

Press Release

令和 6 年 5 月 14 日

報道機関 各位

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

■ ポイント

- ・プレート拡大境界に位置し、大陸分裂から海洋底拡大に至るプレート拡大現象を陸上で直接的に調査できるエチオピア・アフール凹地で、小型固定翼ドローンによる広域な航空磁気探査※¹⁾を実施した。

■ 概要

富山大学、九州大学、京都大学からなる研究チームは、エチオピア・アジスアベバ大学とエチオピア政府の情報ネットワーク・セキュリティ機関の協力のもとで、エチオピア北東部・アフール凹地の Tendaho Graben 及び Dabbahu-Manda Hararo Rift において、九州大学（東野伸一郎教授）が開発した小型固定翼ドローンを用いた広域な航空磁気探査を令和 5 年 11 月 16 日～20 日に実施しました。約 50km x 50km の対象地域に対して、期間中に 5 回の飛行調査を行い（総飛行距離 約 970km）、長さ 50 km の 7 測線、長さ 20 km の 3 測線で良好な磁気探査データを取得することができました。

このような小型固定翼ドローンによる航空磁気探査は、富山大学、九州大学、京都大学、山形大学、熊本大学、アジスアベバ大学の研究者による国際共同研究として 2019 年にエチオピアで初めて実施しました。その際は Dabbahu-Manda Hararo Rift を主な対象として探査をしましたが、ドローン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 測線に留まりました。固定翼ドローンの改良、探査実施方法の改善等を行なって、今回の広域での飛行探査の成功につなげました。

これまでの航空磁気探査データの解析結果は 5 月下旬に開催される日本地球惑星科学連合 2024 年大会において発表する予定です。プレート拡大境界に位置するアフール凹地中央部の地球電磁気学的な地下構造※²⁾とその形成様式に関して新たな知見が得られることが期待されます。

■ 研究の背景

エチオピア北東部のアフール凹地は 3 つのプレート（ヌービアプレート、アラビアプレート、ソマリアプレート）の拡大境界（発散境界）※³⁾が交わる三重会合点にあります（図 1）。陸上で見ることができる唯一の三重会合点で、ここでは大陸分裂が進行し、現在、海洋底拡大現象の開始時期の段階にあり、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ます。活動的なリフト帯がずれながら紅海から東アフリカリフトへと繋がります（図 1:magmatic

rift segments)、活発な地震・火山活動が起こっています。アファール凹地中央部の Tendaho Graben (図 2、TG) は過去約 100 万年間に拡大形成された盆地です。Dubbahu-Manda Hararo Rift (図 2、D-MH) では 2005 年から 2010 年に渡って活発な地震活動と正断層系の形成、溶岩の噴出を伴うプレート拡大現象が起き、地下 2~80km に亘り 8m、長さ 60km の範囲での岩脈の貫入が推定されています (図 2)。この地域はプレート拡大現象を探究するのに絶好のフィールドです。そこで我々は、主に地球電磁気学的探査からプレート拡大軸域での地下構造とその形成過程を解明する目的で、Dubbahu-Manda Hararo Rift と Tendaho Graben の北部域を対象にして (図 2)、富山大学、九州大学、京都大学、山形大学、熊本大学、アジスアベバ大学、米国・ウェイン州立大学の研究者による国際共同研究として行ってきました。地形的制約と気候的条件 (酷暑) から地上での徒歩や車による広域的な探査が困難なこの地域において、小型固定翼ドローンを活用した航空磁気探査を計画し、現地に適応したドローンを開発してきました。

■ 研究の内容・成果

九州大学東野伸一郎教授が X-TREME Composite Japan (代表 角屋守氏) の協力により開発した小型固定翼ドローン (Phenix LR) を調査に用いました (図 3)。翼長 3.2m で、120cc ガソリンエンジンを搭載し、GPS 信号による自動飛行により時速 100 km で約 5 時間の飛行が可能 (燃料満載時) です。2019 年の飛行調査後に、荒地での離発着のための脚の強化等の改良を加えました。機体先端に約 1m のカーボンファイバー製パイプを取り付け、その先端にテラテクニカ製フラックスゲート磁力計 (FLMG17) を設置し磁場測定を行いました。飛行機の離発着はラジコンにより手動で行い、その後は設定したルートに従って自動飛行をします。

