

熱水流動に伴うピエゾ磁気効果の数値シミュレーション

Numerical simulations of piezomagnetic effect associated with hydrothermal activity.

大久保 綾子 [1]; 神田 径 [2]; 石原 和弘 [3]

ayako okubo[1]; Wataru Kanda[2]; Kazuhiro Ishihara[3]

[1] 産総研; [2] 京大・防災研; [3] 京大防災研桜島火山観測所

[1] AIST; [2] DPRI, Kyoto Univ; [3] SVRC, DPRI, Kyoto Univ.

1. はじめに

火山活動に伴った地磁気の時間変化が多く活動的火山で観測され、その主な原因として、火山体浅部の高温化や応力集中が挙げられている。一般に、応力変化に起因するピエゾ磁気効果は、温度変化による熱磁気効果よりも小さいとされるが、例えば、マグマ貫入など一時的に増圧が起こった直後や、地下浅部にキャップロックなど不透水岩体の存在で増圧過程が進行する場合は、間隙水圧が非常に高まるため、ピエゾ磁気効果による地表での磁場変動も無視できないと考える。また、多くの火山では、熱磁気効果やピエゾ磁気効果の発現には、火山流体あるいは熱水対流系が重要な役割を担っていると考えられている。

そこで本研究では、定常的な熱水流動から一時的に増圧が起こり、またもとの定常状態に戻る可逆的現象に伴うピエゾ磁気変化について、時間ステップごとに数値シミュレーションを行なった。

2. ポストプロセッサの開発

熱水流動シミュレータ HYDROTHERM (Ingebristen and Hayba, 1994) で計算された火山体内部の間隙流体の圧力分布を用いて、ピエゾ磁気効果による地表での磁場変化を求めるポストプロセッサを開発した。本研究では、2次元軸対称の熱水流動モデルを採用したが、ピエゾ磁気効果の計算には、その性質状、直交座標系における全象限の応力変化分布が必要である。そこで、次のような手順で計算をすすめた。まず、2次元軸対称の熱水流動モデルから得られる間隙流体の圧力分布を3次元分布に補間し、動水勾配を計算する。浸透力を求めた後、間隙流体の静水圧下における浮力の効果と併せて、体積力の分布を求める。次に、Rice and Cleary (1976) の理論に基づいて、3次元有効応力平衡方程式を適切な境界条件の下、体積力の分布とともに有限要素法を用いて変位・有効応力分布を計算する。有限要素モデル (FEM) に関しては、重み付け残差法を用いて有効応力平衡方程式を有限要素式に変換し、離散化のために8節点・6面体の3次元 Iso-Parametric 要素を用いた。ここで、Global 剛性マトリックスの対称性を考慮し、対称 Multi-Diagonal Matrix を用いた連立方程式の計算方法を利用した。開発した FEM プログラムで計算される数値解の精度は、Gravitational stress の Savage et al., (1985) と Liu and Zoback (1992) による解析解と比較することで検証した。有効応力場は、膨大な計算メモリが必要となるため、熱水流動モデルの対称性を利用して一象限のみの計算を行っている。最後に、線形ピエゾ磁気効果 (Sasai, 1980) から全ての象限に対する磁化変化の分布を求め、地表での磁場変化を求めた。

3. シミュレーションによるケーススタディ

マグマ貫入後の熱水流動のシミュレーションを行い、熱水系の消長によって地表でのピエゾ磁気効果による磁場変化がどのように変化するかを、開発したポストプロセッサを用いて、数値的に評価した。ケーススタディとして、キャップロックの効果と浸透率の効果について調べた。その結果、キャップロックが存在する場合は、地表で観測される磁場変化は大きく、また浸透率の効果としては、浸透率が小さい方が、地磁気変化が大きく、変化の観測される時間も長いことがわかった。