

南アフリカ・Vredefort 構造におけるグラノファイヤ岩脈と母岩の境界の発見と古地磁気
Paleomagnetism of a lithological contact of granophyre dikes with bedrock granites at Vredefort dome, South Africa

中村 教博^{1*}
NAKAMURA, Norihiro^{1*}

¹ 東北大学・理・地学
¹Dep. Earth Sci., Tohoku Univ.

The Vredefort dome is known as the largest and oldest (2023 ± 4 Ma) terrestrial impact structures, which is the deeply-exhumed remnant of the central uplift zone (~10km) of an originally ca. 250-km diameter crater. The Vredefort impact structure contains a suite of granophyric dykes, referred to as the Vredefort Granophyre, occurring within and at the edge of the Archaean basement core. This unique melt rock occurs as vertical ring dikes along the contact between sedimentary collar and core of Archaean granites, and as vertical dikes extending northwest-southeast and northeast-southwest in the granitic core. Although there have been a lot of mineralogical and isotopic studies, the lithological contact has not been observed due to the lack of the outcrop. During our field survey, we found the lithological contact of the Vredefort granophyre with bedrock granites near the Kopjeskraal Country Lodge, Vredefort, South Africa. In this presentation, we report the presence of a distinct chilled margin from a cooperative study of petrology and rock magnetism of the contact and also a micro-paleomagnetic consideration across a transection of the chilled margin.

須恵器実験窯の焼土試料の考古地磁気強度研究—綱川・ショー法の有効性の検討(続報)

Archeointensity study on baked clay from the reconstructed kiln: implication for validity of the Tsunakawa-Shaw method

山本 裕二^{1*}; 鳥居 雅之²; 夏原 信義³

YAMAMOTO, Yuhji^{1*}; TORII, Masayuki²; NATSUHARA, Nobuyoshi³

¹ 高知大学, ² 岡山理科大学, ³ 夏原技研

¹Kochi University, ²Okayama University of Science, ³Natsuhara Giken

A reconstruction experiment of a kiln had been done to imitate completely that of an excavated kiln of the 7th century in Japan. Baked clay samples were taken from floor surface and -20 cm level, and they have been stored after determinations of the paleomagnetic directions by partial alternating field demagnetizations. A suite of the rock magnetic experiments and the scanning electron microprobe observations elucidate that dominant magnetic carriers of the floor surface samples are Ti-poor titanomagnetite grains in ~10 nm size with single-domain and/or super-paramagnetic states, whereas contributions of multi-domain grains seem to be relatively large for the -20 cm level samples. We applied the Tsunakawa-Shaw method to the samples to assess how reliable archeointensity results are obtained from the samples. From the floor surface samples, six out of the eight successful results were discriminated and they give an average of 47.3 microT with a standard deviation of 2.2 microT. This is fairly consistent with the in-situ geomagnetic field of 46.4 microT at the timing of the reconstruction. They are obtained with a built-in anisotropy correction using anhysteretic remanent magnetization, and without any cooling rate corrections. In contrast, only one out of the four successful result was obtained from the -20 cm level samples. It yields an archeointensity of 31.6 microT, which is inconsistent with the in-situ geomagnetic field. Considering from the in-situ temperature record during the firing of the kiln, the floor surface samples acquired full thermoremanent magnetizations (TRMs) as their natural remanent magnetizations whereas the -20 cm level samples only acquired partial TRMs, and these differences probably cause the difference in the archeointensity results between the two sample groups. For archeointensity researches, baked clay samples from a kiln floor are considered to be ideal materials.

7～10世紀の日本における考古地磁気強度変動の傾向 Archeointensity trend between 7th and 10th century in Japan

北原 優^{1*}; 山本 裕二²; 畠山 唯達³; 鳥居 雅之⁴; 亀田 修一⁵

KITAHARA, Yu^{1*}; YAMAMOTO, Yuhji²; HATAKEYAMA, Tadahiro³; TORII, Masayuki⁴; KAMEDA, Shuichi⁵

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岡山理科大学 情報処理センター, ⁴岡山理科大学 総合情報学部, ⁵岡山理科大学 生物地球学部

¹Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ³Information Processing Center, Okayama University of Science, ⁴department of Informatics, Okayama University of Science, ⁵department of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science

地球磁場は、様々な時間スケールにおいて複雑かつ不規則な変動を示すことが知られている。とくに1～1000年周期を持つ地磁気永年変化と呼ばれる変動を過去に向けて詳細に追跡することは、地球システムの理解にあたって重要だと考えられている。近代的な地磁気観測に基づくデータが存在しない16世紀以前の変動の情報を得るには古地磁気学的なアプローチが必要になるが、とくに考古遺物を測定対象として利用する「考古地磁気学」の手法は、高品質な過去の地磁気データを提供するとして期待されている。近年、とくにヨーロッパにおける考古地磁気学の発展は目覚ましく、偏角・伏角・強度について、過去3000年間を網羅するデータセットが公開され (Donadini et al., 2009)、全球的な磁場モデルも提案されている (Korte et al., 2009)。

