

代表研究者 氏名(所属機関) : 矢来博司(国土地理院)
支援研究者 氏名(所属機関) : 藤原智、小林知勝、山田晋也、宮原伐折羅、森下遊、飛田幹男、山下達也、三木原香乃、桑原將旗、本田昌樹(国土地理院)

課題名称 : 地殻活動に伴う地殻変動とその時空間変化の詳細把握

今年度の成果概要 :
今年度は、緊急観測が行われた 2 地震(国内 1、海外 1)について解析を行った。これらの解析結果について報告する。

(1) 山形県沖の地震(2019/06/18, Mj6.7)
令和元年 6 月 18 日に山形県沖で Mj6.7 の地震が発生し、最大震度 6 強を観測した。この地震について ALOS-2(だいち 2 号)による緊急観測データを用いて SAR 干渉解析を行った。解析結果を図 1、解析に用いたデータの諸元を表 1 に示す。
図 1-1 を見ると、ノイズレベルながら、震央に近い陸域で衛星から遠ざかる向きの位相変化が見られる。GNSS 観測結果から推定された震源断層モデル(国土地理院, 2019)に基づき、SAR 干渉画像での位相変化量を計算すると図 2 のようになる。震央に近い陸域で衛星から遠ざかる向きの位相変化が見られ、観測結果(図 1-1)に見られる位相変化分布はモデルと良く整合していることが分かる。なお、図 1-2 は画像の広い範囲を占める山岳部で非干渉となり、変動を捉えることができなかった。これはマスターデータの観測日が 2015 年 1 月 8 日であり、積雪のために干渉が得られなかったと考えられる。

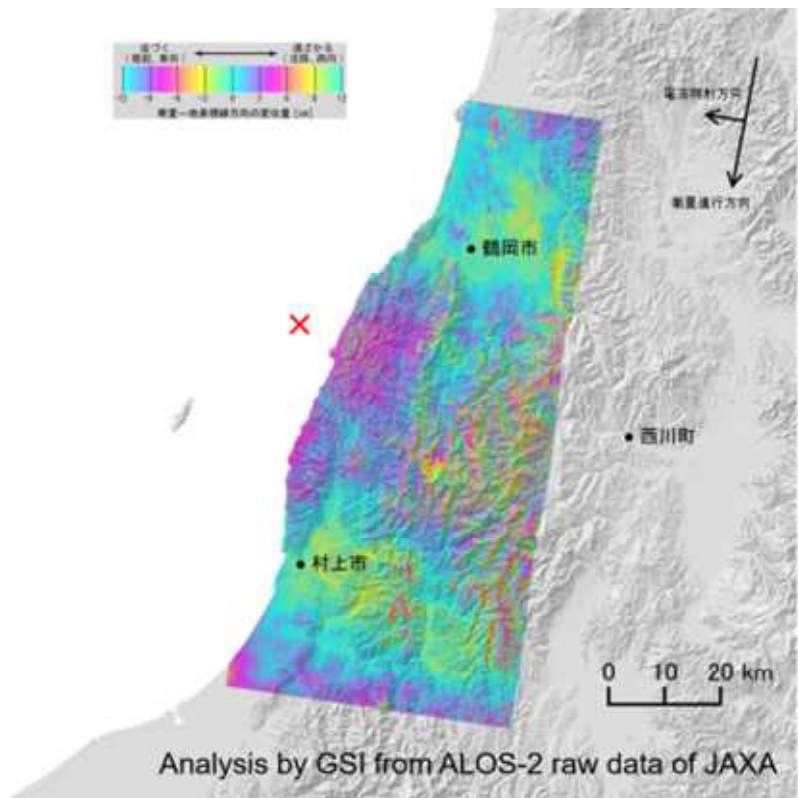


図 1-1. SAR 干渉画像 (2015 年 11 月 28 日~2019 年 6 月 22 日)

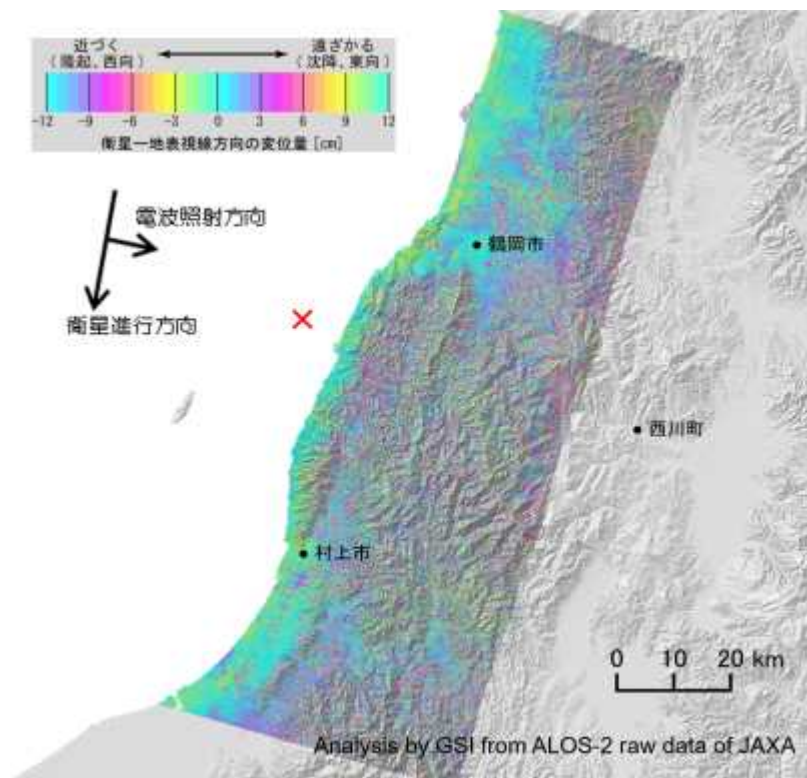


図 1-2. SAR 干渉画像（2015 年 1 月 8 日～2019 年 6 月 20 日）

表 1. 使用データ

図番号	観測日	観測時間 (JST)	衛星進行 方向	電波照射 方向	観測 モード	入射角 (震央付近)	垂直 基線長
1-1	2015/11/28 2019/06/22	11:35 頃	南行	右	SM1 (U3-12)	51°	+34m
1-2	2015/01/08 2019/06/20	12:30 頃	南行	左	SM1 (U2-9)	43°	-144m

