

陸域観測技術衛星 2 号観測データ等の利活用に関する
平成 30 年度成果報告書

平成 31 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、衛星データを利用した火山活動の把握及び評価を目的とした、衛星解析グループを平成 18 年 11 月に設置し、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、平成 19 年度から火山活動評価等における衛星データの利用方法の調査・研究を行ってきました。平成 26 年度には「だいち 2 号」の打ち上げに伴い、このデータ利用に対応した「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」に関する協定を締結し、平成 28 年度までの 3 年間、火山活動評価等における衛星データの利用方法の調査・研究を行ってきました。実施した調査・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、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 26 年 3 月（平成 23～25 年度）、平成 29 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おります。

これまでの活動の成果を踏まえ、平成 29 年 3 月に「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、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継続して実施することとなりました。2 年目にあたる本年度も、地震活動の変化や顕著な地殻変動が見られた火山に対し、「だいち 2 号」による緊急観測要求を積極的に行いました。得られた観測結果については、迅速に解析を行い火山噴火予知連絡会に報告することにより、火山活動の評価及び噴火警報発表時の重要な判断材料のひとつとして利用されました。このように、本年度も「だいち 2 号」のデータは火山活動の評価及び防災情報の発信において重要な役割を果たしました。本報告書は、平成 30 年度におけるこれらの活動を取りまとめたものです。

なお、この報告書で使用されているデータは、協定に基づき宇宙航空研究開発機構からグループ内の各研究者にシーン数を限定して無償で提供されました。また、霧島山、口永良部島、西之島の噴火をはじめとした活動に変化が見られた火山について、本グループから行った緊急観測要請に対し、宇宙航空研究開発機構の皆様は迅速に対応して頂きました。本研究を実行するにあたりこれらの御支援いただいた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は深く感謝いたします。

平成 31 年 3 月

気象庁 地震火山部 火山課長

齋藤 誠

陸域観測技術衛星 2 号観測データ等の利活用に関する平成 30 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. 平成 30 年度活動概要.....	6
II. 研究成果報告.....	9
・火山-3001「地殻変動分布の評価への適用手法検討」.....	10
・火山-3002「南方諸島方面海底火山の監視の検証」.....	17
・火山-3003「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」.....	20
・火山-3004「高分解能画像による地質判読とその噴火解析への応用」.....	22
・火山-3005「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」.....	24
・火山-3006「衛星画像を用いた火山噴火後の土砂災害に関する情報取得手法 の検討」.....	29
・火山-3007「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (北海道の火山)」.....	31
・火山-3008「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (東北地方の火山)」.....	33
・火山-3009「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (関東中部地方火山)」.....	35
・火山-3010「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (伊豆小笠原諸島ほかの火山)」.....	37
・火山-3011「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (九州地方の火山)」.....	38
・火山-3012「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (鹿児島県の火山)」.....	39
・火山-3013「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)」.....	41
・火山-3014「噴出物の分布や地熱域等の把握及び地形変化検出への利用」.....	43
・火山-3015「衛星及び航空機搭載 SAR による火山の監視と変化抽出について」..	45

・ 火山-3016 「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」 .	49
・ 火山-3017 「SAR 干渉解析による箱根火山の火山性地殻変動の検出」	50
・ 火山-3018 「ALOS-2、Pi-SAR による火山の監視と変化抽出について」	52
・ 火山-3019 「総合測地観測による火山噴火準備過程の研究」	54

I. 計画の概要

1. 経緯

地球観測衛星によって捉えられるデータは、火山における地殻変動や表面現象の監視に大きな可能性を持っている。宇宙航空研究開発機構（JAXA）が陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）等を用いた防災利用実証実験を開始することを踏まえ、火山噴火予知連絡会では、この防災利用実証実験に参加して、今後の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、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が参加した。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である。

- 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

これらの課題を実施するため、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「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（平成 20 年度末終了）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 の後期利用段階への移行等を受けて、平成 21 年 3 月 31 日に気象庁と JAXA で締結している「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書の有効期間を平成 23 年 3 月 31 日まで延長し、その後も期間満了の 3 ヶ月前までに申し出がない場合は自動的に 1 年間延長することとした。この共同研究は、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 月まで継続した。

平成 26 年度には、新たに陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号（ALOS-2）」が打ち上げられたことから、この衛星の観測データの利用に対応した「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」に関する協定を気象庁と 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、ALOS-2 の運用終了から 6 ヶ月後までを有効期間とする「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」を新たに締結し、衛星観測データの火山活動評価への更なる利活用を目指すこととし、衛星解析グループの活動に必要な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、調査研究を行っていくこととなった。本年度は、その第 2 年度にあたる。

2. 枠組み

協定に基づくデータ等の利活用の枠組みを図1に示す。

衛星データを利用した火山活動監視・評価に必要な協定やデータ提供等の取り決めを、気象庁とJAXAとの間で締結し、年度ごとにデータ利用計画書を作成しデータの受け渡しに対する確認を行う。参加機関は、協定及びデータ利用計画書に基づき、衛星データの解析を行う。

火山噴火予知連絡会衛星解析グループの事務局である気象庁は、参加機関からの要望を受けて、グループ全体としての観測要求（緊急観測の内容を含む）を取りまとめ、JAXAと調整を行う。成果報告については事務局が参加機関からの報告を取りまとめ、JAXAに報告を行う。

衛星データの解析に関しては、各種データ利用研修、メーリングリスト等を通して、JAXAからサポートを受けることができる。また、必要に応じて会合を開催し、情報交換を行う。

この協定により得られた成果は、火山噴火予知連絡会へ報告され、火山活動の評価等に活用されることにより、火山防災への貢献につながっている。

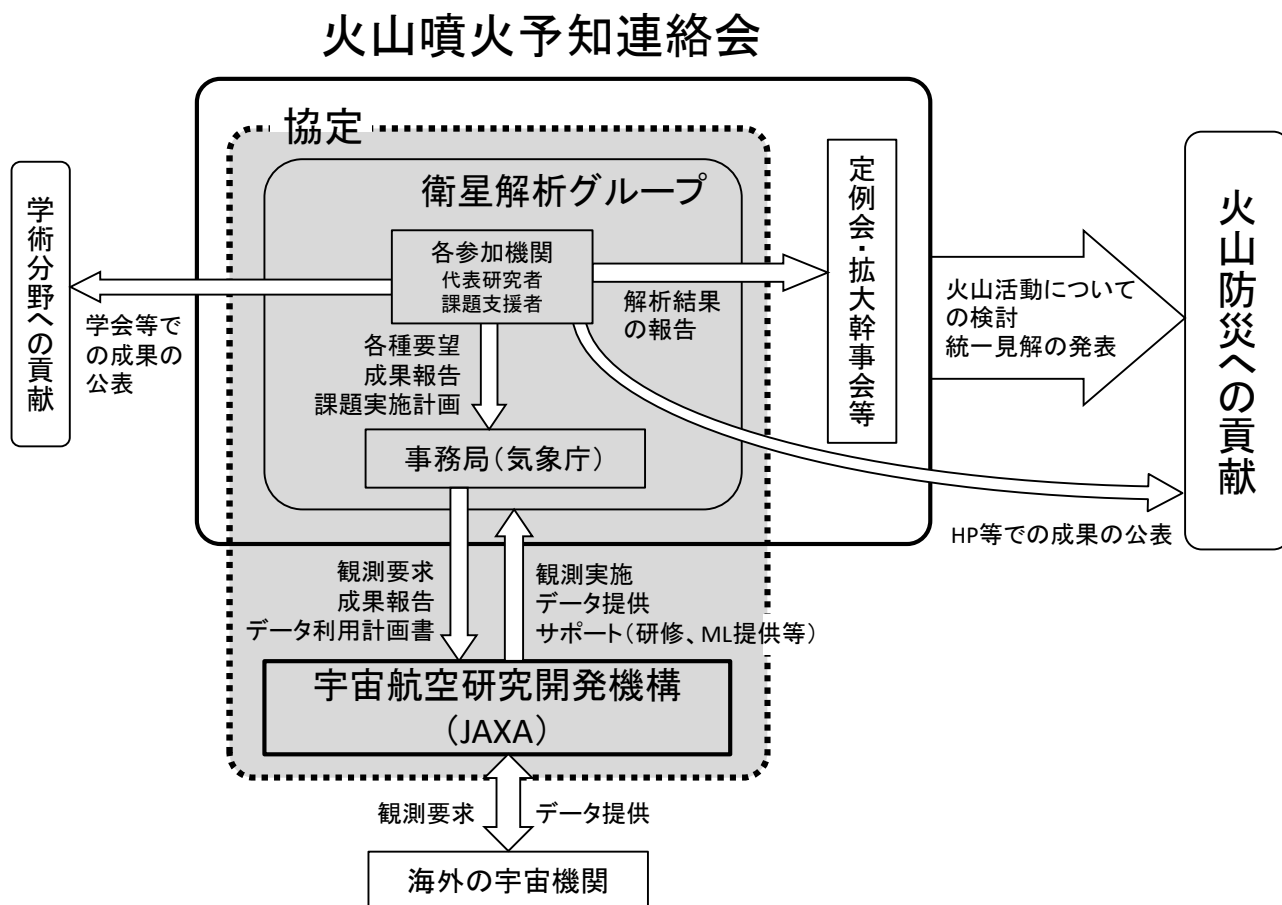


図1 衛星データ利活用に関する枠組み

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

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-3001	地殻変動分布の評価への適用手法検討	国土地理院	小林 知勝	地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室	主任研究官	藤原 智	国土地理院 地理地殻活動研究センター
						矢来 博司	国土地理院 地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室
						宮原 伐折羅	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 地殻変動研究室
						山田 晋也	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-3002	南方諸島方面海底火山の監視の検証	海上保安庁	楠 勝浩	海洋情報部	海洋調査課長	新村 拓郎	海上保安庁 海洋情報部 海洋調査課
						新庄 健之	海上保安庁 海洋情報部 海洋調査課
火山-3003	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	大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター	特任教授	大島 弘光	北海道大学大学院理学研究院
						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-3004	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	助教	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-3005	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	宮城 洋介	火山防災研究部門	主任研究員	小澤 拓	防災科学技術研究所 火山防災研究部門
火山-3006	衛星画像を用いた火山噴火後の土砂災害 に関する情報取得手法の検討	土木研究所	竇 傑	土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム	研究員	水野 正樹	土木研究所 土砂管理研究グループ
						藤村 直樹	土木研究所 火山・土石流チーム
火山-3007	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への 利用(北海道地方の火山)	気象庁	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価 解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
						右記部署職員	気象庁 札幌管区気象台
火山-3008	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への 利用(東北地方の火山)	気象庁	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価 解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
						右記部署職員	気象庁 仙台管区気象台

火山-3009	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(関東中部地方の火山)	気象庁	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
火山-3010	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(伊豆小笠原諸島ほかの火山)	気象庁	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
火山-3011	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(九州地方の火山)	気象庁	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
						右記部署職員	気象庁 福岡管区気象台
火山-3012	SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用(鹿児島県の火山)	気象庁	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
						右記部署職員	気象庁 福岡管区気象台
						右記部署職員	気象庁 鹿児島地方気象台
火山-3013	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	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
火山-3014	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	長谷川 嘉彦	地震火山部火山課	火山活動評価解析官	右記部署職員	気象庁 地震火山部 火山課
						右記部署職員	気象庁 気象研究所
火山-3015	衛星及び航空機搭載 SAR による火山の監視と変化抽出について	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-3016	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-3017	SAR 干渉解析による箱根火山の火山性地殻変動の検出	神奈川県 温泉地学研究所	道家 涼介	研究課	技師	原田 昌武	神奈川県 温泉地学研究所 研究課
火山-3018	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	大木 真人	宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター
						藤山 果穂	東京電機大学
火山-3019	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	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 先端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 先端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

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おり、本年度はこの2年度目にあたる（表1－2）。

表 1－2 活動計画

項目	1年度目 (FY2017)				2年度目 (FY2018)				3年度目 (FY2019)			
	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・改訂	▲		(適宜改訂)		▲		(適宜改訂)		▲		(適宜改訂)	
利用計画書の制定・改訂	▲		(適宜改訂)		▲		(適宜改訂)		▲		(適宜改訂)	
データの利活用		▲	(適宜報告)	▲		▲	(適宜報告)	▲		▲	(適宜報告)	▲
火山噴火予知連絡会 (気象庁) (定例は2月、6月、11月頃)	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲	▲
衛星解析グループ会合	▲			▲	▲			▲	▲			▲
成果報告 (課題別)				▲				▲				▲
成果報告書の作成				▲				▲				▲
											(3年度分のとりまとめ)	

5. 平成 30 年度活動概要

(1) 活動履歴

- ・平成 30 年 6 月 21 日
衛星解析グループ第 21 回会合 開催（気象庁）
- ・平成 30 年 9 月 3 日
第 8 回 ALOS-2 観測運用調整会議 出席
- ・平成 30 年 10 月 22 日
平成 30 年度第 1 回衛星による防災利用実証業務連絡会 出席
- ・平成 30 年 11 月 1～2 日
The 6th Joint Project Team Meeting for Sentinel Asia STEP-3 (JPTM2018) 出席
- ・平成 30 年 2 月 28 日
衛星解析グループ第 22 回会合 開催（気象庁）
- ・平成 31 年 3 月 11 日
第 9 回 ALOS-2 観測運用調整会議 出席
- ・平成 31 年 3 月 11 日
陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」利用シンポジウム 出席
- ・平成 31 年 3 月 12 日
平成 30 年度第 2 回衛星による防災利用実証業務連絡会 出席
- ・平成 31 年 3 月
本報告書 取りまとめ

(2) 観測要求とデータ提供

観測要求

衛星解析グループから JAXA に対して、ALOS-2 及び Cosmo-SkyMed[※]による以下の火山の緊急観測要求を行い、観測が実施された。

（ALOS-2）雌阿寒岳、吾妻山、草津白根山、西之島、硫黄島、霧島山、口永良部島、アナック・クラカタウ

（Cosmo-SkyMed）口永良部島

※Cosmo-SkyMed については、本協定及びイタリア宇宙機関（ASI）と JAXA との協定に基づき、衛星解析グループからの要望を受けて、JAXA からイタリア宇宙機関に緊急観測要求を行った。

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（WEB サイト）、緊急観測要求によって取得されたデータはだいち防災 WEB ポータルを通して行われた。

(3) 研究課題

COSMO-SkyMed データを利用した研究

衛星解析グループメンバーによる COSMO-SkyMed のデータを利用した研究の実施に向けて、課題を取りまとめて JAXA に提出した。

(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・サポート

JAXA により「防災のための地球観測衛星データ利用研修」や「だいち防災 WEB ポータル」を用いた緊急観測画像取得訓練（プロダクト提供実験）をはじめとするサポートが行われた。

(6) 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

< 第 141 回 火山噴火予知連絡会（平成 30 年 6 月 20 日） >

雌阿寒岳（国土地理院）
十勝岳（国土地理院）
有珠山（国土地理院）
蔵王山（国土地理院）
吾妻山（国土地理院）
草津白根山（国土地理院、気象庁）
浅間山（国土地理院）御嶽山（国土地理院）
箱根山（国土地理院、神奈川県温泉地学研究所）
伊豆大島（国土地理院）
三宅島（国土地理院）
西之島（国土地理院、気象研究所）
硫黄島（国土地理院）
阿蘇山（国土地理院）
雲仙岳（国土地理院）
霧島山（国土地理院、防災科学技術研究所、気象庁・気象研究所）
桜島（国土地理院）
薩摩硫黄島（国土地理院）
口永良部島（国土地理院）
諏訪之瀬島（国土地理院）

< 第 142 回 火山噴火予知連絡会（平成 30 年 10 月 31 日） >

雌阿寒岳（国土地理院、北海道大学、気象庁）
十勝岳（国土地理院、気象研究所）
有珠山（国土地理院）
秋田駒ヶ岳（気象庁）
蔵王山（国土地理院、気象庁）
吾妻山（国土地理院、気象庁）
草津白根山（国土地理院、気象庁）

浅間山（国土地理院、気象庁）
新潟焼山（国土地理院）
御嶽山（国土地理院）
箱根山（国土地理院、神奈川県温泉地学研究所）
伊豆大島（国土地理院）
三宅島（国土地理院）
西之島（国土地理院、気象研究所）
硫黄島（国土地理院、気象庁）
阿蘇山（国土地理院）
雲仙岳（国土地理院）
霧島山（国土地理院、防災科学技術研究所、気象庁・気象研究所）
桜島（国土地理院）
口永良部島（国土地理院、気象庁）
諏訪之瀬島（国土地理院）

< 第 143 回 火山噴火予知連絡会（平成 31 年 2 月 27 日） >

雌阿寒岳（国土地理院、気象庁）
恵山（国土地理院、北海道大学、気象庁）
吾妻山（国土地理院、気象庁・気象研究所）
草津白根山（国土地理院、気象庁）
箱根山（国土地理院、神奈川県温泉地学研究所、気象庁）
西之島（国土地理院、気象研究所）
阿蘇山（国土地理院、気象庁）
霧島山（国土地理院、気象庁・気象研究所）
桜島（国土地理院、気象庁）
口永良部島（国土地理院、防災科学技術研究所、気象庁・気象研究所）
諏訪之瀬島（国土地理院、気象庁）

※このほか全ての火山（海底火山を除く）について国土地理院及び気象庁から報告した。

参加機関の公式ホームページ等での公開

- ・平成 30 年（2018 年）霧島山（新燃岳）の噴火に関する対応 だいち 2 号の SAR 強度画像に基づく地形変化（国土地理院）（URL：<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h30kirishima-index.htm>）
- ・平成 30 年(2018 年)霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）の噴火に関する対応（国土地理院）（URL：http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h30kirishima_ebino.html）
- ・平成 30 年（2018 年）吾妻山の火山活動に関する情報（国土地理院）（URL：<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/azumayama-index.html>）
- ・平成 31 年（2019 年）口永良部島の火山活動に関する情報（国土地理院）（URL：<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h31-kuchinoerabu-index.html>）

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-3001 「地殻変動分布の評価への適用手法検討」(国土地理院)
- ・ 火山-3002 「南方諸島方面海底火山の監視の検証」(海上保安庁)
- ・ 火山-3003 「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-3004 「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-3005 「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-3006 「衛星画像を用いた火山噴火後の土砂災害に関する情報取得手法の検討」(土木研究所)
- ・ 火山-3007 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (北海道地方の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-3008 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (東北地方の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-3009 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (関東中部地方の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-3010 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (伊豆小笠原諸島ほかの火山)」(気象庁)
- ・ 火山-3011 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (九州地方の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-3012 「SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用 (鹿児島県の火山)」(気象庁)
- ・ 火山-3013 「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-3014 「噴出物の分布や地熱域等の把握及び地形変化検出への利用査」(気象庁)
- ・ 火山-3015 「衛星及び航空機搭載 SAR による火山の監視と変化抽出について」(宇宙航空研究開発機構)
- ・ 火山-3016 「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-3017 「SAR 干渉解析による箱根火山の火山性地殻変動の検出」(神奈川県温泉地学研究所)
- ・ 火山-3018 「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-3019 「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: 小林 知勝

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): 藤原 智、矢来 博司、宮原 伐折羅、森下 遊、山田 晋也(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 9 火山(草津白根山、西之島、硫黄島、霧島山、雌阿寒岳、吾妻山、口永良部島、ハワイ島キラウエア、クラカタウ)に対して SAR 干渉解析等を行った。

1. 草津白根山: 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 干渉解析を行った。噴火前後の画像ペアによる干渉画像から、鏡池北火口の南側で収縮性の変動が検出された(図1)。また、2018年1月の噴火前の約3年間のデータについて時系列解析を行ったところ、本白根山鏡池付近で 1cm/yr 程度の微小な収縮性の変動が、湯釜の北西側では 1cm/yr 程度の微小な膨張性の変動見られた。

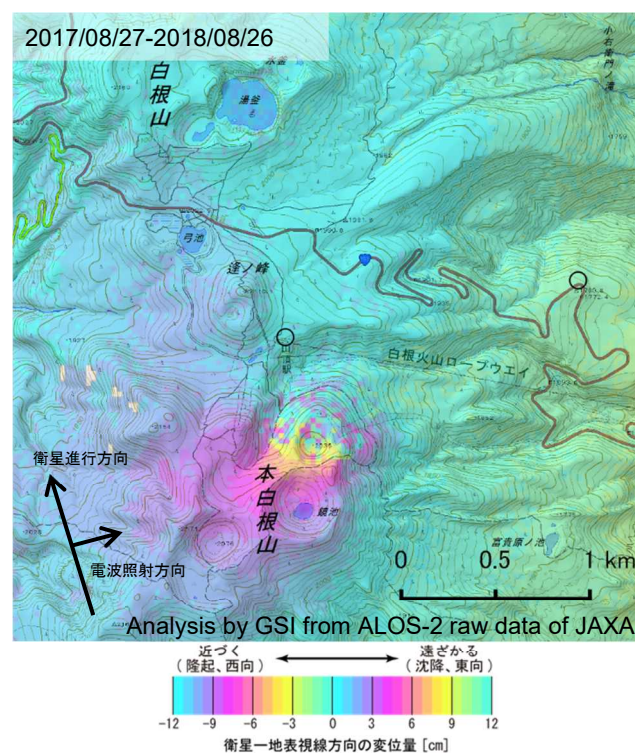
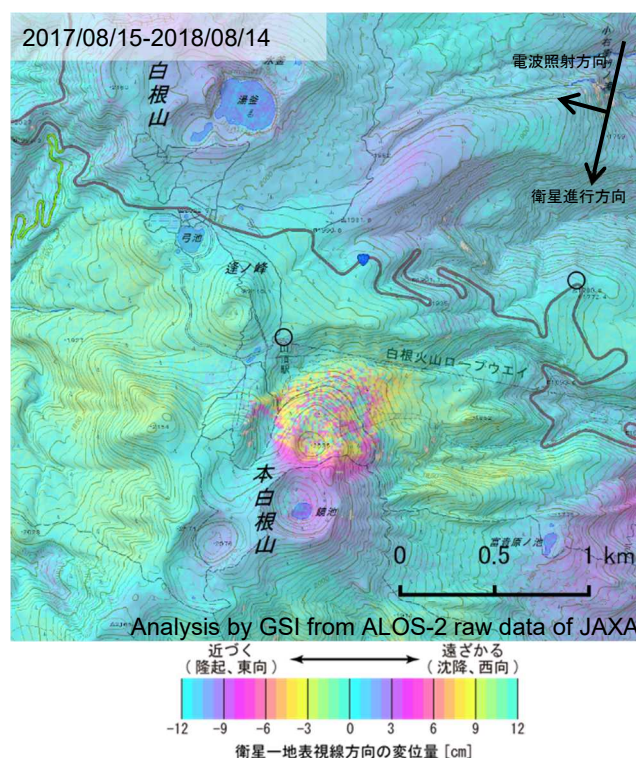