日本においても、偏角・伏角については1960年代より多くの論文報告がなされ、文化財分野にも応用されてきた (e.g. 広岡ほか, 2006)。一方、強度については、現在までに4編の論文 (Nagata et al., 1963; Sasajima and Maenaka, 1966; Sakai and Hirooka, 1986; Yoshihara et al., 2003) が報告されているが、一定の信頼度を有すると認定できるデータは計43点と少ない。これらは旧来の実験手法および基準のもとで得られたものであり、最新の実験手法および基準のもとで新たにデータを取得、検証を行う必要がある。本研究では、古墳時代～平安時代に操業した須恵器窯である岡山県の邑久窯跡群と大阪府の陶邑窯跡群より採取された焼土試料に対して、最新手法であるIZZI-テリエ法 (Tauxe and Staudigel, 2004) と綱川-ショー法 (Yamamoto et al., 2003) を適用し、同時代における考古地磁気強度変動を推定・考察することを目的とした。

強度実験に先立ち行った各種岩石磁気実験の結果、邑久試料と陶邑試料に共通して580℃付近にキュリー点が見られ、最大保磁力は60～80 mTであったことから、主磁性鉱物はチタンに乏しいチタノマグネタイトであると推定された。ブロッキング温度は100～600℃付近に幅広く分布し、ヒステリシス・パラメータについても相互作用の少ない単磁区粒子的な成分が卓越していることから、これらの試料に対して古地磁気実験が適用可能であると判断した。

強度実験の結果、テリエ法に関しては41個の試片から、ショー法に関しては23個の試片から基準を満たす合格結果が得られた。試料採取サイトごとに一定の信頼度を有する結果を選別するため、合格試片が3個以上で、サイト平均強度に対する標準偏差が20%以内に収まるものを抽出すると (1) KM-11 窯跡 48.0 ± 9.6 uT (630 ± 10 年)、(2) TG-38-III 窯跡 45.4 ± 2.0 uT (720 ± 10 年)、(3) KM-102 窯跡 55.3 ± 8.4 uT (750 ± 10 年)、(4) KM-38-II 窯跡 50.0 ± 4.3 uT (770 ± 10 年)、(5) 佐山新池1号窯跡 55.9 ± 8.4 uT (775 ± 25 年)、(6) 佐山東山窯跡 48.9 ± 7.4 uT (775 ± 25 年)、(7) 佐山東山奥窯跡 49.4 ± 4.5 uT (900 ± 50 年) の結果が選別された。

一定の信頼度を有すると認定できる、本研究および日本の先行研究のデータとを比較すると、先行研究のデータがA.D.600～900年の期間に約70 uTから約50 uTへと強度の減少を示しているのに対し、本研究のデータは約50 uT程度で一定の強度を維持しているという違いが認められる。この一定強度であったという傾向は、最近、韓国および中国から報告されたデータ (Hong et al., 2013; Cai et al., 2014) と調和的である。さらに仮想的な地心軸双極子モーメント (VADM) に変換して全球規模での傾向を比較すると、GEOMAGIA50 データベース (Donadini et al., 2006; Korhonen et al., 2008) より抽出した世界各地からのデータに見られるA.D.0年の約 11×10^{22} Am²から現在の約 8×10^{22} Am²にかけての緩やかな減少傾向とも、本研究のデータは調和的である。

キーワード: 考古地磁気強度, 永年変化, 須恵器窯, 高品質データ, IZZI-テリエ法, 綱川-ショー法

Keywords: archeointensity, secular variation, climbing kiln of Sue ware, high-quality data, IZZI-Thellier method, Tsunakawa-Shaw method

松本市高畑遺跡と和田太子堂遺跡の考古地磁気学的研究 Archeomagnetic study of Takabatake ruins and Wada-taishido ruins in Matsumoto city

邊見 涼^{1*}; 齋藤 武士¹
HEMMI, Ryo^{1*}; SAITO, Takeshi¹

¹ 信州大学理学部地質科学科

¹Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University

本発表で筆者らは、長野県松本市の高畑遺跡と和田太子堂遺跡の4サイト(それぞれTK2~4, W1)で発見された被熱痕跡を示す土壌(焼土)の考古地磁気方位を報告する。被熱の影響を評価するため、現地で携帯型の帯磁率計を用いて地表面の帯磁率測定を行い、被熱痕跡が認められない箇所(非被熱部)からも試料を採取して残留磁化測定を行った。得られた結果を基に、被熱と帯磁率・NRM強度の関係、残留磁化の起源、遺跡の年代、松本市における地磁気変動の地域差について議論を行う。

