

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）：飛田幹男・小林知勝・山中雅之・森下遊・山田晋也（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、国内の地震として、2014年11月22日の長野県北部の地震（M6.7、最大震度6弱）及び2015年2月6日の徳島県南部の地震（M5.0、最大震度5強）を対象として研究を実施した。

（1）長野県北部の地震

2014年11月27日に長野県北部で発生した地震（M6.7）について、ALOS-2/PALSAR-2による緊急観測が実施された。それらのデータを用いて SAR 干渉解析による地殻変動抽出を行い、それを基にした震源断層モデルの構築を行った。解析に用いたデータは表1に示す通りである。

表1 解析を行ったデータ

干渉ペア	観測日 (地震前)	観測日 (地震後)	衛星進行方向 D: Descending A: Ascending	電波照射方向 R: Right looking L: Left looking	オフナディア角
a	2014/09/29	2014/11/24	D	R	53.3°
b	2014/09/30	2014/11/25	D	R	38.2°
c	2014/10/14				
d	2014/10/02	2014/11/27	D	L	32.4°
e	2014/09/09	2014/11/28	A	R	35.4°

SAR干渉解析の結果を図1に示す。

解析の結果、神城断層周辺の東西約30km、南北約30kmの地域で地殻変動を検出した。得られた変動の特徴は、地震のメカニズムとおおむね整合している。

本震震央の西側に地殻変動が大きい領域が見られ、神城断層を挟んで東側は西向・上方に最大約1m変動し、西側は東向・下方に最大20cm程度変動したことがわかった。この大きな地殻変動を示す領域は南北約10kmにわたっており、その最西部では特に干渉縞の間隔が狭く、変位量の不連続となる境界線を形成している。この境界線は、既知の神城断層の地表トレースとよく一致しており、現地調査で地表地震断層が報告された場所ともほぼ整合している。

地震直後に行われた地表地震断層の調査では、白馬村塩島の北東付近より北方では地表地震断層の存在が報告されていない。しかし、SAR干渉画像からは、変位量としては数cm～十数cmと小さいものの、北に延びる明瞭な位相不連続の境界線が見られる。この結果に基づき現地調査を行った結果、位相不連続線に沿って地表変形を確認している (<http://www.gsi.go.jp/cais/topic141203.html>)。

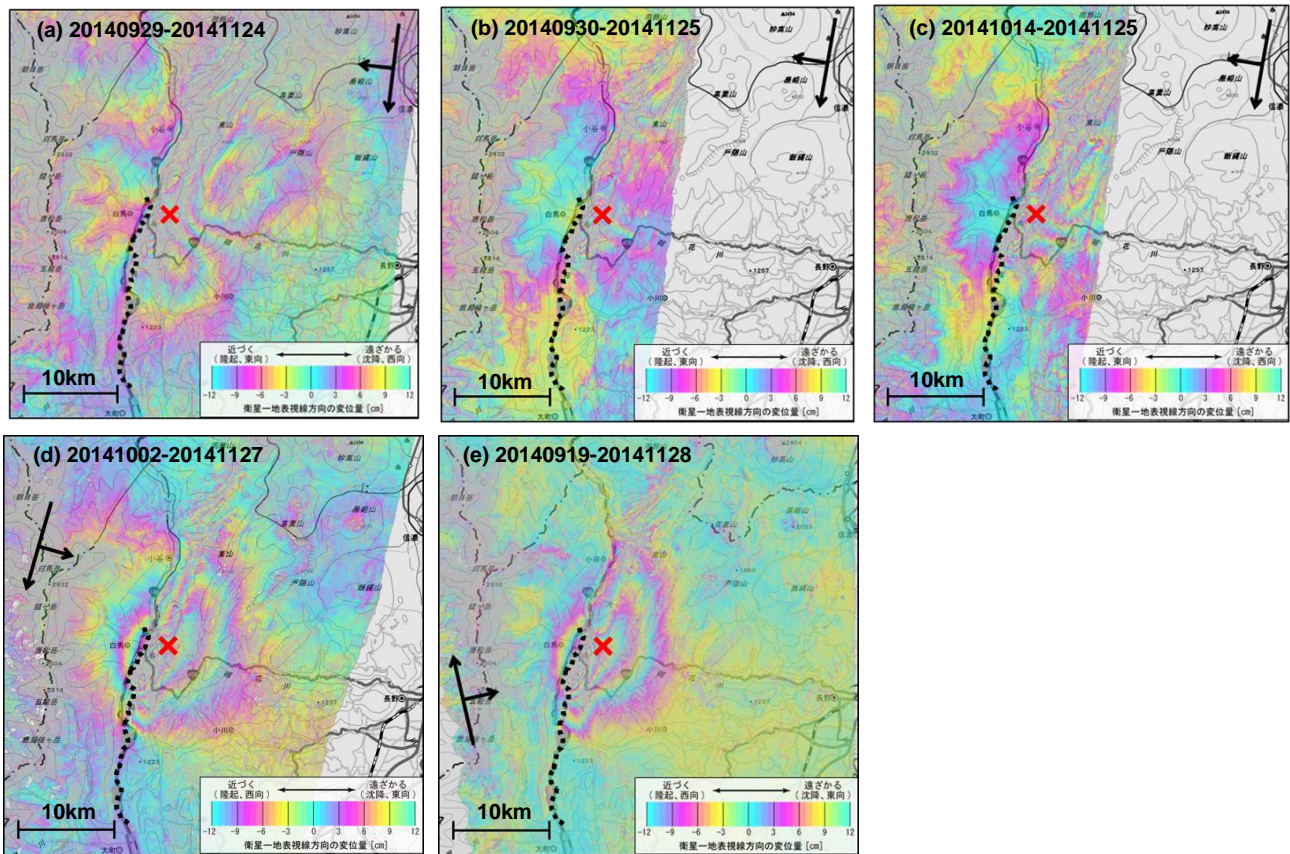


図1 長野県北部の地震のSAR干渉解析結果

(a)~(e)は、表1の干渉ペア記号と対応している。黒破線は神城断層の地表トレース（都市圏活断層図「白馬岳」（澤ほか，1999）、「大町」（東郷ほか，1999）による）。

SAR干渉解析で得られた地殻変動データ（以下、SARデータとよぶ）及び震源領域周辺の電子基準点（30点）で観測された地殻変動データを基に断層面上の滑り分布モデルの構築を行った。断層面は、試行錯誤的にSARデータを良く説明する面を探索し、最終的に、地表から傾斜角 40° で東に傾き下がる断層とその深部延長の深さ 2km において傾斜角 60° で東に傾き下がる断層が結合する屈曲した断層面モデルを用いた。なお、傾斜角が一樣な一枚の断層面ではSARデータを説明することはできなかった。解析の結果、主に2つのセグメントにおける左横ずれを含む逆断層運動が推定された（図2）。推定された地震モーメントの解放量は $3.7 \times 10^{18} \text{ Nm}$ で、これはモーメントマグニチュード 6.3 に相当する（剛性率は 30GPa を仮定）。現地調査によると、神城断層周辺において東側隆起でやや左横ずれを含む地表地震断層が出現している。これは本モデルにおける地表付近の大きな滑りに対応し、その滑り成分は地表で観測された断層運動の成分と調和的である。

