝行[1]、秦野 輝儀[2]、西山 哲[3]
*Teruyuki Kikuchi[1], Teruyoshi Hatano[2], Satoshi Nishiyama[3]

1. 株式会社開発設計コンサルタント、2. 電源開発株式会社、3. 岡山大学大学院
1. JP-Design Co., Ltd., 2. Electric Power Development Co.,Ltd., 3. Okayama University Graduate School of Environmental and Life Science

## 1.はじめに

豪雨や地震による斜面災害発生後の地形・地質に関する知見は日々蓄積しているが，地すべり・崩壊の予察を確立するには至っていない．この地すべり・崩壊の原因は，素因・誘因が複雑に関係しており，崩壊に至る過程を解明するためには事例の集積・分析と長期の観測・評価が必要となるためである．近年，地すべり・崩壊発生前の地形を正確に把握するには，国や地方自治体による航空レーザ計測データが蓄積されつつあり災害発生前の地形情報は崩壊の発生過程を明らかにすることが可能である[1)など]．そこで， 2011年台風12号による紀伊山地の崩壊発生箇所について微地形判読を行い，崩壊が発生した箇所の地形的特徴と地すべり発達過程に関して検討を試みた．

## 2.対象箇所

2011年9月2日から5日にかけて西日本を横断した台風12号は，紀伊山地に2000mmに迫る降雨をもたらし，50箇所以上[1)]の深層崩壊を発生させた．本研究の対象とする崩壊箇所は，十津川上流域とした．この流域では，災害前後のレーザ地形図が国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所によって実施されている．特に崩壊が多く発生している地域は，積算雨量が600mmを超える場所であり，それに加えて十津川上流域の四万十帯日高層群美山ユニットの分布域に相当しており，北～北西斜面は流れ盤の斜面となっている．ただし地すべり・崩壊が同一の付加体のユニットで頻発しているわけではなく，複雑な付加体の地質構造に加え，泥岩・砂岩の優勢程度，スラスト断層やテクトニックな断層の分布の影響を受けている．

## 3.検証方法

検証は，対象とした範囲において，2011年豪雨により崩壊を発生した1,000m$^2$以上の崩壊面積を有する38箇所を特定し[2)]，その崩壊前の航空レーザ地形図の微地形判読を実施した．筆者らは,微地形判読の着目地形として山体の重力変形を示す地形である滑落崖・側方崖・小崖，また紀伊山地での深層崩壊で認められる特徴的な地形として斜面下部の状況を示す末端崩壊及び背後斜面と移動岩体が完全に分離していない変形状態を示す不規則凹凸を対象とした[3)]．また表層水の集中や地下水の影響を示す地形として「ガリー地形」を選択した．これらの微地形は，「無」「有（不明瞭）」「有（明瞭）」の3種類に区分した．次に崩壊地形の発達状態を示す指標として，地すべり地形発達過程と関連付けて考察を行う．崩壊に至る原因は，山体における重力変形の進展が大きな影響を与えていると考えるが，この重力変形が地表面に生じる時期は，地すべり地形発達過程においては大八木[4)]により先滑動期と漸移期としており，この時期に着目して区分を行った．

## 4.解析結果

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

微地形判読の結果，表-1に示すように第一のグループとして地形的特徴の合計が1～3と少ないものが7箇所認められた．これらは，滑落崖・側方崖の明瞭なものは認められず，斜面上部の不規則凹凸が主体である．崩壊範囲を比較すると全体の輪郭は不明瞭である．これは，表-2に示す地すべり地形発達過程において最も初期的な重力変形として区分でき「先滑動期」に極めて近い事例であり漸移期でも前期の段階であると考えることができる．

第二のグループの地形的特徴は，合計数3～7で，滑落崖・側方崖を含むか，明瞭な地形的特徴を含む．不規則凹凸・小崖地形・末端崩壊が顕著であることから，重力変形が明瞭化しつつある段階と考えられる．全体の輪郭は部分的に明瞭なものがある．これらは漸移期ではあるが，滑動期に近いと考えられ，漸移期の後期と区分した．

第三のグループは，地形的特徴の合計数4～12で，滑落崖を含むグループである．これは，滑落崖，側方崖は明瞭．移動体の輪郭は明瞭かつ移動体内のガリー地形の進行が顕著である．末端崩壊やこれに伴う小崖地形も明瞭なことが多い．斜面内に不規則凹凸や小崖が明瞭となっている．これは，重量変形が進行し初生変動としてすべり面が連結し「滑動期」に相当すると考えられる．

## 5.まとめ

本検討により漸移期前期・後期の地形的特徴は，「滑落崖，ガリー地形，側方崖」の出現は不確実だが，「不規則凹凸，末端崩壊」の出現が高確率であった．また，狭義の地すべり滑動であれば，漸移期の前期から後期へと段階的な発達過程を経るものと考えられるが，2011年豪雨では，前期段階であっても崩壊に至っている．これは，特定の強い誘因で崩壊が発生することを示す．この段階で多く認められる不規則凹凸は，重力性の岩盤クリープに相当し基盤岩の組織が健全であるために地表に出現したと考えられる．このような不規則凹凸に着目し，特徴を理解することで崩壊の予察を行える可能性があると考える．今後の課題は，航空レーザ計測による地形を傾斜量図だけではなく，特性図作成や元データの点群座標をビッグデータとして活用することであり，不規則凹凸に関しては定量的な解析を行い，現地の解釈と物理的な形状の関係を把握することが崩壊に関する予察に有効であると考える．

本研究で使用した航空レーザ測量データは，国土地理院から提供いただきました．貴重なデータを提供いただき心より感謝いたします．

## 引用文献

1)Chigira, M., Tsou, C.-Y., Matsushi, Y., Hiraishi, N., and Matsuzawa, M.（2013）：Topographic precursors and geological structures of deep-seated catastrophic landslides caused by Typhoon Talas，Geomorphology vol.201, pp.479-493.

2) 奈良県県土マネジメント部砂防・災害対策課：奈良県　紀伊半島大水害　大規模土砂災害アーカイブ,ホームページ(最終検索日:2018/7/13).

3)Chigira, M., Hiraishi, N., Ching-Ying, T., Matsushi, Y. (2015): Catastrophic landslides and their precursory deep-seated gravitational slope deformation induced by the river rejuvenation in the Kii mountains, central Japan,　Engineering Geology for Society and Territory 2, pp.577-581.

4)大八木規夫(2007)：「地すべり地形の判読法-空中写真をどう読み解くか-」,pp.7-20,近未来社.

キーワード：崩壊、地すべりの発達過程、微地形
Keywords: slope failure, development of landslide process, microtopography

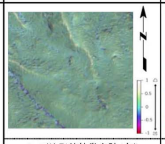
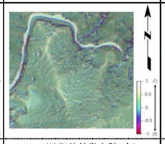
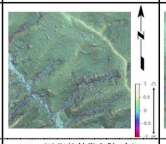
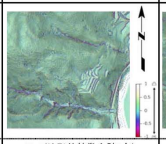
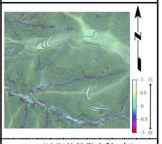
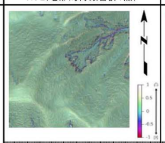
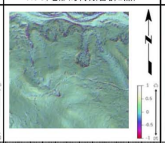
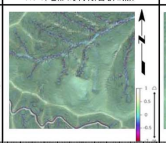
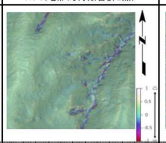
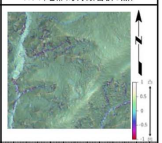
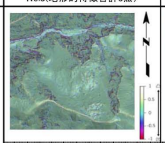
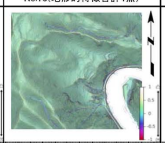
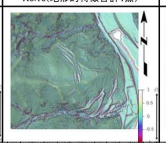
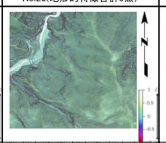
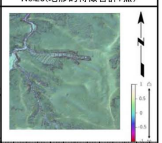
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

表-1 崩壊地の解析結果
Table-2 Data used for microtopographic features analysis

| No. | 面積 (m2) | 比高 (m) | 最大傾斜方向 | 崩壊範囲内の平均傾斜 (° ) | 地形的特徴 [0 無 ,1 有(不明瞭), 2 有(明瞭)] 滑落崖 | 側方崖 | 小崖 | 末端崩壊 | ガリー | 不規則凹凸 | 合計 | 地質 (*1) | 地すべり地形発達過程 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,500 | 112 | NNE | 36.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | Ob | 漸移期[前期] |
| 2 | 5,100 | 96 | E | 37.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | My3 | 〃 |
| 3 | 48,000 | 56 | N | 38.3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | My2 | 〃 |
| 4 | 28,700 | 176 | WSW | 35.3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | My3 | 〃 |
| 5 | 26,400 | 124 | SSE | 32.8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | H4 | 〃 |
| 6 | 6,600 | 108 | NE | 37.3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | My2 | 〃 |
| 7 | 35,900 | 176 | SW | 31.1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | Yk2 | 〃 |
| 8 | 29,900 | 254 | NE | 38.4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 | My3 | 漸移期[後期] |
| 9 | 9,200 | 128 | E | 37.3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | My1 | 〃 |
| 10 | 9,400 | 92 | SW | 38.8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | My1 | 〃 |
| 11 | 14,000 | 114 | NW | 34.6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | My3 | 〃 |
| 12 | 4,500 | 94 | NNE | 33.7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | My4 | 〃 |
| 13 | 20,600 | 154 | N | 35.3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | My3 | 〃 |
| 14 | 8,500 | 165 | NW | 39.8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | Ry | 〃 |
| 15 | 42,100 | 174 | N | 32.6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | H4 | 〃 |
| 16 | 48,100 | 308 | NW | 38.5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | My2 | 〃 |
| 17 | 5,044 | 103 | W | 39.8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 | Yk3 | 〃 |
| 18 | 14,300 | 154 | NNW | 38.2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | My4 | 〃 |
| 19 | 34,100 | 234 | NE | 38.3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | Ry | 〃 |
| 20 | 13,500 | 136 | ENE | 39.6 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 | Yk2 | 〃 |
| 21 | 7,400 | 64 | W | 41.8 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 6 | My3 | 〃 |
| 22 | 14,700 | 126 | NNW | 37.8 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 7 | My3 | 〃 |
| 23 | 42,300 | 218 | WSW | 38.8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 7 | My3 | 〃 |
| 24 | 5,100 | 158 | NW | 40.9 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | My3 | 〃 |
| 25 | 48,000 | 226 | WSW | 30.0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 7 | My2 | 〃 |
| 26 | 18,200 | 134 | NNW | 38.1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | gc | 滑動期 |
| 27 | 1,400 | 32 | NE | 39.9 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 5 | My2 | 〃 |
| 28 | 51,700 | 227 | NNW | 32.2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 6 | Ry | 〃 |
| 29 | 22,500 | 92 | NNW | 36.8 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 6 | Ry | 〃 |
| 30 | 77,200 | 124 | ESE | 29.6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | H4 | 〃 |
| 31 | 38,600 | 120 | NNW | 35.1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | H4 | 〃 |
| 32 | 59,000 | 254 | ENE | 37.3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | My1 | 〃 |
| 33 | 86,300 | 396 | NNE | 42.1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 7 | My4 | 〃 |
| 34 | 10,300 | 144 | SW | 41.3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 7 | My2 | 〃 |
| 35 | 254,900 | 592 | NW | 38.3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 | My2 | 〃 |
| 36 | 19,200 | 120 | NNE | 34.2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 8 | My3 | 〃 |
| 37 | 182,700 | 400 | NW | 39.0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 9 | My2 | 〃 |
| 38 | 195,100 | 446 | NNW | 36.2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 11 | My2 | 〃 |

*1) 地質
Ry: 竜神層, H1～4: 花園層(ユニット1～4), gc 花園層緑色岩チャート, My1～4: 美山層(ユニット1～4)

表-2 崩壊事例の地すべり地形発達過程における検討結果
Conceptual map of Landslide developing history of slopes at micro-topography interpretation

| 先行研究 | | 本研究 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 大八木[4] | | 新区分 | 地形的特徴の傾向 | 合計点数と箇所数 | 上段:具体的な事例(それぞれ5箇所) ／下段:通しNo.と地形的特徴合計点 [先滑動期と後滑動期には崩壊事例がない] | | | | |
| 先滑動期 | 対象斜面に地すべりによる変形や運動が全体のみならず部分にも発生していない期間。地質時代に形成された地質構造が地表環境下の諸営力によって変化する。特定の構造や地層が地すべり構造の基本的な要素に移化する。 | 先滑動期 | 本研究では事例はないが、重力変形が生じる前段階の組織地形から生じる小崖地形が断続的に分布する<br>これ以外の地形変状は認められない. | 地形的特徴は認められない | – | – | – | – | – |
| 漸移期 | 対象斜面の一部に小さい変形が生じているが、変動部分全体がまだ基岩から分離していない。全体の輪郭となる構造がまだ形成されていない | 漸移期[前期] | 初期的な重力変形によって生じる不規則凹凸、末端崩壊が主体. 滑落崖・側方崖が認められない. また明瞭な地形的特徴が認められない<br>特定の外的要因によって急激に不安定化する全体の輪郭は不明瞭 | 合計数:1～3<br>箇所数:7 |  <br>No.2(地形的特徴合計1点) |  <br>No.3(地形的特徴合計2点) |  <br>No.4(地形的特徴合計2点) |  <br>No.5(地形的特徴合計2点) |  <br>No.7(地形的特徴合計3点) |
| | | 漸移期[後期] | 重力変形が明瞭化.<br>不規則凹凸・小崖地形・末端崩壊が顕著. 滑落崖・側方崖を含むか、明瞭な地形的特徴を含む.<br><br>全体の輪郭は部分的に明瞭 | 合計数:3～7<br>箇所数:17 |  <br>No.8(地形的特徴合計3点) |  <br>No.13(地形的特徴合計4点) |  <br>No.15(地形的特徴合計4点) |  <br>No.20(地形的特徴合計5点) |  <br>No.23(地形的特徴合計7点) |
| 滑動期 | 対象斜面の変動域構成体とその下位の非変動域構成体とを限る輪郭構造が形成されて変動域構成体は非変動域から独立して運動しているか、運動できる状態になっている。活層、休止、再活動、移行拡大に細分も可能 | 滑動期 | 滑落崖、側方崖は明瞭. 移動体の輪郭は明瞭. 移動体内のガリー地形の進行が顕著<br>末端崩壊やこれに伴う小崖地形も明瞭なことが多い. 斜面内に不規則凹凸や小崖が明瞭となる | 合計数:4～12<br>箇所数:13 |  <br>No.26(地形的特徴合計6点) |  <br>No.30(地形的特徴合計6点) |  <br>No.32(地形的特徴合計6点) |  <br>No.35(地形的特徴合計8点) |  <br>No.37(地形的特徴合計9点) |
| 後滑動期 | 対象斜面における地すべり移動体が運動を完全に停止し、移動体の移動・活動中に形成された構造が運動を停止(休積)下状態において削剥される状態 | 後滑動期 | 滑落崖を含むが、一部消失している場合もある. エッジが消失することがある. 移動体の輪郭は明瞭. 移動体内のガリー地形の進行が顕著<br>移動体内の不規則凹凸やは拡大しないため不明瞭化する. 削剥が進行するため、末端崩壊は明瞭なことがある. | – | – | – | – | – | – |

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 大規模崩壊の予兆である「斜面の膨らみ」の形成機構
# Formation mechanism of bulge of slope that is sign of large-scale collapse

*吉村 辰朗[1]
*tatsurou yoshimura[1]

1. 第一復建株式会社
1. Daiichi Fukken Co., Ltd.

近年の集中豪雨の発生に伴い，大分県では大規模な地すべりが発生している．崩壊した切土のり面周辺においてγ線探査を実施し断裂分布を調べた結果，移動土塊の形成は主断裂・共役断裂による分断が原因であることが判明した．この「断裂の分断による移動土塊形成モデル」を大規模地すべりにおいて検証した場合，主断裂・共役断裂の他に移動土塊中央部に規模が大きい断裂が認められ，崩壊前には「斜面の膨らみ」が認められる．耶馬渓崩壊においては，崩壊中央部の断裂の表層部は凹地形を呈し，古期崖錐が堆積している．その下方の移動土塊は，崩積土中に溶結凝灰岩の大転石を多量に含んでおり，また安山岩（不動層）との境界付近では湧水が見られ埋没谷の存在が示唆される．火砕岩まじりの崩積土で構成される埋没谷に関係する地すべりは，長野県北部のグリーンタフ地域で発生していることが報告されている　.この様な埋没谷の成因としては，断裂による谷の下刻作用が主因と考えられる．崩壊事例では移動土塊中央部に規模が大きい断裂が分布することから，この断裂付近の侵食によって中央部分に深い谷が形成され崩積土や岩屑が堆積する．次に側方崖付近の共役断裂付近の侵食によって「地形の逆転」が生じ，谷底が尾根になる．この場合，移動土塊は旧谷地形に分布した地質体で，接触不整合面がすべり面となる可能性が高い．

断層付近の地震動の振幅特性として，断層と直交する方向に地震動が卓越する可能性が高いと考えられている．また，和賀岳東面において「山体重力変形地形」の一つである小崖地形周辺の基盤岩の変位を調べた八木(1993)では，卓越する節理系に直交方向に前倒していたことから，基盤岩の前倒による小崖地形形成の引金として，斜面に加速度的な振動をもたらす地震動が考えられている．2016年4月に熊本地震が発生し，補強土壁が部分的に崩壊した．補強土壁は連続的な構造物であるが，崩壊箇所と残存箇所が隣り合っており，これに作用した地震動による外力が局所的に大きく異なったものと推察された．補強土壁付近には，主断裂と共役断裂が検出された．断裂で分断された区間と崩壊区間がほぼ一致していることから，この区間のみが地震動によって射出的な崩壊をしたと考えられる．主断裂と共役断裂で分断された区間に地形の逆転によって基盤岩（不動層）と異なる地質体（例えば岩屑）が分布し，地震動によって主断裂に直交する方向に加速的な振動が加わった場合には，「斜面の膨らみ」が生じいびつな凸状斜面が形成されると考えられる．

キーワード：大規模崩壊、斜面の膨らみ、地震動、地形の逆転、γ線探査
Keywords: large-scale collapse, bulge of slope, seismic motion, relief inversion, gamma-ray survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 関東山地三峰地域における線状凹地を埋積する堆積物
# Sediments accumulated in the linear depressions in the Mitsumine area, Kanto Mountains

*益子 将和[1]、千木良 雅弘[2]
*Masakazu Mashiko[1], Masahiro Chigira[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

山体重力変形の発生・発達メカニズムは未だ不明な点が多い．我々は，四万十付加コンプレックスが分布する関東山地三峰地域において，山体重力変形の発生・発達メカニズムの解明を目的として調査を行っている．ここでは，東流する中津川と荒川との間の山稜頂部に約6kmにわたって断続的に連続する山上凹地が存在し，大規模な重力斜面変形を示唆している．この山上凹地内の2.3km離れた2か所で，パーカッション式簡易ボーリングを用いて凹地の埋積堆積物を採取した．東のボーリングがP1，西がP2である．

P1とP2は，それぞれ6.75mと6.95mで岩盤に到達した．埋積堆積物は，表層からおよそ1.0mの深さまで黒褐色の腐植土および粘土，またそれ以深より基盤岩に至るまでは褐色粘土で構成される．

ボーリングコア中に含まれるテフラを特定することで，線状凹地や，その山腹斜面にみられる山体重力変形の発生年代を推定することができる．深さ20cmごとにボーリングコア中の火山ガラス含有率を測定したところ，P1では2.20m付近に，P2では2.40mおよび6.00m付近にそれぞれ火山ガラス含有率のピークが認められた．三峰地域一帯における堆積物からは，姶良Tnテフラ (AT) (2.6から2.9万年前)，御岳第一テフラ (On-Pm1) (約10万年前)，八ヶ岳川上テフラ (Yt-Kw) (約17万年前) などのテフラが同定されている．このことから，コア中の火山ガラスはこれらのいずれかのテフラが起源であると考えられる．コア中に含まれるテフラを同定するため，現在これらの火山ガラスの屈折率を分析中である．なお，P1の東方2kmの大滝げんきプラザでは当該山上凹地内に厚さ約10mの堆積物が確認され，岩盤から約2m上でYt-Kwが，そしてその上にはOn-Pm1が報告されており (埼玉県地質図編纂委員会，1999)，この部分の山上凹地形成は17万年よりも前にさかのぼると推定される．

調査地域における山体重力変形のメカニズム解明のためには，地域の地形学的・地質学的特徴を明らかにすることが不可欠である．線状凹地の堆積物の調査とともに，地域の地質構造を明らかにするための現地調査を今後も引き続き行う予定である．

キーワード：山体重力変形、線状凹地、堆積物、ボーリングコア、テフラ
Keywords: Deep-seated gravitational slope deformations, Linear depressions, Sediments, Boring core, Tephra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

## [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)

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.

### [SGD03-P01] The Study of Sky Condition Prediction and Combination Efficiency Estimation about Multi-GNSS

*Chieh-Ting Chou[1]、Yi-Shan - Li[2]、Yen-Te - Li[1]、Wan-Yu - Yu[1] (1.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Graduate Student、2.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Assistant Professor)

### [SGD03-P02] 迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究（２）

*中川 弘之[1] (1.国土交通省国土地理院)

### [SGD03-P03] 天竜船明長基線レーザー伸縮計の特性とスロースリップの検知能力

*勝間田 明男[1]、高森 昭光[2]、新谷 昌人[2] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学地震研究所)

### [SGD03-P04] レーザーひずみ計の性能評価

*高森 昭光[1]、新谷 昌人[1]、勝間田 明男[2]、森井 亙[3]、三代 浩世希[4]、大橋 正健[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象研究所、3.京都大学防災研究所、4.東京大学宇宙線研究所)

### [SGD03-P05] 固体地球の流体核共鳴を含む潮汐ラブ数の算出方法

*原田 雄司[1,2]、大久保 修平[3] (1.澳門科技大学太空科学研究所月球与行星科学国家重点実験室、2.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、3.東京大学地震研究所高エネルギー素粒子地球物理学研究センター)

### [SGD03-P06] Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain

*Menglin Zhao[1]、juan wang[1]、wang xu[1]、bing hu[1]、yisheng chen[1] (1.Capitai Normal University)

# The Study of Sky Condition Prediction and Combination Efficiency Estimation about Multi-GNSS

*Chieh-Ting Chou[1], Yi-Shan - Li[2], Yen-Te - Li[1], Wan-Yu - Yu[1]

1. Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Graduate Student,
2. Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Assistant Professor

The Global Navigation Satellite System (GNSS) is widely used in military and civilian applications because of the high-precision services of positioning, velocity and time-of-flight (PVT) at any time and any place. At present, GNSS include the GPS of the United States, the GLONASS of Russia, the Galileo of European Union and the Beidou of China. Due to the rapid development and diversity of GNSS, the positioning efficiency of multi-GNSS is an important information for user reference when surveying.

In this study, the sky condition of the project area is predicted by the STK software. It is expected that the best location and period of observation can be provided to improve the observation efficiency according to simulated calculate the satellite geometric distribution and satellite visible number. Based on mentioned above, the observation efficiency can be improved. In addition, this study conducts a study on the positioning effectiveness of GNSS by actual observation data through different combination of satellite systems, ephemeris and weathers. In the discussion of sky condition prediction, the prediction is successfully carried out. In the discussion of GNSS combination, the results show that the GPS satellite system is relatively stable and highly accurate compared to other satellite systems. The relative positioning accuracy of multi-GNSS with GPS satellite system compared to without GPS system can improve 14ppm. In the discussion of different ephemeris, the short baselines can produce consistent results with relative accuracy in either broadcast or precision ephemeris. In the discussion of weathers, the relative accuracy of observations on a sunny day can be improved by 4ppm compared to a rainy day.

Keywords: GNSS, sky condition prediction, combination efficiency

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究（２）
# Research on the development of rapid and accurate GNSS routine analysis system (2)

*中川 弘之[1]
*Hiroyuki Nakagawa[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. The Geospatial Information Authority of Japan

国土地理院はGEONETで取得されるGNSSデータを定常的に解析し、日本全国の地殻変動を監視している。この結果は、地震活動の評価や火山活動の監視における基礎的な資料として活用されている。

しかし、地震発生のタイミングや火山活動の進行速度によっては、現在のGEONET定常解析の性能をもってしても迅速性や時間分解能が不十分な場合もあり、より迅速で高い時間分解能を持つ定常解析手法が求められている。

そこで、我々は端数の整数不確定性を決定する精密単独測位法(PPP-AR法)に着目した。これは、GNSS衛星の精密な軌道・時刻情報に加えて位相端数バイアス(Fractional Cycle Bias; FCB)と呼ばれる補正情報を用いることで、観測点毎に干渉測位法に匹敵する精度で精密単独測位を行うものである。その特徴は、格段に少ない計算負荷で迅速に、1エポックごとの位置を算出できることである。超巨大地震で広域な地殻変動が発生した場合についても、電子基準点の変位を直接に算出でき固定点が不要であるという利点もある。

国土地理院では、PPP-AR法をベースに現在の定常解析よりも迅速・高精度な GNSS 解析手法を開発し、将来のGEONET定常解析を想定してこれを実装したプロトタイプシステムを開発すること目的とする研究開発を2017年度より3年計画で実施している。この研究では、GEONETの1秒値データを用いて、定常的かつ安定的に、1秒間隔で水平方向のばらつき約1cmの解を、データ収集の約2時間後までに算出することを目標としている。

2018年度は開発中のプロトタイプシステムを用いて、2018/7/12～8/12の31日間について試験解析を実施した。試験期間においてはGEONET全点について各日1回、0時～翌0時までの24時間の1秒時系列解を計算し、推定した衛星軌道・クロック及び求められたGEONETの時系列解の評価を行った。まず、推定した衛星軌道及び衛星クロックの品質評価としてIGS最終暦及びCODE暦のクロックとの差のRMSを計算した。暫定的な結果として、軌道情報に関してはGPSではおよそ2.7cm、GLONASSではおよそ8.8cm、また、クロックに関しては、GPSでは4.15ns、GLONASSについては6.02nsが得られた。続いて、GEONET時系列解の再現性の評価として、時系列の水平成分の標準偏差の度数分布を求めた。その結果、度数のピークは標準偏差が1.0～1.2cmの区間で、全体のおよそ25%の時系列がこの区間に含まれた。一方で、本研究で目標としている標準偏差1cm以下となった時系列の割合は全体の21%であり、1.4cm以下となった割合が68%であった。

本発表では、その原因について考察を進めると共に、軌道・クロックの品質及び時系列解の品質の改善方法について検討を行う予定である。

キーワード：GNSS、PPP-AR、GEONET定常解析、GEONET
Keywords: GNSS, PPP-AR, GEONET routine analysis, GEONET

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 天竜船明長基線レーザー伸縮計の特性とスロースリップの検知能力
# Characteristics of the Tenryu-Funagira laser extensometer and its detection ability of slow slips

*勝間田 明男[1]、高森 昭光[2]、新谷 昌人[2]
*Akio Katsumata[1], Akiteru Takamori[2], Akito Araya[2]

1. 気象庁気象研究所、2. 東京大学地震研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Katsumata et al. (2010)は浜松市天竜区の船明トンネルに基線長400mのレーザー伸縮計を構築して、地殻変動観測を行った。その結果、当レーザー伸縮計により短期的スロースリップを検知するとともに、スペクトル解析から長期的スロースリップをGNSSよりも早期に検知可能であることを明らかにした。しかしながら、光源に用いたヨウ素安定化He-Neレーザーの発振管の寿命は比較的短く、数年に渡る連続観測には適さなかった。光源を以前のヨウ素安定化レーザーからAraya et al. (2002)によるヨウ素安定化YAGレーザーに入れ替えて、レーザー伸縮計を再構成し2018年3月から観測を始めた。変動速度の速い変動に対応するため、データ収録は以前の1kS/sから10kS/sと高速化した。

これまでに得られた数ヶ月程度の伸縮データを以前のHe-Neレーザーを用いて得られたデータと比較した。長期トレンド・気圧応答・潮汐応答・ノイズスペクトルレベルなどについて比較を行った。以前のデータには$10^{-7}$ strain/year程度のトレンドが認められたが、レーザー装置入れ替え後のデータにはそのようなトレンドは認められていない。以前にもトレンドは変化している様子が認められた。以前に観測されたトレンドは局所的な原因による可能性がある。気圧応答・潮汐応答については、大きな変化は認められない。以前のデータからトレンドを除去したデータと、今回得られたデータのスペクトルレベルを比較したが、0.1秒から数ヶ月程度の周期の変動レベルにおいて、ほぼ一致していると見られた。

Ide et al. (2007)は、スロー地震の地震モーメントはその継続時間に比例していることを示した。地震モーメントと継続時間が比例しているということは、ひずみ変化のレートは規模によらずに一定と解釈される。また、現在までのところ、超低周波地震（VLFE)と短期的スロースリップの間のイベントは知られていない。Katsumata et al.(2010)では、天竜船明レーザー伸縮計は、短期的スロースリップと同程度のひずみレートをもつ現象は1日で検知可能と見積もられている。もし継続時間１日程度のスロースリップが発生しているとすると、天竜船明レーザー伸縮計により検知可能とみられる。

キーワード：レーザー伸縮計、ヨウ素安定化レーザー、スロースリップの観測
Keywords: Laser extensometer, iodine-stabilized laser, slow-slip observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# レーザーひずみ計の性能評価
# Performance evaluation of laser strainmeters

*高森 昭光[1]、新谷 昌人[1]、勝間田 明男[2]、森井 亙[3]、三代 浩世希[4]、大橋 正健[4]
*Akiteru Takamori[1], Akito Araya[1], Akio Katsumata[2], Wataru Morii[3], Kouseki Miyo[4], Masatake Ohashi[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 気象研究所、3. 京都大学防災研究所、4. 東京大学宇宙線研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Meteorological Research Institute, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo

We have constructed four laser strainmeters which are in operation to observe Earth’ s strain in underground sites in Japan. The strainmeters are asymmetric Michelson interferometers implemented with a long main arm (ranging from 100 m to 1.5 km, depending on deployment) that follows ground motion and a short reference arm (shorter than 1 m) which is mounted on a stable platform isolated from the ground. The ground strain is observed by detecting phase difference of the two beams that enter and return from these arms. Due to the sensitivity of the phase difference to laser frequency caused by the mismatch of the arm lengths, the laser frequency needs to be stabilized to maintain high resolution of the instruments in long term. For this purpose, we developed a laser frequency stabilization system that locks a Nd:YAG laser to one of the iodine absorption lines, with the designed stability of 10e-13 to 10e-12. In order to evaluate the performance of the strainmeters, we have been studying stability of the lasers by comparing equivalent systems in situ. The details and results of the experiments are presented together with the estimated performance of the strainmeters.

キーワード：レーザーひずみ計、周波数安定化レーザー
Keywords: laser strainmeter, frequency stabilized laser

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 固体地球の流体核共鳴を含む潮汐ラブ数の算出方法
# Calculation Method of the Tidal Love Numbers with the Fluid Core Resonance of the Solid Earth

*原田 雄司[1,2]、大久保 修平[3]
*Yuji Harada[1,2], Shuhei Okubo[3]

1. 澳門科技大学太空科学研究所月球与行星科学国家重点実験室、2. 東京大学地震研究所海半球観測研究センター、3. 東京大学地震研究所高エネルギー素粒子地球物理学研究センター
1. State Key Laboratory of Lunar and Planetary Science, Space Science Institute, Macau University of Science and Technology, 2. Ocean Hemisphere Research Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Center for High Energy Geophysics Research, Earthquake Research Institute, University of Tokyo

固体地球の非剛体性が地球潮汐や地球回転に及ぼす効果は核やマントルの力学的挙動を理解する上で重要である．その典型的な一例として挙げられるのが地球の自転運動の微小な擾乱，特に章動に対する扁平な流体核による力学的共鳴の影響，即ち自由核章動の励起である．この自由核章動は回転運動のみならず潮汐変形をも増幅させる効果を有する．

固体潮汐に対する流体核の影響は笹尾他の理論（以下SOS理論）に基づいて予測可能である．このSOSでは球対称地球の静的変形の計算手法（例えば竹内や斎藤）を応用することで流体核共鳴が潮汐変形に及ぼす効果を比較的簡易に見積もる事が出来る．この近似的手法は更に拡張されて後に国際天文学連合における章動理論の基礎（例えばマシューズ他）としても採用（IAU2000）されている．

本研究では潮汐変形を表現するラブ数をSOS理論に基づいて見積もる為に幾つか新しい技巧を施したので，その結果を報告する．その工夫とは主に以下の二点である．（尚，これらの点を除けば今回の報告と類似の内容が昨年度連合大会，同測地学会講演会でも既に報告されている．ここでは前回の詳細は省略するので当該学会の投稿原稿を参照されたい．）

一つ目の工夫は固体層の動径関数（以下y関数）の独立解の計算であり，ここでは特にy関数の数値積分において一部の独立解が計算不要となる事を示す．ここで言うy関数には流体核共鳴の影響を含む動的y関数と含まない静的y関数の両方が該当する．この内の静的y関数を算出する方法の一つは潮汐変形に限らず地球の静的変形に対して一般的に広く用いられている竹内や斎藤の手法であり，その中では原点で正則な独立解のみ積分すれば良い．それに対して動的y関数に関しては彼等の方法を全く同じ様に適用する事が出来ないので，その代わりに原点で発散する独立解も積分して，それら全ての独立解を利用する．この場合，固液境界の粘性結合を無視すれば，その境界における剪断応力も打ち消される．それに応じて積分すべきy関数の独立解を減らす事が出来る．

二つ目の工夫は液体層の動径関数（以下q関数）の独立解の計算であり，ここでは特にq関数の数値積分において密度の鉛直微分が計算不要となる事を示す．その独立解の求め方は液体の非圧縮性を仮定すれば単なる重力ポテンシャルのポワソン方程式の積分に帰着する．それは竹内や斎藤の手法でもSOSでも同じ事である．但し単純にSOSのみ踏まえてポワソン方程式からq関数を積分するなら，その際に密度自体の鉛直分布でなく密度勾配の鉛直分布が必要となる．それに対して予めクレロー方程式から扁平率の鉛直分布を算出しておけば，この扁平率を利用する事でも実はq関数の独立解が求められる．この場合，クレロー方程式には密度と重力のみ含まれており密度勾配まで含まれないから，その結果として密度勾配は陽に現れない形で独立解を求める事が出来る．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：地球潮汐、地球回転、地球内部構造
Keywords: Earth's Tide, Earth's Rotation, Earth's Interior

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain

*Menglin Zhao[1], juan wang[1], wang xu[1], bing hu[1], yisheng chen[1]

1. Capitai Normal University

Modern Earth fissure, ranging from renewed displacement on 1-km-long fault scarps to 9.8-km-long tension cracks, occur in the eastern part of Beijing plain. Most of the failures closely parallel the pre-existing Medio-Pleistocene fault zone. The pattern of earth fissure and the relation to the inferred fault remain controversial. An integrated project, including PSInSAR, geophysical and trenching methods, has been conducted to characterize the formation of earth fissure. The results indicate that this earth fissure was caused by groundwater-level decline rather than natural tectonism. In addition, it is the first time to accurate the initiation and terminal Location of pumping-induced earth fissures within the fault zone.

Keywords: PSInSAR, earth fissure, Hydrogeophysical, fault scarps

**Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain**

Wang Xu[1] Yisheng Chen[1] ·Bing Hu[1] ·Juan Wang[1] Menglin Zhao[1] Youquan Zhang[1]

Abstract

Modern Earth fissure, ranging from renewed displacement on 1-km-long fault scarps to 9.8-km-long tension cracks, occur in the eastern part of Beijing plain. Most of the failures closely parallel the pre-existing Medio-Pleistocene fault zone. The pattern of earth fissure and the relation to the inferred fault remain controversial. An integrated project, including PSInSAR, geophysical and trenching methods, has been conducted to characterize the formation of earth fissure. The results indicate that this earth fissure was caused by groundwater-level decline rather than natural tectonism. In addition, it is the first time to accurate the initiation and terminal Location of pumping-induced earth fissures within the fault zone.

*Keywords*: *PSInSAR; earth fissure; Hydrogeophysical;* fault scarps; groundwater ; *trenching.*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

## [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)

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.

### [SGD03-P01] The Study of Sky Condition Prediction and Combination Efficiency Estimation about Multi-GNSS

*Chieh-Ting Chou[1]、Yi-Shan - Li[2]、Yen-Te - Li[1]、Wan-Yu - Yu[1] (1.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Graduate Student、2.Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Assistant Professor)

### [SGD03-P02] 迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究（２）

*中川 弘之[1] (1.国土交通省国土地理院)

### [SGD03-P03] 天竜船明長基線レーザー伸縮計の特性とスロースリップの検知能力

*勝間田 明男[1]、高森 昭光[2]、新谷 昌人[2] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学地震研究所)

### [SGD03-P04] レーザーひずみ計の性能評価

*高森 昭光[1]、新谷 昌人[1]、勝間田 明男[2]、森井 亙[3]、三代 浩世希[4]、大橋 正健[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象研究所、3.京都大学防災研究所、4.東京大学宇宙線研究所)

### [SGD03-P05] 固体地球の流体核共鳴を含む潮汐ラブ数の算出方法

*原田 雄司[1,2]、大久保 修平[3] (1.澳門科技大学太空科学研究所月球与行星科学国家重点実験室、2.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、3.東京大学地震研究所高エネルギー素粒子地球物理学研究センター)

### [SGD03-P06] Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain

*Menglin Zhao[1]、juan wang[1]、wang xu[1]、bing hu[1]、yisheng chen[1] (1.Capitai Normal University)

# The Study of Sky Condition Prediction and Combination Efficiency Estimation about Multi-GNSS

*Chieh-Ting Chou[1], Yi-Shan - Li[2], Yen-Te - Li[1], Wan-Yu - Yu[1]

1. Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Graduate Student,
2. Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University, Assistant Professor

The Global Navigation Satellite System (GNSS) is widely used in military and civilian applications because of the high-precision services of positioning, velocity and time-of-flight (PVT) at any time and any place. At present, GNSS include the GPS of the United States, the GLONASS of Russia, the Galileo of European Union and the Beidou of China. Due to the rapid development and diversity of GNSS, the positioning efficiency of multi-GNSS is an important information for user reference when surveying.

In this study, the sky condition of the project area is predicted by the STK software. It is expected that the best location and period of observation can be provided to improve the observation efficiency according to simulated calculate the satellite geometric distribution and satellite visible number. Based on mentioned above, the observation efficiency can be improved. In addition, this study conducts a study on the positioning effectiveness of GNSS by actual observation data through different combination of satellite systems, ephemeris and weathers. In the discussion of sky condition prediction, the prediction is successfully carried out. In the discussion of GNSS combination, the results show that the GPS satellite system is relatively stable and highly accurate compared to other satellite systems. The relative positioning accuracy of multi-GNSS with GPS satellite system compared to without GPS system can improve 14ppm. In the discussion of different ephemeris, the short baselines can produce consistent results with relative accuracy in either broadcast or precision ephemeris. In the discussion of weathers, the relative accuracy of observations on a sunny day can be improved by 4ppm compared to a rainy day.

Keywords: GNSS, sky condition prediction, combination efficiency

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究（２）
# Research on the development of rapid and accurate GNSS routine analysis system (2)

*中川 弘之[1]
*Hiroyuki Nakagawa[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. The Geospatial Information Authority of Japan

国土地理院はGEONETで取得されるGNSSデータを定常的に解析し、日本全国の地殻変動を監視している。この結果は、地震活動の評価や火山活動の監視における基礎的な資料として活用されている。

しかし、地震発生のタイミングや火山活動の進行速度によっては、現在のGEONET定常解析の性能をもってしても迅速性や時間分解能が不十分な場合もあり、より迅速で高い時間分解能を持つ定常解析手法が求められている。

そこで、我々は端数の整数不確定性を決定する精密単独測位法(PPP-AR法)に着目した。これは、GNSS衛星の精密な軌道・時刻情報に加えて位相端数バイアス(Fractional Cycle Bias; FCB)と呼ばれる補正情報を用いることで、観測点毎に干渉測位法に匹敵する精度で精密単独測位を行うものである。その特徴は、格段に少ない計算負荷で迅速に、1エポックごとの位置を算出できることである。超巨大地震で広域な地殻変動が発生した場合についても、電子基準点の変位を直接に算出でき固定点が不要であるという利点もある。

国土地理院では、PPP-AR法をベースに現在の定常解析よりも迅速・高精度な GNSS 解析手法を開発し、将来のGEONET定常解析を想定してこれを実装したプロトタイプシステムを開発すること目的とする研究開発を2017年度より3年計画で実施している。この研究では、GEONETの1秒値データを用いて、定常的かつ安定的に、1秒間隔で水平方向のばらつき約1cmの解を、データ収集の約2時間後までに算出することを目標としている。

2018年度は開発中のプロトタイプシステムを用いて、2018/7/12～8/12の31日間について試験解析を実施した。試験期間においてはGEONET全点について各日1回、0時～翌0時までの24時間の1秒時系列解を計算し、推定した衛星軌道・クロック及び求められたGEONETの時系列解の評価を行った。まず、推定した衛星軌道及び衛星クロックの品質評価としてIGS最終暦及びCODE暦のクロックとの差のRMSを計算した。暫定的な結果として、軌道情報に関してはGPSではおよそ2.7cm、GLONASSではおよそ8.8cm、また、クロックに関しては、GPSでは4.15ns、GLONASSについては6.02nsが得られた。続いて、GEONET時系列解の再現性の評価として、時系列の水平成分の標準偏差の度数分布を求めた。その結果、度数のピークは標準偏差が1.0～1.2cmの区間で、全体のおよそ25%の時系列がこの区間に含まれた。一方で、本研究で目標としている標準偏差1cm以下となった時系列の割合は全体の21%であり、1.4cm以下となった割合が68%であった。

本発表では、その原因について考察を進めると共に、軌道・クロックの品質及び時系列解の品質の改善方法について検討を行う予定である。

キーワード：GNSS、PPP-AR、GEONET定常解析、GEONET
Keywords: GNSS, PPP-AR, GEONET routine analysis, GEONET

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 天竜船明長基線レーザー伸縮計の特性とスロースリップの検知能力
# Characteristics of the Tenryu-Funagira laser extensometer and its detection ability of slow slips

*勝間田 明男[1]、高森 昭光[2]、新谷 昌人[2]
*Akio Katsumata[1], Akiteru Takamori[2], Akito Araya[2]

1. 気象庁気象研究所、2. 東京大学地震研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Katsumata et al. (2010)は浜松市天竜区の船明トンネルに基線長400mのレーザー伸縮計を構築して、地殻変動観測を行った。その結果、当レーザー伸縮計により短期的スロースリップを検知するとともに、スペクトル解析から長期的スロースリップをGNSSよりも早期に検知可能であることを明らかにした。しかしながら、光源に用いたヨウ素安定化He-Neレーザーの発振管の寿命は比較的短く、数年に渡る連続観測には適さなかった。光源を以前のヨウ素安定化レーザーからAraya et al. (2002)によるヨウ素安定化YAGレーザーに入れ替えて、レーザー伸縮計を再構成し2018年3月から観測を始めた。変動速度の速い変動に対応するため、データ収録は以前の1kS/sから10kS/sと高速化した。

これまでに得られた数ヶ月程度の伸縮データを以前のHe-Neレーザーを用いて得られたデータと比較した。長期トレンド・気圧応答・潮汐応答・ノイズスペクトルレベルなどについて比較を行った。以前のデータには$10^{-7}$ strain/year程度のトレンドが認められたが、レーザー装置入れ替え後のデータにはそのようなトレンドは認められていない。以前にもトレンドは変化している様子が認められた。以前に観測されたトレンドは局所的な原因による可能性がある。気圧応答・潮汐応答については、大きな変化は認められない。以前のデータからトレンドを除去したデータと、今回得られたデータのスペクトルレベルを比較したが、0.1秒から数ヶ月程度の周期の変動レベルにおいて、ほぼ一致していると見られた。

Ide et al. (2007)は、スロー地震の地震モーメントはその継続時間に比例していることを示した。地震モーメントと継続時間が比例しているということは、ひずみ変化のレートは規模によらずに一定と解釈される。また、現在までのところ、超低周波地震（VLFE)と短期的スロースリップの間のイベントは知られていない。Katsumata et al.(2010)では、天竜船明レーザー伸縮計は、短期的スロースリップと同程度のひずみレートをもつ現象は1日で検知可能と見積もられている。もし継続時間１日程度のスロースリップが発生しているとすると、天竜船明レーザー伸縮計により検知可能とみられる。

キーワード：レーザー伸縮計、ヨウ素安定化レーザー、スロースリップの観測
Keywords: Laser extensometer, iodine-stabilized laser, slow-slip observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# レーザーひずみ計の性能評価
# Performance evaluation of laser strainmeters

*高森 昭光[1]、新谷 昌人[1]、勝間田 明男[2]、森井 亙[3]、三代 浩世希[4]、大橋 正健[4]
*Akiteru Takamori[1], Akito Araya[1], Akio Katsumata[2], Wataru Morii[3], Kouseki Miyo[4], Masatake Ohashi[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 気象研究所、3. 京都大学防災研究所、4. 東京大学宇宙線研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Meteorological Research Institute, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo

We have constructed four laser strainmeters which are in operation to observe Earth’ s strain in underground sites in Japan. The strainmeters are asymmetric Michelson interferometers implemented with a long main arm (ranging from 100 m to 1.5 km, depending on deployment) that follows ground motion and a short reference arm (shorter than 1 m) which is mounted on a stable platform isolated from the ground. The ground strain is observed by detecting phase difference of the two beams that enter and return from these arms. Due to the sensitivity of the phase difference to laser frequency caused by the mismatch of the arm lengths, the laser frequency needs to be stabilized to maintain high resolution of the instruments in long term. For this purpose, we developed a laser frequency stabilization system that locks a Nd:YAG laser to one of the iodine absorption lines, with the designed stability of 10e-13 to 10e-12. In order to evaluate the performance of the strainmeters, we have been studying stability of the lasers by comparing equivalent systems in situ. The details and results of the experiments are presented together with the estimated performance of the strainmeters.

キーワード：レーザーひずみ計、周波数安定化レーザー
Keywords: laser strainmeter, frequency stabilized laser

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 固体地球の流体核共鳴を含む潮汐ラブ数の算出方法
# Calculation Method of the Tidal Love Numbers with the Fluid Core Resonance of the Solid Earth

*原田 雄司[1,2]、大久保 修平[3]
*Yuji Harada[1,2], Shuhei Okubo[3]

1. 澳門科技大学太空科学研究所月球与行星科学国家重点実験室、2. 東京大学地震研究所海半球観測研究センター、3. 東京大学地震研究所高エネルギー素粒子地球物理学研究センター
1. State Key Laboratory of Lunar and Planetary Science, Space Science Institute, Macau University of Science and Technology, 2. Ocean Hemisphere Research Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Center for High Energy Geophysics Research, Earthquake Research Institute, University of Tokyo

固体地球の非剛体性が地球潮汐や地球回転に及ぼす効果は核やマントルの力学的挙動を理解する上で重要である．その典型的な一例として挙げられるのが地球の自転運動の微小な擾乱，特に章動に対する扁平な流体核による力学的共鳴の影響，即ち自由核章動の励起である．この自由核章動は回転運動のみならず潮汐変形をも増幅させる効果を有する．

固体潮汐に対する流体核の影響は笹尾他の理論（以下SOS理論）に基づいて予測可能である．このSOSでは球対称地球の静的変形の計算手法（例えば竹内や斎藤）を応用することで流体核共鳴が潮汐変形に及ぼす効果を比較的簡易に見積もる事が出来る．この近似的手法は更に拡張されて後に国際天文学連合における章動理論の基礎（例えばマシューズ他）としても採用（IAU2000）されている．

本研究では潮汐変形を表現するラブ数をSOS理論に基づいて見積もる為に幾つか新しい技巧を施したので，その結果を報告する．その工夫とは主に以下の二点である．（尚，これらの点を除けば今回の報告と類似の内容が昨年度連合大会，同測地学会講演会でも既に報告されている．ここでは前回の詳細は省略するので当該学会の投稿原稿を参照されたい．）

一つ目の工夫は固体層の動径関数（以下y関数）の独立解の計算であり，ここでは特にy関数の数値積分において一部の独立解が計算不要となる事を示す．ここで言うy関数には流体核共鳴の影響を含む動的y関数と含まない静的y関数の両方が該当する．この内の静的y関数を算出する方法の一つは潮汐変形に限らず地球の静的変形に対して一般的に広く用いられている竹内や斎藤の手法であり，その中では原点で正則な独立解のみ積分すれば良い．それに対して動的y関数に関しては彼等の方法を全く同じ様に適用する事が出来ないので，その代わりに原点で発散する独立解も積分して，それら全ての独立解を利用する．この場合，固液境界の粘性結合を無視すれば，その境界における剪断応力も打ち消される．それに応じて積分すべきy関数の独立解を減らす事が出来る．

二つ目の工夫は液体層の動径関数（以下q関数）の独立解の計算であり，ここでは特にq関数の数値積分において密度の鉛直微分が計算不要となる事を示す．その独立解の求め方は液体の非圧縮性を仮定すれば単なる重力ポテンシャルのポワソン方程式の積分に帰着する．それは竹内や斎藤の手法でもSOSでも同じ事である．但し単純にSOSのみ踏まえてポワソン方程式からq関数を積分するなら，その際に密度自体の鉛直分布でなく密度勾配の鉛直分布が必要となる．それに対して予めクレロー方程式から扁平率の鉛直分布を算出しておけば，この扁平率を利用する事でも実はq関数の独立解が求められる．この場合，クレロー方程式には密度と重力のみ含まれており密度勾配まで含まれないから，その結果として密度勾配は陽に現れない形で独立解を求める事が出来る．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：地球潮汐、地球回転、地球内部構造
Keywords: Earth's Tide, Earth's Rotation, Earth's Interior

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain

*Menglin Zhao[1], juan wang[1], wang xu[1], bing hu[1], yisheng chen[1]

1. Capitai Normal University

Modern Earth fissure, ranging from renewed displacement on 1-km-long fault scarps to 9.8-km-long tension cracks, occur in the eastern part of Beijing plain. Most of the failures closely parallel the pre-existing Medio-Pleistocene fault zone. The pattern of earth fissure and the relation to the inferred fault remain controversial. An integrated project, including PSInSAR, geophysical and trenching methods, has been conducted to characterize the formation of earth fissure. The results indicate that this earth fissure was caused by groundwater-level decline rather than natural tectonism. In addition, it is the first time to accurate the initiation and terminal Location of pumping-induced earth fissures within the fault zone.

Keywords: PSInSAR, earth fissure, Hydrogeophysical, fault scarps

**Integrating PSInSAR and Hydrogeophysical Methods for the Characterization of a Earth fissure in the eastern Beijing plain**

Wang Xu[1] Yisheng Chen[1] ·Bing Hu[1] ·Juan Wang[1] Menglin Zhao[1] Youquan Zhang[1]

Abstract

Modern Earth fissure, ranging from renewed displacement on 1-km-long fault scarps to 9.8-km-long tension cracks, occur in the eastern part of Beijing plain. Most of the failures closely parallel the pre-existing Medio-Pleistocene fault zone. The pattern of earth fissure and the relation to the inferred fault remain controversial. An integrated project, including PSInSAR, geophysical and trenching methods, has been conducted to characterize the formation of earth fissure. The results indicate that this earth fissure was caused by groundwater-level decline rather than natural tectonism. In addition, it is the first time to accurate the initiation and terminal Location of pumping-induced earth fissures within the fault zone.

*Keywords*: *PSInSAR; earth fissure; Hydrogeophysical;* fault scarps; groundwater ; *trenching.*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

## [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)

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．

[SSS13-P01] 2018年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測

*西村 武[1]、野口 竜也[2]、小野 祐輔[2]、河野 勝宣[2]、日比 慧慎[1] (1.鳥取大学 大学院 持続性社会創生科学研究科 博士前期課程 工学専攻 社会システム土木コース、2.鳥取大学大学院 工学研究科)

[SSS13-P02] **Nonlinear site amplification for high intensity ground motions during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake**

*Yadab Prasad Dhakal[1]、Takashi Kunugi[1]、Takeshi Kimura[1]、Wataru Suzuki[1]、Shin Aoi[1] (1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED))

[SSS13-P03] 平成30年北海道胆振東部地震で大震度を観測したK-NET追分およびKiK-net追分における微動アレイ探査

*古川 拓人[1]、時松 孝次[1]、大川 出[1]、田中 均[1]、元木 健太郎[2] (1.株式会社 東京ソイルリサーチ、2.株式会社 小堀鐸二研究所)

[SSS13-P04] 拡散波動場理論に基づくK-NET追分とKiK-net追分の地下構造モデルの推定：近接2地点の同時逆解析

*古家 萌子[1]、元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、古川 拓人[2] (1.株式会社小堀鐸ニ研究所、2.株式会社東京ソイルリサーチ)

[SSS13-P05] Exploration of the velocity structure model in the Mukawa town, damaged area during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*重藤 迪子[1]、高井 伸雄[2]、堀田 淳[3]、野本 真吾[3]、前田 宜浩[4]、高橋 浩晃[2]、一柳 昌義[2]、山中 浩明[5]、地元 孝輔[5]、津野 靖士[6]、是永 将宏[6]、山田 伸之[7] (1.九州大学、2.北海道大学、3.株式会社ジオテック、4.防災科学技術研究所、5.東京工業大学、6.公益財団法人鉄道総合技術研究所、7.高知大学)

[SSS13-P06] 三次元速度構造を考慮したGreen関数と強震記録による2018年北海道胆振東部地震の震源過程

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1] (1.京都大学防災研究所)

[SSS13-P07] 強震波形記録を用いて推定された平成30年北海道胆振東部地震の震源過程

*久保 久彦[1]、鈴木 亘[1]、岩城 麻子[1]、青井 真[1]、関口 春子[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.京都大学防災研究所)

[SSS13-P08] 平成30年北海道胆振東部地震の広帯域地震動シミュレーション

*岩城 麻子[1]、森川 信之[1]、前田 宜浩[1]、久保 久彦[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P09] **波形のS波初動部分を用いた波形逆解析による熊本平野および益城町周辺の深部地盤構造の推定**

*室井 謙吾[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]、三宅 弘恵[3]、山田 伸之[4] (1.東京工業大学環境・社会理工学院、2.公益財団法人鉄道総合技術研究所、3.東京大学大学院情報学環/地震研究所、4.高知大学理工学部)

[SSS13-P10] 2016年熊本地震の余震記録を用いた高周波経験的グリーンテンソル微分（EGTD）の高精度化への検討

*吉田 沙由美[1]、堀家 正則[1]、宮腰 研[2] (1.株式会社阪神コンサルタンツ、2.一般財団法人　地域　地盤　環境研究所)

[SSS13-P11] 2016年熊本地震の余震記録のスペクトル分離解析による熊本平野の地盤増幅特性の評価

*飯田 朋美[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、篠山 大輝[8]、津野 靖士[5]、是永 将宏[5]、山田 伸之[7]、三宅 弘恵[6]、神野 達夫[3]、重藤 迪子[3]、吉見 雅行[2]、松島 信一[4]、川瀬 博[4]、浅野 公之[4]、岩田 知孝[4] (1.東京工業大学、2.産業技術総合研究所、3.九州大学、4.京都大学、5.鉄道総合技術研究所、6.東京大学、7.高知大学、8.電力中央研究所)

[SSS13-P12] 2016年4月15日熊本の地震(Mj6.4)の運動学的および動力学震源モデル

*吉田 邦一[1]、宮腰 研[1] (1.一般財団法人 地域 地盤 環境 研究所)

[SSS13-P13] 曲面断層を考慮した2003年宮城県北部の地震（$M_{JMA}$6.4）の震源破壊過程と強震動生成域

*染井 一寛[1]、宮腰 研[1]、郭 雨佳[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[SSS13-P14] 強震動記録を用いた2018年島根県西部の地震（Mw5.6）の震源破壊過程の推定

*倉橋 奨[1]、宮腰 研[2] (1.愛知工業大学、2.地域地盤環境研究所)

[SSS13-P15] 震源近傍の強震記録に基づくM6クラスの地震のSMGAの推定－2011年茨城県北部の地震（M6.1）を対象として－

*元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、塩田 哲生[2] (1.小堀鐸二研究所、2.四国電力)

[SSS13-P16] 地表および潜在断層地震における国内の内陸地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則の違い

*吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]、野口 竜也[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P17] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その１：地震動予測式の選定）

*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)

[SSS13-P18] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その２：地震動ハザード評価）

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

[SSS13-P19] **2018年大阪府北部地震による富士川河口断層帯周辺地域における長周期地震動のシミュレーション**

*橋本 整奈[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、是永 将宏[2]、津野 靖士[2]、三宅 弘恵[3]、先名 重樹[4] (1.東京工業大学　環境社会理工学院、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所、3.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、4.防災科学技術研究所)

[SSS13-P20] コーダ規格化法を用いた茨城県周辺域のKiK-net観測点におけるサイト増幅特性の推定

*河原 純[1]、中村 敬浩[1]、山田 卓司[1] (1.茨城大学大学院理工学研究科)

[SSS13-P21] 2014年長野県北部の地震における堀之内地区の地震動レベルの推定

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

[SSS13-P22] Ground type classification for strong ground motion prediction based on characteristics of phase-velocity curves from microtremor explorations

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、松山 尚典[2]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、藤原 広行[2] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P23] **地震被害推定のための地盤モデルの構築**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P24] **近年の液状化被害を踏まえた液状化被害率の検討**

*先名 重樹[1]、小澤 京子[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P25] **MeSO-net観測点における地表地震記録の推定**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P26] 微動アレイ探査における水平動成分を利用した位相速度推定手法によるラブ波抽出の可能性について－愛知県西尾市の場合

*土田 琴世[1]、堀家 正則[1]、山田 浩二[1]、末廣 匡基[1]、吉田 沙由美[1] (1.株式会社阪神コンサルタンツ)

[SSS13-P27] 東海地域における微動アレイ探査に基づく浅部地盤構造モデルの高度化

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、松山 尚典[2]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P28] 強震動を用いた地震波干渉法による千葉県下総地域の地震基盤構造モデルの検証

*地元 孝輔[1]、山中 浩明[1] (1.東京工業大学)

[SSS13-P29] 微動アレイ観測に基づく佐賀平野のＳ波速度構造

*吉見 雅行[1]、重藤 迪子[2]、丸山 正[1] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.九州大学大学院人間環境学研究院)

[SSS13-P30] 島根県大田市波根地区および久手地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、山口 仁、森田 悠平、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P31] 鳥取県北栄町由良地区および西園地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、留奥 勝也、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P32] ネパール・カトマンズ盆地における反射法地震探査

*小鹿 浩太[1]、川崎 悠介[1]、プラダン オム[1]、山本 正人[1]、信岡 大[1]、松原 由和[1]、松山 尚典[1]、Monika Jha[2]、Chintan Timisina[2]、Suresh Shrestha[2]、Mukunda Bhattarai[2]、Dinesh Nepali[2]、Soma Nath Sapkota[2]、三宅 弘恵[3]、纐纈 一起[3] (1.応用地質株式会社、2.ネパール産業省鉱山地質局、3.東京大学地震研究所)

[SSS13-P33] ネパール・カトマンズ盆地トリブバン国際空港近傍での広帯域微動アレイ探査

*横井 俊明[1]、林田 拓己[1]、バッタライ ムクンダ[2]、ポカレル タラ[2]、シュレスタ スレッシュ[2]、ティムシナ チンタン[2]、バッタライ シュニタ[2]、ネパリ ディネッシュ[2] (1.国立研究開発法人　建築研究所国際地震工学センター、2.ネパール産業商務省鉱山地質局)

[SSS13-P34] 小規模微動アレイ(5～15m)によるベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市周辺の平均S波速度分布

*長 郁夫[1]、大久保 慎人[2] (1.産業技術総合研究所、2.高知大学)

[SSS13-P35] Microtremor Array Exploration in the Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia

*大久保 慎人[1] (1.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS13-P36] **Turkey-Japan Joint Project on Modeling of Geological Structures for Strong Ground Motion Simulations due to Crustal Earthquakes in Eskisehir Basin, Turkey, by Using Seismic Interferometry Method**

*Mehmet Safa Arslan[1]、Kosuke Chimoto[2]、Asim Oguz Ozel[1]、Hiroaki Yamanaka[2] (1.ISTANBUL UNIVERSITY-CERRAHPASA、2.TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

---

[SSS13-P37] **Nonlinear Ground Motion Response During the 2016 Meinong Taiwan Earthquake**

*Kuo-Liang Wen[1]、Chun-Te Chen[2] (1.National Central University, Department of Earth Sciences、2.Academia Sinica, Institute of Earth Sciences)

---

[SSS13-P38] Earthquake damage of the 2017 Pohang earthquake in South Korea

*Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Dong-Hyo Sohn[1]、Seolhan You[1]、Jongsun Sun[1]、Seongheum Cho[1]、Duk-Kee Lee[1] (1. Korea Meteorological Administration)

# 2018年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測

# Observation of Aftershock due to the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake and Microtremor observation in the Damaged Area

*西村 武[1]、野口 竜也[2]、小野 祐輔[2]、河野 勝宣[2]、日比 慧慎[1]
*Isamu Nishimura[1], Tatsuya Noguchi[2], Yusuke Ono[2], Masanori Kohno[2], Keishin Hibi[1]

1. 鳥取大学 大学院 持続性社会創生科学研究科 博士前期課程 工学専攻 社会システム土木コース、2. 鳥取大学大学院 工学研究科
1. Graduate School of Sustainability Science,Tottori Univercity,Department of Engineering,Social Systems and Civil Engineering Program, 2. Department of Engineering Tottori Univercity

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震において被害の原因を探るために，震源近傍の強震観測点を中心に微動観測と地震観測を実施した．

微動観測は2018/11/7，11/8，11/9の日中に，地すべり箇所（厚真町）1地点（ATM），建物被害箇所（むかわ町寺前）1地点（MKW1），強震観測点のK-NET鵡川（MKW2），K-NET追分（OIW1），KiK-net追分（OIW2），JMA鹿沼（SKN）4地点の計6地点で実施した．使用機器には加速度型微動計JU410（白山工業）を用い，測定方向を水平動2成分(NS，EW)成分，上下動成分の3成分とし，サンプリング周波数は200Hz，GPSクロックにより時刻校正させる仕様で，測定時間は10分間程度の測定を行った．全箇所とも微動計4台を用いて，円の中心に1台，円周上に等間隔で3台（内接する三角形の各頂点）に配置させるアレイ観測を実施した．地すべり箇所では山体の山頂部と麓にそれぞれ1台の微動計を設置させて同時観測も実施している．

微動の3成分観測記録より，20.48秒を5区間以上選定し，3成分のフーリエスペクトルを算出，対数ウィンドウ（係数20）で平滑化し，水平動のスペクトルと上下動のスペクトルの比(H/V)を求めた．アレイ観測記録は，CCA法（Cho et. al.，2006）によりセグメント長10.24秒，Parzenウィンドウ（バンド幅0.3Hz）でスペクトルを平滑化し，位相速度分散曲線を求めた．位相速度分散曲線とH/Vを用いて，レイリー波基本モードを仮定して，試行錯誤で地盤構造モデルを推定した．

地震観測は2018/11/7～11/8に地すべり箇所（厚真町）で実施した．使用機器には速度型地震計KVS300(近計システム)とデータレコーダー(計測技研)を組み合わせて，地震計は埋設し，測定方向を水平動2成分(NS，EW)成分，上下動成分の3成分とし，サンプリング周波数200Hzで常時収録，GPSクロックによる時刻校正，バッテリー稼働とする仕様とした．設置場所は地すべり箇所の山体の山頂付近で元の地盤が残存する箇所とした．

地震観測記録より，S波部の10.24秒の区間を切り出し，両端に0.5%のコサインテーパーを施し，Parzenウィンドウ（バンド幅0.3Hz）でスペクトルを平滑化し，各成分のフーリエスペクトルを算出，微動記録と同様にH/Vを求めた．

いずれの観測点においても地下10ｍまでがS波速度75～130m/sと推定され、これは火山灰の層に対応していると考えられる。特に被害が生じた鹿沼，厚真町の観測点では堆積時期が異なる火山灰の層が2層重なって堆積しており、この層が大規模な地震地すべりを引き起こしたと示唆される。微動および地震動H/Vの卓越周期は、この火山灰層の層厚に対応していると考えられる。また、尾根筋の方向と直行方向のH/Vのスペクトル振幅が、平行な方向のそれより大きくなることもわかった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：微動探査、地すべり、H/Vスペクトル、S波速度、地盤構造
Keywords: Microtremor observation, landslide, H / V spectral ratio, S-wave velocity, subsurface abstraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Nonlinear site amplification for high intensity ground motions during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*Yadab Prasad Dhakal[1], Takashi Kunugi[1], Takeshi Kimura[1], Wataru Suzuki[1], Shin Aoi[1]

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED)

Large peak ground accelerations (PGAs) exceeding 1g on both the horizontal and vertical components were recorded at a fault distance of about 25 km during the September 6, 2018, Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake. Explaining the large PGAs at the distance for the magnitude of the event requires detailed investigation of the site response and source radiations. At several sedimentary sites, peak ground velocities (PGVs) exceeding 100 cm/s were recorded. Comparison of the observed PGAs and PGVs with the ground motion prediction equations (GMPEs) by Si and Midorikawa (1999) revealed that the observed data, especially the PGVs, were substantially larger at fault distances smaller than about 40-50 km, while the data at longer distances showed little or no trend different from the GMPEs. This motivated us to examine the site response during the earthquake. We processed many small amplitude (PGAs between 5 and 20 cm/s/s) accelerograms from earthquakes that occurred prior to the mainshock (the Mw 6.6 event) at sixteen KiK-net sites, and compared the surface-to-borehole spectral ratios between the small-amplitude ground motions from prior earthquakes and large-amplitude ground motions recorded during the mainshock. The comparison suggested that the sites at short distances where PGVs were underestimated, sustained various degrees of nonlinear site response, and the recovery is still undergoing at some of the sites based on similar analysis of aftershock recordings. Nonlinear site amplification has been known for a long time for the reduction of short-period ground motion amplitudes at a soil site during strong input motions compared with the weak input motions. Another commonly reported effect of nonlinear site response is the shift of predominant frequency to lower one. This second effect was found to be very prominent during the mainshock at soil sites and smaller distances, which caused stronger amplification at relatively longer-periods resulting into large PGVs and large JMA intensities. At the site of largest PGA, the ground motions were amplified by an order of magnitude at the new predominant frequency during the mainshock. We also analyzed the horizontal-to-vertical (H-to-V) spectral ratios at K-NET sites where PGAs were larger than 200 cm/s/s. We found that the K-NET sites also experienced larger degree of nonlinear site response at sites of larger PGAs. Based on the above analysis, the nonlinear site amplification could be one of the major reasons for the high intensity ground motions that were underestimated at the smaller distances by the GMPEs. Moreover, two sites (IBUH01: KiK-net; HKD127: K-NET), which were closely located, recorded vertical PGAs exceeding 1g for the up going motions at the surface, and the recordings showed asymmetric waveforms and amplitudes characteristics to the nonlinear site response reported during a few earthquakes in the past. A few sites having lower vertical PGAs were also suspected of being experienced nonlinear site response on vertical motions. Finally, we derived an ad-hoc equation to correct for the nonlinear site amplification in the prediction of horizontal PGVs with respect to the GMPE by Si and Midorikawa (1999). The results indicated that the stronger input motions may induce larger changes in PGVs at the surface than that for a proportional change in the shallow S-wave velocities (Dhakal et al. 2019).

Reference:

Dhakal YP, Kunugi T, Kimura T, Suzuki W, Aoi S (2019) Peak ground motions and characteristics of nonlinear site response during the 2018 Mw 6.6, Hokkaido eastern Iburi earthquake. Earth, Planets and Space (submitted)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Si H, Midorikawa S (1999) New attenuation relations for peak ground acceleration and velocity considering effects of fault type and site condition. Journal of Structural and Construction Engineering Transactions of AIJ 523:63–70

Keywords: Soil nonlinearity, 2018 Iburi earthquake, PGA, PGV, Spectral ratios

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年北海道胆振東部地震で大震度を観測したK-NET追分およびKiK-net追分における微動アレイ探査
# Microtremor array measurements at strong motion recording stations, HKD127 and IBUH01, in 2018 Hokkaido Iburi earthquake.

*古川 拓人[1]、時松 孝次[1]、大川 出[1]、田中 均[1]、元木 健太郎[2]
*Takuto Kogawa[1], Koji Tokimatsu[1], Izuru Okawa[1], Hitoshi Tanaka[1], Kentaro Motoki[2]

1. 株式会社 東京ソイルリサーチ、2. 株式会社 小堀鐸二研究所
1. TOKYO SOIL RESEARCH CO.,LTD., 2. KOBORI RESEARCH COMPLEX INC.

**１．はじめに**

2018年9月6日3時7分に，北海道胆振地方東部でMj6.7の地震が発生した。この地震は，震源の深さが37kmと深いのに対し，震度6強や震度7の大振幅の地震動が観測されたという特徴がある。この要因の１つとして，地盤による地震動の増幅が考えられた。そこで筆者らは，表層地盤の増幅特性を推定する目的で，震度６強もしくは震度７を観測した地震観測点のうち6地点において，微動アレイ探査を実施した。

なお，本発表では，これらの探査地点のうち，ほぼ同位置であるのにもかかわらず計測震度に差が見られたK-NET追分(HKD127)およびKiK-net追分(IBUH01)に着目し，地盤構造を推定した結果を示す。

**２．微動アレイ探査**

微動アレイ探査のセンサー配置は正三角形の頂点と中心の4点とした。各点で上下動の測定を行い，アレイ中心では水平2成分を加えて3成分測定を行った。アレイ半径は，最小1mから最大200mまでとし，アレイ半径を変えて複数の探査を実施した。その際，半径10m以下のアレイ探査については地震観測点近傍にてそれぞれ実施したが，半径25m以上のアレイ探査については，K-NET追分とKiK-net追分の距離が約100mと近いことから，地震観測点周辺で実施した結果を両観測点に適用した。

**３．解析**

得られた微動データの波形が定常と考えられる区間を解析区間として選定し，微動アレイデータからは空間自己相関法(SPAC法)による分散曲線を，3成分の微動データからはH/Vスペクトルを算定した。これらの分散曲線およびH/Vスペクトルに適合する地盤構造を，遺伝的アルゴリズムによる逆解析で推定した。その際，H/Vスペクトルに対してはレイリー波およびラブ波の高次モードの影響を考慮し，また分散曲線についてはレイリー波の基本モードを仮定して推定した。

**謝辞**

小堀鐸二研究所の加藤研一氏には，微動アレイ探査の計画から解析に至るまで，多くのご助言とご配慮をいただきました。また，微動アレイ探査に際しては，株式会社小堀鐸二研究所の鈴木文乃氏，古家萌子氏，株式会社鹿島建設の星野和也氏，株式会社東京ソイルリサーチの斉藤実岬氏，川口智美氏にご協力いただきました。記して感謝いたします。

キーワード：微動アレイ測定、H/Vスペクトル、分散曲線、北海道胆振東部地震、速度構造
Keywords: Microtremor Array Measurement, H/V Spectra, Dispersion Curve, 2018 Hokkaido Iburi earthquake, Velocity Structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 拡散波動場理論に基づくK-NET追分とKiK-net追分の地下構造モデルの推定：近接2地点の同時逆解析

# Subsurface structure model based at diffuse-field theory in Oiwake region: Simultaneous inversion analysis on adjacent two sites

*古家 萌子[1]、元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、古川 拓人[2]
*Moeko Koie[1], Kentaro Motoki[1], Kenichi Kato[1], Takuto Kogawa[2]

1. 株式会社小堀鐸ニ研究所、2. 株式会社東京ソイルリサーチ
1. KOBORI RESEARCH COMPLEX INC., 2. TOKYO SOIL RESEARCH CO., LTD.

平成30年北海道胆振東部地震の際、K-NET追分では震度6強（6.4）、KiK-net追分では震度7（6.7）が観測された。2地点間の距離は100mほどであるにもかかわらず0.3の震度差が生じている。2地点の応答スペクトルをみると、KiK-net追分の卓越周期で両者の振幅差が最大となる。この原因のひとつとして、表層地盤構造の相違が考えられる。本検討では、拡散波動場理論に基づくH/Vの逆解析により2地点の地盤構造モデルを推定し、両者の相違点を検討した。

表層地盤の非線形の影響が小さく実体波が卓越する地震として、本震以前に発生し、かつ最大加速度100cm/s$^2$未満で震央距離の震源深さに対する比が2以上の地震を選定した。そのS波部分のH/V平均値を、逆解析に用いる観測H/Vとする。なお、水平成分は2成分の自乗和平方根とした。観測H/Vのピーク周期（以降、H/V周期）はK-NET追分がKiK-net追分より短い。また、長周期における両者の観測H/Vの値はおよそ一致した。

逆解析では、近接した2地点であり、さらに2地点の観測H/V平均値の長周期側の形状がよく似ていたことから、PS検層モデルの最下層（Vs=890m/s）以深を共通として、それ以浅の構造は各地点で探索する。深部構造を共通させるため、2地点同時逆解析を実施した。ハイブリッドヒューリスティック法を採用し、探索範囲はPS検層とJ-SHISによる情報を参照して設定した。J-SHISを参照した深部では層厚を探索させ、PS検層を参照した浅部では主にS波速度を探索させた。

逆解析の結果、各地点で観測H/Vに整合的なモデルが同定された。工学的基盤面相当の深さはK-NET追分で7mであるのに対し、KiK-net追分では20mとなった。また、AVS30はK-NET追分で278m/s、KiK-net追分では243m/sとなり、全体的にKiK-net追分のS波速度はK-NET追分より遅い結果となった。各地点で探索した浅部の増幅率を計算すると、増幅率の１次周期（以降、固有周期）はKiK-net追分（0.31s）よりK-NET追分（0.20s）が短い。また、本震の地表記録の擬似速度応答スペクトルの卓越周期（以降、本震の卓越周期）は、固有周期と同様にKiK-net追分（0.53s）よりK-NET追分（0.48s）が短い。固有周期と本震の卓越周期でKiK-net追分よりK-NET追分が短いことから、表層地盤の違いが本震地震動の違いに影響していると考えられる。しかしながら、固有周期よりも本震の卓越周期の方が2地点とも長い傾向にあり、表層地盤の非線形挙動が含まれている可能性がある。

今後は表層地盤の非線形性の影響も考慮した地盤増幅率を評価して震度の違いの原因を検討する予定である。

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、拡散波動場理論、H/V逆解析、地下構造
Keywords: The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Diffuse-field theory, H/V inversion, Subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Exploration of the velocity structure model in the Mukawa town, damaged area during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*重藤 迪子[1]、高井 伸雄[2]、堀田 淳[3]、野本 真吾 [3]、前田 宜浩[4]、高橋 浩晃[2]、一柳 昌義[2]、山中 浩明[5]、地元 孝輔[5]、津野 靖士[6]、是永 将宏[6]、山田 伸之[7]
*Michiko Shigefuji[1], Nobuo TAKAI[2], Jun Horita[3], Shingo Nomoto[3], Takahiro Maeda[4], Hiroaki Takahashi[2], Masayoshi Ichiyanagi[2], Hiroaki Yamanaka[5], Kosuke Chimoto[5], Seiji Tsuno[6], Masahiro Korenaga[6], Nobuyuki Yamada[7]

1. 九州大学、2. 北海道大学、3. 株式会社ジオテック、4. 防災科学技術研究所、5. 東京工業大学、6. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、7. 高知大学
1. Kyushu University, 2. Hokkaido University, 3. Geo-Technical Research Co.,Ltd, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Tokyo Institute of Technology, 6. Railway Technical Research Institute, 7. Kochi University

The 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake ($M_w$ 6.6, focal depth=37 km) occurred on 6 September 2018 at the Hidaka arc-arc collision zone, Hokkaido, Japan. The many building damages by strong ground motion were concentrated around K-NET Mukawa strong motion observation station (HKD126). Strong motion records had strong power in 1-2 second periods of the response spectrum to destroy the timber frame buildings. It is an important examination to know the cause of the generation of this destructive strong motion.

To understand the site effects of this strong motion, we estimate the velocity structure models by using the microtremor array and multichannel analysis of surface wave measurements at three sites; around HKD126 site, a hillside site located about 6 km north from HKD126, and midpoint between both sites. We carried out the microtremor array measurements (R=1-2000 m) on 14-16 December 2018. We used servo type velocity sensor (Le-3D/5s) and 24-bit data logger (DATAMARK LS-7000XT) with GPS time calibration. At small arrays (R<~10 m), we used moving coil accelerometer (JEP-6A3, 10V/g). The fundamental Rayleigh wave phase velocity is examined with the spatial autocorrelation method. We also carried out a multichannel analysis of surface wave to emphasize the high-frequency side phase velocity. We set 24 channel 4.5 Hz geophones in interval 1 m with GEODE and 10 kg wood hammer. The phase velocity is examined with the Frequency-wavenumber method. The shear wave velocity structure models are estimated to fit the dispersion curve of the fundamental mode of Rayleigh wave using the genetic algorithm inversion method (Yamanaka and Ishida, 1998). The phase velocity data of the large array (R=2000 m) were used in common to the three sites.

Comparing the velocity structures, the Vs=1300 m/s layer’s depth of HKD126 is shallower than the hillside site ones and midpoint depth is mid of both. This tendency of depth variation is the same as the seismic bedrock and subsurface structure depth variation of AIST model (Yoshida *et al.*, 2007) and J-SHIS V2 model (Fujiwara *et al.*, 2012). On the other hand, about the shallow part, engineering bedrock depth of hillside site is shallower than the HKD126. The midpoint’s seismic bedrock is mid for the others, however, the surface soft soil deposit is detected as richer than the HKD126. These features of the shallow part structure's variation are able to confirm by the surface geology or Vs30 values of J-SHIS.

Acknowledgements: A part of this study was supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research No. 18K19952 and 17H06215 from MEXT of Japan, and MEXT of Japan’s Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：2018北海道胆振東部地震、速度構造モデル、微動観測、表面波探査
Keywords: The 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake, Velocity structure model, Microtremor measurement, MASW

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 三次元速度構造を考慮したGreen関数と強震記録による2018年北海道胆振東部地震の震源過程

# Source Process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake Inferred from Strong Motion Data and Green's Functions Based on Three-Dimensional Velocity Structure Model

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1]
*Kimiyuki Asano[1], Tomotaka Iwata[1]

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

The source rupture process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake ($M_{JMA}$ 6.7) was analyzed by the kinematic waveform inversion using strong motion data. Since this earthquake occurred close to the Hidaka Collision Zone and the Ishikari Lowland, the crustal and sedimentary basin structure of surrounding region is rather complex. Thus, we tried to use a three-dimensional velocity structure model to compute theoretical Green's functions. We used the Japan Integrated Velocity Structure Model (JIVSM; Koketsu *et al.*, 2012), and the Green's functions were computed by the three-dimensional finite difference method. The source fault model with strike-angle variation was set by referring to the spatial distribution of early aftershocks and the Global CMT solution. The source rupture process was estimated by the multiple time-window kinematic waveform inversion method (e.g., Hartzell and Heaton, 1983). The observed data for the inversion was strong-motion velocity waveforms in 0.04–0.5 Hz at K-NET, KiK-net and F-net stations. The rupture starting point was assumed to be at the hypocenter located by JMA at a depth of 37 km. The strong motion stations were selected based on the result of forward ground motion simulation of an Mw 4.1 aftershock occurring on September 14, 2018.
The estimated source model has small slip in the vicinity of the hypocenter, but significant slip is found in the depth range from about 22 km to 32 km. The rupture mainly propagated toward shallow and southwest direction. Considering crustal structure in this region (e.g., Iwasaki et al., 2004; Kita et al., 2012), the large slip area (asperity) is located in the middle-to-lower crust, and its rupture does not reach the upper crust. The depth range of significant slip is consistent with the spatial distribution of early aftershocks. Later aftershocks occurring in shallower depth are thought to occur outside the mainshock's source fault.

Acknowledgements: Strong motion data from K-NET, KiK-net and F-net (NIED) and JMA unified hypocenter catalog were used in this study. This study was supported by the Grant-in-Aid for Special Purposes 18K19952 (PI: Prof. Hiroaki Takahashi at Hokkaido University) from MEXT.

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、強震記録、震源過程、三次元速度構造モデル
Keywords: the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, strong motion data, source rupture process, three-dimensional velocity structure model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強震波形記録を用いて推定された平成30年北海道胆振東部地震の震源過程

# Source process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake derived from strong motion data

*久保 久彦[1]、鈴木 亘[1]、岩城 麻子[1]、青井 真[1]、関口 春子[2]
*Hisahiko Kubo[1], Wataru Suzuki[1], Asako Iwaki[1], Shin Aoi[1], Haruko Sekiguchi[2]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 京都大学防災研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. DPRI, Kyoto University

The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake ($M_{jma}$ 6.7) struck southern Hokkaido, Japan on September 6, 2018 (JST). This earthquake caused strong ground motions over southern Hokkaido with a maximum seismic intensity of 7 on the JMA scale and a maximum PGA of over 1500 cm/s/s. In this study, we estimate the source process of this earthquake using strong motion waveforms.
For source-process analysis of this event, we develop a curved fault model based on the spatial distribution of aftershocks. This curved fault model consists of multiple planes, each with a width of 20 km, a common dip angle (65 degree), and a common top depth (approximately 22 km). The common dip angle refers to the moment tensor analysis of F-net. The strike angle of the planes smoothly changes along the strike direction: the strike angle is 15˚ at the north part, 340˚ at the central part, and 40˚ at the south part. The rupture starting point is set to the hypocenter determined by JMA. The curved fault model is divided into 15 subfaults along the strike direction and 10 subfaults along the dip direction.
We use velocity waveforms at 20 stations of K-NET and KiK-net, F-net of NIED. The waveforms are band-pass filtered between 0.05 and 0.5 Hz, resampled to 10 Hz, and windowed from 1 s before S-wave arrival for 25 s.
Green's functions are calculated with the discrete wavenumber method (Bouchon 1981) and the reflection/transmission matrix method (Kennett and Kerry 1979) assuming 1-D velocity structure models. The structure models are obtained for each station from the 3-D structure model (Fujiwara et al. 2009). Logging information is also used for the KiK-net station. To consider the rupture propagation effect, 25 point-sources are uniformly distributed over each subfault in the calculation of Green’ s functions.
The multi-time-window linear waveform inversion method (Olson and Apsel 1982; Hartzell and Heaton 1983) is used in this study. The slip time history of each subfault is discretized using eight smoothed ramp functions (time windows) progressively delayed by 0.4 s and having a duration of 0.8 s each. The triggering velocity of first time window is set to 1.4 km/s to minimize the data-fit residual. Two orthogonal slips of each time window at each subfault are derived by minimizing the difference between the observed and synthetic waveforms using the non-negative least-squares scheme (Lawson and Hanson 1974). The slip angle is allowed to vary centered at 107˚, which is the rake angle of the F-net analysis. In addition, we impose a spatiotemporal smoothing constraint on slips (Sekiguchi et al. 2000).
In the estimated source model, the large slips are found at approximately 30 km depth in the up-dip direction from the hypocenter. In the first 6 s, the rupture grows slowly around the hypocenter with small slips. Then, the rupture developed with the large moment release between 6 s and 12 s in the large slip area. The large slip area does not overlap with the active aftershock area

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、震源過程、強震動
Keywords: 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, Source process, Strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年北海道胆振東部地震の広帯域地震動シミュレーション
# Broadband ground-motion simulation of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*岩城 麻子[1]、森川 信之[1]、前田 宜浩[1]、久保 久彦[1]、藤原 広行[1]
*Asako Iwaki[1], Nobuyuki Morikawa[1], Takahiro Maeda[1], Hisahiko Kubo[1], Hiroyuki Fujiwara[1]

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

１．はじめに

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震（$M_{JMA}$6.7）弱を観測するなど各地に強い揺れがもたらされた．震源域周辺は，陸域としては他の地域と比べて深い場所で地震活動が見られる地域に相当し（地震調査委員会，2018），これまでの内陸地殻内地震の地震動予測で対象としていない深さである．このような深い地殻内地震による強い揺れが，従来の地震動予測の枠組みで説明可能かどうか検証する必要がある．

２．広帯域地震動シミュレーション

この地震を対象として強震動予測レシピ（地震調査委員会，2017）に基づく特性化震源モデルを用いたハイブリッド法による広帯域地震動シミュレーションを行い、観測地震動の再現を試みた．断層面は強震波形インバージョンによる断層すべり分布（久保・他，本大会）とF-netモーメントテンソル解を参考に，長さ28km，幅22kmの一枚面を下部地殻内に設定した．内陸地殻内地震（活断層で発生する地震）についてのレシピ(ア)に従って微視的断層パラメータを設定し，破壊開始点を断層中央深さ35km，その上部にアスペリティを一つ置いた．地震モーメントは断層面積と地震モーメントの経験式（入倉・三宅2001）を仮定して設定したものであり，短周期レベルは壇・他(2001)の平均値である．これを基本モデルとする．

J-SHIS深部地盤モデルv2 （藤原・他，2009, 2012）を用いて，接続周期1秒で三次元差分法（GMS; 青井・他，2004）と統計的グリーン関数法（壇・佐藤，1998）のハイブリッド法で工学的基盤面上の広帯域地震動を計算し，さらにAVS30，最大速度と計測震度の関係式（藤本・翠川，2005, 2006）によって地表計測震度を求めた．

長周期帯域の速度波形は，多くの地点で主要なパルスの到達時刻や最大振幅値などの特徴が観測記録と調和的であった．広帯域では地表計測震度について観測記録と比較したところ，全体に過小評価傾向であった．その原因として，震源モデルや深部および浅部の地盤構造モデルが十分でないことが考えられるが，ここでは計算領域全体で短周期成分が過小評価になっていることから，まずは短周期レベルの値が変わることによる計算地震動への影響を調べることにした．この地震の震源特性について，友澤・他（2018, 地震学会）では地震モーメントに対する短周期レベルを，解析条件によって壇・他（2001）の平均値の1～2倍程度と推定している．この知見を参照し，基本モデルよりもアスペリティ面積が小さく，短周期レベルが壇・他（2001）の平均値の1.5倍程度の震源モデルを設定すると，計測震度の再現性が全体的に向上した．

３．まとめと課題

本検討では，この地震に対する特性化震源モデルについて従来の内陸地殻内地震よりも短周期レベルを高めに設定することで観測記録の説明性が向上した．これは地震の深さや発生環境に特徴づけられる震源特性を反映している可能性がある．

今後は，震源特性についてさらに検討し長周期帯域も含めた再現性向上を試みる．また，特に短周期地震動が卓越した観測点において，表層地盤による増幅特性を考慮する必要があると考えている．

謝辞：気象庁，北海道，札幌市，K-NET，KiK-netの強震波形記録を使用しました．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、強震動、広帯域地震動シミュレーション、内陸地殻内地震
Keywords: the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, strong ground motion, broadband ground-motion simulation, inland crustal earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 波形のS波初動部分を用いた波形逆解析による熊本平野および益城町周辺の深部地盤構造の推定

# Estimation of 1D S-wave velocity structures in Kumamoto plain and Mashiki town using a waveform inversion of S-wave

*室井 謙吾[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]、三宅 弘恵[3]、山田 伸之[4]
*Kengo Muroi[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Seiji Tsuno[2], Masahiro Korenaga[2], Hiroe Miyake[3], Nobuyuki Yamada[4]

1. 東京工業大学環境・社会理工学院、2. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、3. 東京大学大学院情報学環/地震研究所、4. 高知大学 理工学部
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Railway Technical Research Institute, 3. The University of Tokyo, 4. Kochi University

2016年熊本地震は内陸の活断層による地殻内地震であり、熊本県益城町では多くの木造家屋に被害が生じた。被災地周辺での強震動の理解には地下構造を知ることが重要であるが、工学的基盤より深部の地下構造は充分明らかでない。本研究では、本震時の被災地周辺における強震動特性の評価を目的として、熊本地震の余震の観測記録を利用して既往の地下構造モデルの修正を行った。さらに、修正した地下構造モデルを用いて、本震の地震動の再現を行った。

まず、既往の地下構造モデルとして地震調査研究推進本部の全国1次地下構造モデルを用いて、3次元差分法による被災地周辺における余震の地震動シミュレーションを行った。検討した地震は4月19日M5.5の余震であり、震源モデルとして、走向方向に8km、傾斜方向に4kmの断層面を設定した。益城町の観測点の観測波形と計算波形の比較から、既往モデルによる計算波形では観測波形に見られる定性的な特徴は捉えられているものの、振幅の大きさや位相といった詳細な特徴を再現することが難しいことが分かった。

そこで、余震記録の観測波形のS波初動部分の到着時間や振幅を利用して、波形逆解析により観測点直下の1次元S波速度構造モデルをチューニングすることにした。逆解析ではハイブリッドヒューリスティック探索によって観測波形と離散化波数法を用いた1次元シミュレーションによる計算波形の振幅の誤差の2乗和平均が最小となる速度構造モデルを、熊本平野部および益城町周辺における観測点36点において推定した。逆解析により推定された地下構造モデルで計算した余震の波形では、既往のモデルで計算した波形と比べて、観測波形の位相や振幅の特徴がよく説明できるようになった。

最後に、逆解析による1次元モデルを用いて全国1次地下構造モデルを修正した地下構造モデルを利用して、本震の地震動シミュレーションを行った。本震の震源モデルとしてKubo et al.(2016)によるモデルを用い、計算波形には表層地盤の影響を考慮するためJ-SHISの表層地盤増幅率を乗じた。計算により求めた計測震度分布は益城町中心部における計測震度を過小評価しており、益城町役場の計算波形は観測波形と比べて3倍～4倍小さかった。一方で、K-NET熊本、KiK-net益城の計算波形は振幅、位相ともに観測波形の特徴をよく説明できていることが分かった。これらの結果は、修正した地下構造モデルが熊本平野部では妥当なものである一方、修正した益城町中心部の直下の地下構造は、再構築が必要であることを示している。

キーワード：2016年熊本地震、波形逆解析、1次元S波速度構造、地震動シミュレーション
Keywords: The 2016 Kumamoto Earthquakes, Waveform Inversion, 1D S-wave Velocity Structure, Simulation of Ground Motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2016年熊本地震の余震記録を用いた高周波経験的グリーンテンソル微分（EGTD）の高精度化への検討

# Investigation to estimate high-frequency Empirical Green’s tensor derivatives (EGTD) using aftershocks for the 2016 Kumamoto earthquake

*吉田 沙由美[1]、堀家 正則[1]、宮腰 研[2]
*Sayumi Yoshida[1], Horike Masanori [1], Ken Miyakoshi[2]

1. 株式会社阪神コンサルタンツ、2. 一般財団法人　地域　地盤　環境　研究所
1. HANSHIN CONSULTANTS Co., Ltd., 2. Geo-Research Institute

1) Introduction

Green’s tensor derivatives play a key role for evaluation and prediction of strong ground motions and for surveys of the velocity and damping structures. However, it is difficult to generate high-frequency (above 1Hz) Green’s tensor derivatives using numerical approaches for want of fine geological structure models. Plicka and Zahradnik (1998) proposed a method for estimation of Empirical Green’s tensor derivatives (EGTDs) using multiple small earthquakes. EGTDs does not require the structural model along propagation paths for their estimation and is possible to calculate high-frequency ground motions for any focal mechanism. In this study, we investigate the conditions required (focal mechanism, grouping radius, applicable frequency) to obtain high-frequency EGTDs, using aftershocks of the 2016 Kumamoto earthquake.

2) Data and method

The size of the aftershocks ranges between the magnitudes 2 and 4. The focal mechanism, such as the strike, the dip angle, and the rake angle, and the source parameters of radiated spectra, such as the seismic moment and the corner frequency, are required for the estimation of EGTDs. The focal mechanism was obtained from the sign of P-wave first motions and the source parameters were obtained from the Fourier spectra of S-wave motions, assuming the model.

We first set the grouped aftershocks located within a sphere with a certain radius. Then, we estimated 3 EGTDs for 3-component ground motions from the grouped aftershocks by the approach developed by Plicka and Zahradnik (1998). Finally, we evaluated the accuracy of the estimated EGTDs by the correlation coefficients between observed seismic recordings of the grouped aftershocks and those calculated using the estimated EGTD for the 3- component ground motions. We furthermore evaluate the accuracy of EGTDs by investigating whether they can reproduce seismic waveforms of the aftershocks which are not contained in the group.

3) Results

Accurate EGTDs up to 2 Hz can be stably estimated from most groups with the radius of 1km, having the correlation coefficients over 0.8. Also, these EGTDs can reproduce the seismic motions of the aftershock that is not contained in the group. In the meantime, the correlation coefficients calculated from the estimated EGTDs up to 4Hz are not always not high values over 0.8 even for the groups with the radius 0.5 km. These results suggest that estimation of EGTDs up to the frequency higher than 2Hz requires accurate focal mechanism and source parameters of the radiated spectra. Thus, we will improve them, for example, using the Genetic algorithm.

4) Acknowledgement

In this study, we use event waveform data provided by NIED (Hi-net).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：経験的グリーンテンソル、2016年熊本地震、高周波数
Keywords: Empirical Green’s tensor, 2016 Kumamoto earthquake, high-frequency

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2016年熊本地震の余震記録のスペクトル分離解析による熊本平野の地盤増幅特性の評価

# Estimation of Site Amplification Characteristics in Kumamoto plain by Spectral Separation Analysis Using Aftershock Records of the 2016 Kumamoto Earthquake

*飯田 朋美[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、篠山 大輝[8]、津野 靖士[5]、是永 将宏[5]、山田 伸之[7]、三宅 弘恵[6]、神野 達夫[3]、重藤 迪子[3]、吉見 雅行[2]、松島 信一[4]、川瀬 博[4]、浅野 公之[4]、岩田 知孝[4]
*Tomomi Iida[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Daiki Shinoyama[8], Seiji Tsuno[5], Masahiro Korenaga[5], Nobuyuki Yamada[7], Hiroe Miyake[6], Tatsuo Kanno[3], Michiko Shigefuji[3], Masayuki Yoshimi[2], Shinichi Matsushima[4], Hiroshi Kawase[4], Kimiyuki Asano[4], Tomotaka Iwata[4]

1. 東京工業大学、2. 産業技術総合研究所、3. 九州大学、4. 京都大学、5. 鉄道総合技術研究所、6. 東京大学、7. 高知大学、8. 電力中央研究所
1. Tokyo institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Kyushu University, 4. Kyoto University, 5. Railway Technical Research Institute, 6. The University of Tokyo, 7. Kochi Unicersity, 8. Central Research Institute of Electric Power Industry

2016年熊本地震は，4月14日にM6.5の地震、16日にM7.3の地震が起こり、震度7を2回観測した熊本県益城町を中心に大きな被害が生じた。本研究では主に熊本地震の余震を中心とした239地震の際に防災科学技術研究所の強震観測網K-NET/KiK-net、熊本県の自治体震度観測点、臨時強震観測点(Yamanaka et al., 2016等)の計197観測点で観測された強震記録をスペクトルインバージョンによって震源・伝播経路・地盤増幅特性に分離した。拘束条件には、KiK-netのOITH08(宇目西)観測点を基準観測点とし、地表と孔底のスペクトル比から推定した地震基盤までのS波速度構造を用いて一次元重複反射理論により算出した地表の理論増幅特性を用いた。伝播経路のQ値は既往研究(例えば, 染井他、2018)と矛盾のない結果を示した。震源特性はオメガスクエアモデルによって説明することができた。また、震源特性から計算した地震モーメントはF-netによる地震モーメントと同程度であった。地盤増幅特性は、沖積平野で、0.5-2.0Hzの低周波数の増幅が大きく、山地では2Hz以上の高周波数の増幅が平野部と比べて大きくなることがわかった。スペクトルインバージョンによって求めた地盤増幅特性を一次元重複反射理論を用いて逆解析することで、熊本平野の堆積層のS波速度と地盤減衰の推定を行い、熊本平野の中央部の堆積層が約600mと厚いことがわかった。

謝辞：本研究は文部科学省科学技術基礎調査委託事業「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」（代表機関：九州大学大学院理学研究院)の一部として実施された余震観測のデータを使用しました。

キーワード：スペクトルインバージョン、2016年熊本地震、地盤増幅
Keywords: Spectral inversion technique, the 2016 Kumamoto Earthquake, Site Amplification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2016年4月15日熊本の地震(Mj6.4)の運動学的および動力学震源モデル
# Kinematic and dynamic source models of the 2016 Mj6.4 Kumamoto third large earthquake

*吉田 邦一[1]、宮腰 研[1]
*Kunikazu Yoshida[1], Ken Miyakoshi[1]

1. 一般財団法人 地域 地盤 環境 研究所
1. Geo-Research Institute

2016年熊本地震の地震群のうち，3番目に大きい2016/4/15 00:03に発生したMj6.4の地震について，まず強震記録のインバージョン解析により震源過程を求め，その結果をもとに，運動学的震源モデルを再現するような動力学震源モデルの構築を試みた．まず，強震記録のマルチプルタイムインバージョン解析により震源過程を求めた．解析には，防災科学技術研究所K-NET, KiK-net，気象庁および自治体震度計の計11観測点を使用した．速度構造モデルは，Yoshida et al. (2017)による余震の波形フィッティングによる構造モデルのチューニングにより求めた．この時，余震の震源位置にはdouble-difference法により再決定されたもの(Uchide et al., 2016)を用いた．本震の断層面は1.5 km×1.5 kmの小断層に，時間方向にはパルス幅0.8秒のスムーズドランプ関数を0.4秒間隔で6個並べ離散化した．各小断層からの理論グリーン関数の計算には，離散化波数法(Bouchon, 1981)と反射・透過係数行列法(Kennett and Kerry, 1979)により点震源の波形を計算して求めた．逆解析にはマルチタイムウィンドウインバージョン法(Hartzell and Heaton, 1983)を用いた．解析対象には，観測加速度記録に0.05－1.0 Hzのバンドパスフィルターを適用し，1回積分して作成した速度波形とした．P波到達から18秒間を切り出し，解析に用いた．なお，KiK-net 観測点では地中波形を逆解析の対象とした．破壊伝播速度$V_{FT}$ は，平滑化係数λを固定して，2.0～2.6 km/sの範囲で0.2 km/sごとに解を求め，それらの残差が最小となった2.4 km/sを採用した．各機関(USGS W-phase, USGS body wave, USGS Regional, Global CMT, JMA, F-net)のCMT解の$M_0$は平均が$1.2\times10^{18}$ Nmであったので，採用した$V_{FT}$のうち$M_0$がもっともこの値に近くなるようなλの解を採用した．解析により得られた震源モデルでは，破壊開始点より浅部に，最大滑り量は約1 m，平均すべり量が0.6～0.7 mのアスペリティと高すべり速度域（High slip/moment Rate Area, HRA; 吉田・他，2017）が求められた（図左）．アスペリティの上端では，すべり量と比べてすべり速度が小さく，同定されたHRAはアスペリティよりも上端の1メッシュ分小さいものが求められた．この解析で得られた断層面積，アスペリティ面積などはスケーリング則に良く対応した．

次に，この地震のインバージョン解析で得られた震源モデルの応力分布や経験的グリーン関数(EGF)法による解析結果（倉橋・他，2017）などをもとに動力学シミュレーションを行った．広域応力場はUrata et al (2017)などを参考に，$\sigma_1$=100 MPa，$\sigma_3$=50 MPaとした．断層面上の応力降下量分布は，インバージョン解析で得られたすべり量分布からOkada (1992)の方法で静的応力降下量分布を計算し，アスペリティやHRAで平均したものをパッチとして与えたモデル，すなわち応力降下量分布を特性化して設定した．設定した静的応力降下量は，それぞれアスペリティモデルでは3.9 MPa, HRAモデルでは4.9 MPa，背景領域は両者とも1.0 MPaである．破壊強度の設定は，設定した応力降下量をもとに，EGFによるSMGAの応力パラメータを実効応力とみなして，実行応力=破壊強度+静的応力降下量となるよう設定した．臨界すべり量Dcは，既往研究を参考にしたほか，KMMH14においてDc’’(Fukuyama and Mikumo, 2007)を求めたところ15 cm程度であったこと，予備検討の結果などから，ここでは断層面全体で10 cmとした．シミュレーションは差分法で行い，格子間隔は50 m×50 m，時間間隔は0.004秒として8秒間分を計算した．破壊が断層面全体に伝わるよう，実効応力がHRAのモデルでは6.3 MPaに，アスペリティでは5.1 MPaとなるよう破壊強度を調整した（両者で実効応力が異なるのは，背景領域の応力降下量が面積の違いにより異なるため，図左下）．シミュレーションの結果は，運動学的震源モデルのモーメントや滑り分布（アスペリティやHRAで0.6 m程度）を良く再現するものが得られた（図右）．ただし，アスペリティ上端部でのすべり量がやや小さいこと，アスペリティやHRAの上

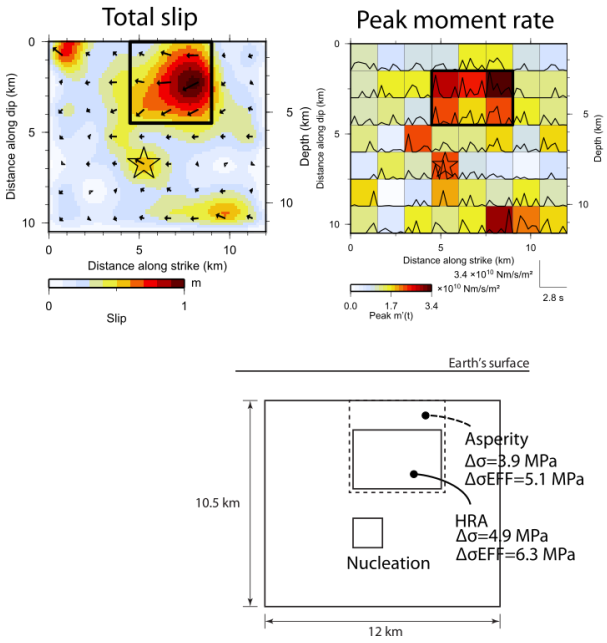
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

端で大きなすべり速度のパルスが現れることがあること，断層面上の一部でスーパーシア破壊（S波速度を超える破壊伝播速度の破壊）が見られること，といった課題が残った．臨界すべり量など，さらに動力学パラメータの検討を進める必要があると考えられる．

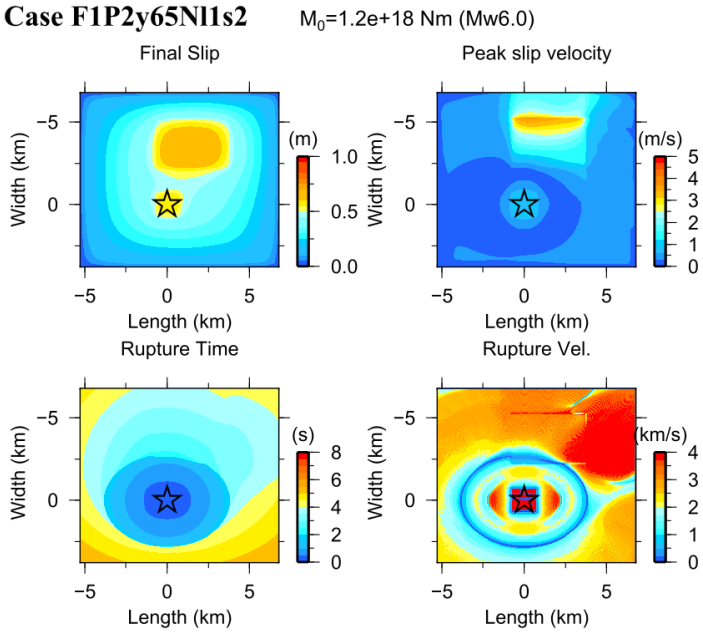
謝辞　防災科学技術研究所K-NET, KiK-net, 気象庁震度計，御船町の記録を使った．震源位置は産業技術総合研究所内出崇彦博士に提供いただいた．この研究の一部は原子力規制庁「平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震による地震動の評価手法の検討）事業」の成果である．

キーワード：2016年熊本地震、震源過程、動力学シミュレーション
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake, source process, dynamic simulation

Kinematic model




Dynamic simulation




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 曲面断層を考慮した2003年宮城県北部の地震（$M_{JMA}$6.4）の震源破壊過程と強震動生成域

# Source rupture process and strong motion generation area assuming the curved fault model for the 2003 northern Miyagi prefecture earthquake

*染井 一寛[1]、宮腰 研[1]、郭 雨佳[1]
*Kazuhiro Somei[1], Ken Miyakoshi[1], Yujia Guo[1]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所
1. Geo-Research Institute

2003年7月26日宮城県北部で発生した逆断層型の内陸地殻内地震（$M_{JMA}$6.4）では，2枚断層セグメントを設定した強震波形インバージョンによって断層面上のすべり分布が推定され（例えば，Hikima and Koketsu, 2004），北側の断層セグメントの浅部（上端深さ0.59 km）に1 m程度の大きなすべりが生じたことが報告されている．一方で，この地震後に実施された現地調査では，震源域周辺において明瞭な地表地震断層は見つかっていない（例えば，今泉・他, 2003）．上述した浅部の大きなすべりは，北側の断層セグメントの南端付近に集中しているため，再決定余震分布（Okada et al., 2003）によって指摘されているような屈曲部を考慮した断層面を設定することは，より現実に近いすべり分布を得るために重要であると考えられる．本研究では，曲面断層を考慮した震源インバージョンを実施し，さらに広帯域地震動シミュレーションから強震動生成域（SMGA；Miyake et al., 2003）を推定することで，本地震の詳細な震源破壊過程と強震動生成過程を考察した．

まず，K-NET，KiK-net，気象庁の各観測点で記録された強震波形（0.1-1.0 Hz）を用いたマルチタイムウィンドウ線形波形インバージョンにより断層面上での震源破壊過程を推定した．仮定した曲面断層モデルは，上述した再決定余震分布や周辺の地質構造を参考にして，Hikima and Koketsu (2004) による2つの平面断層セグメント（北側セグメントと南側セグメント）と，その間を滑らかな曲面で接続する遷移セグメントの計3セグメントで構成した．断層モデルの長さ，幅，最浅部の深さは，それぞれ20 km，11 km，0.59 kmとした．この曲線断層モデルを，1.0×1.0 kmの220の小断層によって分割し，各小断層の中心にライズタイム1.0秒の平滑化傾斜関数のタイムウィンドウを0.5秒間隔で6つ設定することですべり時間関数を表現した．第一タイムウィンドウの破壊伝播速度は，波形残差から最適な2.8 km/sとした．理論グリーン関数は，1次元速度構造モデルから離散化波数法（Bouchon, 1981）と反射透過係数行列法（Kennett and Kerry, 1979）によって計算した．各観測点の速度構造モデルは微動アレイ探査によって構築されたモデル（染井・他, 2018）或いはレシーバー関数法によって推定されたモデル（Petukhin・宮腰, 2006）を使用した．

次に，経験的グリーン関数法（Irikura, 1986）を用いた0.3-10 Hzの広帯域地震動シミュレーションに基づいてSMGAをモデル化した．2つのSMGAの破壊開始点と破壊開始時間は，複数の観測波形の2つの波形パケットのS波走時から予め決定した．スケーリングパラメタの$N$と$C$の値は観測震源スペクトル比から推定した．SMGAの面積，破壊速度，ライズタイム，SMGA内の相対的な破壊開始点位置といった最適なパラメタセットは，波形残差関数を最小とするようグリッドサーチによって決定した．

震源インバージョンとSMGAモデリングから得られた主要な結論は以下の通りである．１）最大すべり量0.93 mの大きなすべりは震源から北側の遷移セグメントに集中した．抽出されたアスペリティ領域（Somerville et al., 1999）の大きさは35 km$^2$でその上端は3.07 kmであった．これはHikima and Koketsu (2004)のアスペリティ上端（0.59 km）よりも深い．また，面積は既往のスケーリング則（Somerville et al.,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

1999）と比較して平均的であった．２）すべり速度が大きいHRA領域（吉田・宮腰, 2013）の大きさは29 $km^2$で，アスペリティ領域の端部に抽出された．３）SMGAはHRAに近い位置に推定され，24 $km^2$の大きさの2つのSMGAから生成された合成地震動は広帯域で観測地震動をよく再現した．４）2つのSMGAの応力降下量は13.7 MPaであり，これは日本国内の過去の内陸地殻内地震に対して得られているSMGAの応力降下量と比して平均的な値である．

謝辞：本研究は，平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震による地震動の評価手法の検討）業務による成果の一部である．

キーワード：2003年宮城県北部の地震、曲面断層、震源インバージョン、強震動生成域、経験的グリーン関数法
Keywords: The 2003 northern Miyagi prefecture earthquake, Curved fault, Source inversion, Strong motion generation area, Empirical Green’s function method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強震動記録を用いた2018年島根県西部の地震（Mw5.6）の震源破壊過程の推定

# Estimation of source rupture process during the 2018 Shimane-ken seibu earthquake using strong motion data

*倉橋 奨[1]、宮腰 研[2]
*Susumu Kurahashi[1], Ken Miyakoshi[2]

1. 愛知工業大学、2. 地域地盤環境研究所
1. Aichi Institute of Technology, 2. Geo-Research Institute

1.はじめに

2018年4月9日1時32分，島根県西部の地震（Mw5.6）が発生した．この地震の最大震度は5強で，PGAは564galであった．本研究では，比較的大きな加速度や震度が観測されたこの地震の強震動を説明するため，波形インバージョンにより震源破壊過程を評価した．

２．波形インバージョンによる破壊領域の推定

本研究では，マルチタイムウインドウ線形波形インバージョン法（Sekiguchi et al., 2000）に基づき震源破壊過程について時空間的にすべり量分布を構築した．解析に用いるデータは速度波形のS波部分とし，震央距離約40km以内の13観測点（K-NET，KiK-net）の記録を用いた．グリーン関数は，1次元地下構造モデルを仮定して離散化波数法（Bouchone, 1981）および反射・透過係数行列法(Keneett and Lerry,1979)を用いて計算した．断層モデルは，余震分布とF-netのCMT解を参考にして走向330度，傾斜角84度とした．

解析は，2段階に分けて行った．１段階目は0.1～0.5Hzを対象として，主に破壊領域の推定に注目して解析を行い，2段階目は0.1～1.0Hzを対象として，アスペリティの抽出に注目して解析を行った．

1段階目では，断層面の長さと幅はともに12km，小断層サイズは2.0km四方に設定した．すべり速度の基底関数は，ライズタイム1.0秒のsmoothed ramp関数を0.5秒間隔で3個配置した．

解析の結果，明瞭なパルスが見られる震源近傍の観測点SMN006の観測波形も含めて，遠くの観測点もおおむね再現されていることを確認した．得られたすべり量分布を，Somerville et al. (1999)の規範に基づきトリミングをした結果，トリミングが可能であり，10.5km×12kmの断層破壊領域が得られた．入倉・三宅（2001）の地震モーメントと破壊面積との既往のスケーリングと比較したところ，本地震の破壊面積はスケーリングの値の約３倍程度大きかった．地震モーメント，面積，破壊速度，平均すべり量はそれぞれ，$4.67*10^{17}$Nm，126km$^{2,}$ 2.7km/s，0.11mと推定された．

３．波形インバージョンによるアスペリティの抽出

2段階目として，0.1～1.0Hzを対象として主にアスペリティの抽出に注目して解析を行った．断層面の大きさは１段階目と同じ設定で，小断層サイズは1.5km四方とした．すべり速度の基底関数は，ライズタイム0.6秒のsmoothed ramp関数を0.3秒間隔で6個配置した．なお，破壊速度は2.7km/sに固定した．

その結果，破壊開始点およびその浅部付近にすべり量の大きい領域が存在することがわかった．このすべり量分布より，アスペリティとHigh Rate Area(HRA)を，それぞれSomerville et al.(1999)と吉田ほか（2015）の方法により抽出した．HRAは，ピークモーメントレートの場所を抽出した領域で，強震動の生成の場所と関係があると指摘されている（吉田ほか，2015）．本研究で抽出したアスペリティとHRAは，同じ場所と面積と推定された．一方で，既往のスケーリング則と比較するとそれよりも大きく評価された．地震モーメント，破壊速度はそれぞれ$2.23*10^{17}$Nm，最大すべり量は0.65ｍと推定された．スケーリング則におけるMw6クラスの結果は，その他の地震でもばらつきが大きく，同規模の地震の結果を含め，継続的な検討が必要であると考えられる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

４．まとめ

本研究では，2018年島根県西部の地震（Mw5.6）における震源破壊過程の構築を試みた．アスペリティとHRAはほぼ同じ面積で同じ場所であることを確認した．一方で，既往のスケーリング則と比較すると，過大評価となった．Mw6クラス地震については，今後，継続的な検討が必要と考えられる．

謝辞：本研究は，原子力規制庁の委託研究「平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震による地震動の評価手法の検討）事業」の一部として実施しました．独立行政法人 防災科学技術研究所
K-NET，KiK-netの観測記録を使用しました．記して感謝します．

キーワード：2018年島根県西部の地震、震源破壊過程、強震動
Keywords: The 2018 Shimane-ken seibu earthquake, source rupture process, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 震源近傍の強震記録に基づくM6クラスの地震のSMGAの推定－2011年茨城県北部の地震（M6.1）を対象として－
# An estimation of SMGA of M6 class earthquakes based on strong motion records near the source regions

*元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、塩田 哲生[2]
*Kentaro Motoki[1], Kenichi Kato[1], Tetsuo Shiota[2]

1. 小堀鐸二研究所、2. 四国電力
1. Kobori Research Complex, 2. Shikoku Electric Power Company

１．はじめに

K-NET、KiK-netなどの高密度な地震観測によって、M6クラスでも1Gを超える大振幅の地震動が近年観測されるようになった。大振幅が発生した要因として、例えば2004年北海道留萌支庁南部で発生した地震（M6.1）では、強震観測点近傍の2つのSMGAが地震動に支配的であることが示された（Maeda and Sasatani, 2008、元木・他、2015）。活断層が認められていない地域で発生する規模の小さい地震は、強震動予測時に用いる断層モデルを設定しにくい。この種の地震に対し、大振幅の地震動を引き起こすSMGAの応力降下量や面積などの情報を蓄積していくことは、地震動レベルの設定に有用な情報を与えると考えられる。本報告では、2011年茨城県北部の地震（KiK-net高萩IBRH13の地表で1026cm/s$^2$を観測）を対象として、SMGAの逆解析を行った。

２．解析方法とデータについて

震源断層モデルは経験的グリーン関数法（EGF）を用いた逆解析によって同定する。未知数は、SMGA破壊開始点の位置、応力降下量比c、重ねあわせ数N、SMGAのサイズ、SMGA内の破壊伝播速度、SMGAの破壊開始時刻、ライズタイム、破壊の揺らぎを与える乱数とした。SMGAの逆解析には非線形問題にも利用でき、初期値に依存しないハイブリッドヒューリスティック法（山中、2007）を用いた。

解析に使用した観測点は非線形の影響が小さいと考えられる観測点を選定する。まず、KiK-net地中観測点のうち、震源近傍の2点IBRH13、IBRH14（十王）を選定した。SMGAの同定には震源断層を囲むような配置が望ましく、KiK-netのみでは観測点が不足する。そこでK-NETの観測点から野口・笹谷（2012）によるDNLを用いて、非線形の影響が小さいIBR001（大子）とFKS014（矢祭）の2点も選定した。

要素地震は震源断層付近で発生している地震の中から、IBRH13の本震記録と波形形状が近い7地震を選定し、それぞれの地震に対し逆解析を実施することとした。

３．SMGAの同定

要素地震の候補となる小地震のfcは、本震との震源スペクトル比を求め、$\omega^{-2}$モデルを仮定して記録に適合するように遺伝的アルゴリズムで同定した。探索範囲の設定には既往の震源モデル（JMA, 2017）や小地震と本震の震源スペクトル比から予想されるcやNを参考にしながら設定した。このとき、$M_0$はF-netによる値を、短周期レベルAは震源スペクトル比から求められた値を超えないように条件を設定した。同定に用いる誤差関数には、加速度包絡形、変位波形、およびフーリエ振幅とした。

一つのSMGAを仮定して震源近傍の地震動を説明するSMGAを推定した。推定されたSMGA位置は既往の震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

源インバージョンの結果（気象庁、2017や引間、2017）のすべりが大きい場所とよく対応している。SMGAは、全体の$M_0$の約1/3、短周期レベルAが約2/3と推定された。IBRH13を除く3点を用いた同定も実施した。その結果、SMGAの位置についてはばらつきが見られたが、他のパラメータは4点を用いた結果と概ね対応することを確認した。

さらに推定したSMGAが震源近傍の地震動を再現するかを確認するため、IBRH13の地中観測点を対象として、波数積分法（Hisada and Bielak, 2003）を用いシミュレーションを行った。解析に用いる地下構造モデルは、PS検層の情報がある深さまではその情報を用い、それ以深についてはJ-SHISのモデルを参照した。すべり角はG-CMT解やJMA初動解を参照して、-70度と設定し、ライズタイムは試行錯誤的に求めた。シミュレーション結果は観測記録に見られるパルス波や応答スペクトルを再現する結果が得られた。ここで推定したSMGAを用いると、理論に基づくグリーン関数からも観測記録を再現できることを確認した。

４．既往研究との比較

本検討で推定したSMGAの面積と、Miyake et al.(2003)による$M_0$-$S_{SMGA}$の関係と比較する。本検討結果は既往研究によるSMGAの面積よりも小さい。乱数の異なる解もMiyake et al.(2003)の関係よりも全て小さい結果となった。両者の違いを考察すると、一つはモデル化の考え方の違いによると考えられる。本検討のSMGAは前述の通り全体の$M_0$の約1/3、Aの約半分を負担している。一方、Miyake et al.(2003)のSMGAは本震の$M_0$、Aの全てをSMGAに負担するように設定しており、その違いが表れている可能性がある。このことを確かめるため、他の地震も検討しデータを蓄積していくことが重要であると考え、2013年栃木県北部の地震を対象とした解析も予定している。

キーワード：強震動生成域、M6級地震、逆解析、経験的グリーン関数法
Keywords: Strong motion generation area, M6 class earthquake, Inversion, Empirical Green's function method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地表および潜在断層地震における国内の内陸地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則の違い

# Difference in short-period level between the surface and buried fault rupture crustal earthquake in Japan

*吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]、野口 竜也[1]
*Shohei Yoshida[1], Takao Kagawa[1], Tatsuya Noguchi[1]

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

内陸地殻内地震における地表地震断層の有無は周期1.0秒以下の短周期帯域の地震動に影響を与えることが既往研究から知られている(Somerville, 2003)．具体的に地表断層地震を生じない地震（潜在断層地震）の短周期帯域の地震動は，地表断層地震を生じた地震（地表断層地震）のものより1.5から2.0倍程度大きくなることが報告されている．Kagawa *et al.* (2004) は上述の地震動特性の違いが震源特性に起因していると考え，震源インバージョンよる不均質すべり量分布の特性化から主たる要因を浅部および深部地殻（境界を深さ5km）の震源特性の違い（最大すべり速度，応力降下量等）と結論付けている．

地震調査研究推進本部による強震動予測手法レシピの微視的断層パラメーターのひとつに短周期レベルがある．短周期レベルは加速度震源スペクトルのコーナー周期より短周期側のフラットレベルであり，短周期帯域の強震動生成を決める重要な震源パラメーターである．地表および潜在断層地震における地震動特性の違いから，短周期帯域の地震動生成に影響する短周期レベルは地表地震断層の有無で違いが生じることが推測される．本研究では国内の内陸地殻内地震を対象として，経験的グリーン関数法により構築された特性化震源モデルから評価される短周期レベルと地震モーメントの関係から地表および潜在断層地震を考慮したスケーリング則について考察した．

参考文献
Somerville, P. G.(2003) : Physics of the Earth and Planetary Interior, 137, pp.201-212.
Kagawa et al.(2004) : Earth planet and space, 56, 3-14.

キーワード：内陸地殻内地震、地表地震断層、震源特性、短周期レベル
Keywords: Inand crustal earthquake, Surface fault rupture, Seismic source characteristics, Short-period level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その１：地震動予測式の選定）

# Probabilistic seismic hazard assessment of response spectra for whole Japan (part 1: Selection of ground motion prediction equations)

*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より公表されている全国地震動予測地図のうち、確率論的地震動予測地図では、震度または最大速度で表現されている。一方、地震リスク評価や工学分野においては、応答スペクトルの地震ハザード評価が有益である。本検討では、日本全国を対象とした全国地震動予測地図の地震活動モデルによる応答スペクトルの地震ハザード評価を試みる。本稿では、地震ハザード評価に用いる地震動予測式の選定について述べ、次報（その２）において評価結果を示す。

Douglas (2019) では、1973年以後に発表された290の地震動スペクトルの予測式が整理されているが、そのうち主に日本の観測記録から求められたものは約50ある。2003年十勝沖地震は高密度強震観測網（K-NET、KiK-net）で記録が得られた世界でも初めてのマグニチュード8クラスの地震であり、地震ハザードに対する海溝型巨大地震の影響が大きい日本において当該地震の記録を用いた地震動予測式を用いることは重要である。本検討ではやや短周期成分を主としつつもある程度広い周期帯域について工学的基盤上で評価を行う。また、日本全国を対象とすることを踏まえて、以下の条件を満たす式を選定する。

a. 査読付き論文として発表されている。
b. 主に日本の観測記録が用いられており、2003年十勝沖地震の記録を含む。
c. 最大加速度および周期0.1～5秒を含み、工学的基盤上で評価できる。
d. 地震タイプ（地殻内地震、海溝型プレート間地震、海溝型プレート内地震）の震源特性や伝播経路特性の違いを考慮できる。
e. 異常震域がモデル化されている
f. 特定の地域のみを対象としていない。
g. マグニチュード9クラスの地震のデータも用いられている。

その結果、Morikawa and Fujiwara (2013) およびZhao et al. (2016a, b, c)による二組の式が選定された。ただし、g.の条件に関しては、いずれの式も東北地方太平洋沖地震のみの記録から求められているため、南海トラフ地震への適用性などに関しては不確実さが大きいと言わざるを得ない。そこで、不確実さを考慮するためにその他の条件を満たす式の中から最新のGoda and Atkinson (2009) の式も追加することとした。

これらの式による地震動を比較すると、データが豊富なマグニチュード5～6、断層最短距離50～100kmについては差が小さいものの、データが少ない震源近傍や巨大地震では差が大きい。しかしながら、データセットはそれぞれの研究者で作成されている。その結果、

・観測波形データのフィルター処理などの方法、水平動最大振幅の定義が異なる。
・同一の地震であってもマグニチュードや震源断層モデルの設定が異なる。
・地盤増幅に関する指標が地盤種別や平均S波速度など様々であり統一されていない。

という状況にあり、厳密に同一条件での比較ができない。このことはここで選定された3つの式に限定されるものでなく、同一のデータセットから求められた式が存在しない日本の予測式すべてに共通する問題である。観測記録のきわめて少ない超巨大地震や震源断層ごく近傍などを対象に含む地震ハザード評価を行う際には、認識論的不確定性を考慮して複数の地震動予測式を用いることが必要である。特定地点を対象とした地震ハザード評価を行う場合には、観測記録との整合性に基づいて重み付けを行という考えもある。ただし、その

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

整合性を評価するためには同一条件で比較できる統一基準のデータセットを構築するとともにそれに基づいて導出された地震動予測式を用いることが必要となる。

キーワード：地震ハザード評価、応答スペクトル、最大加速度、地震動予測式
Keywords: Seismic hazard assessment, Response spectra, Peak acceleration, Ground motion prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その２：地震動ハザード評価）

# Probabilistic seismic hazard assessment of response spectra for whole Japan (part 2: Probabilistic seismic hazard assessment)

*宮腰 淳一[1]、森井 雄史[1]、森川 信之[2]、藤原 広行[2]
*Junichi Miyakoshi[1], Takeshi Morii[1], Nobuyuki Morikawa[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 大崎総合研究所、2. 防災科学技術研究所
1. Ohsaki Research Institute, Inc., 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地震調査研究推進本部より公表されている全国地震動予測地図のうち、確率論的地震動予測地図では、震度または最大速度で表現されている。一方、地震リスク評価や工学分野においては、応答スペクトルの地震ハザード評価が有益である。本検討では、日本全国を対象とした全国地震動予測地図の地震活動モデルによる応答スペクトルの地震ハザード評価を試みる。本稿では、（その１）において選定した地震動予測式を用いて、応答スペクトルの地震ハザード評価結果を示す。

応答スペクトルの地震動予測式としては、Morikawa and Fujiwara (2013)（MF13）、Goda and Atkinson (2009)（GA09）、Zhao et al. (2016)（ZA16）の3つの式を用いる。また、地震動の評価位置は工学的基盤とする。具体的には、MF13およびGA09はAVS30=400m/s、ZA16はSC Iとする。複数の地震動予測式を用いる理由として、日本全国を対象とした地震動ハザードを評価する場合、現状では全国標準版の地震動予測式を一つに限定するのは難しく、ロジックツリーの一つの分岐として複数の地震動予測式を選択する可能性があるためである。

本論文では、応答スペクトルの地震動ハザードとして、周期に対する応答値のハザードカーブに基づいて、同一の超過確率となる応答値を周期を横軸にしてつないだ一様ハザードスペクトルを計算する。具体的には、確率論的地震動予測地図2018年版の地震活動モデルの「平均ケース」を用いて、6地点（札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡）の一様ハザードスペクトルを計算する。なお、東京は都庁、その他は各市役所位置である。ばらつき（標準偏差）の値は確率論的地震動予測地図2018年版と同じ値とする。

結果の一例として、MF13式による札幌と東京での50年超過確率39%、10%、5%、2%のすべての地震に対する一様ハザードスペクトルと、50年超過確率10%における周期別の地震カテゴリーの影響度を示す。地震カテゴリーは、石川・他(2008)および地震調査委員会(2009)に基づいて、地震カテゴリーⅠを海溝型巨大地震、地震カテゴリーⅡを海溝型震源不特定地震、地震カテゴリーⅢを陸域浅部地震とする。図より、一様ハザードスペクトルでは、札幌と東京の地震動ハザードレベルの違いが確認できる。地震カテゴリーの影響度に対しては、札幌では、短周期帯域で地震カテゴリーⅢが支配的であるが、長周期帯域になるにつれて地震カテゴリーⅡや地震カテゴリーⅠの影響が増大する。一方、東京では、地震カテゴリーⅡが支配的であり、長周期帯域に対しては地震カテゴリーⅡだけでなく、地震カテゴリーⅠの影響も大きくなる。このように、確率論的地震動予測地図2018年版の地震活動モデルを活用することで、地域の地震動ハザードの違いを周期帯ごとに把握することが可能となる。図には示していないが、地震動予測式による違いも考察している。また、世界の地震動ハザードで標準的に作成されている最大加速度の地震動ハザードも、今回の検討に用いた地震動予測式を用いて作成する。

キーワード：地震ハザード評価、応答スペクトル、最大加速度、地震動予測式
Keywords: Seismic hazard assessment, Response spectra, Peak acceleration, Ground motion prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2018年大阪府北部地震による富士川河口断層帯周辺地域における長周期地震動のシミュレーション
# Simulation of Long-period Ground Motion around The Fujikawa-kako Fault Zone during the 2018 Northern Osaka Earthquake

*橋本 整奈[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、是永 将宏[2]、津野 靖士[2]、三宅 弘恵[3]、先名 重樹[4]
*Seina Hashimoto[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Masahiro Korenaga[2], Seiji Tsuno[2], Hiroe Miyake[3], Shigeki Senna[4]

1. 東京工業大学　環境社会理工学院、2. 公益財団法人　鉄道総合技術研究所、3. 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、4. 防災科学技術研究所
1. Tokyo Institute of Technology School of Enviroment and Society, 2. Railway Technical Research Institute, 3. The University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

**概要**

富士川河口断層帯は、駿河湾の駿河トラフとの関連が示唆される活断層であり、活動間隔は、一般の内陸活断層に比べ相対的に短い断層である。さらに、この断層帯の上には首都圏と中京圏を結ぶ交通網の大動脈が通っている。この地域での強震動予測の高精度化は地震防災の観点から重要である。本研究では、2018年4月より新たに富士宮市及び富士市に強震観測点を設置し中小地震による強震観測記録を取得している。この地域では観測点で得られたデータの中で、2018年大阪府北部地震の記録では、揺れの継続時間が2分近くと長く、長周期成分が卓越していたことがわかった。次に、J-SHISの深部地盤構造モデルを用いて大阪府北部地震での地震動シミュレーションを行った。また、気象庁のCMT解を参考に点震源モデルを仮定した。まず、岩盤サイト(YMNH10)における波形を検討すると、計算波形は観測波形における波形の特徴を後続波までよくとらえていた。また、観測波形、計算波形ともに確認することができた波形群としては、S波が到達した後少し遅れて到達する南北の波面を持つ表面波、またその後に続く後続波は地震基盤の深さが急に深くなる山梨県南西部から到達する表面波であることがスナップショットの結果から明らかとなった。一方で、静岡市周辺の観測点では3-20秒の周期帯域で観測波形の再現性が劣ることがわかり、地下構造モデルには改善の余地があることが示された。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省による富士川河口断層帯における重点的な調査観測として実施された。

キーワード：富士川河口断層帯、大阪府北部地震、長周期地震動シミュレーション、強震観測
Keywords: The Fujikawa-kako Fault Zone , the 2018 Northern Osaka Earthquake, Simulation of Long-period Ground Motion , strong motion observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# コーダ規格化法を用いた茨城県周辺域のKiK-net観測点におけるサイト増幅特性の推定

# Site amplification factors for KiK-net stations in and around Ibaraki Prefecture estimated by the coda normalization method

*河原 純[1]、中村 敬浩[1]、山田 卓司[1]
*Jun Kawahara[1], Takahiro Nakamura[1], Takuji Yamada[1]

1. 茨城大学大学院理工学研究科
1. Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

近地地震のコーダ波のエネルギーは、十分な時間が経過すると空間的にほぼ一様に分布することが経験的に知られている。コーダ規格化法はこの事実を前提として、コーダ波の記録から震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性を分離する手法である（Sato et al., 2012）。コーダ規格化法を用いて地震観測点におけるサイト増幅特性を推定した研究例は多い（例えば、Takahashi et al. 2005; Takemoto et al., 2012）。しかし、同一地域で発生する複数の地震による推定値のばらつきの大きさに注目した研究例は少ないように見える。

本研究では、茨城県周辺域のKiK-netの21観測点およびF-netのTSK（つくば）観測点の強震記録にコーダ規格化法を適用した。用いた地震は4.7≦Mw≦6.4の31個の近地地震であり、発生地域に応じて4グループに分類した。各地震に対して、震央距離100 km以内の観測点のうち、最も遠い点においてS波走時の2倍経過後の時刻から約10秒間の波形データを使用した。増幅率が小さいと期待されるTSKを基準点として、KiK-netの各観測点の相対的なサイト増幅特性を求めた。また4つの地震グループ毎に増幅率の幾何平均を求めた。

解析結果は以下の通りである。(1) 低周波（0.5～1Hz）での増幅率には、基盤深度および表層地質年代との相関が見られ、既往研究（例えば、Takemoto et al., 2012）と調和的であった。(2) 基盤が浅い北部地域では、周波数によらず、地震ごとの増幅率のばらつきは小さく、地震グループごとの幾何平均はおおむね一致した。(3) 基盤が深い南部地域では増幅率のばらつきが大きく、地震グループごとの幾何平均にも差が見られた。(4) 増幅率の幾何標準偏差と、基盤深度および表層地質年代との間にも相関が見られた。(5) 大部分の観測点において、増幅率と震央距離の間に明確な関係は見られず、全体としてはコーダ波エネルギーの空間一様性が成り立っているように見える。

謝辞
防災科学技術研究所のKiK-netとF-netの強震記録およびJ-SHISの基盤深度データを使用しました。

キーワード：サイト増幅特性、コーダ規格化法、茨城県
Keywords: site amplification factor, coda normalization method, Ibaraki Prefecture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2014年長野県北部の地震における堀之内地区の地震動レベルの推定
# Estimation of earthquake ground level in Horinouchi area in the 2014 Northern Nagano earthquake

*河合 亮太[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]
*RYOTA KAWAI[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Seiji Tsuno[2], Masahiro Korenaga[2]

1. 東京工業大学環境・社会理工学院、2. 公益財団法人鉄道総合技術研究所
1. Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering,Tokyo institute of Technology, 2. Railway Technical Research Institute

2014年11月22日に長野県北部でMj6.7の地震が発生した。最大震度6弱の揺れを小谷村や小川村で観測したが、甚大な建物被害はこれらの地域ではなく、白馬村の堀之内・三日市場地区に集中した。汐満・他(2016)は、被害が局所的に集中していた理由として、建物被害に大きな影響を与えると考えられている、周期1-1.5秒の成分が卓越した可能性を指摘している。また、笠松・他(2016)によると、墓石転倒率から、堀之内・三日市場地区の震度は震度7相当であったとしている。一方で、日本地震工学会の調査団(2015)によれば、被害地域には1階に柱や壁の少ない建物が多かったことを報告している。このことから、被害建物の耐震性の低さによって局所的な被害が起きたとも考えられる。しかし、この地区では、本震の地震記録は得られておらず、定量的に被害原因を明らかにする議論は行われていない。そこで、本研究では、本震時に同地区の地震動レベルがどの程度であったかを推定することを目的とした。

本震発生後に、地元・他(2015)によって、堀之内・三日市場地区周辺で余震観測が行われている。本研究では、それらの記録と周辺の強震観測点と震度計などによる地震記録を用いてスペクトルインバージョンを行った。スペクトルインバージョンは、地震記録のS波部分から震源特性・地盤増幅特性・伝播経路特性を分離する手法である(岩田・入倉,1986)。解析に用いた地震記録は、余震記録を含めたMj2.4からMj5.8の59地震と、本震の計60地震である。本震時のような規模の大きな地震では、軟弱な一部の地盤が非線形挙動を起こす。そのため、スペクトルインバージョンでの記録の選別には、次の3つの条件を設定した。

1)本震以外の地震記録では、PGAが100gal以下の地震記録を用いること、

2)本震時、PGAが100gal以下の地震記録では弱震時の地盤増幅特性と一致していること、

3) 本震時、PGAが100gal以上の地震記録では弱震時の地盤増幅特性と異なること。

これらの条件により、本震時にPGA100gal以上を記録した観測点で、弱震時と本震時のそれぞれの地盤増幅特性を推定している。

本震時の地盤増幅特性を推定した観測点において、弱震時と本震時の地盤増幅特性の関係を調べた。これらの地盤増幅特性の違いは、地盤の非線形などによるものだと考えられる。そこで、本研究では、本震時の地盤増幅特性を弱震時のそれで除したものをRaと定義した。このRaと本研究で実施した微動探査によるS波速度構造の関係を検討すると、本震時にPGA400gal以上の観測点では、深さ10mまでの平均S波速度(以下Vs10)が同程度であれば、Raも類似した形状を持つことが分かった。堀之内地区でのVs10は165m/sであり、小川村のVs10の151m/sと同程度である。そのため、堀之内地区の非線形特性Raは小川村のものと同程度であると考えられる。

スペクトルインバージョンにより分離した、本震の震源特性と伝播経路の減衰特性の積により、本震の地震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

基盤でのスペクトルを算出した。また、堀之内地区の弱震時の地盤増幅特性に、上述の小川村の非線形特性Raをかけることで、本震時の堀之内地区での地盤増幅特性を推定した。これらの掛け合わせによって、堀之内地区における本震の地震動スペクトルレベルを推定した。

その結果、推定した地震動レベルは、周辺の強震観測点と比べ、木造家屋に影響の大きな周期1-1.5秒で2倍程度の強さであったことがわかり、震度6強に相当すると考えられることがわかった。一方で、中越地震や熊本地震において、木造建物に甚大な被害を及ぼした地域の強震観測点での強震動スペクトルと比較すると、本研究の推定結果は周期1-1.5秒で、それらの1/4から1/2程度の強さであった。

以上の検討により、堀之内地区での局所的な木造家屋被害は、周辺の観測点と比べて、周期1-1.5秒の成分がやや大きかったこと、同地区の建物の耐震性の低さの両者が重なり起きた被害であることがわかった。

キーワード：スペクトルインバージョン、２０１４年長野県北部の地震、非線形地盤増幅特性、建物被害
Keywords: Spectral inversion technique, 2014 Northern Nagano earthquake, Nonlinear site effect, Building damage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Ground type classification for strong ground motion prediction based on characteristics of phase-velocity curves from microtremor explorations

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、松山 尚典[2]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、藤原 広行[2]
*Atsushi Wakai[1], Shigeki Senna[1], Hisanori Matsuyama[2], Yatagai Atsushi[2], Yoshiaki Inagaki[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 応用地質
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2. OYO Corporation

For the purpose of strong ground motion evaluation and prediction, subsurface velocity structures in sedimentary layers have ever been modeled and sophisticated for Kanto, Tokai and Kumamoto region in the national investigation conducted by SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) of Council for Science, Technology and innovation.

There, spatially dense array-microtremor explorations also have been conducted at more than 27,500 sites in the regions, as of February 2019. They consist of miniature and irregular array measurements made at interval of about 1 km and standard-sized array ones made at interval of about 5 km. As a result, shallow S-wave velocity structures were modeled in detail, which can affect ground amplification, building and human damage.

In this study, regarding characteristics of phase-velocity (hereinafter called Pv) curves from array microtremor explorations, it was attempted to investigate relationships with geomorphologic land classification [Wakamatsu et al., 2013] and geological constitution of ground.

Pv curves can be usually obtained 2Hz to 30Hz in frequency from miniature and irregular array microtremor explorations. In general, Pv in higher frequency corresponds to velocity structures in the depth of a few of meters to 10 meters and that in lower frequency corresponds to those in the depth of dozens of meters below ground surface. Here, Pv at wave length of 40 meters or C40 [Konno et al., 2000] was extracted and made use of at each microtremor measurement site. C40 can be regarded as AVS30.

As a result, useful information was able to be acquired to model subsurface velocity structures in addition to new knowledge which was not able to be obtained from only bore-hole exploration data. Also, C40s vary due to different-sized plains and different sedimentary environment despite the same geomorphologic land classification. This presentation will report the results in detail.

キーワード：地盤の類型化、位相速度曲線、微動探査、強震動
Keywords: Ground type classification, phase-velocity curve, microtremor exploration, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地震被害推定のための地盤モデルの構築
# Establishment of the Underground Structure Model for Seismic Damage Estimation

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]、藤原 広行[1]
*Shigeki Senna[1], Atsushi Wakai[1], Hiroyuki Fujiwara[1]

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

## 1．はじめに

我々は，リアルタイム被害推定用の地盤モデルの構築のため，広帯域の地震動特性を評価できるような，特に浅部と深部地盤の両方に影響のある周期付近（0.5～2.0秒）を説明する上で重要となる，ボーリングデータおよび物性値データ（主に微動観測データ）を収集した上で，浅部・深部を接合した地盤モデルの検討を行ってきている．本研究においては，広域地下構造モデル（約250mメッシュ）の構築，さらに詳細化した詳細地盤モデル（約50mメッシュ）や，モデル化をサポートするための微動観測システムおよび地下構造情報管理システムを構築している．

(1) 地震被害推定のための広域地盤モデルの構築
(2) 地盤の動的特性の把握と微動観測システムの開発
(3) 官民協働による詳細地盤モデルの構築手法の開発

以下，項目毎に簡単に内容を紹介する．

## 2. 地震被害推定のための広域地盤モデルの構築

広域地盤モデルの作成については，関東および東海地域全域について作成した．浅部地盤モデルは，主に防災科研でこれまでに収集した約44万本のボーリングデータを用いた．モデルの作成については，既往の自治体で作成された地盤モデル等を再整理し，統一的な地質・土質の層序整理作業による浅部地盤モデルの作成・修正を行い，初期浅部地盤モデルを構築した．この浅部地盤モデルと既往の深部地盤モデル（J-SHISモデル）を，PS検層や地質構造によって工学的基盤(Vs=300～700(m/s))を調整して接続し，初期の浅部・深部統合地盤モデルとした．また，地震動評価に必要不可欠なS波速度構造を3次元で検討するために，地震観測記録および常時微動観測データの収集をあらためて実施している．地震観測記録については，K-NET，KiK-net，気象庁，自治体（主に県の震度計データ(SK-NET)）の記録を使用した．常時微動観測については，「極小・不規則アレイ」と比較的大きなサイズの「大アレイ」の2種類を実施しており，K-NET，KiK-net，自治体の震度観測地点等（極小・不規則アレイ：約20,000地点，大アレイ：約800地点）でそれぞれ実施した．極小・不規則アレイの解析については，3章の「クラウド型微動観測システム」等を用いて，H/Vスペクトル比および位相速度を求め，分散曲線の深度変換(SPM)および逆解析(Arai and Tokimatsu(2004)等)を行ってS波速度構造を求めた．この結果，初期モデルのS波速度構造をチューニングした結果より、約250mメッシュ単位の地盤構造モデルから計算される各種増幅指標（最大速度増幅率，震度増分，周期毎の応答増幅倍率等）のマップを作成した．既往の地盤モデルと比較すると，広帯域全体の周期特性が改善されており，特に防災の観点で重要な周期1秒付近において結果が大幅に改善されていることが確認出来た．

## 3. 地盤の動的特性の把握と微動観測システムの開発

微動アレイ観測を大量に実施し，その解析結果までを円滑に管理するためには，観測データの取得から解析，結果の評価に至るまでの行程が少なくかつ簡単であることが必要である．この目的を達成するため，現場でのデータ整理から解析等（位置情報・写真情報・観測データ・時刻歴情報・解析結果等のデータ登録）の一

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

連の工程が簡単に行え，ヒューマンエラーが少なくなる仕組みを開発した．具体的には，地震計からPCやタブレット等の端末にデータを欠損なく, 品質管理された状態で送受信でき，後述するデータベースへ転送する「i微動」を構築した．また，高速に微動データを解析・品質管理する「クラウド解析システム」を構築した．また，クラウド解析では，入力されたデータについて詳細解析およびデータの品質管理を行う．本クラウドシステムを使えば，使わない場合に比べて，観測から解析結果に至までの工程が，10倍程度高速化している．

**4. 官民協働による詳細地盤モデルの構築手法の開発**

詳細地盤モデルは，自治体の地形・地盤情報（官・民ボーリングデータ・建築確認申請・地形情報・旧版地形図等）を活用した，不整形地盤・人工造成地等を考慮し，液状化や斜面災害の予測が可能なモデルの構築を目指している．現在，足立区や横浜市において，詳細モデルの構築を行っており，動的特性の検討を行っている．特に横浜市においては，大規模人工造成地が幅広く分布しているため，別途抽出方法を検討している．横浜市の人工造成地の検討では，国土地理院5mDEMデータを基に作成した斜度指標を用いて，微細な谷埋め盛土の分布を把握した． 最終的には，水系解析の結果抽出された水系に統計的なバッファを与えてモデル化した．大規模造成地の分布と調和的であり，さらに細かい造成地も抜き出せているように見える．

**謝辞**

本研究は，総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されました．

キーワード：地下速度構造、ボーリング、微動アレイ、強震動
Keywords: subsurface velocity structure, bore-hole, array microtremor, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 近年の液状化被害を踏まえた液状化被害率の検討

# Consideration of liquefaction damage rate based on liquefaction damage in recent years

*先名 重樹[1]、小澤 京子[1]
*Shigeki Senna[1], Ozawa Kyoko[1]

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

**1.はじめに**

2011年東北地方太平洋沖地震では，東北地方から関東地方にかけての極めて広い地域で液状化が発生し[1)]，2016年熊本地震においても熊本市内や阿蘇市内において多数の液状化被害が確認された[2)]．筆者らは，これまでに，近年の液状化が発生した地震での液状化発生率を検討し，地震動の継続時間の影響で東北地方太平洋沖地震と他の地震での液状化発生率の違いを説明できることを示した[3)]．しかしながら，250mメッシュの微地形区分を基本とした既往の液状化しやすさに基づくグループ分けや，地域性考慮のための地域区分方法では，全国的な液状化ハザードマップの作成は難しく，まだ検討の余地が残っている。本研究では，地形および標高データ等を用いたより詳細な地域区分や微地形区分のグループ分け，および，液状化の面積率等の設定を行い，液状化発生率予測式の高精度化に関する検討を行った．また、建物被害の情報を収集し、液状化被害率の検討を行った.

**2. 収集・整備したデータ**

本検討のために収集した液状化地点データは，主に筆者らが現地調査および航空写真画像による2011年東北地方太平洋沖地震と2016年熊本地震の液状化地点の読み取り方法を参考に，地震発生直後の国土地理院等の高解像度画像から噴砂地点の再読み取りを行った．そのデータに基づき，これまで作成整備してきた約250mメッシュ単位のデータセットだけでなく，約50m,および約25mメッシュ単位の詳細なデータセットも作成した．さらに以下のデータも合わせて整備した.

① 10mDEMデータに基づく各メッシュサイズ（250m,50m,25m）の平均標高・平均勾配・比高データ.
② 土地利用区分データに基づく各メッシュサイズの地形区分データに基づいて，各データと液状化地点の関係性より，液状化発生率および面積率の検討を行った.
③ 東北地方太平洋沖地震および熊本地震における建物の傾斜・沈下量等の被害情報を収集し、発生率との関係を検討した。

**3. 液状化発生率および面積率の検討**

液状化発生率については，2011年東北地方太平洋沖地震と2016年熊本地震の液状化発生率のデータを合算し，微地形区分毎に計測震度と最大速度のフラジリティを，最小二乗法および最尤法にて計算した上で，微地形区分をグループ化するために，クラスター解析を行った．その結果，既往研究による液状化の発生しやすさに基づき分類された微地形グループ[4),5)]とは異なる，新たな4つのグループにまとめることが出来た.

また，各グループについては，各メッシュの平均標高，平均勾配，比高のデータ等との比較により，グループ細分化の可否について検討した．検討の結果，どの微地形区分においても液状化発生率は比高との相関性が極めて高く，前述の4つのグループをさらに細分化できる可能性が高いことが分かった．液状化面積率については，25mメッシュを最小単位として，メッシュ内に1か所でも噴砂があれば，そのメッシュ全体が液状化していると見なすこととした。面積率については，すべての微地形区分において計測震度や最大速度との間に明確な相関性が見られなかったため，微地形区分毎に面積率の平均値を算出した．本研究では，簡便のため，上記に示した液状化発生率と液状化面積率を掛けることで最終的な液状化発生率としてまとめた．ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

た、液状化による建物被害の傾斜と沈下量について、震度や最大速度と液状化発生率との関係を検討した.

**4. まとめ（今後の予定）**

本研究で検討した液状化発生率計算式（フラジリティー）は，今後，建物被害分布データとの比較等を行い，結果の妥当性を検証する予定である.

＜謝辞＞

解析の一部については、株式会社構造計画研究所の橋本光史氏、落合努氏にご協力いただいた。建物被害の情報については、潮来市、神栖市、千葉市、我孫子市、稲敷市、香取市、熊本市より提供いただいた。関係各位に謝意を表します。

＜参考文献＞

1.若松加寿江，先名重樹，小澤京子：2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生の特性、日本地震工学会論文集第17巻、第1号、 pp.43-62（2017.2）

2.若松加寿江，先名重樹，小澤京子：平成28年（2016年）熊本地震による液状化発生の特性、日本地震工学会論文集 第17巻、第4号、 pp.81-100 (2017.8）

3.先名重樹，松岡昌志，若松加寿，翠川三郎：液状化発生率におよぼす強震動の継続時間と地域性の影響、日本地震工学会論文集　第18巻、第２号、pp.82-pp.94(2018.5)

4.松岡昌志，若松加寿江，橋本光史：地形・地盤分類 250m メッシュマップに基づく液状化危険度の推定手法，日本地震工学会論文集，第11巻，第2号，pp.20-pp.39(2011.5).

5.損害保険料率算出機構：微地形区分データを用いた広域の液状化発生予測手法に関する研究，地震保険研究，No15，(2008.6).

キーワード：液状化、強震動、建物被害

Keywords: liquefaction, strong motion, phase-velocity curves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# MeSO-net観測点における地表地震記録の推定

# Estimation of surface earthquake record at MeSO-NET observation points

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]
*Shigeki Senna[1], Atsushi Wakai[1]

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

1．はじめに

本研究では、MeSO-netの深さ20mに設置してある地中設置型地震計のデータから地表の揺れの様子を高精度に予測するために、各観測点での微動観測や地表における臨時観測を行うことにより、地盤増幅特性の評価や地盤のS波速度構造の推定を行う。そのための研究開発項目として、1．MeSO-net観測点における地表地震記録の取得と増幅特性の推定、2．微動アレイ観測とＳ波速度構造等の地盤物性値の推定、3．既往地盤情報等によるＳ波速度構造の精度検証と地表地震記録の推定、の3つの項目を実施することにより、MeSO-net観測地点の詳細な地盤増幅構造を、「マルチインテグレーションシステム」へ実装することを目的としている。以下に項目毎の取組みを紹介する。

2. MeSO-net観測点における地表地震記録の取得と増幅特性の推定

本項目では、MeSo-net観測点の地表における臨時地震観測による、観測点ごとの地中・地表間のスペクトル増幅率の推定を行うため、MeSO-net全観測点(297地点)で実施している。観測期間は1地点あたり2～3ヶ月とし、現時点(H30.12.9)で、60地点で観測を終了している。対象観測点ごとに、MeSO-net地震計と同じセンサを持つ地震計(白山工業社製JU310およびJU410)1台を使用した。地震計は固定板および防水容器に格納し、防水処理された電源ケーブルで接続した。それら全体をブルーシートで養生しロープで固定した。これを観測井近傍に設置してポールとチェーンで囲った。また、データ収録時のサンプリング周波数を200Hz、レンジをJU410については、±4.0G（JU310については±1.0G）とした。平成29～30年度に実施した地震観測地点において地表および地中で記録が得られた地震nにおいて、各地震観測地点における地中～地表の増幅特性を計算した。増幅特性は各観測地点における地中および地表で得られた地震波形からフーリエスペクトルを成分ごとに計算し、0.1～10Hzのバンドパスフィルターをかけ、対数ウィンドウで平滑化した上で、地中に対する地表の比をとった。結果として，比較的固いローム台地と軟弱な後背湿地や自然堤防の増幅特性の特徴の違いが明瞭となっている。特に、ローム台地の観測点については5～10Hzの短周期で増幅度が大きくなっており、MeSO-net地震計の深さ20mよりも浅い場所で地盤構造に変化があるものと考えられる。一方、後背湿地・自然堤防等の軟弱な地盤とされる地形では、1～2Hz付近で顕著な増幅を示す。

3. 微動アレイ観測とＳ波速度構造等の地盤物性値の推定

前節の地盤増幅特性を検証し、強震動時でも揺れを想定出来るようにするため、地下50ｍ程度のS波速度構造を求めるための微動アレイ観測を実施した。微動観測は、MeSO-net 地震計と同じセンサ特性を持つ3 成分地震計兼微動観測機器（JU410）を購入した。それらを用いて、対象となるMeSO-net観測点296地点の直上にて、微動アレイ観測を実施している。微動アレイは、アレイ半径60cmの4点極小アレイと１辺5～15m程度の3点不規則アレイを展開し、同時に15分間程度の観測を行った。データ収録時のサンプリング周波数は200Hz、レンジは±0.1Gとした。微動アレイ観測結果に対し、SPAC法およびCCA法を用いて位相速度解析を実施した。その上で、AVS30等の増幅特性の抽出(C40)、分散曲線の直接深度変換法(SPM)、逆解析等の逆解析手法を用いてS波速度構造等の地盤物性値を推定した。前節同様、比較的固いローム台地と軟弱な後背湿地の特徴の違いが明確になっている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

4. まとめ

前節までに実施している地震観測と微動観測に基づき、今後、周期を考慮した地盤増幅率を検討するが、関東地域全域作成されている既往の地盤モデル（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）のリアルタイム地震被害推定で実施している関東地域の浅部・深部統合地下構造モデル）や地質調査データを用いたS波速度構造モデルのさらなる高度化を行い、250mメッシュ間隔の精度の高い地震動の推定を行うことを目標とする。

＜参考文献＞

Aki, K.: Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bull. Earth. Res. Inst. Univ. Tokyo, 35, pp.415-457, 1957.

Cho, I., S. Senna, and H. Fujiwara: Miniature array analysis of microtremors, Geophysics, 78, KS13–KS23, doi:10.1190/geo2012-0248.1, 2013.

Arai, H., and K. Tokimatsu: S-Wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V Spectrum, Bull. Seismol. Soc. Am., 94, pp.53-63, 2004.

Senna, S, Maeda T, Inagaki Y, Suzuki H, Matsuyama N, Fujiwara H. (2013). Modeling of the subsurface structure from the seismic bedrock to the ground surface for a broadband strong motion evaluation, Journal of Disaster research., Vol.8, No.5, pp.889-903.

キーワード：地震観測、微動、速度構造モデル
Keywords: earthquake observation, microtremor, subsurface velocity structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 微動アレイ探査における水平動成分を利用した位相速度推定手法によるラブ波抽出の可能性について一愛知県西尾市の場合
# Possibility of estimating phase velocity of Love wave using Horizontal components in microtremor array surveys in the case of Nishio

*土田 琴世[1]、堀家 正則[1]、山田 浩二[1]、末廣 匡基[1]、吉田 沙由美[1]
*Kotoyo Tsuchida[1], Masanori Horike[1], Koji Yamada[1], Masaki Suehiro[1], Sayumi Yoshida[1]

1. 株式会社阪神コンサルタンツ
1. HANSHIN CONSULTANTS COMPANY LIMITED

1) Introduction

The S wave velocity structure of sediments is the most important factor for amplification of earthquake motions. In recent years, microtremor array surveys have been popularized because the S wave velocity structures can be estimated by simple measurements and at a low cost. For example, Horike (1985) inferred the S wave velocity from f-k spectra estimated array microtremors and Aki (1957) and Okada (2003) also inferred them from the spatial autocorrelation functions (SPAC). These approaches use vertical microtremor array recordings and discard horizontal-component recordings. As is well known, the phase velocity of Rayleigh waves is influenced not only by the S-wave velocity structure but also by the P-wave velocity structure, while that of Love wave is influenced by the S-wave velocity structure alone. Therefore, it is expected that S wave velocity structure can be obtained clearly by estimating the velocity structure using the dispersion of the Love wave. Several approaches are developed for inference of the phase velocity of Love waves, for example f-k method by Tsuchida et al (2016), SPAC and CCA method by Tada et al (2010; using the microtremor array analysis tool "BIDO 2.0" software). The aim of this study is to compare the phase velocities obtained using the same arrays.

2) Observation and data

For this comparison, we implemented microtremor measurement in Nishio City, Aichi Prefecture, using different-size array composed of 7 stations. At each station 3-component velocity sensors were installed. Microtremor recording were acquired at a sampling interval of 0.005s for 30 minutes. This site is suitable for this comparison, because there is much information about geotechnical and geological property.

3) Results

At the present, the phase velocity by the f-k method is estimated, but it is still in the process of analysis. Therefore, by the day of the presentation, we will proceed with the remains to do.

キーワード：微動アレイ探査、ラブ波、水平動成分
Keywords: microtremor array surveys, Love wave, Horizontal components

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 東海地域における微動アレイ探査に基づく浅部地盤構造モデルの高度化
# Enhancement of shallow velocity structure models based on array microtremor explorations for Tokai region, Central Japan

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、松山 尚典[2]、藤原 広行[1]
*Atsushi Wakai[1], Shigeki Senna[1], Yatagai Atsushi[2], Yoshiaki Inagaki[2], Hisanori Matsuyama[2], Hiroyuki Fujiwara[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 応用地質
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2. OYO Corporation

**1．はじめに**

強震動予測を高度化するためには，0.1秒～10秒程度の広帯域の地震動特性を評価できるような地盤モデルの構築が重要である．そのために，これまで別々に作成してきた浅部地盤モデルと深部地盤モデルを統合し，地震観測記録を再現できるような地盤モデルの作成を進めていくことが不可欠である．

防災科研では，内閣府SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」⑤「リアルタイム被害推定・災害情報収集・分析・利活用システム開発」のテーマの1つである「地震被害推定のための地下構造モデルの構築」において，関東，東海および熊本地域の広域地盤モデルの構築を実施してきた．

本検討では，昨年度報告した東海地域（静岡・岐阜・愛知・三重）に対して構築された初期浅部・深部統合地盤モデルのうち，主に工学的基盤層よりも浅い地盤の初期地質モデルを対象として，面的に稠密な微動アレイ探査の結果を用いた高度化を実施した．本報告では，微動アレイ探査の概要，浅部地盤モデルの高度化に関する検討内容および得られた浅部・深部統合地盤モデルの地盤震動特性について紹介する．

**2．極小・不規則アレイ微動探査**

常時微動観測については，東海地域4県のうち主に低地・台地において，アレイ半径60cm の「4点極小アレイ」および1辺5m～10m超の「3 点不規則アレイ」を組み合わせたアレイ観測を実施した．これらの観測は，対象地域の公道上や地震観測点（K-NET，KiK-net，SK-NETおよび自治体震度計）付近など合計で約5,900地点（2019年2月現在）において実施した．また，一体型常時微動観測機材JU210/215)およびJU410)（先名ほか，2008）を用いて，約1km 間隔で各地点15分間程度の観測を行った．サンプリング周波数は200Hz とした．

極小・不規則アレイ微動データ解析については，近年の研究（例えば，長ほか，2008；Cho et al., 2013）で提案・高度化されている微動観測に基づく浅部地盤探査手法により，1次元S波速度構造の評価を行った．解析は，微動解析ソフト「BIDO」や「Microtremor Array Tools」（Cho et al., 2016）を用いて行った．

**3．極小・不規則アレイ微動探査結果に基づく初期浅部地盤モデルの修正**

昨年度に既往のボーリング探査結果や表層地質情報等を用いて構築された浅部地盤の初期地質モデルを対象として，極小・不規則アレイ微動探査の結果に基づき，各観測地点における1次元S波速度構造を修正した．さらに，Kriging法により速度層ごとに面的な補間を行い，3次元S波速度構造モデルを作成した．

本検討で得られた修正モデルと微地形区分（若松ほか，2013）に基づく従来モデルに関して，地盤増幅指標の平面分布を比較した．全体として，低地で増幅が大きい地域が相対的に広くなっており，局所的な変化が大きくなる傾向が見られる．また，修正モデルについて1次元重複反射理論に基づいた周期別の地盤増幅率の平面分布を評価した．周期によって増幅率が大きくなる地域が異なることが分かる．

**4．まとめ**

本検討では，昨年度に構築した東海地域（静岡・岐阜・愛知・三重）における初期浅部・深部統合地盤モデ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

ルのうち浅部地盤の初期地質モデルを対象として，微動アレイ探査結果に基づいた浅部地盤モデルの高度化を実施した．増幅特性だけではなく周期特性も合わせた地盤震動特性の評価が重要であることが改めて示唆される．今後は，地震観測点における中小地震記録を用いて，本検討で得られた浅部深部統合地盤モデルを検証する予定である．

**謝辞**

本研究は，総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されました．

キーワード：S波速度構造、浅部地盤、微動アレイ探査、強震動
Keywords: S-wave velocity structure, shallow ground, array microtremor exploration, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強震動を用いた地震波干渉法による千葉県下総地域の地震基盤構造モデルの検証

# Validation of seismic bedrock structure model in the Shimousa region, Chibe prefecture, Japan using seismic interferometry to strong motion

*地元 孝輔[1]、山中 浩明[1]
*Kosuke Chimoto[1], Hiroaki Yamanaka[1]

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

地震波干渉法理論に基づき、強震観測記録の自己相関により地表加振・地表応答のグリーン関数を推定することで、堆積盆地の地震基盤深度の推定が行われている (吉本ほか, 2009; Watanabe et al., 2011, 白石ほか, 2016)。Oren and Nowak (2017)は、雑微動の自己相関解析においてスペクトルホワイトニングを適用することで明瞭な反射波の推定を行った。地元・山中(2018)では、このデータ処理方法を、千葉県成田市で観測された強震記録へ適用し、堆積層のグリーン関数を推定することで、地震基盤からの明瞭な反射波を得た。そこで本研究では、千葉県下総地域の強震記録から自己相関関数を推定し、地震基盤による反射波の空間変化に基づいて、3次元S波速度構造モデルの検証を行う。

地元・山中(2018)では、強震記録を選別せず、非常に多くの記録の自己相関関数により反射波が推定しやすいことを示したので、本研究では、千葉県下総地域に設置されているK-NETおよびKiK-netによって2008年1月から2018年6月までに観測された強震記録をすべて用いる。強震記録は、オフセット除去したあと、座標変換によりトランスバース成分へ変換し、パワースペクトルを求め、スペクトルホワイトニングを適用し、バンドパスフィルタ処理後、フーリエ逆変換により自己相関関数を推定する。堆積層から期待される反射波の推定において、バンドパスフィルタ範囲が重要であることを地元・山中(2018)で指摘しているため、ここでは、地震基盤による反射波を推定することを目的として、0.5-2.0Hzにした。モデル検証のための理論グリーン関数は、J-SHIS深部地盤モデルから抽出した1次元モデルを用いて、ハスケル法により計算した。

千葉県下総地域の強震記録を用いた自己相関関数には地震基盤による反射波が明瞭に現れる。KiK-net成田では反射波走時が3.0秒で、K-NET成田では3.5秒になる。これらは、理論グリーン関数による反射波走時とおおよそ一致しているがいずれも若干速い。成田よりも北や東に位置する観測点では、複数の反射波が現れ、地震基盤による反射波が不明瞭になり走時も速い。成田よりも西に位置する観測点では、地震基盤による明瞭な反射波が4秒以上で現れることから、成田よりも地震基盤が深いと考えられる。このことは、J-SHIS深部地盤モデルの傾向と一致する。成田よりも南に位置する千葉や東金は反射波走時が6秒以上にもなり、最も深いことが推定される。このことは、既往の関東地域の3次元S波速度構造モデルでも、最も深い地震基盤構造であることと整合する。このように、千葉県下総地域において強震記録から自己相関関数を推定し、地震基盤深度の空間変化を捉えた。空間変化の傾向は、既往の3次元モデルと一致したが、反射波走時に若干の差異がみられたため、そのチューニングにより、より精度の高いモデル化が期待できる。

防災科学技術研究所のK-NETおよびKiK-netの記録を使用しました。J-SHISによる深部地盤モデルを利用しました。記して感謝いたします。

キーワード：地震波干渉法、自己相関関数、強震動、地震基盤構造モデル、下総
Keywords: Seismic interferometry, Autocorrelation function, Strong motion, Seismic bedrock structure model, Shimousa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 微動アレイ観測に基づく佐賀平野のＳ波速度構造
# Microtremor survey for subsurface velocity structure of Saga plain

*吉見 雅行[1]、重藤 迪子[2]、丸山 正[1]
*Masayuki Yoshimi[1], Michiko Shigefuji[2], Tadashi Maruyama[1]

1. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 九州大学大学院人間環境学研究院
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyushu University

佐賀平野は筑紫平野の中部に位置する堆積平野である。平野の北は背振山地で境され、南は有明海に面する。平野は概ね低平で、平野内には多くの河川やクリークが分布する。背振山地と佐賀平野の境界部にはほぼ東西走向の佐賀平野北縁断層帯が存在する。佐賀平野の中央部には佐賀市が位置する。地震調査研究推進本部や佐賀県防災想定によると、佐賀平野北縁断層帯の活動により佐賀市一帯は軒並み震度7相当の揺れに見舞われると予想されている。しかしながら、佐賀平野の深部地盤構造に関する情報はごく限られており、想定に用いられた速度構造モデルの信頼性は高くない。

地震調査研究推進本部による佐賀平野北縁断層帯の活断層調査の一環として、背振山地南麓を北端とする測線長7.3kmのＰ波反射法地震探査が実施され（丸山ほか、2017）、堆積層と基盤岩の境界が明瞭にイメージされた。それによると、測線北端では露頭する三郡変成岩類からなる基盤岩上面は、南へと緩やかに深度を増し、佐賀平野北縁断層帯の低断層崖が認められる川久保付近で深度約200m、測線南部のJR長崎本線伊賀屋駅付近で深度約600m、測線南端では深度700m程度に達する。測線に沿った重力異常は南ほど低値を示しており、基盤岩上面の深度の変化傾向と整合的である。佐賀平野全体の重力異常は、反射法測線の南方でさらに低下するため、より南方では基盤岩深度は増すと予想される。

佐賀平野に分布する堆積層のＳ波速度に関する情報も少ない。佐賀県地震被害等予測調査（佐賀県、2014）ではボーリングデータに基づき佐賀平野の工学的基盤深度は60～70m程度と推定され、第四系にVs 100 m/sから400 m/sのS波速度が設定されたが、それ以深のS波速度はJ-SHISの設定値を援用し（表層のみVs 500 m/sに変更）たのみである。また、速度構造モデルの修正は地震観測点におけるR/Vスペクトルのピーク周期を説明するように実施されたのみで、新たな探査は行われなかった。

そこで、佐賀平野のＳ波速度構造の概要を把握するため、佐賀平野北縁から有明海沿岸にかけて、反射法探査測線およびその延長に沿う４地点にて微動アレイ探査を実施した。アレイ半径は最大500 m程度、最小10 m程度とし、３成分の速度型微動計（東京測振SE-321、固有周期10秒）にて微動を観測した。暫定的な結果ではあるが、南ほど基盤深度が低下する傾向と、堆積層にVs 500～700 m/s程度の層が想定されることが、観測位相速度データに基づく速度構造探索からわかった。

キーワード：微動アレイ探査、S波速度構造、佐賀平野
Keywords: microtremor array survey, S-wave velocity structure, Saga plain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 島根県大田市波根地区および久手地区における稠密微動観測
# Densely microtremor observation to estimation of subsurface structure in Hane and Kute area, Ohda City, Shimane Prefecture, Japan

*野口 竜也[1]、山口 仁、森田 悠平、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]
*Tatsuya Noguchi[1], Yoshito Yamaguchi, Yuhei Morita, Isamu Nishimura[1], Shohei Yoshida[1], Takao Kagawa[1]

1. 鳥取大学大学院工学研究科
1. Department of Management of Social Systems and Civil Engineering, Civil Engineering Course Graduate School of Engineering, Tottori University

2018年4月9日に島根県西部の大田市付近を震源とするMj6.1の地震が発生した．この地震により，震源近傍の島根県大田市の一部の地域で局所的に建物被害，液状化による被害が生じた．そこで著者らは地震発生直後より，被害が集中した地域で臨時余震（強震）観測および微動観測を実施し，その観測記録を用いて地盤震動特性の把握と地盤構造を推定した．本研究では被害が多く発生した波根地区，久手地区において，追加で微動観測を実施した．微動H/Vの特徴としては複数の明瞭なピークがみられる地点が多く，0.1～0.5秒付近の短周期側の卓越周期と建物被害が関係している可能性がある．表層地盤は軟弱な砂もしくは粘土層が堆積しており，S波速度は110m/s～320m/sで層厚が最大で40m程度であった．S波速度構造モデルより1/4波長則を用いて，H/Vの短周期側と長周期側の卓越周期に対応した2層モデルを構築し，それぞれの卓越周期に対する浅部地盤および深部地盤の層厚分布を求めた．浅部地盤は地形や表層地盤の堆積環境の違いを反映して，層厚が急激に変化する領域が見られ，今回の地震で被害が生じた地域と概ね一致することがわかった．深部地盤は火山堆積物もしくは堆積岩の風化層を反映しており，その層厚分布は緩やかな変化がみられるが，被害が生じた地域内では層厚に大きな違いがなかった．

キーワード：微動観測、地盤震動特性、地盤構造、2018年島根県西部の地震
Keywords: microtremor observation, characteristics of ground motion, subsurface structure, 2018 eastern Shimane prefecture earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 鳥取県北栄町由良地区および西園地区における稠密微動観測
# Densely microtremor observation to estimation of subsurface structure in Nishizono and Yura area, Hokuei Town, Tottori Prefecture, Japan

*野口 竜也[1]、留奥 勝也、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]
*Tatsuya Noguchi[1], Katsuya Tomeoku, Isamu Nishimura[1], Shohei Yoshida[1], Takao Kagawa[1]

1. 鳥取大学大学院工学研究科
1. Department of Management of Social Systems and Civil Engineering, Civil Engineering Course Graduate School of Engineering, Tottori University

2016年鳥取県中部の地震の際に建物被害がみられた鳥取県北栄町由良および西園地区において稠密微動観測を実施した．微動H/Vとその卓越周期と地盤構造モデルを求め，この結果をもとに地盤構造と地盤震動を把握した。その結果，工学的基盤以浅の表層地盤の違いが，微動H/Vの形状や卓越周期の分布傾向に関係していると考えられる．建物被害が特定の地域に多く見られた要因については，建物の耐震性だけでなく地盤震動特性も大きく影響した可能性が高いことが分かった．

キーワード：微動観測、地盤震動特性、地盤構造、2016年鳥取県中部の地震
Keywords: microtremor observation, characteristics of ground motion, subsurface structure, 2016 central Tottori prefecture earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネパール・カトマンズ盆地における反射法地震探査
# Seismic reflection survey in the Kathmandu Valley, Nepal.

*小鹿 浩太[1]、川崎 悠介[1]、プラダン オム[1]、山本 正人[1]、信岡 大[1]、松原 由和[1]、松山 尚典[1]、Monika Jha[2]、Chintan Timisina[2]、Suresh Shrestha[2]、Mukunda Bhattarai[2]、Dinesh Nepali[2]、Soma Nath Sapkota[2]、三宅 弘恵[3]、纐纈 一起[3]
*Kota Koshika[1], Yusuke Kawasaki[1], Om Pradhan[1], Masato Yamamoto[1], Dai Nobuoka[1], Yoshikazu Matsubara[1], Hisanori Matsuyama[1], Monika Jha[2], Chintan Timisina[2], Suresh Shrestha[2], Mukunda Bhattarai[2], Dinesh Nepali[2], Soma Nath Sapkota[2], Hiroe Miyake[3], Kazuki Koketsu[3]

1. 応用地質株式会社、2. ネパール産業省鉱山地質局、3. 東京大学地震研究所
1. OYO Corporation, 2. Department of Mines and Geology, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

2015年4月25日、カトマンズから北西へ78 km離れた地域でMw7.8 の地震（USGS, 2015）が発生した(ゴルカ地震)。また，同年5月12日にカトマンズから北東へ約80 km離れた地域でMw7.3の最大余震が発生した。これらの地震によりカトマンズ盆地内で多くの建物被害が発生したことから，カトマンズ盆地の地下構造が地震動に大きな影響を与えていると考えられる。

この地震の発生を受けて、今後発生が予想されているヒマラヤ前縁帯での巨大地震によるカトマンズ盆地の被害軽減に資するための地盤の地震工学的評価，および途上国の科学技術支援を行うことを目的とし，国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）および独立行政法人国際協力機構（JICA）が共同で実施しているSATREPSプロジェクトにおいてネパール地震防災に関するプロジェクト(H27年度～31年度、代表：纐纈一起・Soma Nath Sapkota)が採択された。本プロジェクトでは，カトマンズ盆地の地下構造を明らかにするための調査が行われている。2017年にはカトマンズ盆地で重力探査を実施し，カトマンズ盆地の重力基盤構造を明らかにした(Pradhan et al., 2018)。

2018年は，カトマンズ盆地の詳細な基盤構造および上位堆積層の堆積構造を明らかにすることを目的として反射法地震探査を実施した。測線は，重力探査によって重力基盤が急激に変化すると推定されたトリブバン国際空港(TIA)および重力基盤が深いと推定された地域に位置するネパール農業研究所(NARC)とした。測線長はそれぞれ約4km(TIA)および約1km(NARC)である。IVI社のエンバイロバイブ1台を日本より持ち込み，探査の振源として使用した。

本調査結果より，両測線において重力探査で推定された重力基盤構造とほぼ同一深度の反射面を捉えることができ，カトマンズ盆地内の堆積構造も明らかになった。本成果は，カトマンズ盆地内の地盤構造を視覚的に示した世界初の結果であり，今後の地震防災に大きく資することが期待される。

キーワード：カトマンズ盆地、反射法地震探査
Keywords: Kathmandu Valley, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネパール・カトマンズ盆地トリブバン国際空港近傍での広帯域微動アレイ探査

# Broadband Microtremor Array Exploration at and around Tribhuvan International Airport, Kathmandu, Nepal

*横井 俊明[1]、林田 拓己[1]、バッタライ ムクンダ[2]、ポカレル タラ[2]、シュレスタ スレッシュ[2]、ティムシナ チンタン[2]、バッタライ シュニタ[2]、ネパリ ディネッシュ[2]
*Toshiaki Yokoi[1], Takumi Hayashida[1], Mukunda Bhattarai[2], Tara Pokharel[2], Suresh Shrestha[2], Chintan Timsina[2], Sunita Bhatarrai[2], Dinesh Nepali[2]

1. 国立研究開発法人　建築研究所国際地震工学センター、2. ネパール産業商務省鉱山地質局
1. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute, Japan, 2. Department of Mines and Geology, Ministry of Industry, Commerce and Supplies, Nepal

ネパール・カトマンズ盆地(KTV)は、インド・ユーラシア両プレートの衝突に因るヒマラヤ造山運動の中で形成された構造盆地であると考えられる(e.g., Sakai et al. 2016)。2015年ゴルカ地震の際に、深部地盤に因ると思われる周期4秒程度の長周期・長継続時間地震動が、その中央部で観測された(Dixit et al. 2015, Bhattarai et al. 2015, Takai et al. 2016, Rajaure et al. 2017)。この現象の解明と深部地盤構造まで考慮した地震ハザード解析を可能にすることを目指して、著者らが属する研究グループ(Group3-SATREPS）では、2016年12月より2018年2月まで、同盆地の深部地盤せん断波速度構造推定のため、複数サイトで広帯域地震計（Guralp社製CMG-40T）4セットによる10時間前後の微動アレイ（最大アレイ径約1400 m）による深部探査、併せて2Hz地震計(L22D, Sercel)と4.5Hzジオフォン(GS11D, GeoSpace)による浅部探査を実施した（Yokoi et al. 2018 (SSJ Fall)）。同盆地では、同じ研究グループに属する応用地質（株）チームにより2017年に盆地全域において重力探査が実施されている（Pradhan et al. 2018 (JpGU)）。また、応用地質（株）によりトリブバン国際空港（TIA）内及びその南西約2Kmに位置する国立農業研究所(NARI)で、反射法探査が2018年11月に実施され、同盆地の深部地盤構造が徐々に明らかになって来ている（Koshika et al. 2019 (JpGU)）。

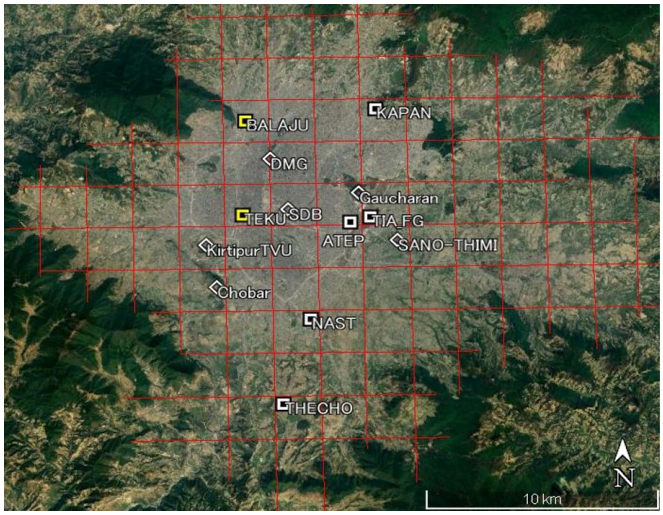
これらの活動に続き、2018年12月にTIA及びNAST近傍の複数サイト、及びKTV内の岩盤露頭(Chobar)で実施した微動アレイ探査結果を、本ポスターセッションで報告する。

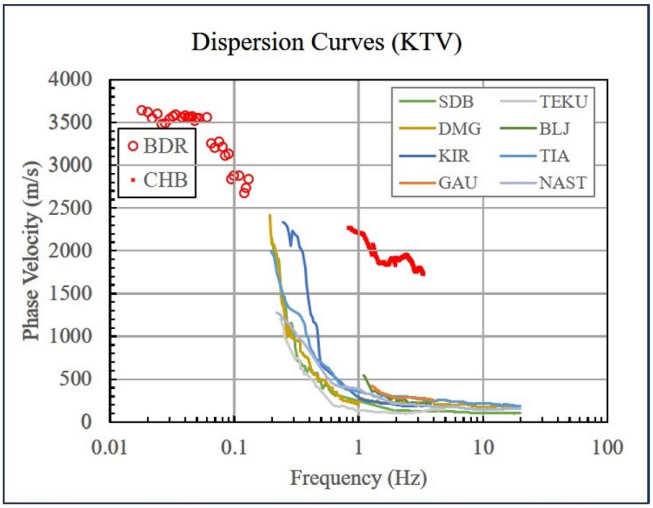
付図に観測点分布とRayleigh波の分散曲線のまとめを示す。凡例中、*BDR*(赤丸)は、Hayashida et al. (2018, SSJ-Fall)により、遠地地震波の表面波部分を使って得られた結果、*CHB* (赤x)はChobarの基盤露頭上で推定された位相速度。*SDB*: Singhadurbar, *DMG*: 地質鉱山局-ナラヤンヒティ王宮博物館, *TEKU*: Tekuガス井（DMG）, *KIR*: トリブバン大学キルティプルキャンパス, *BLJ*:ネパール規格計量局(Balaju), *GAU*: Gaucharan, *TIA*: トリブバン国際空港, *NAST*: 国立科学技術アカデミー-国立農業研究所.

**謝辞**：本研究の実施にあたり、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究（H28年度～32年度）」の下で、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）および独立行政法人国際協力機構（JICA）による支援を受けました。

キーワード：ゴルカ地震、カトマンズ盆地、広帯域微動アレイ探査
Keywords: Gorkha earthquake, Kathmandu Valley, Broadband Microtremor Array Exploration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 小規模微動アレイ(5〜15m)によるベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市周辺の平均S波速度分布

# Distribution of average S-wave velocities by small-scale (5 to 15 meters) microtremor arrays in and around Hue City, Thua Thien-Hue province, Vietnam

*長 郁夫[1]、大久保 慎人[2]
*Ikuo Cho[1], Makoto OKUBO[2]

1. 産業技術総合研究所、2. 高知大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Kochi University

我々は，ベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市を対象として，水力発電の安全な運行と世界文化遺産保護のための地震ハザード評価を進めている．これはベトナムアカデミー(VAST) Nguyen Anh Duong博士との共同研究である．その一貫として，同地域で多数の小規模微動アレイ観測を実施して浅部地盤平均S波速度分布を評価したので以下に報告する．

この取り組みは，VASTによる微動アレイ探査技術の習得をサポートすることから開始した．まず，著者らは，VAST の研究チームによる微動観測の実習として，2017年10月20, 21日にハノイ郊外の4地点で小規模微動アレイ観測を実施した．SPAC法の適用を前提として, 3成分サーボ型速度計を用いて長さ30mの直線アレイを展開し，各地点で1〜2時間微動を記録した．著者らは2台の地震計（3成分サーボ型加速度計）を日本から持参し，5mから30m間隔の2点アレイを実施してVASTの観測機材による結果と比較した．

次のステップとして， VASTの研究チームと著者らは，2018年3月17〜19日にフエ市内の7地点で小規模微動アレイ観測を実施した．各地点で4.5Hzジオフォン（上下動）を用いて，辺長5m, 15mの三角アレイおよび長さ12mの線形アレイを実施するとともに, 日本から持参した2台の地震計で2点アレイを実施した．観測時間は各地点30分から1時間程度とした．これらの地点では屈折法探査が実施されているので，それらと照合できる．その結果，微動アレイの解析結果は既存の解析結果と整合的であった．

以上の準備期間を経て，VASTの研究チームは，2018年6ー7月（のべ19日間）にフエ市内およびその周辺を含む約11x13kmの領域（126地点）で4.5Hzジオフォン（上下動）を用いた小規模微動アレイ観測を実施した．具体的には，89地点で辺長5mおよび15mの三角アレイ，37地点で長さ12mの線形アレイを実施した．観測時間は各地点30分間であった．

我々は，こうして取得したアレイデータにSPAC法を適用してレーリー波位相速度を同定した．各地点の結果からそれぞれ波長13m, 25m, 40mに対応する位相速度を読み取り，それぞれ深さ10m, 20m, 30mまでの平均S波速度と解釈してその面的分布を評価した．その結果，フエ市周辺の地質分布と整合的な結果が得られた．今後はアレイ観測を実施した各地点で3成分単点観測(H/Vスペクトル)を実施して地盤評価を高度化する予定である．

キーワード：微動、アレイ、表面波、ベトナム
Keywords: microtremor, array, surface wave, Vietnam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Microtremor Array Exploration in the Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia

*大久保 慎人[1]
*Makoto OKUBO[1]

1. 高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門
1. Natural Science Cluster, Kochi University

We deployed microtremor array survey at Syiah Kuala University in Banda Aceh, Indonesia to clarify a seismic amplification by subsurface S-wave structure. Banda Aceh, located at northern end of Sumatra island, was seriously damaged by the tsunami caused by the 2004 Sumatra earthquake. At the tsunami evacuation, we first have to consider the safe route that does not corrupted, damaged and flooded. Therefore, we plan to understand the seismic amplification distribution as fundamental material. Our results will be available to make a future plan to reconstruction/renovate architectures.

We visited to Banda Aceh at January, 2019, and carried out microtremor exploration using with linear array and triangle array at 17 sites. We used are three 5 Hz geophones and one 1 kHz sampling GPS synchronised data logger for survey. In the case of triangle array, we always used 1.7 m side length. This side length is corresponding to 1.0 m array radius. In the other case, that is linear array, distances of each sensors (A, B, and C) are, A-B:1.7 m, B-C:2.7 m, and A-C:4.4 m. We Assumed these lengths are the array radius for each exploration, and applied SPAC method (*c.f.* Aki 1957). We used a tool, as known as BIDO2.0 (Cho, 2010) to analyze recorded waveforms and estimate dispersion curves.

By using obtained dispersion curves, we determined 3 averaged S wave velocities and roughly velocity structure. Roughly velocity structure was estimated by simple conversion method by using 1/2 wavelength law with linear array's dispersion curves. And three Averaged S-wave velocities AVS10, AVS20 and AVS30 were estimated from the Rayleigh wave phase velocities corresponding to the wave length of 13 m, 25 m and 40 m, respectively. By a preliminary analysis, we obtained result that a thicker low S-wave velocity layer exists along the river and the coastline. This result implies that plain part of Banda Aceh was developed on the old delta made by river and sea. This situation of subsurface structure will be strongly affect to the seismic amplification.

We will discuss in detail at the presentation.

Acknowledgements:
We thanks to Dr. Muksin Umar, Ms. Wiwik and Mr. Arif, they were attended and cooperated to our microtremor array survey in Syiah Kuala University. This study is supported by JSPS KAKENHI Grant Number 17H0457751.

キーワード：常時微動、アレイ探査、浅層S波速度構造
Keywords: Microtremor, Array exploration, Subsurface S-wave velocity structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Turkey-Japan Joint Project on Modeling of Geological Structures for Strong Ground Motion Simulations due to Crustal Earthquakes in Eskisehir Basin, Turkey, by Using Seismic Interferometry Method

*Mehmet Safa Arslan[1], Kosuke Chimoto[2], Asim Oguz Ozel[1], Hiroaki Yamanaka[2]

1. ISTANBUL UNIVERSITY-CERRAHPASA, 2. TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Understanding the seismic hazard of specific area, depends on the regional 2D/3D underground structure on wave propagation. In the frame of the bilateral project between Turkey and Japan, we aim at observing ground motion parameters, crustal activities, underground structures, and improvement of seismic hazard maps. The seismic interferometry method (SIM) is one of the tools to investigate the surface-wave propagation. The method goals to obtain green’ s function (GF) by using ambient noise data. Cross-correlations (CC) between the two pairs of stations’ continuous records, reveal GF and provide group and phase velocities of surface waves. We analyze one-year vertical component broadband data from 8 stations deployed and affiliated with ANANET (Eskisehir Anadolu University Local Seismic Network). Interstation distances between the designated stations are in the range of ~23-139 km. After getting the CC functions, group velocity dispersion curves will be obtained for selected correlation paths in particular to address the azimuthal dependence of the velocity field. Averaging the dispersion curves, in other saying analyzing the group velocities and waveforms typical of these observations, we attempt to estimate the S-wave velocity structure model inside the Eskisehir basin. 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.

Keywords: seismic interferometry, cross correlation function, S-wave structure, group velocities, Turkey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Nonlinear Ground Motion Response During the 2016 Meinong Taiwan Earthquake

*Kuo-Liang Wen[1], Chun-Te Chen[2]

1. National Central University, Department of Earth Sciences, 2. Academia Sinica, Institute of Earth Sciences

The Meinong Taiwan earthquake occurred on February 6, 2016, at 03:57 (UTC+8) with $M_L$ 6.6. The strong ground motion induced the soil liquefaction in Sinshih and Annan districts. To investigate the nonlinear site response during Meinong mainshock, the degree of nonlinear site response (DNL) which summation of the horizontal to vertical spectral ratios (HVSR) differences between weak-motions and Meinong mainshock records from the Taiwan Strong Motion Instrumentation Program (TSMIP) network are calculated. We compare the DNL values with the ground motion parameters such as peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV), and also the ratio between PGV and Vs30. The DNL shows a positive correlation with ground motion intensity, particular with PGV, and the surface site conditions also leading the DNL strength. We also applied a stochastic method for modeling the ground motion of the Meinong earthquake with site correction by the HVSR of weak and strong motions respectively. The percentage of PGA reduction calculated in this study can be an indicator of the spatial distribution of the degree of nonlinear soil effects of the 2016 Meinong Taiwan earthquake.

Keywords: Meinong earthquake, nonlinear site response, HVSR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Earthquake damage of the 2017 Pohang earthquake in South Korea

*Mikyung Choi[1], Sun-Cheon Park[1], Dong-Hyo Sohn[1], Seolhan You[1], Jongsun Sun[1], Seongheum Cho[1], Duk-Kee Lee[1]

1. Korea Meteorological Administration

Pohang earthquake with a magnitude of ML 5.4 occurred on November 15, 2017. This earthquake caused more damage than the 2016 Gyeongju earthquake (ML 5.8). Modified Mercalli intensities were assigned from residential property damage report in the Pohang area. Major damage type was wall crack of building. Maximum intensity was MMI VIII. Result of damage analysis from damage report reveals that the main damage area was distributed within a radius of about 20 km distance from the epicenter. And sand and mud volcanoes were observed in many places.
Between 16 November and 31 December 2017, 10 temporary seismic stations were deployed to record aftershocks and site effect of the Pohang earthquake. Ground motion generated by an earthquake is controlled by several factors, such as source characteristics, propagation path, surface geology, topography. Using recordings of aftershocks, we analyzed the ground motion at two seismic stations near the epicenter and another two seismic stations located on sedimentary rock and bedrock. We compared amplitude and predominant frequencies of ground motion with damage analysis results. Mapping and characterization of the damage for this earthquake is an opportunity to provide useful information on the damage of future possible earthquake in South Korea.

Keywords: Pohang earthquake, earthquake damage, ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

## [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)

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．

[SSS13-P01] 2018年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測

*西村 武[1]、野口 竜也[2]、小野 祐輔[2]、河野 勝宣[2]、日比 慧慎[1] (1.鳥取大学 大学院 持続性社会創生科学研究科 博士前期課程 工学専攻 社会システム土木コース、2.鳥取大学大学院 工学研究科)

[SSS13-P02] **Nonlinear site amplification for high intensity ground motions during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake**

*Yadab Prasad Dhakal[1]、Takashi Kunugi[1]、Takeshi Kimura[1]、Wataru Suzuki[1]、Shin Aoi[1] (1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED))

[SSS13-P03] 平成30年北海道胆振東部地震で大震度を観測したK-NET追分およびKiK-net追分における微動アレイ探査

*古川 拓人[1]、時松 孝次[1]、大川 出[1]、田中 均[1]、元木 健太郎[2] (1.株式会社 東京ソイルリサーチ、2.株式会社 小堀鐸二研究所)

[SSS13-P04] 拡散波動場理論に基づくK-NET追分とKiK-net追分の地下構造モデルの推定：近接2地点の同時逆解析

*古家 萌子[1]、元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、古川 拓人[2] (1.株式会社小堀鐸ニ研究所、2.株式会社東京ソイルリサーチ)

[SSS13-P05] Exploration of the velocity structure model in the Mukawa town, damaged area during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*重藤 迪子[1]、高井 伸雄[2]、堀田 淳[3]、野本 真吾[3]、前田 宜浩[4]、高橋 浩晃[2]、一柳 昌義[2]、山中 浩明[5]、地元 孝輔[5]、津野 靖士[6]、是永 将宏[6]、山田 伸之[7] (1.九州大学、2.北海道大学、3.株式会社ジオテック、4.防災科学技術研究所、5.東京工業大学、6.公益財団法人鉄道総合技術研究所、7.高知大学)

[SSS13-P06] 三次元速度構造を考慮したGreen関数と強震記録による2018年北海道胆振東部地震の震源過程

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1] (1.京都大学防災研究所)

[SSS13-P07] 強震波形記録を用いて推定された平成30年北海道胆振東部地震の震源過程

*久保 久彦[1]、鈴木 亘[1]、岩城 麻子[1]、青井 真[1]、関口 春子[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.京都大学防災研究所)

[SSS13-P08] 平成30年北海道胆振東部地震の広帯域地震動シミュレーション

*岩城 麻子[1]、森川 信之[1]、前田 宜浩[1]、久保 久彦[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P09] **波形のS波初動部分を用いた波形逆解析による熊本平野および益城町周辺の深部地盤構造の推定**

*室井 謙吾[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]、三宅 弘恵[3]、山田 伸之[4] (1.東京工業大学環境・社会理工学院、2.公益財団法人鉄道総合技術研究所、3.東京大学大学院情報学環/地震研究所、4.高知大学理工学部)

[SSS13-P10] 2016年熊本地震の余震記録を用いた高周波経験的グリーンテンソル微分（EGTD）の高精度化への検討

*吉田 沙由美[1]、堀家 正則[1]、宮腰 研[2] (1.株式会社阪神コンサルタンツ、2.一般財団法人　地域　地盤　環境研究所)

[SSS13-P11] 2016年熊本地震の余震記録のスペクトル分離解析による熊本平野の地盤増幅特性の評価

*飯田 朋美[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、篠山 大輝[8]、津野 靖士[5]、是永 将宏[5]、山田 伸之[7]、三宅 弘恵[6]、神野 達夫[3]、重藤 迪子[3]、吉見 雅行[2]、松島 信一[4]、川瀬 博[4]、浅野 公之[4]、岩田 知孝[4] (1.東京工業大学、2.産業技術総合研究所、3.九州大学、4.京都大学、5.鉄道総合技術研究所、6.東京大学、7.高知大学、8.電力中央研究所)

[SSS13-P12] 2016年4月15日熊本の地震(Mj6.4)の運動学的および動力学震源モデル

*吉田 邦一[1]、宮腰 研[1] (1.一般財団法人 地域 地盤 環境 研究所)

[SSS13-P13] 曲面断層を考慮した2003年宮城県北部の地震（$M_{JMA}$6.4）の震源破壊過程と強震動生成域

*染井 一寛[1]、宮腰 研[1]、郭 雨佳[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[SSS13-P14] 強震動記録を用いた2018年島根県西部の地震（Mw5.6）の震源破壊過程の推定

*倉橋 奨[1]、宮腰 研[2] (1.愛知工業大学、2.地域地盤環境研究所)

[SSS13-P15] 震源近傍の強震記録に基づくM6クラスの地震のSMGAの推定－2011年茨城県北部の地震（M6.1）を対象として－

*元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、塩田 哲生[2] (1.小堀鐸二研究所、2.四国電力)

[SSS13-P16] 地表および潜在断層地震における国内の内陸地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則の違い

*吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]、野口 竜也[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P17] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その１：地震動予測式の選定）

*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)

[SSS13-P18] 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その２：地震動ハザード評価）

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

[SSS13-P19] **2018年大阪府北部地震による富士川河口断層帯周辺地域における長周期地震動のシミュレーション**

*橋本 整奈[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、是永 将宏[2]、津野 靖士[2]、三宅 弘恵[3]、先名 重樹[4] (1.東京工業大学　環境社会理工学院、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所、3.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、4.防災科学技術研究所)

[SSS13-P20] コーダ規格化法を用いた茨城県周辺域のKiK-net観測点におけるサイト増幅特性の推定

*河原 純[1]、中村 敬浩[1]、山田 卓司[1] (1.茨城大学大学院理工学研究科)

[SSS13-P21] 2014年長野県北部の地震における堀之内地区の地震動レベルの推定

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

[SSS13-P22] Ground type classification for strong ground motion prediction based on characteristics of phase-velocity curves from microtremor explorations

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、松山 尚典[2]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、藤原 広行[2] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P23] **地震被害推定のための地盤モデルの構築**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P24] **近年の液状化被害を踏まえた液状化被害率の検討**

*先名 重樹[1]、小澤 京子[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P25] **MeSO-net観測点における地表地震記録の推定**

*先名 重樹[1]、若井 淳[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS13-P26] 微動アレイ探査における水平動成分を利用した位相速度推定手法によるラブ波抽出の可能性について－愛知県西尾市の場合

*土田 琴世[1]、堀家 正則[1]、山田 浩二[1]、末廣 匡基[1]、吉田 沙由美[1] (1.株式会社阪神コンサルタンツ)

[SSS13-P27] 東海地域における微動アレイ探査に基づく浅部地盤構造モデルの高度化

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、松山 尚典[2]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.応用地質)

[SSS13-P28] 強震動を用いた地震波干渉法による千葉県下総地域の地震基盤構造モデルの検証

*地元 孝輔[1]、山中 浩明[1] (1.東京工業大学)

[SSS13-P29] 微動アレイ観測に基づく佐賀平野のＳ波速度構造

*吉見 雅行[1]、重藤 迪子[2]、丸山 正[1] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.九州大学大学院人間環境学研究院)

[SSS13-P30] 島根県大田市波根地区および久手地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、山口 仁、森田 悠平、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P31] 鳥取県北栄町由良地区および西園地区における稠密微動観測

*野口 竜也[1]、留奥 勝也、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

[SSS13-P32] ネパール・カトマンズ盆地における反射法地震探査

*小鹿 浩太[1]、川崎 悠介[1]、プラダン オム[1]、山本 正人[1]、信岡 大[1]、松原 由和[1]、松山 尚典[1]、Monika Jha[2]、Chintan Timisina[2]、Suresh Shrestha[2]、Mukunda Bhattarai[2]、Dinesh Nepali[2]、Soma Nath Sapkota[2]、三宅 弘恵[3]、纐纈 一起[3] (1.応用地質株式会社、2.ネパール産業省鉱山地質局、3.東京大学地震研究所)

[SSS13-P33] ネパール・カトマンズ盆地トリブバン国際空港近傍での広帯域微動アレイ探査

*横井 俊明[1]、林田 拓己[1]、バッタライ ムクンダ[2]、ポカレル タラ[2]、シュレスタ スレッシュ[2]、ティムシナ チンタン[2]、バッタライ シュニタ[2]、ネパリ ディネッシュ[2] (1.国立研究開発法人　建築研究所国際地震工学センター、2.ネパール産業商務省鉱山地質局)

[SSS13-P34] 小規模微動アレイ(5～15m)によるベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市周辺の平均S波速度分布

*長 郁夫[1]、大久保 慎人[2] (1.産業技術総合研究所、2.高知大学)

[SSS13-P35] Microtremor Array Exploration in the Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia

*大久保 慎人[1] (1.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS13-P36] **Turkey-Japan Joint Project on Modeling of Geological Structures for Strong Ground Motion Simulations due to Crustal Earthquakes in Eskisehir Basin, Turkey, by Using Seismic Interferometry Method**

*Mehmet Safa Arslan[1]、Kosuke Chimoto[2]、Asim Oguz Ozel[1]、Hiroaki Yamanaka[2] (1.ISTANBUL UNIVERSITY-CERRAHPASA、2.TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

---

[SSS13-P37] **Nonlinear Ground Motion Response During the 2016 Meinong Taiwan Earthquake**

*Kuo-Liang Wen[1]、Chun-Te Chen[2] (1.National Central University, Department of Earth Sciences、2.Academia Sinica, Institute of Earth Sciences)

---

[SSS13-P38] Earthquake damage of the 2017 Pohang earthquake in South Korea

*Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Dong-Hyo Sohn[1]、Seolhan You[1]、Jongsun Sun[1]、Seongheum Cho[1]、Duk-Kee Lee[1] (1. Korea Meteorological Administration)

# 2018年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測

# Observation of Aftershock due to the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake and Microtremor observation in the Damaged Area

*西村 武[1]、野口 竜也[2]、小野 祐輔[2]、河野 勝宣[2]、日比 慧慎[1]
*Isamu Nishimura[1], Tatsuya Noguchi[2], Yusuke Ono[2], Masanori Kohno[2], Keishin Hibi[1]

1. 鳥取大学 大学院 持続性社会創生科学研究科 博士前期課程 工学専攻 社会システム土木コース、2. 鳥取大学大学院 工学研究科
1. Graduate School of Sustainability Science,Tottori Univercity,Department of Engineering,Social Systems and Civil Engineering Program, 2. Department of Engineering Tottori Univercity

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震において被害の原因を探るために，震源近傍の強震観測点を中心に微動観測と地震観測を実施した．

微動観測は2018/11/7，11/8，11/9の日中に，地すべり箇所（厚真町）1地点（ATM），建物被害箇所（むかわ町寺前）1地点（MKW1），強震観測点のK-NET鵡川（MKW2），K-NET追分（OIW1），KiK-net追分（OIW2），JMA鹿沼（SKN）4地点の計6地点で実施した．使用機器には加速度型微動計JU410（白山工業）を用い，測定方向を水平動2成分(NS，EW)成分，上下動成分の3成分とし，サンプリング周波数は200Hz，GPSクロックにより時刻校正させる仕様で，測定時間は10分間程度の測定を行った．全箇所とも微動計4台を用いて，円の中心に1台，円周上に等間隔で3台（内接する三角形の各頂点）に配置させるアレイ観測を実施した．地すべり箇所では山体の山頂部と麓にそれぞれ1台の微動計を設置させて同時観測も実施している．

微動の3成分観測記録より，20.48秒を5区間以上選定し，3成分のフーリエスペクトルを算出，対数ウィンドウ（係数20）で平滑化し，水平動のスペクトルと上下動のスペクトルの比(H/V)を求めた．アレイ観測記録は，CCA法（Cho et. al.，2006）によりセグメント長10.24秒，Parzenウィンドウ（バンド幅0.3Hz）でスペクトルを平滑化し，位相速度分散曲線を求めた．位相速度分散曲線とH/Vを用いて，レイリー波基本モードを仮定して，試行錯誤で地盤構造モデルを推定した．

地震観測は2018/11/7～11/8に地すべり箇所（厚真町）で実施した．使用機器には速度型地震計KVS300(近計システム)とデータレコーダー(計測技研)を組み合わせて，地震計は埋設し，測定方向を水平動2成分(NS，EW)成分，上下動成分の3成分とし，サンプリング周波数200Hzで常時収録，GPSクロックによる時刻校正，バッテリー稼働とする仕様とした．設置場所は地すべり箇所の山体の山頂付近で元の地盤が残存する箇所とした．

地震観測記録より，S波部の10.24秒の区間を切り出し，両端に0.5%のコサインテーパーを施し，Parzenウィンドウ（バンド幅0.3Hz）でスペクトルを平滑化し，各成分のフーリエスペクトルを算出，微動記録と同様にH/Vを求めた．

いずれの観測点においても地下10ｍまでがS波速度75～130m/sと推定され、これは火山灰の層に対応していると考えられる。特に被害が生じた鹿沼，厚真町の観測点では堆積時期が異なる火山灰の層が2層重なって堆積しており、この層が大規模な地震地すべりを引き起こしたと示唆される。微動および地震動H/Vの卓越周期は、この火山灰層の層厚に対応していると考えられる。また、尾根筋の方向と直行方向のH/Vのスペクトル振幅が、平行な方向のそれより大きくなることもわかった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：微動探査、地すべり、H/Vスペクトル、S波速度、地盤構造
Keywords: Microtremor observation, landslide, H / V spectral ratio, S-wave velocity, subsurface abstraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Nonlinear site amplification for high intensity ground motions during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*Yadab Prasad Dhakal[1], Takashi Kunugi[1], Takeshi Kimura[1], Wataru Suzuki[1], Shin Aoi[1]

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED)

Large peak ground accelerations (PGAs) exceeding 1g on both the horizontal and vertical components were recorded at a fault distance of about 25 km during the September 6, 2018, Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake. Explaining the large PGAs at the distance for the magnitude of the event requires detailed investigation of the site response and source radiations. At several sedimentary sites, peak ground velocities (PGVs) exceeding 100 cm/s were recorded. Comparison of the observed PGAs and PGVs with the ground motion prediction equations (GMPEs) by Si and Midorikawa (1999) revealed that the observed data, especially the PGVs, were substantially larger at fault distances smaller than about 40-50 km, while the data at longer distances showed little or no trend different from the GMPEs. This motivated us to examine the site response during the earthquake. We processed many small amplitude (PGAs between 5 and 20 cm/s/s) accelerograms from earthquakes that occurred prior to the mainshock (the Mw 6.6 event) at sixteen KiK-net sites, and compared the surface-to-borehole spectral ratios between the small-amplitude ground motions from prior earthquakes and large-amplitude ground motions recorded during the mainshock. The comparison suggested that the sites at short distances where PGVs were underestimated, sustained various degrees of nonlinear site response, and the recovery is still undergoing at some of the sites based on similar analysis of aftershock recordings. Nonlinear site amplification has been known for a long time for the reduction of short-period ground motion amplitudes at a soil site during strong input motions compared with the weak input motions. Another commonly reported effect of nonlinear site response is the shift of predominant frequency to lower one. This second effect was found to be very prominent during the mainshock at soil sites and smaller distances, which caused stronger amplification at relatively longer-periods resulting into large PGVs and large JMA intensities. At the site of largest PGA, the ground motions were amplified by an order of magnitude at the new predominant frequency during the mainshock. We also analyzed the horizontal-to-vertical (H-to-V) spectral ratios at K-NET sites where PGAs were larger than 200 cm/s/s. We found that the K-NET sites also experienced larger degree of nonlinear site response at sites of larger PGAs. Based on the above analysis, the nonlinear site amplification could be one of the major reasons for the high intensity ground motions that were underestimated at the smaller distances by the GMPEs. Moreover, two sites (IBUH01: KiK-net; HKD127: K-NET), which were closely located, recorded vertical PGAs exceeding 1g for the up going motions at the surface, and the recordings showed asymmetric waveforms and amplitudes characteristics to the nonlinear site response reported during a few earthquakes in the past. A few sites having lower vertical PGAs were also suspected of being experienced nonlinear site response on vertical motions. Finally, we derived an ad-hoc equation to correct for the nonlinear site amplification in the prediction of horizontal PGVs with respect to the GMPE by Si and Midorikawa (1999). The results indicated that the stronger input motions may induce larger changes in PGVs at the surface than that for a proportional change in the shallow S-wave velocities (Dhakal et al. 2019).

Reference:

Dhakal YP, Kunugi T, Kimura T, Suzuki W, Aoi S (2019) Peak ground motions and characteristics of nonlinear site response during the 2018 Mw 6.6, Hokkaido eastern Iburi earthquake. Earth, Planets and Space (submitted)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Si H, Midorikawa S (1999) New attenuation relations for peak ground acceleration and velocity considering effects of fault type and site condition. Journal of Structural and Construction Engineering Transactions of AIJ 523:63–70

Keywords: Soil nonlinearity, 2018 Iburi earthquake, PGA, PGV, Spectral ratios

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年北海道胆振東部地震で大震度を観測したK-NET追分およびKiK-net追分における微動アレイ探査
# Microtremor array measurements at strong motion recording stations, HKD127 and IBUH01, in 2018 Hokkaido Iburi earthquake.

*古川 拓人[1]、時松 孝次[1]、大川 出[1]、田中 均[1]、元木 健太郎[2]
*Takuto Kogawa[1], Koji Tokimatsu[1], Izuru Okawa[1], Hitoshi Tanaka[1], Kentaro Motoki[2]

1. 株式会社 東京ソイルリサーチ、2. 株式会社 小堀鐸二研究所
1. TOKYO SOIL RESEARCH CO.,LTD., 2. KOBORI RESEARCH COMPLEX INC.

**１．はじめに**

2018年9月6日3時7分に，北海道胆振地方東部でMj6.7の地震が発生した。この地震は，震源の深さが37kmと深いのに対し，震度6強や震度7の大振幅の地震動が観測されたという特徴がある。この要因の１つとして，地盤による地震動の増幅が考えられた。そこで筆者らは，表層地盤の増幅特性を推定する目的で，震度６強もしくは震度７を観測した地震観測点のうち6地点において，微動アレイ探査を実施した。

なお，本発表では，これらの探査地点のうち，ほぼ同位置であるのにもかかわらず計測震度に差が見られたK-NET追分(HKD127)およびKiK-net追分(IBUH01)に着目し，地盤構造を推定した結果を示す。

**２．微動アレイ探査**

微動アレイ探査のセンサー配置は正三角形の頂点と中心の4点とした。各点で上下動の測定を行い，アレイ中心では水平2成分を加えて3成分測定を行った。アレイ半径は，最小1mから最大200mまでとし，アレイ半径を変えて複数の探査を実施した。その際，半径10m以下のアレイ探査については地震観測点近傍にてそれぞれ実施したが，半径25m以上のアレイ探査については，K-NET追分とKiK-net追分の距離が約100mと近いことから，地震観測点周辺で実施した結果を両観測点に適用した。

**３．解析**

得られた微動データの波形が定常と考えられる区間を解析区間として選定し，微動アレイデータからは空間自己相関法(SPAC法)による分散曲線を，3成分の微動データからはH/Vスペクトルを算定した。これらの分散曲線およびH/Vスペクトルに適合する地盤構造を，遺伝的アルゴリズムによる逆解析で推定した。その際，H/Vスペクトルに対してはレイリー波およびラブ波の高次モードの影響を考慮し，また分散曲線についてはレイリー波の基本モードを仮定して推定した。

**謝辞**

小堀鐸二研究所の加藤研一氏には，微動アレイ探査の計画から解析に至るまで，多くのご助言とご配慮をいただきました。また，微動アレイ探査に際しては，株式会社小堀鐸二研究所の鈴木文乃氏，古家萌子氏，株式会社鹿島建設の星野和也氏，株式会社東京ソイルリサーチの斉藤実岬氏，川口智美氏にご協力いただきました。記して感謝いたします。

キーワード：微動アレイ測定、H/Vスペクトル、分散曲線、北海道胆振東部地震、速度構造
Keywords: Microtremor Array Measurement, H/V Spectra, Dispersion Curve, 2018 Hokkaido Iburi earthquake, Velocity Structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 拡散波動場理論に基づくK-NET追分とKiK-net追分の地下構造モデルの推定：近接2地点の同時逆解析

# Subsurface structure model based at diffuse-field theory in Oiwake region: Simultaneous inversion analysis on adjacent two sites

*古家 萌子[1]、元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、古川 拓人[2]
*Moeko Koie[1], Kentaro Motoki[1], Kenichi Kato[1], Takuto Kogawa[2]

1. 株式会社小堀鐸ニ研究所、2. 株式会社東京ソイルリサーチ
1. KOBORI RESEARCH COMPLEX INC., 2. TOKYO SOIL RESEARCH CO., LTD.

平成30年北海道胆振東部地震の際、K-NET追分では震度6強（6.4）、KiK-net追分では震度7（6.7）が観測された。2地点間の距離は100mほどであるにもかかわらず0.3の震度差が生じている。2地点の応答スペクトルをみると、KiK-net追分の卓越周期で両者の振幅差が最大となる。この原因のひとつとして、表層地盤構造の相違が考えられる。本検討では、拡散波動場理論に基づくH/Vの逆解析により2地点の地盤構造モデルを推定し、両者の相違点を検討した。

表層地盤の非線形の影響が小さく実体波が卓越する地震として、本震以前に発生し、かつ最大加速度100cm/s$^2$未満で震央距離の震源深さに対する比が2以上の地震を選定した。そのS波部分のH/V平均値を、逆解析に用いる観測H/Vとする。なお、水平成分は2成分の自乗和平方根とした。観測H/Vのピーク周期（以降、H/V周期）はK-NET追分がKiK-net追分より短い。また、長周期における両者の観測H/Vの値はおよそ一致した。

逆解析では、近接した2地点であり、さらに2地点の観測H/V平均値の長周期側の形状がよく似ていたことから、PS検層モデルの最下層（Vs=890m/s）以深を共通として、それ以浅の構造は各地点で探索する。深部構造を共通させるため、2地点同時逆解析を実施した。ハイブリッドヒューリスティック法を採用し、探索範囲はPS検層とJ-SHISによる情報を参照して設定した。J-SHISを参照した深部では層厚を探索させ、PS検層を参照した浅部では主にS波速度を探索させた。

逆解析の結果、各地点で観測H/Vに整合的なモデルが同定された。工学的基盤面相当の深さはK-NET追分で7mであるのに対し、KiK-net追分では20mとなった。また、AVS30はK-NET追分で278m/s、KiK-net追分では243m/sとなり、全体的にKiK-net追分のS波速度はK-NET追分より遅い結果となった。各地点で探索した浅部の増幅率を計算すると、増幅率の１次周期（以降、固有周期）はKiK-net追分（0.31s）よりK-NET追分（0.20s）が短い。また、本震の地表記録の擬似速度応答スペクトルの卓越周期（以降、本震の卓越周期）は、固有周期と同様にKiK-net追分（0.53s）よりK-NET追分（0.48s）が短い。固有周期と本震の卓越周期でKiK-net追分よりK-NET追分が短いことから、表層地盤の違いが本震地震動の違いに影響していると考えられる。しかしながら、固有周期よりも本震の卓越周期の方が2地点とも長い傾向にあり、表層地盤の非線形挙動が含まれている可能性がある。

今後は表層地盤の非線形性の影響も考慮した地盤増幅率を評価して震度の違いの原因を検討する予定である。

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、拡散波動場理論、H/V逆解析、地下構造
Keywords: The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Diffuse-field theory, H/V inversion, Subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Exploration of the velocity structure model in the Mukawa town, damaged area during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*重藤 迪子[1]、高井 伸雄[2]、堀田 淳[3]、野本 真吾 [3]、前田 宜浩[4]、高橋 浩晃[2]、一柳 昌義[2]、山中 浩明[5]、地元 孝輔[5]、津野 靖士[6]、是永 将宏[6]、山田 伸之[7]
*Michiko Shigefuji[1], Nobuo TAKAI[2], Jun Horita[3], Shingo Nomoto[3], Takahiro Maeda[4], Hiroaki Takahashi[2], Masayoshi Ichiyanagi[2], Hiroaki Yamanaka[5], Kosuke Chimoto[5], Seiji Tsuno[6], Masahiro Korenaga[6], Nobuyuki Yamada[7]

1. 九州大学、2. 北海道大学、3. 株式会社ジオテック、4. 防災科学技術研究所、5. 東京工業大学、6. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、7. 高知大学
1. Kyushu University, 2. Hokkaido University, 3. Geo-Technical Research Co.,Ltd, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Tokyo Institute of Technology, 6. Railway Technical Research Institute, 7. Kochi University

The 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake ($M_w$ 6.6, focal depth=37 km) occurred on 6 September 2018 at the Hidaka arc-arc collision zone, Hokkaido, Japan. The many building damages by strong ground motion were concentrated around K-NET Mukawa strong motion observation station (HKD126). Strong motion records had strong power in 1-2 second periods of the response spectrum to destroy the timber frame buildings. It is an important examination to know the cause of the generation of this destructive strong motion.

To understand the site effects of this strong motion, we estimate the velocity structure models by using the microtremor array and multichannel analysis of surface wave measurements at three sites; around HKD126 site, a hillside site located about 6 km north from HKD126, and midpoint between both sites. We carried out the microtremor array measurements (R=1-2000 m) on 14-16 December 2018. We used servo type velocity sensor (Le-3D/5s) and 24-bit data logger (DATAMARK LS-7000XT) with GPS time calibration. At small arrays (R<~10 m), we used moving coil accelerometer (JEP-6A3, 10V/g). The fundamental Rayleigh wave phase velocity is examined with the spatial autocorrelation method. We also carried out a multichannel analysis of surface wave to emphasize the high-frequency side phase velocity. We set 24 channel 4.5 Hz geophones in interval 1 m with GEODE and 10 kg wood hammer. The phase velocity is examined with the Frequency-wavenumber method. The shear wave velocity structure models are estimated to fit the dispersion curve of the fundamental mode of Rayleigh wave using the genetic algorithm inversion method (Yamanaka and Ishida, 1998). The phase velocity data of the large array (R=2000 m) were used in common to the three sites.

Comparing the velocity structures, the Vs=1300 m/s layer’s depth of HKD126 is shallower than the hillside site ones and midpoint depth is mid of both. This tendency of depth variation is the same as the seismic bedrock and subsurface structure depth variation of AIST model (Yoshida *et al.*, 2007) and J-SHIS V2 model (Fujiwara *et al.*, 2012). On the other hand, about the shallow part, engineering bedrock depth of hillside site is shallower than the HKD126. The midpoint’s seismic bedrock is mid for the others, however, the surface soft soil deposit is detected as richer than the HKD126. These features of the shallow part structure's variation are able to confirm by the surface geology or Vs30 values of J-SHIS.

Acknowledgements: A part of this study was supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research No. 18K19952 and 17H06215 from MEXT of Japan, and MEXT of Japan’s Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：2018北海道胆振東部地震、速度構造モデル、微動観測、表面波探査
Keywords: The 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake, Velocity structure model, Microtremor measurement, MASW

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 三次元速度構造を考慮したGreen関数と強震記録による2018年北海道胆振東部地震の震源過程

# Source Process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake Inferred from Strong Motion Data and Green's Functions Based on Three-Dimensional Velocity Structure Model

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1]
*Kimiyuki Asano[1], Tomotaka Iwata[1]

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

The source rupture process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake ($M_{JMA}$ 6.7) was analyzed by the kinematic waveform inversion using strong motion data. Since this earthquake occurred close to the Hidaka Collision Zone and the Ishikari Lowland, the crustal and sedimentary basin structure of surrounding region is rather complex. Thus, we tried to use a three-dimensional velocity structure model to compute theoretical Green's functions. We used the Japan Integrated Velocity Structure Model (JIVSM; Koketsu *et al.*, 2012), and the Green's functions were computed by the three-dimensional finite difference method. The source fault model with strike-angle variation was set by referring to the spatial distribution of early aftershocks and the Global CMT solution. The source rupture process was estimated by the multiple time-window kinematic waveform inversion method (e.g., Hartzell and Heaton, 1983). The observed data for the inversion was strong-motion velocity waveforms in 0.04–0.5 Hz at K-NET, KiK-net and F-net stations. The rupture starting point was assumed to be at the hypocenter located by JMA at a depth of 37 km. The strong motion stations were selected based on the result of forward ground motion simulation of an Mw 4.1 aftershock occurring on September 14, 2018.
The estimated source model has small slip in the vicinity of the hypocenter, but significant slip is found in the depth range from about 22 km to 32 km. The rupture mainly propagated toward shallow and southwest direction. Considering crustal structure in this region (e.g., Iwasaki et al., 2004; Kita et al., 2012), the large slip area (asperity) is located in the middle-to-lower crust, and its rupture does not reach the upper crust. The depth range of significant slip is consistent with the spatial distribution of early aftershocks. Later aftershocks occurring in shallower depth are thought to occur outside the mainshock's source fault.

Acknowledgements: Strong motion data from K-NET, KiK-net and F-net (NIED) and JMA unified hypocenter catalog were used in this study. This study was supported by the Grant-in-Aid for Special Purposes 18K19952 (PI: Prof. Hiroaki Takahashi at Hokkaido University) from MEXT.

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、強震記録、震源過程、三次元速度構造モデル
Keywords: the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, strong motion data, source rupture process, three-dimensional velocity structure model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強震波形記録を用いて推定された平成30年北海道胆振東部地震の震源過程

# Source process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake derived from strong motion data

*久保 久彦[1]、鈴木 亘[1]、岩城 麻子[1]、青井 真[1]、関口 春子[2]
*Hisahiko Kubo[1], Wataru Suzuki[1], Asako Iwaki[1], Shin Aoi[1], Haruko Sekiguchi[2]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 京都大学防災研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. DPRI, Kyoto University

The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake ($M_{jma}$ 6.7) struck southern Hokkaido, Japan on September 6, 2018 (JST). This earthquake caused strong ground motions over southern Hokkaido with a maximum seismic intensity of 7 on the JMA scale and a maximum PGA of over 1500 cm/s/s. In this study, we estimate the source process of this earthquake using strong motion waveforms.
For source-process analysis of this event, we develop a curved fault model based on the spatial distribution of aftershocks. This curved fault model consists of multiple planes, each with a width of 20 km, a common dip angle (65 degree), and a common top depth (approximately 22 km). The common dip angle refers to the moment tensor analysis of F-net. The strike angle of the planes smoothly changes along the strike direction: the strike angle is 15˚ at the north part, 340˚ at the central part, and 40˚ at the south part. The rupture starting point is set to the hypocenter determined by JMA. The curved fault model is divided into 15 subfaults along the strike direction and 10 subfaults along the dip direction.
We use velocity waveforms at 20 stations of K-NET and KiK-net, F-net of NIED. The waveforms are band-pass filtered between 0.05 and 0.5 Hz, resampled to 10 Hz, and windowed from 1 s before S-wave arrival for 25 s.
Green's functions are calculated with the discrete wavenumber method (Bouchon 1981) and the reflection/transmission matrix method (Kennett and Kerry 1979) assuming 1-D velocity structure models. The structure models are obtained for each station from the 3-D structure model (Fujiwara et al. 2009). Logging information is also used for the KiK-net station. To consider the rupture propagation effect, 25 point-sources are uniformly distributed over each subfault in the calculation of Green’ s functions.
The multi-time-window linear waveform inversion method (Olson and Apsel 1982; Hartzell and Heaton 1983) is used in this study. The slip time history of each subfault is discretized using eight smoothed ramp functions (time windows) progressively delayed by 0.4 s and having a duration of 0.8 s each. The triggering velocity of first time window is set to 1.4 km/s to minimize the data-fit residual. Two orthogonal slips of each time window at each subfault are derived by minimizing the difference between the observed and synthetic waveforms using the non-negative least-squares scheme (Lawson and Hanson 1974). The slip angle is allowed to vary centered at 107˚, which is the rake angle of the F-net analysis. In addition, we impose a spatiotemporal smoothing constraint on slips (Sekiguchi et al. 2000).
In the estimated source model, the large slips are found at approximately 30 km depth in the up-dip direction from the hypocenter. In the first 6 s, the rupture grows slowly around the hypocenter with small slips. Then, the rupture developed with the large moment release between 6 s and 12 s in the large slip area. The large slip area does not overlap with the active aftershock area

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、震源過程、強震動
Keywords: 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, Source process, Strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 平成30年北海道胆振東部地震の広帯域地震動シミュレーション
# Broadband ground-motion simulation of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*岩城 麻子[1]、森川 信之[1]、前田 宜浩[1]、久保 久彦[1]、藤原 広行[1]
*Asako Iwaki[1], Nobuyuki Morikawa[1], Takahiro Maeda[1], Hisahiko Kubo[1], Hiroyuki Fujiwara[1]

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

１．はじめに

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震（$M_{JMA}$6.7）弱を観測するなど各地に強い揺れがもたらされた．震源域周辺は，陸域としては他の地域と比べて深い場所で地震活動が見られる地域に相当し（地震調査委員会，2018），これまでの内陸地殻内地震の地震動予測で対象としていない深さである．このような深い地殻内地震による強い揺れが，従来の地震動予測の枠組みで説明可能かどうか検証する必要がある．

２．広帯域地震動シミュレーション

この地震を対象として強震動予測レシピ（地震調査委員会，2017）に基づく特性化震源モデルを用いたハイブリッド法による広帯域地震動シミュレーションを行い、観測地震動の再現を試みた．断層面は強震波形インバージョンによる断層すべり分布（久保・他，本大会）とF-netモーメントテンソル解を参考に，長さ28km，幅22kmの一枚面を下部地殻内に設定した．内陸地殻内地震（活断層で発生する地震）についてのレシピ(ア)に従って微視的断層パラメータを設定し，破壊開始点を断層中央深さ35km，その上部にアスペリティを一つ置いた．地震モーメントは断層面積と地震モーメントの経験式（入倉・三宅2001）を仮定して設定したものであり，短周期レベルは壇・他(2001)の平均値である．これを基本モデルとする．

J-SHIS深部地盤モデルv2 （藤原・他，2009, 2012）を用いて，接続周期1秒で三次元差分法（GMS; 青井・他，2004）と統計的グリーン関数法（壇・佐藤，1998）のハイブリッド法で工学的基盤面上の広帯域地震動を計算し，さらにAVS30，最大速度と計測震度の関係式（藤本・翠川，2005, 2006）によって地表計測震度を求めた．

長周期帯域の速度波形は，多くの地点で主要なパルスの到達時刻や最大振幅値などの特徴が観測記録と調和的であった．広帯域では地表計測震度について観測記録と比較したところ，全体に過小評価傾向であった．その原因として，震源モデルや深部および浅部の地盤構造モデルが十分でないことが考えられるが，ここでは計算領域全体で短周期成分が過小評価になっていることから，まずは短周期レベルの値が変わることによる計算地震動への影響を調べることにした．この地震の震源特性について，友澤・他（2018, 地震学会）では地震モーメントに対する短周期レベルを，解析条件によって壇・他（2001）の平均値の1～2倍程度と推定している．この知見を参照し，基本モデルよりもアスペリティ面積が小さく，短周期レベルが壇・他（2001）の平均値の1.5倍程度の震源モデルを設定すると，計測震度の再現性が全体的に向上した．

３．まとめと課題

本検討では，この地震に対する特性化震源モデルについて従来の内陸地殻内地震よりも短周期レベルを高めに設定することで観測記録の説明性が向上した．これは地震の深さや発生環境に特徴づけられる震源特性を反映している可能性がある．

今後は，震源特性についてさらに検討し長周期帯域も含めた再現性向上を試みる．また，特に短周期地震動が卓越した観測点において，表層地盤による増幅特性を考慮する必要があると考えている．

謝辞：気象庁，北海道，札幌市，K-NET，KiK-netの強震波形記録を使用しました．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、強震動、広帯域地震動シミュレーション、内陸地殻内地震
Keywords: the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, strong ground motion, broadband ground-motion simulation, inland crustal earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 波形のS波初動部分を用いた波形逆解析による熊本平野および益城町周辺の深部地盤構造の推定

# Estimation of 1D S-wave velocity structures in Kumamoto plain and Mashiki town using a waveform inversion of S-wave

*室井 謙吾[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]、三宅 弘恵[3]、山田 伸之[4]
*Kengo Muroi[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Seiji Tsuno[2], Masahiro Korenaga[2], Hiroe Miyake[3], Nobuyuki Yamada[4]

1. 東京工業大学環境・社会理工学院、2. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、3. 東京大学大学院情報学環/地震研究所、4. 高知大学 理工学部
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Railway Technical Research Institute, 3. The University of Tokyo, 4. Kochi University

2016年熊本地震は内陸の活断層による地殻内地震であり、熊本県益城町では多くの木造家屋に被害が生じた。被災地周辺での強震動の理解には地下構造を知ることが重要であるが、工学的基盤より深部の地下構造は充分明らかでない。本研究では、本震時の被災地周辺における強震動特性の評価を目的として、熊本地震の余震の観測記録を利用して既往の地下構造モデルの修正を行った。さらに、修正した地下構造モデルを用いて、本震の地震動の再現を行った。

まず、既往の地下構造モデルとして地震調査研究推進本部の全国1次地下構造モデルを用いて、3次元差分法による被災地周辺における余震の地震動シミュレーションを行った。検討した地震は4月19日M5.5の余震であり、震源モデルとして、走向方向に8km、傾斜方向に4kmの断層面を設定した。益城町の観測点の観測波形と計算波形の比較から、既往モデルによる計算波形では観測波形に見られる定性的な特徴は捉えられているものの、振幅の大きさや位相といった詳細な特徴を再現することが難しいことが分かった。

そこで、余震記録の観測波形のS波初動部分の到着時間や振幅を利用して、波形逆解析により観測点直下の1次元S波速度構造モデルをチューニングすることにした。逆解析ではハイブリッドヒューリスティック探索によって観測波形と離散化波数法を用いた1次元シミュレーションによる計算波形の振幅の誤差の2乗和平均が最小となる速度構造モデルを、熊本平野部および益城町周辺における観測点36点において推定した。逆解析により推定された地下構造モデルで計算した余震の波形では、既往のモデルで計算した波形と比べて、観測波形の位相や振幅の特徴がよく説明できるようになった。

最後に、逆解析による1次元モデルを用いて全国1次地下構造モデルを修正した地下構造モデルを利用して、本震の地震動シミュレーションを行った。本震の震源モデルとしてKubo et al.(2016)によるモデルを用い、計算波形には表層地盤の影響を考慮するためJ-SHISの表層地盤増幅率を乗じた。計算により求めた計測震度分布は益城町中心部における計測震度を過小評価しており、益城町役場の計算波形は観測波形と比べて3倍～4倍小さかった。一方で、K-NET熊本、KiK-net益城の計算波形は振幅、位相ともに観測波形の特徴をよく説明できていることが分かった。これらの結果は、修正した地下構造モデルが熊本平野部では妥当なものである一方、修正した益城町中心部の直下の地下構造は、再構築が必要であることを示している。

キーワード：2016年熊本地震、波形逆解析、1次元S波速度構造、地震動シミュレーション
Keywords: The 2016 Kumamoto Earthquakes, Waveform Inversion, 1D S-wave Velocity Structure, Simulation of Ground Motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2016年熊本地震の余震記録を用いた高周波経験的グリーンテンソル微分（EGTD）の高精度化への検討

# Investigation to estimate high-frequency Empirical Green’s tensor derivatives (EGTD) using aftershocks for the 2016 Kumamoto earthquake

*吉田 沙由美[1]、堀家 正則[1]、宮腰 研[2]
*Sayumi Yoshida[1], Horike Masanori [1], Ken Miyakoshi[2]

1. 株式会社阪神コンサルタンツ、2. 一般財団法人　地域　地盤　環境　研究所
1. HANSHIN CONSULTANTS Co., Ltd., 2. Geo-Research Institute

1) Introduction

Green’s tensor derivatives play a key role for evaluation and prediction of strong ground motions and for surveys of the velocity and damping structures. However, it is difficult to generate high-frequency (above 1Hz) Green’s tensor derivatives using numerical approaches for want of fine geological structure models. Plicka and Zahradnik (1998) proposed a method for estimation of Empirical Green’s tensor derivatives (EGTDs) using multiple small earthquakes. EGTDs does not require the structural model along propagation paths for their estimation and is possible to calculate high-frequency ground motions for any focal mechanism. In this study, we investigate the conditions required (focal mechanism, grouping radius, applicable frequency) to obtain high-frequency EGTDs, using aftershocks of the 2016 Kumamoto earthquake.

2) Data and method

The size of the aftershocks ranges between the magnitudes 2 and 4. The focal mechanism, such as the strike, the dip angle, and the rake angle, and the source parameters of radiated spectra, such as the seismic moment and the corner frequency, are required for the estimation of EGTDs. The focal mechanism was obtained from the sign of P-wave first motions and the source parameters were obtained from the Fourier spectra of S-wave motions, assuming the model.

We first set the grouped aftershocks located within a sphere with a certain radius. Then, we estimated 3 EGTDs for 3-component ground motions from the grouped aftershocks by the approach developed by Plicka and Zahradnik (1998). Finally, we evaluated the accuracy of the estimated EGTDs by the correlation coefficients between observed seismic recordings of the grouped aftershocks and those calculated using the estimated EGTD for the 3- component ground motions. We furthermore evaluate the accuracy of EGTDs by investigating whether they can reproduce seismic waveforms of the aftershocks which are not contained in the group.

3) Results

Accurate EGTDs up to 2 Hz can be stably estimated from most groups with the radius of 1km, having the correlation coefficients over 0.8. Also, these EGTDs can reproduce the seismic motions of the aftershock that is not contained in the group. In the meantime, the correlation coefficients calculated from the estimated EGTDs up to 4Hz are not always not high values over 0.8 even for the groups with the radius 0.5 km. These results suggest that estimation of EGTDs up to the frequency higher than 2Hz requires accurate focal mechanism and source parameters of the radiated spectra. Thus, we will improve them, for example, using the Genetic algorithm.

4) Acknowledgement

In this study, we use event waveform data provided by NIED (Hi-net).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：経験的グリーンテンソル、2016年熊本地震、高周波数
Keywords: Empirical Green’s tensor, 2016 Kumamoto earthquake, high-frequency

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2016年熊本地震の余震記録のスペクトル分離解析による熊本平野の地盤増幅特性の評価

# Estimation of Site Amplification Characteristics in Kumamoto plain by Spectral Separation Analysis Using Aftershock Records of the 2016 Kumamoto Earthquake

*飯田 朋美[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、篠山 大輝[8]、津野 靖士[5]、是永 将宏[5]、山田 伸之[7]、三宅 弘恵[6]、神野 達夫[3]、重藤 迪子[3]、吉見 雅行[2]、松島 信一[4]、川瀬 博[4]、浅野 公之[4]、岩田 知孝[4]
*Tomomi Iida[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Daiki Shinoyama[8], Seiji Tsuno[5], Masahiro Korenaga[5], Nobuyuki Yamada[7], Hiroe Miyake[6], Tatsuo Kanno[3], Michiko Shigefuji[3], Masayuki Yoshimi[2], Shinichi Matsushima[4], Hiroshi Kawase[4], Kimiyuki Asano[4], Tomotaka Iwata[4]

1. 東京工業大学、2. 産業技術総合研究所、3. 九州大学、4. 京都大学、5. 鉄道総合技術研究所、6. 東京大学、7. 高知大学、8. 電力中央研究所
1. Tokyo institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Kyushu University, 4. Kyoto University, 5. Railway Technical Research Institute, 6. The University of Tokyo, 7. Kochi Unicersity, 8. Central Research Institute of Electric Power Industry

2016年熊本地震は，4月14日にM6.5の地震、16日にM7.3の地震が起こり、震度7を2回観測した熊本県益城町を中心に大きな被害が生じた。本研究では主に熊本地震の余震を中心とした239地震の際に防災科学技術研究所の強震観測網K-NET/KiK-net、熊本県の自治体震度観測点、臨時強震観測点(Yamanaka et al., 2016等)の計197観測点で観測された強震記録をスペクトルインバージョンによって震源・伝播経路・地盤増幅特性に分離した。拘束条件には、KiK-netのOITH08(宇目西)観測点を基準観測点とし、地表と孔底のスペクトル比から推定した地震基盤までのS波速度構造を用いて一次元重複反射理論により算出した地表の理論増幅特性を用いた。伝播経路のQ値は既往研究(例えば, 染井他、2018)と矛盾のない結果を示した。震源特性はオメガスクエアモデルによって説明することができた。また、震源特性から計算した地震モーメントはF-netによる地震モーメントと同程度であった。地盤増幅特性は、沖積平野で、0.5-2.0Hzの低周波数の増幅が大きく、山地では2Hz以上の高周波数の増幅が平野部と比べて大きくなることがわかった。スペクトルインバージョンによって求めた地盤増幅特性を一次元重複反射理論を用いて逆解析することで、熊本平野の堆積層のS波速度と地盤減衰の推定を行い、熊本平野の中央部の堆積層が約600mと厚いことがわかった。

謝辞：本研究は文部科学省科学技術基礎調査委託事業「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」（代表機関：九州大学大学院理学研究院)の一部として実施された余震観測のデータを使用しました。

キーワード：スペクトルインバージョン、2016年熊本地震、地盤増幅
Keywords: Spectral inversion technique, the 2016 Kumamoto Earthquake, Site Amplification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2016年4月15日熊本の地震(Mj6.4)の運動学的および動力学震源モデル
# Kinematic and dynamic source models of the 2016 Mj6.4 Kumamoto third large earthquake

*吉田 邦一[1]、宮腰 研[1]
*Kunikazu Yoshida[1], Ken Miyakoshi[1]

1. 一般財団法人 地域 地盤 環境 研究所
1. Geo-Research Institute

2016年熊本地震の地震群のうち，3番目に大きい2016/4/15 00:03に発生したMj6.4の地震について，まず強震記録のインバージョン解析により震源過程を求め，その結果をもとに，運動学的震源モデルを再現するような動力学震源モデルの構築を試みた．まず，強震記録のマルチプルタイムインバージョン解析により震源過程を求めた．解析には，防災科学技術研究所K-NET, KiK-net，気象庁および自治体震度計の計11観測点を使用した．速度構造モデルは，Yoshida et al. (2017)による余震の波形フィッティングによる構造モデルのチューニングにより求めた．この時，余震の震源位置にはdouble-difference法により再決定されたもの(Uchide et al., 2016)を用いた．本震の断層面は1.5 km×1.5 kmの小断層に，時間方向にはパルス幅0.8秒のスムーズドランプ関数を0.4秒間隔で6個並べ離散化した．各小断層からの理論グリーン関数の計算には，離散化波数法(Bouchon, 1981)と反射・透過係数行列法(Kennett and Kerry, 1979)により点震源の波形を計算して求めた．逆解析にはマルチタイムウィンドウインバージョン法(Hartzell and Heaton, 1983)を用いた．解析対象には，観測加速度記録に0.05－1.0 Hzのバンドパスフィルターを適用し，1回積分して作成した速度波形とした．P波到達から18秒間を切り出し，解析に用いた．なお，KiK-net 観測点では地中波形を逆解析の対象とした．破壊伝播速度$V_{FT}$ は，平滑化係数λを固定して，2.0～2.6 km/sの範囲で0.2 km/sごとに解を求め，それらの残差が最小となった2.4 km/sを採用した．各機関(USGS W-phase, USGS body wave, USGS Regional, Global CMT, JMA, F-net)のCMT解の$M_0$は平均が$1.2\times10^{18}$ Nmであったので，採用した$V_{FT}$のうち$M_0$がもっともこの値に近くなるようなλの解を採用した．解析により得られた震源モデルでは，破壊開始点より浅部に，最大滑り量は約1 m，平均すべり量が0.6～0.7 mのアスペリティと高すべり速度域（High slip/moment Rate Area, HRA; 吉田・他，2017）が求められた（図左）．アスペリティの上端では，すべり量と比べてすべり速度が小さく，同定されたHRAはアスペリティよりも上端の1メッシュ分小さいものが求められた．この解析で得られた断層面積，アスペリティ面積などはスケーリング則に良く対応した．

次に，この地震のインバージョン解析で得られた震源モデルの応力分布や経験的グリーン関数(EGF)法による解析結果（倉橋・他，2017）などをもとに動力学シミュレーションを行った．広域応力場はUrata et al (2017)などを参考に，$\sigma_1$=100 MPa，$\sigma_3$=50 MPaとした．断層面上の応力降下量分布は，インバージョン解析で得られたすべり量分布からOkada (1992)の方法で静的応力降下量分布を計算し，アスペリティやHRAで平均したものをパッチとして与えたモデル，すなわち応力降下量分布を特性化して設定した．設定した静的応力降下量は，それぞれアスペリティモデルでは3.9 MPa, HRAモデルでは4.9 MPa，背景領域は両者とも1.0 MPaである．破壊強度の設定は，設定した応力降下量をもとに，EGFによるSMGAの応力パラメータを実効応力とみなして，実行応力=破壊強度+静的応力降下量となるよう設定した．臨界すべり量Dcは，既往研究を参考にしたほか，KMMH14においてDc’’(Fukuyama and Mikumo, 2007)を求めたところ15 cm程度であったこと，予備検討の結果などから，ここでは断層面全体で10 cmとした．シミュレーションは差分法で行い，格子間隔は50 m×50 m，時間間隔は0.004秒として8秒間分を計算した．破壊が断層面全体に伝わるよう，実効応力がHRAのモデルでは6.3 MPaに，アスペリティでは5.1 MPaとなるよう破壊強度を調整した（両者で実効応力が異なるのは，背景領域の応力降下量が面積の違いにより異なるため，図左下）．シミュレーションの結果は，運動学的震源モデルのモーメントや滑り分布（アスペリティやHRAで0.6 m程度）を良く再現するものが得られた（図右）．ただし，アスペリティ上端部でのすべり量がやや小さいこと，アスペリティやHRAの上

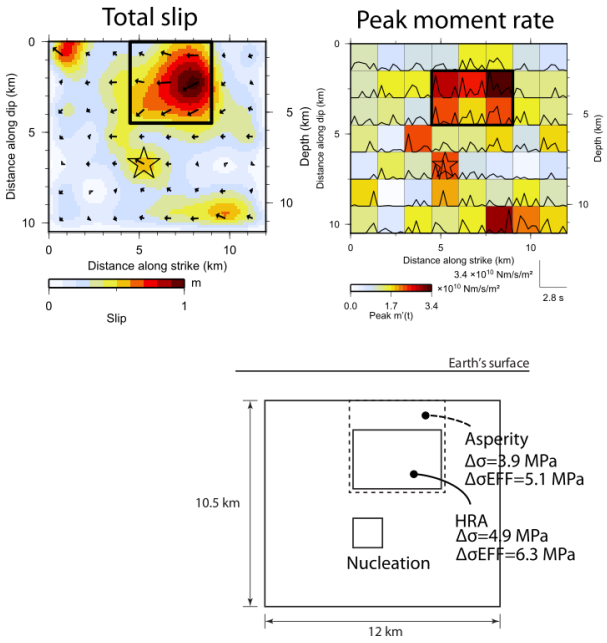
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

端で大きなすべり速度のパルスが現れることがあること，断層面上の一部でスーパーシア破壊（S波速度を超える破壊伝播速度の破壊）が見られること，といった課題が残った．臨界すべり量など，さらに動力学パラメータの検討を進める必要があると考えられる．

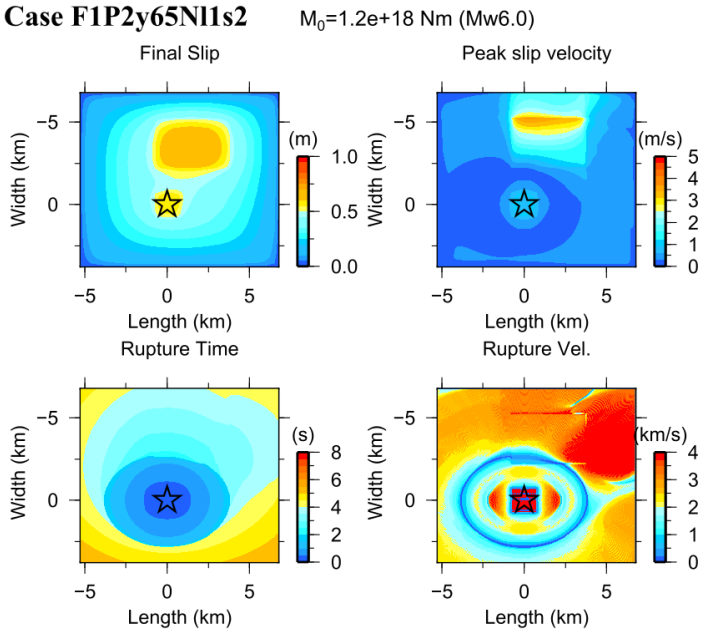
謝辞　防災科学技術研究所K-NET, KiK-net, 気象庁震度計，御船町の記録を使った．震源位置は産業技術総合研究所内出崇彦博士に提供いただいた．この研究の一部は原子力規制庁「平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震による地震動の評価手法の検討）事業」の成果である．

キーワード：2016年熊本地震、震源過程、動力学シミュレーション
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake, source process, dynamic simulation

Kinematic model




Dynamic simulation




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 曲面断層を考慮した2003年宮城県北部の地震（$M_{JMA}$6.4）の震源破壊過程と強震動生成域

# Source rupture process and strong motion generation area assuming the curved fault model for the 2003 northern Miyagi prefecture earthquake

*染井 一寛[1]、宮腰 研[1]、郭 雨佳[1]
*Kazuhiro Somei[1], Ken Miyakoshi[1], Yujia Guo[1]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所
1. Geo-Research Institute

2003年7月26日宮城県北部で発生した逆断層型の内陸地殻内地震（$M_{JMA}$6.4）では，2枚断層セグメントを設定した強震波形インバージョンによって断層面上のすべり分布が推定され（例えば，Hikima and Koketsu, 2004），北側の断層セグメントの浅部（上端深さ0.59 km）に1 m程度の大きなすべりが生じたことが報告されている．一方で，この地震後に実施された現地調査では，震源域周辺において明瞭な地表地震断層は見つかっていない（例えば，今泉・他, 2003）．上述した浅部の大きなすべりは，北側の断層セグメントの南端付近に集中しているため，再決定余震分布（Okada et al., 2003）によって指摘されているような屈曲部を考慮した断層面を設定することは，より現実に近いすべり分布を得るために重要であると考えられる．本研究では，曲面断層を考慮した震源インバージョンを実施し，さらに広帯域地震動シミュレーションから強震動生成域（SMGA；Miyake et al., 2003）を推定することで，本地震の詳細な震源破壊過程と強震動生成過程を考察した．

まず，K-NET，KiK-net，気象庁の各観測点で記録された強震波形（0.1-1.0 Hz）を用いたマルチタイムウィンドウ線形波形インバージョンにより断層面上での震源破壊過程を推定した．仮定した曲面断層モデルは，上述した再決定余震分布や周辺の地質構造を参考にして，Hikima and Koketsu (2004) による2つの平面断層セグメント（北側セグメントと南側セグメント）と，その間を滑らかな曲面で接続する遷移セグメントの計3セグメントで構成した．断層モデルの長さ，幅，最浅部の深さは，それぞれ20 km，11 km，0.59 kmとした．この曲線断層モデルを，1.0×1.0 kmの220の小断層によって分割し，各小断層の中心にライズタイム1.0秒の平滑化傾斜関数のタイムウィンドウを0.5秒間隔で6つ設定することですべり時間関数を表現した．第一タイムウィンドウの破壊伝播速度は，波形残差から最適な2.8 km/sとした．理論グリーン関数は，1次元速度構造モデルから離散化波数法（Bouchon, 1981）と反射透過係数行列法（Kennett and Kerry, 1979）によって計算した．各観測点の速度構造モデルは微動アレイ探査によって構築されたモデル（染井・他, 2018）或いはレシーバー関数法によって推定されたモデル（Petukhin・宮腰, 2006）を使用した．

次に，経験的グリーン関数法（Irikura, 1986）を用いた0.3-10 Hzの広帯域地震動シミュレーションに基づいてSMGAをモデル化した．2つのSMGAの破壊開始点と破壊開始時間は，複数の観測波形の2つの波形パケットのS波走時から予め決定した．スケーリングパラメタの$N$と$C$の値は観測震源スペクトル比から推定した．SMGAの面積，破壊速度，ライズタイム，SMGA内の相対的な破壊開始点位置といった最適なパラメタセットは，波形残差関数を最小とするようグリッドサーチによって決定した．

震源インバージョンとSMGAモデリングから得られた主要な結論は以下の通りである．１）最大すべり量0.93 mの大きなすべりは震源から北側の遷移セグメントに集中した．抽出されたアスペリティ領域（Somerville et al., 1999）の大きさは35 km$^2$でその上端は3.07 kmであった．これはHikima and Koketsu (2004)のアスペリティ上端（0.59 km）よりも深い．また，面積は既往のスケーリング則（Somerville et al.,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

1999）と比較して平均的であった．２）すべり速度が大きいHRA領域（吉田・宮腰, 2013）の大きさは29 $km^2$で，アスペリティ領域の端部に抽出された．３）SMGAはHRAに近い位置に推定され，24 $km^2$の大きさの2つのSMGAから生成された合成地震動は広帯域で観測地震動をよく再現した．４）2つのSMGAの応力降下量は13.7 MPaであり，これは日本国内の過去の内陸地殻内地震に対して得られているSMGAの応力降下量と比して平均的な値である．

謝辞：本研究は，平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震による地震動の評価手法の検討）業務による成果の一部である．

キーワード：2003年宮城県北部の地震、曲面断層、震源インバージョン、強震動生成域、経験的グリーン関数法
Keywords: The 2003 northern Miyagi prefecture earthquake, Curved fault, Source inversion, Strong motion generation area, Empirical Green’s function method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強震動記録を用いた2018年島根県西部の地震（Mw5.6）の震源破壊過程の推定

# Estimation of source rupture process during the 2018 Shimane-ken seibu earthquake using strong motion data

*倉橋 奨[1]、宮腰 研[2]
*Susumu Kurahashi[1], Ken Miyakoshi[2]

1. 愛知工業大学、2. 地域地盤環境研究所
1. Aichi Institute of Technology, 2. Geo-Research Institute

1.はじめに

2018年4月9日1時32分，島根県西部の地震（Mw5.6）が発生した．この地震の最大震度は5強で，PGAは564galであった．本研究では，比較的大きな加速度や震度が観測されたこの地震の強震動を説明するため，波形インバージョンにより震源破壊過程を評価した．

２．波形インバージョンによる破壊領域の推定

本研究では，マルチタイムウインドウ線形波形インバージョン法（Sekiguchi et al., 2000）に基づき震源破壊過程について時空間的にすべり量分布を構築した．解析に用いるデータは速度波形のS波部分とし，震央距離約40km以内の13観測点（K-NET，KiK-net）の記録を用いた．グリーン関数は，1次元地下構造モデルを仮定して離散化波数法（Bouchone, 1981）および反射・透過係数行列法(Keneett and Lerry,1979)を用いて計算した．断層モデルは，余震分布とF-netのCMT解を参考にして走向330度，傾斜角84度とした．

解析は，2段階に分けて行った．１段階目は0.1～0.5Hzを対象として，主に破壊領域の推定に注目して解析を行い，2段階目は0.1～1.0Hzを対象として，アスペリティの抽出に注目して解析を行った．

1段階目では，断層面の長さと幅はともに12km，小断層サイズは2.0km四方に設定した．すべり速度の基底関数は，ライズタイム1.0秒のsmoothed ramp関数を0.5秒間隔で3個配置した．

解析の結果，明瞭なパルスが見られる震源近傍の観測点SMN006の観測波形も含めて，遠くの観測点もおおむね再現されていることを確認した．得られたすべり量分布を，Somerville et al. (1999)の規範に基づきトリミングをした結果，トリミングが可能であり，10.5km×12kmの断層破壊領域が得られた．入倉・三宅（2001）の地震モーメントと破壊面積との既往のスケーリングと比較したところ，本地震の破壊面積はスケーリングの値の約３倍程度大きかった．地震モーメント，面積，破壊速度，平均すべり量はそれぞれ，$4.67*10^{17}$Nm，126km$^{2,}$ 2.7km/s，0.11mと推定された．

３．波形インバージョンによるアスペリティの抽出

2段階目として，0.1～1.0Hzを対象として主にアスペリティの抽出に注目して解析を行った．断層面の大きさは１段階目と同じ設定で，小断層サイズは1.5km四方とした．すべり速度の基底関数は，ライズタイム0.6秒のsmoothed ramp関数を0.3秒間隔で6個配置した．なお，破壊速度は2.7km/sに固定した．

その結果，破壊開始点およびその浅部付近にすべり量の大きい領域が存在することがわかった．このすべり量分布より，アスペリティとHigh Rate Area(HRA)を，それぞれSomerville et al.(1999)と吉田ほか（2015）の方法により抽出した．HRAは，ピークモーメントレートの場所を抽出した領域で，強震動の生成の場所と関係があると指摘されている（吉田ほか，2015）．本研究で抽出したアスペリティとHRAは，同じ場所と面積と推定された．一方で，既往のスケーリング則と比較するとそれよりも大きく評価された．地震モーメント，破壊速度はそれぞれ$2.23*10^{17}$Nm，最大すべり量は0.65ｍと推定された．スケーリング則におけるMw6クラスの結果は，その他の地震でもばらつきが大きく，同規模の地震の結果を含め，継続的な検討が必要であると考えられる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

４．まとめ

本研究では，2018年島根県西部の地震（Mw5.6）における震源破壊過程の構築を試みた．アスペリティとHRAはほぼ同じ面積で同じ場所であることを確認した．一方で，既往のスケーリング則と比較すると，過大評価となった．Mw6クラス地震については，今後，継続的な検討が必要と考えられる．

謝辞：本研究は，原子力規制庁の委託研究「平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震による地震動の評価手法の検討）事業」の一部として実施しました．独立行政法人 防災科学技術研究所
K-NET，KiK-netの観測記録を使用しました．記して感謝します．

キーワード：2018年島根県西部の地震、震源破壊過程、強震動
Keywords: The 2018 Shimane-ken seibu earthquake, source rupture process, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 震源近傍の強震記録に基づくM6クラスの地震のSMGAの推定－2011年茨城県北部の地震（M6.1）を対象として－
# An estimation of SMGA of M6 class earthquakes based on strong motion records near the source regions

*元木 健太郎[1]、加藤 研一[1]、塩田 哲生[2]
*Kentaro Motoki[1], Kenichi Kato[1], Tetsuo Shiota[2]

1. 小堀鐸二研究所、2. 四国電力
1. Kobori Research Complex, 2. Shikoku Electric Power Company

１．はじめに

K-NET、KiK-netなどの高密度な地震観測によって、M6クラスでも1Gを超える大振幅の地震動が近年観測されるようになった。大振幅が発生した要因として、例えば2004年北海道留萌支庁南部で発生した地震（M6.1）では、強震観測点近傍の2つのSMGAが地震動に支配的であることが示された（Maeda and Sasatani, 2008、元木・他、2015）。活断層が認められていない地域で発生する規模の小さい地震は、強震動予測時に用いる断層モデルを設定しにくい。この種の地震に対し、大振幅の地震動を引き起こすSMGAの応力降下量や面積などの情報を蓄積していくことは、地震動レベルの設定に有用な情報を与えると考えられる。本報告では、2011年茨城県北部の地震（KiK-net高萩IBRH13の地表で1026cm/s$^2$を観測）を対象として、SMGAの逆解析を行った。

２．解析方法とデータについて

震源断層モデルは経験的グリーン関数法（EGF）を用いた逆解析によって同定する。未知数は、SMGA破壊開始点の位置、応力降下量比c、重ねあわせ数N、SMGAのサイズ、SMGA内の破壊伝播速度、SMGAの破壊開始時刻、ライズタイム、破壊の揺らぎを与える乱数とした。SMGAの逆解析には非線形問題にも利用でき、初期値に依存しないハイブリッドヒューリスティック法（山中、2007）を用いた。

解析に使用した観測点は非線形の影響が小さいと考えられる観測点を選定する。まず、KiK-net地中観測点のうち、震源近傍の2点IBRH13、IBRH14（十王）を選定した。SMGAの同定には震源断層を囲むような配置が望ましく、KiK-netのみでは観測点が不足する。そこでK-NETの観測点から野口・笹谷（2012）によるDNLを用いて、非線形の影響が小さいIBR001（大子）とFKS014（矢祭）の2点も選定した。

要素地震は震源断層付近で発生している地震の中から、IBRH13の本震記録と波形形状が近い7地震を選定し、それぞれの地震に対し逆解析を実施することとした。

３．SMGAの同定

要素地震の候補となる小地震のfcは、本震との震源スペクトル比を求め、$\omega^{-2}$モデルを仮定して記録に適合するように遺伝的アルゴリズムで同定した。探索範囲の設定には既往の震源モデル（JMA, 2017）や小地震と本震の震源スペクトル比から予想されるcやNを参考にしながら設定した。このとき、$M_0$はF-netによる値を、短周期レベルAは震源スペクトル比から求められた値を超えないように条件を設定した。同定に用いる誤差関数には、加速度包絡形、変位波形、およびフーリエ振幅とした。

一つのSMGAを仮定して震源近傍の地震動を説明するSMGAを推定した。推定されたSMGA位置は既往の震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

源インバージョンの結果（気象庁、2017や引間、2017）のすべりが大きい場所とよく対応している。SMGAは、全体の$M_0$の約1/3、短周期レベルAが約2/3と推定された。IBRH13を除く3点を用いた同定も実施した。その結果、SMGAの位置についてはばらつきが見られたが、他のパラメータは4点を用いた結果と概ね対応することを確認した。

さらに推定したSMGAが震源近傍の地震動を再現するかを確認するため、IBRH13の地中観測点を対象として、波数積分法（Hisada and Bielak, 2003）を用いシミュレーションを行った。解析に用いる地下構造モデルは、PS検層の情報がある深さまではその情報を用い、それ以深についてはJ-SHISのモデルを参照した。すべり角はG-CMT解やJMA初動解を参照して、-70度と設定し、ライズタイムは試行錯誤的に求めた。シミュレーション結果は観測記録に見られるパルス波や応答スペクトルを再現する結果が得られた。ここで推定したSMGAを用いると、理論に基づくグリーン関数からも観測記録を再現できることを確認した。

４．既往研究との比較

本検討で推定したSMGAの面積と、Miyake et al.(2003)による$M_0$-$S_{SMGA}$の関係と比較する。本検討結果は既往研究によるSMGAの面積よりも小さい。乱数の異なる解もMiyake et al.(2003)の関係よりも全て小さい結果となった。両者の違いを考察すると、一つはモデル化の考え方の違いによると考えられる。本検討のSMGAは前述の通り全体の$M_0$の約1/3、Aの約半分を負担している。一方、Miyake et al.(2003)のSMGAは本震の$M_0$、Aの全てをSMGAに負担するように設定しており、その違いが表れている可能性がある。このことを確かめるため、他の地震も検討しデータを蓄積していくことが重要であると考え、2013年栃木県北部の地震を対象とした解析も予定している。

キーワード：強震動生成域、M6級地震、逆解析、経験的グリーン関数法
Keywords: Strong motion generation area, M6 class earthquake, Inversion, Empirical Green's function method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地表および潜在断層地震における国内の内陸地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則の違い

# Difference in short-period level between the surface and buried fault rupture crustal earthquake in Japan

*吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]、野口 竜也[1]
*Shohei Yoshida[1], Takao Kagawa[1], Tatsuya Noguchi[1]

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

内陸地殻内地震における地表地震断層の有無は周期1.0秒以下の短周期帯域の地震動に影響を与えることが既往研究から知られている(Somerville, 2003)．具体的に地表断層地震を生じない地震（潜在断層地震）の短周期帯域の地震動は，地表断層地震を生じた地震（地表断層地震）のものより1.5から2.0倍程度大きくなることが報告されている．Kagawa *et al.* (2004) は上述の地震動特性の違いが震源特性に起因していると考え，震源インバージョンよる不均質すべり量分布の特性化から主たる要因を浅部および深部地殻（境界を深さ5km）の震源特性の違い（最大すべり速度，応力降下量等）と結論付けている．

地震調査研究推進本部による強震動予測手法レシピの微視的断層パラメーターのひとつに短周期レベルがある．短周期レベルは加速度震源スペクトルのコーナー周期より短周期側のフラットレベルであり，短周期帯域の強震動生成を決める重要な震源パラメーターである．地表および潜在断層地震における地震動特性の違いから，短周期帯域の地震動生成に影響する短周期レベルは地表地震断層の有無で違いが生じることが推測される．本研究では国内の内陸地殻内地震を対象として，経験的グリーン関数法により構築された特性化震源モデルから評価される短周期レベルと地震モーメントの関係から地表および潜在断層地震を考慮したスケーリング則について考察した．

参考文献
Somerville, P. G.(2003) : Physics of the Earth and Planetary Interior, 137, pp.201-212.
Kagawa et al.(2004) : Earth planet and space, 56, 3-14.

