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（第 2 年次）

実施期間　令和 2 年度～令和 3 年度
地理地殻活動研究センター
地殻変動研究室　桑原　將旗

1. はじめに

地殻変動研究室では，GNSS や SAR などで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．本研究では，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を検出すること，及び地殻変動源のモデリングを行い，災害の発生メカニズムを解明すること，この双方に関する研究を行い，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を目的とする．

2. 研究内容

SAR の解析を用いて，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，3 次元解析，PixelOffset 法や SBI 法といった応用的な解析を必要に応じて行う．また，SAR や GNSS の観測データから求められた地殻変動に対して，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 3 年度は，中国青海省の地震，ニーラゴンゴ火山の噴火，アラスカ沖の地震，ハイチ共和国の地震について 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 2021 年 5 月 21 日中国青海省の地震に伴う地殻変動の検出

2021 年 5 月 21 日（UTC）に中国・青海省で M7.3（USGS）の地震が発生し，ALOS-2 データを用いた SAR 干渉解析を実施した．解析には南行軌道・右観測（広域観測モード）のデータと北行軌道・右観測（高分解能モード）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ている．

解析の結果を図-1，2，3 に示す．図-1，3 は SAR 干渉解析．図-2 は SBI 法（Jiang et al., 2017）の解析結果である．いずれも顕著な地殻変動が東南東—西北西方向の帯状に分布していることを示している．図-1 によると，変動域の北側では地面が衛星から遠ざかり，南側では衛星に近づいていることが確認された．また，図-2，3 によると，変動域の北側では地面が衛星に近づき，南側では衛星から遠ざかっていることが確認された．また，変位の不連続は，変動域の西側では既知の活断層に沿って見られ，東側では既知の活断層から北側に分岐した東延長上に見られた．いずれも地表地震断層に対応している可能性がある．

