

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01665

研究課題名(和文)無人小型飛行機によるエチオピア・アフール凹地、プレート拡大軸域の磁気異常解析

研究課題名(英文) Geomagnetic anomaly analysis around the axis of the divergent plate boundary at Afar Depression in Ethiopia by using unmanned small airplane

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) 28,900,000円

研究成果の概要(和文)：エチオピア・アフール凹地において、無人小型飛行機による航空磁気探査を行い、Dubbahu Riftでは近年起こった拡大現象に伴い地下に貫入した岩脈の存在を示唆する磁気異常を、幅約50kmのTendaho Grabenでは長波長の正負の磁気異常を検出した。MT・磁気探査結果から、Tendaho Grabenの中央部には低比抵抗域(高熱源域)を非磁化領域として含む幅10kmの正帯磁領域が逆帯磁領域に挟まれてあることが推定され、過去78万年間に約1.3cm/年での拡大現象が起きたことが示唆された。その拡大に伴い地表では幅40kmの範囲で溶岩の流出があったことが溶岩流の古地磁気解析からわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アジスアベバ大学とエチオピア政府機関の協力により、無人小型飛行による航空磁気探査を国際共同研究として実施することができた。無人飛行機の科学的な調査への活用はエチオピア初のことである。地形的に地上での広域的な探査が難しい地域に対して、非常に暑い気象条件のもとでも無人飛行機による磁気探査が実現でき、今後、本地域ならびに同様な地域での無人飛行機の活用の有用性が示された。海洋底拡大現象が地上で起こっていると考えられているアフール凹地において、陸上での直接的な探査により、地下の電磁気学的構造を明らかにでき、採取試料からの情報も踏まえて、プレート拡大現象の様相の一端を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：We performed geo-electromagnetic surveys including aero-geomagnetic ones with unmanned small airplanes at Afar depression, Ethiopia, in a divergent plate boundary. The aero-geomagnetic surveys detected a geomagnetic anomaly pattern induced by magnetization of a dike estimated to intrude during a spreading event in 2005-2009 at Dabbahu Rift, and a long wavelength geomagnetic anomaly variation with positive and negative anomalies in Tendaho Graben. Based on data of magnetotelluric and geomagnetic surveys, we constructed a geo-electromagnetic structure model beneath Tendaho Graben, which includes a positive magnetized region of 10km wide with a non-magnetic zone of low resistivity at its center and negative magnetized regions at both side of the positive one. The model implies a spreading with the rate of about 1.3cm/year in these 780 thousand years. Paleomagnetic polarity distribution of lava flows suggests lava flows covered 40km wide in the graben during the spreading period.

研究分野：地質学

キーワード：プレート拡大境界 海洋底拡大軸 磁気異常 無人小型飛行機 磁気探査 MT探査 古地磁気

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

過去のプレート運動は、海洋底の縞状地磁気異常を用いて推定されており、海洋底の縞状地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 of 基盤にかかわる事象である。海洋縞状地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。その仮説の検証を含め、海洋底の磁化構造やその形成過程は、海洋での探査や陸上のオフィオライトの研究により進められてきた。しかし、海洋磁気異常の獲得と形成の過程を詳細に明らかにするためには、現場でのより直接的な探査が未だに望まれるが、その現場はほとんどが海洋下である。

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・アフール凹地である。この地域は、ヌービアプレート・アラビアプレート・ソマリアプレートの拡大プレート三重会合点にある (図1)。アフール凹地は大陸リフティングから進行し、現在、海洋底拡大現象の開始時期の段階にあり、中央海嶺が海面上に露出していると考えられている。特に、Dabbahu 火山周辺域 (Dabbahu 火山~Semera : Dabbahu Rift : 図2) では、2005-09 年にかけて、活発な地震活動と正断層系の形成があり、一部に溶岩の流出が見られた (e.g., Ebinger et al., 2010)。GPS/地震観測のデータ解析により、この期間の拡大現象により、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ている (Ebinger et al., 2010; Hamling, et al., 2009; Wright et al., 2012)。よって、Dabbahu Rift とその周辺域はプレート拡大境界での磁気異常の獲得形成過程を探究するためには絶好のフィールドであると言える。