キーワード：内陸地殻内地震、地表地震断層、震源特性、短周期レベル
Keywords: Inand crustal earthquake, Surface fault rupture, Seismic source characteristics, Short-period level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その１：地震動予測式の選定）

# Probabilistic seismic hazard assessment of response spectra for whole Japan (part 1: Selection of ground motion prediction equations)

*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より公表されている全国地震動予測地図のうち、確率論的地震動予測地図では、震度または最大速度で表現されている。一方、地震リスク評価や工学分野においては、応答スペクトルの地震ハザード評価が有益である。本検討では、日本全国を対象とした全国地震動予測地図の地震活動モデルによる応答スペクトルの地震ハザード評価を試みる。本稿では、地震ハザード評価に用いる地震動予測式の選定について述べ、次報（その２）において評価結果を示す。

Douglas (2019) では、1973年以後に発表された290の地震動スペクトルの予測式が整理されているが、そのうち主に日本の観測記録から求められたものは約50ある。2003年十勝沖地震は高密度強震観測網（K-NET、KiK-net）で記録が得られた世界でも初めてのマグニチュード8クラスの地震であり、地震ハザードに対する海溝型巨大地震の影響が大きい日本において当該地震の記録を用いた地震動予測式を用いることは重要である。本検討ではやや短周期成分を主としつつもある程度広い周期帯域について工学的基盤上で評価を行う。また、日本全国を対象とすることを踏まえて、以下の条件を満たす式を選定する。

a. 査読付き論文として発表されている。
b. 主に日本の観測記録が用いられており、2003年十勝沖地震の記録を含む。
c. 最大加速度および周期0.1～5秒を含み、工学的基盤上で評価できる。
d. 地震タイプ（地殻内地震、海溝型プレート間地震、海溝型プレート内地震）の震源特性や伝播経路特性の違いを考慮できる。
e. 異常震域がモデル化されている
f. 特定の地域のみを対象としていない。
g. マグニチュード9クラスの地震のデータも用いられている。

その結果、Morikawa and Fujiwara (2013) およびZhao et al. (2016a, b, c)による二組の式が選定された。ただし、g.の条件に関しては、いずれの式も東北地方太平洋沖地震のみの記録から求められているため、南海トラフ地震への適用性などに関しては不確実さが大きいと言わざるを得ない。そこで、不確実さを考慮するためにその他の条件を満たす式の中から最新のGoda and Atkinson (2009) の式も追加することとした。

これらの式による地震動を比較すると、データが豊富なマグニチュード5～6、断層最短距離50～100kmについては差が小さいものの、データが少ない震源近傍や巨大地震では差が大きい。しかしながら、データセットはそれぞれの研究者で作成されている。その結果、

・観測波形データのフィルター処理などの方法、水平動最大振幅の定義が異なる。
・同一の地震であってもマグニチュードや震源断層モデルの設定が異なる。
・地盤増幅に関する指標が地盤種別や平均S波速度など様々であり統一されていない。

という状況にあり、厳密に同一条件での比較ができない。このことはここで選定された3つの式に限定されるものでなく、同一のデータセットから求められた式が存在しない日本の予測式すべてに共通する問題である。観測記録のきわめて少ない超巨大地震や震源断層ごく近傍などを対象に含む地震ハザード評価を行う際には、認識論的不確定性を考慮して複数の地震動予測式を用いることが必要である。特定地点を対象とした地震ハザード評価を行う場合には、観測記録との整合性に基づいて重み付けを行という考えもある。ただし、その

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

整合性を評価するためには同一条件で比較できる統一基準のデータセットを構築するとともにそれに基づいて導出された地震動予測式を用いることが必要となる。

キーワード：地震ハザード評価、応答スペクトル、最大加速度、地震動予測式
Keywords: Seismic hazard assessment, Response spectra, Peak acceleration, Ground motion prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本全国を対象とした応答スペクトルの確率論的地震動ハザード評価（その２：地震動ハザード評価）

# Probabilistic seismic hazard assessment of response spectra for whole Japan (part 2: Probabilistic seismic hazard assessment)

*宮腰 淳一[1]、森井 雄史[1]、森川 信之[2]、藤原 広行[2]
*Junichi Miyakoshi[1], Takeshi Morii[1], Nobuyuki Morikawa[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 大崎総合研究所、2. 防災科学技術研究所
1. Ohsaki Research Institute, Inc., 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地震調査研究推進本部より公表されている全国地震動予測地図のうち、確率論的地震動予測地図では、震度または最大速度で表現されている。一方、地震リスク評価や工学分野においては、応答スペクトルの地震ハザード評価が有益である。本検討では、日本全国を対象とした全国地震動予測地図の地震活動モデルによる応答スペクトルの地震ハザード評価を試みる。本稿では、（その１）において選定した地震動予測式を用いて、応答スペクトルの地震ハザード評価結果を示す。

応答スペクトルの地震動予測式としては、Morikawa and Fujiwara (2013)（MF13）、Goda and Atkinson (2009)（GA09）、Zhao et al. (2016)（ZA16）の3つの式を用いる。また、地震動の評価位置は工学的基盤とする。具体的には、MF13およびGA09はAVS30=400m/s、ZA16はSC Iとする。複数の地震動予測式を用いる理由として、日本全国を対象とした地震動ハザードを評価する場合、現状では全国標準版の地震動予測式を一つに限定するのは難しく、ロジックツリーの一つの分岐として複数の地震動予測式を選択する可能性があるためである。

本論文では、応答スペクトルの地震動ハザードとして、周期に対する応答値のハザードカーブに基づいて、同一の超過確率となる応答値を周期を横軸にしてつないだ一様ハザードスペクトルを計算する。具体的には、確率論的地震動予測地図2018年版の地震活動モデルの「平均ケース」を用いて、6地点（札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡）の一様ハザードスペクトルを計算する。なお、東京は都庁、その他は各市役所位置である。ばらつき（標準偏差）の値は確率論的地震動予測地図2018年版と同じ値とする。

結果の一例として、MF13式による札幌と東京での50年超過確率39%、10%、5%、2%のすべての地震に対する一様ハザードスペクトルと、50年超過確率10%における周期別の地震カテゴリーの影響度を示す。地震カテゴリーは、石川・他(2008)および地震調査委員会(2009)に基づいて、地震カテゴリーⅠを海溝型巨大地震、地震カテゴリーⅡを海溝型震源不特定地震、地震カテゴリーⅢを陸域浅部地震とする。図より、一様ハザードスペクトルでは、札幌と東京の地震動ハザードレベルの違いが確認できる。地震カテゴリーの影響度に対しては、札幌では、短周期帯域で地震カテゴリーⅢが支配的であるが、長周期帯域になるにつれて地震カテゴリーⅡや地震カテゴリーⅠの影響が増大する。一方、東京では、地震カテゴリーⅡが支配的であり、長周期帯域に対しては地震カテゴリーⅡだけでなく、地震カテゴリーⅠの影響も大きくなる。このように、確率論的地震動予測地図2018年版の地震活動モデルを活用することで、地域の地震動ハザードの違いを周期帯ごとに把握することが可能となる。図には示していないが、地震動予測式による違いも考察している。また、世界の地震動ハザードで標準的に作成されている最大加速度の地震動ハザードも、今回の検討に用いた地震動予測式を用いて作成する。

キーワード：地震ハザード評価、応答スペクトル、最大加速度、地震動予測式
Keywords: Seismic hazard assessment, Response spectra, Peak acceleration, Ground motion prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2018年大阪府北部地震による富士川河口断層帯周辺地域における長周期地震動のシミュレーション
# Simulation of Long-period Ground Motion around The Fujikawa-kako Fault Zone during the 2018 Northern Osaka Earthquake

*橋本 整奈[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、是永 将宏[2]、津野 靖士[2]、三宅 弘恵[3]、先名 重樹[4]
*Seina Hashimoto[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Masahiro Korenaga[2], Seiji Tsuno[2], Hiroe Miyake[3], Shigeki Senna[4]

1. 東京工業大学　環境社会理工学院、2. 公益財団法人　鉄道総合技術研究所、3. 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、4. 防災科学技術研究所
1. Tokyo Institute of Technology School of Enviroment and Society, 2. Railway Technical Research Institute, 3. The University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

**概要**

富士川河口断層帯は、駿河湾の駿河トラフとの関連が示唆される活断層であり、活動間隔は、一般の内陸活断層に比べ相対的に短い断層である。さらに、この断層帯の上には首都圏と中京圏を結ぶ交通網の大動脈が通っている。この地域での強震動予測の高精度化は地震防災の観点から重要である。本研究では、2018年4月より新たに富士宮市及び富士市に強震観測点を設置し中小地震による強震観測記録を取得している。この地域では観測点で得られたデータの中で、2018年大阪府北部地震の記録では、揺れの継続時間が2分近くと長く、長周期成分が卓越していたことがわかった。次に、J-SHISの深部地盤構造モデルを用いて大阪府北部地震での地震動シミュレーションを行った。また、気象庁のCMT解を参考に点震源モデルを仮定した。まず、岩盤サイト(YMNH10)における波形を検討すると、計算波形は観測波形における波形の特徴を後続波までよくとらえていた。また、観測波形、計算波形ともに確認することができた波形群としては、S波が到達した後少し遅れて到達する南北の波面を持つ表面波、またその後に続く後続波は地震基盤の深さが急に深くなる山梨県南西部から到達する表面波であることがスナップショットの結果から明らかとなった。一方で、静岡市周辺の観測点では3-20秒の周期帯域で観測波形の再現性が劣ることがわかり、地下構造モデルには改善の余地があることが示された。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省による富士川河口断層帯における重点的な調査観測として実施された。

キーワード：富士川河口断層帯、大阪府北部地震、長周期地震動シミュレーション、強震観測
Keywords: The Fujikawa-kako Fault Zone , the 2018 Northern Osaka Earthquake, Simulation of Long-period Ground Motion , strong motion observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# コーダ規格化法を用いた茨城県周辺域のKiK-net観測点におけるサイト増幅特性の推定

# Site amplification factors for KiK-net stations in and around Ibaraki Prefecture estimated by the coda normalization method

*河原 純[1]、中村 敬浩[1]、山田 卓司[1]
*Jun Kawahara[1], Takahiro Nakamura[1], Takuji Yamada[1]

1. 茨城大学大学院理工学研究科
1. Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

近地地震のコーダ波のエネルギーは、十分な時間が経過すると空間的にほぼ一様に分布することが経験的に知られている。コーダ規格化法はこの事実を前提として、コーダ波の記録から震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性を分離する手法である（Sato et al., 2012）。コーダ規格化法を用いて地震観測点におけるサイト増幅特性を推定した研究例は多い（例えば、Takahashi et al. 2005; Takemoto et al., 2012）。しかし、同一地域で発生する複数の地震による推定値のばらつきの大きさに注目した研究例は少ないように見える。

本研究では、茨城県周辺域のKiK-netの21観測点およびF-netのTSK（つくば）観測点の強震記録にコーダ規格化法を適用した。用いた地震は4.7≦Mw≦6.4の31個の近地地震であり、発生地域に応じて4グループに分類した。各地震に対して、震央距離100 km以内の観測点のうち、最も遠い点においてS波走時の2倍経過後の時刻から約10秒間の波形データを使用した。増幅率が小さいと期待されるTSKを基準点として、KiK-netの各観測点の相対的なサイト増幅特性を求めた。また4つの地震グループ毎に増幅率の幾何平均を求めた。

解析結果は以下の通りである。(1) 低周波（0.5～1Hz）での増幅率には、基盤深度および表層地質年代との相関が見られ、既往研究（例えば、Takemoto et al., 2012）と調和的であった。(2) 基盤が浅い北部地域では、周波数によらず、地震ごとの増幅率のばらつきは小さく、地震グループごとの幾何平均はおおむね一致した。(3) 基盤が深い南部地域では増幅率のばらつきが大きく、地震グループごとの幾何平均にも差が見られた。(4) 増幅率の幾何標準偏差と、基盤深度および表層地質年代との間にも相関が見られた。(5) 大部分の観測点において、増幅率と震央距離の間に明確な関係は見られず、全体としてはコーダ波エネルギーの空間一様性が成り立っているように見える。

謝辞
防災科学技術研究所のKiK-netとF-netの強震記録およびJ-SHISの基盤深度データを使用しました。

キーワード：サイト増幅特性、コーダ規格化法、茨城県
Keywords: site amplification factor, coda normalization method, Ibaraki Prefecture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2014年長野県北部の地震における堀之内地区の地震動レベルの推定
# Estimation of earthquake ground level in Horinouchi area in the 2014 Northern Nagano earthquake

*河合 亮太[1]、山中 浩明[1]、地元 孝輔[1]、津野 靖士[2]、是永 将宏[2]
*RYOTA KAWAI[1], Hiroaki Yamanaka[1], Kosuke Chimoto[1], Seiji Tsuno[2], Masahiro Korenaga[2]

1. 東京工業大学環境・社会理工学院、2. 公益財団法人鉄道総合技術研究所
1. Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering,Tokyo institute of Technology, 2. Railway Technical Research Institute

2014年11月22日に長野県北部でMj6.7の地震が発生した。最大震度6弱の揺れを小谷村や小川村で観測したが、甚大な建物被害はこれらの地域ではなく、白馬村の堀之内・三日市場地区に集中した。汐満・他(2016)は、被害が局所的に集中していた理由として、建物被害に大きな影響を与えると考えられている、周期1-1.5秒の成分が卓越した可能性を指摘している。また、笠松・他(2016)によると、墓石転倒率から、堀之内・三日市場地区の震度は震度7相当であったとしている。一方で、日本地震工学会の調査団(2015)によれば、被害地域には1階に柱や壁の少ない建物が多かったことを報告している。このことから、被害建物の耐震性の低さによって局所的な被害が起きたとも考えられる。しかし、この地区では、本震の地震記録は得られておらず、定量的に被害原因を明らかにする議論は行われていない。そこで、本研究では、本震時に同地区の地震動レベルがどの程度であったかを推定することを目的とした。

本震発生後に、地元・他(2015)によって、堀之内・三日市場地区周辺で余震観測が行われている。本研究では、それらの記録と周辺の強震観測点と震度計などによる地震記録を用いてスペクトルインバージョンを行った。スペクトルインバージョンは、地震記録のS波部分から震源特性・地盤増幅特性・伝播経路特性を分離する手法である(岩田・入倉,1986)。解析に用いた地震記録は、余震記録を含めたMj2.4からMj5.8の59地震と、本震の計60地震である。本震時のような規模の大きな地震では、軟弱な一部の地盤が非線形挙動を起こす。そのため、スペクトルインバージョンでの記録の選別には、次の3つの条件を設定した。

1)本震以外の地震記録では、PGAが100gal以下の地震記録を用いること、

2)本震時、PGAが100gal以下の地震記録では弱震時の地盤増幅特性と一致していること、

3) 本震時、PGAが100gal以上の地震記録では弱震時の地盤増幅特性と異なること。

これらの条件により、本震時にPGA100gal以上を記録した観測点で、弱震時と本震時のそれぞれの地盤増幅特性を推定している。

本震時の地盤増幅特性を推定した観測点において、弱震時と本震時の地盤増幅特性の関係を調べた。これらの地盤増幅特性の違いは、地盤の非線形などによるものだと考えられる。そこで、本研究では、本震時の地盤増幅特性を弱震時のそれで除したものをRaと定義した。このRaと本研究で実施した微動探査によるS波速度構造の関係を検討すると、本震時にPGA400gal以上の観測点では、深さ10mまでの平均S波速度(以下Vs10)が同程度であれば、Raも類似した形状を持つことが分かった。堀之内地区でのVs10は165m/sであり、小川村のVs10の151m/sと同程度である。そのため、堀之内地区の非線形特性Raは小川村のものと同程度であると考えられる。

スペクトルインバージョンにより分離した、本震の震源特性と伝播経路の減衰特性の積により、本震の地震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

基盤でのスペクトルを算出した。また、堀之内地区の弱震時の地盤増幅特性に、上述の小川村の非線形特性Raをかけることで、本震時の堀之内地区での地盤増幅特性を推定した。これらの掛け合わせによって、堀之内地区における本震の地震動スペクトルレベルを推定した。

その結果、推定した地震動レベルは、周辺の強震観測点と比べ、木造家屋に影響の大きな周期1-1.5秒で2倍程度の強さであったことがわかり、震度6強に相当すると考えられることがわかった。一方で、中越地震や熊本地震において、木造建物に甚大な被害を及ぼした地域の強震観測点での強震動スペクトルと比較すると、本研究の推定結果は周期1-1.5秒で、それらの1/4から1/2程度の強さであった。

以上の検討により、堀之内地区での局所的な木造家屋被害は、周辺の観測点と比べて、周期1-1.5秒の成分がやや大きかったこと、同地区の建物の耐震性の低さの両者が重なり起きた被害であることがわかった。

キーワード：スペクトルインバージョン、２０１４年長野県北部の地震、非線形地盤増幅特性、建物被害
Keywords: Spectral inversion technique, 2014 Northern Nagano earthquake, Nonlinear site effect, Building damage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Ground type classification for strong ground motion prediction based on characteristics of phase-velocity curves from microtremor explorations

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、松山 尚典[2]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、藤原 広行[2]
*Atsushi Wakai[1], Shigeki Senna[1], Hisanori Matsuyama[2], Yatagai Atsushi[2], Yoshiaki Inagaki[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 応用地質
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2. OYO Corporation

For the purpose of strong ground motion evaluation and prediction, subsurface velocity structures in sedimentary layers have ever been modeled and sophisticated for Kanto, Tokai and Kumamoto region in the national investigation conducted by SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) of Council for Science, Technology and innovation.

There, spatially dense array-microtremor explorations also have been conducted at more than 27,500 sites in the regions, as of February 2019. They consist of miniature and irregular array measurements made at interval of about 1 km and standard-sized array ones made at interval of about 5 km. As a result, shallow S-wave velocity structures were modeled in detail, which can affect ground amplification, building and human damage.

In this study, regarding characteristics of phase-velocity (hereinafter called Pv) curves from array microtremor explorations, it was attempted to investigate relationships with geomorphologic land classification [Wakamatsu et al., 2013] and geological constitution of ground.

Pv curves can be usually obtained 2Hz to 30Hz in frequency from miniature and irregular array microtremor explorations. In general, Pv in higher frequency corresponds to velocity structures in the depth of a few of meters to 10 meters and that in lower frequency corresponds to those in the depth of dozens of meters below ground surface. Here, Pv at wave length of 40 meters or C40 [Konno et al., 2000] was extracted and made use of at each microtremor measurement site. C40 can be regarded as AVS30.

As a result, useful information was able to be acquired to model subsurface velocity structures in addition to new knowledge which was not able to be obtained from only bore-hole exploration data. Also, C40s vary due to different-sized plains and different sedimentary environment despite the same geomorphologic land classification. This presentation will report the results in detail.

キーワード：地盤の類型化、位相速度曲線、微動探査、強震動
Keywords: Ground type classification, phase-velocity curve, microtremor exploration, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地震被害推定のための地盤モデルの構築
# Establishment of the Underground Structure Model for Seismic Damage Estimation

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]、藤原 広行[1]
*Shigeki Senna[1], Atsushi Wakai[1], Hiroyuki Fujiwara[1]

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

## 1．はじめに

我々は，リアルタイム被害推定用の地盤モデルの構築のため，広帯域の地震動特性を評価できるような，特に浅部と深部地盤の両方に影響のある周期付近（0.5～2.0秒）を説明する上で重要となる，ボーリングデータおよび物性値データ（主に微動観測データ）を収集した上で，浅部・深部を接合した地盤モデルの検討を行ってきている．本研究においては，広域地下構造モデル（約250mメッシュ）の構築，さらに詳細化した詳細地盤モデル（約50mメッシュ）や，モデル化をサポートするための微動観測システムおよび地下構造情報管理システムを構築している．

(1) 地震被害推定のための広域地盤モデルの構築
(2) 地盤の動的特性の把握と微動観測システムの開発
(3) 官民協働による詳細地盤モデルの構築手法の開発

以下，項目毎に簡単に内容を紹介する．

## 2. 地震被害推定のための広域地盤モデルの構築

広域地盤モデルの作成については，関東および東海地域全域について作成した．浅部地盤モデルは，主に防災科研でこれまでに収集した約44万本のボーリングデータを用いた．モデルの作成については，既往の自治体で作成された地盤モデル等を再整理し，統一的な地質・土質の層序整理作業による浅部地盤モデルの作成・修正を行い，初期浅部地盤モデルを構築した．この浅部地盤モデルと既往の深部地盤モデル（J-SHISモデル）を，PS検層や地質構造によって工学的基盤(Vs=300～700(m/s))を調整して接続し，初期の浅部・深部統合地盤モデルとした．また，地震動評価に必要不可欠なS波速度構造を3次元で検討するために，地震観測記録および常時微動観測データの収集をあらためて実施している．地震観測記録については，K-NET，KiK-net，気象庁，自治体（主に県の震度計データ(SK-NET)）の記録を使用した．常時微動観測については，「極小・不規則アレイ」と比較的大きなサイズの「大アレイ」の2種類を実施しており，K-NET，KiK-net，自治体の震度観測地点等（極小・不規則アレイ：約20,000地点，大アレイ：約800地点）でそれぞれ実施した．極小・不規則アレイの解析については，3章の「クラウド型微動観測システム」等を用いて，H/Vスペクトル比および位相速度を求め，分散曲線の深度変換(SPM)および逆解析(Arai and Tokimatsu(2004)等)を行ってS波速度構造を求めた．この結果，初期モデルのS波速度構造をチューニングした結果より、約250mメッシュ単位の地盤構造モデルから計算される各種増幅指標（最大速度増幅率，震度増分，周期毎の応答増幅倍率等）のマップを作成した．既往の地盤モデルと比較すると，広帯域全体の周期特性が改善されており，特に防災の観点で重要な周期1秒付近において結果が大幅に改善されていることが確認出来た．

## 3. 地盤の動的特性の把握と微動観測システムの開発

微動アレイ観測を大量に実施し，その解析結果までを円滑に管理するためには，観測データの取得から解析，結果の評価に至るまでの行程が少なくかつ簡単であることが必要である．この目的を達成するため，現場でのデータ整理から解析等（位置情報・写真情報・観測データ・時刻歴情報・解析結果等のデータ登録）の一

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

連の工程が簡単に行え，ヒューマンエラーが少なくなる仕組みを開発した．具体的には，地震計からPCやタブレット等の端末にデータを欠損なく, 品質管理された状態で送受信でき，後述するデータベースへ転送する「i微動」を構築した．また，高速に微動データを解析・品質管理する「クラウド解析システム」を構築した．また，クラウド解析では，入力されたデータについて詳細解析およびデータの品質管理を行う．本クラウドシステムを使えば，使わない場合に比べて，観測から解析結果に至までの工程が，10倍程度高速化している．

**4. 官民協働による詳細地盤モデルの構築手法の開発**

詳細地盤モデルは，自治体の地形・地盤情報（官・民ボーリングデータ・建築確認申請・地形情報・旧版地形図等）を活用した，不整形地盤・人工造成地等を考慮し，液状化や斜面災害の予測が可能なモデルの構築を目指している．現在，足立区や横浜市において，詳細モデルの構築を行っており，動的特性の検討を行っている．特に横浜市においては，大規模人工造成地が幅広く分布しているため，別途抽出方法を検討している．横浜市の人工造成地の検討では，国土地理院5mDEMデータを基に作成した斜度指標を用いて，微細な谷埋め盛土の分布を把握した． 最終的には，水系解析の結果抽出された水系に統計的なバッファを与えてモデル化した．大規模造成地の分布と調和的であり，さらに細かい造成地も抜き出せているように見える．

**謝辞**

本研究は，総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されました．

キーワード：地下速度構造、ボーリング、微動アレイ、強震動
Keywords: subsurface velocity structure, bore-hole, array microtremor, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 近年の液状化被害を踏まえた液状化被害率の検討

# Consideration of liquefaction damage rate based on liquefaction damage in recent years

*先名 重樹[1]、小澤 京子[1]
*Shigeki Senna[1], Ozawa Kyoko[1]

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

**1.はじめに**

2011年東北地方太平洋沖地震では，東北地方から関東地方にかけての極めて広い地域で液状化が発生し[1)]，2016年熊本地震においても熊本市内や阿蘇市内において多数の液状化被害が確認された[2)]．筆者らは，これまでに，近年の液状化が発生した地震での液状化発生率を検討し，地震動の継続時間の影響で東北地方太平洋沖地震と他の地震での液状化発生率の違いを説明できることを示した[3)]．しかしながら，250mメッシュの微地形区分を基本とした既往の液状化しやすさに基づくグループ分けや，地域性考慮のための地域区分方法では，全国的な液状化ハザードマップの作成は難しく，まだ検討の余地が残っている。本研究では，地形および標高データ等を用いたより詳細な地域区分や微地形区分のグループ分け，および，液状化の面積率等の設定を行い，液状化発生率予測式の高精度化に関する検討を行った．また、建物被害の情報を収集し、液状化被害率の検討を行った.

**2. 収集・整備したデータ**

本検討のために収集した液状化地点データは，主に筆者らが現地調査および航空写真画像による2011年東北地方太平洋沖地震と2016年熊本地震の液状化地点の読み取り方法を参考に，地震発生直後の国土地理院等の高解像度画像から噴砂地点の再読み取りを行った．そのデータに基づき，これまで作成整備してきた約250mメッシュ単位のデータセットだけでなく，約50m,および約25mメッシュ単位の詳細なデータセットも作成した．さらに以下のデータも合わせて整備した.

① 10mDEMデータに基づく各メッシュサイズ（250m,50m,25m）の平均標高・平均勾配・比高データ.
② 土地利用区分データに基づく各メッシュサイズの地形区分データに基づいて，各データと液状化地点の関係性より，液状化発生率および面積率の検討を行った.
③ 東北地方太平洋沖地震および熊本地震における建物の傾斜・沈下量等の被害情報を収集し、発生率との関係を検討した。

**3. 液状化発生率および面積率の検討**

液状化発生率については，2011年東北地方太平洋沖地震と2016年熊本地震の液状化発生率のデータを合算し，微地形区分毎に計測震度と最大速度のフラジリティを，最小二乗法および最尤法にて計算した上で，微地形区分をグループ化するために，クラスター解析を行った．その結果，既往研究による液状化の発生しやすさに基づき分類された微地形グループ[4),5)]とは異なる，新たな4つのグループにまとめることが出来た.

また，各グループについては，各メッシュの平均標高，平均勾配，比高のデータ等との比較により，グループ細分化の可否について検討した．検討の結果，どの微地形区分においても液状化発生率は比高との相関性が極めて高く，前述の4つのグループをさらに細分化できる可能性が高いことが分かった．液状化面積率については，25mメッシュを最小単位として，メッシュ内に1か所でも噴砂があれば，そのメッシュ全体が液状化していると見なすこととした。面積率については，すべての微地形区分において計測震度や最大速度との間に明確な相関性が見られなかったため，微地形区分毎に面積率の平均値を算出した．本研究では，簡便のため，上記に示した液状化発生率と液状化面積率を掛けることで最終的な液状化発生率としてまとめた．ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

た、液状化による建物被害の傾斜と沈下量について、震度や最大速度と液状化発生率との関係を検討した.

**4. まとめ（今後の予定）**

本研究で検討した液状化発生率計算式（フラジリティー）は，今後，建物被害分布データとの比較等を行い，結果の妥当性を検証する予定である.

＜謝辞＞

解析の一部については、株式会社構造計画研究所の橋本光史氏、落合努氏にご協力いただいた。建物被害の情報については、潮来市、神栖市、千葉市、我孫子市、稲敷市、香取市、熊本市より提供いただいた。関係各位に謝意を表します。

＜参考文献＞

1.若松加寿江，先名重樹，小澤京子：2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生の特性、日本地震工学会論文集第17巻、第1号、 pp.43-62（2017.2）

2.若松加寿江，先名重樹，小澤京子：平成28年（2016年）熊本地震による液状化発生の特性、日本地震工学会論文集 第17巻、第4号、 pp.81-100 (2017.8）

3.先名重樹，松岡昌志，若松加寿，翠川三郎：液状化発生率におよぼす強震動の継続時間と地域性の影響、日本地震工学会論文集　第18巻、第２号、pp.82-pp.94(2018.5)

4.松岡昌志，若松加寿江，橋本光史：地形・地盤分類 250m メッシュマップに基づく液状化危険度の推定手法，日本地震工学会論文集，第11巻，第2号，pp.20-pp.39(2011.5).

5.損害保険料率算出機構：微地形区分データを用いた広域の液状化発生予測手法に関する研究，地震保険研究，No15，(2008.6).

キーワード：液状化、強震動、建物被害

Keywords: liquefaction, strong motion, phase-velocity curves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# MeSO-net観測点における地表地震記録の推定

# Estimation of surface earthquake record at MeSO-NET observation points

*先名 重樹[1]、若井 淳[1]
*Shigeki Senna[1], Atsushi Wakai[1]

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

1．はじめに

本研究では、MeSO-netの深さ20mに設置してある地中設置型地震計のデータから地表の揺れの様子を高精度に予測するために、各観測点での微動観測や地表における臨時観測を行うことにより、地盤増幅特性の評価や地盤のS波速度構造の推定を行う。そのための研究開発項目として、1．MeSO-net観測点における地表地震記録の取得と増幅特性の推定、2．微動アレイ観測とＳ波速度構造等の地盤物性値の推定、3．既往地盤情報等によるＳ波速度構造の精度検証と地表地震記録の推定、の3つの項目を実施することにより、MeSO-net観測地点の詳細な地盤増幅構造を、「マルチインテグレーションシステム」へ実装することを目的としている。以下に項目毎の取組みを紹介する。

2. MeSO-net観測点における地表地震記録の取得と増幅特性の推定

本項目では、MeSo-net観測点の地表における臨時地震観測による、観測点ごとの地中・地表間のスペクトル増幅率の推定を行うため、MeSO-net全観測点(297地点)で実施している。観測期間は1地点あたり2～3ヶ月とし、現時点(H30.12.9)で、60地点で観測を終了している。対象観測点ごとに、MeSO-net地震計と同じセンサを持つ地震計(白山工業社製JU310およびJU410)1台を使用した。地震計は固定板および防水容器に格納し、防水処理された電源ケーブルで接続した。それら全体をブルーシートで養生しロープで固定した。これを観測井近傍に設置してポールとチェーンで囲った。また、データ収録時のサンプリング周波数を200Hz、レンジをJU410については、±4.0G（JU310については±1.0G）とした。平成29～30年度に実施した地震観測地点において地表および地中で記録が得られた地震nにおいて、各地震観測地点における地中～地表の増幅特性を計算した。増幅特性は各観測地点における地中および地表で得られた地震波形からフーリエスペクトルを成分ごとに計算し、0.1～10Hzのバンドパスフィルターをかけ、対数ウィンドウで平滑化した上で、地中に対する地表の比をとった。結果として，比較的固いローム台地と軟弱な後背湿地や自然堤防の増幅特性の特徴の違いが明瞭となっている。特に、ローム台地の観測点については5～10Hzの短周期で増幅度が大きくなっており、MeSO-net地震計の深さ20mよりも浅い場所で地盤構造に変化があるものと考えられる。一方、後背湿地・自然堤防等の軟弱な地盤とされる地形では、1～2Hz付近で顕著な増幅を示す。

3. 微動アレイ観測とＳ波速度構造等の地盤物性値の推定

前節の地盤増幅特性を検証し、強震動時でも揺れを想定出来るようにするため、地下50ｍ程度のS波速度構造を求めるための微動アレイ観測を実施した。微動観測は、MeSO-net 地震計と同じセンサ特性を持つ3 成分地震計兼微動観測機器（JU410）を購入した。それらを用いて、対象となるMeSO-net観測点296地点の直上にて、微動アレイ観測を実施している。微動アレイは、アレイ半径60cmの4点極小アレイと１辺5～15m程度の3点不規則アレイを展開し、同時に15分間程度の観測を行った。データ収録時のサンプリング周波数は200Hz、レンジは±0.1Gとした。微動アレイ観測結果に対し、SPAC法およびCCA法を用いて位相速度解析を実施した。その上で、AVS30等の増幅特性の抽出(C40)、分散曲線の直接深度変換法(SPM)、逆解析等の逆解析手法を用いてS波速度構造等の地盤物性値を推定した。前節同様、比較的固いローム台地と軟弱な後背湿地の特徴の違いが明確になっている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

4. まとめ

前節までに実施している地震観測と微動観測に基づき、今後、周期を考慮した地盤増幅率を検討するが、関東地域全域作成されている既往の地盤モデル（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）のリアルタイム地震被害推定で実施している関東地域の浅部・深部統合地下構造モデル）や地質調査データを用いたS波速度構造モデルのさらなる高度化を行い、250mメッシュ間隔の精度の高い地震動の推定を行うことを目標とする。

＜参考文献＞

Aki, K.: Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bull. Earth. Res. Inst. Univ. Tokyo, 35, pp.415-457, 1957.

Cho, I., S. Senna, and H. Fujiwara: Miniature array analysis of microtremors, Geophysics, 78, KS13–KS23, doi:10.1190/geo2012-0248.1, 2013.

Arai, H., and K. Tokimatsu: S-Wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V Spectrum, Bull. Seismol. Soc. Am., 94, pp.53-63, 2004.

Senna, S, Maeda T, Inagaki Y, Suzuki H, Matsuyama N, Fujiwara H. (2013). Modeling of the subsurface structure from the seismic bedrock to the ground surface for a broadband strong motion evaluation, Journal of Disaster research., Vol.8, No.5, pp.889-903.

キーワード：地震観測、微動、速度構造モデル
Keywords: earthquake observation, microtremor, subsurface velocity structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 微動アレイ探査における水平動成分を利用した位相速度推定手法によるラブ波抽出の可能性について一愛知県西尾市の場合
# Possibility of estimating phase velocity of Love wave using Horizontal components in microtremor array surveys in the case of Nishio

*土田 琴世[1]、堀家 正則[1]、山田 浩二[1]、末廣 匡基[1]、吉田 沙由美[1]
*Kotoyo Tsuchida[1], Masanori Horike[1], Koji Yamada[1], Masaki Suehiro[1], Sayumi Yoshida[1]

1. 株式会社阪神コンサルタンツ
1. HANSHIN CONSULTANTS COMPANY LIMITED

1) Introduction

The S wave velocity structure of sediments is the most important factor for amplification of earthquake motions. In recent years, microtremor array surveys have been popularized because the S wave velocity structures can be estimated by simple measurements and at a low cost. For example, Horike (1985) inferred the S wave velocity from f-k spectra estimated array microtremors and Aki (1957) and Okada (2003) also inferred them from the spatial autocorrelation functions (SPAC). These approaches use vertical microtremor array recordings and discard horizontal-component recordings. As is well known, the phase velocity of Rayleigh waves is influenced not only by the S-wave velocity structure but also by the P-wave velocity structure, while that of Love wave is influenced by the S-wave velocity structure alone. Therefore, it is expected that S wave velocity structure can be obtained clearly by estimating the velocity structure using the dispersion of the Love wave. Several approaches are developed for inference of the phase velocity of Love waves, for example f-k method by Tsuchida et al (2016), SPAC and CCA method by Tada et al (2010; using the microtremor array analysis tool "BIDO 2.0" software). The aim of this study is to compare the phase velocities obtained using the same arrays.

2) Observation and data

For this comparison, we implemented microtremor measurement in Nishio City, Aichi Prefecture, using different-size array composed of 7 stations. At each station 3-component velocity sensors were installed. Microtremor recording were acquired at a sampling interval of 0.005s for 30 minutes. This site is suitable for this comparison, because there is much information about geotechnical and geological property.

3) Results

At the present, the phase velocity by the f-k method is estimated, but it is still in the process of analysis. Therefore, by the day of the presentation, we will proceed with the remains to do.

キーワード：微動アレイ探査、ラブ波、水平動成分
Keywords: microtremor array surveys, Love wave, Horizontal components

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 東海地域における微動アレイ探査に基づく浅部地盤構造モデルの高度化
# Enhancement of shallow velocity structure models based on array microtremor explorations for Tokai region, Central Japan

*若井 淳[1]、先名 重樹[1]、谷田貝 淳[2]、稲垣 賢亮[2]、松山 尚典[2]、藤原 広行[1]
*Atsushi Wakai[1], Shigeki Senna[1], Yatagai Atsushi[2], Yoshiaki Inagaki[2], Hisanori Matsuyama[2], Hiroyuki Fujiwara[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 応用地質
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2. OYO Corporation

**1．はじめに**

強震動予測を高度化するためには，0.1秒～10秒程度の広帯域の地震動特性を評価できるような地盤モデルの構築が重要である．そのために，これまで別々に作成してきた浅部地盤モデルと深部地盤モデルを統合し，地震観測記録を再現できるような地盤モデルの作成を進めていくことが不可欠である．

防災科研では，内閣府SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」⑤「リアルタイム被害推定・災害情報収集・分析・利活用システム開発」のテーマの1つである「地震被害推定のための地下構造モデルの構築」において，関東，東海および熊本地域の広域地盤モデルの構築を実施してきた．

本検討では，昨年度報告した東海地域（静岡・岐阜・愛知・三重）に対して構築された初期浅部・深部統合地盤モデルのうち，主に工学的基盤層よりも浅い地盤の初期地質モデルを対象として，面的に稠密な微動アレイ探査の結果を用いた高度化を実施した．本報告では，微動アレイ探査の概要，浅部地盤モデルの高度化に関する検討内容および得られた浅部・深部統合地盤モデルの地盤震動特性について紹介する．

**2．極小・不規則アレイ微動探査**

常時微動観測については，東海地域4県のうち主に低地・台地において，アレイ半径60cm の「4点極小アレイ」および1辺5m～10m超の「3 点不規則アレイ」を組み合わせたアレイ観測を実施した．これらの観測は，対象地域の公道上や地震観測点（K-NET，KiK-net，SK-NETおよび自治体震度計）付近など合計で約5,900地点（2019年2月現在）において実施した．また，一体型常時微動観測機材JU210/215)およびJU410)（先名ほか，2008）を用いて，約1km 間隔で各地点15分間程度の観測を行った．サンプリング周波数は200Hz とした．

極小・不規則アレイ微動データ解析については，近年の研究（例えば，長ほか，2008；Cho et al., 2013）で提案・高度化されている微動観測に基づく浅部地盤探査手法により，1次元S波速度構造の評価を行った．解析は，微動解析ソフト「BIDO」や「Microtremor Array Tools」（Cho et al., 2016）を用いて行った．

**3．極小・不規則アレイ微動探査結果に基づく初期浅部地盤モデルの修正**

昨年度に既往のボーリング探査結果や表層地質情報等を用いて構築された浅部地盤の初期地質モデルを対象として，極小・不規則アレイ微動探査の結果に基づき，各観測地点における1次元S波速度構造を修正した．さらに，Kriging法により速度層ごとに面的な補間を行い，3次元S波速度構造モデルを作成した．

本検討で得られた修正モデルと微地形区分（若松ほか，2013）に基づく従来モデルに関して，地盤増幅指標の平面分布を比較した．全体として，低地で増幅が大きい地域が相対的に広くなっており，局所的な変化が大きくなる傾向が見られる．また，修正モデルについて1次元重複反射理論に基づいた周期別の地盤増幅率の平面分布を評価した．周期によって増幅率が大きくなる地域が異なることが分かる．

**4．まとめ**

本検討では，昨年度に構築した東海地域（静岡・岐阜・愛知・三重）における初期浅部・深部統合地盤モデ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

ルのうち浅部地盤の初期地質モデルを対象として，微動アレイ探査結果に基づいた浅部地盤モデルの高度化を実施した．増幅特性だけではなく周期特性も合わせた地盤震動特性の評価が重要であることが改めて示唆される．今後は，地震観測点における中小地震記録を用いて，本検討で得られた浅部深部統合地盤モデルを検証する予定である．

**謝辞**

本研究は，総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されました．

キーワード：S波速度構造、浅部地盤、微動アレイ探査、強震動
Keywords: S-wave velocity structure, shallow ground, array microtremor exploration, strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強震動を用いた地震波干渉法による千葉県下総地域の地震基盤構造モデルの検証

# Validation of seismic bedrock structure model in the Shimousa region, Chibe prefecture, Japan using seismic interferometry to strong motion

*地元 孝輔[1]、山中 浩明[1]
*Kosuke Chimoto[1], Hiroaki Yamanaka[1]

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

地震波干渉法理論に基づき、強震観測記録の自己相関により地表加振・地表応答のグリーン関数を推定することで、堆積盆地の地震基盤深度の推定が行われている (吉本ほか, 2009; Watanabe et al., 2011, 白石ほか, 2016)。Oren and Nowak (2017)は、雑微動の自己相関解析においてスペクトルホワイトニングを適用することで明瞭な反射波の推定を行った。地元・山中(2018)では、このデータ処理方法を、千葉県成田市で観測された強震記録へ適用し、堆積層のグリーン関数を推定することで、地震基盤からの明瞭な反射波を得た。そこで本研究では、千葉県下総地域の強震記録から自己相関関数を推定し、地震基盤による反射波の空間変化に基づいて、3次元S波速度構造モデルの検証を行う。

地元・山中(2018)では、強震記録を選別せず、非常に多くの記録の自己相関関数により反射波が推定しやすいことを示したので、本研究では、千葉県下総地域に設置されているK-NETおよびKiK-netによって2008年1月から2018年6月までに観測された強震記録をすべて用いる。強震記録は、オフセット除去したあと、座標変換によりトランスバース成分へ変換し、パワースペクトルを求め、スペクトルホワイトニングを適用し、バンドパスフィルタ処理後、フーリエ逆変換により自己相関関数を推定する。堆積層から期待される反射波の推定において、バンドパスフィルタ範囲が重要であることを地元・山中(2018)で指摘しているため、ここでは、地震基盤による反射波を推定することを目的として、0.5-2.0Hzにした。モデル検証のための理論グリーン関数は、J-SHIS深部地盤モデルから抽出した1次元モデルを用いて、ハスケル法により計算した。

千葉県下総地域の強震記録を用いた自己相関関数には地震基盤による反射波が明瞭に現れる。KiK-net成田では反射波走時が3.0秒で、K-NET成田では3.5秒になる。これらは、理論グリーン関数による反射波走時とおおよそ一致しているがいずれも若干速い。成田よりも北や東に位置する観測点では、複数の反射波が現れ、地震基盤による反射波が不明瞭になり走時も速い。成田よりも西に位置する観測点では、地震基盤による明瞭な反射波が4秒以上で現れることから、成田よりも地震基盤が深いと考えられる。このことは、J-SHIS深部地盤モデルの傾向と一致する。成田よりも南に位置する千葉や東金は反射波走時が6秒以上にもなり、最も深いことが推定される。このことは、既往の関東地域の3次元S波速度構造モデルでも、最も深い地震基盤構造であることと整合する。このように、千葉県下総地域において強震記録から自己相関関数を推定し、地震基盤深度の空間変化を捉えた。空間変化の傾向は、既往の3次元モデルと一致したが、反射波走時に若干の差異がみられたため、そのチューニングにより、より精度の高いモデル化が期待できる。

防災科学技術研究所のK-NETおよびKiK-netの記録を使用しました。J-SHISによる深部地盤モデルを利用しました。記して感謝いたします。

キーワード：地震波干渉法、自己相関関数、強震動、地震基盤構造モデル、下総
Keywords: Seismic interferometry, Autocorrelation function, Strong motion, Seismic bedrock structure model, Shimousa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 微動アレイ観測に基づく佐賀平野のＳ波速度構造
# Microtremor survey for subsurface velocity structure of Saga plain

*吉見 雅行[1]、重藤 迪子[2]、丸山 正[1]
*Masayuki Yoshimi[1], Michiko Shigefuji[2], Tadashi Maruyama[1]

1. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 九州大学大学院人間環境学研究院
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyushu University

佐賀平野は筑紫平野の中部に位置する堆積平野である。平野の北は背振山地で境され、南は有明海に面する。平野は概ね低平で、平野内には多くの河川やクリークが分布する。背振山地と佐賀平野の境界部にはほぼ東西走向の佐賀平野北縁断層帯が存在する。佐賀平野の中央部には佐賀市が位置する。地震調査研究推進本部や佐賀県防災想定によると、佐賀平野北縁断層帯の活動により佐賀市一帯は軒並み震度7相当の揺れに見舞われると予想されている。しかしながら、佐賀平野の深部地盤構造に関する情報はごく限られており、想定に用いられた速度構造モデルの信頼性は高くない。

地震調査研究推進本部による佐賀平野北縁断層帯の活断層調査の一環として、背振山地南麓を北端とする測線長7.3kmのＰ波反射法地震探査が実施され（丸山ほか、2017）、堆積層と基盤岩の境界が明瞭にイメージされた。それによると、測線北端では露頭する三郡変成岩類からなる基盤岩上面は、南へと緩やかに深度を増し、佐賀平野北縁断層帯の低断層崖が認められる川久保付近で深度約200m、測線南部のJR長崎本線伊賀屋駅付近で深度約600m、測線南端では深度700m程度に達する。測線に沿った重力異常は南ほど低値を示しており、基盤岩上面の深度の変化傾向と整合的である。佐賀平野全体の重力異常は、反射法測線の南方でさらに低下するため、より南方では基盤岩深度は増すと予想される。

佐賀平野に分布する堆積層のＳ波速度に関する情報も少ない。佐賀県地震被害等予測調査（佐賀県、2014）ではボーリングデータに基づき佐賀平野の工学的基盤深度は60～70m程度と推定され、第四系にVs 100 m/sから400 m/sのS波速度が設定されたが、それ以深のS波速度はJ-SHISの設定値を援用し（表層のみVs 500 m/sに変更）たのみである。また、速度構造モデルの修正は地震観測点におけるR/Vスペクトルのピーク周期を説明するように実施されたのみで、新たな探査は行われなかった。

そこで、佐賀平野のＳ波速度構造の概要を把握するため、佐賀平野北縁から有明海沿岸にかけて、反射法探査測線およびその延長に沿う４地点にて微動アレイ探査を実施した。アレイ半径は最大500 m程度、最小10 m程度とし、３成分の速度型微動計（東京測振SE-321、固有周期10秒）にて微動を観測した。暫定的な結果ではあるが、南ほど基盤深度が低下する傾向と、堆積層にVs 500～700 m/s程度の層が想定されることが、観測位相速度データに基づく速度構造探索からわかった。

キーワード：微動アレイ探査、S波速度構造、佐賀平野
Keywords: microtremor array survey, S-wave velocity structure, Saga plain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 島根県大田市波根地区および久手地区における稠密微動観測
# Densely microtremor observation to estimation of subsurface structure in Hane and Kute area, Ohda City, Shimane Prefecture, Japan

*野口 竜也[1]、山口 仁、森田 悠平、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]
*Tatsuya Noguchi[1], Yoshito Yamaguchi, Yuhei Morita, Isamu Nishimura[1], Shohei Yoshida[1], Takao Kagawa[1]

1. 鳥取大学大学院工学研究科
1. Department of Management of Social Systems and Civil Engineering, Civil Engineering Course Graduate School of Engineering, Tottori University

2018年4月9日に島根県西部の大田市付近を震源とするMj6.1の地震が発生した．この地震により，震源近傍の島根県大田市の一部の地域で局所的に建物被害，液状化による被害が生じた．そこで著者らは地震発生直後より，被害が集中した地域で臨時余震（強震）観測および微動観測を実施し，その観測記録を用いて地盤震動特性の把握と地盤構造を推定した．本研究では被害が多く発生した波根地区，久手地区において，追加で微動観測を実施した．微動H/Vの特徴としては複数の明瞭なピークがみられる地点が多く，0.1～0.5秒付近の短周期側の卓越周期と建物被害が関係している可能性がある．表層地盤は軟弱な砂もしくは粘土層が堆積しており，S波速度は110m/s～320m/sで層厚が最大で40m程度であった．S波速度構造モデルより1/4波長則を用いて，H/Vの短周期側と長周期側の卓越周期に対応した2層モデルを構築し，それぞれの卓越周期に対する浅部地盤および深部地盤の層厚分布を求めた．浅部地盤は地形や表層地盤の堆積環境の違いを反映して，層厚が急激に変化する領域が見られ，今回の地震で被害が生じた地域と概ね一致することがわかった．深部地盤は火山堆積物もしくは堆積岩の風化層を反映しており，その層厚分布は緩やかな変化がみられるが，被害が生じた地域内では層厚に大きな違いがなかった．

キーワード：微動観測、地盤震動特性、地盤構造、2018年島根県西部の地震
Keywords: microtremor observation, characteristics of ground motion, subsurface structure, 2018 eastern Shimane prefecture earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 鳥取県北栄町由良地区および西園地区における稠密微動観測
# Densely microtremor observation to estimation of subsurface structure in Nishizono and Yura area, Hokuei Town, Tottori Prefecture, Japan

*野口 竜也[1]、留奥 勝也、西村 武[1]、吉田 昌平[1]、香川 敬生[1]
*Tatsuya Noguchi[1], Katsuya Tomeoku, Isamu Nishimura[1], Shohei Yoshida[1], Takao Kagawa[1]

1. 鳥取大学大学院工学研究科
1. Department of Management of Social Systems and Civil Engineering, Civil Engineering Course Graduate School of Engineering, Tottori University

2016年鳥取県中部の地震の際に建物被害がみられた鳥取県北栄町由良および西園地区において稠密微動観測を実施した．微動H/Vとその卓越周期と地盤構造モデルを求め，この結果をもとに地盤構造と地盤震動を把握した。その結果，工学的基盤以浅の表層地盤の違いが，微動H/Vの形状や卓越周期の分布傾向に関係していると考えられる．建物被害が特定の地域に多く見られた要因については，建物の耐震性だけでなく地盤震動特性も大きく影響した可能性が高いことが分かった．

キーワード：微動観測、地盤震動特性、地盤構造、2016年鳥取県中部の地震
Keywords: microtremor observation, characteristics of ground motion, subsurface structure, 2016 central Tottori prefecture earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネパール・カトマンズ盆地における反射法地震探査
# Seismic reflection survey in the Kathmandu Valley, Nepal.

*小鹿 浩太[1]、川崎 悠介[1]、プラダン オム[1]、山本 正人[1]、信岡 大[1]、松原 由和[1]、松山 尚典[1]、Monika Jha[2]、Chintan Timisina[2]、Suresh Shrestha[2]、Mukunda Bhattarai[2]、Dinesh Nepali[2]、Soma Nath Sapkota[2]、三宅 弘恵[3]、纐纈 一起[3]
*Kota Koshika[1], Yusuke Kawasaki[1], Om Pradhan[1], Masato Yamamoto[1], Dai Nobuoka[1], Yoshikazu Matsubara[1], Hisanori Matsuyama[1], Monika Jha[2], Chintan Timisina[2], Suresh Shrestha[2], Mukunda Bhattarai[2], Dinesh Nepali[2], Soma Nath Sapkota[2], Hiroe Miyake[3], Kazuki Koketsu[3]

1. 応用地質株式会社、2. ネパール産業省鉱山地質局、3. 東京大学地震研究所
1. OYO Corporation, 2. Department of Mines and Geology, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

2015年4月25日、カトマンズから北西へ78 km離れた地域でMw7.8 の地震（USGS, 2015）が発生した(ゴルカ地震)。また，同年5月12日にカトマンズから北東へ約80 km離れた地域でMw7.3の最大余震が発生した。これらの地震によりカトマンズ盆地内で多くの建物被害が発生したことから，カトマンズ盆地の地下構造が地震動に大きな影響を与えていると考えられる。

この地震の発生を受けて、今後発生が予想されているヒマラヤ前縁帯での巨大地震によるカトマンズ盆地の被害軽減に資するための地盤の地震工学的評価，および途上国の科学技術支援を行うことを目的とし，国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）および独立行政法人国際協力機構（JICA）が共同で実施しているSATREPSプロジェクトにおいてネパール地震防災に関するプロジェクト(H27年度～31年度、代表：纐纈一起・Soma Nath Sapkota)が採択された。本プロジェクトでは，カトマンズ盆地の地下構造を明らかにするための調査が行われている。2017年にはカトマンズ盆地で重力探査を実施し，カトマンズ盆地の重力基盤構造を明らかにした(Pradhan et al., 2018)。

2018年は，カトマンズ盆地の詳細な基盤構造および上位堆積層の堆積構造を明らかにすることを目的として反射法地震探査を実施した。測線は，重力探査によって重力基盤が急激に変化すると推定されたトリブバン国際空港(TIA)および重力基盤が深いと推定された地域に位置するネパール農業研究所(NARC)とした。測線長はそれぞれ約4km(TIA)および約1km(NARC)である。IVI社のエンバイロバイブ1台を日本より持ち込み，探査の振源として使用した。

本調査結果より，両測線において重力探査で推定された重力基盤構造とほぼ同一深度の反射面を捉えることができ，カトマンズ盆地内の堆積構造も明らかになった。本成果は，カトマンズ盆地内の地盤構造を視覚的に示した世界初の結果であり，今後の地震防災に大きく資することが期待される。

キーワード：カトマンズ盆地、反射法地震探査
Keywords: Kathmandu Valley, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネパール・カトマンズ盆地トリブバン国際空港近傍での広帯域微動アレイ探査

# Broadband Microtremor Array Exploration at and around Tribhuvan International Airport, Kathmandu, Nepal

*横井 俊明[1]、林田 拓己[1]、バッタライ ムクンダ[2]、ポカレル タラ[2]、シュレスタ スレッシュ[2]、ティムシナ チンタン[2]、バッタライ シュニタ[2]、ネパリ ディネッシュ[2]
*Toshiaki Yokoi[1], Takumi Hayashida[1], Mukunda Bhattarai[2], Tara Pokharel[2], Suresh Shrestha[2], Chintan Timsina[2], Sunita Bhatarrai[2], Dinesh Nepali[2]

1. 国立研究開発法人　建築研究所国際地震工学センター、2. ネパール産業商務省鉱山地質局
1. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute, Japan, 2. Department of Mines and Geology, Ministry of Industry, Commerce and Supplies, Nepal

ネパール・カトマンズ盆地(KTV)は、インド・ユーラシア両プレートの衝突に因るヒマラヤ造山運動の中で形成された構造盆地であると考えられる(e.g., Sakai et al. 2016)。2015年ゴルカ地震の際に、深部地盤に因ると思われる周期4秒程度の長周期・長継続時間地震動が、その中央部で観測された(Dixit et al. 2015, Bhattarai et al. 2015, Takai et al. 2016, Rajaure et al. 2017)。この現象の解明と深部地盤構造まで考慮した地震ハザード解析を可能にすることを目指して、著者らが属する研究グループ(Group3-SATREPS）では、2016年12月より2018年2月まで、同盆地の深部地盤せん断波速度構造推定のため、複数サイトで広帯域地震計（Guralp社製CMG-40T）4セットによる10時間前後の微動アレイ（最大アレイ径約1400 m）による深部探査、併せて2Hz地震計(L22D, Sercel)と4.5Hzジオフォン(GS11D, GeoSpace)による浅部探査を実施した（Yokoi et al. 2018 (SSJ Fall)）。同盆地では、同じ研究グループに属する応用地質（株）チームにより2017年に盆地全域において重力探査が実施されている（Pradhan et al. 2018 (JpGU)）。また、応用地質（株）によりトリブバン国際空港（TIA）内及びその南西約2Kmに位置する国立農業研究所(NARI)で、反射法探査が2018年11月に実施され、同盆地の深部地盤構造が徐々に明らかになって来ている（Koshika et al. 2019 (JpGU)）。

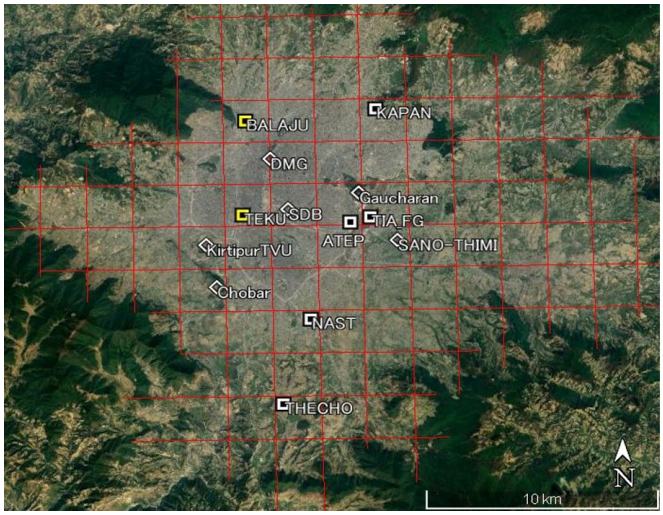
これらの活動に続き、2018年12月にTIA及びNAST近傍の複数サイト、及びKTV内の岩盤露頭(Chobar)で実施した微動アレイ探査結果を、本ポスターセッションで報告する。

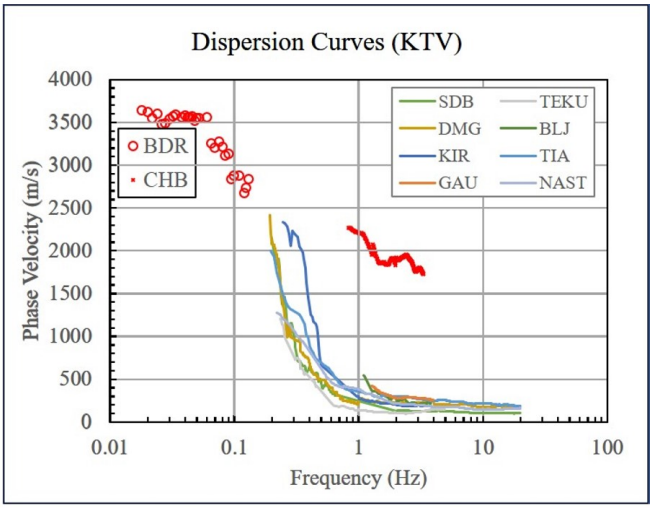
付図に観測点分布とRayleigh波の分散曲線のまとめを示す。凡例中、*BDR*(赤丸)は、Hayashida et al. (2018, SSJ-Fall)により、遠地地震波の表面波部分を使って得られた結果、*CHB* (赤x)はChobarの基盤露頭上で推定された位相速度。*SDB*: Singhadurbar, *DMG*: 地質鉱山局-ナラヤンヒティ王宮博物館, *TEKU*: Tekuガス井（DMG）, *KIR*: トリブバン大学キルティプルキャンパス, *BLJ*:ネパール規格計量局(Balaju), *GAU*: Gaucharan, *TIA*: トリブバン国際空港, *NAST*: 国立科学技術アカデミー-国立農業研究所.

**謝辞**：本研究の実施にあたり、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究（H28年度～32年度）」の下で、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）および独立行政法人国際協力機構（JICA）による支援を受けました。

キーワード：ゴルカ地震、カトマンズ盆地、広帯域微動アレイ探査
Keywords: Gorkha earthquake, Kathmandu Valley, Broadband Microtremor Array Exploration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 小規模微動アレイ(5〜15m)によるベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市周辺の平均S波速度分布

# Distribution of average S-wave velocities by small-scale (5 to 15 meters) microtremor arrays in and around Hue City, Thua Thien-Hue province, Vietnam

*長 郁夫[1]、大久保 慎人[2]
*Ikuo Cho[1], Makoto OKUBO[2]

1. 産業技術総合研究所、2. 高知大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Kochi University

我々は，ベトナム国トゥアティエン＝フエ省フエ市を対象として，水力発電の安全な運行と世界文化遺産保護のための地震ハザード評価を進めている．これはベトナムアカデミー(VAST) Nguyen Anh Duong博士との共同研究である．その一貫として，同地域で多数の小規模微動アレイ観測を実施して浅部地盤平均S波速度分布を評価したので以下に報告する．

この取り組みは，VASTによる微動アレイ探査技術の習得をサポートすることから開始した．まず，著者らは，VAST の研究チームによる微動観測の実習として，2017年10月20, 21日にハノイ郊外の4地点で小規模微動アレイ観測を実施した．SPAC法の適用を前提として, 3成分サーボ型速度計を用いて長さ30mの直線アレイを展開し，各地点で1〜2時間微動を記録した．著者らは2台の地震計（3成分サーボ型加速度計）を日本から持参し，5mから30m間隔の2点アレイを実施してVASTの観測機材による結果と比較した．

次のステップとして， VASTの研究チームと著者らは，2018年3月17〜19日にフエ市内の7地点で小規模微動アレイ観測を実施した．各地点で4.5Hzジオフォン（上下動）を用いて，辺長5m, 15mの三角アレイおよび長さ12mの線形アレイを実施するとともに, 日本から持参した2台の地震計で2点アレイを実施した．観測時間は各地点30分から1時間程度とした．これらの地点では屈折法探査が実施されているので，それらと照合できる．その結果，微動アレイの解析結果は既存の解析結果と整合的であった．

以上の準備期間を経て，VASTの研究チームは，2018年6ー7月（のべ19日間）にフエ市内およびその周辺を含む約11x13kmの領域（126地点）で4.5Hzジオフォン（上下動）を用いた小規模微動アレイ観測を実施した．具体的には，89地点で辺長5mおよび15mの三角アレイ，37地点で長さ12mの線形アレイを実施した．観測時間は各地点30分間であった．

我々は，こうして取得したアレイデータにSPAC法を適用してレーリー波位相速度を同定した．各地点の結果からそれぞれ波長13m, 25m, 40mに対応する位相速度を読み取り，それぞれ深さ10m, 20m, 30mまでの平均S波速度と解釈してその面的分布を評価した．その結果，フエ市周辺の地質分布と整合的な結果が得られた．今後はアレイ観測を実施した各地点で3成分単点観測(H/Vスペクトル)を実施して地盤評価を高度化する予定である．

キーワード：微動、アレイ、表面波、ベトナム
Keywords: microtremor, array, surface wave, Vietnam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Microtremor Array Exploration in the Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia

*大久保 慎人[1]
*Makoto OKUBO[1]

1. 高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門
1. Natural Science Cluster, Kochi University

We deployed microtremor array survey at Syiah Kuala University in Banda Aceh, Indonesia to clarify a seismic amplification by subsurface S-wave structure. Banda Aceh, located at northern end of Sumatra island, was seriously damaged by the tsunami caused by the 2004 Sumatra earthquake. At the tsunami evacuation, we first have to consider the safe route that does not corrupted, damaged and flooded. Therefore, we plan to understand the seismic amplification distribution as fundamental material. Our results will be available to make a future plan to reconstruction/renovate architectures.

We visited to Banda Aceh at January, 2019, and carried out microtremor exploration using with linear array and triangle array at 17 sites. We used are three 5 Hz geophones and one 1 kHz sampling GPS synchronised data logger for survey. In the case of triangle array, we always used 1.7 m side length. This side length is corresponding to 1.0 m array radius. In the other case, that is linear array, distances of each sensors (A, B, and C) are, A-B:1.7 m, B-C:2.7 m, and A-C:4.4 m. We Assumed these lengths are the array radius for each exploration, and applied SPAC method (*c.f.* Aki 1957). We used a tool, as known as BIDO2.0 (Cho, 2010) to analyze recorded waveforms and estimate dispersion curves.

By using obtained dispersion curves, we determined 3 averaged S wave velocities and roughly velocity structure. Roughly velocity structure was estimated by simple conversion method by using 1/2 wavelength law with linear array's dispersion curves. And three Averaged S-wave velocities AVS10, AVS20 and AVS30 were estimated from the Rayleigh wave phase velocities corresponding to the wave length of 13 m, 25 m and 40 m, respectively. By a preliminary analysis, we obtained result that a thicker low S-wave velocity layer exists along the river and the coastline. This result implies that plain part of Banda Aceh was developed on the old delta made by river and sea. This situation of subsurface structure will be strongly affect to the seismic amplification.

We will discuss in detail at the presentation.

Acknowledgements:
We thanks to Dr. Muksin Umar, Ms. Wiwik and Mr. Arif, they were attended and cooperated to our microtremor array survey in Syiah Kuala University. This study is supported by JSPS KAKENHI Grant Number 17H0457751.

キーワード：常時微動、アレイ探査、浅層S波速度構造
Keywords: Microtremor, Array exploration, Subsurface S-wave velocity structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Turkey-Japan Joint Project on Modeling of Geological Structures for Strong Ground Motion Simulations due to Crustal Earthquakes in Eskisehir Basin, Turkey, by Using Seismic Interferometry Method

*Mehmet Safa Arslan[1], Kosuke Chimoto[2], Asim Oguz Ozel[1], Hiroaki Yamanaka[2]

1. ISTANBUL UNIVERSITY-CERRAHPASA, 2. TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Understanding the seismic hazard of specific area, depends on the regional 2D/3D underground structure on wave propagation. In the frame of the bilateral project between Turkey and Japan, we aim at observing ground motion parameters, crustal activities, underground structures, and improvement of seismic hazard maps. The seismic interferometry method (SIM) is one of the tools to investigate the surface-wave propagation. The method goals to obtain green’ s function (GF) by using ambient noise data. Cross-correlations (CC) between the two pairs of stations’ continuous records, reveal GF and provide group and phase velocities of surface waves. We analyze one-year vertical component broadband data from 8 stations deployed and affiliated with ANANET (Eskisehir Anadolu University Local Seismic Network). Interstation distances between the designated stations are in the range of ~23-139 km. After getting the CC functions, group velocity dispersion curves will be obtained for selected correlation paths in particular to address the azimuthal dependence of the velocity field. Averaging the dispersion curves, in other saying analyzing the group velocities and waveforms typical of these observations, we attempt to estimate the S-wave velocity structure model inside the Eskisehir basin. 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.

Keywords: seismic interferometry, cross correlation function, S-wave structure, group velocities, Turkey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Nonlinear Ground Motion Response During the 2016 Meinong Taiwan Earthquake

*Kuo-Liang Wen[1], Chun-Te Chen[2]

1. National Central University, Department of Earth Sciences, 2. Academia Sinica, Institute of Earth Sciences

The Meinong Taiwan earthquake occurred on February 6, 2016, at 03:57 (UTC+8) with $M_L$ 6.6. The strong ground motion induced the soil liquefaction in Sinshih and Annan districts. To investigate the nonlinear site response during Meinong mainshock, the degree of nonlinear site response (DNL) which summation of the horizontal to vertical spectral ratios (HVSR) differences between weak-motions and Meinong mainshock records from the Taiwan Strong Motion Instrumentation Program (TSMIP) network are calculated. We compare the DNL values with the ground motion parameters such as peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV), and also the ratio between PGV and Vs30. The DNL shows a positive correlation with ground motion intensity, particular with PGV, and the surface site conditions also leading the DNL strength. We also applied a stochastic method for modeling the ground motion of the Meinong earthquake with site correction by the HVSR of weak and strong motions respectively. The percentage of PGA reduction calculated in this study can be an indicator of the spatial distribution of the degree of nonlinear soil effects of the 2016 Meinong Taiwan earthquake.

Keywords: Meinong earthquake, nonlinear site response, HVSR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Earthquake damage of the 2017 Pohang earthquake in South Korea

*Mikyung Choi[1], Sun-Cheon Park[1], Dong-Hyo Sohn[1], Seolhan You[1], Jongsun Sun[1], Seongheum Cho[1], Duk-Kee Lee[1]

1. Korea Meteorological Administration

Pohang earthquake with a magnitude of ML 5.4 occurred on November 15, 2017. This earthquake caused more damage than the 2016 Gyeongju earthquake (ML 5.8). Modified Mercalli intensities were assigned from residential property damage report in the Pohang area. Major damage type was wall crack of building. Maximum intensity was MMI VIII. Result of damage analysis from damage report reveals that the main damage area was distributed within a radius of about 20 km distance from the epicenter. And sand and mud volcanoes were observed in many places.
Between 16 November and 31 December 2017, 10 temporary seismic stations were deployed to record aftershocks and site effect of the Pohang earthquake. Ground motion generated by an earthquake is controlled by several factors, such as source characteristics, propagation path, surface geology, topography. Using recordings of aftershocks, we analyzed the ground motion at two seismic stations near the epicenter and another two seismic stations located on sedimentary rock and bedrock. We compared amplitude and predominant frequencies of ground motion with damage analysis results. Mapping and characterization of the damage for this earthquake is an opportunity to provide useful information on the damage of future possible earthquake in South Korea.

Keywords: Pohang earthquake, earthquake damage, ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

## [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)

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。

[SEM19-P01] 絶対湿度が乾燥岩石試料表面と電極間の接触抵抗に与える影響

*鈴木 健士[1]、吉村 令慧[2]、山崎 健一[2]、大志万 直人[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

[SEM19-P02] IGRFを基礎とした日本周辺の地磁気変化モデル(2): 斜軸メルカトル図法上の磁場のモデル化

*小河 勉[1] (1.東京大学地震研究所)

[SEM19-P03] Examination of criteria to remove the influence of the Sq-field variations from electromagnetic field spectra for a better estimation of regional electromagnetic responses

*LI RUIBAI[1]、清水 久芳[1]、馬場 聖至[1]、歌田 久司[1] (1.Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

[SEM19-P04] **地電流観測の長周期変動の考察**

*小関 廉[1]、藤井 郁子[1] (1.気象庁)

[SEM19-P05] Deep electrical conductivity structure of Eastern Marmara, Turkey by long period magnetotellurics

*Sabri Bulent Tank[1]、Naoto Oshiman[2]、Mustafa Karas[1]、Ryokei Yoshimura[2]、Yasuo Ogawa[3] (1.Bogazici University、2.Kyoto University、3.Tokyo Institute of Technology)

[SEM19-P06] 栗駒火山北側山腹におけるAMT観測

*小林 拓也[1]、坂中 伸也[1]、筒井 智樹[1]、ビン・ザイヌディン ムハンマッド・ファイズル・ニザム[1]、井上 雄介[1]、加藤 健太[1]、森脇 知哉[1]、多田 悠也[1]、竹井 瑠一[1] (1.秋田大学)

[SEM19-P07] 日本東北地方南部の地殻の三次元比抵抗構造

*本山 葵[1]、小川 康雄[2]、上嶋 誠[3]、浅森 浩一[4]、内田 利弘[5]、長谷 英彰[6]、小山 崇夫[3]、坂中 伸也[7]、山谷 祐介[5]、相澤 広記[8]、市來 雅啓[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京工業大学理学院火山流体研究センター、3.東京大学地震研究所、4.独立行政法人日本原子力研究開発機構、5.産業技術総合研究所、6. 地熱技術開発（株）、7.秋田大学大学院国際資源学研究科、8.九州大学大学院理学研究院)

[SEM19-P08] 雌阿寒岳北麓におけるMT法比抵抗構造探査

*井上 智裕[1]、橋本 武志[1] (1.北海道大学理学院地震火山研究観測センター)

[SEM19-P09] Hydrothermal system of Kuttara Volcanic Group inferred from 3D resistivity modeling (2)

*田中 良[1]、早川 美土里[2]、橋本 武志[1]、神田 径[3]、森田 裕一[4]、青山 裕[1]、上嶋 誠[4] (1.北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.三井石油開発株式会社　地熱事業部、3.東京工業大学理学院火山流体研究センター、4.東京大学　地震研究所)

[SEM19-P10] 阿蘇火山の3次元磁化構造解析

*宇津木 充[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

[SEM19-P11] 楕円体圧力源によるピエゾ磁気変化（序報）

*笹井 洋一[1] (1.東海大学・海洋研究所・地震予知研究センター)

# 絶対湿度が乾燥岩石試料表面と電極間の接触抵抗に与える影響
# Effects of absolute humidity on contact resistance between dry rock sample surface and electrodes

*鈴木 健士[1]、吉村 令慧[2]、山崎 健一[2]、大志万 直人[2]
*Takeshi Suzuki[1], Ryokei Yoshimura[2], Ken'ichi Yamazaki[2], Naoto Oshiman[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

様々な地下環境を再現した条件下での岩石比抵抗測定は、電磁 ・電気探査の結果を正確に解釈するために必要不可欠である。しかし、岩石比抵抗測定上の問題として、岩石試料と測定電極間の接触抵抗が挙げられる。特に、乾燥状態の岩石試料は接触抵抗が非常に高い。高接触抵抗の測定は非常に困難なため、その性質も十分に調べられていない。

我々は接触抵抗の性質を明らかにするため、高接触抵抗の測定手法を新たに構築し、乾燥花崗岩表面と導電性エポキシ樹脂製電極間の接触抵抗を測定した。また、大気中の水蒸気と岩石試料の相互作用を考慮して、複数の湿度条件で接触抵抗を繰り返し測定した。

結果、絶対湿度の増加に対する接触抵抗の減少が確認された。両者の間には明確な関係が見出され、その関係は指数関数により近似された。この結果は、湿度増加に伴う電極と岩石試料の接触面積増加を示唆している。接触面積の増加は、接触面に存在する微小間隙を大気中の水分が埋めることで生じたものと解釈された。

キーワード：接触抵抗、大気中の水分、絶対湿度、接触面積、導電性エポキシ樹脂、花崗岩
Keywords: contact resistance, atmospheric Moisture, absolute humidity, contact area, conductive epoxy, granite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# IGRFを基礎とした日本周辺の地磁気変化モデル(2): 斜軸メルカトル図法上の磁場のモデル化

# Japanese geomagnetic field variation model based on the IGRF (2): modeling on the oblique Mercator projection

*小河 勉[1]
*Tsutomu Ogawa[1]

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

日本周辺の高精度な地磁気モデルないし地磁気変化モデルは、その地磁気参照場として、地殻活動域における地殻活動起源の地磁気変化の観測に対して有用である。阿部・宮原(2015)による主成分分析を用いた日本周辺の地磁気変化モデルは、地磁気が一般には無発散とはならない点で、地磁気変化の統計モデルではあるが物理モデルではない。また任意の地点での地磁気変化観測に対するモデルの誤差評価は行われていない。これらの課題の克服を期して小河(2018, JpGU)が作成した日本周辺の地磁気変化モデルに対し、本研究では次の2点を修正した新たなモデルの誤差を評価した。1)メルカトル図法上の日本周辺をデカルト座標系で表現した地磁気変化のモデル化を、北東・南西方向に伸びる日本列島を大楕円上に乗せる斜軸メルカトル図法上の日本周辺をデカルト座標系で表現した地磁気変化のモデル化とした。2)国土地理院地球電磁気連続観測装置のデータのモデル残差にはセンサー温度と相関のある年周変化成分が顕著なので、これを除去した。

2005年から2014年までの、気象庁地磁気観測所及び国土地理院の5観測所、国土地理院の10地球電磁気連続観測装置における地磁気データの日値を用いて作られた地磁気変化モデルは、データのIGRFからの残差を、石川県南東部の地表に原点を持つデカルト座標系の座標の3次までの多項式で磁気スカラーポテンシャルを用いて表現される。展開係数の時系列をロバスト最小二乗法で推定した結果、次のような結果が得られた。1)モデル残差の平均値は1.28nTとなる。2)一個抜き交差検証の結果、抜いた観測地点のデータの予測誤差の平均値は1.94nTとなる。3)展開係数のjackknife標準誤差から見積もられる、各地点における予測誤差の平均値はモデル残差の平均値と同程度の1.16nTとなる。4)モデル作成に用いない、日本列島主要部から離れた気象庁地磁気観測所父島観測点のデータのモデル残差の平均値は5.06nTとなる。

得られた地磁気モデルの、展開係数のjackknife標準誤差の空間への伝播から求められる予測誤差は、北東・南西に伸びる日本列島の主要部において最大で、水平2成分で平均約2nT、鉛直成分で平均約3nTと見積もられた。本研究で得られた日本周辺の地磁気変化モデルは、日本列島の主要部において平均で数nTの精度を持つものと言える。

キーワード：地磁気変化モデル、斜軸メルカトル図法、一個抜き交差検証、jackknife標準誤差
Keywords: Geomagnetic field variation model, oblique Mercator projection, Leave-one-out cross-validation, jackknife standard error

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Examination of criteria to remove the influence of the Sq-field variations from electromagnetic field spectra for a better estimation of regional electromagnetic responses

*LI RUIBAI[1]、清水 久芳[1]、馬場 聖至[1]、歌田 久司[1]
*RUIBAI LI[1], Hisayoshi Shimizu[1], Kiyoshi Baba[1], Hisashi Utada[1]

1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Electromagnetic (EM) responses such as magnetotelluric (MT) impedance and geomagnetic depth sounding (GDS) response (or tipper) in the period range between several minutes to one day are used to study the electrical conductivity in the upper mantle. Spatially uniform and quasi-random magnetic field variations due to geomagnetic disturbances are considered as the source field in regional EM induction studies using the EM responses. However, the magnetic field variations in the period range from to seconds (mixed excitation band, or ME band) contain those with different spatial structure such as the solar quiet (Sq) daily variations and those induced by the ocean tide. Careful treatment of EM field data is necessary to estimate responses in the ME band that reflect actual conductivity structure. For example, Baba et al. (2010) estimated the EM responses in the period range from to seconds using a method based on Fourier transform after removing line spectra of EM field variations at periods of Sq field variations that include the higher harmonics and constituents of ocean tides. However, it was shown that the estimated responses in the ME band still included the influence of Sq field variations (Shimizu et al., 2011).

In this study we try to estimate EM responses that are less influenced by the Sq field variations. We employed line spectra of EM field obtained by using Sompi method, so called wave element (or namiso) (e.g., Kumazawa et al.,1990, Asakawa eta al.,1988), to estimate the EM responses in order to avoid the influence of the Sq field variations that could be contained in continuous spectra. Also, three conditions are applied to select appropriate wave elements from observed ones for EM response estimations. First is to select wave elements of which eastward component have common phase or that close to each other at two stations. This can avoid wave elements influenced by the Sq field variations since their westward propagation causes systematic phase difference of the magnetic field for supposed longitude difference and apparent period, which is determined by the longitudinal wave number of the variation. Second is to select magnetic field spectra that are linearly polarized in horizontal-vertical plane, because that influenced by the Sq field variations are expected to be more elliptically polarized in the plane than those suitable for regional EM response estimation. Ellipticity of the polarization ellipse is used to apply the condition. Third is to select those which have small ratio of the vertical to the horizontal magnetic field components, because the Sq field variations contain significant vertical magnetic field component that can cause larger amplitude of tipper than those from plane wave. It was confirmed that estimated phase difference, ellipticity, and vertical to horizontal field ratio showed a signature of Sq field variations in the ME band but not at a period shorter than seconds.

In this presentation, we are going to show the characteristics of the observed phase difference, ellipticity, and vertical to horizontal field ratio with respect to the period. Criteria to apply the conditions are assumed based on theoretical estimate of the magnetic field due to Sq principle mode and the induced field in assumed one dimensional Earth. The EM responses obtained by applying each condition are shown and the improvement or influence in the obtained responses, as a result, are discussed

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

quantitatively.

Asakawa, E., et al. (1988). *J. Geomagn. Geoelec.,*40: 447-463.

Baba, K., et al. (2010).*Phys. Earth planet. Inter.,*183: 44-62.

Kumazawa, M., et al. (1990). *Geophys. J. Int.,*101: 613-630.

Shimizu, H., et al. (2011). *Geophys. J. Int.,*186: 193-206.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地電流観測の長周期変動の考察
# Study on long-term variation of geoelectric field observation

*小関 廉[1]、藤井 郁子[1]
*Ren Ozeki[1], Ikuko Fujii[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

気象庁地磁気観測所では,柿岡,鹿屋,女満別の3地点で地磁気と地電位差の連続観測を数十年以上続けている.得られた地電位差は,多くの誘導地電位差事例を調べることができる唯一のデータセットとして世界中で利用されている.

地電位差観測では,約200-300m離れた2つの電極の間の電位差を観測している.電極は地下3ｍに埋められている.

地電位差データにおいては,地磁気変動と関係のない周期数日以上の変動が見られ,特に柿岡の南北成分で顕著である.この変動について降水との関係を指摘した先行研究(例えば森永,外谷(2015)や大川,他(1995))があるが,具体的なメカニズムは不明である.

本研究は,柿岡の地電位差の南北成分で顕著に長周期変動が発生するプロセスを解明し,対策を提案することを目的とする.本研究では,森永,外谷(2015)による電極調査と藤井,他(2007)によるVLF-MT観測の解析結果から,南電極周辺の地下数mの浅部構造に注目する.

土壌の比抵抗の分布を通じて地下の成層構造を推定するために,南電極から半径約20mの範囲で電気探査を行った.地磁気観測に影響を与えないようにするため簡易の機材を用い,2018年3月, 5月, 10月に南電極周辺の7測線,東電極周辺の2測線,ボーリング孔周辺1測線で観測した（図1）.

本発表では,3月と10月のデータの解析結果を示す.測定された測線の電位差と電流から見かけ比抵抗を計算した.地下構造は3層の1次元構造と仮定し,各測線ごとに見かけ比抵抗を最もよく説明できる比抵抗の分布の最適モデルをグリッドサーチによって推定した.その結果,各測線とも,地表から地下へ,高比抵抗層(200-600Ωm),低比抵抗層(50-100Ωm),高比抵抗層(200-300Ωm)という構成になった.

比抵抗分布の最適モデルの解釈は,過去に柿岡で行われたボーリング調査を参考にして行った.例として3月の測定結果に対する最適モデルとその解釈を図2に示す.最適モデルの第1層目は透水性が高い表土,第2層目は透水性が低い粘土と解釈した.南電極から東側に第2層上面が下がっていることと地形の勾配が降水時に地面に染み込んだ水の流れを誘発し, 南電極に影響を与えていると推測した.

キーワード：地電流観測、電気探査
Keywords: geoelectric field observation, electrical prospecting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

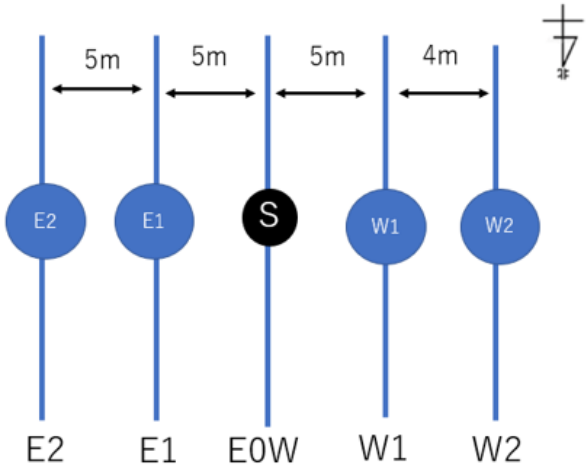



Figure 1

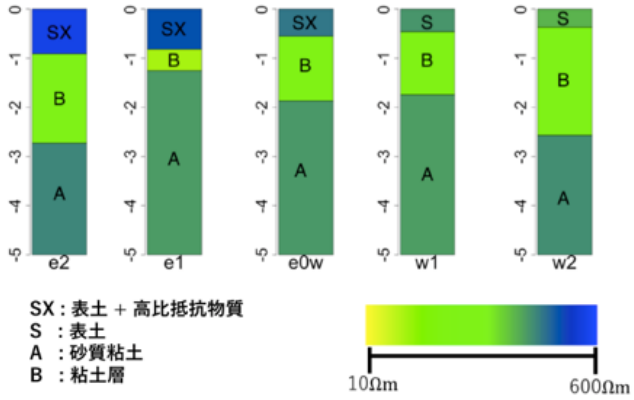



Figure 2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Deep electrical conductivity structure of Eastern Marmara, Turkey by long period magnetotellurics

*Sabri Bulent Tank[1], Naoto Oshiman[2], Mustafa Karas[1], Ryokei Yoshimura[2], Yasuo Ogawa[3]

1. Bogazici University, 2. Kyoto University, 3. Tokyo Institute of Technology

The electrical resistivity structure of a 100 km x 100 km region at northwestern Anatolia was examined by using long period magnetotelluric data with the aim to image the geo-electrical features at the lower crust and upper mantle. The electromagnetic impedance tensor elements were obtained for eighteen sounding locations within a period range of 20-13000 seconds. The soundings were distributed over the epicentral region of the 1999 Izmit earthquake and its vicinity including the Pontides in the north, Intra-Pontid transition zone and Sakarya Continent in the south. Three-dimensional data-space inversions of the long period magnetotellurics data were performed iteratively to achieve the electrical resistivity structure. In order to determine and overcome the complexities caused by the coast effect that arise due to presence of the conductive Black Sea, the dimensionality of the magnetotellurics data were examined in detail by means of induction arrows and phase tensor ellipses. These complexities may have transpired due to the seismically active branches of the North Anatolian Fault and presence of the Intra-Pontide Suture, too. The final resistivity models revealed a low resistivity zone trapped between two highly resistive blocks of Istanbul Zone in the north and Sakarya Continent in the south. This low conductivity zone coincides with the two main branches of the North Anatolian Fault and may be promoting the seismic activity in both of the branches.

Keywords: Magnetotellurics, North Anatolian Fault, Izmit earthquake, Fluids

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 栗駒火山北側山腹におけるAMT観測
# Audio-frequency magnetotelluric survey on the northern edifice of the Kurikoma volcano, northeast of Japan

*小林 拓也[1]、坂中 伸也[1]、筒井 智樹[1]、ビン・ザイヌディン ムハンマッド・ファイズル・ニザム[1]、井上 雄介[1]、加藤 健太[1]、森脇 知哉[1]、多田 悠也[1]、竹井 瑠一[1]
*Kobayashi Takuya[1], Shin'ya Sakanaka[1], Tomoki Tsutsui[1], Muhammad Faizul Nizam Bin Zinudin[1], Inoue Yusuke[1], Kenta Kato[1], Tomoya Moriwaki[1], YUYA TADA[1], Ryuichi Takei[1]

1. 秋田大学
1. Akita University

栗駒火山は，秋田・岩手・宮城の県境に位置する，標高1,627mの活火山である．栗駒火山の噴火様式はマグマ噴火と水蒸気噴火である．有史以降では，1744年と1944年に水蒸気噴火の記録があり，両噴火地点には昭和湖と呼ばれる火口湖が形成されている．現在も噴気活動が活発な活火山である．栗駒火山における地球物理学的研究の背景として，2008年岩手・宮城内陸地震に伴った構造探査の研究報告があり，その中で広帯域MT観測が実施されている（例えば，Mishina 2009；Ichihara et al., 2014）．しかし，対象が深部構造であるため，火山噴火を対象とした地下数kmの地下構造はいまだに明らかになっていない．本研究では，AMT観測により得られる栗駒火山直下の浅部比抵抗構造から，火山噴火発生のカギとなる構造を見出すことを目的とする．

AMT観測は2018年8月から11月にかけて実施した．噴気活動が盛んである昭和湖と地獄谷噴気を横断する南北方向と，硫黄山・湯気山を横断する東西方向に測線を展開し，合計13点で観測を実施した．測定機材は，Phoenix Geophysics Ltd.（カナダ）製のMTU-5Aを用いた．それぞれの観測点で電場2成分，磁場3成分を測定した．測定時間は3時間から長くて1晩かけて測定した．

本研究では，構造の次元性と比抵抗分布の特徴を評価するために，フェイズテンソル (Caldwell et al., 2004) とインダクションベクトル (Parkinson, 1962) の概念を用いた．フェイズテンソルの結果から，10 Hzより高周波数の範囲において，スキュー角は5°未満で，楕円率は0.2未満であった．したがって，地表下1 km前後の構造は均質構造であることが示唆される．また，周波数が10 Hzより低周波数の領域において，インダクションベクトルの方向が剣岳の方向を向く傾向がある．地形効果を考慮する必要はあるが，マグマ噴火が発生している剣岳直下の地下1 km以深において低比抵抗領域が分布している可能性が考えられる．

構造解析には，Ogawa and Uchida (1996) による2次元インバージョンコードを使用した．最終モデルには大きく分けて3つの特徴がある．1つ目は，地表付近には低比抵抗領域（C1）が分布していることである．C1は噴気地帯及び温泉帯に向かって，その比抵抗が低くなる傾向がある．2つ目は，高温噴気地帯（地獄谷噴気・硫黄山噴気・湯気山噴気）直下の低比抵抗領域（C1）の下層に高比抵抗（R1）が分布していることである．高温噴気が地上に現れていることから，高比抵抗領域（R1）は高温体あるいは蒸気卓越領域であることが示唆される．3つ目が東西断面の東部において，比抵抗値はR1ほど高くはないものの，高比抵抗領域（R2）が存在することである．R2の直上において，噴気活動は確認されないが，過去の水蒸気噴火火口の痕跡が分布している．このことから，R2は過去の水蒸気噴火の火山活動の痕跡で，R1とR2の比抵抗のコントラストの違いは火山活動度によるものである可能性が考えられる．

キーワード：比抵抗構造、AMT、栗駒火山、水蒸気噴火、熱水系
Keywords: Resistivity structure, AMT, Kurikoma volcano, Phreatic eruption, Hydrothermal system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本東北地方南部の地殻の三次元比抵抗構造
# A three-dimensional crustal electrical resistivity model beneath southern Tohoku district, NE Japan

*本山 葵[1]、小川 康雄[2]、上嶋 誠[3]、浅森 浩一[4]、内田 利弘[5]、長谷 英彰[6]、小山 崇夫[3]、坂中 伸也[7]、山谷 祐介[5]、相澤 広記[8]、市來 雅啓[1]
*Aoi Motoyama[1], Yasuo Ogawa[2], Makoto Uyeshima[3], Koichi Asamori[4], Toshihiro Uchida[5], Hideaki Hase[6], Takao Koyama[3], Shin'ya Sakanaka[7], Yusuke Yamaya[5], Koki Aizawa[8], Masahiro Ichiki[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京工業大学理学院火山流体研究センター、3. 東京大学地震研究所、4. 独立行政法人日本原子力研究開発機構、5. 産業技術総合研究所、6. 地熱技術開発（株）、7. 秋田大学大学院国際資源学研究科、8. 九州大学大学院理学研究院
1. Graduate school of science, Tohoku university, 2. Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 3. Earthquake research institute, the university of Tokyo, 4. Japan Atomic Energy Agency, 5. National institute of advanced industrial science and technology, 6. Geothermal Energy Research & Development Co., Ltd, 7. Graduate School of International Resource Sciences Department of Earth Resource Engineering and Environmental Science, Akita University, 8. Graduate school of science, Kyusyu university

Hasegawa et al. (2005)は、地震学および測地学的データを基に、典型的な東北地方の島弧横断の地殻断面モデルを提案し、そのモデルでは、島弧中央の奥羽脊梁下の下部地殻にマグマ・地殻流体の貯留体の存在が示唆されている。最近、Uyeshima et al. (2016)は新潟県阿賀野市ー福島県いわき市を横切る二次元比抵抗構造モデルを推定し、そのモデルでは、脊梁下だけでなく、前弧と背弧下の下部地殻にも低比抵抗体が推定された。特に前弧の低比抵抗体は、東北地方太平洋沖地震後に活発化したいわき市の群発地震震源域のほぼ直下に位置している。一方Uyeshima et al. (2016)の測線からほぼ平行に約50 km北の測線での二次元比抵抗モデルでも、脊梁と背弧下の下部地殻に顕著な低比抵抗体が示唆された（本山 他, 2018 JpGU）。しかし、前弧下の下部地殻には低比抵抗体は推定されていない。これまでの比抵抗構造モデルは殆どが2次元モデルに限られている為、本研究では、過去に東北地方の南部で取得されている電磁場データをコンパイルし、特に前弧と背弧下の下部地殻に注目しながら、三次元比抵抗構造モデルを推定した。

コンパイルしたデータは観測点全118点の電磁場データで、BIRRP (Chave and Thomson, 2004)とPhoenix社SSMT2000プログラムを用いて、全てのMT応答関数と地磁気変換関数を再解析した。Phase tensor (Caldwell et al., 2004) の行列式の平方根、$\Phi_2$の空間分布をみると、探査領域の北部の背弧側と、南部の前弧および脊梁の周期10 –100秒で高い値が見られた。得られた応答関数をWSINV3D_MPI (Siripunvaraporn & Egbert, 2009)でインバージョンを行った。MTデータのみを用いたモデルでは、蔵王山付近の東西断面を見ると、背弧の地殻深部から奥羽脊梁下の近く浅部にかけての低比抵抗体がみられる。一方、前弧の地殻には、低比抵抗体は見られない。深さ22.5 kmの平面図でみると、探査領域北部の背弧から南部の脊梁にかけて比抵抗体が分布している。現在MTデータと地磁気変換関数のの両者を用いた計算を行っており、その結果と議論について発表する予定である。

キーワード：Magnetotellurics、地殻流体
Keywords: Magnetotellurics, geofluids

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 雌阿寒岳北麓におけるMT法比抵抗構造探査
# Magnetotelluric survey on the northern foot of Meakandake volcano

*井上 智裕[1]、橋本 武志[1]
*Tomohiro Inoue[1], Takeshi Hashimoto[1]

1. 北海道大学理学院地震火山研究観測センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University

We performed a broadband MT survey in the northern part of Mt. Meakandake in August and September in 2018. Mt. Meakandake is one of the active volcanoes in the southwestern part of Akan caldera in eastern Hokkaido. Recently, a remarkable ground inflation has been reported on the northeastern foot of Meakandake. We planned a magnetotelluric survey to investigate the electrical structure across the deformation source. In this study, we describe the features of our MT data and show the 1-D models as a preliminary modeling.

The Geospatial Information Authority of Japan (2018) reported a remarkable crustal inflation on the basis of the GNSS observation and InSAR analysis from late 2016 through 2017. They modeled the deformation as an opening of the sill-like crack (about 11 km long and 2 km wide) at a depth of about 6 km on the northeastern foot of Meakandake. As the estimated deformation source was large, we considered that it might be imaged as a low resistivity anomaly, if it was related to magma or hydrothermal system. Investigating the subsurface structure across such an extensive inflation source will also contribute to understanding the magma plumbing system of the Akan area. Around Meakandake, a MT survey was previously conducted in the eastern area as a part of the Geothermal Development Promotion Survey (NEDO, 1992). More recently, an AMT survey was performed across the summit along a NE-SW direction as a part of volcano study of Meakandake (Takahashi et al., 2018). However, because of the limited sounding depths, the electrical structure near the above-mentioned deformation source has not been clarified yet.

Therefore, in this study, we newly deployed twelve broadband-MT sites along a NW-SE trending survey line across the longer side of the inflation source on the northern to eastern foot of the volcano. We used four set of the MTU-5/5A system (Phoenix Geophysics) for the campaign. We acquired the time series of the electric field in two components and the magnetic field in three components for 3 to 7 days for each site. In calculating the response functions, we used the SSMT2000 software and applied the remote reference processing using the magnetic field data Sawauchi in Iwate Prefecture that was provided by Nittetsu Mining Consultants Co., Ltd.

Contrary to our first expectation, the induction vectors and phase tensors suggested an electrical regional strike of N60ºW, which was almost parallel to the survey line. Thus, in this study, we sought a provisional 1-D modelling instead of the 2-D analysis in an unpreferable direction. We estimated 1-D resistivity structures using the Occam’ s inversion (Constable et al., 1987), in which we used the ssq impedance (Szarka and Menvielle, 1997; Rung-Arunwan et al., 2016) as the input data. In this inversion, we only used a frequency range, in which the responses showed approximately a 1-D feature.

The inverted 1-D models exhibited a distinct low resistivity layer (1-10 Ωm, hereinafter called, C1) at depths around a few hundred meters at all sites. In addition, at the sites in the SE half of the survey line, another low resistivity layer of approximately 10 Ωm (hereinafter called, C2) was found at a depth around

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

2–4 km.

According to the NEDO (1992)’s borehole logs that were drilled at about 1 km east of our survey line, the low resistivity layer C1, which is common to all the sites, is likely to correspond with the volcanic tuff layers in the Miocene indicating weak alteration with montmorillonite and/or chlorite. Meanwhile, the deeper low–resistivity layer C2 is recognized only at the locations near the above–mentioned inflation source. In addition, C2 is shallower at the sites near the inflation source. For this reason, we suspect that C2 has some relation to the inflation source, although their depths are different. We note that the interpretations are tentative since they are based on the 1–D modeling, and further evaluation is needed through a 3–D modeling in the future.

キーワード：マグネトテルリック法、雌阿寒岳、比抵抗
Keywords: Magnetotelluric, Meakandake, resistivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Hydrothermal system of Kuttara Volcanic Group inferred from 3D resistivity modeling (2)

*田中 良[1]、早川 美土里[2]、橋本 武志[1]、神田 径[3]、森田 裕一[4]、青山 裕[1]、上嶋 誠[4]
*Ryo Tanaka[1], Midori Hayakawa[2], Takeshi Hashimoto[1], Wataru Kanda[3], Yuichi Morita[4], Hiroshi Aoyama[1], Makoto Uyeshima[4]

1. 北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター、2. 三井石油開発株式会社　地熱事業部、3. 東京工業大学理学院火山流体研究センター、4. 東京大学　地震研究所
1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, 2. Mitsui Oil Exploration Co., Ltd. Geothermal Business Division, 3. Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 4. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Estimation of the volcanic hydrothermal system that is composed of an alteration zone, a fluid upflow zone and a heat source, is a key feature in assessing the potential of phreatic eruptions. Magnetotelluric (MT) method is one of the effective ways of estimating such hydrothermal system since it has the sensitivity to hydrothermal fluid and hydrothermal alteration zones. We performed the MT survey at Kuttara Volcano Group, northern Japan, to evaluate imminence of phreatic eruption.

Kuttara Volcanic Group is a basaltic to andesitic volcanic complex in southwestern Hokkaido, northern Japan. Kuttara volcano was formed by several silicic explosive eruptions and construction of an andesitic stratovolcano built up from ca. 80 to 40 ka. Lake Kuttara is a caldera lake formed by a violent explosive eruption at ca. 40 ka (Katsui et al., 1988; Moriizumi,1998). Noboribetsu volcano, post-caldera volcanism on the western foot of the stratovolcano at ca. 15 ka, formed Hiyoriyama cryptodome and Jigokudani geothermal field. We can see weak plumes (110–140 ºC; maximum height of ca. 50 m) near the top of Hiyoriyama cryptdome. We also see hot spring areas around Kuttara volcano at Noboribetsu, Carls, and Kojo-hama.

Although some previous studies (Goto and Johmori, 2011, 2013, 2015) revealed 2-D resistivity cross sections by CSAMT and TDEM methods at Kuttara volcano, they did not image deeper than about 1km. In this study, we carried out a broadband MT survey in 2017 at 49 stations in the area of 20x20 km wide and estimated 3-D resistivity structure of Kuttara Volcanic Group. We used ModEM (Egbert and Kelbert, 2012) as the 3-D inversion code, using a model space containing topography and sea bottom relieves. Responses at twelve periods between 0.00521 and 512 s were selected as the input data of the inversion. Error floors of 5% for the diagonal components of the impedance and 10% for the tippers and non-diagonal components of the impedance were given to avoid too much weighting for these data in the inversion process. Two-step inversion was applied, in which only the tippers were inverted at first, and subsequently, only the impedances were inverted. We already presented preliminary results at JpGU 2018 (Hayakawa et al., 2018). In this presentation, we discuss the results through the sensitivity check. We performed the sensitivity check by measuring the change in RMS due to disturbance of resistivity value in the focusing area.

We summarized the key features of the modeling results as follows. (1) The near-surface resistivity distribution is in good agreement with the surface geology. The resistivity was relatively high (100 to1000 Ωm) on northern and eastern to southern flanks of Kuttara Volcano, where volcanic deposits such as andesite lava flows covered the surface. (2) A low resistivity zone is imaged beneath Noboribetsu hot spring and a columnar low resistivity zone reached to the bottom of Lake Kuttara from the depth. These

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

low resistivity zones indicate hydrothermal system in the Kuttara-Noboribetsu area. Low resistivity layer is also imaged just below Carls hot spring. However, this low resistivity layer is not sensitive in our inversion since this layer is very thin. (3) Relatively high resistivity zone beneath Lake Kuttara also has insufficient sensitivity. This result indicates we have to perform more dense survey around Lake Kuttara to discuss whether magma or hydrothermal reservoir exist beneath Lake Kuttara or not. Our study is the first 3-D MT modeling for Kuttara Volcanic Group and further detailed comparison to geology, hydrology, drilling data, and hydrothermal simulation is necessary to better understand the current and to assess the potential of phreatic eruptions at Kuttara Volcanic Group.

キーワード：比抵抗構造、3次元モデリング、火山浅部熱水系
Keywords: resistivity structure, Three-dimensional modeling, volcanic hydrothermal system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇火山の3次元磁化構造解析
# 3D magnetic structure of Aso volcano

*宇津木 充[1]
*Mitsuru Utsugi[1]

1. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
1. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

阿蘇火山ではこれまで、山体構造の把握を目的に、阿蘇火山山頂部、及び中岳火口周辺でヘリコプターを用いた空中磁気観測が行われてきた(田中ほか, 2001、田中ほか,2006、宇津木ほか,2007)。本研究では、これらのデータを再解析し、阿蘇火山の2014年噴火以前の山体の磁化構造を求めた。これまでの観測から得られた空中磁気データに対し、IGRF補正及を施し、観測範囲のスケールを超える長波長な磁気異常の影響を除くため1次傾向面解析を施し線形トレンドを除去した。さらに上方接続(Nakatsuka and Okuma, 2005)を適用し一様なグリッド上のデータに変換した。この解析に用いた上方接続の接続面としては、地形をx(南北),y（東西）座標の4次関数で平滑化したものを300m上方に押し上げた滑らかな曲面を用いた。このデータを入力として、インバージョンにより山体内部の磁化強度分布を求めた。インバージョンにあたっては、阿蘇火山の山頂部約5 x 5km, 深さ2.5kmまでの領域を80 x 80 x 40の小ブロックに分割し、各々のブロックの磁化を求める事を行った。この際、各ブロック内では磁化が一定であり、磁化の向きは現在の地球磁場方向に平行であると仮定した。この上で、磁気異常の実測値と、モデルにより期待される計算値との残差を小さくするモデルを求めた。この際、単に残差を最小にするのではなく、正則化項を付加した目的関数（残差項と正則化項をパラメータで結合したLagrange関数）を最小化することを行った。なお正則化項についてはモデルのL1ノルム及びL2ノルムからなるものを用いた。L1ノルム正則化項を用いる事でモデルに疎（スパース）性がもたらされることが知られており、これにより、よりフォーカスされた結果が得られることが期待される。本発表では、この磁化構造インバージョンの解析結果について詳細を紹介する。

キーワード：阿蘇火山、3次元磁化構造、3次元磁気インバージョン
Keywords: Aso volcano, 3D magnetic structure, 3D magnetic inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 楕円体圧力源によるピエゾ磁気変化（序報）
# The piezomagnetic field produced by an ellipsoidal pressure source: A preliminary result

*笹井 洋一[1]
*Yoichi Sasai[1]

1. 東海大学・海洋研究所・地震予知研究センター
1. Earthquake Prediction Research Center, Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University

Sasai(1986)は半無限弾性体の中に置かれた単力源によって生じるピエゾ磁気ポテンシャル(基本ピエゾ磁気ポテンシャル[Fundamental Piezomagnetic Potential: FPP])を定式化して，その応用例として円形の貯水池によるダム地磁気効果(地表での鉛直荷重によって生じるピエゾ磁気変化)を計算した．さらにこのFPPを楕円体状の体積的圧力源についても適用可能であろうと予想した．しかしこのやり方で解を求めることは未完で終わっている．Davis(1986)はハワイ・キラウエア火山で観測された地表変位が単純な茂木モデルでは説明できないことを指摘して，Eshelby(1957)の楕円体介在物の理論を適用し，地表変位を説明する楕円体状の力源を求めた．Davisの仕事は地表面での変位だけを求めたものであり，ピエゾ磁気効果を計算するためには弾性体内部の解を知らなければならない．Seo and Mura (1979)は金属組成学の課題として，半無限体の中で一様に膨張する楕円体介在物による弾性場を定式化した．我々はこの解を採用する．地殻浅部におけるピエゾ磁気現象では一様磁化した表層を持つ半無限弾性体を考えなければならない．ピエゾ磁気ポテンシャルはその表現定理(Sasai, 1991)によって応力を受けている弾性体の表面の変位とその鉛直微分についての面積分で与えられる．キュリー点等温面が楕円体圧力源より下方にある場合(Case I)，圧力源を横切る場合(Case II)，圧力源より上にある場合(Case III)に分けられる．まず最も簡単なCase IIIについての解を求めた．

Davis, P. M., 1986, J. Geophys. Res., 91, 7429-7438.
Eshelby, J. D., 1957, Proc. Roy. Soc., London, Ser. A, 376-396.
Seo, K. and T. Mura, 1979, J. Appl. Mech., 46, 568-572.
Sasai, Y., 1986, J. Geomag. Geoelectr., 38, 949-969.
Sasai, Y., 1991, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 66, 585-722.

キーワード：ピエゾ磁気効果、楕円体圧力源、キュリー点等温面、ピエゾ磁場の表現定理
Keywords: Piezomagnetic effect, Ellipsoidal pressure source, Curie point isotherm, Representation theorem of the piezomagnetic field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

## [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)

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。

[SEM19-P01] 絶対湿度が乾燥岩石試料表面と電極間の接触抵抗に与える影響

*鈴木 健士[1]、吉村 令慧[2]、山崎 健一[2]、大志万 直人[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

[SEM19-P02] IGRFを基礎とした日本周辺の地磁気変化モデル(2): 斜軸メルカトル図法上の磁場のモデル化

*小河 勉[1] (1.東京大学地震研究所)

[SEM19-P03] Examination of criteria to remove the influence of the Sq-field variations from electromagnetic field spectra for a better estimation of regional electromagnetic responses

*LI RUIBAI[1]、清水 久芳[1]、馬場 聖至[1]、歌田 久司[1] (1.Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

[SEM19-P04] **地電流観測の長周期変動の考察**

*小関 廉[1]、藤井 郁子[1] (1.気象庁)

[SEM19-P05] Deep electrical conductivity structure of Eastern Marmara, Turkey by long period magnetotellurics

*Sabri Bulent Tank[1]、Naoto Oshiman[2]、Mustafa Karas[1]、Ryokei Yoshimura[2]、Yasuo Ogawa[3] (1.Bogazici University、2.Kyoto University、3.Tokyo Institute of Technology)

[SEM19-P06] 栗駒火山北側山腹におけるAMT観測

*小林 拓也[1]、坂中 伸也[1]、筒井 智樹[1]、ビン・ザイヌディン ムハンマッド・ファイズル・ニザム[1]、井上 雄介[1]、加藤 健太[1]、森脇 知哉[1]、多田 悠也[1]、竹井 瑠一[1] (1.秋田大学)

[SEM19-P07] 日本東北地方南部の地殻の三次元比抵抗構造

*本山 葵[1]、小川 康雄[2]、上嶋 誠[3]、浅森 浩一[4]、内田 利弘[5]、長谷 英彰[6]、小山 崇夫[3]、坂中 伸也[7]、山谷 祐介[5]、相澤 広記[8]、市來 雅啓[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京工業大学理学院火山流体研究センター、3.東京大学地震研究所、4.独立行政法人日本原子力研究開発機構、5.産業技術総合研究所、6. 地熱技術開発（株）、7.秋田大学大学院国際資源学研究科、8.九州大学大学院理学研究院)

[SEM19-P08] 雌阿寒岳北麓におけるMT法比抵抗構造探査

*井上 智裕[1]、橋本 武志[1] (1.北海道大学理学院地震火山研究観測センター)

[SEM19-P09] Hydrothermal system of Kuttara Volcanic Group inferred from 3D resistivity modeling (2)

*田中 良[1]、早川 美土里[2]、橋本 武志[1]、神田 径[3]、森田 裕一[4]、青山 裕[1]、上嶋 誠[4] (1.北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.三井石油開発株式会社　地熱事業部、3.東京工業大学理学院火山流体研究センター、4.東京大学　地震研究所)

[SEM19-P10] 阿蘇火山の3次元磁化構造解析

*宇津木 充[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

[SEM19-P11] 楕円体圧力源によるピエゾ磁気変化（序報）

*笹井 洋一[1] (1.東海大学・海洋研究所・地震予知研究センター)

# 絶対湿度が乾燥岩石試料表面と電極間の接触抵抗に与える影響
# Effects of absolute humidity on contact resistance between dry rock sample surface and electrodes

*鈴木 健士[1]、吉村 令慧[2]、山崎 健一[2]、大志万 直人[2]
*Takeshi Suzuki[1], Ryokei Yoshimura[2], Ken'ichi Yamazaki[2], Naoto Oshiman[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

様々な地下環境を再現した条件下での岩石比抵抗測定は、電磁 ・電気探査の結果を正確に解釈するために必要不可欠である。しかし、岩石比抵抗測定上の問題として、岩石試料と測定電極間の接触抵抗が挙げられる。特に、乾燥状態の岩石試料は接触抵抗が非常に高い。高接触抵抗の測定は非常に困難なため、その性質も十分に調べられていない。

我々は接触抵抗の性質を明らかにするため、高接触抵抗の測定手法を新たに構築し、乾燥花崗岩表面と導電性エポキシ樹脂製電極間の接触抵抗を測定した。また、大気中の水蒸気と岩石試料の相互作用を考慮して、複数の湿度条件で接触抵抗を繰り返し測定した。

結果、絶対湿度の増加に対する接触抵抗の減少が確認された。両者の間には明確な関係が見出され、その関係は指数関数により近似された。この結果は、湿度増加に伴う電極と岩石試料の接触面積増加を示唆している。接触面積の増加は、接触面に存在する微小間隙を大気中の水分が埋めることで生じたものと解釈された。

キーワード：接触抵抗、大気中の水分、絶対湿度、接触面積、導電性エポキシ樹脂、花崗岩
Keywords: contact resistance, atmospheric Moisture, absolute humidity, contact area, conductive epoxy, granite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# IGRFを基礎とした日本周辺の地磁気変化モデル(2): 斜軸メルカトル図法上の磁場のモデル化

# Japanese geomagnetic field variation model based on the IGRF (2): modeling on the oblique Mercator projection

*小河 勉[1]
*Tsutomu Ogawa[1]

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

日本周辺の高精度な地磁気モデルないし地磁気変化モデルは、その地磁気参照場として、地殻活動域における地殻活動起源の地磁気変化の観測に対して有用である。阿部・宮原(2015)による主成分分析を用いた日本周辺の地磁気変化モデルは、地磁気が一般には無発散とはならない点で、地磁気変化の統計モデルではあるが物理モデルではない。また任意の地点での地磁気変化観測に対するモデルの誤差評価は行われていない。これらの課題の克服を期して小河(2018, JpGU)が作成した日本周辺の地磁気変化モデルに対し、本研究では次の2点を修正した新たなモデルの誤差を評価した。1)メルカトル図法上の日本周辺をデカルト座標系で表現した地磁気変化のモデル化を、北東・南西方向に伸びる日本列島を大楕円上に乗せる斜軸メルカトル図法上の日本周辺をデカルト座標系で表現した地磁気変化のモデル化とした。2)国土地理院地球電磁気連続観測装置のデータのモデル残差にはセンサー温度と相関のある年周変化成分が顕著なので、これを除去した。

2005年から2014年までの、気象庁地磁気観測所及び国土地理院の5観測所、国土地理院の10地球電磁気連続観測装置における地磁気データの日値を用いて作られた地磁気変化モデルは、データのIGRFからの残差を、石川県南東部の地表に原点を持つデカルト座標系の座標の3次までの多項式で磁気スカラーポテンシャルを用いて表現される。展開係数の時系列をロバスト最小二乗法で推定した結果、次のような結果が得られた。1)モデル残差の平均値は1.28nTとなる。2)一個抜き交差検証の結果、抜いた観測地点のデータの予測誤差の平均値は1.94nTとなる。3)展開係数のjackknife標準誤差から見積もられる、各地点における予測誤差の平均値はモデル残差の平均値と同程度の1.16nTとなる。4)モデル作成に用いない、日本列島主要部から離れた気象庁地磁気観測所父島観測点のデータのモデル残差の平均値は5.06nTとなる。

得られた地磁気モデルの、展開係数のjackknife標準誤差の空間への伝播から求められる予測誤差は、北東・南西に伸びる日本列島の主要部において最大で、水平2成分で平均約2nT、鉛直成分で平均約3nTと見積もられた。本研究で得られた日本周辺の地磁気変化モデルは、日本列島の主要部において平均で数nTの精度を持つものと言える。

キーワード：地磁気変化モデル、斜軸メルカトル図法、一個抜き交差検証、jackknife標準誤差
Keywords: Geomagnetic field variation model, oblique Mercator projection, Leave-one-out cross-validation, jackknife standard error

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Examination of criteria to remove the influence of the Sq-field variations from electromagnetic field spectra for a better estimation of regional electromagnetic responses

*LI RUIBAI[1]、清水 久芳[1]、馬場 聖至[1]、歌田 久司[1]
*RUIBAI LI[1], Hisayoshi Shimizu[1], Kiyoshi Baba[1], Hisashi Utada[1]

1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Electromagnetic (EM) responses such as magnetotelluric (MT) impedance and geomagnetic depth sounding (GDS) response (or tipper) in the period range between several minutes to one day are used to study the electrical conductivity in the upper mantle. Spatially uniform and quasi-random magnetic field variations due to geomagnetic disturbances are considered as the source field in regional EM induction studies using the EM responses. However, the magnetic field variations in the period range from to seconds (mixed excitation band, or ME band) contain those with different spatial structure such as the solar quiet (Sq) daily variations and those induced by the ocean tide. Careful treatment of EM field data is necessary to estimate responses in the ME band that reflect actual conductivity structure. For example, Baba et al. (2010) estimated the EM responses in the period range from to seconds using a method based on Fourier transform after removing line spectra of EM field variations at periods of Sq field variations that include the higher harmonics and constituents of ocean tides. However, it was shown that the estimated responses in the ME band still included the influence of Sq field variations (Shimizu et al., 2011).

In this study we try to estimate EM responses that are less influenced by the Sq field variations. We employed line spectra of EM field obtained by using Sompi method, so called wave element (or namiso) (e.g., Kumazawa et al.,1990, Asakawa eta al.,1988), to estimate the EM responses in order to avoid the influence of the Sq field variations that could be contained in continuous spectra. Also, three conditions are applied to select appropriate wave elements from observed ones for EM response estimations. First is to select wave elements of which eastward component have common phase or that close to each other at two stations. This can avoid wave elements influenced by the Sq field variations since their westward propagation causes systematic phase difference of the magnetic field for supposed longitude difference and apparent period, which is determined by the longitudinal wave number of the variation. Second is to select magnetic field spectra that are linearly polarized in horizontal-vertical plane, because that influenced by the Sq field variations are expected to be more elliptically polarized in the plane than those suitable for regional EM response estimation. Ellipticity of the polarization ellipse is used to apply the condition. Third is to select those which have small ratio of the vertical to the horizontal magnetic field components, because the Sq field variations contain significant vertical magnetic field component that can cause larger amplitude of tipper than those from plane wave. It was confirmed that estimated phase difference, ellipticity, and vertical to horizontal field ratio showed a signature of Sq field variations in the ME band but not at a period shorter than seconds.

In this presentation, we are going to show the characteristics of the observed phase difference, ellipticity, and vertical to horizontal field ratio with respect to the period. Criteria to apply the conditions are assumed based on theoretical estimate of the magnetic field due to Sq principle mode and the induced field in assumed one dimensional Earth. The EM responses obtained by applying each condition are shown and the improvement or influence in the obtained responses, as a result, are discussed

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

quantitatively.

Asakawa, E., et al. (1988). *J. Geomagn. Geoelec.,*40: 447-463.

Baba, K., et al. (2010).*Phys. Earth planet. Inter.,*183: 44-62.

Kumazawa, M., et al. (1990). *Geophys. J. Int.,*101: 613-630.

Shimizu, H., et al. (2011). *Geophys. J. Int.,*186: 193-206.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地電流観測の長周期変動の考察
# Study on long-term variation of geoelectric field observation

*小関 廉[1]、藤井 郁子[1]
*Ren Ozeki[1], Ikuko Fujii[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

気象庁地磁気観測所では,柿岡,鹿屋,女満別の3地点で地磁気と地電位差の連続観測を数十年以上続けている.得られた地電位差は,多くの誘導地電位差事例を調べることができる唯一のデータセットとして世界中で利用されている.

地電位差観測では,約200-300m離れた2つの電極の間の電位差を観測している.電極は地下3ｍに埋められている.

地電位差データにおいては,地磁気変動と関係のない周期数日以上の変動が見られ,特に柿岡の南北成分で顕著である.この変動について降水との関係を指摘した先行研究(例えば森永,外谷(2015)や大川,他(1995))があるが,具体的なメカニズムは不明である.

本研究は,柿岡の地電位差の南北成分で顕著に長周期変動が発生するプロセスを解明し,対策を提案することを目的とする.本研究では,森永,外谷(2015)による電極調査と藤井,他(2007)によるVLF-MT観測の解析結果から,南電極周辺の地下数mの浅部構造に注目する.

土壌の比抵抗の分布を通じて地下の成層構造を推定するために,南電極から半径約20mの範囲で電気探査を行った.地磁気観測に影響を与えないようにするため簡易の機材を用い,2018年3月, 5月, 10月に南電極周辺の7測線,東電極周辺の2測線,ボーリング孔周辺1測線で観測した（図1）.

本発表では,3月と10月のデータの解析結果を示す.測定された測線の電位差と電流から見かけ比抵抗を計算した.地下構造は3層の1次元構造と仮定し,各測線ごとに見かけ比抵抗を最もよく説明できる比抵抗の分布の最適モデルをグリッドサーチによって推定した.その結果,各測線とも,地表から地下へ,高比抵抗層(200-600Ωm),低比抵抗層(50-100Ωm),高比抵抗層(200-300Ωm)という構成になった.

比抵抗分布の最適モデルの解釈は,過去に柿岡で行われたボーリング調査を参考にして行った.例として3月の測定結果に対する最適モデルとその解釈を図2に示す.最適モデルの第1層目は透水性が高い表土,第2層目は透水性が低い粘土と解釈した.南電極から東側に第2層上面が下がっていることと地形の勾配が降水時に地面に染み込んだ水の流れを誘発し, 南電極に影響を与えていると推測した.

キーワード：地電流観測、電気探査
Keywords: geoelectric field observation, electrical prospecting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

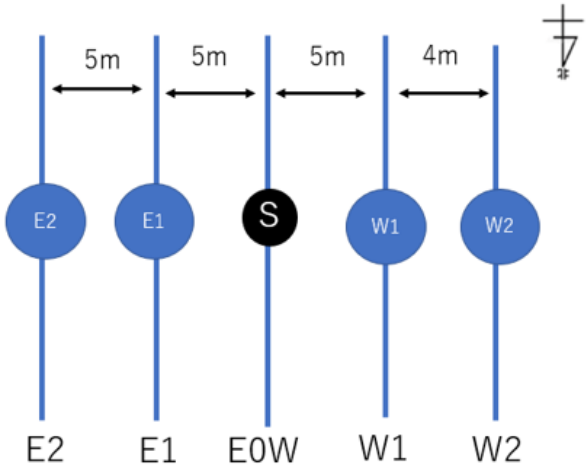



Figure 1

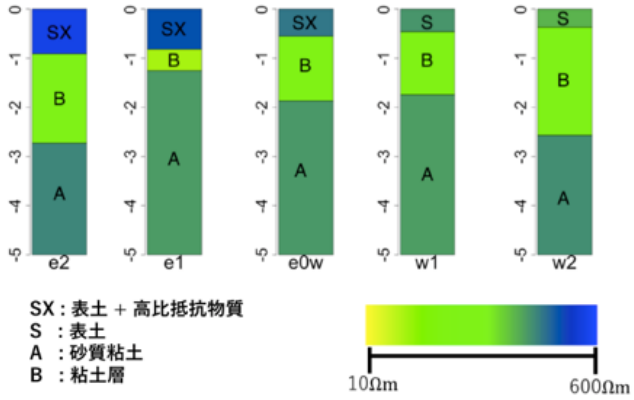



Figure 2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Deep electrical conductivity structure of Eastern Marmara, Turkey by long period magnetotellurics

*Sabri Bulent Tank[1], Naoto Oshiman[2], Mustafa Karas[1], Ryokei Yoshimura[2], Yasuo Ogawa[3]

1. Bogazici University, 2. Kyoto University, 3. Tokyo Institute of Technology

The electrical resistivity structure of a 100 km x 100 km region at northwestern Anatolia was examined by using long period magnetotelluric data with the aim to image the geo-electrical features at the lower crust and upper mantle. The electromagnetic impedance tensor elements were obtained for eighteen sounding locations within a period range of 20-13000 seconds. The soundings were distributed over the epicentral region of the 1999 Izmit earthquake and its vicinity including the Pontides in the north, Intra-Pontid transition zone and Sakarya Continent in the south. Three-dimensional data-space inversions of the long period magnetotellurics data were performed iteratively to achieve the electrical resistivity structure. In order to determine and overcome the complexities caused by the coast effect that arise due to presence of the conductive Black Sea, the dimensionality of the magnetotellurics data were examined in detail by means of induction arrows and phase tensor ellipses. These complexities may have transpired due to the seismically active branches of the North Anatolian Fault and presence of the Intra-Pontide Suture, too. The final resistivity models revealed a low resistivity zone trapped between two highly resistive blocks of Istanbul Zone in the north and Sakarya Continent in the south. This low conductivity zone coincides with the two main branches of the North Anatolian Fault and may be promoting the seismic activity in both of the branches.

Keywords: Magnetotellurics, North Anatolian Fault, Izmit earthquake, Fluids

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 栗駒火山北側山腹におけるAMT観測
# Audio-frequency magnetotelluric survey on the northern edifice of the Kurikoma volcano, northeast of Japan

*小林 拓也[1]、坂中 伸也[1]、筒井 智樹[1]、ビン・ザイヌディン ムハンマッド・ファイズル・ニザム[1]、井上 雄介[1]、加藤 健太[1]、森脇 知哉[1]、多田 悠也[1]、竹井 瑠一[1]
*Kobayashi Takuya[1], Shin'ya Sakanaka[1], Tomoki Tsutsui[1], Muhammad Faizul Nizam Bin Zinudin[1], Inoue Yusuke[1], Kenta Kato[1], Tomoya Moriwaki[1], YUYA TADA[1], Ryuichi Takei[1]

1. 秋田大学
1. Akita University

栗駒火山は，秋田・岩手・宮城の県境に位置する，標高1,627mの活火山である．栗駒火山の噴火様式はマグマ噴火と水蒸気噴火である．有史以降では，1744年と1944年に水蒸気噴火の記録があり，両噴火地点には昭和湖と呼ばれる火口湖が形成されている．現在も噴気活動が活発な活火山である．栗駒火山における地球物理学的研究の背景として，2008年岩手・宮城内陸地震に伴った構造探査の研究報告があり，その中で広帯域MT観測が実施されている（例えば，Mishina 2009；Ichihara et al., 2014）．しかし，対象が深部構造であるため，火山噴火を対象とした地下数kmの地下構造はいまだに明らかになっていない．本研究では，AMT観測により得られる栗駒火山直下の浅部比抵抗構造から，火山噴火発生のカギとなる構造を見出すことを目的とする．

AMT観測は2018年8月から11月にかけて実施した．噴気活動が盛んである昭和湖と地獄谷噴気を横断する南北方向と，硫黄山・湯気山を横断する東西方向に測線を展開し，合計13点で観測を実施した．測定機材は，Phoenix Geophysics Ltd.（カナダ）製のMTU-5Aを用いた．それぞれの観測点で電場2成分，磁場3成分を測定した．測定時間は3時間から長くて1晩かけて測定した．

本研究では，構造の次元性と比抵抗分布の特徴を評価するために，フェイズテンソル (Caldwell et al., 2004) とインダクションベクトル (Parkinson, 1962) の概念を用いた．フェイズテンソルの結果から，10 Hzより高周波数の範囲において，スキュー角は5°未満で，楕円率は0.2未満であった．したがって，地表下1 km前後の構造は均質構造であることが示唆される．また，周波数が10 Hzより低周波数の領域において，インダクションベクトルの方向が剣岳の方向を向く傾向がある．地形効果を考慮する必要はあるが，マグマ噴火が発生している剣岳直下の地下1 km以深において低比抵抗領域が分布している可能性が考えられる．

構造解析には，Ogawa and Uchida (1996) による2次元インバージョンコードを使用した．最終モデルには大きく分けて3つの特徴がある．1つ目は，地表付近には低比抵抗領域（C1）が分布していることである．C1は噴気地帯及び温泉帯に向かって，その比抵抗が低くなる傾向がある．2つ目は，高温噴気地帯（地獄谷噴気・硫黄山噴気・湯気山噴気）直下の低比抵抗領域（C1）の下層に高比抵抗（R1）が分布していることである．高温噴気が地上に現れていることから，高比抵抗領域（R1）は高温体あるいは蒸気卓越領域であることが示唆される．3つ目が東西断面の東部において，比抵抗値はR1ほど高くはないものの，高比抵抗領域（R2）が存在することである．R2の直上において，噴気活動は確認されないが，過去の水蒸気噴火火口の痕跡が分布している．このことから，R2は過去の水蒸気噴火の火山活動の痕跡で，R1とR2の比抵抗のコントラストの違いは火山活動度によるものである可能性が考えられる．

キーワード：比抵抗構造、AMT、栗駒火山、水蒸気噴火、熱水系
Keywords: Resistivity structure, AMT, Kurikoma volcano, Phreatic eruption, Hydrothermal system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本東北地方南部の地殻の三次元比抵抗構造
# A three-dimensional crustal electrical resistivity model beneath southern Tohoku district, NE Japan

*本山 葵[1]、小川 康雄[2]、上嶋 誠[3]、浅森 浩一[4]、内田 利弘[5]、長谷 英彰[6]、小山 崇夫[3]、坂中 伸也[7]、山谷 祐介[5]、相澤 広記[8]、市來 雅啓[1]
*Aoi Motoyama[1], Yasuo Ogawa[2], Makoto Uyeshima[3], Koichi Asamori[4], Toshihiro Uchida[5], Hideaki Hase[6], Takao Koyama[3], Shin'ya Sakanaka[7], Yusuke Yamaya[5], Koki Aizawa[8], Masahiro Ichiki[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京工業大学理学院火山流体研究センター、3. 東京大学地震研究所、4. 独立行政法人日本原子力研究開発機構、5. 産業技術総合研究所、6. 地熱技術開発（株）、7. 秋田大学大学院国際資源学研究科、8. 九州大学大学院理学研究院
1. Graduate school of science, Tohoku university, 2. Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 3. Earthquake research institute, the university of Tokyo, 4. Japan Atomic Energy Agency, 5. National institute of advanced industrial science and technology, 6. Geothermal Energy Research & Development Co., Ltd, 7. Graduate School of International Resource Sciences Department of Earth Resource Engineering and Environmental Science, Akita University, 8. Graduate school of science, Kyusyu university

Hasegawa et al. (2005)は、地震学および測地学的データを基に、典型的な東北地方の島弧横断の地殻断面モデルを提案し、そのモデルでは、島弧中央の奥羽脊梁下の下部地殻にマグマ・地殻流体の貯留体の存在が示唆されている。最近、Uyeshima et al. (2016)は新潟県阿賀野市ー福島県いわき市を横切る二次元比抵抗構造モデルを推定し、そのモデルでは、脊梁下だけでなく、前弧と背弧下の下部地殻にも低比抵抗体が推定された。特に前弧の低比抵抗体は、東北地方太平洋沖地震後に活発化したいわき市の群発地震震源域のほぼ直下に位置している。一方Uyeshima et al. (2016)の測線からほぼ平行に約50 km北の測線での二次元比抵抗モデルでも、脊梁と背弧下の下部地殻に顕著な低比抵抗体が示唆された（本山 他, 2018 JpGU）。しかし、前弧下の下部地殻には低比抵抗体は推定されていない。これまでの比抵抗構造モデルは殆どが2次元モデルに限られている為、本研究では、過去に東北地方の南部で取得されている電磁場データをコンパイルし、特に前弧と背弧下の下部地殻に注目しながら、三次元比抵抗構造モデルを推定した。

コンパイルしたデータは観測点全118点の電磁場データで、BIRRP (Chave and Thomson, 2004)とPhoenix社SSMT2000プログラムを用いて、全てのMT応答関数と地磁気変換関数を再解析した。Phase tensor (Caldwell et al., 2004) の行列式の平方根、$\Phi_2$の空間分布をみると、探査領域の北部の背弧側と、南部の前弧および脊梁の周期10 –100秒で高い値が見られた。得られた応答関数をWSINV3D_MPI (Siripunvaraporn & Egbert, 2009)でインバージョンを行った。MTデータのみを用いたモデルでは、蔵王山付近の東西断面を見ると、背弧の地殻深部から奥羽脊梁下の近く浅部にかけての低比抵抗体がみられる。一方、前弧の地殻には、低比抵抗体は見られない。深さ22.5 kmの平面図でみると、探査領域北部の背弧から南部の脊梁にかけて比抵抗体が分布している。現在MTデータと地磁気変換関数のの両者を用いた計算を行っており、その結果と議論について発表する予定である。

キーワード：Magnetotellurics、地殻流体
Keywords: Magnetotellurics, geofluids

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 雌阿寒岳北麓におけるMT法比抵抗構造探査
# Magnetotelluric survey on the northern foot of Meakandake volcano

*井上 智裕[1]、橋本 武志[1]
*Tomohiro Inoue[1], Takeshi Hashimoto[1]

1. 北海道大学理学院地震火山研究観測センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University

We performed a broadband MT survey in the northern part of Mt. Meakandake in August and September in 2018. Mt. Meakandake is one of the active volcanoes in the southwestern part of Akan caldera in eastern Hokkaido. Recently, a remarkable ground inflation has been reported on the northeastern foot of Meakandake. We planned a magnetotelluric survey to investigate the electrical structure across the deformation source. In this study, we describe the features of our MT data and show the 1-D models as a preliminary modeling.

The Geospatial Information Authority of Japan (2018) reported a remarkable crustal inflation on the basis of the GNSS observation and InSAR analysis from late 2016 through 2017. They modeled the deformation as an opening of the sill-like crack (about 11 km long and 2 km wide) at a depth of about 6 km on the northeastern foot of Meakandake. As the estimated deformation source was large, we considered that it might be imaged as a low resistivity anomaly, if it was related to magma or hydrothermal system. Investigating the subsurface structure across such an extensive inflation source will also contribute to understanding the magma plumbing system of the Akan area. Around Meakandake, a MT survey was previously conducted in the eastern area as a part of the Geothermal Development Promotion Survey (NEDO, 1992). More recently, an AMT survey was performed across the summit along a NE-SW direction as a part of volcano study of Meakandake (Takahashi et al., 2018). However, because of the limited sounding depths, the electrical structure near the above-mentioned deformation source has not been clarified yet.

Therefore, in this study, we newly deployed twelve broadband-MT sites along a NW-SE trending survey line across the longer side of the inflation source on the northern to eastern foot of the volcano. We used four set of the MTU-5/5A system (Phoenix Geophysics) for the campaign. We acquired the time series of the electric field in two components and the magnetic field in three components for 3 to 7 days for each site. In calculating the response functions, we used the SSMT2000 software and applied the remote reference processing using the magnetic field data Sawauchi in Iwate Prefecture that was provided by Nittetsu Mining Consultants Co., Ltd.

Contrary to our first expectation, the induction vectors and phase tensors suggested an electrical regional strike of N60ºW, which was almost parallel to the survey line. Thus, in this study, we sought a provisional 1-D modelling instead of the 2-D analysis in an unpreferable direction. We estimated 1-D resistivity structures using the Occam’ s inversion (Constable et al., 1987), in which we used the ssq impedance (Szarka and Menvielle, 1997; Rung-Arunwan et al., 2016) as the input data. In this inversion, we only used a frequency range, in which the responses showed approximately a 1-D feature.

The inverted 1-D models exhibited a distinct low resistivity layer (1-10 Ωm, hereinafter called, C1) at depths around a few hundred meters at all sites. In addition, at the sites in the SE half of the survey line, another low resistivity layer of approximately 10 Ωm (hereinafter called, C2) was found at a depth around

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

2–4 km.

According to the NEDO (1992)’s borehole logs that were drilled at about 1 km east of our survey line, the low resistivity layer C1, which is common to all the sites, is likely to correspond with the volcanic tuff layers in the Miocene indicating weak alteration with montmorillonite and/or chlorite. Meanwhile, the deeper low–resistivity layer C2 is recognized only at the locations near the above–mentioned inflation source. In addition, C2 is shallower at the sites near the inflation source. For this reason, we suspect that C2 has some relation to the inflation source, although their depths are different. We note that the interpretations are tentative since they are based on the 1–D modeling, and further evaluation is needed through a 3–D modeling in the future.

キーワード：マグネトテルリック法、雌阿寒岳、比抵抗
Keywords: Magnetotelluric, Meakandake, resistivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Hydrothermal system of Kuttara Volcanic Group inferred from 3D resistivity modeling (2)

*田中 良[1]、早川 美土里[2]、橋本 武志[1]、神田 径[3]、森田 裕一[4]、青山 裕[1]、上嶋 誠[4]
*Ryo Tanaka[1], Midori Hayakawa[2], Takeshi Hashimoto[1], Wataru Kanda[3], Yuichi Morita[4], Hiroshi Aoyama[1], Makoto Uyeshima[4]

1. 北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター、2. 三井石油開発株式会社　地熱事業部、3. 東京工業大学理学院火山流体研究センター、4. 東京大学　地震研究所
1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, 2. Mitsui Oil Exploration Co., Ltd. Geothermal Business Division, 3. Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 4. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Estimation of the volcanic hydrothermal system that is composed of an alteration zone, a fluid upflow zone and a heat source, is a key feature in assessing the potential of phreatic eruptions. Magnetotelluric (MT) method is one of the effective ways of estimating such hydrothermal system since it has the sensitivity to hydrothermal fluid and hydrothermal alteration zones. We performed the MT survey at Kuttara Volcano Group, northern Japan, to evaluate imminence of phreatic eruption.

Kuttara Volcanic Group is a basaltic to andesitic volcanic complex in southwestern Hokkaido, northern Japan. Kuttara volcano was formed by several silicic explosive eruptions and construction of an andesitic stratovolcano built up from ca. 80 to 40 ka. Lake Kuttara is a caldera lake formed by a violent explosive eruption at ca. 40 ka (Katsui et al., 1988; Moriizumi,1998). Noboribetsu volcano, post-caldera volcanism on the western foot of the stratovolcano at ca. 15 ka, formed Hiyoriyama cryptodome and Jigokudani geothermal field. We can see weak plumes (110–140 ºC; maximum height of ca. 50 m) near the top of Hiyoriyama cryptdome. We also see hot spring areas around Kuttara volcano at Noboribetsu, Carls, and Kojo-hama.

Although some previous studies (Goto and Johmori, 2011, 2013, 2015) revealed 2-D resistivity cross sections by CSAMT and TDEM methods at Kuttara volcano, they did not image deeper than about 1km. In this study, we carried out a broadband MT survey in 2017 at 49 stations in the area of 20x20 km wide and estimated 3-D resistivity structure of Kuttara Volcanic Group. We used ModEM (Egbert and Kelbert, 2012) as the 3-D inversion code, using a model space containing topography and sea bottom relieves. Responses at twelve periods between 0.00521 and 512 s were selected as the input data of the inversion. Error floors of 5% for the diagonal components of the impedance and 10% for the tippers and non-diagonal components of the impedance were given to avoid too much weighting for these data in the inversion process. Two-step inversion was applied, in which only the tippers were inverted at first, and subsequently, only the impedances were inverted. We already presented preliminary results at JpGU 2018 (Hayakawa et al., 2018). In this presentation, we discuss the results through the sensitivity check. We performed the sensitivity check by measuring the change in RMS due to disturbance of resistivity value in the focusing area.

We summarized the key features of the modeling results as follows. (1) The near-surface resistivity distribution is in good agreement with the surface geology. The resistivity was relatively high (100 to1000 Ωm) on northern and eastern to southern flanks of Kuttara Volcano, where volcanic deposits such as andesite lava flows covered the surface. (2) A low resistivity zone is imaged beneath Noboribetsu hot spring and a columnar low resistivity zone reached to the bottom of Lake Kuttara from the depth. These

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

low resistivity zones indicate hydrothermal system in the Kuttara-Noboribetsu area. Low resistivity layer is also imaged just below Carls hot spring. However, this low resistivity layer is not sensitive in our inversion since this layer is very thin. (3) Relatively high resistivity zone beneath Lake Kuttara also has insufficient sensitivity. This result indicates we have to perform more dense survey around Lake Kuttara to discuss whether magma or hydrothermal reservoir exist beneath Lake Kuttara or not. Our study is the first 3-D MT modeling for Kuttara Volcanic Group and further detailed comparison to geology, hydrology, drilling data, and hydrothermal simulation is necessary to better understand the current and to assess the potential of phreatic eruptions at Kuttara Volcanic Group.

キーワード：比抵抗構造、3次元モデリング、火山浅部熱水系
Keywords: resistivity structure, Three-dimensional modeling, volcanic hydrothermal system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇火山の3次元磁化構造解析
# 3D magnetic structure of Aso volcano

*宇津木 充[1]
*Mitsuru Utsugi[1]

1. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
1. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

阿蘇火山ではこれまで、山体構造の把握を目的に、阿蘇火山山頂部、及び中岳火口周辺でヘリコプターを用いた空中磁気観測が行われてきた(田中ほか, 2001、田中ほか,2006、宇津木ほか,2007)。本研究では、これらのデータを再解析し、阿蘇火山の2014年噴火以前の山体の磁化構造を求めた。これまでの観測から得られた空中磁気データに対し、IGRF補正及を施し、観測範囲のスケールを超える長波長な磁気異常の影響を除くため1次傾向面解析を施し線形トレンドを除去した。さらに上方接続(Nakatsuka and Okuma, 2005)を適用し一様なグリッド上のデータに変換した。この解析に用いた上方接続の接続面としては、地形をx(南北),y（東西）座標の4次関数で平滑化したものを300m上方に押し上げた滑らかな曲面を用いた。このデータを入力として、インバージョンにより山体内部の磁化強度分布を求めた。インバージョンにあたっては、阿蘇火山の山頂部約5 x 5km, 深さ2.5kmまでの領域を80 x 80 x 40の小ブロックに分割し、各々のブロックの磁化を求める事を行った。この際、各ブロック内では磁化が一定であり、磁化の向きは現在の地球磁場方向に平行であると仮定した。この上で、磁気異常の実測値と、モデルにより期待される計算値との残差を小さくするモデルを求めた。この際、単に残差を最小にするのではなく、正則化項を付加した目的関数（残差項と正則化項をパラメータで結合したLagrange関数）を最小化することを行った。なお正則化項についてはモデルのL1ノルム及びL2ノルムからなるものを用いた。L1ノルム正則化項を用いる事でモデルに疎（スパース）性がもたらされることが知られており、これにより、よりフォーカスされた結果が得られることが期待される。本発表では、この磁化構造インバージョンの解析結果について詳細を紹介する。

キーワード：阿蘇火山、3次元磁化構造、3次元磁気インバージョン
Keywords: Aso volcano, 3D magnetic structure, 3D magnetic inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 楕円体圧力源によるピエゾ磁気変化（序報）
# The piezomagnetic field produced by an ellipsoidal pressure source: A preliminary result

*笹井 洋一[1]
*Yoichi Sasai[1]

1. 東海大学・海洋研究所・地震予知研究センター
1. Earthquake Prediction Research Center, Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University

Sasai(1986)は半無限弾性体の中に置かれた単力源によって生じるピエゾ磁気ポテンシャル(基本ピエゾ磁気ポテンシャル[Fundamental Piezomagnetic Potential: FPP])を定式化して，その応用例として円形の貯水池によるダム地磁気効果(地表での鉛直荷重によって生じるピエゾ磁気変化)を計算した．さらにこのFPPを楕円体状の体積的圧力源についても適用可能であろうと予想した．しかしこのやり方で解を求めることは未完で終わっている．Davis(1986)はハワイ・キラウエア火山で観測された地表変位が単純な茂木モデルでは説明できないことを指摘して，Eshelby(1957)の楕円体介在物の理論を適用し，地表変位を説明する楕円体状の力源を求めた．Davisの仕事は地表面での変位だけを求めたものであり，ピエゾ磁気効果を計算するためには弾性体内部の解を知らなければならない．Seo and Mura (1979)は金属組成学の課題として，半無限体の中で一様に膨張する楕円体介在物による弾性場を定式化した．我々はこの解を採用する．地殻浅部におけるピエゾ磁気現象では一様磁化した表層を持つ半無限弾性体を考えなければならない．ピエゾ磁気ポテンシャルはその表現定理(Sasai, 1991)によって応力を受けている弾性体の表面の変位とその鉛直微分についての面積分で与えられる．キュリー点等温面が楕円体圧力源より下方にある場合(Case I)，圧力源を横切る場合(Case II)，圧力源より上にある場合(Case III)に分けられる．まず最も簡単なCase IIIについての解を求めた．

Davis, P. M., 1986, J. Geophys. Res., 91, 7429-7438.
Eshelby, J. D., 1957, Proc. Roy. Soc., London, Ser. A, 376-396.
Seo, K. and T. Mura, 1979, J. Appl. Mech., 46, 568-572.
Sasai, Y., 1986, J. Geomag. Geoelectr., 38, 949-969.
Sasai, Y., 1991, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 66, 585-722.

キーワード：ピエゾ磁気効果、楕円体圧力源、キュリー点等温面、ピエゾ磁場の表現定理
Keywords: Piezomagnetic effect, Ellipsoidal pressure source, Curie point isotherm, Representation theorem of the piezomagnetic field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

## [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)

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。

[SGL28-P01] 富山県砺波地域に分布する漸新世〜中新世火山岩類の成因：日本海拡大にともなう陸弧〜島弧火山活動の変遷

*山田 来樹[1]、高橋 俊郎[2]、植田 勇人[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

[SGL28-P02] 小川盆地と周辺の跡倉ナップの地質と中新世中期以降のテクトニクス

*小野 晃

[SGL28-P03] 埼玉県長瀞地域における三波川変成岩の小構造からみた古応力場の変遷

*中村 南[1]、高田 亞以子[1,2]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学、2.石油資源開発株式会社)

[SGL28-P04] 新岩脈法による丹沢トーナル岩中のマイクロクラックによる古応力方向の復元

*冨岡 美咲[1]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学)

[SGL28-P05] 立体斜度図を用いた地形判読で見出された北上山地，遠野-栗橋花崗岩体の環状断層

*土井 宣夫[1]、白澤 道生[2]、横山 隆三[2] (1.岩手大学地域防災研究センター、2.（株）横山空間情報研究所)

[SGL28-P06] ジルコン年代学によって明らかになった舞鶴構造帯（MTZ）の形成と再編

*早坂 康隆[1]、木村 光佑[1] (1.広島大学大学院理学研究科)

[SGL28-P07] **Erosional features of Soma Slope Channel, off Miyagi, Japan**

*Jih-Hsin Chang[1]、Takahiko Inoue[1]、Ayanori Misawa[1]、Kohsaku Arai[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial and Science Technology.)

[SGL28-P08] Preliminary Analysis Result for the Integrated Lineament Map in South Korea

*Hong-Jin Lee[1]、Kyoungtae Ko[2]、You Hong Kihm[2] (1.Geoscience Platfrom Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources、2.Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)

[SGL28-P09] **Seismicity along the Moradabad Basement Fault in the Central Ganga Plain: A Geological and Geophysical approach**

*ANKIT GUPTA[1]、Pitambar Pati[1]、Chinmay Dash[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[SGL28-P10] パキスタン Muslim Bagh地域火山岩類の岩石学的・年代学的研究

*荒尾 眞成[1,2]、今山 武志[1]、八木 公史[3]、猪川 千晶[3]、澤田 順弘[4]、Rehanul Siddiqui[5]、Said Khan[5] (1.岡山理科大学　自然科学研究所、2.岡山理科大学　生物地球学部、3.蒜山地質年代学研究所、4.島根大学　名誉教授、5.地球科学研究所　パキスタン地質調査所)

# 富山県砺波地域に分布する漸新世～中新世火山岩類の成因：日本海拡大にともなう陸弧～島弧火山活動の変遷

# Petrogenesis of Oligocene to Miocene volcanic rocks in the Tonami area, central Japan: temporal evolution of continental- to island-arc volcanism during the Japan Sea opening

*山田 来樹[1]、高橋 俊郎[2]、植田 勇人[2]
*Raiki Yamada[1], Toshiro Takahashi[2], Hayato Ueda[2]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部
1. Graduate school of science and technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University

The Japan islands was torn from the continent to form island-arc by spreading of the Japan Sea in Late Oligocene to Early Miocene. Basaltic to rhyolitic active volcanism occurred in the Japan arc during the Japan Sea opening. Since many researchers have targeted mainly mafic volcanic rocks for petrological study, petrological and geochemical studies on Oligocene to Miocene rhyolites are not still enough. Therefore, we examined Oligocene to Miocene volcanic rocks, including Chattian to Aquitanian and Burdigalian to Langhian rhyolites, on the basis of petrology and geochemistry.
Oligocene to Miocene strata consist of the Tori Conglomerate, Usunaka Moonstone Rhyolite, and the Iwaine and Iozen formations, in stratigraphically ascending order (Sudo, 1979; Ganzawa, 1983), the study area, Nanto City, Toyama Prefecture. The Tori Conglomerate is composed of conglomerate and sandstone, whereas the others are composed of volcanic and pyroclastic rocks; the Usunaka Moonstone Rhyolite, and the Iwaine and Iozen formations consist of rhyolitic welded tuff, andesites (lava and pyroclastic rocks), and rhyolites (lava and pyroclastic rocks), respectively. In this study, weighted averages of $^{238}U$–$^{206}Pb$ ages of 22.4 ±0.7 and 16.3 ±0.6 Ma are obtained from zircons in the Usunaka Moonstone Rhyolite (welded tuff) and the Iozen Formation (aphyric lava; the same outcrop as FU06 of Ganzawa (1983)). These ages indicate formation ages of the rhyolites, because they are consistent with K–Ar (Yamasaki and Miyajima, 1970; Ueda and Aoki, 1970) or fission track ages (Ganzawa, 1983), whose blocking temperatures are much lower than zircon U–Pb age.
Following petrogenesis of Oligocene to Miocene volcanic rocks is considered by whole-rock chemical compositions (major and trace elements, and Sr–Nd isotopes) and comparison with other studies. The Usunaka Moonstone Rhyolite (25–22 Ma) is alkalic rhyolite showing intermediate compositions between continental rifts and continental-arcs, and its magma was S-type and relatively dry. Therefore, it is continental-arc rift-type rhyolite, and mafic magma in subduction zone would have melted crustal materials derived from sedimentary rocks. Andesitic volcanism of the Iwaine Formation can be divided into two stages (e.g., Yamada and Yamada, 2018); amphibole-bearing andesite (high Sr andesite; 19–18 Ma?) and two pyroxene andesites (18–16.5 Ma?). Amphibole-bearing andesite is low-$SiO_2$ adakite (Martin et al., 2005) generated by partial melting of mantle wedge matasomatised by adakitic melt formed by slab melting. Two pyroxene andesites, who and equivalent beds have the large distribution in the Hokuriku region, are continental-arc type tholeiites, and their compositions suggest AFC (assimilation and fractional crystallization). The Iozen Formation (16.5–15.0 Ma) has intermediate chemical compositions between continental- and island-arcs, and its magma was I-type and had high water content. The Iozen Formation got primitively dacitic to rhyolitic composition, and almost only fractional crystallization occurred in magma chamber. High-temperature state, which had continued since the Iwaine Formation, in mantle wedge would had caused crustal melting.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Above genesis of Oligocene to Miocene volcanic rock in the study suggests that high temperature was kept in mantle wedge and continental crust during the back-arc spreading and that tectonic settings changed as time went on; continental-arc rift, continental-arc, and continental- to island-arc. This reflect that the Japan arc developed from continental- to island-arc through the Japan Sea opening, a back-arc formation.

Ganzawa, Y. (1983) *Jour. Geol. Soc. Japan*, **89**, 271–286.
Sudo, S. (1979) *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 17, 187–194.
Ueda, Y. and Aoki, K. (1970) *Jour. Japan Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **63**, 28–29.
Yamada and Yamada (2018) *Sci. Rep. Niigata Univ., Geol.*, **33**, 25–40.
Yamasaki, M. and Miyajima, Y. (1970) *Jour. Japan Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **63**, 22–27

キーワード：日本海拡大、火山岩、流紋岩、岩石学、ジルコンU-Pb年代
Keywords: Japan Sea opening, volcanic rocks, rhyolite, petrology, zircon U-Pb age

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 小川盆地と周辺の跡倉ナップの地質と中新世中期以降のテクトニクス
# Geology and post mid-Miocene tectonics of the Ogawa basin and the Atogura Nappe

*小野 晃
*Akira Ono

関東山地の三波川帯では三波川ユニット，みかぶユニット，跡倉ナップとこの順に構造的下位から上位に重なる積層構造が認められる．跡倉ナップの分布域は，三波川変成岩類の上昇テクトニクスが顕著であるために限定的である．埼玉県の寄居ー小川地域では跡倉ナップが広く露出しており（Figure 1），ナップの主要部分は現地性の地質体に囲まれている．その境界は象ケ鼻ー朝日根断層や谷津断層や高谷断層などの高角断層である．跡倉ナップは小川盆地において下部中新統（約16Ma）の小園層の礫岩や砂によって不整合に被われている［１－３］．中新統に被われた跡倉ナップは，地塊の差別的昇降運動を受けている．跡倉ナップの主要分布域に存在するみかぶユニットは，このテクトニクスによって上昇してきた地質体である．中新統はあまり隆起しなかったために侵食されずに残存した地質体である．

＜地質＞ 小川盆地の西側部分について，緩傾斜（＜10°）の中新統が分布している．基盤岩は野竹地域では寄居層，中央部地域では石英閃緑岩，飯田地域では跡倉層である．野竹地域には粗粒砂岩を挟む礫岩が分布しており，礫岩には花崗岩や火砕岩や領家片麻岩などの礫が非常に多い（Figure 1の赤丸）．巨礫や大礫から成る礫層も存在し，礫の供給源は侵食されてしまった領家ナップ（Figure 1）で，ridge line rBの南方でridge line rCの北方に位置していたと推定される．跡倉ナップはみかぶユニットと領家ナップに挟まれた薄い板状の地質体である．礫岩層の最上部は秩父帯起源と推定されるチャートの小円礫に富み，その上に厚さ約３mの砂岩が重なる．砂岩の上には荒川層の泥岩が整合に重なる．その地点（標高約140m）での基盤岩の深度は不明であるが，砕屑物で埋め立てられた谷は深くないので，小園層の層厚は60-100mと推測される．野竹地域の北西部には小川盆地最北部の中新統が露出している．厚さ約10mの砂岩が寄居層を不整合で被う．砂岩の上には荒川層の泥岩が重なり，境界の標高は約140mである．

中央部地域の金勝山石英閃緑岩は，金勝山への旧登山口や兜川沿いなど各地で礫岩や砂岩や泥岩によって被われている［１，３］．地点**X**（Figure 1, 標高約100m）では，小園層の礫岩や砂岩が石英閃緑岩を不整合で被っている［２，３］．飯田地域の西端部では，礫岩や礫質砂岩や砂岩が標高の高い基盤岩近傍に分布し，泥岩は低地に分布している．砂岩や泥岩が同時期に堆積した可能性や小規模な高角断層（Figure 1A, C）が推定される．礫岩には古期岩類のチャートや砂岩や泥岩の小円礫が多い（Figure 1の黒丸）．花崗岩礫は大変少ないが，基質部には長石の破片が多い．なお，小川盆地の中新統は標高約160m以下に分布するが，地点＋では標高約200mに礫岩の小露頭が認められる．

Figure 1のA, B, Cは現在と荒川層の堆積時期ごろの南北方向の地質断面図である．小川盆地西側部分についての概念図である．中新世の断面図には現在の地表面が参考のために書き込まれている．中新世前期と現在の地表面および小園層の厚さの３要素に依存して，複数の中新世の地質断面図が想定可能である．Figure 1, Aは中新統堆積後の上昇テクトニクスが弱い場合の断面図で，Figure 1, B は上昇テクトニクスや傾動運動が小規模に起きている場合のものである．実際には不整合が各地に存在しており［１－３］，中新世前期と現在の地表面は各地で近接している（Figure 1, C）．

＜テクトニクス＞ 小川盆地の西側部分の野竹地域では，泥岩の出現する標高がほぼ一定であり，大規模な地塊の差別的昇降運動（上昇テクトニクス）を小園層の堆積以降に想定することは不可能である．中央部地域では石英閃緑岩が中新統と断層で接しており，断層活動を伴う上昇テクトニクスが想定される．しかし，みかぶ緑色岩は露出していないうえに，小園層がかなり広く分布している［１］．断層の変位量は，小園層の層厚をはるかに超えるような大きさではない．小川盆地東側部分の富士山地域では，跡倉ナップに囲まれたみかぶ緑

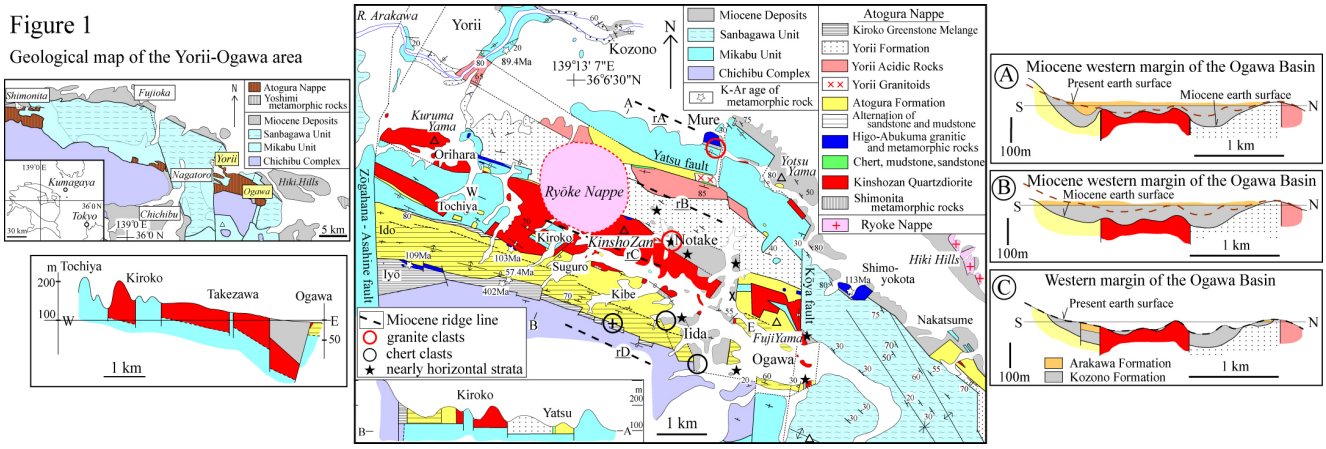
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

色岩の小岩体が３ヶ所に露出している．しかし，中新世の礫質砂岩の小分布も認められるので，中新世中期以降の跡倉ナップの上昇テクトニクスを過大評価すべきではない．

＜文献＞［１］間嶋，1989，静大地球科学研報，no. 15, 1-24．［２］牧本・竹内，1992，寄居地域の地質．５万分の１地質図幅．［３］小川町，1999，小川町の自然 地質編．

キーワード：関東山地、小川盆地、中新世前期、跡倉ナップ、小園層、荒川層
Keywords: Kanto Mountains, Ogawa basin, early Miocene, Atogura Nappe, Kozono Fm., Arakawa Fm.

Figure 1
Geological map of the Yorii-Ogawa area




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 埼玉県長瀞地域における三波川変成岩の小構造からみた古応力場の変遷
# Paleostress transition estimated from small-scale deformation structures of the Sanbagawa metamorphic rocks in the Nagatoro area, Saitama Prefecture, central Japan

*中村 南[1]、高田 亞以子[1,2]、高木 秀雄[1]
*Minami Nakamura[1], Aiko Takada[1,2], Hideo Takagi[1]

1. 早稲田大学、2. 石油資源開発株式会社
1. Waseda University , 2. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

埼玉県長瀞地域によく露出する三波川変成岩中には, 褶曲, キンクバンド, 断層, 鉱物脈といった変形小構造が多数発達している. 植村・金崎 (1989) は, 長瀞地域の三波川変成岩類中にみられる変形小構造について詳細に記載し, 各構造の切断関係から，小構造の変形順序を5つのステージに分けた (D1~D5). 特に低延性度の構造においては, 逆断層型のキンクバンド (D4) が正断層型のキンクバンド, 小断層, 鉱物脈 (D5) に先立って形成されたことが分かっている. しかしながら, これらの変形小構造をもたらす古応力場に関する研究はほとんどない. そこで本報告では, 長瀞地域の三波川変成岩の変形小構造に対して様々な応力逆解析法を用いることで古応力場を推定し, その変遷について議論する.

古応力を推定するにあたり, キンクバンド(27個), 小断層（17個）, 白色(石英または方解石）鉱物脈(202個）の姿勢を測定した. キンクバンドに小断層解析法を適用できることが知られているため (Srivastava et al., 1999), キンクバンドおよび小断層に小断層解析法の一つであるHough法 (Yamaji et al., 2006) を用いて応力場の解析をおこなった. これにより, 逆断層型キンクバンド (D4) からは, $\sigma_1$が南西方向で$\sigma_3$が鉛直なStress D4を, 正断層型キンクバンドおよび小断層 (D5) からは, $\sigma_1$が鉛直で$\sigma_3$が北東方向のStress D5-1と, $\sigma_1$が北東方向に32°沈下し$\sigma_3$が南西方向に58°沈下したStress D5-2の2つの応力解を得た.

次に,「新岩脈法」 (Yamaji and Sato, 2011) を鉱物脈に適用することで, 2つの応力解を得た. 鉱物脈は植村・金崎 (1989) の変形ステージにおけるD5にあたり, キンクバンドと小断層から求めたD5の2つの応力と整合的な結果が得られた. さらに,鉱物脈中の方解石変形双晶にHough法を用いたマイクロスケールの応力解析により, Stress D5-1がStress D5-2に先立って作用したことが示された. 以上をまとめると, 長瀞地域の三波川変成岩が被った応力は少なくとも3段階あり, 古応力場はStress D4からStress D5-1, そしてStressD5-2へと変遷したと考えられる. また, 各小構造の平均延性度や, 方解石変形双晶の幾何学的特徴から推定される変形温度(200℃前後: Burkhard, 1993)を考慮すると, これらの小構造は三波川変成岩の上昇時に順々にできたものと考えられる.

キーワード：三波川変成帯、キンクバンド、鉱物脈、断層、古応力解析
Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, kink band, mineral vein, fault, paleostress analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新岩脈法による丹沢トーナル岩中のマイクロクラックによる古応力方向の復元

# Estimation of the paleostress directions using “new dyke method” from the microcracks in the Tanzawa Tonalite

*冨岡 美咲[1]、高木 秀雄[1]
*Misaki Tomioka[1], Hideo Takagi[1]

1. 早稲田大学
1. Waseda University

伊豆–小笠原弧の本州弧に対する衝突を記録している南部フォッサマグナ地域には，ジルコンU-Pb年代値から5–4Ma (Tani et al., 2010) に貫入した丹沢トーナル岩体が分布する．この衝突直後の古応力方向の復元については，佐藤・高木 (2010) によると，貫入直後に形成したヒールドマイクロクラック (以下，HC) およびその後の上昇の時期に形成されたシールドマイクロクラック (以下，SC) を用いた古応力方向の解析結果は，$\sigma_{Hmax}$の方向がN-S～NNE-SSW方向で変化しなかったとされた．近年，割れ目の極投影に確率密度分布であるビンガム分布 (Bingham, 1974) をフィッティングさせることにより，異なる応力方向を複数のクラスタに分離し，$\sigma_1$, $\sigma_2$, $\sigma_3$および応力比を求める方法 (以下，新岩脈法) が開拓された (Yamaji et al. 2010, Yamaji and Sato, 2011)．そこで，本研究では，佐藤・高木 (2010) が求めた$\sigma_{Hmax}$が$\sigma_1$と$\sigma_2$のどちらかであるかを明らかにするため，改めて佐藤・高木 (2010) が用いた試料と同じ定方位試料を用いて，古応力方向の復元を行った．手法として, 3面直交薄片を用い，石英粒子内部に認められるHCおよびSCの走向・傾斜についてUステージを用いて測定し, その極の分布図から新岩脈法と補正法 (金井ほか，2014) を用いて$\sigma_1$, $\sigma_2$, $\sigma_3$を求めた．

年代が異なる石割山岩体を除く丹沢トーナル岩体から採取された22試料の定方位薄片を使用し, HCを用いた16地点分, SCを用いた22地点分の卓越応力が明らかとなった．それによるとHCでは鉛直方向の$\sigma_1$の集中, SCではバラつきが大きいもののNE-SW方向の$\sigma_1$の集中が見られた．丹沢地域の古地磁気により判明している10°の時計回りの回転 (金丸・高橋, 2005) を元に戻すと， HCが形成した5–4Ma頃に鉛直方向の$\sigma_1$, その後のSC形成時にはおよそNNE-SSW方向に最大主応力を被っていたことが明らかになった．従って，佐藤・高木 (2010) が求めたHC形成時の$\sigma_{Hmax}$は$\sigma_2$であることが明らかとなった．この鉛直方向の応力方向は，丹沢地塊の衝突終了時の応力方向を反映しており，火山島を乗せたフィリピン海プレートの潜り込みに伴う鉛直方向の押し上げが，水平方向の圧縮よりも卓越していたものと考えられる．一方，SCの形成時期はHCとの切断関係よりHC形成後であり，巨大なブロックが水平方向の圧縮を卓越させたと考えると，1Ma頃の伊豆半島の衝突の時期である可能性がある．

文献：
Bingham C., 1974, *Annals of Statistics. 2*, **6**, 1201-25.
金井拓人・山路 敦・高木秀雄，2014, 地質雑, **120**, 23-35.
金丸龍夫・高橋正樹, 2005, **111**, 458-475.
佐藤隆恒・高木秀雄, 2010, 地質雑, **116**, 309-320.
Tani, K, Dunkley, D. J, Kimura, J., Wysoczanski, R. J, Yamada, K. and Tatsumi, Y., 2010, *Geology*, **38**, 215–218.
Yamaji, A., Sato, K. and Tonai, S., 2010, *Jour. Struct. Geol.,* **32**, 1137-1146.
Yamaji, A. and Sato, K., 2011, *Jour. Struct. Geol.,* **33**, 1148-1157.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 立体斜度図を用いた地形判読で見出された北上山地，遠野-栗橋花崗岩体の環状断層

# Ring faults topographically discovered in the Tono-Kurihashi granitic plutonic masses by using a cnstant vertical exaggeration stereoscopic map of slope, Kitakami massif

*土井 宣夫[1]、白澤 道生[2]、横山 隆三[2]
*Nobuo Doi[1], Michio Shirasawa[2], Ryuzo Yokoyama[2]

1. 岩手大学地域防災研究センター、2. （株）横山空間情報研究所
1. Research Center for Regional Disaster Management, Iwate University, 2. Yokoyama Geo-Spatial Information Laboratory Co., Ltd.

北上山地最大の遠野-栗橋花崗岩体の地形判読を実施した．判読には5mメッシュDEMから作成した10万分の1立体斜度図（CVESマップ；横山ほか，2012）を用いた．新たに見出された環状断層（ring fault；RFと略）は遠野北部岩体東半と同南部岩体および栗橋岩体にある．遠野北部岩体のRFは環（直径約13km）の東部に当る二重の弧状断層で，断層に沿って花崗斑岩が貫入する．同南部岩体のRFは長楕円形（長径約11km，短径約4km）で，長軸は西隣の人首花崗岩体の伸長方向と平行である．栗橋岩体のRFは長径約11kmで二重である．これらのRFはコールドロンの深部構造に相当しよう．

遠野北部岩体は時代の異なる累帯深成岩体からなる（西村ほか，1999）が，岩体周縁の古期岩体は環状の台地，岩体中心の新期岩体は大きく侵食された低い丘陵地である．両地形は環状に分布する急斜面で分離され，斜面上端と下端に遷移線が認定され追跡される．台地をつくる古期岩体は新期岩体の接触変成作用を受けて再結晶化して堅硬になり，台地として残存していると考えられる．

遠野-栗橋岩体には東北東-西南西ないし東西方向の平行した断層（parallel fault；PFと略）が多数分布し，中には長さが10kmに達するものがある．PFは古期岩体のみに分布し，母岩古生層には連続せず，新期岩体には分布しない．したがって遠野-栗橋岩体の形成史は，古期岩体貫入とRF（コールドロン）形成，PF形成，新期岩体貫入と古期岩体への接触変成作用の順となり，古期岩体と新期岩体の間にはPFが形成された時代に相当する年代差があることになる．

引用文献：横山ほか（2012）JpGU，HGM21-09．；西村ほか（1999）地質学論集，no.53，177-188.

キーワード：遠野-栗橋花崗岩体、立体斜度図、環状断層、平行断層、遷移線、コールドロン
Keywords: Tono-Kurihashi granitic plutonic masses, CVES map, ring fault, parallel fault, knick point, cauldron

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ジルコン年代学によって明らかになった舞鶴構造帯（MTZ）の形成と再編

# The Maizuru tectonic zone (MTZ), its formation and rearrangement as revealed by new zircon chronology data

*早坂 康隆[1]、木村 光佑[1]
*Yasutaka Hayasaka[1], Kosuke Kimura[1]

1. 広島大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Hiroshima University

In the Pre-Cretaceous terranes of Inner Zone of SW Japan showing low-angle piled nappe structure, only Maizuru zone shows a continuous narrow zonal arrangement. Therefore, the Pre-Cretaceous basement of the adjacent area is separated north and south by this zone. The Maizuru zone characterized by melange-like disrupted terrane with exotic blocks of plutonic complex called "Yakuno rocks" and has often been called Maizuru tectonic zone (MTZ) for that reason. MTZ is divided into three subzones, Northern, Central and Southern zones by their lithologies in its typical Maizuru area. The Southern Maizuru zone consists mainly of Yakuno ophiolite originated from the Permian intra-oceanic island arc and back-arc basin crust that occurred in the early Carboniferous oceanic crust, and the Central Maizuru zone consists of clastic rocks deposited in the back-arc basin.[1] In significant contrast with those two subzones, the Northern Maizuru zone is composed mainly of deformed granitic rocks with subordinate amount of pelitic gneiss, metagabbro and metadolerite indicating an affinity of a matured continental crust. [2] Zircon U-Pb ages of 441.9 ±2.8 Ma, 424-405 Ma, 291.6 ±4.3 Ma, and 249-243 Ma have been reported from granitic rocks of the Northern Maizuru zone of Type area so far. [3] [4] After that, granite mylonites of 488.7 ±0.9 Ma, 449.3 ±3.6 Ma, 323-301 Ma were also found in the Kume area of Okayama Prefecture 120 km west of the Type area. According to the age of intrusion, inherited ages, mode of occurrence and their similar geological setting, the Siluro–Devonian granites of the Northern zone can be correlated with the Khanka massif, southern Primorye, Russia.

Recently, we found granitic rocks showing zircon U-Pb ages of the Paleoproterozoic Era from the western end of MTZ in the Tsuwano area of Shimane Prefecture. [5] These granitic rocks exist as lenticular blocks in a narrow zone of 150 to 300 m in width. Zircon U-Pb ages are 1836 ±17 Ma for orthogneiss and 1853 ±14 Ma for tonalite, while that of granodiorite is 415.2 ±2.5 Ma. Paleoproterozoic zircon grains often contain inherited 2800-2100 Ma core. Furthermore, these rocks are accompanied by meta-quartzite blocks containing detrital zircon with two age clusters at around 2500 Ma and 2700 Ma. These Paleoproterozoic rocks are considered to be the exotic blocks originated from the North China Craton on the basis of their age affinity. In Tsuwano area, this narrow zone is embedded in the Permian strata and Jurassic accretionary complex and its metamorphic equivalents. Such a structure is anomalous to the piled nappe structure of the Pre-Cretaceous Terranes of SW Japan. As in response to the east-west change of dominant age of the Northern Maizuru zone, the age spectra of the detrital zircon of the adjacent Permo-Triassic strata in the MTZ also dominates the ages of 500-400 Ma in the eastern part, and the ages at around 1800 Ma dominates in the west. We consider that these blocks in the Northern Maizuru zone were displaced by the lateral fault movement along the northern boundary of MTZ.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[1] M. Fujii, Y. Hayasaka, K. Terada, Island Arc, 17(2008) 322-341.

[2] Y. Hayasaka, K. Ikeda, T. Shisido, M. Ishizuka, Shimamoto et al. (eds.) *Tectonics and Metamorphism (The Hara Volume),*SOUBUN Co. Ltd. (1996) 134-44 (in Japanese with English abstract).

[3] K. Ikeda, Y. Hayasaka, Jour. Min., Petrol. and Economic Geol. 89 (1994), 443–54 (in Japanese with English abstract).

[4] K. Kimura, Y. Hayasaka, T. Shibata, K. Kawaguchi, H. Fujiwara, Jour. Geol. Soc. Japan (2019) *in press* (in Japanese with English abstract).

[5] Y. Tsutsumi, K. Yokoyama, S.A. Kasatkin, S.A., V.V. Golozubov, Jour. Min. Petrol. Sci 109 (2014) 97-102.

キーワード：舞鶴構造帯、西南日本内帯、古原生代、ジルコンU-Pb年代、島根県津和野地域、北中国地塊
Keywords: Maizuru tectonic zone, Inner zone of Southwest Japan, Paleoproterozoic, zircon U-Pb age, Tsuwano area, Shimane Prefecture, North China cartoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Erosional features of Soma Slope Channel, off Miyagi, Japan

*Jih-Hsin Chang[1], Takahiko Inoue[1], Ayanori Misawa[1], Kohsaku Arai[1]

1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial and Science Technology.

Located at the boundary between Pacific Plate and North America Plate, Tohoku (NE Japan) is the forearc slope of the active subduction zone, featuring as a tectonically active margin. In the central part off Tohoku, the bathymetric data off Miyagi show that there is a channel (Soma Slope Channel) connecting shallow marine (< 500 m) and slope terrace (>1000 m). The reflection seismic data across the Soma Slope Channel show more than 10 U-shaped and V-shaped reflectors, suggesting that channelized features and filling of the channels. Besides, the channel-shaped reflectors became shallower toward north, suggesting a series of northward migration of the Soma Slope Channel. The reflection seismic data along the axis of the Soma Slope Channel show a several regional erosional surfaces and could be regarded as stratigraphic sequences boundaries. The ages of these stratigraphic sequences boundaries derived from exploration well (MITI Soma-oki) indicates that this slope channel system is likely to develop during Pliocene-Pleistocene. It seems that the Pliocene-Pleistocene sequence are thick and the Miocene-age strata are generally deep south of the Soma Slope Channel, while Pliocene-Pleistocene sequence are thinner and the Miocene-age strata are shallower north of the Soma Slope Channel. Whether the Soma Slope Channel is structural-dominated or sedimentary-dominated as well as the mechanism of channel migration will be discussed in this study.

Keywords: submarine channel, Tohoku, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Preliminary Analysis Result for the Integrated Lineament Map in South Korea

*Hong-Jin Lee[1], Kyoungtae Ko[2], You Hong Kihm[2]

1. Geoscience Platfrom Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 2. Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

The geological lineament reflects the characteristics of various geological parameters and scale etc. In order to obtain more reliable analysis results, it is necessary to integrate the results from several experts' opinions. In this study, we used previous lineament data in the Korean Peninsula from the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) and obtained new lineament data from the field geologists such as structural geologist, paleoseismologist, and geomophologist. To ensure the reliability of the newly lineament analysis data, we used high-resolution satellite images and hill-shade relief maps which were constructed by a digital elevation model from the National Geographic Information Institute of Korea (NGII). In the prevailing direction analysis from the acquired lineament data, the NNE-SSW direction was the most dominant, but the ENE-WSE and NNW-SSE directions also showed highly frequency depending on the experts. Different lineament analysis results based on the same data are interpreted as a result of subjective experience and analytical criteria from each expert. Therefore, it is necessary to establish integrated criteria and consider various geographical data for the publication of reliable nation-wide lineament map.

Keywords: geological lineament, integrated map, density map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Seismicity along the Moradabad Basement Fault in the Central Ganga Plain: A Geological and Geophysical approach

*ANKIT GUPTA[1], Pitambar Pati[1], Chinmay Dash[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

The basement of Indo-Gangetic plain is characterized by various fault bounded ridges and troughs. These Basement faults have great influence on the Ganga Plain tectonics. In response to the stress generated along the Himalaya these basement faults propagate surface ward and affect the sediment cover. This results in the form of Earthquakes along these basement faults. The present study shows several field evidences of surface deformation caused by the Moradabad basement fault. Soft sediment deformation structures (seismites) and surface faults are found at four different locations on the trace of the Moradabad basement fault in the upper Ganga Plain. Ground Penetrating Radar (GPR) survey across the fault also provides evidence of shallow subsurface deformations. The epicenters of historical earthquakes are concentrated along the Moradabad basement fault. The deformations can be attributed to possible pre-historic earthquake events associated with Moradabad basement fault as other impulsive stresses like slope instability, flood surges and rapid sediment deposition are absent. Close association of these secondary faults and deformation structures with the Moradabad basement fault indicate their origin is due to the stress release along this fault generated by Himalayan tectonics.

Keywords: Ganga Plain, Neotectonics, Basement Fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# パキスタン Muslim Bagh地域火山岩類の岩石学的・年代学的研究
# Petrological and geochronological studies of the volcanic rocks in the Muslim Bagh area, Pakistan

*荒尾 眞成[1,2]、今山 武志[1]、八木 公史[3]、猪川 千晶[3]、澤田 順弘[4]、Rehanul Siddiqui[5]、Said Khan[5]
*Masanari Arao[1,2], Takeshi Imayama[1], Koshi Yagi[3], Chiaki Ikawa[3], Yoshihiro Sawada[4], Rehanul Haq Siddiqui[5], Said Rahim Khan[5]

1. 岡山理科大学　自然科学研究所、2. 岡山理科大学　生物地球学部、3. 蒜山地質年代学研究所、4. 島根大学　名誉教授、5. 地球科学研究所　パキスタン地質調査所
1. Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, 2. Faculty of Biosphere - Geosphere Science, Okayama University of Science, 3. Hiruzen Institute for Geology and Chronology, 4. Emeritus Professor of Shimane University, 5. Geoscience Laboratory, Geological Survey of Pakistan

Several type volcanic rocks occurred in the Muslim Bagh (MB) area, which were developed mainly in the Cretaceous period at a continental active margin of the northwestern India subcontinent: Bibai-basalt intruded into the sediment from the Indian subcontinent, Bagh Complex(BC) consisting of melange and basalt-chert unit, and metamorphosed basalts in the Muslim Bagh Ophiolite (MBO) sequence. However, the division among these volcanic rocks is insufficient in terms of whole rock composition, mineral composition, and mineral assemblage. Radiolarians age of the chart layer in the BC implies that tholeiitic basalt in the BC formed during late Jurassic (Sawada et al., 1995), but there are no direct geochronological data for tholeiitic basalt. In addition, hornblende K-Ar age 82-67 Ma reported from meta-dolerite and gabbro in the MBO (Sawada et al., 1995) is unclear whether formation or metamorphic ages. In this study, whole-rock composition, mineral composition, and K-Ar age were investigated to understand the origin and ages of volcanic rocks in the MB area. According to $SiO_2$-($Na_2O$+$K_2O$) discrimination diagram, the Bibai-basalt and a part of BC-basalt belong to alkali rock series (Alk.), whereas the MBO basalt and the other BC-basalt belong to non-alkali rock series. The latter series were classified into tholeiitic rock series (Tho.) based on FeO*/MgO-$SiO_2$ diagram. The Harker diagram indicate that the Bibai and BC(Alk.) basalts were rich in Ti and Nb, whereas the BC(Tho.)-basalt was rich in Cr. Alkali series rocks include abundant alkali feldspar, in contrast to plagioclase in non-alkali series rocks. The more metamorphic grade in the MBO-basalt increases, the more anorthite content in plagioclase and Mg/(Mg+$Fe^{2+}$)ratio in hornblende increase. The Bibai-basalt contains Ti-clinopyroxene and Ti-amphibole, and the BC-basalt includes Ca-clinopyroxene. Based on these occurrences, the volcanic rocks in this study area are divided into four types. The BC (Tho.)-basalt yielded the K-Ar feldspar ages of ca. 78 Ma and ca. 51 Ma, which is significantly younger than the late Jurassic previously considered. The former age represents the formation age, whereas the latter age from altered sample may represent the timing of accretion or an apparent age affected by argon loss. The MBO-basalt mainly yielded the K-Ar amphibole ages from 78 Ma to 71 Ma with one exceptional age of ca. 99 Ma. The ca. 78-71 Ma ages are interpreted as the formation age, because there are no clear differences between low-grade and high-grade metamorphosed samples. These ages are also similar with the U-Pb zircon age of ca. 80 Ma obtained from plagiogranite in the MBO (Kakar et al., 2012). The ca. 99 Ma age older than other samples may attribute to the influence by excess argon. The similarities in whole-rock composition and formation ages between the MBO-basalt and BC (Tho.)-basalt implies that the BC(Tho.)-basalt was originally formed with the MBO-basalt. Then, the MBO-basalt experienced the metamorphism during obduction of ophiolite, whereas the BC(Tho.)-basalt was accreted to Indian continent without the metamorphism.
Reference: Sawada et al., 1995, GSP, 12, 73-80; Kakar et al., 2012 Geology, 40, 1099-1102

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：パキスタン、火山岩、全岩組成、K-Ar 年代
Keywords: Pakistan, Volcanic rocks, The Whole rock composition, K-Ar age

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

## [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)

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。

[SGL28-P01] 富山県砺波地域に分布する漸新世～中新世火山岩類の成因：日本海拡大にともなう陸弧～島弧火山活動の変遷

*山田 来樹[1]、高橋 俊郎[2]、植田 勇人[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

[SGL28-P02] 小川盆地と周辺の跡倉ナップの地質と中新世中期以降のテクトニクス

*小野 晃

[SGL28-P03] 埼玉県長瀞地域における三波川変成岩の小構造からみた古応力場の変遷

*中村 南[1]、高田 亞以子[1,2]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学、2.石油資源開発株式会社)

[SGL28-P04] 新岩脈法による丹沢トーナル岩中のマイクロクラックによる古応力方向の復元

*冨岡 美咲[1]、高木 秀雄[1] (1.早稲田大学)

[SGL28-P05] 立体斜度図を用いた地形判読で見出された北上山地，遠野-栗橋花崗岩体の環状断層

*土井 宣夫[1]、白澤 道生[2]、横山 隆三[2] (1.岩手大学地域防災研究センター、2.（株）横山空間情報研究所)

[SGL28-P06] ジルコン年代学によって明らかになった舞鶴構造帯（MTZ）の形成と再編

*早坂 康隆[1]、木村 光佑[1] (1.広島大学大学院理学研究科)

[SGL28-P07] **Erosional features of Soma Slope Channel, off Miyagi, Japan**

*Jih-Hsin Chang[1]、Takahiko Inoue[1]、Ayanori Misawa[1]、Kohsaku Arai[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial and Science Technology.)

[SGL28-P08] Preliminary Analysis Result for the Integrated Lineament Map in South Korea

*Hong-Jin Lee[1]、Kyoungtae Ko[2]、You Hong Kihm[2] (1.Geoscience Platfrom Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources、2.Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)

[SGL28-P09] **Seismicity along the Moradabad Basement Fault in the Central Ganga Plain: A Geological and Geophysical approach**

*ANKIT GUPTA[1]、Pitambar Pati[1]、Chinmay Dash[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[SGL28-P10] パキスタン Muslim Bagh地域火山岩類の岩石学的・年代学的研究

*荒尾 眞成[1,2]、今山 武志[1]、八木 公史[3]、猪川 千晶[3]、澤田 順弘[4]、Rehanul Siddiqui[5]、Said Khan[5] (1.岡山理科大学　自然科学研究所、2.岡山理科大学　生物地球学部、3.蒜山地質年代学研究所、4.島根大学　名誉教授、5.地球科学研究所　パキスタン地質調査所)

# 富山県砺波地域に分布する漸新世～中新世火山岩類の成因：日本海拡大にともなう陸弧～島弧火山活動の変遷

# Petrogenesis of Oligocene to Miocene volcanic rocks in the Tonami area, central Japan: temporal evolution of continental- to island-arc volcanism during the Japan Sea opening

*山田 来樹[1]、高橋 俊郎[2]、植田 勇人[2]
*Raiki Yamada[1], Toshiro Takahashi[2], Hayato Ueda[2]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部
1. Graduate school of science and technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University

The Japan islands was torn from the continent to form island-arc by spreading of the Japan Sea in Late Oligocene to Early Miocene. Basaltic to rhyolitic active volcanism occurred in the Japan arc during the Japan Sea opening. Since many researchers have targeted mainly mafic volcanic rocks for petrological study, petrological and geochemical studies on Oligocene to Miocene rhyolites are not still enough. Therefore, we examined Oligocene to Miocene volcanic rocks, including Chattian to Aquitanian and Burdigalian to Langhian rhyolites, on the basis of petrology and geochemistry.
Oligocene to Miocene strata consist of the Tori Conglomerate, Usunaka Moonstone Rhyolite, and the Iwaine and Iozen formations, in stratigraphically ascending order (Sudo, 1979; Ganzawa, 1983), the study area, Nanto City, Toyama Prefecture. The Tori Conglomerate is composed of conglomerate and sandstone, whereas the others are composed of volcanic and pyroclastic rocks; the Usunaka Moonstone Rhyolite, and the Iwaine and Iozen formations consist of rhyolitic welded tuff, andesites (lava and pyroclastic rocks), and rhyolites (lava and pyroclastic rocks), respectively. In this study, weighted averages of $^{238}U$–$^{206}Pb$ ages of 22.4 ±0.7 and 16.3 ±0.6 Ma are obtained from zircons in the Usunaka Moonstone Rhyolite (welded tuff) and the Iozen Formation (aphyric lava; the same outcrop as FU06 of Ganzawa (1983)). These ages indicate formation ages of the rhyolites, because they are consistent with K–Ar (Yamasaki and Miyajima, 1970; Ueda and Aoki, 1970) or fission track ages (Ganzawa, 1983), whose blocking temperatures are much lower than zircon U–Pb age.
Following petrogenesis of Oligocene to Miocene volcanic rocks is considered by whole-rock chemical compositions (major and trace elements, and Sr–Nd isotopes) and comparison with other studies. The Usunaka Moonstone Rhyolite (25–22 Ma) is alkalic rhyolite showing intermediate compositions between continental rifts and continental-arcs, and its magma was S-type and relatively dry. Therefore, it is continental-arc rift-type rhyolite, and mafic magma in subduction zone would have melted crustal materials derived from sedimentary rocks. Andesitic volcanism of the Iwaine Formation can be divided into two stages (e.g., Yamada and Yamada, 2018); amphibole-bearing andesite (high Sr andesite; 19–18 Ma?) and two pyroxene andesites (18–16.5 Ma?). Amphibole-bearing andesite is low-$SiO_2$ adakite (Martin et al., 2005) generated by partial melting of mantle wedge matasomatised by adakitic melt formed by slab melting. Two pyroxene andesites, who and equivalent beds have the large distribution in the Hokuriku region, are continental-arc type tholeiites, and their compositions suggest AFC (assimilation and fractional crystallization). The Iozen Formation (16.5–15.0 Ma) has intermediate chemical compositions between continental- and island-arcs, and its magma was I-type and had high water content. The Iozen Formation got primitively dacitic to rhyolitic composition, and almost only fractional crystallization occurred in magma chamber. High-temperature state, which had continued since the Iwaine Formation, in mantle wedge would had caused crustal melting.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Above genesis of Oligocene to Miocene volcanic rock in the study suggests that high temperature was kept in mantle wedge and continental crust during the back-arc spreading and that tectonic settings changed as time went on; continental-arc rift, continental-arc, and continental- to island-arc. This reflect that the Japan arc developed from continental- to island-arc through the Japan Sea opening, a back-arc formation.

Ganzawa, Y. (1983) *Jour. Geol. Soc. Japan*, **89**, 271–286.
Sudo, S. (1979) *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 17, 187–194.
Ueda, Y. and Aoki, K. (1970) *Jour. Japan Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **63**, 28–29.
Yamada and Yamada (2018) *Sci. Rep. Niigata Univ., Geol.*, **33**, 25–40.
Yamasaki, M. and Miyajima, Y. (1970) *Jour. Japan Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **63**, 22–27

キーワード：日本海拡大、火山岩、流紋岩、岩石学、ジルコンU-Pb年代
Keywords: Japan Sea opening, volcanic rocks, rhyolite, petrology, zircon U-Pb age

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 小川盆地と周辺の跡倉ナップの地質と中新世中期以降のテクトニクス
# Geology and post mid-Miocene tectonics of the Ogawa basin and the Atogura Nappe

*小野 晃
*Akira Ono

関東山地の三波川帯では三波川ユニット，みかぶユニット，跡倉ナップとこの順に構造的下位から上位に重なる積層構造が認められる．跡倉ナップの分布域は，三波川変成岩類の上昇テクトニクスが顕著であるために限定的である．埼玉県の寄居ー小川地域では跡倉ナップが広く露出しており（Figure 1），ナップの主要部分は現地性の地質体に囲まれている．その境界は象ケ鼻ー朝日根断層や谷津断層や高谷断層などの高角断層である．跡倉ナップは小川盆地において下部中新統（約16Ma）の小園層の礫岩や砂によって不整合に被われている［１－３］．中新統に被われた跡倉ナップは，地塊の差別的昇降運動を受けている．跡倉ナップの主要分布域に存在するみかぶユニットは，このテクトニクスによって上昇してきた地質体である．中新統はあまり隆起しなかったために侵食されずに残存した地質体である．

＜地質＞ 小川盆地の西側部分について，緩傾斜（＜10°）の中新統が分布している．基盤岩は野竹地域では寄居層，中央部地域では石英閃緑岩，飯田地域では跡倉層である．野竹地域には粗粒砂岩を挟む礫岩が分布しており，礫岩には花崗岩や火砕岩や領家片麻岩などの礫が非常に多い（Figure 1の赤丸）．巨礫や大礫から成る礫層も存在し，礫の供給源は侵食されてしまった領家ナップ（Figure 1）で，ridge line rBの南方でridge line rCの北方に位置していたと推定される．跡倉ナップはみかぶユニットと領家ナップに挟まれた薄い板状の地質体である．礫岩層の最上部は秩父帯起源と推定されるチャートの小円礫に富み，その上に厚さ約３mの砂岩が重なる．砂岩の上には荒川層の泥岩が整合に重なる．その地点（標高約140m）での基盤岩の深度は不明であるが，砕屑物で埋め立てられた谷は深くないので，小園層の層厚は60-100mと推測される．野竹地域の北西部には小川盆地最北部の中新統が露出している．厚さ約10mの砂岩が寄居層を不整合で被う．砂岩の上には荒川層の泥岩が重なり，境界の標高は約140mである．

中央部地域の金勝山石英閃緑岩は，金勝山への旧登山口や兜川沿いなど各地で礫岩や砂岩や泥岩によって被われている［１，３］．地点**X**（Figure 1, 標高約100m）では，小園層の礫岩や砂岩が石英閃緑岩を不整合で被っている［２，３］．飯田地域の西端部では，礫岩や礫質砂岩や砂岩が標高の高い基盤岩近傍に分布し，泥岩は低地に分布している．砂岩や泥岩が同時期に堆積した可能性や小規模な高角断層（Figure 1A, C）が推定される．礫岩には古期岩類のチャートや砂岩や泥岩の小円礫が多い（Figure 1の黒丸）．花崗岩礫は大変少ないが，基質部には長石の破片が多い．なお，小川盆地の中新統は標高約160m以下に分布するが，地点＋では標高約200mに礫岩の小露頭が認められる．

Figure 1のA, B, Cは現在と荒川層の堆積時期ごろの南北方向の地質断面図である．小川盆地西側部分についての概念図である．中新世の断面図には現在の地表面が参考のために書き込まれている．中新世前期と現在の地表面および小園層の厚さの３要素に依存して，複数の中新世の地質断面図が想定可能である．Figure 1, Aは中新統堆積後の上昇テクトニクスが弱い場合の断面図で，Figure 1, B は上昇テクトニクスや傾動運動が小規模に起きている場合のものである．実際には不整合が各地に存在しており［１－３］，中新世前期と現在の地表面は各地で近接している（Figure 1, C）．

＜テクトニクス＞ 小川盆地の西側部分の野竹地域では，泥岩の出現する標高がほぼ一定であり，大規模な地塊の差別的昇降運動（上昇テクトニクス）を小園層の堆積以降に想定することは不可能である．中央部地域では石英閃緑岩が中新統と断層で接しており，断層活動を伴う上昇テクトニクスが想定される．しかし，みかぶ緑色岩は露出していないうえに，小園層がかなり広く分布している［１］．断層の変位量は，小園層の層厚をはるかに超えるような大きさではない．小川盆地東側部分の富士山地域では，跡倉ナップに囲まれたみかぶ緑

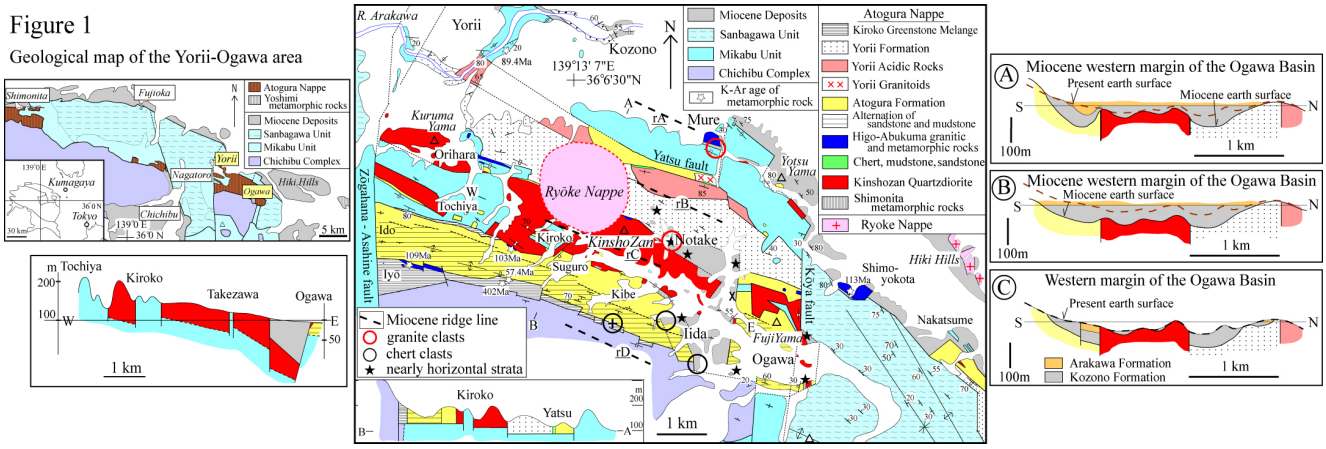
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

色岩の小岩体が３ヶ所に露出している．しかし，中新世の礫質砂岩の小分布も認められるので，中新世中期以降の跡倉ナップの上昇テクトニクスを過大評価すべきではない．

＜文献＞［１］間嶋，1989，静大地球科学研報，no. 15, 1-24．［２］牧本・竹内，1992，寄居地域の地質．５万分の１地質図幅．［３］小川町，1999，小川町の自然 地質編．

キーワード：関東山地、小川盆地、中新世前期、跡倉ナップ、小園層、荒川層
Keywords: Kanto Mountains, Ogawa basin, early Miocene, Atogura Nappe, Kozono Fm., Arakawa Fm.

Figure 1
Geological map of the Yorii-Ogawa area




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 埼玉県長瀞地域における三波川変成岩の小構造からみた古応力場の変遷
# Paleostress transition estimated from small-scale deformation structures of the Sanbagawa metamorphic rocks in the Nagatoro area, Saitama Prefecture, central Japan

*中村 南[1]、高田 亞以子[1,2]、高木 秀雄[1]
*Minami Nakamura[1], Aiko Takada[1,2], Hideo Takagi[1]

1. 早稲田大学、2. 石油資源開発株式会社
1. Waseda University , 2. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

埼玉県長瀞地域によく露出する三波川変成岩中には, 褶曲, キンクバンド, 断層, 鉱物脈といった変形小構造が多数発達している. 植村・金崎 (1989) は, 長瀞地域の三波川変成岩類中にみられる変形小構造について詳細に記載し, 各構造の切断関係から，小構造の変形順序を5つのステージに分けた (D1~D5). 特に低延性度の構造においては, 逆断層型のキンクバンド (D4) が正断層型のキンクバンド, 小断層, 鉱物脈 (D5) に先立って形成されたことが分かっている. しかしながら, これらの変形小構造をもたらす古応力場に関する研究はほとんどない. そこで本報告では, 長瀞地域の三波川変成岩の変形小構造に対して様々な応力逆解析法を用いることで古応力場を推定し, その変遷について議論する.

古応力を推定するにあたり, キンクバンド(27個), 小断層（17個）, 白色(石英または方解石）鉱物脈(202個）の姿勢を測定した. キンクバンドに小断層解析法を適用できることが知られているため (Srivastava et al., 1999), キンクバンドおよび小断層に小断層解析法の一つであるHough法 (Yamaji et al., 2006) を用いて応力場の解析をおこなった. これにより, 逆断層型キンクバンド (D4) からは, $\sigma_1$が南西方向で$\sigma_3$が鉛直なStress D4を, 正断層型キンクバンドおよび小断層 (D5) からは, $\sigma_1$が鉛直で$\sigma_3$が北東方向のStress D5-1と, $\sigma_1$が北東方向に32°沈下し$\sigma_3$が南西方向に58°沈下したStress D5-2の2つの応力解を得た.

次に,「新岩脈法」 (Yamaji and Sato, 2011) を鉱物脈に適用することで, 2つの応力解を得た. 鉱物脈は植村・金崎 (1989) の変形ステージにおけるD5にあたり, キンクバンドと小断層から求めたD5の2つの応力と整合的な結果が得られた. さらに,鉱物脈中の方解石変形双晶にHough法を用いたマイクロスケールの応力解析により, Stress D5-1がStress D5-2に先立って作用したことが示された. 以上をまとめると, 長瀞地域の三波川変成岩が被った応力は少なくとも3段階あり, 古応力場はStress D4からStress D5-1, そしてStressD5-2へと変遷したと考えられる. また, 各小構造の平均延性度や, 方解石変形双晶の幾何学的特徴から推定される変形温度(200℃前後: Burkhard, 1993)を考慮すると, これらの小構造は三波川変成岩の上昇時に順々にできたものと考えられる.

キーワード：三波川変成帯、キンクバンド、鉱物脈、断層、古応力解析
Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, kink band, mineral vein, fault, paleostress analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新岩脈法による丹沢トーナル岩中のマイクロクラックによる古応力方向の復元

# Estimation of the paleostress directions using “new dyke method” from the microcracks in the Tanzawa Tonalite

*冨岡 美咲[1]、高木 秀雄[1]
*Misaki Tomioka[1], Hideo Takagi[1]

1. 早稲田大学
1. Waseda University

伊豆–小笠原弧の本州弧に対する衝突を記録している南部フォッサマグナ地域には，ジルコンU-Pb年代値から5–4Ma (Tani et al., 2010) に貫入した丹沢トーナル岩体が分布する．この衝突直後の古応力方向の復元については，佐藤・高木 (2010) によると，貫入直後に形成したヒールドマイクロクラック (以下，HC) およびその後の上昇の時期に形成されたシールドマイクロクラック (以下，SC) を用いた古応力方向の解析結果は，$\sigma_{Hmax}$の方向がN-S～NNE-SSW方向で変化しなかったとされた．近年，割れ目の極投影に確率密度分布であるビンガム分布 (Bingham, 1974) をフィッティングさせることにより，異なる応力方向を複数のクラスタに分離し，$\sigma_1$, $\sigma_2$, $\sigma_3$および応力比を求める方法 (以下，新岩脈法) が開拓された (Yamaji et al. 2010, Yamaji and Sato, 2011)．そこで，本研究では，佐藤・高木 (2010) が求めた$\sigma_{Hmax}$が$\sigma_1$と$\sigma_2$のどちらかであるかを明らかにするため，改めて佐藤・高木 (2010) が用いた試料と同じ定方位試料を用いて，古応力方向の復元を行った．手法として, 3面直交薄片を用い，石英粒子内部に認められるHCおよびSCの走向・傾斜についてUステージを用いて測定し, その極の分布図から新岩脈法と補正法 (金井ほか，2014) を用いて$\sigma_1$, $\sigma_2$, $\sigma_3$を求めた．

年代が異なる石割山岩体を除く丹沢トーナル岩体から採取された22試料の定方位薄片を使用し, HCを用いた16地点分, SCを用いた22地点分の卓越応力が明らかとなった．それによるとHCでは鉛直方向の$\sigma_1$の集中, SCではバラつきが大きいもののNE-SW方向の$\sigma_1$の集中が見られた．丹沢地域の古地磁気により判明している10°の時計回りの回転 (金丸・高橋, 2005) を元に戻すと， HCが形成した5–4Ma頃に鉛直方向の$\sigma_1$, その後のSC形成時にはおよそNNE-SSW方向に最大主応力を被っていたことが明らかになった．従って，佐藤・高木 (2010) が求めたHC形成時の$\sigma_{Hmax}$は$\sigma_2$であることが明らかとなった．この鉛直方向の応力方向は，丹沢地塊の衝突終了時の応力方向を反映しており，火山島を乗せたフィリピン海プレートの潜り込みに伴う鉛直方向の押し上げが，水平方向の圧縮よりも卓越していたものと考えられる．一方，SCの形成時期はHCとの切断関係よりHC形成後であり，巨大なブロックが水平方向の圧縮を卓越させたと考えると，1Ma頃の伊豆半島の衝突の時期である可能性がある．

文献：
Bingham C., 1974, *Annals of Statistics. 2*, **6**, 1201-25.
金井拓人・山路 敦・高木秀雄，2014, 地質雑, **120**, 23-35.
金丸龍夫・高橋正樹, 2005, **111**, 458-475.
佐藤隆恒・高木秀雄, 2010, 地質雑, **116**, 309-320.
Tani, K, Dunkley, D. J, Kimura, J., Wysoczanski, R. J, Yamada, K. and Tatsumi, Y., 2010, *Geology*, **38**, 215–218.
Yamaji, A., Sato, K. and Tonai, S., 2010, *Jour. Struct. Geol.,* **32**, 1137-1146.
Yamaji, A. and Sato, K., 2011, *Jour. Struct. Geol.,* **33**, 1148-1157.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 立体斜度図を用いた地形判読で見出された北上山地，遠野-栗橋花崗岩体の環状断層

# Ring faults topographically discovered in the Tono-Kurihashi granitic plutonic masses by using a cnstant vertical exaggeration stereoscopic map of slope, Kitakami massif

*土井 宣夫[1]、白澤 道生[2]、横山 隆三[2]
*Nobuo Doi[1], Michio Shirasawa[2], Ryuzo Yokoyama[2]

1. 岩手大学地域防災研究センター、2. （株）横山空間情報研究所
1. Research Center for Regional Disaster Management, Iwate University, 2. Yokoyama Geo-Spatial Information Laboratory Co., Ltd.

北上山地最大の遠野-栗橋花崗岩体の地形判読を実施した．判読には5mメッシュDEMから作成した10万分の1立体斜度図（CVESマップ；横山ほか，2012）を用いた．新たに見出された環状断層（ring fault；RFと略）は遠野北部岩体東半と同南部岩体および栗橋岩体にある．遠野北部岩体のRFは環（直径約13km）の東部に当る二重の弧状断層で，断層に沿って花崗斑岩が貫入する．同南部岩体のRFは長楕円形（長径約11km，短径約4km）で，長軸は西隣の人首花崗岩体の伸長方向と平行である．栗橋岩体のRFは長径約11kmで二重である．これらのRFはコールドロンの深部構造に相当しよう．

遠野北部岩体は時代の異なる累帯深成岩体からなる（西村ほか，1999）が，岩体周縁の古期岩体は環状の台地，岩体中心の新期岩体は大きく侵食された低い丘陵地である．両地形は環状に分布する急斜面で分離され，斜面上端と下端に遷移線が認定され追跡される．台地をつくる古期岩体は新期岩体の接触変成作用を受けて再結晶化して堅硬になり，台地として残存していると考えられる．

遠野-栗橋岩体には東北東-西南西ないし東西方向の平行した断層（parallel fault；PFと略）が多数分布し，中には長さが10kmに達するものがある．PFは古期岩体のみに分布し，母岩古生層には連続せず，新期岩体には分布しない．したがって遠野-栗橋岩体の形成史は，古期岩体貫入とRF（コールドロン）形成，PF形成，新期岩体貫入と古期岩体への接触変成作用の順となり，古期岩体と新期岩体の間にはPFが形成された時代に相当する年代差があることになる．

引用文献：横山ほか（2012）JpGU，HGM21-09．；西村ほか（1999）地質学論集，no.53，177-188.

キーワード：遠野-栗橋花崗岩体、立体斜度図、環状断層、平行断層、遷移線、コールドロン
Keywords: Tono-Kurihashi granitic plutonic masses, CVES map, ring fault, parallel fault, knick point, cauldron

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ジルコン年代学によって明らかになった舞鶴構造帯（MTZ）の形成と再編

# The Maizuru tectonic zone (MTZ), its formation and rearrangement as revealed by new zircon chronology data

*早坂 康隆[1]、木村 光佑[1]
*Yasutaka Hayasaka[1], Kosuke Kimura[1]

1. 広島大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Hiroshima University

In the Pre-Cretaceous terranes of Inner Zone of SW Japan showing low-angle piled nappe structure, only Maizuru zone shows a continuous narrow zonal arrangement. Therefore, the Pre-Cretaceous basement of the adjacent area is separated north and south by this zone. The Maizuru zone characterized by melange-like disrupted terrane with exotic blocks of plutonic complex called "Yakuno rocks" and has often been called Maizuru tectonic zone (MTZ) for that reason. MTZ is divided into three subzones, Northern, Central and Southern zones by their lithologies in its typical Maizuru area. The Southern Maizuru zone consists mainly of Yakuno ophiolite originated from the Permian intra-oceanic island arc and back-arc basin crust that occurred in the early Carboniferous oceanic crust, and the Central Maizuru zone consists of clastic rocks deposited in the back-arc basin.[1] In significant contrast with those two subzones, the Northern Maizuru zone is composed mainly of deformed granitic rocks with subordinate amount of pelitic gneiss, metagabbro and metadolerite indicating an affinity of a matured continental crust. [2] Zircon U-Pb ages of 441.9 ±2.8 Ma, 424-405 Ma, 291.6 ±4.3 Ma, and 249-243 Ma have been reported from granitic rocks of the Northern Maizuru zone of Type area so far. [3] [4] After that, granite mylonites of 488.7 ±0.9 Ma, 449.3 ±3.6 Ma, 323-301 Ma were also found in the Kume area of Okayama Prefecture 120 km west of the Type area. According to the age of intrusion, inherited ages, mode of occurrence and their similar geological setting, the Siluro–Devonian granites of the Northern zone can be correlated with the Khanka massif, southern Primorye, Russia.

Recently, we found granitic rocks showing zircon U-Pb ages of the Paleoproterozoic Era from the western end of MTZ in the Tsuwano area of Shimane Prefecture. [5] These granitic rocks exist as lenticular blocks in a narrow zone of 150 to 300 m in width. Zircon U-Pb ages are 1836 ±17 Ma for orthogneiss and 1853 ±14 Ma for tonalite, while that of granodiorite is 415.2 ±2.5 Ma. Paleoproterozoic zircon grains often contain inherited 2800-2100 Ma core. Furthermore, these rocks are accompanied by meta-quartzite blocks containing detrital zircon with two age clusters at around 2500 Ma and 2700 Ma. These Paleoproterozoic rocks are considered to be the exotic blocks originated from the North China Craton on the basis of their age affinity. In Tsuwano area, this narrow zone is embedded in the Permian strata and Jurassic accretionary complex and its metamorphic equivalents. Such a structure is anomalous to the piled nappe structure of the Pre-Cretaceous Terranes of SW Japan. As in response to the east-west change of dominant age of the Northern Maizuru zone, the age spectra of the detrital zircon of the adjacent Permo-Triassic strata in the MTZ also dominates the ages of 500-400 Ma in the eastern part, and the ages at around 1800 Ma dominates in the west. We consider that these blocks in the Northern Maizuru zone were displaced by the lateral fault movement along the northern boundary of MTZ.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[1] M. Fujii, Y. Hayasaka, K. Terada, Island Arc, 17(2008) 322-341.

[2] Y. Hayasaka, K. Ikeda, T. Shisido, M. Ishizuka, Shimamoto et al. (eds.) *Tectonics and Metamorphism (The Hara Volume),*SOUBUN Co. Ltd. (1996) 134-44 (in Japanese with English abstract).

[3] K. Ikeda, Y. Hayasaka, Jour. Min., Petrol. and Economic Geol. 89 (1994), 443–54 (in Japanese with English abstract).

[4] K. Kimura, Y. Hayasaka, T. Shibata, K. Kawaguchi, H. Fujiwara, Jour. Geol. Soc. Japan (2019) *in press* (in Japanese with English abstract).

[5] Y. Tsutsumi, K. Yokoyama, S.A. Kasatkin, S.A., V.V. Golozubov, Jour. Min. Petrol. Sci 109 (2014) 97-102.

キーワード：舞鶴構造帯、西南日本内帯、古原生代、ジルコンU-Pb年代、島根県津和野地域、北中国地塊
Keywords: Maizuru tectonic zone, Inner zone of Southwest Japan, Paleoproterozoic, zircon U-Pb age, Tsuwano area, Shimane Prefecture, North China cartoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Erosional features of Soma Slope Channel, off Miyagi, Japan

*Jih-Hsin Chang[1], Takahiko Inoue[1], Ayanori Misawa[1], Kohsaku Arai[1]

1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial and Science Technology.

Located at the boundary between Pacific Plate and North America Plate, Tohoku (NE Japan) is the forearc slope of the active subduction zone, featuring as a tectonically active margin. In the central part off Tohoku, the bathymetric data off Miyagi show that there is a channel (Soma Slope Channel) connecting shallow marine (< 500 m) and slope terrace (>1000 m). The reflection seismic data across the Soma Slope Channel show more than 10 U-shaped and V-shaped reflectors, suggesting that channelized features and filling of the channels. Besides, the channel-shaped reflectors became shallower toward north, suggesting a series of northward migration of the Soma Slope Channel. The reflection seismic data along the axis of the Soma Slope Channel show a several regional erosional surfaces and could be regarded as stratigraphic sequences boundaries. The ages of these stratigraphic sequences boundaries derived from exploration well (MITI Soma-oki) indicates that this slope channel system is likely to develop during Pliocene-Pleistocene. It seems that the Pliocene-Pleistocene sequence are thick and the Miocene-age strata are generally deep south of the Soma Slope Channel, while Pliocene-Pleistocene sequence are thinner and the Miocene-age strata are shallower north of the Soma Slope Channel. Whether the Soma Slope Channel is structural-dominated or sedimentary-dominated as well as the mechanism of channel migration will be discussed in this study.

Keywords: submarine channel, Tohoku, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Preliminary Analysis Result for the Integrated Lineament Map in South Korea

*Hong-Jin Lee[1], Kyoungtae Ko[2], You Hong Kihm[2]

1. Geoscience Platfrom Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 2. Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

The geological lineament reflects the characteristics of various geological parameters and scale etc. In order to obtain more reliable analysis results, it is necessary to integrate the results from several experts' opinions. In this study, we used previous lineament data in the Korean Peninsula from the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) and obtained new lineament data from the field geologists such as structural geologist, paleoseismologist, and geomophologist. To ensure the reliability of the newly lineament analysis data, we used high-resolution satellite images and hill-shade relief maps which were constructed by a digital elevation model from the National Geographic Information Institute of Korea (NGII). In the prevailing direction analysis from the acquired lineament data, the NNE-SSW direction was the most dominant, but the ENE-WSE and NNW-SSE directions also showed highly frequency depending on the experts. Different lineament analysis results based on the same data are interpreted as a result of subjective experience and analytical criteria from each expert. Therefore, it is necessary to establish integrated criteria and consider various geographical data for the publication of reliable nation-wide lineament map.

Keywords: geological lineament, integrated map, density map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Seismicity along the Moradabad Basement Fault in the Central Ganga Plain: A Geological and Geophysical approach

*ANKIT GUPTA[1], Pitambar Pati[1], Chinmay Dash[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

The basement of Indo-Gangetic plain is characterized by various fault bounded ridges and troughs. These Basement faults have great influence on the Ganga Plain tectonics. In response to the stress generated along the Himalaya these basement faults propagate surface ward and affect the sediment cover. This results in the form of Earthquakes along these basement faults. The present study shows several field evidences of surface deformation caused by the Moradabad basement fault. Soft sediment deformation structures (seismites) and surface faults are found at four different locations on the trace of the Moradabad basement fault in the upper Ganga Plain. Ground Penetrating Radar (GPR) survey across the fault also provides evidence of shallow subsurface deformations. The epicenters of historical earthquakes are concentrated along the Moradabad basement fault. The deformations can be attributed to possible pre-historic earthquake events associated with Moradabad basement fault as other impulsive stresses like slope instability, flood surges and rapid sediment deposition are absent. Close association of these secondary faults and deformation structures with the Moradabad basement fault indicate their origin is due to the stress release along this fault generated by Himalayan tectonics.

Keywords: Ganga Plain, Neotectonics, Basement Fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# パキスタン Muslim Bagh地域火山岩類の岩石学的・年代学的研究
# Petrological and geochronological studies of the volcanic rocks in the Muslim Bagh area, Pakistan

*荒尾 眞成[1,2]、今山 武志[1]、八木 公史[3]、猪川 千晶[3]、澤田 順弘[4]、Rehanul Siddiqui[5]、Said Khan[5]
*Masanari Arao[1,2], Takeshi Imayama[1], Koshi Yagi[3], Chiaki Ikawa[3], Yoshihiro Sawada[4], Rehanul Haq Siddiqui[5], Said Rahim Khan[5]

1. 岡山理科大学　自然科学研究所、2. 岡山理科大学　生物地球学部、3. 蒜山地質年代学研究所、4. 島根大学　名誉教授、5. 地球科学研究所　パキスタン地質調査所
1. Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, 2. Faculty of Biosphere - Geosphere Science, Okayama University of Science, 3. Hiruzen Institute for Geology and Chronology, 4. Emeritus Professor of Shimane University, 5. Geoscience Laboratory, Geological Survey of Pakistan

Several type volcanic rocks occurred in the Muslim Bagh (MB) area, which were developed mainly in the Cretaceous period at a continental active margin of the northwestern India subcontinent: Bibai-basalt intruded into the sediment from the Indian subcontinent, Bagh Complex(BC) consisting of melange and basalt-chert unit, and metamorphosed basalts in the Muslim Bagh Ophiolite (MBO) sequence. However, the division among these volcanic rocks is insufficient in terms of whole rock composition, mineral composition, and mineral assemblage. Radiolarians age of the chart layer in the BC implies that tholeiitic basalt in the BC formed during late Jurassic (Sawada et al., 1995), but there are no direct geochronological data for tholeiitic basalt. In addition, hornblende K-Ar age 82-67 Ma reported from meta-dolerite and gabbro in the MBO (Sawada et al., 1995) is unclear whether formation or metamorphic ages. In this study, whole-rock composition, mineral composition, and K-Ar age were investigated to understand the origin and ages of volcanic rocks in the MB area. According to $SiO_2$-($Na_2O$+$K_2O$) discrimination diagram, the Bibai-basalt and a part of BC-basalt belong to alkali rock series (Alk.), whereas the MBO basalt and the other BC-basalt belong to non-alkali rock series. The latter series were classified into tholeiitic rock series (Tho.) based on FeO*/MgO-$SiO_2$ diagram. The Harker diagram indicate that the Bibai and BC(Alk.) basalts were rich in Ti and Nb, whereas the BC(Tho.)-basalt was rich in Cr. Alkali series rocks include abundant alkali feldspar, in contrast to plagioclase in non-alkali series rocks. The more metamorphic grade in the MBO-basalt increases, the more anorthite content in plagioclase and Mg/(Mg+$Fe^{2+}$)ratio in hornblende increase. The Bibai-basalt contains Ti-clinopyroxene and Ti-amphibole, and the BC-basalt includes Ca-clinopyroxene. Based on these occurrences, the volcanic rocks in this study area are divided into four types. The BC (Tho.)-basalt yielded the K-Ar feldspar ages of ca. 78 Ma and ca. 51 Ma, which is significantly younger than the late Jurassic previously considered. The former age represents the formation age, whereas the latter age from altered sample may represent the timing of accretion or an apparent age affected by argon loss. The MBO-basalt mainly yielded the K-Ar amphibole ages from 78 Ma to 71 Ma with one exceptional age of ca. 99 Ma. The ca. 78-71 Ma ages are interpreted as the formation age, because there are no clear differences between low-grade and high-grade metamorphosed samples. These ages are also similar with the U-Pb zircon age of ca. 80 Ma obtained from plagiogranite in the MBO (Kakar et al., 2012). The ca. 99 Ma age older than other samples may attribute to the influence by excess argon. The similarities in whole-rock composition and formation ages between the MBO-basalt and BC (Tho.)-basalt implies that the BC(Tho.)-basalt was originally formed with the MBO-basalt. Then, the MBO-basalt experienced the metamorphism during obduction of ophiolite, whereas the BC(Tho.)-basalt was accreted to Indian continent without the metamorphism.
Reference: Sawada et al., 1995, GSP, 12, 73-80; Kakar et al., 2012 Geology, 40, 1099-1102

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：パキスタン、火山岩、全岩組成、K-Ar 年代
Keywords: Pakistan, Volcanic rocks, The Whole rock composition, K-Ar age

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

## [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)

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。

[SVC35-P01] 1914年櫻島噴火を描いた油絵

*室谷 智子[1] (1.国立科学博物館)

[SVC35-P02] デジタル版火山ハザードマップデータベースの構築とその利活用について

*河野 裕希[1]、久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、棚田 俊收[1] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所)

[SVC35-P03] Tephra2と気象庁55年長期再解析データ（JRA-55）を用いた降灰シミュレーション

*佐々木 寿[1]、三浦 俊介[1]、成毛 志乃[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC35-P04] 衛星SARを用いた降灰量分布推定手法の研究（序論）

*小澤 拓[1]、藤田 英輔[1] (1.防災科学技術研究所)

[SVC35-P05] 火山地域における土石流氾濫の推定手法の開発

*山崎 祐介[1]、藤村 直樹[1]、手塚 咲子[1]、水野 正樹[1]、石井 靖雄[1]、菊井 稔宏[2]、吉田 真也[2]、五十嵐 勇気[2]、山越 隆雄[2] (1.国立研究開発法人土木研究所、2.砂防・地すべり技術センター)

[SVC35-P06] 栗駒山昭和湖および大地獄谷登山道付近における硫化水素濃度の連続観測

*伊藤 英之[1]、山本 泰道[2]、大庭 憲二[2]、辻 盛生[1]、大場 武[3] (1.岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2.株式会社ジェイエムエス、3.東海大学理学部)

# 1914年櫻島噴火を描いた油絵
# Oil paintings describing the 1914 Sakurajima eruption

*室谷 智子[1]
*Satoko Murotani[1]

1. 国立科学博物館
1. National Museum of Nature and Science

国立科学博物館（以下，科博）に残る地震資料の一部は東京帝国大学地震学教室に由来するものであるが，その中に，1914年（大正3年）1月12日から始まった桜島噴火の様子を描いた3枚の油絵が残されていた（サイズ：約805mm×610mm×20mm）．キャンバスには油絵具で，2枚には「NANTO OMURE 1914」，1枚には「KANEHIDE YAMASHITA 1914」とサインが描かれてあった．さらに「KANEHIDE YAMASHITA」による油絵の裏面木枠の中桟に，「大正三年一月十三日夜十一時之櫻島　鹿児島　山下兼秀」と墨で書かれていた．これらは，日本を代表する鹿児島県出身の洋画家・黒田清輝の弟子で，同じく鹿児島出身の大牟礼南塘，山下兼秀によって描かれたものである．大牟礼南塘の筆によるもののうち1枚は，噴火後に桜島の現地調査を行った東京帝国大学の地震学者・大森房吉の依頼によって描かれたものであることが分かった．『大正三年櫻島大爆震記』（1916，鹿児島新聞記者編）にこの絵の写真が掲載されており，「大森博士の依嘱に依り大牟礼南濤画伯の描ける爆発當時の櫻島　見よ，閃々たる電光，流星の如き噴石」と紹介されている．黒田はたまたま噴火時に鹿児島に帰省しており，噴火の様子を目撃し，スケッチに残している（後にこれらのスケッチを今村明恒に油彩画にして渡しており，現在は鹿児島市立美術館に残されている）．大森が調査のために桜島に到着したのは1月16日であったため，噴火直後の桜島は見ていない．噴火時の電光が見たかったが，黒田が電光の様子を描いたスケッチが非常に参考になると当時の新聞にコメントが残っており（大阪毎日新聞，1月20日発行），噴火直後の様子を描いてくれるよう同時期に鹿児島にいた弟子の大牟礼や山下に依頼したのではないかと思われる．噴火時の写真はたくさん残されているが白黒であり，油絵具で描かれた噴火直後の様子は，噴煙や電光のすさまじさをまざまざと伝えている．山下による桜島噴火の様子を描いた油絵は，鹿児島市立美術館や鹿児島県立博物館にも数枚残されている．

これら3枚の絵は，額に入れられて東京帝国大学地震学教室に飾られていたようである．1971年に科博の所蔵資料となったが，当時付けられていた額はすでに無く，経年劣化によるキャンバスの痛みや汚れ，カビ等が見られた．理学資料として当時の災害を知るために貴重であるというだけでなく，美術分野にとっても，鹿児島洋画壇の祖である大牟礼南塘，黄金期を作った山下兼秀によって描かれたこれらの絵は大変貴重であり，科博以外での展示にも耐えられるように額装・修復を行った．描かれてから100年も経っていたためにかなりくすんでいたが，それでも保存状態は良い方だったと思われ，今回の修復によってかなり鮮やかに蘇った．修復前の大牟礼南塘と修復後の山下兼秀の絵は，科博の企画展「標本づくりの技」（会期2018年9月4日~2018年11月25日）にて展示を行った．

地震や火山に関係する資料は，研究資料や教育目的の理科教材として扱われるだけでなく，歴史的な資料は文化財や美術品としての価値を十分に持ち合わせているものも多い．これらの油絵が美術館や博物館などの展示品として，普段火山噴火や地球科学になじみのない方々にも過去の火山災害を知ってもらえるきっかけとなれば幸いである．

キーワード：1914年（大正3年）桜島噴火、油絵、大森房吉、黒田清輝、大牟礼南塘、山下兼秀
Keywords: The 1914 Sakurajima eruption, oil printing, Fusakichi Omori, Seiki Kuroda, Nanto Omure, Kanehide Yamashita

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# デジタル版火山ハザードマップデータベースの構築とその利活用について
# Constructing and utilizing digitized volcanic hazardmap database

*河野 裕希[1]、久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、棚田 俊收[1]
*Yuhki Kohno[1], Tomohiro Kubo[1], Yosuke Miyagi[1], Toshikazu Tanada[1]

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

防災科学技術研究所（以後、防災科研）では、1983年から2013年までに公表された40活火山のハザードマップ・防災マップを網羅的に収録し、「日本の火山ハザードマップ集　第２版」として報告した。その後、2014年の御嶽山噴火に伴い、2015年の活火山法改正により全国の活火山の麓に位置する自治体では火山ハザードマップの作成が義務づけられた*。防災科研では火山災害対策に資する研究を推進させるために、常時観測火山50火山における各火山防災協議会によって作成されたハザードマップのデジタル化およびWebGISで活用するためのデータ整備を進めている。本発表ではその整備状況とデータ利活用の事例について報告する。

各火山のハザード情報はシェープファイル形式で構築しており（久保他(2018）にて報告済み）様々なGISで活用できるように整備を進めている。さらに、オンライン環境で利用できるようにするため、それらシェープファイルをタイル情報に変換し、WebGIS上で整備している。WebGISにはいつでも誰でもどこからでもアクセスすることができるので、本マップは発災時のオンラインハザードマップとして活用できるだけでなく、平時の周知啓発ツールとして活用することで火山災害への関心につながるきっかけになることも期待される。また、ハザード情報の利活用については、久保他(2003)**を火山ハザード情報に適用し、ある火山地域をメッシュで分割し、特定の火山や複数の火山による様々なハザードをメッシュ単位で情報を整理・提供することも検討している。そのメッシュ単位での情報によりユーザーはどのようなハザードに晒されているかを確認することができ、また複数の火山による影響がある際はそういった情報も容易に知ることもできるため、発災前に様々な危険度を把握しておくことができる。

本発表では火山防災に関わる情報の効果的な表現方法やハザードマップデータベースの利活用について議論したいと考える。

*内閣府防災(2015)平成27年の活火山法改正について,
http://www.bousai.go.jp/kazan/taisaku/k404_1.htm

** 久保智弘・久田喜章・柴山明寛・大井昌弘・石田瑞穂・藤原広行・中山圭子(2003)全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化，および，面的な早期地震動推定への適用

キーワード：デジタル化ハザードマップ、WebGIS
Keywords: digitized volcano hazard map, WebGIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Tephra2と気象庁55年長期再解析データ（JRA-55）を用いた降灰シミュレーション
# Pyroclastic fall simulation using Tephra2 and JRA-55

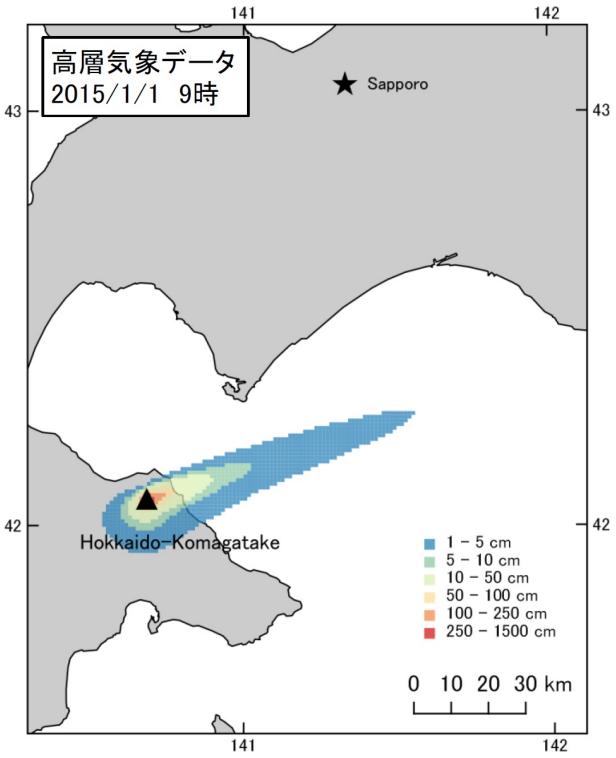
*佐々木 寿[1]、三浦 俊介[1]、成毛 志乃[1]
*Hisashi Sasaki[1], Shunsuke Miura[1], Shino Naruke[1]

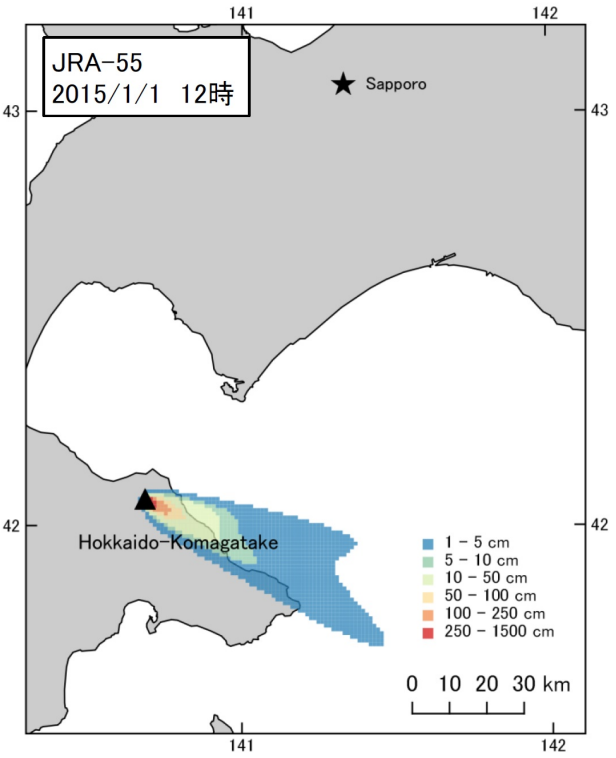
1. アジア航測株式会社
1. Asia Air Survey Co., Ltd.

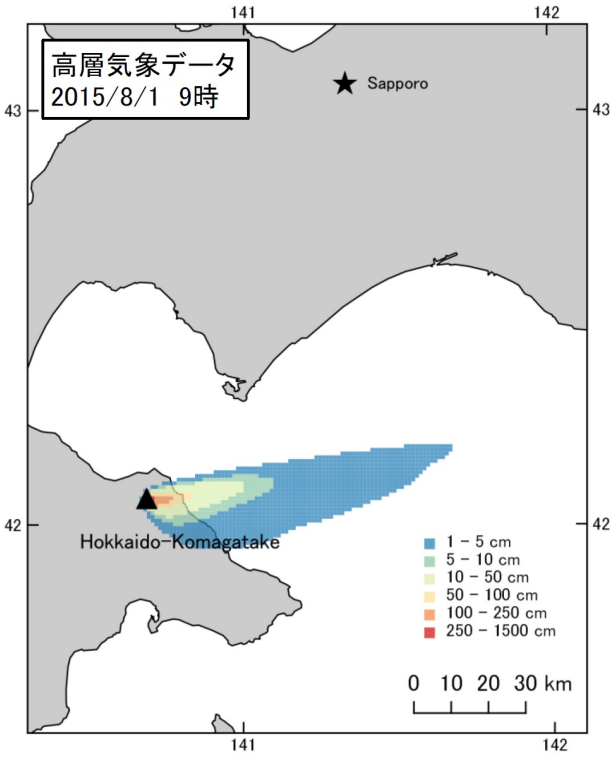
降灰（降下火砕物）の火山ハザードマップを作成する場合，過去の実績に基づく方法と数値シミュレーションを用いた方法が用いられる．近年はTephra2(Bonadonna et al., 2005)など無償で公開されているプログラムを用いた数値シミュレーションにより作成されるケースが増加している．Tephra2を用いた数値シミュレーションには，噴煙柱，風向・風速，地形の情報が必要である．噴煙柱に関する設定が最も難しく，この設定のためパラメータスタディを行い，パラメータを決定することが多い．降灰の分布方向や分布範囲に影響を与えるのは風向・風速である．シミュレーションで用いる風データについて，火山防災マップ作成指針（内閣府ほか，2013）では，「風向・風速は，気象庁ホームページの気象庁統計情報にある過去の気象データ検索（高層）で紹介されている月平均値を使うと良い」とされている．ところが，高層気象観測点は日本国内には16点しかなく，海岸沿いに設置されていることが多い．そのため，対象火山から最寄りの観測点まで100 km以上も離れてしまうケースが多い．そこで本研究では降灰のハザードマップ作成に，気象庁55年長期再解析データ（以下，JRA-55と略す）の利用を検討した．JRA-55はラジオゾンデによる定時観測ネットワークが確立された1958年以降の再解析データである．高層気象データと比較した場合のJRA-55を使用するメリットとしては，1.25度間隔の格子データであるため内陸部も網羅できること，欠測が無いこと，1日4つのデータ(0時，6時，12時，18時)があることがある．JRA-55の使用する場面としては，過去の噴火の降灰の再現である．1958年以降のデータがあるため，例えば有珠山1977年噴火や御嶽山2014年噴火などの再現計算を行うことができる．藤原(2018)は新潟焼山1974年噴火の再現計算結果を報告している．火山ハザードマップへの利用としては，過去50年以上の月間の平均データがあるため，月別の降灰が分布しやすい範囲を把握することが可能である．また，長期間のデータを用いた大量計算（例えば，1日4ケース×50年間＝約73,000ケース）を実施することで，長期間の風データを考慮した降灰確率マップの作成も可能となる．発表では北海道駒ヶ岳1929年噴火等の具体的事例について紹介する．

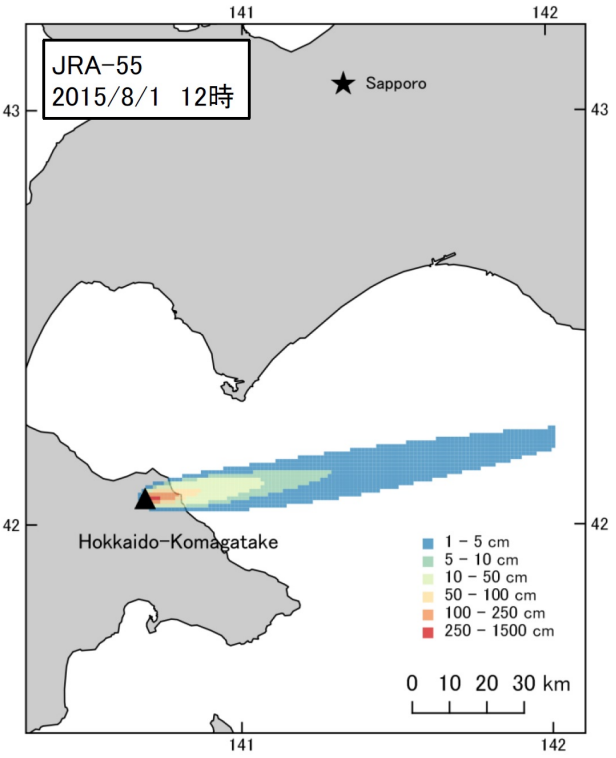
キーワード：降灰シミュレーション、気象庁55年長期再解析データ、ハザードマップ、確率マップ
Keywords: pyroclastic fall simulation , the Japanese 55-year Reanalysis, hazard map, probability map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 衛星SARを用いた降灰量分布推定手法の研究（序論）
# Research on observation method of volcanic ash-fall accumulation using spaceborne SAR

*小澤 拓[1]、藤田 英輔[1]
*Taku Ozawa[1], Eisuke Fujita[1]

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

火山噴火によって火山灰が堆積すると、その後の降雨によって土石流が発生する場合があり、それが大きな災害を生じさせる可能性がある。その減災においては、降灰量分布を迅速に把握し、土石流発生の予測につなげることが重要である。しかし、現時点における降灰量分布の把握は、主に現地調査によって行われており、速報性や労力の観点から、簡便かつより速報性のある手法の開発が求められている。その解決の一つとして、衛星リモートセンシング技術の活用に期待されている。そこで、第2期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」課題における開発項目の一つとして、衛星搭載型合成開口レーダー（SAR）を用いた降灰量推定手法の開発を行う。本発表においては、その予備的な解析結果を述べるとともに、本開発の概要を述べる。

本開発においては、SAR干渉法における干渉性に注目する。SAR干渉解析結果において、干渉性が高ければ明瞭な干渉縞が見られ、低ければ短周期のノイズが卓越し、干渉縞は不明瞭になる。一般に、その干渉性の劣化は、干渉させる2つのSAR画像取得時における地表でのレーダー波の散乱が異なることによって生じる。噴火時を含む干渉ペアのSAR干渉解析においては、地表面が火山灰に覆われることによるレーダー波の散乱の変化に起因する干渉性劣化域が、火口周辺において良く見られる。例えば、2019年1月17日に口永良部島で発生した噴火前後に取得されたPALSAR-2画像を解析したところ、新岳火口から約1kmの範囲で、降灰に起因すると考えられる干渉性劣化が見られた。さらに、南西と北西の谷に沿っては、干渉性劣化域が約1.5kmの範囲まで延びており、これは火砕流が発生した方向と一致する。また、2018年12月18日と2019年1月29日に発生した噴火についても解析を行ったところ、同様の干渉性劣化が火口周辺に見られたが、その範囲は明らかに2019年1月17日の噴火による小さい。特に、2019年1月29日の噴火における干渉性劣化域は、火口のごく近傍に限られている。このように、降灰範囲の差を明瞭に見ることができた。

このような干渉性劣化と降灰量を定量的に関係付けられれば、SAR干渉解析から降灰量を求められるはずである。そこで、本解析では、非噴火時のSARデータから、降灰以外の要因による干渉性劣化の時間変化モデルを構築し、そのモデルからの差から、降灰のみによる干渉性劣化成分の定量的な推定を試みる。さらに、事例解析から、干渉性と降灰量の変換係数を推定する。ただし、干渉性の性質上、降灰量がある量を超えたところで飽和することが考えられることや、降灰量が少ない場合には、干渉性では精度的に検出困難と考えられることから、干渉性の解析からは面的な降灰量分布の推定は困難である。そこで、本開発においては、干渉性の解析と降灰シミュレーションを組み合わせて、面的に降灰量の推定を試みる予定である。

キーワード：降灰分布、合成開口レーダー、干渉性
Keywords: ash-fall distribution, SAR, coherence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 火山地域における土石流氾濫の推定手法の開発
# Method for estimation of debris flow runout in the volcanic area

*山崎 祐介[1]、藤村 直樹[1]、手塚 咲子[1]、水野 正樹[1]、石井 靖雄[1]、菊井 稔宏[2]、吉田 真也[2]、五十嵐 勇気[2]、山越 隆雄[2]
*Yusuke Yamazaki[1], Naoki Fujimura[1], Sakiko Tetsuka[1], Masaki Mizuno[1], Yasuo Ishii[1], Toshihiro Kikui[2], Shinya Yoshida[2], Yuki Igarashi[2], Takao Yamakoshi[2]

1. 国立研究開発法人土木研究所、2. 砂防・地すべり技術センター
1. Public Works Research Institute, 2. STC

火山噴火後には、少量の降雨でも土石流が発生しやすくなることが指摘されている。火山山麓の住民の洪水・土砂災害の防災・減災のためには、どこが危険なのか、どこが安全なのかを示すハザードマップや、災害発生時の避難・予警報システムが必要である。このような防災・減災ための基本情報として、噴火後に起こりうる土石流の氾濫を予測しておくことは重要である。
本研究では、戦略的イノベーション創造プログラム（ＳＩＰ）の一部において、火山噴火後における降灰の予測、降雨の予測を入力とし、土石流氾濫の予測を行うことを目指している。そのために、火山山麓における降雨流出および土石流の発生・流下過程の解明を行い、それをモデル化し、予測に役立てることを目的としている。

火山噴火後の降雨に伴う土石流の流出について、筆者らは、降灰により流域斜面の表土層の浸透性が低下することにより表面流が発生し、河床堆積物が表面流の供給により水で飽和して安定性が低下することで、土石流として流下していくものとして想定している。これらを解析するために、桜島有村川流域内の2m2程度の斜面において、降雨、土壌水分、表面流および地表面状態の観測を行っている。また、有村川3号堰堤において、土石流の表面位置、表面流速および荷重を連続的に計測している。本発表では、これらの観測結果を解析し、表面流の発生機構および土石流の流下機構について報告する。

降雨と土壌水分および表面流の発生条件を整理すると、表面流の発生は、先行雨量や雨量強度といった土壌の水分状態や土壌の孔隙構造などに起因する水分特性などに依存していることが確認され、その定量評価を行っている。また、土壌が全層飽和するよりも先に表面流が発生していることも確認できた。また、表面流の発生件数は、従来よりも2018年に増加している。桜島においては、2018年より新たな噴火口が出現し、火山灰の粒度分布が従来よりも細粒化している。このことから、細粒化した火山灰が地表面に供給されたことにより、浸透過程が変化したと考えられるが、そのメカニズムは現在検討中である。

有村川3号堰堤における、水深、表面流速および荷重データを用いて土石流の運動量保存則を検証した結果、概ね妥当と判断されている。土石流の発生地点および堆積物の厚さについて、試行錯誤的に条件を決定し、運動量保存則と質量保存則を数値積分して、土石流の流下過程のシミュレーションを行った結果、観測された土石流の水深および流速の時間変化に近いものが得られた。今後は、土石流の発生地点および堆積物厚の空間分布といった情報を推定していくことが課題である。

この成果は、戦略的イノベーション創造プログラム（ＳＩＰ）第2期「衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」の中の火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発として、「衛星データおよびレーダ観測データ等により降灰厚・火砕流・溶岩流の分布を迅速に把握する技術」と「土石流発生リスク評価システム」の開発の一部となる。2022年度までのこの「火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発」においては、関係機関と分担して、降灰斜面における土石流発生リスク評価の他、「衛星赤外・SAR画像による溶岩流および火砕流の分布把握と被害域推定システムの開発」、「衛星SAR解析および降灰シミュレーションによる広域降灰厚分布把握技術の開発」、「機動的レーダ観測による火口域降灰分布解析

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

手法の開発」を実施する。

キーワード：火山地域、土石流氾濫
Keywords: volcanic area, debris flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 栗駒山昭和湖および大地獄谷登山道付近における硫化水素濃度の連続観測
# On the $H_2S$ concentration continuous observation at Kurikoma volcano

*伊藤 英之[1]、山本 泰道[2]、大庭 憲二[2]、辻 盛生[1]、大場 武[3]
*Hideyuki Itoh[1], Yasumichi Yamamoto[2], Kenji OOba[2], Morio Tsuji[1], Takeshi Ohba[3]

1. 岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2. 株式会社ジェイエムエス、3. 東海大学理学部
1. Faculty of policy studies, Iwate prefectural University, 2. JMS INc, 3. Tokai University

1.はじめに

栗駒山は，岩手・宮城・秋田の3県境に位置し，1944年，1741年に水蒸気噴火を発生させた活火山である。1944年の噴火では，噴火と同時に磐井川沿いに酸性水が流下，内水面漁業や農業にも多大な被害を出した。

現在も昭和湖や大地獄谷で複数の噴気が確認され，特に大地獄谷は噴気帯に沿って登山道が設置されており，風向きによっては登山者の火山性ガスへの暴露が懸念される。さらに昭和湖付近は登山者の休憩場所にもなっており，早急な火山ガス対策が求められている。

我々は2018年6月6日から10月3日まで，大地獄谷沿いの登山道脇と昭和湖南東の2カ所に$H_2S$自動測定装置を設置し，$H_2S$濃度の時系列変化を測定した。

2.硫化水素ガスセンサーの概要

環境$H_2S$センサーであるOdalog（http://www.jmsystem.co.jp/kazan/odalog.html）を上述した2カ所に設置した。このセンサーは0～200ppmまでの$H_2S$濃度が測定可能であり，毎秒測定される$H_2S$の大気濃度を，5分間平均濃度とし，3G回線を介して，サーバーに蓄積される。また，$H_2S$の瞬間最大濃度が設定値以上になると，観測者にSMSメッセージが送信される。あわせて風向風速計も設置した。風向風速計にはデータロガーを設置し，$H_2S$センサー回収時にあわせてデータ回収を行った。

$H_2S$センサー，風向風速計ともに，地上約1ｍの高さに設置した。観測は2018年6月6日から10月3日まで行ったが，2018年9月4日の台風21号により，センサーを固定していた木製ポールが2本とも破損し，実質の観測期間は90日であった。

3.観測結果

昭和湖に設置したセンサーにおいては，気温と$H_2S$濃度との間に明瞭な相関は認められないが，風速・風向と$H_2S$濃度との間にはやや明瞭な相関が認められ、南西からの卓越風時と北風時に濃度が上昇する傾向が認められた。一方，大地獄谷付近の登山道沿いに設置したセンサーにおいても気温と$H_2S$濃度との間に明瞭な相関が認められず，風向・風速と濃度との相関にも明瞭な関係は認められなかった。なお，期間を通しての平均濃度は，地獄谷センサーで0.71ppm，昭和湖センサーで9.05ppm，瞬間最大濃度は大地獄谷センサーにおいて，38ppm（2018年8月10日），昭和湖センサーにおいて334ppm（2018年8月19日）であった。

4.考察

昭和湖センサーにおいては，常に高濃度の$H_2S$が観測され，5分間平均濃度が100ppmを超える日も複数回観

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

測された。大地獄谷沿いの登山道脇でも5分間平均濃度が10ppmを超える日が複数観測され，登山者に対する早急な火山ガス対策を講じる必要がある。

キーワード：栗駒山、硫化水素ガス、連続観測、登山者対策
Keywords: Kurikoma Volcano, H2S gas, continuous observation, climer care

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

## [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)

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。

[SVC35-P01] 1914年櫻島噴火を描いた油絵

*室谷 智子[1] (1.国立科学博物館)

[SVC35-P02] デジタル版火山ハザードマップデータベースの構築とその利活用について

*河野 裕希[1]、久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、棚田 俊收[1] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所)

[SVC35-P03] Tephra2と気象庁55年長期再解析データ（JRA-55）を用いた降灰シミュレーション

*佐々木 寿[1]、三浦 俊介[1]、成毛 志乃[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC35-P04] 衛星SARを用いた降灰量分布推定手法の研究（序論）

*小澤 拓[1]、藤田 英輔[1] (1.防災科学技術研究所)

[SVC35-P05] 火山地域における土石流氾濫の推定手法の開発

*山崎 祐介[1]、藤村 直樹[1]、手塚 咲子[1]、水野 正樹[1]、石井 靖雄[1]、菊井 稔宏[2]、吉田 真也[2]、五十嵐 勇気[2]、山越 隆雄[2] (1.国立研究開発法人土木研究所、2.砂防・地すべり技術センター)

[SVC35-P06] 栗駒山昭和湖および大地獄谷登山道付近における硫化水素濃度の連続観測

*伊藤 英之[1]、山本 泰道[2]、大庭 憲二[2]、辻 盛生[1]、大場 武[3] (1.岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2.株式会社ジェイエムエス、3.東海大学理学部)

# 1914年櫻島噴火を描いた油絵
# Oil paintings describing the 1914 Sakurajima eruption

*室谷 智子[1]
*Satoko Murotani[1]

1. 国立科学博物館
1. National Museum of Nature and Science

国立科学博物館（以下，科博）に残る地震資料の一部は東京帝国大学地震学教室に由来するものであるが，その中に，1914年（大正3年）1月12日から始まった桜島噴火の様子を描いた3枚の油絵が残されていた（サイズ：約805mm×610mm×20mm）．キャンバスには油絵具で，2枚には「NANTO OMURE 1914」，1枚には「KANEHIDE YAMASHITA 1914」とサインが描かれてあった．さらに「KANEHIDE YAMASHITA」による油絵の裏面木枠の中桟に，「大正三年一月十三日夜十一時之櫻島　鹿児島　山下兼秀」と墨で書かれていた．これらは，日本を代表する鹿児島県出身の洋画家・黒田清輝の弟子で，同じく鹿児島出身の大牟礼南塘，山下兼秀によって描かれたものである．大牟礼南塘の筆によるもののうち1枚は，噴火後に桜島の現地調査を行った東京帝国大学の地震学者・大森房吉の依頼によって描かれたものであることが分かった．『大正三年櫻島大爆震記』（1916，鹿児島新聞記者編）にこの絵の写真が掲載されており，「大森博士の依嘱に依り大牟礼南濤画伯の描ける爆発當時の櫻島　見よ，閃々たる電光，流星の如き噴石」と紹介されている．黒田はたまたま噴火時に鹿児島に帰省しており，噴火の様子を目撃し，スケッチに残している（後にこれらのスケッチを今村明恒に油彩画にして渡しており，現在は鹿児島市立美術館に残されている）．大森が調査のために桜島に到着したのは1月16日であったため，噴火直後の桜島は見ていない．噴火時の電光が見たかったが，黒田が電光の様子を描いたスケッチが非常に参考になると当時の新聞にコメントが残っており（大阪毎日新聞，1月20日発行），噴火直後の様子を描いてくれるよう同時期に鹿児島にいた弟子の大牟礼や山下に依頼したのではないかと思われる．噴火時の写真はたくさん残されているが白黒であり，油絵具で描かれた噴火直後の様子は，噴煙や電光のすさまじさをまざまざと伝えている．山下による桜島噴火の様子を描いた油絵は，鹿児島市立美術館や鹿児島県立博物館にも数枚残されている．

これら3枚の絵は，額に入れられて東京帝国大学地震学教室に飾られていたようである．1971年に科博の所蔵資料となったが，当時付けられていた額はすでに無く，経年劣化によるキャンバスの痛みや汚れ，カビ等が見られた．理学資料として当時の災害を知るために貴重であるというだけでなく，美術分野にとっても，鹿児島洋画壇の祖である大牟礼南塘，黄金期を作った山下兼秀によって描かれたこれらの絵は大変貴重であり，科博以外での展示にも耐えられるように額装・修復を行った．描かれてから100年も経っていたためにかなりくすんでいたが，それでも保存状態は良い方だったと思われ，今回の修復によってかなり鮮やかに蘇った．修復前の大牟礼南塘と修復後の山下兼秀の絵は，科博の企画展「標本づくりの技」（会期2018年9月4日~2018年11月25日）にて展示を行った．

地震や火山に関係する資料は，研究資料や教育目的の理科教材として扱われるだけでなく，歴史的な資料は文化財や美術品としての価値を十分に持ち合わせているものも多い．これらの油絵が美術館や博物館などの展示品として，普段火山噴火や地球科学になじみのない方々にも過去の火山災害を知ってもらえるきっかけとなれば幸いである．

キーワード：1914年（大正3年）桜島噴火、油絵、大森房吉、黒田清輝、大牟礼南塘、山下兼秀
Keywords: The 1914 Sakurajima eruption, oil printing, Fusakichi Omori, Seiki Kuroda, Nanto Omure, Kanehide Yamashita

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# デジタル版火山ハザードマップデータベースの構築とその利活用について
# Constructing and utilizing digitized volcanic hazardmap database

*河野 裕希[1]、久保 智弘[1]、宮城 洋介[1]、棚田 俊收[1]
*Yuhki Kohno[1], Tomohiro Kubo[1], Yosuke Miyagi[1], Toshikazu Tanada[1]

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

防災科学技術研究所（以後、防災科研）では、1983年から2013年までに公表された40活火山のハザードマップ・防災マップを網羅的に収録し、「日本の火山ハザードマップ集　第２版」として報告した。その後、2014年の御嶽山噴火に伴い、2015年の活火山法改正により全国の活火山の麓に位置する自治体では火山ハザードマップの作成が義務づけられた*。防災科研では火山災害対策に資する研究を推進させるために、常時観測火山50火山における各火山防災協議会によって作成されたハザードマップのデジタル化およびWebGISで活用するためのデータ整備を進めている。本発表ではその整備状況とデータ利活用の事例について報告する。

各火山のハザード情報はシェープファイル形式で構築しており（久保他(2018）にて報告済み）様々なGISで活用できるように整備を進めている。さらに、オンライン環境で利用できるようにするため、それらシェープファイルをタイル情報に変換し、WebGIS上で整備している。WebGISにはいつでも誰でもどこからでもアクセスすることができるので、本マップは発災時のオンラインハザードマップとして活用できるだけでなく、平時の周知啓発ツールとして活用することで火山災害への関心につながるきっかけになることも期待される。また、ハザード情報の利活用については、久保他(2003)**を火山ハザード情報に適用し、ある火山地域をメッシュで分割し、特定の火山や複数の火山による様々なハザードをメッシュ単位で情報を整理・提供することも検討している。そのメッシュ単位での情報によりユーザーはどのようなハザードに晒されているかを確認することができ、また複数の火山による影響がある際はそういった情報も容易に知ることもできるため、発災前に様々な危険度を把握しておくことができる。

本発表では火山防災に関わる情報の効果的な表現方法やハザードマップデータベースの利活用について議論したいと考える。

*内閣府防災(2015)平成27年の活火山法改正について,
http://www.bousai.go.jp/kazan/taisaku/k404_1.htm

** 久保智弘・久田喜章・柴山明寛・大井昌弘・石田瑞穂・藤原広行・中山圭子(2003)全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化，および，面的な早期地震動推定への適用

キーワード：デジタル化ハザードマップ、WebGIS
Keywords: digitized volcano hazard map, WebGIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Tephra2と気象庁55年長期再解析データ（JRA-55）を用いた降灰シミュレーション
# Pyroclastic fall simulation using Tephra2 and JRA-55

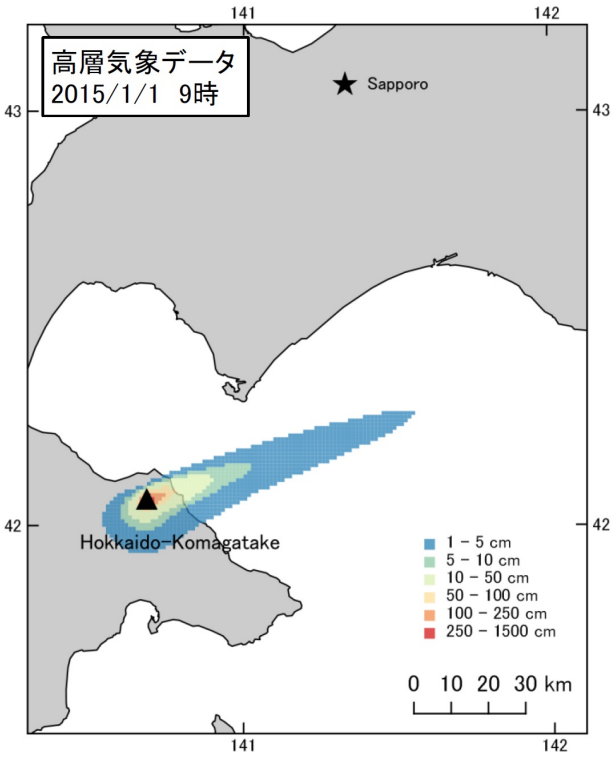
*佐々木 寿[1]、三浦 俊介[1]、成毛 志乃[1]
*Hisashi Sasaki[1], Shunsuke Miura[1], Shino Naruke[1]

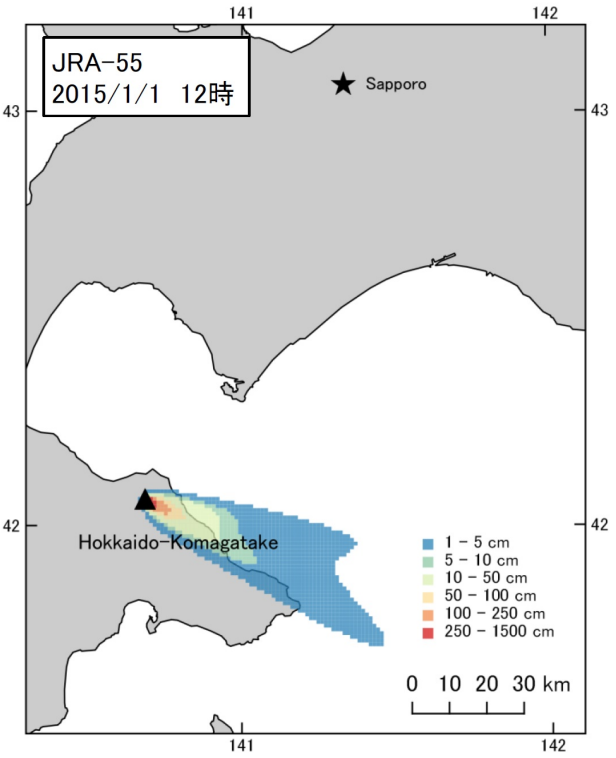
1. アジア航測株式会社
1. Asia Air Survey Co., Ltd.

