

即戦力となる火山人材育成プログラム

異分野研究者による共同研究

令和6年度 共同研究報告書

1.共同研究採択状況

	応募件数	採択件数	共同研究費合計（千円）
共同研究	19	16	32,664

2.共同研究一覧

整理番号	研究課題名	年度	研究代表者	所属機関	東北大担当者
202401	顕微ラマン分光分析による微小領域含水量・結晶量分析技術の火山噴出物への応用	2024 2025	山本 順司	九州大学大学院地球惑星科学部門	無盡 真弓
202402	中性子イメージングを用いたマグマ中の含水量測定法の開発	2024 2025	坂巻 竜也	東北大学理学研究科	奥村 聡
202403	機械学習による自動粒子識別機能の火山噴出物への応用	2024 2025	下司 信夫	九州大学大学院地球惑星科学部門	中村 美千彦
202404	磁気測定 of 最新技術を用いた火山岩石磁気学研究の開拓	2024 2025	佐藤 雅彦	東京理科大学理学部第一部物理学科	中村 美千彦 無盡 真弓
202405	火山噴火が建築物の機能維持に及ぼす影響	2024 2025	吉敷 祥一	東京科学大学総合研究院	市來 雅啓
202406	スーパーハイブリッド重力測定による火山地下の密度変化の検出	2024 2025	今西 祐一	東京大学地震研究所	西村 太志
202407	マイクロフィルムに収録された歴史地震記象に潜む火山性振動現象を検出するための深層学習器の開発	2024 2025	長尾 大道	東京大学地震研究所	廣瀬 郁
202408	蔵王山のラハール堆積物の分布範囲の解明	2024 2025	伴 雅雄	山形大学理学部	宮本 毅
202409	火山噴煙内部の乱流，電化，および雷発生	2024 2025	Pablo D. Mininni	Univ. Buenos Aires, Physics Department	西村 太志

整理番号	研究課題名	年度	研究代表者	所属機関	東北大担当者
202410	光ファイバーケーブルを用いた超高密度観測から解明する桜島の爆発地震の波動場と火道付近の短波長不均質構造	2024 2025	江本 賢太郎	九州大学大学院理学研究院	廣瀬 郁
202411	音響探査技術, 有機地球化学, 陸水学的手法による, 静穏な火口湖の活動調査	2024 2025	山崎 新太郎	京都大学防災研究所徳島地すべり観測所	後藤 章夫
202412	過去の浅間山噴火と地域社会罹災の究明に基づく火山防災	2024	堤 隆	明治大学黒耀石研究センター	中村美千彦
202413	微動観測を通じた別府地域における火山性熱水分布推定の試み	2024	吉光 奈奈	京都大学大学院工学研究科	西村 太志
202414	現世海岸や堆積物中に存在する漂着軽石の分布・産状の把握	2024	石村 大輔	東京都立大学都市環境学部	廣瀬 郁
202415	房総半島における古地磁気-酸素同位体複合層序を活用した前期更新世広域テフラの高精度年代決定	2024	長谷川 健	茨城大学理学部地球環境科学コース	宮本 毅
202416	統合先端地震観測による桜島火山・始良カルデラ下の高分解能構造イメージング	2024	高木 涼太	東北大学大学院理学研究科	廣瀬 郁

3.成果報告書

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	山本順司・九州大学
整理番号	202401
研究課題名	顕微ラマン分光分析による微小領域含水量・結晶量分析技術の火山噴出物への応用
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

本研究課題は、斑晶に含まれるメルト包有物の含水量を顕微ラマン分光分析法で測定し、その手法の精度向上を目指すものである。メルト包有物の含水量は、ホスト鉱物が晶出した深さを反映するため、他の化学的指標と組み合わせることでマグマの化学的進化を解明する手がかりとなる。これまで、メルト包有物の含水量は主にFT-IR法で測定されてきた。しかし、この手法では両面研磨試料の作成が必要であり、正確な測定には直径数10 μm 以上の透過領域が求められる。また、反射FT-IR法による微小領域の分析も開発されているが、十分な信号強度を得ることが難しく、実用には至っていない。さらに、Nano-SIMSによる揮発性成分の分析も試料準備が容易ではなく、信頼できる値を得るには直径10 μm 程度の測定領域が必要である。したがって、噴出物に一般的に含まれる数 μm 径程度の微小なメルト包有物の含水量を測定するためには、新たな技術の導入が求められる。そこで本研究では、高い空間分解能を持つ顕微ラマン分光分析法を用いたメルト包有物の含水量測定に取り組んだ。

この手法は、メルト包有物のラマンスペクトルに現れるOH振動とSiO振動に由来するピーク間の面積比(OH振動/SiO振動)を測定し、それを含水量に変換するものである。合成ガラスを対象としたこの手法の有用性は過去の研究で示されている

(Behrens et al., 2006; Di Genova et al., 2017) が、天然試料への応用例は少ない。その主要な原因は、手法の確度に対する不確定性にある。例えば、ピーク面積比と含水量を対応付ける検量線がメルト包有物の化学組成やナノライトの存在割合に依存することが知られている (Behrens et al., 2006; Di Genova et al., 2017)。この問題は、事前に電子顕微鏡による分析・観察を行うことで解消可能である。しかし、もう一つの深刻な問題として、メルト包有物とホスト鉱物のラマンスペクトルが干渉することが挙げられる。顕微ラマン分光分析法は、励起レーザー光を対物レンズで絞ることで1 μm 未満の空間分解能を達成できるが、透明なメルト包有物ではレーザー光が内部を透過し、直下に存在するホスト鉱物に到達する可能性がある。その結果、ホスト鉱物由来のラマンスペクトルがメルト包有物のスペクトルに重なり、含水量の正確な測定を妨げる。特に、微小なメルト包有物ではホスト鉱物の影響がより顕著になり、天然試料への応用における大きな障壁となってきた。

この問題を解決するために、我々は以下の二つの方策を検討した。

1. 偏光子の導入: 顕微ラマン分光分析装置に偏光子を組み込み、ホスト鉱物由来の

ラマンスペクトルを軽減する。

2. **空間分解能の向上**: より高い開口数を持つ対物レンズを使用し、周囲のホスト鉱物からのラマンスペクトルの影響を低減する。

2024年度の研究では、「1. 偏光子の導入」の効果を検証した。試料には流紋岩質メルト包有物を含む直方輝石斑晶を用いた。その含水量は産業技術総合研究所でFT-IR法および顕微ラマン分光分析法によって事前に測定された。

まず、直径 10 μm 以上の比較的大きなメルト包有物を測定したところ、ホスト鉱物の影響はほとんどなく、面積比 (OH 振動/SiO 振動) と含水量に線形相関 (検量線) が得られた。一方、数 μm 径のメルト包有物ではホスト鉱物 (直方輝石) のラマンピークが明瞭に確認され、推奨値と異なる含水量が算出された。

次に、顕微鏡ステージを回転させながら測定を行ったところ、回転角度に応じてホスト鉱物由来のラマンピーク強度が変化した。ホスト鉱物のラマンピーク強度が最小となる回転角度で得られた面積比を検量線に照合した結果、推奨値と一致する含水量が得られた。

以上の結果から、偏光子を用いたホスト鉱物由来のラマンスペクトルの軽減は、微小なメルト包有物の含水量測定に有効であることが示された。ただし、ホスト鉱物の種類や結晶方位によっては効果が異なる可能性があるため、翌年度はこの点をさらに検証し、空間分解能向上の有効性についても評価を進める。

謝辞

東北大学「火山研究人材育成等支援事業 (即戦力となる火山人材育成プログラム)」による助成に心より御礼申し上げる。また、本研究課題を遂行するにあたり、松本恵子氏 (産業技術総合研究所) にはメルト包有物を含む貴重な斑晶をお貸し戴いた。他にも、柿迫翔太氏、井上裕貴氏 (九州大学) には測定に際し多大な支援を賜った。ここに深く感謝の意を表す。

引用文献

- Behrens H., Roux J., Neuville D.R. and Siemann M. (2006) Quantification of dissolved H₂O in silicate glasses using confocal microRaman spectroscopy. *Chem. Geol.* 229, 96–112.
- Di Genova D., Sicola S., Romano C., Vona A., Fanara S. and Spina L. (2017) Effect of iron and nanolites on Raman spectra of volcanic glasses: A reassessment of existing strategies to estimate the water content. *Chem. Geol.* 475, 76–86.