図1. 草津白根山の火山活動に伴う地殻変動。噴火前後の画像ペアによる干渉 SAR 画像。

2. 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 干渉解析を行った。2018年7月の再噴火に伴う収縮性の地形変化を火砕丘周辺及びその南側で検出するなどした。

3. 硫黄島： 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干渉解析を行い、元山及びその周辺で進行する沈降等を捉えられた（図2）。また、一部の干渉画像には、阿蘇台断層に沿って分布する変動の急変帯が見られた。

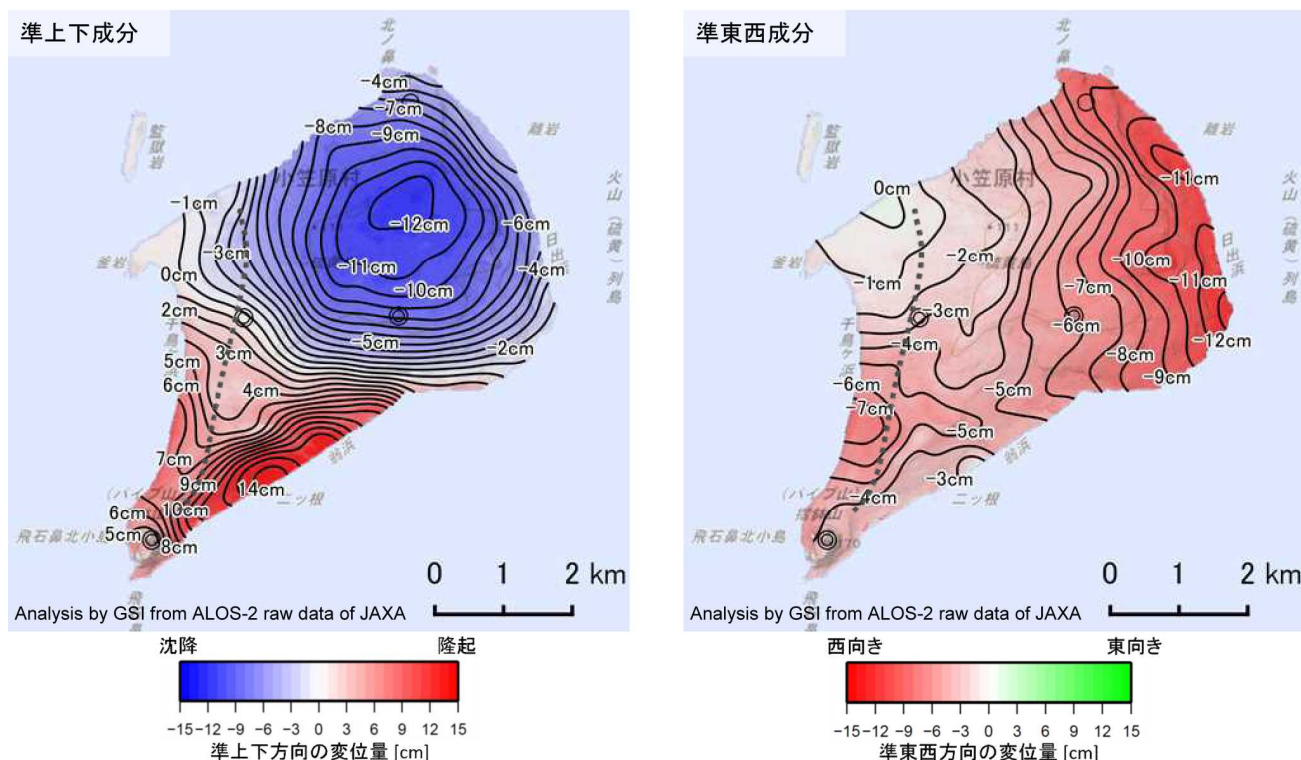


図2. 硫黄島の火山活動に伴う地殻変動。2018/09/09-2018/09/23 と 2018/09/10-2018/09/24 の干渉 SAR 画像から得られた準上下成分（左）と準東西成分（右）。硫黄島の北西にある監獄岩を固定点とした相対的な変動量でコンター間隔は1cm。

4. 霧島山： 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干渉解析を行った。硫黄山においては、4月の噴火の発生前及び噴火前後で硫黄山南部及びその西側で地盤の膨張が検出された（図3）。噴火後は、硫黄山南部及びその西側で収縮とみられる衛星から遠ざかる変動が見られた。また、新燃岳においては、4月下旬以降、新燃岳火口内で収縮が見られていたが、その後火口内で膨張とみられる衛星に近づく変動が見られた（図4）。

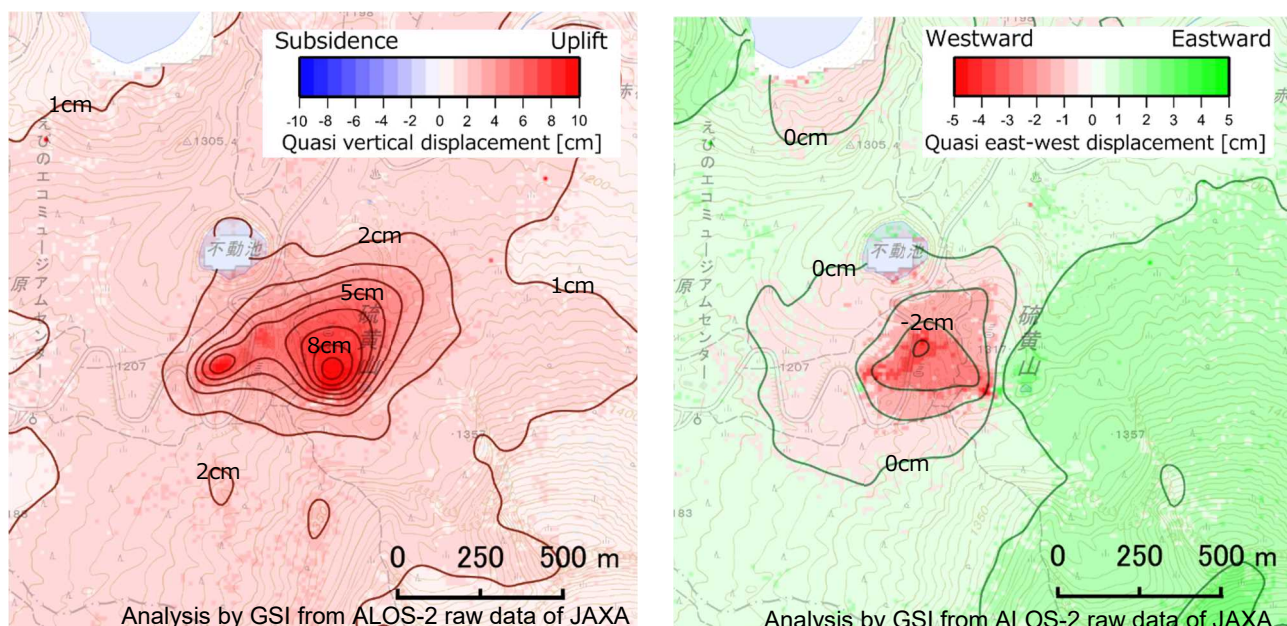


図3. 硫黄山の火山活動に伴う地殻変動。2018/03/12-2018/04/23 と 2018/03/11-2018/04/22 の干渉 SAR 画像から得られた準上下成分（左）と準東西成分（右）。コンター間隔は1cm。

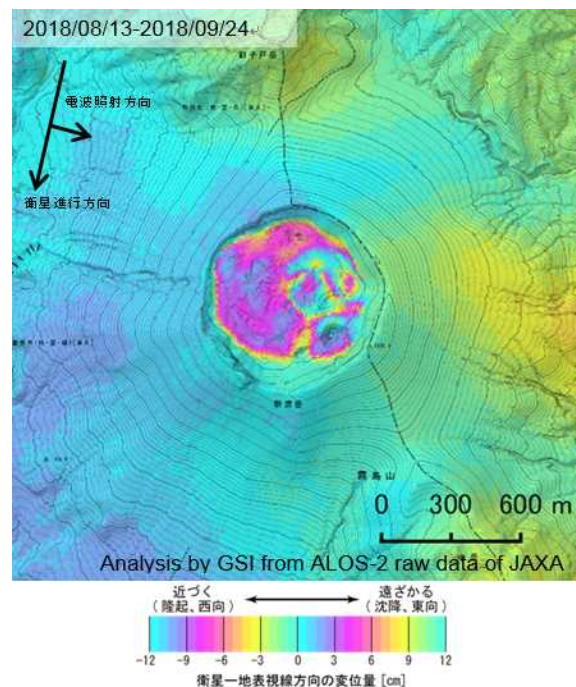
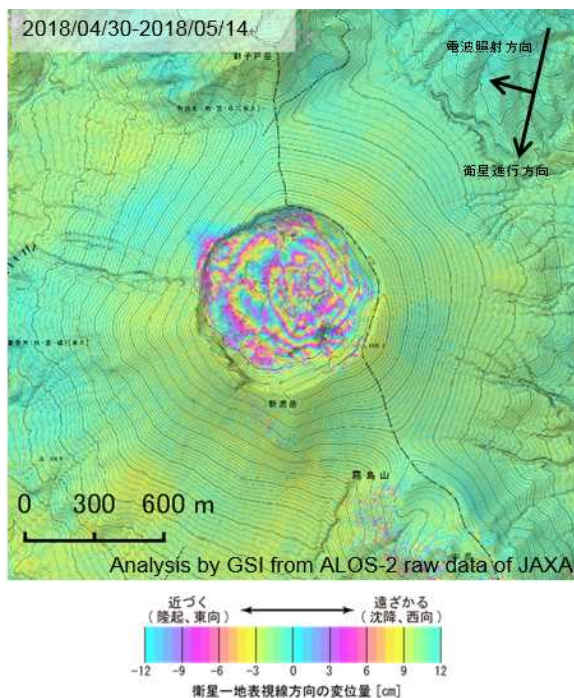


図 4. 新燃岳の火口及びその周辺の地表変位を干渉 SAR 画像。

5. 雌阿寒岳： 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 干渉解析を行った。ノイズレベルを超える変動は見られなかった。

6. 吾妻山： 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 干渉解析を行ったところ、大穴火口西側で膨張とみられる衛星に近づく変動が見られた。さらに時系列解析を実施したところ、大穴火口及びその周辺では 2015 年及び 2018 年に進行した膨張性の変動を捉えた（図 5）。大穴火口では、2015 年後半以降、収縮性の変動が進行した一方で、2018 年の活動で変動が検出された大穴火口西側では、2015 年後半以降、変動は停滞したままであった。この領域では地盤が膨張したまま 2018 年の膨張性変動が再開したと考えられる。

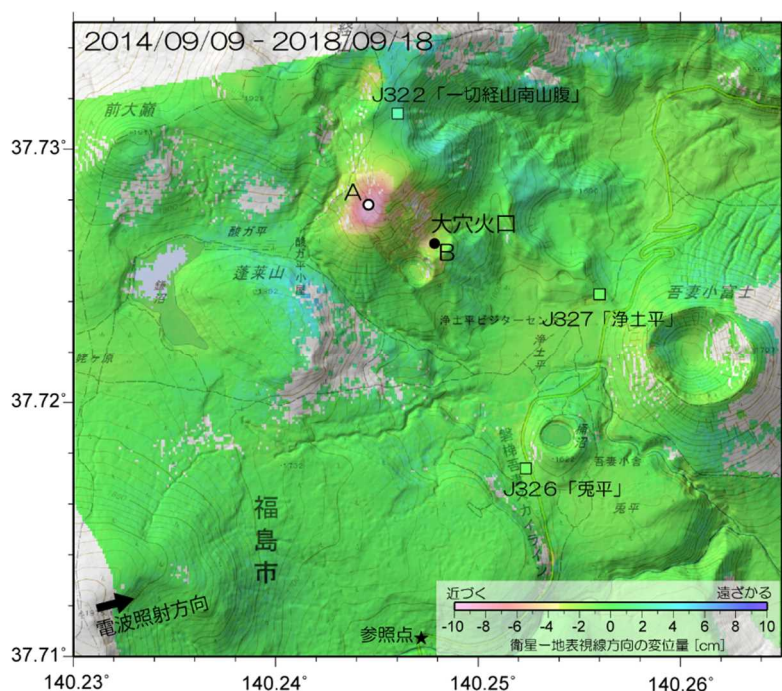


図 5. 吾妻山の火山活動に伴う地殻変動。2014 年 9 月 9 日から 2018 年 9 月 18 日のデータを用いて干渉 SAR 時系列解析から得られた変動速度分布を示す。□印は GNSS 観測点の位置を示し、□内の色は GNSS から得られる衛星-地表間距離方向の変位速度を示す。

7. 口永良部島： 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干渉解析を行った。2019年1月17日の噴火前後の画像ペアによる干渉画像からは、ノイズレベルを超える変動は見られなかった。一方、新岳の火口周辺では、火砕物の堆積とみられる非干渉領域が見られた。また、長期の干渉ペアからは、新岳火口周辺で収縮とみられる衛星から遠ざかる変動が見られた。

8. ハワイ島キラウエア火山： 2018年5月3日から開始したハワイ島キラウエア火山の噴火活動等に伴う地殻変動を検出するため、SAR干渉解析及びMAI解析を実施した。南行軌道の干渉SAR画像からは、キラウエア東側山腹及びEast Rift Zone沿いの帯状の領域で衛星から遠ざかる向きの変動が見られた（図6）。また、キラウエア火山の山頂では、収縮と考えられる変動が見られた。溶岩が流出した領域周辺では大きな地殻変動が見られ、変動領域の北側で衛星から遠ざかる向き、南側で衛星に近づく向きの変動が見られた。一方、北行軌道の干渉画像では、北側と南側の両方で衛星に近づく向きの変動が見られた（図7）。溶岩が流出した領域では、北行軌道の観測データを用いたMAI解析により、南北に開くような地殻変動が捉えられた。変位量は最大で約2.5m（北側：約1m、南側：約1.5m）である。溶岩が流出している領域周辺の地殻変動に基づき、鉛直のクラックを仮定してその開口量を推定した。モデル計算の結果、約3.9mの開口が推定され、体積変化量は $4.9 \times 10^7 \text{m}^3$ と求まった。

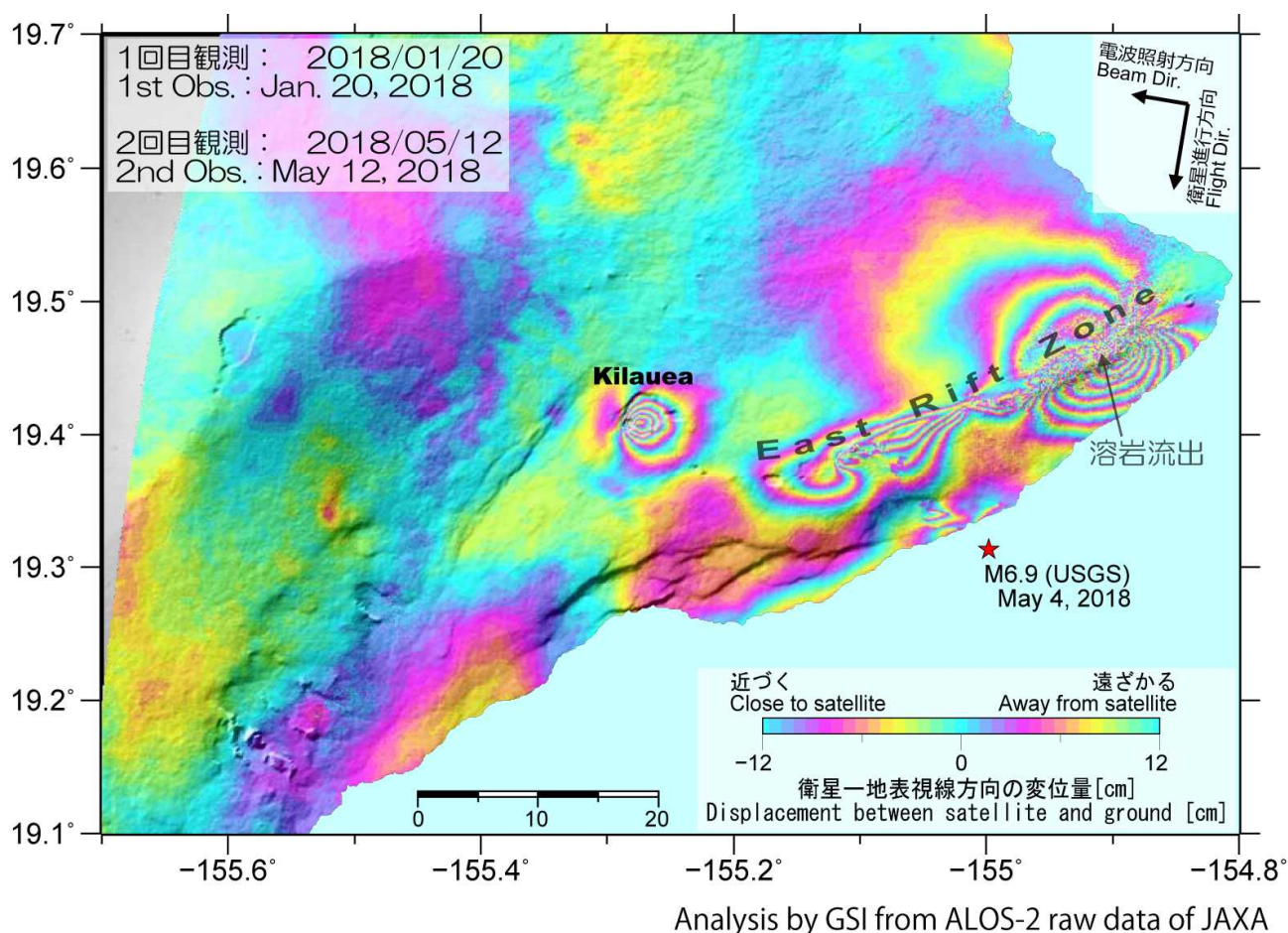


図6. ハワイ島キラウエア火山活動及びハワイ島沖で発生した地震に伴う地殻変動を示した南行右観測ペアの干渉SAR画像。赤い星印は5月4日発生した地震の震央を示す。

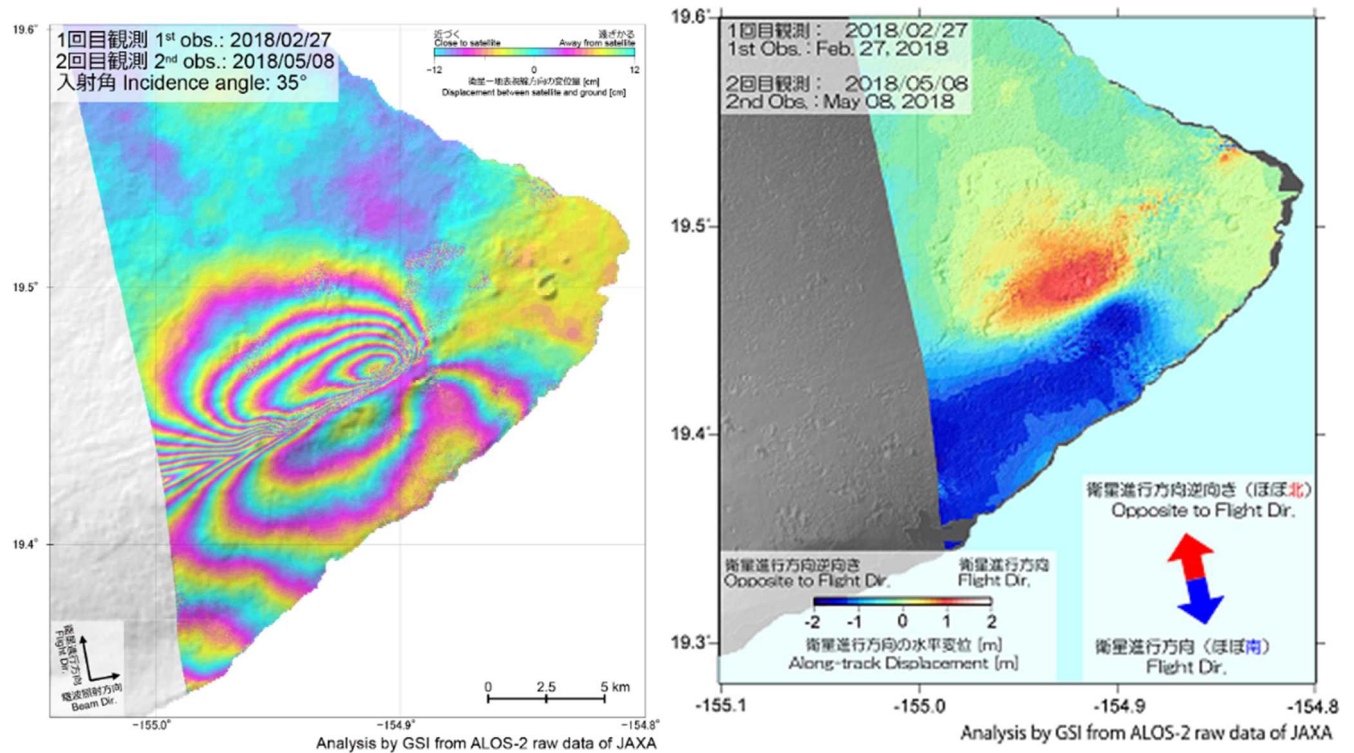
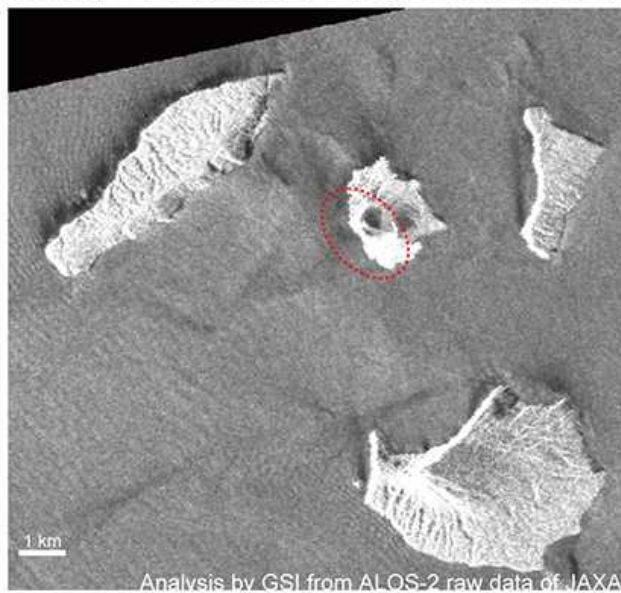


