

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：13201

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2020～2023

課題番号：20KK0076

研究課題名（和文）海洋底拡大を陸上で探る：エチオピア・アファール地域での無人飛行機による磁気探査

研究課題名（英文）On-land investigation of sea-floor spreading through aero-geomagnetic surveys with unmanned airplanes in Afar region, Ethiopia

研究代表者

石川 尚人 (Ishikawa, Naoto)

富山大学・学術研究部都市デザイン学系・教授

研究者番号：30202964

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,400,000円

研究成果の概要（和文）：プレート拡大現象の様相を明らかにするために、エチオピア・アファール凹地で無人小型飛行機による航空磁気探査を行い、Tendaho Grabenと Dubbahu-Manda Hararo Riftを含む約50 km区域の磁気異常分布を詳細に明らかにした。地下5kmの磁化構造としてTendaho Graben中央域では中央に幅約10 kmの正帯磁域、その両側に弱帯磁域を挟んで逆帯磁域があることが推定された。古地磁気解析から示された正帯磁した地表溶岩流の分布の幅（約40km）は地下の正帯磁域の幅より広く、Tendaho Grabenの形成過程では拡大軸以外の広範囲で溶岩噴出があったことを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アファール凹地では、地形的制約（傾動地塊、溶岩流の分布域）と気象条件（極暑）から地上での広範囲の探査が困難である。そこでの探査に活用できる無人小型飛行機を開発し、広範囲の航空磁気探査に成功した。この地域で初めて詳細な磁気異常分布を明らかにし、この地域のプレート拡大現象の理解の進展につながる研究情報を取得できた。

プレート発散境界域に位置する調査地域の中心都市Semeraでは都市開発が進んでいて、プレート拡大現象に伴う地震や火山活動による自然災害のリスクが増加している。本研究の成果を含めて、この地域に関するプレート拡大現象の理解が進展することが、自然災害リスクへの対応へと結びつくことを期待する。

研究成果の概要（英文）：We have successfully conducted aero-geomagnetic surveys using a small unmanned aerial vehicle in the divergent plate boundary region, Afar depression in Ethiopia, and revealed the distribution of geomagnetic anomaly in an about 50 km area covering Tendaho Graben and Dubbahu-Manda Hararo Rift in detail. An underground magnetization structure model at 5 km in depth shows the existence of a positive magnetized area of about 10 km width at the central part of Tendaho Graben and a reverse magnetized area flanked by a narrow weak magnetized area on both sides of the central positive magnetized area. Paleomagnetic analyses of surface lava flows revealed lava flows with positive geomagnetic polarity cover the central part of Tendaho Graben in about 40 km width. The difference in the width of the positive magnetized area between the underground structure and lava flows implies that eruptions of lava flow occurred widely at and around the spreading axis of the graben in its formation process.

研究分野：古地磁気学，地球電磁気学

キーワード：プレート発散境界 アファール凹地 無人飛行機 固定翼ドローン 航空磁気探査 磁気異常 地下磁化構造

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

過去のプレート運動は、海洋底の縞状磁気異常を用いて推定されており、海洋底の縞状磁気異常の形成は地球科学の根幹理論であるプレートテクトニクスの基盤にかかわる事象である。海洋縞状磁気異常の獲得形成過程は Vine-Matthews 仮説として理解されている。海洋底の形成機構を含め、その仮説の検証のための探査・研究は陸上のオフユオライトとともに、主に海洋底の拡大軸を対象として数多く行われてきた。海洋調査船による海上での地球物理学的探査やドレッジや海洋底の掘削により得られた岩石試料の解析、潜水探査船や自立型無人探査艇による海洋底拡大軸域の直近での調査研究もある。その結果として、単純化した Vine-Matthews 仮説より詳細な海洋底の磁気異常の分布や磁氣的構造、それらの形成過程が示されてきてはいる。しかし、我々は海洋底拡大軸で磁気異常の獲得・形成の過程を「つぶさに観る」ことができているだろうか？そのためには、海洋底が拡大形成している現場に行き、直接的に探査することが現在でも望まれるところであるが、その現場はほとんどが海洋下であることが妨げになっていると言えよう。

