

SEM036-01

会場:301B

時間:5月26日 14:15-14:30

Verwey 転移温度への圧力の影響

Effects of pressure on the Verwey transition temperature of magnetite

佐藤 雅彦^{1*}, 山本 裕二², 西岡 孝², 小玉 一人², 綱川 秀夫¹

Masahiko Sato^{1*}, Yuhji Yamamoto², Takashi Nishioka², Kazuto Kodama², Hideo Tsunakawa¹

¹ 東京工業大学理工学研究科地球惑星科学専攻, ² 高知大学

¹Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH, ²Kochi University

The Verwey transition of magnetite is one of the basic issues in the rock magnetism, since the magnetic property measurement using low temperature cycle (LTD, field cooling/ zero-field cooling method, and so on) is a powerful tool for identifying magnetic minerals of rocks.

Mori et al. (2002) reported that the Verwey transition temperature (T_v) decrease with applied pressure by measuring the electrical resistivity on single crystalline samples. In contrast, Rozenberg et al. (2007) observed increase in the transition temperature with pressure by X-ray diffraction and Mossbauer experiment under high pressure. Therefore the T_v change with pressure has been controversial. Recent developments of experimental techniques enable us to measure sample magnetizations under high pressure (Gilder et al., 2002; Kodama and Nishioka, 2005; Sadykov et al., 2008). We focus on the Verwey transition of magnetite and conducted systematic experiment under a pressure of up to 0.9 GPa.

In the sample preparation, natural magnetite of large crystal was crushed by hand and sieved in an ultrasonic bath to be 45-60 micrometers in size. The pressure cell used in the present study is made of CuBe and zirconium oxide (Kodama and Nishioka, 2005). Samples are placed into a Teflon capsule. As a pressure transmitting fluid, we used a 1:1 mixture of Fluorinert NO. FC70 and NO. FC77. To calibrate the pressure inside the cell we placed small chip of indium whose transformation temperature is given as a function of pressure (Jennings and Swenson, 1958).

We performed thermal demagnetization of a saturation isothermal remanent magnetization (SIRM) imparted in a magnetic field of 2.5 T at 10 K using a Quantum Design Magnetic Property Measurement System (MPMS). Samples were cooled from room temperature to 10 K in zero-field. A 2.5 T field was applied at 10 K and then measurements of the magnetic moment upon warming started. Measurement frequency upon warming from 10 K was 1 K between 90 K and 140 K, with coarser temperature step below 90 K and above 140 K.

Systematic changes in magnetization intensity curve were observed under high pressure in the present study. Under atmospheric pressure, the sample magnetization down sharply at the known Verwey transition temperature. Applying a pressure, there is a little decrease in magnetization in approaching T_v from below, followed by a sharp decline of magnetization due to the Verwey transition. The T_v values identified as a sharply declined temperature gradually shifts to be lower with pressure (2 K/GPa). After decompression, the magnetization curves recovered the original one at an atmospheric pressure.

This supports the results by Mori et al. (2002) and suggests that the Verwey transition may be caused by the electron hopping. Combining other low temperature cycles, we will discuss behaviors of magnetite concerning the Verwey transition.

Keywords: Verwey transition, high pressure

SEM036-02

会場:301B

時間:5月26日 14:30-14:45

Be-10 および古地磁気強度記録に基づく新たな堆積残留磁化獲得モデル A new PDRM lock-in model for marine sediments deduced from Be-10 and paleomagnetic records through the M-B boundary

菅沼 悠介^{1*}, 奥野 淳一¹, David Heslop², Andrew P. Roberts², 山崎 俊嗣³, 横山 祐典⁴

Yusuke Suganuma^{1*}, Jun'ichi Okuno¹, David Heslop², Andrew P. Roberts², Toshitsugu Yamazaki³, Yusuke Yokoyama⁴

¹ 国立極地研究所 地圏研究グループ, ²The Australian National University, ³ (独) 産業技術総合研究所, ⁴ 東京大学大気海洋研究所

¹National Institute of Polar Research, ²The Australian National University, ³Geological Survey of Japan, ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute

Geomagnetic field intensity records from marine sediments (relative paleointensity) have contributed to a better understanding of variations in the Earth's magnetic field, and have helped to establish age models for marine sediments. However, lock-in of the geomagnetic signal below the sediment-water interface in marine sediments through acquisition of a post-depositional remanent magnetization (PDRM) adds uncertainty to the temporal synchronization of marine sedimentary records. Although quantitative models enable the assessment of the delayed remanence acquisition associated with PDRM processes, the nature of the filter function and the thickness of the PDRM lock-in zone remain topics of debate. We have performed forward numerical simulations to assess the best-fit filter function and thickness of the PDRM lock-in zone in marine sediments based on a recently published comparison of Be-10 flux and relative paleointensity records. Our simulations reveal that the rate of PDRM lock-in increases in the middle part of the lock-in zone and a Gaussian function with a 16 cm lock-in zone thickness is the most suitable for representing the PDRM lock-in process in the studied core. This explains why the PDRM lock-in is largely delayed relative to the other sedimentary records, but distortion of the geomagnetic signal is relatively small. This result also implies that the PDRM is not simply locked as a result of progressive consolidation and dewatering of marine sediments, and that the arbitrary lock-in functions (linear, cubic, and exponential) that are often used to model PDRM lock-in starting from the base of the surface mixed layer cannot explain the observed paleomagnetic signal in marine sediments.

