

SAR 干渉解析を用いた地震及び火山の地殻変動に関する研究

実施期間 令和 6 年度
地理地殻活動研究センター 桑原 將旗
地殻変動研究室

1. はじめに

地殻変動研究室では、GNSS や SAR など得られた地殻変動を解析することによって、地震や火山活動の仕組みを解明する研究を行っている。本研究の目的は、解析技術の高度化と解析のユーザビリティの向上を進めることである。その目的のために国内外の大規模な災害に対して、SAR を用いて広範囲の地殻変動の検出を行う。さらに、地殻変動源のモデリングを行い、災害の発生メカニズムの解明を試みる。

2. 研究内容

SAR の解析結果を用いて、国内外の大規模な地震や火山活動により生じた広域の地殻変動の詳細を把握する。解析手法には SAR 干渉解析のほか、2.5 次元解析やピクセルオフセット法による解析（小林ほか，2011）といった応用的な手法を必要に応じて用いる。また、SAR や GNSS の観測データから求められた地殻変動量に対して、変動源のモデル推定を試み、地震及び火山活動のメカニズムの解明を目指す。令和 6 年度は、台湾、チベットの地震について SAR 干渉解析を行い、地殻変動を検出した。

3. 得られた成果

3.1 2024 年 4 月 2 日台湾の地震に伴う地殻変動の検出

2024 年 4 月 2 日 23 時 58 分頃（UTC）に台湾で発生した Mj7.7（気象庁）の地震に対して、ALOS-2 データを用いた SAR 干渉解析を実施した（図-1）。解析には北行軌道・右観測（高分解能モード）、南行軌道・右観測（広域観測モード）と南行軌道・左観測（広域観測モード）のデータを使用した。解析においては Split Spectrum 法（Gomba et al., 2016）による電離層誤差低減処理を適用した。

解析結果に用いたデータの諸元を表-1 に示す。SAR 干渉解析の結果を図-2~4 に示す。図-2, 3 の組合せから得られた 2.5 次元解析の結果を図-5, 6 に示す。図-2, 3 とともに、米崙断層（Milun Fault）から花東縦谷断層（Longitudinal Valley Fault）北部にかけて衛星に近づく地殻変動が見られた。また、図-5, 6 の 2.5 次元解析によると震央近傍で最大で 50 cm 程度の隆起が見られた。

