

令和 3 年 5 月 2 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05680

研究課題名(和文) 高密度サンプリング磁気測定による中央構造線の屈曲形成の探究

研究課題名(英文) Formation of curvature of the Median Tectonic Line: Implications from high density sampling paleomagnetic investigations

研究代表者

星 博幸 (Hoshi, Hiroyuki)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号：90293737

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：中央構造線の屈曲形成を明らかにするために、長野県中部に分布する中新世火山岩類の地質と古地磁気を調査した。守屋山地域の安山岩質溶岩から約15.8 Ma (1580万年前)の放射年代値が得られた。放射年代データと地質学的関係から、守屋山地域と高遠地域の火山岩類は16 Ma頃に地質学的には短期間(数10万年以内)に形成されたと考えられる。両地域の古地磁気方位は類似しており、アジア大陸に対して反時計回りに30～40度回転したことを示す。その回転運動より前には、愛知県東部から長野県中部にかけての中央構造線は直線状だったと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国で最大規模の断層である中央構造線は本州中部で大きく八の字型に屈曲している。この地質構造は我が国の地質で最も目立つ変形構造であり、その形成プロセスの解明は日本列島の形成の理解に不可欠である。本研究で得られた放射年代と古地磁気データは、およそ1600万年前には愛知県東部から長野県中部にかけての中央構造線はほぼ直線状で、屈曲はその後に起こったことを強く示唆する。また、長野県中部の守屋山地域と高遠地域の中新世火山岩類が地質学的には短期間(数10万年以内)に形成されたことも判明し、地域地質の理解が深まった。

研究成果の概要(英文)： The geology and paleomagnetism of Miocene volcanic rocks in central Nagano Prefecture were investigated to clarify the formation of curvature of the Median Tectonic Line. A radiometric age of about 15.8 Ma (15.8 million years ago) was obtained from andesitic lava in the Moriya-san area. Based on the radiometric data and geological relationships, the volcanic rocks in the Moriya-san and Takato areas were formed in a short geological time (within a few hundred thousand years) around 16 Ma. The paleomagnetic directions of the two areas are similar and indicate a counterclockwise rotation of 30-40 degrees relative to the Asian continent. Prior to the rotation, the surface trace of the Median Tectonic Line from eastern Aichi Prefecture to central Nagano Prefecture is thought to have been straight.

研究分野：地質学，古地磁気学

キーワード：地質学 テクトニクス 島弧衝突 回転運動 古地磁気 年代測定 中央構造線

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

島弧-島弧衝突によって上盤側島弧の地殻構造は大きく改変される。筆者は本州中部での島弧-島弧衝突に注目し、本州中部の地殻構造改変プロセスを地質と古地磁気の調査によって探究してきた。本州中部では地質帯状構造がハの字型に大きく屈曲しており、それは中央構造線(MTL)の地表トレースによって認識できる。筆者はこの屈曲を伊豆弧衝突によって生じたオロクライン(orocline)と仮定し、古地磁気調査がこの屈曲プロセスの解明に有効と考え研究を続けてきた。本研究開始時までには筆者らが得た古地磁気データは、MTLが1500万年前(15 Ma)よりも前に直線状だったことを示唆していた(星・小川2012; Hoshi and Sano 2013; 酒向・星2014)。

2. 研究の目的

本研究の目的は、15 Ma頃の本州弧-伊豆弧衝突よりも前のMTLは直線状だったという仮説を、地質学と古地磁気学的手法によって定量的に検証することである。

3. 研究の方法

上述の仮説を検証するために、本研究で筆者は屈曲頂部(cusp)付近で中新世火山岩類(溶岩及び岩脈)の古地磁気方位を決定することにした。調査予定地は頂部付近に位置する高遠及び守屋山の2地域とした(いずれも長野県中部)。

まず、これらの地域における岩相分布と地質構造を調査した(地質調査)。各地域においていくつかの調査ルートを設定し、ルート沿いに岩石分布、変質の程度、構造などを詳細に調査した。高遠地域では多数のドレライト岩脈を確認したため、それらの姿勢(走向・傾斜)を測定した。

次に、両地域で古地磁気測定のための岩石試料採取を行った。試料採取にはエンジンドリルを使用した。磁気測定は愛知教育大学及び高知大学海洋コア総合研究センターで実施した。岩石試料に段階交流消磁または段階熱消磁を適用し、得られた消磁データの主成分分析によって試料の残留磁化方位を決定した。試料採取地点の平均磁化方位は古地磁気学の標準的な方法によって決定した。残留磁化を担う強磁性鉱物を明らかにするために、いくつかの試料を使って等温残留磁化の段階熱消磁などの岩石磁気実験を行った。

