

考古地磁気学データが示す日本の地磁気永年変化 Geomagnetic secular variation in Japan from archeomagnetic data

畠山 唯達^{1*}, 渋谷 秀敏²

HATAKEYAMA, Tadahiro^{1*}, SHIBUYA, Hidetoshi²

¹ 岡山理科大学情報処理センター, ² 熊本大学大学院自然科学研究科

¹Information Processing Center, Okayama University of Science, ²Earth and Environmental Sci., Kumamoto Univ.

数十～数百年スケールの詳細な地磁気変動を調べるために、我々は日本における過去 2000 年間の考古地磁気データを整理して、新しいデータベースを作成した。そのデータベースから、各年代における地磁気平均方位を割出し、それを接続する地磁気永年変化モデルを試作したので報告する。AD1(0)～1850 年間に日本における地磁気方位は平均の周りを約 20 度の半頂角の範囲内で変動する。この間に、変動方向の大きな変化が 6 回あったと推測される。データの信頼性が高い、500 年、700 年、900 年、1150 年および 1600 年には特徴的な地磁気変化があったのではないかと推測される。とくに、1150、1600 年の変化は非常に急激な方位変化がみられ、現在観測されるジャークのようなものかもしれない。後者のジャークは韓国での考古地磁気の予察的データからも推測されており、東アジア地域で普遍的に見られた可能性がある。

一方で、この地磁気永年変化モデルを用いて未知の時代の試料について年代推定ができるかも議論したい。

キーワード: 地磁気永年変化, 考古地磁気, 地磁気変動

Keywords: geomagnetic secular variation, archeomagnetism, geomagnetic changes

琵琶湖の湖底堆積物の高精度磁気層序 High-resolution magnetostratigraphy of Lake Biwa sediments

林田 明^{1*}

HAYASHIDA, Akira^{1*}

¹ 同志社大学理工学部環境システム学科

¹Doshisha University

磁気層序とは、岩石や地層の磁氣的性質にもとづいて地層を磁気層序単位に分帯し、地域間の対比や編年をおこなう層位学の一分野である。分帯の手掛かりとして最もよく用いられる磁氣的性質は初生残留磁化の極性であり、その反転層準が汎世界的な地球磁場の逆転に対応することを前提に、広域の岩層対比や地磁気極性年代表との対比が議論される。高精度磁気層序という言葉は、残留磁化の測定を高密度に行うことによって極性区分の境界をより厳密に規定するという意味で用いられることもあるが、地球磁場強度の変動や地磁気方位の永年変化などを磁気層序に適用する場合にも使われる。このように極性逆転より短いタイムスケールの変動を堆積物の残留磁化から復元することができれば、同一の磁気極性単位に属する地層について詳細な対比や編年が実現する。一方、上述のような地球磁場の情報ではなく、堆積物に含まれる磁性鉱物の種類や含有量、粒子サイズなどを反映する磁氣的性質、たとえば初期磁化率の変動などを磁気層序の手掛かりとすることもできる。このような磁気特性は堆積物の起源や運搬過程などに関わる環境の変化によって制御される可能性があり、その変化が汎世界的あるいは広域で同期して起こる場合には、高精度磁気層序の有力な手法となる。本講演では、琵琶湖の湖底堆積物の磁気層序、特に細粒磁性鉱物の含有量の変動に着目した高精度対比と編年の研究について紹介する。