そこで我々は、Dabbahu Rift とその周辺域 (Tendaho Graben) を対象に、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・古地磁気学的解析により、プレート拡大軸域の磁気異常の分布と構造、その形成過程を探究する調査研究を計画した。地上での探査は、正断層系の傾動地塊や溶岩流が広く分布する地形的な制約から限定的になるので、広域の探査のために無人小型飛行機を活用した航空磁気探査を行うことを目論んだ。

アフール凹地での航空磁気探査はアフール東部地域ではなされている (Makris and Ginzburg, 1987)。それを含めた既存のデータによる磁気異常図 (WDMA2007) からは Dabbahu 火山と Semera 付近に負の異常が認められるものの、縞状磁気異常は認められない。地上での磁気探査が近年 Bridges et al. (2014) によって Semera 付近の平地で行われ、正負の磁気異常から縞状磁気異常の存在が指摘されているが、その検証は不可欠である。

我々はこの調査研究を 2013 年度から国際共同研究として開始し、地上での磁気探査 (2016 年 : 1 測線、約 45km) と岩石試料採取を行ってきた (石川ほか, 2017)。また、無人飛行機の持込と使用に関する折衝を本研究の海外共同研究者を通じてエチオピアの関係機関と継続的に行い、現地調査時には気象条件や設営面での情報収集を行ってきた。そのような準備期間を経て、無人小型飛行機を活用した航空磁気探査を行うことができる見通しがたち、本研究を開始した。

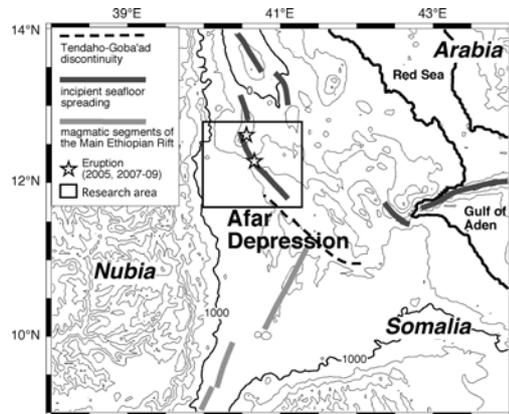


図1. アフール凹地 (Afar Depression) 四角枠 : 調査対象地域. Ebinger et al. (2010) を参照.

2. 研究の目的

本研究は、大陸リフティングから海洋底拡大へと現在進行しているエチオピア・アフール凹地において、近年拡大現象が起こった Dabbahu Rift とその周辺域 (Tendaho Graben) を対象に、無人小型飛行機による航空磁気探査と陸上での地球電磁気探査 (磁気探査、MT 探査)、地表溶岩流の岩石学的・古地磁気学的解析を行い、アフール凹地のプレート拡大軸域の磁気異常の分布と構造、その形成過程を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

以下の調査を行う (図2)。

- (1) アフール地域での飛行探査が可能な無人小型飛行機を開発し、航空磁気探査を行う。
- (2) 地上において、踏破可能な測線・地域を選定し、地球電磁気学的探査 (磁気探査または MT 探査) を行う。
- (3) 地上での探査測線上とその周辺域で地表の溶岩流の地質調査・試料採取を行う。採取試料に対して、岩石学的解析、古地磁気学的解析を行う。

