

陸域観測技術衛星 2 号観測データ等の利活用に関する
令和 3 年度成果報告書

令和 4 年 3 月

気 象 庁

火山噴火予知連絡会
衛星解析グループ

はじめに

火山噴火予知連絡会では、地球観測衛星「だいち」等の観測データを用いた防災利用実証実験を通じ、今後の火山観測や火山学研究等における衛星データの利用方法を調査・検討するため、平成 18 年 11 月に衛星解析グループを設置しました。

衛星解析グループは、平成 19 年度から平成 25 年度にかけては、気象庁と宇宙航空研究開発機構との間で締結した「陸域観測技術衛星データによる火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究協定」に基づき、さらに、平成 26 年度から平成 28 年度までは、「だいち 2 号」の打ち上げを受けた「陸域観測技術衛星及び陸域観測技術衛星 2 号の観測データ等による火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究」に基づき、火山活動評価等における衛星データの利用方法の調査・検討を実施しました。調査・研究の成果は、火山噴火予知連絡会や日本火山学会等で報告・発表されたほか、平成 21 年 3 月（平成 19～20 年度）、平成 23 年 3 月（平成 21～22 年度）、平成 25 年 3 月（平成 23～25 年度）及び平成 28 年 3 月（平成 26～28 年度）に成果報告書として取りまとめられています。

気象庁と宇宙航空研究開発機構は、これまでの活動の成果を踏まえ、平成 29 年に、観測データの防災分野での利活用の定着への寄与を目的とする「陸域観測技術衛星 2 号観測データ等の利活用に関する協定」を新たに締結しました。現在、衛星解析グループは、この協定に基づき、衛星データによる火山活動監視等の高度化並びに解析結果の火山活動評価への利活用、データの利活用を通じた火山学の研究等を進めています。令和 2 年 3 月には、平成 29 年度から令和元年度の調査・研究の成果を報告書として取りまとめました。

本年度は、令和 3 年 8 月に福岡県で大規模な噴火が発生し、35 年ぶりに新島を形成したほか、噴火に伴い多量の軽石が日本各地へ漂流しました。この他、西之島や阿蘇山、諏訪之瀬島などでも噴火が発生しています。衛星解析グループでは、このような火山活動に対し、「だいち 2 号」によるデータの解析を積極的に実施し、結果を迅速に火山噴火予知連絡会へ報告しています。これらは、火山活動の評価や火山学の研究に活用されるとともに、噴火警報発表や警報解除の判断材料のひとつとして利用されました。本報告書は、令和 3 年度におけるこれらの活動、成果を取りまとめたものです。

衛星解析グループの活動にあたっては、宇宙航空研究開発機構、（一財）リモート・センシング技術センターの皆様には、火山活動が活発になった際の緊急観測の要請に迅速に対応いただくなどの御支援いただいております。深く感謝いたします。

令和 4 年 3 月

気象庁 地震火山部 火山監視課長

尾崎 友亮

陸域観測技術衛星 2 号観測データ等の利活用に関する令和 3 年度成果報告書

目次

I. 計画の概要	1
1. 経緯	1
2. 枠組み	2
3. 参加機関及び研究課題	3
4. 活動計画	5
5. 令和 3 年度活動概要	6
II. 研究成果報告	9
・火山-R0301 「地殻変動分布の評価への適用手法検討」	10
・火山-R0302 「南方諸島方面海域火山の監視の検証」	17
・火山-R0303 「測地観測と結合した火山性地殻変動解析および活動評価」	19
・火山-R0304 「高分解能画像による地質判読とその噴火解析への応用」	21
・火山-R0305 「合成開口レーダを用いた火山活動に伴う地殻変動の検出」	23
・火山-R0306 「衛星画像を用いた火山噴火に伴う土砂災害に関する情報収集手法 の検討」	26
・火山-R0307 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用（東日本の火山）」	27
・火山-R0308 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 （伊豆小笠原諸島の火山）」	29
・火山-R0309 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用（西日本の火山）」	31
・火山-R0310 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 （西之島スポットライトモード）」	34
・火山-R0311 「噴出物の分布や地熱域等の把握及び地形変化の検出への利用」	36
・火山-R0312 「合成開口レーダによる火山の変位および変状の抽出」	40
・火山-R0313 「合成開口レーダを用いた火山活動に伴う地殻変動のモニタリング」	46
・火山-R0314 「衛星データを用いた箱根火山の活動モニタリング」	47
・火山-R0315 「ALOS-2、Pi-SAR による火山の監視と変化抽出について」	50
・火山-R0316 「総合測地観測による火山噴火準備過程の研究」	52

I. 計画の概要

1. 経緯

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、陸域観測技術衛星「だいち（ALOS）」の防災分野の利用をより一層促進するとともに、「だいち」以降の防災のための次期地球観測衛星システム等の開発・運用等に向け、防災関連業務における地球観測衛星利用の実効性向上の検証等を狙いとし、平成 18 年に防災利用実証実験を開始した。火山噴火予知連絡会は、この防災利用実証実験に参加し、火山活動評価や火山学研究における衛星データの利用方法を調査・検討するため、平成 18 年 11 月 14 日の第 105 回火山噴火予知連絡会において「衛星解析グループ」の設置を決定した。衛星解析グループによる調査・検討の主な課題は次のとおり設定された。

- ①日本列島・領海内の主要活火山等を対象に、「だいち」等の観測データによる火山活動の監視及び地殻変動等の検出手法、及びこれらによる解析結果の火山活動評価への利用方法についての調査・検討
- ②噴火活動開始等の異常が確認された場合における、噴火の規模や影響の範囲の把握等についての衛星データの有効性の調査・検討

同グループに参加したのは火山噴火予知連絡会委員、臨時委員、またはそれに準ずる者の属する機関である。

これらの課題に取り組むため、火山噴火予知連絡会の事務局である気象庁は、衛星解析グループ代表として、JAXA と平成 19 年 3 月 19 日に「陸域観測衛星データによる火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究協定」を締結し、平成 19 年 4 月 2 日には共同研究に必要とされるデータ利用に関する取り決めを「データ利用計画書」により確認した上で共同研究を開始し、得られた成果については、火山噴火予知連絡会等で適宜報告していくこととした。その後、ALOS の後期利用への移行等を受けて、共同研究協定の有効期間を延長しており、平成 23 年 5 月 12 日の ALOS 運用停止後も、アーカイブデータや他国の衛星を活用して、平成 26 年 3 月までこの協定に基づく活動を継続した。

平成 26 年度には、陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号（ALOS-2）」が打ち上げに合わせ、新たに、この衛星の観測データの利用を図る「陸域観測技術衛星及び陸域観測技術衛星 2 号の観測データ等による火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究」の協定を気象庁と JAXA との間で平成 26 年 4 月 1 日に締結し、平成 29 年 3 月 31 日までこの協定により衛星解析グループの活動を継続した。

平成 29 年 3 月 31 日には、これまでの衛星解析グループの活動を踏まえ、火山の防災分野における衛星観測データの定常的な利活用等を目指すこととし「気象庁地震火山部と宇宙航空研究機構との陸域観測技術衛星 2 号観測データ等の利活用に関する協定」を締結し、調査研究を行っていくこととなった。本年度（令和 3 年度）は、新たな協定に基づく活動の第 5 年度にあたる。

2. 枠組み

協定に基づく衛星データ等の利活用の枠組みを図1に示す。

衛星解析グループにおいては、火山噴火予知連絡会事務局（気象庁）が、JAXA 等の関係機関と活動にあたっての調整を行うこととされている。これに従い、衛星解析グループの代表としての気象庁と JAXA の間で、衛星データを利用するにあたっての協定を締結している。協定により、データの利用、提供については、「火山噴火予知連絡会衛星解析グループによる陸域観測技術衛星 2 号観測データ等の利用計画書」（以下「データ利用計画書」と記載）に基づくように定められており、気象庁は、衛星解析グループへの参加機関が設定する課題、活動内容、データ要求等についてデータ利用計画書としてとりまとめている。また、各課題について、気象庁が参加機関からの成果の報告を取りまとめ、JAXA に提出している。火山活動が活発になった際には、JAXA に緊急観測を要請することも可能であり、気象庁が衛星解析グループにおける観測要望を取りまとめている。

衛星解析グループの参加機関は、協定及びデータ利用計画書に基づき、衛星データの提供を受け、解析等を行うこととなる。解析結果については、火山噴火予知連絡会への報告等により、火山活動の評価への活用されており、火山防災への貢献につながっている。また、学会等でも成果が発表されており、学術分野でも貢献している。

JAXA はデータ利用計画書に沿ってデータ提供を実施しており、また、各種データ利用研修やメーリングリスト等を通してサポートを行っている。

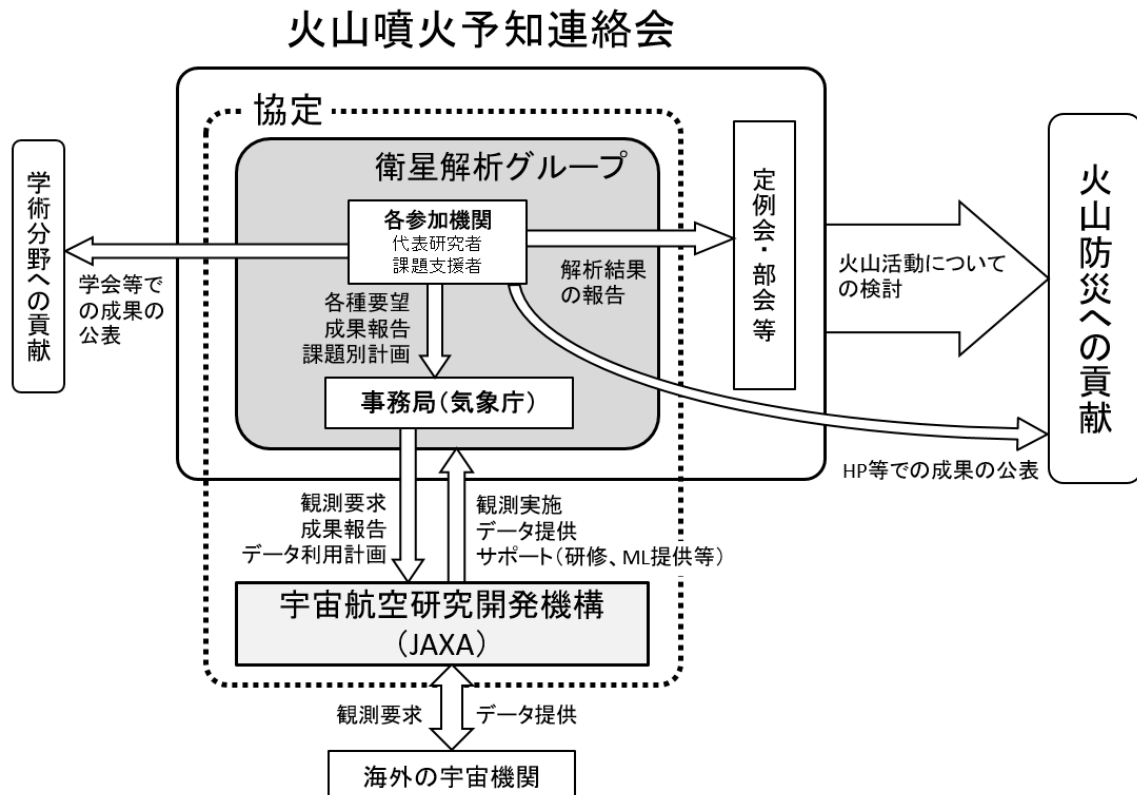


図1 衛星データ利活用に関する枠組み

3. 参加機関及び研究課題

参加機関と研究課題を表 1－1 に示す。

表 1－1 参加機関と研究課題 (令和 3 年 4 月時点での組織名で記載)

管理番号	課題名称	参加機関	代表研究者 (PI)	部署	役職	課題支援者 (CI)	所属
火山-R0301	地殻変動分布の評価への適用手法検討	国土地理院	佐藤 雄大	測地部宇宙測地課	宇宙測地課長	矢来 博司	国土地理院 地理地殻活動研究センター 研究管理課
						宗包 浩志	国土地理院 地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室
						小林 知勝	国土地理院 地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室
						森下 遊	国土地理院 地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室
						桑原 將旗	国土地理院 地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室
						右記部署職員	国土地理院 測地部宇宙測地課
火山-R0302	南方諸島方面海域火山の監視の検証	海上保安庁	楠 勝浩	海洋情報部	沿岸調査課長	藤原 琢磨	海上保安庁 海洋情報部 沿岸調査課
						岡野 有花	海上保安庁 海洋情報部 沿岸調査課
						新村 拓郎	海上保安庁 海洋情報部 技術・国際課
						右記部署職員	海上保安庁 海洋情報部 沿岸調査課
火山-R0303	測地観測と結合した火山性地殻変動解析 および活動評価	北海道大学	村上 亮	北海道大学大学院理学研究院 附属 地震火山研究観測センター	研究員	大園 真子	北海道大学大学院理学研究院
						古屋 正人	北海道大学大学院理学研究院
火山-R0304	高分解能画像による地質判読とその噴火 解析への応用	東京大学	金子 隆之	地震研究所	准教授	安田 敦	東京大学 地震研究所
						青木 陽介	東京大学 地震研究所
火山-R0305	合成開口レーダを用いた火山活動に伴う 地殻変動の検出	防災科学技術研究所	小澤 拓	火山防災研究部門	主任研究員	宮城 洋介	防災科学技術研究所 火山防災研究部門
						姫松 裕志	防災科学技術研究所 火山防災研究部門
火山-R0306	衛星画像を用いた火山噴火に伴う土砂災 害に関する情報収集手法の検討	土木研究所	清水 武志	土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム	研究員	今森 直紀	土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム
火山-R0307	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への 利用(東日本の火山)	気象庁	中村 政道	地震火山部火山監視課	火山活動評価 解析官	右記部署職員	気象庁地震火山部火山監視課
						右記部署職員	気象庁地震火山部地震火山技術・調査課
						右記部署職員	気象庁気象研究所火山研究部
						右記部署職員	気象庁札幌管区气象台
						右記部署職員	気象庁仙台管区气象台

火山-R0208	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(伊豆小笠原諸島の火山)	気象庁	中村 政道	地震火山部火山監視課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁地震火山部火山監視課
						右記部署職員	気象庁地震火山部地震火山技術・調査課
						右記部署職員	気象庁気象研究所火山研究部
火山-R0209	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(西日本方の火山)	気象庁	中村 政道	地震火山部火山監視課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁地震火山部火山監視課
						右記部署職員	気象庁地震火山部地震火山技術・調査課
						右記部署職員	気象庁気象研究所火山研究部
						右記部署職員	気象庁福岡管区气象台
						右記部署職員	気象庁鹿児島地方气象台
火山-R0310	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(西之島スポットライトモード)	気象庁	中村 政道	地震火山部火山監視課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁地震火山部火山監視課
						右記部署職員	気象庁地震火山部地震火山技術・調査課
						右記部署職員	気象庁気象研究所火山研究部
火山-R0311	噴出物の分布や地熱域等の把握及び地形変化の検出への利用	気象庁	中村 政道	地震火山部火山監視課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁地震火山部火山監視課
						右記部署職員	気象庁地震火山部地震火山技術・調査課
						右記部署職員	気象庁気象研究所火山研究部
火山-R0312	合成開口レーダによる火山の変位および変状の抽出	宇宙航空研究開発機構	大木 真人	地球観測研究センター	研究開発員	島田 政信	東京電機大学
						右記部署職員	宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター ALOS グループ
火山-R0313	合成開口レーダを用いた火山活動に伴う地殻変動のモニタリング	産業技術総合研究所	田中 明子	活断層・火山研究部門	グループ長	—	—
火山-R0314	衛星データを用いた箱根火山の活動モニタリング	神奈川県 温泉地学研究所	道家 涼介	研究課	主任研究員	原田 昌武	神奈川県 温泉地学研究所 研究課
火山-R0315	ALOS-2、Pi-SAR による火山の監視と変化抽出について	東京電機大学	島田 政信	理工学部 建築・都市環境学系	教授	稲野 大輝	東京電機大学
						岩田 健吾	東京電機大学
						小坪 裕也	東京電機大学
						矢部 杜央	東京電機大学
火山-R0316	総合測地観測による火山噴火準備過程の研究	東北大学	三浦 哲	東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター	教授	福島 洋	東北大学 災害科学国際研究所
						小川 佳子	会津大学コンピュータ理工学部兼宇宙情報科学研究センター
						出村 裕英	会津大学コンピュータ理工学部兼宇宙情報科学研究センター
						久田 泰広	会津大学コンピュータ理工学部兼宇宙情報科学研究センター

4. 活動計画

本協定で得られた成果については、年度ごとに成果報告書（本報告書）を作成するほか、それらを3年度ごとにとりまとめることとしている。平成29年度の協定の締結より、本年度は5年度目にあたる（表1－2）。

表 1－2 活動計画

項目	4年度目 (FY2020)				5年度目 (FY2021)				6年度目 (FY2022)			
	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月
課題別計画票の作成・修正	▲		(適宜修正)		▲		(適宜修正)		▲		(適宜修正)	▶
利用計画書の改訂	▲		(適宜改訂)		▲		(適宜改訂)		▲		(適宜改訂)	▶
データの利活用 (火山噴火予知連絡会 等)			(適宜活用)				(適宜活用)				(適宜活用)	▶
衛星解析グループ会合 (状況に応じて開催)	▲			▲	▲			▲	▲			▲
課題別報告票の作成 及び 成果報告				▲				▲				▲
成果報告書の作成				▲				▲			(3年度分のとりまとめ)	▲

5. 令和3年度活動概要

(1) 活動履歴

- ・ 令和3年5月26日
火山噴火予知連絡会衛星解析グループによる陸域観測技術衛星2号観測データ等の利用計画書 改訂
- ・ 令和3年9月7日
第14回ALOS-2観測運用調整会議 事務局が出席
- ・ 令和3年11月30日
第1回衛星による防災利用実証業務連絡会 事務局が出席
- ・ 令和4年3月14日
衛星解析グループ第24回会合 開催
- ・ 令和4年3月28日
第2回衛星による防災利用実証業務連絡会 事務局が出席
- ・ 令和4年3月
本報告書 取りまとめ

(2) 観測要請とデータ提供

観測要請

衛星解析グループからJAXAに対して、ALOS-2による以下の火山について緊急観測の要請を行い、観測が実施された。

御嶽山、福德岡ノ場、阿蘇山、ニーラゴンゴ、Savo火山

データ提供

JAXAから衛星解析グループへの衛星データの提供は、アーカイブデータについてはAUIG2システム及びG-Portalシステム（WEBサイト）、緊急観測によって取得されたデータは、防災インタフェースを通して行われた。

(3) 火山噴火予知連絡会への報告等

火山噴火予知連絡会（定例会）での報告

以下、報告対象となった火山を記載する。

<第148回 火山噴火予知連絡会（令和3年6月30日）>

国土地理院・・・全国の活火山（伊豆・小笠原地方の一部の火山、若尊を除く）

気象庁（気象研究所含む）・・・有珠山、草津白根山、浅間山、西之島、阿蘇山、
霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島

温泉地学研究所・・・箱根山

<第149回 火山噴火予知連絡会（令和3年12月27日）>

国土地理院・・・全国の活火山（伊豆・小笠原地方の一部の火山、若尊を除く）

防災科学技術研究所・・・阿蘇山

気象庁（気象研究所含む）・・・草津白根山、西之島、福德岡ノ場、阿蘇山、
霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島

宇宙航空研究開発機構・・・西之島、福德岡ノ場

温泉地学研究所・・・箱根山

参加機関の公式ホームページ等での公開

国土地理院

- ・ 地理院地図（SAR 干渉画像、干渉 SAR 時系列解析結果を表示可能）
<http://maps.gsi.go.jp/>
- ・ 西之島の SAR データ解析結果
2019 年 11 月～2020 年 10 月
https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1_nishinoshima.html
2020 年 11 月～
<https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20201106nishinoshima.html>
- ・ 福徳岡ノ場の SAR データ解析結果
<https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20210820fukutokuokanoba.html>
- ・ 阿蘇山の地殻変動
2021 年 10 月 25 日発表
<https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20211015aso.html>
2021 年 10 月 22 日発表
<https://www.gsi.go.jp/common/000235864.pdf>
2021 年 10 月 15 日発表
<https://www.gsi.go.jp/common/000235860.pdf>
- ・ ニーラゴンゴ火山
https://www.gsi.go.jp/cais/topic20210522_Nyiragongo.html

宇宙航空研究開発機構

- ・ セント・ビンセント島スフリエール山の噴火
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/04/23/5597/index.html>
- ・ ニーラゴンゴ山の噴火
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/06/04/5598/index.html>
- ・ 福徳岡ノ場の噴火と新島～衛星観測による新島形成・変色水・軽石・火山ガス・噴煙の把握～
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/10/07/6434/index.html>
- ・ 沖縄本島に接近・漂着している軽石の衛星観測情報
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/10/29/6510/index.html>
- ・ 「だいち 2 号」によるインドネシア スメル火山噴火の観測結果について
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/library/disaster/dis_pal2_indonesia_eruption_20211206_j.htm
- ・ トンガ火山島噴火に関する衛星観測について
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2022/01/20/6701/index.html>

神奈川県温泉地学研究所

- ・ 箱根火山 2015 年水蒸気噴火後の地殻変動に関する研究
<https://www.onken.odawara.kanagawa.jp/volcano-geology/20211109.html>

