

ALOS 干渉 SAR による土砂災害前微小変動箇所の抽出手法の検討

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○水野 正樹 (現、新潟大学)、神山 嬢子、江川 真史、蒲原 潤一  
 前国土交通省国土技術政策総合研究所 西 真佐人、渡部 文人  
 株式会社パスコ 吉川 和男、三五 大輔

1. はじめに

大規模崩壊発生前の微小な斜面変動の把握により、大規模土砂災害のおそれがある箇所を広域的に効率よく特定した上で、監視する技術が求められている。

合成開口レーダー (SAR) 衛星による干渉 SAR 解析 (DInSAR) は、数千~数万 km<sup>2</sup> の広域の地表面変位を数cmオーダーの精度で観測する技術であり、地殻変動や火山活動監視などに利用されている。

本発表では、JAXA の陸域観測技術衛星 ALOS データによる Lバンド干渉 SAR 解析を実施し、山地における干渉性を調査するとともに、土砂災害前の微小変動箇所の抽出手法を検討し、その評価を実施した。

2. 山地における干渉性の評価

今回実施した干渉 SAR 解析の対象地域は、長野県周辺域および紀伊半島である。解析に使用した ALOS PALSAR 画像の諸元を表 1 に、観測範囲を図 5 に示す。軌道番号 408 以外の表 1 に示す軌道番号については、ALOS の入手可能な全てのアーカイブ画像を収集し、干渉 SAR 解析を実施した。

表 1 解析に用いた ALOS/PALSAR 画像数

	長野県周辺域		紀伊半島	
	軌道番号	シーン数	軌道番号	シーン数
南行軌道	61	8	64	10
			65	15
北行軌道	408	14	413	21
	409	24	414	24

○積雪期を撮影日に含む干渉画像 ◆全面像(撮影日間隔500日以内) ▲全面像(撮影日間隔500日以上)

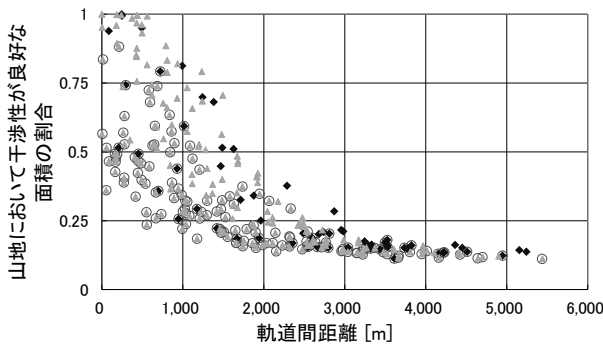


図 1 軌道間距離と干渉性の関係 (軌道番号 409)

軌道番号 409 (長野県周辺域) の干渉解析結果から、山地 (傾斜 10 度以上の範囲とした) における干渉性 (コヒーレンス) と軌道間距離の関係进行调查した結果を図 1 に示す。ここで、「山地において干渉性が良好」とは、経験上、変動の抽出が可能となるコヒーレンス 0.3 以上のピクセルとした。図 1 から、軌道間距離が長くなるほど干渉性が低下する傾向を確認した。

そして、図 1 中の○を付した点は、積雪期を含む画像の解析結果を示す。積雪期を含むと軌道間距離が短い場合でも干渉性が低下する傾向が確認できる。この

原因として、積雪によって地表面の状況が大きく変化したことが考えられる。以上の結果から、良好な干渉画像となる条件として、軌道間距離が短いこと、積雪期の画像を含まないことが挙げられる。また、撮影日間隔が長いと干渉性が低下することがある (図 1)。

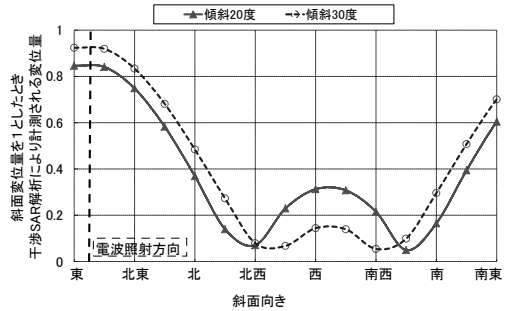


図 2 斜面方向と干渉 SAR 解析による地表変位の計測感度 (SAR 東向き照射の場合)

