

(文化財科学研究の最前線 年代測定)

考古地磁気年代推定法

酒井 英男¹⁾, 広岡 公夫²⁾, 中島 正志³⁾, 夏原 信義⁴⁾

●キーワード：地磁気永年変化 (geomagnetic secular variation), 焼土 (baked clay), 残留磁化 (remanent magnetization), 消磁 (demagnetization)

1. はじめに

考古地磁気年代推定法は試料の残留磁化を測定し、過去の地磁気の変化と比較して年代を推定する。この年代推定法では、比較の為の、過去の地磁気の詳細な変化を確定しておくことが基本で重要であり、それには、考古学との連携が不可欠とされた。日本では長年、考古学研究者と共同で研究が進められて、過去2千年間の詳細な古地磁気変化が求められており、年代推定も高い精度で可能となっている。これほど精力的に研究が行われて詳細な古地磁気経年変化が求められているのは、諸外国をみてもあまり無い。

現在は、過去の地磁気変化の地域による違いも検討されており、年代推定の精度をより高める研究も進んでいる。各種の年代研究方法の中で考古地磁気年代推定法は、対象となる遺物は広範囲にわたり、また遺物そのものの年代を扱えるという有利な点がある。

本稿では、考古地磁気年代推定法の、研究の歴史、原理、対象となる試料や今後の展開について紹介する。

2. 研究の背景と歴史

2.1. 地球磁場：地磁気

地球磁場（地磁気）は、地球の中心部にある流体核の

運動によって生成されており、地球の中心に強い磁石を置いて近似できる（図1(a)）。地磁気の方法は真北からは数度から十数度ずれており、このずれの角を偏角 (Declination: D, 図1(c)) と呼ぶ。この偏角の存在によって、磁気コンパスの磁針が指す方向も真北から、偏角の角度分ずれている。また、地磁気は赤道付近以外の地域では、一般に水平面から傾いた方向を向いている（図1(b)および(d)）、この傾斜角を伏角 (Inclination: I) という。現在の東京付近における偏角は約 7° で、伏角は約 50° である。

これらの地磁気の方向を示す要素である偏角と伏角に、地磁気強度 (Field intensity: F) を加えた3つの要素で、地球上の地磁気を表すことができる（図1(c)）。偏角は東向きを正とし、伏角は下向きを正として計測する。赤道付近では伏角は 0° に近いが、北半球では、緯度が高い程大きくなり、北極付近では地磁気は鉛直下向き (伏角は 90°) を示す地点 (北磁極) が存在する。一方、南半球では地磁気は上を向き、南磁極での地磁気は鉛直上向き (伏角は -90°) になる。

地磁気は時代とともに変化している。地磁気の観測は数百年前から行われている。

地磁気強度は約200年前から観測されており、それにより解析された地球の磁石の強さは、図2左の様に弱く

¹⁾ 富山大学大学院理工学研究部 〒930-8555 富山市五福 3190

²⁾ 富山大学名誉教授 〒930-8555 富山市五福 3190

³⁾ 福井大学名誉教授 〒910-8507 福井市文京 3 丁目 9-1

または 福井大学教育地域科学部地学教室 〒910-8507 福井市文京 3 丁目 9-1

⁴⁾ 榎夏原技研 〒532-0033 大阪市淀川区新高 1-13-24-111

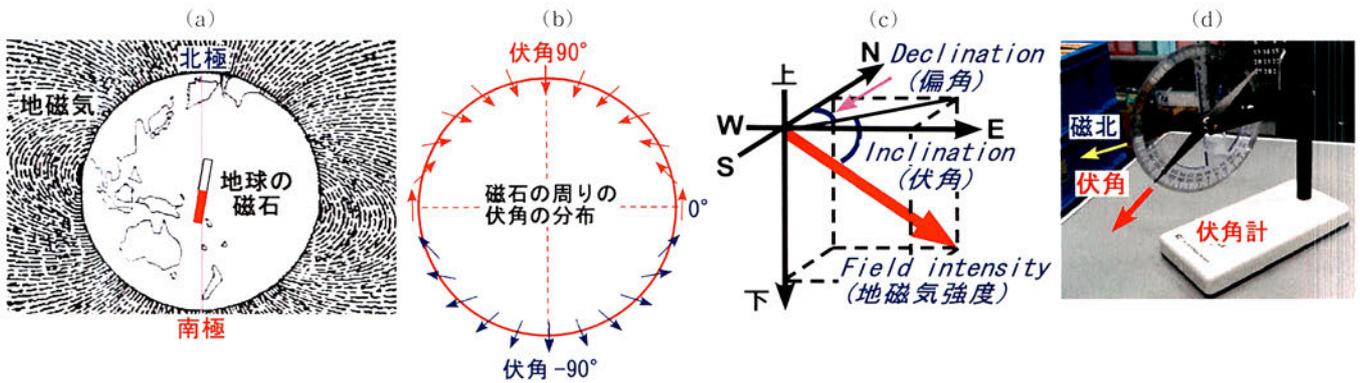


図1 地磁気と地磁気の3要素
Fig. 1 Geomagnetic field and its components

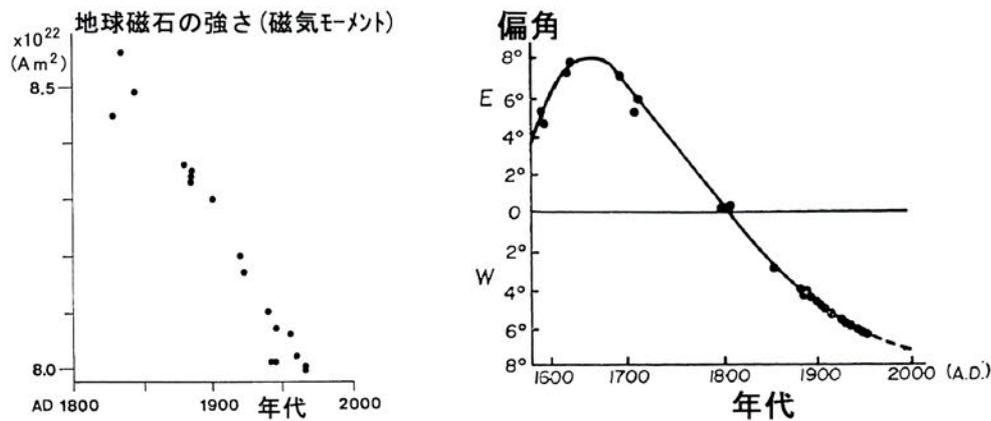


図2 観測から得られた地磁気モーメント(左)と偏角(右)の変化
Fig. 2 Temporal change of the geomagnetic moment (left) and geomagnetic declination (right)

なり続けていることを示している。図2右には、1600年から2000年までの期間に観測された日本付近における偏角(茨城県の柿岡付近での値に換算)を示している(Imamichi: 1956)。最近の400年間でも 15° 以上の変化が認められる。ちなみに伊能忠敬が磁気コンパスを用いて全国を測量した1800年頃の偏角はほぼ 0° であり、真北が磁北に近い時代であった。

以上の様な観測で判明した地磁気の変化量は、各種の地球の観測対象(例えば、自転速度、極の位置など)の中でも大きい。そして、より古い時代には更に大きな変化があった可能性が推測されるが、観測データではわからない。

東日本大震災(2011)において、過去の地震の研究が重要と指摘された様に、地球の各種観測では、過去を知ることが必要である。しかし、その有用な研究法が殆ど無い中で、幸運なことに地磁気については、観測値の無い時代の地磁気を記録している物性がある。それは残留磁化であり、物質の形成当時の地磁気の記録となっている。

る。遺跡に残る遺物も当時の地磁気を記録した残留磁化を持っており、それを読みとることで歴史時代・考古時代における地磁気の変化を調べることが可能となる。

残留磁化を用いて、考古学が対象とする時代の地磁気の変化が詳細に研究されて、その変化の様子を用いて、遺物や遺構に残る残留磁化との対比による年代推定法が考案された。これが考古地磁気年代推定法である。この残留磁化を用いる過去の地磁気変化の研究は、地球中心部の流体核の履歴や、地球磁石の成因、地磁気南北の逆転などの地球の重要な研究課題にもつながる。

残留磁化を用いる過去の地磁気の研究分野の名称として、岩石磁気学、古地磁気学、考古地磁気学がある。各分野は重なる部分もあるが、大きく分けると、岩石磁気学は、磁気物性に重点を置き、古地磁気学は、自然界の物質を用いて地質時代の地磁気変化や地殻変動を主に研究する。そして考古地磁気学(Archaeomagnetism)は、遺跡に残された焼土や土器等の遺物の磁化から、歴史時代・考古時代における地磁気変化を研究する分野と

