

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の地表変化*

Surface change in Nishinoshima revealed by ALOS-2/PALSAR-2 data

気象庁気象研究所**

Meteorological Research Institute, JMA

1. はじめに

2018年5月以降に撮像されたALOS-2/PALSAR-2データの複数のパスについて、7月の噴火を含む西之島における位相変化、相関度および強度解析などを行ったので以下報告する。

2. 解析結果

解析に使用したデータを第1表に示す。また、ALOS-2で観測されたすべてのパスによる強度画像を用いた陸域面積の推移と高頻度で観測されているpath14を用いた低相関度の領域推移を第1図に示す。その結果、2018年7月の噴火活動に伴う溶岩流出の先端は海岸まで到達しておらず、今回の噴火に伴う陸域の拡大はなかったことがわかった。また、地球観測用赤外カメラ（以下、CIRC：分解能130～210m）による温度変化について、2014年まで遡りSAR関連のデータとの時系列変化を示した。公開されているデータは西之島の旧山頂を中心とした半径1, 3, 5km以内の温度であるが、西之島の陸域の大きさを考慮し、半径3km以内のデータを使用した。第1図には、最高温度が50℃以上となった観測日や最高温度と30パーセンタイル値および70パーセンタイル値の差分温度の推移をプロットした。なお、差分温度が高いほど局所的、低いほど広範な熱異常が検知された目安となる。その結果、概ね火山活動に同期した温度変化が検出されたが、SARデータでは特段の変化は認められていない2016年末にも熱異常の高まりがあることがわかった。

2-1. 干渉画像（第2, 3, 4, 5図）

長期間のペアでは、溶岩の加重沈降または熱収縮の影響と考えられる衛星視線方向伸長の位相変化が中央火砕丘や非干渉領域の近傍で検出された。一方、スポットライトモードのような短期間のペアでは、2018年7月の噴火を挟むペアで、中央火砕丘の東側（噴火箇所）とそこから500～600m南側の溶岩流下域で衛星視線方向伸長の位相変化が検出された。なお、溶岩流下南端の位相変化は、9月末頃までわずかながら継続していることがわかった。なお、各干渉解析結果について、対流圏遅延補正などは行っていないため、ノイズが重畳している可能性がある。

2-2. 相関画像（第2, 3, 4, 6図）

2018年7月の噴火開始時期を挟むペアにおいて、溶岩流出箇所に相当する明瞭な低相関度領域が検出された。なお、スポットライトデータによる解析では、次回帰のペアにおいても同様の場所で低相関度領域が検出されたことから、この頃まで溶岩流出が継続していた可能性がある。なお、溶岩流下の南端と海岸線までは100m程度であり、さらに中央火砕丘と溶岩流下南端の間に認められる低相関度領域は連続的ではなく途切れていることもわかった。これら2つのペア以外では、海岸線のわずかな衰退や拡大を示す変化は得られたものの、内陸域では高い相関度を示した。

2-3. 強度画像（第2, 3, 4, 7図）

2018年7月の噴火開始時期を挟むペアにおいて、溶岩流出位置の特定が可能な強度画像変化が検出さ

* 2018年11月30日受付

** 安藤忍

れたが、それ以外のペアでは海岸付近における地形変化を示す強度画像変化は認められたが、大きな変化は検出されなかった。

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC* を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院技術資料 C1-No. 478 から生成した地形データを使用した。ここに記して御礼申し上げる。

