

SAR干渉画像を用いたPixel Offset法で検出した2016年熊本地震の3次元地表変動と地すべり性地表変動の関係

Relation between 2016 Kumamoto Earthquake-induced landslide surface deformation and 3-D surface deformation detected by Pixel Offset method using InSAR image

*佐藤 浩¹、宇根 寛²

*Hiroshi, P. Sato¹, Hiroshi Une²

1. 日本大学文理学部、2. 国土地理院

1. College of Humanities and Sciences, Nihon University, 2. Geospatial Information Authority of Japan

2016年熊本地震では多数の斜面崩壊が発生した。筆者らは、地震前後（2016年4月15日と4月29日）に観測されたALOS-2/PALSAR-2データから合成開口レーダ（SAR）干渉画像を生成し、この画像を用いた2.5次元解析により本地震で生じた東西成分と上下成分の変動の向きと斜面崩壊の斜面方位の関係を調べ、両者がよく一致することを見出した。ところが、2.5次元解析では本地震による南北変動を面的に知ることはできなかった。本研究では、この画像にPixel Offset法を適用して本地震の3次元地表変動を明らかにし、本地震による斜面崩壊の斜面方位との関係を調べようとした。ポスターでは後半にその結果を示すとともに、前半ではPixel Offset法を適用するにあたって、適用するSAR干渉画像のルック数、そしてPixel Offsetの計算で設定される窓領域のサイズの検討を行う。

キーワード：地震、斜面崩壊、地すべり、SAR、Pixel Offset

Keywords: earthquake, slope failure, landslide, SAR, Pixel Offset

SAR干渉解析による斜面変動検出－四国山地、朝日山地の事例

Detection of slope deformation by using InSAR analysis - A case of Shikoku Mountains and Asahi Mountains

*中埜 貴元¹、山中 雅之¹、小林 知勝¹、森下 遊¹、藤原 智¹、仲井 博之¹

*Takayuki Nakano¹, Masayuki Yamanaka¹, Tomokazu Kobayashi¹, Yu Morishita¹, Satoshi Fujiwara¹, Hiroyuki Nakai¹

1. 国土交通省国土地理院

1. GSI of Japan

はじめに：国土地理院がJAXAの陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)のSARデータを用いて全国を対象に実施しているSAR干渉解析の画像においては、山地斜面で数cm程度の斜面変動を示すと考えられる位相変化が多数確認できる。このような位相変化が地すべりブロック等の斜面のクリープ現象を捉えているという報告はこれまでも多数あるが(Squarzoni et al., 2003; 宇根ほか, 2008; Delacourt et al., 2009; 佐藤ほか, 2012など)、衛星の観測性能上、すべての斜面変動が捉えられるわけではない。そのため、どのような観測条件、地形・地質条件、土地被覆条件で、どの程度の位相変化が現れている際に、どのような地表変位が現地に現れているのかの情報を蓄積していくことが、SAR干渉解析を用いた今後の斜面変動監視の方法を確立するうえで重要である。

そこで、我々はこれまでも斜面変動性の位相変化地点の現地調査や現地観測データとの比較を行ってきたが(Nakano et al., 2016; 山中ほか, 2016)、本発表では四国山地(高知県)と朝日山地(山形県)で確認された位相変化の特徴と現地調査結果で明らかになった地表変位の特徴について報告する。

現地調査結果：現地調査は、四国山地は2016年3月9～11日、朝日山地は2016年11月14～16日に実施した。

(1) 四国山地：現地調査した4地点のうち、2地点(SK-1：本山町奥白髪谷地点、SK-2：いの町手箱谷地点)で明瞭な地表変位を確認した。SK-1地点では、SAR干渉画像(2014年10月～2015年10月)において衛星から8cm程度遠ざかる変動が検出されていたが、位相変化領域に接する林道脇のコンクリート擁壁に比較的新しい複数の開口亀裂がみられ、位相変化と調和的な斜面ブロックの変動が生じていることが伺えた。また、SK-2地点は地すべり地で、古くから地すべり対策工事が実施されていたが、SAR干渉画像(2014年9月～2015年6月)では7cm程度の衛星から遠ざかる変動が検出されており、現地の樹木の傾倒などからも地すべりが継続していることが伺えた。

(2) 朝日山地：現地調査した5地点のうち、2地点(AS-1：大江町月布地点、AS-2：西川町上小沼地点)において明瞭な地表変位を確認した。AS-1地点では、2014年9月～2015年6月の期間などを含め、複数時期のSAR干渉画像において継続して広範な位相変化が検出されており、位相変化を横切る林道のコンクリート舗装部において、位相変化が示す変位の向きと調和的な段差・開口亀裂が確認された。AS-2地点は地すべり対策工事の対象地すべりで、2016年1月～4月の期間などを含め、複数時期のSAR干渉画像において位相変化が確認されていた。現地では、地すべり土塊の側方崖に位置する位相変化領域縁を横切るアスファルト道路とその脇の用水路において、位相変化の向きと調和的で明瞭な構造物の上下・右横ずれ変位が確認できた(図)。ここでは、少なくとも3回の道路補修痕があり、最新の補修は2016年内に行われた可能性が高く、SAR干渉画像で検出した変動により生じた変位である可能性が高い。