令和 5 年 11 月 16 日~20 日の期間に 5 回の飛行調査を実施できました (総飛行距離約 970km)。アファール州セメラ (Semera) の北東の砂地の平原に調査拠点を設け、離発着場としました (図 3)。Tendaho Graben の北部域においては、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、磁気探査を行いました。Dabbafu-Manda Hararo Rift では、2005-2010 年の拡大時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ました。この 10 測線で良好な磁気探査データを取得することができ、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ました。

データを解析し、磁気異常マップ、地下の磁化構造モデルを構築することにより、アファール凹地中央部でのプレート拡大現象を明らかにすることができる成果につながることを期待できます。

なお、今回の海外調査は、日本学術振興会の科学研究費補助金「国際共同加速基金 (国際共同研究強化 (B))」 (課題番号 20KK0076、研究代表者・富山大学 石川尚人教授) と二国間交流事業・オープンパートナーシップ共同研究 (課題番号 JPJSBP 120229914、研究代表者・富山大学 石川尚人教授) により実施されました。

2023 年調査の参加者：

富山大学都市デザイン学部 教授 石川 尚人

九州大学工学研究院 教授 東野 伸一郎

九州大学大学院工学府 博士後期課程 堤 雅貴

京都大学防災研究所 教授 吉村 令慧

京都大学大学院理学研究科 修士課程 伊藤 良介

エチオピア共和国・アジスアベバ大学 准教授 Balemwal Atnafu Alemu

エチオピア共和国・アジスアベベ大学 准教授 Ameha Atnafu Muluneh

合同会社 X-TREME Composite Japan 代表 角屋 守、角屋まこと

■ 今後の展開

これまでの国際共同研究の基盤に基づいて、アファール凹地でプレート拡大現象が最も進行している Erta Ale Rift を対象として地球電磁気学的探査（磁気探査、電磁探査）、地表溶岩流の岩石学的・古地磁気学的解析を主体とする調査研究を計画しています。プレート拡大過程のステージが異なる Erta Ale Rift、Dubbahu-Manda Hararo Rift、Tendaho Graben から得られた地下の地球電磁気学的構造（磁化構造、比抵抗構造）とその形成過程を比較検討することで、プレート拡大軸域での拡大現象・構造形成過程の詳細な解明と理解に資する情報が得られると考えています。

【用語解説】

※ 1）磁気探査

磁場の強度を測定する装置を用いて行う物理探査の一種です。任意の場所で測定される磁場の強度は、その地点の地球磁場（地磁気）の強度と観測場所の周辺および地下の岩石が保持する磁化により発生する磁場の強度の影響を受けています。今回の探査では、小型固定翼ドローンに搭載した磁場センサーで測定し、広範囲の磁場強度の分布を明らかにしました。得られた磁場強度の分布をもとに、地下の磁化構造の推定を進めています。

※ 2）地球電磁気学的な地下構造

地球電磁気学的調査では、磁気探査により推定可能な磁氣的性質を表す地下構造（磁化構造）と電磁探査により推定可能な電氣的性質を表す地下構造（電気比抵抗構造）を推定します。磁化構造は、構成する岩石が生成されたときの地球磁場の情報を保持するとともに、現在の熱構造の情報も得られます。比抵抗構造は、その場の温度の高低や流体（水やマグマなど）の存在によってもたらされる不均質性を、電気の流れ易さ・難さの指標で描像します。

