

論文の内容の要旨

論文題目 Study on seismic velocity structure beneath active volcanoes by seismic interferometry

(地震波干渉法による活動的火山下の地震波速度構造に関する研究)

氏名 長岡優

活動的な火山においては、地殻変動解析や噴出物の分析などから、噴火に関わるマグマだまりが深さ 5~10 km 付近に存在する場合が多いことが分かっている (例えば霧島山、桜島)。マグマだまりの地震波速度構造を推定できれば、マグマ供給系に対して定量的な制約を与えられることが期待される。しかし、人工地震探査や自然地震トモグラフィという従来の地震学的手法では、この深さ領域の S 波速度構造推定は困難である。

そこで本研究では、地震波干渉法により脈動から抽出した表面波を用いて、活動的な火山のマグマだまりの検出を試みた。地震波干渉法は、ランダムな波動場 (脈動など) の相互相関関数を計算することで観測点間の地震波の伝播を抽出する手法である。相互相関関数は観測点間の速度構造に敏感であるため、地震波干渉法は局所的な構造推定に適している。

火山地域は不均質性が強く位相追跡が困難であるため、地震波干渉法を火山に適用した先行研究のほとんどは、抽出した表面波の群速度から構造推定を行っているが、走時測定精度が低いという欠点がある。本研究では霧島山の多点観測の強みを生かして、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 次元構造として分散曲線を測定し、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測定する、という 2 段階の手順を踏むことで、不均質性が強い地域において位相速度を測定できるよう工夫した。

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 (Rayleigh 波は上下動成分の相互相関関数から、Love 波は Transverse 成分から)。Transverse 成分には Love 波だけでなく Rayleigh 波のエネルギーも含まれており、パスの距離が短いほどその影響を無視できなくなる。従来の研究では、短いパスを使わないことで Transverse 成分中の Rayleigh 波の寄与を無視する 경우가多かったが、本研究では多点観測による短いパスを使って火山の複雑な構造を推定するため、Transverse 成分中の Rayleigh 波の寄与を無視せず分離した。

得られた各パスの位相速度異常を用いて表面波位相速度トモグラフィを行った (Rawlinson and Sambridge, 2005)。そして、線形化インバージョン (Tarantola and Valette,

1982)により、各グリッド点の Rayleigh 波と Love 波の位相速度から 1 次元 V_{sv} , V_{sh} 構造をそれぞれ推定し、さらに 1 次元 V_{sv} , V_{sh} 構造を全グリッド点について統合することで 3 次元 V_{sv} , V_{sh} 構造を得た。

本研究では、この手法を霧島山に適応した。得られた霧島山の V_{sv} , V_{sh} 構造を図 1 に示す。海拔下 2 km では、 V_{sv} , V_{sh} 構造ともに標高に沿った基盤の盛り上がりに対応する高速速度異常が見られた。海拔下 7 km 以深では、 V_{sv} 構造のみで、霧島山山体直下から北西にかけて水平方向に約 15 km にわたる大きな低速度異常が現れており、**radial anisotropy** が確認された。2011 年噴火に伴う地殻変動から推定された圧力源の位置はこの低速度領域の北西の上端に対応することから (Nakao et al., 2013)、求まった低速度領域は圧力源の下に広がるマグマだまりであると推測される。

比較のため、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、噴火に伴う地殻変動から推定された圧力源の下の深さ 5~10 km に、マグマだまりと考えられる低速度領域が見つかった。低速度領域の大きさはせいぜい直径 7~8 km 程度であり、浅間山のマグマだまりは、カルデラ縁に位置する霧島山のマグマだまりに比べて小さいことが分かった。

求まった霧島山のマグマだまりと、深部低周波地震の震源と地殻変動源との位置関係から、マグマは山体南東端の深部から上昇し、マグマだまりに一旦蓄積され、地表に向かってさらに上昇していく、というマグマ供給系の描像が得られた (図 2)。また、マグマだまり内の **radial anisotropy** は、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、マグマだまり内はシル状構造になっていると考えられる。さらに MT 観測の結果 (Aizawa, personal communication) では、この領域は低比抵抗になっており、メルトが結合していることが示唆される。マグマだまりのシル状構造はトバ火山でも示唆されている (Jaxybulatov et al., 2014) ことから、大き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がある。

本研究では、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だまりのイメージングに成功し、さらに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、マグマだまり内の構造に制約を与えることができた。今後同様の手法を他の火山に適用し、マグマだまりの大きさや **radial anisotropy** の存在を系統的に調べることは、活動的火山のマグマ供給系を理解する上で重要である。

