

1 (4) 火山

「火山」計画推進部会長 中道 治久
(京都大学防災研究所)
副部会長 前野 深
(東京大学地震研究所)

火山の噴火災害を軽減するためには、火山噴火の発生の場所・規模・時期を予測することおよび火山噴火現象に対応する噴火災害の推移を予測することが重要である。またこれらの予測のためには、火山噴火現象を解明することも重要である。「火山」計画推進部会では、「火山活動の事象分岐の条件・論理を明らかにし、火山活動推移モデルを構築し、発災の原因である火山噴火を予測すること」を上位目標にすえ、低頻度で大規模な現象を含む火山現象の解明とモデル化、火山活動を支配する場の解明とモデル化、中長期的な火山活動の評価、観測手法の開発および体制の整備に関する研究を推進している。

1. 地震・火山現象の解明のための研究

(1) 地震・火山現象に関する史料・考古データ、地質データ等の収集と解析

長期間における火山現象とそれに伴う災害を正確に把握するためには、地質データ等を収集して調査・分析を行い、データベースを整備・拡充することが重要である。マグマの状態と噴火様式との関連性について詳しく調べるために、爆発的噴火と非爆発的噴火（溶岩流噴火）を数多く起こしている富士火山の噴出物の解析を進めている。本年度は、7試料についてマグマの含水量と温度との関係を決定した結果、高温かつ低含水量のマグマが溶岩流噴火を、低温かつ高含水量マグマが爆発的な噴火をするという傾向を見出した（図1左）。また、マグマ上昇速度の評価のために石基組織の解析を進め、S-8以降の爆発的噴火に、斜長石微結晶の数密度や石基ガラス量のシステムティックな変化があることがわかった（図1右）（東京大学地震研究所 [課題番号：ERI_02]）。

草津白根山の噴火履歴の解明および噴火ポテンシャル評価に関する研究を進めている。本年度は、白根火砕丘群の噴出物層序調査と放射性炭素年代測定を行い、約6000年前頃には白根火砕丘群の主要部が形成されていたこと、約2000年前頃までマグマ噴火が発生していたことを明らかにした（亀谷・他、2020）。白根火砕丘群東斜面でのテフラ層序調査と、水蒸気噴火テフラのXRDによる粘土鉱物解析により、過去1万年間における熱水変質帯の物理化学環境の変遷が明らかになった。また、テフラ5層準で古地磁気年代を得ることができ、そのうち3層準で放射性炭素年代と調和的な年代値となった（図2）（富山大学 [課題番号：TYM_01]）。

阿蘇火山新期中岳溶岩およびアグルチネートの古地磁気および岩石磁気測定を行い、古地磁気永年変化曲線との比較から、5ka, 4.5ka, 3.5ka前後の3つの異なる活動があったことを明らかにした（公募研究、熊本大学 [課題番号：KOB003]）。

恵山火山の地質図原稿のとりまとめと、火山地質図作成のための雌阿寒岳火山、日光白根火山及び秋田焼山火山でのトレンチ掘削を実施した。御嶽火山では地表踏査に基づく噴火履歴調査を実施した。九重火山と蔵王火山では10万年前より若い噴出物のK-ArとAr/Ar年代データの比較研究を行った。また、20万分の1スケールの日本火山図公開のためのビューア開

発とデータ作成を行い、約440の第四紀以降に活動した火山に関するデータ公開を進めた（産業技術総合研究所 [課題番号：AIST03]）。

（２）低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

低頻度で大規模な火山噴火現象の発生履歴、規模等を解明するためには、史料・考古データ、地質データ等の分析を着実に進める必要がある。伊豆大島では、玄武岩質の大規模噴火である安永噴火（Y1）および15世紀噴火（Y4）について、噴出物の層序を広範囲で再構築し、層序毎の噴出物の組織・化学分析を行った。その結果、Y1については、爆発的噴火のテフラが3つのユニットに区分でき、それぞれ噴出率・噴煙高度が異なること、岩石組織もそれに対応して変化することなど、噴火推移の詳細がわかってきた。上位の主要な降下スコリアについては、古文書から流出時期が制約されている溶岩流との層序関係から、従来の考えよりも半年ほど遅い1778年11月中旬に噴出したことが明らかとなった。このような噴火推移の特徴は、噴火発生後の噴出物モニタリングが噴火推移・規模の予測において重要であることを示唆する。浅間山や霧島山においても大規模噴火堆積物の地質調査と噴出物の解析を開始し、層序・層相の解析、層序毎の粒子物性データを取得し、岩石組織の定量化、全岩・鉱物化学組成分析を進めた（東京大学地震研究所 [課題番号：ERI_03]）。

カルデラ噴火については、噴火準備段階からの活動の推移・履歴を把握するとともに、その推定精度を上げる手法の開発・改良を進める必要がある。大量のマグマの蓄積と噴火の準備過程の時間スケールを明らかにするために、ウラン系列放射非平衡を用いた物質科学的研究を進めている。本年度は、対象試料のU-Th放射非平衡の測定に必要なTh同位体比（ $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ ）の分析確度を向上させるための様々な試みを行い、測定方法における問題を解決した。また、先行研究によってマグマプロセスがよく理解されている支笏のカルデラ形成噴火（約44 ka）を対象に、噴出物のU-Th放射非平衡測定を行った。その結果、支笏カルデラの珪長質マグマは、マントル由来の玄武岩マグマの結晶分化作用ではなく、地殻物質の部分融解によって生成したことや、斑晶に富み未分化な特徴をもつ噴出物はUに過剰な放射非平衡を示し、マントル起源の玄武岩マグマの分化に由来することが明らかになった。また、約114kaの洞爺カルデラ噴出物について野外調査、試料採取、全岩主要元素・微量元素濃度測定や、EPMAによる鉱物・ガラスの組成分析を行った（北海道大学 [課題番号：HKD_02]）。

屈斜路カルデラ内の中島火山の地質調査を行い火山地質図を作成するとともに、中島火山の噴火史を確立した。また、屈斜路カルデラのポストリサージェンス活動により形成されたアトサヌプリ溶岩ドームについて、地質調査、化学分析や年代測定をもとに、火山活動の詳細を明らかにした（公募研究、室蘭工業大学 [課題番号：KOB004]）。

鬼界カルデラにおいて調査・探査航海を実施し、鬼界アカホヤ噴火を中心とした堆積物・岩石試料の採取を行い、地質学的・物質科学的解析を進め、アカホヤ噴火の総噴出物量の精密推定を目指している（図3）（神戸大学 [課題番号：KOB001]）。