琵琶湖の湖底には厚さ約 800m の堆積物が存在し、深層掘削試料の磁気極性区分や広域火山灰の対比にもとづいてその基底の年代が約 130 万年前まで遡ることが明らかにされている。また、長さ 15?20m 程度のピストン・コア堆積物を用いて、地磁気永年変化の記録や環境変動を反映した磁気特性の研究も進められている。その成果の一つとして、琵琶湖の約 46,000 年前までの堆積物に顕著な非履歴残留磁化 (ARM) の強度変化が見いだされ、中国の石筍試料や氷床コアの酸素同位体比の示すダンスガード=エシュガー・サイクルやハインリッヒ・イベントに対比できることが明らかになった。ARM 強度は初期磁化率など同様に磁性鉱物含有量を示す指標であるが、特に細粒のマグネタイトなどの存在量に依存することから、その変動は降水量の変動に伴う極細粒磁性鉱物の流入量の変化に対応すると考えられる。沖島-北小松間で採取されたコア 3 本のコアでは、肉眼および初期磁化率のピークとして発見された火山灰 (10 層準) に加え、非履歴残留磁化率の急激な増加や減少 (10 層準) がよく対応し、さらにその一部は長浜沖のコアにまで追跡される。これらの層準は少なくとも琵琶湖の広い範囲において同時面と見なすことができ、さらに ARM の変化がモンスーン気候の変動に起因することが確認できればより広域に適用できる高精度磁気層序の基準面となる。

キーワード: 琵琶湖, 磁気層序, 気候変動, 地磁気エクスカージョン, 環境磁気学

Keywords: Lake Biwa, magnetostratigraphy, climate change, geomagnetic excursion, environmental magnetism

ブルン-松山地球磁場逆転境界の年代値：古地磁気記録・天文年代更正・放射年代測定の信頼性

The age of Matuyama/Brunhes polarity reversal: Paleomagnetic records, astronomical tuning and radiometric dating

小田 啓邦^{1*}, Fabian Karl², Morgan Ganerod²
ODA, Hirokuni^{1*}, FABIAN, Karl², Morgan Ganerod²

¹産業技術総合研究所, ²ノルウェー地質調査所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Geological Survey of Norway

Channell et al. (2010) suggested that the midpoint of the M-B boundary lies at 773.1 ka, 7 kyr younger than the presently accepted astrochronological age for this polarity reversal (780-781 ka). Their results are based on the five high-resolution Matuyama-Brunhes polarity transition records from the North Atlantic placed on isotope age models produced by correlation of the $\delta^{18}O$ record to an ice volume model. According to this results, they further inferred that the $^{40}Ar/^{39}Ar$ Fish Canyon sanidine (FCs) standard age that best fits the astrochronological ages is 27.93 Ma, which is younger than the two recently proposed FCs ages of 28.201 \pm 0.046 Ma (Kuiper et al., 2008) and 28.305 \pm 0.036 Ma (Rene et al., 2010). However, recent study by Ganerod et al. (2011) suggested an age of 28.393 \pm 0.194 Ma for FCs based on paired $^{40}Ar/^{39}Ar$ and $^{206}Pb/^{238}U$ radiometric dating supporting the calibrations of Kuiper et al. (2008) and Renne et al. (2010). Furthermore, recent study by Rivera et al. (2011) suggested an age of 28.172 \pm 0.028 Ma for FCs based on cross-calibration with an astronomically tuned age of A1 tephra sanidines in the studied sequence of Faneromeni section in Crete. The discrepancy is significant that needs to be investigated carefully in terms of every aspects of the whole system involved. We therefore review the literatures related to the topic including the solar system dynamics, geomagnetic reversal morphologies, climate system responses, calibration procedures of radiometric dating and the recording mechanisms of each parameters to the sediments involved.

Keywords: Matuyama/Brunhes polarity reversal, radiometric dating, paleomagnetic records, astronomical tuning, reliability of polarity transition age, Fish Canyon sanidines

鮮新世北大西洋堆積物の年代決定に関わる新手法

New method for the chronostratigraphic reconstruction of Pliocene marine sediments at the subpolar North Atlantic

林 辰弥^{1*}, 大野正夫², 桑原義博², 山下剛史², 水田麻美², 北逸郎²

HAYASHI, Tatsuya^{1*}, Masao Ohno², Yoshihiro Kuwahara², Takafumi Yamashita², Asami Mizuta², Itsuro Kita²

