

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04043

研究課題名(和文) 低逆転頻度期の古地球磁場強度長期連続変動の解明 - 外核プロセスへの新たな制約

研究課題名(英文) Investigating long-term variation in intensity of the paleomagnetic field during a period of low reversal frequency - new constraint on the outer core process

研究代表者

山本 裕二 (Yamamoto, Yuji)

高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・教授

研究者番号：00452699

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：統合国際深海掘削計画の第342次研究航海により北西大西洋海域の4地点から掘削されたコア試料を対象に古地磁気・岩石磁気測定を行った。2地点のコアから約3800万年前～約5000万年前の期間の地球磁場強度の相対値(RPI)連続変動を推定することができた。これまでに報告されている変動としては世界最古である。RPIは大きく強弱を繰り返して地磁気逆転時に著しく減少するほか、同一極性継続期間においても極小となる時期があるという、過去約200-300万年間と同様な変動をしていたことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地磁気は、その起源である外核内対流はマントル・外核境界の熱境界条件の影響を大きく受け、逆転頻度を大きく変化させてきた。これまでは、逆転頻度が100万年あたり4-5回という、地球史で見れば「現在」の熱境界条件下にあたる過去約200-300万年間のRPI連続変動が解明されるに留まっていた。本研究では、100万年あたり2回という低逆転頻度を示す、「現在」とは熱境界条件が大きく異なる期間(約3800万年前～約5000万年前)のRPI連続変動を推定することができた。世界初であるとともに、世界最古の記録である。

研究成果の概要(英文)：Paleo- and rock magnetic measurements were conducted on sedimentary cores recovered at four sites in the northwest Atlantic during the Integrated Ocean Drilling Program Expedition 342. Continuous variation of relative paleointensity (RPI) of the geomagnetic field could be estimated from the cores at the two sites, for a period of 38-50 million years ago. This is the oldest RPI record reported so far. The estimated RPI showed repeated large fluctuations, intensity minima at chron boundaries, and so on. These characters are the same as those reported in the RPI of the last 2-3 million years.

研究分野：古地磁気学・岩石磁気学

キーワード：地磁気 古地磁気

1. 研究開始当初の背景

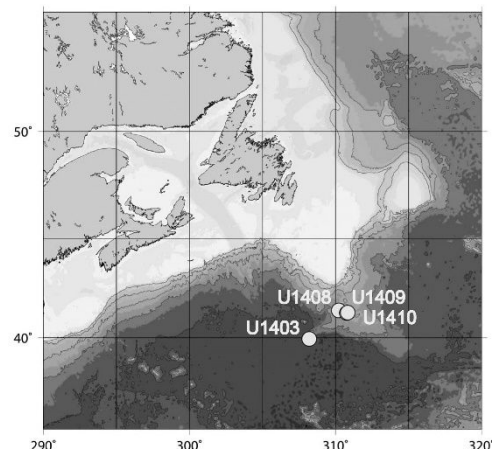
地球磁場の進化の解明は途上である。最も重要な要素である地磁気極性の逆転史についても、その連続時間変遷は地球史 46 億年のうち僅か過去約 1.6 億年間の解明に留まっている(Cande & Kent, 1995; Ogg, 2012)。しかし、この逆転史からは、逆転頻度は過去から現在にかけて 100 万年あたり約 3 - 5 回と変化してきたという興味深い事実が分かる。地球磁場の起源である外核内対流はマントル・外核境界の熱境界条件の影響を大きく受けるため、このような逆転頻度変化は数千万年～1 億年スケールで熱境界条件が変動してきたことが原因とされる(Glatzmaier et al., 1999)。実際、地震波トモグラフィから推定される下部マントル不均質を考慮した熱境界条件に基づく地磁気ダイナモシミュレーションでは、不均質分布に依存して大きく地磁気逆転頻度・強度が変化し(Takahashi et al., 2008; Olson et al., 2010)、逆転頻度が低いほど地磁気強度は大きくなること (Aubert et al., 2010) が報告されている。熱境界条件の変化は、地球システムの進化史に大きな制約を与えている。

2. 研究の目的

地球磁場強度の変化については、現在までに過去約 200-300 万年間の強度相対値(RPI)連続変動が解明された状態に留まっている。すなわち、逆転頻度が 100 万年あたり 4-5 回という、地球史で見れば「現在」の熱境界条件下での変動が解明されたに過ぎない。本研究では、100 万年あたり 2 回という低逆転頻度を示す過去約 4000 万年前頃の数百万年間、つまり、「現在」とは熱境界条件が大きく異なる期間について RPI 連続変動を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

