

(1) 実施機関名：

東北大学理学研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震及び測地観測によるマグマ供給系・熱水系構造の推定

（英文）Unveiling of magma supply system and hydrothermal system based on seismic and geodetic observations

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(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

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明

地震

火山

(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(5) 大規模火山噴火

(6) 高リスク小規模火山噴火

(5) 本課題の5か年の到達目標：

火山体構造は、火山活動の把握・活動推移の理解の最も基本的かつ重要な情報の一つである。しかしながら、火山活動の中長期的推移を支配するマグマ溜まりなどやや深部（深さ約4～10 km）から地表にかけての構造、特にマグマ・流体の供給系の具体的な構造については十分に解明されておらず、中長期的な火山活動推移の理解や噴火災害への備えに資する情報は限定的である。

そこで本研究課題では、火山口近傍における多項目観測によって噴火発生に先行する多様な力学現象が明らかになっており重点研究課題「2（3）火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行」の主要対象火山の一つである阿蘇山と、近年噴火は発生していないものの深部から浅部に連なる流体供給系の描像が得られつつある吾妻山を主な対象火山として、構造推定とそのための解析・観測手法を高度化することにより、火山噴火の予測及び災害の軽減に貢献することを目指す。具体的には、地震・地殻変動・重力の観測を実施し、火山浅部～やや深部のマグマ・流体供給系の位置・大きさ・構造の解像度を上げるとともに、地震波構造の異方性推定を通じて流体供給系の詳細を解明することを狙う。また、光ファイバを用いたDAS観測も他機関と連携して実施し、火山浅部の微細構造の推定などを目指した観測の超稠密化・次世代化を進める。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

火山浅部～やや深部のマグマ・流体供給系の詳細を明らかにするために研究対象火山において観測研究を実施するとともに、成果や観測・解析手法についての情報交換を随時行い、各機関で連携して計画を推進する。また、研究計画項目1（4）、2（3）、5（5）、5（6）等に資する成果につ

いては、それらの研究課題が開催する研究集会等に積極的に参加し、情報共有を図る。

令和6年度においては、阿蘇山における相対重力及び絶対重力の繰り返し測定を行うほか、阿蘇カルデラ・山体中央部の地震・地殻変動観測網による観測を継続する。また、吾妻山において臨時地震観測点を展開し、表面波解析による構造推定等に必要なデータの取得を進める。令和7年度以降においては、両火山における観測を継続するとともに、吾妻山におけるDAS観測（令和7年度）及び阿蘇山における水準測量（令和8年度）を実施し、流体供給系の構造推定・時空間変動の推定に取り組む。令和9年度においては、火山浅部構造の評価手法の検証・比較研究のために秋田駒ヶ岳においてDAS観測を行うほか、蓄積したデータに基づき阿蘇山・吾妻山の流体供給系のモデル化を進める。令和10年度においては、得られた結果を基に、火山活動の定量的評価及び予測に資する情報の検討を行う。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和7年度は、計画通り阿蘇山における相対重力と絶対重力の繰り返し測定、地殻変動観測を進めるとともに、吾妻山における地震観測とその解析を行い、火山活動の推移を支配するやや深部（深さ約4～10 km）のマグマだまりから地表にかけての構造と流体供給系に関する基礎的情報の蓄積を進めた。また、地震観測の超稠密化・次世代化に向けて光ファイバを用いたDAS観測のトレーニングを実施した。一方で、計画していた吾妻山におけるDAS観測は後述の理由から実施を見送り、令和8年度に実施することとした。

阿蘇山における重力測定については、山上及びその周辺における相対重力を2025年6月と10月の2回実施したほか、2025年10月に絶対重力の繰り返し測定を行った。相対重力のキャンペーン測定はScintrex社CG5型相対重力計を用いて行い、山麓の基準点（京都大学・火山研究センター）に対する各測定点の相対重力値を算出した。各測定点で過去に取得された相対重力値と比較した結果、火口から約1 kmの本堂観測室と中岳第一火口縁の相対重力値はそれぞれ2024年11月の相対重力値と5 μ Gal以内で一致する一方、2023年後半と比較すると本堂では約45 μ Gal、火口縁では約60 μ Galの長期的な重力増加が見られることが分かった。この原因としては、主に火口直下で熱水等の質量が長期的に蓄積している可能性が考えられる。なお、気象庁の測定によれば、2023年7月から2025年10月までに、湯溜まりの標高も約20m上昇している。繰り返し絶対重力測定は、2025年10月に本堂観測室で絶対重力計FG5を用いて実施した。決定された絶対重力値は、2024年10月に測定された絶対重力値と4 μ Gal以内で一致しており、相対重力測定の結果と整合的であった。阿蘇山においては、カルデラ・山体中央部における地殻変動観測も継続して実施するとともに、2019年～2020年の火山活動に伴い地殻変動の解析を進めた。火山活動の期間を膨張期と収縮期の2つに分けて変動源を推定した結果、いずれも2014～2015年のマグマ噴火期と同じく、草千里直下のマグマだまりの膨張および収縮がで説明できることが明らかになった。

