

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24501258

研究課題名(和文) 地球磁場強度による考古遺物の年代測定

研究課題名(英文) Age determination of archeological materials based on the geomagnetic intensity

研究代表者

福間 浩司 (Fukuma, Koji)

同志社大学・理工学部・准教授

研究者番号：80315291

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：日本での考古地磁気強度の基準曲線を作成するために、考古遺物や火山岩の測定を行った。同志社大学のキャンパスから得られた炆器の破片は、地球磁場の信頼できる記録を提供することが明らかになった。火山岩では急速に冷却されたクリンカーやスコリアなどを採取することにより、テリ工法による実験中に理想的な挙動を観察することができた。過去400年間において年代に不確実性のない火山岩から比類のない高品質の考古地磁気強度データを取得し基準曲線を描くことができた。制御ソフトウェアを私たち自身で開発した完全に自動化された磁力計は、テリ工法による測定のために非常に有用であった。

研究成果の概要(英文)：We performed archeointensity studies on archeological materials and volcanic rocks in order to construct the reference curve in Japan. Sekki pottery sherds evacuated from Doshisha University campus in Kyoto have proved to provide faithful records of the geomagnetic field. Jiki potteries whose weak magnetization is still measurable with a high-sensitivity magnetometer are promising targets to retrieve the records of the recent several centuries. Volcanic rocks assigned with document-based ages are most suitable for establishing the reference curve. By using rapidly cooled facies such as clinkers and scorias we observed ideal behaviors during the Thellier experiments. Therefore we did obtain the unparalleled high-quality archeointensity data from the volcanic rocks without any age uncertainties. A fully automated magnetometer, for which the controlling software was developed by ourselves, was quite useful for the Thellier measurements.

研究分野：古地磁気学

キーワード：考古地磁気学 古地磁気強度 テリ工法

1. 研究開始当初の背景

陶磁器などの考古遺物の年代を求めるには、遺物自体の型式に基づく相対的な順序が年代を知る手がかりになる。この相対的な順序に数値年代を当てはめるには較正が必要である。較正には文献に基づく年代や、放射性炭素などを用いた年代測定法によって得られた年代が用いられる。考古遺物の年代測定法の一つとして、すでに半世紀にわたって考古学において利用されてきた、遺物の磁気測定に基づく従来の古地磁気法は、地球磁場の方向のみに基づく方法であった。

陶磁器とその窯跡は焼成された当時の地球磁場の方向だけでなく強度も記録している。しかし、方向を年代測定に用いる場合は焼成後に向きが変化していれば適用できないため、従来は専ら窯跡を磁気測定の対象としてきた。陶磁器自体は焼成後に動かされて利用されるために、地球磁場の方向に基づく古地磁気法の対象とみなされず、方位の記録をもたない陶磁器片が保持している地球磁場強度はこれまで年代測定に生かされてこなかった。

地球磁場強度はその測定法は手間がかかり、限られた磁気特性をもつ試料のみから得られるデータであるため、近年まで地球磁場の方向に比べて極めて少量のデータしか得られていなかった。しかし、最近ヨーロッパを始め世界の様々な地域において過去数百年にわたる信頼性の高い地球磁場強度データが蓄積され、球面調和関数に基づくグローバルな地球磁場強度変動モデルが構築されつつある。しかし、日本においては地球磁場強度変動のマスターカーブですら未だ確立されていない状況にある。

地球磁場中に常温で置かれた試料が獲得する粘性残留磁化を用いて、試料がその場に動かされずにおかれていた、すなわち定置されていた期間を求める方法を考案し、須恵器に適用して期待される定置年代を得た。一方、海洋底の玄武岩から地球磁場強度の変動を求める研究を行った。地球磁場強度は磁化を獲得したときの方位がわからない試料についても測定できる。この利点を生かせば、従来の古地磁気法では測定対象とされてこなかった陶磁器片から地球磁場強度を求め、年代測定に用いることができることを着想した。日本では過去千年間に噴出した火山岩も多数存在するため、陶磁器片と火山岩の地球磁場強度データを組み合わせれば正確な年代測定を行うことが期待できる。

