

平成 29 年 5 月 12 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400488

研究課題名(和文)伊豆弧衝突による本州地殻の回転運動と広域不整合の関係

研究課題名(英文)Crustal rotation and unconformity in central Honshu caused by collision of the Izu-Bonin arc

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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：伊豆弧衝突に伴う本州中部の地殻回転と約15 Maの広域不整合との関連性を調べるために、関東山地で地質と古地磁気を調べた。不整合の下位層では約90°の東偏を示す古地磁気方位が得られ、関東山地が17 Ma以降に90°に達する時計回り回転を受けたことが判明した。一方、不整合より上位の15 Ma以降の地層は東偏量が30～40°であった。これらの事実は不整合形成期に地殻の垂直運動だけでなく大規模な時計回り回転も起きたことを示す。10 Maの地層でも同程度の東偏が確認されたため、不整合形成期から10 Maまでの間に回転がほとんどなく、10 Ma以降に30～40°の時計回り回転が起こったと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The geology and paleomagnetism of Miocene sediments on the Kanto Mountains (KM) were investigated in order to study the temporal relationship between crustal rotation and 15-Ma unconformity in central Honshu caused by collision of the Izu-Bonin arc. Results show that the KM rotated more than 90° clockwise after 17 Ma. However, smaller (30-40°) clockwise deflection of paleomagnetic direction was observed in middle Miocene strata located above the unconformity. These observations indicate that the vertical movement of crust, which resulted in the 15-Ma formation of unconformity, was accompanied by ~50° clockwise rotation. Results also indicate little rotation during the period between 15 and 10 Ma and then ~30° clockwise rotation after 10 Ma.

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 岩石磁気

1. 研究開始当初の背景

西南日本の帯状地質配列は本州中部で八の字型に大きく屈曲している。この屈曲の形成要因については本州弧と伊豆弧の衝突とする見方がコンセンサスを得ている。形成時期は、地質調査と屈曲東側(関東山地側)の数少ない古地磁気データから1500万年(15 Ma)頃かそれ以降とする見解が一般的である。しかし筆者がこれまで進めてきた研究によると、屈曲西側(赤石山脈側)において中央構造線を含む帯状配列は18~17 Maには直線状だったが、その後湾曲したと考えられる。この湾曲は15 Maまでの200~300万年間に形成された可能性が高く、これは関東山地側で推定されている15 Ma頃かそれ以降という見解と一致しない。この不一致は屈曲の西側と東側が異なるタイミングで観音開きに回転した可能性を示唆するが、他方、年代や古地磁気にデータ不足や信頼性の問題があるために見かけ上一致しないという可能性もある。

本研究は関東山地側に焦点を当てる。関東山地では中新世に90°に達する時計回り回転が起こったことが指摘されており、その回転の半分は日本海拡大に伴う西南日本の回転、残りの半分は伊豆弧衝突による関東山地の回転と解釈されている。しかし回転を示す古地磁気データは2つの地域から得られているだけで、回転像の解明には前期中新世以降の古地磁気データを系統的に取得し、回転の時間変化を調べる必要がある。そして、関東山地側に存在する約15 Maの広域不整合(庭谷不整合)との関連を探ることが島弧衝突による地殻の回転・昇降を解明するポイントになる。回転運動と広域不整合の関連性を同一フィールドで探究する試みは今回が初めてである。

2. 研究の目的

本州弧と伊豆弧の衝突に伴う本州中部の地殻回転の実体解明を試みる。その手法として、本研究では関東山地縁辺部に分布する約16~10 Maの堆積岩の古地磁気を3地域で決定し、古地磁気方位が層序に沿ってどのように変化するか探る。その上で、地殻回転と約15 Maの広域不整合(庭谷不整合)との関連性の有無を検証する。

3. 研究の方法

関東山地縁辺部に分布する約16~10 Maの地層について地質調査を実施し、古地磁気測定用の堆積岩試料を採取した。調査地は東京都西部の五日市地域、埼玉県比企丘陵(岩殿)地域、群馬県富岡地域の3地域である。各地域においていくつかの調査ルートを設定し、そのルートの岩相分布と地質構造を詳細に調査した。堆積岩試料は各地域において20地点以上から採取した。磁気測定では主に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。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) 五日市盆地

五日市盆地に分布する中新統は先行研究により庭谷不整合の下位であることが判明しており、不整合形成の前後における関東山地の回転量の差を明らかにする上で重要な地層である。回転量を正確に決定するには古地磁気方位の精度を高めることに加えて地質の精度を高めることも重要であるため、本研究では古地磁気測定に先立って五日市盆地中新統の詳細な地質調査を実施した(後述の富岡と比企丘陵でも同様に地質調査を実施)。調査は主に秋川とその支流で行い、地質ルートマップを作成し、調査ルートの層序と地質構造を明らかにした。