この他、火山噴火予知連絡会に提出された資料については、気象庁の HP に掲載している。

- ・ 火山噴火予知連絡会資料

<https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE08.html>

(4) 情報交換

JAXA の支援により設置した「メーリングリスト」により、グループ内の速報的な情報交換などを行った。

(5) データ利用研修・説明会への参加

JAXA により「G-Portal」のユーザー説明会等が開催されており、衛星解析グループのメンバーが参加した。

Ⅱ. 研究成果報告

参加機関による研究成果票を以下にとりまとめる。

研究課題

- ・ 火山-R0301 「地殻変動分布の評価への適用手法検討」(国土地理院)
- ・ 火山-R0302 「南方諸島方面海域火山の監視の検証」(海上保安庁)
- ・ 火山-R0303 「測地観測と結合した火山性地殻変動解析および活動評価」(北海道大学)
- ・ 火山-R0304 「高分解能画像による地質判読とその噴火解析への応用」(東京大学)
- ・ 火山-R0305 「合成開口レーダを用いた火山活動に伴う地殻変動の検出」(防災科学技術研究所)
- ・ 火山-R0306 「衛星画像を用いた火山噴火に伴う土砂災害に関する情報収集手法の検討」
(土木研究所)
- ・ 火山-R0307 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (東日本の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-R0308 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (伊豆小笠原諸島の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-R0309 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (西日本の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-R0310 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (西之島スポットライトモード)」
(気象庁)
- ・ 火山-R0311 「噴出物の分布や地熱域等の把握及び地形変化の検出への利用」(気象庁)
- ・ 火山-R0312 「合成開口レーダによる火山の変位および変状の抽出」(宇宙航空研究開発機構)
- ・ 火山-R0313 「合成開口レーダを用いた火山活動に伴う地殻変動のモニタリング」
(産業技術総合研究所)
- ・ 火山-R0314 「衛星データを用いた箱根火山の活動モニタリング」(神奈川県温泉地学研究所)
- ・ 火山-R0315 「ALOS-2、Pi-SAR による火山の監視と変化抽出について」(東京電機大学)
- ・ 火山-R0316 「総合測地観測による火山噴火準備過程の研究」(東北大学)

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名：佐藤 雄大
機関名もしくは代表研究者の所属機関名：国土地理院
課題支援機関：国土地理院・測地部宇宙測地課
課題支援者（所属機関）：矢来 博司、宗包 浩志、小林 知勝、森下 遊、桑原 将旗（国土地理院・地理地殻活動研究センター）
課題名称：地殻変動分布の評価への適用手法検討

今年度の成果概要：

火山 WG による観測要求に基づいて緊急観測が実施された 4 火山（西之島、福岡ノ場、阿蘇山、ゴンゴ共和国ニラゴンゴ火山）について SAR 干渉解析等を行った。これにより得られた解析結果は、解析後速やかに火山噴火予知連絡会等の関係機関に提出するとともに、国土地理院のホームページにおいて公開した。また、ALOS-2 のこれまでに蓄積された観測データを用いて干渉 SAR 時系列解析を国内 38 火山について実施した。この結果は、火山噴火予知連絡会の定例会に提出するとともに、国土地理院が運用するウェブ地図「地理院地図」で公開した。

1. 西之島：

火山活動の活発化に伴って観測されたデータを用いて SAR 干渉解析及び強度画像の分析を、火山活動が活発となった 2019 年 12 月以降継続して実施した。2021 年 7 月以降は、比較的活動が静穏になったことから、それまでの 2 週間ごとの観測から月 1 回程度の観測となっている。これらのデータを解析して得られた SAR 干渉画像では、昨年度（2020 年 9 月）から継続している火砕丘の北東斜面及び南側で衛星から遠ざかる変動が見られるほかには、2021 年 9 月までは大きな変化は捉えられなかった。しかし、2021 年 9 月の観測では、火砕丘の北側に降灰の影響と考えられる非干渉領域が見られた。また、2021 年 9 月～11 月の間に、火砕丘の北東側に衛星から遠ざかる大きな変動が見られ、さらに、その後の観測では、島のほぼ全域に降灰の影響と考えられる非干渉領域が見られた（図 1）。強度画像では、2021 年 9 月までは大きな変化は見られなかったが、2021 年 9 月の観測で、火砕丘の北側に降灰の影響と考えられる強度低下、2021 年 11 月の観測では火砕丘の東側に地形の変化が見られた（図 2）。

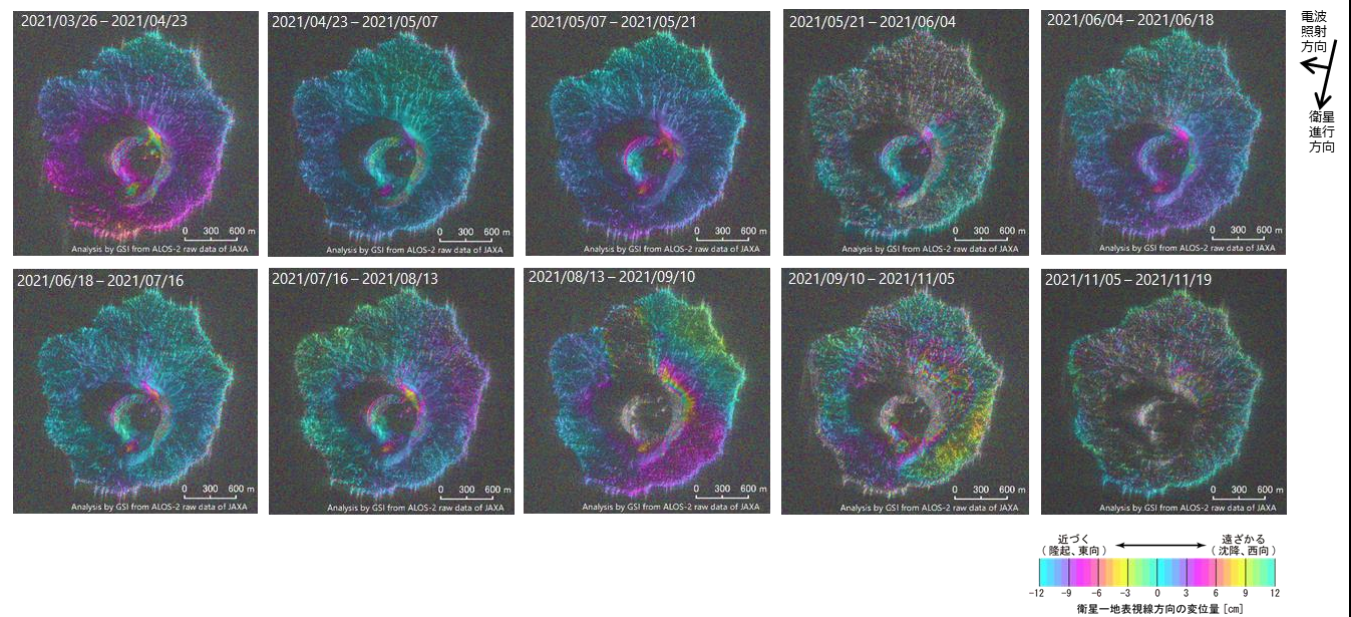


図 1. 西之島の SAR 干渉画像

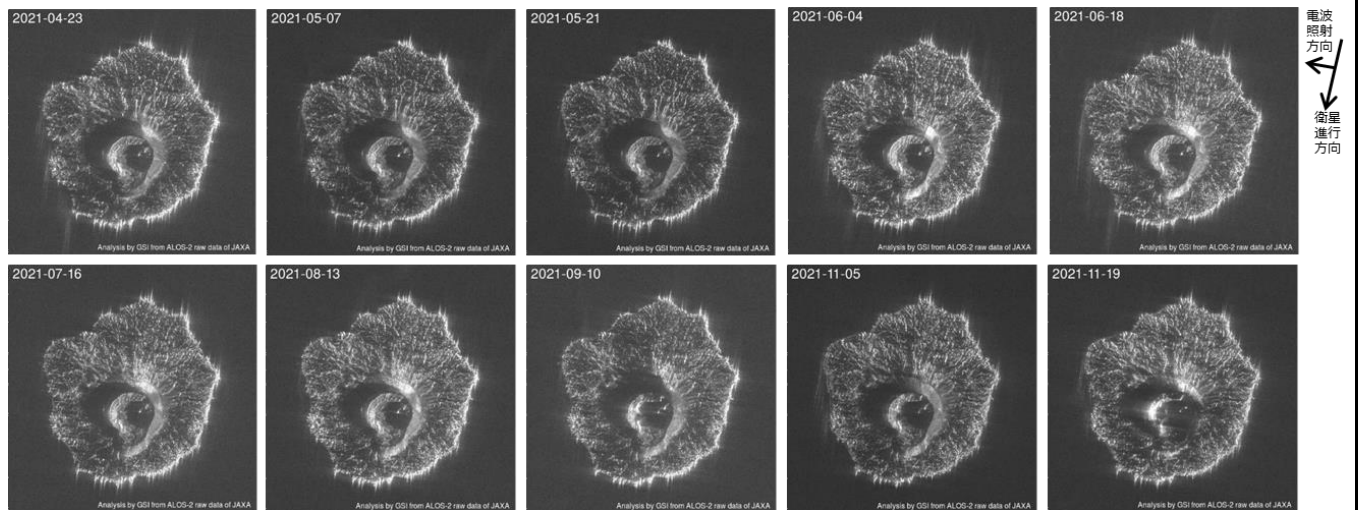


図 2. 西之島の強度画像

2. 福徳岡ノ場：

2021 年 8 月の福徳岡ノ場での火山活動により生じた新島について、月に 2～3 回の頻度で行われた観測データを用いて強度画像の分析を実施した。この結果、島の大きさと形状の変化を捉えることができた。2021 年 12 月以降の観測では、島の縮小により島の形状は確認できなくなった（図 3）。

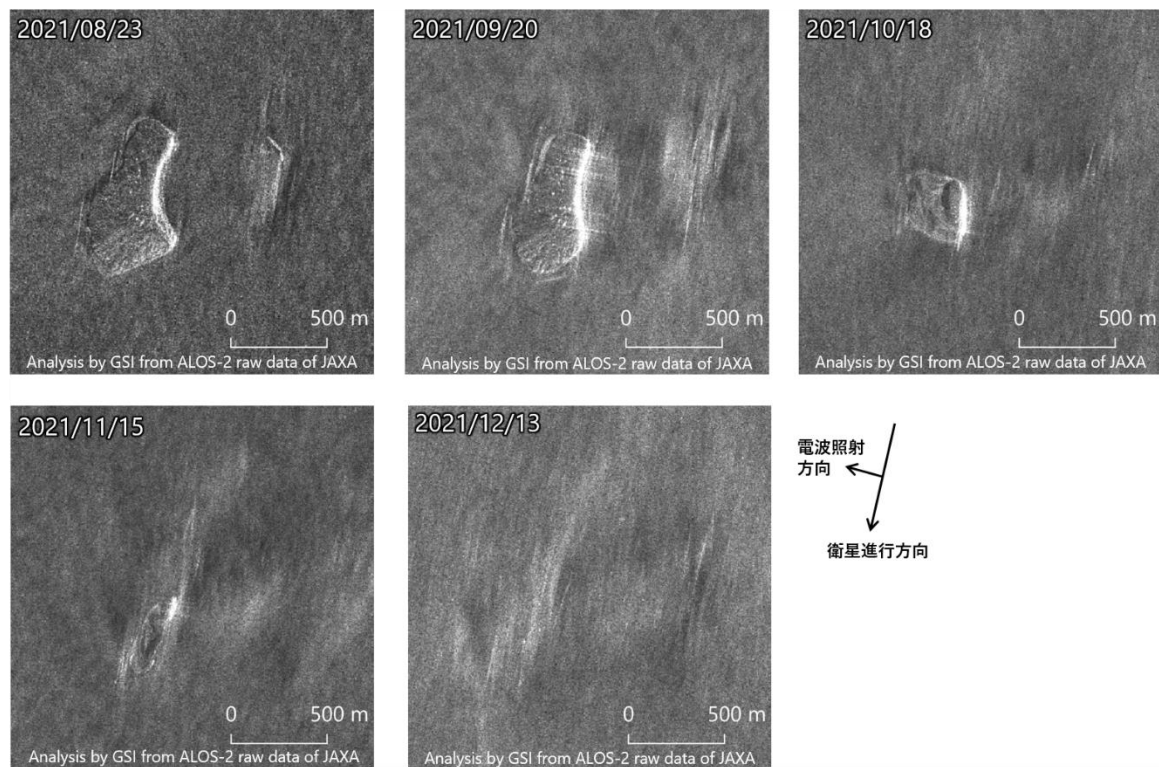
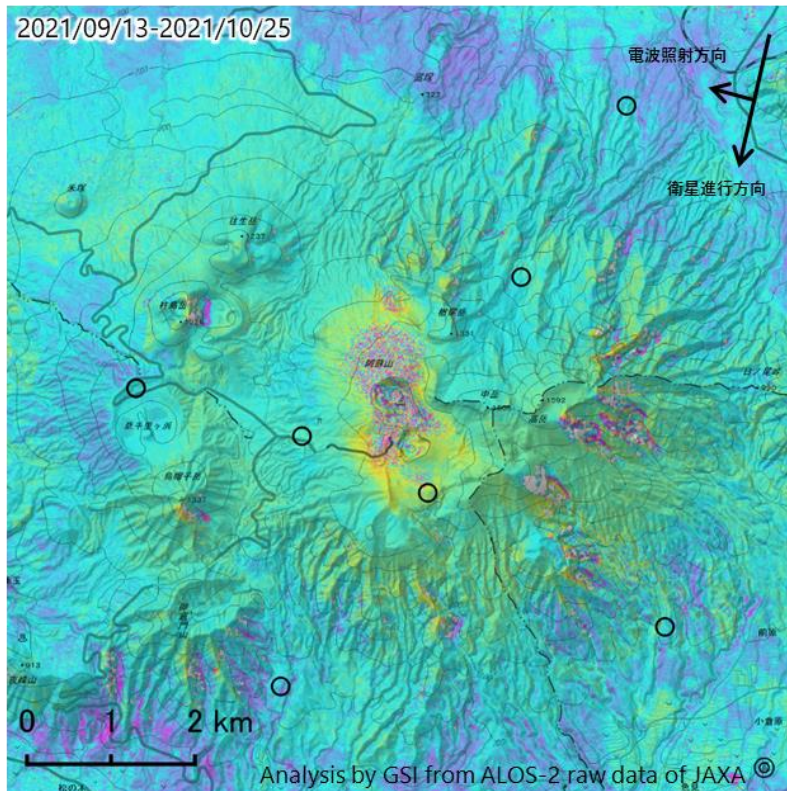


図 3. 福徳岡ノ場の強度画像

3. 阿蘇山：

噴火警戒レベルの引き上げ（10 月 13 日：レベル 1 から 2）、10 月 20 日の噴火（レベル 2 から 3 に引き上げ）に伴って観測されたデータ（10 月 15 日、21 日、25 日）を用いて SAR 干渉解析を実施した。その結果、噴火前の観測では、ノイズレベルを超える変動は見られなかった。一方、噴火後の観測では、中岳の火口周辺に火山噴出物によるとみられる非干渉領域が見られた（図 4）。

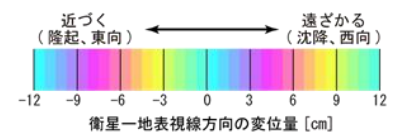


衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/09/13 2021/10/25 12:19頃 (42日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U-U
入射角	35.3°
偏波	HH
垂直基線長	-116 m

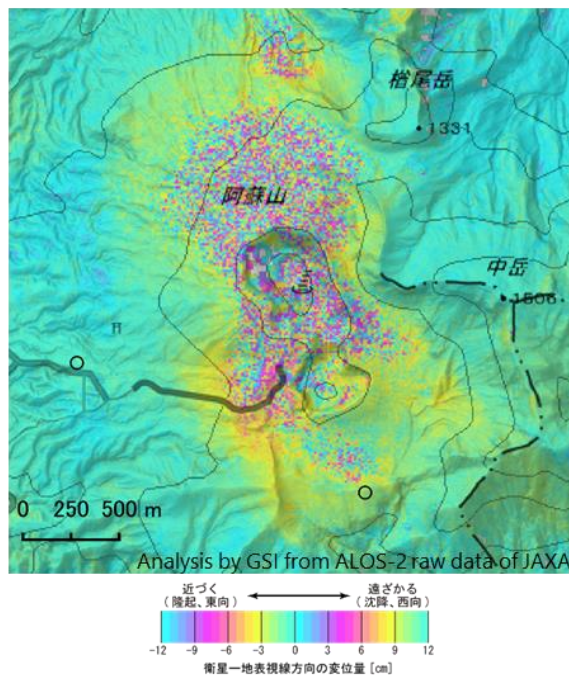
* U：高分解能(3m)モード

◎ 国土地理院GNSS観測点

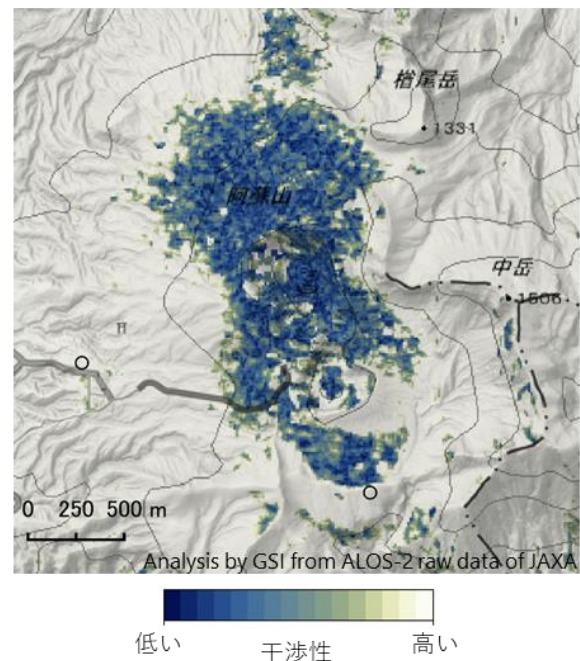
○ 国土地理院以外のGNSS観測点



火口周辺の拡大図



干渉性



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

図 4. 阿蘇山の SAR 干渉解析結果 (2021 年 9 月 13 日～2021 年 10 月 25 日)

【第 149 回火山噴火予知連絡会資料より抜粋】

4. ニーラゴンゴ火山：

コンゴ民主共和国の北キブ州、州都ゴマの北約 15km にあるニーラゴンゴ火山で、5 月 22 日 (UTC) に発生した噴火に伴って観測されたデータを用いて SAR 干渉解析を実施した。さらに、得られた干渉解析結果を用いた 2.5 次元解析や強度画像を利用した加色混合法 (RGB 合成画像) による解析を行った。その結果、ニーラゴンゴ火山の南側からゴマ周辺にかけて大きな変動が見られ、変動域の中心では

最大約 80cm の沈降、変動域の西側では最大約 1.5m の西向きの変動かつ最大約 80cm の隆起、変動域の東側では最大約 1.5m の東向きの変動が検出された（図 5）。また、RGB 合成画像からニーラゴンゴ火山の南側山腹から溶岩が流出したことを示唆する結果が得られた（図 6）。これらの結果は、JICA を通じて現地政府に情報提供された。

