

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・森下遊・飛田幹男・本田昌樹・山下達也・攪上泰亮・林京之介・上芝晴香

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海外の 6 地震 (表 1) について解析を行った。6 地震のうち、イラン・イラク国境付近の地震、台湾の地震、パプアニューギニアの地震については顕著な地殻変動が得られたことから、解析結果を地震調査委員会等に報告した。本報告では、これらの 3 地震の解析結果について紹介する。

表 1. 解析を行った地震

発生日	発生地	地震規模 (USGS による Mw)	地殻変動
2017/8/8	中国四川省	Mw6.5	○
2017/9/8	メキシコ沖	Mw8.2	
2017/9/20	メキシコ (内陸)	Mw7.1	
2017/11/12	イラン・イラク国境付近	Mw7.3	○
2018/2/6	台湾	Mw6.4	○
2018/2/25	パプアニューギニア	Mw7.5	○

(1) イラン・イラク国境付近の地震 (2017/11/12、Mw7.3)

2017 年 11 月 12 日 (UTC) にイラン・イラク国境付近で Mw7.3 (USGS) の地震が発生した (図 1)。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 2 に示す。震央周辺で地震に伴う地殻変動を示す顕著な位相変化が見られる。また、地震の断層運動による変動の他にも局所的な位相変化が山地斜面で多数見られる (図 3)。これらは、地震の揺れによって誘発された変動である可能性がある。

図 1 の解析結果から、2.5 次元解析により地殻変動の準東西成分と準上下成分の分布を求めた (図 4)。震央の南で最大約 90cm の隆起及び最大約 50cm の西向きの変動が見られるなど、直径約 80km の範囲で 10cm 以上の地殻変動が生じたことが分かった。

SAR 干渉解析で得られた地殻変動に基づき、震源断層モデルの推定を行った。USGS によるメカニズム解を参考に、震源を通り、東北東に低角 (16°) に傾き下がる断層面とし、走向はアラビアプレートの境界線に沿う方向 (335°) として、この断層面上の滑り分布を推定した。推定結果を図 5 に示す。推定された滑りはやや右横ずれ成分を含む逆断層運動で、震源よりも浅い側で主要な滑りが見られ、最大約 3m の滑りが推定された。モーメントマグニチュードは 7.36 (剛性率 30GPa を仮定) となった。

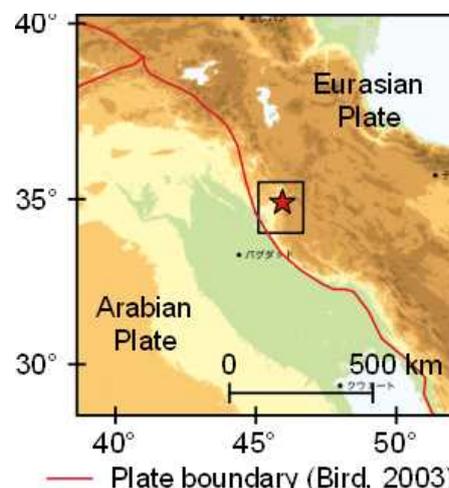


図 1 イラン・イラク国境付近の地震の震央位置 (星印) 及び解析範囲

なお、これらの解析結果を、迅速な被害状況の把握や復旧に役立てられるよう、イラン国立地図センター（NCC : National Cartographic Center of Iran）に情報提供を行った。その情報提供に対し、NCC から、「災害の全体像が見えない初期段階において、イランの災害対応局が災害対応のためのリソース（救援物資、救助隊など）をどこに投入すべきかを判断する材料として役立った」として感謝の意が表されました。

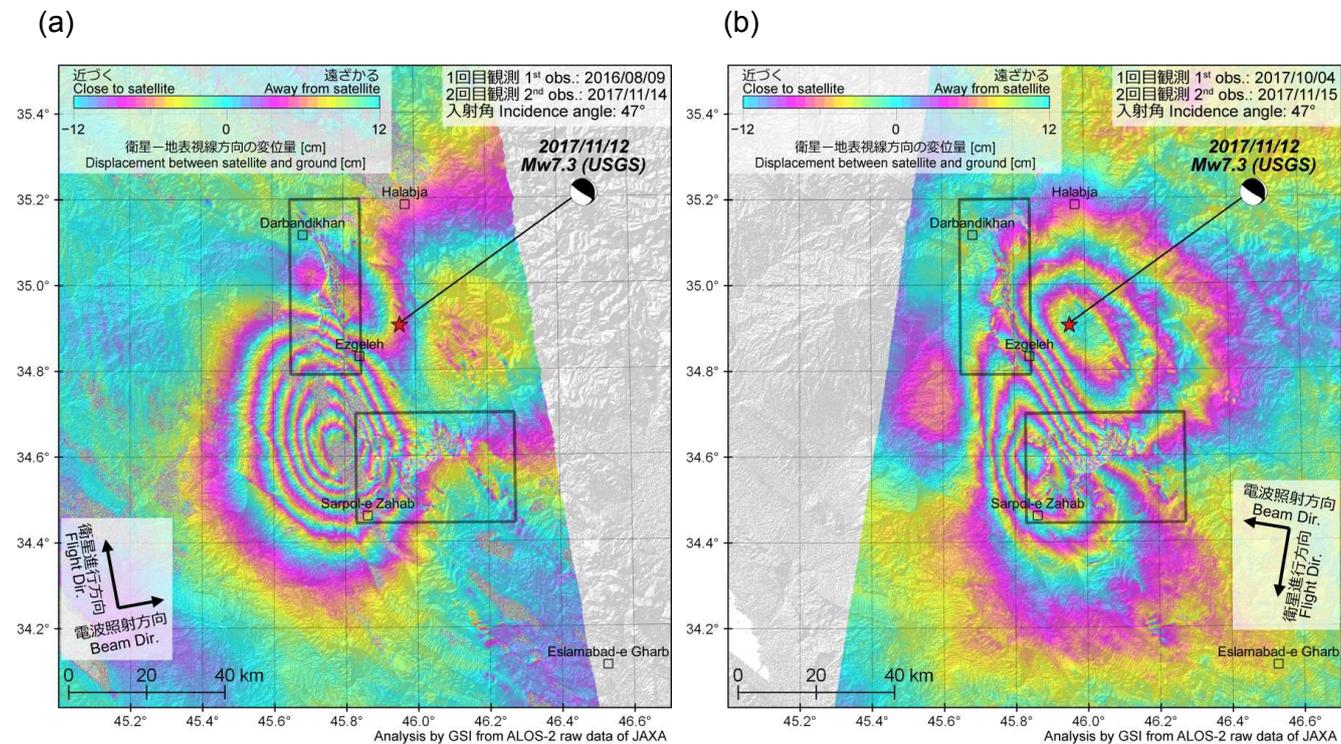


図2 ALOS-2/PALSAR-2 データの SAR 干渉解析により得られた干渉画像。(a)北行右視、(b)南行右視。図中の黒枠は、図3の範囲を示す。

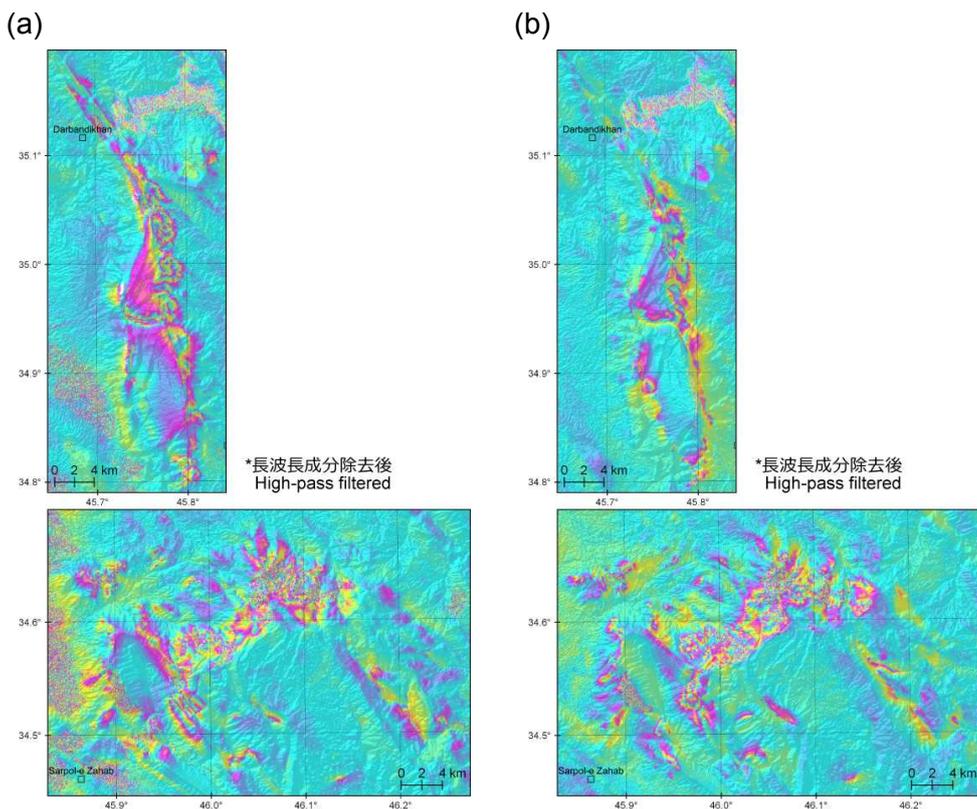


図3 図2の干渉画像から長波長成分を除去して得られた残差画像の拡大図。(a)北行右視、(b)南行右視。

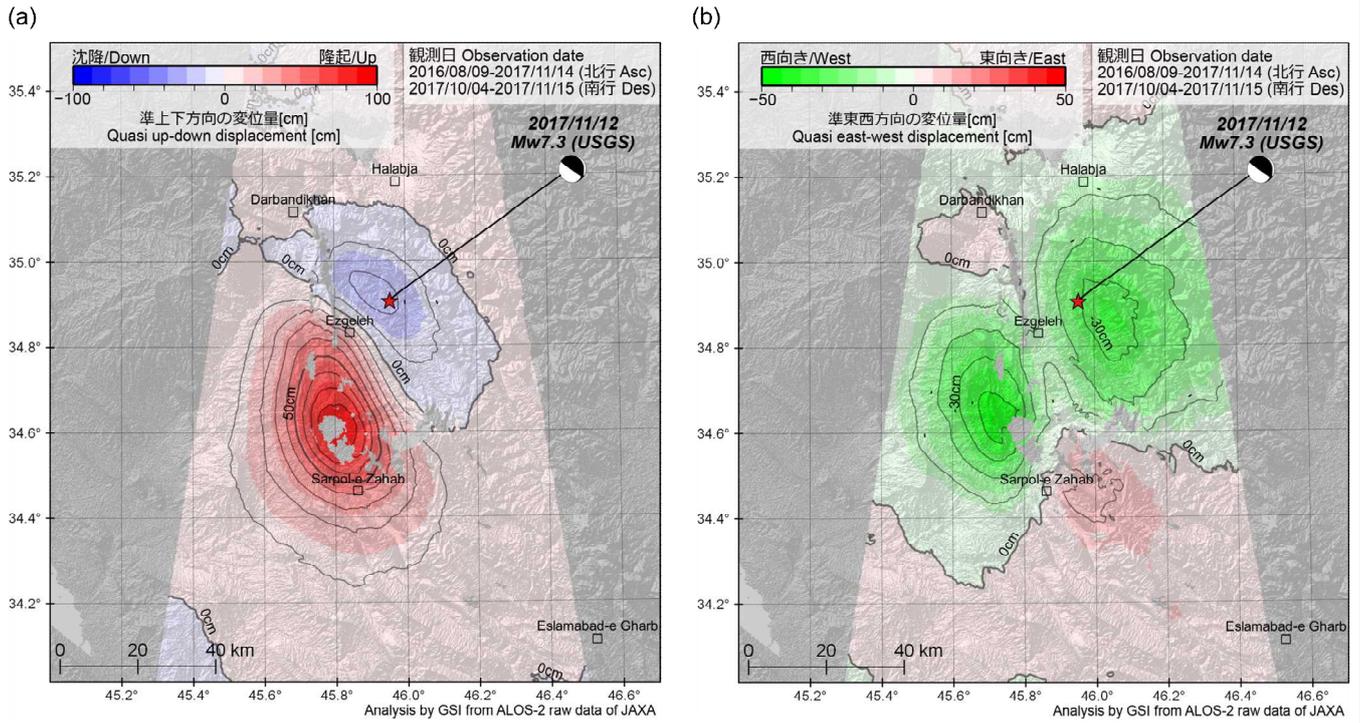


図4 2.5次元解析で得られた(a)準上下成分、および(b)準東西成分

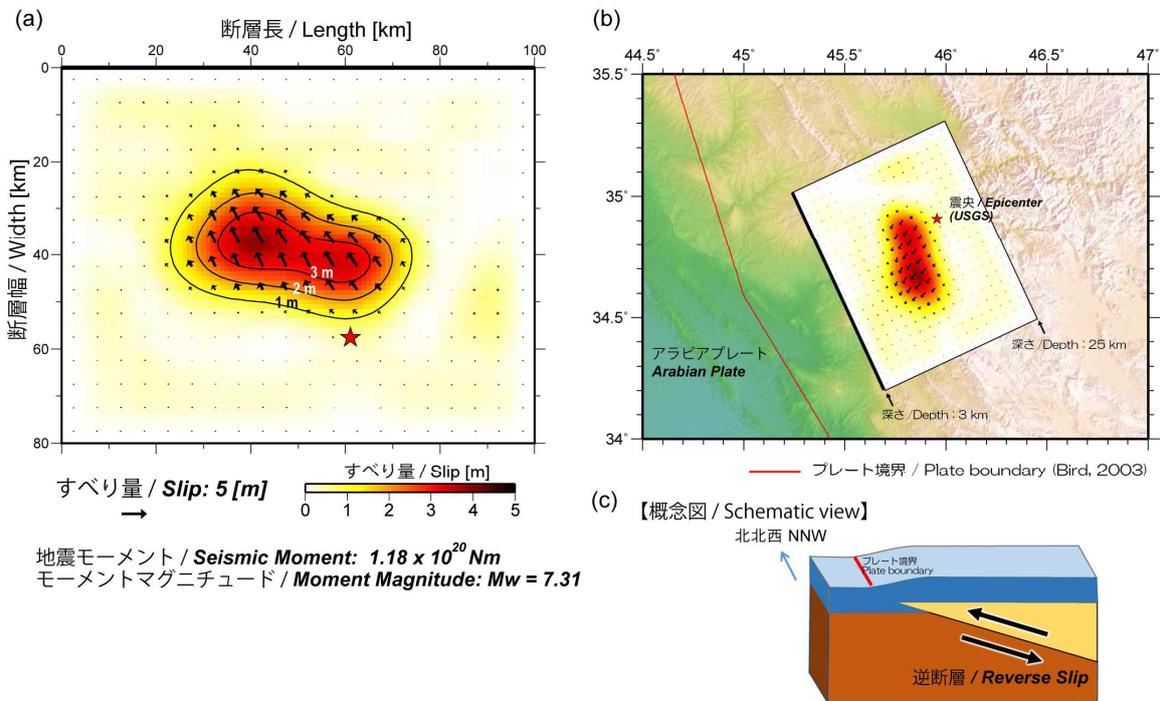


図5 干渉解析結果から推定された震源断層モデル。星印は震源位置。

(2) 台湾の地震 (2018/2/6、Mw6.4)