Keywords: paleomagnetism, paleointensity, post-depositional remanent magnetization, lock-in depth, Matuyama-Brunhes boundary

SEM036-03

会場:301B

時間:5月26日 14:45-15:00

Field- and Frequency-Dependent Anisotropy of Magnetic Susceptibility: Deeper Insight into Rock Fabric Field- and Frequency-Dependent Anisotropy of Magnetic Susceptibility: Deeper Insight into Rock Fabric

Frantisek Hrouda^{1*}, Martin Chadima¹

Frantisek Hrouda^{1*}, Martin Chadima¹

¹AGICO Inc. Brno

¹AGICO Inc. Brno

Theory of the Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) of rocks is based on the assumption of the linear relationship between magnetization and magnetizing field, resulting in field-independent susceptibility. However, pyrrhotite, hematite and titanomagnetite may show significant variation of susceptibility with field. Three methods were developed for the determination of the field-independent and field-dependent AMS components, all based on standard measurement of the AMS in variable fields within the Rayleigh Law range. The former component basically reflects the magnetic sub-fabrics of mafic silicates and pure magnetite, while the latter component is controlled by the pyrrhotite, hematite or titanomagnetite sub-fabric. Examples are shown of separation of individual magnetic sub-fabrics in some ultramafic rocks.

In some geological processes, such as very low-grade metamorphism, new very fine-grained magnetic minerals may originate. Their fabric can be investigated by means of the frequency-dependent magnetic susceptibility and its anisotropy, which is in environmental science and palaeoclimatology traditionally interpreted as resulting from interplay between superparamagnetic (SP) and stable single domain (SSD) or even multidomain (MD) particles. Through standard AMS measurement at different frequencies, the contribution of SP particles to the whole-rock AMS can be evaluated; appropriate method and program were developed. Various rocks, soils and ceramics, showing frequency-dependent AMS, were investigated. Attempts are made of their fabric interpretation.

キーワード: anisotropy of magnetic susceptibility, field-dependence, frequency-dependence

Keywords: anisotropy of magnetic susceptibility, field-dependence, frequency-dependence

SEM036-04

会場:301B

時間:5月26日 15:00-15:15

地球核内での強磁場ダイナモ作用 Strong-field dynamo action in the Earth's core

高橋 太^{1*}

Futoshi Takahashi^{1*}

¹ 東京工業大学

¹Tokyo Institute of Technology

It is generally believed that the geodynamo works in the so-called strong-field regime, where substantial part of the Coriolis force is balanced by the Lorentz force. In this regard, the ratio of the two forces defined as the Elsasser number, λ , is used as a measure of the strength of the dynamo-generated magnetic field. In the strong-field dynamo, it is reasonably hypothesized that λ is about unity in the Earth's core. From geomagnetic field observations, however, λ at the core-mantle boundary (CMB) is of the order of 0.1. It is suggested that the geomagnetic field in the outer core is much stronger than that at the CMB. On the other hand, from numerical dynamo models, the volume averaged Elsasser number can be as large as 100. Thus doubt has been casted on validity of the hypothesis of order-one-Elsasser-number.

In this study, we have obtained a strong-field dynamo using dynamo simulation with the following parameter set: Ekman number, $E = 10^{-5}$, magnetic Prandtl number, $Pm = 2$, Rayleigh number, $Ra = 3 \times 10^7$, and Prandtl number, $Pr = 1$. In the dynamo solution, the Elsasser number is 1.6, while the magnetic Reynolds number is 76, somewhat smaller than that of the Earth's core. Notably, the magnetic energy is more than 55 times larger than the kinetic energy, indicating that the inertia is minor compared with the magnetic effect. Also, effects of strong self-sustained magnetic field on evolution of core dynamo are investigated. From the present result, it is suggested that the strong-field dynamo is likely when the inertial force as well as the viscous one is sufficiently small compared with the Lorentz force. Such a condition should be well satisfied in planetary core.

キーワード: ダイナモ, 強磁場, エルザッサー数

Keywords: dynamo, strong-field, Elsasser number

SEM036-05

会場:301B

時間:5月26日 15:15-15:30

回転球殻 MHD ダイナモに対する初期磁場の影響

The effects of the initial magnetic field on MHD dynamo in a rotating spherical shell

佐々木 洋平^{1*}, 竹広 真一², 倉本 圭³, 林 祥介⁴

Youhei SASAKI^{1*}, Shin-ichi Takehiro², Kiyoshi Kuramoto³, Yoshi-Yuki Hayashi⁴

¹ 京都大学 理学研究科 数学教室, ² 京都大学 数理解析研究所, ³ 北海道大学理学院宇宙物理学専攻, ⁴ 惑星科学研究センター
¹Department of Mathematics, Kyoto Univ., ²Research Inst. Math. Sci., Kyoto Univ., ³Dept. Cosmospice, Hokkaido Univ.,
⁴Center for Planetary Science

天体固有磁場の生成維持機構を調べることを目指した三次元回転球殻内の力学的ダイナモ計算のパラメータ研究では、強い磁場を初期に置く、あるいは外部磁場をかけた状態で磁気対流計算を行なった後に、ダイナモ計算へ切り替える、という手法をとっており、その結果として強磁場ダイナモ解を得ているものが多い。しかしながら、幾つかの研究で指摘されているように、自励的な磁場生成維持が成立するか否かは磁場の初期値に依存している可能性がある。

そこで、本研究では初期磁場の大きさを変えた数値実験を行い、実際に実現する解に違いが出るかを調べた。力学的境界条件として球殻両端が滑り無し条件の場合 (以下, RR) と、球殻下端が滑り無し条件、球殻上端が応力無し条件の場合 (以下, FR) の二通りを考え、熱的境界条件として温度固定境界条件、磁場の境界条件として球殻外部および内核は不導体とした。パラメータ設定は、プランドル数を 1、エクマン数を 10^{-3} 、球殻の内径外径比を 0.35 に固定し、磁気プランドル数を 1 - 20、レイリー数を臨界値の 1.5 - 10 倍まで変えた。数値計算は、初期段階で磁場のない熱対流計算を行ない統計的平衡状態を求め、得られた対流場に対して双極子磁場を付与することでダイナモ計算を実行した。付与した双極子磁場は、統計的平衡状態の熱対流の運動エネルギーと付与した双極子磁場の磁気エネルギーを比較して

- 磁気エネルギーが運動エネルギーに比して二桁大きい場合
 - 磁気エネルギーが運動エネルギーと等しい場合
 - 磁気エネルギーが運動エネルギーに比して二桁小さい場合
- の 3 通りである。