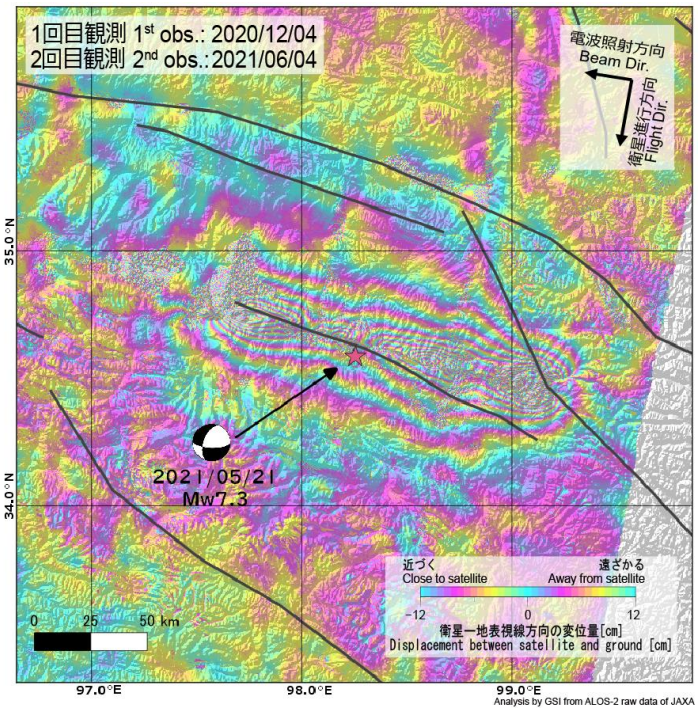

図-1　中国青海省の地震の干渉 SAR 解析結果（南行軌道）

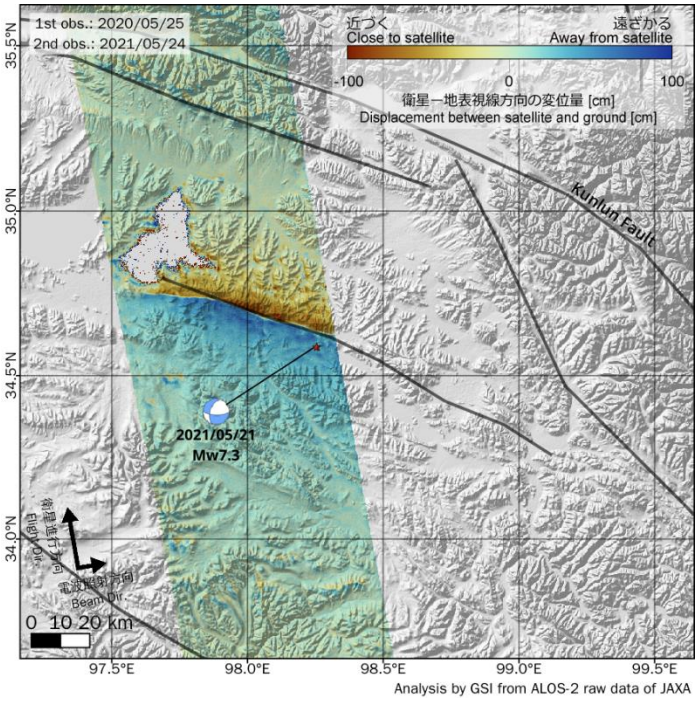

図-2　中国青海省の地震の SBI 法の結果（北行軌道）

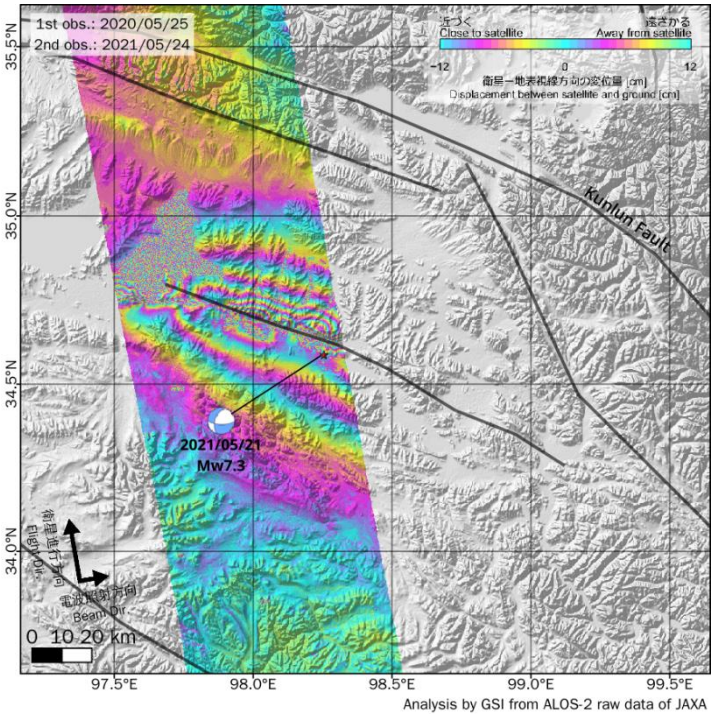

図-3　中国青海省の地震の SAR 干渉解析結果（北行軌道）

3.2 2021 年ニーラゴンゴ火山の噴火に伴う地殻変動の検出

2021 年 5 月 22 日（UTC）に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噴火が発生し，ALOS-2 データを用いた SAR 干渉解析の結果をもとに 2.5 次元解析を実施した．解析には南行軌道・右観測（高分解能モード）と北行軌道・右観測（高分解能モード）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ている．

解析の結果を図-4 に示す．図-4 は 2.5 次元解析（Fujiwara et al., 2000）の準東西方向と準上下方向である．ニーラゴンゴ火山の南側からゴマ周辺にかけて，大きな変動が分布している．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 の東向きの変動が観測された．

