

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601  
研究種目：若手研究  
研究期間：2021～2023  
課題番号：21K14004  
研究課題名（和文）マール噴火と超巨大カルデラ噴火の噴火タイムスケールの再検討：古地磁気学的制約

研究課題名（英文）Paleomagnetic constraints on timescales of maar-forming and large caldera-forming eruptions

## 研究代表者

安田 裕紀 (Yasuda, Yuki)

東京大学・先端科学技術研究センター・特任研究員

研究者番号：50825875

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では古地磁気方位を用いてマール噴火と超巨大カルデラ噴火の噴火タイムスケールを定量的に検証した。対象とした2つのタイプの噴火堆積物は、どちらもユニット間で異なる古地磁気方位を示し、地磁気永年変化を記録していることがわかった。古地磁気方位の変化角度と完新世の永年変化記録との比較から、ユニット間の時間間隙を定量的に算出した。本研究の結果から、古地磁気方位を用いれば地質学的には判別困難な時間間隙を堆積物内に見出すことが可能であり、古地磁気方位の利用が噴火タイムスケールを評価する上で重要であることが強調された。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

マール噴火と超巨大カルデラ噴火は、一般的に堆積物中に時間間隙を示す地質学的証拠が認められないため、どちらも短期間で噴火が終わると考えられてきた。しかし本研究で古地磁気学的に噴火タイムスケールを見積もった結果、対象とした火砕堆積物中に有意な時間間隙が認められた。本結果は、野外観察結果に加えて、古地磁気方位の比較を行うことが噴火タイムスケールの評価に極めて重要であることを示している。今後、他火山の噴出物についても古地磁気学的検討が進めば、より正確に噴火履歴を復元することが可能となり、火山噴火の長期予測に貢献すると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study examined timescales of maar-forming and large caldera-forming eruptions by using paleomagnetic directions. The maar-forming and caldera-forming eruptive deposits measured show variations in paleomagnetic directions between stratigraphic units, indicating that these deposits record secular variations of the geomagnetic field. Comparison of the variations of the paleomagnetic directions with the published records of the Holocene secular variation allowed us to estimate the time intervals between emplacement of individual units. The results suggest that there may be time breaks missed in the volcanic record and such breaks are likely to be identified using paleomagnetic directions.

研究分野：火山地質学

キーワード：古地磁気方位 噴火タイムスケール 時間間隙

## 1. 研究開始当初の背景

マール噴火と超巨大カルデラ噴火は、ともに危険な火山現象であり、将来の噴火に備えた長期予測や防災計画を考えるには、噴火のタイムスケールを把握することが欠かせない。マールは一度の噴火活動で形成される単成火山だと考えられている。そのため噴火を駆動した地下のマグマ溜りは小さく、一過性のものだと思われる。超巨大カルデラ噴火は、数 100 km<sup>3</sup> から数 1000 km<sup>3</sup> のマグマが「短期間」のうちに地表へ噴出する現象だと考えられているが、その「短期間」がどのくらいの期間なのかは定量的に議論されてこなかった。しかし、噴火の推移予測や被害予測を行うには噴火タイムスケールを定量的に検討しておくことが重要である。

これらのタイプの噴火のタイムスケールは、堆積物の露頭観察によって定性的に見積もることが一般的である。本研究では噴火タイムスケールの見積もりに古地磁気方位を利用する。火山噴出物は堆積後、常温まで冷却される際に、数年～数千年の時間スケールで永年変化する地磁気の方位を、熱残留磁化として記録している。つまり、同時に形成された噴出物には同じ方位が、形成時期の異なる噴出物には異なる方位が記録される。また近年日本では、考古地磁気分野と古地磁気分野から、高解像度の地磁気永年変化記録が報告されており、日本における地磁気の変化速度の推定が可能となった。これらを利用すれば、これまで定性的に議論されてきた、一見連続的に見える堆積物の噴火タイムスケールについて、定量的に精度よく見積もることができる。