携帯型の帯磁率計を用いて現地で地表面の帯磁率を測定した結果、土壌の種類が異なる一部の箇所を除き、同質の土壌から採取した試料については、被熱度が高くなるにつれて帯磁率値も大きくなった(平均8~11(SI), 最大値25(SI))。また、実験室での測定結果から、消磁前のNRM強度と帯磁率も同様に、被熱度が高くなるにつれて値が大きくなることがわかった。NRM強度だけでなく帯磁率の値も変化したことから、被熱の結果TRMが獲得されたことに加えて、磁性鉱物の量が増加したことが考えられる。

段階交流消磁実験の結果、焼土から採取した試料だけでなく非被熱部から採取した試料からも、原点に向かう直線性の良い磁化成分が得られた。産状からそれぞれTRM起源、DRM起源の磁化成分だと考えられる。TRM起源と考えられる磁化成分はNRM強度、帯磁率ともに高くなる。そのため今回はNRM強度、帯磁率が低いものはDRM起源と考え、考古地磁気方位を求める際には除外した。得られた方位はそれぞれTK2(偏角=-0.6°, 伏角=51.9°, α 95=2.3°, k=678.2), TK3(偏角=-4.3°, 伏角=52.1°, α 95=1.6°, k=1234.6), TK4(偏角=-1.7°, 伏角=56.1°, α 95=2.2°, k=500), W1(偏角=-11.7°, 伏角=49.5°, α 95=1.8°, k=950.1)となり、集中度の良い考古地磁気方位が得られた。得られた方位をHatakeyama et al. (in prep.)の永年変化曲線と比較して年代を推定したところ、土器編年による年代と調和的な年代が得られたが、考古地磁気による年代のほうが50年ほど古い年代値を示した。また、得られた方位は、Hatakeyama et al. (in prep.)の永年変化曲線より東側に偏っており、松本市内において西偏の影響が弱かったことが考えられる。現在の偏角の磁気図(国土地理院, 2010年度値)によると非双極子成分の影響で甲府を中心に偏角が数度ほど小さい範囲が見られ、松本市も同緯度地域と比べて1度程度偏角が小さい。このため過去においても非双極子成分の影響を受けて、偏角の値が小さかった可能性が考えられる。

キーワード: 考古地磁気学, 地磁気永年変化, 非双極子成分, 熱残留磁化, 堆積残留磁化, 遺跡

Keywords: Archeomagnetism, Geomagnetic secular variations, non-dipole component, thermal remanent magnetization, depositional remanent magnetization, ruins

伊能忠敬山島方位記に基づく19世紀初頭の日本地磁気偏角の解析 第9回報告 Analyzing the early 19th century's Geomagnetic declination in Japan from Tadataka Inoh's Santou-Houi-Ki The 9th report

辻本 元博^{1*}; 面谷 明俊²; 宮内 敏³
TSUJIMOTO, Motohiro^{1*}; OMOTANI, Akitoshi²; MIYAUTI, Satoshi³

¹ 日本地図学会, ² 山陰システムコンサルタント, ³ 銚子ジオパーク
¹ Japan Cartographers Association, ² Sannin System Consultant, ³ Geopark Choushi

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 $0^{\circ} 05'$ の陸上磁針測量方位角を記録した67巻でなる台帳である。1917年に唯一詳細位置が既知であった江戸(東京)深川伊能隠宅での1802年、1803年の磁針測量方位角データからの地磁気偏角の解析後に頓挫した解析を理科系と文科系間の学際同時解析で進めている。我々はこの地球惑星科学、測量学、古地図学、郷土史、人文科学を横断する学際同時解析により、分野に分かれた伝統的な研究方法よりも真北方位、地磁気偏角及び山島方位記に記載の磁針測量実施基点の短い記述や測量対象地点の歴史的地名を解明する詳細な根拠を増やすことができる。

(1) 「山島方位記」には伊能忠敬の測量実施基点の短い記述、測量対象地点名、 $0^{\circ} 05'$ 精度の磁針測量方位角が記載されている。

(2) 解析の手順 景観再現ソフトと国土地理院 GSI 電子国土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、測量実施基点概略位置から各測量対象地点への真北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コンパス測量方位角。

測量実施基点概略緯度経度(精度 $0^{\circ} 00' 01''$)の位置から複数の測量対象地点位置への真北方位角から磁針コンパス測量方位角を差し引いた総ての地磁気偏角の値($0^{\circ} 00' 00.01''$ 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(精度 $0^{\circ} 00' 00.01''$)を逆算計算する。各地磁気偏角の値の平均値を $0^{\circ} 00' 00.001''$ で計算し、その測量実施基点に於ける伊能忠敬測量実施当日の地磁気偏角として $0^{\circ} 01'$ 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う。可能な限り測量実施基点の現地に行き実景を確認し、GPS 送受信機で緯度経度を測り、地磁気偏角の数値を再計算する。