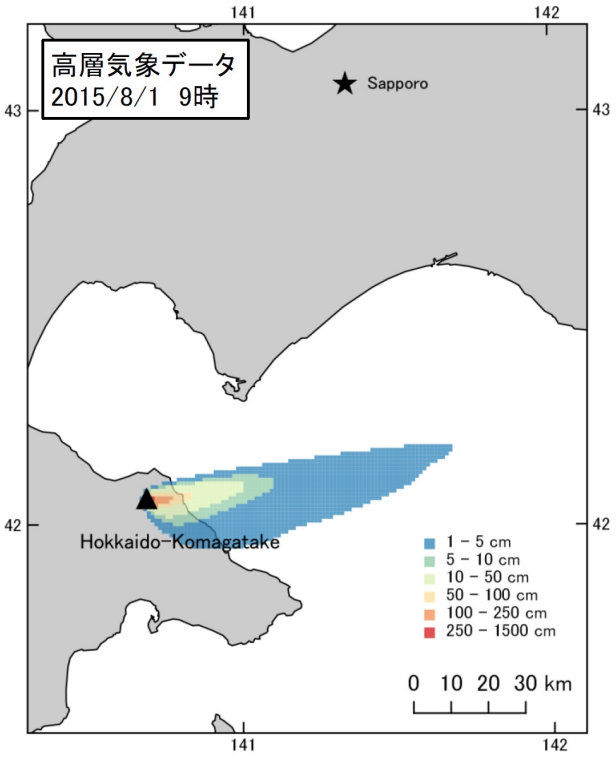
降灰（降下火砕物）の火山ハザードマップを作成する場合，過去の実績に基づく方法と数値シミュレーションを用いた方法が用いられる．近年はTephra2(Bonadonna et al., 2005)など無償で公開されているプログラムを用いた数値シミュレーションにより作成されるケースが増加している．Tephra2を用いた数値シミュレーションには，噴煙柱，風向・風速，地形の情報が必要である．噴煙柱に関する設定が最も難しく，この設定のためパラメータスタディを行い，パラメータを決定することが多い．降灰の分布方向や分布範囲に影響を与えるのは風向・風速である．シミュレーションで用いる風データについて，火山防災マップ作成指針（内閣府ほか，2013）では，「風向・風速は，気象庁ホームページの気象庁統計情報にある過去の気象データ検索（高層）で紹介されている月平均値を使うと良い」とされている．ところが，高層気象観測点は日本国内には16点しかなく，海岸沿いに設置されていることが多い．そのため，対象火山から最寄りの観測点まで100 km以上も離れてしまうケースが多い．そこで本研究では降灰のハザードマップ作成に，気象庁55年長期再解析データ（以下，JRA-55と略す）の利用を検討した．JRA-55はラジオゾンデによる定時観測ネットワークが確立された1958年以降の再解析データである．高層気象データと比較した場合のJRA-55を使用するメリットとしては，1.25度間隔の格子データであるため内陸部も網羅できること，欠測が無いこと，1日4つのデータ(0時，6時，12時，18時)があることがある．JRA-55の使用する場面としては，過去の噴火の降灰の再現である．1958年以降のデータがあるため，例えば有珠山1977年噴火や御嶽山2014年噴火などの再現計算を行うことができる．藤原(2018)は新潟焼山1974年噴火の再現計算結果を報告している．火山ハザードマップへの利用としては，過去50年以上の月間の平均データがあるため，月別の降灰が分布しやすい範囲を把握することが可能である．また，長期間のデータを用いた大量計算（例えば，1日4ケース×50年間＝約73,000ケース）を実施することで，長期間の風データを考慮した降灰確率マップの作成も可能となる．発表では北海道駒ヶ岳1929年噴火等の具体的事例について紹介する．

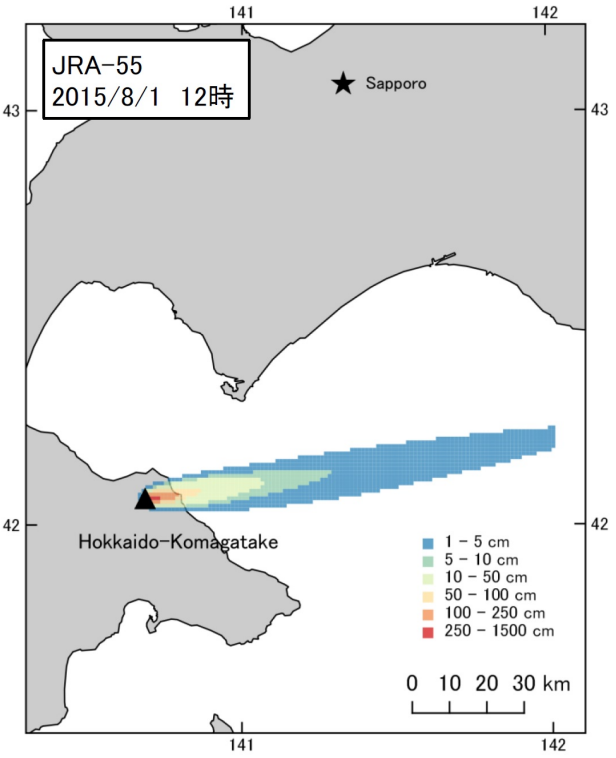
キーワード：降灰シミュレーション、気象庁55年長期再解析データ、ハザードマップ、確率マップ
Keywords: pyroclastic fall simulation , the Japanese 55-year Reanalysis, hazard map, probability map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 衛星SARを用いた降灰量分布推定手法の研究（序論）
# Research on observation method of volcanic ash-fall accumulation using spaceborne SAR

*小澤 拓[1]、藤田 英輔[1]
*Taku Ozawa[1], Eisuke Fujita[1]

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

火山噴火によって火山灰が堆積すると、その後の降雨によって土石流が発生する場合があり、それが大きな災害を生じさせる可能性がある。その減災においては、降灰量分布を迅速に把握し、土石流発生の予測につなげることが重要である。しかし、現時点における降灰量分布の把握は、主に現地調査によって行われており、速報性や労力の観点から、簡便かつより速報性のある手法の開発が求められている。その解決の一つとして、衛星リモートセンシング技術の活用に期待されている。そこで、第2期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」課題における開発項目の一つとして、衛星搭載型合成開口レーダー（SAR）を用いた降灰量推定手法の開発を行う。本発表においては、その予備的な解析結果を述べるとともに、本開発の概要を述べる。

本開発においては、SAR干渉法における干渉性に注目する。SAR干渉解析結果において、干渉性が高ければ明瞭な干渉縞が見られ、低ければ短周期のノイズが卓越し、干渉縞は不明瞭になる。一般に、その干渉性の劣化は、干渉させる2つのSAR画像取得時における地表でのレーダー波の散乱が異なることによって生じる。噴火時を含む干渉ペアのSAR干渉解析においては、地表面が火山灰に覆われることによるレーダー波の散乱の変化に起因する干渉性劣化域が、火口周辺において良く見られる。例えば、2019年1月17日に口永良部島で発生した噴火前後に取得されたPALSAR-2画像を解析したところ、新岳火口から約1kmの範囲で、降灰に起因すると考えられる干渉性劣化が見られた。さらに、南西と北西の谷に沿っては、干渉性劣化域が約1.5kmの範囲まで延びており、これは火砕流が発生した方向と一致する。また、2018年12月18日と2019年1月29日に発生した噴火についても解析を行ったところ、同様の干渉性劣化が火口周辺に見られたが、その範囲は明らかに2019年1月17日の噴火による小さい。特に、2019年1月29日の噴火における干渉性劣化域は、火口のごく近傍に限られている。このように、降灰範囲の差を明瞭に見ることができた。

このような干渉性劣化と降灰量を定量的に関係付けられれば、SAR干渉解析から降灰量を求められるはずである。そこで、本解析では、非噴火時のSARデータから、降灰以外の要因による干渉性劣化の時間変化モデルを構築し、そのモデルからの差から、降灰のみによる干渉性劣化成分の定量的な推定を試みる。さらに、事例解析から、干渉性と降灰量の変換係数を推定する。ただし、干渉性の性質上、降灰量がある量を超えたところで飽和することが考えられることや、降灰量が少ない場合には、干渉性では精度的に検出困難と考えられることから、干渉性の解析からは面的な降灰量分布の推定は困難である。そこで、本開発においては、干渉性の解析と降灰シミュレーションを組み合わせて、面的に降灰量の推定を試みる予定である。

キーワード：降灰分布、合成開口レーダー、干渉性
Keywords: ash-fall distribution, SAR, coherence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 火山地域における土石流氾濫の推定手法の開発
# Method for estimation of debris flow runout in the volcanic area

*山崎 祐介[1]、藤村 直樹[1]、手塚 咲子[1]、水野 正樹[1]、石井 靖雄[1]、菊井 稔宏[2]、吉田 真也[2]、五十嵐 勇気[2]、山越 隆雄[2]
*Yusuke Yamazaki[1], Naoki Fujimura[1], Sakiko Tetsuka[1], Masaki Mizuno[1], Yasuo Ishii[1], Toshihiro Kikui[2], Shinya Yoshida[2], Yuki Igarashi[2], Takao Yamakoshi[2]

1. 国立研究開発法人土木研究所、2. 砂防・地すべり技術センター
1. Public Works Research Institute, 2. STC

火山噴火後には、少量の降雨でも土石流が発生しやすくなることが指摘されている。火山山麓の住民の洪水・土砂災害の防災・減災のためには、どこが危険なのか、どこが安全なのかを示すハザードマップや、災害発生時の避難・予警報システムが必要である。このような防災・減災ための基本情報として、噴火後に起こりうる土石流の氾濫を予測しておくことは重要である。
本研究では、戦略的イノベーション創造プログラム（ＳＩＰ）の一部において、火山噴火後における降灰の予測、降雨の予測を入力とし、土石流氾濫の予測を行うことを目指している。そのために、火山山麓における降雨流出および土石流の発生・流下過程の解明を行い、それをモデル化し、予測に役立てることを目的としている。

火山噴火後の降雨に伴う土石流の流出について、筆者らは、降灰により流域斜面の表土層の浸透性が低下することにより表面流が発生し、河床堆積物が表面流の供給により水で飽和して安定性が低下することで、土石流として流下していくものとして想定している。これらを解析するために、桜島有村川流域内の2m2程度の斜面において、降雨、土壌水分、表面流および地表面状態の観測を行っている。また、有村川3号堰堤において、土石流の表面位置、表面流速および荷重を連続的に計測している。本発表では、これらの観測結果を解析し、表面流の発生機構および土石流の流下機構について報告する。

降雨と土壌水分および表面流の発生条件を整理すると、表面流の発生は、先行雨量や雨量強度といった土壌の水分状態や土壌の孔隙構造などに起因する水分特性などに依存していることが確認され、その定量評価を行っている。また、土壌が全層飽和するよりも先に表面流が発生していることも確認できた。また、表面流の発生件数は、従来よりも2018年に増加している。桜島においては、2018年より新たな噴火口が出現し、火山灰の粒度分布が従来よりも細粒化している。このことから、細粒化した火山灰が地表面に供給されたことにより、浸透過程が変化したと考えられるが、そのメカニズムは現在検討中である。

有村川3号堰堤における、水深、表面流速および荷重データを用いて土石流の運動量保存則を検証した結果、概ね妥当と判断されている。土石流の発生地点および堆積物の厚さについて、試行錯誤的に条件を決定し、運動量保存則と質量保存則を数値積分して、土石流の流下過程のシミュレーションを行った結果、観測された土石流の水深および流速の時間変化に近いものが得られた。今後は、土石流の発生地点および堆積物厚の空間分布といった情報を推定していくことが課題である。

この成果は、戦略的イノベーション創造プログラム（ＳＩＰ）第2期「衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」の中の火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発として、「衛星データおよびレーダ観測データ等により降灰厚・火砕流・溶岩流の分布を迅速に把握する技術」と「土石流発生リスク評価システム」の開発の一部となる。2022年度までのこの「火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発」においては、関係機関と分担して、降灰斜面における土石流発生リスク評価の他、「衛星赤外・SAR画像による溶岩流および火砕流の分布把握と被害域推定システムの開発」、「衛星SAR解析および降灰シミュレーションによる広域降灰厚分布把握技術の開発」、「機動的レーダ観測による火口域降灰分布解析

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

手法の開発」を実施する。

キーワード：火山地域、土石流氾濫
Keywords: volcanic area, debris flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 栗駒山昭和湖および大地獄谷登山道付近における硫化水素濃度の連続観測
# On the $H_2S$ concentration continuous observation at Kurikoma volcano

*伊藤 英之[1]、山本 泰道[2]、大庭 憲二[2]、辻 盛生[1]、大場 武[3]
*Hideyuki Itoh[1], Yasumichi Yamamoto[2], Kenji OOba[2], Morio Tsuji[1], Takeshi Ohba[3]

1. 岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2. 株式会社ジェイエムエス、3. 東海大学理学部
1. Faculty of policy studies, Iwate prefectural University, 2. JMS INc, 3. Tokai University

1.はじめに

栗駒山は，岩手・宮城・秋田の3県境に位置し，1944年，1741年に水蒸気噴火を発生させた活火山である。1944年の噴火では，噴火と同時に磐井川沿いに酸性水が流下，内水面漁業や農業にも多大な被害を出した。

現在も昭和湖や大地獄谷で複数の噴気が確認され，特に大地獄谷は噴気帯に沿って登山道が設置されており，風向きによっては登山者の火山性ガスへの暴露が懸念される。さらに昭和湖付近は登山者の休憩場所にもなっており，早急な火山ガス対策が求められている。

我々は2018年6月6日から10月3日まで，大地獄谷沿いの登山道脇と昭和湖南東の2カ所に$H_2S$自動測定装置を設置し，$H_2S$濃度の時系列変化を測定した。

2.硫化水素ガスセンサーの概要

環境$H_2S$センサーであるOdalog（http://www.jmsystem.co.jp/kazan/odalog.html）を上述した2カ所に設置した。このセンサーは0～200ppmまでの$H_2S$濃度が測定可能であり，毎秒測定される$H_2S$の大気濃度を，5分間平均濃度とし，3G回線を介して，サーバーに蓄積される。また，$H_2S$の瞬間最大濃度が設定値以上になると，観測者にSMSメッセージが送信される。あわせて風向風速計も設置した。風向風速計にはデータロガーを設置し，$H_2S$センサー回収時にあわせてデータ回収を行った。

$H_2S$センサー，風向風速計ともに，地上約1ｍの高さに設置した。観測は2018年6月6日から10月3日まで行ったが，2018年9月4日の台風21号により，センサーを固定していた木製ポールが2本とも破損し，実質の観測期間は90日であった。

3.観測結果

昭和湖に設置したセンサーにおいては，気温と$H_2S$濃度との間に明瞭な相関は認められないが，風速・風向と$H_2S$濃度との間にはやや明瞭な相関が認められ、南西からの卓越風時と北風時に濃度が上昇する傾向が認められた。一方，大地獄谷付近の登山道沿いに設置したセンサーにおいても気温と$H_2S$濃度との間に明瞭な相関が認められず，風向・風速と濃度との相関にも明瞭な関係は認められなかった。なお，期間を通しての平均濃度は，地獄谷センサーで0.71ppm，昭和湖センサーで9.05ppm，瞬間最大濃度は大地獄谷センサーにおいて，38ppm（2018年8月10日），昭和湖センサーにおいて334ppm（2018年8月19日）であった。

4.考察

昭和湖センサーにおいては，常に高濃度の$H_2S$が観測され，5分間平均濃度が100ppmを超える日も複数回観

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

測された。大地獄谷沿いの登山道脇でも5分間平均濃度が10ppmを超える日が複数観測され，登山者に対する早急な火山ガス対策を講じる必要がある。

キーワード：栗駒山、硫化水素ガス、連続観測、登山者対策
Keywords: Kurikoma Volcano, H2S gas, continuous observation, climer care

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

## [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)

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。

### [SVC38-P01] 反射法地震探査による有珠昭和新山屋根山の構造

*竹井 瑠一[1]、筒井 智樹[1,2]、多田 悠也[2]、森脇 知哉[2]、青木 陽介[3]、青山 裕[4]、丸山 豪[5] (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.東京大学地震研究所、4.北海道大学大学院理学研究院、5.株式会社マルテック)

### [SVC38-P02] 吾妻山の2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動

*岡田 純[1]、松浦 茂郎[2]、近江 克也[2]、山村 卓也[2]、丹原 裕[3]、関 晋[3] (1.気象庁気象研究所火山研究部（仙台分室）、2.気象庁仙台管区気象台地震火山課、3.気象庁仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

### [SVC38-P03] 吾妻山におけるBP型・BT型地震について

*吉開 裕亮[1]、森田 裕一[2]、近江 克也[3]、丹原 裕[4]、小林 宰[1] (1.気象庁火山課、2.東京大学地震研究所、3.仙台管区気象台地震火山課、4.仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

### [SVC38-P04] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学

*丸山 照頼[1]、鈴木 由希[2] (1.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修)

### [SVC38-P05] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物の産状と岩石学

*鈴木 由希[1]、福島 涼人[2] (1.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修)

### [SVC38-P06] 草津白根山の2018年の火山活動について

*小林 宰[1]、加藤 幸司[1]、末峯 宏一[1]、木村 一洋[1]、吉開 裕亮[1]、小川 康雄[2]、野上 健治[2]、神田 径[2]、寺田 暁彦[2] (1.気象庁火山課、2.東京工業大学理学部火山流体研究センター)

### [SVC38-P07] 草津白根火山周辺の噴気及び温泉ガス中の希ガス同位体組成

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、秋山 良秀[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、寺田 暁彦[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁　気象研究所、4.東京工業大学　理学院火山流体研究センター)

### [SVC38-P08] 本白根山における2018年噴火後の自然電位および地磁気全磁力観測

*山崎 明[1]、飯野 英樹[1]、田中 達朗[1] (1.気象庁地磁気観測所)

### [SVC38-P09] 新潟焼山第3・4期噴出物の石基組織解析及び化学組成分析による噴出プロセスの検討

*吉田 巧[1]、齋藤 武士[1] (1.信州大学大学院総合理工学研究科)

### [SVC38-P10] 水位変動・地震観測に基づく立山カルデラ新湯の地下構造の推定

*川口 亮平[1]、齋藤 直子[2]、鬼澤 真也[1] (1.気象研究所、2.気象庁富山地方気象台)

### [SVC38-P11] Real time monitoring of underground temperature in Jigokudani, Midagahara volcano using LPWA devices

*渡辺 了[1]、西日本電信電話株式会社 富山支店[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.西日本電信電話株式会社)

[SVC38-P12] 焼岳火山の山頂と1962-63年火口の噴気の化学・同位体組成

*齋藤 武士[1]、澤村 俊[2]、網田 和宏[3]、三島 壮智[4]、大沢 信二[4] (1.信州大学学術研究院理学系、2.信州大学大学院総合理工学研究科、3.秋田大学大学院理工学研究科、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[SVC38-P13] 北八ヶ岳，横岳最新2溶岩の年代推定および横岳最新期の火山砕屑物の特徴

*新田 寛野[1]、齋藤 武士[1]、下岡 順直[2] (1.信州大学総合理工学研究科、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科)

[SVC38-P14] 波形相関処理を用いた2007年御嶽山噴火日推定の試み

*西嶋 就平[1]、寺川 寿子[1]、堀川 信一郎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P15] 2007年および2014年御嶽山噴火前後に発生した山頂付近の地震活動

*山中 佳子[1]、堀川 信一郎[1]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P16] 傾斜計データにおける降雨及び融雪補正の効果　　－御嶽山への適用例－

*木村 一洋[1,5]、河島 克久[2]、松元 高峰[2]、佐々木 明彦[4]、伊豫部 勉[3]、宮村 淳一[1]、中橋 正樹[1] (1.気象庁地震火山部火山課、2.新潟大学災害・復興科学研究所、3.京都大学大学院工学研究科、4.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、5.新潟大学自然科学研究科)

[SVC38-P17] **2011年3月15日の静岡県東部地震による富士山周辺域のb値の空間分布への影響**

*村越 匠[1]、宮下 智成[2] (1.防衛大学校、2.航空自衛隊)

[SVC38-P18] 伊豆半島東部伊東沖の海底火山手石海丘の現状

*山中 寿朗[1]、川田 佳史[2]、野口 拓郎[3]、八田 万有美[3]、岡村 慶[3] (1.東京海洋大学、2.東北大学、3.高知大学)

[SVC38-P19] 伊豆大島最北部碁石浜におけるカルデラ形成以前の火山噴出物とその堆積年代

*寺山 怜[1]、鈴木 毅彦[1]、小林　淳[2] (1.首都大学東京都市環境科学研究科、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P20] 伊豆大島山頂付近の地震のSchusterの方法によるp値の時間変化について

*高山 博之[1] (1.気象庁気象研究所火山研究部第１研究室)

[SVC38-P21] 伊豆諸島北部、新島に分布する第四紀後期テフラの標準層序と岩石学的・地化学的特性―火山ガラスの主元素組成、斜方輝石、角閃石類の屈折率を中心に―

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、西澤 文勝[1,2]、村田 昌則[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所)

[SVC38-P22] **伊豆諸島神津島火山の最新期活動におけるテフラ層序とその噴火史**

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、西澤 文勝[2]、鈴木 毅彦[1,3] (1.首都大学東京 火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所、3.首都大学東京 都市環境学部)

[SVC38-P23] 三宅島・神津島・八丈島周辺の震源分布の特徴：速度構造との関連性

*萩原 弘子[1]、渡辺 秀文[1] (1.東京都庁)

[SVC38-P24] GNSSキャンペーン観測による三宅島の地殻変動（2013年～2015年）

*渡部 陽奈[1]、松島 健[2]、福井 海世、渡邉 篤志[3]、及川 純[3]、奥田 隆[4]、小澤 拓[5]、宮城 洋介[5] (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.東京大学地震研究所、4.名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター 、5.防災科学技術研究所)

[SVC38-P25] 伊豆諸島御蔵島で確認されたテフラの記載岩石学的特徴

*田野 智大[1]、鈴木 毅彦[1,2]、小林 淳[2]、村田 昌則[2] (1.首都大学東京都市環境科学部、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P26] Pseudo thermal anomalies in the shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation

*金子 隆之[1]、安田 敦[1]、吉崎 徳人[2]、高崎 健二[3]、本多 嘉明[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象庁気象衛星センター、3.水産研究・教育機構、4.千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

[SVC38-P27] 臨時地震観測と広帯域MT観測による雲仙火山浅部で発生する火山性地震の研究

*橋本 匡[1]、相澤 広記[2]、松島 健[2]、清水 洋[2]、林田 祐人[1]、湯浅 雄平[1]、塚本 果織[1]、山本 有人[3]、宮野 幹大[3]、神薗 めぐみ[1]、松本 聡[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学理学部地球惑星科学科)

[SVC38-P28] 雲仙火山浅部で発生する火山性地震の波形の特徴

*宮野 幹大[1]、清水 洋[2]、松島 健[2]、松本 聡[2]、相澤 広記[2]、橋本 匡[3]、林田 祐人[3]、湯浅 雄平[3] (1.九州大学理学部地球惑星科学科、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SVC38-P29] 雲仙普賢岳北東麓立野地区で見られる火砕物露頭と層序

*長井 大輔[1] (1.雲仙岳災害記念館)

[SVC38-P30] 相対重力計で観測された熊本県阿蘇地域における重力変化（2015-2018）

*宮内 佑典[1]、風間 卓仁[1]、福田 洋一[1]、吉川 慎[2]、大倉 敬宏[2]、西島 潤[3]、藤光 康宏[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学火山研究センター、3.九州大学大学院工学研究院)

[SVC38-P31] 阿蘇火山における水準測量2018

*大倉 敬宏[1]、吉川 慎[1]、井上 寛之[1]、横尾 亮彦[1]、宇津木 充[1]、山本 圭吾[2]、内田 和也[4]、前田 裕太[5]、堀川 信一郎[5]、松廣 健二郎[5]、奥田 隆[5]、田ノ上 和志[5]、木股 文昭[7]、村瀬 雅之[6]、森 済[6]、三島 壮智[3]、小松 信太郎[2]、高谷 真樹[3]、及川 純[8]、石井 杏佳[3]、宮内 佑典[3]、木村 育磨[3]、内田 雅喜[3]、仲井 一穂[3]、瀧下 恒星[3]、千葉 慶太[4]、橋本 匡[4]、神谷 義之介[4]、山本 有人[4] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター、2.京都大学防災研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.九州大学大学院理学研究院、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.日本大学文理学部、7.東濃地震科学研究所、8.東京大学地震研究所)

[SVC38-P32] 斜長石斑晶の化学組成から読み解く阿蘇カルデラ形成噴火第３サイクルにおけるマグマ進化

*松木田 悠希[1]、飯塚 毅[1]、牛久保 孝行[2]、清水 健二[2]、下司 信夫[3]、宮城 磯治[3]、浜田 盛久[2] (1.東京大学、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

[SVC38-P33] 噴火微動の継続時間と噴出量の関係

*森 亜津紗[1]、熊谷 博之[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SVC38-P34] 2018年3月の新燃岳噴火に伴う地殻変動

*渡部 豪[1]、横田 崇[1]、倉橋 奨[1]、榎本 賢大[1] (1.愛知工業大学)

[SVC38-P35] GNSS観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1] (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)

[SVC38-P36] GNSSデータによる姶良カルデラ周辺の広域上下変動

*仲井 一穂[1]、井口 正人[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、3.京都大学大学院理学研究科火山研究センター)

[SVC38-P37] 水準測量によって測定された桜島火山の地盤上下変動（2017 年11 月～2018 年11 月）

*山本 圭吾[1]、松島 健[2]、吉川 慎[3]、井上 寛之[3]、園田 忠臣[1]、瀧下 恒星[1]、仲井 一穂[1]、内田 雅喜[3]、大柳 諒[3]、神谷 義之介[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学防災研究所、2.九州大学理学研究院、3.京都大学理学研究科)

[SVC38-P38] 繰り返し相対重力観測で明らかになった桜島火山における1990年代以降の重力時空間変化

*大柳 諒[1]、風間 卓仁[1]、山本 圭吾[2]、大島 弘光[3]、岡田 和見[3]、園田 忠臣[2]、井口 正人[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.北海道大学地震火山研究観測センター)

[SVC38-P39] UAVを用いた噴火中の桜島火山の火口内状況把握

*三浦 俊介[1]、望月 拓実[1]、藤田 浩司[1]、浦山 利博[1]、佐々木 寿[1]、千葉 達朗[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC38-P40] **Seismic refraction and wide-angle reflection experiment in southern Kyushu, Japan: (3) the 2018 exploration report**

*宮町 宏樹[1]、高橋 浩晃[2]、青山 裕[2]、大園 真子[2]、椎名 高裕[6]、髙田 真秀[2]、一柳 昌義[2]、山口 照寛[2]、薄田 悠樹[2]、齊藤 一真[2]、伊藤 ちひろ[2]、村井 芳夫[2]、中垣 達也[2]、筒井 智樹[3]、竹井 瑠一[3]、多田 悠也[3]、山本 希[4]、平原 聡[4]、中山 貴史[4]、東 龍介[4]、鈴木 秀市[4]、佐藤 利典[5]、蔵下 英司[6]、安藤 美和子[6]、田中 伸一[6]、池澤 賢志[6]、山田 知朗[6]、中東 和夫[7]、前田 裕太[8]、堀川 信一郎[8]、松廣 健二郎[8]、奥田 隆[8]、辻 修平[8]、十川 直樹[8]、片尾 浩[9]、澁谷 拓郎[9]、三浦 勉[9]、中川 潤[9]、米田 格[9]、為栗 健[9]、瀧下 恒星[9]、仲井 一穂[9]、山下 裕亮[9]、松島 健[10]、内田 和也[10]、宮町 凛太郎[10]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、久保 武史[1]、坂尾 健有[1] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.北海道大学大学院理学研究院、3.秋田大学国際資源学部、4.東北大学大学院理学研究科、5.千葉大学大学院理学研究院、6.東京大学地震研究所、7.東京海洋大学学術研究院、8.名古屋大学大学院環境学研究科、9.京都大学防災研究所、10.九州大学大学院理学研究院)

[SVC38-P41] 幸屋火砕流の流動・堆積機構

*鈴木 桂子[1]、中岡 礼奈[1]、山根 朋己[2] (1.神戸大学 海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科)

[SVC38-P42] 開聞岳南方海域の崩れ地形の成因を海底地形とマルチチャンネル反射波地震探査から探る

*山口 寛登[1]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、堀内 美咲[3]、松野 哲男[2,3]、巽 好幸[2,3] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

[SVC38-P43] 口永良部島火山2018-19年噴火降下火砕物の産状と分布

*長井 雅史[1]、中川 正二郎[2]、入山 宙[1]、三輪 学央[1]、棚田 俊收[1]、上田 英樹[1]、中田 節也[1] (1.防災科学技術研究所 火山防災研究部門、2.屋久島地学同好会)

[SVC38-P44] ALOS-2/PALSAR-2干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動

*谷口 隆文[1]、影山 勇雄[1]、奥山 哲[2]、安藤 忍[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[SVC38-P45] **Volcano-hydrothermal inflation revealed by the spatial variation of stress field at the Tatun Volcano Group, northern Taiwan**

*Hsin-Chieh Pu[1]、Cheng-Horng Lin[2,3,4,5]、Ya-Ju Hsu[2]、Li-Chin Chang[3] (1.Central Weather Bureau, Taiwan, ROC.、2.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ROC.、3.Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan, ROC.、4. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, ROC.、5.National Center for Research on Earthquake Engineering, National Applied Research Laboratories, Taipei, Taiwan, ROC.)

[SVC38-P46] インドネシア・クラカタウ火山の2018年12月噴火に伴う地形変化と地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、山田 晋也[1] (1.国土地理院)

# 反射法地震探査による有珠昭和新山屋根山の構造
# The structure of Showa-Shinzan Yaneyama Usu by seismic reflection surveys

*竹井 瑠一[1]、筒井 智樹[1,2]、多田 悠也[2]、森脇 知哉[2]、青木 陽介[3]、青山 裕[4]、丸山 豪[5]
*Ryuichi Takei[1], Tomoki Tsutsui[1,2], Yuya Tada[2], Tomoya Moriwaki[2], Yosuke Aoki[3], Hiroshi Aoyama[4], Go Maruyama[5]

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. 東京大学地震研究所、4. 北海道大学大学院理学研究院、5. 株式会社マルテック
1. Graduate School of International Resource Sciences, The University of Akita, 2. Faculty of International Resource Sciences, The University of Akita, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 4. Graduate school of Science, The University of Hokkaido, 5. Marutec Co., Ltd.

有珠昭和新山屋根山で反射法地震探査を行い, 溶岩ドーム基部の浅部構造を推定した. 有珠昭和新山は1943-1945年に形成された若い火山である. 頂部標高がおよそ406.9mの溶岩ドーム構造と屋根山と呼ばれる饅頭型の台地から成るのが特徴である. 昭和新山ではこれまで様々な物理的探査手法や地質調査が行われており, その形成過程やマグマの供給経路について議論されてきた. しかし屋根山の詳細な構造については未解明な部分が多い.

本研究では2017, 2018両年にそれぞれ2測線の計4測線の観測を行い, データを取得した. 測線は溶岩ドーム東側ではほぼ東西方向に2測線(Y17, Y18), 溶岩ドーム南西側のグレン谷で2測線(G17, G18)を設けた. 2017年測線(Y17, G17)ではどちらも受振点は24ポイントで6.3kgのハンマーを震源とした. 2018年測線(Y18, G18)はどちらも受振点は48ポイントで三笠産業製のタンピングランマー(MT-55L)を震源とした. 測線の展開方式はすべてsplit-spread方式を採用した. 受振器間隔はY測線では4m, G測線では3mとした. 得られた波形記録の反射法地震探査解析処理にはSU(Seismic Un*x)を用いた. タンピングランマーを震源とした場合には, 反射法解析を行う為に”SOSIE”という原理に基づき前処理が必要である (横倉ほか, 1983).

すべての測線で反射断面および時間断面を得た. 特に, G18測線では深さ約100mまでの反射断面を得ることができ, 深さ80m程度まで測線中央に向かって深くなっている緩やかな谷底のような構造が確認できた. また深さ100m程には, ほとんど水平と思われる境界が表れている.

今後は屈折トモグラフィー解析を行うとともに, 既往データとの比較を行うなどの統合解析の実施を検討している.

キーワード：反射法地震探査、昭和新山
Keywords: Seismic reflection survey, Showa-Shinzan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 吾妻山の2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動
# Ground deformation associated with the 2014-2015 and the 2018-2019 volcanic activities at Azumayama

*岡田 純[1]、松浦 茂郎[2]、近江 克也[2]、山村 卓也[2]、丹原 裕[3]、関 晋[3]
*Jun Okada[1], Shigeo Matsuura[2], Katsuya Ohmi[2], Takuya Yamamura[2], Yu Nihara[3], Susumu Seki[3]

1. 気象庁気象研究所火山研究部（仙台分室）、2. 気象庁仙台管区気象台地震火山課、3. 気象庁仙台管区気象台地域火山監視・警報センター
1. Volcanology Research Department (Sendai Office), Meteorological Research Institute, JMA, 2. Seismology and Volcanology Division, Sendai Regional Headquarters, JMA, 3. Regional Volcanic Observation and Warning Center, Sendai Regional Headquarters, JMA

吾妻山は、東北日本弧の火山フロント上に位置する玄武岩～安山岩質の活火山である。有史以降の噴火は、一切経山大穴火口とその周辺で発生しており、水蒸気噴火が主体である。1977年12月を最後に以後40年以上噴火は発生していないが、近年、様々な火山現象が観測によって捉えられている。2003-2009年におよそ2-3年の周期でみられた大穴火口付近の局所的な膨張と収縮は、それぞれ地震回数の多い時期と少ない時期に対応し、その変動源は大穴火口直下に求まる（吉田・他、2012）。これは、山崎・他（2010）による熱消磁源の位置にほぼ一致している。また、2008-2011年に大穴火口で噴気活動が活発化した際には、植木・他（2010）が単色地震の活動が活発化したことを報告しており、周波数解析から水蒸気噴火の温床となる浅部熱水系の特徴が明らかにされつつある（鳥本、2016）。より近年では、2014-2015年及び2018-2019年に火山活動が活発化し、気象庁は、それぞれ2014年12月及び2018年9月に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを1から2へ引き上げた。両者の活動では、地震活動や熱活動の活発化とともに、数か月単位で継続する山体膨張が傾斜計やGNSS連続観測などによって捉えられた。

2014-2015年の活動では、浄土平の傾斜計で2014年7月下旬から西上がりの変化が観測され、GNSS連続観測では2014年9月頃から一切経山付近の膨張を示唆する変化が見られ始めた。地震活動は、これらの地殻変動に呼応するように10月頃から始まり、12月から翌年1月中旬頃にかけて活発化した。一方、2018-2019年の活動では、浄土平の傾斜計で2018年5月頃から緩やかな西上がりの変化が見られ始め、7月22日の火山性微動発生以後はその変動率を上げて推移している（2019年2月時点）。GNSS連続観測でも、2018年5月頃から山体の膨張を示す変化が見られている。また、地震活動は、2018年8月中旬頃から増減を繰り返しながら活発化し、地震回数は2019年に入ってもやや多い状態で経過している（2019年2月時点）。

2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動は、ともに地震活動の活発化に先行して始まる膨張性の変動であり、傾斜変化は数カ月以上、ほぼ同じ方向と変化率を保ったまま推移するなど、強い類似性が認められる。一方、いくつかの相違点も指摘できる。2018-2019年の活動は、(1) 2014-2015年の活動と比べ火山性微動の発生回数が多く、(2) 2018年7月22日の火山性微動発生とそれ伴う比較的大きな傾斜変化（浄土平観測点で1μrad程度）が直接のきっかけとなって始まった可能性があり、(3) 7月22日を含むいくつかの火山性微動の発生時に、隣の安達太良山の山腹に設置している傾斜計で大穴火口方向が下がる変化が明瞭に観測されているという特徴をもつ。これらの事実は、2014-2015年と2018-2019年の火山活動の地下のプロセスの違いを示しているかもしれない。また、もし、(3)の傾斜変化を吾妻山の深部での収縮と仮定するならば、大穴火口周辺で生じている膨張現象は、深部マグマ溜まりから浅部熱水系への高温の火山性流体（火山ガスなど）の間欠的な注入によってトリガーされている可能性があり、2018年7月下旬頃に始まった火山ガスの組成比（$SO_2/H_2S$）の上昇やその後の大穴火口周辺での地熱域の拡大など他の観測事実も説明可能である。

キーワード：吾妻山、地殻変動、GNSS、傾斜計、火山性地震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: Azumayama, deformation, GNSS, tiltmeters, volcanic earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 吾妻山におけるBP型・BT型地震について
# BP-type and BT-type volcanic earthquakes in Azumayama

*吉開 裕亮[1]、森田 裕一[2]、近江 克也[3]、丹原 裕[4]、小林 宰[1]
*Yusuke Yoshigai[1], Yuichi Morita[2], Katsuya Ohmi[3], Yu Nihara[4], Tsukasa Kobayashi[1]

1. 気象庁火山課、2. 東京大学地震研究所、3. 仙台管区気象台地震火山課、4. 仙台管区気象台地域火山監視・警報センター
1. Volcanological Division, Japan Meteorological Agency, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Seismology and Volcanology Division, Sendai Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency, 4. Regional Volcanic Observation and Warning Center, Sendai Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency

山形県と福島県の県境に位置する吾妻山では，2018年７月22日に火山性微動が発生し，浄土平総合観測点（大穴火口の東南東約１km）の傾斜計では火口方向上がりの変動が顕著となった．火山性地震は８月以降増減を繰り返しながらも多い状態であり，火山活動が活発な状態が継続している．気象庁では，９月13日に火口周辺警報を発表し，噴火警戒レベルを１（活火山であることに留意）から２（火口周辺規制）に引き上げた．

大穴火口周辺では主に高周波成分が卓越するBH型，低周波成分が卓越するBL型，ハーモニックな波形を持つBP型・BT型の火山性地震が発生している．火山性地震は概ね大穴火口付近の深さ１km以浅で発生する．

2018年７月から10月にかけてはBH型地震が主に発生し，11月になるとBL型地震やBP型・BT型地震の割合が若干増加した．その後，BL型地震の割合は減少したが，BP型・BT型地震の割合はさらに増加し，火山性地震に占めるBP型・BT型地震の割合が11月には25%，12月以降は40～50%と現在も多い状態となっている．2018年７月以降に発生したBP型・BT型地震は，2010年から2011年にかけて発生したBP型・BT型地震で見られた，単一な周波数ピークを持つ減衰振動の他，複数の周波数ピークを持つ減衰振動，波の立ち上がり付近に高周波なイベントを伴うものや近接する周波数ピークにより共鳴しているもの等様々なタイプが発生しており，卓越周波数の系統的な変化はみえない．本発表では，2018年７月以降に発生したBP型・BT型地震について，波形の形や振幅比等に着目した結果を紹介する．

本調査は，東京大学地震研究所と気象庁地震火山部の間の地震・火山防災研究分野における連携・協力に関する協定の下，東京大学地震研究所の設備を利用し，地震研究所の皆様と議論させて頂きました．関係の皆様に謝意を表します．

キーワード：吾妻山、火山性地震、N型地震
Keywords: Azumayama, Volcanic Earthquake, N-type Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学
# The occurrence and petrology of the fine-grained pyroclastic materials of the Futatsudake-Shibukawa eruption in Haruna volcano.

*丸山 照頼[1]、鈴木 由希[2]
*Teruyoshi Maruyama[1], Yuki Suzuki[2]

1. 早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修、2. 早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修
1. Department of Earth Sciences, School of Education , Waseda University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Education and Integrated Arts of Sciences, Waseda University

榛名火山は、東北日本弧最南端に位置する第四紀複合成層火山である。榛名火山の約50万年間の活動を、下司・竹内 (2012) は約20万年間の活動休止期を挟む、古期榛名火山 (500-240ka) と新期榛名火山(45ka-) に分類した。榛名火山の最新の活動は二ッ岳において発生した渋川噴火（5世紀後半～6世紀初頭）と伊香保噴火（6世紀後半～7世紀初頭）である（年代は下司・大石 (2011) によるもの）。早田（1989）で記載された2つの噴火の堆積物の層相を参考にすると、渋川噴火では溶岩ドームの爆発的破壊によって火砕流が発生し、伊香保噴火では噴煙柱の崩壊により火砕流が発生したものと考えられる。Suzuki and Nakada (2007) は、二ツ岳伊香保噴火について詳細な岩石学的検討を実施した。マッシュ状の珪長質マグマに苦鉄質マグマが注入し、マッシュ状の珪長質マグマの一部が混合マグマや加熱された珪長質マグマとなったこと、さらに、これらが火道を開栓することで、残りのマッシュ状マグマも噴出するに至ったことが示された。しかし、二ッ岳渋川噴火に対するマグマ供給系および噴火誘発過程を議論した岩石学的研究はない。したがって本研究では渋川噴火のマグマ供給系、並びに、噴火誘発過程の理解を目的として、噴出物の全岩組成分析および薄片記載を行った。特に本研究では、噴火の推移および噴火に関わったマグマの時間変化を明らかにするため、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物ではなく、細粒火砕堆積物を研究対象とした。

榛名火山北東麓～東麓の4露頭（はるな平和墓苑東方、軽浜、水沢南、有馬）から渋川噴火の細粒火砕堆積物のサンプル採取を行った。いずれの露頭も、早田 (1989) によって示された厚い火砕流（ブロック・アンド・アッシュ・フロー）の分布域の縁辺に存在している。したがって本研究の研究露頭は、流走する火砕流より、火砕サージ堆積物が供給されるような地域 (Fujii and Nakada, 1999) に位置しているといえる。はるな平和墓苑東方、軽浜、有馬の露頭では基底部もおさえることができた。露頭において層相により、複数のユニットに区分した。採取したサンプルに含まれる本質軽石は白色、淡灰色、灰色の3種類の色彩を呈していた。サンプルに含まれる22個の本質軽石に対して全岩組成分析を行った結果、$SiO_2$＝60.7-61.9 wt.%であり、軽石は珪長質安山岩だと分かった。全岩組成分析を行った軽石試料から選別した10試料の軽石と、軽浜の露頭の下位ユニットから採取した火山灰1試料に対して薄片作成と薄片記載を行った。全岩組成分析の行えるサイズの軽石だけでは、基底部から上位層に向けてのマグマ組成の変化を議論できないため、火山灰試料の検討が必要である。軽石薄片の全試料において、斑晶組み合わせは斜長石、角閃石、斜方輝石、鉄チタン酸化物であった。これらの斑晶は、集斑晶として共存しているので、晶出時には平衡状態にあったといえる。火山灰薄片からは遊離結晶（斜長石、角閃石、斜方輝石）、軽石粒子、溶岩粒子が見られた。軽石薄片と火山灰薄片の全試料において、汚濁帯を呈する斜長石が確認できたことから、噴火に関わったマグマは、高温マグマとの混合またはそれによる加熱を経た可能性が高い。また、どちらの試料からも高温マグマ由来の結晶の存在が確認できなかったことから、高温マグマとの混合を経た場合、高温マグマは無斑晶質のマグマであったことが分かる。軽石試料は、色彩の相違に関わらず、全岩組成と斑晶組み合わせが等しいことから、それぞれを形成したマグマはマグマ溜まり内では均質であったと考えられる。灰色軽石の全5試料のうち、4試料から、石基結晶および分解縁を持つ角閃石が確認できたことから、灰色軽石を形成したマグマは白色軽石を形成したマグマとは異なる上昇過程を経たことが考えられる。

鈴木・福島（2019；本大会）は、榛名山東麓の渋川噴火のブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物に含まれる軽石に対して岩石学的研究を行っている。全岩組成は$SiO_2$=60.6-61.6wt.%であり、細粒火砕物に含

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

まれる軽石の全岩組成に近い。また斑晶組み合わせや斜長石の汚濁帯や角閃石の分解縁といった斑晶の組織が等しいことから、2つの堆積物を形成したマグマはマグマだまりでは均質であった可能性が高いことがわかった。噴出直前までこの2つを形成したマグマが同一だった場合、火砕流が榛名山北東麓～東麓を流れる河谷を流れ下る際に、岩塊流と火砕サージに分かれた。その結果、河川からの距離によってブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物と細粒火砕堆積物の異なる産状が形成されたと考えられる。

キーワード：榛名火山、ブロック・アンド・アッシュ・フロー、火砕サージ、マグマ混合、高温マグマによる加熱、噴火誘発
Keywords: Haruna volcano, Block and ash flow, Pyroclastic surge, Magma mixing, Heating from hotter magma, Eruption trigger

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物の産状と岩石学

# The occurrence and petrology of the block and ash flow deposit from the Futatsudake-Shibukawa eruption, Haruna volcano

*鈴木 由希[1]、福島 涼人[2]
*Yuki Suzuki[1], Ryouto Fukushima[2]

1. 早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修、2. 早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修
1. Department of Earth Sciences, Faculty of Education and Integrated Arts of Sciences, Waseda University, 2. Department of Earth Sciences, School of Education, Waseda University

榛名火山は東北日本弧の最南端に位置する活火山である。 最新の活動は二ッ岳において発生した渋川噴火（5世紀後半～6世紀初頭）と伊香保噴火（6世紀後半～7世紀初頭）である（年代は下司・大石 (2011)）。早田（1989）の記載した火砕物の層相を参考にすると、渋川噴火（0.4 DRE $km^3$ ）では溶岩ドームの爆発的破壊により火砕流が発生し、伊香保噴火（0.99 DRE $km^3$）では噴煙柱の崩壊により火砕流が発生したといえる（噴出量は山元（2013））。Suzuki and Nakada (2007)は伊香保噴火を検討し、マッシュ状の珪長質マグマに高温マグマが注入し、その結果発生した低粘性のマグマ（加熱を受けた珪長質マグマと混合マグマ）が火口を開栓し、マグマ溜りに残っていたマッシュ状マグマも噴出するという噴火誘発モデルを提案した。同じ火口から最短で数十年前に発生していた渋川噴火も、共通のマグマ供給系が源となっている可能性が高い。そこで2噴火の準備過程を連続した視点で読み解くことが不可欠である。

渋川噴火の露頭は、ブロック・アンド・アッシュ・フロー（BAF）堆積物が主体の露頭（本発表）と、水蒸気爆発や火砕サージに由来する細粒火砕物の露頭（丸山・鈴木, 2019；本大会）に大別される。河谷に近い位置にBAF堆積物の露頭が、遠ざかった位置に細粒火砕物の露頭が存在する。渋川噴火のBAF堆積物には比較的大型の本質軽石ブロック（～30cm）が含まれる特徴がある。そのため最大でも火山礫サイズの軽石のみが含まれる細粒火砕堆積物に比べ、全岩組成分析等において有利である。本研究では、榛名山北東麓の大輪川沿い（中野）と登沢川沿い（下川島）、南東麓の榛名白川沿い（松之沢・西明屋）の合計4露頭にて、調査及びサンプリングを実施した。北東麓では黒ボク土を挟んで上位に二ツ岳伊香保噴火の降下軽石が存在することで、渋川噴火の産物であることが確認できた。南東麓のBAF堆積物は、従来、45kaの榛名カルデラ噴火の産物と考えられていた。しかし下司・大石（2011）の炭素14年代測定により渋川噴火のものと判明した。BAF堆積物は狭在する火山灰層により複数のユニットに分割できる場合もあった（全面露頭であった中野・下川島など）。本質ブロックは、どの露頭・ユニットでも、白色・灰色・濃灰色に分類された。色彩の異なる部分が縞状に分布していたり、あるいは不規則に混在しているブロックも確認された。

ブロックが比較的新鮮であった（西明屋を除く）3露頭から、色彩を網羅する合計21試料を検討した。東大地震研にて外西・他（2015）の方法で全岩組成を分析したところ$SiO_2$量が60.6-61.7wt%と非常に均質で珪長質安山岩であった。さらに北東麓と南東麓とで、全岩組成に系統差がないことも判明した。雲仙1991-1995年噴火では噴出マグマの組成に時間変化があり、しかも火砕流の流下方向に時間変化があった（Nakada and Motomura, 1999）。今回のデータの範囲では、渋川噴火について、組成と流下方向の時間変化を示す関係は見られない。軽石の色彩を網羅する6試料について薄片を作成し、記載岩石学的特徴を予察的に検討した。斑晶鉱物として角閃石、斜方輝石、斜長石、石英、Fe-Ti酸化物を確認した。石英は8薄片に1粒子しか存在せず非常に希である。石英を除き、斑晶は互いに集斑晶を形成しており平衡晶出したと推測される。斜長石のリムには汚濁帯が観察され、噴火直前にメルトが未分化になったことを示す。メルトを未分化にするプロセスとして、高温マグマとの混合か、高温マグマによる加熱の可能性が挙げられる。マグマ混合が起きたのであれば、高温マグマは無斑晶質であったと考えられる。軽石の色彩により、全岩組成や斑晶組み合わせが変化しないことから、色の差は石基結晶量の相違（Gardner *et al.*, 1998）によりもたらされた可能性が高い。角閃石の分解縁も、濃灰色のブロックのみで観察された。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Suzuki and Nakada (2007)によると、伊香保噴火の初期には加熱された珪長質端成分マグマが、中盤には加熱も受けていない珪長質端成分マグマが、両者とも白色軽石（60～62 wt.% $SiO_2$）として噴出している。白色軽石は角閃石、斜方輝石、斜長石、Fe-Ti酸化物の斑晶を含んでいる。以上のことから、渋川噴火と伊香保噴火では、互いによく似た珪長質マグマが活動した可能性が高い。伊香保噴火では、苦鉄質マグマの混合の明らかな噴出物（灰色軽石や溶岩、～57.5 wt.% $SiO_2$）が確認されている。2噴火で共通の珪長質マグマが活動したのなら、渋川噴火の噴出物の生成における高温マグマの混合比は（仮に起きていても）非常に小さかったということになる。今後、渋川噴火の噴火誘発過程を詳しく調べることはもちろんのこと、伊香保噴火の珪長質マグマ由来の斑晶に、噴火の数十年前の高温マグマによる加熱・混合の影響が残っているのか調べてみる必要がある。

キーワード：榛名火山、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物、マッシュ状珪長質マグマ、噴火誘発、マグマ混合、高温マグマによる 加熱
Keywords: Haruna volcano, Block and ash flow deposit, Mush-like felsic magma , Eruption trigger, Magma mixing, Heating from hotter magma

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 草津白根山の2018年の火山活動について
# Report of Volcanic Activity at Kusatsu-Shiranesan in 2018

*小林 宰[1]、加藤 幸司[1]、末峯 宏一[1]、木村 一洋[1]、吉開 裕亮[1]、小川 康雄[2]、野上 健治[2]、神田 径[2]、寺田 暁彦[2]
*Tsukasa Kobayashi[1], Koji Kato[1], Koichi Suemine[1], Kazuhiro Kimura[1], Yusuke Yoshigai[1], Yasuo Ogawa[2], Kenji Nogami[2], Wataru Kanda[2], Akihiko Terada[2]

1. 気象庁火山課、2. 東京工業大学理学部火山流体研究センター
1. Volcanological Division, Japan Meteorological Agency, 2. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

草津白根山は群馬県北西部にある活火山で，気象庁の常時観測火山のひとつである．南東側に低くなる第三紀火山岩からなる基盤山地上に，非対称に成長した安山岩･デイサイトの成層火山で，西端部の最高所付近に白根山・逢ノ峰・本白根山等の火砕丘群が南北に並んでいる．最新のマグマ噴火は約3000年前に発生しており，有史以降の噴火は1902年の弓池付近までを含む白根山山頂周辺，および本白根山付近で起き，近年の噴火活動はすべて水蒸気爆発である．

草津白根山では，2018年に入って，１月には本白根山が噴火し，4月以降は、湯釜付近の地震活動が活発化するなど，活動の高まりがみられている．本発表では，2018年の草津白根山の火山活動について紹介する．

草津白根山の本白根山では，2018年1月23日10時02分に，水蒸気噴火が発生した．噴火開始前の09時59分から火山性微動が発生し，東京工業大学が湯釜付近に設置している傾斜計でも南方が上昇する傾向の傾斜変動が観測された．10時02分頃，低周波地震発生とともに，傾斜変動は，湯釜からみて南方向が下がるセンスに転じた．

噴火発生後，鏡池北火口付近ごく浅部を震源とするごく微小な火山性地震（BH型地震）が多発したが，徐々に減少していった．

そういった中，2018年４月下旬に，湯釜付近浅部を震源とする地震が急増し,その後，湯釜付近に設置している傾斜計で湯釜付近浅部の膨張を示す地殻変動が観測されはじめた．また，地磁気観測では，熱消磁を示す全磁力変化が４月頃より観測された．

9月上旬には，地震活動はやや低下し、傾斜変動も鈍化する傾向がみられたものの，9月28日に，再び，湯釜付近浅部を震源とする地震が急増し，傾斜計でも，4月と同様の地殻変動が再び観測されだした．その後，地震活動は低下したもの，2019年１月においても継続している．

草津白根山周辺の広域のGEONET日座標値（F3解）に、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の余効変動、季節変動、各観測点の共通変動除去などを行い、気象庁のGNSS観測点の解析結果と結合した結果，2014年から2015年にかけて地震活動が高まった時期に，草津白根山の北西の深部膨張を示唆する解析結果が得られ，類似した変化が2018年に入ってから，幾つかの観測点で確認できる．

謝辞:気象庁地磁気観測所には，全磁力連続観測による全磁力値の解析データを提供頂きました．ここに御礼申し上げます．

キーワード：草津白根山、水蒸気噴火、地震活動、地殻変動、地磁気全磁力変化
Keywords: Kusatsu-Shiranesan, phreatic explosion, earthquake activity, ground deformation, variation of geomagnetic total intensity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 草津白根火山周辺の噴気及び温泉ガス中の希ガス同位体組成
# Noble gas isotope composition of fumaroles and hydrothermal gases around Kusatsu-Shirane volcano

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、秋山 良秀[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、寺田 暁彦[4]
*Kotaro Toyama[1], Hirochika Sumino[1], Kaori Kawana[1], Yoshihide Akiyama[1], Takeshi Ohba[2], Muga Yaguchi[3], Akihiko Terada[4]

1. 東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2. 東海大学　理学部化学科、3. 気象庁　気象研究所、4. 東京工業大学　理学院火山流体研究センター
1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 3. Meteorological Research Institute, 4. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

Mount Kusatsu-Shirane, an active stratovolcano consisting of three pyroclastic cones (from north to south, Mt. Shirane, Mt. Ainomine, and Mt. Motoshirane) erupted on 23 January 2018 at Mt. Motoshirane. This eruption was a phreatic eruption, which often occur without magma movement. Therefore, there is no or very small precursor geophysical signals. In contrast, the chemical and isotopic compositions of volcanic gases can change reflecting pressure rise of a gas reservoir which caused the phreatic eruption. Especially, helium isotope ratio ($^3He/^4He$) is regarded as a useful tracer for the volcanic activity, because it exhibits unique values corresponding to the origin (e.g., 7-8 Ra in the mantle and < 0.1 Ra in the curst, where 1 Ra denotes atmospheric $^3He/^4He$ ratio of $1.4\times10^{-6}$ [1]). Some studies have reported pre-eruptive $^3He/^4He$ anomalies, suggesting the increase of supply of the magmatic helium into the hydrothermal system preceding eruption [2,3].

We report the noble gas (He, Ne, Ar) isotopes of fumaroles and hot-spring gases collected from 9 sites around Kusatsu-Shirane volcano during 2014 and 2018. The measured $^3He/^4He$ ratios were corrected for atmospheric contamination based on $^4He/^{20}Ne$ ratios. The air-corrected $^3He/^4He$ ratio of Sesshogawara fumarole, located on 2 km east of the 2018 phreatic vent, had been constant at 7.0-7.5 Ra during 2014 and 24 January 2018, and dropped to 6.5 Ra on 13 February 2018. The $^3He/^4He$ ratio increased to 7.6 Ra on 21 May 2018 and has been constant at about 7.5 Ra. The $^3He/^4$ He ratios of bubbling gases of Kusatsu-Yubatake hot spring, which located on 5 km east of the 2018 phreatic vent, had been constant at 6.5-6.9 Ra during 2014 and 12 February 2018, decreased to 6.0 Ra on 3 June 2018, and then increased to 7.5 Ra on 6 August 2018. The $^3He/^4$ He ratios of Hoshimata fumarole, which located on 3 km west of the 2018 phreatic vent, increased from 6.2 Ra to 7.3 Ra during 2 March 2018 and 19 June 2018. The trends observed in these sites seem to be associated with the 2018 eruption with different time lags, which may reflect the migration distance from the 2018 phreatic vent to the sites.

In Kusatsu-Shirane area, two hydrothermal reservoirs, one of which is located beneath Yugama crater of Mt. Shirane and the other is located beneath Mt. Motoshirane (between Ainomine and Mt. Motoshirane), have been proposed [4]. The $^3He/^4He$ ratios (7.2-8.1 Ra) of Kitagawa fumaroles on the northern flank of Mt. Shirane near the Yugama crater, may reflect the values of the gases derived from the hydrothermal reservoir beneath Mt. Shirane. On the other hand, the lower $^3He/^4He$ ratios observed in Sesshogawara, Kusatsu-Yubatake and Hoshimata after the eruption may result from another contribution from a reservoir having lower $^3He/^4He$ ratios (less than 6.5 Ra), which could be attributed to the hydrothermal reservoir beneath Mt. Motoshirane. The reservoir beneath Mt. Motoshirane may be enriched in radiogenic $^4He$ derived from the crust, because Mt. Motoshirane has not erupted for last 1500 years [5].

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

It has been proposed that the 2018 eruption was caused by sealing of gas pathway from magma to the hydrothermal reservoir beneath Mt. Shirane [4]. This would result in decrease of supply of magmatic gas with high $^{3}He/^{4}He$ ratio to Sesshogawara, Kusatsu-Yubatake, and Hoshimata. Therefore, the low $^{3}He/^{4}He$ ratios observed in these sites after the 2018 eruption may reflect relative increase of the contribution of gas supplied from the Mt. Motoshirane hydrothermal reservoir. In contrast, the high and relatively constant $^{3}He/^{4}He$ ratios at all of the sites since August 2018 suggest that the gas from the reservoir beneath Mt. Shirane is dominant. Ohba et al. [4] proposed that supply of magmatic gas to the Mt. Motoshirane reservoir increased before the eruption as a result of the sealing of gas pathway from magma to the Mt. Shirane reservoir, and that it caused high fluid pressure of the reservoir and subsequent phreatic eruption at Mt. Motoshirane. This implies that $^{3}He/^{4}He$ ratio of the Mt. Motoshirane reservoir also increased from a lower value to a higher value less than 6.5 Ra before the eruption. Although further study is necessary to constrain $^{3}He/^{4}He$ ratios of the reservoirs, the remarkable temporal $^{3}He/^{4}He$ variation after the eruption can be accounted for by the change in mixing ratio of the gases from the two reservoirs.

References: [1] Ozima and Podosek (2002) Noble Gas Geochemistry.; [2] Padrón et al. (2013) Geol.; [3]Paonita et al. (2016) Geol.; [4]Ohba et al. (2018) JpGU2018, SVC41-38.; [5]Nigorikawa et al. (2016) JpGU, SVC48-11.

キーワード：希ガス、火山ガス、草津白根山、火山噴火、時間変化
Keywords: Noble gas , Volcanic gas, Kusatsu-Shirane volcano, Volcanic eruption, Temporal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 本白根山における2018年噴火後の自然電位および地磁気全磁力観測
# Self-potential and geomagnetic total intensity observations at Motoshirane volcano after the 2018 eruption

*山崎 明[1]、飯野 英樹[1]、田中 達朗[1]
*Akira Yamazaki[1], Hideki Iino[1], Tatsurou Tanaka[1]

1. 気象庁地磁気観測所
1. Kakioka Magnetic Observatory

2018年1月23日、草津白根山の本白根山で水蒸気噴火が発生し、鏡池北火砕丘や鏡池に複数の噴火口が形成された。噴火後、一時活発化した噴火口付近のごく浅部を震源とする地震活動は減少し、また噴気等の熱的な表面活動も同年2月下旬以降は終息している。気象庁地磁気観測所では噴火後の本白根山地下の熱的状態を把握することを目的として、本白根山山頂周辺部において自然電位観測および地磁気全磁力観測を実施した。

自然電位の測定はこれまでに数多くの火山で実施され、火山活動との関係について研究され、主に火山地下浅部の熱水対流との関係性について議論されてきた。しかし、最近の研究では、自然電位分布は比抵抗構造や浸透率、ゼータ電位等に依存し、解釈が難しい面のあることも指摘されている。本白根山においては、2003年の第４回草津白根山集中総合観測（以下、2003年集中観測と略す）で実施された自然電位観測の中で、鏡池北火砕丘の北部から東部の遊歩道沿いで自然電位測定がなされたのが唯一であり、山頂部周辺の自然電位の全体的分布はこれまでわかっていなかった。

こうした背景を踏まえ、2018年6月30日から7月2日にかけて本白根山山頂部周辺の約130点において自然電位の測定を実施した。電極は銅・硫酸銅電極を使用し、測定間隔は約50ｍ、測定方法はいわゆる全電位法で行った。地形効果の補正は、鏡池の東側斜面の測線において標高と電位に明瞭な負の相関(-1.3mV/m)が認められたため、この相関係数を全測点に適用することにより行った。その結果、本白根山山頂部周辺では200～500mVの正の電位分布を示すことがわかった。特に鏡池の西～南西側や、2018年の噴火の主噴火口がある鏡池北火砕丘の周縁部などで局所的に電位が高い領域が認められた。これらの領域では、山体上部への熱水の流れが周囲よりも卓越していることが可能性の一つとして考えられる。また、2003年集中観測時の測定結果と比較したところ、鏡池北火砕丘噴火口の北～北東部において100mV程度の有意な電位の時間変化のあることがわかった。この変化は2018年の噴火に関連して地下水の流れが変わったことを反映している可能性も示唆される。

地磁気全磁力観測については、本白根山山頂部周辺に全磁力繰返し観測点を10点選定し携帯型のプロトン磁力計を用いて観測をおこなった。2018年6月（6/28-30）に1度目の観測をした後、8月(8/28-29)および10月(10/7)に繰返し観測を実施した。その結果、約3ヶ月の期間に明瞭な全磁力変化は観測されず、噴火後の本白根山において急速な熱消磁もしくは冷却による帯磁は発生していないことが確認された。

なお、自然電位および地磁気全磁力とも今年再度観測を行い、時間的変化の有無を調査する予定である。

キーワード：草津白根山、本白根山、自然電位観測、全磁力繰返し観測、熱消磁
Keywords: Kusatsu-Shirane volcano, Motoshirane volcano, Self-potential observation, Geomagnetic total intensity observation, Thermal demagnetization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新潟焼山第3・4期噴出物の石基組織解析及び化学組成分析による噴出プロセスの検討

# Eruption processes of the 3rd and 4th stage of Niigata-Yakeyama Volcano, Japan, inferred from microlite texture and chemical composition

*吉田 巧[1]、齋藤 武士[1]
*Takumi Yoshida[1], Takeshi Saito[1]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科
1. Shinshu University

新潟県西部，妙高火山群の北端に位置する新潟焼山火山は，約3000年前から溶岩流と火砕流を流出する噴火を繰り返してきた，火山群の中で最も新しい活火山である(例えば早津，1993;1994;2008)．焼山活動史上最大規模であったとされる第3期の活動では，前山溶岩流・早川火砕流が噴出し，それに続く第4期活動では、現在の山頂溶岩ドームを形成した焼山溶岩流と良く発泡した溶岩を含む大谷火砕流Ⅰが噴出した(早津，2008)．第3期噴出物は安山岩質とデイサイト質からなる不均質な溶岩で(前山溶岩流:SiO2=52.8~63.9wt.%，早川火砕流堆積物:SiO2=54.8~64.1wt.%;小林・石崎，2014)，田・齋藤(2018，JPGU)では，これらを対象に石基マイクロライトの組織解析を行い，安山岩とデイサイトのマイクロライトは過冷却度の異なる条件下で噴出した可能性を示した．今回は，第4期噴出物の石基組織解析と第３・４期噴出物の長石結晶の化学組成分析を行い，組織解析と化学組成分析の結果から各噴出物の噴出プロセスについて考察する．

大谷火砕流堆積物Ⅰの組織分析の結果，早川火砕流堆積物(NA=5700~11000)と比べて低い数密度(NA=1300~3300)を示した．結晶度は，早川火砕流堆積物中の安山岩質溶岩(φ=0.23~ 0.27)とデイサイト質溶岩(φ=0.02~0.03)の中間の値(φ=0.10~0.25)を示した．斜長石結晶の化学組成分析の結果，第3期噴出物の斑晶からAn#(Ca/Ca+Na)=065~0.84 が得られた．前山溶岩流の安山岩質溶岩のマイクロライトは，An#=0.38~0.82 で平均値は An#=0.61 を示す.前 山溶岩流のデイサイト質溶岩のマイクロライトは，An#=0.27~0.73，平均値は An#=0.54 で比較的An成分に乏しい値を示す．早川火砕流堆積物中の安山岩質溶岩のマイクロライトは，An#=0.34~0.91 で平均値は An#=0.58 を示す．第4期噴出物の斑晶は，An#=0.45~0.89 である．焼山溶岩流のマイクロライトは，An#=0.34~0.79 で平均値は An#=0.63 を示し，大谷火砕流堆積物Ⅰのマイクロライトは，An#=0.35~0.90，平均値 An#=0.62 の組成を示す．また，長石マイクロライトの An#は，結晶のサイズが小さくなるに従い低い値となることが示された．

一般に，減圧過程で結晶化する斜長石マイクロライトの組成は，脱水に伴う減圧が進むにつれAn 成分に乏しくなることが知られている(例えば中村，2011)．斜長石の An#が低い結晶は，より強い減圧の影響を受けて結晶化したと考えられる．化学組成分析の結果，第3期噴出物に関しては，デイサイト質溶岩の An#が安山岩質溶岩に比べて低い値を示したことから，デイサイト質溶岩はより減圧の影響を受けて結晶が形成されたと考えられる．田・齋藤(2018，JPGU)では，第3期噴出物のデイサイト質溶岩は安山岩質溶岩に比べ数密度が高く，結晶度が低いことから，過冷却度の高い条件で核形成が多く行われたことを報告した．このことからデイサイト質溶岩は過冷却度が高く，減圧の強い影響を受けたことが示唆される．一方，溶岩流と火砕流とでは大きな違いは認められず，斜長石のマクロライトから，両者の噴火プロセスの違いを明らかにすることはできなかった．第4期噴出物は第3期噴出物と異なり，比較的均質な化学組成を示すことが知られている(SiO2=57.5~59.0wt.%;小林・石崎，2013)．第4 期噴出物の大谷火砕流堆積物Ⅰは第3期噴出物の早川火砕流堆積物に比べて低い数密度を示したことから，早川火砕流堆積物と比べて低い過冷却度で結晶化した可能性が

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

示唆される．大谷火砕流堆積物 I の An組成は，早川火砕流堆積物より高い An#の値を示したことから，減圧の影響はより低いと考えられる．大谷火砕流は早川火砕流と比べて噴出速度が低く，そのため過冷却度が低く，減圧の影響も低かった可能性がある．一方で大谷火砕流堆積物 I は良く発泡した溶岩からなり，マイクロライトの結晶化以前に急激な発泡が進行した可能性もある．その場合，結晶化以前にメルトから脱水が進行したことによって，減圧に伴う An#の低下が十分起こらなかった可能性もある．

キーワード：新潟焼山、焼山溶岩流、大谷火砕流堆積物、前山溶岩流、早川火砕流堆積物、斜長石マイクロライト
Keywords: Niigata-Yakeyama, Yakeyama lava flow, Otani pyroclastic flow, Maeyama lava flow, Hayakawa pyroclastic flow, Plagioclase microlite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 水位変動・地震観測に基づく立山カルデラ新湯の地下構造の推定
# Estimation of subsurface structure of Shinyu crater lake, Tateyama Caldera, based on the water level and seismic observation data

*川口 亮平[1]、齋藤 直子[2]、鬼澤 真也[1]
*Ryohei Kawaguchi[1], Naoko Saito[2], Shin'ya Onizawa[1]

1. 気象研究所、2. 気象庁富山地方気象台
1. Meteorological Research Institute, 2. Toyama local Meteorological office, Japan Meteorological Agency

立山カルデラの新湯は火山活動によって形成された直径約40 m，深さ約5.6 mの火口湖である．河川からの流入はなく，湖底の噴出口から湯水が噴出することで水位を維持しており，あふれた湯水は北にある湯川へ流出している．新湯は数十年前から満水の状態を維持していたが，2014年以降，数日から20日程度の周期で干上がりと満水の状態を繰り返す間欠泉活動を行うようになったことが報告されている（福井ほか，2018）．新湯の水位変動活動を調査するため2017，2018年の6月から10月にかけて新湯の湖岸周辺に水位計と地震計およびタイムラプスカメラを設置して観測を行った．本研究では，観測で得られた水位変動に関する時間の規則性から新湯の地下状態の推定を試みたので報告する．

新湯の水位変動は気泡式の水位計によって10分の測定間隔で観測した．水位変動に伴う新湯湖面の表面現象の変化をタイムラプスカメラによって観測した．また，新湯の湖岸から約20 m離れた場所に地震計を設置し，100 Hzのサンプリング周期で水位変動現象に伴う震動現象を観測した．

観測期間中に2017年は7サイクル，2018年は8サイクル分の干上がりから満水になる水位変動をそれぞれ観測できた．まず，水位変動の期間を干上がり，水位上昇，満水，水位下降の4つに分け，それぞれにかかる時間を調べた．その結果，干上がりは約3日間，水位上昇は約4.5日間，満水は0～20日間，水位下降は約0.5日間であった．満水を継続した期間は幅があったものの，水位の上昇と下降にかかる時間はほぼ一定で規則的であった．

水位変動に伴う湖面の状態を調べたところ，水位上昇・満水の期間に上昇している湯水は気泡を伴って噴出していた．また，地震動の振幅も水位上昇・満水の期間と水位下降・干上がりの期間では大きく異なっていた．これらのことから新湯の地下には湯溜まりがあり，湯溜りの湯水が沸騰して新湯へ噴出することによって間欠泉活動が起きていると考えられる．

新湯と地下の湯溜りの間の湯水の流路を半径一定の円筒と仮定して，水位下降の時間から大きさの推定を試みた．新湯の形状を円錐，水位下降期間の新湯地下へ流出する湯水の流量を一定と仮定した場合，新湯の大きさと水位下降にかかる時間から流量は約0.06 $m^3/s$と見積もられる．また，水位計で得られた水位下降期間における湖底の噴出口より下の場所での水位下降速度は1.2-2.5×$10^{-3}$ m/sであった．これらの値から，新湯直下の湯水の管路の半径は2.8-4.0 mと推定される．発表では，既存の間欠泉モデルと推定された新湯地下の形状を用いて，水位の上昇下降の時間スケールを比較した結果についても報告する．

キーワード：新湯、立山カルデラ、間欠泉
Keywords: Shinyu, Tateyama caldera, geyser

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Real time monitoring of underground temperature in Jigokudani, Midagahara volcano using LPWA devices

*渡辺 了[1]、西日本電信電話株式会社 富山支店[2]
*Tohru Watanabe[1], Toyama branch NTT West[2]

1. 富山大学大学院理工学研究部、2. 西日本電信電話株式会社
1. Gradudate School of Science and Engineering, University of Toyama, 2. Nippon Telegraph and Telephone West Corporation

Jigokudani is an active geothermal area in Midagahara volcano, Toyama prefecture, central Japan. It was formed as a result of repeated phreatic eruptions over 40,000 years. Increased volcanic activity in this area has been observed since 2011. In order to detect a precursory signal of a phreatic eruption, seismicity, observations should be conducted on seismicity, ground deformation, geothermal activity, volcanic gas, etc. A real time monitoring system of underground temperature using LPWA (Low Power, Wide Area) devices has been tested since 30 August 2018. An LPWA device (NHR, SS05-ST) is composed of thermometer and transmitter (LoRaWAN). 10 devices were deployed in Jigokudani. Temperature sensors (thermocouples) were placed at the depth of 50 cm. Transmitters send temperature data every 30 minutes to a gateway to the internet situated in Hotel Tateyama. The distances from the gateway to LPWA devices are within 1 km. Underground temperatures can be monitored on internet devices. Since Jigokudani has a heavy snowfall in winter, 7 devices were removed and 3 devices were left to test in winter. Though temperature data could be received until December 2018, no data could be received since then. Transmitters of around 50 cm high above the ground must be covered with snow. During summer and fall, LPWA devices are useful for real time monitoring.

キーワード：地中温度、LPWA、リアルタイム観測
Keywords: underground temperature, LPWA, real time monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 焼岳火山の山頂と1962-63年火口の噴気の化学・同位体組成
# Varying chemical and isotopic compositions of fumarolic gases from the summit and from the 1962-63 eruptive vents at Yakedake Volcano, Japan

*齋藤 武士[1]、澤村 俊[2]、網田 和宏[3]、三島 壮智[4]、大沢 信二[4]
*Takeshi Saito[1], Shun Sawamura[2], Kazuhiro Amita[3], Taketoshi Mishima[4], Shinji Ohsawa[4]

1. 信州大学学術研究院理学系、2. 信州大学大学院総合理工学研究科、3. 秋田大学大学院理工学研究科、4. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
1. Institute of Science, Academic Assembly School of Science and Technology, Shinshu University, 2. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 3. Graduate School of Engineering Science, Akita University, 4. Beppu Geothermal Research Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

北アルプス南部に位置する焼岳火山は，気象庁の常時観測火山に選定されている活発な活火山である．約2.5万年前から活動を開始し，約2300年前のマグマ噴火以降は水蒸気噴火を繰り返してきた．近年では，1907-39年に水蒸気噴火を繰り返し，1962-63年に山頂北側斜面で水蒸気噴火を起こして以降は，時折群発地震活動が観測される以外は静穏な状態が継続している．山頂周辺には噴気孔が複数存在しており，特に北峰南側斜面の噴気孔では1907年以降，活発な噴気活動が続いている．我々は山頂の噴気活動に着目して2013年から噴気孔の温度，ガス観測を行ってきた（齋藤ほか，2019）．今回は山頂の噴気に加えて，山頂北側の1962-63年火口からも噴気を採取し，山頂のデータとの比較を試みた．

山頂周辺で最も活発に活動している北峰南西の噴気（以下では山頂噴気）は，2013年7月以降，噴気孔出口の温度が113-123℃で推移している．1962-63年火口周辺には，山頂噴気よりも勢いの弱い噴気孔が広範囲に点在しており（以下では63噴気），その放出温度は95-100℃程度と山頂噴気よりも若干低いものの沸点以上の値を有する．

化学組成分析の結果，63噴気は山頂噴気と比べて，$SO_2$に乏しく，$CO_2/\Sigma S$が高いことがわかった．63噴気が山頂噴気と比べて，噴気の勢いが弱いことや温度が低いことと調和的である．1962-63年火口下には山頂よりも発達した熱水系が存在しているのかもしれない．ガスの化学平衡から計算される見かけの平衡温度（AET）も63噴気の方が低く推定された．一方で$He-N_2-Ar$比は，山頂噴気よりもHeに富む特徴を示した．このことは63噴気が，マグマ性流体の強い寄与を受けている可能性を示唆する．1962-63年火口は焼岳の最後の噴火が生じた火口であり，マグマ性流体の上昇は山頂火口よりも1962-63年火口の方がより強いのかもしれない．

また63噴気の噴気凝縮水の水素・酸素同位体比は，山頂噴気の値と大きく異なる値を示した．山頂噴気は$\delta D$ = -27~-23 ‰，$\delta^{18}O$ = 2.5~3.6 ‰とDおよび$^{18}O$に富む値を示したのに対し，63噴気は$\delta D$ = -116 ‰，$\delta^{18}O$ = -18 ‰と，山麓の河川水や火口湖，山頂付近の雨水から推定される地域天水の同位体比（$\delta D$ = -78 ‰，$\delta^{18}O$ = -11 ‰）よりも低い値を示した．1962-63年火口周辺の噴気は勢いが弱く，地表付近で噴気の凝結と蒸発を繰り返すことによって強い同位体分別を被った可能性がある．山頂噴気と63噴気は約300m離れており，山体内部でのマグマ-熱水システムの発達の違いを反映して，噴気の化学・同位体組成が変化している可能性があることがわかった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 北八ヶ岳，横岳最新2溶岩の年代推定および横岳最新期の火山砕屑物の特徴

# Eruption age determination of the latest two lava flows and characteristics of volcaniclastic materials from the recent activity of Yokodake Volcano, Japan

*新田 寛野[1]、齋藤 武士[1]、下岡 順直[2]
*Hiroya Nitta[1], Takeshi Saito[1], Yorinao Shitaoka[2]

1. 信州大学総合理工学研究科、2. 立正大学地球環境科学部環境システム学科
1. Shinshu University of Science and Technology, 2. Department of Environment System, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

長野県中部に位置する横岳は，八ヶ岳火山列の中で唯一の活火山である．現在は静穏な状態が継続しているものの，過去に9枚の溶岩流（Y1~Y9）を流出している（河内1974，1975）．しかし各溶岩の噴出年代や詳細な噴火プロセス，小規模なテフラを放出する噴火の有無などの課題が残されている．我々は活火山である横岳最新期の活動を評価するために，最も新しい噴出物とされるY9溶岩とその一つ前のY8溶岩の年代に着目して研究を進めてきた．これまで，Y8とY9溶岩の古地磁気方位と古地磁気強度から年代推定を試み，Y8溶岩から約0.60~0.65 ka，1.60~1.80 ka，1.90~1.95 ka，3.35~3.85 ka，Y9溶岩から約0.60 ka，1.80 ka，1.90~1.95 ka，2.20~2.25 ka，2.4~2.45 ka，3.70~3.75kaの古地磁気学的年代値を得たものの，年代を決定することはできなかった（新田・齋藤，2018，JPGU；新田・齋藤，2018，火山学会）．今回，Y8とY9溶岩の熱ルミネッセンス（TL）年代測定と粘性残留磁化（VRM）を用いた年代推定を試みた．また，Y9溶岩の直上および，山頂周辺で火山砕屑物層を確認したので，その産状と特徴についても報告する．

TL年代測定は，Y8とY9溶岩を粉砕して約10~50 μmの多鉱物試料を抽出し，TL測定を行った．その結果，Y8溶岩から3.3 ±1.2 kaのTL年代を得た．一方でY9溶岩からはTL発光を得られず年代値が求められなかった．そこで溶岩試料の獲得したVRMと実験室で着磁したVRMを比較することで，VRM獲得に要した時間の推定を試みた．Y9溶岩の4試料でVRM年代を推定したが，得られた年代値は大きくばらつき，有意な年代値が得られなかった．自然に獲得したVRMの認定や，実験条件の選定などに問題があると考えられ，今後さらに検討を加える予定である．以上の結果と古地磁気学的年代値を合わせると，Y8溶岩の噴出年代は約3.3kaと推定され，Y9溶岩に関しては3.70~3.75kaを除外できたが，5つの古地磁気学的推定年代からさらに絞ることはできなかった．

Y9溶岩直上に層厚3 cm程の炭質物を含む細粒～シルト質の明灰色の火山灰堆積物を確認した．これは奥野（1995）のNYk-1テフラに相当すると考えられる．さらに横岳山頂付近の登山道沿いで4枚の火山砕屑物層を認めた．上位から，層厚1~2cm程で細粒～シルト質の灰色の火山灰層，層厚30cm程で炭化物を含む中粒～細粒砂サイズの黄灰色の火山砕屑物層，層厚10cm程で中粒～細粒砂サイズの黄灰色の火山砕屑物層，層厚30cm以上で，5cm大の礫を含む礫～粗粒砂サイズの暗灰色の砂礫層である．最下部の砂礫層は奥野（1995）のNYk-2テフラに相当する可能性があり，2.35~2.15 cal ka BPの年代値が得られている（奥野・小林，2010）．その上位の2枚の火山砕屑物層は横岳起源と考えられ，NYK-2テフラ以降の2回の噴火の可能性が示唆される．最上位の細流火山灰層に関しては，横岳起源と考えているが，他の火山に由来する可能性もあり，今後さらに検証する予定である．

キーワード：北八ヶ岳横岳、最新溶岩、年代推定、TL年代測定、最新期の火山砕屑物

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: Yokodake Volcano, Latest lava, Eruption age determination, TL dating, Volcaniclastic materials from the recent activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 波形相関処理を用いた2007年御嶽山噴火日推定の試み
# Estimating the date of the 2007 eruption of Mount Ontake Volcano using waveform correlation

*西嶋 就平[1]、寺川 寿子[1]、堀川 信一郎[1]
*Shuhei Nishijima[1], Toshiko Terakawa[1], Shinichiro Horikawa[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Mt. Ontake volcano erupted on late March, 2007. However, we do not know the exact time of the eruption with a Volcanic Explosivity Index 0 because of little visual evidence. I tried to estimate the date of the 2007 eruption, using a waveform correlation method. A previous study reports that focal mechanisms of volcanic earthquakes associated with the latest eruption in 2014 changed from normal/strike-slip faulting with east-west tension to reverse faulting with east-west compression. Based on this fact, I selected 10 and 8 volcanic events for the pre- and the post-periods of the 2014 eruption as template events. I applied the technique to continuous seismic waveforms from 22 December 2006 to 31 March 2007. I detected 2375 (pre-eruption type) and 1659 (post-eruption type) events corresponding to the pre- and the post-eruption events, respectively. I found that events with east-west tension (pre-eruption type) became active at the early stage until a very long period (VLP) event occurred on 25 January, and during the period from 5 to 19 February. On the other hand, the activity of events with east-west compression (post-eruption type) became dominant for 11 days after the VLP event occurred, and during the period from 20 February to 24 March. Subsequently, neither type of events became dominant. The activity of pre-eruption type events synchronized with the period when the length of the baseline in the east-west direction across Mt. Ontake increased. This suggests that events of pre-eruption type are related to the magma intrusion process beneath the volcano. The activation of events of post-eruption type following to the VLP event, which is well modeled by a tensile crack with a strike of N20W, may be related to contraction processes after the event released water vapor from the volcano. Based on the changes in types of detected events as well as the seismicity, I concluded that Mt. Ontake would have erupted on 20 February or between 11 and 12 March, 2007.

キーワード：火山、波形相関処理
Keywords: volcano, Matched Filter Method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2007年および2014年御嶽山噴火前後に発生した山頂付近の地震活動
# Seismic activity beneath Mt. Ontake volcano before and after the 2007 and 2014 eruptions

*山中 佳子[1]、堀川 信一郎[1]、前田 裕太[1]
*Yoshiko Yamanaka[1], Shinichiro Horikawa[1], Yuta Maeda[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Encironmental Studies, University of NAGOYA

2017年10月より，名古屋大学では，株式会社計測技研と共同開発した小型・低消費電力の地震観測テレメータ装置（堀川他，2017火山学会）の試験運用として御嶽山山頂に10点地震観測点を設置し，リアルタイム観測を行っている．これらのデータに御嶽山から概ね10km以内にある名大の定常観測点8点，気象庁の9点を加えて2017年11月～2018年6月の山頂直下の地震活動を求めた．その結果．地震は剣ヶ峰の南西から西の領域（地獄谷西側）で2014年噴火の火口列周辺に集中しており，深さは用いる構造にもよるが深さ0kmから-1.5kmではほぼ直線上に分布し，-1.5km付近で北東ー南西方向に広がることがわかった．（山中他，2018年JpGU）

今回この時に求められた観測点補正値を用いて，山頂観測点がない時期に発生した地震活動について震源分布を求めた．2014年の噴火前は，深さ1.0km付近から-0.6km付近まで直線的に地震が起こっており，これらは2017-2018年の活動で見られる直線上の活動の延長線上にある．噴火後，地震活動は深さ-0.6km付近から南北２方向に別れ，深さ-1.2km付近で一気に広がるように見える．この南北方向に広がった活動は徐々に浅く南西方向に広がりつつ現在の地震活動域に至っている．

2007年の噴火前の2月までの地震活動については．観測点が少なく地震規模も小さめであるため震源位置を決めることができた地震数は少ないが，地震は深さ3kmから2014年の活動に比べると全体的に深く，深さ0km以浅の地震はほとんどない．また深さ3kmから0km付近で発生した地震は直線上に分布しており，2014年噴火前の直線上の地震活動とほぼ同じ，またはその深部延長上で起こっていたことがわかった．このことから2007年と2014年の噴火時，ほぼ同じ通路を通って熱源となったなんらかの流体が上昇してきたと考えられる．

キーワード：御嶽山、地震活動
Keywords: Mt. Ontake, Seismic activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 傾斜計データにおける降雨及び融雪補正の効果　ー御嶽山への適用例ー
# Effect of rain and snowmelt correction of tiltmeter data - Application example for Ontakesan Volcano -

*木村 一洋[1,5]、河島 克久[2]、松元 高峰[2]、佐々木 明彦[4]、伊豫部 勉[3]、宮村 淳一[1]、中橋 正樹[1]
*Kazuhiro Kimura[1,5], Katsuhisa Kawashima[2], Takane Matsumoto[2], Akihiko SASAKI[4], Tsutomu Iyobe[3], Junichi Miyamura[1], Masaki Nakahashi[1]

1. 気象庁地震火山部火山課、2. 新潟大学災害・復興科学研究所、3. 京都大学大学院工学研究科、4. 国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、5. 新潟大学自然科学研究科
1. Japan Meteorological Agency, 2. Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, 3. Faculty of Engineering, Kyoto University, 4. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 5. Graduate School Science and Technology, Niigata University

2014年９月に御嶽山で発生した水蒸気噴火において、気象庁が火山監視目的で山頂南東側約３km地点の田の原（標高2196m）に設置した傾斜計により、噴火開始数分前から山側上がり、噴火開始後は山側下がりの傾斜変化が観測された（気象庁、2014）。その後、木村・中橋（2015）は、木村・他(2015)のタンクモデルを用いた手法により夏季（６月～10月）の田の原傾斜計東西成分データに降水補正を行った結果、御嶽山山頂直下で地震活動が活発化した2014年９月10日頃から始まる西側上がりの傾斜変化を検出した。同様な傾斜変化はこれまでに数回確認されているが、春季（３月～５月）における融雪の影響を除去できていないといった課題が残っていた。

宮村・他（2017）は、木村・他（2015）の手法でタンクモデルに積雪層を加える拡張を行い、降水量データに加えて融雪量データを入力値とする手法を開発して田の原傾斜計東西成分データに適用し、融雪の影響をある程度除去できることを確認した。なお、融雪量の推定には松元・他（2010）を参考に気温と日射量を指標とするTRモデルを用いた手法を用いたが、御嶽山アメダス（標高2195m）には融雪量推定に必要な気温及び日照時間の観測項目がないため、山麓で最も近い（約12km）開田高原アメダス（標高1130m）の気温及び日照時間データを用いることとし、２点の標高差（1065m）による影響を除去するため、河島・他（2016）が2015年及び2016年融雪期に田の原で観測した気象データと山麓の開田高原アメダスの気象データの比較により補正を行った。

本発表では、田の原傾斜計の南北成分データに宮村・他（2017）の手法を適用した結果を報告する。南北成分には毎年春から夏にかけて大きな季節変化が認められるが、同手法を適用したところある程度除去することができた。このことから、季節変化には降水の影響はほとんど含まれず、融雪の影響が大きいことが明らかとなった。南北成分を補正した結果、2014年８月半ば頃から始まる北側上がりの傾斜変化を検出した。すでに検出した東西成分の傾斜変化と併せて、降水及び融雪補正後の傾斜データを再検討すると、８月中旬に北側上がりの傾斜変化が始まり、９月10日頃からは北西上がりの傾斜変化へと徐々に変化していったことが明らかとなった。同様な傾斜変化は、調査期間中（2011年４月～2017年９月）の他の時期には確認できなかった。

今回、降水及び融雪補正後の傾斜計データで検知した傾斜変化について、２つの先行研究と関連させながら考察を行った。まず、Kato et al (2015)による噴火前後における山頂直下の震源分布を参考に、NNW-SSE走向を持つ開口クラックモデルを仮定してその上端を２kmから１kmまで浅部へ移動させた場合、傾斜変化が北側上がりから北西側上がりへ変化するパターンを確認することができた。次に、Miyaoka and Takagi (2016)によるスタッキング手法を用いたGNSS基線長解析により、長基線の変化が８月中旬から、短基線の変化が９月上旬から始まっていたことが確認され、変動源が深部から浅部へ移動した可能性を示唆する結果が得られている。これらの先行研究の結果が今回の降雨及び融雪補正後の傾斜計データから検出した傾斜変化と整合的であり、今回用いた降雨及び融雪補正の手法の有効性を示すものと考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

参考文献
Kato A, Terakawa T, Yamanaka Y, Maeda Y, Horikawa S, Matsuhiro K, Okuda T (2015) Preparatory and precursory processes leading up to the 2014 phreatic eruption of Mount Ontake, Japan. Earth Planets Space 67:111. doi:10.1186/s40623?015?0288?x
Miyaoka K, Takagi A (2016) Detection of crustal deformation prior to the 2014 Mt. Ontake eruption by the stacking method, Japan. Earth Planets Space 68:60. doi:10.1186/s40623-016-0439-8
河島克久・伊豫部勉・松元高峰・佐々木明彦・鈴木啓助（2016）：冠雪活火山における積雪期火山防災情報プラットフォームの構築，寒地技術論文・報告集，32，80-84.
木村一洋・露木貴裕・菅沼一成・長谷川浩・見須裕美・藤田健一（2015）：タンクモデルによる体積ひずみ計データの降水補正について，験震時報，78，93-158.
木村一洋・中橋正樹（2015）：御嶽山田の原の傾斜計東西成分の降水補正(1)，日本地球惑星科学連合2015年大会予稿集，SVC45-P24.
木村一洋・河島克久・松元高峰・佐々木明彦・伊豫部勉・中橋正樹・小林昭夫（2016）：御嶽山田の原の傾斜計東西成分の降水補正(2)，日本地球惑星科学連合2016年大会予稿集，SVC47-P13.
松元高峰・河島克久・外狩麻子・島村誠 (2010): 気温・日射量を指標とする表面融雪量モデルと積雪層浸透モデルとを組 み合わせた積雪底面流出量の推定，雪氷，72, 255-270.
宮村淳一・木村一洋・中橋正樹・河島克久・松元高峰・伊豫部勉・佐々木明彦（2017）：火山監視用傾斜計に現れる融雪の影響，日本火山学会講演予稿集，P050.
気象庁（2014）：特集１．2014年９月の御嶽山の噴火，平成26年10月地震・火山月報（防災編），54-61.

キーワード：傾斜計、御嶽山、降雨、融雪
Keywords: Tiltmeter, Mt. Ontake, rainfall, snowmelt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2011年3月15日の静岡県東部地震による富士山周辺域のb値の空間分布への影響

# Spatial Variation of b-value around Mt. Fuji influenced by the Eastern Shizuoka Earthquake of 15 March 2011

*村越 匠[1]、宮下 智成[2]
*Takumi Murakoshi[1], Tomonari Miyashita[2]

1. 防衛大学校、2. 航空自衛隊
1. National Defense Academy, 2. JASDF

2011年3月15日22時31分頃に富士山山頂から南西に約6kmの深さ15km付近においてMj6.4の2011年静岡県東部地震が発生した。富士山周辺におけるM6以上の地震は1931年9月16日のMj6.3の地震以降なかったため、2011年静岡県東部地震は富士山周辺における約80年ぶりのM6以上の地震であった。火山地域のマグマだまりなどの地下の不均質性やその時空間変化を調べる手法の一つに、G-R則のb値の空間分布を使った解析がある。富士山周辺域については、2001年から2009年までののb値の解析があるが（原田ほか、2010）、2011年静岡県東部地震の前後の影響については調べられていない。そのため、本研究では気象庁一元化震源データを用いたG-R則のb値の空間分布の解析により、2011年静岡県東部地震が発生したことによる富士山周辺域の地震活動への影響を調べた。その結果、2011年静岡県東部地震の直後でb値が大きく下がり、徐々に元のb値の値に戻ってきている傾向にあることがわかった。また、2011年静岡県東部地震の前後での特徴として、この領域内で南西から北東方向にb値が大きくなる空間パターンがあることがわかった。

キーワード：b値、富士山、2011年静岡県東部地震
Keywords: b-value, Mt. Fuji, 2011 Eastern Shizuoka Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆半島東部伊東沖の海底火山手石海丘の現状
# Present condition of submarged volcano, Teishi Knoll, off Ito, Eastern Izu Peninsula

*山中 寿朗[1]、川田 佳史[2]、野口 拓郎[3]、八田 万有美[3]、岡村 慶[3]
*Toshiro Yamanaka[1], Yoshifumi Kawada[2], Takuro Noguchi[3], Mayumi Hatta[3], Kei Okamura[3]

1. 東京海洋大学、2. 東北大学、3. 高知大学
1. Tokyo Univ. Marine Science and Technology, 2. Tohoku University, 3. Kochi University

伊豆東部火山群に属する手石海丘は1989年7月に伊豆半島伊東市東方沖合約4kmで発生した海底噴火活動に伴い生じた、火口凹地を伴う海丘である。気象庁によると、伊豆半島東部の陸上域に分布する玄武岩～流紋岩質の多数のスコリア丘・タフリング・マール・溶岩ドームなどの小火山体と、これらの東方海域に密集する多数の海底火山の総称である。陸上部分について最大のものは大室山である。海底火山群については火山数、岩石の種類、活動年代等不明なことが多い。火山群は、この地域の広域応力場を反映して、北西～南東へ並ぶ配列がいくつも重なっている。大室山が約4000年前の噴火で形成され、その後約3200年前にはカワゴ平、約2700年前には岩ノ山ー伊雄山火山列で割れ目噴火が生じたが、この後手石海丘で海底噴火が起こるまでこの地域での噴火はなかったと考えられている。

ところで、日本には110の活火山があるが、そのうちの12火山は海底に位置する。海底火山は、その全体が海面下にあるため、十分に活動が監視されておらず、火山噴火予知連絡会により、2003年に活動度によるランク分けが行われた際にも対象外とされた。そこで、本海丘において、現在でも活動が継続しているのか、1989年の噴火の際に貫入したと考えられるマグマが単純に冷却の過程にあるだけなのかを明らかにする目的で、2017年12月より、年2回、東京海洋大学の練習船を用いて海水組成及び海底下温度構造の観測を開始した。

まだデータの収集を始めたばかりであるが、温度計測については地温勾配の計測は行っているが、水深が浅い（120m程度）ため、地殻熱流量を得るためには水温変動の補正が必要で、そのための長期水温変動計測を昨年１２月に始めた。一方、海水の化学分析では、火口凹地内の底層海水には周辺海水に比べやや全炭酸濃度が高く、また、顕著なマンガンの正の濃度異常が認められた。この全炭酸とマンガンの濃度異常から、まだなんだかの熱的活動が本火口内では続いていることが伺える。

キーワード：手石海丘、海底火山、活動度、化学フラックス、地殻熱流量
Keywords: Teishi Knoll, Submerged volcano, Activity, Chemical flux, Heat flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆大島最北部碁石浜におけるカルデラ形成以前の火山噴出物とその堆積年代

# Descriptions and age of volcanic products before the caldera formation in the northern part of Izu-Oshima, off Tokyo, Pacific Ocean

*寺山 怜[1]、鈴木 毅彦[1]、小林　淳[2]
*Satoshi Terayama[1], Takehiko Suzuki[1], Makoto Kobayashi[2]

1. 首都大学東京都市環境科学研究科、2. 首都大学東京火山災害研究センター
1. Tokyo Metropolitan University, 2. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University

はじめに

伊豆大島火山はここ最近では1986年に噴火しており，近い将来噴火が予想される活動的な活火山である．その火山に関する研究は古くから行われており，また多岐の分野にわたって多く研究が行われてきた（例えば中村，1964;小山・早川，1996;川辺，2012など）．しかしながら，カルデラ形成以降のカルデラ形成期・後カルデラ火山（川辺，1998）の火山体活動期に関する研究は数多く行われているものの，先カルデラ火山新期山体以前の火山体活動期，またそれに関する火山噴出物の記載の研究は少ない．本研究ではその記載に乏しい伊豆大島火山の先カルデラ火山新期山体以前の火山噴出物の調査を行い，過去の噴火活動を解明することを目的とする．過去の火山噴出物の記載およびそこから考えられる噴火のデータは，今後の噴火予測や火山防災を考える上で重要なデータとなるはずである．

今回の研究対象地は伊豆大島最北部に位置する乳ヶ崎および風早崎の二つの岬に挟まれた碁石浜と呼ばれる海岸で，横幅約1 km，高さ約30-40 mに及ぶ海食崖に沿って火山噴出物が露出している．碁石浜で観察できる火山噴出物の記載は一色（1984）によって行われており，旧火山体である岡田火山および先カルデラ火山古期山体の噴出物の報告が主である．しかしその記載報告は碁石浜内の一部にとどまり，またテフラ層序学的な記載と議論は行われていない．本研究では，碁石浜の海食崖に露出する火山噴出物の調査を改めて詳細に行った．そしてその記載の結果，観察できる層準について新たな見解がいくつか得られたので報告する．

結果

本研究では，31枚の噴火イベント噴出物から構成される降下テフラ群を碁石浜降下テフラ堆積物群と名付けた．同堆積物群内で見られる，黒色腐植土層3層準を試料採取し放射性炭素年代の測定を行ったところ，上位から11076-10713，12027-11747，18117-17803 cal BPという年代値が得られた．これによりこの碁石浜降下テフラ堆積物群が約2万年以降の先カルデラ火山新期山体の噴出物であることが判明した．一色（1984）を含め過去の報告でも，碁石浜で先カルデラ火山新期山体の噴出物記載の報告はない．今後の課題として，この層準と田沢（1980）によるO1~O95の95部層区分を対比する必要がある．

さらに本研究で，碁石浜降下テフラ堆積物群内に，白色を呈した粒径1mmほどの細粒軽石がわずかに散っているのを確認した．その層準を試料採取し，洗浄した後に鏡下観察を行ったところ，無色透明の軽石型火山ガラスが確認された．また，その火山ガラスの主成分化学組成を測定したところ，$SiO_2$=78.07 wt.%，CaO=0.61 wt.%，FeO=0.75 wt.%，$Al_2O_3$=12.74 wt.%，$K_2O$=3.29 wt.%という値を示し，流紋岩質テフラであることがわかった．これは玄武岩質マグマを噴出する大島火山起源のテフラではなく，神津島火山や新島火山などの島外の火山起源の流紋岩質テフラと考えられる．碁石浜降下テフラ堆積物群の層準は先カルデラ火山新期山体と考えられるため，この流紋岩質テフラはO55（新島宮塚山テフラ）（齋藤ほか，2007）と対比できる可能性がある．このように本研究では碁石浜の火山噴出物の記載から堆積年代について新たな見解が得られ，また流紋岩質テフラが新たに確認された．今後は今回の調査地と他の露頭との対比，そして流紋岩質テフラの確実な対比を課題とする．また本来の目的である先カルデラ火山新期山体以前の噴火の特徴について解明するというまでに至らなかったため，今後の課題として検討していく必要がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：伊豆大島火山、火山噴出物、新島宮塚山テフラ、C14年代測定
Keywords: Izu-Oshima Volcano, volcanic products, Niijima Miyatukayama tephra, radiocarbon dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆大島山頂付近の地震のSchusterの方法によるp値の時間変化について
# Time change of p-value by Schuster method using earthquakes around Izu-Ohsima summit

*高山 博之[1]
*Hiroyuki Takayama[1]

1. 気象庁気象研究所火山研究部第１研究室
1. Volcanological Division 1st labolatory, Meteorological Research Institute

伊豆大島で起きる火山性地震と地球潮汐の関連については，森田他(2016)，森田他(2017)で検討されている．これらの研究では，伊豆大島の山頂カルデラ付近の地震と地球潮汐の関係について議論されている.また，高山他(2018)では，伊豆大島の山頂と山腹を５つの区域に分け，それぞれの地域の地震で主要４分潮に対するp値を計算し，地震と地球潮汐との関連を調べている．

地球潮汐と地震の発生が関連あるかどうかは，schusterの方法（Schuster(1897)）によった．この方法は，地球潮汐と地震発生が無相関であるという帰無仮説を棄却する危険率を調べる方法である．具体的には，地震発生時の潮位位相角をΘiとすると，

$$R=(\Sigma\cos\Theta i)^2+(\Sigma\sin\Theta i)^2$$

$$p=\exp(-R/N)$$

で計算されるｐを用いて検定する． ｐは，0～1までの値をとり，0に近いほど帰無仮説を棄却できる．潮位位相角は，それぞれの分潮に対して計算できる．本研究では，主太陰半日周潮（以下M2と略す）を用いた．

この方法は原理上，地震カタログに群発活動が含まれると，正確なｐ値が計算できない．そこで，地震カタログをデクラスタすることにより，この問題を避けた．

今回は，山頂付近の地震についてp値の時間変化を調べた．気象庁カタログの山頂付近の地震の検知力は，マグニチュード0.0以上であり，デクラスタしたあとの全ての地震を使ってｐ値を計算すると，0.011となった．そこで，山頂付近の地震を時間ごとに分割し，それぞれでM2に対するp値を計算した．

実際の解析には，気象庁のカタログの2002年4月から2017年1月までのものをもちいた．これから，伊豆大島山頂付近の地震を取り出した．そのうちマグニチュード0.0より大きいものは1084個あり，デクラスタしたあとは901個となった．この地震カタログから連続して地震を100個取り出し，それを1個ずつシフトさせてM2に対するp値を計算した．

結果は，周期的にp値が増減を繰り返すということになった．ちなみに，最大値は0.98，最小値は0.0030であった．地球潮汐と地震発生が無相関である仮説を棄却する基準を0.05とすると，それを下回るp値が得られ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

たのは2006年頃，2010年頃，2014年頃である．森田他(2017)によると，地球潮汐と地震発生の相関がみられる時期には，マグマからの揮発性成分の上昇が増えたことを示唆する可能性がある．上記の3期間は，マグマからの揮発性成分の上昇が増えた可能性がある．また，森田他(2017）では，その揮発性成分の上昇が2013年から増えたとあるが，それに対応するのが2014年頃のp値の減少ではないか．

キーワード：火山性地震、地球潮汐、p値
Keywords: volcanic earthquake, earth tide, p-value

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆諸島北部、新島に分布する第四紀後期テフラの標準層序と岩石学的・地化学的特性ー火山ガラスの主元素組成、斜方輝石、角閃石類の屈折率を中心にー

# Standard stratigraphy and characteristic properties of late Quaternary tephras on the Niijima-island: Report of geochemistry and refractive indices of volcanic glass shards, orthopyroxene, hornblende, and cummingtonite

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、西澤 文勝[1,2]、村田 昌則[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1]
*Kaori Aoki[1], Makoto Kobayashi[1], Fumikatsu NISHIZAWA[1,2], Masanori Murata[1], Daisuke Ishimura[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京火山災害研究センター、2. 山梨県富士山科学研究所
1. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University, 2. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government

東京都は東京都区部・多摩地域・島嶼部の三地域からなり、島嶼部には25,353人が住んでいる（平成31年1月1日現在）。島嶼部をつくる伊豆・小笠原諸島は伊豆半島南東沖の相模トラフから南につづく小笠原海溝を東にみて並走する小笠原海嶺から小笠原トラフを挟み、さらに西側に七島・硫黄島海嶺、西七島海嶺、四国海盆へとつづく、本州にも匹敵する長さ約1100km、幅300km～400kmにおよぶ島弧である。海底火山を含めて21の火山が確認されており、そのうち14が活火山として監視対象となっている。現在、我々は島嶼部のハザードマップ作成や防災計画の策定に必要な情報を集約するために、それぞれの火山についての活動史や、噴火の様式や規模、噴出物の分布範囲の解明と、島嶼部の高精度なテフラ編年の確立をめざして研究に取り組んでいる（青木ほか、2019；小林ほか、2019a,b）。

島嶼部でのテフラ研究は、陸上のように各テフラ層の分布範囲や層厚を丹念な踏査で追跡することは困難であることから、基本的に発見した地点ごとに各テフラの岩石学的特性と化学的特性の情報を集積して、その理化学的なデータに基づいて対比することになる。本研究では、伊豆諸島の島間のテフラ編年をさらに発展させるために、各島での調査結果から得られたテフラに関する岩石学的特性と化学的特性のデータベース化を進めつつある。また、島嶼部火山起源のテフラは周辺の深海底にも堆積していると考えられ、これらの陸上での踏査で得られた情報と各テフラの特徴を分析したデータをもとに、房総半島沖の深海で掘削されたコアCK09-03,C9010E中に介在するテフラ層序の解明に取り組んでいる（青木ほか、2019）。本発表では、2017年末から始まった新島における第四紀後期テフラの層序研究で分析されたテフラの岩石学的特徴および化学的特性について報告する。

西七島海嶺の北部、銭洲海嶺上に位置する新島島内の大三山、富士見峠、宮塚山、および新島西岸1.6km沖にある地内島を踏査した結果、新島火山起源テフラ、神津島火山起源テフラのほか、外来の玄武岩質テフラ等の薄層を含め、少なくとも第四紀後期（およそ過去5万年間程度）の間に21回の噴火イベントを確認することができた（小林ほか、本大会）。これらの地点で採取された試料について、水洗、風乾後に250㎛、125㎛、63㎛サイズで篩い、実体顕微鏡による観察を行い、63-125㎛サイズの試料については火山ガラスの屈折率の測定、およびEDS（エネルギー分散型エックス線分析）で火山ガラスの主元素組成分析を行った。重鉱物は125-250㎛サイズ（一部は63-125㎛サイズの試料）の試料を対象に顕微鏡下にて手選で拾い出し、屈折率の測定を行った。

新島火山では珪長質な組成を持つ軽石層、火砕サージなどのほかに、スコリアからなる玄武岩質テフラも確認される（小林ほか、2019a）。珪長質な火山ガラスを主体とするテフラにもスコリアが混ざることが多い。ほとんどの珪長質テフラ層は斜方輝石、角閃石類（普通角閃石およびカミングトン閃石）を含み、一部で

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

少量の黒雲母が確認される。また、長石と石英も多く含まれ、特に高温石英が特徴的である。新島起源テフラの特徴として、重鉱物の屈折率がばらつく傾向がある。特に赤崎峰テフラ、宮塚山テフラ、宮塚山南部テフラに含まれる斜方輝石の屈折率で顕著で、ヒストグラムで見ると1.700-1.730の間でバイモードないしはトライモードを示し、検出頻度は少ないものの化学組成的にフェロシライトに近いと予想される1.730前後の高屈折率の斜方輝石も含まれる。また、赤崎峰テフラ、宮塚山テフラに含まれる普通角閃石でも同様に、1.663-1.688の間でバイモードないしは屈折率の範囲が大きくなる傾向がある。一方で、カミングトン閃石の屈折率については、後期更新世から完新世のテフラまで、ヒストグラムはそれぞれ単一にまとまることが多く、1.658-1.669の範囲に収まり、斜方輝石や普通角閃石のように屈折率の範囲がばらつく傾向はみられない。

火山ガラスの屈折率はおおむね1.492-1.501の範囲であり、日本の第四紀テフラの火山ガラスの屈折率は1.501-1.505が最もありふれている点と比べると（町田・新井、1992）、かなり低い部類といえる。火山ガラスの主元素組成はおおむね$SiO_2$が77.7-78.2 wt%、$Na_2O+K_2O$は7.0-8.3 wt%の範囲に収まり、大半は7.2-7.7 wt%となる。また、FeO*の含有量が0.7-1.0 wt%と少なく、$SiO_2$の含有量が多いことも併せて、上述した火山ガラスの屈折率が低いことと調和的である（Furuta *et al.*, 1986; 吉川, 1990）。

キーワード：伊豆、新島、テフラ編年、岩石学的特性、主元素組成
Keywords: Izu, Niijima, tephrochronology, petrographic characters, major-element composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆諸島神津島火山の最新期活動におけるテフラ層序とその噴火史
# Tephrostratigraphy and its eruption history of the Latest Activity in the Kozushima Volcano, the Izu Islands

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、西澤 文勝[2]、鈴木 毅彦[1,3]
*Makoto Kobayashi[1], Masanori Murata[1], Fumikatsu NISHIZAWA[2], Takehiko Suzuki[1,3]

1. 首都大学東京 火山災害研究センター、2. 山梨県富士山科学研究所、3. 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. Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government, 3. Department of Geography, Tokyo Metropolitan Univ.

伊豆諸島神津島火山は，流紋岩の溶岩ドーム及び同質の火砕丘群で構成されており，その形成史は地質層序及び岩石鉱物学的特徴，ESR法等の各種年代値によって構築されている（谷口，1977；一色，1982；菅ほか，1992，2003；横山ほか，2004等）。これらの知見を基づくと，神津島火山は，現在の陸上火山体の土台をなす基底溶岩（砂糠山，観音浦等；約70～ 64 ka，長浜，面房等；約52～35 ka）の噴出後，それに載る溶岩ドーム群及び火砕丘群（那智山，じょうご山，高処山ー松山鼻・長っ崎火山列等；約32～23 ka，神戸山ー花立山火山列，天上山等；約3.4 ka以降）が形成され，全体として，数万年間隔で活動活発期と休止期を繰り返してきたようにみえる。また，現在の活発期の前に約2万年以上の休止期の存在が推定されるが，比較的新しい火山地形が複数確認できるにも関わらず，この時期における噴火堆積物の有無等に関する知見はなく，噴火活動の実態は不明である。

本研究では，神津島南部から噴出し島全体を覆う火砕堆積物である秩父山Aテフラ（約22～26 ka：菅ほか，1992，2003）より新しい活動を「最新期活動」と定義し，この間のテフラ層序を構築するとともに，神津島火山のより詳細な噴火履歴の構築を目指して調査を進めている。

DEMデータを利用した地形判読の結果，最新期活動に関連する新しい火山地形として，神津島中央部を構成する天上山火山体（火砕丘，溶岩ドーム群），島北部に神戸山ー花立山火山列（溶岩ドーム群），櫛ヶ峯（火砕丘）を抽出した。

地質調査の結果，最新期活動期において，少なくとも8の噴火イベントに関連する堆積物を確認した。神津島北部の那智山北部（Loc. 16）では，上位より，軽石・火山礫及び粗粒火山灰等の互層からなる火砕サージ堆積物（no. 16-1：天上山テフラ（AD 838）），変質した火山礫・火山岩塊を含む降下火砕物（no. 16-2），層厚10 cmの軽石混じりの中粒～細粒火山灰からなる降下火砕物（no. 16-3），径数mmのスコリアの密集層準（no. 16-4），粗粒火山灰の密集層準（no. 16-5）を確認した。一方，神津島南部のあかばね洞門（Loc. 4）では，天上山テフラ（no. 4-1），粗粒火山灰の密集層準（no. 4-2），層厚約3 cmの軽石混じり中粒～細粒火山灰（no. 4-3），径数mmのスコリアの密集層準（no. 4-4），層厚9 cmの細粒火山灰（no. 4-5），層理構造が発達する火山礫・粗粒火山灰の互層からなる火砕サージ堆積物（no. 4-6）を確認した。また，K-Ah起源の火山ガラスをno.4-2とno. 4-3の間の層準から多く検出した。これらの噴火堆積物のうち，no. 16-2は神津島中央～北部にしか分布しないことから，これらの地域を給源とする噴火活動の存在が示唆される。また，軽石混じり中粒～細粒火山灰（no. 16-3 とno. 4-3を対比），細粒火山灰（no. 4-5）は，非常に明瞭な地層を形成することから，比較的規模の大きな噴火による噴出物で広域性を有するテフラとして着目できる。

テフラ層直下の腐植土もしくはローム層中に散在する炭化木片を対象に$^{14}$C年代測定を行った。no. 16-2に対比される降下火砕物の下位より1300±20 yr BPの年代値を得た（Loc. 15：262m山北西）。また，Loc. 4では，no. 4-2上部で5790±30 yr BP，no. 4-3の上位及び下位で8850±30 yr BP及び9390±30 yr BP，no.4-6直下で12030±30 yr BPの年代値を得た。暦年較正及び他テフラとの層序関係を考慮すると，最新期活動期におけるテフラの年代は，約1.1～1.2 ka（no. 16-2），約7.5 ka（no.16-3 / no. 4-3），約10 ka（no. 4-4），約13.5 ka（no. 4-6）と解釈できる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

現在，各テフラについて，鉱物組成，火山ガラスの屈折率及び主成分化学組成の分析を進めており，神戸山ー花立山火山列及び櫛ヶ峯起源の火砕物，並びに新島火山起源テフラ（宮塚山，式根島，新島山南部：小林ほか，2018）との対比の観点から検討を進めている。発表では，これらの検討結果を踏まえた，神津島火山の最新期活動における噴火史を報告する。

キーワード：テフラ層序、14C年代、噴火史、神津島火山
Keywords: tephrostratigraphy, 14C age, eruption history, Kozushima Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 三宅島・神津島・八丈島周辺の震源分布の特徴：速度構造との関連性
# Characteristics of hypocenter distribution connected with velocity structures in and around Miyakejima, Kozushima and Hachijojima volcanoes

*萩原 弘子[1]、渡辺 秀文[1]
*Hiroko Hagiwara[1], Hidefumi Watanabe[1]

1. 東京都庁
1. Tokyo Metroplitan Government

The aim of this study was to examine the characteristics of seismic activities in association with the seismic velocity structures in and around the Izu islands. We focused on three seismic activities, the swarm off the west coast of Miyakejima on April 2013, the swarm off the northeast coast of Kozushima on April 2018 and the low frequency earthquakes beneath Hachijojima from 2003 to 2018. To construct the 3-D velocity structure models for Miyakejima and Kozushima we used the data of the swarm accompanied with the 2000 Miyakejima eruption, while for Hachijojima we used the data from 2003 to 2018 based on the Izu islands volcanic observation system. These travel times were adopted to the tomographic inversion method (Zhang and Thurber, 2003). The relocated precise hypocenters on the velocity imaging maps revealed an interesting relationship between seismicity and structure. In the target region, both Miyakejima and Kozushima swarms occur at 5-10 km and 2-6 km depth, in the border of high-velocity zones adjacent to or underlain by the low-velocity zones in figure 1 and figure 2. Their swarm regions were located nearby the two end sides of the 2000 swarm, where the huge seismic activity occurred repeatedly. That suggests the upward moving of magmatic fluids. In contrast, the Hachijojima earthquakes occur at 10-14 km depth in the middle-velocity area around a high-velocity zone in figure 3. This high-velocity zone is supposed to be somewhat cold body beneath Nishiyama volcano in Hachijojima. We interpret that the former low-velocity zones consist of hot magmatic materials and the latter high-velocity zone consists of the solidified volcanic body. On the basis of three case studies, it is suggested that volcanic fluids derived from hot magma or solidified magma caused the upper or surrounding seismic activities through complex crack systems.

キーワード：地震活動、速度構造、火山性流体、三宅島、神津島、八丈島
Keywords: seismic activity, velocity structure, volcanic fluid, Miyakejima, Kozushima, Hachijojima

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

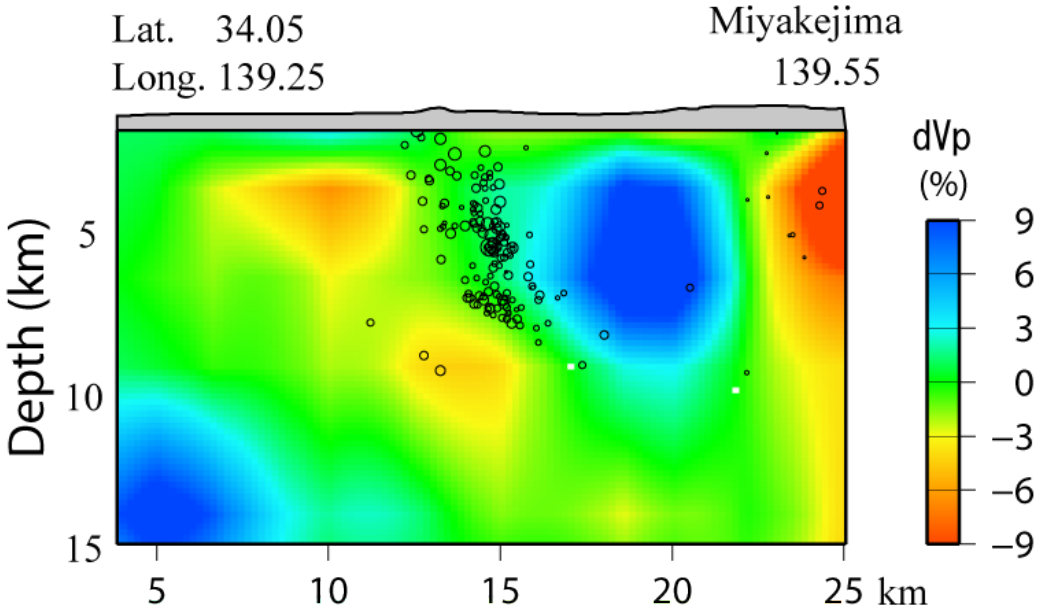



Fig. 1. E-W cross section of the dVp and relocated seismicity near Miyakejima.

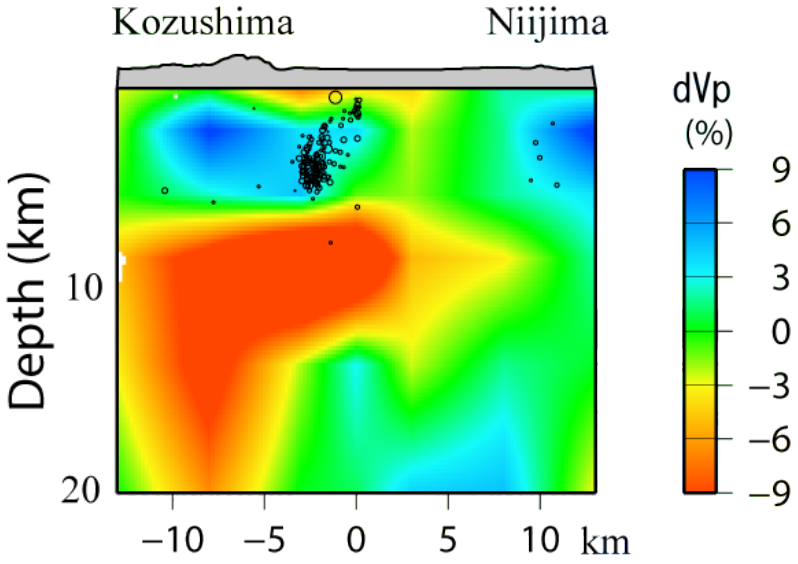



Fig. 2. Cross section of the dVp and relocated seismicity near Kozusima along the axis passing through Kozushima and Niijima.

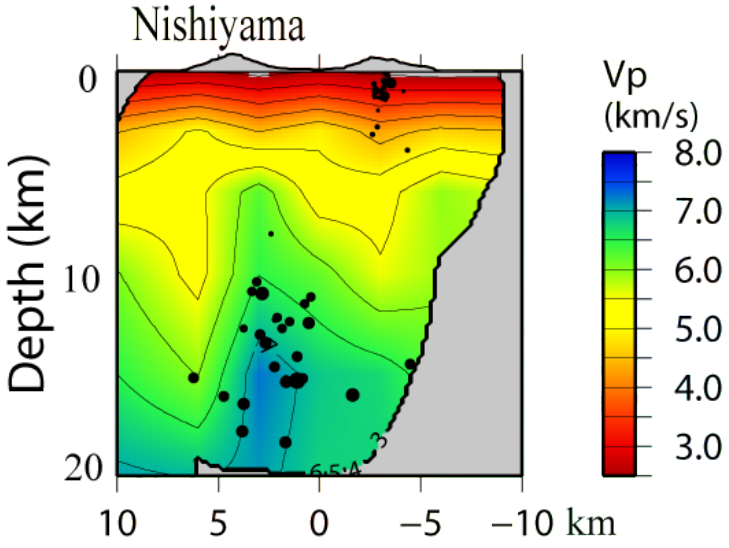



Fig. 3. Cross section of the Vp and relocated seismicity along the long axis of Hachijojima.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSSキャンペーン観測による三宅島の地殻変動（2013年～2015年）
# Deformation of Miyakejima volcano measured by GNSS campaign observation (2013-2015)

*渡部 陽奈[1]、松島 健[2]、福井 海世、渡邉 篤志[3]、及川 純[3]、奥田 隆[4]、小澤 拓[5]、宮城 洋介[5]
*Haruna Watanabe[1], Takeshi Matsushima[2], Miyo Fukui, Atsushi Watanabe[3], Jun Oikawa[3], Takashi OKUDA[4], Taku Ozawa[5], Yosuke Miyagi[5]

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. 東京大学地震研究所、4. 名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター 、5. 防災科学技術研究所
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. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Earthquake and Volcanology Research Center, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

三宅島は東京の約180 km南に位置する活火山で，20世紀以降では1940，1962，1983，2000年と約20年の間隔で噴火を繰り返している．Fukui et al. (2015) では，GNSSキャンペーン観測を行い2011から2013年における三宅島の圧力源の推定を行っている．そこで本研究ではさらに新しい期間である2013から2015年における三宅島の地殻変動と圧力源の位置，体積変化量を推定し，三宅島の圧力源の時間的変化を見積もった．

2013年9月2～6日，2015年8月31日～9月4日に，三宅島全体にほぼ均等に分布するように配置した15点の基準点においてGNSSキャンペーン観測を行った．このGNSSキャンペーン観測で得られたデータと国土地理院等が設置している連続観測点の同期間のデータを使用した．得られたデータを解析するためにGNSSリアルタイム・後処理基線解析ソフトウェアRTKLIBver.2.4.2（高須・他, 2007）を使用し，年ごとの観測点の座標値を求めた．

2013年から2015年における水平変位に基づいて圧力源を推定した．圧力源の推定変動の最適値は，火山の地殻活動を分析するために火山用地殻変動解析支援ソフトウェアMaGCAP-V（気象研究所地震火山部，2008）を使用することによって得られた．圧力源の位置は2011～2013年とは大きく変化していないが，深さ0.3～8 km程度の浅部では圧力源の収縮傾向が継続し，深さ13 km程度にあると推定される圧力源が膨張を続けていることがわかった．

本研究は，文部科学省「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」および東京大学地震研究所共同研究プログラムの助成を受けて実施された．

キーワード：三宅島、GNSS観測
Keywords: Miyakejima, GNSS observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆諸島御蔵島で確認されたテフラの記載岩石学的特徴
# Characteristic properties of distal and proximal tephras in the Mikurajima Island, Izu Islands.

*田野 智大[1]、鈴木 毅彦[1,2]、小林 淳[2]、村田 昌則[2]
*Tomohiro Tano[1], Takehiko Suzuki[1,2], Makoto Kobayashi[2], Masanori Murata[2]

1. 首都大学東京都市環境科学部、2. 首都大学東京火山災害研究センター
1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University

伊豆諸島の御蔵島火山は東京都心部の南200㎞に位置する成層火山の島である．最新の活動時期は約6300年前（杉原・嶋田，1999）であり，有史以降の火山活動の記録はない．伊豆島弧の火山フロント上に位置する火山島の中では安山岩の産出頻度が高いという特徴を持つ（一色，1980）．

御蔵島火山に分布するテフラの研究は杉原・嶋田（1999），関口ほか（2001）があり，島内で計6枚のテフラ（上位より，神津島天上山テフラ：西暦838年，以下Iz-Kt，御蔵島火山の最新のテフラであるMk-3，鬼界アカホヤテフラ：7.3ka（町田・新井，2003），以下K-Ah，御蔵島火山起源の赤色スコリアであるMk-2，給源不明の流紋岩質テフラ：Mk-G，御蔵島火山起源の降下軽石であるMk-1）が記載・報告されている．このうちMk-3は地形的な特徴や等層厚線図から，島南東部の溶岩ドームから噴出したとされている（杉原・嶋田，1999）．しかしIz-Ktに対比されたテフラはその対比・同定の根拠が不十分であり，Iz-Ktと同年代に噴出した新島向山テフラ（西暦886年，以下Iz-Mk）との比較・検討が必要である．

両テフラは共に流紋岩質でSiO2=77-79%を示す．噴出年代が近く主要鉱物（bi,qt,ob：町田・新井，2003）や火山ガラスの屈折率（n=1.496 -1.497：町田・新井2003）も類似しており，遠隔地での識別が難しいとされてきた．最近杉内（2005）の報告などから，Iz-KtはIz-Mkと比較して火山ガラス中のK2Oの含有量がわずかに多いという特徴から識別が可能であることが明らかになってきた．両テフラは伊豆諸島の広範に分布する重要な指標テフラであり，御蔵島での分布を明らかにすることは正確な分布域や年代軸の提供につながると考えられる．

本研究では御蔵島で確認されたテフラについて報告する．現時点で確認されたテフラは18枚であり，うち4枚が先行研究で報告されたIz-Kt，Mk-1，2，3にそれぞれ対応する．現在までに得られた知見を以下に示す．

１）先行研究においてIz-Ktとされたテフラについて RIMS2000による火山ガラスの屈折率測定，SEM-EDSによる火山ガラスの主成分分析を行った．このテフラは地表直下の土壌中にクリプトテフラとして存在する火山ガラスである．火山ガラスの形態は軽石型（以下pm型）で，屈折率は1.496-1.497を示す．SEM-EDSによる主成分分析の結果はSiO2=77.0-78.5 wt.%，Al2O3=12.5-13.0 wt.%，FeO=0.5-1.3 wt.%，CaO=0.2-1.7 wt.%，K2O=2.7-3.9 wt.%，Na2O=3.6-4.6 wt.%であった．伊豆諸島の他島で確認されたIz-Kt，Iz-MkのK2Oの含有量はそれぞれ3.8 wt.%，3.5 wt.%を示すことから，このテフラはIz-Ktに対比され，御蔵島にIz-Ktが分布することが明らかになった．

２）御蔵島火山の最新噴火のテフラであるMk-3は礫交じりの黒色火山砂に挟まれた発泡の悪い黄色の降下軽石を主体とするテフラである．軽石の最大粒形は10㎝，最大層厚は>200㎝である．Mk-3テフラはその層相よりプリニアン式噴火によるテフラと考えられるが，Mk-3噴火の詳細は不明であり今後の検討課題である．Mk-3テフラ中の火山ガラスについてSEM-EDSによる主成分分析を行った．その結果 SiO2=62.3-70.7 wt.%，Al2O3=14.8-21.0 wt.%，FeO=2.2-3.8 wt.%，CaO=4.1-7.5 wt.%，K2O=0.3-0.9 wt.%，Na2O=3.8-4.4 wt.%を示した．SiO2の含有量からMk-3テフラは安山岩～デイサイト質であることが明らかとなった．

今後の課題として先行研究で記載・報告されたIz-KtやMk-Gのような指標となりうる島外起源テフラの対比・同定が挙げられる．指標テフラを用いることで御蔵島の噴火史の解明や伊豆諸島におけるテフラの正確な分布域や年代軸の提供につながると考えられる．また御蔵島火山の最新噴火であるMk-3噴火の詳細について把

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

握することは御蔵島の火山活動を把握するうえで重要である.

キーワード：伊豆諸島、御蔵島火山、火山活動史、神津島天上山テフラ
Keywords: Izu Islands, Mikurajima volcano, volcanin activity history, Kozushima Tenzyosan Tephra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Pseudo thermal anomalies in the shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation

*金子 隆之[1]、安田 敦[1]、吉崎 徳人[2]、高崎 健二[3]、本多 嘉明[4]
*Takayuki Kaneko[1], ATSUSHI YASUDA[1], Yoshizaki Yoshito[2], Takasaki Kenji[3], Yoshiaki HONDA[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 気象庁気象衛星センター、3. 水産研究・教育機構、4. 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Meteorological Satellite Center, Japan Meteorological Agency, 3. Japan Fisheries Research and Education Agency, 4. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

Volcanic eruptions bring high-temperature gas or magma to the surface. Therefore, thermal observations of volcanic eruptions can be used to investigate the timeline of eruptive sequences. Eruptive activity includes processes that can change over short periods of time, which is sometimes related to the eruptive mode or the timing of its transitions. If we could observe short-term eruptive processes by detecting thermal changes, this would be beneficial for analyzing the eruptive sequence of volcanoes. Himawari-8 is a meteorological geostationary satellite operating above the equator at a longitude of 140.7 deg E and carrying a newly developed sensor, the Advanced Himawari Imager (AHI). With its improved performance, the Himawari-8 AHI enables the collection of high-frequency thermal observations that had never been obtained before. However, while observing volcanoes with the AHI, we noticed a frequent thermal anomaly in the nighttime 1.6-um and 2.3-um images. Because this anomaly occurred regardless of volcanic activity, it was considered to be a pseudo thermal anomaly. In-depth examination of the AHI observation data for several inactive volcanoes showed that the pseudo thermal anomaly was often seen around the vernal and autumn eclipse periods, and its in?uence persisted for about 6 months of each year. Further, daily variation of the anomaly peaked when it was midnight in the areas around 140 deg E. At this time and position, the AHI was facing the sun, suggesting that the anomaly was caused by stray light. We devised a correction method by assuming that the observed thermal radiance in a pixel consists of components from the radiating volcanic ground surface and stray light contamination. The latter can be estimated using values from nearby inactive pixels. Thus, the component from the radiating volcanic ground surface can be obtained by subtracting the estimated stray light from the observed thermal radiance. We evaluated the validity of this method using data from the 2017 Nishinoshima eruption and found that it satisfactorily removed the stray light component. An adoption of this correction allowed us to use all nighttime 1.6-um and 2.3-um images obtained by the AHI, half of which were formerly unusable due to the degradation caused by stray light.

キーワード：Remote　Sensing、 Himawari-8、stray light
Keywords: observation data correction, thermal anomaly, volcanoes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 臨時地震観測と広帯域MT観測による雲仙火山浅部で発生する火山性地震の研究

# Shallow earthquakes in Unzen Volcano inferred from dense seismic observation and resistivity structure

*橋本 匡[1]、相澤 広記[2]、松島 健[2]、清水 洋[2]、林田 祐人[1]、湯浅 雄平[1]、塚本 果織[1]、山本 有人[3]、宮野 幹大[3]、神薗 めぐみ[1]、松本 聡[2]
*Hashimoto Tasuku[1], Koki Aizawa[2], Takeshi Matsushima[2], Hiroshi Shimizu[2], Yuto Hayashida[1], Yuhei Yuasa[1], Kaori Tsukamoto[1], Yuto Yamamoto[3], Kanta Miyano[3], Megumi Kamizono[1], Satoshi Matsumoto[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3. 九州大学理学部地球惑星科学科
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University

雲仙火山は長崎県の島原半島中央部に位置する成層火山である．1991年から1995年の一連の噴火では，溶岩ドーム直下で頻繁に地震が発生した(Umakoshi et al., 2001)．噴火停止以来，火山性地震は比較的少ない傾向を示していたが，2010年頃から徐々に普賢岳～平成新山直下の浅部において発生回数が増加するようになった(気象庁火山活動解説資料)．九州大学地震火山観測研究センターのルーチン構造を用いた震源決定や，気象庁火山活動解説資料によると，震源は普賢岳の近傍, 海抜下1～2ｋｍ付近に決定されている. また，気象庁火山活動解説資料によると2017年2月より, 普賢岳周辺において海水準より高い位置で発生する地震が報告されるようになった．気象庁によると2018年度は海水準より浅い地震が5個報告されている. この浅い地震の初動極性は, 気象庁や九州大学の定常観測点のデータを見ると引きが卓越しており, p波初動から数秒は比較的短周期であるが，コーダ波に長周期な振動が見られ，地震の継続時間は約20～30秒間続くという特徴がある．また，引きの初動極性が卓越した火山性地震がアイスランドのクラプラ火山で報告されている(Mildon et al., 2016).

本研究では，雲仙浅部で発生する地震をより詳細に解明することを目的とし，2018年8月より, オフライン臨時地震観測点12点を雲仙普賢岳周辺の2ｋｍｘ2ｋｍの範囲に設置し観測を継続している．また，同範囲内で地下の電気比抵抗構造を推定するため2018年10月～11月に広帯域MT観測を実施した．普賢岳周辺に地電位差2成分を12観測点で測定し，雲仙火山周辺に地磁気3成分-地電位差2成分を2地点で観測した．広帯域MT観測により，雲仙火山浅部の比抵抗構造を明らかにすることができ，熱水系と浅部で発生する火山性地震との関係解明が期待できる．

発表では2018年8月17日から11月14日の期間中に発生した火山性地震についての解析結果と, 解析が間に合えば比抵抗構造の初期解析結果を示し, 雲仙火山の浅部火山活動について議論する.

キーワード：火山性地震、雲仙火山
Keywords: volcanic tectonic earthquake, Unzen Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 雲仙火山浅部で発生する火山性地震の波形の特徴
# Characteristics of shallow volcanic earthquakes beneath the summit of Unzen Volcano

*宮野 幹大[1]、清水 洋[2]、松島 健[2]、松本 聡[2]、相澤 広記[2]、橋本 匡[3]、林田 祐人[3]、湯浅 雄平[3]
*Kanta Miyano[1], Hiroshi Shimizu[2], Takeshi Matsushima[2], Satoshi Matsumoto[2], Koki Aizawa[2], Hashimoto Tasuku[3], Yuto Hayashida[3], Yuhei Yuasa[3]

1. 九州大学理学部地球惑星科学科、2. 九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University

雲仙岳は長崎県島原半島の中央部に位置する火山であり、多くの溶岩ドームから構成されている。1991年から1995年の噴火では溶岩ドーム直下で地震が頻発した。特に、1991年の溶岩ドームの出現直前には、山頂直下の海水準よりも浅い山体内で、孤立型微動が発生した（清水・他, 1992）。観測された孤立型微動はいずれも卓越周波数が2-4Hzと低周波であり、振動継続時間も30-180秒と長かった。1991-95年の噴火以降、噴火活動は停止しているが、2010年以降、山頂直下の浅部において火山性地震の発生が気象庁や九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センターにより観測されている。この地震の発生メカニズムを解明するため、震源再決定と波形の解析に取り組んだ。

はじめに、2018年1月1日から2018年9月7日までの震源再決定を行った。再決定された震源は溶岩ドームや普賢岳の直下に分布し、震源の塊によって３つのグループに分かれた。グループ②、とグループ③の震源はそれぞれ深さ1km, 2kmに決まった。一方で、グループ①（この期間中には3イベント）は海水準より浅い溶岩ドーム直下に決定された。グループ①のP波初動極性は本研究で用いた観測データでは全て引きで、振動継続時間は他の２つのグループより明らかに長かった。次に、再決定された震源を用いてこれらの地震の震動軌跡を計算した。結果は、グループ②とグループ③は明瞭なP波とS波が認められ、構造地震に近いことを示した。一方で、グループ①のS波は不明瞭であった。また、卓越周期を調べるため、スペクトル解析を行った。グループ①の波形スペクトルは、グループ②やグループ③と比べると、高周波成分が小さく、低周波(2 –5 Hz )が卓越した。これらの結果を踏まえ、今後さらに詳細な波形解析を行い、これらの地震の発震機構について考察したい。

キーワード：雲仙、火山性地震、震動軌跡、スペクトル解析
Keywords: Unzen, volcanic earthquake, particle motion, spectral analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 雲仙普賢岳北東麓立野地区で見られる火砕物露頭と層序
# Pyroclastic deposits and the stratigraphy on the outcrop to north east from Mt.Unzen

*長井 大輔[1]
*Daisuke Nagai[1]

1. 雲仙岳災害記念館
1. Mt.Unzen disaster memorial hall

雲仙普賢岳の平成噴火では、溶岩ドームの形成の過程で火砕流が発生し、周辺山麓に火砕流堆積物を残した。平成噴火以前から、普賢岳起源の火砕流堆積物の存在が指摘されており（小林・加藤,1985）、噴火後も雲仙火山の活動の中で多くの火砕流が発生してきたことが報告されてきた（小林・中田,1991、渡辺・星住,1995）。活火山である雲仙火山が今後どのような活動を行うか、過去の噴出物の層序と共に整理しその特徴を把握しておくことが今後の防災対策にも活かされる事項である。今回は普賢岳の北東山麓で数年にかけて新しい露頭が出現したので、その噴出物の記載と層序関係を報告する。

立野地区は島原市にあり、普賢岳の北東山麓、平成新山から約５ｋｍほどの位置にある。島原半島を横断する雲仙地溝の北縁にあたる千々石断層の延長にあたり、高さ約２０ｍ程度の断層崖の上にあたる場所にある。断層崖の南側は断層によって落ちた形になっており低く、眉山や普賢岳などの雲仙火山でも最新の堆積物で埋まっている。一方、立野は断層崖の上にあるため、最新の噴出物からの埋積から免れており、露頭として新規雲仙火山（約15万年より新しい）の一連の噴出物が観察できる場所である。過去に星住（1999）で模式露頭として報告もある（地点A）。今回、この場所に加え、立野地区で3か所の露頭（地点B,C,D）とより下流にある有明地区での露頭１か所（地点E）を加え、それらの火砕物の記載と層序関係の報告を行う。

新規雲仙火山の活動では、古いものから野岳、妙見岳、普賢岳、眉山などの形成があり、それぞれの活動時期に対応した火砕流堆積物や岩屑なだれ堆積物などが報告されている。野岳は、約７万年前、妙見岳は約３万年前（Hoshizumi et.al,1999）、普賢岳は約２万年前以降の活動で、普賢岳山頂や眉山の形成が約４千年前（小林・中田,1991、渡辺・星住,1995）である。立野の露頭では、下位に約9万年前の阿蘇４火砕流堆積物が見られ、それより上位の地層が見られる。つまり、野岳の時期から最近までの新規雲仙火山の露頭を見られることとなる、それぞれの特徴について整理する。立野の露頭約１０ｍの位置には、ブロック構造が特徴の岩屑なだれ堆積物が認められる。この上位に阿蘇４火砕流堆積物があり、少なくとも約9万年より古いことは分かる。立野南側には眉山周辺にある島原岩屑なだれ堆積物が知られているが、それとは層位が古くが起源は不明である。阿蘇４火砕流堆積物の上位には、青灰色の岩塊と同質の火山灰が特徴の一本松火砕流堆積物が見られる。立野地区は場所によって火砕サージ堆積物や二次的に動いた土石流堆積物として見られる。その上位には、約３ｍの厚さで黒色土壌が見られる。この土壌層の中には、デイサイト質岩片が点在するローム層が複数枚はさまり、黒色土壌中に洗浄して分かる形でAT火山灰起源（約2万９千年前）の火山ガラスが認められる。この土壌層内にある岩片や火山灰質ローム層は、妙見岳の活動期の噴出物と考えられる。その上位には、約２～３ｍの厚さでやや黄色みがあった岩塊と同質の火山灰が特徴の礫石原火砕流堆積物が見られる。礫石原火砕流堆積物は、再下位に火山灰層が見られ、途中火砕サージ堆積物など複数のユニットが確認できる。その上位には約３０ｃｍの火山灰層が見られる。同層は灰白色の礫が特徴で眉山形成期の六ツ木火砕流に伴う火山灰と考えられる。露頭の最上には保存が悪いが数ｃｍの平成噴火火山灰も見られる。

雲仙普賢岳北東山麓で新しい露頭を含め、雲仙火山の新規（約１５万年以降）の活動を記録する露頭の層序を記載し整理した。新しくこれまで見られていなかった岩屑なだれ堆積物もあり、今後起源の特定など研究の課題となった。活火山である雲仙火山の活動史を把握し、今後の防災対策にも活かされる成果としたい。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：活火山、火砕流、層序
Keywords: active volcano, pyroclastic flow, stratigrahy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 相対重力計で観測された熊本県阿蘇地域における重力変化（2015-2018）
# Relative gravity changes in Aso Volcano (Kumamoto Prefecture) observed from 2015 to 2018

*宮内 佑典[1]、風間 卓仁[1]、福田 洋一[1]、吉川 慎[2]、大倉 敬宏[2]、西島 潤[3]、藤光 康宏[3]
*Yusuke Miyauchi[1], Takahito Kazama[1], Yoichi Fukuda[1], Shin Yoshikawa[2], Takahiro Ohkura[2], Jun Nishijima[3], Yasuhiro Fujimitsu[3]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学火山研究センター、3. 九州大学大学院工学研究院
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, 3. Graduate School of Engineering, Kyushu University

重力観測は火山活動に伴う質量分布変化を把握するのに有効な手法の1つである。熊本県の阿蘇火山では1964年から数年ごとに繰り返し相対重力測定が実施され、広域の重力時空間分布が観測されてきた(吉川ほか, 2009)。近年では2011年以降に火山活動の活発化が見られ、2016年3月に至るまでの年3～4回の高頻度な相対重力観測によって阿蘇火山内部における熱水質量の時空間変動が明らかになった(Sofyan et al., 2016)。しかしながら、2016年4月の熊本地震では阿蘇地域でも甚大な被害が発生し、高頻度の重力測定が困難となった。阿蘇火山の活動は2016年10月に水蒸気爆発が観測されてから静穏化の傾向を示したが、このような一連の火山活動サイクルを地下の質量移動の観点から理解することは将来の火山活動を予測する上でも非常に重要である。

そこで我々は、阿蘇火山周辺における火山活動活発期から静穏期にかけての重力変化を監視するために、熊本地震発生後に2017年5・8・11月および2018年3・5・8・11月に繰り返し相対重力測定を実施した。重力測定に用いたのは九州大学所有のCG5相対重力計（CG5-KYU; 2018年3月のみ）、京都大学火山研究センター所有のCG5相対重力計（CG5-AVL）、および京都大学理学部所有のLaCoste相対重力計G680（LC-G680）である。CG5-AVLは繰り返し測定をしていない期間に火山研で連続観測を実施していたので、この重力連続データを用いて長期の器械ドリフトを事前に補正した。また、それぞれの重力計で繰り返し測定時に得られた相対重力値から器械高・潮汐・短期的器械ドリフトの寄与を補正した。一方、 熊本地震以前はCG5-KYUを用いて2015年9・11月および2016年3月に、またCG5-AVLを用いて2016年3月に相対重力観測が行われたので、これらのデータについても同様の補正を実施した。さらに、絶対重力計で地震前後に観測された絶対重力値を用いることで、上記の相対重力データを全て絶対重力値に変換し、熊本地震前後における絶対重力の時空間変化を見積もった。

以上のようにして得られた絶対重力値は、火口周辺および火口北側の観測点で上昇していることが分かった。この絶対重力変化の中には熊本地震に伴う地殻変動の寄与が含まれているので、干渉SARによって得られた準上下変位（地理院地図より）に重力鉛直勾配の典型的な値-0.2 mGal/mを掛け合わせ、それを絶対重力変化から差し引いた。その結果、中岳火口から西側に4km以内の点で0.06～0.10 mGal程度の重力上昇が依然残った。この重力変化は阿蘇火山内部の質量分布の変動によるものと考えられる。今後は水準測量をもとに推定された球状圧力源(須藤ほか, 2006)などを参考にして質量変動モデルを構築することを目指す。また、重力鉛直勾配の値を再検討し、GNSS連続観測データを元に地表上下変位の寄与をより正確に補正するとともに、高頻度の相対重力測定を継続する予定である。

キーワード：重力変化、地殻変動、質量変化、阿蘇火山
Keywords: gravity change, crustal deformation, mass variation, Aso Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇火山における水準測量2018
# Precise leveling survey in Aso volcano, 2018

*大倉 敬宏[1]、吉川 慎[1]、井上 寛之[1]、横尾 亮彦[1]、宇津木 充[1]、山本 圭吾[2]、内田 和也[4]、前田 裕太[5]、堀川 信一郎[5]、松廣 健二郎[5]、奥田 隆[5]、田ノ上 和志[5]、木股 文昭[7]、村瀬 雅之[6]、森 済[6]、三島 壮智[3]、小松 信太郎[2]、高谷 真樹[3]、及川 純[8]、石井 杏佳[3]、宮内 佑典[3]、木村 育磨[3]、内田 雅喜[3]、仲井 一穂[3]、瀧下 恒星[3]、千葉 慶太[4]、橋本 匡[4]、神谷 義之介[4]、山本 有人[4]
*Takahiro Ohkura[1], Shin Yoshikawa[1], Hiroyuki Inoue[1], Akihiko Yokoo[1], Mitsuru Utsugi[1], Keigo Yamamoto[2], Kazunari Uchida[4], Yuta Maeda[5], Shinichiro Horikawa[5], Kenjiro Matsuhiro[5], Takashi OKUDA[5], Kazushi Tanoue[5], Fumiaki Kimata[7], Masayuki Murase[6], Hitoshi Mori[6], Taketoshi Mishima[3], Shintaro Komatsu[2], Masaki Takaya[3], Jun Oikawa[8], Kyoka Ishii[3], Yusuke Miyauchi[3], Ikuma Kimura[3], Masaki Uchida[3], Kazuho Nakai[3], Kosei Takishita[3], Keita Chiba[4], Hashimoto Tasuku[4], Yoshinosuke Kamiya[4], Yuto Yamamoto[4]

1. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター、2. 京都大学防災研究所、3. 京都大学大学院理学研究科、4. 九州大学大学院理学研究院、5. 名古屋大学大学院環境学研究科、6. 日本大学文理学部、7. 東濃地震科学研究所、8. 東京大学地震研究所
1. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. DPRI, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, Kyoto University, 4. Graduate School of Science, Kyushu University, 5. Graduate School, Nagoya University, 6. College of Human and Society, Nihon University, 7. TRIES, 8. ERI,Univ.of Tokyo

阿蘇火山周辺では2016年熊本地震による道路の寸断状況が2019年2月現在も継続している。しかし2018年4月には主要な道路の復旧作業が完了したため、我々は2018年9月30日から10月6日の期間において2012年9月以来となる水準測量を実施した。測量参加機関は、京大理、京大防災研、九大理、名大環境、日大文理、東濃地震科学研究所、東大地震研である。本講演では、熊本地震以降初めてでもある水準測量の結果を報告する。

水準測量は赤水、坊中、地獄・吉田、湯の谷の各路線（総延長は約42km）で実施された。地震時の地すべりやその後の災害復旧作業により遺失した水準点も少なくなかった（たとえばBM10406, BM10411）が、基準点を新設して対応した。その結果、すべての水準点間の往復測量が一等水準測量の許容誤差以内で行われた。特に27kmの閉合路線(BM10401~地獄路線～吉田路線～坊中路線～赤水路線～BM10401)における環閉合差が0.43mmとなり、高精度の測量を実施することができた。

2012年9月および今回の水準測量では、GEONET960701の基台である960701Aも測量路線に含まれている。そこで、2012年と2018年の測量期間をふくむ1ヶ月間のGEONET F3解の平均をとり、同期間の上下変位量をもとめ、この値を基準として、各水準点の上下変位量をもとめた。その結果、阿蘇山中岳火口の近傍の水準点(BM10408)において約30cmの沈降となった。そして、これらの上下変位量を、国土地理院による干渉SAR 結果の2.5 次元解析により得られた2016年熊本地震時の地殻変動の準上下成分と比較すると、その隆起・沈降域の分布やその量が概ね一致した。したがって、水準測量により検出された2012–2018年の上下変位は熊本地震時の地表変位をおおむね反映していると考えられる。

1963年以降の水準測量では、阿蘇山麓北側を不動点（基準）とした場合に、草千里（中岳火口から西約3km）を中心とするゆるやかな沈降（0.5cm/year以下）が検出されていた。しかし今回の測量結果は、2016年熊本地震時の地表変位を反映するもの（2012年9月と比較すると草千里周辺で約30cmの沈降）となり、火山性地殻変動検出という点では測量の継続性が途絶えてしまった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

しかし、今回得られた比高値は、今後の火山活動による地殻変動を検出する際のあらたな基準値として重要である。我々は、今後も繰返し水準測量を実施して行く予定である。

キーワード：阿蘇火山、地殻変動、2016年熊本地震
Keywords: Aso volcano, Crustal deformation, the 2016 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 斜長石斑晶の化学組成から読み解く阿蘇カルデラ形成噴火第３サイクルにおけるマグマ進化

# Magma evolution during the Aso-3 caldera-forming eruption cycle deduced from the chemistry of plagioclase phenocrysts

*松木田 悠希[1]、飯塚 毅[1]、牛久保 孝行[2]、清水 健二[2]、下司 信夫[3]、宮城 磯治[3]、浜田 盛久[2]
*yuki matsukida[1], Tsuyoshi Iizuka[1], Takayuki Ushikubo[2], Kenji Shimizu[2], Nobuo Geshi[3], Isoji MIYAGI[3], Morihisa Hamada[2]

1. 東京大学、2. 海洋研究開発機構、3. 産業技術総合研究所
1. the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth and Science Technology, 3. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Title

Magma evolution during the Aso-3 caldera-forming eruption cycle deduced from the chemistry of plagioclase phenocrysts

Author

Yuki Matsukida, Tsuyoshi Iizuka, Takayuki Ushikubo, Kenji Shimizu, Nobuo Geshi,

Isoji Miyagi, Morihisa Hamada

Introduction

Caldera-forming eruptions are the most destructive type of volcanic activity and exert a great influence on the Earth’s surface. Therefore, the underlying magmatic mechanism leading to caldera-forming eruptions is of fundamental importance in volcanology. The Aso volcano is the largest (18×25 km in diameter) caldera in the southwestern Japan Island Arc and formed through four large eruption cycles. In this study, we have investigated the evolution of magmas that erupted during the second youngest cycle among the four cycles, the Aso-3 cycle at 123 ka. It ejected >150 $km^3$ of pyroclasts that are divided into the following four units in stratigraphic ascending order: 3W, a plinian pumice fall deposit; 3A, a pumice flow deposit containing dominantly aphyric pumice and glassy ash; 3B, a scoria flow deposit characterized by abundant aphyric scoria; and 3C, a scoria flow deposit consisting mainly of porphyritic scoria and glassy ash matrix.

On the basis of major and trace element compositions and Sr-Nd-Pb isotope ratios of whole rocks as well as phenocrysts, Kaneko et al. (2015) argued that the pre-eruptive magma chamber was chemically stratified from a mafic lower part to a felsic upper part. The previous study further estimated water contents in the melts using the hygrometer based on plagioclase-melt partitioning of anorthite-albite components (Lange et al., 2009), but the estimates have large uncertainty. Here we determined hydrogen contents of plagioclase phenocrysts. By combining the hydrogen contents with major and trace element compositions of the plagioclase phenocrysts, this study aims to better understand pre-eruptive magma evolution and water behavior of the Aso-3 cycle.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Methods

Plagioclase as well as pyroxene and oxide mineral phenocrysts were separated from pumices of 3W, an obsidian clast of 3A, a welded clast of 3B, and a pumice clast of 3C. Major and trace elements in phenocrysts were quantified by electron probe microanalyzer (EPMA) and laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS), respectively. In LA-ICP-MS analysis, Ca contents measured by EPMA were used for internal standard normalization. OH contents in plagioclase phenocrysts were determined by secondary ion mass spectrometry (SIMS).

Results

Anorthite contents (#An) of plagioclase phenocrysts are variable even in individual units, but show the systematic increase in ascending order, consistent with the results of Kaneko et al. (2015). REE patterns of plagioclase and pyroxene show positive and negative Eu anomalies, respectively. Plagioclase Ce content degreases as #An increases (Figure 1). On the other hand, OH contents in plagioclase phenocrysts are significantly higher in 3W (~250 ppm) as compared to the others (<50 ppm) (Figure 2).

Discussion

OH contents in a plagioclase phenocryst of 3W are significantly higher than those of 3A-C, nevertheless Ce contents of plagioclase are not significantly different between 3W and 3A. Considering that the partition coefficients of Ce between anhydrous major minerals and melt are similar to those of OH, this finding suggests that $H_2O$ was lost from the melt through gas exsolution or fractional crystallization of hydrous minerals. Alternatively, given the fast diffusion of hydrogen relative to Ce in plagioclase, it may be attributed to secondary loss of hydrogen from plagioclase phenocrysts of 3A-C during welding processes. From the observation of thin sections of 3W and 3A, however, microlite was rarely observed, suggesting that the secondary thermal effects would be restricted for both 3W and 3A. Furthermore, little hydrous phenocrysts have been observed from ejecta of the Aso-3 cycle. Therefore, the results of this study suggest that gas exsolution and degassing occurred between the eruptions of 3W and 3A.

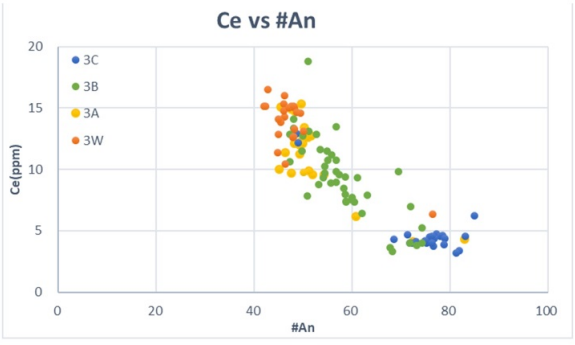



Figure 1 Ce vs anorthite contents for plagioclase phenocrysts

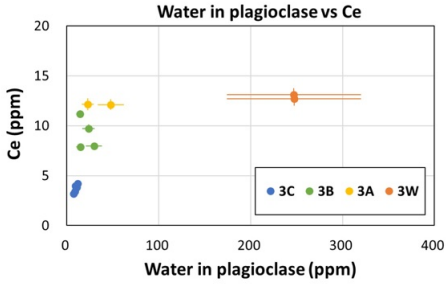



Figure 2 Water vs Ce contents for plagioclase phenocrysts (The water contents were calculated from hydrogen concentrations in the phenocrysts)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 噴火微動の継続時間と噴出量の関係
# Relationship between duration of eruption tremor and eruption volume

*森 亜津紗[1]、熊谷 博之[1]
*Azusa Mori[1], Hiroyuki Kumagai[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻
1. Nagoya University Environmental Studies

我々はこれまでに複数の火山の噴火微動と爆発地震について、*S*波の等方輻射が成立する5 - 10 Hz帯の地震波形データを用いて、震源振幅($A_s$ [$m^2$/s])と累積震源振幅($I_s$ [$m^2$])の関係を調べた(Mori and Kumagai, JpGU, 2017, 2018)。$A_s$はエンベロープ波形に対し、最大振幅を含む10秒窓での平均振幅を求め、幾何減衰と非弾性減衰の効果を補正し全観測点で平均した値で、震源での最大振幅の大きさに相当する。一方$I_s$は、エンベロープ波形全体に上記の減衰効果を補正し微動の継続時間で積分した値で、振幅の累積値に相当する。我々は$A_s$と$I_s$がべき乗関係にあり、その関係性が噴火微動と爆発地震では異なることを示した。さらに、2011年の霧島のサブプリニー式噴火について、傾斜計データから推定された噴出率と我々が推定した$A_s$の値を比較したところ、$A_s$は噴出率と比例関係にあった。今回我々はさらに、エンベロープ波形の時間変動についても調べた。その結果、噴火微動の継続時間($T$ [s])と噴火規模の間に規則性があることが分かったので報告する。

本研究ではまず、$I_s$と$A_s$の値からエンベロープ幅($p$ [s])を算出し、$p$と$I_s$の関係を評価した。$p$は$I_s/A_s$として定義され、地震波形の継続時間を表す指標として用いることができる(Kumagai et al., JGR, 2018)。その結果、噴火微動では$p$が$I_s$の0.4乗に比例することが分かった。また各噴火のエンベロープ波形を比較したところ、振幅が徐々に大きくなった後、振幅がピーク振幅に近い大きさでおおよそ一定になる状態が比較的長時間続き、その後徐々に振幅が小さくなるという特徴がみられた。さらにややばらつきはあるものの、$p$が最大$A_s$の値とともに増加していく傾向がみられた。また、エンベロープ波形を下底の長さが$T$、高さが$A_s$となる台形として近似すると、例外はあるが上底と下底の比がおおよそ一定になっていた。よって、$p$は$T$に比例すると考えられる。さらに$A_s$と*噴出率*は比例関係にあるので、$I_s$と噴出量($V$ [$m^3$])もまた比例関係にある。したがって、上記の$p$と$I_s$の関係は$T$が$V$の0.4乗に比例するということを示している。プリニー式噴火については、世界の様々な火山で発生した幅広い規模の噴火の規模や様式、継続時間などの情報が先行研究によってまとめられている(Mastin et al., JVGR, 2009)。そこで先行研究にまとめられている$T$と$V$の値と我々の結果を比較したところ、我々が推定した$T$と$V$の関係は先行研究の値と整合的であった。よってプリニー式噴火では、幅広い規模の噴火において、噴出量が噴火微動の継続時間とともに増加していく傾向にあることが分かった。これらの結果は、噴火微動の継続時間と噴出量の間に規則的な関係が成り立っていることを示している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2018年3月の新燃岳噴火に伴う地殻変動
# Crustal deformation accompanied with the eruption of Shinmoe-dake in early March 2018

*渡部 豪[1]、横田 崇[1]、倉橋 奨[1]、榎本 賢大[1]
*Tsuyoshi Watanabe[1], Takashi Yokota[1], Susumu Kurahashi[1], Kenta Enomoto[1]

1. 愛知工業大学
1. Aichi Institute of Technology

本研究では，火山噴火のメカニズムを明らかにすることを目的に，霧島山中央部に位置する新燃岳を対象とし，2018年3月上旬に起こった一連の火山活動に伴う地殻変動について，2013年1月1日から2018年3月25日の九州地方（主に九州地方で，山口県，愛媛県の一部を含む）に分布するGEONET観測点（150点）で得られたF3解を用いて解析を行い，地下の圧力源（マグマソース）の推定を行った．

ここでは，F3解に対して，GNSS受信機・アンテナ・レドーム交換などによる日毎の観測点座標値のオフセットの除去を行った後，初日（2013年1月1日）を基準とした，東西・南北・上下方向への座標変換を経て，観測点毎の変位の時系列を作成した．続いて，それらの時系列にWdowinski et al.（1997）の方法を適用し，季節変動や日毎の座標値のばらつきが原因で生じた共通誤差成分を取り除いた．また，対象とする火山活動の期間中の地殻変動に影響を及ぼす因子として考えられる，2016年熊本地震による粘弾性緩和について，国土地理院の3枚の矩形断層モデルによる地震時のすべりを与え，Fukahata and Matsu’ura (2005; 2006) のコードを利用して，九州全域に及ぶ地震後5年間の地殻変動を計算し，得られた観測点変位の補正を行った．この解析では，厚さ25 kmの弾性体がMaxwell 粘弾性体の上に横たわる二層の水平成層構造を仮定した．また，粘弾性体の粘性率は$2.0\times10^{18}$ Pasと仮定し，その他の物性パラメータは，Fukahata and Matsu’ura（2005; 2006）で使用された値を用いて計算を行った．その他の因子として，フィリピン海プレートの沈み込みに伴う弾性変形の推定を行い，元のデータを補正した．ここでは，Hirose et al.（2008）のフィリピン海プレートの上面形状に基づき，九州地方下に沈み込むプレートの境界面を170枚の矩形断層で近似し，矩形断層のすべりによるグリーン関数は，Okada（1985）の定式に基づいて計算し，プレート間の固着に伴う弾性変形を推定した．同解析では，観測値として，2013年1月1日から2016年3月31日までのGNSS変位速度データ（水平・上下成分）を用い，観測値と計算値の残差二乗和が最小になるという条件，隣り合う矩形断層で固着率の推定値がなめらかになるような拘束条件をかけた．最後に，新燃岳周辺のGEONET 7観測点で得られた変位データに対し，膨張期（2017年7月1日～2018年2月28日）と収縮期（2018年2月14日～2018年3月25日）に生じた火山変動をよく説明するための圧力源の経度・緯度・深さの推定を行った．ここでは，経度について130.6～131.1˚まで，緯度について31.7～32.1˚までの範囲をそれぞれ0.001˚刻みで，深さについて4～15 kmの範囲を0.1 km刻みで設定し，グリッドサーチを行い，観測値と茂木モデルを用いた地殻変動の計算値との残差が最小となるものを最適解とした．なお，圧力源の体積変化については，膨張期に$1.6\times10^{7}$ $m^3$の体積増加，収縮期に$0.7\times10^{6}$ $m^3$の体積減少という，気象庁の推定値を採用した．

この結果，膨張期には，最大で14 mmの南東方向への変位が950486観測点で得られ，他の観測点でも新燃岳火口から等方的に伸張するセンスの変位が示され，矩形のダイク貫入より球状の圧力源を仮定したほうが地殻変動をよく再現できると考えられる．一方，収縮期には，最大で8 mmの変位が膨張期と同様に950486観測点で得られた．これら二つの時期で，変位パターンは，概ね互いに逆センスであった．また，膨張源・収縮源の位置は新燃岳火口直下ではなく，火口から6～7 km北西方向に離れた場所に位置することが明らかとなった．これらの結果は，気象庁の結果と概ね調和的であるが，気象庁の結果と比べて膨張期における圧力源の深さが4 kmほど深部に推定された．これについては，今後，詳細な検証が必要となるが，使用した観測点の

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

数や圧力源との位置関係，地形の効果などに依存している可能性があると思われる．今後，地形の効果を考慮した解析や圧力源の推定位置に関する誤差の見積もりなどを含めた議論を行う．

キーワード：新燃岳、GNSSデータ、2016年熊本地震に伴う粘弾性変形、フィリピン海プレートの沈み込みによる弾性変形、マグマだまりの推定
Keywords: Shinmoe-dake, GNSS data, visco-elastic deformation due to the 2016 Kumamoto earthquake, elastic deformation by subduction of the Philippine Sea plate, estimation of magma chambers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSS観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源
# Sources under Iwo-yama, Kirishima Volcanoes derived from GNSS observation and Precise leveling survey.

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1]
*Yuki Koga[1], Takeshi Matsushima[2], Kazunari Uchida[2], Dan Muramatsu[1], Yuichi Iwasa[1]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu university , 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

硫黄山はここ数年火山活動が活発な霧島火山の活火山の一つである。2013年12月以降火山性地震が多く発生してから火山活動が活発化し始め、2015年12月には地表に熱異常域が形成され噴気活動が始まり、2018年4月には水蒸気噴火も発生するなど、熱水活動の盛んな火山である。森田（2018）において、2015年6月～2017年10月に実施された鉛直方向の変位を検出できる水準測量で捉えられた地殻変動は、硫黄山噴気域の東150mの地表からの深さ約700mの地点の球状圧力源の増圧によるものと推定された。この深さは、MT探査によって推定された粘土層と考えられる難透水層の下面（Tsukamoto et al., 2018）に一致しており、粘土層がキャップロックとなり深部から上昇してきた熱水がその下面に溜められ、圧力をためているのではないかと推定された。ただ、森田（2018）の圧力源は水平変動が考慮されていない。水準測量で検出した上下変動にGNSS観測によって検出された硫黄山周辺の水平変動を用いて、硫黄山のより詳細な圧力源モデルの推定を試みた。

噴火前の期間①（2017年10月～2018年3月）では、硫黄山を中心とする最大約1.5㎝の隆起と硫黄山の噴気域を中心とする放射状の水平変動が捉えられた。この地殻変動のパターンから圧力源を球状圧力源と仮定して、標高補正茂木モデルを用いてモデリングを行った。その結果、硫黄山の直下深さ780mに位置する球状圧力源の4.7×10㎥の体積増加と推定された。深さはTsukamoto et al.(2018) で推定された粘土層の下面の深さに概ね一致しており、噴火前に粘土層の下面で圧力源が膨張していたことが考えられる。噴火後の期間②（2018年6月～2018年10月）においては、硫黄山を中心とする最大3.5㎝の上下変動や硫黄山の山体を中心とする大きい水平変動が捉えられた。この変動の圧力源を推定した結果、ここでも硫黄山の直下深さ720ｍに位置する球状圧力源の5.6×10㎥の体積増加によるものと推定された。よって、噴火の後も粘土層の下面において球状圧力源が膨張を続けており、噴火が再び発生する可能性が高まっていると考えられる。

期間①の山体のGNSS観測点には球状圧力源の体積増加では説明できない水平変動が捉えられていた。これは粘土層下の圧力源の体積増加に伴って、熱水が粘土層の亀裂を通って上昇し、山体浅部の間隙水圧や温度を上昇させたことで、地殻が膨張したものであると考えられる。また、期間①と期間②で推定したそれぞれの圧力源位置を比較したところ、噴火を挟んで北西へ約150m程度移動していた。噴火後の硫黄山では新しい熱異常域の形成や噴気活動の活発化などが山体の西側で確認されており、硫黄山の火山活動が西側へ遷移する様子を反映しているものであると考える。さらに、これらのモデルによる硫黄山周辺の連続観測点（硫黄山から2～3㎞）の水平変位と実際に観測された水平変動を比較したところ、モデルによる変位を上回る水平変動が捉えられていた。このことから硫黄山周辺に別の圧力源が存在する可能性を考え、霧島全域のGNSS連続観測点の変動データを用いて圧力源のモデリングを行ったところ、これらの地殻変動は硫黄山から約5㎞離れたえびの岳付近の深さ約7kmに位置する球状圧力源の体積増加によるものであると推定された。この圧力源はNakao et al. (2013) で推定された新燃岳の2011年噴火の前後の地殻変動源と整合的で、新燃岳のマグマだまりの体積変化によるものと考えられる。

よって硫黄山周辺の地殻変動は、粘土層下の熱水だまり、熱水の上昇に伴う山体浅部の地殻変動源、新燃岳のマグマだまりの３つの圧力源で説明することができることが分かった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：硫黄山　、GNSS観測、精密水準測量
Keywords: Iwo-yama, GNSS observation, Precise leveling survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSS 観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源
# Sources under Iwo-yama, Kirishima Volcanoes derived from GNSS observation and Precise leveling survey.

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1]
*Yuki Koga[1], Takeshi Matsushima[2], Kazunari Uchida[2], Dan Muramatsu[1], Yuichi Iwasa[1]
1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

At Iwo-yama that active volcano located in Ebino kogen volcanic area of Kirishima Volcanoes, fumarolic activity has risen again from December 2015 after dozen year's silence and suddenly increasing of seismicity (50 times and more a day) and volcanic tremors was observed several times. And phreatic eruption occurred in April 2018. Morita (2018) inferred inflation spherical pressure source as Mogi source from leveling survey between June 2015 and December 2015. The source's depth is about 700m beneath Iwo-yama and the source was considered that correspond with bottom of conductive layer inferred clay layer from MT survey (Tsukamoto et al., 2018). But, leveling can detect vertical displacement only and the inferred source is not considered horizontal displacement. So, we will improve pressure source inferred from leveling adding detect horizontal displacement from GNSS observation in this study.

As result of the observation, radial crustal deformation was detected several months before the occurrence of the phreastic eruption and after the eruption occurred. Estimating those displacement using an elevation-modified Mogi model, volume increse of the pressure source located at 700m depth below Iwo-yama was estimated. The depth of this pressure source coincided with the depth of the clay layer and it was found that the pressure source had expanded under the clay layer before the eruption occurred. But, for the GNSS observation point of the edifice before eruption, displacement which can't be explained by the pressure source under the clay layer has been detected. This displacement is thought to be due to the rise of hot water to the shallow part as the pressure source under the clay layer expands.

We conducted GNSS continuous observation point around Iwo-yama established by Japan Meteorological Agency to verify the pressure source under the clay layer. As a result, displacements which can't be explained by this model detected at these observation points. Using the GNSS continuous observation points throughout Kirishima, we estimated the pressure source of this displacement. Then, we could estimate the spherical pressure source located 7 km deep in the vicinity of Ebino-dake. This model is consistent with the source of crustal deformation before and after the eruption of Shinmoe-dake volcano in 2011 estimated by Nakao et al. (2018). Therefore, those displacement is thought to be due to volume change of magma chamber of Shinmoe-dake. In conclusion, the crustal deformation around Iwo-yama is due to these three sources, spherical pressure source under clay layer, displacement due to hot water rising to shallow part of Iwo-yama, magma chamber of Shinmoe-dake.

This work was partly supported by MEXT under Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development, and under Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program.Also it was suppoerted by ERI, The University of Tokyo under Joint Usage Program.

キーワード：硫黄山、GNSS 測量、水準測量
Keyword：Iwo-yama, GNSS observation, Precise leveling survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSSデータによる姶良カルデラ周辺の広域上下変動
# Regional vertical deformation around Aira caldera from GNSS data

*仲井 一穂[1]、井口 正人[2]、大倉 敬宏[3]
*Kazuho Nakai[1], Masato Iguchi[2], Takahiro Ohkura[3]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、3. 京都大学大学院理学研究科火山研究センター
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

姶良カルデラ周辺の広域地盤変動を調べるためにGNSSデータを用いて上下変位の解析を行なった．

使用したデータは国土地理院のGEONETのF3解とRINEXデータ，京都大学桜島火山観測所のGPS観測点のRINEXデータである．解析期間はGEONETの960719観測点で隆起速度が18mm/yrより大きかった1998年～1999年と2015年～2016年のそれぞれ2年間とした．桜島火山観測所の観測点の日座標は，それぞれの観測点に最も近いGEONETの点のF3解を基準座標とした相対測位を行うことで決定した．座標の計算にはRTKLIBを用いている．決定した日座標のデータから年周および半年周成分，地震時とアンテナ交換に伴うステップを取り除き，期間ごとに上下動の変位速度を求めた．霧島周辺の上下変位速度には韓国岳下およそ9kmにある圧力源の体積変化による影響が含まれていると考えられるので，Nakao et al.（2013）の圧力源の位置を参考に地盤変動量を求め，その影響を取り除いた．

解析結果から，姶良カルデラの中心から動径方向に隆起と沈降の2つの領域が存在することがわかった．まず，姶良カルデラの中心から半径20km以内において隆起している様子が解析した2つの期間で共通して見られた．隆起量は姶良カルデラの中心に向かうほど大きくなり，最も大きな値となった桜島北部の観測点では1998～1999年では26mm/yr，2015-2016年では20mm/yrとなった．一方，沈降の領域は1998年～1999年では姶良カルデラから半径20～30km，2015年～2016年では姶良カルデラから半径30～40kmの領域で検出された．沈降量は両期間ともおよそ3mm/yrであった．

得られた上下変位速度のデータから茂木モデルに基づき圧力源の位置と体積変化量の推定を行なった．1998年～1999年の期間では姶良カルデラの地下10kmの深さの増圧源と地下14kmの深さの減圧源が推定され，それぞれの体積変化量はおよそ$+1.8\times10^7 m^3$と$-1.5\times10^7 m^3$であった．2015年～2016年の期間では姶良カルデラの地下10kmの深さの増圧源と地下30kmの深さの減圧源が推定され．それぞれの体積変化量はおよそ$+1.5\times10^7 m^3$と$-3.3\times10^7 m^3$であった．体積変化量のオーダーは両期間とも増圧源と減圧源でほぼ等しい．

以上の結果より，今回得られた上下変位速度の空間分布は深部の減圧源と浅部の増圧源で説明ができることがわかった．浅部の増圧源の位置はHotta et al.（2016）で求められたマグマ溜まりであるとされるA-sourceと一致している．また，体積変化量を考慮すると，深部から浅部のマグマ溜まりへマグマが移動することにより圧力源の体積の増減が現れている可能性がある．

キーワード：姶良カルデラ、GNSS、上下変動
Keywords: Aira caldera, Global Navigation Satellite System, vertical deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 水準測量によって測定された桜島火山の地盤上下変動（2017 年11 月～2018 年11 月）

# Vertical ground deformation in Sakurajima volcano measured by precise leveling survey (during Nov. 2017 - Nov. 2018)

*山本 圭吾[1]、松島 健[2]、吉川 慎[3]、井上 寛之[3]、園田 忠臣[1]、瀧下 恒星[1]、仲井 一穂[1]、内田 雅喜[3]、大柳 諒[3]、神谷 義之介[2]、大倉 敬宏[3]
*Keigo Yamamoto[1], Takeshi Matsushima[2], Shin Yoshikawa[3], Hiroyuki Inoue[3], Tadaomi Sonoda[1], Kosei Takishita[1], Kazuho Nakai[1], Masaki Uchida[3], Ryo Oyanagi[3], Yoshinosuke Kamiya[2], Takahiro Ohkura[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 九州大学理学研究院、3. 京都大学理学研究科
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Fuculty of Sciences, Kyushu University, 3. Gruduate School of Science, Kyoto University

平成26 年度より開始された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」における課題「桜島火山におけるマグマ活動発展過程の研究」の一環として，昨年度に引き続き，2018 年11 月に桜島火山において一等水準測量の繰返し観測を実施した．本講演では，この測量の結果について報告し，2017年11 月に実施した前回測量以降の桜島火山の地盤上下変動について議論する．

水準測量を実施した路線は，桜島西部山腹のハルタ山登山路線，北部山腹の北岳路線の2 路線である．路線総延長は約21 km であった．これらの路線を，2018 年11 月12 日～29 日の期間において測量に当たった．測量方法は，各水準点間の往復測量で，その往復差は一等水準測量の許容誤差を満たすようにした．測量器材の事前調整を行い，これらの器材を用いて注意深く測量を行った結果，測量における誤差は，1 km 当りの平均自乗誤差が，ハルタ山登山路線および北岳路線においてそれぞれ±0.25 mm/kmおよび±0.18 mm/km となり，高精度の一等水準測量を行うことができた．

桜島西岸の水準点BM.S.17 を不動点（基準）とし，各水準点における比高値を，前回の2017 年11 月に行われた測量結果（山本・他，2018）と比較することで，2017 年11 月から2018 年11 月の期間の約1 年間における地盤上下変動量を計算した．計算された地盤上下変動量から，桜島中央部付近において，地盤沈降（最大で-6.2 mm）が生じていることが確認された．また，桜島北岸に近い北岳路線の水準点においても地盤沈降が認められた．前々回から前回測量までの2016 年11 月から2017 年11 月の期間においては，北岳路線の水準点において地盤隆起が測定されていた．北岳路線において地盤沈降が測定されたことは，2018 年11 月までの1 年間に姶良カルデラ地下のマグマ溜まりにおいて増圧があったとしてもそれほど顕著ではないことを示唆する．

茂木モデルに基づき，得られた上下変動量データから圧力源の位置と体積変化量を求めた．測量を実施した水準点の空間分布が限られているため試行的な結果であるが，南岳直下の深さ約1.7 km に減圧源（体積減少量約37 万立方メートル）が推定された．2017 年11 月～2018 年11 月の期間，南岳直下のマグマ溜りにおいてはマグマ放出により減圧傾向であることが示唆される．

キーワード：桜島火山、精密水準測量、地盤上下変動
Keywords: Sakurajima volcano, precise leveling survey, vertical ground deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 繰り返し相対重力観測で明らかになった桜島火山における1990年代以降の重力時空間変化

# Spatiotemporal gravity variations from the 1990s in Sakurajima Volcano, revealed by repeated relative gravity measurements

*大柳 諒[1]、風間 卓仁[1]、山本 圭吾[2]、大島 弘光[3]、岡田 和見[3]、園田 忠臣[2]、井口 正人[2]
*Ryo Oyanagi[1], Takahito Kazama[1], Keigo Yamamoto[2], Hiromitsu Oshima[3], Kazumi Okada[3], Tadaomi Sonoda[2], Masato Iguchi[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 北海道大学地震火山研究観測センター
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. DPRI, Kyoto University, 3. ISV, Hokkaido University

重力観測は火山内部の質量移動を捉えるのに有効な手法の1つである。桜島火山では1975年から相対重力計による重力観測が開始され、2018年までに計20回の繰り返し観測が実施されてきた。このうち、南岳噴火の活発期である1975年～1992年については風間ほか(2018)によって長期的な地殻変動および重力変化のモデル化が行われた。それによると、水準測量で得られた桜島内外の上下変位は2つの球状圧力源の収縮で説明できるが、桜島島内における相対重力値の上昇についてはこれらの球状圧力源の収縮では十分再現できないことが分かった。そこで風間ほか(2018)は北岳直下の深さ5 kmに地殻変動を伴わないような質量増加を仮定し、ここで6.0 E+10 kg/yr（年間6000万トン）の質量蓄積があれば桜島島内の相対重力変化を説明できることを示した。しかしながら、風間ほか(2018)でモデル化されたのは1975年～1992年の質量変動のみであり、それ以降現在までの長期的な質量変動モデルは提案されていない。桜島直下における質量蓄積が現在も継続しているかどうかを知ることは、今後の桜島の火山活動を予測する上でも非常に重要である。

そこで本研究は、1990年代後半から2018年に至る約20年間のGPSデータおよび相対重力データを解析し、この期間の長期的な圧力源変動および質量変動を以下のようにモデル化した。まず、我々はTakayama and Yoshida (2007)の手法を用いてGEONET F3解の水平変位場から桜島火山活動以外のテクトニックな地殻変動場を補正した。次に、姶良カルデラ直下におけるマグマだまりの膨張を想定し、テクトニック場補正後の地殻変動データをMogi (1958)の球状圧力源モデルによって再現した。このとき、球状圧力源の位置や膨張量はグリッドサーチ法によって決定した。その結果、姶良カルデラ中央部の深さ9.0 kmに5.5 E+6 m3/yrの体積膨張速度を持つ球状圧力源が存在すれば、GEONETの地殻変動場を最もよく再現できることが分かった。この球状圧力源に伴う重力変化は萩原(1977)の式によって計算できるが、そもそも地球上の地殻変動では地球重心との距離変化が最も重力変化に効くため、圧力源膨張（による地殻隆起）に対する重力変化は負の値を取る。しかしながら、同期間に桜島島内で観測された重力変化速度は正の値を持っているので、球状圧力源の膨張だけでは桜島の重力変化を説明できないことが分かる。

桜島島内で観測された重力変化から球状圧力源の膨張に伴う重力変化を補正すると、補正後の重力変化速度は山頂部のS110で+7.49 microGal/yr、西側山麓のS16で+1.61 microGal/yrとなった。ここで我々は、この重力時空間変化を再現するために点質量に伴う理想的な重力変化を計算した。なお、この計算に必要なパラメーター（点質量源の位置や質量増加速度）については今回は試行錯誤的に決定した。その結果、桜島中央部の海抜下3.3 kmの位置に2.3 E+10 kg/yr（年間2300万トン）の質量増加を設定すれば実際の重力変化をよく再現できることが分かった。すなわちこの結果は、桜島直下における質量増加は現時点でも継続しているものの、その増加速度は南岳活発期（1970年代～90年代前半）の半分未満に低下している、ということを示唆している。ただし、本研究のここまでの解析においては、GEONETの鉛直変位データを使用していない、モデル計算時にいくつかの簡単化を行っている、球状圧力源や点質量源に関するパラメーターの誤差を検討していない、などいくつかの問題を抱えている。今後はこれらの問題点を解決することで変動モデルを洗練化し、桜島内部の質量移動プロセスをより明らかにしていきたい。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：桜島火山、相対重力、地殻変動、質量変化、マグマ、陸水
Keywords: Sakurajima Volcano, relative gravity, crustal deformation, mass variation, magma, hydrology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# UAVを用いた噴火中の桜島火山の火口内状況把握
# Investigation into the crater of Sakurajima volcano during eruption using UAV

*三浦 俊介[1]、望月 拓実[1]、藤田 浩司[1]、浦山 利博[1]、佐々木 寿[1]、千葉 達朗[1]
*Shunsuke Miura[1], Takumi Mochiduki[1], Kouji Fujita[1], Toshihiro Urayama[1], Hisashi Sasaki[1], Tatsuro Chiba[1]

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

1. はじめに

活動中の火口地形を計測することは、火山学的にも防災上も重要な情報を得られるが、火口上空の飛行は噴火に巻き込まれるリスクがあり危険である。桜島の南岳は長期間にわたり活発な噴火を繰り返しており、地形の変化も激しい。南岳にはA火口とB火口があり、さらに東斜面に昭和火口がある。これまで、その形状を明らかにするために、国土交通省が、活動の合間に、航空レーザ測量を定期的に実施してきた。しかし、活動の活発化でこのような計測は困難となってきている。とくに昭和火口よりもさらに西側の、南岳山頂火口の地形計測が困難であった。そこで本研究では、桜島南岳山頂火口及び昭和火口の詳細な火口状況を把握するため、UAVによる近接撮影とSfM/MVSを活用した地形計測を試みたので報告する。

2. 桜島昭和火口、山頂火口の撮影

使用したUAVはMatrice210（DJI社製）で搭載したカメラはZENMUSE X4S（可視光）とZENMUSE XT2（熱赤外）である。DJI社製の機体には安全対策として、離着陸地点から対地高度500mの高度制限がかけられているため、立入り規制範囲外のアミダ川の上流部（標高600m付近）を離着陸地点とした。1100ｍまで上昇できれば、火口縁の高度よりも十分高い。

撮影は2018年11月29日AM9:58～、11月29日AM12:12～、11月30日AM10:05～の計3回、約15分の動画撮影方式で行った。1回目と2回目の撮影の間には、山頂火口で2回の噴火があり（11月29日AM10:19とAM10:48）、噴火前後の火口内の撮影にも成功した。

可視光での撮影では、麓の監視カメラではわからない昭和火口内部の状態を確認することができた。一方、南岳AおよびB火口の内部は、立ちこめる噴煙で、明瞭には撮影できなかった。熱赤外での撮影では、可視光ほどの解像度は得られなかったが、南岳山頂火口内部の噴煙の移動状況などを確認することができた。また、熱赤外ではヘリでの撮影よりも高解像度の動画を撮影することができ、昭和火口においては火口壁の成層構造も確認することができた。

3. 3Dモデルとオルソ画像の作成

撮影した可視光の動画から画像を切り出し、SfM/MVSにより昭和火口の0.5m解像度のオルソ画像と3Dモデルを作成した。モデル作成に使用した画像は452枚で、画像の切り出しからモデル作成までは約5時間かかった。昭和火口は、ほとんど活動が停止しており、一部の噴気を除けば、火口底を明瞭に撮影できた。一方、山頂火口（南岳A火口および南岳B火口）は噴煙の影響が大きく、火口上空に点群が多数あらわれ、火口底は判然としなかった。今後は可視光と比較して噴煙の影響が少ない熱赤外の計測結果を用いて、SfM/MVS解析を試みる予定である。

4. まとめ

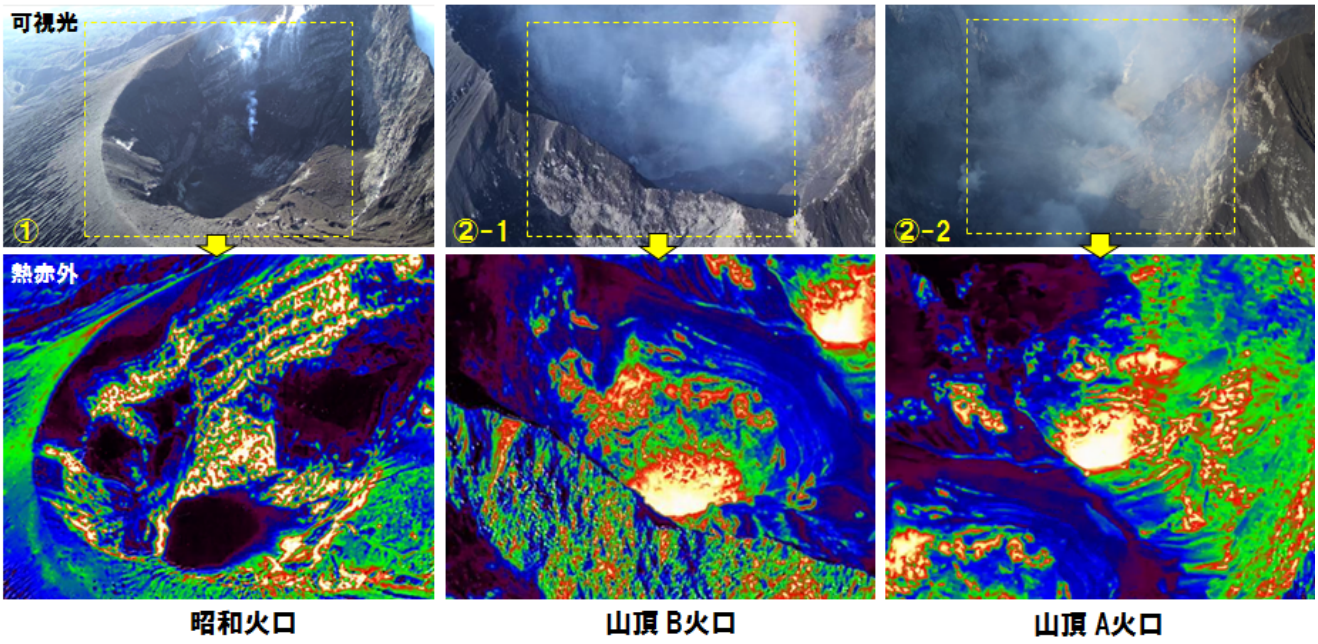
今回のUAVの飛行コースは、昭和火口の真上から噴火中の南岳B火口の縁までは行ったが、活動中の火口上空には入っていない。噴煙の影響を排除し、よりクリアな映像を得るためには、火口上空あるいは火口内部への低空飛行が必要であると思われる。現状では映像はSDカードに記録されているため、帰着しての回収が大前

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

提であるが、将来的には、通信によって得られる画像からのモデル作成が望まれる。

本研究は、文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト課題D1の一環で行ったものである。離着陸地点の立入りについては京都大学と鹿児島森林管理署の協力と許可を頂いた、ここに記して感謝申し上げます。

キーワード：無人航空機、活火山、SfM/MVS、熱赤外画像
Keywords: UAV, Active Volcano, SfM/MVS, Thermal infrared image




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Seismic refraction and wide-angle reflection experiment in southern Kyushu, Japan: (3) the 2018 exploration report

*宮町 宏樹[1]、高橋 浩晃[2]、青山 裕[2]、大園 真子[2]、椎名 高裕[6]、髙田 真秀[2]、一柳 昌義[2]、山口 照寛[2]、薄田 悠樹[2]、齊藤 一真[2]、伊藤 ちひろ[2]、村井 芳夫[2]、中垣 達也[2]、筒井 智樹[3]、竹井 瑠一[3]、多田 悠也[3]、山本 希[4]、平原 聡[4]、中山 貴史[4]、東 龍介[4]、鈴木 秀市[4]、佐藤 利典[5]、蔵下 英司[6]、安藤 美和子[6]、田中 伸一[6]、池澤 賢志[6]、山田 知朗[6]、中東 和夫[7]、前田 裕太[8]、堀川 信一郎[8]、松廣 健二郎[8]、奥田 隆[8]、辻 修平[8]、十川 直樹[8]、片尾 浩[9]、澁谷 拓郎[9]、三浦 勉[9]、中川 潤[9]、米田 格[9]、為栗 健[9]、瀧下 恒星[9]、仲井 一穂[9]、山下 裕亮[9]、松島 健[10]、内田 和也[10]、宮町 凛太郎[10]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、久保 武史[1]、坂尾 健有[1]

*Hiroki Miyamachi[1], Hiroaki Takahashi[2], Hiroshi Aoyama[2], Mako Ohzono[2], Takahiro Shiina[6], Masamitsu Takada[2], Masayoshi Ichiyanagi[2], Teruhiro Yamaguchi[2], Yuki Susukida[2], Saito Kazuma[2], Chihiro Ito[2], Yoshio Murai[2], Tatsuya Nakagaki[2], Tomoki Tsutsui[3], Ryuichi Takei[3], Yuuya Tada[3], Mare Yamamoto[4], Satoshi Hirahara[4], Takashi NAKAYAMA[4], Ryosuke Azuma[4], Syuichi Suzuki[4], Toshinori Sato[5], Eiji Kurashimo[6], Miwako Ando[6], Shinichi Tanaka[6], Satoshi Ikezawa[6], Tomoaki Yamada[6], Kazuo Nakahigashi[7], Yuta Maeda[8], Shinichiro Horikawa[8], Kenjirou Matsuhiro[8], Takashi OKUDA[8], Shuhei Tsuji[8], Naoki Sogawa[8], Hiroshi Katao[9], Takuo Shibutani[9], Tsutomu Miura[9], Nakagawa Jun[9], Itaru Yoneda[9], Takeshi Tameguri[9], Kosei Takishita[9], Kazuho Nakai[9], Yusuke Yamashita[9], Takeshi Matsushima[10], Kazunari Uchida[10], Rintaro Miyamachi[10], Hiroshi Yakiwara[1], Shuichiro Hirano[1], Takeshi Kubo[1], Kenyu Sakao[1]

1. 鹿児島大学大学院理工学研究科、2. 北海道大学大学院理学研究院、3. 秋田大学国際資源学部、4. 東北大学大学院理学研究科、5. 千葉大学大学院理学研究院、6. 東京大学地震研究所、7. 東京海洋大学学術研究院、8. 名古屋大学大学院環境学研究科、9. 京都大学防災研究所、10. 九州大学大学院理学研究院

1. Kagoshima University, 2. Hokkaido University, 3. Akita University, 4. Tohoku University, 5. Chiba University, 6. University of Tokyo, 7. Tokyo University of Marine Science and Technology, 8. Nagoya University, 9. Kyoto University, 10. Kyushu University

*[1] Primary Objective*

Southern Kyushu is a typical island arc region: subduction of Philippine Sea plate under Kyushu off Hyuganada with high seismic activity, the Aira caldera with active volcanic activity, the extending Okinawa trough, and the East China Sea. Our project is aimed at clarifying the detailed velocity structure of the crust beneath southern Kyushu and recognizing interactions with crustal activities in these regions.
It is also concerned about the occurrence of large-scale eruptions at the Aira caldera larger than the 1914 Taisho eruption in Sakurajima volcano. Accordingly, we also intend to reveal the caldera structure of the Aira caldera in order to deepen the understanding of the present magma supply system beneath the Aira caldera.
This reports an outline of the second seismic exploration carried out in November 2018.

*[2] Report of Seismic Exploration in 2018*

For our purpose mentioned above, we carried out the first seismic exploration in November 2017, which consists of 9 shot points with charges of about 200 kg dynamite in the land area and 906 temporary seismic stations including 42 OBSs along about 165 km long profile running transversely across the Osumi Peninsula, the central part of the Aira caldera, the Satsuma Peninsula, the Koshiki Strait and the Koshiki Islands.
The second seismic exploration was carried out in November 2018. In this 2018 exploration, 872

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

temporary seismic stations were deployed along the 2017 seismic main profile. The equipment at each station is same as that in 2017. In addition, we widely deployed 49 seismic temporary stations with a 4.5 Hz three components seismometerand a portable data logger ”GSX” in Sakurajima volcano in order to estimate the 3-D velocity structure beneath the volcano.
In the 2018 exploration, artificial explosions by the seismic air-gun blasting system(6000 cubic inches) were applied at 50m or 100m intervals along the sea profiles (Profile-B, Profile-D, Profile-F, Profile-H). We successfully observed the seismic refraction and reflection signals generated from the air-gun in a distance range of more than 20 km. We also introduced 4 big vibrator vehicles in the land area, which vibrates continuously during about 4 hours at the fixed locations. In addition, we carried out the seismic reflection profiling with 5 km long profile in the northeastern area in Sakurajima volcano.

Acknowledgement : This project is mainly funded by the Kyushu Electric Power Co., Inc. The JGI Inc. conducted the artificial explosions, and the Hanshin Consultants Co., Ltd shared a part of the temporary seismic observation.

キーワード：速度構造、南九州
Keywords: velocity structure, southern Kyushu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 幸屋火砕流の流動・堆積機構
# Flow and emplacement mechanism of Koya Ignimbrite

*鈴木 桂子[1]、中岡 礼奈[1]、山根 朋己[2]
*Keiko Suzuki-Kamata[1], Reina NAKAOKA[1], Tomomi Yamane[2]

1. 神戸大学 海洋底探査センター、2. 神戸大学大学院理学研究科
1. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center , 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University

Koya ignimbrite sourced from Kikai caldera 7.3 ka and traveled across the sea to reach the adjacent islands and the mainland of south Kyushu 40-90 km distant. Proximal facies of Koya ignimbrite, called Takeshima pyroclastic-flow deposit, comprise two or more flow units with a maximum thickness of 30 m, but the distal deposits collectively called Koya ignimbrite are consist of one flow unit and are exclusively very thin. Lag Breccia of Koya ignimbrite is recognized as layer 2b of 5 m thick on Takeshima and layer 1 of 2 m thick on Satsuma-Iwo Jima.

Koya ignimbrite contains essential pumices and volcanic glasses, both exhibiting a bimodal compositional distribution, e.g., ~60 and ~70 wt.% $SiO_2$ (Fujihara and Suzuki-Kamata, 2013). In addition to the silicic component, reflecting contribution the mafic component increases upwards from the basal to middle level of the deposit, and this vertical variation likely indicates progressive aggradation of pyroclasts. Koya ignimbrite overlies the ground layer consisting of crystal and fine pumice 1~5cm thick, and segregation pipe is commonly recognized in the ignimbrite in distributed area. The pyroclastic-surge deposit showing cross lamination overlies the ignimbrite on south of Osumi Peninsula. The surge deposit is rich in the mafic component, and suggests that the surge is formed at the late stage of ignimbrite eruption.

Koya ignimbrite distributes from the shoreline to the highland 1900m above sea level in Yakushima. Koya ignimbrite shows different lithofacies depending on altitude, which is thick and massive deposit more than severeal meters thick at lower area, and thin less than 50cm and composed of layer 1 at the base at higher altitude of 1600m above sea level. Mafic component is contained from the base of Koya ignimbrite in the north-west area on Yakushima both the lower area and the higher area, but mafic component increases upwards from the basal to middle level of the deposit in south-west area of Yakusima as same as Kyushu, Kuchinoerabujima and Tanegashima. This suggests that the earlier Koya ignimbrite climbing up the mountain area flows back due to the gravity in the north-west area and deposited thick at the lower area.

While silicic component can be recognized throughout the ignimbrite, mafic component exist only at the upper level of it at Tanegashima. The early phase products of Koya ignimbrite eruption reached to Tanegashima because this vertical variation is equal to that of the ignimbrites on proximal area, Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula (Fujihara and Suzuki-Kamata, 2013). Lower contents of mafic component from upper most level compared with that of Osumi Peninsula suggest that the flows which contain abundant in mafic component occured at the later phase of the ignimbrite eruption cannot reach to Tanegashima. This is conformable the fact that the ignimbrites on Osumi Peninsula are thicker than that of Tanegashima. Based on above, it is estimated that Koya ignimbrite lost a great many amount of pyroclasts in the sea during traveling across the sea and the Koya ignimbrite widely lies on the sea floor around Kikai caldera. Koya ignimbrite became the low aspect ratio ignimbrite after passing the sea area, and low density pyroclastic surge was formed in the mountain area reflecting the topography.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：拡散型火砕流、幸屋火砕流、鬼界カルデラ
Keywords: low-aspect ratio ignimbrite, Koya ignimbrite, Kikai caldera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 開聞岳南方海域の崩れ地形の成因を海底地形とマルチチャンネル反射波地震探査から探る

# Investigating Origin of landslide-like bathymetric feature at southern Mt.Kaimon using bathymetric and multichannel seismic reflection surveys

*山口 寛登[1]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、堀内 美咲[3]、松野 哲男[2,3]、巽 好幸[2,3]
*hiroto yamaguchi[1], Satoshi Shimizu[2], Hikaru Iwamaru[2], Mamoru Sano[2], Nobukazu Seama[3,2], Misaki Horiuchi[3], Tetsuo Matsuno[2,3], Yoshiyuki Tatsumi[2,3]

1. 神戸大学理学部惑星学科、2. 神戸大学海洋底探査センター、3. 神戸大学理学研究科惑星学専攻
1. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe university, 2. Kobe ocean-bottom exploration center, 3. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe university

開聞岳は4400年前に浅海域で活動を開始した火山であり、この火山の南方には海底地すべりのような地形があることが先行研究（海上保安庁2007）より分かっている。神戸大学海事科学部附属練習船深江丸での2018年3月と10月の探査航海で、この海域のマルチチャンネル反射波地震探査データと海底地形データが得られた。これらのデータを解析することで海底地すべりのような地形は地すべりで形成されたものなのか、もし地すべりならば発生源はどこなのかを調べた。海底地形データは海底地形図（図）にして、さらに地形解析として陰影図・傾斜量図・地形凹凸度指数（でこぼこ図）を求めた。反射波地震探査は地すべり状の地形を東西と南北に横切るような11本の測線で実施した（図のみどり線）。得られたデータから反射断面図を作成した。反射断面図からある反射面を境界として、崩れの影響を受けたとみられる厚さ70ｍほどの上層と広域にわたって安定して堆積した下層に分けられることが分かった。崩れの影響を受けたとみられる上層には逆断層や褶曲構造がみられ水平圧縮方向の力が加わったことを示している。海底地形図と上層の反射断面図から地すべりのような地形を大きく4つの異なった特徴を示すエリアに分け、それぞれ東部北側・東部南側・中央部・西部と名前を付けた。それぞれのエリアの特徴を次に示す。

・東部北側の地形は凹凸が激しく、傾斜量が大きい場所が点在している。反射断面図では、崩れの影響を受けた上層と受けていない下層の境界の反射面が不明瞭になっており、より深部まで崩れの影響を受けている。

・東部南側の地形は大部分で凸凹が少なく、傾斜量も小さい。反射断面図では、東西方向に走向をもつ逆断層がみられる。また成層構造が保たれた場所もところどころにみられる。

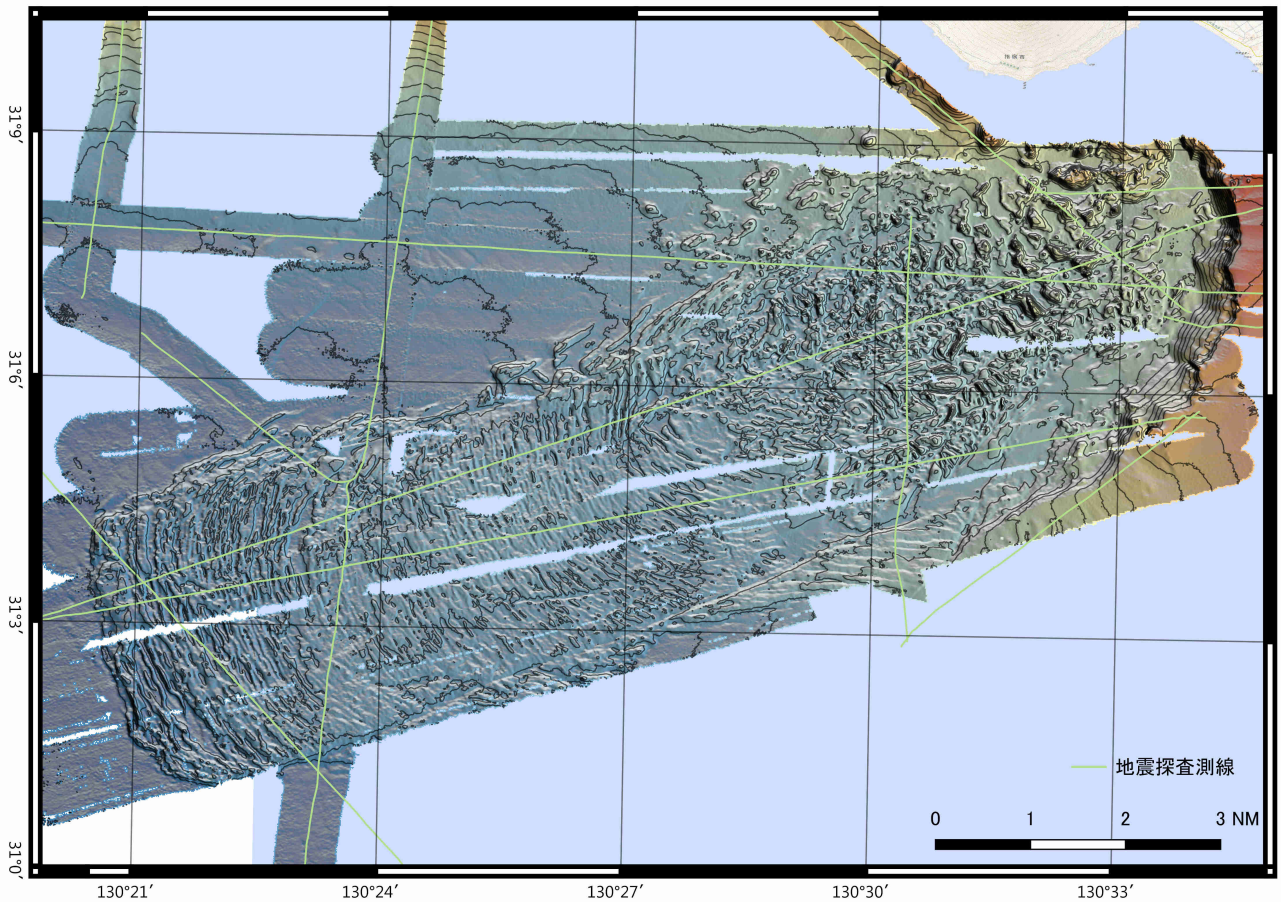
・中央部の地形は、他のエリアと比べて凹凸と傾斜量が穏やかである。反射断面図では、北北西-南南東方向に走向をもつ断層が多数みられる。また、成層構造が東と西の両端でみられる。

・西部の地形は東部北側ほどではないが、凹凸と傾斜量がともに大きい。反射断面図は中央部より少ないが南北に走向をもつ断層がみられる。

このような結果から、海底を押し流す地すべりが東部北側を発生源として起きた、流れの方向は東部では南方向、中央部から西部は西南西方向であると結論づけた。その理由は、東部北側でより深部まで崩れの影響を受けていること、断層や褶曲構造から推定される応力構造が東部で南北圧縮、中央部と西部はほぼ東西圧縮であること、地形の凹凸や傾斜が東側ほど大きくなる傾向があることがあげられる。

キーワード：反射波地震法、海底地形図、開聞岳
Keywords: seismic reflection, ocean bottom topography, Kaimondake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




国土地理院の電子地形図（タイル）に海底地形図と反射波地震探査の測線を追記して掲載

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 口永良部島火山2018-19年噴火降下火砕物の産状と分布
# Occurrence and distribution of pyroclastic fall deposits of Kuchinoerabujima volcano 2018-2019 eruption

*長井 雅史[1]、中川 正二郎[2]、入山 宙[1]、三輪 学央[1]、棚田 俊收[1]、上田 英樹[1]、中田 節也[1]
*Masashi NAGAI[1], Shojiro Nakagawa[2], Yu Iriyama[1], Takahiro Miwa[1], Toshikazu Tanada[1], Hideki Ueda[1], Setsuya Nakada[1]

1. 防災科学技術研究所　火山防災研究部門、2. 屋久島地学同好会
1. Volcano Research Department, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Yakushima Chigaku Club

口永良部島火山新岳では2018年10月21日から断続的に噴火が始まった。東側に隣接する屋久島や種子島で降灰が認められるような比較的大きな噴火は2018年12月18日、12月28日、2019年1月17日、1月29日に発生した。このうち降灰軸が南東方向にあり陸上に降灰が少なかった12月28日噴火を除く3つの噴火について降灰調査を行った。口永良部島島内では2月上旬に調査を行った。また、気象庁口永良部島火山防災連絡事務所提供資料や地元住民等への聞き取り情報も利用した。

屋久島や種子島において堆積物はいずれも明灰色ないし淡く赤みを帯びた明灰色の砂質~シルト質火山灰層で、構成粒子は石質岩片や熱水変質岩片を主体とし新鮮なガラス質岩片は少ない。一連の噴火で最も降灰量が多かった1月17日噴火では、東に伸びる降灰軸上の屋久島北西部で400g/$m^2$程度、北東部で100 g/$m^2$程度、種子島南端部で20 g/$m^2$程度の堆積物が認められた。堆積物の一部は泥雨として降下した痕跡を持っていた。屋久島北部では細粒火山礫も多く含まれており、最大粒径は降灰軸よりも北側で大きい傾向があった。降灰軸と最大粒径分布の軸のずれは高度によって風向や風速が異なっていたことで説明されうる。口永良部島島内では一連の噴火全体の堆積物として火口から南東方向に降灰軸があり、約1.5kmの距離で約12kg/$m^2$の堆積量が確認された。このうち1月17日噴火に相当する層準は粗粒な砂礫質で長径5cm程度の火山礫を含む。

降下火砕物の噴出量は堆積密度を1000kg/$m^3$としてFierstein and Nathenson (1992)の方法により求めた。屋久島などの遠方の堆積量分布データからは2018年12月18日噴火では約2.9万t、1月17日噴火では6.2万t、1月29日噴火では1.4万tと見積もられる。いずれも同様な方法で見積もった2015年5月29日噴火の降下火砕物の噴出量（約12万t）より小さい。これらの遠方データに近傍地域である口永良部島内の堆積量を加味した場合、2018年12月~2019年1月の降下火砕物の合計は約13万t程度と見積もられる。

キーワード：テフラ、水蒸気噴火、水蒸気マグマ噴火、噴煙柱、琉球弧
Keywords: tephra, phreatic eruption, Phreatomagmatic eruption, eruption column, Ryukyu arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS-2/PALSAR-2干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動
# Ground Deformation around Domestic Active Volcanoes detected by InSAR of ALOS-2/PALSAR-2

*谷口 隆文[1]、影山 勇雄[1]、奥山 哲[2]、安藤 忍[2]
*Takafumi Taniguchi[1], Isao Kageyama[1], Okuyama Satoshi[2], Shinobu Ando[2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

地殻変動による火山活動の監視は噴火の予兆を捉える有用な手段の一つである. 気象庁では, 活火山周辺に傾斜計や光波測距儀, GNSSを設置し, 地殻変動による火山活動の監視を行い, 地下でのマグマの蓄積や移動の把握に努めている. しかし, これらの地上設置型の観測手法のみを用いる場合, 捉えることが可能な地殻変動は観測点での傾斜変動や観測点間の相対位置など点の情報に限定される. また，西之島のような離島では，観測機器の設置や維持管理が難しく,十分な観測体制がとられていないケースも存在する.このような状況で火山活動の監視を強化する手段の１つとして, 面的な地殻変動の把握が可能なSAR（Synthetic Aperture Rader，合成開口レーダー）の活用が有効である.本発表では, 気象庁及び気象研究所で実施した国内全ての活火山周辺におけるALOS-2/PALSAR-2差分干渉解析の長期ペア（2015年～2018年）の結果について紹介する.

本解析で用いたPALSAR-2データは, 火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて, 宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである. また, 一部のデータはPIXELで共有しているものであり, JAXAと東京大学地震研究所の共同研究契約によりJAXAから提供されたものである. PALSAR-2に関する原初データの所有権はJAXAにある. PALSAR-2の解析ソフトウェアは, 防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発されたRINCを使用した. また, 処理の過程や結果の描画においては, SRTM 90m Ver4.1の数値地図を元にしたDEHM及び国土地理院の数値地図10mメッシュ（標高）を元にしたDEHMを使用し, 地図の描画にはGMTを使用した. ここに記して御礼申し上げます.

キーワード：ALOS-2/PALSAR-2、干渉SAR、国内活火山
Keywords: ALOS-2/PALSAR-2, InSAR, Domestic Active Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Volcano-hydrothermal inflation revealed by the spatial variation of stress field at the Tatun Volcano Group, northern Taiwan

*Hsin-Chieh Pu[1], Cheng-Horng Lin[2,3,4,5], Ya-Ju Hsu[2], Li-Chin Chang[3]

1. Central Weather Bureau, Taiwan, ROC., 2. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ROC., 3. Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan, ROC., 4. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, ROC., 5. National Center for Research on Earthquake Engineering, National Applied Research Laboratories, Taipei, Taiwan, ROC.

To investigate the volcanic behaviors, the Taiwan Volcano Observatory at Tatun has deployed a dense seismic network in the Tatun Volcano Group (TVG), where the government and business metropolis-Taipei city is bounded and various phenomenon related to volcano-hydrothermal activity were found. This network is composed of 40 seismic stations for covering an area of ~10 km by ~10 km. Based on the seismic data recorded by this network, we have solved an extremely huge number of 1,016 earthquake focal mechanisms with depths less 5 km from 2012 to 2017. Then the detailed spatial variations of the local stress field near the surface are firstly inverted from these focal mechanisms. Overall, local earthquakes were dominated by both the sub-horizontal extensional stress striking ESE-WNW and sub-vertical compressional stress. In detail, the orientations of extensional stress formed the abnormal pattern of a couple of semi curves around the Dayoukeng area. In this particular area of Dayoukeng, the magnitude of compressional stress at the sub-vertical component was stronger than the others principle stresses based on the significantly lower ∅values in local than the surrounding area. We ascribe these local variations to an inflating phenomenon buried in the Dayoukeng area. This inflating mechanism should be induced by the volcano-hydrothermal fluid. The current volcano-hydrothermal activity represented by inflation is principally concentrated at the Dayoukeng area and disturbs the faulting behaviors of local earthquakes in the TVG.

Keywords: focal mechanism, stress field, Tatun volcano group, inflation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# インドネシア・クラカタウ火山の2018年12月噴火に伴う地形変化と地殻変動

# Topographic change and crustal deformation associated with December 2018 eruption of Krakatau volcano in Indonesia

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、山田 晋也[1]
*Hiroshi Yarai[1], Tomokazu Kobayashi[1], Shinya Yamada[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

クラカタウ火山は、インドネシアのジャワ島とスマトラ島の間のスンダ海峡に位置する火山である。このスンダ海峡において2018年12月22日に高い津波が発生し、大きな被害が生じた。この津波がクラカタウ火山の噴火に伴う山体崩壊によって発生したと考えられたことから、クラカタウ火山の地形変化を把握するため、日本の地球観測衛星「だいち2号」（ALOS-2）に搭載された合成開口レーダー（PALSAR-2）のデータを使用し、噴火前と後の反射強度画像の分析を行った。その結果、噴火後の12月24日の反射強度画像において島の南西部に明瞭な地形変化が認められた。この24日までに島の南西部が崩壊したと考えられる。

また、この噴火前後での地殻変動を把握することを目的として、だいち2号のデータを用いてSAR干渉解析を実施した。その結果、アナク・クラカタウ島では干渉が得られなかったが、周辺に位置する島では衛星から遠ざかる向きの変動が捉えられた。変動の特徴はアナク・クラカタウ島付近を中心とした沈降・収縮を示唆するが、等方的ではなくやや南北に伸びており、単純な点力源ではない可能性がある。

（謝辞）SAR解析で用いたデータは、国土地理院と宇宙航空研究開発機構（JAXA）間の協定に基づき提供されたものです。また、使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

キーワード：クラカタウ火山、山体崩壊、地殻変動、SAR
Keywords: Krakatau volcano, volcanic collapse,, crustal deformation, SAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

## [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)

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。

### [SVC38-P01] 反射法地震探査による有珠昭和新山屋根山の構造

*竹井 瑠一[1]、筒井 智樹[1,2]、多田 悠也[2]、森脇 知哉[2]、青木 陽介[3]、青山 裕[4]、丸山 豪[5] (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.東京大学地震研究所、4.北海道大学大学院理学研究院、5.株式会社マルテック)

### [SVC38-P02] 吾妻山の2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動

*岡田 純[1]、松浦 茂郎[2]、近江 克也[2]、山村 卓也[2]、丹原 裕[3]、関 晋[3] (1.気象庁気象研究所火山研究部（仙台分室）、2.気象庁仙台管区気象台地震火山課、3.気象庁仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

### [SVC38-P03] 吾妻山におけるBP型・BT型地震について

*吉開 裕亮[1]、森田 裕一[2]、近江 克也[3]、丹原 裕[4]、小林 宰[1] (1.気象庁火山課、2.東京大学地震研究所、3.仙台管区気象台地震火山課、4.仙台管区気象台地域火山監視・警報センター)

### [SVC38-P04] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学

*丸山 照頼[1]、鈴木 由希[2] (1.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修)

### [SVC38-P05] 榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物の産状と岩石学

*鈴木 由希[1]、福島 涼人[2] (1.早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修、2.早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修)

### [SVC38-P06] 草津白根山の2018年の火山活動について

*小林 宰[1]、加藤 幸司[1]、末峯 宏一[1]、木村 一洋[1]、吉開 裕亮[1]、小川 康雄[2]、野上 健治[2]、神田 径[2]、寺田 暁彦[2] (1.気象庁火山課、2.東京工業大学理学部火山流体研究センター)

### [SVC38-P07] 草津白根火山周辺の噴気及び温泉ガス中の希ガス同位体組成

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、秋山 良秀[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、寺田 暁彦[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁　気象研究所、4.東京工業大学　理学院火山流体研究センター)

### [SVC38-P08] 本白根山における2018年噴火後の自然電位および地磁気全磁力観測

*山崎 明[1]、飯野 英樹[1]、田中 達朗[1] (1.気象庁地磁気観測所)

### [SVC38-P09] 新潟焼山第3・4期噴出物の石基組織解析及び化学組成分析による噴出プロセスの検討

*吉田 巧[1]、齋藤 武士[1] (1.信州大学大学院総合理工学研究科)

### [SVC38-P10] 水位変動・地震観測に基づく立山カルデラ新湯の地下構造の推定

*川口 亮平[1]、齋藤 直子[2]、鬼澤 真也[1] (1.気象研究所、2.気象庁富山地方気象台)

### [SVC38-P11] Real time monitoring of underground temperature in Jigokudani, Midagahara volcano using LPWA devices

*渡辺 了[1]、西日本電信電話株式会社 富山支店[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.西日本電信電話株式会社)

[SVC38-P12] 焼岳火山の山頂と1962-63年火口の噴気の化学・同位体組成

*齋藤 武士[1]、澤村 俊[2]、網田 和宏[3]、三島 壮智[4]、大沢 信二[4] (1.信州大学学術研究院理学系、2.信州大学大学院総合理工学研究科、3.秋田大学大学院理工学研究科、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[SVC38-P13] 北八ヶ岳，横岳最新2溶岩の年代推定および横岳最新期の火山砕屑物の特徴

*新田 寛野[1]、齋藤 武士[1]、下岡 順直[2] (1.信州大学総合理工学研究科、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科)

[SVC38-P14] 波形相関処理を用いた2007年御嶽山噴火日推定の試み

*西嶋 就平[1]、寺川 寿子[1]、堀川 信一郎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P15] 2007年および2014年御嶽山噴火前後に発生した山頂付近の地震活動

*山中 佳子[1]、堀川 信一郎[1]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

[SVC38-P16] 傾斜計データにおける降雨及び融雪補正の効果　　－御嶽山への適用例－

*木村 一洋[1,5]、河島 克久[2]、松元 高峰[2]、佐々木 明彦[4]、伊豫部 勉[3]、宮村 淳一[1]、中橋 正樹[1] (1.気象庁地震火山部火山課、2.新潟大学災害・復興科学研究所、3.京都大学大学院工学研究科、4.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、5.新潟大学自然科学研究科)

[SVC38-P17] **2011年3月15日の静岡県東部地震による富士山周辺域のb値の空間分布への影響**

*村越 匠[1]、宮下 智成[2] (1.防衛大学校、2.航空自衛隊)

[SVC38-P18] 伊豆半島東部伊東沖の海底火山手石海丘の現状

*山中 寿朗[1]、川田 佳史[2]、野口 拓郎[3]、八田 万有美[3]、岡村 慶[3] (1.東京海洋大学、2.東北大学、3.高知大学)

[SVC38-P19] 伊豆大島最北部碁石浜におけるカルデラ形成以前の火山噴出物とその堆積年代

*寺山 怜[1]、鈴木 毅彦[1]、小林　淳[2] (1.首都大学東京都市環境科学研究科、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P20] 伊豆大島山頂付近の地震のSchusterの方法によるp値の時間変化について

*高山 博之[1] (1.気象庁気象研究所火山研究部第１研究室)

[SVC38-P21] 伊豆諸島北部、新島に分布する第四紀後期テフラの標準層序と岩石学的・地化学的特性―火山ガラスの主元素組成、斜方輝石、角閃石類の屈折率を中心に―

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、西澤 文勝[1,2]、村田 昌則[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所)

[SVC38-P22] **伊豆諸島神津島火山の最新期活動におけるテフラ層序とその噴火史**

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、西澤 文勝[2]、鈴木 毅彦[1,3] (1.首都大学東京 火山災害研究センター、2.山梨県富士山科学研究所、3.首都大学東京 都市環境学部)

[SVC38-P23] 三宅島・神津島・八丈島周辺の震源分布の特徴：速度構造との関連性

*萩原 弘子[1]、渡辺 秀文[1] (1.東京都庁)

[SVC38-P24] GNSSキャンペーン観測による三宅島の地殻変動（2013年～2015年）

*渡部 陽奈[1]、松島 健[2]、福井 海世、渡邉 篤志[3]、及川 純[3]、奥田 隆[4]、小澤 拓[5]、宮城 洋介[5] (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.東京大学地震研究所、4.名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター 、5.防災科学技術研究所)

[SVC38-P25] 伊豆諸島御蔵島で確認されたテフラの記載岩石学的特徴

*田野 智大[1]、鈴木 毅彦[1,2]、小林 淳[2]、村田 昌則[2] (1.首都大学東京都市環境科学部、2.首都大学東京火山災害研究センター)

[SVC38-P26] Pseudo thermal anomalies in the shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation

*金子 隆之[1]、安田 敦[1]、吉崎 徳人[2]、高崎 健二[3]、本多 嘉明[4] (1.東京大学地震研究所、2.気象庁気象衛星センター、3.水産研究・教育機構、4.千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

[SVC38-P27] 臨時地震観測と広帯域MT観測による雲仙火山浅部で発生する火山性地震の研究

*橋本 匡[1]、相澤 広記[2]、松島 健[2]、清水 洋[2]、林田 祐人[1]、湯浅 雄平[1]、塚本 果織[1]、山本 有人[3]、宮野 幹大[3]、神薗 めぐみ[1]、松本 聡[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学理学部地球惑星科学科)

[SVC38-P28] 雲仙火山浅部で発生する火山性地震の波形の特徴

*宮野 幹大[1]、清水 洋[2]、松島 健[2]、松本 聡[2]、相澤 広記[2]、橋本 匡[3]、林田 祐人[3]、湯浅 雄平[3] (1.九州大学理学部地球惑星科学科、2.九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SVC38-P29] 雲仙普賢岳北東麓立野地区で見られる火砕物露頭と層序

*長井 大輔[1] (1.雲仙岳災害記念館)

[SVC38-P30] 相対重力計で観測された熊本県阿蘇地域における重力変化（2015-2018）

*宮内 佑典[1]、風間 卓仁[1]、福田 洋一[1]、吉川 慎[2]、大倉 敬宏[2]、西島 潤[3]、藤光 康宏[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学火山研究センター、3.九州大学大学院工学研究院)

[SVC38-P31] 阿蘇火山における水準測量2018

*大倉 敬宏[1]、吉川 慎[1]、井上 寛之[1]、横尾 亮彦[1]、宇津木 充[1]、山本 圭吾[2]、内田 和也[4]、前田 裕太[5]、堀川 信一郎[5]、松廣 健二郎[5]、奥田 隆[5]、田ノ上 和志[5]、木股 文昭[7]、村瀬 雅之[6]、森 済[6]、三島 壮智[3]、小松 信太郎[2]、高谷 真樹[3]、及川 純[8]、石井 杏佳[3]、宮内 佑典[3]、木村 育磨[3]、内田 雅喜[3]、仲井 一穂[3]、瀧下 恒星[3]、千葉 慶太[4]、橋本 匡[4]、神谷 義之介[4]、山本 有人[4] (1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター、2.京都大学防災研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.九州大学大学院理学研究院、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.日本大学文理学部、7.東濃地震科学研究所、8.東京大学地震研究所)

[SVC38-P32] 斜長石斑晶の化学組成から読み解く阿蘇カルデラ形成噴火第３サイクルにおけるマグマ進化

*松木田 悠希[1]、飯塚 毅[1]、牛久保 孝行[2]、清水 健二[2]、下司 信夫[3]、宮城 磯治[3]、浜田 盛久[2] (1.東京大学、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

[SVC38-P33] 噴火微動の継続時間と噴出量の関係

*森 亜津紗[1]、熊谷 博之[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SVC38-P34] 2018年3月の新燃岳噴火に伴う地殻変動

*渡部 豪[1]、横田 崇[1]、倉橋 奨[1]、榎本 賢大[1] (1.愛知工業大学)

[SVC38-P35] GNSS観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1] (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)

[SVC38-P36] GNSSデータによる姶良カルデラ周辺の広域上下変動

*仲井 一穂[1]、井口 正人[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、3.京都大学大学院理学研究科火山研究センター)

[SVC38-P37] 水準測量によって測定された桜島火山の地盤上下変動（2017 年11 月～2018 年11 月）

*山本 圭吾[1]、松島 健[2]、吉川 慎[3]、井上 寛之[3]、園田 忠臣[1]、瀧下 恒星[1]、仲井 一穂[1]、内田 雅喜[3]、大柳 諒[3]、神谷 義之介[2]、大倉 敬宏[3] (1.京都大学防災研究所、2.九州大学理学研究院、3.京都大学理学研究科)

[SVC38-P38] 繰り返し相対重力観測で明らかになった桜島火山における1990年代以降の重力時空間変化

*大柳 諒[1]、風間 卓仁[1]、山本 圭吾[2]、大島 弘光[3]、岡田 和見[3]、園田 忠臣[2]、井口 正人[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.北海道大学地震火山研究観測センター)

[SVC38-P39] UAVを用いた噴火中の桜島火山の火口内状況把握

*三浦 俊介[1]、望月 拓実[1]、藤田 浩司[1]、浦山 利博[1]、佐々木 寿[1]、千葉 達朗[1] (1.アジア航測株式会社)

[SVC38-P40] **Seismic refraction and wide-angle reflection experiment in southern Kyushu, Japan: (3) the 2018 exploration report**

*宮町 宏樹[1]、高橋 浩晃[2]、青山 裕[2]、大園 真子[2]、椎名 高裕[6]、髙田 真秀[2]、一柳 昌義[2]、山口 照寛[2]、薄田 悠樹[2]、齊藤 一真[2]、伊藤 ちひろ[2]、村井 芳夫[2]、中垣 達也[2]、筒井 智樹[3]、竹井 瑠一[3]、多田 悠也[3]、山本 希[4]、平原 聡[4]、中山 貴史[4]、東 龍介[4]、鈴木 秀市[4]、佐藤 利典[5]、蔵下 英司[6]、安藤 美和子[6]、田中 伸一[6]、池澤 賢志[6]、山田 知朗[6]、中東 和夫[7]、前田 裕太[8]、堀川 信一郎[8]、松廣 健二郎[8]、奥田 隆[8]、辻 修平[8]、十川 直樹[8]、片尾 浩[9]、澁谷 拓郎[9]、三浦 勉[9]、中川 潤[9]、米田 格[9]、為栗 健[9]、瀧下 恒星[9]、仲井 一穂[9]、山下 裕亮[9]、松島 健[10]、内田 和也[10]、宮町 凛太郎[10]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、久保 武史[1]、坂尾 健有[1] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.北海道大学大学院理学研究院、3.秋田大学国際資源学部、4.東北大学大学院理学研究科、5.千葉大学大学院理学研究院、6.東京大学地震研究所、7.東京海洋大学学術研究院、8.名古屋大学大学院環境学研究科、9.京都大学防災研究所、10.九州大学大学院理学研究院)

[SVC38-P41] 幸屋火砕流の流動・堆積機構

*鈴木 桂子[1]、中岡 礼奈[1]、山根 朋己[2] (1.神戸大学 海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科)

[SVC38-P42] 開聞岳南方海域の崩れ地形の成因を海底地形とマルチチャンネル反射波地震探査から探る

*山口 寛登[1]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、堀内 美咲[3]、松野 哲男[2,3]、巽 好幸[2,3] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

[SVC38-P43] 口永良部島火山2018-19年噴火降下火砕物の産状と分布

*長井 雅史[1]、中川 正二郎[2]、入山 宙[1]、三輪 学央[1]、棚田 俊收[1]、上田 英樹[1]、中田 節也[1] (1.防災科学技術研究所 火山防災研究部門、2.屋久島地学同好会)

[SVC38-P44] ALOS-2/PALSAR-2干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動

*谷口 隆文[1]、影山 勇雄[1]、奥山 哲[2]、安藤 忍[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[SVC38-P45] **Volcano-hydrothermal inflation revealed by the spatial variation of stress field at the Tatun Volcano Group, northern Taiwan**

*Hsin-Chieh Pu[1]、Cheng-Horng Lin[2,3,4,5]、Ya-Ju Hsu[2]、Li-Chin Chang[3] (1.Central Weather Bureau, Taiwan, ROC.、2.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ROC.、3.Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan, ROC.、4. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, ROC.、5.National Center for Research on Earthquake Engineering, National Applied Research Laboratories, Taipei, Taiwan, ROC.)

[SVC38-P46] インドネシア・クラカタウ火山の2018年12月噴火に伴う地形変化と地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、山田 晋也[1] (1.国土地理院)

# 反射法地震探査による有珠昭和新山屋根山の構造
# The structure of Showa-Shinzan Yaneyama Usu by seismic reflection surveys

*竹井 瑠一[1]、筒井 智樹[1,2]、多田 悠也[2]、森脇 知哉[2]、青木 陽介[3]、青山 裕[4]、丸山 豪[5]
*Ryuichi Takei[1], Tomoki Tsutsui[1,2], Yuya Tada[2], Tomoya Moriwaki[2], Yosuke Aoki[3], Hiroshi Aoyama[4], Go Maruyama[5]

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. 東京大学地震研究所、4. 北海道大学大学院理学研究院、5. 株式会社マルテック
1. Graduate School of International Resource Sciences, The University of Akita, 2. Faculty of International Resource Sciences, The University of Akita, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 4. Graduate school of Science, The University of Hokkaido, 5. Marutec Co., Ltd.

有珠昭和新山屋根山で反射法地震探査を行い, 溶岩ドーム基部の浅部構造を推定した. 有珠昭和新山は1943-1945年に形成された若い火山である. 頂部標高がおよそ406.9mの溶岩ドーム構造と屋根山と呼ばれる饅頭型の台地から成るのが特徴である. 昭和新山ではこれまで様々な物理的探査手法や地質調査が行われており, その形成過程やマグマの供給経路について議論されてきた. しかし屋根山の詳細な構造については未解明な部分が多い.

本研究では2017, 2018両年にそれぞれ2測線の計4測線の観測を行い, データを取得した. 測線は溶岩ドーム東側ではほぼ東西方向に2測線(Y17, Y18), 溶岩ドーム南西側のグレン谷で2測線(G17, G18)を設けた. 2017年測線(Y17, G17)ではどちらも受振点は24ポイントで6.3kgのハンマーを震源とした. 2018年測線(Y18, G18)はどちらも受振点は48ポイントで三笠産業製のタンピングランマー(MT-55L)を震源とした. 測線の展開方式はすべてsplit-spread方式を採用した. 受振器間隔はY測線では4m, G測線では3mとした. 得られた波形記録の反射法地震探査解析処理にはSU(Seismic Un*x)を用いた. タンピングランマーを震源とした場合には, 反射法解析を行う為に”SOSIE”という原理に基づき前処理が必要である (横倉ほか, 1983).

すべての測線で反射断面および時間断面を得た. 特に, G18測線では深さ約100mまでの反射断面を得ることができ, 深さ80m程度まで測線中央に向かって深くなっている緩やかな谷底のような構造が確認できた. また深さ100m程には, ほとんど水平と思われる境界が表れている.

今後は屈折トモグラフィー解析を行うとともに, 既往データとの比較を行うなどの統合解析の実施を検討している.

キーワード：反射法地震探査、昭和新山
Keywords: Seismic reflection survey, Showa-Shinzan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 吾妻山の2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動
# Ground deformation associated with the 2014-2015 and the 2018-2019 volcanic activities at Azumayama

*岡田 純[1]、松浦 茂郎[2]、近江 克也[2]、山村 卓也[2]、丹原 裕[3]、関 晋[3]
*Jun Okada[1], Shigeo Matsuura[2], Katsuya Ohmi[2], Takuya Yamamura[2], Yu Nihara[3], Susumu Seki[3]

1. 気象庁気象研究所火山研究部（仙台分室）、2. 気象庁仙台管区気象台地震火山課、3. 気象庁仙台管区気象台地域火山監視・警報センター
1. Volcanology Research Department (Sendai Office), Meteorological Research Institute, JMA, 2. Seismology and Volcanology Division, Sendai Regional Headquarters, JMA, 3. Regional Volcanic Observation and Warning Center, Sendai Regional Headquarters, JMA

吾妻山は、東北日本弧の火山フロント上に位置する玄武岩～安山岩質の活火山である。有史以降の噴火は、一切経山大穴火口とその周辺で発生しており、水蒸気噴火が主体である。1977年12月を最後に以後40年以上噴火は発生していないが、近年、様々な火山現象が観測によって捉えられている。2003-2009年におよそ2-3年の周期でみられた大穴火口付近の局所的な膨張と収縮は、それぞれ地震回数の多い時期と少ない時期に対応し、その変動源は大穴火口直下に求まる（吉田・他、2012）。これは、山崎・他（2010）による熱消磁源の位置にほぼ一致している。また、2008-2011年に大穴火口で噴気活動が活発化した際には、植木・他（2010）が単色地震の活動が活発化したことを報告しており、周波数解析から水蒸気噴火の温床となる浅部熱水系の特徴が明らかにされつつある（鳥本、2016）。より近年では、2014-2015年及び2018-2019年に火山活動が活発化し、気象庁は、それぞれ2014年12月及び2018年9月に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを1から2へ引き上げた。両者の活動では、地震活動や熱活動の活発化とともに、数か月単位で継続する山体膨張が傾斜計やGNSS連続観測などによって捉えられた。

2014-2015年の活動では、浄土平の傾斜計で2014年7月下旬から西上がりの変化が観測され、GNSS連続観測では2014年9月頃から一切経山付近の膨張を示唆する変化が見られ始めた。地震活動は、これらの地殻変動に呼応するように10月頃から始まり、12月から翌年1月中旬頃にかけて活発化した。一方、2018-2019年の活動では、浄土平の傾斜計で2018年5月頃から緩やかな西上がりの変化が見られ始め、7月22日の火山性微動発生以後はその変動率を上げて推移している（2019年2月時点）。GNSS連続観測でも、2018年5月頃から山体の膨張を示す変化が見られている。また、地震活動は、2018年8月中旬頃から増減を繰り返しながら活発化し、地震回数は2019年に入ってもやや多い状態で経過している（2019年2月時点）。

2014-2015年と2018-2019年の火山活動に伴う地殻変動は、ともに地震活動の活発化に先行して始まる膨張性の変動であり、傾斜変化は数カ月以上、ほぼ同じ方向と変化率を保ったまま推移するなど、強い類似性が認められる。一方、いくつかの相違点も指摘できる。2018-2019年の活動は、(1) 2014-2015年の活動と比べ火山性微動の発生回数が多く、(2) 2018年7月22日の火山性微動発生とそれ伴う比較的大きな傾斜変化（浄土平観測点で1μrad程度）が直接のきっかけとなって始まった可能性があり、(3) 7月22日を含むいくつかの火山性微動の発生時に、隣の安達太良山の山腹に設置している傾斜計で大穴火口方向が下がる変化が明瞭に観測されているという特徴をもつ。これらの事実は、2014-2015年と2018-2019年の火山活動の地下のプロセスの違いを示しているかもしれない。また、もし、(3)の傾斜変化を吾妻山の深部での収縮と仮定するならば、大穴火口周辺で生じている膨張現象は、深部マグマ溜まりから浅部熱水系への高温の火山性流体（火山ガスなど）の間欠的な注入によってトリガーされている可能性があり、2018年7月下旬頃に始まった火山ガスの組成比（$SO_2/H_2S$）の上昇やその後の大穴火口周辺での地熱域の拡大など他の観測事実も説明可能である。

キーワード：吾妻山、地殻変動、GNSS、傾斜計、火山性地震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: Azumayama, deformation, GNSS, tiltmeters, volcanic earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 吾妻山におけるBP型・BT型地震について
# BP-type and BT-type volcanic earthquakes in Azumayama

*吉開 裕亮[1]、森田 裕一[2]、近江 克也[3]、丹原 裕[4]、小林 宰[1]
*Yusuke Yoshigai[1], Yuichi Morita[2], Katsuya Ohmi[3], Yu Nihara[4], Tsukasa Kobayashi[1]

1. 気象庁火山課、2. 東京大学地震研究所、3. 仙台管区気象台地震火山課、4. 仙台管区気象台地域火山監視・警報センター
1. Volcanological Division, Japan Meteorological Agency, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Seismology and Volcanology Division, Sendai Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency, 4. Regional Volcanic Observation and Warning Center, Sendai Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency

山形県と福島県の県境に位置する吾妻山では，2018年７月22日に火山性微動が発生し，浄土平総合観測点（大穴火口の東南東約１km）の傾斜計では火口方向上がりの変動が顕著となった．火山性地震は８月以降増減を繰り返しながらも多い状態であり，火山活動が活発な状態が継続している．気象庁では，９月13日に火口周辺警報を発表し，噴火警戒レベルを１（活火山であることに留意）から２（火口周辺規制）に引き上げた．

大穴火口周辺では主に高周波成分が卓越するBH型，低周波成分が卓越するBL型，ハーモニックな波形を持つBP型・BT型の火山性地震が発生している．火山性地震は概ね大穴火口付近の深さ１km以浅で発生する．

2018年７月から10月にかけてはBH型地震が主に発生し，11月になるとBL型地震やBP型・BT型地震の割合が若干増加した．その後，BL型地震の割合は減少したが，BP型・BT型地震の割合はさらに増加し，火山性地震に占めるBP型・BT型地震の割合が11月には25%，12月以降は40～50%と現在も多い状態となっている．2018年７月以降に発生したBP型・BT型地震は，2010年から2011年にかけて発生したBP型・BT型地震で見られた，単一な周波数ピークを持つ減衰振動の他，複数の周波数ピークを持つ減衰振動，波の立ち上がり付近に高周波なイベントを伴うものや近接する周波数ピークにより共鳴しているもの等様々なタイプが発生しており，卓越周波数の系統的な変化はみえない．本発表では，2018年７月以降に発生したBP型・BT型地震について，波形の形や振幅比等に着目した結果を紹介する．

本調査は，東京大学地震研究所と気象庁地震火山部の間の地震・火山防災研究分野における連携・協力に関する協定の下，東京大学地震研究所の設備を利用し，地震研究所の皆様と議論させて頂きました．関係の皆様に謝意を表します．

キーワード：吾妻山、火山性地震、N型地震
Keywords: Azumayama, Volcanic Earthquake, N-type Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学
# The occurrence and petrology of the fine-grained pyroclastic materials of the Futatsudake-Shibukawa eruption in Haruna volcano.

