

令和元年6月18日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04068

研究課題名(和文) 松山-ブルン地磁気逆転境界年代の決定と地質年代の総合的キャリブレーション

研究課題名(英文) Age determination for the Matuyama-Brunhes geomagnetic reversal boundary and comprehensive calibration of geologic ages

研究代表者

岡田 誠 (Okada, Makoto)

茨城大学・理工学研究科(理学野)・教授

研究者番号：00250978

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：千葉複合セクションにおいて、詳細な古地磁気測定および有孔虫化石の酸素同位体測定を行うことで、松山-ブルン逆転境界の年代が国際層序委員会の公式年代より1万年若い約77.3万年前であることが示された。さらに<sup>10</sup>Be測定により地磁気逆転に伴う地磁気双極子モーメント変動の詳細な復元に成功した。一方、地質年代の総合的キャリブレーションに必要な他の地磁気逆転年代に関する調査を進めた結果、3.0-4.6Maの年代区間において、6つの地磁気逆転記録を得ることに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

千葉複合セクションで得られた本研究の結果を最大限活用することで、日本初のGSSP候補である「千葉セクション」のGSSP申請を行い、ライバルのイタリアを退け、第2次審査を突破し、第3次審査へと進むことができた。さらに<sup>Be-10</sup>測定では、磁場逆転中にどこまで地磁気強度が弱まるかについて定量的な結果を得ることができた。この結果は、磁場逆転が人間社会に与える影響を評価する上で必要不可欠なデータを提供すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Based on detailed paleomagnetic and oxygen isotope measurements in the Chiba Composite Section, the age of the Matuyama-Brunhes boundary was determined as 773 ka which is 10,000 years younger than the official age of the International Stratigraphic Commission. Furthermore, the <sup>Be-10</sup> measurements succeeded to reconstruct the earth's dipole moment variation during and across the boundary. On the other hand, as a result of investigation of other geomagnetic reversals necessary for comprehensive calibration of geologic ages, we succeeded in obtaining six geomagnetic reversal records in the period between 3.0 and 4.6 Ma.

研究分野：地質学

キーワード：古地磁気学 地磁気逆転 古海洋学 氷期-間氷期変動 年代層位学

# 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

最後の地磁気逆転である松山-ブルン(M-B)境界の年代は、地質時代の重要な年代較正点であるにも関わらず、未だ統一の見解が得られていない。我々は、約78万年前とされてきたM-B境界の年代について、深海底堆積物の地磁気逆転記録や房総半島の地層「千葉セクション」の火山灰のU-Pb年代測定から、約77万年前に修正される可能性を示してきた。

## 2. 研究の目的

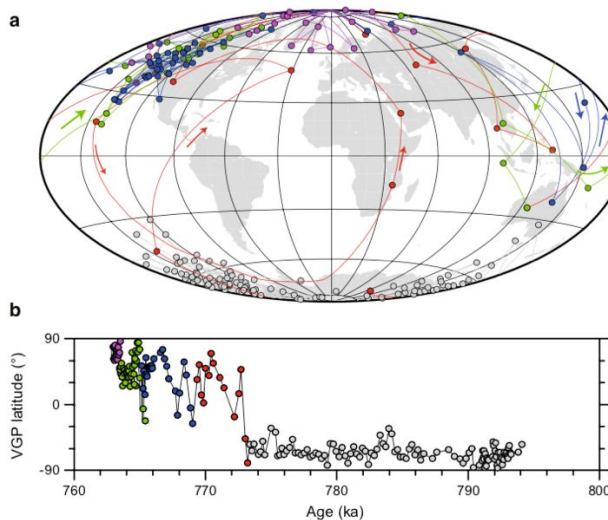
千葉セクションにおいて超高解像度古地磁気-酸素同位体比記録を復元し、高精度放射年代年代測定を適用し、M-B境界年代をこれまでになく高い確度で精密に決定する。さらに地質年代の総合的キャリブレーションを行う上で重要な、より古い時代の地磁気逆転境界の記録を精密に得ることを目指す。