（４）火山現象の解明とモデル化

火山噴火の様式は、マグマが火道を上昇する際に経験する脱ガス過程に支配される。火道内の脱ガスの記録が噴出物の塩素濃度の不均質に残されている可能性があることを提案した。また、塩素は拡散が遅いため、他の揮発性成分が失われたり均質化した後においても脱ガス時の拡散性の不均質を保持しているため脱ガス履歴が分かることを示した（Yoshimura et

al., 2019, 北海道大学 [課題番号: HKD_03])。

桜島火山1914年大正噴火軽石を用いて、火道浅部での減圧結晶化を模擬した低水蒸気圧下での結晶化実験を行い、ナノスケールの結晶の晶出条件を調べ、火道浅部においてマグマが経験した圧力、温度、および定置時間を制約できる可能性を指摘した(図4)(東北大学大学院理学研究科 [課題番号: THK_04])。

火山の比較研究に活用することを目的として、地震波干渉法をもとに、位相の不明瞭な火山性地震・微動の震源決定法を開発した。伊豆大島の火山性地震に開発した震源決定法を適用して、2km程度の精度で震源決定できること、また、仮定する内部減衰パラメータの深さの絶対値が大きく変化する振幅法に比べ深さ精度が高いことが分かった(図5)(Permana et al., 2019)。干渉SARデータ解析から有珠山と浅間山の小規模な地殻変動の抽出に成功した。有珠山においては10mm/year以上の沈降が観測され、過去の噴火に伴って生じた溶岩ドームの熱収縮によるものと考えられる(図6)。浅間山においては、山体北西側と南東側に最大6mm/yearの変動が観測され、これらは山頂付近の熱水活動によるものと山体不安定によるものと解釈された(Wang et al., 2019, 東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_07])。

航空機搭載型赤外カメラシステム(STIC)のセンサ技術を応用したポータブルな画像分光装置(G-STIC)を開発した(Jitsufuchi, 2019, 防災科学技術研究所 [課題番号: NIED01])。

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

箱根火山大涌谷の噴気観測から、2015年6月の噴火前後にてヘリウム同位体比の変化を検出した。地震活動の増加後に噴火し、その後同位体比異常が最大となったことから、その原因について、間隙圧の上昇が地震と噴火を誘発し、噴火に伴い流体が移動したためだと解釈した(東京大学大気海洋研究所 [課題番号: AORI02], Kagoshima et al., 2019, 公募研究, 東京大学大気海洋研究所 [課題番号: KOB013])。

草津白根火山で広帯域MT観測を実施し、3次元比抵抗構造を推定し、湯釜直下から本白根山にかけて深さ1~3 kmに広く存在する低比抵抗域を見つけた。そして、低比抵抗は導電体であり火口湖の水および温泉の源泉に対応していると解釈した(Matsunaga et al., 2020, 東京工業大学 [課題番号: TIT_03])。

2. 地震・火山噴火の予測のための研究

(4) 中長期的な火山活動の評価

ア. 火山噴火の長期活動の評価

山梨県富士山科学研究所は、富士山の溶岩の年代決定や層序対比を行うため、他の手法により年代決定している溶岩および火砕岩について、古地磁気測定を実施した。その結果、古地磁気方位から、鷹丸尾溶岩は西暦600-700年、剣丸尾第1溶岩は西暦1000年と推定された。また、宝永山に含まれる火山弾の古地磁気方位をもとに、宝永山が西暦1707年に形成されたと推定した。一方、トレンチ試料を用いて、陸上植物起源の脂肪酸と炭化木片の¹⁴C年代測定を行い比較した結果、両者の年代範囲は誤差の範囲内で概ね一致した。このことから、炭化木片が産出しない土壌試料でも、脂肪酸を利用した年代推定が可能であることが示され

た（山梨県富士山科学研究所 [課題番号：MFRI_01]）。東京大学地震研究所は、霧島山について18世紀享保噴火を含む歴史時代の個々の噴火の推移や中長期履歴をレビューするとともに、代表的噴火の堆積物の露頭調査を行い分布や層区分について検討した。また、享保噴火の噴出物の解析を進め、降下軽石における茶・灰色および白色の2タイプの軽石の全岩化学組成が2011年噴火と同様のトレンドを有し、温度・組成差のある2端成分マグマが関与したことなど、基礎的な岩石学的情報を収集した（東京大学地震研究所 [課題番号：ERI_03]）。富山大学は草津白根火山において、また産業技術研究所は、雌阿寒岳火山、日光白根火山、秋田焼山火山、御嶽火山において、活動履歴解明のための噴火履歴調査を進めた（富山大学 [課題番号：TYM_01]、産業技術総合研究所 [課題番号：AIST03]）。

イ. モニタリングによる火山活動の評価

各種観測データに基づき、数年～数10年スケールの中期的な火山活動評価を行うにあたり、火山活動推移モデルと活動評価手法に関する研究集会を合同で開催した。課題参画機関の代表者から各火山の活動についての報告を受け、ニュージーランドで開発されたVUI（火山活発化指数）を日本の火山に適用するための具体的な検討を始めた。十勝岳を対象とし、観測データからVUI計算シートの評価項目と基準を決め暫定的にVUIを評価した。また、（橋本・他、2019）の磁気モーメント変化率と変化源深度とVUIの対応を明らかにした（北海道大学 [課題番号：HKD_04]、京都大学大学院理学研究科 [課題番号：KUS_02]）。

御嶽山2014年噴火後の山頂付近の局所的な沈降がInSARデータから検出され、GNSSデータ解析と合わせて二つの異なる深さの収縮圧力源が求まり、異なる時定数の指数関数で近似された。そして噴煙写真から推定される水蒸気量の変化との比較から、深部収縮源の急速な減衰は、噴火の開始時の激しい流体の放出による急速な減圧を反映している一方、浅部収縮源の緩やかな収縮は噴火に対しての寄与は小さいことが示唆された（Narita et al., 2019, 京都大学大学院理学研究科 [課題番号：KUS_02]）。

簡易型トラバース測定装置を定期船に装着して口永良部島の二酸化硫黄放出率測定を継続しており、2020年1月11日からの噴火活動に先行して1月はじめから二酸化硫黄放出量の増加が明らかになった。2018-2019年の噴火活動期に比べ、火山ガス放出率が高いことから、脱ガスに関与するマグマ量やその位置などに違いがあると推定される（東京大学大学院理学系研究科 [課題番号：UTS_06]）。