*丸山 照頼[1]、鈴木 由希[2]
*Teruyoshi Maruyama[1], Yuki Suzuki[2]

1. 早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修、2. 早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修
1. Department of Earth Sciences, School of Education , Waseda University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Education and Integrated Arts of Sciences, Waseda University

榛名火山は、東北日本弧最南端に位置する第四紀複合成層火山である。榛名火山の約50万年間の活動を、下司・竹内 (2012) は約20万年間の活動休止期を挟む、古期榛名火山 (500-240ka) と新期榛名火山(45ka-) に分類した。榛名火山の最新の活動は二ッ岳において発生した渋川噴火（5世紀後半～6世紀初頭）と伊香保噴火（6世紀後半～7世紀初頭）である（年代は下司・大石 (2011) によるもの）。早田（1989）で記載された2つの噴火の堆積物の層相を参考にすると、渋川噴火では溶岩ドームの爆発的破壊によって火砕流が発生し、伊香保噴火では噴煙柱の崩壊により火砕流が発生したものと考えられる。Suzuki and Nakada (2007) は、二ツ岳伊香保噴火について詳細な岩石学的検討を実施した。マッシュ状の珪長質マグマに苦鉄質マグマが注入し、マッシュ状の珪長質マグマの一部が混合マグマや加熱された珪長質マグマとなったこと、さらに、これらが火道を開栓することで、残りのマッシュ状マグマも噴出するに至ったことが示された。しかし、二ッ岳渋川噴火に対するマグマ供給系および噴火誘発過程を議論した岩石学的研究はない。したがって本研究では渋川噴火のマグマ供給系、並びに、噴火誘発過程の理解を目的として、噴出物の全岩組成分析および薄片記載を行った。特に本研究では、噴火の推移および噴火に関わったマグマの時間変化を明らかにするため、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物ではなく、細粒火砕堆積物を研究対象とした。

榛名火山北東麓～東麓の4露頭（はるな平和墓苑東方、軽浜、水沢南、有馬）から渋川噴火の細粒火砕堆積物のサンプル採取を行った。いずれの露頭も、早田 (1989) によって示された厚い火砕流（ブロック・アンド・アッシュ・フロー）の分布域の縁辺に存在している。したがって本研究の研究露頭は、流走する火砕流より、火砕サージ堆積物が供給されるような地域 (Fujii and Nakada, 1999) に位置しているといえる。はるな平和墓苑東方、軽浜、有馬の露頭では基底部もおさえることができた。露頭において層相により、複数のユニットに区分した。採取したサンプルに含まれる本質軽石は白色、淡灰色、灰色の3種類の色彩を呈していた。サンプルに含まれる22個の本質軽石に対して全岩組成分析を行った結果、$SiO_2$＝60.7-61.9 wt.%であり、軽石は珪長質安山岩だと分かった。全岩組成分析を行った軽石試料から選別した10試料の軽石と、軽浜の露頭の下位ユニットから採取した火山灰1試料に対して薄片作成と薄片記載を行った。全岩組成分析の行えるサイズの軽石だけでは、基底部から上位層に向けてのマグマ組成の変化を議論できないため、火山灰試料の検討が必要である。軽石薄片の全試料において、斑晶組み合わせは斜長石、角閃石、斜方輝石、鉄チタン酸化物であった。これらの斑晶は、集斑晶として共存しているので、晶出時には平衡状態にあったといえる。火山灰薄片からは遊離結晶（斜長石、角閃石、斜方輝石）、軽石粒子、溶岩粒子が見られた。軽石薄片と火山灰薄片の全試料において、汚濁帯を呈する斜長石が確認できたことから、噴火に関わったマグマは、高温マグマとの混合またはそれによる加熱を経た可能性が高い。また、どちらの試料からも高温マグマ由来の結晶の存在が確認できなかったことから、高温マグマとの混合を経た場合、高温マグマは無斑晶質のマグマであったことが分かる。軽石試料は、色彩の相違に関わらず、全岩組成と斑晶組み合わせが等しいことから、それぞれを形成したマグマはマグマ溜まり内では均質であったと考えられる。灰色軽石の全5試料のうち、4試料から、石基結晶および分解縁を持つ角閃石が確認できたことから、灰色軽石を形成したマグマは白色軽石を形成したマグマとは異なる上昇過程を経たことが考えられる。

鈴木・福島（2019；本大会）は、榛名山東麓の渋川噴火のブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物に含まれる軽石に対して岩石学的研究を行っている。全岩組成は$SiO_2$=60.6-61.6wt.%であり、細粒火砕物に含

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

まれる軽石の全岩組成に近い。また斑晶組み合わせや斜長石の汚濁帯や角閃石の分解縁といった斑晶の組織が等しいことから、2つの堆積物を形成したマグマはマグマだまりでは均質であった可能性が高いことがわかった。噴出直前までこの2つを形成したマグマが同一だった場合、火砕流が榛名山北東麓～東麓を流れる河谷を流れ下る際に、岩塊流と火砕サージに分かれた。その結果、河川からの距離によってブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物と細粒火砕堆積物の異なる産状が形成されたと考えられる。

キーワード：榛名火山、ブロック・アンド・アッシュ・フロー、火砕サージ、マグマ混合、高温マグマによる加熱、噴火誘発
Keywords: Haruna volcano, Block and ash flow, Pyroclastic surge, Magma mixing, Heating from hotter magma, Eruption trigger

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物の産状と岩石学

# The occurrence and petrology of the block and ash flow deposit from the Futatsudake-Shibukawa eruption, Haruna volcano

*鈴木 由希[1]、福島 涼人[2]
*Yuki Suzuki[1], Ryouto Fukushima[2]

1. 早稲田大学, 教育・総合科学学術院, 地球科学専修、2. 早稲田大学, 教育学部, 地球科学専修
1. Department of Earth Sciences, Faculty of Education and Integrated Arts of Sciences, Waseda University, 2. Department of Earth Sciences, School of Education, Waseda University

榛名火山は東北日本弧の最南端に位置する活火山である。 最新の活動は二ッ岳において発生した渋川噴火（5世紀後半～6世紀初頭）と伊香保噴火（6世紀後半～7世紀初頭）である（年代は下司・大石 (2011)）。早田（1989）の記載した火砕物の層相を参考にすると、渋川噴火（0.4 DRE $km^3$ ）では溶岩ドームの爆発的破壊により火砕流が発生し、伊香保噴火（0.99 DRE $km^3$）では噴煙柱の崩壊により火砕流が発生したといえる（噴出量は山元（2013））。Suzuki and Nakada (2007)は伊香保噴火を検討し、マッシュ状の珪長質マグマに高温マグマが注入し、その結果発生した低粘性のマグマ（加熱を受けた珪長質マグマと混合マグマ）が火口を開栓し、マグマ溜りに残っていたマッシュ状マグマも噴出するという噴火誘発モデルを提案した。同じ火口から最短で数十年前に発生していた渋川噴火も、共通のマグマ供給系が源となっている可能性が高い。そこで2噴火の準備過程を連続した視点で読み解くことが不可欠である。

渋川噴火の露頭は、ブロック・アンド・アッシュ・フロー（BAF）堆積物が主体の露頭（本発表）と、水蒸気爆発や火砕サージに由来する細粒火砕物の露頭（丸山・鈴木, 2019；本大会）に大別される。河谷に近い位置にBAF堆積物の露頭が、遠ざかった位置に細粒火砕物の露頭が存在する。渋川噴火のBAF堆積物には比較的大型の本質軽石ブロック（～30cm）が含まれる特徴がある。そのため最大でも火山礫サイズの軽石のみが含まれる細粒火砕堆積物に比べ、全岩組成分析等において有利である。本研究では、榛名山北東麓の大輪川沿い（中野）と登沢川沿い（下川島）、南東麓の榛名白川沿い（松之沢・西明屋）の合計4露頭にて、調査及びサンプリングを実施した。北東麓では黒ボク土を挟んで上位に二ツ岳伊香保噴火の降下軽石が存在することで、渋川噴火の産物であることが確認できた。南東麓のBAF堆積物は、従来、45kaの榛名カルデラ噴火の産物と考えられていた。しかし下司・大石（2011）の炭素14年代測定により渋川噴火のものと判明した。BAF堆積物は狭在する火山灰層により複数のユニットに分割できる場合もあった（全面露頭であった中野・下川島など）。本質ブロックは、どの露頭・ユニットでも、白色・灰色・濃灰色に分類された。色彩の異なる部分が縞状に分布していたり、あるいは不規則に混在しているブロックも確認された。

ブロックが比較的新鮮であった（西明屋を除く）3露頭から、色彩を網羅する合計21試料を検討した。東大地震研にて外西・他（2015）の方法で全岩組成を分析したところ$SiO_2$量が60.6-61.7wt%と非常に均質で珪長質安山岩であった。さらに北東麓と南東麓とで、全岩組成に系統差がないことも判明した。雲仙1991-1995年噴火では噴出マグマの組成に時間変化があり、しかも火砕流の流下方向に時間変化があった（Nakada and Motomura, 1999）。今回のデータの範囲では、渋川噴火について、組成と流下方向の時間変化を示す関係は見られない。軽石の色彩を網羅する6試料について薄片を作成し、記載岩石学的特徴を予察的に検討した。斑晶鉱物として角閃石、斜方輝石、斜長石、石英、Fe-Ti酸化物を確認した。石英は8薄片に1粒子しか存在せず非常に希である。石英を除き、斑晶は互いに集斑晶を形成しており平衡晶出したと推測される。斜長石のリムには汚濁帯が観察され、噴火直前にメルトが未分化になったことを示す。メルトを未分化にするプロセスとして、高温マグマとの混合か、高温マグマによる加熱の可能性が挙げられる。マグマ混合が起きたのであれば、高温マグマは無斑晶質であったと考えられる。軽石の色彩により、全岩組成や斑晶組み合わせが変化しないことから、色の差は石基結晶量の相違（Gardner *et al.*, 1998）によりもたらされた可能性が高い。角閃石の分解縁も、濃灰色のブロックのみで観察された。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Suzuki and Nakada (2007)によると、伊香保噴火の初期には加熱された珪長質端成分マグマが、中盤には加熱も受けていない珪長質端成分マグマが、両者とも白色軽石（60～62 wt.% $SiO_2$）として噴出している。白色軽石は角閃石、斜方輝石、斜長石、Fe-Ti酸化物の斑晶を含んでいる。以上のことから、渋川噴火と伊香保噴火では、互いによく似た珪長質マグマが活動した可能性が高い。伊香保噴火では、苦鉄質マグマの混合の明らかな噴出物（灰色軽石や溶岩、～57.5 wt.% $SiO_2$）が確認されている。2噴火で共通の珪長質マグマが活動したのなら、渋川噴火の噴出物の生成における高温マグマの混合比は（仮に起きていても）非常に小さかったということになる。今後、渋川噴火の噴火誘発過程を詳しく調べることはもちろんのこと、伊香保噴火の珪長質マグマ由来の斑晶に、噴火の数十年前の高温マグマによる加熱・混合の影響が残っているのか調べてみる必要がある。

キーワード：榛名火山、ブロック・アンド・アッシュ・フロー堆積物、マッシュ状珪長質マグマ、噴火誘発、マグマ混合、高温マグマによる 加熱
Keywords: Haruna volcano, Block and ash flow deposit, Mush-like felsic magma , Eruption trigger, Magma mixing, Heating from hotter magma

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 草津白根山の2018年の火山活動について
# Report of Volcanic Activity at Kusatsu-Shiranesan in 2018

*小林 宰[1]、加藤 幸司[1]、末峯 宏一[1]、木村 一洋[1]、吉開 裕亮[1]、小川 康雄[2]、野上 健治[2]、神田 径[2]、寺田 暁彦[2]
*Tsukasa Kobayashi[1], Koji Kato[1], Koichi Suemine[1], Kazuhiro Kimura[1], Yusuke Yoshigai[1], Yasuo Ogawa[2], Kenji Nogami[2], Wataru Kanda[2], Akihiko Terada[2]

1. 気象庁火山課、2. 東京工業大学理学部火山流体研究センター
1. Volcanological Division, Japan Meteorological Agency, 2. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

草津白根山は群馬県北西部にある活火山で，気象庁の常時観測火山のひとつである．南東側に低くなる第三紀火山岩からなる基盤山地上に，非対称に成長した安山岩･デイサイトの成層火山で，西端部の最高所付近に白根山・逢ノ峰・本白根山等の火砕丘群が南北に並んでいる．最新のマグマ噴火は約3000年前に発生しており，有史以降の噴火は1902年の弓池付近までを含む白根山山頂周辺，および本白根山付近で起き，近年の噴火活動はすべて水蒸気爆発である．

草津白根山では，2018年に入って，１月には本白根山が噴火し，4月以降は、湯釜付近の地震活動が活発化するなど，活動の高まりがみられている．本発表では，2018年の草津白根山の火山活動について紹介する．

草津白根山の本白根山では，2018年1月23日10時02分に，水蒸気噴火が発生した．噴火開始前の09時59分から火山性微動が発生し，東京工業大学が湯釜付近に設置している傾斜計でも南方が上昇する傾向の傾斜変動が観測された．10時02分頃，低周波地震発生とともに，傾斜変動は，湯釜からみて南方向が下がるセンスに転じた．

噴火発生後，鏡池北火口付近ごく浅部を震源とするごく微小な火山性地震（BH型地震）が多発したが，徐々に減少していった．

そういった中，2018年４月下旬に，湯釜付近浅部を震源とする地震が急増し,その後，湯釜付近に設置している傾斜計で湯釜付近浅部の膨張を示す地殻変動が観測されはじめた．また，地磁気観測では，熱消磁を示す全磁力変化が４月頃より観測された．

9月上旬には，地震活動はやや低下し、傾斜変動も鈍化する傾向がみられたものの，9月28日に，再び，湯釜付近浅部を震源とする地震が急増し，傾斜計でも，4月と同様の地殻変動が再び観測されだした．その後，地震活動は低下したもの，2019年１月においても継続している．

草津白根山周辺の広域のGEONET日座標値（F3解）に、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の余効変動、季節変動、各観測点の共通変動除去などを行い、気象庁のGNSS観測点の解析結果と結合した結果，2014年から2015年にかけて地震活動が高まった時期に，草津白根山の北西の深部膨張を示唆する解析結果が得られ，類似した変化が2018年に入ってから，幾つかの観測点で確認できる．

謝辞:気象庁地磁気観測所には，全磁力連続観測による全磁力値の解析データを提供頂きました．ここに御礼申し上げます．

キーワード：草津白根山、水蒸気噴火、地震活動、地殻変動、地磁気全磁力変化
Keywords: Kusatsu-Shiranesan, phreatic explosion, earthquake activity, ground deformation, variation of geomagnetic total intensity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 草津白根火山周辺の噴気及び温泉ガス中の希ガス同位体組成
# Noble gas isotope composition of fumaroles and hydrothermal gases around Kusatsu-Shirane volcano

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、秋山 良秀[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、寺田 暁彦[4]
*Kotaro Toyama[1], Hirochika Sumino[1], Kaori Kawana[1], Yoshihide Akiyama[1], Takeshi Ohba[2], Muga Yaguchi[3], Akihiko Terada[4]

1. 東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2. 東海大学　理学部化学科、3. 気象庁　気象研究所、4. 東京工業大学　理学院火山流体研究センター
1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 3. Meteorological Research Institute, 4. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

Mount Kusatsu-Shirane, an active stratovolcano consisting of three pyroclastic cones (from north to south, Mt. Shirane, Mt. Ainomine, and Mt. Motoshirane) erupted on 23 January 2018 at Mt. Motoshirane. This eruption was a phreatic eruption, which often occur without magma movement. Therefore, there is no or very small precursor geophysical signals. In contrast, the chemical and isotopic compositions of volcanic gases can change reflecting pressure rise of a gas reservoir which caused the phreatic eruption. Especially, helium isotope ratio ($^3He/^4He$) is regarded as a useful tracer for the volcanic activity, because it exhibits unique values corresponding to the origin (e.g., 7-8 Ra in the mantle and < 0.1 Ra in the curst, where 1 Ra denotes atmospheric $^3He/^4He$ ratio of $1.4\times10^{-6}$ [1]). Some studies have reported pre-eruptive $^3He/^4He$ anomalies, suggesting the increase of supply of the magmatic helium into the hydrothermal system preceding eruption [2,3].

We report the noble gas (He, Ne, Ar) isotopes of fumaroles and hot-spring gases collected from 9 sites around Kusatsu-Shirane volcano during 2014 and 2018. The measured $^3He/^4He$ ratios were corrected for atmospheric contamination based on $^4He/^{20}Ne$ ratios. The air-corrected $^3He/^4He$ ratio of Sesshogawara fumarole, located on 2 km east of the 2018 phreatic vent, had been constant at 7.0-7.5 Ra during 2014 and 24 January 2018, and dropped to 6.5 Ra on 13 February 2018. The $^3He/^4He$ ratio increased to 7.6 Ra on 21 May 2018 and has been constant at about 7.5 Ra. The $^3He/^4$ He ratios of bubbling gases of Kusatsu-Yubatake hot spring, which located on 5 km east of the 2018 phreatic vent, had been constant at 6.5-6.9 Ra during 2014 and 12 February 2018, decreased to 6.0 Ra on 3 June 2018, and then increased to 7.5 Ra on 6 August 2018. The $^3He/^4$ He ratios of Hoshimata fumarole, which located on 3 km west of the 2018 phreatic vent, increased from 6.2 Ra to 7.3 Ra during 2 March 2018 and 19 June 2018. The trends observed in these sites seem to be associated with the 2018 eruption with different time lags, which may reflect the migration distance from the 2018 phreatic vent to the sites.

In Kusatsu-Shirane area, two hydrothermal reservoirs, one of which is located beneath Yugama crater of Mt. Shirane and the other is located beneath Mt. Motoshirane (between Ainomine and Mt. Motoshirane), have been proposed [4]. The $^3He/^4He$ ratios (7.2-8.1 Ra) of Kitagawa fumaroles on the northern flank of Mt. Shirane near the Yugama crater, may reflect the values of the gases derived from the hydrothermal reservoir beneath Mt. Shirane. On the other hand, the lower $^3He/^4He$ ratios observed in Sesshogawara, Kusatsu-Yubatake and Hoshimata after the eruption may result from another contribution from a reservoir having lower $^3He/^4He$ ratios (less than 6.5 Ra), which could be attributed to the hydrothermal reservoir beneath Mt. Motoshirane. The reservoir beneath Mt. Motoshirane may be enriched in radiogenic $^4He$ derived from the crust, because Mt. Motoshirane has not erupted for last 1500 years [5].

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

It has been proposed that the 2018 eruption was caused by sealing of gas pathway from magma to the hydrothermal reservoir beneath Mt. Shirane [4]. This would result in decrease of supply of magmatic gas with high $^{3}He/^{4}He$ ratio to Sesshogawara, Kusatsu-Yubatake, and Hoshimata. Therefore, the low $^{3}He/^{4}He$ ratios observed in these sites after the 2018 eruption may reflect relative increase of the contribution of gas supplied from the Mt. Motoshirane hydrothermal reservoir. In contrast, the high and relatively constant $^{3}He/^{4}He$ ratios at all of the sites since August 2018 suggest that the gas from the reservoir beneath Mt. Shirane is dominant. Ohba et al. [4] proposed that supply of magmatic gas to the Mt. Motoshirane reservoir increased before the eruption as a result of the sealing of gas pathway from magma to the Mt. Shirane reservoir, and that it caused high fluid pressure of the reservoir and subsequent phreatic eruption at Mt. Motoshirane. This implies that $^{3}He/^{4}He$ ratio of the Mt. Motoshirane reservoir also increased from a lower value to a higher value less than 6.5 Ra before the eruption. Although further study is necessary to constrain $^{3}He/^{4}He$ ratios of the reservoirs, the remarkable temporal $^{3}He/^{4}He$ variation after the eruption can be accounted for by the change in mixing ratio of the gases from the two reservoirs.

References: [1] Ozima and Podosek (2002) Noble Gas Geochemistry.; [2] Padrón et al. (2013) Geol.; [3]Paonita et al. (2016) Geol.; [4]Ohba et al. (2018) JpGU2018, SVC41-38.; [5]Nigorikawa et al. (2016) JpGU, SVC48-11.

キーワード：希ガス、火山ガス、草津白根山、火山噴火、時間変化
Keywords: Noble gas , Volcanic gas, Kusatsu-Shirane volcano, Volcanic eruption, Temporal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 本白根山における2018年噴火後の自然電位および地磁気全磁力観測
# Self-potential and geomagnetic total intensity observations at Motoshirane volcano after the 2018 eruption

*山崎 明[1]、飯野 英樹[1]、田中 達朗[1]
*Akira Yamazaki[1], Hideki Iino[1], Tatsurou Tanaka[1]

1. 気象庁地磁気観測所
1. Kakioka Magnetic Observatory

2018年1月23日、草津白根山の本白根山で水蒸気噴火が発生し、鏡池北火砕丘や鏡池に複数の噴火口が形成された。噴火後、一時活発化した噴火口付近のごく浅部を震源とする地震活動は減少し、また噴気等の熱的な表面活動も同年2月下旬以降は終息している。気象庁地磁気観測所では噴火後の本白根山地下の熱的状態を把握することを目的として、本白根山山頂周辺部において自然電位観測および地磁気全磁力観測を実施した。

自然電位の測定はこれまでに数多くの火山で実施され、火山活動との関係について研究され、主に火山地下浅部の熱水対流との関係性について議論されてきた。しかし、最近の研究では、自然電位分布は比抵抗構造や浸透率、ゼータ電位等に依存し、解釈が難しい面のあることも指摘されている。本白根山においては、2003年の第４回草津白根山集中総合観測（以下、2003年集中観測と略す）で実施された自然電位観測の中で、鏡池北火砕丘の北部から東部の遊歩道沿いで自然電位測定がなされたのが唯一であり、山頂部周辺の自然電位の全体的分布はこれまでわかっていなかった。

こうした背景を踏まえ、2018年6月30日から7月2日にかけて本白根山山頂部周辺の約130点において自然電位の測定を実施した。電極は銅・硫酸銅電極を使用し、測定間隔は約50ｍ、測定方法はいわゆる全電位法で行った。地形効果の補正は、鏡池の東側斜面の測線において標高と電位に明瞭な負の相関(-1.3mV/m)が認められたため、この相関係数を全測点に適用することにより行った。その結果、本白根山山頂部周辺では200～500mVの正の電位分布を示すことがわかった。特に鏡池の西～南西側や、2018年の噴火の主噴火口がある鏡池北火砕丘の周縁部などで局所的に電位が高い領域が認められた。これらの領域では、山体上部への熱水の流れが周囲よりも卓越していることが可能性の一つとして考えられる。また、2003年集中観測時の測定結果と比較したところ、鏡池北火砕丘噴火口の北～北東部において100mV程度の有意な電位の時間変化のあることがわかった。この変化は2018年の噴火に関連して地下水の流れが変わったことを反映している可能性も示唆される。

地磁気全磁力観測については、本白根山山頂部周辺に全磁力繰返し観測点を10点選定し携帯型のプロトン磁力計を用いて観測をおこなった。2018年6月（6/28-30）に1度目の観測をした後、8月(8/28-29)および10月(10/7)に繰返し観測を実施した。その結果、約3ヶ月の期間に明瞭な全磁力変化は観測されず、噴火後の本白根山において急速な熱消磁もしくは冷却による帯磁は発生していないことが確認された。

なお、自然電位および地磁気全磁力とも今年再度観測を行い、時間的変化の有無を調査する予定である。

キーワード：草津白根山、本白根山、自然電位観測、全磁力繰返し観測、熱消磁
Keywords: Kusatsu-Shirane volcano, Motoshirane volcano, Self-potential observation, Geomagnetic total intensity observation, Thermal demagnetization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新潟焼山第3・4期噴出物の石基組織解析及び化学組成分析による噴出プロセスの検討

# Eruption processes of the 3rd and 4th stage of Niigata-Yakeyama Volcano, Japan, inferred from microlite texture and chemical composition

*吉田 巧[1]、齋藤 武士[1]
*Takumi Yoshida[1], Takeshi Saito[1]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科
1. Shinshu University

新潟県西部，妙高火山群の北端に位置する新潟焼山火山は，約3000年前から溶岩流と火砕流を流出する噴火を繰り返してきた，火山群の中で最も新しい活火山である(例えば早津，1993;1994;2008)．焼山活動史上最大規模であったとされる第3期の活動では，前山溶岩流・早川火砕流が噴出し，それに続く第4期活動では、現在の山頂溶岩ドームを形成した焼山溶岩流と良く発泡した溶岩を含む大谷火砕流Ⅰが噴出した(早津，2008)．第3期噴出物は安山岩質とデイサイト質からなる不均質な溶岩で(前山溶岩流:SiO2=52.8~63.9wt.%，早川火砕流堆積物:SiO2=54.8~64.1wt.%;小林・石崎，2014)，田・齋藤(2018，JPGU)では，これらを対象に石基マイクロライトの組織解析を行い，安山岩とデイサイトのマイクロライトは過冷却度の異なる条件下で噴出した可能性を示した．今回は，第4期噴出物の石基組織解析と第３・４期噴出物の長石結晶の化学組成分析を行い，組織解析と化学組成分析の結果から各噴出物の噴出プロセスについて考察する．

大谷火砕流堆積物Ⅰの組織分析の結果，早川火砕流堆積物(NA=5700~11000)と比べて低い数密度(NA=1300~3300)を示した．結晶度は，早川火砕流堆積物中の安山岩質溶岩(φ=0.23~ 0.27)とデイサイト質溶岩(φ=0.02~0.03)の中間の値(φ=0.10~0.25)を示した．斜長石結晶の化学組成分析の結果，第3期噴出物の斑晶からAn#(Ca/Ca+Na)=065~0.84 が得られた．前山溶岩流の安山岩質溶岩のマイクロライトは，An#=0.38~0.82 で平均値は An#=0.61 を示す.前 山溶岩流のデイサイト質溶岩のマイクロライトは，An#=0.27~0.73，平均値は An#=0.54 で比較的An成分に乏しい値を示す．早川火砕流堆積物中の安山岩質溶岩のマイクロライトは，An#=0.34~0.91 で平均値は An#=0.58 を示す．第4期噴出物の斑晶は，An#=0.45~0.89 である．焼山溶岩流のマイクロライトは，An#=0.34~0.79 で平均値は An#=0.63 を示し，大谷火砕流堆積物Ⅰのマイクロライトは，An#=0.35~0.90，平均値 An#=0.62 の組成を示す．また，長石マイクロライトの An#は，結晶のサイズが小さくなるに従い低い値となることが示された．

一般に，減圧過程で結晶化する斜長石マイクロライトの組成は，脱水に伴う減圧が進むにつれAn 成分に乏しくなることが知られている(例えば中村，2011)．斜長石の An#が低い結晶は，より強い減圧の影響を受けて結晶化したと考えられる．化学組成分析の結果，第3期噴出物に関しては，デイサイト質溶岩の An#が安山岩質溶岩に比べて低い値を示したことから，デイサイト質溶岩はより減圧の影響を受けて結晶が形成されたと考えられる．田・齋藤(2018，JPGU)では，第3期噴出物のデイサイト質溶岩は安山岩質溶岩に比べ数密度が高く，結晶度が低いことから，過冷却度の高い条件で核形成が多く行われたことを報告した．このことからデイサイト質溶岩は過冷却度が高く，減圧の強い影響を受けたことが示唆される．一方，溶岩流と火砕流とでは大きな違いは認められず，斜長石のマクロライトから，両者の噴火プロセスの違いを明らかにすることはできなかった．第4期噴出物は第3期噴出物と異なり，比較的均質な化学組成を示すことが知られている(SiO2=57.5~59.0wt.%;小林・石崎，2013)．第4 期噴出物の大谷火砕流堆積物Ⅰは第3期噴出物の早川火砕流堆積物に比べて低い数密度を示したことから，早川火砕流堆積物と比べて低い過冷却度で結晶化した可能性が

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

示唆される．大谷火砕流堆積物 I の An組成は，早川火砕流堆積物より高い An#の値を示したことから，減圧の影響はより低いと考えられる．大谷火砕流は早川火砕流と比べて噴出速度が低く，そのため過冷却度が低く，減圧の影響も低かった可能性がある．一方で大谷火砕流堆積物 I は良く発泡した溶岩からなり，マイクロライトの結晶化以前に急激な発泡が進行した可能性もある．その場合，結晶化以前にメルトから脱水が進行したことによって，減圧に伴う An#の低下が十分起こらなかった可能性もある．

キーワード：新潟焼山、焼山溶岩流、大谷火砕流堆積物、前山溶岩流、早川火砕流堆積物、斜長石マイクロライト
Keywords: Niigata-Yakeyama, Yakeyama lava flow, Otani pyroclastic flow, Maeyama lava flow, Hayakawa pyroclastic flow, Plagioclase microlite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 水位変動・地震観測に基づく立山カルデラ新湯の地下構造の推定
# Estimation of subsurface structure of Shinyu crater lake, Tateyama Caldera, based on the water level and seismic observation data

*川口 亮平[1]、齋藤 直子[2]、鬼澤 真也[1]
*Ryohei Kawaguchi[1], Naoko Saito[2], Shin'ya Onizawa[1]

1. 気象研究所、2. 気象庁富山地方気象台
1. Meteorological Research Institute, 2. Toyama local Meteorological office, Japan Meteorological Agency

立山カルデラの新湯は火山活動によって形成された直径約40 m，深さ約5.6 mの火口湖である．河川からの流入はなく，湖底の噴出口から湯水が噴出することで水位を維持しており，あふれた湯水は北にある湯川へ流出している．新湯は数十年前から満水の状態を維持していたが，2014年以降，数日から20日程度の周期で干上がりと満水の状態を繰り返す間欠泉活動を行うようになったことが報告されている（福井ほか，2018）．新湯の水位変動活動を調査するため2017，2018年の6月から10月にかけて新湯の湖岸周辺に水位計と地震計およびタイムラプスカメラを設置して観測を行った．本研究では，観測で得られた水位変動に関する時間の規則性から新湯の地下状態の推定を試みたので報告する．

新湯の水位変動は気泡式の水位計によって10分の測定間隔で観測した．水位変動に伴う新湯湖面の表面現象の変化をタイムラプスカメラによって観測した．また，新湯の湖岸から約20 m離れた場所に地震計を設置し，100 Hzのサンプリング周期で水位変動現象に伴う震動現象を観測した．

観測期間中に2017年は7サイクル，2018年は8サイクル分の干上がりから満水になる水位変動をそれぞれ観測できた．まず，水位変動の期間を干上がり，水位上昇，満水，水位下降の4つに分け，それぞれにかかる時間を調べた．その結果，干上がりは約3日間，水位上昇は約4.5日間，満水は0～20日間，水位下降は約0.5日間であった．満水を継続した期間は幅があったものの，水位の上昇と下降にかかる時間はほぼ一定で規則的であった．

水位変動に伴う湖面の状態を調べたところ，水位上昇・満水の期間に上昇している湯水は気泡を伴って噴出していた．また，地震動の振幅も水位上昇・満水の期間と水位下降・干上がりの期間では大きく異なっていた．これらのことから新湯の地下には湯溜まりがあり，湯溜りの湯水が沸騰して新湯へ噴出することによって間欠泉活動が起きていると考えられる．

新湯と地下の湯溜りの間の湯水の流路を半径一定の円筒と仮定して，水位下降の時間から大きさの推定を試みた．新湯の形状を円錐，水位下降期間の新湯地下へ流出する湯水の流量を一定と仮定した場合，新湯の大きさと水位下降にかかる時間から流量は約0.06 $m^3/s$と見積もられる．また，水位計で得られた水位下降期間における湖底の噴出口より下の場所での水位下降速度は1.2-2.5×$10^{-3}$ m/sであった．これらの値から，新湯直下の湯水の管路の半径は2.8-4.0 mと推定される．発表では，既存の間欠泉モデルと推定された新湯地下の形状を用いて，水位の上昇下降の時間スケールを比較した結果についても報告する．

キーワード：新湯、立山カルデラ、間欠泉
Keywords: Shinyu, Tateyama caldera, geyser

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Real time monitoring of underground temperature in Jigokudani, Midagahara volcano using LPWA devices

*渡辺 了[1]、西日本電信電話株式会社 富山支店[2]
*Tohru Watanabe[1], Toyama branch NTT West[2]

1. 富山大学大学院理工学研究部、2. 西日本電信電話株式会社
1. Gradudate School of Science and Engineering, University of Toyama, 2. Nippon Telegraph and Telephone West Corporation

Jigokudani is an active geothermal area in Midagahara volcano, Toyama prefecture, central Japan. It was formed as a result of repeated phreatic eruptions over 40,000 years. Increased volcanic activity in this area has been observed since 2011. In order to detect a precursory signal of a phreatic eruption, seismicity, observations should be conducted on seismicity, ground deformation, geothermal activity, volcanic gas, etc. A real time monitoring system of underground temperature using LPWA (Low Power, Wide Area) devices has been tested since 30 August 2018. An LPWA device (NHR, SS05-ST) is composed of thermometer and transmitter (LoRaWAN). 10 devices were deployed in Jigokudani. Temperature sensors (thermocouples) were placed at the depth of 50 cm. Transmitters send temperature data every 30 minutes to a gateway to the internet situated in Hotel Tateyama. The distances from the gateway to LPWA devices are within 1 km. Underground temperatures can be monitored on internet devices. Since Jigokudani has a heavy snowfall in winter, 7 devices were removed and 3 devices were left to test in winter. Though temperature data could be received until December 2018, no data could be received since then. Transmitters of around 50 cm high above the ground must be covered with snow. During summer and fall, LPWA devices are useful for real time monitoring.

キーワード：地中温度、LPWA、リアルタイム観測
Keywords: underground temperature, LPWA, real time monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 焼岳火山の山頂と1962-63年火口の噴気の化学・同位体組成
# Varying chemical and isotopic compositions of fumarolic gases from the summit and from the 1962-63 eruptive vents at Yakedake Volcano, Japan

*齋藤 武士[1]、澤村 俊[2]、網田 和宏[3]、三島 壮智[4]、大沢 信二[4]
*Takeshi Saito[1], Shun Sawamura[2], Kazuhiro Amita[3], Taketoshi Mishima[4], Shinji Ohsawa[4]

1. 信州大学学術研究院理学系、2. 信州大学大学院総合理工学研究科、3. 秋田大学大学院理工学研究科、4. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
1. Institute of Science, Academic Assembly School of Science and Technology, Shinshu University, 2. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 3. Graduate School of Engineering Science, Akita University, 4. Beppu Geothermal Research Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

北アルプス南部に位置する焼岳火山は，気象庁の常時観測火山に選定されている活発な活火山である．約2.5万年前から活動を開始し，約2300年前のマグマ噴火以降は水蒸気噴火を繰り返してきた．近年では，1907-39年に水蒸気噴火を繰り返し，1962-63年に山頂北側斜面で水蒸気噴火を起こして以降は，時折群発地震活動が観測される以外は静穏な状態が継続している．山頂周辺には噴気孔が複数存在しており，特に北峰南側斜面の噴気孔では1907年以降，活発な噴気活動が続いている．我々は山頂の噴気活動に着目して2013年から噴気孔の温度，ガス観測を行ってきた（齋藤ほか，2019）．今回は山頂の噴気に加えて，山頂北側の1962-63年火口からも噴気を採取し，山頂のデータとの比較を試みた．

山頂周辺で最も活発に活動している北峰南西の噴気（以下では山頂噴気）は，2013年7月以降，噴気孔出口の温度が113-123℃で推移している．1962-63年火口周辺には，山頂噴気よりも勢いの弱い噴気孔が広範囲に点在しており（以下では63噴気），その放出温度は95-100℃程度と山頂噴気よりも若干低いものの沸点以上の値を有する．

化学組成分析の結果，63噴気は山頂噴気と比べて，$SO_2$に乏しく，$CO_2/\Sigma S$が高いことがわかった．63噴気が山頂噴気と比べて，噴気の勢いが弱いことや温度が低いことと調和的である．1962-63年火口下には山頂よりも発達した熱水系が存在しているのかもしれない．ガスの化学平衡から計算される見かけの平衡温度（AET）も63噴気の方が低く推定された．一方で$He-N_2-Ar$比は，山頂噴気よりもHeに富む特徴を示した．このことは63噴気が，マグマ性流体の強い寄与を受けている可能性を示唆する．1962-63年火口は焼岳の最後の噴火が生じた火口であり，マグマ性流体の上昇は山頂火口よりも1962-63年火口の方がより強いのかもしれない．

また63噴気の噴気凝縮水の水素・酸素同位体比は，山頂噴気の値と大きく異なる値を示した．山頂噴気は$\delta D$ = -27~-23 ‰，$\delta^{18}O$ = 2.5~3.6 ‰とDおよび$^{18}O$に富む値を示したのに対し，63噴気は$\delta D$ = -116 ‰，$\delta^{18}O$ = -18 ‰と，山麓の河川水や火口湖，山頂付近の雨水から推定される地域天水の同位体比（$\delta D$ = -78 ‰，$\delta^{18}O$ = -11 ‰）よりも低い値を示した．1962-63年火口周辺の噴気は勢いが弱く，地表付近で噴気の凝結と蒸発を繰り返すことによって強い同位体分別を被った可能性がある．山頂噴気と63噴気は約300m離れており，山体内部でのマグマ-熱水システムの発達の違いを反映して，噴気の化学・同位体組成が変化している可能性があることがわかった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 北八ヶ岳，横岳最新2溶岩の年代推定および横岳最新期の火山砕屑物の特徴

# Eruption age determination of the latest two lava flows and characteristics of volcaniclastic materials from the recent activity of Yokodake Volcano, Japan

*新田 寛野[1]、齋藤 武士[1]、下岡 順直[2]
*Hiroya Nitta[1], Takeshi Saito[1], Yorinao Shitaoka[2]

1. 信州大学総合理工学研究科、2. 立正大学地球環境科学部環境システム学科
1. Shinshu University of Science and Technology, 2. Department of Environment System, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

長野県中部に位置する横岳は，八ヶ岳火山列の中で唯一の活火山である．現在は静穏な状態が継続しているものの，過去に9枚の溶岩流（Y1~Y9）を流出している（河内1974，1975）．しかし各溶岩の噴出年代や詳細な噴火プロセス，小規模なテフラを放出する噴火の有無などの課題が残されている．我々は活火山である横岳最新期の活動を評価するために，最も新しい噴出物とされるY9溶岩とその一つ前のY8溶岩の年代に着目して研究を進めてきた．これまで，Y8とY9溶岩の古地磁気方位と古地磁気強度から年代推定を試み，Y8溶岩から約0.60~0.65 ka，1.60~1.80 ka，1.90~1.95 ka，3.35~3.85 ka，Y9溶岩から約0.60 ka，1.80 ka，1.90~1.95 ka，2.20~2.25 ka，2.4~2.45 ka，3.70~3.75kaの古地磁気学的年代値を得たものの，年代を決定することはできなかった（新田・齋藤，2018，JPGU；新田・齋藤，2018，火山学会）．今回，Y8とY9溶岩の熱ルミネッセンス（TL）年代測定と粘性残留磁化（VRM）を用いた年代推定を試みた．また，Y9溶岩の直上および，山頂周辺で火山砕屑物層を確認したので，その産状と特徴についても報告する．

TL年代測定は，Y8とY9溶岩を粉砕して約10~50 μmの多鉱物試料を抽出し，TL測定を行った．その結果，Y8溶岩から3.3 ±1.2 kaのTL年代を得た．一方でY9溶岩からはTL発光を得られず年代値が求められなかった．そこで溶岩試料の獲得したVRMと実験室で着磁したVRMを比較することで，VRM獲得に要した時間の推定を試みた．Y9溶岩の4試料でVRM年代を推定したが，得られた年代値は大きくばらつき，有意な年代値が得られなかった．自然に獲得したVRMの認定や，実験条件の選定などに問題があると考えられ，今後さらに検討を加える予定である．以上の結果と古地磁気学的年代値を合わせると，Y8溶岩の噴出年代は約3.3kaと推定され，Y9溶岩に関しては3.70~3.75kaを除外できたが，5つの古地磁気学的推定年代からさらに絞ることはできなかった．

Y9溶岩直上に層厚3 cm程の炭質物を含む細粒～シルト質の明灰色の火山灰堆積物を確認した．これは奥野（1995）のNYk-1テフラに相当すると考えられる．さらに横岳山頂付近の登山道沿いで4枚の火山砕屑物層を認めた．上位から，層厚1~2cm程で細粒～シルト質の灰色の火山灰層，層厚30cm程で炭化物を含む中粒～細粒砂サイズの黄灰色の火山砕屑物層，層厚10cm程で中粒～細粒砂サイズの黄灰色の火山砕屑物層，層厚30cm以上で，5cm大の礫を含む礫～粗粒砂サイズの暗灰色の砂礫層である．最下部の砂礫層は奥野（1995）のNYk-2テフラに相当する可能性があり，2.35~2.15 cal ka BPの年代値が得られている（奥野・小林，2010）．その上位の2枚の火山砕屑物層は横岳起源と考えられ，NYK-2テフラ以降の2回の噴火の可能性が示唆される．最上位の細流火山灰層に関しては，横岳起源と考えているが，他の火山に由来する可能性もあり，今後さらに検証する予定である．

キーワード：北八ヶ岳横岳、最新溶岩、年代推定、TL年代測定、最新期の火山砕屑物

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Keywords: Yokodake Volcano, Latest lava, Eruption age determination, TL dating, Volcaniclastic materials from the recent activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 波形相関処理を用いた2007年御嶽山噴火日推定の試み
# Estimating the date of the 2007 eruption of Mount Ontake Volcano using waveform correlation

*西嶋 就平[1]、寺川 寿子[1]、堀川 信一郎[1]
*Shuhei Nishijima[1], Toshiko Terakawa[1], Shinichiro Horikawa[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Mt. Ontake volcano erupted on late March, 2007. However, we do not know the exact time of the eruption with a Volcanic Explosivity Index 0 because of little visual evidence. I tried to estimate the date of the 2007 eruption, using a waveform correlation method. A previous study reports that focal mechanisms of volcanic earthquakes associated with the latest eruption in 2014 changed from normal/strike-slip faulting with east-west tension to reverse faulting with east-west compression. Based on this fact, I selected 10 and 8 volcanic events for the pre- and the post-periods of the 2014 eruption as template events. I applied the technique to continuous seismic waveforms from 22 December 2006 to 31 March 2007. I detected 2375 (pre-eruption type) and 1659 (post-eruption type) events corresponding to the pre- and the post-eruption events, respectively. I found that events with east-west tension (pre-eruption type) became active at the early stage until a very long period (VLP) event occurred on 25 January, and during the period from 5 to 19 February. On the other hand, the activity of events with east-west compression (post-eruption type) became dominant for 11 days after the VLP event occurred, and during the period from 20 February to 24 March. Subsequently, neither type of events became dominant. The activity of pre-eruption type events synchronized with the period when the length of the baseline in the east-west direction across Mt. Ontake increased. This suggests that events of pre-eruption type are related to the magma intrusion process beneath the volcano. The activation of events of post-eruption type following to the VLP event, which is well modeled by a tensile crack with a strike of N20W, may be related to contraction processes after the event released water vapor from the volcano. Based on the changes in types of detected events as well as the seismicity, I concluded that Mt. Ontake would have erupted on 20 February or between 11 and 12 March, 2007.

キーワード：火山、波形相関処理
Keywords: volcano, Matched Filter Method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2007年および2014年御嶽山噴火前後に発生した山頂付近の地震活動
# Seismic activity beneath Mt. Ontake volcano before and after the 2007 and 2014 eruptions

*山中 佳子[1]、堀川 信一郎[1]、前田 裕太[1]
*Yoshiko Yamanaka[1], Shinichiro Horikawa[1], Yuta Maeda[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Encironmental Studies, University of NAGOYA

2017年10月より，名古屋大学では，株式会社計測技研と共同開発した小型・低消費電力の地震観測テレメータ装置（堀川他，2017火山学会）の試験運用として御嶽山山頂に10点地震観測点を設置し，リアルタイム観測を行っている．これらのデータに御嶽山から概ね10km以内にある名大の定常観測点8点，気象庁の9点を加えて2017年11月～2018年6月の山頂直下の地震活動を求めた．その結果．地震は剣ヶ峰の南西から西の領域（地獄谷西側）で2014年噴火の火口列周辺に集中しており，深さは用いる構造にもよるが深さ0kmから-1.5kmではほぼ直線上に分布し，-1.5km付近で北東ー南西方向に広がることがわかった．（山中他，2018年JpGU）

今回この時に求められた観測点補正値を用いて，山頂観測点がない時期に発生した地震活動について震源分布を求めた．2014年の噴火前は，深さ1.0km付近から-0.6km付近まで直線的に地震が起こっており，これらは2017-2018年の活動で見られる直線上の活動の延長線上にある．噴火後，地震活動は深さ-0.6km付近から南北２方向に別れ，深さ-1.2km付近で一気に広がるように見える．この南北方向に広がった活動は徐々に浅く南西方向に広がりつつ現在の地震活動域に至っている．

2007年の噴火前の2月までの地震活動については．観測点が少なく地震規模も小さめであるため震源位置を決めることができた地震数は少ないが，地震は深さ3kmから2014年の活動に比べると全体的に深く，深さ0km以浅の地震はほとんどない．また深さ3kmから0km付近で発生した地震は直線上に分布しており，2014年噴火前の直線上の地震活動とほぼ同じ，またはその深部延長上で起こっていたことがわかった．このことから2007年と2014年の噴火時，ほぼ同じ通路を通って熱源となったなんらかの流体が上昇してきたと考えられる．

キーワード：御嶽山、地震活動
Keywords: Mt. Ontake, Seismic activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 傾斜計データにおける降雨及び融雪補正の効果　ー御嶽山への適用例ー
# Effect of rain and snowmelt correction of tiltmeter data - Application example for Ontakesan Volcano -

*木村 一洋[1,5]、河島 克久[2]、松元 高峰[2]、佐々木 明彦[4]、伊豫部 勉[3]、宮村 淳一[1]、中橋 正樹[1]
*Kazuhiro Kimura[1,5], Katsuhisa Kawashima[2], Takane Matsumoto[2], Akihiko SASAKI[4], Tsutomu Iyobe[3], Junichi Miyamura[1], Masaki Nakahashi[1]

1. 気象庁地震火山部火山課、2. 新潟大学災害・復興科学研究所、3. 京都大学大学院工学研究科、4. 国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、5. 新潟大学自然科学研究科
1. Japan Meteorological Agency, 2. Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, 3. Faculty of Engineering, Kyoto University, 4. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 5. Graduate School Science and Technology, Niigata University

2014年９月に御嶽山で発生した水蒸気噴火において、気象庁が火山監視目的で山頂南東側約３km地点の田の原（標高2196m）に設置した傾斜計により、噴火開始数分前から山側上がり、噴火開始後は山側下がりの傾斜変化が観測された（気象庁、2014）。その後、木村・中橋（2015）は、木村・他(2015)のタンクモデルを用いた手法により夏季（６月～10月）の田の原傾斜計東西成分データに降水補正を行った結果、御嶽山山頂直下で地震活動が活発化した2014年９月10日頃から始まる西側上がりの傾斜変化を検出した。同様な傾斜変化はこれまでに数回確認されているが、春季（３月～５月）における融雪の影響を除去できていないといった課題が残っていた。

宮村・他（2017）は、木村・他（2015）の手法でタンクモデルに積雪層を加える拡張を行い、降水量データに加えて融雪量データを入力値とする手法を開発して田の原傾斜計東西成分データに適用し、融雪の影響をある程度除去できることを確認した。なお、融雪量の推定には松元・他（2010）を参考に気温と日射量を指標とするTRモデルを用いた手法を用いたが、御嶽山アメダス（標高2195m）には融雪量推定に必要な気温及び日照時間の観測項目がないため、山麓で最も近い（約12km）開田高原アメダス（標高1130m）の気温及び日照時間データを用いることとし、２点の標高差（1065m）による影響を除去するため、河島・他（2016）が2015年及び2016年融雪期に田の原で観測した気象データと山麓の開田高原アメダスの気象データの比較により補正を行った。

本発表では、田の原傾斜計の南北成分データに宮村・他（2017）の手法を適用した結果を報告する。南北成分には毎年春から夏にかけて大きな季節変化が認められるが、同手法を適用したところある程度除去することができた。このことから、季節変化には降水の影響はほとんど含まれず、融雪の影響が大きいことが明らかとなった。南北成分を補正した結果、2014年８月半ば頃から始まる北側上がりの傾斜変化を検出した。すでに検出した東西成分の傾斜変化と併せて、降水及び融雪補正後の傾斜データを再検討すると、８月中旬に北側上がりの傾斜変化が始まり、９月10日頃からは北西上がりの傾斜変化へと徐々に変化していったことが明らかとなった。同様な傾斜変化は、調査期間中（2011年４月～2017年９月）の他の時期には確認できなかった。

今回、降水及び融雪補正後の傾斜計データで検知した傾斜変化について、２つの先行研究と関連させながら考察を行った。まず、Kato et al (2015)による噴火前後における山頂直下の震源分布を参考に、NNW-SSE走向を持つ開口クラックモデルを仮定してその上端を２kmから１kmまで浅部へ移動させた場合、傾斜変化が北側上がりから北西側上がりへ変化するパターンを確認することができた。次に、Miyaoka and Takagi (2016)によるスタッキング手法を用いたGNSS基線長解析により、長基線の変化が８月中旬から、短基線の変化が９月上旬から始まっていたことが確認され、変動源が深部から浅部へ移動した可能性を示唆する結果が得られている。これらの先行研究の結果が今回の降雨及び融雪補正後の傾斜計データから検出した傾斜変化と整合的であり、今回用いた降雨及び融雪補正の手法の有効性を示すものと考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

参考文献
Kato A, Terakawa T, Yamanaka Y, Maeda Y, Horikawa S, Matsuhiro K, Okuda T (2015) Preparatory and precursory processes leading up to the 2014 phreatic eruption of Mount Ontake, Japan. Earth Planets Space 67:111. doi:10.1186/s40623?015?0288?x
Miyaoka K, Takagi A (2016) Detection of crustal deformation prior to the 2014 Mt. Ontake eruption by the stacking method, Japan. Earth Planets Space 68:60. doi:10.1186/s40623-016-0439-8
河島克久・伊豫部勉・松元高峰・佐々木明彦・鈴木啓助（2016）：冠雪活火山における積雪期火山防災情報プラットフォームの構築，寒地技術論文・報告集，32，80-84.
木村一洋・露木貴裕・菅沼一成・長谷川浩・見須裕美・藤田健一（2015）：タンクモデルによる体積ひずみ計データの降水補正について，験震時報，78，93-158.
木村一洋・中橋正樹（2015）：御嶽山田の原の傾斜計東西成分の降水補正(1)，日本地球惑星科学連合2015年大会予稿集，SVC45-P24.
木村一洋・河島克久・松元高峰・佐々木明彦・伊豫部勉・中橋正樹・小林昭夫（2016）：御嶽山田の原の傾斜計東西成分の降水補正(2)，日本地球惑星科学連合2016年大会予稿集，SVC47-P13.
松元高峰・河島克久・外狩麻子・島村誠 (2010): 気温・日射量を指標とする表面融雪量モデルと積雪層浸透モデルとを組 み合わせた積雪底面流出量の推定，雪氷，72, 255-270.
宮村淳一・木村一洋・中橋正樹・河島克久・松元高峰・伊豫部勉・佐々木明彦（2017）：火山監視用傾斜計に現れる融雪の影響，日本火山学会講演予稿集，P050.
気象庁（2014）：特集１．2014年９月の御嶽山の噴火，平成26年10月地震・火山月報（防災編），54-61.

キーワード：傾斜計、御嶽山、降雨、融雪
Keywords: Tiltmeter, Mt. Ontake, rainfall, snowmelt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2011年3月15日の静岡県東部地震による富士山周辺域のb値の空間分布への影響

# Spatial Variation of b-value around Mt. Fuji influenced by the Eastern Shizuoka Earthquake of 15 March 2011

*村越 匠[1]、宮下 智成[2]
*Takumi Murakoshi[1], Tomonari Miyashita[2]

1. 防衛大学校、2. 航空自衛隊
1. National Defense Academy, 2. JASDF

2011年3月15日22時31分頃に富士山山頂から南西に約6kmの深さ15km付近においてMj6.4の2011年静岡県東部地震が発生した。富士山周辺におけるM6以上の地震は1931年9月16日のMj6.3の地震以降なかったため、2011年静岡県東部地震は富士山周辺における約80年ぶりのM6以上の地震であった。火山地域のマグマだまりなどの地下の不均質性やその時空間変化を調べる手法の一つに、G-R則のb値の空間分布を使った解析がある。富士山周辺域については、2001年から2009年までののb値の解析があるが（原田ほか、2010）、2011年静岡県東部地震の前後の影響については調べられていない。そのため、本研究では気象庁一元化震源データを用いたG-R則のb値の空間分布の解析により、2011年静岡県東部地震が発生したことによる富士山周辺域の地震活動への影響を調べた。その結果、2011年静岡県東部地震の直後でb値が大きく下がり、徐々に元のb値の値に戻ってきている傾向にあることがわかった。また、2011年静岡県東部地震の前後での特徴として、この領域内で南西から北東方向にb値が大きくなる空間パターンがあることがわかった。

キーワード：b値、富士山、2011年静岡県東部地震
Keywords: b-value, Mt. Fuji, 2011 Eastern Shizuoka Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆半島東部伊東沖の海底火山手石海丘の現状
# Present condition of submarged volcano, Teishi Knoll, off Ito, Eastern Izu Peninsula

*山中 寿朗[1]、川田 佳史[2]、野口 拓郎[3]、八田 万有美[3]、岡村 慶[3]
*Toshiro Yamanaka[1], Yoshifumi Kawada[2], Takuro Noguchi[3], Mayumi Hatta[3], Kei Okamura[3]

1. 東京海洋大学、2. 東北大学、3. 高知大学
1. Tokyo Univ. Marine Science and Technology, 2. Tohoku University, 3. Kochi University

伊豆東部火山群に属する手石海丘は1989年7月に伊豆半島伊東市東方沖合約4kmで発生した海底噴火活動に伴い生じた、火口凹地を伴う海丘である。気象庁によると、伊豆半島東部の陸上域に分布する玄武岩～流紋岩質の多数のスコリア丘・タフリング・マール・溶岩ドームなどの小火山体と、これらの東方海域に密集する多数の海底火山の総称である。陸上部分について最大のものは大室山である。海底火山群については火山数、岩石の種類、活動年代等不明なことが多い。火山群は、この地域の広域応力場を反映して、北西～南東へ並ぶ配列がいくつも重なっている。大室山が約4000年前の噴火で形成され、その後約3200年前にはカワゴ平、約2700年前には岩ノ山ー伊雄山火山列で割れ目噴火が生じたが、この後手石海丘で海底噴火が起こるまでこの地域での噴火はなかったと考えられている。

ところで、日本には110の活火山があるが、そのうちの12火山は海底に位置する。海底火山は、その全体が海面下にあるため、十分に活動が監視されておらず、火山噴火予知連絡会により、2003年に活動度によるランク分けが行われた際にも対象外とされた。そこで、本海丘において、現在でも活動が継続しているのか、1989年の噴火の際に貫入したと考えられるマグマが単純に冷却の過程にあるだけなのかを明らかにする目的で、2017年12月より、年2回、東京海洋大学の練習船を用いて海水組成及び海底下温度構造の観測を開始した。

まだデータの収集を始めたばかりであるが、温度計測については地温勾配の計測は行っているが、水深が浅い（120m程度）ため、地殻熱流量を得るためには水温変動の補正が必要で、そのための長期水温変動計測を昨年１２月に始めた。一方、海水の化学分析では、火口凹地内の底層海水には周辺海水に比べやや全炭酸濃度が高く、また、顕著なマンガンの正の濃度異常が認められた。この全炭酸とマンガンの濃度異常から、まだなんだかの熱的活動が本火口内では続いていることが伺える。

キーワード：手石海丘、海底火山、活動度、化学フラックス、地殻熱流量
Keywords: Teishi Knoll, Submerged volcano, Activity, Chemical flux, Heat flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆大島最北部碁石浜におけるカルデラ形成以前の火山噴出物とその堆積年代

# Descriptions and age of volcanic products before the caldera formation in the northern part of Izu-Oshima, off Tokyo, Pacific Ocean

*寺山 怜[1]、鈴木 毅彦[1]、小林　淳[2]
*Satoshi Terayama[1], Takehiko Suzuki[1], Makoto Kobayashi[2]

1. 首都大学東京都市環境科学研究科、2. 首都大学東京火山災害研究センター
1. Tokyo Metropolitan University, 2. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University

はじめに

伊豆大島火山はここ最近では1986年に噴火しており，近い将来噴火が予想される活動的な活火山である．その火山に関する研究は古くから行われており，また多岐の分野にわたって多く研究が行われてきた（例えば中村，1964;小山・早川，1996;川辺，2012など）．しかしながら，カルデラ形成以降のカルデラ形成期・後カルデラ火山（川辺，1998）の火山体活動期に関する研究は数多く行われているものの，先カルデラ火山新期山体以前の火山体活動期，またそれに関する火山噴出物の記載の研究は少ない．本研究ではその記載に乏しい伊豆大島火山の先カルデラ火山新期山体以前の火山噴出物の調査を行い，過去の噴火活動を解明することを目的とする．過去の火山噴出物の記載およびそこから考えられる噴火のデータは，今後の噴火予測や火山防災を考える上で重要なデータとなるはずである．

今回の研究対象地は伊豆大島最北部に位置する乳ヶ崎および風早崎の二つの岬に挟まれた碁石浜と呼ばれる海岸で，横幅約1 km，高さ約30-40 mに及ぶ海食崖に沿って火山噴出物が露出している．碁石浜で観察できる火山噴出物の記載は一色（1984）によって行われており，旧火山体である岡田火山および先カルデラ火山古期山体の噴出物の報告が主である．しかしその記載報告は碁石浜内の一部にとどまり，またテフラ層序学的な記載と議論は行われていない．本研究では，碁石浜の海食崖に露出する火山噴出物の調査を改めて詳細に行った．そしてその記載の結果，観察できる層準について新たな見解がいくつか得られたので報告する．

結果

本研究では，31枚の噴火イベント噴出物から構成される降下テフラ群を碁石浜降下テフラ堆積物群と名付けた．同堆積物群内で見られる，黒色腐植土層3層準を試料採取し放射性炭素年代の測定を行ったところ，上位から11076-10713，12027-11747，18117-17803 cal BPという年代値が得られた．これによりこの碁石浜降下テフラ堆積物群が約2万年以降の先カルデラ火山新期山体の噴出物であることが判明した．一色（1984）を含め過去の報告でも，碁石浜で先カルデラ火山新期山体の噴出物記載の報告はない．今後の課題として，この層準と田沢（1980）によるO1~O95の95部層区分を対比する必要がある．

さらに本研究で，碁石浜降下テフラ堆積物群内に，白色を呈した粒径1mmほどの細粒軽石がわずかに散っているのを確認した．その層準を試料採取し，洗浄した後に鏡下観察を行ったところ，無色透明の軽石型火山ガラスが確認された．また，その火山ガラスの主成分化学組成を測定したところ，$SiO_2$=78.07 wt.%，CaO=0.61 wt.%，FeO=0.75 wt.%，$Al_2O_3$=12.74 wt.%，$K_2O$=3.29 wt.%という値を示し，流紋岩質テフラであることがわかった．これは玄武岩質マグマを噴出する大島火山起源のテフラではなく，神津島火山や新島火山などの島外の火山起源の流紋岩質テフラと考えられる．碁石浜降下テフラ堆積物群の層準は先カルデラ火山新期山体と考えられるため，この流紋岩質テフラはO55（新島宮塚山テフラ）（齋藤ほか，2007）と対比できる可能性がある．このように本研究では碁石浜の火山噴出物の記載から堆積年代について新たな見解が得られ，また流紋岩質テフラが新たに確認された．今後は今回の調査地と他の露頭との対比，そして流紋岩質テフラの確実な対比を課題とする．また本来の目的である先カルデラ火山新期山体以前の噴火の特徴について解明するというまでに至らなかったため，今後の課題として検討していく必要がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：伊豆大島火山、火山噴出物、新島宮塚山テフラ、C14年代測定
Keywords: Izu-Oshima Volcano, volcanic products, Niijima Miyatukayama tephra, radiocarbon dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆大島山頂付近の地震のSchusterの方法によるp値の時間変化について
# Time change of p-value by Schuster method using earthquakes around Izu-Ohsima summit

*高山 博之[1]
*Hiroyuki Takayama[1]

1. 気象庁気象研究所火山研究部第１研究室
1. Volcanological Division 1st labolatory, Meteorological Research Institute

伊豆大島で起きる火山性地震と地球潮汐の関連については，森田他(2016)，森田他(2017)で検討されている．これらの研究では，伊豆大島の山頂カルデラ付近の地震と地球潮汐の関係について議論されている.また，高山他(2018)では，伊豆大島の山頂と山腹を５つの区域に分け，それぞれの地域の地震で主要４分潮に対するp値を計算し，地震と地球潮汐との関連を調べている．

地球潮汐と地震の発生が関連あるかどうかは，schusterの方法（Schuster(1897)）によった．この方法は，地球潮汐と地震発生が無相関であるという帰無仮説を棄却する危険率を調べる方法である．具体的には，地震発生時の潮位位相角をΘiとすると，

$$R=(\Sigma\cos\Theta i)^2+(\Sigma\sin\Theta i)^2$$

$$p=\exp(-R/N)$$

で計算されるｐを用いて検定する． ｐは，0～1までの値をとり，0に近いほど帰無仮説を棄却できる．潮位位相角は，それぞれの分潮に対して計算できる．本研究では，主太陰半日周潮（以下M2と略す）を用いた．

この方法は原理上，地震カタログに群発活動が含まれると，正確なｐ値が計算できない．そこで，地震カタログをデクラスタすることにより，この問題を避けた．

今回は，山頂付近の地震についてp値の時間変化を調べた．気象庁カタログの山頂付近の地震の検知力は，マグニチュード0.0以上であり，デクラスタしたあとの全ての地震を使ってｐ値を計算すると，0.011となった．そこで，山頂付近の地震を時間ごとに分割し，それぞれでM2に対するp値を計算した．

実際の解析には，気象庁のカタログの2002年4月から2017年1月までのものをもちいた．これから，伊豆大島山頂付近の地震を取り出した．そのうちマグニチュード0.0より大きいものは1084個あり，デクラスタしたあとは901個となった．この地震カタログから連続して地震を100個取り出し，それを1個ずつシフトさせてM2に対するp値を計算した．

結果は，周期的にp値が増減を繰り返すということになった．ちなみに，最大値は0.98，最小値は0.0030であった．地球潮汐と地震発生が無相関である仮説を棄却する基準を0.05とすると，それを下回るp値が得られ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

たのは2006年頃，2010年頃，2014年頃である．森田他(2017)によると，地球潮汐と地震発生の相関がみられる時期には，マグマからの揮発性成分の上昇が増えたことを示唆する可能性がある．上記の3期間は，マグマからの揮発性成分の上昇が増えた可能性がある．また，森田他(2017）では，その揮発性成分の上昇が2013年から増えたとあるが，それに対応するのが2014年頃のp値の減少ではないか．

キーワード：火山性地震、地球潮汐、p値
Keywords: volcanic earthquake, earth tide, p-value

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆諸島北部、新島に分布する第四紀後期テフラの標準層序と岩石学的・地化学的特性ー火山ガラスの主元素組成、斜方輝石、角閃石類の屈折率を中心にー

# Standard stratigraphy and characteristic properties of late Quaternary tephras on the Niijima-island: Report of geochemistry and refractive indices of volcanic glass shards, orthopyroxene, hornblende, and cummingtonite

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、西澤 文勝[1,2]、村田 昌則[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1]
*Kaori Aoki[1], Makoto Kobayashi[1], Fumikatsu NISHIZAWA[1,2], Masanori Murata[1], Daisuke Ishimura[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京火山災害研究センター、2. 山梨県富士山科学研究所
1. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University, 2. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government

東京都は東京都区部・多摩地域・島嶼部の三地域からなり、島嶼部には25,353人が住んでいる（平成31年1月1日現在）。島嶼部をつくる伊豆・小笠原諸島は伊豆半島南東沖の相模トラフから南につづく小笠原海溝を東にみて並走する小笠原海嶺から小笠原トラフを挟み、さらに西側に七島・硫黄島海嶺、西七島海嶺、四国海盆へとつづく、本州にも匹敵する長さ約1100km、幅300km～400kmにおよぶ島弧である。海底火山を含めて21の火山が確認されており、そのうち14が活火山として監視対象となっている。現在、我々は島嶼部のハザードマップ作成や防災計画の策定に必要な情報を集約するために、それぞれの火山についての活動史や、噴火の様式や規模、噴出物の分布範囲の解明と、島嶼部の高精度なテフラ編年の確立をめざして研究に取り組んでいる（青木ほか、2019；小林ほか、2019a,b）。

島嶼部でのテフラ研究は、陸上のように各テフラ層の分布範囲や層厚を丹念な踏査で追跡することは困難であることから、基本的に発見した地点ごとに各テフラの岩石学的特性と化学的特性の情報を集積して、その理化学的なデータに基づいて対比することになる。本研究では、伊豆諸島の島間のテフラ編年をさらに発展させるために、各島での調査結果から得られたテフラに関する岩石学的特性と化学的特性のデータベース化を進めつつある。また、島嶼部火山起源のテフラは周辺の深海底にも堆積していると考えられ、これらの陸上での踏査で得られた情報と各テフラの特徴を分析したデータをもとに、房総半島沖の深海で掘削されたコアCK09-03,C9010E中に介在するテフラ層序の解明に取り組んでいる（青木ほか、2019）。本発表では、2017年末から始まった新島における第四紀後期テフラの層序研究で分析されたテフラの岩石学的特徴および化学的特性について報告する。

西七島海嶺の北部、銭洲海嶺上に位置する新島島内の大三山、富士見峠、宮塚山、および新島西岸1.6km沖にある地内島を踏査した結果、新島火山起源テフラ、神津島火山起源テフラのほか、外来の玄武岩質テフラ等の薄層を含め、少なくとも第四紀後期（およそ過去5万年間程度）の間に21回の噴火イベントを確認することができた（小林ほか、本大会）。これらの地点で採取された試料について、水洗、風乾後に250㎛、125㎛、63㎛サイズで篩い、実体顕微鏡による観察を行い、63-125㎛サイズの試料については火山ガラスの屈折率の測定、およびEDS（エネルギー分散型エックス線分析）で火山ガラスの主元素組成分析を行った。重鉱物は125-250㎛サイズ（一部は63-125㎛サイズの試料）の試料を対象に顕微鏡下にて手選で拾い出し、屈折率の測定を行った。

新島火山では珪長質な組成を持つ軽石層、火砕サージなどのほかに、スコリアからなる玄武岩質テフラも確認される（小林ほか、2019a）。珪長質な火山ガラスを主体とするテフラにもスコリアが混ざることが多い。ほとんどの珪長質テフラ層は斜方輝石、角閃石類（普通角閃石およびカミングトン閃石）を含み、一部で

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

少量の黒雲母が確認される。また、長石と石英も多く含まれ、特に高温石英が特徴的である。新島起源テフラの特徴として、重鉱物の屈折率がばらつく傾向がある。特に赤崎峰テフラ、宮塚山テフラ、宮塚山南部テフラに含まれる斜方輝石の屈折率で顕著で、ヒストグラムで見ると1.700-1.730の間でバイモードないしはトライモードを示し、検出頻度は少ないものの化学組成的にフェロシライトに近いと予想される1.730前後の高屈折率の斜方輝石も含まれる。また、赤崎峰テフラ、宮塚山テフラに含まれる普通角閃石でも同様に、1.663-1.688の間でバイモードないしは屈折率の範囲が大きくなる傾向がある。一方で、カミングトン閃石の屈折率については、後期更新世から完新世のテフラまで、ヒストグラムはそれぞれ単一にまとまることが多く、1.658-1.669の範囲に収まり、斜方輝石や普通角閃石のように屈折率の範囲がばらつく傾向はみられない。

火山ガラスの屈折率はおおむね1.492-1.501の範囲であり、日本の第四紀テフラの火山ガラスの屈折率は1.501-1.505が最もありふれている点と比べると（町田・新井、1992）、かなり低い部類といえる。火山ガラスの主元素組成はおおむね$SiO_2$が77.7-78.2 wt%、$Na_2O+K_2O$は7.0-8.3 wt%の範囲に収まり、大半は7.2-7.7 wt%となる。また、FeO*の含有量が0.7-1.0 wt%と少なく、$SiO_2$の含有量が多いことも併せて、上述した火山ガラスの屈折率が低いことと調和的である（Furuta *et al.*, 1986; 吉川, 1990）。

キーワード：伊豆、新島、テフラ編年、岩石学的特性、主元素組成
Keywords: Izu, Niijima, tephrochronology, petrographic characters, major-element composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆諸島神津島火山の最新期活動におけるテフラ層序とその噴火史
# Tephrostratigraphy and its eruption history of the Latest Activity in the Kozushima Volcano, the Izu Islands

*小林　淳[1]、村田 昌則[1]、西澤 文勝[2]、鈴木 毅彦[1,3]
*Makoto Kobayashi[1], Masanori Murata[1], Fumikatsu NISHIZAWA[2], Takehiko Suzuki[1,3]

1. 首都大学東京 火山災害研究センター、2. 山梨県富士山科学研究所、3. 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. Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government, 3. Department of Geography, Tokyo Metropolitan Univ.

伊豆諸島神津島火山は，流紋岩の溶岩ドーム及び同質の火砕丘群で構成されており，その形成史は地質層序及び岩石鉱物学的特徴，ESR法等の各種年代値によって構築されている（谷口，1977；一色，1982；菅ほか，1992，2003；横山ほか，2004等）。これらの知見を基づくと，神津島火山は，現在の陸上火山体の土台をなす基底溶岩（砂糠山，観音浦等；約70～ 64 ka，長浜，面房等；約52～35 ka）の噴出後，それに載る溶岩ドーム群及び火砕丘群（那智山，じょうご山，高処山ー松山鼻・長っ崎火山列等；約32～23 ka，神戸山ー花立山火山列，天上山等；約3.4 ka以降）が形成され，全体として，数万年間隔で活動活発期と休止期を繰り返してきたようにみえる。また，現在の活発期の前に約2万年以上の休止期の存在が推定されるが，比較的新しい火山地形が複数確認できるにも関わらず，この時期における噴火堆積物の有無等に関する知見はなく，噴火活動の実態は不明である。

本研究では，神津島南部から噴出し島全体を覆う火砕堆積物である秩父山Aテフラ（約22～26 ka：菅ほか，1992，2003）より新しい活動を「最新期活動」と定義し，この間のテフラ層序を構築するとともに，神津島火山のより詳細な噴火履歴の構築を目指して調査を進めている。

DEMデータを利用した地形判読の結果，最新期活動に関連する新しい火山地形として，神津島中央部を構成する天上山火山体（火砕丘，溶岩ドーム群），島北部に神戸山ー花立山火山列（溶岩ドーム群），櫛ヶ峯（火砕丘）を抽出した。

地質調査の結果，最新期活動期において，少なくとも8の噴火イベントに関連する堆積物を確認した。神津島北部の那智山北部（Loc. 16）では，上位より，軽石・火山礫及び粗粒火山灰等の互層からなる火砕サージ堆積物（no. 16-1：天上山テフラ（AD 838）），変質した火山礫・火山岩塊を含む降下火砕物（no. 16-2），層厚10 cmの軽石混じりの中粒～細粒火山灰からなる降下火砕物（no. 16-3），径数mmのスコリアの密集層準（no. 16-4），粗粒火山灰の密集層準（no. 16-5）を確認した。一方，神津島南部のあかばね洞門（Loc. 4）では，天上山テフラ（no. 4-1），粗粒火山灰の密集層準（no. 4-2），層厚約3 cmの軽石混じり中粒～細粒火山灰（no. 4-3），径数mmのスコリアの密集層準（no. 4-4），層厚9 cmの細粒火山灰（no. 4-5），層理構造が発達する火山礫・粗粒火山灰の互層からなる火砕サージ堆積物（no. 4-6）を確認した。また，K-Ah起源の火山ガラスをno.4-2とno. 4-3の間の層準から多く検出した。これらの噴火堆積物のうち，no. 16-2は神津島中央～北部にしか分布しないことから，これらの地域を給源とする噴火活動の存在が示唆される。また，軽石混じり中粒～細粒火山灰（no. 16-3 とno. 4-3を対比），細粒火山灰（no. 4-5）は，非常に明瞭な地層を形成することから，比較的規模の大きな噴火による噴出物で広域性を有するテフラとして着目できる。

テフラ層直下の腐植土もしくはローム層中に散在する炭化木片を対象に$^{14}$C年代測定を行った。no. 16-2に対比される降下火砕物の下位より1300±20 yr BPの年代値を得た（Loc. 15：262m山北西）。また，Loc. 4では，no. 4-2上部で5790±30 yr BP，no. 4-3の上位及び下位で8850±30 yr BP及び9390±30 yr BP，no.4-6直下で12030±30 yr BPの年代値を得た。暦年較正及び他テフラとの層序関係を考慮すると，最新期活動期におけるテフラの年代は，約1.1～1.2 ka（no. 16-2），約7.5 ka（no.16-3 / no. 4-3），約10 ka（no. 4-4），約13.5 ka（no. 4-6）と解釈できる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

現在，各テフラについて，鉱物組成，火山ガラスの屈折率及び主成分化学組成の分析を進めており，神戸山ー花立山火山列及び櫛ヶ峯起源の火砕物，並びに新島火山起源テフラ（宮塚山，式根島，新島山南部：小林ほか，2018）との対比の観点から検討を進めている。発表では，これらの検討結果を踏まえた，神津島火山の最新期活動における噴火史を報告する。

キーワード：テフラ層序、14C年代、噴火史、神津島火山
Keywords: tephrostratigraphy, 14C age, eruption history, Kozushima Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 三宅島・神津島・八丈島周辺の震源分布の特徴：速度構造との関連性
# Characteristics of hypocenter distribution connected with velocity structures in and around Miyakejima, Kozushima and Hachijojima volcanoes

*萩原 弘子[1]、渡辺 秀文[1]
*Hiroko Hagiwara[1], Hidefumi Watanabe[1]

1. 東京都庁
1. Tokyo Metroplitan Government

The aim of this study was to examine the characteristics of seismic activities in association with the seismic velocity structures in and around the Izu islands. We focused on three seismic activities, the swarm off the west coast of Miyakejima on April 2013, the swarm off the northeast coast of Kozushima on April 2018 and the low frequency earthquakes beneath Hachijojima from 2003 to 2018. To construct the 3-D velocity structure models for Miyakejima and Kozushima we used the data of the swarm accompanied with the 2000 Miyakejima eruption, while for Hachijojima we used the data from 2003 to 2018 based on the Izu islands volcanic observation system. These travel times were adopted to the tomographic inversion method (Zhang and Thurber, 2003). The relocated precise hypocenters on the velocity imaging maps revealed an interesting relationship between seismicity and structure. In the target region, both Miyakejima and Kozushima swarms occur at 5-10 km and 2-6 km depth, in the border of high-velocity zones adjacent to or underlain by the low-velocity zones in figure 1 and figure 2. Their swarm regions were located nearby the two end sides of the 2000 swarm, where the huge seismic activity occurred repeatedly. That suggests the upward moving of magmatic fluids. In contrast, the Hachijojima earthquakes occur at 10-14 km depth in the middle-velocity area around a high-velocity zone in figure 3. This high-velocity zone is supposed to be somewhat cold body beneath Nishiyama volcano in Hachijojima. We interpret that the former low-velocity zones consist of hot magmatic materials and the latter high-velocity zone consists of the solidified volcanic body. On the basis of three case studies, it is suggested that volcanic fluids derived from hot magma or solidified magma caused the upper or surrounding seismic activities through complex crack systems.

キーワード：地震活動、速度構造、火山性流体、三宅島、神津島、八丈島
Keywords: seismic activity, velocity structure, volcanic fluid, Miyakejima, Kozushima, Hachijojima

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

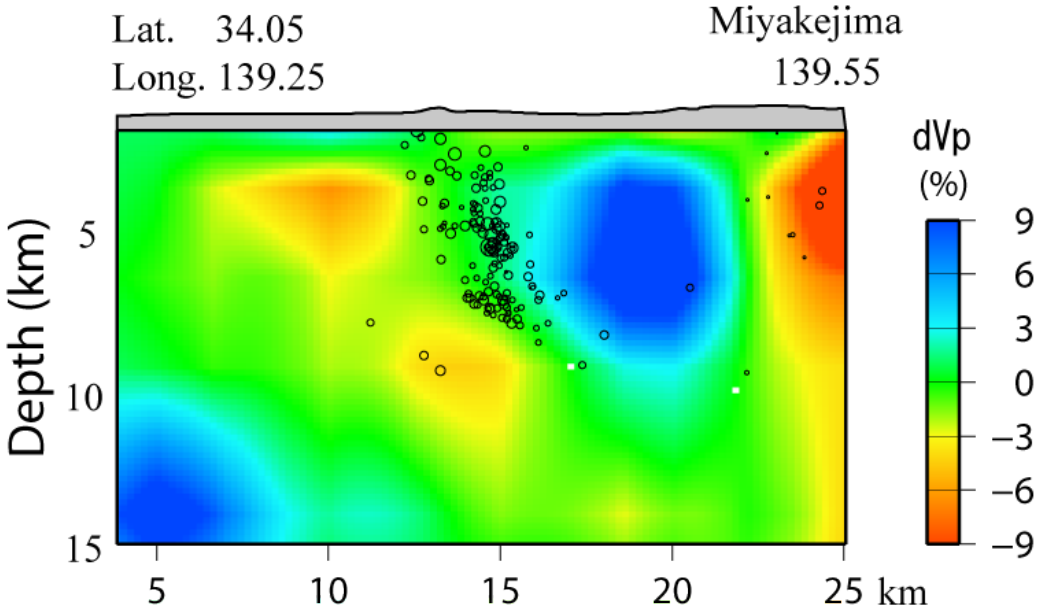



Fig. 1. E-W cross section of the dVp and relocated seismicity near Miyakejima.

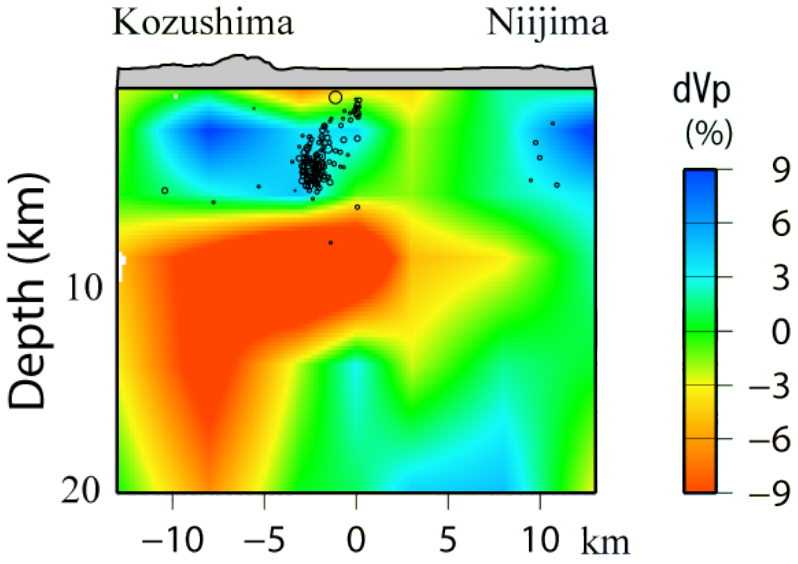



Fig. 2. Cross section of the dVp and relocated seismicity near Kozusima along the axis passing through Kozushima and Niijima.

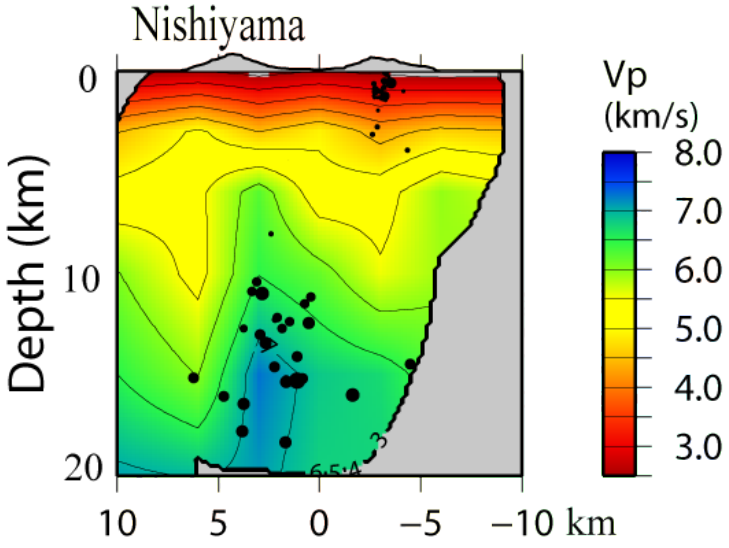



Fig. 3. Cross section of the Vp and relocated seismicity along the long axis of Hachijojima.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSSキャンペーン観測による三宅島の地殻変動（2013年～2015年）
# Deformation of Miyakejima volcano measured by GNSS campaign observation (2013-2015)

*渡部 陽奈[1]、松島 健[2]、福井 海世、渡邉 篤志[3]、及川 純[3]、奥田 隆[4]、小澤 拓[5]、宮城 洋介[5]
*Haruna Watanabe[1], Takeshi Matsushima[2], Miyo Fukui, Atsushi Watanabe[3], Jun Oikawa[3], Takashi OKUDA[4], Taku Ozawa[5], Yosuke Miyagi[5]

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. 東京大学地震研究所、4. 名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター 、5. 防災科学技術研究所
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. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Earthquake and Volcanology Research Center, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

三宅島は東京の約180 km南に位置する活火山で，20世紀以降では1940，1962，1983，2000年と約20年の間隔で噴火を繰り返している．Fukui et al. (2015) では，GNSSキャンペーン観測を行い2011から2013年における三宅島の圧力源の推定を行っている．そこで本研究ではさらに新しい期間である2013から2015年における三宅島の地殻変動と圧力源の位置，体積変化量を推定し，三宅島の圧力源の時間的変化を見積もった．

2013年9月2～6日，2015年8月31日～9月4日に，三宅島全体にほぼ均等に分布するように配置した15点の基準点においてGNSSキャンペーン観測を行った．このGNSSキャンペーン観測で得られたデータと国土地理院等が設置している連続観測点の同期間のデータを使用した．得られたデータを解析するためにGNSSリアルタイム・後処理基線解析ソフトウェアRTKLIBver.2.4.2（高須・他, 2007）を使用し，年ごとの観測点の座標値を求めた．

2013年から2015年における水平変位に基づいて圧力源を推定した．圧力源の推定変動の最適値は，火山の地殻活動を分析するために火山用地殻変動解析支援ソフトウェアMaGCAP-V（気象研究所地震火山部，2008）を使用することによって得られた．圧力源の位置は2011～2013年とは大きく変化していないが，深さ0.3～8 km程度の浅部では圧力源の収縮傾向が継続し，深さ13 km程度にあると推定される圧力源が膨張を続けていることがわかった．

本研究は，文部科学省「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」および東京大学地震研究所共同研究プログラムの助成を受けて実施された．

キーワード：三宅島、GNSS観測
Keywords: Miyakejima, GNSS observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆諸島御蔵島で確認されたテフラの記載岩石学的特徴
# Characteristic properties of distal and proximal tephras in the Mikurajima Island, Izu Islands.

*田野 智大[1]、鈴木 毅彦[1,2]、小林 淳[2]、村田 昌則[2]
*Tomohiro Tano[1], Takehiko Suzuki[1,2], Makoto Kobayashi[2], Masanori Murata[2]

1. 首都大学東京都市環境科学部、2. 首都大学東京火山災害研究センター
1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University

伊豆諸島の御蔵島火山は東京都心部の南200㎞に位置する成層火山の島である．最新の活動時期は約6300年前（杉原・嶋田，1999）であり，有史以降の火山活動の記録はない．伊豆島弧の火山フロント上に位置する火山島の中では安山岩の産出頻度が高いという特徴を持つ（一色，1980）．

御蔵島火山に分布するテフラの研究は杉原・嶋田（1999），関口ほか（2001）があり，島内で計6枚のテフラ（上位より，神津島天上山テフラ：西暦838年，以下Iz-Kt，御蔵島火山の最新のテフラであるMk-3，鬼界アカホヤテフラ：7.3ka（町田・新井，2003），以下K-Ah，御蔵島火山起源の赤色スコリアであるMk-2，給源不明の流紋岩質テフラ：Mk-G，御蔵島火山起源の降下軽石であるMk-1）が記載・報告されている．このうちMk-3は地形的な特徴や等層厚線図から，島南東部の溶岩ドームから噴出したとされている（杉原・嶋田，1999）．しかしIz-Ktに対比されたテフラはその対比・同定の根拠が不十分であり，Iz-Ktと同年代に噴出した新島向山テフラ（西暦886年，以下Iz-Mk）との比較・検討が必要である．

両テフラは共に流紋岩質でSiO2=77-79%を示す．噴出年代が近く主要鉱物（bi,qt,ob：町田・新井，2003）や火山ガラスの屈折率（n=1.496 -1.497：町田・新井2003）も類似しており，遠隔地での識別が難しいとされてきた．最近杉内（2005）の報告などから，Iz-KtはIz-Mkと比較して火山ガラス中のK2Oの含有量がわずかに多いという特徴から識別が可能であることが明らかになってきた．両テフラは伊豆諸島の広範に分布する重要な指標テフラであり，御蔵島での分布を明らかにすることは正確な分布域や年代軸の提供につながると考えられる．

本研究では御蔵島で確認されたテフラについて報告する．現時点で確認されたテフラは18枚であり，うち4枚が先行研究で報告されたIz-Kt，Mk-1，2，3にそれぞれ対応する．現在までに得られた知見を以下に示す．

１）先行研究においてIz-Ktとされたテフラについて RIMS2000による火山ガラスの屈折率測定，SEM-EDSによる火山ガラスの主成分分析を行った．このテフラは地表直下の土壌中にクリプトテフラとして存在する火山ガラスである．火山ガラスの形態は軽石型（以下pm型）で，屈折率は1.496-1.497を示す．SEM-EDSによる主成分分析の結果はSiO2=77.0-78.5 wt.%，Al2O3=12.5-13.0 wt.%，FeO=0.5-1.3 wt.%，CaO=0.2-1.7 wt.%，K2O=2.7-3.9 wt.%，Na2O=3.6-4.6 wt.%であった．伊豆諸島の他島で確認されたIz-Kt，Iz-MkのK2Oの含有量はそれぞれ3.8 wt.%，3.5 wt.%を示すことから，このテフラはIz-Ktに対比され，御蔵島にIz-Ktが分布することが明らかになった．

２）御蔵島火山の最新噴火のテフラであるMk-3は礫交じりの黒色火山砂に挟まれた発泡の悪い黄色の降下軽石を主体とするテフラである．軽石の最大粒形は10㎝，最大層厚は>200㎝である．Mk-3テフラはその層相よりプリニアン式噴火によるテフラと考えられるが，Mk-3噴火の詳細は不明であり今後の検討課題である．Mk-3テフラ中の火山ガラスについてSEM-EDSによる主成分分析を行った．その結果 SiO2=62.3-70.7 wt.%，Al2O3=14.8-21.0 wt.%，FeO=2.2-3.8 wt.%，CaO=4.1-7.5 wt.%，K2O=0.3-0.9 wt.%，Na2O=3.8-4.4 wt.%を示した．SiO2の含有量からMk-3テフラは安山岩～デイサイト質であることが明らかとなった．

今後の課題として先行研究で記載・報告されたIz-KtやMk-Gのような指標となりうる島外起源テフラの対比・同定が挙げられる．指標テフラを用いることで御蔵島の噴火史の解明や伊豆諸島におけるテフラの正確な分布域や年代軸の提供につながると考えられる．また御蔵島火山の最新噴火であるMk-3噴火の詳細について把

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

握することは御蔵島の火山活動を把握するうえで重要である.

キーワード：伊豆諸島、御蔵島火山、火山活動史、神津島天上山テフラ
Keywords: Izu Islands, Mikurajima volcano, volcanin activity history, Kozushima Tenzyosan Tephra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Pseudo thermal anomalies in the shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation

*金子 隆之[1]、安田 敦[1]、吉崎 徳人[2]、高崎 健二[3]、本多 嘉明[4]
*Takayuki Kaneko[1], ATSUSHI YASUDA[1], Yoshizaki Yoshito[2], Takasaki Kenji[3], Yoshiaki HONDA[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 気象庁気象衛星センター、3. 水産研究・教育機構、4. 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Meteorological Satellite Center, Japan Meteorological Agency, 3. Japan Fisheries Research and Education Agency, 4. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

Volcanic eruptions bring high-temperature gas or magma to the surface. Therefore, thermal observations of volcanic eruptions can be used to investigate the timeline of eruptive sequences. Eruptive activity includes processes that can change over short periods of time, which is sometimes related to the eruptive mode or the timing of its transitions. If we could observe short-term eruptive processes by detecting thermal changes, this would be beneficial for analyzing the eruptive sequence of volcanoes. Himawari-8 is a meteorological geostationary satellite operating above the equator at a longitude of 140.7 deg E and carrying a newly developed sensor, the Advanced Himawari Imager (AHI). With its improved performance, the Himawari-8 AHI enables the collection of high-frequency thermal observations that had never been obtained before. However, while observing volcanoes with the AHI, we noticed a frequent thermal anomaly in the nighttime 1.6-um and 2.3-um images. Because this anomaly occurred regardless of volcanic activity, it was considered to be a pseudo thermal anomaly. In-depth examination of the AHI observation data for several inactive volcanoes showed that the pseudo thermal anomaly was often seen around the vernal and autumn eclipse periods, and its in?uence persisted for about 6 months of each year. Further, daily variation of the anomaly peaked when it was midnight in the areas around 140 deg E. At this time and position, the AHI was facing the sun, suggesting that the anomaly was caused by stray light. We devised a correction method by assuming that the observed thermal radiance in a pixel consists of components from the radiating volcanic ground surface and stray light contamination. The latter can be estimated using values from nearby inactive pixels. Thus, the component from the radiating volcanic ground surface can be obtained by subtracting the estimated stray light from the observed thermal radiance. We evaluated the validity of this method using data from the 2017 Nishinoshima eruption and found that it satisfactorily removed the stray light component. An adoption of this correction allowed us to use all nighttime 1.6-um and 2.3-um images obtained by the AHI, half of which were formerly unusable due to the degradation caused by stray light.

キーワード：Remote　Sensing、 Himawari-8、stray light
Keywords: observation data correction, thermal anomaly, volcanoes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 臨時地震観測と広帯域MT観測による雲仙火山浅部で発生する火山性地震の研究

# Shallow earthquakes in Unzen Volcano inferred from dense seismic observation and resistivity structure

*橋本 匡[1]、相澤 広記[2]、松島 健[2]、清水 洋[2]、林田 祐人[1]、湯浅 雄平[1]、塚本 果織[1]、山本 有人[3]、宮野 幹大[3]、神薗 めぐみ[1]、松本 聡[2]
*Hashimoto Tasuku[1], Koki Aizawa[2], Takeshi Matsushima[2], Hiroshi Shimizu[2], Yuto Hayashida[1], Yuhei Yuasa[1], Kaori Tsukamoto[1], Yuto Yamamoto[3], Kanta Miyano[3], Megumi Kamizono[1], Satoshi Matsumoto[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3. 九州大学理学部地球惑星科学科
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University

雲仙火山は長崎県の島原半島中央部に位置する成層火山である．1991年から1995年の一連の噴火では，溶岩ドーム直下で頻繁に地震が発生した(Umakoshi et al., 2001)．噴火停止以来，火山性地震は比較的少ない傾向を示していたが，2010年頃から徐々に普賢岳～平成新山直下の浅部において発生回数が増加するようになった(気象庁火山活動解説資料)．九州大学地震火山観測研究センターのルーチン構造を用いた震源決定や，気象庁火山活動解説資料によると，震源は普賢岳の近傍, 海抜下1～2ｋｍ付近に決定されている. また，気象庁火山活動解説資料によると2017年2月より, 普賢岳周辺において海水準より高い位置で発生する地震が報告されるようになった．気象庁によると2018年度は海水準より浅い地震が5個報告されている. この浅い地震の初動極性は, 気象庁や九州大学の定常観測点のデータを見ると引きが卓越しており, p波初動から数秒は比較的短周期であるが，コーダ波に長周期な振動が見られ，地震の継続時間は約20～30秒間続くという特徴がある．また，引きの初動極性が卓越した火山性地震がアイスランドのクラプラ火山で報告されている(Mildon et al., 2016).

本研究では，雲仙浅部で発生する地震をより詳細に解明することを目的とし，2018年8月より, オフライン臨時地震観測点12点を雲仙普賢岳周辺の2ｋｍｘ2ｋｍの範囲に設置し観測を継続している．また，同範囲内で地下の電気比抵抗構造を推定するため2018年10月～11月に広帯域MT観測を実施した．普賢岳周辺に地電位差2成分を12観測点で測定し，雲仙火山周辺に地磁気3成分-地電位差2成分を2地点で観測した．広帯域MT観測により，雲仙火山浅部の比抵抗構造を明らかにすることができ，熱水系と浅部で発生する火山性地震との関係解明が期待できる．

発表では2018年8月17日から11月14日の期間中に発生した火山性地震についての解析結果と, 解析が間に合えば比抵抗構造の初期解析結果を示し, 雲仙火山の浅部火山活動について議論する.

キーワード：火山性地震、雲仙火山
Keywords: volcanic tectonic earthquake, Unzen Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 雲仙火山浅部で発生する火山性地震の波形の特徴
# Characteristics of shallow volcanic earthquakes beneath the summit of Unzen Volcano

*宮野 幹大[1]、清水 洋[2]、松島 健[2]、松本 聡[2]、相澤 広記[2]、橋本 匡[3]、林田 祐人[3]、湯浅 雄平[3]
*Kanta Miyano[1], Hiroshi Shimizu[2], Takeshi Matsushima[2], Satoshi Matsumoto[2], Koki Aizawa[2], Hashimoto Tasuku[3], Yuto Hayashida[3], Yuhei Yuasa[3]

1. 九州大学理学部地球惑星科学科、2. 九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センター、3. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University

雲仙岳は長崎県島原半島の中央部に位置する火山であり、多くの溶岩ドームから構成されている。1991年から1995年の噴火では溶岩ドーム直下で地震が頻発した。特に、1991年の溶岩ドームの出現直前には、山頂直下の海水準よりも浅い山体内で、孤立型微動が発生した（清水・他, 1992）。観測された孤立型微動はいずれも卓越周波数が2-4Hzと低周波であり、振動継続時間も30-180秒と長かった。1991-95年の噴火以降、噴火活動は停止しているが、2010年以降、山頂直下の浅部において火山性地震の発生が気象庁や九州大学大学院理学研究院付属・地震火山観測研究センターにより観測されている。この地震の発生メカニズムを解明するため、震源再決定と波形の解析に取り組んだ。

はじめに、2018年1月1日から2018年9月7日までの震源再決定を行った。再決定された震源は溶岩ドームや普賢岳の直下に分布し、震源の塊によって３つのグループに分かれた。グループ②、とグループ③の震源はそれぞれ深さ1km, 2kmに決まった。一方で、グループ①（この期間中には3イベント）は海水準より浅い溶岩ドーム直下に決定された。グループ①のP波初動極性は本研究で用いた観測データでは全て引きで、振動継続時間は他の２つのグループより明らかに長かった。次に、再決定された震源を用いてこれらの地震の震動軌跡を計算した。結果は、グループ②とグループ③は明瞭なP波とS波が認められ、構造地震に近いことを示した。一方で、グループ①のS波は不明瞭であった。また、卓越周期を調べるため、スペクトル解析を行った。グループ①の波形スペクトルは、グループ②やグループ③と比べると、高周波成分が小さく、低周波(2 –5 Hz )が卓越した。これらの結果を踏まえ、今後さらに詳細な波形解析を行い、これらの地震の発震機構について考察したい。

キーワード：雲仙、火山性地震、震動軌跡、スペクトル解析
Keywords: Unzen, volcanic earthquake, particle motion, spectral analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 雲仙普賢岳北東麓立野地区で見られる火砕物露頭と層序
# Pyroclastic deposits and the stratigraphy on the outcrop to north east from Mt.Unzen

*長井 大輔[1]
*Daisuke Nagai[1]

1. 雲仙岳災害記念館
1. Mt.Unzen disaster memorial hall

雲仙普賢岳の平成噴火では、溶岩ドームの形成の過程で火砕流が発生し、周辺山麓に火砕流堆積物を残した。平成噴火以前から、普賢岳起源の火砕流堆積物の存在が指摘されており（小林・加藤,1985）、噴火後も雲仙火山の活動の中で多くの火砕流が発生してきたことが報告されてきた（小林・中田,1991、渡辺・星住,1995）。活火山である雲仙火山が今後どのような活動を行うか、過去の噴出物の層序と共に整理しその特徴を把握しておくことが今後の防災対策にも活かされる事項である。今回は普賢岳の北東山麓で数年にかけて新しい露頭が出現したので、その噴出物の記載と層序関係を報告する。

立野地区は島原市にあり、普賢岳の北東山麓、平成新山から約５ｋｍほどの位置にある。島原半島を横断する雲仙地溝の北縁にあたる千々石断層の延長にあたり、高さ約２０ｍ程度の断層崖の上にあたる場所にある。断層崖の南側は断層によって落ちた形になっており低く、眉山や普賢岳などの雲仙火山でも最新の堆積物で埋まっている。一方、立野は断層崖の上にあるため、最新の噴出物からの埋積から免れており、露頭として新規雲仙火山（約15万年より新しい）の一連の噴出物が観察できる場所である。過去に星住（1999）で模式露頭として報告もある（地点A）。今回、この場所に加え、立野地区で3か所の露頭（地点B,C,D）とより下流にある有明地区での露頭１か所（地点E）を加え、それらの火砕物の記載と層序関係の報告を行う。

新規雲仙火山の活動では、古いものから野岳、妙見岳、普賢岳、眉山などの形成があり、それぞれの活動時期に対応した火砕流堆積物や岩屑なだれ堆積物などが報告されている。野岳は、約７万年前、妙見岳は約３万年前（Hoshizumi et.al,1999）、普賢岳は約２万年前以降の活動で、普賢岳山頂や眉山の形成が約４千年前（小林・中田,1991、渡辺・星住,1995）である。立野の露頭では、下位に約9万年前の阿蘇４火砕流堆積物が見られ、それより上位の地層が見られる。つまり、野岳の時期から最近までの新規雲仙火山の露頭を見られることとなる、それぞれの特徴について整理する。立野の露頭約１０ｍの位置には、ブロック構造が特徴の岩屑なだれ堆積物が認められる。この上位に阿蘇４火砕流堆積物があり、少なくとも約9万年より古いことは分かる。立野南側には眉山周辺にある島原岩屑なだれ堆積物が知られているが、それとは層位が古くが起源は不明である。阿蘇４火砕流堆積物の上位には、青灰色の岩塊と同質の火山灰が特徴の一本松火砕流堆積物が見られる。立野地区は場所によって火砕サージ堆積物や二次的に動いた土石流堆積物として見られる。その上位には、約３ｍの厚さで黒色土壌が見られる。この土壌層の中には、デイサイト質岩片が点在するローム層が複数枚はさまり、黒色土壌中に洗浄して分かる形でAT火山灰起源（約2万９千年前）の火山ガラスが認められる。この土壌層内にある岩片や火山灰質ローム層は、妙見岳の活動期の噴出物と考えられる。その上位には、約２～３ｍの厚さでやや黄色みがあった岩塊と同質の火山灰が特徴の礫石原火砕流堆積物が見られる。礫石原火砕流堆積物は、再下位に火山灰層が見られ、途中火砕サージ堆積物など複数のユニットが確認できる。その上位には約３０ｃｍの火山灰層が見られる。同層は灰白色の礫が特徴で眉山形成期の六ツ木火砕流に伴う火山灰と考えられる。露頭の最上には保存が悪いが数ｃｍの平成噴火火山灰も見られる。

雲仙普賢岳北東山麓で新しい露頭を含め、雲仙火山の新規（約１５万年以降）の活動を記録する露頭の層序を記載し整理した。新しくこれまで見られていなかった岩屑なだれ堆積物もあり、今後起源の特定など研究の課題となった。活火山である雲仙火山の活動史を把握し、今後の防災対策にも活かされる成果としたい。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：活火山、火砕流、層序
Keywords: active volcano, pyroclastic flow, stratigrahy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 相対重力計で観測された熊本県阿蘇地域における重力変化（2015-2018）
# Relative gravity changes in Aso Volcano (Kumamoto Prefecture) observed from 2015 to 2018

*宮内 佑典[1]、風間 卓仁[1]、福田 洋一[1]、吉川 慎[2]、大倉 敬宏[2]、西島 潤[3]、藤光 康宏[3]
*Yusuke Miyauchi[1], Takahito Kazama[1], Yoichi Fukuda[1], Shin Yoshikawa[2], Takahiro Ohkura[2], Jun Nishijima[3], Yasuhiro Fujimitsu[3]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学火山研究センター、3. 九州大学大学院工学研究院
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, 3. Graduate School of Engineering, Kyushu University

重力観測は火山活動に伴う質量分布変化を把握するのに有効な手法の1つである。熊本県の阿蘇火山では1964年から数年ごとに繰り返し相対重力測定が実施され、広域の重力時空間分布が観測されてきた(吉川ほか, 2009)。近年では2011年以降に火山活動の活発化が見られ、2016年3月に至るまでの年3～4回の高頻度な相対重力観測によって阿蘇火山内部における熱水質量の時空間変動が明らかになった(Sofyan et al., 2016)。しかしながら、2016年4月の熊本地震では阿蘇地域でも甚大な被害が発生し、高頻度の重力測定が困難となった。阿蘇火山の活動は2016年10月に水蒸気爆発が観測されてから静穏化の傾向を示したが、このような一連の火山活動サイクルを地下の質量移動の観点から理解することは将来の火山活動を予測する上でも非常に重要である。

そこで我々は、阿蘇火山周辺における火山活動活発期から静穏期にかけての重力変化を監視するために、熊本地震発生後に2017年5・8・11月および2018年3・5・8・11月に繰り返し相対重力測定を実施した。重力測定に用いたのは九州大学所有のCG5相対重力計（CG5-KYU; 2018年3月のみ）、京都大学火山研究センター所有のCG5相対重力計（CG5-AVL）、および京都大学理学部所有のLaCoste相対重力計G680（LC-G680）である。CG5-AVLは繰り返し測定をしていない期間に火山研で連続観測を実施していたので、この重力連続データを用いて長期の器械ドリフトを事前に補正した。また、それぞれの重力計で繰り返し測定時に得られた相対重力値から器械高・潮汐・短期的器械ドリフトの寄与を補正した。一方、 熊本地震以前はCG5-KYUを用いて2015年9・11月および2016年3月に、またCG5-AVLを用いて2016年3月に相対重力観測が行われたので、これらのデータについても同様の補正を実施した。さらに、絶対重力計で地震前後に観測された絶対重力値を用いることで、上記の相対重力データを全て絶対重力値に変換し、熊本地震前後における絶対重力の時空間変化を見積もった。

以上のようにして得られた絶対重力値は、火口周辺および火口北側の観測点で上昇していることが分かった。この絶対重力変化の中には熊本地震に伴う地殻変動の寄与が含まれているので、干渉SARによって得られた準上下変位（地理院地図より）に重力鉛直勾配の典型的な値-0.2 mGal/mを掛け合わせ、それを絶対重力変化から差し引いた。その結果、中岳火口から西側に4km以内の点で0.06～0.10 mGal程度の重力上昇が依然残った。この重力変化は阿蘇火山内部の質量分布の変動によるものと考えられる。今後は水準測量をもとに推定された球状圧力源(須藤ほか, 2006)などを参考にして質量変動モデルを構築することを目指す。また、重力鉛直勾配の値を再検討し、GNSS連続観測データを元に地表上下変位の寄与をより正確に補正するとともに、高頻度の相対重力測定を継続する予定である。

キーワード：重力変化、地殻変動、質量変化、阿蘇火山
Keywords: gravity change, crustal deformation, mass variation, Aso Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇火山における水準測量2018
# Precise leveling survey in Aso volcano, 2018

*大倉 敬宏[1]、吉川 慎[1]、井上 寛之[1]、横尾 亮彦[1]、宇津木 充[1]、山本 圭吾[2]、内田 和也[4]、前田 裕太[5]、堀川 信一郎[5]、松廣 健二郎[5]、奥田 隆[5]、田ノ上 和志[5]、木股 文昭[7]、村瀬 雅之[6]、森 済[6]、三島 壮智[3]、小松 信太郎[2]、高谷 真樹[3]、及川 純[8]、石井 杏佳[3]、宮内 佑典[3]、木村 育磨[3]、内田 雅喜[3]、仲井 一穂[3]、瀧下 恒星[3]、千葉 慶太[4]、橋本 匡[4]、神谷 義之介[4]、山本 有人[4]
*Takahiro Ohkura[1], Shin Yoshikawa[1], Hiroyuki Inoue[1], Akihiko Yokoo[1], Mitsuru Utsugi[1], Keigo Yamamoto[2], Kazunari Uchida[4], Yuta Maeda[5], Shinichiro Horikawa[5], Kenjiro Matsuhiro[5], Takashi OKUDA[5], Kazushi Tanoue[5], Fumiaki Kimata[7], Masayuki Murase[6], Hitoshi Mori[6], Taketoshi Mishima[3], Shintaro Komatsu[2], Masaki Takaya[3], Jun Oikawa[8], Kyoka Ishii[3], Yusuke Miyauchi[3], Ikuma Kimura[3], Masaki Uchida[3], Kazuho Nakai[3], Kosei Takishita[3], Keita Chiba[4], Hashimoto Tasuku[4], Yoshinosuke Kamiya[4], Yuto Yamamoto[4]

1. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター、2. 京都大学防災研究所、3. 京都大学大学院理学研究科、4. 九州大学大学院理学研究院、5. 名古屋大学大学院環境学研究科、6. 日本大学文理学部、7. 東濃地震科学研究所、8. 東京大学地震研究所
1. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. DPRI, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, Kyoto University, 4. Graduate School of Science, Kyushu University, 5. Graduate School, Nagoya University, 6. College of Human and Society, Nihon University, 7. TRIES, 8. ERI,Univ.of Tokyo

阿蘇火山周辺では2016年熊本地震による道路の寸断状況が2019年2月現在も継続している。しかし2018年4月には主要な道路の復旧作業が完了したため、我々は2018年9月30日から10月6日の期間において2012年9月以来となる水準測量を実施した。測量参加機関は、京大理、京大防災研、九大理、名大環境、日大文理、東濃地震科学研究所、東大地震研である。本講演では、熊本地震以降初めてでもある水準測量の結果を報告する。

水準測量は赤水、坊中、地獄・吉田、湯の谷の各路線（総延長は約42km）で実施された。地震時の地すべりやその後の災害復旧作業により遺失した水準点も少なくなかった（たとえばBM10406, BM10411）が、基準点を新設して対応した。その結果、すべての水準点間の往復測量が一等水準測量の許容誤差以内で行われた。特に27kmの閉合路線(BM10401~地獄路線～吉田路線～坊中路線～赤水路線～BM10401)における環閉合差が0.43mmとなり、高精度の測量を実施することができた。

2012年9月および今回の水準測量では、GEONET960701の基台である960701Aも測量路線に含まれている。そこで、2012年と2018年の測量期間をふくむ1ヶ月間のGEONET F3解の平均をとり、同期間の上下変位量をもとめ、この値を基準として、各水準点の上下変位量をもとめた。その結果、阿蘇山中岳火口の近傍の水準点(BM10408)において約30cmの沈降となった。そして、これらの上下変位量を、国土地理院による干渉SAR 結果の2.5 次元解析により得られた2016年熊本地震時の地殻変動の準上下成分と比較すると、その隆起・沈降域の分布やその量が概ね一致した。したがって、水準測量により検出された2012–2018年の上下変位は熊本地震時の地表変位をおおむね反映していると考えられる。

1963年以降の水準測量では、阿蘇山麓北側を不動点（基準）とした場合に、草千里（中岳火口から西約3km）を中心とするゆるやかな沈降（0.5cm/year以下）が検出されていた。しかし今回の測量結果は、2016年熊本地震時の地表変位を反映するもの（2012年9月と比較すると草千里周辺で約30cmの沈降）となり、火山性地殻変動検出という点では測量の継続性が途絶えてしまった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

しかし、今回得られた比高値は、今後の火山活動による地殻変動を検出する際のあらたな基準値として重要である。我々は、今後も繰返し水準測量を実施して行く予定である。

キーワード：阿蘇火山、地殻変動、2016年熊本地震
Keywords: Aso volcano, Crustal deformation, the 2016 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 斜長石斑晶の化学組成から読み解く阿蘇カルデラ形成噴火第３サイクルにおけるマグマ進化

# Magma evolution during the Aso-3 caldera-forming eruption cycle deduced from the chemistry of plagioclase phenocrysts

*松木田 悠希[1]、飯塚 毅[1]、牛久保 孝行[2]、清水 健二[2]、下司 信夫[3]、宮城 磯治[3]、浜田 盛久[2]
*yuki matsukida[1], Tsuyoshi Iizuka[1], Takayuki Ushikubo[2], Kenji Shimizu[2], Nobuo Geshi[3], Isoji MIYAGI[3], Morihisa Hamada[2]

1. 東京大学、2. 海洋研究開発機構、3. 産業技術総合研究所
1. the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth and Science Technology, 3. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Title

Magma evolution during the Aso-3 caldera-forming eruption cycle deduced from the chemistry of plagioclase phenocrysts

Author

Yuki Matsukida, Tsuyoshi Iizuka, Takayuki Ushikubo, Kenji Shimizu, Nobuo Geshi,

Isoji Miyagi, Morihisa Hamada

Introduction

Caldera-forming eruptions are the most destructive type of volcanic activity and exert a great influence on the Earth’s surface. Therefore, the underlying magmatic mechanism leading to caldera-forming eruptions is of fundamental importance in volcanology. The Aso volcano is the largest (18×25 km in diameter) caldera in the southwestern Japan Island Arc and formed through four large eruption cycles. In this study, we have investigated the evolution of magmas that erupted during the second youngest cycle among the four cycles, the Aso-3 cycle at 123 ka. It ejected >150 $km^3$ of pyroclasts that are divided into the following four units in stratigraphic ascending order: 3W, a plinian pumice fall deposit; 3A, a pumice flow deposit containing dominantly aphyric pumice and glassy ash; 3B, a scoria flow deposit characterized by abundant aphyric scoria; and 3C, a scoria flow deposit consisting mainly of porphyritic scoria and glassy ash matrix.

On the basis of major and trace element compositions and Sr-Nd-Pb isotope ratios of whole rocks as well as phenocrysts, Kaneko et al. (2015) argued that the pre-eruptive magma chamber was chemically stratified from a mafic lower part to a felsic upper part. The previous study further estimated water contents in the melts using the hygrometer based on plagioclase-melt partitioning of anorthite-albite components (Lange et al., 2009), but the estimates have large uncertainty. Here we determined hydrogen contents of plagioclase phenocrysts. By combining the hydrogen contents with major and trace element compositions of the plagioclase phenocrysts, this study aims to better understand pre-eruptive magma evolution and water behavior of the Aso-3 cycle.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Methods

Plagioclase as well as pyroxene and oxide mineral phenocrysts were separated from pumices of 3W, an obsidian clast of 3A, a welded clast of 3B, and a pumice clast of 3C. Major and trace elements in phenocrysts were quantified by electron probe microanalyzer (EPMA) and laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS), respectively. In LA-ICP-MS analysis, Ca contents measured by EPMA were used for internal standard normalization. OH contents in plagioclase phenocrysts were determined by secondary ion mass spectrometry (SIMS).

Results

Anorthite contents (#An) of plagioclase phenocrysts are variable even in individual units, but show the systematic increase in ascending order, consistent with the results of Kaneko et al. (2015). REE patterns of plagioclase and pyroxene show positive and negative Eu anomalies, respectively. Plagioclase Ce content degreases as #An increases (Figure 1). On the other hand, OH contents in plagioclase phenocrysts are significantly higher in 3W (~250 ppm) as compared to the others (<50 ppm) (Figure 2).

Discussion

OH contents in a plagioclase phenocryst of 3W are significantly higher than those of 3A-C, nevertheless Ce contents of plagioclase are not significantly different between 3W and 3A. Considering that the partition coefficients of Ce between anhydrous major minerals and melt are similar to those of OH, this finding suggests that $H_2O$ was lost from the melt through gas exsolution or fractional crystallization of hydrous minerals. Alternatively, given the fast diffusion of hydrogen relative to Ce in plagioclase, it may be attributed to secondary loss of hydrogen from plagioclase phenocrysts of 3A-C during welding processes. From the observation of thin sections of 3W and 3A, however, microlite was rarely observed, suggesting that the secondary thermal effects would be restricted for both 3W and 3A. Furthermore, little hydrous phenocrysts have been observed from ejecta of the Aso-3 cycle. Therefore, the results of this study suggest that gas exsolution and degassing occurred between the eruptions of 3W and 3A.

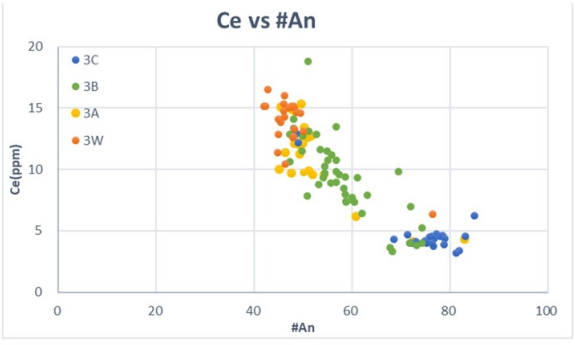



Figure 1 Ce vs anorthite contents for plagioclase phenocrysts

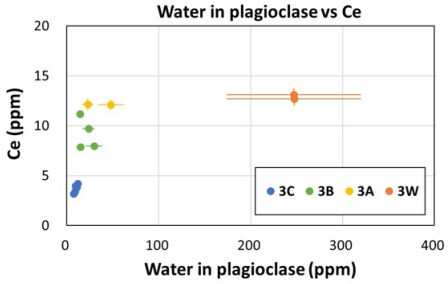



Figure 2 Water vs Ce contents for plagioclase phenocrysts (The water contents were calculated from hydrogen concentrations in the phenocrysts)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 噴火微動の継続時間と噴出量の関係
# Relationship between duration of eruption tremor and eruption volume

*森 亜津紗[1]、熊谷 博之[1]
*Azusa Mori[1], Hiroyuki Kumagai[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻
1. Nagoya University Environmental Studies

我々はこれまでに複数の火山の噴火微動と爆発地震について、*S*波の等方輻射が成立する5 - 10 Hz帯の地震波形データを用いて、震源振幅($A_s$ [$m^2$/s])と累積震源振幅($I_s$ [$m^2$])の関係を調べた(Mori and Kumagai, JpGU, 2017, 2018)。$A_s$はエンベロープ波形に対し、最大振幅を含む10秒窓での平均振幅を求め、幾何減衰と非弾性減衰の効果を補正し全観測点で平均した値で、震源での最大振幅の大きさに相当する。一方$I_s$は、エンベロープ波形全体に上記の減衰効果を補正し微動の継続時間で積分した値で、振幅の累積値に相当する。我々は$A_s$と$I_s$がべき乗関係にあり、その関係性が噴火微動と爆発地震では異なることを示した。さらに、2011年の霧島のサブプリニー式噴火について、傾斜計データから推定された噴出率と我々が推定した$A_s$の値を比較したところ、$A_s$は噴出率と比例関係にあった。今回我々はさらに、エンベロープ波形の時間変動についても調べた。その結果、噴火微動の継続時間($T$ [s])と噴火規模の間に規則性があることが分かったので報告する。

本研究ではまず、$I_s$と$A_s$の値からエンベロープ幅($p$ [s])を算出し、$p$と$I_s$の関係を評価した。$p$は$I_s/A_s$として定義され、地震波形の継続時間を表す指標として用いることができる(Kumagai et al., JGR, 2018)。その結果、噴火微動では$p$が$I_s$の0.4乗に比例することが分かった。また各噴火のエンベロープ波形を比較したところ、振幅が徐々に大きくなった後、振幅がピーク振幅に近い大きさでおおよそ一定になる状態が比較的長時間続き、その後徐々に振幅が小さくなるという特徴がみられた。さらにややばらつきはあるものの、$p$が最大$A_s$の値とともに増加していく傾向がみられた。また、エンベロープ波形を下底の長さが$T$、高さが$A_s$となる台形として近似すると、例外はあるが上底と下底の比がおおよそ一定になっていた。よって、$p$は$T$に比例すると考えられる。さらに$A_s$と*噴出率*は比例関係にあるので、$I_s$と噴出量($V$ [$m^3$])もまた比例関係にある。したがって、上記の$p$と$I_s$の関係は$T$が$V$の0.4乗に比例するということを示している。プリニー式噴火については、世界の様々な火山で発生した幅広い規模の噴火の規模や様式、継続時間などの情報が先行研究によってまとめられている(Mastin et al., JVGR, 2009)。そこで先行研究にまとめられている$T$と$V$の値と我々の結果を比較したところ、我々が推定した$T$と$V$の関係は先行研究の値と整合的であった。よってプリニー式噴火では、幅広い規模の噴火において、噴出量が噴火微動の継続時間とともに増加していく傾向にあることが分かった。これらの結果は、噴火微動の継続時間と噴出量の間に規則的な関係が成り立っていることを示している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2018年3月の新燃岳噴火に伴う地殻変動
# Crustal deformation accompanied with the eruption of Shinmoe-dake in early March 2018

*渡部 豪[1]、横田 崇[1]、倉橋 奨[1]、榎本 賢大[1]
*Tsuyoshi Watanabe[1], Takashi Yokota[1], Susumu Kurahashi[1], Kenta Enomoto[1]

1. 愛知工業大学
1. Aichi Institute of Technology

本研究では，火山噴火のメカニズムを明らかにすることを目的に，霧島山中央部に位置する新燃岳を対象とし，2018年3月上旬に起こった一連の火山活動に伴う地殻変動について，2013年1月1日から2018年3月25日の九州地方（主に九州地方で，山口県，愛媛県の一部を含む）に分布するGEONET観測点（150点）で得られたF3解を用いて解析を行い，地下の圧力源（マグマソース）の推定を行った．

ここでは，F3解に対して，GNSS受信機・アンテナ・レドーム交換などによる日毎の観測点座標値のオフセットの除去を行った後，初日（2013年1月1日）を基準とした，東西・南北・上下方向への座標変換を経て，観測点毎の変位の時系列を作成した．続いて，それらの時系列にWdowinski et al.（1997）の方法を適用し，季節変動や日毎の座標値のばらつきが原因で生じた共通誤差成分を取り除いた．また，対象とする火山活動の期間中の地殻変動に影響を及ぼす因子として考えられる，2016年熊本地震による粘弾性緩和について，国土地理院の3枚の矩形断層モデルによる地震時のすべりを与え，Fukahata and Matsu’ura (2005; 2006) のコードを利用して，九州全域に及ぶ地震後5年間の地殻変動を計算し，得られた観測点変位の補正を行った．この解析では，厚さ25 kmの弾性体がMaxwell 粘弾性体の上に横たわる二層の水平成層構造を仮定した．また，粘弾性体の粘性率は$2.0\times10^{18}$ Pasと仮定し，その他の物性パラメータは，Fukahata and Matsu’ura（2005; 2006）で使用された値を用いて計算を行った．その他の因子として，フィリピン海プレートの沈み込みに伴う弾性変形の推定を行い，元のデータを補正した．ここでは，Hirose et al.（2008）のフィリピン海プレートの上面形状に基づき，九州地方下に沈み込むプレートの境界面を170枚の矩形断層で近似し，矩形断層のすべりによるグリーン関数は，Okada（1985）の定式に基づいて計算し，プレート間の固着に伴う弾性変形を推定した．同解析では，観測値として，2013年1月1日から2016年3月31日までのGNSS変位速度データ（水平・上下成分）を用い，観測値と計算値の残差二乗和が最小になるという条件，隣り合う矩形断層で固着率の推定値がなめらかになるような拘束条件をかけた．最後に，新燃岳周辺のGEONET 7観測点で得られた変位データに対し，膨張期（2017年7月1日～2018年2月28日）と収縮期（2018年2月14日～2018年3月25日）に生じた火山変動をよく説明するための圧力源の経度・緯度・深さの推定を行った．ここでは，経度について130.6～131.1˚まで，緯度について31.7～32.1˚までの範囲をそれぞれ0.001˚刻みで，深さについて4～15 kmの範囲を0.1 km刻みで設定し，グリッドサーチを行い，観測値と茂木モデルを用いた地殻変動の計算値との残差が最小となるものを最適解とした．なお，圧力源の体積変化については，膨張期に$1.6\times10^{7}$ $m^3$の体積増加，収縮期に$0.7\times10^{6}$ $m^3$の体積減少という，気象庁の推定値を採用した．

この結果，膨張期には，最大で14 mmの南東方向への変位が950486観測点で得られ，他の観測点でも新燃岳火口から等方的に伸張するセンスの変位が示され，矩形のダイク貫入より球状の圧力源を仮定したほうが地殻変動をよく再現できると考えられる．一方，収縮期には，最大で8 mmの変位が膨張期と同様に950486観測点で得られた．これら二つの時期で，変位パターンは，概ね互いに逆センスであった．また，膨張源・収縮源の位置は新燃岳火口直下ではなく，火口から6～7 km北西方向に離れた場所に位置することが明らかとなった．これらの結果は，気象庁の結果と概ね調和的であるが，気象庁の結果と比べて膨張期における圧力源の深さが4 kmほど深部に推定された．これについては，今後，詳細な検証が必要となるが，使用した観測点の

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

数や圧力源との位置関係，地形の効果などに依存している可能性があると思われる．今後，地形の効果を考慮した解析や圧力源の推定位置に関する誤差の見積もりなどを含めた議論を行う．

キーワード：新燃岳、GNSSデータ、2016年熊本地震に伴う粘弾性変形、フィリピン海プレートの沈み込みによる弾性変形、マグマだまりの推定
Keywords: Shinmoe-dake, GNSS data, visco-elastic deformation due to the 2016 Kumamoto earthquake, elastic deformation by subduction of the Philippine Sea plate, estimation of magma chambers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSS観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源
# Sources under Iwo-yama, Kirishima Volcanoes derived from GNSS observation and Precise leveling survey.

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1]
*Yuki Koga[1], Takeshi Matsushima[2], Kazunari Uchida[2], Dan Muramatsu[1], Yuichi Iwasa[1]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu university , 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

硫黄山はここ数年火山活動が活発な霧島火山の活火山の一つである。2013年12月以降火山性地震が多く発生してから火山活動が活発化し始め、2015年12月には地表に熱異常域が形成され噴気活動が始まり、2018年4月には水蒸気噴火も発生するなど、熱水活動の盛んな火山である。森田（2018）において、2015年6月～2017年10月に実施された鉛直方向の変位を検出できる水準測量で捉えられた地殻変動は、硫黄山噴気域の東150mの地表からの深さ約700mの地点の球状圧力源の増圧によるものと推定された。この深さは、MT探査によって推定された粘土層と考えられる難透水層の下面（Tsukamoto et al., 2018）に一致しており、粘土層がキャップロックとなり深部から上昇してきた熱水がその下面に溜められ、圧力をためているのではないかと推定された。ただ、森田（2018）の圧力源は水平変動が考慮されていない。水準測量で検出した上下変動にGNSS観測によって検出された硫黄山周辺の水平変動を用いて、硫黄山のより詳細な圧力源モデルの推定を試みた。

噴火前の期間①（2017年10月～2018年3月）では、硫黄山を中心とする最大約1.5㎝の隆起と硫黄山の噴気域を中心とする放射状の水平変動が捉えられた。この地殻変動のパターンから圧力源を球状圧力源と仮定して、標高補正茂木モデルを用いてモデリングを行った。その結果、硫黄山の直下深さ780mに位置する球状圧力源の4.7×10㎥の体積増加と推定された。深さはTsukamoto et al.(2018) で推定された粘土層の下面の深さに概ね一致しており、噴火前に粘土層の下面で圧力源が膨張していたことが考えられる。噴火後の期間②（2018年6月～2018年10月）においては、硫黄山を中心とする最大3.5㎝の上下変動や硫黄山の山体を中心とする大きい水平変動が捉えられた。この変動の圧力源を推定した結果、ここでも硫黄山の直下深さ720ｍに位置する球状圧力源の5.6×10㎥の体積増加によるものと推定された。よって、噴火の後も粘土層の下面において球状圧力源が膨張を続けており、噴火が再び発生する可能性が高まっていると考えられる。

期間①の山体のGNSS観測点には球状圧力源の体積増加では説明できない水平変動が捉えられていた。これは粘土層下の圧力源の体積増加に伴って、熱水が粘土層の亀裂を通って上昇し、山体浅部の間隙水圧や温度を上昇させたことで、地殻が膨張したものであると考えられる。また、期間①と期間②で推定したそれぞれの圧力源位置を比較したところ、噴火を挟んで北西へ約150m程度移動していた。噴火後の硫黄山では新しい熱異常域の形成や噴気活動の活発化などが山体の西側で確認されており、硫黄山の火山活動が西側へ遷移する様子を反映しているものであると考える。さらに、これらのモデルによる硫黄山周辺の連続観測点（硫黄山から2～3㎞）の水平変位と実際に観測された水平変動を比較したところ、モデルによる変位を上回る水平変動が捉えられていた。このことから硫黄山周辺に別の圧力源が存在する可能性を考え、霧島全域のGNSS連続観測点の変動データを用いて圧力源のモデリングを行ったところ、これらの地殻変動は硫黄山から約5㎞離れたえびの岳付近の深さ約7kmに位置する球状圧力源の体積増加によるものであると推定された。この圧力源はNakao et al. (2013) で推定された新燃岳の2011年噴火の前後の地殻変動源と整合的で、新燃岳のマグマだまりの体積変化によるものと考えられる。

よって硫黄山周辺の地殻変動は、粘土層下の熱水だまり、熱水の上昇に伴う山体浅部の地殻変動源、新燃岳のマグマだまりの３つの圧力源で説明することができることが分かった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：硫黄山　、GNSS観測、精密水準測量
Keywords: Iwo-yama, GNSS observation, Precise leveling survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSS 観測と精密水準測量から推定される霧島硫黄山の地下圧力源
# Sources under Iwo-yama, Kirishima Volcanoes derived from GNSS observation and Precise leveling survey.

*古賀 勇輝[1]、松島 健[2]、内田 和也[2]、村松 弾[1]、岩佐 優一[1]
*Yuki Koga[1], Takeshi Matsushima[2], Kazunari Uchida[2], Dan Muramatsu[1], Yuichi Iwasa[1]
1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

At Iwo-yama that active volcano located in Ebino kogen volcanic area of Kirishima Volcanoes, fumarolic activity has risen again from December 2015 after dozen year's silence and suddenly increasing of seismicity (50 times and more a day) and volcanic tremors was observed several times. And phreatic eruption occurred in April 2018. Morita (2018) inferred inflation spherical pressure source as Mogi source from leveling survey between June 2015 and December 2015. The source's depth is about 700m beneath Iwo-yama and the source was considered that correspond with bottom of conductive layer inferred clay layer from MT survey (Tsukamoto et al., 2018). But, leveling can detect vertical displacement only and the inferred source is not considered horizontal displacement. So, we will improve pressure source inferred from leveling adding detect horizontal displacement from GNSS observation in this study.

As result of the observation, radial crustal deformation was detected several months before the occurrence of the phreastic eruption and after the eruption occurred. Estimating those displacement using an elevation-modified Mogi model, volume increse of the pressure source located at 700m depth below Iwo-yama was estimated. The depth of this pressure source coincided with the depth of the clay layer and it was found that the pressure source had expanded under the clay layer before the eruption occurred. But, for the GNSS observation point of the edifice before eruption, displacement which can't be explained by the pressure source under the clay layer has been detected. This displacement is thought to be due to the rise of hot water to the shallow part as the pressure source under the clay layer expands.

We conducted GNSS continuous observation point around Iwo-yama established by Japan Meteorological Agency to verify the pressure source under the clay layer. As a result, displacements which can't be explained by this model detected at these observation points. Using the GNSS continuous observation points throughout Kirishima, we estimated the pressure source of this displacement. Then, we could estimate the spherical pressure source located 7 km deep in the vicinity of Ebino-dake. This model is consistent with the source of crustal deformation before and after the eruption of Shinmoe-dake volcano in 2011 estimated by Nakao et al. (2018). Therefore, those displacement is thought to be due to volume change of magma chamber of Shinmoe-dake. In conclusion, the crustal deformation around Iwo-yama is due to these three sources, spherical pressure source under clay layer, displacement due to hot water rising to shallow part of Iwo-yama, magma chamber of Shinmoe-dake.

This work was partly supported by MEXT under Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development, and under Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program.Also it was suppoerted by ERI, The University of Tokyo under Joint Usage Program.

キーワード：硫黄山、GNSS 測量、水準測量
Keyword：Iwo-yama, GNSS observation, Precise leveling survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# GNSSデータによる姶良カルデラ周辺の広域上下変動
# Regional vertical deformation around Aira caldera from GNSS data

*仲井 一穂[1]、井口 正人[2]、大倉 敬宏[3]
*Kazuho Nakai[1], Masato Iguchi[2], Takahiro Ohkura[3]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、3. 京都大学大学院理学研究科火山研究センター
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

姶良カルデラ周辺の広域地盤変動を調べるためにGNSSデータを用いて上下変位の解析を行なった．

使用したデータは国土地理院のGEONETのF3解とRINEXデータ，京都大学桜島火山観測所のGPS観測点のRINEXデータである．解析期間はGEONETの960719観測点で隆起速度が18mm/yrより大きかった1998年～1999年と2015年～2016年のそれぞれ2年間とした．桜島火山観測所の観測点の日座標は，それぞれの観測点に最も近いGEONETの点のF3解を基準座標とした相対測位を行うことで決定した．座標の計算にはRTKLIBを用いている．決定した日座標のデータから年周および半年周成分，地震時とアンテナ交換に伴うステップを取り除き，期間ごとに上下動の変位速度を求めた．霧島周辺の上下変位速度には韓国岳下およそ9kmにある圧力源の体積変化による影響が含まれていると考えられるので，Nakao et al.（2013）の圧力源の位置を参考に地盤変動量を求め，その影響を取り除いた．

解析結果から，姶良カルデラの中心から動径方向に隆起と沈降の2つの領域が存在することがわかった．まず，姶良カルデラの中心から半径20km以内において隆起している様子が解析した2つの期間で共通して見られた．隆起量は姶良カルデラの中心に向かうほど大きくなり，最も大きな値となった桜島北部の観測点では1998～1999年では26mm/yr，2015-2016年では20mm/yrとなった．一方，沈降の領域は1998年～1999年では姶良カルデラから半径20～30km，2015年～2016年では姶良カルデラから半径30～40kmの領域で検出された．沈降量は両期間ともおよそ3mm/yrであった．

得られた上下変位速度のデータから茂木モデルに基づき圧力源の位置と体積変化量の推定を行なった．1998年～1999年の期間では姶良カルデラの地下10kmの深さの増圧源と地下14kmの深さの減圧源が推定され，それぞれの体積変化量はおよそ$+1.8\times10^7 m^3$と$-1.5\times10^7 m^3$であった．2015年～2016年の期間では姶良カルデラの地下10kmの深さの増圧源と地下30kmの深さの減圧源が推定され．それぞれの体積変化量はおよそ$+1.5\times10^7 m^3$と$-3.3\times10^7 m^3$であった．体積変化量のオーダーは両期間とも増圧源と減圧源でほぼ等しい．

以上の結果より，今回得られた上下変位速度の空間分布は深部の減圧源と浅部の増圧源で説明ができることがわかった．浅部の増圧源の位置はHotta et al.（2016）で求められたマグマ溜まりであるとされるA-sourceと一致している．また，体積変化量を考慮すると，深部から浅部のマグマ溜まりへマグマが移動することにより圧力源の体積の増減が現れている可能性がある．

キーワード：姶良カルデラ、GNSS、上下変動
Keywords: Aira caldera, Global Navigation Satellite System, vertical deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 水準測量によって測定された桜島火山の地盤上下変動（2017 年11 月～2018 年11 月）

# Vertical ground deformation in Sakurajima volcano measured by precise leveling survey (during Nov. 2017 - Nov. 2018)

*山本 圭吾[1]、松島 健[2]、吉川 慎[3]、井上 寛之[3]、園田 忠臣[1]、瀧下 恒星[1]、仲井 一穂[1]、内田 雅喜[3]、大柳 諒[3]、神谷 義之介[2]、大倉 敬宏[3]
*Keigo Yamamoto[1], Takeshi Matsushima[2], Shin Yoshikawa[3], Hiroyuki Inoue[3], Tadaomi Sonoda[1], Kosei Takishita[1], Kazuho Nakai[1], Masaki Uchida[3], Ryo Oyanagi[3], Yoshinosuke Kamiya[2], Takahiro Ohkura[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 九州大学理学研究院、3. 京都大学理学研究科
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Fuculty of Sciences, Kyushu University, 3. Gruduate School of Science, Kyoto University

平成26 年度より開始された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」における課題「桜島火山におけるマグマ活動発展過程の研究」の一環として，昨年度に引き続き，2018 年11 月に桜島火山において一等水準測量の繰返し観測を実施した．本講演では，この測量の結果について報告し，2017年11 月に実施した前回測量以降の桜島火山の地盤上下変動について議論する．

水準測量を実施した路線は，桜島西部山腹のハルタ山登山路線，北部山腹の北岳路線の2 路線である．路線総延長は約21 km であった．これらの路線を，2018 年11 月12 日～29 日の期間において測量に当たった．測量方法は，各水準点間の往復測量で，その往復差は一等水準測量の許容誤差を満たすようにした．測量器材の事前調整を行い，これらの器材を用いて注意深く測量を行った結果，測量における誤差は，1 km 当りの平均自乗誤差が，ハルタ山登山路線および北岳路線においてそれぞれ±0.25 mm/kmおよび±0.18 mm/km となり，高精度の一等水準測量を行うことができた．

桜島西岸の水準点BM.S.17 を不動点（基準）とし，各水準点における比高値を，前回の2017 年11 月に行われた測量結果（山本・他，2018）と比較することで，2017 年11 月から2018 年11 月の期間の約1 年間における地盤上下変動量を計算した．計算された地盤上下変動量から，桜島中央部付近において，地盤沈降（最大で-6.2 mm）が生じていることが確認された．また，桜島北岸に近い北岳路線の水準点においても地盤沈降が認められた．前々回から前回測量までの2016 年11 月から2017 年11 月の期間においては，北岳路線の水準点において地盤隆起が測定されていた．北岳路線において地盤沈降が測定されたことは，2018 年11 月までの1 年間に姶良カルデラ地下のマグマ溜まりにおいて増圧があったとしてもそれほど顕著ではないことを示唆する．

茂木モデルに基づき，得られた上下変動量データから圧力源の位置と体積変化量を求めた．測量を実施した水準点の空間分布が限られているため試行的な結果であるが，南岳直下の深さ約1.7 km に減圧源（体積減少量約37 万立方メートル）が推定された．2017 年11 月～2018 年11 月の期間，南岳直下のマグマ溜りにおいてはマグマ放出により減圧傾向であることが示唆される．

キーワード：桜島火山、精密水準測量、地盤上下変動
Keywords: Sakurajima volcano, precise leveling survey, vertical ground deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 繰り返し相対重力観測で明らかになった桜島火山における1990年代以降の重力時空間変化

# Spatiotemporal gravity variations from the 1990s in Sakurajima Volcano, revealed by repeated relative gravity measurements

*大柳 諒[1]、風間 卓仁[1]、山本 圭吾[2]、大島 弘光[3]、岡田 和見[3]、園田 忠臣[2]、井口 正人[2]
*Ryo Oyanagi[1], Takahito Kazama[1], Keigo Yamamoto[2], Hiromitsu Oshima[3], Kazumi Okada[3], Tadaomi Sonoda[2], Masato Iguchi[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 北海道大学地震火山研究観測センター
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. DPRI, Kyoto University, 3. ISV, Hokkaido University

重力観測は火山内部の質量移動を捉えるのに有効な手法の1つである。桜島火山では1975年から相対重力計による重力観測が開始され、2018年までに計20回の繰り返し観測が実施されてきた。このうち、南岳噴火の活発期である1975年～1992年については風間ほか(2018)によって長期的な地殻変動および重力変化のモデル化が行われた。それによると、水準測量で得られた桜島内外の上下変位は2つの球状圧力源の収縮で説明できるが、桜島島内における相対重力値の上昇についてはこれらの球状圧力源の収縮では十分再現できないことが分かった。そこで風間ほか(2018)は北岳直下の深さ5 kmに地殻変動を伴わないような質量増加を仮定し、ここで6.0 E+10 kg/yr（年間6000万トン）の質量蓄積があれば桜島島内の相対重力変化を説明できることを示した。しかしながら、風間ほか(2018)でモデル化されたのは1975年～1992年の質量変動のみであり、それ以降現在までの長期的な質量変動モデルは提案されていない。桜島直下における質量蓄積が現在も継続しているかどうかを知ることは、今後の桜島の火山活動を予測する上でも非常に重要である。

そこで本研究は、1990年代後半から2018年に至る約20年間のGPSデータおよび相対重力データを解析し、この期間の長期的な圧力源変動および質量変動を以下のようにモデル化した。まず、我々はTakayama and Yoshida (2007)の手法を用いてGEONET F3解の水平変位場から桜島火山活動以外のテクトニックな地殻変動場を補正した。次に、姶良カルデラ直下におけるマグマだまりの膨張を想定し、テクトニック場補正後の地殻変動データをMogi (1958)の球状圧力源モデルによって再現した。このとき、球状圧力源の位置や膨張量はグリッドサーチ法によって決定した。その結果、姶良カルデラ中央部の深さ9.0 kmに5.5 E+6 m3/yrの体積膨張速度を持つ球状圧力源が存在すれば、GEONETの地殻変動場を最もよく再現できることが分かった。この球状圧力源に伴う重力変化は萩原(1977)の式によって計算できるが、そもそも地球上の地殻変動では地球重心との距離変化が最も重力変化に効くため、圧力源膨張（による地殻隆起）に対する重力変化は負の値を取る。しかしながら、同期間に桜島島内で観測された重力変化速度は正の値を持っているので、球状圧力源の膨張だけでは桜島の重力変化を説明できないことが分かる。

桜島島内で観測された重力変化から球状圧力源の膨張に伴う重力変化を補正すると、補正後の重力変化速度は山頂部のS110で+7.49 microGal/yr、西側山麓のS16で+1.61 microGal/yrとなった。ここで我々は、この重力時空間変化を再現するために点質量に伴う理想的な重力変化を計算した。なお、この計算に必要なパラメーター（点質量源の位置や質量増加速度）については今回は試行錯誤的に決定した。その結果、桜島中央部の海抜下3.3 kmの位置に2.3 E+10 kg/yr（年間2300万トン）の質量増加を設定すれば実際の重力変化をよく再現できることが分かった。すなわちこの結果は、桜島直下における質量増加は現時点でも継続しているものの、その増加速度は南岳活発期（1970年代～90年代前半）の半分未満に低下している、ということを示唆している。ただし、本研究のここまでの解析においては、GEONETの鉛直変位データを使用していない、モデル計算時にいくつかの簡単化を行っている、球状圧力源や点質量源に関するパラメーターの誤差を検討していない、などいくつかの問題を抱えている。今後はこれらの問題点を解決することで変動モデルを洗練化し、桜島内部の質量移動プロセスをより明らかにしていきたい。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：桜島火山、相対重力、地殻変動、質量変化、マグマ、陸水
Keywords: Sakurajima Volcano, relative gravity, crustal deformation, mass variation, magma, hydrology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# UAVを用いた噴火中の桜島火山の火口内状況把握
# Investigation into the crater of Sakurajima volcano during eruption using UAV

*三浦 俊介[1]、望月 拓実[1]、藤田 浩司[1]、浦山 利博[1]、佐々木 寿[1]、千葉 達朗[1]
*Shunsuke Miura[1], Takumi Mochiduki[1], Kouji Fujita[1], Toshihiro Urayama[1], Hisashi Sasaki[1], Tatsuro Chiba[1]

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

1. はじめに

活動中の火口地形を計測することは、火山学的にも防災上も重要な情報を得られるが、火口上空の飛行は噴火に巻き込まれるリスクがあり危険である。桜島の南岳は長期間にわたり活発な噴火を繰り返しており、地形の変化も激しい。南岳にはA火口とB火口があり、さらに東斜面に昭和火口がある。これまで、その形状を明らかにするために、国土交通省が、活動の合間に、航空レーザ測量を定期的に実施してきた。しかし、活動の活発化でこのような計測は困難となってきている。とくに昭和火口よりもさらに西側の、南岳山頂火口の地形計測が困難であった。そこで本研究では、桜島南岳山頂火口及び昭和火口の詳細な火口状況を把握するため、UAVによる近接撮影とSfM/MVSを活用した地形計測を試みたので報告する。

2. 桜島昭和火口、山頂火口の撮影

使用したUAVはMatrice210（DJI社製）で搭載したカメラはZENMUSE X4S（可視光）とZENMUSE XT2（熱赤外）である。DJI社製の機体には安全対策として、離着陸地点から対地高度500mの高度制限がかけられているため、立入り規制範囲外のアミダ川の上流部（標高600m付近）を離着陸地点とした。1100ｍまで上昇できれば、火口縁の高度よりも十分高い。

撮影は2018年11月29日AM9:58～、11月29日AM12:12～、11月30日AM10:05～の計3回、約15分の動画撮影方式で行った。1回目と2回目の撮影の間には、山頂火口で2回の噴火があり（11月29日AM10:19とAM10:48）、噴火前後の火口内の撮影にも成功した。

可視光での撮影では、麓の監視カメラではわからない昭和火口内部の状態を確認することができた。一方、南岳AおよびB火口の内部は、立ちこめる噴煙で、明瞭には撮影できなかった。熱赤外での撮影では、可視光ほどの解像度は得られなかったが、南岳山頂火口内部の噴煙の移動状況などを確認することができた。また、熱赤外ではヘリでの撮影よりも高解像度の動画を撮影することができ、昭和火口においては火口壁の成層構造も確認することができた。

3. 3Dモデルとオルソ画像の作成

撮影した可視光の動画から画像を切り出し、SfM/MVSにより昭和火口の0.5m解像度のオルソ画像と3Dモデルを作成した。モデル作成に使用した画像は452枚で、画像の切り出しからモデル作成までは約5時間かかった。昭和火口は、ほとんど活動が停止しており、一部の噴気を除けば、火口底を明瞭に撮影できた。一方、山頂火口（南岳A火口および南岳B火口）は噴煙の影響が大きく、火口上空に点群が多数あらわれ、火口底は判然としなかった。今後は可視光と比較して噴煙の影響が少ない熱赤外の計測結果を用いて、SfM/MVS解析を試みる予定である。

4. まとめ

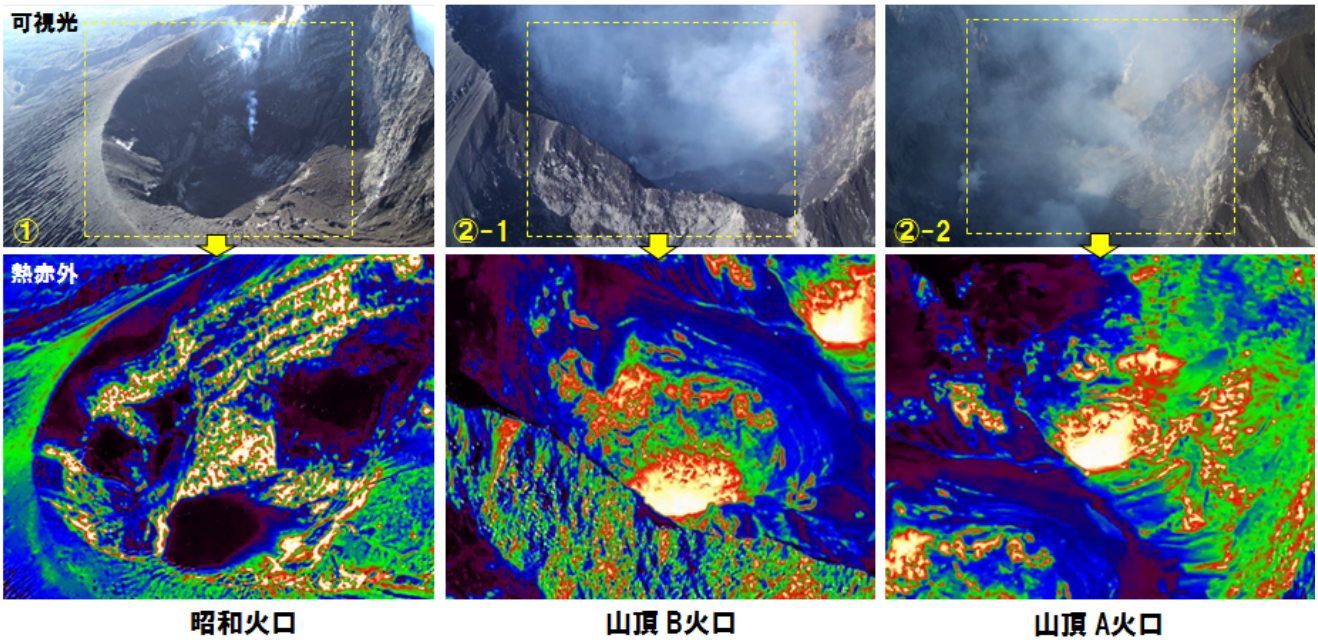
今回のUAVの飛行コースは、昭和火口の真上から噴火中の南岳B火口の縁までは行ったが、活動中の火口上空には入っていない。噴煙の影響を排除し、よりクリアな映像を得るためには、火口上空あるいは火口内部への低空飛行が必要であると思われる。現状では映像はSDカードに記録されているため、帰着しての回収が大前

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

提であるが、将来的には、通信によって得られる画像からのモデル作成が望まれる。

本研究は、文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト課題D1の一環で行ったものである。離着陸地点の立入りについては京都大学と鹿児島森林管理署の協力と許可を頂いた、ここに記して感謝申し上げます。

キーワード：無人航空機、活火山、SfM/MVS、熱赤外画像
Keywords: UAV, Active Volcano, SfM/MVS, Thermal infrared image




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Seismic refraction and wide-angle reflection experiment in southern Kyushu, Japan: (3) the 2018 exploration report

*宮町 宏樹[1]、高橋 浩晃[2]、青山 裕[2]、大園 真子[2]、椎名 高裕[6]、髙田 真秀[2]、一柳 昌義[2]、山口 照寛[2]、薄田 悠樹[2]、齊藤 一真[2]、伊藤 ちひろ[2]、村井 芳夫[2]、中垣 達也[2]、筒井 智樹[3]、竹井 瑠一[3]、多田 悠也[3]、山本 希[4]、平原 聡[4]、中山 貴史[4]、東 龍介[4]、鈴木 秀市[4]、佐藤 利典[5]、蔵下 英司[6]、安藤 美和子[6]、田中 伸一[6]、池澤 賢志[6]、山田 知朗[6]、中東 和夫[7]、前田 裕太[8]、堀川 信一郎[8]、松廣 健二郎[8]、奥田 隆[8]、辻 修平[8]、十川 直樹[8]、片尾 浩[9]、澁谷 拓郎[9]、三浦 勉[9]、中川 潤[9]、米田 格[9]、為栗 健[9]、瀧下 恒星[9]、仲井 一穂[9]、山下 裕亮[9]、松島 健[10]、内田 和也[10]、宮町 凛太郎[10]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、久保 武史[1]、坂尾 健有[1]

*Hiroki Miyamachi[1], Hiroaki Takahashi[2], Hiroshi Aoyama[2], Mako Ohzono[2], Takahiro Shiina[6], Masamitsu Takada[2], Masayoshi Ichiyanagi[2], Teruhiro Yamaguchi[2], Yuki Susukida[2], Saito Kazuma[2], Chihiro Ito[2], Yoshio Murai[2], Tatsuya Nakagaki[2], Tomoki Tsutsui[3], Ryuichi Takei[3], Yuuya Tada[3], Mare Yamamoto[4], Satoshi Hirahara[4], Takashi NAKAYAMA[4], Ryosuke Azuma[4], Syuichi Suzuki[4], Toshinori Sato[5], Eiji Kurashimo[6], Miwako Ando[6], Shinichi Tanaka[6], Satoshi Ikezawa[6], Tomoaki Yamada[6], Kazuo Nakahigashi[7], Yuta Maeda[8], Shinichiro Horikawa[8], Kenjirou Matsuhiro[8], Takashi OKUDA[8], Shuhei Tsuji[8], Naoki Sogawa[8], Hiroshi Katao[9], Takuo Shibutani[9], Tsutomu Miura[9], Nakagawa Jun[9], Itaru Yoneda[9], Takeshi Tameguri[9], Kosei Takishita[9], Kazuho Nakai[9], Yusuke Yamashita[9], Takeshi Matsushima[10], Kazunari Uchida[10], Rintaro Miyamachi[10], Hiroshi Yakiwara[1], Shuichiro Hirano[1], Takeshi Kubo[1], Kenyu Sakao[1]

1. 鹿児島大学大学院理工学研究科、2. 北海道大学大学院理学研究院、3. 秋田大学国際資源学部、4. 東北大学大学院理学研究科、5. 千葉大学大学院理学研究院、6. 東京大学地震研究所、7. 東京海洋大学学術研究院、8. 名古屋大学大学院環境学研究科、9. 京都大学防災研究所、10. 九州大学大学院理学研究院

1. Kagoshima University, 2. Hokkaido University, 3. Akita University, 4. Tohoku University, 5. Chiba University, 6. University of Tokyo, 7. Tokyo University of Marine Science and Technology, 8. Nagoya University, 9. Kyoto University, 10. Kyushu University

*[1] Primary Objective*

Southern Kyushu is a typical island arc region: subduction of Philippine Sea plate under Kyushu off Hyuganada with high seismic activity, the Aira caldera with active volcanic activity, the extending Okinawa trough, and the East China Sea. Our project is aimed at clarifying the detailed velocity structure of the crust beneath southern Kyushu and recognizing interactions with crustal activities in these regions.
It is also concerned about the occurrence of large-scale eruptions at the Aira caldera larger than the 1914 Taisho eruption in Sakurajima volcano. Accordingly, we also intend to reveal the caldera structure of the Aira caldera in order to deepen the understanding of the present magma supply system beneath the Aira caldera.
This reports an outline of the second seismic exploration carried out in November 2018.

*[2] Report of Seismic Exploration in 2018*

For our purpose mentioned above, we carried out the first seismic exploration in November 2017, which consists of 9 shot points with charges of about 200 kg dynamite in the land area and 906 temporary seismic stations including 42 OBSs along about 165 km long profile running transversely across the Osumi Peninsula, the central part of the Aira caldera, the Satsuma Peninsula, the Koshiki Strait and the Koshiki Islands.
The second seismic exploration was carried out in November 2018. In this 2018 exploration, 872

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

temporary seismic stations were deployed along the 2017 seismic main profile. The equipment at each station is same as that in 2017. In addition, we widely deployed 49 seismic temporary stations with a 4.5 Hz three components seismometerand a portable data logger ”GSX” in Sakurajima volcano in order to estimate the 3-D velocity structure beneath the volcano.
In the 2018 exploration, artificial explosions by the seismic air-gun blasting system(6000 cubic inches) were applied at 50m or 100m intervals along the sea profiles (Profile-B, Profile-D, Profile-F, Profile-H). We successfully observed the seismic refraction and reflection signals generated from the air-gun in a distance range of more than 20 km. We also introduced 4 big vibrator vehicles in the land area, which vibrates continuously during about 4 hours at the fixed locations. In addition, we carried out the seismic reflection profiling with 5 km long profile in the northeastern area in Sakurajima volcano.

Acknowledgement : This project is mainly funded by the Kyushu Electric Power Co., Inc. The JGI Inc. conducted the artificial explosions, and the Hanshin Consultants Co., Ltd shared a part of the temporary seismic observation.

キーワード：速度構造、南九州
Keywords: velocity structure, southern Kyushu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 幸屋火砕流の流動・堆積機構
# Flow and emplacement mechanism of Koya Ignimbrite

*鈴木 桂子[1]、中岡 礼奈[1]、山根 朋己[2]
*Keiko Suzuki-Kamata[1], Reina NAKAOKA[1], Tomomi Yamane[2]

1. 神戸大学 海洋底探査センター、2. 神戸大学大学院理学研究科
1. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center , 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University

Koya ignimbrite sourced from Kikai caldera 7.3 ka and traveled across the sea to reach the adjacent islands and the mainland of south Kyushu 40-90 km distant. Proximal facies of Koya ignimbrite, called Takeshima pyroclastic-flow deposit, comprise two or more flow units with a maximum thickness of 30 m, but the distal deposits collectively called Koya ignimbrite are consist of one flow unit and are exclusively very thin. Lag Breccia of Koya ignimbrite is recognized as layer 2b of 5 m thick on Takeshima and layer 1 of 2 m thick on Satsuma-Iwo Jima.

Koya ignimbrite contains essential pumices and volcanic glasses, both exhibiting a bimodal compositional distribution, e.g., ~60 and ~70 wt.% $SiO_2$ (Fujihara and Suzuki-Kamata, 2013). In addition to the silicic component, reflecting contribution the mafic component increases upwards from the basal to middle level of the deposit, and this vertical variation likely indicates progressive aggradation of pyroclasts. Koya ignimbrite overlies the ground layer consisting of crystal and fine pumice 1~5cm thick, and segregation pipe is commonly recognized in the ignimbrite in distributed area. The pyroclastic-surge deposit showing cross lamination overlies the ignimbrite on south of Osumi Peninsula. The surge deposit is rich in the mafic component, and suggests that the surge is formed at the late stage of ignimbrite eruption.

Koya ignimbrite distributes from the shoreline to the highland 1900m above sea level in Yakushima. Koya ignimbrite shows different lithofacies depending on altitude, which is thick and massive deposit more than severeal meters thick at lower area, and thin less than 50cm and composed of layer 1 at the base at higher altitude of 1600m above sea level. Mafic component is contained from the base of Koya ignimbrite in the north-west area on Yakushima both the lower area and the higher area, but mafic component increases upwards from the basal to middle level of the deposit in south-west area of Yakusima as same as Kyushu, Kuchinoerabujima and Tanegashima. This suggests that the earlier Koya ignimbrite climbing up the mountain area flows back due to the gravity in the north-west area and deposited thick at the lower area.

While silicic component can be recognized throughout the ignimbrite, mafic component exist only at the upper level of it at Tanegashima. The early phase products of Koya ignimbrite eruption reached to Tanegashima because this vertical variation is equal to that of the ignimbrites on proximal area, Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula (Fujihara and Suzuki-Kamata, 2013). Lower contents of mafic component from upper most level compared with that of Osumi Peninsula suggest that the flows which contain abundant in mafic component occured at the later phase of the ignimbrite eruption cannot reach to Tanegashima. This is conformable the fact that the ignimbrites on Osumi Peninsula are thicker than that of Tanegashima. Based on above, it is estimated that Koya ignimbrite lost a great many amount of pyroclasts in the sea during traveling across the sea and the Koya ignimbrite widely lies on the sea floor around Kikai caldera. Koya ignimbrite became the low aspect ratio ignimbrite after passing the sea area, and low density pyroclastic surge was formed in the mountain area reflecting the topography.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：拡散型火砕流、幸屋火砕流、鬼界カルデラ
Keywords: low-aspect ratio ignimbrite, Koya ignimbrite, Kikai caldera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 開聞岳南方海域の崩れ地形の成因を海底地形とマルチチャンネル反射波地震探査から探る

# Investigating Origin of landslide-like bathymetric feature at southern Mt.Kaimon using bathymetric and multichannel seismic reflection surveys

*山口 寛登[1]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、堀内 美咲[3]、松野 哲男[2,3]、巽 好幸[2,3]
*hiroto yamaguchi[1], Satoshi Shimizu[2], Hikaru Iwamaru[2], Mamoru Sano[2], Nobukazu Seama[3,2], Misaki Horiuchi[3], Tetsuo Matsuno[2,3], Yoshiyuki Tatsumi[2,3]

1. 神戸大学理学部惑星学科、2. 神戸大学海洋底探査センター、3. 神戸大学理学研究科惑星学専攻
1. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe university, 2. Kobe ocean-bottom exploration center, 3. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe university

開聞岳は4400年前に浅海域で活動を開始した火山であり、この火山の南方には海底地すべりのような地形があることが先行研究（海上保安庁2007）より分かっている。神戸大学海事科学部附属練習船深江丸での2018年3月と10月の探査航海で、この海域のマルチチャンネル反射波地震探査データと海底地形データが得られた。これらのデータを解析することで海底地すべりのような地形は地すべりで形成されたものなのか、もし地すべりならば発生源はどこなのかを調べた。海底地形データは海底地形図（図）にして、さらに地形解析として陰影図・傾斜量図・地形凹凸度指数（でこぼこ図）を求めた。反射波地震探査は地すべり状の地形を東西と南北に横切るような11本の測線で実施した（図のみどり線）。得られたデータから反射断面図を作成した。反射断面図からある反射面を境界として、崩れの影響を受けたとみられる厚さ70ｍほどの上層と広域にわたって安定して堆積した下層に分けられることが分かった。崩れの影響を受けたとみられる上層には逆断層や褶曲構造がみられ水平圧縮方向の力が加わったことを示している。海底地形図と上層の反射断面図から地すべりのような地形を大きく4つの異なった特徴を示すエリアに分け、それぞれ東部北側・東部南側・中央部・西部と名前を付けた。それぞれのエリアの特徴を次に示す。

・東部北側の地形は凹凸が激しく、傾斜量が大きい場所が点在している。反射断面図では、崩れの影響を受けた上層と受けていない下層の境界の反射面が不明瞭になっており、より深部まで崩れの影響を受けている。

・東部南側の地形は大部分で凸凹が少なく、傾斜量も小さい。反射断面図では、東西方向に走向をもつ逆断層がみられる。また成層構造が保たれた場所もところどころにみられる。

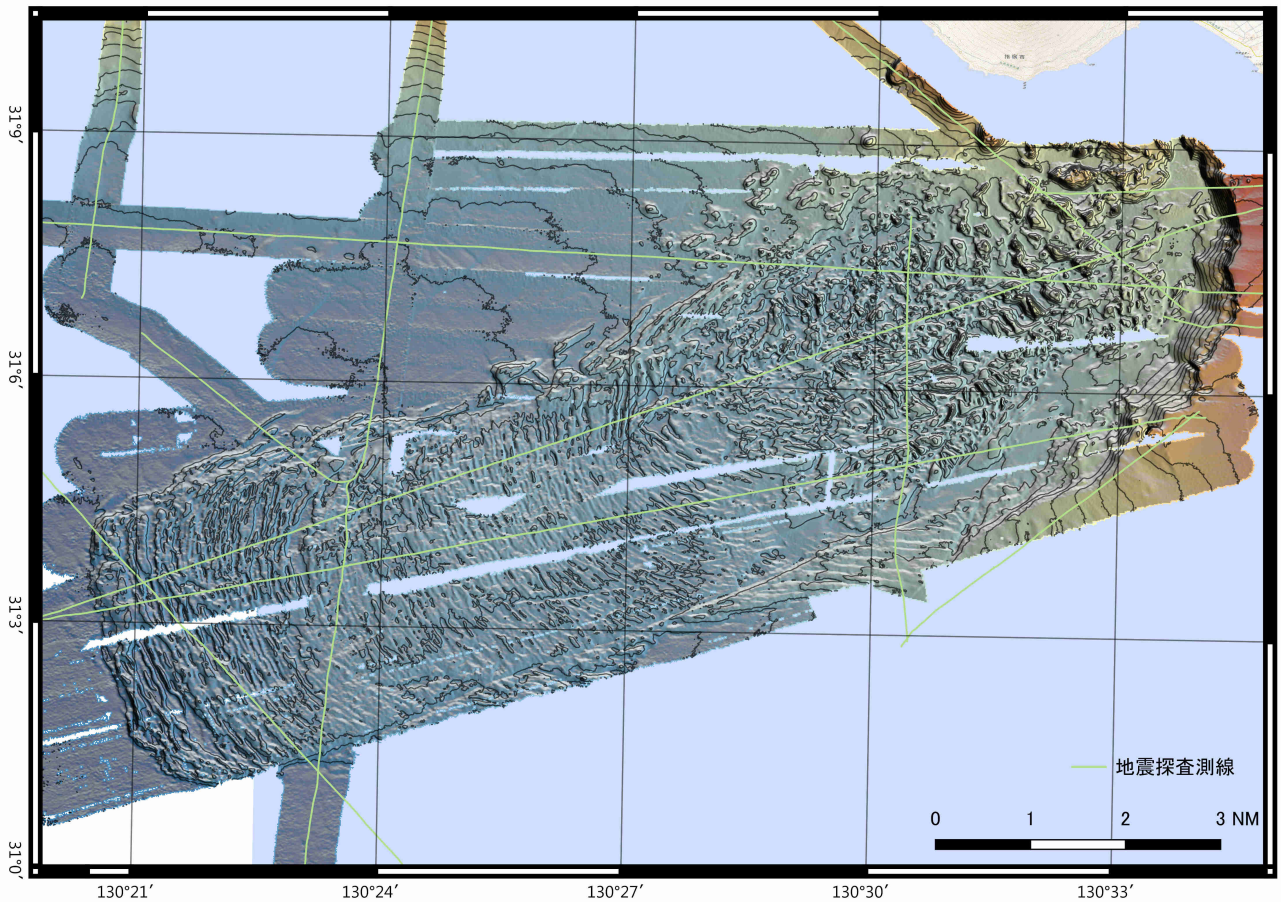
・中央部の地形は、他のエリアと比べて凹凸と傾斜量が穏やかである。反射断面図では、北北西-南南東方向に走向をもつ断層が多数みられる。また、成層構造が東と西の両端でみられる。

・西部の地形は東部北側ほどではないが、凹凸と傾斜量がともに大きい。反射断面図は中央部より少ないが南北に走向をもつ断層がみられる。

このような結果から、海底を押し流す地すべりが東部北側を発生源として起きた、流れの方向は東部では南方向、中央部から西部は西南西方向であると結論づけた。その理由は、東部北側でより深部まで崩れの影響を受けていること、断層や褶曲構造から推定される応力構造が東部で南北圧縮、中央部と西部はほぼ東西圧縮であること、地形の凹凸や傾斜が東側ほど大きくなる傾向があることがあげられる。

キーワード：反射波地震法、海底地形図、開聞岳
Keywords: seismic reflection, ocean bottom topography, Kaimondake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




国土地理院の電子地形図（タイル）に海底地形図と反射波地震探査の測線を追記して掲載

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 口永良部島火山2018-19年噴火降下火砕物の産状と分布
# Occurrence and distribution of pyroclastic fall deposits of Kuchinoerabujima volcano 2018-2019 eruption

*長井 雅史[1]、中川 正二郎[2]、入山 宙[1]、三輪 学央[1]、棚田 俊收[1]、上田 英樹[1]、中田 節也[1]
*Masashi NAGAI[1], Shojiro Nakagawa[2], Yu Iriyama[1], Takahiro Miwa[1], Toshikazu Tanada[1], Hideki Ueda[1], Setsuya Nakada[1]

1. 防災科学技術研究所　火山防災研究部門、2. 屋久島地学同好会
1. Volcano Research Department, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Yakushima Chigaku Club

口永良部島火山新岳では2018年10月21日から断続的に噴火が始まった。東側に隣接する屋久島や種子島で降灰が認められるような比較的大きな噴火は2018年12月18日、12月28日、2019年1月17日、1月29日に発生した。このうち降灰軸が南東方向にあり陸上に降灰が少なかった12月28日噴火を除く3つの噴火について降灰調査を行った。口永良部島島内では2月上旬に調査を行った。また、気象庁口永良部島火山防災連絡事務所提供資料や地元住民等への聞き取り情報も利用した。

屋久島や種子島において堆積物はいずれも明灰色ないし淡く赤みを帯びた明灰色の砂質~シルト質火山灰層で、構成粒子は石質岩片や熱水変質岩片を主体とし新鮮なガラス質岩片は少ない。一連の噴火で最も降灰量が多かった1月17日噴火では、東に伸びる降灰軸上の屋久島北西部で400g/$m^2$程度、北東部で100 g/$m^2$程度、種子島南端部で20 g/$m^2$程度の堆積物が認められた。堆積物の一部は泥雨として降下した痕跡を持っていた。屋久島北部では細粒火山礫も多く含まれており、最大粒径は降灰軸よりも北側で大きい傾向があった。降灰軸と最大粒径分布の軸のずれは高度によって風向や風速が異なっていたことで説明されうる。口永良部島島内では一連の噴火全体の堆積物として火口から南東方向に降灰軸があり、約1.5kmの距離で約12kg/$m^2$の堆積量が確認された。このうち1月17日噴火に相当する層準は粗粒な砂礫質で長径5cm程度の火山礫を含む。

降下火砕物の噴出量は堆積密度を1000kg/$m^3$としてFierstein and Nathenson (1992)の方法により求めた。屋久島などの遠方の堆積量分布データからは2018年12月18日噴火では約2.9万t、1月17日噴火では6.2万t、1月29日噴火では1.4万tと見積もられる。いずれも同様な方法で見積もった2015年5月29日噴火の降下火砕物の噴出量（約12万t）より小さい。これらの遠方データに近傍地域である口永良部島内の堆積量を加味した場合、2018年12月~2019年1月の降下火砕物の合計は約13万t程度と見積もられる。

キーワード：テフラ、水蒸気噴火、水蒸気マグマ噴火、噴煙柱、琉球弧
Keywords: tephra, phreatic eruption, Phreatomagmatic eruption, eruption column, Ryukyu arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS-2/PALSAR-2干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動
# Ground Deformation around Domestic Active Volcanoes detected by InSAR of ALOS-2/PALSAR-2

*谷口 隆文[1]、影山 勇雄[1]、奥山 哲[2]、安藤 忍[2]
*Takafumi Taniguchi[1], Isao Kageyama[1], Okuyama Satoshi[2], Shinobu Ando[2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

地殻変動による火山活動の監視は噴火の予兆を捉える有用な手段の一つである. 気象庁では, 活火山周辺に傾斜計や光波測距儀, GNSSを設置し, 地殻変動による火山活動の監視を行い, 地下でのマグマの蓄積や移動の把握に努めている. しかし, これらの地上設置型の観測手法のみを用いる場合, 捉えることが可能な地殻変動は観測点での傾斜変動や観測点間の相対位置など点の情報に限定される. また，西之島のような離島では，観測機器の設置や維持管理が難しく,十分な観測体制がとられていないケースも存在する.このような状況で火山活動の監視を強化する手段の１つとして, 面的な地殻変動の把握が可能なSAR（Synthetic Aperture Rader，合成開口レーダー）の活用が有効である.本発表では, 気象庁及び気象研究所で実施した国内全ての活火山周辺におけるALOS-2/PALSAR-2差分干渉解析の長期ペア（2015年～2018年）の結果について紹介する.

本解析で用いたPALSAR-2データは, 火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて, 宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである. また, 一部のデータはPIXELで共有しているものであり, JAXAと東京大学地震研究所の共同研究契約によりJAXAから提供されたものである. PALSAR-2に関する原初データの所有権はJAXAにある. PALSAR-2の解析ソフトウェアは, 防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発されたRINCを使用した. また, 処理の過程や結果の描画においては, SRTM 90m Ver4.1の数値地図を元にしたDEHM及び国土地理院の数値地図10mメッシュ（標高）を元にしたDEHMを使用し, 地図の描画にはGMTを使用した. ここに記して御礼申し上げます.

キーワード：ALOS-2/PALSAR-2、干渉SAR、国内活火山
Keywords: ALOS-2/PALSAR-2, InSAR, Domestic Active Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Volcano-hydrothermal inflation revealed by the spatial variation of stress field at the Tatun Volcano Group, northern Taiwan

*Hsin-Chieh Pu[1], Cheng-Horng Lin[2,3,4,5], Ya-Ju Hsu[2], Li-Chin Chang[3]

1. Central Weather Bureau, Taiwan, ROC., 2. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ROC., 3. Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taipei, Taiwan, ROC., 4. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, ROC., 5. National Center for Research on Earthquake Engineering, National Applied Research Laboratories, Taipei, Taiwan, ROC.

To investigate the volcanic behaviors, the Taiwan Volcano Observatory at Tatun has deployed a dense seismic network in the Tatun Volcano Group (TVG), where the government and business metropolis-Taipei city is bounded and various phenomenon related to volcano-hydrothermal activity were found. This network is composed of 40 seismic stations for covering an area of ~10 km by ~10 km. Based on the seismic data recorded by this network, we have solved an extremely huge number of 1,016 earthquake focal mechanisms with depths less 5 km from 2012 to 2017. Then the detailed spatial variations of the local stress field near the surface are firstly inverted from these focal mechanisms. Overall, local earthquakes were dominated by both the sub-horizontal extensional stress striking ESE-WNW and sub-vertical compressional stress. In detail, the orientations of extensional stress formed the abnormal pattern of a couple of semi curves around the Dayoukeng area. In this particular area of Dayoukeng, the magnitude of compressional stress at the sub-vertical component was stronger than the others principle stresses based on the significantly lower ∅values in local than the surrounding area. We ascribe these local variations to an inflating phenomenon buried in the Dayoukeng area. This inflating mechanism should be induced by the volcano-hydrothermal fluid. The current volcano-hydrothermal activity represented by inflation is principally concentrated at the Dayoukeng area and disturbs the faulting behaviors of local earthquakes in the TVG.

Keywords: focal mechanism, stress field, Tatun volcano group, inflation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# インドネシア・クラカタウ火山の2018年12月噴火に伴う地形変化と地殻変動

# Topographic change and crustal deformation associated with December 2018 eruption of Krakatau volcano in Indonesia

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、山田 晋也[1]
*Hiroshi Yarai[1], Tomokazu Kobayashi[1], Shinya Yamada[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

クラカタウ火山は、インドネシアのジャワ島とスマトラ島の間のスンダ海峡に位置する火山である。このスンダ海峡において2018年12月22日に高い津波が発生し、大きな被害が生じた。この津波がクラカタウ火山の噴火に伴う山体崩壊によって発生したと考えられたことから、クラカタウ火山の地形変化を把握するため、日本の地球観測衛星「だいち2号」（ALOS-2）に搭載された合成開口レーダー（PALSAR-2）のデータを使用し、噴火前と後の反射強度画像の分析を行った。その結果、噴火後の12月24日の反射強度画像において島の南西部に明瞭な地形変化が認められた。この24日までに島の南西部が崩壊したと考えられる。

また、この噴火前後での地殻変動を把握することを目的として、だいち2号のデータを用いてSAR干渉解析を実施した。その結果、アナク・クラカタウ島では干渉が得られなかったが、周辺に位置する島では衛星から遠ざかる向きの変動が捉えられた。変動の特徴はアナク・クラカタウ島付近を中心とした沈降・収縮を示唆するが、等方的ではなくやや南北に伸びており、単純な点力源ではない可能性がある。

（謝辞）SAR解析で用いたデータは、国土地理院と宇宙航空研究開発機構（JAXA）間の協定に基づき提供されたものです。また、使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

キーワード：クラカタウ火山、山体崩壊、地殻変動、SAR
Keywords: Krakatau volcano, volcanic collapse,, crustal deformation, SAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

## [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)

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。

[SVC39-P01] 近年の霧島硫黄山の火山活動に伴う湧水の化学組成変化

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

[SVC39-P02] 霧島火山群・硫黄山水蒸気噴火に関連した熱水循環プロセス

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

[SVC39-P03] 火山噴煙中の水蒸気の同位体組成定量：噴煙から噴気ガス水蒸気の同位体組成は推定できるか？

*伊藤 昌稚[1]、角皆 潤[1]、高橋 幸士[2]、中川 書子[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.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)

[SVC39-P04] **Radon measurements at Aso volcano: an experimental automatic radon station operative within the proximal zone of Nakadake**

*Corrado CIGOLINI[1]、Shin Yoshikawa[2]、Tomo Shibata[3]、Marco Laiolo[1]、Diego Coppola[1] (1.Department of Earth Sciences, University of Torino, Italy、2.Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, Japan、3.Institute for Geothermal Sciences, Graduate school of Science, Kyoto University, Japan)

[SVC39-P05] ACTIVE観測結果から見る2014-2016年阿蘇山活動期の地下熱水系の変化

*南 拓人[1]、宇津木 充[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3] (1.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2.京都大学大学院理学研究科火山研究センター、3.阿蘇ジオパーク推進協議会)

[SVC39-P06] 3-D Inversion of Magnetotelluric data from the Aluto-Langano Geothermal Field, Ethiopia

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

[SVC39-P07] Interpretation of Gravity Data to Delineate the Geothermal Reservoir Extent and Assess the Geothermal Resource in the Municipality of Isa, Southern Kyushu, Japan

*CARLOS OSMIN POCASANGRE[1]、Yasuhiro Fujimitsu[1]、Jun Nishijima[1] (1.Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University)

[SVC39-P08] 伊豆大島火山カルデラ内坑井温度プロファイルによる伝導・対流熱伝達の推定

*鬼澤 真也[1] (1.気象研究所　火山研究部　第一研究室)

[SVC39-P09] 栗駒地域赤倉カルデラの熱水系数値モデル

*藤光 康宏[1]、吉岡 大地[2] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻)

# 近年の霧島硫黄山の火山活動に伴う湧水の化学組成変化
# Changes in the chemistry of spring water related to the recent volcanic activity of Mt Iwo-Yama, Kirishima volcanic area

*山本 春香[1]、木川田 喜一[2]、深井 惠、Wei Deng
*Haruka Yamamoto[1], Yoshikazu Kikawada[2], Megumi Fukai, Wei Deng

1. 上智大学大学院理工学研究科、2. 上智大学理工学部
1. Graduated school of Fuculty of Sience and Technology Sophia University, 2. Fuculty of Sience and Technology Sophia University

Mt Iwo-Yama is an active volcano in the Kirishima volcanic area. The west flank of the volcano is known as the Ebino Highland. The volcano erupted in April 2018 for the first time in 250 years. The vents have opened with the phreatic eruptions and then formed boiling muddy pools. In this study, we discuss the current status of the volcanic activity of Mt Iwo-Yama based on the water chemistry of muddy crater lakes and the springs in the Ebino Highland.

We collected the sample water repeatedly from the muddy crater lakes at the summit area (V1) and the west flank (V2). The former one is the vent opened on April 19th, 2018 and the latter one is that opened on April 26th, 2018. In addition, we also collected repeatedly the specific spring water located along the small stream in the Ebino Highland. We labeled the spring water as S1 to S4 in the order of distance from the summit area. The collected water samples were chemically analyzed in our laboratory.

The V1 and V2 water contain extremely high concentrations of chloride and sulfate ions. Those two are very acidic, and the pH of them sometimes show the value lower than unity. These are considered that thermal water is supplied from the geothermal reservoir directly. At this writing, although the estimated temperatures for both reservoirs of V1 and V2 by the quartz geothermometer are over 200 deg-C, the temperature for V2 is a little higher than that of V1.

The fluctuations of Cl/SO4 ratio at S1, S2 and S3 are similar to that of V2. Also, the fluctuation of the ratio at S4, which is most far from the summit among the four, seems to be similar to these with 1- month time lag. From this, it is suggested that these springs in the Ebino Highland are affected by the geothermal activity related to V2. The concentration of dissolved chemical components and water temperature at S1 changed from an increasing trend to decreasing trend in August 2018. Conversely, these at S4 are on an increasing trend since September 2018.

The volcanic activity of Mt Iwo-Yama is remained to be active. Based on the water chemistry, the temperature of the geothermal system seems to be higher in the west flank area, that is the Ebino Highland area, than the summit area. The changes in the water chemistry of the hot springs suggesting the rise of thermal activity in the Ebino Highland have been observed. Further, the new fumaroles were opened in the west flank area since autumn 2018. In conclusion, it is considered that the geothermal activity of Mt Iwo-Yama is expanding from the summit area to the west flank area. This means that the thermal activity in the Ebino Highland area will become more active, and the fumarolic area will expand to the western part of the Ebino highland.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：霧島硫黄山
Keywords: Kirishima Iwo-Yama

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 霧島火山群・硫黄山水蒸気噴火に関連した熱水循環プロセス
# Hydrothermal circulation process related to phreatic eruption of Iwo-Yama at Kirishima volcanoes

*森 啓悟[1]、益田 晴恵[1]、新谷 毅[1]、羽渕 元哉[1]、古谷 宗三[1]、石橋 純一郎[2]、松島 健[2]、大嶋 将吾[3]、井川 怜欧[4]
*Keigo Mori[1], Harue Masuda[1], Tsuyoshi Shintani[1], Motoya Habuchi[1], Syuzou Furuya[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Takeshi Matsushima[2], Syogo Oshima[3], Reo Ikawa[4]

1. 大阪市立大学、2. 九州大学、3. 西日本技術開発株式会社、4. 産業技術総合研究所
1. Osaka City University, 2. Kyushu University, 3. West Japan Engineering Consultants, Inc., 4. AIST

霧島火山群・硫黄山南火口群では，2018年4月19日に水蒸気噴火が発生した以降も活発な噴気活動，噴湯現象が継続している．本報告では，2018年10月12，13日に採水した熱水の分析結果に基づいて，硫黄山水蒸気噴火に関連した地下の熱水循環系を明らかにした．

現地で水温・pH・ORP・ECを，電極を用いて測定した．持ち帰った試料について，$Na^{+}$・$K^{+}$は原子吸光光度法で，$Ca^{2+}$・$Mg^{2+}$は，EDTA滴定で定量した．溶存態のSi・As・$Al^{3+}$・$Mn^{2+}$・$Fe^{2+}$と一部の試料の$Ca^{2+}$・$Mg^{2+}$をICP-MSで分析した．アルカリ度は，中和滴定で分析した．$F^{-}$・$Cl^{-}$・$Br^{-}$・$NO_3^{-}$・$PO_4^{3-}$・$SO_4^{2-}$は，イオンクロマトグラフ（IC）法により定量した．

硫黄山南火口群と西火口群に熱水の噴出が見られた．水温は約70℃～97℃，pHは約1.3～2.1であった．硫黄山北東側湿地帯に谷に沿って複数の低温湧水が見られた．水温は約20℃，pHは2.2～5.2であった．熱水の$Cl^{-}$濃度は約1000～8000ppm，湿地帯の低温湧水は約3～300ppmであった．熱水の$SO_4^{2-}$濃度は，約2000～10000ppmに対し低温湧水は約10～1100ppmだった．すべての水試料で$Cl^{-}$と$SO_4^{2-}$の濃度には正の直線関係があった．また，これらの成分がもっとも高濃度である熱水の水素・酸素安定同位体比は-20‰と-4.0‰であり，高温マグマと反応した成分を多く含んでいた。また，分析した成分濃度はアルカリ度とSiを除き$Cl^{-}$濃度と正の直線関係が得られた．また熱水中のAs濃度は最高で約3000ppbであった．溶存シリカを用いた地質温度計は，$Cl^{-}$濃度が最大であった湯だまりの一つから得られた試料で最高温度の262℃を示した．

以上の結果から，現在の硫黄山地下の熱水系は，深部から上昇する火山性流体（マグマ水と推定）が雨水起源の浅部地下水によって260℃以上の温度で酸化され形成された酸性熱水を高温の一つの端成分として，周囲の地下水をもう一つの端成分とする単純混合によって説明できる．また，水蒸気噴火はさらに高温で酸性熱水が形成される過程で発生したと推定された．

キーワード：地質温度計、酸素・水素安定同位体
Keywords: geothermometer, hydrogen and oxygen isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 火山噴煙中の水蒸気の同位体組成定量：噴煙から噴気ガス水蒸気の同位体組成は推定できるか？

# Determination on the stable isotopic compositions of $H_2O$ in a volcanic plume

*伊藤 昌稚[1]、角皆 潤[1]、高橋 幸士[2]、中川 書子[1]
*Masanori Ito[1], Urumu Tsunogai[1], Koji U Takahashi[2], Fumiko Nakagawa[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 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
1. Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies, 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

火山から放出される揮発性物質（火山ガス）は、その8割以上を水蒸気が占める。この火山ガス中の水蒸気の起源には、マグマそのものの場合（マグマ水）と、山体内部の地下水の場合（天水）があり、両者間で各同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）が大きく異なることが知られている。噴火に伴って大気中に放出され、風下に流下してくる噴煙中の水蒸気の同位体比を定量化することができれば、そこから水蒸気の起源（マグマ水か、天水か）が判別できる。これはその噴火がマグマ噴火か、それとも水蒸気噴火かを判別することに直結するため、火山学的に極めて重要な情報となる。

そこで、本研究では噴気孔にアクセス可能な噴気地帯において噴煙中の水蒸気の同位体比を実測し、噴気孔で直接採取した水蒸気の同位体比と比較して、両者が一致するかどうかを検証した。噴煙試料は現場で真空容器中に大気圧まで採取するグラブサンプリング法を採用した。これを持ち帰って実験室内に構築した測定システムに接続した。接続部を高純度空気でフラッシュした上で容器のバルブを開放し、容器内の大気（噴煙）試料をCavity Ring-Down分光分析システム（CRDS）に圧力差を用いて導入、出力が安定したところで同位体比を測定した。流路上への水蒸気の吸着を最小限に抑制するため、測定システム全体を60 ℃程度に加熱した。付属の蒸発器から同位体比既知の水試料（標準試料）を水蒸気化してCRDSに導入して測定することで、測定値をキャリブレーションした。

箱根火山の大涌谷地熱地帯では、2014年7月, 2015年11月、2018年の7月の計3回の観測を実施した。噴気孔からの距離を変えながら、毎回20試料程度の噴煙試料を真空容器（内容積1000mL程度のガラス製）に採取した。同時に、噴気孔において低温トラップを用いて水蒸気試料（凝縮水）の直接採取も行った。

各観測の噴煙試料間の水蒸気の濃度（逆数）と同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）は明瞭な線形相関を示し（$R^2$は0.9以上）、噴煙試料間の水蒸気の濃度と同位体比が大気と噴気ガスの二種の端成分間の単純混合でほぼ説明できることを示した。各観測の同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）の回帰直線の切片の値として推定された噴気ガスの同位体比は、凝縮水の同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）とそれぞれ、誤差内で一致した。今後はドローンなどを用いて噴煙を遠隔から採取することで噴気中の$H_2O$の同位体比を遠隔から推定できることが実証された。

本研究は文部科学省「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」の助成を受け実施されました。ここに記して深く感謝いたします。

キーワード：火山ガス、安定同位体組成、キャビティリングダウン分光分析装置
Keywords: Volcanic gases, Stable isotopic compositions, Cavity Ring-Down Sectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Radon measurements at Aso volcano: an experimental automatic radon station operative within the proximal zone of Nakadake

*Corrado CIGOLINI[1], Shin Yoshikawa[2], Tomo Shibata[3], Marco Laiolo[1], Diego Coppola[1]

1. Department of Earth Sciences, University of Torino, Italy, 2. Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, Japan, 3. Institute for Geothermal Sciences, Graduate school of Science, Kyoto University, Japan

Radon measurements at Aso Volcano first started on May 2015 and persisted until January 2016. They were resumed on August 2017 and they are currently on-going. Radon data have been collected by means of an in-soil automatic station located at about 1.06 km from the active crater (crater 1) together with soil temperatures (measured at the sampling site and 1 m below) and local atmospheric parameters (JMA).
During earlier measurements Aso volcano was affected by a sporadic explosive activity, which marked the ceasing of a Strombolian phase, and was followed by moderate phreatomagmatic events. Radon measurements been compared with ground-based and satellite thermal data, the latter collected by the MIROVA system. Radon concentrations were fluctuating from 300 to about 1100 Bq/$m^3$ during May-July 2015, and they reached a minimum two weeks before the strong degassing that occurred at the beginning of August. On August 8, 2015 the Volcanic Radiative Power (VRP) detected by MIROVA was slightly below 1 MW. Since then there has been an increasing trend in Radon emissions (up to about 900 Bq/$m^3$) that preceded the strong phreatic explosion of September 14. By the end of September, a new increasing trend reached a relative maximum (up to 1900 Bq/$m^3$) one week before the explosion of the 23 of October 2015. Then, radon data persistently fluctuated well above 900 Bq/$m^3$. This time span was accompanied by a general decrease of the detected thermal anomalies which were nearly coeval with the replenishment of the crater lake.
During 2017 radon emissions reached their relative maxima (up to 1380 Bq/m3) during fall-winter, whereas in 2018 the higher peak reaches 1450 Bq/m3 during the early fall (October 3). Several peaks seems to be correlated with the thermal gradient at the measurement site. However, some other peaks appear somehow coeval with some thermal anomalies in the crater area detected by the MIROVA system. Among these the one that occurred on May 15 that touched 1250 Bq/m3 and preceded the drastic increase in temperature of the South wall (up to 715 ˚C, according to JMA data). Two other minor anomalous peaks were recorded on June 13 and July 29, both were well above 800 Bq/m3. A systematic analysis of all radon data shows that radon emissions, in absence of anomalous spikes, are inversely correlated with soil temperatures and that the contribution of atmospheric pressure marginally affect radon emissions. The spectrum of the radon signal shows the existence of both diurnal and semidiurnal peaks, typically observed during continuous radon measurements. Future work should be concentrated in the attempt to better correlate radon emissions with the changes in volcanic activity, including the effects of environmental parameters on the radon signal.

Keywords: Radon , radon signal, radon anomalies/peaks, environmental parameters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ACTIVE観測結果から見る2014-2016年阿蘇山活動期の地下熱水系の変化
# Evolution of the hydrothermal system of Aso volcano during the 2014-2016 eruption period, as inferred by the ACTIVE observations

*南 拓人[1]、宇津木 充[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3]
*Takuto Minami[1], Mitsuru Utsugi[2], Hisashi Utada[1], Tsuneomi Kagiyama[3]

1. 東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2. 京都大学大学院理学研究科火山研究センター、3. 阿蘇ジオパーク推進協議会
1. Ocean Hemisphere Research Institute, Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothremal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Aso Geopark Promotion Council

Electrical resistivity structures provide important information about hydrothermal systems of volcanos. Previous studies using the magnetotelluric method have revealed shallow resistivity structures associated with conductive cap rocks underlain by hydrothermal reservoirs (e.g. Nurhasan et al. 2006). However, evolution of such a hydrothermal system over volcanic eruptions has never been understood in detail.

We have intermittently conducted observations of an electromagnetic volcano monitoring system, ACTIVE (Utada et al. 2007), in Aso volcano for about half a decade. ACTIVE system consists of transmitter dipoles for controlled-source electric currents and an array of induction-coil receivers for measuring the vertical component of the induced magnetic field dependent on the subsurface resistivity structure. ACTIVE system in Aso volcano recently succeeded in detecting temporal variation in the resistivity structure over the magmatic eruptions that started in November 2014 and ceased in May 2015 (hereafter referred to as the magmatic eruption period (MEP)). In our previous study, three-dimensional inversions for the two sets of ACTIVE responses obtained in August 2014 and August 2015 revealed (1) a broad increase in resistivity ~400 m below the bottom of the first Nakadake crater and (2) a decrease in resistivity ~100 m beneath the western rim of the crater (Minami et al. 2018). Both changes in resistivity presumably originated before MEP because the corresponding variation in the ACTIVE response happened mainly between the two observation campaigns in August 2014 and just after the starting of MEP, say, on November 26, 2015. The decrease of resistivity at shallow level implies presence of a temporal fluid reservoir which appeared prior to MEP and possibly contributed to the phreatomagmatic eruptions in September 2015 and October 2016. We are now analyzing the ACTIVE responses after MEP to resolve evolution of the hydrothermal system of Aso volcano over the active period spanning from November 2014 to October 2016.

In the presentation, we comprehensively discuss evolution of the hydrothermal system of Aso volcano from August 2014 to August 2017, including MEP from August 2014 to May 2015 and the two phreatomagmatic eruption events in September 2015 and in October 2016, by using ACTIVE data sets.

キーワード：阿蘇、火山、ACTIVE、比抵抗、時間変化
Keywords: Aso, volcano, ACTIVE, resistivity, temporal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 3-D Inversion of Magnetotelluric data from the Aluto-Langano Geothermal Field, Ethiopia

*Dejene Bekele[1], Yasuhiro FUJIMITSU[2]

1. Graduate School of Engineering, Department of Cooperative Resources Engineering, Kyushu University, 2. Faculty of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

The Main Ethiopian rift valley hosts a number of geothermal prospected area, which is known to be actively deforming with reoccurring periods of uplift and setting. One of the regions where the prospected area is confirmed by drilling is the Aluto-Langano geothermal area. Aluto area is situated in the Main Ethiopian rift valley system bounded by latitude 7.60˚-7.96˚ N and longitude 38.68˚-38.92˚ E. This field has been studied by the Geological Survey of Ethiopia (GSE) since1980s, and these studies subsequently led to the drilling of 10 exploration wells. This field is currently developed with a Binary power plant of a 7.2 MWe installed capacity. From the results of various regional geoscientific studies in this part of the Ethiopian rift, the area of Aluto-Langano geothermal field was observed to have relatively higher exploitable geothermal potential in Ethiopia. However, more studies are required in order to obtain more information about the subsurface structure and heat source below the Aluto volcanic complex (AVC) and to delineate the parameters of the geothermal reservoir in the area. To address this, Electro Consultant (ELC) and GSE carried out magnetotelluric surveys in the Aluto-Langano geothermal field in 2009 and 2015 respectively. This study combines the two surveys done covering the whole Aluto volcanic complex with a total of 166 MT stations. The MT data was processed and used in the construction of a 3-D MT inversion model, which was then interpreted alongside the available geological information. The dimensionality analysis of MT data was carried out based on the strike and dimensions of the resistivity distribution around the MT sites, by plotting the Phase tensor for each MT site for the frequency range of $10^{4}$ -$10^{-3}$ Hz. Most of the maps of phase tensor exhibit 3-D structures, hence need for 3-D inversion. In order to get 3-D conductivity models of the subsurface, the MT data were inverted in the period range of $10^{-3}$–$10^{4}$s at uniform distributed discrete periods using the ModEM code. The resultant 3-D resistivity model shows a highly conductive zone with a diameter of around 10 km in the center of the Aluto volcanic complex at depths between 800–2500 m. The identified resistivity distribution corresponds very well to the conceptual reservoir model of a high-enthalpy geothermal system with its mushroom shaped zoning comprising a resistive up-flow zone overlain by a conductive clay cap. From well data analysis it is known that the conductive cap at Aluto is related to rock units and therefore, eliciting the origin of the heat source and delineating the subsurface structure in the study area. The 3-D resistivity model images the resistivity structure in the study area hence showing the origin of Aluto heat sources and delineating the location of faults and fracture system. In particular, the cap rock zones of the geothermal reservoir system by studying low resistivity zones at relatively shallow depths are important in selecting future drilling targets.

Keywords: Aluto-Langano, 3-D Inversion, Magnetetolluric, Ethiopia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Interpretation of Gravity Data to Delineate the Geothermal Reservoir Extent and Assess the Geothermal Resource in the Municipality of Isa, Southern Kyushu, Japan

*CARLOS OSMIN POCASANGRE[1], Yasuhiro Fujimitsu[1], Jun Nishijima[1]

1. Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

The municipality of Isa is located in the southern part of Kyushu Island, and it is considered one of the wealthiest places in Japan because one of the most important gold mines is found in this area, Hishikari mine. Additionally, there are many hydrothermal manifestations, e.g., Hishikari, Yunoo, Kawanami, and Kintaro hot springs, which can be exploited by the community as an electric power source. Until now, the geothermal resource has not been used for power generation purpose although Geological Survey of Japan had carried out some preliminary geothermal assessments, which show that the power potential density is between 10 and 20 kW/km$^2$. To calibrate the previous value, first, this study attempts to analyze and interpret the gravity data for delineating the geothermal reservoir boundary and the assessment of geothermal resource. Accordingly, the corresponding researchers conducted 2-D and 3-D gravity modeling in the current research. This modeling is an essential stage of the complete gravity analysis in the region, because the filtering gravity methods, i.e., Horizontal-Derivative and Tilt-Derivative, can quickly detect steep gradients and indicate the location of faults or geological boundaries, however, they cannot estimate geological structure depth and shape. For this purpose, an area of 10 x 10 km was selected and analyzed considering a Bouguer Density of 2.45 g/cm$^3$. The Bouguer Anomaly result shows a high value at the center, which extends 5.61 km$^2$ wide and could represent the probable geothermal resource. According to the Kagoshima geological map, volcanic and sedimentary rocks are the dominant type of rocks in this area. Cretaceous Shimanto group controls the fundamental structure of the deepest element. This arrangement is typically composed of sandstone, shale, acidic tuff with subordinate conglomerates, and their alterations, also Pliocene volcanic rocks and alluvial deposits. Similarly, Kakuto and Okuchi Basin, which are located at east and west respectively, control the region. The 2-D gravity modeling was carried out requiring a density contrast between the two assumed layers, i.e., the basement and the low-density deposit, and thus a value of 0.4 g/cm$^3$ was assigned. Likewise, the horizontal size of the cells was set at 100 m. The profile trending NW- SE shows a significant depression 400 m to 700 m deep located next to Hishikari hot spring. In this way, the hydrothermal fluids might be flowing up to the surface forming altered rocks and hot springs by using a possible geological fault. For a better understanding of the region, the authors also carried out 3-D gravity modeling. The result shows an area which has density values below 2.4 g/cm$^3$ and the zone NE-SW direction that starts at the Uonogoe area and ends at the Yamada area. Besides, a large anomaly located in the central area that has density values above 2.5 g/cm$^3$ is evident. This anomaly represents the hydrothermal alteration zone that hosts the propylitic altered rocks having precious minerals such as gold and silver. Between these evidenced zones, we could infer the location of the geothermal reserve which has an area of 4.06 km$^2$. Integrating past research reports carried out by NEDO, using the Volumetric method with the calculated geothermal reserve area, and a Monte Carlo simulation, we estimated a geothermal power potential of 90 kW (22.5 kW/km$^2$) for 20 years. Nevertheless, this result needs to be corrected by further geoscientific investigations including inversion modelings.

Keywords: Isa region, gravity data, propylitic alteration, hot springs, gravity modeling, geothermal power assessment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆大島火山カルデラ内坑井温度プロファイルによる伝導・対流熱伝達の推定

# Conductive and convective heat fluxes inferred from temperature profile of a borehole in Izu-Oshima volcano

*鬼澤 真也[1]
*Shin'ya Onizawa[1]

1. 気象研究所　火山研究部　第一研究室
1. Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute, JMA

伊豆大島火山では1998年に東京大学地震研究所によってカルデラ内に1,000 m深の坑井が掘削されている．地下水面以深の温度プロファイルは0.28 ℃/mの大きな地温勾配を示すとともに，上昇流の存在を示唆するパターンが認められており，伊豆大島火山山体中心部の熱・流体移動を推察する上で貴重なデータである．ここでは，本坑井の温度プロファイルデータから伝導・対流熱伝達量の推定を試みる．

本坑井は三原山の西方およそ1 kmのカルデラ内に位置する．坑口標高は547 m，孔底が海抜下453 mである．本坑井は，「後カルデラ及び先カルデラ新期山体」「先カルデラ古期山体」「基盤」という本地域の標準的な層序を貫いている．「先カルデラ新期山体」と「先カルデラ古期山体」との境界は概ね海水準であり，海抜下250 m以深から孔底までが「基盤」に相当する（中田・他, 1999）．

地下水面は海抜36 mに存在し，これより浅部の約500 mでは厚い不飽和層が発達している．温度プロファイルの特徴はこの地下水位の上下で分けられる．日射等の季節変動の影響を受けている地表面付近を除き，深さおよそ50-350 m（海抜約500-200 m）では，16-17℃と一定している．これ以深ではおよそ37℃の地下水面まで温度が徐々に上昇する．この下に凸の温度プロファイルは天水浸透による強い下降流の存在を示唆する．一方，地下水面より深部では約0.28 ℃/mの大きな温度勾配があり，孔底で173.3 ℃に達する．温度勾配は一定ではなく，2つの上に凸のパターンが認められ，それぞれ上昇流の存在を示唆する．これら2つの深度は，「先カルデラ古期山体」及び「基盤」に対応している．

地下深部からの伝導・対流熱伝達の情報を抽出するために，地下水面以下の飽和領域について温度プロファイルデータの解析を行った．ここで，観測された温度勾配は岩相とも相関しているようにも見える．有効熱伝導率の違いが見掛け上の温度プロファイルパターンを形成している可能性もあるため，この影響を補正しなければならない．本坑井では，坑井内重力測定により10m毎の区間密度が推定されていることから，空隙を持たない岩石密度及び孔隙水密度を仮定することにより，空隙率を推定できる．さらに推定された空隙率から，Robertson (1988)による玄武岩質岩石のためのパラメータを用い区間毎の有効熱伝導率を推定し，この影響を補正した．

1次元定常鉛直流を仮定し温度プロファイルから伝導・対流熱伝達の推定を行った．対象深度は「先カルデラ古期山体」のうち火山砕屑岩が卓越する上部及び「基盤」の2区間である．「先カルデラ古期山体」では，ペクレ数が0.91と推定され，伝導伝熱と対流伝熱とがほぼ同等である．伝導，対流熱流束，体積流量の推定値はそれぞれ0.45-0.56 W/$m^2$，0.41-0.51 W/$m^2$，地下水の体積流量は(1.42-1.78)×$10^{-6}$ m/sである．一方，「基盤」においては，ペクレ数が0.31-0.41であり伝導伝熱が卓越する結果が得られた．伝導，対流熱流束，体積流量の推定値はそれぞれ0.32-0.39 W/$m^2$，0.12-0.13 W/$m^2$，地下水の体積流量は(4.71-4.98)×$10^{-7}$ m/sである．

伊豆大島の地殻熱流量については，これまで北西海岸沿いの坑井温度プロファイル，岩石熱伝導率か

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

ら，「基盤」に相当するおいて平均的地殻熱流量の約3倍となる0.2 W/m$^2$の伝導伝熱が推定されいる（Honda et al., 1979）．カルデラ地域の本坑井で推定された「基盤」での伝導伝熱はこの約1.5から2倍に相当し，これに対流の効果が加わっている．仮にこれらの熱流束を100 km$^2$の範囲（～全島スケール）に当てはめると、20-51 MWに相当する．

キーワード：伊豆大島火山、温度プロファイル、熱流束、地下水
Keywords: Izu-Oshima volcano, temperature profile, heat flux, groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 栗駒地域赤倉カルデラの熱水系数値モデル
# Numerical model of the hydrothermal system at the Akakura Caldera in Kurikoma Area

*藤光 康宏[1]、吉岡 大地[2]
*Yasuhiro Fujimitsu[1], Daichi Yoshioka[2]

1. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2. 九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻
1. Department of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, 2. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

赤倉カルデラは栗駒地域南部、山形県最上郡最上町赤倉温泉から宮城県大崎市西部の県境付近に位置する、東北地方の古カルデラのひとつで、約300万年前の大規模火砕流により形成された。本研究は、赤倉カルデラをモデルとして熱水系の発達の数値シミュレーションを行った。数値モデリングでは、カルデラ構造の形成に関わったマグマ溜まり（マグマ1）、逆断層に伴う高透水性の破砕帯と環状割れ目、石英充填不透水層、フラクチャークラウドなどの構造をモデルに反映させ、さらに活動時期が0.8～1.4 Maと推定されている後カルデラ期の火山活動をもたらしたマグマ溜まり（マグマ2）の定置を考慮した。計算期間はマグマ1の定置から現在までの300万年とし、マグマ1の定置から220万年経過後にマグマ2を定置した。マグマ1及びマグマ2の初期温度はどちらも1000 ℃に設定した。またマグマ2の大きさは直径2.5 kmおよび直径3.5 kmの2つの条件について計算を行った。数値モデリングの結果、マグマ2定置から約10万年後までであれば、深度5 kmで超臨界状態の領域が維持されることが示された。本結果より、赤倉カルデラのようなピストンシリンダー型カルデラで、後カルデラ期火山活動が開始してから10万年程度であれば、高温熱水系が発達していることが推測される。

キーワード：熱水系、数値モデリング、カルデラ
Keywords: hydrothermal system, numerical modeling, caldera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

## [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)

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。

[SVC39-P01] 近年の霧島硫黄山の火山活動に伴う湧水の化学組成変化

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

[SVC39-P02] 霧島火山群・硫黄山水蒸気噴火に関連した熱水循環プロセス

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

[SVC39-P03] 火山噴煙中の水蒸気の同位体組成定量：噴煙から噴気ガス水蒸気の同位体組成は推定できるか？

*伊藤 昌稚[1]、角皆 潤[1]、高橋 幸士[2]、中川 書子[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.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)

[SVC39-P04] **Radon measurements at Aso volcano: an experimental automatic radon station operative within the proximal zone of Nakadake**

*Corrado CIGOLINI[1]、Shin Yoshikawa[2]、Tomo Shibata[3]、Marco Laiolo[1]、Diego Coppola[1] (1.Department of Earth Sciences, University of Torino, Italy、2.Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, Japan、3.Institute for Geothermal Sciences, Graduate school of Science, Kyoto University, Japan)

[SVC39-P05] ACTIVE観測結果から見る2014-2016年阿蘇山活動期の地下熱水系の変化

*南 拓人[1]、宇津木 充[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3] (1.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2.京都大学大学院理学研究科火山研究センター、3.阿蘇ジオパーク推進協議会)

[SVC39-P06] 3-D Inversion of Magnetotelluric data from the Aluto-Langano Geothermal Field, Ethiopia

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

[SVC39-P07] Interpretation of Gravity Data to Delineate the Geothermal Reservoir Extent and Assess the Geothermal Resource in the Municipality of Isa, Southern Kyushu, Japan

*CARLOS OSMIN POCASANGRE[1]、Yasuhiro Fujimitsu[1]、Jun Nishijima[1] (1.Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University)

[SVC39-P08] 伊豆大島火山カルデラ内坑井温度プロファイルによる伝導・対流熱伝達の推定

*鬼澤 真也[1] (1.気象研究所　火山研究部　第一研究室)

[SVC39-P09] 栗駒地域赤倉カルデラの熱水系数値モデル

*藤光 康宏[1]、吉岡 大地[2] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻)

# 近年の霧島硫黄山の火山活動に伴う湧水の化学組成変化
# Changes in the chemistry of spring water related to the recent volcanic activity of Mt Iwo-Yama, Kirishima volcanic area

*山本 春香[1]、木川田 喜一[2]、深井 惠、Wei Deng
*Haruka Yamamoto[1], Yoshikazu Kikawada[2], Megumi Fukai, Wei Deng

1. 上智大学大学院理工学研究科、2. 上智大学理工学部
1. Graduated school of Fuculty of Sience and Technology Sophia University, 2. Fuculty of Sience and Technology Sophia University

Mt Iwo-Yama is an active volcano in the Kirishima volcanic area. The west flank of the volcano is known as the Ebino Highland. The volcano erupted in April 2018 for the first time in 250 years. The vents have opened with the phreatic eruptions and then formed boiling muddy pools. In this study, we discuss the current status of the volcanic activity of Mt Iwo-Yama based on the water chemistry of muddy crater lakes and the springs in the Ebino Highland.

We collected the sample water repeatedly from the muddy crater lakes at the summit area (V1) and the west flank (V2). The former one is the vent opened on April 19th, 2018 and the latter one is that opened on April 26th, 2018. In addition, we also collected repeatedly the specific spring water located along the small stream in the Ebino Highland. We labeled the spring water as S1 to S4 in the order of distance from the summit area. The collected water samples were chemically analyzed in our laboratory.

The V1 and V2 water contain extremely high concentrations of chloride and sulfate ions. Those two are very acidic, and the pH of them sometimes show the value lower than unity. These are considered that thermal water is supplied from the geothermal reservoir directly. At this writing, although the estimated temperatures for both reservoirs of V1 and V2 by the quartz geothermometer are over 200 deg-C, the temperature for V2 is a little higher than that of V1.

The fluctuations of Cl/SO4 ratio at S1, S2 and S3 are similar to that of V2. Also, the fluctuation of the ratio at S4, which is most far from the summit among the four, seems to be similar to these with 1- month time lag. From this, it is suggested that these springs in the Ebino Highland are affected by the geothermal activity related to V2. The concentration of dissolved chemical components and water temperature at S1 changed from an increasing trend to decreasing trend in August 2018. Conversely, these at S4 are on an increasing trend since September 2018.

The volcanic activity of Mt Iwo-Yama is remained to be active. Based on the water chemistry, the temperature of the geothermal system seems to be higher in the west flank area, that is the Ebino Highland area, than the summit area. The changes in the water chemistry of the hot springs suggesting the rise of thermal activity in the Ebino Highland have been observed. Further, the new fumaroles were opened in the west flank area since autumn 2018. In conclusion, it is considered that the geothermal activity of Mt Iwo-Yama is expanding from the summit area to the west flank area. This means that the thermal activity in the Ebino Highland area will become more active, and the fumarolic area will expand to the western part of the Ebino highland.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：霧島硫黄山
Keywords: Kirishima Iwo-Yama

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 霧島火山群・硫黄山水蒸気噴火に関連した熱水循環プロセス
# Hydrothermal circulation process related to phreatic eruption of Iwo-Yama at Kirishima volcanoes

*森 啓悟[1]、益田 晴恵[1]、新谷 毅[1]、羽渕 元哉[1]、古谷 宗三[1]、石橋 純一郎[2]、松島 健[2]、大嶋 将吾[3]、井川 怜欧[4]
*Keigo Mori[1], Harue Masuda[1], Tsuyoshi Shintani[1], Motoya Habuchi[1], Syuzou Furuya[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Takeshi Matsushima[2], Syogo Oshima[3], Reo Ikawa[4]

1. 大阪市立大学、2. 九州大学、3. 西日本技術開発株式会社、4. 産業技術総合研究所
1. Osaka City University, 2. Kyushu University, 3. West Japan Engineering Consultants, Inc., 4. AIST

霧島火山群・硫黄山南火口群では，2018年4月19日に水蒸気噴火が発生した以降も活発な噴気活動，噴湯現象が継続している．本報告では，2018年10月12，13日に採水した熱水の分析結果に基づいて，硫黄山水蒸気噴火に関連した地下の熱水循環系を明らかにした．

現地で水温・pH・ORP・ECを，電極を用いて測定した．持ち帰った試料について，$Na^{+}$・$K^{+}$は原子吸光光度法で，$Ca^{2+}$・$Mg^{2+}$は，EDTA滴定で定量した．溶存態のSi・As・$Al^{3+}$・$Mn^{2+}$・$Fe^{2+}$と一部の試料の$Ca^{2+}$・$Mg^{2+}$をICP-MSで分析した．アルカリ度は，中和滴定で分析した．$F^{-}$・$Cl^{-}$・$Br^{-}$・$NO_3^{-}$・$PO_4^{3-}$・$SO_4^{2-}$は，イオンクロマトグラフ（IC）法により定量した．

硫黄山南火口群と西火口群に熱水の噴出が見られた．水温は約70℃～97℃，pHは約1.3～2.1であった．硫黄山北東側湿地帯に谷に沿って複数の低温湧水が見られた．水温は約20℃，pHは2.2～5.2であった．熱水の$Cl^{-}$濃度は約1000～8000ppm，湿地帯の低温湧水は約3～300ppmであった．熱水の$SO_4^{2-}$濃度は，約2000～10000ppmに対し低温湧水は約10～1100ppmだった．すべての水試料で$Cl^{-}$と$SO_4^{2-}$の濃度には正の直線関係があった．また，これらの成分がもっとも高濃度である熱水の水素・酸素安定同位体比は-20‰と-4.0‰であり，高温マグマと反応した成分を多く含んでいた。また，分析した成分濃度はアルカリ度とSiを除き$Cl^{-}$濃度と正の直線関係が得られた．また熱水中のAs濃度は最高で約3000ppbであった．溶存シリカを用いた地質温度計は，$Cl^{-}$濃度が最大であった湯だまりの一つから得られた試料で最高温度の262℃を示した．

以上の結果から，現在の硫黄山地下の熱水系は，深部から上昇する火山性流体（マグマ水と推定）が雨水起源の浅部地下水によって260℃以上の温度で酸化され形成された酸性熱水を高温の一つの端成分として，周囲の地下水をもう一つの端成分とする単純混合によって説明できる．また，水蒸気噴火はさらに高温で酸性熱水が形成される過程で発生したと推定された．

キーワード：地質温度計、酸素・水素安定同位体
Keywords: geothermometer, hydrogen and oxygen isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 火山噴煙中の水蒸気の同位体組成定量：噴煙から噴気ガス水蒸気の同位体組成は推定できるか？

# Determination on the stable isotopic compositions of $H_2O$ in a volcanic plume

*伊藤 昌稚[1]、角皆 潤[1]、高橋 幸士[2]、中川 書子[1]
*Masanori Ito[1], Urumu Tsunogai[1], Koji U Takahashi[2], Fumiko Nakagawa[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 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
1. Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies, 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

火山から放出される揮発性物質（火山ガス）は、その8割以上を水蒸気が占める。この火山ガス中の水蒸気の起源には、マグマそのものの場合（マグマ水）と、山体内部の地下水の場合（天水）があり、両者間で各同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）が大きく異なることが知られている。噴火に伴って大気中に放出され、風下に流下してくる噴煙中の水蒸気の同位体比を定量化することができれば、そこから水蒸気の起源（マグマ水か、天水か）が判別できる。これはその噴火がマグマ噴火か、それとも水蒸気噴火かを判別することに直結するため、火山学的に極めて重要な情報となる。

そこで、本研究では噴気孔にアクセス可能な噴気地帯において噴煙中の水蒸気の同位体比を実測し、噴気孔で直接採取した水蒸気の同位体比と比較して、両者が一致するかどうかを検証した。噴煙試料は現場で真空容器中に大気圧まで採取するグラブサンプリング法を採用した。これを持ち帰って実験室内に構築した測定システムに接続した。接続部を高純度空気でフラッシュした上で容器のバルブを開放し、容器内の大気（噴煙）試料をCavity Ring-Down分光分析システム（CRDS）に圧力差を用いて導入、出力が安定したところで同位体比を測定した。流路上への水蒸気の吸着を最小限に抑制するため、測定システム全体を60 ℃程度に加熱した。付属の蒸発器から同位体比既知の水試料（標準試料）を水蒸気化してCRDSに導入して測定することで、測定値をキャリブレーションした。

箱根火山の大涌谷地熱地帯では、2014年7月, 2015年11月、2018年の7月の計3回の観測を実施した。噴気孔からの距離を変えながら、毎回20試料程度の噴煙試料を真空容器（内容積1000mL程度のガラス製）に採取した。同時に、噴気孔において低温トラップを用いて水蒸気試料（凝縮水）の直接採取も行った。

各観測の噴煙試料間の水蒸気の濃度（逆数）と同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）は明瞭な線形相関を示し（$R^2$は0.9以上）、噴煙試料間の水蒸気の濃度と同位体比が大気と噴気ガスの二種の端成分間の単純混合でほぼ説明できることを示した。各観測の同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）の回帰直線の切片の値として推定された噴気ガスの同位体比は、凝縮水の同位体比（$\delta$Dおよび$\delta^{18}$O）とそれぞれ、誤差内で一致した。今後はドローンなどを用いて噴煙を遠隔から採取することで噴気中の$H_2O$の同位体比を遠隔から推定できることが実証された。

本研究は文部科学省「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」の助成を受け実施されました。ここに記して深く感謝いたします。

キーワード：火山ガス、安定同位体組成、キャビティリングダウン分光分析装置
Keywords: Volcanic gases, Stable isotopic compositions, Cavity Ring-Down Sectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Radon measurements at Aso volcano: an experimental automatic radon station operative within the proximal zone of Nakadake

*Corrado CIGOLINI[1], Shin Yoshikawa[2], Tomo Shibata[3], Marco Laiolo[1], Diego Coppola[1]

1. Department of Earth Sciences, University of Torino, Italy, 2. Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, Japan, 3. Institute for Geothermal Sciences, Graduate school of Science, Kyoto University, Japan

Radon measurements at Aso Volcano first started on May 2015 and persisted until January 2016. They were resumed on August 2017 and they are currently on-going. Radon data have been collected by means of an in-soil automatic station located at about 1.06 km from the active crater (crater 1) together with soil temperatures (measured at the sampling site and 1 m below) and local atmospheric parameters (JMA).
During earlier measurements Aso volcano was affected by a sporadic explosive activity, which marked the ceasing of a Strombolian phase, and was followed by moderate phreatomagmatic events. Radon measurements been compared with ground-based and satellite thermal data, the latter collected by the MIROVA system. Radon concentrations were fluctuating from 300 to about 1100 Bq/$m^3$ during May-July 2015, and they reached a minimum two weeks before the strong degassing that occurred at the beginning of August. On August 8, 2015 the Volcanic Radiative Power (VRP) detected by MIROVA was slightly below 1 MW. Since then there has been an increasing trend in Radon emissions (up to about 900 Bq/$m^3$) that preceded the strong phreatic explosion of September 14. By the end of September, a new increasing trend reached a relative maximum (up to 1900 Bq/$m^3$) one week before the explosion of the 23 of October 2015. Then, radon data persistently fluctuated well above 900 Bq/$m^3$. This time span was accompanied by a general decrease of the detected thermal anomalies which were nearly coeval with the replenishment of the crater lake.
During 2017 radon emissions reached their relative maxima (up to 1380 Bq/m3) during fall-winter, whereas in 2018 the higher peak reaches 1450 Bq/m3 during the early fall (October 3). Several peaks seems to be correlated with the thermal gradient at the measurement site. However, some other peaks appear somehow coeval with some thermal anomalies in the crater area detected by the MIROVA system. Among these the one that occurred on May 15 that touched 1250 Bq/m3 and preceded the drastic increase in temperature of the South wall (up to 715 ˚C, according to JMA data). Two other minor anomalous peaks were recorded on June 13 and July 29, both were well above 800 Bq/m3. A systematic analysis of all radon data shows that radon emissions, in absence of anomalous spikes, are inversely correlated with soil temperatures and that the contribution of atmospheric pressure marginally affect radon emissions. The spectrum of the radon signal shows the existence of both diurnal and semidiurnal peaks, typically observed during continuous radon measurements. Future work should be concentrated in the attempt to better correlate radon emissions with the changes in volcanic activity, including the effects of environmental parameters on the radon signal.

Keywords: Radon , radon signal, radon anomalies/peaks, environmental parameters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ACTIVE観測結果から見る2014-2016年阿蘇山活動期の地下熱水系の変化
# Evolution of the hydrothermal system of Aso volcano during the 2014-2016 eruption period, as inferred by the ACTIVE observations

*南 拓人[1]、宇津木 充[2]、歌田 久司[1]、鍵山 恒臣[3]
*Takuto Minami[1], Mitsuru Utsugi[2], Hisashi Utada[1], Tsuneomi Kagiyama[3]

1. 東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2. 京都大学大学院理学研究科火山研究センター、3. 阿蘇ジオパーク推進協議会
1. Ocean Hemisphere Research Institute, Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothremal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Aso Geopark Promotion Council

Electrical resistivity structures provide important information about hydrothermal systems of volcanos. Previous studies using the magnetotelluric method have revealed shallow resistivity structures associated with conductive cap rocks underlain by hydrothermal reservoirs (e.g. Nurhasan et al. 2006). However, evolution of such a hydrothermal system over volcanic eruptions has never been understood in detail.

We have intermittently conducted observations of an electromagnetic volcano monitoring system, ACTIVE (Utada et al. 2007), in Aso volcano for about half a decade. ACTIVE system consists of transmitter dipoles for controlled-source electric currents and an array of induction-coil receivers for measuring the vertical component of the induced magnetic field dependent on the subsurface resistivity structure. ACTIVE system in Aso volcano recently succeeded in detecting temporal variation in the resistivity structure over the magmatic eruptions that started in November 2014 and ceased in May 2015 (hereafter referred to as the magmatic eruption period (MEP)). In our previous study, three-dimensional inversions for the two sets of ACTIVE responses obtained in August 2014 and August 2015 revealed (1) a broad increase in resistivity ~400 m below the bottom of the first Nakadake crater and (2) a decrease in resistivity ~100 m beneath the western rim of the crater (Minami et al. 2018). Both changes in resistivity presumably originated before MEP because the corresponding variation in the ACTIVE response happened mainly between the two observation campaigns in August 2014 and just after the starting of MEP, say, on November 26, 2015. The decrease of resistivity at shallow level implies presence of a temporal fluid reservoir which appeared prior to MEP and possibly contributed to the phreatomagmatic eruptions in September 2015 and October 2016. We are now analyzing the ACTIVE responses after MEP to resolve evolution of the hydrothermal system of Aso volcano over the active period spanning from November 2014 to October 2016.

In the presentation, we comprehensively discuss evolution of the hydrothermal system of Aso volcano from August 2014 to August 2017, including MEP from August 2014 to May 2015 and the two phreatomagmatic eruption events in September 2015 and in October 2016, by using ACTIVE data sets.

キーワード：阿蘇、火山、ACTIVE、比抵抗、時間変化
Keywords: Aso, volcano, ACTIVE, resistivity, temporal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 3-D Inversion of Magnetotelluric data from the Aluto-Langano Geothermal Field, Ethiopia

*Dejene Bekele[1], Yasuhiro FUJIMITSU[2]

1. Graduate School of Engineering, Department of Cooperative Resources Engineering, Kyushu University, 2. Faculty of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

The Main Ethiopian rift valley hosts a number of geothermal prospected area, which is known to be actively deforming with reoccurring periods of uplift and setting. One of the regions where the prospected area is confirmed by drilling is the Aluto-Langano geothermal area. Aluto area is situated in the Main Ethiopian rift valley system bounded by latitude 7.60˚-7.96˚ N and longitude 38.68˚-38.92˚ E. This field has been studied by the Geological Survey of Ethiopia (GSE) since1980s, and these studies subsequently led to the drilling of 10 exploration wells. This field is currently developed with a Binary power plant of a 7.2 MWe installed capacity. From the results of various regional geoscientific studies in this part of the Ethiopian rift, the area of Aluto-Langano geothermal field was observed to have relatively higher exploitable geothermal potential in Ethiopia. However, more studies are required in order to obtain more information about the subsurface structure and heat source below the Aluto volcanic complex (AVC) and to delineate the parameters of the geothermal reservoir in the area. To address this, Electro Consultant (ELC) and GSE carried out magnetotelluric surveys in the Aluto-Langano geothermal field in 2009 and 2015 respectively. This study combines the two surveys done covering the whole Aluto volcanic complex with a total of 166 MT stations. The MT data was processed and used in the construction of a 3-D MT inversion model, which was then interpreted alongside the available geological information. The dimensionality analysis of MT data was carried out based on the strike and dimensions of the resistivity distribution around the MT sites, by plotting the Phase tensor for each MT site for the frequency range of $10^{4}$ -$10^{-3}$ Hz. Most of the maps of phase tensor exhibit 3-D structures, hence need for 3-D inversion. In order to get 3-D conductivity models of the subsurface, the MT data were inverted in the period range of $10^{-3}$–$10^{4}$s at uniform distributed discrete periods using the ModEM code. The resultant 3-D resistivity model shows a highly conductive zone with a diameter of around 10 km in the center of the Aluto volcanic complex at depths between 800–2500 m. The identified resistivity distribution corresponds very well to the conceptual reservoir model of a high-enthalpy geothermal system with its mushroom shaped zoning comprising a resistive up-flow zone overlain by a conductive clay cap. From well data analysis it is known that the conductive cap at Aluto is related to rock units and therefore, eliciting the origin of the heat source and delineating the subsurface structure in the study area. The 3-D resistivity model images the resistivity structure in the study area hence showing the origin of Aluto heat sources and delineating the location of faults and fracture system. In particular, the cap rock zones of the geothermal reservoir system by studying low resistivity zones at relatively shallow depths are important in selecting future drilling targets.

Keywords: Aluto-Langano, 3-D Inversion, Magnetetolluric, Ethiopia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Interpretation of Gravity Data to Delineate the Geothermal Reservoir Extent and Assess the Geothermal Resource in the Municipality of Isa, Southern Kyushu, Japan

*CARLOS OSMIN POCASANGRE[1], Yasuhiro Fujimitsu[1], Jun Nishijima[1]

1. Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

The municipality of Isa is located in the southern part of Kyushu Island, and it is considered one of the wealthiest places in Japan because one of the most important gold mines is found in this area, Hishikari mine. Additionally, there are many hydrothermal manifestations, e.g., Hishikari, Yunoo, Kawanami, and Kintaro hot springs, which can be exploited by the community as an electric power source. Until now, the geothermal resource has not been used for power generation purpose although Geological Survey of Japan had carried out some preliminary geothermal assessments, which show that the power potential density is between 10 and 20 kW/km$^2$. To calibrate the previous value, first, this study attempts to analyze and interpret the gravity data for delineating the geothermal reservoir boundary and the assessment of geothermal resource. Accordingly, the corresponding researchers conducted 2-D and 3-D gravity modeling in the current research. This modeling is an essential stage of the complete gravity analysis in the region, because the filtering gravity methods, i.e., Horizontal-Derivative and Tilt-Derivative, can quickly detect steep gradients and indicate the location of faults or geological boundaries, however, they cannot estimate geological structure depth and shape. For this purpose, an area of 10 x 10 km was selected and analyzed considering a Bouguer Density of 2.45 g/cm$^3$. The Bouguer Anomaly result shows a high value at the center, which extends 5.61 km$^2$ wide and could represent the probable geothermal resource. According to the Kagoshima geological map, volcanic and sedimentary rocks are the dominant type of rocks in this area. Cretaceous Shimanto group controls the fundamental structure of the deepest element. This arrangement is typically composed of sandstone, shale, acidic tuff with subordinate conglomerates, and their alterations, also Pliocene volcanic rocks and alluvial deposits. Similarly, Kakuto and Okuchi Basin, which are located at east and west respectively, control the region. The 2-D gravity modeling was carried out requiring a density contrast between the two assumed layers, i.e., the basement and the low-density deposit, and thus a value of 0.4 g/cm$^3$ was assigned. Likewise, the horizontal size of the cells was set at 100 m. The profile trending NW- SE shows a significant depression 400 m to 700 m deep located next to Hishikari hot spring. In this way, the hydrothermal fluids might be flowing up to the surface forming altered rocks and hot springs by using a possible geological fault. For a better understanding of the region, the authors also carried out 3-D gravity modeling. The result shows an area which has density values below 2.4 g/cm$^3$ and the zone NE-SW direction that starts at the Uonogoe area and ends at the Yamada area. Besides, a large anomaly located in the central area that has density values above 2.5 g/cm$^3$ is evident. This anomaly represents the hydrothermal alteration zone that hosts the propylitic altered rocks having precious minerals such as gold and silver. Between these evidenced zones, we could infer the location of the geothermal reserve which has an area of 4.06 km$^2$. Integrating past research reports carried out by NEDO, using the Volumetric method with the calculated geothermal reserve area, and a Monte Carlo simulation, we estimated a geothermal power potential of 90 kW (22.5 kW/km$^2$) for 20 years. Nevertheless, this result needs to be corrected by further geoscientific investigations including inversion modelings.

Keywords: Isa region, gravity data, propylitic alteration, hot springs, gravity modeling, geothermal power assessment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 伊豆大島火山カルデラ内坑井温度プロファイルによる伝導・対流熱伝達の推定

# Conductive and convective heat fluxes inferred from temperature profile of a borehole in Izu-Oshima volcano

*鬼澤 真也[1]
*Shin'ya Onizawa[1]

1. 気象研究所　火山研究部　第一研究室
1. Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute, JMA

伊豆大島火山では1998年に東京大学地震研究所によってカルデラ内に1,000 m深の坑井が掘削されている．地下水面以深の温度プロファイルは0.28 ℃/mの大きな地温勾配を示すとともに，上昇流の存在を示唆するパターンが認められており，伊豆大島火山山体中心部の熱・流体移動を推察する上で貴重なデータである．ここでは，本坑井の温度プロファイルデータから伝導・対流熱伝達量の推定を試みる．

本坑井は三原山の西方およそ1 kmのカルデラ内に位置する．坑口標高は547 m，孔底が海抜下453 mである．本坑井は，「後カルデラ及び先カルデラ新期山体」「先カルデラ古期山体」「基盤」という本地域の標準的な層序を貫いている．「先カルデラ新期山体」と「先カルデラ古期山体」との境界は概ね海水準であり，海抜下250 m以深から孔底までが「基盤」に相当する（中田・他, 1999）．

地下水面は海抜36 mに存在し，これより浅部の約500 mでは厚い不飽和層が発達している．温度プロファイルの特徴はこの地下水位の上下で分けられる．日射等の季節変動の影響を受けている地表面付近を除き，深さおよそ50-350 m（海抜約500-200 m）では，16-17℃と一定している．これ以深ではおよそ37℃の地下水面まで温度が徐々に上昇する．この下に凸の温度プロファイルは天水浸透による強い下降流の存在を示唆する．一方，地下水面より深部では約0.28 ℃/mの大きな温度勾配があり，孔底で173.3 ℃に達する．温度勾配は一定ではなく，2つの上に凸のパターンが認められ，それぞれ上昇流の存在を示唆する．これら2つの深度は，「先カルデラ古期山体」及び「基盤」に対応している．

地下深部からの伝導・対流熱伝達の情報を抽出するために，地下水面以下の飽和領域について温度プロファイルデータの解析を行った．ここで，観測された温度勾配は岩相とも相関しているようにも見える．有効熱伝導率の違いが見掛け上の温度プロファイルパターンを形成している可能性もあるため，この影響を補正しなければならない．本坑井では，坑井内重力測定により10m毎の区間密度が推定されていることから，空隙を持たない岩石密度及び孔隙水密度を仮定することにより，空隙率を推定できる．さらに推定された空隙率から，Robertson (1988)による玄武岩質岩石のためのパラメータを用い区間毎の有効熱伝導率を推定し，この影響を補正した．

1次元定常鉛直流を仮定し温度プロファイルから伝導・対流熱伝達の推定を行った．対象深度は「先カルデラ古期山体」のうち火山砕屑岩が卓越する上部及び「基盤」の2区間である．「先カルデラ古期山体」では，ペクレ数が0.91と推定され，伝導伝熱と対流伝熱とがほぼ同等である．伝導，対流熱流束，体積流量の推定値はそれぞれ0.45-0.56 W/$m^2$，0.41-0.51 W/$m^2$，地下水の体積流量は(1.42-1.78)×$10^{-6}$ m/sである．一方，「基盤」においては，ペクレ数が0.31-0.41であり伝導伝熱が卓越する結果が得られた．伝導，対流熱流束，体積流量の推定値はそれぞれ0.32-0.39 W/$m^2$，0.12-0.13 W/$m^2$，地下水の体積流量は(4.71-4.98)×$10^{-7}$ m/sである．

伊豆大島の地殻熱流量については，これまで北西海岸沿いの坑井温度プロファイル，岩石熱伝導率か

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

ら，「基盤」に相当するおいて平均的地殻熱流量の約3倍となる0.2 W/m$^2$の伝導伝熱が推定されいる（Honda et al., 1979）．カルデラ地域の本坑井で推定された「基盤」での伝導伝熱はこの約1.5から2倍に相当し，これに対流の効果が加わっている．仮にこれらの熱流束を100 km$^2$の範囲（～全島スケール）に当てはめると、20-51 MWに相当する．

キーワード：伊豆大島火山、温度プロファイル、熱流束、地下水
Keywords: Izu-Oshima volcano, temperature profile, heat flux, groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 栗駒地域赤倉カルデラの熱水系数値モデル
# Numerical model of the hydrothermal system at the Akakura Caldera in Kurikoma Area

*藤光 康宏[1]、吉岡 大地[2]
*Yasuhiro Fujimitsu[1], Daichi Yoshioka[2]

1. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2. 九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻
1. Department of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, 2. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

赤倉カルデラは栗駒地域南部、山形県最上郡最上町赤倉温泉から宮城県大崎市西部の県境付近に位置する、東北地方の古カルデラのひとつで、約300万年前の大規模火砕流により形成された。本研究は、赤倉カルデラをモデルとして熱水系の発達の数値シミュレーションを行った。数値モデリングでは、カルデラ構造の形成に関わったマグマ溜まり（マグマ1）、逆断層に伴う高透水性の破砕帯と環状割れ目、石英充填不透水層、フラクチャークラウドなどの構造をモデルに反映させ、さらに活動時期が0.8～1.4 Maと推定されている後カルデラ期の火山活動をもたらしたマグマ溜まり（マグマ2）の定置を考慮した。計算期間はマグマ1の定置から現在までの300万年とし、マグマ1の定置から220万年経過後にマグマ2を定置した。マグマ1及びマグマ2の初期温度はどちらも1000 ℃に設定した。またマグマ2の大きさは直径2.5 kmおよび直径3.5 kmの2つの条件について計算を行った。数値モデリングの結果、マグマ2定置から約10万年後までであれば、深度5 kmで超臨界状態の領域が維持されることが示された。本結果より、赤倉カルデラのようなピストンシリンダー型カルデラで、後カルデラ期火山活動が開始してから10万年程度であれば、高温熱水系が発達していることが推測される。

キーワード：熱水系、数値モデリング、カルデラ
Keywords: hydrothermal system, numerical modeling, caldera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

## [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)

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。

[STT45-P01] 気象研究所における干渉SAR対流圏遅延補正プログラムの開発（第2報）

*奥山 哲[1]、安藤 忍[1]、新堀 敏基[1] (1.気象研究所)

[STT45-P02] Mitigation of atmospheric delay in InSAR for fair estimate of crustal deformation at Azumayama volcano

*阿部 華菜[1]、小川 佳子[1]、久田 泰広[1]、出村 裕英[1]、小澤 拓[2]、三浦 哲[3]、日下部 玲[1]、荒井 雄大[1] (1.公立大学法人会津大学、2.防災科学技術研究所、3.東北大学大学院理学研究科)

[STT45-P03] 活火山の噴気地帯の干渉SAR解析結果に認められる特異な変位：箱根火山上湯地区の例

*道家 涼介[1]、板寺 一洋[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[STT45-P04] Detection of Deformation Signals at Mud Volcanoes in Semau Island, Indonesia

*Naufal Setiawan[1]、Masato Furuya[1] (1.Hokkaido University)

[STT45-P05] ALOS-2/PALSAR-2を用いたデブリ氷河の氷河上湖の抽出

杵淵 千香子[2]、*奈良間 千之[1]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[STT45-P06] **ALOS-2/PALSAR-2による尾瀬ヶ原の水位変動の観測**

*岩立 渉[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P07] InSAR時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動2

*安藤 忍[1]、小林 昭夫[1] (1.気象研究所 地震津波研究部)

[STT45-P08] 長野県小谷村におけるパイプ歪計観測データを用いたInSAR解析結果の評価

*清澤 友弥[1]、佐藤 浩[2] (1.日本大学大学院理工学研究科地理学専攻、2.日本大学文理学部)

[STT45-P09] ALOS/PALSARの干渉SARを用いたDEM作成とその精度評価

*高橋 昂也[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P10] 干渉SAR時系列解析による日本全国の地盤変動監視に向けた取り組み

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

# 気象研究所における干渉SAR対流圏遅延補正プログラムの開発（第2報）
# Development of InSAR tropospheric phase delay correction system at MRI (2nd report)

*奥山 哲[1]、安藤 忍[1]、新堀 敏基[1]
*Okuyama Satoshi[1], Shinobu Ando[1], Toshiki Shimbori[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

**はじめに**

SAR差分干渉法は、2枚のSAR画像を用いて、観測間に生じた地表変位の衛星視線方向成分の面的分布を求めるリモートセンシング技術である．しかしながら、その結果にはアンテナーターゲット間に存在する媒質の影響、すなわち電離圏遅延・対流圏遅延が含まれる．このうち対流圏遅延を補正する手法として、遅延誤差を標高の関数として近似する方法が長らく使われてきた（藤原他, 1999）．しかしこの方法は、広範囲な地殻変動の場合には適用することができず、また地形と相関を持つ地殻変動を遅延誤差として誤って補正してしまう恐れがある等の問題がある．これらの問題を解決するため、干渉SARで用いるデータとは独立した数値気象モデルを用いた対流圏遅延補正も複数提案され、その有効性が示されている（例えばHobiger et al., 2008, 小澤・清水, 2010など）．気象研究所は気象庁の開発する各種の気象モデルを利用できる環境を活用して、過去にはJMA-NHMを用いた遅延補正を試み、一定の成果をあげた（安藤他, 2013）．しかし局地大気現象の予報精度を向上させるべく、数値気象モデルも日々改良され高度化が進んでいる．我々はこれら最新の気象庁数値気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムの開発に着手し、日本測地学会第130回講演会においてその予備解析結果を報告した（奥山他, 2018）．予備解析では天頂遅延量の視線方向投影を用いて補正を行ったが、今回、視線方向の遅延量を直接計算する手法を確立したので報告する．

**データと方法**

気象データはNuSDaS形式のモデル面解析値を用い、各種モデルを切替えられるよう、可能な限り入力データに依存しないシステムとする．システムは1) 気象データを補間し、SARによる観測時刻の気象データを作成する部分、2) 気象データから各格子点での屈折率を計算する部分および3) 屈折率を積分し、干渉SAR画像の各点について対流圏遅延を計算する部分からなる．このうち、2)は各モデルによって記録されているパラメタが異なるため（局地解析では気圧が記録されているが、過去のメソ解析では無次元気圧であるなど）、モデル毎にプログラムを使い分ける必要がある．屈折率の計算は小澤・清水（2010）による式を用いた．

**予備解析との差異**

パス125/フレーム660のPALSAR-2データ（2015年1月4日－2015年8月16日）を補正対象、気象庁メソ解析値を気象データとし、天頂遅延量の視線方向投影を用いて補正した場合（A）と、視線方向の遅延量を直接計算した場合（B）を比較した．上で述べたように遅延誤差は標高と相関をもつため、補正後の干渉画像において標高と位相の相関係数を計算した所、A：-0.097・B：-0.047と改善が見られた．なお補正前の干渉画像における標高と位相の相関係数は-0.431である．

（A）と（B）の差分画像は地形に相関をもつが、その比例係数は空間的に変化する．これは（A）が直上の遅延量分布を参照するのに対して（B）はよりニアレンジ側の遅延量分布を参照するためであり、遅延量分布の水平不均質が原因である．（A）と（B）の差の最大値は-2.1rad.であった．

**今後の展望**

局地解析値・全球解析値等、他モデルへの対応を進める．その上で屈折率の計算式や補間アルゴリズムの差を比較検証する予定である．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

**謝辞**

本研究で用いたPALSAR-2データはPIXELにおいて共有しているものであり、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．PALSAR-2データの所有権はJAXAにある．本研究の一部は、東京大学地震研究所特定共同研究（B）（2018-B-02）で行われた．

キーワード：干渉SAR、大気遅延、気象モデル
Keywords: SAR interferometry, atmospheric delay, numerical weather model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Mitigation of atmospheric delay in InSAR for fair estimate of crustal deformation at Azumayama volcano

*阿部 華菜[1]、小川 佳子[1]、久田 泰広[1]、出村 裕英[1]、小澤 拓[2]、三浦 哲[3]、日下部 玲[1]、荒井 雄大[1]
*Kana Abe[1], Yoshiko Ogawa[1], Yasuhiro Hisada[1], Hirohide Demura[1], Taku Ozawa[2], Satoshi Miura[3], Akira Kusakabe[1], Takehiro Arai[1]

1. 公立大学法人会津大学、2. 防災科学技術研究所、3. 東北大学大学院理学研究科
1. The University of Aizu, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Graduate School of Science, Tohoku University

Azumayama volcano is one of the five active volcanoes in Fukushima prefecture which is now issued volcanic alert level 2. Since 2014 winter, the volcano had/has been issued the level 1 and 2 repeatedly according to the situation. It is the most active volcano in the Fukushima pref. We have been working to clarify time-series of crustal deformation at Azumayama volcano.

Abe et al. [2017, JpGU] conducted InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) analysis using ALOS2 (Advanced Land Observing Satellite 2)/PALSAR2 (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar-2) data and estimated crustal deformation around Azumayama volcano . However, some of the results showed subsidence at the west of Azumayama which would be due to atmospheric delay and ionospheric delay.

In this study, we attempted to correct atmospheric delay and ionospheric delay in InSAR analysis using three numerical weather models: MSM (MesoScale Model), LFM (Local Forecast model) and WRF (Weather Research and Forecasting). WRF is created by using MSM data to improve resolution of time. Then we tried to estimate the amount of crustal deformation more precisely from 2014 fall to 2017 fall after applying atmospheric correction. Eight of the ALOS2/PALSAR2 data were used for the InSAR analysis. We evaluated the InSAR results after performing each atmospheric correction based on each numerical model and compare them quantitatively and select suitable weather model among the three.

Artifacts and false fringe in InSAR results seem to be reduced. Comparing InSAR analysis results with the value of GNSS (Global Navigation Satellite System) analysis at ground stations, correction by LFM and WRF showed similar trend better than that by MSM. Numerical weather models with higher resolutions seem effective in correcting atmospheric delay in InSAR. Uplift and subsidence at the Oana crater and subsidence in the western part of Azumayama were detected during 2014 fall - 2015 summer and 2015 summer - 2015 fall, respectively, which reflect actual deformation.

キーワード：吾妻山、地殻変動、火山、合成開口レーダー、数値気象モデル
Keywords: Azumayama, crustal deformation, volcano, SAR, numerical weather model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 活火山の噴気地帯の干渉SAR解析結果に認められる特異な変位：箱根火山上湯地区の例

# Unusual displacement observed in InSAR analysis results of fumarolic area of active volcanos: An example of the Kamiyu district in Hakone Volcano

*道家 涼介[1]、板寺 一洋[1]
*Ryosuke Doke[1], Kazuhiro Itadera[1]

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

本発表では，箱根火山の上湯地区の噴気域（上湯噴気）を対象としたALOS-2/PALSAR-2データの干渉SAR解析結果に認められた変位の特徴および原因について報告する．

上湯噴気は，箱根火山中央火口丘北側の斜面に位置する噴気域で，2015年に水蒸気噴火を起こした大涌谷の火口付近から北に約500mの地点に位置する．上湯噴気は，2001年に箱根火山で活発な地震活動が発生したのち，2003年頃に新たに確認された噴気域である（辻内ほか，2003）．その内，現在最も活発な噴気活動が認められるE領域と呼ばれる噴気地帯は，2011年の東北地方太平洋沖地震の際に箱根火山において群発地震活動が誘発された後（Yukutake et al., 2011），活発化が認められた噴気地帯である（原田ほか，2012）．E領域の大きさは，南北約200m，東西約150mである．また，このE領域の放熱量は，7～8MWと推定されている（Mannen et al., 2018）．

箱根火山を対象としたALOS-2/PALSAR-2による観測は，主に4つの軌道で繰り返し実施されており，各軌道とも概ね数ヶ月に一回の頻度で実施されている．2014年10月以降，2018年末時点において，南行軌道・右観測のPath18で22シーン，Path19で15シーン，北行軌道・右観測のPath125，126でそれぞれ11シーンずつのデータが得られている．本研究では，これらのデータ全てについて直近の干渉ペアとの間で差分干渉解析を実施し，上湯E噴気における地表面の変位を明らかにした．

噴気地の外側の任意の地点を不動と仮定し，上湯噴気の変位を推定したところ，E領域において，東側上空からの観測（Path18，19）では，約4年間で3～5cm程度衛星に近づく変位が認められた．また，西側上空からの観測（Path 125，126）では，同期間で10～13cm程度衛星から遠ざかる変位が認められた．このことから，長期的には，E領域が北東方向に定常的に変位していることが示唆され，それはE領域の傾斜方向とも合致することから，地すべり性の変位が生じているものと言える．

一方，東側上空から観測されたPath18，19の解析結果では，夏季に衛星に近づき，冬季には衛星から遠ざかる年周変化が認められる．西側上空から観測されたPath125，126ではこのような年周変化は認められないが，そもそもこれらのPathでは夏季の観測が少なく，実際の年周変化の有無は判断できない．この年周変化の原因については，地上付近の水蒸気量が噴気地外では季節変化するのに対し，噴気地内では年間を通してほぼ飽和状態にあると考えられることから，そのコントラストが夏季と冬季とで異なることが影響している可能性が挙げられる．加えて，噴気地は裸地に近い状態のため周囲の森林よりも表面散乱が卓越することから，夏季と冬季における土壌水分量の差も影響している可能性も考えられる．その他にものいくつかの要因が考えられるが，今後検討を進め，噴気地帯における地すべり運動を正確に評価することに加え，噴気そのものの活動評価にも繋げていく予定である．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

本研究で使用したALOS-2/PALSAR-2データは，火山噴火予知連絡会衛星解析グループを通してJAXAよりご提供頂きました．原初データの所有権はJAXAにあります．ここに記して感謝します．

キーワード：干渉SAR、活火山、噴気地帯、箱根火山
Keywords: InSAR, active volcano, fumarolic area, Hakone Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Detection of Deformation Signals at Mud Volcanoes in Semau Island, Indonesia

*Naufal Setiawan[1], Masato Furuya[1]

1. Hokkaido University

Mud volcanoes are associated with fluid and solid material vertical extrusion from its source layer (mud reservoir). The size and shape of the mud volcanoes throughout the world are diverse. Furthermore, the reason behind this event is difference in each region but predominantly occurred at convergent plate margins. To date, the most mud extrusion known is in the Mediterranian Sea and Tethyan belt (including Azerbaijan, south Greece, Iran, and Turkmenistan).

Semau Island, located in Timor area of Indonesia, is one of the islands where the northern margin of Australian continental plate meets Banda sea plate. Previous geologic map identified Semau island hosted six mud volcanoes with no description in its size [Barber, et al. 1986], and some of them erupt only mud, whereas others produce mud with an admixture of liquid hydrocarbons [Kholodov. 2002].

In order to detect any possible deformation signals in the mud volcanoes in this region, we applied InSAR method. Twenty four (24) ascending images and ten (10) descending images of ALOS/PALSAR data spanning from 2006 to 2011 were acquired. Because our research area is not covered by single observation image, we concatenate the consecutive frame number. To enhance the processing step in GAMMA software, the oceanic areas and some part of other islands that not our interest were cropped to focus on Semau Island. Interferograms of ALOS/PALSAR dataset were consist of eleven (11) ascending pairs and four (4) descending pairs. Then, using AW3D30 DEM data we tried to remove topographic fringe. During the processing, images were multi-looked in range and azimuth by 2 and 6 respectively. While the oversampling in the azimuth direction can be avoided due to the effect of azimuth slope is limited, range oversampling by a factor of two is needed for good quality of interferogram. This procedure is to avoid uncorrelated contributions that arise in the spectral cross-correlation from interferogram generation. Finally, we applied low order polynomial to mitigate the effects of long wavelength phase trends in our interferograms.

The deformation signal is hardly detected in the majority of the data pairs, due to the unwrapping errors in some pairs and also probably due to the small size of mud volcanoes. Despite low coherence in the possible mud extrusion source, in two image pairs, we detected the possible signal from the mud volcano area that is identical to the location described from the previous geologic map. However, since the geologic map from the previous study was derived from aerial photograph interpretation and the signal detection is in slope area, further research is needed to confirm if it is related to active mud volcanism or simply a landslide signal.

Keywords: Mud volcanoes, InSAR, Landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS-2/PALSAR-2を用いたデブリ氷河の氷河上湖の抽出
# Extraction of supraglacial lakes on debris-covered glacier using ALOS-2/PALSAR-2

杵淵 千香子[2]、*奈良間 千之[1]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4]
Chikako Kinefuchi[2], *Chiyuki Narama[1], Tsutomu Yamanokuchi[3], Takeo Tadono[4]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然科学研究科、3. リモート・センシング技術センター、4. 宇宙航空研究開発機構
1. Niigata University, Program of Field Research in the Environmental Sciences, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. RESTEC, 4. JAXA

ヒマラヤ東部地域（ネパール東部とブータン）では，近年，巨大な氷河湖を持たないデブリ氷河（岩屑に覆われた巨大な谷氷河）からの出水による大規模な洪水が生じ，下流域の住民の脅威になっている．これら洪水は，デブリ氷河上に発達する小規模な氷河上湖や氷河内水路に貯まった水が氷河内水路の開放により出水が生じたと考えられている（Komori et al., 2012; Miles et al., 2018）．衛星画像によるモニタリング手法で急激な氷河上湖の拡大を監視できればよいが，夏季のヒマラヤ地域はモンスーンの雲で覆われているため，光学衛星の可視画像を用いた監視は難しい．雲を透過して地上の湖面データを取得できる衛星データとしてマイクロ波データがある．ヒマラヤ地域では夏季に毎月1回データが取得されており，モンスーン期の氷河上湖をモニタリングに適している．しかし，デブリ氷河の氷河上湖の後方散乱係数は，氷河表面の起伏の影響で値が一様でなく，氷壁や陥没している地形でも後方散乱が小さくなるなど問題がある．そこで，本研究では，ALOS-2/PALSAR-2のマイクロ波データを用いて，デブリ氷河上の後方散乱係数に影響を及ぼす要因を除外し，デブリ氷河の氷河上湖を抽出した．

ゴジュンバ氷河で同時期に撮影されたSentinel-2とALOS-2 /PALSAR-2から抽出した氷河上湖の比較をおこなった結果，起伏量の小さいA区間と起伏量の大きいB～F区間で氷河上湖の後方散乱係数が異なっていた．末端部の氷河上湖の後方散乱係数は小さいが，中流部では値にばらつきがみられた．A区間には大規模な湖が発達し，起伏量の大きいB～F区間には小規模な湖が多数発達しており，数と面積の抽出の割合は末端で高い結果であった．

キーワード：氷河上湖、デブリ氷河、ALOS-2/PALSAR-2、起伏量
Keywords: supraglacial lake, debris-covered glacier, ALOS-2/PALSAR-2, relief amount

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS-2/PALSAR-2による尾瀬ヶ原の水位変動の観測
# Observation of the water level fluctuation at Ozegahara by ALOS-2/PALSAR-2

*岩立 渉[1]、島田 政信[1]
*Wataru Iwatate[1], Masanobu Shimada[1]

1. 東京電機大学
1. Tokyo Denki University

干渉SARは、地表の対象物からのレーダー反射波の強度に加えて、反射波の位相を得ることができる。この位相にはアンテナから地表までの距離の情報が含まれており、アンテナと地表の間の距離（実際には往復するため2倍）を電波の波長で割ったときの端数が求められる。ただしこのままでは、整数分まで含んだ波数の全体ではなく端数分しか解らないため、地表の同一の場所に対して2回のSAR観測を実施する。それらを干渉させて差をとることによりわずかな距離差の情報を利用することが可能になる。通常のレーダー技術のみで距離を測定する場合、その精度が数m程度なのに対し、干渉SARではcmレベルでの測定が可能である。この干渉SAR技術を使うと地震や火山噴火に伴う地球表面の変動を目で見える形でとらえることができる。これは人工衛星から照射されたマイクロ波が地表面に反射され衛星に返ってくることが前提である。川や海、湖といった水面では波により常に動いているため、反射面が一定ではない場所での測定は困難となる。しかし、水面から草や葦が生えている湿地帯などでは、水面に反射されたレーダーが草や葦にもう一度反射し衛星に返ってくる可能性がある。

そこで本研究では、水面でも観測できる可能性を検証することを研究課題として定めた。対象地は湿地帯で、中でも本州最大規模の尾瀬ヶ原を研究対象にした。この尾瀬ヶ原は尾瀬国立公園内にあり、福島県及び栃木県、群馬県新潟県の県境に位置し、2,000m級の山岳地帯から構成されている。観測データはJAXAのだいち２号（ALOS2）に搭載されたPALSAR-２の2014年9月から2018年5月の期間を用いて研究を行った。尾瀬ヶ原は水位が低下していると言われているため、干渉SAR技術を用いて得られた数値が低下を表していれば水面でも観測できる可能性を検証できたと考えられる。実際に平均で約-6.6cmの数値を得た。その他降水量などの比較も行い、水位低下を図ることができたことから湿地帯での水位観測が可能であると示すことができた。

今後の発展としては、可能性から精度という面で検証を行っていくことが考えられる。その方法として、現地でのGPS設置や水位標による観測が挙げられる。

キーワード：干渉SAR、ALOS-2、PALSAR-2
Keywords: Interferometry, ALOS-2, PALSAR-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# InSAR時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動2

# The steady crustal deformation around the Omaezaki, Sionomisaki, Muroto and Ashizuri, using InSAR time-series analysis 2

*安藤 忍[1]、小林 昭夫[1]
*Shinobu Ando[1], Akio Kobayashi[1]

1. 気象研究所 地震津波研究部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute

気象研究所では、プレート境界におけるスロースリップ、プレスリップなど固着状態の変化を検出するための手法の高度化の手段として、衛星SARデータを用いた面的な地殻変動検出に取り組んでいる。特に、近い将来の発生が懸念されている南海トラフの大規模地震に着目し、プレートの沈み込み域に近く固着状態の変化を受けやすい東海から四国にかけての岬付近を対象として解析を行った。

筆者らはALOS/PALSAR（運用期間：2006年から2011年）データを使った時系列解析により、岬付近の定常的な変動速度を計算し、同期間のGNSSデータと概ね相関が得られることを確認した（安藤ほか, 2018）。本報告では、その後ALOS−2/PALSAR−2（運用期間：2014年～）のアーカイブデータが蓄積されてきたことから、これらのデータについて時系列解析を行い、岬付近の定常的な地殻変動の検出を試みた。なお、今回の解析には、予めRINC（Ozawa et al., 2016）用いて各ペアの干渉画像を作成し、その後にGIAnT (Agram et al., 2011)を用いたSBAS法による時系列解析を行った。

解析に使用した各地域のデータは以下のとおりで、アーカイブの存在する全データ使用を原則としたが、得られた解析結果をチェックした上で明らかにエラーと考えるデータについては除外し、再計算を行った。

御前崎：パス19(18シーン) およびパス126(11シーン)、

潮岬　：パス20(16シーン) およびパス128(11シーン)、

室戸岬：パス21(14シーン) およびパス128(10シーン)、

足摺岬：パス22(14シーン) およびパス129(10シーン)。

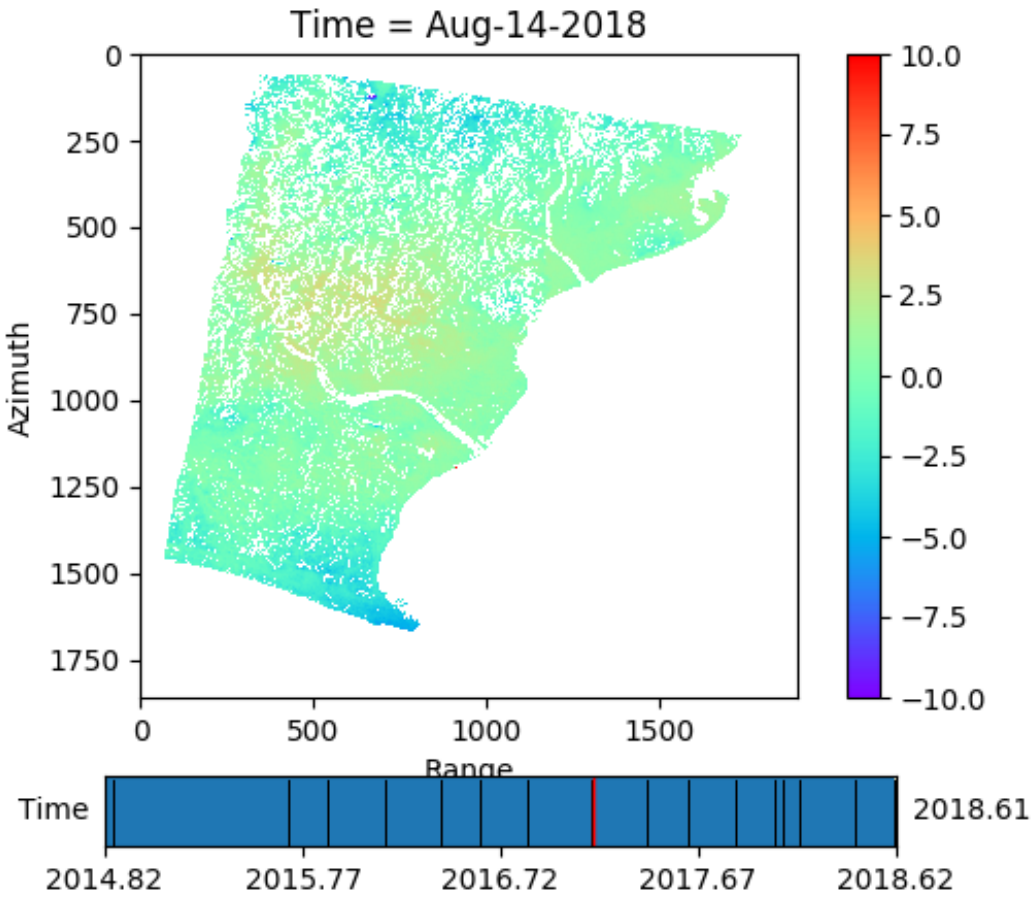
御前崎における累積変位の結果を図１に示す。

これによれば、岬周辺で衛星視線方向伸長、内陸で短縮の変位を検出した。これらの変位分布の傾向はALOS/PALSARのパターンと似た結果が得られた。発表では、解析エリア内のGNSS観測結果との比較についても報告する予定である。

本解析で用いたPALSAR-2データは，ALOS-2/RA-6を通じて提供されたものを使用した。PALSAR−2に関する原初データの所有権はJAXAにある．なお，干渉画像の処理過程においては，国土地理院発行の10mメッシュ（標高）を元にしたDEHMを使用し，地図の描画にはGMTを用いた．関係者各位におかれては，ここに記してお礼申し上げる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：ALOS-2/PALSAR-2、干渉SAR時系列解析、地殻変動、南海トラフ
Keywords: ALOS-2/PALSAR-2, TS−InSAR, crustal deformation, Nankai-Trough




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 長野県小谷村におけるパイプ歪計観測データを用いたInSAR解析結果の評価

# Evaluation of InSAR analysis result using pipe strain gauge data in Otari village, Nagano prefecture, Japan

*清澤 友弥[1]、佐藤 浩[2]
*Tomoya Kiyosawa[1], Hiroshi, P. Sato[2]

1. 日本大学大学院理工学研究科地理学専攻、2. 日本大学文理学部
1. Department of Geography, Graduate School of Science and Technology, Nihon University , 2. College of Humanities and Science, Nihon University

長野県小谷村を対象に、時系列のPALSAR-2データ（観測期間：2014年9月から2018年3月）を使用したInSAR画像を作成し、地すべり性地表変動の検出を試みた。50シーンを超えるInSAR画像を生成したが、その中で干渉性が高く、地すべり性地表変動の検出に利用できたのは4つの画像に過ぎなかった。すなわち、神城断層地震（平成26年11月22日、M6.7）の発生時の画像１つと発生後の画像３つである。画像判読の結果から、小谷村の阿原地区で、地震時と地震後に衛星視線方向に最大でそれぞれ約4.5㎝と約2.5 cm西へ移動する変動が検出された

阿原地区では長野県の地すべり対策事業によりパイプ歪計が設置されている。そこで、歪計のデータを使って画像から検出された変動を評価した。その結果、地表面から深度9mにあるすべり面で、地震時には西向きの変位を示唆する13μSTのひずみが観測された。経験的に、概ね20000μST（地中の変位量で2～3 cm）を超えると計測用電気ケーブルが断線するといわれている。つまり、13μSTは約0.0013 cmの変位に相当すると考えられる。このことから、歪計のデータによって、画像で検出された変動の発生自体が実証されるとともに変動の向きが調和的であった。ただし、画像で検出した変動量のほうが、歪計から計算された変動量よりも、2000倍大きいことがわかった。

地震後は、画像の観測期間が歪計の計測期間と一致していなかったので、地すべり性地表変動は移動土塊内で一様な速度で進行すると仮定し、日平均の変動速度で両者を比較した。画像で検出した変動速度は0.025-0.064cm/dayと計算され、ひずみ量58μSTからは変動速度が0.000083 cm/dayと計算された。画像で検出された変動速度のほうが、歪計から計算された変動速度よりも300～780倍速いことが分かった。この違いは、InSARはLoSに沿った変位を示し、歪計は、地中の変位を示すことに依存すると考えられる。また、地震後よりも地震時のほうが、両者の違いが大きい理由は、地震時の変動が地すべり性地表変動だけでなく地震の地殻変動を含んでいるためと考えられる。

キーワード：PALSAR-2、地すべり、InSAR
Keywords: PALSAR-2, Landslide, InSAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS/PALSARの干渉SARを用いたDEM作成とその精度評価
# DEM creation using ALOS / PALSAR interferometric SAR and its accuracy evaluation.

