

国土監視ツールとしての L バンド SAR 干渉解析の活用について

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○江川 真史(現、国際航業株式会社)、國友 優、神山 嬢子、松下 一樹  
株式会社パスコ 吉川 和男、三五 大輔、平田 育士

1. はじめに

国土交通省「土砂災害対策の強化に向けた検討会」において、気候変動等の影響による土砂災害の大規模化や頻発化に対して、各種計測技術の高度化による国土監視の強化が提言された<sup>1)</sup>。効果的な国土監視ツールの一つとして、モニタリング精度、広域性、コストのバランスがとれた衛星リモートセンシング技術が挙げられ、平成 26 年 5 月に打上げられた日本の最新 L バンド SAR 衛星 ALOS-2 を活用した大規模土砂移動現象の早期把握が期待されている。特に L バンド SAR による干渉解析技術は、一般的に数 cm 程度の微小な地表変動を検出可能であり、地すべりを対象とした検出事例も報告されている<sup>2)</sup>。しかし、干渉解析の実務利用にあたって、観測環境や土地被覆状況等の各種要因により 2 時期の観測データの干渉性が十分に得られないことが多く、検出可能な斜面変動特性が明確になっていないのが現状である。

本研究では、L バンド SAR による観測データの蓄積が豊富な ALOS/PALSAR アーカイブデータを用いて、干渉解析による斜面変動の検出確度向上に資する各種要因分析を行った上で、詳細な地表変位観測データが得られている斜面変動箇所を対象とした検出可能範囲の検討を行った。

2. 干渉解析による斜面変動の検出確度向上のための各種要因分析

干渉解析による斜面変動の検出確度向上を図るためには、解析ペアにおいて干渉性が良好なこと、斜面変動検出の適用性が高い場の条件(地形条件、変動特性等)を把握することが重要である。干渉性に影響を及ぼす因子や検出プロセスの観点から要因を 3 つに分類し、良好な干渉性確保に適した解析条件や斜面変動検出に関わる留意事項等について分析した結果を表-1 に整理した。

表-1 干渉解析による斜面変動検出に関わる各種要因分析結果

要因	分析方法	要因分析結果からわかる事項 (良好な干渉性確保に適した解析条件や斜面変動検出に関わる留意事項等)
干渉解析の処理過程に関わる要因	画像マッチング精度	GAMMA-SAR による最適処理パラメータ オーバーサンプリングファクター×画像マッチングの近似式=2 <sup>1</sup> ×6 次式 ※コヒーレンスが良好で、近似式からの誤差が最小となる組合せ ルック数:6×9(28m メッシュ)、フィルタ強度:1.0、FFT 窓サイズ:32(約 896m) ※分解能の維持と良好な干渉性の両立を考慮
	各種ノイズ除去	
干渉性に関わる要因	撮像日間隔	軌道制御を含む場合、概ね 1 年以内で干渉性良好 軌道制御を含まない場合、600~1,000 日で干渉性良好 1,000m 以内で干渉性良好 夏と冬の組合せは干渉性に負の影響あり ※撮像日間隔、軌道間距離、季節(夏と冬の組合せ)の順で干渉性に影響を与えることを確認
	軌道間距離	
	季節	
理論的な検出可能範囲に関わる要因	最大計測変動量	隣接するピクセルで±59mm コヒーレンス値 0.6 で 15mm、コヒーレンス値 0.9 で 5.5mm ※電離層擾乱や大気遅延誤差を除くと観測誤差が支配的 12,500m <sup>2</sup> 程度 (4×4 メッシュ以上(28m メッシュの場合)) フォアショートニングの影響による変動範囲の縮小、干渉性低下を確認
	最小計測変動量(観測誤差)	
	検出限界面積	
	方位特性	

3. 干渉解析による斜面変動の検出可能範囲の検討

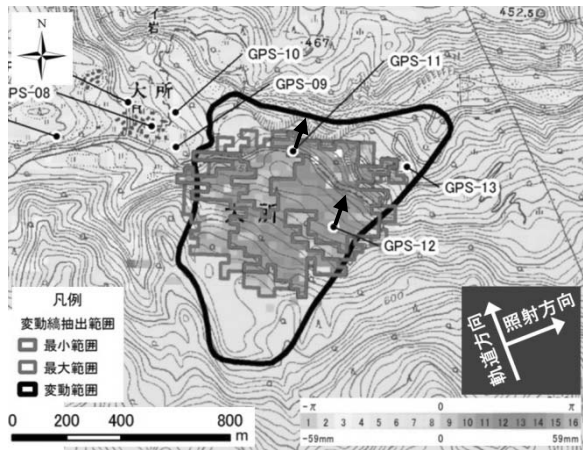
前述した斜面変動検出に関わる各種要因分析結果を踏まえて、詳細な地表変位観測データが得られている斜面変動箇所(5 箇所:大所地区、雲仙普賢岳、七五三掛地区、志津地区、落合地区)を対象として、干渉性が良好な干渉解析結果および地表変位観測データから設定した変動範囲・方向・量をもとに、斜面変動の検出可能範囲について検討を行った。

【変動範囲の評価指標】

干渉画像から斜面変動箇所付近で検出可能な変動縞の最小範囲(周辺部から明瞭に縞の色が異なる範囲)・最大範囲(最小範囲の外縁部でひとまとまりの変動縞として抽出可能な範囲)を定義し、また、地表変位観測データ等から顕著な変動を示す一連のブロックを定義した上で、重複関係による的中率(重複範囲/解析変動範囲)およびカバー率(重複範囲/地表変動範囲)を用いた。

【変動量の評価指標】

変動量の評価指標については、地表変位観測データを衛星視線方向に換算した変動量と、同一地点における干渉解析結果の変動量による変動量比(解析変動量/地表変動量)を用いた。