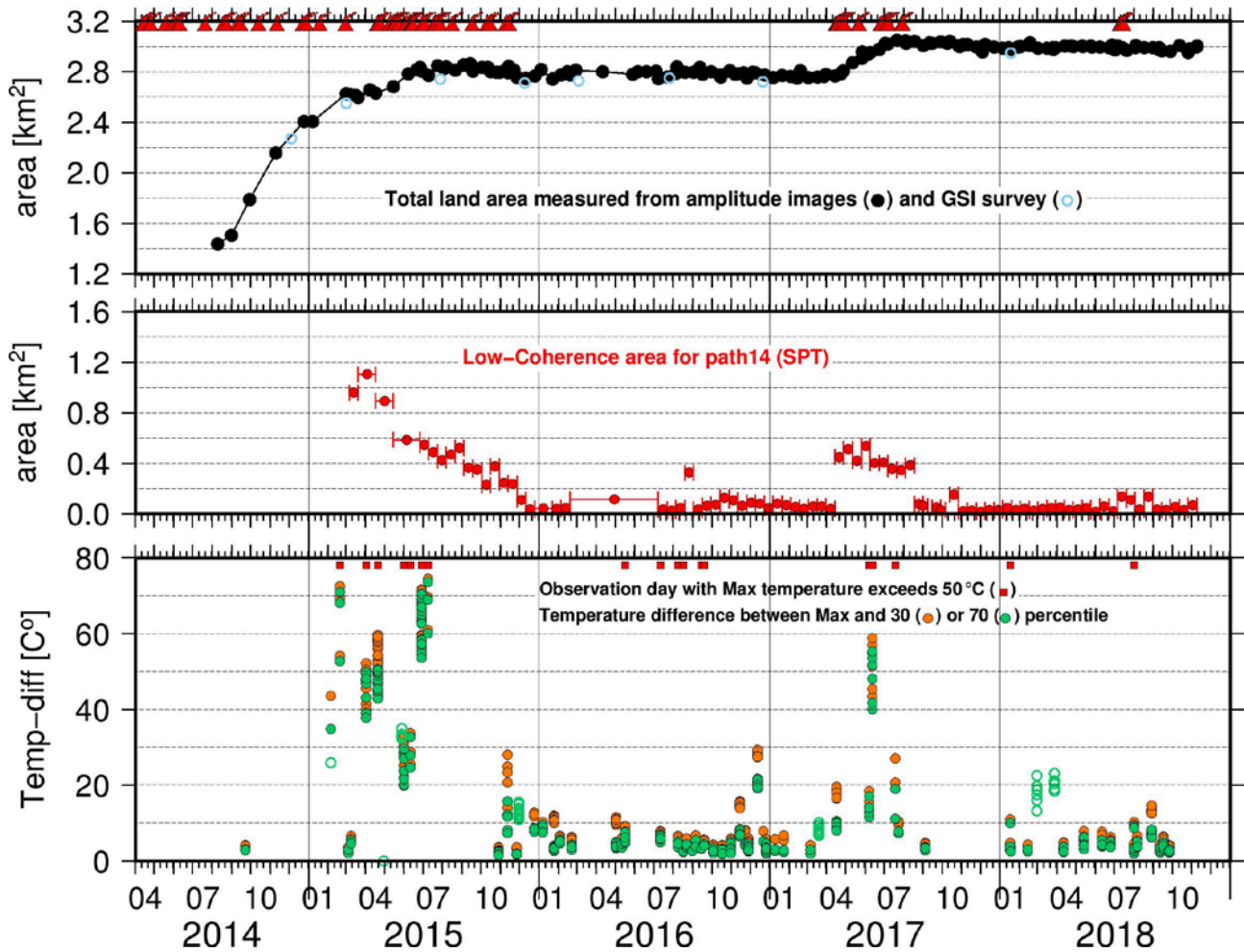
第1表 干渉解析に使用したデータ

Table1 ALOS-2/PALSAR-2 data used in this study

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
125-530 (SM2_FP6-5)	Ascending	Right	34.3°	2017.09.10	2018.09.09	Fig. 2-A, B, C
119-570 (SM1_U3-11)	Ascending	Left	48.6°	2017.11.03	2018.07.13	Fig. 3-A, B, C
16-3070 (SM1_U2-9)	Descending	Right	42.9°	2018.04.23	2018.07.02	Fig. 4-A, B, C
				2018.07.02	2018.09.10	Fig. 4-D, E, F
17-3070 (SM1_U2-6)	Descending	Right	31.5°	2018.05.26	2018.08.04	Fig. 5-A, B, C
14-3081 (SPT)	Descending	Right	58.7°	2018.05.25	2018.06.08	Fig. 6, 7, 8-A
				2018.06.08	2018.06.22	Fig. 6, 7, 8-B
				2018.06.22	2018.07.06	Fig. 6, 7, 8-C
				2018.07.06	2018.07.20	Fig. 6, 7, 8-D
				2018.07.20	2018.08.03	Fig. 6, 7, 8-E
				2018.08.03	2018.08.17	Fig. 6, 7, 8-F
				2018.08.17	2018.08.31	Fig. 6, 7, 8-G
				2018.08.31	2018.09.14	Fig. 6, 7, 8-H
2018.09.14	2018.09.28	Fig. 6, 7, 8-I				

※赤字は 2018 年 7 月噴火以降に撮像されたデータ。

※Red indicate SAR data taken after the eruption.



