

リモートセンシングによる火山観測技術の開発

レーダーや分光計測技術を用いて遠隔地から火山を測る

火山災害を軽減する方法の一つは、火山活動を詳細に観測し、その観測情報に基づいて、高い確度で災害の発生・推移を予測することである。次世代火山研究推進事業課題Bサブテーマ2においては、火口周辺で生じる地表変形や熱活動、火山ガス等を効率的に観測するため、レーダーや分光計測技術を用いたリモートセンシング技術の開発を進めている。

火山の動きを測るレーダー

衛星搭載型合成開口レーダー（衛星SAR）は、人工衛星から地表に向けてレーダー波を照射し、メートルレベルの空間分解能で地表画像を得るセンサーです。さらに、異なる時期に取得されたSAR画像を詳細に解析することにより、画像内の各画素における、衛星-地表間距離の変化を求めることができます。この手法はSAR干渉法と呼ばれ、最近では、地表変形を捉える有効なツールとして、多分野における調査・研究で活用されています。特に、火山研究においては、このSAR干渉法の活躍により、噴火発生前に、

火口周辺で明瞭な地表変形が生じる場合が多くあることが分かってきました（図1(a)に衛星SARが捉えた2017年新燃岳噴火に先行する地表変形を示します）。このような地表変形情報を噴火発生予測に役立てるためには、平時から自動的に解析を行うシステムの構築と、その地表変形発生メカニズムの理解が重要です。そこで、本テーマにおいては、日本のSAR搭載衛星だいちシリーズのSARデータを自動的に解析するシステムを構築するとともに、本システムの解析結果を火山研究に役立てるため、得られた地表変形情報のデータベース化を進めています。

一方、衛星SARの観測間隔は、衛

星の回帰周期に制約されるという不利な点があります。火山活動は、数日で大きく変化する場合があります、その把握のためには、より短周期での観測が必要となります。その解決のため、機動的に地上からレーダー波を照射してSAR観測を実施できるセンサー（SCOPE：SAR for Crustal defOrmation with Portable Equipment）の開発を進めています。SCOPEは定点での観測に適した地上設置方式、自動車・台車に搭載する車載・台車搭載方式、人力で運搬が可能な手動方式の中から観測場所の条件に適した方式を選択し、効率的に機動観測を実施することが可能です（図1(b)



火山研究推進センター 研究統括

小澤 拓 (写真左)

火山防災研究部門 主任研究員

實渕 哲也 (写真右)

おざわ・たく

博士（理学） 専門分野：測地学、地球物理学
2000年3月総合研究大学院大学数物科学研究科博士後期課程修了
2004年4月に防災科学技術研究所入所。現在は、火山研究の推進、火山活動把握を目的としたSAR解析・観測技術の開発等に従事。火山防災研究部門主任研究員。国家レジリエンス研究推進センターでもプロジェクトを担当。

じつふち・てつや

工学修士 専門分野：計測工学、電子工学
1991年3月筑波大学大学院理工学研究科修了
1991年4月防災科学技術研究所入所。分光計測手法、リモートセンシング装置の開発等に従事。火山研究推進センターでもプロジェクトを担当。

