# ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた口永良部島の地殻変動*
# Ground deformation on Kuchinoerabujima revealed by ALOS-2/PALSAR-2

**気象庁気象研究所****
**Meteorological Research Institute, JMA**

## １．はじめに

2015, 2018～2019 および 2020 年に発生した火砕流を伴う噴火について, 噴火前後のデータを用いて，干渉処理を行い，位相変化および相関度の変化について調査した。また，2021 年 12 月以降に取得された SAR（path21）データを使った干渉 SAR 時系列解析結果について報告する。

## ２．解析結果

2015，2018～2019 および 2020 年に発生した火砕流を伴う噴火前後のデータを第１表に，北行軌道および南行軌道の解析結果を第１，２図に示す。干渉画像では，山頂付近に噴火活動に伴うと考えられる非干渉領域が観測されているが，ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。一方，相関画像では，干渉画像の非干渉領域に概ね対応した低相関度領域が検出された。これは噴火に伴う火砕流が主な原因と考えられ，概ね火砕流の流下範囲を示していると考えられる。３時期の面積を比較すると，2015 年の噴火を挟むペアが最も広く，2020 年が最も狭いことがわかった。これらの結果は，気象庁などからの火砕流の報告（2015 年５月 29 日：3000m以上，2019 年１月 17 日：1900m，2020 年２月３日：1500m）とも調和的である。

また，2021 年 12 月 24 日を起点として，2023 年９月１日までの SBAS（Small Baseline subset）法による干渉 SAR 時系列解析をおこなった（第３図）。期間内の変動速度分布では，古岳火口付近において，最大約 4cm/年の衛星に近づく方向の位相変化が検出された（第４図）。古岳火口付近を通過するプロファイルによれば，衛星に近づく方向の変化は，特に 2023 年６月 23 日以降，1～2mm/日程度で観測されており，８月４日から 18 日の間は停滞していたものの，その後９月１日にかけて再び観測されていることがわかった（第５，６，７図）。

