

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月4日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009年～2011年

課題番号：21500991

研究課題名（和文） 日本の考古地磁気学刷新をめざす基礎的研究

研究課題名（英文） Basic study for renovation of archeomagnetism in Japan

研究代表者

鳥居 雅之（TORII MASAYUKI）

岡山理科大学・総合情報学部・教授

研究者番号：60108983

研究成果の概要（和文）：

大阪市堺市陶邑窯跡群より1960年代以降採取された試料を、交流消磁を行って再測定した。古窯試料を用いた地球磁場強度推定の実験も開始した。同時に、これまでに報告されているデータベースや発掘報告書のデータ等より既存データの収集と整理も行い、考古学年代値および遺跡の位置情報がしっかりしたデータをまとめた新たなデータベース(Ns=682)を作成した。これらに基づいて、日本における過去2000年分の新しい地磁気永年変化モデルを構築した。

研究成果の概要（英文）：

We applied alternating field demagnetization and re-measurement to the samples from the Sue-type kiln which had been already measured and stored since 1960s. Paleointensity study using the kiln sample was also started. Archeomagnetic data so far published were collected and assembled as a new database simultaneously. We compiled a new archeomagnetic database of Japan including well-dated and well-located data from 682 sites collected from old database and some excavation reports. Based on the new database, we constructed a new geomagnetic secular variation model of Japan during the past 2000 years.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：考古地磁気学・陶邑窯跡群・再測定・データベース・地磁気永年変化曲線

1. 研究開始当初の背景

考古地磁気学は、考古学的に年代が推定された遺跡の被熱試料の熱残留磁化から、その当時の地磁気の方法を推定し、それによって地磁気の時間的変動を明らかにし、さらに遺跡の年代推定に資することを目的としている。日本におけるこの分野の研究は1960年代以

降世界をリードする勢いで始められた。しかし、現在国際的に利用されている代表的なデータベースに日本からのデータはほとんど収録されておらず、該分野の国内における研究の質量も現在ではかなりみすぼらしいものになってしまった。その反面、特にヨーロッパにおいてはAARCHなどの国際的プロジェ

クトの成功によって急速に研究の質量が充実しつつある。

2. 研究の目的

上記のような実情を踏まえて、日本において蓄積されてきた貴重なデータを国際的に認知させ、そのデータに基づいて地磁気変動の研究に一石を投じることが必要である。そのための具体的な方法として以下の3つを考えた。(1)日本最大の須恵器古窯跡群である大阪府堺市を中心とする陶邑窯跡群の試料を再測定すること。これらの試料は1960年代から広岡公夫富山大学名誉教授、渋谷秀敏熊本大学教授、中村浩大阪大谷大学教授らの共同研究によって採取・測定され、日本の考古地磁気永年変化曲線の中核をなしてきた。しかし、当時の技術的制約などにより十分な消磁テストが施されておらず、そのために国際的なデータベースに収録するのにあたって躊躇される原因となっている。幸いなことに陶邑試料は大阪大谷大学博物館に保存されているので、これらを現代的な技術によって再測定することが可能と考えた。(2)日本における考古地磁気学のデータの多くは個々の遺跡の発掘調査報告書などに収録されている場合が多く、統一的なデータベースとしての体をなしていない。この点を克服するための努力を行うこと。(3)再測定されたデータ、収集整理されたデータにもとづいて、より合理的な方法で地磁気の時間変化(地磁気永年変化)を推定する。この方法についてはいまだ確定的という方法はなく、方法そのものの研究が必要である。

3. 研究の方法

(1)陶邑試料再測定：大阪大谷大学博物館に保存されている約3000個の定方位試料を整理し、岡山理科大学と連携研究者である渋谷秀敏熊本大学教授の研究室に移送する。岡山理科大学では、初期に採取されたやや大型の1辺4cm強の立方体状の保存試料を、現在残留磁化測定において一般的である1辺2cmの立方体に精度良く整形する。この作業が効率よく行えるような道具を準備する。その後、スピナー磁力計およびタンブラー型交流消磁装置で、段階交流消磁を行いながら試料の残留磁化を測定する。一方、熊本大学においては、1辺3.5cm以下のやや小型の試料を選び出し、大型試料専用のスピナー磁力計と交流消磁装置を用いて測定を行う。

さらに、残留磁化の方向データだけを求めるのではなく、将来的に残留磁化強度から地磁気強度を推定するための基礎的な研究も開始する。

(2)データベースの整理：これまで、日本では Hirooka (1977, 1983), Shibuya (1980)

等いくつかの考古地磁気方位データベースがある。さらに、近年では広岡ら(2006)によってまとめられたかなりの量のデータがあるが、これは年代値がなかったり古地磁気と独立したものでない可能性があったりして、そのままでは使えない。そこで、上記の各種データベースを基に新規のデータを併せ、年代値とサンプル採取場所が良くわかっているデータをまとめた新考古地磁気データベースをまとめる。さらにこれを英文で公表できる形に整理する。