*高橋 昂也[1]、島田 政信[1]
*takahashi koya[1], Masanobu Shimada[1]

1. 東京電機大学
1. tokyo denki university

数値標高モデル(Digital Elevation　Model: DEM）は、地表面の地形をデジタル表現したもので、地表面を等間隔の正方形に区切り、正方形の中心点の標高を持たせたデータである。一般的に、植生や建築物、橋などを含めない地球の表面を表現する。DEMは地理情報システムで使われることが多く、コンピュータ上で立体地図を作成する際の基礎データとして使われる。

DEMの作成方法は数種類あり、複数方向から観測した光学写真を組み合わせた視差計測、合成開口レーダの干渉処理、航空機に搭載したレーザを用いて高さを求める航空レーザ測量などあるが、本研究では合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar: SAR）によるDEM作成を行い、関連する誤差について研究する。ALOSに搭載された合成開口レーダを用いてDEMを作成し、国土地理院のDEMと比較する。誤差を計測し、理論値との差を算出して、その有効性などを評価した。

結果として鳩山町比企郡（森林、住宅地、田畑）を対象としてSARによるDEM作成を行ったところ、理論値との差が数センチから数十メートル生じたが、誤差の平均は9.94ｍであったため、本研究を通して、SARによるDEM作成は実用性が十分に見られると考える。

キーワード：SAR、数値標高モデル（DEM)
Keywords: SAR, Digital Elevation Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 干渉SAR時系列解析による日本全国の地盤変動監視に向けた取り組み
# Approach to monitoring ground deformation using InSAR time series analysis all over Japan

*林 京之介[1]、山下 達也[1]、桑原 將旗[1]、本田 昌樹[1]、酒井 和紀[1]、宗包 浩志[1]、小林 知勝[1]
*Kyonosuke Hayahsi[1], Tatsuya Yamashita[1], Masaki Kuwahara[1], Masaki Honda[1], Kazuki Sakai[1], Hiroshi Munekane[1], Tomokazu Kobayashi[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

国土地理院では、陸域観測技術衛星「だいち2号（ALOS-2）」のデータを使用した2パス法によるSAR干渉解析を実施し、日本全国の地盤変動を監視している。2パス法とは、2回の観測で得られたレーダー画像に対して干渉処理を行い、衛星軌道データから求めた軌道縞と数値標高データ（DEM）から求めた地形縞を除去することで、2回の観測の間で発生した地盤変動を抽出する手法である。2パス法によるSAR干渉解析では、対流圏擾乱、電離圏擾乱、地表面の散乱状態の変化（植生など）による誤差が含まれることがあり、誤差よりも小さい微小な地盤変動を検出する妨げとなっている。対流圏擾乱及び電離圏擾乱については、それぞれ数値気象データを用いた波線追跡法（小林ほか2014）、Split-Spectrum法（Gomba et al., 2016）によって低減可能であるが、2回の観測の間で生じた変動量が数cm以下の変動を検出することは困難である。

近年では、2パス法に代わり複数枚の画像を統計的に処理することによって計測精度を高める干渉SAR時系列解析が実施されている。干渉SAR時系列解析の代表的な手法として、PSI法（Ferretti et al., 2001）とSBAS法（Berardino et al., 2002）が挙げられる。国土地理院では、地盤変動の時間的推移を高精度かつ高分解能で検出することを目的として、PSI法及びSBAS法による干渉SAR時系列解析システム（以下「GSITSA」という。）を開発した（小林ほか、2018）。小林ほか（2018）では、地盤沈下を対象としたSBAS法による干渉SAR時系列解析の結果と該当地域の水準測量のデータを比較し、干渉SAR時系列解析が年間約1cm以下の変動も検出可能であることを示している。干渉SAR時系列解析の変動検出能力は、2パス法よりも優れており、日本全国を対象とした高精度な地盤変動監視を実施する有用な手法になる。特に2020年度打ち上げ予定である先進レーダ衛星（ALOS-4）では観測頻度が5倍に向上し、これらのデータを活用することで、より高精度な地盤変動の検出が可能になると期待される。

こうした背景の下、我々は干渉SAR時系列解析を今後の地盤変動監視に組み込むことを目的とし、GSITSAを用いてPSI法とSBAS法の特性を調査した。本検証では地盤沈下地域として越後平野、津軽平野、火山変動地域として霧島山（硫黄山）、有珠山をそれぞれ対象事例とし、干渉SAR時系列解析を実施した。干渉SAR時系列解析では、2パス法で変動が検出された地域においては同様の変動が検出され、2パス法で検出できなかった年間約1cmの変動も数箇所検出することができた。

本発表では、PSI法とSBAS法の比較結果を紹介し、空間スケールや植生に応じた最適な解析戦略についても議論する予定である。

＊謝辞
本研究で用いたALOS-2データは，火山噴火予知連絡会衛星解析グループ（火山WG）を通じて，（国研）宇宙航空研究開発機構（JAXA）から提供を受けました．原初データの所有権はJAXAにあります．

キーワード：だいち２号(ALOS-2)、SAR、火山活動、地盤変動
Keywords: "DAICHI-2"(ALOS-2), SAR, Volcanic activity, Ground deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

## [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)

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。

[STT45-P01] 気象研究所における干渉SAR対流圏遅延補正プログラムの開発（第2報）

*奥山 哲[1]、安藤 忍[1]、新堀 敏基[1] (1.気象研究所)

[STT45-P02] Mitigation of atmospheric delay in InSAR for fair estimate of crustal deformation at Azumayama volcano

*阿部 華菜[1]、小川 佳子[1]、久田 泰広[1]、出村 裕英[1]、小澤 拓[2]、三浦 哲[3]、日下部 玲[1]、荒井 雄大[1] (1.公立大学法人会津大学、2.防災科学技術研究所、3.東北大学大学院理学研究科)

[STT45-P03] 活火山の噴気地帯の干渉SAR解析結果に認められる特異な変位：箱根火山上湯地区の例

*道家 涼介[1]、板寺 一洋[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[STT45-P04] Detection of Deformation Signals at Mud Volcanoes in Semau Island, Indonesia

*Naufal Setiawan[1]、Masato Furuya[1] (1.Hokkaido University)

[STT45-P05] ALOS-2/PALSAR-2を用いたデブリ氷河の氷河上湖の抽出

杵淵 千香子[2]、*奈良間 千之[1]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[STT45-P06] **ALOS-2/PALSAR-2による尾瀬ヶ原の水位変動の観測**

*岩立 渉[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P07] InSAR時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動2

*安藤 忍[1]、小林 昭夫[1] (1.気象研究所 地震津波研究部)

[STT45-P08] 長野県小谷村におけるパイプ歪計観測データを用いたInSAR解析結果の評価

*清澤 友弥[1]、佐藤 浩[2] (1.日本大学大学院理工学研究科地理学専攻、2.日本大学文理学部)

[STT45-P09] ALOS/PALSARの干渉SARを用いたDEM作成とその精度評価

*高橋 昂也[1]、島田 政信[1] (1.東京電機大学)

[STT45-P10] 干渉SAR時系列解析による日本全国の地盤変動監視に向けた取り組み

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

# 気象研究所における干渉SAR対流圏遅延補正プログラムの開発（第2報）
# Development of InSAR tropospheric phase delay correction system at MRI (2nd report)

*奥山 哲[1]、安藤 忍[1]、新堀 敏基[1]
*Okuyama Satoshi[1], Shinobu Ando[1], Toshiki Shimbori[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

**はじめに**

SAR差分干渉法は、2枚のSAR画像を用いて、観測間に生じた地表変位の衛星視線方向成分の面的分布を求めるリモートセンシング技術である．しかしながら、その結果にはアンテナーターゲット間に存在する媒質の影響、すなわち電離圏遅延・対流圏遅延が含まれる．このうち対流圏遅延を補正する手法として、遅延誤差を標高の関数として近似する方法が長らく使われてきた（藤原他, 1999）．しかしこの方法は、広範囲な地殻変動の場合には適用することができず、また地形と相関を持つ地殻変動を遅延誤差として誤って補正してしまう恐れがある等の問題がある．これらの問題を解決するため、干渉SARで用いるデータとは独立した数値気象モデルを用いた対流圏遅延補正も複数提案され、その有効性が示されている（例えばHobiger et al., 2008, 小澤・清水, 2010など）．気象研究所は気象庁の開発する各種の気象モデルを利用できる環境を活用して、過去にはJMA-NHMを用いた遅延補正を試み、一定の成果をあげた（安藤他, 2013）．しかし局地大気現象の予報精度を向上させるべく、数値気象モデルも日々改良され高度化が進んでいる．我々はこれら最新の気象庁数値気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムの開発に着手し、日本測地学会第130回講演会においてその予備解析結果を報告した（奥山他, 2018）．予備解析では天頂遅延量の視線方向投影を用いて補正を行ったが、今回、視線方向の遅延量を直接計算する手法を確立したので報告する．

**データと方法**

気象データはNuSDaS形式のモデル面解析値を用い、各種モデルを切替えられるよう、可能な限り入力データに依存しないシステムとする．システムは1) 気象データを補間し、SARによる観測時刻の気象データを作成する部分、2) 気象データから各格子点での屈折率を計算する部分および3) 屈折率を積分し、干渉SAR画像の各点について対流圏遅延を計算する部分からなる．このうち、2)は各モデルによって記録されているパラメタが異なるため（局地解析では気圧が記録されているが、過去のメソ解析では無次元気圧であるなど）、モデル毎にプログラムを使い分ける必要がある．屈折率の計算は小澤・清水（2010）による式を用いた．

**予備解析との差異**

パス125/フレーム660のPALSAR-2データ（2015年1月4日－2015年8月16日）を補正対象、気象庁メソ解析値を気象データとし、天頂遅延量の視線方向投影を用いて補正した場合（A）と、視線方向の遅延量を直接計算した場合（B）を比較した．上で述べたように遅延誤差は標高と相関をもつため、補正後の干渉画像において標高と位相の相関係数を計算した所、A：-0.097・B：-0.047と改善が見られた．なお補正前の干渉画像における標高と位相の相関係数は-0.431である．

（A）と（B）の差分画像は地形に相関をもつが、その比例係数は空間的に変化する．これは（A）が直上の遅延量分布を参照するのに対して（B）はよりニアレンジ側の遅延量分布を参照するためであり、遅延量分布の水平不均質が原因である．（A）と（B）の差の最大値は-2.1rad.であった．

**今後の展望**

局地解析値・全球解析値等、他モデルへの対応を進める．その上で屈折率の計算式や補間アルゴリズムの差を比較検証する予定である．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

**謝辞**

本研究で用いたPALSAR-2データはPIXELにおいて共有しているものであり、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．PALSAR-2データの所有権はJAXAにある．本研究の一部は、東京大学地震研究所特定共同研究（B）（2018-B-02）で行われた．

キーワード：干渉SAR、大気遅延、気象モデル
Keywords: SAR interferometry, atmospheric delay, numerical weather model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Mitigation of atmospheric delay in InSAR for fair estimate of crustal deformation at Azumayama volcano

*阿部 華菜[1]、小川 佳子[1]、久田 泰広[1]、出村 裕英[1]、小澤 拓[2]、三浦 哲[3]、日下部 玲[1]、荒井 雄大[1]
*Kana Abe[1], Yoshiko Ogawa[1], Yasuhiro Hisada[1], Hirohide Demura[1], Taku Ozawa[2], Satoshi Miura[3], Akira Kusakabe[1], Takehiro Arai[1]

1. 公立大学法人会津大学、2. 防災科学技術研究所、3. 東北大学大学院理学研究科
1. The University of Aizu, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Graduate School of Science, Tohoku University

Azumayama volcano is one of the five active volcanoes in Fukushima prefecture which is now issued volcanic alert level 2. Since 2014 winter, the volcano had/has been issued the level 1 and 2 repeatedly according to the situation. It is the most active volcano in the Fukushima pref. We have been working to clarify time-series of crustal deformation at Azumayama volcano.

Abe et al. [2017, JpGU] conducted InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) analysis using ALOS2 (Advanced Land Observing Satellite 2)/PALSAR2 (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar-2) data and estimated crustal deformation around Azumayama volcano . However, some of the results showed subsidence at the west of Azumayama which would be due to atmospheric delay and ionospheric delay.

In this study, we attempted to correct atmospheric delay and ionospheric delay in InSAR analysis using three numerical weather models: MSM (MesoScale Model), LFM (Local Forecast model) and WRF (Weather Research and Forecasting). WRF is created by using MSM data to improve resolution of time. Then we tried to estimate the amount of crustal deformation more precisely from 2014 fall to 2017 fall after applying atmospheric correction. Eight of the ALOS2/PALSAR2 data were used for the InSAR analysis. We evaluated the InSAR results after performing each atmospheric correction based on each numerical model and compare them quantitatively and select suitable weather model among the three.

Artifacts and false fringe in InSAR results seem to be reduced. Comparing InSAR analysis results with the value of GNSS (Global Navigation Satellite System) analysis at ground stations, correction by LFM and WRF showed similar trend better than that by MSM. Numerical weather models with higher resolutions seem effective in correcting atmospheric delay in InSAR. Uplift and subsidence at the Oana crater and subsidence in the western part of Azumayama were detected during 2014 fall - 2015 summer and 2015 summer - 2015 fall, respectively, which reflect actual deformation.

キーワード：吾妻山、地殻変動、火山、合成開口レーダー、数値気象モデル
Keywords: Azumayama, crustal deformation, volcano, SAR, numerical weather model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 活火山の噴気地帯の干渉SAR解析結果に認められる特異な変位：箱根火山上湯地区の例

# Unusual displacement observed in InSAR analysis results of fumarolic area of active volcanos: An example of the Kamiyu district in Hakone Volcano

*道家 涼介[1]、板寺 一洋[1]
*Ryosuke Doke[1], Kazuhiro Itadera[1]

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

本発表では，箱根火山の上湯地区の噴気域（上湯噴気）を対象としたALOS-2/PALSAR-2データの干渉SAR解析結果に認められた変位の特徴および原因について報告する．

上湯噴気は，箱根火山中央火口丘北側の斜面に位置する噴気域で，2015年に水蒸気噴火を起こした大涌谷の火口付近から北に約500mの地点に位置する．上湯噴気は，2001年に箱根火山で活発な地震活動が発生したのち，2003年頃に新たに確認された噴気域である（辻内ほか，2003）．その内，現在最も活発な噴気活動が認められるE領域と呼ばれる噴気地帯は，2011年の東北地方太平洋沖地震の際に箱根火山において群発地震活動が誘発された後（Yukutake et al., 2011），活発化が認められた噴気地帯である（原田ほか，2012）．E領域の大きさは，南北約200m，東西約150mである．また，このE領域の放熱量は，7～8MWと推定されている（Mannen et al., 2018）．

箱根火山を対象としたALOS-2/PALSAR-2による観測は，主に4つの軌道で繰り返し実施されており，各軌道とも概ね数ヶ月に一回の頻度で実施されている．2014年10月以降，2018年末時点において，南行軌道・右観測のPath18で22シーン，Path19で15シーン，北行軌道・右観測のPath125，126でそれぞれ11シーンずつのデータが得られている．本研究では，これらのデータ全てについて直近の干渉ペアとの間で差分干渉解析を実施し，上湯E噴気における地表面の変位を明らかにした．

噴気地の外側の任意の地点を不動と仮定し，上湯噴気の変位を推定したところ，E領域において，東側上空からの観測（Path18，19）では，約4年間で3～5cm程度衛星に近づく変位が認められた．また，西側上空からの観測（Path 125，126）では，同期間で10～13cm程度衛星から遠ざかる変位が認められた．このことから，長期的には，E領域が北東方向に定常的に変位していることが示唆され，それはE領域の傾斜方向とも合致することから，地すべり性の変位が生じているものと言える．

一方，東側上空から観測されたPath18，19の解析結果では，夏季に衛星に近づき，冬季には衛星から遠ざかる年周変化が認められる．西側上空から観測されたPath125，126ではこのような年周変化は認められないが，そもそもこれらのPathでは夏季の観測が少なく，実際の年周変化の有無は判断できない．この年周変化の原因については，地上付近の水蒸気量が噴気地外では季節変化するのに対し，噴気地内では年間を通してほぼ飽和状態にあると考えられることから，そのコントラストが夏季と冬季とで異なることが影響している可能性が挙げられる．加えて，噴気地は裸地に近い状態のため周囲の森林よりも表面散乱が卓越することから，夏季と冬季における土壌水分量の差も影響している可能性も考えられる．その他にものいくつかの要因が考えられるが，今後検討を進め，噴気地帯における地すべり運動を正確に評価することに加え，噴気そのものの活動評価にも繋げていく予定である．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

本研究で使用したALOS-2/PALSAR-2データは，火山噴火予知連絡会衛星解析グループを通してJAXAよりご提供頂きました．原初データの所有権はJAXAにあります．ここに記して感謝します．

キーワード：干渉SAR、活火山、噴気地帯、箱根火山
Keywords: InSAR, active volcano, fumarolic area, Hakone Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Detection of Deformation Signals at Mud Volcanoes in Semau Island, Indonesia

*Naufal Setiawan[1], Masato Furuya[1]

1. Hokkaido University

Mud volcanoes are associated with fluid and solid material vertical extrusion from its source layer (mud reservoir). The size and shape of the mud volcanoes throughout the world are diverse. Furthermore, the reason behind this event is difference in each region but predominantly occurred at convergent plate margins. To date, the most mud extrusion known is in the Mediterranian Sea and Tethyan belt (including Azerbaijan, south Greece, Iran, and Turkmenistan).

Semau Island, located in Timor area of Indonesia, is one of the islands where the northern margin of Australian continental plate meets Banda sea plate. Previous geologic map identified Semau island hosted six mud volcanoes with no description in its size [Barber, et al. 1986], and some of them erupt only mud, whereas others produce mud with an admixture of liquid hydrocarbons [Kholodov. 2002].

In order to detect any possible deformation signals in the mud volcanoes in this region, we applied InSAR method. Twenty four (24) ascending images and ten (10) descending images of ALOS/PALSAR data spanning from 2006 to 2011 were acquired. Because our research area is not covered by single observation image, we concatenate the consecutive frame number. To enhance the processing step in GAMMA software, the oceanic areas and some part of other islands that not our interest were cropped to focus on Semau Island. Interferograms of ALOS/PALSAR dataset were consist of eleven (11) ascending pairs and four (4) descending pairs. Then, using AW3D30 DEM data we tried to remove topographic fringe. During the processing, images were multi-looked in range and azimuth by 2 and 6 respectively. While the oversampling in the azimuth direction can be avoided due to the effect of azimuth slope is limited, range oversampling by a factor of two is needed for good quality of interferogram. This procedure is to avoid uncorrelated contributions that arise in the spectral cross-correlation from interferogram generation. Finally, we applied low order polynomial to mitigate the effects of long wavelength phase trends in our interferograms.

The deformation signal is hardly detected in the majority of the data pairs, due to the unwrapping errors in some pairs and also probably due to the small size of mud volcanoes. Despite low coherence in the possible mud extrusion source, in two image pairs, we detected the possible signal from the mud volcano area that is identical to the location described from the previous geologic map. However, since the geologic map from the previous study was derived from aerial photograph interpretation and the signal detection is in slope area, further research is needed to confirm if it is related to active mud volcanism or simply a landslide signal.

Keywords: Mud volcanoes, InSAR, Landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS-2/PALSAR-2を用いたデブリ氷河の氷河上湖の抽出
# Extraction of supraglacial lakes on debris-covered glacier using ALOS-2/PALSAR-2

杵淵 千香子[2]、*奈良間 千之[1]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4]
Chikako Kinefuchi[2], *Chiyuki Narama[1], Tsutomu Yamanokuchi[3], Takeo Tadono[4]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然科学研究科、3. リモート・センシング技術センター、4. 宇宙航空研究開発機構
1. Niigata University, Program of Field Research in the Environmental Sciences, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. RESTEC, 4. JAXA

ヒマラヤ東部地域（ネパール東部とブータン）では，近年，巨大な氷河湖を持たないデブリ氷河（岩屑に覆われた巨大な谷氷河）からの出水による大規模な洪水が生じ，下流域の住民の脅威になっている．これら洪水は，デブリ氷河上に発達する小規模な氷河上湖や氷河内水路に貯まった水が氷河内水路の開放により出水が生じたと考えられている（Komori et al., 2012; Miles et al., 2018）．衛星画像によるモニタリング手法で急激な氷河上湖の拡大を監視できればよいが，夏季のヒマラヤ地域はモンスーンの雲で覆われているため，光学衛星の可視画像を用いた監視は難しい．雲を透過して地上の湖面データを取得できる衛星データとしてマイクロ波データがある．ヒマラヤ地域では夏季に毎月1回データが取得されており，モンスーン期の氷河上湖をモニタリングに適している．しかし，デブリ氷河の氷河上湖の後方散乱係数は，氷河表面の起伏の影響で値が一様でなく，氷壁や陥没している地形でも後方散乱が小さくなるなど問題がある．そこで，本研究では，ALOS-2/PALSAR-2のマイクロ波データを用いて，デブリ氷河上の後方散乱係数に影響を及ぼす要因を除外し，デブリ氷河の氷河上湖を抽出した．

ゴジュンバ氷河で同時期に撮影されたSentinel-2とALOS-2 /PALSAR-2から抽出した氷河上湖の比較をおこなった結果，起伏量の小さいA区間と起伏量の大きいB～F区間で氷河上湖の後方散乱係数が異なっていた．末端部の氷河上湖の後方散乱係数は小さいが，中流部では値にばらつきがみられた．A区間には大規模な湖が発達し，起伏量の大きいB～F区間には小規模な湖が多数発達しており，数と面積の抽出の割合は末端で高い結果であった．

キーワード：氷河上湖、デブリ氷河、ALOS-2/PALSAR-2、起伏量
Keywords: supraglacial lake, debris-covered glacier, ALOS-2/PALSAR-2, relief amount

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS-2/PALSAR-2による尾瀬ヶ原の水位変動の観測
# Observation of the water level fluctuation at Ozegahara by ALOS-2/PALSAR-2

*岩立 渉[1]、島田 政信[1]
*Wataru Iwatate[1], Masanobu Shimada[1]

1. 東京電機大学
1. Tokyo Denki University

干渉SARは、地表の対象物からのレーダー反射波の強度に加えて、反射波の位相を得ることができる。この位相にはアンテナから地表までの距離の情報が含まれており、アンテナと地表の間の距離（実際には往復するため2倍）を電波の波長で割ったときの端数が求められる。ただしこのままでは、整数分まで含んだ波数の全体ではなく端数分しか解らないため、地表の同一の場所に対して2回のSAR観測を実施する。それらを干渉させて差をとることによりわずかな距離差の情報を利用することが可能になる。通常のレーダー技術のみで距離を測定する場合、その精度が数m程度なのに対し、干渉SARではcmレベルでの測定が可能である。この干渉SAR技術を使うと地震や火山噴火に伴う地球表面の変動を目で見える形でとらえることができる。これは人工衛星から照射されたマイクロ波が地表面に反射され衛星に返ってくることが前提である。川や海、湖といった水面では波により常に動いているため、反射面が一定ではない場所での測定は困難となる。しかし、水面から草や葦が生えている湿地帯などでは、水面に反射されたレーダーが草や葦にもう一度反射し衛星に返ってくる可能性がある。

そこで本研究では、水面でも観測できる可能性を検証することを研究課題として定めた。対象地は湿地帯で、中でも本州最大規模の尾瀬ヶ原を研究対象にした。この尾瀬ヶ原は尾瀬国立公園内にあり、福島県及び栃木県、群馬県新潟県の県境に位置し、2,000m級の山岳地帯から構成されている。観測データはJAXAのだいち２号（ALOS2）に搭載されたPALSAR-２の2014年9月から2018年5月の期間を用いて研究を行った。尾瀬ヶ原は水位が低下していると言われているため、干渉SAR技術を用いて得られた数値が低下を表していれば水面でも観測できる可能性を検証できたと考えられる。実際に平均で約-6.6cmの数値を得た。その他降水量などの比較も行い、水位低下を図ることができたことから湿地帯での水位観測が可能であると示すことができた。

今後の発展としては、可能性から精度という面で検証を行っていくことが考えられる。その方法として、現地でのGPS設置や水位標による観測が挙げられる。

キーワード：干渉SAR、ALOS-2、PALSAR-2
Keywords: Interferometry, ALOS-2, PALSAR-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# InSAR時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動2

# The steady crustal deformation around the Omaezaki, Sionomisaki, Muroto and Ashizuri, using InSAR time-series analysis 2

*安藤 忍[1]、小林 昭夫[1]
*Shinobu Ando[1], Akio Kobayashi[1]

1. 気象研究所 地震津波研究部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute

気象研究所では、プレート境界におけるスロースリップ、プレスリップなど固着状態の変化を検出するための手法の高度化の手段として、衛星SARデータを用いた面的な地殻変動検出に取り組んでいる。特に、近い将来の発生が懸念されている南海トラフの大規模地震に着目し、プレートの沈み込み域に近く固着状態の変化を受けやすい東海から四国にかけての岬付近を対象として解析を行った。

筆者らはALOS/PALSAR（運用期間：2006年から2011年）データを使った時系列解析により、岬付近の定常的な変動速度を計算し、同期間のGNSSデータと概ね相関が得られることを確認した（安藤ほか, 2018）。本報告では、その後ALOS−2/PALSAR−2（運用期間：2014年～）のアーカイブデータが蓄積されてきたことから、これらのデータについて時系列解析を行い、岬付近の定常的な地殻変動の検出を試みた。なお、今回の解析には、予めRINC（Ozawa et al., 2016）用いて各ペアの干渉画像を作成し、その後にGIAnT (Agram et al., 2011)を用いたSBAS法による時系列解析を行った。

解析に使用した各地域のデータは以下のとおりで、アーカイブの存在する全データ使用を原則としたが、得られた解析結果をチェックした上で明らかにエラーと考えるデータについては除外し、再計算を行った。

御前崎：パス19(18シーン) およびパス126(11シーン)、

潮岬　：パス20(16シーン) およびパス128(11シーン)、

室戸岬：パス21(14シーン) およびパス128(10シーン)、

足摺岬：パス22(14シーン) およびパス129(10シーン)。

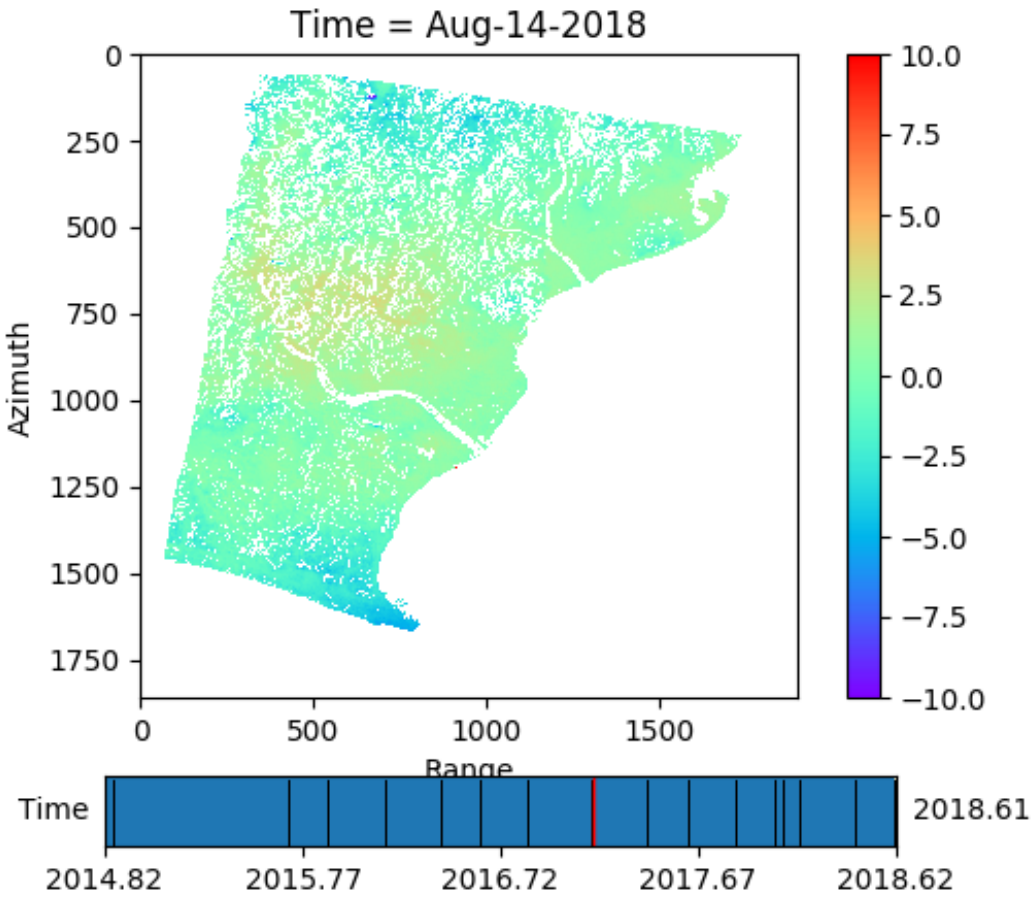
御前崎における累積変位の結果を図１に示す。

これによれば、岬周辺で衛星視線方向伸長、内陸で短縮の変位を検出した。これらの変位分布の傾向はALOS/PALSARのパターンと似た結果が得られた。発表では、解析エリア内のGNSS観測結果との比較についても報告する予定である。

本解析で用いたPALSAR-2データは，ALOS-2/RA-6を通じて提供されたものを使用した。PALSAR−2に関する原初データの所有権はJAXAにある．なお，干渉画像の処理過程においては，国土地理院発行の10mメッシュ（標高）を元にしたDEHMを使用し，地図の描画にはGMTを用いた．関係者各位におかれては，ここに記してお礼申し上げる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：ALOS-2/PALSAR-2、干渉SAR時系列解析、地殻変動、南海トラフ
Keywords: ALOS-2/PALSAR-2, TS−InSAR, crustal deformation, Nankai-Trough




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 長野県小谷村におけるパイプ歪計観測データを用いたInSAR解析結果の評価

# Evaluation of InSAR analysis result using pipe strain gauge data in Otari village, Nagano prefecture, Japan

*清澤 友弥[1]、佐藤 浩[2]
*Tomoya Kiyosawa[1], Hiroshi, P. Sato[2]

1. 日本大学大学院理工学研究科地理学専攻、2. 日本大学文理学部
1. Department of Geography, Graduate School of Science and Technology, Nihon University , 2. College of Humanities and Science, Nihon University

長野県小谷村を対象に、時系列のPALSAR-2データ（観測期間：2014年9月から2018年3月）を使用したInSAR画像を作成し、地すべり性地表変動の検出を試みた。50シーンを超えるInSAR画像を生成したが、その中で干渉性が高く、地すべり性地表変動の検出に利用できたのは4つの画像に過ぎなかった。すなわち、神城断層地震（平成26年11月22日、M6.7）の発生時の画像１つと発生後の画像３つである。画像判読の結果から、小谷村の阿原地区で、地震時と地震後に衛星視線方向に最大でそれぞれ約4.5㎝と約2.5 cm西へ移動する変動が検出された

阿原地区では長野県の地すべり対策事業によりパイプ歪計が設置されている。そこで、歪計のデータを使って画像から検出された変動を評価した。その結果、地表面から深度9mにあるすべり面で、地震時には西向きの変位を示唆する13μSTのひずみが観測された。経験的に、概ね20000μST（地中の変位量で2～3 cm）を超えると計測用電気ケーブルが断線するといわれている。つまり、13μSTは約0.0013 cmの変位に相当すると考えられる。このことから、歪計のデータによって、画像で検出された変動の発生自体が実証されるとともに変動の向きが調和的であった。ただし、画像で検出した変動量のほうが、歪計から計算された変動量よりも、2000倍大きいことがわかった。

地震後は、画像の観測期間が歪計の計測期間と一致していなかったので、地すべり性地表変動は移動土塊内で一様な速度で進行すると仮定し、日平均の変動速度で両者を比較した。画像で検出した変動速度は0.025-0.064cm/dayと計算され、ひずみ量58μSTからは変動速度が0.000083 cm/dayと計算された。画像で検出された変動速度のほうが、歪計から計算された変動速度よりも300～780倍速いことが分かった。この違いは、InSARはLoSに沿った変位を示し、歪計は、地中の変位を示すことに依存すると考えられる。また、地震後よりも地震時のほうが、両者の違いが大きい理由は、地震時の変動が地すべり性地表変動だけでなく地震の地殻変動を含んでいるためと考えられる。

キーワード：PALSAR-2、地すべり、InSAR
Keywords: PALSAR-2, Landslide, InSAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ALOS/PALSARの干渉SARを用いたDEM作成とその精度評価
# DEM creation using ALOS / PALSAR interferometric SAR and its accuracy evaluation.

*高橋 昂也[1]、島田 政信[1]
*takahashi koya[1], Masanobu Shimada[1]

1. 東京電機大学
1. tokyo denki university

数値標高モデル(Digital Elevation　Model: DEM）は、地表面の地形をデジタル表現したもので、地表面を等間隔の正方形に区切り、正方形の中心点の標高を持たせたデータである。一般的に、植生や建築物、橋などを含めない地球の表面を表現する。DEMは地理情報システムで使われることが多く、コンピュータ上で立体地図を作成する際の基礎データとして使われる。

DEMの作成方法は数種類あり、複数方向から観測した光学写真を組み合わせた視差計測、合成開口レーダの干渉処理、航空機に搭載したレーザを用いて高さを求める航空レーザ測量などあるが、本研究では合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar: SAR）によるDEM作成を行い、関連する誤差について研究する。ALOSに搭載された合成開口レーダを用いてDEMを作成し、国土地理院のDEMと比較する。誤差を計測し、理論値との差を算出して、その有効性などを評価した。

結果として鳩山町比企郡（森林、住宅地、田畑）を対象としてSARによるDEM作成を行ったところ、理論値との差が数センチから数十メートル生じたが、誤差の平均は9.94ｍであったため、本研究を通して、SARによるDEM作成は実用性が十分に見られると考える。

キーワード：SAR、数値標高モデル（DEM)
Keywords: SAR, Digital Elevation Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 干渉SAR時系列解析による日本全国の地盤変動監視に向けた取り組み
# Approach to monitoring ground deformation using InSAR time series analysis all over Japan

*林 京之介[1]、山下 達也[1]、桑原 將旗[1]、本田 昌樹[1]、酒井 和紀[1]、宗包 浩志[1]、小林 知勝[1]
*Kyonosuke Hayahsi[1], Tatsuya Yamashita[1], Masaki Kuwahara[1], Masaki Honda[1], Kazuki Sakai[1], Hiroshi Munekane[1], Tomokazu Kobayashi[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

国土地理院では、陸域観測技術衛星「だいち2号（ALOS-2）」のデータを使用した2パス法によるSAR干渉解析を実施し、日本全国の地盤変動を監視している。2パス法とは、2回の観測で得られたレーダー画像に対して干渉処理を行い、衛星軌道データから求めた軌道縞と数値標高データ（DEM）から求めた地形縞を除去することで、2回の観測の間で発生した地盤変動を抽出する手法である。2パス法によるSAR干渉解析では、対流圏擾乱、電離圏擾乱、地表面の散乱状態の変化（植生など）による誤差が含まれることがあり、誤差よりも小さい微小な地盤変動を検出する妨げとなっている。対流圏擾乱及び電離圏擾乱については、それぞれ数値気象データを用いた波線追跡法（小林ほか2014）、Split-Spectrum法（Gomba et al., 2016）によって低減可能であるが、2回の観測の間で生じた変動量が数cm以下の変動を検出することは困難である。

近年では、2パス法に代わり複数枚の画像を統計的に処理することによって計測精度を高める干渉SAR時系列解析が実施されている。干渉SAR時系列解析の代表的な手法として、PSI法（Ferretti et al., 2001）とSBAS法（Berardino et al., 2002）が挙げられる。国土地理院では、地盤変動の時間的推移を高精度かつ高分解能で検出することを目的として、PSI法及びSBAS法による干渉SAR時系列解析システム（以下「GSITSA」という。）を開発した（小林ほか、2018）。小林ほか（2018）では、地盤沈下を対象としたSBAS法による干渉SAR時系列解析の結果と該当地域の水準測量のデータを比較し、干渉SAR時系列解析が年間約1cm以下の変動も検出可能であることを示している。干渉SAR時系列解析の変動検出能力は、2パス法よりも優れており、日本全国を対象とした高精度な地盤変動監視を実施する有用な手法になる。特に2020年度打ち上げ予定である先進レーダ衛星（ALOS-4）では観測頻度が5倍に向上し、これらのデータを活用することで、より高精度な地盤変動の検出が可能になると期待される。

こうした背景の下、我々は干渉SAR時系列解析を今後の地盤変動監視に組み込むことを目的とし、GSITSAを用いてPSI法とSBAS法の特性を調査した。本検証では地盤沈下地域として越後平野、津軽平野、火山変動地域として霧島山（硫黄山）、有珠山をそれぞれ対象事例とし、干渉SAR時系列解析を実施した。干渉SAR時系列解析では、2パス法で変動が検出された地域においては同様の変動が検出され、2パス法で検出できなかった年間約1cmの変動も数箇所検出することができた。

本発表では、PSI法とSBAS法の比較結果を紹介し、空間スケールや植生に応じた最適な解析戦略についても議論する予定である。

＊謝辞
本研究で用いたALOS-2データは，火山噴火予知連絡会衛星解析グループ（火山WG）を通じて，（国研）宇宙航空研究開発機構（JAXA）から提供を受けました．原初データの所有権はJAXAにあります．

キーワード：だいち２号(ALOS-2)、SAR、火山活動、地盤変動
Keywords: "DAICHI-2"(ALOS-2), SAR, Volcanic activity, Ground deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

## [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)

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。<br/>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。

### [STT46-P01] 深層学習を用いたP波初動の極性検出

*原 将太[1]、深畑 幸俊[2]、飯尾 能久[2] (1.京都大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

### [STT46-P02] Trans-dimensional Bayesian inversion for a radially anisotropic S-wave velocity model in the crust and upper mantle: Application to the Australian continent

*平 亨[1]、吉澤 和範[2] (1.北海道大学大学院理学院、2.北海道大学大学院理学研究院)

### [STT46-P03] Seismic wavefield imaging based on dense seismic networks using replica exchange Monte Carlo method

*加納 将行[1]、長尾 大道[2,3]、永田 賢二[4,5]、伊藤 伸一[2,3]、長谷川 慶[2]、酒井 慎一[2]、中川 茂樹[2]、堀 宗朗[2]、平田 直[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所、3.東京大学情報理工学系研究科、4.産業総合技術研究所、5.科学技術振興機構)

### [STT46-P04] ベイズ振動子分解による地震波データの解析

*松田 孟留[1] (1.東京大学)

### [STT46-P05] Uncertainty evaluation of source parameter estimates by MCMC in Oklahoma

*吉光 奈奈[1]、前田 拓人[2]、William Ellsworth[3] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学、3.Stanford Univerisy)

# 深層学習を用いたP波初動の極性検出
# P-wave Polarity Determination of Waveform Data Observed in Western Japan, Using Deep Learning

*原 将太[1]、深畑 幸俊[2]、飯尾 能久[2]
*Shota Hara[1], Yukitoshi Fukahata[2], Yoshihisa Iio[2]

1. 京都大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

地震のメカニズム解を決定するためには，P波の初動極性の検出が必要である．P波初動極性についてこれまで様々な自動検出アルゴリズムの研究が進められてきたが，特徴量抽出などに基づく既存の伝統的な方法は人間の専門家よりも精度が低いという問題があった．そのため，P波初動極性の自動検出アルゴリズムを用いる際は，専門家のチェックを経て使用されるのが一般的だった．本研究では，生の地震波形データとP波の到達時刻の情報から，直接P波初動極性を検出することの可能な畳み込みニューラルネットワーク（CNN; Convolutional Neural Network）のモデルを開発した．観測データとしては，西日本（山陰地方，近畿地方北部）の稠密地震観測網で得られた250 Hzの地震波形（約13万個）と定常観測網で得られた100 Hzの地震波形（約4万個）を使用し，P波初動極性の正解データとして専門家による検出結果を用いてCNNの訓練を行った．訓練に用いていない地震波形に対するCNNによる初動極性検出結果は，専門家が検出した結果に対し，約98 %（250 Hz）と約95 %（100 Hz）の一致精度を有した．地域依存性を調べるために，次に地震波形を観測地域で分け，片方のデータを用いてCNNを訓練しもう一方のデータに適用した場合，一致精度は最大でも約2 %の減少に留まり，地域によってCNNを再訓練させる必要性がほとんど無いことがわかった．

キーワード：機械学習、深層学習、初動極性検出
Keywords: Machine Learning, Deep Learning, First-motion Polarity Determination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Trans-dimensional Bayesian inversion for a radially anisotropic S-wave velocity model in the crust and upper mantle: Application to the Australian continent

*平 亨[1]、吉澤 和範[2]
*Toru Taira[1], Kazunori Yoshizawa[2]

1. 北海道大学大学院理学院、2. 北海道大学大学院理学研究院
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Faculty of Science, Hokkaido University

The velocity structure and discontinuities in the upper mantle, such as Lithosphere-Asthenosphere Boundary (LAB) and Mid-Lithosphere Discontinuity (MLD), have been investigated through a number of seismological studies, in which both body and surface waves have been employed. Many studies using body waves have extracted information on the upper mantle from the later arrivals of teleseismic body waves by deconvolving the vertical component from the horizontal components, which produces “receiver functions”. While they are good at constraining impedance contrasts across the discontinuities, they are not sensitive to the absolute velocity. In contrast, surface waves enable us to recover the absolute velocity, though sharp velocity jumps cannot be resolved due to their lower frequency content (< 0.05Hz). In view of such different sensitivities of receiver functions and surface waves, the joint inversions of body and surface waves will be the most effective approach to the accurate estimation of seismic velocity structures in the crust and upper mantle.

In this study, we develop a new method for non-linear joint inversion of Ps receiver functions and multi-mode Rayleigh and Love surface waves using trans-dimensional Bayesian formulation, following the earlier works by Bodin et al., (2012, JGR). This trans-dimensional approach allows us to constrain the complexity of earth model with little a priori information, in which the number of model parameters (e.g. number of layers) can also be treated as a part of unknowns. The reversible-jump Markov Chain Monte Carlo approach (Green, 1995, Biometrika) is used to sample models with variable dimension in proportion to the posterior distribution of the Earth models. Assuming that data errors follow the Gaussian distribution, we also estimate the variances of the data errors at the same time. Such an approach is called ‘Hierarchical Bayes’ (e.g. Malinverno and Briggs, 2004, Geophysics), in which the overfitting of the models can be prevented. Parallel Tempering method (e.g. Sambridge, 2014, GJI) is also incorporated in our inversions, which makes the model samplings more efficient enabling us to extend the parameter search ranges.

With this method, we jointly inverted the Ps receiver function, multi-mode Rayleigh and Love dispersion curves from Yoshizawa (2014, PEPI) for a radially anisotropic 1-D shear velocity model under Global Seismographic Network (GSN) stations in Australia. Our preliminary result for the WRAB station in the central Australia implies the existence of two MLDs with negative and positive velocity jumps at around 90 km and 150 km depths, respectively, and LAB at around 220km depth. The depths of MLDs are consistent with an earlier receiver function study by Ford et al. (2010, EPSL) and such multiple MLDs are also reported by another study in North America (Calo et al., 2016, EPSL). Our estimated LAB depth at 220 km is deeper than that from the earlier surface wave study (Yoshizawa & Kennett, 2015, GRL), in which the Lithosphere-Asthenosphere Boundary under cratons is supposed to be a smooth transition. Still, we can still see the common feature of strong radial anisotropy (SH>SV) in the asthenospheric depth below 220 km, indicating the effects of strong shear flow under the fast-moving Australian continent.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：ベイジアンインバージョン、レシーバ関数、表面波、高次モード、リソスフェア、アセノスフェア
Keywords: Bayesian inversion, receiver function, surface wave, higher mode, lithosphere, asthenosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Seismic wavefield imaging based on dense seismic networks using replica exchange Monte Carlo method

*加納 将行[1]、長尾 大道[2,3]、永田 賢二[4,5]、伊藤 伸一[2,3]、長谷川 慶[2]、酒井 慎一[2]、中川 茂樹[2]、堀 宗朗[2]、平田 直[2]
*Masayuki Kano[1], Hiromichi Nagao[2,3], Kenji Nagata[4,5], Shin-ichi Ito[2,3], Kei Hasegawa[2], Shin'ichi Sakai[2], Shigeki Nakagawa[2], Muneo Hori[2], Naoshi Hirata[2]

1. 東北大学理学研究科、2. 東京大学地震研究所、3. 東京大学情報理工学系研究科、4. 産業総合技術研究所、5. 科学技術振興機構
1. Graduate school of science, Tohoku University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, 4. AIST, 5. Japan Science and Technology Agency

In recent years, dense seismic observation networks have been constructed. For example, the Metropolitan Seismic Observation network called MeSO-net has been observing ground motions since 2011 with the average intervals of ~5 km in the Tokyo metropolitan located on the Kanto sedimentary basin, Japan. Utilizing seismograms of MeSO-net, we have developed a wavefield reconstruction method by simultaneously estimating subsurface velocity structures and source locations using replica exchange Monte Carlo (REMC) method [Kano et al. 2017, GJI, JGR]. The reconstructed wavefield can be used as input ground motions to simulate seismic response of infrastructure for the purpose of rapid evaluation of seismic hazards. In this presentation, we will summarize the REMC-based wavefield estimation method and discuss future developments and applications of the method.

キーワード：MeSO-net、レプリカ交換モンテカルロ法、地震動イメージング
Keywords: MeSO-net, Replica exchange Monte Carlo, Seismic wavefield imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

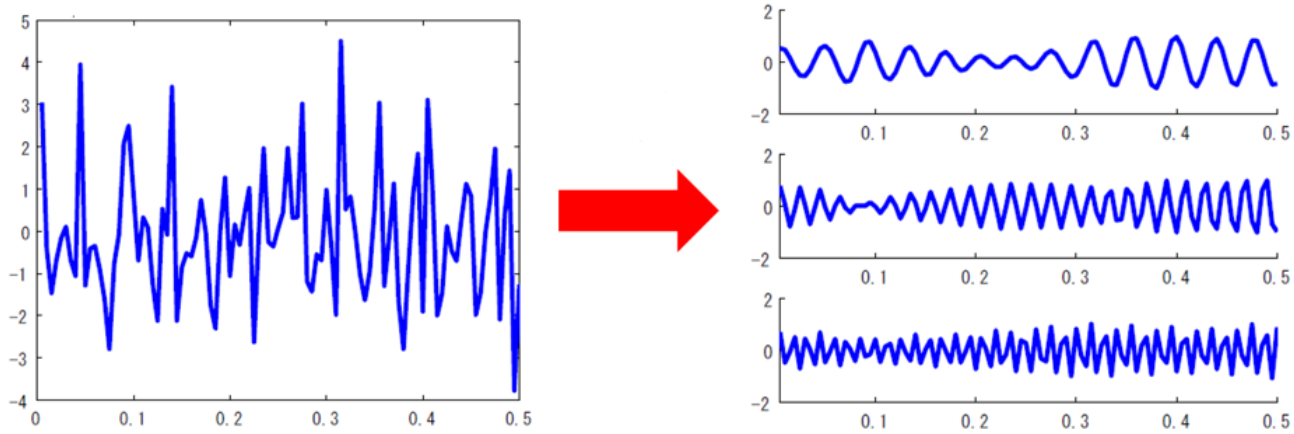
# ベイズ振動子分解による地震波データの解析
# Bayesian oscillator decomposition for seismic data

*松田 孟留[1]
*Takeru Matsuda[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

Many time series including seismic data are naturally considered as a superposition of several oscillators. Matsuda and Komaki (2017a,b) proposed a Bayesian statistical method for decomposing time series data into oscillators by using Gaussian linear state space models. For example, this method can be used to extract neural oscillators (such as alpha, beta, and gamma) from neuroimaging data. In this study, we apply this method to seismic data and investigate the extracted oscillators.

キーワード：ベイズ統計、状態空間モデル、データ同化
Keywords: Bayesian statistics, state space model, data assimilation




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Uncertainty evaluation of source parameter estimates by MCMC in Oklahoma

*吉光 奈奈[1]、前田 拓人[2]、William Ellsworth[3]
*Nana Yoshimitsu[1], Takuto Maeda[2], William Ellsworth[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学、3. Stanford Univerisy
1. The University of Tokyo, Earthquake Research Institute, 2. Hirosaki University, 3. Stanford Univerisy

Stress drop is important parameter to understand earthquake source characteristics and to improve hazard assessment. Many studies use the spectral ratio method to measure the moment ratio and two corner frequencies by comparing theoretical and observed spectral ratio in the frequency domain and obtain the stress drop. Accurate stress drop estimates are difficult to make because it depends on the accuracy of the three parameters. The Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method is effective to estimate high dimensional parameters. In this study, we evaluate the uncertainty of the estimation and trade-off among parameters from a statistical perspective.

We analyzed five clusters of events near Cushing, Oklahoma, each containing a M 4+ event. Empirical Green’ s function events used as the denominator all locate within 2 km of the target event. We analyzed 5.12 seconds of the time-aligned seismogram from twice the S wave arrival time. Spectral ratios between a large event ($M_L > 4$) and small events were formed by stacking all stations to remove path effects. Then, analyzed spectral ratios between event pairs using the Metropolis-Hastings algorithm to estimate moment ratio and two corner frequencies for the Brune model. We updated the value of moment ratio and two corner frequencies with 300,000 iterations which first 100,000 calculations was ignored as burn-in.

In most cases, the distribution of the sampling showed ellipsoidal shape in the 3D parameter space. We searched the axial direction of the sampling distribution by principal component analysis (PCA), and estimated loadings of the principal component and contribution rate. Some spectral ratio showed irregular shape from ideal shape because of small magnitude difference or contamination by noise. The percentage of the contribution rate indicates how well the sampling distribution is explained by each component. The contribution rate of the first principal component with irregular shape of the spectral ratio was lower than 80 % while it was higher than 80 % with normal shape of the spectral ratio. The loadings among three parameters and three principal components also showed different pattern in the case of normal shape and irregular shape of the spectral ratio. These different trend of the contribution rate and the loadings indicates different pattern of the sampling distribution of a spectral ratio that have irregular shape. Thus, the combination of MCMC and PCA analysis have a possibility that to automatically classify spectral ratios which have irregular shape and ideal shape.

キーワード：応力降下量、MCMC
Keywords: Stress Drop, MCMC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

## [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)

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。<br/>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。

### [STT46-P01] 深層学習を用いたP波初動の極性検出

*原 将太[1]、深畑 幸俊[2]、飯尾 能久[2] (1.京都大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

### [STT46-P02] Trans-dimensional Bayesian inversion for a radially anisotropic S-wave velocity model in the crust and upper mantle: Application to the Australian continent

*平 亨[1]、吉澤 和範[2] (1.北海道大学大学院理学院、2.北海道大学大学院理学研究院)

### [STT46-P03] Seismic wavefield imaging based on dense seismic networks using replica exchange Monte Carlo method

*加納 将行[1]、長尾 大道[2,3]、永田 賢二[4,5]、伊藤 伸一[2,3]、長谷川 慶[2]、酒井 慎一[2]、中川 茂樹[2]、堀 宗朗[2]、平田 直[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所、3.東京大学情報理工学系研究科、4.産業総合技術研究所、5.科学技術振興機構)

### [STT46-P04] ベイズ振動子分解による地震波データの解析

*松田 孟留[1] (1.東京大学)

### [STT46-P05] Uncertainty evaluation of source parameter estimates by MCMC in Oklahoma

*吉光 奈奈[1]、前田 拓人[2]、William Ellsworth[3] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学、3.Stanford Univerisy)

# 深層学習を用いたP波初動の極性検出
# P-wave Polarity Determination of Waveform Data Observed in Western Japan, Using Deep Learning

*原 将太[1]、深畑 幸俊[2]、飯尾 能久[2]
*Shota Hara[1], Yukitoshi Fukahata[2], Yoshihisa Iio[2]

1. 京都大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

地震のメカニズム解を決定するためには，P波の初動極性の検出が必要である．P波初動極性についてこれまで様々な自動検出アルゴリズムの研究が進められてきたが，特徴量抽出などに基づく既存の伝統的な方法は人間の専門家よりも精度が低いという問題があった．そのため，P波初動極性の自動検出アルゴリズムを用いる際は，専門家のチェックを経て使用されるのが一般的だった．本研究では，生の地震波形データとP波の到達時刻の情報から，直接P波初動極性を検出することの可能な畳み込みニューラルネットワーク（CNN; Convolutional Neural Network）のモデルを開発した．観測データとしては，西日本（山陰地方，近畿地方北部）の稠密地震観測網で得られた250 Hzの地震波形（約13万個）と定常観測網で得られた100 Hzの地震波形（約4万個）を使用し，P波初動極性の正解データとして専門家による検出結果を用いてCNNの訓練を行った．訓練に用いていない地震波形に対するCNNによる初動極性検出結果は，専門家が検出した結果に対し，約98 %（250 Hz）と約95 %（100 Hz）の一致精度を有した．地域依存性を調べるために，次に地震波形を観測地域で分け，片方のデータを用いてCNNを訓練しもう一方のデータに適用した場合，一致精度は最大でも約2 %の減少に留まり，地域によってCNNを再訓練させる必要性がほとんど無いことがわかった．

キーワード：機械学習、深層学習、初動極性検出
Keywords: Machine Learning, Deep Learning, First-motion Polarity Determination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Trans-dimensional Bayesian inversion for a radially anisotropic S-wave velocity model in the crust and upper mantle: Application to the Australian continent

*平 亨[1]、吉澤 和範[2]
*Toru Taira[1], Kazunori Yoshizawa[2]

1. 北海道大学大学院理学院、2. 北海道大学大学院理学研究院
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Faculty of Science, Hokkaido University

The velocity structure and discontinuities in the upper mantle, such as Lithosphere-Asthenosphere Boundary (LAB) and Mid-Lithosphere Discontinuity (MLD), have been investigated through a number of seismological studies, in which both body and surface waves have been employed. Many studies using body waves have extracted information on the upper mantle from the later arrivals of teleseismic body waves by deconvolving the vertical component from the horizontal components, which produces “receiver functions”. While they are good at constraining impedance contrasts across the discontinuities, they are not sensitive to the absolute velocity. In contrast, surface waves enable us to recover the absolute velocity, though sharp velocity jumps cannot be resolved due to their lower frequency content (< 0.05Hz). In view of such different sensitivities of receiver functions and surface waves, the joint inversions of body and surface waves will be the most effective approach to the accurate estimation of seismic velocity structures in the crust and upper mantle.

In this study, we develop a new method for non-linear joint inversion of Ps receiver functions and multi-mode Rayleigh and Love surface waves using trans-dimensional Bayesian formulation, following the earlier works by Bodin et al., (2012, JGR). This trans-dimensional approach allows us to constrain the complexity of earth model with little a priori information, in which the number of model parameters (e.g. number of layers) can also be treated as a part of unknowns. The reversible-jump Markov Chain Monte Carlo approach (Green, 1995, Biometrika) is used to sample models with variable dimension in proportion to the posterior distribution of the Earth models. Assuming that data errors follow the Gaussian distribution, we also estimate the variances of the data errors at the same time. Such an approach is called ‘Hierarchical Bayes’ (e.g. Malinverno and Briggs, 2004, Geophysics), in which the overfitting of the models can be prevented. Parallel Tempering method (e.g. Sambridge, 2014, GJI) is also incorporated in our inversions, which makes the model samplings more efficient enabling us to extend the parameter search ranges.

With this method, we jointly inverted the Ps receiver function, multi-mode Rayleigh and Love dispersion curves from Yoshizawa (2014, PEPI) for a radially anisotropic 1-D shear velocity model under Global Seismographic Network (GSN) stations in Australia. Our preliminary result for the WRAB station in the central Australia implies the existence of two MLDs with negative and positive velocity jumps at around 90 km and 150 km depths, respectively, and LAB at around 220km depth. The depths of MLDs are consistent with an earlier receiver function study by Ford et al. (2010, EPSL) and such multiple MLDs are also reported by another study in North America (Calo et al., 2016, EPSL). Our estimated LAB depth at 220 km is deeper than that from the earlier surface wave study (Yoshizawa & Kennett, 2015, GRL), in which the Lithosphere-Asthenosphere Boundary under cratons is supposed to be a smooth transition. Still, we can still see the common feature of strong radial anisotropy (SH>SV) in the asthenospheric depth below 220 km, indicating the effects of strong shear flow under the fast-moving Australian continent.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：ベイジアンインバージョン、レシーバ関数、表面波、高次モード、リソスフェア、アセノスフェア
Keywords: Bayesian inversion, receiver function, surface wave, higher mode, lithosphere, asthenosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Seismic wavefield imaging based on dense seismic networks using replica exchange Monte Carlo method

*加納 将行[1]、長尾 大道[2,3]、永田 賢二[4,5]、伊藤 伸一[2,3]、長谷川 慶[2]、酒井 慎一[2]、中川 茂樹[2]、堀 宗朗[2]、平田 直[2]
*Masayuki Kano[1], Hiromichi Nagao[2,3], Kenji Nagata[4,5], Shin-ichi Ito[2,3], Kei Hasegawa[2], Shin'ichi Sakai[2], Shigeki Nakagawa[2], Muneo Hori[2], Naoshi Hirata[2]

1. 東北大学理学研究科、2. 東京大学地震研究所、3. 東京大学情報理工学系研究科、4. 産業総合技術研究所、5. 科学技術振興機構
1. Graduate school of science, Tohoku University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, 4. AIST, 5. Japan Science and Technology Agency

In recent years, dense seismic observation networks have been constructed. For example, the Metropolitan Seismic Observation network called MeSO-net has been observing ground motions since 2011 with the average intervals of ~5 km in the Tokyo metropolitan located on the Kanto sedimentary basin, Japan. Utilizing seismograms of MeSO-net, we have developed a wavefield reconstruction method by simultaneously estimating subsurface velocity structures and source locations using replica exchange Monte Carlo (REMC) method [Kano et al. 2017, GJI, JGR]. The reconstructed wavefield can be used as input ground motions to simulate seismic response of infrastructure for the purpose of rapid evaluation of seismic hazards. In this presentation, we will summarize the REMC-based wavefield estimation method and discuss future developments and applications of the method.

キーワード：MeSO-net、レプリカ交換モンテカルロ法、地震動イメージング
Keywords: MeSO-net, Replica exchange Monte Carlo, Seismic wavefield imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

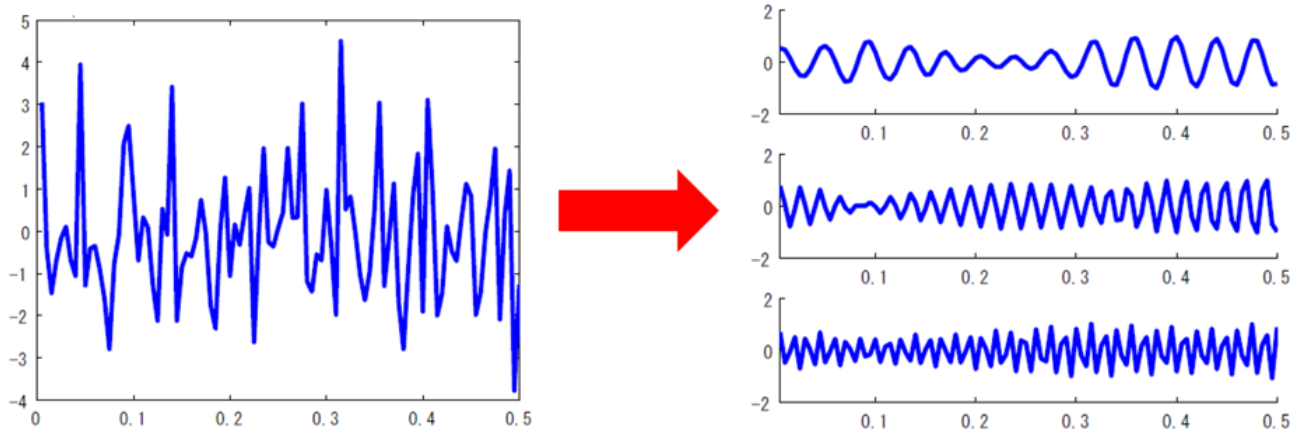
# ベイズ振動子分解による地震波データの解析
# Bayesian oscillator decomposition for seismic data

*松田 孟留[1]
*Takeru Matsuda[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

Many time series including seismic data are naturally considered as a superposition of several oscillators. Matsuda and Komaki (2017a,b) proposed a Bayesian statistical method for decomposing time series data into oscillators by using Gaussian linear state space models. For example, this method can be used to extract neural oscillators (such as alpha, beta, and gamma) from neuroimaging data. In this study, we apply this method to seismic data and investigate the extracted oscillators.

キーワード：ベイズ統計、状態空間モデル、データ同化
Keywords: Bayesian statistics, state space model, data assimilation




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Uncertainty evaluation of source parameter estimates by MCMC in Oklahoma

*吉光 奈奈[1]、前田 拓人[2]、William Ellsworth[3]
*Nana Yoshimitsu[1], Takuto Maeda[2], William Ellsworth[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学、3. Stanford Univerisy
1. The University of Tokyo, Earthquake Research Institute, 2. Hirosaki University, 3. Stanford Univerisy

Stress drop is important parameter to understand earthquake source characteristics and to improve hazard assessment. Many studies use the spectral ratio method to measure the moment ratio and two corner frequencies by comparing theoretical and observed spectral ratio in the frequency domain and obtain the stress drop. Accurate stress drop estimates are difficult to make because it depends on the accuracy of the three parameters. The Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method is effective to estimate high dimensional parameters. In this study, we evaluate the uncertainty of the estimation and trade-off among parameters from a statistical perspective.

We analyzed five clusters of events near Cushing, Oklahoma, each containing a M 4+ event. Empirical Green’ s function events used as the denominator all locate within 2 km of the target event. We analyzed 5.12 seconds of the time-aligned seismogram from twice the S wave arrival time. Spectral ratios between a large event ($M_L > 4$) and small events were formed by stacking all stations to remove path effects. Then, analyzed spectral ratios between event pairs using the Metropolis-Hastings algorithm to estimate moment ratio and two corner frequencies for the Brune model. We updated the value of moment ratio and two corner frequencies with 300,000 iterations which first 100,000 calculations was ignored as burn-in.

In most cases, the distribution of the sampling showed ellipsoidal shape in the 3D parameter space. We searched the axial direction of the sampling distribution by principal component analysis (PCA), and estimated loadings of the principal component and contribution rate. Some spectral ratio showed irregular shape from ideal shape because of small magnitude difference or contamination by noise. The percentage of the contribution rate indicates how well the sampling distribution is explained by each component. The contribution rate of the first principal component with irregular shape of the spectral ratio was lower than 80 % while it was higher than 80 % with normal shape of the spectral ratio. The loadings among three parameters and three principal components also showed different pattern in the case of normal shape and irregular shape of the spectral ratio. These different trend of the contribution rate and the loadings indicates different pattern of the sampling distribution of a spectral ratio that have irregular shape. Thus, the combination of MCMC and PCA analysis have a possibility that to automatically classify spectral ratios which have irregular shape and ideal shape.

キーワード：応力降下量、MCMC
Keywords: Stress Drop, MCMC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

## [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)

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)

[SCG56-P01] Signature of plume-ridge interaction on bathymetry and geochemistry along mid-ocean ridges: Insights from the Réunion Plume and Central Indian Ridge

*Clement Vincent[1]、Jung-Woo Park[1]、Sang-Mook Lee[1]、Jonguk Kim[2]、Sang-Joon Pak[2] (1.Seoul National University、2.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

[SCG56-P02] Spreading rate and its stability of Chile Ridge near the Chile Triple Junction

*石原 隆仙[1]、松本 剛[1] (1.独立大学法人琉球大学)

[SCG56-P03] 南部チリ沖南極プレート上に発見した海山群

*富士原 敏也[1]、阿部 なつ江[2]、原田 尚美[3]、「みらい」MR16-09 Leg 2 乗船研究者 (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.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、3.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター)

[SCG56-P04] 「みらい」MR16-09航海による海上重力測定：特にチリ三重点周辺の重力異常の特徴

*松本 剛[1]、石原 隆仙[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG56-P05] 海洋底拡大初期のアファール凹地における磁気・MT探査

*吉村 令慧[1]、石川 尚人[2]、Kidane Tesfaye[3]、加々島 慎一[4]、望月 伸竜[5]、Muluneh Ameha[3]、北川 桐香[4]、池間 泰斗[6] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院人間・環境学研究科、3.アジスアベバ大学、4.山形大学理学部、5.熊本大学大学院先導機構、6.京都大学理学部)

[SCG56-P06] **四国海盆海洋コアコンプレックスの発達：背弧拡大が止まるとき**

*沖野 郷子[1]、小原 泰彦[2,3]、藤井 昌和[4]、羽入 朋子[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海上保安庁、3.海洋研究開発機構、4.国立極地研究所)

[SCG56-P07] Thermal evolution of the Lanzo orogenic peridotite massif in western Alps: implications on thermal structure near subcontinental lithosphere-asthenosphere boundary

*青木 智[1]、小澤 一仁[1]、Jean-Louis Bodinier[3]、Françoise Boudier[2] (1.東京大学、2.モンペリエ第二大学、3.Geosciences Montpellier)

[SCG56-P08] 南琉球及び中琉球の背弧海盆の形状の違いとテクトニクス

*荒井 晃作[1]、三澤 文慶[1]、井上 卓彦[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG56-P09] 御荷鉾帯と空知－エゾ帯中の苦鉄質岩の起源：地球化学的特徴とジルコンU-Pb年代およびシャツキー海台との比較

*木村 直人[1]、市山 祐司[1]、高橋 翔平[1]、伊藤 久敏[2]、田村 明弘[3]、森下 知晃[3] (1.千葉大学、2.電力中央研究所、3.金沢大学)

[SCG56-P10] Submersible magnetics reveals relationship between off-axis volcanism and hydrothermal systems of the Kairei and Yokoniwa fields at the Central Indian Ridge

*藤井 昌和[1]、沖野 郷子[2] (1.国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2.東京大学大気海洋研究所)

[SCG56-P11] 中部沖縄トラフ伊平屋北海丘および伊平屋小海嶺海域における船上重磁力調査：KR18-14 Leg1/Leg2航海速報

*北田 数也[1]、笠谷 貴史[1]、岩本 久則[1]、野木 義史[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立極地研究所)

[SCG56-P12] 沖縄トラフ東奄西熱水フィールドでの浅層科学掘削

*熊谷 英憲[1]、笠谷 貴史[1]、戸塚 修平[2]、川口 慎介[1]、町山 栄章[1]、飯島 耕一[1]、山本 浩文[1]、金子 純二[1]、大田 優介[3]、冨田 昇平[3]、小森 省吾[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.九州大学、3.京都大学、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SCG56-P13] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下の熱水変質鉱物の鉱物学的・地球化学的特徴

*石橋 純一郎[1,2]、戸塚 修平[2]、堤 映日[2]、塚本 成[2]、吉良 優佑[2]、島田 和彦[1]、山崎 徹[3]、池原 研[3]、長瀬 敏郎[4]、高谷 雄太郎[5,9]、池端 慶[6]、後藤 隆嗣[7]、郷津 知太郎[7]、新城 竜一[8]、町山 栄章[9]、飯島 耕一[9]、山本 浩文[9]、熊谷 英憲[9] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、3.産業技術総合研究所、4.東北大学総合学術博物館、5.早稲田大学創造理工学部、6.筑波大学生命環境系、7.蒜山地質年代学研究所、8.琉球大学理学部、9.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

[SCG56-P14] New type of self-potential anomaly observed near a hydrothermal site of Oomuro-dashi volcano, Izu-Ogasawara arc

*川田 佳史[1,2]、笠谷 貴史[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.海洋研究開発機構)

[SCG56-P15] 熱水流動-地球化学連成解析による海底熱水鉱床の形成シミュレーション

*藤田　クラウディア[1]、山本 肇[1]、石橋 純一郎[2]、辻 健[3] (1.大成建設株式会社、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

[SCG56-P16] 南鳥島レアアース泥の鉱物組成および粒度分布：超高濃度レアアース泥の生成機構への示唆

*酒井 巧[1]、田中 えりか[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2,1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[SCG56-P17] 南鳥島EEZのレアアース泥に含まれるマイクロマンガンノジュールの地球化学的及び形態的特徴

*木野 聡志[1]、安川 和孝[1,2]、浅見 慶志朗[1]、田中 えりか[1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、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センター)

[SCG56-P18] 堆積層基盤PS変換波の走時解析に基づく日本・千島海溝域の堆積層厚さ分布

*東 龍介[1]、豊国 源知[1]、高木 涼太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、中山 貴史[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

[SCG56-P19] プレート沈み込み帯における水深測量データのみを用いた臨界尖形理論の検討

*高下 裕章[1]、芦 寿一郎[1]、朴 進午[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[SCG56-P20] 高分解能浅部構造探査と精密照準採泥による相模湾断層の活構造

*芦 寿一郎[1]、山口 飛鳥[2]、奥津 なつみ[1]、三澤 文慶[3] (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、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P21] 南海トラフ海域の断層分布と構造的特徴

*新井 麗[1]、高橋 成実[1]、勝山 美奈子[1]、田中 恵介[1]、鎌田 弘己[1]、佐藤 智之[2]、井上 卓彦[2]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.香川大学)

[SCG56-P22] 海底地震計で捉えた中部琉球海溝での地震活動

*屋嘉部 蓮[1]、中村 衛[1]、山下 裕亮[2]、篠原 雅尚[3]、山田 知朗[3]、塩原 肇[3]、望月 公廣[3] (1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所)

[SCG56-P23] Po/So波から推定した九州下に沈み込んだフィリピン海プレートの地震学的構造

*志藤 あずさ[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)

[SCG56-P24] スマトラ北西沖外縁隆起帯で視認される斜面崩壊地形とその分布

*平田 賢治[1]、富士原 敏也[2]、三澤 文慶[3]、荒井 晃作[3] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P25] Origin and migration of fluid in the Sumatra subduction input: application of a geochronological method using a long-lived radioisotope of dissolved iodine

*尾張 聡子[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院理学研究科)

[SCG56-P26] 深海マッピングの新時代への挑戦: 無人海底地形調査の国際大会“Shell Ocean Discovery XPRIZE”

*住吉 昌直[1] (1.海上保安庁海洋情報部)

[SCG56-P27] Prototype of deep-sea ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using“A-0-A”approach for detection of long-term crustal deformation

*太田 雄策[1]、日野 亮太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、西間木 佑衣[1]、梶川 宏明[2]、小畠 時彦[2] (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.産業技術総合研究所計量標準総合センター)

[SCG56-P28] 広帯域海底地震計観測の高度化へ向けて：ノイズ低減と表面波アレイ分散計測

*川野 由貴[1]、一瀬 建日[1]、川勝 均[1]、竹尾 明子[1]、塩原 肇[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG56-P29] 海底基盤岩研究に於けるハイテク・ドレッジの有用性と課題。 - -海底岩石のリアルタイムモニタリングドレッジを目指して- -

*石井 輝秋[1]、樹田 行弘[2]、坂本 泉[3]、町田 嗣樹[4] (1.静岡大学防災総合センター　ishiiteruaki@hotmail.com、2.海洋研究開発機構、3.東海大学、4.千葉工業大学)

[SCG56-P30] 日本周辺海域の断層データベース・システムの構築

*鎌田 弘己[1]、高橋 成実[1,2]、田中 恵介[1]、新井 麗[1]、勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、藤原 広行[2]、大角 恒雄[2]、井上 卓彦[3]、佐藤 智之[3]、金田 義行[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.香川大学)

[SCG56-P31] 複数の海底反射強度データを統合する方法

*町田 嗣樹[1,2]、佐藤 太一[3]、安川 和孝[2] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P32] ETOPO1を用いた海洋の平均水深の精密計算

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

# Signature of plume-ridge interaction on bathymetry and geochemistry along mid-ocean ridges: Insights from the Réunion Plume and Central Indian Ridge

*Clement Vincent[1], Jung-Woo Park[1], Sang-Mook Lee[1], Jonguk Kim[2], Sang-Joon Pak[2]

1. Seoul National University, 2. Korea Institute of Ocean Science and Technology

Plume-ridge interaction is an important thermal and geological process, which results in various physical and chemical anomalies along a significant length of the global mid-ocean ridges system. Despite numerous studies, some remaining questions to be solved are origin and mechanisms of geochemical variations and their possible influence on the morphology of mid-ocean ridges. The Central Indian Ridge, with a slow to intermediate spreading rate, provides an ideal opportunity to explore distant plume-ridge interactions. Presently, the ridge is moving away from the hotspot. The hotspot which started at the Deccan Traps (65 Ma) is presently 1000 km away from the Central Indian Ridge, at the Réunion Island. Paleogeographic reconstruction suggests that the hotspot crossed the middle part of the Central Indian Ridge (MCIR) between 8˚S and 17˚S at ~34 Ma. Studies suggest that the plume material that flows into the Central Indian Ridge is more or less concentrated around 19˚S, to the south of Marie Celeste Fracture Zone (MCFZ). In addition, recent geochemical study show southward-increasing gradient in Réunion mantle component between 14˚S and 18˚S north of MCFZ. The detailed mechanism of the plume interaction on the MCIR is in debate. In this study, we revisited the MCIR with additional Nd, Sr and Pb isotope analyses and ship-board high-resolution bathymetry data to constrain the influence of the Ré union plume on geochemistry and bathymetry of the MCIR. The results show that the geochemical anomaly observed between 14˚S and 18˚S are found only in the northern part of segments and subsegments, and these enrichments correlate with the shallow axial bathymetry. The localized geochemical and bathymetric anomalies can be ascribed to a hotspot leading edge effect where the hotspot leading segments are offset in the direction of the plume and are more influenced by the plume materials. It appears that discontinuities such as transform faults and the non-transform discontinuities influence the flow of mantle plume material into the ridge, and that the proximity of the ridge to the hotspot plays an important role in the plume-ridge interaction.

Keywords: Plume-ridge interaction, Reunion Plume, Central Indian Ridge, MORB

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Spreading rate and its stability of Chile Ridge near the Chile Triple Junction

*石原 隆仙[1]、松本 剛[1]
*Takanori Ishihara[1], Takeshi Matsumoto[1]

1. 独立大学法人琉球大学
1. Ryukyu university

Chile triple junction (CTJ) is located at 46°13'S, 75°13'W off the coast of Chile and is composed of Nazca plate, Antarctic plate and South America plate, forming a ridge-trench-trench type triple junction. Chile ridge that is an active spreading ridge is subducting under the South America plate at CTJ and is the only ridge system that is currently subducting under trench in the world. Therefore this area is an important target to study the behavior of the active ridge just before subduction. And also, the mechanism and a possible driving force of the active ridge subduction are also to be studied by subsurface structure, age, development history, and so on through marine geophysical survey. The authors analysed total geomagnetic data from the tracks along the segments and attempted to obtain seafloor spreading rate at each segment and seafloor age from magnetic anomaly, and spreading stability in this area by the magnetic N/R boundary strikes derived from the three component magnetic data. Both the total force and the three-component magnetic data for this study were obtained from MR16-09 cruise by R/V MIRAI, Leg1 and Leg2. Marine Trackline data that were achived in National Geophysical Data Center were also used supplementarily. Seafloor spreading rate decrease is shown along almost all the tracks close to the trench, and comparison of several track data along the Segment SCR1 shows the same characteristics that spreading rate along the southern track is slower than that along the northern track. Moreover, the result from the other segments show that SCR1’s spreading rate (about3.0cm/yr) is higher than SCR3’s one (about 2.0cm/yr). These results show spreading rate is decreasing as the ridge is close to the trench. This mightbe due to declining of igneous activity and reduction of magma supply rate near the trench as Matsumoto et al (2013) showed. The reason why the young seafloor subducts early is that increasing of slab pull force caused by thickening of the oceanic lithosphere by cooling with closing the trench. Magnetic N/R boundary strike shows almost uniform trends, except near Guamblin fracture zone, so spreading stability is attained on the whole.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南部チリ沖南極プレート上に発見した海山群
# Newly Mapped Seamounts on the Antarctic Plate off Southern Chile

*富士原 敏也[1]、阿部 なつ江[2]、原田 尚美[3]、「みらい」MR16-09 Leg 2 乗船研究者
*Toshiya Fujiwara[1], Natsue Abe[2], Naomi Harada[3], Mirai MR16-09 Leg 2 Shipboard Science Party

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. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、3. 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター
1. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, 3. Research and Development Center for Global Change

JAMSTEC調査船「みらい」のMR16-09 Leg 2航海（2017年1月20日～2月5日：プエルトモント～プンタアレナス）において、南部チリ沖（ハノーバー島沖）南極プレート上の海山群の海底地形、海上重力、地磁気調査を行った。本調査海域の調査例は少なく、本航海のトランジット・データも含めて、貴重なデータが得られた。

海底地形データの取得にはSeaBeam 3012マルチビーム音響測深機、重力はMicro-G LaCoste and Romberg S-116船上重力計、地磁気はGeometrics G-882曳航式セシウム磁力計、Tierra Tecnica SFG1214船上3成分磁力計を用いた。残念ながら、岩石試料の採取、反射法地震波探査は行われなかった。

海山群は南極プレート上に位置する。海洋地殻を形成した中央海嶺（チリ海嶺）は、既に南米プレート下に沈み込んでいると考えられる。Cande et al. (1982)により、付近の海底でAnomaly 6aが同定されている。Muller et al. (2008)によれば、海山群の地点の地殻形成年代は18 Maである。本調査では、振幅約400 nTの地磁気縞状異常が観測されており、海洋地殻年代、海底拡大速度については検証する。

周囲の海底は堆積層に覆われていて、海底地形にアビサルヒルの走向が見えない。海山群中最大の山体は、南緯51度0分、西経79度25分に位置する。海山の長軸は約17 km、短軸は約10 km、長軸の走向は約N45°Wである。海山の基底の水深は約3900 m、山頂部の最小水深約2900 mで、比高が1000 mある。海山の周りは溝地形で囲まれており、溝地形の深さは最大約100 mである。山体の底面積はおよそ約160平方kmで、海底部からの体積は約70立方kmである。山頂にはカルデラ地形が見られる、最大の海山のカルデラの深さは約200 m、直径約2.5 kmである。

人工衛星からの海面高度・重力異常観測により、その海山の存在は推定されていた。その比高は364 mとされていた（Kim and Wessel (2011)による海山カタログ、ID: KW-05846）が、規模の小さな海山であるため、正確には推定できていなかった。海上観測されたフリーエア重力異常は、海山基底部の重力異常値が約+20 mGal、海山頂部での重力異常値は約+50 mGalで、海山に起因する重力異常の振幅は約30 mGalである。人工衛星からの重力異常観測（Sandwell et al., 2014）より、約20 mGal大きい振幅が観測された。

キーワード：チリ沖、南極プレート、海山、海底地形、重力異常、地磁気異常
Keywords: Off Chile, Antarctic Plate, Seamount, Bathymetry, Gravity Anomaly, Magnetic Anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 「みらい」MR16-09航海による海上重力測定：特にチリ三重点周辺の重力異常の特徴

# Surface-ship gravimetry on board MR16-09 Cruise by R/V MIRAI - Characteristrics of gravity anomaly around the Chile Triple Junction

*松本 剛[1]、石原 隆仙[1]
*Takeshi Matsumoto[1], Takanori Ishihara[1]

1. 琉球大学理学部
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

「みらい」MR16-09航海は，2016年12月～2017年３月の間，フィジー・チリ・ニュージーランド・むつを寄港地として，主に南太平洋を東西に，西太平洋を南北に横断するコースで実施され，広範囲且つ長測線の海洋地球物理観測プロファイルを得ることが出来た。また，チリ西海岸のタイタオ半島沖の南緯46度13分・西経75度48分に位置し，ナスカプレートと南極プレートを産み出す拡大境界であるチリ海嶺がチリ海溝で南アメリカプレートの下に沈み込んでいるチリ三重点（CTJ）付近で，拡大軸セグメント上でのプロファイルを得ることができた。

観測に使用した船上重力計は，相対測定方式のラコストS-116である。通常は出発地・寄港地・到着地で至近の重力点（重力の絶対値がわかっている地点）と岸壁での陸上用重力計を用いた測定（重力結合=gravity tie）を行うことによって，調査航海中に測定された重力の絶対値を求めている。しかし今回は，前行動の出発地である清水，途中寄港地であるプンタアレナス，帰港地である関根浜でのみ重力結合が行われたため，重力計のドリフト補正後の正確な値を求めることが難しい。そこで，衛星データ等による最新の全球重力１分グリッドデータ（Sandwell et al., 2014, Sandwell et al., 2013, Sandwell et al., 2009）を用い，測線上の重力測定点での値の更正を行った。

グリッドデータのx, y方向の格子間隔をそれぞれdx, dyとする。x座標x1, x2（x1 < x2），y座標y1, y2（y1 > y2）で囲まれる領域（長方形で近似）の四隅の点での重力値をg11, g21, g12, g22とすると，この領域内の点(x,y)での線型内挿値gは，

g1=g11*(x2-x)*(y1-y)

g2=g21*(x-x1)*(y1-y)

g3=g12*(x2-x)*(y-y2)

g4=g22*(x-x1)*(y-y2)

として，

g=(g1+g2+g3+g4)/(dx*dy)

によって得られる。

この内挿によって得られた重力値と測定値との差をもとに，各レグでのドリフト・レートを求めたところ，

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Leg1：0.216mgal/day

Leg2：0.520mgal/day

Leg3：-0.599mgal/day

Leg4：0.562mgal/day

であり，これらの値を用いた測定値の補正を行って，最終的なフリーエア異常値を求めた。

Leg2では主としてチリ西海岸近海の調査が行われた。このうち，チリ三重点を含むチリ海嶺のセグメントSCR1に沿った３測線では，既に地磁気異常プロファイルから海底の年代を求め，拡大速度が海嶺軸に近付くほど減少する傾向が得られており（松本・他，JpGU2018発表），海嶺軸が海溝に近付くにつれてマグマ供給量の減少と火山活動の衰退が示唆され，海溝付近での熱の損失により火成活動が停止した海嶺下のリソスフェアが冷却によって急激に厚くなり，周辺のリソスフェアと同化してともに抵抗なく「スラブ・プル」の力によって南アメリカプレートの下に沈み込んでいると解釈されている（松本・他，JpGU2018発表）。同じプロファイルのフリーエア異常・海底地形から二次元計算（海溝・海嶺軸方向に同一の地形・地下構造が連続していると仮定）によりブーゲー異常を求めたところ，３測線とも，海溝軸とその西側の地形の起伏に関係なく，ブーゲー異常が海嶺・海溝軸に近付くにつれて相対的に一様に減少している結果が得られた。このパターンは，通常の海溝や中央海嶺の場合と類似しているが，海溝或いは海嶺に近付くにつれての減少率は，西太平洋の海溝の場合が概ね1.5～2mgal/km，大洋中央海嶺が<0.1mgal/kmであるのに対して，本測定ではその中間の0.4～0.8mgal/kmを示している。このことは，中央海嶺での火成活動の消失と海溝での沈み込みの双方の特徴を反映していると見られるが，これについては，更なる検証が必要である。

その他，Leg1ではトンガ・ケルマデック島弧・海溝系，南部東太平洋海膨を横切る測線が，Leg3ではベリングスハウゼン海，アムンゼン海を通過し，更にエルターニン・ウジンツェフ断裂帯を横切る測線が，Leg4では南フィジー海盆，ソロモン島弧・海溝系，西カロリン海台を横切る測線が，それぞれ得られた。それぞれの結果をポスターにて紹介する。

キーワード：チリ三重点、重力異常、「みらい」
Keywords: Chile Triple Junction, Gravity Anomaly, R/V MIRAI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海洋底拡大初期のアファール凹地における磁気・MT探査
# Magnetic and Magnetotelluric surveys across the Afar depression, transition between continental rifting and sea-floor spreading

*吉村 令慧[1]、石川 尚人[2]、Kidane Tesfaye[3]、加々島 慎一[4]、望月 伸竜[5]、Muluneh Ameha[3]、北川 桐香[4]、池間 泰斗[6]
*Ryokei Yoshimura[1], Naoto Ishikawa[2], Tesfaye Kidane[3], Shin-ichi Kagashima[4], Nobutatsu Mochizuki[5], Ameha Atnafu Muluneh[3], Kirika Kitagawa[4], Taito Ikema[6]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都大学大学院人間・環境学研究科、3. アジスアベバ大学、4. 山形大学理学部、5. 熊本大学大学院先導機構、6. 京都大学理学部
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, 3. Addis Ababa University, 4. Faculty of Science, Yamagata University, 5. Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University, 6. Faculty of Science, Kyoto University

我々は、海洋底拡大現象が進行しつつあるエチオピア・アファール凹地において、地磁気縞状異常の獲得形成過程を解明する研究プロジェクトを進めている（石川他, 2017）。プロジェクトの最終目標である無人飛行機による空中磁気探査に先立ち、リフトを横切る測線を設定し、2016年度には地上踏査による磁気探査を、2017年度には広帯域Magnetotelluric (MT) 探査を実施した。調査域は、2005～2009年に発生したDabbahu リフトでのダイク貫入イベントの南方延長にあたり、この地域の地下構造を把握することは、同種のイベントの発生可能性の評価にも資すると考えられる。

地上磁気探査では、GSM-19 オーバーハウザー磁力計 (GEM systems) を使用し、地上高 2.4m にセンサーを維持しつつ4秒サンプリングで、約60km の測定を行った。同時にハンディGPSにより、1秒ごとのトラックログを記録し位置情報とした。外部磁場（日変化や磁気擾乱）の影響を補正するために、測線の西部に位置するSamara 大学敷地内に参照点を設置した。参照点との単純差を求め、磁気異常を概観すると、大局的には先行研究 (Bridges et al., 2012) と調和的なパターンが得られた。一方、短波長の分布については、lava flow を越える個所において、数1000nT に達するスパイク上のシグナルが確認された。しかしながら、その振幅は flow 毎に異なり、磁化強度の違いを反映している可能性が高い。

広帯域MT探査では、地上磁気探査測線に沿うように約4km間隔で計14点において、電磁場変動データを取得した。器材は、MTU5A (Phoenix Geophysics) ならびに ELOG1K-PHX (NTシステムデザイン) を使用し、14点中5点では電場変動のみの収録であった。予察的な解析として、MTU5Aで計測した10点のデータを用いて、二次元逆解析を行った。時系列解析では Chave & Thomson (2003) のコードを、2次元構造解析には Ogawa & Uchida (1998) のコードを使用した。得られた構造は、本研究測線の南方での先行研究 (Didana et al., 2014; 2015) や北方での先行研究 (Desissa et al., 2013; Whaler et al., 2012) に類似して、現在の拡大中心軸周辺の深部から浅部に盛り上がる低比抵抗体に特徴づけられる。さらに、東西には高比抵抗体が存在するが、非対称性が確認された。この非対称性は、拡大軸の両側の拡大速度の違いの原因もしくは結果である可能性がある。
本発表では、地上磁気探査およびMT観測の概要・構造解析結果を報告するとともに、2019年度実施予定の補充観測ならびに空中磁気探査について紹介する。

キーワード：アファール凹地、海洋底拡大、マグネットテルリック探査、磁気探査
Keywords: Afar depression, sea-floor spreading, magnetotelluric survey, magnetic survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 四国海盆海洋コアコンプレックスの発達：背弧拡大が止まるとき
# Evolution of oceanic core complexes in the Shikoku Basin: when backarc basins cease to open

*沖野 郷子[1]、小原 泰彦[2,3]、藤井 昌和[4]、羽入 朋子[1]
*Kyoko Okino[1], Yasuhiko Ohara[2,3], Masakazu Fujii[4], Tomoko Hanyu[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海上保安庁、3. 海洋研究開発機構、4. 国立極地研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan Coast Guard, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. National Institute of Polar Research

背弧海盆が何故どのようにして活動を止めるのかは，プレートテクトニクスにおける未解決問題のひとつである．四国海盆は15Ma頃に拡大を停止した背弧海盆で，海盆北部においては拡大停止後の火成活動により軸部に海山が分布するが，南端部においては拡大末期に海洋コアコンプレックスが形成されている．海洋コアコンプレックスは，プレートの分離速度に対してメルト供給量が50%程度の環境で大規模なデタッチメント断層が発達し，深部物質が浅部に露出する構造である．そのため，背弧拡大系が停止する際にメルト供給量の変動を示す直接的な証拠となりうる．2018年の夏，よこすかYK18-07航海及び白鳳丸KH-18-02航海において，四国海盆南端部23˚50’N, 138˚50’Eに位置する海洋コアコンプレックス（Mado Megamullionと命名）とその周辺の地球物理探査を実施した．本講演では，これら2航海のデータを合わせ，かつ既存の海上保安庁データとも統合し，海洋コアコンプレックスの構造と発達史について検討した結果を紹介する．

Mado Megamullionはおよそ20km四方の高まりで，海嶺軸セグメントとトランスフォーム断層の交点内角に位置する．特徴的な畝地形を有し，周囲に比べて約20mGal高いマントルブーゲー異常を示す．YK18-07におけるしんかい6500潜航及びKH-18-02で実施されたドレッジではハンレイ岩・カンラン岩といった高密度の地殻下部・マントル物質が採取されており，重力異常と調和的である．一部の岩石試料には変形構造が確認されており，デタッチメント断層面が海底に露出していると考えられる．磁化構造は，周囲の海盆底の地磁気縞異常（連続的な海洋地殻生産と海底拡大の証拠）とパターンとしては調和的といえる正負の磁化分布を示すが，明らかな拡大非対称を示している．拡大非対称は海洋コアコンプレックス形成時には広く見られる現象である．また，磁化強度はコアコンプレックス部でやや正帯磁側に偏っており，隣接する海嶺軸谷部が強い正磁化を示すことから，誘導磁化成分の存在が示唆される．3成分磁気異常解析結果は，周囲の海底が拡大軸に平行かつ明瞭な磁化境界を示すのに対し，コアコンプレックス部では強い磁化境界は存在しない．ただし，構造の3次元性はそれほど高くはなかった．また，海洋コアコンプレックス近傍の海嶺軸内部には，高重力異常を示すドーム状の小規模な高まりがあり，中央海嶺系で報告されているNTO-Massif (non-transform offset massif)の可能性が高い．また，隣接する海嶺軸セグメントにも，明らかにデタッチメント断層面とみられる明瞭な畝構造がみられるが，重力異常は弱い．

Mado Megamullion及びその周辺の海洋コアコンプレックスの形成過程と構造は，背弧海盆拡大最終ステージにおけるメルト供給量の推移を示すものである．四国海盆よりさらに南方のパレスベラ海盆では，世界最大のGodzilla Megamullionをはじめ，多くの海洋コアコンプレックス等が拡大軸部に分布しており，これらの総合的な研究は，背弧拡大系の終焉を理解する鍵となるはずである．

キーワード：背弧拡大、海洋リソスフェア、海洋コアコンプレックス
Keywords: backarc opening, oceanic lithosphere, oceanic core complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Thermal evolution of the Lanzo orogenic peridotite massif in western Alps: implications on thermal structure near subcontinental lithosphere-asthenosphere boundary

*青木 智[1]、小澤 一仁[1]、Jean-Louis Bodinier[3]、Françoise Boudier[2]
*Tomo Aoki[1], Kazuhito Ozawa[1], Jean-Louis Bodinier[3], Françoise Boudier[2]

1. 東京大学、2. モンペリエ第二大学、3. Geosciences Montpellier
1. The University of Tokyo, 2. Montpellier 2 University, 3. Geosciences Montpellier

Lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) is a zone where heat, momentum, and materials are exchanged between conductive mantle and underlying convective mantle, and plays an important role in plate tectonics (McKenzie & Priestley, 2005; Fischer et al., 2010; Kawakatsu & Utada, 2017). Its internal structure and dynamic behavior are, however, far from understood. This study addresses this issue on the basis of petrological study of an orogenic peridotite complex. Lanzo massif in the western Alps, Northern Italy. We attempt to clarify temporal change of internal thermal structure of the complex during exhumation, from which the original thermal structures before exhumation may be estimated.
Lanzo massif is one of the largest mantle exposure thought to be a subcontinental lithospheric mantle exhumed related to the opening of the Jurassic Piedmont Sea between European continent and Adriatic continent, following slow spreading of the Atlantic mid ocean ridge (Müntener & Piccardo, 2003). The massif consists dominantly of plagioclase-bearing lherzolite, stable at the pressure lower than 1GPa, with subordinate amount of mafic rocks occurring as layers or dikes (Bodinier, 1988; Bodinier et al., 1991). The Lanzo massif divided into three bodies on the basis of petrographic characteristics: north, central and south. Previous studies argued that the northern part represents subcontinental lithospheric mantle and that the southern part may be of asthenospher origin (Bodinier, 1988; Bodinier et al. 1991). Therefore, the complex may represent a zone of lithosphere-asthenosphere boundary and can provide information on processes operated there (Bodinier, 1988; Bodinier et al., 1991; Kaczmarek & Müntener, 2008).
We examined plagioclase-bearing lherzolite collected from 16 localities covering the entire massif. Systematic variations of microstructures and mineral chemical compositions were confirmed, which is principally consistent with previous studies (Bodinier, 1988; Bodinier et al., 1991). All constituent minerals show chemical heterogeneity on grain scales, which is regarded as record of various processes the rocks underwent. Grain-scale zonings of Al and Ca in pyroxene, fluorescence-corrected Ca in olivine adjacent to pyroxenes, Cr and Al in spinel adjacent to plagioclase, and Ca and Na in plagioclase suggest that monotonous cooling and decompression accompanied by deformation occurred during decompression of the Lanzo massif. We quantified the space-dependent thermal history of Lanzo by using Ca-in-orthopyroxene geothermometer after Lindsley (1983) and Ca-in-olivine geothermometers calibrated on the basis of experimental results of Köhler & Brey (1990). All the estimated temperatures decrease from the southern body towards the northern body. The calculated temperatures were critically examined if they represent closure temperatures or a condition at which Lanzo resided for a certain period of time. The grain-scale zoning patterns indicate that the temperatures from core of orthopyroxene recorded a long residence, whereas those from rim of pyroxenes and both core and rim of olivine represent closure temperatures (Tc) at various timings during monotonous cooling. The decrease in temperatures of pyroxene cores from the south to the north by ~60K may represent a geotherm near LAB zone. All the Tc decrease from the north to the south and the difference of temperatures between the core and rim of orthopyroxene increases from the southern body to the northern body. This suggests that the cooler and probably shallower northern body cooled at slower rate at a wide temperature range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

(Tc=700-1100˚C) than the hotter and probably deeper southern body. A thermal gradient recorded in the Lanzo massif is estimated to be ~6K/km, which is greater than those estimated for deep subcontinental lithosphere at steady thermal state (Mckenzie et al., 2005). We speculate that the high geotherm might have caused by thermal perturbation from asthenosphere.

キーワード：リソスフェアーアセノスフェア境界、マントルかんらん岩、熱構造
Keywords: lithosphere-asthenosphere boundary, mantle peridotite, thermal structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南琉球及び中琉球の背弧海盆の形状の違いとテクトニクス
# Comparison of the back-arc basins of the South and the Central Ryukyus in the northwest Pacific

*荒井 晃作[1]、三澤 文慶[1]、井上 卓彦[1]
*Kohsaku Arai[1], Ayanori Misawa[1], Takahiko Inoue[1]

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial and Technology

琉球弧はフィリピン海プレートの沈み込みに伴って形成された島弧であり、九州から台湾に続く島嶼からなる。琉球弧の全体の長さは北東–南西方向に約1,200 kmに達し，主要な島嶼は火山島ではなく、前弧斜面に形成される高まりの列と言える。琉球弧の南東側には水深6,000～7,800 mの琉球海溝（南西諸島海溝）が，琉球弧に沿うように続いている．一方、北西側には，水深1,000～2,000 mの沖縄トラフ（舟状海盆）と呼ばれる活動的な背弧海盆が発達する。海溝軸におけるプレートの沈み込みと背弧側のリフティングが琉球弧の複雑なテクトニクスを支配していると言える。産総研では、2008年度から琉球弧周辺の海洋地質調査を開始しており、GIガンを音源としたマルチチャンネル（16 chや32 ch）の反射法音波探査を高密度に行っている。

南琉球弧北方沖（宮古島、石垣島）の斜面は沖縄トラフの軸に平行な幾筋かの正断層が発達し、地形は単純に北に向かって傾いて、深さ2000m以深に達する。一方、中琉球弧にあたる沖縄本島北西部は背後側に活動的な正断層を伴い、小さな海盆状の地形を作っている。これらの断層の走向は、ENE-WSWで北落ちの断層の発達に伴うハーフグラーベンを形成している。本発表では、反射断面からこれらの構造の違いを示すとともに、南琉球弧及び中琉球弧の背弧海盆の形状のテクトニクスに関する議論をする。

キーワード：琉球弧、背弧海盆、第四紀、反射法音波探査、マルチチャンネル
Keywords: Ryukyu Arc, back-arc basin, Quaternary, seismic reflection survey, MCS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 御荷鉾帯と空知ーエゾ帯中の苦鉄質岩の起源：地球化学的特徴とジルコンU-Pb年代およびシャツキー海台との比較
# Geochemistry and zircon U-Pb ages of mafic rocks in the Mikabu and Sorachi-Yezo belts: Comparison with the Shatsky Rise

*木村 直人[1]、市山 祐司[1]、高橋 翔平[1]、伊藤 久敏[2]、田村 明弘[3]、森下 知晃[3]
*Naoto Kimura[1], Yuji Ichiyama[1], Shohei Takahashi[1], Hisatoshi Ito[2], Akihiro Tamura[3], Tomoaki Morishita[3]

1. 千葉大学、2. 電力中央研究所、3. 金沢大学
1. Chiba University, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Kanazawa University

Large igneous provinces (LIPs) are large volcanic edifices on the Earth, such as oceanic plateaus and continental traps. It is commonly believed that LIPs are formed by large-scale magmatism caused by the upwelling of unusually hot mantle plume from the deep mantle (e.g., Coffin and Eldholm, 1994). Therefore, the genesis and formation mechanisms of LIPs is crucial to understand the dynamics of the Earth’s interior and episodic global events. Recent studies have revealed that the fragments of accreted oceanic plateaus are preserved in orogenic belts as ophiolites and accretionary complexes (e.g., Kerr et al., 2000; Ichiyama et al., 2014). The investigation of accreted oceanic plateaus will help to enhance our understanding of LIPs.

The Mikabu belt in SW Japan and Sorachi-Yezo belt in central Hokkaido, North Japan contain large accreted fragments of a paleo-oceanic plateau (Kimura et al., 1994). Recently, Ichiyama et al. (2014) proposed that the Mikabu and Sorachi-Yezo picrites with highly magnesian olivine phenocrysts (up to $Fo_{94}$) were produced by an unusually hot mantle plume. They also suggested that these picrites are derived from the Late Jurassic oceanic plateau (hereafter named “Mikabu-Sorachi plateau”) formed on the Izanagi plate, which was possibly produced together with the Shatsky Rise at the Pacific-Izanagi-Farallon triple junction in the Pacific Ocean. However, the geochronological and geochemical comparison between the Mikabu-Sorachi and Shatsky Rise has been poorly constrained.

The Mikabu and Sorachi-Yezo mafic rocks are geochemically divided into depleted (D)-type and enriched (E)-type in the same manner as the picrites. The D-type is depleted in light rare earth elements (LREE), whereas the E-type is relatively enriched in LREE. These types were produced by higher degrees of partial melting (30-50%) than MORB. The U-Pb zircon analyses of gabbroic rocks in both belts yield the weighted mean $^{206}Pb/^{238}U$ zircon ages of 153.1-146.3 Ma for the Mikabu rocks and 146.2 and 137.6 Ma for the Sorachi-Yezo rocks.

A wide geochemical variety of basalts were recovered from the Shatsky Rise during the IODP Expedition 324 (Expedition 324 Scientists, 2010; Sano et al., 2012). The U1349-type and Normal-type basalts of the Shatsky Rise are closely similar in geochemical composition to the Mikabu-Sorachi D-type and E-type rocks, respectively. The radiometric ages of the Shastky Rise basalts show 144.6-133.9 Ma (Mahoney et al., 2005; Geldmacher et al., 2014). The magnetic anomaly lineations of the Shatsky Rise exhibit that the formation of the rise started at M21 (about 147 Ma). The zircon U-Pb ages of the Mikabu-Sorachi mafic rocks are almost coeval with the formation ages of the Shatsky Rise. However, the older radiometric ages than 147 Ma are shown in this study. Recently, Sawada et al. (2019) also report the zircon U-Pb age of 154.6 Ma for the Mikabu metabasite from the Toba area.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

The magnetic anomaly lineation of M29 (about 157 Ma) drawn at the southwest of the Shatsky Rise implies that the triple junction was already present at 157 Ma. The Mikabu-Sorachi plateau was produced on the Izanagi plate before the Shatsky Rise at the triple junction. The igneous rocks in the Mikabu-Sorachi belt possibly record the information on initiation mechanisms of the triple junction and initial stages of LIPs formation in the paleo-Pacific Ocean.

キーワード：御荷鉾帯、空知-エゾ帯、シャツキー海台、ジルコンU-Pb年代、巨大火成岩岩石区、マントルプルーム
Keywords: Mikabu belt, Sorachi-Yezo belt, Shatsky Rise, zircon U-Pb age, Large igneous provinces (LIPs), mantle plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Submersible magnetics reveals relationship between off-axis volcanism and hydrothermal systems of the Kairei and Yokoniwa fields at the Central Indian Ridge

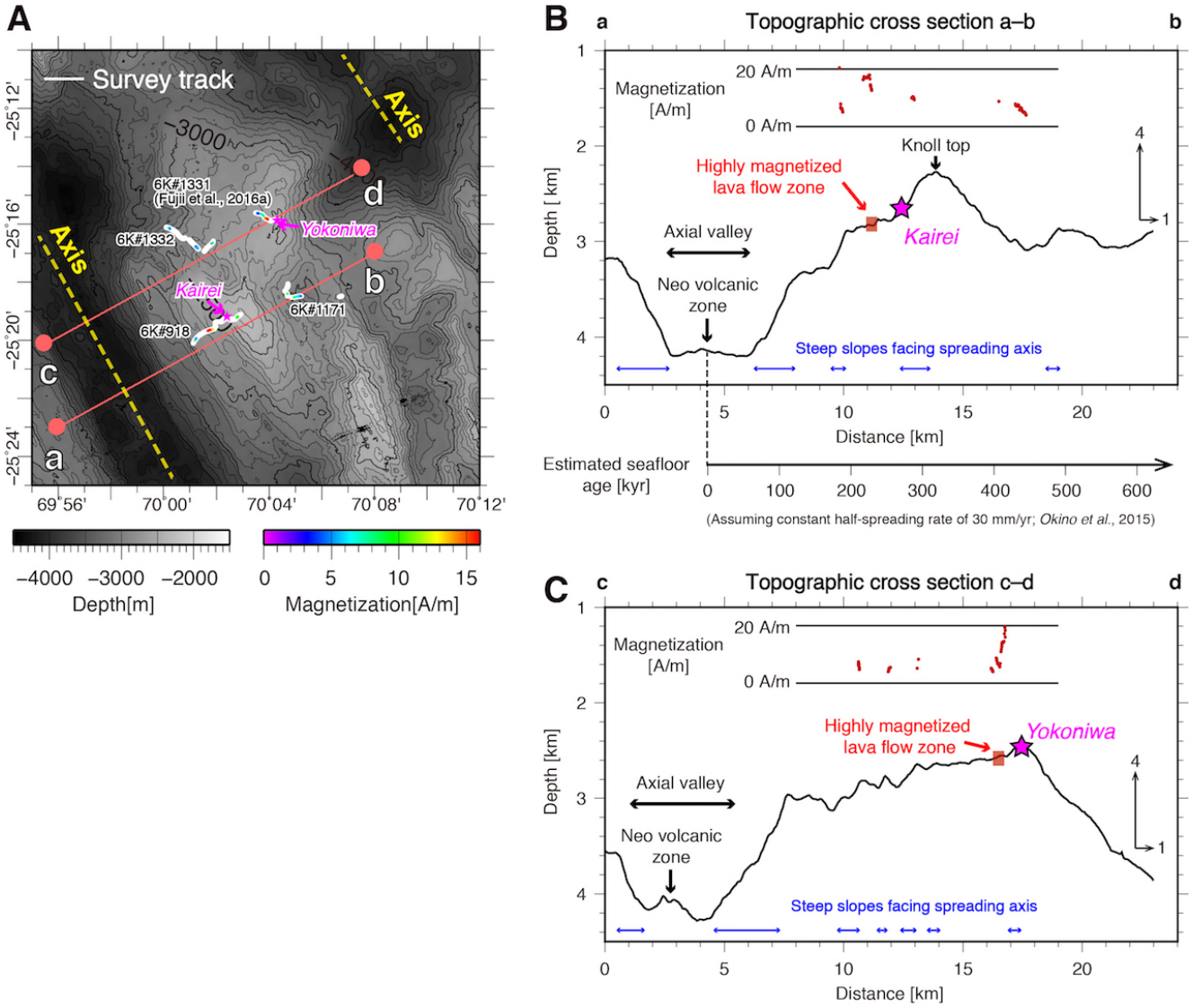
*藤井 昌和[1]、沖野 郷子[2]
*Masakazu Fujii[1], Kyoko Okino[2]

1. 国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2. 東京大学大気海洋研究所
1. National Institute of Polar Research and SOKENDAI, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The Kairei (KHF) and Yokoniwa hydrothermal fields (YHF)are hosted in mafic as well as ultramafic rocks distributed at an off-axis volcanic knoll of the Central Indian Ridge. Despite intensive investigations, their geological and geophysical background is still debated. Here, we show the results of near-seafloor magnetic anomaly surveys conducted using a submersible. We investigated the bulk magnetization of the hydrothermally altered zone and the surrounding lava flows and evaluated their intensities compared with previously reported values at axial areas of seafloor spreading environments. The KHF is characterized by low coherence between observed and modeled anomalies and low values of magnetization. This result suggests that magnetic minerals within basaltic lava flows were likely altered by hydrothermal fluid circulation. The variation pattern in the observed magnetic anomalies above the lava flows is in phase with that of the modeled magnetic anomalies for the simple assumption that the magnetization direction is parallel to the geomagnetic field. This result suggests that these lava flows preserve normal magnetic polarity corresponding to the Brunhes Chron. The estimated magnetic-anomaly-derived absolute magnetizations (MADAM) show a reasonable correlation with the natural remanent magnetizations of rock samples collected from the seafloor of the same region; their relationship is consistent with previously reported datasets from the Mariana Trough and Mid-Atlantic Ridge. The estimated MADAM intensity reaches 20 A/m in the study area, which is clearly greater than those of previously reported off-axis areas, suggesting that recent volcanic eruption may have occurred in these off-axis areas. The high magnetization distributions are commonly observed at the bottoms of the western slope from the KHF and YHF. This finding provides new insight into the distribution of highly magnetized lava flows in the off-axis areas and indicates the distribution of recent off-axis volcanic activities, which is potentially linked to the sub-seafloor hydrothermal circulation.

キーワード：中央インド洋海嶺、海底熱水循環系、深海磁気異常
Keywords: Central Indian Ridge, Seafloor hydrothermal system, Near-seafloor magnetic anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 中部沖縄トラフ伊平屋北海丘および伊平屋小海嶺海域における船上重磁力調査：KR18-14 Leg1/Leg2航海速報

# Shipboard magnetic and gravity surveys around the Iheya North Knoll and the Iheya Minor Ridge in the Mid-Okinawa Trough: Preliminary results of KR18-14 Leg1/Leg2 cruises

*北田 数也[1]、笠谷 貴史[1]、岩本 久則[1]、野木 義史[2]
*Kazuya Kitada[1], Takafumi Kasaya[1], Hisanori Iwamoto[1], Yoshifumi Nogi[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立極地研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research

The Okinawa Trough, an active back-arc basin behind the Ryukyu trench, exhibits active rifting associated with extension of the continental margin. In the Mid-Okinawa Trough, more than 10 hydrothermal vent sites belonging to relatively large hydrothermal vent fields at the Iheya North Knoll, the Iheya Minor Ridge, the Izena Hole and etc., were discovered by previous studies (e.g., Halbach et al., 1989; Sakai et al., 1990; Momma et al., 1996; Kasaya et al., 2015; Nakamura et al., 2015). Although shipboard magnetic and gravity surveys are too low in resolution to investigate the hydrothermal sites, they are important for understanding the geological background of the hydrothermal systems across an entire region. As for the area off Kumejima Island in the Okinawa Trough, Kitada et al. (2018) revealed the characteristics of the submarine volcanic activity around a hydrothermal area by using dense magnetic and gravity data. In order to characterize sub-seafloor structures and the spatial distribution of the submarine volcanic activity around the Iheya North Knoll and the Iheya Minor Ridge, we conducted detailed magnetic and gravity surveys with a line spacing of 0.5 nmi aboard research vessel Kairei during the KR18-14 Leg1 and Leg2 cruises from October to November 2018. Additionally, we also compiled magnetic, gravity and bathymetric data which were collected during previous cruises by the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) over the recent years. Magnetization intensities were estimated from observed magnetic anomalies, without applying annihilator. Bouguer gravity anomalies were calculated from free-air anomalies obtained. The distribution of magnetization intensity and variation in Bouguer gravity anomalies revealed the characteristics of submarine volcanic activity. Most of the knolls in the area show a relatively high magnetization (~1.0 to ~3.0 A/M) corresponding to the individual submarine knolls. Higher Bouguer gravity anomalies (~45 to ~55 mgal) implying the lower crustal thickness were observed in the Iheya graben. The knolls including the Iheya Minor Ridge, elongated in the ENE-WSW direction parallel to the graben, exhibit the ENE-WSW trending magnetization distribution with relatively high positive intensities, so volcanism appears to be constrained by normal faults forming the rift structure. On the other hand, the Iheya North Knoll have a relatively low magnetization of ~-1.0 to ~0.0 A/M with less variation of the magnetization. Although the data are sparse (the line spacing of ~1.5 to ~2 nmi), low magnetization (~1.5 A/M) with no prominent magnetic signature was also observed in the Izena Hole. Moreover, these knolls are located on the area where the Bouguer gravity anomaly is changed from ~30 to ~10 mgal and ~45 to ~30 mgal, respectively. The magmatism associated with submarine volcanic activity and back-arc rifting will be discussed based on the results obtained from these dense surveys.

キーワード：沖縄トラフ、背弧リフティング、海底熱水系、磁気異常、重力異常
Keywords: Okinawa Trough, backarc rifting, hydrothermal systems, magnetic anomaly, gravity anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 沖縄トラフ東奄西熱水フィールドでの浅層科学掘削
# A shallow scientific drilling at Higashi Ensei Hydrothermal Field, Okinawa Trough

*熊谷 英憲[1]、笠谷 貴史[1]、戸塚 修平[2]、川口 慎介[1]、町山 栄章[1]、飯島 耕一[1]、山本 浩文[1]、金子 純二[1]、大田 優介[3]、冨田 昇平[3]、小森 省吾[4]
*Hidenori Kumagai[1], Takafumi Kasaya[1], Shuhei Totsuka[2], Shinsuke Kawagucci[1], Hideaki Machiyama[1], Koichi Iijima[1], Hirofumi Yamamoto[1], junji kaneko[1], Yusuke Ohta[3], Shohei Albert Tomita[3], Shogo Komori[4]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 九州大学、3. 京都大学、4. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kyushu Univ., 3. Kyoto Univ., 4. AIST

A shallow seabed drilling was performed in February 2019 at Higashi Ensei Hydrothermal Field, Northern Okinawa Trough (Cruise ID: KM19-E01). Two localities were selected to investigate natures of sub-seafloor lithology with and without self-potential anomaly (SP anomaly) measured by near-bottom AUV survey. Here such a SP anomaly is to be resulted from a sub-seafloor orebody consisted of mainly sulfides. A seabed drilling apparatus, BMS (Boring machine system, Cellula Robotics Ltd.), was deployed twice from R/V Kaimei. At the first drilling in the cruise, the drilled hole reached to a formation 44m beneath the seafloor but stopped there due to significant venting through the drilled hole. Volcaniclastics with and without sulfide blocks or veins were sampled even poor recovery in the shallow part of the hole. Contrasting to it, the second drilled hole reached to 10 m beneath the seafloor where intact mafic-intermediate lava flow, i.e. volcanic basement, was sampled. In the second hole, little sulfide were retrieved except orange-colored one, probably realgar associating with orpiment and stibnite, in the first core, shallower than 1.5mbsf. On board IP measurement both as well as standard MSCL and visual core description were performed for the cores from the first hole. Further, an ROV dive observation was conducted within 16.5 hours after the drilling of the first hole. An exotic white sediment was recognized in the vicinity of the hole, similarly to the IODP exp.331 at Iheya-North Knoll, and successfully sampled. In this presentation, retrieved drilled samples as well as those sampled by ROV will be reported.

キーワード：海底着座型掘削装置、自然電位異常、孔口付近の白色堆積物
Keywords: A seabed driling system, Self-potential anomaly, An exotic white sediment around the drilled hole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 沖縄トラフごんどうサイトの海底下の熱水変質鉱物の鉱物学的・地球化学的特徴

# Mineralogical and geochemical study of sediment cores collected from the Gondou hydrothermal field in the Okinawa Trough

*石橋 純一郎[1,2]、戸塚 修平[2]、堤 映日[2]、塚本 成[2]、吉良 優佑[2]、島田 和彦[1]、山崎 徹[3]、池原 研[3]、長瀬 敏郎[4]、高谷 雄太郎[5,9]、池端 慶[6]、後藤 隆嗣[7]、郷津 知太郎[7]、新城 竜一[8]、町山 栄章[9]、飯島 耕一[9]、山本 浩文[9]、熊谷 英憲[9]
*Jun-ichiro Ishibashi[1,2], Shuhei Totsuka[2], Akihi Tsutsumi[2], Naru Tsukamoto[2], Yusuke Kira[2], Kazuhiko Shimada[1], Toru Yamasaki[3], Ken Ikehara[3], Toshiro Nagase[4], Yutaro Takaya[5,9], Kei Ikehata[6], Takashi Goto[7], Chitaro Gouzu[7], Ryuichi Shinjo[8], Hideaki Machiyama[9], Koichi Iijima[9], Hirofumi Yamamoto[9], Hidenori Kumagai[9]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、3. 産業技術総合研究所、4. 東北大学総合学術博物館、5. 早稲田大学創造理工学部、6. 筑波大学生命環境系、7. 蒜山地質年代学研究所、8. 琉球大学理学部、9. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, 2. Graduate School of Science, Kyushu University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Tohoku University Museum, 5. School of Creative Science and Enginerring, Waseda University, 6. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 7. Hiruzen Institute for Geology and Chronology, 8. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 9. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ごんどうサイトは中部沖縄トラフ第三久米海丘の西麓に位置する熱水活動域である（Minami and Ohara, 2017; Ishikawa et al., 2016)。2017年10～11月にSIP統合海洋資源調査システムJM17-04調査航海がJ-MARES（次世代海洋資源調査技術研究組合）によって実施され、ごんどうサイトのSouthern areaに当たる海域で海底設置型掘削装置を用いた掘削調査が行われた．本講演では、５つの掘削サイトから得られた堆積物コアを対象とした観察・解析結果をまとめ、その中から熱水変質作用に注目して報告する。

熱水性マウンドが分布する地域に掘削サイトが設定されたことから、海底直下数ｍに限られる未変質の半遠洋性堆積物を除けば、得られた堆積物はいずれも強い熱水変質作用を被っていた。最も多く見られた粘土鉱物は、イライト（一部ではイライト／スメクタイト混合層鉱物）であり、ほとんどの深度から見出された。イライトが多産することは、沖縄トラフの他の海底熱水域にも共通して見られる特徴である。これに対して、クロライトはいずれの掘削サイトでも5-15 mの幅を持つ特定の深度でのみ見出された。またカオリナイトが、２つのサイトにおいて変質を被ったパミス質火山性堆積層から見出された。クロライトは海水由来の流体が、カオリナイトは酸性流体が、それぞれ関与する熱水変質作用によって生成されたと考えられ、熱水域海底下における多様な（化学的性質が異なる）流体の挙動が伺われる。脈石鉱物である硬石膏、重晶石なども特定の深度にのみ見出される傾向があった。

謝辞
本研究は内閣府総合科学技術・イノベーション会議によるSIP課題「次世代海洋資源調査技術」の一環として実施されました。本研究に用いた堆積物コア試料はJ-MARES（次世代海洋資源調査技術研究組合）から提供いただきました。記して感謝します。

キーワード：海底熱水鉱床、海底科学掘削、熱水変質反応
Keywords: seafloor massive sulfide deposits, seafloor scientific drilling, hydrothermal alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# New type of self-potential anomaly observed near a hydrothermal site of Oomuro-dashi volcano, Izu-Ogasawara arc

*川田 佳史[1,2]、笠谷 貴史[2]
*Yoshifumi Kawada[1,2], Takafumi Kasaya[2]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 海洋研究開発機構
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Using a deep-towed electrode array, we identified a pair of positive and negative self-potential anomalies observed near an active hydrothermal field associated with a quarterly rhyolitic volcano, Oomuro-dashi, Izu-Ogasawara arc. Results with different rowed directions, the magnitude of both anomalies is of the order of millivolt. The negative anomaly is located immediately above the most active area; the positive self-potential anomaly is located a few hundreds of meters away from the most active hydrothermal area, where no apparent hydrothermal activity has been detected. The discovery of the positive self-potential anomaly in marine environments is probably the first time.

The origin of the negative self-potential anomalies may be explained by the geo-battery mechanism (Sato and Mooney, 1960), in which the presence of a conductive ore body crossing the redox gradient results in the upward electron transfer to give a negative self-potential anomaly above the body. Oxidized materials near the seafloor are reduced. In other words, an ore body near the seafloor behaves as a cathode. We have reported negative self-potential anomalies many times above hydrothermal areas of other sites (e.g., Sato et al., 2017; Kawada and Kasaya, 2017, 2018).

The origin of this newly founded positive self-potential anomaly is problematic. One possibility is that an anode of the geo-battery, where reduced materials are oxidized, is exhumed near to the seafloor. If this is true, shallow drilling or piston coring may confirm signals from oxidized chemical reactions around an anode. This is important for the understanding of the geo-battery because its anode is usually located far below the seafloor and cannot be accessed easily. Another possibility is the streaming potential, which is caused by a local charge imbalance due to the flow of electrolytes in the pore space. Although this mechanism is estimated to be minor in marine environments, a positive self-potential anomaly of the order of one millivolt may not be immediately rejected above an area of upward fluid flow. However, the area of this positive self-potential anomaly is away from the active hydrothermal site, where upward fluid discharge is expected.

キーワード：物理探査、海底資源、鉱床、酸化還元反応、熱水循環
Keywords: geophysical exploration, marine resource, ore deposit, redox reaction, hydrothermal circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 熱水流動-地球化学連成解析による海底熱水鉱床の形成シミュレーション
# Numerical simulation of submarine hydrothermal ore-deposits due to a coupled process of fluid migration and reactive geochemical transport

*藤田　クラウディア[1]、山本 肇[1]、石橋 純一郎[2]、辻 健[3]
*Claudia Fujita[1], Hajime Yamamoto[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Takeshi Tsuji[3]

1. 大成建設株式会社、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門
1. Taisei Corporation, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Department of Earth Resources Engineering, Faculty of Science, Kyushu University

Submarine hydrothermal ore-deposits are known to be rich in metal resources and are to be found abundant around the Japanese islands. In recent years, several studies (mostly field surveys) had been carried out and a lot of data on chemical, physical and biological properties of compounds have been gathered especially for hydrothermal fields in the Okinawa Trough. However, the mechanism of formation (hydrothermal fluid flow in combination with geochemical reaction) of these deposits is not yet clearly understood.
Hydrothermal ore-deposits are formed by precipitation of metal elements from hydrothermal fluid due to rapid cooling around the seafloor where the fluid discharges. Contrary to the hydrothermal systems in the mid-ocean ridges, hydrothermal systems in the Okinawa Trough has a fluid discharge region at the seafloor in sediment-rich environment. The sediment is often composed of two components; one is hemipelagic sediment possibly transported from the continental margin and the other is volcaniclastic sediment derived from felsic volcanism in the vicinity. Because these two components have quite different permeability, it is expected complicated fluid migration within the discharge region.
In this study, we investigated the above process using a numerical code TOUGHREACT V3.0 –OMP, which is for coupled non-isothermal multiphase fluid flow and geochemical reactive transport. A 2-dimensional radial model with the radius of 5 km and a depth of 1 km below the seafloor was chosen to represent a sufficient area of the discharge region around the hydrothermal vent. The center of the radial model represented a fluid conduit (10 cm diameter) where the venting hydrothermal fluid of 300 ˚C ascends from basal to the seafloor, with a flow rate of ~1000 t/day. Almost all model parameters are chosen based on available results of geophysical survey of the Iheya hydrothermal fields in the Okinawa Trough[1)]. The geological structures were set as having diverse permeability from $1\times10^{-10}$ $m^2$ to $1\times10^{-16}$ $m^2$, which reflects alternating pumiceous volcaniclastics layer and hemipelagic sediment layer. The initial thermal gradient was set to 4.8 ˚C/100 m. The top boundary (seafloor) was set to constant pressure condition (20 MPa) and a basal heat flux was also imposed at the bottom ($5.6\times10^{6}$ $W/m^2$), assuming a pumice thermal conductivity of 0.96 W-m/˚C.
The geochemical setting included initial concentrations of primary species, as, for instance, $Na^{+}$, $SO_4^{-2}$, $H_4SiO_4$, $Ca^{+2}$, $S^{-2}$, $Zn^{+2}$, $HCO_3^{-}$ or $NH_3$ for seawater and hydrothermal fluid separately. Chemical reaction including precipitation of minerals) caused by mixing of the both fluids and cooling was considered in this setting. In order to simulate accumulation of mineral precipitations to form hydrothermal deposits over a long-time duration (an order of thousands of years), the numerical simulation was conducted for 10000 years.
As a result, the following features were clarified: First, high velocity venting hydrothermal fluid ascends to the seafloor through the fluid conduit at the center of the model, whereas nearby cold water percolates

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

downward from the seafloor and convection occurs. Second, among the alternating layer structure, preferential horizontal flow is obvious for layers with high permeability, which resulted in primary sulfide precipitation with a lateral extend.
These results are likely to be consistent to recent field studies during scientific drilling into the submarine hydrothermal fields in the Okinawa Trough, Japan.
This study was conducted in co-operation with Kyushu University as a part of the “Next-Generation Technology for Ocean Resources Exploration (Zipangu-in-the-Ocean Project)”, a sub-topic of the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) led by the Cabinet Office's Council for Science, Technology and Innovation.

1)Tsuji, T., Takai, K., Oiwane, H., Nakamura, Y., Masaki, Y., Kumagai, H., ... Kuramoto, S. (2012). Hydrothermal fluid flow system around the Iheya North Knoll in the mid-Okinawa trough based on seismic reflection data. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 213-214, 41-50, doi:10.1016/j.jvolgeores.2011.11.007

キーワード：海底熱水鉱床、対流、TOUGHREACT、熱水流動-地球化学連成解析
Keywords: submarine hydrothermal ore deposit, hydrothermal convection, TOUGHREACT, coupled hydrothermalfluid flow with reactive geochemical transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南鳥島レアアース泥の鉱物組成および粒度分布：超高濃度レアアース泥の生成機構への示唆

# Mineral composition and grain size distribution of REY-rich mud in the Minamitorishima EEZ: Implication for formation process of extremely REY-rich mud

*酒井 巧[1]、田中 えりか[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2,1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2]
*Sakai Takumi[1], Erika Tanaka[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Junichiro Ohta[2,1], Koichiro Fujinaga[2,1], Kentaro Nakamura[1], Yasuhiro Kato[3,1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

2011年，レアアース (rare-earth elements and yttrium, REY) を濃集した深海堆積物「レアアース泥」が太平洋の広域に分布しており，新規レアアース資源となる可能性が示された [1]．さらに，南鳥島周辺の排他的経済水域 (南鳥島EEZ) 内で，総レアアース濃度 (ΣREY) が5,000 ppmを超える「超高濃度レアアース泥」が発見され [2]，その詳細な空間分布の把握をはじめとする様々な研究が進められてきた [3]．しかしながら，その生成機構はいまだ完全には明らかになっていない．

近年，南鳥島EEZ内で採取された堆積物コア49本の多元素組成データを基に，同海域内の深海堆積物が特徴的な化学組成をもつ9つの堆積層に分類できることが示された [4]．この「化学層序」に基づき，ΣREY濃度が2,000 ppmを超える「ΣREYピーク」は3層存在することが明らかになった [4]. このうち，第1 ΣREYピークに相当する超高濃度レアアース泥については，鉱物組成および粒度分析から，ΣREY濃度が最大となる層準において生物源リン酸カルシウム (biogenic calcium phosphate; BCP) と十字沸石 (phillipsite) の粒度が他の層準よりも粗くなることが明らかになっている [5]．しかし，これがすべてのピーク層で普遍的な特徴であるのかは不明である．また，各化学層序ユニットと鉱物組成・粒度分布の対応は，未だ系統的に検討されていない．

そこで本研究では，各化学層序ユニットの鉱物組成および粒度分布の特徴を明らかにし，超高濃度レアアース泥の生成機構について制約を与えることを目的とした．そのために，南鳥島EEZ内で採取された17本の堆積物コアから，全化学層序ユニットをカバーするように全80試料を選定し，スミアスライド観察による鉱物組成分析およびレーザー回折・散乱式粒度分析計を用いた粒度分析を行った．その結果，各化学層序ユニット間での系統的な鉱物組成・粒度分布の違いが明らかになるとともに，すべてのΣREYピーク層でBCPおよびphillpsiteの粒度が粗くなることが確認された．このことは，強い底層流による粒度分別効果が，複数の超高濃度レアアース泥層の生成に共通して関与したことを示唆している．

Reference

[1] Kato et al. (2011) Nature Geoscience, 4, 535–539.

[2] Iijima et al. (2016) Geochemical Journal, 50, 557–573.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[3] Takaya et al. (2018) Scientific Reports, 8, 5763.

[4] Tanaka et al. Submitted to Ore Geology Reviews.

[5] Ohta et al. (2016) Geochemical Journal, 50, 591–603.

キーワード：レアアース泥、粒度分布、鉱物組成、化学層序、深海堆積物
Keywords: REY-rich mud, grain size distribution, mineral composition, chemostratigraphy, deep-sea sediments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南鳥島EEZのレアアース泥に含まれるマイクロマンガンノジュールの地球化学的及び形態的特徴

# Geochemical and morphological features of manganese micronodules in REY-rich mud within the Minamitorishima EEZ, western North Pacific Ocean

*木野 聡志[1]、安川 和孝[1,2]、浅見 慶志朗[1]、田中 えりか[1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[1,2]
*Satoshi Kino[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Keishiro Azami[1], Erika Tanaka[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Kentaro Nakamura[1], 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センター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology

Manganese micronodules are small grains (< 1 mm) composed of manganese oxides, and constitute one of the important components of pelagic sediments. The micronodules show high contents of various heavy metals, especially of some redox-sensitive transition metals [1]. In addition to chemical compositions, the abundance and texture of micronodules can be affected by sedimentation rates and/or redox conditions of the sediment column [1, 2]. Therefore, the micronodules have been regarded as a useful indicator of the sedimentary environment.

Recently, deep-sea sediment extremely enriched in rare-earth elements and yttrium (REY) was discovered within the Japanese exclusive economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island [3]. Previous studies reported that the extremely REY-rich mud contains significant amounts of biogenic calcium phosphate, which is a main host of REY, and phillipsite grains [3, 4]. In addition to them, manganese micronodules were also recognized in the sediment column, which were especially abundant in the extremely REY-rich layer [3, 4]. However, detailed features of the micronodules in the REY-rich mud within the Minamitorishima EEZ have not been investigated yet. Manganese micronodules in the REY-rich mud are about $\mu$m –mm ferromanganese oxides. Because their abundance and chemical compositions are considered to reflect respectively the sedimentation rate and redox conditions when they were buried [4], the micronodules can provide important constraints on the depositional environment of the REY-rich mud.

In this study, therefore, to characterize the manganese micronodules in the REY-rich mud within the Minamitorishima EEZ, we implemented (1) microscopic observations of the shape, surface texture, and relative abundance of the micronodules, and (2) bulk chemical analysis of them by using ICP-MS. We compared the geochemical features of the micronodules with those of macronodules both on the seafloor of the Minamitorishima EEZ, and also with those of macro- and micronodules in other areas.

The Minamitorishima micronodules are generally characterized by diagenetic features, although showing a compositional shift towards hydrogenetic features in some samples. Based on the integration of the observational and analytical results, we will discuss the possible changes in the sedimentary environment (e.g., sedimentation rates and redox conditions) involving the formation of the extremely REY-rich mud.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

References

[1] Pattan (1993) Marin Geology 113, 331-344

[2] Svalnov et al. (2017) Oceanology 57, 3, 424-438

[3] Iijima et al. (2016) Geochemical Journal 50, 557-573.

[4] Ohta et al. (2016) Geochemical Journal 50, 591-603.

キーワード：マイクロマンガンノジュール、レアアース泥、南鳥島EEZ、全岩化学組成、形態分類
Keywords: manganese micronodules, REY-rich mud, Minamitorishima EEZ, bulk chemical composition, morphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 堆積層基盤PS変換波の走時解析に基づく日本・千島海溝域の堆積層厚さ分布

# Seafloor sediment thickness around the Japan and Kurile trenches obtained by traveltime analysis for PS converted wave recoded by ocean bottom seismograms

*東 龍介[1]、豊国 源知[1]、高木 涼太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、中山 貴史[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1]
*Ryosuke Azuma[1], Genti Toyokuni[1], Ryota Takagi[1], Syuichi Suzuki[1], Makiko Sato[1], Takashi NAKAYAMA[1], Naoki Uchida[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
1. Recearch Center for Prediction of Earthquake and Volcanic Eruption, Graduate School of Science, Tohoku University

2016年より，日本海溝から千島海溝に至る東日本太平洋沖に展開されたリアルタイム海底地震観測網「日本海溝海底地震津波観測網（S-net，防災科学技術研究所）」の運用が開始された．海底下で発生する地震の震源推定には震源直上にある海底地震計で観測した地震波形を解析することが有効であるが，海底地震計の下には表層に低地震波速度の堆積層が厚く存在するため，それによる走時遅れを適切に補正する必要がある．

本研究では，自己浮上式海底地震計の下の堆積層厚さを推定するために用いられてきた堆積層基盤でP波からS波に変換する波（PS変換波）とP波初動との走時差を，日本・千島海溝の陸側・海側斜面域に展開されたS-net観測点において読み取ることにより，この海域における表層堆積層の厚さの空間分布の推定した．

波形読み取りに際し，まず，S-net観測点の加速度波形を用いて重力加速度と遠地地震表面波の振動軌跡からセンサーの設置方位を求め，収録された速度波形記録を上下・東西・南北成分に変換した（高木・他，本大会）．これまでに，根室沖から房総沖にかけての海溝海側と根室沖の海溝陸側斜面のS-net観測点について，太平洋プレート内の地震30個について水平動成分からPS変換波の読み取りを進め，P波初動との走時差の平均値を観測点ごとに推定した．その結果，PS-P走時差は海溝海側の大半の観測点で約1.3~1.5秒であったが，会合部周辺で約1.6~1.7秒であった．根室沖の陸側斜面では下部斜面と上部斜面でそれぞれ1.8秒と2.7秒程度の走時差が得られた．PS-P走時差のばらつきが陸側上部斜面上部を除き±0.15秒程度であることを踏まえれば，PS-P走時差の空間変化は近接する観測点間ではほぼみられず，会合部とそれ以外の区間とでは有意に異なるといえる．

日本海溝アウターライズ域でのPS-P走時差については，屈折法探査(Fujie et al., 2016) や海底地震観測 (Hino et al., 2009) による先行研究によりそれぞれ1.0–1.5秒，0.9–1.2秒と推定されている．これらの値と本研究の結果がほぼ同値であることから，S-net記録から読み取ったPS変換波はそれら先行研究で読み取られたものと合致する．沈み込む太平洋プレート上の表層堆積層内の地震波速度には様々な報告例があり，日本・千島海溝の地震探査先行研究(Kodaira et al., 2014; Fujie et al., 2016) では層内のVpを1.6–2.5 km/s（上部–下部），Vp/Vsを8.0と推定した．これらの値を用い，層内の鉛直方向の平均Vpを2 km/sと仮定すれば，海溝海側斜面の観測点下の堆積層の厚さは350 ~ 400 m程度と見積もられ，反射法探査(Kodaira et al., 2014; Fujie et al., 2016) の結果とも調和的である．今後，根室沖以外の陸側斜面域のS-net観測点と自己浮上式海底地震計についてもPS-P走時差を求め，東日本前弧域の堆積層厚さの分布を推定する．

謝辞：本研究では防災科学技術研究所のS-netの波形データを使用させていただきました．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：PS変換波走時解析、堆積層厚さ、海底地震計（S-net、自己浮上式海底地震計）
Keywords: PS converted-wave traveltime analysis, Sedimentary-layer thickness, Ocean bottom seismograph (S-net and pop-up type OBS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# プレート沈み込み帯における水深測量データのみを用いた臨界尖形理論の検討

# Examination of critical taper theory based on bathymetry data in subduction zones

*高下 裕章[1]、芦 寿一郎[1]、朴 進午[1]
*Hiroaki Koge[1], Juichiro Ashi[1], Jin-Oh Park[1]

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

沈み込み帯や造山帯のように側方からの圧縮により衝上断層が卓越し、短縮変形を受けた地質体を総称してFold-and-thrust beltと呼ぶ。Critical taper modelはfold-and-thrust beltの地形パラメータから断層の摩擦係数を知るために広く用いられてきた。沈み込み帯に対してこのCritical taper modelを適用した場合、単純な地形パラメータを用いてプレート境界断層における摩擦係数の推定が可能である。そのため、Critical taper modelは地震に関連する議論においても広く用いられてきた。

ただし、Critical taper modelでは、計算に用いる地形データを取得する際、以下のような２つの問題点が指摘できる。1）反射法地震探査断面のデータが必要であるため、観測記録のある断面以外に Critical taper modelの適用ができない。2）反射法地震探査データを用いた深度断面処理において、プレート境界断層の深度が速度モデルに大きく依存し、プレート境界断層の傾斜角$\beta$の値に影響を与える。そのため正確な比較という点に関して信頼性が低い。

そこで本研究は上述の問題点を改善するため、Critical taper modelに用いるパラメータを反射法地震探査断面ではなく、水深測量データからのみ得る新たな手法の開発を行った。反射法地震探査断面から得られるプレート境界断層の傾斜角$\beta$の代わりに、プレートが沈み込む前の海溝海側斜面の傾斜角$\beta$(bathymetry)を使用し、その計算結果から手法の妥当性の検証を行った。本研究では、南海トラフを対象領域として手法の妥当性の検証を行った。南海トラフでは海溝型巨大地震の基礎研究の重要性から反射法地震探査断面が多く取得されており、従来の Critical taper modelと本研究で新たに行う手法との比較が行い易いこと、地震波やGPSなど、様々な研究手法による観測が進んでいることから、その比較対象とするべき先行研究が豊富である。そのため、Critical taper modelでのデータ取得と、結果の解釈がほかの沈み込み帯より容易であることが期待される。

本手法の妥当性の検証結果から、海底下の沈み込み帯にCritical taper modelを適用する場合、理論的に見過ごされてきた特徴があることが明らかになった。その性質とは、高い間隙水圧比がウェッジ全体で仮定される場合、有効摩擦係数の算出に際し$\beta$が結果に与える影響が非常に小さくなることである。そのため、水深測量データにおける海溝陸側斜面の傾斜$\alpha$のみを用いて浅部プレート境界断層の摩擦分布を議論することが十分可能であることが示唆された。ただしその際、有効摩擦係数の算出誤差が20パーセント程度生じる点は注意が必要である。水深測量データは空間的に密に取得されたデータであるため、これにより海溝軸に沿った高密度な浅部プレート境界断層の摩擦分布を初めて算出することが可能となった。

予察的な解釈として、本手法は地震活動によるセグメントが十分に検討されていない領域において、地震・津波防災に関して資する新たな手法だと考えられる。

キーワード：沈み込み帯、臨界尖形理論、日本海溝、南海トラフ
Keywords: subduction zone, critical taper model, Japan Trench, Nankai Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 高分解能浅部構造探査と精密照準採泥による相模湾断層の活構造
# Active structures of the Sagami Bay Fault by high-resolution sub-bottom profiling and pin-point core sampling

*芦 寿一郎[1]、山口 飛鳥[2]、奥津 なつみ[1]、三澤 文慶[3]
*Juichiro Ashi[1], Asuka Yamaguchi[2], Natsumi Okutsu[1], Ayanori Misawa[3]

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、3. 産業技術総合研究所
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

北西－南東方向に連続する相模トラフの東側斜面は，沖ノ山堆列と呼ばれる海丘群が連続する．その麓は，北西－南東方向の相模構造線が推定され，プレート沈み込み帯の構造境界と解釈されてきた（木村，1973，科学）．大河内（1990，地学雑誌）は，海丘群の麓に海底付近に達する断層（相模湾断層）と活動的な背斜構造を地震探査断面をもとに報告している．また，海陸統合地殻構造調査では，国府津-松田断層の南東延長部に東傾斜の反射面が確認され，プレート境界から分岐した断層とみられる（佐藤ほか，2010，地質学会要旨）．しかし，最近の変動を示す海底表層付近の変形は明らかになっていない．本研究は，高分解能の浅部構造探査と断層試料の採取により最近の断層の活動を明らかにすることを目的とした．

調査海域は三崎海丘の南西側斜面で，白鳳丸KH-10-3，KH-11-9, KH-16-5次の各航海で無人探査機NSSを用いた深海曳航式サブボトムプロファイラー探査と精密照準採泥を行なった．NSSは推進器とビデオカメラ，切り離しフックを備えピンポイントでのピストンコア採泥が可能である．深海曳航式サブボトムプロファイラー探査は，海底面付近で周波数1.5～6kHzのチャープ式発振・受信することで高分解能の記録が取得できる．

三浦海丘の南西斜面の複数のサブボトムプロファイラー探査測線では，斜面麓で断層とみられる反射面を確認した．反射面は北東側へ約30度傾斜し，上盤側はいずれの地点も無構造であるが，下盤側はほぼ水平な成層構造が認められる地点と崖錐堆積物とみられるカオティックな構造の認められる地点があった．サブボトムプロファイラー断面で傾斜した反射面を確認しながら，6m管のピストンコアラー採泥を行なった．深度1.2 mまでは暗緑色のシルト質粘土とシロウリガイの貝殻片を含んだ含礫泥層の互層が見られる．深度1.2 mから2.6 mまではシルト質の薄層が15 cm前後の間隔で暗緑色の粘土中に出現する．断層とみられる厚さ約5 mm のゾーンは，深度2.25 mに認められ，シルト質粘土と砂～細礫サイズの岩片から構成される．また，このゾーンは古地磁気による方位補正の結果，北～東の方向へ30度の傾斜を示し，サブブトムプロファイラー断面に見られた傾斜した反射面に相当すると解釈される．発表では三浦海丘周辺の浅部地下構造についても報告する．

キーワード：活断層、崖錐堆積物、活褶曲
Keywords: active fault, talus deposit, active fold

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南海トラフ海域の断層分布と構造的特徴
# Fault Distribution and Structural Characteristic in the Nankai Trough Area, Japan

*新井 麗[1]、高橋 成実[1]、勝山 美奈子[1]、田中 恵介[1]、鎌田 弘己[1]、佐藤 智之[2]、井上 卓彦[2]、金田 義行[3]
*Rei Arai[1], Narumi Takahashi[1], Minako Katsuyama[1], Shigeyoshi Tanaka[1], Hiromi Kamata[1], Tomoyuki Sato[2], Takahiko Inoue[2], Yoshiyuki Kaneda[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Kagawa University

As part of “The Comprehensive Evaluation of Offshore Fault Information Project” by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, JAMSTEC has conducted collecting marine seismic reflection/refraction data, bathymetric data, well data acquired within the Japan EEZ and surrounding areas, and assembling a database to serve data for future scientific research.

Data includes 1) seismic reflection/refraction data acquired by JAMSTEC, AIST(Japan Geological Survey), and Japan Coastal Guard for purposes of geological investigation and research, and 2) seismic reflection data acquired for purposes of oil and gas exploration by Ministry of Economy, Trade and Industry and Japanese oil companies.

Since 2D multichannel seismic reflection were acquired and processed according to survey standards of the early era to the recent, the original data were re-processed by applying the state-of-the-art data processing methods to obtain unified high-quality seismic profile which capable of interpreting subsurface structures and fault morphology. Within the Nankai Trough and the Izu-Ogasawara area more than 180,000 km of 2D single/multichannel data and 4,800 $km^2$ of 3D multichannel data was collected to set for geological interpretation.

To identify a fault which caused earthquakes in geological history, a seismic profile must show not only geomorphological feature but also subsurface displacement or flexure in sedimentary layers and bed rocks. In order to determine the fault surface and morphology, the same structure must exist on other successive profiles, and bathymetric data also helps to trace lineament caused by fault activities.
The Nankai Trough is a part of plate boundaries where the Philippine Sea Plate subducts beneath the overlying the Eurasian Plate, and seismic reflection/refraction studied have been conducted to reveal the structure of the plate boundary and to understand the mechanics of seismic hazards. This project allows to use widely acquired data from scientific purposes to economic purposes in the Nankai Trough area, and as a result, the preliminary fault distribution on the area has been mapped. Offshore of Hamamatsu, Shizuoka Pref., seismic reflection profile shows compressive structures of the two known fault zones, the Enshu fault system and the Kodaiba fault system, which extends to offshore of Shima, Mie pref. Seismic reflection profiles which cross the trough shows that the beneath the forearc basin deposits and the old accretional prism a seismic reflector that dips landward iles just above the oceanic crust. This reflector is known as the spray fault (e.g. Park et al., 2002) and can be traced in other profile, with length of more than 50km.Off the Shikoku island to Hyuganada, seismic reflection data show very complex structures such as subsiding of a seamounts and ridges or mud domes which form along faults.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：南海トラフ、海域断層、反射法地震探査
Keywords: Nankai Trough, offshore fault, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海底地震計で捉えた中部琉球海溝での地震活動
# Seismicity in the central Ryukyu Trench by the Ocean Bottom Seismometers

*屋嘉部 蓮[1]、中村 衛[1]、山下 裕亮[2]、篠原 雅尚[3]、山田 知朗[3]、塩原 肇[3]、望月 公廣[3]
*Ren Yakabu[1], Mamoru Nakamura[1], Yusuke Yamashita[2], Masanao Shinohara[3], Tomoaki Yamada[3], Hajime Shiobara[3], Kimihiro Mochizuki[3]

1. 琉球大学理学部物質地球科学科、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学地震研究所
1. University of the Ryukyus, 2. DPRI, Kyoto University, 3. ERI, Tokyo University

中部琉球海溝で発生する低周波微動活動をとらえるために設置された海底地震計記録を用いて、奄美大島から沖縄本島にかけての地域の海溝軸付近での地震活動を探った。解析には気象庁の陸上地震観測網での波形記録と、東京大学地震研究所と京都大学防災研究所が設置した海底地震計で得られた地震波形データの双方を使用した。観測期間は2015年1月から2016年9月である。解析では気象庁カタログでM3.0以上のイベントを選択し、海底地震計記録と気象庁観測網の連続波形データから波形検測システムWINを用いて検測した。

次に、震源決定を行う前に、速度構造の修正を行った。1次元速度構造は、島弧域（気象庁観測点）と海域（海底地震計）で異なる速度構造モデルを採用した。島弧域モデルはJMA2001を初期モデルとして、気象庁と海底地震観測点でのP波・S波走時を使用し、連携震源決定法（Kissling et al., 1994）で速度構造を修正した。海域モデルは沖縄本島付近で行われた屈折法探査(Kodaira et al., 1996; Nishizawa et al., 2017)によるP波速度断面図を基に作成した。次に海底地震観測点ごとにP-PS時間差を読み取り、堆積層補正をおこなった。これらの値を用いて、hypomhを改良して震源決定を行った。

さらに、2016年5月から6月に海溝軸付近で発生した群発地震の発生前の活動を調べるため、群発地震が起こる約2ヶ月前の4月1日から発生直前までに近傍に設定されていた海底地震観測点で捉えられた地震のP-S時間差を読み取った。
気象庁震源と比較して、再決定された震源はプレート境界面に近づくように深さが浅くなり、平均で20～30km浅く震源が求められた。海溝軸付近では震源がより浅くなり、最大で約60km浅くなった。震央の位置は、大部分の地域で気象庁カタログと再決定結果とで大きな変化は見られなかった。しかし沖縄本島の南側では再決定震央は気象庁カタログよりも海溝側に移動していた。P-S時間差のグラフからは、群発地震が開始する約12時間前からP-S時間が短い地震が多く検出された。これは群発地震の前震活動と考えられるが、気象庁観測網では捉えられていなかった。

キーワード：海底地震計、琉球海溝、群発地震
Keywords: Ocean Bottom Seismometer, Ryukyu Trench, Earthquake Swarm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Po/So波から推定した九州下に沈み込んだフィリピン海プレートの地震学的構造
# Seismic structure of subducted Philippine Sea plate beneath Kyushu inferred from Po/So waves

*志藤 あずさ[1]
*Azusa Shito[1]

1. 九州大学 大学院理学研究院附属 地震火山観測研究センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University

Po/So waves are oceanic Pn/Sn phases that are characterized by their high-frequency (f>2.5 Hz) content, long-duration, and great travel distances (up to 3000km) through the oceanic lithosphere [e.g., Linehan, 1940; Walker, 1977, 1982]. In our previous study [Shito et al., 2013], we demonstrated that Po/So waves develop from the multiple forward scatterings of P and S waves in oceanic lithosphere due to the laminated small-scale heterogeneities. Shito et al. [2015] analyzed Po/So waves in the Philippine Sea Plate, which consists of three regions with different lithospheric ages. They found that Po/So waves propagate more effectively in older regions and demonstrated that the increase in propagation efficiency of Po/So waves depending on the age of the oceanic lithosphere can be qualitatively explained by thickening of the oceanic lithosphere including small-scale heterogeneities and a reduction in the intrinsic attenuation. This study showed that Po/So waves are powerful tool to explore structural variations of the oceanic lithosphere.

Recently, such structural variations (e.g., thickness) of the incoming oceanic lithosphere are supposed to affect seismic and volcanic activity of the subduction zone [Yamamoto et al., 2013; Shibata et al., 2014]. However, it is poorly known that such structural variations of the oceanic lithosphere remain or dissipate after the subduction. In this study, we investigate the structural variations of the subducted Philippine Sea plate by using Po/So waves. We analyze Po/So waves from the earthquakes (mb>3.0, depth>50 km) that occurred in the subducted Philippine Sea slab beneath Kyushu. We compare Po/So waves propagating through different portion of the subducted Philippine Sea Plate and discuss the relation between observed features (velocity and energy) of the Po/So waves and the structural variations of the Philippine Sea plate. We verify that Po/So waves trace deeper extension of Kyushu-Palau Ridge (KPR) that is subducting beneath the Hyuga-nada region.

Acknowledgments
The data analyzed in this study were obtained from Hi-net (NIED) stations in Kyushu. The source parameters of the earthquakes were provided by JMA. This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP18K03807.

キーワード：Po/So波、フィリピン海プレート、九州パラオ海嶺
Keywords: Po/So waves, Philippine Sea Plate, Kyushu-Palau Ridge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# スマトラ北西沖外縁隆起帯で視認される斜面崩壊地形とその分布
# Slope failure features and their distribution in the forearc off northwestern Sumatra

*平田 賢治[1]、富士原 敏也[2]、三澤 文慶[3]、荒井 晃作[3]
*Kenji Hirata[1], Toshiya Fujiwara[2], Ayanori Misawa[3], Kohsaku Arai[3]

1. 防災科学技術研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 産業技術総合研究所
1. National Research Institue for Earth Science and Diaster resilience, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

2004年12月末に発生したスマトラ地震(Mw9.2)の1ヶ月半後のNT05-02調査航海（NT05-02 scientific party, scientific party, http://www.jamstec.go.jp/jamstec-e/sumatra/natsushima/bm/contents.html）、そして、およそ5年後にKY09-09調査航海（Hirata et al., 2012, JAMSTEC report)を用いて、マルチナロービーム測深調査を実施した。２つの調査航海で用いられたマルチナロービーム測深機の有効スワス幅はそれぞれ130度（NT05-02調査航海）および80度（KY09-09調査航海）と狭く、ビーム間隔は両者とも約1度を保持している。マルチナロービーム測深機のこれらの仕様は、水深2000 m相当の海底に対して水平方向に約35m間隔の分解能で海底地形を十分復元でき得ることを示唆している。Hirata et al.は、これら２つの調査によって取得されたマルチナロービーム測深データを統合し、スマトラ島北西沖の前弧域（水深約1000m～2900m）の、詳細な海底地形データ（3°50’N, 93°10’Eおよび5°00’N、94°10’E内の多角形領域の約37m間隔のグリッドデータ）を作成した。本発表では、Hirata et al.が作成した海底地形データを用いて、スマトラ北西沖前弧域に存在する斜面崩壊地形を同定し、その分布状況などについて地質学的観点から議論する。

まず、海底地形の特徴を同定しやすくするために、斜面角度図（= arctan(dz/ds)、ここでzは水深、sは斜面の最急降下方向を水平面に投影した単位距離ベクトル）、斜面角度変化図（= arctan($d^2z/ds^2$)）、斜面方向図（= arctan(dx/dy)、ここでxおよびyは斜面の最急降下方向を水平面に投影した単位距離ベクトルの東向き成分および北向き成分）を作成し、これらを陰影付の海底地形図とともに視察し、斜面崩壊地形を同定した。例として、スマトラ北西沖前弧域の一部の領域（4°03’N, 93°17’Eおよび4°14’N、93°53’E）について、海底地形図（図中(a))、斜面角度図(b)、斜面角度変化図(c)、斜面傾斜方向図(d)および、これらの図から同定・解釈された斜面崩壊地形などの分布図(ｅ）を示す。

NT05-02調査航海の測深機の測深能力が水深3000m未満であったので、図中の西端に存在するはずのスマトラ北西沖のスマトラ海溝（水深約4500m）周辺の海底地形は復元できていないが、スマトラ前弧域の外縁隆起帯の西端を境する、比高約1kmに達する滑落崖地形上部を視認することができる。海底地形図などの解析によって、この滑落崖崖地形は海溝走向方向に連続する複数の斜面崩壊地形によって形成されていることが視認できる。これらの斜面崩壊地形の冠頂部は鋭角であり、ほとんど開析が進んでいないと考えられる。すなわち、これらの滑落崖地形はかなり新しい時期に形成されたと推測される。外縁隆起帯を陸側（東側）に目視していくと、冠頂部が丸みがかった斜面崩壊地形が出現するようになる。海溝側から陸側に行くにつれ、斜面崩壊地形の冠頂部の開析が進んでいる理由は、外縁隆起帯の形成過程から説明される；スマトラ海溝において海洋プレートの上部からはぎ取られた厚い堆積層が、外縁隆起帯の上部へ連続して付加する（乗り上げる）ことによって、外縁隆起帯が形成されていることが確認されている（Mosher et al.,2008, Mar.Geol., Misawa et al., 2014, EPSL）。すなわち、外縁隆起帯は、海溝側（西側）よりも陸側（東側）がより古い時代に付加している。

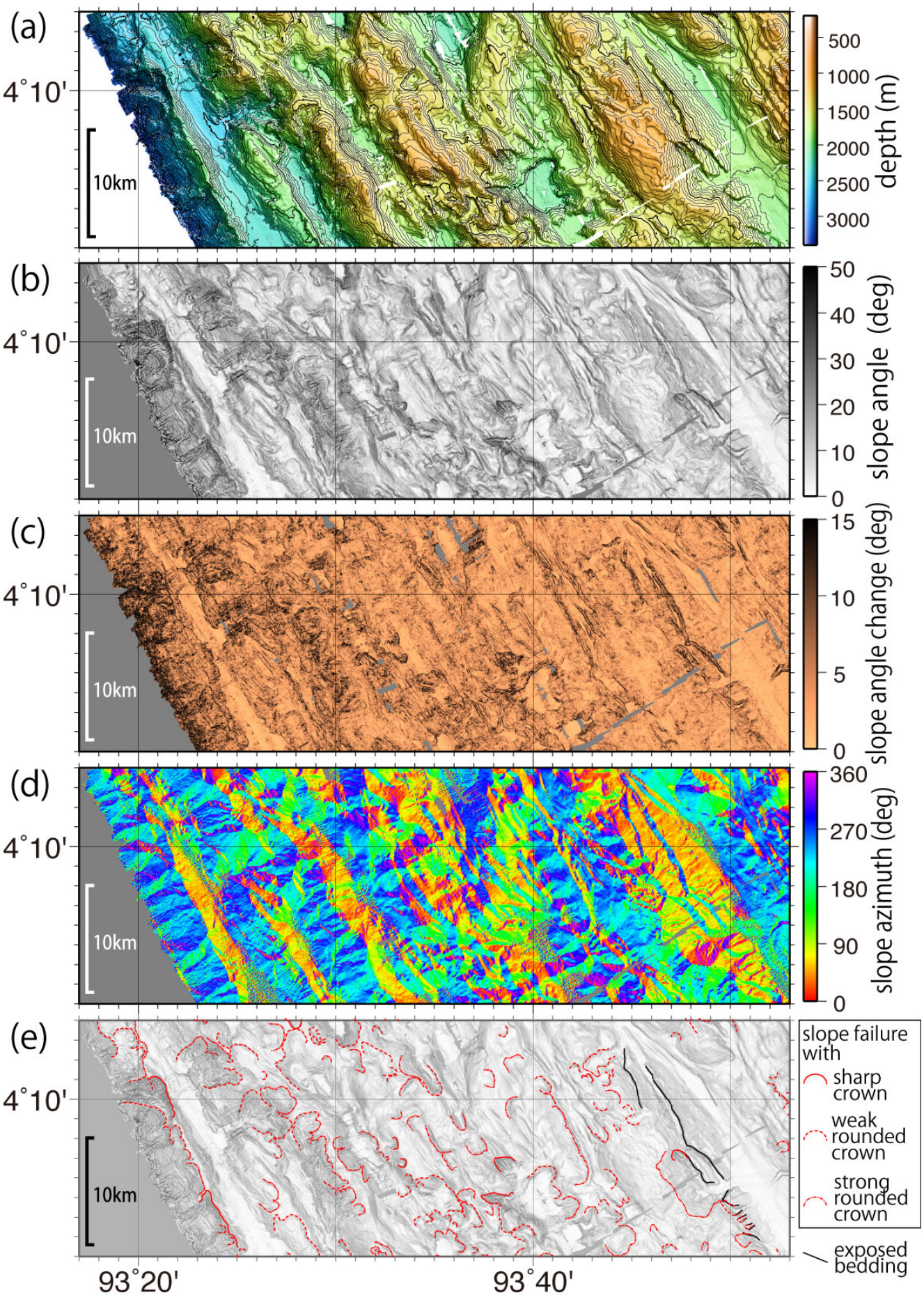
一方、この一般的ルールから逸脱し、陸側に存在し、開析が進み、いくぶん丸みがかった冠頂部を有する複

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

数の斜面崩壊が多く存在する領域で、冠頂部がまだ鋭角で開析が進んでいない、比較的新鮮な斜面崩壊地形もいくつか同定することができる（例えば、4°06’N, 93°39’E付近の幅1km程度の２つの斜面崩壊地形）。陸側に点在する、これらの比較的新鮮な斜面崩壊地形は、スマトラ北西前弧域に存在すると考えられる主な分岐断層の最近の活動と関係している可能性がある（Hirata et al., 2010, AGU）。

キーワード：スマトラ、前弧、外縁隆起帯、斜面崩壊、海底地すべり
Keywords: Sumatra, forearc, outer arc high, slope failure, submarine landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# Origin and migration of fluid in the Sumatra subduction input: application of a geochronological method using a long-lived radioisotope of dissolved iodine

*尾張 聡子[1]、戸丸 仁[1]
*Satoko Owari[1], Hitoshi Tomaru[1]

1. 千葉大学大学院理学研究科
1. Chiba university

Iodine has a strong biophilic character and is highly enriched in organic matter in the marine environment. Organic matter is decomposed by thermogenic and microbial processes during the sedimentation and releases iodine into the interstitial water. Iodine has one stable isotope ($^{127}I$) and one long-lived radio isotope ($^{129}I$) with the half-life of 15.7 Myr. Therefore, the $^{129}I/^{127}I$ ratio of marine interstitial water has been used for identifying the origin of fluid. We applied iodine geochronology to the interstitial waters extracted from the deep drilling cores recovered by IODP Exp. 362, where Sumatra subduction input sediments develop more than 1400 m without major fractures. The concentration and isotopic ratio ($^{129}I/^{127}I$) of iodine dissolved in the interstitial water were analyzed in order to characterize the source and potential age of iodine prior to the subduction and examine the basic geological factors controlling the fluid migration in the input sediment body.

Concentrations of iodine and methane increase and TOC decreases toward 200 meters below seafloor (mbsf) and 1250 mbsf, which indicate degradation of organic matter around that depth and subsequent release of iodine and methane into the interstitial water. Iodine gradient is controlled by the degradation of iodine-rich organic matter microbially in shallow sediment (at 200 mbsf) and geothermally in deep sediment (at 1250 mbsf), respectively. The $^{129}I/^{127}I$ ratios between 0 and 400 mbsf vary between 300 $\times 10^{-15}$ and 800 $\times 10^{-15}$, and the lowest ratio of $300 \times 10^{-15}$ is found at 175 mbsf. There are some thick sand layers > 60 meters between 0 and 400 mbsf. These porous layers transport allochthonous dissolved iodine and interstitial water, which are relatively old. However $^{129}I/^{127}I$ of $1300 \times 10^{-15}$ at 67 mbsf corresponding to the sediment age of 3 Ma at 200 mbsf which is the zone of degradation of organic matter. $^{129}I/^{127}I$ between 400 to 1480 mbsf decrease from 700 $\times 10^{-15}$ to $400 \times 10^{-15}$, resulting from mixing with deep (old) iodine and shallow (young) iodine. In the input sediment, iodine gradient is strongly controlled by degradation of organic matter and the migration is controlled by vertical diffusion which indicates poor fluid migration or slow migration rate. However, the horizontal advection/migration of interstitial water is significant within the thick-porous sandy layers.

キーワード：129I、放射性ヨウ素同位体年代法、間隙水、スマトラ沈み込み帯インプット堆積物、国際深海掘削計画 第362次航海
Keywords: 129I, Iodine geochronology, Interstitial water, Sumatra subduction input, IODP Exp.362

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 深海マッピングの新時代への挑戦: 無人海底地形調査の国際大会 “Shell Ocean Discovery XPRIZE”

# Challenge to Future Deep-Water Mapping: Unmanned Bathymetric Survey Competition "Shell Ocean Discovery XPRIZE"

*住吉 昌直[1]
*MASANAO SUMIYOSHI[1]

1. 海上保安庁海洋情報部
1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

様々な分野で無人技術が発展してきている現代において、海底地形調査の世界においても、無人調査技術が活用されている。特に、深海域において高分解能の海底地形データを取得するために、自立型潜水機器（Autonomous Underwater Vehicle: AUV）が活躍している。今後、AUVの投入回収を含めた深海域マッピングの更なる無人化・自動化を進めるためには、技術革新が必要となっている。このような技術革新を促すために、深海域における無人海底地形調査の国際大会”Shell Ocean Discovery XPRIZE”が、3年間に渡って開催されている。

米国ニューハンプシャー大学では、新時代を切り開く海洋調査技術を積極的に開発しており、その一つの取り組みとして、無人技術を用いた深海域マッピングの国際大会”Shell Ocean Discovery XPRIZE”に、GEBCO-NF Alumni チームが参加している。本チームでは、水路測量技術を学ぶために2017年まで同大学へ留学していた著者が、本チームの一員として、技術の研究開発を強く押し進めてきた。本チームは、2017年11月に開催されたRound 1（準決勝: 水深2000 m級）を通過し、昨年11月にファイナリストとして、水深4000 m級のRound 2（決勝戦）に挑んだ。本稿では、決勝戦であるRound 2を含む、GEBCO-NF Alumni チームのこれまでの取り組みと成果について報告する。

キーワード：Shell Ocean Discovery XPRIZE、GEBCO-NF Alumniチーム、無人調査技術 (USV, AUV)、海底地形調査、マルチビーム測深機、合成開口ソナー
Keywords: Shell Ocean Discovery XPRIZE, GEBCO-NF Alumni Team, Unmanned/Autonomous Technologies (USV, AUV), Bathymetric Survey, Multibeam Echosounder (MBES), Synthetic Aperture Sonar (SAS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Prototype of deep-sea ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using “A-0-A” approach for detection of long-term crustal deformation

*太田 雄策[1]、日野 亮太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、西間木 佑衣[1]、梶川 宏明[2]、小畠 時彦[2]
*Yusaku Ohta[1], Ryota Hino[1], Syuichi Suzuki[1], Makiko Sato[1], Yui Nishimagi[1], Hiroaki Kajikawa[2], Tokihiko Kobata[2]

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. 産業技術総合研究所計量標準総合センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Ocean bottom pressure gauge (OBP) can continuously observe the vertical crustal deformation in the seafloor. However, a nature of long-term drift of pressure sensors causes a serious problem in detection of the long-term crustal deformation. A possible approach to remove the sensor drift on the sea-floor is to use a dead-weight tester as the pressure standard to make in-situ calibration on the seafloor by periodically switching between the ambient pressure and the reference pressure (Sasagawa et al. 2016). Recently, an alternative approach, an “A-0-A” method, using the internal pressure of the instrument housing as the reference pressure was proposed (e.g. Wilcock et al., 2018). We investigated the long-term drift behavior and ability of “A-0-A” method by a laboratory experiment using dead-weight tester as a pressure standard (e.g. Nishimagi et al. AGU fall meeting, 2018). We regard the reading at high applied pressure as ambient pressure point (“A”) and that at atmospheric pressure as zero-point (“0”). Although the residual time series between the “A” and “0”, however, showed small discrepancy, we found drift characteristics of “A” and “0” are basically similar to each other.

Based on these laboratory experiment results, we have started to develop a proto-type of ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using “A-0-A” approach for deep-water (up to 7,000 m) deployment. We install all the equipments including a pressure sensor in a 17-in glass sphere. To measure both of the internal and external (water) pressure by a single sensor, we adopt 3-way a ball valve controlled by an electric actuator in front of the sensor, as in the previous self-calibrating system using a dead-weight tester. The actuator is operated by the microcomputer to switch by arbitrary interval. We also install alternative barometer to compare the internal pressure value recorded by the pressure sensor. The development is still under way, and we will show more detail characteristic of the prototype system and its potential abilites.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 広帯域海底地震計観測の高度化へ向けて：ノイズ低減と表面波アレイ分散計測

# Noise reduction and surface wave array dispersion measurements applied to NOMan's broadband OBS data

*川野 由貴[1]、一瀬 建日[1]、川勝 均[1]、竹尾 明子[1]、塩原 肇[1]
*Yuki Kawano[1], Takehi Isse[1], Hitoshi Kawakatsu[1], Akiko Takeo[1], Hajime Shiobara[1]

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

To achieve better performance of broadband ocean bottom seismometer (BBOBS) survey, we applied noise reduction analysis and dispersion measurements to the vertical component seismograms of the Normal Oceanic Mantle (NOMan) project arrays, which are previously analyzed by Takeo et al. (2018). Our noise reduction targets on the tilt noise that is significant for low-frequency (<0.1 Hz) BBOBS vertical records. Tilt noise is generated by the seafloor current which flows pass the BBOBS. It originally only dominates horizontal records, but the misalignment between the seismic sensor's vertical axis and gravitational direction allows projection of noisy horizontal tilt noise onto vertical records. Hence, vertical tilt noise can be estimated from the transfer function between horizontal and vertical records (Crawford and Webb, 2000). We developed a noise reduction method which is suitable for Japanese BBOBS based on the approach of Crawford and Webb (2000) and Bell et al. (2015). By performing noise reduction analysis, we achieved about 20 dB noise reduction at the frequency lower than 50 mHz and extracted lots of buried seismic signals. To verify the effect of noise reduction analysis, we compared array dispersion measurement results which derived from tilt noise removed and non-removed data. Using the method of Takeo et al. (2018), we measured average phase velocity and azimuthal anisotropy of fundamental mode Rayleigh waves to estimate isotropic and azimuthally anisotropic Vsv ($\beta$v) profiles. The results show that tilt noise removed data can provide us with more precise low-frequency measurements and the better-constrained structure at a depth of 80 km or deeper. Our results indicate that noise reduction preprocessing is important for improving Japanese BBOBS analysis.

キーワード：広帯域海底地震計、傾斜ノイズ、低周波、表面波アレイ解析
Keywords: broadband ocean bottom seismometer, tilt noise, low frequency, surface wave array measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海底基盤岩研究に於けるハイテク・ドレッジの有用性と課題。 --海底岩石のリアルタイムモニタリングドレッジを目指して--
# High-tech dredge system for abyssal bedrock research; dredge system with acoustic real time monitoring on deep sea floor.

*石井 輝秋[1]、樹田 行弘[2]、坂本 泉[3]、町田 嗣樹[4]
*Teruaki Ishii[1], Yukihiro - Kida[2], Izumi - Sakamoto[3], Shiki -- Machida[4]

1. 静岡大学防災総合センター　ishiiteruaki@hotmail.com、2. 海洋研究開発機構、3. 東海大学、4. 千葉工業大学
1. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Sizuoka University, 2. JAMSTEC, 3. Toukai University, 4. Chiba Institute of Technology

海底地質研究には，海底地殻の構成物質を手にとり，物質科学的解析を行うことは欠かせない研究手段である．典型的な海洋地殻は，成層構造をしている，つまり，表層から順に軟堆積物，堆積岩，基盤岩である火山岩・深成岩を経て，モホ（モホロビッチ不連続面）を境としてマントルカンラン岩に至る．研究目的目標により，海底試料採取方法はさまざまに工夫された装置が開発されてきている．例えば，表層附近の堆積物採取を目的とした装置には，ピストンコア等の各種柱状採泥器がある．海洋域の地球深部物質の採取方としては，地球深部探査船「ちきゅう」により，マントルまで連続コアリングするのが理想であろうが，簡便性に欠けるうえ，成就するまでには，今から5-10年程度の歳月を要するであろう.それまで，手をこまねいて待っている訳にはいかない.

海洋底基盤岩の物質科学的研究に於いては，その成否が良質な海底地質試料採取の可否にかかっていると言っても過言ではない．海底基盤岩の採取には比較的簡便で安価な，しかもローテク（ローテクノロジー＝low technology）の典型ともいえるドレッジ（dredge）が広く使用されてきた．筆者は内外の研究調査船において，40年間にわたりドレッジ観測の実体験をしてきた．国内では数次にわたる淡青丸，白鳳丸，「よこすか」，「かいれい」航海，海外においては米国のアトランティスII，メルビル（2回），モアナウエーブ，トーマス・トンプソン航海等である．これらの体験を通じて得た知識を基に，上記航海毎にドレッジシステムの改良に連なる事例を積み重ねて，ORI-TI型ドレッジ装置（Ocean Research Institute-Teruaki Ishii Type Dredge System）を提案するに至った．ここでは，ドレッジシステム改良の経緯，米国船での体験を中心に話題提供を行う.

米国ではドレッジは昔ながらの流儀，つまりローテクを保っていてあまり技術的な進歩が見られない様に見うけられる，つまり米国では有人潜水艇や，無人の有索ロボットを使用しての研究に力が注がれているためか，ドレッジ観測法に関しては停滞している様に見受けられる．更にドレッジ手法そのものも研究者側，船側双方で伝承が上手く行われていない様にも見受けられる.

一方，日本では年毎に技術的進化・変革が見られる．特に最近では中堅から若手研究者を中心に，ドレッジシステムへのトランスポンダー技術の応用（町田他，2011）や，ドレッジ本体への深海カメラの組み込み（坂本他，2017）等，斬新なハイテク（ハイテクノロジー＝high technology）化への急速な動きが見られる．更に、2018年から「しんかい6500」のTVカメラで撮影された映像は、新たに開発された、新水中画像伝送装置（Kida et al, 2018）により、２秒毎の更新画像送信が可能となった（櫻井利明,2018参照）。近い将来比較的廉価な新水中画像伝送装置が開発されれば、ドレッジ用深海ビデオカメラ画像送信にも、応用可能となるであろう。ケーブル無しで海底を観察しながら岩石を採取できるドレッジも可能になりつつある様に思われる。海底地震計、ピストンコア、採水器、係留装置等々応用範囲は限りがないように思われる.

引用文献

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Kida, Yukihiro, Mitsuyasu Deguchi, and Takuya Shimura.(2018): Experimental result for a high-rate underwater acoustic communication in deep sea for a manned submersible SHINKAI 6500, J. Marine Acoust. Soc. Jpn., 45 (4),197-207.

石井輝秋（2017）：ドレッジシステムのローテクからハイテクへの変革---海底物質科学研究の飛躍を目指して---，深田地質研究所年報，18，29-48.

坂本 泉・飯島さつき・門馬大和・谷 健一郎 （2017）：カメラ付きドレッジ「さつき」シス テム①その開発と機能紹介，ブルーアース 2017，講演要旨BE17-12.

町田嗣樹・松浦由孝・阿部なつ江・石井輝秋 （2011）：トランスポンダーを用いたドレッジのリアルタイムモニタリングにもとづく海洋底岩石採取, JAMSTEC Rep. Res. Dev, 13, 89-105.

キーワード：海底基盤岩、ハイテク・ドレッジ、RI-TI型ドレッジ、ドレッジ　トランスポンダー、ドレッジ深海ビデオ、水中音響画像伝送装置
Keywords: abyssal bedrocks, high-tech dredge system, ORI-TI type dredge, dredge transponder, deep sea dredge VTR, underwater acoustic transmission system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本周辺海域の断層データベース・システムの構築
# Construction of Database System on Offshore Faults around Japan

*鎌田 弘己[1]、高橋 成実[1,2]、田中 恵介[1]、新井 麗[1]、勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、藤原 広行[2]、大角 恒雄[2]、井上 卓彦[3]、佐藤 智之[3]、金田 義行[4]
*Hiromi Kamata[1], Narumi Takahashi[1,2], Shigeyoshi Tanaka[1], Rei Arai[1], Minako Katsuyama[1], Ayako Nakanishi[1], Hiroyuki Fujiwara[2], Tsuneo Ohsumi[2], Takahiko Inoue[3], Tomoyuki Sato[3], Yoshiyuki Kaneda[4]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Kagawa University

JAMSTEC has performed the project for “Comprehensive Evaluation of Offshore Fault Information” sponsored by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) since FY2013. The project consists of three themes named “Sub-theme 1” gathering various kinds of existing geological/geophysical information and constructing offshore fault database system (DB), “Sub-theme 2” re-processing seismic data and interpreting offshore faults based on unified evaluation standard, and “Sub-theme 3” building offshore fault models conducted by NIED.

In Sub-theme 1, JAMSTEC has obtained or borrowed huge volumes of multi-channel seismic (MCS)/single-channel seismic (SCS) reflection data and ocean bottom seismometer (OBS) refraction data surveyed around Japan from various organizations including national research institutes and private enterprises, and has collected seismic velocity information, bathymetry data etc. After the quality check of these data, they are made into a database and unitary management of them are carried out. The final output of Sub-theme 1 is an offshore fault DB comprising the data sets of collected/re-processed seismic data and overall offshore fault information provided by Sub-theme 2 and Sub-theme 3. In Sub-theme 2, the past old-fashioned MCS data have been re-processed applying the latest sophisticated technology with de-multiple filtering and noise suppression for obtaining the high resolution profile of these seismic sections. Using the MCS/SCS data, offshore faults around Japan have been identified based on unified evaluation standard. Some geological horizons and a plate boundary have been also interpreted to model subsurface geometry and 3D velocity structure. The final output of Sub-theme 2 is to delineate the spatial distribution and continuity of identified faults on the high resolution bathymetric map such as a red relief image map, and to organize their features/parameters such as type, length, dipping direction, extension etc. after the seismic time–depth conversion using 3D velocity structure model. The 3D velocity structure has been modeled using collected OBS refraction data, velocity analysis results in MCS re-processing and some available published data. In Sub-theme 3, NIED has built the offshore fault models based on a fault information catalog completed by Sub-theme 2. The model validation for historical earthquake source faults with the magnitude over seven has been also conducted through ground motion and tsunami simulations.

This poster presentation focuses on the offshore fault DB constructed by Sub-theme 1 of the project. JAMSTEC has finished the clarification of faults in the Sea of Japan, and around the sea area of the Nansei Islands and Izu-Ogasawara Islands by FY2017. We are currently working on the interpretation of subsurface structure and fault distribution in the Nankai Trough area, and continue to register MCS/SCS reflection time/depth sectional figures, 3D velocity models, NIED’s fault models and their parameters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

into the DB sequentially. The trial operation of the DB has been also done at the subcommittee of the Headquarters for Earthquake Research Promotion of MEXT. The DB is highly expected to become a useful tool that contribute to tsunami hazard evaluation and disaster management conducted by Japanese government and local authorities, and that improve the public awareness against disaster prevention.

We would like to express our acknowledgements to Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC), Japan Coast Guard (JCG), Geospatial Information Authority of Japan (GSI), AIST, Akita Prefecture, Okinawa Prefecture, University of Tokyo, Toyama University, Inpex Corporation and Japan Petroleum Exploration Co.,Ltd. (JAPEX) for providing the geological/geophysical data.

キーワード：海域断層、地震探査データ、三次元速度構造、断層モデル、データベース
Keywords: Offshore Fault, Seismic Data, 3D Velocity Structure, Fault Model, Database

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 複数の海底反射強度データを統合する方法

# An integration method for multiple sets of seafloor backscatter intensity data

*町田 嗣樹[1,2]、佐藤 太一[3]、安川 和孝[2]
*Shiki Machida[1,2], Taichi Sato[3], Kazutaka Yasukawa[2]

1. 千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2. 東京大学、3. 産業技術総合研究所
1. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo, 3. AIST

Acoustic backscattering of the seafloor is thought to provide a useful signal representing the existence of hard materials, such as lava flows with ferromanganese crust along the slope of seamount or knoll [1, 2], and ferromanganese nodules on the seafloor [3]. Previous investigations using vessel-equipped multi-narrow beam echo sounder (MBES) [1–3] identified variations of distributions over an area of tens or hundreds of square kilometres. Therefore, vessel-equipped MBES can provide a more economical exploration for vast areas than that provided by underwater apparatuses such as a deep-towed side scan sonar. However, a disadvantage inhibiting its use is that the different physical and technical parameters, such as sounder characteristics, observation period, and processing, yield different absolute values of backscatter intensity for the same area. As a solution, we propose a generally applicable method for obtaining the widespread distribution of deep-sea solid materials using a combination of several datasets of vessel-equipped MBES.

The Japanese exclusively economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island in the western North Pacific is the best candidate area in which to analyse vessel-equipped multibeam backscatter data. This is due to the fact that several research cruises, operated by the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), have obtained multiple sets of backscatter data, combined with bathymetry mapping. These data were obtained with an identical MBES (SeaBeam 3012. multibeam system) for each of the four cruises of *R/V Mirai*(MR14-E02, MR15-E01 Legs 2 and 3, and MR15-02) in 2014 and 2015, and with the other MBES (SeaBeam 2112.004 multibeam system) during a cruise of *R/V Yokosuka* (YK10-05) in 2010.

We identified two important components for successfully integrating several sets of backscatter intensity data collected by vessel-equipped MBES, as follows. (1) The folding points in the trend of the second-order differential values of the histogram of backscatter data correspond to the boundaries between different types of geology, e.g. barren pelagic sediment and dense ferromanganese nodules. (2) These thresholds each indicate that the same geologic boundaries appear at similar intervals in the histogram, even if the absolute values of intensity are different for each dataset. In particular, this latter component ensures linear fitting of the thresholds used to adjust each dataset to the arbitrary standard data. We need the confirmation of the geographical distributions of the identified boundary intensities between the different datasets. In this presentation, we will show an example of data integration for nine datasets to map the backscatter intensity of a region of approximately 155,500 $km^2$in the Japanese EEZ around Minamitorishima Island.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

References: [1] Hirano et al. (2006) *Science***313**, 1426–1428. [1] Hirano et al. (2016) *Mar. Geol.***373**, 39–48. [3] Machida et al. (2016) *Geochem. J.***50**, 539–555.

キーワード：後方散乱強度、マルチナロービーム音響測深機、南鳥島EEZ
Keywords: backscatter intensity, multi-narrow beam echo sounder, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ETOPO1を用いた海洋の平均水深の精密計算
# A precise calculation of average depth for ETOPO1

*原田 靖[1]、堀内 沙恵[1]
*Yasushi Harada[1], Sae Horiuchi[1]

1. 東海大学 海洋学部 海洋地球科学科
1. School of Marine Science and Technology, Tokai University

ETOPO1とは NOAAより作成されたWGS84回転楕円体に準拠した全球1分メッシュ, 格子点数4億6656個のデジタル地形データである．NOAAはこのETOPO1を用いて平均水深を求めており，結果は-3688 mで誤差は1%と発表されている．https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo1_ocean_volumes.html

これは地理座標を基準にした格子点の水深を抽出して平均水深を求めているが, この方法では特に極地域で測点間隔が極端に小さくなり, 地球は極域に主に大陸があるので, 水深の計算に偏りが出てしまう. 一般には正確な平均水深を計算するためには一様な分布の測点が必要とされる．

一方, 山路(2001)はGeneralized Spiral Set(一般化螺旋集合)を用いたGSS Generator(以下GSS)というソフトウェアを公開しており, 数学的に一様な任意個数の点を球面上に生成することが可能である. そのため本研究では，このGSSを用いて従来の方法と比較した．GSSは測点間隔が一様という利点があるが真球(地心座標)を採用しており，一方従来の方法は測点間隔が非一様であるがWGS84(地理座標)に準拠しているという利点があるからである．いくつかの数値的な解析の結果, 以下のことが分かった. WGS84回転楕円体と真球との違いによる測点間隔の非一様性は, 地理座標を採用したことによる測点間隔の非一様性と同程度かやや小さくなることが分かった. またこの計算結果からETOPO1の平均水深は, -3685.9 ±0.5mとなり, NOAAの-3688 mより約２ｍ浅くなった.

キーワード：ETOPO1、平均水深、GSS Generator
Keywords: ETOPO1, average depth, GSS Generator

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

## [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)

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)

[SCG56-P01] Signature of plume-ridge interaction on bathymetry and geochemistry along mid-ocean ridges: Insights from the Réunion Plume and Central Indian Ridge

*Clement Vincent[1]、Jung-Woo Park[1]、Sang-Mook Lee[1]、Jonguk Kim[2]、Sang-Joon Pak[2] (1.Seoul National University、2.Korea Institute of Ocean Science and Technology)

[SCG56-P02] Spreading rate and its stability of Chile Ridge near the Chile Triple Junction

*石原 隆仙[1]、松本 剛[1] (1.独立大学法人琉球大学)

[SCG56-P03] 南部チリ沖南極プレート上に発見した海山群

*富士原 敏也[1]、阿部 なつ江[2]、原田 尚美[3]、「みらい」MR16-09 Leg 2 乗船研究者 (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.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、3.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター)

[SCG56-P04] 「みらい」MR16-09航海による海上重力測定：特にチリ三重点周辺の重力異常の特徴

*松本 剛[1]、石原 隆仙[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG56-P05] 海洋底拡大初期のアファール凹地における磁気・MT探査

*吉村 令慧[1]、石川 尚人[2]、Kidane Tesfaye[3]、加々島 慎一[4]、望月 伸竜[5]、Muluneh Ameha[3]、北川 桐香[4]、池間 泰斗[6] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学大学院人間・環境学研究科、3.アジスアベバ大学、4.山形大学理学部、5.熊本大学大学院先導機構、6.京都大学理学部)

[SCG56-P06] **四国海盆海洋コアコンプレックスの発達：背弧拡大が止まるとき**

*沖野 郷子[1]、小原 泰彦[2,3]、藤井 昌和[4]、羽入 朋子[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海上保安庁、3.海洋研究開発機構、4.国立極地研究所)

[SCG56-P07] Thermal evolution of the Lanzo orogenic peridotite massif in western Alps: implications on thermal structure near subcontinental lithosphere-asthenosphere boundary

*青木 智[1]、小澤 一仁[1]、Jean-Louis Bodinier[3]、Françoise Boudier[2] (1.東京大学、2.モンペリエ第二大学、3.Geosciences Montpellier)

[SCG56-P08] 南琉球及び中琉球の背弧海盆の形状の違いとテクトニクス

*荒井 晃作[1]、三澤 文慶[1]、井上 卓彦[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG56-P09] 御荷鉾帯と空知－エゾ帯中の苦鉄質岩の起源：地球化学的特徴とジルコンU-Pb年代およびシャツキー海台との比較

*木村 直人[1]、市山 祐司[1]、高橋 翔平[1]、伊藤 久敏[2]、田村 明弘[3]、森下 知晃[3] (1.千葉大学、2.電力中央研究所、3.金沢大学)

[SCG56-P10] Submersible magnetics reveals relationship between off-axis volcanism and hydrothermal systems of the Kairei and Yokoniwa fields at the Central Indian Ridge

*藤井 昌和[1]、沖野 郷子[2] (1.国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2.東京大学大気海洋研究所)

[SCG56-P11] 中部沖縄トラフ伊平屋北海丘および伊平屋小海嶺海域における船上重磁力調査：KR18-14 Leg1/Leg2航海速報

*北田 数也[1]、笠谷 貴史[1]、岩本 久則[1]、野木 義史[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立極地研究所)

[SCG56-P12] 沖縄トラフ東奄西熱水フィールドでの浅層科学掘削

*熊谷 英憲[1]、笠谷 貴史[1]、戸塚 修平[2]、川口 慎介[1]、町山 栄章[1]、飯島 耕一[1]、山本 浩文[1]、金子 純二[1]、大田 優介[3]、冨田 昇平[3]、小森 省吾[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.九州大学、3.京都大学、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SCG56-P13] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下の熱水変質鉱物の鉱物学的・地球化学的特徴

*石橋 純一郎[1,2]、戸塚 修平[2]、堤 映日[2]、塚本 成[2]、吉良 優佑[2]、島田 和彦[1]、山崎 徹[3]、池原 研[3]、長瀬 敏郎[4]、高谷 雄太郎[5,9]、池端 慶[6]、後藤 隆嗣[7]、郷津 知太郎[7]、新城 竜一[8]、町山 栄章[9]、飯島 耕一[9]、山本 浩文[9]、熊谷 英憲[9] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、3.産業技術総合研究所、4.東北大学総合学術博物館、5.早稲田大学創造理工学部、6.筑波大学生命環境系、7.蒜山地質年代学研究所、8.琉球大学理学部、9.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

[SCG56-P14] New type of self-potential anomaly observed near a hydrothermal site of Oomuro-dashi volcano, Izu-Ogasawara arc

*川田 佳史[1,2]、笠谷 貴史[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.海洋研究開発機構)

[SCG56-P15] 熱水流動-地球化学連成解析による海底熱水鉱床の形成シミュレーション

*藤田　クラウディア[1]、山本 肇[1]、石橋 純一郎[2]、辻 健[3] (1.大成建設株式会社、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

[SCG56-P16] 南鳥島レアアース泥の鉱物組成および粒度分布：超高濃度レアアース泥の生成機構への示唆

*酒井 巧[1]、田中 えりか[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2,1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[SCG56-P17] 南鳥島EEZのレアアース泥に含まれるマイクロマンガンノジュールの地球化学的及び形態的特徴

*木野 聡志[1]、安川 和孝[1,2]、浅見 慶志朗[1]、田中 えりか[1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、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センター)

[SCG56-P18] 堆積層基盤PS変換波の走時解析に基づく日本・千島海溝域の堆積層厚さ分布

*東 龍介[1]、豊国 源知[1]、高木 涼太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、中山 貴史[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

[SCG56-P19] プレート沈み込み帯における水深測量データのみを用いた臨界尖形理論の検討

*高下 裕章[1]、芦 寿一郎[1]、朴 進午[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[SCG56-P20] 高分解能浅部構造探査と精密照準採泥による相模湾断層の活構造

*芦 寿一郎[1]、山口 飛鳥[2]、奥津 なつみ[1]、三澤 文慶[3] (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、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P21] 南海トラフ海域の断層分布と構造的特徴

*新井 麗[1]、高橋 成実[1]、勝山 美奈子[1]、田中 恵介[1]、鎌田 弘己[1]、佐藤 智之[2]、井上 卓彦[2]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.香川大学)

[SCG56-P22] 海底地震計で捉えた中部琉球海溝での地震活動

*屋嘉部 蓮[1]、中村 衛[1]、山下 裕亮[2]、篠原 雅尚[3]、山田 知朗[3]、塩原 肇[3]、望月 公廣[3] (1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所)

[SCG56-P23] Po/So波から推定した九州下に沈み込んだフィリピン海プレートの地震学的構造

*志藤 あずさ[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)

[SCG56-P24] スマトラ北西沖外縁隆起帯で視認される斜面崩壊地形とその分布

*平田 賢治[1]、富士原 敏也[2]、三澤 文慶[3]、荒井 晃作[3] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P25] Origin and migration of fluid in the Sumatra subduction input: application of a geochronological method using a long-lived radioisotope of dissolved iodine

*尾張 聡子[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院理学研究科)

[SCG56-P26] 深海マッピングの新時代への挑戦: 無人海底地形調査の国際大会“Shell Ocean Discovery XPRIZE”

*住吉 昌直[1] (1.海上保安庁海洋情報部)

[SCG56-P27] Prototype of deep-sea ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using“A-0-A”approach for detection of long-term crustal deformation

*太田 雄策[1]、日野 亮太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、西間木 佑衣[1]、梶川 宏明[2]、小畠 時彦[2] (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.産業技術総合研究所計量標準総合センター)

[SCG56-P28] 広帯域海底地震計観測の高度化へ向けて：ノイズ低減と表面波アレイ分散計測

*川野 由貴[1]、一瀬 建日[1]、川勝 均[1]、竹尾 明子[1]、塩原 肇[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG56-P29] 海底基盤岩研究に於けるハイテク・ドレッジの有用性と課題。 - -海底岩石のリアルタイムモニタリングドレッジを目指して- -

*石井 輝秋[1]、樹田 行弘[2]、坂本 泉[3]、町田 嗣樹[4] (1.静岡大学防災総合センター　ishiiteruaki@hotmail.com、2.海洋研究開発機構、3.東海大学、4.千葉工業大学)

[SCG56-P30] 日本周辺海域の断層データベース・システムの構築

*鎌田 弘己[1]、高橋 成実[1,2]、田中 恵介[1]、新井 麗[1]、勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、藤原 広行[2]、大角 恒雄[2]、井上 卓彦[3]、佐藤 智之[3]、金田 義行[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.香川大学)

[SCG56-P31] 複数の海底反射強度データを統合する方法

*町田 嗣樹[1,2]、佐藤 太一[3]、安川 和孝[2] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG56-P32] ETOPO1を用いた海洋の平均水深の精密計算

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

# Signature of plume-ridge interaction on bathymetry and geochemistry along mid-ocean ridges: Insights from the Réunion Plume and Central Indian Ridge

*Clement Vincent[1], Jung-Woo Park[1], Sang-Mook Lee[1], Jonguk Kim[2], Sang-Joon Pak[2]

1. Seoul National University, 2. Korea Institute of Ocean Science and Technology

Plume-ridge interaction is an important thermal and geological process, which results in various physical and chemical anomalies along a significant length of the global mid-ocean ridges system. Despite numerous studies, some remaining questions to be solved are origin and mechanisms of geochemical variations and their possible influence on the morphology of mid-ocean ridges. The Central Indian Ridge, with a slow to intermediate spreading rate, provides an ideal opportunity to explore distant plume-ridge interactions. Presently, the ridge is moving away from the hotspot. The hotspot which started at the Deccan Traps (65 Ma) is presently 1000 km away from the Central Indian Ridge, at the Réunion Island. Paleogeographic reconstruction suggests that the hotspot crossed the middle part of the Central Indian Ridge (MCIR) between 8˚S and 17˚S at ~34 Ma. Studies suggest that the plume material that flows into the Central Indian Ridge is more or less concentrated around 19˚S, to the south of Marie Celeste Fracture Zone (MCFZ). In addition, recent geochemical study show southward-increasing gradient in Réunion mantle component between 14˚S and 18˚S north of MCFZ. The detailed mechanism of the plume interaction on the MCIR is in debate. In this study, we revisited the MCIR with additional Nd, Sr and Pb isotope analyses and ship-board high-resolution bathymetry data to constrain the influence of the Ré union plume on geochemistry and bathymetry of the MCIR. The results show that the geochemical anomaly observed between 14˚S and 18˚S are found only in the northern part of segments and subsegments, and these enrichments correlate with the shallow axial bathymetry. The localized geochemical and bathymetric anomalies can be ascribed to a hotspot leading edge effect where the hotspot leading segments are offset in the direction of the plume and are more influenced by the plume materials. It appears that discontinuities such as transform faults and the non-transform discontinuities influence the flow of mantle plume material into the ridge, and that the proximity of the ridge to the hotspot plays an important role in the plume-ridge interaction.

Keywords: Plume-ridge interaction, Reunion Plume, Central Indian Ridge, MORB

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Spreading rate and its stability of Chile Ridge near the Chile Triple Junction

*石原 隆仙[1]、松本 剛[1]
*Takanori Ishihara[1], Takeshi Matsumoto[1]

1. 独立大学法人琉球大学
1. Ryukyu university

Chile triple junction (CTJ) is located at 46°13'S, 75°13'W off the coast of Chile and is composed of Nazca plate, Antarctic plate and South America plate, forming a ridge-trench-trench type triple junction. Chile ridge that is an active spreading ridge is subducting under the South America plate at CTJ and is the only ridge system that is currently subducting under trench in the world. Therefore this area is an important target to study the behavior of the active ridge just before subduction. And also, the mechanism and a possible driving force of the active ridge subduction are also to be studied by subsurface structure, age, development history, and so on through marine geophysical survey. The authors analysed total geomagnetic data from the tracks along the segments and attempted to obtain seafloor spreading rate at each segment and seafloor age from magnetic anomaly, and spreading stability in this area by the magnetic N/R boundary strikes derived from the three component magnetic data. Both the total force and the three-component magnetic data for this study were obtained from MR16-09 cruise by R/V MIRAI, Leg1 and Leg2. Marine Trackline data that were achived in National Geophysical Data Center were also used supplementarily. Seafloor spreading rate decrease is shown along almost all the tracks close to the trench, and comparison of several track data along the Segment SCR1 shows the same characteristics that spreading rate along the southern track is slower than that along the northern track. Moreover, the result from the other segments show that SCR1’s spreading rate (about3.0cm/yr) is higher than SCR3’s one (about 2.0cm/yr). These results show spreading rate is decreasing as the ridge is close to the trench. This mightbe due to declining of igneous activity and reduction of magma supply rate near the trench as Matsumoto et al (2013) showed. The reason why the young seafloor subducts early is that increasing of slab pull force caused by thickening of the oceanic lithosphere by cooling with closing the trench. Magnetic N/R boundary strike shows almost uniform trends, except near Guamblin fracture zone, so spreading stability is attained on the whole.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南部チリ沖南極プレート上に発見した海山群
# Newly Mapped Seamounts on the Antarctic Plate off Southern Chile

*富士原 敏也[1]、阿部 なつ江[2]、原田 尚美[3]、「みらい」MR16-09 Leg 2 乗船研究者
*Toshiya Fujiwara[1], Natsue Abe[2], Naomi Harada[3], Mirai MR16-09 Leg 2 Shipboard Science Party

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. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、3. 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター
1. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, 3. Research and Development Center for Global Change

JAMSTEC調査船「みらい」のMR16-09 Leg 2航海（2017年1月20日～2月5日：プエルトモント～プンタアレナス）において、南部チリ沖（ハノーバー島沖）南極プレート上の海山群の海底地形、海上重力、地磁気調査を行った。本調査海域の調査例は少なく、本航海のトランジット・データも含めて、貴重なデータが得られた。

海底地形データの取得にはSeaBeam 3012マルチビーム音響測深機、重力はMicro-G LaCoste and Romberg S-116船上重力計、地磁気はGeometrics G-882曳航式セシウム磁力計、Tierra Tecnica SFG1214船上3成分磁力計を用いた。残念ながら、岩石試料の採取、反射法地震波探査は行われなかった。

海山群は南極プレート上に位置する。海洋地殻を形成した中央海嶺（チリ海嶺）は、既に南米プレート下に沈み込んでいると考えられる。Cande et al. (1982)により、付近の海底でAnomaly 6aが同定されている。Muller et al. (2008)によれば、海山群の地点の地殻形成年代は18 Maである。本調査では、振幅約400 nTの地磁気縞状異常が観測されており、海洋地殻年代、海底拡大速度については検証する。

周囲の海底は堆積層に覆われていて、海底地形にアビサルヒルの走向が見えない。海山群中最大の山体は、南緯51度0分、西経79度25分に位置する。海山の長軸は約17 km、短軸は約10 km、長軸の走向は約N45°Wである。海山の基底の水深は約3900 m、山頂部の最小水深約2900 mで、比高が1000 mある。海山の周りは溝地形で囲まれており、溝地形の深さは最大約100 mである。山体の底面積はおよそ約160平方kmで、海底部からの体積は約70立方kmである。山頂にはカルデラ地形が見られる、最大の海山のカルデラの深さは約200 m、直径約2.5 kmである。

人工衛星からの海面高度・重力異常観測により、その海山の存在は推定されていた。その比高は364 mとされていた（Kim and Wessel (2011)による海山カタログ、ID: KW-05846）が、規模の小さな海山であるため、正確には推定できていなかった。海上観測されたフリーエア重力異常は、海山基底部の重力異常値が約+20 mGal、海山頂部での重力異常値は約+50 mGalで、海山に起因する重力異常の振幅は約30 mGalである。人工衛星からの重力異常観測（Sandwell et al., 2014）より、約20 mGal大きい振幅が観測された。

キーワード：チリ沖、南極プレート、海山、海底地形、重力異常、地磁気異常
Keywords: Off Chile, Antarctic Plate, Seamount, Bathymetry, Gravity Anomaly, Magnetic Anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 「みらい」MR16-09航海による海上重力測定：特にチリ三重点周辺の重力異常の特徴

# Surface-ship gravimetry on board MR16-09 Cruise by R/V MIRAI - Characteristrics of gravity anomaly around the Chile Triple Junction

*松本 剛[1]、石原 隆仙[1]
*Takeshi Matsumoto[1], Takanori Ishihara[1]

1. 琉球大学理学部
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

「みらい」MR16-09航海は，2016年12月～2017年３月の間，フィジー・チリ・ニュージーランド・むつを寄港地として，主に南太平洋を東西に，西太平洋を南北に横断するコースで実施され，広範囲且つ長測線の海洋地球物理観測プロファイルを得ることが出来た。また，チリ西海岸のタイタオ半島沖の南緯46度13分・西経75度48分に位置し，ナスカプレートと南極プレートを産み出す拡大境界であるチリ海嶺がチリ海溝で南アメリカプレートの下に沈み込んでいるチリ三重点（CTJ）付近で，拡大軸セグメント上でのプロファイルを得ることができた。

観測に使用した船上重力計は，相対測定方式のラコストS-116である。通常は出発地・寄港地・到着地で至近の重力点（重力の絶対値がわかっている地点）と岸壁での陸上用重力計を用いた測定（重力結合=gravity tie）を行うことによって，調査航海中に測定された重力の絶対値を求めている。しかし今回は，前行動の出発地である清水，途中寄港地であるプンタアレナス，帰港地である関根浜でのみ重力結合が行われたため，重力計のドリフト補正後の正確な値を求めることが難しい。そこで，衛星データ等による最新の全球重力１分グリッドデータ（Sandwell et al., 2014, Sandwell et al., 2013, Sandwell et al., 2009）を用い，測線上の重力測定点での値の更正を行った。

グリッドデータのx, y方向の格子間隔をそれぞれdx, dyとする。x座標x1, x2（x1 < x2），y座標y1, y2（y1 > y2）で囲まれる領域（長方形で近似）の四隅の点での重力値をg11, g21, g12, g22とすると，この領域内の点(x,y)での線型内挿値gは，

g1=g11*(x2-x)*(y1-y)

g2=g21*(x-x1)*(y1-y)

g3=g12*(x2-x)*(y-y2)

g4=g22*(x-x1)*(y-y2)

として，

g=(g1+g2+g3+g4)/(dx*dy)

によって得られる。

この内挿によって得られた重力値と測定値との差をもとに，各レグでのドリフト・レートを求めたところ，

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Leg1：0.216mgal/day

Leg2：0.520mgal/day

Leg3：-0.599mgal/day

Leg4：0.562mgal/day

であり，これらの値を用いた測定値の補正を行って，最終的なフリーエア異常値を求めた。

Leg2では主としてチリ西海岸近海の調査が行われた。このうち，チリ三重点を含むチリ海嶺のセグメントSCR1に沿った３測線では，既に地磁気異常プロファイルから海底の年代を求め，拡大速度が海嶺軸に近付くほど減少する傾向が得られており（松本・他，JpGU2018発表），海嶺軸が海溝に近付くにつれてマグマ供給量の減少と火山活動の衰退が示唆され，海溝付近での熱の損失により火成活動が停止した海嶺下のリソスフェアが冷却によって急激に厚くなり，周辺のリソスフェアと同化してともに抵抗なく「スラブ・プル」の力によって南アメリカプレートの下に沈み込んでいると解釈されている（松本・他，JpGU2018発表）。同じプロファイルのフリーエア異常・海底地形から二次元計算（海溝・海嶺軸方向に同一の地形・地下構造が連続していると仮定）によりブーゲー異常を求めたところ，３測線とも，海溝軸とその西側の地形の起伏に関係なく，ブーゲー異常が海嶺・海溝軸に近付くにつれて相対的に一様に減少している結果が得られた。このパターンは，通常の海溝や中央海嶺の場合と類似しているが，海溝或いは海嶺に近付くにつれての減少率は，西太平洋の海溝の場合が概ね1.5～2mgal/km，大洋中央海嶺が<0.1mgal/kmであるのに対して，本測定ではその中間の0.4～0.8mgal/kmを示している。このことは，中央海嶺での火成活動の消失と海溝での沈み込みの双方の特徴を反映していると見られるが，これについては，更なる検証が必要である。

その他，Leg1ではトンガ・ケルマデック島弧・海溝系，南部東太平洋海膨を横切る測線が，Leg3ではベリングスハウゼン海，アムンゼン海を通過し，更にエルターニン・ウジンツェフ断裂帯を横切る測線が，Leg4では南フィジー海盆，ソロモン島弧・海溝系，西カロリン海台を横切る測線が，それぞれ得られた。それぞれの結果をポスターにて紹介する。

キーワード：チリ三重点、重力異常、「みらい」
Keywords: Chile Triple Junction, Gravity Anomaly, R/V MIRAI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海洋底拡大初期のアファール凹地における磁気・MT探査
# Magnetic and Magnetotelluric surveys across the Afar depression, transition between continental rifting and sea-floor spreading

*吉村 令慧[1]、石川 尚人[2]、Kidane Tesfaye[3]、加々島 慎一[4]、望月 伸竜[5]、Muluneh Ameha[3]、北川 桐香[4]、池間 泰斗[6]
*Ryokei Yoshimura[1], Naoto Ishikawa[2], Tesfaye Kidane[3], Shin-ichi Kagashima[4], Nobutatsu Mochizuki[5], Ameha Atnafu Muluneh[3], Kirika Kitagawa[4], Taito Ikema[6]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都大学大学院人間・環境学研究科、3. アジスアベバ大学、4. 山形大学理学部、5. 熊本大学大学院先導機構、6. 京都大学理学部
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, 3. Addis Ababa University, 4. Faculty of Science, Yamagata University, 5. Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University, 6. Faculty of Science, Kyoto University

我々は、海洋底拡大現象が進行しつつあるエチオピア・アファール凹地において、地磁気縞状異常の獲得形成過程を解明する研究プロジェクトを進めている（石川他, 2017）。プロジェクトの最終目標である無人飛行機による空中磁気探査に先立ち、リフトを横切る測線を設定し、2016年度には地上踏査による磁気探査を、2017年度には広帯域Magnetotelluric (MT) 探査を実施した。調査域は、2005～2009年に発生したDabbahu リフトでのダイク貫入イベントの南方延長にあたり、この地域の地下構造を把握することは、同種のイベントの発生可能性の評価にも資すると考えられる。

地上磁気探査では、GSM-19 オーバーハウザー磁力計 (GEM systems) を使用し、地上高 2.4m にセンサーを維持しつつ4秒サンプリングで、約60km の測定を行った。同時にハンディGPSにより、1秒ごとのトラックログを記録し位置情報とした。外部磁場（日変化や磁気擾乱）の影響を補正するために、測線の西部に位置するSamara 大学敷地内に参照点を設置した。参照点との単純差を求め、磁気異常を概観すると、大局的には先行研究 (Bridges et al., 2012) と調和的なパターンが得られた。一方、短波長の分布については、lava flow を越える個所において、数1000nT に達するスパイク上のシグナルが確認された。しかしながら、その振幅は flow 毎に異なり、磁化強度の違いを反映している可能性が高い。

広帯域MT探査では、地上磁気探査測線に沿うように約4km間隔で計14点において、電磁場変動データを取得した。器材は、MTU5A (Phoenix Geophysics) ならびに ELOG1K-PHX (NTシステムデザイン) を使用し、14点中5点では電場変動のみの収録であった。予察的な解析として、MTU5Aで計測した10点のデータを用いて、二次元逆解析を行った。時系列解析では Chave & Thomson (2003) のコードを、2次元構造解析には Ogawa & Uchida (1998) のコードを使用した。得られた構造は、本研究測線の南方での先行研究 (Didana et al., 2014; 2015) や北方での先行研究 (Desissa et al., 2013; Whaler et al., 2012) に類似して、現在の拡大中心軸周辺の深部から浅部に盛り上がる低比抵抗体に特徴づけられる。さらに、東西には高比抵抗体が存在するが、非対称性が確認された。この非対称性は、拡大軸の両側の拡大速度の違いの原因もしくは結果である可能性がある。
本発表では、地上磁気探査およびMT観測の概要・構造解析結果を報告するとともに、2019年度実施予定の補充観測ならびに空中磁気探査について紹介する。

キーワード：アファール凹地、海洋底拡大、マグネットテルリック探査、磁気探査
Keywords: Afar depression, sea-floor spreading, magnetotelluric survey, magnetic survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 四国海盆海洋コアコンプレックスの発達：背弧拡大が止まるとき
# Evolution of oceanic core complexes in the Shikoku Basin: when backarc basins cease to open

*沖野 郷子[1]、小原 泰彦[2,3]、藤井 昌和[4]、羽入 朋子[1]
*Kyoko Okino[1], Yasuhiko Ohara[2,3], Masakazu Fujii[4], Tomoko Hanyu[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海上保安庁、3. 海洋研究開発機構、4. 国立極地研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan Coast Guard, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. National Institute of Polar Research

背弧海盆が何故どのようにして活動を止めるのかは，プレートテクトニクスにおける未解決問題のひとつである．四国海盆は15Ma頃に拡大を停止した背弧海盆で，海盆北部においては拡大停止後の火成活動により軸部に海山が分布するが，南端部においては拡大末期に海洋コアコンプレックスが形成されている．海洋コアコンプレックスは，プレートの分離速度に対してメルト供給量が50%程度の環境で大規模なデタッチメント断層が発達し，深部物質が浅部に露出する構造である．そのため，背弧拡大系が停止する際にメルト供給量の変動を示す直接的な証拠となりうる．2018年の夏，よこすかYK18-07航海及び白鳳丸KH-18-02航海において，四国海盆南端部23˚50’N, 138˚50’Eに位置する海洋コアコンプレックス（Mado Megamullionと命名）とその周辺の地球物理探査を実施した．本講演では，これら2航海のデータを合わせ，かつ既存の海上保安庁データとも統合し，海洋コアコンプレックスの構造と発達史について検討した結果を紹介する．

Mado Megamullionはおよそ20km四方の高まりで，海嶺軸セグメントとトランスフォーム断層の交点内角に位置する．特徴的な畝地形を有し，周囲に比べて約20mGal高いマントルブーゲー異常を示す．YK18-07におけるしんかい6500潜航及びKH-18-02で実施されたドレッジではハンレイ岩・カンラン岩といった高密度の地殻下部・マントル物質が採取されており，重力異常と調和的である．一部の岩石試料には変形構造が確認されており，デタッチメント断層面が海底に露出していると考えられる．磁化構造は，周囲の海盆底の地磁気縞異常（連続的な海洋地殻生産と海底拡大の証拠）とパターンとしては調和的といえる正負の磁化分布を示すが，明らかな拡大非対称を示している．拡大非対称は海洋コアコンプレックス形成時には広く見られる現象である．また，磁化強度はコアコンプレックス部でやや正帯磁側に偏っており，隣接する海嶺軸谷部が強い正磁化を示すことから，誘導磁化成分の存在が示唆される．3成分磁気異常解析結果は，周囲の海底が拡大軸に平行かつ明瞭な磁化境界を示すのに対し，コアコンプレックス部では強い磁化境界は存在しない．ただし，構造の3次元性はそれほど高くはなかった．また，海洋コアコンプレックス近傍の海嶺軸内部には，高重力異常を示すドーム状の小規模な高まりがあり，中央海嶺系で報告されているNTO-Massif (non-transform offset massif)の可能性が高い．また，隣接する海嶺軸セグメントにも，明らかにデタッチメント断層面とみられる明瞭な畝構造がみられるが，重力異常は弱い．

Mado Megamullion及びその周辺の海洋コアコンプレックスの形成過程と構造は，背弧海盆拡大最終ステージにおけるメルト供給量の推移を示すものである．四国海盆よりさらに南方のパレスベラ海盆では，世界最大のGodzilla Megamullionをはじめ，多くの海洋コアコンプレックス等が拡大軸部に分布しており，これらの総合的な研究は，背弧拡大系の終焉を理解する鍵となるはずである．

キーワード：背弧拡大、海洋リソスフェア、海洋コアコンプレックス
Keywords: backarc opening, oceanic lithosphere, oceanic core complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Thermal evolution of the Lanzo orogenic peridotite massif in western Alps: implications on thermal structure near subcontinental lithosphere-asthenosphere boundary

*青木 智[1]、小澤 一仁[1]、Jean-Louis Bodinier[3]、Françoise Boudier[2]
*Tomo Aoki[1], Kazuhito Ozawa[1], Jean-Louis Bodinier[3], Françoise Boudier[2]

1. 東京大学、2. モンペリエ第二大学、3. Geosciences Montpellier
1. The University of Tokyo, 2. Montpellier 2 University, 3. Geosciences Montpellier

Lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) is a zone where heat, momentum, and materials are exchanged between conductive mantle and underlying convective mantle, and plays an important role in plate tectonics (McKenzie & Priestley, 2005; Fischer et al., 2010; Kawakatsu & Utada, 2017). Its internal structure and dynamic behavior are, however, far from understood. This study addresses this issue on the basis of petrological study of an orogenic peridotite complex. Lanzo massif in the western Alps, Northern Italy. We attempt to clarify temporal change of internal thermal structure of the complex during exhumation, from which the original thermal structures before exhumation may be estimated.
Lanzo massif is one of the largest mantle exposure thought to be a subcontinental lithospheric mantle exhumed related to the opening of the Jurassic Piedmont Sea between European continent and Adriatic continent, following slow spreading of the Atlantic mid ocean ridge (Müntener & Piccardo, 2003). The massif consists dominantly of plagioclase-bearing lherzolite, stable at the pressure lower than 1GPa, with subordinate amount of mafic rocks occurring as layers or dikes (Bodinier, 1988; Bodinier et al., 1991). The Lanzo massif divided into three bodies on the basis of petrographic characteristics: north, central and south. Previous studies argued that the northern part represents subcontinental lithospheric mantle and that the southern part may be of asthenospher origin (Bodinier, 1988; Bodinier et al. 1991). Therefore, the complex may represent a zone of lithosphere-asthenosphere boundary and can provide information on processes operated there (Bodinier, 1988; Bodinier et al., 1991; Kaczmarek & Müntener, 2008).
We examined plagioclase-bearing lherzolite collected from 16 localities covering the entire massif. Systematic variations of microstructures and mineral chemical compositions were confirmed, which is principally consistent with previous studies (Bodinier, 1988; Bodinier et al., 1991). All constituent minerals show chemical heterogeneity on grain scales, which is regarded as record of various processes the rocks underwent. Grain-scale zonings of Al and Ca in pyroxene, fluorescence-corrected Ca in olivine adjacent to pyroxenes, Cr and Al in spinel adjacent to plagioclase, and Ca and Na in plagioclase suggest that monotonous cooling and decompression accompanied by deformation occurred during decompression of the Lanzo massif. We quantified the space-dependent thermal history of Lanzo by using Ca-in-orthopyroxene geothermometer after Lindsley (1983) and Ca-in-olivine geothermometers calibrated on the basis of experimental results of Köhler & Brey (1990). All the estimated temperatures decrease from the southern body towards the northern body. The calculated temperatures were critically examined if they represent closure temperatures or a condition at which Lanzo resided for a certain period of time. The grain-scale zoning patterns indicate that the temperatures from core of orthopyroxene recorded a long residence, whereas those from rim of pyroxenes and both core and rim of olivine represent closure temperatures (Tc) at various timings during monotonous cooling. The decrease in temperatures of pyroxene cores from the south to the north by ~60K may represent a geotherm near LAB zone. All the Tc decrease from the north to the south and the difference of temperatures between the core and rim of orthopyroxene increases from the southern body to the northern body. This suggests that the cooler and probably shallower northern body cooled at slower rate at a wide temperature range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

(Tc=700-1100˚C) than the hotter and probably deeper southern body. A thermal gradient recorded in the Lanzo massif is estimated to be ~6K/km, which is greater than those estimated for deep subcontinental lithosphere at steady thermal state (Mckenzie et al., 2005). We speculate that the high geotherm might have caused by thermal perturbation from asthenosphere.

キーワード：リソスフェアーアセノスフェア境界、マントルかんらん岩、熱構造
Keywords: lithosphere-asthenosphere boundary, mantle peridotite, thermal structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南琉球及び中琉球の背弧海盆の形状の違いとテクトニクス
# Comparison of the back-arc basins of the South and the Central Ryukyus in the northwest Pacific

*荒井 晃作[1]、三澤 文慶[1]、井上 卓彦[1]
*Kohsaku Arai[1], Ayanori Misawa[1], Takahiko Inoue[1]

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial and Technology

琉球弧はフィリピン海プレートの沈み込みに伴って形成された島弧であり、九州から台湾に続く島嶼からなる。琉球弧の全体の長さは北東–南西方向に約1,200 kmに達し，主要な島嶼は火山島ではなく、前弧斜面に形成される高まりの列と言える。琉球弧の南東側には水深6,000～7,800 mの琉球海溝（南西諸島海溝）が，琉球弧に沿うように続いている．一方、北西側には，水深1,000～2,000 mの沖縄トラフ（舟状海盆）と呼ばれる活動的な背弧海盆が発達する。海溝軸におけるプレートの沈み込みと背弧側のリフティングが琉球弧の複雑なテクトニクスを支配していると言える。産総研では、2008年度から琉球弧周辺の海洋地質調査を開始しており、GIガンを音源としたマルチチャンネル（16 chや32 ch）の反射法音波探査を高密度に行っている。

南琉球弧北方沖（宮古島、石垣島）の斜面は沖縄トラフの軸に平行な幾筋かの正断層が発達し、地形は単純に北に向かって傾いて、深さ2000m以深に達する。一方、中琉球弧にあたる沖縄本島北西部は背後側に活動的な正断層を伴い、小さな海盆状の地形を作っている。これらの断層の走向は、ENE-WSWで北落ちの断層の発達に伴うハーフグラーベンを形成している。本発表では、反射断面からこれらの構造の違いを示すとともに、南琉球弧及び中琉球弧の背弧海盆の形状のテクトニクスに関する議論をする。

キーワード：琉球弧、背弧海盆、第四紀、反射法音波探査、マルチチャンネル
Keywords: Ryukyu Arc, back-arc basin, Quaternary, seismic reflection survey, MCS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 御荷鉾帯と空知ーエゾ帯中の苦鉄質岩の起源：地球化学的特徴とジルコンU-Pb年代およびシャツキー海台との比較
# Geochemistry and zircon U-Pb ages of mafic rocks in the Mikabu and Sorachi-Yezo belts: Comparison with the Shatsky Rise

*木村 直人[1]、市山 祐司[1]、高橋 翔平[1]、伊藤 久敏[2]、田村 明弘[3]、森下 知晃[3]
*Naoto Kimura[1], Yuji Ichiyama[1], Shohei Takahashi[1], Hisatoshi Ito[2], Akihiro Tamura[3], Tomoaki Morishita[3]

1. 千葉大学、2. 電力中央研究所、3. 金沢大学
1. Chiba University, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Kanazawa University

Large igneous provinces (LIPs) are large volcanic edifices on the Earth, such as oceanic plateaus and continental traps. It is commonly believed that LIPs are formed by large-scale magmatism caused by the upwelling of unusually hot mantle plume from the deep mantle (e.g., Coffin and Eldholm, 1994). Therefore, the genesis and formation mechanisms of LIPs is crucial to understand the dynamics of the Earth’s interior and episodic global events. Recent studies have revealed that the fragments of accreted oceanic plateaus are preserved in orogenic belts as ophiolites and accretionary complexes (e.g., Kerr et al., 2000; Ichiyama et al., 2014). The investigation of accreted oceanic plateaus will help to enhance our understanding of LIPs.

The Mikabu belt in SW Japan and Sorachi-Yezo belt in central Hokkaido, North Japan contain large accreted fragments of a paleo-oceanic plateau (Kimura et al., 1994). Recently, Ichiyama et al. (2014) proposed that the Mikabu and Sorachi-Yezo picrites with highly magnesian olivine phenocrysts (up to $Fo_{94}$) were produced by an unusually hot mantle plume. They also suggested that these picrites are derived from the Late Jurassic oceanic plateau (hereafter named “Mikabu-Sorachi plateau”) formed on the Izanagi plate, which was possibly produced together with the Shatsky Rise at the Pacific-Izanagi-Farallon triple junction in the Pacific Ocean. However, the geochronological and geochemical comparison between the Mikabu-Sorachi and Shatsky Rise has been poorly constrained.

The Mikabu and Sorachi-Yezo mafic rocks are geochemically divided into depleted (D)-type and enriched (E)-type in the same manner as the picrites. The D-type is depleted in light rare earth elements (LREE), whereas the E-type is relatively enriched in LREE. These types were produced by higher degrees of partial melting (30-50%) than MORB. The U-Pb zircon analyses of gabbroic rocks in both belts yield the weighted mean $^{206}Pb/^{238}U$ zircon ages of 153.1-146.3 Ma for the Mikabu rocks and 146.2 and 137.6 Ma for the Sorachi-Yezo rocks.

A wide geochemical variety of basalts were recovered from the Shatsky Rise during the IODP Expedition 324 (Expedition 324 Scientists, 2010; Sano et al., 2012). The U1349-type and Normal-type basalts of the Shatsky Rise are closely similar in geochemical composition to the Mikabu-Sorachi D-type and E-type rocks, respectively. The radiometric ages of the Shastky Rise basalts show 144.6-133.9 Ma (Mahoney et al., 2005; Geldmacher et al., 2014). The magnetic anomaly lineations of the Shatsky Rise exhibit that the formation of the rise started at M21 (about 147 Ma). The zircon U-Pb ages of the Mikabu-Sorachi mafic rocks are almost coeval with the formation ages of the Shatsky Rise. However, the older radiometric ages than 147 Ma are shown in this study. Recently, Sawada et al. (2019) also report the zircon U-Pb age of 154.6 Ma for the Mikabu metabasite from the Toba area.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

The magnetic anomaly lineation of M29 (about 157 Ma) drawn at the southwest of the Shatsky Rise implies that the triple junction was already present at 157 Ma. The Mikabu-Sorachi plateau was produced on the Izanagi plate before the Shatsky Rise at the triple junction. The igneous rocks in the Mikabu-Sorachi belt possibly record the information on initiation mechanisms of the triple junction and initial stages of LIPs formation in the paleo-Pacific Ocean.

キーワード：御荷鉾帯、空知-エゾ帯、シャツキー海台、ジルコンU-Pb年代、巨大火成岩岩石区、マントルプルーム
Keywords: Mikabu belt, Sorachi-Yezo belt, Shatsky Rise, zircon U-Pb age, Large igneous provinces (LIPs), mantle plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Submersible magnetics reveals relationship between off-axis volcanism and hydrothermal systems of the Kairei and Yokoniwa fields at the Central Indian Ridge

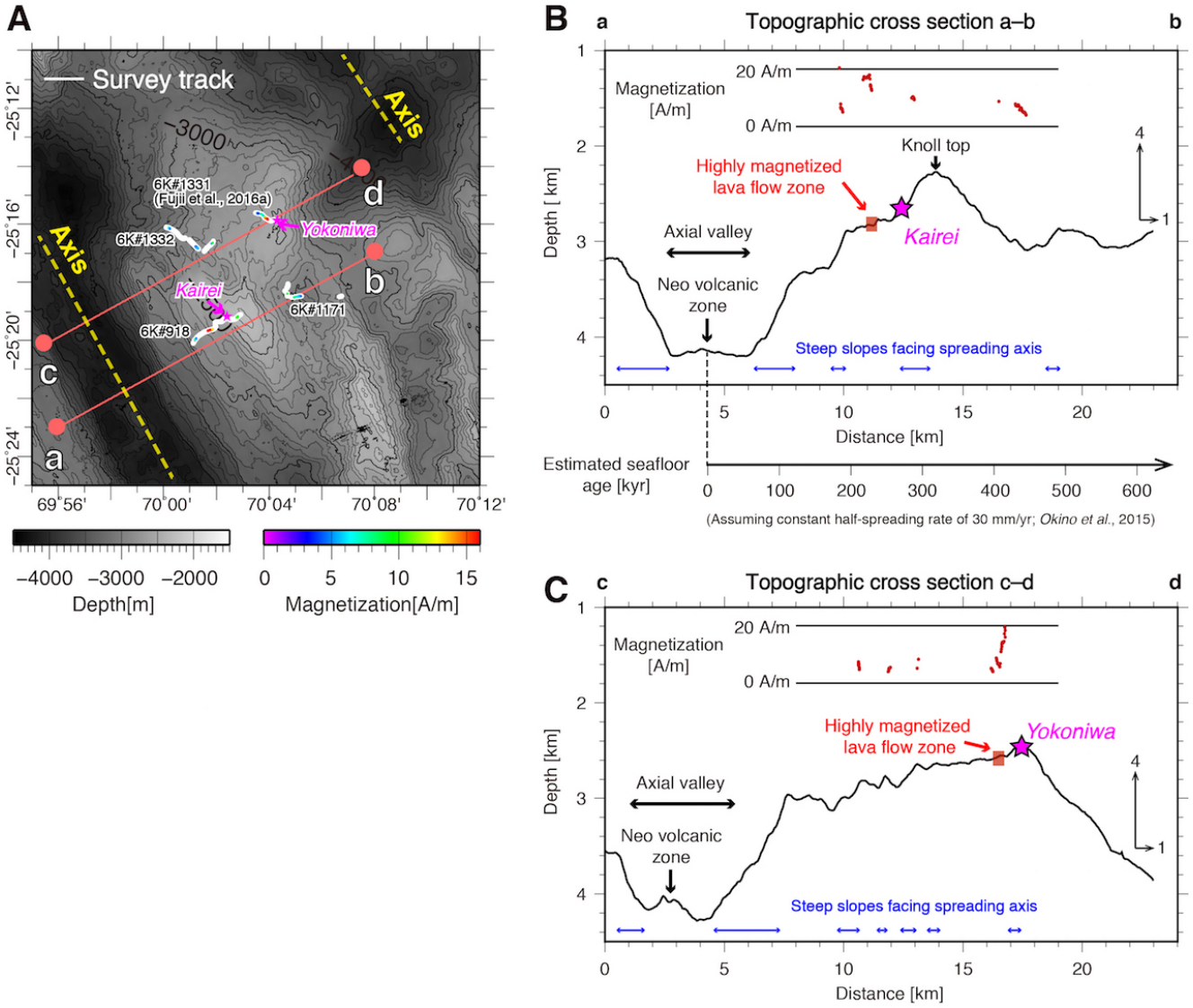
*藤井 昌和[1]、沖野 郷子[2]
*Masakazu Fujii[1], Kyoko Okino[2]

1. 国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2. 東京大学大気海洋研究所
1. National Institute of Polar Research and SOKENDAI, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The Kairei (KHF) and Yokoniwa hydrothermal fields (YHF)are hosted in mafic as well as ultramafic rocks distributed at an off-axis volcanic knoll of the Central Indian Ridge. Despite intensive investigations, their geological and geophysical background is still debated. Here, we show the results of near-seafloor magnetic anomaly surveys conducted using a submersible. We investigated the bulk magnetization of the hydrothermally altered zone and the surrounding lava flows and evaluated their intensities compared with previously reported values at axial areas of seafloor spreading environments. The KHF is characterized by low coherence between observed and modeled anomalies and low values of magnetization. This result suggests that magnetic minerals within basaltic lava flows were likely altered by hydrothermal fluid circulation. The variation pattern in the observed magnetic anomalies above the lava flows is in phase with that of the modeled magnetic anomalies for the simple assumption that the magnetization direction is parallel to the geomagnetic field. This result suggests that these lava flows preserve normal magnetic polarity corresponding to the Brunhes Chron. The estimated magnetic-anomaly-derived absolute magnetizations (MADAM) show a reasonable correlation with the natural remanent magnetizations of rock samples collected from the seafloor of the same region; their relationship is consistent with previously reported datasets from the Mariana Trough and Mid-Atlantic Ridge. The estimated MADAM intensity reaches 20 A/m in the study area, which is clearly greater than those of previously reported off-axis areas, suggesting that recent volcanic eruption may have occurred in these off-axis areas. The high magnetization distributions are commonly observed at the bottoms of the western slope from the KHF and YHF. This finding provides new insight into the distribution of highly magnetized lava flows in the off-axis areas and indicates the distribution of recent off-axis volcanic activities, which is potentially linked to the sub-seafloor hydrothermal circulation.

キーワード：中央インド洋海嶺、海底熱水循環系、深海磁気異常
Keywords: Central Indian Ridge, Seafloor hydrothermal system, Near-seafloor magnetic anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 中部沖縄トラフ伊平屋北海丘および伊平屋小海嶺海域における船上重磁力調査：KR18-14 Leg1/Leg2航海速報

# Shipboard magnetic and gravity surveys around the Iheya North Knoll and the Iheya Minor Ridge in the Mid-Okinawa Trough: Preliminary results of KR18-14 Leg1/Leg2 cruises

*北田 数也[1]、笠谷 貴史[1]、岩本 久則[1]、野木 義史[2]
*Kazuya Kitada[1], Takafumi Kasaya[1], Hisanori Iwamoto[1], Yoshifumi Nogi[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立極地研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research

The Okinawa Trough, an active back-arc basin behind the Ryukyu trench, exhibits active rifting associated with extension of the continental margin. In the Mid-Okinawa Trough, more than 10 hydrothermal vent sites belonging to relatively large hydrothermal vent fields at the Iheya North Knoll, the Iheya Minor Ridge, the Izena Hole and etc., were discovered by previous studies (e.g., Halbach et al., 1989; Sakai et al., 1990; Momma et al., 1996; Kasaya et al., 2015; Nakamura et al., 2015). Although shipboard magnetic and gravity surveys are too low in resolution to investigate the hydrothermal sites, they are important for understanding the geological background of the hydrothermal systems across an entire region. As for the area off Kumejima Island in the Okinawa Trough, Kitada et al. (2018) revealed the characteristics of the submarine volcanic activity around a hydrothermal area by using dense magnetic and gravity data. In order to characterize sub-seafloor structures and the spatial distribution of the submarine volcanic activity around the Iheya North Knoll and the Iheya Minor Ridge, we conducted detailed magnetic and gravity surveys with a line spacing of 0.5 nmi aboard research vessel Kairei during the KR18-14 Leg1 and Leg2 cruises from October to November 2018. Additionally, we also compiled magnetic, gravity and bathymetric data which were collected during previous cruises by the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) over the recent years. Magnetization intensities were estimated from observed magnetic anomalies, without applying annihilator. Bouguer gravity anomalies were calculated from free-air anomalies obtained. The distribution of magnetization intensity and variation in Bouguer gravity anomalies revealed the characteristics of submarine volcanic activity. Most of the knolls in the area show a relatively high magnetization (~1.0 to ~3.0 A/M) corresponding to the individual submarine knolls. Higher Bouguer gravity anomalies (~45 to ~55 mgal) implying the lower crustal thickness were observed in the Iheya graben. The knolls including the Iheya Minor Ridge, elongated in the ENE-WSW direction parallel to the graben, exhibit the ENE-WSW trending magnetization distribution with relatively high positive intensities, so volcanism appears to be constrained by normal faults forming the rift structure. On the other hand, the Iheya North Knoll have a relatively low magnetization of ~-1.0 to ~0.0 A/M with less variation of the magnetization. Although the data are sparse (the line spacing of ~1.5 to ~2 nmi), low magnetization (~1.5 A/M) with no prominent magnetic signature was also observed in the Izena Hole. Moreover, these knolls are located on the area where the Bouguer gravity anomaly is changed from ~30 to ~10 mgal and ~45 to ~30 mgal, respectively. The magmatism associated with submarine volcanic activity and back-arc rifting will be discussed based on the results obtained from these dense surveys.

キーワード：沖縄トラフ、背弧リフティング、海底熱水系、磁気異常、重力異常
Keywords: Okinawa Trough, backarc rifting, hydrothermal systems, magnetic anomaly, gravity anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 沖縄トラフ東奄西熱水フィールドでの浅層科学掘削
# A shallow scientific drilling at Higashi Ensei Hydrothermal Field, Okinawa Trough

*熊谷 英憲[1]、笠谷 貴史[1]、戸塚 修平[2]、川口 慎介[1]、町山 栄章[1]、飯島 耕一[1]、山本 浩文[1]、金子 純二[1]、大田 優介[3]、冨田 昇平[3]、小森 省吾[4]
*Hidenori Kumagai[1], Takafumi Kasaya[1], Shuhei Totsuka[2], Shinsuke Kawagucci[1], Hideaki Machiyama[1], Koichi Iijima[1], Hirofumi Yamamoto[1], junji kaneko[1], Yusuke Ohta[3], Shohei Albert Tomita[3], Shogo Komori[4]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 九州大学、3. 京都大学、4. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kyushu Univ., 3. Kyoto Univ., 4. AIST

A shallow seabed drilling was performed in February 2019 at Higashi Ensei Hydrothermal Field, Northern Okinawa Trough (Cruise ID: KM19-E01). Two localities were selected to investigate natures of sub-seafloor lithology with and without self-potential anomaly (SP anomaly) measured by near-bottom AUV survey. Here such a SP anomaly is to be resulted from a sub-seafloor orebody consisted of mainly sulfides. A seabed drilling apparatus, BMS (Boring machine system, Cellula Robotics Ltd.), was deployed twice from R/V Kaimei. At the first drilling in the cruise, the drilled hole reached to a formation 44m beneath the seafloor but stopped there due to significant venting through the drilled hole. Volcaniclastics with and without sulfide blocks or veins were sampled even poor recovery in the shallow part of the hole. Contrasting to it, the second drilled hole reached to 10 m beneath the seafloor where intact mafic-intermediate lava flow, i.e. volcanic basement, was sampled. In the second hole, little sulfide were retrieved except orange-colored one, probably realgar associating with orpiment and stibnite, in the first core, shallower than 1.5mbsf. On board IP measurement both as well as standard MSCL and visual core description were performed for the cores from the first hole. Further, an ROV dive observation was conducted within 16.5 hours after the drilling of the first hole. An exotic white sediment was recognized in the vicinity of the hole, similarly to the IODP exp.331 at Iheya-North Knoll, and successfully sampled. In this presentation, retrieved drilled samples as well as those sampled by ROV will be reported.

キーワード：海底着座型掘削装置、自然電位異常、孔口付近の白色堆積物
Keywords: A seabed driling system, Self-potential anomaly, An exotic white sediment around the drilled hole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 沖縄トラフごんどうサイトの海底下の熱水変質鉱物の鉱物学的・地球化学的特徴

# Mineralogical and geochemical study of sediment cores collected from the Gondou hydrothermal field in the Okinawa Trough

*石橋 純一郎[1,2]、戸塚 修平[2]、堤 映日[2]、塚本 成[2]、吉良 優佑[2]、島田 和彦[1]、山崎 徹[3]、池原 研[3]、長瀬 敏郎[4]、高谷 雄太郎[5,9]、池端 慶[6]、後藤 隆嗣[7]、郷津 知太郎[7]、新城 竜一[8]、町山 栄章[9]、飯島 耕一[9]、山本 浩文[9]、熊谷 英憲[9]
*Jun-ichiro Ishibashi[1,2], Shuhei Totsuka[2], Akihi Tsutsumi[2], Naru Tsukamoto[2], Yusuke Kira[2], Kazuhiko Shimada[1], Toru Yamasaki[3], Ken Ikehara[3], Toshiro Nagase[4], Yutaro Takaya[5,9], Kei Ikehata[6], Takashi Goto[7], Chitaro Gouzu[7], Ryuichi Shinjo[8], Hideaki Machiyama[9], Koichi Iijima[9], Hirofumi Yamamoto[9], Hidenori Kumagai[9]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、3. 産業技術総合研究所、4. 東北大学総合学術博物館、5. 早稲田大学創造理工学部、6. 筑波大学生命環境系、7. 蒜山地質年代学研究所、8. 琉球大学理学部、9. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, 2. Graduate School of Science, Kyushu University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Tohoku University Museum, 5. School of Creative Science and Enginerring, Waseda University, 6. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 7. Hiruzen Institute for Geology and Chronology, 8. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 9. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ごんどうサイトは中部沖縄トラフ第三久米海丘の西麓に位置する熱水活動域である（Minami and Ohara, 2017; Ishikawa et al., 2016)。2017年10～11月にSIP統合海洋資源調査システムJM17-04調査航海がJ-MARES（次世代海洋資源調査技術研究組合）によって実施され、ごんどうサイトのSouthern areaに当たる海域で海底設置型掘削装置を用いた掘削調査が行われた．本講演では、５つの掘削サイトから得られた堆積物コアを対象とした観察・解析結果をまとめ、その中から熱水変質作用に注目して報告する。

熱水性マウンドが分布する地域に掘削サイトが設定されたことから、海底直下数ｍに限られる未変質の半遠洋性堆積物を除けば、得られた堆積物はいずれも強い熱水変質作用を被っていた。最も多く見られた粘土鉱物は、イライト（一部ではイライト／スメクタイト混合層鉱物）であり、ほとんどの深度から見出された。イライトが多産することは、沖縄トラフの他の海底熱水域にも共通して見られる特徴である。これに対して、クロライトはいずれの掘削サイトでも5-15 mの幅を持つ特定の深度でのみ見出された。またカオリナイトが、２つのサイトにおいて変質を被ったパミス質火山性堆積層から見出された。クロライトは海水由来の流体が、カオリナイトは酸性流体が、それぞれ関与する熱水変質作用によって生成されたと考えられ、熱水域海底下における多様な（化学的性質が異なる）流体の挙動が伺われる。脈石鉱物である硬石膏、重晶石なども特定の深度にのみ見出される傾向があった。

謝辞
本研究は内閣府総合科学技術・イノベーション会議によるSIP課題「次世代海洋資源調査技術」の一環として実施されました。本研究に用いた堆積物コア試料はJ-MARES（次世代海洋資源調査技術研究組合）から提供いただきました。記して感謝します。

キーワード：海底熱水鉱床、海底科学掘削、熱水変質反応
Keywords: seafloor massive sulfide deposits, seafloor scientific drilling, hydrothermal alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# New type of self-potential anomaly observed near a hydrothermal site of Oomuro-dashi volcano, Izu-Ogasawara arc

*川田 佳史[1,2]、笠谷 貴史[2]
*Yoshifumi Kawada[1,2], Takafumi Kasaya[2]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 海洋研究開発機構
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Using a deep-towed electrode array, we identified a pair of positive and negative self-potential anomalies observed near an active hydrothermal field associated with a quarterly rhyolitic volcano, Oomuro-dashi, Izu-Ogasawara arc. Results with different rowed directions, the magnitude of both anomalies is of the order of millivolt. The negative anomaly is located immediately above the most active area; the positive self-potential anomaly is located a few hundreds of meters away from the most active hydrothermal area, where no apparent hydrothermal activity has been detected. The discovery of the positive self-potential anomaly in marine environments is probably the first time.

The origin of the negative self-potential anomalies may be explained by the geo-battery mechanism (Sato and Mooney, 1960), in which the presence of a conductive ore body crossing the redox gradient results in the upward electron transfer to give a negative self-potential anomaly above the body. Oxidized materials near the seafloor are reduced. In other words, an ore body near the seafloor behaves as a cathode. We have reported negative self-potential anomalies many times above hydrothermal areas of other sites (e.g., Sato et al., 2017; Kawada and Kasaya, 2017, 2018).

The origin of this newly founded positive self-potential anomaly is problematic. One possibility is that an anode of the geo-battery, where reduced materials are oxidized, is exhumed near to the seafloor. If this is true, shallow drilling or piston coring may confirm signals from oxidized chemical reactions around an anode. This is important for the understanding of the geo-battery because its anode is usually located far below the seafloor and cannot be accessed easily. Another possibility is the streaming potential, which is caused by a local charge imbalance due to the flow of electrolytes in the pore space. Although this mechanism is estimated to be minor in marine environments, a positive self-potential anomaly of the order of one millivolt may not be immediately rejected above an area of upward fluid flow. However, the area of this positive self-potential anomaly is away from the active hydrothermal site, where upward fluid discharge is expected.

キーワード：物理探査、海底資源、鉱床、酸化還元反応、熱水循環
Keywords: geophysical exploration, marine resource, ore deposit, redox reaction, hydrothermal circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 熱水流動-地球化学連成解析による海底熱水鉱床の形成シミュレーション
# Numerical simulation of submarine hydrothermal ore-deposits due to a coupled process of fluid migration and reactive geochemical transport

*藤田　クラウディア[1]、山本 肇[1]、石橋 純一郎[2]、辻 健[3]
*Claudia Fujita[1], Hajime Yamamoto[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Takeshi Tsuji[3]

1. 大成建設株式会社、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門
1. Taisei Corporation, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Department of Earth Resources Engineering, Faculty of Science, Kyushu University

Submarine hydrothermal ore-deposits are known to be rich in metal resources and are to be found abundant around the Japanese islands. In recent years, several studies (mostly field surveys) had been carried out and a lot of data on chemical, physical and biological properties of compounds have been gathered especially for hydrothermal fields in the Okinawa Trough. However, the mechanism of formation (hydrothermal fluid flow in combination with geochemical reaction) of these deposits is not yet clearly understood.
Hydrothermal ore-deposits are formed by precipitation of metal elements from hydrothermal fluid due to rapid cooling around the seafloor where the fluid discharges. Contrary to the hydrothermal systems in the mid-ocean ridges, hydrothermal systems in the Okinawa Trough has a fluid discharge region at the seafloor in sediment-rich environment. The sediment is often composed of two components; one is hemipelagic sediment possibly transported from the continental margin and the other is volcaniclastic sediment derived from felsic volcanism in the vicinity. Because these two components have quite different permeability, it is expected complicated fluid migration within the discharge region.
In this study, we investigated the above process using a numerical code TOUGHREACT V3.0 –OMP, which is for coupled non-isothermal multiphase fluid flow and geochemical reactive transport. A 2-dimensional radial model with the radius of 5 km and a depth of 1 km below the seafloor was chosen to represent a sufficient area of the discharge region around the hydrothermal vent. The center of the radial model represented a fluid conduit (10 cm diameter) where the venting hydrothermal fluid of 300 ˚C ascends from basal to the seafloor, with a flow rate of ~1000 t/day. Almost all model parameters are chosen based on available results of geophysical survey of the Iheya hydrothermal fields in the Okinawa Trough[1)]. The geological structures were set as having diverse permeability from $1\times10^{-10}$ $m^2$ to $1\times10^{-16}$ $m^2$, which reflects alternating pumiceous volcaniclastics layer and hemipelagic sediment layer. The initial thermal gradient was set to 4.8 ˚C/100 m. The top boundary (seafloor) was set to constant pressure condition (20 MPa) and a basal heat flux was also imposed at the bottom ($5.6\times10^{6}$ $W/m^2$), assuming a pumice thermal conductivity of 0.96 W-m/˚C.
The geochemical setting included initial concentrations of primary species, as, for instance, $Na^{+}$, $SO_4^{-2}$, $H_4SiO_4$, $Ca^{+2}$, $S^{-2}$, $Zn^{+2}$, $HCO_3^{-}$ or $NH_3$ for seawater and hydrothermal fluid separately. Chemical reaction including precipitation of minerals) caused by mixing of the both fluids and cooling was considered in this setting. In order to simulate accumulation of mineral precipitations to form hydrothermal deposits over a long-time duration (an order of thousands of years), the numerical simulation was conducted for 10000 years.
As a result, the following features were clarified: First, high velocity venting hydrothermal fluid ascends to the seafloor through the fluid conduit at the center of the model, whereas nearby cold water percolates

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

downward from the seafloor and convection occurs. Second, among the alternating layer structure, preferential horizontal flow is obvious for layers with high permeability, which resulted in primary sulfide precipitation with a lateral extend.
These results are likely to be consistent to recent field studies during scientific drilling into the submarine hydrothermal fields in the Okinawa Trough, Japan.
This study was conducted in co-operation with Kyushu University as a part of the “Next-Generation Technology for Ocean Resources Exploration (Zipangu-in-the-Ocean Project)”, a sub-topic of the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) led by the Cabinet Office's Council for Science, Technology and Innovation.

1)Tsuji, T., Takai, K., Oiwane, H., Nakamura, Y., Masaki, Y., Kumagai, H., ... Kuramoto, S. (2012). Hydrothermal fluid flow system around the Iheya North Knoll in the mid-Okinawa trough based on seismic reflection data. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 213-214, 41-50, doi:10.1016/j.jvolgeores.2011.11.007

キーワード：海底熱水鉱床、対流、TOUGHREACT、熱水流動-地球化学連成解析
Keywords: submarine hydrothermal ore deposit, hydrothermal convection, TOUGHREACT, coupled hydrothermalfluid flow with reactive geochemical transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南鳥島レアアース泥の鉱物組成および粒度分布：超高濃度レアアース泥の生成機構への示唆

# Mineral composition and grain size distribution of REY-rich mud in the Minamitorishima EEZ: Implication for formation process of extremely REY-rich mud

*酒井 巧[1]、田中 えりか[1]、安川 和孝[1,2]、大田 隼一郎[2,1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2]
*Sakai Takumi[1], Erika Tanaka[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Junichiro Ohta[2,1], Koichiro Fujinaga[2,1], Kentaro Nakamura[1], Yasuhiro Kato[3,1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

2011年，レアアース (rare-earth elements and yttrium, REY) を濃集した深海堆積物「レアアース泥」が太平洋の広域に分布しており，新規レアアース資源となる可能性が示された [1]．さらに，南鳥島周辺の排他的経済水域 (南鳥島EEZ) 内で，総レアアース濃度 (ΣREY) が5,000 ppmを超える「超高濃度レアアース泥」が発見され [2]，その詳細な空間分布の把握をはじめとする様々な研究が進められてきた [3]．しかしながら，その生成機構はいまだ完全には明らかになっていない．

近年，南鳥島EEZ内で採取された堆積物コア49本の多元素組成データを基に，同海域内の深海堆積物が特徴的な化学組成をもつ9つの堆積層に分類できることが示された [4]．この「化学層序」に基づき，ΣREY濃度が2,000 ppmを超える「ΣREYピーク」は3層存在することが明らかになった [4]. このうち，第1 ΣREYピークに相当する超高濃度レアアース泥については，鉱物組成および粒度分析から，ΣREY濃度が最大となる層準において生物源リン酸カルシウム (biogenic calcium phosphate; BCP) と十字沸石 (phillipsite) の粒度が他の層準よりも粗くなることが明らかになっている [5]．しかし，これがすべてのピーク層で普遍的な特徴であるのかは不明である．また，各化学層序ユニットと鉱物組成・粒度分布の対応は，未だ系統的に検討されていない．

そこで本研究では，各化学層序ユニットの鉱物組成および粒度分布の特徴を明らかにし，超高濃度レアアース泥の生成機構について制約を与えることを目的とした．そのために，南鳥島EEZ内で採取された17本の堆積物コアから，全化学層序ユニットをカバーするように全80試料を選定し，スミアスライド観察による鉱物組成分析およびレーザー回折・散乱式粒度分析計を用いた粒度分析を行った．その結果，各化学層序ユニット間での系統的な鉱物組成・粒度分布の違いが明らかになるとともに，すべてのΣREYピーク層でBCPおよびphillpsiteの粒度が粗くなることが確認された．このことは，強い底層流による粒度分別効果が，複数の超高濃度レアアース泥層の生成に共通して関与したことを示唆している．

Reference

[1] Kato et al. (2011) Nature Geoscience, 4, 535–539.

[2] Iijima et al. (2016) Geochemical Journal, 50, 557–573.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[3] Takaya et al. (2018) Scientific Reports, 8, 5763.

[4] Tanaka et al. Submitted to Ore Geology Reviews.

[5] Ohta et al. (2016) Geochemical Journal, 50, 591–603.

キーワード：レアアース泥、粒度分布、鉱物組成、化学層序、深海堆積物
Keywords: REY-rich mud, grain size distribution, mineral composition, chemostratigraphy, deep-sea sediments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南鳥島EEZのレアアース泥に含まれるマイクロマンガンノジュールの地球化学的及び形態的特徴

# Geochemical and morphological features of manganese micronodules in REY-rich mud within the Minamitorishima EEZ, western North Pacific Ocean

*木野 聡志[1]、安川 和孝[1,2]、浅見 慶志朗[1]、田中 えりか[1]、藤永 公一郎[2,1]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[1,2]
*Satoshi Kino[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Keishiro Azami[1], Erika Tanaka[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Kentaro Nakamura[1], 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センター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology

Manganese micronodules are small grains (< 1 mm) composed of manganese oxides, and constitute one of the important components of pelagic sediments. The micronodules show high contents of various heavy metals, especially of some redox-sensitive transition metals [1]. In addition to chemical compositions, the abundance and texture of micronodules can be affected by sedimentation rates and/or redox conditions of the sediment column [1, 2]. Therefore, the micronodules have been regarded as a useful indicator of the sedimentary environment.

Recently, deep-sea sediment extremely enriched in rare-earth elements and yttrium (REY) was discovered within the Japanese exclusive economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island [3]. Previous studies reported that the extremely REY-rich mud contains significant amounts of biogenic calcium phosphate, which is a main host of REY, and phillipsite grains [3, 4]. In addition to them, manganese micronodules were also recognized in the sediment column, which were especially abundant in the extremely REY-rich layer [3, 4]. However, detailed features of the micronodules in the REY-rich mud within the Minamitorishima EEZ have not been investigated yet. Manganese micronodules in the REY-rich mud are about $\mu$m –mm ferromanganese oxides. Because their abundance and chemical compositions are considered to reflect respectively the sedimentation rate and redox conditions when they were buried [4], the micronodules can provide important constraints on the depositional environment of the REY-rich mud.

In this study, therefore, to characterize the manganese micronodules in the REY-rich mud within the Minamitorishima EEZ, we implemented (1) microscopic observations of the shape, surface texture, and relative abundance of the micronodules, and (2) bulk chemical analysis of them by using ICP-MS. We compared the geochemical features of the micronodules with those of macronodules both on the seafloor of the Minamitorishima EEZ, and also with those of macro- and micronodules in other areas.

The Minamitorishima micronodules are generally characterized by diagenetic features, although showing a compositional shift towards hydrogenetic features in some samples. Based on the integration of the observational and analytical results, we will discuss the possible changes in the sedimentary environment (e.g., sedimentation rates and redox conditions) involving the formation of the extremely REY-rich mud.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

References

[1] Pattan (1993) Marin Geology 113, 331-344

[2] Svalnov et al. (2017) Oceanology 57, 3, 424-438

[3] Iijima et al. (2016) Geochemical Journal 50, 557-573.

[4] Ohta et al. (2016) Geochemical Journal 50, 591-603.