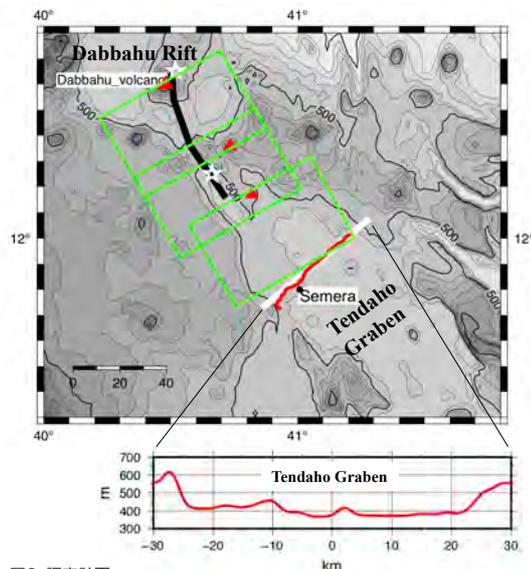


図2. 調査計画。2005-2009年のプレート拡大現象に伴い、貫入した岩脈の推定位置 (黒線) と噴火現象があった地点 (星印)、2016年に実施した地上磁気探査の測線 (赤線) を示す。Dabbahu Rift とその周辺域 (Tendaho Graben) を対象として、航空磁気探査 (緑線) と岩脈推定位置に直交する測線での地球電磁気学的探査・岩石試料採取を計画した。

航空磁気探査と地上での磁気探査データから磁気異常分布を明らかにする。磁気探査・MT 探査データから、地球電磁気学的地下構造（磁化・比抵抗）を推定する。採取試料の分析から、溶岩流の磁気特性、古地磁気極性に基づく溶岩流の年代分布、岩石学的解析からのマグマ進化史を明らかにする。これらの結果を総合し、Dabbahu Rift とその周辺域における磁気異常の分布と構造、その形成過程を考察する。

4. 研究成果

(1) 現地調査の状況

渡航期間	現地調査日数	調査内容
2017.10.22~11.5	6 日間	MT 探査, 地質調査・岩石試料採取
2018.10.6~10	0 日間	無人飛行機の持込・使用に関する関係機関との折衝
2018.12.10~21	4 日間	地質調査・岩石試料採取
2019.10.27~11.17	10 日間	航空磁気探査, MT 探査, 地上磁気探査, 地質調査・岩石試料採取

(2) 無人小型飛行機の開発と航空磁気探査

開発した機体（Phoenix-LR：図3）の仕様は以下の通りである。不測の事態を想定し、2機体作成し、調査に導入した。

仕様： エンジン:120cc ガソリンエンジン
 翼長:3.2 m 機体重量:25 kg（燃料なし）
 燃料搭載量:最大 20 リットル
 飛行速度:30 m/s 航続距離:1000 km（燃料満載時）



図3. 開発した無人小型飛行機 Phoenix-LR

2018年12月にエチオピア政府機関 INSA（Information Network Security Agency）から無人飛行機の持込と使用の許可が得られた。INSA とアジスアベバ大学の協力・支援のもと、無人飛行機による探査が2019年の現地調査時に実施することができた。エチオピアでは正式には初めての科学的な調査における無人飛行機の利用であるとのことである。

現地では試験飛行を繰り返しながら機体、機体制御システム、磁気探査システムの調整を行った。暑さ（日中 35℃以上）による機体内の温度上昇が認められたため、簡易の冷却装置を加えるとともに、飛行時間を日出から原則的に昼までとして調査を行った。航空磁気探査のために5回の飛行を実施し、岩脈貫入推定位置を横断する測線や2016年の地上磁気探査の測線上空を含む10測線で実施した（図3）。飛行高度は1200~1250mとした。試験飛行を含めて、全飛行時間は8時間37分、総飛行距離は900km余りとなった。航空磁気探査の実施の際には、滑走路がある地上基地において、地球磁場の定点観測を行った。航空探査と地上観測の磁気センサーにはテラテクニカ製フラックスゲート磁力センサーFLFG17（精度0.1nT、測定周期1秒）を用いた。