第 1 図 すべてのパスの強度画像から算出した陸域面積（上）とパス 14 における低相関度領域（中）および CIRC により検出された温度推移（下）

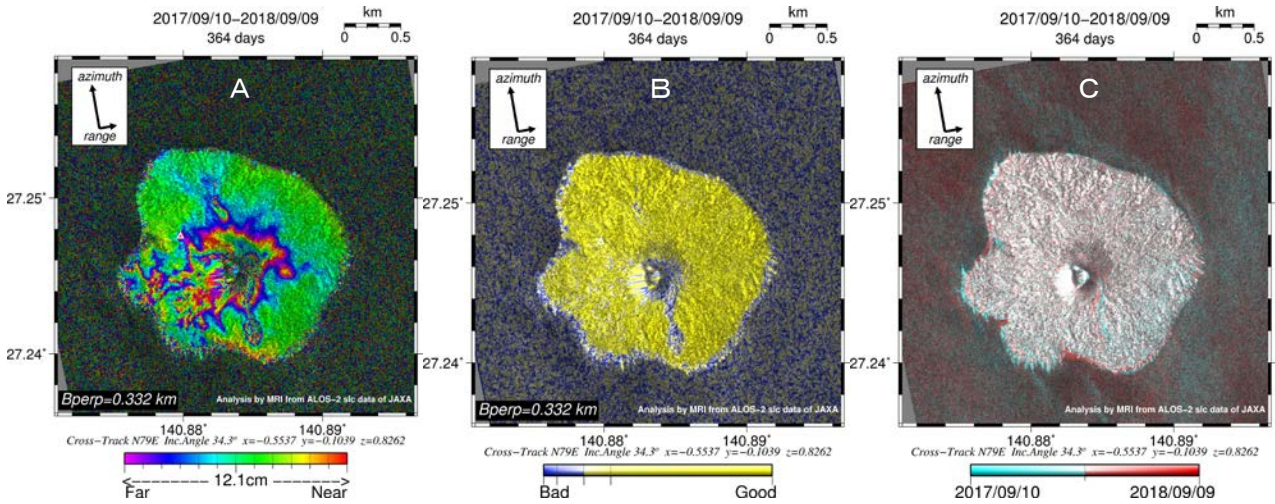
上図：2015 年 6 月頃までと 2017 年 4 月下旬から 8 月上旬までの再噴火時に呼応した陸域の拡大が認められる。噴火マークは海上保安庁により火山噴火予知連絡会に報告された資料から抜粋し、○は国土地理院で実施された空中写真等の計測結果を示す。

中図：パス 14 の低相関度領域は、2015 年 12 月にはほとんど確認できなくなり、2017 年や 2018 年の再噴火時の溶岩流出時に伴い増加したが、以降は再び低調に推移した。

下図：CIRC により観測された西之島周辺（旧山頂から半径 3 km 以内）の温度推移を示す。■は最高温度 50°以上を観測した日、●は最高温度と 30 パーセントイル値の差分温度、●は最高温度と 70 パーセントイル値の差分温度を示す。差分温度が高いほど局所的、低いほど広範な熱異常とみなせ、火山活動に伴った差分温度の推移が確認できる。なお、色抜きの観測値はマイナスの最高温度が検出されたデータで参考値とした。

Fig.1 Upper: Time series of total land area measured from amplitude images of each path. Middle: Time series of extent of low coherence areas on path 14 (Spotlight mode). Lower: Time series of the temperture detected by CIRC.

Upper: Expansion of the land area equivalent to before june 2015 and to re-eruption time from late April 2017 to early August is recognized. The eruption marks indicate the data reported to the CCPVE by the Japan Coast Guard (JCG), and the blue circles indicate the mesurement results of aerial photography carried out by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI). Middle: The low correlation region of path 14 was hardly detected in December 2015, but it was increased by 2015 or 2018 re-eruption, but then weakened again after that. Lower: The temperature transition of Nishinoshima area (within 3 km radius from the former summit) observed by CIRC is shown. The red square indicated the day on which the infrared sensor in CIRC exceeded 50 degree celsius. Orange circles indicated the difference in temperature between the maximum temperature and the 30th percentile value. Green circles indicated the difference in temperture between the maximum temperature and the 70th percentile value. The higher difference in temperature indicates topical thermal anomaly, and the lower difference in temperture indicates broad thermal anomaly. The transition of the difference in temperature accompanying the volcanic activity can be confirmed. In addition, open circles indicates that maximum temperture detected negative value.

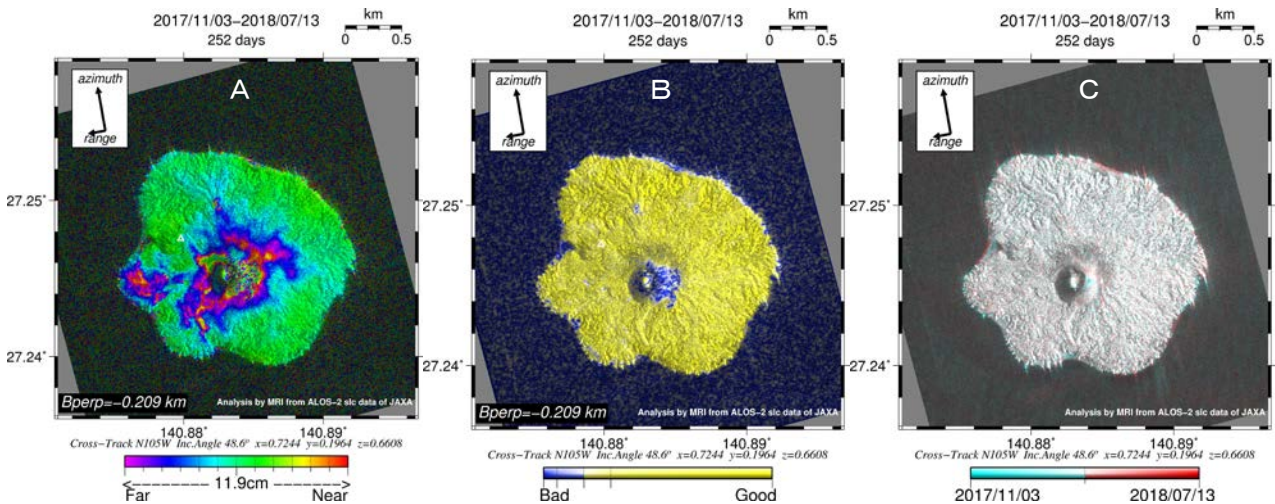


第2図 path125 (SM2_FP6-5) による干渉解析 (A: 干渉画像, B: 相関画像, C: 強度画像)