2018年2月6日(UTC)に台湾の花蓮付近でMw6.4(USGS)の地震が発生した(図6)。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干渉解析及びピクセルオフセット解析を行った。SAR干渉解析結果を図7に示す。米崙断層(Milun Fault)から嶺頂断層(Lingding Fault)北部にかけて約15kmにわたって断層沿いに顕著な地殻変動が見られる。

これらの干渉解析結果とピクセルオフセット解析結果(アジマス方向)を用いて、変位量の3次元成分を推定した(図8)。米崙断層の東側では特に大きな隆起と北東への変位、断層西側南部では沈降が見られる。米崙断層に沿って変位の不連続が見られ、この断層に沿って地表地震断層が現れている可能性がある。

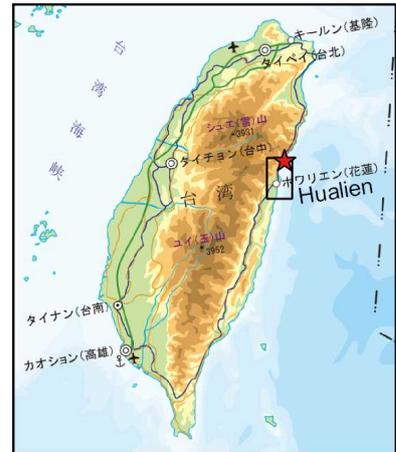
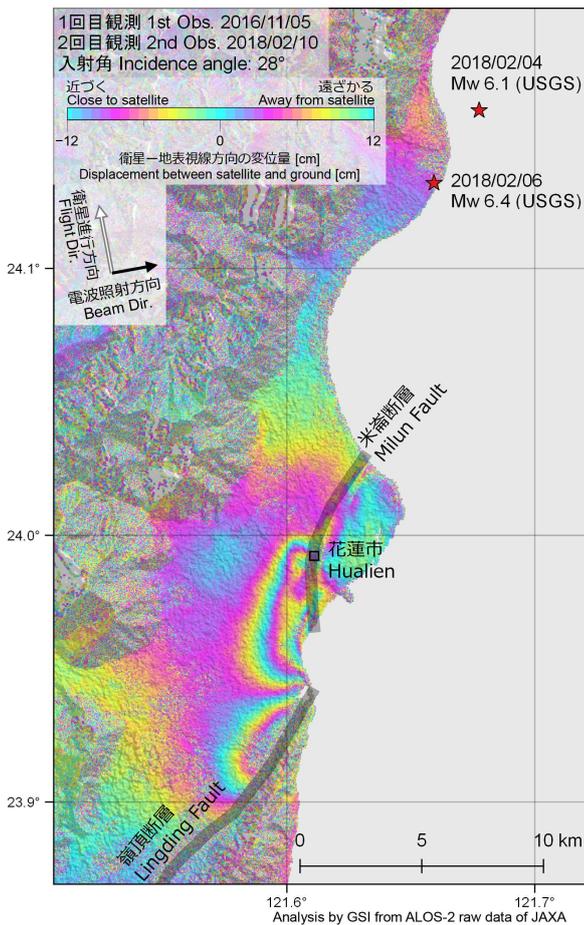


図6 台湾の地震の震央位置(星印)及び解析範囲

(a)



(b)

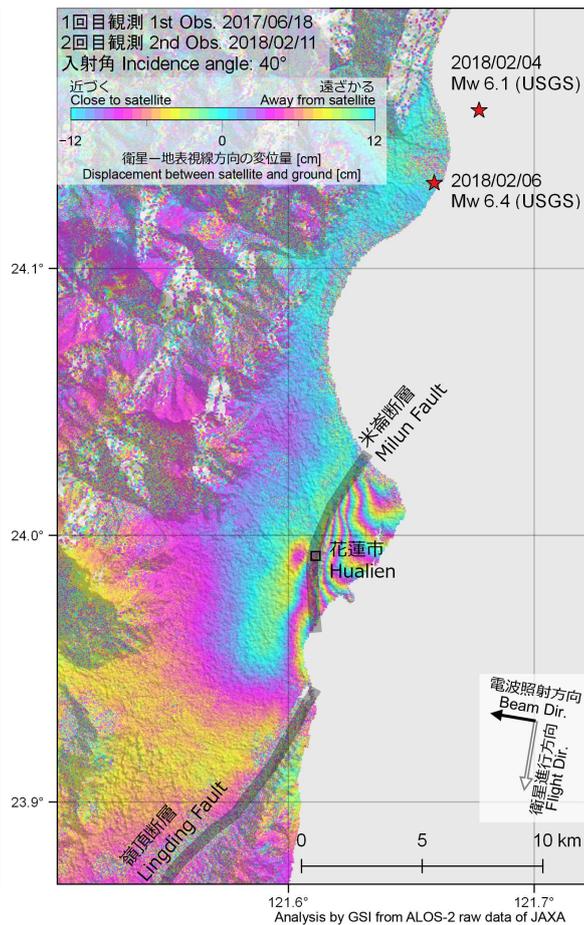


図7 ALOS-2/PALSAR-2 データの SAR 干渉解析により得られた干渉画像。(a)北行右視、(b)南行右視。

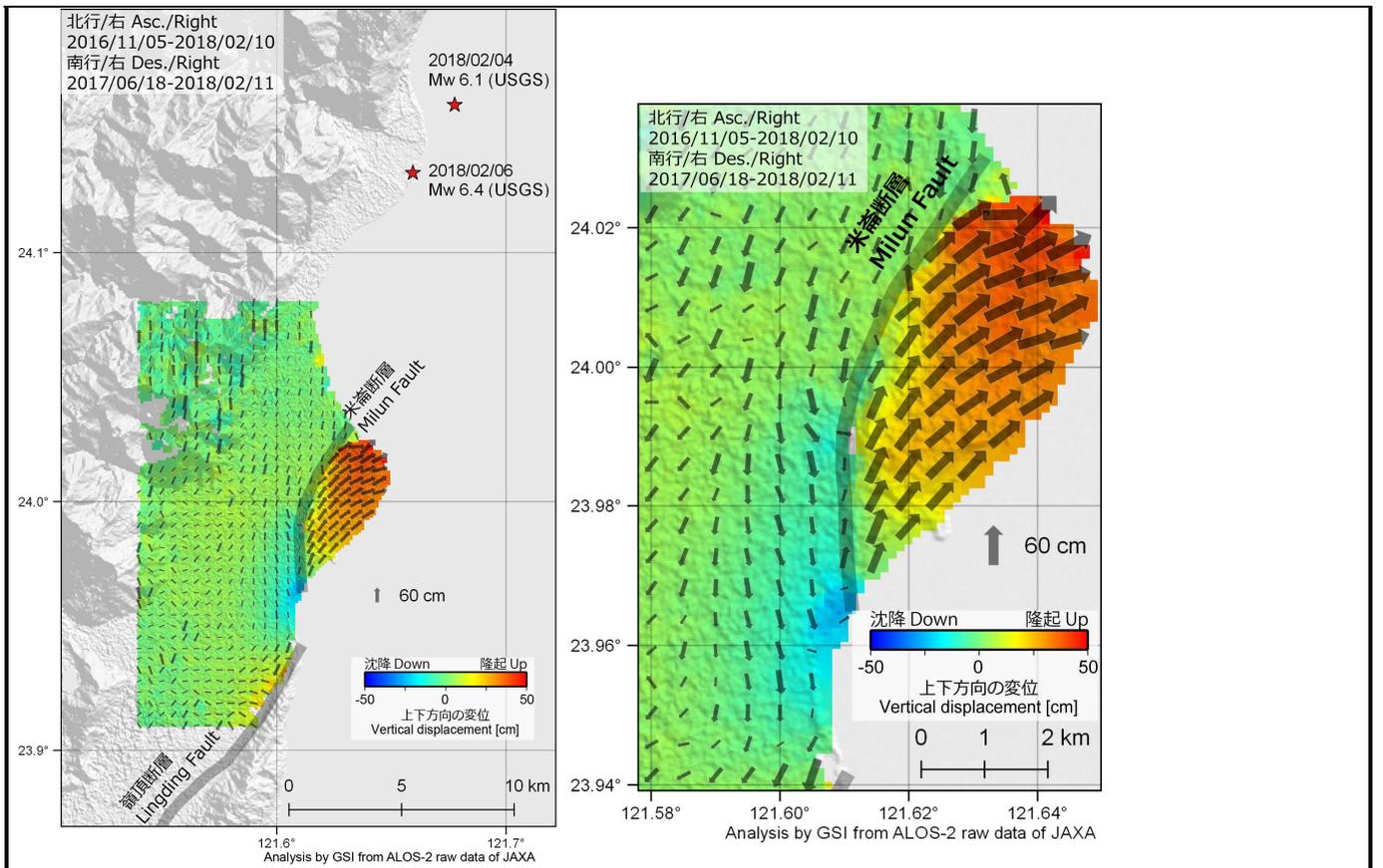


図8 SAR干渉解析結果及びピクセルオフセット解析結果から推定された3次元変動成分。色は上下変動量、矢印は変位方向と変位量を示す。

(3) パプアニューギニアの地震 (2018/2/25、Mw7.5)

2018年2月25日(UTC)にパプアニューギニアでMw7.5(USGS)の地震が発生した(図9)。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10に示す。電離層ノイズと考えられる長空間波長の位相変化が重畳しているが、震央周辺では地震に伴う地殻変動を示す顕著な位相変化が見られ、その範囲は北西-南東方向に約170kmに及んでいる。

北行・南行の観測結果において、同様の領域で衛星に近づく向きの変動が見られることから、鉛直成分は主に隆起と考えられる。震央の東南東約70kmのクチュブ湖(Lake Kutubu)付近で特に変動量が大きく、1m以上隆起したと考えられる。得られた変動の特徴は、地震波から推定されたメカニズム解と調和的である。

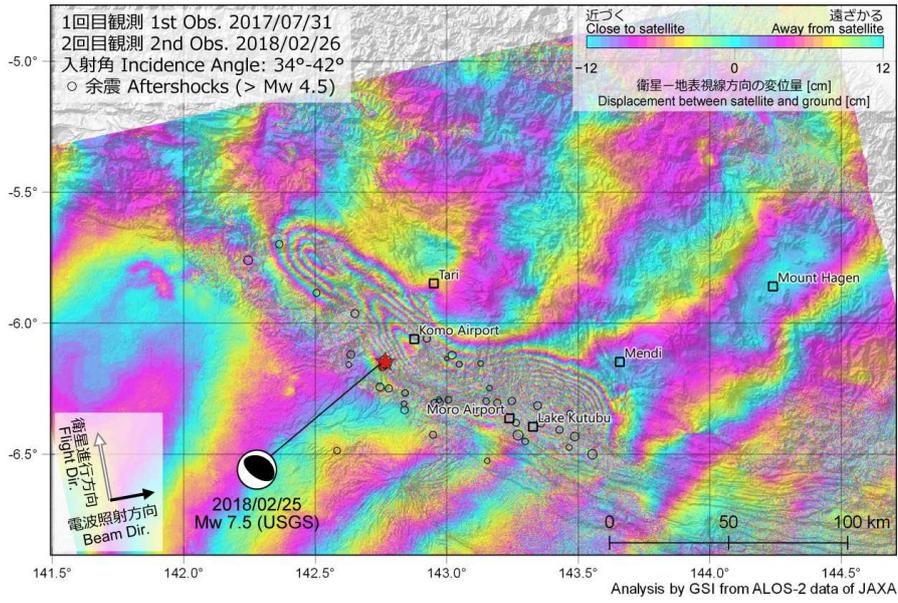
なお、地震の断層運動による変動の他にも、局所的な位相変化が山地斜面で多数見られ、地震の揺れによって誘発された変動である可能性がある。

なお、これらの結果は、迅速な被害状況の把握や復旧に役立てられるよう、パプアニューギニア政府に情報提供を行った。



図9 パプアニューギニアの地震の震央位置及び解析範囲

(a)



(b)