説明される。

古地磁気変化を用いて年代推定を行うには、基準となる地磁気の詳細な経年変化が調べられていないといけない。日本では、次節に述べるように、過去 2000 年間の地磁気の詳細な変化が求められており、この時代の年代推定が可能となっている。より古い時代については、地磁気変化を求める研究が進められている段階である。本稿では、現在、年代推定が可能になっている過去 2000 年間における考古地磁気研究を中心に述べる。

なお本稿は、広岡による研究論文 (Hirooka: 1971, 1991, 広岡: 1977, 1979, 1989, 1993, 1999, 広岡・藤澤: 2002, 広岡・南: 2006, など) と中島・夏原 (1981) を基にまとめている。

2.2. 地磁気の永年変化の研究

考古地磁気年代推定法では、地磁気の変化と物質の残留磁化が基本である。地磁気の変化については、Gellibrand (1635) により、地磁気の方向 (偏角と伏角) が、時代によって変わることが 17 世紀に示されていた。地磁気の数十年から数百年程度の周期に関係した変化を、地磁気永年変化と呼んでいる。残留磁化については、Delesse (1849) と Melloni (1853) がそれぞれ独自に、火山岩が、溶岩から冷却する時に地磁気方向に残留磁化を獲得することを発見したのが研究の始まりとされる。

考古学分野の研究では、19 世紀末に、Folgerhaite (1899) が、煉瓦や壺などの焼物も残留磁化を持っており、その磁化方向は焼成時の地磁気 (伏角) を記録していることを見つけている。その後、残留磁化と地磁気永年変化の研究はヨーロッパで進んだ。特に、フランスの Thellier は、遺跡を対象とした考古地磁気学およびその年代推定法の研究の進展において、先駆的な貢献を果たしている (Thellier, 1938)。

そして考古地磁気学の研究は世界中で行われるようになったが、初期には、イギリス、フランス、ブルガリア、旧ソ連 (ウクライナ) において研究は進み、少し遅れて、オーストラリア、中国、アメリカ、日本等において精力的に研究が進められた。

地磁気は方向と強さを持つベクトルであるが、残留磁

化による地磁気の研究は、当初は地磁気の方向が主な対象となっていた。理由は、地磁気強度を求めるには、加熱を伴う実験が必要であり、時間と手間がかかること、そして精度良い結果を得る実験方法が無かった為である。上述の Thellier は、信頼性の高い地磁気強度を求める実験方法を開発し、地磁気強度の研究においても大きな貢献をした (Thellier & Thellier: 1959)。彼が開発したテリエ法と称される実験法は、現在でも地磁気強度研究の基本手法となっている。テリエ法の利用によって、地磁気強度の研究も世界各地で進んだ。

3. 考古地磁気学の研究の原理と装置

3.1. 残留磁化

以下の説明の一部では、略語として考古地磁気永年変化は地磁気変化と表現し、また残留磁化は磁化としている。

自然界の土壌や岩石には普遍的に重量で数%の鉄の酸化鉱物が含まれており、特に磁鉄鉱や赤鉄鉱の鉱物は強磁性 (永久磁石になる性質) を有している。土壌や岩石が磁化を獲得する際には、主に二つの獲得機構がある。一つは、水中で堆積する堆積物の磁化の獲得であり、図 3 (a) の様に、磁性鉱物が水中を漂う間に、磁化が地磁気方向へ向く鉱物が多くなる。そして底に堆積することにより、堆積物は地磁気方向の磁化を獲得する。この磁化は堆積残留磁化 (detrital または depositional remanent magnetization, 略して DRM) と称される。陸上の堆積物も堆積の途中で水が関与することがあり、同様に堆積残留磁化を獲得している。

一方、火成岩や遺跡の焼土は、高温から冷却される時に、含まれる強磁性鉱物が地磁気方向に磁化し、その集合として当時の地磁気を記録した熱残留磁化 (thermoremanent magnetization, 略して TRM) を獲得している (図 3 (b))。また獲得機構に関わらず、自然界の物質が持つ磁化を自然残留磁化 (natural remanent magnetization, 略して, NRM) と総称する。

残留磁化は安定で、数十万年後も残っているので対象物質の残留磁化を読みとれば、過去の地磁気が復元される。第 4 章において、考古地磁気の研究に用いる試料に

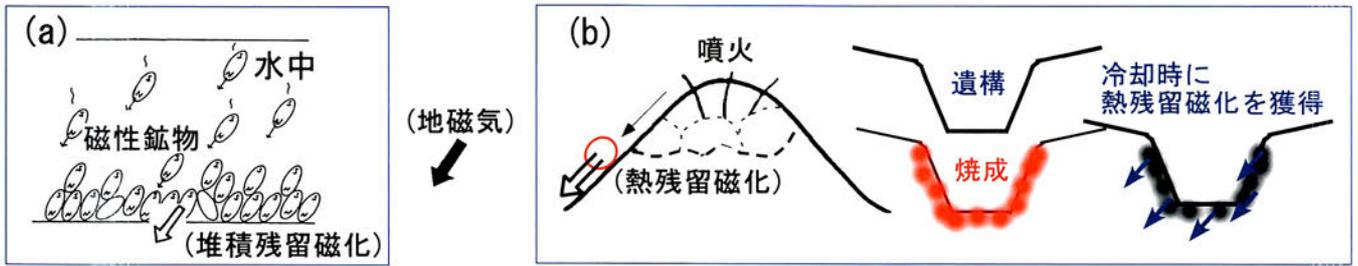


図3 代表的な残留磁化:堆積残留磁化と熱残留磁化

Fig. 3 Depositional remanent magnetization and thermoremanent magnetization

ついて改めて説明する。

3.2. 装置と研究

3.2.1. 残留磁化の測定

試料の残留磁化（方向と強さ）は、磁化が作る磁場を磁力計により測定し、測定結果の解析から求められる。考古学の遺物や自然界の物質の磁化は、市販の永久磁石に比べると非常に弱いので、その磁化が発生する磁場の強さも地磁気の100分の1から弱いものでは10万分の1以下しかない。その為、磁化測定は、地磁気の影響の無い地磁気遮蔽空間において、高感度の磁力計を用いて行う必要がある（図4(a)）。

現在、磁化測定では、二種類の磁力計が良く使用されている。

ひとつは、フラックスゲート型磁気センサーを用いたスピナー磁力計であり（図4(b)）、試料を回転させて試料の磁化から生ずる磁場の変化を測定して磁化を求める。一度の回転では、磁化の2成分が測定されるので、試料を置き換えて何度か測定して、ベクトルとしての磁化の、偏角、伏角、磁化強度が得られる。

もうひとつは、超伝導素子をセンサーとする磁力計である（図4(c)）。英語名の頭文字から、SQUID（スクイッド）と称されている。この磁力計は感度が高く、また試料を回さなくても良い利点がある。センサーが3組からなるスクイッド磁力計では、試料を装置に置くと一度に磁化の3成分が得られて、効率良い測定ができる。

3.2.2. 消磁の研究

地磁気の記録となった残留磁化の安定性は、含まれる磁性鉱物の種類や粒径等によって異なる。考古学試料の残留磁化にも不安定なものがあり、不安定な磁化には、獲得後に弱くなったり方向を変えるものもある。その為、正しい地磁気の記録を得るには、不安定な磁化の成分を除去して安定な磁化を選びだす操作が必要となる。その方法は消磁と呼ばれ、交流消磁法と熱消磁法が一般に利用されている。

交流消磁法では、試料に交流の磁場を加えて不安定な磁化を除くことができる。実験は無磁場空間で行い、加える交流磁場の強さを段階的に高めることで、不安定な磁化から順に消去することができる。消磁結果をみなが