北西大西洋海域を掘削する統合国際深海掘削計画 (IODP) の第 342 次研究航海に参加することで、10 地点 (Site U1402 ~ U1411) から掘削された海底堆積物コア試料の研究機会を得た。全てのコアが上部 100-160 m は改良型ピストンコアラーで掘削されたため、物理的攪乱を受けておらず、古地磁気研究に利用することができた。船上初期分析により、とくに Site U1403, U1408, U1409, U1410 の 4 地点 (右図) からのコア試料の上部は比較的強い安定な自然残留磁化 (NRM; 約 10^{-2} - 10^{-3} A/m) を有し続成作用の影響を殆ど受けていないこと、約 2-3 cm/kyr という比較的速い堆積速度で過去約 3500 ~ 5000 万年をカバーしていることが推定されたため (Expedition 342 Scientists, 2012)、本研究の分析対象として選定した。これらのコアからは連続的に u-channel 試料 (断面 2x2 cm, 長さ 1.5 m の柱状試料) を採取しており、研究対象とした。



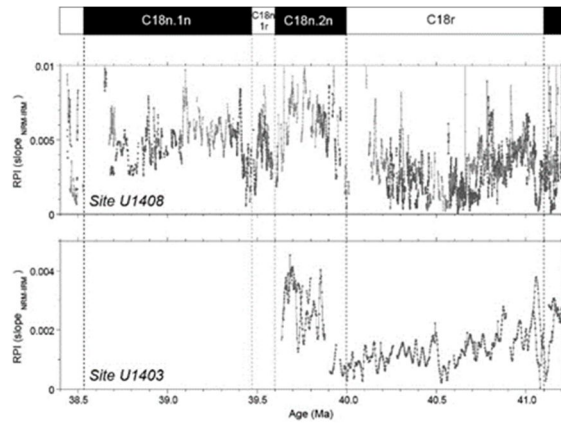
これらの u-channel 試料に対し、まず NRM の測定・段階交流消磁実験を行い、古地磁気強度相対値連続変動解明の大前提となる古地磁気方位変動の解明に取り組んだ。引き続き、非履歴性残留磁化 (ARM) および等温残留磁化 (IRM) の獲得・消磁実験を行った。これら 2 種類の残留磁化は人工的に実験室で獲得させるもので、コア試料の磁化獲得効率を反映する。磁化獲得効率を考慮したうえで NRM 測定結果を解析することで、RPI 連続変動の推定を試みた。

4. 研究成果

NRM 測定結果の詳細解析から、U1403 の深度約 50-160 m の区間はクロン C18n.2n ~ C22r の期間、U1408 の深度約 20-160 m の区間はクロン C17n.2r ~ C20r の期間、U1409 の深度約 40-140 m の区間はクロン C18r ~ C22r の期間、U1410 の深度約 70-160 m の区間はクロン C18n.1n ~ C20n の期間をカバーすることが明らかとなった。掘削船上での NRM 初期分析結果に比べて特に負の伏角が明瞭に認識でき、クロン境界の深度をより精密に決定できた。古地磁気極性層序を更新でき、多くのクロン境界は船上での決定深度と 1m 以内の違いに収まるものの、幾つかの境界は 1m を超える差が生じたことや、船上では決定できなかった新たなクロン境界の深度を決定できたことを論文報告した (Yamamoto et al., 2018)。この報告論文によるデータを基礎とする、中期始新世の astronomical timescale の精緻化に関する共著論文も公表した (Bouillilla et al., 2018)。

さらに ARM 測定結果と IRM 測定結果の詳細解析を行ったところ、Site U1403 および U1408 の残留磁化データから一定の岩石磁氣的均質性を満たす深度区間を見出すことが出来た。該当する年代期間は約 3800 万年前～約 5000 万年前である。この期間における RPI 連続変動の推定を試み、成果を国内外の関連学会で発表した。これまでに報告されている変動としては世界最古であり、RPI は大きく強弱を繰り返して地磁気逆転時に著しく減少するほか、同一極性継続期間においても極小となる時期があるという、過去約 200-300 万年間と同様な変動をしていたことを明らかにした。