図中の白三角印は旧西之島の山頂位置を示す。干渉画像のフルカラースケールは視線方向 (LOS) において 11.9 cm を示す。相関画像の青色は低相関度、黄色は高相関度を示す。強度画像のシアン色は先に観測された画像を赤色は後で観測されたデータを割り当てた。(A) 中央火砕丘と西海岸の近傍で衛星視線方向伸長の位相変化が認められる。(B) 中央火砕丘の東側から南側にかけて低相関度領域が認められる。(C) 島の西側や南西および南側で海岸線に変化が認められる。

Fig.2 Ground displacement Interferograms generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path 125 (SM2_FP6-5).

The white triangle indicates the former summit of Nishinoshima Island. One full repetition of the color scale in interferograms represents a displacement of 11.9 cm in the line of sight (LOS) of the satellite. Yellow and blue in coherence images indicate high and low coherence areas, respectively. Cyan and red in amplitude image indicate pre and post observation data, respectively. The phase difference of LOS extension was detected at the vicinity from the central pyroclastic cone to a coast of the west (A). Low correlation is identified from the east of the central pyroclastic cone to the south (B). Variation of increase and decrease of the land area can be identified at the coast of the west and south (C).

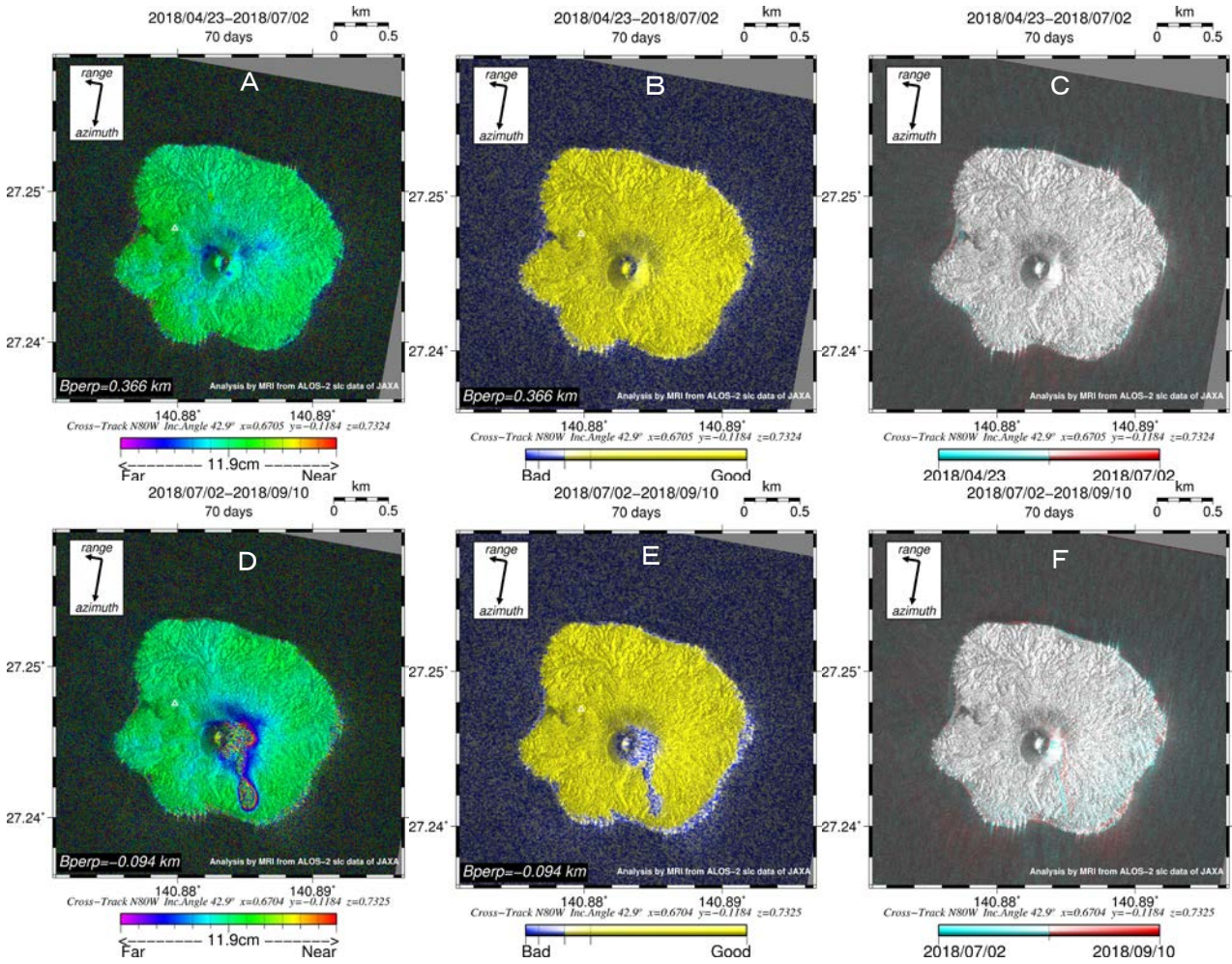


第3図 path 119 (SM1_U3-11)による干渉解析 (A: 干渉画像, B: 相関画像, C: 強度画像)

凡例は第2図と同じ。(A) 中央火砕丘付近と島の西側を中心に衛星視線方向伸長の位相変化が認められる。(B) 中央火砕丘の東側付近で低相関度領域が認められる。(C) 中央火砕丘の東側で変化が認められる。

Fig.3 Ground displacement Interferograms generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path 119 (SM1_U3_11).