海洋底拡大の様相を陸上でみることができる地域がエチオピア・アフール地域で、アフール凹地 (Afar Depression) と呼ばれる (図1)。この地域は拡大プレート三重会合点にあり、大陸リフティングが進行し、現在、海洋底拡大現象の開始時期の段階で、一部には海洋底拡大軸が海面上に露出していると考えられていて、火山活動を伴う活動的なリフト帯が紅海から Main Ethiopian Rift へと連なっている (図1: magmatic rift segment)。Dubbahu-Manda Hararo Rift (図1, D-MH) では 2005~2010 年にかけて活発な地震活動と正断層系の形成、一部に溶岩の流出を伴ってプレート拡大現象が起こった。GPS・地震観測データの解析から巾 8m、長さ 60km、深さ 2~10km の範囲で岩脈の貫入があったことが推定された (Ebinger et al., 2008, 2010)。また、Erta Ale Rift (図1, EA) は、溶岩湖がある Erta Ale 火山などの火山活動が継続的に活発な地域で、低地部は標高 -100m 以下となり、地殻の厚さは約 15km (Hammond et al., 2011) と Dubbahu-Manda Hararo Rift (約 23km) より薄く、海洋底拡大がより進行した地帯であると考えられている。アフール凹地は海洋底拡大現象の様相を陸上で直接的に探査することができる絶好のフィールドである。そのため、特に 2005 年の Dubbahu-Manda Hararo Rift での拡大現象時から多くの研究が行われている。近年の地球物理学的な研究として地震波解析 (Guidarelli et al., 2011; Hammond et al., 2011)、重力探査 (Lewi et al., 2013)、In-Sar/GPS データ解析 (Pagle et al., 2014)、衛星画像による地形解析 (Acocella et al., 2008) などがあり、地下構造や構造運動の様相が示されている。一方で、海洋底拡大軸での磁気異常や磁化構造の形成過程の解明に繋がる地球電磁気学的研究は多くはない。

そこで我々は、海洋底拡大軸域の磁気異常の分布と構造、その形成過程をより詳細に解明するために、アフール地域の Dubbahu-Manda Hararo Rift と Tendaho Graben (図2) を対象にして、地球電磁気学的探査 (磁気探査、MT 探査) と地表溶岩流の岩石学的解析、古地磁気学的・岩石磁気学的解析をアジスアババ大学の研究者との国際共同研究として 2013 年から開始した。地形的制約と気象条件 (極暑) から地上での広域的な磁気探査は困難であることから、無人小型飛行機による航空磁気探査を計画し、2019 年にアジスアババ大学とエチオピア・情報ネットワークセキュリティ機関 (INSA) の支援・協力のもとで実施することができた (図2: 白線)。しかし、その探査では無人機に搭載した磁気測定システムの不調等で良好な観測データが得られたのは 10 測線中の 3 測線に留まった。

我々のこれまで研究成果としては次の通りである。Tendaho Graben では 1 測線上で地上と無人機による磁気探査 (約 57km)、MT 探査 (約 94km) を実施した。MT 探査データの予察的解析から Graben 中央部の地下約 4km 以深に熱源の存在を示唆する低比抵抗域、その両側には高比抵抗域があることが示唆された。磁場探査データから、Graben 中央部に、MT 探査データから明らか

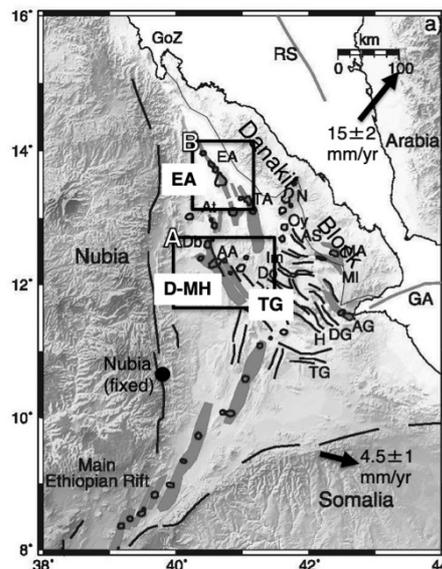


図1. アフール凹地
 ● magmatic rift segments
 EA: Eelta Ale Rif, D-MH: Dubbahu - Manda Hararo Rift,
 TG: Tendaho Graben [Pagli et al.(2013), Dumont et al. (2018)]
 A: 調査地域A (図2), B: 調査地域B (図3)