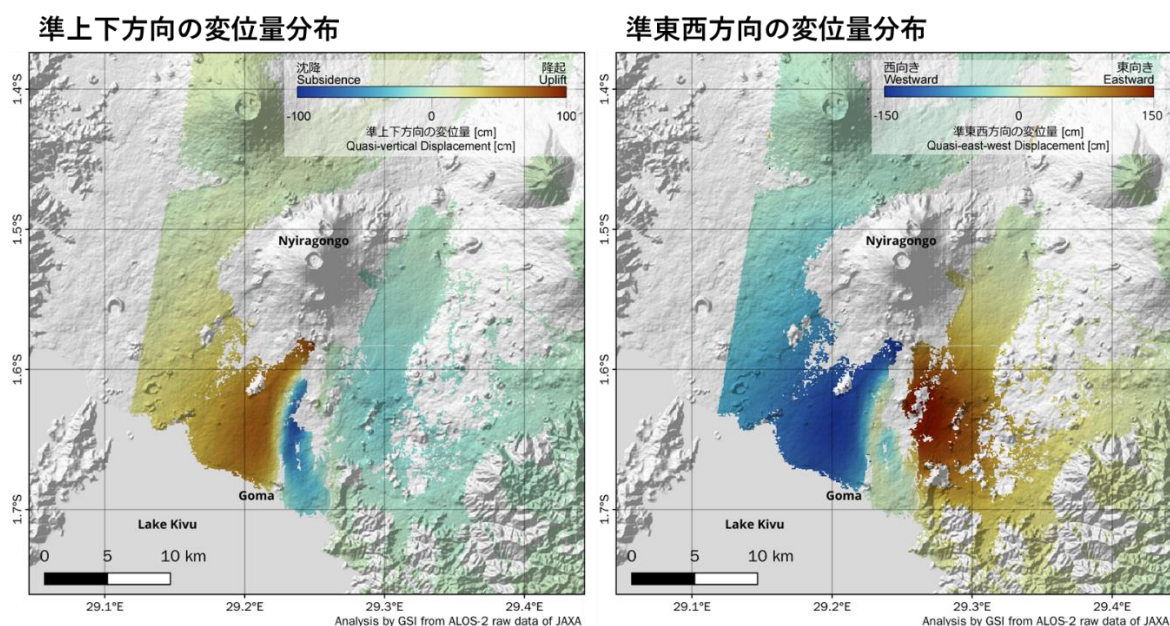


図 5. 2.5 次元解析によるニーラゴンゴ火山の噴火に伴う変動
（左：準上下方向の変位量分布、右：準東西方向の変位量分布）

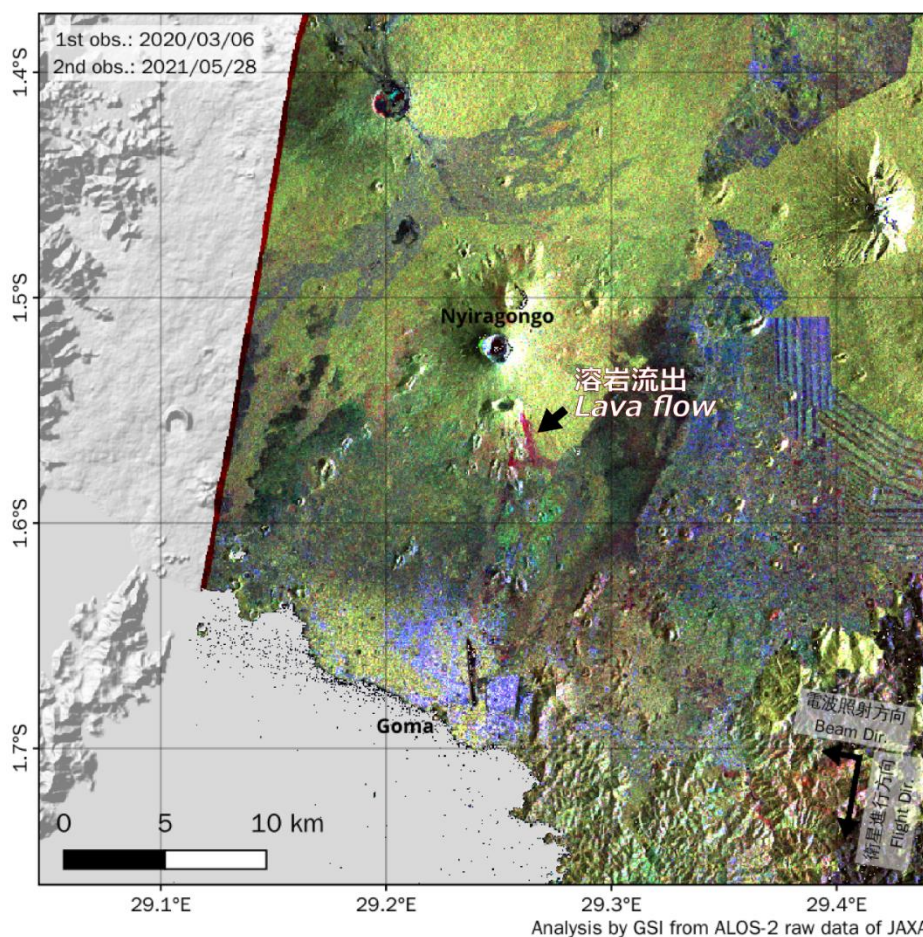


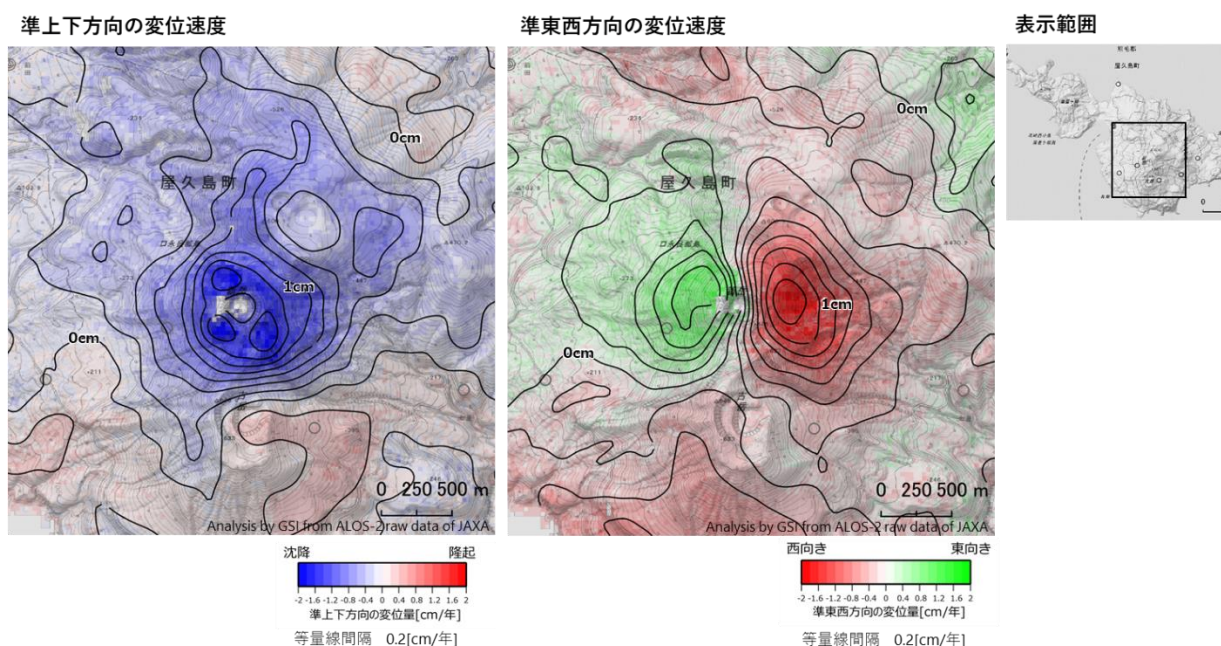
図 6. 強度画像を用いた加色混合（RGB 合成画像）によるニーラゴンゴ火山の噴火に伴う強度変化

5. 干渉 SAR 時系列解析結果：

国内 111 の活火山のうち 38 火山（表 1）を対象に、ALOS-2 の打ち上げから現在までに観測された約 7 年分のデータを用いて、干渉 SAR 時系列解析を実施した。その結果、21 火山において地殻変動を検出した。このうち、口永良部島では、従来の SAR 干渉解析では捉えることができなかった山頂部の変動を検出した。北行軌道及び南行軌道のデータから得られた干渉 SAR 時系列解析結果を用いて 2.5 次元解析を実施した結果、山頂部の沈降と東西方向の圧縮が明らかとなった（図 7）。さらに、干渉 SAR 時系列解析結果を用いたインバージョン解析により圧力源の位置と体積変化を推定した（図 8）。これらの結果は、火山噴火予知連絡会において火山活動の評価に活用された。

表 1. 干渉 SAR 時系列解析を実施した火山

地域	火山名
北海道	アトサヌプリ 雌阿寒岳 雄阿寒岳 大雪山 十勝岳 樽前山 倶多楽 有珠山 北海道駒ヶ岳 恵山
本州	岩木山 八甲田山 十和田 秋田焼山 八幡平 岩手山 秋田駒ヶ岳 鳥海山 栗駒山 蔵王山 吾妻山 安達太良山 磐梯山 草津白根山 浅間山 焼岳 御嶽山 箱根山
伊豆諸島	伊豆大島 三宅島 硫黄島
九州・南西諸島	阿蘇山 雲仙岳 霧島山 桜島 薩摩硫黄島 口永良部島 諏訪之瀬島



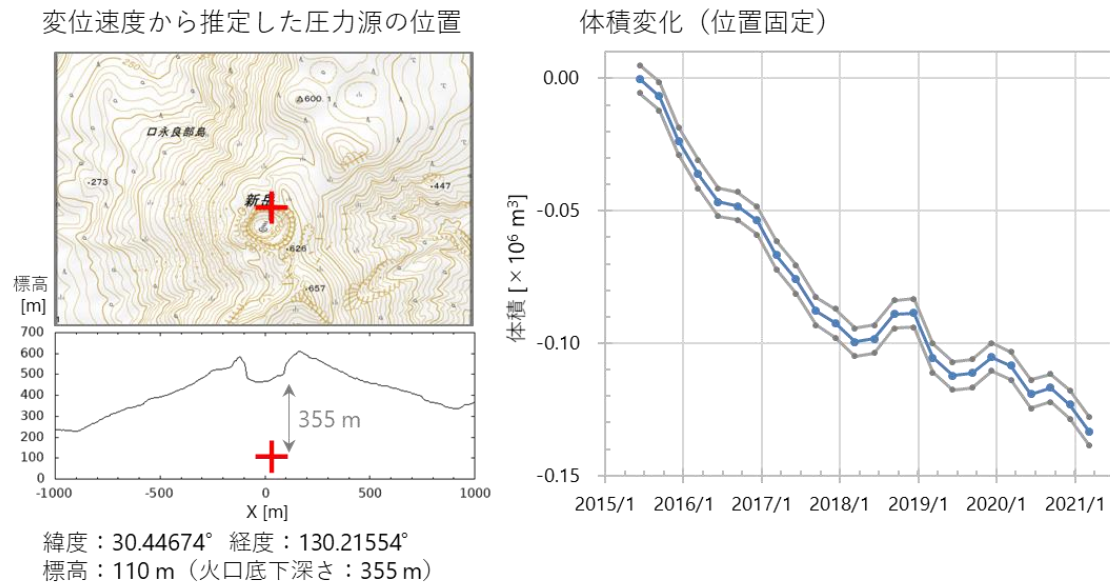


図 8. 干渉 SAR 時系列解析結果を用いたインバージョン解析による圧力源の位置と体積変化
（左：圧力源の位置、右：圧力源の位置を固定して推定した体積変化）

【第 149 回火山噴火予知連絡会資料より抜粋】

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

■火山噴火予知連絡会

- ・火山噴火予知連絡会 第 6 回草津白根山部会資料
- ・火山噴火予知連絡会 第 5 回霧島山部会資料
- ・火山噴火予知連絡会 第 3 回口永良部島部会資料
- ・火山噴火予知連絡会 第 4 回口永良部島部会資料
- ・第 148 回火山噴火予知連絡会資料
- ・第 149 回火山噴火予知連絡会資料

■学会発表

- ・三木原香乃、犬飼孝明、石倉信広、島崎久実、石本正芳、小林知勝（2021）、干渉 SAR 時系列解析による国内火山の長期的な地殻変動について、日本地球惑星科学連合 2021 年大会
- ・Ichimura, M., K. Mikiyara, N. Ishikura, K. Shimazaki, M. Ishimoto, Y. Sato, T. Kobayashi and H. Munekane (2021), Monitoring Active Volcanoes in Japan Using InSAR Time Analysis System with ALOS-2 Data, AGU Fall Meeting 2021

■国土地理院 HP 掲載

- ・国内火山干渉画像（地理院地図：<http://maps.gsi.go.jp/>）
- ・干渉 SAR 時系列解析結果（地理院地図：<http://maps.gsi.go.jp/>）
- ・西之島の SAR データ解析結果
https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1_nishinoshima.html（2019 年 11 月～2020 年 10 月）
<https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20201106nishinoshima.html>（2020 年 11 月～）
- ・福徳岡ノ場の SAR データ解析結果
<https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20210820fukutokuokanoba.html>
- ・阿蘇山の地殻変動
2021 年 10 月 25 日発表（<https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20211015aso.html>）

2021 年 10 月 22 日発表 (<https://www.gsi.go.jp/common/000235864.pdf>)

2021 年 10 月 15 日発表 (<https://www.gsi.go.jp/common/000235860.pdf>)

・ ニーラゴンゴ火山

https://www.gsi.go.jp/cais/topic20210522_Nyiragongo.html

来年度以降の課題・計画：

引き続き、ALOS-2 による緊急観測が行われた際にデータを入手し、SAR 干渉解析等を行うことにより地殻変動の検出を試みる。

日本全国の火山を対象に定常的に SAR 干渉解析を実施し、変動監視を行う。解析結果を必要に応じて火山噴火予知連絡会へ報告する。

ALOS-2 等のデータを用いて、時系列解析を含めた SAR 干渉解析手法の高度化に関する検討を行い、地殻変動検出の高精度化のための手法の開発を試みる。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名：楠 勝浩
機関名もしくは代表研究者の所属機関名：海上保安庁海洋情報部
課題支援機関：海上保安庁海洋情報部
課題支援者（所属機関）：藤原 琢磨、新庄 健之、新村 拓郎
課題名称：南方諸島方面海域火山の監視の検証
今年度の成果概要： 海域火山監視への衛星データの活用を検討に以下を実施した。 1. JAXA と連携した航空機による調査結果と衛星データとの比較検討 2. 海域火山における変色水域などの火山活動に関する光学衛星データの検知能力の検証 3. CIRC の赤外線画像を用いた西之島の活動状況把握の検討 4. PALSAR-2 の SAR 画像を用いた火山活動状況把握の可否についての検討 1. JAXA と連携した航空機による調査結果と衛星データとの検証 宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門 衛星利用運用センターと連携して、令和元年 12 月に再噴火した西之島を主に、当庁航空機による調査実施の都度、調査結果と可視・赤外線の衛星データ（GCOM-C 等）解析結果の検証を実施し、活動状況の把握に努め、防災情報の提供に役立てるとともに、今後の衛星による火山活動監視の知見を大いに深めることができた。 今後も福徳岡ノ場や明神礁の変色水監視等も含め、さらなる連携により知見を深めていきたい。 2. 海域火山における変色水域などの火山活動に関する光学衛星データの検知能力の検証 西之島において衛星データ（GCOM-C 等）と、当庁航空機による調査によって得られた結果を比較し、変色水域の検知能力や噴火状況の把握について検証した。 変色水については、湧出の有無や色調、範囲を比較することによりその有用性を確認した。 気象条件により、その検知能力は左右されるものの、福徳岡ノ場等の本土から遠方の火山については、航空機による高頻度の調査は困難であり、それを補完する手法として衛星データの活用は有効な手段であることが確認できた。 3. CIRC の赤外線画像を用いた西之島の活動状況把握の検討 上記したとおり、遠方の海域火山において、航空機による調査を高頻度に行うことは困難であり、それを補完し、海域火山の活動状況を把握する手法として衛星データの活用は有効な手段である。そういった意味において、より多くの衛星データを得られることは有効である。 西之島においては昨年 8 月以降、噴火は沈静化しているが、光学衛星データを補完し、活動状況の概要を把握できたことは非常に有効であった。 4. PALSAR-2 の SAR 画像を用いた火山活動状況把握の可否についての検討 当該期間では実施しなかった。
成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）： 今年度なし

来年度以降の課題・計画：

来年度も引き続き本研究を継続する。また、新島出現や軽石を伴う噴火の機会があれば、その計測及び軽石を含む変色水域の計測等の手法やその有効性についても検討したい。

さらに、今年度と同様に JAXA との連携を継続強化するとともに、火山活動林野火災速報システムや GCOM-C, CIRC 等のデータの海域火山監視への活用をさらに促進する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名：村上 亮 （北大地震火山研究観測センター研究員）
機関名もしくは代表研究者の所属機関名：北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
課題支援機関：北海道大学
課題支援者（所属機関）：大園真子（北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター）、 古屋正人（北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門）
課題名称：測地観測と結合した火山性地殻変動解析および活動評価
今年度の成果概要： 1. 目的 北海道の活動的火山は、積雪等の苛刻な環境や、インフラ整備率の低さなど、地上観測には多くの制約があり、北方領土四島の火山に至っては、アクセス自体が非常に困難である。本研究では、リモート性に優れた衛星データを利用し、これらの火山を対象に干渉 SAR 解析を実施して、地殻変動の検出を試みる。また、地上測地観測網の整備された火山では GPS・水準測量などのデータを合わせ総合的な地殻変動解析を行う。なお、北海道以外の火山が活動的になった場合は、それらの火山の解析も実施する。 2. 解析結果 恵山では、山頂周辺部における気象庁の GNSS 繰り返し観測によって、西側の火口原の観測点と山頂点の距離が伸長する変化が捉えられているが、その原因が地下の増圧によるものか、それ以外の原因であるのかの特定ができていなかった。ALOS2 のデータの蓄積が進んだため、可能な限り長期間のペアの組み合わせを選択し、干渉解析を行った。昨年度までに、溶岩ドーム（約 8000 年前に形成）のかなり広い領域が、東落ちの傾斜に従って、滑動していることを見出した。滑動の平均速度は年 1～2 cm 程度であり、別途気象庁の繰り返し観測で確認されていた GNSS 基線の伸張とは、変動の向きと大きさの点で完全に整合する。滑動部分の体積は 1～2 百万 m³ と推計され、崩壊した場合には、崩壊物が斜面直下の住民居住域を直撃する危険性が極めて高い。崩壊は、噴火、地震、融雪や降雨による地下水位上昇などにトリガーされて発生する可能性が高いと考えられる。本年度も、最新の ALOS2 データを解析し、滑動の継続を確認した。気象庁の GNSS 結果も山頂の東方移動の継続を示しており、整合的である。今後、この現象に対する対策を地域防災計画へ反映させるなど、地域防災上の対応が、急務と考えられる。それを促すため、この課題の代表者が所属している函館市恵山火山防災協議会総会の事務局に対し、滑動現象の存在と想定される危険性について、最新情報を提供した。

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

恵山火山防災協議会総会（予定）

来年度以降の課題・計画：

マグマ性変動に限らず，山体の斜面不安定箇所の抽出など，衛星の特質を生かした防災有用情報の抽出方法の高度化を図る．検出された変動は，モデル化を通じてメカニズムの理解を深め，社会に有用な情報に結実させる観点にも留意する．

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 金子隆之
機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 東京大学地震研究所
課題支援機関:
課題支援者(所属機関):
課題名称: 高分解能画像による地質判読とその噴火解析への応用
今年度の成果概要: 令和3年度は、西之島4期活動を対象に、前年度開発したひまわり8号1.6-μm画像による赤外法及び高分解能画像による地形的方法により、噴出率・噴出量の推定を行った。また、噴出状況の詳しい解析を行った。さらに、これらの解析結果に基づいて4期の活動モデルを提唱した。 2019年12月、西之島で新たな活動が始まった。これは2013年に始まった一連の活動の4期目の活動期に当たる。4期の約9カ月に及ぶ活動では、活動当初から約7箇月に渡って1期~3期と同様の噴出活動が続いたが、終盤において火砕丘の急成長を伴う激しい噴泉活動、さらには遠方まで拡散する火山灰放出活動など、当初の活動とは全く異なる噴火様式へと移行した。 本研究では、高い時間分解能をもつひまわり8号の赤外画像による熱異常観測と、全天候観測が可能で高い空間分解能をもつALOS-2のSAR画像による地形観測を相補的に用いることにより噴火推移の解析を進めた。また、熱異常および地形変化に基づいて噴出量・噴出率の推定を行った。 4期の活動は、中心的な噴火様式の違いに基づいて、3つのステージに分けられる。ALOS-2画像から噴火状況の推移を判読した。ステージ1は噴出活動が主体でほとんどの溶岩が火砕丘北東麓にある北東火口から噴出し、北側半分の領域を広く覆った。噴出率は$0.5\text{--}0.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$程度であった。ステージ2では、高い噴出率に伴って活発な噴泉活動が発生し、火砕丘が急速に成長した。ステージ2では活発な噴泉活動に伴ってクラスト溶岩と思われる赤色の溶岩、火砕丘崩壊に伴うスコリアラフトを載せた溶岩が生じた。これらは山体の南側半領域に分布している。噴出率は一時的には4期平均値の5倍($2.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$)以上に達していたと推定され、この時、同時に全噴出物に占める火砕岩の割合が5~8割と非常に高くなっていた。ステージ3では、マグマ水蒸気爆発に伴う火山灰の放出のみで、火砕丘の成長はほとんど見られなかった。4期活動の総噴出量は$132 \times 10^6 \text{ m}^3$、期間を通じた平均噴出率は$0.58 \text{ m}^3/\text{day}$であった。 4期の活動を特徴づける高い平均噴出率、ドラスティックな活動変化、集中的噴泉活動に伴う急激な噴出率の高まりは、ステージ2において、ガス成分に富むマグマが火道浅部に達するようになったため、活発な噴泉活動が起き、同時に蓄えられていたマグマが連鎖的に発泡して噴泉として短期間で大量に放出されたとするモデルで説明することができる。 衛星搭載の紫外-可視センサー画像の観測から、ステージ2の活発な噴泉活動に対応してSO_2放出量が急増したことが示され、これはガスに富むマグマが噴出し始めたことを裏付ける。また、ステージ2に採取された火山灰は1-3期の溶岩に比べはるかに未分化な組成を持ち、これがガス成分に富むマグマの実態であった可能性がある。ステージ2に入ってから付近の広い海域で変色海域が発生するようになった。これは、ガス成分に富むマグマが上昇してきたために、海面下の山体表面から熱水が海中に噴出し、海水と混合することで発生した可能性がある。

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

Kaneko, T., Maeno, F., Ichihara, M., Yasuda, A., Ohminato, T., Nogami, K., Nakada, S., Honda, Y., Murakami, H., Episode 4 (2019-2020) Nishinoshima activity: Abrupt transitions in the eruptive style observed by image datasets from multiple satellites, Earth Planets Space, 74:34, 2022.

Maeno, F., Yasuda, A., Hokanishi, N., **Kaneko, T.**, Tamura, Y., Yoshimoto, M., Nakano, S., Takagi, A., Takeo, M. and Nakada, S., Intermittent Growth of a Newly-Born Volcanic Island and Its Feeding System Revealed by Geological and Geochemical Monitoring 2013–2020, Nishinoshima, Ogasawara, Japan. Front Earth Sci, 9 773819:1-23, 2021.

Kaneko T., Yasuda A, Fujii T, Simple empirical method for estimating lava-effusion rate using nighttime Himawari-8 1.6- μ m infrared images. Earth Planet Space 73:37, 2021

Gresse, M., Uyeshima, M., Koyama, T., Hase, H., Aizawa, K., Yamaya, Y., Morita, Y., Weller, D., Rung-Arunwan, T., **Kaneko, T.**, Sasai, Y., Zlotnicki, J., Ishido, T., Ueda, H., Hata, M., Hydrothermal and magmatic system of a volcanic island inferred from magnetotellurics, seismicity, self-potential, and thermal image: An example of Miyakejima (Japan). Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 126, e2021JB022034, 2021.

