

西南日本の古地磁気偏角は日本海拡大時のコヒーレント時計回り回転が原因か？

Did clockwise rotation of coherent SW Japan case paleomagnetic declinations observed there?

*眞島 英壽¹

*Hidehisa Mashima¹

1. 明治大学黒耀石研究センター

1. Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

岩石試料の古地磁気偏角は大規模造構ドメインの一体回転から、断層で区切られた小地塊のブロック回転、横ずれ運動による剪断変形など、さまざまなスケールとモードの水平回転によって生じうる。古地磁気偏角の原因を推定するには、断層や褶曲軸の方向など地質構造に基づく考察が必要である。

西南日本で観察される東向き古地磁気偏角は、日本海拡大についてのいわゆる観音開きモデルの重要な証拠と見なされている (Otofujii, 1996)。しかし、古地磁気偏角をもたらした回転スケールについての地質学的裏付けが不十分である。観音開き説では西南日本古生統を韓半島沃川帯の延長と見なすが、この対比が不適切であることはMatsumoto (1967)や市川(1972)によってすでに指摘されている。さらに観音開き説は北部九州と近隣造構区の地質学的関係に矛盾する。北部九州背振山地の白亜紀花崗岩と韓半島南東部白亜系にはNNE-SSW断層が卓越しており、北部九州が韓半島に対して相対水平回転を行ったことを示さない。また古第三系北部九州堆積盆と東シナ海陸棚堆積盆には共通してNNW-SSE~NW-SE断層が発達しており、北部九州は東シナ海に対して有意な相対水平回転を行ったと考えるもの困難である。北東九州から西中国地方に分布する先白亜系にはENE-WSW褶曲や断層が発達しており、北部九州が西中国地方に対して水平回転を行ったと考えるのも困難である。

これらの地質学的証拠から西南日本の東向き古地磁気偏角の原因は、西南日本の一体回転ではなく、断層で区切られた小地塊のブロック回転と見なさざるを得ない。古地磁気偏角量が西中国地方から北西九州へむけて減少すること (Ishikawa, 1997) 沈み込むフィリピン海プレートの形状から、このブロック回転の原因は上盤西南日本と下盤四国海盆の力学的相互作用が原因であったと推定される。

キーワード：古地磁気偏角、日本海拡大、西南日本、地質構造、ブロック回転

Keywords: paleomagnetic declinations, the Japan Sea opening, Southwest Japan, geological structure, block rotation

日本列島の観音開き運動の再考-古地磁気データとGPSデータの比較

Reconsideration for motion of Japan since 25Ma, comparison between GPS data and Paleomagnetic data

*原田 靖¹

*Yasushi Harada¹

1. 東海大学 海洋学部 海洋地球科学科

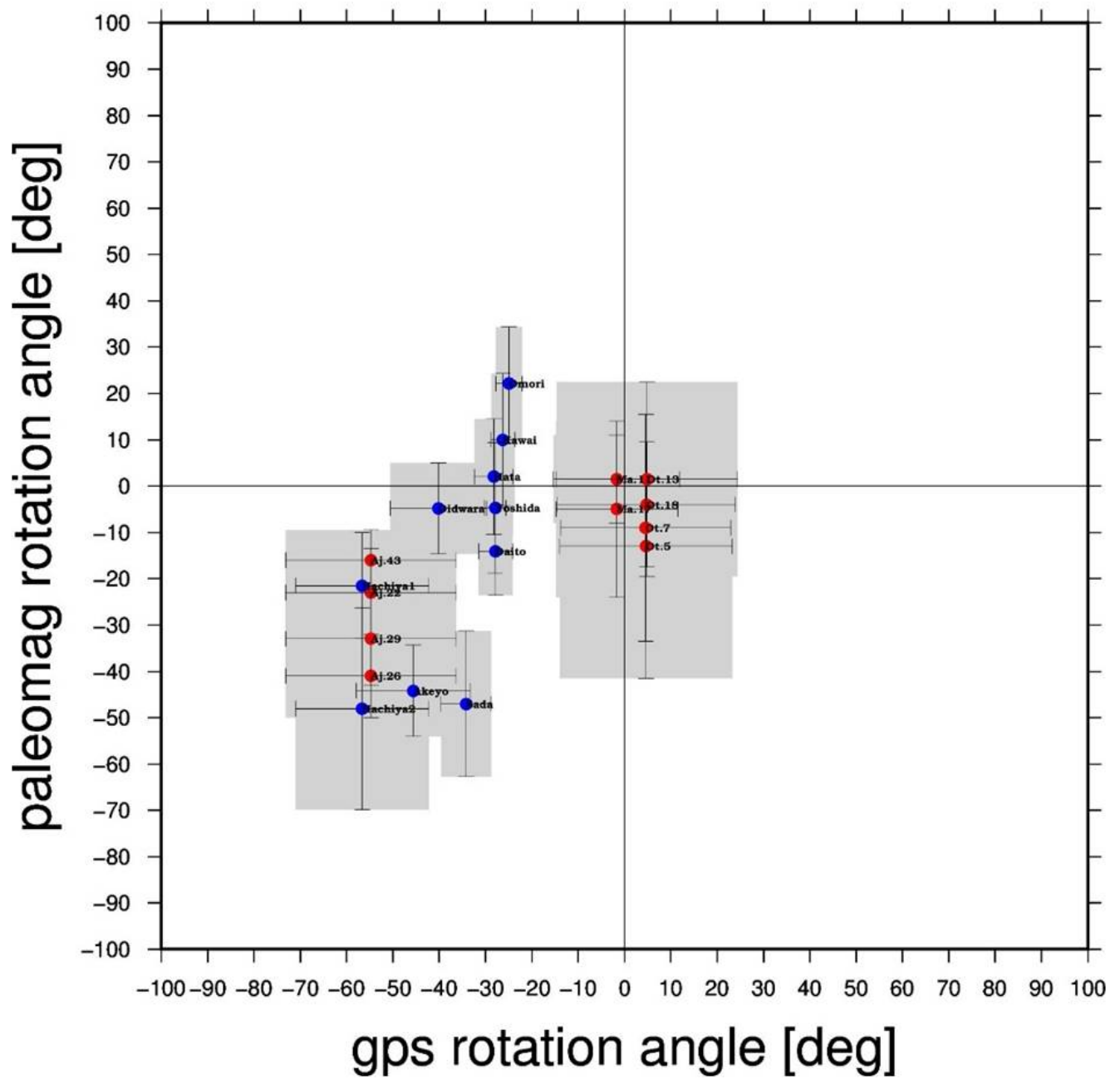
1. School of Marine Science and Technology, Tokai University

JpGU 2016において、勝間田らは南米大陸の古地磁気回転角データとGPSデータの変動方向を過去に外挿し白亜紀から現在までの地殻変動による回転角を計算して両者を定量的に比較したところ、正の相関が得られた。古地磁気データの時間スケールは数千万年、GPSは数十年なので10の6乗も異なるデータを比較して正の相関が存在することから、GPSのデータには数千万年スケールの地殻変動を含んでいると強く示唆された。

本公演では、上と同じ手法を用いて日本列島の逆観音開き運動(Otofuji et al., 1985)に対して行った。尚この研究は丹羽、山岡, 2017(東海大学海洋学部2016年度卒業論文)の結果である。本研究で使った古地磁気データは、東北日本においては、Yamazaki, 1988、西南日本においては、Hoshi et al., 2015であり、GPSデータはIGSが管理する国際GNSSデータと国土地理院のF3解を使用した。GPSデータには地震活動に伴う変動をなるべく含まない様に観測点数を厳選して出来るだけ20年程度の観測期間中に運動方向が定常になっている観測点を選んだ。古地磁気データからは、観測点から見た見かけの磁北極の位置からその場所の回転角をデータを用い、GPSから求まる1年あたりの回転量を面的に過去に外挿して両回転角を各古地磁気観測点毎に直接比較した。図の横軸がGPSから推定されるそれぞれの回転角、縦軸が古地磁気回転角である。赤点が東北日本の点、青点が西南日本の古地磁気観測データである。両者は大まかに第1、第3象限にまとめ、日本の場合についても南米大陸の結果と同じくGPSデータに約2千5百万年間の長期成分が含まれていることが強く示唆される。日本列島の逆観音開き運動は、約10Maに止まっている(高橋、安藤,2016)という考え方があるが、本研究の結果からこの運動は現在も継続中であると結論付けられる。

キーワード：GPSデータ、古地磁気データ、日本列島の観音開き運動

Keywords: GPS data, Paleomagnetic data, Rotations of North-east and South-west Japan



中央インド洋海嶺Kairei熱水フィールドを支えるオフアキシス火山活動の磁気マッピング

Near-seafloor magnetic mapping for understanding off-axis volcanism hosting the Kairei hydrothermal field in the Central Indian Ridge

*藤井 昌和¹、沖野 郷子²

*Masakazu Fujii¹, Kyoko Okino²

1. 国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2. 東京大学大気海洋研究所
1. National Institute of Polar Research and SOKENDAI, 2. AORI, UTokyo

We report the case study of near-seafloor magnetic mapping of the off-axis volcanic knoll, namely the Hakuho knoll, located in the Central Indian Ridge. The Kairei hydrothermal field known as the system related to mafic as well as ultramafic host rocks is distributed on top of the Hakuho knoll [e.g., Nakamura *et al.*, 2009]. Three dive surveys were conducted during the R/V Yokosuka cruises of YK05-16_leg1, YK09-13_leg2, and YK13-03. A three-axes fluxgate-type magnetometer “*Shinkai Miniko*” developed by the AORI, UTokyo, was attached to the submersible *Shinkai 6500* and vector magnetic fields were successfully measured during dives of 6K#918, 6K#1171, and 6K#1332. Submersible tracks cover the Hakuho knoll especially in the western slope at 2,200–3,000 m depth, northern slope at 2,700–3,200 m depth, and the foot of eastern slope at 2,900–3,200 m depth.

The observed data were first corrected for the effects of induced and permanent magnetizations of the submersible to obtain regional magnetic anomalies after subtraction of the International Geomagnetic Reference Field (IGRF) [Isezaki, 1986]. Then, two-dimensional forward modeling and inversion technique were applied to estimate absolute and equivalent magnetization under consideration of topography and altitude variation [Honsho *et al.*, 2009; Fujii *et al.*, 2015].