守屋山地域に分布する溶岩は年代が明らかになっていないため、ジルコンU-Pb年代測定を試みた。この年代測定のために守屋層上部の溶岩を複数の地点から採取した。ジルコン分離及びU-Pb年代測定は株式会社京都フィッション・トラックに依頼した。

4. 研究成果

(1) 高遠地域の古応力

高遠地域において、領家変成岩類及び花崗岩類に貫入する多数のドレライト岩脈を確認した。それらは平行岩脈群を形成しており、その卓越走向はNW-SEであった。走向・傾斜データを用いて古応力を推定した結果、ほぼ水平でNE-SW方向の最小圧縮主応力軸(σ_3)を持つ正断層型応力が復元された。後述するようにこの平行岩脈群は反時計回り回転を受けているため、その回転を戻すと貫入当時の σ_3 方向はENE-WSWだったと考えられる。この古応力は高遠地域の西方約50 kmの岐阜県高根地域で得られた約22 Maの古応力(杉崎・星, 2017; 丹羽ほか, 2020)と大きく異なっている。

(2) 守屋層上部の年代

U-Pb年代測定に供するため守屋層上部の安山岩質溶岩から6試料を採取しジルコン分離を試みたところ、1試料にジルコンを認めることができたため(他の5試料にはジルコンが認められなかった)、その1試料のU-Pb年代を測定した。その結果、ジルコン11粒子の加重平均年代値として 15.8 ± 0.2 Maを得た。この結果は守屋層上部が約15.8 Maに形成されたことを示す。この年代値は高遠地域のドレライト岩脈群(厳密には、岩脈に接する花崗岩母岩)について測定されたジルコンFT年代(約16 Ma: Hoshi et al., 2015a)と統計的に区別できない。守屋山地域では守屋層にドレライト岩脈が貫入していることも考慮すると、ドレライト岩脈群の貫入は守屋層形成よりも後ではあるがそれらの年代差は放射年代測定で識別できないほど短かったと考えられる。したがって、守屋層とドレライト岩脈群は16 Ma頃に地質学的には短期間(数10万年以内)に形成されたと判断される。

(3) 古地磁気方位

高遠地域のドレライト岩脈群は、逆極性で水平成分方位がSEの残留磁化を持つことが判明した。伏角はこの地域で期待される古地磁気伏角とほぼ一致していた。岩石磁気実験により、残留磁化を担う強磁性鉱物は主に磁鉄鉱と磁硫鉄鉱で、それぞれの残留磁化方位はほぼ一致していた。決定された14地点の平均方位の偏角は正極性変換後に約330度であり、16 Ma頃に期待される古地磁気方位(アジア大陸北中国地塊の中新世古地磁気方位から算出)と比較すると反時計回りに30-40度偏向している。

守屋山地域の守屋層火山岩類からは15地点の残留磁化方位が決定された。正逆両極性があり、それらは全体としてNNW-SSEの水平成分方位を持つ。伏角はこの地域で期待される古地磁気伏

角とほぼ一致していた。岩石磁気実験の結果は、残留磁化が主に磁鉄鉱によって担われていることを示す。守屋層の平均方位の偏角は約 335 度であり、高遠地域のドレライト岩脈群と同じく、16 Ma 頃の期待方位と比較すると反時計回りに 30 度程度偏向している。

(4) 考察

高遠地域の平均方位と守屋山地域の平均方位との間に有意な差はなかった。この事実は、ドレライト岩脈群と守屋層が短期間(数 10 万年以内)に形成されたという上述の年代学的解釈と整合的である。両者の方位が期待方位から 30 度程度西偏していることから、両地域では共通して 16 Ma 以降にアジア大陸に対して 30 度程度の反時計回り回転が起こったと考えられる。日本海拡大に関連した西南日本の時計回り回転は 16 Ma 頃に終了したと考えられているため(Hoshi et al., 2015b; 星, 2018), 高遠及び守屋山地域で認められた反時計回り回転は西南日本の時計回り回転終了後に起こった島弧内回転運動と判断される。この反時計回り回転は伊豆弧の本州弧への衝突・突入によって起こったと考えられる。興味深いことに、この反時計回り回転を元に戻す(水平成分方位が期待方位と平行になるように地殻を時計回りに回転させる)と、両地域の近傍を通る MTL の走向が N40-50E となり(現在の走向は N10E), 愛知県東部・設楽地域(星・小川, 2012) 付近の MTL とほぼ平行になる。このことから、愛知県東部から長野県南部にかけて見られる MTL の 30 度程度の逆くの字型屈曲は 16 Ma 以降に起こり、16 Ma 以前には愛知県東部から長野県中部までの MTL はほぼ直線状だったと考えられる。16 Ma 以降、伊豆弧衝突に伴う地殻回転に伴う大規模変形は愛知県東部～長野県南部(赤石構造帯と会合する付近)が西縁になっていると考えられる。

