

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540532

研究課題名(和文)高精度磁気測定による中央構造線の湾曲形成の探究

研究課題名(英文) Formation of curvature of the Median Tectonic Line inferred from high-precision rock magnetic measurements

研究代表者

星 博幸 (Hoshi, Hiroyuki)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：90293737

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：1500万年前頃に本州中部では伊豆弧の衝突が始まり、本州中部の地殻が大規模に変形したと考えられている。それによって日本最大の断層である中央構造線が八型に変形したと考えられているが、その仮説を検証するために、本研究では中央構造線沿いに分布する約1800～1700万年前の地層を対象に古地磁気測定を行った。三重県一志層群、愛知県師崎層群、長野県富草層群から信頼できる古地磁気データが得られ、それをもとに地層の年代を詳細に決定し、古地磁気方位も決定した。得られた古地磁気方位を統計的に検討した結果、中央構造線はこれらの地層が堆積した1800～1700万年前頃には直線状だったことが初めて明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Paleomagnetic measurements were conducted on Miocene sedimentary rocks from central Honshu. Samples were collected from the Ichishi (Mie Pref.), Morozaki (Aichi Pref.) and Tomikusa (Nagano Pref.) groups, and the paleomagnetic directions determined for these groups were statistically analyzed in order to evaluate the crustal deformation caused by collision between central Honshu and the Izu-Ogasawara arc. Based on a paleomagnetic orocline test, it is concluded that the curved Median Tectonic Line in central Honshu, the most prominent fault in Japan, was straight 18-17 million years ago.

研究分野：地質学・古地磁気学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：地質学 テクトニクス 地球電磁気学 層位・古生物学

### 1. 研究開始当初の背景

中央構造線に代表される西南日本の帯状地質配列は、本州中部で「八」型に大きく屈曲している。この構造はたいへん特徴的であるため、ナウマンの時代から多くの研究者が注目してきた。白亜紀～古第三紀に形成されたという見解もあるが、最近では新第三紀以降に形成されたという見方が強い。すなわち、中央構造線を含む帯状配列はもともと直線的であったが、15 Ma 頃に伊豆弧(浮揚性島弧)の衝突が始まり、それによって帯状配列が「八」型に大きく変形したと考えられている。世界に 20 ヶ所ほどある島弧衝突帯の中で、本州中部(本州-伊豆衝突帯)は衝突によって生じた変形構造が特に顕著に表れている。本州中部は「島弧衝突によって地殻変形がどのように進行するか」を探る絶好のフィールドである。

そこで私は、伊豆弧衝突前の帯状配列の姿をきちんと復元する必要があると考え、18-17 Ma (衝突前)の地層が点在する「八」西翼(糸魚川-静岡構造線西側の「ノ」の部分)の中央構造線に注目し、磁気的手法による中央構造線の復元に着手した。まず、愛知県設楽地域の堆積岩(18-17 Ma)の残留磁化方位を高精度で決定した。そしてこの方位を三重県の一志層群、愛知県知多半島の師崎層群、長野県南部の富草層群の磁化方位(先行研究データ)と比較し、一志をリファレンスとして、各地の方位が一志の方位と平行になるように地殻を鉛直軸回転させることにより中央構造線の復元を試みた(Hoshi, 2009)。17 Ma の中央構造線の姿は、構造地質学の観点から復元されている中央構造線の姿とよく似ていた。異なる観点・手法による復元が一致したことはたいへん興味深い。この復元で最も注目すべきことは、中央構造線が直線にならないことであった。伊豆弧衝突は 15 Ma ではなく 17 Ma またはそれ以前に始まったのか?あるいは中央構造線は元々直線的ではなく緩やかに湾曲していたのだろうか?