謝辞

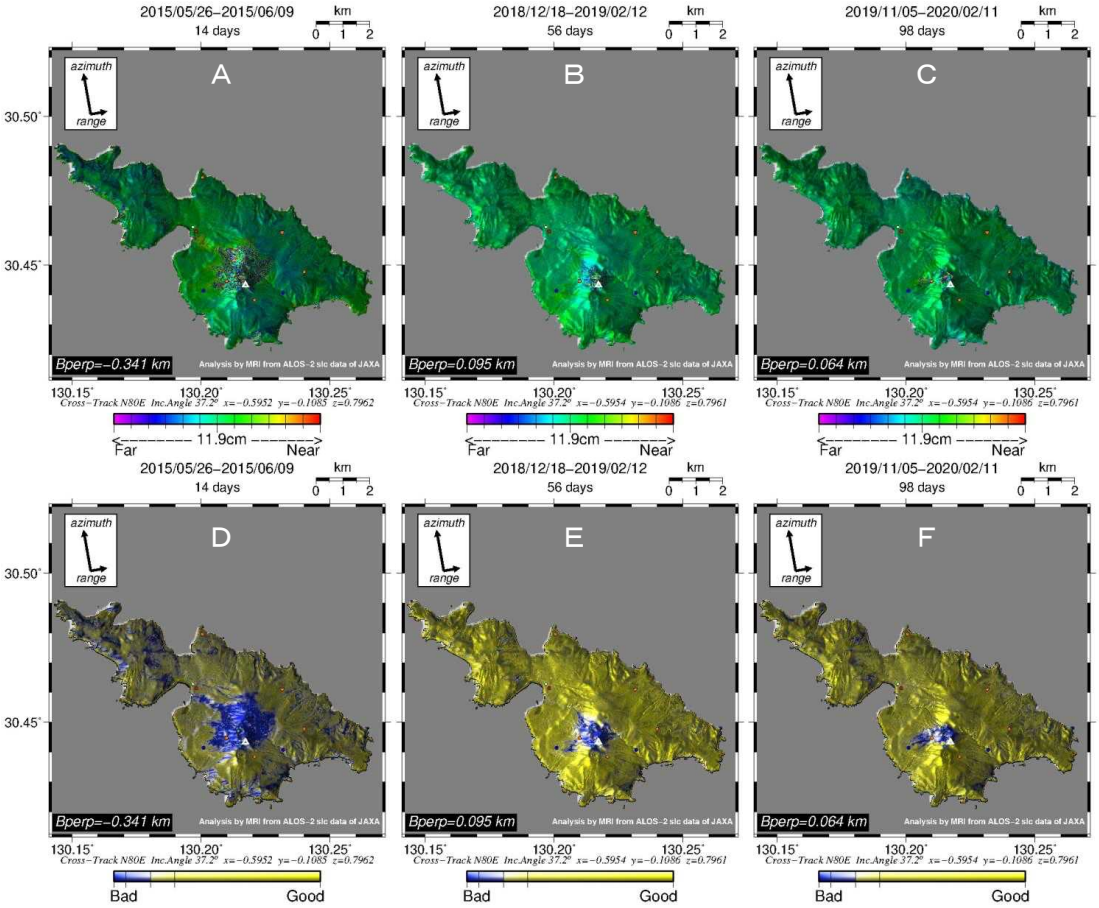
本解析で用いた PALSAR-2 データは，火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて，宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また，一部は PIXEL（PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface）において共有しているものであり，宇宙航空研究開発機構（JAXA）と PIXEL との共同研究契約に基づき JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは, 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。