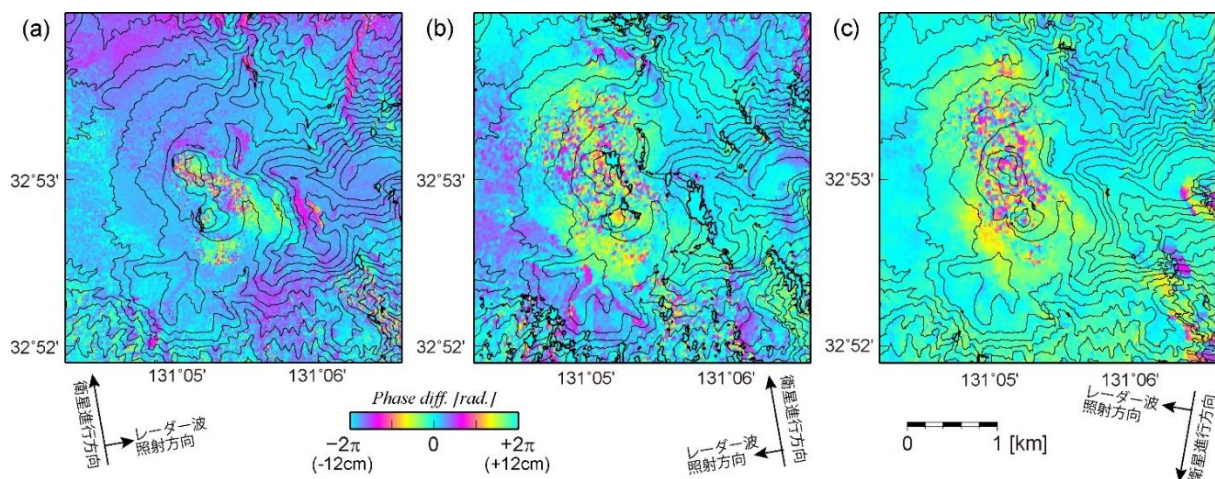
（予知連）

ひまわり 8 号による西之島 2019–20 年噴火の観測（16） 第 148 回火山噴火予知連絡会

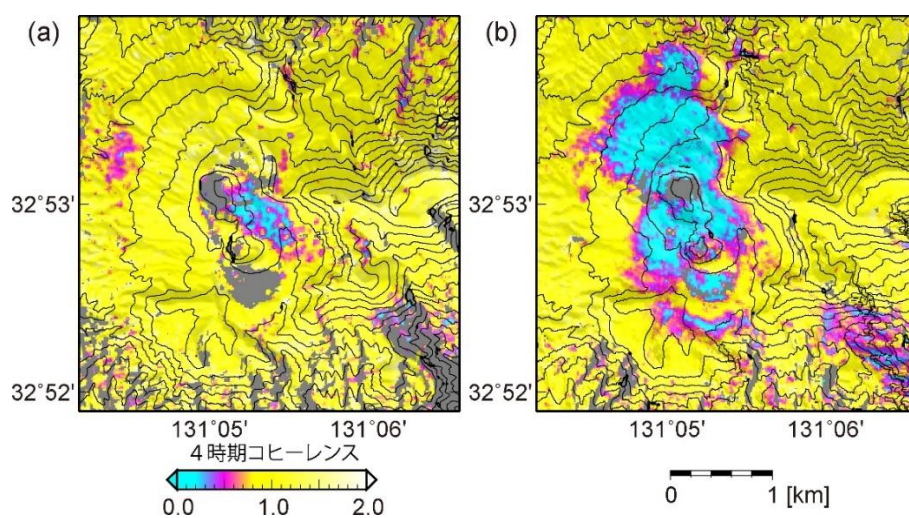
来年度以降の課題・計画：

衛星画像を用いた噴火推移解析に取り組む。ひまわり 8 号の観測結果に、ALOS-2, WorldView, OMPS・TROPOMI 等の複数の衛星画像を効果的に組合せて、解析を進める。主要な対象は、2018 年新燃岳噴火とするが、他に重要な噴火が発生した場合は、機動的に対象を変更する。

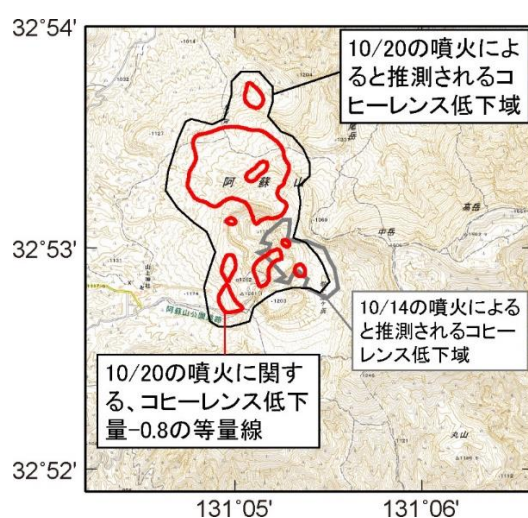
機関の代表者もしくは代表研究者 氏名：小澤 拓
機関名もしくは代表研究者の所属機関名：国立研究開発法人防災科学技術研究所
課題支援機関：
課題支援者（所属機関）：姫松 裕志（防災科学技術研究所）
課題名称：合成開口レーダーを用いた火山活動に伴う地殻変動の検出
今年度の成果概要： 2021年10月14日に阿蘇山で発生した噴火に関して、防災利用実証実験火山WGを通じてだいち2号のPALSAR-2による緊急観測が2021年10月15日に実施された。また、2021年10月20日に阿蘇山で発生した噴火に関して、だいち2号のPALSAR-2による緊急観測が2021年10月21日と2021年10月25日に実施された。これらのデータを用いたSAR解析を実施した。 解析データは以下の通り。 データペア1： 衛星・軌道・観測方向：だいち2号(ALOS-2)・北行軌道・右方向視 センサー・観測モード：PALSAR-2・SM1 観測日：2021年5月28日0:11(JST) — 2021年10月15日0:11(JST) データペア2： 衛星・軌道・観測方向：だいち2号(ALOS-2)・北行軌道・左方向視 センサー・観測モード：PALSAR-2・SM1 観測日：2020年11月5日23:23(JST) — 2021年10月21日23:23(JST) データペア3： 衛星・軌道・観測方向：だいち2号(ALOS-2)・南行軌道・右方向視 センサー・観測モード：PALSAR-2・SM1 観測日：2021年9月13日12:18(JST) — 2021年10月25日12:18(JST) 地殻変動について： ノイズレベルを超える有意な地殻変動を示す位相変化は見られない(図1)。 コヒーレンスについて： データペア1については2017年2月23日と2017年6月1日のペアから得られたコヒーレンスの比から、非定常のコヒーレンス成分を推定した(4時期コヒーレンス法)。この解析結果を図2(a)に示す。阿蘇山中岳火口から南東方向の約700mの範囲において、顕著なコヒーレンス低下域が見られた。これは、2021年10月14日の噴火による降灰により、レーダー波散乱の変化に起因すると推測される。小澤・藤田(火山学会、2020)の解析と同様と仮定すると、-0.8のコヒーレンス低下量は、およそ2-3cmの降灰厚のコンターに相当するが、データペア1については、-0.8を超える明瞭なコヒーレンス低下は見られなかった。データペア2については適当なデータペアがなかったため、4時期コヒーレンス解析は行っていない。データペア3については、2018年8月6日と2018年10月15日の観測ペアから得られたコヒーレンスを用いて、4時期コヒーレンス法を適用した(図2(b))。阿蘇山中岳火口周辺において顕著なコヒーレンス低下域が見られた。これは、2021年10月14日と2021年10月20日の噴火による降灰により生じた、レーダー波散乱の変化に起因すると推測される。特に、図3に示す赤線においては、およそ2-3cmの降灰厚に相当する-0.8のコヒーレンス低下が得られた。



第1図 SAR 干渉解析結果 (a) データペア 1 (b) データペア 2 (c) データペア 3



第2図 4 時期コヒーレンス解析結果 (a) データペア 1 (b) データペア 3



第3図 顕著なコヒーレンス低下が見られた領域。灰色線と黒線は、データペア 1 およびデータペア 3 の 4 時期コヒーレンス解析結果について目視で判読した、顕著なコヒーレンス低下域。赤線は、データペア 3 の 4 時期コヒーレンス結果におけるコヒーレンス低下量-0.8 の等量線を示す。

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

防災科学技術研究所、2021 年 10 月 14 日および 2021 年 10 月 20 日に阿蘇山で発生した噴火に関する PALSAR-2 緊急観測データの解析結果、第 149 回火山噴火予知連絡会

来年度以降の課題・計画：

火山活動の活発化に伴い緊急観測が実施された場合に、火山 WG から提供される緊急観測データを解析し、火山活動に伴う地殻変動の検出や降灰に伴う干渉性劣化範囲等の抽出を試みる。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名：清水 武志
機関名もしくは代表研究者の所属機関名： 国立研究開発法人 土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム
課題支援機関：
課題支援者（所属機関）：
課題名称：衛星画像を用いた火山噴火に伴う土砂災害に関する情報収集手法の検討
今年度の成果概要： ・2021年12月4日に噴火したインドネシア ジャワ島のスメル火山で発生した泥流について、噴火後の12月6日と噴火前の10月28日に撮影された PALSAR-2 のデータを使わせていただき InSAR 解析により氾濫範囲の推定を試みた。
成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）： ・特になし
来年度以降の課題・計画： ・地球惑星科学連合大会 2022 にて研究成果を発表し意見を伺う。 ・衛星 SAR 画像の噴火後の土石流（火山泥流）に対する適用方法について検討する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 中村 政道

機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 気象庁地震火山部火山監視課

課題支援機関: 気象庁地震火山部技術・調査課、気象庁気象研究所火山研究部、
気象庁札幌管区气象台、気象庁仙台管区气象台

課題支援者 (所属機関):

課題名称: SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (東日本の火山)

今年度の成果概要:

- ・今年度、火山活動の高まりが認められた「有珠山」「草津白根山」「浅間山」について、差分干渉解析を実施した。
- ・有珠山では、2021年3月9日から10日にかけて、山頂火口原のやや深い領域（深さ約2-4km付近）を震源とする地震が一時的に増加し、同時にわずかな傾斜変動も観測したが、解析の結果、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められなかった（図1）。
- ・草津白根山では、2018年以降、湯釜付近浅部の熱水活動が継続していると考えられるが、今期間、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められなかった（図2左）。
- ・浅間山では、2021年3月中旬頃より、浅間山西側での膨張を示す地殻変動が観測されるなど、火山活動の高まりが認められたが、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められなかった（図2右）。

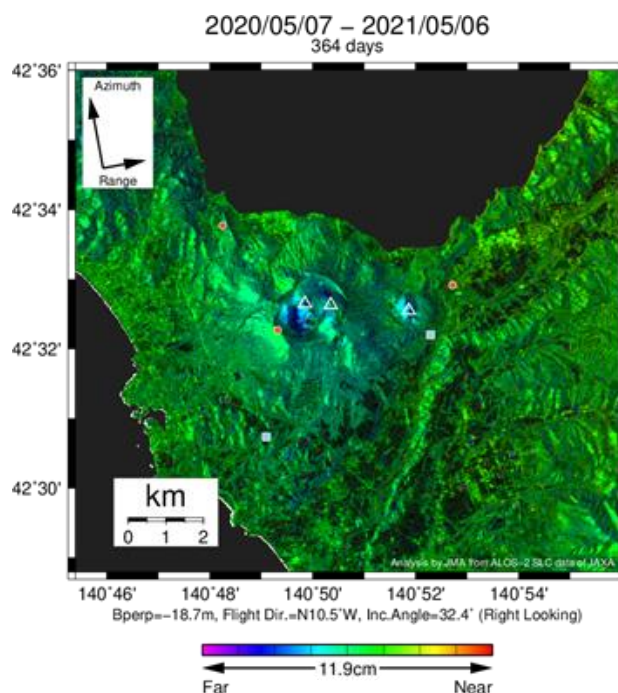


図1 有珠山及び周辺の パス 123 [SM1_U2-6] による差分干渉解析画像

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。

ノイズレベルを超える位相変化は認められない。

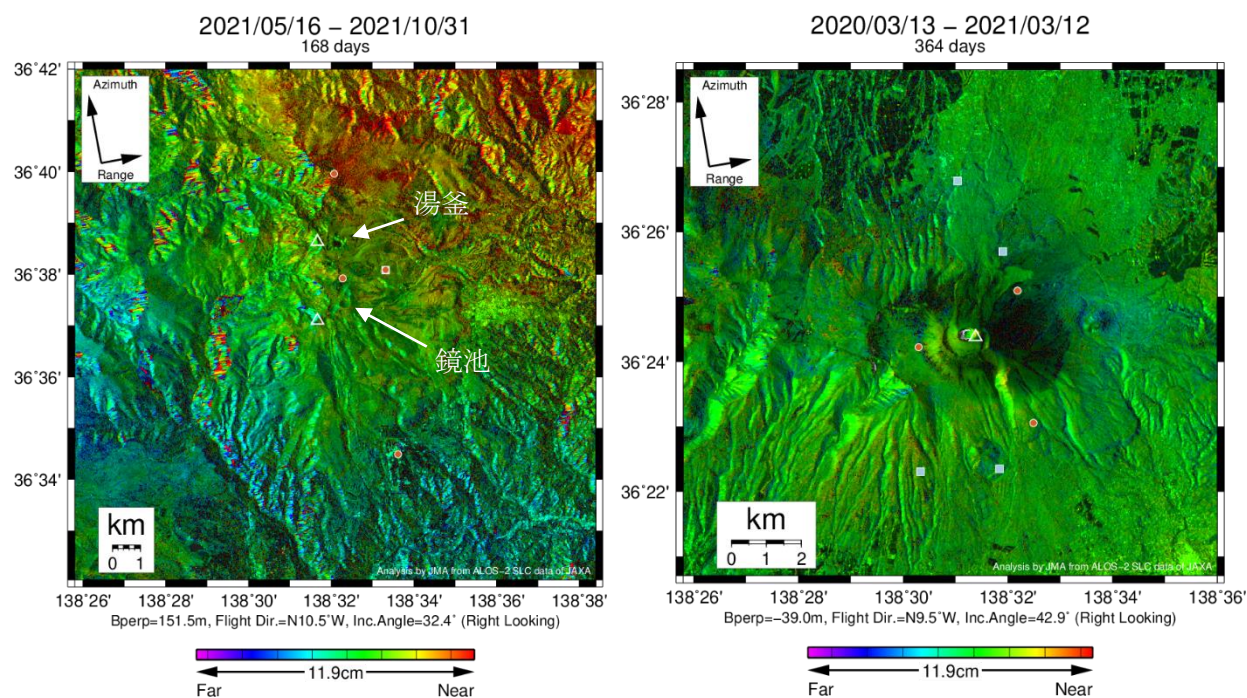


図2 草津白根山及び周辺の パス 125 [SM1_U2-6] による差分干渉解析画像（左）

浅間山及び周辺の パス 126 [SM1_U2-9] による差分干渉解析画像（右）

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点，四角印は傾斜観測点を示す。

ノイズレベルを超える位相変化は認められない。

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況）：

- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた有珠山における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）。
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた草津白根山における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）。
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた草津白根山における SAR 干渉解析結果，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）。
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた浅間山における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）。

来年度以降の課題・計画：

火山活動に応じて対象火山を設定し，SAR 干渉解析により地殻変動を調査する。また，その結果を評価等において利用する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 中村 政道
機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 気象庁地震火山部火山監視課
課題支援機関: 気象庁地震火山部技術・調査課、気象庁気象研究所火山研究部
課題支援者(所属機関): 安藤忍(気象研究所)、奥山哲(気象研究所)、島村哲也(気象研究所)、鬼澤真也(気象研究所)
課題名称: SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(伊豆小笠原諸島の火山)

今年度の成果概要:

- ・伊豆大島について、SBAS 法を用いた干渉 SAR 時系列解析を実施した(図 1)。
- ・得られた両軌道の結果から準上下および東西方向の変化速度(2.5 次元解析)を計算した(図 2, 3)。
- ・全島的には、東向き成分+沈降成分が卓越しているが、西側山腹では西向き成分が、北東側の海岸部では隆起成分が顕著であり、国土地理院の水準測量の報告と調和的な結果が得られた(図 2)。
- ・山頂部では、火口付近における局所的な沈降や東向きの地殻変動が検出されたほか、外輪山の西側における西向き成分や外輪山南西部で局所的な隆起成分に富む場所が検出された。(図 3)

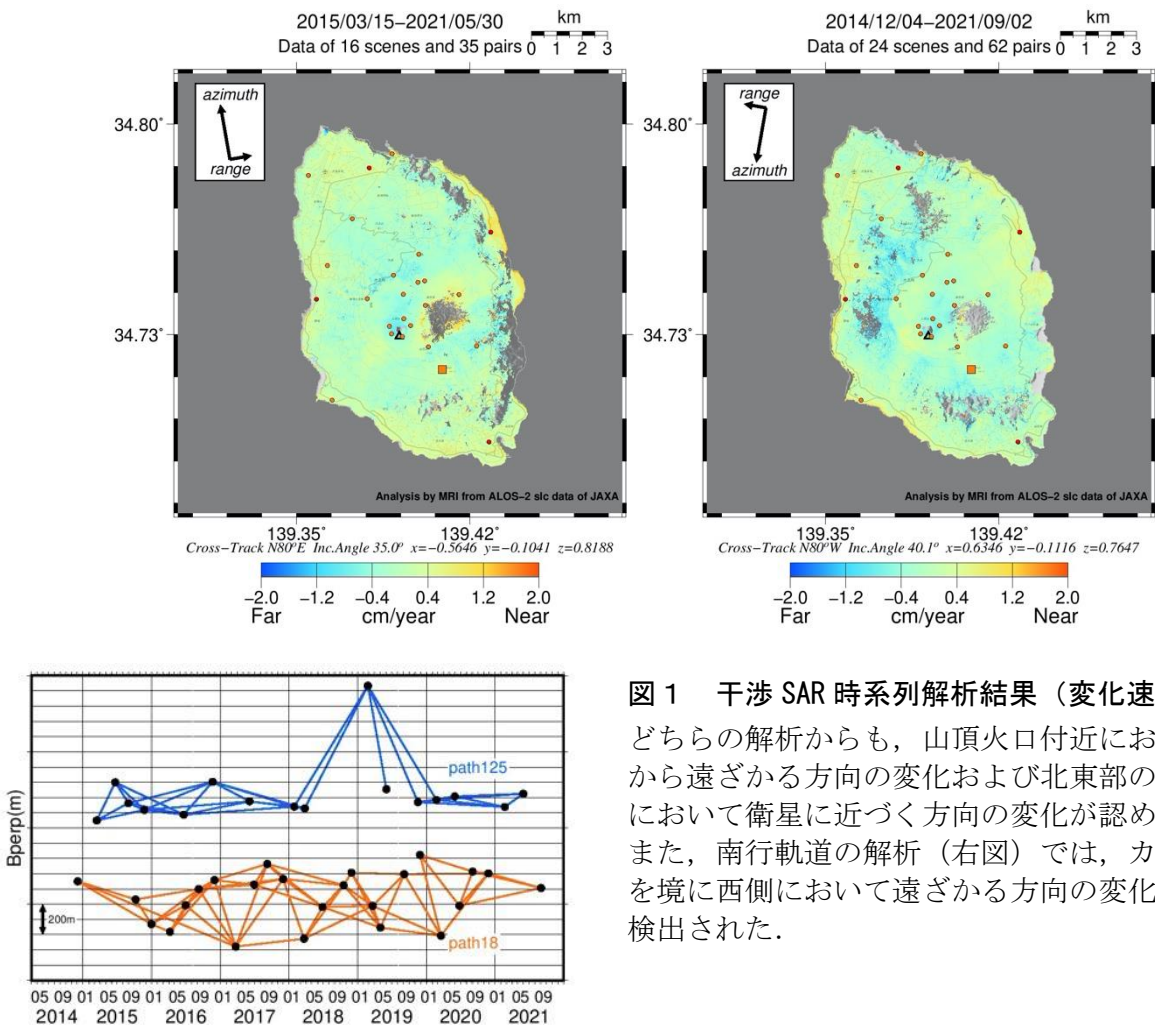


図 1 干渉 SAR 時系列解析結果(変化速度)
 どちらの解析からも、山頂火口付近において衛星から遠ざかる方向の変化および北東部の海岸付近において衛星に近づく方向の変化が認められる。また、南行軌道の解析(右図)では、カルデラ縁を境に西側において遠ざかる方向の変化が顕著に検出された。

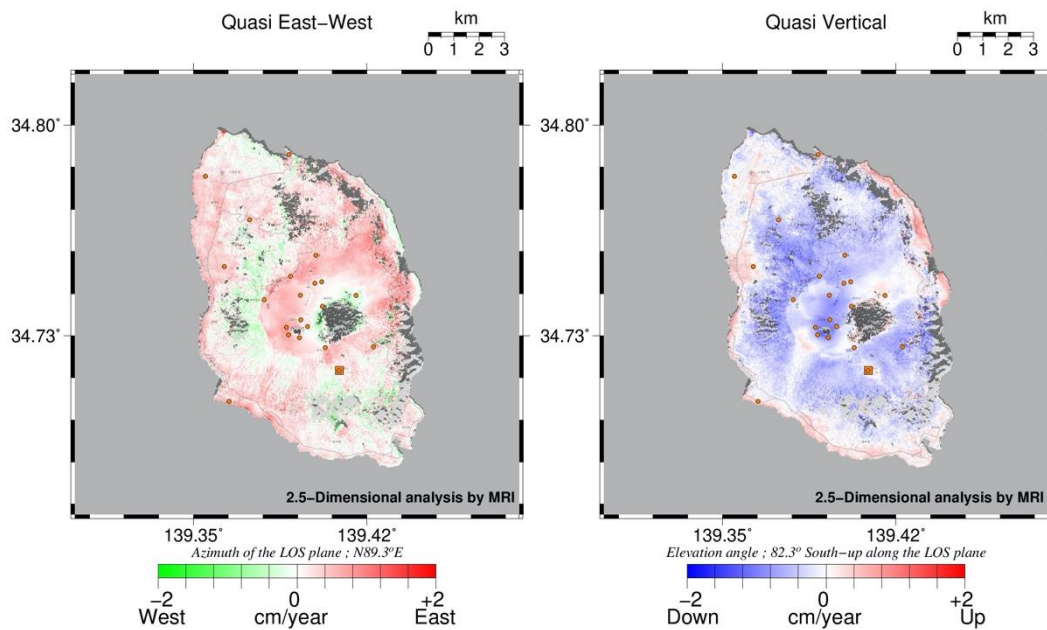


図2 伊豆大島 島全体の解析結果（2.5次元解析）

準東西方向では、全体的に東向き成分が卓越しているが、西側山腹において西向きが顕著である。準上下方向では、全体的に沈降成分が卓越しているが、海岸付近では隆起成分が卓越しており、特に北東側の海岸部において顕著であり、国土地理院の水準測量の報告とパターンが似ている。