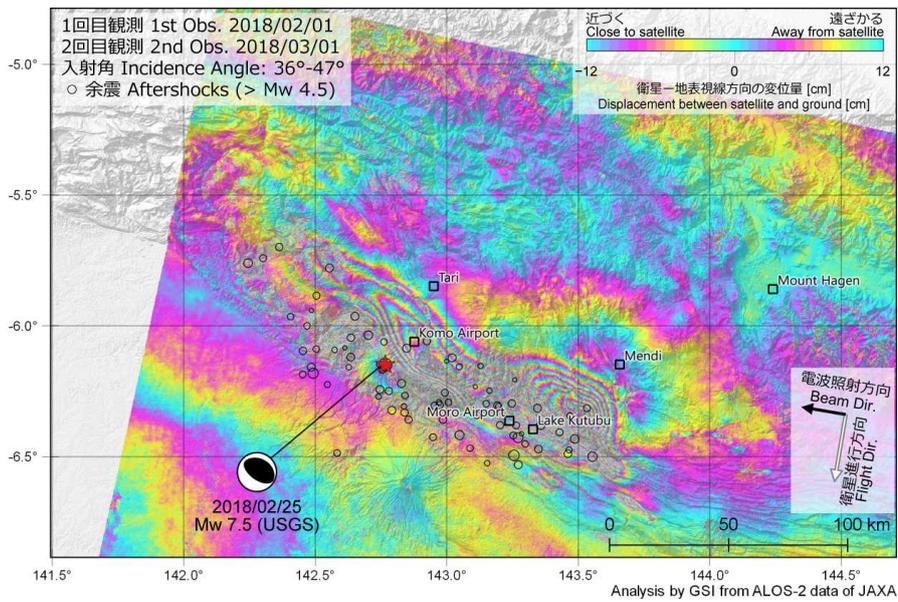


図 10 ALOS-2/PALSAR-2 データの SAR 干渉解析により得られた干渉画像。(a) 北行右視、(b) 南行右視。

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., Y. Morishita, and H. Yarai, SAR-revealed slip partitioning on a bending fault plane for the 2014 Northern Nagano earthquake at the northern Itoigawa-Shizuoka tectonic line, *Tectonophysics*, in press, doi:10.1016/j.tecto.2017.12.001.
- ・ Morishita, Y., T. Kobayashi, S. Fujiwara, and H. Yarai (2017), Complex crustal deformation of the 2016 Kaikoura, New Zealand, earthquake revealed by ALOS - 2, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 107(6), 2676-2686, doi:10.1785/0120170143.
- ・ Fujiwara, S., Y. Morishita, T. Nakano, T. Kobayashi, and H. Yarai (2017), Non-tectonic liquefaction-induced large surface displacements in the Aso Valley, Japan, caused by the 2016 Kumamoto earthquake, revealed by ALOS-2 SAR, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 474, 457-465, doi:10.1016/j.epsl.2017.07.001.
- ・ 小林知勝 (2017), だいち 2 号が捉えた熊本地震の地殻変動, 土木学会地震工学委員会・2016 年熊本地震被害調査報告書, 2.3 節.
- ・ Kobayashi, T., H. Yarai, Y. Morishita, S. Kawamoto, S. Fujiwara and T. Nakano (2017), Detailed ground surface displacement and fault ruptures of the 2016 Kumamoto Earthquake Sequence revealed by SAR and GNSS data, in *Proc. 11th UJNR 2016, California*, 31-32, doi:10.3133/ofr20171133.
- ・ Fujiwara, S., H. Yarai, T. Kobayashi, Y. Morishita, T. Nakano, B. Miyahara, H. Nakai, Y. Miura, H. Ueshiba, Y. Kakiage and H. Une, Small (2017) Small displacement surface linear ruptures of the 2016 Kumamoto Earthquake Sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry, in *Proc. 11th UJNR 2016, California*, 33-34, doi:10.3133/ofr20171133.
- ・ Kobayashi, T. (2017), Earthquake Rupture Properties of the 2016 Kumamoto Earthquake Foreshocks (Mj 6.5 and Mj 6.4) Revealed by Conventional and Multiple-aperture InSAR, in *Proc. 11th UJNR 2016, California*, 131-132, doi:10.3133/ofr20171133.
- ・ Kobayashi, T., Y. Morishita, H. Yarai, and S. Fujiwara (2018), InSAR-derived Crustal Deformation and Reverse Fault Motion of the 2017 Iran-Iraq Earthquake in the Northwest of the Zagros Orogenic Belt, *Bull. Geospatial Info. Auth.*, 66.
<http://www.gsi.go.jp/common/000197807.pdf>

○学会発表

- ・ 小林知勝(2017), Normal-faulting earthquakes in the northern area of Ibaraki Prefecture in 2011 and 2016 - Duplicate events detected by InSAR observations -, JpGU-AGU Joint Meeting 2017.
- ・ 森下遊*, 小林知勝, 矢来博司, 藤原智, 中埜貴元, 三浦優司, 上芝晴香, 攪上泰亮, 本田昌樹, 仲井博之, 宮原伐折羅, 宇根寛(2017), Crustal Deformation Caused by Large Earthquakes in Japan, Italy and New Zealand in 2016 Observed by ALOS-2, *Fringe 2017*.
- ・ 小林知勝*, 水藤尚, 矢来博司, 森下遊, 中埜貴元, 藤原智 (2017), ALOS-2 SAR データで捉えた 2016 年熊本地震の地殻変動と断層破壊の詳細, 京都大学防災研究所 平成 29 年度一般研究集会「リモートセンシング技術の進展と活断層・内陸地震研究」.
- ・ 藤原智*, 宇根寛, 矢来博司, 小林知勝, 森下遊, 中埜貴元 (2017), ALOS-2 の SAR で見つかった平成 28 年熊本地震による地表断層群と阿蘇谷での大きな変動, 京都大学防災研究所 平成 29 年度一般研究集会「リモートセンシング技術の進展と活断層・内陸地震研究」.

- ・ 矢来博司*, 森下遊, 小林知勝, 藤原智 (2017), ALOS-2 が捉えた 2016 年 Kaikoura 地震に伴う地殻変動, 京都大学防災研究所 平成 29 年度一般研究集会「リモートセンシング技術の進展と活断層・内陸地震研究」.
- ・ Crustal deformation of the 2016 Kaikoura earthquake, New Zealand, revealed by ALOS-2 (ALOS-2 によって明らかになった 2016 年ニュージーランド・カイクラ地震の地殻変動) : 森下遊*, 小林知勝, 藤原智, 矢来博司
- ・ Crustal deformation of the 2016 Kumamoto earthquake sequence (3) - Small displacement linear surface ruptures detected by ALOS-2 SAR - (2016 年熊本地震の地殻変動 (3) - だいち 2 号 SAR による小変位の地表断層群の抽出-) : 藤原智*, 矢来博司, 小林知勝, 森下遊, 中埜貴元, 宮原伐折羅 (測地部), 仲井博之 (測地部), 三浦優司 (測地部), 上芝晴香 (測地部), 攪上泰亮 (測地部), 宇根寛
- ・ Crustal deformation of the 2016 Kumamoto earthquake sequence (1) - Foreshocks - (2016 年熊本地震の地殻変動 (1) - 前震-) : 小林知勝*, 川元智司 (測地観測センター), 檜山洋平 (測地観測センター)
- ・ Detailed crustal deformation and fault ruptures of the 2016 Kumamoto Earthquake revealed by ALOS-2 SAR data (ALOS-2 SAR データで捉えた 2016 年熊本地震の地殻変動と断層破壊の詳細) : 小林知勝*, 矢来博司, 森下遊, 川元智司 (観測センター), 藤原智, 中埜貴元)
- ・ Normal-faulting earthquakes in the northern area of Ibaraki Prefecture, Japan in 2011 and 2016 - Duplicate events detected by InSAR observations -(2011 年と 2016 年に茨城県北部で発生した正断層型の地震について - InSAR 観測により捉えられた瓜二つの地震-) : 小林知勝
- ・ Crustal deformation of the 2016 Kumamoto earthquake sequence (1) - Mainshocks - (2016 年熊本地震の地殻変動 (1) - 本震-) : 矢来博司*, 小林知勝, 森下遊, 藤原智, 川元智司, 檜山洋平
- ・ Crustal deformation and a fault model of the 2016 central Tottori prefecture earthquake (2016 年鳥取県中部の地震の地殻変動と震源断層モデル) : 矢来博司*, 小林知勝, 森下遊, 檜山洋平, 三浦優司

IAG-IASPEI 2017 年大会

- ・ 2014 年長野県北部の地震の複雑な地殻変動と断層滑り : 小林知勝*, 森下遊, 矢来博司
- ・ 2016 年熊本地震に伴う地表断層群及び阿蘇谷での水平変位の成因は何か? : 藤原智*, 森下遊, 中埜貴元, 小林知勝, 矢来博司, 山中雅之, 宇根寛

日本測地学会第 128 回講演会

- ・ 藤原智*, 森下遊, 中埜貴元, 小林知勝, 矢来博司, 山中雅之 (2017), 2016 年熊本地震に伴う阿蘇谷での水平変位及び地表断層群の成因は何か?, 日本地震学会 2017 年度秋季大会.
- ・ 小林知勝 (2017), 2011 年と 2016 年に茨城県北部において再来期間 6 年で発生した正断層型の地震について, 日本地震学会 2017 年度秋季大会.
- ・ 小林知勝*, 森下遊, 矢来博司 (2017), 2014 年長野県北部の地震の複雑な地殻変動と断層滑り, 日本地震学会 2017 年度秋季大会.
- ・ 小林知勝*, 森下遊, 矢来博司 (2018), SAR-revealed slip partitioning on a bending fault plane for the 2014 Northern Nagano earthquake, Joint PI Workshop of Global Observation Mission FY2017.
- ・ 宇根寛*・中埜貴元・藤原智 (2018), 熊本地震の「お付き合い断層」が提起した「地震断層」の多様性, 日本活断層学会 2017 年度秋季学術大会.
- ・ 森下遊(2018), COSEISMIC SURFACE DEFORMATIONS OF GLOBAL LARGE EARTHQUAKES IN 2014-2016 DETECTED BY ALOS-2 INSAR, IGARSS2018.

○地震予知連絡会

- ・ 国土地理院, 2017, 2017 年 11 月イラン・イラクの地震に関する SAR 干渉解析結果, 第 217 回地震予知連絡会資料.
- ・ 国土地理院, 2018, 2018 年 2 月台湾・花蓮の地震に関する SAR 解析結果, 第 218 回地震予知連絡会資料.

○Web

- ・ 国土地理院, 2017, 2017 年 11 月 12 日イラン・イラク国境付近の地震に伴う地殻変動, <http://www.gsi.go.jp/cais/topic171115-index.html> (accessed 16 Mar. 2018).
- ・ 国土地理院, 2018, 2018 年 2 月 6 日台湾・花蓮の地震に伴う地殻変動, <http://www.gsi.go.jp/cais/topic180209-index.html> (accessed 16 Mar. 2018).
- ・ 国土地理院, 2018, 2018 年 2 月 25 日パプアニューギニアの地震に伴う地殻変動, <http://www.gsi.go.jp/cais/topic171115-index.html> (accessed 16 Mar. 2018).

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。

また、これまでに国内外で発生した地震に関して、ALOS/PALSAR のアーカイブデータ等を利用して SAR 干渉解析を行い、震源断層のモデル化を通してその発生メカニズムを調べる。

地殻変動が大きく地震発生が危惧される地域（新潟県内ひずみ集中帯、御前崎地区など）や、地震後の余効変動が見られる地域について、干渉 SAR 時系列解析等により、地殻変動の時空間変化の把握を試みる。

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：
特になし。

代表研究者 氏名（所属機関）：小澤 拓（防災科学技術研究所）

支援研究者 氏名（所属機関）：宮城 洋介（防災科学技術研究所）

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：

平成 29 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：

火山近傍で大規模地震が発生し、緊急観測が実施された場合には、そのデータから地殻変動の検出を行う。

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

代表研究者 氏名(所属機関) : 尾崎 友亮(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) 山内 崇彦(気象庁) 田中 美穂(気象庁) 棚田 理絵(気象庁) 甲斐 玲子(気象庁) 坂井 孝行(気象庁) 木村 一洋(気象庁) 影山 勇雄(気象庁) 中橋 正樹(気象庁)

課題名称 : 地殻変動の詳細把握

今年度の成果概要 :

海外で発生した地震について、地震 WG 経由で提供された緊急観測データ(PALSAR-2)などを用いて、干渉 SAR 解析、2.5 次元解析を行い地震に伴う地殻変動を検出した。また、フォワード計算による断層モデル推定、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イベントの解析結果を示す。

・2017年3月29日カムチャツカ東部沿岸付近(M6.6、深さ17km(USGSによる))

北行軌道(図1(a))、南行軌道(図1(b))のどちらの軌道からも震央付近で衛星視線方向の短縮の位相変化が観測された。

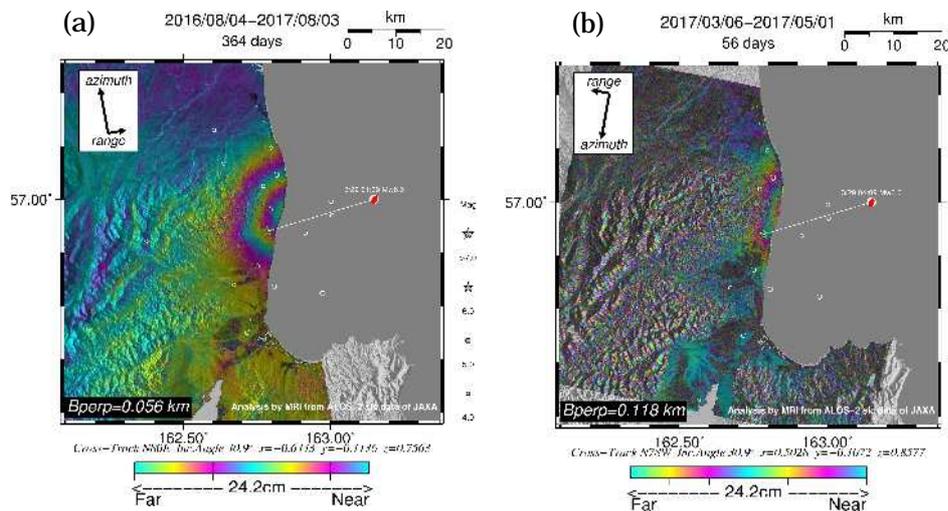


図1. 2017年3月29日カムチャツカ東部沿岸付近の地震の干渉画像。(a)北行軌道、(b)南行軌道。震央分布はUSGS(暫定値)、震源球はGlobalCMT解を使用した。

・2017年4月5日イラン北部で発生した地震(M6.1、深さ13km(USGSによる))

震央付近でどちらの軌道からも衛星視線方向短縮の位相変化が検出された(図2-1)。

2.5次元解析では、震央付近で東向き隆起、南西側で西向き沈降の地殻変動を得た(図2-2)。

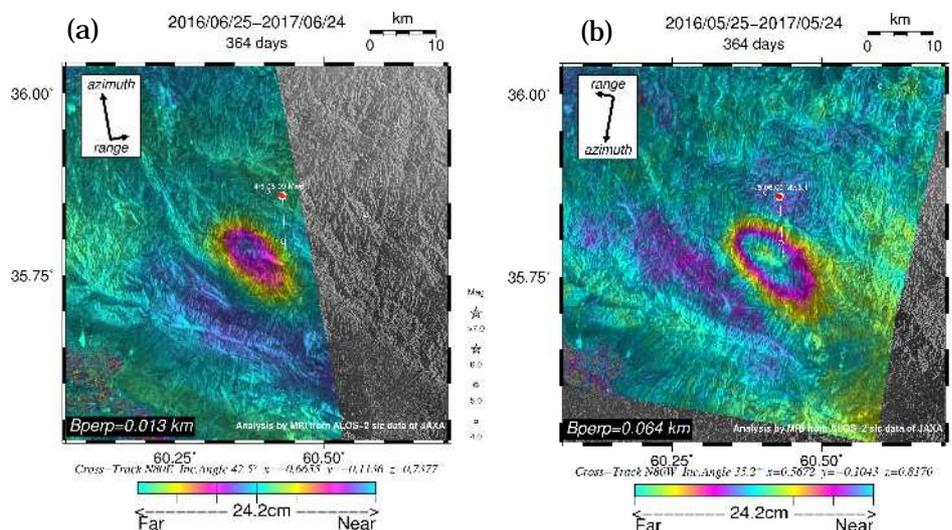


図2-1. 2017年4月5日イランで発生した地震の干渉画像。(a)北行軌道、(b)南行軌道。震央分布はUSGS(暫定値)、震源球はGlobalCMT解を使用した。

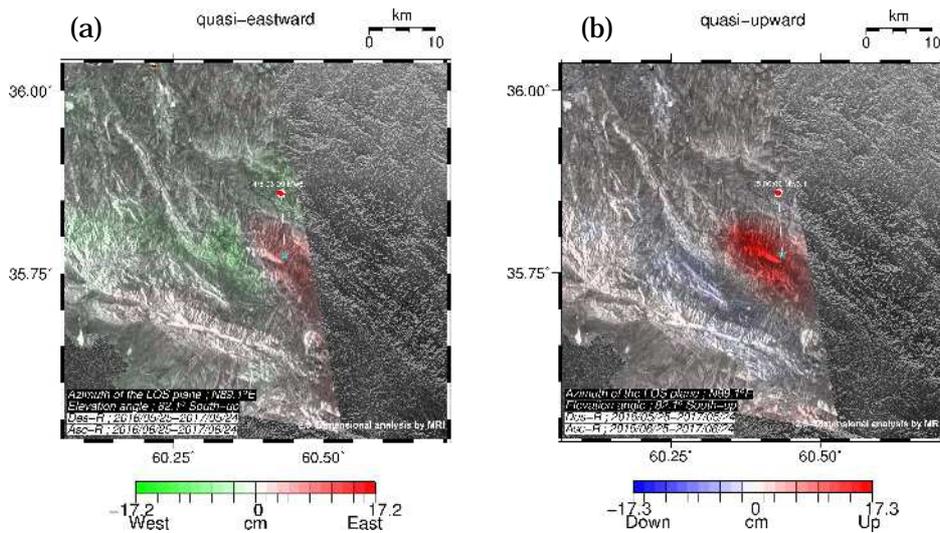


図 2-2. 2017 年 4 月 5 日イランで発生した地震の 2.5 次元解析. (a)準東西成分, (b)準上下成分.