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	坂巻竜也・東北大学
整理番号	202402
研究課題名	中性子イメージングを用いたマグマ中の含水量測定法の開発
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

<研究目的>

火山爆発の主要な駆動力は、マグマに含まれる揮発性成分、特に水の析出に伴う発泡である。そのため、マグマにどの程度の水が含まれていたか明らかにし、噴火の爆発性や強度と合わせて議論することは重要である。またマグマに含まれていた水の量が分かれば、溶解度則に基づきマグマだまりの深度も推定でき、地球物理観測などと合わせることでマグマ供給系の描像を描く手助けになる。しかしながら、マグマ中の水を定量する方法は限られており、本研究では新しい含水量の推定方法（中性子線を利用した新しい方法）を確立することを目指す。

研究代表者は実験岩石学が専門であり、放射光 X 線や中性子線などの量子ビームと高温高压発生装置を組み合わせることでマグマの模擬物質であるケイ酸塩ガラス・メルトを対象とした研究を推し進めてきた。加えて、地球科学的に重要な水（水素）を含む試料（含水鉱物、含水メルト、鉄-水素系合金など）を対象とした実験も遂行してきた。ただし、SPring-8 や KEK などの放射光施設で利用できる X 線は電子と相互作用するため、原子番号が小さい（電子数が少ない）水素などの軽い元素との相性が悪く、X 線散乱も弱く、X 線イメージングなどでケイ酸塩鉱物と水を区別することは極めて困難である。その一方、中性子は原子核と相互作用し、軽い元素を対象にした実験にも利用できる。研究代表者はパルス中性子を利用できる J-PARC MLF において、高温高压条件下で中性子回折実験や中性子イメージング実験に取り組んでおり、含水ケイ酸塩メルトの構造解析に基づく水素位置の圧力依存性の決定や溶融鉄中の水素量の推定を試みてきた。研究代表者は中性子ビームの有用性を体感しており、この手法は高压地球科学だけでなく、もっと広く地球科学に普及され、利用されるべきだと考えている。

火山分野に中性子実験を導入できれば、非破壊での火山ガラス中の水分分布やコンピュータ断層撮影（CT）取得によるメルト・流体包有物の 3 次元的分布の解明などに繋がると考えられる。しかしながら、火山研究者の中に J-PARC MLF の高強度なパルス中性子を使った実験に取り組んでいる研究者はおらず、この分野はフロンティアである。研究代表者がこれまでにない角度で火山噴出物に対する新しい分析手法を提案することは極めて重要であると考えられる。

<実施状況・成果>

本研究では最初のステップとして、中性子イメージングを用いたメルト包有物の含水量測定を目指す。そのためには、含水量と中性子イメージングの濃度の相関を表す検量線を作成する必要がある。そこで今年度は、検量線を作成するための標準試料として含水量既知のガラスと輝石（メルト包有物のホスト斑晶）を準備した。ガラスは分担者（奥村聡）の実験室に設置されている水熱合成装置を用いて数種類の異なる含水量試料を作成した。ガラス組成は対象とする有珠火山 1977 年噴火のメルト包有物に近い組成にした。水熱合成条件は 930°C、150 MPa、5 日間である。また、輝石については、合成実験で十分なサイズの結晶を合成することが難しいため、天然の試料を準備し、赤外分光法を用いて含水量測定を行った。来年度に J-PARC MLF 内の BL22 螺鈿ビームラインにおいて、今年度準備した試料の中性子イメージング実験を行い、検量線の作成を行う予定である。そして、最終的にはメルト包有物を含む試料を測定し、非破壊でメルト含水量の決定を目指す。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	下司信夫・九州大学
整理番号	202403
研究課題名	機械学習による自動粒子識別機能の火山噴出物への応用
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

本研究課題は、火山活動の推移把握及び予測のために、機械学習による画像認識技術を用いて、火山灰構成粒子の大量かつ高速な処理を目指すものである。

火山灰をはじめとする火砕物の粒子構成は、マグマ噴火であれば火山活動を駆動するマグマの種類やその発泡度・結晶度の情報を与える。また水蒸気噴火-マグマ水蒸気噴火であれば噴火の熱源となるマグマの直接の関与の評価や、熱水系の状況を把握する手掛かりとなる。いくつかの火山では、噴火警戒レベルの判定基準に新鮮なマグマ性物質の量の変化が基準として用いられている。噴出物の構成粒子やその構成比、またその時間変化は噴火推移の把握にとって基本的なデータであるが、習熟した観察者による分類でも鑑定速度や処理できる試料数が限られており、構成粒子比の変化を噴火進行中に追跡し、噴火推移把握や推移予測に資するデータとすることは困難であった。また粒子の光学的特徴による区分では鑑定者間で判定基準を統一することが難しいため、粒子区分の客観性や再現性にも問題があった。機械学習による画像自動識別技術は近年飛躍的に進歩しているが、それを具体的な火山噴出物に応用するためには分類区分の決定や標本データの整備、あるいは火山噴出物に特化した分類方法の開発などの共同開発の必要がある。

そこで、本研究では宮川ほか(2024)が開発した深層学習による自動識別・分類アプリケーションを基に、噴出物の本質物比率や、本質物の結晶度や発泡度、変質鉱物の大まかな種類等の識別やその時間推移を把握可能とし、実際の火山噴出物に応用して噴火状況やその推移を把握する判断補助ツールの開発に取り組んだ。令和6年度には、最適な撮像条件の設定のため光学顕微鏡による火山灰粒子の撮像の試験と、宮川ほか(2024)のアプリケーションによる分類を試行した。実験室内だけではなく火山活動の現地でも撮像することを想定して可搬型の小型撮像カメラを導入し、撮像の試験を行った。また、機械学習の基礎となる教師データの作成について実際の粒子による標本群を作成し、それらの特徴を抽出できる最適な撮像条件を検討した。構成粒子比の計測には個々の粒子の識別とそれらの分類が必要となる。そのためには構成粒子をできるだけ接触・重ならないよう分散させて撮像する必要がある。そのため本研究ではガラスのプレパラート上に粒子を機械的に分散させるための分散器を試作し、その効果を確認した。さらに、火山灰のみならず様々な粒子の自動鑑定技術の普及とそれによる経験データの蓄積を目的として、九州大学において宮川ほか(2025)のアプリケーションに基づく地質粒子の自動鑑定技術のセミナーを実施した。

アプリケーションによる分類試験として、特徴が比較的はっきりしている海浜砂を用いて撮像条件等を検討しつつ教師データの作成とそれに基づく構成粒子比の抽出を試みた。その結果、海浜粒子については指標として用いた石英粒子を実用的なレベルで判別できる結果を得られた。また、桜島の火山灰試料の現地における採取を実施し、1月25日および26日、3月4日および5日に発生した噴火の火山灰試料の採取を行い、過去に採取した火山灰試料の標本と合わせて、自動分類用の試料の試験撮像を行った。

海浜砂および火山灰試料については、適切な教師データ群を作成できれば7割以上の粒子を分類群に従って分類することが可能となった。一方、現在用いている宮川ほか（2024）のアプリケーションをそのまま利用すると、色相やテクスチャが漸移的な粒子群を離散的なグループに区分することはしばしば困難で、粒子の誤認識や判定不能な粒子が生じることが明らかになった。これは、区分の基準やそれに基づく教師データの選定方法等に課題があることを示唆している。

一方、火山灰構成粒子と火山活動推移との対応を検討した結果、火山活動推移の把握を目的とした火山灰構成粒子の識別には、火山灰を構成するすべての粒子を分類する必要はなく、火山活動変化の指標となる特徴的な粒子を識別できればよいことも明らかになった。令和7年度には、特徴的な粒子の抽出と識別に特化するようにアプリケーションの改良を行うとともに、識別すべき火山活動の指標となる粒子の認定をおこなう。特に、新燃岳などの火山で噴火警戒レベルの認定に用いられている「新鮮なマグマ物質」の具体的な定義や、その画像による認識の方法についての検討を行い、火山灰粒子を用いた噴火活動推移の把握のためのツールの提供を目指す。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	佐藤雅彦・東京理科大学
整理番号	202404
研究課題名	磁気測定 of 最新技術を用いた火山岩石磁気学研究の開拓
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

目的 鉄チタン酸化物は強磁性鉱物であり、班晶・石基中・包有物など多様な形態で火山岩中に普遍的に含まれている。本研究では、申請者たちが技術開発を進めてきた磁気測定 of 最新技術である、(1) 低温磁気マッピングと (2) ケイ酸塩単結晶磁化測定を火山岩試料に適用することで、最先端 of 火山岩石磁気学研究の開拓に取り組む。そして、低温磁気マッピングとケイ酸塩単結晶磁化測定から得られる新たな知見と顕微鏡観察などに基づく火山岩石学的な知見を合わせることで、噴火時における地表近傍過程について詳細な検討を行う。