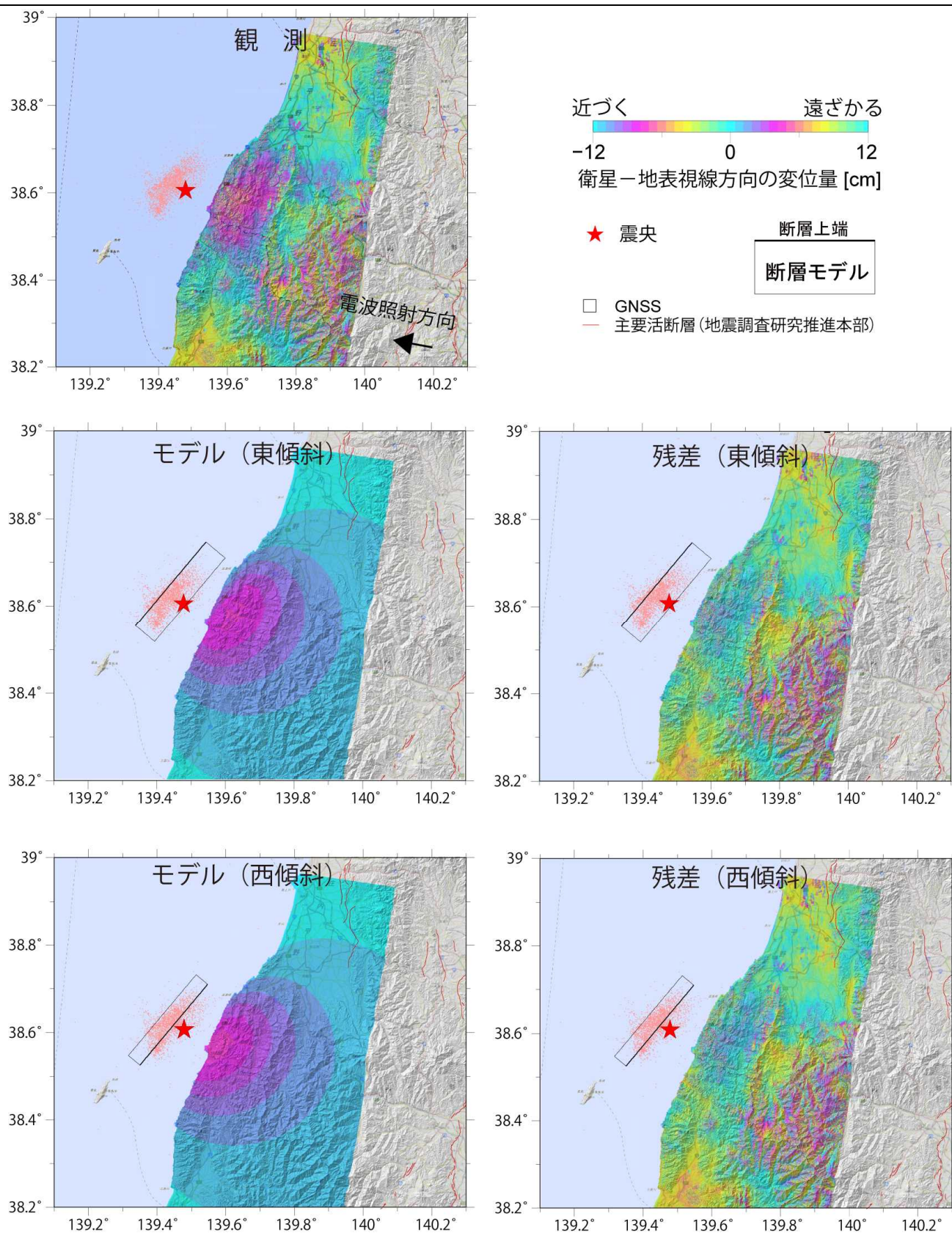


図 2. SAR 干渉解析結果と震源断層モデルに基づく計算結果との比較

(2) アメリカ・カリフォルニア州の地震 (2019/07/06, Mw7.1)

2019年7月6日(UTC)にアメリカ・カリフォルニア州で Mw7.1 (USGS) の地震が発生した。この地震について ALOS-2 (だいち 2 号) による緊急観測データを用いて SAR 干渉解析を行った。解析結果を図 3、解析に用いたデータの諸元を表 2 に示す。

解析にあたり Split Spectrum 法 (Gomba et al., 2016) による電離層誤差低減処理を行い、長波長の誤差を低減した。図 3-1、3-2 は北行軌道、図 3-3 は南行軌道からの観測データを用いた解析結果である。震央付近の広い範囲で顕著な変動が見られる。変位の不連続線が北西-南東方向に約 40km 延びており、この不連続線に沿って地表に断層が現れている可能性がある。観測された地殻変動は、北西-南東走向の断層における右横ずれ運動と調和的である。南東端では変位の不連続線が南東側に向かって分岐している (図 3-1 線 A-B, 線 C-D)。その他、Mw7.1 の地震の 2 日前に発生した Mw6.4 の地震の震央から、北東-南西走向に変位の不連続線が延びており (図 3-1 線 E-F)、左横ずれ変位を示している。

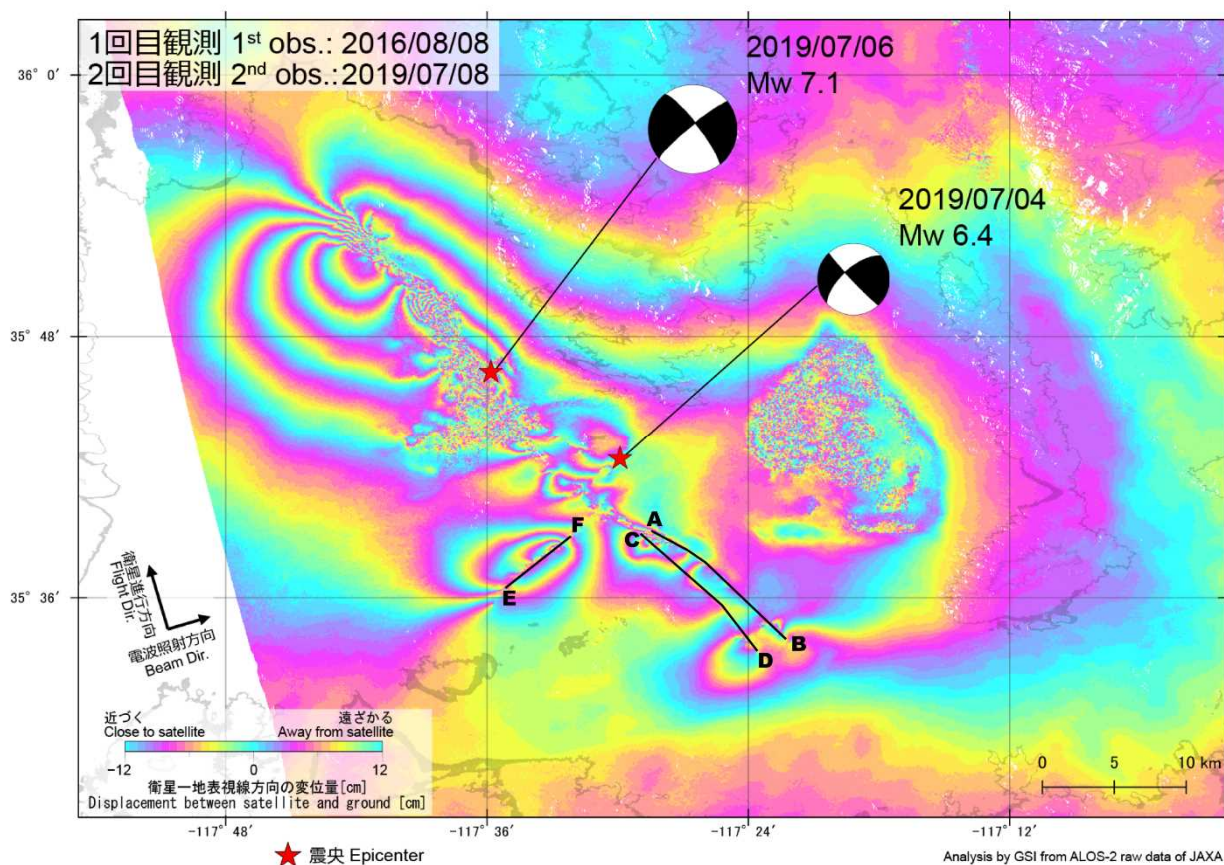


図 3-1. SAR 干渉画像 (2016 年 8 月 8 日~2019 年 7 月 8 日)