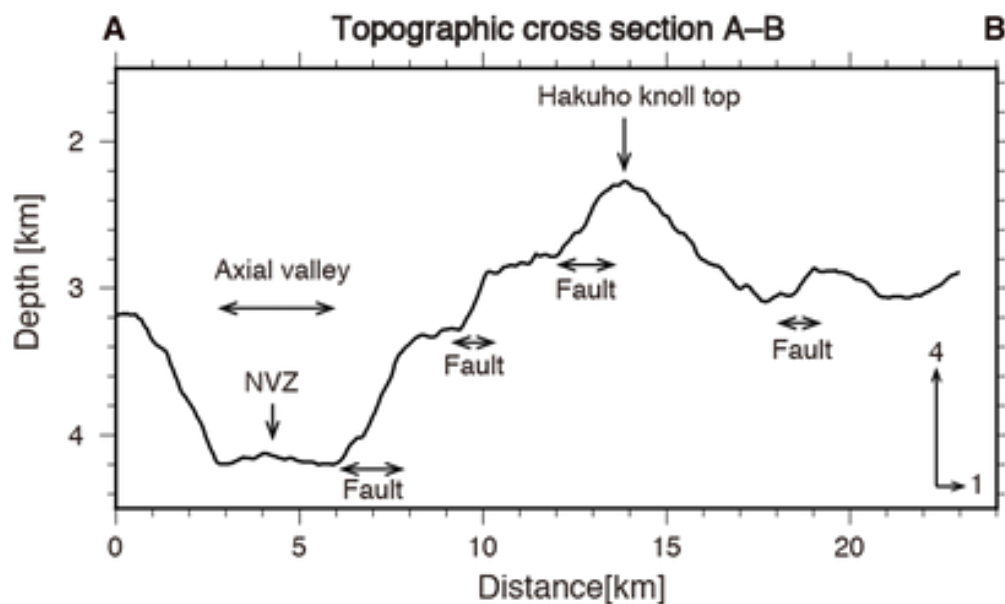
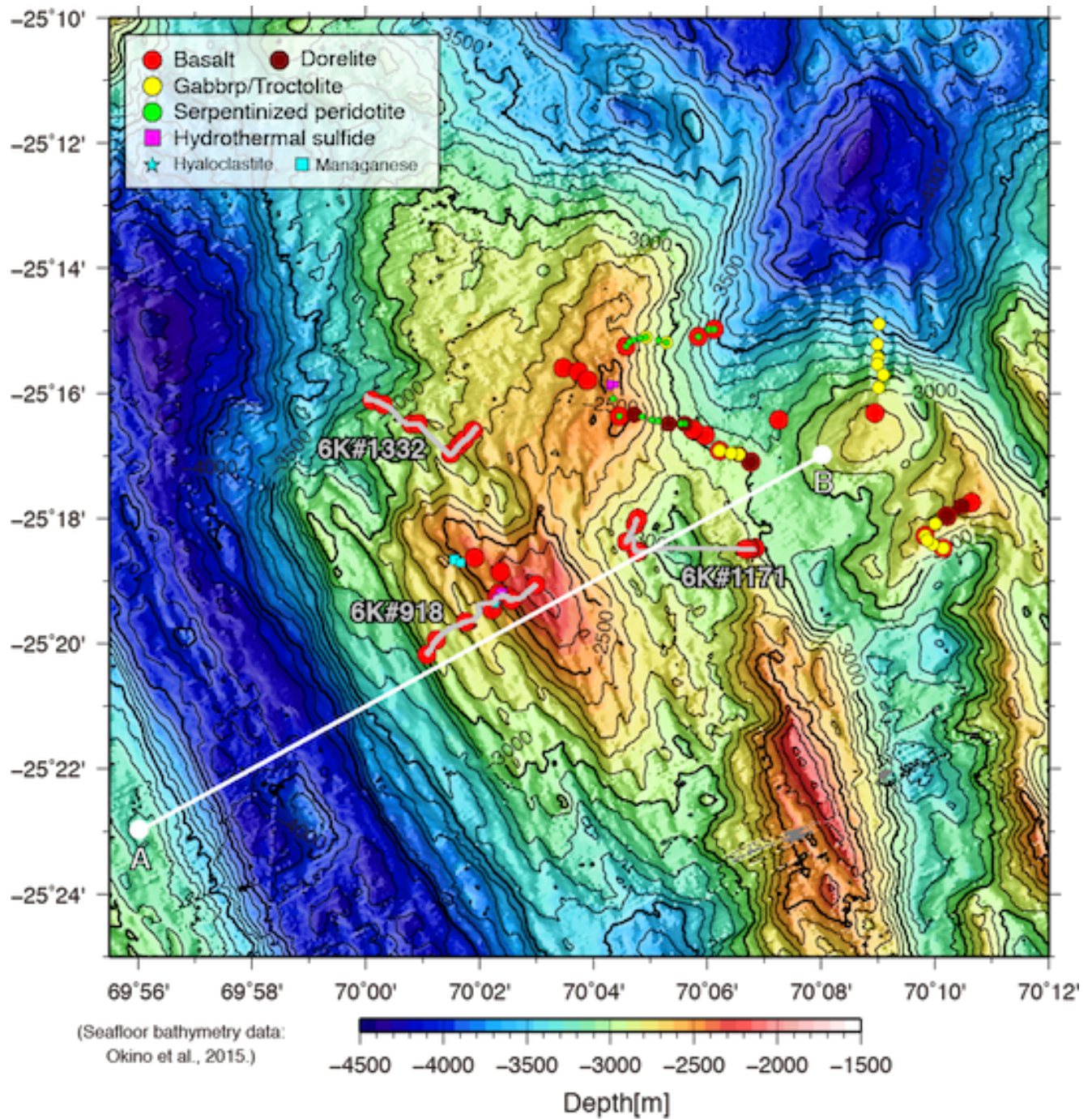
The variation pattern of observed magnetic anomalies above lava flows in the western slope of the Hakuho knoll is in phase with that of synthetic magnetic anomalies calculated for simple assumption with magnetization direction parallel to the IGRF and infinite source layer. This result suggests that these lava flows preserve normal magnetic polarity corresponding to the Brunhes Chron. Estimated absolute magnetization intensity shows up to 20 A/m in this area, which is comparable to crustal magnetization demonstrating the recent volcanic activity [Honsho *et al.*, 2009]. These signatures were certainly observed in both vertical and horizontal components of magnetic anomalies. The Kairei hydrothermal field is characterized by low coherence between observed and modeled anomalies, and low values of magnetization, suggesting that magnetic minerals within basaltic basement were altered into non-magnetic minerals and/or clay minerals due to the oxidative reaction with hydrothermal fluids.

[References]

- Isezaki, N. (1986), GEOPHYSICS, doi:10.1190/1.1442054.
Fujii, M., K. Okino, C. Honsho, J. Dyment, F. Sztikar, N. Mochizuki, and M. Asada (2015), Journal of Geophysical Research: Solid Earth, doi:10.1002/2014JB011714.
Honsho, C., J. Dyment, K. Tamaki, M. Ravilly, H. Horen, and P. Gente (2009), Journal of Geophysical Research: Solid Earth, doi:10.1029/2008JB005915.
Nakamura, K., T. Morishita, W. Bach, F. Klein, K. Hara, K. Okino, K. Takai, and H. Kumagai (2009), Earth and Planetary Science Letters, doi:10.1016/j.epsl.2009.01.024.

キーワード：中央海嶺プロセス、オフアキス火成活動、熱水システム、磁気異常、中央インド洋海嶺、Kairei熱水フィールド

Keywords: Mid-ocean ridge process, Off-axis volcanism, Hydrothermal systems, Magnetic anomaly, Central Indian Ridge, Kairei hydrothermal field



南極周辺の磁気異常マッピングについて

Magnetic anomaly mapping around Antarctica

*野木 義史¹

*Yoshifumi Nogi¹

1. 国立極地研究所

1. National Institute of Polar Research

Magnetic anomaly data plays an important role in understanding crustal architecture and tectonics in the Antarctic region. Magnetic anomalies obtained in the East Antarctic are used for identification of the tectonic elements and geological structures. Geodynamics and tectonic evolution of the supercontinents such as Rodinia and Gondwana are deduced from those. On the other hand, offshore magnetic anomaly data around the East Antarctic provide information on seafloor spreading history, and the breakup process and mechanism of supercontinent Gondwana are derived from those in consequence. However, magnetic anomaly observation around Antarctica, especially around the East Antarctic, are still sparse, and the detailed tectonic evolution and fragmentation process of the supercontinents remain unknown. Magnetic anomalies in Antarctica obtained near-surface and satellite magnetic observations have been compiled by the Antarctic Digital Magnetic Anomaly Project (ADMMap) working group under the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). The ADMMap anomaly grid was completed in 2000 and helps to understand the geological and tectonic history around Antarctica. To produce the next generation magnetic anomaly map for the Antarctic, an ADMMap-2 has been started to integrate the new survey data into the database.

As an example of magnetic anomaly observations around the Antarctica, magnetic anomaly observations have been carried out around Syowa Station, the Japanese Antarctic wintering Station in Lützow-Holm Bay, by the shipborne, airborne and ground surveys to elucidate the tectonic evolution and breakup process of Gondwana. The area around Syowa Station is considered to be a junction of Africa, India, Madagascar, and Antarctic continents from the reconstruction model of Gondwana. Therefore, this area is a key to investigate the formation and fragmentation of Gondwana. The shipborne, airborne and ground survey data around Syowa Station made advances in understanding the tectonic evolution in this area. In particular, several characteristic features that may be related to the tectonic evolution of Gondwana were inferred primarily from magnetic anomalies by joint Japanese-German airborne geophysical surveys. A part of those magnetic data have already been used in ADMMap and new data will be incorporated into an ADMMap-2.

The present status of magnetic anomaly map around Antarctica is presented, and the examples of geological structures and the tectonic history deduced from magnetic anomaly map are introduced. Future perspective of magnetic anomaly map in Antarctica is also addressed.

キーワード：地磁気異常、南極、地質構造、テクトニクス

Keywords: magnetic anomaly, Antarctica, geological structure, tectonics

Examination of local geomagnetic jerks using wavelet analysis

*清水 久芳¹、歌田 久司¹

*Hisayoshi Shimizu¹, Hisashi Utada¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Wavelet analysis can be used to identify singular behavior in time-series by using an appropriate analyzing wavelet. Detection of geomagnetic jerks, sudden variation of secular acceleration of the geomagnetic field components, has been tried using third time-derivative of a Gaussian as the analyzing wavelet and it has been confirmed that geomagnetic jerks occurred globally around 1968 and 1978 (Alexandrescu et al., 1995). Location of extrema lines of the wavelet transform in the time-dilation diagram and the absolute value of the wavelet transform along the extrema lines, ridge functions, were used to identify the geomagnetic jerks and to discuss regularity of them.

Observation of geomagnetic field using satellites allowed identifying local geomagnetic jerks of 2003 and 2007 (e.g. Chulliat et al., 2010), whose signatures are seen strongly in south Atlantic region in secular acceleration map. We attempted to analyze the two local geomagnetic jerks by applying a wavelet analysis on time series of magnetic field at geomagnetic observatories. The analyzing wavelet is the same as that used by Alexandrescu et al. (1995). The two local geomagnetic jerks were successfully identified in wavelet transform at Mbour (MBO, Senegal), but only the one around 2007 was identified in that at Chambon la Foret (CLF, France). The global jerks and local jerk around 2003 at MBO showed similar regularity. However, the regularity of the local jerk around 2007 at MBO and CLF is higher than that of the other jerks. These results might imply that the generation mechanism of the local geomagnetic jerk around 2007 is different from those occurred globally around 1969 and 1978 and locally around 2003.

Reference:

Alexandrescu, M. et al., 1995, *JGR*, 100, 12,557-12,572.

Chulliat, A. et al., 2010, *GRL*, 37, L0730.

コア角運動量経年変化と地磁気モデルの永年加速

Interannual fluctuations of the core angular momentum and the secular acceleration of geomagnetic models

*浅利 晴紀^{1,2}、Wardnski Ingo³

*Seiki Asari^{1,2}, Ingo Wardinski³

1. ポツダム大学 数理研究科、2. GFZドイツ地球科学研究センター、3. ナント大学 惑星科学・地球ダイナミクス研究所
1. Institute for Mathematics, University of Potsdam, Germany, 2. GFZ Helmholtz-Centre Potsdam, German Research Centre for Geosciences, Germany, 3. Laboratory of Planetology and Geodynamics, University of Nantes, France

近年の衛星地磁気モデルは経年コアダイナミクスの存在を示唆している。しかし、その磁場変動の振幅の小ささがゆえ、コア流体の流れ場の経年変化及びそれに伴うコア角運動量 (CAM) の振動を特定することは容易な問題ではない。この振動の位相は、地磁気モデルの一つであるC³FM2から逆推定される多種多様な流れ場モデルを用いたCAM変動の計算により、堅く制約されることが既に示されている。本発表では、位相の推定は地磁気モデルの永年加速 (SA) に依存し、衛星観測時代以前に関しては依然として大きな不確実性があることを議論する。推定される位相は、異なる地磁気モデルC³FM2、gufm1、COV-OBSに対してばらつく。これらのモデルの違いはSAの表現において明瞭なものとなる。衛星地磁気モデルGRIMM3のSA時系列と比較して、C³FM2は過剰に滑らか、他の二つはパラメータ密度不足であり、いずれも妥当なSAモデルとは認め難い。衛星モデルのSAを参照してC³FM2の時間的平滑化を是正することにより、経年CAM振動をより正確に解像する上で同モデルが最適化されることが期待される。

キーワード：コア、地球磁場、逆推定、衛星観測、地球回転、経年変化

Keywords: Core, Geomagnetic field, Inverse modelling, Satellite observation, Earth rotation, Interannual variation

南部沖縄トラフで起こる海底火山活動の分類に向けた岩石磁気研究 Rock magnetic study applied to characterization of back-arc volcanism in the southern Okinawa Trough

*藤井 昌和¹、佐藤 暢²

*Masakazu Fujii¹, Hiroshi Sato²

1. 国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2. 専修大学

1. National Institute of Polar Research and SOKENDAI, 2. Senshu Univ.

The Okinawa Trough is a back-arc basin located behind the Ryukyu arc-trench system. Its southern part is characterized by active rifting structures and complex arc-back-arc volcanism along the depression and is believed to represent a transition from a rifting stage to initial spreading [e.g., *Sibuet et al.*, 1987]. The southern Okinawa Trough has a unique key to understand the first stage of oceanic lithosphere evolution, however the spatial distribution of the volcanism as well as their magma type remains unclear. It is needed to conduct extensive geophysical mapping such as magnetic anomaly in which signal is sensitive to volcanic edifices due to the rich magnetic minerals (mainly titanomagnetite) within volcanic rock. In order to establish a useful benchmark for understanding magnetic anomalies associated with arc-back-arc volcanism, we performed comprehensive rock magnetic analysis and petrological studies of seafloor rock samples collected in the southern Okinawa Trough. The measurements were conducted for basalt from the Yaeyama Ridge (YR) and Irabu knolls (IKs), dacite from the Hatoma knoll (HK), and rhyolite and pumice from the Tarama Knoll (TK).