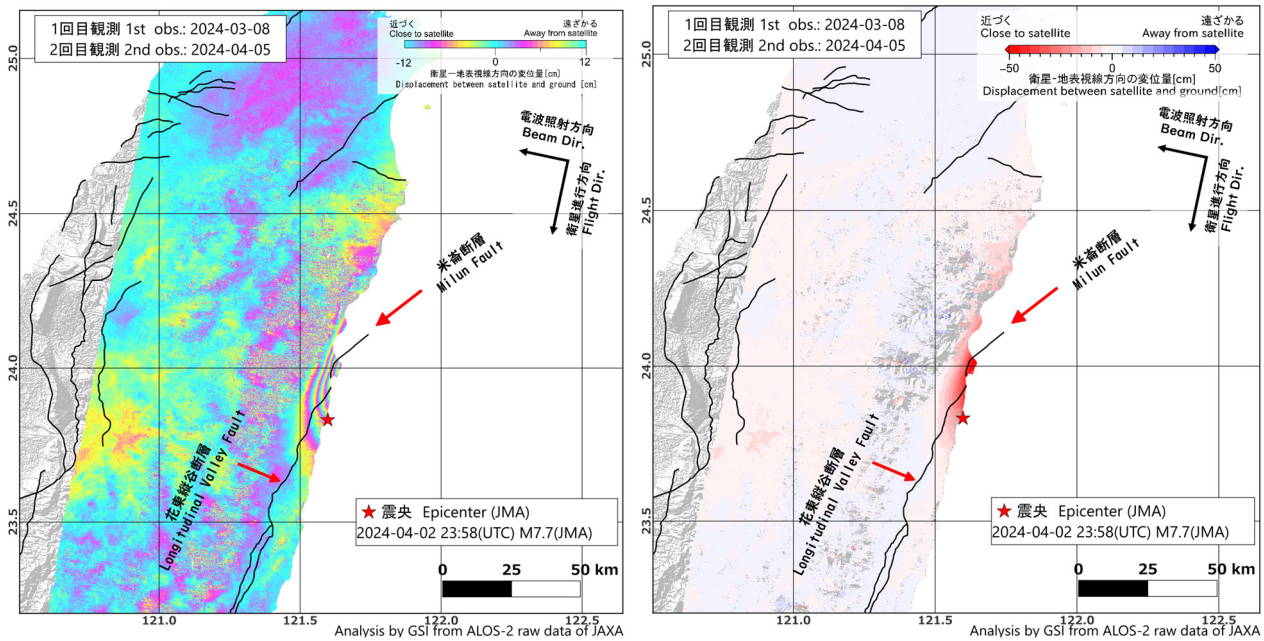


図-3 SAR 干渉画像結果(2024-03-08/2024-04-05) (右図は左図のアンラップ後の図)。震央は気象庁より。断層線は Styron et al. (2020) より。