¹ 国立科学博物館, ² 九州大学

¹The National Museum of Nature and Science, ²Kyushu University

We established a new method to reconstruct chronostratigraphy of subpolar North Atlantic sediments during the Pliocene by using a new hybrid environmental proxy. Pliocene sediments recovered at IODP Site U1314 in the Gardar Drift (North Atlantic) are characterized by the paucity of foraminiferal tests, and this hampered the establishment of an age-depth model of the sediments by the orbital tuning method using an oxygen isotope record. Therefore, we created the hybrid environmental proxy by combining magnetic susceptibility and natural gamma radiation as a tuning material. In the hybrid proxy record, glacial-interglacial climate variations are extracted and the small-scale variations (attributed to ice-rafted debris) are eliminated. We established a high-resolution age model for the sediments at IODP Site U1314 during 2.76-2.10 Ma by tuning the hybrid proxy record to the global standard oxygen isotope record (LR04 stack). We would point out the possibility that our tuning method may be applicable to other Pliocene sediments in subpolar North Atlantic regions.

キーワード: 年代層序, 鮮新世, 海底堆積物, 北大西洋, 帯磁率, 自然ガンマ線

Keywords: chronostratigraphy, Pliocene, marine sediments, North Atlantic, magnetic susceptibility, natural gamma radiation

北大西洋 IODP Site U1304 の浮遊性有孔虫化石に基づく亜極前線下に発達する珪藻軟泥の古海洋学的意義 Paleoceanographic significance of diatomaceous ooze under the subarctic convergence in the North Atlantic (IODP Site U13)

山崎 誠^{1*}, 嶋田智恵子², 佐藤 時幸¹, 池原 実³
YAMASAKI, Makoto^{1*}, SHIMADA Chieko², SATO, Tokiyuki¹, IKEHARA, Minoru³

¹ 秋田大学大学院工学資源学研究科, ² 秋田大学工学資源学部附属鉱業博物館, ³ 高知大学海洋コア総合研究センター
¹Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University, ²Mineral Industry Museum, Akita University, ³Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

北大西洋は深層水循環の出発点の一つとして知られ、熱塩循環をはじめとする凡世界的な環境変動を検討するうえで重要な海域である。IODP Exp.303において、北大西洋の Site U1304(53 °3.40 'N, 33 °31.78 'W, 水深 3024m) で採取された柱状試料には、珪藻殻から構成される mm 以下オーダーの葉理軟泥が、約 100 万年前の前後の更新世中期を除く試料全体に断続的に発達していた。この珪藻マットは、寒冷水と温暖水が収束する北大西洋亜極前線下で形成されたと考えられており、海洋前線の指標として極めて有効である。この海洋前線の動態評価をおこなうために、浮遊性有孔虫の群集解析と同位体比分析をおこなった。

浮遊性有孔虫群集解析では、Site U1304 に層位間隔約 50cm?1m で 247 試料を、そのうち同位体質量分析のために浮遊性有孔虫化石試料 108 層準の 216 試料を用いた。本研究では、海洋前線の移動に関連する海洋表層環境の変動を浮遊性有孔虫の酸素同位体比から検討するため、生息深度の異なる *Neogloboquadrina pachyderma* (Sinistral; 以後 S と略記) と *Globigerina quinqueloba* の 2 種を用いた。分析の結果、調査層準のうち 4 層準を除いて常に *N. pachyderma* (S) の酸素同位体比の値が大きく、両種の同位体の差は、過去 160 万年間にわたって増減を繰り返している。さらにその差は、約 120 万年前と約 30 万年前を境にして段階的に大きくなる傾向で特徴づけられる。北大西洋では、*N. pachyderma* (S) は、*G. quinqueloba* よりも浅い水深に生息するが、海洋表層が低塩化傾向にあるグリーンランド近海では海洋表層を低塩分・低水温の水塊が覆うことにもない、両種の生息深度がほぼ同じになる (Smistich et al., 2003)。したがって、北大西洋での両種の酸素同位体比は、より寒冷・低塩な環境では差が小さく、逆に温暖な表層水が分布する場合は、差が大きくなる。これに基づけば、調査海域では、過去 160 万年間にわたって極前線もしくは亜極前線が繰り返し南北に移動したことが示唆されるが、特に約 120 万年前と約 30 万年前を境に、亜極前線の移動様式が大きく変化したものと推測される。講演では、珪藻マットを形成する *Thalassiothrix longissima* の多産層準と、*N. pachyderma* (S) と *G. quinqueloba* の酸素同位体比の差、そして浮遊性有孔虫化石群集との関係から亜極前線の移動様式について議論する。