(3) 「山島方位記」を解析し、19世紀初頭に遡り日本を地磁気偏角データの過疎地から正確な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。解析済み地点数は183を超えた。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。解析は沿岸から本州内陸部へ進みつつある。

(4) 「山島方位記」から解析した当時の日本列島の等偏角線とアメリカ海洋大気庁 NOAA 作成 Historical Magnetic Declination in.1800,

1805,1810,1815 を比較すると概ね同一である。小さな相違はアメリカ海洋大気庁 HMD の西偏が約5年遅いことである。

(5) 但し、「山島方位記」の解析からはアメリカ海洋大気庁 HMD に描けない地域的な磁気異常と考えられる地磁気偏角も北海道東部南

岸、能登半島の一部、伊勢の浅熊山、九州の延岡等で判明した。「山島方位記」の解析はますます重要になる。

キーワード: 地磁気偏角, 伊能忠敬, 山島方位記, 測量基点, 測量対象, 学際

Keywords: geomagnetic declination, Tadataka Inoh, Santou-Houi-Ki, Survey reference point, Survey Target point, interdisciplinary

秋田県一ノ目潟のコア堆積物に保存された残留磁化 Remanent magnetization observed in core sediments from the Ichinomegata Maar, Akita Prefecture

安楽 和央^{1*}; 林田 明²; 山田 和芳³; 篠塚 良嗣⁴; 米延 仁志⁵; 五反田 克也⁶; 原口 強⁷
ANRAKU, Kazuhiro^{1*}; HAYASHIDA, Akira²; YAMADA, Kazuyoshi³; SHINOZUKA, Yoshitsugu⁴;
YONENOBU, Hitoshi⁵; GOTANDA, Katsuya⁶; HARAGUCHI, Tsuyoshi⁷

¹ 同志社大学大学院理工学研究科, ² 同志社大学工学部環境システム学科, ³ 静岡県 文化・観光部 文化学術局 ふじのくに地球環境史ミュージアム整備課, ⁴ 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ⁵ 鳴門教育大学大学院学校教育研究科, ⁶ 千葉商科大学政策情報学部, ⁷ 大阪市立大学大学院理学研究科

¹Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, ²Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, ³Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka, ⁴Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ⁵Graduate School of Education, Naruto University of Education, ⁶Faculty of Polycy Informatics, Chiba University of Commerce, ⁷Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University

The Ichi-no-megata is a maar lake with a maximum water depth about 45 m, located in the Oga Peninsula on the Japan Sea coast. A piston-core sample (IMG13P) obtained in 2013 provided a Holocene paleomagnetic secular variation (PSV) record through measurements of natural remanent magnetization (NRM) of 7cm³ cubic samples. Also, we collected Mackereth core samples (IMG13M-1 and IMG13M-2) at the center of the lake, and measured magnetic susceptibility, anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) and NRM of 7cm³ cubic samples.

The core sediments are mostly composed of laminated clay or silt intercalating sandy turbidite layers. According to correlation between the Mackereth cores and the piston cores based on lithological and magnetic susceptibility data, it is revealed that uppermost parts of the piston cores were missed. Inclinations of minimum axis and shape parameters *q* of AMS ellipsoids indicate that turbidite layers of upper parts have not preserved primary sedimentary fabric. Stepwise AF demagnetization of the NRM showed that remanence of the laminated layer is more stable than turbidite layers. Therefore, we argue that the turbidite sediment is not suitable for preservation of NRM.

キーワード: 残留磁化, 初磁化率, 一ノ目潟

Keywords: Remanent magnetization, magnetic susceptibility, Ichi-no-megata Maar

沖縄県羽地内海堆積物の残留磁化：磁性鉱物種と続成作用の検討 Remanent magnetization of a sediment core from Haneji-naikai, Okinawa : Diagenetic modification of magnetic mineral

高梨 祐太郎^{1*}; 林田 明²; 山田 和芳³; 五反田 克也⁴; 米延 仁志⁵
TAKANASHI, Yutaro^{1*}; HAYASHIDA, Akira²; YAMADA, Kazuyoshi³; GOTANDA, Katsuya⁴;
YONENOBU, Hitoshi⁵