2. 研究の目的

年代が明瞭にわかっている火山岩を使って地球磁場強度変動のマスターカーブを作成し、同志社大学の遺跡で出土した炆器や磁器を用いてこの地球磁場強度による年代測定のテストを行うことを目的とした。

陶磁器の代表例として、様々な生産地からもたらされた多種の陶磁器片が得られる消

費地と、生産を行った窯跡も残っている生産地の両方において試料を採取し、地球磁場強度を得る標準的な方法であるテリ工法を適用する。長い時代にわたり都であった京都が消費地としては最適であり、奈良時代から中世において量産された須恵器と、近世に生産された磁器については生産地でも試料を得る。さらに比較すべき対象として、過去千年間にほぼ周期的に溶岩を噴出している伊豆大島や三宅島に赴いて火山岩を得る。

地球磁場強度を得るだけでなく、その信頼性を確かめるためにキュリー点、磁気ヒステリシス特性、格子定数などの測定を行い、テリ工法における振舞いと関連を検討する。テリ工法における振舞いを支配している原因が何であるかを電子顕微鏡を用いてミクロに明らかにした上で、テリ工法のための試料選別の基準を確立し、どのようなテストを行えば信頼できる地球磁場強度が得られるかを明らかにする。

文献などの情報から年代が明らかになっている考古遺物と文献に噴出年代が記されている火山岩を用いて、試料が豊富に得られる過去千年間について地球磁場強度の時間に対する標準変化曲線を得る。次に、型式によって編年が行われ時間順序が明らかである試料について地球磁場強度を測定して標準曲線との対比することにより年代を決める。さらに、型式が不明で方位も失われている陶磁器片について地球磁場強度を測定し、年代を決定する。

3. 研究の方法

日本各地の様々な地域で焼成され京都に運ばれて使用された陶磁器の破片が同志社大学の今出川キャンパス内の遺跡において発掘され、同志社大学歴史資料館において洗浄・記載・分類が行われた上で保管されている。これらの試料の一部を歴史資料館の考古学者に許可のもとに古地磁気測定のために提供して頂いた。試料片自体の型式や遺跡の同じ層で発掘された他の遺物などから遺物年代が推定されている試料を用いた。試料は主として室町時代から江戸時代初期にかけての炆器から得たが、炆器に加えて時代を遡っては平安・鎌倉時代の須恵器や逆により若い年代については磁器も測定試料に含めた。

考古地磁気強度のマスターカーブを描くための火山岩の試料採取は伊豆大島と三宅島において行った。試料採取のターゲットとした年代はほぼ 1600 年以降に噴出した溶岩とスコリアである。比較を行うために地磁気強度の実測も行われるようになった明治時代以降の試料も採取した。試料採取はごく最近噴出した(例えば、1986 や 1983 年)火山岩から始め、次第に古い時代に噴出した火山岩へと遡って採取することにした。

いずれの火山島においても試料採取は3-4日と短い期間に留め、大量の試料を一度に収集するのではなく、岩相毎に代表的な地点

を選んで採取した。採取を行った後実験室に持ち帰り、すぐに試料を整形した後、熱磁気測定や磁気ヒステリシス測定を行い、試料の基本的な磁気的性質を調べた上で、次の採取に赴くことを方針とした。次の採取では古地磁気測定に適した単磁区粒子を多く含む試料を中心に採取を行った。この方法を取ることで、古地磁気強度を得ることができない試料を大量に採取して無駄に実験時間を費やすことを避けることができるようになった。

古地磁気測定には野外で方位を付けた試料を得ることが必要である。これまで方位を付けるには磁気コンパスが用いられてきた。しかし、考古地磁気測定を行うには極めて強く磁化した火山岩試料を採取するため、磁気コンパスに加えて、太陽コンパスやバックサイティングによって個々の試料の方位を測定した。更に、コンパクトな GPS コンパスを導入することにより、天候やまわりの地理的状况にかかわらず方位を測定できるようになった。個々の試料の方位を3重ないし4重の方法で測定することにより、方位の信頼性をチェックした。

