

新燃岳噴火における合成開口レーダ(SAR)の散乱変化事例

パシフィックコンサルタンツ株式会社

○相馬竜司・澤田悦史・柴野暉崇・木村香帆・柳町年輝
株式会社 Synspective 小澤 剛

1. はじめに

近年、衛星に搭載した合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar 以下, SAR) を活用した広範囲を面的にモニタリングする技術開発が、災害対策をはじめとする様々な分野で進展している。

災害対応初期に被害を把握する方法として、航空写真による観測が行われているが、荒天時における観測の可能性を想定すると、発災後に良質な空撮データを取得できない事態が想定される。

人工衛星による観測方法には、光学センサに基づくものと合成開口レーダ (SAR) によるものなどがある。広範囲の観測が可能であるが、夜間や悪天候時の場合、光学センサでは被災地の観測を行うことができない。一方、SAR を使用すれば、天候等の影響を受けずに広範囲を観測することができるため、災害後の迅速な被害把握に有効である。

JAXA では「防災インターフェースシステム」を運用しており、防災ユーザーからの緊急観測要求を受付け、「だいち (Lバンドレーダを搭載)」等の緊急観測データとそのデータを用いた災害速報図(マップ)を提供している。

本稿では、SAR 衛星による実態把握事例として、「2025年新燃岳」の噴火活動に伴う火口列の形成変化や火山噴出物における散乱変化の事例紹介をする。

2. SAR 衛星の活用体制(政府衛星との連携)

SAR衛星が利用するマイクロ波には、主にXバンド(以下, X-SAR), Cバンド(以下, C-SAR), Lバンド(以下, L-SAR)という異なる波長帯があり、それぞれに得意とする観測対象や特性がある。

JAXA の「だいち (ALOS) シリーズ」に代表されるような大型衛星に搭載されたLバンド SAR 衛星は、波長の長さから植生をある程度透過する能力を持ち、地表面の状態や森林の下層状況の把握、さらには広範囲の地殻変動の精密な計測 (干渉 SAR) において、高い性能を発揮している。

高精度な大型衛星データをベースマップとし、小型衛星コンステレーションによるネットワークを構築することで、観測から利用までのリードタイムの大幅短縮が可能となり、従来の課題であった即応性の補完に繋がっている。コンステレーションを構成する衛星は、失敗が許容されない大型衛星と異なり、高頻度に開発・実証を繰り返すことで、信頼性と価格との適度なバランスと、高度な機能・性能を段階的に実現することが可能である。

Synspective 社が展開する Xバンド小型 SAR 衛星「StriX」は、約 100kg と小型でありながら、0.5~3m の高分解能と 10~30km の観測幅を実現している。

「StriX」は将来的に 30 機以上のコンステレーション体制を構

築し、1時間以内で世界の任意地点を再訪可能な高頻度観測ネットワークを目指している。

これにより、災害発生直後の撮像、被害状況の早期把握、継続的なモニタリングが可能となる。「StriX」は、観測の「頻度」「分解能」「即時性」において「ALOS」の補完的役割を果たし、災害対応における SAR 活用の可能性を広げている。

3. バンド帯の特性

SAR 画像における散乱強度は、地表に照射されたマイクロ波が物体や地形表面で反射し、再びセンサに戻ってくる反射強度を示す物理量である。これは、対象地表の物理的・構造的な性質 (粗さ, 含水状態, 植生の有無など) を反映する指標である。

搭載するレーダにより反射特性が異なり、X-SAR は波長が短く表面で反射するため、都市部や社会インフラの詳細な変化抽出、特定対象物の監視に適する。C-SAR は、X-SAR と L-SAR の中間的な特性を持ち、海洋監視、氷雪のモニタリング、農業分野など、幅広い用途で活用されている。L-SAR は、植生透過性に優れ、広域の地殻変動や森林バイオマス量の計測に適している。また、干渉 SAR 解析を行う際に、電波の位相情報の一致度 (コヒーレンス) を長期間維持しやすいという利点もある。