The natural remanent magnetization intensity shows 0.3–175.2 A/m in the YR, 0.8–214.4 A/m in the IKs, <0.1–3.8 A/m in the HK, and 3.1 A/m for dacite and 0.1–0.2 A/m for pumice in the TK. The magnetic susceptibility of all samples is too low to induce magnetic field under geomagnetic field intensity comparing with NRM intensity; all samples shows Koenigsberger ratio (Q) much higher than 1. The NRM intensity of volcanic rocks may vary in relation to several factors such as the geomagnetic field strength at the timing of remanence acquisition, amount and type of magnetic minerals, grain chemistry such as Ti content of titanomagnetite, magnetic domain state controlled by grain size distribution, and the degree of low-temperature oxidation. Therefore, we carefully examined magnetic properties, petrography, and geochemical signatures for understanding rock-to-rock NRM variation.

Thermomagnetic curves of volcanic rocks with low NRM (<1 A/m) from the YR, IKs, and HK show irreversible and complex Curie temperatures, suggesting these samples have been affected by hydrothermally alteration and/or oxidation which considerably decreases the NRM [e.g., *Gee and Kent*, 1994]. Low NRM of pumice samples from the TK is likely explained by low amount of titanomagnetite due to lack of iron oxide minerals. The NRM difference between rhyolite and basalt is certainly explained by difference of iron content, which is diluted by the silica content in magma evolution. A rhyolite sample from the TK (HPD#1109R01) contains titanomagnetite as the magnetic carrier with a Curie temperature of 490°C (equivalent to $x = 0.15$ in $\text{Fe}_3\text{-xTi}_x\text{O}_4$) and shows coercivity ration (H_{cr}/H_c) of 2.42 and remanence ration (M_r/M_s) of 0.16, which is regarded as the magnetic domain state of pseudo single domain (PSD). One basaltic rock from the IKs (HPD#1330G02) shows similar Curie temperature of 480°C (equivalent to $x = 0.16$), and PSD signature ($H_{cr}/H_c = 2.64$ and $M_r/M_s = 0.10$). In addition, both samples show reversible thermomagnetic curves, suggesting that they have not been affected by low-temperature oxidation (magnetization); very fresh. Therefore, the acquisition timing of their thermal remanent

magnetization is considered to be almost the same, and the effect of geomagnetic field strength as well as the degree of low-temperature oxidation can be ignored for explanation of NRM intensity variations. The titanomagnetite amount of HPD#1109R01, at 0.9 wt.%, is about one-third that of HPD#1330G02, at 3.1 wt.%. This result is consistent with the bulk rock geochemistry showing that iron content of HPD#1109R01 as Fe₂O₃ at 3.2% is about one-third that of HPD#1330G02, at 11.2% [T. Nozaki, personal communication]. The NRM intensity of HPD#1109R01, at 3.1 A/m, is also about one-third that of HPD#1330G02, at 9.4 A/m. These results indicate that the lower NRM intensity of rhyolite from the TK was caused mainly by a smaller titanomagnetite content owing to low iron content diluted by the silica content.

キーワード：背弧火成活動、沖縄トラフ、岩石磁気

Keywords: Back-arc volcanism, Okinawa Trough, Rock magnetism

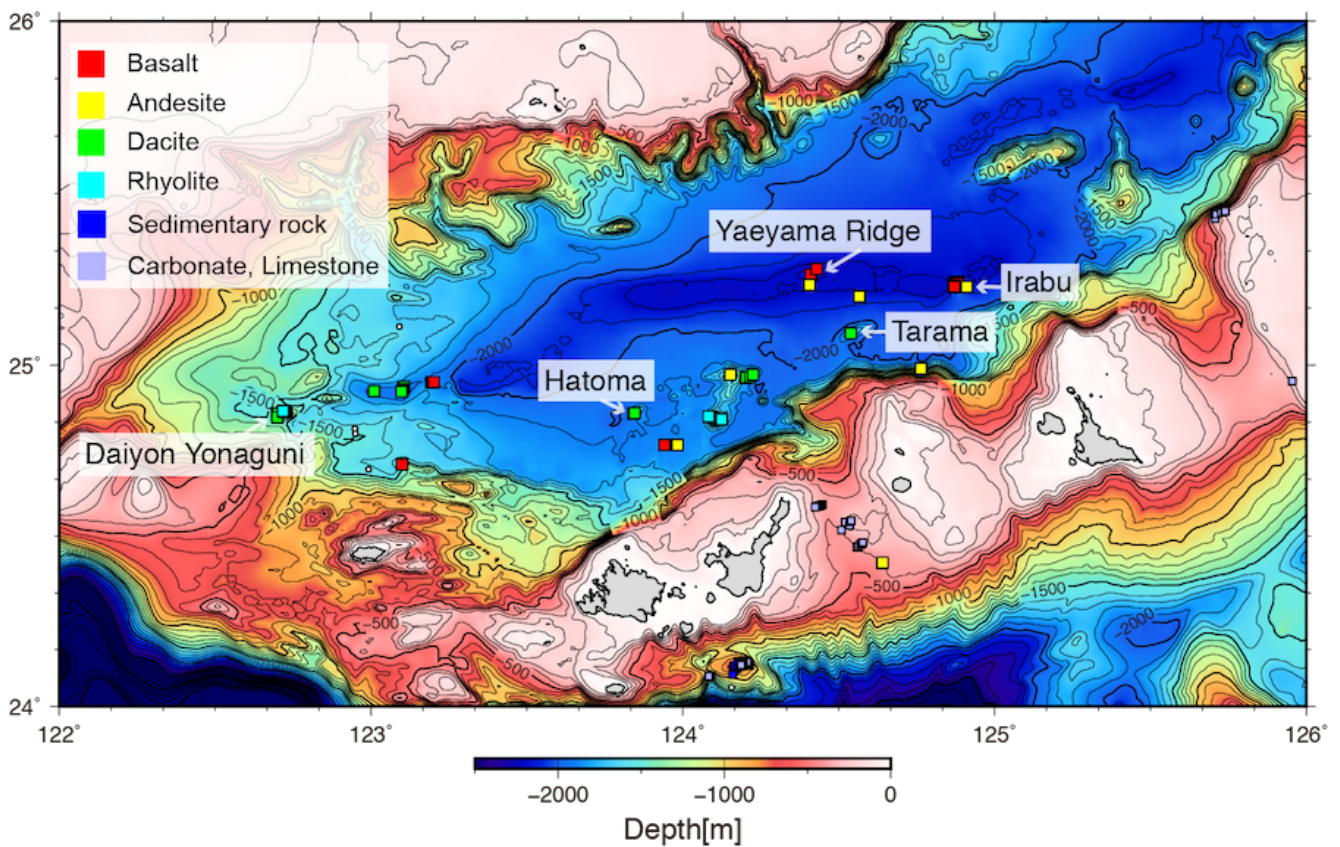


Figure. Seafloor bathymetric map of the southern Okinawa Trough. Squares show rock type of collected samples including basalt (red), andesite (yellow), dacite (green), rhyolite (sky blue), sedimentary rock (blue), and carbonate and limestone (light blue). Data of rock type and location from the GANSEKI database (<http://www.godac.jamstec.go.jp/ganseki>) managed by JAMSTEC.

篠窯跡群西山古窯の古地磁気・岩石磁気

Paleomagnetism and rock magnetism of Nishiyama old kilns of Shino old kiln complex

*畠山 唯達¹、北原 優²

*Tadahiro Hatakeyama¹, Yu Kitahara²

1. 岡山理科大学情報処理センター、2. 九州大学大学院地球社会統合科学府

1. Information Processing Center, Okayama University of Science, 2. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society

須恵器は主に5～10世紀に日本各地で生産され、その後多くの陶器へと進化していった。須恵器は高温かつ還元的環境で焼成されるため、磁鉄鉱が主要磁性鉱物となりやすく古地磁気研究にはうってつけである。これまでに大阪府陶邑遺跡をはじめとする全国の遺跡で須恵器窯跡および須恵器陶片に対する古地磁気研究がおこなわれてきた。

今回対象とする篠窯跡群は京都の西、京都府亀岡市に位置し、総数100基以上の巨大な窯跡群である。登り窯の型式も複数にわたり、須恵器だけでなく緑釉陶器や瓦なども同一の窯で清算していたことが分かっている。篠における須恵器生産は陶邑よりも遅く、その最盛期も8世紀以降と考えられている。そのため、陶邑等他の窯跡群よりも時代が遅い地磁気の様子、とくに9～11世紀の間に大きく地磁気方位が変化した様子を観察するのに適している。また、この期間は過去の古地磁気測定が他時代と比べて少なく、現代的手法を用いた古地磁気データの追加は、地磁気永年変化研究や年代推定法の充実にも有用である。

我々は、篠窯跡群西山1号窯跡の2基(1-1号、1-2号)から定方位にて試料を採取し、古地磁気・岩石磁気測定を行った。2つの窯の古地磁気方位はすこし離れていて時代の違いを示すものであるが、土器の型式および窯・灰原の層序学的関係から指摘される時代ギャップと一致している。また、2つの古窯の古地磁気年代推定は、従来の地磁気永年変化モデル(広岡, 1977)を使用すると考古学年代よりも1世紀ほど若くなるが、最近の我々のモデルを使用するとほぼ一致することが分かった。

キーワード：古地磁気、岩石磁気、考古学

Keywords: Paleomagnetism, Rock magnetism, Archaeology

篠窯跡群西山1号窯跡の考古地磁気強度－複数の手法によるクロス チェックの試み－

Archaeointensity of Nishiyama 1st Kiln of Shino Old Kiln Complex –the Attempt for Cross Check by Multi Methods –

*北原 優¹、山本 裕二²、大野 正夫³、畠山 唯達⁴

*Yu Kitahara¹, Yuhji Yamamoto², Masao Ohno³, Tadahiro Hatakeyama⁴

1. 九州大学 大学院 地球社会統合科学府、2. 高知大学 海洋コア総合研究センター、3. 九州大学 大学院 比較社会文化研究
院、4. 岡山理科大学 情報処理センター

1. Graduate School of Integrated Science for Global Society, Kyushu University, 2. Center for Advanced Marine Core
Research, Kochi University, 3. Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 4. Information Processing
Center, Okayama University of Science

日本における考古地磁気学に関する研究は、近年ますます盛んに行われるようになり、考古学の現場においてもその注目度が徐々に高まりつつある。しかしながら、その実践の多くは標準曲線との対比によって年代決定が可能な古地磁気方位に関してであり、いまだ標準曲線が確立されておらず、実験手法も複雑な古地磁気強度に関する研究は、わずかな例 (e.g. 酒井ほか, 2015) を除いてほとんど行われていないというのが現状である。発表者らは、これらの状況を憂慮して、古窯の焼土を用いた考古地磁気強度の復元を数年前より行っている。とくに、既に発掘に伴って試料が採取されているものの消磁がなされていない試料がある遺跡については、強度実験そのものの妥当性を検証するために綱川－ショー法 (Yamamoto et al., 2003) とIZZI－テリエ法 (Tauxe and Staudigel, 2004) の2種類の実験手法で強度を求め、その値が一致するかどうかクロスチェックすることを試みている。発表者らはこれまでに岡山県備前市の佐山東山奥窯跡において採取された焼土試料に対してこのようなクロスチェックを行い、2つの異なる手法によって得られた強度値が10%以内で一致することを確認している (北原ほか, SGEPPS 2016年大会)。