2019年に噴火した浅間山と阿蘇山を対象に、噴火中の火山ガスの化学組成およびその変化の推定のために火山灰から抽出した水溶性物質の化学分析を実施した。そして、浅間山2019年噴火では新鮮なマグマの関与はないため、水蒸気噴火によって既存の火砕物が放出されたと推定された（Yaguchi et al., 2020, 気象庁 [課題番号：JMA_05]）。

北海道の複数の火山においてGNSS観測、火口域の地温観測、噴気および温泉水の地球化学的観測、地下水位観測を行った。そして、十勝岳において2006年から続いていた火口域の膨張が2018年に収縮傾向に変化し、2019年は停滞したことが分かった。また、地震活動と温泉水のCl濃度などに相関が認められたが、噴気の温度や化学成分、凝縮水の酸素・水素同位体比には大きな変化はなく、島弧のマグマ水と類似した値を示したことが分かった（Takahashi et al., 2019, 北海道立総合研究機構地質研究所 [課題番号：HR0_01]）。

箱根火山の噴気の採取と化学分析を行い、CO₂/H₂S比、He/CH₄比およびN₂/He比の時間変化と火山性地震の発生数の比較を行った。そして、2015年5月～8月の群発地震に先行してこれ

らの比の値が増加し、地震活動の低下とともに比の値が低下したことから、マグマ起源ガスの浅部熱水系に対する増加が群発地震を起こしたと解釈された(図7)(Ohba et al., 2019, 公募研究, 東海大学 [課題番号: KOB011])。

(5) 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

国内の活動的火山について、活動推移のモデル化や分岐判断指標の作成をするため、研究集会を開催し観測データ等を検討した。その結果、国内外の多くの火山の地震活動について、地震発生と噴火との相関性、大地震による応力場と噴火の発生との関連性を見出すことができた(西村, 2019)。また、国内の多くの火山の地殻変動の継続期間と変動量について噴火および噴火未遂のときの比較、継続期間と変動量の比較を行い、噴火の場合は地殻変動の継続期間が181日以上が多いことが分かったが、変動量と噴火および噴火未遂の関係性は見いだせなかった(高木, 2019, 東北大学大学院理学研究科 [課題番号: THK_11])。

シナブン火山の噴火活動において、水蒸気噴火からマグマ噴火への推移における地盤変動および地震活動との関係を明らかにした(図8)(京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI06])。

既存の火道系にマグマが貫入し噴火が発生する場合と、別のところに新たにマグマが貫入する場合とに分けてマグマの貫入速度を事象分岐の条件として噴火事象の経験的分岐論理を構築した。また、相対重力測定データおよび地盤変動データ解析から、桜島北岳直下において質量蓄積が起こっていることが明らかになった(図9)(井口・他, 2019, 京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI07])。

蔵王火山について、最新活動期の活動履歴をもとに噴火推移予測図を作成した。そして、前兆現象のみで終息する場合、水蒸気噴火に至る場合、さらにマグマ噴火に至る場合、大規模噴火に至る場合を想定すると、1894年以降の事例から、前兆現象のみあるいは水蒸気噴火に至って終息した場合のみで、今後の活動として同様の推移をたどる可能性が高いことを示した(伴・他, 2019, 公募研究, 山形大学 [課題番号: KOB015])。

3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

噴火発生直後に、火山噴出物などの災害誘因を高精度かつ即時的に予測する手法を開発することは重要である。今年度は、近年の代表的事例である霧島新燃岳2018年噴火における噴火様式の変化と噴出物の岩石組織との対応関係を明らかにし、噴出物をもとにした現象の把握や予測への活用について検討した。また、新燃岳2018年噴火の推移を踏まえた霧島火山の噴火事象系統樹の作成を開始した。噴出物分布にもとづく噴出量推定においては、従来の手法を実際の現象で試行し評価しつつ、最適な手法を開発することが急務である。本年度は、2019年8月に浅間山で発生したごく小規模な噴火の降灰調査を行い、噴出量の推定や火山灰構成物の解析に基づく噴火様式の推定を、課題参加機関および関係機関で連携して実施し、迅速に速報値を公表した。また、噴出物モニタリングや噴出量・構成物の迅速解析における課題について課題参加者間で問題意識を共有し、その手法の高度化や、噴火対応時における効率的かつ機動的な調査の実践方法、データ共有方法、噴火事象分岐判断への活用について議論を行った(東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_17])。

5. 研究を推進するための体制の整備

(1) 推進体制の整備

2回の火山噴火予知連絡会本会議を開催し、全国の火山活動の状況についての検討を行った。また、霧島山部会および草津白根山部会を開催して、霧島山および草津白根山の火山活動について、それぞれ検討を行った（気象庁〔課題番号：JMA_08〕）。

(3) 研究基盤の開発・整備

桜島においてミュオグラフィ観測を行い、2017年終わりにから2018年はじめにかけて噴火活動が昭和火口から南岳火口に推移した時期に火口底において密度上昇を検出し、プラグ状の物体が形成されたと解釈した（図10）（Oláh et al., 2019, 東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_21〕）。

八丈島の火山土地条件図および数値データを整備し、箱根山の火山土地条件調査を実施して数値データを整備した。また、岩手山、秋田駒ヶ岳、日光白根山の火山基本図および数値データを整備した（国土地理院〔課題番号：GSI_10〕）。

全国50活火山の常時監視観測を継続するとともに、草津白根山への広帯域地震計の配備と全国7箇所への監視カメラの配備を行った。また、口永良部島、阿蘇山、桜島にて二酸化硫黄ガス観測を実施したほか、ドローンによる可視・熱赤外観測を草津白根山・霧島山・阿蘇山・口永良部島で実施した（気象庁〔課題番号：JMA_12〕）。

海域火山（薩摩硫黄島、口永良部島、口之島、諏訪之瀬島、横当島、西之島、南硫黄島、福徳岡ノ場、硫黄島）の定期巡回監視を実施した（図11）。また、海域火山基礎情報調査「海徳海山」、「伊豆大島」の成果を公表した（海上保安庁〔課題番号：JCG_04〕）。

これまでの課題と今後の展望

「火山」計画推進部会には、41の研究計画課題に加えて、該当年度の公募研究は9課題あり、地震火山観測研究計画において最大の計画推進部会である。そこで、課題間の連携やそれぞれの課題における研究の深化を進めるきっかけとなるように2019年5月にキックオフミーティングを開催した。「火山活動の事象分岐の条件・論理を明らかにし、火山活動推移モデルを構築し、発災の原因である火山噴火を予測すること」が最上位目標であり、該当する2（5）火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測を最関連項目とする課題（東北大学大学院理学研究科〔課題番号：THK_11〕）が2020年1月に研究集会を開くとともに、項目2（5）の直近下位に位置づけられる項目2（4）中長期的な火山活動の評価の主要2課題（北海道大学〔課題番号：HKD_04〕、京都大学大学院理学研究科〔課題番号：KUS_02〕）が2019年12月に合同研究集会を行った。初年度であるため、それぞれの目的にて研究集会を行ったわけであるが、両方の研究集会に関わっている参加者が多いこともあるため、次年度以降は項目2（4）と2（5）の連携がより意識される方向に進むであろう。