以上のSAR干渉解析結果及び推定された断層モデルについては、地震調査委員会及び地震予知連絡会に報告を行い、現状評価等に活用された。

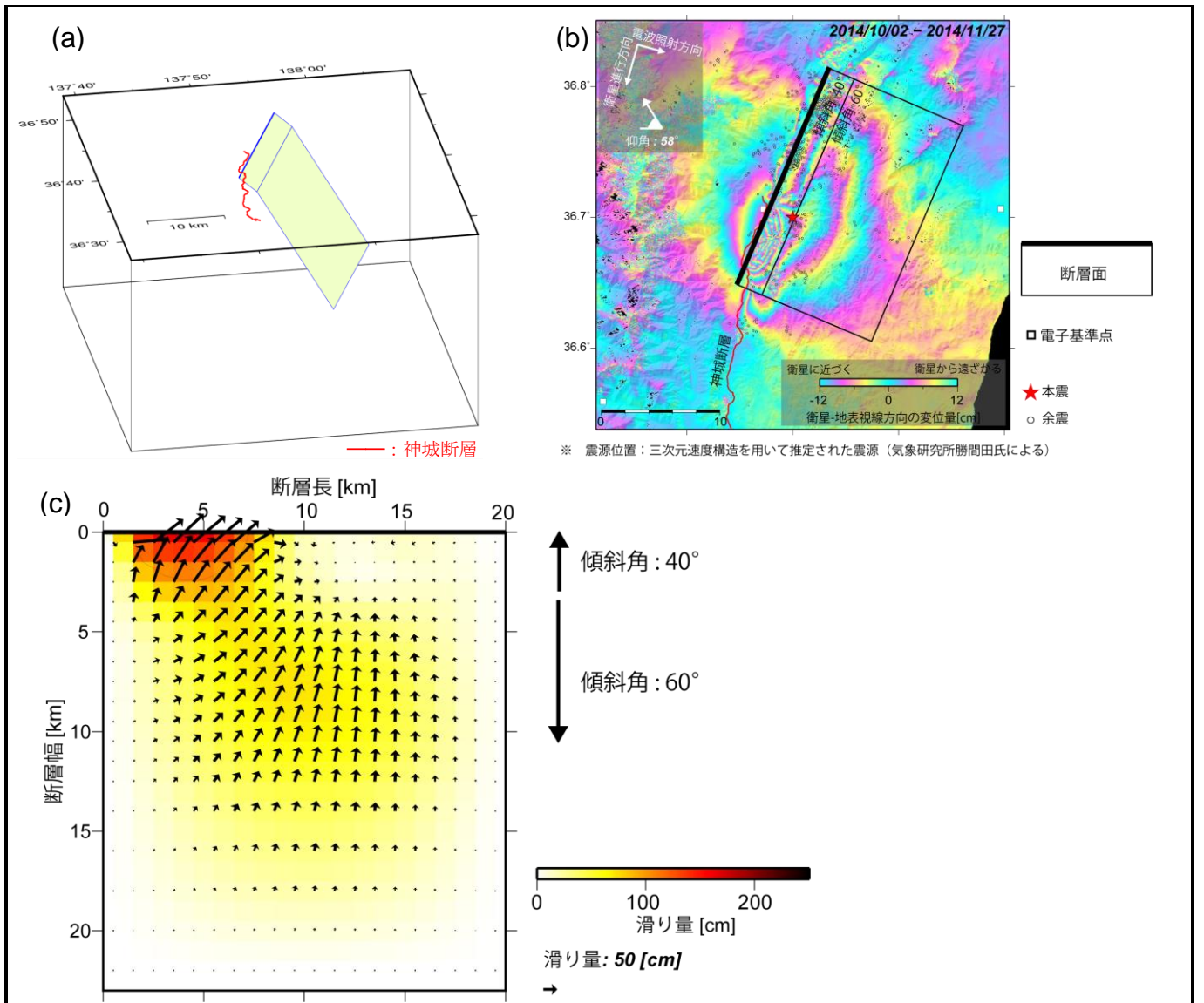


図2 長野県北部の地震の断層モデル

(a)用いた断層面モデル。(b)断層面モデルの位置。(c)推定された断層面上の滑り分布。

(2) 徳島南部の地震

2015年2月6日に徳島県南部で発生した地震(M5.0)について、地震後に震源域を対象とした観測が行われたことから、地震に伴う地殻変動・地表面変動の有無を確認するため、SAR 干渉解析を行った。

解析の結果、特段の変動は検出されなかった(図3)。

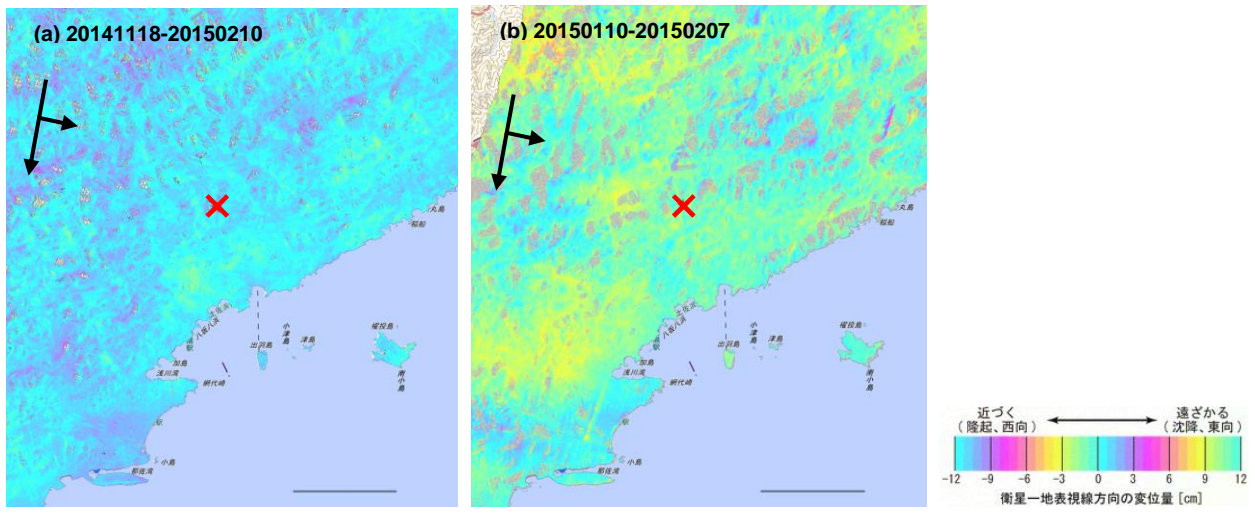


図3 徳島県南部の地震の SAR 干渉解析結果

(a)観測日：2014/11/18-2015/02/10、(b)観測日：2015/01/10-2015/02/07

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。）：

- ・国土地理院，2014，「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図（暫定），第 205 回地震予知連絡会資料（別冊）.
- ・国土地理院，2014，「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図，第 271 回地震調査委員会資料.
- ・国土地理院，2014，「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図と矩形断層モデル（暫定），第 271 回地震調査委員会資料.
- ・国土地理院，2014，「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル（暫定），第 271 回地震調査委員会資料.
- ・国土地理院，2015，「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図，第 206 回地震予知連絡会資料.
- ・国土地理院，2015，「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル，第 206 回地震予知連絡会資料.
- ・Hiroshi Yurai, Tomokazu Kobayashi, Yu Morishita, Shinya Yamada, Mikio Tobita, 2015, Crustal deformation derived from the northern Nagano prefecture earthquake detected by InSAR analysis using ALOS-2 data, 北淡国際活断層シンポジウム 2015.
- ・森下遊・山田晋也・山中雅之・吉川忠男・和田弘人・矢来博司・中埜貴元・飛田幹男・小林知勝・中島秀敏・神谷泉，2015，だいち 2 号 SAR 干渉解析により捉えられた平成 26 年（2014 年）長野県北部の地震に伴う地殻変動と地表変形，国土地理院時報，127 集，<http://www.gsi.go.jp/common/000101417.pdf>.

