

## ALOS-2/PALSAR-2 で捉えた地殻変動 Crustal Deformations Detected by ALOS-2/PALSAR-2

○橋本学・安藤忍・小澤拓・古屋正人・青木陽介  
○Manabu HASHIMOTO、Shinobu ANDO、Taku OZAWA、  
Masato FURUYA、Yosuke AOKI

ALOS-2, the Japan's new Earth Observing Satellite, was launched on May 24, 2014. This satellite is dedicated to Synthetic Aperture Radar observation and a new SAR sensor (PALSAR-2) with high resolution is on board. Using PALSAR-2, we have been conducting study of crustal deformations associated with earthquakes and volcanic eruptions. After the launch of the ALOS-2, the eruptions of Kuchinoerabujima and Ontake volcanoes and an earthquake in northern Nagano prefecture occurred and acquisitions before and after these events were made. We report the results of the analysis of PALSAR-2 images, especially, coseismic deformation of the Northern Nagano prefecture earthquake and its fault model.

### 1. はじめに

2014年5月24日、待望久しかった陸域観測技術衛星「だいち2号」が種子島宇宙センターより打ち上げられ、搭載された合成開口レーダーPALSAR-2による観測が6月から始まった。約半年の初期機能確認期間を経て、11月25日からは定常運用体制に移行し、データは一般に公開されている。我々は、陸域観測技術衛星防災利用実証実験の火山噴火予知連絡会衛星解析WG及び地震予知連絡会SAR解析WGに参画し、ALOS-2/PALSAR-2の観測画像を用いた地震時変動の抽出に関する研究を行っている。橋本は、ALOS-2校正検証委員会メンバーとして、初期観測データの解析を行った。また、東京大学地震研究所特定共同研究(B)「SARを用いた地殻変動研究」の一環として、PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface (Pixel)を運営し、データの共有や解析手法・プログラムの講習等の活動を行っている。2014年8月以降、口永良部島、御嶽山、阿蘇山等の火山噴火、11月22日の長野県北部の地震( $M_{jma}6.7$ )などが発生し(例えば、内閣府, 2014; 気象庁, 2014)、多くの観測がなされた。2014年11月22日の長野県北部の地震前後のPALSAR-2画像を解析し、地震時変動を検出したので報告する。

### 2. 火山噴火に伴う変動

PALSAR-2による観測が始まってから、火山噴

火が相次いだ。8月3日には口永良部島新岳が1980年9月以来噴火した。8月30日以降、阿蘇山の噴火も継続しており、11月26日には噴煙が高度1000mに達する噴火を行った。9月27日には、御嶽山で水蒸気爆発が発生し、63名の犠牲者・行方不明者を出す大きな災害となった(例えば、内閣府, 2014)。

これらの噴火のうち、特に御嶽山の噴火前後の画像の干渉処理により、変動を検出した。解析には防災科研の小澤が開発したソフトウェアRINCを用いて(例えば、小澤, 2014)、ASTER-GDEM、またはPixelで共有されている国土地理院10mメッシュを元にしたDigital Ellipsoidal Height Modelを用いた。2014年8月18日と10月13日、および8月22日と10月3日の2つのペアについて干渉処理を行った。いずれも北行軌道からの観測である。解析の結果、山頂火口近傍に約5cmの視線距離短縮の変動が検出された。入射角については、前者のペアでは約 $36^\circ$ であるのに対し、後者のペアの方では約 $53^\circ$ である。干渉画像を見ると、視線距離短縮の領域が大きいことから、比較的水平的成分の大きい変動であったと考えられる。なお、山体全体の膨張・収縮の変動は検出されていないことから、力源は地表近傍にあったと推定される。

### 3. 長野県北部の地震に伴う変動と断層モデル

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からのものである。ここ

でも RINC を使用した。また、DEM としては、Digital Ellipsoidal Height Model を用いた。軌道の再推定等は行っていない。

図 1 は長野県北部の地震前後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ため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。

