

干渉 SAR 解析による地すべり等発生リスク評価手法の検討

国土技術政策総合研究所 ○神山嬢子、國友 優、阪上雅之、長井義樹
(株) パスコ 平田育士、西川大亮、吉川和男、三五大輔

1 はじめに

大規模土砂災害に対する危機管理の観点から、大規模な土砂移動が発生する危険性が高い地域において、予兆となる斜面変動を早期に把握することが重要である。

人工衛星に搭載された合成開口レーダー（以下「SAR」）は、2 時期の観測データを干渉処理（以下「干渉 SAR 解析」）することで、面的な地表変位を数 cm 程度の精度で検出可能で、かつ広域を定常的に観測できるため、国土監視に有効な手段と考える。

人工衛星 SAR による国土監視を大規模土砂災害に対する危機管理に役立てることを考えるとき、定常的な監視によって干渉縞が得られた場合、直ちに地すべりや深層崩壊等に至る確度の高さとその規模を推定し、社会的影響を評価する技術があれば、対策着手等の判断に非常に有効である。しかし、斜面に現れる干渉縞には、実際の斜面変動ではなく、局所的な水蒸気等の影響により現れるものがある¹⁾ため、現状では実際の斜面変動を表す干渉縞（以下「変動縞」）のみを抽出することは難しい。

そこで、干渉縞が抽出された箇所のうち、高確度に地すべりや深層崩壊等に至る箇所を評価するため、その手法の検討を行った。

2 検討内容

本検討は、ALOS/PALSAR データの干渉 SAR 解析により干渉縞が抽出され、現地調査や計測機器により斜面変動の有無が確認されている 18 事例を対象とした。内訳は、崩壊に至った事例（深層崩壊や地すべりに伴う崩壊など、崩壊規模や区別によらず崩壊が発生したもの）、地すべり性の変動が確認された事例、斜面変動が確認されていない事例が各 6 事例である。

干渉縞が抽出された箇所のうち、高確度に地すべりや深層崩壊等に至る場の特徴を把握するため、実際に斜面変動が確認された事例（崩壊に至った事例、地すべり性の変動が確認された事例：以下「変動有」と、変動が確認されていない事例（以下「変動無」）における、素因等

の場の条件（以下「素因特性」）と干渉解析結果に見られる傾向を分析した。その結果をもとに、変動有・無の事例を判別可能な指標と判別評価手法を検討した。

干渉縞の抽出に当たっては、干渉 SAR 解析における観測誤差や画像の視認性等²⁾を考慮し、理論的に変動範囲の検出が可能と考えられる、変動量約 15mm 以上の範囲が概ね 4 ピクセル四方以上あることを条件とした。なお、素因特性を示す項目では、できるだけ全国的に利用可能なデータ等を用いた。

3 検討結果

3.1 評価指標

表-1 に、指標の検討に用いた素因特性と、干渉 SAR 解析結果に関する項目を示す。

表-1 検討項目毎の分析結果と評価指標（案）

検討項目		傾向分析結果	評価指標(案)	
素因等の場の条件	斜面特性	平均傾斜度	崩壊に至った事例：全て 20° 以上 地すべり性変動事例：約 30° 未満	崩壊に至る可能性： 平均傾斜度 20° 以上
		比高と最大傾斜度	比高が大きく、かつ最大傾斜度が大きい範囲に変動事例が集中	斜面変動の可能性： ①比高 200m 以上かつ最大傾斜度 50°
	地質 岩石区分(大分類)	変動有：事例の 8 割超が堆積岩 変動無：事例の 8 割が火成岩	斜面変動の可能性： ②堆積岩に該当	
	危険度調査 結果 深層崩壊 調査 関連する 微地形	深層崩壊推定頻度※1	崩壊に至った事例：推定頻度「特に高い」が多い傾向あり	深層崩壊に至る可能性： 推定頻度「特に高い」に該当
		関連する微地形	変動有：全て何らかの微地形あり	斜面変動の可能性： ③深層崩壊等に関連する微地形あり
	地すべり地形 ※2	変動有：事例の 9 割が移動体と重複	斜面変動の可能性： ③深層崩壊等に関連する微地形あり	
	活断層	該当なし	—	
土地利用 (森林分布率)	変動有：全て森林分布率 70% 以上 変動無：森林分布率が低い傾向あり	干渉縞の信頼性： ④森林分布率が高い(70% 以上)		
干渉 SAR 解析結果	干渉縞の抽出頻度	変動有：抽出頻度が高い傾向あり	干渉縞の信頼性： ⑤いずれかの軌道で抽出頻度 10% 以上	
	干渉縞の現れ方 (色の变化の程度)	変動有：連続的で色の变化大 変動無：色の变化が小さい、もしくはモザイク状の傾向あり	干渉縞の信頼性： ⑥連続的で色の变化が大きい干渉縞が多い(30% 以上)	
	干渉縞から推定される 変動方向と斜面方向	・変動有：事例の 9 割で干渉縞の半数以上が方向一致 ・方向不一致は変動無事例のみ	干渉縞の信頼性： ⑦斜面方向に一致する干渉縞が多い(50% 以上)	
	レーダー照射方向と 斜面方向	・両者の方向が近いと干渉縞の抽出頻度が高い傾向あり ・変動有・無事例に明瞭な差異なし	x	
	干渉縞周辺部を含む 色の分布(分散)	変動有・無事例とも明瞭な傾向なし	x	