## 2. 研究の目的

本研究では、マール噴火と超巨大カルデラ噴火を対象に、古地磁気方位を用いて噴火タイムスケールの再検討を行う。マール噴火については御鉢平火山の間宮岳テフラリングを、超巨大カルデラ噴火については阿蘇カルデラから 9 万年前に噴出した阿蘇 4 火砕流堆積物を対象とする。間宮岳テフラリングについては、テフラリング全体の層序の中で、最下部から最上部までの古地磁気方位を測定し、その方位変化から、マール噴火の時間的推移を明らかにする。阿蘇 4 火砕流堆積物については、構成する複数の火砕流ユニットの古地磁気方位をそれぞれ複数地点で測定し、その古地磁気方位の差異に基づき、火砕流ユニット間のタイムスケールを定量的に見積もる。

## 3. 研究の方法

### (1) 間宮岳テフラリング

これまでの研究によって、テフラリングの地質層序は確立されており、テフラリングの露出が良いリング北部、北西部、西部、南西部、南部、東部の 6 地点で古地磁気試料の採取を終えている。各地点 5～9 の層準(合計 39 層準)で試料採取を行い、テフラリングの全方向、全層準を網羅した。本研究では、これらの層準について試料の古地磁気方位測定を行い、それぞれの地点の古地磁気層序を確立し、その方位変化から噴火タイムスケールを見積もる。

### (2) 阿蘇 4 火砕流堆積物

阿蘇 4 火砕流堆積物はカルデラ縁の西部、北部、東部に広く分布するが、それぞれの地域は異なる研究者によって層序が復元されてきたため、地域間での対比関係はよく理解されていない。本研究では阿蘇 4 火砕流堆積物の分布地域全体について統一的な枠組みで堆積物層序を再構築し、その層序に基づき古地磁気試料を採取し、古地磁気方位の比較を行う。

## 4. 研究成果

### (1) 間宮岳テフラリング

39 層準から古地磁気方位を測定して、テフラリングの古地磁気層序を復元した(図 1)。その結果、テフラリングは層準間で系統的に古地磁気方位が変化しており、それらの方位は 5 つの方位グループに分かれた。それぞれの方位グループは単一の噴火エピソードに対応しており、間宮岳テフラリングが少なくとも 5 回の噴火エピソードによって堆積したことが明らかになった。試料を採取したリング北部、北西部、西部、南西部、南部、東部の 6 地点は、それぞれが 5 回の噴火エピソードの一部を記録しており、テフラリングの活動の進行とともに、噴出中心が移動したことが示唆された。地質層序関係に基づき、5 つの方位の軌跡を追うと、間宮岳テフラリングの形成時、地磁気は 66 度以上変化していたことがわかった。間宮岳テフラリング形成時の地磁気は最近の地磁気と同じように変化していたと仮定すると、日本での完新世の地磁気永年変化

の平均速度（6度/100年）から、間宮岳テフラリングの形成に少なくとも1000年以上の時間が必要だったと見積もられた。マール-テフラリングに関する先行研究では、テフラリング中に発達する土壌や不整合といった地質学的証拠に基づいて、そのマールが単成火山か複数回の活動によって形成したのか議論するにとどまっていた。本研究では世界で初めて古地磁気方位を用いて定量的にマール噴火のエピソード数や継続時間を見積もり、古地磁気学的手法の有用性を示した。この成果は国際誌 Earth, Planets and Space に投稿し掲載された。