結果は以下の通りである:

(1) 力学的境界条件によらず、初期磁場の磁気エネルギーが小さいほどダイナモ解が成立するためには磁気プランドル数をより大きくする必要がある。

(2) 力学的境界条件が RR の場合には、得られた解は全て ² ダイナモである。

(3) 力学的境界条件が FR の場合には、初期磁場の磁気エネルギーが初期場の運動エネルギーとくらべて (a) 大きい場合、あるいは (b) 等しい場合には、² ダイナモ解が成立するのに対して、(c) 初期磁場が小さい場合には、二層構造のダイナモ解が成立する。またダイナモ解が成立するためには (a), (b) の場合とも、RR の場合より大きな磁気プランドル数が必要である。

キーワード: 回転球殻対流, MHD ダイナモ, 初期磁場

Keywords: Convection in a rotating spherical shells, MHD dynamo, Initial magnetic field

SEM036-06

会場:301B

時間:5月26日 15:30-15:45

地球コア内における非等方熱拡散率の影響の緯度依存性

Latitudinal dependence of some effects of anisotropic thermal diffusivity in the Earth's core

松島 政貴^{1*}

Masaki Matsushima^{1*}

¹ 東京工業大学

¹Tokyo Institute of Technology

It is likely that turbulent motions occur in the Earth's fluid outer core with very small molecular viscosity. Such small-scale flows, which are highly anisotropic because of the Earth's rapid rotation and a strong magnetic field, can enhance a large-scale thermal diffusive process in the core. This suggests that a thermal eddy diffusivity should not be a scalar but a tensor. We have been carrying out numerical simulations of magnetohydrodynamic (MHD) turbulence in a rapidly rotating system to investigate the effect of anisotropy on dynamics in the core, by prescribing elements of anisotropic thermal diffusion tensor.

We have found that a certain degree of anisotropy has an insignificant effect on the character, like kinetic and magnetic energy, of magnetoconvection in a small region with periodic boundaries in the three-directions. However, in a region with top and bottom rigid boundary surfaces, the same degree of anisotropy can enhance kinetic and magnetic energy in magnetoconvection depending not only on prescribed anisotropic tensor diffusivity but also on location of the computational region expressed in terms of direction of gravity, or latitude. This implies that anisotropic tensor diffusivity, consequent on the anisotropy of turbulent flows, affects dynamics in the core near the boundary surfaces depending on the latitude.

Keywords: anisotropic diffusivity, magnetoconvection, Earth's core

SEM036-07

会場:301B

時間:5月26日 15:45-16:00

IGRF 11の経年変化モデルの評価とその結果による広域磁気異常の年度化成分 Evaluation of secular variation models of IGRF11 and its application to an epoch reduction of magnetic anomalies

植田 義夫^{1*}
Yoshio Ueda^{1*}

¹ コスモグラフ (株)
¹ Cosmograv Co., Ltd

全磁力磁気異常とは観測された全磁力成分から地球の核に起因する標準磁場の全磁力を除去したものと定義される。この標準磁場として IAGA により IGRF11 を用いることが勧告されている。今回、この IGRF11 の経年変化モデルについて、日本付近での地磁気観測所での観測結果との比較を行い、経年変化モデルの評価を行った。観測所は日本及び周辺諸国の 12ヶ所の観測所のデータである。その結果、経年変化の近似は、大きいところで 150nT (柿岡) 少ないところでも 70nT (ウラジオストク) の誤差があることが確認された。このような比較結果は、全磁力磁気異常が観測年毎に変化しているということでもある。

一方、日本近海では 1960 年代の後半からプロトン磁力計による海上磁気測量が実施されている。従来、これらの成果をもとに、磁気異常図が作成されているが、それらは観測年における磁気異常値をコンパイルしたものであり、年度化成分処理がなされていない。しかし、測量年度のことなるデータを用いた場合には、同じ海域でも、磁気異常のギャップが生じるため、不自然な異常パターンが描画される。実際には、このような現象を避けるために、短波長成分を除去するなどの処理がなされていると推測される。このような磁気異常図は定性的議論ではあるていどの役割を果たせるが、具体的な構造解析に用いる際には、誤差を生じさせる結果となる。

今回は、磁気異常の年度化成分の重要性を提起するとともに、その方法の提案、ならびにそれによる、2000.0 年度に化成した広域磁気異常図を作成した。その方法の流れは、IGRF11 による各観測所での磁気異常値をフーリエ級数で近似する、任意の観測点、観測年における年度化成分補正値を求めるため、観測所での 2000.0 年と観測年の磁気異常の差を求める、複数の観測所での補正量の経緯度の多項式近似により、観測点での補正値を補間する、となる。このような手法で日本近海の 2000.0 年度に化成した広域磁気異常図を紹介する。

キーワード: 磁気異常, IGRF 11, 経年変化, 広域磁気異常図, 年度化成分

Keywords: magnetic anomaly, IGRF11, secular variation, Regional magnetic anomaly map, Epoch reduction

SEM036-08

会場:301B

時間:5月26日 16:00-16:15

恐竜磁気学事始め Beginning of Dinosaur Magnetism

新妻 信明^{1*}, 東 洋一², 野田 芳和²
Nobuaki Niitsuma^{1*}, Yoichi Azuma², Yoshikazu Noda²

¹ 静岡大学理学部地球科学教室, ² 福井県立恐竜博物館

¹Institute of Geosciences, Shizuoka Univ., ²Fukui Prefectural Dinosaur Museum

福井県勝山市の手取層群上部の北谷層からは、鳥脚類の草食恐竜イグアノドン(全長4.7m)をはじめ大型草食の竜脚類 Fukuititan nipponensis(全長10m)そして肉食の獣脚類 Fukuiraptor kitadaniensis(全長4.2m)など恐竜骨格化石が産出している。これらの恐竜化石の顔ぶれは、米国や欧州そして中国、南米などで発見されている構成と共通しており、白亜紀における恐竜の進化と移動経路の解明が待たれる。古地磁気は、大陸移動を直接証拠付ける重要な情報であり、恐竜産地からの恐竜生息当時の古地磁気を知ることができれば汎世界的検討の促進に貢献するであろう。