考古試料および火山岩試料のいずれについてもテリ工法による古地磁気強度測定には熱消磁装置とスピナー磁力計が一体となった全自動の測定システムを用いた。1個の測定には10程度の温度ステップで約24時間かかるが、測定前に設定した条件に従い自動的に測定が行われる。試料を1日1回取り替えるのみで夜中でも無人で測定が行われるので極めて効率的に測定を進めることができた。効率的であるだけでなく、試料が余計な磁化を獲得しない、試料の方向を換えないので磁化ベクトルの方位に誤差が少ないなどの利点もある。なお、磁器の磁気モーメントは非常に小さいため、測定には縦型の液体ヘリウムを用いない超伝導磁力計を用いた。

熱磁気測定は semi-horizontal 型のキュリーバランスを用いて、アルゴンガス中で700℃まで加熱して行った。磁気ヒステリシス測定は試料振動型磁力計を用いて最大1Tの磁場をかけて行った。何れも古地磁気強度測定に用いた試料のごく近傍の破片を用い、風化した部分を用いることを避けた。

4. 研究成果

古地磁気強度を得るには火山岩のどの岩相から試料を得ればよいかを探るために、1986年に伊豆大島で噴出した溶岩について約3mの断面において下部クリンカーから溶岩内部を経て上部クリンカーに至るまで試料を得た。この断面では既に一部の岩相について様々な古地磁気強度測定法でテストが行われたが、今回はテリ工法のみで測定することにより、上部クリンカーと下部クリンカーで地磁気モデルから期待される強度と一致した古地磁気強度を得ることができた。また、これら上下のクリンカーにおいては単

磁区粒子に近い磁気ヒステリシスパラメータを示すのに対して、溶岩内部では多磁区粒子的なパラメータを示すことがわかった。このことは信頼できる古地磁気強度を得るには実験室でどのような測定方法を用いるかが問題ではなく、野外において古地磁気強度測定に適した単磁区粒子を含む岩相から試料を得ることが重要であることを示している。

三宅島並びに伊豆大島において実測データが地磁気モデルとしてまとめられ、個々の採取地点での溶岩噴出時の地磁気強度が既知である過去約50年間に噴出した火山岩を採取して古地磁気強度を求め期待値と比較した。岩相は溶岩の上下クリンカーならびに体積では溶岩のほとんどを占める溶岩内部に加え、これまで余り古地磁気試料として採取されてこなかったスコリアも採取対象とした。伊豆大島1986c溶岩と同様に上下クリンカーに加え、スコリアから期待値と一致する古地磁気強度を得ることができた。熱磁気測定と磁気ヒステリシス測定からわかったことは、1) 溶岩やスコリアには0~60%くらい幅広いウルボスピネル比をもつチタノマグネタイトが含まれる、2) ウルボスピネル比が高い方から低くなるに応じて、ヒステリシスループの形が wasp-waisted 型から potbelly 型まで変化する、3) ループの形は従来よく使われてきた Day プロットでは判別することができないが、 $H_c - M_r/M_s$ プロットでは明瞭に区別できる、ことがわかった。ウルボスピネル比に依らず、 $M_r/M_s \geq 0.35$ を持つ試料においてテリ工法により古地磁気強度が得られることがわかった。野外においては磁気ヒステリシスパラメータを得ることはできないが、高い M_r/M_s 値をもつ試料は上下クリンカーおよびスコリアに多いことが明らかとなり、過去に遡って考古地磁気強度のマスターカーブを得るには上下クリンカーとスコリアから試料を採取すればよいことがわかった。

熱消磁炉付きの3成分自動スピナー磁力計はプロトタイプが作られ、テリ工法による測定を極めて効率的に進めることができることは認識されていたがこれまでルーティン測定に使われたことはなかった。その原因は制御する統合ソフトウェアがなかったためである。私は LABVIEW をベースにしてスピナー磁力計と熱消磁炉さらには熱残留磁化を与えるためのコイルも含めて全て自動制御するためのソフトウェアを開発し、実際に人手による測定では対応不可能なほど大量の伊豆大島と三宅島の試料の測定に用いた。ソフトウェアでは装置の制御だけでなくデータ解析も行い測定結果をグラフィカルに表示できる。さらに磁気モーメントやキャリブレーションも行い、スタッキングの回数を変えて実効感度を上げることができるようにした。