10測線中、特に5測線ではノイズの多い観測データであった。これは磁気センサーを取り付けたノーズの振動によるものと考えられ、調査時に固定を堅固にするといった対処をした。探査データの例として、航空磁気探査と地上での定点観測での地磁気強度の観測値の差（これを「磁気異常」とする）を図4に示す。2005-2009年のDubbahu Riftでの拡大現象に伴った岩脈貫入の推定位置では、西から東に磁気異常の正から負への明瞭な変化が確認された（図4.C,D）。貫入岩脈が獲得した磁化の影響と考えられる。2016年の地上磁気探査地点の上空の測線での磁気異常の変動には、地上探査で得られた磁気異常プロファイルと同様の長波長の正負の磁気異常が確認できた（図4.E,F）。

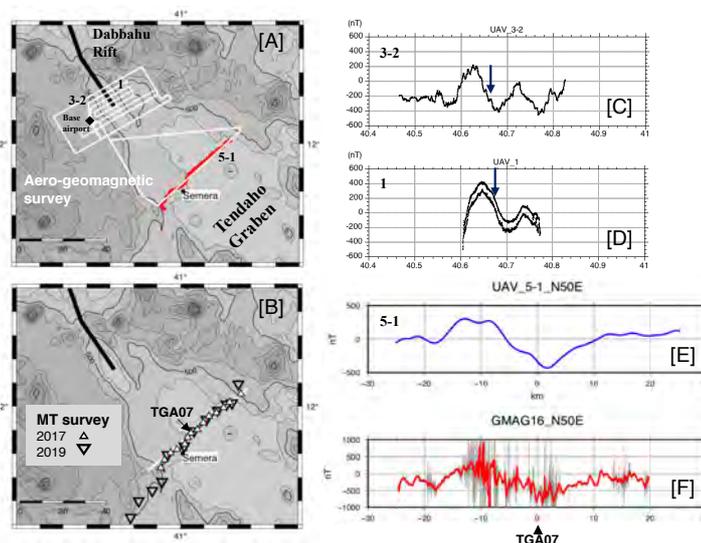


図4. 航空磁気探査と地上での磁気探査・MT探査。
 A: 航空磁気探査の飛行航跡。B: MT探査の観測点。C: 航空磁気探査データ、測線3-2、磁場強度差のプロファイル（飛行機での磁場強度の測定値と滑走路のある地上基地での測定値との差）。D: 航空磁気探査データ、測線1。E: 航空磁気探査データ、測線5-1。F: 2016年に実施した地上での磁気探査の測定データ（移動測定と定点測定との差）、灰色線は実測値、赤線は移動平均値。C,Dの矢印は貫入岩脈の推定位置を示す。C,Dの観測データは横軸を経度としてプロットし、E,Fは、MT観測点TAG07を起点としたN50°E方向の線上（Bの白線）に投影してある。

(3) MT 探査

2017/2018年の現地調査時に地上での地球電磁気学的探査が可能な地域を探索したが、正断層系が発達し、溶岩流が広く覆う調査対象地域では車や徒歩による移動が困難で、2016年の磁気探査測線以外には探査可能な地域は見つけられなかった。そこで、Tendaho Grabenの既存の地上磁気探査の測線とその東西延長線上でMT探査を2017年と2019年に以下の通りに実施した（図4.B）。

・2017年：観測日数5日、14地点、測線距離約45km、1地点につき4~7時間連続観測

・2019年：観測日数8日、12地点、測線距離約80km、1地点につき2~3昼夜連続観測
いずれの探査においても、人工的なノイズは極めて少なかったが、地磁気変動が極めて静穏であったため、観測信号は低いものであった。

