

(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：

集中地震観測による火山体構造・火山現象発生場の解明

(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

(4) 火山現象の解明とモデル化

ア. 火山現象の定量化と解明

イ. マグマ溜まりと火道内過程のモデル化

(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

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解

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

イ. モニタリングによる火山活動の評価

5 研究を推進するための体制の整備

(2) 総合的研究

オ. 高リスク小規模火山噴火

(5) 総合的研究との関連：

(6) 本課題の5か年の到達目標：

近年、高精度の多項目火山観測の拡充により、噴火に先行する中長期的なマグマだまりの変動や、噴火直前の火山体浅部における諸火山現象が検出・解明されつつある。このような一連の火山現象を支配するやや深部から浅部までのマグマ供給系・熱水系を含む火山体構造を明らかにすることは、現象の理解・噴火活動の推移予測（噴火事象系統樹の分岐過程）の基礎情報となるとともに、噴火事象系統樹・噴火活動推移モデルにおける時間発展の把握・理解にとって不可欠である。

これまでの噴火予知計画や地震火山観測研究計画においては、人工地震を用いた火山体構造探査が全国の活火山で継続的に行われ、その結果、火山浅部の詳細な地震波速度構造が明らかになり、火山現象の理解の進展に貢献してきた。しかしながら、浅部に低速度構造をもつ火山体構造故に、マグマだまりが存在するやや深部（～地下10 km弱）の構造の理解は十分とは言い難い。一方で、近年の地震波干渉法等の地震波伝播理論・解析手法の発展により、やや深部の地震波速度構造、さらには構造異方性を推定できる可能性が示されつつある。

そこで本研究課題では、マグマだまり及び浅部の両者において火山活動に伴う変動が見られている蔵王山及び箱根山をテストフィールドとして、それぞれ約2年間の集中地震観測を全国連携で実施し、やや深部から浅部にかけての地震波速度構造を推定することで、火山性流体の分布・供給路を明らかにし、噴火活動推移のモデル化に資する基礎情報を得ることを目指す。具体的には、地震波干渉法に

よる表面波解析により速度構造及び異方性の推定を行うとともに、既存データも併用して自然地震トモグラフィの分解能向上を図り、火山体やや深部構造の推定方法の確立を目指す。また、想定火口域近傍に観光客等が訪れる両火山において観測研究を進めることにより、防災対策に必要な中長期的な噴火ポテンシャルや切迫度の評価のための科学的情報を取得し、火山災害軽減に資することを旨とする。

#### (7) 本課題の5か年計画の概要：

やや深部（～約10 km）から浅部までの火山体構造推定のために、蔵王山及び箱根山の周辺約30 km四方に臨時地震観測点20～30点を展開する。それぞれの火山において約2年間の連続観測を実施し、地震波干渉法解析・自然地震トモグラフィに必要なデータを取得し、既設地震観測点のデータも用いて火山体構造推定を行う。箱根山における観測は、神奈川県温泉地学研究所の支援を受けつつ実施する。

両火山においては、地震学的・電磁気学的な広域構造等についての既往研究結果があるため、これらの結果と本研究課題で得られた構造との統合的な解釈を進め、火山性流体の分布を明らかにする。また、各手法によって推定した構造の比較を行い、火山体構造推定の高度化に向けた検討を進める。各年度では、以下のように研究を実施する。

2019年度：既存データ・既往研究結果をもとにした予備解析を進めるとともに、観測・解析の事前シミュレーションを行い、観測点配置等の検討を行う。

2020年度：蔵王山周辺に観測点を展開し、地震観測を開始する。得られたデータをもとに構造解析に着手し、観測データの質のチェック・予備解析を行う。

2021年度：蔵王山における観測を積雪期前まで継続し、解析データの蓄積を行う。年度後半に箱根山周辺に観測点を展開し、地震観測を開始する。

2022年度：蔵王山で得られたデータを用いて構造解析を進めるとともに、得られた構造を用いた震源再決定等を行い、火山現象とその発生場の関連を検討する。また、観測期間中の構造時間変化の抽出を行う。また、箱根山における保守作業において回収したデータを用いた構造解析に着手する。

2023年度：箱根山における観測を継続するとともに、箱根山の構造解析を進める。両火山で得られた構造をもとに、火山性流体の分布形態・供給路の推定を行い、火山活動評価に資する情報の抽出を行う。

#### (8) 令和4年度の成果の概要：

##### ・今年度の成果の概要

本課題では、令和3年度から蔵王山周辺において臨時地震観測網を展開し、構造解析に必要なデータの蓄積を進めてきた。この蔵王山周辺における観測は、当初令和2年度から開始する予定であったものであるが、新型コロナウイルス感染症の拡大を受けて、実施時期を変更したものである。令和4年度には、取得したデータに地震波干渉法を適用し、表面波の抽出及び表面波分散関係の推定を進め、火山体周辺部と山体中央部の想定火口域近傍における浅部構造の差異を明らかにした。想定火口域近傍で推定された構造は、2015年度に実施した人工地震構造探査で得られたものと調和的であり、基盤岩に近い速度を持つ層が浅部まで存在するという蔵王山の特徴的な構造が改めて確認された。また、得られた速度構造を基にして火山性地震の震源再決定を行い、火口湖御釜周辺の活動領域の詳細を明らかにした。