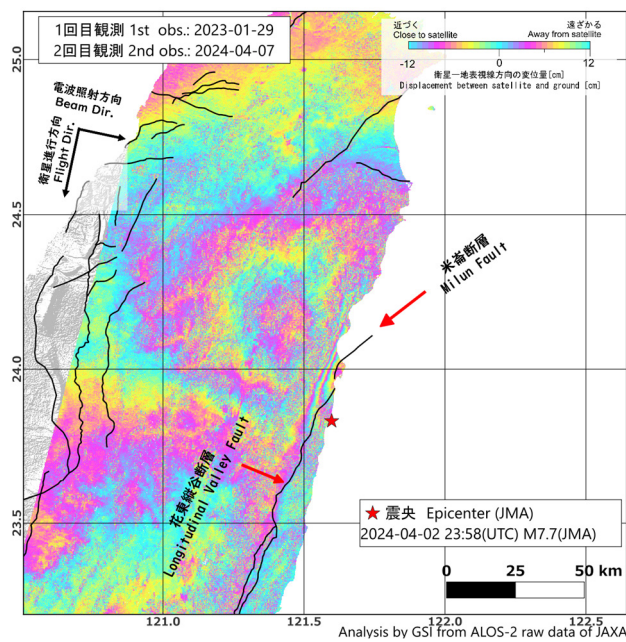


図-4 SAR 干渉画像結果(2023-01-29/2024-04-07)。震央は気象庁より。断層線は Styron et al. (2020) より。

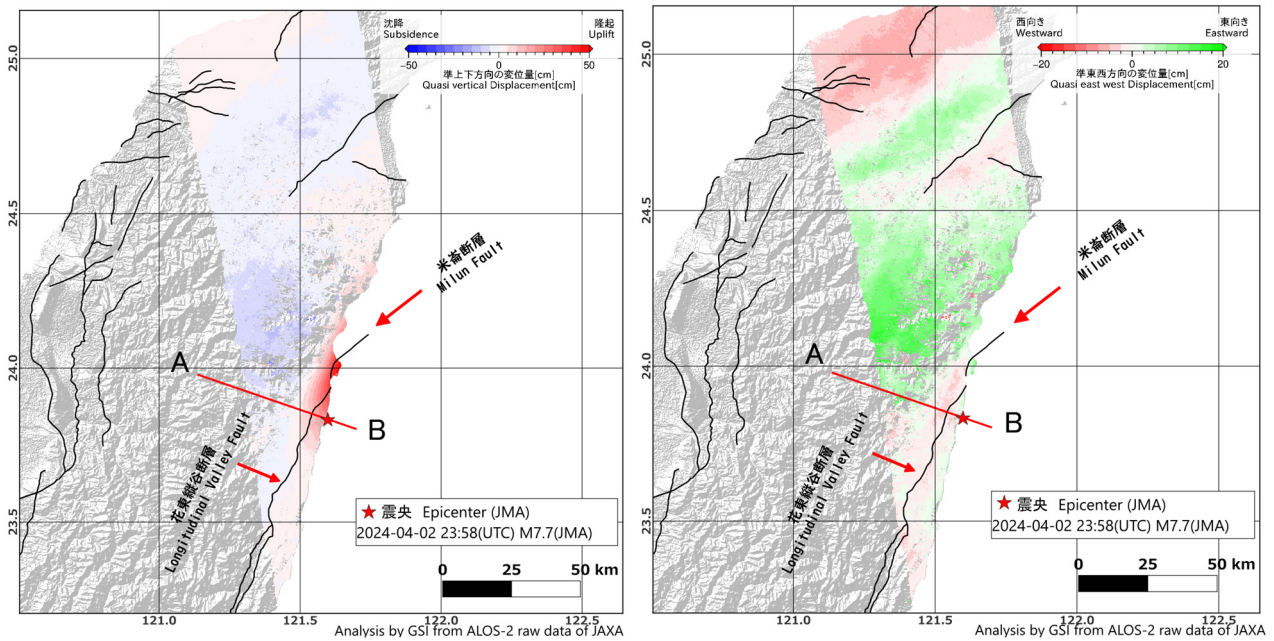


図-5 図-2 と図-3 の組合せから得られた 2.5 次元解析準上下成分(左)と準東西成分(右). 震央は気象庁より. 断層線は Styron et al. (2020)より.

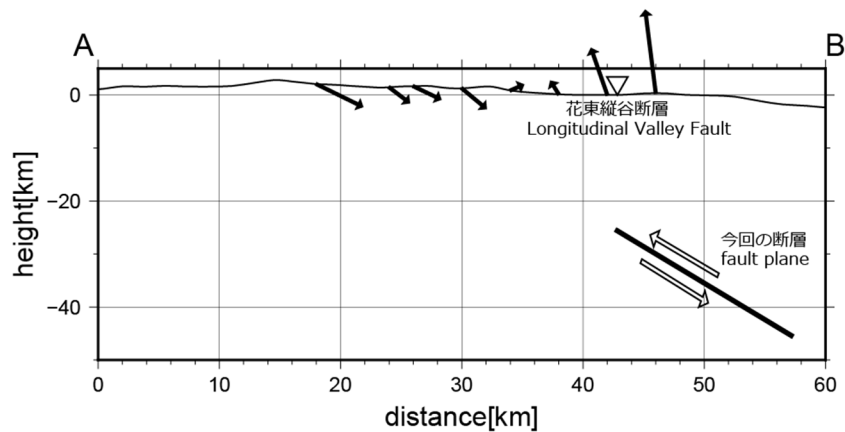


図-6 2.5 次元解析の A-B 断面図. 断層位置, 走向, 傾斜は USGS の CMT 解による. なお, 断層面の設定に関しては, USGS のすべり分布モデルを参考に, 東傾斜の長さ 40 km, 幅 25 km の断層面とした.

3.2 2025 年 1 月 7 日チベットの地震に伴う地殻変動の検出

2025 年 1 月 7 日 1 時 5 分 (UTC) にチベットで発生した M7.1 (USGS) の地震に対して, ALOS-2 データを用いた SAR 干渉解析を実施した (図-7). 解析には南行軌道・右観測 (高分解能モード) と南行軌道・右観測 (広域観測モード) のデータを使用した. 解析においては Split Spectrum 法 (Gomba et al., 2016) による電離層誤差低減処理を適用した.

解析結果に用いたデータの諸元を表-2 に示す. SAR 干渉解析の結果を図-8, 9 に示す. ピクセルオフセットの結果を図-10 に示す. 図-8, 9 では, いずれも震央の東に変位の不連続があり, その西側では衛星から遠ざかる方向に最大 1 m を超える変動, 東側では衛星に近づく方向に 1 m 程度の変動が見られた. また, 図-10 のピクセルオフセット (レンジ方向) の結果は, 図-8, 9 の SAR 干渉解析の結果と調和的である.