今後、MTL と赤石構造帯と会合する付近及びその南方に分布する新第三系及び第四系の古地磁気を調査することによって、伊豆弧衝突・突入に伴う本州地殻の回転変形像がより詳しく判明すると期待できる。

<引用文献>

- 星 博幸, 2018, 中新世における西南日本の時計回り回転. 地質学雑誌, 124, 675-691.
- Hoshi, H., Iwano, H., Danhara, T., Iwata, N., 2015a, Dating of altered mafic intrusions by applying a zircon fission track thermochronometer to baked country rock, and implications for the timing of volcanic activity during the opening of the Japan Sea. *Island Arc*, 24, 221-231.
- Hoshi, H., Kato, D., Ando, Y., Nakashima, K., 2015b, Timing of clockwise rotation of Southwest Japan: constraints from new middle Miocene paleomagnetic results. *Earth, Planets Space*, 67, 92, DOI:10.1186/s40623-015-0266-3.
- 星 博幸・小川晃一, 2012, 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, 118, 748-761.
- Hoshi, H., Sano, M., 2013, Paleomagnetic constraints on Miocene rotation in the central Japan Arc. *Island Arc*, 22, 197-213.
- 丹羽正和・植木忠正・星 博幸・杉崎雄一・八木公史・斗澤皓正, 2020, 岐阜県高山市高根地域に分布する安山岩質平行岩脈群の K-Ar 年代. 地質学雑誌, 126, 543-548.
- 酒向和希・星 博幸, 2014, 本州中部, 中新統富草層群の古地磁気とテクトニックな意義. 地質学雑誌, 120, 255-271.
- 杉崎雄一・星 博幸, 2017, 飛騨地方の中新世岩脈群から得られた古地磁気方位の地質学的意味. 地質学雑誌, 123, 953-967.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 星 博幸・大橋未紀	4. 巻 -
2. 論文標題 北上山地西縁部, 中新世稲瀬火山岩類の古地磁気: ブロック回転?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2020.0046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 安藤 佑介・星 博幸	4. 巻 47
2. 論文標題 市道戸狩・月吉線工事現場(瑞浪市明世町)に露出した瑞浪層群の地層	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 瑞浪市化石博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 111-123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50897/bmf.47.0_111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hoshi, H., Iwano, H., Danhara, T., Oshida, H., Hayashi, H., Kurihara, Y. and Yanagisawa, Y.	4. 巻 530
2. 論文標題 Age of the N7/N8 (M4/M5) planktonic foraminifera zone boundary: constraints from the zircon geochronology and magnetostratigraphy of early Miocene sediments in Ichishi, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2019.119333	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hoshi, H.	4. 巻 125
2. 論文標題 Paleomagnetic data as a test of correlations of the Pliocene Wakebe tephra in the Tokai Group, central Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 821-825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2019.0039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 星 博幸	4. 巻 124
2. 論文標題 中新世における西南日本の時計回り回転	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 675-691
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2017.0056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 星 博幸	4. 巻 124
2. 論文標題 関東対曲構造の形成はいつ始まったか?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 805-817
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2018.0023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大信田彦磨・林 広樹・柳沢幸夫・栗原行人・星 博幸	4. 巻 124
2. 論文標題 三重県に分布する中新統一志層群上部の浮遊性有孔虫・珪藻化石層序	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 919-933
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2018.0032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大信田彦磨・近藤幸実・林 広樹・星 博幸	4. 巻 28
2. 論文標題 愛知県知多半島, 中新統師崎層群に見られる小佐岩脈 (碎屑岩脈) の浮遊性有孔虫化石	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 豊橋市自然史博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 杉崎雄一・星 博幸	4. 巻 123
2. 論文標題 飛騨地方の中新世岩脈群から得られた古地磁気方位の地質学的意味	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 953-967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2017.0029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計36件(うち招待講演 2件/うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Hoshi, H. and Ohashi, M.
2. 発表標題 Highly scattered paleomagnetic directions of middle Miocene volcanic rocks in the Inase area in Northeast Japan: vertical-axis rotations?
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting: Virtual (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hoshi, H.