キーワード: 浮遊性有孔虫, 北大西洋, 第四紀

Keywords: Planktic foraminifera, North Atlantic, Quaternary, IODP

北大西洋と北西太平洋間の石灰質ナンノ化石層序の同時性 Global synchronicity of Quaternary calcareous nannofossils datums between North Atlantic and Northwestern Pacific Oceans

千代延 俊^{1*}, 堂満 華子², 佐藤 時幸³

CHIYONOBU, Shun^{1*}, DOMITSU, Hanako², SATO, Tokiyuki³

¹ 地球環境産業技術研究機構, ² 滋賀県立大学, ³ 秋田大学

¹RITE, ²The University of Shiga Prefecture, ³Akita University

Quaternary calcareous nannofossil datums and their chronostratigraphic framework have been discussed over the last 20y mainly based on their correlation to magnetostratigraphy or oxygen isotope stratigraphy (e.g. Raffi and Rio 1979; Thierstein et al, 1977). These studies indicate that Quaternary nannofossils datums show a small diachroneity between different latitudes and Oceans. Some studies indicated diachroneity were thought to be causally related to discontinuity coring or low resolution study because of low sedimentation rate.

We studied high-resolution Quaternary calcareous nannofossils biostratigraphy to clarify the relationship between nannofossils events and oxygen isotope stratigraphy using the continuous sediments sequence from Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Site U1308 in the North Atlantic Ocean and IODP Site C9001C in the Northwestern Pacific Ocean (off the Shimokita Peninsula). We clarify the critical stratigraphic positions of both the first occurrence of *Emiliana huxley* and the last occurrence of *Pseudoemiliana lacunosa* between Site 1308U and Site C9001C. The *P. lacunosa* extinction is just below the highest peaks of marine isotope stage (MIS) 12, whereas the first occurrence of *E. huxley* has also a just below the highest peaks of MIS 8. Results show the global synchronicity of calcareous nannofossil evolutions between different latitudes and Oceans.

Keywords: calcareous nannofossil, biostratigraphy

東アフリカ, エチオピア地溝帯南部に分布する鮮新~更新統コンソ層の古地磁気層序 Magnetostatigraphy of the Plio-Pleistocene Konso Formation in the southern Main Ethiopian Rift, East Africa

加藤 茂弘^{1*}, 兵頭 政幸², ヨナス ベイエネ³, ブルハニ アスフォ⁴, 諏訪 元⁵
KATO, Shigehiro^{1*}, HYODO, Masayuki², Yonas Beyene³, Berhane Asfaw⁴, Gen Suwa⁵

¹ 兵庫県立人と自然の博物館, ² 神戸大学内海域環境教育研究センター, ³ 仏エチオピア研究センター, ⁴ リフトバレー研究センター, ⁵ 東京大学総合研究博物館

¹Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, ²Research Center for Inland Seas, Kobe University, ³CFEE, Addis Ababa, Ethiopia, ⁴Rift Valley Research Service, ⁵The University Museum, the University of Tokyo