Gamma®を用いて Branch cut 法で、アンラップ処理を行った。自動処理でできる範囲に留めるため、コヒーレンス 0.8 以上の領域をアンラップした。このため、地表地震断層近傍の変位場は得られていない。アンラップされた領域で、得られた視線距離変化の最小値は -80 cm、最大値は +47 cm である。いずれも震央より南側の領域にある。ただし、最大値は神城断層の地表トレースより東側に認められるので、ミスアンラッピングの可能性が依然として残る。地表震央より北側の領域では、視線距離変化は小さくなるものの、明瞭な視線距離変化の不連続線が神城断層に沿って 20km 以上認められる。

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。なお、1 ペアの干渉画像しかなく、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 120cm 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  $3.9 \times 10^{18} \text{Nm}$ 、Mw6.3 と推定される。

#### 4. 謝辞

本研究で使用した PALSAR-2 データは、地震予知連 SAR 解析 WG (事務局：国土地理院)、火山噴火予知連衛星解析 WG (事務局：気象庁)あるいは ALOS-2 校正検証委員会等の活動において宇宙

航空研究開発機構から提供されたものです。PALSAR-2 の所有権・著作権は宇宙航空研究開発機構にあります。関係機関に感謝致します。

#### 5. 参考文献

小澤拓(2014)：防災科研における InSAR 解析ツールの開発 (その 3)，地球惑星科学連合 2014 年大会，STT59-P12.

気象庁(2014)：平成 26 年 11 月 22 日 22 時 08 分頃の長野県北部の地震について (第 6 報)，<http://www.jma.go.jp/jma/press/1411/27a/201411271500.html>

内閣府(2014)：御嶽山の噴火状況について (平成 26 年 11 月 6 日 12 時 00 分現在)，<http://www.bousai.go.jp/updates/h26ontakesan/pdf/h26ontakesan44.pdf>

Fukahata, Y., and Wright, T. J. (2008): A non-linear geodetic data inversion using ABIC for slip distribution on a fault with an unknown dip angle, *Geophys. J. Int.*, **173**, 353-364.

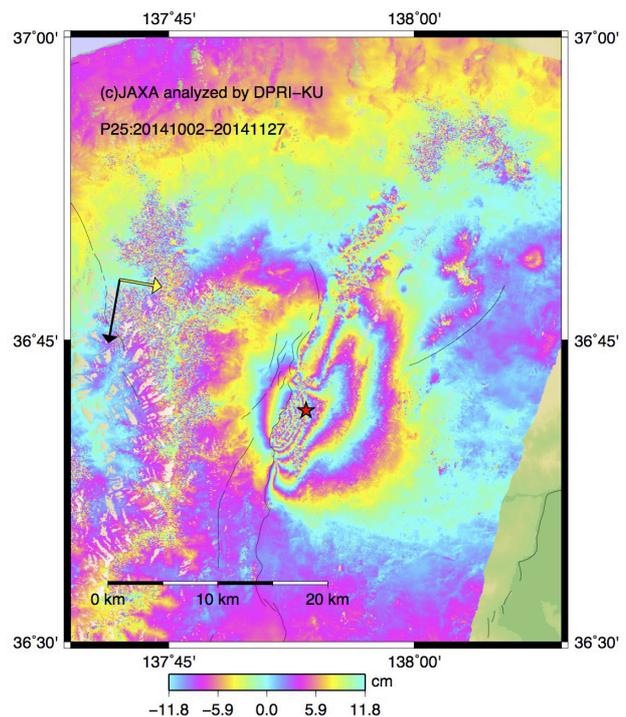


図 1. PALSAR-2 干渉画像。観測日：1 回目 2014 年 10 月 2 日、2 回目：2014 年 11 月 27 日。南行軌道より観測。図中の黒→が衛星の進行方向、黄色→がマイクロ波の射出方向を示す。入射角は約 37°。★は気象庁による震央を示す。