三宅島において得た火山岩の試料から過

去 400 年間の考古地磁気強度のマスターカーブを得ることができた。古地磁気強度を得ることができたのは伊豆大島や三宅島での最近の火山岩での測定から明らかになったように、上下クリンカーとスコリアからであった。これまで日本においては散在した地域から得られたわずか数点のデータしかなかった過去 400 年間に於いて信頼できる考古地磁気強度データを飛躍的に増やすことができた。特に今回の考古地磁気強度のマスターカーブの優れている点はその年代値の正確さである。三宅島においては約 400 年前に火山活動が活発な時期に入り、それぞれの噴火についてその日時・場所・規模が文献に記録されている。さらにこの時代の噴火はほとんどが側噴火であり、詳細な地質図が作成されているため、野外での試料採取時に間違えて違う時代の火山岩を採取することがない。従って、考古遺物からのデータと異なり、年代値は誤差範囲をもたない正確な値である。

データ解析においては、過去 400 年間の羅針盤のデータをベースにした地磁気モデル *gufm1* を用いて三宅島の考古地磁気強度を軸双極子モーメントを表すガウス係数 g_{10} に変換することにより地球上の遠く離れたデータとも比較できる方法を適用した。*gufm1* は方向は実測データに依っているが強度は過去 100 年間のデータを外挿しただけであり、この外挿が実際の地磁気強度変化を表しているかどうかは地磁気学の最も重要な問題である。一方でこれまで地球上の様々な地域・試料・方法から得られた雑多な考古地磁気強度データはむしろ過去 400 年間の軸双極子モーメントは一定であることを示唆していた。しかし、今回正確な年代をもち三宅島というスポットと見なせる狭い地域から得られた信頼性の非常に高いデータは *gufm1* で想定されている地磁気強度の線形での減衰を支持し、さらには *gufm1* での減衰率より大きかった可能性を示唆した。

同志社大学で得られた坩堝の試料はほとんど例外なくテリ工法において極めて良好な振る舞いを示した。土壌や淡水性の堆積物を母材とし、高温で焼成されたためである。試料の選別を慎重に行わないと古地磁気強度が得られない火山岩とは明瞭なコントラストをなす。残念ながら今回考古地磁気強度が得られた試料はほとんどが室町時代のものであり、三宅島で得られたマスターカーブと直接比較できるものではない。しかしながらより古い時代の須恵器についてこれまでに得られていたデータと連続性を示し、後の年代の三宅島のデータとも繋がるため信頼できる考古地磁気強度データであると考えられる。過去 400 年間に盛んに生産された磁器については自動スピナー磁力計での測定は磁化が弱すぎるため不可能であるが、超伝導磁力計で注意深く測定すれば感度限界ぎりぎりまで測定することが可能であることを実測により確認した。磁器から考古地磁気デ

ータを得る一方、三宅島などにおいて火山岩の考古地磁気データからマスターカーブを古い時代に延ばしていけば、地球磁場強度による考古遺物の年代測定をより広い年代範囲に適用し、信頼度を高めていけるものと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 14 件)

Fukuma, K. and M. Kono, A LabVIEW software for Thellier paleointensity measurements with an automated three-component spinner magnetometer TSpin, *Earth Planets Space*, 68:43, doi: 10.1186/s40623-016-0424-2, 2016 査読有

Tsubasa TOBASE, Akira YOSHIASA, Ling WANG, Hidetomo HONGU, Hiroshi ISOBE, Ritsuro MIYAWAKI, XAFS study on the Zr local structures in tektites and natural glasses. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 110, 1-7, (2015) 査読有