時系列解析は, *LiCSBAS*（Morishita et al. 2020）を使用した。また，処理の過程や結果の描画においては，国土地理院が発行している 10mメッシュ（標高）と全球ジオイドモデル EGM96（Lemoine et al. 1997）を元にした楕円体標高モデル（DEHM）を使用し，得られた結果については，地理院タイルに干渉処理結果を追記して GMT（Wessel, P. and W.H.F. Smith, 1998）により描画した。なお，本研究は東京大学地震研究所共同利用（2021-B-03）の援助を受け実施した。関係各位におかれては，ここに記して御礼申し上げます。

＊　2024 年 10 月 31 日受付

＊＊　安藤　忍

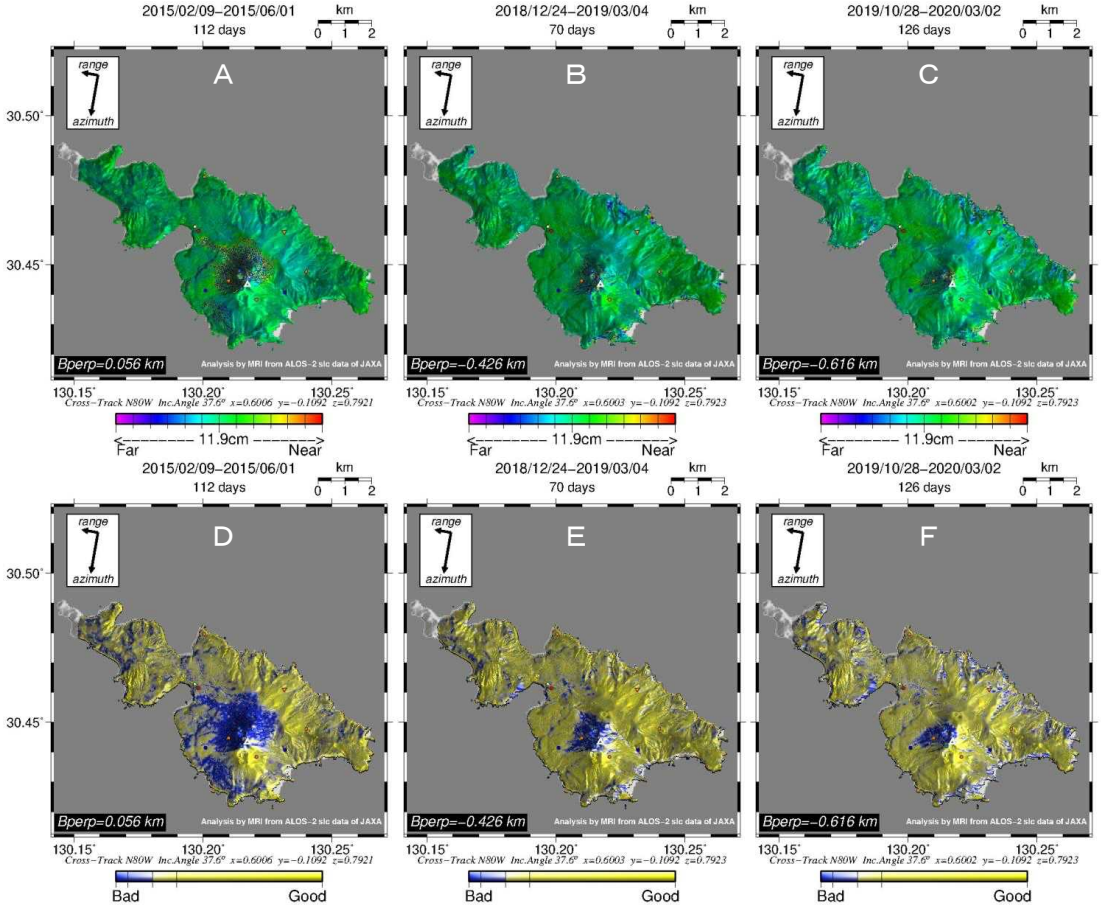
第 1 表　干渉解析に使用したデータ
Table 1. ALOS-2/PALSAR-2 data used in this study