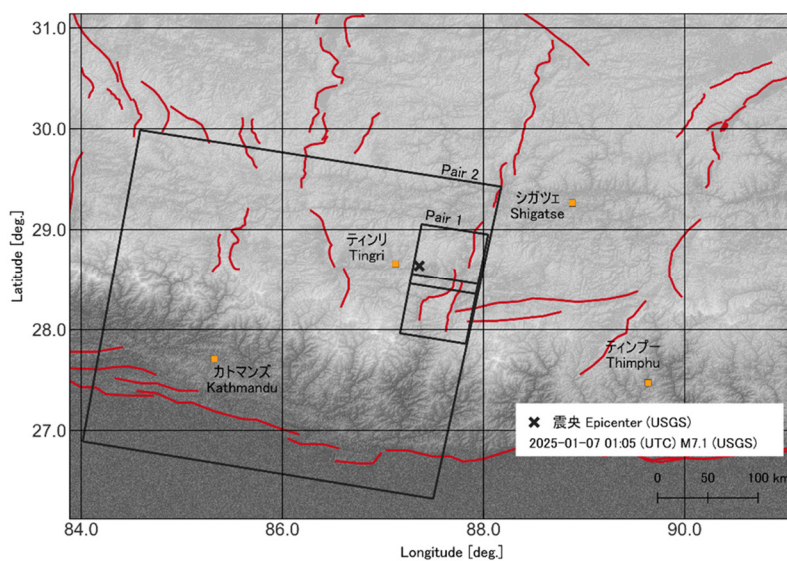


図-7 チベットの地震の SAR 干渉解析の範囲

表-2 SAR 干渉ペア

Path	観測日	観測時間 (UTC)	衛星進行方向	電波照射方向	観測モード	入射角	垂直基線長	図番号
47	2024-10-15 2025-01-07	06:06 頃	南行	右	高分解能(10 m)	36.2°	+211 m	8, 10
48	2024-12-29 2025-01-12	06:13 頃	南行	右	広域観測 (350 km)	34.9°	+53 m	9

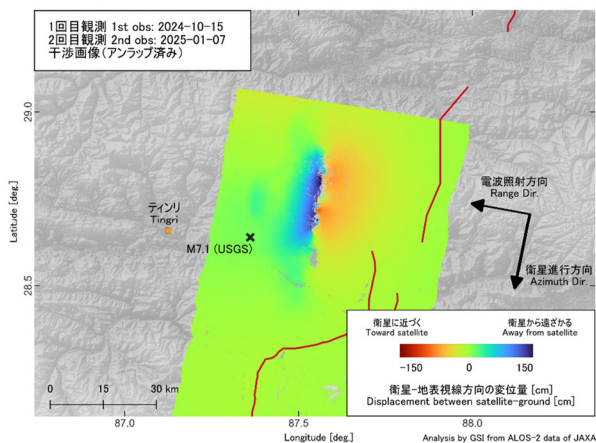
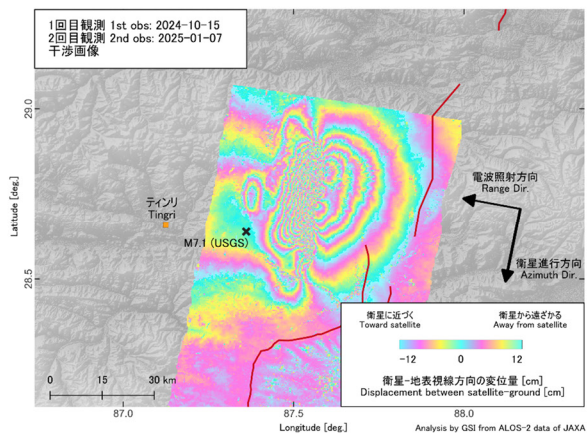


図-8 SAR 干渉画像結果(2024-10-15/2025-01-07) (右図は左図のアンラップ後の図). 震央は U.S. Geological Survey ウェブサイトより. 断層線は Styron et al. (2020)より.