2. 発表標題 Implications of new Paleocene paleomagnetic data from SW Japan for the mode of early opening of the Japan Sea (invited)
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting: Virtual (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星 博幸
2. 発表標題 日本海拡大(基調報告)
3. 学会等名 第6回東北ジオパーク学術研究者会議オンライン(招待講演) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星 博幸・岩野英樹・檀原 徹
2. 発表標題 西南日本、田辺層群(中新世堆積物)のU-Pb年代と古地磁気:予備的報告
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第148回講演会オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星 博幸・松尾卓郎
2. 発表標題 中部日本の前期中新世堆積物の古地磁気方位とそのテクトニックな意義
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張メッセ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星 博幸・佐橋花菜・柳沢幸夫・栗原行人・廣木義久
2. 発表標題 三重県, 一志層群(中新統)の年代と古地磁気回転
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会, 山口大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hoshi, H., Sahashi, K., Yanagisawa, Y., Kurihara, Y. and Hiroki, Y.
2. 発表標題 Paleomagnetism of the lower part of the Ichishi Group in Southwest Japan
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第146回講演会, 熊本市国際交流会館
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hoshi, H., Kuroki, R. and Oshida, H.
2. 発表標題 Magnetostatigraphy of an early Miocene sedimentary sequence in central Japan: implication for the age of the N7/N8 (M4/M5) planktonic foraminiferal zonal boundary
3. 学会等名 2018 European Geosciences Union (EGU) General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshi, H., Oshida, H., Hayashi, H., Iwano, H., Danhara, T., Kurihara, Y. and Yanagisawa, Y.
2. 発表標題 Dating the N7/N8 (M4/M5) planktonic foraminiferal zonal boundary
3. 学会等名 2018 European Geosciences Union (EGU) General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本康平・星 博幸
2. 発表標題 設楽火成複合岩体西縁部に分布する岩脈群の地質と古地磁気
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星 博幸
2. 発表標題 関東対曲構造の形成はいつ始まったか?
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星 博幸・黒木竜太郎・大信田彦磨
2. 発表標題 西南日本, 中新統一志層群上部の古地磁気と岩石磁気
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星 博幸・大信田彦磨・林 広樹・岩野英樹・檀原 徹・栗原行人・柳沢幸夫
2. 発表標題 浮遊性有孔虫層序N7帯/N8帯境界の年代：古地磁気層序とU-Pb年代測定による検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本康平・星 博幸
2. 発表標題 愛知県新城市西部に分布する岩脈群の地質と残留磁化方位
3. 学会等名 日本地質学会第125年学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuo, T. and Hoshi, H.
2. 発表標題 New paleomagnetic data from early Miocene sediments in central Japan and tectonic implications
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第144回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星 博幸・大信田彦磨・林 広樹・岩野英樹・檀原 徹・栗原行人・柳沢幸夫
2. 発表標題 浮遊性有孔虫化石層序N7帯/N8帯境界の年代
3. 学会等名 日本地質学会第125年学術大会(つくば特別大会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshi, H., Oshida, H., Hayashi, H., Iwano, H., Danhara, T., Kurihara, Y. and Yanagisawa, Y.
2. 発表標題 Age of the N7/N8 (M4/M5) planktonic foraminiferal zonal boundary determined from magnetobiostratigraphy and zircon geochronology
3. 学会等名 2018 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshi, H. and Sugisaki, Y.
2. 発表標題 Tectonic implications of a paleomagnetic direction obtained from a Miocene dike swarm in central Honshu, Japan
3. 学会等名 2017 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 星 博幸・杉崎雄一
2. 発表標題 飛騨地方に発達する中新世岩脈群の古地磁気と回転運動
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第142回講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松尾卓郎・星 博幸
2. 発表標題 西南日本東部，天狗棚地域の北設垂層群の古地磁気方位
3. 学会等名 日本地質学会第124年学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大信田彦磨・林 広樹・柳沢幸夫・栗原行人・星 博幸
2. 発表標題 三重県に分布する一志層群上部の複合化石層序
3. 学会等名 日本地質学会第124年学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉崎雄一・星 博幸
2. 発表標題 飛騨地方の中新世岩脈群から得られた古地磁気方位の地質学的意味
3. 学会等名 日本地質学会第124年学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 星 博幸
2. 発表標題 中新世における西南日本の時計回り回転：レビュー
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------