| Path-Frame | Orbit | Looking | Inc. angle | Earliest Scene | Latest Scene | Low-coherence area | Figure No. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 131-600 SM1_U2-7 | Asc. | Right | 37.2° | 2015.05.26 | 2015.06.09 | 3.9km$^2$ | Fig. 1. A, D |
| | | | | 2018.12.18 | 2019.02.12 | 1.6km$^2$ | Fig. 1. B, E |
| | | | | 2019.11.05 | 2020.02.11 | 0.9km$^2$ | Fig. 1. C, F |
| 23-3000 SM1_U2-7 | Des. | Right | 37.6° | 2015.02.09 | 2015.06.01 | 4.5km$^2$ | Fig. 2. A, D |
| | | | | 2018.12.24 | 2019.03.04 | 1.8km$^2$ | Fig. 2. B, E |
| | | | | 2019.10.28 | 2020.03.02 | 1.2km$^2$ | Fig. 2. C, F |



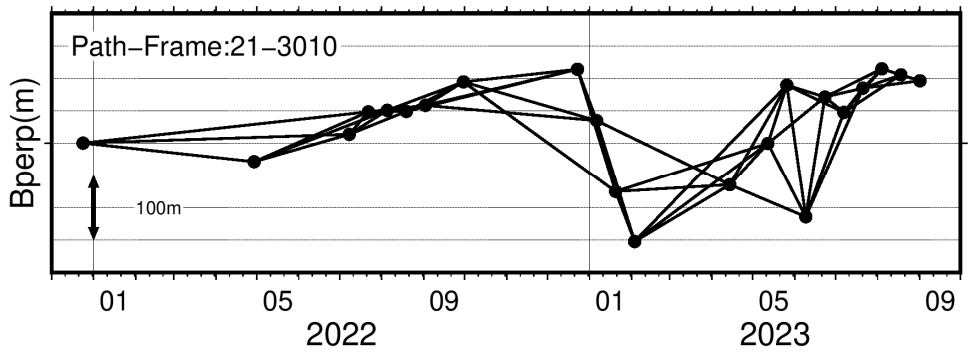

第 1 図　path131 の干渉解析と相関解析結果
A，D：2015 年 5 月 29 日の噴火を挟むペア，B，E：2018 年 12 月 28 日から 2019 年 2 月 2 日の噴火を挟むペア，C，F：2020 年 1 月 11 日および 2 月 3 日の噴火を挟むペア。図中の白三角は山頂を示す。また，丸は GNSS（赤：国土地理院，橙：気象庁，青：京都大学防災研究所）の観測点位置を示す。フルカラースケールは視線方向（LOS）において 11.9 cm を示す。干渉画像では，山頂付近で非干渉領域が検知されたが，ノイズレベルを超える位相変化は認められない。相関画像では，山頂付近に D：約 3.9km$^2$，E：約 1.6km$^2$，F：約 0.9km$^2$ の火砕流など噴火の影響と考えられる低相関度領域が確認できる。
Fig. 1. Interferograms and coherence images generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path131
Pair of including eruption on May 29, 2015 (A, D). Pair of including eruptions between December 28, 2018 and February 2, 2019 (B, E). Pair of including eruptions on January 11 and February 3, 2020 (C, F). White triangles in the figure indicate the summit. The circles indicate the GNSS (red: GSI, orange: JMA, blue: DRPI). One full repetition of the color scale represents a displacement of 11.9 cm in the line of sight (LOS) of the satellite. In the interferometric image, a non-interferometric area was detected near the summit, but no phase change exceeding the noise level was observed. In the coherence image, low correlation areas that are thought to be the influence of the eruption, such as pyroclastic flows, were confirmed near the summit, D: approx. 3.9 km$^2$, E: approx. 1.6 km$^2$, F: approx. 0.9 km$^2$.