東アフリカ, エチオピア地溝帯南部に分布する鮮新~更新統のコンソ層は, オルドワン型からアシューリアン型の豊富な前期旧石器とともに, ホモ・エレクトスとボイセイ猿人の化石を含む多数の哺乳類化石を産する。コンソ層は, 挟在する30層以上の火山灰の⁴⁰Ar/³⁹Ar年代やコンソ南西に位置するオモ・トゥルカナ盆地の更新世火山灰との対比に基づいて, 約200~75万年前に堆積したと推定される。本層は堆積後のリフティングにより激しい断層変位を受けているが, 詳細な火山灰対比により露頭間の層序関係を確立できた。これら年代層序を確立した露頭において火山灰や細粒堆積物の古地磁気分析を行い, コンソ層中にオルドバイ正磁極亜期と松山-ブリュンヌ磁極期の境界を見出した。1.6 Ma前後の⁴⁰Ar/³⁹Ar年代を示す火山灰層の直下には, 短い正帯磁層準が確認された。この正帯磁層準は, ギルサ・イベントやステージ54イベントに対比される可能性が高い。コンソ層における3層準の古地磁気境界と1層準のイベントは, 東アフリカにおけるアシューリアン型石器の研究にとって重要な年代指標層となると期待される。

キーワード: エチオピア地溝帯, コンソ層, 古地磁気層序, テフラ層序, アシューリアン型石器

Keywords: Main Ethiopian Rift, Konso Formation, Magnetostatigraphy, Tephrostratigraphy, Acheulian lithic assemblages

北極海チュクチライズ海底堆積物コアの磁気層序に関する予察的研究 A preliminary result of magnetostratigraphy of a sediment core from Chukchi Rise, Arctic Ocean

登日 真里奈^{1*}, 大串 健一², 杉崎 彩子³, 兵頭 政幸⁴

TOBI, Marina^{1*}, Kenichi Okushi², SUGISAKI, Saiko³, HYODO, Masayuki⁴

¹ 神戸大・院・理・地球惑星, ² 神戸大・発達, ³ 総研大・複合・極域, ⁴ 神戸大・内海域

¹Earth Planet. Sci., Kobe Univ., ²Human Development, Kobe Univ., ³Polar, Soken Univ., ⁴Kobe Univ. R. C. Inland Seas

北極海における気候変化を理解することの重要性は、1960年に極域の地質調査が行われて以来、高まってきている。この地域は、生物生産が制限され、また、炭素溶解が高いなど特殊な海洋環境をもつため、他の地域とは異なる生物層序や同位体層序をもち、解釈にまだ多くの課題が残っている。磁気層序は、極域の深海堆積物の年代制約を与えるのに大変重要である。北極海は地磁気層序記録の解釈に基づき、1000年あたり1~数mmと非常に遅い堆積速度が見積もられていた。そのため、0.78Maの松山-ブリュンヌ境界が海底下1m程度にあると解釈されていた。しかし、1980年代以降、放射性炭素同位体年代や生物層序学から、堆積速度は1000年あたり1~数cmであるということが分かってきている。この堆積速度の修正により、これまでに北極海やノルウェー・グリーンランド海の堆積物中で見つかっている負の伏角の期間は、ブリュンヌ期中のエクスカージョンを示していると解釈されるようになった。そして、これまで中・低緯度域で見つかっているエクスカージョンの年代が、北極海コアの年代制約に使われている。

第四紀の気温、水循環、生物生産および海水分布の変化などの環境変化を調べるために、2009年9月に海洋研究開発機構のみらい航海MR09-03において、北極海チュクチライズの西経165°40'~165°44'にそった3箇所、コア試料を採取した。本研究ではそのうち北緯75°28'、西経165°40'、水深558mのチュクチライズ西斜面で採取した長さ584cmのピストンコアPC01とパイロットコアPL01を用いた。研究目的を達成するためには、まず堆積物の年代を決定する必要がある。本研究では、磁気層序法により年代決定する。

堆積コアからキューブ試料を236個作成し、段階交流消磁実験、段階熱消磁実験、を行なって主成分分析した結果、伏角が負の値を示すゾーンが深度77.3~79.7cm、164.3~186.8cm、210.6~220.1cm、251.1~265.4cmの4箇所で見つかった。これらが真の地磁気現象かどうかを判定するために、岩石磁気実験が必要である。今後得られる光ルミネッセンス年代および放射性炭素同位体年代を参照し、グローバルに観測されている地磁気エクスカージョンとの対比を行う。