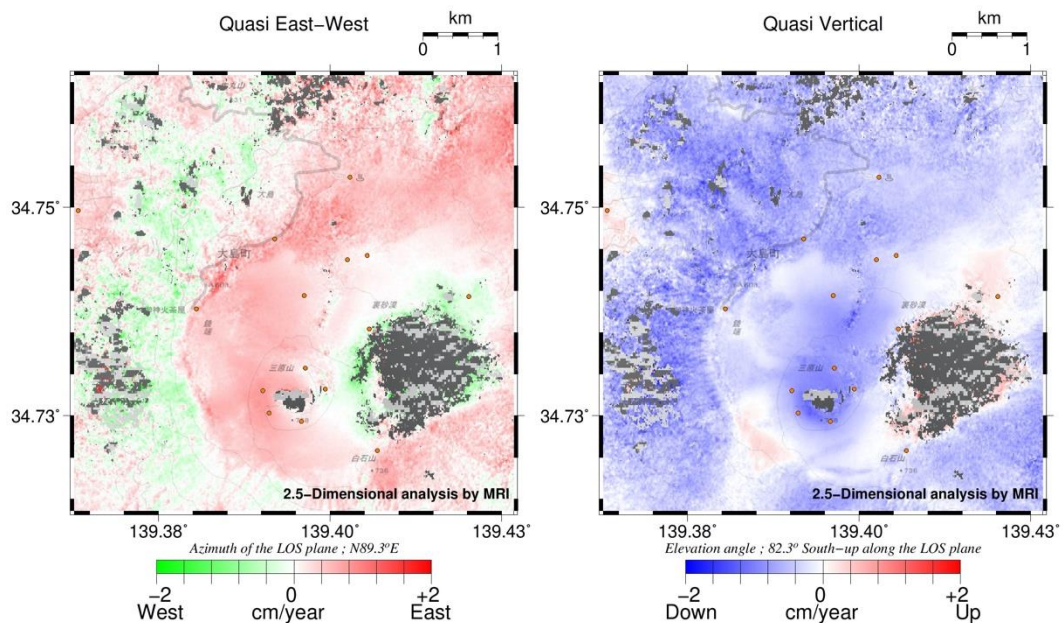


図3 伊豆大島 山頂付近の解析結果（2.5次元解析）

準東西方向では、外輪山を境に明瞭に変位方向が異なっている。上下方向では、基本的に沈降成分が卓越しているが、火口南西部のカルデラ付近を中心に隆起成分に富む変化が局所的に検出された。この付近は熱異常が観測されている場所にも近い場所である。

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況）：

- ・安藤忍・奥山哲・島村哲也・鬼澤真也（2021）InSAR 時系列解析を用いた伊豆大島の地殻変動，日本測地学会第 136 回講演会，P03

来年度以降の課題・計画：

火山活動に応じて対象火山を設定し， SAR 干渉解析により地殻変動を調査する。また，その結果を評価等において利用する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 中村 政道

機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 気象庁地震火山部火山監視課

課題支援機関: 気象庁地震火山部技術・調査課、気象庁気象研究所火山研究部、
気象庁福岡管区气象台、気象庁鹿児島地方气象台

課題支援者 (所属機関):

課題名称: SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (西日本の火山)

今年度の成果概要:

- ・今年度、火山活動の高まりが認められた「阿蘇山」「霧島山」「桜島」「薩摩硫黄島」「口永良部島」「諏訪之瀬島」について、差分干渉解析を実施した。
- ・阿蘇山では、2021 年 10 月に発生した 2 回の噴火に伴い、火口周辺において低相関度領域が検出された。特に 20 日に発生した中規模噴火では、火口の北側を中心に顕著な変化が認められた (図 1～2)。
- ・霧島山では、新燃岳火口内で視線距離伸長の位相変化が、硫黄山付近で視線距離短縮の位相変化がそれぞれ認められた (図 3～4)。

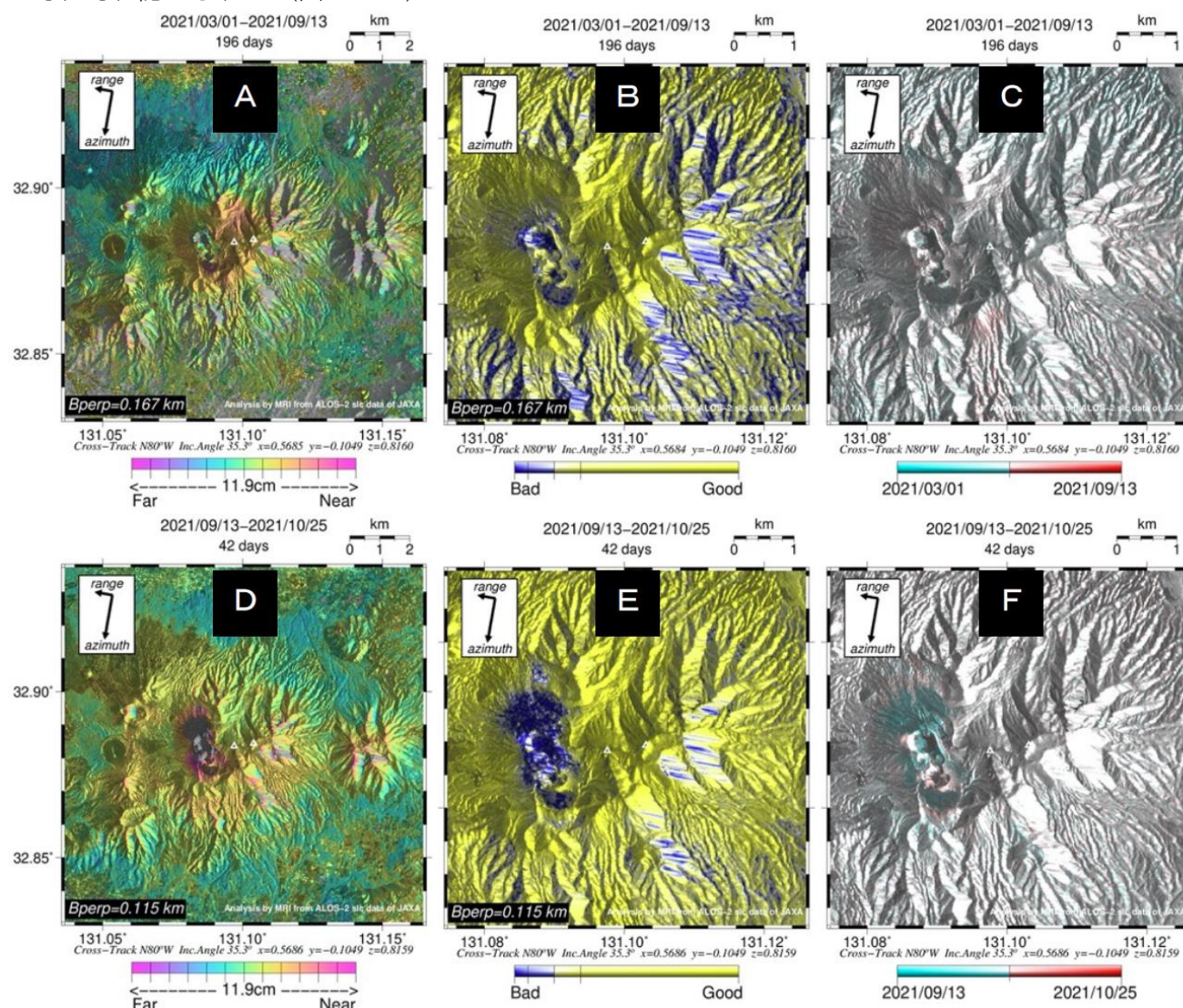


図 1 阿蘇山 パス 23 [SM1_U2-7] による解析結果 (A, D: 干渉画像, B, E: 相関画像, C, F: 強度画像)

図中の△は山頂位置を示す。干渉処理は 4×4 ルック、対流圏遅延、電離圏遅延の軽減処理を実施。噴火前後のペアにおいて山頂火口周辺で、衛星に近づく方向の位相変化が認められ、同様の場所において低相関度領域が確認できる。また、後方散乱強度の低下も認められる。

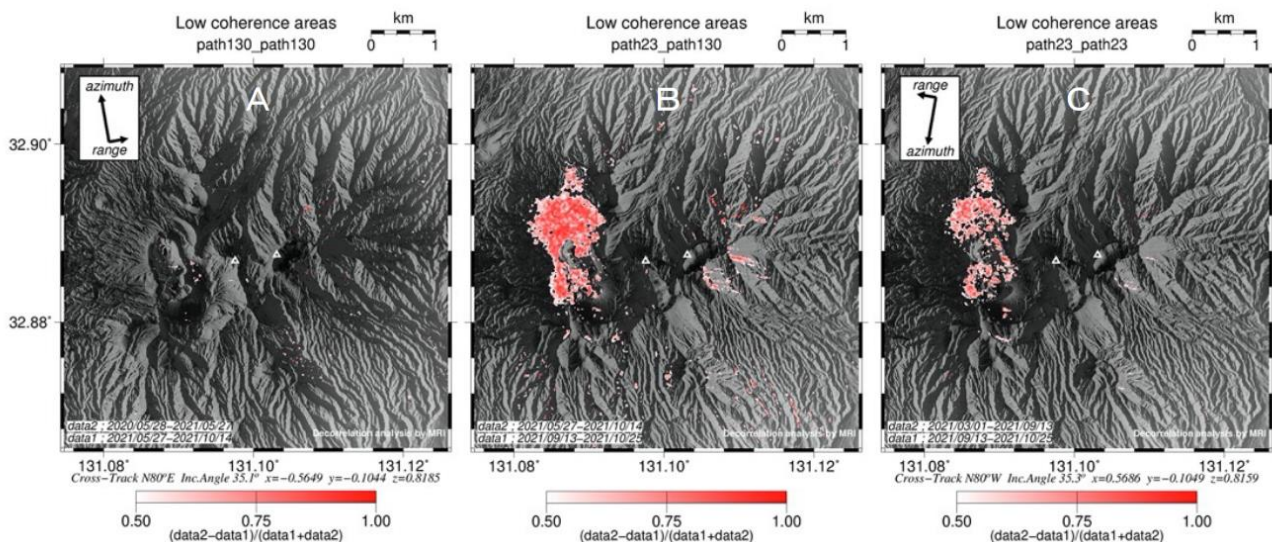


図2 阿蘇山 三時期相関画像を用いた解析

図中の△は山頂位置を示す。

10月14日の小規模噴火を挟む解析(A)ではほとんど変化が認められないが、20日の中規模噴火を挟む解析(B, C)では、主に山頂火口の北側で広範囲な低相関度領域が検出された。なおBについては、異なる軌道の相関画像を用いた解析のため、視線方向の違いによる領域も含まれている可能性がある。

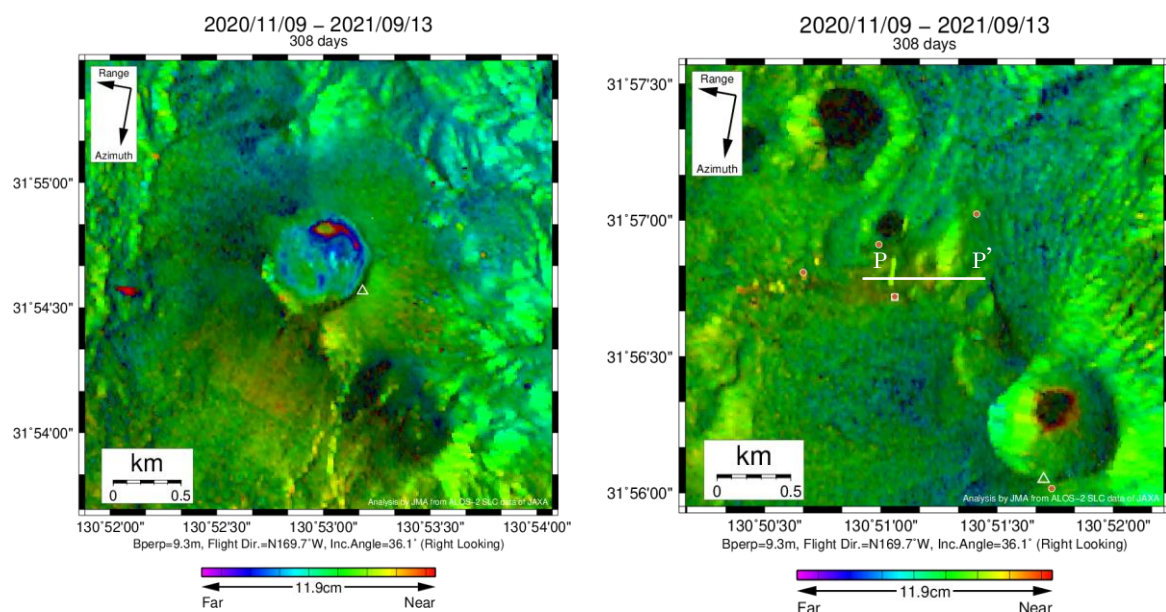


図3 新燃岳付近（左図）とえびの高原（硫黄山）付近（右図）のパス23 [SM1_U2-7] による差分干渉解析画像

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印はGNSS観測点、四角印は傾斜観測点を示す。

新燃岳火口内で視線距離伸長の位相変化が認められる。

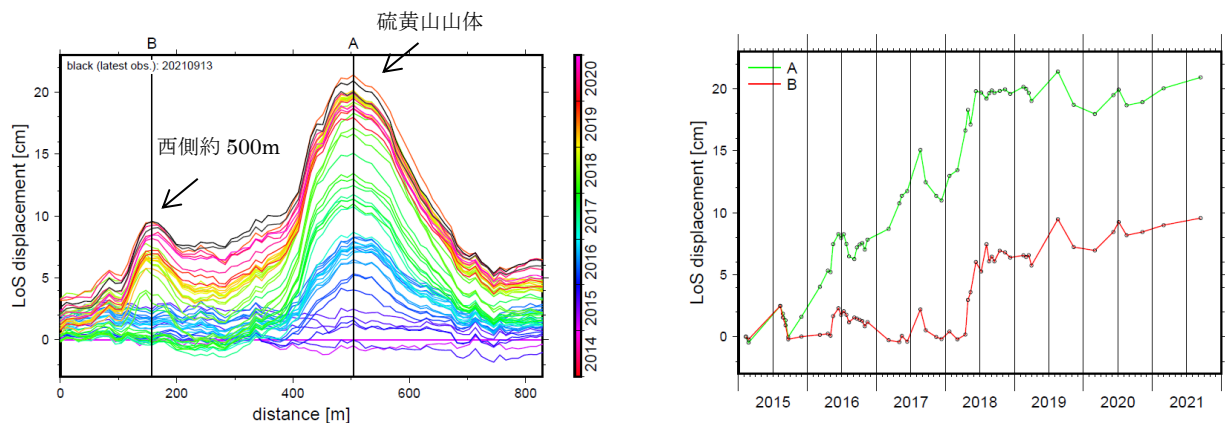


図4 えびの高原（硫黄山）付近の地表変位の時間変化

左は東西断面（図3右中のP-P'），右は時系列を示す．視線距離方向の短縮を正とする．

B またはその付近において視線距離のわずかな短縮が認められる．

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況）：

- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた阿蘇山における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）．
- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた阿蘇山の地形変化，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）．
- ・ 気象庁・気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた霧島山における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）．
- ・ 気象庁・気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた霧島山における SAR 干渉解析結果，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた桜島における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた桜島における SAR 干渉解析結果，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた薩摩硫黄島における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた薩摩硫黄島における SAR 干渉解析結果，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた口永良部島における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた口永良部島における SAR 干渉解析結果，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた諏訪之瀬島における SAR 干渉解析結果，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）．
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた諏訪之瀬島における SAR 干渉解析結果，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）．

来年度以降の課題・計画：

火山活動に応じて対象火山を設定し，SAR 干渉解析により地殻変動を調査する．また，その結果を評価等において利用する．

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 中村 政道

機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 気象庁地震火山部火山監視課

課題支援機関: 気象庁地震火山部技術・調査課、気象庁気象研究所火山研究部

課題支援者(所属機関): 菅井明(火山監視課)、山本哲也(火山監視課)、北川貞之(技術・調査課)、山田晋也(技術・調査課)、奥山哲(気象研究所)、安藤忍(気象研究所)

課題名称: SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(西之島スポットライトモード)

今年度の成果概要:

- 西之島の SPT モードデータについて、差分干渉解析をおこなった(図1)。
- 西之島の SPT モードデータについて、非噴火期間の干渉 SAR 時系列解析をおこなった(図2)。