Le Friant, A., Ishizuka, O., Boudon, G., Palmer, 他 12 名 (Takeshi Saito 8 番目) Submarine record of volcanic island construction and collapse in the Lesser Antilles arc: First scientific drilling of submarine volcanic island landslides by IODP Expedition 340. *G-cubed*, doi:10.1002/2014GC005652, 2015. 査読有

Gregory T. Carling, Jani Radebaugh, Takeshi Saito, 他 7 名 Temperatures, thermal structure, and behavior of eruptions at Kilauea and Erta Ale volcanoes using a consumer digital camcorder. *GeoResJ.* 5, 47-56, 2015 査読有

中西利典・竹村恵二・松山尚典・齋藤武士・柴田康行・香月興太, 別府市浜脇地区のボーリングコア試料から認定した朝見川断層の完新世における活動. *地形*. 36, 159-171. 2015 査読有

Hiroshi ISOBE and Miwako YOSHIKAWA, Formation of Iron Mineral Fine Particles by Acidic Hydrothermal Alteration Experiments of Synthetic Martian Basalt. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 109, 62-73, (2014) 査読有

Deborah Wall-Palmer, Maya Coussens, Peter J. Talling, 他 17 名 (Takeshi Saito 14 番目) Late Pleistocene stratigraphy of IODP Site U1396 and compiled chronology offshore of south and south west Montserrat, Lesser Antilles. *G-cubed* 15, doi: 10.1002/2014GC005402, 2014 査読有

齋藤武士, 松本市出川南遺跡第 21 次発掘調査で出現した焼土の考古地磁気. 松本市

文化財調査報告 No.212 長野県松本市出川南遺跡-第21次発掘調査報告書-, 38-43, 2014 査読無

T. Tobase, L. Wang, A. Yoshiasa, M. Okube, T. Nakatani, Y. Hayasaka and H. Isobe, XAFS study on Ca local structure in natural glasses and tektite. Journal of Physics: Conference Series 430, 2013, doi:10.1088/1742-6596/430/1/012070 査読有

L. Wang, A. Yoshiasa, M. Okube, T. Nakatani, Y. Hayasaka and H. Isobe, Local structure of Titanium in natural glasses probed by X-ray absorption fine structure. Journal of Physics: Conference Series 430, 2013, doi:10.1088/1742-6596/430/1/012121 査読有

Hiroshi ISOBE and Takaaki GONDO, Dendritic magnetite crystals in rapid quenched fine spherules produced by falling experiments through the high temperature furnace with controlled gas flow. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 108, 227-237, 2013 査読有

Michael Manga, Matthew Hornbach, Anne Le Friant, 他 14 名(Takeshi Saito 13 番目) Heat flow in the Lesser Antilles island arc and adjacent back arc Grenada basin. G-cubed 13, doi:10.1029/2012GC004260, 2012 査読有

Takeshi Saito and Naoto Ishikawa, Pre- and syn-eruptive conditions inferred from the magnetic petrology of Fe-Ti oxides from three historical eruptions of Unzen volcano, Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res. 247-248, 49-61, 2012 査読有

Takashi Yuguchi, Takadhi Yamaguchi, Manji-rou Iwamoto, Hibiki Eguchi, Hiroshi Isobe and Tadao Nishiyama, Diffusion-controlled melting in granitic systems at 800-900 C and 100-200 MPa: Temperature and pressure dependence of the minimum diffusivity in granitic melts. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 107, 57-73, 2012 査読有

[学会発表](計 36 件)

福間 浩司, 陸上玄武岩の磁気ヒステリシスループのアンミキシング 地球電磁気・地球惑星圏学会 東京大学 (東京都文京区) 2015年11月1日

邊見涼・齋藤武士, 山梨県北杜市上原遺跡の考古地磁気学的研究. 地球電磁気・地球惑星圏学会, 東京大学 (東京都文京区), 2015年11月2日.