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：

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 :

① 長野県北部の地震

2014年11月22日に長野県北部において、気象庁マグニチュード6.7の地震が発生した。この地震に関する地殻変動を調査するため、陸域観測技術衛星「だいち2号」のPALSAR-2によって観測されたSARデータを用いた干渉解析を実施した。2014年10月2日と2014年11月27日の干渉ペアを解析した結果においては、神城断層の東側で衛星-地表間距離が短縮、西側で伸長する変化が求められた(図1(a))。東側の地殻変動が大きいことや、本地震のメカニズムが逆断層型であることから、断層面は東傾斜である考えられる。震央の南西域に地殻変動の集中が見られ、その領域では神城断層に沿った地殻変動ギャップが見られた。また、神城断層に沿う地殻変動ギャップの北延長にも、地殻変動の急勾配が見られた。得られた地殻変動から断層モデルを推定したところ、東傾斜の2枚の矩形断層の逆断層すべりで得られた地殻変動をおおよそ説明することができた(図1(b))。浅い断層ではほぼ逆断層すべりが求められたが、深い断層については左横ずれ成分が含まれることが特徴の一つである。断層モデルと震源分布と比較したところ、浅い断層周辺部と深い断層の浅部延長付近において余震活動が活発であるように見える。

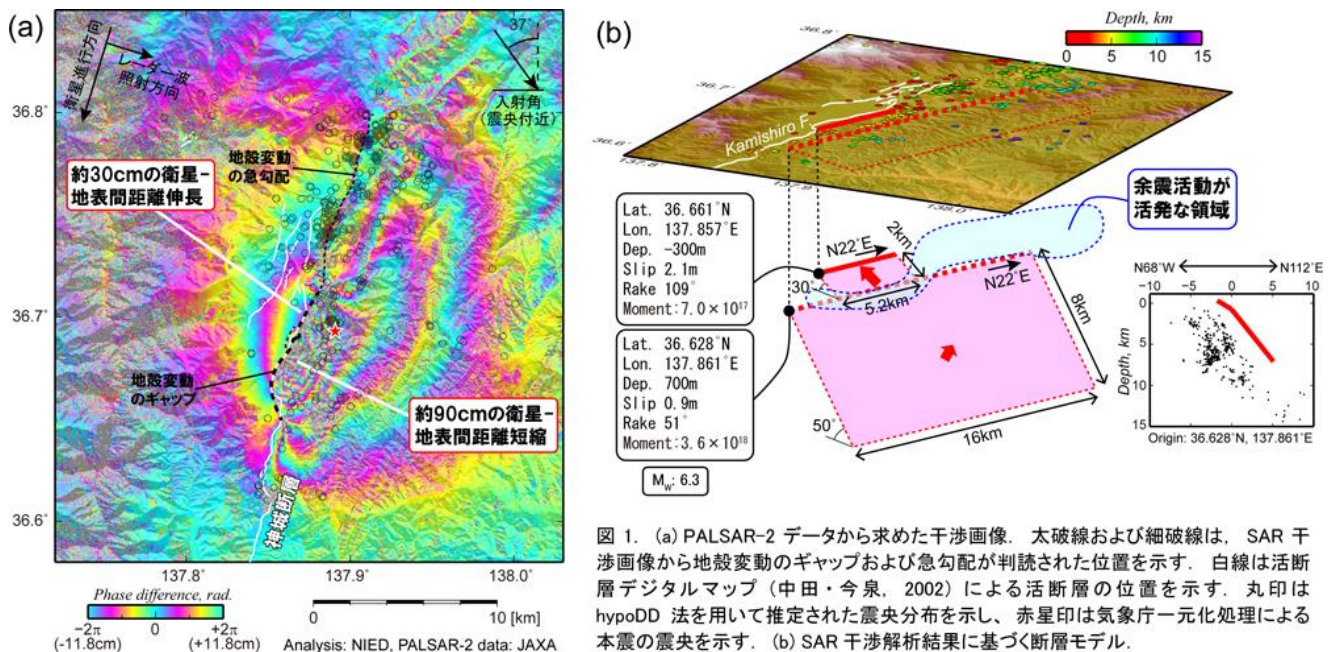


図 1. (a) PALSAR-2 データから求めた干渉画像。太破線および細破線は、SAR 干渉画像から地殻変動のギャップおよび急勾配が判読された位置を示す。白線は活断層デジタルマップ (中田・今泉, 2002) による活断層の位置を示す。丸印は hypoDD 法を用いて推定された震央分布を示し、赤星印は気象庁一元化処理による本震の震央を示す。 (b) SAR 干渉解析結果に基づく断層モデル。

② 徳島県南部の地震

2015年2月6日に徳島県南部において、気象庁マグニチュード5.1の地震が発生した。この地震に関する地殻変動を調査するため、陸域観測技術衛星「だいち2号」のPALSAR-2によって観測されたSARデータを用いた干渉解析を実施した。2014年11月18日と2015年2月10日の干渉ペアと2015年1月10日と2015年2月7日の干渉ペアを解析したが、地震に伴う有意な地殻変動は検出されなかった。

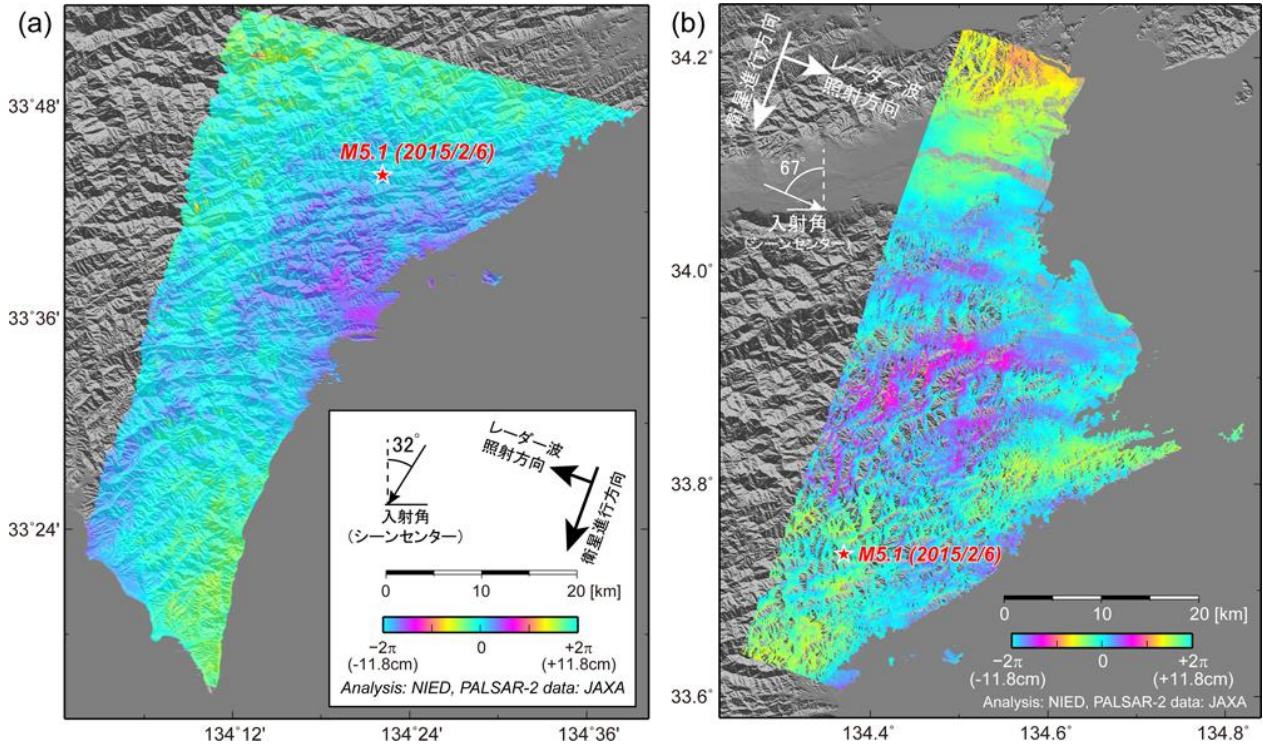


図2. (a) PALSAR-2の2014年11月18日と2015年2月10日の干渉ペアを解析して得られた干渉画像。
(b) PALSAR-2の2015年1月10日と2015年2月7日の干渉ペアを解析して得られた干渉画像。

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。）：

防災科学技術研究所，PALSAR-2干渉解析による長野県北部の地震に伴う地殻変動，地震調査委員会（2014年12月9日）

来年度以降の課題・計画：

地震に関してPALSAR-2による緊急観測が行われた時には、本WGから提供される緊急観測データを解析し、地殻変動の検出を試みる。地殻変動が検出された場合には、断層モデルの推定を行う。

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) : 吉田康宏 (気象庁)

支援研究者 氏名 (所属機関) : 迫田浩司 (気象庁)、鬼澤真也 (気象庁)、三浦優司 (気象庁)、安藤忍 (気象研究所)

課題名称 : 地殻変動の詳細把握

今年度の成果概要 :