古地磁気試料は幸神層(1地点)、小庄層(5地点)、館谷層(2地点)、横沢層(15地点)の各層から採取した。300個以上の測定試料に対して段階消磁実験を行い、消磁データの統計的処理を行った結果、10地点の地点平均方位を決定できた。岩石磁気実験から、残留磁化を担う主要な磁性鉱物は磁鉄鉱と推定される。この10地点の方位には正逆両極性があり、逆転テストに合格した。さらに褶曲テストにも合格したことから、褶曲よりも前に獲得された残留磁化方位と判断できる。古地磁気極性の層序変化を検討したところ、館谷層下部を境に下位が正極性、上位が逆極性であった。先行研究の微化石層序を踏まえると、この極性反転層準は17~16 Maの地磁気逆転に対応する可能性がある。10地点方位の平均方位は偏角が約90°の東偏を示したため、この地域で約17 Ma以降に90°前後に達する時計回り回転が起こったことが示唆される。この東偏量は先行研究によって秩父盆地の中新統から報告された東偏量と一致するため、関東山地全域が前期中新世以降に90°前後の時計回り回転を経験したことは疑いない。

(2) 富岡地域

富岡地域では、庭谷不整合を挟んで下位と上位の層準について古地磁気方位を検討した。五日市盆地の場合(上記)と同様、古地磁気調査に先立って岩相分布と地質構造を明らかにするための地質調査を実施した。不整合の下位の地層(原田篠層)の残留磁化は不安定で、古地磁気方位を決定できなかった。不整合の上位では、主に鍋川と星川に沿って庭谷層と原市層の堆積岩層を調査・試料採取した。両層合わせて合計58地点(層準)から試料を採取し、磁気測定を行った。庭谷層の試料の残留磁化は全体的に不安定で、信頼できる残留磁化方位が決定できたのは採取

した地点の半数以下であった。これは庭谷層の堆積岩が全体的に砂質であることと関係していると考えられる。原市層も、信頼できる方位が決定できたのは採取地点の半数程度であった。信頼できる残留磁化を担う磁性鉱物は主に磁鉄鉱であるが、不安定な残留磁化成分しか認められなかった地点では強磁性硫化鉄であるグリグ鉱の存在が推定された。古地磁気極性の逆転層準が複数認められたが、その年代を厳密に決定することはできなかった。庭谷層と原市層の信頼できる古地磁気方位は、偏角が 40° 程度東偏していた。この東偏量は五日市盆地中新統の東偏量の半分程度である。

(3) 比企丘陵地域

比企丘陵地域では、庭谷不整合の上位の層準について古地磁気方位を検討した。荒川河床に露出する土塩層と楊井層(約 10 Ma)を調査した。微化石層序の先行研究により両層の堆積速度が大きいと考えられるので、縮尺 1/1000 の地図を用いて高精度の地質調査を行った。合計 51 地点(層準)から堆積岩試料(主に泥質岩と凝灰岩)を採取した。ほぼ半数の地点について残留磁化方位を決定できた。この地域の地層は同斜構造を示すため褶曲テストができないが、地層の傾動を補正する前の状態で現在の地磁気方位と類似する残留磁化方位を示す地点が多かった。これは残留磁化が傾動後に獲得された二次磁化であることを強く示唆する。それでも、いくつかの地点では傾動よりも前に獲得されたと推定される方位が決定された。そうした比較的信頼性の高いデータに注目すると、下位から上位に向けて逆正逆と変化する古地磁気層序があるようである。比較的信頼性の高い方位は、傾動補正後に 30~40° の東偏を示した。この傾向は富岡地域の結果(上記)と一致する。

(4) 結果のまとめ

今回の検討によって、関東山地とその東縁部では広域不整合である庭谷不整合を挟んで古地磁気方位に大きな違いがあることが判明した。不整合の下位の前期中新世堆積岩は古地磁気東偏が 90° に達するが、不整合の上位の中期~後期中新世堆積岩は東偏が 30~40° 程度である。この結果は、関東山地とその東縁部では庭谷不整合形成期に地殻の垂直運動だけでなく 50° 前後の時計回り回転も起こったことを意味する。庭谷不整合は地殻の垂直運動だけでなく大規模な水平回転も伴う変動だったようだ。