恐竜骨格を産する堆積層の堆積面には足跡化石が多数産出する。足跡化石は、恐竜の巨体が堆積面を変形させた記録である。堆積層が変形前に当時の地磁気方向に磁化していれば、足跡は磁化方向に変化をもたらすと同時に、踏み固められる際に磁化することも考えられる。足跡変形と堆積層の磁気測定を詳細に対応させて検討すれば、足跡形成が堆積層の磁気にどのような変化をもたらしたか、そしてそれらの磁気記録が現在まで保存されているかを知ることができ、足跡形成前や形成時の地球磁場方向を特定できるであろう。また、堆積層の変形の詳細な定量解析から、恐竜の体重や足や指への力の懸り具合とともに恐竜の生息していた環境を知る手掛かりが得られることが期待される。このような新たな研究分野を「恐竜磁気学 Dinosaur Magnetism」と呼ぶことにする。

ここに述べる恐竜磁気学の最初の研究は、福井県恐竜博物館発掘現場から採取した肉食恐竜獣脚類の右後脚足跡が残された幅30x40cm厚さ数cmの砂岩層について行った。砂岩層に挟在する泥薄層は水に触れると膨潤して剥離するので、切断には水を用いず、灯油を使用した。不定形の試料を定方位切断するために下面を歯科用石膏で固め、石膏の底面を基準面としてダイヤモンドカッターで2立方体に定方位切断し、磁気測定試料とした。450個の切断試料を40mTまで10mT毎の段階交番磁場消磁後の自然残留磁気NRM・22uTにおける帯磁率異方性・29uTと40mTの非履歴残留磁化ARMを40mTまで10mT毎に段階交流磁場消磁してメトバ社製全自動古地磁気測定機NP2で測定した。

消磁前の自然残留磁気強度は1.5E-6kA/mであり、測定雑音1.2E-7kA/mよりも十分強く恐竜磁気学の検討が可能である。ただし、定方位切断のために使用した石膏の磁気強度が1.5E-5kA/mと試料の約10倍強いことが判明したので、石膏を除去して測定した。

帯磁率異方性の最大主軸は南東方向上向き、中間主軸がほぼ水平で北西-南東、最小主軸は北東偏り上向きで、北東から南西方向への流向を示している。

非履歴残留磁化は3.5E-6kA/mと自然残留磁気の数倍強いが、40mTで殆ど消磁される。

測定したのは、獣脚類の右足跡化石である。獣脚類は後脚で2足歩行するため、片足に全体重が懸るが、測定した足跡の第2指と第3指の付け根付近を中心として円形に堆積層が下方に撓んでおり、ここに全体重が懸ったことを示している。また、堆積層下面にも3本の指跡に対応する突出があり、足跡変形が堆積層全体に及んでいることを知ることができる。

堆積層は上層が細粒砂岩で下層が極細粒砂岩からなり、その間に薄い泥岩層が挟まる。下層には泥の葉理があるが、複雑に変形している。上面と底面にも泥層があるが、採掘現場でこれらの泥層が剥離して足跡化石が発見された。

測定試料の足跡変形は、上面の3本の指による下方変形と指の間の上方向の変形、上下砂層の変形・破断・噴出、そして底面の下方変形などが観察できる。これらの変形に対応させて自然残留磁気方向とその消磁経路および帯磁率異方性そして非履歴残留磁化を検討した。

一様な再磁化を被っていないことは、足跡試料全体が一様な自然残留磁気を有しておらず、境界をもって消磁経路が急変することによって明らかになった。特に第二指と第三指の間の盛り上がり部は残留磁気方向が一定するのみならず、消磁しても方向を変化させないことは周囲と明確に異なっている。この部分は堆積層が下方に撓んでいる中心に当たり、数トンの恐竜の全体重が懸った位置で、指によって押し退けられた砂層が上方に押し上げられたが、指の間の水状の膜に抑え込まれ、プレス加工されたように堆積物の間隙がほぼ完全に消失し、殆どの磁性鉱物が固定してしまったのであろう。

足跡変形と直接対応する残留磁気方向の相違と磁化機構を推定できたことは、恐竜が歩いた時の変形時に変化させられた堆積層の残留磁気現在まで保存されていることを示しており、この方向から恐竜生息当時の地球磁場を知ることが可能であるとともに、恐竜の歩行について新たな検討が可能であることを示している。

キーワード: 恐竜, 獣脚類, 足跡化石, 古地磁気, 手取層群, 石膏

Keywords: Dinosaur, Theropods, footprint, paleomagnetism, Tetori Group, gypsum

SEM036-09

会場:301B

時間:5月26日 16:30-16:45

古地磁気試料のサンプリングにおける方位誤差とその影響 Orientation errors in paleomagnetic sampling and their effects

河野 長^{1*}

Masaru Kono^{1*}

¹ 東京工業大学グローバルエッジ研究院

¹Tokyo Institute of Technology

古地磁気研究に用いられる試料を採集するために、エンジンドリルによって岩石から円柱状のコアを切り出すことがよく行われる。この場合、現場において2つの角度(円柱軸の水平面からの傾きと、コア内の任意の水平方向と北との角度)を測定しておけば、のちに残留磁化方位を地理的な方位に変換することができる。この角度の測定を1度程度の誤差で行うことはそれほど困難ではない。古地磁気方位を求める際の誤差は普通 Fisher の95%信頼限界によって表されるが、この値はかなり良い場合でも数度から10度程度であり、したがって試料の方位誤差は充分小さいように思われる。

しかしこの考えは正しくない。水平面からの傾きについては問題ないが、水平面内の角度はしばしば磁気コンパスを用いて測定されており、これが大きな誤差を含む可能性がある。特に火山岩のサンプリングにおいては、火山岩自体の磁化が大きな磁気異常を作り出して、方位に大きな誤差を引き起こす可能性がある。このことはしばしば気づかれていたが、これまでは適当なデータがないために定量的な見積りをすることが困難であった。