実施状況・成果 項目(1)に関して、霧島新燃岳 2011 年噴火イベントの噴出物(4 試料)、阿蘇山 2015 年活動時の火山灰、桜島 1914 年噴火の噴出物およびその加熱試料(2 試料)、桜島 1976 年噴火の噴出物、福德岡ノ場 2021 年噴火の噴出物、の合計 10 試料の測定を行った。詳細な低温磁気マッピング(低温で着磁した等温残留磁化の無磁場中昇温消磁測定を、等温残留磁化を段階的に着時して繰り返し行い、保磁力-残留磁化消磁温度空間における強磁性鉱物の分布を計算)の結果、新燃岳 2011 年試料では、噴火時系列に対応して噴出物に含まれる強磁性鉱物の種類が変化していくことが確認され、SEM・TEM 観察から得られた細粒鉄チタン酸化物の産状と保磁力-残留磁化消磁温度空間における分布で明確な対応関係を得ることに成功した。測定 of 高速化に向け、詳細な分布 of 知見に基づいて粗い測定ステップで各成分を分離するための予察測定を行い、同様な試料から類似した結果を得ることに成功した。これら研究成果については現在論文執筆中である(Sato et al. in prep.)。その他の 5 試料でも、保磁力-残留磁化消磁温度空間における分布を計算することに成功し、試料ごとに異なる性質 of 強磁性鉱物の分布や異なる分布 of 組み合わせが得られている。今後は、さらなる測定を進め、保磁力-残留磁化消磁温度空間における強磁性鉱物(=鉄チタン酸化物) of 分布に基づく、地表近傍過程 of 評価手法の開拓に取り組む予定である。

項目(2)に関して、鹿児島県の霧島山周辺および桜島周辺で、霧島火山新燃岳溶岩流・岩屑雪崩堆積物、御鉢火山 13 世紀集塊岩および明治期以降 of 火山岩塊、阿多カルデラ阿多火砕流、始良カルデラ大隅降下軽石、入戸火砕流、桜島火山天平・安永・大正・昭和溶岩流において露頭調査と定方位試料採取を実施した。今後は、円柱状定方位試料 of 段階熱消磁測定および班晶鉱物を定方位で切り出して段階熱消磁測定を行うことで、噴出後から定置までの温度・姿勢 of 情報から定置過程についての詳細な検討に取り組む予定である。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	吉敷祥一・東京科学大学
整理番号	202405
研究課題名	火山噴火が建築物の機能維持に及ぼす影響
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

建築分野において、災害時、特に大地震時にも建築物が倒壊して人命を喪失することのない十分な耐震性能等を確保させることは必要最低限の要求性能である。しかし、近年では災害時にも機能を維持し、社会活動を維持し続けられる、住み続けられることが要求されるようになってきている。本研究課題では、災害として火山噴火を想定し、建築物の機能維持に及ぼす影響について検討する。本研究課題では、まず電力供給源として利用が盛んな太陽光パネルを対象とし、火山噴火に伴う降灰による発電量の減少について検討する。

『大規模噴火時の広域降灰対策について－首都圏における降灰の影響と対策－』では、既往の研究に基づいて降灰量が $50\text{g}/\text{m}^2$ (約 0.05mm 厚) で発電量が半減、 $300\text{g}/\text{m}^2$ (約 0.3mm 厚) で発電量がゼロになること、また降灰量が同じでも、粒径が細かくなると低下率が大きくなることを公表している。本研究課題では、9枚の太陽光パネルを都城高専 建築学棟屋上に水平設置し、降灰量をパラメータとした実験を行った。実験では火山灰として、新燃岳 (平均粒径 0.7mm)、桜島・垂水 (平均粒径 0.15mm)、および垂水 S (平均粒径 0.075mm 以下に調整) を用い、 0.5mm ～ 30mm までの降灰による堆積厚をパラメータに選定した。実験の結果より、いずれの太陽光パネルも発電できないことが明らかとなった。すなわち、この結果は、太陽光パネルが火山灰によって完全に覆われる場合には、堆積厚が 0.5mm でも発電できないことを意味している。換言すれば先に示された降灰量の基準値は、太陽光パネルに疎らに火山灰が堆積している状態を表しているものと考えられる。

次いで、以上の仮説に基づき、それぞれの火山灰の単位体積重量 [g/cm^3] を算出し、太陽光パネルの面積 [cm^2] と目標とする堆積厚 [cm] を設定し、重量 [g] にて降灰量を制御した実験を行った。例えば、平均粒径より堆積厚が小さい場合、つまり疎らに火山灰が堆積している状態では、太陽光パネルは発電できる結果が得られた。また、これらの結果は、既往研究における傾向と合致するものである。さらに本実験の範囲では、平均粒径の $1/4$ に相当する堆積厚であれば、日射量に対する最大発電量の半分程度以上は期待できる結果が得られた(図1)。今後、経時変化が発電に及ぼす影響を検討し、有効な除灰方法やそれらが必要となる条件など、一般市民に対する防災教育として活用できる知見を得たい。

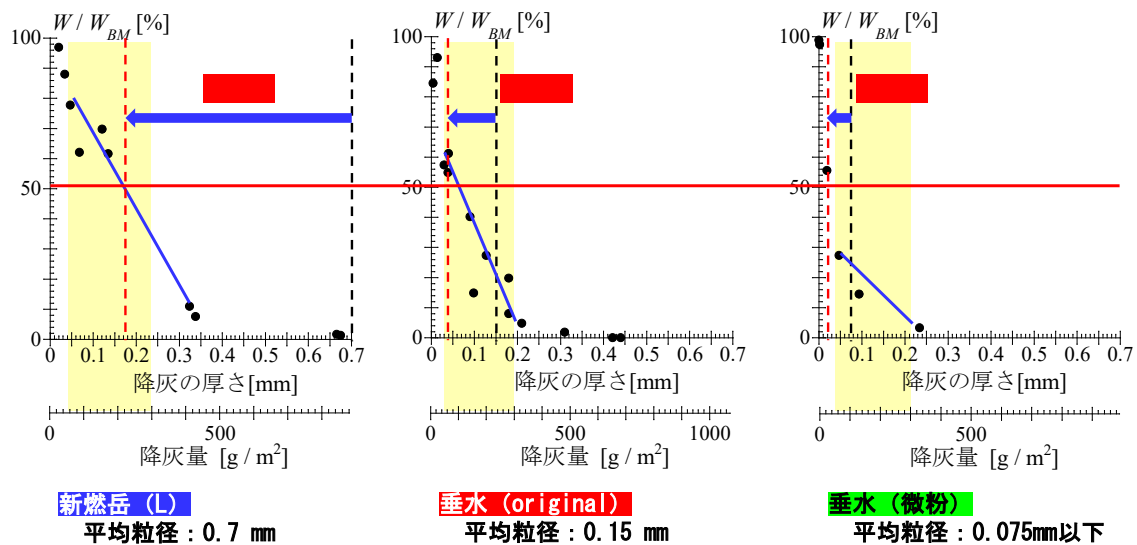


図1 実験より得られた降灰量と発電効率（ベンチマークに対する発電量の比）

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	今西祐一 東京大学地震研究所
整理番号	202406
研究課題名	スーパーハイブリッド重力測定による火山地下の密度変化の検出
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

本研究では、火山におけるスーパーハイブリッド重力測定をテーマとして掲げている。フィールドとするのは、浅間火山である。令和6年度は、スーパーハイブリッド重力測定を今後展開していくための準備として、東京大学地震研究所浅間火山観測所において超伝導重力計の設置と調整を行なった。使用する超伝導重力計は、小型タイプの iGrav (シリアルナンバー003) である。これは、東京大学が東北大学より譲渡を受けたものである。2024年7月、東北大学蔵王観測所から山梨県富士山科学研究所に運び、テスト観測を開始した。同時に、FG5絶対重力計による測定も開始し、約2か月にわたり並行観測を行なった。どちらの重力計も、動作は良好であった。これと並行して、浅間観測所での受け入れ準備を進め、既存の系統とは別の電源ラインを敷設した。2024年11月、富士におけるテスト観測を終了し、装置一式を浅間へ移動した。iGravは「ポンプ室」と呼ばれるスペースに設置された。

iGravの立ち上げは正常に進んだように見えたが、設置直後から重力信号に奇妙なノイズがのっていることが判明した。当初、冷凍機の接触が疑われたため、冷凍機を支えているフレームを調整したり、傾斜補償装置の運転モードを切り替えてみたりしたが、効果がなかった。結局、2025年1月22日に冷凍機の電源を入れ直したところ、理由は不明だがノイズレベルが劇的に低下し、見かけ上、問題は解決した。しかし、根本の原因がまだ不明なので、今後、同じ問題が再発する恐れはある。もっとも疑われるのは電源のアースまわりであり、令和7年度以降にアースの工事を行うことを計画している。

iGravの立ち上げと並行して、今後計画している相対重力サーベイ(スーパーハイブリッド重力測定)のための準備を行なった。浅間観測所において、絶対重力測定を行う基台は、ポンプ室とは同じ建物の別の部屋にある。2つの場所を接続するため、シントレックス重力計により測定を行なった。また、重力の鉛直勾配の測定も行なった。観測所周辺の相対重力測定候補地の下見も行なった。