発表者らは今回、新たな事例研究として、京都府亀岡市に位置する篠窯跡群西山1号窯跡の床面から採取された焼土試料を用いたクロスチェック研究を行うことにした。なお本試料に対しては、すでに古地磁気方位測定が実施されており、信頼度が高く、考古学的見解ともきわめて整合的な結果が得られている (畠山ほか, 2017年連合大会)。現時点においては、窯体内から採取された3試片 (ブロック試料から加工された1.5 cmキューブ) および焚口の外から採取された1試片に対する綱川－ショー法実験と、同様の場所から採取された3+1試片に対するIZZI－テリエ法実験が終了している。ショー法に関しては、窯体内の3試片から 37.6 ± 3.8 uT (変動係数=10.0%, 合格率=100%) という結果が得られている。また焚口の外の試片のショー法の値は26.3 uTであり、窯体内試料の平均値と有意に異なる値を示すことが確認されている。一方、テリエ法に関しては、すべてのグラフが下向きに湾曲し直線区間が認定できなかった。今後はとくにテリエ法に関して実験を重ね、手法間でのクロスチェックを進めていく予定である。

キーワード：考古地磁気強度、綱川－ショー法、IZZI－テリエ法、クロスチェック、須恵器古窯

Keywords: Archaeointensity, Tsunakawa-Shaw Method, IZZI-Thellier Method, Cross Check, Sue Ware Old
Kiln

反磁性物質および常磁性物質の磁気分離

Magnetic separation of diamagnetic grains and paramagnetic grains in general

*植田 千秋¹、寺田 健太郎¹、久好 圭治¹

*Chiaki Uyeda¹, Kentaro Terada¹, Keiji Hisayoshi¹

1. 大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻

1. Institute of earth and Space Science Graduate School of Science Osaka University

固体粒子の磁気分離は、これまで強磁性、フェリ磁性および一強い常磁性物質のみに用いられてきた。磁気分離は粒子内に発生する磁氣的ポテンシャルによって引き起こされるが、このポテンシャル自体は、反磁性体や常磁性体においても、磁気天秤などの測定で、古くから利用されてきた。磁場勾配が存在する微小重力空間に開放された固体粒子は、その磁性によらず、並進することが近年報告され、その速度は（磁場空間が共通の場合）、物質固有の磁化率のみに依存することが確認された[1][2]。同じ原理を用いて、今回、種類の異なる粒子の集団を磁気分離できることを確認したので、その結果を報告する[3]。

分離の前提となる微小重力は、小型の落下ボックス（30×30×20cm）を、長さ1.8mのシャフト内で落下して発生させた（微小重力継続時間<0.5秒）。上記のボックス内には、ネオジム磁石製の磁気回路(磁場強度<0.8T)、試料および磁気回路を収容するガラス製真空容器（内圧<100 Pa）、照明器具およびハイスピードカメラを配置し、微小重力時間内の粒子の運動を録画した。上記の磁気回路は、一方向に単調減少する磁場空間を発生するので、その中の一点に、前述の粒子集団をセットした。その結果、微小重力発生直後に、反磁性鉱物は磁場の外へ並進し、一方、常磁性粒子は磁場中心方向に並進した。その後、これらの粒子は、それぞれの方向にセットした2枚の回収板の上に、物質ごとに異なる粒子群として回収された(YouTube: Magnetic separation of general solid particles realized by a permanent magnet参照)。

×軸方向に単調に変化する磁場空間において、質量 m (g)の粒子には、 $ma = mXB(x)[dB(x)/d(x)]$ の運動方程式に従う並進運動が発生するが、共通の磁場空間の中では、その加速度 a は質量 m に依存せず、物質固有の磁化率 X (emu/g)のみに依存する[1]。今回、観測した粒子の加速度からその X 値が得られ、それらは全て文献値と一致した。これにより観測された分離が、上記の方程式に従って進行することが確認された[3]。今回の実験で現存する反磁性体および常磁性体により、固体全体で磁気分離が実現する展望が得られた。物質科学の諸分野では、異種粒子の混合体を対象とする事が多いが、今回の分離技術はその分析の前処理過程として利用できる。一方で、宇宙・地球の諸領域に遍在する磁場勾配によって、その領域に多数存在する固体粒子が物質分離する可能性も、現時点では排除できない[3]。

References

- [1] K. Hisayoshi, S. Kanou and C. Uyeda : Phys.:Conf. Ser., 156 (2009) 012021.
- [2] C. Uyeda, K. Hisayoshi, and S. Kanou : Jpn. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 064709.
- [3] K. Hisayoshi, C. Uyeda and K. Terada : Sci. Rep. (Nature Pub) 6 (2016) 38431

キーワード：磁気分離、一般の常磁性粒子、微小重力、反磁性粒子

Keywords: magnetic separation, paramagnetic grain, microgravity, diamagnetic grain

巨礫の粘性残留磁気を用いた年代推定

Applying paleomagnetic viscous dating to erratic boulders

*佐藤 哲郎¹、中村 教博²、後藤 和久³、熊谷 祐穂¹、山田 昌樹⁴

*Tetsuro Sato¹, Norihiro Nakamura², Kazuhisa Goto³, Yuho Kumagai¹, Masaki Yamada⁴

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 東北大学高度教養教育・学生支援機構、3. 東北大学災害科学国際研究所、4. 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球進化科学専攻

1. Graduate School of Earth Science, Tohoku University, 2. Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University, 3. International Research Institute of Disaster Science, 4. Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba

Unblocking temperatures of viscous remanent magnetization (VRM) predict the emplacement age of reworked boulders by Neel's magnetic relaxation theory of single-domain magnetite. If a rock is moved or re-oriented by geological processes, the remagnetization occurs partly and progressively with age, parallel to the present Earth's magnetic field. This remagnetization is probably due to natural VRM acquired at low temperature over a long time, disappears at a higher temperature in a short period in the laboratory. By assuming Neel's theory of magnetite, Pullaiah et al. (1975) have reported that an experimental combination of short relaxation time and high temperature for removing VRM can determine the unknown relaxation time (tsunami age) at room temperature. We have been applied the time-temperature relationship to tsunami boulders in several regions of pacific coast (e.g. Ishigaki Island, Japan), but their estimated ages showed anomalously old due to the high unblocking temperatures. It is believed that the presence of high unblocking temperatures yielding older ages is due to a magnetic aggregate including the admixtures of single-domains, pseudo-single-domains, and/or multi-domain grains. Sato et al. (2016) applied an extended time-temperature relationship based on a stretched exponential law to explain the blocking or unblocking in a complex magnetic aggregate. In our study, the extended time-temperature relationship modifies the curvature of unblocking curves of VRM, agreeing with the old VRM ages. Moreover, we synthetically magnetized partial thermoremanent magnetization (pTRM) to correctly identify the unblocking temperature of VRM. Particularly, the demagnetized samples were first given an pTRM as an original component. After changing set of sample direction to the magnetic field, these pTRMs were remagnetized in progressively higher temperature to generate the secondary pTRM which is a synthetic VRM. A secondary pTRM was then demagnetized by progressive thermal demagnetization with various hold durations. This new experimental method provides us multiple unblocking temperatures of VRM from a sample. Therefore, we can estimate the curvature of unblocking curves. Our findings show that the VRM has potential as an absolute dating tool for the determination of geologic events.

キーワード：粘性残留磁気、巨礫、温度時間関係

Keywords: viscous remanent magnetization, erratic boulder, time-temperature relationship

堆積物の化学リーチングによる磁性鉱物インクルージョンの環境磁気分析

Strong chemical treatment of sediments for environmental magnetic studies on mineral inclusions

*臼井 洋一¹、山崎 俊嗣^{2,1}、下野 貴也³

*Yoichi Usui¹, Toshitsugu Yamazaki^{2,1}, Takaya Shimono³

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 明治大学 研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

堆積物の化学リーチングは、堆積物から起源の異なる様々な成分（例えば風成塵、火山性粒子、生物源粒子、自生鉱物など）を分離する有効な方法である。しかし、化学処理は磁性鉱物にも影響するため、環境磁気学分野ではあまり用いられていない。近年、ケイ酸塩鉱物中の磁性鉱物インクルージョンの磁気測定が広く行われるようになっており、堆積物中のそうした鉱物の存在も改めて注目されてきている。磁性鉱物インクルージョンはケイ酸塩鉱物に保護されているため、強力な化学処理にも耐えうると考えられる。そこで我々は、堆積物から石英・長石だけを化学的に分離し岩石磁気測定を行った。用いた試料は南鳥島付近で採取された遠洋性赤色粘土である。未処理堆積物中の主要な磁性鉱物は、生物源磁鉄鉱とマグヘマイト化した磁鉄鉱である。また、南鳥島の位置から、石英は中国からの風成塵であり、長石は中国ないし伊豆ーマリアナ弧からの風成塵であると考えられる。

分離した石英・長石の飽和等温残留磁化は 10^{-4} Am²/kg程度であった。これは未処理堆積物の飽和等温残留磁化の1-5%程度に相当し、超電導磁力計やMPMSの感度内に十分に収まる。一方で、交番力磁力計によるヒステリシス測定は、長石からの常磁性シグナルが相対的に大きく困難であった。飽和等温残留磁化の熱消磁および低温磁気特性から、石英・長石は、化学的にほぼ純粋な磁鉄鉱を伴っていることが分かった。これは、未処理堆積物に見られたマグヘマイト化した磁鉄鉱とは明確に異なる。純粋な磁鉄鉱が長石からの離溶で生じているかを検証するために、さらにH₂SiO₆処理を行い、石英だけを分離した。予察的な測定では、石英もやはり純粋な磁鉄鉱を含んでおり、離溶磁鉄鉱ではなさそうである。これらの結果から、化学リーチングが磁性鉱物インクルージョンの分離に有用であることが確かめられた。さらに、純粋な磁鉄鉱インクルージョンが、中国からの風成塵の特徴である可能性が示唆される。

キーワード：環境磁気学、磁性鉱物インクルージョン、風成塵

Keywords: environmental magnetism, magnetic mineral inclusion, eolian dust

Exploration of pedogenic nanoscale particles causing magnetic enhancement in Chinese loess deposits

*佐野 拓郎¹、兵頭 政幸^{1,2}、松本 恵³、瀬戸 雄介¹

*Takuroh Sano¹, Masayuki Hyodo^{1,2}, Megumi Matsumoto³, Yusuke Seto¹

1. 神戸大学 理学研究科 惑星学専攻、2. 神戸大学 内海環境教育研究センター、3. 神戸大学 研究基盤センター

1. Department of Planetology, Kobe Univ., 2. Research Center for Inland Seas, Kobe Univ., 3. Center for Supports to Research and Education Activities, Kobe Univ.

Based on magnetic enhancement in paleosols, magnetic susceptibility (χ) and its frequency dependence (χ_{fd}) are widely accepted as reliable proxies of paleorainfall, and thus often used for estimation of the East Asian Summer Monsoon intensity in the Chinese Loess Plateau (CLP). In spite of its paleoclimatic importance, pedogenic particles causing magnetic enhancement have never been detected. We challenged this problem, using three sets of loess and paleosol samples from Lingtai and Xifeng in the central CLP. Each bulk sample was divided into three subsamples with different detrital grain size ranges (D1: $> 10 \mu\text{m}$, D2: $10\text{--}1 \mu\text{m}$, D3: $< 1 \mu\text{m}$), all of which were subjected to rock magnetic experiments including χ and χ_{fd} measurements, isothermal remanent magnetization (IRM) composition analyses and thermomagnetic analyses. The paleosol bulk samples show high χ values ranging from $116\text{--}177 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, which are 4.0–6.1 times higher than loess bulk samples, and 49.6–66.2 % of the magnetic enhancement is contributed by grains in D2 subsamples. Besides, values of χ_{fd} are also increased by 4.0–5.7 times for all paleosol bulk samples, and the enhanced χ_{fd} is dominantly contributed by D2 subsamples (61.0–77.0 %). The rock magnetic experiments reveal that pedogenic particles causing magnetic enhancement are magnetite and maghemite. Based on these results, scanning electron microscope (SEM) and transmission electron microscope (TEM) observations were conducted on magnetic extracts from D2 subsamples. As a result, we found nanoscale magnetite inclusions in weathered muscovite particles. These magnetite inclusions are secondarily produced through elution/oxidation of Fe compounds in muscovite during pedogenesis. The inclusions can explain the facts that the magnetic enhancement partly caused by superparamagnetic grains is mostly contributed by D2 size grains, and the main magnetic extracts are not detrital magnetite/maghemite grains but silicate minerals. Hence, we conclude the magnetite inclusions in weathered muscovite particles are the most likely candidate for pedogenic particles causing magnetic enhancement.