今回、アイスランド Lundarhals 地域において採集された溶岩182枚、試料数903個という大量のデータが得られた。このうち200個以上については、同一試料について磁気方位だけでなく、太陽の位置から決めた方位と地形上の参照点から決めた方位も求められている。また600個以上については磁気方位と地形方位の双方が得られており、磁気方位だけしかない試料は30個に過ぎない。これらの大量のデータを詳しく検討したところ、以下の諸点が明らかになった。

(1) 太陽による方位と地形参照による方位の差は 0.0 ± 0.6 度(平均と標準偏差、以下同じ)である(試料数 $n=203$)。これは他の誤差に比べて無視しうる程度に小さい。すなわち、このいずれかの方位が測定できた場合には、方位誤差は無視することができる。

(2) 太陽による方位と磁気方位の差は 0.5 ± 7.8 度($n=240$)、地形参照方位と磁気方位の差は 0.0 ± 6.9 度($n=844$)に達する。古地磁気永年変化から求められる平均方位の角度分散が十数度から二十数度であるから、これらの誤差は永年変化解析において無視できない影響を与える可能性がある。

(3) 一般に、磁気方位のずれは溶岩ごとに系統的に変化しているように見られる。すなわち、磁気方位の誤差の原因は溶岩自体の磁化であると結論できる。

(4) 磁気方位の誤差と、溶岩の磁化との関係はあまり判然としない。最も相関がはっきりしていると思われる西に開いた谷では、方位誤差と最大の相関を与える方向は北向きで水平よりややした向きという結果が得られているが、これに一般性があるかどうかは分からない。

キーワード: 古地磁気, 火山岩, 方位測定誤差, 古地磁気永年変化

Keywords: paleomagnetism, volcanic rocks, orientation error, paleosecular variation

SEM036-10

会場:301B

時間:5月26日 16:45-17:00

アイスランド Sudurdalur 地域溶岩から推定される過去 400-600 万年前の古地磁気強度 Geomagnetic field intensity inferred from 4-6 Ma lava sequences in Sudurdalur area, Iceland

山本 裕二^{1*}, 畠山 唯達²

Yuhji Yamamoto^{1*}, Tadahiro Hatakeyama²

¹ 高知大学, ² 岡山理科大学

¹Kochi University, ²Okayama University of Science

河野 長氏・田中 秀文氏らにより、1993年と1994年の夏にかけて、アイスランドの4つの地域に分布する489枚の溶岩から各5本の定方位古地磁気試料が採取された。このうち、北部地溝帯の東方約80kmに位置するSudurdalur地域からは、Sudurdalur川に沿って約10km離れたMA, MBセクションの47枚および52枚の溶岩から試料が採取された。これらの試料のK-Ar年代測定は宇田川(1997)、古地磁気方位測定はKitagawa(1998)によって行われた。宇田川(2000)は両者の結果を総合し、古地磁気測定結果はC3An.1nからCochiti Normal Subchronまでの磁気層序と対比できると結論した。Lourens et al. (2004)に基づく、年代としては4.187-6.252 Maの期間にあたる。今回はこれらの試料に「低温消磁二回加熱ショー法」を適用した古地磁気強度絶対値測定を行ったので、その結果について報告する。

まず、試料の岩石磁気特性を精査するため、各溶岩から1個の試料を選び、磁気ヒステリシスパラメーターの測定と熱磁気分析(空气中加熱)を行った。ヒステリシスパラメーターは、Day Plot (Day et al., 1977) 上でMrs/Msは約0.2を中心に、Brc/Bcは約2.0を中心とした分布を示し、主に単磁区・多磁区マグネタイト磁性粒子混合モデル曲線(Dunlop, 2002)の上に分布した。熱磁気分析の結果は、多くの溶岩において、500以上のキュリー温度をもつチタノマグネタイトが主磁性鉱物であることを示唆したが、(チタノ)マグヘマイトの分解・酸化を示唆するコブ状の変化が加熱カーブに見られる溶岩もあった。このような溶岩は、自然残留磁化が二次的な低温酸化による化学残留磁化の「汚染」を受けている可能性があるため、古地磁気強度絶対値測定には不適であると判断した。

岩石磁気測定の結果を踏まえ、MAセクションからは41枚の溶岩、MBセクションからは36枚の溶岩について古地磁気強度絶対値測定を行った。それぞれ145個および117個の個別試料について測定を行い、一定の基準を満たす合格結果として、MAセクションからは82個、MBセクションからは58個が得られた。全体での「合格率」は53パーセントと計算される。それぞれの溶岩について(1)3個以上の個別試料から合格結果が得られ、(2)これらの測定値の標準偏差が平均の15パーセント以内に収まるという条件を課したところ、両セクション合わせて18枚の溶岩からの測定結果平均値が選別された。これらから計算される仮想地磁気双極子モーメント(VDM)の平均値は $3.88 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ 、標準偏差は $1.86 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ である。

今回得られたVDM平均値は、現在の地磁気双極子モーメントの大きさの約半分である。また、Yamamoto and Tsunakawa (2005) および Yamamoto et al. (2007) によって、南半球に位置するフレンチポリネシア・ソサエティ諸島火山岩から「低温消磁二回加熱ショー法」による0.5-4.6 MaのVDMが得られているが、今回と同条件では23個のVDMが選別され、その平均値は $3.20 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ 、標準偏差は $2.21 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ である。年代が完全に対応するわけではないが、これらの値は今回得られた結果と調和的である。したがって、北半球・南半球の両地域のデータから、過去数百万年程度の期間については、地磁気強度絶対値の時間平均は現在の約半分程度であったことが示唆される。

SEM036-11

会場:301B

時間:5月26日 17:00-17:15

コロンビアリバー玄武岩における古地磁気強度に対する接触テスト Testing paleointensity determinations in a contact aureole of the Columbia River Basalt