吾妻山においては、噴火活動がみられる大穴火口周辺における臨時地震観測点と既設観測点の維持を行うとともに、火山性流体の流動に伴う振動現象の解析を進めた。大穴火口直下では、火山活動の推移とともに、火山性地震の震源の浅部への移動などが見られ、火山性流体の移動が示唆されているが、流体の流動自体に関する情報は限定的であった。そこで、流体の流動によって生じると考えられる特徴的な振動現象（調和型微動）を抽出し、その振動特性の定量化とモデル化を昨年度に引き続き進めた。その結果、調和型微動が流体流動に伴う非線形振動によるものであり、流動による駆動圧の変動が周期倍分岐等の調和型振動の複雑な振動を引き起こしている可能性が示された。また、この調和振動型微動に同期して大穴火口直下で微弱な収縮変動が起きていることが明らかになった。さらに、大穴火口直下を変動源とする傾斜変動と高周波の連続微動の振幅変動の相関など、大穴火口直下浅部における流体挙動を示す現象を調和振動型微動以外にも抽出することができた。

当初予定では令和7年度に吾妻山において光ファイバを用いたDAS観測を実施し、臨時地震観測点・既設観測点も含めた解析を行う予定であったが、東京大学地震研究所でのDAS機器の購入・納入の時期と吾妻山の冬季閉鎖の関係から本年度の実施は見送り、令和8年度に実施することとした。その一方で、DAS機器納入後に、機器製造企業の関係者による講義・トレーニングを実施し、本計画参加者や大学院生がDAS観測に関する知識と観測方法を習得する機会を設けた。また、DAS観測記録の解析手法の検討も進め、位相が不明瞭な火山性地震や微動の波形に複素主成分分析法をあてはめることによりS/N比の小さな事象に対しても地震波着信時差を正確に読み取ることができる手法を開発した。この手法を2019年度に実施したDAS観測で記録した吾妻山の火山性地震に適用して相対震源決定を行った結果、震源は浄土平付近のごく浅部に求められ、P波、S波の着信時で決定した火山性地震の震源分

布とほぼ一致した。この結果は、DAS観測と複素主成分分析法が火山性地震や微動の震源決定に有効であることを示す。

活火山深部の流体供給と熱活動について検討するために、気象庁一元化震源をもとにした日本全国の活火山のD90（地震発生の下限）の系統的な調査も行った。61の活火山を調べた結果、95%で周辺地殻よりもD90が浅くなっていることが明らかになり、活火山下に熱源があることが示唆された。一方、活火山から離れた第四紀火山のD90は、活火山に比べて数km深かったり、火口直下のD90が浅くないなど、活火山に比べて明らかに熱活動が不活発であることなどが分かった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究課題では、火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明を阿蘇山及び吾妻山において進めるとともに、火山活動推移を支配する流体の挙動の理解を深めることで重点課題である活動評価と試行（重点課題）にも貢献している。また、本研究課題を通じて、火山浅部～やや深部のマグマ・流体供給系の位置・大きさ・構造の解像度を向上させることで、中長期的な火山活動推移の理解や噴火災害への備えに資する情報を蓄積できると考えられる。次年度以降は、光ファイバを用いたDAS観測を吾妻山で実施する予定であり、火山浅部の微細構造の推定などの火山観測の超稠密化・次世代化にむけた取り組みを進める予定である。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Nishimura, T., F. Morisaku, K. Emoto, H. Nakahara, M. Yamamoto, and S. Miura, 2025, Complex principal component analysis of volcanic earthquakes at Azuma volcano, Japan, recorded by a distributed acoustic sensing system (DAS) for the hypocenter determination, J. Volcanol. Geotherm. Res., 463, 10.1016/j.jvolgeores.2025.108343, 査読有, 謝辞有

Nishimura, T., 2026, Cutoff depths of shallow earthquakes beneath the active volcanoes in Japan and their implication for heat source of magma reservoirs. Earth Planets Space, 10.1186/s40623-026-02371-5, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

若林 環・大倉敬宏, 2025, 阿蘇火山における2019-2020年の火山活動に伴う地殻変動の解析, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SVC32-P25

平山裕登・山本 希, 2025, 調和振動型微動の振動特性と流体流動の関係の検討, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SVC32-P11

平山裕登・山本 希, 2025, 流体流動による調和振動型微動の周期倍分岐の検討, 日本火山学会2025年度秋季大会, p107

山本 希, 2025, 岩手山における長周期地震とその火山活動推移における位置付け, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SVC32-P06

山本 希, 2025, 岩手山の火山活動と流体供給系, 第81回INS岩手山火山防災検討会・第48回INS地盤と防災研究

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

阿蘇山における重力観測・地殻変動観測・地震観測を引き続き実施する。吾妻山においては、機動地震観測を継続するとともに、光ファイバを用いたDAS観測を実施する。両火山における観測と調査から、流体供給系の構造推定・時空間変動の推定に取り組む。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

山本 希（東北大学理学研究科），西村太志（東北大学理学研究科），廣瀬 郁（東北大学理学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科），風間卓人（京都大学大学院理学研究科），横尾亮彦（京都大学大学院理学研究科），石井杏佳（京都大学大学院理学研究科），山本圭吾（京都大学防災研究所），成田翔平（東京科学大学総合研究院），江本賢太郎（九州大学大学院理学研究院）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：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

電話：022-225-1950

e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp

URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山本 希

所属：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