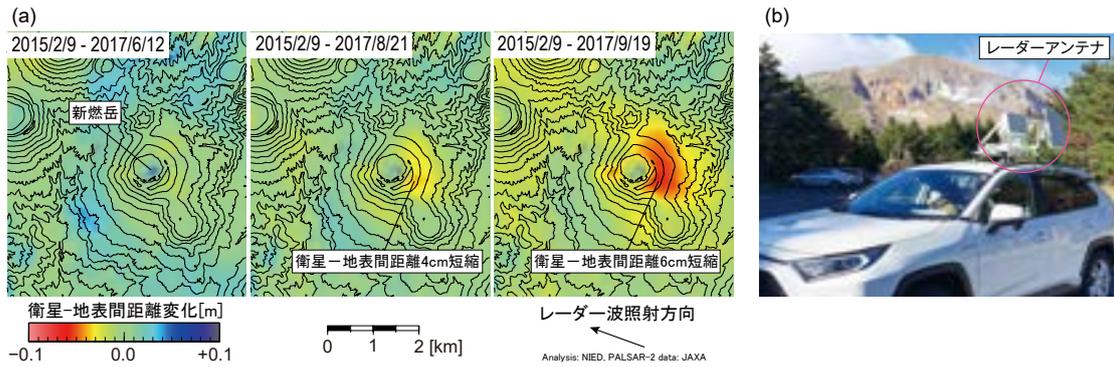


図1 (a)衛星SAR自動解析システムによるPALSAR-2データの解析から検出された、2017年新燃岳噴火に先行して発生した火口周辺の地表変動。
(b)SCOPEの車載方式におけるアンテナ搭載状況



図2 (a)温度とガスを可視化するカメラ:SPIC-UC/4VGA (赤外波長域の4つの波長帯域を計測する4台の赤外カメラ:Camera1~4で構成)設置の様子(阿蘇中岳噴煙試験観測:2021/11/27、阿蘇中岳西方3.15kmの草千里展望所より)。
(b)観測時の阿蘇中岳付近の可視画像。
(c)SPIC-UC/4VGAのCamera3(観測波長域7.95~9.3 μm)の輝度温度画像。Camera1は7.5~14 μm 、Camera2は9.0~14 μm 、Camera4は11.8~12.8 μm を計測(水蒸気、雲水粒の識別)。本装置はCamera3でSO₂ガスの赤外線吸収特性(8-9 μm 付近)をとらえ赤外線の強度(温度)として可視化する機能を有す。本観測で、その機能を実証(当時のSO₂放出量:約2000~3000ton/day、気象庁調べ)。

に車載方式におけるアンテナ搭載状況を示します)。これにより、火山活動の活発化時等に、1日程度の周期での観測を可能とすることを目指します。

光が伝える火山の状態

火山の地下の状態は、火山の表面温度分布、火山性ガス放出量等の火山の表面現象と関連があります。火山性ガス(SO₂ガス等)には「ガスは地下からの電報」という例えもあり、その増減は、地下のマグマの状態と関連します。このため、表面現象の計測から、火山の活動度の把握に役立つ情報が得られます。その計測手法として、表面現象から到来する光の波長別の強度(種々の表面現象で異なるスペクトル)を分光計測する、光学的リモートセンシング技術があります。防災科研では、

1990年代から、多波長の光を計測できる航空機搭載型の独自の画像分光装置を開発し、上空からスペクトルを計測することで、さまざまな表面現象(温度、SO₂ガス濃度、降灰等の分布)の定量を実現しました(防災科研News No.159参照)。

しかし、この装置は大型で、その普及は困難でした。そこで、より実用的な装置を実現するため、本テーマにおいて、可搬型のカメラ型装置に多波長計測技術を選択的に組み込んだ、画像分光機能を有する装置(SPIC: Surface Phenomena Imaging Camera)の開発を行っています。これまでに、各種の分光計測用カメラや、それらを組み合わせた試作機(プロトタイプ)が完成し、2020年から、火山の試験観測を実施中です。図2に、

異なる波長域を計測する4台の赤外線カメラで構築したSPIC-UC/4VGAプロトタイプによる阿蘇中岳噴煙試験観測の結果(2021年11月27日)を示します。図2(c)は、SO₂ガスの放射、吸収域である8~9 μm に主に感度を有する赤外線カメラ(Camera3)の観測結果です。これと異なる波長域を観測する他のCamera1,2,4の計測結果も考慮することで、Camera3は、噴煙中のSO₂ガスの濃度を反映した赤外線の強度(温度)分布を捉えていることが分かり、本装置でSO₂ガスを選択的に可視化できることを実証できました。

今後は、観測量からSO₂ガスの濃度を推定する技術の開発や、装置の改良を実施し、その普及を目指します。