平成 26 年度は、PALSAR データを用いた PS-InSAR 解析および SBAS 解析を行い、東海地域の長期的な地殻変動図を作成し、長期的な地殻変動把握の試みを行った。南行軌道では、解析手法により若干差はあるものの、2006 年 10 月から 2010 年 9 月にかけて、御前崎市周辺において年間約 2cm の衛星視線方向の伸張を示す結果が得られた (図 1)。

また、平成 26 年 11 月 22 日に発生した長野県北部の地震 (M6.7) について、PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析を実施した (図 2)。神城断層の位置する震源以南の西側の領域では、位相の不連続線が得られる結果となった。この領域では、地震波を用いた震源過程解析でも神城断層に沿った地表付近での大きなすべりが求められ、SAR 干渉解析と一致する結果となっている。また、震源より東側の領域でも衛星に近づく方向の位相変化が検出された。

平成 27 年 2 月 6 日に発生した徳島県南部の地震 (M5.1) についても同様に、PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析を実施したが、この地震に伴うノイズレベルを超える位相変化は検出されなかった。なお、使用した解析ソフトウェアは RINCver0.28 (小澤, 2014) を使用した。

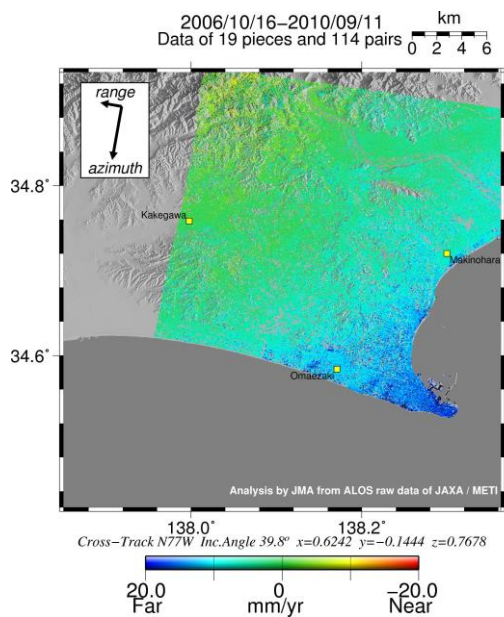


図 1 御前崎周辺における平均変位速度変化

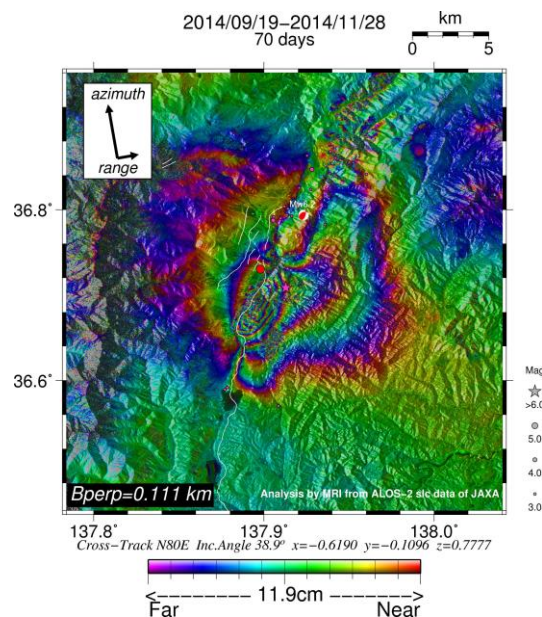


図 2 長野県北部の地震前後における干渉画像

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、岩切一宏、迫田浩司、2014InSAR 時系列解析における東海地域の周辺の定常的な地殻変動、日本地震学会 2014 年度秋季大会

来年度以降の課題・計画：

引き続き、東海地域の長期的な地殻変動把握及び地震の発生メカニズム解明のために、干渉 SAR 解析を進め、地震波形データから推定されるモデルと比較する。さらに、紀伊半島や四国の南岸付近についても干渉 SAR 時系列解析に着手する。

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：

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) : 高田 陽一郎 (京都大学防災研究所)

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 :

①長野県北部の地震に伴う変動と断層モデル

2014 年 11 月 22 日発生した長野県北部の地震に伴う地殻変動を検出するため、PALSAR-2 画像の解析を行った。使用した画像は、2014 年 10 月 2 日と 11 月 27 日に観測された南行軌道のペア、および 9 月 19 日と 11 月 28 日に観測された北行軌道からのペアである。解析には、前者は RINC と Gamma®, 後者は Gamma® を使用した。用いた DEM は、Digital Ellipsoidal Height Model である。軌道の再推定等を行っていない。

図 1 (左) は南行軌道のペアから作成した干渉画像である。左側観測のため、西北西上空からマイクロ波が照射されている。入射角は約 37°である。神城断層の東側に、視線距離短縮を示す 7~8 サイクルのフリンジが認められる。一方、断層の西側には視線距離伸長を示す 2 サイクルほどのフリンジが認められる。ただし、断層近傍は変位が大きいことから不明瞭になっている。これらの観察から、神城断層に沿って逆断層運動が生じたと推定できる。北行軌道のペアに関しても、良好な干渉性を得られている。図 1 (右) は、左図のコヒーレンス画像である。全体的にコヒーレンスが高いが、地表地震断層の上盤側とそのさらに東方に網の目状の低コヒーレンスの領域が認められる。この近辺には、多くの小亀裂が報告されており、これらの影響で干渉性が低下している可能性がある。

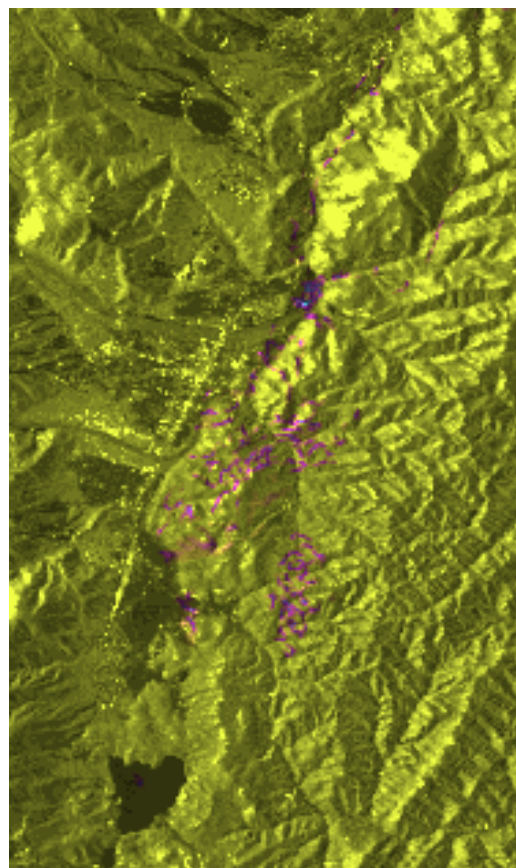
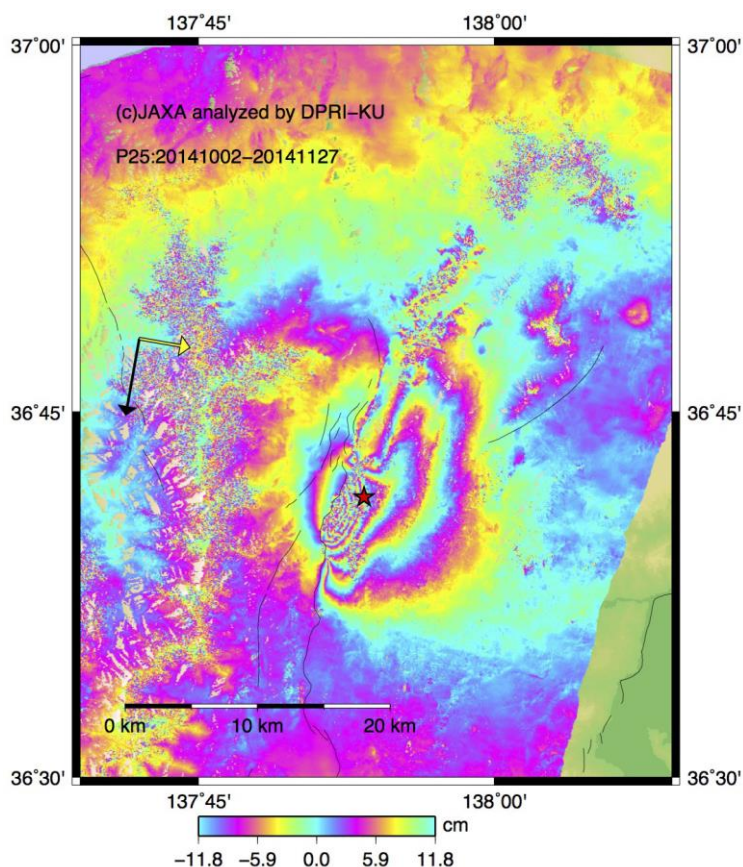


図 1. (左) 南行軌道から観測した画像のペアの干渉画像. (右) 同じペアのコヒーレンス画像. 黄色は 0.7 以上, ピンクは 0.7 以下を示す.