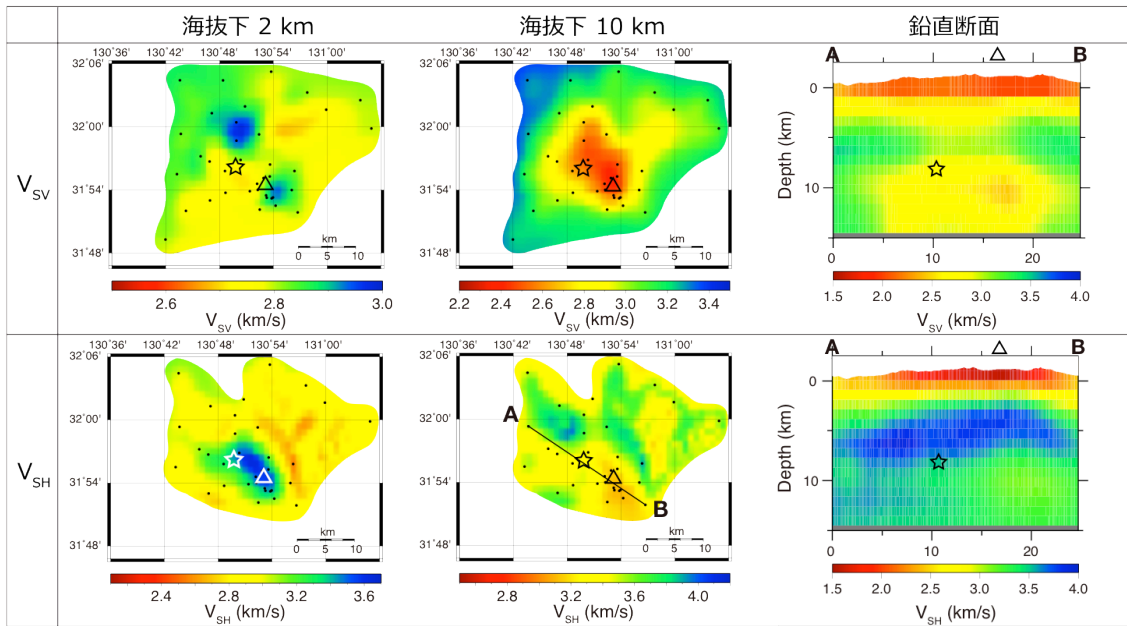


図 1 : 霧島山周辺の V_{SV} 構造 (上段) と V_{SH} 構造 (下段)。左から順に、海拔下 2 km 断面、海拔下 10 km 断面、鉛直断面 (A-B 断面)。三角形は新燃岳の位置、星印は地殻変動源の位置を表す。

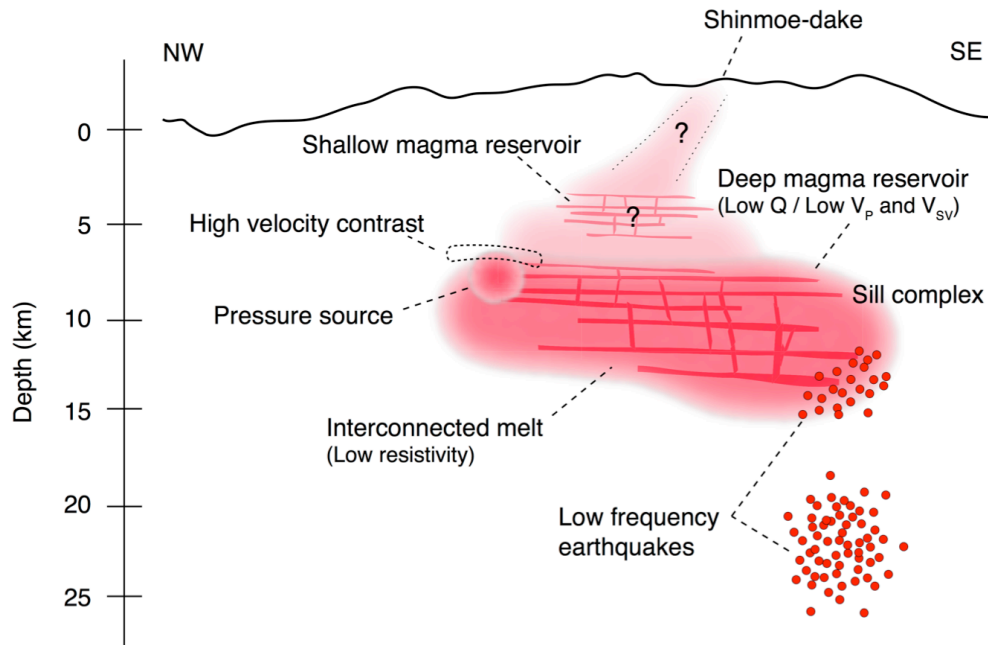


図 2 : 本研究で推定した S 波速度構造と、低周波地震震源、地殻変動源、比抵抗構造、岩石学的分析結果を合わせるにより得られた霧島山のマグマ供給系の概念図。マグマは山体南東端の深部から上昇し、シル状マグマだまりに一旦蓄積され、地表に向かって上昇していくと考えられる。