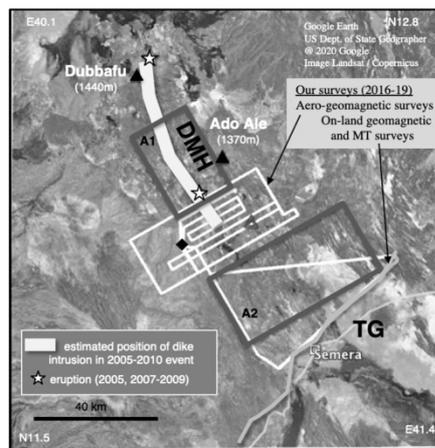


図2. 調査地域A
 DMH: Dubbahu-Manda Hararo Rift, TG: Tendaho Graben.
 A1, A2: 航空磁気探査予定区域

になった低比抵抗域を非磁化域として含む幅約 10km の正磁化域とその両側に逆磁化域がある磁化構造モデルを提示し、正磁化域を軸として拡大が起こったと推定した。地上溶岩流の古地磁気解析から Tendaho Graben では両端が逆極性で内部の約 40km が正極性であることがわかってきた。地下の磁化構造と表面溶岩流の磁化の極性の広がりには違いがある可能性が示唆された。Dubbahu-Manda Hararo Rift での航空磁気探査データには、2005-2010 年の拡大現象で地下に岩脈の貫入が想定されている地点において、岩脈の存在を示唆する正負の磁気異常が認められた。

2. 研究の目的

これまでの国際共同研究の成果を踏まえて、アファール地域を対象にして海洋底拡大軸域での磁気異常の分布、磁気的な地下構造、それらの形成過程をより詳細に明らかにすることを目的として、無人小型飛行機を活用した航空磁気探査を主体とする調査研究を実施する。対象地域は、Dubbahu-Manda Hararo Rift、Tendaho Graben (図 2)、Erta Ale Rift (図 3) とする。Tendaho Graben は過去約 100 万年間で拡大形成した盆地であり、地表溶岩流の年代によると数千年前に拡大現象に伴う火山活動が起こっている。Dubbahu-Manda Hararo Rift は近年実際に拡大現象が起きた地域、Erta Ale Rift は火山活動が活発でアファール地域で海洋底拡大現象が最も進行している地域である。航空磁気探査に加えて、探査可能な地域・ルートを探索した上で、地上での地球電磁気学的探査と地表溶岩流から岩石学的及び岩石磁気・古地磁気学的解析のための採取を行う。取得データ・試料の解析から各地域での磁気異常分布、地下磁化構造とその形成過程を明らかにし、3 地域での解析結果を比較検討することで、大陸リフティングから海洋底拡大への移行過程も含めての海洋底拡大軸域での磁気異常の獲得形成過程の理解を深める。



図3 調査地域B (Erta Ale Rift)
B1-B3: 航空磁気探査予定区域、●滑走路候補地
LB1: 地上磁気探査・MT探査候補測線

3. 研究の方法

(1) 研究体制

研究体制は、研究代表者 (富山大学 石川)、研究分担者 6 名 (九州大学 東野・加藤、京都大学 吉村・宇津木 (2023 年から)、山形大学 加々島、熊本大学 望月)、海外研究協力者 3 名 (南アフリカ KwaZulu Natal 大学 (2023 年度から米国ウェイン州立大学) T. Kidane 教授、エチオピア・アジスアベバ大学 Ameha A. Mulneh 助教・Balemwal Atnafu 准教授 (2023 年から))、国内研究協力者 6 名 (X-Treme Composite Japan 角屋守、富山大学 川崎准教授、国立極地研究所 野木教授・藤井助教、京都大学 小木曾教授、金沢大長谷部教授 (2021 年から)) からなる。

「飛行班」(東野、角屋、宇津木) と「地上班」(吉村、加々島、望月、加藤) とに分かれて研究を推進した。飛行班は無人小型飛行機による航空磁気探査を行う。東野・角屋が、エチオピア調査で実績のある無人飛行機に改良を加え、飛行試験を行いながら調整し、探査時の飛行調査を差配した。東野が飛行データの解析、宇津木が磁場探査データの解析を担当した。地上班は地上での磁気探査、MT 探査、岩石試料採取を行う。吉村が磁気・MT 探査データの解析、加々島が岩石学的解析、望月・加藤が岩石磁気・古地磁気学的解析を担当した。Kidane 氏、Ameha 氏、Balemwal 氏が海外研究協力者として参画し本研究を共同して推進した。特にエチオピア側での調査準備、無人機のエチオピアへの持込・使用に関する INSA との交渉、現地調査時のマネージメントを担当した。研究協力者の野木氏、藤井氏、小木曾氏、川崎氏には研究集会等での議論に加わってもらい、研究目的の遂行に向けての協力を得た。