とくにクロン C18 に対応する期間については、Site U1403 および U1408 からともに RPI 連続変動を推定することができた(右図)。異なる地点から得られた推定結果であるにも関わらず、クロン C18n.2n(3960 万年前～4000 万年前)の期間は概して RPI は強く、クロン C18r の期間(4000 万年前～4110 万年前)は概して RPI は弱いといった共通の地磁気強度変動の特徴を確認できた。また、共通して約 4050 万年前に RPI の極小が見られ、地磁気逆転が起こりかけたものの、逆転するには至らなかったという事象がこのような古い時代にも起こっていた可能性が示唆された。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamamoto Y., Yamazaki T., Kanamatsu T.	4. 巻 70
2. 論文標題 An initial case study to deconvolve natural remanent magnetization of a continuous paleomagnetic sample using the software UDECON	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth Planets Space	6. 最初と最後の頁 160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-018-0931-4	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 Yamamoto Y., Fukami H., Lippert P., Taniguchi W.	4. 巻 342
2. 論文標題 Datareport: Updated magnetostratigraphy for IODP Sites U1403, U1408, U1409 and U1410	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 In Norris, R.D., Wilson, P.A., Blum, P., and the Expedition 342 Scientists, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program	6. 最初と最後の頁 207
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2204/iodp.proc.342.207.2018	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 該当する

1. 著者名 Boullila, S., Vahlenkamp, M., De Vleeschouwer, D., Laskar, J., Yamamoto, Y., Palike, H., Turner, S.K., Sexton, P.F., Westerhold, T., Rohl, U.	4. 巻 486
2. 論文標題 Towards a robust and consistent middle Eocene astronomical timescale	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth Planet. Sci. Lett.	6. 最初と最後の頁 94-107
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.epsl.2018.01.003	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 該当する

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Y. Yamamoto, H. Fukami, W. Taniguchi, P.C. Lippert
2. 発表標題 "Variation of the intensity of the paleomagnetic field during 38-50 Ma deduced from the marine sediments recovered from the northwest Atlantic"
3. 学会等名 "Joint symposium of Misasa 2019 & Core-Mantle Coevolution"
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本裕二, 山崎俊嗣, 金松敏也
2. 発表標題 UDECONソフトウェアによる古地磁気連続試料の自然残留磁化のデコンボリューションの実例
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 Cappelli C., Agnini C., Yamamoto Y.
2. 発表標題 Early-middle Eocene transition in calcareous nannofossil assemblages at IODP Site U1410 (Southeast Newfoundland Ridge, NW Atlantic)
3. 学会等名 EGU General Assembly 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本 裕二
2. 発表標題 統合国際深海掘削計画 Sites U1409 および U1410 の磁気層序の更新
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 深見 洋仁, 山本 裕二, 山崎 俊嗣
2. 発表標題 IODP Site U1403の海洋コアから推定する中期始新世における古地磁気強度相対値連続変動
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2016年大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Slah Boulila, Maximilian Vahlenkamp, Jacques Laskar, David De Vleeschouwer, Heiko Palike, Yuhji Yamamoto
2. 発表標題 Bridging the Middle Eocene timescale gap: astronomical tuning from IODP Expedition 342 North Atlantic basin
3. 学会等名 European Geophysical Union General Assembly 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Cappelli C., Agnini C., Bown P.R., Westerhold T., De Riu M., Lobba V. and Yamamoto Y.
2. 発表標題 Integrated calcareous nannofossil and stable isotope records across the early-middle Eocene transition at IODP Site U1410 (Northwest Atlantic Ocean): assemblage shifts and evolutionary trends through changing paleoenvironmental conditions
3. 学会等名 3rd International Congress on Stratigraphy (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Westerhold T., Rohl U., Bohaty S.M., Florindo F., Frederichs T., Zachos J.C., Cappelli C., Agnini C. and Yamamoto Y.
2. 発表標題 A new benthic stable isotope composite reference sequence for the middle to late Eocene
3. 学会等名 3rd International Congress on Stratigraphy (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamamoto Y., Fukami H., Taniguchi W., Lippert, P.C.
2. 発表標題 Preliminary report on the relative paleointensity variation during the Eocene deduced from the IODP Sites U1403 and U1408 marine sediments recovered from the northwest Atlantic
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本裕二, 深見洋仁, 谷口若菜, Lippert Peter
2. 発表標題 Preliminary report on the paleointensity variation during 38-50 Ma deduced from the marine sediments recovered from the northwest Atlantic
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019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
研究分担者	小玉 一人 (Kodama Kazuto) (00153560)	同志社大学・研究開発推進機構・嘱託研究員 (34310)	
研究分担者	山崎 俊嗣 (Yamazaki Toshitsugu) (80344125)	東京大学・大気海洋研究所・教授 (12601)	
研究分担者	小田 啓邦 (Oda Hirokuni) (90356725)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・上級主任研究員 (82626)	