図 7. ハワイ島キラウエア火山活動及びハワイ島沖で発生した地震に伴う地殻変動を示した北行右観測ペアの干渉 SAR 画像（左）と MAI 解析画像（右）。

9. インドネシア・クラカタウ火山： 2018年12月22日にインドネシアのクラカタウ火山の噴火が原因とみられる津波が発生した。噴火に伴う地形変化を把握するため、強度画像の分析を行った。その結果、アナク・クラカタウ火山の山体南西部に明瞭な地形変化が認められた（図8）。

噴火前 2018/08/20
(Before Eruption Aug. 20, 2018)



噴火後 2018/12/24
(After Eruption Dec. 24, 2018)

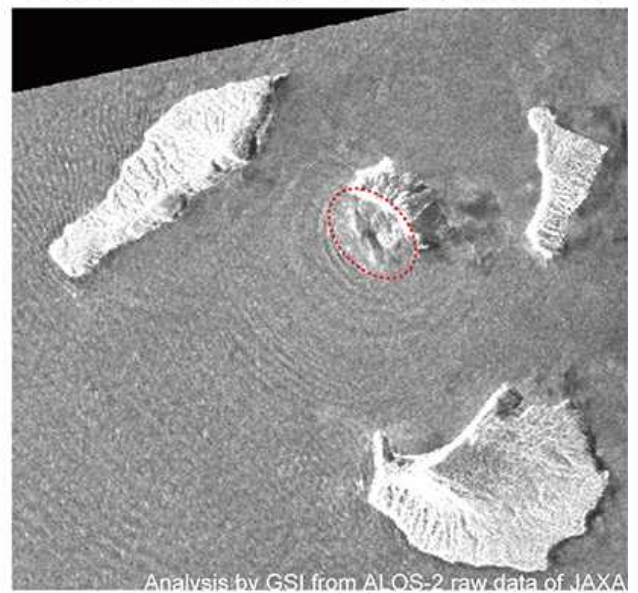


図 8. クラカタウ火山の火山活動に伴う地形変化を示す SAR 強度画像。

成果発表の状況：

■火山噴火予知連絡会

- ・火山噴火予知連絡会 第1回草津白根山部会資料
- ・火山噴火予知連絡会 第1、2回霧島山部会資料
- ・第141回火山噴火予知連絡会資料
- ・第142回火山噴火予知連絡会資料
- ・第143回火山噴火予知連絡会資料

■国土地理院 HP 掲載

- ・国内火山（地理院地図：<http://maps.gsi.go.jp/>）
- ・平成31年（2019年）口永良部島の火山活動に関する情報
（<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h31-kuchinoerabu-index.html>）
- ・平成30年（2018年）吾妻山の火山活動に関する情報
（<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/azumayama-index.html>）
- ・平成30年（2018年）霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）の噴火に関する対応
（http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h30kirishima_ebino.html）
- ・2018年インドネシア・クラカタウ火山の噴火に伴う地形変化
（<http://www.gsi.go.jp/cais/topic181225-index.html>）
- ・2018年5月ハワイ島キラウエア火山活動に関する SAR 解析結果
（<http://www.gsi.go.jp/cais/topic181225-index.html>）

■論文

- ・T. Kobayashi, InSAR-detected local ground deformation in potential areas of phreatic eruption: Way forward to proactive monitoring for disaster risk mitigation, proceedings of the 13th SEGJ international symposium, 2018 (to be published).
- ・森下遊，小林知勝，ALOS-2 干渉 SAR 時系列解析で検出された霧島山の地表変位と大気遅延誤差低減処理の効果，測地学会誌，64，28-38，2018.
- ・小林知勝，森下遊，山田晋也，干渉 SAR 時系列解析プロトタイプシステムの開発，国土地理院時報，第130集，2018.
- ・本田昌樹，山下達也，上芝晴香，攪上泰亮，林京之介，桑原將旗，松本紗歩，仲井博之，酒井和紀，宮原伐折羅，宗包浩志，飛田幹男，矢来博司，小林知勝，森下遊，藤原智，だいち2号 SAR データの解析による霧島山噴火に伴う地表変動の検出，国土地理院時報，第130集，2018.
- ・小林知勝・矢来博司，SAR データによる地殻変動解析および地殻変動データに基づく力学的モデリングに関する研究（第9年次），国土地理院調査研究年報（H30年度）

■学会発表

- ・H. Yarai, T. Kobayashi, and S. Yamada, InSAR-detected local ground deformations in areas of potential phreatic eruptions: towards proactive monitoring for disaster risk mitigation, American Geophysical Union (AGU) 2018 fall meeting.
- ・T. Kobayashi, InSAR-detected local ground deformation in potential areas of phreatic eruption: Way forward to proactive monitoring for disaster risk mitigation, The 13th SEGJ International Symposium [invited]
- ・小林知勝，SAR 衛星による火山の地殻変動観測の現在と今後の展望，物理探査学会第139回学術講演会 [招待講演]
- ・藤原智，矢来博司，小林知勝，森下遊，小沢慎三郎，霧島山2017~2018年噴火に伴う地殻変動，日

本測地学会第 130 回講演会

- ・ 藤原智，矢来博司，小林知勝，森下遊，小沢慎三郎，霧島山 2017~2018 年噴火に伴う地殻変動，2018 年度日本火山学会秋季大会
- ・ 矢来博司，藤原智，森下遊，小林知勝，宗包浩志，草津白根山の最近の地殻変動，2018 年度日本火山学会秋季大会
- ・ 小林知勝，SAR 観測により検出される局所的な火山性地殻変動と簡単な数値計算による考察，日本地球惑星科学連合 2018 年大会
- ・ 佐藤雄大，小林知勝，雌阿寒岳及び雄阿寒岳の変動源の推定ー有限要素法を用いた解析の試行ー，日本地球惑星科学連合 2018 年大会
- ・ 矢来博司，森下遊，小林知勝，藤原智，川元智司，瀬川秀樹，GNSS および SAR で捉えた霧島山周辺の地殻変動，日本地球惑星科学連合 2018 年大会

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。地殻変動が検出された場合は、変動源の推定を行う。

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 や ALOS-2 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海洋調査課海洋防災調査室

課題支援者(所属機関): 新村拓郎、新庄健之(海上保安庁海洋情報部海洋調査課海洋防災調査室)

課題名称: 南方諸島海底火山の監視の検証

今年度の成果概要:

海底火山監視への衛星データの活用を念頭に以下の検討を実施した。

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検証
2. 海域火山における変色水域や火山活動に対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識別の可否についての検討
5. 西之島火山以外の海域火山における軽石等の浮流物の識別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解析結果との検証

【結果】

平成 30 年 7 月に再噴火した西之島について、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、当庁の航空機による調査実施の都度、航空機による調査結果と可視・赤外線衛星データ(GCOM-C)解析結果の検証を実施し、衛星データの海域火山監視の有用性を確認するとともに、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(第1図)。

今後も活動が活発化している口永良部島や変色水が度々確認されている福徳岡ノ場等の変色水監視も含め、さらに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を深めていきたい。

2. 海域火山における変色水域や火山活動に対する光学衛星データの検知能力の検証

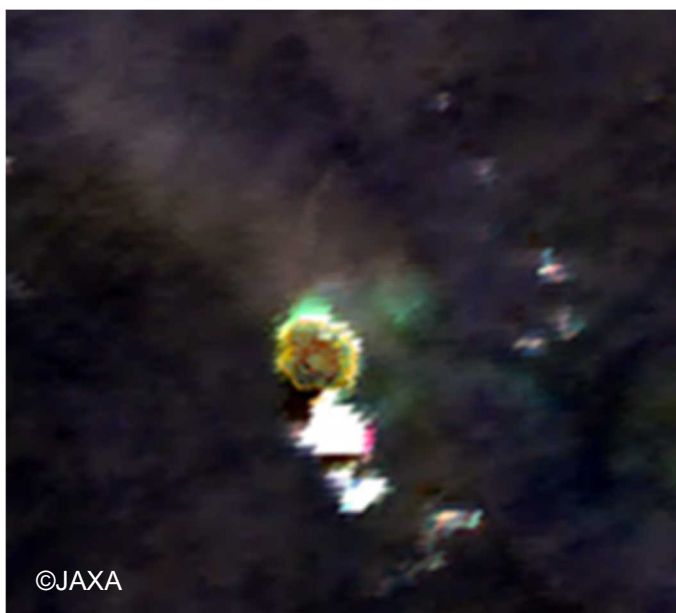
明神礁、西之島において、各種衛星データ(SPOT, LANDSAT-8, ASTER 等)を用いて、航空機による写真と衛星写真との比較による変色水域の検知能力を検証した。

【結果】

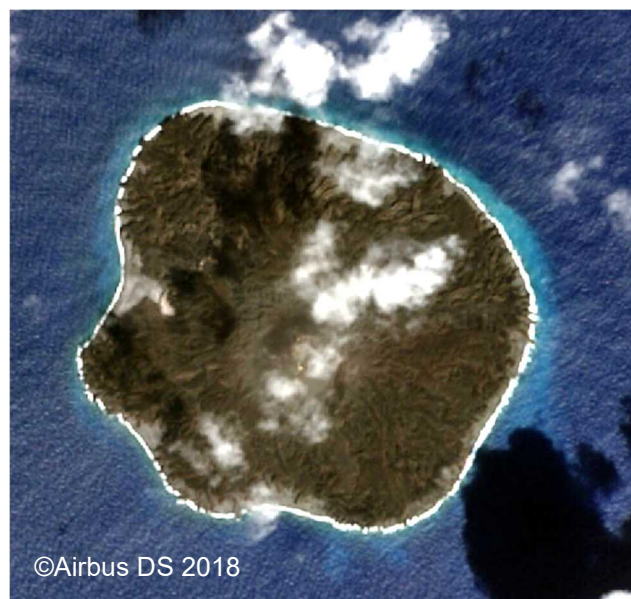
西之島の衛星データを用いて変色水域の分布する海域でその有無等を確認することができた。

西之島における変色水域の衛星データ(第2図)と航空機による調査結果(第3図)との比較により、衛星データでも目視観測と同様に変色水の色調・範囲を把握できた。

いずれの場合も、天候不良による撮影失敗率が高く、撮影成功は天候条件に大きく左右されるものの、西之島等の本土から遠方の場所を航空機により高頻度に観測することは困難であり、天候条件が厳しくとも本手法が有効な監視観測手段であることがわかった。



第 1 図 GCOM-C(しきさい)による西之島の変色水域
2018 年 10 月 23 日撮影



第 2 図 SPOT 衛星による西之島の変色水域
2018 年 10 月 18 日撮影



第 3 図 航空機による西之島の変色水域
2018 年 10 月 23 日撮影

3. CIRC の赤外線画像を用いた、西之島の活動度の把握の検討

西之島の活動度の監視に火山活動林野火災速報システムの CIRC データを有効に活用した。
今後、GCOM-C データも含め、さらに検証を進めたい。

4. PALSAR-2 の SAR 画像を用いた火山活動状況把握の識別の可否についての検討

当該期間では実施しなかった。

5. 海域火山における軽石等の浮流物の識別の可否についての検討

当該期間に事象は発生しなかった。

成果発表の状況：

今年度はなし。

来年度以降の課題・計画：

来年度も今年度に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伴う変色水域の計測等の手法やその有効性についても検討をしたい。

さらに、今年度と同様に海域火山の変色水、熱異常検出について、JAXA と継続・連携して航空機と衛星データの比較検証を実施するとともに、本格運用が開始される火山活動林野火災速報システムの海域火山監視への活用をさらに促進する。

また、当庁の研究課題は、主に光学衛星を用いて遂行するものであるため、先進光学衛星 (ALOS-3) の衛星可視データの提供を期待したい。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 村上 亮
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): 大島弘光, 大園真子(北海道大学大学院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 (1) 雌阿寒岳 PALSAR2 データのうち、2017 年から 2018 年の期間を含むペアを複数選び、干渉解析を実施した。北大および国土地理院の GPS 観測結果は、2016 年秋以降の膨張性地殻変動について、速度を落としながらも継続中であることを示しているが、干渉 SAR 結果には観測誤差を超える変動は見いだされなかった。恐らく、膨張速度が低下したため、干渉 SAR で認識可能なレベルにまで、変動が蓄積しなかったためと考えられる(第 142 回火山噴火予知連絡会へ資料提出)。 (2) 御嶽山 噴火後、約 3 年間の ALOS2 干渉データを利用して、噴火後の地殻変動の推移を追跡した。御嶽山山頂付近では、噴火後、一貫して山頂浅部を中心とする収縮を示唆する地殻変動が続いている。噴火直後の 2014 年 10 月以降 2017 年 8 月までの変動の累積値は約 50 cm を超えている。変動速度は、減衰性のパターン上にある。一方、火口から放出されている熱量についても、気象庁から提供を受けた日毎の噴気画像データから変化を追跡した。両者の時間パターンは明らかに異なっており、火口から放出されている水蒸気の供給源は、収縮を見せている浅部の貯水場所だけではなく、恐らくさらに深部からの寄与が必要であることが明らかとなった(第 142 回火山噴火予知連絡会へ資料提出)。 (3) 恵山 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、膨張性地殻変動のゆるやかな継続が示唆されている。ALOS2 のデータの蓄積も進んだため、可能な限り長期間のペアの組み合わせを独立な 2 軌道から選択し、干渉解析を行った。その結果、山頂部の膨張は、片方の軌道のみでしか現れなかったため、今後さらに別の軌道のデータも追加して、詳細に検討する必要があることが分かった。一方、山頂西側に広がる崖状の噴気地帯が地形の傾斜に沿って下方に緩やかに活動していることを示唆する位相変化が、独立のペアに共通に現れた。この地帯は、熱変質が進んで地盤の強度が劣化している上、地形的にも急峻で、崩落や崩壊の可能性が本来高い場所であり、今後の継続的な監視が必要である(第 143 回火山噴火予知連絡会へ資料提出)。

成果発表の状況：

第 142 回火山噴火予知連絡会にて報告（雌阿寒岳，御嶽山）

第 143 回火山噴火予知連絡会にて報告（恵山）

成田 翔平・村上 亮（2018）：御嶽山 2014 年噴火後の噴気放水率推定，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉市

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
課題支援機関：
課題支援者（所属機関）：安田敦（東京大学），青木陽介（東京大学）
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
<p>今年度の成果概要：</p> <p>西之島の 2017 年の活動について，前年度の高分解能光学画像（Pleiades 画像等）に ALOS-2 画像を加え，噴出率の時間変化等に関する検討を行った。</p> <p>GCOM-C SGLI 画像によって実際のどの程度まで溶岩流等の噴出物の観測ができるのかを，ハワイ，キラウエア火山 2018 年噴火を用いて検証した。本研究は 5 月 5 日～6 月 12 日までに得られた 25 夜間画像の内，雲の被覆の少ない 15 画像を選び，Level 1b 画像を基に輝度補正・幾何補正を行い，緯度経度座標系に変換した後，Puna 地区周辺約 16.5 × 16.5 km の領域を切り出した。解析に使用した画像は MODTRAM の熱帯モデルを用いて大気補正を行った。噴火推移の判読は主に SGLI の 10.8 μm チャンネルの pixel-integrated 温度画像を用いて行った。5 月 5 日（UTC）の画像では，Puna 地区標高 400-500 m 付近に，East Rift Zone の伸長と同方向に並ぶ微弱な熱異常が認められる。これらが初期の割れ目噴火発生地点とその噴出物に当たると思われる。16 日（UTC）の画像では，熱異常域が拡大すると共に，東北東へ伸長していることから，活動が活発化していることが推定される。5 月下旬の画像では，南東に向かって斜面を流下した溶岩流が，MacKenzie State Recreation Area の海岸付近まで達している。ここで海への溶岩の流入（ocean entry：19 日 HST に始まる）が起きている。一方この時期，SGLI 可視画像により，溶岩の噴泉活動に伴う黒色噴煙や，ocean entry によって発生した水蒸気由来の白色噴煙，溶岩が海水に流入することで発生した変色域等も捉えられている。この後，6 月 4 日（UTC）には，溶岩は東に向かって流れ Kapoho Crater 周辺を埋没させ，7 日（UTC）には Kapao Bay に流れ込んでいることが認められる。8 日の画像では，初期の噴火地点付近（fissure 8）から溶岩が噴出し，東端部の海岸まで流下していることが判読される。</p>
<p>成果発表の状況：</p> <p>（発表）</p> <p>金子隆之・安田敦，ひまわり 8 号赤外画像を用いたアジア太平洋域における 2017 年の噴火活動の観測，地球惑星連合大会，幕張，2018 年 5 月。</p> <p>金子隆之・前野 深・安田 敦・高崎健二・武尾 実，西之島 2017 年活動の推移—ひまわり 8 号と高分解能画像による検討，日本火山学会，秋田，2018 年 9 月</p> <p>金子隆之・安田 敦・高崎健二・本多嘉明・梶原康司・村上 浩，「しきさい」（GCOM-C）が捉えたハワイ，キラウエア火山 2018 年の活動，日本火山学会，秋田，2018 年 9 月。</p> <p>（論文）</p> <p>Kaneko, T., K. Takasaki, F. Maeno, M.J. Wooster, and A. Yasuda, Himawari-8 infrared observations of the June-August 2015 Mt Raung eruption, Indonesia, Earth Planets Space, 70, 89, 1-9, 2018.</p> <p>Kaneko, T., A. Yasuda, Y. Yoshizaki, K. Takasaki, and Y. Honda, Pseudo thermal anomalies in the shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation, Earth Planets Space, 70, 175, 1-9, 2018.</p>

来年度以降の課題・計画：

ALOS-2 等の高分解能画像，ひまわり 9 号の超高頻度観測および中分解能中観測頻度の SGLI 画像を組み合わせた噴火推移の解析に取り組む。また，得られた噴火推移の解析結果を基に比較分析を進める。とくに，ストロンボリ噴泉を伴う噴出的活動，連発的プリニー噴火を主体とする活動，溶岩ドームの成長を主体とする活動，ブルカノ噴火を主体とする活動等，よく見られる活動タイプに着目し，各タイプについて噴火推移の共通性とそのヴァリエーションについて分析と整理を進める。この際，噴火や活動変化に先行してしばしば表れる微弱な熱異常を精査し，その発生原因や噴火推移との関係について分析を進める。

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: 防災科学技術研究所

課題支援機関:

課題支援者 (所属機関):