Fukahata and Wright (2008)の方法を用いて、平面断層を仮定し、傾斜角とすべり分布の同時推定を行った。この計算には南行軌道のペアのデータのみを用いた。この場合、断層の走向が衛星進行方向にほぼ平行であることから、横ずれ成分の推定は困難であるため、縦ずれ成分のみを求めた。ABIC を最小にする解として、傾斜角 55° で、震央より南側の深さ 5km 以浅にすべりが集中する解が得られた。最大すべり量は 130cm を越える。ただし、顕著なすべりは震央より北へ延びて、全体としては走向方向に 20km、深さ方向に 10km の領域にすべりが推定された。ただし、震央より北部については、地表近傍にすべりは推定されていない。地震モーメントは $3.9 \times 10^{18} \text{Nm}$ 、 $M_w 6.3$ と推定される。

②その他の現象に伴う PALSAR-2 画像の解析

PALSAR-2 の運用開始以降、様々な地学現象が発生した。PALSAR-2 の解析経験を蓄積することも重要と考えて、特に火山噴火前後のデータの解析を行った。実際に解析した現象を以下に列挙する。

1)2014 年 8 月 3 日口永良部島新岳噴火

新岳火口の南側に、視線距離伸張の変位を検出。

2)2014 年 9 月 27 日御嶽山噴火

御嶽山山頂の南西側に、視線距離短縮の変位を検出

3)2014 年 11 月 25 日からの阿蘇山噴火

有意な変動を検出せず。

4)2015 年 2 月 6 日の徳島県南部の地震

有意な変動を検出せず (図 2)。

5)京阪神の地盤沈下

埋立て地の沈下等を検出。

なお、PALSAR データを用いて、以下の干渉解析も行った。

6)跡津川断層周辺の経年的な変動の検出

4 年間の PALSAR データの時系列解析を行い、その結果の速度場を GPS で得られた速度場で補正することにより、跡津川断層系の右横ずれ運動と考えられる変動を検出した。

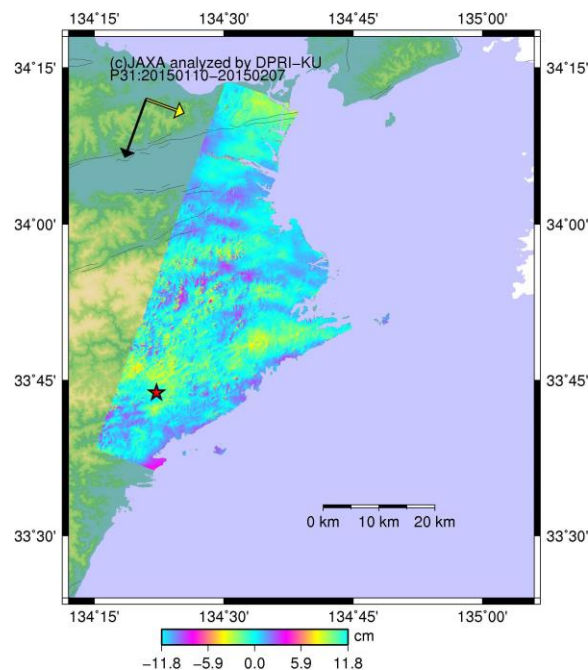


図 2. 徳島県南部の地震前後の PALSAR-2 画像のペア (マスター : 2015 年 1 月 10 日, スレーブ : 2 月 7 日) の Gamma®による干渉処理結果。

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。）：

Manabu Hashimoto, Coseismic deformation of the 2014 northern Nagano earthquake detected by ALOS-2/PALSAR-2, Hokudan 2015 International Symposium on Active Faulting, 2015年1月12～17日, 兵庫県立淡路夢舞台国際会議場, 淡路市.

橋本学・安藤忍・小澤拓・古屋正人・青木陽介, ALOS-2/PALSAR-2 で捉えた地殻変動, 平成 26 年度防災研究所研究発表講演会, 2015年2月23～24日, 京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ, 宇治市.

高田陽一郎・鷲谷威・西村卓也, InSAR と GPS を用いた歪集中帯における地震間地殻変動検出の試み, 平成 26 年度防災研究所研究発表講演会, 2015年2月23～24日, 京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ, 宇治市

来年度以降の課題・計画：

1. WD1 モードのデータ解析

今年度は UBS モードのデータのみを干渉処理した。しかし, PALSAR-2 は WD1 モードが主となるため, WD1 モードの解析経験を積み上げる必要がある。このため, 主として西日本の WD1 モードのデータの解析を行う。

2. 国内外の顕著な地震発生時の緊急解析

国内外で顕著な地震が発生し, PALSAR-2 の緊急観測が実施された場合は, 速やかに解析処理し, 地殻変動, 断層パラメータ等の推定を行う。

3. 時系列解析

顕著な地震の震源域等の地殻変動の時間的な推移を把握するため, 過去の PALSAR データ等を用いて, 時系列解析を行う。

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：

PALSAR-2 データのサイズが大きい（特に, WD1 は 50GB 以上）ことから, データの取得にかなり時間を要する。通信の高速化・安定化等をお願いしたい。また, AUIG-2 は, MS に特化した設計になっていることから, 他のプラットフォーム（Linux, Mac OS-X）での実行が難しい。干渉処理は Linux のプラットフォームで行われることが多いので, AUIG-2 の方で対応をお願いしたい。事務局からも, JAXA あて要望を上げていただきたい。

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）

支援研究者 氏名（所属機関）：

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：

特になし。

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：

基本的に、内陸での中規模から大規模な地震の発生に合わせて、事例解析を行う計画である。事例の蓄積を通じて、普遍的な地殻変動様式を追求する。

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：

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 :

Bird(2003)により琉球プレート北端とされた鹿児島県と宮崎県・熊本県の県境付近では, GEONET による GPS 観測によれば, 北緯 32 度付近を境に相対的に北側では西へ, 南側では東への変位が観測されており, 変位の急変が発生している. 干渉 SAR 解析により, 空間分解能の高い地殻変動を推定し, 変位の急変帯の特徴を明らかにすることが目的である.

鹿児島と宮崎の県境を撮像したデータ 21 シーンについて Hopper et al. (2004)により開発された StaMPS v3.3b1 を用いて PS 干渉 SAR 解析をおこなった. 解析期間は 2007 年 6 月から 2010 年 12 月までで, アセンディング軌道である.

図に 21 シーンから求めた LOS 方向の平均変位速度を示す. 解析領域の東半分では, 北緯 38 度を境とし, 北側で LOS が短縮し, 南側で伸張する変化が捉えられ, GPS 観測により得られた地殻変動のパターンと定性的には一致する. しかし, 解析領域の西半分では北緯 32 度付近で LOS 変位の境界は見られない. 解析領域中に 3 つの変動領域 (解析領域西側, 解析領域東側北, 解析領域東側南) があるように見える.

StaMPS ではマスター画像の大気伝播遅延や軌道誤差による LOS の変化とともにスレーブ画像についても推定される. スレーブ画像で推定された 20 のうち 13 画像で, 北緯 32 度付近で大気伝播遅延や軌道誤差による LOS の変化が伸びから縮みに変化しており, 図と同じパターンをしている. また, マスター画像の大気伝播遅延や軌道誤差による LOS の変化も図と同じように 3 つの領域に分けることができる. 大気伝播遅延量については, 気象庁の客観解析データから推定することが可能と考えられるので, 大気伝播遅延量の推定がどの程度正しく行われているかをチェックする必要がある.