この一年においては顕著な火山災害は無かったが、これまでの活動からすれば今期の計画中に国内の火山で災害をおよぼす噴火はあると考えるのが自然である。そういった噴火が発生した場合は、集中的に調査・観測による研究体制を強化するために、「火山」計画推進部会は地震・火山噴火予知研究協議会企画部・戦略室と連携し、特別研究促進費による研究の立ち上げと実施を主導する。同時に、「火山」計画推進部会は次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトの火山噴火緊急観測部会と連携し、内閣府の火山防災に関わる調査企画委員

会が検討してきた研究の方向性を踏まえた現地調査・観測の実施に貢献する。

成果リスト

- Aizawa K., W. Kanda, Y. Ogawa, A. Yokoo, M. Iguchi (2009), Shallow resistivity changes of Sakurajima volcano from magnetotelluric continuous observation, CA 研究会2010年論文集, 80
- 伴雅雄, 及川輝樹, 山崎誠子, 後藤章夫, 山本希, 三浦哲 (2019), 近代的噴火観測事例のない火山での噴火推移予測: 蔵王火山の例, 火山, 64, 131-138, doi:10.18940/kazan.64.2_131
- Goto, Y., T. Danhara, A. Tomiya (2019), Catastrophic sector collapse at Usu volcano, Hokkaido, Japan: failure of a young edifice built on soft substratum, Bull. Volcano., 81, 37, doi:10.1007/s00445-019-1293-x
- Goto, Y., A. Tomiya (2019), Internal structures and growth style of a Quaternary subaerial rhyodacite cryptodome at Ogariyama, Usu volcano, Hokkaido, Japan, Front. Earth Sci., 7, 66, doi:10.3389/feart.2019.00066
- 橋本武志, 宇津木充, 大倉敬宏, 神田径, 寺田暁彦, 三浦哲, 井口正人 (2019), 非マグマ性の火山活動に伴う消磁及び地盤変動のソースの特徴, 火山, 64, 103-119, doi:10.18940/kazan.64.2_103
- 井口正人, 為栗健, 平林順一, 中道治久 (2019), マグマ貫入速度による桜島火山における噴火事象分岐論理, 火山, 64, 33-51, doi:10.18940/kazan.64.2_33
- 伊藤順一 (2019), 岩手火山, 一本木原岩層なだれ堆積物の¹⁴C ウィグルマッチング年代と崩壊堆積物の特徴: 活火山における小規模な表層崩壊堆積物, 火山, 64, 153-167, doi:10.18940/kazan.64.3_153
- Jitsufuchi, T. (2019), Development of an optical multispectral remote sensing system for measuring volcanic surface phenomena -Promotion Project for Next Generation Volcano Research B2(subtopic2-2), J. Disast. Res., 14, 5, 728-743, doi:10.20965/jdr.2019.p0728
- Kagoshima, T., Y. Sano, N. Takahata, H. Lee, T. Lan, T. Ohba (2019), Secular variations of helium and nitrogen isotopes related to the 2015 volcanic unrest of Mt. Hakone, central Japan, Geochem. Geophys. Geosys., 20, doi:10.1029/2019GC008544
- 亀谷伸子, 石崎泰男, 勝岡菜々子, 吉本充宏, 寺田暁彦 (2020), 草津白根火山, 白根火砕丘群, 弓池マールおよび逢ノ峰火砕丘の岩石学的特徴, 地質学雑誌, 印刷中.
- Kaneko, T., F. Maeno, A. Yasuda (2019), Observation of the eruption sequence and formation process of a temporary lava lake during the June-August 2015 Mt. Raung eruption, Indonesia, using high-resolution and high-frequency satellite image datasets, J. Volcanol. Geotherm. Res., 377, 17-32, doi:10.1016/j.jvolgeores.2019.03.016
- 草野有紀, 石塚吉浩 (2020), トレンチ調査に基づく日光白根火山1400年間の噴火履歴, 地質調査研究報告, 71, 1-18, doi:10.9795/bullgsj.71.1
- Maeno, F., S. Nakada, M. Yoshimoto, T. Shimano, N. Hokanishi, A. Zaennudin, M.

- Iguchi (2019), Eruption Pattern and a Long-Term Magma Discharge Rate over the Past 100 Years at Kelud Volcano, Indonesia, *J. Disaster Res.*, 14, 27-39, doi:10.20965/jdr.2019.p0027
- Matsunaga, Y., W. Kanda, S. Takakura, T. Koyama, Z. Saito, K. Seki, A. Suzuki, T. Kishita, Y. Kinoshita, Y. Ogawa (2020), Magmatic hydrothermal system inferred from the resistivity structure of Kusatsu-Shirane Volcano, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 390, 106742, doi:10.1016/j.jvolgeores.2019.106742
- Minami, Y., T. Ohba, S. Hayashi, Y. Saito-Kokubu, K. Kataoka (2019), Lahar record during the last 2500 years, Chokai Volcano, northeast Japan: Flow behavior, sourced volcanic activity, and hazard implications, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 387, 106661, doi:10.1016/j.jvolgeores.2019.106661
- Miura, D., R. Furukawa, K. Arai (2019), Late Pleistocene-Holocene Volcaniclastic Ejecta Along the Southern Apron of the Esan Volcanic Complex, Japan, *J. Disaster Res.*, 14, 755-765, doi:10.20965/jdr.2019.p0755
- Nakada, S., F. Maeno, M. Yoshimoto, N. Hokanishi, T. Shimano, A. Zaennudin, M. Iguchi (2019), Eruption Scenarios of Active Volcanoes in Indonesia, *J. Disaster Res.*, 14, 40-50, doi:10.20965/jdr.2019.p0040
- Narita, S., M. Murakami, R. Tanaka (2019), Quantitative relationship between plume emission and multiple deflations after the 2014 phreatic eruption at Ontake volcano, Japan, *Earth Planet. Space*, 71, 145, doi:10.1186/s40623-019-1124-5
- 西村太志 (2019), 噴火発生頻度の時空間的特徴, *火山*, 64, 53-61, doi:10.18940/kazan.64.2_53
- Ohba, T., M. Yaguchi, K. Nishino, N. Numanami, Y. Daita, C. Sukigara, M. Ito, U. Tsunogai (2019), Time variations in the chemical and isotopic composition of fumarolic gases at Hakone volcano over the earthquake swarm and eruption in 2015, interpreted by magma sealing model, *Earth Planet. Space*, 71:48, doi:10.1186/s40623-019-1027-5
- Oláh L., H. K. M. Tanaka, T. Ohminato, G. Hamar, D. Varga (2019), Plug formation imaged beneath the active craters of Sakurajima volcano with muography, *Geophys. Res. Lett.*, 46, 10417-10424, doi:10.1029/2019GL084784
- Permana, T., T. Nishimura, H. Nakahara, E. Fujita, H. Ueda (2019), Reliability evaluation of volcanic tremor source location determination using cross-correlation functions, *Geophys. J. Int.*, 220, 1300-1315, doi:10.1093/gji/ggz523
- 篠原宏志 (2019), 火山ガス観測から推定される火山活動推移過程, *火山*, 64, 121-129, doi:10.18940/kazan.64.2_121
- 田島靖久, 中田節也, 長井雅史, 前野深, 渡邊篤志 (2019), 霧島火山群, えびの高原硫黄山の2018年4月の小噴火, *火山*, 64, 147-151, doi:10.18940/kazan.64.2_147
- 高木朗充 (2019), 深部圧力源による火山性地殻変動に基づく噴火発生予測の評価, *火山*, 64, 63-81, doi:10.18940/kazan.64.2_63
- Takahashi, R., N. Okazaki, M. Tamura, T. Ogino, Y. Murayama (2019), The