**口永良部島**



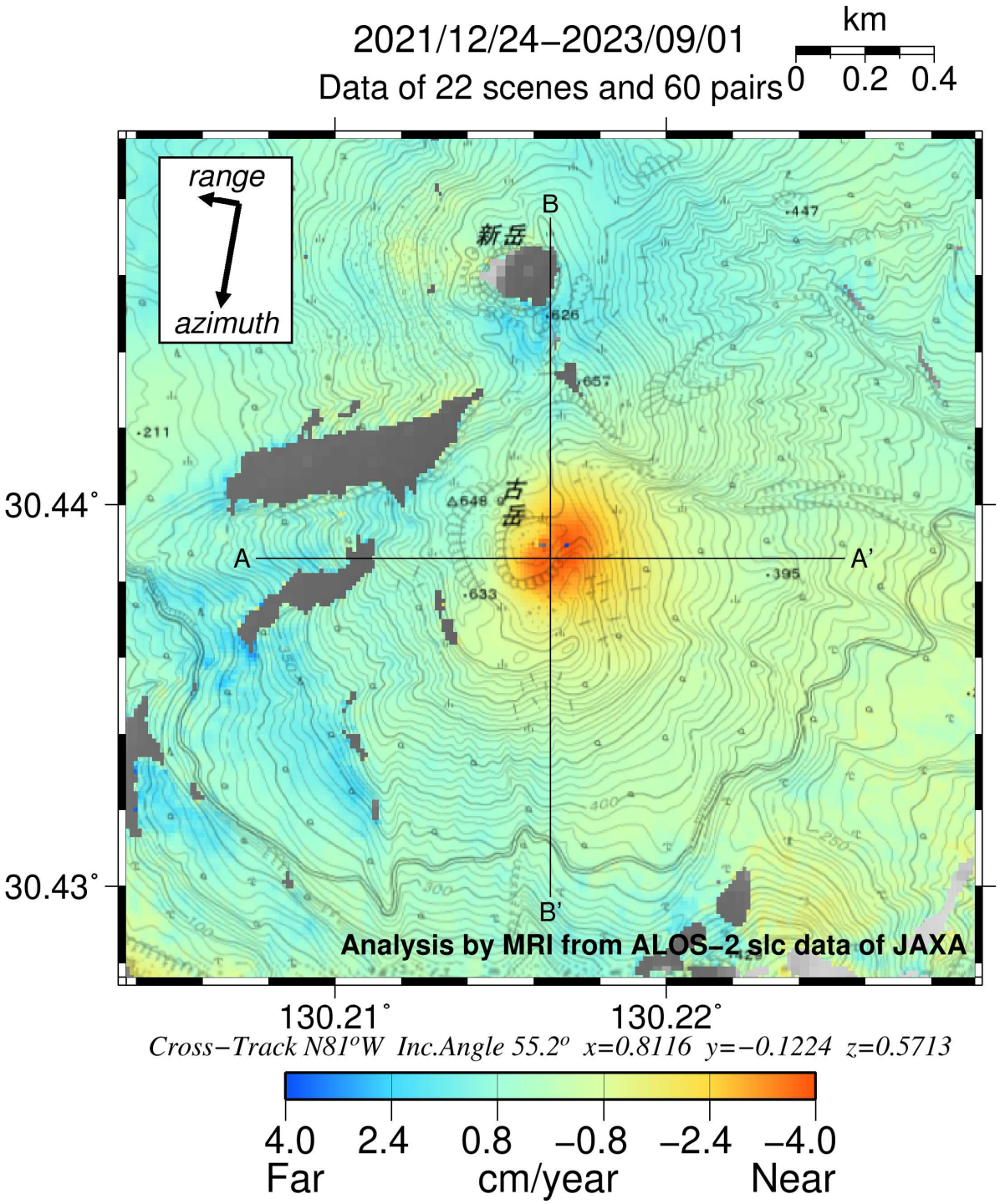

第２図　path23 の干渉解析と相関解析結果
A，D：2015 年５月 29 日の噴火を挟むペア，B，E：2018 年 12 月 28 日から 2019 年２月２日の噴火を挟むペア，C，F：2020 年１月 11 日および２月３日の噴火を挟むペア
干渉画像では，山頂付近で非干渉領域が検知されたが，ノイズレベルを超える位相変化は認められない。相関画像では，山頂付近に D：約 4.5km$^2$，E：約 1.8km$^2$，F：約 1.2km$^2$ の火砕流など噴火の影響と考えられる低相関度領域が確認できる。

Fig. 2. Interferograms and coherence images generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path23
Pair of including eruption on May 29, 2015 (A, D). Pair of including eruptions between December 28, 2018 and February 2, 2019 (B, E). Pair of including eruptions on January 11 and February 3, 2020 (C, F). The legend in the figure is the same as in Fig. 1. In the interferometric image, a non-interferometric area was detected near the summit, but no phase change exceeding the noise level was observed. In the coherence image, low correlation areas that are thought to be the influence of the eruption, such as pyroclastic flows, were confirmed near the summit, D: approx. 4.5 km$^2$, E: approx. 1.8 km$^2$, F: approx. 1.2 km$^2$.