キーワード：中国レス、土壌化、磁気増大

Keywords: Chinese loess, Pedogenesis, Magnetic enhancement

Flooding history in Lake Nakaumi of western Japan inferred from sediment records during the last 700 years

*太田 雄貴^{1,2,3}、川幡 穂高^{1,2,3}、佐藤 高晴⁴、瀬戸 浩二⁵

*Yuki Ota^{1,2,3}, Hodaka Kawahata^{1,2,3}, Takaharu Sato⁴, Koji Seto⁵

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門、4. 広島大学総合科学研究科、5. 島根大学汽水域研究センター

1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Atmosphere Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 3. Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 5. Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University

Management of flood risk to local communities located near river mouths can benefit from a knowledge-based approach to flooding history. On some rivers in western Japan, flood events since the 16th century have been well documented in the literature. However, the data of those events are insufficient for an objective evaluation of flooding such as its intensity. Therefore, we analyzed a ¹⁴C-dated sediment core recovered from near the linashi River mouth in Lake Nakaumi, western Japan, and reconstructed extreme flooding records in the past 700 years from rock magnetism, grain-size distribution and sediment geochemistry. The sediment core contained three black layers, characterized by high magnetic susceptibility (MS), a low anhysteretic remanent magnetization to saturation isothermal remanent magnetization, a high total organic carbon (TOC) to total nitrogen ratio, and coarse mean grain size, that we identified as possible flooding event deposits. In addition, the chemical index of alteration was low and the TOC to total sulfur ratio was high in these layers, indicating intensified erosion sediments associated with more freshwater inflow due to the flood events. We tentatively correlated the three event deposits with historically documented flooding events along the linashi River in AD 1596, 1666, and 1826. The magnitudes of the variations in sedimentary properties relating to rock magnetism and geochemistry suggest that the smallest was the AD 1666 event.

キーワード：中海、洪水、堆積物

Keywords: Lake Nakaumi, Floods, Sediments

Consistent Matuyama-Brunhes magnetic transition records from depositional detrital and chemical remanent magnetizations from the Chiba Section, central Japan

熊澤 巨洋²、*兵頭 政幸^{1,2}、廣瀬 孝太郎^{1,2}、加藤 茂弘³、風岡 修⁴、荻津 達⁴、八武崎 寿史⁴

Koyo Kumazawa², *Masayuki Hyodo^{1,2}, Kotaro Hirose^{1,2}, Shigehiro Katoh³, Osamu Kazaoka⁴, Itaru Ogitsu⁴, Hisashi Yabusaki⁴

1. 神戸大学 内海環境教育研究センター、2. 神戸大学大学院理学研究科、3. 兵庫県立人と自然の博物館、4. 千葉県地質環境研究室

1. Research Center for Inland Seas, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kobe University, 3. Division of Natural History, Hyogo Museum of Nature and Human Activities, 4. Research Institute of Environmental Geology, Chiba

A detailed Matuyama-Brunhes (MB) magnetic polarity transition record has been reconstructed from the Chiba Section, central Japan. Oriented samples were collected every 10 cm from an 18-m thick marine sequence along the Yoro River. Rock magnetic and paleomagnetic experiments reveal that all of the sediments were deposited under anoxic environments, and natural remanent magnetizations are carried by magnetite and greigite throughout the sequence. Characteristic remanent magnetizations (ChRMs) isolated by thermal demagnetization (THD) and alternating field demagnetization (AFD) methods basically show consistent directions, except some differences. One of the major differences is the position of the MB boundary. It lies 115 ± 25 cm above the Byk-E tephra in the THD ChRMs, while 50 cm above the Byk-E tephra in the AFD ChRMs. We propose that the ChRM component isolated by THD is a depositional detrital remanent magnetization (DRM), and the component isolated by AFD is a depositional chemical remanent magnetization (CRM) carried by greigite. The latter is probably acquired in the subsurface pyrite formation process under anoxic environments. We found that the vertical paleomagnetic direction changes by the two methods are consistent when the AFD ChRM direction curve is shifted upward by 65 cm. This suggests that the lock-in depth of CRM is about 65 cm below that of DRM, and that the similar condition of remanence acquisition was kept for some time in the bottom of the basin.

キーワード：堆積化学残留磁化、堆積残留磁化、マツヤマブリュンヌ地磁気逆転、グレイガイト、マグネタイト

Keywords: depositional chemical remanent magnetization, depositional detrital remanent magnetization, Matuyama-Brunhes magnetic reversal, greigite, magnetite

A new constraint for M-B boundary age based on U-Pb zircon dating and a high-resolution oxygen isotope chronology from the most expanded marine sedimentary record from the Chiba composite section, Japan

*菅沼 悠介^{1,2}、岡田 誠³、羽田 裕貴³、堀江 憲路^{1,2}

*Yusuke Suganuma^{1,2}, Makoto Okada³, Yuki Haneda³, Kenji Horie^{1,2}

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 茨城大学、4. 千葉大学

1. National institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Ibaraki University, 4. Chiba University

The youngest geomagnetic polarity reversal, the Matuyama–Brunhes (M-B) boundary, provides an important datum for sediments, ice cores, and lavas. Its still-frequently cited age of 780 ka is based on orbital tuning of marine sedimentary records, and supported by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Hawaiian lavas using a recent age calibration. However, post-depositional remanent magnetization (PDRM) lock-in of the geomagnetic signal occurs below the sediment-water interface in marine sediments (e.g., Roberts et al., 2013; Suganuma et al., 2011), which then yields ages for geomagnetic events that are too old. This age offset is influenced by sedimentation rate, as records with higher sedimentation rates should minimize the temporal offset caused by PDRM lock-in. Indeed, younger astrochronological M-B boundary ages of 772–773 ka are given for high-sedimentation-rate records (Channell et al., 2010; Valet et al., 2014), with no PDRM lock-in delay being detected by Valet et al. (2014). These MBB ages are consistent with records of cosmogenic nuclides in marine sediments (e.g., Suganuma et al., 2010) and an Antarctic ice core (Dreyfus et al., 2008). Here, we report a newly obtained high-resolution oxygen isotope record from a continuous marine succession of the Chiba composite section of the Kokumoto Formation, Japan to provide a refined chronology for the M-B boundary. Our new chronology indicates that the M-B boundary locates in the middle of Marine Isotope Stage (MIS) 19, and yields an age of 771.7 ka for the boundary. This new M-B boundary age is consistent with those based on the latest orbitally-tuned marine sediment records and on an Antarctic ice core. Furthermore, a high-precision U-Pb zircon age of 772.7 ± 7.2 ka from a marine-deposited tephra just below the M-B boundary in the Chiba composite section (Suganuma et al., 2015), coupled with a newly obtained high resolution oxygen isotope chronology yields a highly accurate MBB age of 770.9 ± 7.3 ka. Because U-series dating is relatively free from standardization and decay constant issues, this U-Pb zircon age has a distinct advantage over $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. We provide the first direct comparison between orbital tuning, U-Pb dating, and magnetostratigraphy for the M-B boundary, fulfilling a key requirement for calibrating the geological timescales. In addition, there is no clear relationship between geomagnetic field intensity and climate observed in the paleomagnetic and paleoclimatic record from the Chiba composite section.

Réunion正磁極亜帯周辺における古地磁気変動記録の復元

Reconstruction of the geomagnetic field behavior across the Réunion Subchron

*小西 拓海¹、岡田 誠¹、丸岡 亨¹

*Konishi Takumi¹, Makoto Okada¹, Toru Maruoka¹

1. 茨城大学

1. Ibaraki University

千葉県房総半島南端地域には、上部鮮新統から下部更新統の千倉層群が分布している。千倉層群は海溝陸側斜面堆積盆を充填した海成層である。岡田ほか(2012)では同層群の布良層及び南朝夷層において古地磁気・酸素同位体層序の構築を行った。その結果、約2.3~3.5Ma間での連続した古地磁気・酸素同位体記録を得ることができた。本研究ルート最下部及び、岡田ほか(2012)での研究ルート最上部に対比可能なテフラを狭在しているため、本研究ルートの年代が2.3Ma以降であることがわかっている。そこで我々は、布良層及び同層群最上部である畑層を対象に、年代モデルとして酸素同位体曲線を用いた古地磁気変動記録の復元を試みた。その結果、松山逆磁極帯中のRéunion正磁極亜帯上下境界及びOlduvai正磁極亜帯下部境界に相当すると考えられる層準を検出した。Réunion正磁極亜帯に関しては、複数の正磁極亜帯から構成されているという報告もある。そこで、より詳細にRéunion正磁極亜帯を含むその周辺における古地磁気変動記録を復元したので、その結果を報告する。古地磁気学的測定用試料として層厚間隔が約1~4mになるように、3本ずつのミニコアを採取した。そして、Réunion正磁極亜帯上下反転境界を記録している層準付近では、層厚間隔が約10cmになるように1本ずつのミニコアを採取し、古地磁気学的測定を行った。また、酸素同位体用の試料を同層準において採取した。古地磁気測定として、段階交流消磁(5mTごと5~80mTまで)と段階熱消磁(50°Cごと150~600°Cまで)及びそれらを組み合わせた消磁(250°C+5~80mT)を行った。その結果、組み合わせ消磁法のみで逆転テストを通過し、初生的な磁化を抽出することが出来ることが分かった。算出した松山逆磁極帯中の平均磁化方位の偏角は、11.1(±5.7)°の東偏を示した。千倉・豊房両層群において、構造回転の結果、古地磁気偏角が東偏を示すと報告されている(小竹ほか,1995)。本研究結果においても、磁化獲得後の構造回転を示すと考え、得られた偏角を平均偏角を基準に補正した。その結果、VGP緯度が0°を超えた時点で逆転と定義すると、層厚間隔約4.7mにおいてRéunion正磁極亜帯を検出することができた。また、その間にエクスカーションと考えられる変動を検出した。本ルートにおいて、その周辺に削剥面が認められないことから、本研究では、Réunion正磁極亜帯は単一の正磁極亜帯から構成されていると判断した。極性反転中のVGP経路を見ると、下部境界においてアフリカ大陸を通過、上部境界において南アメリカ大陸南部に滞在している。また、間のエクスカーションは東アジアに滞在している。ODP Site 981 (Channell et al.,2003)により報告されている同極性反転境界中のVGP経路と比較すると、本研究結果とは異なる経路を示したが、両者ともVGP卓越経度帯を通過しているという共通点を認めることができた。今後は、Olduvai正磁極亜帯下部境界においても詳細に地磁気変動を復元していく。参考文献 岡田 ほか, 2012, 地質学雑誌, 118, 97-108. 小竹 ほか, 1995, 地質学雑誌, 101, 515-531. Channell et al., 2003, Earth Planet. Sci. Letters, 215, 1-12.

キーワード：古地磁気学、レユニオン、極性反転

Keywords: Paleomagnetism, Reunion, polarity transition

東部赤道太平洋堆積物 (IODP Site U1335) から得られた過去800万年間の 相対古地磁気強度および伏角異常

Relative paleointensity and inclination anomaly during the last 8 m.y. obtained from eastern equatorial Pacific sediments (IODP Site U1335)

*山崎 俊嗣¹、山本 裕二²

*Toshitsugu Yamazaki¹, Yuhji Yamamoto²

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 高知大学海洋コア総合研究センター

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

We conducted a paleomagnetic study of the upper ~55m of IODP Site U1335 cores taken from the eastern equatorial Pacific during the Expedition 320. U-channel samples were taken from the spliced core sections. All magnetic chrons in the geomagnetic polarity time scale down to C4n.2n (~8.1 Ma) are recognized in the magnetostratigraphy, which indicates continuous sedimentation. Rather low sedimentation rates of the cores, 5 to 9 m/m.y., limit resolution of paleomagnetic records. However, the cores are suitable for elucidating long-term geomagnetic-field behaviors such as a relation between geomagnetic-field intensity and polarity length.