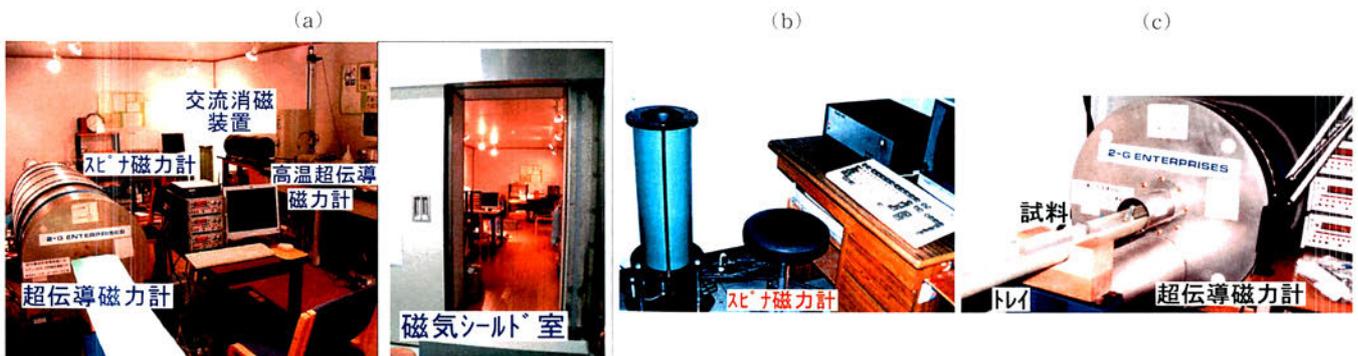


図4 地磁気を遮蔽した部屋とスピナー磁力計および超伝導磁力計（富山大学）

Fig. 4 Laboratory with geomagnetic-field shielding and experimental apparatus for archaeomagnetic studies provided by the University of Toyama

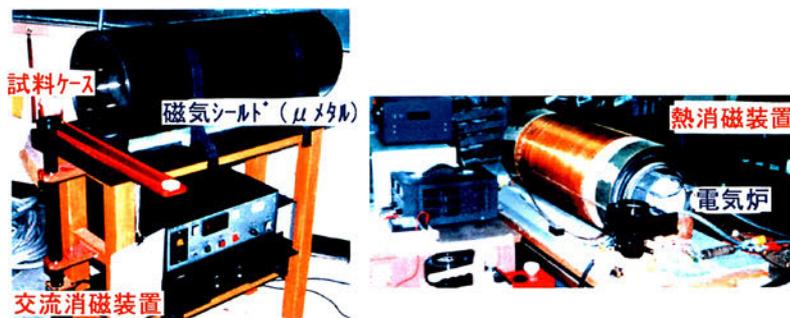


図5 交流消磁と熱消磁の装置

Fig. 5 Experimental apparatus for the alternating field demagnetization and thermal demagnetization

ら実験を進めて、不安定な成分だけを除き、地磁気の記録である残留磁化を抽出する。

熱消磁法は、不安定な磁化ほど熱擾乱を受け易いことを利用する。実験は、試料を無磁場の空間で加熱し冷却して行う。加熱温度を段階的に上げながら、安定性の低い磁化成分から順に除いて、地磁気の記録となっている安定な残留磁化を抽出する。一般に、十分な加熱を受けていない焼土の磁化には、不安定な成分が含まれることが多い。また熱消磁を行う過程で、試料の被熱の履歴も検討できる。

図5には、交流消磁法と熱消磁法の実験に利用される装置の例を示している。先述のスクイッド磁力計には、交流消磁装置を備えていて、磁化測定と消磁実験を自動で連続して行えるものもある。

3.2.3. その他の磁化のパラメータと研究

残留磁化から過去の地磁気を研究するには、試料の磁化の安定性と残留磁化を担う磁性鉱物の検討が重要である。そのための消磁以外の研究として、帯磁率、磁気ヒステリシス、熱磁気特性等の実験が行われている。

(1) 帯磁率（初期帯磁率）

試料に弱い磁場を加えると試料に誘導磁化が発生し、誘導磁化と加えた磁場の強さの比は、試料の磁化し易さの指標となる。これを帯磁率と呼び、試料に含まれる磁性粒子の種類や大きさの情報となる。

焼土では、安定な磁化を持つ試料ほど、残留磁化を帯磁率で割った値が大きい傾向にある。また土壌が加熱される時には、含まれる非磁性の水酸化鉄が酸化により赤鉄鉱等の磁性鉱物に変わることがしばしば起きる。帯磁率測定で酸化による変化も確認できるので、焼成度の検

討にも利用されている。

(2) 熱磁気分析、磁気ヒステリシス

磁性鉱物の種類を求める有効なパラメータとして、キュリー点がある。これは、磁化が熱擾乱により失われる温度であり、試料を加熱しながら磁化変化を調べる熱磁気分析によって研究できる。キュリー点は、磁鉄鉱で 578°C、赤鉄鉱では 673°C である。

また、加える磁場の強さと方向を変えて誘導磁化の変化を調べる磁気ヒステリシス分析の解析も、磁性鉱物の種類や安定性を調べる有効な手段となっている。

以上の研究には、帯磁率計、熱磁気天秤、振動型磁力計 (VSM) 等の装置が利用される。地質試料の研究にも用いられている装置であり、古地磁気の文献（例えば、小玉：1999、中井：2004、など）に、より詳しく説明されている。

4. 日本の考古地磁気永年変化

4.1. 研究の歴史

日本における考古地磁気学の研究は、1950年代末に渡辺 (Watanabe: 1959) により始められた。渡辺は、関東地方の縄文・弥生時代の炉跡等と東海地方の古代・中世の窯跡から採取した焼土の残留磁化を測定して、地磁気永年変化の研究を行った。

その後、川井らのグループ (京都大学、大阪大学) が、陶器古窯跡群を中心とした畿内と猿投山西麓の窯跡の考古地磁気測定を実施し、5世紀以降の地磁気永年変化を明らかにした (Kawai et al.: 1965)。そして、Hirooka (1971) によって、東海・北陸から九州北部に至る地域の多くの考古遺跡の研究が行われて、過去 2000 年間における非常に詳細な考古地磁気永年変化が求められた。

この他に、研究初期には、畿内の須恵器窯跡での研究 (Momose et al.: 1964) や、伊豆大島三原山の年代が明らかな火山噴出物での研究 (Yukutake et al.: 1964) により、地磁気永年変化が検討されている。

Shibuya (1980) では、Hirooka (1971) のデータに加えて、それ以降の 1980 年頃までに西日本地域で得られた考古地磁気データをまとめている。

そして Hirooka (1991) は、上述の日本の主な地磁気永年変化の研究結果を比較して、各研究の永年変化には位相にズレはあるものの、大勢は似ていることを示した。更に、各研究の永年変化の違いには、試料の推定年代の誤差と共に、データが九州から関東までの広範囲から得られていることによる、地磁気の空間分布による違い (地域差) も原因になっていることを示唆した。

4.2. 考古地磁気永年変化

現在、考古地磁気年代の推定に使用されている地磁気

永年変化は、Hirooka (1971) が、多くの窯跡での研究結果を基に作成した、図 6 左の永年変化である。これは、観測から求められる地磁気永年変化とデータ源が異なるので、区別して考古地磁気永年変化 (archaeomagnetic secular variation) と呼ばれている。また、西南日本を中心とする試料を用いて得られたので西南日本版考古地磁気変化とも称されている。

広岡 (1977) では、図 6 左の偏角と伏角の過去 2000 年間の変化から 50 年毎の変化を読み取り、偏角・伏角を同時に示す地磁気方向をシュミットネットに投影してその変化を示した。図 6 右が求められた変化図であり、これは考古地磁気永年変化曲線と呼ばれている。

図 7 には、先述の Shibuya (1980) のまとめによる地磁気永年変化を示している。

地磁気方向の過去 2 千年間の変化をみると、偏角では、西偏 17° から東偏 14° までの 30° 以上の変化があり、伏角は 35° から 59° までの 25° 近い変化がある。時代を追っ

