



西之島山体の内部構造を解明

～ドローンを使った空中磁気探査を世界で初めて火山島で実施～

【概要】

名古屋大学環境学研究科市原 寛 助教、国立研究開発法人海洋研究開発機構、国立大学法人東京大学地震研究所などによる研究グループは、2019年9月に西之島上空でドローンを使った空中磁気探査を実施し、西之島上空の地磁気の強さ(全磁力)の分布を解明しました。その結果、西之島周囲に顕著な磁気異常を発見しました。この磁気異常は磁化が強い2つの領域(火口を取り囲むドーナツ状の領域と島の北東に位置する帯状の領域)によって形成され、これらは1973—1974年の噴火に関連していると考えられます。

ドローンを船舶から海洋の火山島に飛ばして空中磁気探査を実施したのは、世界で初めての例です。今後、ドローンを使った全磁力測定を繰り返すことによって西之島内部の磁化構造の変化を検出することにより、将来の火山活動の予測への応用が期待されます。

【背景】

西之島は本州から約1,000km南、小笠原諸島の父島からは約130km西に位置する無人島です。2013年に約40年ぶりに起きた噴火を皮切りに火山島の成長をリアルタイムで目撃することができる西之島は、地球科学的に貴重かつ重要な研究対象であるとともに、国民の関心も高く寄せられています。この西之島の火山噴火の仕組みを理解し将来の活動を予測するためには、表面から見えることだけではなく、火山体の内部構造がどのようになっているのかを知る必要があります。一方で、西之島は現在も激しい噴火を繰り返す非常に活発な火山であるため、人が近づいて観測することは大変な危険を伴います。さらに、西之島固有の生態系を保全するため、島に上陸することは容易ではありません。

【今回の成果】

本研究では上述の問題を解決するために、全磁力計を搭載したドローンを使用して西之島上空の地磁気(*1)の強さ(全磁力)を測定しました。観測は2019年6月に気象庁「啓風丸」の航海で行い、船の甲板からドローンを離着陸させました。この測定によって、西之島上空で全磁力の分布を面的に得ることができました。得られた全磁力から周囲の平均的な地磁気の影響を取り除くことで内部の磁化(*2)構造の不均質による磁気異常(*3)だけを抽出し、西之島火山内部の磁化強度の分布を推定しました。その結果、火口を取り囲むドーナツ状の領域と島の北東に位置する帯状の領域に周囲よりも磁化の強い場所があることを発見しました。これらは、1973-1974年の噴火の際にマグマが通った跡と関連していると考えています。



【今後の展望】

今後も繰り返し空中磁気探査を行うことで、西之島の火山活動の変化に伴う磁気異常の変化と内部の磁化構造の変化を検出し、将来の火山活動の予測へ応用したいと思っています。また、他の岩石学などの分野と協力することで、今回発見した高磁化領域の成因についても理解を深め、西之島火山の成長過程について明らかにしていく予定です。

なお、本研究結果の詳細については、2021年11月2日にオンラインで行われる「第150回地球電磁気・地球惑星圏学会 総会および講演会」(2021年SGEPSS秋学会)で発表される予定です。

<用語解説>

*1 地磁気:地球がもつ固有の磁場のことで、地磁気の9割以上は地球の外核によって生じています。この磁場は、地球の中心にN極を南にS極を北に向けて置いた棒磁石で表すことができます。残りの1割未満は、地表よりも高い電離層や磁気圏を流れる電流と地殻の岩石の磁化に起因しています。私たちが注目しているのは、残りの1割未満の地殻の岩石の磁化に起因した地磁気です。地磁気には大きさと方向があり、西之島付近では約42,000nTくらいの大さで、地理的北(地軸の指す方向)から西に約4度、水平から下向きに約37度の方角を示します。