interaction of volcanic gas and deep magmatic fluid with shallow aquifers at Tokachidake volcano, Japan, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 388, 106678, doi:10.1016/j.jvolgeores.2019.106678

Wang, X., Y. Aoki (2019), Post-eruptive thermoelastic deflation of intruded magma in Usu volcano, Japan, 1992–2017, *J. Geophys. Res.*, 124, 335–357, doi:10.1029/2018JB016729

Wang, X., Y. Aoki, J. Chen (2019), Surface deformation of Asama volcano, Japan, detected by time series InSAR combining persistent and distributed scatters, 2014–2018, *Earth Planet. Space*, 71, 121, doi:10.1186/s40623-019-1104-9

Yaguchi, M., A. Terada, Y. Ogawa (2020), Air-Fall Ash from the Main Crater of Asama Volcano on August 7, 2019, and its Water-Soluble Components, *J. Disast. Res.*, 15, 53–56, doi:10.20965/jdr.2020.p0053

安田敦, 馬場章, 藤井敏嗣, 外西奈津美 (2019), 富士火山焼野溶岩に捕獲された斑れい岩について: その起源とマグマ供給系についての考察, *火山*, 64, 2, 83–101, doi:10.18940/kazan.64.2_83

Yoshimura, S., T. Kuritani, A. Matsumoto, M. Nakagawa (2019), Fingerprint of silicic magma degassing visualised through chlorine microscopy, *Scientific Reports*, 9, 786, doi:10.1038/s41598-018-37374-0

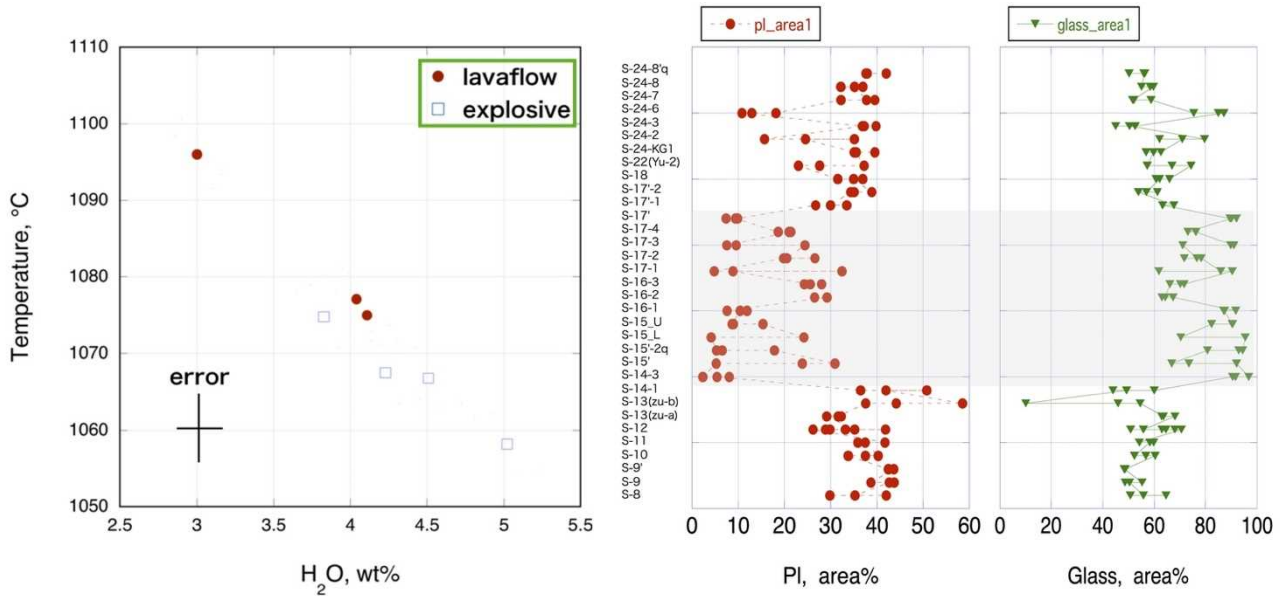


図1. 富士山の斑晶化学組成から推定された含水量とマグマ温度との関係（左図）と富士山の爆発的噴火による噴出物の石基組織の時代変化（右図）。左図のerror barは斑晶組成の計測誤差に起因する温度と含水量評価誤差。右図の赤色は斜長石微結晶量，緑色は石基ガラス量。時代変化が観察される部分で背景に影をつけている（東京大学地震研究所 [課題番号：ERI_02]）。