キーワード: 古地磁気層序, エクスカージョン, 北極海

Keywords: Magnetostratigraphy, Excursion, Arctic Ocean

地磁気極性境界を特徴づける Characterization of magnetic polarity boundaries

兵頭 政幸^{1*}

HYODO, Masayuki^{1*}

¹ 神戸大学

¹ Kobe University

地磁気極性層序はさまざまな分野で年代決定に用いられている。堆積速度が比較的一様な深海底堆積物の場合、表層から連続してコアを採取し古地磁気測定すれば信頼度の高い磁気層序年代決定ができる。しかし、陸上に露出した地層は長い時間をカバーしていないことが多いため古地磁気極性層序研究は難しい。その地層に絶対年代制約がない場合、極性境界が見つかって標準地磁気極性層序のどの境界に対比するかに自由度があるからである。しかし、各極性境界固有の特徴が明らかであれば、その自由度は減り対比の信頼度が高い磁気層序年代が決まる。本研究では、2.6Ma以降のクロン、サブクロンの境界についてこれまでに公表されている詳細な古地磁気および古気候データをレビューし、層序対比を確実なものにする極性境界固有の特徴づけが可能かどうかを検討する。また、磁気層序年代法がよく用いられる古人類学の分野で、特に重要な遺跡について、磁気層序年代法が適用された例を紹介する。

キーワード: 地磁気極性境界, 磁気層序, 気候層序, 人類の拡散

Keywords: geomagnetic polarity boundary, magnetostratigraphy, climatostratigraphy, hominid dispersion

掘削残留磁化に汚染された堆積物の古地磁気層序 : IODP Exp.322 を例にとって Magnetostatigraphy of sediments contaminated by drilling induced magnetization: A case study from IODP Exp. 322

小田 啓邦^{1*}, Xixi Zhao², Huaichung Wu³, 山本 由弦⁴, 北村 有迅⁴

ODA, Hirokuni^{1*}, Xixi Zhao², Huaichung Wu³, YAMAMOTO, Yuzuru⁴, KITAMURA, Yujin⁴

¹ 産業技術総合研究所, ² カリフォルニア大学サンタクルズ校, ³ 中国地球科学大学海洋学校, ⁴ 海洋研究開発機構

¹ Geological Survey of Japan, AIST, ² University of California, Santa Cruz, ³ China, ⁴ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Sediments recovered by drilling are often affected by drilling induced remanent magnetization (DIRM). Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Exp. 322 by D/V 'Chikyu' was one of such a drilling expedition. The DIRM might have been induced by the use of magnetic steel core barrels during rotary coring accompanied by the vibrations, frictions and twisting stress. In some cases, magnetization intensities of DIRM were more than ten times that of natural remanent magnetization (NRM). Typically, DIRM could have been removed by alternating field demagnetization (AFD) up to 10 mT. However, samples heavily contaminated by DIRM showed steep inclinations even after AFD up to several tens of mT. The samples were also contaminated by secondary magnetization during Brunhes (viscous remanent magnetization) and remagnetization events such as injection of fluids into the formation etc. In order to extract reliable polarity of primary magnetization at the time of deposition as far as possible, we conducted regression analysis proposed by Kirschvink (1980) extensively with the aid of PaleoMag developed by Craig Jones (http://cires.colorado.edu/people/jones.craig/CHJ_PMag_overview.html).

The procedure is based on the recognition of linear segments and/or great circles depending on the contamination levels and degree of overlap on the coercivity spectrum. We could maximize the recognition of reversed polarity interval and minimize the misinterpretation of normal polarity interval at the same time. Some of the samples were identified as doubtful based on clear criteria. Finally we present the resulting magnetostratigraphic interpretation for Hole C0011B and C0012A of Exp.322.

[Reference]

Kirschvink, J. L., The least-square line and plane and the analysis of paleomagnetic data, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 62, 699-718, 1980.

Keywords: magnetostratigraphy, drilling induced remanent magnetization, Miocene, Pliocene, decontamination, remagnetization circle