まとめと課題：位相変化が生じていながら現地で地表変位が確認できなかった地点は、いずれも位相変化縁辺部に人工構造物がなかった地点であり、逆に位相変化が示す変動が確かであれば、SAR干渉解析により人間が地上では認識できないような変動を検出・監視できることを示している。ただ、今回のような事後調査では、現地で確認された地表変位がSAR干渉画像で捉えた変動そのものによって生じたかどうか判断できない

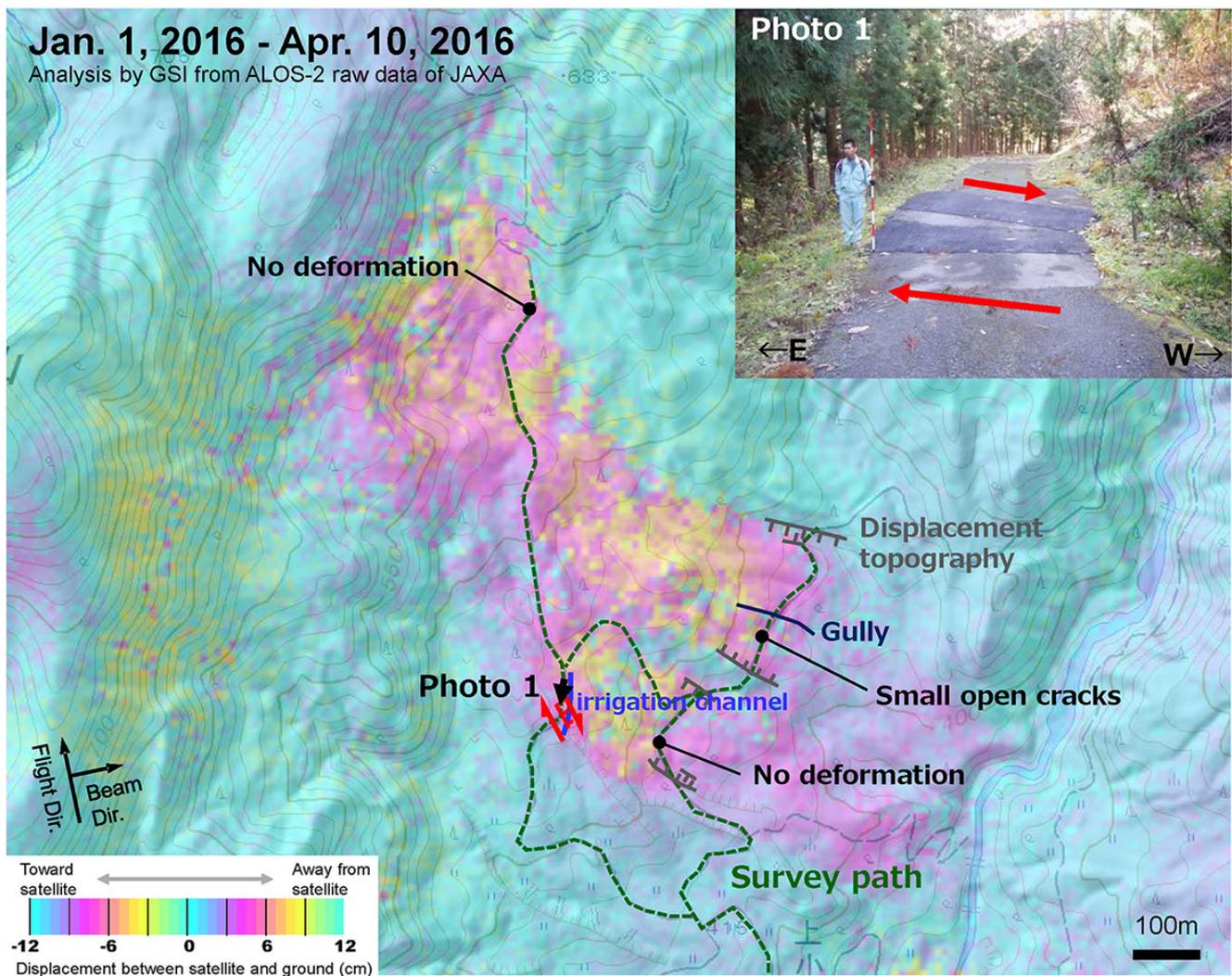
ため、今後は現地での常時変動観測を併用した検証を検討したい。

謝辞：本研究で使用したALOS-2データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、国土地理院とJAXAの間の協定に基づいて、JAXAから提供されたものです。

引用文献：Delacourt et al. (2009): Sensors, 9, 616-630 ; Nakano et al. (2016): The International Archives of the ISPRS, XLI-B1, 1201-1205 ; 佐藤ほか (2012) : 日本地すべり学会誌, 49 (2) , 61-67 ; Squarzoni et al. (2003): Eng Geol., 68(1-2), 53-66 ; 宇根ほか (2008) : 日本地すべり学会誌, 45 (2) , 125-131 ; 山中ほか (2016) : 第8回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 55-60.