(3)地磁気永年変化曲線の研究：上記データベースから、過去2000年間の日本における地磁気方位の変動(地磁気永年変化)モデルを作成する。Hirooka (1977, 1983), Shibuya (1980)は各々のデータベースから永年変化曲線を作成しているが、いずれも手で曲線を引いたものである。今回は各種補間法を開発適用し、客観性のある曲線を作成することにした。

4. 研究成果

(1)陶邑試料再測定：2009年度は、1辺4cmの立方体状定方位試料を、4つ以上の1辺2cm以下のサブ試料に切断するため道具とノウハウの開発に力を注いだ。切断は元試料の方位が記録されている平面に対して厳密に垂直に切断できるようにする可動式のガイドを考案し、これに試料を固定することで目的とする切断を既存のダイヤモンドカッターによって行えるようにした。さらに、1辺2cmのPV製立方体容器に正確に試料を固定するための方法も試行錯誤の結果見いだした。このためには市販の教材用紙粘土が使いやすさの点でも、まだ磁気的なバックグラウンドの点でも優れていることが分かった。

次に、5mTから100mTまで10段階以上でタンブラーを用いた段階交流消磁を行い、Kirschvink(1980)の方法に従って主成分解析を行い、安定な磁化方位を求めた。このとき、元試料から得られた4個以上のサブ試料間の分散を検討した。その結果、ほとんどの場合、サブ試料間の分散は実験誤差の範囲内に収まることが確認できた。そのため、一連の実験の初期には全サブ試料を測定していたが、少しずつ個数を減らすことで実験の効率化を計ることができた。ただし、サブ試料間の分散が無視できない試料も見いだされたので、その場合は詳しい検討を行い、多くの場合はその試料のデータを採用しないことにした。

初年度で試料整形と測定のためのノウハウがほぼ確立できたので、以後2011年度末まで1辺4cm弱の試料の再測定を行った。それらはTK87-U, TK87-L, TK68-A, TK68-B(2009年度), TK-117, TG-43-II, TG-43-III(2010

年度), KM-38-I, KM-102, TG-43-I, TG-40-IA, KM-101 (2011 年度) である。

これらの試料は Hirooka (1971) によって交流消磁前の結果がすでに報告されているものである。今回段階交流消磁と主成分解析を適用して求めた磁化方位は、窯跡ごとの平均値の分散は小さくなる傾向が見られ、交流消磁の効果が認められる。平均方位は既報告のものと 95%信頼限界の範囲でも一致する場合が多かったが、一部には重ならない場合も見られた。これについては、個々の窯跡の保存状態や試料の採取状況の検討を行うと同時に、個別の窯跡のデータだけを議論するのではなく、新しいデータベースの中で評価をしていく必要があると思われる。

2011 年度からは、1 辺 3.5cm 以下の定方位試料については、連携研究者である熊本大学の渋谷秀敏教授の研究室で、試料を再整形することなく測定できる装置を用いて測定することが試みられているが、結果が整理されるにはもう少し時間がかかりそうである。

地磁気強度絶対値の推定は地球磁場変動研究には不可欠な要素である。須恵器窯跡のような高温で焼成された遺構は絶好のターゲットである。この研究計画では主な目標とはされていないが、大谷大学博物館の試料を整理している過程で、1972 年に泉北丘陵の鉢ヶ峯地区で行われた須恵器窯の再現実験の時に採取された床面の焼土試料が 10 個ほど発見された。この試料を用いて連携研究者である高知大の山本裕二博士が地磁気強度推定を試みたところ、まだ暫定的な結果ではあるが 1972 年の IGRF の全磁力値と非常によく一致する結果が得られた。今後は、焼土試料や須恵器そのものを対象とした研究への期待が高まっている。

(2) データベース

これまでの日本の考古地磁気方位データのうち、年代値と遺跡の情報(時代と場所)が明確なものを集積し、新たなデータベースを作成した。このようなものの公表は四半世紀ぶりである。

利用したデータベースおよび新規のデータは (a) 陶邑の発掘報告書からのデータベース。(1) に説明するように、ここに含まれるデータはほとんどが 1970 年代までに測定されたもので、ほぼすべてが未消磁のデータである。他の地域のデータに比べて同一時代の方位のばらつきが比較的大きい。(b) Hirooka (1971, 1977, 1983) および Shibuya (1980) によるデータベース (c) 広岡、藤澤 (2002) による東海地方の考古地磁気データと土器・陶器の型式編年による年代値のデータベース、および、(d) 上記データベースに含まれない新規データ。とくに北部九州地方にある牛頸古窯跡群等の須恵器データである。