(2) 研究計画

申請時の当初計画は以下の通りであった。

Dubbahu-Manda Hararo Rift と Tendaho Graben (図 2) および Erta Ale Rift (図 3) を対象にして、以下のことを実施する

- ① 航空磁気探査により、各地域の磁気異常分布を面的に求める。
- ② 採取試料の岩石磁気学的・古地磁気学的解析により、溶岩流の磁気的特性を把握し、残留磁化の方向・強度と極性の変化から溶岩流の活動史に関する情報を得る。
- ③ 採取試料の岩石学的解析から、溶岩流をもたらしたマグマの時間的変化過程を明らかにする。
- ④ 踏破可能なルート・領域が設定できた場合は、地上での磁気探査または MT 探査を行う。
- ⑤ ①での磁気異常分布から、④での探査データの解析結果も加味して、地下の磁化構造を求める。
- ⑥ ②、③からの情報も総合して、各地域の地下磁化構造の形成過程を明らかにする。3 地域からの研究成果を比較し、アファール地域でのプレート拡大現象に伴う磁気異常・地下磁化構造の獲得形成過程を検討する。

現地調査は 2021/22/23 年度に以下の通りに実施する。

2021 年度 : Dubbahu-Manda Hararo Rift / Tendaho Graben (図 2)

航空磁気探査を A1 区画、A2 区画で行う。試料採取を行う。

2022年度：Erta Ale Rift (図3)

Erta Ale 火山への登頂ルートと周辺域で巡検を行い、次年度の調査のために現地の状況を把握する。航空磁気探査のための滑走路設定地、地上電磁気探査の可能な測線・観測点を探索する。巡検の際に試料採取を行う。

2023年度：Erta Ale Rift (図3)

前年度の調査結果に基づき設定した区画で航空磁気探査を行う。地上調査が可能ルート・観測点が設定できた場合は試料採取と磁気探査またはMT探査を行う。

2020年10月から各自の所属機関で、調査準備、既存データ/試料の解析を始める。日常的にはメール等で情報を共有し、議論する。各年度末に研究集会(20/23年度は海外研究者招聘)を行う。2023年度末の研究集会において総合的な議論を行い、成果を取りまとめる。

4. 研究成果

(1) 研究の実施状況

新型コロナウイルスの感染状況とエチオピアの国内情勢の変化(2021年11月~2022年2月:非常事態宣言)の影響を受け、エチオピアへの渡航ができなかった時期があり、それに対応して計画を修正しつつ、研究を遂行した。

2020年度：本研究の開始に際し研究計画を再検討して、Tendaho GrabenとDubbahu-Manda Hararo Riftを優先的に研究することにした。2022年度に両地域での航空磁気探査を実施することとし、2021年度にその探査のための関係機関との折衝などの準備のためのエチオピア渡航をすることとした。Erta Ale Riftに対しては2023年度に状況把握のための巡検と予察的な調査を行うこととした。今年度は、分担に従って研究対象地域の既存の地球電磁気学的データ(航空・陸上磁気探査、MT探査)及び採取岩石試料の解析をすすめた。無人小型飛行機の開発に着手した。2021年3月にリモートにて研究集会を開催した。

2021年度：2022年度に実施予定の航空磁気探査に向けた事前準備のためのエチオピア渡航ができなかった。2022年度に事前準備のための渡航(7月)と調査(11~12月)を実施するように計画を修正した。分担に従って、無人機の開発・調整、既存データと試料の解析を進めた。リモートによる研究集会を3回(7月、9月、3月)に行った。