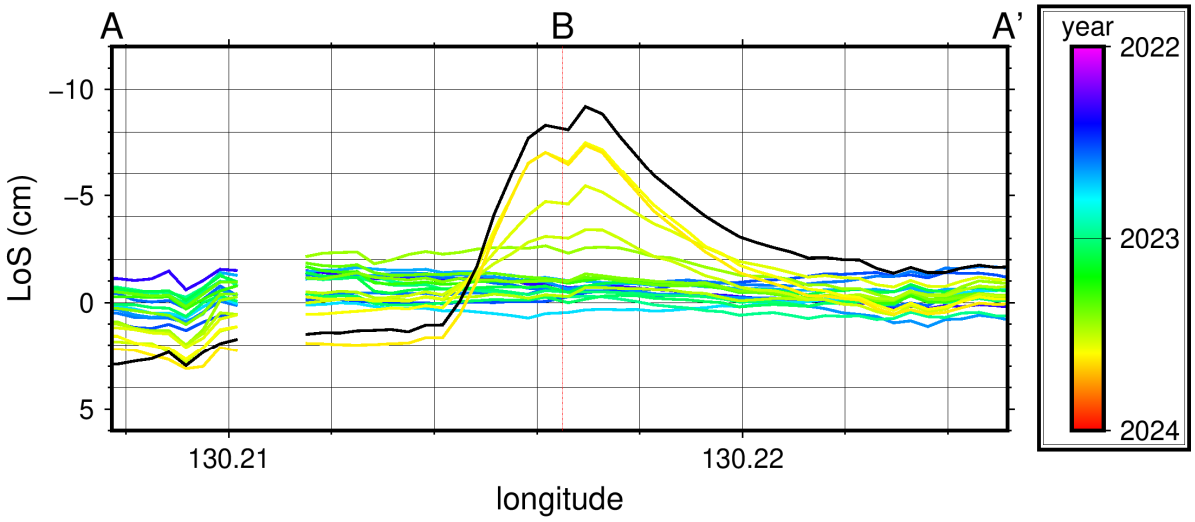

第３図　干渉 SAR 時系列解析に使用した PALSAR-2 データの観測ペアと垂直基線長（Bperp）
Fig. 3. Pairs and the perpendicular baseline of ALOS-2/PALSAR-2 data used on the InSAR time series analysis.

**口永良部島**

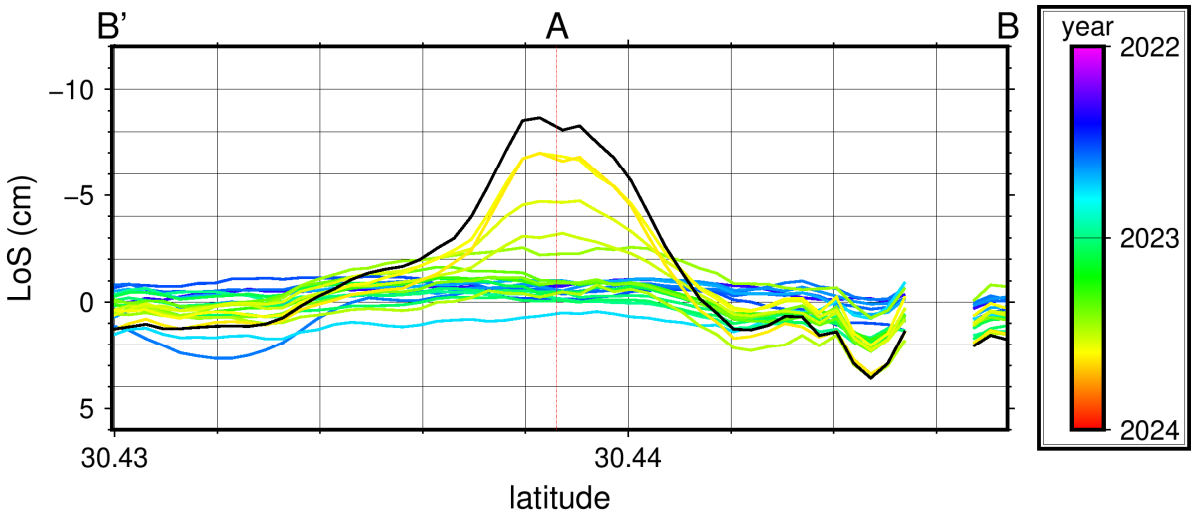



第４図　path21 における干渉 SAR 時系列解析結果
2021 年 12 月を起点とした 2023 年８月までの変動速度分布を示す。古岳火口付近において，最大約 4cm/年の衛星に近づく方向の位相変化が検出された。黒線はプロファイル（第５，６図）の場所を示す。
Fig. 4. InSAR time series analysis generated from ALOS-2/PALSAR-2 data for path21
Distribution of deformation rates from December 2021 to August 2023. A phase change of up to approximately 4 cm/year approaching the satellite was detected near the Furu-dake crater. The black line indicates the location of the profile (Fig. 5. and 6.).