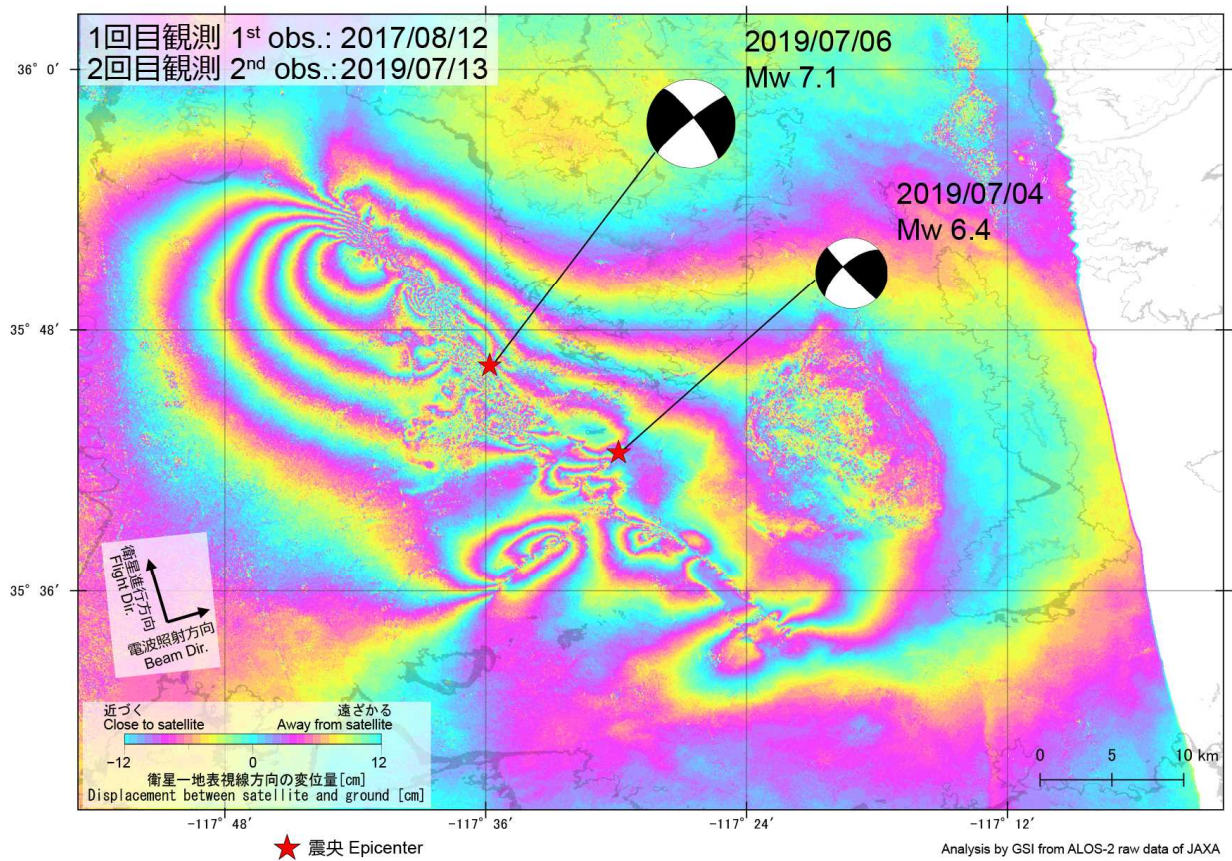


図 3-2. SAR 干渉画像 (2017 年 8 月 12 日～2019 年 7 月 4 日)

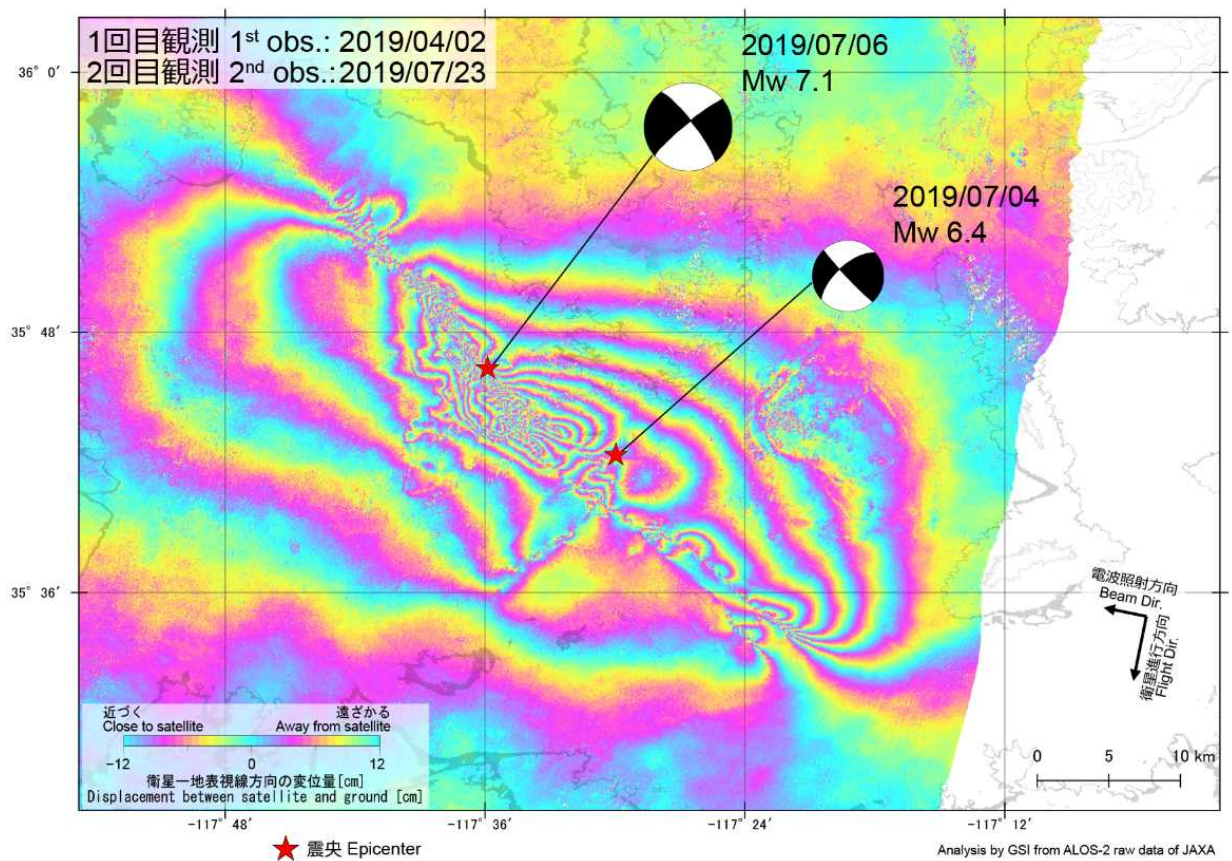


図 3-3. SAR 干渉画像 (2019 年 4 月 2 日～2019 年 7 月 23 日)

表 1. 使用データ

図番号	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 (震央付近)	垂直 基線長
3-1	2016/08/08 2019/07/08	07:39 頃	北行	右	W2	29°	+2m
3-2	2017/08/12 2019/07/23	07:46 頃	北行	右	W2	39°	-20m
3-3	2019/04/02 2019/07/23	19:52 頃	南行	右	W2	39°	-497m

参考文献

- ・ 国土地理院，2019，山形県沖の地震の震源断層モデル，第 224 回地震予知連絡会資料．

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。）：

○論文

- ・ Kobayashi, T., K. Hayashi, H. Yarai (2019), Geodetically estimated location and geometry of the fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, Earth Planets Space, 71:62, doi:10.1186/s40623-019-1042-6.

○学会発表

- ・ 藤原智, 宇根寛, 中埜貴元, 矢来博司, 小林知勝, 森下遊 (2019), Characteristics of the linear surface ruptures associated with the Kumamoto earthquake, the Northern Osaka earthquake and the Hokkaido Eastern Iburi earthquake, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会.
- ・ 小林知勝, 矢来博司, 黒石裕樹, 本田昌樹 (2019), 2019 年 6 月 18 日山形県沖の地震(Mw6.4)の地殻変動と震源断層モデル, 日本地震学会 2019 年度秋季大会.
- ・ 小林知勝, 矢来博司, 林京之介 (2019), 測地学的に推定される 2018 年北海道胆振東部地震の断層面の位置と形状, 日本地震学会 2019 年度秋季大会.
- ・ 藤原智, 矢来博司, 小林知勝, 森下遊, 中埜貴元 (2019), 2016 年熊本地震で出現した地表断層群と余震分布との関係, 日本地震学会 2019 年度秋季大会.
- ・ 山田晋也, 矢来博司, 小林知勝 (2019), だいち 2 号 SAR 干渉解析で検出した地震時の地殻変動ー 2018 年インドネシア・ロンボク島の地震と 2019 年アメリカ・カリフォルニア州の地震ー, 日本測地学会第 132 回講演会.
- ・ 藤原智 (2019), 干渉 SAR による地殻変動マッピングとお付き合い地震断層, 日本活断層学会 2019 年度秋季学術大会.
- ・ 藤原智, 中埜貴元, 森下遊 (2020), Triggered Surface Faults Associated with Large Earthquakes Detected by L-band SAR Interferometry, 北淡国際活断層シンポジウム 2020.

○地震予知連絡会

- ・ 国土地理院, 2019, 山形県沖の地震 (6 月 18 日 M6.7)「だいち 2 号」による SAR 干渉解析結果, 第 224 回地震予知連絡会資料.
- ・ 国土地理院, 2019, 山形県沖の地震の震源断層モデル, 第 224 回地震予知連絡会資料.
- ・ 国土地理院, 2019, 2019 年 7 月 6 日 米国・カリフォルニア州中部の地震 だいち 2 号 SAR 干渉解析結果, 第 224 回地震予知連絡会資料.

○Web

- ・ 国土地理院, 2019, 2019 年 6 月 18 日山形県沖の地震の震源断層モデル (暫定), https://www.gsi.go.jp/cais/topic180912-index_00001.html (accessed 13 Mar. 2020).
- ・ 国土地理院, 2019, 2019 年 7 月 6 日アメリカ・カリフォルニア州の地震に伴う地殻変動, <https://www.gsi.go.jp/cais/topic190712-index.html> (accessed 13 Mar. 2020).