2022年度：新型コロナウイルスの影響により7月に予定した事前準備のためのエチオピア渡航ができなかったため、今年度の航空磁気探査の実施を断念した。その代わりに11/20~12/6の期間に渡航し、Tendaho Grabenでの地質調査・試料採取(11/25~29)と現地状況の把握を行った。それに基づいて、2023年度には事前準備のための渡航(7月)と航空磁気探査(11月:探査区域を限定してTendaho Graben北部域とDubbahu-Manda Hararo Rift南部域で実施)するように計画を変更した。Erta Ale Riftの調査は断念した。分担に従って既存データと試料の解析を進めた。無人機の調整が進み、現地使用の目処が立った。研究集会を4回(リモート:6月、7月、11月;対面:3月)に行った。

2023年度：Kidane氏を2023年4/9~14の期間日本に招聘し、研究打合せと研究集会(4/12)を実施した。石川・東野が7/29~8/4にエチオピアに渡航し、Kidane氏、Ameha氏、Balemwal氏と研究打合せと航空磁気探査のための事前準備を行った。INSAにおいて無人飛行機の使用に関する折衝を行い、使用許可と調査協力を得ることができた。11/14~21にアファール州・Semeraに滞在し、Tendaho Graben北部域とDubbahu-Manda Hararo Rift南部域を対象にして航空磁気探査を実施した。期間中5回の飛行調査を行い、良好な探査データを取得できた。調査後11/22にアジスアベバ大学地球科学科の教員・学生を対象に本研究の内容と実績を紹介するセミナーを開催し、約30人の参加者があった。研究集会(遠隔:4月、7月、10月,対面:3月)を開催しながら、分担に従って探査データと試料の解析を進めた。

(2) 成果

Tendaho Graben北部域とDubbahu-Manda Hararo Rift南部域を対象にして、約50km×50kmの調査区域において航空磁気探査を実施した(図4)。5回の飛行調査(総飛行距離約970km)で、Tendaho Grabenではその盆地の拡大方向に沿う北東-南西方向の長さ50kmの測線を5km間隔で7本設定し、Dabbafu-Manda Hararo Riftでは、2005-2010年の拡大現象の際に地下に貫入したと推定されている岩脈とその延長方向に直交する、長さ30kmの測線を3本設定して探査を実施した(飛行高度1200m)。我々が2019年の航空磁気探査で使用した機体をベースに脚の強化等の改良を加えた無人小型飛行機(翼長3.2m, 図5)を開発し、高温対策など探査実施方法の改善を行って、トラブルなく飛行調査を実施でき、設定した10測線で良好な磁気探査データを取得することができた。2019年の探査データを合わせて、Tendaho Graben北部域とDabbafu-Manda Hararo Rift南部域をカバーする広域な磁気探査データを得ることができた(図4)。

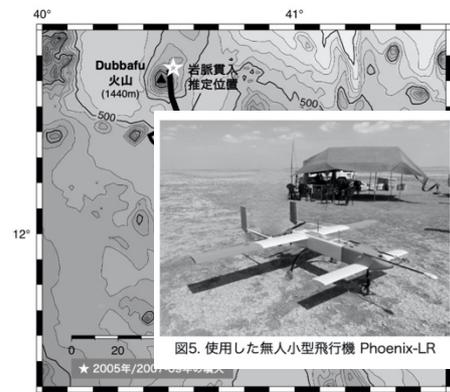


図4. 航空磁気探査。
TG: Tendaho Graben, D-MH: Dubbahu-Manda Hararo Rift
2019年探査(白細線), 2023年探査(白太線)

図5. 使用した無人小型飛行機 Phoenix-LR

航空磁気探査データに基づき、Dabbafu-Manda Hararo Rift 南部域から Tendaho Graben 北部域の磁気異常分布を求めることができた。その予察的な解析から、地下 5 km での磁化構造モデルとして、Tendaho Graben 北部域の南半部では盆地中央部に幅約 10 km の正帯磁域、その両側に弱帯磁域を挟んで逆帯磁域があるという構造が推定された。ただし、その構造は盆地北半部には連続しないことが示された。Dabbafu-Manda Hararo Rift 南部域の岩脈貫入推定位置をまたぐ測線には西から東に正から負への磁気異常が認められ、その測線より南側では認められなかった。貫入が推定されている岩脈の影響が示唆されたものの、磁化構造モデルには岩脈の存在を示す構造は認められなかった。一方、岩脈推定位置の南東への延長部の Tendaho Graben の南西部には弱帯磁域が認められた。

MT 探査データの解析から、Tendaho Graben 北部域の南半部では、盆地の中央部の地下 15～20 km に低比抵抗域があり、それが上方に伸びている構造が認められた。その低比抵抗構造は磁化構造モデルの正帯磁域に重なる。