*2 磁化:岩石が磁場中で高温から冷却すると磁石のように振る舞うことがあります。磁化の大きさは、岩石中の鉱物の種類や温度によって変化することが知られています。

*3 磁気異常:地磁気の空間的分布のなかで、周囲の平均的な地磁気からの差のことです。磁気異常は地下の磁化分布の不均質によって生じます。

補足資料

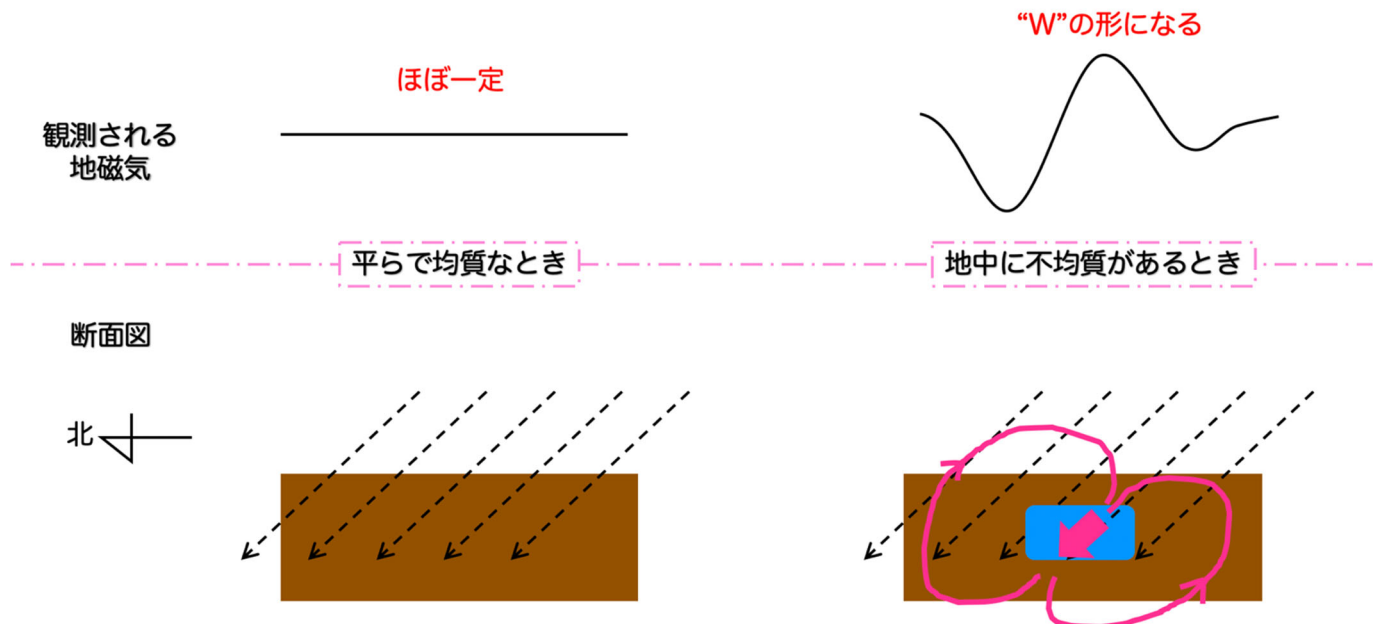


図 1: 北半球中緯度の平らな地面の上で地磁気を測定した場合の模式図。黒破線の矢印はある地域の平均的な地球磁場を表し、赤い矢印は不均質物体によって生じる磁場を表します。地球磁場と不均質物体によって生じる磁場の向きが同じ場合は足し合わせの効果で観測される磁場は大きくなります。一方、地球磁場と不均質物体によって生じる磁場の向きが逆な場合は引き算の効果で観測される磁場は小さくなります。(左図) 地中が均質な場合は、観測される地磁気の値がほぼ一定になるため、磁気異常はありません。(右図) 地中に周囲の磁化と異なる物体がある場合(この図では周囲より磁化が強い物体)、その物体によって発生する磁場が磁気異常として検出されます。