MT探査結果から、Tendaho Grabenの中央部（図4.BにあるMT観測点TAG07付近）の地下約4km以深に幅約10kmの低比抵抗域とその両側に高比抵抗域があることが推定され、低比抵抗域には地下からの高熱源の上昇が示唆された。地上磁気探査・航空磁気探査により認められた長波長の正負の磁気異常分布から、grabenの中央部にMT探査により推定された低比抵抗域（高熱源域）を非磁化域として含む幅約10kmの正帯磁領域とその両側に負帯磁領域がある地下の磁化構造モデルを構築した。それに基づけば、Tendaho Grabenでは中央部を軸として、過去78万年間に約1.3cm/年（full spreading rate）での拡大があったことが示唆される。これは紅海の拡大速度（ArRajehi et al., 2010）と同程度である。また、Tendaho Grabenの拡大軸は、Dubbhu Riftで近年起こった拡大の軸とは位置的に連続しない可能性がある。

(4) 岩石試料の採取と分析

地上での地球電磁気学的探査の測線とその周辺域で地質調査を行い、露出する溶岩流（主に玄武岩、一部に流紋岩）から以下の通りに岩石試料を採取した。本研究以前に採取した試料も含め、採取地点を図5に示す。

岩石学的分析試料

2017年	13地点	25個
2018年	6地点	24個
2019年	15地点	20個
合計	31地点	69個

古地磁気学的分析試料

2017年	18地点	53個
2018年	7地点	52個
2019年	5地点	27個
合計	30地点	132個

Tendaho Grabenでは、標高500m以下の低地部には約1Maより若い溶岩流（Recent Basalt: Kidane et al., 2003）が広く分布し、それ以东・以西には約1Maより古い溶岩流

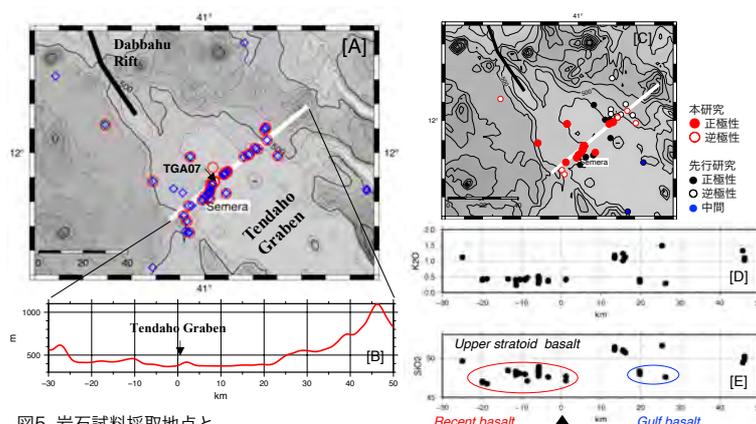


図5. 岩石試料採取地点と岩石学的・古地磁気学的分析結果
A: 岩石試料の採取地点、赤円は古地磁気学的分析用、青菱形は岩石学的分析用。B: TGA07（矢印）を起点としたN50°E方向（白線）の地形プロファイル。C: 古地磁気学的分析結果、古地磁気極性分布。D,E: 岩石学的分析（主要元素の化学分析）結果。MT観測点TAG07を起点としたN50°E方向の線上（白線）での位置として示している。

（Upper Stratoid: Kidane et al., 2003）が分布している。また、graben東端域には、年代的に上記の2つの間にあるとされる Gulf Basalt（Kidane et al., 2003）が一部に分布している。

溶岩流の化学組成分析からは、3種の玄武岩類は With-in-plate tholeiite から E-MORB であり、典型的な中央海嶺玄武岩ではないことがわかった。また、Upper Stratoid は高 SiO₂、高 K₂O（図5.D,E）、高 Ba、高 Rb で特徴づけられ、Upper Stratoid とそれ以外の玄武岩のマグマの起源は異なり、Upper Stratoid のマグマには地殻の混入が示唆された。また、古地磁気極性から、従来の見解とは異なり78万年より新しい時期に Upper Stratoid と同様の化学組成を示す溶岩流が噴出したこと、Gulf Basalt は78万年以前の活動である可能性が示唆された。