## 3. 研究の方法

房総半島中央部に分布する上総層群本層中部の千葉セクションにおいて、従来の研究を遙かに凌駕する高分解能で40mの連続サンプリングを行う。採取試料から酸素同位体・地磁気逆転記録を高精度で復元し、M-B境界の天文年代を決定する。また、M-B境界近傍の火山灰に対して、放射年代測定を行う。さらにより古い時代の地磁気逆転境界の記録を得るために、房総半島中央部に分布する安房層群上部において、古地磁気-酸素同位体比を用いた複合年代層序の構築を行う。

## 4. 研究成果

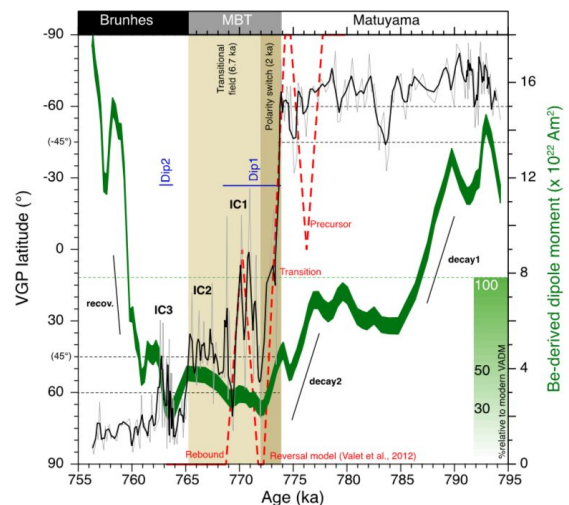
(1) 日本最初のGSSP(国際境界模式層断面とポイント)の候補である千葉複合セクションにおいて、Suganuma et al.(2015)で示された松山-ブルン磁場逆転境界層準を含む厚さ25mの地層より10cm間隔で詳細な古地磁気測定および有孔虫化石の酸素同位体測定を行った。その結果、当該層準における超高解像度酸素同位体層序の構築し精密な堆積速度の見積を行うことで、松山-ブルン逆転境界の年代が国際層序委員会の公式年代(78.1万年前)より1万年若い約77万年前であることを説得力のある形で示すことができた(Okada et al., 2017)。



左図)  
(a)松山-ブルン境界におけるVGP(見かけの磁極)の変化、  
(b)VGP緯度の時系列変化  
(Okada et al., 2017より)

(2) 千葉複合セクションにおいて花粉化石の群集解析から古気候復元を行い、有孔虫・放散虫・円石藻の群集解析を合わせて行うことで黒潮の移動に代表される当時の水塊構造の変化の復元を行った。その結果、海洋同位体ステージ(MIS)19-18にかけての期間(約80万年前~75万年前)において、房総半島付近の古気候・古海洋環境が冬のアジアモンスーンに支配されていた可能性を指摘した(Suganuma et al., 2018)。

(3) Okada et al.(2017)で用いた層準を上位に拡張し、厚さ50mの地層より10-50cm間隔で古地磁気測定および $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比測定を行った。その結果、松山-ブルン逆転境界に伴う詳細な磁場逆転過程を古地磁気学的記録と $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比による独立した手法を用いて復元することにより、従前の記録を遙かに上回る時間分解能と信頼性を持った磁場逆転に伴う地磁気強度・方位変動記録の復元に成功した。そこでは松山-ブルン逆転に伴



う磁場変動の詳細は、磁場極性の転換が約 2000 年間で起こった後、正極性卓越の遷移期間が 6700 年間続いたことなどが明らかになった(Simon et al., 2019) .