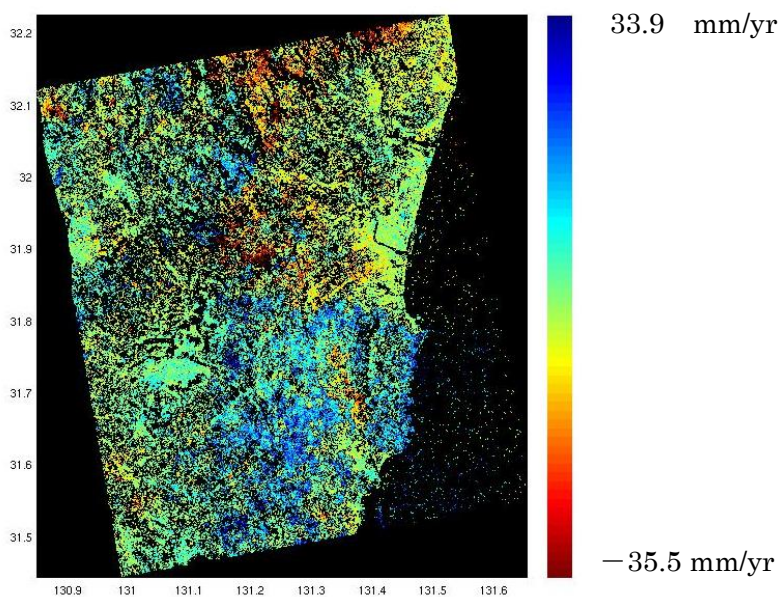


図. LOS の平均変位速度. データは 2007 年 6 月から 2010 年 12 月まで.

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：

平成 27 年度も引き続き鹿児島県と宮崎県の県境の変位急変帯の地殻変動を高空間分解能で求める。アセンディング軌道につづき、ディセンディング軌道についても StaMPS を使った時系列解析をすすめる。また、推定された大気伝播遅延量と気象庁客観解析データを使って推定した大気伝播遅延量とを比較し、大気伝播遅延量の推定結果をチェックする。ALOS-2 のデータについても干渉 SAR 解析を行う。

本年度は解析領域をほぼ 1 シーンと広範囲としたが、解析領域を狭くするなど解析方法の工夫を行う。

平成 28 年度は、平成 27 年度の解析に基づき、鹿児島県と熊本県の県境について解析を継続し、九州南部を東西に横断している変位急変帯の地殻変動を明らかにする。急変帯に固着領域がある場合などを想定し、急変帯がどのような原因で生じているかの解釈を試みる。

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：

なし

代表研究者 氏名 (所属機関) : 島田政信 (宇宙航空研究開発機構・地球観測研究センター)

支援研究者 氏名 (所属機関) :

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 : ALOS-2/PALSAR-2 は、ALOS/PALSAR の性能を評価して、干渉精度が向上するように SAR 感度、帯域幅、軌道保持等を考慮して、設計上全体的な干渉 SAR 精度を向上させたものである。本研究では、本精度の確認を目的として PALSAR-2 を用いて、1) 干渉性能、2) 地殻変動抽出能力の二点について検討する。この評価の為に、84MHz, 42MHz, 28MHz のストリップモードの干渉、ScanSAR-InSAR の能力について評価対象とする。評価は平時における変動量、災害時における変動量の抽出を行い、ALOS-2 の干渉能力についての把握を行う。

1) JERS-1/SAR, ALOS/PALSAR, ALOS-2/PALSAR-2 のほぼ同じ時期、同じ場所の干渉性の評価 : 図 1 に比較結果を示すが、1) PALSAR-2 の送信電力が大きいこと (SNR~13DB)、2) 軌道保持精度が高いこと (200M 以内)、3) 帯域幅が大きいこと (84 MHz)、4) 回帰日数が少ないこと (14 日) のために、干渉性と得られる位相情報が細かである。

Coherence improvement of the PALSAR-2

JERS-1/ALOS/ALOS-2の変遷において1)送信電力、2)SNR、3)軌道制御、4)帯域幅が向上しており、合わせて干渉性が向上している。以下に、事例を紹介する。

From JERS-1/ALOS/ALOS-2, 1) Transmission power, SNR increases, and bandwidth increase, and autonomous orbit maintenance , improves the interferometric coherence.

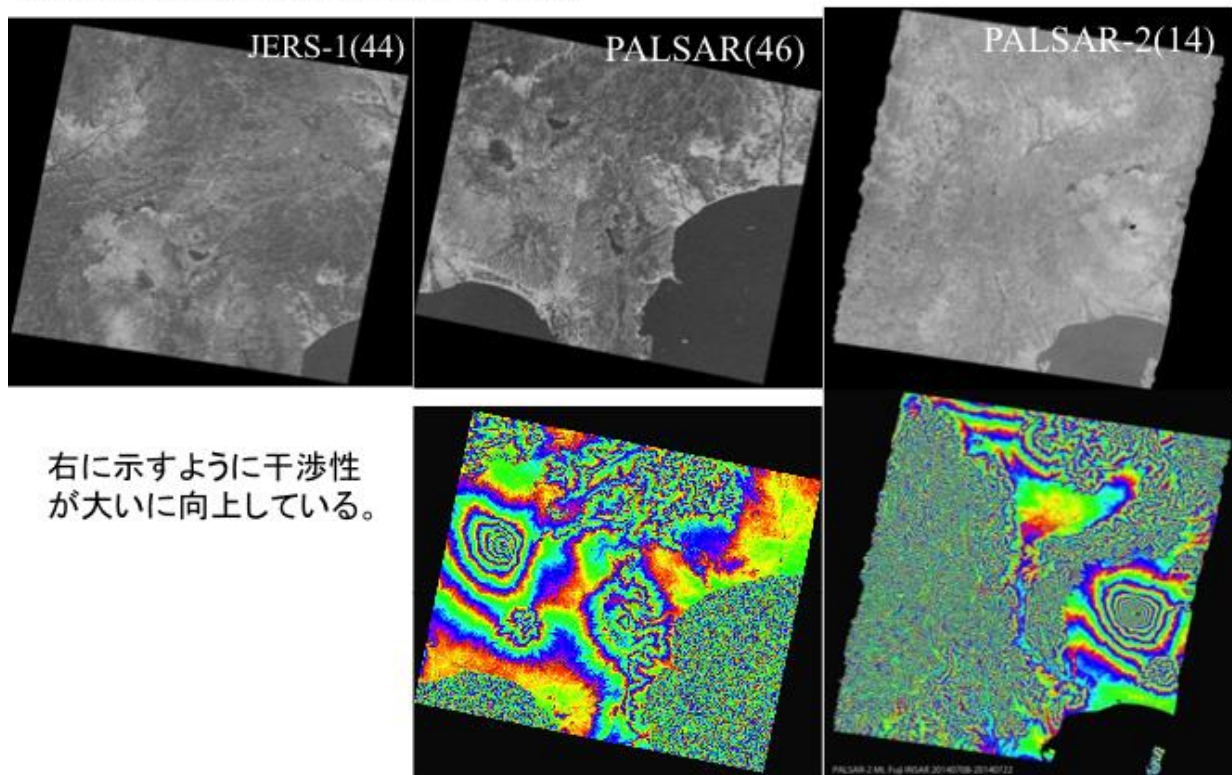


図 1 3 SAR 衛星間の干渉性の比較図。左から JERS-1 SAR, ALOS PALSAR, ALOS-2 PALSAR-2 であり、干渉性の向上が見られる。

2) 地震に伴う地殻変動解析：実際に発生した地震の解析を行った。あ) 長野地震に伴う地殻変動解析、い) 徳島南部地震の解析結果を以下に示す。

あ) 長野地震は、幾つかの画像データの組み合わせがあるが、ここでは20141127-20141002の差分干渉結果を示す。

Northern Nagano Earthquake (DinSAR), Nov. 22 長野県北部地震の観測(干渉SAR)