さらに、干渉 SAR 解析による変位抽出の斜面方位別の感度分析を実施した。干渉 SAR 解析で観測する変位は、南北方向の軌道を回る衛星から、東又は西向き斜め下方に照射される SAR の照射方向の、衛星と対象物の差分距離であり、同じ斜面変位量であっても斜面の向きによって観測される変位量は異なる。結果として図 2 に示すとおり、東向き照射の場合、「北-北西向き斜面」及び「南-南西向き斜面」の地表変位は、感度が低く、変位が微小な場合その抽出は困難となることが予想される。

3. 干渉 SAR 画像からの微小変動候補地の抽出

作成した広域な干渉 SAR 画像から土砂災害前微小変動箇所を抽出するために、図 3 に示す抽出フローを提案した。

①~②: 干渉 SAR 画像を GIS 情報と比較できるよう幾何補正 (オルソ化) した上で、地形図や地すべり地形図と重ね合わせて、判読性を良くする。

③: 周辺と比較し色合いが異なる箇所 (変動縞) を「微小変動候補地」として抽出する。

④~⑤: 変動縞の誤判読の要因として、大気 (水蒸気) や電離層の

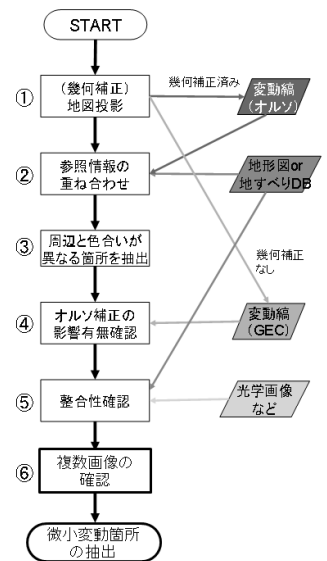
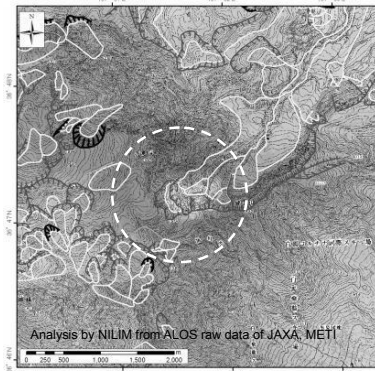


図 3 干渉 SAR 画像からの微小変動箇所抽出フロー

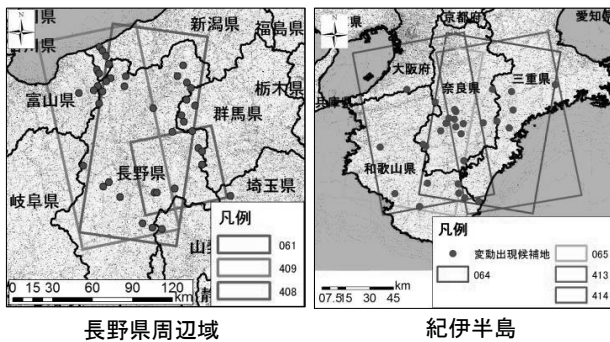
影響により出現する縞がある。この縞は、変動方向と斜面向きとの整合性の確認や、地形情報を判読し排除する。

⑥：さらに、複数の干渉画像で同様の場所に「微小変動候補地」の変動縞が見られるかを確認することで、誤判読を極力排除する。

最終的にこれらの条件を満たした箇所を微小変動候補地として抽出した。その結果を図5に示す。長野県周辺域では小谷村赤倉山(図4)など計40カ所、紀伊半島では計29カ所の微小変動候補地を抽出した。