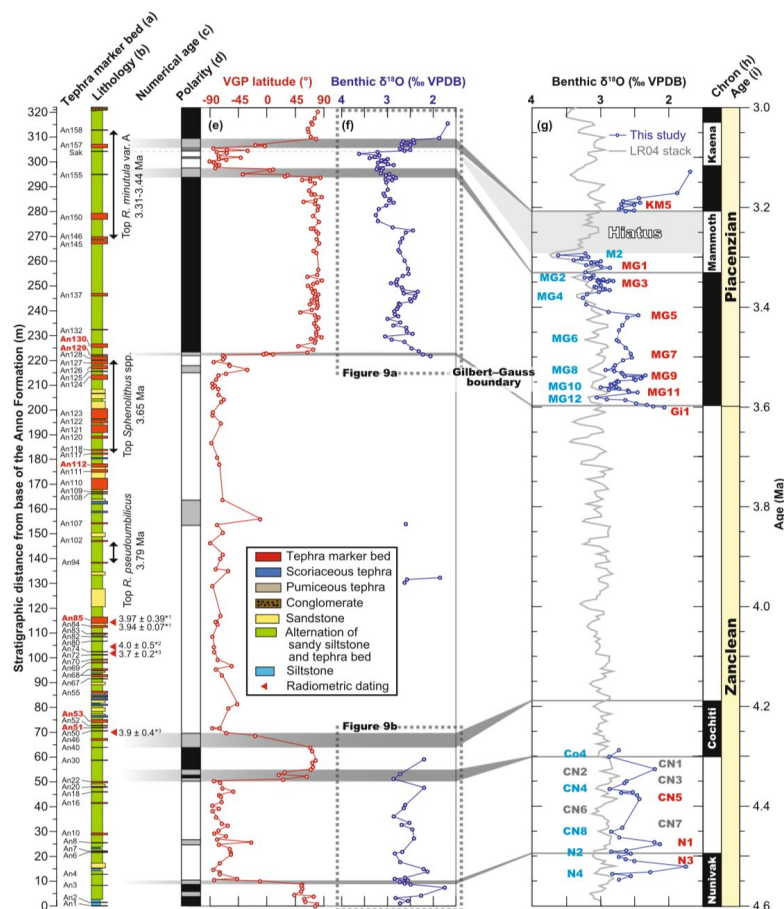
上図)

松山-ブルン逆転に伴う Be 測定より得られた地磁気双極子モーメント変化 ( 緑の線 ) と、VGP 緯度変化 ( 黒線 ) (Simon et al., 2019 より)

(4)地質年代の総合的「キャリブレーション」に必要な他の地磁気逆転年代に関する調査のため、房総半島中西部に分布する海成上部鮮新統を対象に研究を進めた。その結果、安房層群安野層における詳細な古地磁気-酸素同位体複合層序を構築することで、約 300 万年前~460 万年前の年代区間において、6 つの地磁気逆転記録を得ることに成功した

(Haneda and Okada, 2019) .

右図) Haneda and Okada (2019)による安房層群安野層における複合年代層序。(a)マーカーテフラ,(b)岩相柱状図,(c)年代値,(d)地磁気極性,(e)VGP 緯度,(f)底生有孔虫の  $\delta^{18}O$  値,(g)LR04 同位体カーブ(Lisiecki and Raymo, 2005)を元にした年代モデル,(h)標準磁気極性年代スケール(Ogg, 2012)



#### < 引用文献 >

Suganuma, Y., Okada, M., Horie, K., Kaiden, H., Takehara, M., Senda, R., Kimura, J., Haneda, Y., Kawamura, K., Kazaoka, O., Head, M.J., 2015. Age of Matuyama– Brunhes boundary constrained by U–Pb zircon dating of a widespread tephra. *Geology* 43, 491–494.

Lisiecki, L.E., Raymo, M.E., 2005. A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records. *Paleoceanogr* 20(1):PA1003, doi.org/10.1029/2004PA001071.

Ogg, J.G., 2012. Geomagnetic polarity time scale. In: Gradstein FM, Ogg JG, Schmitz MD, Ogg GM (eds) *The geologic time scale 2012*, vol 1. Elsevier, Boston, p 435.

上記の他に下記〔雑誌論文〕に記載のもの .