取り扱ったデータの中には年代値がはっきりしないものも多かったが、結果的に、サイト(窯)数が 682 基のデータベースが完成した。これは過去の同種のデータベースと比べて約 2 倍のデータを含むものとなっている。データベースがカバーする年代は紀元 1 年ごろ～1870 年頃までであるが、特に 5～14 世紀のデータが多く、また、サイト内、サイト間のばらつきが小さい。また、サイトの分布は主に中部～西日本であり、関東・東北地方には年代値が信頼できるデータが今のところ見つからない。

(3) 永年変化曲線

(2) と並行して、日本における過去 2000 年分の永年変化モデルを求めるための手法を研究した。具体的には以下の 2 点である。

① 50 年ごとに区切った平均方位を Fisher (1953) の統計に基づく手法で求めた。これは古地磁気では普通に行われている。次に、この平均方位の信頼性(信頼限界)を求めた。通常は Fisher の統計による手法で求められた 95%信頼限界が、単位球面上の平均方位の周りに円として表されるが、今回は Le Goff ら (1992) より双分散 Fisher 法を改良した信頼限界楕円を求めた。この楕円は後述する永年変化曲線の進行方向(地磁気の変化方向)に長軸が揃う(伸びる)ことが期待される。実際、[2] の曲線とは独立に求められるこの楕円がおおよそ曲線に沿ったものとなった。このことは、本データベースのデータがもつ年代値がだいたい良いものであることを間接的に示している。

② 上記の平均方位を接続する永年変化曲線を求めた。永年変化曲線は球面上を移動するものであるが、過去の日本の考古地磁気データを用いた曲線はいずれも主観的に手で引かれたものであった。本研究では、以下の 2 通りの方法を試した。(A) 50 年ごとの平均方位点をスプライン関数でつなぐもの。ただし、球面上の点を(水平面からの)伏角と(北方向からの)偏角に分離し、それぞれについて独立にフィッティングした。スプラインは 3 次の自然スプライン関数(A-1)および 2 次の B スプライン関数(A-2)を基底とするものをそれぞれ試した。(B) すべてのデータ点を用いて 2 次の B スプライン関数で接続したもの。ただし、ノード間は(A) 同様 50 年ごとにし、スムージングをかける。スムージングの重みは ABIC 最小化法(Akaike, 1980)を用いて決定した。この手法は石黒、荒畑(1980)で開発、Tsunakawa (1991)で古地磁気データへ適用されたものであるが、本研究では各点に重みをつけデータ間の重要性を加味した。3 つのモデルを比較した結果、(A-2)モデルが最も妥当であろうとの結論に達した。このモデルは、本研究が使用したデータとは独立に求めら

れた全球の地磁気永年変化モデル (Jackson et al., 2000) から推測される日本の方位変動 (1590~1850 年) と調和的である。本研究によるデータベースが 2000 年程度の全地球永年変化モデルへも寄与できると考えられる。

(2), (3) の研究成果は現在論文執筆中で、英文誌に投稿予定である (5. のリストには含めていない)。また、一般公開用 (地磁気研究者および考古学研究者向け) のデータベースを研究分担者 (畠山) が開発中である (H24-25 科学研究費補助金)。

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 2 件)

- ① 畠山唯達, 山本真央, 考古地磁気データを用いた日本における過去 2000 年間の地磁気変動標準曲線の作成について, 岡山理科大学情報処理センター研究報告, 32, 41-48, 2011 (査読無)
- ② 畠山唯達, Google Earth による地磁気の可視化 教育・アウトリーチへの利用, 岡山理科大学情報処理センター研究報告, 31, 43-47, 2010 (査読無)

[学会発表] (計 18 件)

- ① 山本裕二, 鳥居雅之, 夏原信義, 中島正志, 須恵実験窯から採取した窯土試料の古地磁気強度実験, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市), 2012 年 5 月 25 日.
- ② 吉村巧, 望月伸竜, 渋谷秀敏, 陶器窯跡群試料を用いた近畿地方における地磁気永年変化の再検討, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市), 2012 年 5 月 25 日.
- ③ 畠山唯達, 渋谷秀敏, 考古地磁気学データが示す日本の地磁気永年変化, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市), 2012 年 5 月 24 日.