環境データとしては、気圧、室温、酸素濃度のほか、敷地内で雨量の観測を開始した。また、交通量の多い道路から近く、人工的な振動の影響が予想されることから、重力計と同じ床面に短周期の地震計を設置して常時、データを記録するようにした。

浅間火山においては、過去の研究から、陸水起源の重力擾乱が大きいことが知られている。観測所に近い谷に湧水地点があるので、その場所において地下水位を測定することを計画している。令和7年度に観測を開始できるよう、関係省庁への申請を始めた

ころである。

浅間における iGrav による観測は始まったばかりであり、まだ絶対重力測定も相対重力サーベイも実施していない（積雪のため冬季は実施できない）。しかし、これまでに得られた観測データから、すでに興味深い結果が見え始めている。2024 年 11 月から 2025 年 3 月までの約 4 か月のデータを潮汐解析にかけたところ、ほぼ一定のレートで長期的に重力が減少するトレンドが明らかになった。そのレートは 1 日あたり 0.15 microgal で、単純に計算すると 1 年で約 57 microgal という大きなものである。超伝導重力計にも、小さいながらも機械的なドリフトが存在する。iGrav #003 は、蔵王に置かれていた時には、重力が増大するセンスのドリフトを示していた。場所を移すことでドリフトの符号が変わるということは考えにくく、実際に重力が大きなレートで減少している可能性がある。令和 7 年度には、絶対重力測定を実施し、このことについて検証していきたい。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	長尾大道・東京大学地震研究所
整理番号	202407
研究課題名	マイクロフィルムに収録された歴史地震記象に潜む火山性振動現象を検出するための深層学習器の開発
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

1. 研究目的

21世紀初頭から続く第三次人工知能(AI)ブームは止まるところを知らず、地震分野においても2018年頃から急速にAI技術の導入が進んでいる。研究代表者は、約50～60年前のペン書き方式の地震計によって西南日本で得られた歴史地震記象から、当時は知られていなかった深部低周波微動を検出するための深層学習器を開発した(Kaneko, Nagao et al., 2021)。従来はHi-net運用開始以降の約20年余りの微動カタログしか存在しなかったが、この深層学習器により微動カタログの時間軸を大幅に過去に延長することが可能となった(Kaneko, Nagao et al., 2023)。この研究を参考に、本研究課題では気象庁および東京大学地震研究所(東大地震研)が所有する煤書き方式の地震計によって得られた歴史地震記象を収録した大量のマイクロフィルムから、特に火山起源の振動現象を検出するための深層学習器を開発する。これにより、昔の火山イベントや火山活動の長期変動をより詳細に知るための基礎データを得ることが期待できる。

2. 実施状況および成果

令和6年1月21日に、東大地震研にて本研究課題の参画者全員(研究代表者、研究分担者4名、研究協力者2名)によるキックオフ会議を開催した。本会議では、廣瀬による火山地震に関するレクチャー、および室谷によるマイクロフィルムに収録された歴史地震記象に関する研究紹介を行った後、全員で本研究課題がターゲットとする火山や時期について議論した。その結果、気象庁が所有する吾妻山、雌阿寒岳、駒ヶ岳、および東大地震研が所有する浅間山、伊豆大島、八丈島、伊東町、日光、桜島などで観測された煤書き地震波形記録を収録したマイクロフィルムをデジタル化することとし、三浦と鶴岡がそれぞれ気象庁マイクロフィルムと東大地震研マイクロフィルムの手配を行った。その結果、気象庁マイクロフィルムから27,665枚、東大地震研マイクロフィルムから23,856枚、計51,521枚の画像データ(約1.5TB)を得ることができた(図1)。

得られた画像データには、煤書き記録用紙周辺に余白があり、そこに観測日時や観測地点名などの情報が記入されていることが多い。また、煤を固定する際に使用したニスの斑の影響と思われる雲状のノイズにより、波形が視認しづらいことが多い。さらには、観測点によって1枚の画像データに含まれる波形の成分数もまちまちである。そこで、画像データの補正を行うための前処理プログラムの開発を行った。この前処理プログラ

ムは、必須機能として周辺余白のトリミングおよび余白部分に記載されている文字情報の抽出、記録用紙部分の傾き補正、ごま塩状の小規模ノイズの除去、およびニスの斑に伴う大規模ノイズの除去のための背景輝度補正を行えるようにした。また必要に応じて、ネガ・ポジ判定および反転や、波形を成分ごとに分離する機能も有するようにした。開発した前処理プログラムをマイクロフィルムのデジタル化によって得られた一部の画像データに適用したところ、必要な性能を満たしていることを確認できた（図2）。

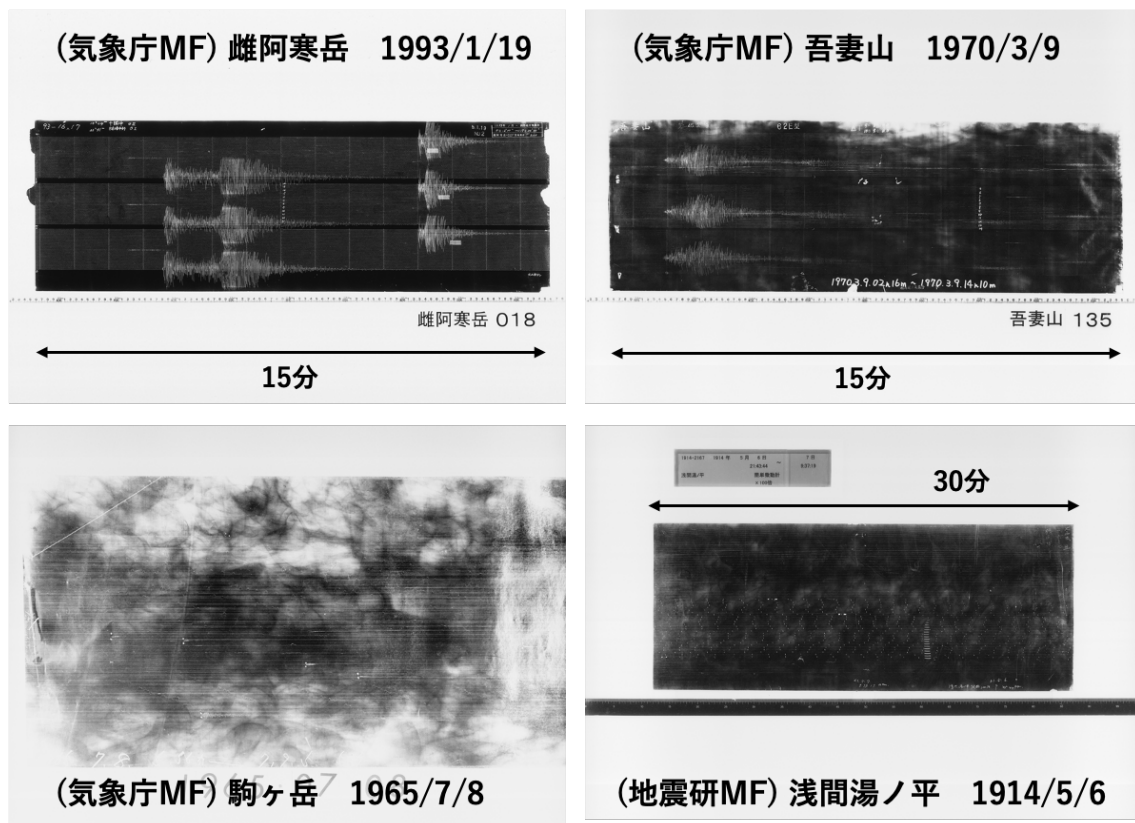


図1: マイクロフィルムに収録された煤書き地震波形記録のデジタル化画像の例

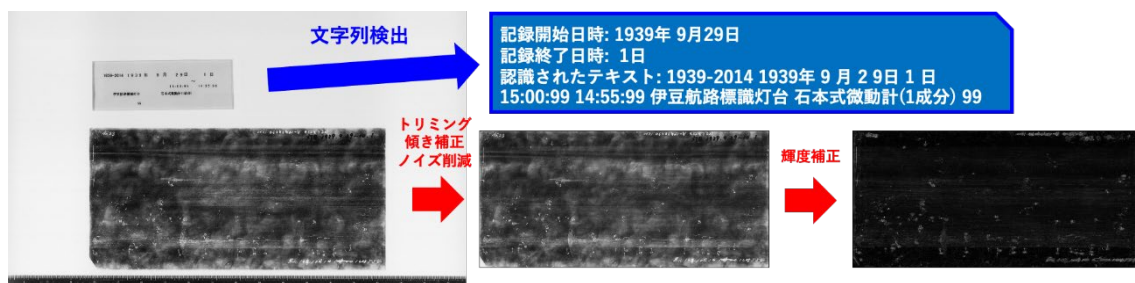


図2: 開発した前処理プログラムのマイクロフィルムから得られた画像への適用例

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	伴雅雄・山形大学
整理番号	202408
研究課題名	蔵王山のラハール堆積物の分布範囲の解明
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