古地磁気学的解析から Tendaho Graben 低地部の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た（図5.C）。我々の地下の磁化構造モデルでは幅約10kmの正帯磁領域を設定している。地表の溶岩流の古地磁気極性の分布と地下の磁化構造の極性分布には違いがあることが示唆される。地表では拡大軸から広範囲に溶岩流が流出した、多所で噴出があった、また、拡大軸から離れたところで火山活動が起きた（off-axis volcanism）、といった可能性が考えられる。

(5) 磁気異常の極端変動地域での磁気探査

2016年に実施した Tendaho Graben での磁気探査では、溶岩流の分布域において、極めて短波長の磁気異常の極端な変動が認められた（図6.A,B）。graben中央部付近の比較的若い年代の溶岩流において、その変動が顕著であった。この短波長の磁気異常の原因を探るために、極端な磁気異常の変動が見られた溶岩流に対して、2019年に面的な磁気探査と岩石学的・岩石磁気学的な分析のための試料採取を行った（図6.C）。磁気探査から極端に強い磁気異常を示す地点が点在していることがわかった（図6.C）。採取試料の分析から、強い磁気異常を示す地点の岩石は、他の場所の岩石よりも自然残留磁化の強度が約一桁強く（10⁻²Am²/kg オーダー）、自然残留磁化の方向はこの地域で期待される残留磁化の方向とは異なることがわかった。短波長の極端な磁気異常の原因は、溶岩流の異常に強い残留磁化強度によるものであることが示された。段階的な交流消磁実験を行ったところ、異常に強い自然残留磁化の約90%が10mTまでの交流磁場で消

磁され、低保磁力で強い強度をもつ残留磁化成分があることが示された。このことから、その強い残留磁化成分は、溶岩が冷え固まったときに獲得した初生的な熱残留磁化成分ではなく、その後二次的に獲得した成分であることが示唆される。この二次的磁化成分の獲得機構や溶岩流の場所による獲得度合いの違いをもたらしている要因については、今後の研究課題である。

(6) まとめ

本研究の成果として以下のことが挙げられる。

- 無人小型飛行機を開発し、地形的に地上での探査が難しいアフール凹地の Dubbahu Rift とその周辺域 (Tendaho Graben) において、当初計画した面的な探査はできなかったものの、プレート拡大軸を横切る複数の測線での航空磁気探査を実施することができた。
- 航空磁気探査の結果、2005～2009年に Dubbahu Rift で起こった拡大現象に伴って貫入したと推定されている岩脈の影響と考えられる磁気異常を検出した。
- Tendaho Graben での航空磁気探査により、2016年に実施した地上での磁気探査と同様に、長波長の正負の磁気異常を検出した。
- Tendaho Graben での MT 探査の結果、地下の比抵抗構造として、幅約 50km の graben の中央部の地下約 4～10km に低比抵抗域 (高熱源域) があり、その両側に高比抵抗域があることが推定された。
- MT 探査と磁気探査により、Tendaho Graben の地下の磁化構造は、graben 中央部に MT 探査で推定された低比抵抗域 (高熱源域) を非磁化領域として含む幅約 10km の正帯磁領域とその両側の逆帯磁領域からなることが推定された。このことから、過去 78 万年間において約 1.3cm/年 (full spreading rate) でのプレート拡大現象が起きたことが示唆される。
- Tendaho Graben で採取した試料の古地磁気学的分析から、graben 内の幅約 40km の範囲に正帯磁した溶岩流が分布することがわかった。推定した地下の磁化構造における正帯磁領域の幅より地表の正帯磁した溶岩流の分布は広く、拡大軸域では広い範囲で溶岩の流出があったことが示唆される。