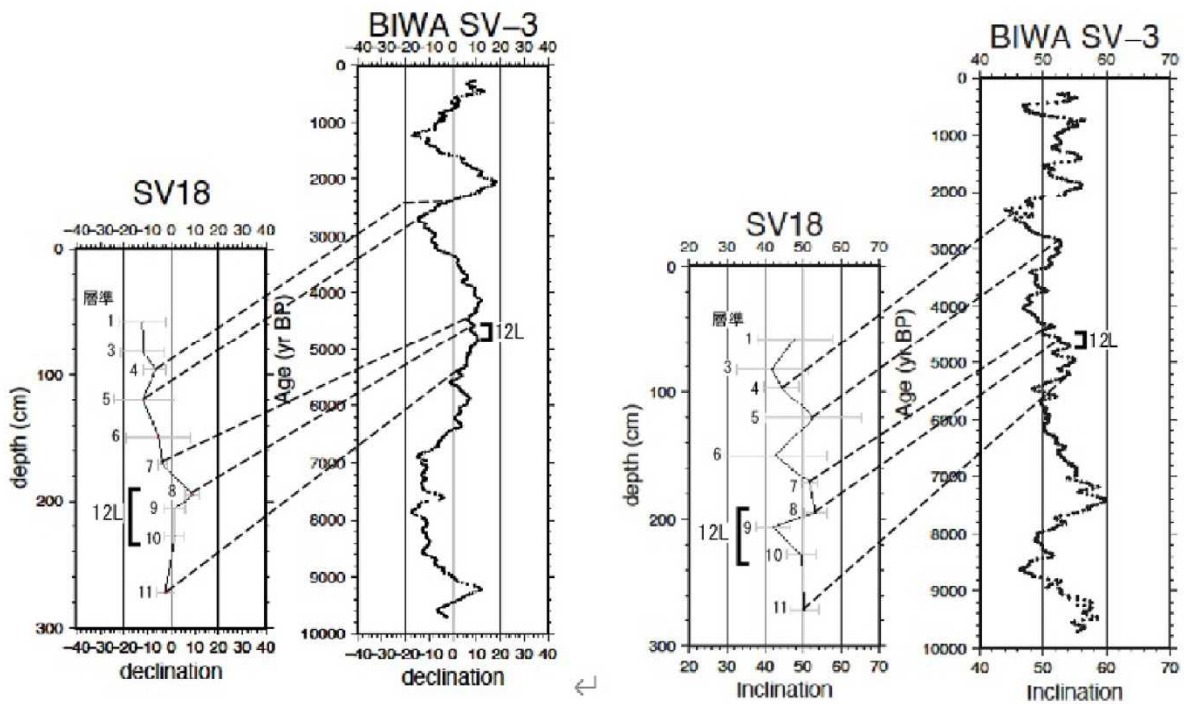


図2. 草津白根火山 (SV18) と琵琶湖の古地磁気永年変化曲線 (BIWA SV-3: Ali et al. 1999 を一部改変)。なお、草津白根火山における誤差は $\alpha 95$ 値 (富士大学 [課題番号: TYM_01])。