2014年長野県北部地震は同年11月22日22時8分頃に、日本の長野県北部長野県北安曇野郡白馬村を震源として発生したマグニチュード6.7の地震。長野県は神城断層地震と統一している。小谷村、小川村、長野市で最大震度6弱を観測した。震源断層は、白馬村と小谷村を縦断する神城断層である。

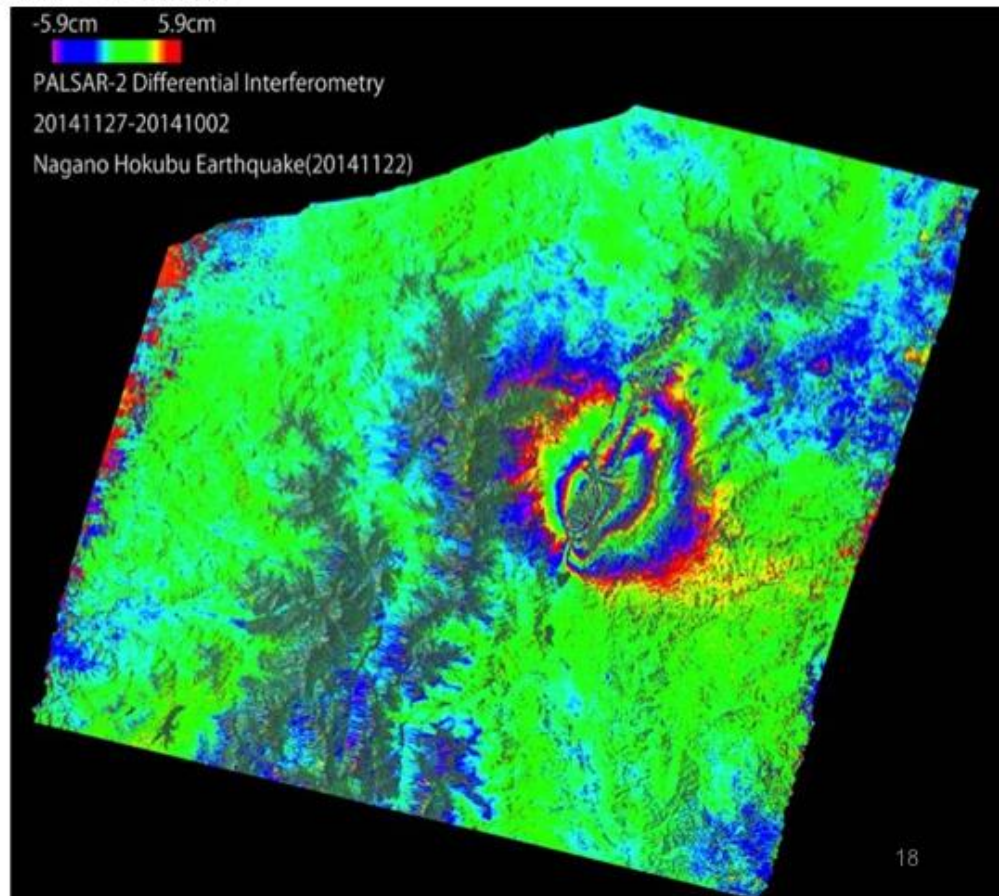


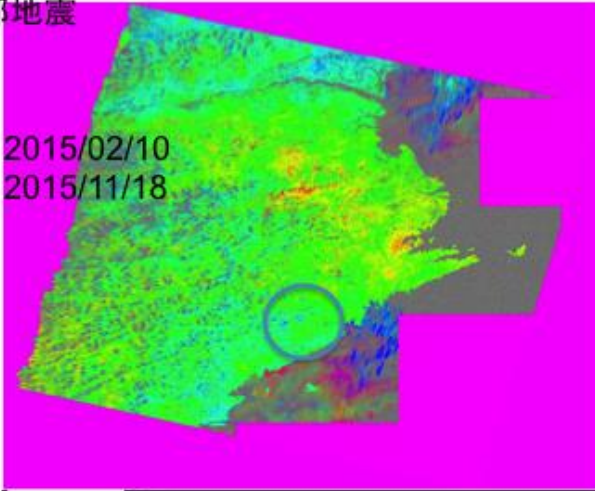
図2 長野地震の解析事例

い) 徳島事例

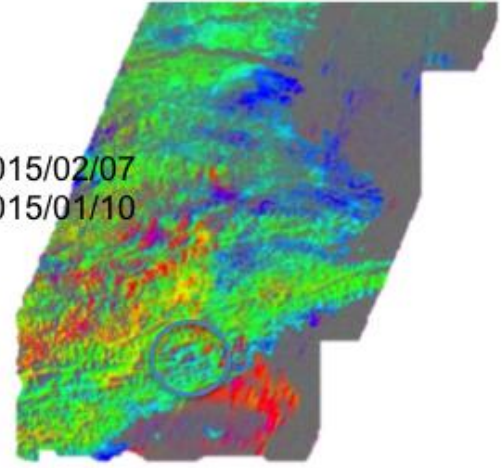
徳島での地震発生後に、20150207と20150210に観測が行われた、前者は発生直後に取られたもので、入射角は約55度と非常に大きいものであった。干渉可能なアーカイブからは20140920, 20141004, 20150110の3ペアが、後者からは20141118が見つかった。処理の結果、前者は1例を除き高い干渉性を示した。後者は入射角が30度前後と観測条件が良好であり、高い干渉性を示した。震源が浅いと報じられていたものの、DinSARから変動は小さかった。

徳島南部地震

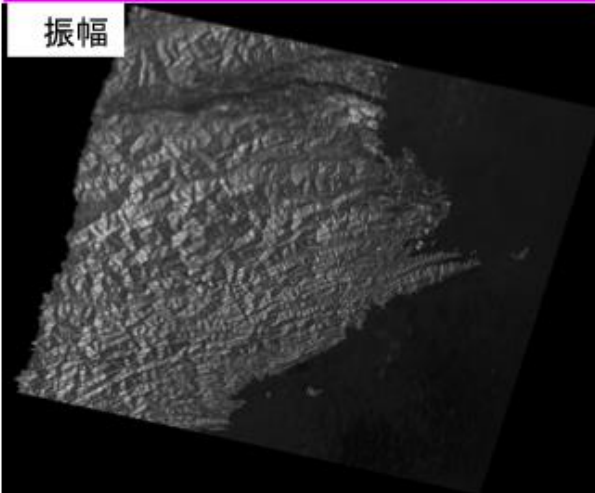
地震後 2015/02/10
地震前 2015/11/18



2015/02/07
2015/01/10



振幅



干涉性

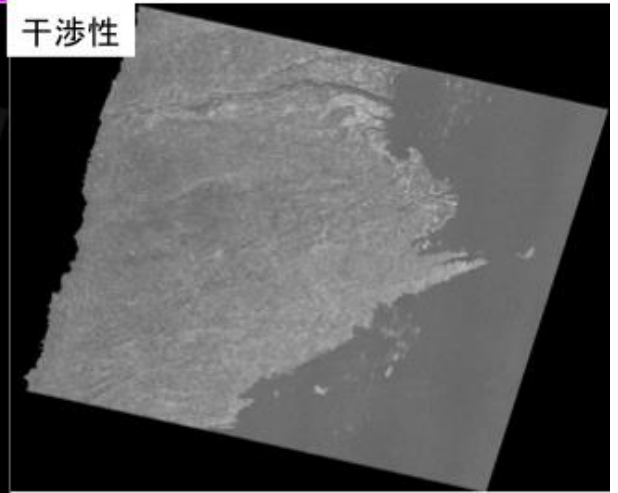


図3 徳島南部地震の解析事例（左上：20150210と20141118との干渉結果、左下、振幅画像、右下、その干涉性（全体に高い干涉性を見る）、右上、20150207と20150110の差分干渉結果。

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。）：本年度は、PALSAR-2 が打ち上がり、初期校正、定常校正に集中したために、干渉処理結果を外部発表するまでには至らなかった。しかし、PALSAR-2 の L0 から、L-1.0 変換、SAR 映像化、校正処理、干渉処理まで一通り実施することができた。PALSAR-2 の処理については、まだ、2 点ほど未補正事項があり、早急にそれらを詰める予定であり、その後、当初目標に書いた、帯域幅ごとの干渉性の違いなどを評価する計画である。ただ、一部については、センサが校正期間中ではあるものの、28 MHz、84 MHz の干渉性の評価を行った。また、長野地震、徳島地震などの処理を行い感度の概略的評価は実施した。