・2017年5月1日アラスカ南東部で発生した地震(M6.2、深さ10km および M6.3、深さ2.5km(USGS による))
震央付近で衛星視線方向短縮(共に1サイクル程度)、南行軌道では、震央の東西で伸長の位相変化が検出された(図3-1)。2.5次元解析では、震央付近で隆起、震央の北側で西向き、震央の東西で沈降の地殻変動を得た(図3-2)。

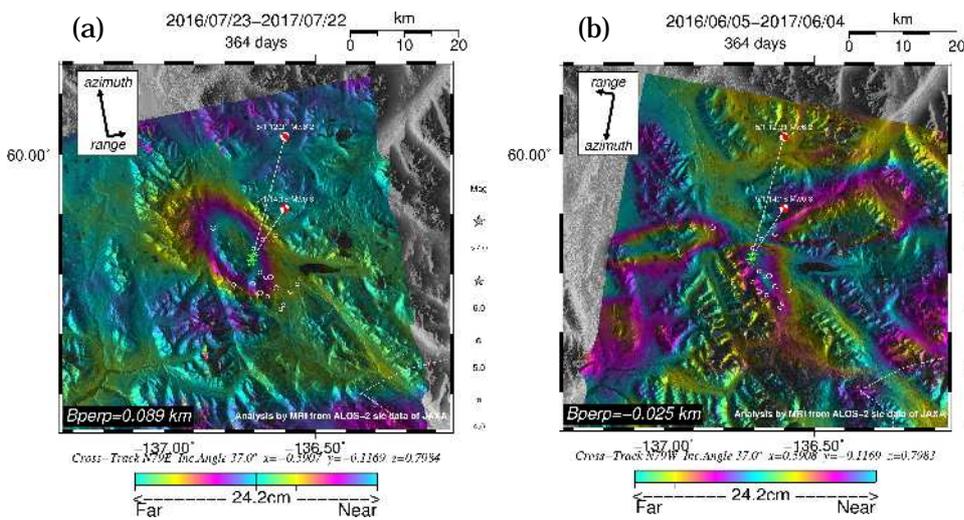


図 3-1. 2017 年 5 月 1 日アラスカ南東部で発生した地震の干渉画像. (a)北行軌道, (b)南行軌道. 震央は USGS (暫定値), 震源球は GlobalCMT 解を使用した. 破線は州境を表す.

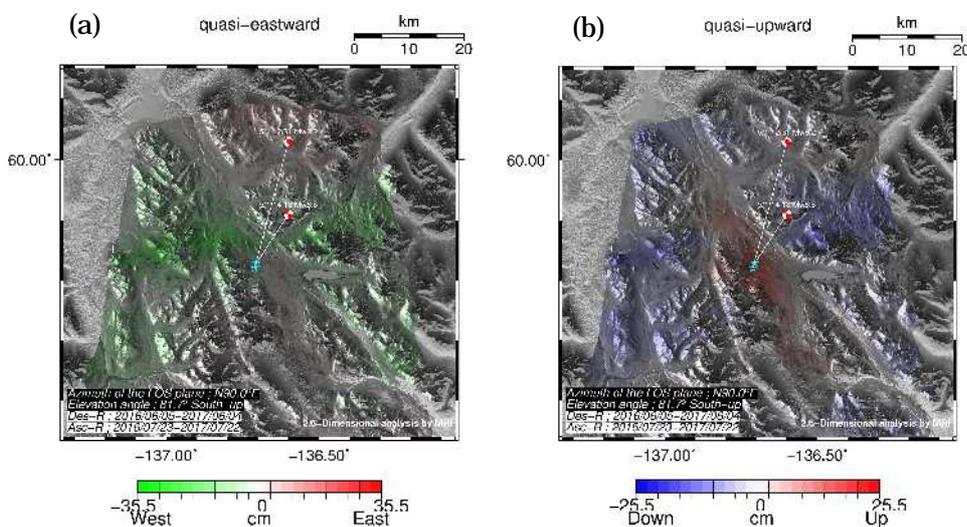


図 3-2. 2017 年 5 月 1 日アラスカ南東部で発生した地震の 2.5 次元解析. (a)準東西成分, (b)準上下成分. 震央は USGS (暫定値), 震源球は GlobalCMT 解を使用した.

・2017年7月6日フィリピン諸島 レイテ島で発生した地震 (M6.5、深さ 9km(USGS による))

震央からセントロイド位置の間で、位相逆転が生じており(図 4-1)、フィリピン断層上(北西-南東走向)がずれたことを示している。南行軌道右観測の解析結果(図 4-1(b))で明らかな位相ギャップが見られる場所を断層上端とした3枚の矩形断層を仮定し、フォワード計算により断層モデルを推定した(図 4-2)。大局的には観測された干渉縞を説明できており、左横ずれ断層運動に伴い地殻変動が生じたといえる。

2.5次元解析(図 4-3)では、図 4-1(a)の解像度が悪いいため不十分ではあるものの、断層近傍では鉛直方向よりも水平方向の変動量が大きく、左横ずれ断層を支持する結果が得られた。

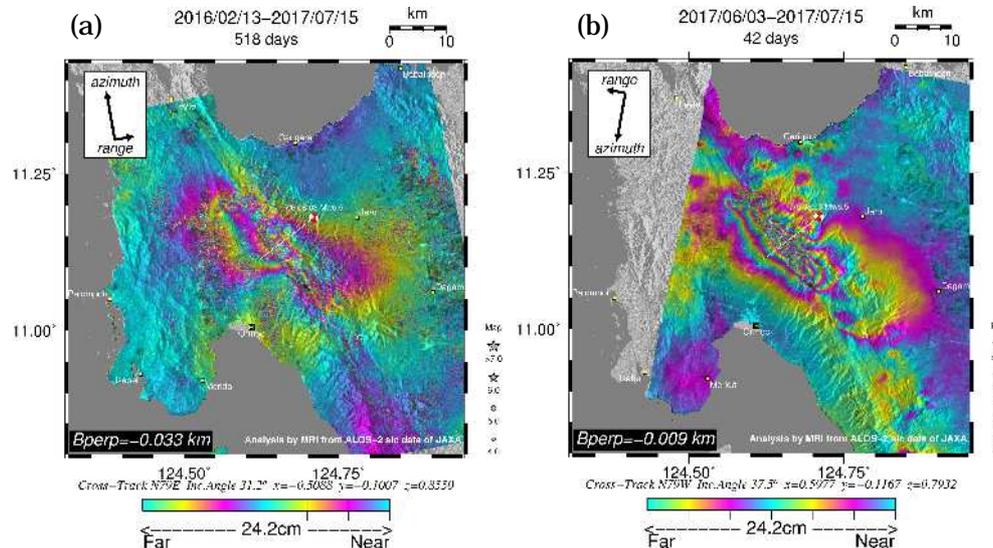


図 4-1. 2017年7月6日
フィリピン諸島 レイテ島で発生
した地震の干渉画像。(a)北行
軌道、(b)南行軌道。
震央は USGS (暫定値)、震源
球は GlobalCMT 解を使用し
た。

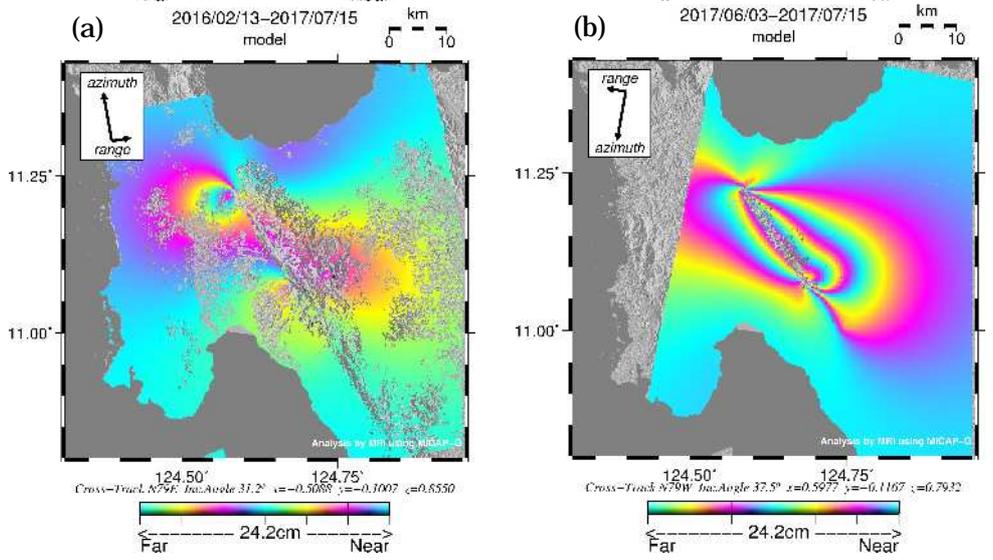


図 4-2. 2017年7月6日
フィリピン諸島 レイテ島で発生
した地震のフォワード計算によ
り推定した断層モデルによる干
渉画像。(a)北行軌道、(b)南行
軌道。

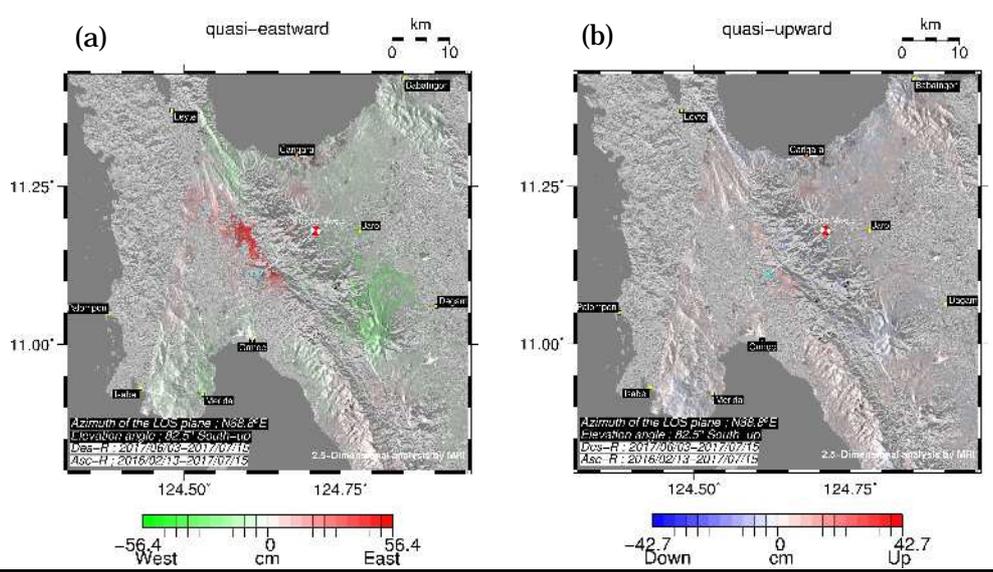


図 4-3. 2017年7月6日
フィリピン諸島 レイテ島で発生
した地震の 2.5 次元解析。(a)準
東西成分、(b)準上下成分。
震央は USGS (暫定値)、震源球
は GlobalCMT 解を使用した。

・2017年7月21日ドデカネーゼ諸島で発生した地震(M6.6、深さ7km(USGSによる))

震央の北東方向で衛星視線方向伸長の位相変化が検出された(図5)。

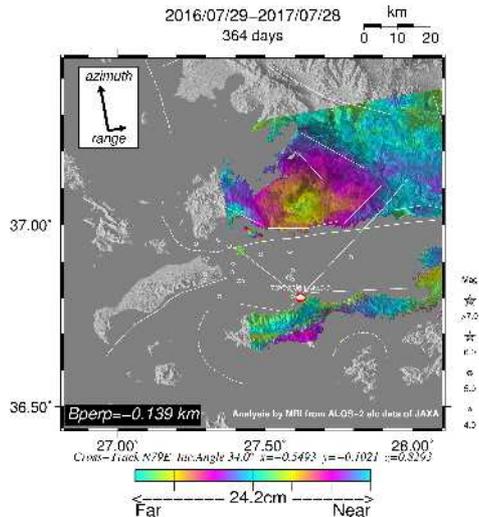


図5. 2017年7月21日ドデカネーゼ諸島で発生した地震の干渉画像。
震央分布はUSGS(暫定値), 震源球はGlobalCMT解を使用した。白破線は国境、白実線は活断層を示す。

・2017年8月8日中国 カンスー(甘肅)省で発生した地震(M6.5、深さ9km(USGSによる))