キーワード：マイクロマンガンノジュール、レアアース泥、南鳥島EEZ、全岩化学組成、形態分類
Keywords: manganese micronodules, REY-rich mud, Minamitorishima EEZ, bulk chemical composition, morphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 堆積層基盤PS変換波の走時解析に基づく日本・千島海溝域の堆積層厚さ分布

# Seafloor sediment thickness around the Japan and Kurile trenches obtained by traveltime analysis for PS converted wave recoded by ocean bottom seismograms

*東 龍介[1]、豊国 源知[1]、高木 涼太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、中山 貴史[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1]
*Ryosuke Azuma[1], Genti Toyokuni[1], Ryota Takagi[1], Syuichi Suzuki[1], Makiko Sato[1], Takashi NAKAYAMA[1], Naoki Uchida[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
1. Recearch Center for Prediction of Earthquake and Volcanic Eruption, Graduate School of Science, Tohoku University

2016年より，日本海溝から千島海溝に至る東日本太平洋沖に展開されたリアルタイム海底地震観測網「日本海溝海底地震津波観測網（S-net，防災科学技術研究所）」の運用が開始された．海底下で発生する地震の震源推定には震源直上にある海底地震計で観測した地震波形を解析することが有効であるが，海底地震計の下には表層に低地震波速度の堆積層が厚く存在するため，それによる走時遅れを適切に補正する必要がある．

本研究では，自己浮上式海底地震計の下の堆積層厚さを推定するために用いられてきた堆積層基盤でP波からS波に変換する波（PS変換波）とP波初動との走時差を，日本・千島海溝の陸側・海側斜面域に展開されたS-net観測点において読み取ることにより，この海域における表層堆積層の厚さの空間分布の推定した．

波形読み取りに際し，まず，S-net観測点の加速度波形を用いて重力加速度と遠地地震表面波の振動軌跡からセンサーの設置方位を求め，収録された速度波形記録を上下・東西・南北成分に変換した（高木・他，本大会）．これまでに，根室沖から房総沖にかけての海溝海側と根室沖の海溝陸側斜面のS-net観測点について，太平洋プレート内の地震30個について水平動成分からPS変換波の読み取りを進め，P波初動との走時差の平均値を観測点ごとに推定した．その結果，PS-P走時差は海溝海側の大半の観測点で約1.3~1.5秒であったが，会合部周辺で約1.6~1.7秒であった．根室沖の陸側斜面では下部斜面と上部斜面でそれぞれ1.8秒と2.7秒程度の走時差が得られた．PS-P走時差のばらつきが陸側上部斜面上部を除き±0.15秒程度であることを踏まえれば，PS-P走時差の空間変化は近接する観測点間ではほぼみられず，会合部とそれ以外の区間とでは有意に異なるといえる．

日本海溝アウターライズ域でのPS-P走時差については，屈折法探査(Fujie et al., 2016) や海底地震観測 (Hino et al., 2009) による先行研究によりそれぞれ1.0–1.5秒，0.9–1.2秒と推定されている．これらの値と本研究の結果がほぼ同値であることから，S-net記録から読み取ったPS変換波はそれら先行研究で読み取られたものと合致する．沈み込む太平洋プレート上の表層堆積層内の地震波速度には様々な報告例があり，日本・千島海溝の地震探査先行研究(Kodaira et al., 2014; Fujie et al., 2016) では層内のVpを1.6–2.5 km/s（上部–下部），Vp/Vsを8.0と推定した．これらの値を用い，層内の鉛直方向の平均Vpを2 km/sと仮定すれば，海溝海側斜面の観測点下の堆積層の厚さは350 ~ 400 m程度と見積もられ，反射法探査(Kodaira et al., 2014; Fujie et al., 2016) の結果とも調和的である．今後，根室沖以外の陸側斜面域のS-net観測点と自己浮上式海底地震計についてもPS-P走時差を求め，東日本前弧域の堆積層厚さの分布を推定する．

謝辞：本研究では防災科学技術研究所のS-netの波形データを使用させていただきました．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：PS変換波走時解析、堆積層厚さ、海底地震計（S-net、自己浮上式海底地震計）
Keywords: PS converted-wave traveltime analysis, Sedimentary-layer thickness, Ocean bottom seismograph (S-net and pop-up type OBS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# プレート沈み込み帯における水深測量データのみを用いた臨界尖形理論の検討

# Examination of critical taper theory based on bathymetry data in subduction zones

*高下 裕章[1]、芦 寿一郎[1]、朴 進午[1]
*Hiroaki Koge[1], Juichiro Ashi[1], Jin-Oh Park[1]

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

沈み込み帯や造山帯のように側方からの圧縮により衝上断層が卓越し、短縮変形を受けた地質体を総称してFold-and-thrust beltと呼ぶ。Critical taper modelはfold-and-thrust beltの地形パラメータから断層の摩擦係数を知るために広く用いられてきた。沈み込み帯に対してこのCritical taper modelを適用した場合、単純な地形パラメータを用いてプレート境界断層における摩擦係数の推定が可能である。そのため、Critical taper modelは地震に関連する議論においても広く用いられてきた。

ただし、Critical taper modelでは、計算に用いる地形データを取得する際、以下のような２つの問題点が指摘できる。1）反射法地震探査断面のデータが必要であるため、観測記録のある断面以外に Critical taper modelの適用ができない。2）反射法地震探査データを用いた深度断面処理において、プレート境界断層の深度が速度モデルに大きく依存し、プレート境界断層の傾斜角$\beta$の値に影響を与える。そのため正確な比較という点に関して信頼性が低い。

そこで本研究は上述の問題点を改善するため、Critical taper modelに用いるパラメータを反射法地震探査断面ではなく、水深測量データからのみ得る新たな手法の開発を行った。反射法地震探査断面から得られるプレート境界断層の傾斜角$\beta$の代わりに、プレートが沈み込む前の海溝海側斜面の傾斜角$\beta$(bathymetry)を使用し、その計算結果から手法の妥当性の検証を行った。本研究では、南海トラフを対象領域として手法の妥当性の検証を行った。南海トラフでは海溝型巨大地震の基礎研究の重要性から反射法地震探査断面が多く取得されており、従来の Critical taper modelと本研究で新たに行う手法との比較が行い易いこと、地震波やGPSなど、様々な研究手法による観測が進んでいることから、その比較対象とするべき先行研究が豊富である。そのため、Critical taper modelでのデータ取得と、結果の解釈がほかの沈み込み帯より容易であることが期待される。

本手法の妥当性の検証結果から、海底下の沈み込み帯にCritical taper modelを適用する場合、理論的に見過ごされてきた特徴があることが明らかになった。その性質とは、高い間隙水圧比がウェッジ全体で仮定される場合、有効摩擦係数の算出に際し$\beta$が結果に与える影響が非常に小さくなることである。そのため、水深測量データにおける海溝陸側斜面の傾斜$\alpha$のみを用いて浅部プレート境界断層の摩擦分布を議論することが十分可能であることが示唆された。ただしその際、有効摩擦係数の算出誤差が20パーセント程度生じる点は注意が必要である。水深測量データは空間的に密に取得されたデータであるため、これにより海溝軸に沿った高密度な浅部プレート境界断層の摩擦分布を初めて算出することが可能となった。

予察的な解釈として、本手法は地震活動によるセグメントが十分に検討されていない領域において、地震・津波防災に関して資する新たな手法だと考えられる。

キーワード：沈み込み帯、臨界尖形理論、日本海溝、南海トラフ
Keywords: subduction zone, critical taper model, Japan Trench, Nankai Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 高分解能浅部構造探査と精密照準採泥による相模湾断層の活構造
# Active structures of the Sagami Bay Fault by high-resolution sub-bottom profiling and pin-point core sampling

*芦 寿一郎[1]、山口 飛鳥[2]、奥津 なつみ[1]、三澤 文慶[3]
*Juichiro Ashi[1], Asuka Yamaguchi[2], Natsumi Okutsu[1], Ayanori Misawa[3]

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、3. 産業技術総合研究所
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

北西－南東方向に連続する相模トラフの東側斜面は，沖ノ山堆列と呼ばれる海丘群が連続する．その麓は，北西－南東方向の相模構造線が推定され，プレート沈み込み帯の構造境界と解釈されてきた（木村，1973，科学）．大河内（1990，地学雑誌）は，海丘群の麓に海底付近に達する断層（相模湾断層）と活動的な背斜構造を地震探査断面をもとに報告している．また，海陸統合地殻構造調査では，国府津-松田断層の南東延長部に東傾斜の反射面が確認され，プレート境界から分岐した断層とみられる（佐藤ほか，2010，地質学会要旨）．しかし，最近の変動を示す海底表層付近の変形は明らかになっていない．本研究は，高分解能の浅部構造探査と断層試料の採取により最近の断層の活動を明らかにすることを目的とした．

調査海域は三崎海丘の南西側斜面で，白鳳丸KH-10-3，KH-11-9, KH-16-5次の各航海で無人探査機NSSを用いた深海曳航式サブボトムプロファイラー探査と精密照準採泥を行なった．NSSは推進器とビデオカメラ，切り離しフックを備えピンポイントでのピストンコア採泥が可能である．深海曳航式サブボトムプロファイラー探査は，海底面付近で周波数1.5～6kHzのチャープ式発振・受信することで高分解能の記録が取得できる．

三浦海丘の南西斜面の複数のサブボトムプロファイラー探査測線では，斜面麓で断層とみられる反射面を確認した．反射面は北東側へ約30度傾斜し，上盤側はいずれの地点も無構造であるが，下盤側はほぼ水平な成層構造が認められる地点と崖錐堆積物とみられるカオティックな構造の認められる地点があった．サブボトムプロファイラー断面で傾斜した反射面を確認しながら，6m管のピストンコアラー採泥を行なった．深度1.2 mまでは暗緑色のシルト質粘土とシロウリガイの貝殻片を含んだ含礫泥層の互層が見られる．深度1.2 mから2.6 mまではシルト質の薄層が15 cm前後の間隔で暗緑色の粘土中に出現する．断層とみられる厚さ約5 mm のゾーンは，深度2.25 mに認められ，シルト質粘土と砂～細礫サイズの岩片から構成される．また，このゾーンは古地磁気による方位補正の結果，北～東の方向へ30度の傾斜を示し，サブブトムプロファイラー断面に見られた傾斜した反射面に相当すると解釈される．発表では三浦海丘周辺の浅部地下構造についても報告する．

キーワード：活断層、崖錐堆積物、活褶曲
Keywords: active fault, talus deposit, active fold

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南海トラフ海域の断層分布と構造的特徴
# Fault Distribution and Structural Characteristic in the Nankai Trough Area, Japan

*新井 麗[1]、高橋 成実[1]、勝山 美奈子[1]、田中 恵介[1]、鎌田 弘己[1]、佐藤 智之[2]、井上 卓彦[2]、金田 義行[3]
*Rei Arai[1], Narumi Takahashi[1], Minako Katsuyama[1], Shigeyoshi Tanaka[1], Hiromi Kamata[1], Tomoyuki Sato[2], Takahiko Inoue[2], Yoshiyuki Kaneda[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Kagawa University

As part of “The Comprehensive Evaluation of Offshore Fault Information Project” by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, JAMSTEC has conducted collecting marine seismic reflection/refraction data, bathymetric data, well data acquired within the Japan EEZ and surrounding areas, and assembling a database to serve data for future scientific research.

Data includes 1) seismic reflection/refraction data acquired by JAMSTEC, AIST(Japan Geological Survey), and Japan Coastal Guard for purposes of geological investigation and research, and 2) seismic reflection data acquired for purposes of oil and gas exploration by Ministry of Economy, Trade and Industry and Japanese oil companies.

Since 2D multichannel seismic reflection were acquired and processed according to survey standards of the early era to the recent, the original data were re-processed by applying the state-of-the-art data processing methods to obtain unified high-quality seismic profile which capable of interpreting subsurface structures and fault morphology. Within the Nankai Trough and the Izu-Ogasawara area more than 180,000 km of 2D single/multichannel data and 4,800 $km^2$ of 3D multichannel data was collected to set for geological interpretation.

To identify a fault which caused earthquakes in geological history, a seismic profile must show not only geomorphological feature but also subsurface displacement or flexure in sedimentary layers and bed rocks. In order to determine the fault surface and morphology, the same structure must exist on other successive profiles, and bathymetric data also helps to trace lineament caused by fault activities.
The Nankai Trough is a part of plate boundaries where the Philippine Sea Plate subducts beneath the overlying the Eurasian Plate, and seismic reflection/refraction studied have been conducted to reveal the structure of the plate boundary and to understand the mechanics of seismic hazards. This project allows to use widely acquired data from scientific purposes to economic purposes in the Nankai Trough area, and as a result, the preliminary fault distribution on the area has been mapped. Offshore of Hamamatsu, Shizuoka Pref., seismic reflection profile shows compressive structures of the two known fault zones, the Enshu fault system and the Kodaiba fault system, which extends to offshore of Shima, Mie pref. Seismic reflection profiles which cross the trough shows that the beneath the forearc basin deposits and the old accretional prism a seismic reflector that dips landward iles just above the oceanic crust. This reflector is known as the spray fault (e.g. Park et al., 2002) and can be traced in other profile, with length of more than 50km.Off the Shikoku island to Hyuganada, seismic reflection data show very complex structures such as subsiding of a seamounts and ridges or mud domes which form along faults.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：南海トラフ、海域断層、反射法地震探査
Keywords: Nankai Trough, offshore fault, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海底地震計で捉えた中部琉球海溝での地震活動
# Seismicity in the central Ryukyu Trench by the Ocean Bottom Seismometers

*屋嘉部 蓮[1]、中村 衛[1]、山下 裕亮[2]、篠原 雅尚[3]、山田 知朗[3]、塩原 肇[3]、望月 公廣[3]
*Ren Yakabu[1], Mamoru Nakamura[1], Yusuke Yamashita[2], Masanao Shinohara[3], Tomoaki Yamada[3], Hajime Shiobara[3], Kimihiro Mochizuki[3]

1. 琉球大学理学部物質地球科学科、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学地震研究所
1. University of the Ryukyus, 2. DPRI, Kyoto University, 3. ERI, Tokyo University

中部琉球海溝で発生する低周波微動活動をとらえるために設置された海底地震計記録を用いて、奄美大島から沖縄本島にかけての地域の海溝軸付近での地震活動を探った。解析には気象庁の陸上地震観測網での波形記録と、東京大学地震研究所と京都大学防災研究所が設置した海底地震計で得られた地震波形データの双方を使用した。観測期間は2015年1月から2016年9月である。解析では気象庁カタログでM3.0以上のイベントを選択し、海底地震計記録と気象庁観測網の連続波形データから波形検測システムWINを用いて検測した。

次に、震源決定を行う前に、速度構造の修正を行った。1次元速度構造は、島弧域（気象庁観測点）と海域（海底地震計）で異なる速度構造モデルを採用した。島弧域モデルはJMA2001を初期モデルとして、気象庁と海底地震観測点でのP波・S波走時を使用し、連携震源決定法（Kissling et al., 1994）で速度構造を修正した。海域モデルは沖縄本島付近で行われた屈折法探査(Kodaira et al., 1996; Nishizawa et al., 2017)によるP波速度断面図を基に作成した。次に海底地震観測点ごとにP-PS時間差を読み取り、堆積層補正をおこなった。これらの値を用いて、hypomhを改良して震源決定を行った。

さらに、2016年5月から6月に海溝軸付近で発生した群発地震の発生前の活動を調べるため、群発地震が起こる約2ヶ月前の4月1日から発生直前までに近傍に設定されていた海底地震観測点で捉えられた地震のP-S時間差を読み取った。
気象庁震源と比較して、再決定された震源はプレート境界面に近づくように深さが浅くなり、平均で20～30km浅く震源が求められた。海溝軸付近では震源がより浅くなり、最大で約60km浅くなった。震央の位置は、大部分の地域で気象庁カタログと再決定結果とで大きな変化は見られなかった。しかし沖縄本島の南側では再決定震央は気象庁カタログよりも海溝側に移動していた。P-S時間差のグラフからは、群発地震が開始する約12時間前からP-S時間が短い地震が多く検出された。これは群発地震の前震活動と考えられるが、気象庁観測網では捉えられていなかった。

キーワード：海底地震計、琉球海溝、群発地震
Keywords: Ocean Bottom Seismometer, Ryukyu Trench, Earthquake Swarm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Po/So波から推定した九州下に沈み込んだフィリピン海プレートの地震学的構造
# Seismic structure of subducted Philippine Sea plate beneath Kyushu inferred from Po/So waves

*志藤 あずさ[1]
*Azusa Shito[1]

1. 九州大学 大学院理学研究院附属 地震火山観測研究センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University

Po/So waves are oceanic Pn/Sn phases that are characterized by their high-frequency (f>2.5 Hz) content, long-duration, and great travel distances (up to 3000km) through the oceanic lithosphere [e.g., Linehan, 1940; Walker, 1977, 1982]. In our previous study [Shito et al., 2013], we demonstrated that Po/So waves develop from the multiple forward scatterings of P and S waves in oceanic lithosphere due to the laminated small-scale heterogeneities. Shito et al. [2015] analyzed Po/So waves in the Philippine Sea Plate, which consists of three regions with different lithospheric ages. They found that Po/So waves propagate more effectively in older regions and demonstrated that the increase in propagation efficiency of Po/So waves depending on the age of the oceanic lithosphere can be qualitatively explained by thickening of the oceanic lithosphere including small-scale heterogeneities and a reduction in the intrinsic attenuation. This study showed that Po/So waves are powerful tool to explore structural variations of the oceanic lithosphere.

Recently, such structural variations (e.g., thickness) of the incoming oceanic lithosphere are supposed to affect seismic and volcanic activity of the subduction zone [Yamamoto et al., 2013; Shibata et al., 2014]. However, it is poorly known that such structural variations of the oceanic lithosphere remain or dissipate after the subduction. In this study, we investigate the structural variations of the subducted Philippine Sea plate by using Po/So waves. We analyze Po/So waves from the earthquakes (mb>3.0, depth>50 km) that occurred in the subducted Philippine Sea slab beneath Kyushu. We compare Po/So waves propagating through different portion of the subducted Philippine Sea Plate and discuss the relation between observed features (velocity and energy) of the Po/So waves and the structural variations of the Philippine Sea plate. We verify that Po/So waves trace deeper extension of Kyushu-Palau Ridge (KPR) that is subducting beneath the Hyuga-nada region.

Acknowledgments
The data analyzed in this study were obtained from Hi-net (NIED) stations in Kyushu. The source parameters of the earthquakes were provided by JMA. This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP18K03807.

キーワード：Po/So波、フィリピン海プレート、九州パラオ海嶺
Keywords: Po/So waves, Philippine Sea Plate, Kyushu-Palau Ridge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# スマトラ北西沖外縁隆起帯で視認される斜面崩壊地形とその分布
# Slope failure features and their distribution in the forearc off northwestern Sumatra

*平田 賢治[1]、富士原 敏也[2]、三澤 文慶[3]、荒井 晃作[3]
*Kenji Hirata[1], Toshiya Fujiwara[2], Ayanori Misawa[3], Kohsaku Arai[3]

1. 防災科学技術研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 産業技術総合研究所
1. National Research Institue for Earth Science and Diaster resilience, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

2004年12月末に発生したスマトラ地震(Mw9.2)の1ヶ月半後のNT05-02調査航海（NT05-02 scientific party, scientific party, http://www.jamstec.go.jp/jamstec-e/sumatra/natsushima/bm/contents.html）、そして、およそ5年後にKY09-09調査航海（Hirata et al., 2012, JAMSTEC report)を用いて、マルチナロービーム測深調査を実施した。２つの調査航海で用いられたマルチナロービーム測深機の有効スワス幅はそれぞれ130度（NT05-02調査航海）および80度（KY09-09調査航海）と狭く、ビーム間隔は両者とも約1度を保持している。マルチナロービーム測深機のこれらの仕様は、水深2000 m相当の海底に対して水平方向に約35m間隔の分解能で海底地形を十分復元でき得ることを示唆している。Hirata et al.は、これら２つの調査によって取得されたマルチナロービーム測深データを統合し、スマトラ島北西沖の前弧域（水深約1000m～2900m）の、詳細な海底地形データ（3°50’N, 93°10’Eおよび5°00’N、94°10’E内の多角形領域の約37m間隔のグリッドデータ）を作成した。本発表では、Hirata et al.が作成した海底地形データを用いて、スマトラ北西沖前弧域に存在する斜面崩壊地形を同定し、その分布状況などについて地質学的観点から議論する。

まず、海底地形の特徴を同定しやすくするために、斜面角度図（= arctan(dz/ds)、ここでzは水深、sは斜面の最急降下方向を水平面に投影した単位距離ベクトル）、斜面角度変化図（= arctan($d^2z/ds^2$)）、斜面方向図（= arctan(dx/dy)、ここでxおよびyは斜面の最急降下方向を水平面に投影した単位距離ベクトルの東向き成分および北向き成分）を作成し、これらを陰影付の海底地形図とともに視察し、斜面崩壊地形を同定した。例として、スマトラ北西沖前弧域の一部の領域（4°03’N, 93°17’Eおよび4°14’N、93°53’E）について、海底地形図（図中(a))、斜面角度図(b)、斜面角度変化図(c)、斜面傾斜方向図(d)および、これらの図から同定・解釈された斜面崩壊地形などの分布図(ｅ）を示す。

NT05-02調査航海の測深機の測深能力が水深3000m未満であったので、図中の西端に存在するはずのスマトラ北西沖のスマトラ海溝（水深約4500m）周辺の海底地形は復元できていないが、スマトラ前弧域の外縁隆起帯の西端を境する、比高約1kmに達する滑落崖地形上部を視認することができる。海底地形図などの解析によって、この滑落崖崖地形は海溝走向方向に連続する複数の斜面崩壊地形によって形成されていることが視認できる。これらの斜面崩壊地形の冠頂部は鋭角であり、ほとんど開析が進んでいないと考えられる。すなわち、これらの滑落崖地形はかなり新しい時期に形成されたと推測される。外縁隆起帯を陸側（東側）に目視していくと、冠頂部が丸みがかった斜面崩壊地形が出現するようになる。海溝側から陸側に行くにつれ、斜面崩壊地形の冠頂部の開析が進んでいる理由は、外縁隆起帯の形成過程から説明される；スマトラ海溝において海洋プレートの上部からはぎ取られた厚い堆積層が、外縁隆起帯の上部へ連続して付加する（乗り上げる）ことによって、外縁隆起帯が形成されていることが確認されている（Mosher et al.,2008, Mar.Geol., Misawa et al., 2014, EPSL）。すなわち、外縁隆起帯は、海溝側（西側）よりも陸側（東側）がより古い時代に付加している。

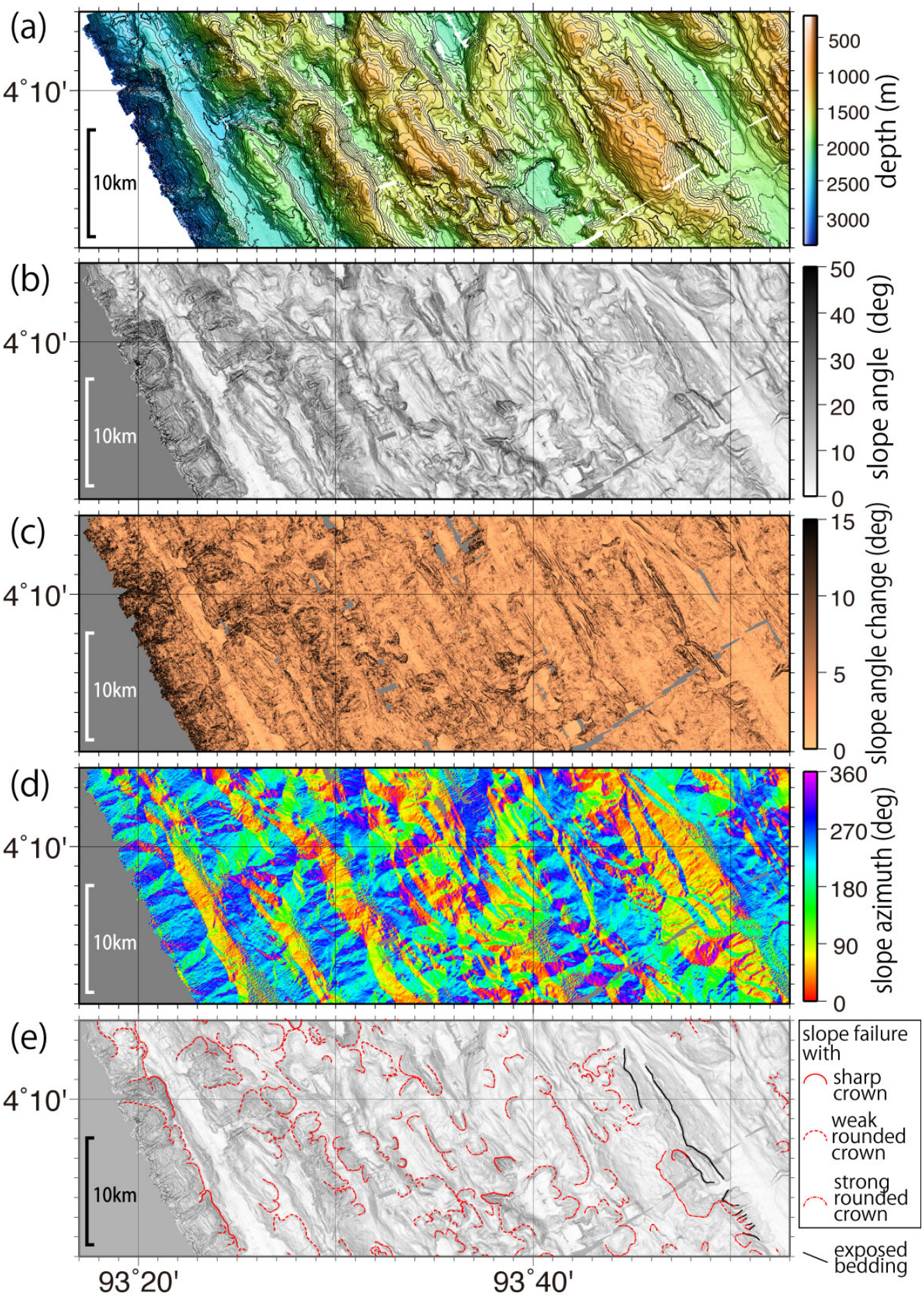
一方、この一般的ルールから逸脱し、陸側に存在し、開析が進み、いくぶん丸みがかった冠頂部を有する複

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

数の斜面崩壊が多く存在する領域で、冠頂部がまだ鋭角で開析が進んでいない、比較的新鮮な斜面崩壊地形もいくつか同定することができる（例えば、4°06’N, 93°39’E付近の幅1km程度の２つの斜面崩壊地形）。陸側に点在する、これらの比較的新鮮な斜面崩壊地形は、スマトラ北西前弧域に存在すると考えられる主な分岐断層の最近の活動と関係している可能性がある（Hirata et al., 2010, AGU）。

キーワード：スマトラ、前弧、外縁隆起帯、斜面崩壊、海底地すべり
Keywords: Sumatra, forearc, outer arc high, slope failure, submarine landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# Origin and migration of fluid in the Sumatra subduction input: application of a geochronological method using a long-lived radioisotope of dissolved iodine

*尾張 聡子[1]、戸丸 仁[1]
*Satoko Owari[1], Hitoshi Tomaru[1]

1. 千葉大学大学院理学研究科
1. Chiba university

Iodine has a strong biophilic character and is highly enriched in organic matter in the marine environment. Organic matter is decomposed by thermogenic and microbial processes during the sedimentation and releases iodine into the interstitial water. Iodine has one stable isotope ($^{127}I$) and one long-lived radio isotope ($^{129}I$) with the half-life of 15.7 Myr. Therefore, the $^{129}I/^{127}I$ ratio of marine interstitial water has been used for identifying the origin of fluid. We applied iodine geochronology to the interstitial waters extracted from the deep drilling cores recovered by IODP Exp. 362, where Sumatra subduction input sediments develop more than 1400 m without major fractures. The concentration and isotopic ratio ($^{129}I/^{127}I$) of iodine dissolved in the interstitial water were analyzed in order to characterize the source and potential age of iodine prior to the subduction and examine the basic geological factors controlling the fluid migration in the input sediment body.

Concentrations of iodine and methane increase and TOC decreases toward 200 meters below seafloor (mbsf) and 1250 mbsf, which indicate degradation of organic matter around that depth and subsequent release of iodine and methane into the interstitial water. Iodine gradient is controlled by the degradation of iodine-rich organic matter microbially in shallow sediment (at 200 mbsf) and geothermally in deep sediment (at 1250 mbsf), respectively. The $^{129}I/^{127}I$ ratios between 0 and 400 mbsf vary between 300 $\times 10^{-15}$ and 800 $\times 10^{-15}$, and the lowest ratio of $300 \times 10^{-15}$ is found at 175 mbsf. There are some thick sand layers > 60 meters between 0 and 400 mbsf. These porous layers transport allochthonous dissolved iodine and interstitial water, which are relatively old. However $^{129}I/^{127}I$ of $1300 \times 10^{-15}$ at 67 mbsf corresponding to the sediment age of 3 Ma at 200 mbsf which is the zone of degradation of organic matter. $^{129}I/^{127}I$ between 400 to 1480 mbsf decrease from 700 $\times 10^{-15}$ to $400 \times 10^{-15}$, resulting from mixing with deep (old) iodine and shallow (young) iodine. In the input sediment, iodine gradient is strongly controlled by degradation of organic matter and the migration is controlled by vertical diffusion which indicates poor fluid migration or slow migration rate. However, the horizontal advection/migration of interstitial water is significant within the thick-porous sandy layers.

キーワード：129I、放射性ヨウ素同位体年代法、間隙水、スマトラ沈み込み帯インプット堆積物、国際深海掘削計画 第362次航海
Keywords: 129I, Iodine geochronology, Interstitial water, Sumatra subduction input, IODP Exp.362

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 深海マッピングの新時代への挑戦: 無人海底地形調査の国際大会 “Shell Ocean Discovery XPRIZE”

# Challenge to Future Deep-Water Mapping: Unmanned Bathymetric Survey Competition "Shell Ocean Discovery XPRIZE"

*住吉 昌直[1]
*MASANAO SUMIYOSHI[1]

1. 海上保安庁海洋情報部
1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

様々な分野で無人技術が発展してきている現代において、海底地形調査の世界においても、無人調査技術が活用されている。特に、深海域において高分解能の海底地形データを取得するために、自立型潜水機器（Autonomous Underwater Vehicle: AUV）が活躍している。今後、AUVの投入回収を含めた深海域マッピングの更なる無人化・自動化を進めるためには、技術革新が必要となっている。このような技術革新を促すために、深海域における無人海底地形調査の国際大会”Shell Ocean Discovery XPRIZE”が、3年間に渡って開催されている。

米国ニューハンプシャー大学では、新時代を切り開く海洋調査技術を積極的に開発しており、その一つの取り組みとして、無人技術を用いた深海域マッピングの国際大会”Shell Ocean Discovery XPRIZE”に、GEBCO-NF Alumni チームが参加している。本チームでは、水路測量技術を学ぶために2017年まで同大学へ留学していた著者が、本チームの一員として、技術の研究開発を強く押し進めてきた。本チームは、2017年11月に開催されたRound 1（準決勝: 水深2000 m級）を通過し、昨年11月にファイナリストとして、水深4000 m級のRound 2（決勝戦）に挑んだ。本稿では、決勝戦であるRound 2を含む、GEBCO-NF Alumni チームのこれまでの取り組みと成果について報告する。

キーワード：Shell Ocean Discovery XPRIZE、GEBCO-NF Alumniチーム、無人調査技術 (USV, AUV)、海底地形調査、マルチビーム測深機、合成開口ソナー
Keywords: Shell Ocean Discovery XPRIZE, GEBCO-NF Alumni Team, Unmanned/Autonomous Technologies (USV, AUV), Bathymetric Survey, Multibeam Echosounder (MBES), Synthetic Aperture Sonar (SAS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Prototype of deep-sea ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using “A-0-A” approach for detection of long-term crustal deformation

*太田 雄策[1]、日野 亮太[1]、鈴木 秀市[1]、佐藤 真樹子[1]、西間木 佑衣[1]、梶川 宏明[2]、小畠 時彦[2]
*Yusaku Ohta[1], Ryota Hino[1], Syuichi Suzuki[1], Makiko Sato[1], Yui Nishimagi[1], Hiroaki Kajikawa[2], Tokihiko Kobata[2]

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. 産業技術総合研究所計量標準総合センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Ocean bottom pressure gauge (OBP) can continuously observe the vertical crustal deformation in the seafloor. However, a nature of long-term drift of pressure sensors causes a serious problem in detection of the long-term crustal deformation. A possible approach to remove the sensor drift on the sea-floor is to use a dead-weight tester as the pressure standard to make in-situ calibration on the seafloor by periodically switching between the ambient pressure and the reference pressure (Sasagawa et al. 2016). Recently, an alternative approach, an “A-0-A” method, using the internal pressure of the instrument housing as the reference pressure was proposed (e.g. Wilcock et al., 2018). We investigated the long-term drift behavior and ability of “A-0-A” method by a laboratory experiment using dead-weight tester as a pressure standard (e.g. Nishimagi et al. AGU fall meeting, 2018). We regard the reading at high applied pressure as ambient pressure point (“A”) and that at atmospheric pressure as zero-point (“0”). Although the residual time series between the “A” and “0”, however, showed small discrepancy, we found drift characteristics of “A” and “0” are basically similar to each other.

Based on these laboratory experiment results, we have started to develop a proto-type of ocean bottom pressure recorder with self-calibration capability using “A-0-A” approach for deep-water (up to 7,000 m) deployment. We install all the equipments including a pressure sensor in a 17-in glass sphere. To measure both of the internal and external (water) pressure by a single sensor, we adopt 3-way a ball valve controlled by an electric actuator in front of the sensor, as in the previous self-calibrating system using a dead-weight tester. The actuator is operated by the microcomputer to switch by arbitrary interval. We also install alternative barometer to compare the internal pressure value recorded by the pressure sensor. The development is still under way, and we will show more detail characteristic of the prototype system and its potential abilites.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 広帯域海底地震計観測の高度化へ向けて：ノイズ低減と表面波アレイ分散計測

# Noise reduction and surface wave array dispersion measurements applied to NOMan's broadband OBS data

*川野 由貴[1]、一瀬 建日[1]、川勝 均[1]、竹尾 明子[1]、塩原 肇[1]
*Yuki Kawano[1], Takehi Isse[1], Hitoshi Kawakatsu[1], Akiko Takeo[1], Hajime Shiobara[1]

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

To achieve better performance of broadband ocean bottom seismometer (BBOBS) survey, we applied noise reduction analysis and dispersion measurements to the vertical component seismograms of the Normal Oceanic Mantle (NOMan) project arrays, which are previously analyzed by Takeo et al. (2018). Our noise reduction targets on the tilt noise that is significant for low-frequency (<0.1 Hz) BBOBS vertical records. Tilt noise is generated by the seafloor current which flows pass the BBOBS. It originally only dominates horizontal records, but the misalignment between the seismic sensor's vertical axis and gravitational direction allows projection of noisy horizontal tilt noise onto vertical records. Hence, vertical tilt noise can be estimated from the transfer function between horizontal and vertical records (Crawford and Webb, 2000). We developed a noise reduction method which is suitable for Japanese BBOBS based on the approach of Crawford and Webb (2000) and Bell et al. (2015). By performing noise reduction analysis, we achieved about 20 dB noise reduction at the frequency lower than 50 mHz and extracted lots of buried seismic signals. To verify the effect of noise reduction analysis, we compared array dispersion measurement results which derived from tilt noise removed and non-removed data. Using the method of Takeo et al. (2018), we measured average phase velocity and azimuthal anisotropy of fundamental mode Rayleigh waves to estimate isotropic and azimuthally anisotropic Vsv ($\beta$v) profiles. The results show that tilt noise removed data can provide us with more precise low-frequency measurements and the better-constrained structure at a depth of 80 km or deeper. Our results indicate that noise reduction preprocessing is important for improving Japanese BBOBS analysis.

キーワード：広帯域海底地震計、傾斜ノイズ、低周波、表面波アレイ解析
Keywords: broadband ocean bottom seismometer, tilt noise, low frequency, surface wave array measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 海底基盤岩研究に於けるハイテク・ドレッジの有用性と課題。 --海底岩石のリアルタイムモニタリングドレッジを目指して--
# High-tech dredge system for abyssal bedrock research; dredge system with acoustic real time monitoring on deep sea floor.

*石井 輝秋[1]、樹田 行弘[2]、坂本 泉[3]、町田 嗣樹[4]
*Teruaki Ishii[1], Yukihiro - Kida[2], Izumi - Sakamoto[3], Shiki -- Machida[4]

1. 静岡大学防災総合センター　ishiiteruaki@hotmail.com、2. 海洋研究開発機構、3. 東海大学、4. 千葉工業大学
1. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Sizuoka University, 2. JAMSTEC, 3. Toukai University, 4. Chiba Institute of Technology

海底地質研究には，海底地殻の構成物質を手にとり，物質科学的解析を行うことは欠かせない研究手段である．典型的な海洋地殻は，成層構造をしている，つまり，表層から順に軟堆積物，堆積岩，基盤岩である火山岩・深成岩を経て，モホ（モホロビッチ不連続面）を境としてマントルカンラン岩に至る．研究目的目標により，海底試料採取方法はさまざまに工夫された装置が開発されてきている．例えば，表層附近の堆積物採取を目的とした装置には，ピストンコア等の各種柱状採泥器がある．海洋域の地球深部物質の採取方としては，地球深部探査船「ちきゅう」により，マントルまで連続コアリングするのが理想であろうが，簡便性に欠けるうえ，成就するまでには，今から5-10年程度の歳月を要するであろう.それまで，手をこまねいて待っている訳にはいかない.

海洋底基盤岩の物質科学的研究に於いては，その成否が良質な海底地質試料採取の可否にかかっていると言っても過言ではない．海底基盤岩の採取には比較的簡便で安価な，しかもローテク（ローテクノロジー＝low technology）の典型ともいえるドレッジ（dredge）が広く使用されてきた．筆者は内外の研究調査船において，40年間にわたりドレッジ観測の実体験をしてきた．国内では数次にわたる淡青丸，白鳳丸，「よこすか」，「かいれい」航海，海外においては米国のアトランティスII，メルビル（2回），モアナウエーブ，トーマス・トンプソン航海等である．これらの体験を通じて得た知識を基に，上記航海毎にドレッジシステムの改良に連なる事例を積み重ねて，ORI-TI型ドレッジ装置（Ocean Research Institute-Teruaki Ishii Type Dredge System）を提案するに至った．ここでは，ドレッジシステム改良の経緯，米国船での体験を中心に話題提供を行う.

米国ではドレッジは昔ながらの流儀，つまりローテクを保っていてあまり技術的な進歩が見られない様に見うけられる，つまり米国では有人潜水艇や，無人の有索ロボットを使用しての研究に力が注がれているためか，ドレッジ観測法に関しては停滞している様に見受けられる．更にドレッジ手法そのものも研究者側，船側双方で伝承が上手く行われていない様にも見受けられる.

一方，日本では年毎に技術的進化・変革が見られる．特に最近では中堅から若手研究者を中心に，ドレッジシステムへのトランスポンダー技術の応用（町田他，2011）や，ドレッジ本体への深海カメラの組み込み（坂本他，2017）等，斬新なハイテク（ハイテクノロジー＝high technology）化への急速な動きが見られる．更に、2018年から「しんかい6500」のTVカメラで撮影された映像は、新たに開発された、新水中画像伝送装置（Kida et al, 2018）により、２秒毎の更新画像送信が可能となった（櫻井利明,2018参照）。近い将来比較的廉価な新水中画像伝送装置が開発されれば、ドレッジ用深海ビデオカメラ画像送信にも、応用可能となるであろう。ケーブル無しで海底を観察しながら岩石を採取できるドレッジも可能になりつつある様に思われる。海底地震計、ピストンコア、採水器、係留装置等々応用範囲は限りがないように思われる.

引用文献

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Kida, Yukihiro, Mitsuyasu Deguchi, and Takuya Shimura.(2018): Experimental result for a high-rate underwater acoustic communication in deep sea for a manned submersible SHINKAI 6500, J. Marine Acoust. Soc. Jpn., 45 (4),197-207.

石井輝秋（2017）：ドレッジシステムのローテクからハイテクへの変革---海底物質科学研究の飛躍を目指して---，深田地質研究所年報，18，29-48.

坂本 泉・飯島さつき・門馬大和・谷 健一郎 （2017）：カメラ付きドレッジ「さつき」シス テム①その開発と機能紹介，ブルーアース 2017，講演要旨BE17-12.

町田嗣樹・松浦由孝・阿部なつ江・石井輝秋 （2011）：トランスポンダーを用いたドレッジのリアルタイムモニタリングにもとづく海洋底岩石採取, JAMSTEC Rep. Res. Dev, 13, 89-105.

キーワード：海底基盤岩、ハイテク・ドレッジ、RI-TI型ドレッジ、ドレッジ　トランスポンダー、ドレッジ深海ビデオ、水中音響画像伝送装置
Keywords: abyssal bedrocks, high-tech dredge system, ORI-TI type dredge, dredge transponder, deep sea dredge VTR, underwater acoustic transmission system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本周辺海域の断層データベース・システムの構築
# Construction of Database System on Offshore Faults around Japan

*鎌田 弘己[1]、高橋 成実[1,2]、田中 恵介[1]、新井 麗[1]、勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、藤原 広行[2]、大角 恒雄[2]、井上 卓彦[3]、佐藤 智之[3]、金田 義行[4]
*Hiromi Kamata[1], Narumi Takahashi[1,2], Shigeyoshi Tanaka[1], Rei Arai[1], Minako Katsuyama[1], Ayako Nakanishi[1], Hiroyuki Fujiwara[2], Tsuneo Ohsumi[2], Takahiko Inoue[3], Tomoyuki Sato[3], Yoshiyuki Kaneda[4]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Kagawa University

JAMSTEC has performed the project for “Comprehensive Evaluation of Offshore Fault Information” sponsored by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) since FY2013. The project consists of three themes named “Sub-theme 1” gathering various kinds of existing geological/geophysical information and constructing offshore fault database system (DB), “Sub-theme 2” re-processing seismic data and interpreting offshore faults based on unified evaluation standard, and “Sub-theme 3” building offshore fault models conducted by NIED.

In Sub-theme 1, JAMSTEC has obtained or borrowed huge volumes of multi-channel seismic (MCS)/single-channel seismic (SCS) reflection data and ocean bottom seismometer (OBS) refraction data surveyed around Japan from various organizations including national research institutes and private enterprises, and has collected seismic velocity information, bathymetry data etc. After the quality check of these data, they are made into a database and unitary management of them are carried out. The final output of Sub-theme 1 is an offshore fault DB comprising the data sets of collected/re-processed seismic data and overall offshore fault information provided by Sub-theme 2 and Sub-theme 3. In Sub-theme 2, the past old-fashioned MCS data have been re-processed applying the latest sophisticated technology with de-multiple filtering and noise suppression for obtaining the high resolution profile of these seismic sections. Using the MCS/SCS data, offshore faults around Japan have been identified based on unified evaluation standard. Some geological horizons and a plate boundary have been also interpreted to model subsurface geometry and 3D velocity structure. The final output of Sub-theme 2 is to delineate the spatial distribution and continuity of identified faults on the high resolution bathymetric map such as a red relief image map, and to organize their features/parameters such as type, length, dipping direction, extension etc. after the seismic time–depth conversion using 3D velocity structure model. The 3D velocity structure has been modeled using collected OBS refraction data, velocity analysis results in MCS re-processing and some available published data. In Sub-theme 3, NIED has built the offshore fault models based on a fault information catalog completed by Sub-theme 2. The model validation for historical earthquake source faults with the magnitude over seven has been also conducted through ground motion and tsunami simulations.

This poster presentation focuses on the offshore fault DB constructed by Sub-theme 1 of the project. JAMSTEC has finished the clarification of faults in the Sea of Japan, and around the sea area of the Nansei Islands and Izu-Ogasawara Islands by FY2017. We are currently working on the interpretation of subsurface structure and fault distribution in the Nankai Trough area, and continue to register MCS/SCS reflection time/depth sectional figures, 3D velocity models, NIED’s fault models and their parameters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

into the DB sequentially. The trial operation of the DB has been also done at the subcommittee of the Headquarters for Earthquake Research Promotion of MEXT. The DB is highly expected to become a useful tool that contribute to tsunami hazard evaluation and disaster management conducted by Japanese government and local authorities, and that improve the public awareness against disaster prevention.

We would like to express our acknowledgements to Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC), Japan Coast Guard (JCG), Geospatial Information Authority of Japan (GSI), AIST, Akita Prefecture, Okinawa Prefecture, University of Tokyo, Toyama University, Inpex Corporation and Japan Petroleum Exploration Co.,Ltd. (JAPEX) for providing the geological/geophysical data.

キーワード：海域断層、地震探査データ、三次元速度構造、断層モデル、データベース
Keywords: Offshore Fault, Seismic Data, 3D Velocity Structure, Fault Model, Database

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 複数の海底反射強度データを統合する方法

# An integration method for multiple sets of seafloor backscatter intensity data

*町田 嗣樹[1,2]、佐藤 太一[3]、安川 和孝[2]
*Shiki Machida[1,2], Taichi Sato[3], Kazutaka Yasukawa[2]

1. 千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2. 東京大学、3. 産業技術総合研究所
1. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo, 3. AIST

Acoustic backscattering of the seafloor is thought to provide a useful signal representing the existence of hard materials, such as lava flows with ferromanganese crust along the slope of seamount or knoll [1, 2], and ferromanganese nodules on the seafloor [3]. Previous investigations using vessel-equipped multi-narrow beam echo sounder (MBES) [1–3] identified variations of distributions over an area of tens or hundreds of square kilometres. Therefore, vessel-equipped MBES can provide a more economical exploration for vast areas than that provided by underwater apparatuses such as a deep-towed side scan sonar. However, a disadvantage inhibiting its use is that the different physical and technical parameters, such as sounder characteristics, observation period, and processing, yield different absolute values of backscatter intensity for the same area. As a solution, we propose a generally applicable method for obtaining the widespread distribution of deep-sea solid materials using a combination of several datasets of vessel-equipped MBES.

The Japanese exclusively economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island in the western North Pacific is the best candidate area in which to analyse vessel-equipped multibeam backscatter data. This is due to the fact that several research cruises, operated by the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), have obtained multiple sets of backscatter data, combined with bathymetry mapping. These data were obtained with an identical MBES (SeaBeam 3012. multibeam system) for each of the four cruises of *R/V Mirai*(MR14-E02, MR15-E01 Legs 2 and 3, and MR15-02) in 2014 and 2015, and with the other MBES (SeaBeam 2112.004 multibeam system) during a cruise of *R/V Yokosuka* (YK10-05) in 2010.

We identified two important components for successfully integrating several sets of backscatter intensity data collected by vessel-equipped MBES, as follows. (1) The folding points in the trend of the second-order differential values of the histogram of backscatter data correspond to the boundaries between different types of geology, e.g. barren pelagic sediment and dense ferromanganese nodules. (2) These thresholds each indicate that the same geologic boundaries appear at similar intervals in the histogram, even if the absolute values of intensity are different for each dataset. In particular, this latter component ensures linear fitting of the thresholds used to adjust each dataset to the arbitrary standard data. We need the confirmation of the geographical distributions of the identified boundary intensities between the different datasets. In this presentation, we will show an example of data integration for nine datasets to map the backscatter intensity of a region of approximately 155,500 $km^2$in the Japanese EEZ around Minamitorishima Island.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

References: [1] Hirano et al. (2006) *Science***313**, 1426–1428. [1] Hirano et al. (2016) *Mar. Geol.***373**, 39–48. [3] Machida et al. (2016) *Geochem. J.***50**, 539–555.

キーワード：後方散乱強度、マルチナロービーム音響測深機、南鳥島EEZ
Keywords: backscatter intensity, multi-narrow beam echo sounder, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ETOPO1を用いた海洋の平均水深の精密計算
# A precise calculation of average depth for ETOPO1

*原田 靖[1]、堀内 沙恵[1]
*Yasushi Harada[1], Sae Horiuchi[1]

1. 東海大学 海洋学部 海洋地球科学科
1. School of Marine Science and Technology, Tokai University

ETOPO1とは NOAAより作成されたWGS84回転楕円体に準拠した全球1分メッシュ, 格子点数4億6656個のデジタル地形データである．NOAAはこのETOPO1を用いて平均水深を求めており，結果は-3688 mで誤差は1%と発表されている．https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo1_ocean_volumes.html

これは地理座標を基準にした格子点の水深を抽出して平均水深を求めているが, この方法では特に極地域で測点間隔が極端に小さくなり, 地球は極域に主に大陸があるので, 水深の計算に偏りが出てしまう. 一般には正確な平均水深を計算するためには一様な分布の測点が必要とされる．

一方, 山路(2001)はGeneralized Spiral Set(一般化螺旋集合)を用いたGSS Generator(以下GSS)というソフトウェアを公開しており, 数学的に一様な任意個数の点を球面上に生成することが可能である. そのため本研究では，このGSSを用いて従来の方法と比較した．GSSは測点間隔が一様という利点があるが真球(地心座標)を採用しており，一方従来の方法は測点間隔が非一様であるがWGS84(地理座標)に準拠しているという利点があるからである．いくつかの数値的な解析の結果, 以下のことが分かった. WGS84回転楕円体と真球との違いによる測点間隔の非一様性は, 地理座標を採用したことによる測点間隔の非一様性と同程度かやや小さくなることが分かった. またこの計算結果からETOPO1の平均水深は, -3685.9 ±0.5mとなり, NOAAの-3688 mより約２ｍ浅くなった.

キーワード：ETOPO1、平均水深、GSS Generator
Keywords: ETOPO1, average depth, GSS Generator

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

## [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)

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。<br/>・海溝海側でのプレート変形に伴って生じる過程<br/>・その過程により海洋プレートが受ける変化<br/>・その過程と海洋プレートの元々の構造の関係<br/>・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<br/>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。<br/>

### [SCG60-P01] 2006年及び2007年千島列島沖地震による津波のシミュレーション

# 発表キャンセル

*赤井 啓嗣[1] (1.徳島大学大学院先端技術科学教育部)

### [SCG60-P02] 反射法地震探査データを用いた南海トラフ沈み込み前海洋地殻の地震波アトリビュート変化

*山下 幹也[1]、三浦 誠一[1]、仲西 理子[1]、朴 進午[2]、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、2.東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

### [SCG60-P03] 南東太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形

*小舘 玲乃[1]、中西 正男[2] (1.千葉大学大学院　融合理工学府　地球環境科学専攻　地球科学コース、2.千葉大学大学院　理学研究院)

### [SCG60-P04] 2次元重合前深度マイグレーションによる宮城沖日本海溝沈み込み帯の地質構造

*郭 晨[1]、朴 進午[1] (1.東京大学)

### [SCG60-P05] 日本海溝アウターライズ領域における太平洋プレートの低比抵抗部について

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1]、笠谷 貴史[2]、市原 寛[3]、山野 誠[4] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.名古屋大学大学院環境学研究科、4.東京大学地震研究所)

### [SCG60-P06] Geochemical variations of the asthenosphere inferred from the geochemistry of petit-spot lavas in the NW Pacific plate

*桂木 悠希[1]、平野 直人[1]、清水 健二[2]、Costa Fidel[3]、Oalmann Jaffrey[3]、油谷 拓[1] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.南洋理工大学)

# 2006年及び2007年千島列島沖地震による津波のシミュレーション
# Tsunami Simulations of the 2006 and 2007 Kuril Earthquakes

*赤井 啓嗣[1]
*Keiji Akai[1]

1. 徳島大学大学院先端技術科学教育部
1. Graduate School of Advanced Technology and Science, Tokushima University

2006年11月15日千島列島沖でMw8.3の地震が発生し，それに伴う津波が日本沿岸部および，ハワイ，北中南米で観測された．そのおよそ2か月後の2007年1月13日には，海溝軸より海側でアウターライズ地震が発生し，2006年の地震時と同様，日本沿岸部および北中南米で津波が観測された．2006年地震の際，日本では津波警報が解除された後に最大波が観測され，津波予測における課題となった．その後，2010年チリマウレ地震や2011年東北地方太平洋沖地震で記録された高品質なDART観測記録により，遠地津波における地殻の弾性や海水の圧縮性の効果が確認された。これらの研究成果により遠地津波のシミュレーション技術は向上し，2010年チリマウレ地震や2011年東北地方太平洋沖地震の津波は高精度に再現された。本研究ではこの最新の遠地津波シミュレーション技術を利用して，2006年および2007年千島列島沖地震の津波を再解析する。本研究の目的は，2006年及び2007年千島列島沖地震の津波が先行研究である2010年チリマウレ地震や2011年東北地方太平洋沖地震の津波と同程度に再現可能でることを確認することである。特にこれまで行われていないアウターライズ地震である2007年千島列島沖地震に注目する。

地殻の弾性，海水の密度成層と分散性の効果を入れた非線形長波式を差分法で解くことにより得られた2006年及び2007年千島列島沖地震の津波波形とDART観測点で観測された津波波形を比較してその再現性を検討した．入力に用いる断層モデルは建築研究所のHPで公開されているモデル及びFujii and Satake(2008)で示されているものを用いた．地形データは5分間隔にリサンプリングしたGEBCOを利用した。地震発生から24時間の津波を計算した。計算ステップ間隔は5秒とした。

計算の結果，2006年千島列島沖地震津波においては、到達時刻及び振幅ともに先行研究と同程度の再現性が得られた．しかし，2007年千島列島沖地震津波のシミュレーションにおいては観測波形の再現性はやや低かった．後続波にいくほどずれが大きくなることから海岸での反射や海底地形に屈折が影響していると推察される。今後，計算法や地形分解能を変えて影響を確認するとともに，必要があれば波源モデルについての検討も行う予定である．

キーワード：アウターライズ地震、千島列島沖地震、津波シミュレーション
Keywords: Outer-rise earthquake, Kuril earthquakes, Tsunami simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 反射法地震探査データを用いた南海トラフ沈み込み前海洋地殻の地震波アトリビュート変化

# The variation of seismic attributes about incoming oceanic crust in Nankai Trough using multi-channel seismic reflection data

*山下 幹也[1]、三浦 誠一[1]、仲西 理子[1]、朴 進午[2]、小平 秀一[1]
*Mikiya Yamashita[1], Seiichi Miura[1], Ayako Nakanishi[1], Jin-Oh Park[2], 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、2. 東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Department of Ocean Floor Geoscience, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The physical properties of seismic reflection profiles include many geological information with tectonic setting. Nankai Trough is one of the best places to reveal the characteristics about plate boundary of subducting oceanic plate for understanding the large disaster earthquake because there are many exploration data. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology carried out high-resolution multi-channel seismic reflection (MCS) survey in Shikoku Basin along the Nankai Trough by using R/V Kaiyo with high-resolution portable system in 2012 and 2014. To reveal the characteristics of the subducting oceanic plate is important to evaluate the property of plate boundary for understanding the large disaster earthquake. We evaluate not only structure of MCS profiles, but also the variations of reflection strength about the top of oceanic crust of incoming plate.

MCS profiles of lines KY12-4 and SB01 were obtained along the Nankai Trough. These data were valuable for case study by comparison about physical properties from seismic attribute of top of oceanic crust. In order to extract the physical properties from the reflector of top of oceanic crust, we apply seismic attributes analysis for these data. Seismic attributes are measured from seismic data that can be analyzed in order to enhance information that might be well understanding in a traditional seismic image (Tarner et al. 1979). The seismic envelope attributes often use the reflection strength of the reflector (e.g. Tsuji et al. 2007). The envelope of seismic attributes means the envelope of seismic signal. These attributes are good for looking at packages of amplitudes. We select the second derivative of single envelope as reflection strength of top of oceanic crust. Although calculated seismic attributes of reflection strength indicate the high intensities in the central part of Shikoku Basin, the west and east part of Shikoku Basin where is initial stage of spreading of Shikoku Basin have the small intensities. This suggests that the reflection strength of top of oceanic crust is affected by the created condition of oceanic crust. We also discuss about the relationship between the reflection strength of top of oceanic crust and the thickness of sediments of Shikoku Basin.
This study is part of 'Research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunamis around the Nankai trough region' funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南東太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形

# Bending-Related Topographic Structures of the Subducting Plate in the Southeastern Pacific Ocean

*小舘 玲乃[1]、中西 正男[2]
*Reno Kotate[1], Masao Nakanishi[2]

1. 千葉大学大学院　融合理工学府　地球環境科学専攻　地球科学コース、2. 千葉大学大学院　理学研究院
1. Chiba University Graduate School Science and Engineering Dvision of Earth and Environmental Scienes Department of Earth Sciences, 2. Chiba University Graduate School Faculty of Science

プレート沈み込み境界付近では、海側のプレートは沈み込む前に屈曲する。この屈曲によって、海溝軸付近の海溝海側斜面には正断層起源の崖や高まりなどの直線的に伸びている地形（以下、断層地形）が発達する。断層地形から海側のプレート内部に侵入した水分は、プレート境界付近の地震活動や火山活動に影響を与えることがあると考えられている（例えば、Moore and Saffer, 2001; Rüpke et al., 2002）。そのため、水分のプレート内部への進入経路として断層地形を研究することは沈み込み帯研究における重要課題の一つである。断層地形の走向は一般に海溝軸と平行であると考えられているが、海溝軸の走向とは異なる断層地形も存在する (例えば、Kobayashi et al., 1995, 1998）。この場合の断層地形は海洋底が拡大する際に生じるアビサルヒルを形成した正断層や断裂帯などの海洋底拡大に起因する構造的弱線が再活動したものであると考えられている。

中西（2017）は、太平洋の断層地形について以下の特徴を示した。

１．千島海溝西部から伊豆・小笠原海溝北部における断層地形の存在範囲は、海溝軸から80 km程度であり、太平洋東縁の海溝に比べて存在範囲が広い。

２．海洋底拡大に起因する構造的弱線が再活動するのは、それと海溝軸のなす角度が30度以内の場合である。30度より大きい場合は、海溝軸に平行な断層地形が新たに形成される。

３．海溝軸が大きく歪曲しているところや、海山や海台などをつくる火成活動の影響を受けた海洋プレートが沈み込んでいる海溝付近では上記の規則が成り立たない場合がある。

中西（2017）では、太平洋東縁に位置する中米海溝、ペルー海溝、ペルー・チリ海溝に関する研究は、先行研究の結果を引用しただけであり、上記の規則が太平洋東縁のすべての海溝に関して広範囲に成り立つかどうかわからない。本研究では、太平洋東縁の海溝に関して新たに海底地形データを編集して、断層地形を記載した。その結果をもとに、断層地形の存在範囲と走向について検討した。

断層地形の存在範囲は、ペルー海溝では海溝軸から60 kmまで、ペルー・チリ海溝北部では海溝軸から60 kmまでであることが判明した。これらの断層地形の存在範囲は太平洋プレート北西縁の海溝より狭い。中米海溝での断層地形の存在範囲は海溝軸から150㎞付近までと他の海溝に比べて広範囲であることが判明した。ペルー・チリ海溝南部については、海溝軸から150㎞以上の離れた地点まで磁気異常縞模様と平行な地形が存在するが、アビサルヒルを作った断層が海溝付近で再活動したかどうかは判断できなかった。
中米海溝とペルー海溝南部では、海溝軸と斜交する断層地形が存在する。その走向は磁気異常縞模様を平行である。海溝軸と断層地形のなす角度は30度以内である。ペルー海溝北部とペルー・チリ海溝北部では、海溝軸と平行な走向を持つ断層地形が存在する。これらの海溝の海溝軸と磁気異常縞模様がなす角度は30度より大

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

きい。本研究結果は、中西（2017）で示された断層地形の特徴は太平洋東縁の海溝においても広く成り立つことを示している。

キーワード：プレート屈曲、屈曲による断層地形、アビサルヒル、沈み込み帯
Keywords: plate bending, Bending-related fault topography, abyssal hill, subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2次元重合前深度マイグレーションによる宮城沖日本海溝沈み込み帯の地質構造

# Detailed tectonic structure of the Japan Trench subduction zone off Miyagi by 2D pre-stack depth migration imaging

*郭 晨[1]、朴 進午[1]
*GUO CHEN[1], Jin-Oh Park[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The 2011 Tohoku earthquake (Mw 9.0) has been extensively examined by many geophysical data from state-of-the-art observational networks deployed both globally and locally. There were lots of studies to investigate the tectonic structure of the 2011 coseismic rupture zone. However, there were a few detailed seismic reflection images about both shallow and deep structure, because of the complicated geologic structure. In order to figure out detailed geologic structure and P-wave velocity modelof the Japan Trenchsubduction zone off Miyagi, northeast Japan, we tried to do 2D pre-stack depth migration (PSDM) imaging using multi-channel seismic (MCS) reflection data acrossthe2011 Tohoku coseismic rupture zone. Pre-processing to get CDP gathers with high S/N ratio includes trace editing, pre-filtering, spherical divergence correction, debubbling, deghosting, and surface-related multiple attenuation (SRMA).After air gun shots, a main pulse and following bubble oscillations were recorded, even though the air gun was tuned. In order to suppress the periodic bubble oscillations, we designed debubble filter. We used shot gather data with gain, trace header modification, sort and static application to extract the bubble signature from the raw MCS data, eventually producing a filter with ~30 Hz bubble waveform.In marine MCS data acquisition, source (air gun) and receiver (streamer cable) ghosts are recorded as notches in power spectrum. These secondary wavefield usually corrupts the raw data, depending on offset, time and geologic dip. We designed deghost filter to reduce the source and receiver ghosts. Like no other time before, we used both horizon-based tomography and grid-based tomography during the PSDM processing. Horizon-based tomography and grid-based tomography are global approaches which involve a solution of simultaneous set of equations for calculating the updating parameters of the velocity-depth model. In the horizon-based tomography, we built a depth-velocity model along which the residuals were picked, and updated both the depth surfaces and velocity of each layer. The updates are calculated at equally spaced spline nodes and then interpolated. After the horizon-based tomography, we inputted this velocity section into 2D auto-picker and calculated the QC semblance for defining a complete depth surface and updated for velocity at equally spaced points on a 2D grid. We recognize a bright reflector as the topmost oceanic crust (i.e., plate interface) of the Pacific plate subducting beneath the overlying Okhotsk plate, which can be traceable to more than 100 km landward from the Japan Trench axis. The seaward Pacific plate is characterized by horst and graben structure with normal faults. A strong reflector of Moho discontinuity, which is observed beneath the oceanic crust before subduction, is also observed even after subduction of the Pacific plate, up to more than 100 km landward from the Japan Trench axis. In the upper plate, we identify the Neogene sedimentary layer overlying the Cretaceous erosional unconformity, andseverallargereversefaultsdevelopingwithin theCretaceous basement. The backstop interface showshigh amplitude and negative polarityreflection that may be indicative offluid-rich fault. We observe a reflection of Arc Moho at depth of about 20 km. We can also observe megalens structure along plate interface at about 15-20 km depth, which is similar in Costa Rica subduction zone.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本海溝アウターライズ領域における太平洋プレートの低比抵抗部について

# Conductive zone of incoming Pacific Plate in the outer rise region off Japan trench

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1]、笠谷 貴史[2]、市原 寛[3]、山野 誠[4]
*Shinya Sato[1], Tada-nori Goto[1], Takafumi Kasaya[2], Hiroshi Ichihara[3], Makoto Yamano[4]

1. 京都大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. 名古屋大学大学院環境学研究科、4. 東京大学地震研究所
1. Kyoto Univesity, Graduate School of Engineering, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies, 4. University of Tokyo, Earthquake Research Institute

Various geophysical surveys have been operated in order to expose the subsurface structure of incoming Pacific plate in the outer rise region off Japan trench. One of the targets is existence of water in the plate, and two geophysical surveys (seismic surveys and heat flow measurements), which were conducted independently, in the outer rise region reported recently the possibility of water existence in the plate. The seismic surveys (e.g., Fujie et al., 2016; Fujie et al., 2018) visualized the subsurface structure indicating low velocity in the oceanic crust and below the boundary between crust and lithosphere (i.e., Moho) although there are high pressures. Also, the heat flow measurements (e.g., Yamano and Kawada, 2017) reported high heat-flow anomalies in the region, and suggested the possibilities that the anomalies were triggered by the water through the permeable layer in the plate. However, the existence of water in the deep portion below the oceanic crust has not been well known, and the source of water is now being discussed. A marine magnetotelluric (MT) survey was conducted in the outer rise region with distant of 100 –200 km from the Japan trench. This survey’ s target is to verify the existence of water in the oceanic mantle visualizing the subsurface resistivity structure. We recorded electromagnetic data (MT data) for the analysis of subsurface resistivity structure at four locations with water depth of about 5500 m. Unfortunately, one of four data failed to record the MT data appropriately, and the other data included large noises, whose source were possibly the instruments themselves. We applied the noise-reduction method based on Frequency Domain Independent Component Analysis (Sato et al., 2017) for the estimation of MT responses at the three sites. The resistivity structure was visualized using a 2D inversion code by Uchida and Ogawa (1993) from the derived MT responses. The visualized structure showed two features: i) the boundary between resistive lithosphere and conductive asthenosphere and ii) the conductive zones below the oceanic crust. At the presentation, we will not only show them but discuss the source of conductive zones based on electromagnetic environment, whose model includes the effect of trench or coast.

キーワード：日本海溝海側アウターライズ領域、低比抵抗帯、海底MT探査
Keywords: Outer rise region off Japan trench, Conductive zone, Marine magnetotelluric survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geochemical variations of the asthenosphere inferred from the geochemistry of petit-spot lavas in the NW Pacific plate

*桂木 悠希[1]、平野 直人[1]、清水 健二[2]、Costa Fidel[3]、Oalmann Jaffrey[3]、油谷 拓[1]
*Yuki Katsuragi[1], Naoto Hirano[1], Kenji Shimizu[2], Fidel Costa[3], Jaffrey Oalmann[3], Taku Yutani[1]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、3. 南洋理工大学
1. Tohoku University, 2. Kochi Core Center, Kochi University / JAMSTEC, 3. Nanyang Technological University

The low seismic velocity and high electrical conductivity of the asthenosphere may be due to the presence of volatile materials (e.g. $CO_2$ and $H_2O$) (e.g. Gairrard et al., 2008; Hirschmann, 2010). Recently, the so-called “petit-spot volcanism” which is characterized by submarine eruptions that occur in oceanic plates in response to lithospheric flexures, has been proposed to result from melts directly ascending from the asthenosphere (Hirano et al., 2006; Sato et al., 2018). The lava samples (foidite to trachybasalt) show high vesicularity despite the eruption occurring under high hydrostatic pressure at approximately 6000 meters below sea level (Sato et al., 2018). Here we discuss the volatile, bulk, and Sr-Nd isotopic compositions of quenched glass rinds of petit-spot lavas from the NW Pacific plate, supported by the JSPS Japanese-German Graduate Externship.

The glass has higher volatile contents ($H_2O$, $CO_2$, and halogens) than most MORBs and lacks chlorine alteration by seawater. Some samples are clearly oversaturated in $CO_2$ and $H_2O$ at 60 MPa, which is the submarine hydrostatic pressure. The glass also shows negative anomalies of Zr, Hf and Ti, implying that there is a carbonatitic component in the mantle source. Moreover, Nd and Sr isotope ratios, and some geochemical trends with volatile elements indicate that the magma was derived from an EM1-like mantle component. Therefore, the compositions of the petit-spot lavas can possibly be explained by mixing of DMM and recycled EM1 material with carbonates. The degree of EM1 signature for each eruptive location gradually decreases toward the trench. We suggest that the variation of volatile compositions and Sr-Nd isotopic systematics of petit-spot magmas reflect their temporal and spatial transition in the asthenosphere along the NW Pacific plate track.

キーワード：プチスポット火山、アセノスフェア、揮発性元素
Keywords: petit-spot basalt, asthenosphere, volatile elements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_30

## [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)

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。<br/>・海溝海側でのプレート変形に伴って生じる過程<br/>・その過程により海洋プレートが受ける変化<br/>・その過程と海洋プレートの元々の構造の関係<br/>・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<br/>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。<br/>

### [SCG60-P01] 2006年及び2007年千島列島沖地震による津波のシミュレーション

*赤井 啓嗣[1] (1.徳島大学大学院先端技術科学教育部)

### [SCG60-P02] 反射法地震探査データを用いた南海トラフ沈み込み前海洋地殻の地震波アトリビュート変化

*山下 幹也[1]、三浦 誠一[1]、仲西 理子[1]、朴 進午[2]、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、2.東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

### [SCG60-P03] 南東太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形

*小舘 玲乃[1]、中西 正男[2] (1.千葉大学大学院　融合理工学府　地球環境科学専攻　地球科学コース、2.千葉大学大学院　理学研究院)

### [SCG60-P04] 2次元重合前深度マイグレーションによる宮城沖日本海溝沈み込み帯の地質構造

*郭 晨[1]、朴 進午[1] (1.東京大学)

### [SCG60-P05] 日本海溝アウターライズ領域における太平洋プレートの低比抵抗部について

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1]、笠谷 貴史[2]、市原 寛[3]、山野 誠[4] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.名古屋大学大学院環境学研究科、4.東京大学地震研究所)

### [SCG60-P06] Geochemical variations of the asthenosphere inferred from the geochemistry of petit-spot lavas in the NW Pacific plate

*桂木 悠希[1]、平野 直人[1]、清水 健二[2]、Costa Fidel[3]、Oalmann Jaffrey[3]、油谷 拓[1] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.南洋理工大学)

# 2006年及び2007年千島列島沖地震による津波のシミュレーション
# Tsunami Simulations of the 2006 and 2007 Kuril Earthquakes

*赤井 啓嗣[1]
*Keiji Akai[1]

1. 徳島大学大学院先端技術科学教育部
1. Graduate School of Advanced Technology and Science, Tokushima University

2006年11月15日千島列島沖でMw8.3の地震が発生し，それに伴う津波が日本沿岸部および，ハワイ，北中南米で観測された．そのおよそ2か月後の2007年1月13日には，海溝軸より海側でアウターライズ地震が発生し，2006年の地震時と同様，日本沿岸部および北中南米で津波が観測された．2006年地震の際，日本では津波警報が解除された後に最大波が観測され，津波予測における課題となった．その後，2010年チリマウレ地震や2011年東北地方太平洋沖地震で記録された高品質なDART観測記録により，遠地津波における地殻の弾性や海水の圧縮性の効果が確認された。これらの研究成果により遠地津波のシミュレーション技術は向上し，2010年チリマウレ地震や2011年東北地方太平洋沖地震の津波は高精度に再現された。本研究ではこの最新の遠地津波シミュレーション技術を利用して，2006年および2007年千島列島沖地震の津波を再解析する。本研究の目的は，2006年及び2007年千島列島沖地震の津波が先行研究である2010年チリマウレ地震や2011年東北地方太平洋沖地震の津波と同程度に再現可能でることを確認することである。特にこれまで行われていないアウターライズ地震である2007年千島列島沖地震に注目する。

地殻の弾性，海水の密度成層と分散性の効果を入れた非線形長波式を差分法で解くことにより得られた2006年及び2007年千島列島沖地震の津波波形とDART観測点で観測された津波波形を比較してその再現性を検討した．入力に用いる断層モデルは建築研究所のHPで公開されているモデル及びFujii and Satake(2008)で示されているものを用いた．地形データは5分間隔にリサンプリングしたGEBCOを利用した。地震発生から24時間の津波を計算した。計算ステップ間隔は5秒とした。

計算の結果，2006年千島列島沖地震津波においては、到達時刻及び振幅ともに先行研究と同程度の再現性が得られた．しかし，2007年千島列島沖地震津波のシミュレーションにおいては観測波形の再現性はやや低かった．後続波にいくほどずれが大きくなることから海岸での反射や海底地形に屈折が影響していると推察される。今後，計算法や地形分解能を変えて影響を確認するとともに，必要があれば波源モデルについての検討も行う予定である．

キーワード：アウターライズ地震、千島列島沖地震、津波シミュレーション
Keywords: Outer-rise earthquake, Kuril earthquakes, Tsunami simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 反射法地震探査データを用いた南海トラフ沈み込み前海洋地殻の地震波アトリビュート変化

# The variation of seismic attributes about incoming oceanic crust in Nankai Trough using multi-channel seismic reflection data

*山下 幹也[1]、三浦 誠一[1]、仲西 理子[1]、朴 進午[2]、小平 秀一[1]
*Mikiya Yamashita[1], Seiichi Miura[1], Ayako Nakanishi[1], Jin-Oh Park[2], 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、2. 東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Department of Ocean Floor Geoscience, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The physical properties of seismic reflection profiles include many geological information with tectonic setting. Nankai Trough is one of the best places to reveal the characteristics about plate boundary of subducting oceanic plate for understanding the large disaster earthquake because there are many exploration data. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology carried out high-resolution multi-channel seismic reflection (MCS) survey in Shikoku Basin along the Nankai Trough by using R/V Kaiyo with high-resolution portable system in 2012 and 2014. To reveal the characteristics of the subducting oceanic plate is important to evaluate the property of plate boundary for understanding the large disaster earthquake. We evaluate not only structure of MCS profiles, but also the variations of reflection strength about the top of oceanic crust of incoming plate.

MCS profiles of lines KY12-4 and SB01 were obtained along the Nankai Trough. These data were valuable for case study by comparison about physical properties from seismic attribute of top of oceanic crust. In order to extract the physical properties from the reflector of top of oceanic crust, we apply seismic attributes analysis for these data. Seismic attributes are measured from seismic data that can be analyzed in order to enhance information that might be well understanding in a traditional seismic image (Tarner et al. 1979). The seismic envelope attributes often use the reflection strength of the reflector (e.g. Tsuji et al. 2007). The envelope of seismic attributes means the envelope of seismic signal. These attributes are good for looking at packages of amplitudes. We select the second derivative of single envelope as reflection strength of top of oceanic crust. Although calculated seismic attributes of reflection strength indicate the high intensities in the central part of Shikoku Basin, the west and east part of Shikoku Basin where is initial stage of spreading of Shikoku Basin have the small intensities. This suggests that the reflection strength of top of oceanic crust is affected by the created condition of oceanic crust. We also discuss about the relationship between the reflection strength of top of oceanic crust and the thickness of sediments of Shikoku Basin.
This study is part of 'Research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunamis around the Nankai trough region' funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南東太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形

# Bending-Related Topographic Structures of the Subducting Plate in the Southeastern Pacific Ocean

*小舘 玲乃[1]、中西 正男[2]
*Reno Kotate[1], Masao Nakanishi[2]

1. 千葉大学大学院　融合理工学府　地球環境科学専攻　地球科学コース、2. 千葉大学大学院　理学研究院
1. Chiba University Graduate School Science and Engineering Dvision of Earth and Environmental Scienes Department of Earth Sciences, 2. Chiba University Graduate School Faculty of Science

プレート沈み込み境界付近では、海側のプレートは沈み込む前に屈曲する。この屈曲によって、海溝軸付近の海溝海側斜面には正断層起源の崖や高まりなどの直線的に伸びている地形（以下、断層地形）が発達する。断層地形から海側のプレート内部に侵入した水分は、プレート境界付近の地震活動や火山活動に影響を与えることがあると考えられている（例えば、Moore and Saffer, 2001; Rüpke et al., 2002）。そのため、水分のプレート内部への進入経路として断層地形を研究することは沈み込み帯研究における重要課題の一つである。断層地形の走向は一般に海溝軸と平行であると考えられているが、海溝軸の走向とは異なる断層地形も存在する (例えば、Kobayashi et al., 1995, 1998）。この場合の断層地形は海洋底が拡大する際に生じるアビサルヒルを形成した正断層や断裂帯などの海洋底拡大に起因する構造的弱線が再活動したものであると考えられている。

中西（2017）は、太平洋の断層地形について以下の特徴を示した。

１．千島海溝西部から伊豆・小笠原海溝北部における断層地形の存在範囲は、海溝軸から80 km程度であり、太平洋東縁の海溝に比べて存在範囲が広い。

２．海洋底拡大に起因する構造的弱線が再活動するのは、それと海溝軸のなす角度が30度以内の場合である。30度より大きい場合は、海溝軸に平行な断層地形が新たに形成される。

３．海溝軸が大きく歪曲しているところや、海山や海台などをつくる火成活動の影響を受けた海洋プレートが沈み込んでいる海溝付近では上記の規則が成り立たない場合がある。

中西（2017）では、太平洋東縁に位置する中米海溝、ペルー海溝、ペルー・チリ海溝に関する研究は、先行研究の結果を引用しただけであり、上記の規則が太平洋東縁のすべての海溝に関して広範囲に成り立つかどうかわからない。本研究では、太平洋東縁の海溝に関して新たに海底地形データを編集して、断層地形を記載した。その結果をもとに、断層地形の存在範囲と走向について検討した。

断層地形の存在範囲は、ペルー海溝では海溝軸から60 kmまで、ペルー・チリ海溝北部では海溝軸から60 kmまでであることが判明した。これらの断層地形の存在範囲は太平洋プレート北西縁の海溝より狭い。中米海溝での断層地形の存在範囲は海溝軸から150㎞付近までと他の海溝に比べて広範囲であることが判明した。ペルー・チリ海溝南部については、海溝軸から150㎞以上の離れた地点まで磁気異常縞模様と平行な地形が存在するが、アビサルヒルを作った断層が海溝付近で再活動したかどうかは判断できなかった。
中米海溝とペルー海溝南部では、海溝軸と斜交する断層地形が存在する。その走向は磁気異常縞模様を平行である。海溝軸と断層地形のなす角度は30度以内である。ペルー海溝北部とペルー・チリ海溝北部では、海溝軸と平行な走向を持つ断層地形が存在する。これらの海溝の海溝軸と磁気異常縞模様がなす角度は30度より大

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

きい。本研究結果は、中西（2017）で示された断層地形の特徴は太平洋東縁の海溝においても広く成り立つことを示している。

キーワード：プレート屈曲、屈曲による断層地形、アビサルヒル、沈み込み帯
Keywords: plate bending, Bending-related fault topography, abyssal hill, subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2次元重合前深度マイグレーションによる宮城沖日本海溝沈み込み帯の地質構造

# Detailed tectonic structure of the Japan Trench subduction zone off Miyagi by 2D pre-stack depth migration imaging

*郭 晨[1]、朴 進午[1]
*GUO CHEN[1], Jin-Oh Park[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The 2011 Tohoku earthquake (Mw 9.0) has been extensively examined by many geophysical data from state-of-the-art observational networks deployed both globally and locally. There were lots of studies to investigate the tectonic structure of the 2011 coseismic rupture zone. However, there were a few detailed seismic reflection images about both shallow and deep structure, because of the complicated geologic structure. In order to figure out detailed geologic structure and P-wave velocity modelof the Japan Trenchsubduction zone off Miyagi, northeast Japan, we tried to do 2D pre-stack depth migration (PSDM) imaging using multi-channel seismic (MCS) reflection data acrossthe2011 Tohoku coseismic rupture zone. Pre-processing to get CDP gathers with high S/N ratio includes trace editing, pre-filtering, spherical divergence correction, debubbling, deghosting, and surface-related multiple attenuation (SRMA).After air gun shots, a main pulse and following bubble oscillations were recorded, even though the air gun was tuned. In order to suppress the periodic bubble oscillations, we designed debubble filter. We used shot gather data with gain, trace header modification, sort and static application to extract the bubble signature from the raw MCS data, eventually producing a filter with ~30 Hz bubble waveform.In marine MCS data acquisition, source (air gun) and receiver (streamer cable) ghosts are recorded as notches in power spectrum. These secondary wavefield usually corrupts the raw data, depending on offset, time and geologic dip. We designed deghost filter to reduce the source and receiver ghosts. Like no other time before, we used both horizon-based tomography and grid-based tomography during the PSDM processing. Horizon-based tomography and grid-based tomography are global approaches which involve a solution of simultaneous set of equations for calculating the updating parameters of the velocity-depth model. In the horizon-based tomography, we built a depth-velocity model along which the residuals were picked, and updated both the depth surfaces and velocity of each layer. The updates are calculated at equally spaced spline nodes and then interpolated. After the horizon-based tomography, we inputted this velocity section into 2D auto-picker and calculated the QC semblance for defining a complete depth surface and updated for velocity at equally spaced points on a 2D grid. We recognize a bright reflector as the topmost oceanic crust (i.e., plate interface) of the Pacific plate subducting beneath the overlying Okhotsk plate, which can be traceable to more than 100 km landward from the Japan Trench axis. The seaward Pacific plate is characterized by horst and graben structure with normal faults. A strong reflector of Moho discontinuity, which is observed beneath the oceanic crust before subduction, is also observed even after subduction of the Pacific plate, up to more than 100 km landward from the Japan Trench axis. In the upper plate, we identify the Neogene sedimentary layer overlying the Cretaceous erosional unconformity, andseverallargereversefaultsdevelopingwithin theCretaceous basement. The backstop interface showshigh amplitude and negative polarityreflection that may be indicative offluid-rich fault. We observe a reflection of Arc Moho at depth of about 20 km. We can also observe megalens structure along plate interface at about 15-20 km depth, which is similar in Costa Rica subduction zone.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本海溝アウターライズ領域における太平洋プレートの低比抵抗部について

# Conductive zone of incoming Pacific Plate in the outer rise region off Japan trench

*佐藤 真也[1]、後藤 忠徳[1]、笠谷 貴史[2]、市原 寛[3]、山野 誠[4]
*Shinya Sato[1], Tada-nori Goto[1], Takafumi Kasaya[2], Hiroshi Ichihara[3], Makoto Yamano[4]

1. 京都大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. 名古屋大学大学院環境学研究科、4. 東京大学地震研究所
1. Kyoto Univesity, Graduate School of Engineering, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies, 4. University of Tokyo, Earthquake Research Institute

Various geophysical surveys have been operated in order to expose the subsurface structure of incoming Pacific plate in the outer rise region off Japan trench. One of the targets is existence of water in the plate, and two geophysical surveys (seismic surveys and heat flow measurements), which were conducted independently, in the outer rise region reported recently the possibility of water existence in the plate. The seismic surveys (e.g., Fujie et al., 2016; Fujie et al., 2018) visualized the subsurface structure indicating low velocity in the oceanic crust and below the boundary between crust and lithosphere (i.e., Moho) although there are high pressures. Also, the heat flow measurements (e.g., Yamano and Kawada, 2017) reported high heat-flow anomalies in the region, and suggested the possibilities that the anomalies were triggered by the water through the permeable layer in the plate. However, the existence of water in the deep portion below the oceanic crust has not been well known, and the source of water is now being discussed. A marine magnetotelluric (MT) survey was conducted in the outer rise region with distant of 100 –200 km from the Japan trench. This survey’ s target is to verify the existence of water in the oceanic mantle visualizing the subsurface resistivity structure. We recorded electromagnetic data (MT data) for the analysis of subsurface resistivity structure at four locations with water depth of about 5500 m. Unfortunately, one of four data failed to record the MT data appropriately, and the other data included large noises, whose source were possibly the instruments themselves. We applied the noise-reduction method based on Frequency Domain Independent Component Analysis (Sato et al., 2017) for the estimation of MT responses at the three sites. The resistivity structure was visualized using a 2D inversion code by Uchida and Ogawa (1993) from the derived MT responses. The visualized structure showed two features: i) the boundary between resistive lithosphere and conductive asthenosphere and ii) the conductive zones below the oceanic crust. At the presentation, we will not only show them but discuss the source of conductive zones based on electromagnetic environment, whose model includes the effect of trench or coast.

キーワード：日本海溝海側アウターライズ領域、低比抵抗帯、海底MT探査
Keywords: Outer rise region off Japan trench, Conductive zone, Marine magnetotelluric survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geochemical variations of the asthenosphere inferred from the geochemistry of petit-spot lavas in the NW Pacific plate

*桂木 悠希[1]、平野 直人[1]、清水 健二[2]、Costa Fidel[3]、Oalmann Jaffrey[3]、油谷 拓[1]
*Yuki Katsuragi[1], Naoto Hirano[1], Kenji Shimizu[2], Fidel Costa[3], Jaffrey Oalmann[3], Taku Yutani[1]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、3. 南洋理工大学
1. Tohoku University, 2. Kochi Core Center, Kochi University / JAMSTEC, 3. Nanyang Technological University

The low seismic velocity and high electrical conductivity of the asthenosphere may be due to the presence of volatile materials (e.g. $CO_2$ and $H_2O$) (e.g. Gairrard et al., 2008; Hirschmann, 2010). Recently, the so-called “petit-spot volcanism” which is characterized by submarine eruptions that occur in oceanic plates in response to lithospheric flexures, has been proposed to result from melts directly ascending from the asthenosphere (Hirano et al., 2006; Sato et al., 2018). The lava samples (foidite to trachybasalt) show high vesicularity despite the eruption occurring under high hydrostatic pressure at approximately 6000 meters below sea level (Sato et al., 2018). Here we discuss the volatile, bulk, and Sr-Nd isotopic compositions of quenched glass rinds of petit-spot lavas from the NW Pacific plate, supported by the JSPS Japanese-German Graduate Externship.

The glass has higher volatile contents ($H_2O$, $CO_2$, and halogens) than most MORBs and lacks chlorine alteration by seawater. Some samples are clearly oversaturated in $CO_2$ and $H_2O$ at 60 MPa, which is the submarine hydrostatic pressure. The glass also shows negative anomalies of Zr, Hf and Ti, implying that there is a carbonatitic component in the mantle source. Moreover, Nd and Sr isotope ratios, and some geochemical trends with volatile elements indicate that the magma was derived from an EM1-like mantle component. Therefore, the compositions of the petit-spot lavas can possibly be explained by mixing of DMM and recycled EM1 material with carbonates. The degree of EM1 signature for each eruptive location gradually decreases toward the trench. We suggest that the variation of volatile compositions and Sr-Nd isotopic systematics of petit-spot magmas reflect their temporal and spatial transition in the asthenosphere along the NW Pacific plate track.

キーワード：プチスポット火山、アセノスフェア、揮発性元素
Keywords: petit-spot basalt, asthenosphere, volatile elements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

## [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)

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。

[MIS08-P01] 大雪山カムイミンタラジオパーク構想の取組

*川辺 英行[1] (1.大雪山カムイミンタラジオパーク構想推進協議会)

[MIS08-P02] 「濁澄橋」が示す意味の再検討～白山手取川ジオパーク，牛首川・尾添川合流点の濁度特性～

*青木 賢人[1] (1.金沢大学地域創造学類)

[MIS08-P03] 山陰海岸ジオパークにおける学術研究奨励事業の取り組み

*郡山 鈴夏[1] (1.山陰海岸ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P04] 地域住民によるモニタリング調査のジオパークへの活用：桜浜の地形変化

*今井 悟[1]、佐藤 久晃[1]、平野 順久 (1.土佐清水ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P05] おおいた豊後大野ジオパーク，軸丸棚田（日本の棚田百選）の形成と地形・地質環境

*吉岡 敏和[1] (1.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P06] おおいた豊後大野ジオパーク,軸丸棚田における土地利用と植生との関係

*岩里 実季[1]、吉岡 敏和[2] (1.豊後大野市役所商工観光課、2.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P07] **阿蘇ユネスコ世界ジオパークにおけるアウトリーチ**

*鍵山 恒臣[1]、渡辺 一徳[1]、池辺 伸一郎[1]、石松 昭信[1]、豊村 克則[2]、兒玉 夏子[1]、高森 秀平[1]、宮北 志野[1] (1.阿蘇ジオパーク推進協議会、2.阿蘇火山博物館)

[MIS08-P08] Geoscientific Setting and Educational Significances of Yonaguni Island in the Ryukyu Arc, Eastern Asia

*尾方 隆幸[1]、奈良 正和[2]、大坪 誠[3]、柴田 伊廣[4] (1.琉球大学島嶼防災研究センター、2.高知大学教育研究部自然科学系理学部門、3.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、4.文化庁文化財部記念物課天然記念物部門)

# 大雪山カムイミンタラジオパーク構想の取組
# The efforts of Mt.Daisetsu-Kamuymintar Geopark Project

*川辺 英行[1]
*hideyuki kawabe[1]

1. 大雪山カムイミンタラジオパーク構想推進協議会
1. -

当地域では，旭川市，鷹栖町，東神楽町，比布町，当麻町，愛別町，上川町，東川町を範囲とする「大雪山カムイミンタラジオパーク構想」を推進している。
2012年から「あさひかわジオパークの会」を中心に行われてきた「カムイの大地ジオツアー」「ジオフォーラム」などの市民活動を背景に，2017年には関係自治体と市民団体による準備組織を立ち上げ，ジオパークを目指す地域として日本ジオパークネットワークに準会員として加盟した。2018年8月には，事業者団体等も加えた協議会に推進体制を移行したところである。
本発表では，大雪山カムイミンタラジオパーク構想及びその取組について紹介する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 「濁澄橋」が示す意味の再検討 ～白山手取川ジオパーク，牛首川・尾添川合流点の濁度特性～

# Re-examination of meaning indicated by "Nigori-Sumi (Muddy and clear) Bridge" ~Turbidity Characteristic of Meeting Point of the Ushikubi River and the Ozo River, in Hakusan Tedorigawa Geopark ~

*青木 賢人[1]
*Tatsuto Aoki[1]

1. 金沢大学地域創造学類
1. School of Regional Development Studies, Kanazawa University

白山手取川ジオパークを貫流する手取川水系をなす主要な流路として，白山西側の旧白峰村を源流とする幹線流路である牛首川と，北側の旧小口村を源流とする支流の尾添川がある．この二つの流路は旧小口村瀬戸地区の「濁澄橋」付近で合流し，手取川となって北流する．「濁澄」の語が意味するものは，二つの流路の濁度の違いである．白山手取川ジオパークのホームページには以下のように記され，濁度の高い水と低い水が合流している様子が写った写真が添えられている．

名前の由来は、手取川と尾添川の合流部にあり、荒天時には尾添川の濁りが久しく澄まないことからこの名前が付けられたと伝えられている。現在も同じく合流点では、清流と濁流の２色のコントラストを見ることができる。

今回の報告では，この二つの流路の濁度について計測を行い，人為的な河川管理との関係を整理した上で，「濁澄」の語が持つ今日的な意味を再検討した．

牛首川は白山御前峰（2702m），尾添川は白山大汝峰（2684m）を源流とし，濁澄橋付近の標高240mで合流する．地理院地図上で計測すると，合流点までの流路長は牛首川が34.3km（平均河床勾配71.8‰），尾添川が24.5km（同107.9‰）であり，尾添川の方が急勾配である．流域にはいずれも崩壊地・地滑りが多く分布している．ただし，尾添川源流域の地獄谷には古白山の火道があったと考えられており（長岡，1972），激しい変質が認められる．牛首川の流路には手取川ダムが建設されており，その流量はダムによってコントロールされている．一方，尾添川にはいくつかの砂防堰堤は建設されているがダムがなく，流量はコントロールされていない．

牛首川流域のダム上流側，手取ダム湖，およびその直下，尾添川，濁澄橋下流の合計5か所において台風による大規模出水の直後に採水を行い，濁度の変化を記録した．合わせて，国土交通省による水位観測データを合わせて分析を行った．その結果，大規模出水の直後には，流量がコントロールされておらず急峻で流域の地質がもろい尾添川において，流量・濁度とも高くなる一方で，ダムでコントロールされる牛首川ではダム内に水と細粒物質が貯留されることによって流量も濁度も上昇が抑制されている．濁澄橋付近においては，尾添川が「濁」で牛首川が「澄」の構造が生じる．一方，出水から時間が経過すると，尾添川では急激に流量が基底流量に近づき，濁度も低下していくのに対し，ダムからの放流が継続的に行われた牛首川では，流量が高く保たれるとともにダム内の濁り水が排水されることによって濁度も比較的高く保たれる状況が生じる．その結

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

果，牛首川が「濁」で尾添川が「澄」の状況が生じた（ただし，尾添川の流量が非常に少なくなるため，景観的にははっきりとしなくなる）．

濁澄橋は，「水の旅・石の旅」をキーコンセプトとする白山手取川ジオパークにおいて，河川による土砂運搬を理解するための主要なジオサイトの一つとして位置づけられている．今後は，人為的な河川環境への関与との関係性も含めた，河川と人との関係性をより深く考えることができるジオサイトとして再定義することが可能となろう．

キーワード：白山手取川ジオパーク、濁度、ダム
Keywords: Hakusan Tedorigawa Geopark, turbidity, artificial dam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山陰海岸ジオパークにおける学術研究奨励事業の取り組み
# Efforts of ‘Grant-in-aid for Science Research in San’ in Kaigan UGGp’

*郡山 鈴夏[1]
*Suzuka Koriyama[1]

1. 山陰海岸ジオパーク推進協議会
1. Sanin Kaigan Geopark Promotion Council

山陰海岸ジオパークは京都府北西部から兵庫県北部、鳥取県東部の3府県にまたがり、日本海形成から現在に至る多様な地形地質が存在し、それらを背景とした生き物や人々の暮らし、文化・歴史について触れることができるユネスコグローバルジオパークである。2007年に山陰海岸ジオパーク推進協議会が発足し、2008年に日本ジオパーク、2010年には世界ジオパークに加盟認定された。

山陰海岸ジオパークでは活動開始当初からエリア内での学術研究支援、特に地質学的な研究を重視しており、研究者向けの研究助成事業を行っている。

ジオパークのエリア内での学術研究の重要性は4年に1度行われる世界ジオパークの再認定審査においても示されており、審査の評価表の中では「Ⅲ1.2　少なくとも年間1本、卒業論文や修士論文（地質図作成など）が書かれている」「Ⅲ1.3　過去3年間にジオパークエリア内に関する博士論文が1本以上発表されている」「Ⅲ1.4　科学や観光に関する学術論文が過去5年間で5本発表されている」とエリア内で行われた学術研究の有無を問われる。

学術研究支援事業である「山陰海岸ジオパーク学術研究奨励事業」は2009年に開始し、2018年度まで継続して行われている（2019年2月現在、2019年度も実施予定）。その間、77件（応募件数は90件）の研究の支援を山陰海岸ジオパークとして行った。この10年間でエリア内の研究論文は確実に増加しており、卒業論文等の支援のみにとどまらず、学術研究奨励者による国内誌、国際誌への論文投稿も行われている。

一方、毎年報告される最新研究事例をジオパークとして十分に活用することはまだできておらず、蓄積する学術研究をどうジオパーク活動に生かしていくかが本事業の課題でもある。

本発表では、10年継続してきた学術研究奨励事業が山陰海岸ジオパークに与えた影響と助成金を利用する研究者に与えた影響について、ジオパーク推進協議会事務局と研究者の両方の立場から議論する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地域住民によるモニタリング調査のジオパークへの活用：桜浜の地形変化
# Practical applications in the Tosashimizu Geopark Plan of site monitoring by local residents: Landform change of Sakurahama Beach

*今井 悟[1]、佐藤 久晃[1]、平野 順久
*Satoru Imai[1], Hisaaki Sato[1], Yorihisa Hirano

1. 土佐清水ジオパーク推進協議会
1. Tosashimizu Geopark Promotion Council

ジオパーク内のサイトを適切に管理するには，サイトのモニタリングを実施し，変化の実態を把握することが重要である．しかし，土佐清水ジオパーク構想におけるモニタリングは，ジオパーク推進室が主体となっており，様々な関係者と協働しやすいという利点がある反面，調査期間や頻度が十分でない.そのため，サイトの科学的な評価が困難な状況となっている．そこで，地域住民の写真や手記といった記録をモニタリング資料として扱うことで情報の補填を試みた．なお，地域住民がジオパーク活動に関わる以前から独自に蓄積していた記録について学術的な評価を与え，地域住民に還元することは，サイトの学術的価値やモニタリングの重要性を認識してもらう上で効果的であり，またジオパーク専門員の重要な役割でもある．

本発表で対象とした桜浜は，土佐清水市の中央部に竜串湾の湾奥部に位置するポケットビーチである．江戸時代から風光明媚な名所として知られている砂浜だが，近隣住民からは砂浜面積の縮小や礫の増加，打ちあがる貝殻の種類の変化などが指摘されている．砂浜海岸は人間の活動や環境変動による影響を受けやすいとされる．また，産卵場や幼生の生育場などとして一時的に砂浜海岸を利用する生物も多く，綿密なモニタリングをおこなう意義は大きい．筆者の1人である平野はほぼ毎日，桜浜の同じ地点で写真を撮影し，整理していた．その中には，台風前後の地形および粒度変化の様子や，孵化したアカウミガメの幼体などが収められている．本発表ではこれら写真を解析した結果と，今後の展望について議論する．

キーワード：ジオパーク、ジオサイト、保全、モニタリング、砂浜
Keywords: geopark, geosite, preservation, monitoring, sandy beach

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# おおいた豊後大野ジオパーク，軸丸棚田（日本の棚田百選）の形成と地形・地質環境

# Geological and geomorphological environment of the Jikumaru terraced paddy field (one of the Top 100 Terraced Paddy Fields in Japan) in the Oita Bungoono Geopark

*吉岡 敏和[1]
*Toshikazu Yoshioka[1]

1. おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会
1. Oita Bungoono Geopark Promotion Council

おおいた豊後大野ジオパーク内に位置する軸丸棚田は，日本の棚田百選の一つに選定された棚田である．この地域は，大野川と緒方川に挟まれた丘陵地帯で，緒方川支流の軸丸川水系の浅く小規模な谷によって開析されている．棚田はこれらの谷底を中心に形成されている．

この地域の地質は，上部白亜系の海成堆積物である大野川層群の霊山層と，それを広く覆って分布する阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物で構成されている．大野川層群霊山層は主に砂岩および礫岩で構成され，風化が進んでいる．また一部には風化した円礫層を載せる．この円礫層は風化程度から更新世前期ないし中期と推定されている平石礫層に対比可能である。阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物は，弱溶結ないし非溶結の軽石流堆積物を主とし，地域北側を流れる大野川沿いにのみ，柱状節理を伴う強溶結部分を伴っている．火砕流の堆積原面は浸食により失われ，ほとんど残存していない．

調査の結果，棚田が分布する範囲の西部と北部において，大野川層群の堆積岩が丘陵頂部まで分布し，それを不整合関係で覆うように非溶結ないし弱溶結の阿蘇4火砕流（一部阿蘇3火砕流）堆積物が広がっていることが判明した．すなわち，阿蘇火砕流堆積前には大野川層群からなるゆるやかな起伏を持った丘陵が存在し，その起伏を埋めるように阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物が堆積したと考えられる．これらの火砕流堆積物は，周辺の谷を埋めた部分と比較して厚さが薄く，溶結度も低いため，谷頭浸食により谷が形成されやすいと考えられる．これに対し地域北側の大野川沿いと南側の緒方川沿いでは，阿蘇4火砕流堆積物は強く溶結しているため，両側の河谷からの側方浸食は受けにくい．そのため，地域内部では浸食基準面が比較的高い位置にでき，棚田に適当な浅く広い谷が形成されたと考えられる．

このように軸丸棚田の形成は地形・地質の条件と密接に関係しており，今後，おおいた豊後大野ジオパークの構成要素として積極的に組み込んでいくことが可能となった．

キーワード：軸丸棚田、日本の棚田百選、大野川層群、阿蘇火砕流、おおいた豊後大野ジオパーク
Keywords: Jikumaru terraced paddy field, Top 100 Terraced Paddy Fields in Japan, Onogawa Group, Aso pyroclastic flow, Oita Bungoono Geopark

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# おおいた豊後大野ジオパーク, 軸丸棚田における土地利用と植生との関係
# The relationship of land utilization and vegetation at the Jikumaru terraced paddy field in the Oita Bungoono Geopark

*岩里 実季[1]、吉岡 敏和[2]
*Miki Iwasato[1], Toshikazu Yoshioka[2]

1. 豊後大野市役所商工観光課、2. おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会
1. Bungoono City, Trade, Industry and Tourism Division, 2. Oita Bungoono Geopark Promotion Council

軸丸棚田（大分県豊後大野市緒方町）はおおいた豊後大野ジオパーク内に位置し, 大野川と緒方川に挟まれた丘陵地帯に成立する棚田で, 日本の棚田百選の一つに選定されている. この丘陵地帯の基層には大野川層群, 阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物が存在し, その地質的特徴により, 浅く広い谷が形成されていた. かつては, 谷頭の湧水点から引いた水を利用し, 谷底部で水田が開削されたと考えられるが, 大正三年（1914）, 富士緒井路（用水路）が通水したことで水田面積が拡大し, 現在の棚田景観となった.

この棚田は人為的に作られた景観ではあるが, 尾根や谷が入り組んだ地形に加え水が豊富にあることから豊かな植生があるのではないかと言われていた. そこで実際にどのような植物が生育しているのかを詳細に把握するために, 以下のような調査を実施した.

調査は軸丸北棚田群を対象とした. 軸丸棚田の現状を把握するために, 国土地理院撮影の空中写真（2015年撮影）及び1/25,000現存植生図（環境省生物多様性センター）を用いて土地利用・植生図を作成した. 作図にはQGIS（QGIS Development Team 2018）を使用した. 軸丸棚田に生育する植物種を把握するために, ルートセンサス法による植物調査を6～9月に実施した. 軸丸棚田内の市道と農道を踏査し, 生育が確認できた種を記録した.

作成した土地利用図と地形図を比較した結果, 丘陵地帯の尾根にはアラカシの自然林に加えてスギやクヌギの植林が広がり, 緩斜面や谷部には水田が開削されていた. ただし, 谷頭と急斜面では耕作放棄水田が多く確認された.

植物調査の結果, シダ植物17種, 木本85種, 草本179種の計281種の植物を記録した（未同定種を除く）. 一般的な丘陵地帯に生育するコナラやヤブツバキ, フユイチゴ, アキノキリンソウなどがアラカシの自然林やスギ・クヌギの植林等で確認された. また, 畦畔には環境省絶滅危惧Ⅱ類及び大分県絶滅危惧IA類に指定されているミズオオバコや在来のタカサブロウ, ホタルイなどの水田植物を加えた106種が確認された. 他にも植栽種のソメイヨシノやアジサイ, ヒガンバナ等も確認された.

今回の調査の結果, 軸丸棚田では丘陵地帯の植物と水田植物の両方が複雑な地形の中で見られたことから, 棚田特有の植生が展開されていることがわかった. 一方で, 谷頭や急斜面では耕作放棄地が広がり水田植物の減少がみられた.

結果的に, 棚田特有の豊かな植生を維持するためには, 棚田景観の維持が必要であることに気づかされ, 棚田で耕作を続けていく難しさを垣間見た. これらは, 早急に解決できる問題ではないが, 引き続き植生についてはモニターする必要がある. そのためには, おおいた豊後大野ジオパークの構成要素の一つとして監視, 保全の対象にすることも一つの方策であると考える.

キーワード：軸丸棚田、日本の棚田百選、植生、土地利用、耕作放棄地、おおいた豊後大野ジオパーク
Keywords: Jikumaru terraced paddy field, Top 100 Terraced Paddy Fields in Japan, Vegetation, Land utilization, Abandoned paddy fields, Oita Bungoono Geopark

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇ユネスコ世界ジオパークにおけるアウトリーチ
# Outreach activities of Aso UNESCO Global Geopark

*鍵山 恒臣[1]、渡辺 一徳[1]、池辺 伸一郎[1]、石松 昭信[1]、豊村 克則[2]、兒玉 夏子[1]、高森 秀平[1]、宮北 志野[1]
*Tsuneomi Kagiyama[1], Kazunori Watanabe[1], Shinichiro Ikebe[1], Akinobu Ishimatsu[1], Katsunori Toyomura[2], Natsuko Kodama[1], Shuhei Takamori[1], Shino Miyakita[1]

1. 阿蘇ジオパーク推進協議会、2. 阿蘇火山博物館
1. Aso Geopark Promotion Council, 2. Aso Volcano Museum

阿蘇ユネスコ世界ジオパークが再認定審査を受けるに際して、課題をクリアするためのアクションプランを作成した。その中の１つは、ジオパーク内外への情報発信の強化であった。一昨年までの活動においては、2016年の熊本地震や阿蘇火山の噴火などによる災害の記録の収集を行い、それらの結果や災害からの復興の過程を発信してきた。昨年は、これらの活動に加えて、ジオガイドによるツアーの内容にこれらの成果を反映させるとともに、災害の要因となる地学現象に関する研究成果を収集し、その成果をＳＮＳや教育活動に加える取り組みを行ってきた。以下にそのいくつかを報告する。

ジオガイドによるツアーにおいて、地震や火山噴火の影響を説明の内容に加えていった。立野峡谷ジオサイトでは、この地域に大分ー熊本構造線の一部である布田川断層が走っており、繰り返される断層運動とその後の河川侵食によって阿蘇カルデラの外輪西壁が破壊されて今日の立野峡谷の景観を作っていること、阿蘇の神話においても地震の発生を示唆する言い伝えがあること、今回の熊本地震でも同様の活動があったことなどを加えている。内牧温泉ジオサイトでは、熊本地震によって温泉が出なくなる災害が発生したが、調査を行った結果、地震によって生じた地層のずれによって温泉井が破壊されたことが明らかとなり、温泉の修復ができたことなどがツアーにおいて紹介されている。中岳ジオサイトでは、2016年10月のマグマ水蒸気爆発による噴石の飛散状況などが解説に加えられている。環境省が国立公園に設置している看板の説明についても、研究成果が反映された内容になっている。

教育活動においても最近の調査の成果を繰り込んだ活動を行った。阿蘇中央高校では、高校1年生に必修科目として「阿蘇ジオパーク学」を開設している。この授業は、ジオパーク関係者が講師として参加し、阿蘇の火山活動、地震活動、震災からの復旧工事、阿蘇の観光を拡大するための工夫、草原の維持などのメニューを紹介した。生徒たちは、前期に得た知識をもとに後期に自主的な調査を行い、その結果を発表している。

阿蘇火山博物館の展示内容においても、研究機関等の協力を受け、最近の研究成果を反映した展示や、火口映像・火山観測データのリアルタイム表示など、低年齢者にも興味を持ってもらえる展示に更新している。手作りの地震計を揺らすとディスプレイに波形が表示される展示は、たいへん好評である。

SNSによる情報発信では、フェイスブックによる情報発信に注力し、情景写真、地域で行われる情報のリンク、地球科学的側面からの解説、防災に関する情報などを発信した。発信の内容別に「いいね」の数の分析をおこなった結果、情景写真については300～400程度、地域の情報には100前後、地球科学的解説には100～300程度、防災情報には100程度の「いいね」がほぼ定常的に得られていることがわかり、それぞれの来訪者層の興味に応じて「いいね」が押されていることが明らかとなった。現在では、これらのバランスを考慮して発信する内容を調節している。

「いいね」の数の多い情景の写真についても、ただきれいというだけで終わるのではなく、たとえば米塚の写真とともに、「ゆったりとした草原の風景がなぜ生まれたのか」という問題設定の中から、粘性率の低い玄武岩質の溶岩がこの地域を流れたことによって緩傾斜面が造られていることを、産総研が公開している火山地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

質図を引用しつつ紹介している。こうした紹介を通して、より専門的な研究成果が身近に発信されていることを知らせて、一般の人が親しめるきっかけを提供している。

また、阿蘇火山の活動状況は、たまに放送されるニュースだけによると、大げさに報道され、必ずしも本質的な理解にはなっていないと思われるので、気象庁が公表する活動状況に関する解説情報について、専門家はどの部分に注目して情報を出しているのかなどを解説する取り組みを行っている。こうした解説はやや難しい印象を与えているが、生の情報を理解したいと考えている人たちには、支持されている。

こうした取り組みは、まだ始めたばかりであり、今後、ジオパークが指定しているすべてのジオサイトに関する情報提供を行うこと、来訪者の疑問に答える情報発信に近づけていく努力が必要である。

キーワード：阿蘇ユネスコ世界ジオパーク、アウトリーチ、SNS
Keywords: Aso UNESCO Global Geopark, Outreach, SNS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geoscientific Setting and Educational Significances of Yonaguni Island in the Ryukyu Arc, Eastern Asia

*尾方 隆幸[1]、奈良 正和[2]、大坪 誠[3]、柴田 伊廣[4]
*Takayuki Ogata[1], Masakazu Nara[2], Makoto Otsubo[3], Tadahiro Shibata[4]

1. 琉球大学島嶼防災研究センター、2. 高知大学教育研究部自然科学系理学部門、3. 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、4. 文化庁文化財部記念物課天然記念物部門
1. Disaster Prevention Research Center for Island Regions, University of the Ryukyus, 2. Sciences Unit, Natural Sciences Cluster, Research and Education Faculty, Kochi University, 3. Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, 4. The Unit of Natural Monuments, Monuments and Sites Division, Cultural Properties Department, Agency for Cultural Affaire

The Ryukyu Arc lies along the subduction zone between Eurasia and Philippine Sea Plates. Yonaguni Island is located in southwestern most of the Ryukyu Arc, where geological setting connects the Taiwan central range and the Luzon volcanic arc. Miocene sandstone (Yaeyama group) is broadly exposed on island surface which forms low altitude mountains and hills (maximum elevation is 231 m). The Yaeyama Group, of which sandstones show some distinct physical sedimentary structures, such as hummocky or ripple cross-stratification, suggesting deposition in shallow-marine to marginal-marine settings, is characterized by pervasive occurrences of well-preserved trace fossils. Sandstone surfaces in wave-splash zone often show a honeycomb structure (tafoni) indicating physical disintegration by salt weathering under present coastal environments with strong wind. This honeycomb geometry seems to be controlled by the horizontal and vertical distances from coast line and sea level. Pleistocene limestone (Ryukyu group) partly covers the Yaeyama group and forms uplifted marine terraces made mainly from coral reef sediments. As the permeable limestones of Ryukyu Group broadly covers the less permeable Yaeyama Group, a number of natural springs rise at the bottom of the precipitous limestone cliffs, and provide water resources and scenic landscapes. Such stratigraphical, paleontological, geomorphological and hydrological features present significant sites to study seamless geoscience. Geoscientist should discuss scientific significances for conservation of several geosites in Yonaguni Island.

キーワード：琉球弧、ユーラシアプレート、フィリピン海プレート、砂岩、風化、八重山層群
Keywords: Ryukyu Arc, Eurasia Plate, Philippine Sea Plate, sandstone, weathering, Yaeyama group

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_33

## [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)

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。

[MIS08-P01] 大雪山カムイミンタラジオパーク構想の取組

*川辺 英行[1] (1.大雪山カムイミンタラジオパーク構想推進協議会)

[MIS08-P02] 「濁澄橋」が示す意味の再検討～白山手取川ジオパーク，牛首川・尾添川合流点の濁度特性～

*青木 賢人[1] (1.金沢大学地域創造学類)

[MIS08-P03] 山陰海岸ジオパークにおける学術研究奨励事業の取り組み

*郡山 鈴夏[1] (1.山陰海岸ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P04] 地域住民によるモニタリング調査のジオパークへの活用：桜浜の地形変化

*今井 悟[1]、佐藤 久晃[1]、平野 順久 (1.土佐清水ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P05] おおいた豊後大野ジオパーク，軸丸棚田（日本の棚田百選）の形成と地形・地質環境

*吉岡 敏和[1] (1.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P06] おおいた豊後大野ジオパーク,軸丸棚田における土地利用と植生との関係

*岩里 実季[1]、吉岡 敏和[2] (1.豊後大野市役所商工観光課、2.おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会)

[MIS08-P07] **阿蘇ユネスコ世界ジオパークにおけるアウトリーチ**

*鍵山 恒臣[1]、渡辺 一徳[1]、池辺 伸一郎[1]、石松 昭信[1]、豊村 克則[2]、兒玉 夏子[1]、高森 秀平[1]、宮北 志野[1] (1.阿蘇ジオパーク推進協議会、2.阿蘇火山博物館)

[MIS08-P08] Geoscientific Setting and Educational Significances of Yonaguni Island in the Ryukyu Arc, Eastern Asia

*尾方 隆幸[1]、奈良 正和[2]、大坪 誠[3]、柴田 伊廣[4] (1.琉球大学島嶼防災研究センター、2.高知大学教育研究部自然科学系理学部門、3.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、4.文化庁文化財部記念物課天然記念物部門)

# 大雪山カムイミンタラジオパーク構想の取組
# The efforts of Mt.Daisetsu-Kamuymintar Geopark Project

*川辺 英行[1]
*hideyuki kawabe[1]

1. 大雪山カムイミンタラジオパーク構想推進協議会
1. -

当地域では，旭川市，鷹栖町，東神楽町，比布町，当麻町，愛別町，上川町，東川町を範囲とする「大雪山カムイミンタラジオパーク構想」を推進している。
2012年から「あさひかわジオパークの会」を中心に行われてきた「カムイの大地ジオツアー」「ジオフォーラム」などの市民活動を背景に，2017年には関係自治体と市民団体による準備組織を立ち上げ，ジオパークを目指す地域として日本ジオパークネットワークに準会員として加盟した。2018年8月には，事業者団体等も加えた協議会に推進体制を移行したところである。
本発表では，大雪山カムイミンタラジオパーク構想及びその取組について紹介する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 「濁澄橋」が示す意味の再検討 ～白山手取川ジオパーク，牛首川・尾添川合流点の濁度特性～

# Re-examination of meaning indicated by "Nigori-Sumi (Muddy and clear) Bridge" ~Turbidity Characteristic of Meeting Point of the Ushikubi River and the Ozo River, in Hakusan Tedorigawa Geopark ~

*青木 賢人[1]
*Tatsuto Aoki[1]

1. 金沢大学地域創造学類
1. School of Regional Development Studies, Kanazawa University

白山手取川ジオパークを貫流する手取川水系をなす主要な流路として，白山西側の旧白峰村を源流とする幹線流路である牛首川と，北側の旧小口村を源流とする支流の尾添川がある．この二つの流路は旧小口村瀬戸地区の「濁澄橋」付近で合流し，手取川となって北流する．「濁澄」の語が意味するものは，二つの流路の濁度の違いである．白山手取川ジオパークのホームページには以下のように記され，濁度の高い水と低い水が合流している様子が写った写真が添えられている．

名前の由来は、手取川と尾添川の合流部にあり、荒天時には尾添川の濁りが久しく澄まないことからこの名前が付けられたと伝えられている。現在も同じく合流点では、清流と濁流の２色のコントラストを見ることができる。

今回の報告では，この二つの流路の濁度について計測を行い，人為的な河川管理との関係を整理した上で，「濁澄」の語が持つ今日的な意味を再検討した．

牛首川は白山御前峰（2702m），尾添川は白山大汝峰（2684m）を源流とし，濁澄橋付近の標高240mで合流する．地理院地図上で計測すると，合流点までの流路長は牛首川が34.3km（平均河床勾配71.8‰），尾添川が24.5km（同107.9‰）であり，尾添川の方が急勾配である．流域にはいずれも崩壊地・地滑りが多く分布している．ただし，尾添川源流域の地獄谷には古白山の火道があったと考えられており（長岡，1972），激しい変質が認められる．牛首川の流路には手取川ダムが建設されており，その流量はダムによってコントロールされている．一方，尾添川にはいくつかの砂防堰堤は建設されているがダムがなく，流量はコントロールされていない．

牛首川流域のダム上流側，手取ダム湖，およびその直下，尾添川，濁澄橋下流の合計5か所において台風による大規模出水の直後に採水を行い，濁度の変化を記録した．合わせて，国土交通省による水位観測データを合わせて分析を行った．その結果，大規模出水の直後には，流量がコントロールされておらず急峻で流域の地質がもろい尾添川において，流量・濁度とも高くなる一方で，ダムでコントロールされる牛首川ではダム内に水と細粒物質が貯留されることによって流量も濁度も上昇が抑制されている．濁澄橋付近においては，尾添川が「濁」で牛首川が「澄」の構造が生じる．一方，出水から時間が経過すると，尾添川では急激に流量が基底流量に近づき，濁度も低下していくのに対し，ダムからの放流が継続的に行われた牛首川では，流量が高く保たれるとともにダム内の濁り水が排水されることによって濁度も比較的高く保たれる状況が生じる．その結

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

果，牛首川が「濁」で尾添川が「澄」の状況が生じた（ただし，尾添川の流量が非常に少なくなるため，景観的にははっきりとしなくなる）．

濁澄橋は，「水の旅・石の旅」をキーコンセプトとする白山手取川ジオパークにおいて，河川による土砂運搬を理解するための主要なジオサイトの一つとして位置づけられている．今後は，人為的な河川環境への関与との関係性も含めた，河川と人との関係性をより深く考えることができるジオサイトとして再定義することが可能となろう．

キーワード：白山手取川ジオパーク、濁度、ダム
Keywords: Hakusan Tedorigawa Geopark, turbidity, artificial dam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山陰海岸ジオパークにおける学術研究奨励事業の取り組み
# Efforts of ‘Grant-in-aid for Science Research in San’ in Kaigan UGGp’

*郡山 鈴夏[1]
*Suzuka Koriyama[1]

1. 山陰海岸ジオパーク推進協議会
1. Sanin Kaigan Geopark Promotion Council

山陰海岸ジオパークは京都府北西部から兵庫県北部、鳥取県東部の3府県にまたがり、日本海形成から現在に至る多様な地形地質が存在し、それらを背景とした生き物や人々の暮らし、文化・歴史について触れることができるユネスコグローバルジオパークである。2007年に山陰海岸ジオパーク推進協議会が発足し、2008年に日本ジオパーク、2010年には世界ジオパークに加盟認定された。

山陰海岸ジオパークでは活動開始当初からエリア内での学術研究支援、特に地質学的な研究を重視しており、研究者向けの研究助成事業を行っている。

ジオパークのエリア内での学術研究の重要性は4年に1度行われる世界ジオパークの再認定審査においても示されており、審査の評価表の中では「Ⅲ1.2　少なくとも年間1本、卒業論文や修士論文（地質図作成など）が書かれている」「Ⅲ1.3　過去3年間にジオパークエリア内に関する博士論文が1本以上発表されている」「Ⅲ1.4　科学や観光に関する学術論文が過去5年間で5本発表されている」とエリア内で行われた学術研究の有無を問われる。

学術研究支援事業である「山陰海岸ジオパーク学術研究奨励事業」は2009年に開始し、2018年度まで継続して行われている（2019年2月現在、2019年度も実施予定）。その間、77件（応募件数は90件）の研究の支援を山陰海岸ジオパークとして行った。この10年間でエリア内の研究論文は確実に増加しており、卒業論文等の支援のみにとどまらず、学術研究奨励者による国内誌、国際誌への論文投稿も行われている。

一方、毎年報告される最新研究事例をジオパークとして十分に活用することはまだできておらず、蓄積する学術研究をどうジオパーク活動に生かしていくかが本事業の課題でもある。

本発表では、10年継続してきた学術研究奨励事業が山陰海岸ジオパークに与えた影響と助成金を利用する研究者に与えた影響について、ジオパーク推進協議会事務局と研究者の両方の立場から議論する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地域住民によるモニタリング調査のジオパークへの活用：桜浜の地形変化
# Practical applications in the Tosashimizu Geopark Plan of site monitoring by local residents: Landform change of Sakurahama Beach

*今井 悟[1]、佐藤 久晃[1]、平野 順久
*Satoru Imai[1], Hisaaki Sato[1], Yorihisa Hirano

1. 土佐清水ジオパーク推進協議会
1. Tosashimizu Geopark Promotion Council

ジオパーク内のサイトを適切に管理するには，サイトのモニタリングを実施し，変化の実態を把握することが重要である．しかし，土佐清水ジオパーク構想におけるモニタリングは，ジオパーク推進室が主体となっており，様々な関係者と協働しやすいという利点がある反面，調査期間や頻度が十分でない.そのため，サイトの科学的な評価が困難な状況となっている．そこで，地域住民の写真や手記といった記録をモニタリング資料として扱うことで情報の補填を試みた．なお，地域住民がジオパーク活動に関わる以前から独自に蓄積していた記録について学術的な評価を与え，地域住民に還元することは，サイトの学術的価値やモニタリングの重要性を認識してもらう上で効果的であり，またジオパーク専門員の重要な役割でもある．

本発表で対象とした桜浜は，土佐清水市の中央部に竜串湾の湾奥部に位置するポケットビーチである．江戸時代から風光明媚な名所として知られている砂浜だが，近隣住民からは砂浜面積の縮小や礫の増加，打ちあがる貝殻の種類の変化などが指摘されている．砂浜海岸は人間の活動や環境変動による影響を受けやすいとされる．また，産卵場や幼生の生育場などとして一時的に砂浜海岸を利用する生物も多く，綿密なモニタリングをおこなう意義は大きい．筆者の1人である平野はほぼ毎日，桜浜の同じ地点で写真を撮影し，整理していた．その中には，台風前後の地形および粒度変化の様子や，孵化したアカウミガメの幼体などが収められている．本発表ではこれら写真を解析した結果と，今後の展望について議論する．

キーワード：ジオパーク、ジオサイト、保全、モニタリング、砂浜
Keywords: geopark, geosite, preservation, monitoring, sandy beach

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# おおいた豊後大野ジオパーク，軸丸棚田（日本の棚田百選）の形成と地形・地質環境

# Geological and geomorphological environment of the Jikumaru terraced paddy field (one of the Top 100 Terraced Paddy Fields in Japan) in the Oita Bungoono Geopark

*吉岡 敏和[1]
*Toshikazu Yoshioka[1]

1. おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会
1. Oita Bungoono Geopark Promotion Council

おおいた豊後大野ジオパーク内に位置する軸丸棚田は，日本の棚田百選の一つに選定された棚田である．この地域は，大野川と緒方川に挟まれた丘陵地帯で，緒方川支流の軸丸川水系の浅く小規模な谷によって開析されている．棚田はこれらの谷底を中心に形成されている．

この地域の地質は，上部白亜系の海成堆積物である大野川層群の霊山層と，それを広く覆って分布する阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物で構成されている．大野川層群霊山層は主に砂岩および礫岩で構成され，風化が進んでいる．また一部には風化した円礫層を載せる．この円礫層は風化程度から更新世前期ないし中期と推定されている平石礫層に対比可能である。阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物は，弱溶結ないし非溶結の軽石流堆積物を主とし，地域北側を流れる大野川沿いにのみ，柱状節理を伴う強溶結部分を伴っている．火砕流の堆積原面は浸食により失われ，ほとんど残存していない．

調査の結果，棚田が分布する範囲の西部と北部において，大野川層群の堆積岩が丘陵頂部まで分布し，それを不整合関係で覆うように非溶結ないし弱溶結の阿蘇4火砕流（一部阿蘇3火砕流）堆積物が広がっていることが判明した．すなわち，阿蘇火砕流堆積前には大野川層群からなるゆるやかな起伏を持った丘陵が存在し，その起伏を埋めるように阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物が堆積したと考えられる．これらの火砕流堆積物は，周辺の谷を埋めた部分と比較して厚さが薄く，溶結度も低いため，谷頭浸食により谷が形成されやすいと考えられる．これに対し地域北側の大野川沿いと南側の緒方川沿いでは，阿蘇4火砕流堆積物は強く溶結しているため，両側の河谷からの側方浸食は受けにくい．そのため，地域内部では浸食基準面が比較的高い位置にでき，棚田に適当な浅く広い谷が形成されたと考えられる．

このように軸丸棚田の形成は地形・地質の条件と密接に関係しており，今後，おおいた豊後大野ジオパークの構成要素として積極的に組み込んでいくことが可能となった．

キーワード：軸丸棚田、日本の棚田百選、大野川層群、阿蘇火砕流、おおいた豊後大野ジオパーク
Keywords: Jikumaru terraced paddy field, Top 100 Terraced Paddy Fields in Japan, Onogawa Group, Aso pyroclastic flow, Oita Bungoono Geopark

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# おおいた豊後大野ジオパーク, 軸丸棚田における土地利用と植生との関係
# The relationship of land utilization and vegetation at the Jikumaru terraced paddy field in the Oita Bungoono Geopark

*岩里 実季[1]、吉岡 敏和[2]
*Miki Iwasato[1], Toshikazu Yoshioka[2]

1. 豊後大野市役所商工観光課、2. おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会
1. Bungoono City, Trade, Industry and Tourism Division, 2. Oita Bungoono Geopark Promotion Council

軸丸棚田（大分県豊後大野市緒方町）はおおいた豊後大野ジオパーク内に位置し, 大野川と緒方川に挟まれた丘陵地帯に成立する棚田で, 日本の棚田百選の一つに選定されている. この丘陵地帯の基層には大野川層群, 阿蘇3および阿蘇4火砕流堆積物が存在し, その地質的特徴により, 浅く広い谷が形成されていた. かつては, 谷頭の湧水点から引いた水を利用し, 谷底部で水田が開削されたと考えられるが, 大正三年（1914）, 富士緒井路（用水路）が通水したことで水田面積が拡大し, 現在の棚田景観となった.

この棚田は人為的に作られた景観ではあるが, 尾根や谷が入り組んだ地形に加え水が豊富にあることから豊かな植生があるのではないかと言われていた. そこで実際にどのような植物が生育しているのかを詳細に把握するために, 以下のような調査を実施した.

調査は軸丸北棚田群を対象とした. 軸丸棚田の現状を把握するために, 国土地理院撮影の空中写真（2015年撮影）及び1/25,000現存植生図（環境省生物多様性センター）を用いて土地利用・植生図を作成した. 作図にはQGIS（QGIS Development Team 2018）を使用した. 軸丸棚田に生育する植物種を把握するために, ルートセンサス法による植物調査を6～9月に実施した. 軸丸棚田内の市道と農道を踏査し, 生育が確認できた種を記録した.

作成した土地利用図と地形図を比較した結果, 丘陵地帯の尾根にはアラカシの自然林に加えてスギやクヌギの植林が広がり, 緩斜面や谷部には水田が開削されていた. ただし, 谷頭と急斜面では耕作放棄水田が多く確認された.

植物調査の結果, シダ植物17種, 木本85種, 草本179種の計281種の植物を記録した（未同定種を除く）. 一般的な丘陵地帯に生育するコナラやヤブツバキ, フユイチゴ, アキノキリンソウなどがアラカシの自然林やスギ・クヌギの植林等で確認された. また, 畦畔には環境省絶滅危惧Ⅱ類及び大分県絶滅危惧IA類に指定されているミズオオバコや在来のタカサブロウ, ホタルイなどの水田植物を加えた106種が確認された. 他にも植栽種のソメイヨシノやアジサイ, ヒガンバナ等も確認された.

今回の調査の結果, 軸丸棚田では丘陵地帯の植物と水田植物の両方が複雑な地形の中で見られたことから, 棚田特有の植生が展開されていることがわかった. 一方で, 谷頭や急斜面では耕作放棄地が広がり水田植物の減少がみられた.

結果的に, 棚田特有の豊かな植生を維持するためには, 棚田景観の維持が必要であることに気づかされ, 棚田で耕作を続けていく難しさを垣間見た. これらは, 早急に解決できる問題ではないが, 引き続き植生についてはモニターする必要がある. そのためには, おおいた豊後大野ジオパークの構成要素の一つとして監視, 保全の対象にすることも一つの方策であると考える.

キーワード：軸丸棚田、日本の棚田百選、植生、土地利用、耕作放棄地、おおいた豊後大野ジオパーク
Keywords: Jikumaru terraced paddy field, Top 100 Terraced Paddy Fields in Japan, Vegetation, Land utilization, Abandoned paddy fields, Oita Bungoono Geopark

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 阿蘇ユネスコ世界ジオパークにおけるアウトリーチ
# Outreach activities of Aso UNESCO Global Geopark

*鍵山 恒臣[1]、渡辺 一徳[1]、池辺 伸一郎[1]、石松 昭信[1]、豊村 克則[2]、兒玉 夏子[1]、高森 秀平[1]、宮北 志野[1]
*Tsuneomi Kagiyama[1], Kazunori Watanabe[1], Shinichiro Ikebe[1], Akinobu Ishimatsu[1], Katsunori Toyomura[2], Natsuko Kodama[1], Shuhei Takamori[1], Shino Miyakita[1]

1. 阿蘇ジオパーク推進協議会、2. 阿蘇火山博物館
1. Aso Geopark Promotion Council, 2. Aso Volcano Museum

阿蘇ユネスコ世界ジオパークが再認定審査を受けるに際して、課題をクリアするためのアクションプランを作成した。その中の１つは、ジオパーク内外への情報発信の強化であった。一昨年までの活動においては、2016年の熊本地震や阿蘇火山の噴火などによる災害の記録の収集を行い、それらの結果や災害からの復興の過程を発信してきた。昨年は、これらの活動に加えて、ジオガイドによるツアーの内容にこれらの成果を反映させるとともに、災害の要因となる地学現象に関する研究成果を収集し、その成果をＳＮＳや教育活動に加える取り組みを行ってきた。以下にそのいくつかを報告する。

ジオガイドによるツアーにおいて、地震や火山噴火の影響を説明の内容に加えていった。立野峡谷ジオサイトでは、この地域に大分ー熊本構造線の一部である布田川断層が走っており、繰り返される断層運動とその後の河川侵食によって阿蘇カルデラの外輪西壁が破壊されて今日の立野峡谷の景観を作っていること、阿蘇の神話においても地震の発生を示唆する言い伝えがあること、今回の熊本地震でも同様の活動があったことなどを加えている。内牧温泉ジオサイトでは、熊本地震によって温泉が出なくなる災害が発生したが、調査を行った結果、地震によって生じた地層のずれによって温泉井が破壊されたことが明らかとなり、温泉の修復ができたことなどがツアーにおいて紹介されている。中岳ジオサイトでは、2016年10月のマグマ水蒸気爆発による噴石の飛散状況などが解説に加えられている。環境省が国立公園に設置している看板の説明についても、研究成果が反映された内容になっている。

教育活動においても最近の調査の成果を繰り込んだ活動を行った。阿蘇中央高校では、高校1年生に必修科目として「阿蘇ジオパーク学」を開設している。この授業は、ジオパーク関係者が講師として参加し、阿蘇の火山活動、地震活動、震災からの復旧工事、阿蘇の観光を拡大するための工夫、草原の維持などのメニューを紹介した。生徒たちは、前期に得た知識をもとに後期に自主的な調査を行い、その結果を発表している。

阿蘇火山博物館の展示内容においても、研究機関等の協力を受け、最近の研究成果を反映した展示や、火口映像・火山観測データのリアルタイム表示など、低年齢者にも興味を持ってもらえる展示に更新している。手作りの地震計を揺らすとディスプレイに波形が表示される展示は、たいへん好評である。

SNSによる情報発信では、フェイスブックによる情報発信に注力し、情景写真、地域で行われる情報のリンク、地球科学的側面からの解説、防災に関する情報などを発信した。発信の内容別に「いいね」の数の分析をおこなった結果、情景写真については300～400程度、地域の情報には100前後、地球科学的解説には100～300程度、防災情報には100程度の「いいね」がほぼ定常的に得られていることがわかり、それぞれの来訪者層の興味に応じて「いいね」が押されていることが明らかとなった。現在では、これらのバランスを考慮して発信する内容を調節している。

「いいね」の数の多い情景の写真についても、ただきれいというだけで終わるのではなく、たとえば米塚の写真とともに、「ゆったりとした草原の風景がなぜ生まれたのか」という問題設定の中から、粘性率の低い玄武岩質の溶岩がこの地域を流れたことによって緩傾斜面が造られていることを、産総研が公開している火山地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

質図を引用しつつ紹介している。こうした紹介を通して、より専門的な研究成果が身近に発信されていることを知らせて、一般の人が親しめるきっかけを提供している。

また、阿蘇火山の活動状況は、たまに放送されるニュースだけによると、大げさに報道され、必ずしも本質的な理解にはなっていないと思われるので、気象庁が公表する活動状況に関する解説情報について、専門家はどの部分に注目して情報を出しているのかなどを解説する取り組みを行っている。こうした解説はやや難しい印象を与えているが、生の情報を理解したいと考えている人たちには、支持されている。

こうした取り組みは、まだ始めたばかりであり、今後、ジオパークが指定しているすべてのジオサイトに関する情報提供を行うこと、来訪者の疑問に答える情報発信に近づけていく努力が必要である。

キーワード：阿蘇ユネスコ世界ジオパーク、アウトリーチ、SNS
Keywords: Aso UNESCO Global Geopark, Outreach, SNS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geoscientific Setting and Educational Significances of Yonaguni Island in the Ryukyu Arc, Eastern Asia

*尾方 隆幸[1]、奈良 正和[2]、大坪 誠[3]、柴田 伊廣[4]
*Takayuki Ogata[1], Masakazu Nara[2], Makoto Otsubo[3], Tadahiro Shibata[4]

1. 琉球大学島嶼防災研究センター、2. 高知大学教育研究部自然科学系理学部門、3. 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、4. 文化庁文化財部記念物課天然記念物部門
1. Disaster Prevention Research Center for Island Regions, University of the Ryukyus, 2. Sciences Unit, Natural Sciences Cluster, Research and Education Faculty, Kochi University, 3. Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, 4. The Unit of Natural Monuments, Monuments and Sites Division, Cultural Properties Department, Agency for Cultural Affaire

The Ryukyu Arc lies along the subduction zone between Eurasia and Philippine Sea Plates. Yonaguni Island is located in southwestern most of the Ryukyu Arc, where geological setting connects the Taiwan central range and the Luzon volcanic arc. Miocene sandstone (Yaeyama group) is broadly exposed on island surface which forms low altitude mountains and hills (maximum elevation is 231 m). The Yaeyama Group, of which sandstones show some distinct physical sedimentary structures, such as hummocky or ripple cross-stratification, suggesting deposition in shallow-marine to marginal-marine settings, is characterized by pervasive occurrences of well-preserved trace fossils. Sandstone surfaces in wave-splash zone often show a honeycomb structure (tafoni) indicating physical disintegration by salt weathering under present coastal environments with strong wind. This honeycomb geometry seems to be controlled by the horizontal and vertical distances from coast line and sea level. Pleistocene limestone (Ryukyu group) partly covers the Yaeyama group and forms uplifted marine terraces made mainly from coral reef sediments. As the permeable limestones of Ryukyu Group broadly covers the less permeable Yaeyama Group, a number of natural springs rise at the bottom of the precipitous limestone cliffs, and provide water resources and scenic landscapes. Such stratigraphical, paleontological, geomorphological and hydrological features present significant sites to study seamless geoscience. Geoscientist should discuss scientific significances for conservation of several geosites in Yonaguni Island.

キーワード：琉球弧、ユーラシアプレート、フィリピン海プレート、砂岩、風化、八重山層群
Keywords: Ryukyu Arc, Eurasia Plate, Philippine Sea Plate, sandstone, weathering, Yaeyama group

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

## [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)

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。

[MIS13-P01] 有機物分解指標に関係する生体分子組成変化と生化学的プロセス

*保原 達[1]、小川 浩史[2] (1.酪農学園大学、2.東京大学)

[MIS13-P02] Community and metabolic responses of marine bacteria to the dissolved organic matter derived from phytoplankton

*多田 雄哉[1]、鈴木 光次[2]、山下 洋平[2] (1.国立水俣病総合研究センター、2.北海道大学)

[MIS13-P03] High production of benthic algae promoted by increased available phosphate in the Obitsu River tidal flat

*高貝 柚希[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

[MIS13-P04] High Concentration of Phosphate and its Mechanism in "Gomi-kui" and "Gata-do"

*木幡 聡[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

[MIS13-P05] 硫酸イオンの溶出フラックスと主成分分析による広島市内太田川派川のヘドロ化の推定

板村 弘貴[1]、*横尾 頼子[1] (1.同志社大学理工学部)

[MIS13-P06] 多層化された陸面過程モデルBEAMSによる土壌内部のエネルギー・水・炭素動態の評価

*小宮山 敬介[1]、佐々井 崇博[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

# 有機物分解指標に関係する生体分子組成変化と生化学的プロセス
# Biomolecular composition changes and biochemical processes associated with indicators of organic matter degradation

*保原 達[1]、小川 浩史[2]
*Satoru Hobara[1], Hiroshi Ogawa[2]

1. 酪農学園大学、2. 東京大学
1. Rakuno Gakuen University, 2. The University of Tokyo

地球表層の優占的な炭素の形態は分解の進んだ有機物であり、これらは生物のエネルギーや栄養分の重要な給源となっている。こうした分解の進んだ有機物の生物利用可能性は、その化学組成によって著しく制御される。陸域や海洋環境において行われてきた多くの研究によって、分解過程において、有機物の化学組成の中でも特に生体分子組成に様々な特徴的変化が見られることが明らかとなってきた。しかしながら、そうした生体分子変化の規則性やそれを導く要因については不明な点が多い。また、分解段階を表す有用な指標の特徴の違いも議論が不足している。そこで本研究では、分解の進んだ有機物の生体分子に基づいた解析手法のレビューや比較を行うとともに、より簡便で有用な指標の開発に取り組んだ。その結果、分解有機物中の一部の一般的によく測定されるアミノ酸において、分解段階に従っての一方向的な増減が見られ、それが短期一長期、陸域一海洋を問わず、すなわち時空間の違いによらず生じている可能性が示唆された。アミノ酸の中でも分解において増加するものと減少するものを調べてゆくことにより、これまであまり議論されてこなかった分解の背景において生じている様々な生化学的プロセスが示唆されたので、その結果などについて報告する。

キーワード：分解指標、アミノ酸、陸と海、アミノ糖
Keywords: degradation indicators, Amino acids, land and ocean, Amino sugars

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Community and metabolic responses of marine bacteria to the dissolved organic matter derived from phytoplankton

*多田 雄哉[1]、鈴木 光次[2]、山下 洋平[2]
*Yuya Tada[1], Koji Suzuki[2], Youhei Yamashita[2]

1. 国立水俣病総合研究センター、2. 北海道大学
1. National Institute For Minamata Disease, 2. Hokkaido University

Dissolved organic matter (DOM) representing one of the largest reduced carbon pools in the ocean, are strongly involved in the global biogeochemical processes. It is considered that a large part of labile DOM in the marine environments is derived from the photosynthesis and cell lysis of phytoplankton. Dissolved organic matter derived from phytoplankton (DOMP) can affect the bacterial community composition and metabolisms. However, little is known about the characteristics of DOMP, and the community and metabolic response of marine bacteria to the addition of DOMP. In this study, we analyzed amino acid composition in the DOMP-lysates from two different phytoplankton cultures, the diatom *Thalassiosira oceanica* (CCMP1005) and the haptophyte *Emiliania huxleyi* (CCMP374), and examined the community and metabolism of marine bacteria in response to these DOMP-lysates using metagenomic approaches. Amino acid analyses for the DOMP-lysates from two strains showed distinctive free amino acid (FAA) compositions, but little changes in their hydrolytic amino acid (HAA) fractions. The proportions of arginine, gamma-aminobutyric acid (GABA) and serine to the total FAAs in *E. huxleyi* were relatively higher than those in *T. oceanica*. However, glutamate and ornithine were the dominant FAAs in the DOMP-lysates from *T. oceanica*. As for the HAA, glutamate and alanine were dominant HAAs in both phytoplankton cultures. In addition, we conducted incubation experiments using natural seawater amended with the lysates from both diatom and haptophyte. Analysis of 16S rRNA genes in the metagenomic sequences revealed that community shifts of marine bacteria in response to DOMP-lysate additions. Relative abundance of *Firmicutes* increased in both DOMP treatments. *Bacteroidetes* increased in response to the addition of DOMP derived from the diatom. Metagenomics analysis of functional genes showed that the genes involved in histidine-, sulfur-, lipopolysaccharide-metabolisms, and polyamine biosynthesis increased in both DOMP treatments. In contrast, the relative abundance of genes associated with glycosaminoglycan metabolism and phosphotransferase system decreased. Fluorescent DOM analysis for initial and amended seawater showed that the fluorescence intensity of a protein-like matter from *E. huxleyi* decreased during incubation. These data suggest that the DOMP-lysates derived from phytoplankton can be a primary factor to change the community composition and metabolisms of marine bacteria, and may change the DOM characteristics in the marine environments.

キーワード：海洋細菌、植物プランクトン、溶存態有機物、アミノ酸、メタゲノム
Keywords: Marine bacteria, phytoplankton, Dissolved organic matter, Amino acids, Metagenome

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# High production of benthic algae promoted by increased available phosphate in the Obitsu River tidal flat

*高貝 柚希[1]、楊 宗興[1]
*Yuzuki Takagai[1], Muneoki Yoh[1]

1. 国立大学法人東京農工大学
1. Tokyo University of Agriculture and Technology

Tidal flats are an environment of high biological productivity, with many benthic organisms such as crabs and bivalves. Major primary producers in tidal ecosystems are regarded as benthic algae inhabiting on the sediment surface. So far, such a eutrophic property has been attributed to organic matter and nutrients derived from the upper stream. Here, we raise a hypothesis that photosynthesis of benthic algae is promoted by available phosphate ($PO_4^{3-}$) that is increased abiotically in tidal flats, which can support higher trophic level organisms. Phosphate bound to iron oxides is expected to be released accompanied with iron reduction under reductive environment, which is easily formed in sediments of tidal flats. In this study, we aimed to quantitatively show the production of benthic algae promoted by the available phosphate.

A monthly survey was conducted from June to December 2018 (except August) in a small creek beside the Obitsu River estuary in Kisarazu City, Chiba Prefecture. At two station of a downstream site (St.1) and an upper stream site (St.2) of the blind tubular creek, photosynthesis was measured by in situ light and dark chambers, and water analysis of pore water and properties of surface sediments were also determined. Phosphate concentration was measured by the molybdenum blue method, and the ammonium concentration by the indophenol blue method. The flux of phosphate and ammonium from sediments was measured from the concentration change in the chamber with time. Chl a, particle size composition and organic matter contents were measured for surface sediments.

Positive phosphate flux from the sediment surface was detected. At an upper stream site of a small creek, the dissolved oxygen flux was positive in the light condition and negative in the dark condition, showing the photosynthesis of benthic algae. The maximum photosynthesis rate (185 mg $O_2 m^{-2} h^{-1}$) was higher than previous reports. On the other hand, at a lower stream site, the dissolved oxygen flux was often negative not only under dark condition but under light condition. This fact implies that, despite high Chl a concentration and sufficient light onto the sediment surface, oxygen consumption due to organic decomposition surpassed photosynthesis. Organic contents were St.1>St.2. The particle size was smaller at St.1. The average N/P ratio of the pore water was 14 in St.2, whereas 4.8 at St.1, being much lower than the Redfield ratio. This remarkable low N/P ratio suggests the occurrence of abiotic phosphate production within the sediment at this site.

Results show that available phosphate is produced to promote the active primary production of benthic algae in this tidal creek. On the other hand, this creek showed a remarkable spatial difference in organic matter contents and N/P ratio.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# High Concentration of Phosphate and its Mechanism in "Gomi-kui" and "Gata-do"

*木幡 聡[1]、楊 宗興[1]
*KOWATA Satoshi[1], Muneoki Yoh[1]

1. 国立大学法人東京農工大学
1. Tokyo University of Agriculture and Technology

[Introduction]
River and creeks (waterways) network is developed in Saga plain, which has water and water storage functions. Silt from the upper stream and suspension clay carried by tidal effect are accumulated in creeks and rivers. Mud sediment in creeks has been used as a fertilizer until the spread of chemical fertilizer (Kato 1997). This work is called "Gomi-kui". On the other hand, the mud sediment deposited in the flow passage of the river tidal area such as the Rokkaku River is called "Gata-do". This has been considered to be a nutrient supply source to the Ariake Sea by solutes of nutrient (Mishima 2017). The present study hypothesized "Gomi-kui" and "Gata-do" is abundant in nutrients through a phosphate release by reduction of iron oxide in reductive sediments. We investigated to clarify this hypothesis.
[Results and Discussion]
Concentration of $PO_4^{3-}$ in pore water of “Gata-do” increased along the flowing-down the river. The highest concentration of 73.5 $\mu$mol $L^{-1}$ was observed at the point of 5.5 km from the river mouth (Fig. 1). This increase in $PO_4^{3-}$ concentration was associated with the increase in clay content and the decrease in DO (Fig. 2). That is, the development of reductional environment apparently influenced the increase of $PO_4^{3-}$ concentration. From the upstream to the 19.6 km point, the concentration of $Fe^{2+}$ and $S^{2-}$ in the pore water also increased. From the downstream side of 19.6 km point, however, $Fe^{2+}$ and $S^{2-}$ concentration decreased, while the $PO_4^{3-}$ concentration continued to increase. A positive correlation was found between the increase in EC and the increase in $PO_4^{3-}$ concentration ($p < 0.05$). It is likely from this result that the formation of iron sulfide (FeS) is involved in increasing the concentration of $PO_4^{3-}$. In the reductive sediment, $PO_4^{3-}$ would be released in association with Fe reduction. In addition, as an effect of seawater intrusion, the reduction of $SO_4^{2-}$ would produce abundant $S^{2-}$ to remove $Fe^{2+}$ as FeS. $PO_4^{3-}$ would remain in dissolved state without being affected by $Fe^{2+}$ (Hartzell and Jordan 2012). This mechanism is expected to contribute to high $PO_4^{3-}$ concentration.
Similar results were observed for “Gomi-kui” mud: high $PO_4^{3-}$ concentration, tendency of increase and decrease in $Fe^{2+}$ and $S^{2-}$ concentration, decrease in DO, and increase in clay content. Results suggest that phosphate concentration is remarkably incresed due to the mechanism associated with Fe reduction in “Gomi-kui” and “Gata-do”. Phosphate released from lowlying areas could be a source to coastal areas.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

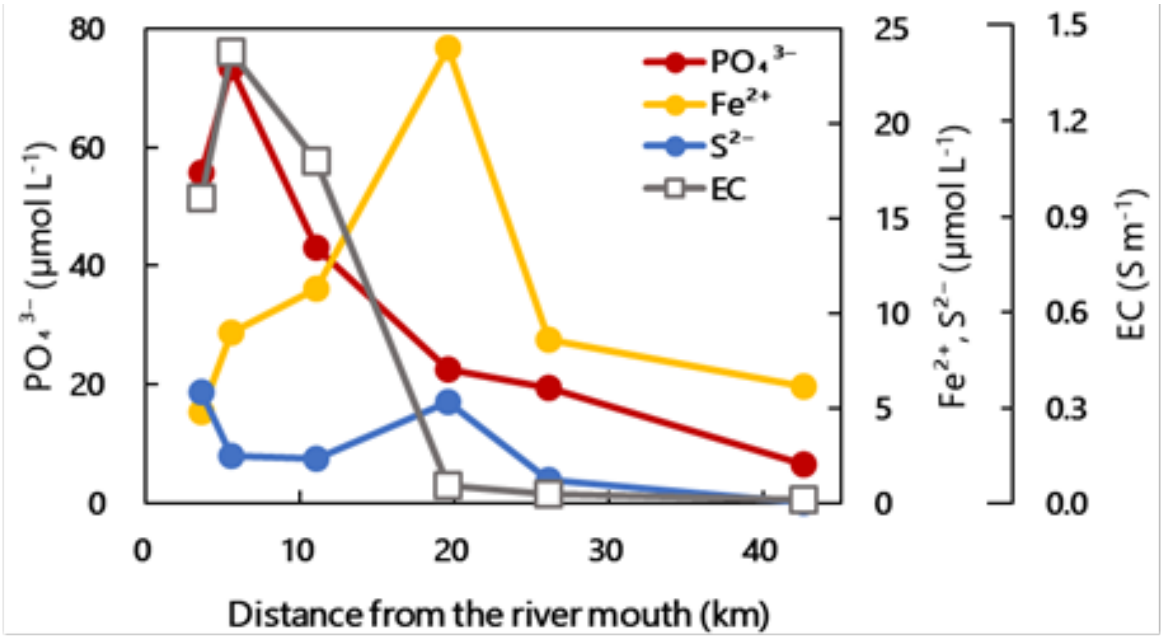



Fig.1 $PO_4^{3-}$, $Fe^{2+}$, $S^{2-}$ concentration in pore water and EC in surface water along the flowing-down the Rokkaku

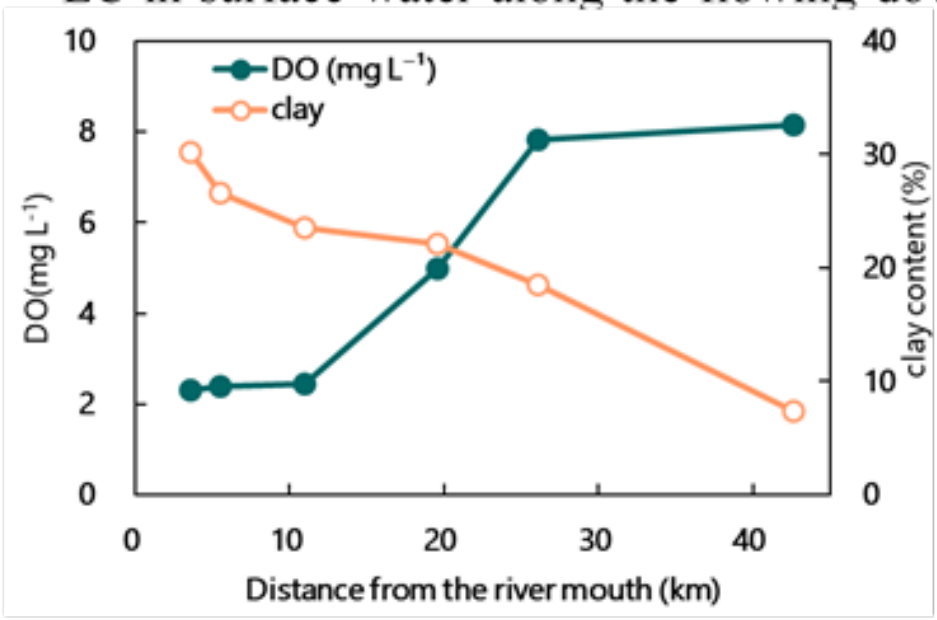



Fig.2 EC, DO in surface water and clay content of sedeiment along the flowing-down the Rokkaku River

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 硫酸イオンの溶出フラックスと主成分分析による広島市内太田川派川のヘドロ化の推定

# Estimation of the formation and reduction of organic mud in tidal river using sulfate ionic flux and principal component analysis

板村 弘貴[1]、*横尾 頼子[1]
Hiroki Itamura[1], *Yoriko Yokoo[1]

1. 同志社大学理工学部
1. Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

感潮河川である太田川派川において，河川水と間隙水中の元素濃度を測定し，河川水中の環境因子について複数の測定データを総合的に解釈できる主成分分析を用いて，ヘドロ化が起きている地点の推定を試みた．

調査地は太田川水系のうちの4河川（元安川，本川，天満川，太田川放水路）における13地点である．2018年8月30日，31日に各地点で広島湾の潮位が高い時と低い時の2回河川水と河床堆積物を採取した．堆積物は生試料の密度と乾燥後の重量を測定した．河川水と間隙水はpHを測定し，孔径0.2μmメンブレンフィルターで過し，イオンクロマトグラフィーとICP質量分析計を用いて主要イオン，FeおよびMnの濃度を測定した．

間隙水-河川水における主要陽イオンと$SO_4^{2-}$の溶出フラックス$J_{SO4}$を計算したところ，全地点において，$J_{Ca}$と$J_{SO4}$は正の相関を示した．$J_{SO4}$が負の値を示す地点において$J_{SO4}$と$J_{Ca}$はより強い正の相関を示した．堆積物中で$SO_4^{2-}$の還元が起きることによって，間隙水中の$SO_4^{2-}$が減少しフラックスが負になったと考えられる．したがって，これらの地点ではヘドロ化が起きている可能性がある．河川水と堆積物の間において，ヘドロ化，つまり$H_2S$の発生のもととなる$SO_4^{2-}$の挙動は，海水に多く含まれる$Na^+$，$K^+$，$Ca^{2+}$および$Mg^{2+}$のうち$Ca^{2+}$の挙動と似ていると考えられる．

$J_{SO4}$が負である地点について，$Ca^{2+}$の溶出フラックス$J_{Ca}$，$J_{SO4}$，含水比w，空隙率φ，塩分，間隙水のpH，間隙水中のMnおよびFe濃度の8変数を用いて主成分分析を行った．主成分分析によって得られた8つの主成分のうち解釈すべき主成分は分散より第2主成分までと判断した．主成分負荷量について，第1主成分はFe，$J_{Ca}$，$J_{SO4}$，φおよびMnが正，第2主成分はw，pH，$J_{SO4}$，および$J_{Ca}$が正であった．したがって，第1主成分は酸化還元状態の指標，第2主成分はヘドロ化の進行の指標であると解釈できる．主成分得点の結果から，第1主成分が負，第2主成分が正である領域では堆積物中の還元は$SO_4^{2-}$からFeSの生成よりもさらに$SO_4^{2-}$から$H_2S$の発生まで起きていると考えられ，ヘドロ化が推定される．

キーワード：感潮河川、溶出フラックス、主成分分析、有機泥
Keywords: tidal river, sulfate flux, principal component analysis, organic mud

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 多層化された陸面過程モデルBEAMSによる土壌内部のエネルギー・水・炭素動態の評価

# Evaluating the relationship among energy, water and carbon in soil by using multi-layered land surface model, BEAMS

*小宮山 敬介[1]、佐々井 崇博[1]
*Keisuke Komiyama[1], Takahiro Sasai[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Tohoku University Graduate School of Science

気候変動に伴い土壌から大気への炭素放出量は増加する可能性が指摘されている。温暖化に対する土壌炭素動態の応答が注目されているが、土壌内部の構成プロセスは複雑であるために科学的理解が十分ではなく、モデル高度化が不可欠とされる。特に、土壌内部の素過程の再現性が課題であり、定性的・定量的な理解を進めることが必要である。土壌内部の炭素動態をコントロールする主な項目として、地温、土壌水分量、土壌凍結量がある。これまで、詳細な水文モデルと炭素モデルを密にリンクさせて、これらの項目が地下の炭素にどう応答するかを調べた研究はなかった。そこで、本研究では、既存の陸域生態系モデルBiosphere model integrating Eco-physiological And Mechanistic approaches using Satellite data (BEAMS) (Sasai et al., 2016)に詳細な水文モデルを統合し、新たな陸面過程モデルへ発展させて土壌炭素分解速度を解析した。

1982年から2011年の期間、全球1°グリッドでモデル実験を実施した。その結果、全球平均の土壌炭素分解速度はモデル実験期間を通じて増加傾向を示した。土壌の感度実験では、増加傾向の16%が主要３項目によって引き起こされていることがわかった。土壌の深さ（上層（0.00m~0.05m）、中層（0.05m~0.30m）、下層（0.30m~1.00m））に対する感度実験では、上層、中層、下層がそれぞれ8.1%、5.7%、2.2%の土壌分解速度を増加傾向に導くことがわかった。全球平均で下層の効果は上層や中層の効果と比べ小さく、地下の土壌炭素は、表層の土壌炭素に比べて熱・水環境の変化の影響が小さいことを表した。しかし、空間分布をみると、北半球の寒冷地域やアフリカ南部の草原など、地域的には下層の効果が大きな領域があった。下層の湿潤化や土壌凍結量の減少により深い層の土壌炭素が大気へ放出されており、これらの領域では、深い層において気候変動に対する土壌炭素の役割が重要だと考えられる。

キーワード：陸域炭素循環、陸面過程モデル、土壌炭素動態
Keywords: terrestrial carbon cycle, land surface model, soil carbon dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_34

## [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)

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。

[MIS13-P01] 有機物分解指標に関係する生体分子組成変化と生化学的プロセス

*保原 達[1]、小川 浩史[2] (1.酪農学園大学、2.東京大学)

[MIS13-P02] Community and metabolic responses of marine bacteria to the dissolved organic matter derived from phytoplankton

*多田 雄哉[1]、鈴木 光次[2]、山下 洋平[2] (1.国立水俣病総合研究センター、2.北海道大学)

[MIS13-P03] High production of benthic algae promoted by increased available phosphate in the Obitsu River tidal flat

*高貝 柚希[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

[MIS13-P04] High Concentration of Phosphate and its Mechanism in "Gomi-kui" and "Gata-do"

*木幡 聡[1]、楊 宗興[1] (1.国立大学法人東京農工大学)

[MIS13-P05] 硫酸イオンの溶出フラックスと主成分分析による広島市内太田川派川のヘドロ化の推定

板村 弘貴[1]、*横尾 頼子[1] (1.同志社大学理工学部)

[MIS13-P06] 多層化された陸面過程モデルBEAMSによる土壌内部のエネルギー・水・炭素動態の評価

*小宮山 敬介[1]、佐々井 崇博[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

# 有機物分解指標に関係する生体分子組成変化と生化学的プロセス
# Biomolecular composition changes and biochemical processes associated with indicators of organic matter degradation

*保原 達[1]、小川 浩史[2]
*Satoru Hobara[1], Hiroshi Ogawa[2]

1. 酪農学園大学、2. 東京大学
1. Rakuno Gakuen University, 2. The University of Tokyo

地球表層の優占的な炭素の形態は分解の進んだ有機物であり、これらは生物のエネルギーや栄養分の重要な給源となっている。こうした分解の進んだ有機物の生物利用可能性は、その化学組成によって著しく制御される。陸域や海洋環境において行われてきた多くの研究によって、分解過程において、有機物の化学組成の中でも特に生体分子組成に様々な特徴的変化が見られることが明らかとなってきた。しかしながら、そうした生体分子変化の規則性やそれを導く要因については不明な点が多い。また、分解段階を表す有用な指標の特徴の違いも議論が不足している。そこで本研究では、分解の進んだ有機物の生体分子に基づいた解析手法のレビューや比較を行うとともに、より簡便で有用な指標の開発に取り組んだ。その結果、分解有機物中の一部の一般的によく測定されるアミノ酸において、分解段階に従っての一方向的な増減が見られ、それが短期一長期、陸域一海洋を問わず、すなわち時空間の違いによらず生じている可能性が示唆された。アミノ酸の中でも分解において増加するものと減少するものを調べてゆくことにより、これまであまり議論されてこなかった分解の背景において生じている様々な生化学的プロセスが示唆されたので、その結果などについて報告する。

キーワード：分解指標、アミノ酸、陸と海、アミノ糖
Keywords: degradation indicators, Amino acids, land and ocean, Amino sugars

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Community and metabolic responses of marine bacteria to the dissolved organic matter derived from phytoplankton

*多田 雄哉[1]、鈴木 光次[2]、山下 洋平[2]
*Yuya Tada[1], Koji Suzuki[2], Youhei Yamashita[2]

1. 国立水俣病総合研究センター、2. 北海道大学
1. National Institute For Minamata Disease, 2. Hokkaido University

Dissolved organic matter (DOM) representing one of the largest reduced carbon pools in the ocean, are strongly involved in the global biogeochemical processes. It is considered that a large part of labile DOM in the marine environments is derived from the photosynthesis and cell lysis of phytoplankton. Dissolved organic matter derived from phytoplankton (DOMP) can affect the bacterial community composition and metabolisms. However, little is known about the characteristics of DOMP, and the community and metabolic response of marine bacteria to the addition of DOMP. In this study, we analyzed amino acid composition in the DOMP-lysates from two different phytoplankton cultures, the diatom *Thalassiosira oceanica* (CCMP1005) and the haptophyte *Emiliania huxleyi* (CCMP374), and examined the community and metabolism of marine bacteria in response to these DOMP-lysates using metagenomic approaches. Amino acid analyses for the DOMP-lysates from two strains showed distinctive free amino acid (FAA) compositions, but little changes in their hydrolytic amino acid (HAA) fractions. The proportions of arginine, gamma-aminobutyric acid (GABA) and serine to the total FAAs in *E. huxleyi* were relatively higher than those in *T. oceanica*. However, glutamate and ornithine were the dominant FAAs in the DOMP-lysates from *T. oceanica*. As for the HAA, glutamate and alanine were dominant HAAs in both phytoplankton cultures. In addition, we conducted incubation experiments using natural seawater amended with the lysates from both diatom and haptophyte. Analysis of 16S rRNA genes in the metagenomic sequences revealed that community shifts of marine bacteria in response to DOMP-lysate additions. Relative abundance of *Firmicutes* increased in both DOMP treatments. *Bacteroidetes* increased in response to the addition of DOMP derived from the diatom. Metagenomics analysis of functional genes showed that the genes involved in histidine-, sulfur-, lipopolysaccharide-metabolisms, and polyamine biosynthesis increased in both DOMP treatments. In contrast, the relative abundance of genes associated with glycosaminoglycan metabolism and phosphotransferase system decreased. Fluorescent DOM analysis for initial and amended seawater showed that the fluorescence intensity of a protein-like matter from *E. huxleyi* decreased during incubation. These data suggest that the DOMP-lysates derived from phytoplankton can be a primary factor to change the community composition and metabolisms of marine bacteria, and may change the DOM characteristics in the marine environments.

キーワード：海洋細菌、植物プランクトン、溶存態有機物、アミノ酸、メタゲノム
Keywords: Marine bacteria, phytoplankton, Dissolved organic matter, Amino acids, Metagenome

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# High production of benthic algae promoted by increased available phosphate in the Obitsu River tidal flat

*高貝 柚希[1]、楊 宗興[1]
*Yuzuki Takagai[1], Muneoki Yoh[1]

1. 国立大学法人東京農工大学
1. Tokyo University of Agriculture and Technology

Tidal flats are an environment of high biological productivity, with many benthic organisms such as crabs and bivalves. Major primary producers in tidal ecosystems are regarded as benthic algae inhabiting on the sediment surface. So far, such a eutrophic property has been attributed to organic matter and nutrients derived from the upper stream. Here, we raise a hypothesis that photosynthesis of benthic algae is promoted by available phosphate ($PO_4^{3-}$) that is increased abiotically in tidal flats, which can support higher trophic level organisms. Phosphate bound to iron oxides is expected to be released accompanied with iron reduction under reductive environment, which is easily formed in sediments of tidal flats. In this study, we aimed to quantitatively show the production of benthic algae promoted by the available phosphate.

A monthly survey was conducted from June to December 2018 (except August) in a small creek beside the Obitsu River estuary in Kisarazu City, Chiba Prefecture. At two station of a downstream site (St.1) and an upper stream site (St.2) of the blind tubular creek, photosynthesis was measured by in situ light and dark chambers, and water analysis of pore water and properties of surface sediments were also determined. Phosphate concentration was measured by the molybdenum blue method, and the ammonium concentration by the indophenol blue method. The flux of phosphate and ammonium from sediments was measured from the concentration change in the chamber with time. Chl a, particle size composition and organic matter contents were measured for surface sediments.

Positive phosphate flux from the sediment surface was detected. At an upper stream site of a small creek, the dissolved oxygen flux was positive in the light condition and negative in the dark condition, showing the photosynthesis of benthic algae. The maximum photosynthesis rate (185 mg $O_2 m^{-2} h^{-1}$) was higher than previous reports. On the other hand, at a lower stream site, the dissolved oxygen flux was often negative not only under dark condition but under light condition. This fact implies that, despite high Chl a concentration and sufficient light onto the sediment surface, oxygen consumption due to organic decomposition surpassed photosynthesis. Organic contents were St.1>St.2. The particle size was smaller at St.1. The average N/P ratio of the pore water was 14 in St.2, whereas 4.8 at St.1, being much lower than the Redfield ratio. This remarkable low N/P ratio suggests the occurrence of abiotic phosphate production within the sediment at this site.

Results show that available phosphate is produced to promote the active primary production of benthic algae in this tidal creek. On the other hand, this creek showed a remarkable spatial difference in organic matter contents and N/P ratio.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# High Concentration of Phosphate and its Mechanism in "Gomi-kui" and "Gata-do"

*木幡 聡[1]、楊 宗興[1]
*KOWATA Satoshi[1], Muneoki Yoh[1]

1. 国立大学法人東京農工大学
1. Tokyo University of Agriculture and Technology

[Introduction]
River and creeks (waterways) network is developed in Saga plain, which has water and water storage functions. Silt from the upper stream and suspension clay carried by tidal effect are accumulated in creeks and rivers. Mud sediment in creeks has been used as a fertilizer until the spread of chemical fertilizer (Kato 1997). This work is called "Gomi-kui". On the other hand, the mud sediment deposited in the flow passage of the river tidal area such as the Rokkaku River is called "Gata-do". This has been considered to be a nutrient supply source to the Ariake Sea by solutes of nutrient (Mishima 2017). The present study hypothesized "Gomi-kui" and "Gata-do" is abundant in nutrients through a phosphate release by reduction of iron oxide in reductive sediments. We investigated to clarify this hypothesis.
[Results and Discussion]
Concentration of $PO_4^{3-}$ in pore water of “Gata-do” increased along the flowing-down the river. The highest concentration of 73.5 $\mu$mol $L^{-1}$ was observed at the point of 5.5 km from the river mouth (Fig. 1). This increase in $PO_4^{3-}$ concentration was associated with the increase in clay content and the decrease in DO (Fig. 2). That is, the development of reductional environment apparently influenced the increase of $PO_4^{3-}$ concentration. From the upstream to the 19.6 km point, the concentration of $Fe^{2+}$ and $S^{2-}$ in the pore water also increased. From the downstream side of 19.6 km point, however, $Fe^{2+}$ and $S^{2-}$ concentration decreased, while the $PO_4^{3-}$ concentration continued to increase. A positive correlation was found between the increase in EC and the increase in $PO_4^{3-}$ concentration ($p < 0.05$). It is likely from this result that the formation of iron sulfide (FeS) is involved in increasing the concentration of $PO_4^{3-}$. In the reductive sediment, $PO_4^{3-}$ would be released in association with Fe reduction. In addition, as an effect of seawater intrusion, the reduction of $SO_4^{2-}$ would produce abundant $S^{2-}$ to remove $Fe^{2+}$ as FeS. $PO_4^{3-}$ would remain in dissolved state without being affected by $Fe^{2+}$ (Hartzell and Jordan 2012). This mechanism is expected to contribute to high $PO_4^{3-}$ concentration.
Similar results were observed for “Gomi-kui” mud: high $PO_4^{3-}$ concentration, tendency of increase and decrease in $Fe^{2+}$ and $S^{2-}$ concentration, decrease in DO, and increase in clay content. Results suggest that phosphate concentration is remarkably incresed due to the mechanism associated with Fe reduction in “Gomi-kui” and “Gata-do”. Phosphate released from lowlying areas could be a source to coastal areas.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

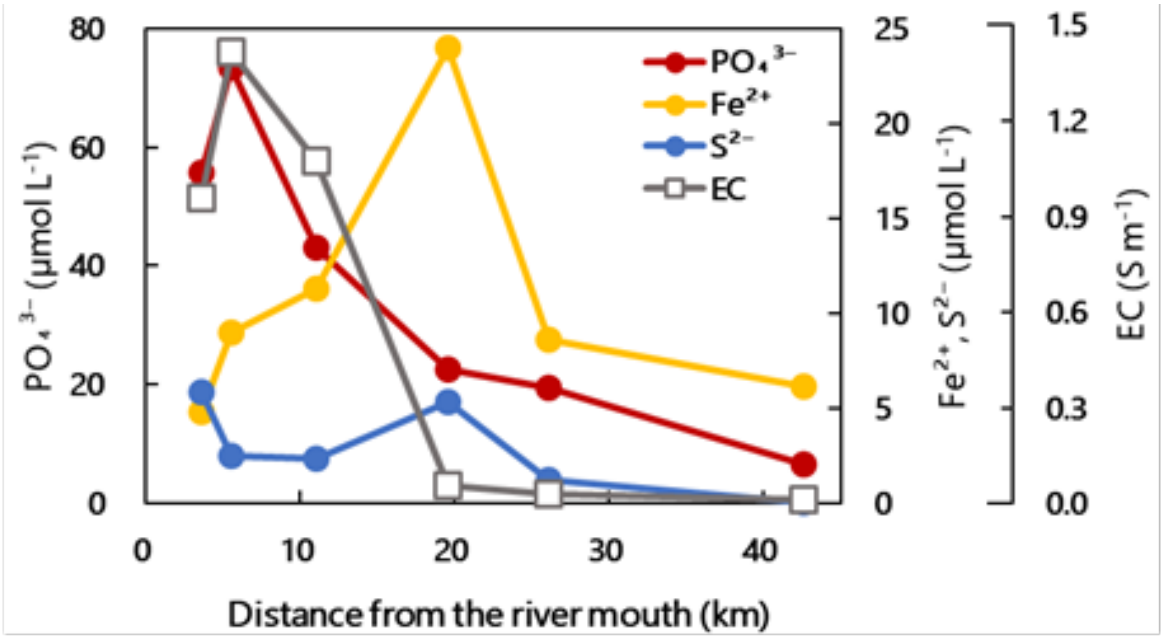



Fig.1 $PO_4^{3-}$, $Fe^{2+}$, $S^{2-}$ concentration in pore water and EC in surface water along the flowing-down the Rokkaku

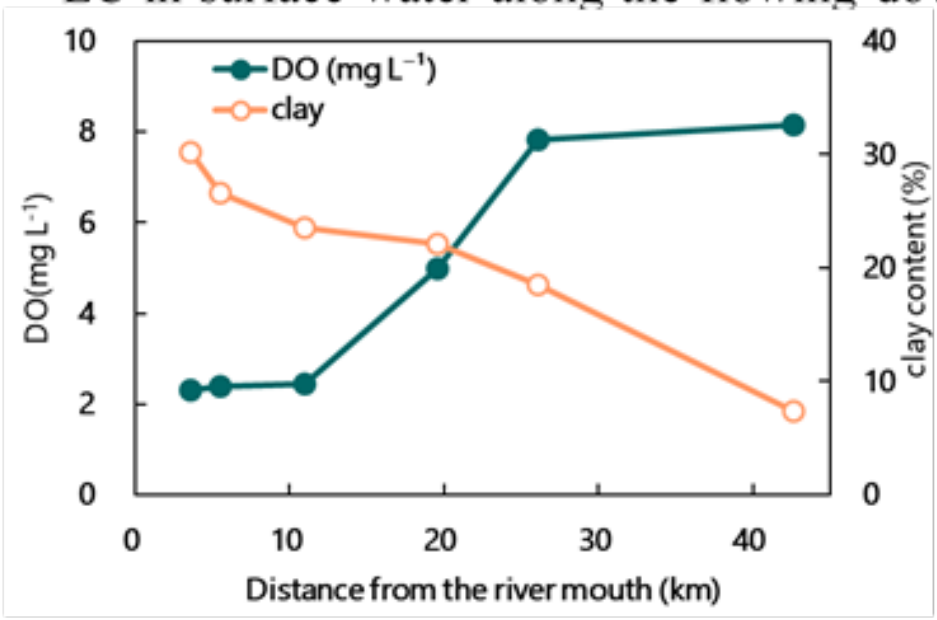



Fig.2 EC, DO in surface water and clay content of sedeiment along the flowing-down the Rokkaku River

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 硫酸イオンの溶出フラックスと主成分分析による広島市内太田川派川のヘドロ化の推定

# Estimation of the formation and reduction of organic mud in tidal river using sulfate ionic flux and principal component analysis

板村 弘貴[1]、*横尾 頼子[1]
Hiroki Itamura[1], *Yoriko Yokoo[1]

1. 同志社大学理工学部
1. Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

感潮河川である太田川派川において，河川水と間隙水中の元素濃度を測定し，河川水中の環境因子について複数の測定データを総合的に解釈できる主成分分析を用いて，ヘドロ化が起きている地点の推定を試みた．

調査地は太田川水系のうちの4河川（元安川，本川，天満川，太田川放水路）における13地点である．2018年8月30日，31日に各地点で広島湾の潮位が高い時と低い時の2回河川水と河床堆積物を採取した．堆積物は生試料の密度と乾燥後の重量を測定した．河川水と間隙水はpHを測定し，孔径0.2μmメンブレンフィルターで過し，イオンクロマトグラフィーとICP質量分析計を用いて主要イオン，FeおよびMnの濃度を測定した．

間隙水-河川水における主要陽イオンと$SO_4^{2-}$の溶出フラックス$J_{SO4}$を計算したところ，全地点において，$J_{Ca}$と$J_{SO4}$は正の相関を示した．$J_{SO4}$が負の値を示す地点において$J_{SO4}$と$J_{Ca}$はより強い正の相関を示した．堆積物中で$SO_4^{2-}$の還元が起きることによって，間隙水中の$SO_4^{2-}$が減少しフラックスが負になったと考えられる．したがって，これらの地点ではヘドロ化が起きている可能性がある．河川水と堆積物の間において，ヘドロ化，つまり$H_2S$の発生のもととなる$SO_4^{2-}$の挙動は，海水に多く含まれる$Na^+$，$K^+$，$Ca^{2+}$および$Mg^{2+}$のうち$Ca^{2+}$の挙動と似ていると考えられる．

$J_{SO4}$が負である地点について，$Ca^{2+}$の溶出フラックス$J_{Ca}$，$J_{SO4}$，含水比w，空隙率φ，塩分，間隙水のpH，間隙水中のMnおよびFe濃度の8変数を用いて主成分分析を行った．主成分分析によって得られた8つの主成分のうち解釈すべき主成分は分散より第2主成分までと判断した．主成分負荷量について，第1主成分はFe，$J_{Ca}$，$J_{SO4}$，φおよびMnが正，第2主成分はw，pH，$J_{SO4}$，および$J_{Ca}$が正であった．したがって，第1主成分は酸化還元状態の指標，第2主成分はヘドロ化の進行の指標であると解釈できる．主成分得点の結果から，第1主成分が負，第2主成分が正である領域では堆積物中の還元は$SO_4^{2-}$からFeSの生成よりもさらに$SO_4^{2-}$から$H_2S$の発生まで起きていると考えられ，ヘドロ化が推定される．

キーワード：感潮河川、溶出フラックス、主成分分析、有機泥
Keywords: tidal river, sulfate flux, principal component analysis, organic mud

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 多層化された陸面過程モデルBEAMSによる土壌内部のエネルギー・水・炭素動態の評価

# Evaluating the relationship among energy, water and carbon in soil by using multi-layered land surface model, BEAMS

*小宮山 敬介[1]、佐々井 崇博[1]
*Keisuke Komiyama[1], Takahiro Sasai[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Tohoku University Graduate School of Science

気候変動に伴い土壌から大気への炭素放出量は増加する可能性が指摘されている。温暖化に対する土壌炭素動態の応答が注目されているが、土壌内部の構成プロセスは複雑であるために科学的理解が十分ではなく、モデル高度化が不可欠とされる。特に、土壌内部の素過程の再現性が課題であり、定性的・定量的な理解を進めることが必要である。土壌内部の炭素動態をコントロールする主な項目として、地温、土壌水分量、土壌凍結量がある。これまで、詳細な水文モデルと炭素モデルを密にリンクさせて、これらの項目が地下の炭素にどう応答するかを調べた研究はなかった。そこで、本研究では、既存の陸域生態系モデルBiosphere model integrating Eco-physiological And Mechanistic approaches using Satellite data (BEAMS) (Sasai et al., 2016)に詳細な水文モデルを統合し、新たな陸面過程モデルへ発展させて土壌炭素分解速度を解析した。

1982年から2011年の期間、全球1°グリッドでモデル実験を実施した。その結果、全球平均の土壌炭素分解速度はモデル実験期間を通じて増加傾向を示した。土壌の感度実験では、増加傾向の16%が主要３項目によって引き起こされていることがわかった。土壌の深さ（上層（0.00m~0.05m）、中層（0.05m~0.30m）、下層（0.30m~1.00m））に対する感度実験では、上層、中層、下層がそれぞれ8.1%、5.7%、2.2%の土壌分解速度を増加傾向に導くことがわかった。全球平均で下層の効果は上層や中層の効果と比べ小さく、地下の土壌炭素は、表層の土壌炭素に比べて熱・水環境の変化の影響が小さいことを表した。しかし、空間分布をみると、北半球の寒冷地域やアフリカ南部の草原など、地域的には下層の効果が大きな領域があった。下層の湿潤化や土壌凍結量の減少により深い層の土壌炭素が大気へ放出されており、これらの領域では、深い層において気候変動に対する土壌炭素の役割が重要だと考えられる。

キーワード：陸域炭素循環、陸面過程モデル、土壌炭素動態
Keywords: terrestrial carbon cycle, land surface model, soil carbon dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

## [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)

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。

### [MIS14-P01] 低塩の海氷融解水がアイスアルジーの生物量と組成に与える影響

*髙橋 啓伍[1]、真壁 竜介[2,3]、高尾 信太郎[2,3]、小達 恒夫[2,3]、茂木 正人[1,2] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

### [MIS14-P02] Effects of lugol’s fixtation on preservation of samples for carbon and nitrogen stable isotope and molecular analyses

*佐野 雅美[1]、真壁 竜介[1,2]、山本 あゆ[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.東京海洋大学、4.創価大学)

### [MIS14-P03] 南大洋生態系研究への環境DNAの導入

*立花 愛子[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

### [MIS14-P04] アメリ―棚氷沖におけるフラジルアイスと高生物量の同時発生過程

*町村 典彦[1]、大島 慶一郎[2]、中田 和輝[3]、伊藤 優人[2]、深町 康[2,4]、真壁 竜介[5]、高尾 信太郎[5]、二橋 創平[6] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.リモート・センシング技術センター、4.北海道大学北極域研究センター、5.国立極地研究所、6.苫小牧工業高等専門学校)

### [MIS14-P05] 南大洋ビンセネス湾沖における端脚類*Themisto gaudichaudii*の摂餌生態

*松下 隼士[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

### [MIS14-P06] 南大洋の季節海氷域における亜表層クロロフィル極大の時系列観測

*影沢 歩友子[1]、佐野 雅美[2]、高尾 信太郎[1,2]、真壁 竜介[1,2]、溝端 浩平[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[2] (1.総合研究大学院大学、2.極地研究所、3.東京海洋大学、4.創価大学)

### [MIS14-P07] 東南極における大気硫酸の硫黄安定同位体組成の季節変動と大気硫黄循環への示唆

*石野 咲子[1]、服部 祥平[1]、Joel Savarino[2]、Michel Legrand[2]、Susanne Preunkert[2]、Bruno Jourdain[2]、Francis Albarede[3]、Emmanuelle Albalat[3]、吉田 尚弘[1,4] (1.東京工業大学物質理工学院応用化学系、2.グルノーブル大学/CNRS、環境地球科学研究所、3.リヨン高等師範学校（LGL-TPE）、4.東京工業大学地球生命研究所)

### [MIS14-P08] 南極ドームふじ氷床コアの大気組成からみるターミネーション2の気候変動

*大藪 幾美[1,2]、川村 賢二[1,3,4]、北村 享太郎[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

### [MIS14-P09] Reconstruction of Antarctic ice sheet dynamics in the Last Interglacial

*飯塚 睦[1]、関 宰[1]、板木 拓也[2]、入野 智久[1]、池原 実[4]、杉崎 彩子[2]、山本 正伸[1]、堀川 恵司[5]、菅沼 悠介[3] (1.北海道大学、2.産業技術総合研究所、3.国立極地研究所、4.高知大学海洋コア総合研究センター、5.富山大学)

[MIS14-P10] 南大洋の表層水温から推測される鮮新世の温暖期のCO2濃度

*関 宰[1]、下野 智大[2] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院)

[MIS14-P11] **Lithogenic fluxes across a transect in the SW Indian Ocean since the last glacial inception**

*Eri Helen Amsler[1]、Walter Geibert[2]、Gerhard Kuhn[2]、Minoru Ikehara[3]、Samuel Jaccard[1] (1.Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland、2.Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany、3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Kochi, Japan)

[MIS14-P12] MIS M2からの温暖化過程におけるRoss海から産出した珪藻化石群集の変化

*石野 沙季[1]、須藤 斎[2]、McKay Rob[3]、De Santis Laura[4]、Kluhanek Denise[5]、IODP Exp. 374乗船研究者 一同 (1.産業技術総合研究所、2.名古屋大学環境学研究科、3.Victoria University、4.Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale、5.Texas A&M University)

[MIS14-P13] Geological insights into formation of Conrad Rise, Southern Ocean: Preliminary geological results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*佐藤 暢[1]、藤井 昌和[2,3]、松井 浩紀[4]、池原 実[4] (1.専修大学経営学部、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

[MIS14-P14] 新たな古環境プロキシとしての黄金色藻シスト化石

*加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学海洋コア総合研究センター（日本学術振興会 特別研究員）)

[MIS14-P15] Spatiotemporal variability of surface mass balance along the JARE traverse route for 1991−2019

*津滝 俊[1]、本山 秀明[2,3]、阿部 彩子[1,4]、藤田 秀二[2,3]、川村 賢二[2,3,4] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

[MIS14-P16] The weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica

*金丸 龍夫[1]、菅沼 悠介[2]、大岩根 尚[3]、三浦 英樹[2]、三浦 真[4]、奥野 淳一[2]、早川 秀章[5] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.国立極地研究所、3.合同会社むすひ、4.金沢大学、5.東京大学宇宙線研究所)

[MIS14-P17] 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」2年次研究報告

*福田 洋一[1]、西島 潤[2]、風間 卓仁[1]、中村 和樹[3]、土井 浩一郎[4]、菅沼 悠介[4]、奥野 淳一[4]、新谷 昌人[5]、金田 平太郎[6]、青山 雄一[4]、三浦 英樹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門、3.日本大学 工学部 情報工学科、4.国立極地研究所、5.東京大学地震研究所、6.千葉大学理学研究科)

[MIS14-P18] Late Pleistocene to Holocene sea-level change in East Antarctica revealed by glacial isostatic adjustment modeling

*石輪 健樹[1]、奥野 淳一[1,2]、菅沼 悠介[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)

[MIS14-P19] An modeling study of Antarctic ice sheet of the Last Glacial Maximum and the last deglaciation

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、Greve Ralf[3]、齋藤 冬樹[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P20] Development of a coupled ice-sheet/earth rebound model for Antarctic ice-sheet simulation

*齋藤 冬樹[1]、阿部 彩子[2,1]、奥野 淳一[3]、小長谷 貴志[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.国立極地研究所)

[MIS14-P21] Polar amplifications in the past warm periods obtained from MIROC 4m AOGCM

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

[MIS14-P22] Using a coupled AOGCM to study the Antarctic climate of the mid-Pliocene warm period

*Wing-Le Chan[1]、Ayako Abe-Ouchi[1,2] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.National Institute of Polar Research)

[MIS14-P23] CMIP5モデル結果解析による地球温暖化が海洋基礎生産に与える影響の定量的評価

*岡 顕[1]、中村 有希[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[MIS14-P24] 氷期に発生した数千年スケールの気候変動の要因分析

*三木 あかり[1]、阿部 彩子[2]、シェリフ多田野 サム[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)

[MIS14-P25] First continuous profiler observation of wintertime Antarctic coastal polynya

*青木 茂[1]、小野 数也[1]、平野 大輔[1]、伊藤 優人[1]、野口 智英[2]、小澤 知史[2] (1.北海道大学、2.マリンワークジャパン)

[MIS14-P26] Surface topography survey for bared rock and accumulated snow in Antarctica by Unmanned Aero Vehicle

*青山 雄一[1,2,3]、服部 晃久[2,3]、大石 猛[3,4]、土井 浩一郎[1,2,3]、野木 義史[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.第59次南極地域観測隊、4.NEC)

[MIS14-P27] 南大洋季節海氷域北限域における巨大係留系長期観測記録の解析

*渡部 和帆[1]、溝端 浩平[1]、北出 裕二郎[1] (1.東京海洋大学)

[MIS14-P28] 2019年夏季のケープダンレー沖におけるクロロフルオロカーボンと六フッ化硫黄の観測結果速報

*大橋 良彦[1]、川合 美千代[1]、佐々木 建一[2]、熊川 小綾花[1]、田村 尚之[1]、大島 慶一郎[3] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P29] 西南極アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量変動メカニズム

*二橋 創平[1]、峯 康太[1]、中田 和輝[2] (1.苫小牧高専、2.リモート・センシング技術センター)

[MIS14-P30] Estimation of thin ice thickness and discrimination of ice type from AMSR2 passive microwave data

*中田 和輝[1]、田丸 直也[1]、二橋 創平[2]、大島 慶一郎[3] (1.一般財団法人リモート・センシング技術センター、2.苫小牧工業高等専門学校、3.北海道大学低温科学研究所)

# 低塩の海氷融解水がアイスアルジーの生物量と組成に与える影響
# Preliminary study on the effect of low-salinity ice melting water on biomass and composition of ice algae

*髙橋 啓伍[1]、真壁 竜介[2,3]、高尾 信太郎[2,3]、小達 恒夫[2,3]、茂木 正人[1,2]
*Keigo Takahashi[1], Ryosuke Makabe[2,3], Shintaro Takao[2,3], Tsuneo Odate[2,3], Masato Moteki[1,2]

1. 東京海洋大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

Upon sea ice melting ice algae are subject to low salinity water, sometimes nearly freshwater, while sea ice produces a brine (high salinity). Certain taxa of ice algae, primarily diatom, increase in cell number after released in water column (seeding). Since lower salinity water deteriorates photosynthetic efficiency of ice algae, such a variability of salinity is likely to influence seeding of ice algae during melting season. However, it is not clear how biomass, abundance, composition and mortality of ice-algal community changes under different salinity conditions. To further understand the mechanism for seeding of ice algae, we conducted a shipboard experiment in the Indian Sector of the Southern Ocean during austral summer.

We collected pack ice and surface seawater in the ice edge (65º17.9’ S, 109º40.9’ E) on January 16$^{th}$, 2019 during the 22nd Antarctic voyage by the training vessel *Umitaka-maru*. Sea ice was melted with different volume of filtered seawater (moderate salinity: 10.0 kg ice+90 L filtered sea water, FSW, low salinity: 8.6 kg ice+10 L FSW) to simulate different final salinity (moderate: 30.05, low: 18.00). We incubated the algal communities in seawater and two types of sea-ice melting water (moderate and low salinity conditions) under a natural light condition for 24 hours, with temperature maintained by a circulating surface seawater. Before and after the incubation, we obtained chlorophyll *a* concentration (bulk and size-fraction), Lugol-fixed samples for microscopic analysis and cell viability (live or dead).

After 24 hours, <10 $\mu$m size class of ice-algal communities in both moderate and low salinity conditions showed a significant difference in the ratio of chlorophyll *a* concentration (chl *a* fin. /chl *a* ini.) relative to the bulk and >10 $\mu$m size class (Tukey-Kramer test, Fig.). The ratio of chl *a* (mean±SD, *n*=3) in this size class was highest (moderate: 2.1±0.1, low: 1.8±0.2) among the samples. This suggests that algal community of <10 $\mu$m have an ability to acclimate to low salinity water. This study discussed the changes in species composition and abundance of the algal communities as well.

キーワード：南大洋、アイスアルジー、植物プランクトン
Keywords: The Southern Ocean, Ice algae, Sea ice

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

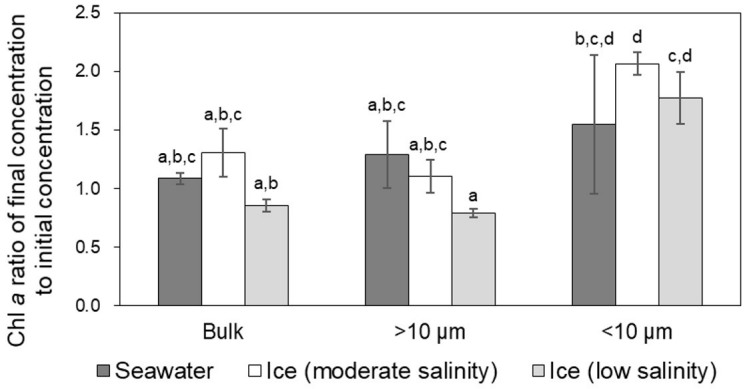



Fig. The final chlorophyll *a* concentration of bulk and size-fractionated samples relative to the initial concentration of seawater and two types of ice (moderate and low salinity). The same letters indicate no significant difference at the $p$=0.05 level (Tukey-Kramer test).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Effects of lugol’s fixtation on preservation of samples for carbon and nitrogen stable isotope and molecular analyses

*佐野 雅美[1]、真壁 竜介[1,2]、山本 あゆ[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[1,2]
*Masayoshi Sano[1], Ryosuke Makabe[1,2], Ayu Yamamoto[3], Norio Kurosawa[4], Masato Moteki[2,3], Tsuneo Odate[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 東京海洋大学、4. 創価大学
1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Soka University

Recently, carbon and nitrogen stable isotope analysis and molecular analysis are commonly used as powerful tools in marine ecological studies including sediment trap experiments. In the southern ocean ecosystem studies, moored sediment trap samples are important to obtain information all-year around including winter season when we cannot observe directly by research vessels. Usually, collecting cups of sediment traps were filled with formalin for preventing degradation of samples during deployment periods, but formalin fixtation is not suitable for those analyses because of crosslinking and fragmantation of DNA and alteration of carbon stable isotope. On the other hand, lugol’s iodine solution is commonly used as fixatives of microzooplankton and phytoplankton samples, but its usefulness as a long term preservative of samples for stable isotope analysis and molecular analysis is still not examined. In this study, we compared carbon and nitrogen stable isotope ratios of zooplankton samples fixed by lugol’s iodine solution and other methods over 6 months and extract DNA from lugol fixed samples after 16 months preservation for examining the usefulness of lugol’s iodine solution. Samples were collected by ORI net during a cruise of training vessel *Umitaka-maru* in 2017. Collected samples were fixed by 5%, 10% lugol’s iodine seawater solution or 5% buffered formalin seawater or frozen at -80˚C on board. Samples were sorted after 1 week, 1 month, 3 months and 6 months preservation and used for stable isotope analysis. DNA was extracted from samples after 16 months preservation and amplified by PCR. In most cases, carbon stable isotope ratios were significantly different between formalin fixed samples and other samples after 1 week preservation. Nitrogen stable isotope ratios were also significantly different between formalin fixed samples and other samples after 1 month preservation. There are no significant differences in carbon and nitrogen stable isotope ratios between samples fixed by 10% lugol solution and frozen samples in all the periods. Amplification of DNA extracted from lugol fixed samples was detected by a gel electrophoresis. Thus, lugol’s fixtation is considered to be suitable for long term preservation of samples for both stable isotope analysis and molecular analysis.

キーワード：動物プランクトン、セジメントトラップ、安定同位体比、DNA、固定法
Keywords: Zooplankton, Sediment trap, Stable isotope ratio, DNA, Fixation method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋生態系研究への環境DNAの導入
# The application of environmental DNA for the monitoring of Antarctic marine ecosystem

*立花 愛子[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1]
*Aiko Tachibana[1], Ryosuke Makabe[2], Masato Moteki[1]

1. 東京海洋大学、2. 国立極地研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research

生物の群集構造および多様性のモニタリングは、地球規模の気候変動に対する南極の海洋生態系変動への影響を理解するために不可欠である。従来のバイオモニタリング手法は、対象生物に応じた様々なサンプリング法と形態学に基づく同定を基に行われており、時間やコストだけでなく高度な専門知識を要してきた。今後、急速に変化する気候変動に対し、南大洋生態系へ及ぼす影響を明らかにするためには、生物群集の時空間的変動を迅速に理解するための効率的かつ効果的なツールが必要であると考えられる。環境DNA - 生物によって土、堆積物、水などの環境サンプルに落とされた細胞や組織から抽出されたゲノム物質 - は海洋の生物多様性と群集組成を迅速に評価することが可能なツールとして近年注目されている。本研究では、南大洋生態系研究の新たなモニタリングツールとして環境DNAを導入し、より高度な解像度での生物多様性と群集構造の把握を目指した。環境DNAの採集は2019年1月の東京海洋大学の練習船「海鷹丸」による南大洋航海において、東南極ウィルクスランド沖の110°E上にて行った。採水は40～65°Sの表層から深層の各層において行われ、計189サンプル得た。これらのサンプルからDNAベースの生物多様性データを作成し、南洋における後生動物の遺伝的多様性の包括的な分析を行う。本発表ではeDNA観測の概要と予備実験の結果を示すと共に、今後の分析計画についても議論する。

キーワード：環境DNA、南大洋、生物多様性
Keywords: Environmental DNA, Southern Ocean, biodiversity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# アメリー棚氷沖におけるフラジルアイスと高生物量の同時発生過程
# Coincidental occurrence process of frazil ice and high biomass off Amery Ice Shelf

*町村 典彦[1]、大島 慶一郎[2]、中田 和輝[3]、伊藤 優人[2]、深町 康[2,4]、真壁 竜介[5]、高尾 信太郎[5]、二橋 創平[6]
*Yoshihiko Machimura[1], Kay I. Ohshima[2], Kazuki Nakata[3], Masato Ito[2], Yasushi Fukamachi[2,4], Ryosuke Makabe[5], Shintaro Takao[5], Sohey Nihashi[6]

1. 北海道大学大学院環境科学院、2. 北海道大学低温科学研究所、3. リモート・センシング技術センター、4. 北海道大学北極域研究センター、5. 国立極地研究所、6. 苫小牧工業高等専門学校
1. Graduate School of Environmental Sciences, Hokkaido University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Remote Sensing Technology Center of Japan, 4. Arctic Research Center, Hokkaido University, 5. National Institute of Polar Research, 6. National Institute of Technology, Tomakomai College

南極沿岸は南大洋で最も生物生産が盛んな領域として知られ、全球規模の炭素循環や生態系に多大な影響を与えていると考えられている。また、衛星可視光データを用いた一次生産量推定では南極沿岸の生物生産は海氷融解期に当たる12 月から1 月にかけて最大となり、再結氷期に当たる2 月から3 月にかけて大きく減少すると報告されている(Arrigo et al., 2015)。しかし近年、この2 月から3 月の南極沿岸で生物量の非常に高い領域が存在しているとの報告が、衛星・現場双方の観測から挙げられている(Lieser et al., 2015、DeJong et al., 2018)。この晩夏に観測される高い生物量はフラジルアイスを伴って発生していることが特徴である。海色衛星データを用いたクロロフィル量推定アルゴリズムにおいては、海氷による反射光へのコンタミを除去するためマスクがかけられてしまう。このため、このフラジルアイスを伴う生物量は見逃されていた。このフラジルアイスと同時に観測される高い生物量は$CO_2$ シンクとしても大きく寄与している可能性があり、この現象の発生過程を解明することの価値は極めて高いといえる。

本研究ではまず、2003 年から2011 年の2 月と3 月のケープダンレーおよびアメリー棚氷沖の海域を対象とし、対象期間中に取得されたすべてのMODIS の表面反射率データのうち雲の影響の少ないものから生物量の指標となるグリーンインデックスを算出した。次にNakata et al. (2019) によって開発されたAMSR マイクロ波放射計による海氷タイプ識別アルゴリズムを用いてフラジルアイス出現海域を同定した。両者の解析を比較したところ、対象領域における生物量とフラジルアイスの空間的・時間的な分布に高い一致があることが明らかになった。特にアメリー棚氷沖およそ50km(南緯68.2 度) の領域において、生物量とフラジルアイスはともに分布のピークがあることが明らかになった。これまでフラジルアイスは沿岸ポリニヤ過程により岸より発生すると考えられていたが、3 月のアメリー棚氷沖においては岸より離れた所を中心に発生するという点も予測を超える結果であった。

このような岸や氷縁から離れた領域でフラジルアイスを発生させる要因として棚氷水(ISW: Ice Shelf Water)を考えた。バイオロギングで得られた水温塩分データを見ると、一部ポテンシャル過冷却となっているISW とみられる低温の水塊が棚氷フロントから南緯68.3 度までは深さ250～400m に存在しているが、その水塊が沖へ向かうに従い徐々に上昇し、南緯68.2 度付近では表層にまで達していることがわかった。棚氷の沖では、沖合50～100km にまでISWが流出し、フラジル(プレートレット) アイスが海中で生成されることは他の研究で報告されている(Dieckmann et al., 1986、Hughes et al., 2013)。

以上の解析結果をまとめると、アメリー棚氷沖における高い生物量を伴ったフラジルアイス生成は以下のプロセスによると推定される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

1. アメリー棚氷フロントからISW が流出する。

2. ISW は北上する過程で、水中で過冷却に達してフラジルアイスを生成する。

3. そのフラジルアイスは生成され次第浮上するが表層が結氷温度に達していない南緯68.3 度以南では水中で融解してしまい、68.2 度以北で初めて表層に現れる。

4. フラジルアイスが表層に浮上する過程でプランクトンをトラップして表層に運ぶ。同時に棚氷由来の鉄がブルーミングを促し、生物量を増加させる。

今回提案されたプロセスは他の棚氷沖でも生じている可能性があり、実際にロス棚氷沖周辺でも晩夏に高い生物量が報告されている。今後は、今回提案されたアメリー棚氷沖でのプロセスの詳細を観測も交えて明らかにするとともに、このプロセスが全南極で周極的に起こりうるか、もしそうならば、その$CO_2$ シンクとしての寄与はどの程度の規模になるのか、明らかにすべきであると考える。

キーワード：海氷、ポリニヤ、棚氷水、リモートセンシング、生物生産
Keywords: sea ice, polynya, ice shelf water, remote sensing, biological production

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋ビンセネス湾沖における端脚類*Themisto gaudichaudii*の摂餌生態
# Feeding habit of the Antarctic amphipod *Themisto gaudichaudii*of Vincennes Bay (East Antarctica) during austral summer

*松下 隼士[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1]
*Junji Matsushita[1], Ryosuke Makabe[2], Masato Moteki[1]

1. 東京海洋大学、2. 国立極地研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research

ナンキョクオキアミと同様に食物網をつなぐマクロ動物プランクトンとして，端脚類が挙げられる。端脚類は高次捕食者の重要な摂餌対象とされる一方，肉食者として動物プランクトンを捕食するため，植食者や粒子食者とされるオキアミ類と食段階が異なる。南大洋で広く分布する端脚類*Themisto gaudichaudii*は，海域によりマクロ動物プランクトンの最優占種となることもある。食性は日和見的な肉食者とされ，実際に消化管内容物からはカイアシ類やオキアミ類，サルパ類といった様々な動物プランクトンが観察されている。南大洋ではオキアミ類を対象とした生態系研究が活発に行われてきた一方，端脚類に関する研究は少なく，特にインド洋セクターでは充分な知見が得られていない。これらの観点より本研究では*T. gaudichaudii*の消化管内容物解析から，インド洋セクターにおける夏季の摂餌生態を明らかにすることを目的とした。*T. gaudichaudii*は，第22次海鷹丸南極海航海（2019年1月）において，南大洋ビンセネス湾沖西経110度ラインに沿った観測点7点で採集され，消化管内容物の解析に供した。また，飼育により採取した糞粒から解析結果を補足した。本発表では，*T. gaudichaudii*の摂餌生態を調べることで，インド洋セクター生態系における端脚類の役割を考察する。

キーワード：南大洋、マクロ動物プランクトン、端脚類
Keywords: The Southern Ocean, Macrozooplankton, Amphipod

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋の季節海氷域における亜表層クロロフィル極大の時系列観測
# Time-series observation of subsurface chlorophyll *a* maximum in the seasonal ice zone of the Southern Ocean

*影沢 歩友子[1]、佐野 雅美[2]、高尾 信太郎[1,2]、真壁 竜介[1,2]、溝端 浩平[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[2]
*Ayuko Kagesawa[1], Masayoshi Sano[2], Shintaro Takao[1,2], Ryosuke Makabe[1,2], Kohei Mizobata[3], Norio Kurosawa[4], Masato Moteki[2,3], tuneo Odate[2]

1. 総合研究大学院大学、2. 極地研究所、3. 東京海洋大学、4. 創価大学
1. The Graduate University for Advanced Studies, 2. National Institute of Polar Research, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Soka University

A persistent subsurface chlorophyll *a* maximum (SCM) is often found during the summer-fall season after the ice-edge bloom in the seasonal ice zone of the Southern Ocean, so that SCM would be considered important for biogeochemical cycling through the lower trophic levels. The relevant studies, however, have been qualitative in nature. This study aimed to reveal the dynamics and ecological role of the SCM in the seasonal ice zone.
We carried out Lagrangian observations using a drifter with two time-series sediment traps, an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) and four sensor flames (Fig. 1). The drifter was deployed at 63.5˚S, 110.0˚E in January 14th 2019, and 5-day continuous observation was performed. In the vicinity of the drifter, 4 ship-based observations including net sampling and CTD casts were made until the drifter was recovered. Physical environments were measured by CTD, and sea water samples were collected for measurements of chlorophyll *a* (chl. *a*) concentration, nutrients, particle organic carbon, dissolved organic carbon, abundance of phytoplankton, micro-zooplankton, bacteria and nano-/pico-phytoplankton. We also conducted an incubation experiment for determining net primary production.
The temperature minimum layer, found between 37 and 52 m depth, decreased from -0.82 ºC to -1.28 ºC during the study period. The maximum chl. *a* concentration (1.0-2.0 μg/l), comparable to that in typical ice edge blooms, was observed at 40 m depth (Fig. 2). Such a high chl. *a* concentration might have important roles for food web and for material cycling. We will discuss especially on phytoplankton dynamics showing results of microscopic and chemical analyses.

キーワード：亜表層クロロフィル極大、南大洋
Keywords: subsurface chlorophyll a maximum , the Southern Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

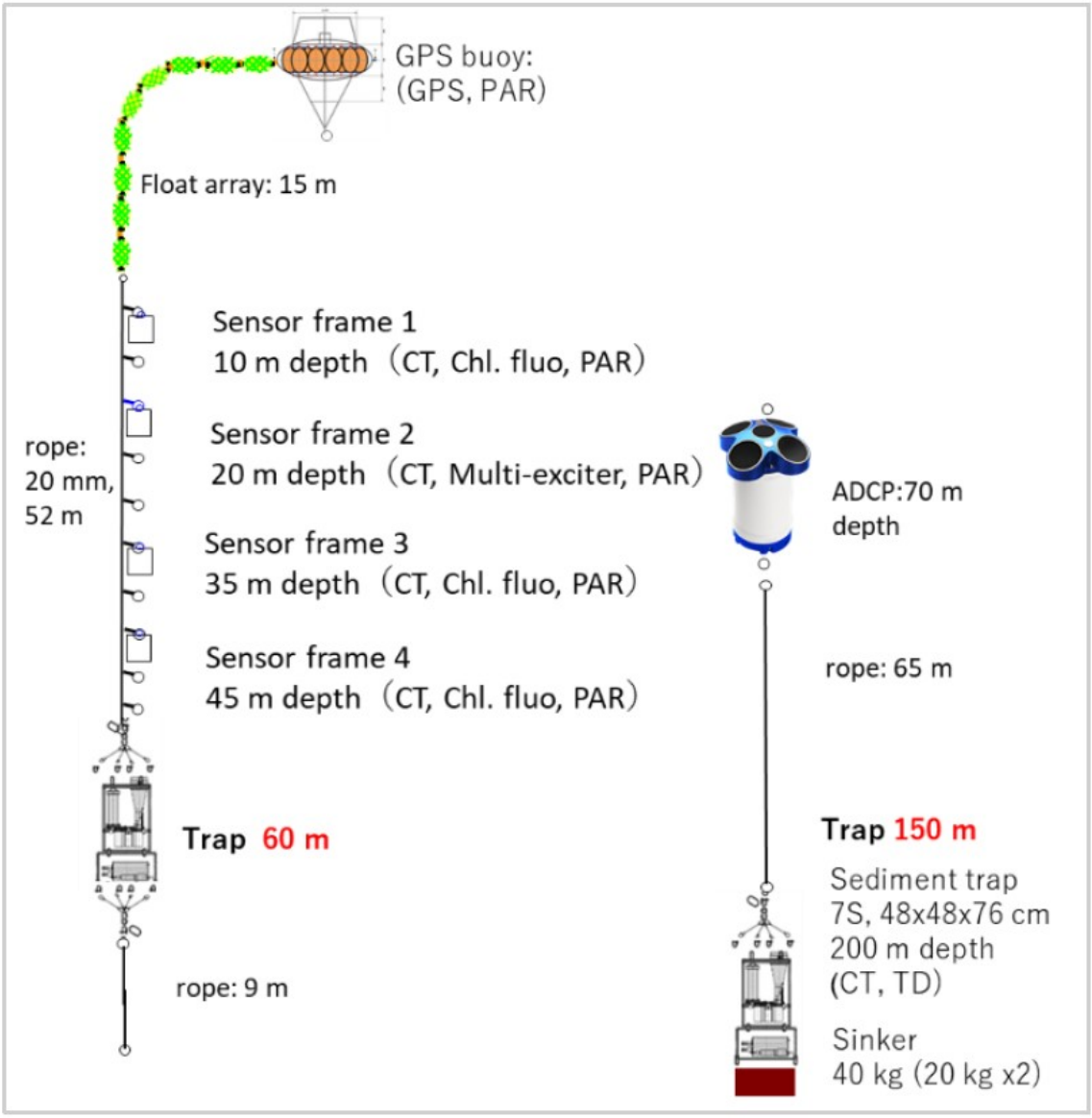
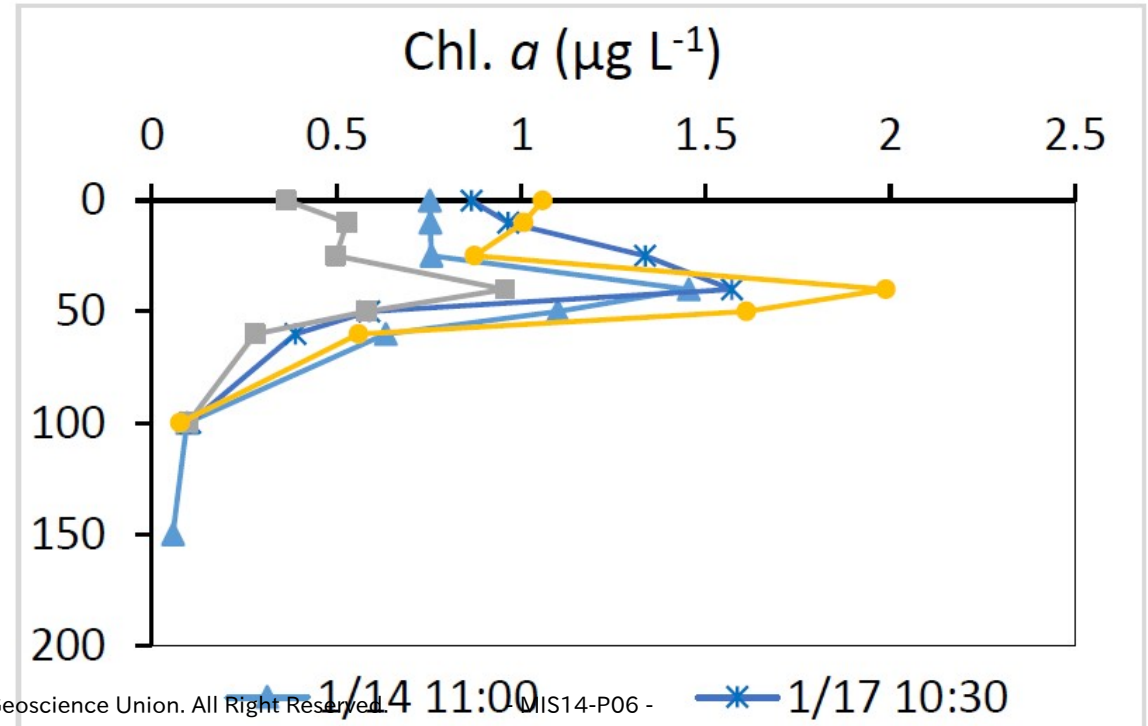



Fig. 1 A schematic image of the drifter




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 東南極における大気硫酸の硫黄安定同位体組成の季節変動と大気硫黄循環への示唆

# Seasonality in sulfur isotopic compositions of atmospheric sulfate and its implications for atmospheric sulfur cycles in East Antarctica

*石野 咲子[1]、服部 祥平[1]、Joel Savarino[2]、Michel Legrand[2]、Susanne Preunkert[2]、Bruno Jourdain[2]、Francis Albarede[3]、Emmanuelle Albalat[3]、吉田 尚弘[1,4]
*Sakiko Ishino[1], Shohei Hattori[1], Joel Savarino[2], Michel Legrand[2], Susanne Preunkert[2], Bruno Jourdain[2], Francis Albarede[3], Emmanuelle Albalat[3], Naohiro Yoshida[1,4]

1. 東京工業大学物質理工学院応用化学系、2. グルノーブル大学/CNRS、環境地球科学研究所、3. リヨン高等師範学校（LGL-TPE）、4. 東京工業大学地球生命研究所
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 2. Institut des Geoscience de l’ Environnement, Université Grenoble Alpes/CNRS, 3. Ecole Normale Supérieure (LGL-TPE), 4. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Atmospheric sulfate in Antarctica is produced mainly from a marine biogenic sulfur compound, dimethyl sulfide. They are therefore a subject of study related to the linkage between marine biogenic activity and climate. We investigate year-round observations of sulfur isotopic compositions of atmospheric sulfate ($SO_4^{2-}$) at inland (Dome C) and coastal (Dumont d’ Urville) sites in East Antarctica to quantify the relative importance of marine biogenic (mb) and non-marine biogenic (nmb) $SO_4^{2-}$ for the Antarctic atmospheric sulfur cycle. The $\delta^{34}S$ values of non-sea salt sulfate showed clear seasonal variations with summer maxima and winter minima, and showed homogeneity between inland and coastal sites throughout the year. This result suggests that the isotopic fractionation through chemical reactions during transportation from coastal to inland areas insignificantly affects the observed $\delta^{34}S_{nss}$ values. The observed $\delta^{34}S_{nss}$ values are controlled mainly by the relative importance of mb-$SO_4^{2-}$ and nmb-$SO_4^{2-}$. This finding, in conjunction with the $SO_4^{2-}$ records in Antarctic ice cores, will open a perspective implying the increased relative importance of nmb-$SO_4^{2-}$ during glacial periods. We also found a significant increase in nmb-$SO_4^{2-}$ concentrations in November, especially for the inland site. This nmb-$SO_4^{2-}$ increase is correlated with the $^{210}Pb$ concentration, suggesting the existence of long-range transport of continental nmb-$SO_4^{2-}$ from lower latitudes to the Antarctic inland. Identification of the sources of those nmb-$SO_4^{2-}$ will be a key step for elucidation of the linkage between Antarctic atmosphere/climate and environmental changes at lower latitudes from the past through the future.

キーワード：硫黄同位体分析、硫酸エアロゾル、南極
Keywords: Sulfur isotope analysis, Sulfate aerosols, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南極ドームふじ氷床コアの大気組成からみるターミネーション2の気候変動

# Penultimate glacial-interglacial transition viewed from the Dome Fuji ice core, Antarctica

*大藪 幾美[1,2]、川村 賢二[1,3,4]、北村 享太郎[1]
*Ikumi Oyabu[1,2], Kenji Kawamura[1,3,4], Kyotaro Kitamura[1]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 日本学術振興会、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. Japan Society for the Promotion of Science, 3. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 4. Japan Agency for Marine Science and Technology (JAMSTEC)

Paleoclimatic proxies provide information about the variations of climate forcings and responses, such as atmospheric $CO_2$concentration, temperature and sea level, as well as their magnitudes and phase relationships. Accurate chronological constraints are particularly important for numerical simulations, both for their input and validation data, to better understand the transient behaviors of climate and ice sheets. During the last interglacial period (~130 to ~120 thousand years before present (kyr BP)), the peak global mean surface temperature was ~1 degree higher than the preindustrial period, and the global sea level was ~6 –9 m higher than today with significant contribution from the Antarctic ice sheet, whereas atmospheric $CO_2$levels were similar to those in the preindustrial period (Dutton et al., 2015). The last interglacial period and the preceding transition from the penultimate glacial period are important targets for the paleoclimatic research to investigate the mechanisms for warming and ice-sheet reductions. However, responses (sequences, timing or magnitude) of ice sheets, temperature or ocean circulations to climate forcing during this period are much less well understood, partly because the number of proxies and time resolution are limited, and the chronological uncertainties are relatively large. A chronology of the Dome Fuji (DF) ice core was constructed by synchronizing variations in $O_2/N_2$ratio of occluded air with local summer insolation (Kawamura et al., 2007), but relatively large errors were later reported around the last interglacial (Fujita et al., 2015). Here, we reanalyzed the $O_2/N_2$ratio of the DF core by improving the methods for sample treatment, air extraction and mass spectrometry between 57 and 165 kyr BP to revise the DF chronology. The new chronology agrees within 1.2 kyr with a radiometric (U-Th) chronology of Chinese speleothems, the whose stated error is less than 1 kyr (Cheng et al., 2009), suggesting successful improvement of our ice-core chronology. Using $\delta^{18}O$ of atmospheric $O_2$($\delta^{18}O_{atm}$) and $CH_4$records measured on the same ice samples as used for the $O_2/N_2$measurements, we investigate climatic variations during the penultimate glacial period and deglaciation. We found that $\delta^{18}O_{atm}$ becomes heavier while $CH_4$concentration increased at 138.4 kyr BP during the penultimate glacial maximum; this characteristic relationship was observed at Heinrich Event 2 (at ~24 kyr BP) during the last glacial maximum (Severinghaus et al., 2009; Rhodes et al., 2015). Other well-dated paleoclimatic records show major climatic changes around 138 kyr BP; an abrupt weakening of the Asian monsoon occurred at 138 kyr BP (Wang et al., 2008), and the onset of relative sea level rise was suggested at 139±1 kyr BP from seawater $\delta^{18}O$ of Red Sea (Grant et al., 2012) and at 137 kyr BP from U-Th dating of Tahiti fossil corals (Thomas et al., 2009). The similarity of these ages suggests that a massive iceberg discharge event occurred at ~138 kyr BP, and it marked the onset of penultimate deglaciation. Our new data may provide better chronological constraints on the climatic forcings and responses around the penultimate deglaciation and last interglacial period.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

**References**

Dutton et al. (2015), *Science,* **349**., Kawamura, K., et al. (2007), *Nature*, **448**, 912-916., Fujita, S. et al. (2015), *Clim. Past.*,**11**, 1395-1416 ., Cheng, H. et al. (2009), *Science*, **326**, 248-252., Rhodes, R. H.et all. (2015), *Science*, **348**, 1016-1019., Severinghaus, J. P. et al., (2009), *Science*,**324**, 1431-1434., Thomas, A. L.et al. (2009), *Science*, **324**, 1186-1189., Wang, Y. et al. (2008), *Nature*, **451**, 1090-1093., Grant, K. M., et al. (2012), *Nature*, **491**, 744-747.

キーワード：南極、アイスコア、ドームふじ、退氷期、最終間氷期
Keywords: Antarctica, Ice core, Dome Fuji, deglaciation, The last interglacial

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Reconstruction of Antarctic ice sheet dynamics in the Last Interglacial

*飯塚 睦[1]、関 宰[1]、板木 拓也[2]、入野 智久[1]、池原 実[4]、杉崎 彩子[2]、山本 正伸[1]、堀川 恵司[5]、菅沼 悠介[3]
*Mutsumi Iizuka[1], Osamu Seki[1], Takuya Itaki[2], Tomohisa Irino[1], Minoru Ikehara[4], Saiko Sugisaki[2], Masanobu Yamamoto[1], Keiji Horikawa[5], Yuusuke Suganuma[3]

1. 北海道大学、2. 産業技術総合研究所、3. 国立極地研究所、4. 高知大学海洋コア総合研究センター、5. 富山大学
1. Hokkaido university, 2. Geological Survey of Japan, 3. National Institute of Polar Research , 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 5. University of Toyama

Ongoing global warming could cause various problems in the future. One of the serious concerns is a sea level rise due to the melting of the ice sheet. Antarctic ice sheet, which hold a massive amount of fresh water was considered to be stable even if global warming progresses in the future. However, recent studies have shown that Antarctic ice sheet is more sensitive to global warming than previously thought. Therefore, it is an important to better understand extent to which Antarctic ice sheet is sensitive to global warming.

Study of past warm period proves an useful insight into the prediction of sea level rise in a future. Especially, Sea level in the last interglacial (MIS 5e), which was ~1˚C warmer than the preindustrial was estimated to be several meters higher than that of the present with the sudden and abrupt rises in sea level. This suggests significant loss of Antarctic ice sheet during MIS 5e. However, Antarctic ice sheet variability during the MIS 5e has been poorly understood. In this study, we reconstruct dynamics of Antarctic ice sheet during MIS 5e from the marine sediment core GC1407 collected from Dumont d'Urville Sea, East Antarctica (130.518˚E, 63.74˚S).

Interval of MIS 5e has been determined based on abundance of radiolaria in GC1407. Variability of iceberg discharge is reconstructed by measurement of iceberg rafted debris (IBRD) in sediments. IBRDs are found to be recognized only during MIS 5e. This suggests that the significant discharge of large icebergs possibly from Wilkes Land basin, East Antarctica happened only during warmer than present climate condition.

キーワード：南大洋、最終間氷期、南極氷床
Keywords: Southern Ocean, Last interglacial, Antarctic icesheet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋の表層水温から推測される鮮新世の温暖期のCO2濃度
# Pliocene CO2 concentration estimated from Southern Ocean SST

*関 宰[1]、下野 智大[2]
*Osamu Seki[1], Tomohiro Shimono[2]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Guraduate School of Environmental Science

気候モデルによる将来の気温の変化量の予測は「気候感度」という値により決まる．ここで気候感度とは大気中$CO_2$濃度が2倍になった時の地表面温度の変化量である．そのため，気候感度の制約は将来の気温予測における核心部分であり，IPCCにおいても最大の焦点となっている．しかし，将来予測に適した気候感度制約のための多大な努力がなされてきたにも関わらず，$CO_2$倍増時の気候感度は2.0～4.5℃の範囲としか制約されておらず，不確実性が大きい．さらに，古気候データ解析から，気候感度は気候状態に依存することが明らかとなった．このことにより将来予測においては現在よりも温暖な気候状態における気候感度を知る必要性が生じ，過去の温暖期の研究に注目が集まっている．本研究では，現在より平均気温が2-3℃ほど高く，現在と境界条件が類似しているため将来気候の類型とされる鮮新世温暖期（300-450万年前）に着目し，経験的手法を用いて当時の$CO_2$濃度の高精度復元を行い，温暖な気候状態における気候感度を推定する．

キーワード：気候感度、鮮新世、二酸化炭素濃度
Keywords: Climate sensitivity, Pliocene, carbon dioxide concentration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Lithogenic fluxes across a transect in the SW Indian Ocean since the last glacial inception

*Eri Helen Amsler[1], Walter Geibert[2], Gerhard Kuhn[2], Minoru Ikehara[3], Samuel Jaccard[1]

1. Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland, 2. Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Kochi, Japan

On glacial-interglacial time scale the Southern Ocean plays a prominent role in modulating climate by storing and redistributing heat, fresh water, carbon and nutrients globally. Atmospheric $CO_2$ is taken up by algae and sequestered in the deep ocean through the biological carbon pump. On the other hand, $CO_2$ is released back to the atmosphere through upwelling and vertical mixing [1]. The relative contribution of these two mechanisms controls the efficiency through which carbon can be sequestered in the ocean interior.

The effect of iron fertilization on biological productivity has previously been documented in the Atlantic and Pacific sectors of the Southern Ocean [2, 3]. During glacial periods higher input of Fe-bearing dust increased phytoplankton growth and carbon sequestration, thus leading to the drawdown of atmospheric $CO_2$, accounting for about half of the glacial-interglacial $CO_2$ amplitude [4].

Here we present $^{230}$Th-normalized lithogenic fluxes in a set of marine sediment cores spanning a meridional transect in the Indian sector of the Southern Ocean further away from the Patagonian dust plume and show that increased Fe flux impacted export production patterns, contributing to the sequestration of carbon away from the atmosphere.

[1] Sigman, D. M., Boyle, E. A. (2000) Nature 407, 859-869.

[2] Martínez-Garcia, A., Sigman, D. M., Haojia, R., Anderson, R. F., Straub, M., Hodell, D. A., Jaccard, S. L., Eglinton, T. I., Haug, G. H. (2014) Science 343, 1347-1350.

[3] Lamy F., Gersonde, R., Winckler, G., Esper, O., Jaeschke, A., Kuhn, G., Ullermann, J., Martínez-Garcia, A., Lambert, F., Kilian, R. (2014) Science 343 (6169), 403-407.

[4] Hain, M. P., D. M. Sigman, and G. H. Haug (2010) Global Biogeochem. Cycles, 24, GB4023.
Please fill in your abstract text.

Keywords: Southern Ocean, Biological Pump

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# MIS M2からの温暖化過程におけるRoss海から産出した珪藻化石群集の変化

# Changes in composition of fossil diatoms from Ross Sea under gradual warming climate from MIS M2

*石野 沙季[1]、須藤 斎[2]、McKay Rob[3]、De Santis Laura[4]、Kluhanek Denise[5]、IODP Exp. 374乗船研究者 一同
*Saki Ishino[1], Itsuki Suto[2], Rob M. McKay[3], Laura De Santis[4], Denise K. Kluhanek[5], Expedition 374 Scientists

1. 産業技術総合研究所、2. 名古屋大学環境学研究科、3. Victoria University、4. Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale、5. Texas A&M University
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. Victoria University, 4. Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, 5. Texas A&M University

過去の温暖化過程において極域の環境にどのような変化が起きていたのかという古環境学的情報は，温暖化の将来予測を飛躍させる上で欠かせない．特に復元される南極の高緯度域の海洋環境は，marine based ice sheetの融解量の推測に影響するため，西南極氷床の変動史を解明する上で重要となる．南極海には珪質な殻を持つ珪藻の化石が多く保存されており，珪藻化石群集の解析から，過去の海氷被覆域や鉛直混合の強さなどの海洋環境を推定することができる．

国際深海科学掘削計画（IODP）Exp. 374では2018年1月から3月にかけてRoss海東部の大陸棚と大陸棚斜面などから海底堆積物コアの掘削を行った．大陸斜面から得られたコアの一つであるHole U1524A（74°13.05’S and 173°37.98’W, 2394 m water depth）は，Antarctic Bottom Waterが海底に流れる通り道に位置し，高解像度の鮮新世の海洋環境を記録した堆積物を有している．本発表では，氷期（MIS M2）から温暖化していく一連の環境の変化に焦点を当て，約3.3–3.0 Maの堆積物に含まれる珪藻殻量および珪藻化石群集組成，特に海氷指標種や鉛直混合の指標となりうる*Chaetoceros*属の休眠胞子化石，鮮新世に絶滅・種分化した種などの産出量変動から推定される古環境について報告する．

キーワード：珪藻、南大洋、古環境
Keywords: Diatom, The Southern Ocean, Paleoenvironment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geological insights into formation of Conrad Rise, Southern Ocean: Preliminary geological results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*佐藤 暢[1]、藤井 昌和[2,3]、松井 浩紀[4]、池原 実[4]
*Hiroshi Sato[1], Masakazu Fujii[2,3], Hiroki Matsui[4], Minoru Ikehara[4]

1. 専修大学経営学部、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 高知大学海洋コア総合研究センター
1. School of Business Administration, Senshu University, 2. NIPR, 3. SOKENDAI, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

Conrad Rise is one of plateaus situated at the Indian-sector of the Southern Ocean. Origin of the rise are considered to be a sort of the Large Igneous Provinces or hotspot. Previously Borisova et al. (1996) reported alkaline igneous rocks which have similar geochemical signature to the Kelgueren Plateau. However, detailed investigations have not been performed until our recent study. We performed geological and geophysical investigations during three R/V *Hakuho-maru* cruises, KH-10-7, KH-16-1, and KH-19-1. Particularly, we had five dredge operations during KH-10-7 and KH-19-1 cruises and obtained geological (and biological) materials that have important keys to understanding the origin and development of Conrad Rise. Geological materials collected during KH-10-7 cruise had already reported by Ishizuka et al. (2011), Sato et al. (2012), and Kobayashi et al. (2013). In this presentation, we report preliminary results of recovered geological and biological materials during KH-19-1 cruise.

Two dredge operations were performed during KH-19-1 Leg 2 (16 Jan to 12 Feb 2019). Dredge site KH-19-1D4 is situated at one of peaks of unnamed small knoll that is located north of Ob seamount. Approximately 50 kg of geological and biological materials including igneous rocks, metamorphic rocks, and deep-sea coral were recovered. Dredge site KH-19-1D5 is situated at north-south trending spur on the northern slope of Ob seamount. Approximately 50 kg of materials including igneous rocks, sedimentary rocks, metamorphic rocks, deep-sea coral, and living shell were recovered.

References
Borisova et al. (1996) *Geochemistry International* **34**(6) 503-517
Sato et al. (2012) JpGU meeting 2012, SCG66-09
Ishizuka et al. (2011) 2nd Symposium on Polar Science.
Kobayashi et al. (2013) 4th Symposium on Polar Science.

キーワード：コンラッドライズ、南大洋、KH-19-1航海
Keywords: Conrad Rise, Southern Ocean, KH-19-1 cruise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新たな古環境プロキシとしての黄金色藻シスト化石
# Fossil chrysophyte cysts as a new paleoenvironmental proxy

*加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[1]
*Yuji Kato[1,2], Itsuki Suto[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 高知大学海洋コア総合研究センター（日本学術振興会 特別研究員）
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University (JSPS Research Fellowship for Young Scientists)

南大洋の堆積物からは，珪藻類に加えて，淡水藻類である黄金色藻が休眠期に形成する珪酸質のシスト化石が産出するが，これらの化石が持つ古海洋学的意義については未だ明らかになっていない．本研究では，黄金色藻シスト化石の古生物学的な基礎情報を取得するとともに，それらが新たな古環境指標となり得るか否かを検討するため，南大洋大西洋区で掘削されたボーリングコア試料DSDP Leg 71 Site 513およびODP Leg 113 Site 689のうち後期中新世から鮮新世（ca. 9–3 Ma）について微化石分析を行い，珪藻化石群集の変動および黄金色藻シスト化石の産出量変動を調べた．

その結果，黄金色藻シストの産出量変動は，Sites 513, 689ともに淡水珪藻の変動とよく似たパターンを示した．また，SEM観察では，淡水域から報告されているシストも確認された．したがって，これらの黄金色藻シスト化石は主に陸からの淡水の流れ込みを示唆していると考えられる．南大洋に流れ込む淡水は南極大陸の氷河・氷床の融氷水を起源とするため，南大洋における海底堆積物中の黄金色藻シスト化石の産出量変動は，地質時代に遡って南極大陸氷床の変遷史を解明するうえで有用なツールとなることが期待される．また，全球氷床量を反映するとされる底生有孔虫殻の酸素同位体比$\delta^{18}$O値（Zachos et al. 2001）と黄金色藻シスト化石産出量の変動を比較したところ，全体として$\delta^{18}$O値が軽い値をとる（すなわち全球的に氷床量が少なくなっているとされる）時期に黄金色藻シスト化石の産出量は多くなっていた．このことも，上述の黄金色藻シスト化石と氷床量変動との関連をサポートしている．一方，Site 689の一部の層準（e.g. 4.4–3.3 Ma）では黄金色藻シストと海氷関連珪藻の多産が確認されたため，南大洋の海底堆積物に産出する黄金色藻シスト化石には，淡水起源のものだけでなく海氷起源のものも含まれている可能性が高い．今後，黄金色藻シスト化石の古海洋環境指標としての有用性を高めるために，分類学・生物地理学的研究の進展が望まれる．

キーワード：黄金色藻シスト、珪藻、南大洋、微化石
Keywords: chrysophyte cyst, diatom, Southern Ocean, microfossil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Spatiotemporal variability of surface mass balance along the JARE traverse route for 1991–2019

*津滝 俊[1]、本山 秀明[2,3]、阿部 彩子[1,4]、藤田 秀二[2,3]、川村 賢二[2,3,4]
*Shun Tsutaki[1], Hideaki Motoyama[2,3], Ayako Abe-Ouchi[1,4], Shuji Fujita[2,3], Kenji Kawamura[2,3,4]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Satellite-based observations revealed the recent mass loss of the Antarctic ice sheet, and there is concern about its influence on sea level rise. Although significant mass loss has been reported in the West Antarctica, spatial and temporal variability of surface mass balance (SMB) is poorly understood in the East Antarctica where the ice volume is more than 10 times, due to complexity in snow accumulation in space and time, resulting in relatively large uncertainty to quantify ongoing and future mass loss from the Antarctic ice sheet. Therefore, it is crucial to accurately quantify SMB in East Antarctica. SMB has been measured along the traverse route between coastal area (S16) and the inland Dome Fuji region as a part of the Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) since 1991. Net snow accumulation was measured by the stake method at approximately 500 points every 2 km. In this study, we re-evaluate spatial and temporal variability of SMB between S16 and Dome Fuji region during the period of 1991–2019. Uncertainty of the SMB measurements is discussed by the data obtained from stake farms and stake rows along the survey route. Spatiotemporal variability of SMB is discussed with surface slope of the ice sheet as well as wind speed and direction in order to evaluate the influence of surface topography and katabatic wind blowing on the ice sheet surface on snow accumulation.

キーワード：南極氷床、表面質量収支
Keywords: Antarctic ice sheet, Surface mass balance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# The weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica

*金丸 龍夫[1]、菅沼 悠介[2]、大岩根 尚[3]、三浦 英樹[2]、三浦 真[4]、奥野 淳一[2]、早川 秀章[5]
*Tatsuo Kanamaru[1], Yusuke Suganuma[2], hisashi Oiwane[3], Hideki Miura[2], Makoto Miura[4], Jun'ichi Okuno[2], Hideaki Hayakawa[5]

1. 日本大学文理学部地球科学科、2. 国立極地研究所、3. 合同会社むすひ、4. 金沢大学、5. 東京大学宇宙線研究所
1. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities & Sciences, Nihon University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Musuhi LLC, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Kanazawa University, 5. Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo

Weathering processes in hyper-arid and hypothermal environments are key to our understanding of geomorphological processes and landscape evolution in Antarctica. Here, we explore the weathering of granitic rocks and the associated weathering products in the Sør-Rondane Mountains of East Antarctica, to obtain quantitative information regarding the physical and chemical weathering of granitic rocks in hyper-arid and hypothermal environments. Various petrological techniques, including whole-rock chemistry, loss on ignition measurement, mineral chemistry, laser-Raman microspectroscopy, in addition to color measurement and hardness test for the rock samples, were used to analyze the physical and chemical weathering of the rocks. These measurments reveal that the weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains of East Antarctica is controlled mainly by oxidation, including iron hydroxide formation in veins formed by the thermal expansion and contraction of rock-forming minerals, frost shattering and/or salt fretting, and Fe–Ti oxide alteration in the rock interior. Importantly, these physical and chemical weathering processes are unlikely to require a liquid water supply from the environment, and the restricted supply of liquid water and salt is the most probable explanation for the extremely slow weathering rates in the Sør-Rondane Mountains.

キーワード：南極、風化、酸化
Keywords: Antarctica, Weathering, oxidation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」2年次研究報告
# Summary of the 2nd Year Activities of the Project on the Interaction of the solid Earth and the Antarctic Ice Sheet:

*福田 洋一[1]、西島 潤[2]、風間 卓仁[1]、中村 和樹[3]、土井 浩一郎[4]、菅沼 悠介[4]、奥野 淳一[4]、新谷 昌人[5]、金田 平太郎[6]、青山 雄一[4]、三浦 英樹[4]
*Yoichi Fukuda[1], Jun Nishijima[2], Takahito Kazama[1], Kazuki Nakamura[3], Koichiro Doi[4], Yusuke Suganuma[4], Jun'ichi Okuno[4], Akito Araya[5], Heitaro Kaneda[6], Yuichi Aoyama[4], Hideki Miura[4]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2. 九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門、3. 日本大学 工学部 情報工学科、4. 国立極地研究所、5. 東京大学地震研究所、6. 千葉大学理学研究科
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Graduate School of Engineering, Kyushu University, 3. Faculty of Engineering, Nihon University, 4. National Institute of Polar Research, 5. ERI, University of Tokyo, 6. Graduate School of Science, Chiba University

科学研究費の新学術領域研究の１つとして、2017年度より「熱～水～物質の巨大リザーバ 全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床」（領域代表：川村賢二） が開始した(http://grantarctic.jp)。本領域は、5カ年のプロジェクトとして、南大洋研究と関連した3つの課題(A01-1～A01-3)、南極氷床に関連した２つの課題(A02-1～A02-2)、新たな探査方法に関連した課題(A03)、および、統合的モデリングに関連した課題(A04)の7つの計画研究からなり、南極氷床や南大洋が全球環境変動におよぼす影響のシステムとしての理解や将来予測などを目的に、「南極環境システム学」の創成をめざしている。

この内、南極氷床変動は、海水準上昇や海洋循環を通して全球的環境変動と密接に関係しており、将来環境予測にも不可欠な要因である。このため、従来からも地形学的・地質学的調査、測地観測や衛星データを利用した研究が進められているが、そこでの大きな誤差要因が氷床荷重に対する固体地球の粘弾性応答（Glacial Isostatic Adjustment: GIA）の不確定性にある。そこで、我々が担当する「A02-2:固体地球と氷床の相互作用」では、GIAをキーワードとし、GIAに関連した現場観測データが特に不足している昭和基地を含む東南極の露岩や沿岸地域で、地形・地質調査や絶対重力測定・測地観測などを重点的に実施し、衛星データや数値モデリングの結果と合わせ、GIAモデルの高精度化や過去の定量的な氷床変動史の復元により未来の全球的環境変動予測モデルの精度向上を目指している。

我々のこれまでの研究として、2017年度には、昭和基地周辺およびリュツォ・ホルム湾の複数の露岩地域での絶対重力測定やGNSS観測，地形調査や表面露出年代測定用試料の採取などを行っており、その概要についてはJpGU2018大会でも報告した。また、2018年度には、2017年度に取得したデータや資料の解析に加え、GIAのモデリング研究を進めるとともに、観測面では、トロール基地（ノルウェー）およびマイトリ基地（インド）において絶対重力測定を実施した。ポスター発表では、2018年の研究を中心に、我々の計画研究班によるこれまでの研究成果の概要について報告する。

なお、本研究は、JSPS科研費(17H06321)の助成を受けて実施したものである。記して謝意を表する。

キーワード：GIA、氷床変動、海面上昇、東南極
Keywords: Glacial Isostatic Adjustment, Ice sheet changes, Sea level rise, East Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Late Pleistocene to Holocene sea-level change in East Antarctica revealed by glacial isostatic adjustment modeling

*石輪 健樹[1]、奥野 淳一[1,2]、菅沼 悠介[1,2]、三浦 英樹[1,2]
*Takeshige Ishiwa[1], Jun'ichi Okuno[1,2], Yusuke Suganuma[1,2], Hideki Miura[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI

Antarctic Ice Sheet (AIS) is the most significant storage of freshwater in the Earth’ s surface and most concerned in considering future sea-level rise. Present studies attempt to assess the mass loss or gain in AIS using GNSS and satellite dataset. Moreover, past AIS variability should be considered to achieve the accurate present AIS change, since presently-observed vertical movement in Antarctica includes the effect of glacial-hydro isostasy due to past AIS variability. Glacial isostatic adjustment (GIA) modeling can provide sea-level histories in Antarctica following sea-level equation. Comparison of field-based sea-level records with predicted sea-level by GIA modeling is required to constraint past AIS histories, leading to the accurate prediction of future sea-level rise.
We document predicted sea-level change in East Antarctica by GIA modeling using several Antarctica ice-loading histories and also compare with previously reported observed sea-level records. Moreover, potential sites for future sampling to obtain observed sea-level records in East Antarctica will be presented by GIA modeling.

キーワード：南極氷床、Glacial Isostatic Adjustment
Keywords: Antarctic Ice Sheet, Glacial Isostatic Adjustment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# An modeling study of Antarctic ice sheet of the Last Glacial Maximum and the last deglaciation

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、Greve Ralf[3]、齋藤 冬樹[2]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Ralf Greve[3], Fuyuki SAITO[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Reconstructions indicate Antarctic ice sheet extent and volume were decreased during the last deglaciation. Sea level reconstruction of the Last Interglacial (LIG), after the penultimet deglaciation, indicate the volume of Antarctic ice sheet was smaller than the present interglacial. Climate reconstructions indicate surface temperature in the Antarctic continent and sea surface temperature in the Southern Ocean during the LIG were higher than the present interglacial. A transient climate simulation of the last deglaciation using MIROC suggests that this higher surface temperature in the Antarctic region is a result of weaker AMOC during the deglaciation and bipolar warming in the Southern Hemisphere.

In the present study, we utilize a 3-dimensional Antarctic ice sheet model (SICOPOLIS) to conduct quantitive assessment of the impact on retreat of Antarctic ice sheet during deglaciations. At first, the configuration of LGM Antarctic ice sheet is prepared using reconstructed climate and sea level changes, and is compared with reconstructions to verify the initial state of deglaciation. We will present preliminary results of Antarctic ice sheet changes of the last deglaciation using climate model outputs of the last deglaciation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Development of a coupled ice-sheet/earth rebound model for Antarctic ice-sheet simulation

*齋藤 冬樹[1]、阿部 彩子[2,1]、奥野 淳一[3]、小長谷 貴志[2]
*Fuyuki SAITO[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1], Jun'ichi Okuno[3], Takashi Obase[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 国立極地研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 3. National Institute of Polar Research

Feedback between changes in the ice-sheet and the earth's isostatic rebound is considered to be an important process for the evolution of the past ice-sheets in glacial cycles. We have been developing a coupled ice-sheet/earth rebound model which were applied for northern hemisphere ice sheet simulation during glacial/interglacial cycles. Earth rebound model is based on a self-gravitating visco-elastic multi-layer model developed by Okuno and Nakada (2001), while the ice-sheet model is IcIES (Abe-Ouchi 2013). The results are compared with the previous IcIES results which coupled with a simple isostatic model (i.e., a local lithosphere/relaxing asthenosphere) which is controled by two parameters (the mantle density and the time scale of isostatic response), in order to discuss the effect of more realistic visco-elastic structure of the earth.

キーワード：南極氷床、氷床モデル、固体地球モデル
Keywords: Antarctic ice sheet, ice sheet model, Earth rebound model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Polar amplifications in the past warm periods obtained from MIROC 4m AOGCM

*樋口 太郎[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]
*Taro Higuchi[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1]

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

The Earth has experienced several warm periods (e.g., early Eocene and Cretaceous), which had warm climates, comparable to global warming prediction of near future due to rising CO2 concentration in the atmosphere. Paleoclimatic proxies indicate that the common characteristics of these periods are remarkable temperature amplifications in the high-latitude and polar region (Bice et al., 2003; Huber, 2008), resulting in small equator-to-polar temperature difference. However, simulations of warm periods climate using General Circulation Models tend to underestimate the polar amplifications than those suggested from geological records. The discrepancy between proxy data and climate models is one of the greatest challenges of warm climate study. Although it is important to consider the effects of the ocean circulation and vegetation feedback to reproduce the polar amplifications in the past warm periods, there were few studies using Atmosphere-Ocean coupled General Circulation Model (AOGCM). In this study, we simulate Present Day, early Eocene, and late Cretaceous climates with different CO2 levels using AOGCM MIROC 4m, additionally full-coupled with dynamic vegetation model, and get the climatology in full equilibrium with longer than 3000 years. The simulated temperatures of early Eocene and late Cretaceous experiments are compared with surface temperature reconstructions based on paleoclimatic proxies. We also investigate the difference of physical process to polar amplification between warm periods (early Eocene and late Cretaceous) and Present Day by using an energy flux analysis. Despite using the fully coupled model with paleo-configuration, the polar amplification in this study is not enough to fully reproduce proxy-indicated polar temperatures. This result implies that we need to re-verify model-performance to the polar climate in GCMs and physical feedback process to global warming due to rising greenhouse gasses in the atmosphere.

キーワード：極域気温増幅、古気候、大気海洋結合モデル
Keywords: polar amplification , paleoclimate, AOGCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Using a coupled AOGCM to study the Antarctic climate of the mid-Pliocene warm period

*Wing-Le Chan[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research

The mid-Pliocene warm period, 3.3-3.0 million years ago, was a period of sustained warmth before global cooling occurred and a shift to repeated glacial cycles. It was also the most recent time in the history of Earth when atmospheric carbon dioxide levels were similar to those of present day. The study of this period is thus of much importance, given the growing concerns over future climate change associated with anthropogenic emissions of greenhouse gases. In particular, ice coverage in West Antarctica, as well as in Greenland, reduced significantly and there is evidence to suggest a retreat of ice sheet in the coastal areas and in the Wilkes Subglacial Basin of East Antarctica during that time.

In this study, we use the mid-resolution MIROC4m coupled atmosphere-ocean general circulation model and apply ice sheet configuration, land-sea mask and biome distribution from PRISM3 data sets, as set forth in the latest, second phase of the Pliocene Model Intercomparison Project. We conduct a series of experiments, including those which look into a range of atmospheric carbon dioxide levels given the spread in values suggested by various sources of proxy data. We show the degree of warming over Antarctica and how the precipitation responds to changes in the moisture transport.

Keywords: Antarctica, Pliocene, modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# CMIP5モデル結果解析による地球温暖化が海洋基礎生産に与える影響の定量的評価

# CMIP5 model analysis of future changes in ocean net primary production by focusing on different response among the individual oceans and models

*岡 顕[1]、中村 有希[1]
*Akira Oka[1], Yuki Nakamura[1]

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

地球温暖化の進行により、海洋では成層化、酸性化、貧酸素化などの変化が生じ、海洋生態系にも影響が及ぶことが指摘されている。モデルを用いた複数の先行研究によって、将来的に植物プランクトンによる全球の海洋基礎生産（NPP；net primary production）は減少することが示されている（Bopp et al., 2013）。そのメカニズムは、全球的な温暖化により海洋の成層が強化し、深海からの栄養供給が抑制されることで、海面に植物プランクトンが利用できる栄養が減少するためであると考えられている（Fu et al., 2016）。先行研究では主に栄養制限に焦点が当てられてきたが、実際には植物プランクトンの成長は温度・光・栄養の３要素が律速している。しかし、NPPを律速する温度・光・栄養制限のそれぞれの寄与を定量的に調べている研究は少ない。さらに、海洋基礎生産は将来的に減少する海域だけでなく増加する海域もあるにも関わらず、多くの研究が全球平均の議論に留まっており、海域ごとの研究も不十分である。本研究では、地球温暖化によるNPPの将来変化のメカニズムをCMIP5（Coupled Model Inter comparison Project Phase 5）モデルを用いて、海域ごとに定量的な評価を行なった。

キーワード：海洋基礎生産、地球温暖化、CMIP5モデル
Keywords: Ocean primary production, Global warming, CMIP5 model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 氷期に発生した数千年スケールの気候変動の要因分析
# Factor analysis of the millennial time-scale climate variability in glacial periods

*三木 あかり[1]、阿部 彩子[2]、シェリフ多田野 サム[2]
*Miki Akari[1], Ayako Abe-Ouchi[2], Sam Sherriff-Tadano[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

It is well known that in the glacial periods, air temperature changed abruptly over the North Atlantic on millennial time-scale. It is also known that temperature changes over the Southern Ocean were opposite to the North Atlantic, called a bipolar seesaw relationship. It is suggested that changes in the strength of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) were closely related to such global climate changes.

In recent years, the idea that freshwater forcing causes the climate changes has been questioned. Spontaneous oscillations in AMOC can be reproduced by experiments using atmosphere-ocean coupled general circulation models (AOGCM). These studies proposed that oceanic feedbacks within the North Atlantic surface - subsurface ocean are important in inducing the spontaneous AMOC variabilities. However, the oscillation cycles shown in previous studies (Peltier and Vettoretti, 2014; Brown and Galbraith, 2016) are several hundred years, which are shorter compared to climate variabilities documented in ice core data. On the other hand, in experiments carried out with MIROC4m AOGCM under the medium glacial condition, millennial time-scale climate and AMOC variabilities are reproduced. Therefore, in this study, we analyze factors controlling the millennial time-scale climate variability obtained from MIROC4m AOGCM. Focusing on the fact that this oscillation cycle is close to the time-scale of the Southern Ocean and the bottom ocean circulation, we analyze the behavior of the Southern Ocean and the bottom ocean in detail, especially deeper than 2500 meters, in addition to oceanic feedback suggested by previous studies.

As a result, it is suggested that the density change at the bottom ocean, which is caused by changes in sea ice formation over the Southern Ocean, plays an important role in controlling the oscillation of AMOC on millennial time-scale.

キーワード：AMOC、氷期気候、大気海洋結合モデル
Keywords: AMOC, Glacial climate, AOGCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# First continuous profiler observation of wintertime Antarctic coastal polynya

*青木 茂[1]、小野 数也[1]、平野 大輔[1]、伊藤 優人[1]、野口 智英[2]、小澤 知史[2]
*Shigeru Aoki[1], Kazuya Ono[1], Daisuke Hirano[1], Masato Itoh[1], Tomohide Noguchi[2], Satoshi Ozawa[2]

1. 北海道大学、2. マリンワークジャパン
1. Hokkaido University, 2. Marine Works Japan

Antarctic coastal polynyas are the regions where sea ice forms vigorously, leading to supply of dense abyssal water for the global ocean. Monitoring the sea state of coastal polynyas especially in winter hence has global implications. To fully understand the development of water characteristics, capturing of the whole water column is required. However, the wintertime observations of seasonal ice zone such as polynya is not abundant so far, due to the severe and variable conditions of polar oceans.

To realize a near-realtime observation of water column in coastal polynya, we deployed a tethered profiling float over the whole winter in Cape Darnley polynya, East Antarctica (bottom depth of 230 m). The tethered float was manufactured by IHI Corporation, with a temperature and salinity sensor (SBE37 of Seabird Scientific) attached.

The float observation was successful in operation for more than eight months from Feb. 26 to Nov. 13, 2017. This float was designed to park at 150 dbar depth and to surface (upto 20 dbar when sea ice is supposed to exist) at 10-day interval. During this period, 26 profiles for the water column from 180 dbar to 20 dbar were obtained. The whole 160-dbar depth range was covered by nearly half of the 26 profiles, and the total ratio of depth coverage was 81%. Comparison with a current meter record nearby (one mile distance) revealed that the minimum depth achieved did not correlate with the current speed.

The obtained record clearly revealed a seasonal development of the whole water column. While relatively warm water initially remained in the water column, significant freshening occurred and temperature decreased to the freezing point throughout the column from March to April. Then salinity gradually increased to about 35 (150 dbar) in October, successfully covering the whole cycle of sea ice production. The layer near the parking depth (between 120 dbar and 180 dbar) was covered with much higher temporal resolution, showing variations of higher frequencies.

Although the satellite data transmission was not successful due to the battery shortage, signal transmission was successful at the preparation stage. A revision of this platform will enable the monitoring of seasonal ice zone in the polar oceans, to help filling the remaining gap of the global ocean monitoring array.

キーワード：ケープダンレー、係留式プロファイラー、係留系、南極
Keywords: Cape Darnley polynya, Tethered profiler, mooring, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Surface topography survey for bared rock and accumulated snow in Antarctica by Unmanned Aero Vehicle

*青山 雄一[1,2,3]、服部 晃久[2,3]、大石 猛[3,4]、土井 浩一郎[1,2,3]、野木 義史[1,2]
*Yuichi Aoyama[1,2,3], Akihisa Hattori[2,3], Hajime Oishi[3,4], Koichiro Doi[1,2,3], Yoshifumi Nogi[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 第59次南極地域観測隊、4. NEC
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. The 59th Japanese Antarctic Research Expedition, 4. NEC Networks & System Integration Corporation

In the last decade, Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) mission demonstrated an increase of surface mass in the Dronning Maud Land (DML), East Antarctica. Actually, snow accumulation has increased at Syowa Station located in DML, and its effect has been detected by superconducting gravimeter and GNSS measurements. For quantifying this effect, it is necessary to measure the distribution of the snow accumulation.
The distribution of the snow accumulation can be estimated from difference in accurate digital surface models (DSM) between the bared rock and the accumulated snow. These DSMs are derived from aerial photography byunmanned aerial vehicle (UAV) with structure from motion (SfM) analysis. In the activity of the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE59) during Dec. 2017 - Dec. 2018, some aerial photography surveys were conducted with the fixed-wing small UAV, senseFly eBee plus, and with the rotary-wing drone, DJI Inspire 2 over Syowa Station. There is a report that the eBee plus, having dual-frequency GNSS receiver, enables to generate DSM precisely without ground control point (GCP). We evaluated the accuracy of such DSM by comparing with DSM computed with GCP. We also compared with the DSM computed from aerial photography by Inspire 2 which has single-frequency GNSS for evaluating the advantage of the dual-frequency GNSS tracking. The DSMs in Langhovde, Akarui Misaki, Rundvagshetta located around Lutzow-Holmbukta are also computed from aerial photography by eBee plus.