片岡香子・松元高峰・齋藤武士・河島克久・伊豫部勉・佐々木明彦・鈴木啓助・長橋良隆, 御嶽山2014年噴火後に発生した降雨型ラハールとRain-on-snowによる出水イベント

および堆積物の特徴. 日本地質学会第122年学術大会, 信州大学(長野市), 2015年9月12日. K. Fukuma, Axial dipole moment over the past 400 years from single spot archeointensities, International Union of Geodesy and Geophysics XXV General Assembly, Prague, Czech Republic 2015年6月18日

福間 浩司, 単一スポットの考古地磁気強度から得た過去400年間の地軸双極子モーメントの変化, 日本地球惑星科学連合大会 幕張メッセ(千葉県幕張市) 2015年5月23日

齋藤武士・片岡香子・松元高峰・佐々木明彦, 御嶽山2014年噴出物の岩石磁気学的特徴. 日本地球惑星科学連合2015年大会, 幕張メッセ(千葉県幕張市), 2015年5月24日

邊見涼・齋藤武士, 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. 日本地球惑星科学連合2015年大会, 幕張メッセ(千葉県幕張市), 2015年5月24日.

H. Isobe and T. Gondo, Crystallographic Textures of Olivine in Artificial Cosmic Spherules Produced by Quick Quench Experiments, #1697, 46th Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, Texas, USA, 2015/3/17

K. Horiguchi and H. Isobe, Hydrothermal Alteration Experiments with Aqueous Fluid on the Early Ceres, #1703, 46th Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, Texas, USA, 2015/3/17

M. Tokunaga and H. Isobe, Aqueous Alteration Experiments with Hydrothermal Fluid Based on the Solar Abundance in the Early Solar System, #1704, 46th Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, Texas, USA, 2015/3/17

K. Fukuma, Grain-size Distributions from Deconvolved Broadband Magnetic Susceptibility, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA 2014年12月15日

Jani Radebaugh, Greg T. Carling, Takeshi Saito, Anne Dangerfield, David G. Tingey, Ralph D. Lorenz, Rosaly M. Lopes, Robert R. Howell, Serina Diniega and Elizabeth P. Turtle. Temperature and Structure of Active Eruptions from a Handheld Camcorder. 46th Annual Meeting, Division for Planetary Sciences, Tucson, 2014年11月13日

福間 浩司, 広帯域磁化率の逆たみ込みから得られる粒径分布, 地球電磁気・地球惑星圏学会 信州大学(長野県松本市), 2014年11月2日

齋藤武士・片岡香子, 小アンティル諸島沖で掘削された火山砕屑性堆積物(IODP Site U1397, 1398)の堆積過程. 地球電磁気・地球

惑星圏学会，信州大学(長野県松本市)，2014年11月2日

今栄直也・磯部博志，原始太陽系雰囲気におけるコンドリュールの再現実験，日本鉱物科学会年会，熊本大学(熊本市)，2014/9/17

渡邊紘記・三宅康幸・齋藤武士，長野県美ヶ原高原ヤテイ倉沢に分布する軽石質堆積物の堆積過程，日本地質学会第121年学術大会，鹿児島大学(鹿児島市)，2014年9月13日

Takeshi Saito, How the microstructures of Fe-Ti oxides can affect bulk rock magnetic properties? Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual meeting, Sapporo, Japan, 2014年7月15日.

磯部博志，権藤貴明，かんらん石微粒子急加熱・冷却による熔融/結晶成長組織，日本地球惑星科学連合 地球惑星科学関連学会合同大会，パシフィコ横浜(横浜市)，2014/5/1

今栄直也，磯部博志，新たに開発した手法によるコンドリュールメルトへのシリカに富むガスの凝縮実験：急速な低Ca 輝石の析出，日本地球惑星科学連合 地球惑星科学関連学会合同大会，パシフィコ横浜(横浜市)，2014/5/1

福間 浩司・SHCHERBAKOV, V. P.・SHCHERBAKOVA, V. V.，ウィルソン法による古地磁気強度測定，日本地球惑星科学連合大会パシフィコ横浜(横浜市) 2014年4月30日

⑲ 齋藤武士・片岡香子，岩石磁気学的手法による火山砕屑性堆積物(IODP Site U1397, 1398)の堆積過程の検討，日本地球惑星科学連合2014年大会，パシフィコ横浜(横浜市)，2014年4月30日

⑳ K. Fukuma, Testing paleointensity determinations on recent lava flows and scorias from Miyakejima, Japan, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA 2013年12月17日

㉑ Takeshi Saito, Kyoko S. Kataoka and IODP Expedition 340 Scientific Party, Rock magnetic studies on marine volcanoclastic sediments off Martinique, Lesser Antilles volcanic arc, IODP Expedition 340. 2013 AGU fall meeting, San Francisco, USA, 2013年12月17日.