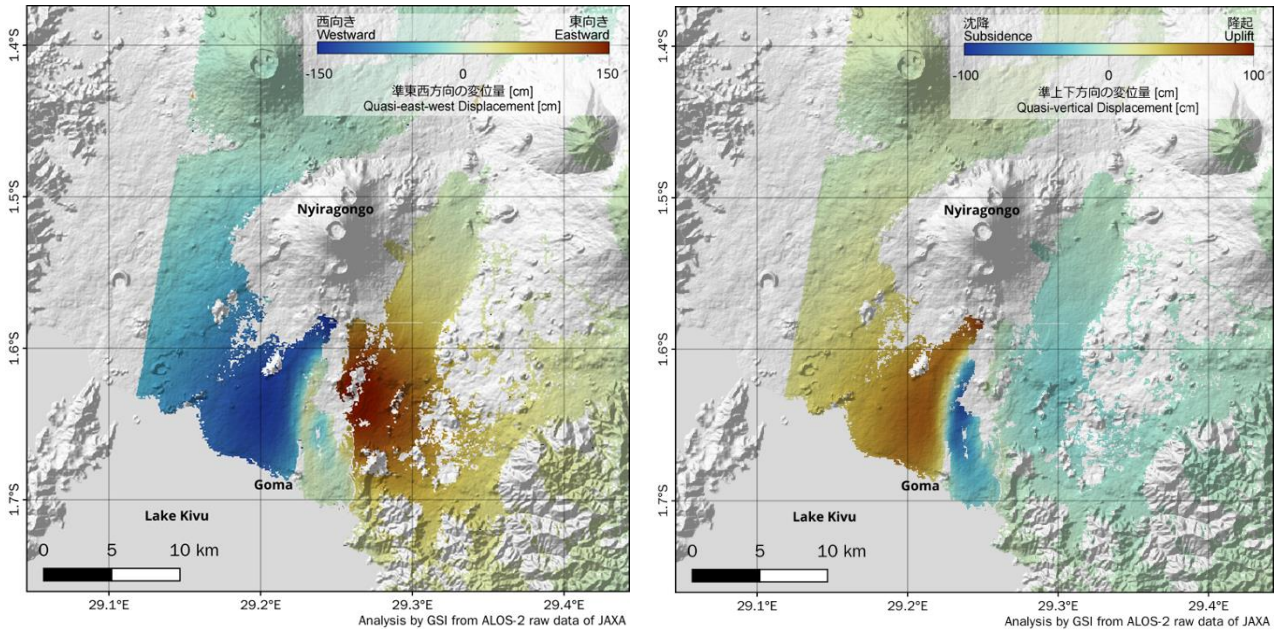

図-4　ニーラゴンゴ火山の噴火の 2.5 次元解析（準東西方向，準上下方向）

3.3 2021 年 7 月 29 日アラスカ沖の地震に伴う地殻変動の検出

2021 年 7 月 29 日（UTC）にアラスカ州沖で M8.2（USGS）の地震が発生し，ALOS-2 データを用いた SAR 干渉解析を実施した．解析には北行軌道・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ている．