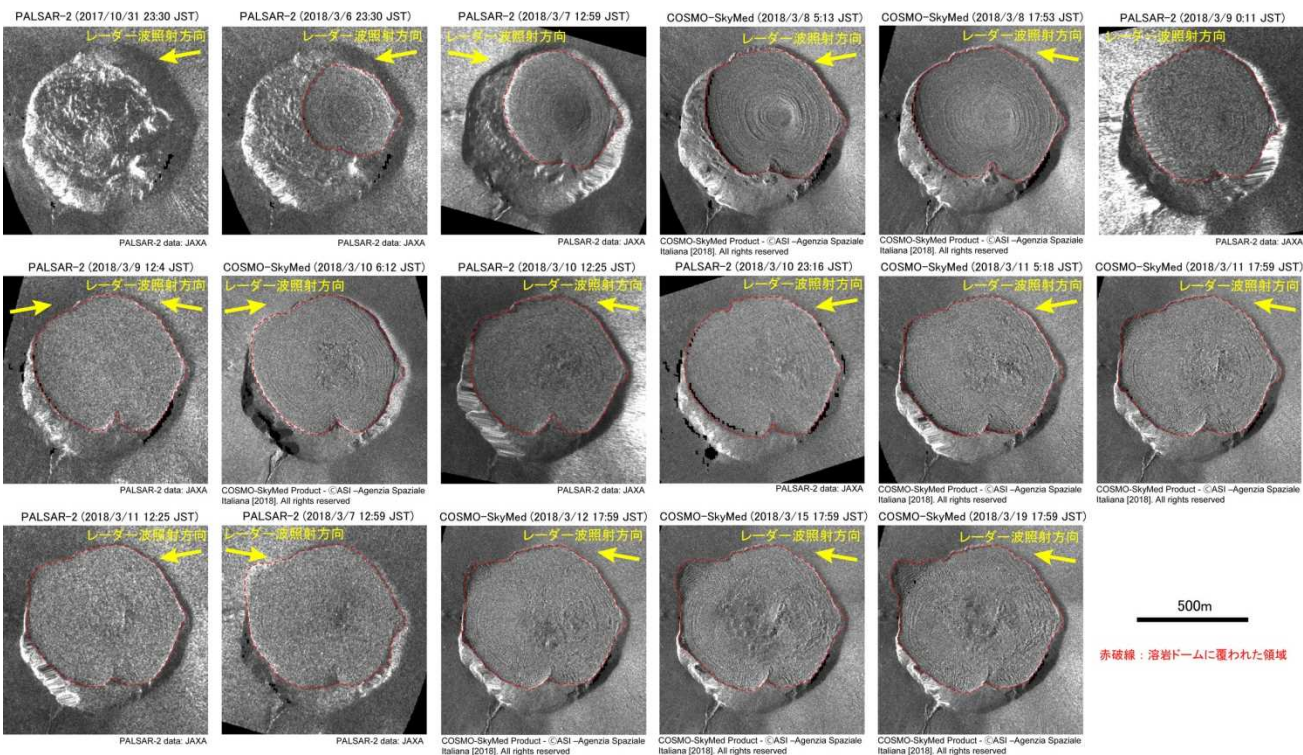
課題名称: 合成開口レーダを用いた火山活動に伴う地殻変動の検出

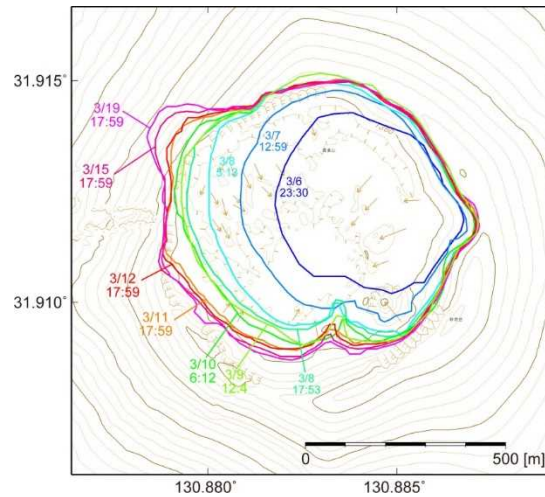
今年度の成果概要:

① 2018 年新燃岳噴火に関する解析

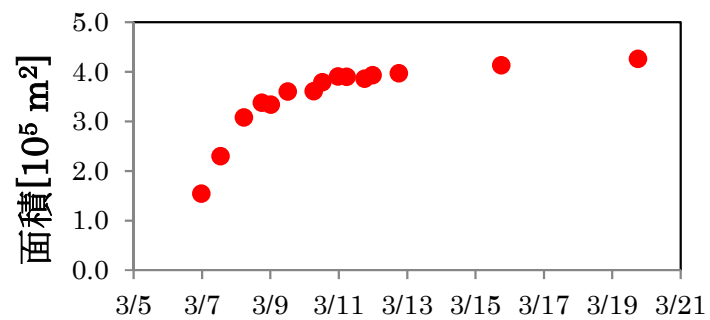
2018 年新燃岳噴火において、火口内に流出した溶岩の成長を調査するため、火山 WG を通じて提供された PALSAR-2 画像、および、COSMO-SkyMed 画像の解析を行った。

2018 年 3 月 6 日 23:30 (JST) 観測の PALSAR-2 画像には、火口内に新たに流出した溶岩が見られ、それ以降に溶岩は拡大し、3 月 9 日頃から火口北西縁から溶岩が火口外に流出した (第 1 図)。溶岩の面積の拡大速度は時間と共に減少しつつも、拡大を続け、3 月 10 日における面積は約 40 万 m^2 と推定された (第 2 図、第 3 図)。溶岩の体積を Ozawa and Kozono (EPS, 2013) の方法で求めたところ、3 月 8 日まで、およそ一定の速度 ($72m^3/sec$) で増加したことが分かった。3 月 10 日における体積は約 1400 万 m^3 と見積もられ、それ以降に顕著な増加は見られない (第 4 図)。しかし、COSMO-SkyMed 画像を用いたオフセットトラッキング法によって、溶岩の変形を推定したところ、3 月 15 日~3 月 19 日の期間においても、1m/day を超える流動が見られた (第 5 図)。

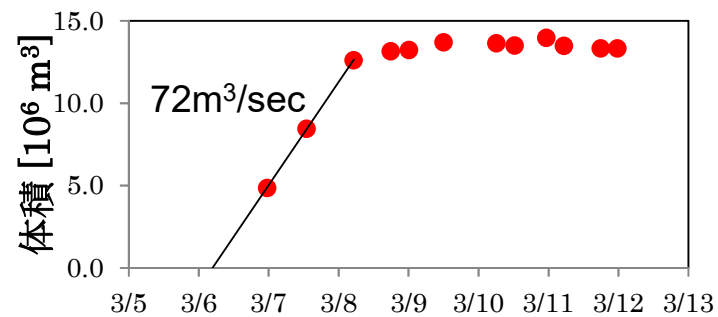




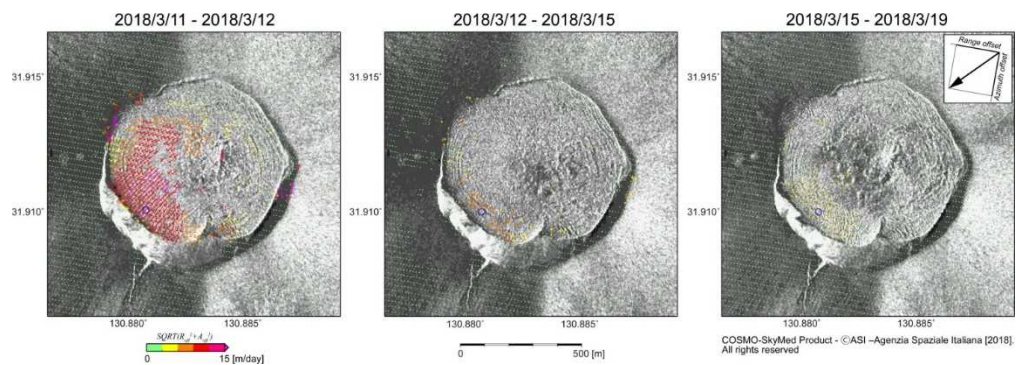
第 2 図. SAR 画像から推定した溶岩ドームの輪郭



第 3 図. 溶岩が覆った面積の時間変化



第 4 図. Ozawa and Kozono (EPS, 2013)の方法を用いて推定した溶岩の体積の時間変化.



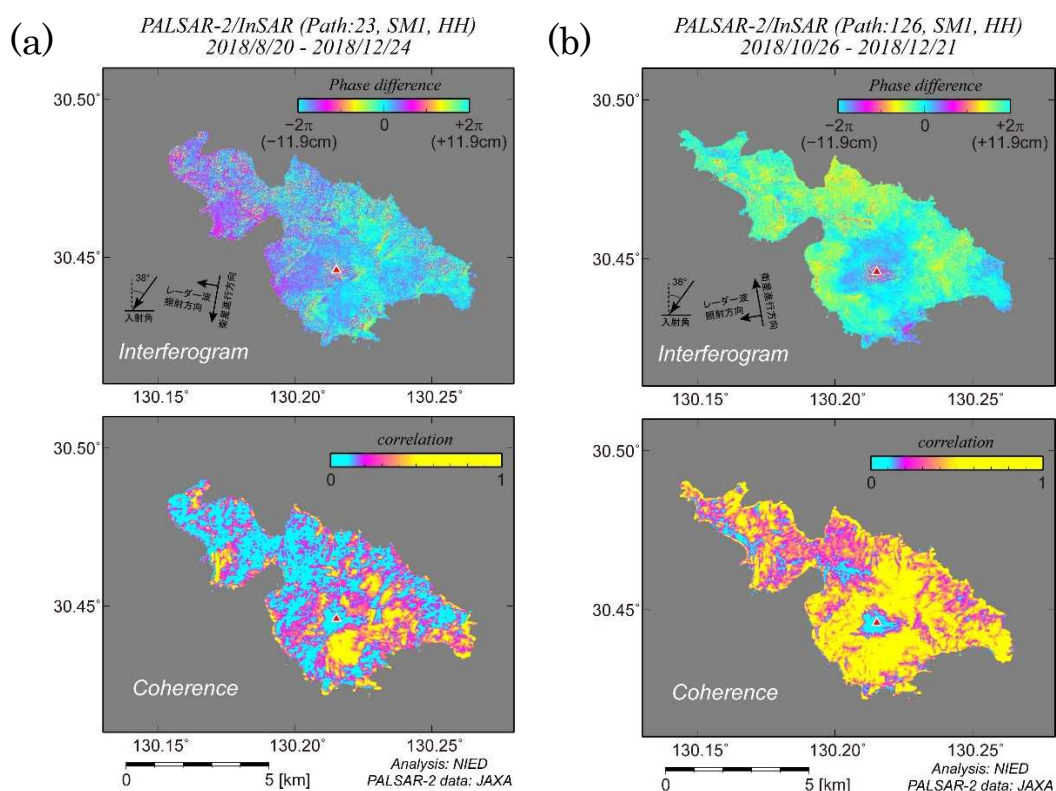
第 5 図. オフセットトラッキング法により推定した新燃岳火口周辺の 3 月 11 日～3 月 12 日、3 月 12 日～3 月 15 日、3 月 15 日～3 月 19 日の期間の変位速度 (m/day)。

② 2018 年、2019 年口永良部島噴火に関する解析

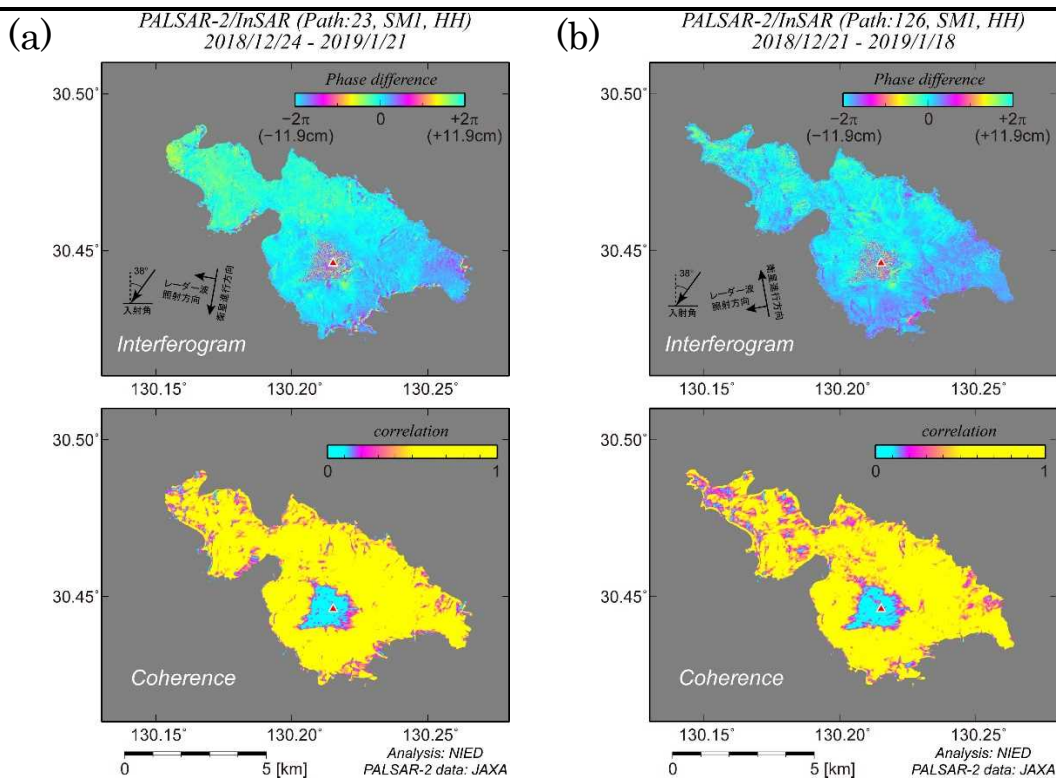
2018 年 12 月 18 日、2019 年 1 月 17 日、2019 年 1 月 29 日に口永良部島で噴火が発生した。この噴火に関する調査のため、だいち 2 号の PALSAR-2 による緊急観測が実施された。それらのデータに SAR 干渉法を適用した結果を述べる。

2018 年 12 月 18 日の噴火発生時を挟む干渉ペアを解析した結果を第 6 図、2019 年 1 月 17 日の噴火発生時を挟む干渉ペアを解析した結果を第 7 図、2019 年 1 月 29 日の噴火発生時を挟む干渉ペアを解析した結果を第 8 図に示す。これらの解析結果において、地殻変動を示す顕著な位相変化は見られない。

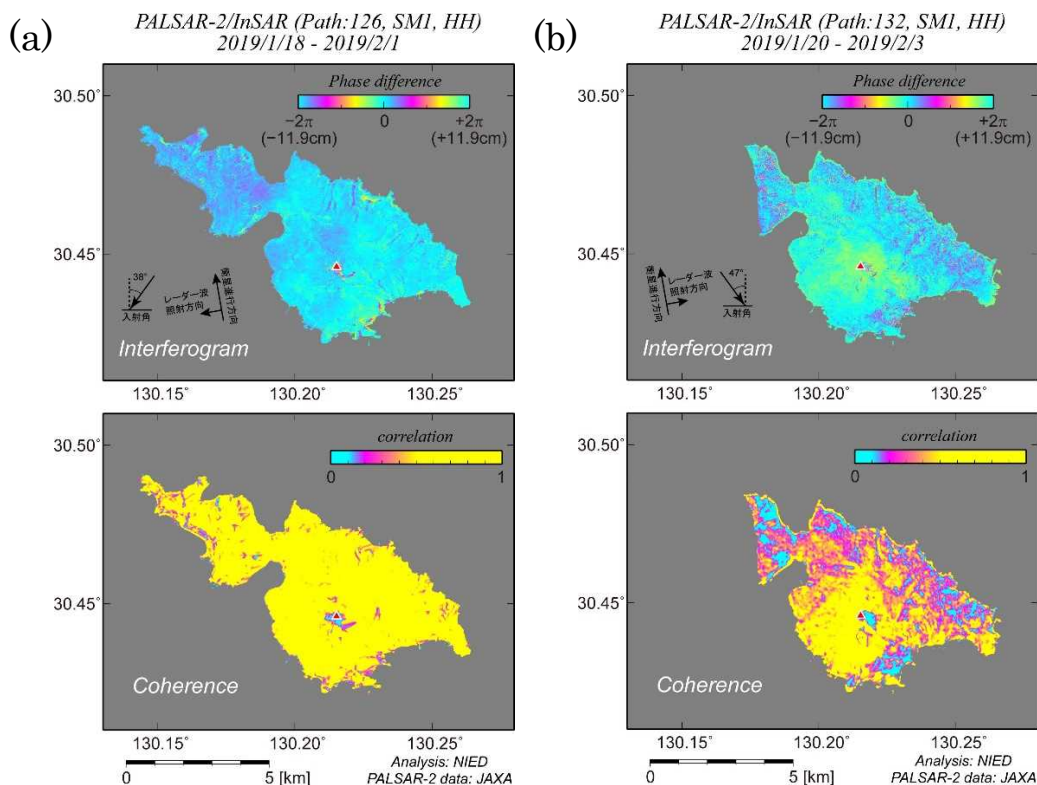
コヒーレンス画像においては、新岳火口周辺に、降灰に起因すると考えられる明らかな干渉性劣化が見られた。第 9 図に干渉性劣化域の比較を示す。2018 年 12 月 18 日においては、新岳火口付近の半径 500m 程度の範囲で、降灰に起因すると考えられる干渉性劣化が見られた。2019 年 1 月 17 日においては、新岳火口から西側の約 1km の範囲で、降灰に起因すると考えられる干渉性劣化が見られた。さらに、南西と北西の谷に沿っては、干渉性劣化域が約 1.5km の範囲まで延びている。2019 年 1 月 29 日の噴火に関しては、新岳火口周辺のごく狭い範囲において、降灰に起因すると考えられる明らかな干渉性劣化が見られた。これらを比較すると、干渉性劣化域の範囲は 2019 年 1 月 17 日がもっとも大きい。ただし、この範囲は、2015 年 5 月 29 日の噴火における干渉性劣化域よりも小さい。2019 年 1 月 29 日の噴火における干渉性劣化域は、2018 年 12 月 18 日の噴火における干渉性劣化域よりも小さく、火口のごく近傍に限られている。



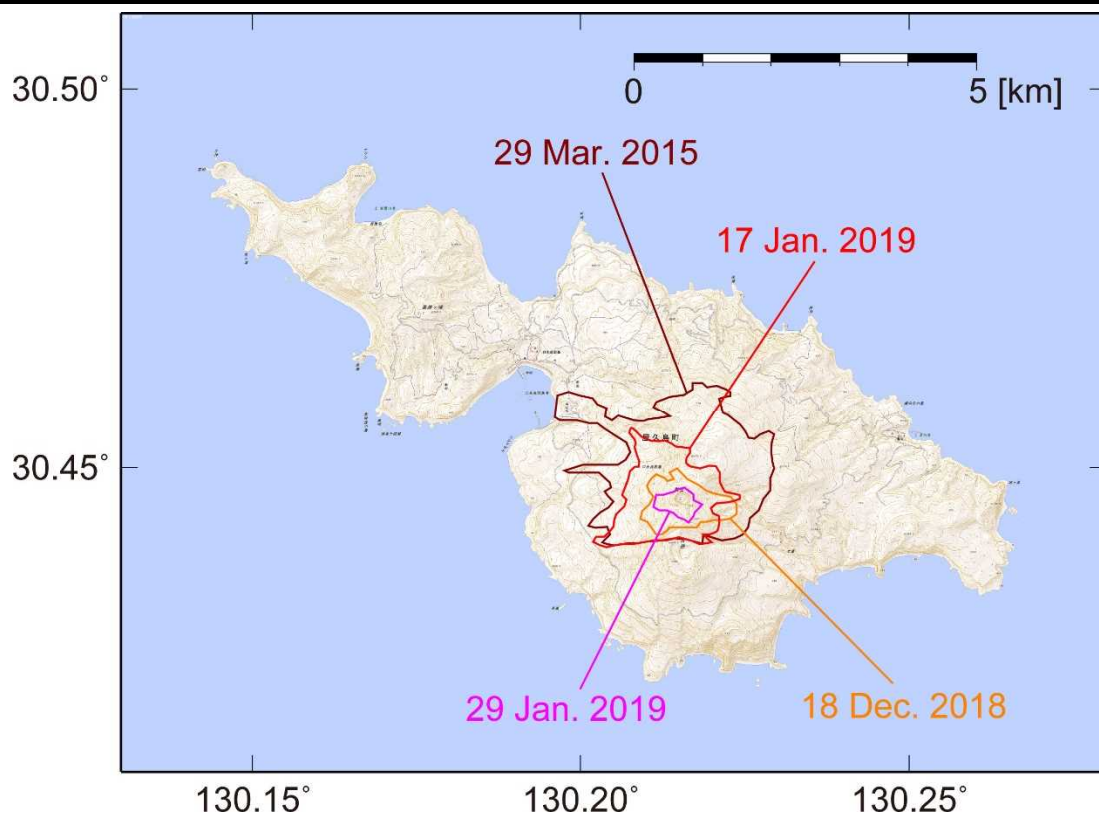
第 6 図. 2018/12/18 の噴火を挟む PALSAR-2 データの SAR 干渉解析結果。上段は干渉画像、下段はコヒーレンスを示す。赤三角印は新岳火口を示す。(a)パス 23 (南行、右) の 2018/8/20 と 2018/12/24 の干渉ペア解析結果。(b)パス 126 (北行、左) の 2018/10/26 と 2018/12/21 の干渉ペア解析結果。



第7図. 2019/1/17の噴火を挟むPALSAR-2データ(西方向視)のSAR干渉解析結果。上段は干渉画像、下段はコヒーレンスを示す。赤三角印は新岳火口を示す。(a)パス23(南行、右)の2018/12/24と2019/1/21の干渉ペア解析結果。(b)パス126(北行、左)の2018/12/21と2019/1/18の干渉ペア解析結果。



第8図. 2019/1/29の噴火を挟むPALSAR-2データのSAR干渉解析結果。上段は干渉画像、下段はコヒーレンスを示す。赤三角印は新岳火口を示す。(a)パス126(北行、左)の2019/1/18と2019/2/1の干渉ペア解析結果。(b)パス132(北行、右)の2019/1/20と2019/2/3の干渉ペア解析結果。



第9図. 2018/12/18、2019/1/17、2019/1/29 および 2015/3/29 の噴火発生時を挟む干渉ペアを解析して得られたコヒーレンス画像において見られた、降灰によると推測される干渉性劣化域。