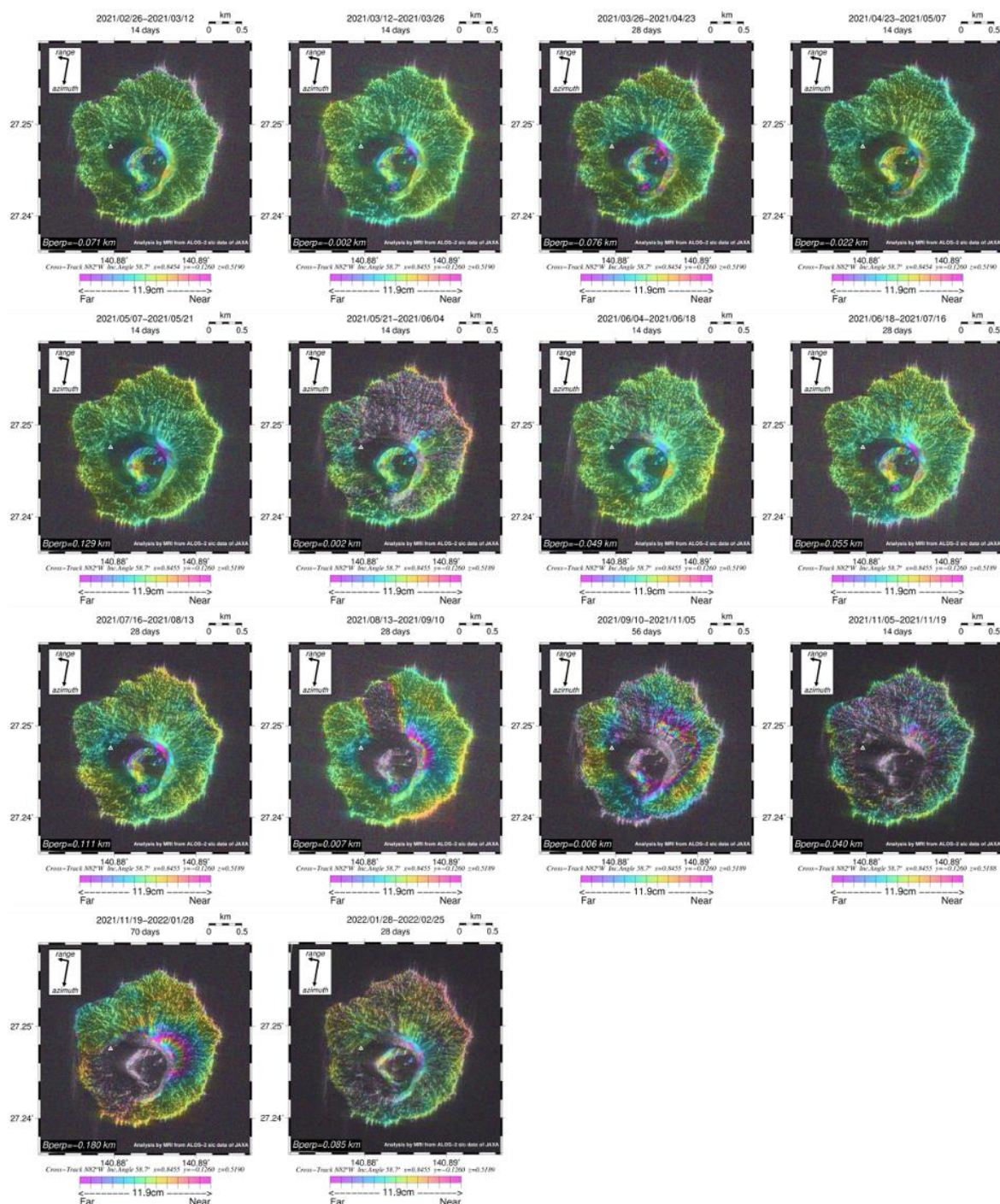


図1. 2021年2月から2022年2月までの差分干渉解析結果

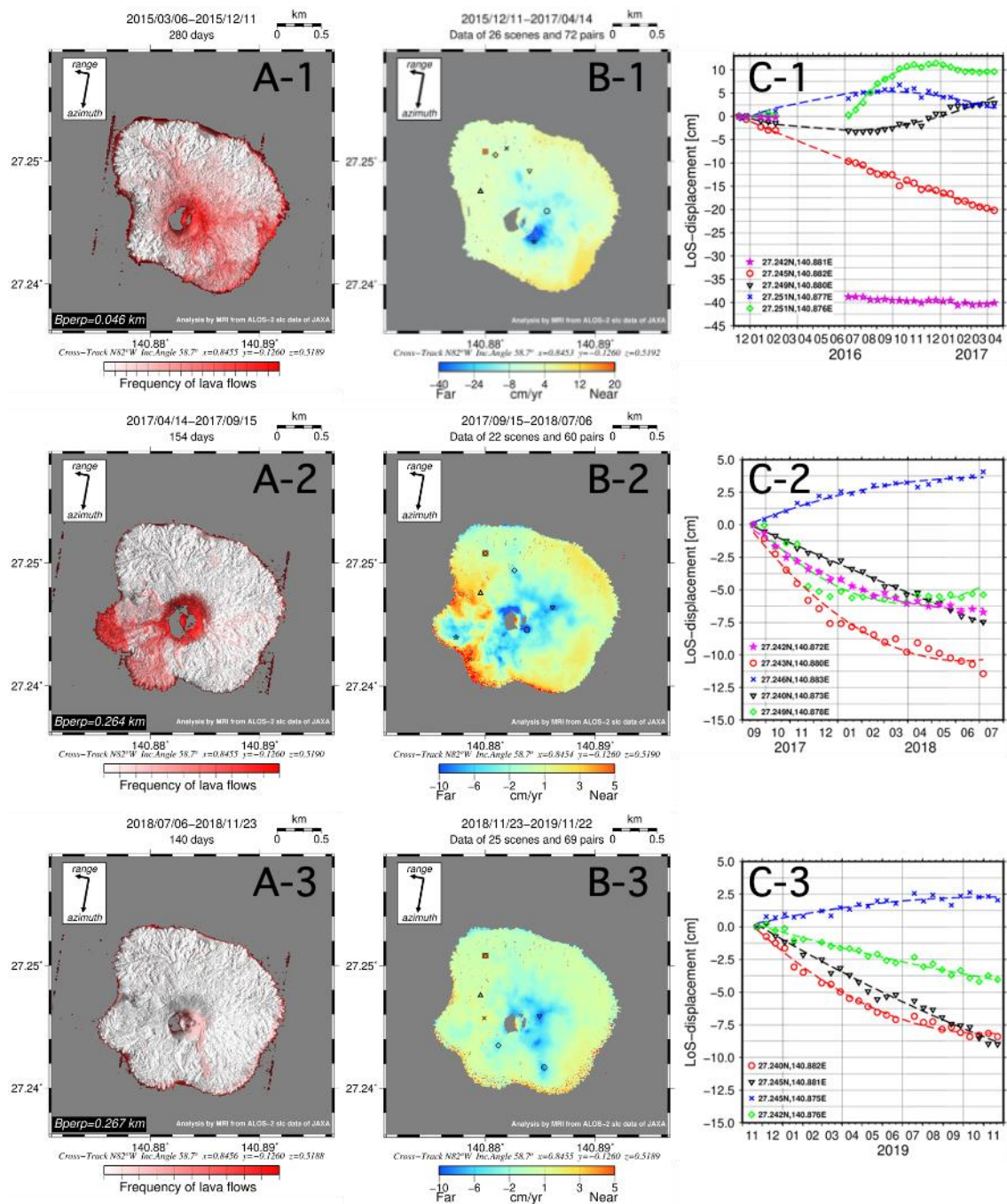


図 2. 非噴火期間における干渉 SAR 時系列解析結果

A：噴火期間における各ペアの低相関度領域から算出した溶岩流下域、B：Aの期間後の非噴火期間における変化速度、C：Bの代表的な場所における時系列変化

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の地形変化，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）
- ・ 安藤忍，奥山哲，干渉 SAR 時系列解析を用いた西之島における噴火間の地殻変動，日本地球惑星科学連合 2021 年大会（2021/6/5）
- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の地形変化，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）

来年度以降の課題・計画：

- ・ 引き続きスポットライトモードの解析を中心に西之島の火山活動の推移をモニタリングする。
- ・ 時々刻々と変化している活火山のため、可能な限り回帰毎の撮影を希望する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 中村 政道

機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 気象庁地震火山部火山監視課

課題支援機関: 気象庁地震火山部技術・調査課、気象庁気象研究所火山研究部

課題支援者(所属機関): 菅井明(火山監視課)、山本哲也(火山監視課)、北川貞之(技術・調査課)、山田晋也(技術・調査課)、奥山哲(気象研究所)、安藤忍(気象研究所)

課題名称: 噴出物の分布や地熱域等の把握及び地形変化の検出への利用

今年度の成果概要:

- ・ 西之島の地形変化と表面温度から火山活動の推移を整理した(図1)。
- ・ 福德岡ノ場の火山噴火について、PALSAR-2 強度画像および LANDSAT-8 データを使い噴火後の地形変化および周辺海域の変色水について解析をおこなった(図2、3)。
- ・ フンガトンガ・フンガハパイ火山噴火に伴う地表変化について、Sentinel-1 および 2 を使い噴火前後の地形変化について解析をおこなった(図4)。

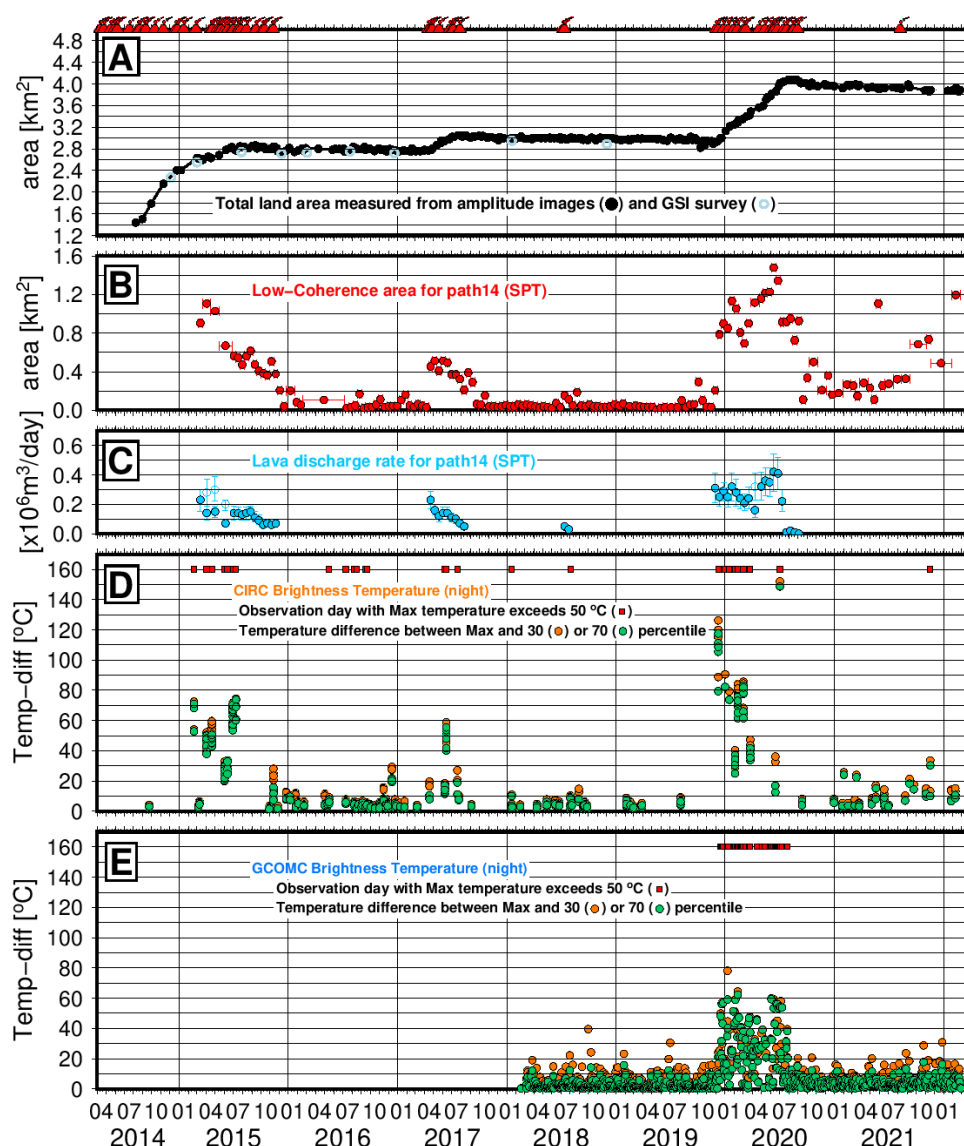


図1. 西之島における2014年4月以降の時系列変化

A: 強度画像から解析した陸域面積, B: SPTモードによる低相関度領域の面積, C: 1日あたりの溶岩噴出率, D: CIRCで観測された赤外温度差分値, E: GCOM-Cで観測された赤外温度差分値。

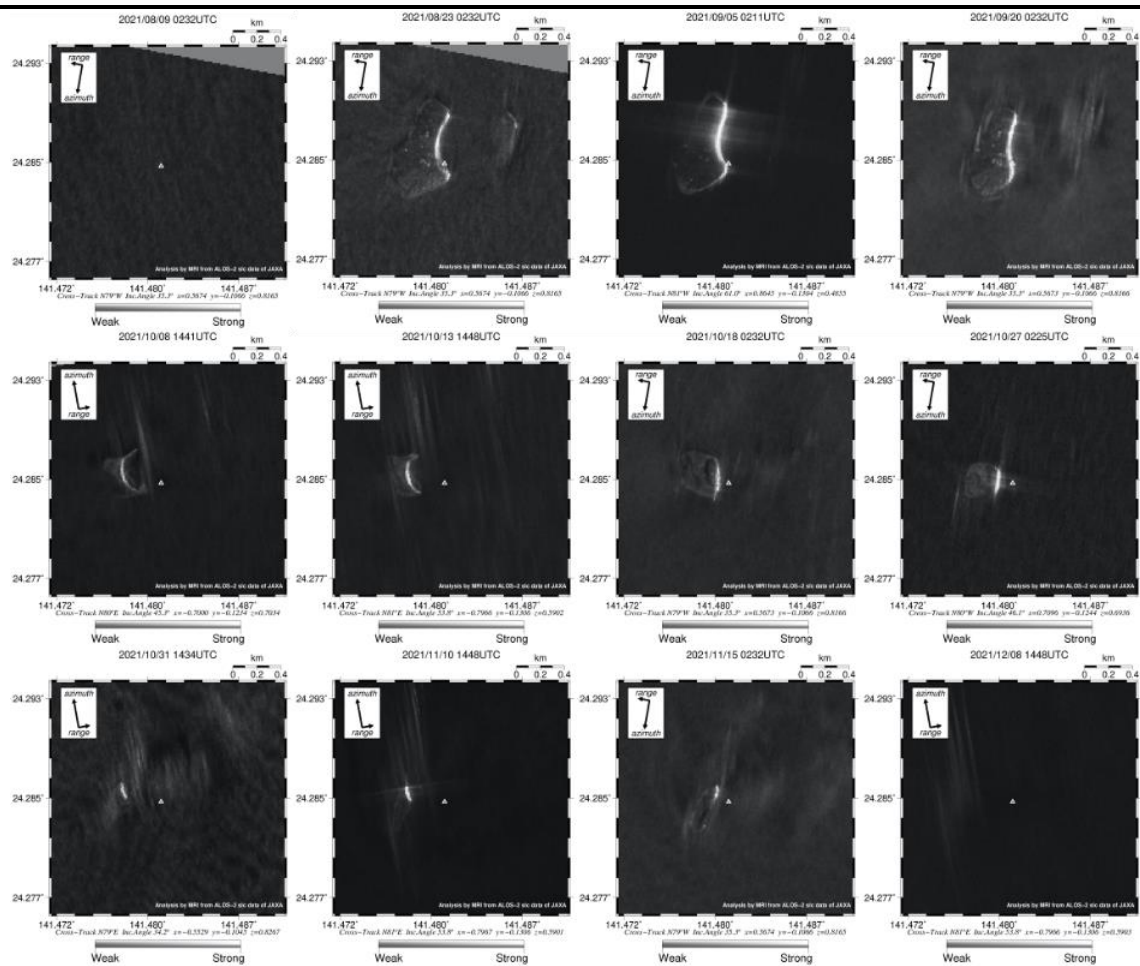


図 2. 福島第一原子力発電所周辺における PALSAR-2 強度画像解析結果

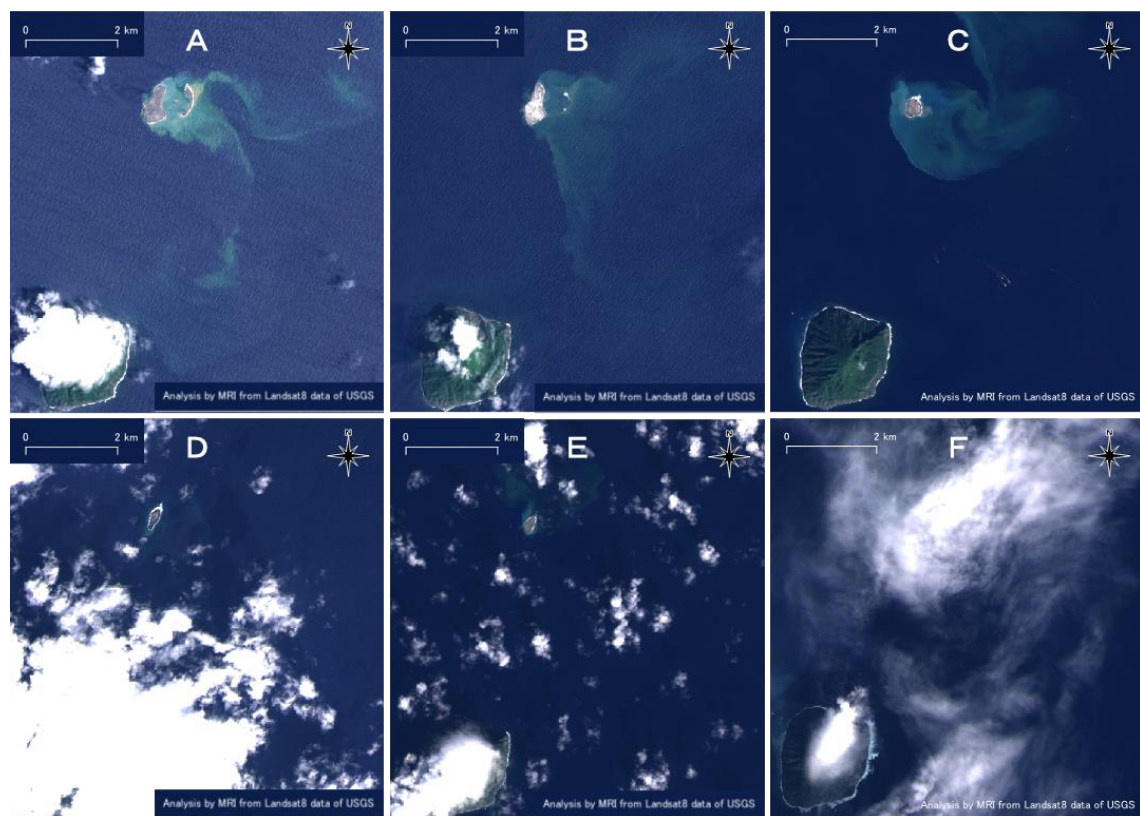


図 3. 福島第一原子力発電所周辺における Landsat-8 によるパンシャープン解析結果

A : 2021/8/17、 B : 9/2、 C : 10/20、 D : 11/5、 E : 11/21、 F : 12/7

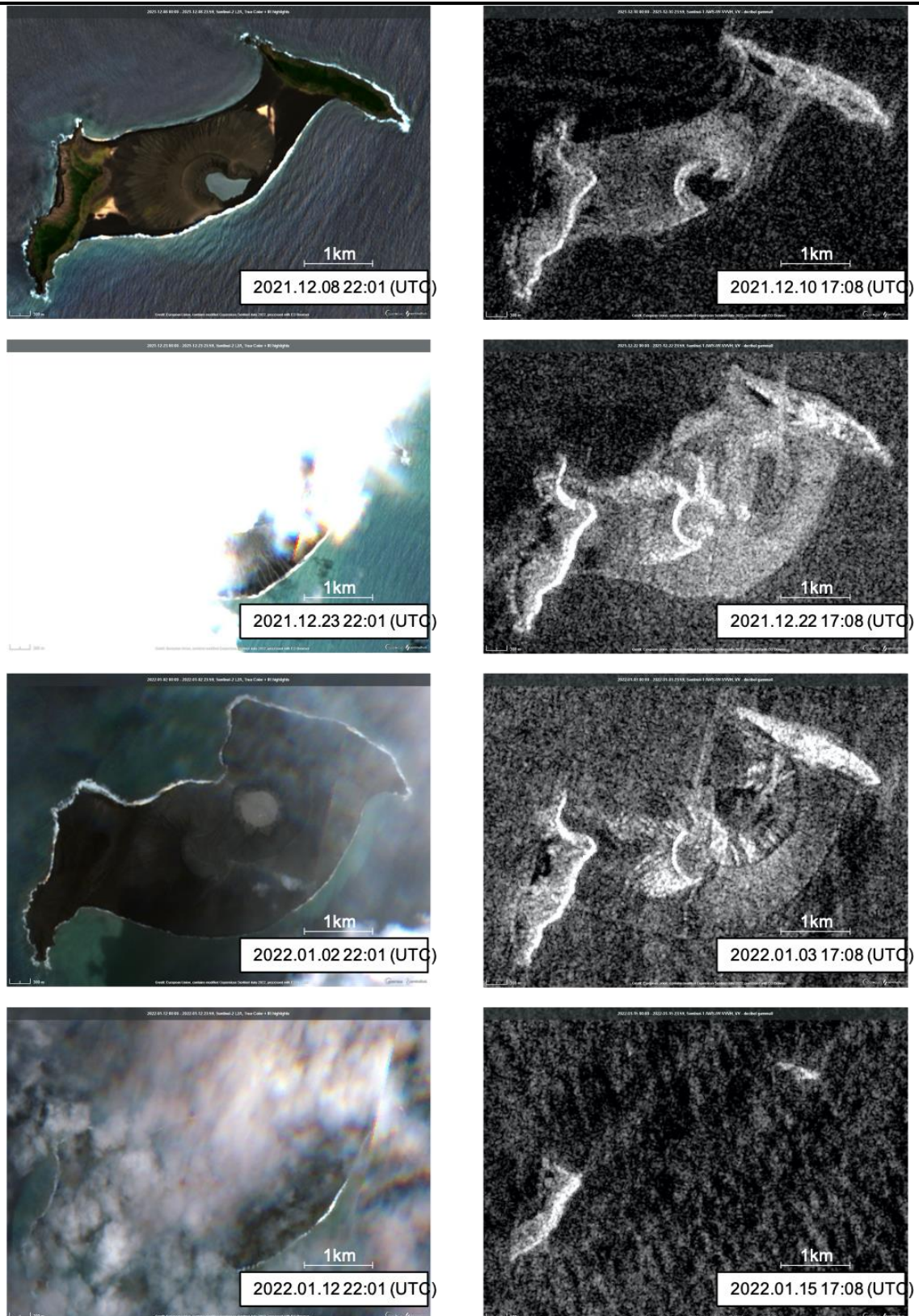


図4. フンガトンガ・フンガハアパイ火山における Sentinel-1 および 2 による解析結果

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の地形変化，第 148 回火山噴火予知連絡会（2021/6/30）
- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の地形変化，第 149 回火山噴火予知連絡会（2021/12/27）

来年度以降の課題・計画：

- ・ 引き続き ALOS-2 データを中心にリモートセンシングデータを使った火山活動モニタリングの可能性を検討する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名:大木 真人

機関名もしくは代表研究者の所属機関名:宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター

課題支援機関:宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター

課題支援者(所属機関):島田政信(東京電機大学)

課題名称:合成開口レーダによる火山の変位および変状の抽出

今年度の成果概要:

【概要】

ALOS-2 のデータを多面的に解析し、火山活動による地表面変位、火口内・火口付近の変状、溶岩流・火山泥流・火砕流の到達範囲、津波による被害域、降灰分布、漂流軽石の分布などの多岐にわたる情報抽出を行った。解析結果は Web への掲載や、エンドユーザとなる現地機関への提供を行い、防災・災害対策へ貢献した。また、新たな知見として(1)漂流軽石の分布には干渉波除去アルゴリズムが有効、(2)溶岩流・火山泥流の到達範囲の確認には偏波画像およびコヒーレンス画像の併用が有効、など、今後の災害状況把握の高度化につながる知見が得られた。

【解析事例】

1. 福德岡の場の噴火活動に伴う漂流軽石

2021 年 8 月からの福德岡の場の噴火活動に対し、ALOS-2 では 2021 年 8 月 23 から 2022 年 2 月 7 日までに 34 回の福德岡の場の高頻度観測が行われたが、2022 年 2 月現在は通常に近い頻度に戻している。ALOS-2 で見られた本火山活動に伴う新島の形成・消失過程については多くの報告があるため他稿に譲り、下記では噴火に伴う漂流軽石の分布の観測結果についてのみ述べる。