4. 火山地での散乱変化

4.1 火山地における既存報告からの散乱特性

噴火現象を火口列からの「火山噴出物 (噴石・降灰)」と「火砕流・溶岩流の流出」に区分した場合、噴火前後の散乱変化は、前者では、噴火前の地覆条件に依存して増低混在し、後者では、明瞭に低下する。鈴木ら (2021)¹⁾、三五ら (2018)²⁾ は、2018 年草津白根山噴火に伴う「火山噴出物 (噴石・降灰)」を観察しており、異なるバンド帯による散乱変化の違いを確認できる。

JAXA (2024)³⁾ では、「火砕流・溶岩流の流出」に伴う散乱低下を確認できる。

「火山噴出物 (噴石・降灰)」における散乱変化は、現場スケールの事象と散乱変化の関係性が不明確な点もあるが、以下を想定できる (図 1)。

	噴火前の地覆条件	噴火後の地覆条件	散乱変化
裸地		噴出物(粗度大)	増加
		噴出物(粗度小)	混在
森林		噴出物(粗度大)	混在
		噴出物(粗度小)	低下
活動中		噴出物(粗度大)	混在
		噴出物(粗度小)	低下

図 1 火山噴出物(噴石・降灰)の散乱変化

4.2 新燃岳における散乱変化事例

(1) 2025年新燃岳噴火の活動状況

新燃岳は、2025/6/22に2018年以来7年ぶりに噴火した。7/3 13:49には、火口縁上5,000mに達する噴煙が発生し、9/8を最後に噴火が収束し、現在に至る。

(2) 火口列のモニタリング (図2)

X-SAR「StriX」による火口列モニタリングでは、北東火口列、南東火口列、南東火口列の延伸/分岐を確認できる。小型衛星コンステレーションによる「高解像度・高頻度化」により、噴火中でも火口列のモニタリングが容易である。①噴火前。②北東火口列形成。③・④：南東火口列形成。⑤南東火口列の延伸・分岐。⑥火口列変化なし(収束)。

(3) 火山噴出物(噴石・降灰)による散乱変化事例

2025/7/3 13:49に発生した噴火(噴煙5,000m)をX-SARとL-SARで比較した。留意点として、X-SARは、7/2 14:11~7/3 13:51の変化(7/2~3の噴火)。L-SARは、2025/4/2 0:18~7/4 0:11の変化(6/22~7/4の噴火)を捉えたものである。

1) X-SAR「StriX」の散乱変化 (図3)

北東火口列から半時計周りに続く散乱変化のクラスター(塊)を確認できる。これは、第7回火山調査委員会資料⁴⁾の7/3の分布域と類似する。

2) L-SAR「ALOS-2」の散乱変化 (図4)

北東・南東火口列から続く散乱変化のクラスター(塊)を確認できる。また、火口列南東方向では、散乱低下している。これは、第7回火山調査委員会資料⁴⁾の7/3、7/4~5日中の分布域を合成した範囲と類似する。L-SAR「ALOS-2」が、X-SAR「StriX」より長期間の散乱比較であったため、活動中の異なる噴火の「火山噴出物(噴石・降灰)」の影響を受けたと推察される。

3) 散乱変化のまとめ

火口列から続く散乱変化のクラスター(塊)を確認できた。災害初動時の効果的活用のため、今後、散乱変化と現場スケール(地覆状態)の整理、バンド帯による差異、干渉SAR解析、他手法との連携など多角的に整理したい。

謝辞 SAR画像および各種衛星データは、内閣府で実施する「令和7年度小型SAR衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証事業」から提供いただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 鈴木ら, 災害時における合成開口レーダ(SAR)の散乱変化事例解説集, 令和3年4月, 国土技術政策研究所資料 第1159号
- 2) 三五ら, 草津白根山噴火における合成開口レーダ衛星画像による噴火箇所の特長, 平成30年砂防学会研究発表会, ㈱パソコ
- 3) JAXA, 宇宙からの災害監視, 陸域観測技術衛星2号「だいち2号」災害事例集2014~2023, 2024年3月
- 4) 文部科学省, 火山調査研究推進本部 第7回火山調査委員会, 令和7年10月10日