Tendaho Graben 北部域の南半部に分布する地表溶岩流の古地磁気解析から、その地域の盆地中央の幅約 40 km は現在の正磁極期に噴出した溶岩流が分布し、その両側に逆磁極期に噴出した溶岩流が分布することが明らかとなった。磁気探査から推定された地下の磁化構造の明瞭な正帯磁域は 10 km 程度であり、表層溶岩（噴出岩）の磁化分布とその地下の岩脈（貫入岩）の磁化分布には違いがあることが明確となった。この結果は、ブリュン期初期以降にプレート拡大現象に伴ったマグマの噴出（岩脈の貫入）が拡大軸以外の領域で起こったことを示唆する。正極性・逆極性を示す溶岩流の境界付近の溶岩流の残留磁化から測定された古地球磁場強度は弱く、約 77 万年前の地磁気逆転を記録した溶岩流があることがわかった。また、約 65 万年におこった地磁気エクスカッションを記録している溶岩流があることもわかった。地表溶岩流の活動年代を制約する情報が得られた。

Tendaho Graben の地表溶岩流の岩石学的解析から、Stratoid basalt (4 - 1.1 Ma) は high-Si, K タイプと low-K タイプ、Gulf basalt (1.1 - 0.6 Ma) は high-Si, K タイプ、low-Si/high-K タイプ、low-Si, K タイプ、Recent basalt (< 0.6 Ma) は low-K タイプの溶岩流に区分される。微量元素・希土類元素パターンにおいて、high-K タイプはいずれも OIB 組成からさらに富む性質をもつ。low-K タイプは OIB から E-MORB の領域にあるが、Stratoid basalt から Gulf basalt への系統的な組成変化は示さない。最新期の Recent basalt は On-axis lavas の組成と合致し、OIB よりも E-MORB に近い組成に変わってきている。さらに Tendaho Graben の南西部域に N-MORB タイプのマグマをしめす溶岩流 (0.219 Ma : Recent basalt) があることがわかった。

当初計画していたアフール地域の 3 地域での航空磁気探査はできなかったもの、Tendaho Graben 北部域と 2005～2010 年の拡大現象で岩脈の貫入が推定されている地域を含む Dubbahu-Manda Hararo Rift 南部域をカバーする広い領域において無人小型飛行機による航空磁気探査を実施し、磁気異常分布を求めることができた。予察的な地下磁化構造モデルから Tendaho Graben の形成過程、それと Dubbahu-Manda Hararo Rift 南部域との違いが示唆された。アフール地域を対象にして海洋底拡大軸域での磁気異常の分布、磁気的な地下構造、それらの形成過程を詳細に解明するための最低限の情報は得ることができた。表層溶岩流の岩石学的、古地磁気・岩石磁気学的解析も進み、新たな重要な知見を得ることができた。