図 1 は 9 月 12 日 12 時 0 分頃の広域観測モードによる軽石分布の観測結果であり、(a) は画像全体、(b) は軽石分布の拡大図、観測領域は沖縄本島の東方沖約 500km 付近である。海域の低い輝度を明るく強調していることにより、相対的に地上からの不要干渉波 (RFI) によるノイズ (白色のパターン) が目立っており、軽石分布 (黒色のパターン) の判読に支障がある。そこで、周波数領域で狭帯域の強い信号を除去する RFI 除去法により RFI を極力除去した。図 1 (a) (b) のそれぞれ左側は RFI 除去前、右側は RFI 除去後であり、RFI 除去の効果が分かる。

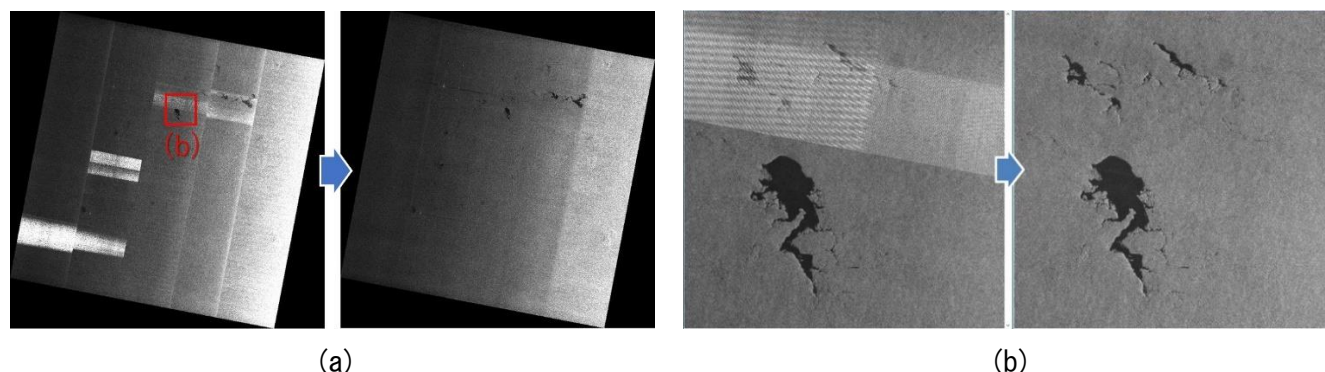


図 1. 9 月 12 日の ALOS-2 広域観測モードによる漂流軽石の観測結果と干渉波除去の効果。

2. セント・ビンセント島スフリエール山の火山活動

2021 年 4 月 9 日に約 40 年ぶりに噴火したセント・ビンセント島スフリエール山について、2021 年 1

月から5月にかけて高頻度（14日毎）の観測を行った。図2はスフリエール山の画像で、(a)は今回の活動前、(b)は1979年の活動時の溶岩ドームと、本火山活動で出現した新しい溶岩ドームが混在していた時点、(c)は爆発的噴火によりそれらの溶岩ドームが破壊され、火口内の地形が大きく変化した時点である。これらの画像は高分解能10mモード（二偏波）で観測されたデータを、HH偏波を紫、HV偏波を緑色に割り当てた色合成強度画像で、画像の上方向を衛星方向としたスラントレンジ画像である。このようなスラントレンジのままの表示方法が地形を立体的（鳥観図的）に読み取るのに適していることと、最新の地形を再現できるDEMもないことから、オルソ補正はあえて行っていない。

図2(d)は2021年4月7日および21日のデータによるセント・ビンセント島全体のコヒーレンス画像で、低干渉域（画像の暗い領域）が降灰域に概ね対応すると考えられ、島の南部を除くほとんどの地域が火山灰に覆われていることが分かる。本画像はオルソ処理されている。

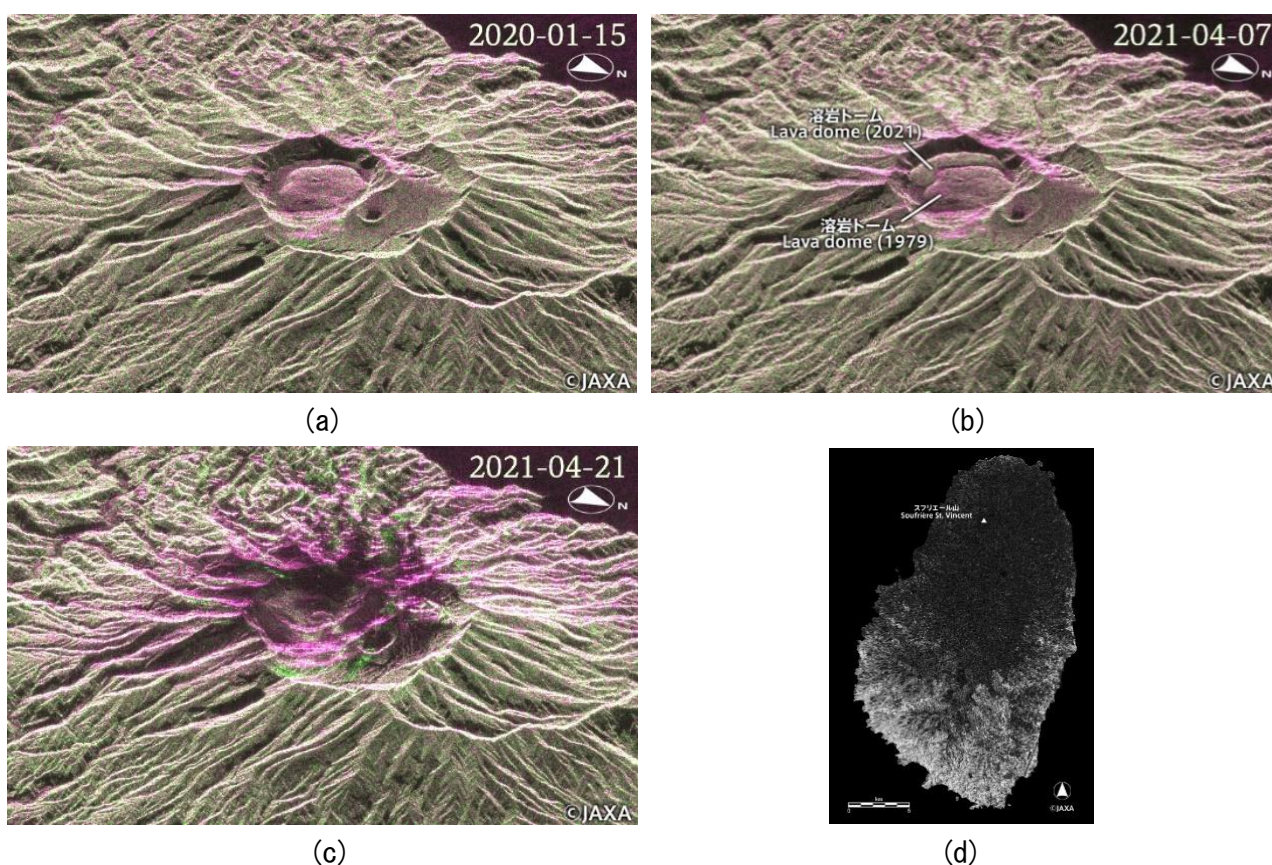


図2. スフリエール山火口付近の(a)噴火前、(b)溶岩ドーム成長時、(c)大規模噴火後のALOS-2偏波色合成画像（R:G:B=HH:HV:HH）。(d)2021年4月7日、21日のデータによるセント・ビンセント島全体のALOS-2コヒーレンス画像。

3. ファグラダルスフィヤルの火山活動

レイキャネス半島（アイスランド）ファグラダルスフィヤルは2021年3月19日より噴火し、4月5日には新たな割れ目噴火が起こるなど活発な火山活動が起きた。この時期を挟んだ2020年4月7日および2021年4月6日のデータによる差分干渉SAR処理の結果、図3に示すように火山の北西側と南東側とで逆向きの変位が見られた。これは、この火山の位置するユーラシアプレートと北アメリカプレートの境界の岩脈にマグマが貫入し、地殻が拡大する様子を捉えていると考えられる。

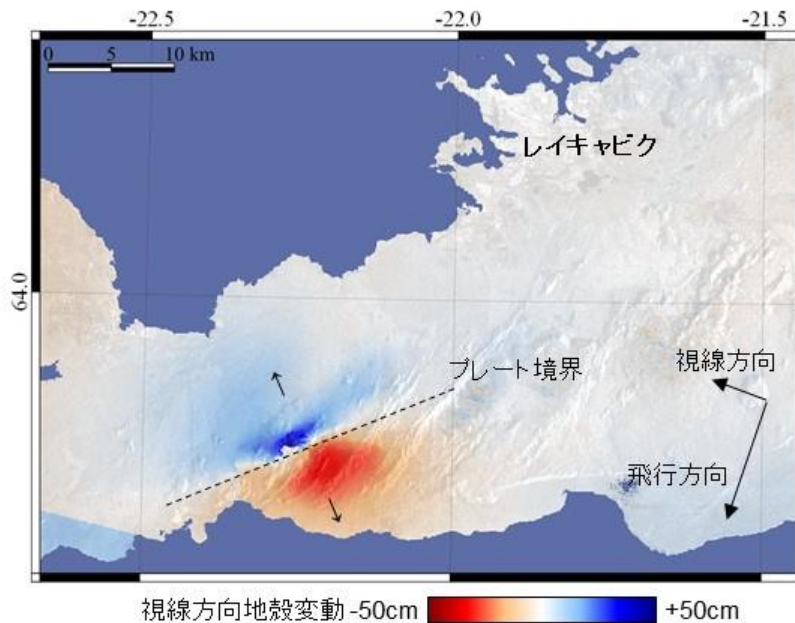


図 3. 2021 年 4 月 6 日と 2020 年 4 月 7 日の ALOS-2 データによるファグラダルスフィヤル周辺の変位。

4. ニーラゴンゴ山の噴火活動

コンゴ民主共和国東部のニーラゴンゴ山が 2021 年 5 月 22 日に噴火を開始した。図 4 は、噴火前後の 2021 年 5 月 28 日と 2021 年 5 月 14 日のデータによる干渉 SAR 画像（降交軌道、右観測）と 2021 年 6 月 3 日と 2020 年 7 月 30 日のデータによる干渉 SAR 画像（昇交軌道、右観測）から、準東西（左）および準上下方向（右）の変位量を算出したものである。東西変動は地盤が東西に割れる方向の変位、上下変動は全体的には隆起し中心付近のみ南北方向の軸に沿って沈降する変位であり、これらを総合すると地下からマグマが貫入していることが示唆される。

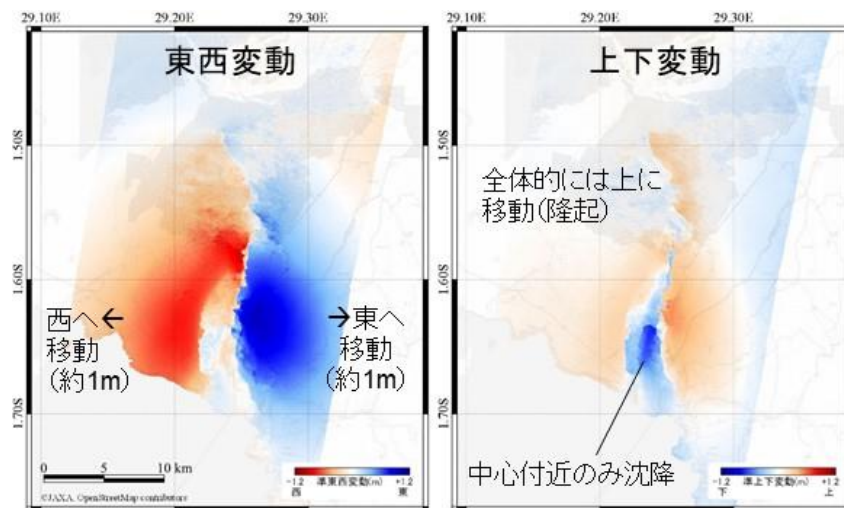


図 4. 2021 年 5 月 28 日および 6 月 3 日の観測データおよびそれらに対応する過去データによる東西・上下方向の変位。

図 5 は地表面を流れる溶岩流の様子を可視化したもので、左は噴火前の 2020 年 3 月 6 日の HH 偏波強度画像を赤色、噴火後の 2021 年 5 月 28 日の HV、HH 偏波強度画像をそれぞれ緑色、青色に割り当てたカラー合成画像である。山頂付近の溶岩流（図 5 左の北側の白い矢印）が赤く見えているが、居住地に被害をもたらした下流の溶岩流（南側の矢印）は、やや赤く見えるものの複雑な土地被覆の影響

で不明瞭である。図 5 右は同じ範囲のコヒーレンス画像であり、ノイジーであるものの、強度画像では明確でなかった溶岩流の南端を見ることができる（図 5 右の白い矢印）。

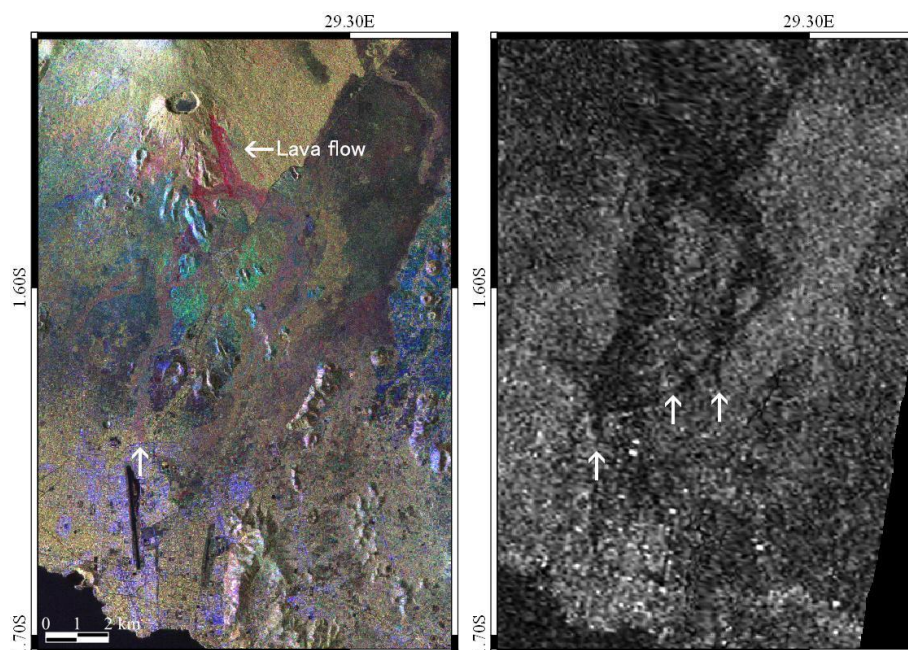


図 5. 2021 年 5 月 28 日（噴火後）および 2020 年 3 月 6 日（噴火前）の ALOS-2 データに基づく溶岩流の位置。左：偏波色合成画像（R:G:B=噴火後 HH: 噴火後 HV: 噴火前 HV）、右：コヒーレンス画像。

5. スメル山の噴火活動

2021 年 12 月 4 日にインドネシア、ジャワ島のスメル山の噴火活動を開始した。図 6 左は赤色に過去（2019 年 10 月 28 日）の HH 偏波、緑色と青色に噴火後の 2021 年 12 月 6 日の HV 偏波と HH 偏波の強度画像をそれぞれ割り当てた色合成画像であり、この画像で赤色に見える部分は、溶岩流や火山泥流（報道等により火山泥流の発生が確認できる）等により変化した領域である。図 6 右は図 6 左の白枠（およそ 30km 四方）の領域を拡大した画像で、図 2(a)–(c)と同様に、地形を立体的に読み取るのに適した向きに画像を表示している。

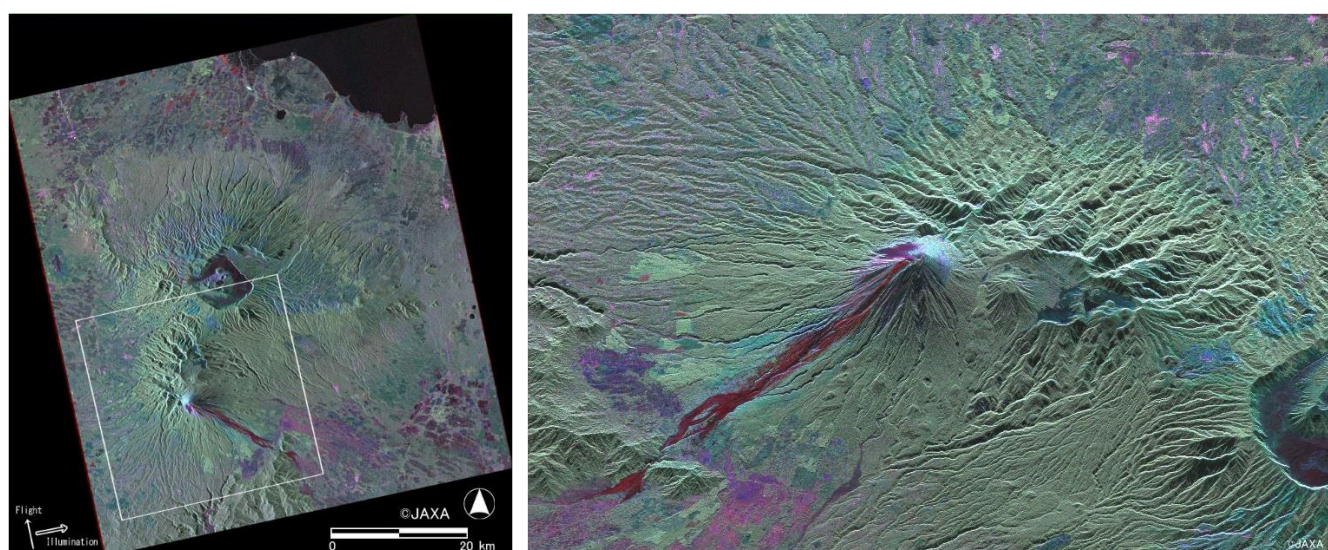


図 6 2021 年 12 月 6 日（噴火後）および 2019 年 10 月 28 日（噴火前）の ALOS-2 データによる偏波色合成画像（R:G:B=噴火後 HH: 噴火後 HV: 噴火前 HV）。

6. フンガトンガ・フンガハアパイ火山の噴火活動

トンガ王国フンガトンガ・フンガハアパイ火山で 2022 年 1 月 15 日大規模な噴火が発生した。図 7 は、2019 年 12 月 14 日（噴火前）と 2022 年 1 月 17 日（噴火後）の ALOS-2 広域観測モードの強度画像で、画像の中央にあった火口を中心に、大半の陸地が消失した。

図 8 は、トンガ首都（トンガタプ島ヌクアロファ）周辺の変状箇所の抽出結果で、北側の沿岸部を中心に津波による建物等の被害が発生している状況を捉えている。これは 2019 年 3 月 9 日、2020 年 3 月 7 日、2022 年 1 月 22 日の高分解能 10m モードのデータによる干渉 SAR コヒーレンス差分解析（平時のコヒーレンスから災害前後のコヒーレンスを引いたもの）で得られた。

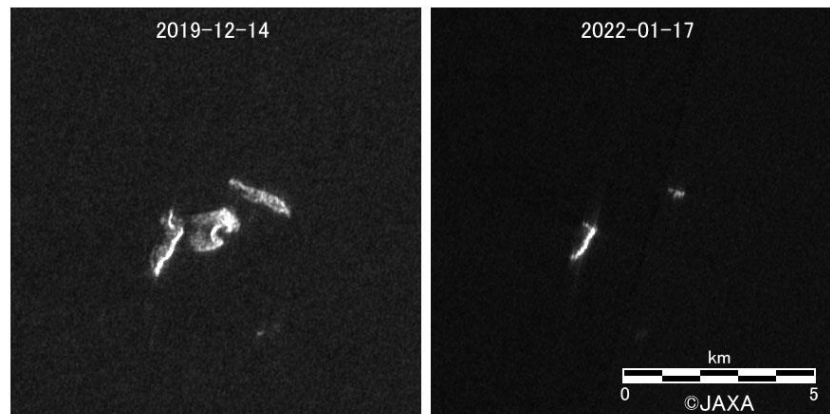


図 7. （左）2019 年 12 月 14 日、（右）2022 年 1 月 17 日の ALOS-2 画像によるフンガトンガ・フンガハアパイ火山の変化。

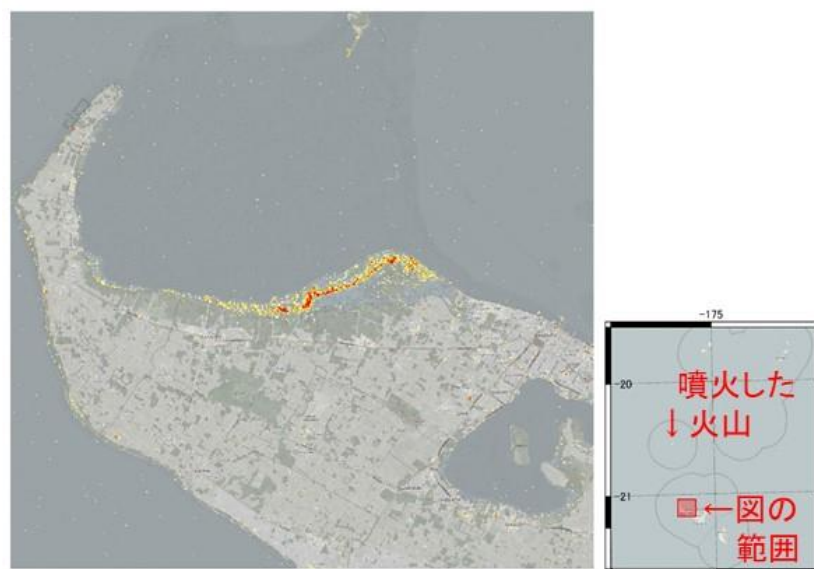


図 8. トンガ首都（トンガタプ島ヌクアロファ）周辺の干渉 SAR コヒーレンス解析で得られた被害状況。背景画像©OpenStreetMap contributors

