

論文の内容の要旨

論文題目 Paleointensity of the geomagnetic field around 30 million years ago estimated from volcanic rocks of the Afro-Arabian Large Igneous Province

(アフリカ・アラビア巨大火成岩岩石区の火山岩から推定された約 3000 万年前の古地磁気強度)

氏名 吉村由多加

地球システムは常に太陽風や銀河宇宙線にさらされている。太陽風は、惑星の大気を剥ぎ取り、銀河宇宙線は遺伝子を破壊するという有害な作用を持つ。普段は地磁気がシールドの役割を果たし、地球環境を保護しているため影響がない。しかし、地磁気が逆転する際には現在の十分の一程度まで弱化するため、地球生命にとって危険である。地磁気は外核において液体鉄が対流することによって電磁石の要領で発生する。その基本的性質である平均値や変動幅を推定することは、地磁気逆転のリスク評価につながるため重要である。

第1章では、約 3000 万年前の古地磁気強度の平均と変動を研究する背景・意義、論文の全体構成が述べられている。数千万年スケールでの地磁気逆転度の変化と古地磁気強度変動の関係、試料物質や古地磁気強度の推定手法、地磁気強度の永年変動を平均化するために必要な強度データ個数について、既往研究を概観し、未解決問題とそれに対する本論文の目的・位置づけが記されている。

第2章では、約 3000 万年前の絶対古地磁気強度の変動および平均値について議論している。絶対古地磁気強度の推定実験には、エチオピアに存在するアフリカ・アラビア巨大火成岩岩石区から採取された連続溶岩の試料を用いた。強度の推定として過大な推定や加熱による変質を防ぐ目的で綱川・ショー法を用いた。さらに加熱に対する安定性や磁性鉱物の粒径の分析も行い、信頼性の評価を行った。推定された準連続的な絶対古地磁気強度からは、地磁気強度の永年変動を捉えることができた。また、統計的基準に基づき、精度の高い溶岩流平均のみを選別したところ、その平均地磁気双極子モーメントは、 $4.2 \pm 2.1 (\times 10^{22} \text{Am}^2)$ となった。これは現在の約 55%であり、先行研究で推定されていた過去2億年間の中央値と一致する。本研究と同じ手法で推定された5つの平均値とも比較すると、それらは概ね一定であった。これは数千万年スケールにおいて地磁気強度の平均が一定である可能性を示しており、地磁気強度の基本的性質の解明につながり重要である。

第3章では、約 3000 万年前の相対古地磁気強度の変動について議論している。加熱

を伴わず推定できるので、第2章の絶対古地磁気強度が推定できなかった溶岩流においても相対古地磁気強度を推定することができた。絶対古地磁気強度と相対古地磁気強度を比較したところ、玄武岩から推定された相対古地磁気強度のみを比較することで、地磁気強度の変動を議論することができるということが分かった。最下部のR1磁極期では、第2章の絶対古地磁気強度よりも詳細な地磁気強度の永年変動を復元することができた。先行研究の年代対比に基づくとR1磁極期はクロンC11rに相当する。クロンC11rの期間に記録された、深海堆積物IODP Site U1333由来の相対古地磁気強度を本研究のものと比較したところ、強度の増減パターンが良く一致した。火山岩と堆積物をつなぐ古地磁気強度による対比は世界で初めての例である。

第4章では、地磁気強度の永年変動を平均化するための強度データの個数と、その時平均値がどのくらいの確率で正確なのかについて議論している。これまで地磁気強度の永年変動を平均するためには25枚以上の溶岩流を用いる必要があることが先行研究によって指摘されていた。本研究では先行研究が用いた地磁気モデルよりも振幅が大きいPISO-1500相対古地磁気強度変動の過去78万年間の部分を地磁気強度のアナログとして用い、モンテカルロ法を適用した。ランダム抽出した強度データの平均値がPISO-1500の平均値の±10%の範囲に含まれる確率を正解の指標とし、100万回繰り返し試行することで確率を計算した。その結果、正確性を示す確率は平均に用いた強度データの個数の関数で表せることが分かった。それらの確率によって第2章と先行研究で得られた過去1億3000万年間の地磁気双極子モーメントに重み付けを行ったところ、数千万年にわたって一定に近い変動をしていたことが示唆された。これは全く新しい発想による表現手法であり、比較的説得力のある地磁気強度のトレンドを示すことが確率の重み付けによって可能であることを世界で初めて示した。

第5章では第2～4章で得られた知見をまとめ、今後の展望を述べている。数千万年スケールの地磁気強度変動の研究は、核・マントル境界の熱条件の変化を明らかにするのに必要である。特に約4000万年間地磁気が逆転しなかった白亜紀スーパークロンという時代と、地磁気の逆転頻度が現在の2倍以上であったジュラ紀高頻度逆転時代という特徴的な時代の地磁気強度の性質を解明することは、液体外核と固体地球の共進化を理解するために必須である。本研究によって、それら2つの時代の中間の逆転頻度を示す時代の古地磁気強度情報であり、他の時代と比較する際の基準となるデータセットを得ることができた。