㉒ 福間 浩司，三宅島1983年溶岩流とスコリアを用いた古地磁気強度のテスト測定，地球電磁気・地球惑星圏学会 高知大学(高知市) 2013年11月4日

㉓ Hiroshi Isobe and Takaaki Gondo, Oriented dendritic magnetite crystals in quenched silicate melt spherules, Geological Society of America Annual Meeting, Denver, USA, 2013/10/30.

㉔ Yuko Yamasaki and Hiroshi Isobe, Hydrothermal synthesis of Opal, Geological Society of America Annual Meeting, Denver, USA, 2013/10/30.

㉕ 磯部博志・権藤貴明，急冷ケイ酸塩メルトにおける定方位樹枝状結晶成長過程，日本結晶学会年会，熊本大学(熊本市)，2013/10/12

本宮 秀朋，鳥羽瀬 翼，平床 竜也，王 玲，
㉖ 磯部 博志，吉朝 朗，奥部 真樹，有馬 寛，杉山 和正，宮脇 律郎，XAFS法によるK-T境界粘土層中のSbの局所構造，日本鉱物科学会年会，筑波大学(茨城県つくば市)，2013/9/13

㉗ 磯部博志・西林佑真，熱水条件におけるクリストバライト準安定相間相転移と結晶化過程，日本鉱物科学会年会，筑波大学(茨城県つくば市)，2013/9/13

㉘ 福間 浩司・河野長，熱消磁装置付き3成分スピナー磁力計 "tspin"の改良，日本地球惑星科学連合大会 幕張メッセ(千葉県幕張市) 2013年5月21日

㉙ 下岡 順直・齋藤武士・早田勉・三好雅也・石橋秀巳・山本順司，複数の年代測定法を用いた神鍋スコリア丘の噴火活動年代決定，日本地球惑星科学連合2013年大会，幕張メッセ(千葉県幕張市)，2013年5月.

㉚ 堀口幸洋，磯部博志，原始セレスにおける熱水変質過程の再現実験，日本地球惑星科学連合 地球惑星科学関連学会合同大会，幕張メッセ(千葉県幕張市)，2013/5/20

㉛ Takeshi Saito and Naoto Ishikawa, Pre- and syn-eruptive conditions inferred from the magnetic petrology of Fe-Ti oxides from three historical eruptions of Unzen volcano, Japan. 2012 AGU fall meeting, San Francisco, USA, 2012年12月3日.

㉜ 福間 浩司，陸上玄武岩に見られる異なる形状のヒステリシスループ，地球電磁気・地球惑星圏学会 札幌コンベンションセンター(札幌) 2012年10月25日

㉝ K. Fukuma and A. Yoshimi, Vertical variation of testing Thellier paleointensities from a recent lava flow in Japan, 9th International Conference "Problems of Geocosmos", St.Petersburg, Russia, 2012年10月11日

㉞ 福間 浩司，阿蘇高野尾羽根溶岩の黒曜石中に共存するチタノヘマタイトとチタノマグネタイト，日本地球惑星科学連合大会 幕張メッセ(千葉県幕張市) 2012年5月23日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福間 浩司 (FUKUMA KOJI)
同志社大学・理工学部・准教授
研究者番号：80315291

(2) 研究分担者

磯部 博志 (ISOBE HIROSHI)
熊本大学・自然科学研究科・教授
研究者番号：80311896
齋藤 武士 (SAITO TAKESHI)
信州大学・理学部・准教授
研究者番号：80402767