【変動範囲に関する評価】

	地表変動範囲 [m <sup>2</sup> ] ①	解析変動範囲 [m <sup>2</sup> ] ②	重複範囲 [m <sup>2</sup> ] ③	的中率 ③/②	カバー率 ③/①
最小範囲	571,987	199,194	192,111	96.4%	33.6%
最大範囲	571,987	335,572	317,208	94.5%	55.5%

【変動量に関する評価】 (衛星に近づく方向を正とする)

	地表変動量 [mm]	地表変動量 (衛星視線方向) [mm] ①	解析変動量 [mm] ②	変動量比 ②/①
GPS-11	150.0	-49.7	-79.6	1.6
GPS-12	119.9	-37.0	-49.3	1.3

※新潟県糸魚川地域振興局提供の地表変位観測データ(GPS)を利用

【コメント】衛星から遠ざかる方向(東向き もしくは 沈降)の明瞭な変動縞が認められ、変動範囲・方向・量に対する適用性が高い。

図-1 干渉解析による斜面変動検出事例：大所地区[2008/07/20-2009/10/23 (460日間)]

5箇所を対象とした干渉解析結果のうち、特に干渉性が良好な50ペアを選定し、本研究で設定した判定基準(図-2右)にもとづく解析ペア数を地表変動量5mm単位で整理し(図-2)、干渉解析による検出可能範囲を検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ✓ 地表変動量(衛星視線方向)が35mmから85mmの解析ペアは全て正解であり、検出確度が高い変動量域と考えられる。
- ✓ 正解した解析ペアの最小地表変動量は10mmから15mmであった(本検討では「2.干渉解析による斜面変動の検出確度向上のための各種要因分析」より、観測誤差等を考慮し検出限界を10mmに設定した)。
- ✓ 見逃しは地表変動量の小さい範囲と大きい範囲に集中する傾向が認められた。前者は対象斜面周辺での干渉性低下の影響(観測誤差の拡大等)、後者はいずれも急勾配斜面におけるフォアショートニングの影響(観測原理による変動範囲の縮小、変動量が多いことによる隣接メッシュ間の干渉性低下とそれに伴う観測誤差の拡大)が認められた。

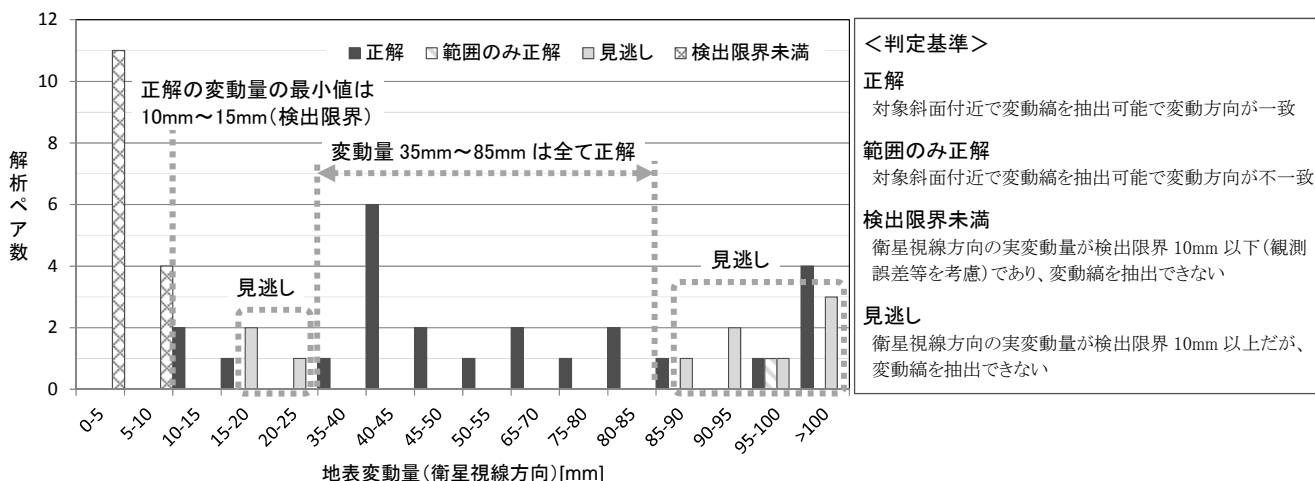


図-2 地表変動量毎の干渉解析による斜面変動の検出可能範囲

## 5. おわりに

ALOS/PALSAR アーカイブデータを用いて、斜面変動検出に影響を及ぼす各種要因分析および干渉解析による斜面変動の検出可能範囲を検討した結果、斜面変動の検出確度向上に資する解析条件等や干渉性が良好な場合の検出可能範囲に関する知見が得られ、国土監視における干渉性解析の有効性を一定程度実証することができた。

今後は、平成26年11月25日より定常配布が開始されたALOS-2を活用し、斜面変動検出・見逃し事例の蓄積と分析を継続し、的中精度の向上を図るとともに、国土監視の実務利用を念頭においた運用方法の検討・提案を行ってきたい。

### 【謝辞】

本研究を進めるにあたり、新潟県糸魚川地域振興局(大所地区)、長野県北信建設事務所(落合地区)、国土交通省雲仙復興事務所(雲仙普賢岳)、新庄河川事務所(七五三掛地区、志津地区)によるGPS等の地表変位観測データを利用させていただきました。ここに深く御礼申し上げます。

### 《参考文献》

- 1) 土砂災害対策の強化に向けた検討会:土砂災害対策の強化に向けて 提言、2014.07
- 2) 国土地理院:国土地理院干渉SARホームページ(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/>)