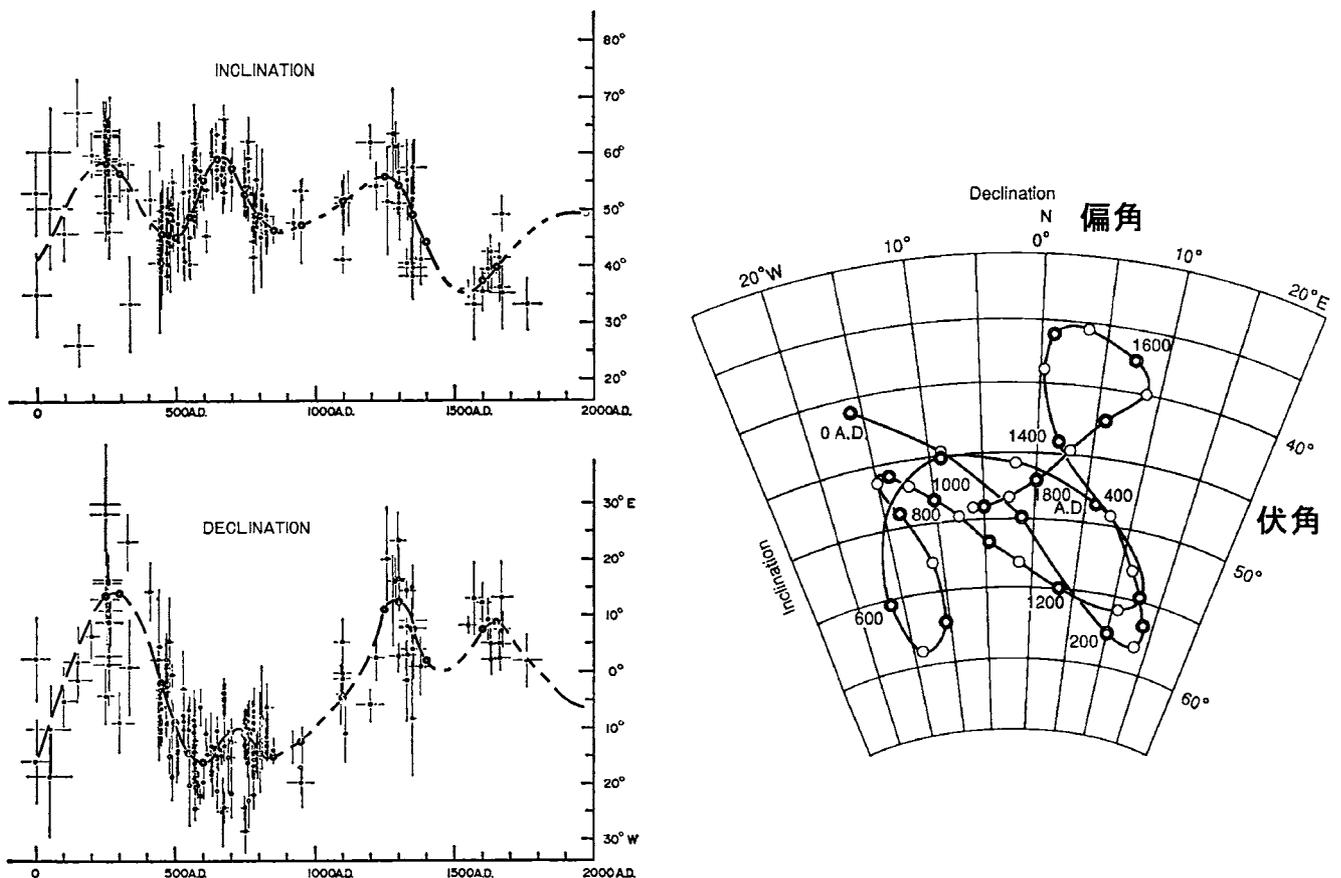


図 6 Hirooka (1971) による、地磁気の伏角と偏角の過去 2 千年間の永年変化。右は、地磁気方向の永年変化の拡大シュミットネット上での表示。Hirooka (1977) の図より加筆修正した。

Fig. 6 Temporal change in geomagnetic field direction (declination, inclination) for the past 2000 years (Hirooka: 1971). On the right, temporal change in the geomagnetic field direction is represented on the Schmidt net. The figure is revised from the figure in Hirooka (1977).

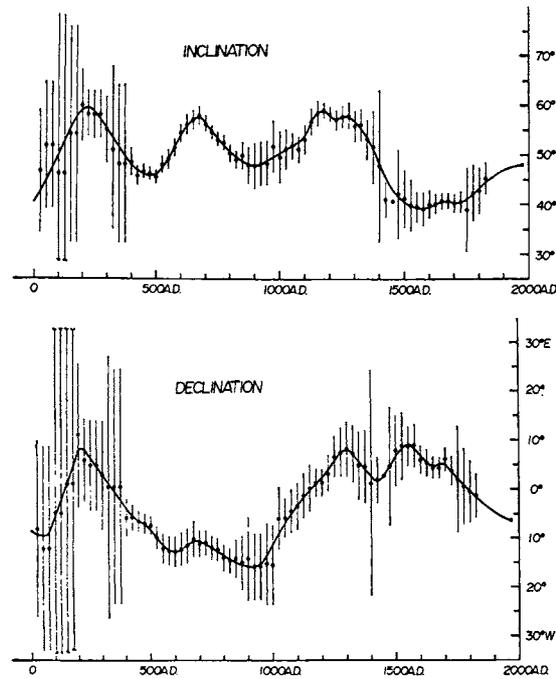


図7 西南日本での伏角と偏角の永年変化 (Shibuya: 1980)。

Fig. 7 Temporal change in the geomagnetic field direction for the past 2000 years, as compiled by Shibuya (1980)

て調べると、西暦2世紀後半～4世紀前半と、13世紀後半～14世紀前半の期間では、偏角は大きく東偏して深い伏角を示している。また、6世紀後半～10世紀前半では西偏が著しく、特に7世紀には伏角が深い傾向にある。さらに15世紀後半～17世紀前半までは、伏角が40°より浅くなるという特徴がみられる。

以上の考古地磁気の永年変化や変化曲線を標準として、年代が不明の焼土や遺物の残留磁化を対比することにより、焼土や遺物(遺構)の年代を推定できる。これが考古地磁気年代推定法である。

4.3. 地磁気永年変化の地域差について

現在の日本における地磁気方向の分布をみると、偏角は10°W～5°W、伏角は44°N～58°Nと、広がりがある。歴史時代にも地磁気方向には地理的分布の広がりがあり、地域による差があったと考えられる。そして、分布状況も時代によって違っていたと推測される。

図6のHirooka(1971)による考古地磁気永年変化の調査地点は、東は福井県-愛知県から、西は熊本県までに分布する。この範囲では地磁気方向に大きな差はないとして、各地点のデータには補正を加えず図にプロットされている。地磁気分布では特に緯度の違いが伏角の

差となるが、Hirooka(1971)の調査地では緯度は余り変わらないので地域差の影響も少ないと考えられた。

その後の研究の進展によって対象地域が広がり、データ数も増えるに従って地磁気変化の地域差が認められる様になった。

例えば、江戸時代の古窯の研究を比べると、西日本の古窯(佐賀・有田古窯、山口・萩焼、広島・姫谷焼など)で得られた偏角は、近畿・東海・北陸の古窯(兵庫・高屋古窯、加賀・古九谷窯、岐阜・元屋敷窯など)での偏角との間に、明らかに数度の違いが存在した(広岡:1993)。

また広岡(1997)では、北陸地方(福井・石川・富山・新潟)の測定データだけを用いて6～16世紀における地磁気永年変化曲線を求めた所、図8(a)に示す様に、全体的に西南日本版曲線よりも伏角は数度深い傾向が認められた。偏角についても、西南日本版の変化に較べて、13、14世紀における東偏の傾向は小さくなっており、一方では、15、16世紀でも東偏しているとの違いが認められた。

この様にして、過去の地磁気方向には地域差があり、その差は時代によって変化していたとの研究結果が得られてきた。地域差があると、西南日本版永年変化曲線を、

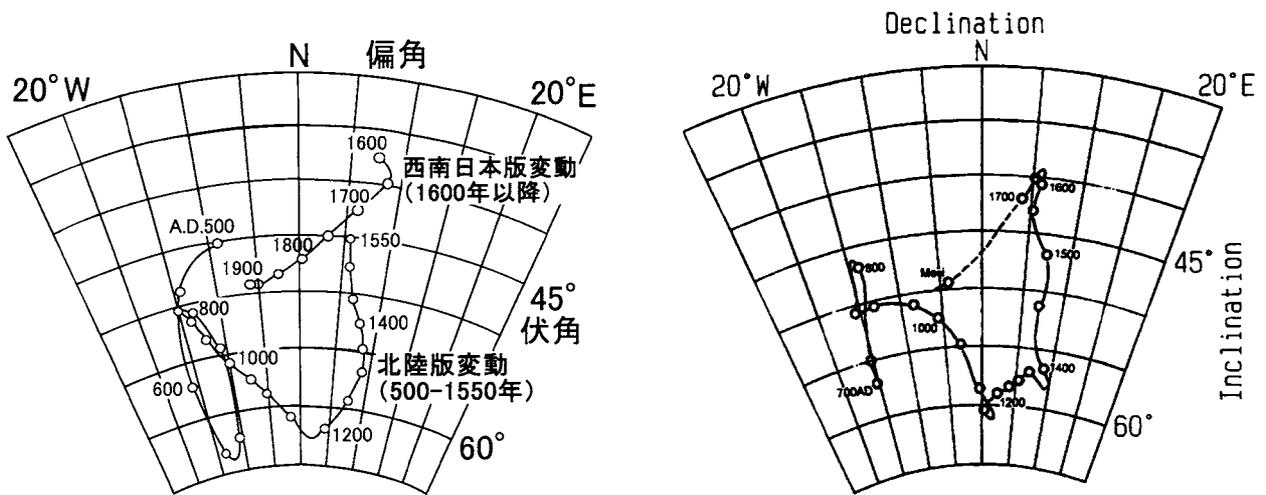


図8 (a) 北陸地域 (広岡 (1997) に加筆) と (b) 東海地域 (広岡・藤澤:2002) における考古地磁気永年変化

Fig. 8 (a) Temporal change in the geomagnetic field direction for the past 2000 years in the Hokuriku district represented on the Schmidt net. The figure is revised from the figure in Hirooka (1997).