※ 3）拡大境界（発散境界）

プレートとプレートの境界で、隣り合うプレートが互いに離れていく運動をしている境界を拡大境界（発散境界）と言います。その境界では大陸が分裂し、地溝帯（例えば、東

アフリカ地溝帯）が形成されます。また、海洋底ではその境界に海嶺（中央海嶺）があり、そこで海洋底が形成され、海嶺の軸から両側に広がっていき、海洋底が拡大しています。拡大境界（発散境界）で大陸が分裂していくと、やがて大陸地殻が引き裂かれ、地下深くのマントルを起源とするマグマが噴出し、海洋地殻（海洋底）が形成されるようになります。

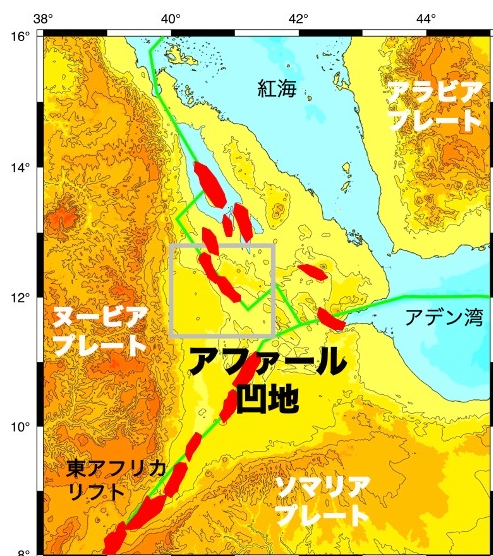


図1. アフアール凹地

● : magmatic rift segments
 [Kier et al. (2013) に加筆]
 緑線：プレート境界 (Bird, 2003)
 灰色枠：調査対象地域 (図2)

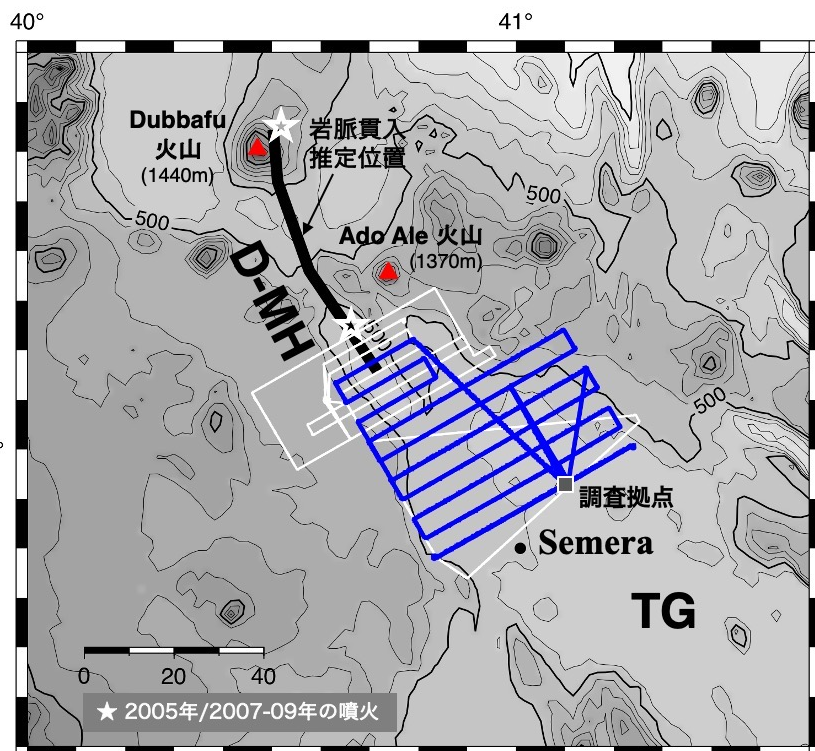


図2. 調査対象地域.

TG : Tendaho Graben, D-MH: Dubbahu-Manda Hararo Rift
 航空磁場探査での飛行航跡：2019年 (白線), 2023年 (青線)



小型固定翼ドローン (Phoenix LR)



調査拠点



離発着場



調査関係者集合写真

図3. 使用した小型固定翼ドローン, 及び調査風景