#### 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文, 全て査読有り〕 (計 4 件)

- 1) Simon, Q., Suganuma, Y., Okada, M., Haneda, Y., ASTER Team, 2019. High-resolution  $^{10}Be$  and paleomagnetic recording of the last polarity reversal in the Chiba composite section: Age and dynamics of the Matuyama–Brunhes transition, *Earth Planes. Sci. Lett.*, 519, 92–100, doi.org/10.1016/j.epsl.2019.06.004.
- 2) Haneda, Y., Okada, M., 2019. Pliocene integrated chronostratigraphy from the Anno Formation, Awa Group, Boso Peninsula, central Japan, and its pale oceanographic implications, *Progress in Earth and Planetary Science*, 6:6, doi:10.1186/s40645-018-0248-8.
- 3) Suganuma, Y., Haneda, Y., Kameo, K., Kubota, Y., Hayashi, H., Itaki, T., Okuda, M., Head, M.J., Sugaya, M., Nakazato, H., Igarashi, A., Shikoku, K., Hongo, M., Watanabe, M., Satoguchi, Y., Takeshita, Y., Nishida, N., Izumi, K., Kawamura, K., Kawamata, M., Okuno, J., Yoshida, T., Ogitsu, I., Yabusaki, H., Okada, M., 2018. Paleoclimatic and paleoceanographic records of Marine Isotope

Stage 19 at the Chiba composite section, central Japan: A reference for the Early–Middle Pleistocene boundary. *Quat. Sci. Rev.*, 191, 406–430, doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.04.022.

- 4) Okada, M., Suganuma, Y., Haneda, Y., Kazaoka, O., 2017. Paleomagnetic direction and paleointensity variations during the Matuyama-Brunhes polarity transition from a marine succession in the Chiba composite section of the Boso Peninsula, central Japan. *Earth, Planets, Space* 69 (45), doi.org/10.1186/s40623-017-0627-1.

〔学会発表〕（計 24 件）

2018 年度

- 1) 山本 啓介, 猪股 裕行, 岡田 誠, 2018, 千葉県銚子地域下部更新統犬吠層群小浜層における複合層序, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (ポスター発表)
- 2) 中里 裕臣, 里口 保文, 竹下 欣宏, 岡田 誠, 2018, 養老川模式ルートにおける上総層群国本層テフラ層序, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (ポスター発表)
- 3) 板木 拓也, 羽田 裕貴, 久保田 好美, 菅沼 悠介, 岡田 誠, 2018, 上総層群国本層から産出した下部-中部更新統境界付近の放散虫化石, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (ポスター発表)
- 4) 霜多 由夏, 岡田 誠, 2018, 房総半島中央部に分布する安房層群天津層における古地磁気学的研究, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (ポスター発表)
- 5) 岡田 誠, 2018, 「チバニアン」と地質時代, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (トップセミナー講演)
- 6) 小西 拓海, 岡田 誠, 2018, Reconstruction of the lower Olduvai geomagnetic polarity transition in Chikura Group distributed in the Boso Peninsula, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (口頭発表)
- 7) 岡田 誠, 羽田 裕貴, 菅沼 悠介, 2018, 下部-中部更新統境界 GSSP 候補地である千葉複合セクションから得られた松山-ブルン境界の高解像度古地磁気変動記録, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (口頭発表)
- 8) 羽田 裕貴, 岡田 誠, 久保田 好美, 菅沼 悠介, 2018, 千葉複合セクションにおける MIS 19 の超高時間分解能同位体記録, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (口頭発表)