以上は、研究期間終了後報告書作成時までの間に発表した本研究の成果

- ④ Y. Yamamoto, M. Torii, N. Natsuhara, T. Nakajima, Preliminary report of the paleointensity results from baked

clay samples taken from the reconstructed ancient kiln, 2012 Kochi International Workshop -Frontiers in Paleo- and Rock Magnetism in Asia, 高知大学海洋コア総合研究センター (高知県南国市), 2012 年 2 月 28 日

- ⑤ T. Hatakeyama, H. Shibuya, K. Hirooka, H. Nakamura, M. Torii, Archeomagnetic database and geomagnetic secular variation for the last 2000 years in Japan, 2012 Kochi International Workshop -Frontiers in Paleo- and Rock Magnetism in Asia, 高知大学海洋コア総合研究センター (高知県南国市), 2012 年 2 月 28 日
- ⑥ T. Hatakeyama, H. Shibuya, K. Hirooka, H. Nakamura, M. Torii, A new archeomagnetic database in Japan, American Geophysical Union Fall Meeting, Moscone Center (米国・サンフランシスコ市), 2011 年 12 月 5 日
- ⑦ 畠山唯達, 渋谷秀敏, 広岡公夫, 中村浩, 鳥居雅之, 日本の考古地磁気データベースの再構築, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 神戸大学 (神戸市), 2011 年 11 月 4 日.
- ⑧ Y. Yamagishi, T. Hatakeyama, MAGE Project: 4D Visualization of geomagnetic field, American Geophysical Union 2011 Fall Meeting, Moscone Center (米国・サンフランシスコ市), 2010 年 12 月 16 日.
- ⑨ T. Hatakeyama, H. Shibuya, Unbiased mean direction of paleomagnetic data and better estimate of paleolatitude, American Geophysical Union Fall Meeting, Moscone Center (米国・サンフランシスコ市), 2010 年 12 月 15 日.
- ⑩ T. Hatakeyama, Visualization of geomagnetic field for education and outreach, American Geophysical Union 2011 Fall Meeting, Moscone Center (米国・サンフランシスコ市), 2010 年 12 月 13 日
- ⑪ 畠山唯達, 山本真央, 地磁気永年変化曲線の復元と考古地磁気データモデル間の比較について, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 沖縄県自治会館 (那覇市),

2010年11月2日.

- ⑫ 畠山 唯達, MAGE Project: 地磁気の可視化と教育啓蒙活動, 日本第四紀学会, 東京学芸大学 (東京都小金井市), 2010年8月22日.
- ⑬ 納本 和孝, 鳥居 雅之, 畠山 唯達, 陶器古窯跡群焼土試料の残留磁化再測定と岩石磁気学的検討, 地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市), 2010年5月25日.
- ⑭ 山本 真央, 畠山 唯達, 横山 由紀子, 日本における過去2000年間の考古地磁気学データを用いた地磁気永年変化曲線の復元, 地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市), 2010年5月25日.
- ⑮ 畠山 唯達, 地磁気の可視化と理解 -Google Earth を使った例-, 地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市), 2010年5月23日.
- ⑯ T. Hatakeyama, Project MAGE: Google Earth used for Geo-, Paleo- and Rock magnetism, American Geophysical Union Fall Meeting, Moscone Center (米国・サンフランシスコ市), 2009年12月18日.
- ⑰ 畠山 唯達, 山本 真央, 横山 由紀子, 地磁気永年変化: 「平均」と「変化」の境, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 金沢大学 (金沢市), 2009年9月28日.
- ⑱ 山本 真央, 畠山 唯達, 横山 由紀子, 広岡 公夫, 吉原 新, 鳥居 雅之, 日本における考古地磁気学データからの永年変化曲線の作成, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 金沢大学 (金沢市), 2009年9月28日.

[その他]

ホームページ等

<http://mage-p.org/rp-japan2k-j.html>

研究分担者 (畠山) が地磁気の可視化のために作成したサイト, 「日本の過去2千年間の地磁気方位変化」ページは本研究の理解を深めるために作成した. 今後, 本研究で作った新モデルについての可視化結果も掲載予定である.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鳥居 雅之 (TORII MASAYUKI)
岡山理科大学・総合情報学部・教授
研究者番号: 60108983

(2) 研究分担者

畠山 唯達 (HATAKEYAMA TADAHIRO)
岡山理科大学・情報処理センター・准教授
研究者番号: 80368612

横山 由紀子 (YOKOYAMA YUKIKO)

岡山理科大学・総合情報学部・准教授
(2010年3月退職)

研究者番号: 40351879

(3) 連携研究者

中村 浩 (NAKAMURA HIROSHI)

大阪大谷大学・文学部・教授
研究者番号: 10121873

渋谷 秀敏 (SHIBUYA HIDETOSHI)

熊本大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 30170921

広岡 公夫 (HIROOKA KIMIO)

富山大学・理学部・名誉教授
研究者番号: 30029467

吉原 新 (YOSHIWARA ARATA)

富山大学・理学部・助教 (2011年3月退職)
研究者番号: 50361944

山本 裕二 (YAMAMOTO YUHJI)

高知大学・海洋コア総合研究センター・助教

研究者番号: 00452699