

論文審査の結果の要旨

氏名 長岡 優

本論文は7章からなる。第1章では、火山地域での速度構造の推定の既往の研究についてのレビューと問題点が示され、地震波干渉法における手法の研究の歴史がまとめられており、本研究の位置づけが示されている。第2章では、本研究によって開発された短い波線経路にも適用可能な Rayleigh 波と Love 波の位相速度の測定手法の説明がなされている。第3章では、測定された Rayleigh 波と Love 波の位相速度から、 V_{sv} 波、 V_{sh} 波の3次元構造を求めるインバージョン手法の開発について記されている。第4章では、この新しく開発した手法を用いて求められた霧島山の構造の結果が示されている。第5章では、同様の手法を浅間山に適用し、浅間山の構造が示されている。第6章では、得られた S 波速度構造をもとに、地殻変動、電磁気学的構造、岩石学的データをもとに、マグマの経路を明らかにし、続く第7章で全体をまとめている。

活動的な火山においては、火山下に噴火にかかわるマグマ溜りの存在が示唆されてきた。しかし、これまでの人工地震探査や自然地震トモグラフィーといった手法では、この深さ領域の S 波速度構造の推定は困難であった。本研究では、地震波干渉法により脈動から抽出した表面波を用いた S 波速度構造推定の手法を開発し、その手法を霧島山と浅間山のデータに適用し、S 波速度構造を求めた。火山地域は、地殻構造の不均質性が強く位相速度を求める際に位相の追跡が困難であったため、表面波の群速度からの構造推定がなされてきた。そのため、推定精度が低いという問題点があった。本研究では、霧島山や浅間山においては空間的に高密度に観測点が存在するという利点を生かして、不均質構造が強い火山地域でも適応可能な位相速度推定法を開発した。位相速度測定では、まず解析領域全体の平均的な1次元構造を反映した分散曲線を決定し、次に各パスの位相速度を領域平均構造に対する速度異常として推定する、2段階の手順を踏むことで、不均質性が強い火山地域においても位相速度測定ができる手法を開発した。地震波干渉法により脈動の3成分記録から Rayleigh 波と Love 波を抽出した。Love 波の抽出は Transverse 成分から行ったが、波線経路の距離が短い場合は Transverse 成分には Love 波だけでなく Rayleigh 波のエネルギーも入っているため、その影響が無視できなくなる。本研究では、空間的な多点観測の利点を生かすことにより、短い波線経路のデータによる Love 波の測定に成功した。

これらの手法を用いて霧島山と浅間山の3次元 S 波速度構造を求めた。本研究で得られた霧島山の V_{sv} 、 V_{sh} 構造では、海拔下7km以深において山体直下から北西にかけて水平方向に約15kmにわたり、 V_{sv} 構造のみに大きな低速度異常が現れるという radial anisotropy が確認された。2011年の噴火に伴う地殻変動から推定された圧力源の位置が、この低速度域の北西の上端に対応することから、求めた低速度領域は噴火にかかわるマグマ溜りであると推定される。

本研究では、さらに同様の手法を用いて浅間山周辺の V_{sv} 構造を推定した。その結果、浅間山の北西に位置する地殻変動から推定された圧力源の下の深さ5~10kmに、

マグマ溜りと考えられる低速度領域が見つかった。その大きさは直径 7~8 km 程度であり、成層火山である浅間山のマグマ溜りは、カルデラ縁に位置する霧島山のマグマ溜りに比べて小さいことがわかった。霧島山においては、電磁気学的構造や地震活動、地殻変動のデータをあわせて解釈することで、マグマが深部からマグマ溜り内へ供給され、山体北西の地殻変動源の位置を出口として浅部へ上昇するというマグマ供給系の描像が得られた。また、マグマ溜り内の **Radial Anisotropy** が部分熔融したメルトを含む薄い低速度層が多重に重なった構造によって説明できることから、マグマ溜りがシル状構造になっている可能性を示唆した。インドネシアのトバ山でも同様の構造が示唆されていることから、巨大なカルデラを形成するような火山に共通する特徴である可能性を示した。本研究は、従来の地震学的手法では解像が困難であった地殻内マグマ溜りのイメージングに成功し、測地学や電磁気学等の研究結果と合わせることで、活動的な火山のマグマ供給系を明らかにし、マグマ溜り内の構造に制約を与えることができた。

なお、本論文の第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章は、西田究、青木陽介、武尾実、大湊隆雄との共同研究であるが、論文提出者が主体となって手法の開発、データ解析・解釈を行ったもので、論文提出者の寄与は十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。