

氏名	やまざきけんいち 山崎健一
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第3007号
学位授与の日付	平成18年3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	Study on methods for regional geomagnetic field modeling to detect tectonomagnetic signals (地殻活動に起因する地磁気変化を検出するための地域標準磁場の表現法についての研究)
論文調査委員	(主査) 教授 大志万直人 教授 田中良和 教授 橋本学

### 論文内容の要旨

本申請論文は、地磁気変化に含まれる地殻活動起源の微小な変化を客観的に抽出するため、異なる3つの時間スケールの地磁気変化に着目した地域標準磁場のモデルを構築し、日本周辺における地磁気全磁力の日平均値、月平均値、および磁気3成分測量の観測値に適用して、それぞれの時間スケールでの地域標準磁場の有効性に関して議論したものである。

地殻活動を起源にした数日から数週間の時間スケールの地磁気変動を抽出するために、地磁気全磁力の夜間値を用いた日平均値データに対する地域標準磁場を、自然直交関数(NOC)法を用いて構築した。NOC法を実際の日平均値データに適用する場合、観測点の一部の地域に偏って存在していると、得られる表現にも偏りが生じる。日本周辺の連続観測点は、1996年までは分布に非常な偏りが見られるため、この問題を解決しなければならない。空間分布を規定する関数は、対象とする期間内では時間的にそれほど変化しないことに着目し、観測点がより均等に存在する最近のデータに基づいて得られた空間分布関数を基にして、過去の時間変化にまで遡り地域標準磁場を構築する手法を提示した。この方法は、推定される時間変化の不偏性や最小分散性などの要請にもとづき時間変化の基底関数を推定するもので、決定された地域標準磁場により、日本の大部分の地域で地磁気の時間変化を1nTよりも高い精度で表現できることを示した。

NOCを用いて地域標準磁場を精度良く構築するためには、データの欠測が障害となる。欠測を含むデータセットをNOCにより解析する方法はすでに存在していたが、それらの方法は地域標準地磁気に要求される精度を満たすものではなかった。申請者は一定のNOCが求まるまで、補間とNOC推定を繰り返す新たなモデル構築法を提唱して、数ヶ月程度の地殻内起源の地磁気変化を抽出するため、地磁気全磁力の月平均値を用いた地域標準磁場の構築に適用した。この手法により、データ欠測期間の影響を受けずに十分な精度の磁場表現が可能となった。申請者はこの方法を、1980-1997年の期間の日本における地磁気全磁力の月平均値に適用し、いくつかの特徴的な変化を客観的に抽出することに成功した。

繰り返し測量による観測データではあるが空間的に十分な密度を持つ、1966-2003年の期間の国土地理院一等磁気測量の地磁気3成分データを用いて地域標準磁場を構築し、観測値を数nTの精度で表現して、地殻に起因する地磁気変化の局所的な経年変化を日本国内の約100地点で求めた。得られた経年変化率は数nT/年程度の変化であるが、その変化の絶対値は地域性があることを明らかにするとともに、その地点におけるキュリー点温度の深度推定値と比較することによりその経年変化の持つ意味に関して議論した。

### 論文審査の結果の要旨

地殻を構成する岩石の磁化は応力や熱により変化するため、地震活動や火山噴火などの地殻活動に伴って局所的な地磁気変化が発生する。しかし、このような地磁気変化は微小であるため、主磁場変動や電離層電流等の影響をいかに精度良く、かつ客観的に除去するかが大きな問題となる。これまでの多くの解析手法では、地殻活動に伴う変化が局所的なものであることに注目し、地殻活動とは関係のない地域内での観測点における地磁気変化を基準として、地殻活動起源の地磁気変化を

抽出することが行われてきた。しかし、この方法では基準観測点の選び方に依存する見掛け上の変化を完全に除去できないという問題が存在した。一方、広範囲に共通して生じる変化を地域標準磁場として表現することにより、局所的な変化を抽出すれば良いことが指摘されてきた。しかし、観測点分布に偏りがある事、観測点の移転や、データに欠測がある等の理由で、数 nT 程度の地殻活動に起因する変化を数日～数10年スケールで抽出するには至らなかった。

申請者は、地殻活動起源の地磁気変化を客観的に抽出することを目的として、異なる3つの時間スケールの地磁気変化に対する地域標準磁場に関する新しい構築手法を提案した。これを用いて、日本周辺における数日～数10年スケールでの地磁気変化の詳細な解析を行い、構築した地域標準磁場の有効性に関する検証を通して、いずれのモデルでも 1nT の精度で地域標準磁場を構築可能であることを示した。

まず、申請者は、プロトン磁力計による全磁力データについて、二つの時間スケールでのモデル化の手法を提示している。申請者が用いたモデルは自然直交関数法と呼ばれる方法を基礎とするものである。過去の研究により、観測点が空間的に均一に分布し、かつ時間的に連続したデータを利用できる場合には、観測磁場変化を 2 nT 程の精度で表現しうることが確かめられていた。申請者は、この方法に幾つかの重要な改良を行い、精度向上と、様々な時間スケールへの適用を可能とした。

その一つは空間的に不均一な場合について適切なモデルを得るための手法についてである。申請者の提唱した手法は、モデルの持つ不偏性や最小分散性といった統計的性質についての要請から導かれる重み関数を用いることで、観測点の不均一分布の影響を抑える手法であり、観測点が不均一に存在した期間のデータについてのモデル化を可能とした。

もう一つの改良点は、欠測期間を含むデータセットに対して適切な表現を実現する方法で、長期間にわたる高精度のモデル化を可能とした。

さらに長い時間スケールでの変化を的確に捉えることを目的として、一等磁気点における地磁気3成分についてのモデル化も行っている。磁場3成分の経年変化分布の中から地殻起源の変動を抽出する過去の試みでは、確定的な結論を得るための長期間データを扱えなかった。このため申請者は、時間変化の表現において解析関数ではなく、より自由度の高い数値関数を用いている。決定すべきパラメータを減じるために、情報量基準を用いたパラメータの決定、時間変化の滑らかさについての拘束条件の導入を行って、地磁気の時間的・空間的变化をより柔軟に表現することを可能とした。さらに、求めた経年変化率の最大値とキュリー点温度の深さを比較するなど、新たな研究の端緒を切り開くことに成功した。

以上述べたように、本論文で提示された地域標準磁場の構築手法は、地殻活動に起因する微小な地磁気変化を客観的に抽出する上で有用であり、固体地球電磁気学において重要な知見をもたらしたものと評価できる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認められた。