来年度以降の課題・計画：

引き続き、国内外で大規模な地震が発生した場合、観測されたデータを早急に解析し、地殻変動、地表面変動の詳細な把握を行う。

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：
特になし。

令和元（平成 31）年度地震 SAR 解析 WG 課題別成果報告票 地震-0102

代表研究者 氏名（所属機関）：小澤 拓（防災科学技術研究所 火山防災研究部門）
支援研究者 氏名（所属機関）：宮城 洋介（防災科学技術研究所 火山防災研究部門）
課題名称：地震に伴う地殻変動の検出を目的とした緊急観測データの解析
今年度の成果概要： 令和元年度（平成 31 年度）は、地震に関する成果はありません。
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。）： 特になし
来年度以降の課題・計画： 未定
その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望： 特になし

代表研究者 氏名(所属機関) : 原田智史(気象庁)

支援研究者 氏名(所属機関) : 安藤忍(気象研究所)、奥山哲(気象研究所)、山本麦(気象庁)、山内崇彦(気象庁)、舟越実(気象庁)

課題名称：地殻変動の詳細把握

今年度の成果概要：

国内及び海外で発生した地震について、地震 WG 経由で提供された PALSAR-2 データなどを用いて、干渉 SAR 解析を行い、地震に伴う地殻変動を検出した。また、近地強震波形または遠地実体波を用いた震源過程解析による地殻変動から推定した干渉画像との比較を行った。以下に位相変化が検出された主な地震イベントの解析結果を示す。

- ・2019 年 6 月 18 日 山形県沖の地震 (Mw6.5、深さ 14km (一元化震源による))

南行軌道 (図 1 (a))、北行軌道 (図 1 (b)) のどちらの軌道からも衛星視線方向伸長の位相変化が震央の東側で検出された。

近地強震波形を用いた震源過程解析から推定した地殻変動 (図 2 (a)、図 2 (b)) は、干渉画像 (図 1 (a)、図 1 (b)) と整合的であった。

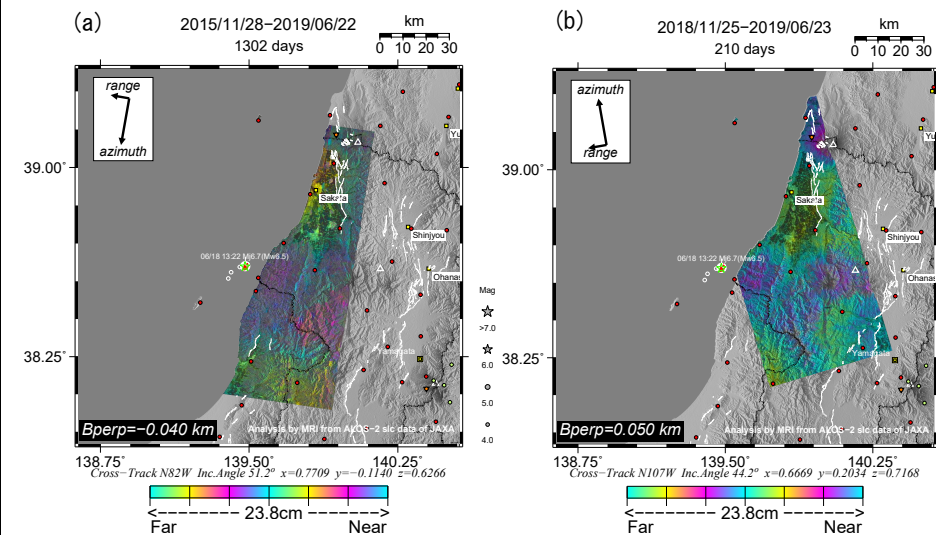


図1 2019年6月18日に山形県沖で発生した地震の PALSAR-2 を用いた干渉画像。(a)南行軌道、(b)北行軌道。図中の緑色の星は本震の震央、白色の丸は余震(いずれも一元化震源)、震源球は気象庁 CMT 解を使用した。白色の線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

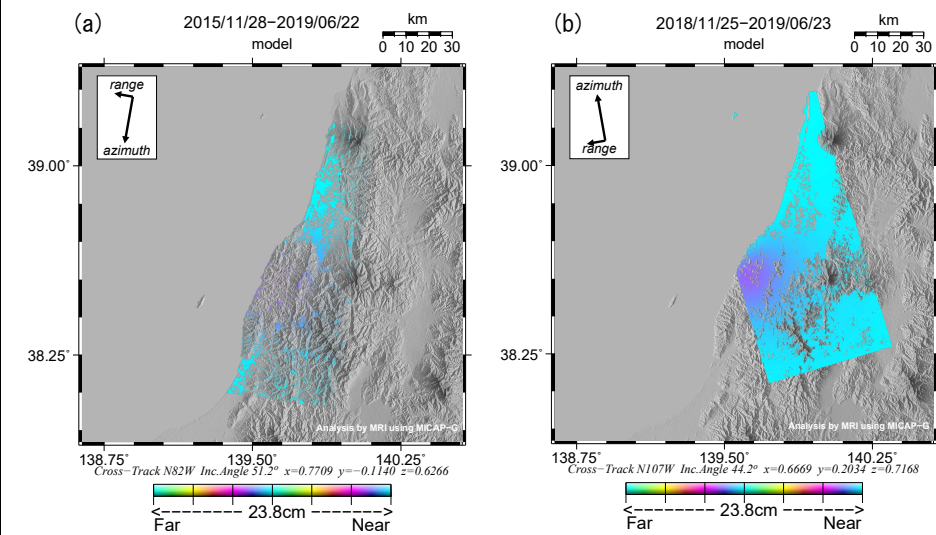


図2 2019年6月18日に山形県沖で発生した地震の近地強震波形を用いた震源過程解析から推定した干渉画像。(a)南行軌道、(b)北行軌道。

・ 2019 年 7 月 6 日 米国、カリフォルニア州中部の地震 (Mw7.0、深さ 10km (USGS 震源による))

北行軌道 (図 3 (a)) では、断層を挟んで西側で 5~6 サイクル程度の短縮、東側で 3 サイクル程度の伸長の位相変化が検出され右横ずれ断層を示唆する結果が得られた。遠地実体波を用いた震源過程解析から推定した地殻変動 (図 3 (b)) は、干渉画像 (図 3 (a)) と整合的であった。

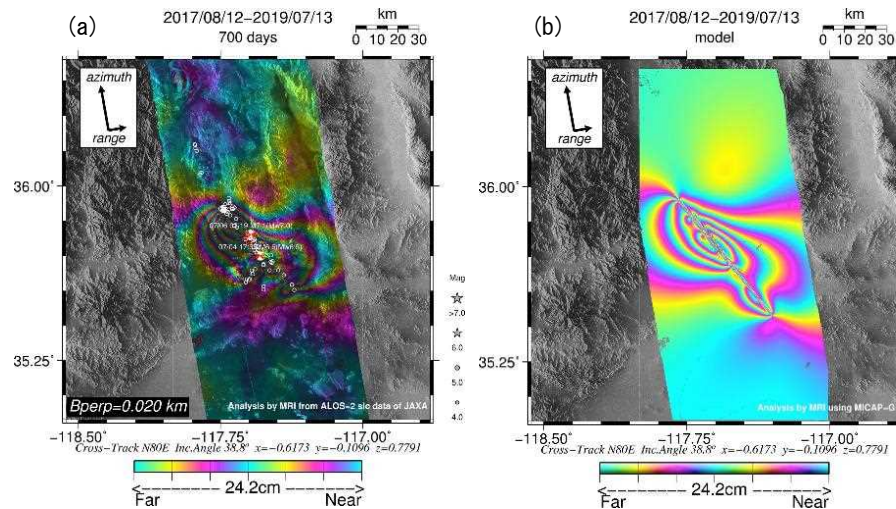


図 3 2019 年 7 月 6 日に米国、カリフォルニア州中部で発生した地震の (a)PALSAR-2 を用いた干渉画像と (b)遠地実体波を用いた震源過程解析から推定した干渉画像。図中の緑色の星は震央、白色の丸は余震 (いずれも USGS 震源)、震源球は Global CMT 解を使用した。

・ 2020 年 1 月 25 日 トルコの地震 (Mw6.7、深さ 10km (USGS 震源による))