The symbol and color scale are the same as in Fig.2. The phase difference of LOS extension was detected at the central pyroclastic cone and the western part of island (A). Low correlation is identified at the east of the central pyroclastic cone (B). Variation of amplitude image identified at the east of the central pyroclastic cone (C).

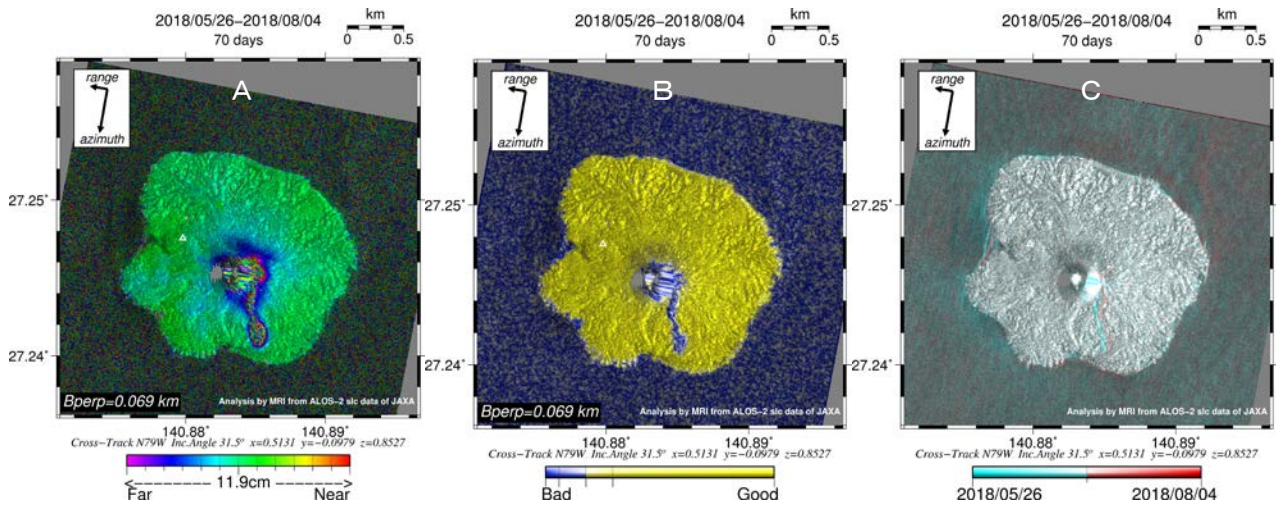


第4図 path16 (SM1_U2-9) による干渉解析 (A・D: 干渉画像, B・E: 相関画像, C・F: 強度画像)

凡例は第2図と同じ。噴火前のペアでは, (A) 中央火砕丘の北東部でわずかな衛星視線方向伸長の位相変化が認められ, (B・C) 西北西海岸部の低相関領域や強度変化が顕著であるが, 噴火前後のペアでは, (D) 溶岩が流下した場所において明瞭な衛星視線方向伸長の位相変化が認められ, (E・F) 同じ場所や南東海岸部において低相関領域や強度変化が検出された。

Fig.4 Ground displacement Interferograms generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path 16 (SM1_U2_9).

The symbol and color scale are the same as in Fig.2. For the pair before eruption, the phase difference of LOS extension was detected from the northeast of the central pyroclastic cone (A). High correlation is identified as the whole island except for the coastal part of the western northwest around former island (B・C). For the pair before and after the eruption, the phase difference of LOS extension was detected from the lava flowed down area (D). Low correlation area and Variation of amplitude image were detected in same part of lava flow down area. In addition, slight land area expansion or decline was confirmed along the coastal area of southeast. (E・F).