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

- ・ Web 掲載：セント・ビンセント島スフリエール山の噴火

<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/04/23/5597/index.html>

- ・ Web 掲載：ニーラゴンゴ山の噴火

<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/06/04/5598/index.html>

- ・ Web 掲載： 福徳岡ノ場の噴火と新島～衛星観測による新島形成・変色水・軽石・火山ガス・噴煙の把握～
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/10/07/6434/index.html>
- ・ Web 掲載： 沖縄本島に接近・漂着している軽石の衛星観測情報
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2021/10/29/6510/index.html>
- ・ Web 掲載： 「だいち 2 号」 によるインドネシア スメル火山噴火の観測結果について
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/library/disaster/dis_pal2_indonesia_eruption_20211206_j.htm
- ・ Web 掲載： トンガ火山島噴火に関する衛星観測について
<https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2022/01/20/6701/index.html>

来年度以降の課題・計画：

主に当該年度に発生した火山活動に対する緊急観測データの解析を行い、火山活動による地表面変位、火口内・火口付近の変状、溶岩流・火山泥流・火砕流の到達範囲、津波による被害域、降灰分布、漂流軽石の分布などの情報抽出を必要に応じて行う。解析手法については、強度画像、偏波解析、干渉解析など多面的な解析を行う。解析結果は Web への掲載や、エンドユーザとなる現地機関への提供を行い、防災・災害対策へ貢献する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名：田中 明子
機関名もしくは代表研究者の所属機関名：産業技術総合研究所
課題支援機関：
課題支援者（所属機関）：
課題名称：合成開口レーダを用いた火山活動に伴う地殻変動のモニタリング
今年度の成果概要： 緊急調査により衛星解析グループを通じてご提供頂いた PALSAR-2 データなどを使用し，ISCE (InSAR Scientific Computing Environment, https://github.com/isce-framework/isce2/) を用いて SAR 干渉解析を実施した．他機関で迅速に公開された結果と調和的な結果は得られた．
成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）： 特に無し．
来年度以降の課題・計画： 衛星搭載の SAR データを用いて，地表変動を捉えることのできる可能性のある事例についての解析を行う．アーカイブデータを利用し，時系列解析にも取り組む．また，LiCSAR (Sentinel-1 自動干渉解析システム, https://comet.nerc.ac.uk/COMET-LiCS-portal/) および 時系列解析パッケージである LiCSBAS (https://github.com/yumorishita/LiCSBAS/) など活用し，Sentinel-1a のデータを相補的に利用する．

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 道家涼介

機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 神奈川県温泉地学研究所

課題支援機関:

課題支援者(所属機関): 原田昌武(神奈川県温泉地学研究所)

課題名称: 衛星データを用いた箱根火山の活動モニタリング

今年度の成果概要:

ALOS-2/PALSAR-2 データの時系列解析(SBAS 法)により、箱根火山 2015 年水蒸気噴火後の地殻変動の検出を試みた。解析結果を図 1 に示す。箱根火山の中央火口丘付近においては、東西双方の視線方向の解析結果において衛星から遠ざかる変位が観測されており、水蒸気噴火後の沈降を示す。この沈降を説明するモデルとして、Mogi モデルを仮定した場合は標高約 200 m 付近、sill モデルを仮定した場合は標高約 100 m 付近に収縮源が推定される。これらの収縮源モデルの分布は、既存の比抵抗構造探査により明らかとなっているベル型の低比抵抗帯に囲まれる高比抵抗部に相当することから、シーリング層に閉じ込められた流体だまりにおける収縮を反映していると考えられる。

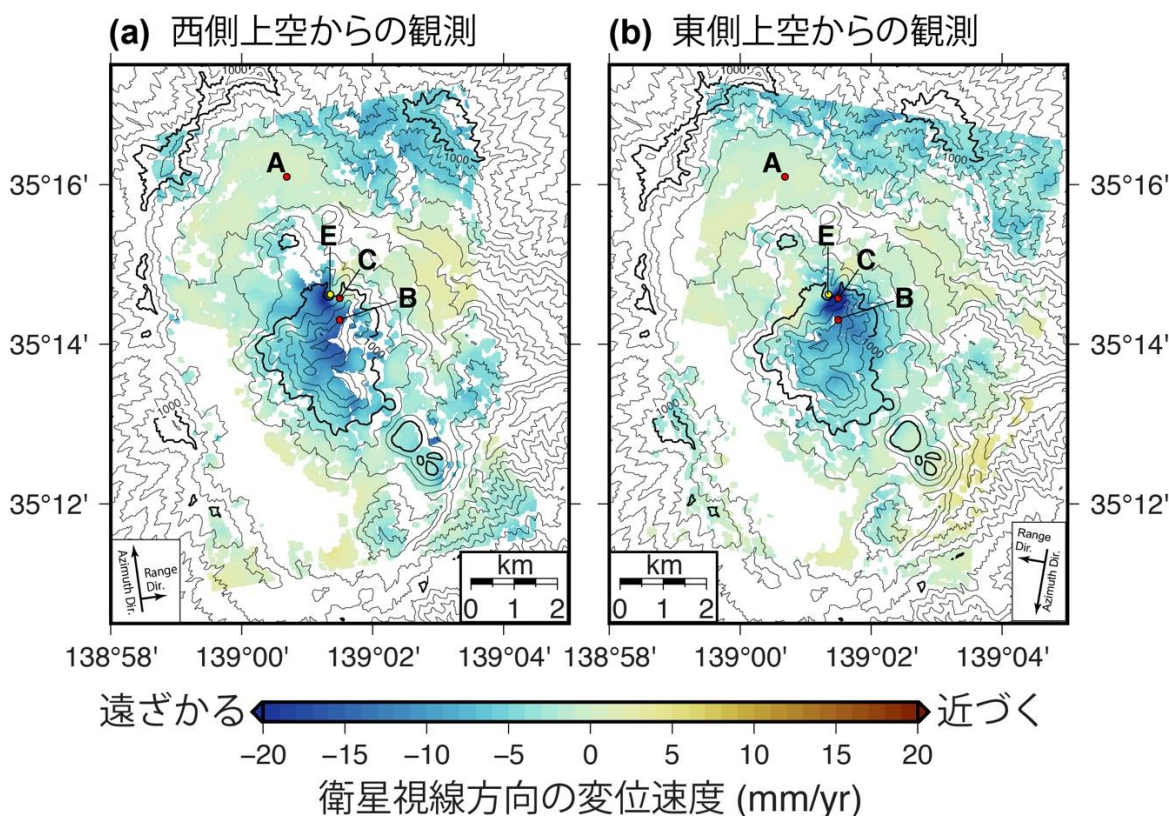


図 1 干渉 SAR 時系列解析結果(箱根火山 2015 年水蒸気噴火後~2021 年 4 月)

また、この収縮の原因の一つとして、噴火時の減圧により圧密が生じている可能性が挙げられる。図 2 は、図 1 中の各地点における変位の時系列を示す。図中の破線は、中央火口丘に位置する B 地点の変位に対して、圧密による沈降を仮定した Todesco *et al.* (2014) の計算式に基づくフィッティングを適用した結果である。なお、C 地点は、東側上空からの観測で最大の変位速度を示すが、東西の視線方向で変位速度が大きく異なり、単純な沈降を示すものではない。斜面の傾斜方向などを考慮すると、地すべりによる変位と考えられる。

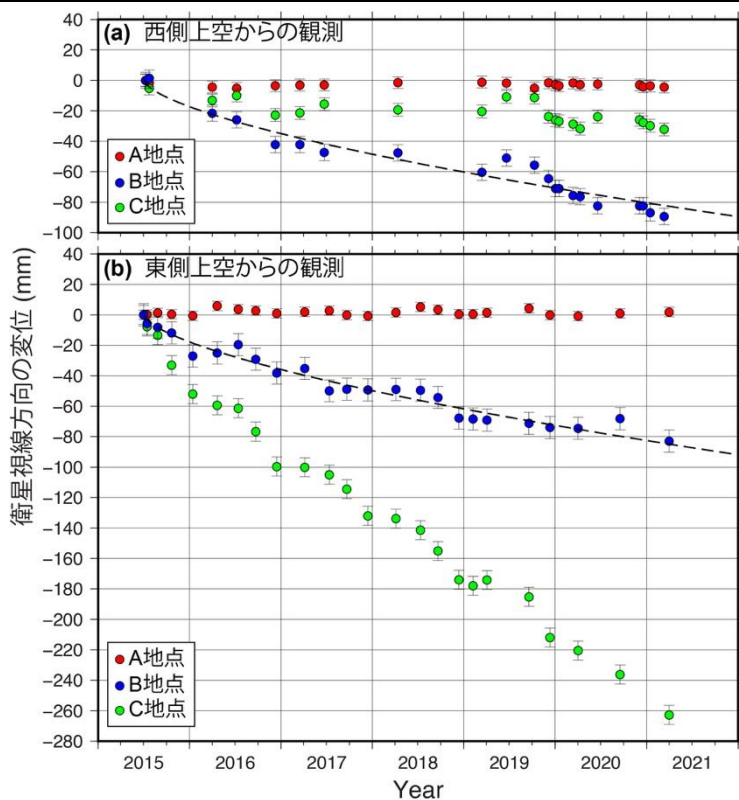


図2 各地点における変位の時間変化

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

論文：

Ryosuke Doke, Kazutaka Mannen, Kazuhiro Itadera (2021) Observing Postruptive Deflation of Hydrothermal System Using InSAR Time Series Analysis: An Application of ALOS-2/PALSAR-2 Data on the 2015 Phreatic Eruption of Hakone Volcano, Japan, *Geophysical Research Letters*, **48**, e2021GL094880. <https://doi.org/10.1029/2021gl094880>

道家涼介・萬年一剛・板寺一洋（2021）地表面変位から推定される箱根火山浅部熱水系の構造，地学雑誌，**130**，811-830. <https://doi.org/10.5026/jgeography.130.811>

紀要：

道家涼介（2021）3次元干渉 SAR 解析により明らかとなった箱根火山大涌谷における地すべり変位，神奈川県温泉地学研究所報告，**53**，45-51.

学会発表：

道家涼介・萬年一剛・板寺一洋（2021）干渉 SAR 解析結果から推定される箱根火山浅部熱水系の構造について，日本地球惑星科学連合 2021 年大会，SVC29-05.

道家涼介・萬年一剛・板寺一洋（2021）箱根火山 2015 年水蒸気噴火後の収縮過程，日本火山学会 2021 年秋季大会，A1-08.

Ryosuke Doke, Kazutaka Mannen, Kazuhiro Itadera (2021) Observing postruptive deflation of hydrothermal system using InSAR time series analysis: An application of ALOS-2/PALSAR-2 data on the 2015 phreatic eruption of Hakone volcano, Japan, *AGU Fall Meeting 2021*, V33C-04.

ホームページによる報告：

箱根火山 2015 年水蒸気噴火後の地殻変動に関する研究，

<https://www.onken.odawara.kanagawa.jp/volcano-geology/20211109.html>

火山噴火予知連絡会における報告：

第 148 回、第 149 回 箱根山

来年度以降の課題・計画：

引き続き、箱根火山を対象とした ALOS-2/PALSAR-2 データの干渉解析を実施し、地上からの観測結果と合わせて同火山のモニタリングに活用していく。また、箱根火山と類似する現象が認められる国内外の他の火山についても解析を行い、モデリングや箱根火山との比較を実施する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 島田政信

機関名もしくは代表研究者の所属機関名: 東京電機大学

課題支援機関:

課題支援者(所属機関):

課題名称: ALOS-2、Pi-SAR による火山の監視と変化抽出について

今年度の成果概要: JAXA の ALOS-2/PALSAR-2 が 2014 年 9 月 29 日から 2020 年 8 月 14 日までの 6 年間にわたり観測した西之島の 33 シーンの時系列データを用いて、噴火に伴う地形の時間変化や面積変化を抽出する手法の検討と得られた情報の精度評価を行なった。地形変化の中でも、面積に対しては四つの手法を用い、6 年間に西之島の面積は、1.69 km²から 3.96 km²と約 2.3 倍以上に拡大したことが分かった。別途、得られる現地データ(海上保安庁の解析データ)と比較し、RMSE は最小で、0.24 km²という結果を得ることができた。また、連続した 2 時期の画像における 2 次元相関係数を抽出し、その最適化から東西変化と南北変化を抽出した。また、相関係数より、溶岩などの火山堆積物の抽出を行うことができた。

研究の結果、島面積の算出において、最も精度が高い手法は、エッジ検出法であり、RMSE は 0.24 km²であった。これにより、西之島の面積は、6 年間で 1.69 km²から 3.96 km²と約 2.3 倍以上に拡大していることが分かった。また、二次期の最適移動量と最適相関画像を求めることによって、東西・南北方向の最適な移動量を求めることができ、原相関画像よりも相関性が向上し、原相関画像では検出できなかった溶岩の流れなどを検出することが出来た。本研究における手法は、四方を海に囲まれた離島の監視において、有効な手法であると考えられる。図 1 左は 2014 年 9 月 29 日の画像、図 1 右は 2020 年 8 月 14 日の画像である。図 2 は 6 年間の面積の変化率を示す。なお、本研究は東京電機大学理工学部大学院・建築都市環境学系修士 2 年の稲野大輝による。

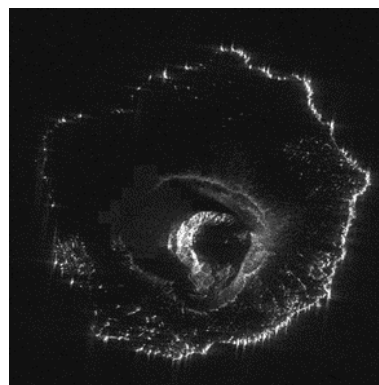
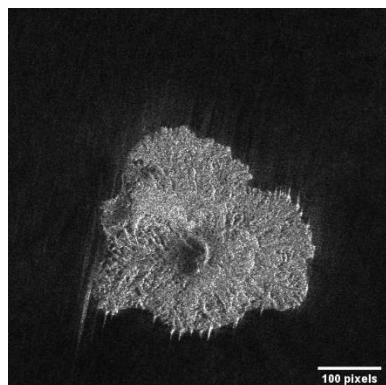


図 1 観測期首と期末の画像

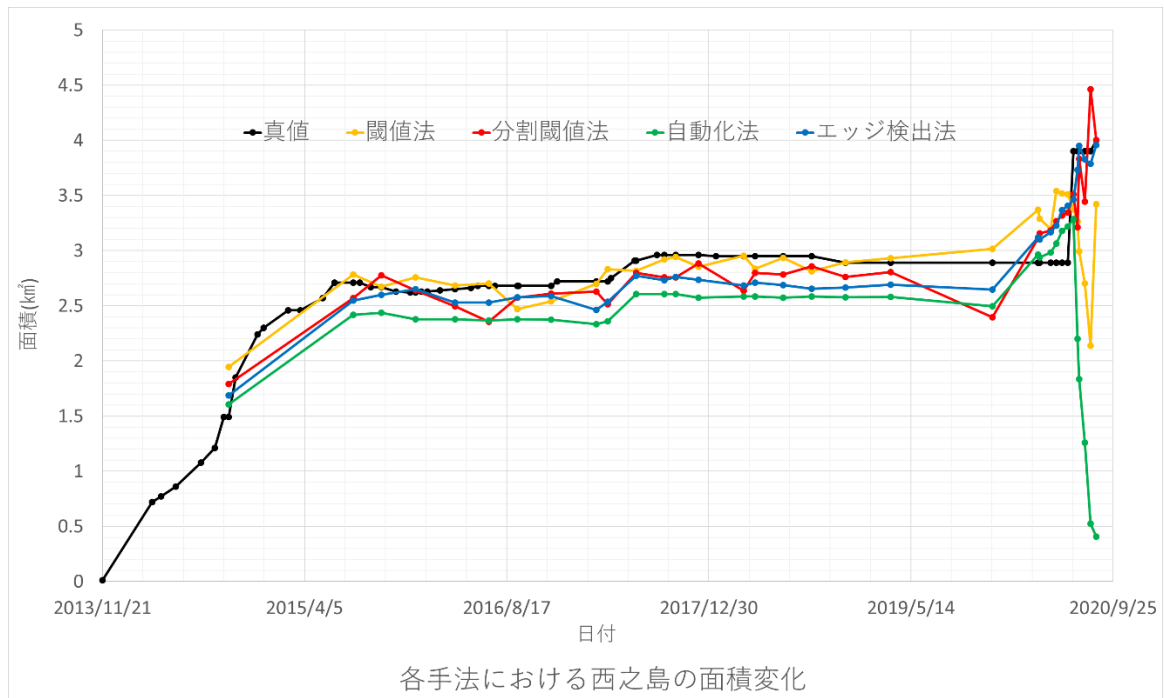


図2 西之島の面積変化

成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）：

- 1) 稲野大輝、島田政信, ”2014-2020 の時系列 PALSAR-2 を用いた西之島の噴火に伴う地形変化”, 日本リモートセンシング学会第71回度秋季大会 2021, 11月15日, pp121-124
- 2) Daiki Inano and Masanobu Shimada, ”時系列 SAR を用いた西之島の噴火に伴う地形変化量の抽出手法に関する検討”, JPGU 2021, 6
- 3) Masanobu Shimada, ”火山観測における現状と未来について”, 日本リモートセンシング学会誌, 2021年5月, Vol41, No. 2, p217-223

来年度以降の課題・計画：

同様に火山活動が活発な、口永良部島、硫黄島の火口の隆起沈降状況を時系列干渉 SAR 手法を用いて抽出する。PALSAR-2 データを使用する。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名：三浦 哲
機関名もしくは代表研究者の所属機関名：東北大学大学院理学研究科
課題支援機関：東北大学災害科学国際研究所，会津大学コンピュータ理工学部
課題支援者（所属機関）： 福島 洋（東北大学災害科学国際研究所），小川 佳子・出村裕英（会津大学コンピュータ理工学部兼宇宙情報科学研究センター），久田泰広（会津大学コンピュータ理工学部）
課題名称：総合測地観測による火山噴火準備過程の研究
今年度の成果概要：本課題では、吾妻山火山活動のモニタリング手法の一つとして、InSAR 解析による地殻変動量の推定を行っている。今年度は、だいち 2 号の北行軌道だけでなく南行軌道で観測されたデータも解析対象に加え、数値気象モデル Meso Scale Model (MSM)を用いた大気遅延補正を施し、2019 年から 2021 年までの地殻変動量推定の高精度化を試みた。GNSS を利用した検証はまだ終了していないが、大気遅延補正の効果はデータセットにかなり依存することが前年度成果と同様に示されている。北行及び南行軌道両データの解析結果については、各 LOS 方向の違いを考慮するが必要であるため単純な比較はできないが、類似期間における変動の傾向は概ね調和的であったと言える。今後の吾妻山火山周辺域における 2.5 次元解析（後述）に向けた足がかりが得られた。なお、本年度の InSAR 解析から推定される吾妻山大穴火口付近の変動として、2019 年初春から 2020 年春夏頃まで収縮傾向にあり、その後 2021 年秋まで膨張の兆候が見られる、という結果となった。 また、Morishita+ (2020)^[1]により開発された InSAR 時系列解析ソフトウェア LiCSBAS を南米アルゼンチンの Domuyo, Maule 両火山に適用し、2014 年 10 月から 2021 年 3 月までの期間における火山性地殻変動の詳細な時間発展を得た。使用したデータは Sentinel-1 の SAR データである。両火山における平均変動速度は、それぞれ 9.6 cm/yr 及び 20.5 cm/yr であった。前者では、2020 年以降変動速度がほぼゼロになったのに対し、後者では、依然としてほぼ一定速度で変動が進行していることが判明した。全解析期間の LOS 時系列を変形率が一定とみなせる期間に分割し、MCMC 法による変動源インバージョン(Bagnardi & Hooper, 2018^[2])を行った結果、平均的な地表面からの深さが、それぞれ 6～7 km, 7～8 km の位置にシル状の圧力源が推定された。 引用文献:[1] Remote Sens. 2020, 12, 424; doi:10.3390/rs12030424; [2] GGG 2018, 19, 2194-2211; doi: 10.1029/2018GC007585
成果発表の状況（今年度の予知連や学会を含めた成果発表の状況をお書き下さい。）： Colavita+ (2021): Evolution of Volcanic Deformation at Domuyo and Laguna del Maule, Southern Andes, Revealed by InSAR Time-series Analyses, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会. Colavita+ (2021): Volcanic deformation at Domuyo and Laguna del Maule volcanoes, Southern Andes derived from InSAR time-series analysis, 日本火山学会 2021 年度秋季大会. Colavita, Micaela (2021): Volcanic deformation at Domuyo and Laguna del Maule volcanoes, Southern Andes derived from InSAR time-series analysis, Tohoku University, Master's thesis Yuya Yoshihara, Univ. of Aizu Graduation Thesis, Time-series of crustal deformation at Azumayama volcano during 2019-2021, 2022.

来年度以降の課題・計画：

来年度以降は、北行及び南行軌道両方の InSAR 解析結果を統合し、準水平方向と準鉛直方向に分離する、いわゆる 2.5 次元解析に取り組んでいく予定である。吾妻山火山周辺の地殻変動を立体的に把握し GIS 上で可視化することを目指す。また、同地域におけるこれまでの InSAR 解析の蓄積（2015-2021 年）をもとに、スタッキングや時系列解析も行う予定である。2021 年以降の観測データを取り込んだ InSAR 解析も引き続き順次実施する。吾妻山火山周辺における短期・長期の地殻変動量推定のさらなる高精度化を試みる。

また、アルゼンチンの Domuyo, Maule 両火山においては、ALOS2 のデータを用いた時系列解析を行い、二つの衛星データによる解析結果の比較等を行う予定である。