来年度以降の課題・計画：

地震時の解析の実施と一部時系列解析の実施、ScanSAR-ScanSAR の処理、干渉性と帯域幅の相関についての研究、Sigma-SAR の精度向上（機能付加含む）

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。

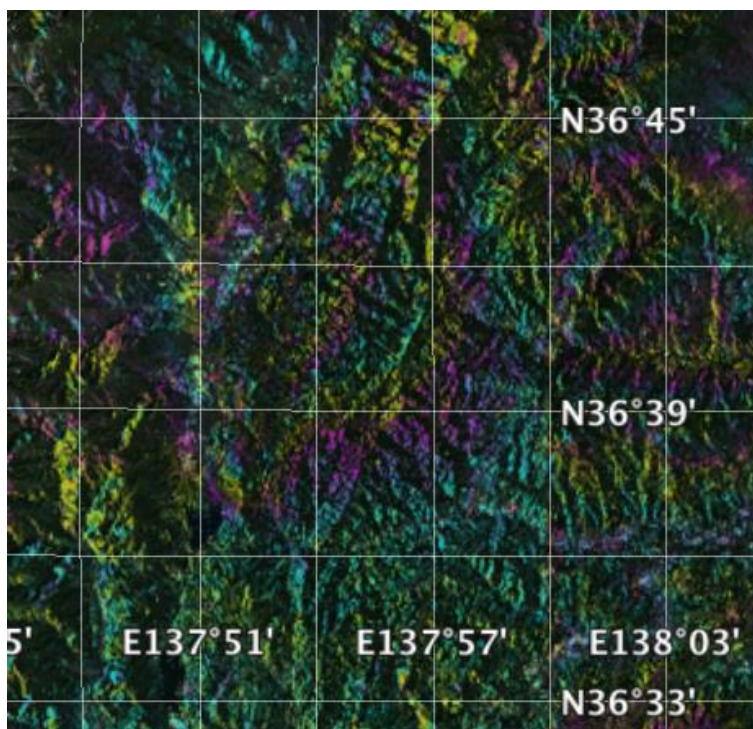
代表研究者 氏名 (所属機関) : 田中 明子 (産業技術総合研究所)

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 :

ftp サイトよりご提供頂いた ALOS-2 データの解析を始めた. ALOS-2 のデータを処理することのできる ISCE (InSAR Scientific Computing Environment, <https://winsar.unavco.org/isce.html>) を用いて, ALOS-2 のデータ解析を行った. ISCE は, ALOS-2 のデータを解析することのできる, 現時点ではおそらく唯一の public domain のソフトウェアである. 下図は, ftp サイトよりご提供頂いた ALOS-2 データの解析結果の一例である. これは, 2014 年 11 月 22 日長野県北部地震に関して取得された ALOS-2 データ (2014/09/19 および 2015/01/15 観測) の SAR 干渉解析結果である.



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。）：

今年度は、成果発表は行っていない。

来年度以降の課題・計画：

来年度は、今年度には十分に成果をあげることができなかった、地震活動に伴う地殻変動の詳細な時空間パターンを捉えることを試みたい。

さらに、Sentinel-1 TOPS (Terrain Observation by Progressive Scans) interferometry の解析を目指す。現時点では、ROI_PAC (Repeat Orbit Interferometry PACkage, <http://roipac.org/>) もしくは ISCE の upgrade を候補として考えている。

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) : 三浦 哲 (東北大学大学院理学研究科)

支援研究者 氏名 (所属機関) : 太田雄策 (東北大学大学院理学研究科)

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 :

本研究では, SAR 及び GNSS データ解析を併用することにより, 東北地方太平洋沖地震後の陸域の地殻変動を高い時間・空間分解能で明らかにし, 東北日本弧の粘弾性応答を定量化することを通じて, 奥羽脊梁山脈沿いのひずみ集中機構の解明を目的とする. 今年度は, 今後の東北地方の地殻活動を考える上で重要となる余効地殻変動, 特にひずみの時空間変化について調査した.

東北地方には, 国土地理院による GEONET に加えて, 気象庁, 防災科技研, 大学等の GPS 連続観測点が設置されており, 稠密な観測網が構築されている. これらの観測網により得られたデータを, GIPSY-OASIS II ver. 6.2 の精密単独測位 (Precise Point Positioning, PPP) 法により解析を行い, 各観測点の日毎の座標値を求めた. 解析の際の衛星軌道・時計情報には, JPL 再解析精密暦を使用し, 天頂大気遅延量 (Zenith Total Delay, ZTD) を推定し, 各衛星の視線方向の遅延量への変換はマッピング関数を用いて重み付けを行っている. また, マッピング関数としては, GMF (Global Mapping Functions, Boehm *et al.*, 2006a) を使用し, 解析時の衛星の仰角カットオフは 7° としている.

得られた各観測点の時系列には短周期ノイズが含まれるため, 本研究では遮断周期 90 日の低域透過フィルターをかけて, 任意の期間の変位場を得られるようにした. これらを用いて, 2011 年 4 月から 2012 年 3 月 (FY11), 同年 4 月から 2013 年 3 月 (FY12), 同年 4 月から 2014 年 3 月 (FY13) までの 3 期間に分けて変位場を求め, Shen *et al.* (1996) の方法により, 格子点上でひずみの各成分を計算した. 計算に用いた Distance-decaying-constant は 25km とした.

このようにして得られた面積ひずみ分布を見ると, 全期間を通じて, 北緯 40 度以南の太平洋沿岸及び脊梁山脈沿いの収縮ひずみが特徴的である. それぞれの時間発展を見ると, 前者は FY11 で最大でその後時間とともに急速に減衰している. 一方後者については, 同様の時間依存傾向は見られるものの, FY13 ではむしろ前者より支配的であるように見えることから, 減衰係数が前者よりも小さい可能性が考えられる. このような特徴から, 太平洋沿岸の収縮ひずみについては, 原因として震源域周辺の余効滑りや粘性応答が考えられる. 一方, 脊梁山脈周辺では, この領域直下の局所的な地下構造, 特に粘性構造に起因する余効ひずみが進行している可能性が考えられる.

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。）：

三浦 哲 ・ 太田雄策 ・ 飯沼卓史 ・ 出町知嗣 ・ 立花憲司 ・ 佐藤俊也 ・ 大園真子, 2011 年東北地方太平洋沖地震後の奥羽脊梁山脈沿いの余効ひずみ異常域, 日本測地学会第 122 回講演会, つくば, つくばサイエンス・インフォメーションセンター, 2014 年 11 月 7-7 日.

飯沼卓史 ・ 日野亮太 ・ 木戸元之 ・ 長田幸仁 ・ Wang Kelin ・ Sun Tianhaozhe ・ 太田雄策 ・ 三浦哲, 海陸地殻変動観測に基づく 2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動の解析, 日本測地学会第 122 回講演会, つくば, つくばサイエンス・インフォメーションセンター, 2014 年 11 月 7-7 日.

平田 雄一郎 ・ 太田 雄策 ・ 大園 真子 ・ 三浦 哲, キネマティック PPP 時系列解析によって得られた 2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動にともなう特徴的ひずみ分布, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 横浜, パシフィコ横浜, 2014 年 4 月 30-30 日.

来年度以降の課題・計画：

- (1) 取得した ALOS-2 のデータを用いて干渉解析を実施し, 解析手法や解析時のパラメータ等の最適化を図る.
- (2) (1)で得られた知見をもとに, InSAR 解析の自動化を図る.
- (3) InSAR 解析を基にして地殻変形の時間変化を明らかにするため, PS 干渉解析を実施し, GNSS データを用いることによりノイズ除去法や信頼性の向上法について検討を行う.
- (4) GNSS による変位データと PS-InSAR による LOS データとの併用により, 高い時間・空間分解能の余効変動場を抽出してひずみ集中機構のモデルを構築する.

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：