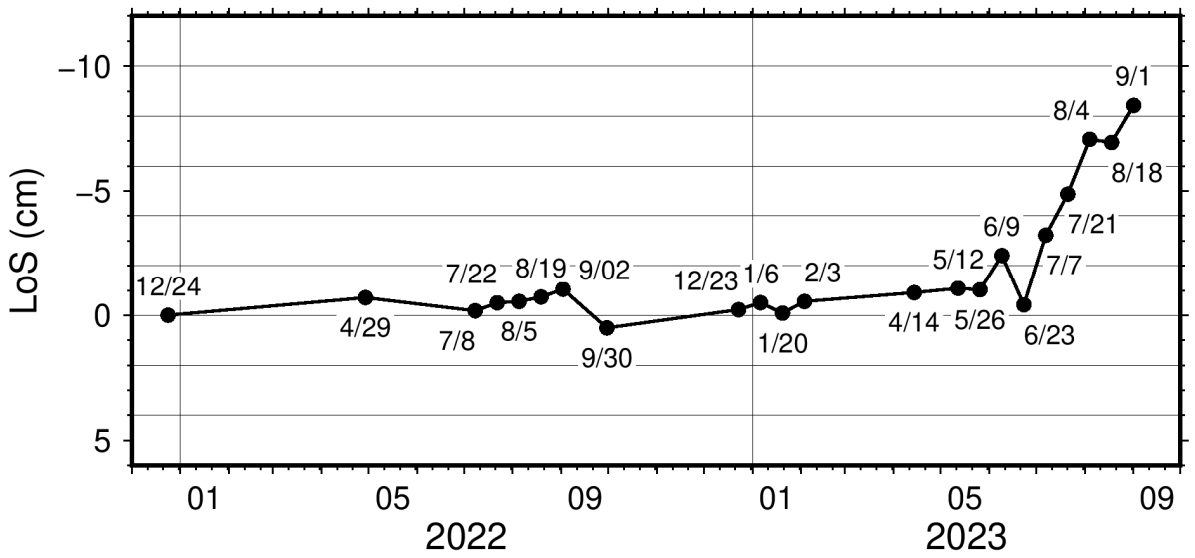
口永良部島




第５図　東西方向における観測日毎のプロファイル
縦軸は衛星視線方向（cm），横軸は経度（西 A から東 A’）を示す。黒線が 2023 年９月１日のデータ。古岳火口付近における衛星視線方向短縮の変化は 2023 年６月 23 日以降観測され，８月４日から 18 日にかけて停滞したが，９月１日にかけて再び観測されている。
Fig. 5. Profile of time series analysis in the east-west direction
The vertical axis represents a displacement in the line of sight (LoS), and the horizontal axis represents longitude (west (A) to east (A')). The black line is the data for September 1, 2023. The phase change in satelite line of sight shortening near the Furu-dake crater was observed from June 23, 2023, and was constant from August 4 to 18, but a shortening change was observed again on September 1.




第６図　南北方向における観測日毎のプロファイル
縦軸は衛星視線方向（cm），横軸は緯度（南 B’から北 B）を示す。黒線が 2023 年９月１日のデータ。古岳火口付近における衛星視線方向短縮の変化は 2023 年６月 23 日以降観測され，８月４日から 18 日にかけて停滞したが，９月１日にかけて再び観測されている。
Fig. 6. Profile of time series analysis in the south-north direction
The vertical axis represents a displacement in the line of sight (LoS), and the horizontal axis represents latitude (south (B’) to north (B)). The black line is the data for September 1, 2023. The phase change in satelite line of sight shortening near the Furu-dake crater was observed from June 23, 2023, and was constant from August 4 to 18, but a shortening change was observed again on September 1.




第７図　古岳火口付近における衛星視線方向の時系列変化
古岳火口付近（第５図と第６図の交差地点付近の５×５ピクセルの平均）の変化は 2023 年６月 23 日以降，衛星視線方向短縮の変化が観測がされており，８月４日から 18 日にかけて停滞したが，９月１日にかけてび観測されている。

Fig. 7. Time series changes of the displacement in the line of sight (LoS) of satellite near the Furu-dake crater
Changes in the area near the Furu-dake crater (average of 5x5 pixels near the intersection of Figures 5 and 6) have been observed a shortening in the line of sight of the satellite has been observed since June 23, 2023, and it was constant from August 4 to 18, but a shortening change was observed again on September 1.

口永良部島