参考文献：

- ArRajehi et al., 2010. Geodetic constraints on present - day motion of the Arabian Plate: Implications for Red Sea and Gulf of Aden rifting, *Tectonics*, 29, TC3011, doi:10.1029/2009TC002482.
- Bridges et al., 2014. Magnetic stripes of a transitional continental rift in Afar, *Geology*, 40, 203-206.
- Ebinger et al., 2010. Length and Timescales of Rift Faulting and Magma Intrusion: The Afar Rifting Cycle from 2005 to Present, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 38, 437-64.
- Hamling et al., 2009. Geodetic observations of the ongoing Dabbahu rifting episode: new dyke intrusions in 2006 and 2007, *Geophys. J. Int.*, 10.1111/j.1365-246X.2009.04163.x.
- 石川ほか, 2017. エチオピア・アフール凹地プレート拡大軸での磁気異常探査, 京都大学防災研究所年報 第 60 号, B, 366-369.
- Kidane et al., 2003. New paleomagnetic and geochronologic results from Ethiopian Afar: Block rotations linked to rift overlap and propagation and determination of a ~2 Ma reference pole for stable Africa, *Jour. Geophys. Res.*, 108, B2, 2102, doi:10.1029/2001JB000645.
- Wright et al., 2012. Geophysical constraints on the dynamics of spreading centres from rifting episodes on land, *Nature geoscience*, doi:10.1038/NGeo1428.