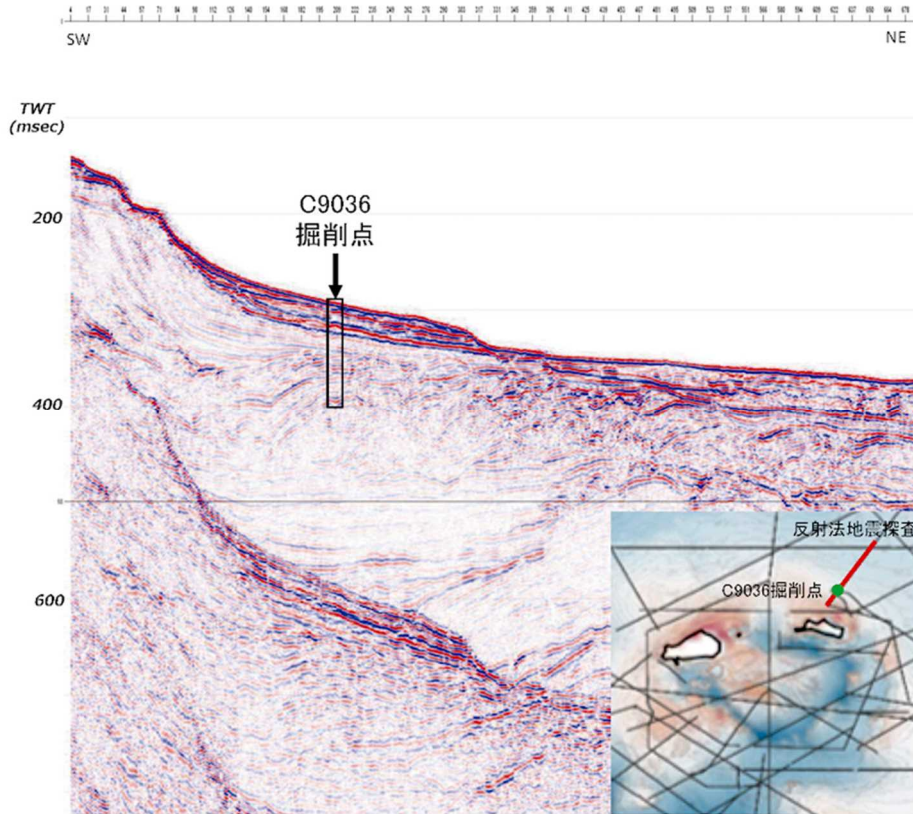


図3. 地球深部探査船「ちきゅう」によるピストンコアリングの地点（C9036掘削点）とその場所での反射法地震探査断面図（神戸大学 [課題番号：KOBE01]）。

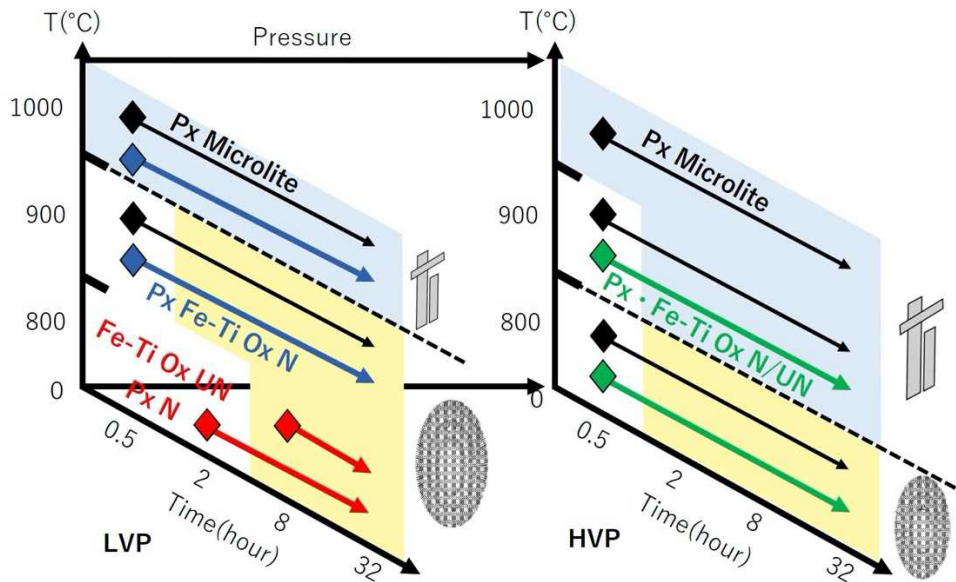


図4. 火道浅部を模擬した減圧結晶化実験で明らかになった、結晶の晶出速度・圧力・時間の関係（東北大学大学院理学研究科 [課題番号：THK_04]）。

伊豆大島の火山構造成地震による新手法の検証

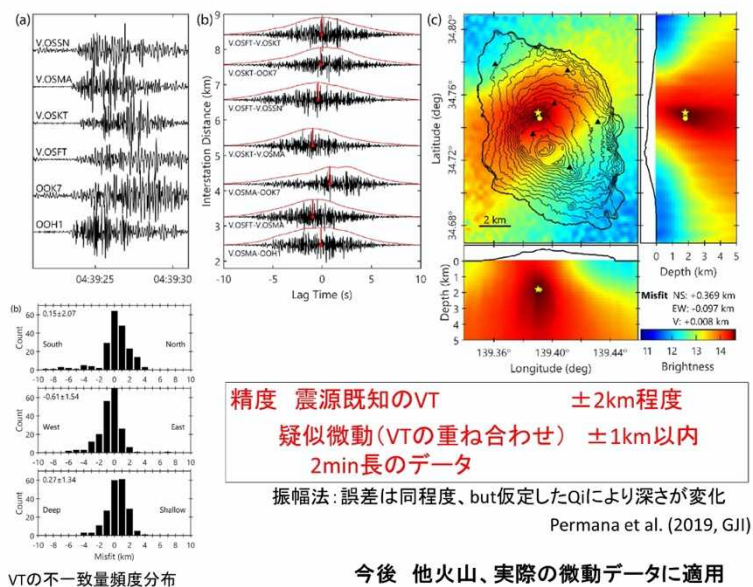


図 5. 地震波干渉法に基づく新たな震源決定手法の検証。(a) 波形, (b) エンベロープと Lag Time, (c) Misfit分布と最適解, (左下) 火山性地震の初動による震源との不一致の頻度分布 (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_07])。

有珠山溶岩ドームの収縮

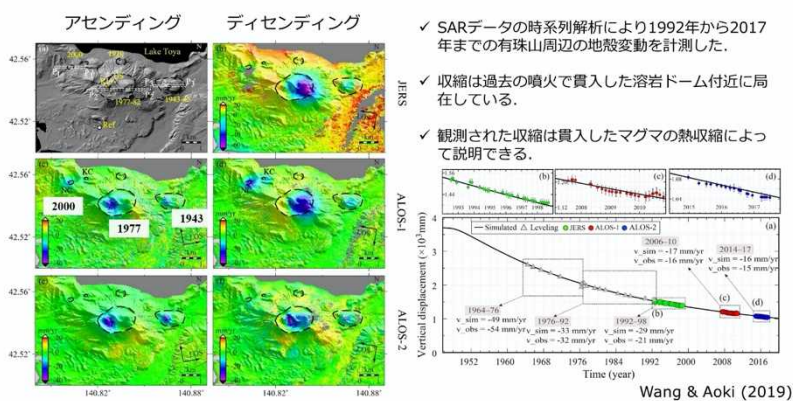


図 6. 干渉SAR解析で検出した有珠山溶岩ドームの収縮。左: アセンディング干渉画像, 中: ディセンディング干渉画像, 右下: 鉛直変位の時間変化 (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_07])。

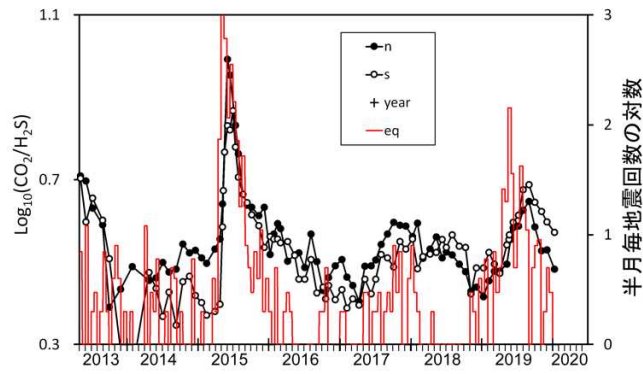


図1. 箱根山火山ガスの組成変動(地震回数は気象庁の観測に基づく)

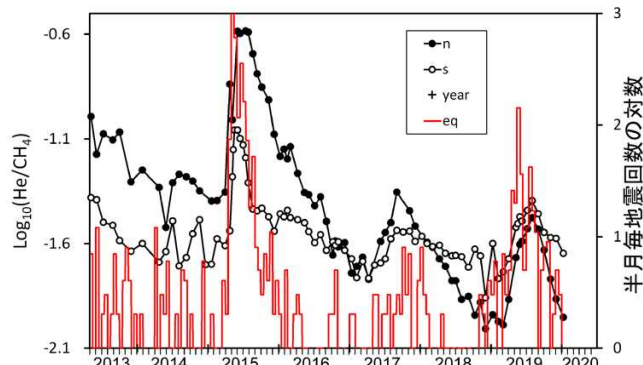


図2. 箱根山火山ガスの組成変動(地震回数は気象庁の観測に基づく)

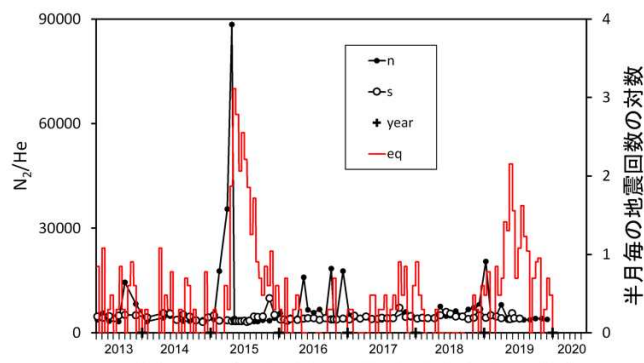


図3. 箱根山火山ガスの組成変動(地震回数は気象庁の観測に基づく)