ここで、復元の根拠になっている磁化方位のうち、設楽以外の 3 地域(一志、師崎、富草)は誤差がかなり大きいことに注意する必要がある。これらの磁化方位は 1980 年代に測定されたもので、現在では一般的になっている岩石磁気実験が行われていない。一志層群と師崎層群については方位決定が旧来の方法で行われている。富草層群はわずか 4 露頭のデータしかない。こうした測定・解析の問題及びデータ数の不足が大きな誤差の要因になっていることは疑いない。現代の測定システム及び解析手法によって方位データをきちんと決定し、新データに基づく復元を試みることで、新しい中央構造線の復元像を描くことができるはずである。

### 2. 研究の目的

一志層群(三重県、中央構造線がほぼ東西)、師崎層群(愛知県知多半島、中央構造線が北

東-南西)、富草層群(長野県南部、中央構造線がほぼ南北)について、高精度の残留磁化方位(95%信頼限界半径が 10°以下)を決定する。その結果に基づき、約 17 Ma の中央構造線の姿を復元することを本研究の目的とした。その目的を達成するための戦略は次の通りであった。

(1) 測定に先立ち、層序と地質構造を明らかにするための地質野外調査(地質情報の高精度化)を行い、その結果を踏まえて堆積岩試料を採取する。古地磁気永年変化の平均化、及び古地磁気テストによる残留磁化獲得タイミングの検討を念頭に、戦略的に、各地域 20 地点以上から定方位試料を採取する。

(2) 世界最高性能の残留磁気測定システム(磁気シールドルーム+超電導 SQUID 磁力計)を使用することにより、磁化方位を高精度で決定する。合わせて、残留磁化の信頼性を保証する目的で、残留磁化を担う強磁性鉱物の種類や粒子サイズを岩石磁気学的実験により探究する。

(3) 新たに決定する一志の磁化方位をリファレンスとして、高精度の磁化方位(偏角)の比較によって約 17 Ma の中央構造線を復元する。

### 3. 研究の方法

中央構造線の湾曲形成を解明するために、本研究では中央構造線の近傍に分布する前期中新世堆積岩から岩石試料を採取し、自然残留磁化測定をはじめとする磁気測定を行った。残留磁化の測定には磁気シールドルーム内に設置された超電導磁力計を使用した。試料の磁氣的性質を調べる岩石磁気学的実験も行った。調査地は三重県一志地域、愛知県知多半島、長野県富草地域の 3 地域である。それぞれの地域で地質調査、試料採取、磁気測定を行い、高精度の磁化方位を決定した。最終的に、中央構造線の復元とその湾曲形成に至った地殻変形プロセスの新しいモデル構築を試みた。

(1) 残留磁化方位を利用して地塊の回転や移動を解明しようとするとき、地層の層序や年代、地質構造をきちんと解明する必要がある。これは野外地質学そのものである。本研究で調査する 3 地域とも地質構造に関して不明確な点があった(既存地質図の精度が不十分)。本研究では、既存地質情報だけでは不足する点について筆者が地質野外調査を行い、岩相分布と地質構造の理解を目指した。

(2) 堆積岩の自然残留磁化は微弱である。微弱なシグナルを確実に検出するために、本研究では高知大学海洋コア総合研究センターの磁気シールドルーム内に設置された超電導磁力計(2G-755, 2G-760)を使用した。全試料に対して段階交流消磁または段階熱消磁を適用し、3次元の主成分分析によって初生磁化成分の分離と方位決定を試みた。同時に、残留磁化を担う磁性鉱物の磁氣的性質を解明するために、初期磁化率や等温残留磁化、非履歴性残留磁化、熱磁気分析等の岩石磁気

実験も行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 三重県の一志層群

一志層群では、これまでに古地磁気データの報告がない下部層準に焦点を絞って調査した。調査地を一志層群分布域南部の波瀬川沿いとした。地質調査の結果、波瀬川沿いでは全体的に地層が北東に数～10°程度で緩く傾斜し、地質構造が比較的単純であることが確認された。全般的に残留磁化は微弱で、固有残留磁化成分が分離できない試料が多かった。それでも試料採取した25地点の約8割について残留磁化極性を決定でき、一志層群下部(波瀬層および大井層下部)の古地磁気層序を確立することができた。これらの地層は地磁気年代層序のChronozone C5Er-C5Dr(約18.5-17.5 Ma)に対比可能である。この成果と先行研究の結果を合わせ、一志層群全体にわたる古地磁気層序が確立され、堆積年代が判明した。古地磁気方位は正逆両極性を示し、それらは一様に南北から時計まわりセンスに30°ほど偏向していた。これは一志層群下部の堆積後に本地域で30°程度の時計まわり回転運動が起こったことを示す。この回転量は先行研究によって一志層群上部から報告されている回転量(約45°)よりも小さい。