Magnetic property measurements and TEM observations showed that magnetic mineral assemblages of the sediments are dominated by oxidized biogenic magnetites. A few degrees of negative inclination anomalies (defined as observed inclination minus the inclination expected from the hypothetical geocentric axial dipole) are observed. This is consistent with the available time-averaged field models showing negative inclination anomalies in Pacific low latitudes. We used ARM as a normalizer of relative paleointensity estimations. An upcore decrease of the ratio of ARM susceptibility to SIRM ($k_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$) occurs at about 4.2 Ma, which is associated with a decrease of sedimentation rates. Average relative paleointensities increase corresponding to the $k_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ change. The inverse correlation between relative paleointensity and the $k_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ ratio indicates that changes in the relative abundance of biogenic to terrigenous magnetic minerals partly contaminated the relative paleointensity record, as pointed out by Yamazaki et al. (2013). We scaled the RPI record so that the average paleointensity younger than 4.2 Ma (the onset of chron C2Ar) equals that of older. The relative paleointensities averaged for individual polarity chrons did not show any correlation with polarity length or polarity during the last 8 m.y.

キーワード：古地磁気強度、伏角異常、統合国際深海掘削計画

Keywords: paleointensity, inclination anomaly, IODP

数値ダイナモモデルにおけるジャーク様磁場変動検出の試み：序報

Preliminary study of detecting jerk-like magnetic secular variation in a numerical dynamo model

*眞鍋 佳幹¹、高橋 太²

*Yoshiki Manabe¹, Futoshi Takahashi²

1. 九州大学 大学院理学府 地球惑星科学科専攻、2. 九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

地球磁場は地球ダイナモ作用によって生成・維持されている。その地球磁場の変動のうち、1年以上の周期の変動を地磁気永年変化といい、地球磁場の1階時間微分として表現される。地磁気永年変化が数年間程度の時間スケールにおいて、時折、急激な変動(V字型の変動)を示すことがあり、この現象は地磁気ジャークとして知られている。地磁気ジャークの発生メカニズムについてはいまだに解明されていない点が多く存在するが、Malin and Hodder (1982)によって地磁気ジャークは内部起源であると示されている。その後、球面調和解析とウェーブレット解析を用いることで、地磁気ジャークは内部に起源を持つ現象であることが結論付けられた (Alexandrescu et al. 1995; Le Huy et al. 1998; Bloxham et al. 2002)。したがって、地磁気ジャークの発生メカニズムは地球ダイナモに成因があると考えられている。

本研究において、我々は数値ダイナモモデルで地磁気ジャークに類する磁場変動が再現されているか否かの検証を行った。ダイナモモデルに用いたエクマン数は 3×10^{-5} である。これは最新の値ではないが、比較的低い値であり、今回のような予察的な研究には適していると考えられる。解析にはコア-マントル境界上での磁場の動径成分を用いた。その際、球面調和関数展開で12次までの係数を採用する。時間微分の評価には二次の中心差分を用いて、各時間ステップ毎に全球的に磁場の1階時間微分と2階時間微分を計算した。ジャークの発生時には磁場の2階時間微分が階段状の変動を示すので、磁場の2階時間微分の差(ジャーク振幅)をとることで、ジャークが発生していると考えられる場所を検出した。その結果、ある地点における磁場の1階時間微分の時系列に地磁気ジャークに類すると思われる変動が見られた。しかしながら、2階時間微分ではそのような明らかな変動は確認できなかった。本研究の結果はジャークの様な磁場変動が数値ダイナモモデルで初めて検出された可能性を示唆するものである。しかしながら、より詳細な解析による検討が必要であることも、同時に確認された。

キーワード：地磁気ジャーク、ダイナモ、数値シミュレーション

Keywords: geomagnetic jerk, dynamo, numerical simulation

エチオピア・アファール凹地、プレート拡大軸での磁気異常探査 Geomagnetic Anomaly Survey at the Divergent Plate Boundary in Afar Depression, Ethiopia

*石川 尚人¹、吉村 令慧²、Tesfaye Kidane³、望月 伸竜⁴、加々島 慎一⁵、小木曾 哲¹、東野 伸一郎⁶、乙藤 洋一郎⁷

*Naoto Ishikawa¹, Ryokei Yoshimura², Tesfaye Kidane³, Nobutatsu Mochizuki⁴, Shin-ichi Kagashima⁵, Tetsu Kogiso¹, Shin-ichiro Higashino⁶, Yo-ichiro Otofujii⁷

1. 京都大学大学院人間・環境学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. アジスアベバ大学、4. 熊本大学、5. 山形大学、6. 九州大学、7. NPO法人地球年代学ネットワーク

1. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Addis Ababa University, 4. Kumamoto University, 5. Yamagata University, 6. Kyushu University, 7. jGnet

そのほとんどが海洋下で起こっているプレート拡大境界での海洋底の地磁気縞状異常の獲得形成過程を、我々が直接的に探査することは難しい。そこで、陸上において海洋底拡大現象が進行しつつあるエチオピア・アファール凹地を対象にして、海洋地磁気縞状異常の獲得形成過程を探る目的で、磁気探査を主とする地球電磁気学的探査を立案し、予察的な調査研究を進めている。今回は、その計画とこれまでにに行った調査について紹介する。

エチオピア・アファール凹地は、ヌービアプレート・アラビアプレート・ソマリアプレートの拡大プレート三重会合点にある。そこは大陸リフティングから進行して、現在海洋底拡大現象の開始時期の段階にあり、中央海嶺が陸上に露出していると考えられている。特に、Dabbahu火山周辺域（Dabbahu Rift）では、2005-09年にかけて、活発な地震活動と正断層系の形成があり、一部に溶岩の噴出が見られた。GPS/地震観測のデータ解析により、長さ10~60km、幅1~3mの局所的な伸長（岩脈貫入）が繰り返され（13~14回）、総計として巾8m、長さ60km、深さ2~10kmの範囲で岩脈の貫入があったと推定されている。よってこの地域は、海洋底拡大軸域での磁気異常の獲得形成過程を探るための絶好のフィールドであると言える。

そこで我々はアファール凹地・Dabbahu Riftを対象にして、無人小型飛行機を活用した航空探査と、地形的制約で地域は限定されるものの試料採取を伴う直接的な地上調査を行うことを計画している。航空探査では、低飛行高度での広域で詳細な空中磁気探査を行う。地上探査では、地上磁気探査、MT探査、地表溶岩流の地質調査と試料採取を行う。空中・地上磁気探査から詳細な磁気異常マップを構築し、MT探査結果とあわせて、地下構造を地球電磁気学的視点（磁化、比抵抗）から明らかにし、採取岩石の古地磁気・岩石磁気学的解析からの情報も加味して、Dabbahu Riftでの磁気異常の分布と構造、その形成過程を明らかにすることを目論んでいる。

2014年に現地視察、予察的な磁気探査、古地磁気試料採取（4地点26個）を行い、現在はJSPSオゾン・トナツツ共同研究（2016-17年度）により地上探査に焦点を絞った研究を進めている。2016年12月には、岩脈貫入推定部の南方地域に測線を設定し、4日間で約57kmの徒歩による磁気探査を行った。その際のリファレンスポイントとして、Samara大学に定点観測地点を設置し、地磁気連続観測も行った。また、15地点で古地磁気試料（39個）、9地点で岩石試料（24個）の採取を行った。今回は、計画の概要と2016年調査の予察的な結果を報告する。

キーワード：プレート拡大境界、海洋底拡大軸、アファール凹地、磁気異常探査

Keywords: divergent plate boundary, sea-floor spreading center, Afar depression, geomagnetic anomaly survey

エチオピア洪水玄武岩に記録された約30Maの地球磁場強度の変動 Variation of geomagnetic field intensity at about 30 Ma recorded in the Ethiopian flood basalt

吉村 由多加¹、*石川 尚人¹、山本 裕二²、安 鉉善³、Tesfaye Kidane⁴、乙藤 洋一郎⁵
Yutaka Yoshimura¹, *Naoto Ishikawa¹, Yuhji Yamamoto², Hyeon-seon Ahn³, Tesfaye Kidane⁴,
Yo-ichiro Otofujii⁵

1. 京都大学大学院人間・環境学研究科、2. 高知大学海洋コア総合研究センター、3. Gyeongsang National University、4. Addis Ababa University、5. NPO法人地球年代学ネットワーク

1. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, 2. Center for advanced Marine Core Research, Kochi University, 3. Gyeongsang National University, 4. Addis Ababa University, 5. jGnet

約30Maの地球磁場の詳細な様相を知るためにエチオピア洪水玄武岩を対象に古地磁気強度の推定を行った。40層準中41個の試料に対して低温消磁2回加熱ショー法を用いて絶対古地磁気強度の推定を試み、52層準中52個の試料に対して相対古地磁気強度の指標であるARM強度により規格化した自然残留磁化(NRM)強度(NRM/ARM)を求めた。その結果、24個の絶対古地磁気強度と45個の相対古地磁気強度を求めることができた。NRM/ARMと絶対古地磁気強度との間に認められた高い正の相関関係に基づき、絶対古地磁気強度が求められなかった層準に対してNRM/ARMから古地磁気強度を推定した。最終的に45層準中46個の古地磁気強度を推定することができた。

全体の古地磁気強度の平均は $13.2 \pm 10.9 \mu\text{T}$ であり、仮想双極子モーメント(VDM)の平均は $2.7 \pm 2.3 \times 10^{22} \text{Am}^2$ であった。過去1億年間の古地磁気強度データと比較すると、エチオピア洪水玄武岩から得られた約30Maの地球磁場強度は弱いことがわかった。本研究で解析した溶岩層で認められた7つの磁極期において、極めて弱い強度を示し、その強度の変動も小さい正磁極期があり、地球磁場強度が正磁極期の方が逆磁極期より弱い傾向が認められた。また、地磁気極性が短期間で変化する期間においては、強度変動が大きく、古地磁気極からの仮想地磁気極(VGP)のずれ(余緯度)が大きくても強いVDMを示す場合も認められた。

キーワード：古地球磁場強度、エチオピア洪水玄武岩

Keywords: paleointensity, Ethiopian flood basalt

統合国際深海掘削計画 Sites U1409 および U1410 の磁気層序の更新 Updated magnetostratigraphy for IODP Sites U1409 and U1410

*山本 裕二¹

*Yuhji Yamamoto¹

1. 高知大学 海洋コア総合研究センター

1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

The Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 342 recovered ~5.4 km of hemipelagic sediment drifts from the Northwest Atlantic. Routine onboard measurements resulted in shipboard magneto- and biostratigraphic age models (Norris et al., 2014). The shipboard magnetostratigraphies were based on the measurement of natural remanent magnetization (NRM) of the split-half cores after 20 mT alternating field (AF) demagnetization. In the present study, we performed detailed shore-based paleomagnetic measurements on the sedimentary sections recovered at Sites U1409 and U1410 to improve the shipboard magnetostratigraphies.

U-channel samples (typically 1.5 m in length with a 2 × 2 cm cross-section) were taken from the central part of the split half cores along the stratigraphic splice described in Norris et al. (2014): 6-142 mcd (meter composite depth) for U1409 and 0-165 mcd for U1410. We conducted progressive AF demagnetizations on NRMs of the samples up to 80 mT in approximately 10-12 treatment steps with remanence measurements at each AF step with a stratigraphic resolution of 1 cm. Characteristic remanent magnetization (ChRM) directions of the samples were typically resolved after AF demagnetization of 20-40 mT. The maximum angle of deviation (MAD) was less than 10° for most intervals of the samples.

The results show that intervals with negative inclinations are more manifested in shore-based results than they are in the shipboard results. It allowed us to locate chron boundary depths more precisely than those determined shipboard. In most cases the depths determined in the present study are not much different from those determined shipboard (less than ~1 m), but there are some boundaries which resulted in large differences. We could locate also some of new boundaries which had not been identified shipboard.