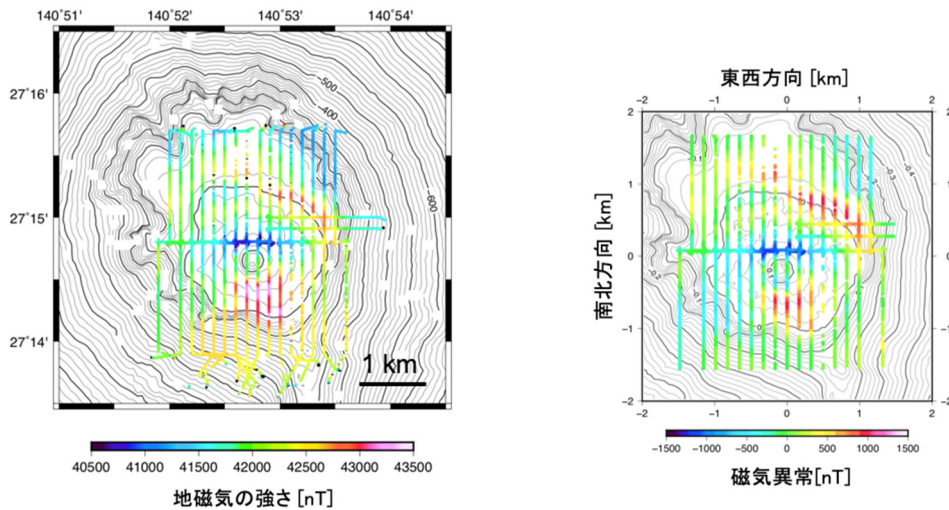


図 2: 2019 年 6 月に西之島上空で測定した全磁力の分布(左図)と磁気異常の分布(右図) (Tada *et al.*, 2021 を一部修正)。等高線は 20m 間隔です。左図の全磁力の分布から西之島がある場所の地磁気の平均値(約 42,000nT)と西之島の地形が作る地磁気を引くと、右図の磁気異常の分布を求めることができます。赤～ピンク色の部分は磁気異常が大きく正の値をとる場所を示しており、西之島の火口の南側と西之島の北東の海岸線沿いの 2 箇所にあります。青色の部分は磁気異常が大きく負の値をとる場所を示しており、火口の北側にあります。磁気異常は、西之島内部の磁化分布が不均質であることによって生じていると考えられます。

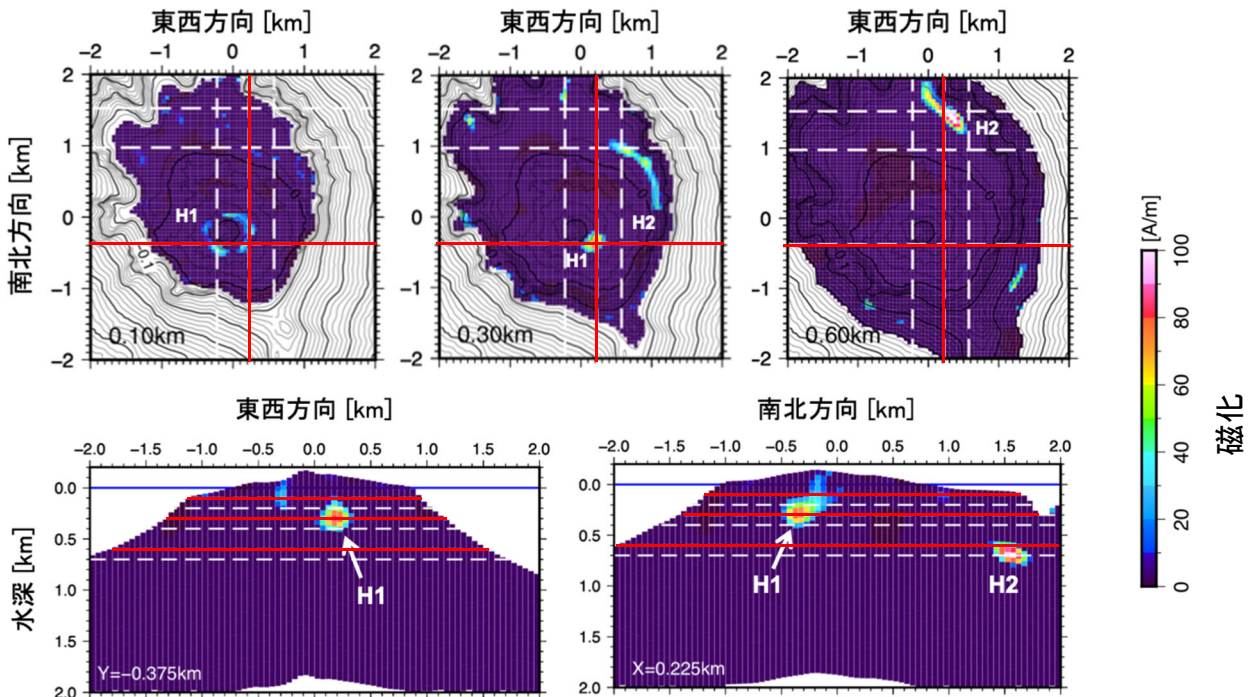


図 3: 磁気異常から推定した西之島内部の磁化強度の分布 (Tada *et al.*, 2021 を一部修正)。上の 3 つの図は水平断面図で、左が一番浅く(水深 100m)、真ん中は水深 300m、右は水深 600m と深い場所を示しています。下の 2 つの図は鉛直断面図で、左は東西断面図で右は南北断面図を示しています。水平断面図の 2 本の赤線は鉛直断面図の位置を示しており、鉛直断面図の 3 本の赤線は水平断面図の位置を示しています。断面図の色は磁化の強さを表しており、西之島の内部のほとんどは紫色の値を示し、磁化が非常に小さいことを意味しています。その中で H1 と H2 と示した赤色～白色の磁化が強い部分が 2 箇所あります。H1 は西之島の火口を取り囲むように存在し、H2 は島の東側から北側へと深くなるように伸びています。私たちは、これらの構造が 1973—1974 年に西之島が噴火した時にマグマが通った痕跡に関連していると考えています。