

## SAR 衛星を活用した土砂移動箇所抽出における観測特性を考慮した精度向上手法

国土技術政策総合研究所 ○河野孝俊, 瀧口茂隆, 岸本優輝

## 1. はじめに

天候や昼夜を問わず観測可能な合成開口レーダ(SAR)を用いた土砂移動箇所の目視判読手法が提案されており、実災害においても有効な情報収集手段として活用されている。一方、災害初動期における迅速性および客観性の観点から、定量的な自動抽出手法の確立が求められる。これまでに、災害前後二時期の強度差分に基づく抽出手法が提案され、精度向上が図られている<sup>2)3)</sup>。

SAR 画像は斜め観測の特性により、斜面に対する電波の照射方向や入射角の違いにより、幾何学的な歪みや後方散乱強度に差異が生じる。既往の研究では、土砂移動箇所の判読精度は斜面の向きや局所入射角(以下「LIA」)に左右されることが指摘されており<sup>4)</sup>、自動抽出においてもこれらが精度を左右する要因になると考えられる。特に LIA に関しては、二時期の強度差分に基づく森林伐採検知において、LIA が 30 度未満の領域を除外することで誤検知が低減するとの報告がある<sup>5)</sup>。土砂移動箇所の抽出においても、LIA が小さい領域を除外することで誤抽出の低減が期待できるほか、抽出数量の抑制により、土砂災害発生箇所のより効率的な把握が可能になると考えられる。

本研究は、災害前後の二時期の強度差分に基づく土砂移動箇所抽出において、LIA が小さい領域の除外による「①抽出数量の抑制」および「②誤抽出の低減」の効果を検証することを目的とする。また、除外に伴う抽出漏れを抑制するため、電波照射方向が異なる昇交・降交パスのデータを統合的に活用し、「③抽出漏れの抑制効果」についても併せて検証した。

## 2. 手法

本研究では、既往研究<sup>3)5)</sup>を参考に、土砂移動箇所として抽出する強度差分の条件を-2.5dB 以下とし、抽出対象から除外する範囲を LIA30 度未満の領域とした。なお、不可視領域(レイオーバー・シャドウ)および傾斜角 10 度未満の平坦地は解析対象外とした。

対象事例は、平成30年7月豪雨(以下「H30 西日本」)、平成30年北海道胆振東部地震(以下「H30 北海道」)、

令和6年能登半島地震(以下「R6 能登」)の3事例である。表1に示す ALOS-2 (PALSAR-2) の高分解能モード(分解能 3m) の SAR 画像を各事例で昇交・降交パスそれぞれ1ペア使用した。また、土砂移動箇所の正解データとして、航空写真等に基づく判読データ(以下「正解ポリゴン」)を用いた(表2)。

表1: SAR 画像諸元

事例	観測ペアID	災害前観測日	災害後観測日	オフナディ角	軌道方向	観測方向
平成30年7月豪雨	1	2018/3/17	2018/7/21	32.8°	北行	右
	2	2018/6/20	2018/8/29	35.8°	南行	右
平成30年北海道胆振東部地震	1	2018/8/23	2018/9/6	32.8°	南行	右
	2	2018/3/29	2018/9/13	35.9°	北行	右
令和6年能登半島地震	1	2022/9/26	2024/1/1	28.7°	北行	左
	2	2023/6/6	2024/1/2	35.1°	南行	左

表2: 土砂移動箇所判読データの出典

事例名	出典
平成30年7月豪雨	広島大学平成30年7月豪雨災害調査団(地理学グループ)
平成30年北海道胆振東部地震	国土交通省北海道開発局
令和6年能登半島地震	林野庁( <a href="https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/rinya-handoku-2024">https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/rinya-handoku-2024</a> )、PDL1.0 ( <a href="https://www.digital.go.jp/resources/open_data/public_data_license_v1.0">https://www.digital.go.jp/resources/open_data/public_data_license_v1.0</a> )