研究目的：ラハール（火山性土石流/泥流）が火山災害発生要因の一つとして重要であることは広く認識されている。1985年のネバドデルルイス山、1929年の十勝岳の例が有名であるが、標高のある程度高い活火山であればその発生の危険性はどの火山でもあり得る。蔵王山はその代表例で、今後の発生が危惧される。このような火山では過去のラハール堆積物の分布や規模を解明しておくことは災害軽減の観点から重要である。本研究では、ボーリングやトレンチ掘削も行い、蔵王山の過去のラハール堆積物の分布範囲と規模を解明する。蔵王山のような成層火山ではラハール堆積物分布域は露頭が乏しく調査が困難である場合が多く、本研究は良い事例研究になると考えられる。

実施状況：これまでの調査によって、蔵王山から東方に流れる濁川の標高約350～450m付近において、約8～6千年前の5層、約4～3千年前の10層、約千年前以降の12層のラハール堆積物が発見された。一方で、地形解析の結果、約8～6千年前の何層かは、濁川－松川（濁川は標高320m付近で松川に合流）の北方に広がる火山麓扇状地に広く分布している可能性があることがわかってきた。実際に火山麓扇状地の地下においてラハール堆積物が発見されれば、それは過去約8千年間の中で最大規模のものである可能性が高くなる。令和6年度は、上記火山麓扇状地の中央部においてボーリング掘削を実施し、ラハール堆積物の存在の確認と、確認された層と濁川沿いにおいて認められてきた層との対比を行った。

成果：ボーリングコアの深さ約10mより、厚さ約2.8mのラハール堆積物（粘着性土石流堆積物）が確認された。この層の上位と下位には厚い段丘礫層が存在していた。発見されたラハール堆積物について粒度分析と構成物解析を行った結果、淘汰が悪く、また白色変質岩片を多く含み、同様の特徴を持つ濁川沿いで認められているうちのM8と呼称されている約8千年前の粘着性土石流堆積物に対比された。堆積量は概算で $10^6 \sim 10^7 \text{ m}^3$ と推定された。これは十勝岳の1929年の大正泥流に匹敵する規模である。なお、層の同定に、含まれる花崗岩礫の構成比が指標になる可能性も検討したところ、粘着性土石流堆積物の方が非粘着性土石流堆積物よりも花崗岩/（花崗閃緑岩+片麻岩）が高い傾向にあることが判明した。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	Pablo D. Mininni・ブエノスアイレス大学
整理番号	202409
研究課題名	火山噴煙内部の乱流、電化、および雷発生
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

火山雷の観測データは、噴火の規模や推移を把握するための情報の一つとして、近年注目を集めている。特に、2022年1月15日にトンガ王国の海底火山で発生した大規模噴火においては、観測史上最大の頻度で火山雷が発生し、リング状の構造を作って噴煙の中を複数回拡がる様子が見られた。観測情報の限られたこの噴火においては、複数回の爆発の発生やその規模を推定する重要な情報となっている。本研究は、流体力学・乱流・大気科学・火山学・地球電磁気学の専門家により、この現象の物理を明らかにし、火山噴火監視に役立てることを目的としている。本研究グループの主要メンバーによる先行研究(Ichihara et al., 2023, Comms. Earth Env.)では、乾燥大気中の熱プルームによる粒子輸送のシミュレーションを実施し、乱流による粒子のクラスタリング効果により、リング状の構造ができることを示した。火山雷の発生は、噴煙中の粒子が互いに衝突することによって電化することが原因であるため、このシミュレーションは観測されたリング状雷の本質的なメカニズムを説明しているものと考えている。本プロジェクトでは、このモデルを発展させるため、(1)噴煙中および大気の水の影響を取り入れることと、(2)粒子のクラスタリングと電化の関係を定量化することを目的とする。また、(3)日本の流体力学・乱流・大気科学の研究者を火山学に引き入れるため、研究集会等を開催する。

今年度は、(i) Moist Convection モデル(Marsico et al., 2019, J. Atm. Sci.)を噴煙プルームに応用するためのプログラム開発、(ii)ソースおよび大気構造パラメータと火山噴火の関係の明確化、(iii) 計算結果における水の効果、特に相変化に伴う潜熱の効果の検討を実施した。(i)は、研究代表者および博士学生(Florencia Zapata)が、ブエノスアイレス大学のスーパーコンピュータを用いて行い、オンラインにて研究チーム会議を開催した。また、(ii)および(iii)は、3月10日～3月19日の間、東京大学地震研究所にて研究チームが集まり、対面にて議論を実施した。その結果、Moist Convection モデルの二つの無次元数によって、周囲大気の水の量(湿度)と、噴煙ソースの水の寄与を自在に設定できるようになった。ブエノスアイレス大学で実施済みの計算条件は、実は、熱による浮力を大きく与え、水を周囲大気から取り除くようなソースとなっていることが判明した。海底火山噴火の条件に合わせるため、水を追加するソースパラメータを設定し、新たに計算を開始した。また、計算結果からは、傘型噴煙部分から取り込まれた大気中水蒸気の潜熱が、プルームの挙動に大きな影響を与えることが分かった。

本研究チームの外国人メンバーが来日中に、それぞれ講演をハイブリッドで行った

(以下). 講演は, プロジェクト内外の他分野研究者に宣伝し, 火山学だけでなく, 乱流・対流・ダイナモなどの研究者が参加した.

(1) 3月10日 15:00-17:00 東京大学地震研究所, 観測多圏地球物理学セミナー

S. Ravichandran (IIT Bombay) “Wall modes in rotating Rayleigh-Benard convection”

Florencia Zapata (University of Buenos Aires) “Turbulence unsteadiness drives extreme clustering“

(2) 3月12日 16:00-17:00 地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」

Corrado Cimarelli (Ludwig-Maximilians-Universität München) “Electrification of volcanic eruptions: from ash plumes to geysers”

(3) 3月14日 16:00-17:00 地震研究所金曜セミナー

Pablo D. Mininni (University of Buenos Aires and CONICET) “Expect the Unexpected: turbulence in Earth and planetary sciences”

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	江本賢太郎・九州大学
整理番号	202410
研究課題名	光ファイバーケーブルを用いた超高密度観測から解明する桜島の爆発地震の波動場と火道付近の短波長不均質構造
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

本課題では、光ファイバーケーブルを用いた DAS (分散型音響計測) を桜島で実施し、爆発地震の波動場を時空間的に捉え、爆発地震による地震波励起プロセスを解明することである。主に以下の6個のテーマを進める。(1) 爆発地震の検出, (2) 振幅を用いた爆発地震の震源決定, (3) 構造の短波長不均質を考慮した波動場の解釈, (4) 大規模波動伝播シミュレーション, (5) 震源間の相互相関, (6) 爆発地震による地震波励起過程の解明。

今年度は、観測体制の強化として、DAS 計測機材設置場所において安定したインターネット環境を整えた。これにより、現地に保存されているデータや、現地処理した結果を解析拠点まで伝送することが可能となり、リアルタイムモニタリングに向けた観測体制が構築された。テーマ(1)に関わるものとして、テンプレートマッチングによる爆発地震の検出を行った。2023年11月から12月の1ヶ月間の連続波形記録の中から、鹿児島地方気象台により報告されている4つの爆発地震波形と似た118個の波形を抽出した(図1)。これをもとに、統計的に爆発地震の一般的な特徴を抽出する予定である。テーマ(2)に係るものとして、九州周辺で発生した自然地震の記録を用いて、各チャンネルにおける増幅率(揺れやすさ)を求めた。大まかには溶岩で構成される箇所は、相対的に増幅率が低く(0.1-1倍)、堆積物で構成される箇所は、1-5倍の増幅率を示したが、さらに細かい地形や不均質の影響を受けていることも示唆する結果が得られた。今後は、この分布パターンの解釈を詰め、増幅率を適切に考慮した震源決定を行う。テーマ(3)に係るものとして、エネルギー等分配状態にある3次元半無限媒質の自由表面において、歪各成分へのエネルギー分配とP波、SV波、SH波、レイリー波による寄与の定式化を行い、数値計算を行った。その結果、ポアソン媒質では、地表DASで観測される軸歪のエネルギーのうち、P波は4%、SV波は11%、SH波は33%、レイリー波は52%となり、レイリー波の寄与が最大となることが分かった。これは、従来の地震計記録に相当する変位のエネルギー分配比とは異なる。また、せん断歪もレイリー波の寄与が最大である。せん断歪のエネルギーの大きさは、軸歪の約0.730倍となる。ちなみに先行研究によると、3次元無限均質媒質では約0.713倍である。DAS観測においても、工夫してせん断歪を測定できれば、波動の構成成分の定量的な理解につながるものと期待される。また、テーマ(4)、(5)に関わるものとして、相互相関関数