本課題で令和3年度末に臨時地震観測網の展開を行った箱根山についても、観測網の増強と維持を行い、データの蓄積と予備的な解析を進めた。本臨時観測では、神奈川県温泉地学研究所の既設観測網を補間するようにカルデラ内外に17点の観測点を設置し、約1年間の連続観測を実施した。臨時観測点は中央火口丘から約10 km以内の範囲に選点し、既設観測網が手薄なカルデラ西側に特に重点的に配置を行うことで観測点分布を均質化し、カルデラの南北に連なる丹那断層と平山断層によるプリアパート構造と火山活動の関係などの理解を進めることを狙った。地震波干渉法による解析は、本臨時観測及び既設の定常観測網で得られた上下動成分記録を用いて行い、レイリー波の基本モードを主な対象とした。深さ約5 km以浅の構造の推定を行うため、1秒から10秒の周期帯について各観測点ペア間の相互相関関数を計算し、レイリー波の群速度を推定した結果、周期約3秒以下では基本モードの群速度は1.2 km/s前後と概して低速度であり、それ以上の長周期帯では正分散性を示した（図1）。また、丹那・平山断層を境とする東西の違いに着目すると、カルデラの西側では全周期帯にお

いて東側に比べて低速度を示した。得られたレイリー波基本モードの分散関係は、先行研究（平賀、1987; Yukutake et al. (2021)）で推定された浅部に低速度層をもつ速度構造と整合的であり、カルデラの東西の差異はYukutake et al. (2011)などで中央火口丘直下の地震発生領域内（深さ6 km以浅）に存在が示唆されている破碎帯によるS波速度低下に起因していると解釈することができる。今後、得られたレイリー波群速度から3次元速度構造の推定を進めるとともに、水平動成分を用いたラブ波の解析を行い、異方性を含めた構造を推定することで、箱根山直下の流体供給路の理解が進展することが期待される。

・「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  
関連の深い建議の項目の目的である「火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明」に資するため集中観測の実施及びそのデータ解析・解析手法の開発を進めている。得られた成果・知見は、火山現象の発生場及び火山活動推移の理解を深める基礎となるものである。

(9) 令和4年度の成果に関連の深いもので、令和4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

・学会・シンポジウム等での発表

山本希,2022,多項目観測による火山活動推移の把握と現象理解,次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト課題関連携研究集会,B2-1

(10) 令和4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：

項目：火山：地震：短周期地震観測

概要：箱根山周辺における臨時地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：神奈川県箱根町箱根山 35.8617 138.9785

調査・観測期間：2022/2/-2023/2/

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地震：短周期地震観測

概要：蔵王山周辺における臨時地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：宮城県蔵王町蔵王山 38.1199 140.4525

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(11) 令和5年度実施計画の概要：

蔵王山及び箱根山における集中地震観測のデータを用いた構造解析を進める。また、先行研究で示されている各種火山現象の発生領域などとの比較を進め、火山性流体の分布・供給路を明らかにし、火山現象と発生場の関連を検討する。

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

山本 希（東北大学大学院理学研究科）,岡田知己（東北大学大学院理学研究科）,高木涼太（東北大学大学院理学研究科）,西村太志（東北大学大学院理学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

青山裕（北海道大学大学院理学研究院）,大湊隆雄（東京大学地震研究所）,寺田暁彦（東京工業大学理学院）,前田裕太（名古屋大学大学院環境学研究所）,大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科）,松島健

（九州大学大学院理学研究院）,中道治久（京都大学防災研究所）

(13) 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：www.aob.gp.tohoku.ac.jp

(14) 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

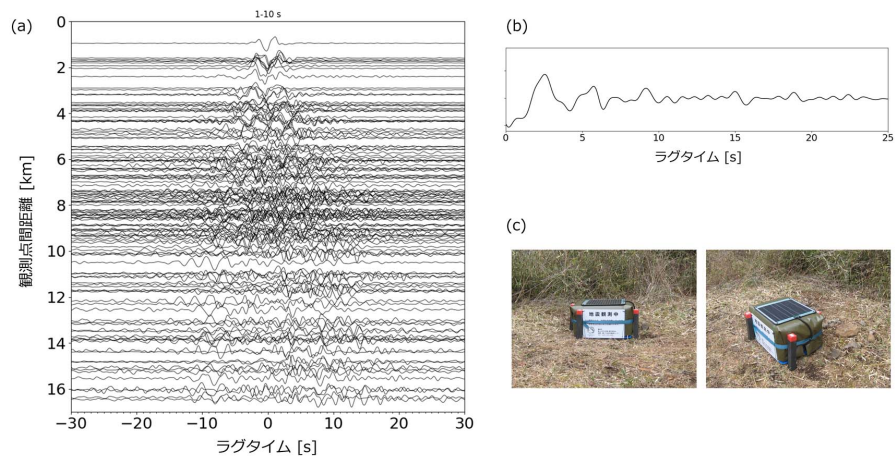


図1. 箱根山における地震波干渉法解析の例

(a) 1~10秒周期帯における相互相関関数のペーストアップ。観測期間前半の3カ月間のデータを使用した解析例。レイリー波の基本モードのほか、高次モードの伝播も確認できる。(b) 相互相関関数の例。活火山浅部構造の特徴を反映した強い正分散性が見られる。(c) 臨時観測点の設置例。