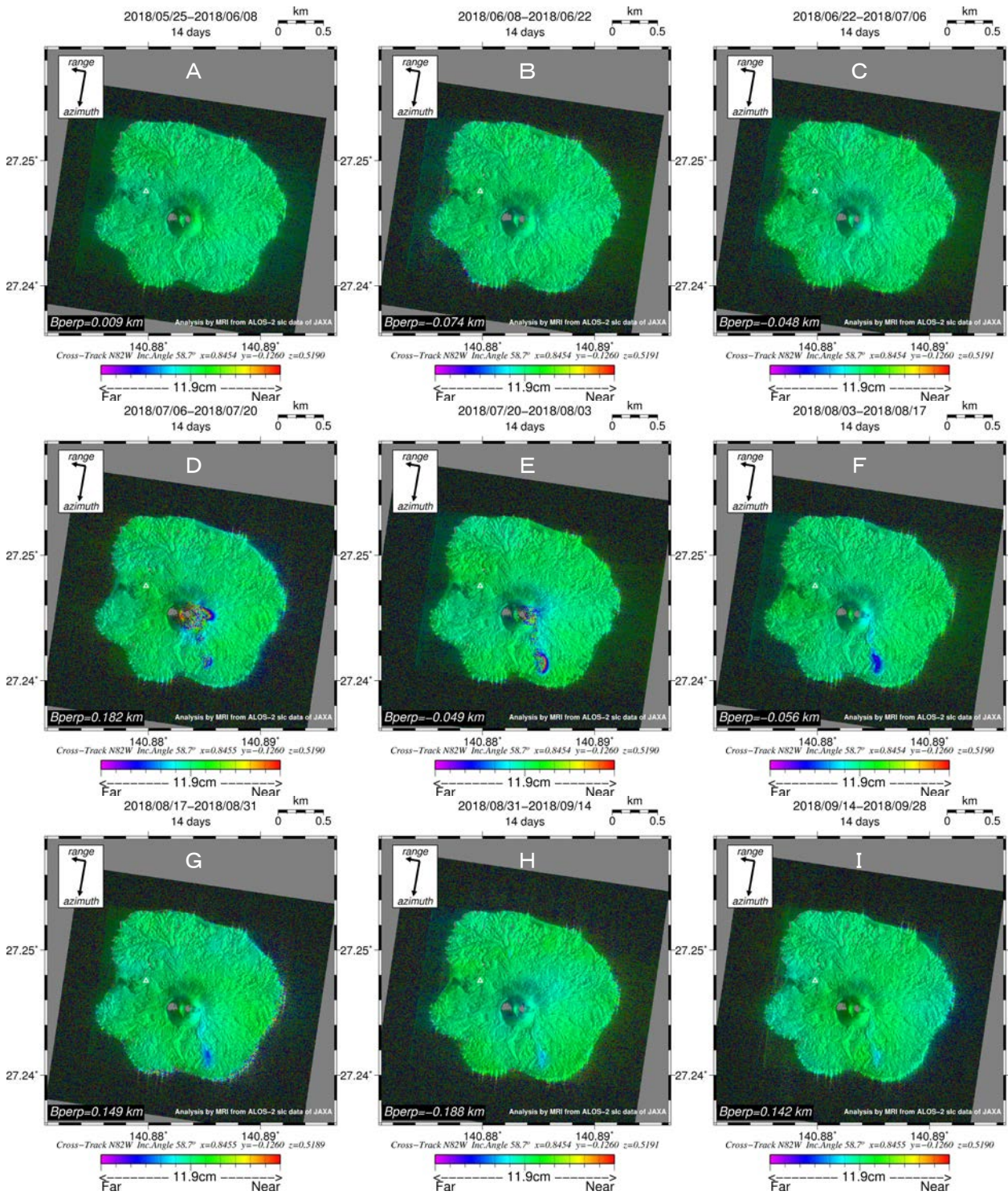


第 5 図 path17 (SM1_U2-6) による干渉解析 (A: 干渉画像, B: 相関画像, C: 強度画像)

凡例は第 2 図と同じ。(A) 溶岩が流下した場所において明瞭な衛星視線方向伸長の位相変化が認められ, (B・C) 同じ場所において低相関度領域や強度変化が検出された。

Fig.5 Ground displacement Interferograms generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path 17 (SM1_U2_6).

The symbol and color scale are the same as in Fig.2. The phase difference of LOS extension was detected from the central pyroclastic cone to lava flowed area (A). Low correlation area and variation of amplitude image were detected in same part of lava flow down area (B・C).