(b) Temporal change in the geomagnetic field direction for the past 2000 years in the Tokai district represented on the Schmidt net from Hirooka and Fujisawa (2002).

畿内から相当離れた地域の研究に用いる場合、年代推定にかなり誤差が生じる可能性がある。その為、より良い年代推定には、地磁気永年変化の地域毎の曲線を作ることが望まれている。

現時点では、西南日本版地磁気変動との有意な違いが示され、地域に特徴的な地磁気永年変動曲線が得られているのは、先述の北陸地域 (図8左の永年変化曲線) と、東海地方 (図8右の永年変化曲線, 広岡・藤澤:2002) である。後者の、東美濃・瀬戸地域を中心とする東海地方では、考古学の詳細な編年を用いて多くの信頼性の高い考古地磁気データが得られており、それを基に地磁気永年変化が研究されている。

4.4. 測定データの解析と年代推定

考古地磁気年代推定は、複数試料の磁化の測定値から統計平均の磁化 (偏角・伏角) と誤差範囲を求めて、それを地磁気永年変化曲線と照合して行われる。研究の初期には、偏角と伏角から年代を別々に求める方法も利用されたが、現在は、図6の右や図8の様に、地磁気方向 (偏角・伏角) の図上に測定値をプロットして、誤差角を考慮して年代推定が行われている。

多くの地域における地磁気年代推定の研究では、西南日本版の地磁気永年変化曲線 (広岡:1977, Shibuya:1980) が用いられている。地域毎の曲線が得られた北陸

地方と東海地方においては、対象遺物の年代が、北陸 (6~16世紀) と東海 (西暦700~1700年) の永年変化曲線が利用できる範囲にある時は、これらの永年変化曲線も用いられている。

地磁気推定年代は、AD. 何年±何年の形で示されるが、誤差の幅は、磁化方向の誤差が等しくても、地磁気永年変化の速度が時代により異なるために時代によって異なる。特に弥生時代や15~16世紀はデータ数が少ないことも理由にあげられるが、永年変化曲線の精度は他の時代に比べて悪く、年代誤差も大きい傾向にある。

誤差が小さい場合には数10年の精度での年代推定が可能となっている。また、永年変化曲線が交差する時代では、地磁気方向の検討から複数の年代が解釈できる場合もある。その時には、考古学等の推定年代を参考にして妥当な年代を選択することになる。

4.5. 地磁気強度の変化

地磁気は方向とともに強度も変化している。土器や焼土等が獲得している熱残留磁化では、方向が地磁気方向の記録となると共に、磁化の強さは地磁気強度の記録ともなっている。しかし磁化測定で得られる磁化強度から直接には地磁気強度は求まらず、加熱実験が必要となる。従来、多くの研究者により、信頼できる地磁気強度を得る為の実験法が検討されてきた。そして現在、最も信頼

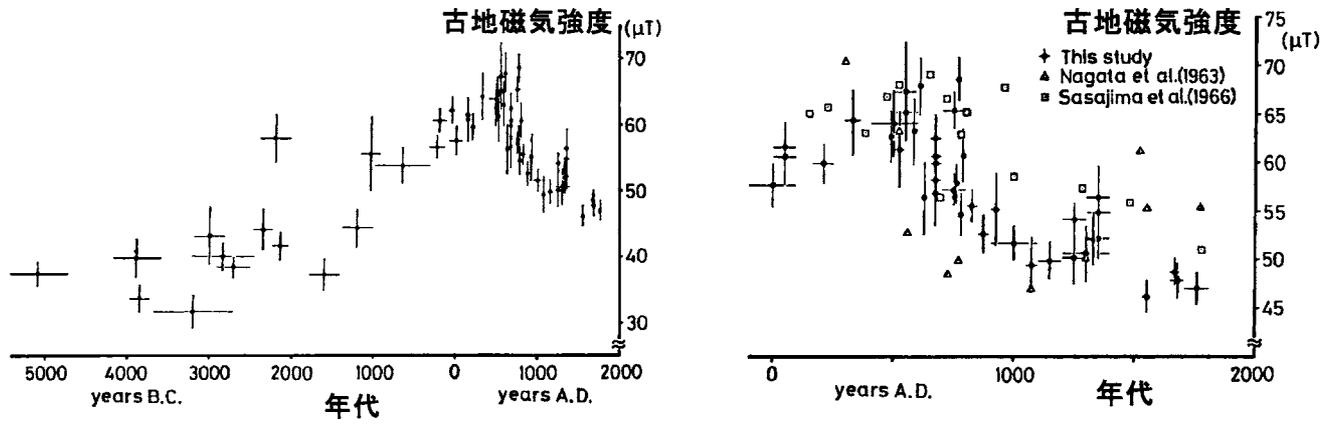


図9 左：Sakai and Hirooka (1986) による日本における過去7000年間の考古地磁気強度の永年変化。右：過去2000年間における変化。Sakai and Hirooka (1986) の図に加筆している。
 Fig. 9 Temporal change in geomagnetic field intensity for the past 7000 years (left) and that for the past 2000 years (right). The figures are revised from Fig. 7 in Sakai and Hirooka (1986).

性の高い方法は、考古地磁気学の先達である先述の Thellier が開発したテリエ法である。Thellier は、ローマ風窯の窯壁や焼土を用いて地磁気方向の重要な研究を行うとともに、地磁気強度の研究法も確立した (Thellier and Thellier: 1938)。

日本でもテリエ法を用いた地磁気強度の研究が行われてきた (Nagata et al. : 1963, Sasajima:1965, Kitazawa: 1970, Sakai and Hirooka: 1986 など)。図9には、Sakai and Hirooka (1986) が、考古遺物 (土器、陶磁器、窯道具等) を試料として求めた地磁気強度の変化を示している。縦軸の地磁気強度を示す、 μT (10^{-6} tesla, テスラ) は磁場強度の単位である。図より、紀元500年頃の地磁気強度は今の1.5倍の強さであったが、それ以後は大きな傾向としては減少していることが読みとれる。この結果によれば、図2に示した地磁気の観測による地球磁石の弱化は長期間、継続しており、この傾向が続くと将来、地磁気が無くなる可能性も予想される。

地磁気は方向 (偏角, 伏角) と強度で定義されるので、年代推定は両要素から行なうことが望ましい。しかし地磁気強度はまだデータ数が十分では無く、また対象とする試料の年代やデータの信頼度の問題もあるので、地磁気方向に匹敵する精度での年代推定は現段階では難しい。ただ、テリエ法実験では磁化方向は関係しないので、土器や陶磁器等の焼成後に動かされた遺物も試料として分析できる。今後、遺物も試料として信頼性の高いデータ数を増やすことで、地磁気方向の研究と併せて、地磁気

年代推定法の有効性を高めることができると期待される。

5. 研究試料と試料の採取

5.1. 研究試料

殆どの土壌や岩石には磁性鉱物が含まれるので、原理的には残留磁化の測定を用いて考古地磁気年代推定は行える。以下では、年代推定が行える考古学の試料について、熱残留磁化を持つものと堆積残留磁化を持つものに分けて研究対象を挙げてみる。表1に概要を示している。

(1) 熱残留磁化を持つ対象

焼土は、加熱後の冷却過程で動いていなければ、地磁気の記録となった熱残留磁化を獲得している。須恵器窯・土師器窯・中世陶器窯・近世の連房式登窯などの窯跡、炉跡、竪穴住居跡内のカマド跡、製鉄炉や炭焼窯の焼土

表1 考古地磁気学の研究対象となる試料、磁化機構と研究分野
 Table 1 Kind of magnetization, study samples and the research contents