掘削コア試料と半割試料のパススルー古地磁気測定データのデコンボリューションによる古地磁気層序学への貢献

Deconvolution of pass-through paleomagnetic measurements of whole- and half-round cores for improved magnetostratigraphy

*小田 啓邦¹、Xuan Chuang²

*Hirokuni Oda¹, Chuang Xuan²

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門、2. サザンプトン大学

1. Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST, Japan, 2. Ocean and Earth Science, University of Southampton, Southampton, SO14 3ZH, UK

Pass-through superconducting rock magnetometers (SRM) offer rapid and high-precision remanence measurements of continuous samples for paleomagnetism studies. Continuous SRM measurements are smoothed and distorted due to the convolution effect of SRM sensor response. Thus, deconvolution is necessary to restore accurate magnetization from pass-through SRM measurements. Robust deconvolution requires reliable estimate of SRM sensor response. Recent studies (Oda and Xuan, 2014; Xuan and Oda, 2015; Oda et al., 2016) have demonstrated that optimized deconvolution through ABIC minimization using a proper measurement of the SRM sensor response can restore geomagnetic and environmental information, and reveal short “excursion” event that is not recognizable before deconvolution. Here, we present sensor response functions of three SRMs with larger bores onboard *D/V Joides Resolution*, *D/V Chikyu*, and at the Geological Survey of Japan, AIST, as well as the tools and procedures used to measure the SRM sensor response. We also plan to demonstrate the ability to extract information of short “excursion” event associated with a significant magnetization intensity drop.

キーワード：デコンボリューション、超伝導岩石磁力計、センサーレスポンス、IODP

Keywords: deconvolution, superconducting rock magnetometer, sensor response, IODP

High-sensitivity multifunctional spinner magnetometer using a magneto-impedance sensor

*小玉 一人¹

*Kazuto KODAMA¹

1. 高知大学海洋コア総合研究センター

1. Center for Advanced Marine Core Research

A novel spinner magnetometer was developed with a wide dynamic range from 10^{-10} – 10^{-4} Am² and a resolution of 10^{-11} Am². High sensitivity was achieved with the use of a magneto-impedance (MI) sensor, which is a compact, sensitive magnetic sensor used industrially. Its slow spinning rate (5 Hz) and the incorporation of a unique mechanism for adjusting the spacing between the sensing unit and the spinning axis allows the measurement of fragile samples sized 10–50 mm. The sensor configuration, in which a pair of MI sensors is connected in opposite serial, along with an amplification circuit with a programmable low-pass filter, reduces the problems of external noise and sensor drift. The signal, with reference to the spinning frequency, is detected with a lock-in amplifier. The MI spinner has two selectable measurement modes: the fundamental mode (F mode) and the harmonic mode (H mode). Measurements in the F mode detect signals of the fundamental frequency (5 Hz), in the same way as conventional spinner magnetometers. In the H mode, the second (10 Hz) and the third (15 Hz) harmonic components are measured, in addition to the fundamental component. Tests in the H mode were performed using a small coil and a natural sample to simulate dipoles with various degrees of offset. The results revealed that the magnitude of the fundamental component of the offset dipole was systematically larger (by several percent) than that of the non-offset dipole. These findings suggest that this novel MI spinner will be useful in estimating the inhomogeneity of the magnetization of a sample that can equivalently be described by an offset dipole.

キーワード : スピナー磁力計、磁気インピーダンスセンサー、双極子モーメント、非双極子モーメント
Keywords: spinner magnetometer, magneto-impedance sensor, dipole moment, nondipole moment

高知県西部の露頭から採取した降下火山灰を構成する粒子の岩石磁気特性 Rock magnetic properties of single grains extracted from fall-out tephra deposits in western Kochi

*武田 大海¹、山本 裕二²、佐藤 雅彦³

*Hiromi Takeda¹, Yuhji Yamamoto², Masahiko Sato³

1. 高知大学大学院総合人間自然科学研究科、2. 高知大学 海洋コア総合研究センター、3. 産業技術総合研究所地質調査総合センター

1. Graduate school of Integrated Arts and Sciences, Kochi University, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 3. Geological Survey of Japan, AIST

日本周辺には数多くの広域テフラが分布する。従来の古地磁気・岩石磁気学的研究においては、テフラを構成する粒子群が集合体として獲得しているマクロな残留磁化を主な分析対象としてきているが、私たちは個々の粒子が獲得した残留磁化が分析対象になり得るか検討を進めている。武田ほか（日本地球惑星科学連合2016年大会、地球電磁気・地球惑星圏学会2016年秋学会）では、宮崎県の入戸火砕流堆積物（A-Ito）の非溶結部の露頭から採取した試料から20～30メッシュサイズ（595～841 μ m）の粒子を抽出し、各種の古地磁気・岩石磁気学的分析を行った。とくに抽出した粒子のうち、軽石型火山ガラス粒子は27%が超伝導磁力計のブランクの10倍を上回る強い安定な自然残留磁化（NRM）を保持しており、それらの磁化は保磁力の高い単磁区サイズのマグネタイトによって担われていることが示された。これらの粒子は噴出時に熱的なプロセスによって熱残留磁化（TRM）を獲得している可能性が示され、予察的ながらも20～30 μ Tという古地磁気強度の推定値を得た。

本研究では、高知県西部の露頭から採取した始良Tnテフラ（AT）と推測される降下火山灰の試料から篩分けを行い、20～30メッシュ（595～841 μ m）サイズの粒子を抽出して古地磁気・岩石磁気学的分析を行う。これまでに軽石型火山ガラス粒子を159個拾い出し、NRMを測定した。約30%の粒子はブランク平均（10 pAm²）に比して3～9倍程度強いNRM強度を保持していることが分かった。そのうち6個の粒子に対して段階交流消磁を行ったところ、全ての粒子が不安定な消磁の挙動を示した。非履歴性残留磁化（ARM）を着磁し、段階交流消磁を行ったが、やはり不安定な消磁の挙動を示した。一方、等温残留磁化（IRM）を着磁し、低温消磁を行ったところ30～40%が消磁された。低温消磁後の試料を用いて段階交流消磁を行ったところ、10 mT程度で残留磁化が50%消磁される成分が確認されたため、主要な残留磁化のキャリアーは多磁区的な磁性粒子と考えられる。これらの挙動は、宮崎県のA-Itoから抽出した20～30メッシュサイズの軽石型火山ガラス粒子の岩石磁気特性とは異なる。

Characterizations of fault slip zones in Nojima fault gouge by scanning magnetic microscopes

福沢 友彦²、*中村 教博¹、小田 啓邦⁴、植原 稔³、長濱 裕幸²

Tomohiko Fukuzawa², *Norihiro Nakamura¹, Hirokuni Oda⁴, Minoru Uehara³, Hiroyuki Nagahama²

1. 東北大学高度教養教育・学生支援機構、2. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、3. セレージェ、4. 産業技術総合研究所地質情報研究部門

1. Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University, 2. Earth Science, Tohoku University, 3. CEREGE, France, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Microscopic billow-like wavy folds and frictional slip zones have been observed along slip planes of the Nojima active fault, southwest Japan. The folds are similar in form to Kelvin Helmholtz (KH)-instabilities occurring in fluids, which suggests that the slip zone underwent "lubrication" such as frictional melting or fluidization of fault gouge materials. Since the folds and frictional slip zones are consisted of fine-grained granular materials, the driving mechanism of faulting might be fluidization induced by fault rupture and frictional heating. If the temperature range for generation of the billow-like wavy folds and slip zones can be determined, we can constrain the physical properties of fault gouge materials during seismic slip. In this presentation, we report on rock magnetic studies that identify seismic slip zones associated with the folds and slip zones, and their temperature rises during ancient seismic slips of the Nojima active fault. Using a scanning magneto-impedance (MI) magnetic microscope and a scanning superconducting quantum interference device (SQUID) microscope (SSM), we observed that such folds and slip zones are magnetized. Our heating experiments suggested that this magnetization is due to the production of magnetite through thermal decomposition of antiferromagnetic or paramagnetic minerals in the gouge at temperatures over 350°C. Considering rock magnetic results and microtextural records with fluid mechanical method, the existence of KH-type billow-like wavy folds prefers the fluidization model to frictional melting, suggesting that the existence of such low viscosity fluid induced by fluidization and frictional heating decreased the frictional strength of the fault slip zone.

粘性岩石磁化を用いた那智勝浦町における土石流堆積物の定置年代の推定 Emplacement age of a debris-flow deposit by using viscous remanent magnetization: a case study on granite porphyry boulders from Kii Peninsula, Japan

*若月 強¹、小田 啓邦²、山田 隆二¹

*Tsuyoshi Wakatsuki¹, Hirokuni Oda², Ryuji Yamada¹

1. 防災科学技術研究所、2. 産業総合技術研究所

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

土石流の発生年代を明らかにしてその周期性を解明することは、土砂災害の防災の観点から極めて重要である。本研究では、和歌山県那智勝浦町の花崗斑岩を基盤岩とする山地において、過去の土石流堆積物から採取された礫が保有する粘性残留磁化（VRM）の段階熱消磁過程を計測することで年代を推定することを試みた。VRMは温度と時間の関数として表現できることが知られおり（Pullaiah et al., 1975）、例えばSato et al. (2014)はVRMを用いて石垣島に分布する津波石の定置年代の推定に成功している。この土石流堆積物は、那智川の支流の1つである金山谷において、2011年台風12号による豪雨災害により露出した。堆積物中から採取された木片試料の¹⁴C年代は $3,650 \pm 30$ yBP ($2,057-1,943$ calBC, 2σ ; 西山・若月, 2014)であり、堆積年代を示していると考えられる。この木片試料の付近にある花崗斑岩礫を採取して、一辺2.23 cmの立方体の供試体を作成した。立方体に整形することで、熱消磁ステップ毎の磁力計による繰り返し測定 of 角度誤差を最低限に抑えることが狙いである。そして、加熱に伴う供試体内部の複数ポイントの温度変化を計測することで、熱消磁実験での加熱時間と熱消磁炉内における供試体の最適な配置方法を検討した。熱消磁に先立って、多磁区粒子の影響を抑えるために低温消磁を行った。その後、5°C間隔で段階熱消磁を行い、残留磁化ベクトル曲線と方位曲線の屈曲部の温度を判定することで、試料が露頭で獲得したVRMが消磁される温度を計測した。発表では、これらの結果から粘性残留磁化の時間-温度理論曲線を用いて推定定置年代の報告を行う予定である。

キーワード：花崗斑岩、熱消磁、粘性磁化

Keywords: Granite porphyry, Thermal demagnetization, Viscous remanent magnetization

Ferromagnetic resonance spectroscopy and rock magnetism of coral skeletons

*熊谷 祐穂¹、中村 教博²、岡 壽崇²、佐藤 哲郎¹、猪野 楓³

*Yuho Kumagai¹, Norihiro Nakamura², Toshitaka Oka², Tetsuro Sato¹, Kaede Ino³

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 東北大学高度教養教育・学生支援機構、3. 東北大学理学部地球科学系

1. Graduate school of Earth Science, Tohoku University, 2. Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University, 3. Department of Earth Science, Tohoku University

Deceased coral skeletons, especially annual banded skeletons of hermatypic corals (e.g., *Porites*), possess an enormous potential as environmental proxies if they show an enough magnetization above sensitivity limits of magnetometers. Sato et al. (2014) found that coral boulders reworked from reef edge by tsunamis showed a measurable remanent magnetization with spinner magnetometer. However, the origin of magnetic minerals in coral skeletons is poorly constrained between detrital and biogenic magnetic minerals. To determine the magnetic mineralogy of coral skeletons, we conducted ferromagnetic resonance (FMR) spectroscopy, first-order reversal curve (FORC) measurements, and scanning electron microscopy observations of acid-treated residuals of coral skeletons collected from Ishigaki Island, Miyako Island, and Tonga. FORC diagrams of the boulders with coral skeletons and microbial mats showed a narrow ridge along the H_c axis with negligible vertical spread, being called as “central ridge” which indicates the presence of intact magnetosomes (Egli et al., 2010). FMR spectra of the same boulders represented an obvious secondary absorption peak on lower field side of main peak, which are explained as result from uniaxial anisotropy of magnetosome (e.g., Weiss et al., 2004; Charilaou et al., 2011). Although the FORC diagrams from single *Porites* skeletons also had the central ridge feature, the FMR spectra represented multiple lower field absorption peaks which is different from the signature of magnetosome-bearing coral skeletons. This suggests that coral boulders with microbial mats showed the presence of magnetites aligned in magnetosome chain structures like those produced by the magnetotactic bacteria, whereas single *Porites* coral skeletons showed the higher contribution of detrital magnetite with trace amount of biogenic magnetites.