(CCF) の計算プログラムを最適化し、DAS の多チャンネルから得られる膨大な数のチャンネルペアの CCF を高速に計算することが可能となった。さらに、桜島一周の光ファイバーケーブルに対する地震波干渉法解析により、島の反対側のチャンネル間での雑微動の CCF を得ることができるともわかり、エッジ処理により計算した CCF の波形データを今回整備した wifi を使って取得し、桜島火山浅部構造のモニタリング・イメージングに活用することを検討する。

以上のとおり、爆発地震の励起過程を解明に向けた準備として、観測体制の強化や個々のテーマを進めることができた。今後は、さらに各テーマの研究を推し進め、結果を統合することで火道における爆発地震のプロセスに迫る。

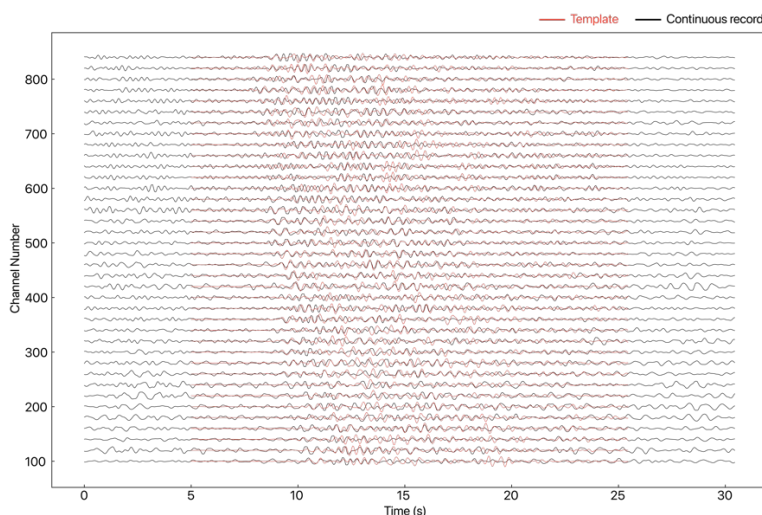


図1 テンプレートマッチングにより検出された爆発地震と似た記録例。波形の一致度が低い例であるが、大まかな特徴は似ている。黒線は連続波形の該当箇所、赤線はテンプレート波形を示す。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	山崎新太郎・京都大学防災研究所
整理番号	202411
研究課題名	音響探査技術, 有機地球化学, 陸水学的手法による, 静穏な火口湖の活動調査
研究期間	令和6年度～令和7年度

(研究目的・実施状況・成果)

下北半島に位置する宇曾利山湖は、噴火活動の静穏期にある火口湖だと考えられるが、湖底の噴気や熱水活動などの実態は不明である。本課題は後藤章夫(東北大学・火山学)、山崎(京都大学・応用地質学)、知北和久(北海道大学・陸水学)、安藤卓人(秋田大学・生物地球化学)が参画し、蔵王山の御釜で実施した、陸水学的手法、音響地質学的観測手法、水中ドローン探査による活動度の評価を宇曾利山湖にも適用する。火山学の視点では地形変化や地下からの噴出現象の調査が欠かせず、それが応用地質学による湖底堆積物の性質や地層構造の把握から可能となる。さらに、陸水学的には湖と地下熱水系の交換プロセスの解明が期待される。御釜では行われなかった新たな試みとして、生物地球化学の面では、堆積物中の微生物活動や物質循環を解析することで、火山活動による水質変化の痕跡を探ることが期待される。

本年度は、1月に導入した水深100メートルまで潜航可能な水中ドローン「CHASING M2 PRO」を活用する準備を進めた。現在はレーザースケイラーを搭載しているが、採水管やマニピュレーターを後付けすることで、地形測量だけでなく、水質・堆積物採取にも対応できる。2月25日には神奈川県芦ノ湖で山崎・後藤を含む4名で試験運用を行い、操縦に慣れが必要なことや、現地が必要となる工具類を確認できた。本格的な調査までに十分な訓練を重ねる予定である。

次年度の現地調査に向けた準備としては、1月23日に青森県自然保護課を訪問して自然保護法関連の申請手続きを確認した(山崎・知北・後藤が参加)。さらに3月11日にはむつ市の円通寺(恐山菩提寺の本坊)および下北地域県民局を訪れ、前者からは調査協力の承諾が得られ、後者とは河川法関係の申請を確認した(知北・後藤が参加)。

今後の計画としては、まず6月2日から6日の4泊5日で総合調査を実施する。水底地形図や音響画像、底質解析図を作成しながら水中ドローンによる詳細観察を並行し、水質や堆積物の採取も行う予定である。続いて、時期は未定だが同様に4泊5日の行程で湖底垂直断面構造調査や追加の採水・堆積物採取を実施する。さらに年内2回ほど熱収支・水収支観測を行い、宇曾利山湖の火口湖としての特性を多角的に解析する。これら一連の調査によって、静穏期にある火口湖の湖底活動を火山学・応用地質学・陸水学・生物地球化学の視点から総合的に評価することを目指す。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	堤 隆 明治大学 黒耀石研究センター
整理番号	202412
研究課題名	過去の浅間山噴火と地域社会罹災の究明に基づく火山防災
研究期間	令和6年度

(研究目的・実施状況・成果)

研究目的

本研究課題においては、浅間山南麓（長野県側）をフィールドとして、過去の浅間山噴火と地域社会の罹災状況、考古学および地質学的アプローチから行い、今後の火山防災へとつなげることを目的とする。研究の実施によって、以下の成果が得られた。

1：考古調査の実施状況と成果

1-1 佐久市枇杷坂遺跡群の発掘調査

浅間山南麓の長野県佐久市枇杷坂遺跡群の発掘調査を実施した（写真1）。結果、弥生時代後期箱清水段階（3世紀）の円形周溝墓、古墳時代後期（7世紀）の縦穴住居址、平安時代前期（9世紀）の縦穴住居址を検出した。この地点は、浅間山噴火口から南に約15kmの地点にあたっているが、As-C（3-4世紀）の降下軽石や、天仁噴火（1108）堆積物は確認されず、弥生・古墳・奈良平安時代と集落生活が継続していたことが確認され、噴火影響を受けない未被災地域の位置と生活様相が確認された。

1-2 軽井沢鳥井原の試掘調査

浅間山噴火口から南東に10km地点にあたる軽井沢鳥井原の試掘調査を、地質学的調査もかねて実施した。この地域は、浅間山の天仁元年（1108）の火山碎屑物の被覆地域であり、1108年の火山災害で埋もれた「長倉郷」を構成する古代集落や、古代牧「長倉牧」、東山道などが確認される可能性がある。3か所の試掘坑を空けたが、1108年の降下軽石As-Bが地層中に確認されたものの、住居・牧・道路等人為的遺構は、検出できなかった。今後、範囲を拡大して古代災害遺跡の発見に努める必要がある。

1-3 佐久市下茂内遺跡尖頭器石器群の年代測定

浅間大窪沢第2軽石（19,000-20,000calBP）の直下から検出された佐久市下茂内【しももうち】遺跡尖頭器石器群の炉の年代測定2点を試み、20,000calBPの年代が得られ、降下軽石と近い年代の石器群であることが裏付けられた。尖頭器と呼ばれる石器を作っていた集団は、あるいは浅間山の噴火による軽石の降下によって退避行動を余儀なくされた可能性がある。

2 地質調査の実施状況と成果

2-1 鳥井原地区の地質調査

軽井沢町・鳥井原地区：3カ所（掘削深度 1.5～2.2m）の重機によるトレンチ調査を実施した。上半部に黒色土壌①、下半部に砂礫層②を確認。①には降下軽石が2枚挟在し、岩相や層準、安井・他（2021）の等層厚線図から As-B（1108年）と As-F（約8000年前）と判断した（写真2）。As-F直上の黒色土壌中にはDグループの軽石層（4000～6000年前）とみられる軽石粒子が散在していた。②は5層に細分され、最上部に最大径80cmの岩塊を含む亜円レキが卓越、②は湯川の河川堆積物と考えた。

地点2（軽井沢町・塩沢湖西方の台地）：深度約3mの掘削を行い、1.2mの黒色土壌の下に明褐色火山砂層と成層した火山灰互層、さらに赤紫色の軽石流堆積物を確認。黒色土壌中には地点1同様、As-BおよびAs-Fの軽石層を認めたが、層厚はやや薄い。確認された堆積物の岩層から、この地点には仏岩火山の小諸第2軽石流は到達していないらしい。

2-2 佐久市域の地質調査

佐久市・枇杷坂遺跡群：発掘面わきの崖に非溶結の軽石流堆積物（厚さ2m以上）を確認。基質は淡紫色火山灰で、軽石、スコリア、縞状軽石のレキを含む。炭化木片のような高温堆積の証拠は認められない。小諸第2軽石流か、それを母材とした2次堆積物であるとみられる。