磁化機構	試料	地磁気の研究(年代)
熱残留磁化	焼土: 須恵器窯・土師器窯・中世陶器窯・近世の連房式登窯炉跡、竪穴住居跡内のカマド跡、製鉄炉や炭焼窯の焼土坑、火葬墓	地磁気方向・地磁気強度 (主に方向)
	土器・陶磁器	地磁気強度 (試料底部: 地磁気伏角)
	火山噴出物(溶岩、火砕流等) 噴出時代が既知	地磁気方向・地磁気強度
堆積残留磁化	遺構面の堆積物 水田遺構や遺跡の覆土	地磁気方向
	湖底・海洋底の堆積物	地磁気方向 相対地磁気強度
	噴砂 (地震液状化の跡)	地磁気方向 (古地震の年代推定)

坑、火葬墓などの焼土については、従来の研究からも有用性が確認されている。最近では、また熱に注目する研究も行われている（酒井他：2013, 2014, 2015）。

土器や陶磁器は、焼成後に動いており磁化方向の研究には一般的には使えないが、焼成時に底部が水平に置かれておれば、磁化の伏角は地磁気伏角の記録として利用できる。また、地磁気強度の研究では方向は関係しないので、有効な研究試料となる。

火山噴出物（溶岩、火砕流等）も噴出の時代が或る程度わかっておれば研究できる。桜島では、味喜（2009）が考古地磁気永年変化を用いて火山噴出物の年代推定を行っており、酒井他（1991, 2004, 2014）は、岐阜県・長野県の県境に位置する焼岳や新瀉焼山において、火山噴出物の考古地磁気年代推定を試みている。また、浅間山や岩手山、雲仙、伊豆大島三原山、三宅島等の有史に噴火した火山でも地磁気永年変化と年代の研究が行われている。

(2) 堆積残留磁化を持つ対象

水中で堆積した堆積物も乱れなく採取できれば、堆積残留磁化を用いた年代推定が行える。Nakajima and Kawai（1973）では、琵琶湖の堆積物の磁化から得た地磁気変化が、Hirooka（1971）の考古地磁気永年変化と良く似ていることを示している。また兵頭・峯本（1996）は、日本の多くの湖沼堆積物を用いて地磁気永年変化を研究し、磁化研究による湖底堆積物の年代推定を検討している。堆積物の磁化では長い期間の連続する地磁気変化を追えるという利点があり、考古遺物を用いる考古地磁気永年変化を補完し、特にデータ数の少ない時代の変化を求めるのに有用となる。

遺構面の堆積物も堆積残留磁化（図2）を持っている。例えば、水田遺構や遺跡の覆土の、残留磁化と考古地磁気永年変化との対比による年代推定が、広岡らにより試みられている。

また、遺構や露頭に残る地震時の液状化で生じた噴砂も、一種の堆積残留磁化を獲得している。その磁化を用いて、古地震の年代推定や、地層の変形の研究も行われている（酒井・広岡：1983, 広岡・南：2006, 酒井他：2007, 2015など）。

5.2. 試料の採取

考古地磁気年代推定では、試料が現地で獲得した残留磁化の方向を研究するので、試料を採取する露頭や遺構において、試料の向きを正確に測り、定方位試料として採取する必要がある。過去2千年間における地磁気方向の変化は最大でも20～30°しか無く、試料の方位測定での誤差は推定年代に大きな影響を与える。現地において、試料の方位を正確に測定することが重要である。

通常の研究では、遺構において磁化の統計的信頼度から、10ヶ所程の地点より試料を得て磁化を測定し、その平均値を遺構の磁化方向として採用している。

窯跡や炉跡を対象にする場合は、窯壁などの垂直な場所は、周りから横方向の圧力を受けて窯の内側に倒れ込むように傾いていることが多い。それは磁化方向の誤差となるので、そうした懸念を避ける為、平らな底面を試料採取場所とした方が良い。また焼土遺構では、乾燥して焼土がひび割れていたり、寒冷地では霜柱によって動かされるなど、焼土が機械的に動かされていることもある。こうした環境も磁化方向の研究において測定値の誤差になるので、留意が必要である（広岡：1999）。

試料採取の方法は、調査対象の範囲や土壌の固さを考えて幾つかの方法が工夫されている。以下では、二つの試料採取方法を紹介する。

(1) こぶし大のブロック試料での採取（図10）

窯跡や炉跡の焼土のように、良く焼成され堅い部分が含まれる焼土については、石膏で固めて試料を採取する、下記に示す採取方法が研究の精度も高い。

①まず、遺構面において良く焼けた領域を選び、対象とする焼土範囲が動かないように注意しながら周りに溝を掘って、こぶし大の大きさの焼土範囲を削り出し、きれいにする。

②削った焼土範囲に、薄く溶いた石膏をかけて崩れないように固定する。そして、別に濃く溶いた石膏を作って、焼土範囲に上にのせ、その上にアルミ板を押し付けて平面を作る操作を行う。

③時間をおいて石膏が固化した後でアルミ板を剥がす。そして、石膏上面の平面について、面の最大傾斜線の方位と傾斜角を、特別に改造したクリノメータ



図10 研究試料の石膏での採取状況。右は、試料採取に用いるクリノメータ
Fig. 10 Sampling using plaster and specialized clinometers

(Hirooka: 1971) を用いて測る (図 10 右)。測定値を記録し、石膏の平面上にも方位を示すマークと試料番号を記入する。

- ④以上を終えたら、焼土試料を窯跡床面から切り離し、試料の裏面に薄い石膏をかけて崩れないように固定して持ち帰る。そして、研究室で 34 mm 角の立方体に整形し、各面を石膏で補強し研究試料とする。

(2) プラスチックケースでの採集 (図 11)

焼土の範囲が狭かったり薄い場合や堆積物の研究では、こぶし大のブロック試料では無く、1 辺が 20-22 mm の大きさの立方体形状のプラスチックケース (以下ケースと称す) を、試料採取に利用することが多い (広岡: 1999)。試料の採取可能範囲が狭い時も、多くの試料を採取してデータの信頼度を高めることができる。

固い焼土や土壌が対象の時には、まず、その場所をケースに納まる大きさに削って (図 11(a)), 削った範囲と周囲に、水で薄目に溶いた石膏をかけて固定する。次に、濃い目の石膏を別に作ってケースに入れ、それを削った範囲に被せる (図 11(b))。そして十分に石膏が固まった後で、ケース上面にクリノメータを当てて水平面との交線をマークし、交線の磁北からの角度のずれとケース面の水平面からの最大傾斜角を読みとる。以上の作業後に、土壌が入ったケースを遺構面から外して試料とする。

柔らかい焼土や土壌の場合は、石膏で固めないでそのままケースを押し込んで採集することも多い。その際、下記の方法を用いるとより精度良く試料が採取できる。

- ①堆積物や焼土の表面を削り、平面を作る。平面の上に

ケース試料採取用のガイド板 (図 11(d)) を当てる。そしてガイド板の端辺が水平になるように調節して、直交する最大傾斜線の方位とその傾斜角を特製クリノメータで測る。

- ②ガイド板が動かないように押えながら、ケースを装着したピストンをガイド板のスライド溝にはめて、溝に沿って動かす。ピストンを試料採取部分に移動して、その頭部をハンマーで叩くか手で押してケースを土中に打ち込む。この操作を繰り返して、平行に並ぶ (同じ方位の) 試料を、同一平面から数個採取する。

- ④各ケース (試料) は、背面に試料番号を、上端縁に横線を記入して堆積・焼土面から抜き取る。持ち帰った試料は、開口部を蠟で封じてから蓋を接着する。水分を含んだ土の場合は乾燥して収縮することがあり、蠟で密封して水分が逃げないようにする為である。

以上の過程では、ガイド板を使わず、1 試料ずつ採取することもある (図 11(c))。

6. 研究の進展状況と将来展望

6.1. 地磁気変動のより詳細を探るために

渡辺 (Watanabe: 1959) の研究から 50 年以上が経ち、日本の考古地磁気年代推定における永年変化曲線や試料の採取方法等は進んできた。

今後、紀元後 2000 年間の地磁気年代推定法の精度を上げるには、年代が良くわかった試料のデータを増やし、より詳細な永年変化を作る必要がある。特にデータ数の少ない時代での研究が重要である。具体的には、A.D. 1700 年代と 1400 年代および A.D. 400 年以前でのデータ