¹ 同志社大学大学院理工学研究科数理環境科学専攻, ² 同志社大学理工学部環境システム学科, ³ 静岡県 文化・観光部 文化学術局 ふじのくに地球環境史ミュージアム整備課, ⁴ 千葉商科大学政策情報学部, ⁵ 鳴門教育大学大学院学校教育研究科
¹Doshisha Univ., Grad. School Sci. & Engineer., ²Department of Environmental Systems Science, Doshisha University,
³Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka, ⁴Faculty of Polycy Informatics, Chiba University of Commerce,
⁵Graduate School of Education, Naruto University of Education

沖縄本島北西部に位置する羽地内海および塩屋湾から採取された堆積物コアについて、赤色土の流入と周辺の環境変遷に関する環境磁気学的研究を行った。今回の発表では、羽地内海の中央部（水深 9.2 m）から採取されたコア試料（OHU10-1；長さ 278 cm）の自然残留磁化の特徴について報告する。

自然残留磁化（NRM）の測定は U-チャンネル試料を対象とし、パススルー型超伝導磁力計（2G Enterprises 755R）を用いて行った。NRM の段階交流消磁の結果、深度 120 cm 未満の NRM は 15 mT 以上の交流消磁でほぼ直線的に原点に向かって減衰するという特徴（MAD：10° 未満）を示した。しかし 130 cm 以上の NRM の強度は上部の 2% 程度と小さく、段階交流消磁によって特徴的な磁化成分を認定することはできなかった（MAD：10° 以上）。同じく U-チャンネル試料について測定した初磁化率は深度 35 cm 付近で最大値（630 μ SI）を示し、深度 160 cm まで減少、それ以降ではほぼ一定の値（約 140 μ SI）を示した。80 mT で付与した非履歴残留磁化（ARM）の強度はコア最上部から深度 100 cm にかけて漸増し、深度 140-160 cm において急激に約 2 桁減少し、それ以降では約 0.0025 A/m の値となった。

U-チャンネル試料から体積 1 cm³ のキューブ試料を採取し、Kappabridge（AGICO KLY-3S）による初磁化率と 2G755R による ARM の測定を行った後、Impluse Magnetizer（ASC IM-10）を用いて等温残留磁化（IRM）の段階的付加（1.0 T まで）と逆方向の磁場（-0.3 T）の付与を行った。その結果、IRM に占める低保磁力成分（0.3 T 以下）の割合（S-ratio）はコア最上部から深度 80 cm にかけて 0.9 から 1.0 に近づいた後、深度 140-160 cm で急減、それ以降では 0.7 以下の低い値を示した。IRM の高保磁力成分（0.3 T 以上；HIRM）はコア最上部でピークを持ち、深度 80 cm にかけて減少した。さらに、深度 12 cm、110 cm、145 cm、195 cm、235 cm の堆積物を石英ガラスのシリンダーに充填し、直交する 3 軸方向に 1.0 T、0.4 T、0.12 T の順に付与した IRM の段階熱消磁実験（Lowrie, 1990）を行ったところ、上部 3 層準の試料では 580 °C 付近と 200 °C で低保磁力成分の強度が減少することが判明し、チタノマグネタイトとマグネタイトの存在が示唆された。

深度 140 cm 付近から認められた ARM と S-ratio の急激な減少は、還元的続成作用による細粒マグネタイトの溶解によるものと推定される。このため、深度 130 cm 以上で安定した NRM が認められなかったと考えられる。

キーワード: 古地磁気学, 自然残留磁化, 続成作用, 堆積物, 赤色土壌, 沖縄

Keywords: paleomagnetism, natural remanent magnetization, diagenesis, sediment, red soil, Okinawa

北西大西洋ニューファンドランド沖の IODP Site U1403 から採取された海洋コアの 岩石磁気特性 Rock magnetic property of the marine sediment cores recovered from IODP Site U1403 in the Northwest Atlantic

深見 洋仁^{1*}; 山本 裕二²
FUKAMI, Hiroto^{1*}; YAMAMOTO, Yuhji²

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

¹Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

海底堆積物は過去の環境変動を時間的にほぼ連続して記録している試料であり、地質時代に遡る環境変動を解明する上で重要な情報源となる。統合国際深海掘削計画 (IODP) 第 342 次研究航海では、暁新世から始新世の気候変動解明を目的に、北西大西洋ニューファンドランド沖から海底堆積物が掘削された (Expedition 324 Scientists, 2012)。我々は当該期間における古地磁気強度相対値変動を解明することを目指しており、そのためには岩石磁気的に比較的均質な層準を見いだす必要がある。本研究では Site U1403 の Hole A より約 1.5 m の間隔で採取した 88 個の Discrete Sample (25-160 mcd: meter composite depth) を対象に予察的な岩石磁気測定を行った。

低温磁気分析の結果、Verwey 点の一部の層準で僅かに確認されたが、大部分の層準では確認できなかったため、チタンに乏しい (チタノ) マグネタイトはあまり含有されていないと推定した。また、約 117 mcd 以深の層準では約 25K に相変態点を確認されたため、ロードクロサイトが含まれていると推定した。