キーワード：強磁性共鳴、岩石磁気学、サンゴ骨格

Keywords: Ferromagnetic resonance, Rockmagnetism, Coral skeleton

古地磁気学的手法による富士火山の歴史時代噴火の再検討

Reexamination of historical eruptions of Fuji volcano based on paleomagnetism

*馬場 章¹、金丸 龍夫²、吉本 充宏¹

*Akira Baba¹, Tatsuo Kanamaru², Mitsuhiro Yoshimoto¹

1. 山梨県富士山科学研究所、2. 日本大学文理学部地球科学科

1. Mount Fuji Research Institute, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities & Sciences, Nihon University

火山噴出物の年代推定手法として、層位層相、放射性炭素年代法(¹⁴C)、古文書の解読、そして古地磁気学的手法がある。富士火山の活動史は、K-Ah(7.3ka),Kg(3.4ka),Iz-Kt(AD838)などの指標テフラを時間軸とした火山灰層序と¹⁴C年代から推定され、富士火山地質図(第2版)(高田ほか, 2016)にまとめられている。一方で、¹⁴C年代と古文書の解読から推定された年代が相違している噴出物も認められる。そこで我々は、溶岩や火山噴出物などの古地磁気方位と地磁気永年変化モデルJRFM2K.1(Hatakeyama et al.,2012)から噴火年代を推定することを目的とした。これまでに得られた歴史時代噴火(AD781年以降)の測定結果について報告する。

富士火山地質図(第2版)の層序区分に基づき、富士山山麓域に分布する溶岩、火砕丘32層を定方位サンプリングした。正確な古地磁気方位を得るために、同層準の溶岩でも数km離れた2~5地点、1地点あたり6~12試料を定方位サンプリングし、交流消磁装置・スピナー磁力計を用いて岩石磁気を測定した。溶岩や火山帯が及ぼす局所的な磁気以上の影響を排除するため、試料の方位付けにはサンコンパスを用いた。

富士山の歴史時代噴火は、信頼性の高い史料に10回の噴火が記述されている(小山, 2007)。その中でも宝永4(AD1,707)年、承平7(AD937)年、貞観6~7(AD864~866)年、延暦19~21(AD800~802)年の4回の噴火は、史料の記述内容と火山噴出物の分布・噴火推移から対比が行われている。宝永第一火口内の火砕丘は、偏角3.2度、伏角42.2度を示し、永年変化モデルから計算されるAD1,707年の偏角4.1度、伏角42.7度に $\alpha 95$ の範囲内で一致している。AD937年と推定されている剣丸尾第一溶岩と不動沢溶岩の古地磁気方位は $\alpha 95$ の範囲内で重複し、¹⁴C年代値と調和的なAD1,000~1030年頃に同時噴火した可能性が示唆される。一方で、AD864~866年と推定される青木ヶ原丸尾溶岩は偏角-13.5度、伏角44.1度を示し、永年変化曲線AD800年からAD900年の期待値と異なる古地磁気方位が得られた。この相違の原因は現在検討中である。AD800~802年と推定されている鷹丸尾溶岩は、偏角-16.8度、伏角56.6度を示し、AD600~640年頃に噴火したと推定される。古地磁気学的手法によって、これまでの火山活動史とは異なる年代観が示唆される。

キーワード：富士火山、歴史時代噴火、年代推定

Keywords: Fuji volcano, historical eruptions, dating

伊能忠敬山島方位記に基づく19世紀初頭の日本の地磁気偏角の解析 第11回報告

Analyzing the early 19th century's geomagnetic declination in Japan from Tadataka Inoh's Santou-Houi-Ki The 11th report.

*辻本 元博¹、面谷 明俊

*Motohiro Tsujimoto¹, Akitoshi Omotani

1. 日本地図学会

1. Japan Cartographers Association

国宝「山島方位記」は伊能忠敬による1800年から1816年迄の北海道東岸から屋久島迄の推計約20万件の精度0°05'単位の陸上磁針測量方位角を記録した67巻でなる原簿である。1917年に位置が既知であった江戸(東京)深川伊能隠宅位置での1802年と1803年の磁針測量方位角データからの地磁気偏角平均値の唯一解析後頓挫した解析を私は地磁気学、測量学、古地図学、郷土史を横断する学際同時解析により再開した。(1)学際同時解析 各分野別の伝統的な研究方法よりも真方位、地磁気偏角及び山島方位記に記述の磁針測量実施基点や測量対象地点の位置を遥かに正確に解明する詳細根拠を増やすことができる。(2)解析手順 景観再現ソフトと国土地理院GSI地理院地図により個々の測量対象地点の緯度経度と測量実施基点概略位置の緯度経度を知り、各測量実施基点から各測量対象地点への真方位角の概略を把握する。地磁気偏角=真北方位角-山島方位記に記載の磁針測量方位角。測量実施基点概略位置(緯度経度秒単位)から複数の測量対象地点位置(緯度経度0.1秒単位)への真方位角から磁針測量方位角を差し引いた総ての地磁気偏角(0.01秒単位)が互いにより近似になる測量実施基点詳細位置の緯度経度(0.01秒単位)を逆算計算し、測量当日の測量実施基点での個々の地磁気偏角の解析値の平均値を分単位で発表する。計算速度向上と精度確保の為にエクセルの連続式を使用した。可能な限り測量実施基点の現地に行き実景を確認し、GPS送受信器で緯度経度を測り、地磁気偏角の数値を再計算する。(3)伊能測量当時の日本列島の等偏角線の概要と西日本沿岸での0°15'毎の偏角の分布が現れ始めた。この分布を米国海洋大気庁NOAA作成のHistorical Magnetic Declination Mapの等偏角線と比較すると概ね同一ではあるが、NOAAの西偏は5年程度遅い傾向がある。(4)「山島方位記」の解析からは地域的な磁気異常も北海道東部南岸、能登半島の一部、伊勢の朝熊山、九州の延岡等で判明した。これらはNOAAのHistorical Magnetic Declination Mapには記載されていない。解析は沿岸から本州内陸に向かっている。(5)郷土史上で重要な伊能忠敬の測量実施基点詳細位置、測量対象地点の緯度経度秒単位以下の正確な復元が可能になった。他の研究方法では不可能な程に正確である。(6)「山島方位記」を解析し、日本を地磁気偏角データの過疎地から19世紀初頭の地磁気偏角データの集中地域に変え、北東アジアに新しいデータを提供することができる。合計解析地点数は203を超えた。(7)我々はこれらの解析結果を日本考古地磁気データベース及びNOAAのHistorical Magnetic Declination Mapに役立つデータベースに編集する検討を開始した。

キーワード：地磁気偏角、山島方位記、学際

Keywords: geomagnetic declination, Santou-Houi-Ki, interdisciplinary

考古地磁気学と考古学の交流のための発掘情報共有ツールの設計

The Design of Excavation Information Sharing Tool for Communication between Archaeomagnetism and Archaeology

*北原 優¹、平川 剛²、池田 大輔³

*Yu Kitahara¹, Go Hirakawa², Daisuke Ikeda³

1. 九州大学 大学院 地球社会統合科学府、2. 株式会社 ネットワーク応用技術研究所、3. 九州大学 大学院 システム情報科学研究院 情報学部門

1. Graduate School of Integrated Science for Global Society, Kyushu University, 2. Network Application Engineering Laboratories Ltd., 3. Department of Infomatics, Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

被熱した考古試料から過去の地球磁場を復元する研究を行う考古地磁気学の分野において、今後さらなるデータの拡充を図るためには、実験素材の提供元である考古学界との緊密な連携が不可欠である。その一方で考古学の分野においても、最近では考古編年の妥当性を考古学とは独立して検証するための有用なツールとして、考古地磁気年代推定法を含めた自然科学分析に関心が集まりつつあると言われている。しかしながら、現在この両分野において活発な共同研究が行われているかということ、そうとは言い難いのが現状である。この原因としては、コミュニティ間の人的交流が少なく、共同研究を行える可能性のある研究者に出会うことが非常に困難であることがまず挙げられる。

発表者らはこの問題を解消すべく、(1)全国各地で実施されている発掘(学術発掘および緊急発掘)の情報と(2)所属機関や専門分野を超えた人材情報をサーバー上で一元的に管理し、効率的に情報検索と研究者間のマッチングを行うためのツールの開発を行っている。具体的には、株式会社ネットワーク応用技術研究所が提供する「カタリベクラウド」(撮影した写真の位置情報に基づき、利用者ごとに割り当てられたブログ版とGoogle Mapを同期させるプラットフォーム)を目的に沿って改造し、さらにWordPressのSNSプラグインを追加で実装することによって、上述の機能を実現させる予定である。一般に「情報共有サイト」はコールドスタートが問題になるため、この解決法も現在検討中である。

現時点では、「カタリベクラウド」プラットフォームに最低限の機能を実装し、GUIをデザインした最初のプロトタイプ(スマートフォンアプリ)が完成している。

本発表では、実際のアプリの紹介を通して、設計の妥当性やバージョンアップに向けての方針、今後の展開等について議論したい。

キーワード：発掘情報共有ツール、スマートフォンアプリ、カタリベクラウド、考古地磁気学、考古学

Keywords: Excavation Information Sharing Tool, Smartphone App, Kataribe Cloud, Archaeomagnetism, Archaeology

MATLABコードをベースにしたマルチプラットフォーム古地磁気アプリケーション

Multi-platform applications generated from MATLAB codes for viewing and analyzing demagnetization and directional data

*福間 浩司¹、Xuan Chuang²

*Koji Fukuma¹、Chuang Xuan²

1. 同志社大学理工学部環境システム学科、2. サザンプトン大学

1. Department of Environmental System Science, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 2. University of Southampton

古地磁気データは現在ルーチンのワークフローで処理されており、古地磁気データを表示および分析するための多くのオンラインまたはオフラインソフトウェアが提供されている（例えば、PuffinPlot [Lurcock and Wilson, 2012], Paleomagnetism.org [Koymans et al, 2016], PmagPy [Tauxe et al., 2016]）。しかし、絶えず更新されるオペレーティングシステム（OS）に対して、これらのソフトウェアは必ずしも更新されるとは限らない。また、個々のアプリケーションは特定のデータ形式を必要とし、測定装置から出力されたデータを変換する必要がある。日本の古地磁気学コミュニティでは、熊本大学の渋谷さんが開発された DOS や Macintosh のアプリケーション “Progress” と “Direction” とともに、30年以上にわたりシンプルなデータフォーマットが共有されてきた。これらのアプリケーションを受け継ぎ、Uチャネルデータを分析するための MATLABコード UPmag [Xuan and Channell, 2009]に基づき、グラフィックユーザインタフェースを備えたマルチプラットフォームアプリケーションを開発した。

Zijderveld図と等面積投影図上の段階消磁データの表示とフィッティングを行うアプリケーションと、等面積線図上の方向データの表示とフィッシャー統計値の計算を行うアプリケーションの2種類を用意した。データ形式はできるだけ単純にした。消磁データの場合、各消磁レベルでの偏角、伏角および強度の極座標での3つのパラメータを必要とし、方向データの場合、試料片もしくはサイトごとの偏角および伏角のみが必要である。フィッティングを実行する前に、消磁区間を Zijderveld図と等面積投影図上で確認することができる。フィットされたデータはテキストファイルに出力し、方向アプリケーションに渡すことができる。フィッシャー統計パラメータもテキストファイルに保存することができる。また、図を pdf, jpeg, tiff, bmp などのさまざまな形式で保存することができ、後でグラフィックソフトウェアでプレゼンテーションや原稿作成のために図を加工できる。

何れのアプリケーションも Windows（32ビットと64ビット）、Macintosh OS X、および Linux 上で動作する。アプリケーションを使用するために MATLABライセンスは必要なく、<http://mpms.doshisha.ac.jp/pd16/pd16top.html>にあるソフトウェアパッケージをダウンロードするだけで、MATLAB Runtime が自動的にインストールされる。MATLABのソースコードも公開しているので、好みによりMATLABプログラムを実行し、自分で修正することもできる。更新されたOSに適応するための将来のアップデートは、更新されたMATLABを使用して容易に実行できるだろう。

キーワード：古地磁気学、ソフトウェア、消磁、MATLAB

Keywords: paleomagnetism, software, demagnetization, MATLAB