抽出結果(以下「抽出ポリゴン」)について、面積閾値を 500~5,000 m<sup>2</sup>まで 500 m<sup>2</sup>刻みで設定し、LIA30 度未満の領域を除外する場合としない場合で比較・評価を行った。評価指標には抽出ポリゴン数、適合率、再現率を用い、以下の式により算出した。

$$\text{適合率} = \frac{\text{正解ポリゴンと重なる抽出ポリゴンの数 (いずれも面積 } X \text{ m}^2 \text{以上)}}{\text{抽出ポリゴンの総数 (面積 } X \text{ m}^2 \text{以上)}} \quad (1)$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{抽出ポリゴンと重なる正解ポリゴンの数 (いずれも面積 } X \text{ m}^2 \text{以上)}}{\text{正解ポリゴンの総数 (面積 } X \text{ m}^2 \text{以上)}} \quad (2)$$

## 3. 結果・考察

## 3. 1 抽出数量の抑制効果(抽出ポリゴン数)

昇交・降交各ペアの抽出ポリゴン数と増減率の平均値を事例別に表3~5に示す。LIA30 度未満の領域を除外することで、すべての事例において抽出数量が効果的に抑制されることが確認され、特に H30 西日本では最大約 9 割の大幅な削減が可能となった。この抑制効果により、H30 北海道と R6 能登では面積閾値 4500 m<sup>2</sup>、H30 西日本では面積閾値 2,500 m<sup>2</sup>において、LIA30 度未満の領域を除外しない面積閾値 5,000 m<sup>2</sup>と同程度のポリゴン数まで絞り込まれており、土砂災害発生箇所の効率的な把握に寄与すると考えられる。

表 3：抽出ポリゴン数と増減率の平均値 H30 西日本

面積閾値(m <sup>2</sup> )	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
総数	29622	9052	4052	2106	1199	762	477	322	229	171
LIA30度以上	11041	1752	528	209	110	63	40	29	19	16
LIA30度未満	18581	7300	3525	1897	1089	699	437	294	210	155
増減率	-62.7	-80.6	-87.0	-90.1	-90.9	-91.7	-91.6	-91.1	-91.7	-90.6

表 4：抽出ポリゴン数と増減率の平均値 H30 北海道

面積閾値(m <sup>2</sup> )	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
総数	9271	3559	2082	1386	997	751	566	443	350	286
LIA30度以上	5639	2606	1674	1155	853	649	491	382	306	250
LIA30度未満	3632	953	408	231	144	102	76	61	44	36
増減率	-39.2	-26.8	-19.6	-16.7	-14.4	-13.6	-13.3	-13.7	-12.6	-12.4

表 5：抽出ポリゴン数と増減率の平均値 R6 能登

面積閾値(m <sup>2</sup> )	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
総数	11622	1506	451	194	104	62	40	30	23	17
LIA30度以上	4371	609	220	111	65	41	27	22	16	11
LIA30度未満	7251	898	231	83	39	22	13	8	7	6
増減率	-62.4	-59.6	-51.2	-42.6	-37.2	-34.7	-31.6	-25.4	-28.9	-33.3

### 3. 2 誤抽出の低減効果（適合率）

図 1(A)に示す通り、LIA30 度未満の領域を除外することで、すべての事例において適合率の向上が確認された。特に面積閾値 4,500 m<sup>2</sup>以上に限定すると適合率が 0.5 を上回った。事例間で向上幅に差異が生じた要因としては、地形条件に起因する誤抽出の一箇所あたりの面積の違いが考えられる。H30 西日本は緩傾斜で LIA が小さい領域が連続するため、面積の大きな誤抽出が生じやすい。それに対し、H30 北海道はさらに緩傾斜で幾何学的な歪みの影響が小さく、R6 能登は地形の複雑さから LIA が小さい領域が点在するため、いずれも面積が小さい誤抽出が主体となる。この結果、面積の大きな誤抽出を含む H30 西日本では、面積閾値が大きくなるほど除外による改善効果がより顕著に現れるため、他事例とは異なる向上傾向を示したものと推察される。