2017 年度

- 9) 霜多 由夏, 岡田 誠, 2017, 房総半島中部に分布する安房層群天津層上部における古地磁気学的研究と新第三紀回転運動, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 (ポスター発表)
- 10) 小西 拓海, 岡田 誠, 丸岡 亨, 2017, Réunion 正磁極帯周辺における古地磁気変動記録の復元, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 (口頭発表)
- 11) 羽田 裕貴, 岡田 誠, 2017, A paleomagnetic record across the Mammoth reversed subchron reconstructed from the upper Pliocene Anno Formation, Awa Group, central Japan, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 (口頭発表)
- 12) 岡田 誠, 羽田 裕貴, 菅沼 悠介, 2017, 下部 - 中部更新統境界 GSSP 候補地である千葉複合セクションにおける松山-ブルン地磁気逆転の詳細な磁場変動記録, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 (ポスター発表)
- 13) 岡田 誠, 羽田 裕貴, 菅沼 悠介, 2017, A high resolution relative paleointensity record across the Matuyama-Brunhes polarity transition from the Chiba composite section, a candidate for the L-M Pleistocene boundary GSSP, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 (口頭発表)
- 14) 長谷川 大輔, 岡田 誠, 羽田 裕貴, 平岡 陽佑, 2017, 房総半島南端豊房層群東長田層最下部の酸素同位体層序, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 (ポスター発表)
- 15) 霜多 由夏, 岡田 誠, 2017, 安房層群天津層上部の古地磁気学的研究に基づく房総半島の新第三紀テクトニクス, 日本地質学会第 124 年大会講演要旨集
- 16) 小西 拓海, 岡田 誠, 丸岡 亨, 宇都宮 正志, 2017, 房総半島に分布する下部更新統千倉層群上部および上総層群下部における古地磁気変動対比, 日本地質学会第 124 年大会講演要旨集
- 17) 羽田 裕貴, 岡田 誠, 2017, 鮮新統安房層群安野層におけるマンモス逆磁極帯期の古地磁気記録, 日本地質学会第 124 年大会講演要旨集

2016 年度

- 18) 岡田 誠, 菅沼 悠介, 羽田 裕貴, 風岡 修, 2016, 千葉セクションにおける松山 - ブルン極性反転境界記録, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (ポスター発表)
- 19) 早田 達哉, 羽田 裕貴, 岡田 誠, 久保田 好美, 2016, 千葉県銚子より掘削された陸上ボーリングコアを用いた MIS 19 における高解像度酸素・炭素同位体記録 (予察), 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (ポスター発表)
- 20) 羽田 裕貴, 岡田 誠, 2016, 鮮新統安房層群安野層の複合年代層序, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (ポスター発表)
- 21) 山本 秀忠, 岡田 誠, 2016, 房総半島南端千倉層群布良層における浮遊性有孔虫化石を用いた古海洋環境の復元, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (ポスター発表)
- 22) 山本 秀忠, 岡田 誠, 所 佳実, 2016, 房総半島南端千倉層群布良層における浮遊性有孔虫

- 化石を用いた古水温復元，日本地質学会第 123 年大会講演要旨集
- 23) 羽田 裕貴, 岡田 誠, 2016, 鮮新統安房層群安野層の古地磁気-酸素同位体複合年代層序, 日本地質学会第 123 年大会講演要旨集
- 24) 霜多 由夏, 羽田 裕貴, 岡田 誠, 2016, 安房層群天津層上部における古地磁気層序学的研究, 日本地質学会第 123 年大会講演要旨集

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等：<https://sites.google.com/view/okadapaleolab/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：菅沼 悠介

ローマ字氏名：Suganuma Yusuke

所属研究機関名：国立極地研究所

部局名：研究教育系

職名：准教授

研究者番号(8桁)：70431898

研究分担者氏名：堀江 憲路

ローマ字氏名：Horie Kenji

所属研究機関名：国立極地研究所

部局名：研究教育系

職名：助教

研究者番号(8桁)：00571093

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：羽田 裕貴

ローマ字氏名：Haneda Yuki

研究協力者氏名：亀尾 浩司

ローマ字氏名：Koji Kameo

研究協力者氏名：小西 拓海  
ローマ字氏名：Konishi Takumi

研究協力者氏名：久保田 好美  
ローマ字氏名：Kubota Yoshimi

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、研究者個人に帰属されます。