熱磁気分析の結果では、コア全体を通して約 400 °C に磁化の増加、約 580 °C および約 670 °C に Curie 点を確認された。しかし、低温磁気分析において Verwey 点の一部の層準を除いて確認されないことから、約 580 °C の Curie 点は (チタノ) マグヘタイトの熱分解によるものだと考えられる。これらのことから (チタノ) マグヘタイトおよび (チタノ) ヘマタイトが含まれていると推定した。

ARM は 100 μ T の直流磁場と 80 mT の交流磁場を作用させることで印加した。50-90 mcd の層準においては $3\sim 5 \times 10^{-4}$ (A/m) 程度の一定した強い強度を示すことが確認された。それ以外の層準では強度は一定せず、 10^{-6} (A/m) 程度まで弱くなる変動を示す部分も見受けられた。この傾向は 2.5 T の直流磁場により印加した IRM においても同様であり、50-90 mcd の層準では $1\sim 3 \times 10^{-3}$ (A/m) 程度と一定した強い磁化強度を示し、それ以外の層準では一定せずに 10^{-5} (A/m) 程度まで弱くなる変動を示す部分もあった。

磁気的粒度あるいは相互作用の指標となる ARM/IRM 比は、主に 0.15 および 0.05 の層準に二分され、50-90 mcd の層準では 0.15 付近の一定値を示した。磁性粒子の保磁力構成比の指標となる S 比 (-0.1T, -0.3T) においても 50-90 mcd の層準は一定値を示す傾向が確認され、S(-0.1T) では約 0.97、S(-0.3T) では約 0.98 であった。

磁化強度が比較的強く、各種岩石磁気パラメーターが比較的高い値で一定している 50-90 mcd の層準は、続成作用の影響が少なく、岩石磁気的にも比較的均質であると考えられる。したがって、この層準が古地磁気強度相対値変動の推定に適していることが示唆される。

キーワード: 地磁気, 古地磁気強度, 海底堆積物

Keywords: geomagnetic field, paleointensity, marine sediments

西部赤道太平洋の海底堆積物を用いた過去 300 万年の相対古地磁気強度変動に関する研究
Relative paleointensity during the last 3 m.y. from sediments in the western equatorial Pacific

櫻本 晋洋^{1*}; 山崎 俊嗣¹; 木元 克典²
SAKURAMOTO, Yukihiro^{1*}; YAMAZAKI, Toshitsugu¹; KIMOTO, Katsunori²

¹ 東京大学, ² 海洋研究開発機構

¹The University of Tokyo, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

It is important to determine the strength of the past geomagnetic field for better understanding of the geodynamo. This study aims to estimate relative paleointensity of the geomagnetic field (RPI) back to about 3 Ma. Marine sediments can preserve temporally continuous paleomagnetic records. Piston core samples obtained from the West Caroline Basin (R/V MIRAI MR14-02 cruise, core PC01) were used. This area is empirically known for yielding good paleomagnetic records. Alternating field demagnetization of the natural remanent magnetization (NRM) enabled to estimate directions of the past geomagnetic field. Ages of the sediments were estimated from the magnetic polarity reversal sequence. We are also trying age estimations based on the oxygen isotope stratigraphy. The anhysteretic remanent magnetization (ARM) and the saturation isothermal remanent magnetization (sIRM) were imparted to normalize the NRM intensity for obtaining RPI. Here, the ARM was chosen for the normalizer. The result generally agrees with the previous RPI stacked curves of the last 2 m.y.. However, the RPI record seems to correlate with the ARM/sIRM ratio, which may reflect the variation in the sedimentary environment. Thus the RPI record may be influenced by environmental changes. We need to evaluate this influence for more reliable RPI estimation.

キーワード: 古地磁気強度, 海底堆積物

Keywords: paleomagnetic intensity, marine sediments

石垣島産サンゴ骨格における残留磁化の起源 Origin of magnetic remanence in coral skeletons in Ishigaki Island, Japan

熊谷 祐穂^{1*}; 中村 教博¹; 佐藤 哲郎¹
KUMAGAI, Yuhō^{1*}; NAKAMURA, Norihiro¹; SATO, Tetsuro¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹Department of Earth Science, Tohoku University