##### (2) 愛知県知多半島の師崎層群

師崎層群についてはまず、地表踏査による岩相層序および地質構造の確認、予察的な磁気測定のための岩石試料採取を実施した(初年度)。師崎層群最下部層の日間賀層は主に砂岩・シルト岩の互層からなり、珪長質凝灰岩を挟在する。模式地である日間賀島の本層は北東または東北東の走向を示し、北西または北北西に20°程度で傾斜することが確認された。佐久島の本層は全体的に緩傾斜を示し、緩く褶曲していることが確認された。佐久島における層厚は70 mと推定された。露出状況から、日間賀層の試料採取は主に佐久島で行うことにした。

師崎層群も一志層群と同様、全般的に残留磁化が微弱かつ不安定で、固有残留磁化成分が分離できたのは試料採取地点(約40)の約半数であった。最下部の日間賀層は逆帯磁を示すことが確認された。上位の豊浜層と合わせてChronozone C5Drに対比可能であることが判明した。豊浜層の下部も主に逆帯磁だが、一部層準に正帯磁が確認された。この正帯磁層準はChronozone C5Dr.1nに対比される。これら一連の成果により、師崎層群全体にわたる古地磁気層序が確立され、堆積年代が判明した。日間賀層の層平均残留磁化方位は偏角が約45°の東偏を示した。これはほぼ同年代の一志層群(上記)や設楽地域北設亜層群の東偏量(星・小川, 2012)に比べて約15°大きい。

##### (3) 長野県南信地方の富草層群

富草層群ではまず、地表踏査による下部中

新統富草層群の岩相層序および地質構造の確認、予察的な磁気測定のための試料採取を実施した。富草層群は全体として上方細粒化を示し、古地磁気の検討は層群上部を中心に行うことにした。地質調査中に、富草層群に貫入する火山岩岩脈を偶然発見した。本地域における火山岩の活動は従来知られていなかった。記載岩石学的検討により、本岩はやや変質した玄武岩であることが判明した。玄武岩の斜長石を対象としてK-Ar年代測定を行い、設楽地域の設楽火山岩類(約1500～1300万年前)と同様に1300万年前頃の活動であることが判明した(酒向・星, 2013)。この発見により、富草では堆積岩と火山岩の両方について古地磁気方位を決定できることになった。

富草層群について、最下部から最上位までの古地磁気層序が初めて確立された。正逆両極性が得られ、それらの方位は古地磁気逆転テストに合格した。また、玄武岩岩脈の露頭で熱接触テストも試み、堆積岩の残留磁化が岩脈貫入前に獲得されたものであることが確認された。古地磁気層序は基本的には師崎層群と同様であり、下部は逆帯磁が主体(Chronozone C5Drに対比される)、その上位に正帯磁卓越部(Chronozone C5Dnに対比)と逆帯磁卓越部(Chronozone C5Crに対比)があり、堆積年代は約18 Maから17 Maにわたると判断される。約20地点で信頼できる残留磁化方位が決定され、それらの平均方位はNNEの偏角を持つことが判明した。

##### (4) その他

下部中新統の基盤岩(領家変成帯の構成岩類)の地質構造および磁氣的性質についても把握する必要があったため、愛知県蒲郡市において白亜紀花崗岩類の地質構造調査と岩石磁気学的検討を実施した(星・太田, 2012)。また、より若い時代(鮮新世以降)の回転運動の有無を検討するために、東海層群の古地磁気も検討した(星ほか, 2013)。

##### (5) まとめ

本研究で新たに得られた一志層群、師崎層群、富草地域の古地磁気データに、愛知県設楽地域北設亜層群のデータ(星・小川, 2012)を合わせ、地質構造の屈曲と古地磁気方位との関係性を検討するためのオロクライン・テスト(orocline test)を試みた。その結果、中央構造線の地表トレース(一般走向)と古地磁気方位との間には相関があることが判明した。オロクライン・テストの結果から、中央構造線は約17 Ma頃には直線状だった可能性が高いと考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計8件)