キーワード：無人航空機、未探査領域への挑戦
Keywords: Unmanned aerial vehicle, Challenges for unexplored frontiers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋季節海氷域北限域における巨大係留系長期観測記録の解析
# The analysis of long-term Mooring observation records in the northernmost area of seasonal sea ice zone in the Southern Ocean

*渡部 和帆[1]、溝端 浩平[1]、北出 裕二郎[1]
*Kazuho Watanabe[1], Kohei Mizobata[1], Yujiro Kitade[1]

1. 東京海洋大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology

南大洋子午面循環は、南大洋における子午面上の熱交換によって気候変動の安定性に寄与していると考えられているが、直接循環流を計測したような観測例は殆どない。そこで、子午面循環を含む南大洋での流動を捉えるために、東京海洋大学を主とした海洋物理南大洋観測グループによって係留観測が海鷹丸により実施された。

本研究では、季節海氷域北限域の南緯61度、東経110度の地点で、2017年1月8日から2018年1月8日の一年間にわたり実施された係留観測データを解析した。係留系には4台の流速計とADP、4台のCTD、6台の水温計が配備された。本研究では、係留観測記録と共に係留系の投入、回収時に海鷹丸より得られたCTD観測記録を合わせて解析した。

深度約400，900，1900，4000dbに取り付けられた流速計により得られたデータから、東西、南北成分の流速変動を解析したところ、30日から90日周期の変動が卓越することがわかった。次に、各層における年間の流れ場の変動を捉えるために進行ベクトル図を作成した。この図から、前述した数十日周期で回転する流れ場の変動の他に、年間を通して深度約400dbでは南向きの輸送が、下層の深度約4000dbでは東向きの輸送が捉えられた。AVISO/Altimetry配布の海面高度アノマリーから得た地衡流においても数十日周期の変動が卓越していること、ACCの流軸よりも測点が南に離れていることから、数十日周期で回転する流れ場は中規模渦と関連したものと考えられた。

また、各時間の流速の鉛直構造に注目したところ、南向きの流れが卓越している期間には、上層で約10cm/s、下層に行くにつれて弱まり、下層では約4cm/sの流れとなるシア流が見られた。この流速構造を14層の水温データの鉛直分布と比較した結果、南向きのシア流が卓越する期間に深度400db付近では水温が2.1℃以上に上昇する現象が見られた。

CTD観測による結果から、400db付近で捉えられた高温水は周極深層水（CDW）であると確認された。流速の南北成分と水温変動のラグ相関からCDWの貫入が水深400db付近における南下流の8日後に起こっていることが明らかとなった。7月から9月の冬季結氷期にも類似した現象が見られたが、南向きの流れは弱く400db付近での昇温も2℃以下に留まっていた。これらの結果から、CDWの南向きの輸送は、季節的に変化すること、また、中規模渦の影響を受けて変動していることが分かった。

キーワード：南大洋、子午面循環、係留観測、中規模渦
Keywords: Southern ocean, Meridional circulation, Mooring observation, Mesoscale-Eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2019年夏季のケープダンレー沖におけるクロロフルオロカーボンと六フッ化硫黄の観測結果速報

# Preliminary observation report on chlorofluorocarbons (CFCs) and sulfur hexafluoride ($SF_6$) off the Cape Darnley in the summer of 2019

*大橋 良彦[1]、川合 美千代[1]、佐々木 建一[2]、熊川 小綾花[1]、田村 尚之[1]、大島 慶一郎[3]
*Yoshihiko Ohashi[1], Michiyo Yamamoto-Kawai[1], Kenichi Sasaki[2], Sayaka Kumakawa[1], Naoyuki Tamura[1], Kay I. Ohshima[3]

1. 東京海洋大学、2. 海洋研究開発機構、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Antarctic Bottom Water (AABW) occupies the largest volume of water mass in the global ocean and its formation is a key process of global ocean circulation. Ohshima et al. (2013) found newly formed AABW off the Cape Darnley (Cape Darnley Bottom Water; CDBW). However, little is known about the circulation of CDBW and its time scale. To quantitatively understand the spread and circulation of CDBW, it is effective to use the chemical tracer such as chlorofluorocarbons (CFCs) and sulfur hexafluoride ($SF_6$). We carried out CTD observation and water sampling off the Cape Darnley in the summer of 2019. Water sampling was performed from ocean surface to the bottom at 16 Stations (along the Wild Canyon and its west). CFCs and $SF_6$ of the samples were measured by an analytical system developed at JAMSTEC based on Bullister and Wisegarver (2008). The concentrations of CFCs and $SF_6$ were significantly high near the surface (< 100 m) (CFC11 > 2.0 pmol $kg^{-1}$; CFC12 > 1.2 pmol $kg^{-1}$; $SF_6$ > 1.4 fmol $kg^{-1}$). They showed a minimum at depths of 800–1500 m and then increased to the bottom. The relatively high concentrations of CFCs and $SF_6$ near the bottom, together with the low temperature (< −0.4°C), reflects the spread of CDBW. At the presentation, we will discuss mean age and circulation of CDBW.

キーワード：南極底層水、ケープダンレー、化学トレーサー
Keywords: Antarctic Bottom Water , Cape Darnley, Chemical tracer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 西南極アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量変動メカニズム
# Mechanism of sea-ice production variation in Amundsen Sea Polynya

*二橋 創平[1]、峯 康太[1]、中田 和輝[2]
*Sohey Nihashi[1], Kouta Mine[1], Kazuki Nakata[2]

1. 苫小牧高専、2. リモート・センシング技術センター
1. National Institute of Technology, Tomakomai College, 2. RESTEC

沿岸ポリニヤでは膨大な量の熱が海洋から大気に奪われ、盛んに海氷が生産される。この結氷の際に大量の低温で高塩の高密度水が排出される。南極海のいくつかの沿岸ポリニヤでは、この高密度水が南極底層水の主なソースであることが示されている。冬季の沿岸ポリニヤは現場観測が非常に難しい海域であり、沿岸ポリニヤの形成・変動メカニズムはよくわかっていなかった。しかし10年ほど前から、人工衛星に搭載されるマイクロ波放射計による輝度温度を用いて沿岸ポリニヤ域を日毎に検出しそこでの薄氷厚を見積もるアルゴリズムが開発され、沿岸ポリニヤの詳細な分布と変動が分かるようになってきた (例: Tamura et al., 2007; 2008)。空間分解能の良いマイクロ波放射計AMSR-E (2003-2011) ならびにAMSR2 (2012-2017) によるデータ（空間分解能は約6 km）を用いることにより、より詳細な沿岸ポリニヤの空間分布が明らかになってきた。例えば南極海では、多くの沿岸ポリニヤが定着氷（岸や座礁した氷山にくっついて形成される動かない海氷域）の西側に存在しており、定着氷が沿岸ポリニヤの形成と変動に密接に関わっていることが示唆された (Nihashi and Ohshima, 2015; Nihashi et al., 2017)。西南極に存在するアムンゼンポリニヤは、南極海で３番目に海氷生産量が大きな沿岸ポリニヤであり、長く沖に張り出した定着氷の西側に形成される沿岸ポリニヤである。すぐ側に存在するスウェイツ氷河は、近年急激に融解していることが示唆されている (Rignot et al., 2008; Milio et al., 2019)。南極海でよく見られる沖に大きく張り出した定着氷の形成には、座礁した氷山が重要な役割を果たしている (Fraser et al., 2012)。氷山の起源は南極の氷河・氷床であり、これらの急激な融解は定着氷やさらには隣接して存在する沿岸ポリニヤの形成・分布にも影響を及ぼす可能性がある。

本研究では、アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量と気象データならびに定着氷の比較を行い、生産量の変動要因を調べた。海氷生産量はAMSR-EならびにAMSR2による日毎の薄氷厚を用いた熱収支計算から得られたもの (Nihashi and Ohshima, 2015; Nihashi et al., 2017) を用いた。定着氷もこれらの研究で薄氷厚と同じセンサーで月毎に検出されたものを用いた。AMSR-Eの期間に限られるが、薄氷の種類 (active frazilとthin solid ice) を考慮した改良型薄氷厚アルゴリズムによる生産量 (Nakata et al., 2019) も用いた。気象データはERA5を用いた。

日毎・月毎どちらのデータを用いても、海氷生産量は風速と比較的強い正の相関係数 (0.54-0.73) を示した。この比較での風速は単純な風速ではなく、風を１°ずつ360°投影したもののうち、最も相関係数が高くなるものを用いた。最も相関係数が高い風成分は、単純に陸地の沿岸線に対して沖（北）向きではなく、それより西寄りに向かう方向、すなわち陸地と定着氷で構成される沿岸線に対して沖向きの風速成分であった。この結果は、これまでAMSR-Eのみのデータを用いた解析 (Nihashi and Ohshima, 2015) を支持するものである。薄氷の種類を考慮した海氷生産量を用いた場合、最も相関係数が高くなる風成分は、active frazilが卓越する場合はより西向き（定着氷から吹いてくる）方向で、thin solid iceが卓越する場合はより北向き（大陸から吹いてくる）方向であった。またactive frazilは、陸地と定着氷の両方に沿って形成されるというよりは、定着氷沿いに形成されるケースが多いことが示された。冬季間（5–8月）で平均した気温，風速，定着氷の張り出しを用いて、海氷生産量に対する重回帰分析を行った。データ数は限られるが、R=0.77でこれらのパメータから生産量を説明することができた。この回帰直線を用いると、衛星データが存在する以前の海氷生産量を気象データからある程度再現できると考えられる。以上の結果は、アムンゼン海ポリニヤの形成・変動に定着氷が重要な役割を示唆しているものであり、今後も南極海の沿岸ポリニヤならびに定着氷を継続的にモニタリングしていくことは、気候変動の影響を理解していく上でも重要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：南極海、沿岸ポリニヤ、アムンゼン海ポリニヤ
Keywords: Antarctic Ocean, coastal polynya, Amundsen Sea Polynya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Estimation of thin ice thickness and discrimination of ice type from AMSR2 passive microwave data

*中田 和輝[1]、田丸 直也[1]、二橋 創平[2]、大島 慶一郎[3]
*Kazuki Nakata[1], Tamaru Naoya[1], Sohey Nihashi[2], Kay I. Ohshima[3]

1. 一般財団法人リモート・センシング技術センター、2. 苫小牧工業高等専門学校、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Remote Sensing Technology Center of Japan, 2. National Institute of Technology, Tomakomai College, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Antarctic coastal polynyas (thin ice and/or low ice concentration area) are areas of high ice production due to huge heat loss to the atmosphere. Dense water formed by the high ice production is a significant source of Antarctic Bottom Water. Thin ice thickness algorithms that use satellite passive microwave data have been developed to detect coastal polynyas and estimates thin ice thickness on a daily timescale. In these algorithms, ice thickness of <20 cm is empirically estimated based on a negative correlation relationship between polarization ratio (PR) of brightness temperatures (TBs) and ice thickness (hi). However, the dispersion of the data points of PR-hi relationship was relatively large. Nakata et al. (2019) revealed that two thin ice types (active frazil and thin solid ice) cause this dispersion using AMSR-E data (2002-2011). They detected these ice types based on a PR-GR (Gradient Ratio) relationship. And thin ice thickness was estimated from PR-hi relationships for each ice type. This new thin ice algorithm can improve the accuracy of the thin-ice thickness estimation. In this study, we have examined whether this new algorithm can apply to data from AMSR2 which the successor of AMSR-E. The footprint size of AMSR2 is improved by about 85% from AMSR-E in spite of the frequency channels are the same. By adding AMSR2 data, thin-ice thickness, ice type, and ice production data set with a higher spatial resolution can be obtained from 2002 to the present.
We use TBs at 36 and 89 GHz from AMSR2 Level 1B data. The footprint sizes are 12 km ×7 km and 5 km × 3 km, respectively. Ice thickness for comparison with AMSR2 PR is derived from clear-sky thermal infrared images by MODIS with a spatial resolution of 1 km. Backscatter images acquired by C-band SAR (C-SAR) on the ESA’s Sentinel-1 satellite with a spatial resolution of 90 m are used to validate two thin ice types. We use these satellite data obtained at Ross Ice Shelf and Cape Darnley polynya areas.
AMSR2 PR-hi relationships for two ice types differs clearly as in Nakata et al. (2019). We estimate ice thickness using lines that best fit into the AMSR-E PR-hi relationships (Nakata et al., 2019) using AMSR2 data. And then, mean bias and root-mean-square error (RMSE) of the data points from the lines are calculated. The errors are slightly larger than the cases of AMSR-E data. When ice thickness is <10 cm, mean bias and RMSE for active frazil are -2.0 and 1.0 cm, respectively, while those for thin solid ice are -6.2 and 9.8 cm, respectively. For ice thickness of 10-20 cm (only for thin solid ice), the bias and RMSE are -5.9 and 9.9 cm, respectively. We also have confirmed that two ice types can be detected using AMSR2 data by a method for AMSR-E data proposed by Nakata et al. (2019). The results of this study indicate that the new thin ice algorithm for AMSR-E data can apply to the AMSR2 data.

キーワード：薄氷厚、アイスタイプ、AMSR2、沿岸ポリニヤ
Keywords: Thin ice thickness, Ice type, AMSR2, Coastal polynya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_35

## [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)

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。

### [MIS14-P01] 低塩の海氷融解水がアイスアルジーの生物量と組成に与える影響

*髙橋 啓伍[1]、真壁 竜介[2,3]、高尾 信太郎[2,3]、小達 恒夫[2,3]、茂木 正人[1,2] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

### [MIS14-P02] Effects of lugol’s fixtation on preservation of samples for carbon and nitrogen stable isotope and molecular analyses

*佐野 雅美[1]、真壁 竜介[1,2]、山本 あゆ[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.東京海洋大学、4.創価大学)

### [MIS14-P03] 南大洋生態系研究への環境DNAの導入

*立花 愛子[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

### [MIS14-P04] アメリ―棚氷沖におけるフラジルアイスと高生物量の同時発生過程

*町村 典彦[1]、大島 慶一郎[2]、中田 和輝[3]、伊藤 優人[2]、深町 康[2,4]、真壁 竜介[5]、高尾 信太郎[5]、二橋 創平[6] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.リモート・センシング技術センター、4.北海道大学北極域研究センター、5.国立極地研究所、6.苫小牧工業高等専門学校)

### [MIS14-P05] 南大洋ビンセネス湾沖における端脚類*Themisto gaudichaudii*の摂餌生態

*松下 隼士[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1] (1.東京海洋大学、2.国立極地研究所)

### [MIS14-P06] 南大洋の季節海氷域における亜表層クロロフィル極大の時系列観測

*影沢 歩友子[1]、佐野 雅美[2]、高尾 信太郎[1,2]、真壁 竜介[1,2]、溝端 浩平[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[2] (1.総合研究大学院大学、2.極地研究所、3.東京海洋大学、4.創価大学)

### [MIS14-P07] 東南極における大気硫酸の硫黄安定同位体組成の季節変動と大気硫黄循環への示唆

*石野 咲子[1]、服部 祥平[1]、Joel Savarino[2]、Michel Legrand[2]、Susanne Preunkert[2]、Bruno Jourdain[2]、Francis Albarede[3]、Emmanuelle Albalat[3]、吉田 尚弘[1,4] (1.東京工業大学物質理工学院応用化学系、2.グルノーブル大学/CNRS、環境地球科学研究所、3.リヨン高等師範学校（LGL-TPE）、4.東京工業大学地球生命研究所)

### [MIS14-P08] 南極ドームふじ氷床コアの大気組成からみるターミネーション2の気候変動

*大藪 幾美[1,2]、川村 賢二[1,3,4]、北村 享太郎[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

### [MIS14-P09] Reconstruction of Antarctic ice sheet dynamics in the Last Interglacial

*飯塚 睦[1]、関 宰[1]、板木 拓也[2]、入野 智久[1]、池原 実[4]、杉崎 彩子[2]、山本 正伸[1]、堀川 恵司[5]、菅沼 悠介[3] (1.北海道大学、2.産業技術総合研究所、3.国立極地研究所、4.高知大学海洋コア総合研究センター、5.富山大学)

[MIS14-P10] 南大洋の表層水温から推測される鮮新世の温暖期のCO2濃度

*関 宰[1]、下野 智大[2] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院)

[MIS14-P11] **Lithogenic fluxes across a transect in the SW Indian Ocean since the last glacial inception**

*Eri Helen Amsler[1]、Walter Geibert[2]、Gerhard Kuhn[2]、Minoru Ikehara[3]、Samuel Jaccard[1] (1.Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland、2.Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany、3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Kochi, Japan)

[MIS14-P12] MIS M2からの温暖化過程におけるRoss海から産出した珪藻化石群集の変化

*石野 沙季[1]、須藤 斎[2]、McKay Rob[3]、De Santis Laura[4]、Kluhanek Denise[5]、IODP Exp. 374乗船研究者 一同 (1.産業技術総合研究所、2.名古屋大学環境学研究科、3.Victoria University、4.Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale、5.Texas A&M University)

[MIS14-P13] Geological insights into formation of Conrad Rise, Southern Ocean: Preliminary geological results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*佐藤 暢[1]、藤井 昌和[2,3]、松井 浩紀[4]、池原 実[4] (1.専修大学経営学部、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

[MIS14-P14] 新たな古環境プロキシとしての黄金色藻シスト化石

*加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学海洋コア総合研究センター（日本学術振興会 特別研究員）)

[MIS14-P15] Spatiotemporal variability of surface mass balance along the JARE traverse route for 1991−2019

*津滝 俊[1]、本山 秀明[2,3]、阿部 彩子[1,4]、藤田 秀二[2,3]、川村 賢二[2,3,4] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構)

[MIS14-P16] The weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica

*金丸 龍夫[1]、菅沼 悠介[2]、大岩根 尚[3]、三浦 英樹[2]、三浦 真[4]、奥野 淳一[2]、早川 秀章[5] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.国立極地研究所、3.合同会社むすひ、4.金沢大学、5.東京大学宇宙線研究所)

[MIS14-P17] 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」2年次研究報告

*福田 洋一[1]、西島 潤[2]、風間 卓仁[1]、中村 和樹[3]、土井 浩一郎[4]、菅沼 悠介[4]、奥野 淳一[4]、新谷 昌人[5]、金田 平太郎[6]、青山 雄一[4]、三浦 英樹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門、3.日本大学 工学部 情報工学科、4.国立極地研究所、5.東京大学地震研究所、6.千葉大学理学研究科)

[MIS14-P18] Late Pleistocene to Holocene sea-level change in East Antarctica revealed by glacial isostatic adjustment modeling

*石輪 健樹[1]、奥野 淳一[1,2]、菅沼 悠介[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)

[MIS14-P19] An modeling study of Antarctic ice sheet of the Last Glacial Maximum and the last deglaciation

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、Greve Ralf[3]、齋藤 冬樹[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P20] Development of a coupled ice-sheet/earth rebound model for Antarctic ice-sheet simulation

*齋藤 冬樹[1]、阿部 彩子[2,1]、奥野 淳一[3]、小長谷 貴志[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.国立極地研究所)

[MIS14-P21] Polar amplifications in the past warm periods obtained from MIROC 4m AOGCM

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

[MIS14-P22] Using a coupled AOGCM to study the Antarctic climate of the mid-Pliocene warm period

*Wing-Le Chan[1]、Ayako Abe-Ouchi[1,2] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.National Institute of Polar Research)

[MIS14-P23] CMIP5モデル結果解析による地球温暖化が海洋基礎生産に与える影響の定量的評価

*岡 顕[1]、中村 有希[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[MIS14-P24] 氷期に発生した数千年スケールの気候変動の要因分析

*三木 あかり[1]、阿部 彩子[2]、シェリフ多田野 サム[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)

[MIS14-P25] First continuous profiler observation of wintertime Antarctic coastal polynya

*青木 茂[1]、小野 数也[1]、平野 大輔[1]、伊藤 優人[1]、野口 智英[2]、小澤 知史[2] (1.北海道大学、2.マリンワークジャパン)

[MIS14-P26] Surface topography survey for bared rock and accumulated snow in Antarctica by Unmanned Aero Vehicle

*青山 雄一[1,2,3]、服部 晃久[2,3]、大石 猛[3,4]、土井 浩一郎[1,2,3]、野木 義史[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.第59次南極地域観測隊、4.NEC)

[MIS14-P27] 南大洋季節海氷域北限域における巨大係留系長期観測記録の解析

*渡部 和帆[1]、溝端 浩平[1]、北出 裕二郎[1] (1.東京海洋大学)

[MIS14-P28] 2019年夏季のケープダンレー沖におけるクロロフルオロカーボンと六フッ化硫黄の観測結果速報

*大橋 良彦[1]、川合 美千代[1]、佐々木 建一[2]、熊川 小綾花[1]、田村 尚之[1]、大島 慶一郎[3] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS14-P29] 西南極アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量変動メカニズム

*二橋 創平[1]、峯 康太[1]、中田 和輝[2] (1.苫小牧高専、2.リモート・センシング技術センター)

[MIS14-P30] Estimation of thin ice thickness and discrimination of ice type from AMSR2 passive microwave data

*中田 和輝[1]、田丸 直也[1]、二橋 創平[2]、大島 慶一郎[3] (1.一般財団法人リモート・センシング技術センター、2.苫小牧工業高等専門学校、3.北海道大学低温科学研究所)

# 低塩の海氷融解水がアイスアルジーの生物量と組成に与える影響
# Preliminary study on the effect of low-salinity ice melting water on biomass and composition of ice algae

*髙橋 啓伍[1]、真壁 竜介[2,3]、高尾 信太郎[2,3]、小達 恒夫[2,3]、茂木 正人[1,2]
*Keigo Takahashi[1], Ryosuke Makabe[2,3], Shintaro Takao[2,3], Tsuneo Odate[2,3], Masato Moteki[1,2]

1. 東京海洋大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

Upon sea ice melting ice algae are subject to low salinity water, sometimes nearly freshwater, while sea ice produces a brine (high salinity). Certain taxa of ice algae, primarily diatom, increase in cell number after released in water column (seeding). Since lower salinity water deteriorates photosynthetic efficiency of ice algae, such a variability of salinity is likely to influence seeding of ice algae during melting season. However, it is not clear how biomass, abundance, composition and mortality of ice-algal community changes under different salinity conditions. To further understand the mechanism for seeding of ice algae, we conducted a shipboard experiment in the Indian Sector of the Southern Ocean during austral summer.

We collected pack ice and surface seawater in the ice edge (65º17.9’ S, 109º40.9’ E) on January 16$^{th}$, 2019 during the 22nd Antarctic voyage by the training vessel *Umitaka-maru*. Sea ice was melted with different volume of filtered seawater (moderate salinity: 10.0 kg ice+90 L filtered sea water, FSW, low salinity: 8.6 kg ice+10 L FSW) to simulate different final salinity (moderate: 30.05, low: 18.00). We incubated the algal communities in seawater and two types of sea-ice melting water (moderate and low salinity conditions) under a natural light condition for 24 hours, with temperature maintained by a circulating surface seawater. Before and after the incubation, we obtained chlorophyll *a* concentration (bulk and size-fraction), Lugol-fixed samples for microscopic analysis and cell viability (live or dead).

After 24 hours, <10 $\mu$m size class of ice-algal communities in both moderate and low salinity conditions showed a significant difference in the ratio of chlorophyll *a* concentration (chl *a* fin. /chl *a* ini.) relative to the bulk and >10 $\mu$m size class (Tukey-Kramer test, Fig.). The ratio of chl *a* (mean±SD, *n*=3) in this size class was highest (moderate: 2.1±0.1, low: 1.8±0.2) among the samples. This suggests that algal community of <10 $\mu$m have an ability to acclimate to low salinity water. This study discussed the changes in species composition and abundance of the algal communities as well.

キーワード：南大洋、アイスアルジー、植物プランクトン
Keywords: The Southern Ocean, Ice algae, Sea ice

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

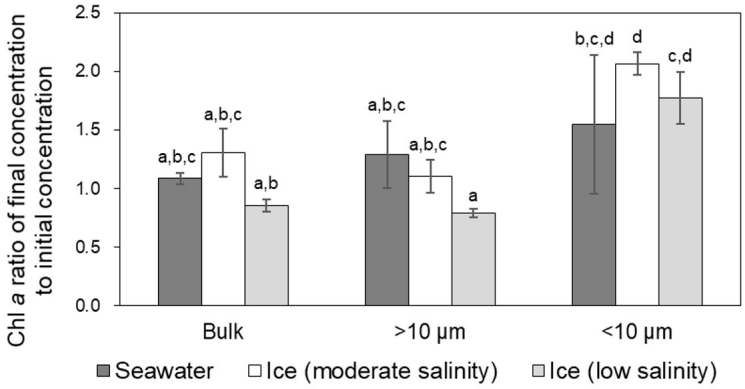



Fig. The final chlorophyll *a* concentration of bulk and size-fractionated samples relative to the initial concentration of seawater and two types of ice (moderate and low salinity). The same letters indicate no significant difference at the $p$=0.05 level (Tukey-Kramer test).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Effects of lugol’s fixtation on preservation of samples for carbon and nitrogen stable isotope and molecular analyses

*佐野 雅美[1]、真壁 竜介[1,2]、山本 あゆ[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[1,2]
*Masayoshi Sano[1], Ryosuke Makabe[1,2], Ayu Yamamoto[3], Norio Kurosawa[4], Masato Moteki[2,3], Tsuneo Odate[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 東京海洋大学、4. 創価大学
1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Soka University

Recently, carbon and nitrogen stable isotope analysis and molecular analysis are commonly used as powerful tools in marine ecological studies including sediment trap experiments. In the southern ocean ecosystem studies, moored sediment trap samples are important to obtain information all-year around including winter season when we cannot observe directly by research vessels. Usually, collecting cups of sediment traps were filled with formalin for preventing degradation of samples during deployment periods, but formalin fixtation is not suitable for those analyses because of crosslinking and fragmantation of DNA and alteration of carbon stable isotope. On the other hand, lugol’s iodine solution is commonly used as fixatives of microzooplankton and phytoplankton samples, but its usefulness as a long term preservative of samples for stable isotope analysis and molecular analysis is still not examined. In this study, we compared carbon and nitrogen stable isotope ratios of zooplankton samples fixed by lugol’s iodine solution and other methods over 6 months and extract DNA from lugol fixed samples after 16 months preservation for examining the usefulness of lugol’s iodine solution. Samples were collected by ORI net during a cruise of training vessel *Umitaka-maru* in 2017. Collected samples were fixed by 5%, 10% lugol’s iodine seawater solution or 5% buffered formalin seawater or frozen at -80˚C on board. Samples were sorted after 1 week, 1 month, 3 months and 6 months preservation and used for stable isotope analysis. DNA was extracted from samples after 16 months preservation and amplified by PCR. In most cases, carbon stable isotope ratios were significantly different between formalin fixed samples and other samples after 1 week preservation. Nitrogen stable isotope ratios were also significantly different between formalin fixed samples and other samples after 1 month preservation. There are no significant differences in carbon and nitrogen stable isotope ratios between samples fixed by 10% lugol solution and frozen samples in all the periods. Amplification of DNA extracted from lugol fixed samples was detected by a gel electrophoresis. Thus, lugol’s fixtation is considered to be suitable for long term preservation of samples for both stable isotope analysis and molecular analysis.

キーワード：動物プランクトン、セジメントトラップ、安定同位体比、DNA、固定法
Keywords: Zooplankton, Sediment trap, Stable isotope ratio, DNA, Fixation method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋生態系研究への環境DNAの導入
# The application of environmental DNA for the monitoring of Antarctic marine ecosystem

*立花 愛子[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1]
*Aiko Tachibana[1], Ryosuke Makabe[2], Masato Moteki[1]

1. 東京海洋大学、2. 国立極地研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research

生物の群集構造および多様性のモニタリングは、地球規模の気候変動に対する南極の海洋生態系変動への影響を理解するために不可欠である。従来のバイオモニタリング手法は、対象生物に応じた様々なサンプリング法と形態学に基づく同定を基に行われており、時間やコストだけでなく高度な専門知識を要してきた。今後、急速に変化する気候変動に対し、南大洋生態系へ及ぼす影響を明らかにするためには、生物群集の時空間的変動を迅速に理解するための効率的かつ効果的なツールが必要であると考えられる。環境DNA - 生物によって土、堆積物、水などの環境サンプルに落とされた細胞や組織から抽出されたゲノム物質 - は海洋の生物多様性と群集組成を迅速に評価することが可能なツールとして近年注目されている。本研究では、南大洋生態系研究の新たなモニタリングツールとして環境DNAを導入し、より高度な解像度での生物多様性と群集構造の把握を目指した。環境DNAの採集は2019年1月の東京海洋大学の練習船「海鷹丸」による南大洋航海において、東南極ウィルクスランド沖の110°E上にて行った。採水は40～65°Sの表層から深層の各層において行われ、計189サンプル得た。これらのサンプルからDNAベースの生物多様性データを作成し、南洋における後生動物の遺伝的多様性の包括的な分析を行う。本発表ではeDNA観測の概要と予備実験の結果を示すと共に、今後の分析計画についても議論する。

キーワード：環境DNA、南大洋、生物多様性
Keywords: Environmental DNA, Southern Ocean, biodiversity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# アメリー棚氷沖におけるフラジルアイスと高生物量の同時発生過程
# Coincidental occurrence process of frazil ice and high biomass off Amery Ice Shelf

*町村 典彦[1]、大島 慶一郎[2]、中田 和輝[3]、伊藤 優人[2]、深町 康[2,4]、真壁 竜介[5]、高尾 信太郎[5]、二橋 創平[6]
*Yoshihiko Machimura[1], Kay I. Ohshima[2], Kazuki Nakata[3], Masato Ito[2], Yasushi Fukamachi[2,4], Ryosuke Makabe[5], Shintaro Takao[5], Sohey Nihashi[6]

1. 北海道大学大学院環境科学院、2. 北海道大学低温科学研究所、3. リモート・センシング技術センター、4. 北海道大学北極域研究センター、5. 国立極地研究所、6. 苫小牧工業高等専門学校
1. Graduate School of Environmental Sciences, Hokkaido University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Remote Sensing Technology Center of Japan, 4. Arctic Research Center, Hokkaido University, 5. National Institute of Polar Research, 6. National Institute of Technology, Tomakomai College

南極沿岸は南大洋で最も生物生産が盛んな領域として知られ、全球規模の炭素循環や生態系に多大な影響を与えていると考えられている。また、衛星可視光データを用いた一次生産量推定では南極沿岸の生物生産は海氷融解期に当たる12 月から1 月にかけて最大となり、再結氷期に当たる2 月から3 月にかけて大きく減少すると報告されている(Arrigo et al., 2015)。しかし近年、この2 月から3 月の南極沿岸で生物量の非常に高い領域が存在しているとの報告が、衛星・現場双方の観測から挙げられている(Lieser et al., 2015、DeJong et al., 2018)。この晩夏に観測される高い生物量はフラジルアイスを伴って発生していることが特徴である。海色衛星データを用いたクロロフィル量推定アルゴリズムにおいては、海氷による反射光へのコンタミを除去するためマスクがかけられてしまう。このため、このフラジルアイスを伴う生物量は見逃されていた。このフラジルアイスと同時に観測される高い生物量は$CO_2$ シンクとしても大きく寄与している可能性があり、この現象の発生過程を解明することの価値は極めて高いといえる。

本研究ではまず、2003 年から2011 年の2 月と3 月のケープダンレーおよびアメリー棚氷沖の海域を対象とし、対象期間中に取得されたすべてのMODIS の表面反射率データのうち雲の影響の少ないものから生物量の指標となるグリーンインデックスを算出した。次にNakata et al. (2019) によって開発されたAMSR マイクロ波放射計による海氷タイプ識別アルゴリズムを用いてフラジルアイス出現海域を同定した。両者の解析を比較したところ、対象領域における生物量とフラジルアイスの空間的・時間的な分布に高い一致があることが明らかになった。特にアメリー棚氷沖およそ50km(南緯68.2 度) の領域において、生物量とフラジルアイスはともに分布のピークがあることが明らかになった。これまでフラジルアイスは沿岸ポリニヤ過程により岸より発生すると考えられていたが、3 月のアメリー棚氷沖においては岸より離れた所を中心に発生するという点も予測を超える結果であった。

このような岸や氷縁から離れた領域でフラジルアイスを発生させる要因として棚氷水(ISW: Ice Shelf Water)を考えた。バイオロギングで得られた水温塩分データを見ると、一部ポテンシャル過冷却となっているISW とみられる低温の水塊が棚氷フロントから南緯68.3 度までは深さ250～400m に存在しているが、その水塊が沖へ向かうに従い徐々に上昇し、南緯68.2 度付近では表層にまで達していることがわかった。棚氷の沖では、沖合50～100km にまでISWが流出し、フラジル(プレートレット) アイスが海中で生成されることは他の研究で報告されている(Dieckmann et al., 1986、Hughes et al., 2013)。

以上の解析結果をまとめると、アメリー棚氷沖における高い生物量を伴ったフラジルアイス生成は以下のプロセスによると推定される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

1. アメリー棚氷フロントからISW が流出する。

2. ISW は北上する過程で、水中で過冷却に達してフラジルアイスを生成する。

3. そのフラジルアイスは生成され次第浮上するが表層が結氷温度に達していない南緯68.3 度以南では水中で融解してしまい、68.2 度以北で初めて表層に現れる。

4. フラジルアイスが表層に浮上する過程でプランクトンをトラップして表層に運ぶ。同時に棚氷由来の鉄がブルーミングを促し、生物量を増加させる。

今回提案されたプロセスは他の棚氷沖でも生じている可能性があり、実際にロス棚氷沖周辺でも晩夏に高い生物量が報告されている。今後は、今回提案されたアメリー棚氷沖でのプロセスの詳細を観測も交えて明らかにするとともに、このプロセスが全南極で周極的に起こりうるか、もしそうならば、その$CO_2$ シンクとしての寄与はどの程度の規模になるのか、明らかにすべきであると考える。

キーワード：海氷、ポリニヤ、棚氷水、リモートセンシング、生物生産
Keywords: sea ice, polynya, ice shelf water, remote sensing, biological production

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋ビンセネス湾沖における端脚類*Themisto gaudichaudii*の摂餌生態
# Feeding habit of the Antarctic amphipod *Themisto gaudichaudii*of Vincennes Bay (East Antarctica) during austral summer

*松下 隼士[1]、真壁 竜介[2]、茂木 正人[1]
*Junji Matsushita[1], Ryosuke Makabe[2], Masato Moteki[1]

1. 東京海洋大学、2. 国立極地研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. National Institute of Polar Research

ナンキョクオキアミと同様に食物網をつなぐマクロ動物プランクトンとして，端脚類が挙げられる。端脚類は高次捕食者の重要な摂餌対象とされる一方，肉食者として動物プランクトンを捕食するため，植食者や粒子食者とされるオキアミ類と食段階が異なる。南大洋で広く分布する端脚類*Themisto gaudichaudii*は，海域によりマクロ動物プランクトンの最優占種となることもある。食性は日和見的な肉食者とされ，実際に消化管内容物からはカイアシ類やオキアミ類，サルパ類といった様々な動物プランクトンが観察されている。南大洋ではオキアミ類を対象とした生態系研究が活発に行われてきた一方，端脚類に関する研究は少なく，特にインド洋セクターでは充分な知見が得られていない。これらの観点より本研究では*T. gaudichaudii*の消化管内容物解析から，インド洋セクターにおける夏季の摂餌生態を明らかにすることを目的とした。*T. gaudichaudii*は，第22次海鷹丸南極海航海（2019年1月）において，南大洋ビンセネス湾沖西経110度ラインに沿った観測点7点で採集され，消化管内容物の解析に供した。また，飼育により採取した糞粒から解析結果を補足した。本発表では，*T. gaudichaudii*の摂餌生態を調べることで，インド洋セクター生態系における端脚類の役割を考察する。

キーワード：南大洋、マクロ動物プランクトン、端脚類
Keywords: The Southern Ocean, Macrozooplankton, Amphipod

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋の季節海氷域における亜表層クロロフィル極大の時系列観測
# Time-series observation of subsurface chlorophyll *a* maximum in the seasonal ice zone of the Southern Ocean

*影沢 歩友子[1]、佐野 雅美[2]、高尾 信太郎[1,2]、真壁 竜介[1,2]、溝端 浩平[3]、黒沢 則夫[4]、茂木 正人[2,3]、小達 恒夫[2]
*Ayuko Kagesawa[1], Masayoshi Sano[2], Shintaro Takao[1,2], Ryosuke Makabe[1,2], Kohei Mizobata[3], Norio Kurosawa[4], Masato Moteki[2,3], tuneo Odate[2]

1. 総合研究大学院大学、2. 極地研究所、3. 東京海洋大学、4. 創価大学
1. The Graduate University for Advanced Studies, 2. National Institute of Polar Research, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Soka University

A persistent subsurface chlorophyll *a* maximum (SCM) is often found during the summer-fall season after the ice-edge bloom in the seasonal ice zone of the Southern Ocean, so that SCM would be considered important for biogeochemical cycling through the lower trophic levels. The relevant studies, however, have been qualitative in nature. This study aimed to reveal the dynamics and ecological role of the SCM in the seasonal ice zone.
We carried out Lagrangian observations using a drifter with two time-series sediment traps, an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) and four sensor flames (Fig. 1). The drifter was deployed at 63.5˚S, 110.0˚E in January 14th 2019, and 5-day continuous observation was performed. In the vicinity of the drifter, 4 ship-based observations including net sampling and CTD casts were made until the drifter was recovered. Physical environments were measured by CTD, and sea water samples were collected for measurements of chlorophyll *a* (chl. *a*) concentration, nutrients, particle organic carbon, dissolved organic carbon, abundance of phytoplankton, micro-zooplankton, bacteria and nano-/pico-phytoplankton. We also conducted an incubation experiment for determining net primary production.
The temperature minimum layer, found between 37 and 52 m depth, decreased from -0.82 ºC to -1.28 ºC during the study period. The maximum chl. *a* concentration (1.0-2.0 μg/l), comparable to that in typical ice edge blooms, was observed at 40 m depth (Fig. 2). Such a high chl. *a* concentration might have important roles for food web and for material cycling. We will discuss especially on phytoplankton dynamics showing results of microscopic and chemical analyses.

キーワード：亜表層クロロフィル極大、南大洋
Keywords: subsurface chlorophyll a maximum , the Southern Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

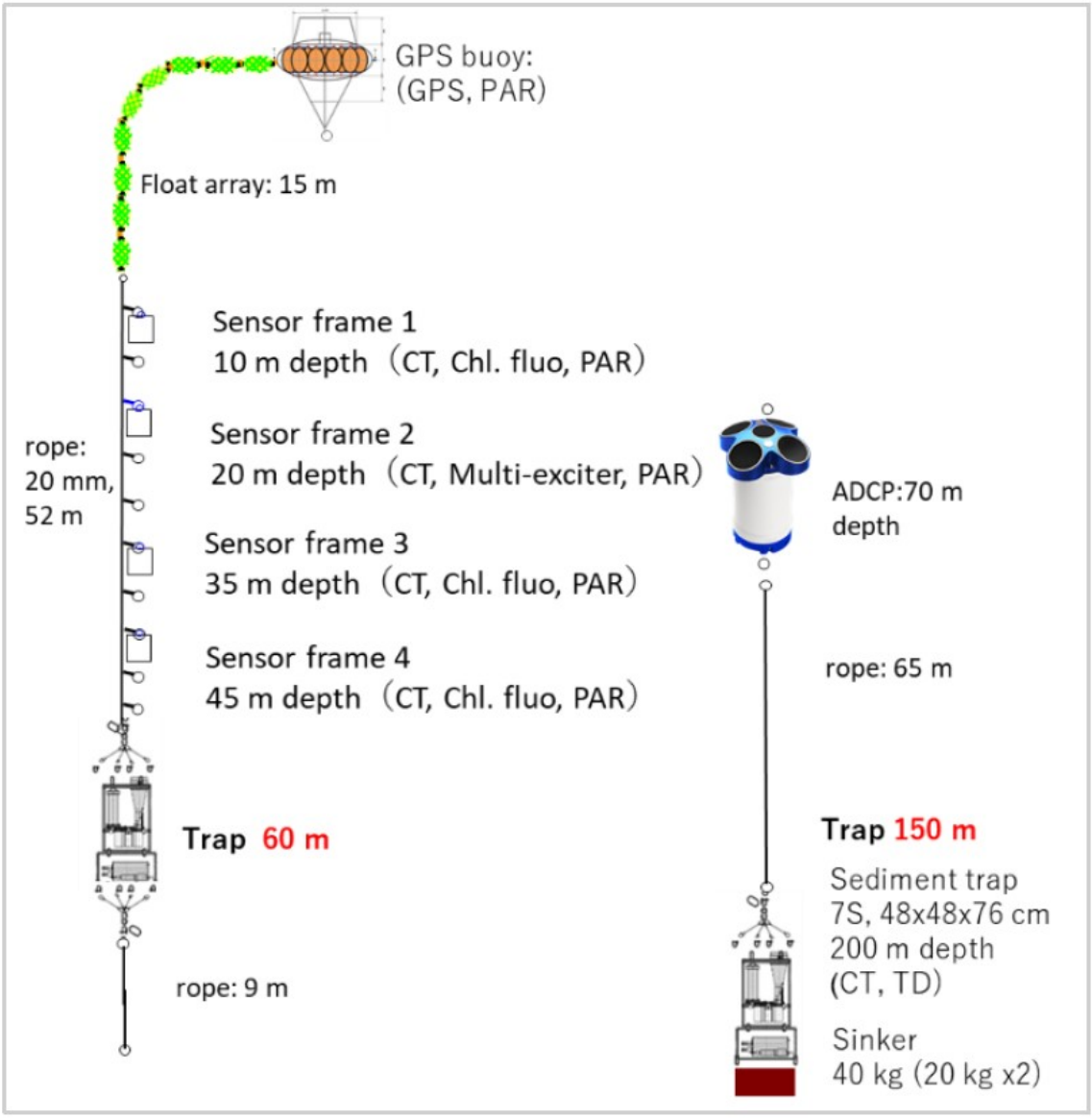
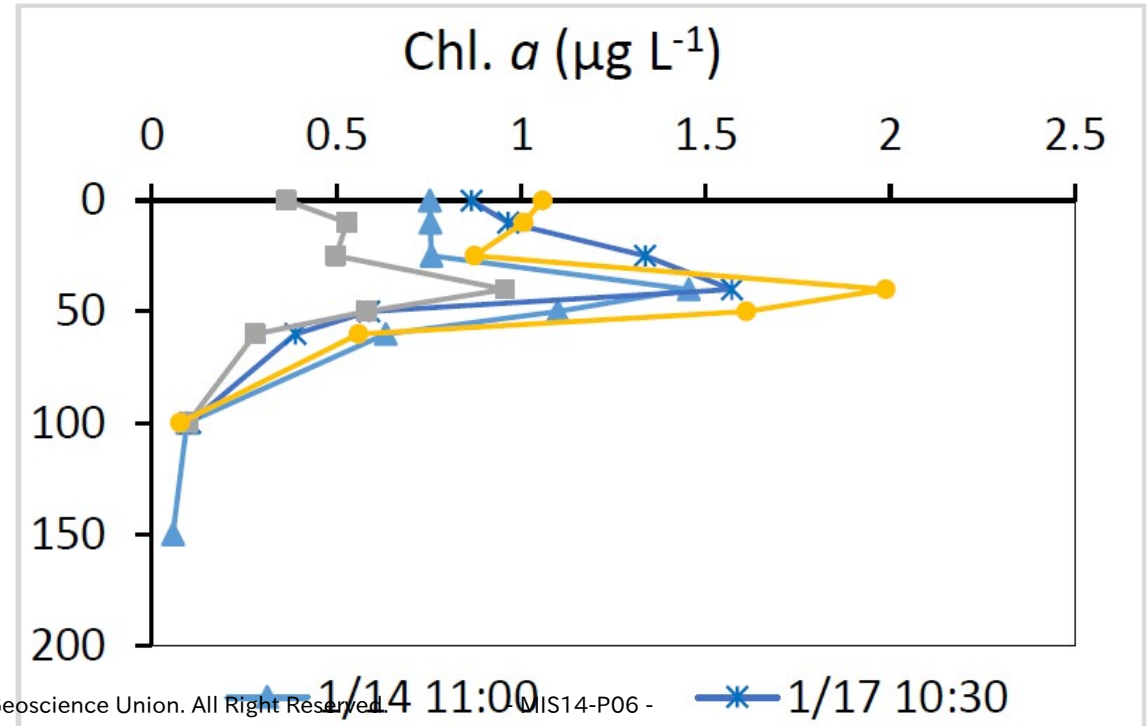



Fig. 1 A schematic image of the drifter




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 東南極における大気硫酸の硫黄安定同位体組成の季節変動と大気硫黄循環への示唆

# Seasonality in sulfur isotopic compositions of atmospheric sulfate and its implications for atmospheric sulfur cycles in East Antarctica

*石野 咲子[1]、服部 祥平[1]、Joel Savarino[2]、Michel Legrand[2]、Susanne Preunkert[2]、Bruno Jourdain[2]、Francis Albarede[3]、Emmanuelle Albalat[3]、吉田 尚弘[1,4]
*Sakiko Ishino[1], Shohei Hattori[1], Joel Savarino[2], Michel Legrand[2], Susanne Preunkert[2], Bruno Jourdain[2], Francis Albarede[3], Emmanuelle Albalat[3], Naohiro Yoshida[1,4]

1. 東京工業大学物質理工学院応用化学系、2. グルノーブル大学/CNRS、環境地球科学研究所、3. リヨン高等師範学校（LGL-TPE）、4. 東京工業大学地球生命研究所
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 2. Institut des Geoscience de l’ Environnement, Université Grenoble Alpes/CNRS, 3. Ecole Normale Supérieure (LGL-TPE), 4. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Atmospheric sulfate in Antarctica is produced mainly from a marine biogenic sulfur compound, dimethyl sulfide. They are therefore a subject of study related to the linkage between marine biogenic activity and climate. We investigate year-round observations of sulfur isotopic compositions of atmospheric sulfate ($SO_4^{2-}$) at inland (Dome C) and coastal (Dumont d’ Urville) sites in East Antarctica to quantify the relative importance of marine biogenic (mb) and non-marine biogenic (nmb) $SO_4^{2-}$ for the Antarctic atmospheric sulfur cycle. The $\delta^{34}S$ values of non-sea salt sulfate showed clear seasonal variations with summer maxima and winter minima, and showed homogeneity between inland and coastal sites throughout the year. This result suggests that the isotopic fractionation through chemical reactions during transportation from coastal to inland areas insignificantly affects the observed $\delta^{34}S_{nss}$ values. The observed $\delta^{34}S_{nss}$ values are controlled mainly by the relative importance of mb-$SO_4^{2-}$ and nmb-$SO_4^{2-}$. This finding, in conjunction with the $SO_4^{2-}$ records in Antarctic ice cores, will open a perspective implying the increased relative importance of nmb-$SO_4^{2-}$ during glacial periods. We also found a significant increase in nmb-$SO_4^{2-}$ concentrations in November, especially for the inland site. This nmb-$SO_4^{2-}$ increase is correlated with the $^{210}Pb$ concentration, suggesting the existence of long-range transport of continental nmb-$SO_4^{2-}$ from lower latitudes to the Antarctic inland. Identification of the sources of those nmb-$SO_4^{2-}$ will be a key step for elucidation of the linkage between Antarctic atmosphere/climate and environmental changes at lower latitudes from the past through the future.

キーワード：硫黄同位体分析、硫酸エアロゾル、南極
Keywords: Sulfur isotope analysis, Sulfate aerosols, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南極ドームふじ氷床コアの大気組成からみるターミネーション2の気候変動

# Penultimate glacial-interglacial transition viewed from the Dome Fuji ice core, Antarctica

*大藪 幾美[1,2]、川村 賢二[1,3,4]、北村 享太郎[1]
*Ikumi Oyabu[1,2], Kenji Kawamura[1,3,4], Kyotaro Kitamura[1]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 日本学術振興会、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. Japan Society for the Promotion of Science, 3. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 4. Japan Agency for Marine Science and Technology (JAMSTEC)

Paleoclimatic proxies provide information about the variations of climate forcings and responses, such as atmospheric $CO_2$concentration, temperature and sea level, as well as their magnitudes and phase relationships. Accurate chronological constraints are particularly important for numerical simulations, both for their input and validation data, to better understand the transient behaviors of climate and ice sheets. During the last interglacial period (~130 to ~120 thousand years before present (kyr BP)), the peak global mean surface temperature was ~1 degree higher than the preindustrial period, and the global sea level was ~6 –9 m higher than today with significant contribution from the Antarctic ice sheet, whereas atmospheric $CO_2$levels were similar to those in the preindustrial period (Dutton et al., 2015). The last interglacial period and the preceding transition from the penultimate glacial period are important targets for the paleoclimatic research to investigate the mechanisms for warming and ice-sheet reductions. However, responses (sequences, timing or magnitude) of ice sheets, temperature or ocean circulations to climate forcing during this period are much less well understood, partly because the number of proxies and time resolution are limited, and the chronological uncertainties are relatively large. A chronology of the Dome Fuji (DF) ice core was constructed by synchronizing variations in $O_2/N_2$ratio of occluded air with local summer insolation (Kawamura et al., 2007), but relatively large errors were later reported around the last interglacial (Fujita et al., 2015). Here, we reanalyzed the $O_2/N_2$ratio of the DF core by improving the methods for sample treatment, air extraction and mass spectrometry between 57 and 165 kyr BP to revise the DF chronology. The new chronology agrees within 1.2 kyr with a radiometric (U-Th) chronology of Chinese speleothems, the whose stated error is less than 1 kyr (Cheng et al., 2009), suggesting successful improvement of our ice-core chronology. Using $\delta^{18}O$ of atmospheric $O_2$($\delta^{18}O_{atm}$) and $CH_4$records measured on the same ice samples as used for the $O_2/N_2$measurements, we investigate climatic variations during the penultimate glacial period and deglaciation. We found that $\delta^{18}O_{atm}$ becomes heavier while $CH_4$concentration increased at 138.4 kyr BP during the penultimate glacial maximum; this characteristic relationship was observed at Heinrich Event 2 (at ~24 kyr BP) during the last glacial maximum (Severinghaus et al., 2009; Rhodes et al., 2015). Other well-dated paleoclimatic records show major climatic changes around 138 kyr BP; an abrupt weakening of the Asian monsoon occurred at 138 kyr BP (Wang et al., 2008), and the onset of relative sea level rise was suggested at 139±1 kyr BP from seawater $\delta^{18}O$ of Red Sea (Grant et al., 2012) and at 137 kyr BP from U-Th dating of Tahiti fossil corals (Thomas et al., 2009). The similarity of these ages suggests that a massive iceberg discharge event occurred at ~138 kyr BP, and it marked the onset of penultimate deglaciation. Our new data may provide better chronological constraints on the climatic forcings and responses around the penultimate deglaciation and last interglacial period.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

**References**

Dutton et al. (2015), *Science,* **349**., Kawamura, K., et al. (2007), *Nature*, **448**, 912-916., Fujita, S. et al. (2015), *Clim. Past.*,**11**, 1395-1416 ., Cheng, H. et al. (2009), *Science*, **326**, 248-252., Rhodes, R. H.et all. (2015), *Science*, **348**, 1016-1019., Severinghaus, J. P. et al., (2009), *Science*,**324**, 1431-1434., Thomas, A. L.et al. (2009), *Science*, **324**, 1186-1189., Wang, Y. et al. (2008), *Nature*, **451**, 1090-1093., Grant, K. M., et al. (2012), *Nature*, **491**, 744-747.

キーワード：南極、アイスコア、ドームふじ、退氷期、最終間氷期
Keywords: Antarctica, Ice core, Dome Fuji, deglaciation, The last interglacial

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Reconstruction of Antarctic ice sheet dynamics in the Last Interglacial

*飯塚 睦[1]、関 宰[1]、板木 拓也[2]、入野 智久[1]、池原 実[4]、杉崎 彩子[2]、山本 正伸[1]、堀川 恵司[5]、菅沼 悠介[3]
*Mutsumi Iizuka[1], Osamu Seki[1], Takuya Itaki[2], Tomohisa Irino[1], Minoru Ikehara[4], Saiko Sugisaki[2], Masanobu Yamamoto[1], Keiji Horikawa[5], Yuusuke Suganuma[3]

1. 北海道大学、2. 産業技術総合研究所、3. 国立極地研究所、4. 高知大学海洋コア総合研究センター、5. 富山大学
1. Hokkaido university, 2. Geological Survey of Japan, 3. National Institute of Polar Research , 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 5. University of Toyama

Ongoing global warming could cause various problems in the future. One of the serious concerns is a sea level rise due to the melting of the ice sheet. Antarctic ice sheet, which hold a massive amount of fresh water was considered to be stable even if global warming progresses in the future. However, recent studies have shown that Antarctic ice sheet is more sensitive to global warming than previously thought. Therefore, it is an important to better understand extent to which Antarctic ice sheet is sensitive to global warming.

Study of past warm period proves an useful insight into the prediction of sea level rise in a future. Especially, Sea level in the last interglacial (MIS 5e), which was ~1˚C warmer than the preindustrial was estimated to be several meters higher than that of the present with the sudden and abrupt rises in sea level. This suggests significant loss of Antarctic ice sheet during MIS 5e. However, Antarctic ice sheet variability during the MIS 5e has been poorly understood. In this study, we reconstruct dynamics of Antarctic ice sheet during MIS 5e from the marine sediment core GC1407 collected from Dumont d'Urville Sea, East Antarctica (130.518˚E, 63.74˚S).

Interval of MIS 5e has been determined based on abundance of radiolaria in GC1407. Variability of iceberg discharge is reconstructed by measurement of iceberg rafted debris (IBRD) in sediments. IBRDs are found to be recognized only during MIS 5e. This suggests that the significant discharge of large icebergs possibly from Wilkes Land basin, East Antarctica happened only during warmer than present climate condition.

キーワード：南大洋、最終間氷期、南極氷床
Keywords: Southern Ocean, Last interglacial, Antarctic icesheet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋の表層水温から推測される鮮新世の温暖期のCO2濃度
# Pliocene CO2 concentration estimated from Southern Ocean SST

*関 宰[1]、下野 智大[2]
*Osamu Seki[1], Tomohiro Shimono[2]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Guraduate School of Environmental Science

気候モデルによる将来の気温の変化量の予測は「気候感度」という値により決まる．ここで気候感度とは大気中$CO_2$濃度が2倍になった時の地表面温度の変化量である．そのため，気候感度の制約は将来の気温予測における核心部分であり，IPCCにおいても最大の焦点となっている．しかし，将来予測に適した気候感度制約のための多大な努力がなされてきたにも関わらず，$CO_2$倍増時の気候感度は2.0～4.5℃の範囲としか制約されておらず，不確実性が大きい．さらに，古気候データ解析から，気候感度は気候状態に依存することが明らかとなった．このことにより将来予測においては現在よりも温暖な気候状態における気候感度を知る必要性が生じ，過去の温暖期の研究に注目が集まっている．本研究では，現在より平均気温が2-3℃ほど高く，現在と境界条件が類似しているため将来気候の類型とされる鮮新世温暖期（300-450万年前）に着目し，経験的手法を用いて当時の$CO_2$濃度の高精度復元を行い，温暖な気候状態における気候感度を推定する．

キーワード：気候感度、鮮新世、二酸化炭素濃度
Keywords: Climate sensitivity, Pliocene, carbon dioxide concentration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Lithogenic fluxes across a transect in the SW Indian Ocean since the last glacial inception

*Eri Helen Amsler[1], Walter Geibert[2], Gerhard Kuhn[2], Minoru Ikehara[3], Samuel Jaccard[1]

1. Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland, 2. Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Kochi, Japan

On glacial-interglacial time scale the Southern Ocean plays a prominent role in modulating climate by storing and redistributing heat, fresh water, carbon and nutrients globally. Atmospheric $CO_2$ is taken up by algae and sequestered in the deep ocean through the biological carbon pump. On the other hand, $CO_2$ is released back to the atmosphere through upwelling and vertical mixing [1]. The relative contribution of these two mechanisms controls the efficiency through which carbon can be sequestered in the ocean interior.

The effect of iron fertilization on biological productivity has previously been documented in the Atlantic and Pacific sectors of the Southern Ocean [2, 3]. During glacial periods higher input of Fe-bearing dust increased phytoplankton growth and carbon sequestration, thus leading to the drawdown of atmospheric $CO_2$, accounting for about half of the glacial-interglacial $CO_2$ amplitude [4].

Here we present $^{230}$Th-normalized lithogenic fluxes in a set of marine sediment cores spanning a meridional transect in the Indian sector of the Southern Ocean further away from the Patagonian dust plume and show that increased Fe flux impacted export production patterns, contributing to the sequestration of carbon away from the atmosphere.

[1] Sigman, D. M., Boyle, E. A. (2000) Nature 407, 859-869.

[2] Martínez-Garcia, A., Sigman, D. M., Haojia, R., Anderson, R. F., Straub, M., Hodell, D. A., Jaccard, S. L., Eglinton, T. I., Haug, G. H. (2014) Science 343, 1347-1350.

[3] Lamy F., Gersonde, R., Winckler, G., Esper, O., Jaeschke, A., Kuhn, G., Ullermann, J., Martínez-Garcia, A., Lambert, F., Kilian, R. (2014) Science 343 (6169), 403-407.

[4] Hain, M. P., D. M. Sigman, and G. H. Haug (2010) Global Biogeochem. Cycles, 24, GB4023.
Please fill in your abstract text.

Keywords: Southern Ocean, Biological Pump

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# MIS M2からの温暖化過程におけるRoss海から産出した珪藻化石群集の変化

# Changes in composition of fossil diatoms from Ross Sea under gradual warming climate from MIS M2

*石野 沙季[1]、須藤 斎[2]、McKay Rob[3]、De Santis Laura[4]、Kluhanek Denise[5]、IODP Exp. 374乗船研究者 一同
*Saki Ishino[1], Itsuki Suto[2], Rob M. McKay[3], Laura De Santis[4], Denise K. Kluhanek[5], Expedition 374 Scientists

1. 産業技術総合研究所、2. 名古屋大学環境学研究科、3. Victoria University、4. Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale、5. Texas A&M University
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. Victoria University, 4. Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, 5. Texas A&M University

過去の温暖化過程において極域の環境にどのような変化が起きていたのかという古環境学的情報は，温暖化の将来予測を飛躍させる上で欠かせない．特に復元される南極の高緯度域の海洋環境は，marine based ice sheetの融解量の推測に影響するため，西南極氷床の変動史を解明する上で重要となる．南極海には珪質な殻を持つ珪藻の化石が多く保存されており，珪藻化石群集の解析から，過去の海氷被覆域や鉛直混合の強さなどの海洋環境を推定することができる．

国際深海科学掘削計画（IODP）Exp. 374では2018年1月から3月にかけてRoss海東部の大陸棚と大陸棚斜面などから海底堆積物コアの掘削を行った．大陸斜面から得られたコアの一つであるHole U1524A（74°13.05’S and 173°37.98’W, 2394 m water depth）は，Antarctic Bottom Waterが海底に流れる通り道に位置し，高解像度の鮮新世の海洋環境を記録した堆積物を有している．本発表では，氷期（MIS M2）から温暖化していく一連の環境の変化に焦点を当て，約3.3–3.0 Maの堆積物に含まれる珪藻殻量および珪藻化石群集組成，特に海氷指標種や鉛直混合の指標となりうる*Chaetoceros*属の休眠胞子化石，鮮新世に絶滅・種分化した種などの産出量変動から推定される古環境について報告する．

キーワード：珪藻、南大洋、古環境
Keywords: Diatom, The Southern Ocean, Paleoenvironment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Geological insights into formation of Conrad Rise, Southern Ocean: Preliminary geological results of R/V *Hakuho-maru* KH-19-1 cruise

*佐藤 暢[1]、藤井 昌和[2,3]、松井 浩紀[4]、池原 実[4]
*Hiroshi Sato[1], Masakazu Fujii[2,3], Hiroki Matsui[4], Minoru Ikehara[4]

1. 専修大学経営学部、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 高知大学海洋コア総合研究センター
1. School of Business Administration, Senshu University, 2. NIPR, 3. SOKENDAI, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

Conrad Rise is one of plateaus situated at the Indian-sector of the Southern Ocean. Origin of the rise are considered to be a sort of the Large Igneous Provinces or hotspot. Previously Borisova et al. (1996) reported alkaline igneous rocks which have similar geochemical signature to the Kelgueren Plateau. However, detailed investigations have not been performed until our recent study. We performed geological and geophysical investigations during three R/V *Hakuho-maru* cruises, KH-10-7, KH-16-1, and KH-19-1. Particularly, we had five dredge operations during KH-10-7 and KH-19-1 cruises and obtained geological (and biological) materials that have important keys to understanding the origin and development of Conrad Rise. Geological materials collected during KH-10-7 cruise had already reported by Ishizuka et al. (2011), Sato et al. (2012), and Kobayashi et al. (2013). In this presentation, we report preliminary results of recovered geological and biological materials during KH-19-1 cruise.

Two dredge operations were performed during KH-19-1 Leg 2 (16 Jan to 12 Feb 2019). Dredge site KH-19-1D4 is situated at one of peaks of unnamed small knoll that is located north of Ob seamount. Approximately 50 kg of geological and biological materials including igneous rocks, metamorphic rocks, and deep-sea coral were recovered. Dredge site KH-19-1D5 is situated at north-south trending spur on the northern slope of Ob seamount. Approximately 50 kg of materials including igneous rocks, sedimentary rocks, metamorphic rocks, deep-sea coral, and living shell were recovered.

References
Borisova et al. (1996) *Geochemistry International* **34**(6) 503-517
Sato et al. (2012) JpGU meeting 2012, SCG66-09
Ishizuka et al. (2011) 2nd Symposium on Polar Science.
Kobayashi et al. (2013) 4th Symposium on Polar Science.

キーワード：コンラッドライズ、南大洋、KH-19-1航海
Keywords: Conrad Rise, Southern Ocean, KH-19-1 cruise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新たな古環境プロキシとしての黄金色藻シスト化石
# Fossil chrysophyte cysts as a new paleoenvironmental proxy

*加藤 悠爾[1,2]、須藤 斎[1]
*Yuji Kato[1,2], Itsuki Suto[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 高知大学海洋コア総合研究センター（日本学術振興会 特別研究員）
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University (JSPS Research Fellowship for Young Scientists)

南大洋の堆積物からは，珪藻類に加えて，淡水藻類である黄金色藻が休眠期に形成する珪酸質のシスト化石が産出するが，これらの化石が持つ古海洋学的意義については未だ明らかになっていない．本研究では，黄金色藻シスト化石の古生物学的な基礎情報を取得するとともに，それらが新たな古環境指標となり得るか否かを検討するため，南大洋大西洋区で掘削されたボーリングコア試料DSDP Leg 71 Site 513およびODP Leg 113 Site 689のうち後期中新世から鮮新世（ca. 9–3 Ma）について微化石分析を行い，珪藻化石群集の変動および黄金色藻シスト化石の産出量変動を調べた．

その結果，黄金色藻シストの産出量変動は，Sites 513, 689ともに淡水珪藻の変動とよく似たパターンを示した．また，SEM観察では，淡水域から報告されているシストも確認された．したがって，これらの黄金色藻シスト化石は主に陸からの淡水の流れ込みを示唆していると考えられる．南大洋に流れ込む淡水は南極大陸の氷河・氷床の融氷水を起源とするため，南大洋における海底堆積物中の黄金色藻シスト化石の産出量変動は，地質時代に遡って南極大陸氷床の変遷史を解明するうえで有用なツールとなることが期待される．また，全球氷床量を反映するとされる底生有孔虫殻の酸素同位体比$\delta^{18}$O値（Zachos et al. 2001）と黄金色藻シスト化石産出量の変動を比較したところ，全体として$\delta^{18}$O値が軽い値をとる（すなわち全球的に氷床量が少なくなっているとされる）時期に黄金色藻シスト化石の産出量は多くなっていた．このことも，上述の黄金色藻シスト化石と氷床量変動との関連をサポートしている．一方，Site 689の一部の層準（e.g. 4.4–3.3 Ma）では黄金色藻シストと海氷関連珪藻の多産が確認されたため，南大洋の海底堆積物に産出する黄金色藻シスト化石には，淡水起源のものだけでなく海氷起源のものも含まれている可能性が高い．今後，黄金色藻シスト化石の古海洋環境指標としての有用性を高めるために，分類学・生物地理学的研究の進展が望まれる．

キーワード：黄金色藻シスト、珪藻、南大洋、微化石
Keywords: chrysophyte cyst, diatom, Southern Ocean, microfossil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Spatiotemporal variability of surface mass balance along the JARE traverse route for 1991–2019

*津滝 俊[1]、本山 秀明[2,3]、阿部 彩子[1,4]、藤田 秀二[2,3]、川村 賢二[2,3,4]
*Shun Tsutaki[1], Hideaki Motoyama[2,3], Ayako Abe-Ouchi[1,4], Shuji Fujita[2,3], Kenji Kawamura[2,3,4]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Satellite-based observations revealed the recent mass loss of the Antarctic ice sheet, and there is concern about its influence on sea level rise. Although significant mass loss has been reported in the West Antarctica, spatial and temporal variability of surface mass balance (SMB) is poorly understood in the East Antarctica where the ice volume is more than 10 times, due to complexity in snow accumulation in space and time, resulting in relatively large uncertainty to quantify ongoing and future mass loss from the Antarctic ice sheet. Therefore, it is crucial to accurately quantify SMB in East Antarctica. SMB has been measured along the traverse route between coastal area (S16) and the inland Dome Fuji region as a part of the Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) since 1991. Net snow accumulation was measured by the stake method at approximately 500 points every 2 km. In this study, we re-evaluate spatial and temporal variability of SMB between S16 and Dome Fuji region during the period of 1991–2019. Uncertainty of the SMB measurements is discussed by the data obtained from stake farms and stake rows along the survey route. Spatiotemporal variability of SMB is discussed with surface slope of the ice sheet as well as wind speed and direction in order to evaluate the influence of surface topography and katabatic wind blowing on the ice sheet surface on snow accumulation.

キーワード：南極氷床、表面質量収支
Keywords: Antarctic ice sheet, Surface mass balance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# The weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica

*金丸 龍夫[1]、菅沼 悠介[2]、大岩根 尚[3]、三浦 英樹[2]、三浦 真[4]、奥野 淳一[2]、早川 秀章[5]
*Tatsuo Kanamaru[1], Yusuke Suganuma[2], hisashi Oiwane[3], Hideki Miura[2], Makoto Miura[4], Jun'ichi Okuno[2], Hideaki Hayakawa[5]

1. 日本大学文理学部地球科学科、2. 国立極地研究所、3. 合同会社むすひ、4. 金沢大学、5. 東京大学宇宙線研究所
1. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities & Sciences, Nihon University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Musuhi LLC, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Kanazawa University, 5. Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo

Weathering processes in hyper-arid and hypothermal environments are key to our understanding of geomorphological processes and landscape evolution in Antarctica. Here, we explore the weathering of granitic rocks and the associated weathering products in the Sør-Rondane Mountains of East Antarctica, to obtain quantitative information regarding the physical and chemical weathering of granitic rocks in hyper-arid and hypothermal environments. Various petrological techniques, including whole-rock chemistry, loss on ignition measurement, mineral chemistry, laser-Raman microspectroscopy, in addition to color measurement and hardness test for the rock samples, were used to analyze the physical and chemical weathering of the rocks. These measurments reveal that the weathering of granitic rocks in the Sør-Rondane Mountains of East Antarctica is controlled mainly by oxidation, including iron hydroxide formation in veins formed by the thermal expansion and contraction of rock-forming minerals, frost shattering and/or salt fretting, and Fe–Ti oxide alteration in the rock interior. Importantly, these physical and chemical weathering processes are unlikely to require a liquid water supply from the environment, and the restricted supply of liquid water and salt is the most probable explanation for the extremely slow weathering rates in the Sør-Rondane Mountains.

キーワード：南極、風化、酸化
Keywords: Antarctica, Weathering, oxidation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」2年次研究報告
# Summary of the 2nd Year Activities of the Project on the Interaction of the solid Earth and the Antarctic Ice Sheet:

*福田 洋一[1]、西島 潤[2]、風間 卓仁[1]、中村 和樹[3]、土井 浩一郎[4]、菅沼 悠介[4]、奥野 淳一[4]、新谷 昌人[5]、金田 平太郎[6]、青山 雄一[4]、三浦 英樹[4]
*Yoichi Fukuda[1], Jun Nishijima[2], Takahito Kazama[1], Kazuki Nakamura[3], Koichiro Doi[4], Yusuke Suganuma[4], Jun'ichi Okuno[4], Akito Araya[5], Heitaro Kaneda[6], Yuichi Aoyama[4], Hideki Miura[4]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2. 九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門、3. 日本大学 工学部 情報工学科、4. 国立極地研究所、5. 東京大学地震研究所、6. 千葉大学理学研究科
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Graduate School of Engineering, Kyushu University, 3. Faculty of Engineering, Nihon University, 4. National Institute of Polar Research, 5. ERI, University of Tokyo, 6. Graduate School of Science, Chiba University

科学研究費の新学術領域研究の１つとして、2017年度より「熱～水～物質の巨大リザーバ 全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床」（領域代表：川村賢二） が開始した(http://grantarctic.jp)。本領域は、5カ年のプロジェクトとして、南大洋研究と関連した3つの課題(A01-1～A01-3)、南極氷床に関連した２つの課題(A02-1～A02-2)、新たな探査方法に関連した課題(A03)、および、統合的モデリングに関連した課題(A04)の7つの計画研究からなり、南極氷床や南大洋が全球環境変動におよぼす影響のシステムとしての理解や将来予測などを目的に、「南極環境システム学」の創成をめざしている。

この内、南極氷床変動は、海水準上昇や海洋循環を通して全球的環境変動と密接に関係しており、将来環境予測にも不可欠な要因である。このため、従来からも地形学的・地質学的調査、測地観測や衛星データを利用した研究が進められているが、そこでの大きな誤差要因が氷床荷重に対する固体地球の粘弾性応答（Glacial Isostatic Adjustment: GIA）の不確定性にある。そこで、我々が担当する「A02-2:固体地球と氷床の相互作用」では、GIAをキーワードとし、GIAに関連した現場観測データが特に不足している昭和基地を含む東南極の露岩や沿岸地域で、地形・地質調査や絶対重力測定・測地観測などを重点的に実施し、衛星データや数値モデリングの結果と合わせ、GIAモデルの高精度化や過去の定量的な氷床変動史の復元により未来の全球的環境変動予測モデルの精度向上を目指している。

我々のこれまでの研究として、2017年度には、昭和基地周辺およびリュツォ・ホルム湾の複数の露岩地域での絶対重力測定やGNSS観測，地形調査や表面露出年代測定用試料の採取などを行っており、その概要についてはJpGU2018大会でも報告した。また、2018年度には、2017年度に取得したデータや資料の解析に加え、GIAのモデリング研究を進めるとともに、観測面では、トロール基地（ノルウェー）およびマイトリ基地（インド）において絶対重力測定を実施した。ポスター発表では、2018年の研究を中心に、我々の計画研究班によるこれまでの研究成果の概要について報告する。

なお、本研究は、JSPS科研費(17H06321)の助成を受けて実施したものである。記して謝意を表する。

キーワード：GIA、氷床変動、海面上昇、東南極
Keywords: Glacial Isostatic Adjustment, Ice sheet changes, Sea level rise, East Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Late Pleistocene to Holocene sea-level change in East Antarctica revealed by glacial isostatic adjustment modeling

*石輪 健樹[1]、奥野 淳一[1,2]、菅沼 悠介[1,2]、三浦 英樹[1,2]
*Takeshige Ishiwa[1], Jun'ichi Okuno[1,2], Yusuke Suganuma[1,2], Hideki Miura[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI

Antarctic Ice Sheet (AIS) is the most significant storage of freshwater in the Earth’ s surface and most concerned in considering future sea-level rise. Present studies attempt to assess the mass loss or gain in AIS using GNSS and satellite dataset. Moreover, past AIS variability should be considered to achieve the accurate present AIS change, since presently-observed vertical movement in Antarctica includes the effect of glacial-hydro isostasy due to past AIS variability. Glacial isostatic adjustment (GIA) modeling can provide sea-level histories in Antarctica following sea-level equation. Comparison of field-based sea-level records with predicted sea-level by GIA modeling is required to constraint past AIS histories, leading to the accurate prediction of future sea-level rise.
We document predicted sea-level change in East Antarctica by GIA modeling using several Antarctica ice-loading histories and also compare with previously reported observed sea-level records. Moreover, potential sites for future sampling to obtain observed sea-level records in East Antarctica will be presented by GIA modeling.

キーワード：南極氷床、Glacial Isostatic Adjustment
Keywords: Antarctic Ice Sheet, Glacial Isostatic Adjustment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# An modeling study of Antarctic ice sheet of the Last Glacial Maximum and the last deglaciation

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、Greve Ralf[3]、齋藤 冬樹[2]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Ralf Greve[3], Fuyuki SAITO[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Reconstructions indicate Antarctic ice sheet extent and volume were decreased during the last deglaciation. Sea level reconstruction of the Last Interglacial (LIG), after the penultimet deglaciation, indicate the volume of Antarctic ice sheet was smaller than the present interglacial. Climate reconstructions indicate surface temperature in the Antarctic continent and sea surface temperature in the Southern Ocean during the LIG were higher than the present interglacial. A transient climate simulation of the last deglaciation using MIROC suggests that this higher surface temperature in the Antarctic region is a result of weaker AMOC during the deglaciation and bipolar warming in the Southern Hemisphere.

In the present study, we utilize a 3-dimensional Antarctic ice sheet model (SICOPOLIS) to conduct quantitive assessment of the impact on retreat of Antarctic ice sheet during deglaciations. At first, the configuration of LGM Antarctic ice sheet is prepared using reconstructed climate and sea level changes, and is compared with reconstructions to verify the initial state of deglaciation. We will present preliminary results of Antarctic ice sheet changes of the last deglaciation using climate model outputs of the last deglaciation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Development of a coupled ice-sheet/earth rebound model for Antarctic ice-sheet simulation

*齋藤 冬樹[1]、阿部 彩子[2,1]、奥野 淳一[3]、小長谷 貴志[2]
*Fuyuki SAITO[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1], Jun'ichi Okuno[3], Takashi Obase[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 国立極地研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 3. National Institute of Polar Research

Feedback between changes in the ice-sheet and the earth's isostatic rebound is considered to be an important process for the evolution of the past ice-sheets in glacial cycles. We have been developing a coupled ice-sheet/earth rebound model which were applied for northern hemisphere ice sheet simulation during glacial/interglacial cycles. Earth rebound model is based on a self-gravitating visco-elastic multi-layer model developed by Okuno and Nakada (2001), while the ice-sheet model is IcIES (Abe-Ouchi 2013). The results are compared with the previous IcIES results which coupled with a simple isostatic model (i.e., a local lithosphere/relaxing asthenosphere) which is controled by two parameters (the mantle density and the time scale of isostatic response), in order to discuss the effect of more realistic visco-elastic structure of the earth.

キーワード：南極氷床、氷床モデル、固体地球モデル
Keywords: Antarctic ice sheet, ice sheet model, Earth rebound model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Polar amplifications in the past warm periods obtained from MIROC 4m AOGCM

*樋口 太郎[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]
*Taro Higuchi[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1]

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

The Earth has experienced several warm periods (e.g., early Eocene and Cretaceous), which had warm climates, comparable to global warming prediction of near future due to rising CO2 concentration in the atmosphere. Paleoclimatic proxies indicate that the common characteristics of these periods are remarkable temperature amplifications in the high-latitude and polar region (Bice et al., 2003; Huber, 2008), resulting in small equator-to-polar temperature difference. However, simulations of warm periods climate using General Circulation Models tend to underestimate the polar amplifications than those suggested from geological records. The discrepancy between proxy data and climate models is one of the greatest challenges of warm climate study. Although it is important to consider the effects of the ocean circulation and vegetation feedback to reproduce the polar amplifications in the past warm periods, there were few studies using Atmosphere-Ocean coupled General Circulation Model (AOGCM). In this study, we simulate Present Day, early Eocene, and late Cretaceous climates with different CO2 levels using AOGCM MIROC 4m, additionally full-coupled with dynamic vegetation model, and get the climatology in full equilibrium with longer than 3000 years. The simulated temperatures of early Eocene and late Cretaceous experiments are compared with surface temperature reconstructions based on paleoclimatic proxies. We also investigate the difference of physical process to polar amplification between warm periods (early Eocene and late Cretaceous) and Present Day by using an energy flux analysis. Despite using the fully coupled model with paleo-configuration, the polar amplification in this study is not enough to fully reproduce proxy-indicated polar temperatures. This result implies that we need to re-verify model-performance to the polar climate in GCMs and physical feedback process to global warming due to rising greenhouse gasses in the atmosphere.

キーワード：極域気温増幅、古気候、大気海洋結合モデル
Keywords: polar amplification , paleoclimate, AOGCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Using a coupled AOGCM to study the Antarctic climate of the mid-Pliocene warm period

*Wing-Le Chan[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research

The mid-Pliocene warm period, 3.3-3.0 million years ago, was a period of sustained warmth before global cooling occurred and a shift to repeated glacial cycles. It was also the most recent time in the history of Earth when atmospheric carbon dioxide levels were similar to those of present day. The study of this period is thus of much importance, given the growing concerns over future climate change associated with anthropogenic emissions of greenhouse gases. In particular, ice coverage in West Antarctica, as well as in Greenland, reduced significantly and there is evidence to suggest a retreat of ice sheet in the coastal areas and in the Wilkes Subglacial Basin of East Antarctica during that time.

In this study, we use the mid-resolution MIROC4m coupled atmosphere-ocean general circulation model and apply ice sheet configuration, land-sea mask and biome distribution from PRISM3 data sets, as set forth in the latest, second phase of the Pliocene Model Intercomparison Project. We conduct a series of experiments, including those which look into a range of atmospheric carbon dioxide levels given the spread in values suggested by various sources of proxy data. We show the degree of warming over Antarctica and how the precipitation responds to changes in the moisture transport.

Keywords: Antarctica, Pliocene, modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# CMIP5モデル結果解析による地球温暖化が海洋基礎生産に与える影響の定量的評価

# CMIP5 model analysis of future changes in ocean net primary production by focusing on different response among the individual oceans and models

*岡 顕[1]、中村 有希[1]
*Akira Oka[1], Yuki Nakamura[1]

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

地球温暖化の進行により、海洋では成層化、酸性化、貧酸素化などの変化が生じ、海洋生態系にも影響が及ぶことが指摘されている。モデルを用いた複数の先行研究によって、将来的に植物プランクトンによる全球の海洋基礎生産（NPP；net primary production）は減少することが示されている（Bopp et al., 2013）。そのメカニズムは、全球的な温暖化により海洋の成層が強化し、深海からの栄養供給が抑制されることで、海面に植物プランクトンが利用できる栄養が減少するためであると考えられている（Fu et al., 2016）。先行研究では主に栄養制限に焦点が当てられてきたが、実際には植物プランクトンの成長は温度・光・栄養の３要素が律速している。しかし、NPPを律速する温度・光・栄養制限のそれぞれの寄与を定量的に調べている研究は少ない。さらに、海洋基礎生産は将来的に減少する海域だけでなく増加する海域もあるにも関わらず、多くの研究が全球平均の議論に留まっており、海域ごとの研究も不十分である。本研究では、地球温暖化によるNPPの将来変化のメカニズムをCMIP5（Coupled Model Inter comparison Project Phase 5）モデルを用いて、海域ごとに定量的な評価を行なった。

キーワード：海洋基礎生産、地球温暖化、CMIP5モデル
Keywords: Ocean primary production, Global warming, CMIP5 model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 氷期に発生した数千年スケールの気候変動の要因分析
# Factor analysis of the millennial time-scale climate variability in glacial periods

*三木 あかり[1]、阿部 彩子[2]、シェリフ多田野 サム[2]
*Miki Akari[1], Ayako Abe-Ouchi[2], Sam Sherriff-Tadano[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

It is well known that in the glacial periods, air temperature changed abruptly over the North Atlantic on millennial time-scale. It is also known that temperature changes over the Southern Ocean were opposite to the North Atlantic, called a bipolar seesaw relationship. It is suggested that changes in the strength of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) were closely related to such global climate changes.

In recent years, the idea that freshwater forcing causes the climate changes has been questioned. Spontaneous oscillations in AMOC can be reproduced by experiments using atmosphere-ocean coupled general circulation models (AOGCM). These studies proposed that oceanic feedbacks within the North Atlantic surface - subsurface ocean are important in inducing the spontaneous AMOC variabilities. However, the oscillation cycles shown in previous studies (Peltier and Vettoretti, 2014; Brown and Galbraith, 2016) are several hundred years, which are shorter compared to climate variabilities documented in ice core data. On the other hand, in experiments carried out with MIROC4m AOGCM under the medium glacial condition, millennial time-scale climate and AMOC variabilities are reproduced. Therefore, in this study, we analyze factors controlling the millennial time-scale climate variability obtained from MIROC4m AOGCM. Focusing on the fact that this oscillation cycle is close to the time-scale of the Southern Ocean and the bottom ocean circulation, we analyze the behavior of the Southern Ocean and the bottom ocean in detail, especially deeper than 2500 meters, in addition to oceanic feedback suggested by previous studies.

As a result, it is suggested that the density change at the bottom ocean, which is caused by changes in sea ice formation over the Southern Ocean, plays an important role in controlling the oscillation of AMOC on millennial time-scale.

キーワード：AMOC、氷期気候、大気海洋結合モデル
Keywords: AMOC, Glacial climate, AOGCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# First continuous profiler observation of wintertime Antarctic coastal polynya

*青木 茂[1]、小野 数也[1]、平野 大輔[1]、伊藤 優人[1]、野口 智英[2]、小澤 知史[2]
*Shigeru Aoki[1], Kazuya Ono[1], Daisuke Hirano[1], Masato Itoh[1], Tomohide Noguchi[2], Satoshi Ozawa[2]

1. 北海道大学、2. マリンワークジャパン
1. Hokkaido University, 2. Marine Works Japan

Antarctic coastal polynyas are the regions where sea ice forms vigorously, leading to supply of dense abyssal water for the global ocean. Monitoring the sea state of coastal polynyas especially in winter hence has global implications. To fully understand the development of water characteristics, capturing of the whole water column is required. However, the wintertime observations of seasonal ice zone such as polynya is not abundant so far, due to the severe and variable conditions of polar oceans.

To realize a near-realtime observation of water column in coastal polynya, we deployed a tethered profiling float over the whole winter in Cape Darnley polynya, East Antarctica (bottom depth of 230 m). The tethered float was manufactured by IHI Corporation, with a temperature and salinity sensor (SBE37 of Seabird Scientific) attached.

The float observation was successful in operation for more than eight months from Feb. 26 to Nov. 13, 2017. This float was designed to park at 150 dbar depth and to surface (upto 20 dbar when sea ice is supposed to exist) at 10-day interval. During this period, 26 profiles for the water column from 180 dbar to 20 dbar were obtained. The whole 160-dbar depth range was covered by nearly half of the 26 profiles, and the total ratio of depth coverage was 81%. Comparison with a current meter record nearby (one mile distance) revealed that the minimum depth achieved did not correlate with the current speed.

The obtained record clearly revealed a seasonal development of the whole water column. While relatively warm water initially remained in the water column, significant freshening occurred and temperature decreased to the freezing point throughout the column from March to April. Then salinity gradually increased to about 35 (150 dbar) in October, successfully covering the whole cycle of sea ice production. The layer near the parking depth (between 120 dbar and 180 dbar) was covered with much higher temporal resolution, showing variations of higher frequencies.

Although the satellite data transmission was not successful due to the battery shortage, signal transmission was successful at the preparation stage. A revision of this platform will enable the monitoring of seasonal ice zone in the polar oceans, to help filling the remaining gap of the global ocean monitoring array.

キーワード：ケープダンレー、係留式プロファイラー、係留系、南極
Keywords: Cape Darnley polynya, Tethered profiler, mooring, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Surface topography survey for bared rock and accumulated snow in Antarctica by Unmanned Aero Vehicle

*青山 雄一[1,2,3]、服部 晃久[2,3]、大石 猛[3,4]、土井 浩一郎[1,2,3]、野木 義史[1,2]
*Yuichi Aoyama[1,2,3], Akihisa Hattori[2,3], Hajime Oishi[3,4], Koichiro Doi[1,2,3], Yoshifumi Nogi[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 第59次南極地域観測隊、4. NEC
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. The 59th Japanese Antarctic Research Expedition, 4. NEC Networks & System Integration Corporation

In the last decade, Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) mission demonstrated an increase of surface mass in the Dronning Maud Land (DML), East Antarctica. Actually, snow accumulation has increased at Syowa Station located in DML, and its effect has been detected by superconducting gravimeter and GNSS measurements. For quantifying this effect, it is necessary to measure the distribution of the snow accumulation.
The distribution of the snow accumulation can be estimated from difference in accurate digital surface models (DSM) between the bared rock and the accumulated snow. These DSMs are derived from aerial photography byunmanned aerial vehicle (UAV) with structure from motion (SfM) analysis. In the activity of the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE59) during Dec. 2017 - Dec. 2018, some aerial photography surveys were conducted with the fixed-wing small UAV, senseFly eBee plus, and with the rotary-wing drone, DJI Inspire 2 over Syowa Station. There is a report that the eBee plus, having dual-frequency GNSS receiver, enables to generate DSM precisely without ground control point (GCP). We evaluated the accuracy of such DSM by comparing with DSM computed with GCP. We also compared with the DSM computed from aerial photography by Inspire 2 which has single-frequency GNSS for evaluating the advantage of the dual-frequency GNSS tracking. The DSMs in Langhovde, Akarui Misaki, Rundvagshetta located around Lutzow-Holmbukta are also computed from aerial photography by eBee plus.

キーワード：無人航空機、未探査領域への挑戦
Keywords: Unmanned aerial vehicle, Challenges for unexplored frontiers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 南大洋季節海氷域北限域における巨大係留系長期観測記録の解析
# The analysis of long-term Mooring observation records in the northernmost area of seasonal sea ice zone in the Southern Ocean

*渡部 和帆[1]、溝端 浩平[1]、北出 裕二郎[1]
*Kazuho Watanabe[1], Kohei Mizobata[1], Yujiro Kitade[1]

1. 東京海洋大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology

南大洋子午面循環は、南大洋における子午面上の熱交換によって気候変動の安定性に寄与していると考えられているが、直接循環流を計測したような観測例は殆どない。そこで、子午面循環を含む南大洋での流動を捉えるために、東京海洋大学を主とした海洋物理南大洋観測グループによって係留観測が海鷹丸により実施された。

本研究では、季節海氷域北限域の南緯61度、東経110度の地点で、2017年1月8日から2018年1月8日の一年間にわたり実施された係留観測データを解析した。係留系には4台の流速計とADP、4台のCTD、6台の水温計が配備された。本研究では、係留観測記録と共に係留系の投入、回収時に海鷹丸より得られたCTD観測記録を合わせて解析した。

深度約400，900，1900，4000dbに取り付けられた流速計により得られたデータから、東西、南北成分の流速変動を解析したところ、30日から90日周期の変動が卓越することがわかった。次に、各層における年間の流れ場の変動を捉えるために進行ベクトル図を作成した。この図から、前述した数十日周期で回転する流れ場の変動の他に、年間を通して深度約400dbでは南向きの輸送が、下層の深度約4000dbでは東向きの輸送が捉えられた。AVISO/Altimetry配布の海面高度アノマリーから得た地衡流においても数十日周期の変動が卓越していること、ACCの流軸よりも測点が南に離れていることから、数十日周期で回転する流れ場は中規模渦と関連したものと考えられた。

また、各時間の流速の鉛直構造に注目したところ、南向きの流れが卓越している期間には、上層で約10cm/s、下層に行くにつれて弱まり、下層では約4cm/sの流れとなるシア流が見られた。この流速構造を14層の水温データの鉛直分布と比較した結果、南向きのシア流が卓越する期間に深度400db付近では水温が2.1℃以上に上昇する現象が見られた。

CTD観測による結果から、400db付近で捉えられた高温水は周極深層水（CDW）であると確認された。流速の南北成分と水温変動のラグ相関からCDWの貫入が水深400db付近における南下流の8日後に起こっていることが明らかとなった。7月から9月の冬季結氷期にも類似した現象が見られたが、南向きの流れは弱く400db付近での昇温も2℃以下に留まっていた。これらの結果から、CDWの南向きの輸送は、季節的に変化すること、また、中規模渦の影響を受けて変動していることが分かった。

キーワード：南大洋、子午面循環、係留観測、中規模渦
Keywords: Southern ocean, Meridional circulation, Mooring observation, Mesoscale-Eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2019年夏季のケープダンレー沖におけるクロロフルオロカーボンと六フッ化硫黄の観測結果速報

# Preliminary observation report on chlorofluorocarbons (CFCs) and sulfur hexafluoride ($SF_6$) off the Cape Darnley in the summer of 2019

*大橋 良彦[1]、川合 美千代[1]、佐々木 建一[2]、熊川 小綾花[1]、田村 尚之[1]、大島 慶一郎[3]
*Yoshihiko Ohashi[1], Michiyo Yamamoto-Kawai[1], Kenichi Sasaki[2], Sayaka Kumakawa[1], Naoyuki Tamura[1], Kay I. Ohshima[3]

1. 東京海洋大学、2. 海洋研究開発機構、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Antarctic Bottom Water (AABW) occupies the largest volume of water mass in the global ocean and its formation is a key process of global ocean circulation. Ohshima et al. (2013) found newly formed AABW off the Cape Darnley (Cape Darnley Bottom Water; CDBW). However, little is known about the circulation of CDBW and its time scale. To quantitatively understand the spread and circulation of CDBW, it is effective to use the chemical tracer such as chlorofluorocarbons (CFCs) and sulfur hexafluoride ($SF_6$). We carried out CTD observation and water sampling off the Cape Darnley in the summer of 2019. Water sampling was performed from ocean surface to the bottom at 16 Stations (along the Wild Canyon and its west). CFCs and $SF_6$ of the samples were measured by an analytical system developed at JAMSTEC based on Bullister and Wisegarver (2008). The concentrations of CFCs and $SF_6$ were significantly high near the surface (< 100 m) (CFC11 > 2.0 pmol $kg^{-1}$; CFC12 > 1.2 pmol $kg^{-1}$; $SF_6$ > 1.4 fmol $kg^{-1}$). They showed a minimum at depths of 800–1500 m and then increased to the bottom. The relatively high concentrations of CFCs and $SF_6$ near the bottom, together with the low temperature (< −0.4°C), reflects the spread of CDBW. At the presentation, we will discuss mean age and circulation of CDBW.

キーワード：南極底層水、ケープダンレー、化学トレーサー
Keywords: Antarctic Bottom Water , Cape Darnley, Chemical tracer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 西南極アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量変動メカニズム
# Mechanism of sea-ice production variation in Amundsen Sea Polynya

*二橋 創平[1]、峯 康太[1]、中田 和輝[2]
*Sohey Nihashi[1], Kouta Mine[1], Kazuki Nakata[2]

1. 苫小牧高専、2. リモート・センシング技術センター
1. National Institute of Technology, Tomakomai College, 2. RESTEC

沿岸ポリニヤでは膨大な量の熱が海洋から大気に奪われ、盛んに海氷が生産される。この結氷の際に大量の低温で高塩の高密度水が排出される。南極海のいくつかの沿岸ポリニヤでは、この高密度水が南極底層水の主なソースであることが示されている。冬季の沿岸ポリニヤは現場観測が非常に難しい海域であり、沿岸ポリニヤの形成・変動メカニズムはよくわかっていなかった。しかし10年ほど前から、人工衛星に搭載されるマイクロ波放射計による輝度温度を用いて沿岸ポリニヤ域を日毎に検出しそこでの薄氷厚を見積もるアルゴリズムが開発され、沿岸ポリニヤの詳細な分布と変動が分かるようになってきた (例: Tamura et al., 2007; 2008)。空間分解能の良いマイクロ波放射計AMSR-E (2003-2011) ならびにAMSR2 (2012-2017) によるデータ（空間分解能は約6 km）を用いることにより、より詳細な沿岸ポリニヤの空間分布が明らかになってきた。例えば南極海では、多くの沿岸ポリニヤが定着氷（岸や座礁した氷山にくっついて形成される動かない海氷域）の西側に存在しており、定着氷が沿岸ポリニヤの形成と変動に密接に関わっていることが示唆された (Nihashi and Ohshima, 2015; Nihashi et al., 2017)。西南極に存在するアムンゼンポリニヤは、南極海で３番目に海氷生産量が大きな沿岸ポリニヤであり、長く沖に張り出した定着氷の西側に形成される沿岸ポリニヤである。すぐ側に存在するスウェイツ氷河は、近年急激に融解していることが示唆されている (Rignot et al., 2008; Milio et al., 2019)。南極海でよく見られる沖に大きく張り出した定着氷の形成には、座礁した氷山が重要な役割を果たしている (Fraser et al., 2012)。氷山の起源は南極の氷河・氷床であり、これらの急激な融解は定着氷やさらには隣接して存在する沿岸ポリニヤの形成・分布にも影響を及ぼす可能性がある。

本研究では、アムンゼン海ポリニヤの海氷生産量と気象データならびに定着氷の比較を行い、生産量の変動要因を調べた。海氷生産量はAMSR-EならびにAMSR2による日毎の薄氷厚を用いた熱収支計算から得られたもの (Nihashi and Ohshima, 2015; Nihashi et al., 2017) を用いた。定着氷もこれらの研究で薄氷厚と同じセンサーで月毎に検出されたものを用いた。AMSR-Eの期間に限られるが、薄氷の種類 (active frazilとthin solid ice) を考慮した改良型薄氷厚アルゴリズムによる生産量 (Nakata et al., 2019) も用いた。気象データはERA5を用いた。

日毎・月毎どちらのデータを用いても、海氷生産量は風速と比較的強い正の相関係数 (0.54-0.73) を示した。この比較での風速は単純な風速ではなく、風を１°ずつ360°投影したもののうち、最も相関係数が高くなるものを用いた。最も相関係数が高い風成分は、単純に陸地の沿岸線に対して沖（北）向きではなく、それより西寄りに向かう方向、すなわち陸地と定着氷で構成される沿岸線に対して沖向きの風速成分であった。この結果は、これまでAMSR-Eのみのデータを用いた解析 (Nihashi and Ohshima, 2015) を支持するものである。薄氷の種類を考慮した海氷生産量を用いた場合、最も相関係数が高くなる風成分は、active frazilが卓越する場合はより西向き（定着氷から吹いてくる）方向で、thin solid iceが卓越する場合はより北向き（大陸から吹いてくる）方向であった。またactive frazilは、陸地と定着氷の両方に沿って形成されるというよりは、定着氷沿いに形成されるケースが多いことが示された。冬季間（5–8月）で平均した気温，風速，定着氷の張り出しを用いて、海氷生産量に対する重回帰分析を行った。データ数は限られるが、R=0.77でこれらのパメータから生産量を説明することができた。この回帰直線を用いると、衛星データが存在する以前の海氷生産量を気象データからある程度再現できると考えられる。以上の結果は、アムンゼン海ポリニヤの形成・変動に定着氷が重要な役割を示唆しているものであり、今後も南極海の沿岸ポリニヤならびに定着氷を継続的にモニタリングしていくことは、気候変動の影響を理解していく上でも重要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：南極海、沿岸ポリニヤ、アムンゼン海ポリニヤ
Keywords: Antarctic Ocean, coastal polynya, Amundsen Sea Polynya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Estimation of thin ice thickness and discrimination of ice type from AMSR2 passive microwave data

*中田 和輝[1]、田丸 直也[1]、二橋 創平[2]、大島 慶一郎[3]
*Kazuki Nakata[1], Tamaru Naoya[1], Sohey Nihashi[2], Kay I. Ohshima[3]

1. 一般財団法人リモート・センシング技術センター、2. 苫小牧工業高等専門学校、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Remote Sensing Technology Center of Japan, 2. National Institute of Technology, Tomakomai College, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Antarctic coastal polynyas (thin ice and/or low ice concentration area) are areas of high ice production due to huge heat loss to the atmosphere. Dense water formed by the high ice production is a significant source of Antarctic Bottom Water. Thin ice thickness algorithms that use satellite passive microwave data have been developed to detect coastal polynyas and estimates thin ice thickness on a daily timescale. In these algorithms, ice thickness of <20 cm is empirically estimated based on a negative correlation relationship between polarization ratio (PR) of brightness temperatures (TBs) and ice thickness (hi). However, the dispersion of the data points of PR-hi relationship was relatively large. Nakata et al. (2019) revealed that two thin ice types (active frazil and thin solid ice) cause this dispersion using AMSR-E data (2002-2011). They detected these ice types based on a PR-GR (Gradient Ratio) relationship. And thin ice thickness was estimated from PR-hi relationships for each ice type. This new thin ice algorithm can improve the accuracy of the thin-ice thickness estimation. In this study, we have examined whether this new algorithm can apply to data from AMSR2 which the successor of AMSR-E. The footprint size of AMSR2 is improved by about 85% from AMSR-E in spite of the frequency channels are the same. By adding AMSR2 data, thin-ice thickness, ice type, and ice production data set with a higher spatial resolution can be obtained from 2002 to the present.
We use TBs at 36 and 89 GHz from AMSR2 Level 1B data. The footprint sizes are 12 km ×7 km and 5 km × 3 km, respectively. Ice thickness for comparison with AMSR2 PR is derived from clear-sky thermal infrared images by MODIS with a spatial resolution of 1 km. Backscatter images acquired by C-band SAR (C-SAR) on the ESA’s Sentinel-1 satellite with a spatial resolution of 90 m are used to validate two thin ice types. We use these satellite data obtained at Ross Ice Shelf and Cape Darnley polynya areas.
AMSR2 PR-hi relationships for two ice types differs clearly as in Nakata et al. (2019). We estimate ice thickness using lines that best fit into the AMSR-E PR-hi relationships (Nakata et al., 2019) using AMSR2 data. And then, mean bias and root-mean-square error (RMSE) of the data points from the lines are calculated. The errors are slightly larger than the cases of AMSR-E data. When ice thickness is <10 cm, mean bias and RMSE for active frazil are -2.0 and 1.0 cm, respectively, while those for thin solid ice are -6.2 and 9.8 cm, respectively. For ice thickness of 10-20 cm (only for thin solid ice), the bias and RMSE are -5.9 and 9.9 cm, respectively. We also have confirmed that two ice types can be detected using AMSR2 data by a method for AMSR-E data proposed by Nakata et al. (2019). The results of this study indicate that the new thin ice algorithm for AMSR-E data can apply to the AMSR2 data.

キーワード：薄氷厚、アイスタイプ、AMSR2、沿岸ポリニヤ
Keywords: Thin ice thickness, Ice type, AMSR2, Coastal polynya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

## [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)

This session focuses on the evolution of ecosystem in the pelagic realms, <br/>including discussions on all aspects of pelagic biota covering biostratigraphy, <br/>biochronology, evolution, and biogeography, which are important to the <br/>reconstruction of the spatio-temporal framework in the pelagic realm. <br/>Reconstructions of plate configuration through time are included in the scope of<br/> this session. Biological, geochemical, sedimentological approaches to the <br/>pelagic environments are welcomed.<br/>

[MIS15-P01] イクチオリス層序に基づく南太平洋レアアース泥の堆積年代および堆積場の制約

*三鍋 秀悟[1]、見邨 和英[1]、中村 謙太郎[1]、大田 隼一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MIS15-P02] Radiolarian phylogeny around the Jurassic–Cretaceous boundary

*松岡 篤[1] (1.新潟大学理学部)

[MIS15-P03] 黒瀬川帯横倉山・鴻ノ森地域における後期シルル紀・前期デボン紀の放散虫化石群集

*栗原 敏之[1]、土屋 香織[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

# イクチオリス層序に基づく南太平洋レアアース泥の堆積年代および堆積場の制約

# Ichthyolith stratigraphy constraints on ages and areas of REY-rich mud deposition in the South Pacific Ocean

*三鍋 秀悟[1]、見邨 和英[1]、中村 謙太郎[1]、大田 隼一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[3,1,2]
*Shugo Minabe[1], Kazuhide Mimura[1], Kentaro Nakamura[1], Junichiro Ohta[2,1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Koichiro Fujinaga[2,1], Shiki Machida[2], Yasuhiro Kato[3,1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resource Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

REY-rich mud, a type of deep-sea sediment containing high concentrations of rare-earth elements and yittrium (REY), is widely distributed in the North and South Pacific Oceans [1]. It is expected to be a new resource of the critical elements that are essential for multiple high-tech devices and environment-friendly technologies. Recently, high-grade REY-rich mud layers have been discovered in the western North Pacific Ocean [2], whereas the formation process of the layers is still unclear.

Clarifying the depositional ages and areas of the high-grade REY-rich mud layers is the key to understanding their formation process. Regarding the North Pacific Ocean, the ages and areas of deposition of the high-grade REY-rich mud layers have been constrained recently [3,4]. In contrast, the ages and areas of deposition of the high-grade REY-rich mud in the South Pacific Ocean have been poorly understood, although high-grade REY-rich mud layers comparable to that in the North Pacific Ocean have been recognized [5,6].

In this study, based on the ichthyolith stratigraphy, we constrained the depositional age of high-grade REY-rich mud layers at the IODP Sites U1366 and U1370 that were drilled in the South Pacific Gyre [7]. Ichthyolith is a type of microfossil of fish teeth and denticles, which remains well even in deep-sea sediments beneath the carbonate compensation depth (CCD). Therefore, it has been used for age determination of pelagic clay with a paucity of typical age-diagnostic microfossils such as foraminifera or radiolaria [8]. We determined the depositional age of the high-grade REY-rich mud layers based on identification of more than 700 ichthyoliths contained in the sediments at Sites U1366 and U1370 and collation of them with the already known taxa associated with the ages. Based on the age data, we also located the depositional area of the layers by backtracking of plate motion. Consequently, we revealed that the depositional area of REY-rich mud during the Paleogene was significantly extended to the south of the present one. Moreover, based on the constrained depositional age, we suggest that the period of high-grade REY-rich mud deposition in the South Pacific Ocean likely continued for up to 50 million years, which is much longer than that in the North Pacific Ocean.

References

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[1] Kato, Y. et al. (2011) *Nature Geoscience* **4**, 535-539.
[2] Iijima, K. et al. (2016) *Geochemical Journal* **50**, 557-573.
[3] Mimura, K. et al. (2018) *JpGU Meeting 2018*
[4] Yamamoto, K. et al. (2018) *JpGU Meeting 2018*.
[5] Nakamura, K. et al. (2017) *JpGU Meeting 2017*.
[6] Yasukawa, K. et al. (2016) *Scientific Reports* **6**, 29603.
[7] D'Hondt et al. (2011) *Proceedings of IODP Expedition 329*.
[8] Doyle, P. S., and Riedel, W. R., (1979) *Scripps institution of Oceanography*, University of California, San Diego, 1-231.

キーワード：レアアース泥、イクチオリス、堆積年代、堆積場、南太平洋
Keywords: REY-rich mud, ichthyolith, depositional age, depositional area, South Pacific Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Radiolarian phylogeny around the Jurassic–Cretaceous boundary

*松岡 篤[1]
*Atsushi Matsuoka[1]

1. 新潟大学理学部
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

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. Radiolarians are good candidates for defining the JKB because they are wide spread and can be found both pelagic and neritic marine environments. 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. These lineages include the radiolarian genera: *Alievium, Archaeodictyomitra, Cinguloturris, Complexapora, Crococapsa, Doliocapsa, Emiluvia, Eucyrtidiellum, Hemicryptocapsa, Hsuum, Loopus, Mirifusus, Mesovallupus, Neorelumbra, Pantanellium, Protovallupus, Protunuma, Pseudodictyomitra, Ristola, Spinosicapsa, Tethysetta, Thanarla, Vallupus, Xitus,* and *Zhamoidellum*. Among them the *Loopus–Pseudodictyomitra* lineage, the *Protovallupus –Mesovallupus–Vallupus* lineage, and *Complexapora* lineage are important phylogeny for defining the JKB.

キーワード：ジュラ・白亜系境界、放散虫、系統進化
Keywords: Jurassic–Cretaceous boundary , radiolarians, phylogeny

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 黒瀬川帯横倉山・鴻ノ森地域における後期シルル紀・前期デボン紀の放散虫化石群集

# Late Silurian and Early Devonian radiolarian assemblages from the Yokokurayama and Konomori areas in the Kurosegawa belt, Southwest Japan

*栗原 敏之[1]、土屋 香織[2]
*Toshiyuki Kurihara[1], Kaori Tsuchiya[2]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University

The radiolarian biozonations for the Upper Silurian to Lower Devonian in the Kurosegawa belt, Southwest Japan, were developed by Furutani (1983), Wakamatsu et al. (1990), Aitchison et al. (1996), and Umeda (1998b), based mainly upon the studies of tuffaceous clastic strata in the Yokokurayama and Konomori areas. However, the availability of only sparse data of latest Silurian to Early Devonian radiolarians in the 1990s has hampered age assignments of the radiolarian assemblages. In addition, since most information on radiolarians from this belt has come from spot localities with poor chronostratigraphic control, little is known about faunal transition during this time period.

We recognized three radiolarian assemblages (YK-1 to 3) from fine-grained portion of an alternating tuffaceous sandstone and mudstone sequence of the Nakahata Formation (Umeda, 1998a) in the Yokokurayama area. YK-1 is characterized by diverse species of inaniguttids with a large spherical outer cortical shell (200 to 300 μm), including *Oriundogutta* (?) *kingi*, *Zadrappolus yoshikiensis*, and *Fusalfanus* (?) sp. YK-2 contains *Praespongocoelia* (?) sp. and *Futobari* (?) spp., which are somewhat similar to *Futobari solidus* in their external appearances (but they differ from *F. solidus* in the cortical shell structure and spine morphology). YK-3 is characterized by the occurrences of some inaniguttids, small spherical radiolarians with short bladed spines, and *Deflantrica solidum*. Four radiolarian assemblages (KN-1 to 4) from felsic tuff and fine-grained portion of an alternating tuffaceous sandstone and mudstone in the Konomori area. KN-1 characteristically contains *Pseudospongoprunum sagittatum*. The species compositions of KN-2 and 4 are very similar to those of YK-2 and 3, respectively, and therefore they can be correlated each other. KN-3 is characterized by *Praespongocoelia robusta* and small spherical radiolarians.

The age of KN-1 is Late Silurian based on the occurrence of *P. sagittatum* (Noble, 1994; Umeda, 1998b). Considering the species composition of YK-1, characterized by large inaniguttids, this assemblage is also Late Silurian in age. In the previous study (Umeda, 1998b), the stratigraphic interval yielding YK-2 and 3, and KN-2 to 4 was subdivided into *Futobari solidus* and *Trilonche* (?) sp. A zones; however, YK-2, KN-2, and KN-3 contain no *F. solidus*. Recently, Late Silurian (Ludlovian) chitinozoans have been reported from the type locality of *F. solidus* (Ichinotani of the Yoshiki Formation in the Hida Gaien belt: Vandenbroucke et al., 2019). Therefore, the age of these assemblages is Ludlovian or younger. The palaeoscenidiid-dominated fauna (YK-3 and KN-4) is Early Devonian in age, based on the correlation with a similar fauna of the Hida Gaien belt (Sato and Kurihara, 2018 JpGU). The result of the present study suggests that a gradual faunal change from an inaniguttid-dominated fauna to a palaeoscenidiid-dominated fauna took place some time in latest Silurian to early Devonian.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

## [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)

This session focuses on the evolution of ecosystem in the pelagic realms, <br/>including discussions on all aspects of pelagic biota covering biostratigraphy, <br/>biochronology, evolution, and biogeography, which are important to the <br/>reconstruction of the spatio-temporal framework in the pelagic realm. <br/>Reconstructions of plate configuration through time are included in the scope of<br/> this session. Biological, geochemical, sedimentological approaches to the <br/>pelagic environments are welcomed.<br/>

[MIS15-P01] イクチオリス層序に基づく南太平洋レアアース泥の堆積年代および堆積場の制約

*三鍋 秀悟[1]、見邨 和英[1]、中村 謙太郎[1]、大田 隼一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MIS15-P02] Radiolarian phylogeny around the Jurassic–Cretaceous boundary

*松岡 篤[1] (1.新潟大学理学部)

[MIS15-P03] 黒瀬川帯横倉山・鴻ノ森地域における後期シルル紀・前期デボン紀の放散虫化石群集

*栗原 敏之[1]、土屋 香織[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部)

# イクチオリス層序に基づく南太平洋レアアース泥の堆積年代および堆積場の制約

# Ichthyolith stratigraphy constraints on ages and areas of REY-rich mud deposition in the South Pacific Ocean

*三鍋 秀悟[1]、見邨 和英[1]、中村 謙太郎[1]、大田 隼一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,1]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[3,1,2]
*Shugo Minabe[1], Kazuhide Mimura[1], Kentaro Nakamura[1], Junichiro Ohta[2,1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Koichiro Fujinaga[2,1], Shiki Machida[2], Yasuhiro Kato[3,1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resource Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

REY-rich mud, a type of deep-sea sediment containing high concentrations of rare-earth elements and yittrium (REY), is widely distributed in the North and South Pacific Oceans [1]. It is expected to be a new resource of the critical elements that are essential for multiple high-tech devices and environment-friendly technologies. Recently, high-grade REY-rich mud layers have been discovered in the western North Pacific Ocean [2], whereas the formation process of the layers is still unclear.

Clarifying the depositional ages and areas of the high-grade REY-rich mud layers is the key to understanding their formation process. Regarding the North Pacific Ocean, the ages and areas of deposition of the high-grade REY-rich mud layers have been constrained recently [3,4]. In contrast, the ages and areas of deposition of the high-grade REY-rich mud in the South Pacific Ocean have been poorly understood, although high-grade REY-rich mud layers comparable to that in the North Pacific Ocean have been recognized [5,6].

In this study, based on the ichthyolith stratigraphy, we constrained the depositional age of high-grade REY-rich mud layers at the IODP Sites U1366 and U1370 that were drilled in the South Pacific Gyre [7]. Ichthyolith is a type of microfossil of fish teeth and denticles, which remains well even in deep-sea sediments beneath the carbonate compensation depth (CCD). Therefore, it has been used for age determination of pelagic clay with a paucity of typical age-diagnostic microfossils such as foraminifera or radiolaria [8]. We determined the depositional age of the high-grade REY-rich mud layers based on identification of more than 700 ichthyoliths contained in the sediments at Sites U1366 and U1370 and collation of them with the already known taxa associated with the ages. Based on the age data, we also located the depositional area of the layers by backtracking of plate motion. Consequently, we revealed that the depositional area of REY-rich mud during the Paleogene was significantly extended to the south of the present one. Moreover, based on the constrained depositional age, we suggest that the period of high-grade REY-rich mud deposition in the South Pacific Ocean likely continued for up to 50 million years, which is much longer than that in the North Pacific Ocean.

References

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[1] Kato, Y. et al. (2011) *Nature Geoscience* **4**, 535-539.
[2] Iijima, K. et al. (2016) *Geochemical Journal* **50**, 557-573.
[3] Mimura, K. et al. (2018) *JpGU Meeting 2018*
[4] Yamamoto, K. et al. (2018) *JpGU Meeting 2018*.
[5] Nakamura, K. et al. (2017) *JpGU Meeting 2017*.
[6] Yasukawa, K. et al. (2016) *Scientific Reports* **6**, 29603.
[7] D'Hondt et al. (2011) *Proceedings of IODP Expedition 329*.
[8] Doyle, P. S., and Riedel, W. R., (1979) *Scripps institution of Oceanography*, University of California, San Diego, 1-231.

キーワード：レアアース泥、イクチオリス、堆積年代、堆積場、南太平洋
Keywords: REY-rich mud, ichthyolith, depositional age, depositional area, South Pacific Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Radiolarian phylogeny around the Jurassic–Cretaceous boundary

*松岡 篤[1]
*Atsushi Matsuoka[1]

1. 新潟大学理学部
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

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. Radiolarians are good candidates for defining the JKB because they are wide spread and can be found both pelagic and neritic marine environments. 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. These lineages include the radiolarian genera: *Alievium, Archaeodictyomitra, Cinguloturris, Complexapora, Crococapsa, Doliocapsa, Emiluvia, Eucyrtidiellum, Hemicryptocapsa, Hsuum, Loopus, Mirifusus, Mesovallupus, Neorelumbra, Pantanellium, Protovallupus, Protunuma, Pseudodictyomitra, Ristola, Spinosicapsa, Tethysetta, Thanarla, Vallupus, Xitus,* and *Zhamoidellum*. Among them the *Loopus–Pseudodictyomitra* lineage, the *Protovallupus –Mesovallupus–Vallupus* lineage, and *Complexapora* lineage are important phylogeny for defining the JKB.

キーワード：ジュラ・白亜系境界、放散虫、系統進化
Keywords: Jurassic–Cretaceous boundary , radiolarians, phylogeny

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 黒瀬川帯横倉山・鴻ノ森地域における後期シルル紀・前期デボン紀の放散虫化石群集

# Late Silurian and Early Devonian radiolarian assemblages from the Yokokurayama and Konomori areas in the Kurosegawa belt, Southwest Japan

*栗原 敏之[1]、土屋 香織[2]
*Toshiyuki Kurihara[1], Kaori Tsuchiya[2]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University

The radiolarian biozonations for the Upper Silurian to Lower Devonian in the Kurosegawa belt, Southwest Japan, were developed by Furutani (1983), Wakamatsu et al. (1990), Aitchison et al. (1996), and Umeda (1998b), based mainly upon the studies of tuffaceous clastic strata in the Yokokurayama and Konomori areas. However, the availability of only sparse data of latest Silurian to Early Devonian radiolarians in the 1990s has hampered age assignments of the radiolarian assemblages. In addition, since most information on radiolarians from this belt has come from spot localities with poor chronostratigraphic control, little is known about faunal transition during this time period.

We recognized three radiolarian assemblages (YK-1 to 3) from fine-grained portion of an alternating tuffaceous sandstone and mudstone sequence of the Nakahata Formation (Umeda, 1998a) in the Yokokurayama area. YK-1 is characterized by diverse species of inaniguttids with a large spherical outer cortical shell (200 to 300 μm), including *Oriundogutta* (?) *kingi*, *Zadrappolus yoshikiensis*, and *Fusalfanus* (?) sp. YK-2 contains *Praespongocoelia* (?) sp. and *Futobari* (?) spp., which are somewhat similar to *Futobari solidus* in their external appearances (but they differ from *F. solidus* in the cortical shell structure and spine morphology). YK-3 is characterized by the occurrences of some inaniguttids, small spherical radiolarians with short bladed spines, and *Deflantrica solidum*. Four radiolarian assemblages (KN-1 to 4) from felsic tuff and fine-grained portion of an alternating tuffaceous sandstone and mudstone in the Konomori area. KN-1 characteristically contains *Pseudospongoprunum sagittatum*. The species compositions of KN-2 and 4 are very similar to those of YK-2 and 3, respectively, and therefore they can be correlated each other. KN-3 is characterized by *Praespongocoelia robusta* and small spherical radiolarians.

The age of KN-1 is Late Silurian based on the occurrence of *P. sagittatum* (Noble, 1994; Umeda, 1998b). Considering the species composition of YK-1, characterized by large inaniguttids, this assemblage is also Late Silurian in age. In the previous study (Umeda, 1998b), the stratigraphic interval yielding YK-2 and 3, and KN-2 to 4 was subdivided into *Futobari solidus* and *Trilonche* (?) sp. A zones; however, YK-2, KN-2, and KN-3 contain no *F. solidus*. Recently, Late Silurian (Ludlovian) chitinozoans have been reported from the type locality of *F. solidus* (Ichinotani of the Yoshiki Formation in the Hida Gaien belt: Vandenbroucke et al., 2019). Therefore, the age of these assemblages is Ludlovian or younger. The palaeoscenidiid-dominated fauna (YK-3 and KN-4) is Early Devonian in age, based on the correlation with a similar fauna of the Hida Gaien belt (Sato and Kurihara, 2018 JpGU). The result of the present study suggests that a gradual faunal change from an inaniguttid-dominated fauna to a palaeoscenidiid-dominated fauna took place some time in latest Silurian to early Devonian.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

## [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)

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．<br/>　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。<br/>　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．

### [MIS17-P01] 「歴史学×地球惑星科学」の目指すもの

*加納 靖之[1]、磯部 洋明[2]、芳村 圭[3]、岩橋 清美[4]、玉澤 春史[5,2] (1.東京大学地震研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.東京大学生産技術研究所、4.国文学研究資料館、5.京都大学防災研究所)

### [MIS17-P02] 距離減衰式を用いた歴史地震の震度分布の再検討

*加納 靖之[1]、大邑 潤三[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所)

### [MIS17-P03] れきすけ：多分野連携による歴史資料に関する情報共有システム

★招待講演

*市野 美夏[1,2]、橋本 幸恵、増田 耕一[3]、北本 朝展[2,1]、平野 淳平[4] (1.大学共同利用機関法人　情報・システム研究機構・データサイエンス共同利用基盤施設　人文学オープンデータ共同利用センター、2.国立情報学研究所、3.首都大学東京、4.帝京大学文学部)

### [MIS17-P04] 絵図にみる1707年富士山宝永噴火後の降灰除去の実態

*大邑 潤三[1] (1.京都大学防災研究所附属地震予知研究センター)

### [MIS17-P05] 市民参加による歴史史料からの地球惑星科学現象サーベイワークショップ

*玉澤 春史[1,2]、岩橋 清美[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.国文学研究資料館)

### [MIS17-P06] 現代観測と歴史史料をつなぐ20世紀前半の観測データ：花山天文台乾板データの利用例

*玉澤 春史[1]、北井 礼三郎[4]、磯部 洋明[2]、上野 悟[3]、坂上 峻仁[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.京都大学大学院理学研究科附属天文台、4.佛教大学)

### [MIS17-P07] 近世日本における気候変動と領主支配

*鎌谷 かおる[1]、佐野 雅規[2]、中塚 武[3] (1.立命館大学、2.早稲田大学、3.総合地球環境学研究所)

### [MIS17-P08] 静穏領域フィラメントの噴出によるマウンダー極小期中の巨大磁気嵐

*磯部 洋明[1]、海老原 祐輔[2]、玉澤 春史[1]、河村 聡人[3]、早川 尚志[4] (1.京都市立芸術大学美術学部、2.京都大学生存圏研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.大阪大学大学院文学研究科)

### [MIS17-P09] Reconstructing 1931 flood in Yangtze River basin and its application to Chinese economic history

*劉 暢[1]、川崎 昭如[1]、城山 智子[2] (1.東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻、2.東京大学大学院経済学研究科経済専攻)

[MIS17-P10] 有感地震記述ならびに震度の距離減衰式に基づく地震活動解析

*石辺 岳男[1]、岩佐 幸治[1]、古村 美津子[1]、松浦 律子[1] (1.地震予知総合研究振興会)

---

[MIS17-P11] 日本産樹木年輪の炭素14年代測定－年代研究と日本版較正曲線

*坂本 稔[1,2]、箱﨑 真隆[1]、光谷 拓実[3]、中塚 武[4,5] (1.国立歴史民俗博物館、2.総合研究大学院大学、3.奈良文化財研究所、4.総合地球環境学研究所、5.名古屋大学)

---

[MIS17-P12] 太陽物理学における、科学的知見を踏まえた歴史資料の活用方法

*河村 聡人[1]、早川 尚志[2]、玉澤 晴史[3]、磯部 洋明[3]、柴田 一成[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属天文台、2.大阪大学大学院文学研究科、3.京都市立芸術大学美術学部)

---

[MIS17-P13] 江戸時代後期の北上川における自然災害と社会

*佐藤 大介[1]、高橋 美貴[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.東京農工大学)

---

[MIS17-P14] 古日記データ同化による歴史天候の復元

*芳村 圭[1]、Neluwala Panduka[2]、市野 美夏[3]、増田 耕一[4]、平野 淳平[5] (1.東京大学生産技術研究所、2.University of Peradeniya 、3.国立情報学研究所、4.首都大学東京、5.帝京大学)

---

[MIS17-P15] 1830年京都地震史料における，余震活動減衰式の当てはめるデータ範囲に関する考察 －同一地点における余震回数の違いの原因－

*服部 健太郎[1]、大邑 潤三[2]、中西 一郎[1] (1.京都大学、2.佛教大学)

---

[MIS17-P16] 古絵図から特定する安政東海地震における浜名湖周辺の津波痕跡について

*蝦名 裕一[1]、今井 健太郎[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.公益財団法人深田地質研究所、4.株式会社エコー)

# 「歴史学×地球惑星科学」の目指すもの
# Perspective of 'History X Earth and Planetary Science'

*加納 靖之[1]、磯部 洋明[2]、芳村 圭[3]、岩橋 清美[4]、玉澤 春史[5,2]
*Yasuyuki Kano[1], Hiroaki Isobe[2], Kei Yoshimura[3], Kiyomi Iwahashi[4], Harufumi Tamazawa[5,2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都市立芸術大学美術学部、3. 東京大学生産技術研究所、4. 国文学研究資料館、5. 京都大学防災研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 3. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 4. National Institute of Japanese Literature, 5. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

「歴史学×地球惑星科学」は本セッションのタイトルであり，また，昨年秋に申請した科学研究費補助金の新学術領域研究（研究領域提案型）の課題名でもある．後者においては，「天」「気」「地」「人」の4つの計画研究により領域を形成する案となっている．「天」＝歴史資料を活用した過去の天体活動やオーロラ・太陽活動の研究，「気」＝歴史資料を活用した過去の気象・気候（災害）の研究，「地」＝歴史資料を活用した過去の地震・災害の研究,「人」＝自然環境の変動や災害が人の移動や組織化、人々の自然認識・思考様式にどのように影響を与えてきたか，という研究項目である．

歴史学と自然科学の各分野との協働は，これまでも多くのプロジェクトにおいて実施され，現在も大小さまざまのグループで取り組まれている．本発表では，「歴史学×地球惑星科学」の今後について議論したい．以下に本セッションの概要を再掲する．

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．

キーワード：歴史学、天文学、太陽物理学、気象学、地震学
Keywords: History, Astronomy, Solar phisics, Meteorology, Seismology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 距離減衰式を用いた歴史地震の震度分布の再検討
# Reexamination of intensity distribution of Japanese historical earthquakes using attenuation relation

*加納 靖之[1]、大邑 潤三[2]
*Yasuyuki Kano[1], Junzo Ohmura[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Diasaster prevention Research institute, Kyoto University

歴史地震の研究では，史料に書かれた被害や地変等の記述を抽出し，それを震度に変換して，どのような震源であったかを推定することが多い．これまでに，地震による被害等を記録した史料の収集が進められており，その成果が『大日本地震史料』，『日本地震史料』，『新収日本地震史料』などの史料集にまとめられている．これらの記述をもとに，主として被害が発生した地震について，地震の発生日時，震央あるいは震源の位置や規模などが推定されてきた．その際には，被害の様相からその地点での震度を推定し，等震度線を描くことで，震央や規模を推定されることが多い．過去の地震について調べる際には，(1) 史料の発見と解読，(2) 震度への変換，(3) 震央あるいは震源の推定という3つの要素が考えられる．これらのそれぞれにおいて，距離減衰式を活用することを考えた．

現在までに多数の史料集が刊行され，多くの史料を利用することができる．しかしながら，個々の地震について詳細を知るためには，より多くの史料が必要な場合がある．歴史地震研究において，地震研究者と歴史研究者が共同研究を実施する際に，共同作業としてあり得るのは，未紹介の史料を見出し，それを解読することが挙げられる．大きな地震の場合には被害が発生した地域や有感範囲が広大であり，短期間に悉皆的に史料調査を実施するのは難しいだろう．距離減衰式を用いることで，過去に発生した地震について，任意の地点の震度を簡便に予想することができる．それをもとに歴史研究者との共同調査を企画するなどできるだろう．

震度の変換には，被害状況と震度とを対応づける変換表（ここでは歴史地震の震度変換表とよぶ）が提案されている．たとえば，ある震度では民家にどのような被害が発生するか，あるいは，その割合はどのくらいかなどをまとめた表である．この変換表の妥当性を検討するため，近年発生したいくつかの地震（2018年の大阪府北部の地震など）について，伝統的建造物の被害から，歴史地震の震度変換表を用いて震度を推定した．伝統的建造物の所在地に震度計があるわけではなく，その地点での実際の震度を知ることはできない．歴史地震の震度変換表による推定震度と周囲の計測震度は，震度の距離減衰式から予想される震度分布と調和的であった．今回みられた震度と対象物の範囲では，歴史地震の変換表は妥当であるといえる．

震央あるいは震源の位置や規模の推定においても，距離減衰式を活用できる．等震度線を描きその中心を震央とし，ある震度の範囲の広がりから経験的に規模を推定することが行われてきた．距離減衰式は，地震の規模と震央または震源距離の関数になっている．史料から推定した震度分布に対して距離減衰式を当てはめることで，地震の規模を推定できる．日本周辺で発生したいくつかの歴史地震について，震央の推定を試みた．これまでに推定されてきた震央分布とおおむね一致する結果となった．

キーワード：歴史地震、距離減衰式、震度分布、Macroseismic data points
Keywords: Historical earthquakes, Attenuation relation, Intensity distribution, MDPs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# れきすけ：多分野連携による歴史資料に関する情報共有システム
# Rekisuke: a system for sharing bibliographic information of historical documents through Interdisciplinary collaboration

*市野 美夏[1,2]、橋本 幸恵、増田 耕一[3]、北本 朝展[2,1]、平野 淳平[4]
*Mika Ichino[1,2], Yukie Hashimoto, Kooiti Masuda[3], Asanobu Kitamoto[2,1], Junpei Hirano[4]

1. 大学共同利用機関法人　情報・システム研究機構・ データサイエンス共同利用基盤施設　人文学オープンデータ共同利用センター、2. 国立情報学研究所、3. 首都大学東京、4. 帝京大学文学部
1. Center for Open Data in the Humanities, Joint Support-Center for Data Science Research, Research Organization of Information and Systems , 2. National Institute of Informatics, 3. Tokyo Metropolitan University, 4. Faculty of Liberal Arts, Teikyo University

日本各地に残る歴史資料（史料）は，天候情報を利用する歴史気候学をはじめ，古地震学，天文学などの科学分野のみならず，社会学，経済学など多様な分野で研究に利用されてきた．一方，このような史料は測器による観測データやボーンデジタルなデータとは異なり，研究で利用するためには多くの処理を必要とする．そのような中，史料を利用する際の共通の課題解決に向け，多分野の研究者での協働が始まっている．そして，多様な分野による協働が分野横断型の研究へと展開し，さらには新たな研究分野の創出へとつながると期待される．

史料の利用においては翻刻からデータ構造化というデータ処理方法のほか，解析手法の開発に加え，データ共有のための新たな枠組みの構築といった多くの課題がある．中でも，歴史学などの専門分野以外の研究者にとって，くずし字翻刻や現代語訳は大変な作業であるが，そもそも「どの史料が研究に利用できるのか？」という情報を得るシステムがない．例えば，史料の書誌情報があったとしても，天気や地震など地球惑星科学研究に関する情報をはじめ，例えば，翻刻の状態，観測地の変遷，記述の信頼性など，研究者が必要な情報はほとんどない．

一方，共通の史料をさまざまな分野で利用できる場合が多く，例えば，日記には天気，隕石や地震など，多様な記録が含まれており，各分野で独自にデータが整理されている．データ本体の共有にはさまざまな障壁があり容易ではない．まずは分野間で研究に利用する史料について，さまざまな情報を共有し，有効活用することで，いわゆる「二度手間」を減らすことを目指した．そこで，史料探索や情報取得を支援し，作業負担を軽減するシステムとして「れきすけ」を構築した．現在，試験運用および改修を進め，公開を目指している．また，各史料のデータベースやデータ構造化システムなどと連携も進めている．

「れきすけ」とは，一般的な書誌情報に，これら史料に関する情報や研究で得られた知見，研究過程での史料利用における経験などの多様な付加情報が加わった多分野協働型の書誌情報データベースである．特に，気候学や地震学など地球科学分野をはじめとする研究分野での利用において，時空間情報は重要な要素である．「れきすけ」は史料に関する時空間情報を扱うAPI等を利用し，時間情報による検索機能がある．一方，位置情報については歴史地名などの課題があるが，地図表示や地域単位での絞り込みは可能である．

「れきすけ」の情報は，多岐にわたる史料利用者の相互協力によるものであり，どのように収集し整理していくかという点も重要な課題である．史料を所蔵している機関では，より多くの人に利用してもらうための試行錯誤を続けている．そこで，「れきすけ」を史料のプロモーションとして利用する試験的な取り組みも始めた．「れきすけ」を利用し，従来の書誌情報に加え研究に有益な情報を含めることで，所蔵史料の利用者の多様化と拡大を目指す．さらに，さまざまな研究分野で各地の史料が利用されることで，史料の価値が再認識され，史料保全にもつながると期待している．

キーワード：歴史資料、情報共有、多分野連携、メタデータ、古気候学
Keywords: Historical documents, Sharing information and data, Interdisciplinary collaboration, Metadata, Paleo climatology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 絵図にみる1707年富士山宝永噴火後の降灰除去の実態
# Analysis of reconstruction processes after the 1707 Hoei eruption of Fuji Volcano based on old maps

*大邑 潤三[1]
*Junzo Ohmura[1]

1. 京都大学防災研究所附属地震予知研究センター
1. Research Institute for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1707（宝永4）年に発生した富士山宝永噴火では，大量の火山灰（宝永スコリア）が富士山東麓部に降り積もった．駿東郡御厨地方（現静岡県東部）の村々は１ｍほどの火山灰に覆われたため，住民の手によって火山灰の除去作業（砂除け）が行われていった．本事例に関しては幕府の対応や復興について，永原（2002）が詳細にまとめているが，下流にあたる神奈川県酒匂川の治水に関するものが多く，史料の制約もあって御厨地方の砂除けの実態についてはあまりわかっていない．本研究ではこれまであまり用いられていない絵図史料を用いて，砂除けがどのように進められていったかを明らかにする．

本地域には降灰後の復興過程で作成された村絵図が数点存在する．これらは享保期（1716～1736）に作成されたものと思われる．田畑の別や道路，河川，村境などが記されているほか，「亥砂埋」つまり亥年の噴火による降灰で埋まった場所が描かれている．GISによるジオリファレンスなどの技術も用いて近現代の地図と比較すると，河川から離れた微高地や村の縁辺部に「亥砂埋」が多いことがわかった．前者は文献に火山灰を河川に捨てたとあることから河川沿いから除去が開始されたためと思われ，また畑より田の復旧を優先したことも理由として考えられる．後者は村の周辺部の野原である場合が多く，面積も大きいため復旧が後回しになっていたと推測される．

キーワード：富士火山、古地図、火山灰、復興、GIS
Keywords: Fuji volcano, old maps, volcanic ash, reconstruction, GIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 市民参加による歴史史料からの地球惑星科学現象サーベイワークショップ
# Workshop of Word Survey about Earth and Planetary Phenomena by Citizen

*玉澤 春史[1,2]、岩橋 清美[3]
*Harufumi Tamazawa[1,2], kiyomi iwahashi[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都市立芸術大学美術学部、3. 国文学研究資料館
1. Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, 2. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 3. National Institute of Japanese Literature

歴史史料から自然災害や天気，あるいは天文現象といった地球惑星科学に関する現象を抜き出して利用するためには，史料を実際に読み，語句を正確に抜き出すことが最初に必要な作業である．特に日本の史料はくずし字で書かれているものが大量に存在し，大量のデータからいかに正確な情報を引き出すかが必須である．大量のデータを取り扱う場合には、専門家に加えて，内容に興味・関心をもつ市民層の協力は欠く事が出来ず，近年のオープンサイエンスにおける市民参加型研究に対する関心もさらに高まっている。こうした市民参加型研究の一例としては、インターネットを利用して歴史災害史料の興味を持つ市民に広く古文書解読を呼びかける「みんなで翻刻」プロジェクトが先行例としてある（加納　2017）．

国文学研究資料館においても、歴史史料を用いた宇宙天気研究の一環として，2016年より3回にわたり市民参加型ワークショップ「古典オーロラハンター」を実施してきた（岩橋，玉澤 2018）．歴史学・天文学双方の専門家と一緒に，実際に古典籍や古記録に触れて天文現象を探し出すというワークショップは，単なるアウトリーチとしての側面だけでなく，近年、活発化する市民参加型研究が、歴史史料を利用した自然科学研究にどのように寄与できるのかを実証する試みでもあった。本報告ではその取り組みの成果を発表し、今後の地球惑星科学における市民参加の可能性と意義について考えてみたい。

2018年11月には第４回となる本事業を京都大学附属図書館の全面的な協力のもと、「古典オーロラハンターIN京都」と銘打ち、京都大学で開催した。そこでは，調査対象を天文現象に限らず、地震をはじめ洪水・旱魃といった天変地異現象に広げ，地球惑星科学・防災研究へと拡大して実施した．さらに，当日は歴史史料を用いたオーロラや地震の最新研究についての講演や「みんなで翻刻」のデモンストレーションも行った．また，新たな試みとして日記史料からの天気情報の抽出し、データ化する作業も行った．

当日の参加者のアンケートを見ると，過去三回の参加者に比して天文学への興味関心が高い参加者が多い傾向がうかがえる．参加のきっかけが講演者による勧誘が多く、研究者の講演などの日常的な社会貢献活動が市民の科学研究への関心を深める上で重要であることが再認識された。

アンケートの自由筆記部分からは，普段、歴史史料に触れる機会が少ない層にとっては、和文や漢文で書かれた史料を読むこと自体に興味を持ってもらえたことが明らかになった。逆に、歴史史料に興味を持つ層からは、これまで自分が読んできた視点と異なる視点で読むことで、新たな発見をできた意外性に惹きつけられたことがわかった。つまり、異分野連携型のワークショップでは、興味・関心が異なる市民の集合体であっても、主催者側の工夫でそれぞれの面白さを他分野に見つけることができ，広い範囲から協力を得られる可能性を示唆している．

市民参加による研究，いわゆるオープンサイエンスのうち市民参加型研究の側面を考えると，一般市民の抽出したデータを自然科学のデータとして精度を高めるためには、参加した専門家間での連携が不可欠であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

り，自らの専門を超えて議論することによりデータとして精度のよいものになりうる．また，恒常的な参加を取り込むためには「みんなで翻刻」のようなオンライン型の作業と「古典オーロラハンター」のようなオフライン型のワークショップ双方の相乗効果を狙い，若年層，シニア層双方へアプローチするのが今後の目標である．

本稿は日本学術振興会科学研究助成事業「歴史文献を用いた過去の太陽活動の研究」（番号：JP18H01254）、「天変地異のオープンサイエンス」（番号：JP18H05319）の研究成果の一部である。

参考文献

岩橋清美，玉澤春史 2018 「異分野連携研究における研究基盤データ構築への市民参加の可能性：参加型ワークショップ『古典オーロラハンター』を事例として」『Stars and galaxies』1, 51-65

加納靖之 2017:「みんなで翻刻ーこれまでとこれから」『リポート笠間』63, pp.53-56

キーワード：オープンサイエンス、異分野連携研究、科学への公衆関与
Keywords: Open Science, Interdisciplinary research, Public Engagement of Science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 現代観測と歴史史料をつなぐ20世紀前半の観測データ：花山天文台乾板データの利用例

# Observational Data in the first half of 20th century to join modern scientific Observation and historical documents: A Usage example ob Photographic Plate of Kwasan Observatory

*玉澤 春史[1]、北井 礼三郎[4]、磯部 洋明[2]、上野 悟[3]、坂上 峻仁[3]
*Harufumi Tamazawa[1], Reizaburo Kitai[4], Hiroaki Isobe[2], Satoru UeNo[3], Takahito Sakaue[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都市立芸術大学美術学部、3. 京都大学大学院理学研究科附属天文台、4. 佛教大学
1. Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, 2. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 3. Astronomical Observatory, Graduate School of Science, Kyoto University, 4. Bukkyo University

歴史史料から自然現象の記録を取り出してデータとして利用する場合，どのように現代の観測パラメータと比較するかが重要である．歴史史料を用いた研究を現代科学とシームレスにつないで自然現象の長期的な変動を調べるには、近代観測初期の観測データの活用も重要である。太陽観測においては19世紀終盤から20世紀前半にかけて写真乾板等で撮影されたデータがあり、少しずつアーカイブ化が進みつつある。

本報告ではそのようなデータを活用する一例として，20世紀前半の太陽黒点画像およびスペクトロヘリオグラフによる太陽全面の彩層画像（CaK線ヘリオグラム）と地磁気観測データの照合についてとりあげる．

1930年代の10年間について，京都大学花山天文台にて撮影された太陽CaK線ヘリオグラムの写真乾板データや磁気嵐の指標の一つであるaa指数を照合したところ，aa指数で-100nTを超える規模の磁気嵐が発生した際でも，9例ほど黒点が無いことが記録されている場合があった．一例として1933年4月末に、花山天文台のCaK線ヘリオグラムおよび各地の黒点スケッチで黒点が見られない時期があったが，5月1日には柿岡では地磁気嵐が観測されており，aa指数は200程度となっている．CaK線ヘリオグラムの利点は、黒点だけでなく、連続光では見えないプラージュなどの比較的弱い磁場が分布している領域が可視化されることである。これにより、コロナ質量放出を引きおこすフィラメントが存在しうる大局的な磁気中性線の情報を得ることができる 。

キーワード：太陽黒点、磁気嵐、データアーカイブ
Keywords: Sunspot, Geomagnetic Storm, Data Archive

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 近世日本における気候変動と領主支配
# Climate changes and lords' control in the early modern period in Japan

*鎌谷 かおる[1]、佐野 雅規[2]、中塚 武[3]
*Kaoru kamatani[1], Masaki Sano[2], Takeshi Nakatsuka[3]

1. 立命館大学、2. 早稲田大学、3. 総合地球環境学研究所
1. Ritsumeikan University, 2. Waseda University, 3. Research Institute for Humanity and Nature

近年、樹木年輪の酸素同位体比により復元された高精度な降水量データをもちいて、日本の過去の社会システムの変容を丁寧に解明しようとする研究が進められている。気候変動が何らかの社会システムの変容を導くには、さまざまな要素が介在しているはずである。古気候復元データと歴史資料を合わせて分析することで、気候と社会の間の因果関係を提示することは可能であり、本研究の狙いもそこにある。

本研究では、日本の長い歴史の中でも、近世期（17世紀～19世紀中頃）に焦点をあて、降水量の変動が領主支配のあり方にどのような影響を与えたのかを検討した。とくに今回は、気候変動による農業生産力の増減や災害被害の実態が、いかに理解・把握されて、領主支配の核となる租税体系が構成されていたのかを二つの地域を対象として分析した。

近世社会における納税は、行政村単位でおこなわれ、領主から毎年送付される免定（年貢の請求書類）にその内訳の詳細が記されている。免定には様々な数値が記されているが、とくに残高（のこりだか）は実質の各年の賦課可能な石高を示しており、それはつまり毎年の実質農業生産力の目安となる数値である。我々はこれに注目し、近江国（現滋賀県）の琵琶湖岸村々の残高と気候変動の経年変化を比較することで、洪水の多い湖岸地域の村の残高は、降水量に応じて変化していることを明らかにした。この研究では、①洪水がちな地域にとって、降水量の多さが農業生産力の減少にかなり影響があったこと、②税金を取る側の領主が、気候変動による生産力の増減を敏感に察知し、賦課可能な石高を調査していたことがわかった。

では、①近世日本の洪水がちな他の地域でも同様のことが言えるのだろうか。②いずれの近世領主も同様に気候変動への関心を持ち、租税体系に反映させているのであろうか。本研究では、この二つの点を解明するために、前述の琵琶湖湖岸の３ケ村々と、木曽川下流域に位置する尾張国海部郡川北村（現愛知県愛西市八開）を比較検討した。

検討の結果、琵琶湖岸村々では、残高が米の収量を反映していたのに対して、川北村では、残高と税率の積が米の収量に対応していることがわかった。つまり、琵琶湖岸村々の租税は、賦課可能の石高を領主側が計算する段階で気候変動による生産力の増減等の情報が加味し操作していたのに対して、川北村の租税は残高と税率に連動性はなく、両者の積が作況を示すように操作し、租税額が決定されていたのである。
以上のことから、農作物収量に水害の影響がある同様条件の村々においても、領主の違いによって気候変動への理解やそれに合わせた租税体系が異なることがわかった。近世日本の領主支配構造に、気候変動がどのような形で影響を与えていたかを解明することは、すなわち近世日本の気候と社会の因果関係を知る重要な手がかりとなる。本研究は、その一助となる事例である。

キーワード：気候変動、年貢、領主支配
Keywords: climate changes, tax, lords' control

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 静穏領域フィラメントの噴出によるマウンダー極小期中の巨大磁気嵐
# Intense geomagnetic storm during Maunder minimum possibly by quiescent filament eruption

*磯部 洋明[1]、海老原 祐輔[2]、玉澤 春史[1]、河村 聡人[3]、早川 尚志[4]
*Hiroaki Isobe[1], Yusuke Ebihara[2], Harufumi Tamazawa[1], Akito Davis Kawamura[3], Hisashi Hayakawa[4]

1. 京都市立芸術大学美術学部、2. 京都大学生存圏研究所、3. 京都大学大学院理学研究科、4. 大阪大学大学院文学研究科
1. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, Kyoto University, 4. Graduate School of Letters, Osaka University

本研究の目的は歴史文献中に記録されている低緯度オーロラの記録から黒点がほとんどない時期が長期間続いたマウンダー極小期（1645-1715）における太陽活動について探ることである。マウンダー極小期における磁気緯度が30度以下の低緯度地域の記録のうち、多地点同時観測によりオーロラであることが確実視されているのが1653年3月2日のオーロラである。このイベントは中国と日本の文献に独立した記録があることがWillis & Stephenson (2000)により既に指摘されている。

オーロラの仰角を10度程度と仮定すると、観測地の磁気緯度から推定されるオーロラ帯低緯度境界の磁気緯度は約43度となる。これにオーロラ帯の磁気緯度とDst指数の経験則(Yokoyama et al. 1998)を適用するとDst指数は-325nT程度となる。マウンダー極小期中も黒点が皆無だったわけではないので、このような大規模磁気嵐を起こす一つの可能性は、この時期にたまたま大きな黒点が出現していたということである。しかし同時期にHeveliusがヨーロッパで行っていた黒点観測記録と照合すると、3月1日と9日は無黒点との記録があり、少なくとも大きな黒点はなかった可能性が高い。一方で、1994年4月14日の磁気嵐(Dst~-200nT)のように、黒点から離れた静穏領域のフィラメント噴出が強い磁気嵐を起こすこともありうる。

Burton et al. (1975)が経験的に導出したDst指数の発展方程式を解くと、太陽風中の南向き磁場40nT、太陽風速度毎秒600kmが8時間程度続けば、Dst=<-300nTが実現されることが示唆される。これはフラックスロープの磁束にして約2.5x10^21Mxに相当し、超巨大静穏領域フィラメントの噴出に付随する値としては可能な範囲と考えられる。

キーワード：磁気嵐、オーロラ、コロナ質量放出、太陽フレア、マウンダー極小期、歴史文献
Keywords: magnetic storm, aurora, coronal mass ejection, solar flare, Maunder minimum, historical documents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Reconstructing 1931 flood in Yangtze River basin and its application to Chinese economic history

*劉 暢[1]、川崎 昭如[1]、城山 智子[2]
*CHANG LIU[1], Akiyuki Kawasaki[1], Tomoko Shiroyama[2]

1. 東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻、2. 東京大学大学院経済学研究科経済専攻
1. Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, the University of Tokyo, 2. Department of Economics, Graduate School of Economics, the University of Tokyo

Historical floods are receiving increased attention in flood research and in applied flood protection. One of the reasons is that they can be taken into account for the improvement of long-term data series and their statistical validation as well as for the analysis of return periods. Apart from that, analyzing the interaction between historical floods and socio-economic activities has attracted more and more interests as well. Previous research has focused on rebuilding temperature, precipitation, discharge and water level of historical floods, however, more detailed information like inundation depth and area is still required for more advanced analysis. In this research, we reconstructed the inundation condition and flood propagation process of 1931 flood in Yangtze River basin using Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model and carried out some primary analysis on Chinese economic history. Although the 1931 flood in Yangtze River basin is recognized as the deadliest flood ever recorded for its damage to more than 25.2 million people and 58.7 billion $m^2$ farmland, it is considered to be simulated by a distributed hydrological model for the first time because of data scarcity in 1930s and document loss afterwards. However, with the help from many historians, lots of valuable historical documents were found and collected, which makes the model simulation possible. For the preparation of input data of RRI model, a) 24 stations' daily precipitation data from Jan $1^{st}$ to Dec $31^{st}$ were digitized from *Monthly Meteorological Bulletin* and *Hydrological Data of Yangtze River Basin*, b) land use classification data of 2015, 2005, 1995, 1985, 1975 were collected and land use classification data of 1955, 1935 and 1915 were simulated using Artificial-Neural-Network-based-Cellular-Automata (ANN-CA) scheme. Dataset b) is further validated by military map with similarity over 60%. The model was calibrated for the discharge at Chongqing gauge station by varying the land use, soil, geometry and precipitation related parameters and then evaluated using flood investigation map. We expect that the simulation result from RRI model is especially suitable for economic history study, because the inundation depth & area were generated daily for the whole year by a 2D diffusive scheme, with which historians can analyze flood impact in more detailed time and space scale. To demonstrate this point, some primary studies were also carried out: a) validation of the number of farmers influenced by 1931 flood with inundation severity, b) analysis of the rice price fluctuation in Hunan province with the inundation time and depth. From study b), one interesting finding is that places where navigation channel was limited and blocked tended to have higher rice price, which indicated the transportation mainly to be shipping in 1930s.

キーワード：長江流域、歴史洪水、水文モデル
Keywords: Yangtze River basin, historical flood, hydrological modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 有感地震記述ならびに震度の距離減衰式に基づく地震活動解析
# Seismicity Analysis Using Felt Reports and Attenuation Relation of Seismic Intensity

*石辺 岳男[1]、岩佐 幸治[1]、古村 美津子[1]、松浦 律子[1]
*Takeo Ishibe[1], Koji Iwasa[1], Mitsuko Furumura[1], Ritsuko S. Matsu'ura[1]

1. 地震予知総合研究振興会
1. Association for the Development of Earthquake Prediction

日記や公文書等の史料に残された有感地震記録から余震や群発地震を抽出し、歴史地震の地震活動解析や震源域推定等に活用できないか。本研究では史料中の有感地震記録を用いた新たな歴史地震研究の可能性を探るべく、気象庁震度データベースならびに震度の距離減衰式を用いて有感地震回数分布の再現性の検証を行った。また有感地震記録に基づき大地震の震源域を推定する予察的手法を構築し、2004 年新潟県中越地震、2008 年岩手・宮城内陸地震ならびに2011 年福島県浜通りの地震に対して適用するとともに様々な地震活動変化が有感地震の時空間的特徴に与える影響について調査した。本研究で得られた結果からは、今後、史料から有感地震に対する記述を抽出・蓄積するとともに、予察的に構築した手法を高度化することで歴史地震の震源域を従来の被害記述とは異なった観点から議論できる可能性が示唆された。

日本では過去1000年以上にわたる豊富な史料が残されており、史料記述に基づき例えば南海トラフ沿いの海溝型大地震が繰り返し発生してきたことが明らかにされ、歴史地震の震源域推定が行われてきた（例えば、宇佐美・他、2013）。しかしながら、副次的な津波や火災、地滑り等が被害の主要因であるため、地震動による被害を詳細に把握することが困難な歴史地震は少なくない。また、被害は当時の人口分布や建築物の経年劣化に強く依存しており、従来の手法によって推定された震源域は人口密集地域に偏って分布する可能性がある。

史料には被害記述の他に有感地震を記述したものがあるが、僅かな先行研究を除き、史料中の有感地震記述は歴史地震の震源域推定や地震活動解析に十分に活用されてきたとは言い難い。有感地震数は本震からの経過時間ならびに震源域からの距離に強く依存する為、有感地震数の時空間的な推移に基づき、大地震の震源域を制約できる可能性がある。また、有感地震数の増減は大地震後の地震活動度変化や誘発地震・群発的地震活動の発生を示唆する。史料中に記述された有感地震記録から、歴史時代に発生した大地震の震源域推定や地震活動の時間的・空間的な変化をイメージングする手法を構築できれば、従来の被害記述に基づいた大地震にのみ着目した歴史地震研究から、中小地震を含めた新たな歴史地震研究の展開が期待される。

2000 年～2010 年までに最大震度3 以上、深さ20 km 以浅で発生した約2300 の浅発地震を対象に、田中・他（2017）による距離減衰式から予測震度を計算し、計測（観測）震度と比較した。その結果、震源距離10 ～400 km 程度の有感域のほぼ全域にわたって残差が± 1 程度の範囲内に収まり、残差のヒストグラムは平均がほぼ0 の正規分布を示す事が分かった。また既往の距離減衰式に比べ幅広いマグニチュード、震源距離の範囲内で小さな残差になる事が示された。さらには日本全国で上記の期間に観測された地殻内地震による有感地震回数（震度2以上）の分布を概ね再現できた。これらの結果は、田中・他（2017）による地殻内地震に対する震度の距離減衰式が、中小地震、遠方の観測点まで日本全国の地表における計測震度の推定式として活用できる事を示している。

これらの背景を元に、有感地震記録に基づき大地震の震源域を推定する予察的手法を構築し、2004年新潟県中越地震、2008 年岩手・宮城内陸地震ならびに2011 年福島県浜通りの地震に対して適用した。具体的にはグリッドを緯度・経度方向に一様に配置し、それぞれのグリッドで地震の規模別頻度分布がグーテンベル

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

グ・リヒター則に従うものと仮定してランダムに地震を発生させ、それぞれの観測点において算出された有感地震回数と観測された回数との規格化残差を計算した。その結果、2004 年新潟県中越地震ならびに2008 年岩手・宮城内陸地震に対しては、残差分布から震源域が明瞭にイメージングされ、残差が最小となる地点も本震の震源にほぼ一致した。一方で、2011 年福島県浜通りの地震の場合には、その1 か月前に発生した東北地方太平洋沖地震による余震活動が活発な期間にあたる為、沖合においても残差が小さくなり、イメージングされた震源域は上記の2 地震に比べ不明瞭であった。

現在の震度観測点が稠密に展開されている状況に対しては、有感地震回数の分布から地震活動度を推定することができる可能性が示された。しかしながら、史料中の有感地震記述への適用可能性を考えた場合、史料から有感地震数を抽出できる点（震度観測点）は現在に比べ極端に少ない事が想定される。そこで観測点を間引いた場合に、残差分布ならびに残差が最小となるグリッドがどのように変化するか、調査した。その結果、観測点密度が低くなるにつれてイメージングされた震源域は不明瞭になるものの、観測点のカバレッジが保証され有感地震回数が突出する観測点がある場合には、観測点分布が疎になった場合でもある程度、震源域がイメージングされる事が分かった。

キーワード：有感地震、震度の距離減衰式、地震活動解析
Keywords: Felt Report, Attenuation Relation of Seismic Intensity, Seismicity Analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本産樹木年輪の炭素14年代測定－年代研究と日本版較正曲線
# Radiocarbon dating of Japanese tree rings –chronological research and Japanese calibration curve

*坂本 稔[1,2]、箱﨑 真隆[1]、光谷 拓実[3]、中塚 武[4,5]
*Minoru Sakamoto[1,2], Masataka Hakozaki[1], Takumi Mitsutani[3], Takeshi Nakatsuka[4,5]

1. 国立歴史民俗博物館、2. 総合研究大学院大学、3. 奈良文化財研究所、4. 総合地球環境学研究所、5. 名古屋大学
1. National Museum of Japanese History, 2. The Graduate University for Advanced Studies, 3. Nara National Research Institute for Cultural Properties, 4. Research Institute for Humanity and Nature, 5. Nagoya University

炭素14年代を暦上の年代に修正するためには，樹木年輪など暦年代の判明した試料の炭素14年代に基づいて整備された「較正曲線」が用いられる。北半球用の較正曲線IntCalには，これまで主に欧米の高緯度地域に生育していた樹木年輪の炭素14年代が用いられてきたが，現在整備が進められている最新版「IntCal19」では，様々な地域のデータが反映される見込みである。

筆者らは過去3,000年間を対象に，日本産樹木年輪の炭素14年代測定を継続してきた。最近は，炭素14-ウィグルマッチ法による文化財建造物の年代研究の需要もあり，中世・近世の日本産樹木年輪の測定にも注力している。その背景には，樹種によらない新しい年輪年代法「酸素同位体比年輪年代法」の実用化がある。暦年代の判明した樹木年輪の入手が格段に容易になり，データの蓄積が急速に進展しつつある。

日本産樹木年輪の炭素14年代は，時期によりIntCalからずれる「地域効果」を見せることがある。特に弥生から古墳にかけての時期が顕著であり，IntCalによる年代較正では実際より古い年代を与えてしまう。また，より高い精度・確度が求められる歴史資料の年代較正には，汎用性を重視し平滑化されたIntCalでは不十分な場合がある。年代研究の推進には，日本産樹木年輪の炭素14年代の挙動を明らかにし，日本版較正曲線の整備を進めることが必要である。

本研究は国立歴史民俗博物館共同研究，および地球研プロジェクト（H-05）による成果の一部である。また，科学研究費補助金（25282075, 18H03594）の支援を受けている。

キーワード：炭素14年代法、年輪年代法、較正年代、地域効果
Keywords: radiocarbon dating, dendrochronology, calibrated age, regional effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 太陽物理学における、科学的知見を踏まえた歴史資料の活用方法
# Usage of Historical Documents with Scientific Understandings in the field of Solar Physics

*河村 聡人[1]、早川 尚志[2]、玉澤 晴史[3]、磯部 洋明[3]、柴田 一成[1]
*Akito Davis Kawamura[1], Hisashi Hayakawa[2], Harufumi Tamazawa[3], Hiroaki Isobe[3], Kazunari Shibata[1]

1. 京都大学大学院理学研究科附属天文台、2. 大阪大学大学院文学研究科、3. 京都市立芸術大学美術学部
1. Astronomical Observatory, Kyoto University, 2. Graduate School of Letters, Osaka University, 3. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts

太陽は人類が最も研究している恒星ではありますが、その知見は限られた時間スケールでの観測に基づいています。太陽活動の科学的な記録は、黒点に関して約400年、エネルギーの解放を伴う突発的増光現象であるフレアに関して約160年にわたります。一方で、人々は何千年にもわたって太陽活動の痕跡を観察し記録してきました。その現象を今日の我々はオーロラと呼んでいます。我々の研究の第一のゴールは、科学的な黒点観測と歴史資料に残るオーロラの記録とを組み合わせ、過去400年の太陽活動を解明することです。

我々が知りたい物理変数はフレアの強度で、現代の太陽観測に基づく統計からその強度を推定する手法を開発しました。この手法の鍵となるのは、フレア時にコロナ質量放出が起こったことを強く示唆する低緯度オーロラの観測です。黒点の大きさの科学的観測と低緯度オーロラ観測の歴史資料から、フレア強度を推定することができるようになりました。

当ポスター発表では、歴史資料を用いた太陽物理学の将来性と課題を議論します。当ポスターを科学と歴史学のコラボレーションの成功の一例として提示します。

キーワード：太陽物理学、宇宙天気、歴史資料
Keywords: Solar Physics, Space Weather, Historical Documents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 江戸時代後期の北上川における自然災害と社会
# The study of the relationship between the flood of Kitakami River and sociaty in the end of Edo period

*佐藤 大介[1]、高橋 美貴[2]
*Daisuke Sato[1], Yoshitaka Takahashi[2]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 東京農工大学
1. International Reserch Institute of Disaster Science Tohoku University , 2. Tokyo University of Agriculture and Technology

本報告では、かつての仙台藩領である宮城県および岩手県南部に残された古文書史料を分析し、主に江戸時代後期の北上川で起こった洪水その他の自然災害の発生状況について改めて確認する。その上で、それらの事象が流域の社会に与えた影響について、生業や生活環境の面から考察する。

日本有数の大河である北上川の、江戸時代における洪水発生の状況については、東北地方整備局岩手県工事事務所『北上川』において、岩手県内の年代記資料に基づき概観されている。北上川での歴史災害に関する先駆的な成果として現在でも活用されているものの、下流域である宮城県での状況については体系的な整理がなされていない。江戸時代の北上川流域全体での水害の程度、範囲に関する史実の確定自体が、依然として課題だといえる。そのことは、文献史学における自然環境の影響を踏まえた研究はもちろん、さらに理系分野での各種データとの照合・解釈のための基礎的環境の整備という観点からも必須の作業である。もちろん関連史料の「完全な発掘」は遠い課題であるが、今回はかつての仙台藩領で確認した2100頁におよぶ日記史料「丸吉皆川家日誌」などの新史料も活用しつつ、水害の基礎的な状況を確認し、また人間社会への影響について考察したい。

江戸時代後期、特に18世紀末以降の北上川では、しばしば大規模な洪水が発生していた。「丸吉皆川家日誌」から、19世紀前半の水害記事を確認すると、寛政三年十月十六日（グレゴリオ暦1790年12月16日）の大雨、享和二年六月二九日（1802年7月28日）大雨・大洪水、文政十年十一月十三日（1827年12月30日）～十八日雨天、天保六年閏七月七日（1835年8月30日）嵐・大雨、天保七年八月十六日（1836年9月26日）～十七日大雨・少々風、天保七年十月十六日（1836年12月23日） 同夜大雨・大風休みなし、天保八年六月九日（1837年7月11日）～十一日大雨、天保九年三月二日（1838年3月27日）、天保一〇年六月二日（1839年7月2日）～三日、天保十一年七月十八日（1840年8月15日）～十九日となっている。天保年間（1830～44）には大凶作をもたらす一因となった冷夏が続いた影響か、台風に伴うと思われる大雨による水害が毎年続いていた。一方で重要なのは、冬期にしばしば大洪水が発生していることである。寛政三年の水害では、北上川の河岸場であった磐井郡黄海（岩手県一関市）の移転が起こっていた。夏期だけでなく、年間の気象状況について復元し、洪水の全容を解明する必要があろう。

一方、北上川の洪水については気象現象に加え、人間の自然への働きかけが被害を拡大した可能性もあった。19世紀前半の仙台藩においては、燃料や建材の旺盛な需要により山林の荒廃が進み、土砂流入による河底の上昇が洪水を頻発させたという藩官僚の報告書が残されている。報告者の高橋美貴が明らかにしたように、「川様無然」というキーワードが創出され、藩官僚、さらには地域側にも問題として共有されるようになっていた。また、北上川河口の桃生郡名振浜に残されていたサケの水揚帳の分析からは、この時期においてしばしば濁水の漁場への流入を示す記事があり、漁場環境の悪化が示唆されている。また、天保六年閏七月の洪水は、仙台城下町にも浸水被害をもたらし、当時進行していた政治改革を頓挫させる一因ともなった。北上川に洪水をもたらした自然現象は、生業、さらには政治にも大きな影響を与えていたのである。

今後は、当該期の雨量、川の流量、台風の到来、自然現象の復元を、理系分野のデータも活用しつつ行うことにより、より厳密な自然環境の復元を行い得ると考えられる。そのとは、古文書の解釈が基本となる文献史学において、その背景となる状況把握への厳密性を与え、新たな分析視角を獲得できる可能性があると考えている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：北上川、流域史、江戸時代、古文書分析、仙台藩
Keywords: Kitakami River, Area study, Edo period, Historical records, Sendai Han

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 古日記データ同化による歴史天候の復元
# Reconstruction of Historical Weather with Data Assimilation Using Old Diaries

*芳村 圭[1]、Neluwala Panduka[2]、市野 美夏[3]、増田 耕一[4]、平野 淳平[5]
*Kei Yoshimura[1], Panduka Neluwala[2], Mika Ichino[3], Kooiti Masuda[4], Junpei Hirano[5]

1. 東京大学生産技術研究所、2. University of Peradeniya 、3. 国立情報学研究所、4. 首都大学東京、5. 帝京大学
1. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 2. University of Peradeniya , 3. National Institute of Informatics, 4. Tokyo Metropolitan University, 5. Teikyo University

気候変動のメカニズムを理解するうえで長期の大気再解析データは欠かせないが、現在の最長データは130年間余りである。それ以上過去に遡れていない原因としては直接の気象観測データの不足によるものが大きい。ただし、近代的な気象観測データが存在しない過去にも、古文書に記載された日々の天気情報が長期間にわたって存在している場合がある。日本はいわばそのような古い天気情報の宝庫と言える。本研究では、それらの古い天気情報を最新のデータ同化システムに投入する手法を開発し、大気状態の拘束条件としての効果を調べ、既存の再解析データをより過去に延長する手法を提案する。観測データ、予測モデル、データ同化スキームとして、それぞれ歴史天候データベース、全球スペクトルモデル、局所アンサンブル変換カルマンフィルタを使用したシステムを構築した。天気を示すアナログ情報は、3から5段階程度に分類して、雲量割合や地表面下向きの短波放射と対応させることが良く、アンサンブル数は30程度が計算効率と精度の兼ね合いから適切ということがわかった。以上の設定を用いて、現代（1990年代）を対象として、18地点の気象観測所で得られた天気情報を与えたデータ同化結果が、与えない結果に比べて現代の再解析データにどれほど近づいたかで結果を評価した。その結果、短波放射量及び雲量に大きな改善が見られ、降水量にも有意な改善が確認された。これらの改善は、日本の春季・秋季に特に顕著な総観規模での気圧配置の変遷を適切に拘束できたためにもたらされたと考えられる。さらに、無降水日情報を観測項目としてデータ同化に加えると、降水量の精度が上がることが確認された。その上で実際の古日記データを用いた1830年代、1860年代の実験を行った。横浜で実際に観測された1860年代の気温と降水量と比較して、類似した季節変化及び年々変動が得られることが確認できた。

キーワード：古日記、データ同化、天候復元
Keywords: old diaries, data assimilation, weather reconstruction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 1830年京都地震史料における，余震活動減衰式の当てはめるデータ範囲に関する考察 －同一地点における余震回数の違いの原因－

# Examination of data range for fitting Omori-Utsu law to temporal decay of aftershocks presented in historical materials on the 1830 Kyoto earthquake: Reason for the difference of numbers of aftershocks in the same place

*服部 健太郎[1]、大邑 潤三[2]、中西 一郎[1]
*Kentaro Hattori[1], Junzo Ohmura[2], Ichiro Nakanishi[1]

1. 京都大学、2. 佛教大学
1. Kyoto Univ., 2. Bukkyo Univ.

We study the temporal decay of aftershock sequences of the 1830 Kyoto earthquake. Omori(1908) examined aftershock sequences including that of the 1830 Kyoto earthquake. Matsui and Oike (1997) attempted to determine epicenter of the 1830 Kyoto earthquake by using the number of felt aftershocks in time range from the main shock to the next morning in several observational areas including Kyoto. They used two different numbers as the number of felt aftershocks for Kyoto: 100 written in Banzai Rakki and 4 written in Tansui Nikki. In the case using the former number, they obtained the epicenter consistent with that obtained by Usami (1996). However, in the case using the latter number, they obtained an epicenter near the northern shore of the lake Biwa, and the epicenter is inconsistent with distribution of damage caused by the earthquake. They did not pursue the reason of the discrepancy between two numbers for Kyoto.

In order to solve the above mentioned discrepancy among the earthquake records for Kyoto, we include another record Tenpo Zakki in addition to Banzai Rakki.Both records show quite different numbers of daily aftershocks during several days, though they were written in the same place. Kitahara and Ohmura (2012) suggest that the original record was written by an officer in Nijo-jo Castle and was copied many times. They made a graph of temporal decay of daily numbers of aftershocks for a period of one month after the main shock. However, they made neither analysis of the aftershock sequences nor information evaluation of the records.

We examined carefully description of daily aftershocks in both records to know the reason for the differences of the numbers of felt aftershocks. The records show the sizes of earthquakes by the diameters of handwritten circles for each day. Comparing the diameter of standard circle for every day, we infer that writers of the records used different criterion to count the numbers of felt aftershocks.

We measure the diameter of standard circle for every day, and find the diameter changes with day. Fig.1 shows the daily variation of diameter of standard circle in the both records. The vertical axis shows the count threshold of circle diameter (arbitrary unit), and horizontal axis shows the date. Fig.1 suggests that the threshold count level used in Banzai Rakki is larger than that used in Tenpo Zakki. This result means that the number of counted aftershocks becomes smaller in Banzai Rakki than in Tenpo Zakki. The interpretation is consistent with the actual difference of the number of aftershocks in the both records. The threshold level for counting used in Banzai Rakki changes more rapidly with time than that used in Tenpo Zakki (Fig.1). Especially, the change of the threshold level from 7/3 to 7/5 is not negligible in Banzai Rakki.

The above information evaluation of the two records reveals the difference of the two records written in the same place. We fit Omori-Utsu law (Utsu, 1961) to the aftershock sequences after 7/5. We assume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

that the c value is 0.1 and the p values fall in about 1.2. We obtain a better fit in Tenpo Zakki (Fig.2). Our study may suggest that Tenpo Zakki may have better information quality than Banzai Rakki and the numbers of aftershocks after 7/5 should be used for study of the 1830 Kyoto earthquake.

キーワード：1830年京都地震、余震系列、大森・宇津公式
Keywords: the 1830 Kyoto earthquake , aftershock sequence, Omori-Utsu law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

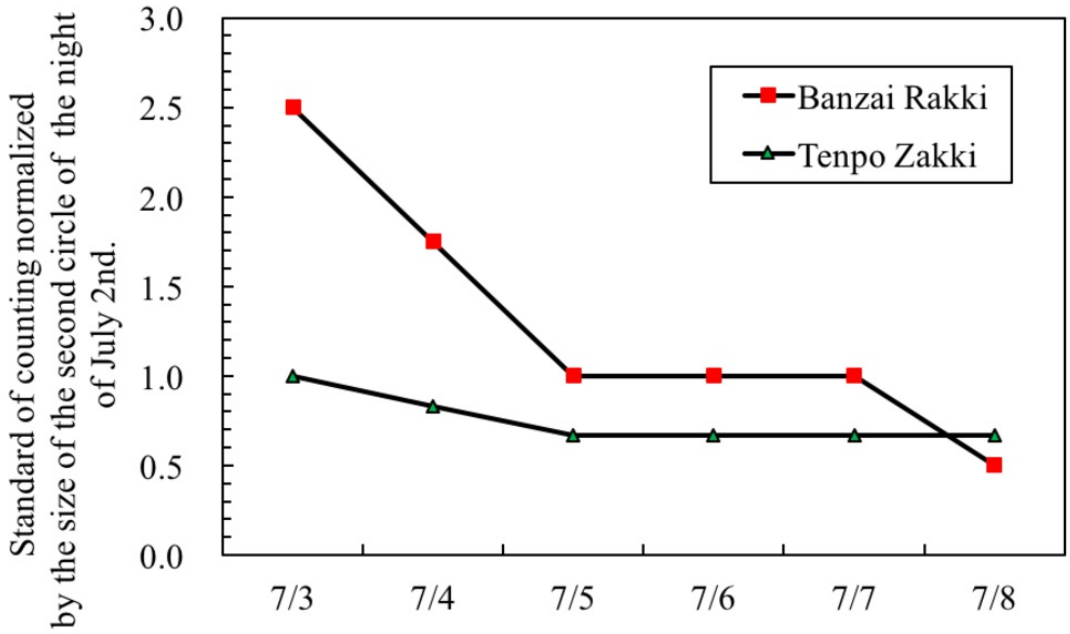



Fig.1 Comparison of two records

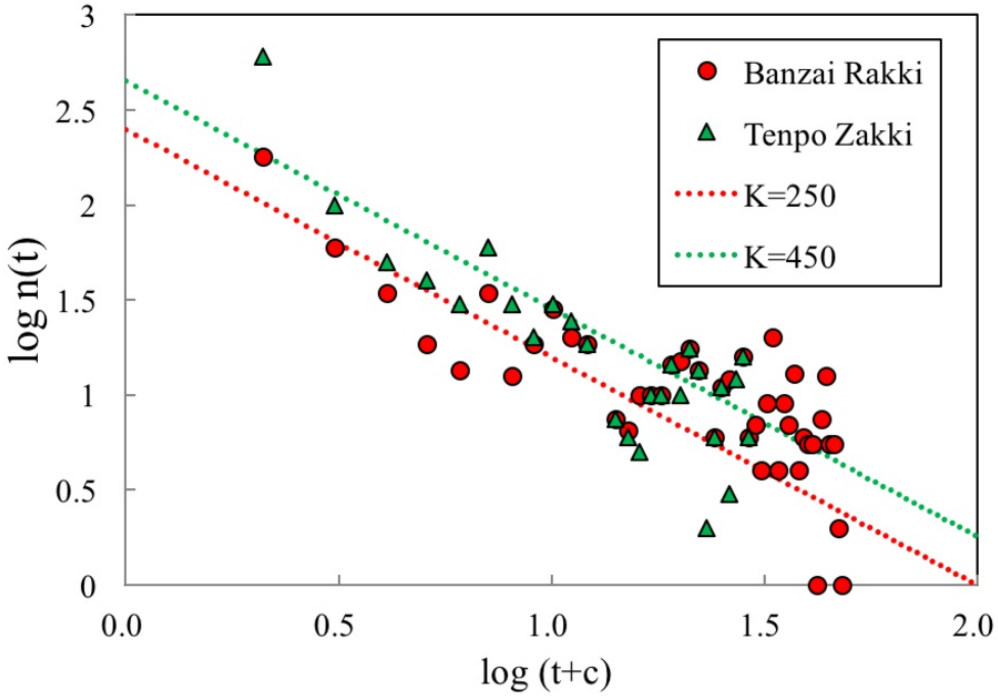



Fig. 2 Temporal decay of the aftershocks of the 1830 Kyoto earthquake with lines (p=1.2) from Omori-Utsu law (Utsu, 1961)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 古絵図から特定する安政東海地震における浜名湖周辺の津波痕跡について
# Tsunami trace height of the AD 1854 Ansei Tokai tsunami around the lake Hamanako inferred from historical maps

*蝦名 裕一[1]、今井 健太郎[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]
*ebina yuichi[1], Kentaro Imai[2], Yoshinobu Tsuji[3], hiroyuki iwase[4]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 公益財団法人深田地質研究所、4. 株式会社エコー
1. International Research Institute of Disaster Science, 2. JAMSTEC, 3. Fukuda Geological Instite, 4. (C)ECOH CORPORATION

本報告では1854年（嘉永７年／安政１年）に発生した安政東海地震における浜名湖周辺の津波被害について描いた絵図、「舞坂宿津波図」および「安政地震津波災害絵図」（浜松市博物館所蔵）の分析から、津波の到達点を特定するものである。

浜名湖東岸に位置する舞坂宿（現在の静岡県浜松市西区舞阪町）は、東海道の宿場町として栄えた地域である。『静岡県史　自然災害編』(1996)によると「舞坂宿津波図」は、舞坂宿の住人であった渡辺八郎平が、安政東海地震の発生時に津波に浸水した舞坂宿の様子を描いたものであり、標高の高い「氏神社」や「宝登山」に避難した人々が集まっている様子をみることができる。街道の浸水点として、東側新町では常夜灯付近まで津波が浸水している様子が読み取れる。また、西側の西町における津波で浸水した「指月院」の付近に階段状の描写がされている。これは『東海道分限延絵図』で「往古上り場」と呼ばれる場所であり、当時浜名湖東岸に存在した脇本陣・問屋場の数件東側まで浸水していたことがわかる。

「安政地震津波災害絵図」（内山富寿画）は、安政東海地震津波の発生当時、奥浜名湖気賀地方に押し寄せた津波の様子と、津波が引いた後の状況を２枚の絵図の重ね合わせで表現をしたものである。ここでは浜名湖北側の通る、いわゆる姫街道を目印として、いくつかの津波到達点を読み取ることができる。津波発生時の絵図を見ると、姫街道の往来を監視する気賀関所の門前まで津波が到達しているが、関所本体には津波が浸水していないことが読み取れる。また、「二ノ宮社」付近の「小森沢」や「岩根沢」といった場所では、姫街道付近が津波の到達点として描かれている。さらに、奥浜名湖に流れ込む郁田川河口部に位置する「大円寺」は、墓地となっている山周辺が水没している様子が描かれている。

浜名湖周辺、特に奥浜名湖周辺は津波到達点について明確な場所を記載した文献が乏しいが、これらの絵図の分析からいくつかの津波痕跡点を得ることができた。これらの痕跡点を、津波工学をはじめとした他分野連携による研究によって、過去の南海トラフ巨大地震の詳細の解明に繋がれば幸いである。

〔謝辞〕
H25-32年度文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（研究代表者：海洋研究開発機構 金田義行）の成果の一部です．ここに記して感謝の意を表します．

キーワード：安政東海地震津波、浜名湖、古地図
Keywords: Ansei Tokai earthquake and tsunami, Lake hamanako, historical maps

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

## [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)

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．<br/>　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。<br/>　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．

### [MIS17-P01] 「歴史学×地球惑星科学」の目指すもの

*加納 靖之[1]、磯部 洋明[2]、芳村 圭[3]、岩橋 清美[4]、玉澤 春史[5,2] (1.東京大学地震研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.東京大学生産技術研究所、4.国文学研究資料館、5.京都大学防災研究所)

### [MIS17-P02] 距離減衰式を用いた歴史地震の震度分布の再検討

*加納 靖之[1]、大邑 潤三[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所)

### [MIS17-P03] れきすけ：多分野連携による歴史資料に関する情報共有システム

★招待講演

*市野 美夏[1,2]、橋本 幸恵、増田 耕一[3]、北本 朝展[2,1]、平野 淳平[4] (1.大学共同利用機関法人　情報・システム研究機構・データサイエンス共同利用基盤施設　人文学オープンデータ共同利用センター、2.国立情報学研究所、3.首都大学東京、4.帝京大学文学部)

### [MIS17-P04] 絵図にみる1707年富士山宝永噴火後の降灰除去の実態

*大邑 潤三[1] (1.京都大学防災研究所附属地震予知研究センター)

### [MIS17-P05] 市民参加による歴史史料からの地球惑星科学現象サーベイワークショップ

*玉澤 春史[1,2]、岩橋 清美[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.国文学研究資料館)

### [MIS17-P06] 現代観測と歴史史料をつなぐ20世紀前半の観測データ：花山天文台乾板データの利用例

*玉澤 春史[1]、北井 礼三郎[4]、磯部 洋明[2]、上野 悟[3]、坂上 峻仁[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.京都大学大学院理学研究科附属天文台、4.佛教大学)

### [MIS17-P07] 近世日本における気候変動と領主支配

*鎌谷 かおる[1]、佐野 雅規[2]、中塚 武[3] (1.立命館大学、2.早稲田大学、3.総合地球環境学研究所)

### [MIS17-P08] 静穏領域フィラメントの噴出によるマウンダー極小期中の巨大磁気嵐

*磯部 洋明[1]、海老原 祐輔[2]、玉澤 春史[1]、河村 聡人[3]、早川 尚志[4] (1.京都市立芸術大学美術学部、2.京都大学生存圏研究所、3.京都大学大学院理学研究科、4.大阪大学大学院文学研究科)

### [MIS17-P09] Reconstructing 1931 flood in Yangtze River basin and its application to Chinese economic history

*劉 暢[1]、川崎 昭如[1]、城山 智子[2] (1.東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻、2.東京大学大学院経済学研究科経済専攻)

[MIS17-P10] 有感地震記述ならびに震度の距離減衰式に基づく地震活動解析

*石辺 岳男[1]、岩佐 幸治[1]、古村 美津子[1]、松浦 律子[1] (1.地震予知総合研究振興会)

---

[MIS17-P11] 日本産樹木年輪の炭素14年代測定－年代研究と日本版較正曲線

*坂本 稔[1,2]、箱﨑 真隆[1]、光谷 拓実[3]、中塚 武[4,5] (1.国立歴史民俗博物館、2.総合研究大学院大学、3.奈良文化財研究所、4.総合地球環境学研究所、5.名古屋大学)

---

[MIS17-P12] 太陽物理学における、科学的知見を踏まえた歴史資料の活用方法

*河村 聡人[1]、早川 尚志[2]、玉澤 晴史[3]、磯部 洋明[3]、柴田 一成[1] (1.京都大学大学院理学研究科附属天文台、2.大阪大学大学院文学研究科、3.京都市立芸術大学美術学部)

---

[MIS17-P13] 江戸時代後期の北上川における自然災害と社会

*佐藤 大介[1]、高橋 美貴[2] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.東京農工大学)

---

[MIS17-P14] 古日記データ同化による歴史天候の復元

*芳村 圭[1]、Neluwala Panduka[2]、市野 美夏[3]、増田 耕一[4]、平野 淳平[5] (1.東京大学生産技術研究所、2.University of Peradeniya 、3.国立情報学研究所、4.首都大学東京、5.帝京大学)

---

[MIS17-P15] 1830年京都地震史料における，余震活動減衰式の当てはめるデータ範囲に関する考察 －同一地点における余震回数の違いの原因－

*服部 健太郎[1]、大邑 潤三[2]、中西 一郎[1] (1.京都大学、2.佛教大学)

---

[MIS17-P16] 古絵図から特定する安政東海地震における浜名湖周辺の津波痕跡について

*蝦名 裕一[1]、今井 健太郎[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.公益財団法人深田地質研究所、4.株式会社エコー)

# 「歴史学×地球惑星科学」の目指すもの
# Perspective of 'History X Earth and Planetary Science'

*加納 靖之[1]、磯部 洋明[2]、芳村 圭[3]、岩橋 清美[4]、玉澤 春史[5,2]
*Yasuyuki Kano[1], Hiroaki Isobe[2], Kei Yoshimura[3], Kiyomi Iwahashi[4], Harufumi Tamazawa[5,2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都市立芸術大学美術学部、3. 東京大学生産技術研究所、4. 国文学研究資料館、5. 京都大学防災研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 3. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 4. National Institute of Japanese Literature, 5. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

「歴史学×地球惑星科学」は本セッションのタイトルであり，また，昨年秋に申請した科学研究費補助金の新学術領域研究（研究領域提案型）の課題名でもある．後者においては，「天」「気」「地」「人」の4つの計画研究により領域を形成する案となっている．「天」＝歴史資料を活用した過去の天体活動やオーロラ・太陽活動の研究，「気」＝歴史資料を活用した過去の気象・気候（災害）の研究，「地」＝歴史資料を活用した過去の地震・災害の研究,「人」＝自然環境の変動や災害が人の移動や組織化、人々の自然認識・思考様式にどのように影響を与えてきたか，という研究項目である．

歴史学と自然科学の各分野との協働は，これまでも多くのプロジェクトにおいて実施され，現在も大小さまざまのグループで取り組まれている．本発表では，「歴史学×地球惑星科学」の今後について議論したい．以下に本セッションの概要を再掲する．

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．

キーワード：歴史学、天文学、太陽物理学、気象学、地震学
Keywords: History, Astronomy, Solar phisics, Meteorology, Seismology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 距離減衰式を用いた歴史地震の震度分布の再検討
# Reexamination of intensity distribution of Japanese historical earthquakes using attenuation relation

*加納 靖之[1]、大邑 潤三[2]
*Yasuyuki Kano[1], Junzo Ohmura[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Diasaster prevention Research institute, Kyoto University

歴史地震の研究では，史料に書かれた被害や地変等の記述を抽出し，それを震度に変換して，どのような震源であったかを推定することが多い．これまでに，地震による被害等を記録した史料の収集が進められており，その成果が『大日本地震史料』，『日本地震史料』，『新収日本地震史料』などの史料集にまとめられている．これらの記述をもとに，主として被害が発生した地震について，地震の発生日時，震央あるいは震源の位置や規模などが推定されてきた．その際には，被害の様相からその地点での震度を推定し，等震度線を描くことで，震央や規模を推定されることが多い．過去の地震について調べる際には，(1) 史料の発見と解読，(2) 震度への変換，(3) 震央あるいは震源の推定という3つの要素が考えられる．これらのそれぞれにおいて，距離減衰式を活用することを考えた．

現在までに多数の史料集が刊行され，多くの史料を利用することができる．しかしながら，個々の地震について詳細を知るためには，より多くの史料が必要な場合がある．歴史地震研究において，地震研究者と歴史研究者が共同研究を実施する際に，共同作業としてあり得るのは，未紹介の史料を見出し，それを解読することが挙げられる．大きな地震の場合には被害が発生した地域や有感範囲が広大であり，短期間に悉皆的に史料調査を実施するのは難しいだろう．距離減衰式を用いることで，過去に発生した地震について，任意の地点の震度を簡便に予想することができる．それをもとに歴史研究者との共同調査を企画するなどできるだろう．

震度の変換には，被害状況と震度とを対応づける変換表（ここでは歴史地震の震度変換表とよぶ）が提案されている．たとえば，ある震度では民家にどのような被害が発生するか，あるいは，その割合はどのくらいかなどをまとめた表である．この変換表の妥当性を検討するため，近年発生したいくつかの地震（2018年の大阪府北部の地震など）について，伝統的建造物の被害から，歴史地震の震度変換表を用いて震度を推定した．伝統的建造物の所在地に震度計があるわけではなく，その地点での実際の震度を知ることはできない．歴史地震の震度変換表による推定震度と周囲の計測震度は，震度の距離減衰式から予想される震度分布と調和的であった．今回みられた震度と対象物の範囲では，歴史地震の変換表は妥当であるといえる．

震央あるいは震源の位置や規模の推定においても，距離減衰式を活用できる．等震度線を描きその中心を震央とし，ある震度の範囲の広がりから経験的に規模を推定することが行われてきた．距離減衰式は，地震の規模と震央または震源距離の関数になっている．史料から推定した震度分布に対して距離減衰式を当てはめることで，地震の規模を推定できる．日本周辺で発生したいくつかの歴史地震について，震央の推定を試みた．これまでに推定されてきた震央分布とおおむね一致する結果となった．

キーワード：歴史地震、距離減衰式、震度分布、Macroseismic data points
Keywords: Historical earthquakes, Attenuation relation, Intensity distribution, MDPs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# れきすけ：多分野連携による歴史資料に関する情報共有システム
# Rekisuke: a system for sharing bibliographic information of historical documents through Interdisciplinary collaboration

*市野 美夏[1,2]、橋本 幸恵、増田 耕一[3]、北本 朝展[2,1]、平野 淳平[4]
*Mika Ichino[1,2], Yukie Hashimoto, Kooiti Masuda[3], Asanobu Kitamoto[2,1], Junpei Hirano[4]

1. 大学共同利用機関法人　情報・システム研究機構・ データサイエンス共同利用基盤施設　人文学オープンデータ共同利用センター、2. 国立情報学研究所、3. 首都大学東京、4. 帝京大学文学部
1. Center for Open Data in the Humanities, Joint Support-Center for Data Science Research, Research Organization of Information and Systems , 2. National Institute of Informatics, 3. Tokyo Metropolitan University, 4. Faculty of Liberal Arts, Teikyo University

日本各地に残る歴史資料（史料）は，天候情報を利用する歴史気候学をはじめ，古地震学，天文学などの科学分野のみならず，社会学，経済学など多様な分野で研究に利用されてきた．一方，このような史料は測器による観測データやボーンデジタルなデータとは異なり，研究で利用するためには多くの処理を必要とする．そのような中，史料を利用する際の共通の課題解決に向け，多分野の研究者での協働が始まっている．そして，多様な分野による協働が分野横断型の研究へと展開し，さらには新たな研究分野の創出へとつながると期待される．

史料の利用においては翻刻からデータ構造化というデータ処理方法のほか，解析手法の開発に加え，データ共有のための新たな枠組みの構築といった多くの課題がある．中でも，歴史学などの専門分野以外の研究者にとって，くずし字翻刻や現代語訳は大変な作業であるが，そもそも「どの史料が研究に利用できるのか？」という情報を得るシステムがない．例えば，史料の書誌情報があったとしても，天気や地震など地球惑星科学研究に関する情報をはじめ，例えば，翻刻の状態，観測地の変遷，記述の信頼性など，研究者が必要な情報はほとんどない．

一方，共通の史料をさまざまな分野で利用できる場合が多く，例えば，日記には天気，隕石や地震など，多様な記録が含まれており，各分野で独自にデータが整理されている．データ本体の共有にはさまざまな障壁があり容易ではない．まずは分野間で研究に利用する史料について，さまざまな情報を共有し，有効活用することで，いわゆる「二度手間」を減らすことを目指した．そこで，史料探索や情報取得を支援し，作業負担を軽減するシステムとして「れきすけ」を構築した．現在，試験運用および改修を進め，公開を目指している．また，各史料のデータベースやデータ構造化システムなどと連携も進めている．

「れきすけ」とは，一般的な書誌情報に，これら史料に関する情報や研究で得られた知見，研究過程での史料利用における経験などの多様な付加情報が加わった多分野協働型の書誌情報データベースである．特に，気候学や地震学など地球科学分野をはじめとする研究分野での利用において，時空間情報は重要な要素である．「れきすけ」は史料に関する時空間情報を扱うAPI等を利用し，時間情報による検索機能がある．一方，位置情報については歴史地名などの課題があるが，地図表示や地域単位での絞り込みは可能である．

「れきすけ」の情報は，多岐にわたる史料利用者の相互協力によるものであり，どのように収集し整理していくかという点も重要な課題である．史料を所蔵している機関では，より多くの人に利用してもらうための試行錯誤を続けている．そこで，「れきすけ」を史料のプロモーションとして利用する試験的な取り組みも始めた．「れきすけ」を利用し，従来の書誌情報に加え研究に有益な情報を含めることで，所蔵史料の利用者の多様化と拡大を目指す．さらに，さまざまな研究分野で各地の史料が利用されることで，史料の価値が再認識され，史料保全にもつながると期待している．

キーワード：歴史資料、情報共有、多分野連携、メタデータ、古気候学
Keywords: Historical documents, Sharing information and data, Interdisciplinary collaboration, Metadata, Paleo climatology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 絵図にみる1707年富士山宝永噴火後の降灰除去の実態
# Analysis of reconstruction processes after the 1707 Hoei eruption of Fuji Volcano based on old maps

*大邑 潤三[1]
*Junzo Ohmura[1]

1. 京都大学防災研究所附属地震予知研究センター
1. Research Institute for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1707（宝永4）年に発生した富士山宝永噴火では，大量の火山灰（宝永スコリア）が富士山東麓部に降り積もった．駿東郡御厨地方（現静岡県東部）の村々は１ｍほどの火山灰に覆われたため，住民の手によって火山灰の除去作業（砂除け）が行われていった．本事例に関しては幕府の対応や復興について，永原（2002）が詳細にまとめているが，下流にあたる神奈川県酒匂川の治水に関するものが多く，史料の制約もあって御厨地方の砂除けの実態についてはあまりわかっていない．本研究ではこれまであまり用いられていない絵図史料を用いて，砂除けがどのように進められていったかを明らかにする．

本地域には降灰後の復興過程で作成された村絵図が数点存在する．これらは享保期（1716～1736）に作成されたものと思われる．田畑の別や道路，河川，村境などが記されているほか，「亥砂埋」つまり亥年の噴火による降灰で埋まった場所が描かれている．GISによるジオリファレンスなどの技術も用いて近現代の地図と比較すると，河川から離れた微高地や村の縁辺部に「亥砂埋」が多いことがわかった．前者は文献に火山灰を河川に捨てたとあることから河川沿いから除去が開始されたためと思われ，また畑より田の復旧を優先したことも理由として考えられる．後者は村の周辺部の野原である場合が多く，面積も大きいため復旧が後回しになっていたと推測される．

キーワード：富士火山、古地図、火山灰、復興、GIS
Keywords: Fuji volcano, old maps, volcanic ash, reconstruction, GIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 市民参加による歴史史料からの地球惑星科学現象サーベイワークショップ
# Workshop of Word Survey about Earth and Planetary Phenomena by Citizen

*玉澤 春史[1,2]、岩橋 清美[3]
*Harufumi Tamazawa[1,2], kiyomi iwahashi[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都市立芸術大学美術学部、3. 国文学研究資料館
1. Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, 2. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 3. National Institute of Japanese Literature

歴史史料から自然災害や天気，あるいは天文現象といった地球惑星科学に関する現象を抜き出して利用するためには，史料を実際に読み，語句を正確に抜き出すことが最初に必要な作業である．特に日本の史料はくずし字で書かれているものが大量に存在し，大量のデータからいかに正確な情報を引き出すかが必須である．大量のデータを取り扱う場合には、専門家に加えて，内容に興味・関心をもつ市民層の協力は欠く事が出来ず，近年のオープンサイエンスにおける市民参加型研究に対する関心もさらに高まっている。こうした市民参加型研究の一例としては、インターネットを利用して歴史災害史料の興味を持つ市民に広く古文書解読を呼びかける「みんなで翻刻」プロジェクトが先行例としてある（加納　2017）．

国文学研究資料館においても、歴史史料を用いた宇宙天気研究の一環として，2016年より3回にわたり市民参加型ワークショップ「古典オーロラハンター」を実施してきた（岩橋，玉澤 2018）．歴史学・天文学双方の専門家と一緒に，実際に古典籍や古記録に触れて天文現象を探し出すというワークショップは，単なるアウトリーチとしての側面だけでなく，近年、活発化する市民参加型研究が、歴史史料を利用した自然科学研究にどのように寄与できるのかを実証する試みでもあった。本報告ではその取り組みの成果を発表し、今後の地球惑星科学における市民参加の可能性と意義について考えてみたい。

2018年11月には第４回となる本事業を京都大学附属図書館の全面的な協力のもと、「古典オーロラハンターIN京都」と銘打ち、京都大学で開催した。そこでは，調査対象を天文現象に限らず、地震をはじめ洪水・旱魃といった天変地異現象に広げ，地球惑星科学・防災研究へと拡大して実施した．さらに，当日は歴史史料を用いたオーロラや地震の最新研究についての講演や「みんなで翻刻」のデモンストレーションも行った．また，新たな試みとして日記史料からの天気情報の抽出し、データ化する作業も行った．

当日の参加者のアンケートを見ると，過去三回の参加者に比して天文学への興味関心が高い参加者が多い傾向がうかがえる．参加のきっかけが講演者による勧誘が多く、研究者の講演などの日常的な社会貢献活動が市民の科学研究への関心を深める上で重要であることが再認識された。

アンケートの自由筆記部分からは，普段、歴史史料に触れる機会が少ない層にとっては、和文や漢文で書かれた史料を読むこと自体に興味を持ってもらえたことが明らかになった。逆に、歴史史料に興味を持つ層からは、これまで自分が読んできた視点と異なる視点で読むことで、新たな発見をできた意外性に惹きつけられたことがわかった。つまり、異分野連携型のワークショップでは、興味・関心が異なる市民の集合体であっても、主催者側の工夫でそれぞれの面白さを他分野に見つけることができ，広い範囲から協力を得られる可能性を示唆している．

市民参加による研究，いわゆるオープンサイエンスのうち市民参加型研究の側面を考えると，一般市民の抽出したデータを自然科学のデータとして精度を高めるためには、参加した専門家間での連携が不可欠であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

り，自らの専門を超えて議論することによりデータとして精度のよいものになりうる．また，恒常的な参加を取り込むためには「みんなで翻刻」のようなオンライン型の作業と「古典オーロラハンター」のようなオフライン型のワークショップ双方の相乗効果を狙い，若年層，シニア層双方へアプローチするのが今後の目標である．

本稿は日本学術振興会科学研究助成事業「歴史文献を用いた過去の太陽活動の研究」（番号：JP18H01254）、「天変地異のオープンサイエンス」（番号：JP18H05319）の研究成果の一部である。

参考文献

岩橋清美，玉澤春史 2018 「異分野連携研究における研究基盤データ構築への市民参加の可能性：参加型ワークショップ『古典オーロラハンター』を事例として」『Stars and galaxies』1, 51-65

加納靖之 2017:「みんなで翻刻ーこれまでとこれから」『リポート笠間』63, pp.53-56

キーワード：オープンサイエンス、異分野連携研究、科学への公衆関与
Keywords: Open Science, Interdisciplinary research, Public Engagement of Science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 現代観測と歴史史料をつなぐ20世紀前半の観測データ：花山天文台乾板データの利用例

# Observational Data in the first half of 20th century to join modern scientific Observation and historical documents: A Usage example ob Photographic Plate of Kwasan Observatory

*玉澤 春史[1]、北井 礼三郎[4]、磯部 洋明[2]、上野 悟[3]、坂上 峻仁[3]
*Harufumi Tamazawa[1], Reizaburo Kitai[4], Hiroaki Isobe[2], Satoru UeNo[3], Takahito Sakaue[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都市立芸術大学美術学部、3. 京都大学大学院理学研究科附属天文台、4. 佛教大学
1. Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, 2. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 3. Astronomical Observatory, Graduate School of Science, Kyoto University, 4. Bukkyo University

歴史史料から自然現象の記録を取り出してデータとして利用する場合，どのように現代の観測パラメータと比較するかが重要である．歴史史料を用いた研究を現代科学とシームレスにつないで自然現象の長期的な変動を調べるには、近代観測初期の観測データの活用も重要である。太陽観測においては19世紀終盤から20世紀前半にかけて写真乾板等で撮影されたデータがあり、少しずつアーカイブ化が進みつつある。

本報告ではそのようなデータを活用する一例として，20世紀前半の太陽黒点画像およびスペクトロヘリオグラフによる太陽全面の彩層画像（CaK線ヘリオグラム）と地磁気観測データの照合についてとりあげる．

1930年代の10年間について，京都大学花山天文台にて撮影された太陽CaK線ヘリオグラムの写真乾板データや磁気嵐の指標の一つであるaa指数を照合したところ，aa指数で-100nTを超える規模の磁気嵐が発生した際でも，9例ほど黒点が無いことが記録されている場合があった．一例として1933年4月末に、花山天文台のCaK線ヘリオグラムおよび各地の黒点スケッチで黒点が見られない時期があったが，5月1日には柿岡では地磁気嵐が観測されており，aa指数は200程度となっている．CaK線ヘリオグラムの利点は、黒点だけでなく、連続光では見えないプラージュなどの比較的弱い磁場が分布している領域が可視化されることである。これにより、コロナ質量放出を引きおこすフィラメントが存在しうる大局的な磁気中性線の情報を得ることができる 。

キーワード：太陽黒点、磁気嵐、データアーカイブ
Keywords: Sunspot, Geomagnetic Storm, Data Archive

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 近世日本における気候変動と領主支配
# Climate changes and lords' control in the early modern period in Japan

*鎌谷 かおる[1]、佐野 雅規[2]、中塚 武[3]
*Kaoru kamatani[1], Masaki Sano[2], Takeshi Nakatsuka[3]

1. 立命館大学、2. 早稲田大学、3. 総合地球環境学研究所
1. Ritsumeikan University, 2. Waseda University, 3. Research Institute for Humanity and Nature

近年、樹木年輪の酸素同位体比により復元された高精度な降水量データをもちいて、日本の過去の社会システムの変容を丁寧に解明しようとする研究が進められている。気候変動が何らかの社会システムの変容を導くには、さまざまな要素が介在しているはずである。古気候復元データと歴史資料を合わせて分析することで、気候と社会の間の因果関係を提示することは可能であり、本研究の狙いもそこにある。

本研究では、日本の長い歴史の中でも、近世期（17世紀～19世紀中頃）に焦点をあて、降水量の変動が領主支配のあり方にどのような影響を与えたのかを検討した。とくに今回は、気候変動による農業生産力の増減や災害被害の実態が、いかに理解・把握されて、領主支配の核となる租税体系が構成されていたのかを二つの地域を対象として分析した。

近世社会における納税は、行政村単位でおこなわれ、領主から毎年送付される免定（年貢の請求書類）にその内訳の詳細が記されている。免定には様々な数値が記されているが、とくに残高（のこりだか）は実質の各年の賦課可能な石高を示しており、それはつまり毎年の実質農業生産力の目安となる数値である。我々はこれに注目し、近江国（現滋賀県）の琵琶湖岸村々の残高と気候変動の経年変化を比較することで、洪水の多い湖岸地域の村の残高は、降水量に応じて変化していることを明らかにした。この研究では、①洪水がちな地域にとって、降水量の多さが農業生産力の減少にかなり影響があったこと、②税金を取る側の領主が、気候変動による生産力の増減を敏感に察知し、賦課可能な石高を調査していたことがわかった。

では、①近世日本の洪水がちな他の地域でも同様のことが言えるのだろうか。②いずれの近世領主も同様に気候変動への関心を持ち、租税体系に反映させているのであろうか。本研究では、この二つの点を解明するために、前述の琵琶湖湖岸の３ケ村々と、木曽川下流域に位置する尾張国海部郡川北村（現愛知県愛西市八開）を比較検討した。

検討の結果、琵琶湖岸村々では、残高が米の収量を反映していたのに対して、川北村では、残高と税率の積が米の収量に対応していることがわかった。つまり、琵琶湖岸村々の租税は、賦課可能の石高を領主側が計算する段階で気候変動による生産力の増減等の情報が加味し操作していたのに対して、川北村の租税は残高と税率に連動性はなく、両者の積が作況を示すように操作し、租税額が決定されていたのである。
以上のことから、農作物収量に水害の影響がある同様条件の村々においても、領主の違いによって気候変動への理解やそれに合わせた租税体系が異なることがわかった。近世日本の領主支配構造に、気候変動がどのような形で影響を与えていたかを解明することは、すなわち近世日本の気候と社会の因果関係を知る重要な手がかりとなる。本研究は、その一助となる事例である。

キーワード：気候変動、年貢、領主支配
Keywords: climate changes, tax, lords' control

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 静穏領域フィラメントの噴出によるマウンダー極小期中の巨大磁気嵐
# Intense geomagnetic storm during Maunder minimum possibly by quiescent filament eruption

*磯部 洋明[1]、海老原 祐輔[2]、玉澤 春史[1]、河村 聡人[3]、早川 尚志[4]
*Hiroaki Isobe[1], Yusuke Ebihara[2], Harufumi Tamazawa[1], Akito Davis Kawamura[3], Hisashi Hayakawa[4]

1. 京都市立芸術大学美術学部、2. 京都大学生存圏研究所、3. 京都大学大学院理学研究科、4. 大阪大学大学院文学研究科
1. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, Kyoto University, 4. Graduate School of Letters, Osaka University

本研究の目的は歴史文献中に記録されている低緯度オーロラの記録から黒点がほとんどない時期が長期間続いたマウンダー極小期（1645-1715）における太陽活動について探ることである。マウンダー極小期における磁気緯度が30度以下の低緯度地域の記録のうち、多地点同時観測によりオーロラであることが確実視されているのが1653年3月2日のオーロラである。このイベントは中国と日本の文献に独立した記録があることがWillis & Stephenson (2000)により既に指摘されている。

オーロラの仰角を10度程度と仮定すると、観測地の磁気緯度から推定されるオーロラ帯低緯度境界の磁気緯度は約43度となる。これにオーロラ帯の磁気緯度とDst指数の経験則(Yokoyama et al. 1998)を適用するとDst指数は-325nT程度となる。マウンダー極小期中も黒点が皆無だったわけではないので、このような大規模磁気嵐を起こす一つの可能性は、この時期にたまたま大きな黒点が出現していたということである。しかし同時期にHeveliusがヨーロッパで行っていた黒点観測記録と照合すると、3月1日と9日は無黒点との記録があり、少なくとも大きな黒点はなかった可能性が高い。一方で、1994年4月14日の磁気嵐(Dst~-200nT)のように、黒点から離れた静穏領域のフィラメント噴出が強い磁気嵐を起こすこともありうる。

Burton et al. (1975)が経験的に導出したDst指数の発展方程式を解くと、太陽風中の南向き磁場40nT、太陽風速度毎秒600kmが8時間程度続けば、Dst=<-300nTが実現されることが示唆される。これはフラックスロープの磁束にして約2.5x10^21Mxに相当し、超巨大静穏領域フィラメントの噴出に付随する値としては可能な範囲と考えられる。

キーワード：磁気嵐、オーロラ、コロナ質量放出、太陽フレア、マウンダー極小期、歴史文献
Keywords: magnetic storm, aurora, coronal mass ejection, solar flare, Maunder minimum, historical documents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Reconstructing 1931 flood in Yangtze River basin and its application to Chinese economic history

*劉 暢[1]、川崎 昭如[1]、城山 智子[2]
*CHANG LIU[1], Akiyuki Kawasaki[1], Tomoko Shiroyama[2]

1. 東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻、2. 東京大学大学院経済学研究科経済専攻
1. Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, the University of Tokyo, 2. Department of Economics, Graduate School of Economics, the University of Tokyo

Historical floods are receiving increased attention in flood research and in applied flood protection. One of the reasons is that they can be taken into account for the improvement of long-term data series and their statistical validation as well as for the analysis of return periods. Apart from that, analyzing the interaction between historical floods and socio-economic activities has attracted more and more interests as well. Previous research has focused on rebuilding temperature, precipitation, discharge and water level of historical floods, however, more detailed information like inundation depth and area is still required for more advanced analysis. In this research, we reconstructed the inundation condition and flood propagation process of 1931 flood in Yangtze River basin using Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model and carried out some primary analysis on Chinese economic history. Although the 1931 flood in Yangtze River basin is recognized as the deadliest flood ever recorded for its damage to more than 25.2 million people and 58.7 billion $m^2$ farmland, it is considered to be simulated by a distributed hydrological model for the first time because of data scarcity in 1930s and document loss afterwards. However, with the help from many historians, lots of valuable historical documents were found and collected, which makes the model simulation possible. For the preparation of input data of RRI model, a) 24 stations' daily precipitation data from Jan $1^{st}$ to Dec $31^{st}$ were digitized from *Monthly Meteorological Bulletin* and *Hydrological Data of Yangtze River Basin*, b) land use classification data of 2015, 2005, 1995, 1985, 1975 were collected and land use classification data of 1955, 1935 and 1915 were simulated using Artificial-Neural-Network-based-Cellular-Automata (ANN-CA) scheme. Dataset b) is further validated by military map with similarity over 60%. The model was calibrated for the discharge at Chongqing gauge station by varying the land use, soil, geometry and precipitation related parameters and then evaluated using flood investigation map. We expect that the simulation result from RRI model is especially suitable for economic history study, because the inundation depth & area were generated daily for the whole year by a 2D diffusive scheme, with which historians can analyze flood impact in more detailed time and space scale. To demonstrate this point, some primary studies were also carried out: a) validation of the number of farmers influenced by 1931 flood with inundation severity, b) analysis of the rice price fluctuation in Hunan province with the inundation time and depth. From study b), one interesting finding is that places where navigation channel was limited and blocked tended to have higher rice price, which indicated the transportation mainly to be shipping in 1930s.

キーワード：長江流域、歴史洪水、水文モデル
Keywords: Yangtze River basin, historical flood, hydrological modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 有感地震記述ならびに震度の距離減衰式に基づく地震活動解析
# Seismicity Analysis Using Felt Reports and Attenuation Relation of Seismic Intensity

*石辺 岳男[1]、岩佐 幸治[1]、古村 美津子[1]、松浦 律子[1]
*Takeo Ishibe[1], Koji Iwasa[1], Mitsuko Furumura[1], Ritsuko S. Matsu'ura[1]

1. 地震予知総合研究振興会
1. Association for the Development of Earthquake Prediction

日記や公文書等の史料に残された有感地震記録から余震や群発地震を抽出し、歴史地震の地震活動解析や震源域推定等に活用できないか。本研究では史料中の有感地震記録を用いた新たな歴史地震研究の可能性を探るべく、気象庁震度データベースならびに震度の距離減衰式を用いて有感地震回数分布の再現性の検証を行った。また有感地震記録に基づき大地震の震源域を推定する予察的手法を構築し、2004 年新潟県中越地震、2008 年岩手・宮城内陸地震ならびに2011 年福島県浜通りの地震に対して適用するとともに様々な地震活動変化が有感地震の時空間的特徴に与える影響について調査した。本研究で得られた結果からは、今後、史料から有感地震に対する記述を抽出・蓄積するとともに、予察的に構築した手法を高度化することで歴史地震の震源域を従来の被害記述とは異なった観点から議論できる可能性が示唆された。

日本では過去1000年以上にわたる豊富な史料が残されており、史料記述に基づき例えば南海トラフ沿いの海溝型大地震が繰り返し発生してきたことが明らかにされ、歴史地震の震源域推定が行われてきた（例えば、宇佐美・他、2013）。しかしながら、副次的な津波や火災、地滑り等が被害の主要因であるため、地震動による被害を詳細に把握することが困難な歴史地震は少なくない。また、被害は当時の人口分布や建築物の経年劣化に強く依存しており、従来の手法によって推定された震源域は人口密集地域に偏って分布する可能性がある。

史料には被害記述の他に有感地震を記述したものがあるが、僅かな先行研究を除き、史料中の有感地震記述は歴史地震の震源域推定や地震活動解析に十分に活用されてきたとは言い難い。有感地震数は本震からの経過時間ならびに震源域からの距離に強く依存する為、有感地震数の時空間的な推移に基づき、大地震の震源域を制約できる可能性がある。また、有感地震数の増減は大地震後の地震活動度変化や誘発地震・群発的地震活動の発生を示唆する。史料中に記述された有感地震記録から、歴史時代に発生した大地震の震源域推定や地震活動の時間的・空間的な変化をイメージングする手法を構築できれば、従来の被害記述に基づいた大地震にのみ着目した歴史地震研究から、中小地震を含めた新たな歴史地震研究の展開が期待される。

2000 年～2010 年までに最大震度3 以上、深さ20 km 以浅で発生した約2300 の浅発地震を対象に、田中・他（2017）による距離減衰式から予測震度を計算し、計測（観測）震度と比較した。その結果、震源距離10 ～400 km 程度の有感域のほぼ全域にわたって残差が± 1 程度の範囲内に収まり、残差のヒストグラムは平均がほぼ0 の正規分布を示す事が分かった。また既往の距離減衰式に比べ幅広いマグニチュード、震源距離の範囲内で小さな残差になる事が示された。さらには日本全国で上記の期間に観測された地殻内地震による有感地震回数（震度2以上）の分布を概ね再現できた。これらの結果は、田中・他（2017）による地殻内地震に対する震度の距離減衰式が、中小地震、遠方の観測点まで日本全国の地表における計測震度の推定式として活用できる事を示している。

これらの背景を元に、有感地震記録に基づき大地震の震源域を推定する予察的手法を構築し、2004年新潟県中越地震、2008 年岩手・宮城内陸地震ならびに2011 年福島県浜通りの地震に対して適用した。具体的にはグリッドを緯度・経度方向に一様に配置し、それぞれのグリッドで地震の規模別頻度分布がグーテンベル

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

グ・リヒター則に従うものと仮定してランダムに地震を発生させ、それぞれの観測点において算出された有感地震回数と観測された回数との規格化残差を計算した。その結果、2004 年新潟県中越地震ならびに2008 年岩手・宮城内陸地震に対しては、残差分布から震源域が明瞭にイメージングされ、残差が最小となる地点も本震の震源にほぼ一致した。一方で、2011 年福島県浜通りの地震の場合には、その1 か月前に発生した東北地方太平洋沖地震による余震活動が活発な期間にあたる為、沖合においても残差が小さくなり、イメージングされた震源域は上記の2 地震に比べ不明瞭であった。

現在の震度観測点が稠密に展開されている状況に対しては、有感地震回数の分布から地震活動度を推定することができる可能性が示された。しかしながら、史料中の有感地震記述への適用可能性を考えた場合、史料から有感地震数を抽出できる点（震度観測点）は現在に比べ極端に少ない事が想定される。そこで観測点を間引いた場合に、残差分布ならびに残差が最小となるグリッドがどのように変化するか、調査した。その結果、観測点密度が低くなるにつれてイメージングされた震源域は不明瞭になるものの、観測点のカバレッジが保証され有感地震回数が突出する観測点がある場合には、観測点分布が疎になった場合でもある程度、震源域がイメージングされる事が分かった。

キーワード：有感地震、震度の距離減衰式、地震活動解析
Keywords: Felt Report, Attenuation Relation of Seismic Intensity, Seismicity Analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 日本産樹木年輪の炭素14年代測定－年代研究と日本版較正曲線
# Radiocarbon dating of Japanese tree rings –chronological research and Japanese calibration curve

*坂本 稔[1,2]、箱﨑 真隆[1]、光谷 拓実[3]、中塚 武[4,5]
*Minoru Sakamoto[1,2], Masataka Hakozaki[1], Takumi Mitsutani[3], Takeshi Nakatsuka[4,5]

1. 国立歴史民俗博物館、2. 総合研究大学院大学、3. 奈良文化財研究所、4. 総合地球環境学研究所、5. 名古屋大学
1. National Museum of Japanese History, 2. The Graduate University for Advanced Studies, 3. Nara National Research Institute for Cultural Properties, 4. Research Institute for Humanity and Nature, 5. Nagoya University

炭素14年代を暦上の年代に修正するためには，樹木年輪など暦年代の判明した試料の炭素14年代に基づいて整備された「較正曲線」が用いられる。北半球用の較正曲線IntCalには，これまで主に欧米の高緯度地域に生育していた樹木年輪の炭素14年代が用いられてきたが，現在整備が進められている最新版「IntCal19」では，様々な地域のデータが反映される見込みである。

筆者らは過去3,000年間を対象に，日本産樹木年輪の炭素14年代測定を継続してきた。最近は，炭素14-ウィグルマッチ法による文化財建造物の年代研究の需要もあり，中世・近世の日本産樹木年輪の測定にも注力している。その背景には，樹種によらない新しい年輪年代法「酸素同位体比年輪年代法」の実用化がある。暦年代の判明した樹木年輪の入手が格段に容易になり，データの蓄積が急速に進展しつつある。

日本産樹木年輪の炭素14年代は，時期によりIntCalからずれる「地域効果」を見せることがある。特に弥生から古墳にかけての時期が顕著であり，IntCalによる年代較正では実際より古い年代を与えてしまう。また，より高い精度・確度が求められる歴史資料の年代較正には，汎用性を重視し平滑化されたIntCalでは不十分な場合がある。年代研究の推進には，日本産樹木年輪の炭素14年代の挙動を明らかにし，日本版較正曲線の整備を進めることが必要である。

本研究は国立歴史民俗博物館共同研究，および地球研プロジェクト（H-05）による成果の一部である。また，科学研究費補助金（25282075, 18H03594）の支援を受けている。

キーワード：炭素14年代法、年輪年代法、較正年代、地域効果
Keywords: radiocarbon dating, dendrochronology, calibrated age, regional effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 太陽物理学における、科学的知見を踏まえた歴史資料の活用方法
# Usage of Historical Documents with Scientific Understandings in the field of Solar Physics

*河村 聡人[1]、早川 尚志[2]、玉澤 晴史[3]、磯部 洋明[3]、柴田 一成[1]
*Akito Davis Kawamura[1], Hisashi Hayakawa[2], Harufumi Tamazawa[3], Hiroaki Isobe[3], Kazunari Shibata[1]

1. 京都大学大学院理学研究科附属天文台、2. 大阪大学大学院文学研究科、3. 京都市立芸術大学美術学部
1. Astronomical Observatory, Kyoto University, 2. Graduate School of Letters, Osaka University, 3. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts

太陽は人類が最も研究している恒星ではありますが、その知見は限られた時間スケールでの観測に基づいています。太陽活動の科学的な記録は、黒点に関して約400年、エネルギーの解放を伴う突発的増光現象であるフレアに関して約160年にわたります。一方で、人々は何千年にもわたって太陽活動の痕跡を観察し記録してきました。その現象を今日の我々はオーロラと呼んでいます。我々の研究の第一のゴールは、科学的な黒点観測と歴史資料に残るオーロラの記録とを組み合わせ、過去400年の太陽活動を解明することです。

我々が知りたい物理変数はフレアの強度で、現代の太陽観測に基づく統計からその強度を推定する手法を開発しました。この手法の鍵となるのは、フレア時にコロナ質量放出が起こったことを強く示唆する低緯度オーロラの観測です。黒点の大きさの科学的観測と低緯度オーロラ観測の歴史資料から、フレア強度を推定することができるようになりました。

当ポスター発表では、歴史資料を用いた太陽物理学の将来性と課題を議論します。当ポスターを科学と歴史学のコラボレーションの成功の一例として提示します。

キーワード：太陽物理学、宇宙天気、歴史資料
Keywords: Solar Physics, Space Weather, Historical Documents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 江戸時代後期の北上川における自然災害と社会
# The study of the relationship between the flood of Kitakami River and sociaty in the end of Edo period

*佐藤 大介[1]、高橋 美貴[2]
*Daisuke Sato[1], Yoshitaka Takahashi[2]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 東京農工大学
1. International Reserch Institute of Disaster Science Tohoku University , 2. Tokyo University of Agriculture and Technology

本報告では、かつての仙台藩領である宮城県および岩手県南部に残された古文書史料を分析し、主に江戸時代後期の北上川で起こった洪水その他の自然災害の発生状況について改めて確認する。その上で、それらの事象が流域の社会に与えた影響について、生業や生活環境の面から考察する。

日本有数の大河である北上川の、江戸時代における洪水発生の状況については、東北地方整備局岩手県工事事務所『北上川』において、岩手県内の年代記資料に基づき概観されている。北上川での歴史災害に関する先駆的な成果として現在でも活用されているものの、下流域である宮城県での状況については体系的な整理がなされていない。江戸時代の北上川流域全体での水害の程度、範囲に関する史実の確定自体が、依然として課題だといえる。そのことは、文献史学における自然環境の影響を踏まえた研究はもちろん、さらに理系分野での各種データとの照合・解釈のための基礎的環境の整備という観点からも必須の作業である。もちろん関連史料の「完全な発掘」は遠い課題であるが、今回はかつての仙台藩領で確認した2100頁におよぶ日記史料「丸吉皆川家日誌」などの新史料も活用しつつ、水害の基礎的な状況を確認し、また人間社会への影響について考察したい。

江戸時代後期、特に18世紀末以降の北上川では、しばしば大規模な洪水が発生していた。「丸吉皆川家日誌」から、19世紀前半の水害記事を確認すると、寛政三年十月十六日（グレゴリオ暦1790年12月16日）の大雨、享和二年六月二九日（1802年7月28日）大雨・大洪水、文政十年十一月十三日（1827年12月30日）～十八日雨天、天保六年閏七月七日（1835年8月30日）嵐・大雨、天保七年八月十六日（1836年9月26日）～十七日大雨・少々風、天保七年十月十六日（1836年12月23日） 同夜大雨・大風休みなし、天保八年六月九日（1837年7月11日）～十一日大雨、天保九年三月二日（1838年3月27日）、天保一〇年六月二日（1839年7月2日）～三日、天保十一年七月十八日（1840年8月15日）～十九日となっている。天保年間（1830～44）には大凶作をもたらす一因となった冷夏が続いた影響か、台風に伴うと思われる大雨による水害が毎年続いていた。一方で重要なのは、冬期にしばしば大洪水が発生していることである。寛政三年の水害では、北上川の河岸場であった磐井郡黄海（岩手県一関市）の移転が起こっていた。夏期だけでなく、年間の気象状況について復元し、洪水の全容を解明する必要があろう。

一方、北上川の洪水については気象現象に加え、人間の自然への働きかけが被害を拡大した可能性もあった。19世紀前半の仙台藩においては、燃料や建材の旺盛な需要により山林の荒廃が進み、土砂流入による河底の上昇が洪水を頻発させたという藩官僚の報告書が残されている。報告者の高橋美貴が明らかにしたように、「川様無然」というキーワードが創出され、藩官僚、さらには地域側にも問題として共有されるようになっていた。また、北上川河口の桃生郡名振浜に残されていたサケの水揚帳の分析からは、この時期においてしばしば濁水の漁場への流入を示す記事があり、漁場環境の悪化が示唆されている。また、天保六年閏七月の洪水は、仙台城下町にも浸水被害をもたらし、当時進行していた政治改革を頓挫させる一因ともなった。北上川に洪水をもたらした自然現象は、生業、さらには政治にも大きな影響を与えていたのである。

今後は、当該期の雨量、川の流量、台風の到来、自然現象の復元を、理系分野のデータも活用しつつ行うことにより、より厳密な自然環境の復元を行い得ると考えられる。そのとは、古文書の解釈が基本となる文献史学において、その背景となる状況把握への厳密性を与え、新たな分析視角を獲得できる可能性があると考えている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：北上川、流域史、江戸時代、古文書分析、仙台藩
Keywords: Kitakami River, Area study, Edo period, Historical records, Sendai Han

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 古日記データ同化による歴史天候の復元
# Reconstruction of Historical Weather with Data Assimilation Using Old Diaries

*芳村 圭[1]、Neluwala Panduka[2]、市野 美夏[3]、増田 耕一[4]、平野 淳平[5]
*Kei Yoshimura[1], Panduka Neluwala[2], Mika Ichino[3], Kooiti Masuda[4], Junpei Hirano[5]

1. 東京大学生産技術研究所、2. University of Peradeniya 、3. 国立情報学研究所、4. 首都大学東京、5. 帝京大学
1. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 2. University of Peradeniya , 3. National Institute of Informatics, 4. Tokyo Metropolitan University, 5. Teikyo University

気候変動のメカニズムを理解するうえで長期の大気再解析データは欠かせないが、現在の最長データは130年間余りである。それ以上過去に遡れていない原因としては直接の気象観測データの不足によるものが大きい。ただし、近代的な気象観測データが存在しない過去にも、古文書に記載された日々の天気情報が長期間にわたって存在している場合がある。日本はいわばそのような古い天気情報の宝庫と言える。本研究では、それらの古い天気情報を最新のデータ同化システムに投入する手法を開発し、大気状態の拘束条件としての効果を調べ、既存の再解析データをより過去に延長する手法を提案する。観測データ、予測モデル、データ同化スキームとして、それぞれ歴史天候データベース、全球スペクトルモデル、局所アンサンブル変換カルマンフィルタを使用したシステムを構築した。天気を示すアナログ情報は、3から5段階程度に分類して、雲量割合や地表面下向きの短波放射と対応させることが良く、アンサンブル数は30程度が計算効率と精度の兼ね合いから適切ということがわかった。以上の設定を用いて、現代（1990年代）を対象として、18地点の気象観測所で得られた天気情報を与えたデータ同化結果が、与えない結果に比べて現代の再解析データにどれほど近づいたかで結果を評価した。その結果、短波放射量及び雲量に大きな改善が見られ、降水量にも有意な改善が確認された。これらの改善は、日本の春季・秋季に特に顕著な総観規模での気圧配置の変遷を適切に拘束できたためにもたらされたと考えられる。さらに、無降水日情報を観測項目としてデータ同化に加えると、降水量の精度が上がることが確認された。その上で実際の古日記データを用いた1830年代、1860年代の実験を行った。横浜で実際に観測された1860年代の気温と降水量と比較して、類似した季節変化及び年々変動が得られることが確認できた。

キーワード：古日記、データ同化、天候復元
Keywords: old diaries, data assimilation, weather reconstruction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 1830年京都地震史料における，余震活動減衰式の当てはめるデータ範囲に関する考察 －同一地点における余震回数の違いの原因－

# Examination of data range for fitting Omori-Utsu law to temporal decay of aftershocks presented in historical materials on the 1830 Kyoto earthquake: Reason for the difference of numbers of aftershocks in the same place

*服部 健太郎[1]、大邑 潤三[2]、中西 一郎[1]
*Kentaro Hattori[1], Junzo Ohmura[2], Ichiro Nakanishi[1]

1. 京都大学、2. 佛教大学
1. Kyoto Univ., 2. Bukkyo Univ.

We study the temporal decay of aftershock sequences of the 1830 Kyoto earthquake. Omori(1908) examined aftershock sequences including that of the 1830 Kyoto earthquake. Matsui and Oike (1997) attempted to determine epicenter of the 1830 Kyoto earthquake by using the number of felt aftershocks in time range from the main shock to the next morning in several observational areas including Kyoto. They used two different numbers as the number of felt aftershocks for Kyoto: 100 written in Banzai Rakki and 4 written in Tansui Nikki. In the case using the former number, they obtained the epicenter consistent with that obtained by Usami (1996). However, in the case using the latter number, they obtained an epicenter near the northern shore of the lake Biwa, and the epicenter is inconsistent with distribution of damage caused by the earthquake. They did not pursue the reason of the discrepancy between two numbers for Kyoto.

In order to solve the above mentioned discrepancy among the earthquake records for Kyoto, we include another record Tenpo Zakki in addition to Banzai Rakki.Both records show quite different numbers of daily aftershocks during several days, though they were written in the same place. Kitahara and Ohmura (2012) suggest that the original record was written by an officer in Nijo-jo Castle and was copied many times. They made a graph of temporal decay of daily numbers of aftershocks for a period of one month after the main shock. However, they made neither analysis of the aftershock sequences nor information evaluation of the records.

We examined carefully description of daily aftershocks in both records to know the reason for the differences of the numbers of felt aftershocks. The records show the sizes of earthquakes by the diameters of handwritten circles for each day. Comparing the diameter of standard circle for every day, we infer that writers of the records used different criterion to count the numbers of felt aftershocks.

We measure the diameter of standard circle for every day, and find the diameter changes with day. Fig.1 shows the daily variation of diameter of standard circle in the both records. The vertical axis shows the count threshold of circle diameter (arbitrary unit), and horizontal axis shows the date. Fig.1 suggests that the threshold count level used in Banzai Rakki is larger than that used in Tenpo Zakki. This result means that the number of counted aftershocks becomes smaller in Banzai Rakki than in Tenpo Zakki. The interpretation is consistent with the actual difference of the number of aftershocks in the both records. The threshold level for counting used in Banzai Rakki changes more rapidly with time than that used in Tenpo Zakki (Fig.1). Especially, the change of the threshold level from 7/3 to 7/5 is not negligible in Banzai Rakki.

The above information evaluation of the two records reveals the difference of the two records written in the same place. We fit Omori-Utsu law (Utsu, 1961) to the aftershock sequences after 7/5. We assume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

that the c value is 0.1 and the p values fall in about 1.2. We obtain a better fit in Tenpo Zakki (Fig.2). Our study may suggest that Tenpo Zakki may have better information quality than Banzai Rakki and the numbers of aftershocks after 7/5 should be used for study of the 1830 Kyoto earthquake.

キーワード：1830年京都地震、余震系列、大森・宇津公式
Keywords: the 1830 Kyoto earthquake , aftershock sequence, Omori-Utsu law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

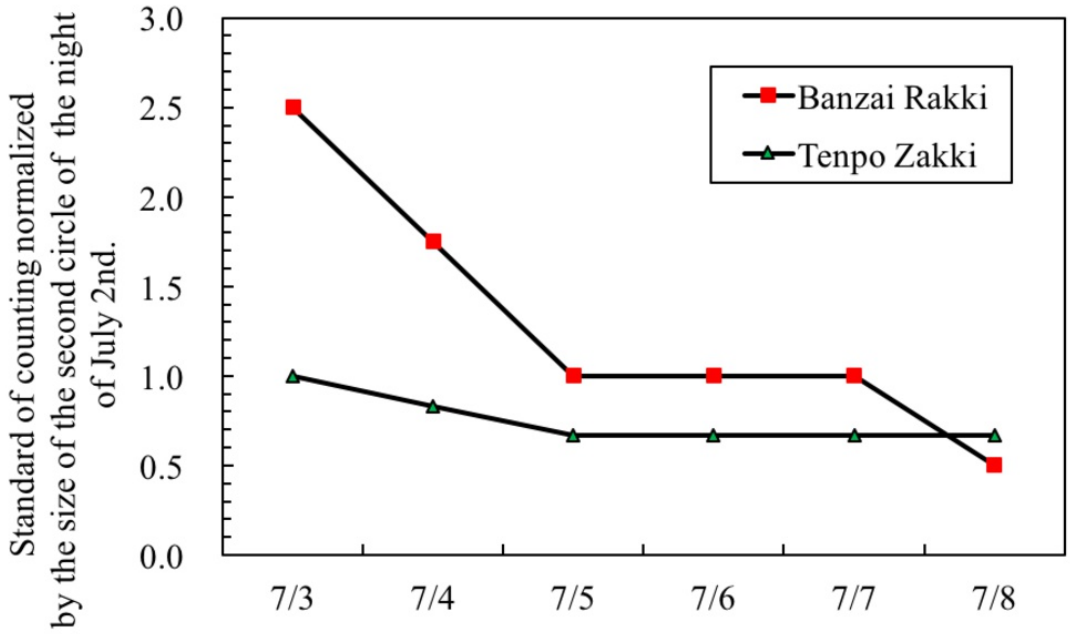



Fig.1 Comparison of two records

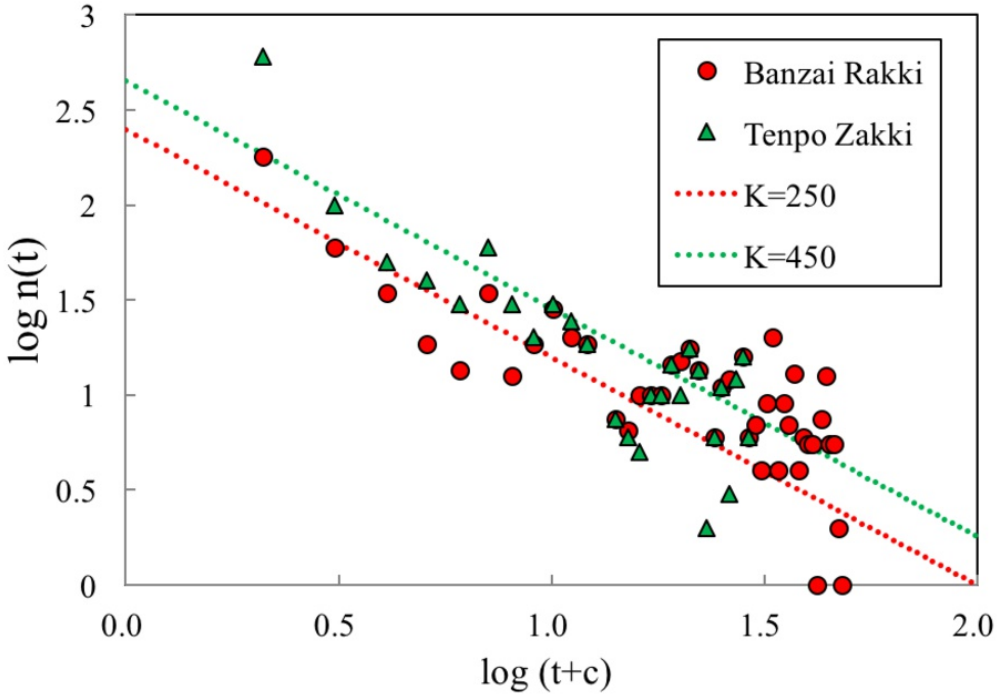



Fig. 2 Temporal decay of the aftershocks of the 1830 Kyoto earthquake with lines (p=1.2) from Omori-Utsu law (Utsu, 1961)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 古絵図から特定する安政東海地震における浜名湖周辺の津波痕跡について
# Tsunami trace height of the AD 1854 Ansei Tokai tsunami around the lake Hamanako inferred from historical maps

*蝦名 裕一[1]、今井 健太郎[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]
*ebina yuichi[1], Kentaro Imai[2], Yoshinobu Tsuji[3], hiroyuki iwase[4]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 公益財団法人深田地質研究所、4. 株式会社エコー
1. International Research Institute of Disaster Science, 2. JAMSTEC, 3. Fukuda Geological Instite, 4. (C)ECOH CORPORATION

本報告では1854年（嘉永７年／安政１年）に発生した安政東海地震における浜名湖周辺の津波被害について描いた絵図、「舞坂宿津波図」および「安政地震津波災害絵図」（浜松市博物館所蔵）の分析から、津波の到達点を特定するものである。

浜名湖東岸に位置する舞坂宿（現在の静岡県浜松市西区舞阪町）は、東海道の宿場町として栄えた地域である。『静岡県史　自然災害編』(1996)によると「舞坂宿津波図」は、舞坂宿の住人であった渡辺八郎平が、安政東海地震の発生時に津波に浸水した舞坂宿の様子を描いたものであり、標高の高い「氏神社」や「宝登山」に避難した人々が集まっている様子をみることができる。街道の浸水点として、東側新町では常夜灯付近まで津波が浸水している様子が読み取れる。また、西側の西町における津波で浸水した「指月院」の付近に階段状の描写がされている。これは『東海道分限延絵図』で「往古上り場」と呼ばれる場所であり、当時浜名湖東岸に存在した脇本陣・問屋場の数件東側まで浸水していたことがわかる。

「安政地震津波災害絵図」（内山富寿画）は、安政東海地震津波の発生当時、奥浜名湖気賀地方に押し寄せた津波の様子と、津波が引いた後の状況を２枚の絵図の重ね合わせで表現をしたものである。ここでは浜名湖北側の通る、いわゆる姫街道を目印として、いくつかの津波到達点を読み取ることができる。津波発生時の絵図を見ると、姫街道の往来を監視する気賀関所の門前まで津波が到達しているが、関所本体には津波が浸水していないことが読み取れる。また、「二ノ宮社」付近の「小森沢」や「岩根沢」といった場所では、姫街道付近が津波の到達点として描かれている。さらに、奥浜名湖に流れ込む郁田川河口部に位置する「大円寺」は、墓地となっている山周辺が水没している様子が描かれている。

浜名湖周辺、特に奥浜名湖周辺は津波到達点について明確な場所を記載した文献が乏しいが、これらの絵図の分析からいくつかの津波痕跡点を得ることができた。これらの痕跡点を、津波工学をはじめとした他分野連携による研究によって、過去の南海トラフ巨大地震の詳細の解明に繋がれば幸いである。

〔謝辞〕
H25-32年度文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（研究代表者：海洋研究開発機構 金田義行）の成果の一部です．ここに記して感謝の意を表します．

キーワード：安政東海地震津波、浜名湖、古地図
Keywords: Ansei Tokai earthquake and tsunami, Lake hamanako, historical maps

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

## [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)

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.

[MIS18-P01] 南北1次元EBMを用いた地球型系外惑星の定常気候状態に関するパラメタ実験

*大中 智博[1]、野沢 徹[2] (1.岡山大学 理学部、2.岡山大学大学院　自然科学研究科)

[MIS18-P02] 台風の内部コア領域に見られる波数２擾乱に関する研究

*河田 裕貴[1]、伊賀 啓太[1]、横田 祥[2]、栃本 英伍[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象庁気象研究所)

[MIS18-P03] Typhoon-induced vertical mixing measured by the Kuroshio Extension Observatory buoy

*相木 秀則[1]、亀山 昂平[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科)

[MIS18-P04] A comparison between top-down and bottom-up type convective flows in a rotating spherical shell with stress-free boundaries

*谷口 陽菜実[1]、高橋 太[1]、竹広 真一[2] (1.九州大学、2.京都大学)

[MIS18-P05] 強磁場の下での熱対流に見られる二次元的なロール構造とその振動

*柳澤 孝寿[1]、田坂 裕司[2]、宮腰 剛広[1]、櫻庭 中[3] (1.海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、2.北海道大学大学院　工学研究院、3.東京大学大学院　理学系研究科)

[MIS18-P06] Two-dimensional or shallow water MHD waves on a rotating sphere with an imposed azimuthal magnetic field

*中島 涼輔[1]、吉田 茂生[2] (1.九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2.九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門)

# 南北1次元EBMを用いた地球型系外惑星の定常気候状態に関するパラメタ実験

# Numerical experiments on climate of the Earth-like extrasolar planets using one-dimensional energy balance model

*大中 智博[1]、野沢 徹[2]
*Tomohiro Oonaka[1], Toru Nozawa[2]

1. 岡山大学 理学部、2. 岡山大学大学院　自然科学研究科
1. Faculty of Science, Okayama University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology,Okayama University

近年の観測により地球に似た質量を持つ多くの系外惑星が発見されている。このような地球型の系外惑星がどのような定常気候状態を持ち得るのか，という問題は，その生存可能性を検討する上で大変重要である。本研究では，南北1次元のエネルギーバランスモデル（EBM）を作成し，惑星の公転軌道半径，自転角速度，自転軸傾斜角，をパラメタとして多数の数値実験を行い，惑星が取り得る定常気候状態について調べた。

惑星の南北熱輸送効率はその自転角速度の2乗に反比例するとし，自転軸傾斜角23.5度で熱輸送効率（＝自転角速度）と公転軌道半径を変化させ，惑星の定常気候状態を求めた。その結果，熱輸送効率が大きな（自転角速度が小さい）範囲では，その減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径が減少した。一方で，熱輸送効率が小さい（自転角速度が大きい）範囲では，その減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径は逆に増加した。熱輸送効率が大きな範囲では，赤道から極域へと効率よく熱が輸送されるため，赤道と極の温度差が小さくなる。この場合，極域での温度が上昇するため，より小さな恒星放射でも氷のない気候状態を維持できる。したがって，この範囲では熱輸送効率の減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径は減少する。一方で，熱輸送効率が小さい範囲では，赤道から極域へと熱が輸送されにくいため，低緯度を除いて温度が上昇せず凍結する。低緯度に溜め込まれる熱量は熱輸送効率が減少するほど増加する。つまり，熱輸送効率が小さいほど赤道でより高温になる。したがって，熱輸送効率が小さい範囲ではその減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径は増加する。

キーワード：全球凍結、エネルギーバランスモデル、生存可能性
Keywords: frozen planet, energy balance model, habitability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 台風の内部コア領域に見られる波数２擾乱に関する研究
# A study on disturbances with wavenumber 2 in inner-core region of tropical cyclones.

*河田 裕貴[1]、伊賀 啓太[1]、横田 祥[2]、栃本 英伍[1]
*Yuki Kawata[1], Keita Iga[1], Sho Yokota[2], Eigo Tochimoto[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 気象庁気象研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Meteorological Reseach Institute, Japan Meteorological Agency

台風は古くから軸対称を仮定した力学理論によって、発達のメカニズムが調べられてきたが、インナーレインバンドに代表される非軸対称構造も重要な特徴である。非軸対称構造を説明する理論として代表的なものに渦ロスビー波理論（Montgomery and Kallenbach, 1997）があり、この理論に基づいた台風の非軸対称構造の研究がこれまでに多くなされてきた。

台風の非軸対称構造は、波数１と波数２の成分の振幅が特に大きく、それらの擾乱が渦ロスビー波の特性を満たすという研究（Wang, 2002）の他に、台風強度へ及ぼす影響に着目した研究が行われてきた（e.g. Yang et al., 2007）。また、振幅の大きい波数１と２の擾乱のうち、波数１については不連続モデルでの理論が構築されつつある（e.g. Ito and Kanehisa, 2013; Nishimoto and Kanehisa, 2018）。一方で、波数２は楕円渦として顕在化するが、観測研究の多くはレーダー反射強度の解析であり（e.g. Kuo, 1999）、力学場を推定したものはなく、非静力学モデルを用いた調査も十分ではない。

本研究では、非軸対称構造の中でも方位角波数２の擾乱に着目し、その発生・維持過程を明らかにすることを目的として、観測データの解析と領域非静力学モデルを用いた数値実験を行った。

まず観測的研究として、2018年台風８号（Maria）について、ドップラーレーダーのデータから風速場推定を行った。本事例は長時間に渡って扁平な楕円の壁雲構造を持ち、石垣島のドップラーレーダーで内部コア領域を詳細に観測できた非常に珍しい事例である。GBVTD解析（Lee et al., 1999）を用いて高度2 kmの力学場の推定を行ったところ、接線風は明瞭な方位角波数２の構造を持っており、接線風とレーダー反射強度の極大域に対応が見られた。また、楕円渦の長軸に対応する場所には常に波数２の擾乱が存在し続け、時折外側へフィラメント構造を形成して伸びていく様子が捉えられた。この波数２擾乱は、１）接線風の軸対称成分よりも遅い方位角位相速度を持っている、２）渦度の軸対称成分の動径勾配が負の領域に擾乱が存在している、という２点の特徴を持ち、渦ロスビー波の性質を良く満たしていた。

今回、観測研究の対象とした台風は石垣島のレーダーで捕捉可能な領域に入った際、楕円構造が既に形成されていたため、観測データから非軸対称構造の成因を調べることができない。そこで次に、領域非静力学モデルを用いた数値実験を行い、非軸対称構造の成因と維持過程を力学的観点から詳細に調べた。用いたモデルは気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)である。計算は北緯18度の $f$ 面で行った。水平格子間隔は2.5kmで積雲パラメタリゼーションは用いていない。初期値として、最大風速半径160km、渦半径800kmの初期渦を領域中心に配置した。本実験の結果、数日間の急発達期を経て成熟した台風が再現された。各波数の擾乱エネルギーを計算すると、波数１と２のエネルギーが大きく、特に時刻87h～95hの時間帯では波数２のエネルギーが長時間に渡って卓越しており、長寿命の楕円渦を再現することに成功した。この楕円渦は長軸領域で雨水混合比が大きくなっており、観測と整合的な描像を得た。摩擦を考慮しない非弾性方程式を用いたエネルギー収支解析を行い、この擾乱の成因を調べると、下層では動径風による収束項が、中層では浮力項が非軸対称化に効いていた。また、楕円渦の維持期間についてもエネルギー収支を評価したところ、下層では常に非軸対称な収束に起因するエネルギー生成が大きかった。これらから、楕円渦の生成・維持には長軸領域での強い水平収束→上昇流→潜熱解放による渦位生成が重要であることが示唆される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：渦ロスビー波、楕円渦、GBVTD解析
Keywords: vortex Rossby waves, elliptical vortex, GBVTD analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Typhoon-induced vertical mixing measured by the Kuroshio Extension Observatory buoy

*相木 秀則[1]、亀山 昂平[2]
*Hidenori AIKI[1], Kohei Kameyama[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Institute for Space Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Graduate School for Environmental Studies, Nagoya University

We have analyzed the consistency of the vertical profiles of temperature and salinity and air-sea fluxes as observed by the Kuroshio Extension Observatory (KEO) buoy, with an intent to improve one-dimensional turbulence closure models used in OGCMs. The advantage of the KEO buoy data is the successful measurement of extreme weather events, such as typhoons and bomb cyclones with hourly time-resolution in the past 14 years. We have selected 7 typhoons in summer-autumn and 20 bomb cyclones in winter-spring, and compared with the results of the 1D-model experiments. In our buoy-model comparison system, the effect of mesoscale eddies and internal waves has been included by referring to the observed undulation of the seasonal thermocline. Both the timing and strength of the buoy precipitation data are well reproduced by the satellite precipitation data (GSMaP). Salinity profile in the 1D-model is yet to be improved by processes other than precipitation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# A comparison between top-down and bottom-up type convective flows in a rotating spherical shell with stress-free boundaries

*谷口 陽菜実[1]、高橋 太[1]、竹広 真一[2]
*Hinami Taniguchi[1], Futoshi Takahashi[1], Shin-ichi Takehiro[2]

1. 九州大学、2. 京都大学
1. Kyushu University, 2. Kyoto University

The terrestrial bodies that maintain their intrinsic magnetic fields have dynamos in the fluid cores, in which convection is developed by a certain kind of compositional/thermal buoyancy sources. In the Earth´s core, compositional buoyancy is given by light element ejection into the outer core caused by inner core growth. In other words, compositional convection occurs as a "bottom-up" type convection. In other celestial bodies, iron ejection due to solidification of iron could occur at different depth, strongly depending on temperature-pressure conditions and bulk sulfur content within the core. When iron solidification occurs at or around the core-mantle boundary, the solid iron falls downward like snow drop, that is, so-called "iron snow". The iron snow can remelt, and then the fluid motion is driven as "top-down" type convection. In this study, basic features of the flows driven by these two types of buoyancy are investigated.
For this purpose, onsets of top-down and bottom-up compositional convection in a rotating spherical shell are studied as a linear stability problem. We consider the Boussinesq fluid contained in the rotating spherical shell, of which radius ratio is 0.2. The linearized governing equations, that is, conservation equations of the momentum and mass, and the transport equation of composition, are solved as an eigenvalue problem. The adopted values of the Ekman number, $Ek$ range from $10^{-4}$ to $10^{-3}$. Boundary conditions are stress-free and impermeable for the velocity field, and fixed flux for composition. It is found that the critical Rayleigh numbers $Rac$ shows an Ekman-number-dependence of $Ra_c \propto Ek^{-1.26}$ for the top-down case and $Ra_c \propto Ek^{-1.09}$ for the bottom-up one. The flows at the onsets for both the types have columnar convection owing to the effect of rotation. Motion in the top-down case is dominated by the convection outside the tangent cylinder, which is an imaginary cylinder co-axial with the rotation axis touching the inner sphere at the equator. On the other hand, the axially elongated flow structure around the surface of the tangent cylinder is formed in the bottom-up case as well as columnar flows outside the tangent cylinder. In decreasing the Ekman number, it repeats that the structure inside the cylinder appears and vanishes, and depends on the transition of critical horizontal wavenumber.

キーワード：組成対流、線型安定性解析
Keywords: compositional convection, linear stability analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強磁場の下での熱対流に見られる二次元的なロール構造とその振動
# Oscillation of two-dimensional roll-like convection under a strong horizontal magnetic field

*柳澤 孝寿[1]、田坂 裕司[2]、宮腰 剛広[1]、櫻庭 中[3]
*Takatoshi Yanagisawa[1], Yuji Tasaka[2], Takehiro Miyagoshi[1], Ataru Sakuraba[3]

1. 海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、2. 北海道大学大学院　工学研究院、3. 東京大学大学院　理学系研究科
1. Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University, 3. Faculty of Science, University of Tokyo

Effects of the magnetic field, together with effects of the rotation, are important to understand coherent flow structures that should be generated in the Earth’s outer core. To investigate the nature of liquid metal flow where a strong magnetic field exists, we studied magnetoconvection on the Rayleigh-Benard setting in which flows are driven by the temperature difference between the top and bottom boundaries, by laboratory experiments and numerical simulations. The control parameters for this setting are the Rayleigh number (Ra) and the Chandrasekhar number (Q). Ra represents the relative intensity of the buoyancy to the viscous force, while Q represents that of the Lorentz force. In applying a homogeneous magnetic field in the horizontal direction, the flow pattern tends to be a roll-like one whose axes are aligned to the direction of the magnetic field. Under a sufficiently strong magnetic field, that means high Q/Ra, an almost steady two-dimensional flow is observed even at high Ra far from the critical Ra for the onset of convective motion. The Ra corresponds to a state of developed turbulence when Q is zero or small, but significant reduction of fluctuations is observed under high Q. With reducing Q from this steady roll flow regime, an oscillatory motion of rolls is observed. The style of the oscillation shows two-dimensional signatures, that is, little difference of motion is observed in the direction of the magnetic field. On the other hand, the circulation style of rolls shows various interesting features those never observed for the well-known roll type convection near the critical Ra. It is due to the large circulation velocities of the roll-like flow. We can get to this new regime of convection by applying a strong magnetic field in the experiment, and make details of the regime clear by our numerical simulation with high resolutions.

キーワード：磁気対流、ロール構造、振動の開始
Keywords: magnetoconvection, roll-like structure, onset of oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Two-dimensional or shallow water MHD waves on a rotating sphere with an imposed azimuthal magnetic field

*中島 涼輔[1]、吉田 茂生[2]
*Ryosuke Nakashima[1], Shigeo Yoshida[2]

1. 九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2. 九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

Magnetohydrodynamic (MHD) waves in a thin layer on a rotating sphere with an imposed toroidal magnetic field are investigated. The system is often considered as a model of the stably stratified outermost Earth's outer core or the tachocline of the Sun. The stratification of the outermost core is suggested on the basis of seismological evidence (e.g. Helffrich and Kaneshima, 2010; Kaneshima, 2018) and interpretations of the geomagnetic variations with MHD waves (e.g. Braginsky, 1993; Buffett, 2014; Chulliat et al., 2015). In order to provide constraints on the obscure stratified layer by comparing with wavy variations in the geomagnetic field, we studied the linear waves of the two-dimensional MHD and the MHD shallow water system over a rotating sphere.

We adopt an azimuthal equatorially antisymmetric field ($B_\Phi(\theta) = B_0 \sin\theta\cos\theta$, where $\theta$ is colatitude, $\Phi$ is azimuth) as a background magnetic field. On the other hand, an equatorially symmetric field ($B_\Phi(\theta) = B_0 \sin\theta$) was assumed in Márquez-Artavia et al.(2017), whose results we replicated and reported in JpGU 2018.

Compared with previous results, the dispersion diagrams obtained with the toroidal equatorially antisymmetric field show that some fast magnetic Rossby branches remain, while slow magnetic Rossby waves disappear. Besides, a continuous spectrum is found in the range where an azimuthal phase velocity is coincident with a local Alfvén velocity divided by $\sin\theta$. Similar continuous spectra are also seen in various physical situations, including inviscid shear flow (e.g. Case, 1960; Balmforth and Morrison, 1995; Iga, 2013) and plasma oscillations (e.g. Van Kampen, 1955; Case, 1959; Barston, 1964; Sedláček, 1971). The continuous spectra are accompanied by a singular eigenfunction, which is physically meaningful only when they are integrated over the continuous spectra. Its integrated solutions generally decay with time, which is referred to as phase mixing. Unlike exponentially damped discrete modes, this decaying is proportional to negative powers of time.

In the case of the shallow water system with the antisymmetric field, discrete eigenvalues buried in the continuous spectrum is found, which include unstable modes. For the Earth-like parameters, polar trapped modes with decadal period and equatorial trapped Rossby waves with a few years period are found when the stratification is weak.

キーワード：MHD波動、MHD浅水波、トロイダル磁場、連続固有値、地球外核最上部安定成層
Keywords: MHD waves, MHD shallow water, toroidal magnetic field, continuous spectra, a stably stratified layer at the top of the Earth's outer core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

## [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)

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.

[MIS18-P01] 南北1次元EBMを用いた地球型系外惑星の定常気候状態に関するパラメタ実験

*大中 智博[1]、野沢 徹[2] (1.岡山大学 理学部、2.岡山大学大学院　自然科学研究科)

[MIS18-P02] 台風の内部コア領域に見られる波数２擾乱に関する研究

*河田 裕貴[1]、伊賀 啓太[1]、横田 祥[2]、栃本 英伍[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象庁気象研究所)

[MIS18-P03] Typhoon-induced vertical mixing measured by the Kuroshio Extension Observatory buoy

*相木 秀則[1]、亀山 昂平[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科)

[MIS18-P04] A comparison between top-down and bottom-up type convective flows in a rotating spherical shell with stress-free boundaries

*谷口 陽菜実[1]、高橋 太[1]、竹広 真一[2] (1.九州大学、2.京都大学)

[MIS18-P05] 強磁場の下での熱対流に見られる二次元的なロール構造とその振動

*柳澤 孝寿[1]、田坂 裕司[2]、宮腰 剛広[1]、櫻庭 中[3] (1.海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、2.北海道大学大学院　工学研究院、3.東京大学大学院　理学系研究科)

[MIS18-P06] Two-dimensional or shallow water MHD waves on a rotating sphere with an imposed azimuthal magnetic field

*中島 涼輔[1]、吉田 茂生[2] (1.九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2.九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門)

# 南北1次元EBMを用いた地球型系外惑星の定常気候状態に関するパラメタ実験

# Numerical experiments on climate of the Earth-like extrasolar planets using one-dimensional energy balance model

*大中 智博[1]、野沢 徹[2]
*Tomohiro Oonaka[1], Toru Nozawa[2]

1. 岡山大学 理学部、2. 岡山大学大学院　自然科学研究科
1. Faculty of Science, Okayama University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology,Okayama University

近年の観測により地球に似た質量を持つ多くの系外惑星が発見されている。このような地球型の系外惑星がどのような定常気候状態を持ち得るのか，という問題は，その生存可能性を検討する上で大変重要である。本研究では，南北1次元のエネルギーバランスモデル（EBM）を作成し，惑星の公転軌道半径，自転角速度，自転軸傾斜角，をパラメタとして多数の数値実験を行い，惑星が取り得る定常気候状態について調べた。

惑星の南北熱輸送効率はその自転角速度の2乗に反比例するとし，自転軸傾斜角23.5度で熱輸送効率（＝自転角速度）と公転軌道半径を変化させ，惑星の定常気候状態を求めた。その結果，熱輸送効率が大きな（自転角速度が小さい）範囲では，その減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径が減少した。一方で，熱輸送効率が小さい（自転角速度が大きい）範囲では，その減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径は逆に増加した。熱輸送効率が大きな範囲では，赤道から極域へと効率よく熱が輸送されるため，赤道と極の温度差が小さくなる。この場合，極域での温度が上昇するため，より小さな恒星放射でも氷のない気候状態を維持できる。したがって，この範囲では熱輸送効率の減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径は減少する。一方で，熱輸送効率が小さい範囲では，赤道から極域へと熱が輸送されにくいため，低緯度を除いて温度が上昇せず凍結する。低緯度に溜め込まれる熱量は熱輸送効率が減少するほど増加する。つまり，熱輸送効率が小さいほど赤道でより高温になる。したがって，熱輸送効率が小さい範囲ではその減少に伴い全球凍結に至る公転軌道半径は増加する。

キーワード：全球凍結、エネルギーバランスモデル、生存可能性
Keywords: frozen planet, energy balance model, habitability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 台風の内部コア領域に見られる波数２擾乱に関する研究
# A study on disturbances with wavenumber 2 in inner-core region of tropical cyclones.

