

# 論文審査の結果の要旨

氏名 麻生 尚文

様々な地震の中で、深部で発生する様々な深部長周期地震あるいは深部低周波地震の研究は地球内部の多様な歪蓄積過程を理解するうえで重要である。プレート境界に発生する深部低周波地震の研究は高感度地震観測網である Hi-Net の出現により近年大いに進展したが、より古くから存在が知られている火山下で発生する火山型深部長周期地震の理解はまだ進んでいない。本研究では、Hi-Net の地震波形データを用い、これまで震源メカニズムや震源位置が良く決まっていなかった火山型の深部長周期地震を効率よく解析する手法を開発し、過去 12 年間の日本列島のほぼすべてのイベントを解析した。その結果、特徴的な震源分布やメカニズム解をもつイベントがあることが示された。一方、火山型深部長周期地震の発生について、モホ付近に滞留したマグマが冷却する過程で蓄積された熱応力が地震をトリガーするというモデルを新たに提案した。地震波形解析で得られたイベントのメカニズム解がマグマ冷却モデルに示唆される震源メカニズムと調和的か否かを明瞭に判断することはできなかったものの、将来的には、更に良質なデータの蓄積を待って本研究で提案した解析手法を適用することにより、深部長周期地震の研究が飛躍的に進展することが期待できる。

本論文は 4 章からなる。

第 1 章はイントロダクションである。深部長周期地震はプレート境界で発生する深部低周波地震、火山周辺で発生する火山型深部長周期地震、そのいずれからも離れた場所で発生する深部長周期地震の 3 つに分類することができる。本章では、これまでの研究をレビューしそれらの地震の特徴をまとめたうえで、火山型深部長周期地震の研究を進めるうえで到達可能な目標として、様々な場所で発生するイベントを統一的に比較研究するための解析手法の開発、微弱な深部長周期地震の震源メカニズムの決定、深部長周期地震の励起源を検討することの 3 つを提示している。

第 2 章では、火山型深部長周期地震の新しい解析手法を提案し、それを日本全体のほぼすべてのイベントについて適用した。まず、2002 年から 2014 年までの 22 の地域の地震波形データに対して震源位置を精密に決めるため NCC(Network Cross-Correlation)法を適用し、それぞれの地域において震源クラスターの形状を精密に決定した。見つかった 28 個の震源クラスターのうち 7 つは線状、4 つは平板状であった。特徴的なクラスター形状が見つかった「島根東部」・「霧島」・「岩手山南部」・「焼岳」の 4 地域について、震源時間関数と震源メカニズムを推定した。本研究では、大量データを効率よく解析するために、地震波形の P 波、S 波をスタッキングすることにより震源時間関数を求めてから、震源メカニズムのインバージョンを行うという新しい手法を開発した。また、波形に含まれるノイズ

や震源位置の誤差、速度構造などの影響を評価した。解析の結果、震源クラスターの形状と震源メカニズムの相関を示唆する結果が得られ、特に、島根東部においては線状に並ぶ震源クラスターとほぼ平行な主軸を持つ有意な CLVD 成分を含むイベントが見つかった。

第 3 章では、深部長周期地震の励起を説明するモデルとして、マグマの冷却による熱応力集中モデルが提案されている。マンツルの部分溶融で生じたメルトはモホ付近で滞留し、そこからさらに上昇するマグマとその位置にとどまりそのまま固結するマグマに分かれる。本研究では固結マグマに着目し、冷却過程で内部に生じる熱応力が地震を励起すると考え、固結マグマが 2 次的に平板的に無限に広がる場合、円筒状に無限に延びる場合、および、有限の長さをもつ円筒状の 3 つの場合について冷却過程で内部に生じる熱応力場を計算した。平板の場合は法線方向に対象軸を持つ CLVD 的な歪場となり、円筒の場合は軸方向に対称軸を持つ CLVD 的な歪場になるが、符号は平板と円筒で逆になる。有限な長さを持つ円筒の場合は、長さと半径の比に応じて、2 つのエンドメンバーである平板型と円筒型の間の値を取る。冷却モデルは、火山性深部長周期地震がマグマの滞留・固結が発生するモホ付近で多く発生することや、現在は活動していない火山下でも発生する観測事実と調和的である。一方、第 2 章の地震波形解析結果で得られた震源クラスター形状や震源メカニズム解の中には冷却モデルから期待される震源分布や震源メカニズムと調和的なものも得られているが、解の信頼度を考慮すると、解析結果は冷却モデルを指示するとは必ずしも言えないことがわかった。また、マグマや地殻下部物質の物性値として現在実験や理論で支持されている値の範囲では応力集中が起きにくいこともわかった。

第 4 章は全体のまとめである。

本研究は、火山型深部長周期地震を効率的に解析する手法を提案し、過去 12 年にわたる日本列島のほぼすべてのイベントを解析して震源クラスター形状と震源メカニズム解を得るとともに、深部長周期地震の励起源としてモホ付近のマグマ冷却による熱応力集中モデルの可能性について定量的な検討を加えたものであり、従来の火山型深部長周期地震研究の今後の方向性を示す優れた研究である。

なお、本論文の第 1 章の一部と第 2 章の主要部分は太田和晃・井出哲氏との共同研究であり、第 3 章の主要部分は Victor Tsai 氏との共同研究であるが、手法の考案、データ解析、モデルの考案は論文提出者が主体となっており、論文提出者の寄与が十分に大きいと判断できる。

従って、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。