観測範囲の境界付近のため不明瞭であるが、震央の北側で東向き、南側で西向きの右横ずれ断層を示唆する位相変化が検出された(図6)。

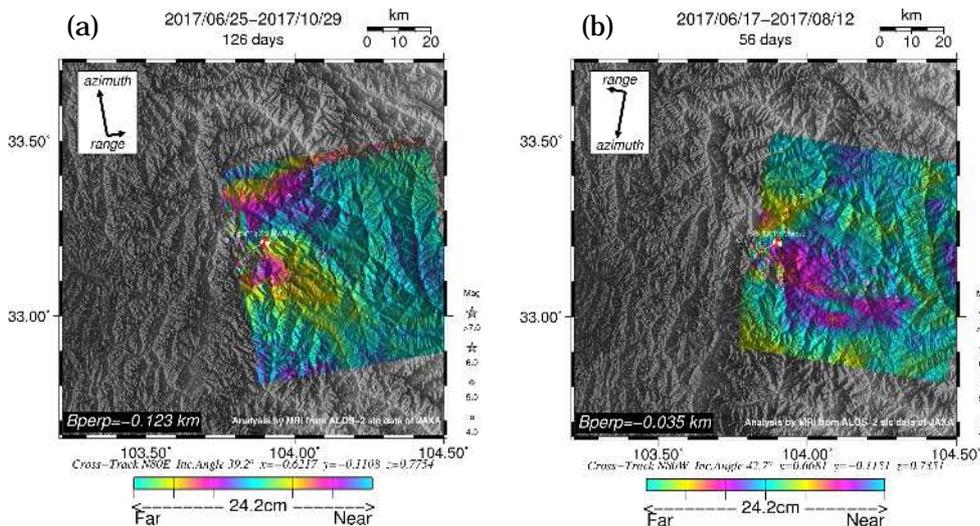


図6. 2017年8月8日中国カンスー(甘肅)省で発生した地震の干渉画像。
(a)北行軌道, (b)南行軌道。
震央分布はUSGS(暫定値), 震源球はGlobalCMT解を使用した。

・2017年8月9日中国 シンチャン北部で発生した地震(M6.3、深さ20km(USGSによる))

北行軌道から震源球の南西側で衛星視線方向短縮(約6cm)(図7(a))、南行軌道から震央付近で衛星視線方向短縮(約3cm)の位相変化が検出された(図7(b))。

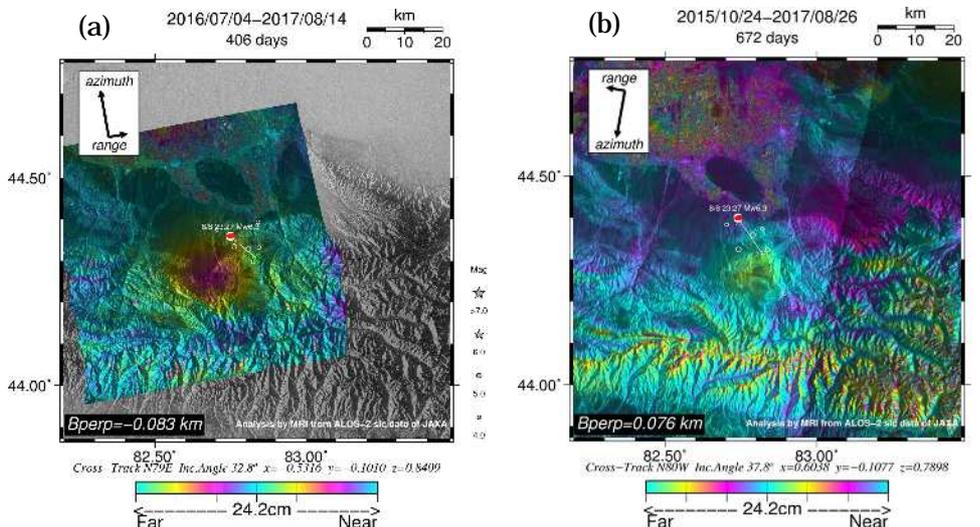


図7. 2017年8月9日中国シンチャン北部で発生した地震の干渉画像。(a)北行軌道, (b)南行軌道。
震央分布はUSGS(暫定値), 震源球はGlobalCMT解を使用した。

・2017年9月20日メキシコ中部で発生した地震(M7.1、深さ51km(USGSによる))

震央の南側で衛星視線方向伸長の位相変化が検出された(図8)。

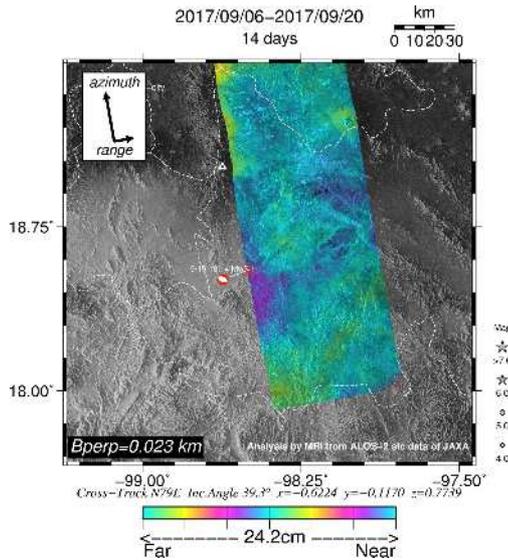


図8. 2017年9月20日メキシコ中部の地震の干渉画像. 震央分布はUSGS(暫定値), 震源球はGlobalCMT解を使用した. 白破線は国境を示す.

・2017年11月13日にイラン/イラク国境で発生した地震(M7.3、深さ19km(USGSによる))

震央からセントロイド中心付近を境に位相変化が検出された(図9-1、A:7サイクル短縮、B:1サイクル短縮、C:3サイクル短縮、D:3サイクル伸長)。

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9-2)は、概ね干渉画像(図9-1)と整合的な結果が得られた。2.5次元解析(図9-3)から、セントロイド中心の南西側で西向きに最大60cm程度、90cm以上の隆起、震央付近では、30cm程度の西向き及び沈降の変動が検出された。

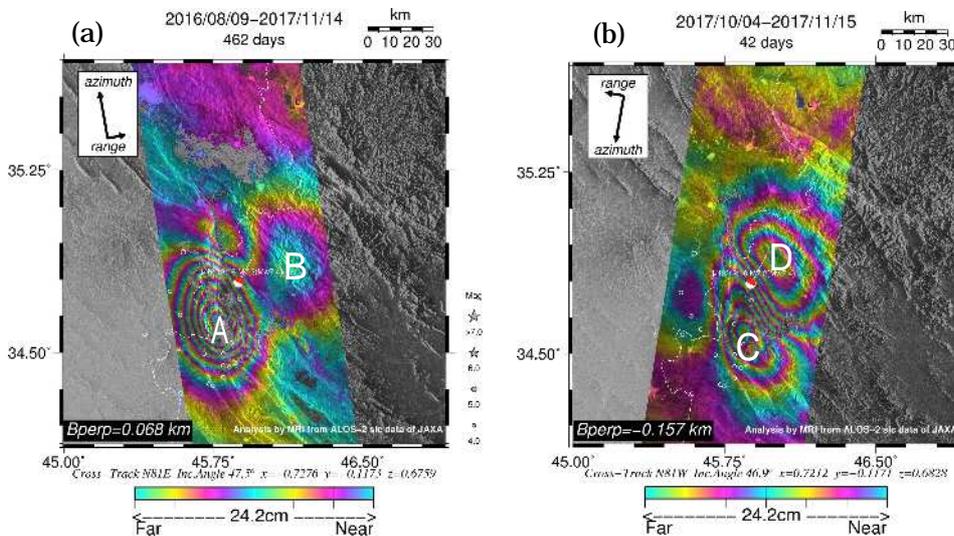


図9-1. 2017年11月13日にイラン/イラク国境で発生した地震の干渉画像. (a)北行軌道, (b)南行軌道. 震央分布はUSGS(暫定値), 震源球はGlobalCMT解を使用した. 白破線は国境を示す.

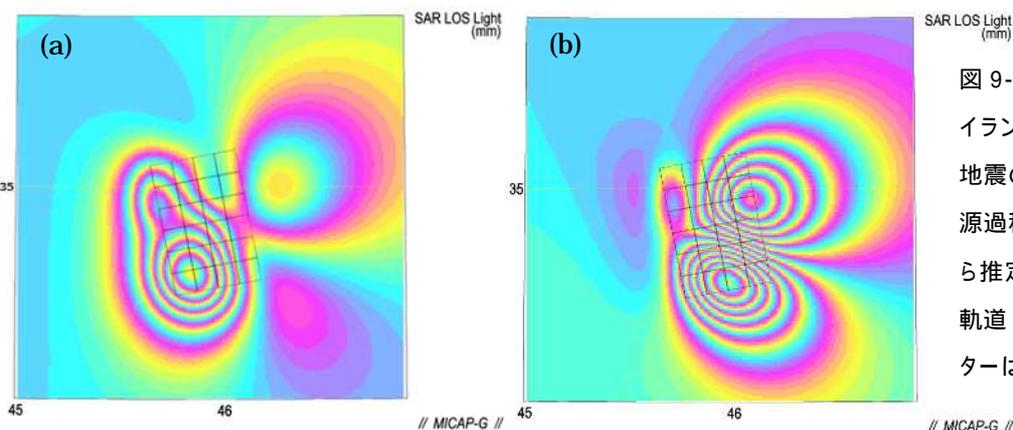


図9-2. 2017年11月13日にイラン/イラク国境で発生した地震の遠地実体波を用いた震源過程解析による地殻変動から推定した干渉画像. (a)北行軌道, (b)南行軌道. カラーコンターは図9-1と同じ.

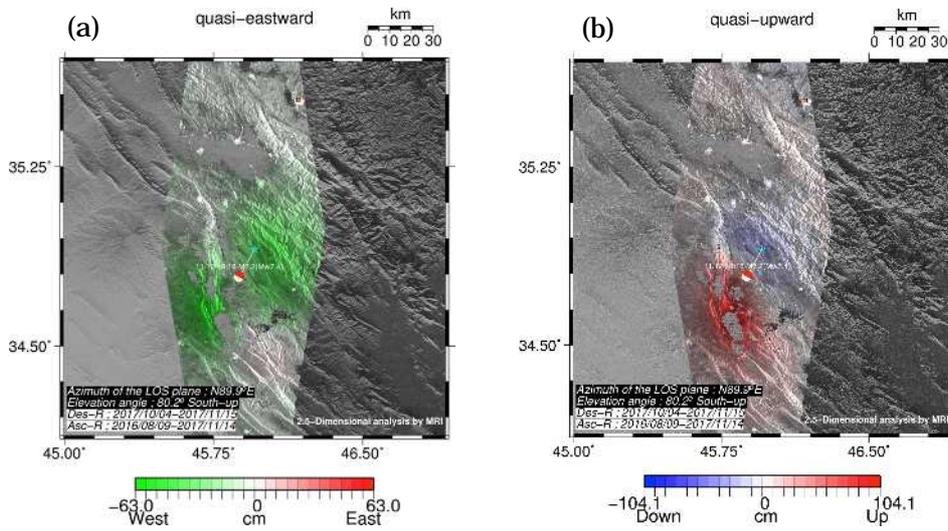


図 9-3. 2017 年 11 月 13 日にイラン/イラク国境で発生した地震の 2.5 次元解析。(a)準東西成分, (b)準上下成分。

・2018 年 2 月 6 日台湾付近で発生した地震(M6.4, 深さ 17km(USGS による))

震央ではなく、セントロイド中心位置付近に位相変化が検出された(図 10-1)。

図 10-1 の拡大図を図 10-2 に示す。図 10-2(a), A および C で短縮位相, B で伸長位相変化(衛星視線方向)。図 10-2(b), D で伸長位相, E および F で短縮位相変化(衛星視線方向)が検出された。

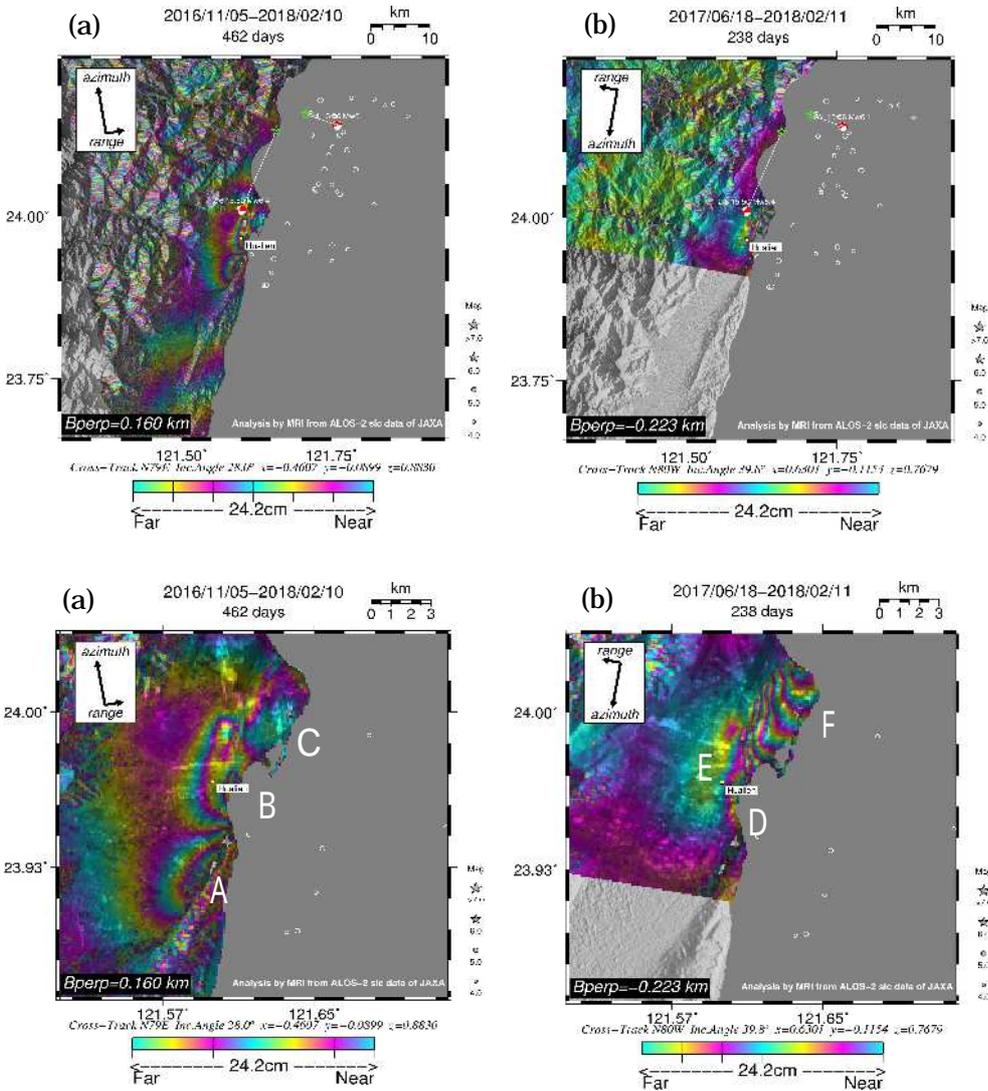


図 10-1. 2018 年 2 月 6 日台湾付近で発生した地震の干渉画像。(a)北行軌道, (b)南行軌道。

震央分布は USGS (暫定値), 震源球は GlobalCMT 解を使用した。

図 10-2. 2018 年 2 月 6 日台湾付近で発生した地震の干渉画像の拡大図。(a)北行軌道, (b)南行軌道。

・2018年2月26日パプアニューギニア、ニューギニアで発生した地震(M7.5、深さ 23.4km(USGS による))