約 10 Ma の古地磁気方位が不整合直後(15~14 Ma 頃)の方位とほぼ等しいことも判明した。これは、関東山地東縁部では約 15 Ma の庭谷不整合形成期から約 10 Ma までの間に地殻の回転がほとんどなく、約 10 Ma 以降に 30~40° の時計回り回転が起こったことを意味する。これは房総半島で後期中新世以降の時計回り回転が確認されていることと整合する。伊豆弧衝突開始(=不整合形成)か

ら少なくとも 500 万年間は関東山地東縁部で回転がほとんど起こらなかったと考えられる。この事実は、15 Ma 以降の伊豆弧の衝突過程に大きな制約を与える結果になるかもしれない。すなわち、約 15 Ma に島弧-島弧衝突が起こった時には本州弧地殻が大規模に変形したが、それ以降は伊豆弧衝突体において本州弧と伊豆弧の間で短縮がほとんどなく(フィリピン海プレートの沈み込みがほぼ停止していた?)、本州弧地殻の変形がほとんど起こらなかった可能性がある。

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 10 件)

星 博幸, 三重県津市に分布する東海層群亀山層下部の古地磁気データ. 愛知教育大学研究報告(自然科学編), 査読無, 66 巻, 45-49, 2017.

<http://hdl.handle.net/10424/7040>

星 博幸・岩野英樹・檀原 徹, 東北日本, 津軽半島に分布する礫松層の年代: 中新世グリーンタフのジルコン U-Pb 年代測定. 地質学雑誌, 査読有, 122 巻, 163-170, 2016.

doi: 10.5575/geosoc.2016.0006

星 博幸・本山晶穂, 岡崎市南部, 牛乗山に分布する岡崎層群の堆積学的研究: 特に礫ファブリックの調査結果. 愛知教育大学研究報告(自然科学編), 査読無, 65 巻, 47-53, 2016.

<http://hdl.handle.net/10424/6480>

Hoshi, H. and Yamada, K., Paleomagnetic study of Plio-Pleistocene sediments in the concentrated deformation zone along the eastern margin of the Japan Sea. Quaternary International, 397 巻, 査読有, 573-588, 2016.

doi: 10.1016/j.quaint.2015.05.022

星 博幸, 三重県総合博物館建設地で発見された東海層群化石密集層の古地磁気年代. 三重県総合博物館研究紀要, 査読有, 2 巻, 1-6, 2016.

<http://www.bunka.pref.mie.lg.jp/common/content/000643054.pdf>

星 博幸・檀原 徹・岩野英樹, 東北日本, 津軽半島北部に分布する礫松層のフィッション・トラック年代. 石油技術協会誌, 査読有, 80 巻, 195-200, 2015.

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40020534964>

Hoshi, H., Kato, D., Ando, Y. and Nakashima, K., Timing of clockwise rotation of Southwest Japan: constraints from new middle Miocene paleomagnetic results. Earth, Planets and Space, 査読有, 67 巻, 論文番号 92, 2015.

doi: 10.1186/s40623-015-0266-3

Hoshi, H., Iwano, H., Danhara, T. and Iwata, N., 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, 査読有, 24 巻, 221-231, 2015.

doi: 10.1111/iar.12108

星 博幸・田中里志・宇佐美徹・中川良平・津村善博・小竹一之, 東海層群, ガウス-松山境界直上の亀山層上部から得られた古地磁気測定結果. 愛知教育大学研究報告(自然科学編), 査読無, 64 巻, 31-35, 2015.

http://hdl.handle.net/10424/5981

星 博幸・田中里志・宇佐美徹・中川良平・津村善博・小竹一之, 岩石磁気・古地磁気測定から示唆される東海層群のガウス-松山逆転層準. 地質学雑誌, 査読有, 120 巻, 313-323, 2014.

doi: 10.5575/geosoc.2014.0034

[学会発表](計 20 件)

星 博幸・岩野英樹・檀原 徹・酒向和希, 濃飛流紋岩のジルコン U-Pb 年代:約 70 Ma の急速形成. 日本地質学会第 123 年学術大会, 日本大学文理学部(東京都・世田谷区), 2016 年 9 月 10 日~9 月 12 日.

大信田彦磨・星 博幸・林 広樹, 三重県一志層群上部の浮遊性有孔虫化石層序:中新世の古地磁気 微化石年代尺度の高精度化を目指して. 日本地質学会第 123 年学術大会, 日本大学文理学部(東京都・世田谷区), 2016 年 9 月 10 日~9 月 12 日.