北行軌道 (図 4 (a)) では東アナトリア断層 (Global CMT のセントロイド位置を含む北東-南西の方向) の北西側で短縮、南東側で伸長の位相変化、南行軌道 (図 4 (b)) では、北西側で伸長、南東側で短縮の位相変化が検出され、左横ずれ断層を示唆する結果が得られた。

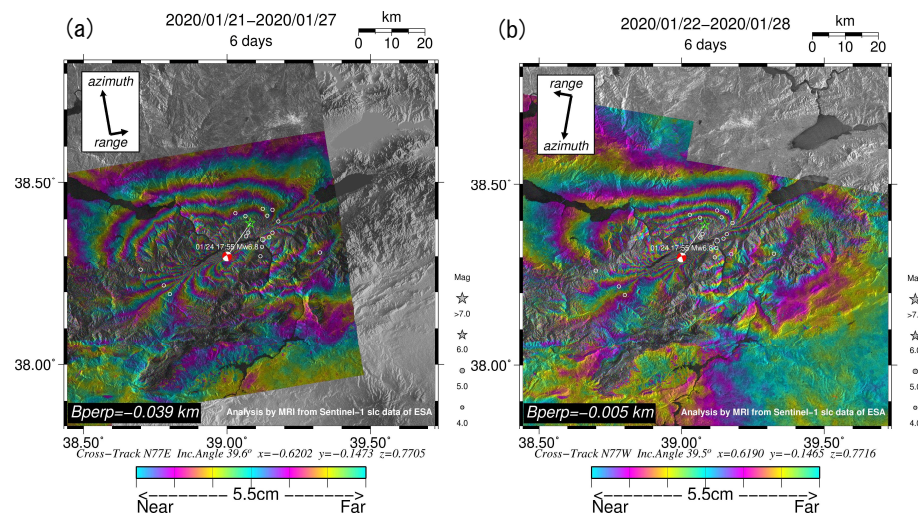


図 4 2020 年 1 月 25 日にトルコで発生した地震の Sentinel-1 データを用いた干渉画像 ((a)北行軌道、(b)南行軌道)。図中の緑色の星は震央、白色の丸は余震 (いずれも USGS 震源)、震源球は Global CMT 解を使用した。

・ 南海トラフ周辺地域の長期的な地殻変動の検出

南海トラフ沿いの岬周辺の地殻変動について、ALOS-2 データを用いた時系列解析を実施した。図 5 は 2014 年 10 月から 2019 年 2 月までに撮像された御前崎周辺の南行軌道データを用いた SBAS 法による解析結果の一部 (スナップショット) を示す。御前崎から西側の沿岸部を中心に衛星視線方向の定常的な距離伸長が検出された。

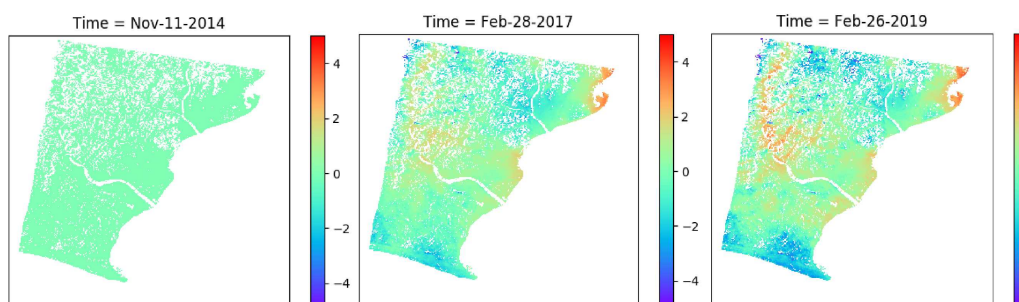


図 5 御前崎周辺における時系列解析結果 (一部)
(カラーコンターは衛星視線方向の距離変化 (cm) を示す)

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、小林昭夫、2020、InSAR 時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動 2、日本惑星科学連合 2019（2019/5/26）

安藤忍、2020、プレート運動に伴う地殻変動、「気象業務はいま 2020」－3 章 1 節 地震や津波の災害軽減のための技術開発－（製本中）

Shinobu Ando, Akio Kobayashi, 2020, Steady crustal deformation along the Pacific coast of Japan: evidence from InSAR time-series analysis, Earth, Planets and Space（査読中）

来年度以降の課題・計画：

規模の大きな地震について地震の全体像解明を実施する。また、南海トラフ周辺の地殻変動について時系列解析等を進める。

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：

気象庁では異動などにより、解析経験者が少ない状態となっている。新たな人材に対して、研修などのサポートを引き続きお願いしたい。

代表研究者 氏名（所属機関）： 橋本 学（京都大学防災研究所）

支援研究者 氏名（所属機関）：

課題名称：ALOS-2/PALSAR-2を用いた活断層帯周辺の地震前・時・後の地殻変動の研究

今年度の成果概要：

2019 年度は学内の兼職（部局長）のため、例年通りの活動は困難であった。しかしながら、限られた時間の中で、熊本地震の震源域周辺および京阪神地域において電離層補正を適用し、電離層擾乱を低減した地盤変動の検出を行った。また、2019 年 7 月に発生したカリフォルニアの Ridgecrest 地震の解析も行った。

1)ALOS-2/PALSAR-2 画像干渉法への電離層補正適用

1-1) 熊本地震の余効変動

2016年熊本地震の余効変動を、2018年までのALOS-2/PALSAR-2データを用いて解析した。昨年報告した初期の結果では、いくつかの局所的な変動域とともに、震源断層浅部の余効すべりによると考えられる顕著な変動が捉えられた。しかしながら、SAR解析において電離層補正を行っておらず、そのため、隣接する北行き軌道のパス間で視線距離変化に大きな不連続が生じた。また、パスの境界付近に位置する阿蘇カルデラ西縁に隆起傾向が見られたが、電離層擾乱による見かけの変動であることを否定できなかった。

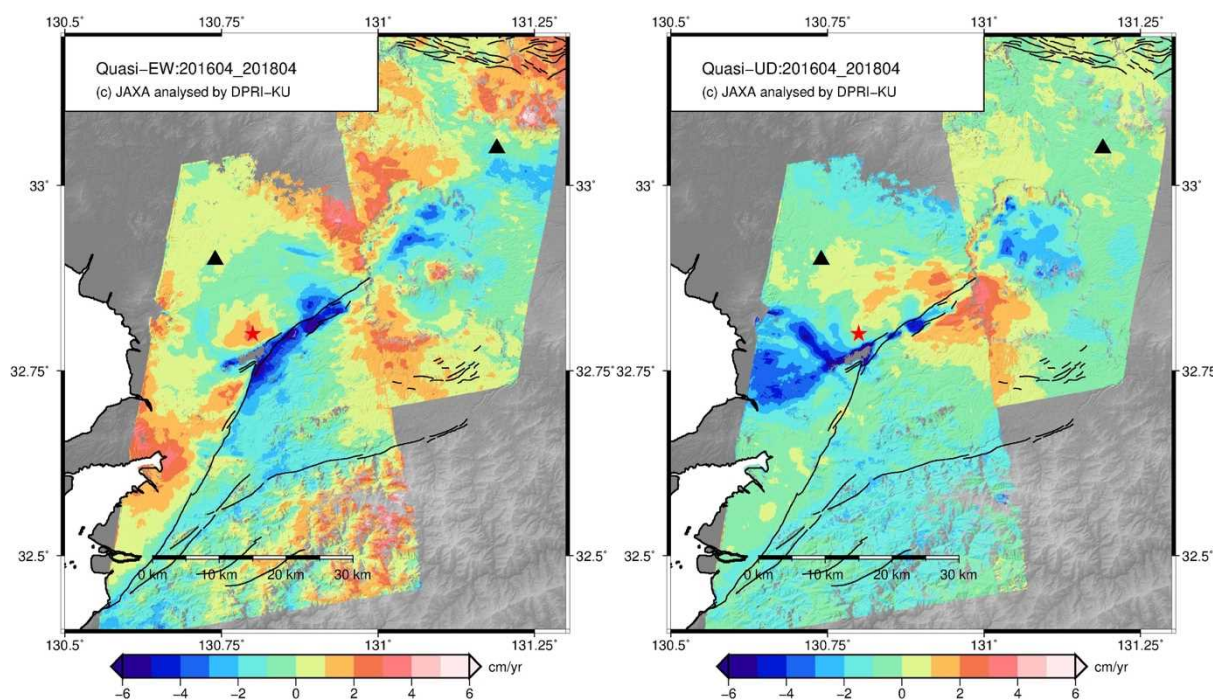


図 1. 2018 年 4 月までの干渉画像をスタックした結果得られた平均変動速度の分布. (左) 東西成分, (右) 上下成分. 正の値が東向き及び隆起を示す. 黒い▲は, 画像を合成する際に参照した地点 (変位速度=0 の地点) を示す.