福岡 浩司^{1*}, 齋藤 武士²
Koji Fukuma^{1*}, Takeshi Saito²

¹ 同志社大学理工学部, ² 信州大学国際若手研究者育成拠点
¹Dept. Env. Sys. Sci., Doshisha Univ., ²IYREC, Shinshu University

残留磁化が過去の地球磁場を記録しているか否かを確認するために、方向の古地磁気データは実験室での消磁実験に加えて、通常褶曲テストや逆転テストなどの野外テストによって検討される。しかし、古地磁気強度データに対しては野外テストは通常適用されていない。テリ工法については複雑な実験手順が提案され、データを選択するための詳細な基準が設けられているが、古地磁気強度データに対する信頼性の高い野外テストの不在は、テリ工法を初めとする古地磁気強度データに疑問点を残す現状となっている。強度データに対して適用できる可能性がある野外テストとして接触テストが挙げられる。

中新世のコロンビアリバー玄武岩のメイビュー岩脈とそのまわりの接触変成帯について古地磁気強度測定を行った。幅約2メートルのメイビュー岩脈はコロンビアリバー玄武岩の一部であるN2のグランドロンド玄武岩に貫入している。厚さ1cmの急冷ガラス層が岩脈と母岩の接触面に沿って観察される。2-3mmの厚さにスライスした試料片を作製し熱磁気分析を行った。キュリー温度は岩脈と母岩の両方で接触面からの距離に応じて急速に1つのhand sample内でも変化する。ガラス層の試料は高チタン含有率のチタノマグネタイトのキュリー温度(~150)を示すが、非ガラス試料はマグヘマイト化を受けその割合は接触からの距離に従って減少する。母岩の玄武岩のキュリー温度は接触面から離れるにつれて減少するが、接触面に最も近い試料はマグネタイトのキュリー温度(~580)を示す。

強くマグヘマイト化した岩脈や母岩の試料は見かけ上非常に低いもしくは時に負の古地磁気強度の値を示す。これらの異常値は、テリ工法における加熱時の変質によるものと考えられる。テリ工法の各温度ステップで測定した初磁化率の値も温度の上昇とともに急激に大きくなる。マグヘマイト化をほとんど示さない岩脈のガラス層の試料は、現在の地球磁場強度よりも低い比較的高い古地磁気強度の値を示す。接触面に最も近い母岩の玄武岩試料はガラス質の岩脈の試料と同様の古地磁気強度の値を示す。このことは、岩脈貫入時の地球磁場強度が岩脈と母岩の両方に記録されていることを示唆している。

キーワード: 古地磁気強度, テリ工法, 野外テスト, 岩石磁気学
Keywords: paleointensity, Thellier method, field test, rock magnetism

SEM036-12

会場:301B

時間:5月26日 17:15-17:30

瑞浪層群，中期中新世堆積物(生俵層)の古地磁気 Paleomagnetism of the Middle Miocene sediments (Oidawara Formation) of the Mizunami Group, central Japan

星 博幸^{1*}, 加藤大貴²
Hiroyuki Hoshi^{1*}, Daiki Kato²

¹ 愛知教育大学理科教育講座地学領域, ² 愛知教育大学初等教育教員養成課程理科

¹Aichi University of Education, ²Aichi University of Education

Oriented 1-inch cores were collected from 42 stratigraphic horizons of the Middle Miocene marine sedimentary sequence of the Oidawara Formation, uppermost lithological unit of the Mizunami Group. Magnetic measurement with detailed alternating-field and thermal demagnetizations revealed a magnetic polarity stratigraphy that divides the sedimentary sequence into three polarity zones (lower reversed, middle normal, and upper reversed). This dominantly reversely magnetized sequence can safely be correlated to Chronozone C5Br as the sediments are dated at approx. 15.8-15.6 Ma based on diatom biostratigraphy. The reversed polarity characteristic remanent magnetization (ChRM) directions determined by principal component analysis of stepwise demagnetization data have a SSW declination (approx. 200 deg) after gentle tilt correction, indicating clockwise paleomagnetic rotation. This is consistent with existing paleomagnetic data from the Early Miocene sediments underlying the Oidawara Formation that display more deflected declination. The detected clockwise paleomagnetic rotation is attributed to the clockwise tectonic rotation of the SW Japan arc associated with the Japan Sea opening as has so far been suggested, and the Oidawara Formation records the paleomagnetic information in the course of the clockwise tectonic rotation. The reversed polarity ChRM inclination is significantly shallower than expected at the latitude of the studied area, probably due to inclination shallowing of detrital remanent magnetization. The normal polarity ChRM directions exhibit a northerly declination and a moderate inclination, possibly influenced by a viscous magnetic component that cannot completely be erased by demagnetization.

Keywords: paleomagnetism, Miocene, Oidawara Formation, Mizunami Group, magnetostratigraphy, tectonic rotation

SEM036-13

会場:301B

時間:5月26日 17:30-17:45

横浜市南部に分布する上総層群大船層に記録されたオルドバイ上限境界における地磁気変動

An upper Olduvai polarity transition record from the Ofuna Formation, Kazusa Group, in Yokohama, central Japan

楠 稚枝^{1*}, 岡田 誠², 鴨志田 健伍¹, 野崎 篤¹, 間島 隆一¹

Chie Kusu^{1*}, Makoto Okada², Kengo Kamoshida¹, Atsushi Nozaki¹, Ryuichi Majima¹

¹ 横浜国立大学, ² 茨城大学

¹Yokohama National University, ²Ibaraki University

We report a detailed geomagnetic record including direction and proxies of paleointensity at around the upper Olduvai polarity transition from an on-land core, named as Core-I, drilled by Yokohama National University at Segami, southern part of the Yokohama City. The 105 meters length core covers a part of the Ofuna Formation, Pleistocene marine sequence, consisting of massive siltstone intercalating ash and thin sand layers. Two ash layers detected at depths of 9 and 27 meters below the surface have been correlated with Kd38 and Kd39 respectively, which are key tephras recognized in Japan as indicating ages just above the upper Olduvai boundary.