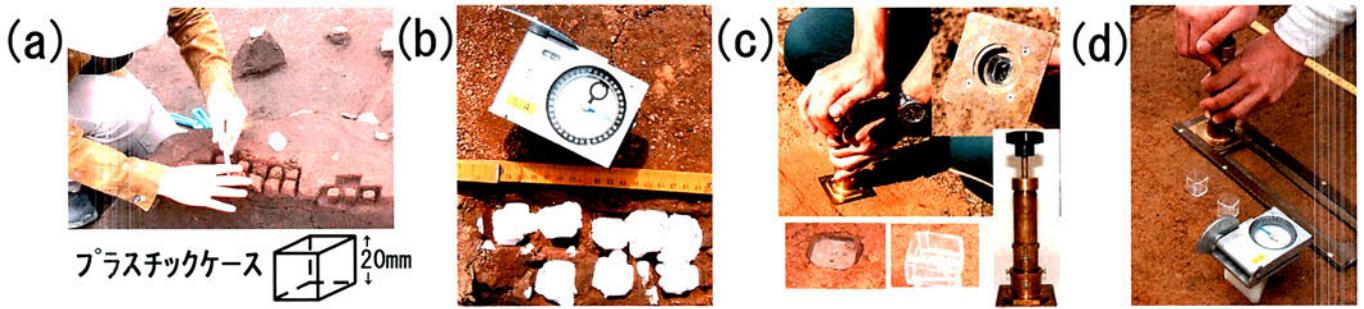


図 11 (a), (b) 焼土の、プラスチックケースと石膏による試料採取の様子。(c), (d) プラスチックケースによる堆積物の採取に用いるピストンとガイド板を示している。

Fig. 11 (a), (b) Sampling of baked clay using plastic case. (c), (d) Sampling of sediment in plastic case using piston and plate.

数は少なく、これらの時代の対象の研究を多く行うことが望まれる。後者の A.D. 400 年以前の対象では、従来の試料の殆どは住居跡の焼土であり、表面は温度が上がっている様でも、内部まで十分に被熱されておらず、磁化は不安定な場合も多い。そのため、この時代の年代推定の精度が落ちる傾向にあり、今後の研究が必要となっている。

また地磁気永年変化の作成では、遺物や遺構の年代は、基本として土器形式編年等の考古学年代を用いるので、考古学の専門家との協力が不可欠である。

ヨーロッパやアメリカの諸外国では、最近、考古地磁気データのデータベース化と統計学的検討による地磁気永年変動の再構築が進められている。日本でも、畠山唯達（岡山理科大学）などにより試みられている。

また、地磁気強度の研究については、信頼性の高いデータを得るためのテリエ法実験の方法の検討や改良も行われている。

6.2. 年代の意味と誤差について

研究結果については、磁気年代の推定値に±25 年の様に誤差をつけて発表されることが多い。この誤差は、現時点では、磁化方向と地磁気永年変化との一致の程度、考古学年代や測定誤差などを考慮して付された値である。ただ曖昧な部分が多く、誤差については、物理的にも意味のある表現にするために、統計処理も含めた解析方法の検討も必要となっている。

6.3. 古い時代の地磁気永年変化と年代推定

紀元前（弥生中期以前）の時代では、測定データ数は

少なく、地磁気永年変化の詳細がわかっておらず年代推定は現段階では難しい。今後、この時代における地磁気永年変化曲線を作るため、考古年代の確かな遺跡や、¹⁴C 年代などの放射年代が測定された遺跡で研究を進める必要がある。縄文後期や晩期等の、多くの遺構が発見される時代から順にデータを蓄積すれば、紀元後の時代と同様な年代推定も可能となると考えられる。

また、熱残留磁化を持つ焼土の研究と共に、連続した地磁気記録が古い時代まで得られる堆積物（湖底や陸上の堆積物）の残留磁化を用いる研究も併せて実施することが有用と考えられる。

6.4. 地域差への対応:考古地磁気年代推定法の適応範囲を広げる

紀元後の約 2000 年間の地磁気変化について、関東以西の地域における永年変化と東海地域や北陸地域との地域差はかなり詳しくわかってきた。しかし、東北地域では西谷（1992）等の研究があるもののまだデータ数は十分とは言えず、さらに北海道では非常に少ない。西南日本版の地磁気永年変化との地域差の程度も明らかではなく、高い精度での年代推定は難しい。

最近、酒井他（2016）は、沖縄・久米島においてグスクの考古地磁気研究を実施している。

今後、東北地域や北海道、更に南西諸島の研究データが増えて、各地域の地磁気永年変化曲線が検討され、日本全域の地磁気分布とその時代変化が明らかとなれば、地磁気年代推定は国内で汎用できる年代法になる。

更に、日本の考古地磁気永年変化を利用して、沿海州など近隣地域における地磁気永年変化も求められ、それ

らの地域の遺構との考古地磁気年代を用いた対比が行える可能性もある。

6.5. 他の研究分野との関連研究

(1) 古寺伽藍の中軸線:建築学との関係

広岡（1976）は、古寺伽藍の中軸線は、多くは真の南北を向いているものの、少し振れている場合もあることを示した。例えば、国分寺跡、国分尼寺跡や、斑鳩の古寺の法隆寺、法起寺、法輪寺等では、軸線（中軸線）は真北から西に振れており、また中世に創建された寺院には、軸線が真北から東に振れているものもあった。この様に寺院の軸線の真北からのずれは創建年代で異なっていたが、それは地磁気偏角の変化と対応する傾向が認められた。つまり寺院建立において、向きを磁石で決めたとすると説明できる方向に中軸線がずれていたのである。こうした寺院は、地磁気を利用して方向が決められ、築造された可能性がある。

上記の寺院が建立された当時、精度良い磁石が使われていたとの記録は見つかっていない。しかし、中国では漢代に指南杓が方位を知る道具として既に用いられており、寺院の建立技法は中国からもたらされていることから、磁石も早い時期に輸入されていた可能性はある。以

上が正しければ、寺院や大建造物の中軸線方位の真北からのずれ角を偏角の永年変化曲線と照合して、建物の創建年代を決めるといふ古建築学とも融合する研究が行える。

京都の二条城（1601年）でも軸線が真北から数度ずれており、地磁気を利用して方向を決め、築造された可能性が指摘されている（西：1986）。

(2) 地磁気と磁気圏の変化

地磁気強度の変化は地球の磁気圏の変化に連動する。それは成層圏で作られる ^{14}C の生成量の増減と反比例することが研究されている（Sternberg: 1992）。今後、地磁気強度の詳細がわかり、 ^{14}C 生成量の関係の研究が進めば、地磁気強度の変化は ^{14}C 年代の精度を上げる研究にも役立つと考えられる。

また、磁気圏は太陽から地球に吹き寄せる太陽風（高速のプラズマ粒子）の、地球への侵入を防ぐ役割があり、それ故、磁気圏（地磁気）の変化は、地球の外側の防壁の拡大や縮小にも影響する。それはまた、オーロラの発生にも関係し、過去にオーロラが見えた範囲や時期を考古地磁気の永年変化で説明するという興味深い研究テーマとも関連する（慶松・福島：1969）。