今回、Wegnüller et al.(2018)による電離層補正手法を用いて、余効変動期の干渉画像を補正した。この結果、2つの北行軌道のスタックした干渉画像間に視線距離変化の不連続は小さくなり、阿蘇カルデラ西縁に隆起が検出された(図1)。また、日奈久断層に沿って、2018年4月までの平均で6 cm/年を超える西向きの変位が検出された。この西向き変位は、布田川断層と日奈久断層の交点から約20 km付近で終わることもわ

かった。熊本市内の局所的な変動は、2018年4月までの平均で約6 cm/年の沈降と見積もられる。さらに、布田川断層の北約10 kmの菊池市付近において、約3 cm/年の西向き変位を検出した。阿蘇カルデラの北半分は、ほぼ全域で沈降している。また、この領域は西向きに変位している。地震後に見つかったカルデラ内北西部の局所的な地割れに伴う変動も継続している。

1-2) 京阪神地域の地盤変動

京阪神地域の ALOS-2/PALSAR-2 の 2019 年までの画像を解析し、地盤変動を捉えることを継続している。今年度、上記の電離層補正を適用し、電離層擾乱の影響の小さい干渉画像を作成している。現在、北行軌道のパス 127 フレーム 680-690 と南行軌道のパス 21 フレーム 2910-2920 の解析を行った。

図 2 に、最も時間間隔が長いペアの解析結果を示す。4 年以上経過しても、山地を含むほぼ全域で高いコヒーレンスが得られている。ALOS-2/PALSAR-2 の高い性能を示している。パス 127 の干渉画像には、地形に依存した位相変化が認められる。パス 21 の干渉画像にも認められるが、やや小さい。大阪湾の埋め立て地に顕著な不同沈下が認められる。有馬高槻構造線や京都盆地周辺の断層帯など、活断層近傍に顕著な変動は見られない。観測期間中の 2018 年 6 月 18 日に、大阪府北部の地震が発生したが、地震時変位と考えられる顕著な変化は認められない。パス 21 の画像中、千里丘陵と紀ノ川上流域橋本市～五條市周辺に顕著な視線距離伸長が認められる。ただし、単一のペアの解析結果であるので、今後他の画像の解析も進め、スタッキングや時系列解析を試みて、その結果と総合・検討する。

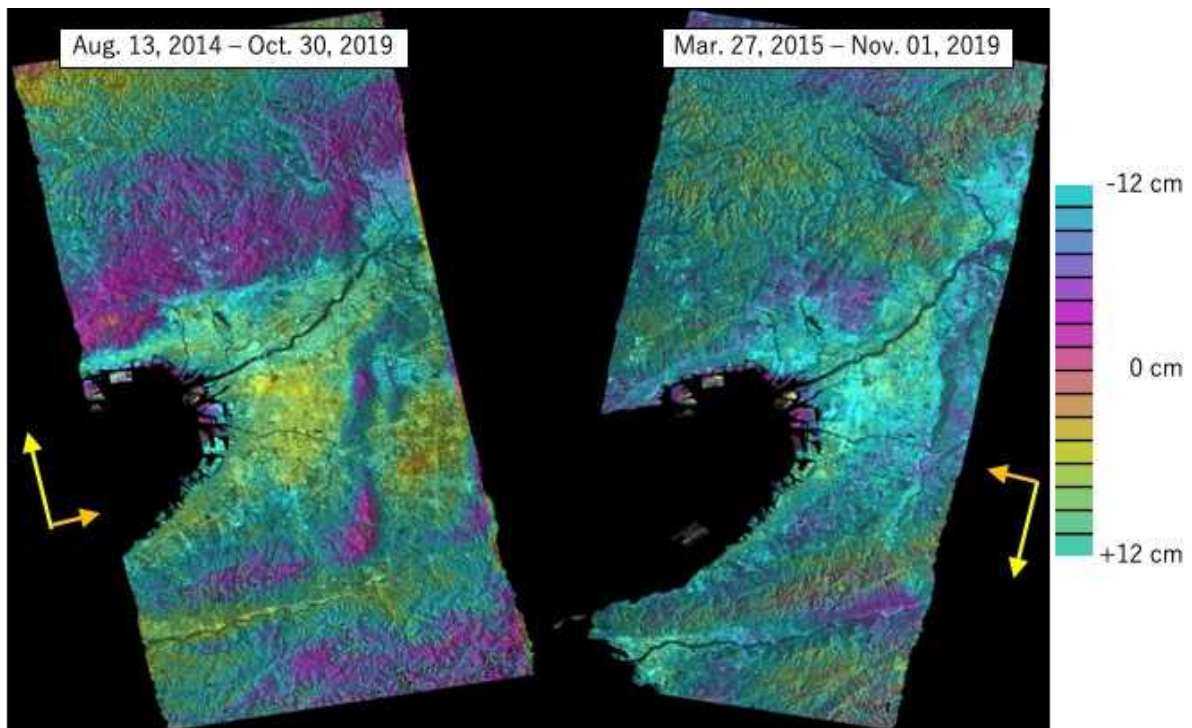


図 2. 京阪神地域の ALOS-2/PALSAR-2 画像の解析結果。(左) 北行軌道 P127-F680-690, 2014 年 8 月 13 日～2019 年 10 月 30 日, (右) 南行軌道 P21-F2910-2920, 2015 年 3 月 27 日～2019 年 11 月 1 日。

2) 大地震に伴う地殻変動の解析

2-1) Ridgecrest 地震

アメリカ西部カリフォルニアで、2019 年 7 月 4 日に M_w 6.4, 7 月 5 日に M_w 7.1 の地震が相次いで発生した。USGS による余震分布は、 M_w 6.4 に対しては東北東-西南西方向、 M_w 7.1 に対しては北北西-南南東方向に並んでおり、共役な断層が活動したとみられる。

ALOS-2/PALSAR-2 による観測は、7 月 8 日に ScanSAR モードで行われた。図 3 は、2016 年 8 月 8 日

の画像との干渉処理の結果である。電離層補正は行っていない。4 サイクル程度（～50 cm）の視線距離変化が認められる。北北西-南南東方向に非干渉領域が認められるが、この地震に伴って地表地震断層が生じており、その近傍と考えられる。この図の下方に認められる東北東-西南西方向に延びたフリッジは、7月5日の地震による変動である。2サイクル程度の（～24 cm）変動が生じている。