酒向和希・星博幸、長野県南部、富草地域の中期中新世玄武岩岩脈。地質学雑誌、

査読有, 119 巻, 2013, 732-735

doi: 10.5575/geosoc.2013.0047

星 博幸・服部憲児・田中里志・宇佐美徹・中川良平・津村善博・小竹一之・森 勇一, 三重県亀山地域に分布する東海層群のガウス-松山古地磁気極性境界. 地質学雑誌, 査読有, 119 巻, 2013, 679-692

doi: 10.5575/geosoc.2013.0039

Hoshi, H., Kamiya, N. and Kawakami, Y., Instantaneous paleomagnetic record from the Miocene Kozagawa Dike of the Kumano Acidic Rocks, Kii Peninsula, Southwest Japan: cautionary note on tectonic interpretation. Island Arc, 査読有, vol.22, 2013, 395-409

doi: 10.1111/iar.12027

Hoshi, H. and Sano, M., Paleomagnetic constraints on Miocene rotation in the central Japan Arc. Island Arc, 査読有, vol.22, 2013, 197-213

doi: 10.1111/iar.12022

Hoshi, H. and Takahashi, M., Refined paleomagnetic direction of the Miocene Motegi Formation, Tochigi Prefecture, central Honshu. Bulletin of Aichi University of Education, Natural Sciences, 査読無, vol.62, 2013, 45-51  
<http://repository.aichi-edu.ac.jp/dspace/handle/10424/4991?locale=en>

星 博幸・出口久美子, 東海層群に挟在する Znp-大田テフラ層の古地磁気再検討. 豊橋市自然史博物館研報, 査読有, no. 23, 2013, 1-9

<http://www.toyohaku.gr.jp/sizensi/06shuppan/kenkyuho/kenpou23/23kenkyuu-houkoku01.pdf>

星 博幸・小川晃一, 愛知県設楽地域に分布する北設楽層群(下部中新統)の古地磁気方位と本州中部における屈曲構造形成. 地質学雑誌, 査読有, 118 巻, 2012, 748-761

doi: 10.5575/geosoc.2012.0050

星 博幸・太田貴子, 領家変成帯に産する高い初磁化率を示すアプライト岩脈. 豊橋市自然史博物館研報, 査読有, 22 号, 2012, 1-12

<http://www.toyohaku.gr.jp/sizensi/06shuppan/kenkyuho/kenpou22/22kenkyuu-houkoku01.pdf>

#### [学会発表](計8件)

Hoshi, H., Sako, K., Namikawa, T. and Ando, Y., Paleomagnetic evidence for "oroclinal" rotation in the central Japan arc from Early Miocene sedimentary rocks. 2013 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco (USA), 2013 年 12 月 9 日~12 月 13 日.

酒向和希・星 博幸, 長野県南部に分布する中新統富草層群の磁気層序. 日本地質

学会第 120 年学術大会, 東北大学, 2013 年 9 月 14 日~9 月 16 日.

Hoshi, H. and Kato, D., Preliminary magnetostratigraphic results from a lower Middle Miocene sedimentary sequence in central Japan: a reversal excursion in Chron C5Br? XIIth International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA) Scientific Assembly, Merida (Mexico), 2013 年 8 月 26 日~8 月 31 日.

星 博幸・岩野英樹・檀原 徹, 本州中部, 高遠地域の苦鉄質岩脈によって焼かれた母岩のフィッショントラック年代: 中新世ジルコン年代と若いアパタイト年代. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ, 2013 年 5 月 19 日~5 月 24 日.

星 博幸・並河知器, 本州中部, 師崎層群(前期中新世堆積物)の日間層から得られた古地磁気結果. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ, 2013 年 5 月 19 日~5 月 24 日.

星 博幸・佐野正和, 本州中部の中新世回転運動に対する新たな制約. 日本地質学会第 119 年学術大会, 大阪府立大学, 2012 年 9 月 15 日~9 月 17 日.

星 博幸・西村尚子, 岐阜県土岐地域の安山岩岩脈群の古地磁気: 岩脈形成と回転運動の考察. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 幕張メッセ, 2012 年 5 月 20 日~5 月 25 日.

星 博幸・太田貴子, 領家帯に産する高い帯磁率を示すアプライト. 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会(水戸大会), 茨城大学, 2011 年 9 月 10 日.

#### [その他]

ホームページ等

<http://www.earth.aichi-edu.ac.jp/~hoshi/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

星 博幸 (HOSHI, Hiroyuki)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号: 90293737