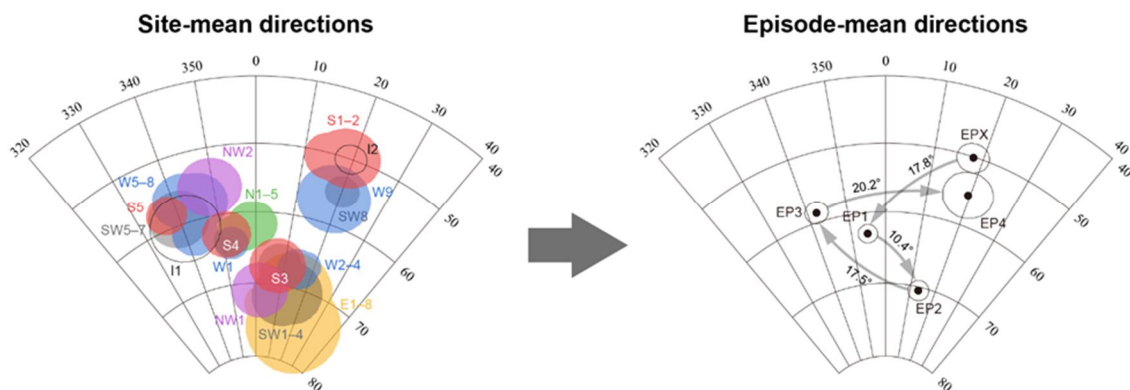


図1：間宮岳テフラリング堆積物の39層準から決定した古地磁気方位。左図は地点ごとの平均方位で、右図は噴火エピソードごとに平均した古地磁気方位。

## (2) 阿蘇4火砕流堆積物

阿蘇4火砕流堆積物についてカルデラ西部、北部、東部で野外調査を行った。噴出物層序を確立するために丹念に地質記載を行うとともに、古地磁気分析・化学分析用の岩石試料を採取した。古地磁気試料はカルデラ中心から20~80 km離れた11地点で採取した。11地点の試料は全て、地点内でよく揃った残留磁化方位を示し、火砕流堆積物が溶結・非溶結に関わらず約600度以上の高温で堆積したことを示唆する。先行研究で指摘されていたように、カルデラ西部には軽石に富むユニットの他、スコリアを含むユニットが認められた。カルデラ東部には軽石に富むユニットのみ認められた。カルデラ東部の軽石に富むユニットは、強溶結した下位層と、非溶結~弱溶結の上位層に分けられる。上位層と下位層の境界は明瞭で浸食面を挟む場合があり、両者の間に時間差があったことが示唆される。しかし、下位層の古地磁気方位(偏角=351.4度、伏角=38.9度、 $\alpha_{95}$ =3.7度)は上位層の方位(偏角=351.0度、伏角=39.2度、 $\alpha_{95}$ =2.9度)とほぼ完全に一致した。一方、東部の非溶結火砕流堆積物のみ分布している地域の古地磁気方位は少し深い伏角(約42度)のものと、より深い伏角(約47度)のものがあり、阿蘇4火砕流堆積物が1回の噴火堆積物ではない可能性を示した。カルデラ西部では非溶結の阿蘇4火砕流堆積物のみ観察することができた。これらの堆積物の古地磁気方位は伏角が38度、42度、47度を示し、場所ごとにバリエーションがあった。カルデラ西部と東部でみられた古地磁気方位のバリエーションはおそらく地磁気永年変化を反映している。阿蘇4噴火中の永年変化の軌跡を辿るには、火砕流ユニットを識別し、ユニット間の層序を明らかにする必要があるが、阿蘇4火砕流堆積物が広範囲に分布していることから研究期間内に地質層序を完全に復元することはできなかった。今後、地質・岩石・古地磁気データを拡充させて、火砕流ユニットの識別と、各ユニット間の古地磁気方位の比較を包括的に行い、阿蘇4噴火の噴火エピソード数や継続時間について検討する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yasuda Yuki	4. 巻 75
2. 論文標題 Paleomagnetic evidence for episodic construction of the Mamiyadake tephra ring	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-023-01858-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 安田裕紀
2. 発表標題 火口近傍から遠方への火砕流内部構造の側方変化：層雲峡火砕流堆積物の例
3. 学会等名 日本火山学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安田裕紀
2. 発表標題 Paleomagnetic evidence for episodic construction of the Mamiyadake tephra ring, Ohachidaira maar-caldera complex, Hokkaido, Japan
3. 学会等名 International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安田裕紀
2. 発表標題 長期間(>1000年)にわたって複数回の噴火で形成された間宮岳テフラリング：古地磁気学的検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------