解析の結果を図-5 に示す．アリューシャン半島中央部で最大 30cm の衛星から遠ざかる変動が観測された．

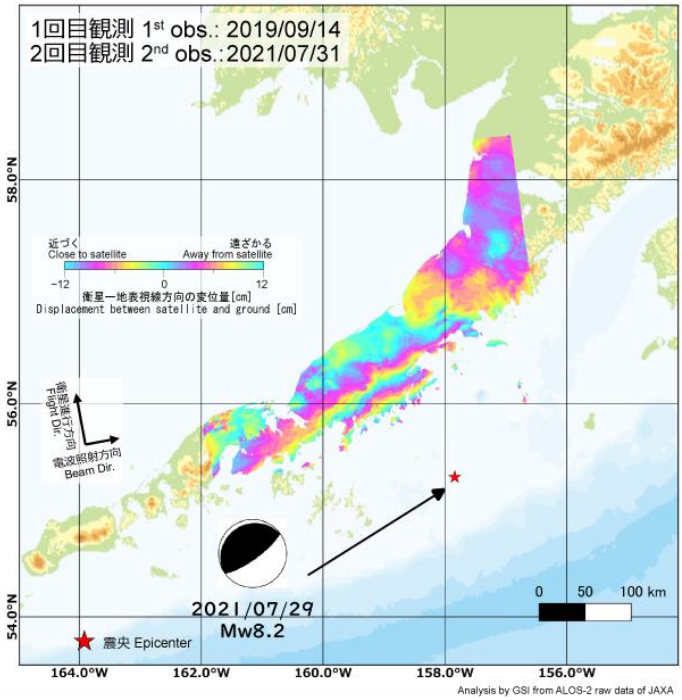

図-5　アラスカ沖の地震の干渉 SAR 解析結果

3.4 2021 年 8 月 14 日ハイチ共和国の地震に伴う地殻変動

2021 年 8 月 14 日（UTC）にハイチ共和国で M7.2（USGS）の地震が発生し，ALOS-2 データを用いた SAR 干渉解析を実施した．解析には北行軌道・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ている．

解析の結果を図-6，7，8，9 に示す．図-6 は SAR 干渉解析，図-7 は 2.5 次元解析の結果である．また，図-8 は北行軌道・右観測（高分解能モード）のデータを用いた PixelOffset 法解析，図-9 は 3 次元解析の結果である．