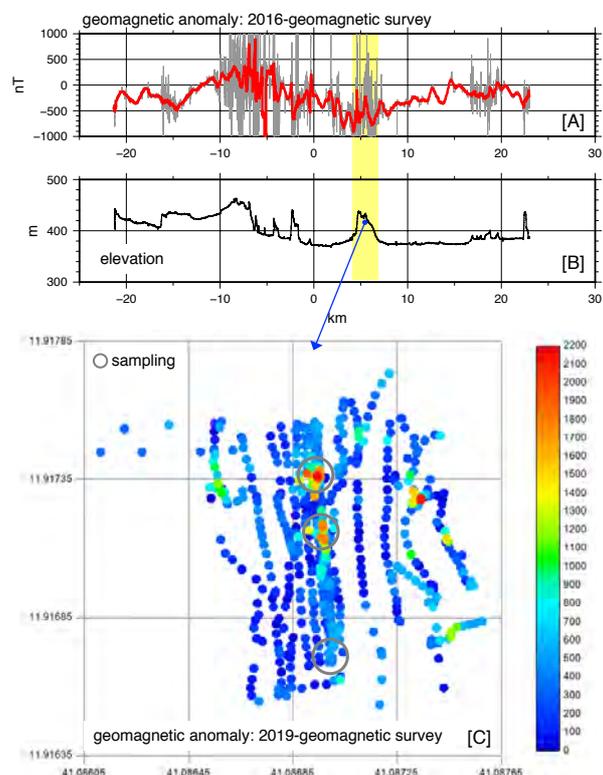


図6. 磁気異常の極端変動地域での磁気探査
A: 2016年の磁気探査による磁気異常プロファイル、灰色線は実測値、赤線は移動平均値により算出。B: 2016年の磁気探査測線の標高プロファイル。C: 2019年に行った磁気異常の極端変動地域での磁気探査。探査時の実測値と航空磁気探査の地上基地での地磁気定点観測での観測値の差を磁気異常として示している。灰色円は、岩石磁気学的分析のための岩石試料の採取地点。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 石川尚人	4. 巻 -
2. 論文標題 「エチオピアの大地で海洋底拡大現象を探る」エチオピア・アフール凹地での国際共同研究の実情報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Conductivity Anomaly 研究会 2020年論文集	6. 最初と最後の頁 13-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 石川尚人・吉村令慧・Tefaye KIDANE・加々島慎一・東野伸一郎・Ameha, M. MULUNEH・望月伸竜・北川桐香・乙藤洋一郎・小原 徳昭・船木實・小木曾哲	4. 巻 61
2. 論文標題 エチオピア・アフール凹地，海洋底拡大軸域での地球電磁気学的探査	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 京都大学防災研究所年報	6. 最初と最後の頁 356-359
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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12件（うち招待講演 1件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉村令慧・石川尚人・Kidane Tesfaye・加々島 慎一・望月伸竜・Muluneh Ameha・北川桐香・池間泰斗
2. 発表標題 海洋底拡大初期のアフール凹地における磁気・MT探査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会，幕張メッセ（千葉）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川尚人・吉村令慧・Tefaye Kidane・東野伸一郎・加々島慎一・望月伸竜・Ameha Muluneh・北川桐香・角屋守・小原徳昭・乙藤洋一郎・船木實・小木曾哲・藤井昌和
2. 発表標題 エチオピア・アフール凹地、プレート拡大境界軸域での地球電磁気学的探査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会，幕張メッセ（千葉）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北川桐香・加々島慎一・石川尚人・吉村令慧・望月伸竜・Tsfaye Kidane・Ameha Muluneh
2. 発表標題 エチオピア・アフール凹地，プレート拡大軸域に産する玄武岩質溶岩の年代に伴う組成変化
3. 学会等名 日本地質学会第126年大会（山口大学）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川尚人
2. 発表標題 「エチオピアの大地で海洋底拡大現象を探る」エチオピア・アフール凹地での国際共同研究の実情報告
3. 学会等名 令和元年度 Conductivity Anomaly研究会（東京大学地震研究所共同利用研究集会）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川尚人・吉村令慧・Tsfaye KIDANE・東野伸一郎・加々島慎一・Ameha A. MULUNEH・北川桐香・藤井昌和・角屋守・岩本光弘・望月伸竜・乙藤洋一郎・小木曾哲・船木實
2. 発表標題 エチオピア・アフール凹地、海洋底拡大軸域での地球電磁気学的探査（その2）
3. 学会等名 令和元年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会（京都大学防災研究所）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川尚人・吉村令慧・Tsfaye Kidane・加々島慎一・東野伸一郎・Ameha A. Muluneh・望月伸竜・北川桐香・乙藤洋一郎・小原徳昭・船木實・小木曾哲
2. 発表標題 エチオピア・アフール凹地、海洋底拡大軸域での地球電磁気学的探査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉村令慧・石川尚人・Tesfaye Kidane・加々島 慎一・望月伸竜・Ameha A. Muluneh・北川桐香
2. 発表標題 Wideband Magnetotelluric and Magnetic Surveys across the Tendaho Graben in the Afar Depression, Ethiopia
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018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
2. 発表標題 エチオピア・アフール凹地・ダバフリフト南部の比抵抗構造
3. 学会等名 京都大学防災研究所平成30年度研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川尚人・吉村令慧・Tesfaye Kidane・望月伸竜・加々島慎一・小木曾哲・東野伸一郎・乙藤洋一郎
2. 発表標題 エチオピア・アフール凹地、プレート拡大軸での磁気異常探査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川尚人・吉村令慧・Tesfaye Kidane・加々島慎一・東野伸一郎・Ameha A. Muluneh・北川桐香・望月伸竜・乙藤洋一郎・小木曾哲
2. 発表標題 エチオピア・アフール凹地、海洋底拡大軸域での地球電磁気学的探査
3. 学会等名 京都大学防災研究所平成29年度研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉村令慧・石川尚人・Tefaye Kidane・Ameha A. Muluneh・加々島慎一・北川桐香
2. 発表標題 エチオピア・アファールリフト南部における広帯域MT観測
3. 学会等名 京都大学防災研究所平成29年度研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 国廣直希・鈴木義久・東野伸一郎
2. 発表標題 タグチメソッドによる科学観測用UAVのロバスト性向上
3. 学会等名 日本航空宇宙学会西部支部講演会
4. 発表年 2017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
研究分担者	東野 伸一郎 (Higashino Shin-ichiro) (40243901)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	吉村 令慧 (Yoshimura Ryokei) (50346061)	京都大学・防災研究所・准教授 (14301)	
研究分担者	望月 伸竜 (Mochizuki Nobutatsu) (60422549)	熊本大学・大学院先導機構・准教授 (17401)	