佐久市・志賀川谷壁：厚さ6m以上の非溶結の軽石流堆積物を観察。露頭下部の3mは軽石や岩片に富む。径15cm前後の炭化木片を多産し、大半の方向はN20～40°E、浅間火山の現火口やや東方を指していた。1本の放射性炭素年代は約1.6万年前（較正年代）を示し、小諸第1軽石流であることを確認した（写真3）。

以上より、特に仏岩火山の小諸第1と第2軽石流の詳細な分布把握のための貴重な基礎データが得られた。



写真1 枇杷坂遺跡群発掘状況



写真2 鳥井原のAs-B・F層



写真3 佐久市志賀川の第1軽石流

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	吉光奈奈・京都大学
整理番号	202413
研究課題名	微動観測を通じた別府地域における火山性熱水分布推定の試み
研究期間	令和6年度

(研究目的・実施状況・成果)

研究目的

温泉地や地熱発電所では長期間の施設運用中に湧水量や湯温の低下が発生することがあり、地下の火山性熱水や亀裂状態が変化している可能性がある。また、地熱発電でも長く稼働しているサイトでは発電量が低下する。このような火山性熱水の動きにはマグマだまりや火山そのものの活動が密接に関わると考えられるため、監視することが重要である。

実施状況

大分県別府市において3成分速度型地震計を設置し、2か月間にわたる微動の連続観測をおこなった。また、深さ300m・50mの複数のボアホールを利用して水位の計測を実施した。

成果

水位計測では、2つの近接したボアホールで1点は60m、もう1点は38mの位置に水面があることがわかった。この違いは、不圧と被圧の異なる水面を見ている可能性がある。また、地震計記録からは2か月間にわたってサンプリング100Hzで波形が連続収録されていることを確認した。地震計を設置したのは別府の市街地であったため、日中のノイズはやや大きかった。また、鉛直成分と比較して、水平2成分は顕著にノイズの振幅が大きかった。日によって、波形に大きなノイズがのり続けることがあったが、原因は不明である。また、2月15日に発生したマグニチュード3.1の豊後水道における地震について、発生時刻に地震波形が収録されていた。波形を近くのHi-net観測点で取得された記録と比較したところ、よく似ていた。

取得された連続波形の1時間ごとの自己相関を計算し、日々の変化を観察したところ、特徴的な位相のようなものが複数見られた。2-4Hzのフィルタをかけたところ、0-5秒の位置に、1-3Hzのフィルタをかけたところ5-10秒の位置に特徴的な位相が見られた。観測期間が短かったことから、時間変化のようなものは明瞭にはみられなかった。

深度の違う水位記録と、自己相関関数の特徴的な位相から、観測地域における3次元的な熱水の分布を推定できる可能性が示唆された。今後も水位と微動の観測を続けて変化の有無や両者の対応を調べる。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	石村大輔・東京都立大学
整理番号	202414
研究課題名	現世海岸や堆積物中に存在する漂着軽石の分布・産状の把握
研究期間	令和6年度

(研究目的・実施状況・成果)

本申請では、南西諸島（沖縄本島）での現世海岸における漂着軽石の分布・産状の把握と日本海沿岸で報告されている海成段丘堆積物中の漂着軽石の分布・産状の記載、を目的とした。既に実施している漂着軽石の岩石学的・化学的分析により、2021年福徳岡ノ場（FOB）噴火を起源とする軽石以外にも伊豆・小笠原の硫黄島の噴火による軽石が南西諸島の海岸に漂着していることがわかっている。日本海沿岸では、三瓶山起源の漂着軽石が海成段丘の年代決定に活用されており、2024年能登半島地震による地殻変動を考える上でも有用な情報となる。

沖縄での軽石漂着調査では、沖縄島北部の海岸を中心に巡った。2021年FOB軽石については、観察した海岸すべてで残存していた。図1、2で示すように、後浜まで運搬された灰色のFOBと黒色の硫黄島軽石が砂丘砂の上に堆積している。また、FOBについては、図2で示すように、後浜で繁茂する植生に覆われることによって、徐々に移動が制限されるようになりつつあり、軽石堆積層になり始めているものが観察された。高潮線付近には2022-23年硫黄島に由来すると考えられる黒色軽石も多く見られ、中には20cmに達するものもあった（図1）。加えて、2023年鳥島周辺海域群発地震に関連して見られた漂流軽石（鳥島周辺軽石）と類似する白色軽石も一部で観察された。少量ではあるが伊部、宇佐浜、奥、および沖縄本島南部の中城村の海岸でこの軽石が見つ



図1. 沖縄県北部の宇佐浜の例. 2023年鳥島周辺軽石や20cmを超える2022-23年硫黄島由来軽石が、木切れとともに漂着している.



図 2. (左) 伊部海岸の内陸側. (中) 奥海岸の後浜に堆積している FOB 軽石と植生. (右) 宇佐浜で割れた状態で見つかった 2023 年鳥島周辺軽石.

った。白色軽石は来歴が不明なものも数種類見つかるが、鳥島周辺軽石はもろく欠けやすい特徴があり、図 2 のように発見した場所で割れて見つかることもある。行程の後半では、子ども向け自然教室を通じて軽石と触れ合っている現地の方と、軽石の漂着に対する地元での反応や教育活用法について意見交換を行うことが出来た。漂流シミュレーションで“軽石”を扱うものの漂着の様子を見に行くのは初めての参加者もあり、現物を見ながら現地の方の意見を聞く事が出来るよい機会となった。

能登半島では、珠洲市に広く海成段丘が分布する。ここでは、豊蔵ほか (1991) が三瓶火山起源の三瓶木次テフラ (SK) を報告している。SK は漂着軽石として海成段丘構成堆積物に含まれることがよく知られており、本研究では SK 火山灰の確認とその上に漂着軽石がないかどうかを確認した。その結果、SK 火山灰とその直上に軽石が濃集する様子 (図 3) が確認された。火山灰とその軽石はいずれも雲母を含み、その火山ガラスは低い屈折率を示し、SK に対比可能である。SK の下位には円磨された礫層が分布し、SK を挟む地層は主に並行葉理 (一部斜交葉理を含む) を示す砂層からなり、さらにその上は塊状の砂層、さらにその上には粘土シルト層が分布し、地表となる。海成段丘であることを考慮すると、この SK を含む砂層は前浜～後浜に相当し、段丘面の離水前後に SK が降灰し、その直後に SK の軽石が漂着したと考えられる。塊状の砂層は砂丘砂、その上位の粘土質な堆積物は離水後の土壌を起源とするものと解釈できる。一方、現在の海岸は 2024 年能登半島地震の隆起の影響 (砂浜が拡大) があるが、前浜よりも後浜に 2021 年 FOB 軽石や硫黄島起源の黒色軽石が多く分布し、飛砂によって埋積されつつあった。このような状況は海成段丘堆積物中の SK の堆積環境と類似している。このような現世海岸での漂着軽石状況との比較は、海成段丘の年代だけでなく、その堆積環境推定の高度化にもつながると考えられる。

最後に、今後は近年の海域火山噴火による漂着軽石の経年変化や地層中の漂着軽石のより詳細な記載をすることで、漂着軽石を活用した古海流や古環境復元、海域火山噴火

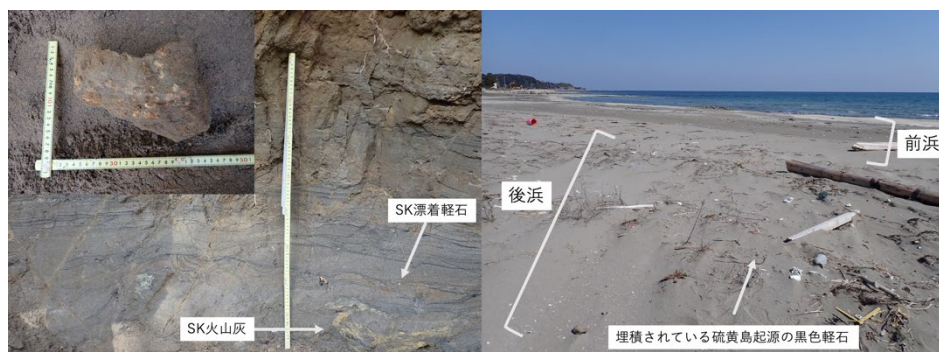


図 3. (左) 能登半島の海成段丘堆積物. 左上に漂着軽石濃集部のブロックを示す. 黄色・オレンジ色の点が軽石. (右) 海岸での軽石漂着の様子.