※1 国土交通省(2010)：深層崩壊推定頻度マップ
※2 国立研究開発法人防災科学技術研究所：地すべり地形分布図データベース

各項目について、変動有・無の事例に見られる傾向から、地すべりや深層崩壊等の斜面変動に至るリスク（以下「斜面変動リスク」）の評価に用いる指標を検討した結果、変動有・無の事例を判別できる素因特性として、表-1に示す①～③の3指標が挙げられた。この指標を用いて、対象18事例における指標の該当数を整理した結果、変動有の事例は全て2指標以上に該当し、変動無の事例は該当数が1指標以下であった。

また、変動無の事例では、都市部など植生の無い範囲に部分的に森林に覆われた斜面がある場合や、周囲を平地で囲まれた面積の小さい独立峰があり、局所的な干渉性の低下によるノイズや水蒸気遅延による干渉縞が現れた可能性が考えられた。そこで、干渉SAR解析結果の項目から、変動有・無で異なる傾向が見られた、表-1に示す④～⑦の4指標を干渉縞の信頼性を評価する指標として用いることとした。この指標を用いて、対象18箇所における指標の該当数を整理した結果、変動有の事例は概ね3指標以上に該当し、変動無の事例の該当数は2指標以下であった。

3.2 評価基準（案）

前節の結果から、変動無の事例は、素因特性上の斜面変動リスクが低く、かつ干渉縞の信頼性が低いことが分かった。そこで、干渉縞箇所の斜面変動リスク評価には、当該箇所の素因特性上のリスクと、干渉縞の信頼性を組み合わせた評価を行うことが適当と考え、リスク評価基準（案）を作成した（図-1）。ここで、斜面の変動量が干渉SAR解析による検出限界を下回ると干渉縞が抽出されない²⁾ため、干渉縞の信頼性が低く、素因特性上のリスクが高い場合は、リスクを中程度とした。また、人工的な地形改変や地盤沈下等により干渉縞が抽出され得るため、干渉縞の信頼度が高く、素因特性上のリスクが低い場合はリスクを低く評価することとした。

また、図-2に示すように、「崩壊に至った事例」は全て平均傾斜度が20°以上であり、そのうち4事例で深層崩壊推定頻度が「特に高い」に分類された。そのため、斜面変動リスクが「高」または「中」のものについて、素因特性上の指標を用いることで、崩壊や深層崩壊に至る可能性を評価できる可能性があることが分かった。

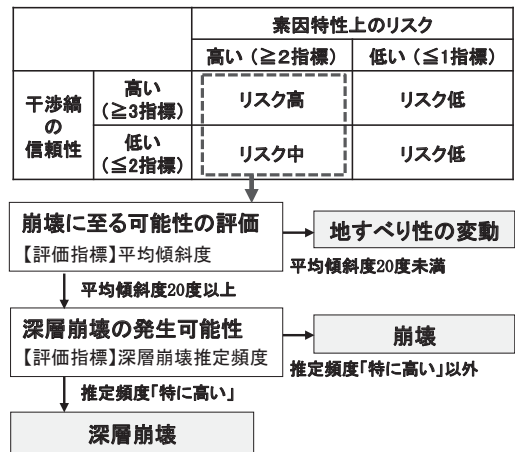


図-1 評価基準（案）

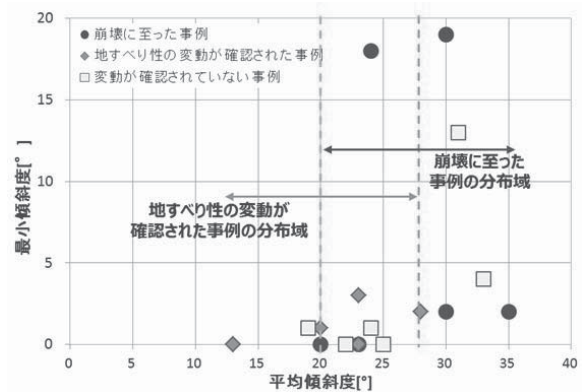


図-2 事例区分毎の平均傾斜度と最小傾斜度の関係

4 おわりに

干渉SAR解析により抽出された干渉縞箇所に対し、素因特性上のリスク指標と、干渉縞の信頼性を評価する指標を用いて、地すべりや深層崩壊等に至る確度が高い箇所を評価する基準（案）を提案した。

なお、本検討では、分析対象事例が少ないため、個別箇所の特徴や事例の偏りが評価手法に反映されている可能性がある。そのため、今後も、干渉SAR解析結果と実際の斜面変動データを蓄積し、評価手法の検証を行うことで、手法の適用性向上と高度化を図りたい。

【謝辞】 干渉SAR解析に用いたALOS/PALSARに関する原初データの所有権は、経済産業省および国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構にあります。また、解析結果の一部は、国土地理院よりご提供頂きました。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 水野ら：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、平成26年度砂防学会研究発表会概要集、pp.A100-A101、2014
- 2) 江川ら：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、平成27年度砂防学会研究発表会概要集、pp.B194-B195、2015