本研究期間において、新たな研究分担者（宇津木氏）、海外研究協力者（Balemwal 氏）が参画し、また、アジスアベバ大学の研究者・学生を対象にして我々のアフール地域での国際共同研究の概要を紹介する機会を得ることができ、これまでの国際共同研究を継続・進展させていくための研究基盤を構築することができた。現地調査には若手研究分担者の加藤氏、日本側の大学 4 年生 1 名、大学院学生 2 名とアジスアベバ大学大学院生 2 名が参加し、若手研究者にアフール地域の調査と国際交流の場を提供することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 日高龍一郎・望月伸竜・加藤千恵・Kidane Tesfaye・Muluneh Ameha・石川尚人
2. 発表標題 エチオピアアファール凹地の溶岩連続層による地磁気遷移期の古地球磁場変動の研究(予察)
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2024年大会, ポスター
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 伊藤良介・吉村令慧・宇津木充・東野伸一郎・Kidane Tesfaye・Mulneh Ameha・Alemu Balemwai・加々島慎一・望月伸竜・加藤千恵・石川尚人
2. 発表標題 The analysis of aeromagnetic survey data across the Tendaho Graben in the Afar Depression, Ethiopia
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2024年大会, ポスター
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 伊藤良介・吉村令慧・石川尚人・Tsfaye KIDANE・加々島慎一・望月伸竜・宇津木充
2. 発表標題 エチオピア・アファール凹地における徒歩磁場観測データの解析
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会 第154回 講演会, ポスター
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 劉 浩田, 望月 伸竜, 加藤 千恵, Kidane Tesfaye, Muluneh Ameha, 藤井 昌和, 吉村 令慧, 加々島 慎一, 乙藤 洋一郎, 石川 尚人
2. 発表標題 Paleomagnetism of volcanic rocks in the Tendaho Graben, Afar Depression, Ethiopia: Implications for formation of volcanic rocks at the spreading center
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022大会, 口頭(オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤千恵, 望月伸竜, 劉 浩田, Kidane Tesfaye, Muluneh Ameha, 石川尚人, 加々島慎一, 吉村令慧
2. 発表標題 Absolute paleointensity study of lava flows from Tendaho Graben, Afar depression, Ethiopia
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第152回講演会, 口頭
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉村 令慧, 石川 尚人, Tesfaye KIDANE, Ameha A. MULUNEH, 加々島 慎一, 北川 桐香, 望月 伸竜, 藤井 昌和
2. 発表標題 火山研究成果を都市開発に活かせるか? - エチオピア・アフール凹地を例として -
3. 学会等名 令和4年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 劉浩田、望月伸竜、加藤千恵、Kidane Tesfaye、Muluneh Ameha、藤井昌和、吉村令慧、加々島慎一、乙藤 洋一郎、石川 尚人
2. 発表標題 Paleomagnetism of volcanic rocks in the Tendaho Graben, Afar Depression, Ethiopia: Implications for formation of volcanic rocks at the spreading center
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022大会, 口頭(オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Haotian Liu, Nobutatsu Mochizuki, Chie Kato, Tesfaye Kidane, Ameha Muluneh, Masakazu Fujii, Ryohei Yoshimura, Shin-ichi Kagashima, Yo-ichiro Otofujii, Naoto Ishikawa
2. 発表標題 Paleomagnetic directions and intensities from volcanic rocks in the Tendaho Graben in the Afar depression, Ethiopia
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第150回講演会, 口頭(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haotian Liu, Nobutatsu Mochizuki, Tesfaye Kidane, Aneha Atnafu, Masakazu Fujii, Ryohei Yoshimura, Shin-ichi Kagashima, Yo-ichiro Otofujii, Naoto Ishikawa
2. 発表標題 Paleomagnetic study of volcanic rocks across the spreading axis in the Tendaho Graben in the Afar depression, Ethiopia
3. 学会等名 地球 電磁気・地球惑星圏学会第148回講演会, 口頭(オンライン)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

プレスリリース「エチオピア・アフール凹地での小型固定翼ドローンによる広域航空磁気探査の実施」, 2024年5月14日
--

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
研究分担者	東野 伸一郎 (Higashino Shinichiro) (40243901)	九州大学・工学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	吉村 令慧 (Yoshimura Ryohei) (50346061)	京都大学・防災研究所・教授 (14301)	
研究分担者	加々島 慎一 (Kagashima Shinichi) (70361243)	山形大学・理学部・准教授 (11501)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	望月 伸竜 (Mochizuki Nobutatsu) (60422549)	熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・准教授 (17401)	
研究分担者	加藤 千恵 (Kato Chie) (00828478)	九州大学・比較社会文化研究院・助教 (17102)	
研究分担者	宇津木 充 (Utsugi Minoru) (10372559)	京都大学・理学研究科・助教 (14301)	

	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
研究協力者	Tesfaye Kidane (Tesfaye Kidane)	Wayne State University, USA・教授	
研究協力者	Ameha A. Muluneh (Ameha A. Muluneh)	Addis Ababa University, Ethiopia・准教授	
研究協力者	角屋 守 (Kadoya Mamoru)	X-TREME Composite Japan・代表	
研究協力者	Balemwal Atnafu (Balemwal Atnafu)	Addis Ababa University, Ethiopia・准教授	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	川崎 一雄 (Kawasaki Kazuo)	富山大学・准教授	
研究協力者	小木曾 哲 (Koiso Tetsu)	京都大学・教授	
研究協力者	藤井 昌和 (Fujii Masakazu)	国立極地研究所・助教	
研究協力者	野木 義史 (Nogi Yoshifumi)	国立極地研究所・教授	
研究協力者	長谷部 徳子 (Hasebe Noriko)	金沢大学・教授	

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