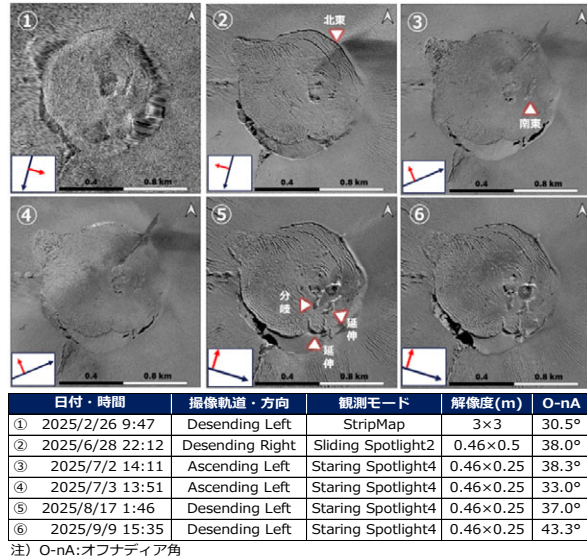


図2 火口列モニタリング図

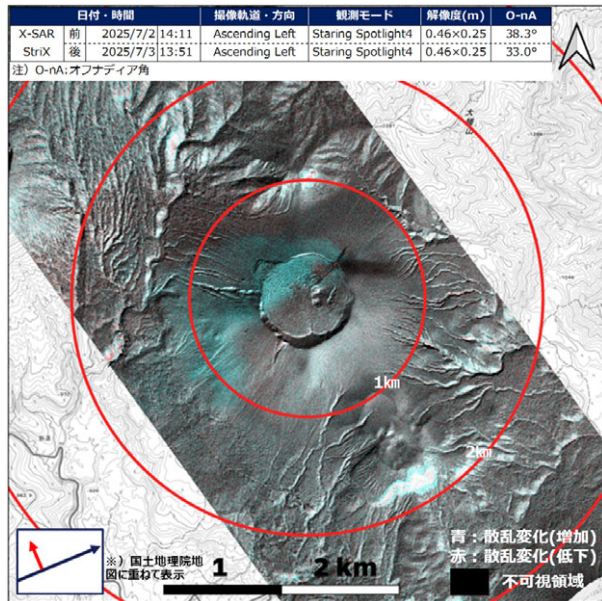


図3 X-SARによる新燃岳火口の散乱変化

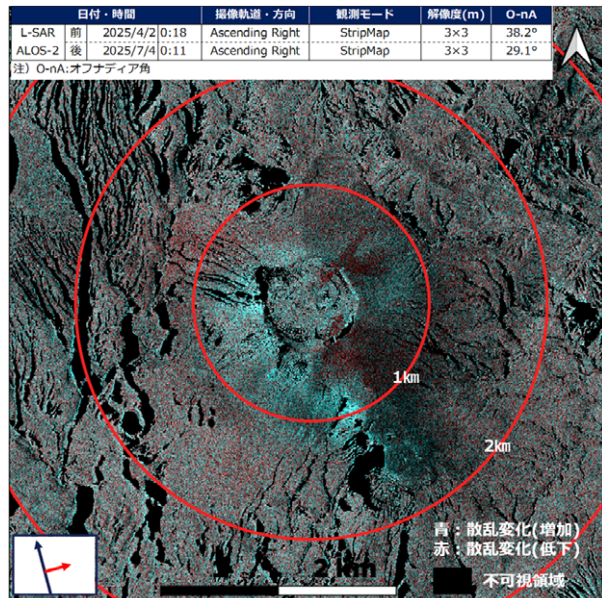


図4 L-SARによる新燃岳火口の散乱変化