

流体組成のプローブとしての火山性低周波地震の複素周波数

The complex frequencies of long-period seismic events as probes of fluid compositions beneath volcanoes

熊谷 博之[1], ベナール シュウエ[2]

Hiroyuki Kumagai[1], Bernard Chouet[2]

[1] 防災科研, [2] アメリカ地質調査所

[1] NIED, [2] USGS

火山で調和減衰振動とみなせる低周波地震が発生する。このような波形は、マグマや熱水などの流体の移動に伴う圧力や熱の変化が、流体に満たされた共鳴体の振動を引き起こすことにより生じると考えられている。本発表では、世界各地で観測された低周波地震の減衰振動の複素周波数、とりわけQ値に、大きな幅があること示す。さらに、クラックモデルによる波形シュミレーションとの比較から、Q値の違いは、共鳴体中の流体として気体・液体・固体の様々な混合流体により生じていると解釈できることを示す。

はじめに：火山では、流体が関与することにより生じた、多様な波形の特徴を示す地震が発生する。その中に調和減衰振動とみなせる低周波地震がある。このような波形は、マグマや熱水などの流体の移動に伴う圧力や熱の変化が、流体に満たされた共鳴体の振動を引き起こすことにより生じると考えられている。従来の研究では、共鳴体中の流体として気泡を含むマグマや熱水が一般的に仮定されてきた。本発表では、世界各地で観測された低周波地震の減衰振動の複素周波数、とりわけQ値、に大きな幅があること示す。さらに、クラック形状の共鳴体モデルによる波形シュミレーションとの比較から、Q値の違いは、気体・液体・固体の様々な混合流体により生じていると解釈できることを示す。

観測波形解析：解析に用いたのは、草津白根、ガレラス（コロンビア）、キラウエア（ハワイ）、リダウト（アラスカ）で観測された低周波地震の波形である。これらの波形は、立ち上がりを除いて調和減衰振動とみなせる。減衰調和振動の部分から存否法を用いて複素周波数を決定した。その結果、Q値が波形により大きく異なることがわかった。キラウエアやリダウトの、すぐに減衰してしまう波形のQ値は20から50であるのに対し、草津白根やガレラスの、一分以上の長時間にわたって振動し続ける波形のQ値は、100以上（最大数百）という結果になった。

クラックモデル：これらの複素周波数と比較するために、固体の媒質中の、流体に満たされたクラック形状の共鳴体の振動によって生じる地震波形のシュミレーションを行った。共鳴体中の流体として、火山体下に存在する可能性がある気体・固体・液体の様々な混合流体（H₂O-CO₂ガス、水-水蒸気、basalt-水蒸気、火山灰-SO₂ガス、水滴-水蒸気など）を仮定し、理論的に見積もったそれらの音速および密度をパラメータとしてシミュレーションを行った。その波形から、観測波形と同様に存否法を用いて複素周波数を決定し、共鳴体の振動エネルギーが回りの固体の媒体に洩れ出ることによるQ値を見積もった。ただしこのQ値には、流体の内部摩擦による減衰の効果は入っていないため、その効果は別に理論的に推定した。

シミュレーション結果と考察：シミュレーションの結果は、Q値の範囲がほぼ1から数百までと、様々な火山で観測された低周波地震のQ値の幅広い変化をカバーすることがわかった。Q値が数十以下といった減衰の大きい波形は、気体のみ、あるいは気体と液体の混合流体により説明できる一方、Q値が100以上という長時間振動する波形を説明するためには、粒子サイズが10ミクロン以下の火山灰あるいは水滴を含む気体を考える必要があることがわかった。低周波地震の複素周波数は、火山体下に存在する流体の有用な情報を含んでおり、その組成を探るプローブとなる可能性がある。