震央からセントロイド位置を中心に 180km × 50km 程度の範囲で地殻変動が検出された(図 11)。

どちらの軌道からも衛星視線方向短縮の位相変化が検出されており、主に隆起の地殻変動が生じたと考えられる。特に南行軌道(図 11(b))の A 領域では、約 1m 短縮の位相変化が検出された。

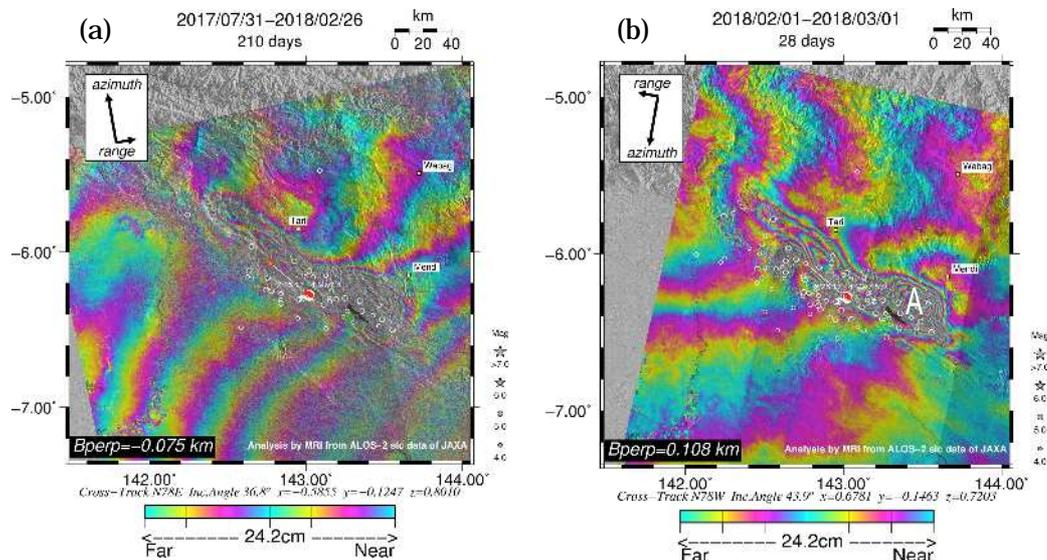


図 11. 2018年2月26日パプアニューギニア、ニューギニアで発生した地震の干渉画像。

(a)北行軌道, (b)南行軌道. 震央分布は USGS (暫定値), 震源球は GlobalCMT 解を使用した。

謝辞：

一部のデータは、PIXEL で共有されているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により 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。また、処理の過程や結果の描画においては、SRTM Ver4.1 の数値地図を元にした DEHM を使用した。図の作成には GMT を使用した。ここに記して御礼申し上げます。

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, 2017, ALOS-2/PALSAR-2 で検出された 2016 年にイタリアで発生した地震の地殻変動, 日本地球惑星科学連合大会。

・安藤 忍, 奥山 哲, 2017, InSAR 解析によるフィリピンレイテ島で発生した M6.5 地震に伴う地殻変動, 日本測地学会第 128 回講演会。

来年度以降の課題・計画：

南海トラフ周辺地域の長期的な地殻変動把握を継続的に行う。また、規模が大きな地震の全体像解明を随時実施する。

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：

解析技術など研修制度の支援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 :

平成 29 年度には, 前年度に引き続き京阪神地方の地盤変動を追跡するために ALOS-2 の新規観測データを収集し解析したほか, 7 月 6 日のフィリピン・レイテ島の地震(Mw6.5), 2018 年 2 月 6 日の台湾・花蓮の地震による地殻変動の解析, さらには熊本地震の余効変動の解析等を行った. 以下に, 結果の概略を示す.

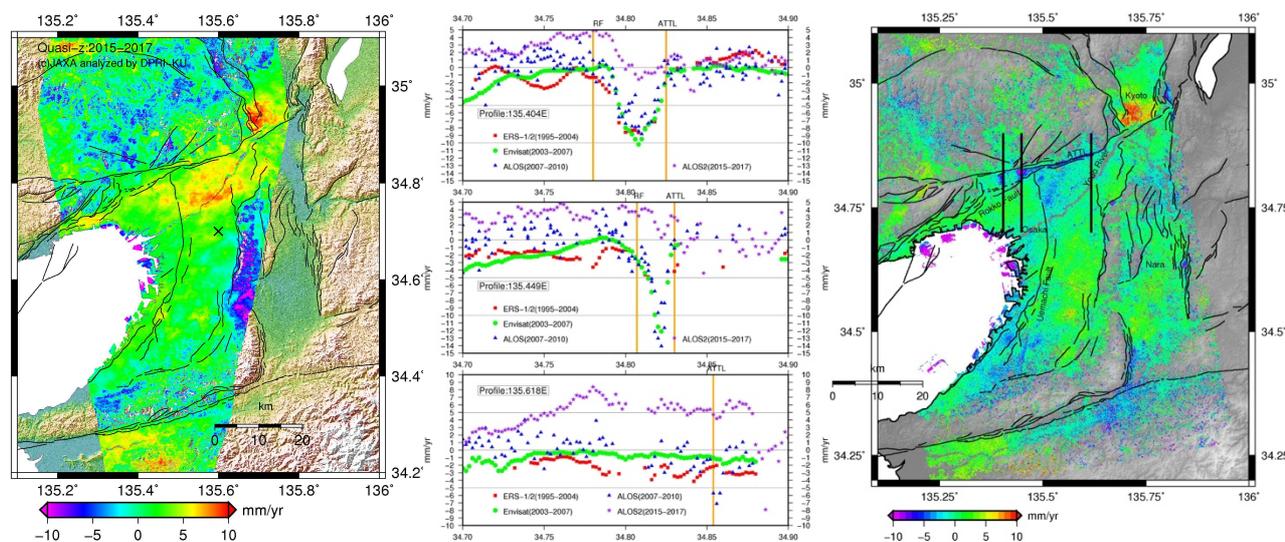


図 1 (左) ALOS-2 の 2014 年から 2017 年半ばまでの干渉画像から作成した疑似上下変位速度. 負の値は沈降を示す. 黒実線は活断層の地表トレース. (中) (右図) 中の直線に沿った疑似上下変位速度分布. 赤が ERS-1/2, 緑が Envisat, 青が ALOS-1, 紫が ALOS-2 のデータ. 黄色実線は, 活断層地表トレースの位置を示す. 上から伊丹市・西宮市付近, 豊中市付近, 高槻市付近を通るプロファイル. (右) ALOS-1 の PS-InSAR 解析結果. 南行および北行軌道のデータから, 疑似上下変位速度に変換したもの. 太実線が (中) のプロファイルを取った測線の位置. 負の値は視線距離伸長を示す.

1) 京阪神地方の地盤変動

昨年度に引き続き, 京阪神地方の地盤変動の検出を行った. 2017 年に取得された ALOS-2 画像を解析し, 2010 年までに検出された有馬・高槻構造線断層帯や京都盆地南部の隆起 (図 1 (右)) が継続しているかどうかを中心に調べた. 南行のパス 20 フレーム 2920 (入射角 42.9°, 2014 年 10 月 5 日から 2017 年 7 月 23 日までの 9 画像), パス 21 フレーム 2910-2920 (入射角 32.4°, 2015 年 3 月 27 日から 2017 年 8 月 11 日までの 12 画像) と北行のパス 127 フレーム 680-690 (入射角 32.4°, 2014 年 8 月 13 日から 2017 年 5 月 17 日までの 7 画像) を干渉解析し, スタッキングした後, 2.5 次元解析を行って疑似上下変動を得た. ただし, 特に北行軌道の干渉画像には電離層擾乱の影響が大きい画像が含まれており, 擾乱の小さいもののみをスタッキングに用いた. 図 1 (左) に南行パス 21 と北行パス 127 から合成した疑似上下変位速度を示す. 元の画像の対流圏補正が不十分なところがあるため, 一部対流圏擾乱の影響と考えられる変動が見える (生駒山地や, 大阪平野北部淀川周辺). 一方, 有馬・高槻構造線断層帯周辺には沈降が認められない. 図 1 (中) は東経 135.404° E, 135.449° E, および 135.618° E に

沿った疑似上変動のプロファイルである（プロファイルは図 1（右）中の細実線）．これを見る限り，2010 年まで伊丹市・西宮市や豊中市付近に見られた沈降は，完全には終息していないが，かなり速度が小さくなっていることがわかる．ALOS-1 でのみ観測された高槻市付近の局所的な沈降は，観測されなかった．一方，京都盆地南部南部には約 10 mm/yr の隆起が認められる．ただし，前記のとおり，対流圏擾乱の補正をする必要があり，今後時系列解析手法の適用も含めて，改めて解析したい．

2) 2017 年 7 月 6 日フィリピン・レイテ島の地震 (Mw6.5)

ALOS-2 の高分解能モードの北行（パス 136 フレーム 210–220，マスター 2016 年 2 月 13 日，スレーブ 2017 年 7 月 15 日）と南行（パス 24 フレーム 3390–3400，マスター 2017 年 6 月 3 日，スレーブ 7 月 15 日）の 2 ペアを用いて干渉処理を行った．いずれも右観測で，入射角はそれぞれ 31.4°と 36.3°である．小澤・飛田による楕円体高を考慮した SRTM を用いて Gamma®で処理を行った．

図 2 左に，南行軌道の干渉画像を示す．フィリピン断層（赤実線）に沿って，3 サイクル以上のFRINGEが認められる．断層を境に変位に不連続があり，地表地震断層が現れていることを示唆している．北行軌道の干渉画像は，南行画像と比較してコヒーレンスが低いため，処理に工夫が必要であったが（ルック数を大きくとる，フィルターの係数を変更する等），同様に変位を検出することができる．両者を用いて 2.5 次元解析を行うと，フィリピン断層の東側が西に，西側が東へそれぞれ 50cm 程度変動したことがわかる．上下変動は水平に比べて小さい．ただし，フィリピン断層が分岐するあたりにはブルアパート盆地があり，ここでの変動が興味深いが，コヒーレンスが低く有意な結果を得ていない．

これらの結果を用いて，Fukahata and Wright (2008)の方法で断層の傾斜とすべり分布を推定した．図 2（右）が得られたすべり分布で，最大約 2.5m の左横ずれのすべりが得られた．すべりのピークは深さ 1 km 程度のところであり，顕著なすべりは深さ 8 km 以浅に限定される．計算される南行干渉画像を図 2（中）に示す．断層の傾斜の最適値は 74° で，推定される地震モーメントは 7.27×10^{18} Nm (Mw6.5) である．なお，すべりが 0.5 m 以上の領域を用いて，断層長を推定すると約 20 km となる．この値は，松田(1975)のすべりとマグニチュードの関係式から推定される長さの約 2 倍となることを指摘しておく．

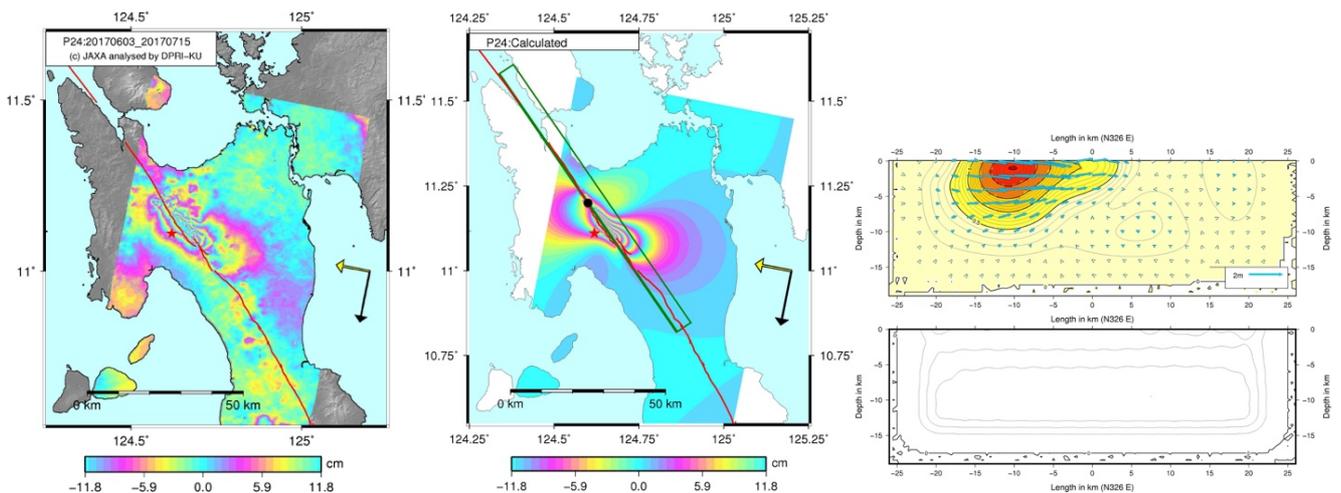


図 2（左）南行パス 24 フレーム 3390–3400 の干渉画像．赤実線がフィリピン断層の地表トレース [堤・Perez, 2013]，（中）（右）の断層モデルによる南行軌道の理論視線距離変化．（右）推定された断層モデル．上が東側から見た鉛直断面上のすべり分布．コンター間隔は 50 cm．矢印は東側のブロックの西側ブロックに対するすべり．下は，推定誤差．コンター間隔は 10 cm．

3) 2018年2月6日台湾・花蓮の地震 (Mw6.4)

2018年2月6日に台湾北東部花蓮市の北東沖合を震源とする Mw6.4 (台湾気象局の M_L は 6.0) の地震が発生し、ビルの倒壊などで被害が発生した。ALOS-2 の緊急観測のうち高分解能モード (入射角 40.5°) とフルポラリメトリ・モード (入射角 27.8°) の画像を解析した。図3 (左) が北行のフルポラリメトリ・モードの HH 偏波の干渉画像, (中) が南行の高分解モードの干渉画像である。数フリンジの変動が認められる。特に南行の干渉画像で、花蓮市東部の海岸付近に変動が集中しており、西側の領域との間に位相変化の不連続が認められる。位相変化の不連続は活断層トレースより東側に位置していることが注目される。図3 (右) は2016年11月5日と2018年2月10日の強度画像とコヒーレンス画像を加色混合したものである。地震前の強度画像を赤, 地震後の強度画像を緑, コヒーレンス画像を青に着色している。構造物の倒壊や地すべりなどの変化がなければ, 青ないしは白くなる (強度による)。赤あるいは緑に着色された領域は, 2回の観測の間に地表面の散乱特性に変化があったと考えられる。この画像の緑の領域は大部分が植生で, 季節的な変化を表していると考えられる。山間部の赤い領域は, ニアレンジ側でフォアショートニングを起こしているところである。花蓮市の北部に赤い領域があるが, 特段大きな被害等は報告されていないので, 耕作などの季節的な影響と推測される。現地ではビルの倒壊が報告されているが, この画像では顕著な変化は見られない。干渉処理のため解像度を落とした強度画像を用いたので, 顕著な変化を抽出するには至らなかったものと考えられる。