図7. 箱根火山の噴気ガスにおける化学組成の時間変化。上段： $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変動，中段： He/CH_4 比の時間変動，下段： N_2/He 比の時間変動（公募研究，東海大学 [課題番号：KOB011]）。

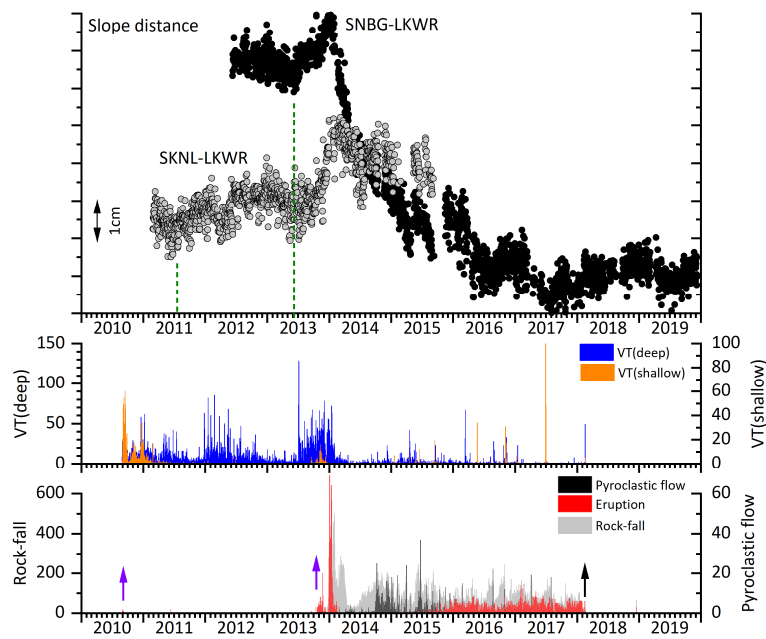


図 8. シナブン火山における地盤変動および地震活動と噴火活動との関係。上段：GNSSにより観測された2基線の射距離の変化，中段：地震活動，下段：噴火活動。紫の矢印は水蒸気噴火を，黒の矢印は2018年2月19日に発生した最大規模の噴火を示す(京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI06])。

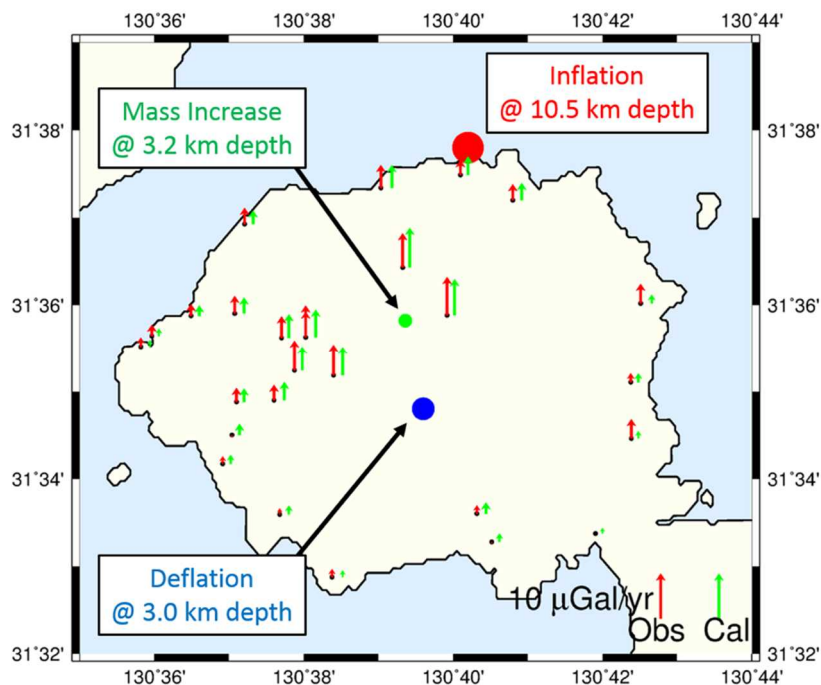


図 9. 相対重力繰り返し測定と地盤変動観測データから推定した桜島直下における膨張・収縮・質量変動ソースの位置 (京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI07])。

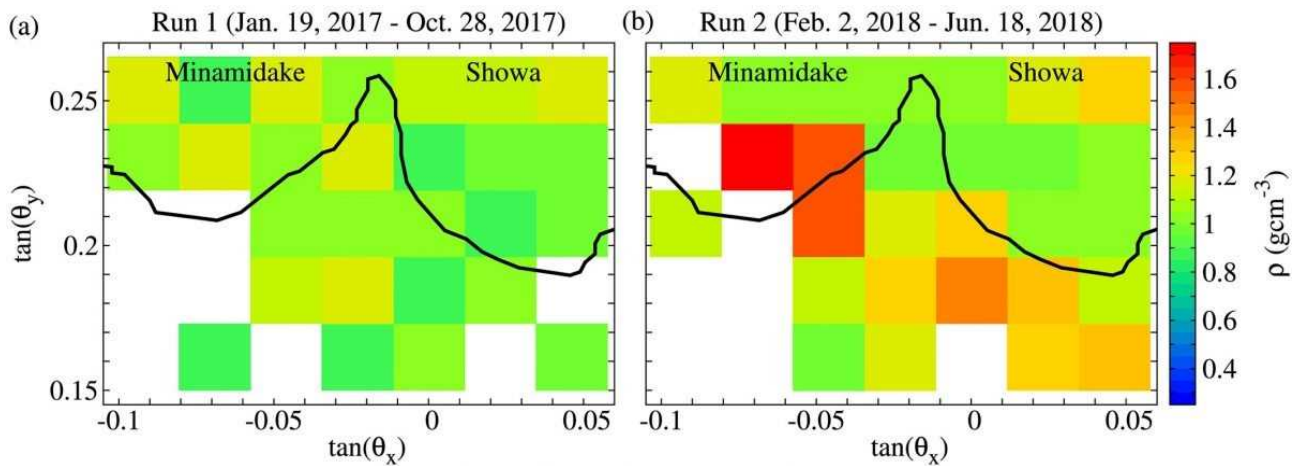


図10. 桜島昭和火口直下および南岳火口近傍における密度上昇を示すミュオグラフィ画像。色は密度変化量を示す。(a) 2017年7月～10月にかけて得られたデータ, (b) 2018年2月～6月にかけて得られたデータ (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_21])。



図11. 航空機による海域火山の定期循環監視観測による口永良部島の海域写真 (海上保安庁 [課題番号: JCG_04])。