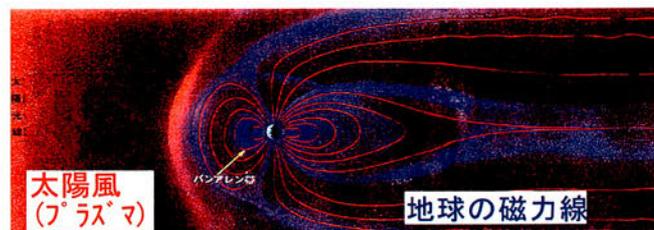


図 12 太陽風と地球の磁気圏

Fig. 12 The Sun and the Earth's magnetosphere

引用文献

- 慶松光雄・福島直 1969「歴史時代における地球磁場の変動—古文書中のオーロラ記録の利用」科学 39 pp.321-326
- 小玉一人 1999『古地磁気学』東京大学出版会 248p
- 酒井英男・広岡公夫 1983「古地磁気・岩石磁気からみた断層運動」月刊地球 5 pp.394-398
- 酒井英男・平井徹・沢田豊明・中山武・和田博夫・三雲健 1991「焼岳における電磁気観測」京都大学防災研究所年報 No34 B-1 pp.343-354
- 酒井英男・澤田豊明・畚野匡・井口隆 2004「磁化特性を用いた火山堆積物の定置温度の推定と分類」防災科学技術研究所研究報告 第65号 pp.163-171
- 酒井英男・伊藤孝・菅頭明日香 2007「考古地磁気法による古地震の年代推定の研究」活断層研究 27 pp.9-16
- 酒井英男・菅頭明日香・小黒智久 2013「竪穴住居上屋土壌の火災における落下状況を残留磁化から探る研究」情報考古学 19 pp.28-35
- 酒井英男・手塚大貴・早津賢二・藤田正治 2014「新潟焼山における火山噴出物の古地磁気研究と噴火史の検討」自然災害学会 33-3号 pp.221-232
- 酒井英男・泉吉紀 2014「考古遺物の熱履歴を残留磁化から探る研究」情報考古学 20 pp.42-48
- 酒井英男・松矢啓佑・三船温尚・中島正 2015「京都府蟹崎寺旧境内の平安時代の火災を瓦の磁化から検証する研究」考古学と自然科学 70 pp.21-27
- 酒井英男・泉吉紀・木村克之・伊藤孝・鹿島昌也・加藤由美子 2015「地震による遺構の変形の磁化研究からの検証」情報考古学 21 pp.20-27
- 酒井英男・米原実秀・菅頭明日香・柏木健司・岸田徹・中島徹也 2016「久米島具志川城跡の地球電磁気学的研究—石積み石灰岩の磁化調査を中心として」情報考古学 22 (印刷中)
- 中井睦美 2004『ジオロジストのための岩石磁気学—帯磁率・古地磁気学からAMSまで』地学双書 34 地学団体研究会 178p
- 中島正志・夏原信義 1981『考古地磁気年代推定法』ニュー・サイエンス社 95p
- 西和夫 1986『建築技術史の謎を解く』彰国社 250p
- 西谷忠師 1992「秋田県横手市富ヶ沢周辺の考古地磁気」秋田大学鉱山学部資源地学研究施設報告 第57号 pp.77-84
- 兵頭政幸・峯本須美代 1996「日本の湖沼堆積物から得られた地磁気永年変化とエクスカージョンによる年代測定」第四紀研究 35 pp.125-133
- 広岡公夫 1976「古寺伽藍中軸線方位と考古地磁気—日本における磁石使用の起源について—」考古学雑誌 62 pp.49-63
- 広岡公夫 1977「考古地磁気および第四紀古地磁気研究の最近の動向」第四紀研究 15 pp.200-203
- 広岡公夫 1979「熱残留磁気による古窯の年代」榑崎彰一(編)『世界陶磁全集 第2巻(日本古代)』小学館 pp.293-295
- 広岡公夫 1989「古代手工業生産遺跡の自然科学的考察, —考古地磁気学, 古地磁気学の立場から—」北陸の古代手工業生産 北陸古代手工業生産史研究会(編)真陽社 pp.225-284
- 広岡公夫 1993「年代推定の手法」季刊考古学 第42号(特集・須恵器の編年とその時代) pp.75-77
- 広岡公夫 1999「〔第2章〕古地磁気法・考古地磁気法」長友恒人(編)『考古学のための年代測定学入門』

- 古今書院 pp.39-57
- 広岡公夫・藤澤良祐 2002「東海地方の地磁気永年変化曲線」考古学と自然科学 45 pp.29-54
- 広岡公夫・南依里 2006「金屋南遺跡の考古地磁気学的研究」富山市金屋南遺跡発掘調査報告書Ⅲ 富山市埋蔵文化財調査報告 5 富山市教育委員会 pp.155-159
- 味喜大介 1999「古地磁気方位・強度による桜島の溶岩流の年代推定」火山 第44巻 pp.111-122
- Delesse, A. 1849 "Sur le magnétisme polaire dans les minéraux et dans les roches" *Annales de chimie et de physique* 25 pp.194-209
- Folgerhaite, G. 1899 "Sur les variations seculaires de l' inclination magnétique dans l' antiquité" *J. Phys* 8 pp.660-667
- Gellibrand, H. 1635 "A Discourse Mathematical on the Variation of the Magnetical Needle Together with its Admirable Diminution Lately Discovered" William Jones, London, England
- Hirooka, K. 1971 "Archaeomagnetic study for the past 2,000 years in Southwest Japan" *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. Ser. Geol. Mineral.* 38 pp.167-207
- Hirooka, K. 1991 "Quaternary paleomagnetic studies in Japan" *The Quaternary Research (第四紀研究)* 30 pp.151-160
- Imamiti, S. 1956 "Secular variation of the magnetic declination" *Memoirs of Kakioka Magnetic Observatory* 7 pp.49-55
- Kawai, N. and Hirooka, K., Sasajima, S., Yasukawa, K., Ito, H. and Kume, S. 1965 "Archaeomagnetic studies in southwest Japan" *Ann Geophys.* 21 pp.574-577
- Kawai, N. and Hirooka, K. 1967 "Wobbling motion of the geomagnetic dipole field in historic time during these 2000 years" *Jour. Geomag. Geoelectr.* 19 pp.217-227
- Kawai, N., Hirooka, K. and Tokieda, K. 1967 "A vibration of geomagnetic axis around the geographic north pole in the historic time" *Earth Planet. Sci. Lett.* 3 pp.48-50
- Kawai, N. and Nakajima, T. 1975 "Vanished geomagnetism" *Proc. Japan Acad.* 51 pp.640-643.
- Kitazawa, K. 1970 "Intensity of the geomagnetic field in Japan for the past 10000 years" *J. Geophys. Res.* 75 pp.7493-7511
- Melloni, M 1853 "Du magnétisme des roches" *Comptes Rendus de l' Académie Scientifique de Paris* 37 pp.966-968
- Momose, K., Kobayashi, K., Tsuboi, K. and Tanaka, M. 1964 "Archaeomagnetism during the Old Tomb and the Nara Periods" *Annual Progress Report of the Rock magnetism Research Group in Japan* pp.33-38
- Nagata, T., Arai, Y. and Momose, K. 1963 "Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years" *J. Geophys. Res.* 68 pp.5277-5281
- Sakai, H. and Hirooka, K. 1986 "Archaeointensity determinations from western Japan" *J. Geomag. Geoelectr.* 38 pp.1323-1329
- Sasajima, S. 1965 "Geomagnetic secular variation revealed in the baked earths in west Japan, part 2, change of the field intensity" *J. Geomag. Geoelectr.* 17 pp.413-416.
- Shibuya, H. 1980 "Geomagnetic secular variation in Southwest Japan for the past 2000years by means of archaeomagnetism" Master-degree thesis from School of Engineering Science, Osaka

University 54p

- Sternberg, R. S. 1992 "Radiocarbon fluctuations and the geomagnetic field." In: Taylor, R. E. , Long, A. and Kra, R. S. (eds.) "Radiocarbon After Four Decades: An Interdisciplinary Perspective" New York, Springer-Verlag pp.93-116
- Thellier, E. 1938 "Sur l' aimantation des terres cuites et ses applications geophysiques" Annales de l' Institut de Physique du Globe 16 pp.157-302
- Thellier, O. and Thellier, E. 1959 "Sur la direction du champ magnetique terrestre dans le passe historique et geologique" Annales de Geophysique 15 pp.285-375
- Watanabe, N. 1959 "The direction of remanent magnetism of baked earth and its application to chronology for anthropology and archaeology in Japan" Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo Sec. V. 2 188p
- Yukutake, T., Nakamura, K. and Horai, K. 1964 "Magnetization of Ash-fall Tuffs of Oshima Volcano, Izu, II, Application to Archaeomagnetism and Volcanology" J. Geomag. Geoelectr. 16 pp.183-193

(2014年10月14日受付, 2016年1月28日受理)

Archaeomagnetic Dating

Hideo SAKAI¹⁾, Kimio HIROOKA²⁾, Tadashi NAKAJIMA³⁾ and Nobuyoshi NATSUHARA⁴⁾

¹⁾ Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama, Toyama 930-8555, Japan

²⁾ Professor Emeritus, University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama, Toyama 930-8555, Japan

³⁾ Geological Laboratory, Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui, Bunkyo-ku, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

⁴⁾ Natsuhara Giken, Co. Ltd., Yodogawa-ku, Osaka 532-0033, Japan

Archaeomagnetic dating consists of measuring the remanent magnetization of samples to construct a record of the Earth's magnetic field and comparing this record with past changes in the geomagnetic field. Therefore, obtaining a detailed record of past changes in the geomagnetic field is crucial to research and extensive cooperation with archaeologists is required. In Japan, a detailed record of changes in the geomagnetic field has been determined for the past 2,000 years in a cooperative study between geomagnetism researchers and archaeologists. Japan is the only country worldwide to conduct such vigorous research and acquire a summary of past geomagnetic changes in such detail. Regional differences in geomagnetic field changes are the focus of much present discussion, and improvements in the accuracy of age determination by archaeomagnetic dating are likely to be a focus of research in the near future. Among the different dating methods used in archaeology, archaeomagnetic techniques offer the advantage of applicability to a wide range of sample materials; moreover, such techniques allow for the direct use of archaeological remains. In the present study, we introduce the history, principles, study materials, and future prospects of archaeomagnetic dating.