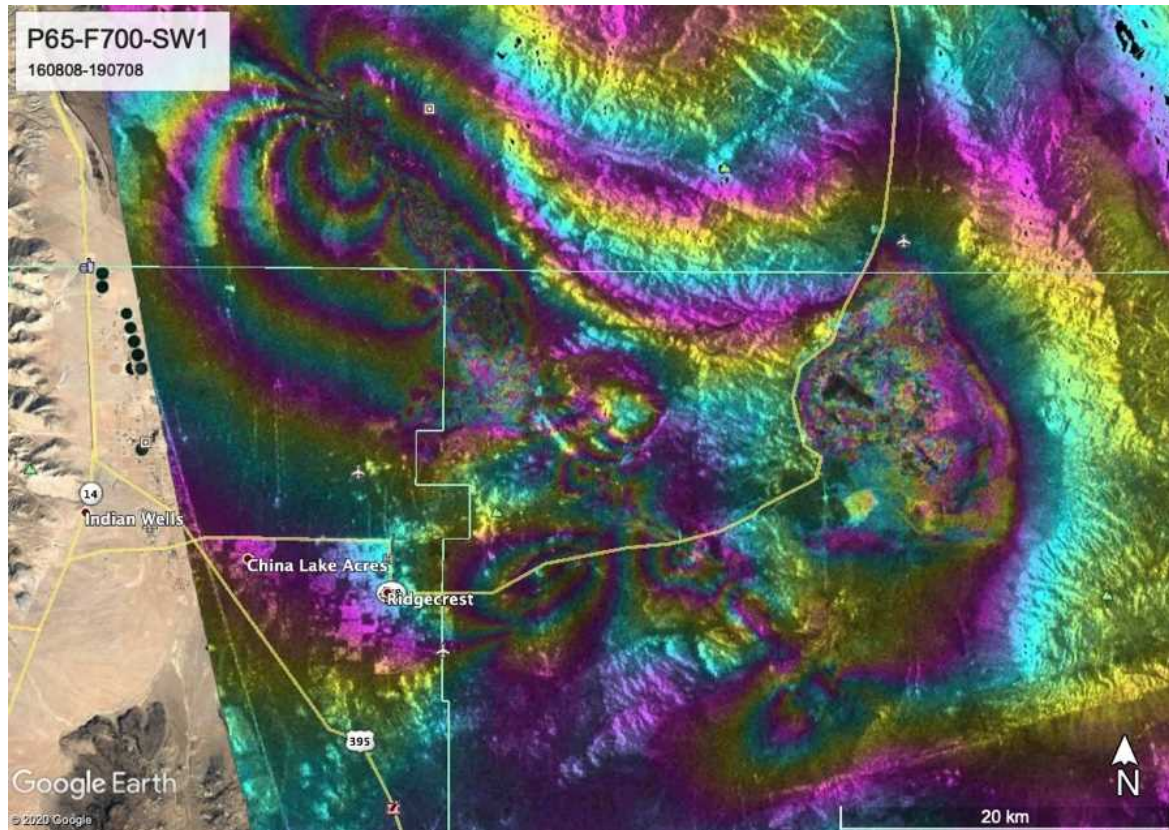


図3. Ridgecrest 地震による地殻変動。2016 年 8 月 8 日と 2019 年 7 月 8 日の ScanSAR の観測画像の干渉処理の結果。

2-2) その他の地震

2019 年 6 月 18 日の山形県沖の地震に伴う緊急観測で得られた画像を解析したが、有意な変動は検出されなかった。

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。）：

【論文発表】

Meneses-Gutierrez, A., Nishimura, T., & Hashimoto, M. (2019). Coseismic and postseismic deformation of the 2016 Central Tottori earthquake and its slip model. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124, 2202–2217. <https://doi.org/10.1029/2018JB016105>.

橋本学 (2019). SAR が見えたもの見えなかったもの：大阪北部地震と北海道胆振東部地震，京都大学防災研究所年報，62，B，296-305. <https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no62/ronbunB/a62b0p07.pdf>.

Fukushima, Y., Hashimoto, M., Miyazawa, M., Uchida, N., and Taira, T. (2019) Surface creep rate distribution along the Philippine fault, Leyte Island, and possible repeating of Mw ~ 6.5 earthquakes on an isolated locked patch. *Earth, Planets and Space* (2019) 71:118. <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1096-5>.

【学会発表】

橋本学，SARで捉えた2016年熊本地震の前後の地表変動，地球惑星科学連合2019年大会，SSS16-07，2019年5月26日，幕張メッセ（千葉市）

橋本学，SARデータのインバージョンで得られるすべり分布の不確定性，日本測地学会，65，2019年10月31日，富山国際会議場（富山市）

Hashimoto, M., Postseismic deformation of the 2016 Kumamoto earthquake detected by ALOS-2 with ionospheric correction, 2019年度JAXA地球観測ミッション合同PIワークショップ（第5回ALOS-2 PIワークショップ），2020年1月21日，TKP新橋カンファレンスセンター（東京都）

来年度以降の課題・計画：

1) 活断層帯周辺の地盤変動の検出

引き続き京阪神地域の ALOS-2/PALSAR-2 画像の解析を行い，地盤変動の検出を試みる．

2) 大地震に伴う地殻変動の検出

今年度も顕著な大規模地震が発生した場合は，その観測画像を解析し，地殻変動の検出を試みる．

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：
現時点では、特にありません。

令和元（平成 31）年度地震 SAR 解析 WG 課題別成果報告票 地震-0105

代表研究者 氏名（所属機関）：

古屋 正人（北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 地球惑星ダイナミクス分野）

支援研究者 氏名（所属機関）：

高田陽一郎（北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 地球惑星ダイナミクス分野）

課題名称：陸域プレート境界周辺の地殻変動様式の解明

今年度の成果概要：

令和元年度（平成 31 年度）は、地震に関する成果はありません。

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。）：

特になし

来年度以降の課題・計画：

未定

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：

特になし

代表研究者 氏名(所属機関) :	中尾 茂 (鹿児島大学大学院理工学研究科)
支援研究者 氏名(所属機関) :	

課題名称 : 干渉 SAR 解析を用いた変位急変帯の地震発生ポテンシャルの評価に関する研究

今年度の成果概要 :

鹿児島県と宮崎県県境付近において GEONET の結果より東西方向の逆転が見出されている。そこで干渉 SAR 解析を使ってその境界の空間分布を把握することを目的として解析を行った。使用したデータは下降軌道である 72-2980 の画像は 2007 年 2 月 5 日から 2011 年 4 月 3 日までの 22 枚、上昇軌道である 423-620 の画像は 2007 年 6 月 10 日から 2010 年 12 月 19 日までの 21 枚を使用した。

まず解析ソフトウェア RINC (小澤、2018) 及び RINC_GUI (奥山、2018) を使用し、アンラッピングした差分干渉画像を上昇軌道では 2007 年 10 月 26 日、下降軌道では 2007 年 2 月 5 日をマスター画像として解析を行った。GIAnt パッケージ (Agram et al., 2013) を使用し SBAS 解析を海域領域はマスクして実行した。GIAnt のジオコーディングスクリプトがインストールできなかったため、RINC によりアンラッピング後にジオコーディングを行い、GIAnt のデータとした。この時、地形に相関のある大気遅延成分と、平面を仮定し衛星軌道の誤差の影響を除去した。また、干渉 SAR 解析を行う領域にある GEONET 観測点の平均速度 (2004 年 4 月~2017 年 12 月) を使用し、空間的な長波長変動を除去した。大きな空間的な変動は東西方向の変動が卓越している期間が多かった。空間的な長波長変動を取り除いた後の空間変動は、地形に相関のある大気遅延成分 (数 cm と推定) を超える変動が得られた。SBAS 解析により得られた変位速度を図に示す。図左の下降軌道によるデータの結果は、北部の宮崎県では衛星から遠ざかり、南の鹿児島県では衛星に近づく変化となっているが、図右の上昇軌道では北部では衛星から遠ざかる変化が、南部では衛星に近づく変化となっている。これは実際の地殻変動では、北部で沈降、南部で上昇していることを示す結果である。東西方向の変位については北部と南部で逆転しているとは言えない結果となった。長波長の変動を取り除いた差分干渉画像では、様々な空間的な変動が認められたが、気象データに基づいた大気遅延成分の推定や電離層の影響による遅延の検討は詳細に行っていないため、今後それらの成分の検討を行う必要がある。

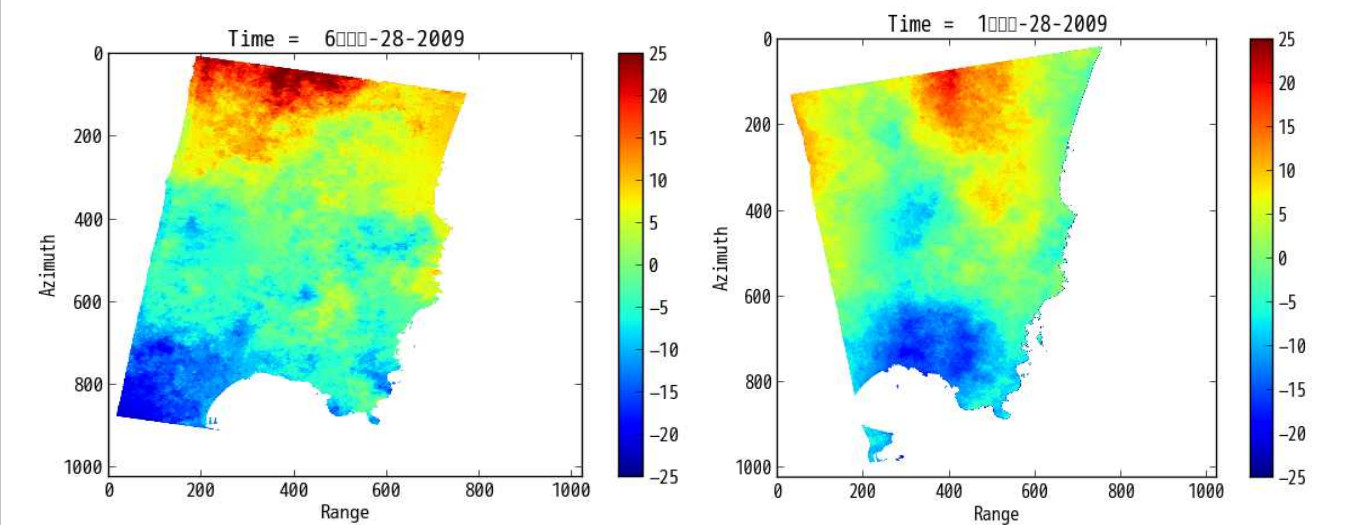


図. 積算変位量(mm)。左 : 下降軌道、右 : 上昇軌道。横軸は経度方向、縦軸は緯度方向を示す。

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。）：

なし。

来年度以降の課題・計画：

客観解析データを用いて大気の水蒸気量による差分干渉 SAR の影響量を推定し、長波長の変動成分を取り除いた差分干渉 SAR 画像と比較を行うことにより、水蒸気による遅延の影響を検討し、取り除くを試みる。また、電離層の影響による遅延についても検討を行う。