*河田 裕貴[1]、伊賀 啓太[1]、横田 祥[2]、栃本 英伍[1]
*Yuki Kawata[1], Keita Iga[1], Sho Yokota[2], Eigo Tochimoto[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 気象庁気象研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Meteorological Reseach Institute, Japan Meteorological Agency

台風は古くから軸対称を仮定した力学理論によって、発達のメカニズムが調べられてきたが、インナーレインバンドに代表される非軸対称構造も重要な特徴である。非軸対称構造を説明する理論として代表的なものに渦ロスビー波理論（Montgomery and Kallenbach, 1997）があり、この理論に基づいた台風の非軸対称構造の研究がこれまでに多くなされてきた。

台風の非軸対称構造は、波数１と波数２の成分の振幅が特に大きく、それらの擾乱が渦ロスビー波の特性を満たすという研究（Wang, 2002）の他に、台風強度へ及ぼす影響に着目した研究が行われてきた（e.g. Yang et al., 2007）。また、振幅の大きい波数１と２の擾乱のうち、波数１については不連続モデルでの理論が構築されつつある（e.g. Ito and Kanehisa, 2013; Nishimoto and Kanehisa, 2018）。一方で、波数２は楕円渦として顕在化するが、観測研究の多くはレーダー反射強度の解析であり（e.g. Kuo, 1999）、力学場を推定したものはなく、非静力学モデルを用いた調査も十分ではない。

本研究では、非軸対称構造の中でも方位角波数２の擾乱に着目し、その発生・維持過程を明らかにすることを目的として、観測データの解析と領域非静力学モデルを用いた数値実験を行った。

まず観測的研究として、2018年台風８号（Maria）について、ドップラーレーダーのデータから風速場推定を行った。本事例は長時間に渡って扁平な楕円の壁雲構造を持ち、石垣島のドップラーレーダーで内部コア領域を詳細に観測できた非常に珍しい事例である。GBVTD解析（Lee et al., 1999）を用いて高度2 kmの力学場の推定を行ったところ、接線風は明瞭な方位角波数２の構造を持っており、接線風とレーダー反射強度の極大域に対応が見られた。また、楕円渦の長軸に対応する場所には常に波数２の擾乱が存在し続け、時折外側へフィラメント構造を形成して伸びていく様子が捉えられた。この波数２擾乱は、１）接線風の軸対称成分よりも遅い方位角位相速度を持っている、２）渦度の軸対称成分の動径勾配が負の領域に擾乱が存在している、という２点の特徴を持ち、渦ロスビー波の性質を良く満たしていた。

今回、観測研究の対象とした台風は石垣島のレーダーで捕捉可能な領域に入った際、楕円構造が既に形成されていたため、観測データから非軸対称構造の成因を調べることができない。そこで次に、領域非静力学モデルを用いた数値実験を行い、非軸対称構造の成因と維持過程を力学的観点から詳細に調べた。用いたモデルは気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)である。計算は北緯18度の $f$ 面で行った。水平格子間隔は2.5kmで積雲パラメタリゼーションは用いていない。初期値として、最大風速半径160km、渦半径800kmの初期渦を領域中心に配置した。本実験の結果、数日間の急発達期を経て成熟した台風が再現された。各波数の擾乱エネルギーを計算すると、波数１と２のエネルギーが大きく、特に時刻87h～95hの時間帯では波数２のエネルギーが長時間に渡って卓越しており、長寿命の楕円渦を再現することに成功した。この楕円渦は長軸領域で雨水混合比が大きくなっており、観測と整合的な描像を得た。摩擦を考慮しない非弾性方程式を用いたエネルギー収支解析を行い、この擾乱の成因を調べると、下層では動径風による収束項が、中層では浮力項が非軸対称化に効いていた。また、楕円渦の維持期間についてもエネルギー収支を評価したところ、下層では常に非軸対称な収束に起因するエネルギー生成が大きかった。これらから、楕円渦の生成・維持には長軸領域での強い水平収束→上昇流→潜熱解放による渦位生成が重要であることが示唆される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

キーワード：渦ロスビー波、楕円渦、GBVTD解析
Keywords: vortex Rossby waves, elliptical vortex, GBVTD analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Typhoon-induced vertical mixing measured by the Kuroshio Extension Observatory buoy

*相木 秀則[1]、亀山 昂平[2]
*Hidenori AIKI[1], Kohei Kameyama[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Institute for Space Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Graduate School for Environmental Studies, Nagoya University

We have analyzed the consistency of the vertical profiles of temperature and salinity and air-sea fluxes as observed by the Kuroshio Extension Observatory (KEO) buoy, with an intent to improve one-dimensional turbulence closure models used in OGCMs. The advantage of the KEO buoy data is the successful measurement of extreme weather events, such as typhoons and bomb cyclones with hourly time-resolution in the past 14 years. We have selected 7 typhoons in summer-autumn and 20 bomb cyclones in winter-spring, and compared with the results of the 1D-model experiments. In our buoy-model comparison system, the effect of mesoscale eddies and internal waves has been included by referring to the observed undulation of the seasonal thermocline. Both the timing and strength of the buoy precipitation data are well reproduced by the satellite precipitation data (GSMaP). Salinity profile in the 1D-model is yet to be improved by processes other than precipitation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# A comparison between top-down and bottom-up type convective flows in a rotating spherical shell with stress-free boundaries

*谷口 陽菜実[1]、高橋 太[1]、竹広 真一[2]
*Hinami Taniguchi[1], Futoshi Takahashi[1], Shin-ichi Takehiro[2]

1. 九州大学、2. 京都大学
1. Kyushu University, 2. Kyoto University

The terrestrial bodies that maintain their intrinsic magnetic fields have dynamos in the fluid cores, in which convection is developed by a certain kind of compositional/thermal buoyancy sources. In the Earth´s core, compositional buoyancy is given by light element ejection into the outer core caused by inner core growth. In other words, compositional convection occurs as a "bottom-up" type convection. In other celestial bodies, iron ejection due to solidification of iron could occur at different depth, strongly depending on temperature-pressure conditions and bulk sulfur content within the core. When iron solidification occurs at or around the core-mantle boundary, the solid iron falls downward like snow drop, that is, so-called "iron snow". The iron snow can remelt, and then the fluid motion is driven as "top-down" type convection. In this study, basic features of the flows driven by these two types of buoyancy are investigated.
For this purpose, onsets of top-down and bottom-up compositional convection in a rotating spherical shell are studied as a linear stability problem. We consider the Boussinesq fluid contained in the rotating spherical shell, of which radius ratio is 0.2. The linearized governing equations, that is, conservation equations of the momentum and mass, and the transport equation of composition, are solved as an eigenvalue problem. The adopted values of the Ekman number, $Ek$ range from $10^{-4}$ to $10^{-3}$. Boundary conditions are stress-free and impermeable for the velocity field, and fixed flux for composition. It is found that the critical Rayleigh numbers $Rac$ shows an Ekman-number-dependence of $Ra_c \propto Ek^{-1.26}$ for the top-down case and $Ra_c \propto Ek^{-1.09}$ for the bottom-up one. The flows at the onsets for both the types have columnar convection owing to the effect of rotation. Motion in the top-down case is dominated by the convection outside the tangent cylinder, which is an imaginary cylinder co-axial with the rotation axis touching the inner sphere at the equator. On the other hand, the axially elongated flow structure around the surface of the tangent cylinder is formed in the bottom-up case as well as columnar flows outside the tangent cylinder. In decreasing the Ekman number, it repeats that the structure inside the cylinder appears and vanishes, and depends on the transition of critical horizontal wavenumber.

キーワード：組成対流、線型安定性解析
Keywords: compositional convection, linear stability analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 強磁場の下での熱対流に見られる二次元的なロール構造とその振動
# Oscillation of two-dimensional roll-like convection under a strong horizontal magnetic field

*柳澤 孝寿[1]、田坂 裕司[2]、宮腰 剛広[1]、櫻庭 中[3]
*Takatoshi Yanagisawa[1], Yuji Tasaka[2], Takehiro Miyagoshi[1], Ataru Sakuraba[3]

1. 海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、2. 北海道大学大学院　工学研究院、3. 東京大学大学院　理学系研究科
1. Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University, 3. Faculty of Science, University of Tokyo

Effects of the magnetic field, together with effects of the rotation, are important to understand coherent flow structures that should be generated in the Earth’s outer core. To investigate the nature of liquid metal flow where a strong magnetic field exists, we studied magnetoconvection on the Rayleigh-Benard setting in which flows are driven by the temperature difference between the top and bottom boundaries, by laboratory experiments and numerical simulations. The control parameters for this setting are the Rayleigh number (Ra) and the Chandrasekhar number (Q). Ra represents the relative intensity of the buoyancy to the viscous force, while Q represents that of the Lorentz force. In applying a homogeneous magnetic field in the horizontal direction, the flow pattern tends to be a roll-like one whose axes are aligned to the direction of the magnetic field. Under a sufficiently strong magnetic field, that means high Q/Ra, an almost steady two-dimensional flow is observed even at high Ra far from the critical Ra for the onset of convective motion. The Ra corresponds to a state of developed turbulence when Q is zero or small, but significant reduction of fluctuations is observed under high Q. With reducing Q from this steady roll flow regime, an oscillatory motion of rolls is observed. The style of the oscillation shows two-dimensional signatures, that is, little difference of motion is observed in the direction of the magnetic field. On the other hand, the circulation style of rolls shows various interesting features those never observed for the well-known roll type convection near the critical Ra. It is due to the large circulation velocities of the roll-like flow. We can get to this new regime of convection by applying a strong magnetic field in the experiment, and make details of the regime clear by our numerical simulation with high resolutions.

キーワード：磁気対流、ロール構造、振動の開始
Keywords: magnetoconvection, roll-like structure, onset of oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Two-dimensional or shallow water MHD waves on a rotating sphere with an imposed azimuthal magnetic field

*中島 涼輔[1]、吉田 茂生[2]
*Ryosuke Nakashima[1], Shigeo Yoshida[2]

1. 九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2. 九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

Magnetohydrodynamic (MHD) waves in a thin layer on a rotating sphere with an imposed toroidal magnetic field are investigated. The system is often considered as a model of the stably stratified outermost Earth's outer core or the tachocline of the Sun. The stratification of the outermost core is suggested on the basis of seismological evidence (e.g. Helffrich and Kaneshima, 2010; Kaneshima, 2018) and interpretations of the geomagnetic variations with MHD waves (e.g. Braginsky, 1993; Buffett, 2014; Chulliat et al., 2015). In order to provide constraints on the obscure stratified layer by comparing with wavy variations in the geomagnetic field, we studied the linear waves of the two-dimensional MHD and the MHD shallow water system over a rotating sphere.

We adopt an azimuthal equatorially antisymmetric field ($B_\Phi(\theta) = B_0 \sin\theta\cos\theta$, where $\theta$ is colatitude, $\Phi$ is azimuth) as a background magnetic field. On the other hand, an equatorially symmetric field ($B_\Phi(\theta) = B_0 \sin\theta$) was assumed in Márquez-Artavia et al.(2017), whose results we replicated and reported in JpGU 2018.

Compared with previous results, the dispersion diagrams obtained with the toroidal equatorially antisymmetric field show that some fast magnetic Rossby branches remain, while slow magnetic Rossby waves disappear. Besides, a continuous spectrum is found in the range where an azimuthal phase velocity is coincident with a local Alfvén velocity divided by $\sin\theta$. Similar continuous spectra are also seen in various physical situations, including inviscid shear flow (e.g. Case, 1960; Balmforth and Morrison, 1995; Iga, 2013) and plasma oscillations (e.g. Van Kampen, 1955; Case, 1959; Barston, 1964; Sedláček, 1971). The continuous spectra are accompanied by a singular eigenfunction, which is physically meaningful only when they are integrated over the continuous spectra. Its integrated solutions generally decay with time, which is referred to as phase mixing. Unlike exponentially damped discrete modes, this decaying is proportional to negative powers of time.

In the case of the shallow water system with the antisymmetric field, discrete eigenvalues buried in the continuous spectrum is found, which include unstable modes. For the Earth-like parameters, polar trapped modes with decadal period and equatorial trapped Rossby waves with a few years period are found when the stratification is weak.

キーワード：MHD波動、MHD浅水波、トロイダル磁場、連続固有値、地球外核最上部安定成層
Keywords: MHD waves, MHD shallow water, toroidal magnetic field, continuous spectra, a stably stratified layer at the top of the Earth's outer core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

## [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)

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。

### [MIS20-P01] 天城火山南東部・白田川流域における更新世後期以降の段丘地形と地すべり地形の発達

*徳本 直生[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学、2.専修大学、3.日本ジオサービス)

### [MIS20-P02] 中部山岳地域における気温と積雪深の変動

*鈴木 啓助[1]、佐々木 明彦[2] (1.信州大学理学部、2.国士舘大学文学部)

### [MIS20-P03] 山形県月山の積雪中に見られた高密度のクマムシ

*小野 誠仁[1] (1.千葉大学)

### [MIS20-P04] 中部山岳地域における降水安定同位体比の変動要因

*桂川 司[1]、山中 勤[2]、佐々木 明彦[3]、黒雲 勇希[1]、西村 基志[1]、清水 啓紀[1]、鈴木 啓助[4] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、4.信州大学理学部)

### [MIS20-P05] 横尾岩小屋モレーンより低位置で発見された氷河性堆積物の可能性をもつ岩屑

*石橋 真那美[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学部、2.専修大学、3.日本ジオサービス株式会社)

### [MIS20-P06] 白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化

*杉山 博崇[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[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.防災科学技術研究所)

### [MIS20-P07] 乗鞍岳の源流域における大気沈着および表面流を介した化学物質の挙動

*清水 啓紀[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.国士舘大学文学部地理学教室、3.信州大学理学部)

### [MIS20-P08] 飛騨山脈，立山カルデラの重力断層の過去55年間の活動状況

*福井 幸太郎[1]、飯田 肇[1] (1.立山カルデラ砂防博物館)

### [MIS20-P09] 上高地・槍-穂高連峰の高山帯・亜高山帯山岳池沼における底生動物の集団構造と遺伝構造

*井上 恵輔[1]、東城 幸治[1] (1.国立大学法人信州大学理学部理学科生物学コース)

### [MIS20-P10] 森林限界の樹木4種における細根系の水および炭素利用様式の解明

*矢原 ひかり[1]、東 若菜[2]、鎌倉 真依[2]、牧田 直樹[1] (1.信州大学総合理工学研究科、2.京都大学農学研究科)

### [MIS20-P11] 可視　近赤外分光反射率画像を用いた樹木細根の樹種間差と根特性の評価

*谷川 夏子[1]、中路 達郎[3]、小畠 実和[2]、牧田 直樹[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、3.北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)

### [MIS20-P12] 上高地における冷気湖形成の熱収支解析

*小山 紗莉[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学大学院総合工学系研究科、3.信州大学理学部)

[MIS20-P13] 9世紀後半に発生した赤石山地ドンドコ沢岩石なだれの堰き止め湖沼堆積物中における材化石群の発見とその意義

*木村 誇[1]、山田 隆二[1]、苅谷 愛彦[2] (1.防災科学技術研究所、2.専修大学)

[MIS20-P14] 大雪山国立公園においてどのような高山植物が訪問者を引き付けるのか

*雨谷 教弘[1]、豆野 皓太[1,2]、小熊 宏之[1]、久保 雄広[1] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

[MIS20-P15] 山形県月山における雪氷藻類による彩雪現象の時空間分布とその決定要因

*鈴木 拓海[1]、竹内 望[1]、高橋 翼[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P16] 山形県月山におけるセッケイカワゲラの種と食性に関する研究

*米地 梨紗子[1]、竹内 望[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P17] 2017年8月4日にラダック，アチナータン村で生じた氷河湖出水

早乙女 真穂[2]、*奈良間 千之[1]、櫻井 尚輝[2] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科)

[MIS20-P18] 空撮画像を用いたケニア山における最近の氷河変動

*奈良間 千之[1]、有江 賢志朗[2]、水野 一晴[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.京都大学大学院文学研究科)

# 天城火山南東部・白田川流域における更新世後期以降の段丘地形と地すべり地形の発達

# Development of fluvial terraces and landslides since the late Pleistocene in the Shirata River basin, southeastern side of Amagi Volcano, Izu Peninsula, Japan

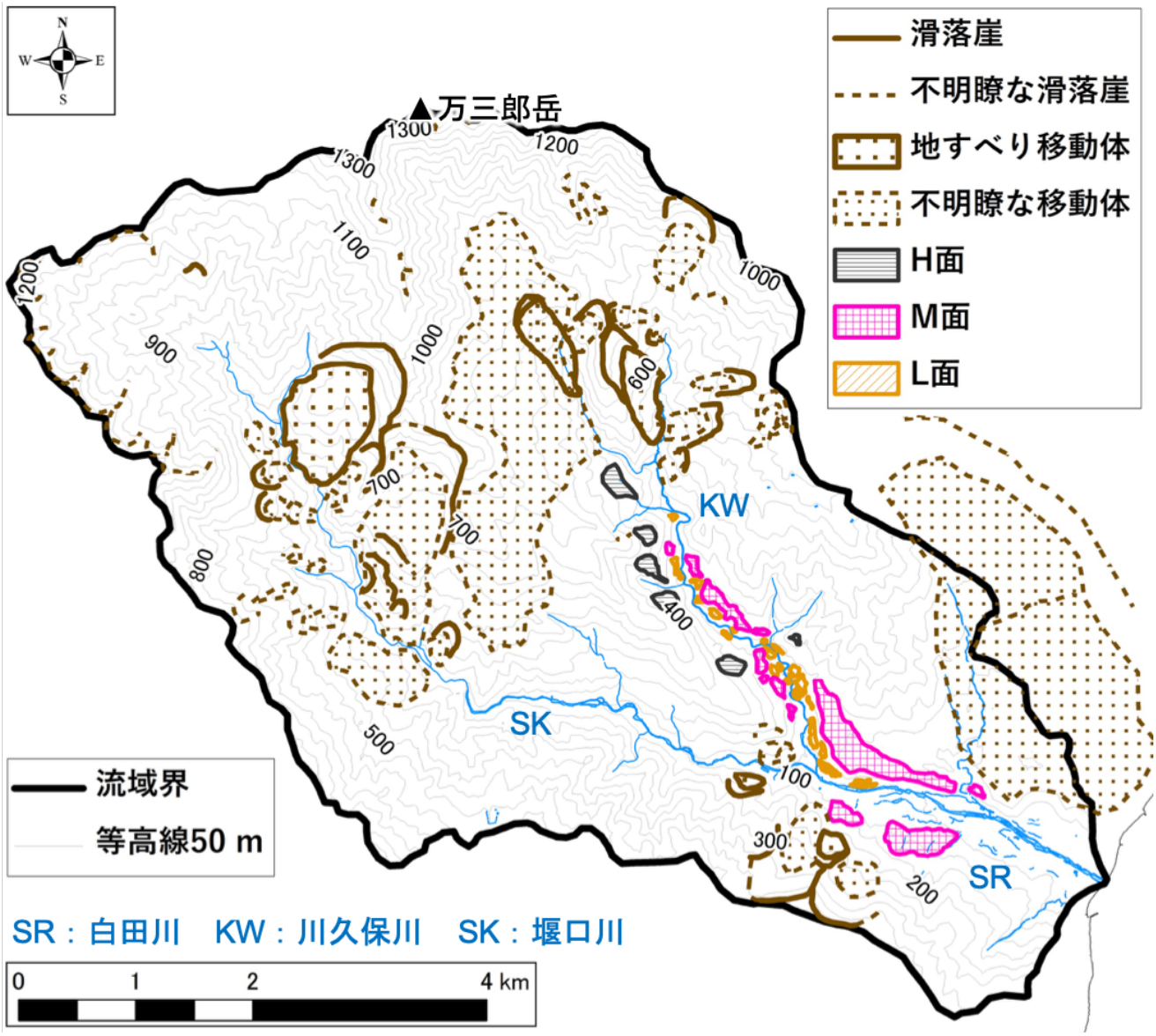
*徳本 直生[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]
*Nao Tokumoto[1], Yoshihiko Kariya[2], Kuniyasu Mokudai[3]

1. 専修大学・学、2. 専修大学、3. 日本ジオサービス
1. Undegraduate, Senshu Univ., 2. Senshu Univ., 3. Japan Geoservice Inc.

伊豆半島の天城火山は，その南東麓を流れる白田川とその支流により著しく開析されている．白田川流域では段丘地形が発達し，最上流部には大規模地すべり移動体も分布する．本研究では，これらの地形の特性を明らかにし，最近数万年間の発達史を編んだ．【段丘地形】白田川河口から1.5〜5 km付近で段丘地形が特に発達する．段丘面は高位からH，MおよびL面に区分される．H面は現河床との比高が140〜150 m と大きいが，分布は狭い．段丘面構成層は確認中である．M面は比高50 m前後で，3面のうち面積が最も大きい．構成層は亜角礫・亜円礫を主とし，淘汰はきわめて悪い．L面は比高が数m〜30 mと小さく，面は細分可能である．構成層はM面と同様である．【地すべり地形】白田川支流の川久保川と堰口川の上流部に，それぞれ大規模地すべり移動体が分布する（1.9 $km^2$，9.5×$10^7$$m^3$および1.4 $km^2$，7.3×$10^7$$m^3$）．【地形編年】M面は東伊豆単成火山群・堰口スコリア丘から噴出したテフラ層(19 ka)や火山灰土に覆われる．このテフラ層の下位には段丘面構成層まで100 cm以上の風成層（約14 ky相当）が挟まれることから，M面の離水は33 ka頃かそれ以前と推定される．これは，M面の投影縦断面延長部が河口の数100 m上流で現海面以低となることと調和的である．【地形発達史】地形や構成層からみてM面は土石流性堆積段丘と判断される．L面はM面と同様の構成層をもつので，M面離水後に生じた侵食段丘である．段丘面の分布形態や傾斜方向から，M面の形成にあづかった土砂（土石流）の供給源は上流の地すべり地と考えるのが妥当である．白田川流域の地形発達史は次のようになる．1）天城火山の活動中から終了後にかけて，基盤岩と天城火山体を刻む深い開析谷が形成された．2）その際，谷の上流域で大規模地すべりが発生し，大量の不安定な土砂が生産された．3）土砂は土石流となって流下し，谷を埋めてM面を形成した．最終氷期後半の低海面期にあたる可能性がある．4）晩氷期以降，日本列島の多雨化，流域の土砂供給量の減少および海面の上昇に伴って白田川中流部で下刻が生じ，M面が段丘化した．5）下刻の進行でM面の下位にL面が形成された．6）川久保川に比べて堰口川で段丘の発達が乏しいのは，後者の方が土砂運搬量が少なかったことが主因であろう．同川上流の地すべりの発生年代が新しいことや，移動体の解体（二次移動）が不活発なことが想定される．

キーワード：最終氷期、堆積段丘、侵食段丘、地すべり、テフロクロノロジー
Keywords: the last glacial period, fill terrace, erosional terrace, landslide, tephrochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 中部山岳地域における気温と積雪深の変動
# Variation trends of air temperature and snow depth in the Japanese Alps

*鈴木 啓助[1]、佐々木 明彦[2]
*Keisuke Suzuki[1], Akihiko SASAKI[2]

1. 信州大学理学部、2. 国士舘大学文学部
1. Faculty of Science, Shinshu University, 2. Faculty of Literature, Kokushikan University

山岳地域は、温暖化などの地球規模での環境変動に敏感に反応する。そのため、地球温暖化の影響が山岳地域の気象に如何に影響するかを検討することは重要である。信州大学では、中部山岳地域の14カ所において気象観測を実施している。それによって得られたデータから、中部山岳地域における気温と積雪深の変動を報告する。

キーワード：地球温暖化、気象観測
Keywords: global warming, meteorological observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山形県月山の積雪中に見られた高密度のクマムシ
# Abundant tardigrades found in snow pack in Mt.Gassan in Yamagata Prefecture, Japan

*小野 誠仁[1]
*MASATO ONO[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

クマムシは，緩歩動物門に分類される微小な無脊椎動物である．クマムシは極限環境耐性を持つことが知られており，体を小さな樽のように縮ませ無代謝状態(乾眠状態)になることで，高温や低温，高圧，放射線などに耐えることができる．山岳域からも生息が報告されており，日本では富士山や富山県の山岳をはじめとした，全国各地の山岳地のコケ中で報告されている．日本国内の高山帯では、冬の季節風の影響による多量の降雪がある．このような多雪地帯では，融雪期には藻類や昆虫類などの多様な生物が生息していることが明らかになっているが，積雪中のクマムシに関する報告はほとんどない．そこで本研究では，未だ報告の少ない日本国内の積雪中におけるクマムシの存在を明らかにすることを目的とした．

調査は山形県の月山の樹林帯で行った．月山は冬季に多量の積雪のある地域であり，日本有数の豪雪地帯である．調査は2018年4月から10月にかけて，積雪期に3回，無雪期に1回の計4回行った．樹林帯の積雪表面のサンプルを顕微鏡で観察した結果，ヤマクマムシ属のクマムシが多数含まれていることが明らかになった．積雪中からは，ヤマクマムシ属の1種のみが観察されたのに対し，積雪周辺の樹木のコケ中からはチョウメイムシ属の1種を含めた計2種が，秋の無雪期の樹木のコケ中にはさらに別の種を含めた計6種が観察された．このことは，積雪中で観察された1種は，低温環境で活動可能で，積極的に積雪中を生息場所とする種であることを示唆している．積雪中のクマムシの個体密度を求めた結果，雪氷藻類の繁殖する緑雪に個体が集中していることが明らかになった．クマムシは，藻類が含まれない白雪では全く観察されなかったのに対し，藻類が繁殖している緑雪では，平均$7.1\times10^{3}$ ind $L^{-1}$であった．クマムシの体長分布は5月から6月にかけて個体群全体で大きくなることを示し，クマムシの幼体は無雪期のコケ中でのみで観察された．以上のことから，このクマムシは，緑雪を形成する雪氷藻類を餌として積雪内で成長し，無雪期には樹木のコケ中で繁殖していると考えられる．このクマムシは，1年を通じてコケ中で生活する山岳地域のクマムシとは異なり，季節積雪を積極的に利用する生活史を持つ種であると考えられる．

キーワード：クマムシ、山岳地帯、積雪、樹林帯
Keywords: Tardigrada, mountain, snow, forest

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 中部山岳地域における降水安定同位体比の変動要因
# Variation of stable isotope ratios of precipitation in the Japanese Alps Region

*桂川 司[1]、山中 勤[2]、佐々木 明彦[3]、黒雲 勇希[1]、西村 基志[1]、清水 啓紀[1]、鈴木 啓助[4]
*Tsukasa Katsuragawa[1], Tsutomu Yamanaka[2], Akihiko SASAKI[3], Yuki Kurokumo[1], Motoshi NISHIMURA[1], Shimizu Hironori[1], Keisuke Suzuki[4]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、2. 筑波大学生命環境系、3. 国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、4. 信州大学理学部
1. Graduate School of Science and Technology,Shinshu University, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 3. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 4. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

中部山岳地域の9地点（長野，松本，諏訪，大町，菅平，乗鞍，上高地，志賀高原，西穂高）において2011年1月から2016年12月にかけて１ヶ月ごとに降水試料採取をするとともに気象観測を行った．採取した水試料は実験室に持ち帰り安定同位体比分析を行い，D，$^{18}$Oを求め，さらにd-excessを算出した．$^{18}$Oは採取量による加重平均を行い月平均値とした．月平均値を求めて$^{18}$Oの季節変動を検討した結果，$^{18}$Oは春季と夏季にピークを示す2山型の変動を示した．空間的な変動を調べるため緯度，経度，標高と$^{18}$Oとの決定係数を算出した結果，4月から10月にかけて標高と明瞭な相関を示した．d-excessは冬に高く夏に低くなるというような季節変動を示した．また空間的な変動として，夏季は標高との相関が高くなり，冬季は経度の違いによる変動が主であった．また，この様な変動がもたらされる要因について考察する為，各地点での降水時の気温，降水量，持ち上げ凝結高度（LCL）と降水の$\delta^{18}$Oとd-excessとの相関係数を算出して影響の強さを考察した．$\delta^{18}$Oについては西穂高を除く8地点で気温と正の相関を示した．特に松本，菅平，大町，諏訪，長野の5地点では比較的高い値を示した．降水量との関係については大町，長野，西穂高を除く6地点で弱い負の相関を示した．LCLとの関係については概ね正の相関があり，諏訪，長野で特に高い相関係数が認められた．これらのことから降水中の$\delta^{18}$Oに寄与しているのは気温が主であると考えられ，さらに松本，菅平，大町，諏訪，長野で相関が高かった事から都市部でその影響が強くなっている可能性がある．d-excessは気温，降水量に対し負の相関を示し，LCLとの間には特に有意な関係は認められなかった．特に気温との関係においては強い相関が見られたことから，d-excessの変動に対する寄与は主に気温であると考えられた．

キーワード：降水、同位体
Keywords: precipitation, isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 横尾岩小屋モレーンより低位置で発見された氷河性堆積物の可能性をもつ岩屑

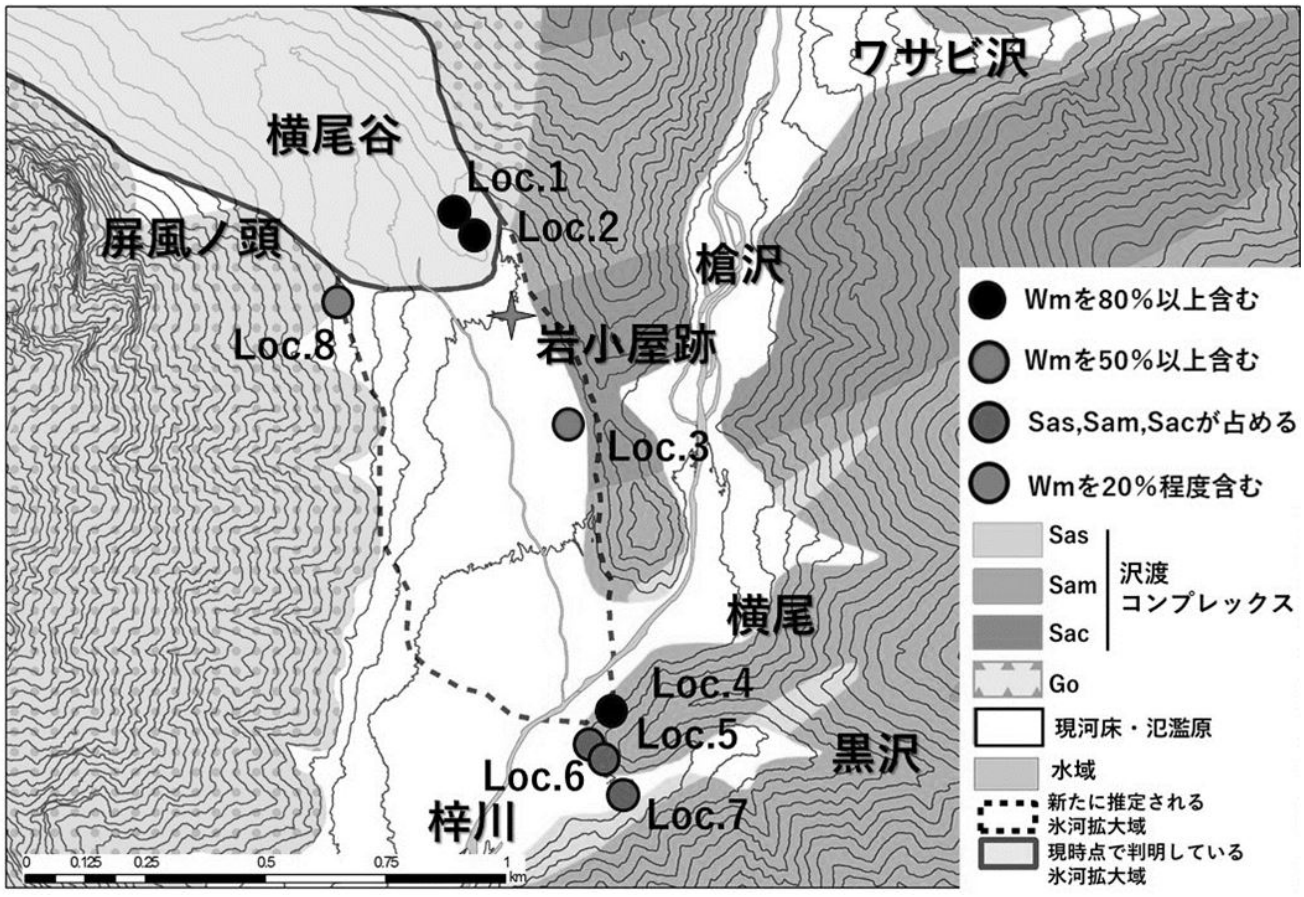
# Probable glacier detritus found at downstream site of the Yokoo moraines in the northern Japanese Alps: its geological characteristics and implications

*石橋 真那美[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]
*Manami Ishibashi[1], Yoshihiko Kariya[2], Kuniyasu Mokudai[3]

1. 専修大学・学部、2. 専修大学、3. 日本ジオサービス株式会社
1. Undergraduate Senshu Univ., 2. Senshu Univ., 3. Japan Geo serivice Inc.

北アルプス・梓川上流において従来知られていた山岳氷河の最前進位置は，五百澤智也が発見した横尾地区の通称「岩小屋モレーン（標高1700 m)」である．演者らは横尾地区で再調査を行い，この地域に全く分布しない火成岩類の礫からなる不淘汰岩屑を発見した．発見地点は岩小屋モレーンより水平距離で約1400 m，標高差で50 m低位側である．分布や円磨度・淘汰度からみて，この岩屑は氷河に運搬された可能性が高い．岩屑の堆積年代は未詳であるが，海洋酸素同位体ステージ4が有力である．その氷河は梓川源流の涸沢や横尾谷を流下し，現在の横尾小屋付近で槍沢を堰き止めていた可能性がある．

キーワード：氷河作用、最終氷期、更新世後期、ティル、日本アルプス
Keywords: glaciations, the Last Glacial age, late Pleistocene, till, Japanese Alps




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化
# Recent Geomorphological changes of rock slopes in Hakuba-Daisekkei

*杉山 博崇[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]
*Hirotaka Sugiyama[1], Chiyuki Narama[2], Hiroshi Inoue[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. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University, 3. National Reserch Institute for Earth Science and Disaster Resilience

白馬大雪渓は，白馬岳に通じる，年間1万人以上の登山者が通過する人気の登山ルートであるが，白馬岳と杓子岳の両岩壁に囲まれており，岩壁で生産される落石や崩落により毎年のように登山事故が起きている（小森, 2006）． 2005年8月には杓子岳北面の岩壁で崩落が生じ，2名の死傷者がでた（苅谷ほか，2008）．さらに2008年8月には大雪渓の左岸斜面で崩落が発生し，登山者2名が犠牲になっている．白馬大雪渓の落石分布はドローンによって調査されている．落石が雪渓上に集中して堆積する場所は決まっており，その季節ごとの礫数は，その年の積雪深により岩盤斜面が露出する時期で異なる（畠・奈良間，2017）．また，大雪渓周辺の落石や崩落で堆積した未固結堆積物は，土石流となり大雪渓表面を流下する事例も報告されている（松元ほか，1998 ; 石井・小疇，1999).

これら土砂移動に関わる地形災害を防ぐには，斜面変化の地形過程を詳細に調査し，そこで生じる岩盤変化や土砂移動の実態を把握することが重要である．そこで，本研究では，ドローンやセスナから取得した空撮画像とSfMソフトを用いて白馬大雪渓周辺の岩壁斜面の3次元地形モデルを作成し，岩盤の崩落箇所を抽出するとともに，その崩落の地形場の特徴を明らかにすることを試みた．また，白馬岳側と杓子岳側の雪渓上の落石を比較し，地質の異なる岩盤から生産された礫のサイズや分布について検討した．

杓子岳側の珪長岩の岩壁では，1976年～2018年の点群データの比較から，2005年に崩落が発生した岩壁の崩落箇所を特定した．2時期の斜面縦断プロファイルから，崩落箇所で，高さ約60m，厚さ約10mの斜面後退を確認した．さらに，この場所では，2016年～2018年の比較から，周囲よりも節理が密に発達した箇所で斜面は後退しており，後退した部分の上部はオーバーハングの形態である．また，岩盤の谷筋に堆積した礫の移動がみられ，谷筋の谷頭部では植生被覆の面積が変化していた．2005年の崩壊によって形成された岩盤基部の堆積提は，その後侵食されているのを確認した．

白馬岳側の珪長質凝灰岩の岩壁では，2011年～2018年の点群データの比較から，後退していた箇所を確認し，実際に2016年6月に現地で崩落を目撃した場所と一致した．また，植生が見られなかった砂礫地においても侵食を確認した．過去のドローン空撮画像をみると，この砂礫地は植物が生育する時期に雪が融け切らず残っている残雪砂礫地であった．杓子岳側谷斜面でみられた谷筋の侵食は，白馬岳側谷斜面では確認されなかった．

白馬岳側と杓子岳側ともに大雪渓上流部に堆積した礫は約２m以下で，礫のサイズ分布に差はないが，杓子岳側のほうが礫数はかなり多く，崖錐が形成されていた．

キーワード：落石、岩盤崩落、白馬大雪渓、空撮、SfM
Keywords: rockfall, rock failure, Hakuba-Daisekkei, aerial-photography, SfM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 乗鞍岳の源流域における大気沈着および表面流を介した化学物質の挙動
# Behavior of inorganic ions in air deposition and surface runoff water in an alpine headwater catchment of Mt. Norikura

*清水 啓紀[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3]
*Hironori Shimizu[1], Akihiko Sasaki[2], Keisuke Suzuki[3]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、2. 国士舘大学文学部地理学教室、3. 信州大学理学部
1. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University , 2. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 3. Faculty of Science, Shinshu University

源流域に越年性雪渓を有する環境では，暖候期における融雪水が降水とともに下流域の生態系の水源として重要な役割を担うと考えられるが，水および溶存無機イオンが周氷河環境の高山帯から如何に流出するかについて，国内で観測された事例はない．本研究は，ⅰ）長期的な表面流の水質・水量観測による源流域での融雪・降雨イベントに対する表面流の応答性の解明，ⅱ）暖候期の大気沈着物の化学的特徴の解明による融雪後期の化学物質の大気沈着-地表面流去量の定量化，ⅲ）降雨イベントに対する水質の応答性に基づく地下水の流出過程の検討を目的として，中部山岳地域の乗鞍岳東側斜面の源流域にて2016-2018年に気象・水文調査を実施した．

降雨に対する表面流の応答は，降雨開始直後から表面流形成および流量ピークに至るまでそれぞれ概ね数時間であり，降雨時の地表面流出率は最大7%未満であった．これは周氷河性の岩屑斜面の浸透しやすさと，火山体の粘土層や火山灰層等の内部構造に沿った地下水流動および滲出により表面流が素早い応答性を有すると考えられる．暖候期の降雨および積雪の化学的特徴は，NOや非海塩起源の$SO^2$と強い相関をもつpHを示す酸性雨や，先行研究で示唆された「バックグラウンド黄砂」の乗鞍岳高山帯への影響を暗示した．また，8月以降の化学物質の大気沈着量と地表面流去量の算定結果について降水量の地表面流出率を考慮すると，$Ca^2$は大気沈着量に比べ地表面流去量が多量であり，Clの地表面流去量は大気沈着量に関連するとみられ，一方のNOおよび$SO^2$は相対的に大気沈着量が多量であることが明らかとなった． 地下水流出に関しては，降雨イベント時に酸素安定同位体比が－19‰を示す地表水が採取でき，これは観測期間中の無降雨時の地表水が示す$\delta^1O$値（>－17）に比べ明瞭に小さかった．同年1月に乗鞍岳の標高2000m付近で採取した新雪試料の酸素同位体比が－19‰程度であったことから，融雪初期に涵養した融雪水が少なくとも10月まで地下に貯留され，降雨イベント中，一時的に表面流に寄与していると推定された．この地下水の流出過程は，越年生雪渓の融雪後期における地下水位の低下時に，降雨の浸透水または地下に封入された空気が地下水の押し出しを駆動していると推察される．

キーワード：源流域、大気沈着、越年性雪渓、渓流水質
Keywords: headwater catchment, air deposition, perennial snow patch, stream water chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 飛騨山脈，立山カルデラの重力断層の過去55年間の活動状況
# Activity of gravity faults in the Tateyama caldera, Hida Mountains, during the past 55 years

*福井 幸太郎[1]、飯田 肇[1]
*Kotaro FUKUI[1], Hajime IIDA[1]

1. 立山カルデラ砂防博物館
1. Tateyama Caldera Sabo Museum

日本を代表する巨大崩壊地である立山カルデラの北東縁に位置する室堂山（2668m）周辺には，深層崩壊の予兆現象と考えられる長さ300～500 mの重力断層が複数みられる．この重力断層は，藤井（1997）がカルデラの現成の崩壊地形を代表するものと記載していることや，断層を横切る登山道が年々カルデラ側へ移動していることから，今でも動いている可能性があるが，調査は行われていない．重力断層が大きく動いて深層崩壊が発生した場合，立山カルデラ内を流れる湯川上流部で河道閉塞が起こり，過去に発生したような決壊洪水による災害を富山平野にもたらす可能性がある．本研究では，重力断層周辺でGPS観測点を多数設置して断層の動きの精密な測量を行い，現在，安定しているのか動いているのかを確認した．また，1963、1977、1978、1985、1994、2000、2009，2018年の空中写真判読から過去55年間の重力断層の長さと幅の変化を明らかにした．

キーワード：重力断層、深層崩壊、立山カルデラ
Keywords: gravity fault, Deep-seated landslides, Tateyama Caldera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 上高地・槍-穂高連峰の高山帯・亜高山帯山岳池沼における底生動物の集団構造と遺伝構造

# Community, population and genetic structures of benthic invertebrates in alpine and sub-alpine ponds of the Kamikochi area and the Yari-Hotaka Mountain Ranges

*井上 恵輔[1]、東城 幸治[1]
*Keisuke Inoue[1], Koji Tojo[1]

1. 国立大学法人信州大学理学部理学科生物学コース
1. Biology Department, Faculty of Science, Shinshu University

山岳域には、様々な起源をもつ池沼が点在しており、山岳生態系における重要なハビタットとしての役割を担っていると考えられる。例えば、陸生生物にとっての水飲み場としての機能もあれば、水生昆虫類にとっては貴重な生息ハビタットとしても利用されている。前述の通り、高山帯・亜高山帯の山岳池沼は多様な成因をもつことが特徴で、成因ごとに池沼環境は大きく異なると予想される。環境の相違は生物相の相違にも直結すると考えられるため、池沼の成因や環境が多様であることは山岳域の生物多様性創出に寄与している可能性がある。しかし、特に高山帯における山岳池沼の生物相に関する知見は乏しく、池沼の環境と生物多様性の関係に着目した研究はヨーロッパの高山岳域においては少数の研究事例があるものの、本邦においてはほとんど注目されてこなかった。

中部山岳域には堰止池や氷河池、火口池が存在し、山岳池沼の生物多様性と環境の関係を究明する上での好適地である。そこで本研究では、中部山岳域の上高地-槍・穂高連峰に注目し、水生昆虫相の調査と池沼環境そのものの関連性を追求した。調査の結果、得られたデータを比較・検討するとともにクラスター解析やNMDS解析、CCA解析を試行した。その結果、水生昆虫相のパターンにより、この山岳域の池沼は大きく4グループに区分された。このような水生昆虫相には標高や岸際の草本植物の現存量、池底の砂泥量などが影響していることが明らかとなった。

加えて、同グループに類型化された池沼間では、互いに環境要因が類似している傾向がみられた。これらの結果から、山岳池沼の水生昆虫相は池沼環境によって異なることが明らかとなり、多様な環境をもつ山岳池沼は山岳域の生物多様性創出に重要な役割をもつ可能性がある。これら群集生態学的な解析に加え、本研究では、これらの山岳池沼に生息する水生昆虫類が、どの程度移動分散しているのか？ にも注目し、移動や分散の方向性や強度などを種群ごとに検討するような遺伝子解析にも着手した。今回の発表では、その第一段階として調査池沼において比較的数多く採集されたオンダケトビケラ*Pseudostenophylax ondakensis*、アミメトビケラ*Oligotricha fluvipes*、マメゲンゴロウ*Agabus japonicus* を対象にし、DNAバーコーディング領域（mtDNA COI領域）の遺伝子解析を実施した。その結果、多くの種内系統が報告されているオンダケトビケラにおいては、調査対象とした池沼それぞれの系統を把握できたことに加え、今まで本地域（上高地・槍-穂高地域）では未検出であった系統の存在が確認された。また、マメゲンゴロウにおいては、北海道や長野県他地域と同系統の個体に加え、遺伝的には異なる系統の個体が一部の調査池沼に存在していることが明らかとなった。

キーワード：山岳池沼、生物多様性、群集生態学
Keywords: Alpine pond, Biodiversity, Community ecology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 森林限界の樹木4種における細根系の水および炭素利用様式の解明
# Water and carbon use of fine root in four tree species at the forest limit

*矢原 ひかり[1]、東 若菜[2]、鎌倉 真依[2]、牧田 直樹[1]
*Hikari Yahara[1], Wakana Azuma[2], Mai Kamakura[2], Naoki Makita[1]

1. 信州大学総合理工学研究科、2. 京都大学農学研究科
1. Graduate School of Science and Technology Shinshu University, 2. Graduate School of Agriculture Kyoto University

細根は，樹木の生存に欠かせない養水分の吸収を担っている．山岳域における樹木の生存境界である森林限界は，低温，乾燥および冬季の土壌凍結などにより樹木にとって水利用が厳しい環境である．根は樹種の系統や共生菌の違いによって生存戦略が異なることが示唆されていることから，森林限界に生育する種間で水および炭素の利用における戦略の違いがあると考えた．本研究では，森林限界に生育する樹木の細根系の水吸収・輸送を解明するため，乗鞍岳の森林限界である標高2,500 mに優占する落葉広葉樹のナナカマド(*Sorbus commixta*)およびダケカンバ(*Betula ermanii*)，常緑針葉樹であるオオシラビソ(*Abies mariesii*)およびハイマツ(*Pinus pumila*)の細根系の透水性，日中の水ポテンシャル，呼吸，形態特性および解剖特性を評価した．4樹種の根透水性の値の範囲は1.17～4.02×$10^{-4}$ m $s^{-1}$ $MPa^{-1}$で有意な種間差がみられ，ハイマツが他の3樹種よりも有意に高かったことから，ハイマツは水を通しやすい根をもっていることが明らかになった．4樹種の日中の水ポテンシャル値の範囲は-0.20～-0.12 MPaであり，種間差はみられなかったが，日中の水ポテンシャルの最小値はハイマツの根で最も低かった．ハイマツの根は，P-V曲線法による予備的な調査結果から浸透調節能が高いことも示唆されており，日中水ポテンシャルを下げることで積極的に吸水を行っている可能性が考えられた．本発表では，根呼吸，根形態および根解剖特性と根水分特性の関係性も踏まえて考察する．

キーワード：水分生理、細根、透水性、日中水ポテンシャル、森林限界
Keywords: water relations, fine root, hydraulic conductivity, daytime water potential, forest limit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 可視近赤外分光反射率画像を用いた樹木細根の樹種間差と根特性の評価
# Visible-near infrared spectral reflectance explains variations in fine root traits of woody species

*谷川 夏子[1]、中路 達郎[3]、小畠 実和[2]、牧田 直樹[2]
*Natsuko Tanikawa[1], Tatsuro Nakaji[3], Miwa Kobatake[2], Naoki Makita[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、3. 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
1. Graduate School of Science and technology, Shinshu University, 2. Faculty of Science, Shinshu University, 3. Field Science Center for Northern Biosphere

一般に可視-近赤外波長の連続分光反射率の測定は、植物体の色素や有機物などの化学組成や細胞の成長段階を反映するため、葉や果実において非破壊かつ多角的な評価を可能にしている。しかし森林土壌の物質循環に関わる樹木細根において連続分光反射率を用いた研究は少ない。本研究では、分光技術を細根研究に応用し、吸収機能や根寿命と関わる根特性と反射率の関係から、細根の反射率が表現する根の性質を明らかにすることを目的とした。対象樹種は、北海道大学苫小牧研究林における高木種の20樹種とした。対象木から根系を辿り、細根系を採取した。洗浄後、細根系を3直径階級(0-0.5mm、0.5-1.0mm、1.0-2.0mm)に分け、458-2391nm (4.1-5.8nm刻み、376バンド)の連続分光反射画像を撮影した。その後、各直径階で形態(平均直径、比根長、根組織密度)、化学(炭素、窒素濃度)および解剖(中心柱面積、皮層面積)を測定し、連続分光反射率との関係を解析した。20樹種の根系の連続分光反射率は、いずれの直径階級においても4つの山型のピークを持つ曲線を示した。458-1400nmの波長帯では、直径が大きいほど反射率が高い傾向がみられた。一般的に測定物質の厚みが増すほど反射率は高くなる傾向みられるが、樹種ごとに現れた反射率の変化の違いからも反射率は20樹種間でも異なった。さらに反射率と樹種間で異なる根特性の関係を考察し、分光技術による細根の多角的な評価を行う予定である。

キーワード：根直径、解剖、形態、化学
Keywords: root diameter, anatomy, morphology, chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 上高地における冷気湖形成の熱収支解析
# Heat Balance Analysis of Cold Air Pool Formation in Kamikochi

*小山 紗莉[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3]
*Sayuri Koyama[1], Motoshi NISHIMURA[2], Keisuke Suzuki[3]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、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. Graduate school of science and technorogy, Shinshu University, 2. Interdisciplinary Graduate school of Science and Technology, Shinshu university, 3. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

上高地（1490 m），岳沢（1600 m，1700 m，1800 m），西穂高岳（2355 m）において，気象観測および熱収支解析を行い，冷気湖の形成機構について明らかにした．観測対象期間は2016年12月6日～2017年5月4日と2017年11月17日～2018年4月16日の上高地の積雪期である．

本研究ではDorninger *et al.*（2011）を参考に，観測期間に発生した冷気湖を，静穏な発達，遅い形成，早期の解消，混合イベント，短時間の全層の気温上昇，上層の乱れ，下層の乱れ，短時間の冷気湖，の8種類の冷気湖イベントに分類した．

冷気湖イベントが2017年4月に28回，2018年3月に27回発生した．しかし混合イベント，短時間の全層の気温上昇，上層・下層の乱れは2016/17年，2017/18年ともにほとんど発生しなかった．これは上高地が，乱流が発生しにくい地形であるためと考えられる．

静穏な発達，遅い形成，早期の解消は，冷気湖が形成された時間と解消された時間が異なった．これらは冷気湖が形成されている間，顕熱・潜熱フラックスは0 W $m^{-2}$であった．混合イベント，短時間の全層の気温上昇，上層の乱れは，冷気湖で発生した気温上昇の深さ，あるいはその気温の上昇量に差異があった．顕熱・潜熱フラックスについて混合イベントは5.0 W $m^{-2}$以上，短時間の全層の気温上昇は0.5 W $m^{-2}$以上，上層の乱れは0 W $m^{-2}$であった．下層の乱れは，盆地の底部付近において短時間の気温上昇が発生したイベントである．形成時間が6時間以内の冷気湖は短時間の冷気湖に分類された．これら冷気湖イベントは雲の発生と風による乱流の発生が大きく関与し，雲や風の発生時刻と継続時間，乱流の強度が主な要因と考えられる．

キーワード：冷気湖、熱収支
Keywords: Cold air pool, Heat balance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 9世紀後半に発生した赤石山地ドンドコ沢岩石なだれの堰き止め湖沼堆積物中における材化石群の発見とその意義

# A finding of fossil trees buried in dammed-lake deposits formed by the Dondokosawa rock avalanche of the late 9th century in the Akaishi Mountains, and its significance

*木村 誇[1]、山田 隆二[1]、苅谷 愛彦[2]
*Takashi Kimura[1], Ryuji Yamada[1], Yoshihiko Kariya[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 専修大学
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Senshu University

赤石山地地蔵ヶ岳東面で発生した岩石なだれはドンドコ沢本川を3.6 km以上流下し，ドンドコ沢右支川と大棚沢の河道を閉塞して堰き止め湖沼を形成した（苅谷，2012；木村ほか，2018a）。これら2箇所の堰き止め湖沼・氾濫原堆積物中からは多数の材化石が発見された。Yamada *et al.*（2018）が酸素同位体比年代測定法を用いて材化石2個体（樹齢350年以上のヒノキ1個体と樹齢300年以上のツガ属1個体）の枯死年代を測定した結果，AD885年以降数年以内およびAD888年という年代値が得られた。これにより，ドンドコ沢岩石なだれは巨大海溝型地震の仁和地震が生じたAD887年か，その数年後以内に発生したことが明らかになりつつある。これらの材化石群の発見は，赤石山地周辺の古環境を知る上でも重要な意義をもつ。本発表では，先行研究（木村ほか，2018b, 2019）で同定した材化石試料41点の樹種組成により示された９世紀後半頃のドンドコ沢および大棚沢流域における古植生の特徴を報告する。

試料採取地はLLDおよびULDと命名した上述2箇所の堰き止め湖沼・氾濫原堆積物露頭である。LLDはドンドコ沢本川と大棚沢との合流点付近にあり，上流の集水面積は8.81 $km^2$，標高は1220～2780 mに及ぶ。ULDはドンドコ沢右支川の谷出口付近にあり，上流の集水面積は1.17 $km^2$，標高は1470～2630 mに及ぶ。2012年4月～2017年10月の期間に計41点（LLDで24点，ULDで17点）の材化石試料を採取し，各試料の樹種同定を行った。LLDで採取した試料24点には，ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）8点，ツガ属（*Tsuga*）7点，サワラ（*Chamaecyparis pisifera*）3点，カバノキ属（*Betula*）2点，カラマツ（*Larix kaempferi*），モミ属（*Abies*），トウヒ属（*Picea*），サワグルミ（*Pterocarya rhoifolia*）各1点が含まれていた。ULDで採取した試料17点には，ツガ属（*Tsuga*）8点，モミ属（*Abies*）4点，カラマツ（*Larix kaempferi*），ヤナギ属（*Salix*）各2点，ツツジ属（*Rhododendron*）1点が含まれていた。ツガ属はLLDで7点，ULDで8点産出し，それぞれの地点における採取試料の約29～47%を占めていた。また，ULDで出現しなかったヒノキ属2種（ヒノキ，サワラ）がLLDでは計11点産出し，採取試料の約46%を占めていた。

以上は限られた試料数の中での結果だが，ドンドコ沢岩石なだれが発生した9世紀後半頃，LLDが形成された大棚沢では樹齢350年を超えるヒノキおよびツガ属優占の老齢林が成立しており，もう一方のULDが形成されたドンドコ沢右支川では樹齢300年を超えるツガ属優占の老齢林が成立していたことが推定される。隣接する2流域でヒノキ属2種の出現頻度に顕著な差があった点は，当時よりヒノキ属2種の分布が大棚沢流域にとどまり，ドンドコ沢上流域には及んでいなかった可能性を示すものである。

引用文献：苅谷（2012）地形33, 297-313；木村ほか（2018a）日本地すべり学会誌55, 42-52；木村ほか（2018b）2018年日本地球惑星科学連合大会 MGI25-P09；木村ほか（2019）第四紀研究58, 65-72；Yamada et al. (2018) Quaternary Geochronology 44, 47-54.

キーワード：赤石山地、岩石なだれ、堰き止め湖沼、材化石、古環境
Keywords: Akaishi Mountains, rock avalanche , dammed-lake, fossil trees, paleoenvironment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 大雪山国立公園においてどのような高山植物が訪問者を引き付けるのか
# What alpine plants attract visitors in the Daisetsuzan national park, northern, Japan?

*雨谷 教弘[1]、豆野 皓太[1,2]、小熊 宏之[1]、久保 雄広[1]
*Yukihiro Amagai[1], Kota Mameno[1,2], Hiroyuki Oguma[1], Takahiro Kubo[1]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Hokkaido University

北海道の大雪山国立公園は年間約500万人の利用がある観光地で、その見どころの一つに広大なお花畑がある。高山植物は亜種・変種を含む365種（うち、日本固有種を27種含む）が生育するが、気候変動の影響により、過去数十年間でチシマザサ・ハイマツの顕著な増加や植物種・群落組成の変化が生じていることが報告されている。このような背景から、高山帯の多様性保全の為、保護区の選定・各植物種と植物群落ごとの脆弱性評価・その評価を踏まえた保護区における適応策の施行は急務の課題となっている。また、このような高山植物の衰退は観光業など地域経済に対しても打撃を与えうるため、生態学的知見のみならず、国立公園の訪問者や地域住民の選好を加味した適応策が求められる。そこで、本研究は高山植物の持つ観光資源としての価値を、保全のための一つの指標として組み込むための基盤情報として収集することを目的に、高山植物種に対する国立公園の訪問者の選好を明らかにした。

大雪山系の森林限界は標高約1400－1700ｍであるが、大雪山系最高峰の旭岳には山麓から標高1600mに位置する姿見駅まで手軽にアクセスできるロープウェイがあり、高山植物を手軽に観察できる観光地となっている。本研究では、姿見駅を訪問した全ての訪問者を対象として、興味を引いている植物種を明らかにするためのアンケート調査を実施した。調査票は、2018年8月の6日間で1201部配布し、後日郵送にて451部回収した。調査票には、植物の写真（20種）を掲載し、見たいと思う植物全てに〇をつけてもらったほか、大雪山国立公園への訪問経験（リピーターか否か）、性別、年齢、在住場所（道内外）についての設問を設置した。写真を掲載した植物種は、生育環境や生活形、花の色のばらつきを考慮し、代表的な高山植物18種（エゾコザクラ、エゾノハクサンイチゲ、チシマギキョウ、ワタスゲ、ホソバノウルップソウ、イワイチョウ、キバナシオガマ、エゾツツジ、チシマノキンバイソウ、チングルマ、コマクサ、イワブクロ、コエゾツガザクラ、ナガバノモウセンゴケ、エゾイワツメクサ、クモマユキノシタ、ミネハリイ、リシリリンドウ）と拡大が明らかとなっているハイマツ・チシマザサである。

分析の結果、本研究で扱った植物20種の選好順序は、最も高い方からチングルマ、リシリリンドウ、エゾコザクラとなり、最も低い方からミネハリイ、チシマザサ、ハイマツとなった。また、大雪山国立公園への訪問回数や個人属性の選好に対する影響に関して、リピーターは初めての訪問者よりもチングルマ・コマクサをより好む傾向があった。また、男性よりも女性の方が、若年層より高年層の方が、植物全体に対する選好が高い傾向が得られた。

次に、本研究で扱った植物20種の写真から、訪問者が興味を持つ高山植物の特徴を一般化するために、植物を花の形質（写真で花がついている15種）と全体の形質（20種）特徴に着目し、一般化線形モデル（GLM）の二項分布により解析を行った。その結果、花の形質においては、花序は扁平で、花数は少なく、色はピンク＞紫＞白≧黄色の植物において選好が高くなることがわかった。また、全体の形質においては、葉は光沢をもち、葉のサイズは小さく、植物高は低く、鋸歯が大きい植物が、訪問者からより好まれる傾向が得られた。

以上の結果から、訪問者は、高山植物の中でも特にチングルマを高く評価しており、チングルマは特に重要な観光資源であることが伺える。チングルマは東日本の高山帯に広く生育しており大雪山系の固有種ではない

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

が、本研究の結果より登山道沿いに大群落を形成するチングルマは、大雪山系のお花畑のイメージを代表しているといえる。さらに、チシマザサやハイマツが低評価であったことを踏まえると、リピーターの確保など国立公園における持続的な観光を考える上で、チシマザサとハイマツの拡大の影響を抑え、チングルマをはじめとする広域のお花畑の面積を維持することの必要性が示唆された。また、訪問者に好まれうる高山植物の特徴と、GLMによる形質の選好値から順位付けの結果より、背丈が低く・花数が少ないなどの特徴を選好していたことから、矮小な高山が訪問者の興味を引いていることが示唆された。一方で、このような観光資源として重要と考えられる種は、必ずしも希少で優先的な保全が必要な種とは一致していないこともわかった。このことから、観光資源と生物多様性のバランスを考えた保全が必要であることが明らかとなった。

キーワード：高山、人と植物の相互作用、選好、植物の形質、気候変動、保全
Keywords: Alpine, People-plant interactions, Preference, Plant morphology, Climate change, Conservation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山形県月山における雪氷藻類による彩雪現象の時空間分布とその決定要因
# Spatio-temporal variations of algal snow in Mt. Gassan, Yamagata prefecture, Japan

*鈴木 拓海[1]、竹内 望[1]、高橋 翼[1]
*Suzuki Takumi[1], Nozomu Takeuchi[1], Tsubasa Takahashi[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

山形県の月山山麓の樹林帯の積雪では, 雪上で繁殖する藻類によって, 赤や黄, 緑色に彩られた雪がよく見られる．このような彩雪現象の色や分布は, 積雪表面の物理的または化学的条件が関与していると考えられている．例えば，南極の積雪では，栄養塩濃度が高い富栄養環境では緑色の色素を持つ藻類が繁殖し, 反対に貧栄養環境では赤色の色素を持つ藻類が繁殖するということが知られている. しかしながら，日本国内の山岳地域の彩雪現象の時空間分布とその決定要因については，まだわかっていない．そこで本研究では, 彩雪現象の分布とその要因を明らかにするために, 融雪期の月山の積雪において，藻類バイオマスやその種類，栄養塩濃度の季節変化と高度分布について調査を行った.

積雪の採取は, 2018年5月から6月の間, 月山の前山・姥ヶ岳の南側の尾根沿いの標高800mから1500mまでの7地点で2回にわたって行った．各場所で雪面から1cm程度までの積雪をランダムに一地点から適量採取した. 試料はワールパックに入れ, 研究室に持ち帰った後解凍した. 解凍した雪は, 蛍光光度計によってクロロフィル*a*量を，分光光度計によって抽出色素のスペクトルを，イオンクロマトグラフィー法によって溶存化学成分の測定を行った. また, 解凍した雪の一部は適宜顕微鏡で観察した.

姥ヶ岳南側の尾根沿いの高度別の調査の結果，５月は緑雪のみが観察され，６月になると森林限界よりも上部で赤雪，森林限界よりも下部で橙雪が多く見られた．サンプルから抽出した色素の吸光スペクトルを分析した結果，５月，６月ともに二種類の波形が見られた．５月はどのサイトでも，大きな吸収は見られなかった．一方，６月は，森林限界より上部と下部において波形がわかれ，どちらも５月に比べて大きな吸収が見られた．彩雪中の藻類バイオマスは5月から6月にかけて，標高の違いによらず増加した．藻類の繁殖に必要な栄養塩である，硝酸イオンとリン酸イオンの濃度は，標高による違いはなかったが，５月に比べて６月の濃度は低かった．以上の結果から，積雪表面の栄養塩濃度の低下，および樹木の有無が，繁殖する藻類に影響し，それぞれ異なる色の着色現象を引き起こしている可能性が示唆された．

キーワード：雪氷藻類
Keywords: snow algae

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山形県月山におけるセッケイカワゲラの種と食性に関する研究
# Feeding of a wingless stonefly living on snow surface in Mt. Gassan, Yamagata prefecture, Japan

*米地 梨紗子[1]、竹内 望[1]
*Risako Yonechi[1], Nozomu Takeuchi[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

雪氷環境には，雪氷生物と呼ばれる寒冷環境に適応した特殊な生物で構成される生物群集が存在する．日本の積雪上では，雪氷藻類と呼ばれる光合成微生物が繁殖し，その生産に支えられた動物やバクテリアが生息している．その雪氷生物の一つ，セッケイカワゲラは，積雪上で活動する昆虫の一種である．この昆虫は，一般的なカワゲラと同じように幼虫は河川で過ごす水生昆虫であるが，成虫は翅を持たないという特徴をもち，冬から春にかけて積雪上に現れる．日本でみられるセッケイカワゲラは，形態的な分類よって1科2属（*Apteroperla*属，*Eocapnia*属）30種に分けられている．セッケイカワゲラは，複数の種が同時に同じ積雪上で活動することが報告されているが，種や属による活動域や活動時期，食物の違いなどの詳しい生態はまだ明らかになっていない．そこで本研究では，多雪地帯で知られる山形県月山の積雪上で活動するセッケイカワゲラについて，属や種による分布域および食性の違いについて明らかにすることを目的とした．

調査は2018年4月，5月，6月の各月に1回ずつ行った．月山山域の姥ヶ岳（標高1487m）頂上付近から月山スキー場周辺（標高1130m）および志津野営場（標高770m）にかけて，計13地点の積雪表面でセッケイカワゲラの採集を行った．採取個体は千葉大学に持ち帰った後，顕微鏡を用いて形態に基づく種同定を行った．その後，各個体は乾燥器を用いて60℃で24時間以上乾燥させ，乾燥重量で約0.3mgの脚・触覚・尾・頭部を用いて，炭素窒素安定同位体比の分析を行った．分析は地球研の元素分析計，安定同位体比質量分析計を用いて行った．

採取した雄50個体を2属に分類したところ，*Aperoperla*属は標高1000mよりも高い場所に、*Eocapnia*属は低い場所に分布していることが分かった．セッケイカワゲラの$\delta^{15}$Nは，*Aperoperla*属と*Eocapnia*属では，有意な違いはなかった（1.10～0.95‰ versus -1.63～1.05‰）．このことは，2属の栄養段階はほぼ等しいことを示している．一方，$\delta^{13}$Cも2属の平均に有意な違いはなかったが（-26.2‰ versus -25.7‰），*Aperoperla*属の$\delta^{13}$Cは*Eocapnia*属に比べ，分散が小さいことが明らかになった（0.29‰ versus 3.00‰）．このことは，*Aperoperla*属は限られた食性を持つ一方，*Eocapnia*属は様々なものを食べる広い食性を持っていることを示唆している．

キーワード：昆虫、山岳域、雪氷生物学
Keywords: insect, alpine, ice biology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2017年8月4日にラダック，アチナータン村で生じた氷河湖出水
# Drainage from glacial lake in Achinathang village, Ladakh Range on 4 August 2017

早乙女 真穂[2]、*奈良間 千之[1]、櫻井 尚輝[2]
Maho Saotome[2], *Chiyuki Narama[1], Naoki Sakurai[2]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然科学研究科
1. Niigata University, Program of Field Research in the Environmental Sciences, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

インド北西部に位置するヒマラヤ西部のラダック山脈では，近年氷河湖からの出水で生じた洪水被害が多数報告されている．この地域の氷河湖は，巨大な氷河湖を有するヒマラヤ東部（ブータンとネパール東部）の氷河湖決壊洪水とは異なり，氷河湖は非常に小規模であるがその被害は大きい特徴をもつ．2017年8月4日，ラダック山脈北西部に位置するアチナータン谷において，大規模な土石流が発生した．当日の降雨はなく，数十回も及ぶ間欠性の段波が流下した瞬間を多くの村人が目撃した．この災害では，男女合わせ4名の死者がでており，橋の全壊，インダス川沿いの畑や店の沈水などの甚大な被害がでている．土石流の翌日に村人が氷河湖を訪れ，土石流の誘因は谷の上流に位置する氷河湖の出水であることはわかっているが，どのようにして出水し，大規模な土石流に発達したかという詳細な情報は不明である．そこで本研究では，現地調査（2017年と2018年）と衛星画像解析からアチナータン谷で発生した氷河湖出水と土石流の発生・発達の詳細を明らかにすることを試みた．

衛星画像解析の結果，氷河湖の面積は2016年11月14日に0.003km²であったが，2017年7月7日に0.012km$^2$，7月27日に0.022km$^2$まで拡大し，出水後の8月18日に0.01km$^2$まで減少している．2017年の春～初夏にかけて氷河湖の体積は162,000m$^3$増加し，そのうちの7割は7月7日～27日の20日間で増加しており，156,000m$^3$の湖水が出水した．現地調査では，氷河湖前面の埋没氷を含むモレーン内部に発達するアイストンネルを確認し，この氷河湖は短期間で拡大・出水した短命氷河湖であり，氷河前面のモレーン内部に発達したトンネルを通って湖水が出水していた．

キーワード：氷河湖、氷河湖決壊洪水、土石流、ラダック山脈
Keywords: glacial lake, glacial lake outburst flood (GLOF), debris flow, Ladakh Range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 空撮画像を用いたケニア山における最近の氷河変動
# Recent glacier variations at Mt. Kenya using aerial digital image

*奈良間 千之[1]、有江 賢志朗[2]、水野 一晴[3]
*Chiyuki Narama[1], kenshiro Arie[2], MIZUNO KAZUHARU[3]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然科学研究科、3. 京都大学大学院文学研究科
1. Program of Field Research in the Environmental Sciences, Niigata University , 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Graduate School of Letters, Kyoto University

アフリカの山腹氷河は，東アフリカのキリマンジャロ，ケニア山，ルウェンゾリ山に存在し，近年の温暖化の影響でこれら氷河は数十年後には消滅するであろうと予想されている．ケニア山の氷河は，1899年～2004年に18コのうち8コが消滅しており（Hastenrath, 2005)，2018年の氷河台帳では氷河の数は9コとされている（Prinz et al., 2018）．ケニア山の氷河研究はルイス氷河を中心におこなわれており，この氷河は，19世紀後半と1934年に地図化され，1979年～1996年と2010年～2014年に質量収支の観測がおこなわれている．ルイス氷河の体積は，1934年～2010年の76年間で90%減少している．面積変化は各氷河で求められているが，体積変化の報告はルイス氷河に限定されている．本研究では，ケニア山の全ての氷河を対象に，2016年のPleiadesと，2017年と2018年にセスナから空撮したデジタル画像から３D地形モデルを作成し，これら地形モデルを比較することで最近の氷河の質量収支を求めた．

キーワード：氷河変動、質量収支、空撮画像、ケニア山
Keywords: glacier variations, mass balance, aerial digital image, Mt. Kenya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

## [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)

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。

### [MIS20-P01] 天城火山南東部・白田川流域における更新世後期以降の段丘地形と地すべり地形の発達

*徳本 直生[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学、2.専修大学、3.日本ジオサービス)

### [MIS20-P02] 中部山岳地域における気温と積雪深の変動

*鈴木 啓助[1]、佐々木 明彦[2] (1.信州大学理学部、2.国士舘大学文学部)

### [MIS20-P03] 山形県月山の積雪中に見られた高密度のクマムシ

*小野 誠仁[1] (1.千葉大学)

### [MIS20-P04] 中部山岳地域における降水安定同位体比の変動要因

*桂川 司[1]、山中 勤[2]、佐々木 明彦[3]、黒雲 勇希[1]、西村 基志[1]、清水 啓紀[1]、鈴木 啓助[4] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、4.信州大学理学部)

### [MIS20-P05] 横尾岩小屋モレーンより低位置で発見された氷河性堆積物の可能性をもつ岩屑

*石橋 真那美[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3] (1.専修大学・学部、2.専修大学、3.日本ジオサービス株式会社)

### [MIS20-P06] 白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化

*杉山 博崇[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[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.防災科学技術研究所)

### [MIS20-P07] 乗鞍岳の源流域における大気沈着および表面流を介した化学物質の挙動

*清水 啓紀[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.国士舘大学文学部地理学教室、3.信州大学理学部)

### [MIS20-P08] 飛騨山脈，立山カルデラの重力断層の過去55年間の活動状況

*福井 幸太郎[1]、飯田 肇[1] (1.立山カルデラ砂防博物館)

### [MIS20-P09] 上高地・槍-穂高連峰の高山帯・亜高山帯山岳池沼における底生動物の集団構造と遺伝構造

*井上 恵輔[1]、東城 幸治[1] (1.国立大学法人信州大学理学部理学科生物学コース)

### [MIS20-P10] 森林限界の樹木4種における細根系の水および炭素利用様式の解明

*矢原 ひかり[1]、東 若菜[2]、鎌倉 真依[2]、牧田 直樹[1] (1.信州大学総合理工学研究科、2.京都大学農学研究科)

### [MIS20-P11] 可視　近赤外分光反射率画像を用いた樹木細根の樹種間差と根特性の評価

*谷川 夏子[1]、中路 達郎[3]、小畠 実和[2]、牧田 直樹[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、3.北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)

### [MIS20-P12] 上高地における冷気湖形成の熱収支解析

*小山 紗莉[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3] (1.信州大学大学院総合理工学研究科、2.信州大学大学院総合工学系研究科、3.信州大学理学部)

[MIS20-P13] 9世紀後半に発生した赤石山地ドンドコ沢岩石なだれの堰き止め湖沼堆積物中における材化石群の発見とその意義

*木村 誇[1]、山田 隆二[1]、苅谷 愛彦[2] (1.防災科学技術研究所、2.専修大学)

[MIS20-P14] 大雪山国立公園においてどのような高山植物が訪問者を引き付けるのか

*雨谷 教弘[1]、豆野 皓太[1,2]、小熊 宏之[1]、久保 雄広[1] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

[MIS20-P15] 山形県月山における雪氷藻類による彩雪現象の時空間分布とその決定要因

*鈴木 拓海[1]、竹内 望[1]、高橋 翼[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P16] 山形県月山におけるセッケイカワゲラの種と食性に関する研究

*米地 梨紗子[1]、竹内 望[1] (1.千葉大学)

[MIS20-P17] 2017年8月4日にラダック，アチナータン村で生じた氷河湖出水

早乙女 真穂[2]、*奈良間 千之[1]、櫻井 尚輝[2] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科)

[MIS20-P18] 空撮画像を用いたケニア山における最近の氷河変動

*奈良間 千之[1]、有江 賢志朗[2]、水野 一晴[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然科学研究科、3.京都大学大学院文学研究科)

# 天城火山南東部・白田川流域における更新世後期以降の段丘地形と地すべり地形の発達

# Development of fluvial terraces and landslides since the late Pleistocene in the Shirata River basin, southeastern side of Amagi Volcano, Izu Peninsula, Japan

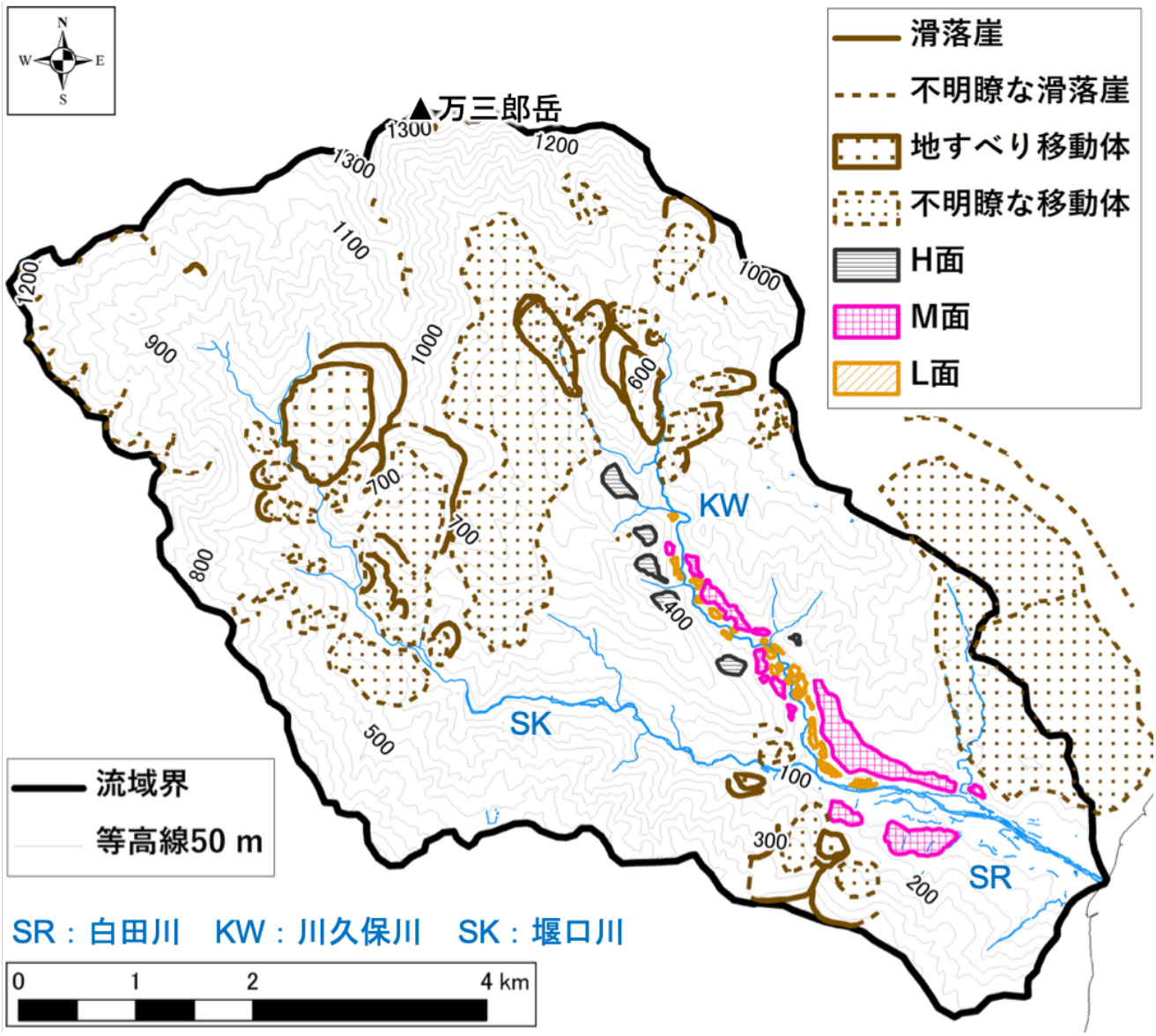
*徳本 直生[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]
*Nao Tokumoto[1], Yoshihiko Kariya[2], Kuniyasu Mokudai[3]

1. 専修大学・学、2. 専修大学、3. 日本ジオサービス
1. Undegraduate, Senshu Univ., 2. Senshu Univ., 3. Japan Geoservice Inc.

伊豆半島の天城火山は，その南東麓を流れる白田川とその支流により著しく開析されている．白田川流域では段丘地形が発達し，最上流部には大規模地すべり移動体も分布する．本研究では，これらの地形の特性を明らかにし，最近数万年間の発達史を編んだ．【段丘地形】白田川河口から1.5〜5 km付近で段丘地形が特に発達する．段丘面は高位からH，MおよびL面に区分される．H面は現河床との比高が140〜150 m と大きいが，分布は狭い．段丘面構成層は確認中である．M面は比高50 m前後で，3面のうち面積が最も大きい．構成層は亜角礫・亜円礫を主とし，淘汰はきわめて悪い．L面は比高が数m〜30 mと小さく，面は細分可能である．構成層はM面と同様である．【地すべり地形】白田川支流の川久保川と堰口川の上流部に，それぞれ大規模地すべり移動体が分布する（1.9 $km^2$，9.5×$10^7$$m^3$および1.4 $km^2$，7.3×$10^7$$m^3$）．【地形編年】M面は東伊豆単成火山群・堰口スコリア丘から噴出したテフラ層(19 ka)や火山灰土に覆われる．このテフラ層の下位には段丘面構成層まで100 cm以上の風成層（約14 ky相当）が挟まれることから，M面の離水は33 ka頃かそれ以前と推定される．これは，M面の投影縦断面延長部が河口の数100 m上流で現海面以低となることと調和的である．【地形発達史】地形や構成層からみてM面は土石流性堆積段丘と判断される．L面はM面と同様の構成層をもつので，M面離水後に生じた侵食段丘である．段丘面の分布形態や傾斜方向から，M面の形成にあづかった土砂（土石流）の供給源は上流の地すべり地と考えるのが妥当である．白田川流域の地形発達史は次のようになる．1）天城火山の活動中から終了後にかけて，基盤岩と天城火山体を刻む深い開析谷が形成された．2）その際，谷の上流域で大規模地すべりが発生し，大量の不安定な土砂が生産された．3）土砂は土石流となって流下し，谷を埋めてM面を形成した．最終氷期後半の低海面期にあたる可能性がある．4）晩氷期以降，日本列島の多雨化，流域の土砂供給量の減少および海面の上昇に伴って白田川中流部で下刻が生じ，M面が段丘化した．5）下刻の進行でM面の下位にL面が形成された．6）川久保川に比べて堰口川で段丘の発達が乏しいのは，後者の方が土砂運搬量が少なかったことが主因であろう．同川上流の地すべりの発生年代が新しいことや，移動体の解体（二次移動）が不活発なことが想定される．

キーワード：最終氷期、堆積段丘、侵食段丘、地すべり、テフロクロノロジー
Keywords: the last glacial period, fill terrace, erosional terrace, landslide, tephrochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 中部山岳地域における気温と積雪深の変動
# Variation trends of air temperature and snow depth in the Japanese Alps

*鈴木 啓助[1]、佐々木 明彦[2]
*Keisuke Suzuki[1], Akihiko SASAKI[2]

1. 信州大学理学部、2. 国士舘大学文学部
1. Faculty of Science, Shinshu University, 2. Faculty of Literature, Kokushikan University

山岳地域は、温暖化などの地球規模での環境変動に敏感に反応する。そのため、地球温暖化の影響が山岳地域の気象に如何に影響するかを検討することは重要である。信州大学では、中部山岳地域の14カ所において気象観測を実施している。それによって得られたデータから、中部山岳地域における気温と積雪深の変動を報告する。

キーワード：地球温暖化、気象観測
Keywords: global warming, meteorological observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山形県月山の積雪中に見られた高密度のクマムシ
# Abundant tardigrades found in snow pack in Mt.Gassan in Yamagata Prefecture, Japan

*小野 誠仁[1]
*MASATO ONO[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

クマムシは，緩歩動物門に分類される微小な無脊椎動物である．クマムシは極限環境耐性を持つことが知られており，体を小さな樽のように縮ませ無代謝状態(乾眠状態)になることで，高温や低温，高圧，放射線などに耐えることができる．山岳域からも生息が報告されており，日本では富士山や富山県の山岳をはじめとした，全国各地の山岳地のコケ中で報告されている．日本国内の高山帯では、冬の季節風の影響による多量の降雪がある．このような多雪地帯では，融雪期には藻類や昆虫類などの多様な生物が生息していることが明らかになっているが，積雪中のクマムシに関する報告はほとんどない．そこで本研究では，未だ報告の少ない日本国内の積雪中におけるクマムシの存在を明らかにすることを目的とした．

調査は山形県の月山の樹林帯で行った．月山は冬季に多量の積雪のある地域であり，日本有数の豪雪地帯である．調査は2018年4月から10月にかけて，積雪期に3回，無雪期に1回の計4回行った．樹林帯の積雪表面のサンプルを顕微鏡で観察した結果，ヤマクマムシ属のクマムシが多数含まれていることが明らかになった．積雪中からは，ヤマクマムシ属の1種のみが観察されたのに対し，積雪周辺の樹木のコケ中からはチョウメイムシ属の1種を含めた計2種が，秋の無雪期の樹木のコケ中にはさらに別の種を含めた計6種が観察された．このことは，積雪中で観察された1種は，低温環境で活動可能で，積極的に積雪中を生息場所とする種であることを示唆している．積雪中のクマムシの個体密度を求めた結果，雪氷藻類の繁殖する緑雪に個体が集中していることが明らかになった．クマムシは，藻類が含まれない白雪では全く観察されなかったのに対し，藻類が繁殖している緑雪では，平均$7.1\times10^{3}$ ind $L^{-1}$であった．クマムシの体長分布は5月から6月にかけて個体群全体で大きくなることを示し，クマムシの幼体は無雪期のコケ中でのみで観察された．以上のことから，このクマムシは，緑雪を形成する雪氷藻類を餌として積雪内で成長し，無雪期には樹木のコケ中で繁殖していると考えられる．このクマムシは，1年を通じてコケ中で生活する山岳地域のクマムシとは異なり，季節積雪を積極的に利用する生活史を持つ種であると考えられる．

キーワード：クマムシ、山岳地帯、積雪、樹林帯
Keywords: Tardigrada, mountain, snow, forest

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 中部山岳地域における降水安定同位体比の変動要因
# Variation of stable isotope ratios of precipitation in the Japanese Alps Region

*桂川 司[1]、山中 勤[2]、佐々木 明彦[3]、黒雲 勇希[1]、西村 基志[1]、清水 啓紀[1]、鈴木 啓助[4]
*Tsukasa Katsuragawa[1], Tsutomu Yamanaka[2], Akihiko SASAKI[3], Yuki Kurokumo[1], Motoshi NISHIMURA[1], Shimizu Hironori[1], Keisuke Suzuki[4]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、2. 筑波大学生命環境系、3. 国士舘大学文学部史学地理学科　地理・環境コース、4. 信州大学理学部
1. Graduate School of Science and Technology,Shinshu University, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 3. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 4. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

中部山岳地域の9地点（長野，松本，諏訪，大町，菅平，乗鞍，上高地，志賀高原，西穂高）において2011年1月から2016年12月にかけて１ヶ月ごとに降水試料採取をするとともに気象観測を行った．採取した水試料は実験室に持ち帰り安定同位体比分析を行い，D，$^{18}$Oを求め，さらにd-excessを算出した．$^{18}$Oは採取量による加重平均を行い月平均値とした．月平均値を求めて$^{18}$Oの季節変動を検討した結果，$^{18}$Oは春季と夏季にピークを示す2山型の変動を示した．空間的な変動を調べるため緯度，経度，標高と$^{18}$Oとの決定係数を算出した結果，4月から10月にかけて標高と明瞭な相関を示した．d-excessは冬に高く夏に低くなるというような季節変動を示した．また空間的な変動として，夏季は標高との相関が高くなり，冬季は経度の違いによる変動が主であった．また，この様な変動がもたらされる要因について考察する為，各地点での降水時の気温，降水量，持ち上げ凝結高度（LCL）と降水の$\delta^{18}$Oとd-excessとの相関係数を算出して影響の強さを考察した．$\delta^{18}$Oについては西穂高を除く8地点で気温と正の相関を示した．特に松本，菅平，大町，諏訪，長野の5地点では比較的高い値を示した．降水量との関係については大町，長野，西穂高を除く6地点で弱い負の相関を示した．LCLとの関係については概ね正の相関があり，諏訪，長野で特に高い相関係数が認められた．これらのことから降水中の$\delta^{18}$Oに寄与しているのは気温が主であると考えられ，さらに松本，菅平，大町，諏訪，長野で相関が高かった事から都市部でその影響が強くなっている可能性がある．d-excessは気温，降水量に対し負の相関を示し，LCLとの間には特に有意な関係は認められなかった．特に気温との関係においては強い相関が見られたことから，d-excessの変動に対する寄与は主に気温であると考えられた．

キーワード：降水、同位体
Keywords: precipitation, isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 横尾岩小屋モレーンより低位置で発見された氷河性堆積物の可能性をもつ岩屑

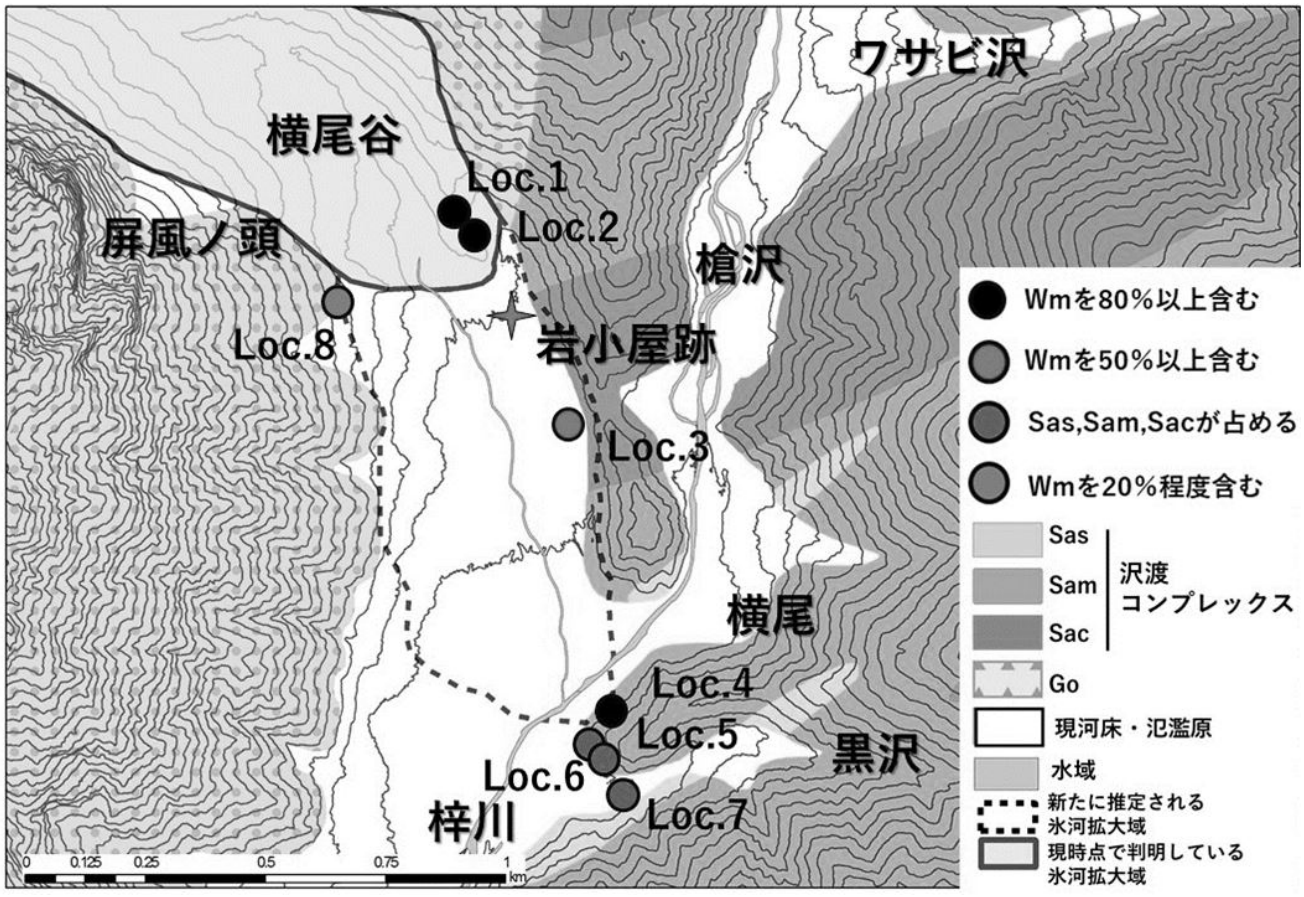
# Probable glacier detritus found at downstream site of the Yokoo moraines in the northern Japanese Alps: its geological characteristics and implications

*石橋 真那美[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]
*Manami Ishibashi[1], Yoshihiko Kariya[2], Kuniyasu Mokudai[3]

1. 専修大学・学部、2. 専修大学、3. 日本ジオサービス株式会社
1. Undergraduate Senshu Univ., 2. Senshu Univ., 3. Japan Geo serivice Inc.

北アルプス・梓川上流において従来知られていた山岳氷河の最前進位置は，五百澤智也が発見した横尾地区の通称「岩小屋モレーン（標高1700 m)」である．演者らは横尾地区で再調査を行い，この地域に全く分布しない火成岩類の礫からなる不淘汰岩屑を発見した．発見地点は岩小屋モレーンより水平距離で約1400 m，標高差で50 m低位側である．分布や円磨度・淘汰度からみて，この岩屑は氷河に運搬された可能性が高い．岩屑の堆積年代は未詳であるが，海洋酸素同位体ステージ4が有力である．その氷河は梓川源流の涸沢や横尾谷を流下し，現在の横尾小屋付近で槍沢を堰き止めていた可能性がある．

キーワード：氷河作用、最終氷期、更新世後期、ティル、日本アルプス
Keywords: glaciations, the Last Glacial age, late Pleistocene, till, Japanese Alps




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化
# Recent Geomorphological changes of rock slopes in Hakuba-Daisekkei

*杉山 博崇[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]
*Hirotaka Sugiyama[1], Chiyuki Narama[2], Hiroshi Inoue[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. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University, 3. National Reserch Institute for Earth Science and Disaster Resilience

白馬大雪渓は，白馬岳に通じる，年間1万人以上の登山者が通過する人気の登山ルートであるが，白馬岳と杓子岳の両岩壁に囲まれており，岩壁で生産される落石や崩落により毎年のように登山事故が起きている（小森, 2006）． 2005年8月には杓子岳北面の岩壁で崩落が生じ，2名の死傷者がでた（苅谷ほか，2008）．さらに2008年8月には大雪渓の左岸斜面で崩落が発生し，登山者2名が犠牲になっている．白馬大雪渓の落石分布はドローンによって調査されている．落石が雪渓上に集中して堆積する場所は決まっており，その季節ごとの礫数は，その年の積雪深により岩盤斜面が露出する時期で異なる（畠・奈良間，2017）．また，大雪渓周辺の落石や崩落で堆積した未固結堆積物は，土石流となり大雪渓表面を流下する事例も報告されている（松元ほか，1998 ; 石井・小疇，1999).

これら土砂移動に関わる地形災害を防ぐには，斜面変化の地形過程を詳細に調査し，そこで生じる岩盤変化や土砂移動の実態を把握することが重要である．そこで，本研究では，ドローンやセスナから取得した空撮画像とSfMソフトを用いて白馬大雪渓周辺の岩壁斜面の3次元地形モデルを作成し，岩盤の崩落箇所を抽出するとともに，その崩落の地形場の特徴を明らかにすることを試みた．また，白馬岳側と杓子岳側の雪渓上の落石を比較し，地質の異なる岩盤から生産された礫のサイズや分布について検討した．

杓子岳側の珪長岩の岩壁では，1976年～2018年の点群データの比較から，2005年に崩落が発生した岩壁の崩落箇所を特定した．2時期の斜面縦断プロファイルから，崩落箇所で，高さ約60m，厚さ約10mの斜面後退を確認した．さらに，この場所では，2016年～2018年の比較から，周囲よりも節理が密に発達した箇所で斜面は後退しており，後退した部分の上部はオーバーハングの形態である．また，岩盤の谷筋に堆積した礫の移動がみられ，谷筋の谷頭部では植生被覆の面積が変化していた．2005年の崩壊によって形成された岩盤基部の堆積提は，その後侵食されているのを確認した．

白馬岳側の珪長質凝灰岩の岩壁では，2011年～2018年の点群データの比較から，後退していた箇所を確認し，実際に2016年6月に現地で崩落を目撃した場所と一致した．また，植生が見られなかった砂礫地においても侵食を確認した．過去のドローン空撮画像をみると，この砂礫地は植物が生育する時期に雪が融け切らず残っている残雪砂礫地であった．杓子岳側谷斜面でみられた谷筋の侵食は，白馬岳側谷斜面では確認されなかった．

白馬岳側と杓子岳側ともに大雪渓上流部に堆積した礫は約２m以下で，礫のサイズ分布に差はないが，杓子岳側のほうが礫数はかなり多く，崖錐が形成されていた．

キーワード：落石、岩盤崩落、白馬大雪渓、空撮、SfM
Keywords: rockfall, rock failure, Hakuba-Daisekkei, aerial-photography, SfM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 乗鞍岳の源流域における大気沈着および表面流を介した化学物質の挙動
# Behavior of inorganic ions in air deposition and surface runoff water in an alpine headwater catchment of Mt. Norikura

*清水 啓紀[1]、佐々木 明彦[2]、鈴木 啓助[3]
*Hironori Shimizu[1], Akihiko Sasaki[2], Keisuke Suzuki[3]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、2. 国士舘大学文学部地理学教室、3. 信州大学理学部
1. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University , 2. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 3. Faculty of Science, Shinshu University

源流域に越年性雪渓を有する環境では，暖候期における融雪水が降水とともに下流域の生態系の水源として重要な役割を担うと考えられるが，水および溶存無機イオンが周氷河環境の高山帯から如何に流出するかについて，国内で観測された事例はない．本研究は，ⅰ）長期的な表面流の水質・水量観測による源流域での融雪・降雨イベントに対する表面流の応答性の解明，ⅱ）暖候期の大気沈着物の化学的特徴の解明による融雪後期の化学物質の大気沈着-地表面流去量の定量化，ⅲ）降雨イベントに対する水質の応答性に基づく地下水の流出過程の検討を目的として，中部山岳地域の乗鞍岳東側斜面の源流域にて2016-2018年に気象・水文調査を実施した．

降雨に対する表面流の応答は，降雨開始直後から表面流形成および流量ピークに至るまでそれぞれ概ね数時間であり，降雨時の地表面流出率は最大7%未満であった．これは周氷河性の岩屑斜面の浸透しやすさと，火山体の粘土層や火山灰層等の内部構造に沿った地下水流動および滲出により表面流が素早い応答性を有すると考えられる．暖候期の降雨および積雪の化学的特徴は，NOや非海塩起源の$SO^2$と強い相関をもつpHを示す酸性雨や，先行研究で示唆された「バックグラウンド黄砂」の乗鞍岳高山帯への影響を暗示した．また，8月以降の化学物質の大気沈着量と地表面流去量の算定結果について降水量の地表面流出率を考慮すると，$Ca^2$は大気沈着量に比べ地表面流去量が多量であり，Clの地表面流去量は大気沈着量に関連するとみられ，一方のNOおよび$SO^2$は相対的に大気沈着量が多量であることが明らかとなった． 地下水流出に関しては，降雨イベント時に酸素安定同位体比が－19‰を示す地表水が採取でき，これは観測期間中の無降雨時の地表水が示す$\delta^1O$値（>－17）に比べ明瞭に小さかった．同年1月に乗鞍岳の標高2000m付近で採取した新雪試料の酸素同位体比が－19‰程度であったことから，融雪初期に涵養した融雪水が少なくとも10月まで地下に貯留され，降雨イベント中，一時的に表面流に寄与していると推定された．この地下水の流出過程は，越年生雪渓の融雪後期における地下水位の低下時に，降雨の浸透水または地下に封入された空気が地下水の押し出しを駆動していると推察される．

キーワード：源流域、大気沈着、越年性雪渓、渓流水質
Keywords: headwater catchment, air deposition, perennial snow patch, stream water chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 飛騨山脈，立山カルデラの重力断層の過去55年間の活動状況
# Activity of gravity faults in the Tateyama caldera, Hida Mountains, during the past 55 years

*福井 幸太郎[1]、飯田 肇[1]
*Kotaro FUKUI[1], Hajime IIDA[1]

1. 立山カルデラ砂防博物館
1. Tateyama Caldera Sabo Museum

日本を代表する巨大崩壊地である立山カルデラの北東縁に位置する室堂山（2668m）周辺には，深層崩壊の予兆現象と考えられる長さ300～500 mの重力断層が複数みられる．この重力断層は，藤井（1997）がカルデラの現成の崩壊地形を代表するものと記載していることや，断層を横切る登山道が年々カルデラ側へ移動していることから，今でも動いている可能性があるが，調査は行われていない．重力断層が大きく動いて深層崩壊が発生した場合，立山カルデラ内を流れる湯川上流部で河道閉塞が起こり，過去に発生したような決壊洪水による災害を富山平野にもたらす可能性がある．本研究では，重力断層周辺でGPS観測点を多数設置して断層の動きの精密な測量を行い，現在，安定しているのか動いているのかを確認した．また，1963、1977、1978、1985、1994、2000、2009，2018年の空中写真判読から過去55年間の重力断層の長さと幅の変化を明らかにした．

キーワード：重力断層、深層崩壊、立山カルデラ
Keywords: gravity fault, Deep-seated landslides, Tateyama Caldera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 上高地・槍-穂高連峰の高山帯・亜高山帯山岳池沼における底生動物の集団構造と遺伝構造

# Community, population and genetic structures of benthic invertebrates in alpine and sub-alpine ponds of the Kamikochi area and the Yari-Hotaka Mountain Ranges

*井上 恵輔[1]、東城 幸治[1]
*Keisuke Inoue[1], Koji Tojo[1]

1. 国立大学法人信州大学理学部理学科生物学コース
1. Biology Department, Faculty of Science, Shinshu University

山岳域には、様々な起源をもつ池沼が点在しており、山岳生態系における重要なハビタットとしての役割を担っていると考えられる。例えば、陸生生物にとっての水飲み場としての機能もあれば、水生昆虫類にとっては貴重な生息ハビタットとしても利用されている。前述の通り、高山帯・亜高山帯の山岳池沼は多様な成因をもつことが特徴で、成因ごとに池沼環境は大きく異なると予想される。環境の相違は生物相の相違にも直結すると考えられるため、池沼の成因や環境が多様であることは山岳域の生物多様性創出に寄与している可能性がある。しかし、特に高山帯における山岳池沼の生物相に関する知見は乏しく、池沼の環境と生物多様性の関係に着目した研究はヨーロッパの高山岳域においては少数の研究事例があるものの、本邦においてはほとんど注目されてこなかった。

中部山岳域には堰止池や氷河池、火口池が存在し、山岳池沼の生物多様性と環境の関係を究明する上での好適地である。そこで本研究では、中部山岳域の上高地-槍・穂高連峰に注目し、水生昆虫相の調査と池沼環境そのものの関連性を追求した。調査の結果、得られたデータを比較・検討するとともにクラスター解析やNMDS解析、CCA解析を試行した。その結果、水生昆虫相のパターンにより、この山岳域の池沼は大きく4グループに区分された。このような水生昆虫相には標高や岸際の草本植物の現存量、池底の砂泥量などが影響していることが明らかとなった。

加えて、同グループに類型化された池沼間では、互いに環境要因が類似している傾向がみられた。これらの結果から、山岳池沼の水生昆虫相は池沼環境によって異なることが明らかとなり、多様な環境をもつ山岳池沼は山岳域の生物多様性創出に重要な役割をもつ可能性がある。これら群集生態学的な解析に加え、本研究では、これらの山岳池沼に生息する水生昆虫類が、どの程度移動分散しているのか？ にも注目し、移動や分散の方向性や強度などを種群ごとに検討するような遺伝子解析にも着手した。今回の発表では、その第一段階として調査池沼において比較的数多く採集されたオンダケトビケラ*Pseudostenophylax ondakensis*、アミメトビケラ*Oligotricha fluvipes*、マメゲンゴロウ*Agabus japonicus* を対象にし、DNAバーコーディング領域（mtDNA COI領域）の遺伝子解析を実施した。その結果、多くの種内系統が報告されているオンダケトビケラにおいては、調査対象とした池沼それぞれの系統を把握できたことに加え、今まで本地域（上高地・槍-穂高地域）では未検出であった系統の存在が確認された。また、マメゲンゴロウにおいては、北海道や長野県他地域と同系統の個体に加え、遺伝的には異なる系統の個体が一部の調査池沼に存在していることが明らかとなった。

キーワード：山岳池沼、生物多様性、群集生態学
Keywords: Alpine pond, Biodiversity, Community ecology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 森林限界の樹木4種における細根系の水および炭素利用様式の解明
# Water and carbon use of fine root in four tree species at the forest limit

*矢原 ひかり[1]、東 若菜[2]、鎌倉 真依[2]、牧田 直樹[1]
*Hikari Yahara[1], Wakana Azuma[2], Mai Kamakura[2], Naoki Makita[1]

1. 信州大学総合理工学研究科、2. 京都大学農学研究科
1. Graduate School of Science and Technology Shinshu University, 2. Graduate School of Agriculture Kyoto University

細根は，樹木の生存に欠かせない養水分の吸収を担っている．山岳域における樹木の生存境界である森林限界は，低温，乾燥および冬季の土壌凍結などにより樹木にとって水利用が厳しい環境である．根は樹種の系統や共生菌の違いによって生存戦略が異なることが示唆されていることから，森林限界に生育する種間で水および炭素の利用における戦略の違いがあると考えた．本研究では，森林限界に生育する樹木の細根系の水吸収・輸送を解明するため，乗鞍岳の森林限界である標高2,500 mに優占する落葉広葉樹のナナカマド(*Sorbus commixta*)およびダケカンバ(*Betula ermanii*)，常緑針葉樹であるオオシラビソ(*Abies mariesii*)およびハイマツ(*Pinus pumila*)の細根系の透水性，日中の水ポテンシャル，呼吸，形態特性および解剖特性を評価した．4樹種の根透水性の値の範囲は1.17～4.02×$10^{-4}$ m $s^{-1}$ $MPa^{-1}$で有意な種間差がみられ，ハイマツが他の3樹種よりも有意に高かったことから，ハイマツは水を通しやすい根をもっていることが明らかになった．4樹種の日中の水ポテンシャル値の範囲は-0.20～-0.12 MPaであり，種間差はみられなかったが，日中の水ポテンシャルの最小値はハイマツの根で最も低かった．ハイマツの根は，P-V曲線法による予備的な調査結果から浸透調節能が高いことも示唆されており，日中水ポテンシャルを下げることで積極的に吸水を行っている可能性が考えられた．本発表では，根呼吸，根形態および根解剖特性と根水分特性の関係性も踏まえて考察する．

キーワード：水分生理、細根、透水性、日中水ポテンシャル、森林限界
Keywords: water relations, fine root, hydraulic conductivity, daytime water potential, forest limit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 可視近赤外分光反射率画像を用いた樹木細根の樹種間差と根特性の評価
# Visible-near infrared spectral reflectance explains variations in fine root traits of woody species

*谷川 夏子[1]、中路 達郎[3]、小畠 実和[2]、牧田 直樹[2]
*Natsuko Tanikawa[1], Tatsuro Nakaji[3], Miwa Kobatake[2], Naoki Makita[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、3. 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
1. Graduate School of Science and technology, Shinshu University, 2. Faculty of Science, Shinshu University, 3. Field Science Center for Northern Biosphere

一般に可視-近赤外波長の連続分光反射率の測定は、植物体の色素や有機物などの化学組成や細胞の成長段階を反映するため、葉や果実において非破壊かつ多角的な評価を可能にしている。しかし森林土壌の物質循環に関わる樹木細根において連続分光反射率を用いた研究は少ない。本研究では、分光技術を細根研究に応用し、吸収機能や根寿命と関わる根特性と反射率の関係から、細根の反射率が表現する根の性質を明らかにすることを目的とした。対象樹種は、北海道大学苫小牧研究林における高木種の20樹種とした。対象木から根系を辿り、細根系を採取した。洗浄後、細根系を3直径階級(0-0.5mm、0.5-1.0mm、1.0-2.0mm)に分け、458-2391nm (4.1-5.8nm刻み、376バンド)の連続分光反射画像を撮影した。その後、各直径階で形態(平均直径、比根長、根組織密度)、化学(炭素、窒素濃度)および解剖(中心柱面積、皮層面積)を測定し、連続分光反射率との関係を解析した。20樹種の根系の連続分光反射率は、いずれの直径階級においても4つの山型のピークを持つ曲線を示した。458-1400nmの波長帯では、直径が大きいほど反射率が高い傾向がみられた。一般的に測定物質の厚みが増すほど反射率は高くなる傾向みられるが、樹種ごとに現れた反射率の変化の違いからも反射率は20樹種間でも異なった。さらに反射率と樹種間で異なる根特性の関係を考察し、分光技術による細根の多角的な評価を行う予定である。

キーワード：根直径、解剖、形態、化学
Keywords: root diameter, anatomy, morphology, chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 上高地における冷気湖形成の熱収支解析
# Heat Balance Analysis of Cold Air Pool Formation in Kamikochi

*小山 紗莉[1]、西村 基志[2]、鈴木 啓助[3]
*Sayuri Koyama[1], Motoshi NISHIMURA[2], Keisuke Suzuki[3]

1. 信州大学大学院総合理工学研究科、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. Graduate school of science and technorogy, Shinshu University, 2. Interdisciplinary Graduate school of Science and Technology, Shinshu university, 3. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

上高地（1490 m），岳沢（1600 m，1700 m，1800 m），西穂高岳（2355 m）において，気象観測および熱収支解析を行い，冷気湖の形成機構について明らかにした．観測対象期間は2016年12月6日～2017年5月4日と2017年11月17日～2018年4月16日の上高地の積雪期である．

本研究ではDorninger *et al.*（2011）を参考に，観測期間に発生した冷気湖を，静穏な発達，遅い形成，早期の解消，混合イベント，短時間の全層の気温上昇，上層の乱れ，下層の乱れ，短時間の冷気湖，の8種類の冷気湖イベントに分類した．

冷気湖イベントが2017年4月に28回，2018年3月に27回発生した．しかし混合イベント，短時間の全層の気温上昇，上層・下層の乱れは2016/17年，2017/18年ともにほとんど発生しなかった．これは上高地が，乱流が発生しにくい地形であるためと考えられる．

静穏な発達，遅い形成，早期の解消は，冷気湖が形成された時間と解消された時間が異なった．これらは冷気湖が形成されている間，顕熱・潜熱フラックスは0 W $m^{-2}$であった．混合イベント，短時間の全層の気温上昇，上層の乱れは，冷気湖で発生した気温上昇の深さ，あるいはその気温の上昇量に差異があった．顕熱・潜熱フラックスについて混合イベントは5.0 W $m^{-2}$以上，短時間の全層の気温上昇は0.5 W $m^{-2}$以上，上層の乱れは0 W $m^{-2}$であった．下層の乱れは，盆地の底部付近において短時間の気温上昇が発生したイベントである．形成時間が6時間以内の冷気湖は短時間の冷気湖に分類された．これら冷気湖イベントは雲の発生と風による乱流の発生が大きく関与し，雲や風の発生時刻と継続時間，乱流の強度が主な要因と考えられる．

キーワード：冷気湖、熱収支
Keywords: Cold air pool, Heat balance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 9世紀後半に発生した赤石山地ドンドコ沢岩石なだれの堰き止め湖沼堆積物中における材化石群の発見とその意義

# A finding of fossil trees buried in dammed-lake deposits formed by the Dondokosawa rock avalanche of the late 9th century in the Akaishi Mountains, and its significance

*木村 誇[1]、山田 隆二[1]、苅谷 愛彦[2]
*Takashi Kimura[1], Ryuji Yamada[1], Yoshihiko Kariya[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 専修大学
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Senshu University

赤石山地地蔵ヶ岳東面で発生した岩石なだれはドンドコ沢本川を3.6 km以上流下し，ドンドコ沢右支川と大棚沢の河道を閉塞して堰き止め湖沼を形成した（苅谷，2012；木村ほか，2018a）。これら2箇所の堰き止め湖沼・氾濫原堆積物中からは多数の材化石が発見された。Yamada *et al.*（2018）が酸素同位体比年代測定法を用いて材化石2個体（樹齢350年以上のヒノキ1個体と樹齢300年以上のツガ属1個体）の枯死年代を測定した結果，AD885年以降数年以内およびAD888年という年代値が得られた。これにより，ドンドコ沢岩石なだれは巨大海溝型地震の仁和地震が生じたAD887年か，その数年後以内に発生したことが明らかになりつつある。これらの材化石群の発見は，赤石山地周辺の古環境を知る上でも重要な意義をもつ。本発表では，先行研究（木村ほか，2018b, 2019）で同定した材化石試料41点の樹種組成により示された９世紀後半頃のドンドコ沢および大棚沢流域における古植生の特徴を報告する。

試料採取地はLLDおよびULDと命名した上述2箇所の堰き止め湖沼・氾濫原堆積物露頭である。LLDはドンドコ沢本川と大棚沢との合流点付近にあり，上流の集水面積は8.81 $km^2$，標高は1220～2780 mに及ぶ。ULDはドンドコ沢右支川の谷出口付近にあり，上流の集水面積は1.17 $km^2$，標高は1470～2630 mに及ぶ。2012年4月～2017年10月の期間に計41点（LLDで24点，ULDで17点）の材化石試料を採取し，各試料の樹種同定を行った。LLDで採取した試料24点には，ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）8点，ツガ属（*Tsuga*）7点，サワラ（*Chamaecyparis pisifera*）3点，カバノキ属（*Betula*）2点，カラマツ（*Larix kaempferi*），モミ属（*Abies*），トウヒ属（*Picea*），サワグルミ（*Pterocarya rhoifolia*）各1点が含まれていた。ULDで採取した試料17点には，ツガ属（*Tsuga*）8点，モミ属（*Abies*）4点，カラマツ（*Larix kaempferi*），ヤナギ属（*Salix*）各2点，ツツジ属（*Rhododendron*）1点が含まれていた。ツガ属はLLDで7点，ULDで8点産出し，それぞれの地点における採取試料の約29～47%を占めていた。また，ULDで出現しなかったヒノキ属2種（ヒノキ，サワラ）がLLDでは計11点産出し，採取試料の約46%を占めていた。

以上は限られた試料数の中での結果だが，ドンドコ沢岩石なだれが発生した9世紀後半頃，LLDが形成された大棚沢では樹齢350年を超えるヒノキおよびツガ属優占の老齢林が成立しており，もう一方のULDが形成されたドンドコ沢右支川では樹齢300年を超えるツガ属優占の老齢林が成立していたことが推定される。隣接する2流域でヒノキ属2種の出現頻度に顕著な差があった点は，当時よりヒノキ属2種の分布が大棚沢流域にとどまり，ドンドコ沢上流域には及んでいなかった可能性を示すものである。

引用文献：苅谷（2012）地形33, 297-313；木村ほか（2018a）日本地すべり学会誌55, 42-52；木村ほか（2018b）2018年日本地球惑星科学連合大会 MGI25-P09；木村ほか（2019）第四紀研究58, 65-72；Yamada et al. (2018) Quaternary Geochronology 44, 47-54.

キーワード：赤石山地、岩石なだれ、堰き止め湖沼、材化石、古環境
Keywords: Akaishi Mountains, rock avalanche , dammed-lake, fossil trees, paleoenvironment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 大雪山国立公園においてどのような高山植物が訪問者を引き付けるのか
# What alpine plants attract visitors in the Daisetsuzan national park, northern, Japan?

*雨谷 教弘[1]、豆野 皓太[1,2]、小熊 宏之[1]、久保 雄広[1]
*Yukihiro Amagai[1], Kota Mameno[1,2], Hiroyuki Oguma[1], Takahiro Kubo[1]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Hokkaido University

北海道の大雪山国立公園は年間約500万人の利用がある観光地で、その見どころの一つに広大なお花畑がある。高山植物は亜種・変種を含む365種（うち、日本固有種を27種含む）が生育するが、気候変動の影響により、過去数十年間でチシマザサ・ハイマツの顕著な増加や植物種・群落組成の変化が生じていることが報告されている。このような背景から、高山帯の多様性保全の為、保護区の選定・各植物種と植物群落ごとの脆弱性評価・その評価を踏まえた保護区における適応策の施行は急務の課題となっている。また、このような高山植物の衰退は観光業など地域経済に対しても打撃を与えうるため、生態学的知見のみならず、国立公園の訪問者や地域住民の選好を加味した適応策が求められる。そこで、本研究は高山植物の持つ観光資源としての価値を、保全のための一つの指標として組み込むための基盤情報として収集することを目的に、高山植物種に対する国立公園の訪問者の選好を明らかにした。

大雪山系の森林限界は標高約1400－1700ｍであるが、大雪山系最高峰の旭岳には山麓から標高1600mに位置する姿見駅まで手軽にアクセスできるロープウェイがあり、高山植物を手軽に観察できる観光地となっている。本研究では、姿見駅を訪問した全ての訪問者を対象として、興味を引いている植物種を明らかにするためのアンケート調査を実施した。調査票は、2018年8月の6日間で1201部配布し、後日郵送にて451部回収した。調査票には、植物の写真（20種）を掲載し、見たいと思う植物全てに〇をつけてもらったほか、大雪山国立公園への訪問経験（リピーターか否か）、性別、年齢、在住場所（道内外）についての設問を設置した。写真を掲載した植物種は、生育環境や生活形、花の色のばらつきを考慮し、代表的な高山植物18種（エゾコザクラ、エゾノハクサンイチゲ、チシマギキョウ、ワタスゲ、ホソバノウルップソウ、イワイチョウ、キバナシオガマ、エゾツツジ、チシマノキンバイソウ、チングルマ、コマクサ、イワブクロ、コエゾツガザクラ、ナガバノモウセンゴケ、エゾイワツメクサ、クモマユキノシタ、ミネハリイ、リシリリンドウ）と拡大が明らかとなっているハイマツ・チシマザサである。

分析の結果、本研究で扱った植物20種の選好順序は、最も高い方からチングルマ、リシリリンドウ、エゾコザクラとなり、最も低い方からミネハリイ、チシマザサ、ハイマツとなった。また、大雪山国立公園への訪問回数や個人属性の選好に対する影響に関して、リピーターは初めての訪問者よりもチングルマ・コマクサをより好む傾向があった。また、男性よりも女性の方が、若年層より高年層の方が、植物全体に対する選好が高い傾向が得られた。

次に、本研究で扱った植物20種の写真から、訪問者が興味を持つ高山植物の特徴を一般化するために、植物を花の形質（写真で花がついている15種）と全体の形質（20種）特徴に着目し、一般化線形モデル（GLM）の二項分布により解析を行った。その結果、花の形質においては、花序は扁平で、花数は少なく、色はピンク＞紫＞白≧黄色の植物において選好が高くなることがわかった。また、全体の形質においては、葉は光沢をもち、葉のサイズは小さく、植物高は低く、鋸歯が大きい植物が、訪問者からより好まれる傾向が得られた。

以上の結果から、訪問者は、高山植物の中でも特にチングルマを高く評価しており、チングルマは特に重要な観光資源であることが伺える。チングルマは東日本の高山帯に広く生育しており大雪山系の固有種ではない

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

が、本研究の結果より登山道沿いに大群落を形成するチングルマは、大雪山系のお花畑のイメージを代表しているといえる。さらに、チシマザサやハイマツが低評価であったことを踏まえると、リピーターの確保など国立公園における持続的な観光を考える上で、チシマザサとハイマツの拡大の影響を抑え、チングルマをはじめとする広域のお花畑の面積を維持することの必要性が示唆された。また、訪問者に好まれうる高山植物の特徴と、GLMによる形質の選好値から順位付けの結果より、背丈が低く・花数が少ないなどの特徴を選好していたことから、矮小な高山が訪問者の興味を引いていることが示唆された。一方で、このような観光資源として重要と考えられる種は、必ずしも希少で優先的な保全が必要な種とは一致していないこともわかった。このことから、観光資源と生物多様性のバランスを考えた保全が必要であることが明らかとなった。

キーワード：高山、人と植物の相互作用、選好、植物の形質、気候変動、保全
Keywords: Alpine, People-plant interactions, Preference, Plant morphology, Climate change, Conservation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山形県月山における雪氷藻類による彩雪現象の時空間分布とその決定要因
# Spatio-temporal variations of algal snow in Mt. Gassan, Yamagata prefecture, Japan

*鈴木 拓海[1]、竹内 望[1]、高橋 翼[1]
*Suzuki Takumi[1], Nozomu Takeuchi[1], Tsubasa Takahashi[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

山形県の月山山麓の樹林帯の積雪では, 雪上で繁殖する藻類によって, 赤や黄, 緑色に彩られた雪がよく見られる．このような彩雪現象の色や分布は, 積雪表面の物理的または化学的条件が関与していると考えられている．例えば，南極の積雪では，栄養塩濃度が高い富栄養環境では緑色の色素を持つ藻類が繁殖し, 反対に貧栄養環境では赤色の色素を持つ藻類が繁殖するということが知られている. しかしながら，日本国内の山岳地域の彩雪現象の時空間分布とその決定要因については，まだわかっていない．そこで本研究では, 彩雪現象の分布とその要因を明らかにするために, 融雪期の月山の積雪において，藻類バイオマスやその種類，栄養塩濃度の季節変化と高度分布について調査を行った.

積雪の採取は, 2018年5月から6月の間, 月山の前山・姥ヶ岳の南側の尾根沿いの標高800mから1500mまでの7地点で2回にわたって行った．各場所で雪面から1cm程度までの積雪をランダムに一地点から適量採取した. 試料はワールパックに入れ, 研究室に持ち帰った後解凍した. 解凍した雪は, 蛍光光度計によってクロロフィル*a*量を，分光光度計によって抽出色素のスペクトルを，イオンクロマトグラフィー法によって溶存化学成分の測定を行った. また, 解凍した雪の一部は適宜顕微鏡で観察した.

姥ヶ岳南側の尾根沿いの高度別の調査の結果，５月は緑雪のみが観察され，６月になると森林限界よりも上部で赤雪，森林限界よりも下部で橙雪が多く見られた．サンプルから抽出した色素の吸光スペクトルを分析した結果，５月，６月ともに二種類の波形が見られた．５月はどのサイトでも，大きな吸収は見られなかった．一方，６月は，森林限界より上部と下部において波形がわかれ，どちらも５月に比べて大きな吸収が見られた．彩雪中の藻類バイオマスは5月から6月にかけて，標高の違いによらず増加した．藻類の繁殖に必要な栄養塩である，硝酸イオンとリン酸イオンの濃度は，標高による違いはなかったが，５月に比べて６月の濃度は低かった．以上の結果から，積雪表面の栄養塩濃度の低下，および樹木の有無が，繁殖する藻類に影響し，それぞれ異なる色の着色現象を引き起こしている可能性が示唆された．

キーワード：雪氷藻類
Keywords: snow algae

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 山形県月山におけるセッケイカワゲラの種と食性に関する研究
# Feeding of a wingless stonefly living on snow surface in Mt. Gassan, Yamagata prefecture, Japan

*米地 梨紗子[1]、竹内 望[1]
*Risako Yonechi[1], Nozomu Takeuchi[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

雪氷環境には，雪氷生物と呼ばれる寒冷環境に適応した特殊な生物で構成される生物群集が存在する．日本の積雪上では，雪氷藻類と呼ばれる光合成微生物が繁殖し，その生産に支えられた動物やバクテリアが生息している．その雪氷生物の一つ，セッケイカワゲラは，積雪上で活動する昆虫の一種である．この昆虫は，一般的なカワゲラと同じように幼虫は河川で過ごす水生昆虫であるが，成虫は翅を持たないという特徴をもち，冬から春にかけて積雪上に現れる．日本でみられるセッケイカワゲラは，形態的な分類よって1科2属（*Apteroperla*属，*Eocapnia*属）30種に分けられている．セッケイカワゲラは，複数の種が同時に同じ積雪上で活動することが報告されているが，種や属による活動域や活動時期，食物の違いなどの詳しい生態はまだ明らかになっていない．そこで本研究では，多雪地帯で知られる山形県月山の積雪上で活動するセッケイカワゲラについて，属や種による分布域および食性の違いについて明らかにすることを目的とした．

調査は2018年4月，5月，6月の各月に1回ずつ行った．月山山域の姥ヶ岳（標高1487m）頂上付近から月山スキー場周辺（標高1130m）および志津野営場（標高770m）にかけて，計13地点の積雪表面でセッケイカワゲラの採集を行った．採取個体は千葉大学に持ち帰った後，顕微鏡を用いて形態に基づく種同定を行った．その後，各個体は乾燥器を用いて60℃で24時間以上乾燥させ，乾燥重量で約0.3mgの脚・触覚・尾・頭部を用いて，炭素窒素安定同位体比の分析を行った．分析は地球研の元素分析計，安定同位体比質量分析計を用いて行った．

採取した雄50個体を2属に分類したところ，*Aperoperla*属は標高1000mよりも高い場所に、*Eocapnia*属は低い場所に分布していることが分かった．セッケイカワゲラの$\delta^{15}$Nは，*Aperoperla*属と*Eocapnia*属では，有意な違いはなかった（1.10～0.95‰ versus -1.63～1.05‰）．このことは，2属の栄養段階はほぼ等しいことを示している．一方，$\delta^{13}$Cも2属の平均に有意な違いはなかったが（-26.2‰ versus -25.7‰），*Aperoperla*属の$\delta^{13}$Cは*Eocapnia*属に比べ，分散が小さいことが明らかになった（0.29‰ versus 3.00‰）．このことは，*Aperoperla*属は限られた食性を持つ一方，*Eocapnia*属は様々なものを食べる広い食性を持っていることを示唆している．

キーワード：昆虫、山岳域、雪氷生物学
Keywords: insect, alpine, ice biology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 2017年8月4日にラダック，アチナータン村で生じた氷河湖出水
# Drainage from glacial lake in Achinathang village, Ladakh Range on 4 August 2017

早乙女 真穂[2]、*奈良間 千之[1]、櫻井 尚輝[2]
Maho Saotome[2], *Chiyuki Narama[1], Naoki Sakurai[2]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然科学研究科
1. Niigata University, Program of Field Research in the Environmental Sciences, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

インド北西部に位置するヒマラヤ西部のラダック山脈では，近年氷河湖からの出水で生じた洪水被害が多数報告されている．この地域の氷河湖は，巨大な氷河湖を有するヒマラヤ東部（ブータンとネパール東部）の氷河湖決壊洪水とは異なり，氷河湖は非常に小規模であるがその被害は大きい特徴をもつ．2017年8月4日，ラダック山脈北西部に位置するアチナータン谷において，大規模な土石流が発生した．当日の降雨はなく，数十回も及ぶ間欠性の段波が流下した瞬間を多くの村人が目撃した．この災害では，男女合わせ4名の死者がでており，橋の全壊，インダス川沿いの畑や店の沈水などの甚大な被害がでている．土石流の翌日に村人が氷河湖を訪れ，土石流の誘因は谷の上流に位置する氷河湖の出水であることはわかっているが，どのようにして出水し，大規模な土石流に発達したかという詳細な情報は不明である．そこで本研究では，現地調査（2017年と2018年）と衛星画像解析からアチナータン谷で発生した氷河湖出水と土石流の発生・発達の詳細を明らかにすることを試みた．

衛星画像解析の結果，氷河湖の面積は2016年11月14日に0.003km²であったが，2017年7月7日に0.012km$^2$，7月27日に0.022km$^2$まで拡大し，出水後の8月18日に0.01km$^2$まで減少している．2017年の春～初夏にかけて氷河湖の体積は162,000m$^3$増加し，そのうちの7割は7月7日～27日の20日間で増加しており，156,000m$^3$の湖水が出水した．現地調査では，氷河湖前面の埋没氷を含むモレーン内部に発達するアイストンネルを確認し，この氷河湖は短期間で拡大・出水した短命氷河湖であり，氷河前面のモレーン内部に発達したトンネルを通って湖水が出水していた．

キーワード：氷河湖、氷河湖決壊洪水、土石流、ラダック山脈
Keywords: glacial lake, glacial lake outburst flood (GLOF), debris flow, Ladakh Range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 空撮画像を用いたケニア山における最近の氷河変動
# Recent glacier variations at Mt. Kenya using aerial digital image

*奈良間 千之[1]、有江 賢志朗[2]、水野 一晴[3]
*Chiyuki Narama[1], kenshiro Arie[2], MIZUNO KAZUHARU[3]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然科学研究科、3. 京都大学大学院文学研究科
1. Program of Field Research in the Environmental Sciences, Niigata University , 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Graduate School of Letters, Kyoto University

アフリカの山腹氷河は，東アフリカのキリマンジャロ，ケニア山，ルウェンゾリ山に存在し，近年の温暖化の影響でこれら氷河は数十年後には消滅するであろうと予想されている．ケニア山の氷河は，1899年～2004年に18コのうち8コが消滅しており（Hastenrath, 2005)，2018年の氷河台帳では氷河の数は9コとされている（Prinz et al., 2018）．ケニア山の氷河研究はルイス氷河を中心におこなわれており，この氷河は，19世紀後半と1934年に地図化され，1979年～1996年と2010年～2014年に質量収支の観測がおこなわれている．ルイス氷河の体積は，1934年～2010年の76年間で90%減少している．面積変化は各氷河で求められているが，体積変化の報告はルイス氷河に限定されている．本研究では，ケニア山の全ての氷河を対象に，2016年のPleiadesと，2017年と2018年にセスナから空撮したデジタル画像から３D地形モデルを作成し，これら地形モデルを比較することで最近の氷河の質量収支を求めた．

キーワード：氷河変動、質量収支、空撮画像、ケニア山
Keywords: glacier variations, mass balance, aerial digital image, Mt. Kenya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

## [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)

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。

[MIS23-P01] **地球・月・火星の溶岩チューブ洞窟形状による溶岩流温度の推定可能性**

*本多 力[1] (1.火山洞窟学会)

---

[MIS23-P02] 月の海のマグマ噴出過程と時間変化

*諸田 智克[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

---

[MIS23-P03] 高速衝突実験により生成された模擬火山灰粒子形状の統計解析

*野口 里奈[1]、大槻 静香[2]、鈴木 絢子、長谷川 直[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

---

[MIS23-P04] Disequilibrium precipitation of salts during rapid freezing of brine: Implications for cryovolcanisms and formation of sodium carbonate of bright spots on Ceres.

*依田 優大[1,2]、関根 康人[2]、丹 秀也[1,2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学　地球生命研究所)

# 地球・月・火星の溶岩チューブ洞窟形状による溶岩流温度の推定可能性
# A possible method of lava flow temperature estimation by lava tube cave of Earth,Moon and Mars

*本多 力[1]
*Tsutomu Honda[1]

1. 火山洞窟学会
1. Vulcano-speleological Society

**[はじめに]** 伊豆大島三原山の1951年噴出の溶岩流では、噴火当時の現場の溶岩流の温度や流速と溶岩流厚さを直に測定し、粘性係数と降伏値の温度変化が得られている[(1,2)]。さらに、その後採取された試料を実験室で再溶融させて表面張力の温度変化が測定されている[(3)].また、その後2005年に噴火口縁で発見調査された三原山ホルニトケイブの内外形状から溶岩降伏値と表面張力が同定されている[(4,5,6)]。三原山ホルニトケイブは、溶岩流温度、粘性係数、降伏値、表面張力が明確にされた唯一の貴重な例である。一方、宇宙では、月・火星の溶岩地帯に縦孔が発見されその縦孔下に溶岩チューブ洞窟が存在していることが想定されている[(7,8,9)]。地球の伊豆大島三原山の例に基づき、月・火星での溶岩チューブ形状と内部の痕跡から溶岩降伏値と表面張力を求め溶岩温度と粘性係数を同定する可能性について検討を行った。将来の縦孔探査の一つの目的として重要と考えられる。

**[伊豆大島三原山ホルニトケイブから得られる知見]**噴火口壁の縁に掲載された三原山ホルニトケイブは初めて2005年に調査され、内部観察と水平断面と縦断面の測量図の作成が行われた[(4)]。この溶岩チューブ洞窟の空洞高さとその傾斜率から、傾斜した円管内を流れるビンガム流体の流動限界条件により、溶岩降伏値$f_B$は$f_B=H(\rho g \sin\alpha)/4$から推定される溶岩降伏値5000Paが、内壁表面の溶岩鍾乳のピッチから天井からたれ下がる溶岩鍾乳の凹凸のピッチPを測ることにより溶岩の表面張力$\gamma = P^2 g\rho /4\pi^2$を得ることが出来た。計測されたピッチはおおよそP=3~4cmであり、その時の表面張力は 600～1000ｍN/m が得られている。伊豆大島溶岩の表面張力は横山ら(1970)によって実験室で計測されており、その外挿値の範囲内にある。噴火時の降伏値は粘性係数とともに温度の関数として計測されており（1125℃で4300Pa）[(2)]、溶岩チューブ洞窟高さから得られた降伏値と、表面張力は採取された試料の再溶融により求められた値と整合的であることが明らかとなった[(5,6)]。このことは、過去の噴火による溶岩流温度が不明の場合でも、溶岩チューブ洞窟が存在していれば噴火当時の溶岩温度を推定することが可能であることを示している。

**[月・火星への適用と将来探査]**月・火星の縦孔の露頭断面には、停止した溶岩流厚さ、溶岩チューブ洞窟高さ、溶岩チューブ洞窟内部には溶岩鍾乳ピッチ、等の痕跡が残されていると考えられるので、その痕跡を利用した溶岩流温度の同定が可能と考えられる。マリウスヒルのリル-Aに存在する Marius Hills Holeについては、露頭の溶岩層平均厚６ｍ、チューブを想定した空洞高さ18ｍと推定傾斜率から降伏値131Paと推定している[(10)]。降伏値の温度依存データが取得されていればリル-Aを流れた溶岩の温度を推定できることになる。最終的にはサンプルプルリターンによる溶岩試料を用いて、あらかじめ粘性係数、降伏値、表面張力の温度変化を測定して、過去の噴火により生成された溶岩チューブ洞窟の空洞高さと傾斜率から得られた降伏値、溶岩鍾乳のピッチから得られた表面張力を、得られている温度変化のデータと照合することにより温度を同定することが出来る。またその温度により粘性係数も同定することが出来る。図１に推定概念を示す。

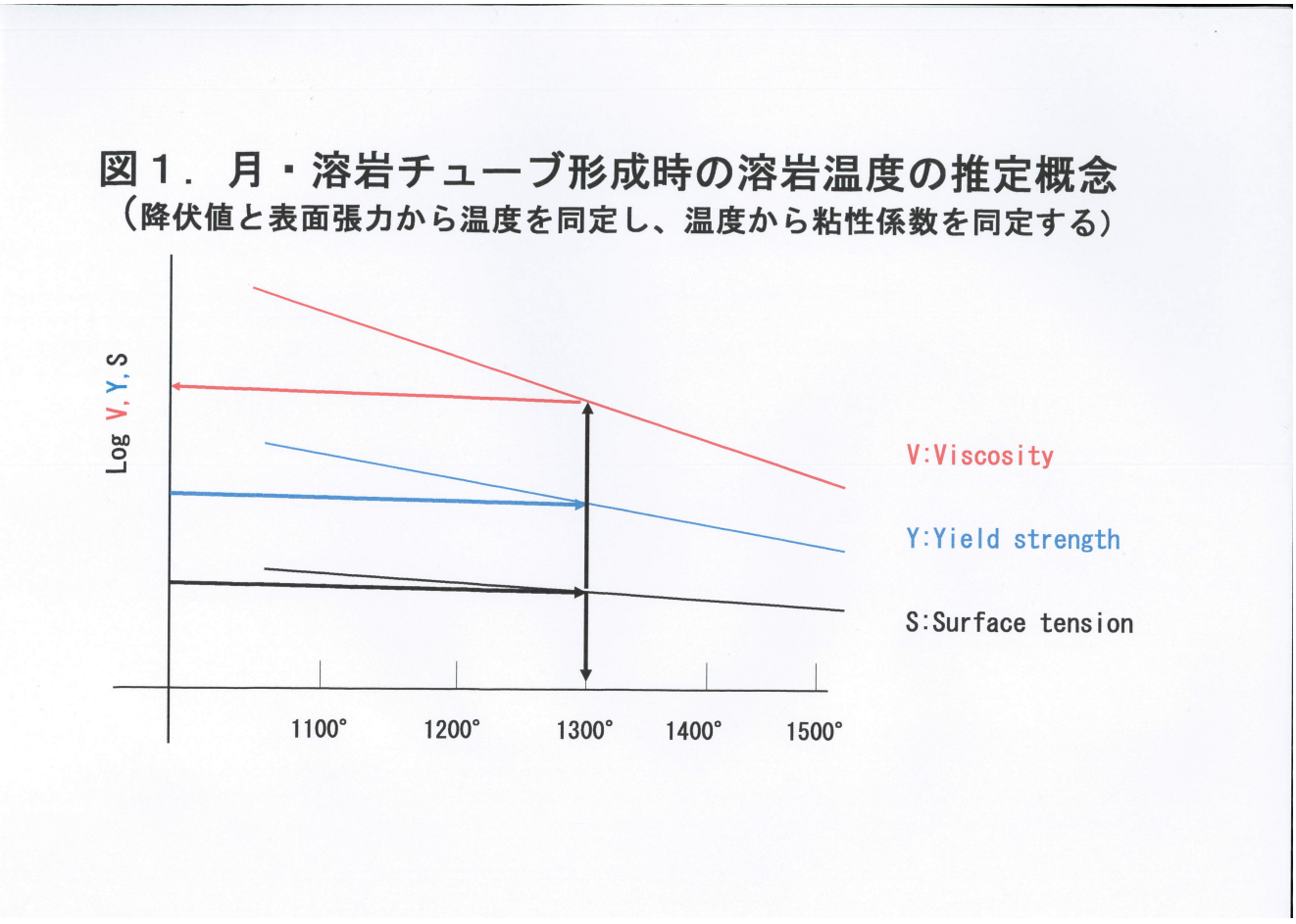
**[おわりに]**この溶岩流温度の推定法によれば、あらかじめ採取した溶岩試料から溶岩の粘性係数、降伏値、表面張力の温度変化のデータを取得できれば、過去に噴火した地球上および月・火星上の溶岩流の溶岩チューブ洞窟の高さから求めた降伏値と内部の溶岩鍾乳のピッチから求めた表面張力から溶岩の温度を同定し、さらにその温度から溶岩の流れたときの粘性係数を同定できる可能性がある。月・火星での試料採取がすぐには出来ない段階では、溶岩組成情報に基づいた計算による温度変化の物性データを得て、評価するか、あるいは合成試料を作成して温度変化を実測することが考えられる。

**参考文献：**

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

(1)T.Minakami:On the Temperature and Viscosity of the Fresh Lava Extruded in the 1951 Oh-Shima Eruption, 東大地震研彙報, Vol.29,pp.487-493,1951
(2)G.Hulme:The Interpretation of Lava Flow Morphology , Geophys. J. R. astr. Soc. (1974) 39, 361-383
(3) 横山泉、飯塚進：溶融火山岩の表面張力の測定、北大地球物理学研究報告,24:57-61,1970
(4)立原弘、大島治、本多力：東京都大島町の火山洞窟測量と観察報告,火山洞窟学会, 2006
(5) 本多力：V102-001伊豆大島三原山ホルニト直下の溶岩チューブ洞窟から得られる知見,地球惑星科学連合大会,2006.
(6) T.Honda. et al:Investigation on the Lava Tube Cave Located under the Hornito of Mihara-yama in Izu-Oshima Island,Tokyo,Japan, AMCS Bulletin19/SMES Boletin7-2006,pp185-187, Proc.X,XI,XII Internat.Symposia on Vulcanospeleology,2008
(7)J.Haruyama, et al: Possible lunar lava tube skylight observed by SELENE cameras, Geophysical Research Letters, Vol.36,L21206,2009
(8)M.S.Robinson etal:Confirmation of sublunarean voids and thin layering in mare deposits,Planetary and Space Science 69,pp18-27,2012
(9)G.E.Cushing, et al:Geophys. Res. Lett., 34, L17201, doi:10.1029/2007GL030709.2007
(10)本多力: SVC50-05,月の縦孔Marius Hills Hole下部における溶岩チューブ洞窟の存在可能性,地球惑星科学連合大会, 2017

キーワード：溶岩チューブ洞窟、三原山ホルニトケイブ、溶岩流温度
Keywords: lava tube cave, Miharayama hornitocave, lava flow temperature




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 月の海のマグマ噴出過程と時間変化
# Process of magma eruption on the Moon

*諸田 智克[1]
*Tomokatsu Morota[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Estimates for volumes of mare basalts are essential to understand the thermal conditions of the lunar mantle and its lateral heterogeneity. We have investigated the volumes of mare basalts within farside and nearside basins using topographic and multiband image data obtained by SELENE (Kaguya). Furthermore, using the high-resolution crustal thickness model, we investigated the crustal thickness of major impact basins and its relationship with the mare volumes. Based on these results, we discuss the relationship between the mare volumes and the crustal thickness, differences between magma productions in the farside and nearside mantles, and the processes of magma ascent and eruption.

キーワード：月、海のマグマ活動、衝突盆地、二分性、マグマ噴出
Keywords: Moon, Mare volcanism, Impact basin, Dichotomy, Magma eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 高速衝突実験により生成された模擬火山灰粒子形状の統計解析
# Statistical analysis of grain morphology generated under hypervelocity impact experiment as an analog of volcanic explosion

*野口 里奈[1]、大槻 静香[2]、鈴木 絢子、長谷川 直[1]
*Rina Noguchi[1], Shizuka Otsuki[2], Ayako I Suzuki, Sunao Hasegawa[1]

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Geological Survey of Japan, AIST

Natural volcanic ash is formed in several states of magma (i.e., solid or melt) and surrounding conditions (e.g., dry or wet settings). These various factors affect the morphology of ash grain. For example, in a wet setting, moss-like grains are often formed (e.g., Wohletz, 1983). Thus, grain shape of volcanic ash tells us its fragmentation process. This would be useful to estimate eruption mechanism both for on-going and historical eruptions. However, it is difficult to extract the fragmentation mechanism from the grain morphology because of the complex natural system (i.e., not by a single mechanism). Furthermore, manual verification of numbers of ash grains takes a long time and need training. To simplified these issues, we proposed a technique to measure the morphology of volcanic ash grains by using an automatic grain analyzing system (Noguchi et al., in prep.). In this study, we apply the technique to the grains formed by an impact in a laboratory in order to verify the accuracy and applicability of the technique. We used a two-stage light-gas gun in ISAS, JAXA. Grains were collected using a Styrofoam box and segregated with d-limonene. After that, we measured shape parameters and transparency using an automated grain analyzer (Morphologi G3S, Malvern Inst.) of AIST. The measured parameters of grain shape are aspect ratio, high-sensitivity circularity, convexity, and solidity. We also measured transparency of each grain. In this presentation, we show its preliminary result and indicate its applicability to returned sample from other planetary bodies such as Itokawa, Ryugu, and Phobos.

キーワード：火山灰、衝突実験、粒子形状
Keywords: Volcanic ash, Impact experiment, grain morphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Disequilibrium precipitation of salts during rapid freezing of brine: Implications for cryovolcanisms and formation of sodium carbonate of bright spots on Ceres.

*依田 優大[1,2]、関根 康人[2]、丹 秀也[1,2]
*Masahiro Yoda[1,2], Yasuhito Sekine[2], Shuya Tan[1,2]

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

NASA’s Dawn spacecraft has found geological evidence for cryovolcanoes on Ceres, the dwarf planet in the main belt. Erupted materials from Ceres’ cryovolcanoes are generally bright and distribute locally over Ceres in association with floor-fractured craters and dome-like features, which have young surface ages (e.g., Buczkowski et al, 2016; Ruesch et al, 2016). The bright materials are considered to be composed mainly of sodium carbonate and ammonium salts, which are different from the average crustal compositions (a mixture of magnesium-calcium carbonates and ammonia phyllosilicates) (De Sanctis, 2016; Zambon et al, 2016). The particular compositions of bright materials could provide unique information on the formation and evolution of liquid reservoirs within Ceres.

Two possible processes have been proposed for the formation of liquid reservoirs that generate Ceres’ bright spots: One is remnants of a global subsurface ocean formed in the early history of Ceres (Castillo-Rogez et al, 2018), and the other is impact-induced melting of surface materials in a recent time (Zolotov, 2017). Using thermochemical equilibrium models, Castillo-Rogez et al. (2018) suggest that freezing of an early global ocean on Ceres may not be able to generate salt materials found on bright spots. To account for the abundance and composition of salts on bright spots, Zolotov (2017) suggests extremely high concentrations of dissolved ions in localized liquid reservoirs, possibly generated by re-melting of surface due to a recent impact. These equilibrium models suggest the difficulty to form the salt compositions of the bright spots directly from freezing of an early global ocean. However, Vu et al. (2017) and Thomas et al. (2018) experimentally show the importance of kinetics in salt precipitation from rapidly freezing brine. Thomas et al. (2018) show kinetically preference of precipitation of ammonia-bearing salts upon rapid freezing of Na-$NH_4$-$CO_3$-Cl brine despite their thermochemical instability. This implies the disequilibria in salt precipitation may have played a key role to determine the salt composition of bright spots.

In the present study, we compare the results of salt precipitation using thermochemical equilibrium model of FREZCHEM with those formed by rapid freezing in laboratory experiments to evaluate the effects of disequilibria. The starting solutions are prepared based on thermochemical calculations of water-rock reactions within early Ceres. We also measure infrared spectra of the salt precipitates to compare with the observations of bright spots on Ceres.

キーワード：氷火山、セレス、熱化学平衡
Keywords: Cryovolcanos, Ceres, Thermochemical equilibrium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_40

## [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)

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。

[MIS23-P01] **地球・月・火星の溶岩チューブ洞窟形状による溶岩流温度の推定可能性**

*本多 力[1] (1.火山洞窟学会)

---

[MIS23-P02] 月の海のマグマ噴出過程と時間変化

*諸田 智克[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

---

[MIS23-P03] 高速衝突実験により生成された模擬火山灰粒子形状の統計解析

*野口 里奈[1]、大槻 静香[2]、鈴木 絢子、長谷川 直[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

---

[MIS23-P04] Disequilibrium precipitation of salts during rapid freezing of brine: Implications for cryovolcanisms and formation of sodium carbonate of bright spots on Ceres.

*依田 優大[1,2]、関根 康人[2]、丹 秀也[1,2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学　地球生命研究所)

# 地球・月・火星の溶岩チューブ洞窟形状による溶岩流温度の推定可能性
# A possible method of lava flow temperature estimation by lava tube cave of Earth,Moon and Mars

*本多 力[1]
*Tsutomu Honda[1]

1. 火山洞窟学会
1. Vulcano-speleological Society

**[はじめに]** 伊豆大島三原山の1951年噴出の溶岩流では、噴火当時の現場の溶岩流の温度や流速と溶岩流厚さを直に測定し、粘性係数と降伏値の温度変化が得られている[(1,2)]。さらに、その後採取された試料を実験室で再溶融させて表面張力の温度変化が測定されている[(3)].また、その後2005年に噴火口縁で発見調査された三原山ホルニトケイブの内外形状から溶岩降伏値と表面張力が同定されている[(4,5,6)]。三原山ホルニトケイブは、溶岩流温度、粘性係数、降伏値、表面張力が明確にされた唯一の貴重な例である。一方、宇宙では、月・火星の溶岩地帯に縦孔が発見されその縦孔下に溶岩チューブ洞窟が存在していることが想定されている[(7,8,9)]。地球の伊豆大島三原山の例に基づき、月・火星での溶岩チューブ形状と内部の痕跡から溶岩降伏値と表面張力を求め溶岩温度と粘性係数を同定する可能性について検討を行った。将来の縦孔探査の一つの目的として重要と考えられる。

**[伊豆大島三原山ホルニトケイブから得られる知見]**噴火口壁の縁に掲載された三原山ホルニトケイブは初めて2005年に調査され、内部観察と水平断面と縦断面の測量図の作成が行われた[(4)]。この溶岩チューブ洞窟の空洞高さとその傾斜率から、傾斜した円管内を流れるビンガム流体の流動限界条件により、溶岩降伏値$f_B$は$f_B=H(\rho g \sin\alpha)/4$から推定される溶岩降伏値5000Paが、内壁表面の溶岩鍾乳のピッチから天井からたれ下がる溶岩鍾乳の凹凸のピッチPを測ることにより溶岩の表面張力$\gamma = P^2 g\rho /4\pi^2$を得ることが出来た。計測されたピッチはおおよそP=3~4cmであり、その時の表面張力は 600～1000ｍN/m が得られている。伊豆大島溶岩の表面張力は横山ら(1970)によって実験室で計測されており、その外挿値の範囲内にある。噴火時の降伏値は粘性係数とともに温度の関数として計測されており（1125℃で4300Pa）[(2)]、溶岩チューブ洞窟高さから得られた降伏値と、表面張力は採取された試料の再溶融により求められた値と整合的であることが明らかとなった[(5,6)]。このことは、過去の噴火による溶岩流温度が不明の場合でも、溶岩チューブ洞窟が存在していれば噴火当時の溶岩温度を推定することが可能であることを示している。

**[月・火星への適用と将来探査]**月・火星の縦孔の露頭断面には、停止した溶岩流厚さ、溶岩チューブ洞窟高さ、溶岩チューブ洞窟内部には溶岩鍾乳ピッチ、等の痕跡が残されていると考えられるので、その痕跡を利用した溶岩流温度の同定が可能と考えられる。マリウスヒルのリル-Aに存在する Marius Hills Holeについては、露頭の溶岩層平均厚６ｍ、チューブを想定した空洞高さ18ｍと推定傾斜率から降伏値131Paと推定している[(10)]。降伏値の温度依存データが取得されていればリル-Aを流れた溶岩の温度を推定できることになる。最終的にはサンプルプルリターンによる溶岩試料を用いて、あらかじめ粘性係数、降伏値、表面張力の温度変化を測定して、過去の噴火により生成された溶岩チューブ洞窟の空洞高さと傾斜率から得られた降伏値、溶岩鍾乳のピッチから得られた表面張力を、得られている温度変化のデータと照合することにより温度を同定することが出来る。またその温度により粘性係数も同定することが出来る。図１に推定概念を示す。

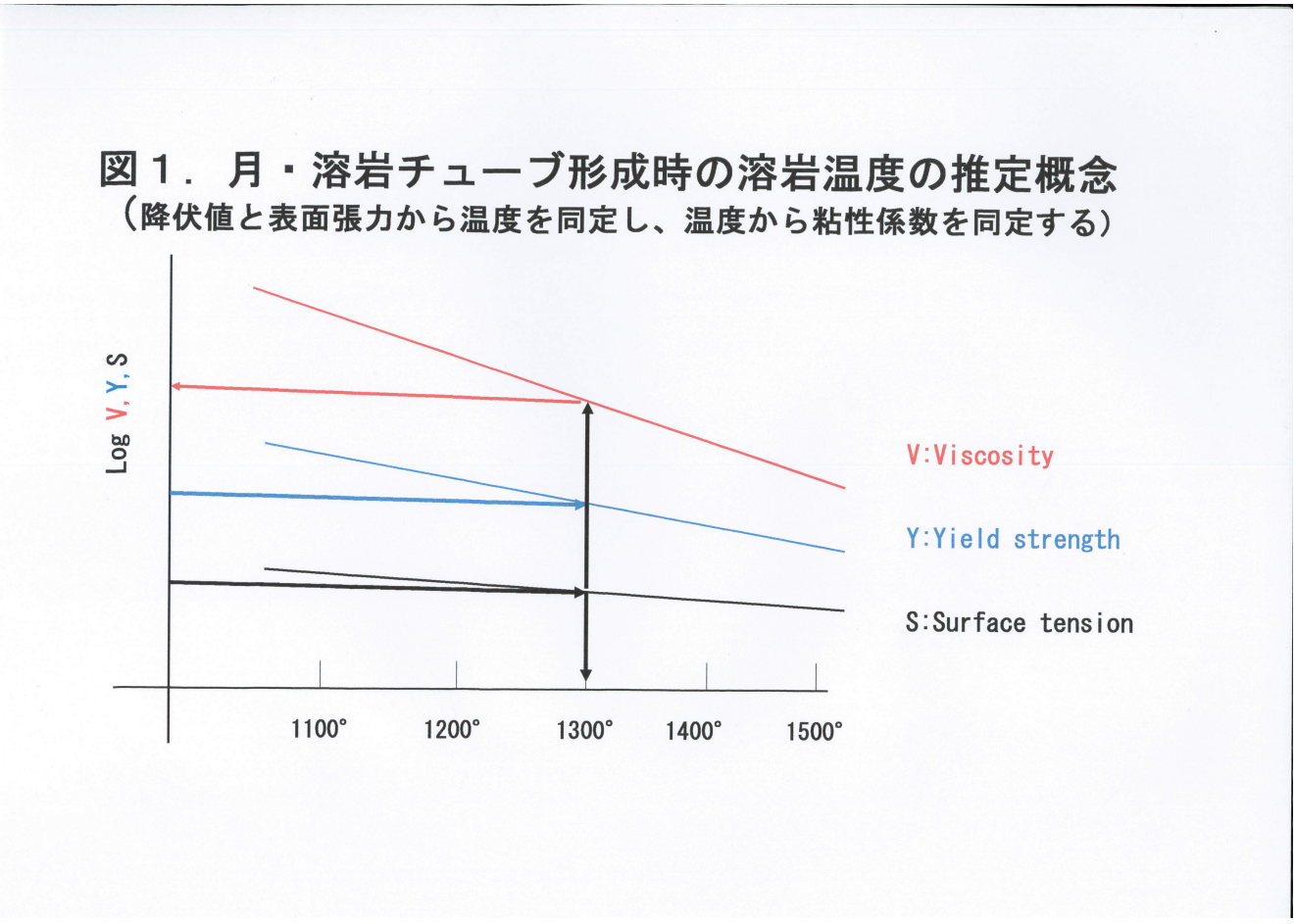
**[おわりに]**この溶岩流温度の推定法によれば、あらかじめ採取した溶岩試料から溶岩の粘性係数、降伏値、表面張力の温度変化のデータを取得できれば、過去に噴火した地球上および月・火星上の溶岩流の溶岩チューブ洞窟の高さから求めた降伏値と内部の溶岩鍾乳のピッチから求めた表面張力から溶岩の温度を同定し、さらにその温度から溶岩の流れたときの粘性係数を同定できる可能性がある。月・火星での試料採取がすぐには出来ない段階では、溶岩組成情報に基づいた計算による温度変化の物性データを得て、評価するか、あるいは合成試料を作成して温度変化を実測することが考えられる。

**参考文献：**

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

(1)T.Minakami:On the Temperature and Viscosity of the Fresh Lava Extruded in the 1951 Oh-Shima Eruption, 東大地震研彙報, Vol.29,pp.487-493,1951
(2)G.Hulme:The Interpretation of Lava Flow Morphology , Geophys. J. R. astr. Soc. (1974) 39, 361-383
(3) 横山泉、飯塚進：溶融火山岩の表面張力の測定、北大地球物理学研究報告,24:57-61,1970
(4)立原弘、大島治、本多力：東京都大島町の火山洞窟測量と観察報告,火山洞窟学会, 2006
(5) 本多力：V102-001伊豆大島三原山ホルニト直下の溶岩チューブ洞窟から得られる知見,地球惑星科学連合大会,2006.
(6) T.Honda. et al:Investigation on the Lava Tube Cave Located under the Hornito of Mihara-yama in Izu-Oshima Island,Tokyo,Japan, AMCS Bulletin19/SMES Boletin7-2006,pp185-187, Proc.X,XI,XII Internat.Symposia on Vulcanospeleology,2008
(7)J.Haruyama, et al: Possible lunar lava tube skylight observed by SELENE cameras, Geophysical Research Letters, Vol.36,L21206,2009
(8)M.S.Robinson etal:Confirmation of sublunarean voids and thin layering in mare deposits,Planetary and Space Science 69,pp18-27,2012
(9)G.E.Cushing, et al:Geophys. Res. Lett., 34, L17201, doi:10.1029/2007GL030709.2007
(10)本多力: SVC50-05,月の縦孔Marius Hills Hole下部における溶岩チューブ洞窟の存在可能性,地球惑星科学連合大会, 2017

キーワード：溶岩チューブ洞窟、三原山ホルニトケイブ、溶岩流温度
Keywords: lava tube cave, Miharayama hornitocave, lava flow temperature




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 月の海のマグマ噴出過程と時間変化
# Process of magma eruption on the Moon

*諸田 智克[1]
*Tomokatsu Morota[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Estimates for volumes of mare basalts are essential to understand the thermal conditions of the lunar mantle and its lateral heterogeneity. We have investigated the volumes of mare basalts within farside and nearside basins using topographic and multiband image data obtained by SELENE (Kaguya). Furthermore, using the high-resolution crustal thickness model, we investigated the crustal thickness of major impact basins and its relationship with the mare volumes. Based on these results, we discuss the relationship between the mare volumes and the crustal thickness, differences between magma productions in the farside and nearside mantles, and the processes of magma ascent and eruption.

キーワード：月、海のマグマ活動、衝突盆地、二分性、マグマ噴出
Keywords: Moon, Mare volcanism, Impact basin, Dichotomy, Magma eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 高速衝突実験により生成された模擬火山灰粒子形状の統計解析
# Statistical analysis of grain morphology generated under hypervelocity impact experiment as an analog of volcanic explosion

*野口 里奈[1]、大槻 静香[2]、鈴木 絢子、長谷川 直[1]
*Rina Noguchi[1], Shizuka Otsuki[2], Ayako I Suzuki, Sunao Hasegawa[1]

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Geological Survey of Japan, AIST

Natural volcanic ash is formed in several states of magma (i.e., solid or melt) and surrounding conditions (e.g., dry or wet settings). These various factors affect the morphology of ash grain. For example, in a wet setting, moss-like grains are often formed (e.g., Wohletz, 1983). Thus, grain shape of volcanic ash tells us its fragmentation process. This would be useful to estimate eruption mechanism both for on-going and historical eruptions. However, it is difficult to extract the fragmentation mechanism from the grain morphology because of the complex natural system (i.e., not by a single mechanism). Furthermore, manual verification of numbers of ash grains takes a long time and need training. To simplified these issues, we proposed a technique to measure the morphology of volcanic ash grains by using an automatic grain analyzing system (Noguchi et al., in prep.). In this study, we apply the technique to the grains formed by an impact in a laboratory in order to verify the accuracy and applicability of the technique. We used a two-stage light-gas gun in ISAS, JAXA. Grains were collected using a Styrofoam box and segregated with d-limonene. After that, we measured shape parameters and transparency using an automated grain analyzer (Morphologi G3S, Malvern Inst.) of AIST. The measured parameters of grain shape are aspect ratio, high-sensitivity circularity, convexity, and solidity. We also measured transparency of each grain. In this presentation, we show its preliminary result and indicate its applicability to returned sample from other planetary bodies such as Itokawa, Ryugu, and Phobos.

キーワード：火山灰、衝突実験、粒子形状
Keywords: Volcanic ash, Impact experiment, grain morphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Disequilibrium precipitation of salts during rapid freezing of brine: Implications for cryovolcanisms and formation of sodium carbonate of bright spots on Ceres.

*依田 優大[1,2]、関根 康人[2]、丹 秀也[1,2]
*Masahiro Yoda[1,2], Yasuhito Sekine[2], Shuya Tan[1,2]

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

NASA’s Dawn spacecraft has found geological evidence for cryovolcanoes on Ceres, the dwarf planet in the main belt. Erupted materials from Ceres’ cryovolcanoes are generally bright and distribute locally over Ceres in association with floor-fractured craters and dome-like features, which have young surface ages (e.g., Buczkowski et al, 2016; Ruesch et al, 2016). The bright materials are considered to be composed mainly of sodium carbonate and ammonium salts, which are different from the average crustal compositions (a mixture of magnesium-calcium carbonates and ammonia phyllosilicates) (De Sanctis, 2016; Zambon et al, 2016). The particular compositions of bright materials could provide unique information on the formation and evolution of liquid reservoirs within Ceres.

Two possible processes have been proposed for the formation of liquid reservoirs that generate Ceres’ bright spots: One is remnants of a global subsurface ocean formed in the early history of Ceres (Castillo-Rogez et al, 2018), and the other is impact-induced melting of surface materials in a recent time (Zolotov, 2017). Using thermochemical equilibrium models, Castillo-Rogez et al. (2018) suggest that freezing of an early global ocean on Ceres may not be able to generate salt materials found on bright spots. To account for the abundance and composition of salts on bright spots, Zolotov (2017) suggests extremely high concentrations of dissolved ions in localized liquid reservoirs, possibly generated by re-melting of surface due to a recent impact. These equilibrium models suggest the difficulty to form the salt compositions of the bright spots directly from freezing of an early global ocean. However, Vu et al. (2017) and Thomas et al. (2018) experimentally show the importance of kinetics in salt precipitation from rapidly freezing brine. Thomas et al. (2018) show kinetically preference of precipitation of ammonia-bearing salts upon rapid freezing of Na-$NH_4$-$CO_3$-Cl brine despite their thermochemical instability. This implies the disequilibria in salt precipitation may have played a key role to determine the salt composition of bright spots.

In the present study, we compare the results of salt precipitation using thermochemical equilibrium model of FREZCHEM with those formed by rapid freezing in laboratory experiments to evaluate the effects of disequilibria. The starting solutions are prepared based on thermochemical calculations of water-rock reactions within early Ceres. We also measure infrared spectra of the salt precipitates to compare with the observations of bright spots on Ceres.

キーワード：氷火山、セレス、熱化学平衡
Keywords: Cryovolcanos, Ceres, Thermochemical equilibrium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

## [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)

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。<br/>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。<br/>「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。

### [MIS28-P01] 海域泥火山分布が示唆する西南日本太平洋側海底下の不均一な環境

*浅田 美穂[1,2]、北田 数也[2] (1.日本学術振興会特別研究員、2.国立研究法人海洋研究開発機構)

### [MIS28-P02] 化学合成細菌を共生させるゴエモンコシオリエビの新しい分布域の発見とその分散能力の推定

*渡部 裕美[1]、Chen Chong[1]、Chan Tin-Yam[2]、Yang Chien-Hui[2]、Wang Chu-Chang[3]、御手洗 哲司[4]、山本 啓之[1] (1.海洋研究開発機構、2.国立台湾海洋大学、3.台湾海洋科学技術研究センター、4.沖縄科学技術大学院大学)

### [MIS28-P03] 九十九湾に設置した鯨骨に生息するノリコイソメ科多毛類の分類と食性

*鈴木 碧[1]、ジェンキンズ ロバート[1]、小木曽 正造[2]、鈴木 信雄[3] (1.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2.金沢大学総合技術部、3.金沢大学環日本海域環境研究センター)

# 海域泥火山分布が示唆する西南日本太平洋側海底下の不均一な環境
# An offshore mud volcano that indicates a heterogeneous subseafloor geological environment: a case study along southwest Japan

*浅田 美穂[1,2]、北田 数也[2]
*Miho Asada[1,2], Kazuya Kitada[2]

1. 日本学術振興会特別研究員、2. 国立研究法人海洋研究開発機構
1. JSPS Research Fellow, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

「泥火山」は広域圧縮応力環境下で地下の堆積物が流体と共に上昇して地表に到達し形成する地形的特徴である。海底に発現した泥火山が山体を形成し、その形状を保つ（削剥されない）ためには、主たる構成物である「泥」の継続した供給が必要とされる（Kopf, 2002）。さらに堆積物が地表に至るためにはガスを含有する必要があるとする議論と併せて（Brown and Orange, 1993）、泥火山はその存在そのものが直下付近の地下環境を反映していると言える。

日本国内においても泥火山は海陸に知られている（田近ほか, 2009; Kuramoto et al., 2001など）。南端を南海トラフに縁取られる熊野海盆は、日本の代表的な海域泥火山フィールドの一つで、これまでに少なくとも14の泥火山が報告されている（Kuramoto et al., 2001; Morita et al., 2004; Pape et al., 2014; Asada et al., 2017）。2016年の観測では一部の泥火山の頂部から噴き出すガスや山体の形態変化が見られ（Menapase et al., 2017）、現在の泥あるいは流体の排出があることが示唆される。群発する泥火山は九州の東側沖合にもある。種子島沖にも少なくとも14の泥火山が報告されており（Kitada et al., 2018）、泥火山から海中へ生物の移動がある（Hoshino et al., 2017）。宮崎沖にも泥火山と解釈された地質学的特徴が複数ある。四国沖から日向灘の水深2000m付近（熊野海盆泥火山群が存在する深度程度）をターゲットとした航海（YK18-05）では、日向灘に、熊野海盆や種子島の泥火山群と似通った音響的特徴（形態と後方散乱強度パターン）を持つ山体を認めた。しかし四国沖には、一部が硬化した海底と泥火山の存在が示唆されたものの泥火山の群発が認められなかった。これらは、日向灘から種子島沖にかけては実に熊野海盆よりも広大な泥火山フィールドが存在すること、および四国沖には熊野海盆と日向灘〜種子島沖とは異なる地下環境が存在する可能性を示唆する。

自らの形態を保持するために「流動化した泥」の排出を継続していると考えられる海域の、泥火山活動を支えることができる地下環境を考える：

１．地下に「流動化した泥」が充分に存在する、あるいは「流動化した泥」を生産し続ける環境がある。

ー　堆積層生成時に多量の海水が封じ込められ、排水されないまま埋積された

ー　粘土鉱物の脱水による淡水の付与が、圧密を受けた堆積物を崩壊させた

ー　流体が断層または層間を移動し集積して、圧密を受けた堆積物を崩壊させた

２．貫入体を母体として海底に至っている場合には、少なくとも貫入体形成の初期において、上昇する堆積物にガスが含まれる必要がある。

ー　熱分解または生物起源ガスを生産する堆積物が存在する

ー　熱分解または生物起源ガスや深部起源流体の流路が存在し、堆積物が浮力を獲得するために充分な量が滞留する環境がある

３．地下における「流動化した泥」と「ガス」の共存が泥火山形成の要因となり得るが、どちらか片方のみが存在する場合には、必ずしも泥火山を形成しない。

熊野海盆の付加体内温度環境（たとえばMarcaillow et al., 2012）は熱分解起源ガスの生成および粘土鉱物が脱水する条件を満たすと考えられる。粘土鉱物の脱水は、付加体内で流動化した泥を生産し浮力を付与して

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

貫入体を形成する。熊野海盆下のガスの生産と脱水は、古い断層を流路として集積して、泥火山の起源を形成している可能性がある。日向灘～種子島沖にも同様に、隣接する九州東海岸沿いの商業ガス田に見られるようなガス供給がある可能性がある。これに加えて泥岩の崩壊がある環境が見込まれる。しかし四国沖に泥火山活動が顕著でないことは、四国沖に沈み込むかつての拡大軸の影響を残すプレート温度その他により、熊野海盆や日向灘～種子島沖と異なる地下環境があることが考えられる。この不均一性は、地震発生領域などパッチ状を呈する他の地質学的現象と関連するかも知れない。

キーワード：泥火山、西南日本沿岸域、地下環境
Keywords: Mud Volcano, offshore area along SW Japan, subseafloor environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 化学合成細菌を共生させるゴエモンコシオリエビの新しい分布域の発見とその分散能力の推定

# New distribution and implication of dispersal capabililty of a deep-sea chemosymbiotic squat lobster *Shinkaia crosnieri*

*渡部 裕美[1]、Chen Chong[1]、Chan Tin-Yam[2]、Yang Chien-Hui[2]、Wang Chu-Chang[3]、御手洗 哲司[4]、山本 啓之[1]
*Hiromi Kayama WATANABE[1], Chong Chen[1], Tin-Yam Chan[2], Chien-Hui Yang[2], Chu-Chang Wang[3], Satoshi Mitarai[4], Hiroyuki Yamamoto[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 国立台湾海洋大学、3. 台湾海洋科学技術研究センター、4. 沖縄科学技術大学院大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. National Taiwan Ocean University, 3. Taiwan Ocean Research Institute (TORI), 4. Okinawa Institute of Science and Technology (OIST)

生物の分布や分散は保全や変動する海洋の理解にとって重要な知見をもたらす．ゴエモンコシオリエビは，化学合成細菌と共生し，主にメタンが豊富な北西太平洋の深海化学合成生物群集に数多く分布している．この発表では，メタンが少ない環境ではじめて見つかったゴエモンコシオリエビの幼稚体の分布について報告するとともに，その分散能力について議論する．

キーワード：化学合成生態系、共生細菌
Keywords: Chemosynthesis-based ecosystem, symbiotic bacteria

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 九十九湾に設置した鯨骨に生息するノリコイソメ科多毛類の分類と食性
# Taxonomy and diet of the *Ophryotrocha* (Annelida: Dorvilleidae) from whale- falls in the Tsukumo Bay, Japan

*鈴木 碧[1]、ジェンキンズ ロバート[1]、小木曽 正造[2]、鈴木 信雄[3]
*Midori Suzuki[1], Robert Gwyn Jenkins[1], Shouzo Ogiso[2], Nobuo Suzuki[3]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2. 金沢大学総合技術部、3. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Division of Environmental Science and Engineering, Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. Kanazawa university, 3. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa university

海底に脊椎動物遺骸が着底すると，その有機物や有機物の分解過程で生じる硫化水素を利用する微生物・大型生物からなる，“鯨骨群集”と呼ばれる特殊な生態系が形成される．鯨骨群集の構成分類群の一種であるノリコイソメ科は，熱水やメタン湧水などの“極限環境”からも発見されており（Portail et al., 2015），その適応や分散に注目が集まっているが，これらを含めた鯨骨群集の構成分類群が何を摂食しているのか，鯨骨周辺でどのような炭素循環が起きているのかほとんど明らかになっていない．石川県能登半島九十九湾の水深約14mに設置した鯨骨から，ノリコイソメ科多毛類が大量に発見された．形態観察やミトコンドリア遺伝子COⅠに基づく分子系統解析を行った結果，この種は*Ophryotroha*属に属する新種であること，*Ophryotroha*属内の各グループごとにそれぞれ独立に鯨骨環境に進出したり，非還元環境に再進出したりしていることが示唆された．また食性の推定のため，本種と他の多毛類，設置した鯨類由来の有機物の有機炭素の炭素同位体比分析を行った結果，ノリコイソメ科の炭素同位体比は同所から採集した他の多毛類より広い値のレンジを示した（-33.8‰~-19.0‰）．この値は鯨骨の骨内有機物（約-25‰）よりも低いものを含み，より低い炭素同位体比をもつ炭素源を餌としていなければ説明がつかない．おそらく，鯨骨内有機物より低い炭素同位体比をもつ硫黄酸化細菌*Beggiatoa* sp.（-37.2‰~-28.5‰）を摂食していると考えられる．これは，本種を含めた*Ophryotrocha*属多毛類が，他の多毛類よりも硫化水素濃度が高い場所に進出して，骨内有機物の分解に伴って繁栄する微生物群集も食物源としている事を示している．また重たい炭素同位体比を持つものもいるため，化学合成生態系に完全に依存しているわけではなく，多様な餌資源を利用できる種であることが判明した．

キーワード：鯨骨群集、ノリコイソメ科、化学合成
Keywords: whale-falls, Dorvilleidae, Chemosynthesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_41

## [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)

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。<br/>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。<br/>「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。

### [MIS28-P01] 海域泥火山分布が示唆する西南日本太平洋側海底下の不均一な環境

*浅田 美穂[1,2]、北田 数也[2] (1.日本学術振興会特別研究員、2.国立研究法人海洋研究開発機構)

### [MIS28-P02] 化学合成細菌を共生させるゴエモンコシオリエビの新しい分布域の発見とその分散能力の推定

*渡部 裕美[1]、Chen Chong[1]、Chan Tin-Yam[2]、Yang Chien-Hui[2]、Wang Chu-Chang[3]、御手洗 哲司[4]、山本 啓之[1] (1.海洋研究開発機構、2.国立台湾海洋大学、3.台湾海洋科学技術研究センター、4.沖縄科学技術大学院大学)

### [MIS28-P03] 九十九湾に設置した鯨骨に生息するノリコイソメ科多毛類の分類と食性

*鈴木 碧[1]、ジェンキンズ ロバート[1]、小木曽 正造[2]、鈴木 信雄[3] (1.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2.金沢大学総合技術部、3.金沢大学環日本海域環境研究センター)

# 海域泥火山分布が示唆する西南日本太平洋側海底下の不均一な環境
# An offshore mud volcano that indicates a heterogeneous subseafloor geological environment: a case study along southwest Japan

*浅田 美穂[1,2]、北田 数也[2]
*Miho Asada[1,2], Kazuya Kitada[2]

1. 日本学術振興会特別研究員、2. 国立研究法人海洋研究開発機構
1. JSPS Research Fellow, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

「泥火山」は広域圧縮応力環境下で地下の堆積物が流体と共に上昇して地表に到達し形成する地形的特徴である。海底に発現した泥火山が山体を形成し、その形状を保つ（削剥されない）ためには、主たる構成物である「泥」の継続した供給が必要とされる（Kopf, 2002）。さらに堆積物が地表に至るためにはガスを含有する必要があるとする議論と併せて（Brown and Orange, 1993）、泥火山はその存在そのものが直下付近の地下環境を反映していると言える。

日本国内においても泥火山は海陸に知られている（田近ほか, 2009; Kuramoto et al., 2001など）。南端を南海トラフに縁取られる熊野海盆は、日本の代表的な海域泥火山フィールドの一つで、これまでに少なくとも14の泥火山が報告されている（Kuramoto et al., 2001; Morita et al., 2004; Pape et al., 2014; Asada et al., 2017）。2016年の観測では一部の泥火山の頂部から噴き出すガスや山体の形態変化が見られ（Menapase et al., 2017）、現在の泥あるいは流体の排出があることが示唆される。群発する泥火山は九州の東側沖合にもある。種子島沖にも少なくとも14の泥火山が報告されており（Kitada et al., 2018）、泥火山から海中へ生物の移動がある（Hoshino et al., 2017）。宮崎沖にも泥火山と解釈された地質学的特徴が複数ある。四国沖から日向灘の水深2000m付近（熊野海盆泥火山群が存在する深度程度）をターゲットとした航海（YK18-05）では、日向灘に、熊野海盆や種子島の泥火山群と似通った音響的特徴（形態と後方散乱強度パターン）を持つ山体を認めた。しかし四国沖には、一部が硬化した海底と泥火山の存在が示唆されたものの泥火山の群発が認められなかった。これらは、日向灘から種子島沖にかけては実に熊野海盆よりも広大な泥火山フィールドが存在すること、および四国沖には熊野海盆と日向灘〜種子島沖とは異なる地下環境が存在する可能性を示唆する。

自らの形態を保持するために「流動化した泥」の排出を継続していると考えられる海域の、泥火山活動を支えることができる地下環境を考える：

１．地下に「流動化した泥」が充分に存在する、あるいは「流動化した泥」を生産し続ける環境がある。

ー　堆積層生成時に多量の海水が封じ込められ、排水されないまま埋積された

ー　粘土鉱物の脱水による淡水の付与が、圧密を受けた堆積物を崩壊させた

ー　流体が断層または層間を移動し集積して、圧密を受けた堆積物を崩壊させた

２．貫入体を母体として海底に至っている場合には、少なくとも貫入体形成の初期において、上昇する堆積物にガスが含まれる必要がある。

ー　熱分解または生物起源ガスを生産する堆積物が存在する

ー　熱分解または生物起源ガスや深部起源流体の流路が存在し、堆積物が浮力を獲得するために充分な量が滞留する環境がある

３．地下における「流動化した泥」と「ガス」の共存が泥火山形成の要因となり得るが、どちらか片方のみが存在する場合には、必ずしも泥火山を形成しない。

熊野海盆の付加体内温度環境（たとえばMarcaillow et al., 2012）は熱分解起源ガスの生成および粘土鉱物が脱水する条件を満たすと考えられる。粘土鉱物の脱水は、付加体内で流動化した泥を生産し浮力を付与して

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

貫入体を形成する。熊野海盆下のガスの生産と脱水は、古い断層を流路として集積して、泥火山の起源を形成している可能性がある。日向灘～種子島沖にも同様に、隣接する九州東海岸沿いの商業ガス田に見られるようなガス供給がある可能性がある。これに加えて泥岩の崩壊がある環境が見込まれる。しかし四国沖に泥火山活動が顕著でないことは、四国沖に沈み込むかつての拡大軸の影響を残すプレート温度その他により、熊野海盆や日向灘～種子島沖と異なる地下環境があることが考えられる。この不均一性は、地震発生領域などパッチ状を呈する他の地質学的現象と関連するかも知れない。

キーワード：泥火山、西南日本沿岸域、地下環境
Keywords: Mud Volcano, offshore area along SW Japan, subseafloor environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 化学合成細菌を共生させるゴエモンコシオリエビの新しい分布域の発見とその分散能力の推定

# New distribution and implication of dispersal capabililty of a deep-sea chemosymbiotic squat lobster *Shinkaia crosnieri*

*渡部 裕美[1]、Chen Chong[1]、Chan Tin-Yam[2]、Yang Chien-Hui[2]、Wang Chu-Chang[3]、御手洗 哲司[4]、山本 啓之[1]
*Hiromi Kayama WATANABE[1], Chong Chen[1], Tin-Yam Chan[2], Chien-Hui Yang[2], Chu-Chang Wang[3], Satoshi Mitarai[4], Hiroyuki Yamamoto[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 国立台湾海洋大学、3. 台湾海洋科学技術研究センター、4. 沖縄科学技術大学院大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. National Taiwan Ocean University, 3. Taiwan Ocean Research Institute (TORI), 4. Okinawa Institute of Science and Technology (OIST)

生物の分布や分散は保全や変動する海洋の理解にとって重要な知見をもたらす．ゴエモンコシオリエビは，化学合成細菌と共生し，主にメタンが豊富な北西太平洋の深海化学合成生物群集に数多く分布している．この発表では，メタンが少ない環境ではじめて見つかったゴエモンコシオリエビの幼稚体の分布について報告するとともに，その分散能力について議論する．

キーワード：化学合成生態系、共生細菌
Keywords: Chemosynthesis-based ecosystem, symbiotic bacteria

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 九十九湾に設置した鯨骨に生息するノリコイソメ科多毛類の分類と食性
# Taxonomy and diet of the *Ophryotrocha* (Annelida: Dorvilleidae) from whale- falls in the Tsukumo Bay, Japan

*鈴木 碧[1]、ジェンキンズ ロバート[1]、小木曽 正造[2]、鈴木 信雄[3]
*Midori Suzuki[1], Robert Gwyn Jenkins[1], Shouzo Ogiso[2], Nobuo Suzuki[3]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2. 金沢大学総合技術部、3. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Division of Environmental Science and Engineering, Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. Kanazawa university, 3. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa university

海底に脊椎動物遺骸が着底すると，その有機物や有機物の分解過程で生じる硫化水素を利用する微生物・大型生物からなる，“鯨骨群集”と呼ばれる特殊な生態系が形成される．鯨骨群集の構成分類群の一種であるノリコイソメ科は，熱水やメタン湧水などの“極限環境”からも発見されており（Portail et al., 2015），その適応や分散に注目が集まっているが，これらを含めた鯨骨群集の構成分類群が何を摂食しているのか，鯨骨周辺でどのような炭素循環が起きているのかほとんど明らかになっていない．石川県能登半島九十九湾の水深約14mに設置した鯨骨から，ノリコイソメ科多毛類が大量に発見された．形態観察やミトコンドリア遺伝子COⅠに基づく分子系統解析を行った結果，この種は*Ophryotroha*属に属する新種であること，*Ophryotroha*属内の各グループごとにそれぞれ独立に鯨骨環境に進出したり，非還元環境に再進出したりしていることが示唆された．また食性の推定のため，本種と他の多毛類，設置した鯨類由来の有機物の有機炭素の炭素同位体比分析を行った結果，ノリコイソメ科の炭素同位体比は同所から採集した他の多毛類より広い値のレンジを示した（-33.8‰~-19.0‰）．この値は鯨骨の骨内有機物（約-25‰）よりも低いものを含み，より低い炭素同位体比をもつ炭素源を餌としていなければ説明がつかない．おそらく，鯨骨内有機物より低い炭素同位体比をもつ硫黄酸化細菌*Beggiatoa* sp.（-37.2‰~-28.5‰）を摂食していると考えられる．これは，本種を含めた*Ophryotrocha*属多毛類が，他の多毛類よりも硫化水素濃度が高い場所に進出して，骨内有機物の分解に伴って繁栄する微生物群集も食物源としている事を示している．また重たい炭素同位体比を持つものもいるため，化学合成生態系に完全に依存しているわけではなく，多様な餌資源を利用できる種であることが判明した．

キーワード：鯨骨群集、ノリコイソメ科、化学合成
Keywords: whale-falls, Dorvilleidae, Chemosynthesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

## [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)

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．

[MGI33-P01] 位置情報精度を向上した地球化学データベース「DODAI」について

*原口 悟[1]、上木 賢太[1]、吉田 健太[1]、桑谷 立[1,3]、モハメド 美香[1]、岩森 光[1,2,4] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.科学技術振興機構、4.東京工業大学)

[MGI33-P02] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology

*古川 旦[1]、辻森 樹[1] (1.東北大学)

[MGI33-P03] 人工データを用いた機械学習による地球化学的データ処理および鉱山地域での重金属バックグラウンドを考慮した河川環境評価手法の提案

*佐藤 憲太[1]、澤山 兼吾[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

[MGI33-P04] Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

*矢部 優[1]、福地 里菜[2]、上木 賢太[1]、濱田 洋平[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[MGI33-P05] スパースモデリングによる不均質反応非線形ダイナミクスの推定

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

[MGI33-P06] How to obtain a high-SNR EPMA map?: complementary roles of high-resolution imaging and subsequent binning

*安本 篤史[1]、吉田 健太[2] (1.(株) 蒜山地質年代学研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[MGI33-P07] 全岩組成を用いた物質移動量のデータ駆動型解析

*桑谷 立[1,2]、吉田 健太[1]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、宇野 正起[3]、赤穂 昭太郎[4] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.産業技術総合研究所)

# 位置情報精度を向上した地球化学データベース「DODAI」について
# The geochemical database “DODAI” with high-precision location coordinates

*原口 悟[1]、上木 賢太[1]、吉田 健太[1]、桑谷 立[1,3]、モハメド 美香[1]、岩森 光[1,2,4]
*Satoru Haraguchi[1], Kenta Ueki[1], Kenta Yoshida[1], Tatsu Kuwatani[1,3], Mika Mohamed[1], Hikaru Iwamori[1,2,4]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学地震研究所、3. 科学技術振興機構、4. 東京工業大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Insititute, the University of Tokyo, 3. PRESTO, 4. Tokyo Institute of Technology

日本国内出版文献に掲載されている地球化学データのコンパイルを行うデータベース「DODAI」を（Haraguchi et al., 2018; 地質学雑誌）を発表した。同データベースは、個々の地球化学データのサンプリング位置を、電子地図を用いて座標化したことにより、位置情報の解像度を飛躍的に向上した。

地球化学データを収録する、国際的なデータベースは、陸上データを主とする「GEOROC」、海域データを主とする「PetDB」等が運用されている。昨今のコンピューター性能の向上による「データ駆動科学」の進展は、これらの「大量のデータ」を、「多数のパラメータ」を基にして、同時に比較することを可能とした。これらのデータベースを基として、マントル構造の不均質性(Iwamori and Nakamura, 2015)等、全球規模での地球化学的不均質性とその由来が議論されている。しかし、両データベース収録データの位置情報は、論文掲載の地質図の「代表的な位置」で一括され、解像度が「度」単位の誤差を含んでいるものがある。このため、日本国内の「地域」単位での研究に対しては、位置の誤差が極めて大きいことが問題となる。これに対して、「DODAI」の高解像度化された位置情報は、誤差は大きいものでもkm以下のオーダ、小さいものでは10m以下の精度を有しており、シームレス地質図（地質調査所）等に記載されたユニットとの１対１の対応を担保するものである。また、収録されるデータの分析手法等の違いなどに由来する様々な「フォーマットの違い」についても、一定の基準のもとの「規格化データ」とともに、メタデータを収録し、データ利用の便を図った。

今回の発表では、これらの「DODAI」データベースのコンセプトを報告するとともに、同データベースが持つ「データベースの持つ可能性」について紹介したい。

キーワード：地球化学データベース、位置情報、フォーマットの統一
Keywords: geochemical database, geocoding, normalization of format

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology

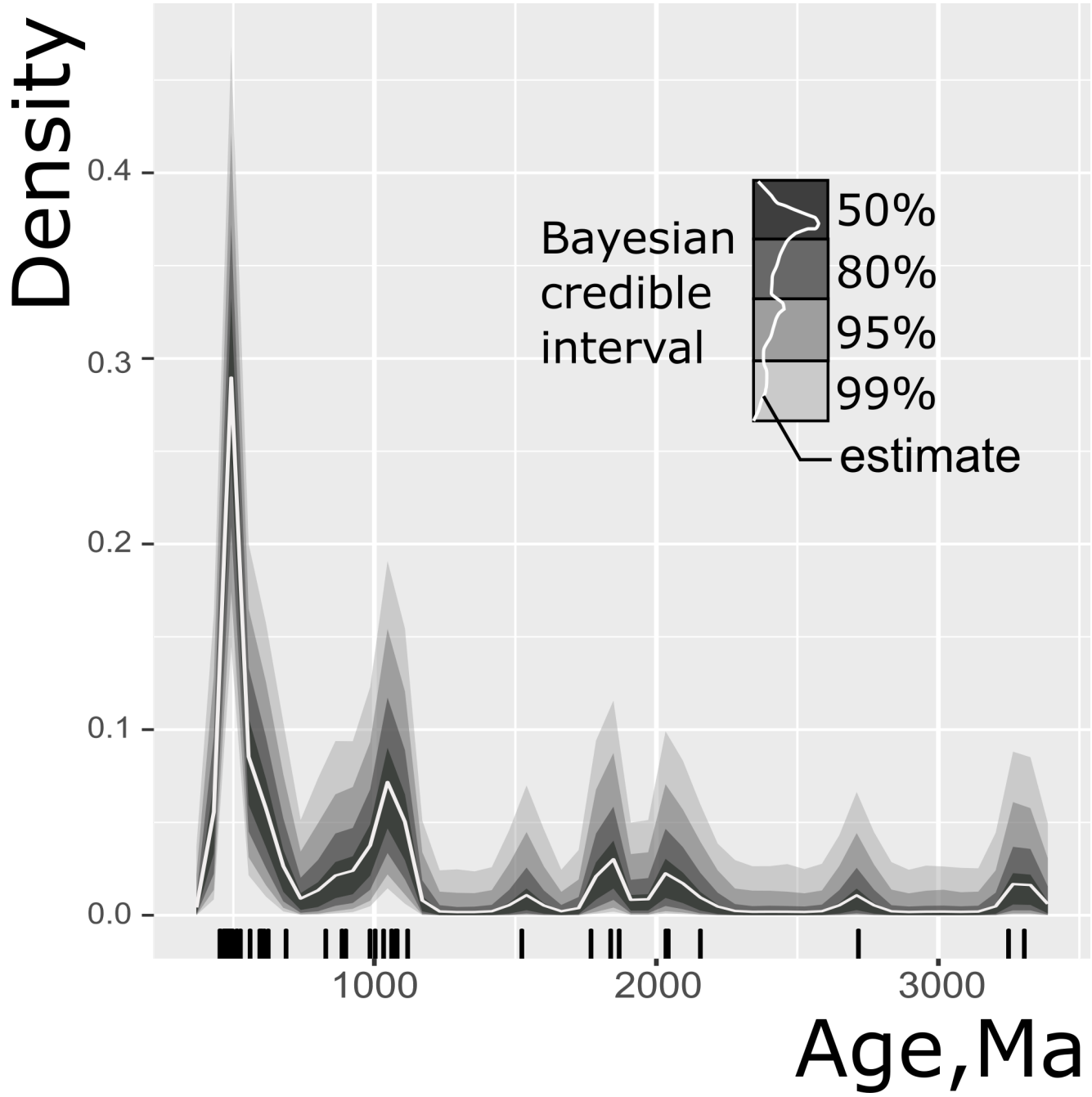
*古川 旦[1]、辻森 樹[1]
*Tan Furukawa[1], Tatsuki Tsujimori[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

Over the past two decades, detrital zircon U-Pb geochronology has become an essential method not only in sedimentary provenance analyses but also in characterization of sedimentary and metamorphic strata. Although the age data has been conventionally evaluated by using relative frequency plots (here after called histograms) and density curves, the lack of statistical verification can cause miss reading of data. In order to overcome the statistical issues raised, this study proposes new statistical evaluation method for detrital zircon geochronology.
The new method is based on Bayesian statistics, adapted a theory proposed by Riihimäki and Vehtari (2014) that provides a flexible modeling for density curve using the Logistic Gaussian Process (LGP)
For introducing non-negative consistency for density curve, the logistic density transformation is performed by $p(x)=\exp(f(x))/\int\exp(f(\mathbf{s}))d\mathbf{s}$; x is age, p(x) is density curve, and f(x) is Gaussian Process; $f(x)\sim GP(0, \kappa(x,x'))$. The covariance matrix $\kappa(x,x')$ is calculated by Gaussian kernel with hyperparameters $\rho$ and $\sigma$. For the actual computation, the logistic density transformation has integral difficulties, then, M discretized softmax function is used for approximation for it.
The likelihood function is $L(\mathbf{p}|\rho,\sigma)=\mathbf{y}^{T}\mathbf{p}$. $\mathbf{p}$ is M discretized p(x), and $\mathbf{y}$ is vector of $y_i$, which is the number of observations that fall within the i'th M discretized age subregion.
We have used programming language R and Stan for the MCMC computation of the statistical model above. When the number of detrital zircon data is several hundred or less, the hyperparameters of Gaussian process $\rho$ and $\sigma$ do not converge, and Bayesian estimation can not be performed. For this reason, the author estimated most plausible $\rho$ and $\sigma$ by WAIC. Using zircon data from our own data and the literature, in this presentation, we will demonstrate powerfulness of our new statistical evaluation.

キーワード：ベイズ統計学、砕屑性ジルコン年代学、MCMCアルゴリズム
Keywords: Bayesian statistics, detrital zircon geochronology, MCMC algorithm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 人工データを用いた機械学習による地球化学的データ処理および鉱山地域での重金属バックグラウンドを考慮した河川環境評価手法の提案
# Geochemical data processing using machine learning with artificial training data and proposal of environmental evaluation method considering natural background of heavy metals in river water in mining area

*佐藤 憲太[1]、澤山 兼吾[1]、土屋 範芳[1]
*Satoh Kenta[1], Kengo Sawayama[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科
1. graduate school of environmental studies, Tohoku University

Acid mining drainage is one of the most important sources of heavy metals in river. Environmental standards are evaluated by the effects on the Ecosystem and human body. However, the current environmental standards do not consider natural background of heavy metals, therefore the method which can evaluate the effects on the environment concerning such heavy metals is needed. Then we propose to apply machine learning to evaluation effects by heavy metals. Using natural soil data and mineral data as training data in machine learning, it will become possible to evaluate the effects concerning heavy metals naturally included in soil. However, it is very important to choose the proper training data set in machine learning. In this study, we created training data artificially. If it can be done that Verifying correctness of this artificial training data, the range of application of machine learning expands. The objective of this study is, firstly, to verify the validity of artificial training data through case study, secondly, to establish the method to evaluate effects on the environment by heavy metals considering natural background of heavy metals. Focusing on the mine area where there are effects by heavy metals has already been confirmed, we digitized the effects by mine as the evaluation score by heavy metals using Support Vector Regression (SVR) and using the element content ratio as attribute. The element content ratio of mine was used as the ore training data and the element content ratio of the area surrounding the mine was used as the training data representing heavy metals naturally included in soil. We created data of the ore training data based on literature data about the mine. Furthermore, we verified validity of the artificial data through comparing three digitized assessment of contamination by the statistical method in the area, by the previous research, and by machine learning. As a result, the evaluation score by each method increased at the same point, and it is verified that the evaluation by machine learning using artificial training data is correct. If we use machine learning using artificial training data, it may improve further development of machine learning in the geochemical data set.

キーワード：環境評価、河川底堆積物、重金属類
Keywords: environmental evaluation, sediment, heavy metals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

*矢部 優[1]、福地 里菜[2]、上木 賢太[1]、濱田 洋平[1]
*Suguru Yabe[1], Rina Fukuchi[2], Kenta Ueki[1], Yohei Hamada[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. UTokyo AORI

International Ocean Discovery Program (IODP) Expeditions have drilled ocean floor to address cores and well logging data for various purposes. Expedition scientists usually define logging units by characterizing logging data, and interpret their geological meaning. Unit classifications and their geological interpretations will be useful to understand the geological formation at the drilling site. The criteria to define such the units are described in the expedition report, which is usually based on the average, the minimum, and the maximum value of logging data. However, there is no mathematical background to support the validity of unit characterization. The motivation of this study is to develop the quantitative method for log unit definition, and to find out overshadowed log-characteristics for detailed geological interpretation.

This study used Hidden Markov Model (HMM) to classify logging data into logging units. HMM is a stochastic model to classify sequential data. In HMM, each sequential step has the unobservable parameter “state”, which corresponds to the logging unit in this case. As the transition probability of the state depends on the state at previous sequential step, HMM considers Markov process. Observable data (logging data in this case) is generated stochastically following the probability distributions defined by the state at each sequential step. Transition probability of the state and data generation probability distributions for each state are parameters to be estimated. We estimated those parameters with Expectation-Maximization (EM) algorithm.

We applied HMM to four drilling sites around Japan. Two sites are located at Nankai subduction zones. In Southwest Japan, Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) project conducted a series of IODP expeditions, and large amounts of cores and well-logging data have been acquired. Among these expeditions, we used logging data from Holes C0001D and C0004B drilled during IODP Expedition 314. The other two sites are located at Japan Trench. Hole C0019B was drilled during IODP Expedition 343 as Japan Trench Fast Drilling (JFAST) project. Hole C0020A was drilled during IODP Expedition 337 as Deep Coalbed Biosphere off Shimokita. We selected in-situ electric resistivity, gamma ray, and sonic velocity (P- and S- wave) for the analysis.

For each data set, we tested the number of clusters in HMM from two to nine. We compare our results with the logging unit reported by Expedition scientists. Unit classifications with our method are usually consistent with those by Expedition scientists. However, we observed some differences or finer division of units as well. We discuss the geological meaning of our results.

キーワード：隠れマルコフモデル、クラスタリング、海洋掘削科学
Keywords: Hidden Markov Model, Clustering, Ocean Drilling Science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# スパースモデリングによる不均質反応非線形ダイナミクスの推定
# Sparse Modeling of Nonlinear Dynamics in Heterogeneous Reactions

*伊藤 雅起[1]、桑谷 立[2]、大柳 良介[2]、大森 敏明[1]
*Masaki Ito[1], Tatsu Kuwatani[2], Ryosuke Oyanagi[2], Toshiaki Omori[1]

1. 神戸大学、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Kobe University, 2. JAMSTEC

Surface heterogeneous reactions are chemical reactions with conjugation of multiple phases, and they have the intrinsic nonlinearity of their dynamics caused by the effect of surface-area between different phases. We propose a sparse modeling approach for extracting nonlinear dynamics of surface heterogeneous reactions from sparse and noisy observable data. We employ sparse modeling algorithm and sequential Monte Carlo algorithm to partial observation problem, in order to simultaneously extract substantial reaction terms and surface models from a number of candidates. Using our proposed method, we show that the rate constants of dissolution and precipitation reactions, which are typical examples of surface heterogeneous reactions, necessary surface models and reaction terms underlying observable data were successfully estimated only from the observable temporal changes in the concentration of the dissolved intermediate product.

キーワード：不均質反応、スパースモデリング、非線形ダイナミクス
Keywords: Heterogeneous Reactions, Sparse Modeling, Nonlinear Dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# How to obtain a high-SNR EPMA map?: complementary roles of high-resolution imaging and subsequent binning

*安本 篤史[1]、吉田 健太[2]
*Atsushi Yasumoto[1], Kenta Yoshida[2]

1. (株) 蒜山地質年代学研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Hiruzen Institute of Geology and Chronlogy, 2. Japan Agency for Marine-earth Science and Technology

Chemical imaging is a common technique to analyze heterogeneous materials. For example in petrology, X-ray mapping with an electron probe microanalyzer (EPMA) visualizes chemical heterogeneities (so-called texture) in rocks. X-ray mapping measures signals of X-rays, and higher signal-to-noise ratio (SNR) improves clarity of heterogeneities, which is generally achieved by increasing probe current and/or dwell time of pixels (e.g., Hiroi et al., 1997). An appropriate probe current is determined by sample damages, upper limits of the detectors, and dead time. Dwell time is also determined by sample damages and available analysis time. To acquire a high-SNR image at a reasonable time, reducing total number of pixels is one plausible solution; however, spatial resolution shall become low. To overcome this trade-off, this study proposes a complementary use of short dwell time mapping and subsequent binning. The short dwell time mapping generates high-spatial-resolution and low-SNR images for observing fine textures, and the binning treatment converts the raw maps to low-spatial-resolution and high-SNR images for detecting small differences in chemistry. This approach is applicable to any imaging techniques, including EPMA, which count signals under a given dwell time.

Chemical imaging records counts of signals from multiple points, typically as orthogonal pixels. If expected counting rates are fixed for pixels, observed counts follow Poisson distribution. In EPMA mapping, this assumption is valid because counting rates of X-rays depend mostly on (1) chemistry and surface conditions of materials which are constant; and (2) on probe current, accelerating voltage, and sensitivity of detectors which are controlled by analysts. According to the reproducibility of Poisson distribution, an expected counting rate of a certain signal from a large pixel is identical to an arithmetic-mean of counting rates of the signal from pixels dividing the large pixel. In other word, a sum of counts from $n$-by-$n$ pixels in $m$ seconds each is equivalent to measuring a large pixel composed of the $n$-by-$n$ pixels in $mn^2$ seconds. A simulation is performed on a 300-by-300 matrix of Mandelbrot set. Expected counts per second is set to squares of Mandelbrot set timed by 20. Then, a 300-by-300 map with 1 second of dwell time, and a 150-by-150 map with 4 seconds of dwell time are generated by Poisson random numbers. The 300-by-300 map has higher spatial resolutions and lower-SNR than the 150-by-150 maps. Let’s consider a binning treatment of the 300-by-300 map, i.e. combining signal intensity of each 2-by-2 pixels into one superpixel. The binned 150-by-150 map is apparently comparable to the native 150-by-150 map. This means that high-SNR (low-resolution) image can be generated subsequently from high-resolution (low-SNR) image at an arbitrary degree, if necessary. A recommended binning method is sum rather than arithmetic mean so that binned values can be modeled with Poisson distributions. For example, if a pixel value is generated by Poisson distribution, its standard deviation can be approximated as square root of the pixel value.

The proposed approach has advantages in statistical analysis dealing with mapping data. For example, cluster analysis on a map classifies pixels into a given number of groups based on similarity of pixel values. Performance of cluster analysis, such as precision and smoothness, may improve by obtaining high-SNR of pixels through binning which separates signal peaks representing different groups. Note that benefit of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

sum as a binning method appears in cluster analysis because Poisson-distribution-based clustering algorithm (Witten, 2011) is applicable. If pixel values follow Poisson distributions, this algorism is more appropriate and provides better performance than k-means cluster algorism (MacQueen, 1967) which is a simple and common algorism used in variety of fields (Yasumoto et al. 2018).

キーワード：EPMA、マッピング、シグナルノイズ比、空間分解能
Keywords: EPMA, mapping, SNR, spatial resolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 全岩組成を用いた物質移動量のデータ駆動型解析
# Data-driven estimation of material transfer from bulk compositions

*桑谷 立[1,2]、吉田 健太[1]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、宇野 正起[3]、赤穂 昭太郎[4]
*Tatsu Kuwatani[1,2], Kenta Yoshida[1], Kenta Ueki[1], Ryosuke Oyanagi[1], Masaoki Uno[3], Shotaro Akaho[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 科学技術振興機構、3. 東北大学大学院環境科学研究科、4. 産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Science and Technology Agency, 3. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Material transfer of elements is the most important consequences of geological processes. However, it is difficult to estimate it, even if both compositional datasets of before and after are available. This is because the compositional data are not absolute data but relative ratio data. Isocon analysis has been widely applied as a simple and powerful standard tool for quantitative estimation of material transfer to various geoscientific problems. Despite its powerfulness, the method needs to assume the reference frame such as immobile elements or conservation of mass or volume, which relies on the researchers' intuition and experience. We propose a novel data-driven method which determines an appropriate reference frame from compositional data of multiple altered samples. In the proposed method, we use a mathematical framework, called sparse modeling, which can extract essential variables from high-dimensional datasets based on sparsity of the system. By optimizing the evaluation function, the least mobile elements are automatically selected. In this study, the effectiveness is validated and discussed using synthetic and natural sample data. The method seems to be a practical tool for estimate material transfer and it has the potential to be improved for particular problems due to its simple and flexible formulation.

キーワード：アイソコン、疎性モデリング
Keywords: isocon, sparse modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | 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) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_42

## [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)

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．

### [MGI33-P01] 位置情報精度を向上した地球化学データベース「DODAI」について

*原口 悟[1]、上木 賢太[1]、吉田 健太[1]、桑谷 立[1,3]、モハメド 美香[1]、岩森 光[1,2,4] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.科学技術振興機構、4.東京工業大学)

### [MGI33-P02] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology

*古川 旦[1]、辻森 樹[1] (1.東北大学)

### [MGI33-P03] 人工データを用いた機械学習による地球化学的データ処理および鉱山地域での重金属バックグラウンドを考慮した河川環境評価手法の提案

*佐藤 憲太[1]、澤山 兼吾[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

### [MGI33-P04] Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

*矢部 優[1]、福地 里菜[2]、上木 賢太[1]、濱田 洋平[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

### [MGI33-P05] スパースモデリングによる不均質反応非線形ダイナミクスの推定

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

### [MGI33-P06] How to obtain a high-SNR EPMA map?: complementary roles of high-resolution imaging and subsequent binning

*安本 篤史[1]、吉田 健太[2] (1.(株) 蒜山地質年代学研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

### [MGI33-P07] 全岩組成を用いた物質移動量のデータ駆動型解析

*桑谷 立[1,2]、吉田 健太[1]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、宇野 正起[3]、赤穂 昭太郎[4] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.産業技術総合研究所)

# 位置情報精度を向上した地球化学データベース「DODAI」について
# The geochemical database “DODAI” with high-precision location coordinates

*原口 悟[1]、上木 賢太[1]、吉田 健太[1]、桑谷 立[1,3]、モハメド 美香[1]、岩森 光[1,2,4]
*Satoru Haraguchi[1], Kenta Ueki[1], Kenta Yoshida[1], Tatsu Kuwatani[1,3], Mika Mohamed[1], Hikaru Iwamori[1,2,4]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学地震研究所、3. 科学技術振興機構、4. 東京工業大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Insititute, the University of Tokyo, 3. PRESTO, 4. Tokyo Institute of Technology

日本国内出版文献に掲載されている地球化学データのコンパイルを行うデータベース「DODAI」を（Haraguchi et al., 2018; 地質学雑誌）を発表した。同データベースは、個々の地球化学データのサンプリング位置を、電子地図を用いて座標化したことにより、位置情報の解像度を飛躍的に向上した。

地球化学データを収録する、国際的なデータベースは、陸上データを主とする「GEOROC」、海域データを主とする「PetDB」等が運用されている。昨今のコンピューター性能の向上による「データ駆動科学」の進展は、これらの「大量のデータ」を、「多数のパラメータ」を基にして、同時に比較することを可能とした。これらのデータベースを基として、マントル構造の不均質性(Iwamori and Nakamura, 2015)等、全球規模での地球化学的不均質性とその由来が議論されている。しかし、両データベース収録データの位置情報は、論文掲載の地質図の「代表的な位置」で一括され、解像度が「度」単位の誤差を含んでいるものがある。このため、日本国内の「地域」単位での研究に対しては、位置の誤差が極めて大きいことが問題となる。これに対して、「DODAI」の高解像度化された位置情報は、誤差は大きいものでもkm以下のオーダ、小さいものでは10m以下の精度を有しており、シームレス地質図（地質調査所）等に記載されたユニットとの１対１の対応を担保するものである。また、収録されるデータの分析手法等の違いなどに由来する様々な「フォーマットの違い」についても、一定の基準のもとの「規格化データ」とともに、メタデータを収録し、データ利用の便を図った。

今回の発表では、これらの「DODAI」データベースのコンセプトを報告するとともに、同データベースが持つ「データベースの持つ可能性」について紹介したい。

キーワード：地球化学データベース、位置情報、フォーマットの統一
Keywords: geochemical database, geocoding, normalization of format

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology

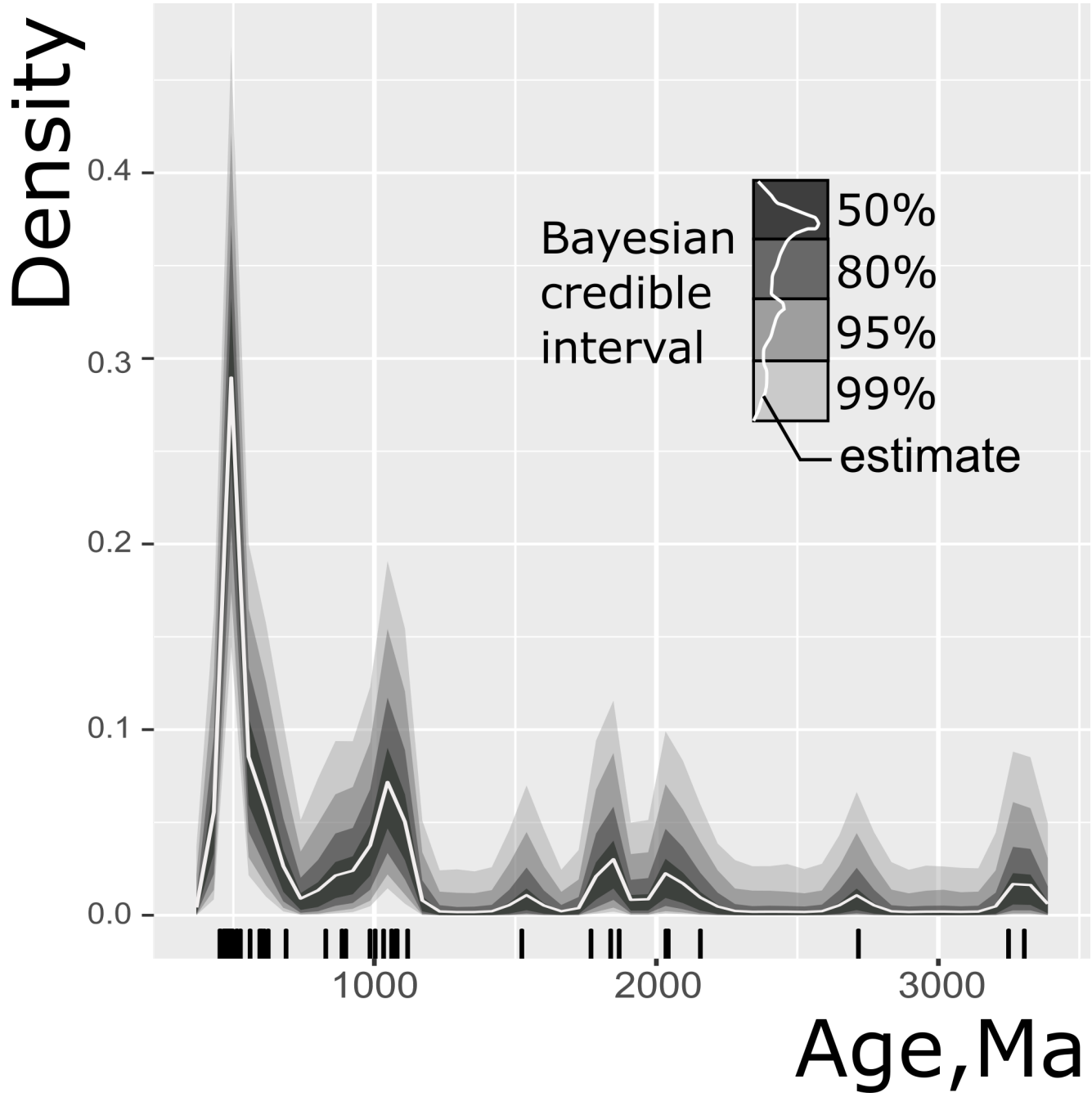
*古川 旦[1]、辻森 樹[1]
*Tan Furukawa[1], Tatsuki Tsujimori[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

Over the past two decades, detrital zircon U-Pb geochronology has become an essential method not only in sedimentary provenance analyses but also in characterization of sedimentary and metamorphic strata. Although the age data has been conventionally evaluated by using relative frequency plots (here after called histograms) and density curves, the lack of statistical verification can cause miss reading of data. In order to overcome the statistical issues raised, this study proposes new statistical evaluation method for detrital zircon geochronology.
The new method is based on Bayesian statistics, adapted a theory proposed by Riihimäki and Vehtari (2014) that provides a flexible modeling for density curve using the Logistic Gaussian Process (LGP)
For introducing non-negative consistency for density curve, the logistic density transformation is performed by $p(x)=\exp(f(x))/\int\exp(f(\mathbf{s}))d\mathbf{s}$; x is age, p(x) is density curve, and f(x) is Gaussian Process; $f(x)\sim GP(0, \kappa(x,x'))$. The covariance matrix $\kappa(x,x')$ is calculated by Gaussian kernel with hyperparameters $\rho$ and $\sigma$. For the actual computation, the logistic density transformation has integral difficulties, then, M discretized softmax function is used for approximation for it.
The likelihood function is $L(\mathbf{p}|\rho,\sigma)=\mathbf{y}^{T}\mathbf{p}$. $\mathbf{p}$ is M discretized p(x), and $\mathbf{y}$ is vector of $y_i$, which is the number of observations that fall within the i'th M discretized age subregion.
We have used programming language R and Stan for the MCMC computation of the statistical model above. When the number of detrital zircon data is several hundred or less, the hyperparameters of Gaussian process $\rho$ and $\sigma$ do not converge, and Bayesian estimation can not be performed. For this reason, the author estimated most plausible $\rho$ and $\sigma$ by WAIC. Using zircon data from our own data and the literature, in this presentation, we will demonstrate powerfulness of our new statistical evaluation.

キーワード：ベイズ統計学、砕屑性ジルコン年代学、MCMCアルゴリズム
Keywords: Bayesian statistics, detrital zircon geochronology, MCMC algorithm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 




©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

# 人工データを用いた機械学習による地球化学的データ処理および鉱山地域での重金属バックグラウンドを考慮した河川環境評価手法の提案
# Geochemical data processing using machine learning with artificial training data and proposal of environmental evaluation method considering natural background of heavy metals in river water in mining area

*佐藤 憲太[1]、澤山 兼吾[1]、土屋 範芳[1]
*Satoh Kenta[1], Kengo Sawayama[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科
1. graduate school of environmental studies, Tohoku University

Acid mining drainage is one of the most important sources of heavy metals in river. Environmental standards are evaluated by the effects on the Ecosystem and human body. However, the current environmental standards do not consider natural background of heavy metals, therefore the method which can evaluate the effects on the environment concerning such heavy metals is needed. Then we propose to apply machine learning to evaluation effects by heavy metals. Using natural soil data and mineral data as training data in machine learning, it will become possible to evaluate the effects concerning heavy metals naturally included in soil. However, it is very important to choose the proper training data set in machine learning. In this study, we created training data artificially. If it can be done that Verifying correctness of this artificial training data, the range of application of machine learning expands. The objective of this study is, firstly, to verify the validity of artificial training data through case study, secondly, to establish the method to evaluate effects on the environment by heavy metals considering natural background of heavy metals. Focusing on the mine area where there are effects by heavy metals has already been confirmed, we digitized the effects by mine as the evaluation score by heavy metals using Support Vector Regression (SVR) and using the element content ratio as attribute. The element content ratio of mine was used as the ore training data and the element content ratio of the area surrounding the mine was used as the training data representing heavy metals naturally included in soil. We created data of the ore training data based on literature data about the mine. Furthermore, we verified validity of the artificial data through comparing three digitized assessment of contamination by the statistical method in the area, by the previous research, and by machine learning. As a result, the evaluation score by each method increased at the same point, and it is verified that the evaluation by machine learning using artificial training data is correct. If we use machine learning using artificial training data, it may improve further development of machine learning in the geochemical data set.

キーワード：環境評価、河川底堆積物、重金属類
Keywords: environmental evaluation, sediment, heavy metals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

Quantitative Logging Unit Classification with Hidden Markov Model

*矢部 優[1]、福地 里菜[2]、上木 賢太[1]、濱田 洋平[1]
*Suguru Yabe[1], Rina Fukuchi[2], Kenta Ueki[1], Yohei Hamada[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. UTokyo AORI

International Ocean Discovery Program (IODP) Expeditions have drilled ocean floor to address cores and well logging data for various purposes. Expedition scientists usually define logging units by characterizing logging data, and interpret their geological meaning. Unit classifications and their geological interpretations will be useful to understand the geological formation at the drilling site. The criteria to define such the units are described in the expedition report, which is usually based on the average, the minimum, and the maximum value of logging data. However, there is no mathematical background to support the validity of unit characterization. The motivation of this study is to develop the quantitative method for log unit definition, and to find out overshadowed log-characteristics for detailed geological interpretation.

This study used Hidden Markov Model (HMM) to classify logging data into logging units. HMM is a stochastic model to classify sequential data. In HMM, each sequential step has the unobservable parameter “state”, which corresponds to the logging unit in this case. As the transition probability of the state depends on the state at previous sequential step, HMM considers Markov process. Observable data (logging data in this case) is generated stochastically following the probability distributions defined by the state at each sequential step. Transition probability of the state and data generation probability distributions for each state are parameters to be estimated. We estimated those parameters with Expectation-Maximization (EM) algorithm.

We applied HMM to four drilling sites around Japan. Two sites are located at Nankai subduction zones. In Southwest Japan, Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) project conducted a series of IODP expeditions, and large amounts of cores and well-logging data have been acquired. Among these expeditions, we used logging data from Holes C0001D and C0004B drilled during IODP Expedition 314. The other two sites are located at Japan Trench. Hole C0019B was drilled during IODP Expedition 343 as Japan Trench Fast Drilling (JFAST) project. Hole C0020A was drilled during IODP Expedition 337 as Deep Coalbed Biosphere off Shimokita. We selected in-situ electric resistivity, gamma ray, and sonic velocity (P- and S- wave) for the analysis.

For each data set, we tested the number of clusters in HMM from two to nine. We compare our results with the logging unit reported by Expedition scientists. Unit classifications with our method are usually consistent with those by Expedition scientists. However, we observed some differences or finer division of units as well. We discuss the geological meaning of our results.

キーワード：隠れマルコフモデル、クラスタリング、海洋掘削科学
Keywords: Hidden Markov Model, Clustering, Ocean Drilling Science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# スパースモデリングによる不均質反応非線形ダイナミクスの推定
# Sparse Modeling of Nonlinear Dynamics in Heterogeneous Reactions

*伊藤 雅起[1]、桑谷 立[2]、大柳 良介[2]、大森 敏明[1]
*Masaki Ito[1], Tatsu Kuwatani[2], Ryosuke Oyanagi[2], Toshiaki Omori[1]

1. 神戸大学、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Kobe University, 2. JAMSTEC

Surface heterogeneous reactions are chemical reactions with conjugation of multiple phases, and they have the intrinsic nonlinearity of their dynamics caused by the effect of surface-area between different phases. We propose a sparse modeling approach for extracting nonlinear dynamics of surface heterogeneous reactions from sparse and noisy observable data. We employ sparse modeling algorithm and sequential Monte Carlo algorithm to partial observation problem, in order to simultaneously extract substantial reaction terms and surface models from a number of candidates. Using our proposed method, we show that the rate constants of dissolution and precipitation reactions, which are typical examples of surface heterogeneous reactions, necessary surface models and reaction terms underlying observable data were successfully estimated only from the observable temporal changes in the concentration of the dissolved intermediate product.

キーワード：不均質反応、スパースモデリング、非線形ダイナミクス
Keywords: Heterogeneous Reactions, Sparse Modeling, Nonlinear Dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# How to obtain a high-SNR EPMA map?: complementary roles of high-resolution imaging and subsequent binning

*安本 篤史[1]、吉田 健太[2]
*Atsushi Yasumoto[1], Kenta Yoshida[2]

1. (株) 蒜山地質年代学研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Hiruzen Institute of Geology and Chronlogy, 2. Japan Agency for Marine-earth Science and Technology

Chemical imaging is a common technique to analyze heterogeneous materials. For example in petrology, X-ray mapping with an electron probe microanalyzer (EPMA) visualizes chemical heterogeneities (so-called texture) in rocks. X-ray mapping measures signals of X-rays, and higher signal-to-noise ratio (SNR) improves clarity of heterogeneities, which is generally achieved by increasing probe current and/or dwell time of pixels (e.g., Hiroi et al., 1997). An appropriate probe current is determined by sample damages, upper limits of the detectors, and dead time. Dwell time is also determined by sample damages and available analysis time. To acquire a high-SNR image at a reasonable time, reducing total number of pixels is one plausible solution; however, spatial resolution shall become low. To overcome this trade-off, this study proposes a complementary use of short dwell time mapping and subsequent binning. The short dwell time mapping generates high-spatial-resolution and low-SNR images for observing fine textures, and the binning treatment converts the raw maps to low-spatial-resolution and high-SNR images for detecting small differences in chemistry. This approach is applicable to any imaging techniques, including EPMA, which count signals under a given dwell time.

Chemical imaging records counts of signals from multiple points, typically as orthogonal pixels. If expected counting rates are fixed for pixels, observed counts follow Poisson distribution. In EPMA mapping, this assumption is valid because counting rates of X-rays depend mostly on (1) chemistry and surface conditions of materials which are constant; and (2) on probe current, accelerating voltage, and sensitivity of detectors which are controlled by analysts. According to the reproducibility of Poisson distribution, an expected counting rate of a certain signal from a large pixel is identical to an arithmetic-mean of counting rates of the signal from pixels dividing the large pixel. In other word, a sum of counts from $n$-by-$n$ pixels in $m$ seconds each is equivalent to measuring a large pixel composed of the $n$-by-$n$ pixels in $mn^2$ seconds. A simulation is performed on a 300-by-300 matrix of Mandelbrot set. Expected counts per second is set to squares of Mandelbrot set timed by 20. Then, a 300-by-300 map with 1 second of dwell time, and a 150-by-150 map with 4 seconds of dwell time are generated by Poisson random numbers. The 300-by-300 map has higher spatial resolutions and lower-SNR than the 150-by-150 maps. Let’s consider a binning treatment of the 300-by-300 map, i.e. combining signal intensity of each 2-by-2 pixels into one superpixel. The binned 150-by-150 map is apparently comparable to the native 150-by-150 map. This means that high-SNR (low-resolution) image can be generated subsequently from high-resolution (low-SNR) image at an arbitrary degree, if necessary. A recommended binning method is sum rather than arithmetic mean so that binned values can be modeled with Poisson distributions. For example, if a pixel value is generated by Poisson distribution, its standard deviation can be approximated as square root of the pixel value.

The proposed approach has advantages in statistical analysis dealing with mapping data. For example, cluster analysis on a map classifies pixels into a given number of groups based on similarity of pixel values. Performance of cluster analysis, such as precision and smoothness, may improve by obtaining high-SNR of pixels through binning which separates signal peaks representing different groups. Note that benefit of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

sum as a binning method appears in cluster analysis because Poisson-distribution-based clustering algorithm (Witten, 2011) is applicable. If pixel values follow Poisson distributions, this algorism is more appropriate and provides better performance than k-means cluster algorism (MacQueen, 1967) which is a simple and common algorism used in variety of fields (Yasumoto et al. 2018).

キーワード：EPMA、マッピング、シグナルノイズ比、空間分解能
Keywords: EPMA, mapping, SNR, spatial resolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 全岩組成を用いた物質移動量のデータ駆動型解析
# Data-driven estimation of material transfer from bulk compositions

*桑谷 立[1,2]、吉田 健太[1]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、宇野 正起[3]、赤穂 昭太郎[4]
*Tatsu Kuwatani[1,2], Kenta Yoshida[1], Kenta Ueki[1], Ryosuke Oyanagi[1], Masaoki Uno[3], Shotaro Akaho[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 科学技術振興機構、3. 東北大学大学院環境科学研究科、4. 産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Science and Technology Agency, 3. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Material transfer of elements is the most important consequences of geological processes. However, it is difficult to estimate it, even if both compositional datasets of before and after are available. This is because the compositional data are not absolute data but relative ratio data. Isocon analysis has been widely applied as a simple and powerful standard tool for quantitative estimation of material transfer to various geoscientific problems. Despite its powerfulness, the method needs to assume the reference frame such as immobile elements or conservation of mass or volume, which relies on the researchers' intuition and experience. We propose a novel data-driven method which determines an appropriate reference frame from compositional data of multiple altered samples. In the proposed method, we use a mathematical framework, called sparse modeling, which can extract essential variables from high-dimensional datasets based on sparsity of the system. By optimizing the evaluation function, the least mobile elements are automatically selected. In this study, the effectiveness is validated and discussed using synthetic and natural sample data. The method seems to be a practical tool for estimate material transfer and it has the potential to be improved for particular problems due to its simple and flexible formulation.

キーワード：アイソコン、疎性モデリング
Keywords: isocon, sparse modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

2019年5月27日(月) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

## [M-ZZ51] 地球惑星科学の科学史・科学哲学・科学技術社会論

コンビーナ:矢島 道子(日本大学文理学部)、青木 滋之(中央大学文学部)、山田 俊弘(東京大学大学院教育学研究科研究員)、吉田 茂生(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

地球惑星科学の性格づけや、歴史、哲学、社会との関係などを議論する科学論の分野である。具体的な内容として、科学史の分野では、地球惑星科学の歴史や鉱山技術史など、科学哲学では、科学方法論や存在論、概念分析など、科学技術社会論（STS）では、科学コミュニケーション、災害社会学、地球環境問題などを扱う。

[MZZ51-P01] 宇宙論がもたらす「人生の意味」への問い

*青木 滋之[1] (1.会津大学コンピュータ理工学部)

[MZZ51-P02] 層序学における「ステノ革命」再考―『プロドロムス』（1669年）から「人新世」まで

*山田 俊弘[1] (1.東京大学大学院教育学研究科研究員)

[MZZ51-P03] ナウマンはどうやって、日本の地質図を描いたか

*矢島 道子[1] (1.日本大学文理学部)

[MZZ51-P04] 明治期気象観測ネットワーク構築における民間部門の役割

*山本 哲[1] (1.気象庁気象研究所)

[MZZ51-P05] 地質学におけるティコ・ブラーエたち；プレート・テクトニクス革命における折衷モデル

*千葉 淳一[1] (1.大原法律専門学校)

[MZZ51-P06] 松本達郎（1913-2008)の日本におけるプレートテクトニクス・パラダイム転換への貢献

*眞島 英壽[1] (1.明治大学黒耀石研究センター)

[MZZ51-P07] ネット民俗学的アプローチによる2018年草津白根山噴火への社会的反応分析

*山田 耕[1] (1.早稲田大学政治経済学術院)

# 宇宙論がもたらす「人生の意味」への問い
# Cosmic skepticism on meaning of life

*青木 滋之[1]
*Shigeyuki Aoki[1]

1. 会津大学コンピュータ理工学部
1. School of Computer Science and Engineering, University of Aizu

人生ないし生命の意味というものは、色んな次元において語られうる。近年の議論で大多数を占めているのは、個人の人生において、どのような人生の意味を見出しうるか、という議論であり、これは「人生の意味」というよりもむしろ、「人生の中での意味」に相当する。他方、宇宙論や生命科学といったグローバルな次元からすると、一瞬とも言える個体の人生/生命そのものに一体何の意味があるのか、という問い（懐疑論）も成り立つ。この発表では、グローバルな立場からの、個人主義的な「人生の意味」に対する様々なタイプの懐疑論を類型化し、果たして人生の意味という問いはそれぞれの次元で閉じた性質を持つのかどうかを検討したい。

キーワード：地球惑星科学、宇宙論、哲学
Keywords: earth and planetary science, cosmology, philosophy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 層序学における「ステノ革命」再考ー『プロドロムス』（1669年）から「人新世」まで
# Rethinking 'Stenonian Revolution' in stratigraphy: From *Prodromus* (1669) to 'Anthropocene'

*山田 俊弘[1]
*Toshihiro Yamada[1]

1. 東京大学大学院教育学研究科研究員
1. Research Fellow, Graduate School of Education, University of Tokyo

1669年にデンマークの解剖学者ニコラウス・ステノ（1638-1686）が『プロドロムスー固体論』を出版したとき、地質学史は層序学上の革命を経験したと言われ、「ステノ革命 Stenonian Revolution」と名づけられている（Herries Davies 1989, グールド 1988）。しかし本研究によれば、「ステノ革命」は単に層序学上の革命にとどまらず、スピノザの仕事が示唆する「自然史」概念の発出やライプニッツの実践が体現する「地権力」の出現を含意していた。本発表ではそういう意味での「ステノ革命」の現代的意義を議論する。

第一に、いわばステノ-スピノザ革命 Steno-Spinozian Revolution というべき側面がある。すでに一昨年の発表で触れたように（山田 2017）、ステノの『プロドロムス』（1669年）は、地殻を構成する物体間に生成の前後関係を読み取る原理を確立したことによって、「地球史」を議論する枠組みを形成した。これは Vaccari (2006) のいう「ステノの遺産 Stenonian Heritage」のイタリアにおける相続により、アルドゥイノの第四紀概念に結実し、19世紀の地質時代整備の礎となる。しかし一方では、ステノ自身がキリスト教年代記の枠組みを放棄していなかったように、近代的な自然史概念の生成には、スピノザの『神学・政治論』（1670年）に見られるような聖書解釈の問題への批判が不可欠であった。ステノの友人であったスピノザの思考を考慮してはじめて「革命」の性格が明確化するのである。
第二に、いわばステノ-ライプニッツ革命 Steno-Leibnizian Revolution と呼ぶべき側面がある。ステノがハノーファーで同僚であったライプニッツは、ステノから影響を受けて『プロトガイア』（1749年）を執筆するが、同時にハルツ山脈の鉱山開発に従事していた（Yamada 2003）。彼は明確に、資源開発を通じて国富を生み出し、産業と学問を発展させることを構想していた。ここには今日問題とされる人為が地球史に関与する時代の認識である「人新世」の問題と共通する意識が見られるのである（Cf. ボヌイユ・フレソズ 2018）。

キーワード：ニコラウス・ステノ、層序学、科学革命
Keywords: Nicolaus Steno, stratigraphy , scientific revolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ナウマンはどうやって、日本の地質図を描いたか
# How Edmund Naumann made the Geologic Map of Japan in 1885?

*矢島 道子[1]
*Michiko Yajima[1]

1. 日本大学文理学部
1. College of Humanity and Science, Nihon University

ナウマン（Edmund Naumann 1854-1927）は1875（明治8）年に来日し、東京大学の初代地質学教授をへて、できたばかりの地質調査所技師長として日本の予察地質図を作成し、1885年帰独し、ベルリンで開催された万国地質学会で発表した。それは好評をえたばかりでなく、日本の地質の基本を示し、現在から見ても遜色ない。どうして、短時日でこのようなことができたのだろうか。ナウマンの生涯を追跡して、いくつかを指摘してみる。

・高校・大学の成績があまりよくない。優等生ではない。自分の力をたのみに生きた。

・日本に来る前に日本の地質を少し知っていた。ギュンベルの論文、ウィーンの万国博に日本の庭園が出品されたが、その庭石や出品された石の置物を調べて、ミュンヘン大学の地質学者ギュンベルが日本の地質の予察として小さな論文を出していた。

・日本に来たら職がなかった。鉱山学校の教師として雇用されたのだが、鉱山学校がなくなってしまっていた。それで、金石取調所に勤務した。ナウマンは教育の義務がなく、金石取調所で岩石・鉱物を自由に見て、産出地点をおさえることができた。同所には和田維四郎がいて、地名もわかる。

キーワード：ナウマン、地質図、ギュンベル、万国博覧会
Keywords: Naumann, geologic map, Gümbel, the International Exhibition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 明治期気象観測ネットワーク構築における民間部門の役割
# The role of the private sector in the formation of the meteorological observation network of Japan in the nineteenth century

*山本 哲[1]
*Akira Yamamoto[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

日本気象学会の前身である東京気象学会（1882～）・大日本気象学会（1888～）の会員録には明治期に計３名の女性の名前が認められる。国家気象事業の構築が官営主導で進められていた時代に、彼女らはいずれも民間部門の人物である。彼女らの出自や経歴を追うことで、明治期の気象観測ネットワーク形成過程における民間部門の役割の一端を明らかにする。

キーワード：気象観測ネットワーク、気象学史、野中千代子、頓野キヨ、田邊タミ、国家気象事業
Keywords: meteorological observation network, history of meteorology, NONAKA Chiyoko, TONNO Kiyo, TANABE Tami, national meteorological services

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地質学におけるティコ・ブラーエたち；プレート・テクトニクス革命における折衷モデル

# "Thyco Brahe" in the Geology; The Compromise Models on the Plate Tectonics Revolution.

*千葉 淳一[1]
*Jun'ichi Chiba[1]

1. 大原法律専門学校
1. O-hara Business College

科学革命はどのように始まり、どのように進行し、どのように終わるのだろうか。プレート・テクトニクス（PT）革命はクーンが科学革命の概念を提唱した後に起こった直近の科学革命の実例の一つであり、その最中に、多くの地球科学者の内心が変化していく過程を再現することによって、科学革命の「起こり方」を詳細に記述することができるはずである。

泊（2008）は、PT革命を科学史家の立場から詳述した。泊はこの革命に関わった地球科学者を、新理論に接して即時転向した例（上田誠也、中村一明、杉村新など）、頑迷に拒否し続けた例（井尻正二、藤田至則、湊正雄など）、有力者の考え方と学会での勢力に影響されたり怯えさせられたりして受容の表明が遅れたその他多くの地質学者というように描写したが、それは個々の研究者がPT理論を受容していく過程を、彼らが置かれた社会的状況と自らの学術的発表がPTパラダイムに内包された時点との相関によって捉えたのみであって、多くの地球科学者の、PT理論接触前の考え方、PT理論との接触時にそれに対して持った印象、葛藤や相克、内心の転向の過程を描くことはしていない。実際はこの過程は、「虚心坦懐に自然を見ていたので即時受諾」、「旧パラダイム（地向斜理論）に深くとらわれていたので拒否」のような単純な二項対立ではなく、原郁男が表現したように「引き裂かれていた」状態を長く経験した研究者も多くいたはずである。これはPT革命の過程に関して泊が残した宿題となっている。今回著者は、PT理論接触後に地質学者が示した反応の例として、PT理論以前の日本列島構造発達シナリオや造山運動理論との「折衷モデル」について報告する。

1970年代に東京大学理学部地質学第二講座教授であった木村敏雄は地球の表面構造の形成理論としての海洋底拡大説は受容したものの、海溝付近での造山運動に関しては地向斜論を採り続けた。木村の学生であった小川勇二郎は、弧状列島の形成過程のうち、縁海の形成の部分をマントルウェッジの副次的な湧昇流ではなく地向斜で説明するモデルを提唱している。のちに付加体理論を提唱することになる八尾昭は、1970年代には地向斜造山論を否定することなく、スラストと褶曲で堆積物がレンズ化・ブロック化していくモデルを考え始めていた。また、弧状列島の横断方向にマグマ組成の変化を示した研究や、オフィオライト形成（定置）過程の研究で、従来モデルとPTモデルを折衷したと思われる例も散見される。

「折衷モデル」の提案というとご都合主義のように、必ずしもよい印象を与えるものではない。しかし一方で、新理論がこれまでの観察データをどのように説明するのかということに慎重に取り組んだ試行過程の記録ということもできる。これらはPT革命において、コペルニクス革命におけるティコ・ブラーエの働きに比する働きをした研究者が地質学界に少なからず存在することを示すものであり、必ずしも地質学の後進性を示すものとばかりは言えず、むしろ観察事実による基礎付けを重んずる研究伝統を表すものなのではなかろうかと考える。

キーワード：プレートテクトニクス革命、折衷モデル、地質学方法論
Keywords: Plate Tectonics Revolution, Compromise Models, Methodology of Geology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 松本達郎（1913-2008)の日本におけるプレートテクトニクス・パラダイム転換への貢献

# Contributions of Tatsuro Matsumoto (1913-2009) to plate tectonics, a signifcant paradigm shift in earth sicence

*眞島 英壽[1]
*Hidehisa Mashima[1]

1. 明治大学黒耀石研究センター
1. Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

海洋拡大説からプレートテクトニクス（PT）理論の成立期である1960年代から1970年代，松本達郎（1913-2009，当時九州大学層序学担当教授)は日本地質学界において指導的立場にあった。日本の層序学分野におけるPT論に伴うパラダイム転換は，地向斜論から付加体論への転換に代表される。松本は，このパラダイム転換に関わる国際・国内シンポジウム議長や国際委員，総合研究代表研究者，論文集編者などを歴任し，日本の地球科学を牽引した。四万十帯付加体論は松本が指導した坂井卓を中心として1970年代後半に構造地質的観点から提案された。中世古らによる放散虫研究を最初に評価したのは，松本が長年指導的立場にあった日本古生物学会である。しかしながら，松本が自らへの称賛を好まなかったこともあり，これらの貢献は忘れ去られ，従来の日本におけるPT受容史研究（泊, 2008)でも紹介されていない。本講演では，1960～1980年代前半の松本のPT論に関わる研究活動を紹介し，松本がPT論を通じた地球科学における相互理解と協力関係の実現のため，最も尽力し行動した人物であることを明らかにする。

キーワード：プレートテクトニクス、松本達郎、パラダイム転換、地向斜、付加体
Keywords: plate tectonics, Tatsuro Matsumoto, paradigm shift, geosyncline, accretional prism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネット民俗学的アプローチによる2018年草津白根山噴火への社会的反応分析
# Online Community Responses to Volcanic Disaster: A Study of Yahoo! News Comments on the 2018 Mt. Kusatsu-Shirane eruption

*山田 耕[1]
*Kou Yamada[1]

1. 早稲田大学政治経済学術院
1. Waseda University

This work aims to summarize public real-time reaction to the publication of the news of volcanic disasters by applying a content analysis. On January 23, 2018, there was an unexpected deadly eruption of Mt. Kusatsu-Shirane, located in the Japanese central area. In order to undertake a content analysis of user-generated comments to media coverage related to this volcanic disaster, this work used 'Netnography' which means “a technique for the socio-cultural analysis of social media and online community data” (Kozinets et al. 2014:Netnographic Analysis: Understanding Culture Through Social Media Data, in The SAGE Handbook of Qualitative Data Analysis).

Online social spaces become increasingly acknowledged as important fields for quantitative and qualitative social scientific investigation because of the openness and richness of its multifarious socio-cultural sites. There are approximately 34.1 million active monthly users on Yahoo in 2016 (https://www.netratings.co.jp/news_release/2016/12/Newsrelease20161220.html). Yahoo! News is a news website and one of the most popular news aggregators in Japan. It has received about 4000 articles offered by more than 300 media companies per a day and selectively published socially-minded news from among them. In the case of Mt. Kusatsu-Shirane disaster, a large number of stories were placed on the top page with the highest priority. Therefore, Yahoo! News readers had chances to express their voice about various topics related to the volcanic disaster by posting comments. In Japan, Yahoo! News would play a huge role in shaping online opinion.

A content analysis of reader comments posted in response to twenty-two articles on Yahoo! News site, published in January 2018, was carried out. Then, about 1000 comments are randomly sampled from 4200 comments. Comments that are critical of the measures for the volcanic eruption prediction are most frequently found. A lot of commenters were commenting with experts and the Japan Meteorological Agency in mind. There is a view among commenters that experts and the Japan Meteorological Agency did not work well for the volcanic disaster. This links to the wondering whether the area around the eruption points is really safe. Approximately 10% of comments assert the belief that such accidents would be beyond human control and humans should obey the nature's activities. Moreover, in comments on whether the eruption prediction is possible, a number of comments supporting and opposing the eruption prediction research are almost equal within the error bar. The relationship between citizens and the government/experts can be severely impaired if the crisis communication is mishandled. Conclusively, the result of this study suggests an aspect of examining the public representation of the volcanic disaster. This study reveals that these comments provide any information about the volcanic risk after the Mt.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Kusatsu-Shirane eruption and proposes that netnography may prove useful for building effective volcanic risk communication strategies.

キーワード：ネット民俗学、火山防災、内容分析
Keywords: Netnography, Mitigation of volcanic disasters, content analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

2019年5月27日(月) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_45

## [M-ZZ51] 地球惑星科学の科学史・科学哲学・科学技術社会論

コンビーナ:矢島 道子(日本大学文理学部)、青木 滋之(中央大学文学部)、山田 俊弘(東京大学大学院教育学研究科研究員)、吉田 茂生(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

地球惑星科学の性格づけや、歴史、哲学、社会との関係などを議論する科学論の分野である。具体的な内容として、科学史の分野では、地球惑星科学の歴史や鉱山技術史など、科学哲学では、科学方法論や存在論、概念分析など、科学技術社会論（STS）では、科学コミュニケーション、災害社会学、地球環境問題などを扱う。

[MZZ51-P01] 宇宙論がもたらす「人生の意味」への問い

*青木 滋之[1] (1.会津大学コンピュータ理工学部)

[MZZ51-P02] 層序学における「ステノ革命」再考―『プロドロムス』（1669年）から「人新世」まで

*山田 俊弘[1] (1.東京大学大学院教育学研究科研究員)

[MZZ51-P03] ナウマンはどうやって、日本の地質図を描いたか

*矢島 道子[1] (1.日本大学文理学部)

[MZZ51-P04] 明治期気象観測ネットワーク構築における民間部門の役割

*山本 哲[1] (1.気象庁気象研究所)

[MZZ51-P05] 地質学におけるティコ・ブラーエたち；プレート・テクトニクス革命における折衷モデル

*千葉 淳一[1] (1.大原法律専門学校)

[MZZ51-P06] 松本達郎（1913-2008)の日本におけるプレートテクトニクス・パラダイム転換への貢献

*眞島 英壽[1] (1.明治大学黒耀石研究センター)

[MZZ51-P07] ネット民俗学的アプローチによる2018年草津白根山噴火への社会的反応分析

*山田 耕[1] (1.早稲田大学政治経済学術院)

# 宇宙論がもたらす「人生の意味」への問い
# Cosmic skepticism on meaning of life

*青木 滋之[1]
*Shigeyuki Aoki[1]

1. 会津大学コンピュータ理工学部
1. School of Computer Science and Engineering, University of Aizu

人生ないし生命の意味というものは、色んな次元において語られうる。近年の議論で大多数を占めているのは、個人の人生において、どのような人生の意味を見出しうるか、という議論であり、これは「人生の意味」というよりもむしろ、「人生の中での意味」に相当する。他方、宇宙論や生命科学といったグローバルな次元からすると、一瞬とも言える個体の人生/生命そのものに一体何の意味があるのか、という問い（懐疑論）も成り立つ。この発表では、グローバルな立場からの、個人主義的な「人生の意味」に対する様々なタイプの懐疑論を類型化し、果たして人生の意味という問いはそれぞれの次元で閉じた性質を持つのかどうかを検討したい。

キーワード：地球惑星科学、宇宙論、哲学
Keywords: earth and planetary science, cosmology, philosophy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 層序学における「ステノ革命」再考ー『プロドロムス』（1669年）から「人新世」まで
# Rethinking 'Stenonian Revolution' in stratigraphy: From *Prodromus* (1669) to 'Anthropocene'

*山田 俊弘[1]
*Toshihiro Yamada[1]

1. 東京大学大学院教育学研究科研究員
1. Research Fellow, Graduate School of Education, University of Tokyo

1669年にデンマークの解剖学者ニコラウス・ステノ（1638-1686）が『プロドロムスー固体論』を出版したとき、地質学史は層序学上の革命を経験したと言われ、「ステノ革命 Stenonian Revolution」と名づけられている（Herries Davies 1989, グールド 1988）。しかし本研究によれば、「ステノ革命」は単に層序学上の革命にとどまらず、スピノザの仕事が示唆する「自然史」概念の発出やライプニッツの実践が体現する「地権力」の出現を含意していた。本発表ではそういう意味での「ステノ革命」の現代的意義を議論する。

第一に、いわばステノ-スピノザ革命 Steno-Spinozian Revolution というべき側面がある。すでに一昨年の発表で触れたように（山田 2017）、ステノの『プロドロムス』（1669年）は、地殻を構成する物体間に生成の前後関係を読み取る原理を確立したことによって、「地球史」を議論する枠組みを形成した。これは Vaccari (2006) のいう「ステノの遺産 Stenonian Heritage」のイタリアにおける相続により、アルドゥイノの第四紀概念に結実し、19世紀の地質時代整備の礎となる。しかし一方では、ステノ自身がキリスト教年代記の枠組みを放棄していなかったように、近代的な自然史概念の生成には、スピノザの『神学・政治論』（1670年）に見られるような聖書解釈の問題への批判が不可欠であった。ステノの友人であったスピノザの思考を考慮してはじめて「革命」の性格が明確化するのである。
第二に、いわばステノ-ライプニッツ革命 Steno-Leibnizian Revolution と呼ぶべき側面がある。ステノがハノーファーで同僚であったライプニッツは、ステノから影響を受けて『プロトガイア』（1749年）を執筆するが、同時にハルツ山脈の鉱山開発に従事していた（Yamada 2003）。彼は明確に、資源開発を通じて国富を生み出し、産業と学問を発展させることを構想していた。ここには今日問題とされる人為が地球史に関与する時代の認識である「人新世」の問題と共通する意識が見られるのである（Cf. ボヌイユ・フレソズ 2018）。

キーワード：ニコラウス・ステノ、層序学、科学革命
Keywords: Nicolaus Steno, stratigraphy , scientific revolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ナウマンはどうやって、日本の地質図を描いたか
# How Edmund Naumann made the Geologic Map of Japan in 1885?

*矢島 道子[1]
*Michiko Yajima[1]

1. 日本大学文理学部
1. College of Humanity and Science, Nihon University

ナウマン（Edmund Naumann 1854-1927）は1875（明治8）年に来日し、東京大学の初代地質学教授をへて、できたばかりの地質調査所技師長として日本の予察地質図を作成し、1885年帰独し、ベルリンで開催された万国地質学会で発表した。それは好評をえたばかりでなく、日本の地質の基本を示し、現在から見ても遜色ない。どうして、短時日でこのようなことができたのだろうか。ナウマンの生涯を追跡して、いくつかを指摘してみる。

・高校・大学の成績があまりよくない。優等生ではない。自分の力をたのみに生きた。

・日本に来る前に日本の地質を少し知っていた。ギュンベルの論文、ウィーンの万国博に日本の庭園が出品されたが、その庭石や出品された石の置物を調べて、ミュンヘン大学の地質学者ギュンベルが日本の地質の予察として小さな論文を出していた。

・日本に来たら職がなかった。鉱山学校の教師として雇用されたのだが、鉱山学校がなくなってしまっていた。それで、金石取調所に勤務した。ナウマンは教育の義務がなく、金石取調所で岩石・鉱物を自由に見て、産出地点をおさえることができた。同所には和田維四郎がいて、地名もわかる。

キーワード：ナウマン、地質図、ギュンベル、万国博覧会
Keywords: Naumann, geologic map, Gümbel, the International Exhibition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 明治期気象観測ネットワーク構築における民間部門の役割
# The role of the private sector in the formation of the meteorological observation network of Japan in the nineteenth century

*山本 哲[1]
*Akira Yamamoto[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

日本気象学会の前身である東京気象学会（1882～）・大日本気象学会（1888～）の会員録には明治期に計３名の女性の名前が認められる。国家気象事業の構築が官営主導で進められていた時代に、彼女らはいずれも民間部門の人物である。彼女らの出自や経歴を追うことで、明治期の気象観測ネットワーク形成過程における民間部門の役割の一端を明らかにする。

キーワード：気象観測ネットワーク、気象学史、野中千代子、頓野キヨ、田邊タミ、国家気象事業
Keywords: meteorological observation network, history of meteorology, NONAKA Chiyoko, TONNO Kiyo, TANABE Tami, national meteorological services

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 地質学におけるティコ・ブラーエたち；プレート・テクトニクス革命における折衷モデル

# "Thyco Brahe" in the Geology; The Compromise Models on the Plate Tectonics Revolution.

*千葉 淳一[1]
*Jun'ichi Chiba[1]

1. 大原法律専門学校
1. O-hara Business College

科学革命はどのように始まり、どのように進行し、どのように終わるのだろうか。プレート・テクトニクス（PT）革命はクーンが科学革命の概念を提唱した後に起こった直近の科学革命の実例の一つであり、その最中に、多くの地球科学者の内心が変化していく過程を再現することによって、科学革命の「起こり方」を詳細に記述することができるはずである。

泊（2008）は、PT革命を科学史家の立場から詳述した。泊はこの革命に関わった地球科学者を、新理論に接して即時転向した例（上田誠也、中村一明、杉村新など）、頑迷に拒否し続けた例（井尻正二、藤田至則、湊正雄など）、有力者の考え方と学会での勢力に影響されたり怯えさせられたりして受容の表明が遅れたその他多くの地質学者というように描写したが、それは個々の研究者がPT理論を受容していく過程を、彼らが置かれた社会的状況と自らの学術的発表がPTパラダイムに内包された時点との相関によって捉えたのみであって、多くの地球科学者の、PT理論接触前の考え方、PT理論との接触時にそれに対して持った印象、葛藤や相克、内心の転向の過程を描くことはしていない。実際はこの過程は、「虚心坦懐に自然を見ていたので即時受諾」、「旧パラダイム（地向斜理論）に深くとらわれていたので拒否」のような単純な二項対立ではなく、原郁男が表現したように「引き裂かれていた」状態を長く経験した研究者も多くいたはずである。これはPT革命の過程に関して泊が残した宿題となっている。今回著者は、PT理論接触後に地質学者が示した反応の例として、PT理論以前の日本列島構造発達シナリオや造山運動理論との「折衷モデル」について報告する。

1970年代に東京大学理学部地質学第二講座教授であった木村敏雄は地球の表面構造の形成理論としての海洋底拡大説は受容したものの、海溝付近での造山運動に関しては地向斜論を採り続けた。木村の学生であった小川勇二郎は、弧状列島の形成過程のうち、縁海の形成の部分をマントルウェッジの副次的な湧昇流ではなく地向斜で説明するモデルを提唱している。のちに付加体理論を提唱することになる八尾昭は、1970年代には地向斜造山論を否定することなく、スラストと褶曲で堆積物がレンズ化・ブロック化していくモデルを考え始めていた。また、弧状列島の横断方向にマグマ組成の変化を示した研究や、オフィオライト形成（定置）過程の研究で、従来モデルとPTモデルを折衷したと思われる例も散見される。

「折衷モデル」の提案というとご都合主義のように、必ずしもよい印象を与えるものではない。しかし一方で、新理論がこれまでの観察データをどのように説明するのかということに慎重に取り組んだ試行過程の記録ということもできる。これらはPT革命において、コペルニクス革命におけるティコ・ブラーエの働きに比する働きをした研究者が地質学界に少なからず存在することを示すものであり、必ずしも地質学の後進性を示すものとばかりは言えず、むしろ観察事実による基礎付けを重んずる研究伝統を表すものなのではなかろうかと考える。

キーワード：プレートテクトニクス革命、折衷モデル、地質学方法論
Keywords: Plate Tectonics Revolution, Compromise Models, Methodology of Geology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# 松本達郎（1913-2008)の日本におけるプレートテクトニクス・パラダイム転換への貢献

# Contributions of Tatsuro Matsumoto (1913-2009) to plate tectonics, a signifcant paradigm shift in earth sicence

*眞島 英壽[1]
*Hidehisa Mashima[1]

1. 明治大学黒耀石研究センター
1. Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

海洋拡大説からプレートテクトニクス（PT）理論の成立期である1960年代から1970年代，松本達郎（1913-2009，当時九州大学層序学担当教授)は日本地質学界において指導的立場にあった。日本の層序学分野におけるPT論に伴うパラダイム転換は，地向斜論から付加体論への転換に代表される。松本は，このパラダイム転換に関わる国際・国内シンポジウム議長や国際委員，総合研究代表研究者，論文集編者などを歴任し，日本の地球科学を牽引した。四万十帯付加体論は松本が指導した坂井卓を中心として1970年代後半に構造地質的観点から提案された。中世古らによる放散虫研究を最初に評価したのは，松本が長年指導的立場にあった日本古生物学会である。しかしながら，松本が自らへの称賛を好まなかったこともあり，これらの貢献は忘れ去られ，従来の日本におけるPT受容史研究（泊, 2008)でも紹介されていない。本講演では，1960～1980年代前半の松本のPT論に関わる研究活動を紹介し，松本がPT論を通じた地球科学における相互理解と協力関係の実現のため，最も尽力し行動した人物であることを明らかにする。

キーワード：プレートテクトニクス、松本達郎、パラダイム転換、地向斜、付加体
Keywords: plate tectonics, Tatsuro Matsumoto, paradigm shift, geosyncline, accretional prism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

# ネット民俗学的アプローチによる2018年草津白根山噴火への社会的反応分析
# Online Community Responses to Volcanic Disaster: A Study of Yahoo! News Comments on the 2018 Mt. Kusatsu-Shirane eruption

*山田 耕[1]
*Kou Yamada[1]

1. 早稲田大学政治経済学術院
1. Waseda University

This work aims to summarize public real-time reaction to the publication of the news of volcanic disasters by applying a content analysis. On January 23, 2018, there was an unexpected deadly eruption of Mt. Kusatsu-Shirane, located in the Japanese central area. In order to undertake a content analysis of user-generated comments to media coverage related to this volcanic disaster, this work used 'Netnography' which means “a technique for the socio-cultural analysis of social media and online community data” (Kozinets et al. 2014:Netnographic Analysis: Understanding Culture Through Social Media Data, in The SAGE Handbook of Qualitative Data Analysis).

Online social spaces become increasingly acknowledged as important fields for quantitative and qualitative social scientific investigation because of the openness and richness of its multifarious socio-cultural sites. There are approximately 34.1 million active monthly users on Yahoo in 2016 (https://www.netratings.co.jp/news_release/2016/12/Newsrelease20161220.html). Yahoo! News is a news website and one of the most popular news aggregators in Japan. It has received about 4000 articles offered by more than 300 media companies per a day and selectively published socially-minded news from among them. In the case of Mt. Kusatsu-Shirane disaster, a large number of stories were placed on the top page with the highest priority. Therefore, Yahoo! News readers had chances to express their voice about various topics related to the volcanic disaster by posting comments. In Japan, Yahoo! News would play a huge role in shaping online opinion.

A content analysis of reader comments posted in response to twenty-two articles on Yahoo! News site, published in January 2018, was carried out. Then, about 1000 comments are randomly sampled from 4200 comments. Comments that are critical of the measures for the volcanic eruption prediction are most frequently found. A lot of commenters were commenting with experts and the Japan Meteorological Agency in mind. There is a view among commenters that experts and the Japan Meteorological Agency did not work well for the volcanic disaster. This links to the wondering whether the area around the eruption points is really safe. Approximately 10% of comments assert the belief that such accidents would be beyond human control and humans should obey the nature's activities. Moreover, in comments on whether the eruption prediction is possible, a number of comments supporting and opposing the eruption prediction research are almost equal within the error bar. The relationship between citizens and the government/experts can be severely impaired if the crisis communication is mishandled. Conclusively, the result of this study suggests an aspect of examining the public representation of the volcanic disaster. This study reveals that these comments provide any information about the volcanic risk after the Mt.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 

Kusatsu-Shirane eruption and proposes that netnography may prove useful for building effective volcanic risk communication strategies.

キーワード：ネット民俗学、火山防災、内容分析
Keywords: Netnography, Mitigation of volcanic disasters, content analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved. 