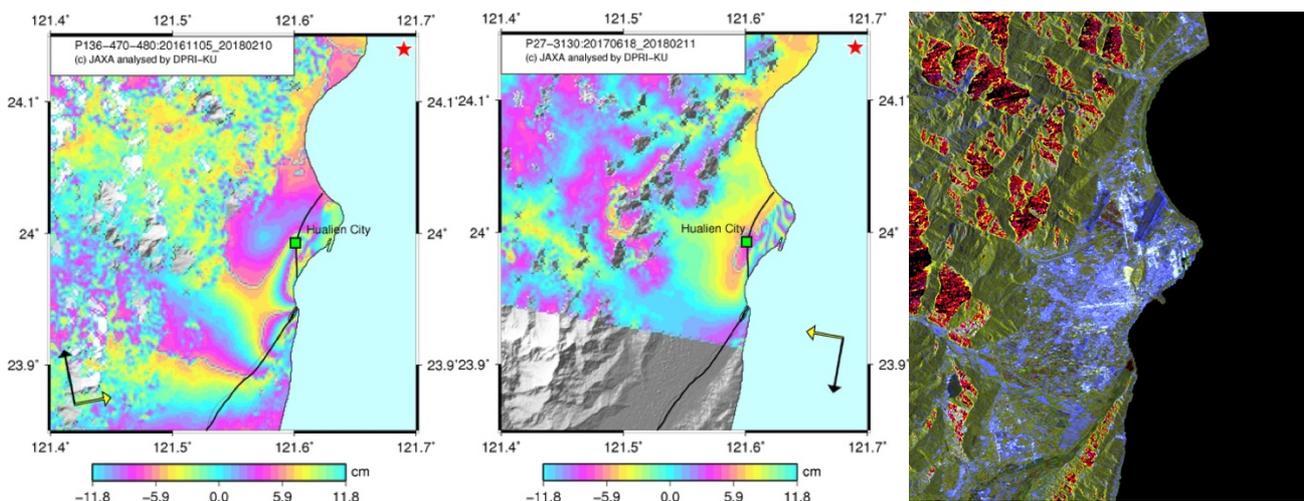


図3 (左) 北行パス 136 フレーム 470-480 の干渉画像 (マスター2016年11月5日, スレーブ2018年2月10日). 緑の□は花蓮駅の位置. 赤い星は, 台湾気象局決定の本震の震央. 黒実線は台湾成功大学景國恩氏提供の活断層地表トレース. (中) 南行パス 27 フレーム 3130 の干渉画像 (マスター2017年6月18日, スレーブ2018年2月11日). (右) パス 136 フレーム 470 の2016年11月5日と2018年2月10日の強度画像とコヒーレンス画像の加色混合画像. 2016年11月5日の強度画像を赤, 2018年2月10日の強度画像を緑, コヒーレンス画像を青に着色して混合している。

4) 熊本地震の余効変動

2016年4月15日から発生した熊本地震の余効変動を調べた。南行のパス 23 フレーム 2950-2960 (入射角 36.2°) の2016年4月18日から2017年11月13日までの18画像, 北行のパス 131 フレーム 640 (入射角 39.7°) の2016年4月29日から2017年6月20日までの8画像, およびパス 130 フレーム 650 (入射角 36.2°) の2016年6月16日から2017年6月1日までの5画像を解析した。全てのパスについて, 地震後最初の画像をマスターとし, その後の画像との2パス干渉処理を行い, 時間変化を追跡した。図4 (左) は, パス 23 の17のアンラップ干渉画像をスタッキングしたものである。阿蘇中央火口丘の北斜面, 布田川断層と井出口断層に挟まれた帯状の領域, 布田川断層と日奈久断層の交差点の

やや東、布田川断層と日奈久断層の交差点の西、布田川断層の西延長部、布田川断層から北西に熊本市内に延びる帯状の領域などで顕著な視線距離伸長が確認できる。一部は、平均で 10 mm/yr を超えている。また、断層を境に明瞭に変化している。

図 4 (中) と (右) は図 4 (左) 中の 6 つの測線のうち、代表的な 2 測線に沿った変位の分布を示したものである。図 4 (中) は布田川断層と出ノ口断層に挟まれた領域である。地溝上にこの領域が変形しており、しかも時間の経過とともに大きくなっていることがわかる。2017 年 8~11 月には変位が 10cm を超える。この帯状領域内の変位のサンプルを取って、時系列を見ると、指数関数的に変化していることがわかる。時定数は約 200 日前後と推定された。図 4 (右) は熊本市内の北西に延びる変動帯と布田川断層と日奈久断層の交差点付近を通る測線に沿った分布である。熊本市内の変動帯は、地震直後は顕著でないが、1 年経過すると明瞭に 2 つのステップが存在することがわかる。こちらの変位も 2017 年 8~11 月には 5 cm を超えている。布田川断層と日奈久断層の交差点付近では、変位がばらつくものの、最大変位はやはり 10 cm 程度に達する。

北行軌道の画像については、観測回数がパス 23 の半分以下であり、さらに電離層擾乱の影響が、特に P131 で大きい。長波長の電離層擾乱の中に、パス 23 で認められた領域に変動が見られるが、断定するまでには至らない。このため、2.5 次元解析を行わなかった。今後電離層擾乱の低減を図り、その結果を用いて 2.5 次元解析を行いたい。

これらの変動についての定量的な考察はまだ行っていない。変位の空間分布や時間変化などから、定性的には断層の両側の構造の不均質、地表付近にまでおよぶ浅い余効すべりなどのほかに、イランの Bam 地震で指摘された断層直上の地盤の破碎に伴うダイラタンシー回復が考えられる。

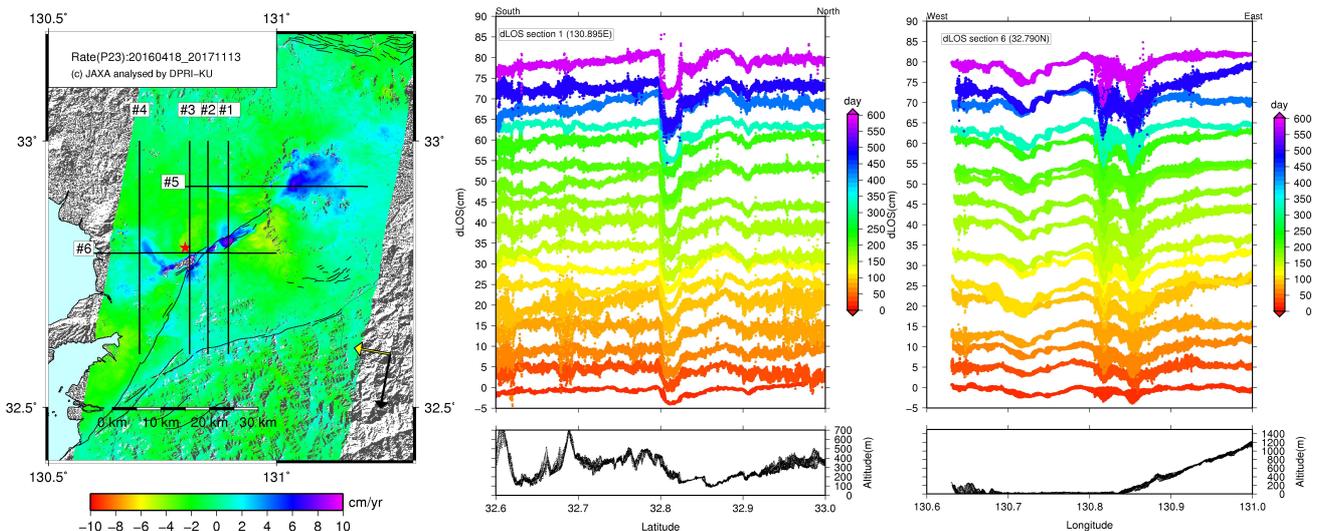


図 4 (左) 南行パス 23 フレーム 2950-2960 のスタッキング干渉画像。黒実線は活断層の地表トレース。黒直線は、プロフィールをとった測線。負の値は、視線距離伸長(衛星から遠ざかる)変位を示す。(中) 左図の測線#1 (南北方向) に沿った視線距離変化の分布。データの色は、本震発生からの日数により変化する。各観測データは 5 cm ずつ上にずらして表示している。下の図は、測線に沿った地形。(右) 測線#6 (東西方向) に沿った視線距離変化の分布。

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。）：

- 1) Hashimoto M., Ozawa T., Nishimura T., Munekane H., Tobita M., Postseismic deformation following the 1995 Kobe, Japan, earthquake detected by space geodesy, EGU2017, X2.257, EGU2017-2874, 2017年4月.
- 2) 橋本学, あらゆる可能性を考慮した震源断層の特定は可能か?, 日本地球惑星科学連合・米国地球物理学連合 2017年合同大会, HCG33, P03, 2017年5月.
- 3) 西村卓也・橋本学・細善信・坂上啓・伊東優治, 2016年10月21日鳥取県中部の地震(M6.6)の地殻変動, 日本地球惑星科学連合・米国地球物理学連合 2017年合同大会, SSS10, 04, 2017年5月.
- 4) Fukahata Y., Hashimoto M., Simultaneous estimation of the dip angle and slip distribution on the two active faults of the 2016 Kumamoto earthquake, JpGU-AGU2017, SSS08, 08, 2017年5月.
- 5) Chung R., Ching K.-E., Hashimoto M., Rau R.-J., Chung L.-H., Coseismic deformation and tectonic implications of the 2016 Meinong earthquake, Taiwan, JpGU-AGU2017, SSS10, P07, 2017年5月.
- 6) 橋本学, SARは活断層の科学に革命をもたらすか?, 京都大学防災研究所共同利用・共同研究拠点研究集会「リモートセンシング技術の進展と活断層・内陸地震研究」, 2017年7月.
- 7) Hashimoto M., Evolution of earthquake science with space geodesy, IAG-IASPEI 2017, 2017年7月.
- 8) Nishimura T., Hashimoto M., Hosono Y., Sakaue H., Itoh Y., Pre-, Co-, and Postseismic deformation of the 2016 Oct 21st M6.6 Central Tottori earthquake, IAG-IASPEI 2017, 2017年7月.
- 9) Hashimoto M., Nishimura T., Ozawa T., Munekane H., Tobita M., Postseismic deformation following the 1995 Kobe earthquake detected by space geodesy, IAG-IASPEI 2017, 2017年7月.
- 10) Fukahata, Y., Hashimoto M., Simultaneous estimation of the dip angles and slip distribution on the two active faults of the 2016 Kumamoto earthquake through a weak non-linear inversion of InSAR data based on ABIC, IAG-IASPEI 2017, 2017年7月.
- 11) 橋本学, SARが明らかにした活断層で発生する地震の多様性・複雑性と防災対策への示唆, 第36回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, 75-76, 2017年9月.
- 12) 橋本学・西村卓也・小澤拓・宗包浩志・飛田幹男, 兵庫県南部地震以降, 六甲山は高くなったのか?, 日本測地学会第128回講演会要旨集, 97-98, 2017年10月.
- 13) 橋本学・福島洋, 2017年7月6日フィリピン・レイテ島の地震(Mw6.5)による地殻変動とそのテクトニックな意義, 日本測地学会第128回講演会要旨集, 209-210, 2017年10月.
- 14) 橋本学・西村卓也・小澤拓・宗包浩志・飛田幹男, 兵庫県南部地震以後の22年間の京阪神の地盤変動, Pixel研究集会, 2017年12月.
- 15) Hashimoto M., Nishimura T., Ozawa T., Munekane H., Tobita M., Ground deformation in the Kobe-Osaka areas during 22 years after the Kobe earthquake, ALOS-PI Meeting, 2018年1月.
- 16) 橋本学・西村卓也・小澤拓・宗包浩志・飛田幹男, 兵庫県南部地震以降, 六甲山は高くなったのか?, 平成29年度京都大学防災研究所研究発表講演会, 2018年2月.
- 17) 福島洋・橋本学, レイテ島におけるフィリピン断層のクリープと2017年7月6日に発生したMw6.5の地震の関係, 2017年度地殻変動研究集会, 2018年3月.
- 18) 橋本学, InSARで観る熊本地震の余効変動, 2017年度地殻変動研究集会, 2018年3月.

来年度以降の課題・計画：

来年度は、引き続き京阪神地方の地盤変動を追跡する。また、熊本地震の余効変動は、PIのこれまでの経験にはない極めて大きい変動を示していることから、電離層擾乱の低減処理も含め、引き続き ALOS-2 を用いた解析を行う予定にしている。

また、これまでと同様に、国内外で顕著な被害地震が発生した場合、ALOS-2 データ等を用いて地殻変動等の解析を行う。

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：

だいち防災 Web のおかげで、かなりデータの取得が容易になったことは感謝したい。ただ、ScanSAR をはじめ、SLC 画像のサイズが大きく、データならびに解析処理結果の保管に苦勞している。

とはいえ、AUIG2 からデータを取得する場合、ScanSAR は 50 GB を超えるファイルをダウンロードせざるをえない。また、二重に zip されているために解凍に時間を要することから、解析を始めるまでに 1 日以上時間を要する。これは時間の無駄であることから、最近では ScanSAR を意識的に避けるようになってきた。何らかの対処をお願いしたい。

ALOS-2 で初めて経験したことであるが、海が画像中にある場合や平野部が主な画像の場合、画像と DEM との位置合わせに苦勞するケースが増えている。こちらの解析処理方法の問題と思われるが、情報提供いただけると幸いです。

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：

SAR 干渉法を用いて台湾南西部の非地震性地殻変動について調査し、この変動は Meinong 地震後も隆起が続いていることを発見した。

2011 年東北地方太平洋沖地震後について SAR 干渉解析を実施し、地震後に見られる関東地方南部の数十 km スケールで発生した局所的な地表変動の解析を行った。この地表変動域は複雑な形状をしており、地下水位変化との関連もあることが分かった。

知床半島の遠音別岳で発生している地すべりについて JERS1, ALOS, ALOS2 のデータを用いた解析を行い、その活動が 20 年間継続していることを見出した。

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。）：

Takada, Y., Aseismic fold growth in southwestern Taiwan detected by InSAR and GNSS, ALOS2-PI workshop, Takebashi, Tokyo, Japan, January 23, 2018.

