

論文審査の結果の要旨

氏名 高橋 優 志

本論文は6章からなり、活動的火山において3次元比抵抗構造時間変化をモニターするために人工電流電磁探査法の開発を行い、伊豆大島における野外実験でその有用性を実証したものである。第1章はイントロダクションであり、活動的火山において比抵抗連続モニターを行うことの意義や、従来の研究を概観し、様々な火山活動のメカニズム解明や活動の監視のために、十分な空間精度で3次元比抵抗構造の時間変化を追うことが出来る観測手法の開発が必須であることを論じている。

第2章では、データ解析、すなわちソース人工電流と各点での鉛直磁場との間の周波数応答関数を求めるための手法の開発について述べている。ノイズ除去、スタッキング、応答関数推定のそれぞれの段階で、従来用いられて来た標準的な解析法では良好な応答関数が推定できなかったため、それぞれについて、独自の解析手法を開発し、それらを実データに適用することで、構造の時間変化を議論するに足る精度1%以内の応答関数を推定することが可能となった。第3章では、上述の応答関数から比抵抗構造およびその時間変化を検出するための順・逆解析手法の開発について記述し、開発した方法の有効性を数値実験によって検証した。まず、1次元層構造問題におけるダイポール電流源に起因する周波数領域での電磁場を記述する定式を用いて、上述の各点での応答関数から各点直下の1次元構造を推定するABIC逆解析手法の開発を行った。次に、任意の電磁ソースに起因する電磁場のグリーンテンソルを用いて、積分方程式法に基づいて任意の3次元構造においてダイポール電流源に起因する電磁場を精度良く計算する順解析コードを開発した。このコードを用いて、従来の直流電流法から推定された1986年伊豆大島噴火時の比抵抗構造変化モデルをテストモデルとし、実際の伊豆大島での観測配置に基づいて、第2章で開発した応答関数推定法を用いることで、応答関数の時間変化が観測によって十分検知可能であることを検証した。さらに、1次ボルン近似に基づいて、応答関数時間変化より直接構造変化を逆解析によって推定する手法を開発し、上述のテストモデルに依拠してその有用性を明らかにした。

第4章では、2002年に行った、多点観測による伊豆大島における比抵抗構造探査について述べている。はじめに、この観測を実現するための電流電極設置、GPSによる時刻同期した電流送出器、同じくGPSによる時刻同期した1kHzサンプリングの鉛直磁場測定器について述べているが、これらのすべての器材開発、機器設置法は、本論文提出者によって独自に開発されたものである。山頂カルデラ内南部に電流源を置き、山頂カルデラ内の24点で得たデータの解析を行った。各点での1次元構造を推定し、そのモデルを総合することによって、試行錯誤的に3次元モデルを構築した。その結果、(1)三原山山頂火口直下海拔100mから500mにかけて直径1kmの10 mの

良導コラムが存在し、その周囲は1 kmの高比抵抗となっている、(2) 海拔100 m以深には30 mの良導層が存在し、山頂カルデラ縁直下の円管状領域で10 mとさらに良導的になっている構造を得た。これらの特徴は、従来の直流法、MT法探査や比抵抗検層データと調和的であった。第5章では、2002年7月より開始した比抵抗構造時間変化モニタリングについて述べている。電流源、鉛直磁場測定器共に、構造探査の時と同じ器材を用いて中央火口を取り巻いた5点での鉛直磁場応答のモニターを行った。まず、前章で決定した3次元比抵抗構造に基づいて、各観測点応答関数の周波数ごとの感度分布を計算し、電流極周辺と火口直下の良導コラムに感度の集中が見られることを示した。次に応答関数の時間変化を示し、2004年12月から2005年7月の期間に応答関数に最大で7%に達する変化を捉えていたことが明らかとなった。第4章で開発した比抵抗構造変化イメージング法をこの応答関数変化に適用した結果、同期間について、山頂火口直下の良導コラム上面で数%の比抵抗減少が検出されたほか、電流極近傍で約20%に及ぶ比抵抗減少が起こっていたことが明らかとなった。最後の第6章では、本論文の全成果をまとめている。

以上のように、本論文では、機器開発を含めた新しい観測手法の開発から観測の実施、データ解析に至るまですべて本論文提出者が独自に研究を進め、地下3次元比抵抗構造を決定すると共にその時間変化を高い精度で検出する新しい観測システムを世界にさきがけて構築した。その観測システムの有効性は、伊豆大島における野外観測によって実証され、今後火山噴火メカニズム解明、火山活動監視の場において広く用いられることになると期待できる。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。