Coral skeletons have an attractive potential as high-resolution recorders of the Earth's ancient geomagnetic field for the last several hundreds of years due to their long-lived and annual growth rate, but they have a general problem: 1) the magnetization of corals is very weak and 2) its origin has not been understood. Some of the corals appear to carry an excellent record of the field. Sato et al. (2014) succeeded, even using a conventional spinner magnetometer, to measure enough magnetizations of deceased coral tsunami boulders along the shorelines of Ishigaki Island where the coral reefs are grown on bedrock of Ryukyu limestone and Jurassic schist. Therefore, the in-situ coral skeleton of this Island would provide us a high-resolution paleomagnetic record if we could determine what magnetic minerals and their domain structures. However, our understanding of the magnetic mineral assemblages within coral frameworks is not well developed, because of rare abundance of magnetic particle. Previous rock-magnetic studies have reported two different results of both biogenic magnetite and abiogenic detrital titanomagnetite in late Cenozoic shallow-water carbonate platforms as the main remanence carriers at Bahamas (McNeil et al., 1988) and Tahiti (Ménabréaz et al., 2010), respectively. To determine the remanence carriers for our corals, we conducted petrologic observations of acid-treated residuals of corals by a field-emission type scanning electron microscope (FE-SEM) and revealed the presence of c.a. 80~100 nanometer rectangular-shaped individual iron oxide grains with a very short chain of them, implying the origin of biogenic magnetite. We also found some titanium iron oxides from detrital deposits transported from bedrock schist. A first order reversal curves (FORC) measurements are also conducted to confirm the magnetic mineralogy. FORC diagrams have a narrow ridge along the H_c axis with little vertical spread. The FMR spectra represent a similar form with those of magnetosome-bearing carbonates. Our results indicate that the main magnetic carriers of coral frameworks are from both bacterial and detrital fine-grained magnetite.

新しい磁気緩和による年代決定法の石垣島サンゴ津波石への応用 A new magnetic relaxation dating reveals tsunami ages from individual tsunamigenic coral boulders on Ishigaki Island

佐藤 哲郎^{1*}; 中村 教博¹; 後藤 和久²; 熊谷 祐穂¹; 箕浦 幸治¹; 長濱 裕幸¹
SATO, Tetsuro^{1*}; NAKAMURA, Norihiro¹; GOTO, Kazuhisa²; KUMAGAI, Yuhō¹; MINOURA, Koji¹;
NAGAHAMA, Hiroyuki¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ² 東北大学災害科学国際研究所

¹Department of Earth Science, Tohoku University, ²International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University

Information about past tsunami hazards, such as their recurrence interval and magnitude, is needed for future disaster prevention and mitigation. Tsunamigenic boulders could estimate a magnitude of tsunami waves to transport them to coastlines, but no information for recurrence intervals has been obtained. In the Ishigaki Island, Japan, there are tsunamigenic boulders consisted of the hermatypic corals. The distributions of large numbers of radiocarbon dating for these boulders determined the timing of past tsunamis. Although the radiocarbon dating is a powerful tool for estimating tsunami age for corals including radiocarbon, information for subsequent transportations of individual coral boulders and for ages of tsunamigenic igneous boulders without any trace of radiocarbon. Paleomagnetic viscous dating could overcome this problem because time-dependent viscous remanent magnetization is acquired parallel to the Earth's magnetic field after the transportation. Furthermore, Neel's thermal relaxation theory on single domain magnetite particles predicts the time-temperature relation for the viscous relaxation. Following Pullaiah et al. (1975), we can derive a time-temperature nomogram for single domain nanoparticle ensembles describing that a remanence acquired during a time at a room temperature in nature can unblock during shorter heating step at higher temperature in a laboratory. We have been applying this relation to the coral boulders in Ishigaki Island, but their emplacement ages determined from this time-temperature relation showed an older age than radiocarbon dating for the same boulders. Here, we revisited the Neel's exponential relaxation model of magnetic relaxation in order to determine the same age as radiocarbon dating by extending the previous time-temperature relation. It is considered that magnetic viscous relaxation of fine-grained magnetite is following an exponential or logarithmic function of time, but the reexamination of previously published viscous relaxation data suggested that magnetic viscous data is fit by a stretched exponential function of time. Using this stretched exponential function, we obtained a new time-temperature relation for estimating accurate tsunami ages. Combined this new relation and statistical data measured by the repeated thermal demagnetizations with a varied duration time, we succeeded to determine the same ages as radiocarbon dating for our coral boulders.

Keywords: tsunamigenic boulder, viscous remanence, time-temperature relation, stretched exponential

Precise determination of Fe species in plagioclase crystals: a preliminary study Precise determination of Fe species in plagioclase crystals: a preliminary study

佐藤 雅彦^{1*}; 潮田 雅司²; 中田 亮一²
SATO, Masahiko^{1*}; USHIODA, Masashi²; NAKADA, Ryoichi²

¹九州大学, ²東京工業大学

¹Kyushu University, ²Tokyo Institute of Technology

Silicate minerals such as plagioclase and pyroxene sometimes contain fine-grained magnetite crystals; such silicates are called magnetic silicates. Magnetic silicates are ubiquitous in mafic and intermediate plutonic rocks [Dunlop and Ozdemir, 1997; Gee and Kent, 2007]. As the middle and lower crust have greater mafic composition than the upper crust [Rudnick and Gao, 2004], magnetic silicates should play an important role in controlling the magnetic properties of deep crustal rocks. For understanding the sources of magnetic anomalies, which are often originated from thick magnetized layers within the crust [Shive et al., 1992 and reference therein], it is crucial to investigate the condition of exsolution of magnetite in silicate minerals.