松尾卓郎・星 博幸, 岐阜県東部, 岩村層群遠山層の古地磁気と回転運動. 日本地質学会第 123 年学術大会, 日本大学文理学部(東京都・世田谷区), 2016 年 9 月 10 日~9 月 12 日.

Hoshi, H., Iwano, H., Danhara, T. and Sako, K., U-Pb evidence for rapid formation of the Nohi Rhyolite, one of the largest caldera-forming volcanic complexes on Earth. 35th International Geological Congress 2016, Cape Town (South Africa), 2016 年 8 月 27 日~9 月 4 日.

Hoshi, H., Iwano, H., Danhara, T. and Iwata, N., Dating of altered mafic intrusions by applying a zircon fission track thermochronometer to baked country rock. 35th International Geological Congress 2016, Cape Town (South Africa), 2016 年 8 月 27 日~9 月 4 日.

星 博幸・近藤幸実, 磁気測定から探る碎屑岩脈の注入方向:中新世小佐岩脈の例. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張

メッセ(千葉県・千葉市), 2016 年 5 月 22 日~5 月 26 日.

星 博幸・新井田佑太, スランプ褶曲を受けた細粒火山灰層の古地磁気と帯磁率異方性. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ(千葉県・千葉市), 2016 年 5 月 22 日~5 月 26 日.

星 博幸, 日本における新第三紀回転運動の新知見. 日本地質学会第 122 年学術大会, 信州大学(長野県・長野市), 2015 年 9 月 11 日~9 月 13 日.

星 博幸・田村糸子・小松哲也, 東海層群下部の指標テフラ, 下石火山灰層の放射年代と記載岩石学的特徴. 日本地質学会第 122 年学術大会, 信州大学(長野県・長野市), 2015 年 9 月 11 日~9 月 13 日.

星 博幸, 地学教育における「日本海の形成」の扱い方. 平成 27 年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会第 69 回全国大会, 福岡教育大学(福岡県・宗像市), 2015 年 8 月 22 日~8 月 23 日.

Hoshi, H., Paleomagnetic and rock magnetic characteristics of an andesitic aa flow in a vertical section. 26th IUGG General Assembly 2015, Prague (Czech), 2015 年 6 月 22 日~6 月 30 日.

Hoshi, H., Kato, D., Ando, Y. and Nakashima, K., Timing of the clockwise rotation of Southwest Japan: new paleomagnetic evidence from Miocene sedimentary rocks. 26th IUGG General Assembly 2015, Prague (Czech), 2015 年 6 月 22 日~6 月 30 日.

星 博幸・加藤大貴・安藤慶和・中島和夫, 西南日本の時計回り回転運動のタイミング:中新世堆積岩から得られた証拠. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ(千葉県・千葉市), 2015 年 5 月 24 日~5 月 29 日.

酒向和希・星 博幸, 西南日本東部, 濃飛流紋岩の岩石磁気と古地磁気. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ(千葉県・千葉市), 2015 年 5 月 24 日~5 月 29 日.

本山晶穂・星 博幸, 岡崎層群最下部に発達する礫岩の堆積学的研究. 名古屋地学会第 66 回総会・講演会, 名古屋市科学館(愛知県・名古屋市), 2015 年 5 月 10 日.

Hoshi, H. and Yamada, K., Paleomagnetic study of Plio-Pleistocene sediments in the concentrated deformation zone along the eastern margin of the Japan Sea. 2014 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco (USA), 2014 年 12 月 15 日~12 月 19 日.

星 博幸・山田 桂, 本州北部の笹岡層(鮮新-更新統)の古地磁気と岩石磁気:その地質学的意味. 地球電磁気・地球惑星圏学会第 136 回講演会, キッセイ文化ホール(長野県・松本市), 2014 年 10 月 31 日~

11月3日.

星 博幸, 東北日本, 羽越地域南部におけるブロック回転のタイミング. 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市), 2014 年 9 月 13 日~9 月 15 日.

酒向和希・星 博幸, 岐阜県東部に分布する濃飛流紋岩の残留磁化獲得時期に関する予察的結果. 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市), 2014 年 9 月 13 日~9 月 15 日.

Hoshi, H., Sako, K. and Namikawa, T., Oroclinal rotation in central Japan: paleomagnetic evidence from Early Miocene sedimentary rocks. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2014 meeting, Sapporo (北海道・札幌市), 2014 年 7 月 28 日~8 月 1 日.

[その他]

ホームページ等

- <http://hoshi.a.la9.jp/index.htm>
- <http://souran.aichi-edu.ac.jp/profile/ja.26802f3ee4198fadb07031094a0c261d.html>

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: 9 0 2 9 3 7 3 7