成果発表の状況：

防災科学技術研究所、SAR による新燃岳火口の溶岩の変化、第 141 回火山噴火予知連絡会

防災科学技術研究所、Sentinel-1/InSAR による硫黄山（霧島山）周辺の地表変動、第 141 回火山噴火予知連絡会

防災科学技術研究所、PALSAR-2/InSAR による新燃岳火口内の地表変形、第 142 回火山噴火予知連絡会

防災科学技術研究所、SAR 干渉解析による硫黄山（霧島山）周辺の地表変動、第 142 回火山噴火予知連絡会

防災科学技術研究所、SAR 干渉解析による硫黄山周辺の地表変形、第 143 回火山噴火予知連絡会

防災科学技術研究所、SAR 干渉解析による新燃岳火口内変形、第 143 回火山噴火予知連絡会

防災科学技術研究所、口永良部島に関する PALSAR-2/InSAR 解析結果、第 143 回火山噴火予知連絡会

来年度以降の課題・計画：

主に、火山活動が活発化した火山もしくは活発化が懸念される火山を対象として、SAR データを用いた地殻変動検出を試みる。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 水野 正樹

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

課題支援機関: 九州地方整備局九州技術事務所

課題支援者(所属機関): 寶 傑 (国立研究開発法人 土木研究所 土砂管理研究グループ)

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:

1. 背景

火山噴火による降灰後は、地表面の条件が変化し、少量の降雨でも土石流が発生しやすくなる。そこで、国土交通省は、噴火で降灰した場合、土砂災害防止法に基づき、噴火で 1cm 以上降灰した地域を対象に、降灰後の土石流に関する緊急調査を実施することとしている。さらに火山噴火時には、風向変化や火山活動の程度により降灰方向や範囲が変化するため、継続的な降灰状況の観測による把握が必要である。しかし、火山は一般に曇天等により、光学画像撮影や目視では長期間山体斜面を視認できないことも多く、2017 年 10 月の新燃岳噴火においても途中 10 日間程度の間、ヘリ等による降灰範囲の目視確認ができなかった。そこで、国土交通省が噴火時の災害対応で実際に使えるように九州技術事務所と調整しながら、噴火期間中に継続的に降灰状況を把握できる方法の確立を目指す。

2. 研究方法

土石流が発生しやすい一定厚以上の降灰領域の形状を把握するために、最近降灰した火山で立ち入りが可能な火山を対象に、火山噴火前後の ALOS-2 観測データを用いて、位相特異点とコヒーレンスの変化を抽出した。降灰厚を現地計測するとともに、噴火前後の ALOS-2 データによる解析画像と噴火直後の光学衛星画像(図-1)を比較して、コヒーレンスの高低の境界における降灰厚を推定した。

3. 調査対象箇所・ALOS-2 解析画像

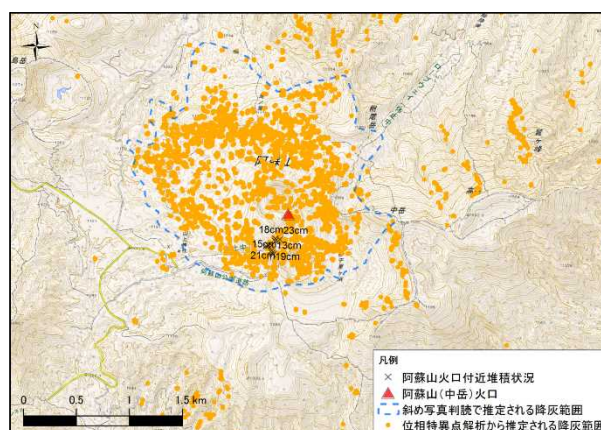
現地立ち入りが可能な 2 火山の噴火事例について研究対象とし、現地調査を行った。

- 1) 2016 年 10 月の阿蘇山噴火
- 2) 2014 年 9 月の御嶽山噴火。

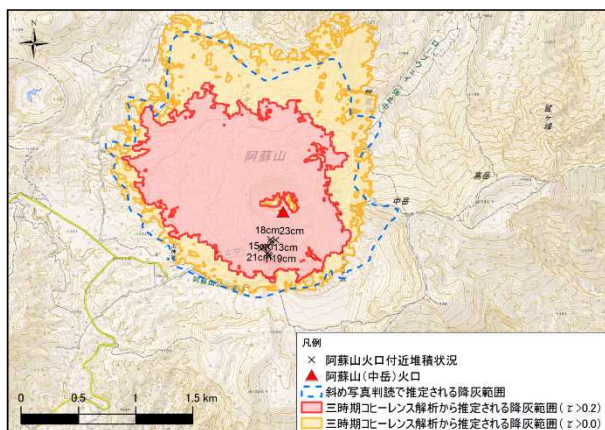
噴火前後の ALOS-2 データを用いて、位相特異点(図-2)と三時期コヒーレンス(図-3、図-4)の解析を行った。



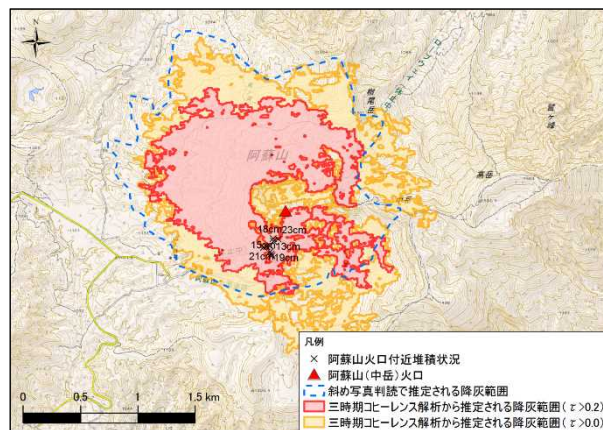
2016/10/10 SPOT6 撮影
図-1 光学画像 2016 年 10 月阿蘇山噴火後



阿蘇山 南行_2016/10/3・2016/10/17
図-2 ALOS-2 位相特異点の抽出結果



阿蘇山 南行_2016/9/19・2016/10/3・2016/10/17 5×5
図-3 ALOS-2 三時期コヒーレンスの解析結果



阿蘇山 北行_2016/2/25・2016/6/16・2016/10/20 5×5
図-4 ALOS-2 三時期コヒーレンスの解析結果

4. まとめ

ALOS-2 三時期コヒーレンスと ALOS-2 位相特異点の抽出は、概ね 3cm～8cm 以上の降灰範囲の把握に有効である。

解析には、撮像間隔が短い ALOS-2 データを用いる必要がある。

成果発表の状況：

今年 5 月の砂防学会研究発表会で発表予定。

来年度以降の課題・計画：

手法の確度の確認のため、噴火時の解析事例を増やす必要がある。

噴火降灰時の国土交通省の災害対応に用いる為、地方整備局職員が使う実施マニュアルの作成が必要である。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

課題支援機関: 気象庁気象研究所、気象庁札幌管区气象台

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 (北海道地方の火山)

今年度の成果概要:

- ・北海道地方の活火山 (20 火山) 及び北方領土の活火山 (11 火山) について、冬期間のデータを除いた差分干渉解析を行った。
- ・雌阿寒岳において、北行軌道の 2016 年 6 月と 2018 年 9 月の長期ペアについて解析を行い、雌阿寒岳の東方で衛星視線距離短縮の位相変化を検出した (図 1)。
- ・十勝岳において、北行軌道の 2016 年 9 月と 2017 年 9 月のペアについて解析を行い、前十勝付近で衛星視線方向短縮の位相変化を検出した (図 2)。また、北行軌道の 2017 年 9 月と 2018 年 9 月のペアについて解析を行い、前十勝北西斜面で衛星視線方向短縮の位相変化を検出した (図 3)。

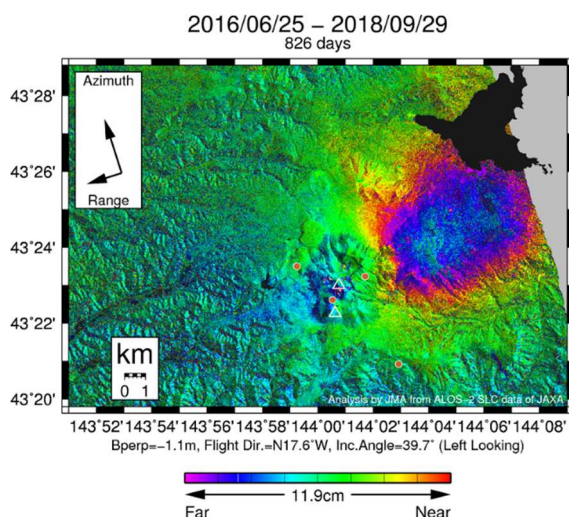


図 1 雌阿寒岳周辺の差分干渉解析画像

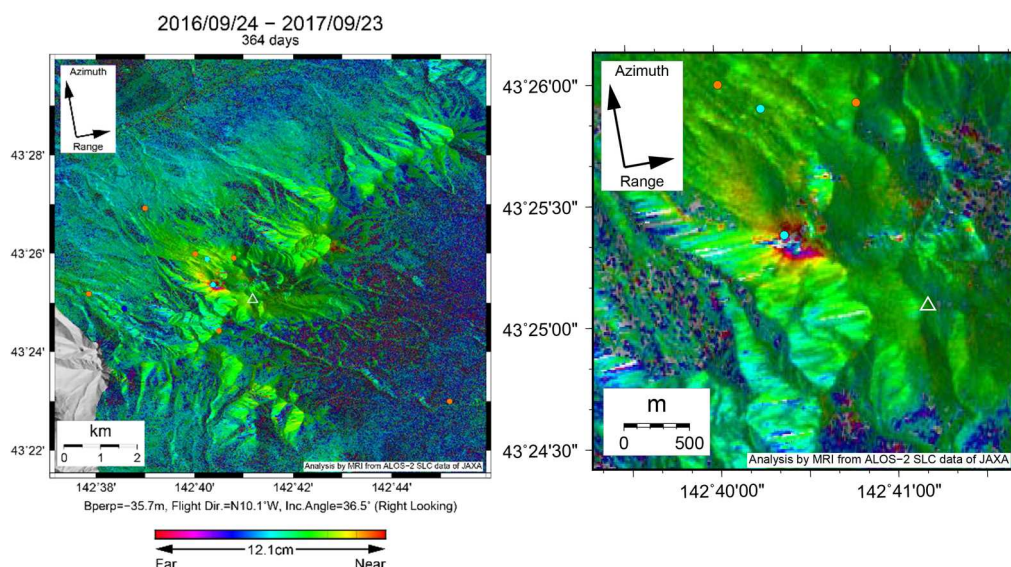


図 2 十勝岳周辺の差分干渉解析画像 (2016 年-2017 年)

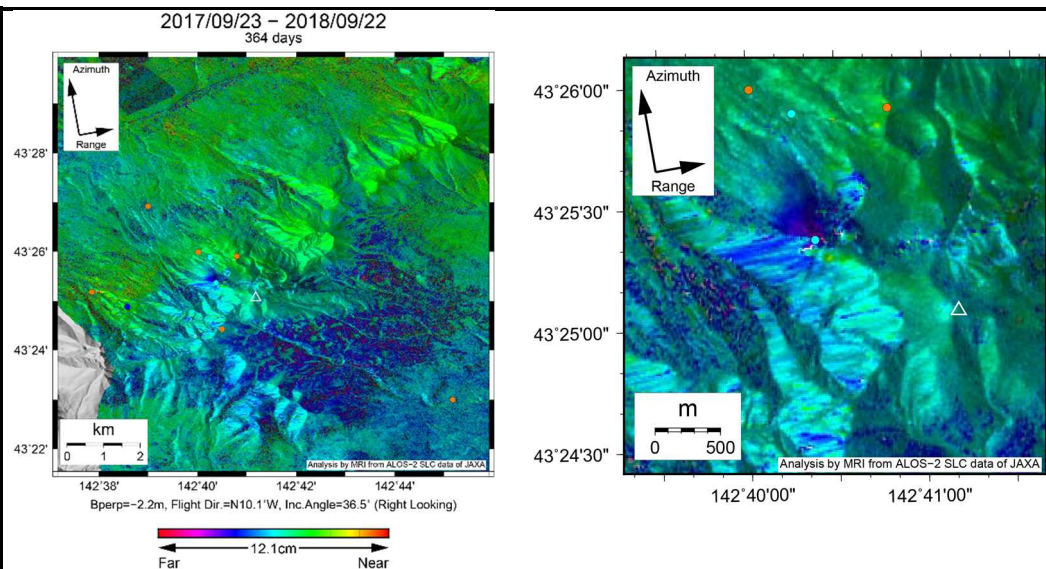


図3 十勝岳周辺の差分干渉解析画像（2017年-2018年）

成果発表の状況：

- ・ 影山勇雄，鎌田林太郎，奥山哲，安藤忍，ALOS-2/PALSAR-2 差分干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，SVC41-P49（2018/5/23）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた雌阿寒岳における SAR 干渉解析結果，第 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた十勝岳における SAR 干渉解析結果，第 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた雌阿寒岳における SAR 干渉解析結果，第 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析結果，第 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.

来年度以降の課題・計画：

引き続き，北海道の活火山について解析を進め、火山活動に伴う地殻変動の検出を行う。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

課題支援機関: 気象庁気象研究所、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 (東北地方の火山)

今年度の成果概要:

- ・東北地方の活火山 (18 火山) について, 冬期間のデータを除いた差分干渉解析を行った.
- ・吾妻山において, 北行軌道及び南行軌道の複数のペアについて解析を行い, 2018 年 6 月下旬以降を含む期間で大穴火口周辺の衛星視線方向短縮の局所的な位相変化を検出した. その変化は 2018 年 10 月以降加速し, 範囲の拡大が認められた (図 1). また, MaGCAP-V を用いて, 球状圧力源 (茂木モデル) を仮定して推定した結果, 大穴火口の北西, 標高 1500m (地下約 300m) 付近に 10^4m^3 オーダーの体積増加を仮定することで位相変化を説明できることがわかった (図 2).

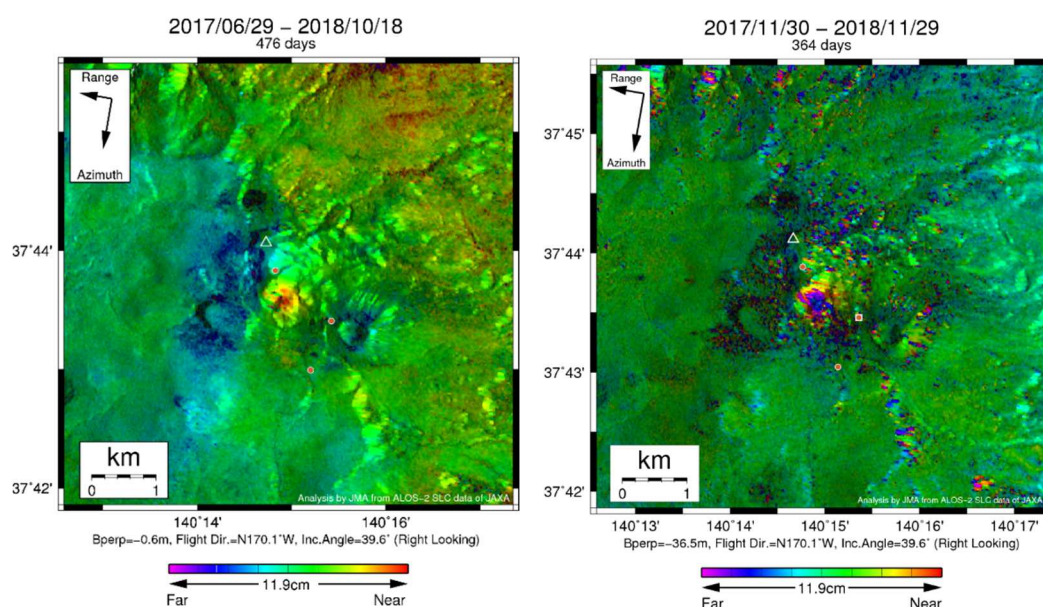


図 1 吾妻山の差分干渉解析結果

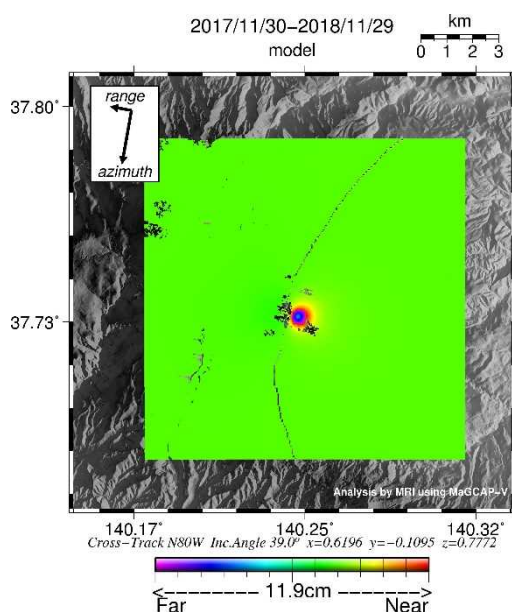


図 2 推定された圧力源に伴う位相変化分布

成果発表の状況：

- ・ 影山勇雄，鎌田林太郎，奥山哲，安藤忍，ALOS-2/PALSAR-2 差分干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，SVC41-P49（2018/5/23）.
- ・ 仙台管区気象台地域火山監視・警報センター，吾妻山の火山解説資料＜火口周辺警報（噴火警戒レベル 2，火口周辺規制）を継続＞（2018/9/19）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた吾妻山における SAR 干渉解析結果，第 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた秋田駒ヶ岳における SAR 干渉解析結果，第 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた蔵王山における SAR 干渉解析結果，第 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 気象庁，気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた吾妻山における SAR 干渉解析結果，第 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析結果，第 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.

来年度以降の課題・計画：

引き続き，東北地方の活火山について解析を進め，火山活動に伴う地殻変動の検出を行う．

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

課題支援機関: 気象庁気象研究所

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(関東中部地方の火山)

今年度の成果概要:

- ・関東中部地方の活火山(20 火山)及び島根県の活火山(1 火山)について, 冬季間のデータを除いた差分干渉解析を行った.
- ・草津白根山において, 南行軌道の約 4 年の長期ペアについて解析を行い, 湯釜の北西で衛星視線方向短縮の位相変化を検出した. また, 南行軌道の約 1 年のペアについて解析を行い, 湯釜付近で衛星視線方向短縮, 鏡池付近で衛星視線方向伸長の位相変化を検出した(図 1).
- ・焼岳において, 南行軌道の長期ペアについて解析を行い, 焼岳山頂北東付近で衛星視線方向短縮の位相変化を検出した(図 2).

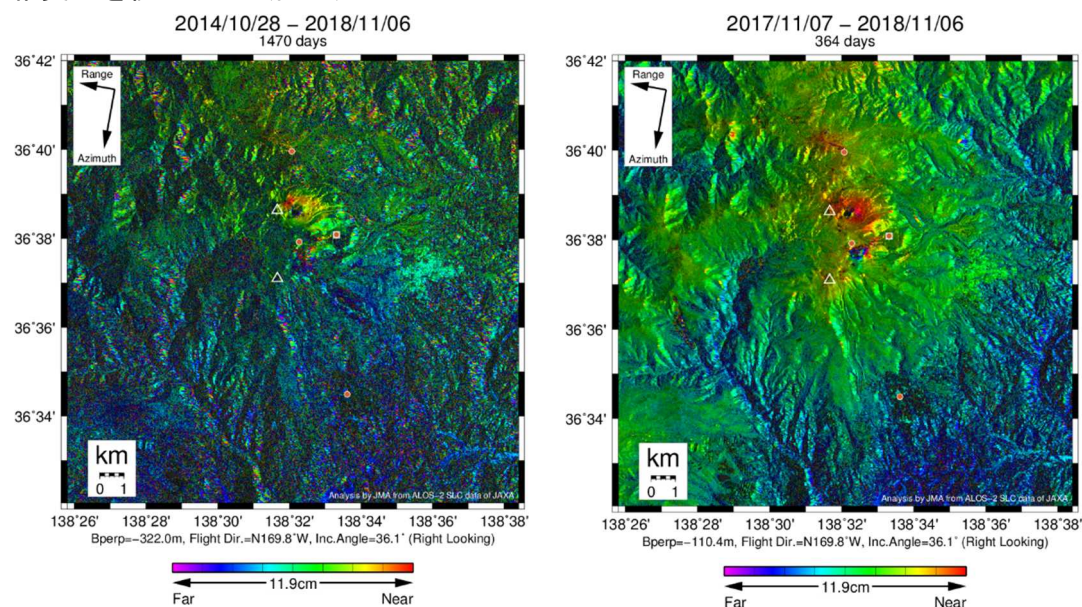


図 1 草津白根山の差分干渉解析結果

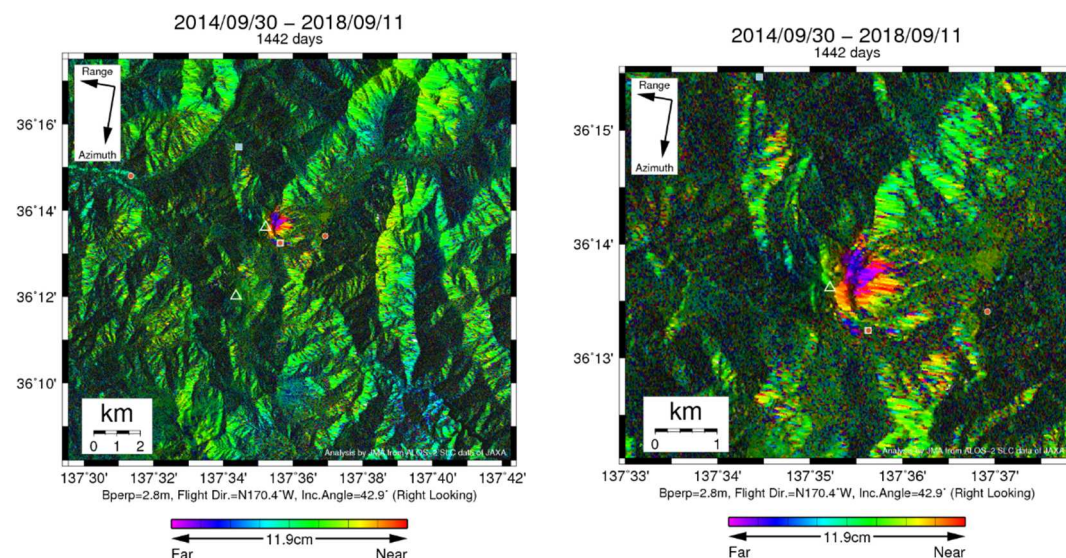


図 2 焼岳の差分干渉解析結果

成果発表の状況：

- ・ 影山勇雄，鎌田林太郎，奥山哲，安藤忍，ALOS-2/PALSAR-2 差分干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，SVC41-P49（2018/5/23）.
- ・ 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 141 回火山噴火予知連絡会（2018/6/20）.
- ・ 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 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 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 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 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 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析結果，第 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.