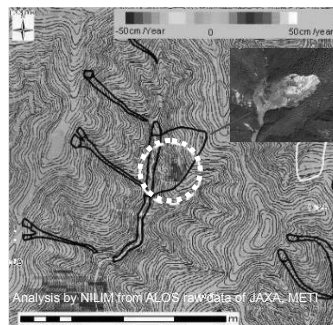


(2007/9/2, 2007/10/18)  
図4 赤倉山における干渉縞画像



長野県周辺域 紀伊半島  
図5 抽出した微小変動箇所位置図

これらのうち、土砂災害発災前の微小変動を検出した可能性がある事例も田辺市上秋津など複数箇所あった。この結果から、干渉 SAR 解析により土砂災害前の微小変動を抽出できる可能性が示唆された。そのうち、平成23年9月に台風12号によって崩壊し河道閉塞が生じた奈良県十津川村杉清地区の例を図6に示す。複数枚の干渉画像を用いた時系列干渉 SAR 解析により、杉清地区において変動縞の箇所が確認された。



2010/06/04 : 2010/07/20、2010/09/04  
\* 図中の黒線は災害で発生した崩壊地  
図6 時系列干渉 SAR で確認した変動(杉清)

#### 4. 現地調査等による抽出箇所の移動状況確認

干渉 SAR 解析によって抽出した一部箇所について、GPS 等移動杭の設置・観測又は現地調査を実施して、抽出結果の正否を検証した。現地調査は、道路などの構造物に現れる変位(亀裂等)を確認した。

移動状況確認により地表変位を認めた例として、長野県天龍村虫川右岸の例を示す。同箇所では昨年より GPS 移動杭を設置しており、H25年2月~11月の9

ヶ月間で4cmを超える水平変位を確認した。そして、現地調査でも変動の痕跡を確認した(図7)。以上のことから、干渉 SAR 解析から抽出された虫川右岸個所には、地すべり性の微小変動があることを確認した。

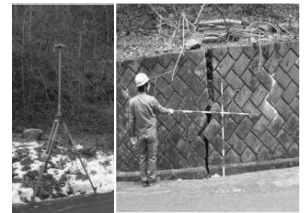


図7 現地調査(虫川)

一方で現地調査の結果、干渉縞箇所が微小変動している可能性が低いと判断した場所は、平野の中の独立峰が多かった。平野の中の独立峰周辺では水蒸気分布が不均一になることが知られており、それにより電波の伝搬距離が変化した可能性がある。変動地の可能性が低かった干渉縞の例として長野県茅野市豊平を示す。豊平では、図8に示すように大泉山と小泉山において変動縞が確認された。しかしながら、現地調査の結果、変動を示す状況は見られなかった。

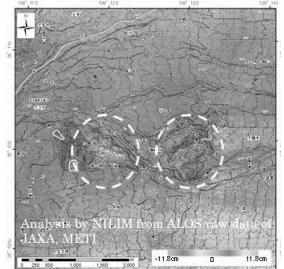


図8 豊平における干渉縞画像

5. 考察

抽出した微小変動候補地と土砂災害の発生時例等の資料とを比較し、干渉 SAR 解析で抽出できなかったものについて、その要因を考察した。変動の面積が小さい場合、干渉 SAR 解析では抽出できない可能性があると考えられる。本研究では干渉 SAR 画像の1ピクセルは約30m四方としたが、その判読のためには、ある程度まとまった範囲の変位が必要であり、ALOSの分解能では5ピクセル四方(約2万m<sup>2</sup>)以上程度の面積がないと抽出は困難と考えられる。さらに、干渉 SAR 解析による変位の抽出限界から年数cm程度以上の変動がないと抽出は困難であると考えられる。

さらには積雪による影響や斜面向き等も抽出が困難となる理由としてあげられる。

#### 6. まとめ

本報告では、ALOS PALSAR 画像による干渉 SAR 解析から、山地における干渉性の評価、干渉 SAR 解析による土砂災害前の微小変動候補地の抽出フローの検討、及びその変動有無の現地確認の試行を実施した。

この結果、干渉 SAR 解析により大規模土砂災害のおそれがある箇所の抽出の可能性が示唆された。また一方でその限界や課題も確認された。

今後は、ALOS-2を用いた干渉 SAR 解析による土砂災害前微小変動箇所抽出の検討を進めていく予定である。

#### <参考文献>

1. 国土交通省国土技術政策総合研究所 吉川知弘ほか、干渉 SAR を用いた土砂災害予兆監視手法の検討、平成24年度砂防学会研究発表会概要集 pp. 180-181.
2. 防災科学技術研究所 地すべり地形分布図データベース、<http://lswb1.ess.bosai.go.jp/index.html>