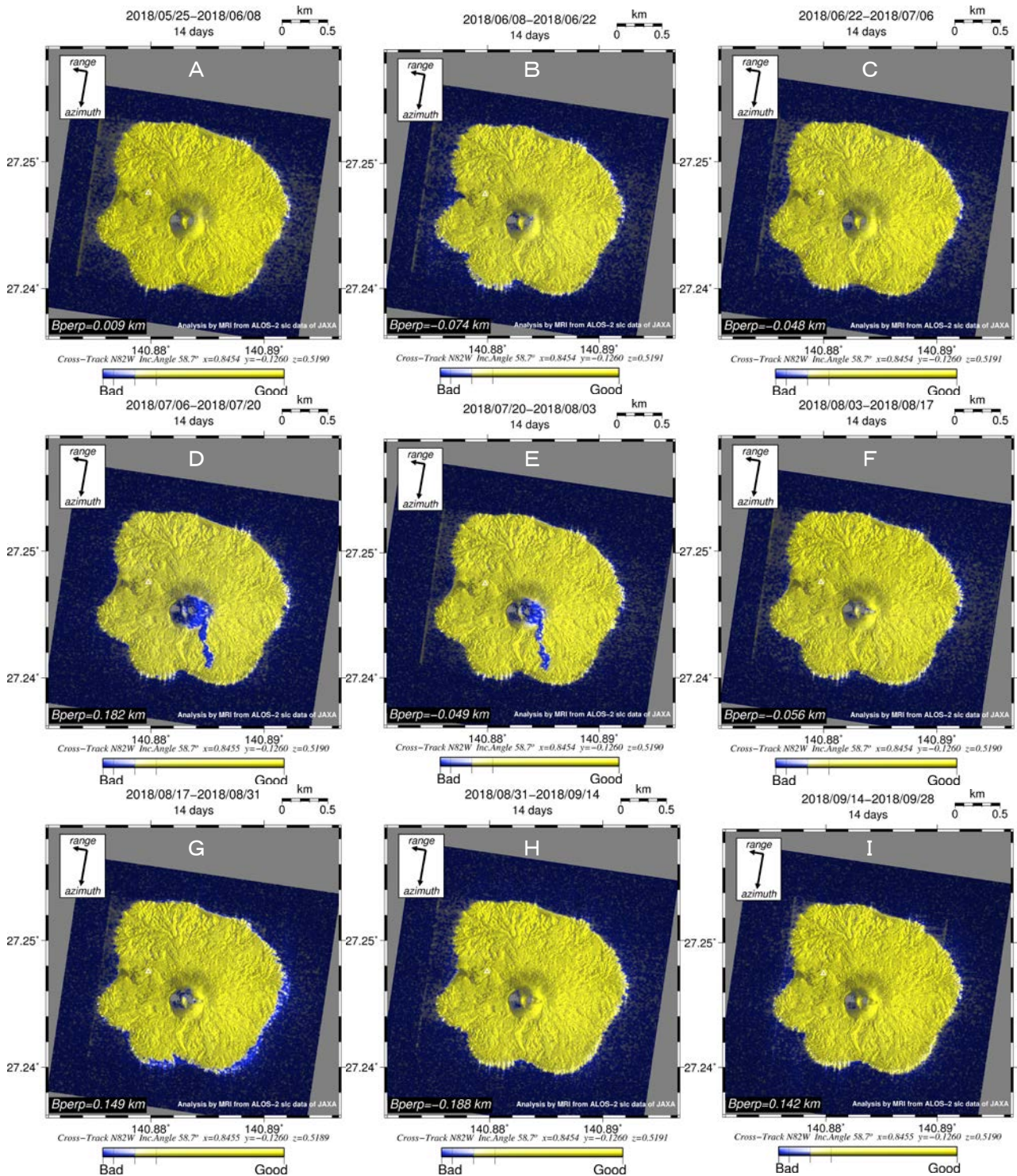
第6図 path14 (SPT) による干渉解析結果

凡例は第2図と同じ。噴火前 (A~C) は全島の顕著な位相変化は認められないが、噴火後のデータを挟むペア (D) では、中央火砕丘の東側に約1サイクルの衛星視線方向伸長の明瞭な位相変化が認められるほか、南へ500~600m程度の場所においても、数cmの伸展位相変化が認められる。この南部の位相変化は、次の回帰ペア (E) の解析では、約1サイクル伸長の位相変化となり、以降のペア (F~I) においても、変化量は徐々に小さくなっているものの、伸展位相変化が継続している。

Fig.6 Ground displacement Interferograms generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path 14 (spotlight mode).

The symbol and color scale are the same as in Fig.2. In the pre-eruption pair (A to C), there is no noticeable phase change in the whole island, but in the post eruption pair (D), the phase difference of about 1 cycle elongation was detected near the east of the central pyroclastic cone. In addition, the elongation phase different of several cm is