来年度以降の課題・計画：

引き続き，関東中部地方及び島根県の活火山について解析を進め，火山活動に伴う地殻変動の検出を行う．

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

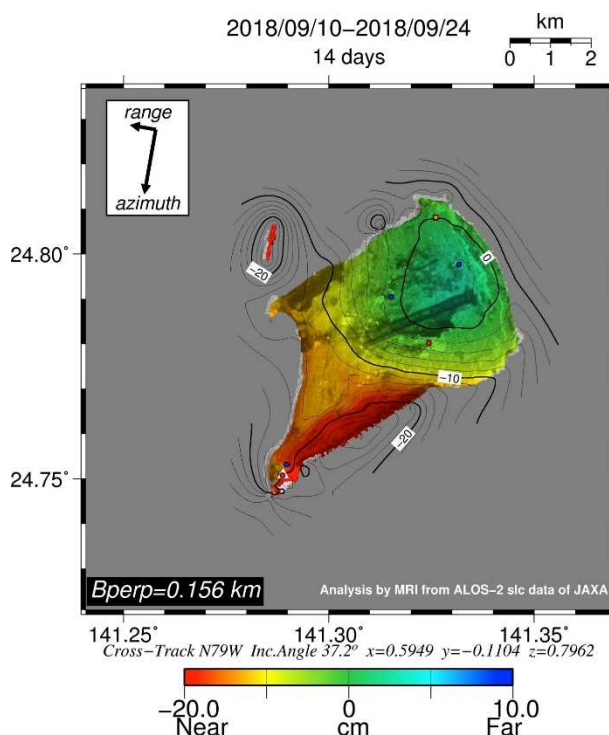
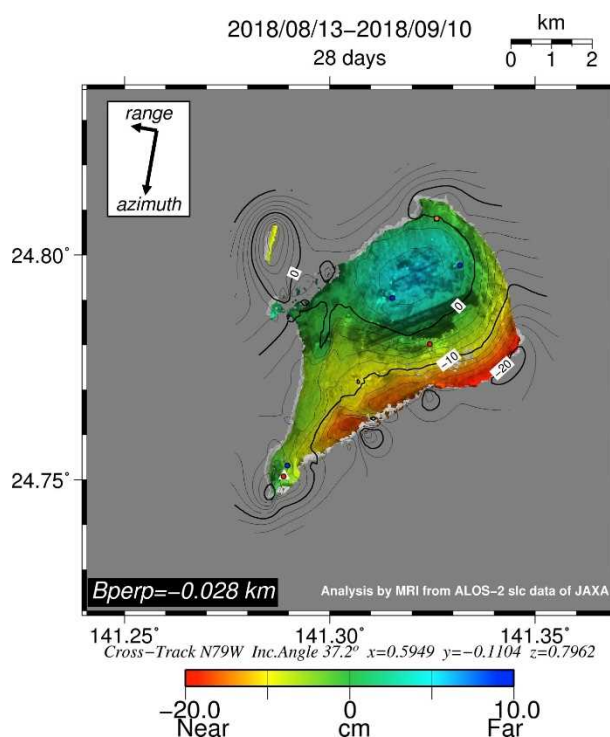
課題支援機関: 気象庁気象研究所

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 (伊豆小笠原諸島ほかの火山)

今年度の成果概要:

- ・伊豆小笠原諸島ほかの活火山 (11 火山, ただし西之島を除く) について, 差分干渉解析を行った.
- ・硫黄島において, 9 月 12 日に確認された海底噴火の発生前後の解析を行い, 大きな位相変化を検出した (右図及び左図).



成果発表の状況:

- ・影山勇雄, 鎌田林太郎, 奥山哲, 安藤忍, ALOS-2/PALSAR-2 差分干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, SVC41-P49 (2018/5/23).
- ・気象研究所, 気象庁, ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた硫黄島における SAR 干渉解析結果, 第 142 回火山噴火予知連絡会 (2018/10/31).
- ・気象研究所, 気象庁, ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた硫黄島における SAR 干渉解析結果, 第 143 回火山噴火予知連絡会 (2019/02/27).
- ・気象庁, ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析結果, 第 143 回火山噴火予知連絡会 (2019/02/27).

来年度以降の課題・計画:

引き続き, 伊豆小笠原諸島ほかの活火山について解析を進め, 火山活動に伴う地殻変動の検出を行う。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

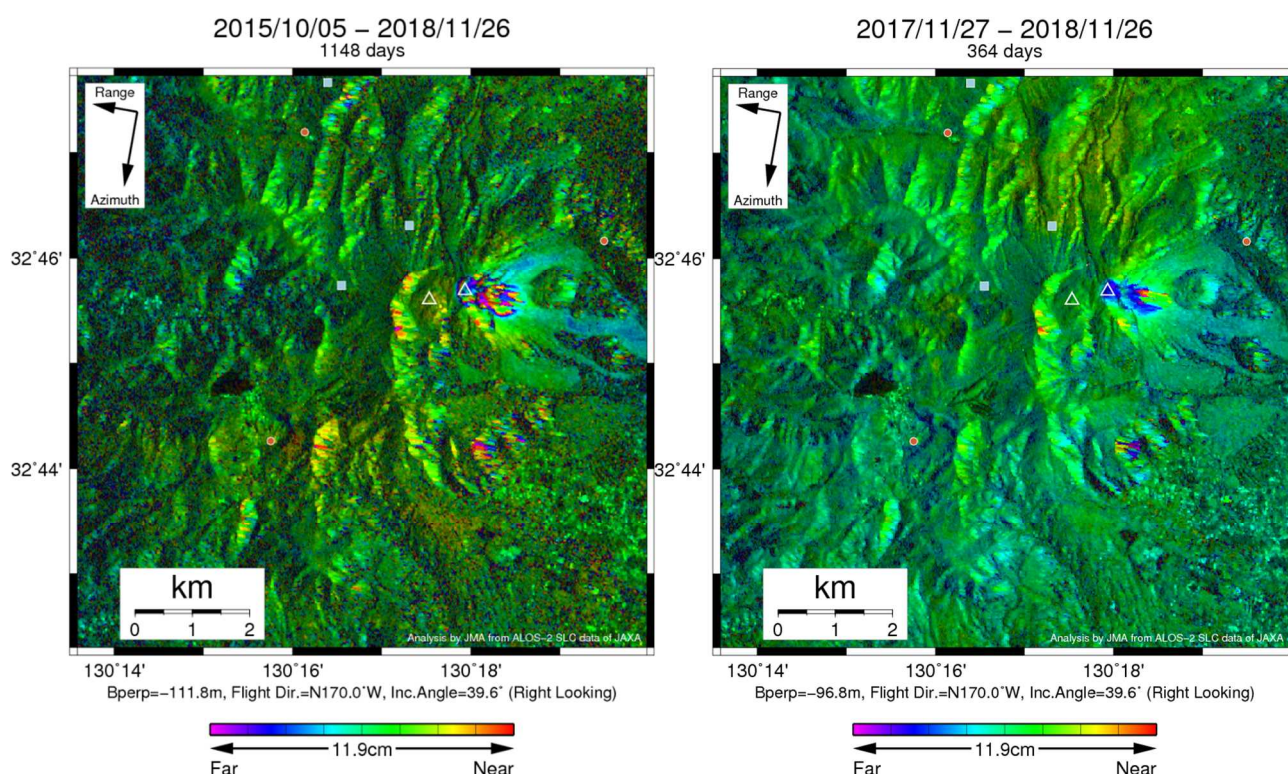
課題支援機関: 気象庁気象研究所、気象庁福岡管区气象台

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 (九州地方の火山)

今年度の成果概要:

- ・九州地方の活火山 (鹿児島を除く 7 火山) について, 差分干渉解析を行った.
- ・雲仙岳の平成新山付近において, 南行軌道の長期ペアについて解析を行い, 衛星視線方向伸張の位相変化を検出した (左図及び右図).



成果発表の状況:

- ・影山勇雄, 鎌田林太郎, 奥山哲, 安藤忍, ALOS-2/PALSAR-2 差分干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, SVC41-P49 (2018/5/23).
- ・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 143 回火山噴火予知連絡会 (2019/2/27).
- ・気象庁, ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析結果, 第 143 回火山噴火予知連絡会 (2019/2/27).

来年度以降の課題・計画:

引き続き, 鹿児島県を除く九州地方の活火山について解析を進め, 火山活動に伴う地殻変動の検出を行う。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

課題支援機関: 気象庁気象研究所 気象庁福岡管区気象台 気象庁鹿児島地方気象台

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(鹿児島県の火山)

今年度の成果概要:

- ・鹿児島県の活火山(10 火山)について、差分干渉解析を行った。
- ・霧島山において、北行軌道及び南行軌道の複数のペアについて解析を行い、2018 年 4 月 19 日の硫黄山の噴火を挟む期間で硫黄山付近の衛星視線方向短縮の位相変化を検出した。その変化は 4 月 21 日に比べて 4 月 26 日の方が小さくなっていることを確認した(図 1)。えびの高原(硫黄山)付近の地表変位の時間変化を確認したところ、硫黄山では 2018 年 4 月の噴火以降ほとんど変化していないが、硫黄山の西 500m では 2018 年 4 月の噴火以降も衛星視線方向短縮の位相変化が緩やかに継続していることを確認した(図 2)。
- ・口永良部島において、2017 年 9 月 12 日と 2018 年 9 月 11 日のペアについて解析を行い、山頂付近で衛星視線方向伸長の位相変化を検出した(図 3)

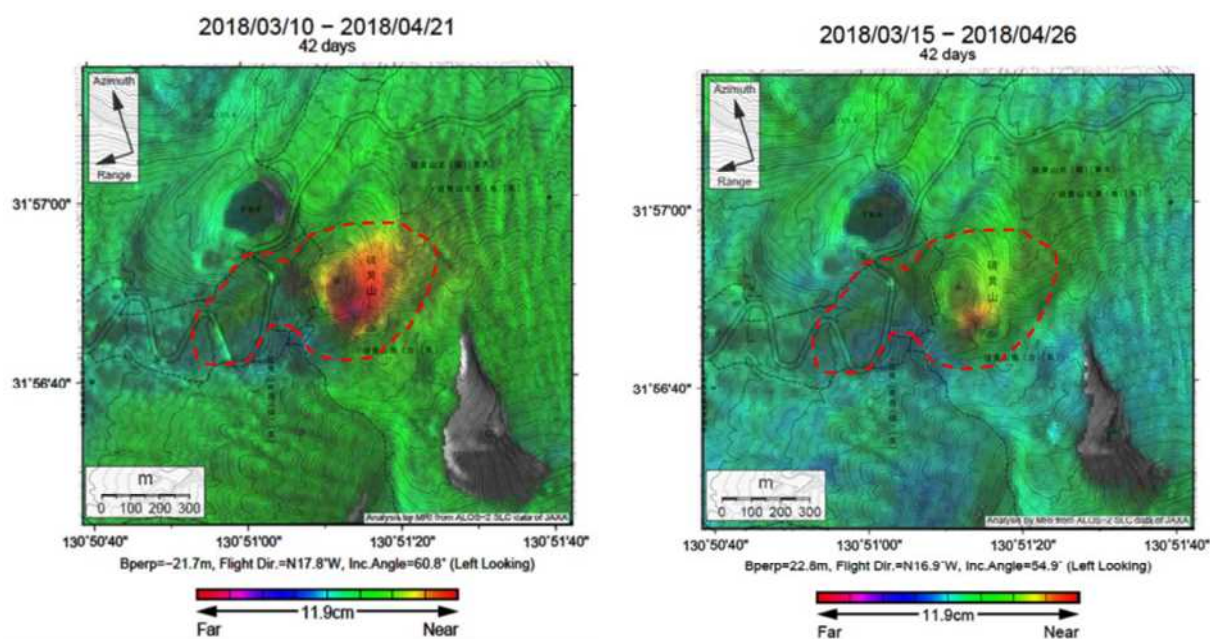


図 1 霧島山(えびの高原(硫黄山))の差分干渉解析結果

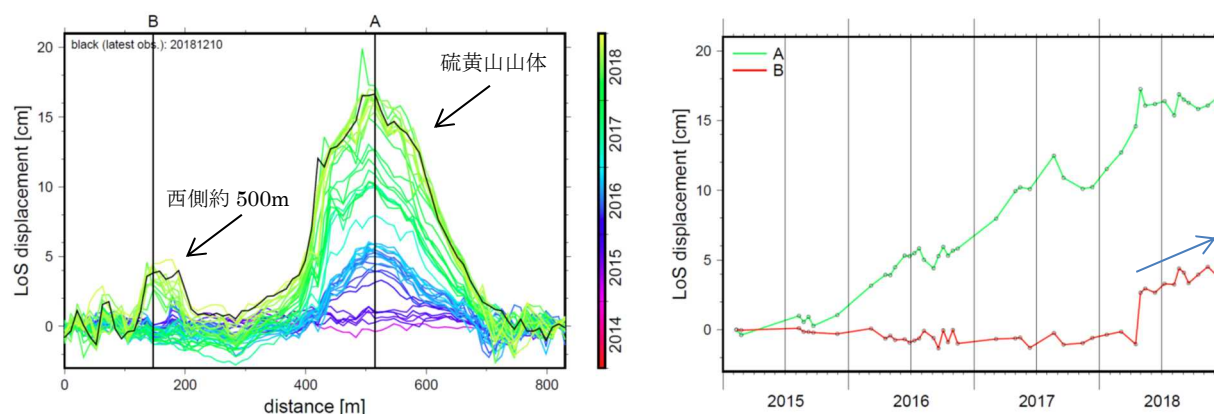


図 2 パス 23 を用いたえびの高原(硫黄山)付近の地表変位の時間変化

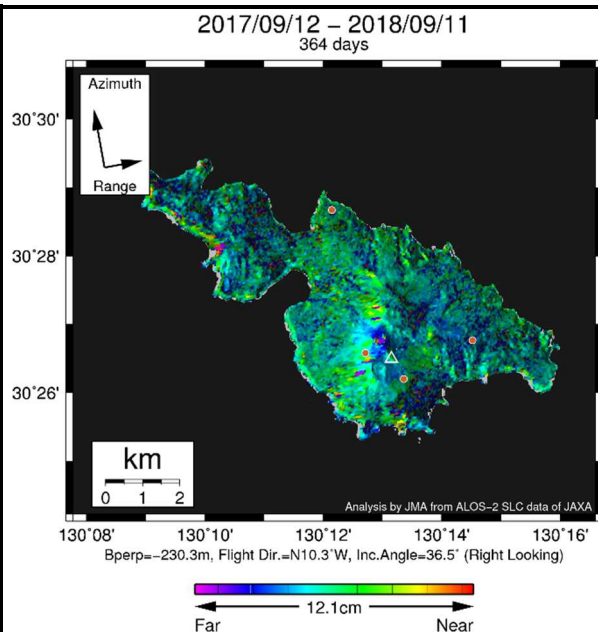


図3 口永良部島の差分干渉解析結果

成果発表の状況：

- ・福岡管区気象台地域火山監視・警報センター，鹿児島地方気象台，霧島山（えびの 高原（硫黄山）周辺）の火山活動解説資料＜噴火警戒レベルを3（入山規制）から2（火口周辺規制）に引下げ＞（2018/5/1）.
- ・影山勇雄，鎌田林太郎，奥山哲，安藤忍，ALOS-2/PALSAR-2 差分干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，SVC41-P49（2018/5/23）.
- ・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 141 回火山噴火予知連絡会（2018/6/20）.
- ・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 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・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 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・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 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.
- ・気象庁，気象研究所，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 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.
- ・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 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.
- ・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 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.

来年度以降の課題・計画：

引き続き，鹿児島県の活火山について解析を進め，火山活動に伴う地殻変動の検出を行う。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

課題支援機関: 気象庁地震火山部火山課, 気象庁気象研究所

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 モードについて 14 日毎の差分干渉解析を行った(図 1)。
- ・2018 年 7 月に発生した再噴火に伴う地殻変動を検出した(図 1, 2)。
- ・その位相変化は, 中央火砕丘東側とそこから 500~600m 南側の地点で顕著であった(図 1, 2)。
- ・噴火に伴う相関低下領域の増加が認められた(図 2, 3)。
- ・相関画像や強度画像の解析から今回の再噴火に伴う陸域の拡大は確認されなかった(図 2, 3)。