1-inch diameter mini-cores were taken for paleomagnetic and rock-magnetic measurements using a core-piker at 452 stratigraphic levels from Core-I between 75 and 105 meters with intervals of 2 to 10 cm thickness. Measurements for stepwise alternating field demagnetization (AFD) from 5 mT up to 60 mT with 5 mT steps, anisotropy of magnetic susceptibility (AMS), and anhysteretic remanent magnetization (ARM) were conducted for specimens at all the 452 levels, and stepwise thermal demagnetization were done for selected 30 specimens. As the results, at most of the specimens, secondary components were removed up to 25 mT and/or 250 degree C levels and characteristic remanent magnetization (ChRM) components were extracted. The upper Olduvai polarity transition was detected between 82 and 87 meters corresponding with a 7 kyrs time span between 1784Ka and 1777Ka, which were derived by an age model using oxygen isotopic analyses.

キーワード: 古地磁気, 地磁気反転, オルドバイ正磁極亜期, 地磁気強度変化

Keywords: paleomagnetism, geomagnetic polarity transition, Olduvai subchron, geomagnetic paleointensity

SEM036-14

会場:301B

時間:5月26日 17:45-18:00

ジャワにおけるマツヤマ - ブリュンヌ地磁気逆転磁場の特徴 Matuyama-Brunhes polarity transition features from Sangiran, Java

兵頭 政幸^{1*}, 北場 育子¹, 松浦 秀治², 竹下 欣宏³, 近藤 恵², 熊井 久雄⁴
Masayuki Hyodo^{1*}, Ikuko Kitaba¹, Shuji Matsu'ura², Yoshihiro Takeshita³, Megumi Kondo², Hisao Kumai⁴

¹ 神戸大学, ² お茶の水女子大学, ³ 信州大学, ⁴ 大阪市立大学

¹Kobe University, ²Ochanomizu University, ³Shinshu University, ⁴Osaka City University

Detailed features of the Matuyama-Brunhes (M-B) polarity reversal transition are obtained from a 7-m thick section of fluvio-lacustrine sediments in Sangiran, Java. Besides the previously reported multiple short reversal episodes, relative paleointensity (RPI) was determined with magnetizations of sediments whose magnetic carriers are magnetite (titano-magnetite) and hematite. RPI was calculated with the same coercivity spectra of natural remanent magnetization (NRM) and normalizers. We used a component of NRM demagnetized in a peak alternating field (AF) of 30 mT subtracted by NRM demagnetized in a peak AF of 100 mT (NRM30-100). Two normalizers were used; one is anhysteretic remanent magnetization (ARM) demagnetized in a peak AF of 30 mT (ARM30), and the other is isothermal remanent magnetization (IRM) demagnetized in a peak AF of 30 mT (IRM30). ARM was imparted with a peak AF of 100 mT superimposed on a DC biased field of 50 μ T. IRM was imparted with a DC field of 100 mT. Therefore, not only NRM30-100 but also ARM30 and IRM30 are mainly carried by magnetite, and scarcely contributed by hematite whose remanent coercivity is higher than 100 mT. Magnetic data of 3 to 5 specimens per horizon were averaged. The horizon mean NRM30-100 value varies by 320 times. On the other hand, the horizon mean values of NRM30-100/ARM30 and NRM30-100/IRM30 (RPI proxies) vary by only 13 and 10 times, respectively, being consistent with the range of observed RPI variations across the polarity transition. The two RPI proxy curves quite well agree with each other, showing double minima. The first RPI minimum occurred between the first two short reversal episodes, and the second one in a broad range from the main polarity boundary to the third short episode, followed by a rapid increase in RPI. The RPI variation pattern is quite similar to that of the M-B transition record from rapidly deposited (50-60 cm/ka) sediments of Osaka Bay, Japan. Four excursions with VGP latitudes lower than 45 degrees were observed just before the main polarity boundary. The VGPs are distributed in the western south Pacific, overlapping the VGP cluster of the transitional fields from Hawaiian lavas Ar/Ar dated at 776 ka in average, and a Canary Island lava Ar/Ar dated at 780 ka. The base of the M-B transition lies about 5 m above the tektite horizon, which confirms the transition is distinct from the precursor event.

キーワード: 地磁気逆転トランジション, マツヤマ - ブリュンヌ, 相対古地磁気強度, ジャワ, トランジション VGP
Keywords: geomagnetic polarity transition, Matuyama-Brunhes, relative paleointensity, Java, transitional VGP

SEM036-15

会場:301B

時間:5月26日 18:00-18:15

「琵琶湖北湖、近江舞子沖第二湖盆と今津沖第一湖盆最深部で採取した極表層堆積物の磁気的特性の比較」

Comparison of magnetic properties of topmost sediments at the first and second depressions in North Basin of Lake Biwa

浅見 智子^{1*}, 石川 尚人¹, 石川 可奈子²

Tomoko Asami^{1*}, Naoto Ishikawa¹, Kanako Ishikawa²

¹ 京大・人間環境, ² 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

¹ Graduate School of Human and Environment, ² Lake Biwa Environmental Research Institute

琵琶湖湖底の極表層堆積物を対象にして、磁気的特性への初期続成作用の影響の解明とそれを考慮した上での磁気的特性の変化に基づく環境変動解析を目的とした研究を行っている。今回は、琵琶湖北湖、近江舞子沖 (Ie-1、水深 71m: 堆積速度 1 mm/yr) で採取した堆積物コアの磁気特性解析の結果と、昨年報告した琵琶湖今津沖の北湖最深部 (N4、水深 91 m: 堆積速度 1-2 mm/yr) の堆積物の磁気特性との比較検討結果を報告する。