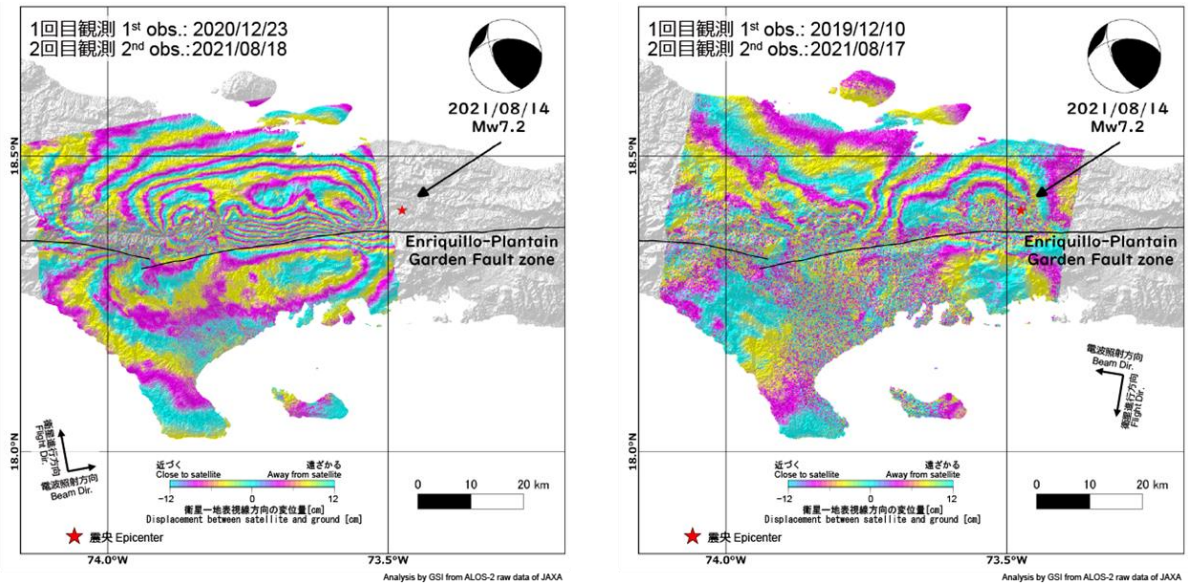

図-6　ハイチ共和国の地震の干渉 SAR 解析結果（左図：北行軌道，右図：南行軌道）

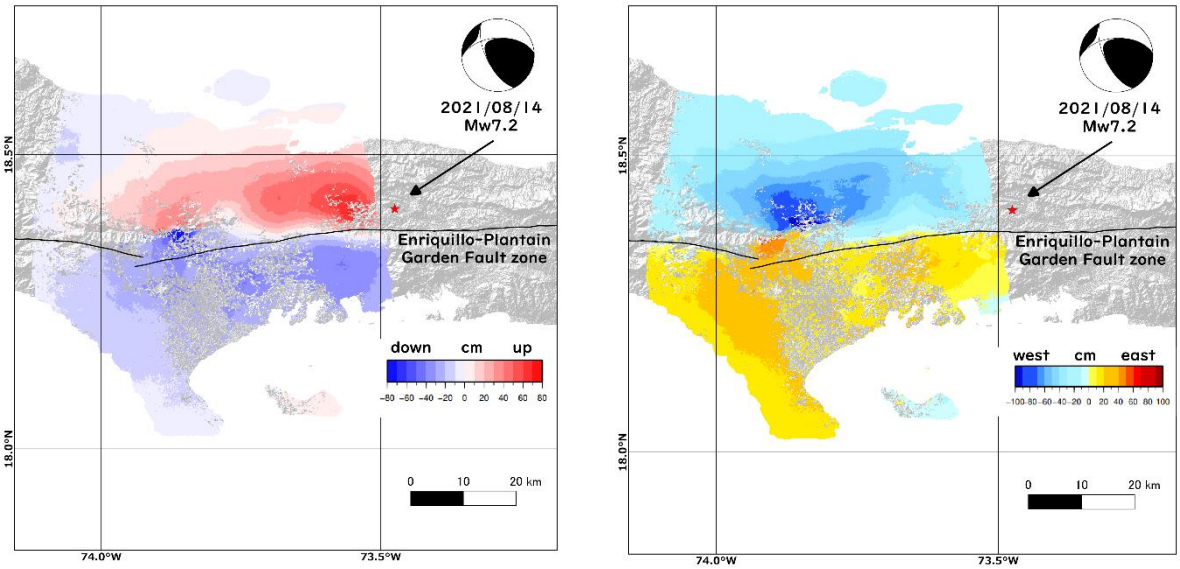

図-7　ハイチ共和国の地震の 2.5 次元解析結果（左図：準上下成分，右図：準東西成分）

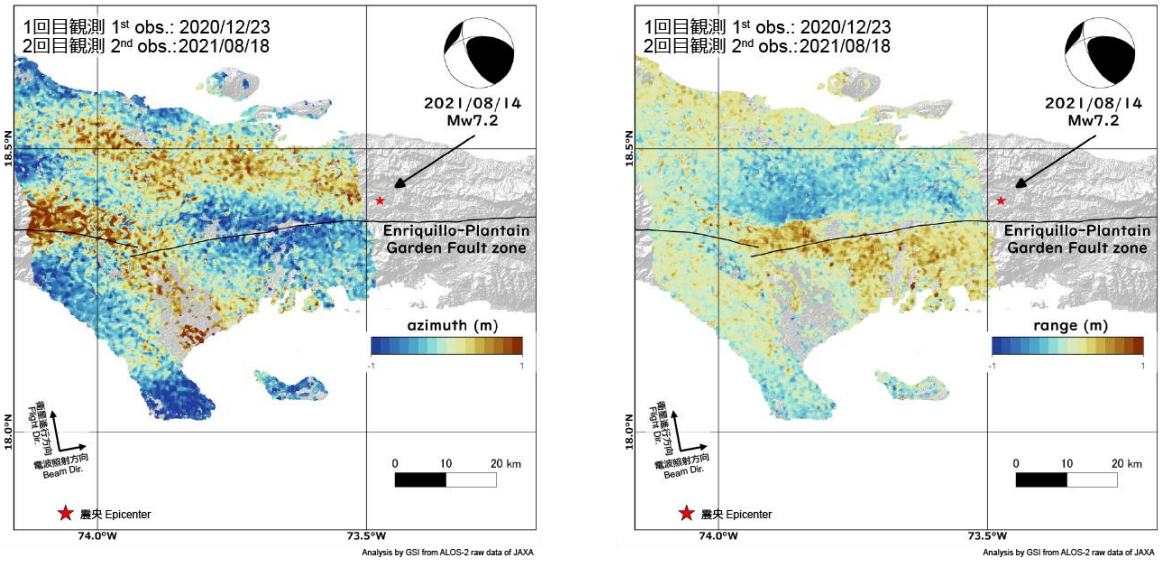

図-8　ハイチ共和国の地震の PixelOffset 法の結果（左図：アジマス成分，右図：レンジ成分）

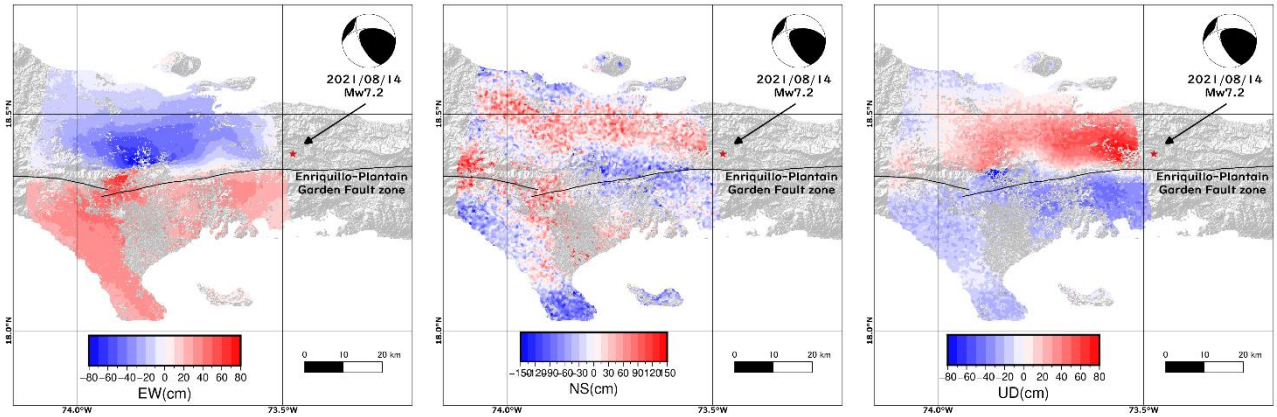

図-9　ハイチ共和国の地震の 3 次元解析の結果（左図：東西成分，中央：南北成分，右図：上下成分）

以上の結果から，ハイチ共和国の南部を東西に走る Enriquillo-Plantain Garden 断層帯に沿って大きな地殻変動が分布しており，断層帯の北側では最大で約 80cm 隆起し，南側では沈降していることが分かった．

4. 結論

中国青海省の地震，アラスカ沖の地震やハイチ共和国の地震については，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．ニーラゴンゴ火山の噴火については，SAR 干渉解析を用いて，噴火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，断層モデルの作成を行う．

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）火山噴火予知連絡会衛星解析グループ（火山 WG）を通じて，（国研）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

Fujiwara, S., Nishimura, T., murakami, m., Nakagawa, H., Tobita, m., & Rosen, P. A., (2000): 2.5-D surface deformation of M6.1 earthquake near Mt Iwate detected by SAR interferometry, 27(14), 2049-2052, doi:10.1029/1999gl011291.

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.

Jiang, H., Feng, G., Wang, T., & Bürgmann, R. (2017): Toward full exploitation of coherent and incoherent information in Sentinel-1 TOPS data for retrieving surface displacement: Application to the 2016 Kumamoto (Japan) earthquake. Geophysical Research Letters, 44(4), 1758–1767, https://doi.org/10.1002/2016GL072253.