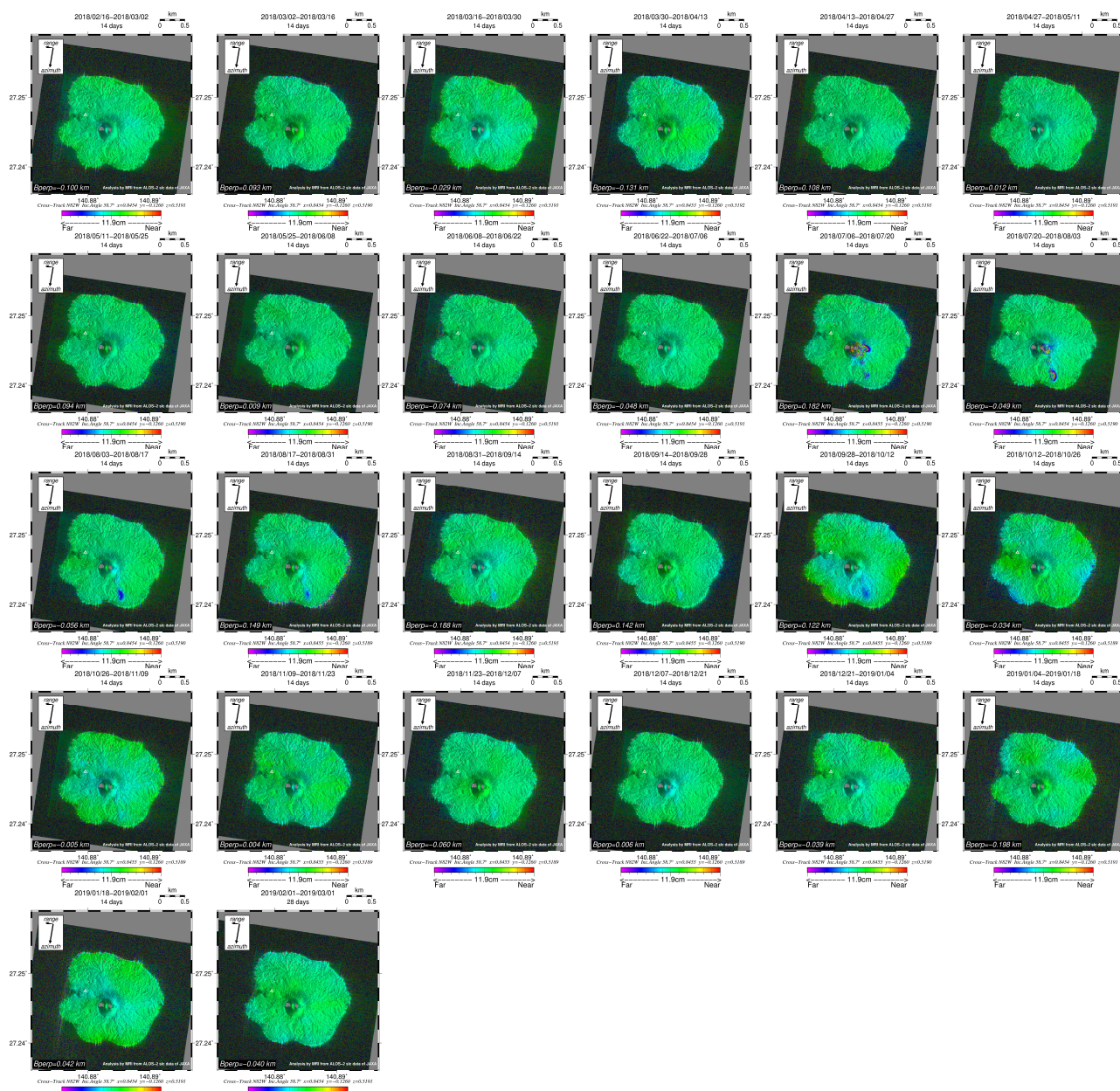


図 1. 2018 年 2 月 16 日から 2019 年 3 月 1 日までの 14 日毎における差分干渉解析結果。

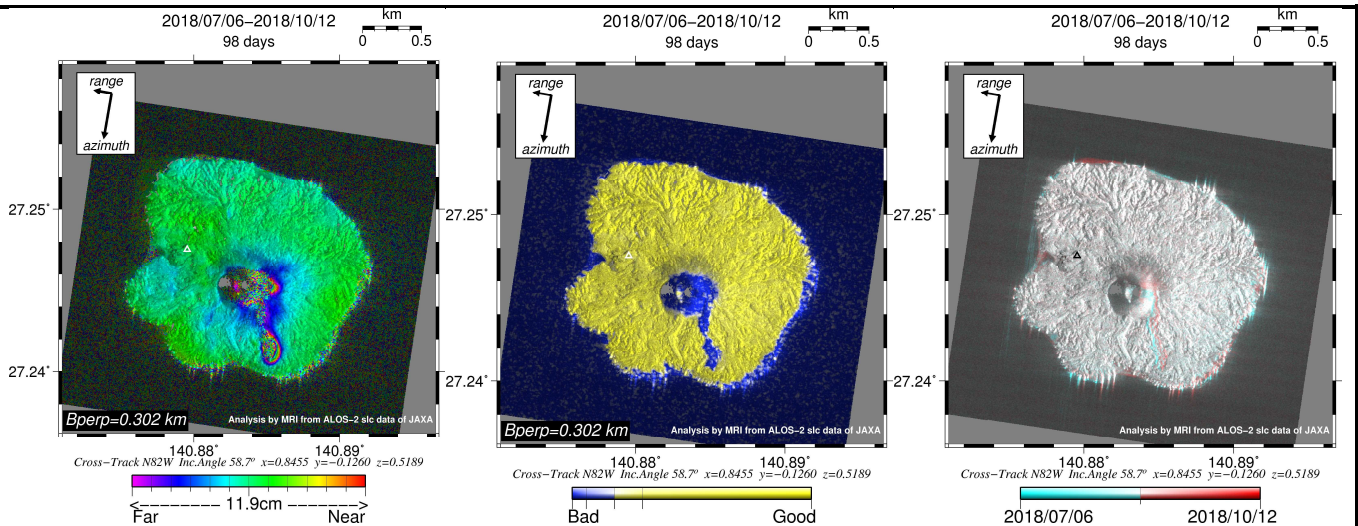


図 2. 2018 年 7 月 6 日と 10 月 12 日の干渉画像（左），相関画像（中），強度画像（右）

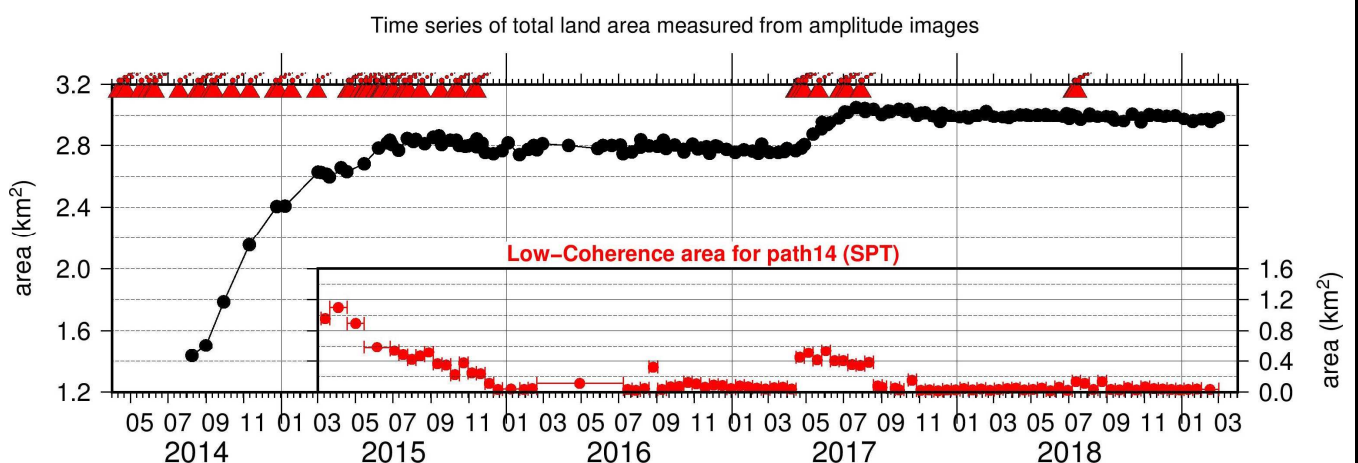


図 3. ALOS-2/PALSAR-2 の観測開始から 2019 年 3 月までの陸域面積と SPT モードの低相関領域の推移

成果発表の状況：

- ・ 影山勇雄，鎌田林太郎，奥山哲，安藤忍，ALOS-2/PALSAR-2 干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動. 日本惑星科学連合 2018 大会（2018/5/23）.
- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島における地表変化. 第 141 回火山噴火予知連絡会（2018/6/20）.
- ・ 気象庁地震火山部火山監視・情報センター，西之島の火山活動解説資料（火口周辺警報発表：2018/6/20）.
- ・ 安藤忍，奥山哲，福井敬一，及川輝樹，だいち 2 号で見た西之島の地表変化. 日本火山学会 2018 年度秋季大会（2018/9/26）.
- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島における地表変化. 第 142 回火山噴火予知連絡会（2018/10/31）.
- ・ 気象庁地震火山部火山監視・情報センター，西之島の火山活動解説資料（火口周辺警報発表：2018/10/31）.
- ・ 気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島における地表変化. 第 143 回火山噴火予知連絡会（2019/2/27）.

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干渉解析を行う。

機関の代表者もしくは代表研究者 氏名: 長谷川嘉彦

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課

課題支援機関: 気象庁気象研究所

課題支援者 (所属機関):

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:

1. ALOS-2, CIRC に加え, LANDSAT-8 などの地球観測衛星データ, 海上保安庁による海色の報告を用いて, 西之島の 2014 年 4 月からの地形変化と火山活動の推移を解析した. ALOS-2 データから陸域面積や低相関域面積を, CIRC データは火山活動・林野火災速報システムにより提供されるデータより, 温度差の最高値, 30%タイル, 70%タイルを, 地球観測衛星からは近赤外データを用いて溶岩流の流下方向を求めた. これらのデータにより, 3 回の噴火活動 (2014~15, 2017, 2018 年) に対応した溶岩流出と陸域面積の拡大を把握することができた (図 1).

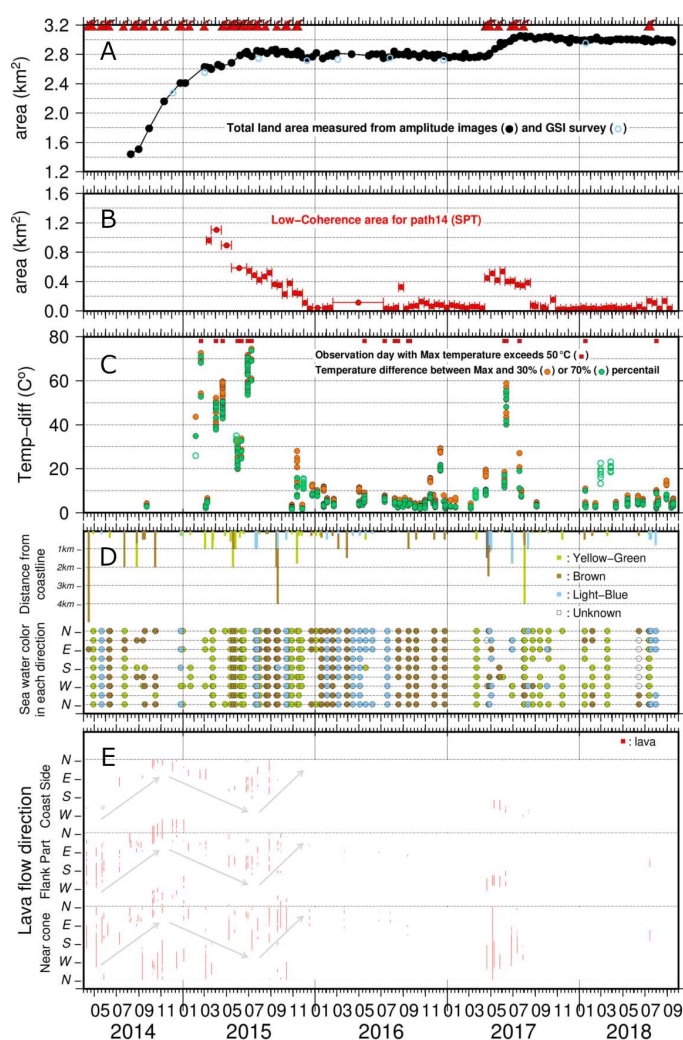


図 1 2014 年 4 月以降の時系列変化

A: ALOS-2/PALSAR-2 の強度画像データから解析した陸域面積 (2014 年 8 月~)

B: SPT モードによる低相関領域の面積 (2015 年 3 月~)

C: CIRC で観測された赤外温度差分値 (2014 年 9 月~)

D: 海上保安庁の報告による周辺海域の色分布 (2014 年 4 月~)

E: 溶岩流の流下方向の時間変化 (福井ほか, 2016 改)

2. GCOM-C の輝度温度のデータの有効性を検証する火山の候補の検討を行った。2017 年 12 月後に GCOM-C の打ち上げ後に噴気活動が活発になった地熱域を持つ火山としては、吾妻山と、霧島山のえびの高原（硫黄山）が挙げられる。

吾妻山では、ALOS-2 の差分干渉解析により、2018 年 6 月下旬以降を含む期間で大穴火口周辺の衛星視線方向短縮の局所的な位相変化を検出している。また、2018 年 8 月 21 日及び 23 日、9 月 12 日の現地調査や、10 月 22 日のヘリ観測によって、大穴火口の北西で地熱域の拡大傾向が確認されている。また、地下の温度上昇を示すと考えられる全磁力データについて、特に地熱域の拡大傾向が確認された大穴火口の北西の観測点で 2018 年 9 月頃から急激な減少傾向が確認されている。この大穴火口の北西で地熱域は大穴火口の地熱域から 200m 程度離れており、GCOM-C の分解能 (250m) と同程度である。

霧島山（えびの高原（硫黄山））では、ALOS-2 の差分干渉解析により、2018 年 4 月 19 日の噴火以降、硫黄山の山体に加えて、硫黄山の中心から西側に約 500m 離れた場所で新たに衛星視線方向短縮の局所的な位相変化を検出している。えびの高原の監視カメラでも、2018 年 4 月 20 日頃からその付近で新たな噴気が上がっていると同時に 4 月 21 日のヘリ観測で熱の高まりを確認し、4 月 26 日には水蒸気噴火が発生した。この硫黄山の中心から西側に約 500m 離れた場所については、熱の高まりや衛星視線方向短縮の緩やかな位相変化が 2019 年に入っても継続していることが確認されている。この場所は硫黄山の地熱域から 300m 程度離れており、GCOM-C の分解能 (250m) と同程度である。

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をお書き下さい。）：

- ・ 安藤忍，及川輝樹，奥山哲，福井敬一，だいち 2 号で見た西之島における地表変化，日本火山学会 2018 年度秋季大会，P055 (2018/9/26)。
- ・ 影山勇雄，鎌田林太郎，奥山哲，安藤忍，ALOS-2/PALSAR-2 差分干渉解析による国内の活火山周辺における地殻変動，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，SVC41-P49 (2018/5/23)。
- ・ 気象庁，気象研究所，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた吾妻山における SAR 干渉解析結果，第 143 回火山噴火予知連絡会 (2019/2/27)。
- ・ 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 143 回火山噴火予知連絡会 (2019/2/27)。
- ・ 気象庁，ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析結果，第 143 回火山噴火予知連絡会 (2019/2/27)。

来年度以降の課題・計画：

また、引き続き、国内外の火山を含めた地形変化の検出について、光学センサーも利用しながら解析を進める。

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)

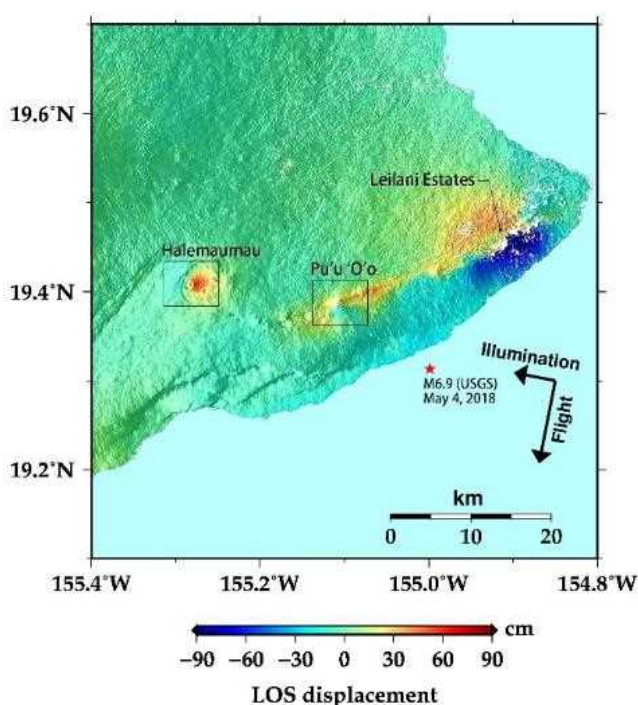
課題名称:衛星及び航空機搭載 SAR による火山の監視と変化抽出について

今年度の成果概要:

国内外の火山の活動状況を踏まえ、幾つかの事例について PALSAR-2 データを多様な手法で解析した。強度画像の判読では、噴火に伴う地形変化や、溶岩流の分布などが見られた。干渉 SAR、MAI, オフセット・トラッキング等による解析から、地下のマグマの動態等に伴う地殻変動が検出された。具体的な解析結果のいくつかを下記に示す。航空機 SAR については、本年度は運用を行わなかった。

1. ハワイ島キラウエア火山の噴火

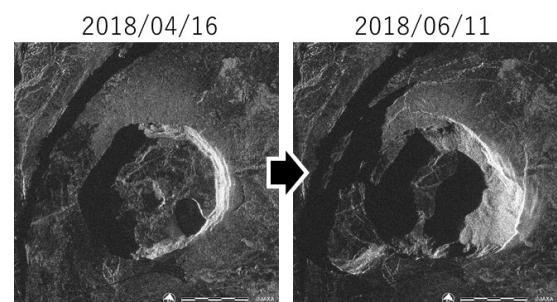
2018 年 5 月 3 日より継続している噴火活動について、本 WG や国際災害チャータ等の要請に基づき、PALSAR-2 による観測を実施し、データや解析結果を本 WG や現地機関(USGS/HVO 等)に提供した。解析例として、図 1(a)は 1 月 20 日の過去分と 5 月 12 日の ScanSAR データの差分干渉 SAR 解析結果であり、ハレマウマウ火口における大きな沈降、プウオオ火口付近における沈降、被害のあったレイラニ・エステート地区を含むイースト・リフト・ゾーンにおけるダイク拡大方向など、この時点までに起きた地殻変動の全貌を捕らえている。図 1(b)は 2 月 22 日の過去分と 5 月 22 日の Stripmap データの偏波カラー合成画像($R:G:B=HV_{\text{before}}:HV_{\text{after}}:HH_{\text{after}}$)であり、この合成方法では偏波散乱特性に応じて溶岩流の流出部分が赤く表示され、視認しやすくなった。図 1(c)は Spotlight モードによる火口の詳細な画像であり、ハレマウマウ火口の地形変化(沈降および崩落)の様子が詳細に見て取れる。



(a)



(b)



(c)

図 1 ハワイ島キラウエア火山噴火の PALSAR-2 データ解析事例

2. ガラパゴス諸島シエラ・ネグラ山の噴火

2018年6月26日より継続している噴火活動について、PALSAR-2による観測を実施した。図2(a)に示した ScanSAR データの差分干渉 SAR では、火口の中心付近およびその北西側を中心に著しい変位が検出された。変位が大きい火口中心付近等では干渉性の低下も見られた。図2(b)に示す Stripmap データのオフセット・トラッキングでは変位の二次元成分が検出可能であり、レンジ方向（主に沈降）に 9m 程度、アジマス方向（主に火口中心に近づく方向の水平変動）に 3m 程度の変位が見られ、火口の中心付近の変位も検出できた。図2(c)は噴火前後の強度画像の面積相関を利用した地表面変化抽出結果で、北側の火口縁付近および火口北西側の山腹から溶岩が流出した状況が分かる。

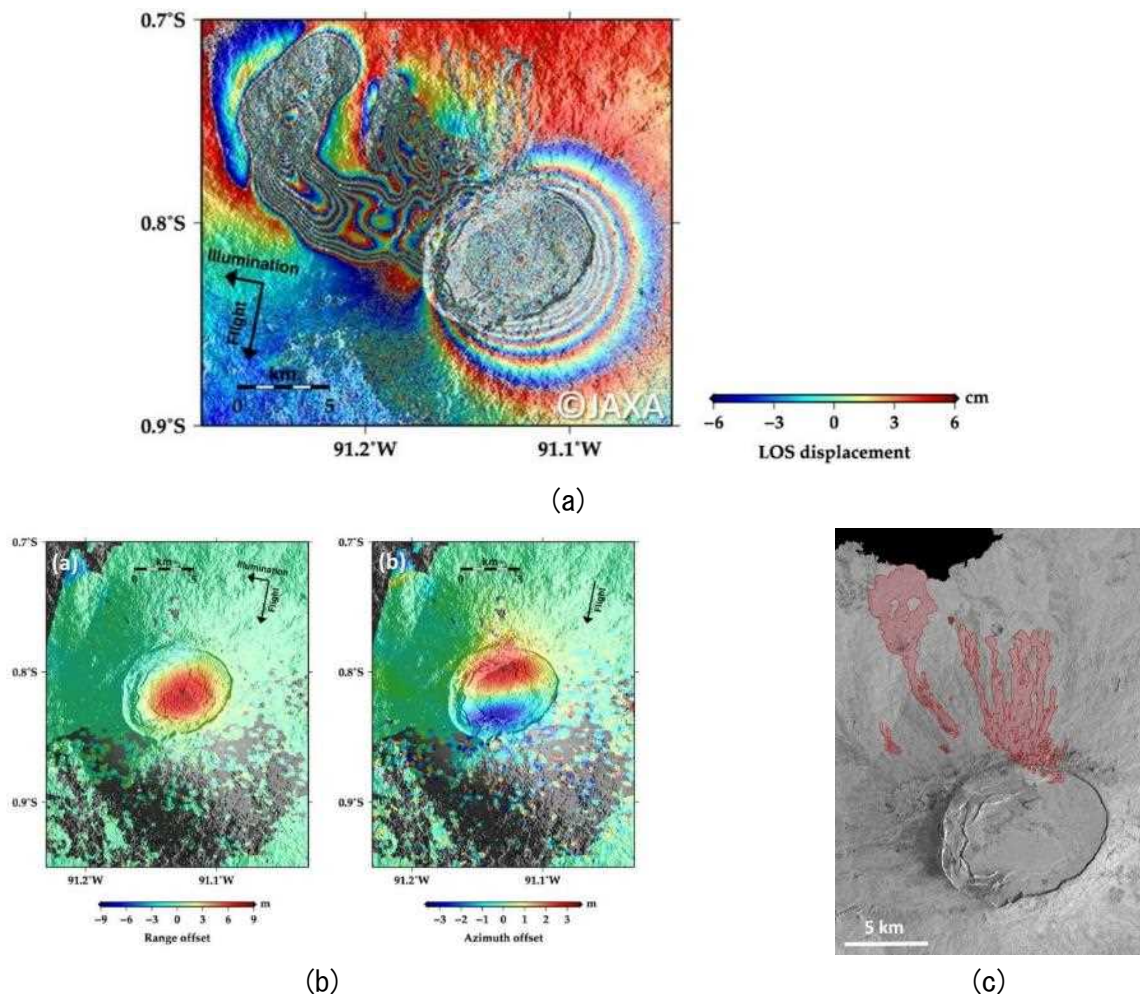


図2 シエラ・ネグラ山噴火の PALSAR-2 データ解析事例

3. アナク・クラカタウ（インドネシア）の噴火

2018年12月22日から継続している噴火活動について、本WG、気象庁、センチネルアジア、国際災害チャータ等の要請に基づいて PALSAR-2 による観測を実施した。図3は噴火前後（8月20日、12月24日）の Stripmap データの強度画像の比較であり、点線部分のアナク・クラカタウ島の南西部分の陸地が大幅に消失し、また溶岩の流入等により海面に生じたと思われる波浪が同心円状に伝播しているのも見られた（Sentinel-1 画像にも同様のパターンが見られるなど継続的に発生していたことから津波ではないと考えられる）。

