

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を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 μm ）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 μT 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 μm ）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 $0^{\circ}05'$ 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 $0^{\circ}15'$ 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