

修士論文
圧縮性流体振動の数値シミュレーション
火山性微動モデル

東北大学大学院理学研究科

地球物理学専攻

山崎 純

(指導教官 西村 太志 助教授)

平成 15 年

要旨

火山性地震や微動の中でも、顕著な表面活動を伴わず、P波、S波などの位相が不明瞭な地震や微動は、マグマなどの火山性流体と周囲の岩体との相互作用によって発生すると考えられ、その発生機構の解明は火山活動の理解のために重要である。これまでの研究から、火山性地震や微動が線的なスペクトル構造をもつこと、そのスペクトルピークがときに時間変化を示すこと、震源域が数キロメートル程度の狭い範囲にあること、体積成分をもつ発生機構解をもつことがわかってきた。これらの特徴を説明するために、火山体内に存在が期待されるマグマ溜りや火道、クラックなどに含まれる火山性流体の振動現象を考える発生モデルが提案されてきた。これらの多くは、微小振幅波の近似に基づいて流体と周囲の岩体の運動を評価することによって、火山性地震や微動の基本的特性を説明することに成功してきたが、気相を多く含むような低密度の物質では顕著に現れる圧縮性を考慮した火山性流体のモデルはない。

本研究では、圧縮性をもつ流体の振動現象による微動の発生モデルを提案する。モデルは、火道を模擬した円筒状の共鳴体と火山体下に存在が期待される高温水からなる。高温水の運動は、圧縮性を評価した流体の質量保存則と運動方程式、高温水の圧力-密度関係を表す状態方程式を用いて記述する。共鳴体を囲む岩体は無限均質媒質の弾性体とし、その運動は弾性体の運動方程式で記述する。いずれの運動も軸対称であるとして、有限差分法で数値的に計算する。また、振動の開始は、流体圧力で周辺岩体の一部が開

口する過程をモデル化し、流体運動を引き起こす初期圧力低下量を水の体積弾性率と開口による円筒端での体積増加率の積で与える。

高温水の温度 400 ~ 800 , 圧力 6.25MPa ~ 87.5MPa (深さ 230m ~ 3240m の封圧に相当), 体積増加率 0.01 と 0.1 の範囲で計算を行った。その結果、次のことが明らかとなった。微動波形の卓越周波数は、流体の平均音速と共鳴体の大きさの比によってほぼ決まる。高温水の音速は温度や振動開始時の流体圧によって 80m/s ~ 700m/s の変化を示すことから、微動の卓越周波数は最大で約 8 倍の変化をしよう。体積増加率が大きく、流体内に生じる初期圧力低下量が多い場合には、微動の振幅が時間とともに強い減衰を示すことがある。これは流体の圧縮性に起因する効果であり、膨張波の波頭と波尾の伝播速度に差が生じることにより膨張波が空間一様に広がる効果によって生じていると考えられる。

本モデルを用いて、浅間火山、草津白根火山で観測された微動の特性の時間変化について説明を試みた。その結果、浅間火山で 1 週間間に観測された微動の卓越周波数の低下(2.7Hz ~ 0.8Hz)と継続時間の増加は、50m の長さをもつ共鳴体内の高温水の温度低下(440 ~ 400)によって説明することができることがわかった。一方、草津白根火山で半年の間に観測された卓越周波数の変化(1.3Hz ~ 5.0Hz)は、微動の震源の深さを考えると本モデルで説明可能な周波数変化の幅を超えている。従って、水よりも複雑な挙動を示す多相の流体を考えるか、あるいはクラック波を生むような共鳴体の形状を考慮する必要がある。

本研究で提案した火山性微動モデルは、従来の微動発生モデルに流体の圧縮性効果を取り入れ、流体のトリガー条件に定量的な記述を加えた。そして、微動波形の主要な特徴である周波数と減衰特性、および振幅の相互比較を可能にした。また、従来の微動モデルでは流体の粘性や地震波エネルギーの放射によってのみ説明されてきた微動の振幅の減衰が、流体の圧縮性効果に起因する膨張波の広がりによっても生じるという新しいメカニズムを提案することができた。