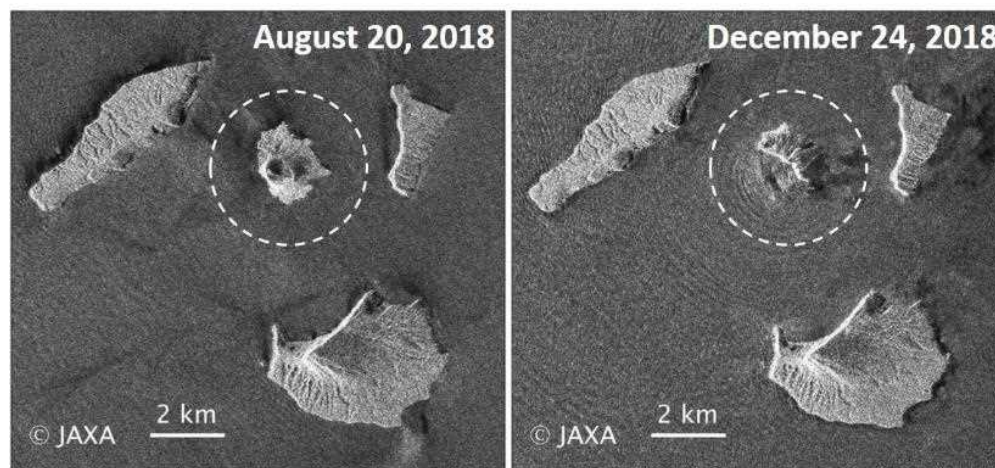


図3 アナク・クラカタウ噴火前後の PALSAR-2 画像

4. その他

そのほか、霧島山新燃岳、口永良部島、フエゴ火山（グアテマラ）についても観測・解析を行った。

成果発表の状況：

1. Web ページ掲載

- ・「だいち 2 号」によるハワイ・キラウエア火山噴火および地震の観測結果について（5 月 10 日）
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_hawaii_erupt_quake_20180509.htm
- ・「だいち 2 号」によるハワイ・キラウエア火山噴火および地震の観測結果について(2)（5 月 23 日）
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_hawaii_erupt_quake_20180523.htm
- ・「だいち 2 号」によるハワイ・キラウエア火山噴火および地震の観測結果について(3)（6 月 5 日）
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_hawaii_erupt_quake_20180605.htm
- ・「だいち 2 号」によるグアテマラ・フエゴ山噴火の観測結果について（6 月 8 日）
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_guatemala_erupt_20180608.htm
- ・「だいち 2 号」によるハワイ・キラウエア火山噴火および地震の観測結果について(4)（6 月 22 日）
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_hawaii_erupt_quake_20180622.htm
- ・「だいち 2 号」によるガラパゴス諸島シエラ・ネグラ山噴火の観測結果について（7 月 13 日）
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_eruption_galapagos_20180713.htm
- ・「だいち 2 号」によるインドネシア アナク・クラカタウ火山噴火の観測結果について（12 月 26 日）
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_eruption_anak_krakatau_20181226.htm

2. 学会発表

- ・ T. Abe, M. Ohki, T. Tadono: “Crustal deformation associated with the 2018 eruption of Kilauea Volcano, Hawaii, revealed by ALOS-2/PALSAR-2”, AGU Fall Meeting 2018.
- ・ 阿部隆博、大木真人、田殿武雄、ALOS-2 による 2018 年ハワイ・キラウエア火山噴火に伴う地殻変動の検出，日本測地学会第 130 回講演会，2018 年 10 月
- ・ T. Tadono, M. Ohki, T. Abe: “Summary of Natural Disaster Responses by the Advanced Land Observing Satellite-2 (ALOS-2)”, ISPRS Technical Commission III WG III/2, 10 Joint Workshop, 2019 年 3 月(予定)

来年度以降の課題・計画：

PALSAR-2 データ、および必要に応じて海外衛星データ等を用いて火山活動のモニタリングを継続する。
対象火山は活動状況を踏まえ随時決定する。

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： <p>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。</p>
成果発表の状況： <p>ALOS-2 の差分干渉 SAR 画像と Sentinel-1 の時系列解析による累積変動を相補的に使用することによりハワイ島キラウエア火山 2018 年噴火にともなう様々な地表変動を捉えることができた。この成果の一部は、「地学雑誌」128 巻 3 号の表紙に掲載予定である。</p>
来年度以降の課題・計画： <p>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、Sentinel-1a のデータとの相補的な利用は今後も活用する。</p>

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: SAR 干渉解析による箱根火山の火山性地殻変動の検出

今年度の成果概要:

箱根火山 2015 年水蒸気噴火時の地表面変位について

ALOS-2/PALSAR-2 データの干渉 SAR 解析から、箱根火山 2015 年水蒸気噴火時の地表面変位を明らかにした(図 1a)。また、地表面変位を説明する変動源モデルの推定を行い(図 1b)、水蒸気噴火の発生メカニズムについて考察を行った。その結果、水蒸気噴火発生時に、箱根火山の浅部で熱水の移動があったことが示唆された(図 2)。また、本成果を Earth, Planets and Space 誌に論文発表した(Doke et al., 2018)。

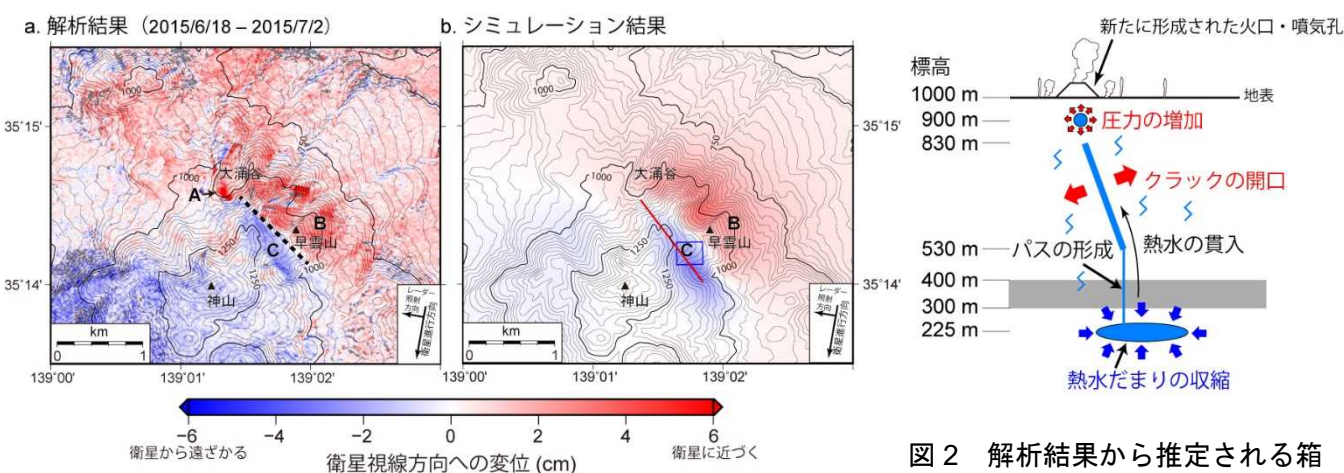


図 2 解析結果から推定される箱根火山 2015 年水蒸気噴火の発生メカニズム。

図 1 (a) 2015 年 6 月 18 日と 2015 年 7 月 2 日の間の地表面の変位(衛星視線方向の変位)、(b) 地下に開口割れ目(赤線)と収縮源(青線)のモデルを推定した時のシミュレーション結果。

箱根火山の噴気地帯を対象とした InSAR 解析結果

2015 年の水蒸気噴火の火口域(大涌谷)より数 100m 北に位置する噴気地帯(上湯地区)を対象とし、ALOS-2/PALSAR-2 データの干渉解析を実施し、同地帯における地すべり性の変位を検出した。図 3 に Path18(ディセンディング・右観測)の解析結果を一例として示す。各解析結果の中央付近の直径約 150 m の噴気地帯の範囲において、周囲に対する相対的な位相変化が繰り返し認められた。図 4 には、全ての Path の解析結果から抽出した噴気地帯の中心付近の変位の時系列を示す。その結果、西側上空からの観測では衛星から遠ざかる変位が、東側上空からの観測ではわずかに衛星に近づく変位が観測された。この変位パターンから推定される地表面の水平変位は、北東方向と考えられる。これは、同噴気地帯における斜面の傾斜方向と概ね合致することから、定常的な地すべり性の変位の存在が示唆される。また、同地区においては、年周変化する変位も検出された(図 4)。この原因については、噴気地の地上付近における大気による遅延や、土壌水分量の違いによるものが考えられる。今後、地上の観測等も実施し、考察を進めていく。

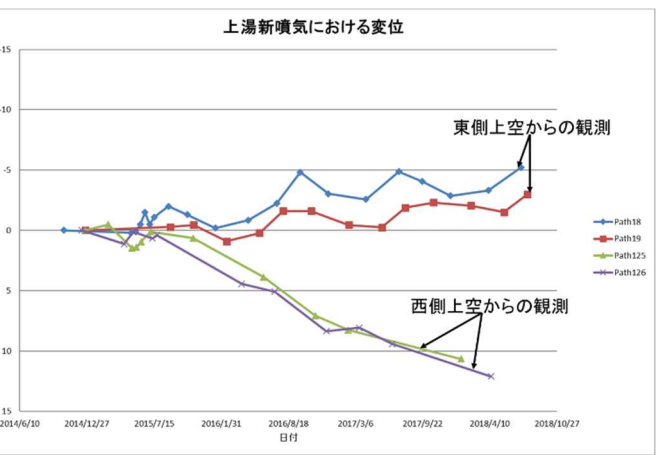
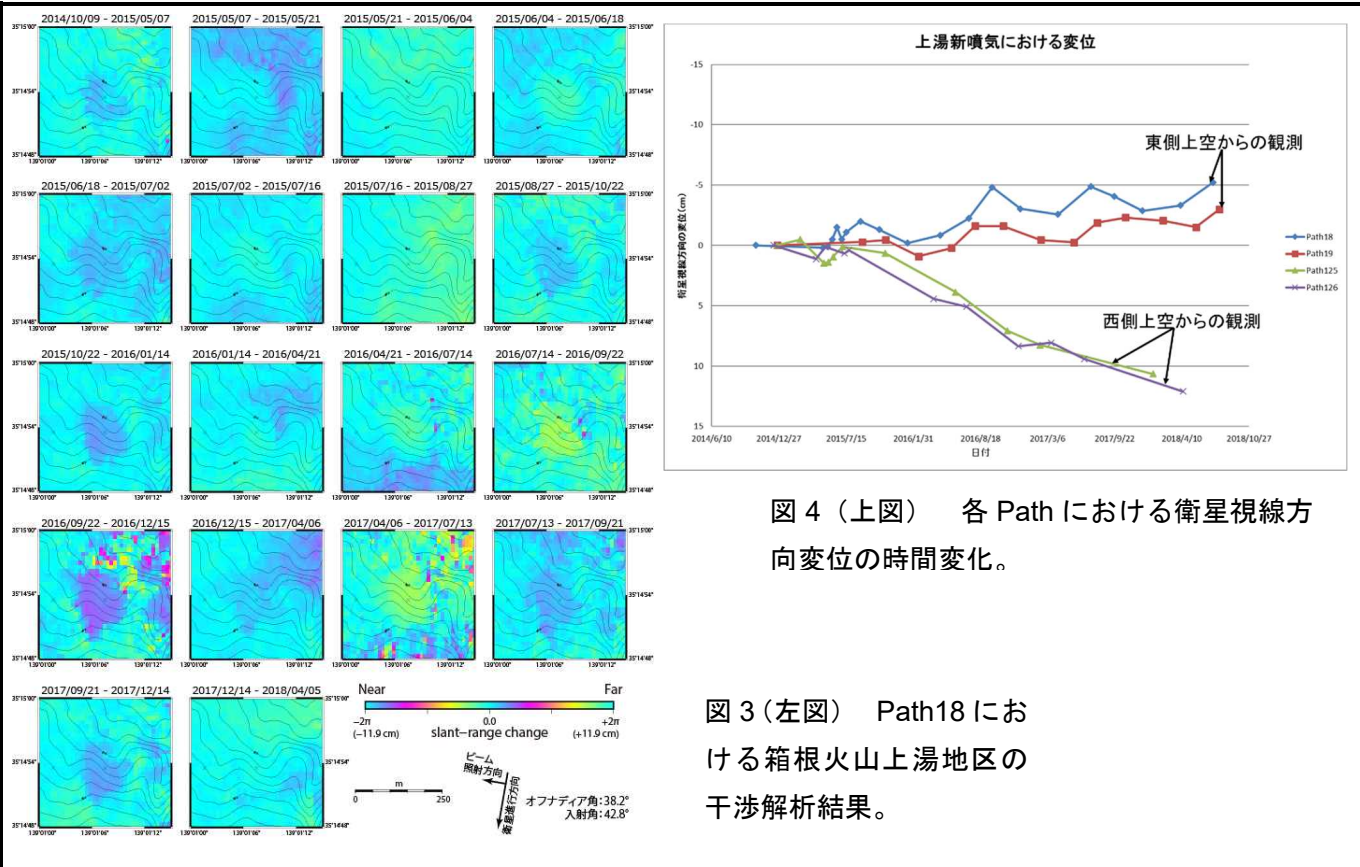


図 4（上図） 各 Path における衛星視線方向変位の時間変化。

図 3（左図） Path18 における箱根火山上湯地区の干渉解析結果。

成果発表の状況：

火山噴火予知連絡会における報告：

第 141 回，第 142 回，第 143 回 箱根山

論文発表：

Doke et al. (2018). InSAR analysis for detecting the route of hydrothermal fluid to the surface during the 2015 phreatic eruption of Hakone Volcano, Japan. Earth, Planets and Space. 70:63. doi:10.1186/s40623-018-0834-4

学会発表：

道家涼介（2018），干渉 SAR 解析による箱根火山大涌谷周辺の地表面変位の検出，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，STT48-04

ホームページによる報告：

箱根火山 2015 年水蒸気噴火時の地表面変位に関する研究

<https://www.onken.odawara.kanagawa.jp/volcano-geology/EPS-hakone/20180419-01.html>

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、一部のパスについては、十分な ALOS-2/PALSAR-2 データが蓄積されてきたことから、時系列解析も実施し、水蒸気噴火前の過程や、噴火後から現在に至るまでの地下の圧力源の変化過程を明らかにしていく。

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: 宇宙航空研究開発機構

課題支援者(所属機関): 大木真人(JAXA)、藤山果穂(東京電機大学)

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:

1) 航空機 SAR (Pi-SAR-L2) による火山監視については、JAXA が Pi-SAR-L2 の免許再交付がなされなかったことから本年度の実験は実施されなかった。したがって。本年の航空機 SAR による新規データは得られず、解析は実施していない。

2) ALOS-2 による解析については、新燃岳を中心とした時系列解析(20170501-20181112)とハワイ島、キラウエア火山の時間変化を解析した。新燃岳については、1) 周りに点在する GNSS 点を用いた幾何学校正、2) 乾燥大気を仮定した位相量の高度補正、3) 新規 DEM による新燃岳近郊の置き換えの3点を実施した、その結果、火口付近で有意な変動は見られなかったと思われる(より詳細には、昇交画像で火口内変動は 0.2cm の隆起、降交画像では 0.7cm の沈降。SAR 画像と GNSS 点の変動量の標準偏差はそれぞれ 0.6cm と 0.5cm である(別添、第 65 回日本リモートセンシング学会発表予稿集より))。代表画像を以下に添付する。

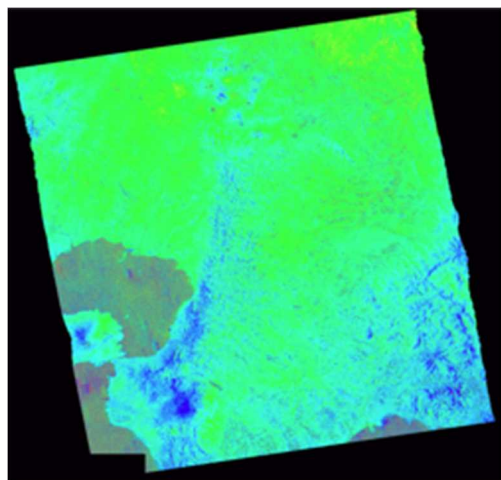
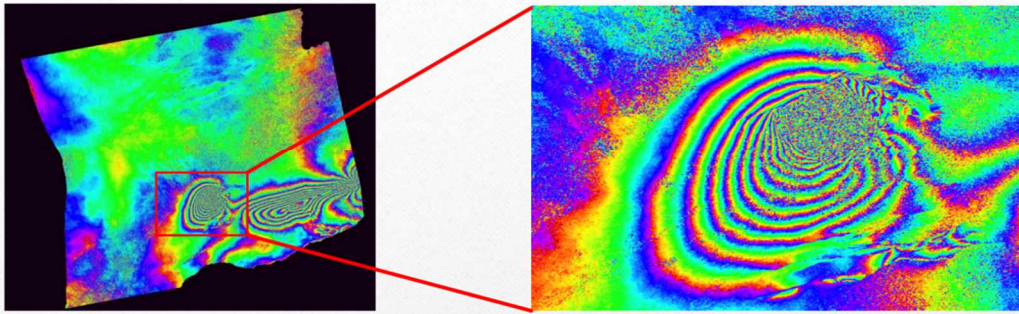


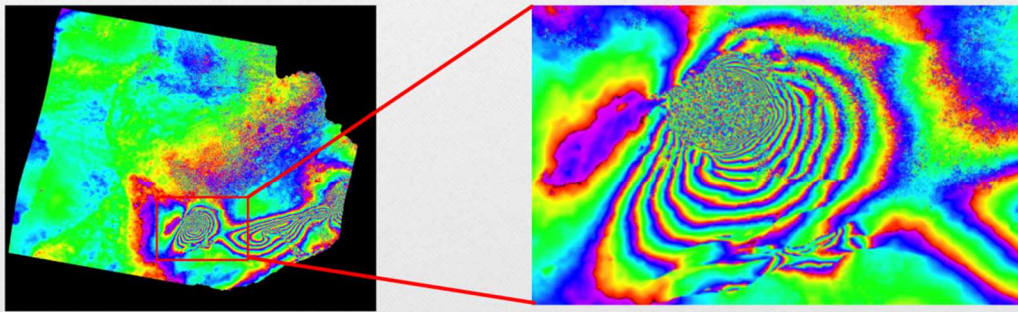
図 1 補正済みの PALSAR-2 干渉画像

また、キラウエア火口の解析例を以下に添付する。

Sar.ddtmaf_g(地殻変動)画像



ASCにおけるもっとも大きな変化があった期間2018年3月27日から2018年7月3日までの干渉画像。火口付近を拡大した画像を左に示す。最大約96cmの沈降を確認。



DESにおけるもっとも大きな変化があった期間2017年12月14日から2018年6月28日までの干渉画像。最大約72cmの沈降を確認。

8

図2 キラウェア画像の事例。

成果発表の状況：

1. 藤山果穂, 島田政信, ”干渉 SAR 処理による新燃岳の火口変動、Crater Activity of Shinmoe-dake(a part of the Mount Kirishima cluster of Volcanoes) by INSAR Detection,” 第65回日本リモートセンシング学会予稿集, 秋季大会, 2018, 高松

来年度以降の課題・計画：

新燃岳、その他の火山を観測解析予定。

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(会津大学コンピュータ理工学部兼先端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先端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:

福島県の吾妻山では, 火山性地震の増加や傾斜変動が見られたことから, 2018 年 9 月 10 日に噴火警戒レベルが 2 に引き上げられ現在に至っている。本課題では, 吾妻山火山の活動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 MesoScale Model (MSM), Local Forecast Model (LFM), MSM に Weather Research and Forecasting (WRF) を適用し高時間分解能化したものの 3 種類の気象モデルを用いた大気遅延補正等を施して, 長期間の地殻変動量推定の高精度化を試みた。その結果, 不自然な干渉縞が除去され, 実際の変動に近い干渉が検出された。特に LFM, WRF を用いた場合により最良の結果が得られた。また, 解析結果を GNSS 観測点の変位と比較したところ, 概ね良い一致を示した。長期的な地殻変動の特徴として, 吾妻山火山の大穴火口付近の隆起・沈降や, 吾妻山西部の沈降傾向が見られた。

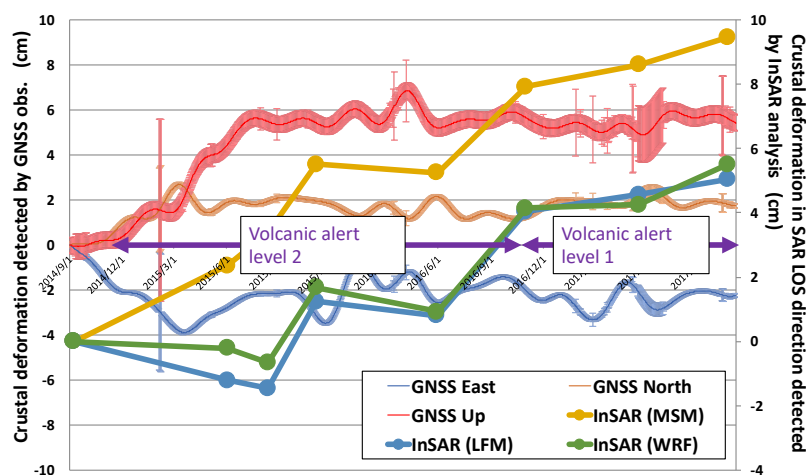


図 1. 気象庁の GNSS 連続観測点 J322 (一切経山南山腹) における変位時系列と InSAR 解析による LOS 時系列の比較。

成果発表の状況:

阿部 華菜・小川 佳子・久田 泰広・出村 裕英・三浦 哲・小澤 拓, InSAR 解析を用いた吾妻山周辺の地殻変動量推定: 大気遅延補正の試み, *JpGU-AGU Joint Meeting 2018*, 千葉, 幕張メッセ, 2018 年 5 月。

阿部 華菜・小川 佳子・久田 泰広・出村 裕英・小澤 拓・三浦 哲, 大気遅延補正を適用した InSAR 解析と GNSS データの解析結果の比較, *日本測地学会第 130 回講演会*, 高知県立県民文化ホール, 2018 年 10 月。

来年度以降の課題・計画:

来年度は, 気象モデルに基づく大気遅延補正処理方法をさらに高度化する。それを用いた解析結果を GNSS 観測により得られた変位と比較し検証を行う。また, 茂木モデル等を用いた圧力源のモデリングを行い, 火山噴火準備過程の研究を継続的に実施する。