これらの見かけの変動を取り除くことにより、地殻変動の空間分布を明らかにする。

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：

なし。

代表研究者 氏名(所属機関) : 大木 真人 (宇宙航空研究開発機構)

支援研究者 氏名(所属機関) :
阿部 隆博、本岡 毅 (宇宙航空研究開発機構)
島田 政信 (東京電機大学)

課題名称 : PALSAR-2 による地殻変動検出精度の維持・向上

今年度の成果概要 :
本年度中に発生した顕著な規模の地震について、PALSAR-2 データの干渉 SAR 等の処理により地震に伴う地殻変動量の抽出や変化抽出等の解析を行った。下記にカリフォルニア地震の事例を示す。

カリフォルニア地震の解析結果 :
2019 年 7 月 4 日・5 日のカリフォルニアにおける地震 (M7.1) について、2016/08/08 と 2019/07/08 の昇交軌道の ScanSAR ペアについて干渉 SAR 解析を行った結果、震源北西部において 5 サイクル以上 (=60cm 以上) の、衛星に近づく変位が見られた (図 1)。また、同じデータについてアジマスオフセット量を算出した結果、震源付近を境に±1-2m のほぼ南北に動く変動が見られた (図 2)。

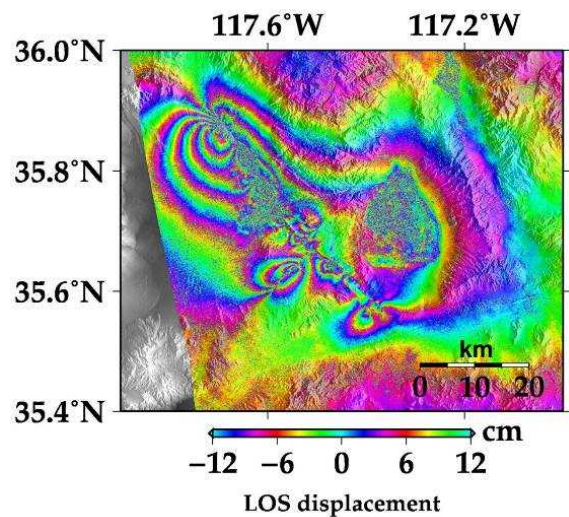


図 1 : 7 月 4 日・5 日カリフォルニア地震に伴う地殻変動 (干渉 SAR)

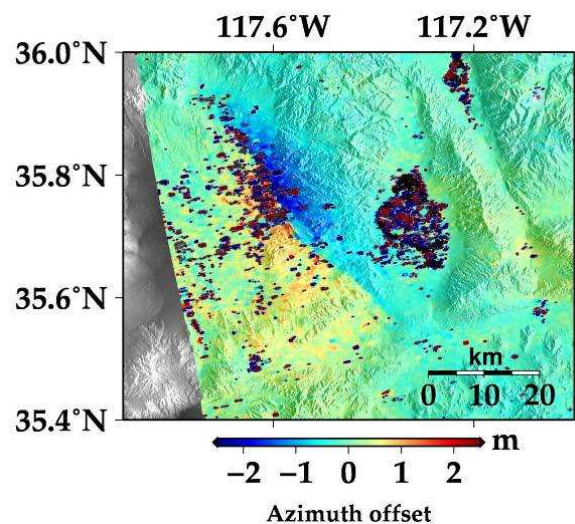


図 2 : 7 月 4 日・5 日カリフォルニア地震に伴う地殻変動 (アジマスオフセット)

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。）：

なし

来年度以降の課題・計画：

地震やその被害の発生状況に応じて必要な解析を行うとともに、解析ノウハウや結果の共有を通じて WG 参加機関との連携を継続する。また、ALOS-2 後継機である ALOS-4 の打上げに向け、必要な検討や WG への情報提供を行う。

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：

代表研究者 氏名（所属機関）：田中 明子（産業技術総合研究所）
支援研究者 氏名（所属機関）：
課題名称：合成開口レーダを用いた地震活動に伴う地殻変動のモニタリング
今年度の成果概要： 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．

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。）：

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、キラウエア火山南山腹において 2018 年 5 月 4 日に発生した M6.9 の地震による変動を含む、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 “Sentinel-1 の時系列解析による累積変動と ALOS-2 の差分干渉 SAR 画像による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” として、(https://doi.org/10.5026/jgeography.128.Cover03_01) に掲載された。

来年度以降の課題・計画：

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。

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：

AUIG2 の OS 依存性の解消

代表研究者 氏名(所属機関) : 福島 洋 (東北大学災害科学国際研究所)
支援研究者 氏名(所属機関) : 三浦 哲 (東北大学理学研究科) 太田雄策 (東北大 (東北大学理学研究科))
課題名称 : SAR 及び GNSS データ解析に基づく奥羽脊梁山脈沿いのひずみ集中機構に関する研究
今年度の成果概要 : 2011 年東北地方太平洋沖地震発生前のひずみ解析により、東北地方の奥羽脊梁山脈沿いで東西短縮ひずみが集中していることが明らかにされている。このひずみ集中域では、定常的な微小地震活動の集中や過去の大地震の多発が知られており、また、地震波の速度構造や減衰構造にはひずみ集中域の下部に不均質があることが指摘されている、当該地域では、東北沖地震の断層すべりによる応答としてやはり局所的なひずみが生じたことが InSAR や GNSS データ解析から明らかとなっている。本研究では、ALOS-2 データを用いた InSAR 時系列解析を実施し、GNSS による変位データや Sentinel-1 等の他の衛星データを用いた InSAR 時系列解析結果と組み合わせながら、当該地域のひずみ集中機構および地殻内地震の発生メカニズムを解明することを最終目標としている。 今年度は、昨年度に実施した InSAR 時系列解析の計算コードの細かなバグ修正や改良を実施し、解析アルゴリズムを論文に公表した (Fukushima et al., 2019, EPS)。また、最近公開された LiCSBAS 解析プログラム (Morishita et al., 2020, Remote Sensing) を用いて、Sentinel-1 干渉画像から東北地方の変動時系列解析を試行し、都市部では良好な干渉性が得られるものの、山間部では変動場の追跡が難しいことを確認した。

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。）：

査読付き論文

Fukushima, Y., M. Hashimoto, M. Miyazawa, N. Uchida, and T. Taira (2019), Surface creep rate distribution along the Philippine fault, Leyte Island, and possible repeating of Mw~6.5 earthquakes on an isolated locked patch, Earth Planets and Space, 71, 118, doi:10.1186/s40623-019-1096-5.

学会発表

Fukushima, Y., M. Hashimoto, M. Miyazawa, N. Uchida, and T. Taira (2019), Creep rates along the Philippine fault, Leyte Island, and possible repeating of Mw~6.5 earthquakes on an isolated locked patch（レイテ島におけるフィリピン断層クリープ速度と孤立固着域における Mw~6.5 の地震の繰り返し発生の可能性），地震学会秋季大会, 2019 年 9 月, 京都.

など

来年度以降の課題・計画：

来年度は、主として、Sentinel-1 干渉画像用の解析コードである LiCSBAS に改良を加え、ALOS-2 干渉画像を用いて解析を行えるようにし、代表研究者の解析コードを用いた結果との比較や検証を行う予定である。

その他希望する支援（研修・サポート・ソフトウェア等）、地震 SAR 解析 WG への要望：

特になし