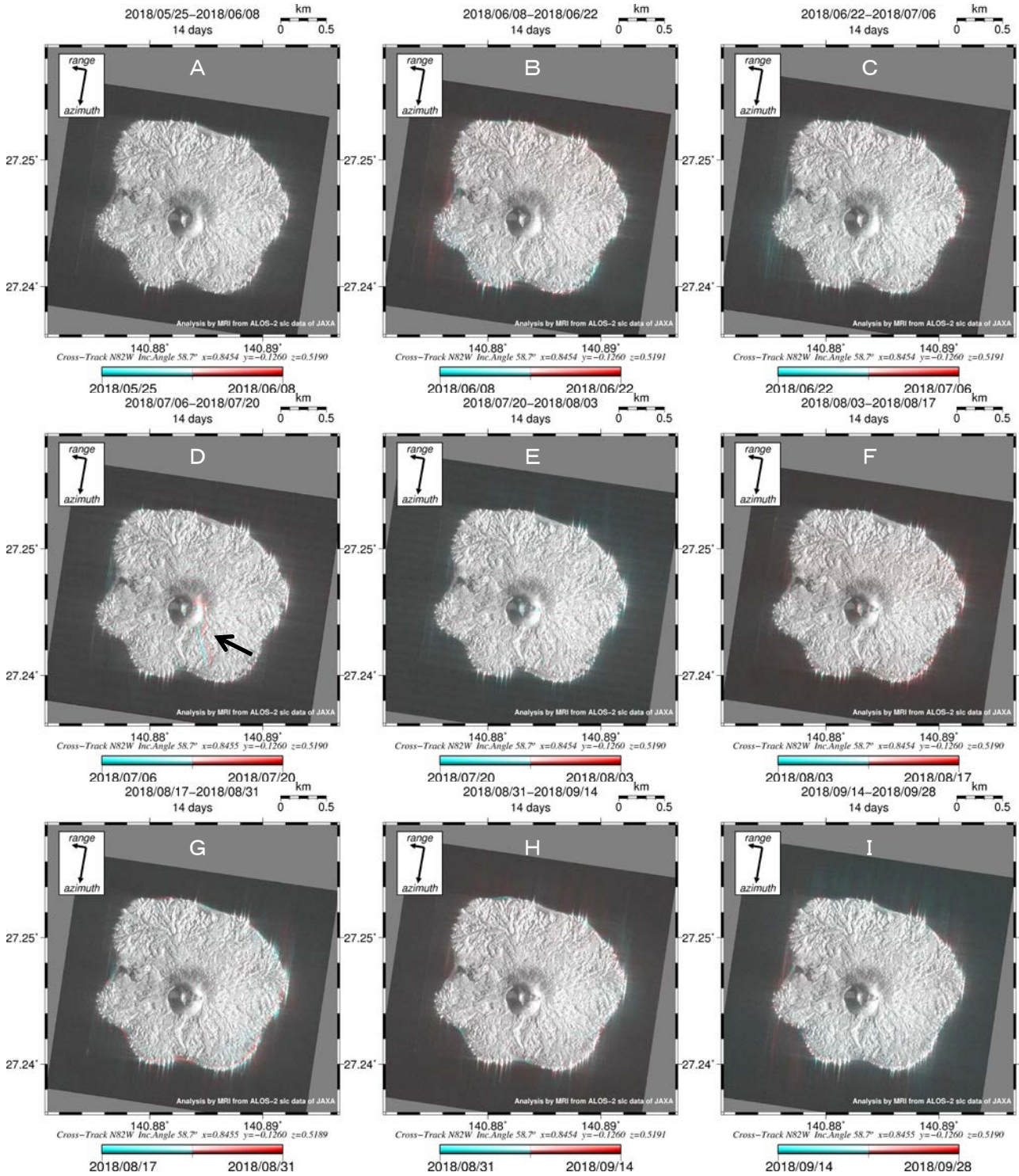
recognized even in the place of 500~600 m to the south. In the analysis of the next period pair (E), the phase change in the south part became a phase change of about 1 cycle elongation. And then (F to I), the change amount gradually decreases but elongation phase change was continued.



第 7 図 path14 (SPT) における相関画像解析結果

凡例は第 2 図と同じ。噴火前 (A~C) と 8 月以降のペア (F, H~I) では、全島の的に高相関度を示す。中央火砕丘と溶岩流下場所において、低相関度領域が検出された。低相関度領域はこれまでの溶岩流下域と異なり非連続的に分布している。なお、台風 19 号および 20 号が近傍を通過した (G) のペアでは、東から南側の海岸にかけて低相関度領域が顕著であった。

Fig.7 Coherence images generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path 14 (spotlight mode). The symbol and color scale are the same as in Fig.2. In the pairs before the eruption (A~C) and after August (F, H~I), high correlation is detected as the whole island. Low correlation is identified at the central pyroclastic cone and area of lava flow. The low correlation region is separated discontinuously unlike the past. The pair (G) that typhoons 18 and 20 passed near Nishinoshima has low correlation between the east coast and the south coast.



第 8 図 path14 (SPT) における強度画像解析結果

凡例は第 2 図と同じ。一部の沿岸部において、わずかに陸域の衰退が認められるが、全島的にほとんど変化は認められない。噴火前後を挟むペア (D) では、中央火砕丘の東側から南側 500~600m にかけて強度変化が検出された (黒矢印)。

Fig.8 Gound surface changes extracted by an additive color process using amplitude images on Path 14. The symbol and color scale are the same as in Fig.2. Almost no change of the ground surface is observed in the each pairs (A~I), but a slight land area decline was confirmed along the coastal area. In the pair (D) before and after eruption, variation of amplitude was detected from the east of the central pyroclastic cone to the south part of island 500~600m (black arrow).