

氏 名	坂 中 伸 也
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 1991 号
学位授与の日付	平成 10 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Tectonomagnetic Models Evaluated by Numerical Surface Integrals (数値表面積分による応力磁気効果の見積もり) (主査)
論 文 調 査 委 員	助教授 大志万 直人 教 授 住 友 則 彦 教 授 尾 池 和 夫

論 文 内 容 の 要 旨

火山活動、地震発生、または長期的な地殻変動に関連した地磁気の局所的変化の観測例が報告されてきた。地殻内の応力変化はこれらの局所的磁場変化の主要な原因の一つと考えられており、応力変化と磁場変化の関係が研究されている。応力変化が岩石の持つ磁化を変化させるからである。

申請者はこれらの局所的磁場変化を研究するための手段として、新しい数値計算手法を開発し、その手法についての詳細な検討を行なった。

まず、この数値表面積分法のスキームの確認のために、火山における応力地磁気変化モデルとしてこれまで比較的良好に研究されてきたモデルに対して、本研究のスキームを適用した。ここでは二次元のモデルとしてYukutakeモデル、三次元のモデルとしてMogiモデルと呼ばれているものを取り上げている。これらのモデルは、火山体中のマグマだまりの内部圧力が変化するときの地上での磁場変化を考えており、Yukutakeモデルは円筒状圧力源、Mogiモデルは球状圧力源を仮定している。これまでに行なわれたこれらのモデルに対する体積分による数値計算結果や解析解による計算結果と、本研究の数値表面積分法による計算結果を比べることにより、本研究で開発したプログラムコードにより正しい数値解が得られることを確認している。さらに、これらのモデルを基にして、計算結果に与える数値計算上の問題点の検討、例えば、数値表面積分計算の際の分割要素の大きさの影響や、表面積分の計算を有限領域で打ち切る事による影響等を、二次元、三次元問題両方について詳細に調べた。

また本研究では、数値表面積分法による応力地磁気変化モデルの応用例として、今までに研究例のない火山地磁気変化モデルを三次元問題を中心に数例取り上げた。まず、地殻変動モデルとしてWalsh and Decker (1971) が紹介した、傾いた円筒状力源を取り上げ、いくつかのパラメータに対する磁場変化を計算し、応力地磁気変化モデルとしてのWalsh and Deckerモデルの性質を調べた。さらに、圧力源と熱消磁域が異なる場合についても調べている。数値表面積分法により任意形状の消磁領域を簡単に扱うことができるため、申請者は、球状圧力源と円筒状熱消磁領域を組み合わせた、三次元火山地磁気変化モデルに基づく磁場変化も見積もっている。もう一つの応用例として、円筒状熱消磁領域のもとで、収縮する球状圧力源と膨張する圧力源を組み合わせ、円筒状圧力源が移動する場合の応力地磁気変化について検討している。

数値表面積分の計算法は、磁気弾性体の表面での変位と、その偏微分成分を与えて、表面積分の数値計算を実行するわけであるが、地表が平坦で、圧力源の形状が比較的単純なMogiモデルやWalsh and Deckerモデルにおいては変位に関する解析解が存在する。変位の解析解が存在すれば、これを数値表面積分を行う際のデータとして使うことができるが、実際の磁場変化の観測結果と照らし合わせて議論する場合には、変位の解析解が存在しないような複雑な地形を伴うモデルを構築する必要がある。この場合は、変位の数値解を用いるが、変位の数値解を求めるため、申請者は境界要素法を用い、数値表面積分と境界要素法を組み合わせる手法を提案している。この方法を用い、火山体の地形を考慮に入れた二次元モデルに対して磁場変化を計算している。

論文審査の結果の要旨

局所的磁場変化をモニターすることによって地殻内の応力状態を推定しようとする研究においては、ある応力変化の分布が生じたときにどのような磁場変化が地上で観測されるのかを、あらかじめさまざまな場合について十分に研究しておく必要がある。この応力磁気変化のモデリング手法として、応用範囲が広く精度の高い数値的な方法によるモデリング手法の確立、改良が期待されている。数値的な方法で、任意形状の磁気弾性体の磁場変化を見積もることを念頭に置いて、申請者は、従来の方法とは違う、数値表面積分を用いたモデリング手法を示し、二次元問題、三次元問題についてその計算精度に関する基礎的な評価を行なうとともに、数種類の具体的な応力地磁気変化モデルにこの手法を適用し、そのモデルの持つ特性を調べた。また、二次元問題については、磁気弾性体上での磁場変化を求めるための数値表面積分と境界要素法を組み合わせた任意形状の磁気弾性体についての数値モデリングの方法を示している。

申請者の開発した数値計算法の利点は、任意形状の磁気弾性体への適応が容易で、実際に観測された磁場変化と対比できる現実的なモデル計算が期待できることである。また、申請者の計算手法は、磁気弾性体上の表面積分を数値的に評価することを基礎としており、従来の体積積分による数値計算法に比べると、計算時間、計算機のメモリ等を節約でき、さらなる発展が期待できる。また、申請者の提唱するように、境界要素法等との組み合わせによって、数値計算を任意形状物体に応用できるという利点を効果的に引き出すことができる。

申請者は、まず、これまでによく研究されてきた2つの基礎的な火山地磁気変化モデルに適用し、開発した数値表面積分法スキームによって得られる数値解の正しさを確認している。さらに、同モデルを用い、得られる数値解の精度に関して、例えば、数値表面積分計算実行の際の分割要素の大きさの影響や、表面積分の計算を有限領域で打ち切る事による影響についての、特に、観測点に最も近く最も計算精度に影響を与える地表面での数値表面積分についての詳しい検討を、二次元、三次元問題両方について詳細に行っている。数値的方法の解の精度を高めるためには、分割要素の大きさを細かくしていくことが考えられるが、計算機の能力の問題もあって、これまでの体積積分による数値解の精度については、必ずしもこのことは十分に検討されていたとは言えなかった。申請者が示した分割要素の大きさの限界や、表面積分の評価範囲についての考察は、どのようなモデルに対しても当てはまるというわけではないが、得られる応力地磁気変化の計算精度に関して一つの指標が申請者により初めて示されたことは、応力地磁気変化の数値モデルの信頼性を高めるという意味で十分評価できる。

二次元問題については、境界要素法との組み合わせにより、任意形状の磁気弾性体について現実により近いモデルに基づき応力磁気変化が計算できることを示したが、複雑な地形を考慮に入れた場合、局所的な地形の起伏に沿った応力集中が起こり、この応力集中による磁場変化の増幅が存在することを示した。この応力集中による磁場変化の増幅については、さらなる精査が必要ではあるが、今まで知られていた、磁化の不均質による増幅効果、磁気弾性体内（地中）で観測するときの増幅効果に次ぐ、新たな増幅効果として存在する可能性が申請者によって初めて示されたものであり、この分野の今後の発展に大きな影響を与えるものと思われる。

申請者は、本研究で提唱した数値表面積分による方法を用いて、3次元応力地磁気変化モデルの新しい具体例をいくつか示し、その特性を調べた。実際の観測データによりそのことが現実の現象として確認されたわけではないが、可能性の提示と問題提起という点で充分評価でき、これから応用範囲を広げる際の基礎的な研究として意義がある。また、申請者は、本研究で示された計算方法の確立の過程で、今まで見過ごされてきたり、知られていなかった応力地磁気変化モデリングに関する注意点を見出し、いくつかの指摘を行なっている。

以上の観点から、本申請論文は、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認めた。なお、平成10年4月9日、主論文に報告されている研究内容と、これに関連する分野について口頭試問を行った結果、合格と認めた。