履歴の解明に繋がることを期待される。

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	長谷川健 茨城大学大学院理工学研究科
整理番号	202415
研究課題名	房総半島における古地磁気-酸素同位体複合層序を活用した前期更新世広域テフラの高精度年代決定
研究期間	令和6年度

(研究目的・実施状況・成果)

1. 研究目的

房総半島に分布する海成地層群では、高精度な古地磁気-酸素同位体複合層の構築が進められており、日本における鮮新世～更新世の基準層序となりつつある。これらの地層群に含まれる広域テフラ層について対比・同定を行うことで、広域テフラの噴出年代を高精度に特定することが可能となる。広域テフラは巨大噴火でもたらされるので、本研究によって日本における巨大噴火の発生履歴（年代や頻度）の高精度化にも貢献できる。本研究は、千葉県房総半島に分布する上総層群および千倉層群の両層群間で古地磁気-酸素同位体複合層序を構築し、両層群に挟在する広域テフラの噴出年代を高精度で特定することを目的とする。

2. 実施状況

上総層群と千倉層群における古地磁気層序の構築およびテフラ対比は小西ほか（2023）で進められている。本研究では、千倉層群において古地磁気層序を構築した同じ区間を対象に底生有孔虫化石を用いた酸素同位体層序の構築を行った。測定の結果、*Bolivinita spp.* 87 層準、*Bulimina spp.* 51 層準、*Uvigerina spp.* 50 層準の同位体値が得られる結果となった。底生有孔虫化石は生息時期・環境が同じであっても種により同位体の値がわずかに異なるため、*Bolivinita spp.*と *Bulimina spp.* の測定値を *Uvigerina spp.* の値に校正したうえで酸素同位体曲線を描いた。

3. 成果

得られた酸素同位体曲線と LR04 標準酸素同位体曲線との対比から年代モデルを作成した。Konishi and Okada (2020) によって、本研究区間では古地磁気逆転境界である Olduvai 正磁極亜帯下部境界が認定されており、その年代は Channell et al. (2016) において酸素同位体ステージ MIS 73 であることが報告されている。そのため、Olduvai 正磁極亜帯下部境界付近の酸素同位体曲線のピークが MIS 73 に該当するように対比点を設定した。計 10 箇所に対比点を設定し年代モデルを作成した結果、本研究区間の年代はおおよそ 2.2～1.9 Ma と算出され、MIS 84～72 に相当する時期であることがわかった。千倉層群畑層で得られた年代モデルから、上総層群と対比されているテフラに年代値を設定した（表1）。

設定した年代値はそれぞれ, Kmj3 - Kr31 : 2.199 Ma, Kmj10 - Kru : 2.180 Ma, Kmj18 - KH2 (Kr5) : 2.138 Ma, Kmj29 - IW2 (Kr1) : 2.123 Ma, Kmj41 - OFN (Nm14) : 2.076 Ma, Kmj53 - KB (Oh18) : 2.027 Ma, Kmj68 - HSC (Oh7) : 1.933 Ma, 及び Kmj71 - HSA (Oh5) : 1.917 Ma である.

年代値を設定したテフラの内, KB (Oh18) および HSC (Oh7) は千倉層群以外の地層群 (古琵琶湖層群, 東海層群, 魚沼層群等) に分布するテフラとも対比されており, 広域テフラとして認識されている. それぞれ 2.1 Ma (中山・吉川, 1990; 田村・山崎, 2004), 2.0 Ma (鈴木・中山, 2007) の年代値が設定されていたが, これらはナノ化石基準面や古地磁気層位からの挟み込みによって年代値を概算したものであり, 本研究によってより詳細な年代値を設定することができた.

今後も古地磁気-酸素同位体複合層の構築区間の拡大および分布するテフラの記載・分析を進めていく.

表1 房総半島を中心に対比されている上部鮮新-下部更新統のテフラ

	Polarity	Source	Location											Age (Ma)	oxygen isotope stage		
			Osaka	Kobiwako	Tokai	Kakegawa	Hokuriku	Niigata	Kanto	Choshi	Kazusa	Chikura					
2.0 Ma	MATUYAMA	中部山岳地域	大峰溶結凝灰岩層	Fukuda	Gokencyaya	Komeno1	Kamihijikata1	O3	SK110				Ob4a	Kd25	HT08	1.75 ^{*1}	
		中部山岳地域	恵比寿峠火砕堆積物			Karegawa		O2		Tsuzimatagawa			Ob2	Kd38	HT07	1.76 ^{*2}	
		中部山岳地域 (穂高岳付近)	丹生川火砕流堆積物	Mitsumatsu	Naka		Kawakubo	O1.5					Ob1	Kd39		1.9 ^{*3}	
		仙岩地熱地域 (先焼山カルデラ)	倉沢山溶結凝灰岩	Hijashihata	Hara	Bnd2		O1					MTB2-26	Kg1c		1.917	MIS72/73
																1.933 (2.0 ^{*4})	MIS73
																2.027 (2.1 ^{*5})	MIS77
																2.076	MIS78
																2.15 ^{*3}	
																2.123	MIS80
																2.138	MIS81
2.5 Ma	GAUSS	中部山岳地域	大洞火砕流堆積物		Kono3	Bnd1	Hishihirao	OL3	Chw						2.2 ^{*3}		
															2.180	MIS83	
															2.199	MIS84	
															2.2 ^{*7}		
		北アルプス北部	谷口火砕流堆積物												2.33 ^{*8}	MIS90	
															2.35 ^{*8}	MIS92	
															2.38 ^{*8}	MIS93	
															2.71 ^{*9}	G6	
															2.73 ^{*9}	G6/G7	
															2.79 ^{*9}	G9	
													2.89 ^{*9}	G14/G15			

Kmj (OO) Synonym by Konishi et al. (2023)
The tephra correlated with the Kazusa Group

*1 : 吉川ほか (1996), *2 : 長橋ほか (2000), *3 : 新妻 (1976), *4 : 鈴木・中山 (2007), *5 : 中山・吉川 (1990), *6 : 田村・山崎 (2004), *7 : 岸・宮脇 (1996), *8 : 岡田ほか (2012), *9 : Tamura et al. (2016) .

令和6年度 東北大学「即戦力となる火山人材育成プログラム」共同研究報告書

研究代表者・所属機関	高木涼太・東北大学
整理番号	202416
研究課題名	統合先端地震観測による桜島火山・始良カルデラ下の高分解能構造イメージング
研究期間	令和6年度

(研究目的・実施状況・成果)

始良カルデラ南縁に位置する桜島は活発な活動を続ける活火山である。桜島火山の活動源となるマグマ供給系は、始良カルデラ中央部下深さ 10 km 程度の深部マグマ溜まりと桜島直下 3-4 km の浅部マグマ溜まりから成ると考えられているが、その大きさや微細構造、両者を繋ぐマグマ上昇経路等の詳細な理解は限られている。そこで本研究では、二つの先端的な地震観測技術である DAS (Distributed Acoustic Sensing) と地震計ノード (小型一体型地震観測システム) を活用した高密度地震観測に基づき、常時微動表面波トモグラフィー手法により桜島火山・始良カルデラ下の地震波速度構造を高い空間分解能で推定することで、桜島火山におけるマグマ供給系を解明することを目的とする。

東北大学では既に桜島島内の一周道路 (全長約 40 km) における DAS 観測を実施中であるため、本研究課題では、DAS 観測期間内に地震計ノードを用いた臨時地震観測を新規に実施する。人工地震探査によって示唆されている始良カルデラ内の地震波速度異常を解像することを目指し、桜島島内に 5 点、錦江湾沿岸一周に 20 点、その外側を一周するように 8 点の計 33 箇所に地震計ノードを設置する観測計画を立案し、その具体的な観測点配置を検討した。本年度は桜島島内及び錦江湾沿岸の 25 点の現地調査を実施し、詳細な設置点を選定できた。シンセティックテストに基づき、計画した地震計ノード配置における表面波トモグラフィーの水平分解能を検討した結果、人工地震探査によって示唆される直径 4 km 程度の地震波速度異常を推定できることが確かめられた。また、定常地震観測点 Hi-net で観測された常時微動の相互相関関数を計算し、今回の観測と同じ約 2 ヶ月の観測から、始良カルデラを跨いで観測点間を伝播する表面波 (レイリー波・ラブ波) を抽出することが可能であることが明らかになった。ノード観測は来年度実施予定であり、その高密度観測データを用いて高分解能な構造イメージングを実現する。

また、DAS と地震計ノードによる観測データを併用した解析への検討を行った。常時微動表面波トモグラフィーを行う際には高精度かつ安定的な位相速度分散曲線推定が重要である。そのためには波形インバージョンが有用であるため、地震計ノード同士の並進三成分の間、並進三成分の地震計ノードと DAS の任意方向の軸歪一成分間、DAS 同士の任意方向の軸歪一成分間に対する理論相互相関関数波形の解析表現の整理と導出を行った。特に、今回新たに導出した任意方向の軸歪一成分間の解析表現は、今後の

屈曲した DAS 計測データの解析のために非常に有用であると考えられる。