琵琶湖北湖は、温度躍層の形成に伴い夏季から秋季にかけて湖水が成層する停滞期と成層してない全循環期を一年で繰り返し、それにより湖底の水質は変動する。Ie-1 と N4 とでは、溶存酸素濃度 (DO) は 2-4 月に極大期となり、いずれも 8-9 mg/L になるが、10-11 月の極小期には、N4 では 1 mg/L 以下になるのに対して、Ie-1 では 4 mg/L 程度までに留まる。植物プランクトン現存量の目安であるクロロフィル a 量は、N4 では 2 月に約 4 μ g/L の極大値になるのに対して、Ie-1 では 3 月に極大となり、約 9 μ g/L と高い値をとる。一方、湖底水温は両地点とも年間を通して大きく変化はせず、Ie-1 では約 7.8-8.3、N4 では約 7.5-8 である。

Ie-1 において、2008 年 11 月、2009 年 3 月、6 月に、HR 型採泥器を用いて 13-30 cm の堆積物コア試料を採取した。試料は N4 とほぼ同様の黒色から暗緑灰色からなる均質な極細粒シルトであった。土色測定からは、約 18 cm 深までは N4 よりやや明るい岩相であることが示された。コア試料から 1 cm 間隔で連続的に実験用試料を採取し、凍結乾燥させた後、岩石磁気学的実験に用いた。

低温・高温磁気特性解析の結果、N4 と同様に Ie-1 の堆積物中の主な強磁性鉱物は、マグヘマイト化したマグネタイトであることがわかった。深度方向の磁気的特性の変化から、3つのユニット (A、B、C) に分けられることがわかった。Unit-A (0~約 12 cm 深) では保磁力の減少が見られた。Unit-B (12~20 cm 深) C (20~30 cm 深) では、強磁性鉱物の量の減少と磁気的粒径の増加が示唆された。ユニット毎の磁気的特性の挙動は N4 と同じであるが、ユニット境界の深度は Ie-1 の方がそれぞれ約 2 cm ほど深くなる傾向が認められた。

磁性鉱物の量の指標である ARM、Mrs、Ms では、全ユニットにおいて ARM 以外は N4 よりも低い値を示す傾向が認められ、特に ARM と Mrs の差が顕著であった。常磁性・反磁性鉱物の量の指標となる高磁場磁化率には差が認められないことから、Ie-1 の方が強磁性鉱物の量が少ないことが示唆される。しかし、ARM はほぼ同様で Mrs と Ms の差が顕著であることは、超常磁性粒子の量に差がある可能性も考えられる。

磁気的粒径の指標とされるパラメータ比においては、Mrs/ARM はほぼ同様の値であったが、ARM/Mrs、Ms/ARM は、Ie-1 の方がやや高い値を示した。よって、Ie-1 の方がやや細粒であることが示唆される。

保磁力の指標である Hc、Hcr、S-0.1T では、Hc はほぼ同じ値であったが、Hcr、S-0.1T は Unit-A において顕著な差があり、Ie-1 の方が低保磁力であった。この保磁力の違いの原因を磁性鉱物の粒径の違いと考えると、上記の磁気的粒径の指標からの示唆と矛盾する。保磁力を変化させる要因としてマグネタイトのマグヘマイト化の割合が考えられる。等温残留磁化の極低温下での強度変化に認められるマグネタイトのフェルベール点での強度変化の明瞭さを比較すると、DO が両地点において減少する時期の 2008 年 11 月に採取した試料のみ Ie-1 と N4 で違いが認められ、他の時期のものには違いは認められなかった。マグヘマイト化の割合には、2008 年 11 月以外は大きな差が無いように考えられる。

Unit-A での保磁力の深度方向変化には、N4 では季節変動が顕著に認められたが、Ie-1 では認められなかった。また、N4 の Unit-A-B では、29 K において特徴的な磁気的变化を示す磁性鉱物の存在が認められたが、Ie-1 では認められなかった。この磁性鉱物は現時点では不明であるが、シデライト (FeCO₃)、ロードクロサイト (MnCO₃)、ピビアナイト (Fe₃(PO₄)₂ · 8H₂O)、ピロタイト (Fe₇S₈) の可能性は低いと考えられる。

SEM036-16

会場:301B

時間:5月26日 18:15-18:30

琵琶湖の湖底堆積物の磁気特性と水理・気候変動との対応 Magnetic properties of Lake Biwa sediments responding to hydrological and climate changes for the last 46 kyrs

林田 明^{1*}, 山本 朋弘¹, 安田 雅彦¹
Akira Hayashida^{1*}, Tomohiro Yamamoto¹, Masahiko Yasuda¹

¹ 同志社大学

¹Doshisha University

Magnetic analysis of a piston core sample from Lake Biwa (BIW95-4) revealed that anhysteretic remanent magnetization (ARM) increases in the post-glacial stage and at interstadial intervals in the last glacial period (Hayashida et al., 2007). New core samples recovered from other sites in 2007 and 2008 reproducibly extended the ARM record back to 46 ka, featuring major interstadials of Dansgaard-Oeschger cycles and Heinrich events. It is thus suggested the magnetic mineral content in Lake Biwa sediments represents hydrological changes associated with climate changes.

We made rock magnetic analysis of the core sediments in order to identify magnetic minerals carrying the ARM and responding to the millennial-scale climate changes. Comparison of ARM acquisition curves up to 100 mT suggest that samples with higher ARM values are characterized by higher magnetic coercivity compared to low ARM samples, although the difference is not clearly distinguished by IRM acquisition over 100 mT. The variation of magnetic coercivity correlative to the ARM variation is also shown by measurement of hysteresis loops with a vibrating sample magnetometer. Hysteresis parameters displayed in a Day plot show that most data fall in the region of pseudo-single domain (PSD), where the samples with higher ARM provide lower H_{rc}/H_c and higher M_{rs}/M_s data. We suggest possibility that the ARM peaks were yielded by increased flux of fine-grained ferromagnetic minerals, such as pedogenic magnetite, possibly associated with enhanced precipitation during the interstadial intervals and the post-glacial period.

キーワード: 琵琶湖, 非履歴残留磁化, ダンスガード-エシュガー・サイクル

Keywords: Lake Biwa, anhysteretic remanent magnetization, Dansgaard-Oeschger cycles