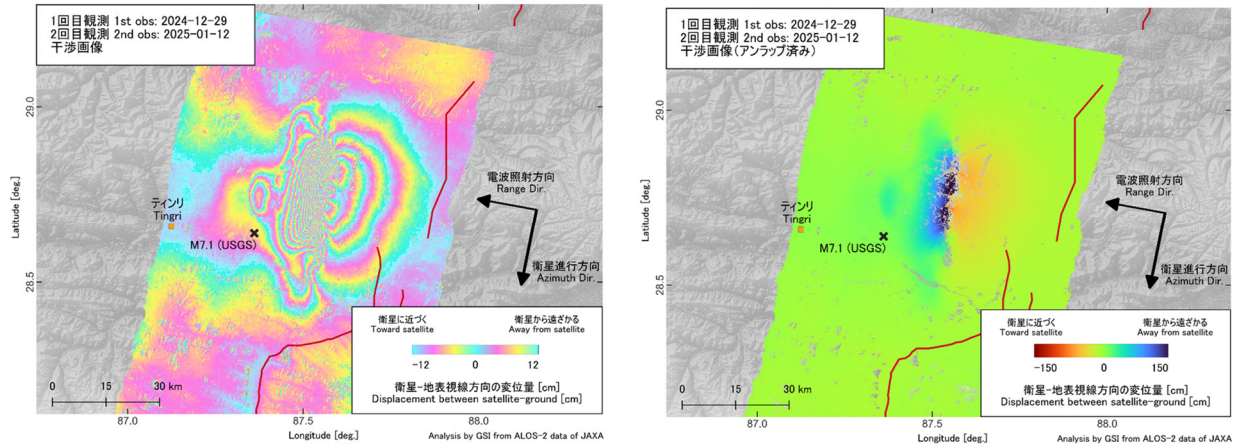


図-9 SAR 干渉画像結果(2024-12-29/2025-01-12) (右図は左図のアンラップ後の図). 震央は U.S. Geological Survey ウェブサイトより. 断層線は Styron et al. (2020)より.

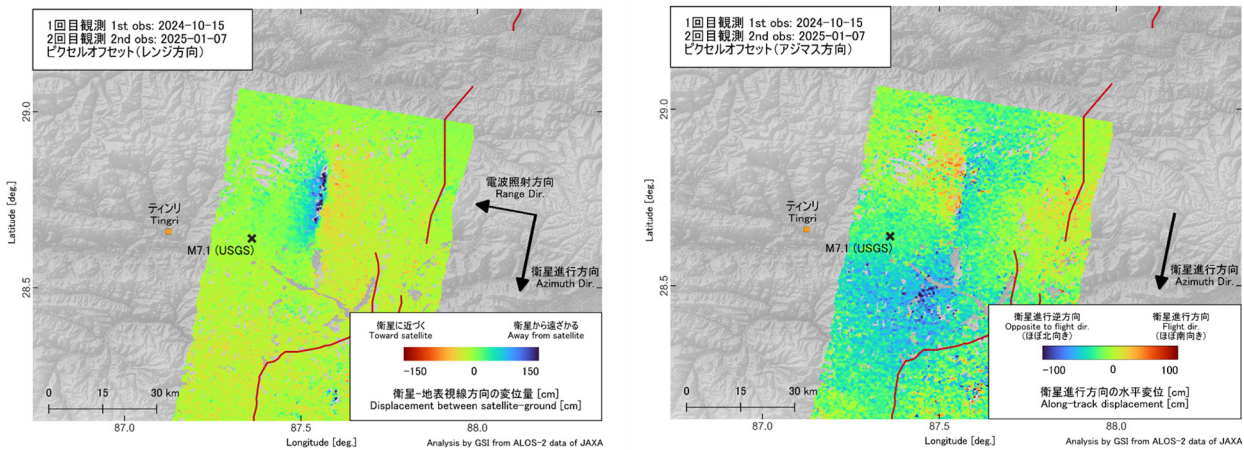


図-10 ピクセルオフセット法(2024-10-15/2025-01-07) (左: レンジ方向, 右: アジマス方向). 震央は U.S. Geological Survey ウェブサイトより. 断層線は Styron et al. (2020)より.

4. 結論

台湾, チベットの地震について, SAR 干渉解析を用いて, 地震前後の地殻変動を捉えることができた. 今後は, 引き続き国内外で大きな地殻変動が想定される地震や火山といった災害に対して, SAR を用いた地殻変動の検出を行うとともに, 地殻変動源のモデリングを行う.

謝辞

本研究で用いた ALOS-2 データは, 地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループ (地震 WG) を通じて, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) から提供を受けました. 原初データの所有権は JAXA にあります.

参考文献

- Gomba, G., A. Parizzi, F.D. Zan, M. Eineder and R. Bamler (2016): Toward operational compensation of ionospheric effects in SAR interferograms: The split-spectrum method, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 54, 1446–1461.
- 小林知勝, 飛田幹男, 村上亮 (2011) : 局所的大変位を伴う地殻変動計測のためのピクセルオフセット解析, *測地学会誌*, 57, 71–81.
- Styron, R., and Marco P. (2020): The GEM Global Active Faults Database. *Earthquake Spectra*, vol. 36, no. 1_suppl, pp. 160–180. doi:10.1177/8755293020944182
- U.S. Geological Survey: M7.1 - 2025 Southern Tibetan Plateau Earthquake, <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000pi9w/executive> (accessed 31 January 2025).