キーワード：SAR干渉解析、斜面変動、地すべり、地表変位

Keywords: InSAR analysis, slope deformation, landslide, surface displacement



内陸型地震により発生した斜面崩壊の分布と震源断層の関係—初報

The relationship between source faults and distribution of landslide induced by inland earthquakes in Japan - a preliminary report

*山田 隆二¹、飯田 智之¹、松田 昌之²、ハス バートル²、高山 陶子²、猪狩 祥平²

*Ryuji Yamada¹, Tomoyuki Iida¹, Masayuki Matsuda², Baator Has², Toko Takayama², Shohei Igari²

1. 国立研究開発法人 防災科学技術研究所、2. アジア航測株式会社

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Asia Air Survey Co., Ltd

近年、日本の内陸において強い地震が相次いで発生し、それに伴う数多くの斜面崩壊が震源域とその周辺に甚大な被害をもたらしている。地震により発生する斜面崩壊の分布や規模などを明らかにすることは、今後活断層周辺における地震時の斜面崩壊分布範囲を把握するための基礎情報となりうる。本研究では、ずれ方が異なる活断層が起こす内陸地震が誘因となる斜面崩壊の分布と規模を、震源断層との距離関係について整理・分析した。

1995年の兵庫県南部地震以来、日本の内陸において発生した主な地震（M6.5以上、震度5強以上）のうち、既存研究等から斜面崩壊が抽出できるものを対象とした。斜面崩壊の分布と震源断層との関係を明らかにするため、震源断層上端の地表面投影（以降、震源断層という）から斜面崩壊発生域の中心までの距離を求め、震源断層からの距離と斜面崩壊の発生状況、規模について分析した。その際、断層タイプ（正断層、逆断層、横ずれ型断層）および正断層・逆断層については上盤側か下盤側かに着目して整理を行った。

分析の結果、逆断層型地震については、下盤側に比べて上盤側で多く発生する傾向が認められた。また、斜面崩壊の規模については、上盤側で概ね大規模なものが発生する傾向があった。横ずれ型地震については、震源断層の両側で発生する斜面崩壊の分布と規模に大きな差が認められなかった。

以上のように、ずれ方が異なる活断層による地震が誘因となる斜面崩壊の分布範囲、規模に異なる傾向が認められた。今後は、これらの傾向を考慮して、強い内陸地震に伴う斜面崩壊の発生範囲・様式について評価を行い、活断層周辺における大規模崩壊の危険度評価について検討したい。

キーワード：内陸地震、斜面崩壊、震源断層

Keywords: Inland earthquake, Landslide, Earthquake source fault

有限要素法を用いた岩盤不連続面の走向と線状凹地の形成位置の関係の解析

Analysis of relationships between strike of rock discontinuities and formation position of linear depressions using finite element method

*遠藤 涼¹、須貝 俊彦¹

*Ryo Endo¹, Toshihiko Sugai¹

1. 東京大学

1. The University of Tokyo

線状凹地は、地形や地質構造、応力場によって規定され、山地の地形発達を理解する上で重要な地形である。本発表では、線状凹地の形成位置を推定するため、山地の簡易モデルを作成し、三次元有限要素解析を行った。解析に使用したソフトウェアはAbaqus student edition 2016 (Simula) である。

モデルとして、圧縮による逆断層によって形成された、節理が発達する山地を想定し、主稜線とその両側が谷に挟まれる理想化した山体を設定した。岩盤不連続面を、稜線方向に対して垂直な方向、平行な方向にそれぞれ設定した。さらに、稜線方向に対して垂直な方向、平行な方向にそれぞれ圧縮を加えて山体を変形させた。山体の物性は等方線形弾性体とした。

その結果、不連続面が稜線に対して平行なとき、圧縮方向により線状凹地の形成位置が異なった。圧縮方向が稜線と平行であるとき、稜線付近において不連続面で開口変形が生じた。その一方で、圧縮方向が稜線と垂直であるとき、斜面下方において不連続面に沿って縦ずれ変形が生じた。また、不連続面が稜線と垂直なときは、圧縮方向に関わらず、不連続面では顕著な変形は見られなかった。

これらの結果は、線状凹地の走向が稜線や節理方向と一致する傾向があること、また線状凹地が山地の斜面全域で形成されることと調和的である。

キーワード：有限要素法、線状凹地、不連続面、山体重力変形地形

Keywords: FEA, Linear depressions, Rock discontinuity, Mountain gravitational deformation