In this study, to precisely determine the chemical species of Fe in the plagioclase crystals, magnetic measurements combined with microscopic observation and synchrotron radiation study were conducted for single grain plagioclase crystals. We prepared the two types of plagioclase crystals from (1) the basalt (Ofunato scoria) from the Miyakejima volcano [Ushioda et al., 2014] and (2) the gabbro from the Oman ophiolite [Sato et al., submitted]. The plagioclase crystals were collected under a stereoscopic microscope and used for the measurements after a hydrochloric acid (HCl) leaching for several days.

The main series of measurements for the single grain plagioclase crystals were as follows. (1) To estimate a content of magnetic mineral in the plagioclase crystals, magnetic hysteresis loop was measured using an Alternating Gradient Magnetometer (Micro-Mag 2900, Princeton Measurements Corporation) and magnetic hysteresis parameters (saturation magnetization M_s , saturation remanence M_{rs} , coercivity B_c , and coercivity of remanence B_{cr}) were calculated. (2) To investigate chemical compositions of the plagioclase crystals, microscopic observation was conducted using a field emission electron microprobe (JXA-8530, JEOL). (3) To investigate valence state of Fe, K-edge X-ray absorption near edge structure (XANES) spectra were measured at BL-4A of Photon Factory (PF).

The M_s value for the plagioclase crystals of the basalt and gabbro samples were $<5 \times 10^{-4}$ Am²/kg and ca. 1×10^{-2} Am²/kg, respectively. Therefore, the plagioclase crystal of the gabbro contained substantial amount of magnetic minerals, while that of the basalt contained no or little magnetic mineral. Taking into account the Curie temperature of 548 °C [Sato et al., submitted], the ulvospinel content for the plagioclase crystal of the gabbro was estimated to be $x = 0.047$ [Hunt et al., 1995] and the magnetite content was estimated to be 0.011wt%.

The microscopic observation showed that the FeO contents for the plagioclase crystals of the basalt and gabbro samples were 0.45wt% and 0.18wt%, respectively. The XANES analysis showed that the valence state of Fe for the plagioclase crystals of the basalt and gabbro samples were ca. 2.54 ($Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1.17$) and ca. 2.59 ($Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1.44$), respectively. In the case of the basalt sample, all Fe was contained in the plagioclase crystal, which is consistent with the thermal history of the Miyakejima basalt [Ushioda et al., 2014]. In the case of the gabbro sample, about 95% of Fe was contained in the plagioclase crystal and the remaining 5% of Fe was exsolved as magnetite crystals. The presence of magnetite was also suggested by the linear combination fitting of XANES spectra.

Now, our plan is to conduct high temperature heating experiment for the plagioclase crystals with varying the oxygen fugacity. On the basis of the measurements results for the samples before and after heating, we will discuss the high temperature heating effect on the Fe chemical species in the plagioclase crystals.

Keywords: Plagioclase, Magnetic silicate, Rock-magnetism, XANES

The magnetic structure in Taiwan The magnetic structure in Taiwan

CHEN, Chun-rong^{1*} ; YEN, Horng-yuan¹ ; CHEN, Chieh-hung²
CHEN, Chun-rong^{1*} ; YEN, Horng-yuan¹ ; CHEN, Chieh-hung²

¹Department of Earth Sciences, National Central University, Taiwan, ²Department of Earth and Environmental Sciences, National Chung Cheng University, Taiwan

¹Department of Earth Sciences, National Central University, Taiwan, ²Department of Earth and Environmental Sciences, National Chung Cheng University, Taiwan

In this study, the main focus is to construct a magnetic structure model for Taiwan. The well covered total-field geomagnetic anomaly map in Taiwan was calculated by the observed data during a series of survey at 2003-2004. A new 3D forward modeling of total-field magnetic anomaly method was applied to our calculation. We assign the susceptibility to the particular rectangular prism from the reference studies, which had defined the susceptibility from the result of Geological survey. Two profiles in West-East direction and one in North-South direction has been studied. The modeling total-field magnetic anomaly along these profiles are used to compare with the observed data and further discuss the magnetic structure along with it.

キーワード: geomagnetic, Taiwan, magnetic structure
Keywords: geomagnetic, Taiwan, magnetic structure