Tsukahara, K., and Y. Takada, Observation of aseismic crustal deformation in Taiwan by analysis of InSAR and GPS data, Joint Scientific Assembly of IAG and IASPEI, Kobe, Japan, August 2, 2017.

塚原弘太郎, 高田陽一郎, InSAR と GPS データの解析による台湾の非地震性地殻変動の観測, 日本地球惑星科学連合大会, 2017 年 5 月 24 日. 塚原弘太郎, 高田陽一郎, InSAR と GPS データの解析による台湾の非地震性地殻変動の観測, 日本測地学会第 128 回講演会, 瑞浪市総合文化センター, 2017 年 10 月 4 日.

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：

支援要望は特になし。

代表研究者 氏名 (所属機関) : 中尾 茂 (鹿児島大学理工学研究科)

支援研究者 氏名 (所属機関) :

課題名称 : 干渉 SAR 解析を用いた変位速度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 :

GNSS による推定された変動場から InSAR 解析で観測されると期待できる変動場を推定し、InSAR 解析結果と比較した。

九州に展開された GEONET と九州大学・京都大学・鹿児島大学により展開された GNSS の 2004 年から 2015 年の水平変動データを使用し、地震時変動、アンテナ交換による人為的なステップと年周・半年周変化と同時に変位速度を最小二乗法により推定した。この変位速度を 5 分ごとのグリッドに内挿した。このデータから視線方向の変位を計算し、InSAR 解析をした 2 回の撮像日の差をかけることにより、LOS 方向の変位を求めた。

図に南行軌道の 2007 年 8 月 8 日と 2011 年 4 月 3 日に撮像データによる InSAR 解析結果とそれに対応する GNSS による LOS 変位を示す。InSAR 画像の範囲内で 0.8 cm の LOS の変位差が期待できることがわかる。南行軌道では画像内での LOS の変位差は最大で 0.8 cm、北行軌道では画像内での LOS の変位差は最大で 1.1 cm (2007 年 6 月 10 日と 2010 年 12 月 19 日の間の解析) であることが分かった。これにより、南行軌道よりも北行軌道の方が変動に対する感度が高いことがわかった。

期待される変動が小さいことから大気による見かけ上の変動などノイズをどれだけ解析時に低減できるかが重要な点となる。

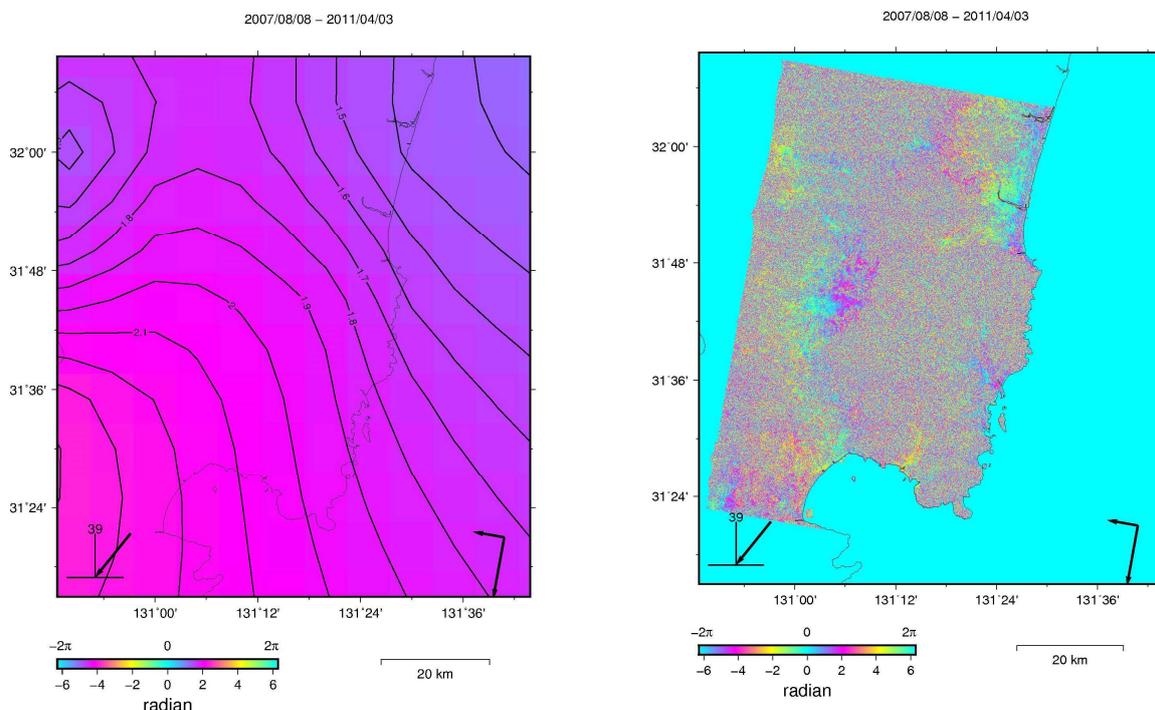


図. GNSS の水平変動の変位速度から計算した LOS の変動図 (左)。InSAR 解析の解析結果 (右)。

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：

期待される InSAR による変動が小さい（画像内での最大最小が約 1 cm）であるため、大気変動によるノイズの低減、ノイズを避けることができる解析を行う。

小沢による rinc では、地形相関の成分を推定し取り除くことができる機能がある。この機能を使い、これまで rinc により計算した InSAR 画像について、地形に相関があるノイズの低減をはかる。また、GIANt にも大気伝搬によるノイズ低減機能があり、ノイズ低減を行う。さらに、GIANt には、短基線の画像を解析する機能、さらに時間変化をも含めた解析する機能があり、これを使いノイズを含まない変動、時間変化を導出する。

また、InSAR 解析中に GNSS 観測点の変動をデータとして取り入れることを試みる。これらにより、鹿児島県—宮崎県および鹿児島県—熊本県県境の変動急変帯の変動の空間パターンを導出する。

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

支援研究者 氏名 (所属機関) : 宇宙航空研究開発機構

課題名称 : PALSAR-2 と PALSAR の地殻変動検出能力の比較

今年度の成果概要 :

1. 概要

国内外のいくつかの事例について、差分干渉 SAR 解析による地殻変動の抽出を行った。表 1 に解析を行った地震の一覧を示す。

表 1 解析を行った地震 (2017 年度)

本震の発生日	地震の名称
2017 年 6 月 25 日	長野県地震
7 月 6 日	フィリピン・レイテ島地震
8 月 8 日	中国・四川省地震
9 月 20 日	メキシコ地震
11 月 13 日	イラン・イラク地震
2018 年 2 月 6 日	台湾・花蓮地震

2. フィリピン・レイテ島地震の事例

フィリピン・レイテ島の地震 (Mw6.5, USGS) の事例では、東側の変動域では衛星から遠ざかる方向に 40~50cm、西側の変動域では衛星に近づく方向に 20~30cm の変位が見られた。この変動図を図 1 に示す。ディセンディング右観測の 2017 年 7 月 15 日と 6 月 3 日のデータの差分干渉処理を行い、アンラップしたものである。

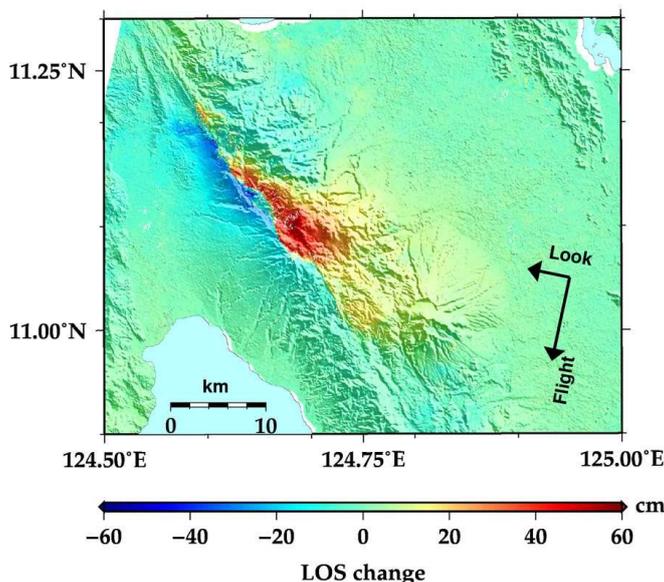
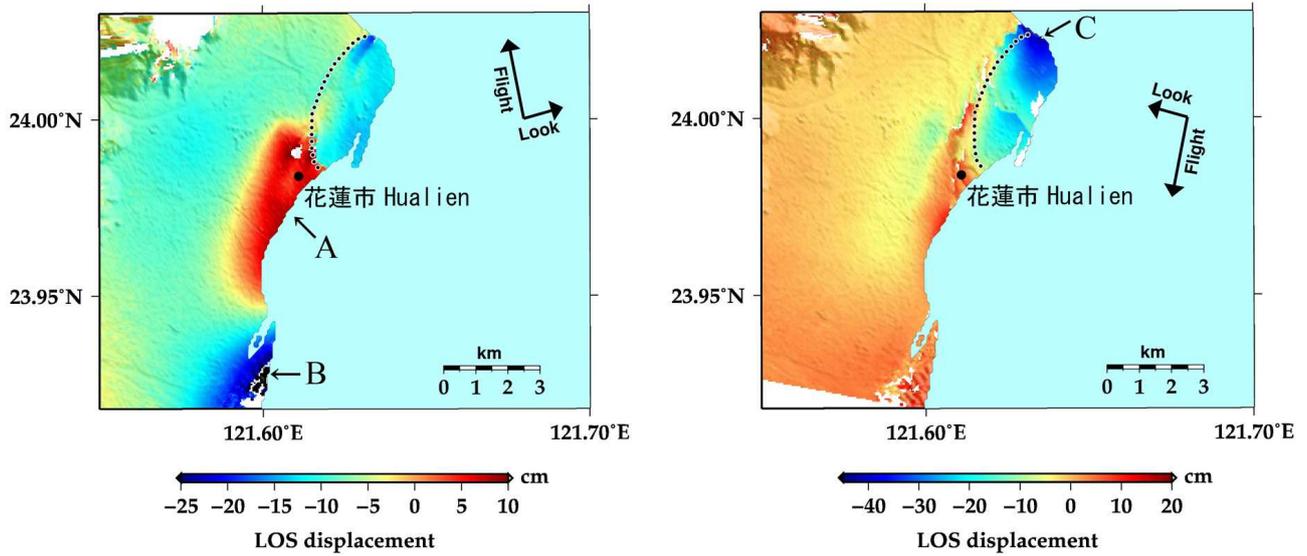


図 1 フィリピン・レイテ島地震の地殻変動

3. 台湾・花蓮地震の事例

台湾・花蓮の地震 (Mw6.4, USGS) の事例を図 2 に示す。図 2 左はアセンディング右観測の 2018 年 2 月 10 日と 2016 年 11 月 5 日のデータによるアンラップされた変動図である。図中 A では衛星から遠ざかる方向に 10cm 程度の変動、B では近づく方向に 25cm の変動が見られる。図 2 右はディセンディング右観測の 2018 年 2 月 11 日と 2017 年 6 月 18 日のデータによるアンラップされた変動図である。図中 C では衛星に近づく方向に 40cm 程度の変動が見られた。いずれの変動図にも、点線で示した変位の不連続があり、地表断層が表れている可能性がある。



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。）：

- ・ 永井裕人、夏秋嶺「2016年熊本地震における中程度被災家屋の空間分布解析」、JpGU2017.
- ・ Ryo Natsuaki, Masato Ohki, Hiroto Nagai, Takeo Tadono, Masanobu Shimada, Shinichi Suzuki, “Emergency observation and disaster monitoring performed by ALOS-2 PALSAR-2”, IGARSS 2017.
- ・ また、一部解析結果は WEB (http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/index_j.htm 等)で公開している。

来年度以降の課題・計画：

引き続き国内外の地震について解析を行い、WG 内で情報を共有する。また、顕著な成果については外部発表等も行う。

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://winsar.unavco.org/isce.html>) を用いて SAR 干涉解析を実施した。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。）：

Fringe2017 “the 10th International Workshop on “Advances in the Science and Applications of SAR Interferometry and Sentinel-1 InSAR” ”において講演した内容は、衛星解析グループにおける活動などを通じて得たノウハウの一部を利用した。

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、PALSAR-2 の ScanSAR モードや Sentinel-1a のデータとの相補的な利用も考慮する。

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：

地震 SAR 解析 WG としても、AUIG-2 の OS 依存性の解決を JAXA に要望していただけると幸いです。

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：

茨城県北部で 2011 年と 2016 年に発生した二つの M6 クラスの地震について、昨年度地震 SAR 解析 WG を通じて取得したデータを用いた解析を進めた。二つの地震の干渉画像において、地表断層に相当すると思われる変位不連続が同じ位置に出現していること及び現地調査で確認された変位の箇所とも一致することを確認した。さらに、断層パラメータを推定するインバージョンを行った結果、二つの地震は同じ断層面上で起きた、つまりわずか 6 年弱の間に地殻内地震が再来したと考えられる。2016 年の地震については、東北大学の GNSS 観測網および GEONET で捉えた変動もすべり分布推定に使用し、最終的に、干渉画像と GNSS 観測の両方をよく説明するモデルを得た。当該断層から 15km ほど北にある井戸沢断層（2011 年 4 月 11 日の M7 の地震を起こした断層）の前の地震が 15,000 年ほど前であったことから、当該断層についても同程度の平均間隔であることが考えられるが、本研究課題で得られた 6 年弱という再来期間は極端に短い。この原因は、2011 年東北沖地震の余効変動による急激な载荷に帰せられることを、GEONET データを用いたひずみの解析により明らかにした。

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。）：

Fukushima, Y., S. Toda, and S. Miura, Early recurrence of an M6 intraplate earthquake (5.8 years) observed in northern Kanto region, Japan, after the 2011 Tohoku-oki earthquake, IAG-IASPEI 2017, August 2017.

福島洋・遠田晋次・三浦哲, 超短期間 (5.8 年) で再来した茨城北部の地震 (M~6) について, 京都大学防災研究所 平成 29 年度一般研究集会 「リモートセンシング技術の進展と活断層・内陸地震研究」 2017 年 7 月 7 日.

Fukushima, Y., S. Toda, and S. Miura, Early recurrence of M~6 intraplate earthquake (5.8 years) observed in northern Kanto region, Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, May 2017.

来年度以降の課題・計画：

奥羽脊梁山脈沿いのひずみ集中機構に関する研究を進めたい。具体的には、当該地域のデータの特性に適した InSAR 時系列解析手法の開発、GNSS データとの融合、2011 年東北沖地震による余効変動の全体的な特徴の変化とひずみ集中帯の変形の関係の精査等である。

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：