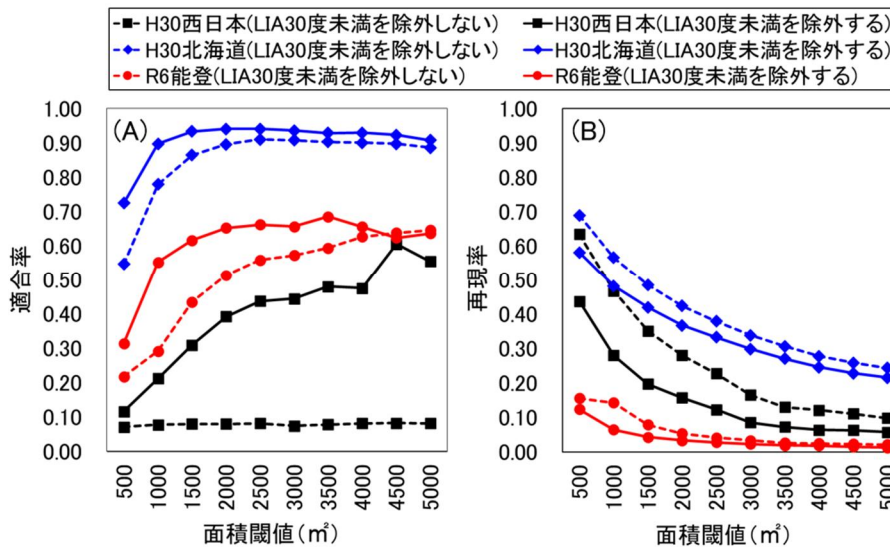


図 1：昇交・降交各ペアの適合率と再現率の平均値

### 3. 3 抽出漏れの抑制効果（再現率）

図 1(B)の通り、LIA30 度未満の領域を除外することで再現率は一定程度低下する傾向にある。しかし、図 2 に示す昇交・降交各ペアの抽出結果を統合した場合の再現率は、単一軌道のみを用い、かつ LIA30 度未満の領域を除外しない場合（図 1(B)点線）と同等、もしくはそれを上回る値を示した。このことから、LIA30 度未満の領域除外に伴う抽出漏れは、異なる観測方向（昇交・降交）のデータを統合することで効果的に補完可能であると言える。

### 4. まとめ

本研究により、LIA30 度未満の領域を除外することで、抽出数量を抑制し、誤抽出を効果的に低減できることが示された。特に H30 西日本の事例では、最大約 9 割の抽出数削減と適合率の顕著な向上が確認された。また、LIA30 度未満の領域の除外に伴う抽出漏れについては、昇交・降交パスのデータを統合活用することで補完可能であることを明らかにした。今後は、LIA30 度以上の領域に残存する誤抽出の低減手法についても検討を進める予定である。

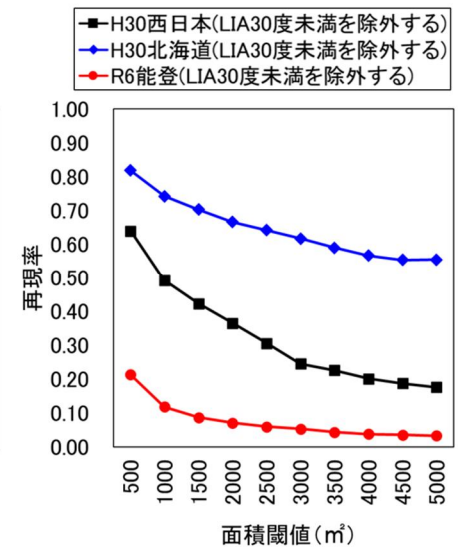


図 2：再現率(昇交・降交ペア統合)

#### 【参考文献】

- 1) 鈴木ほか (2020)：合成開口レーダ (SAR) 画像による土砂災害判読の手引き, 国土技術政策総合研究所資料, No.1110.
- 2) 瀧口ほか (2022)：衛星搭載合成開口レーダー (SAR) を利用した土砂災害発生箇所推定手法の比較, 令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集.
- 3) 真保ほか (2025)：衛星 SAR 強度差分画像を用いた土砂移動箇所判読の自動化精度向上の試み, 第 47 回測量調査技術発表会.
- 4) 山下ほか (2018)：衛星観測条件に着目した SAR 強度画像による土砂移動箇所判読精度の検証 -九州北部豪雨の事例-, 平成 30 年度砂防学会研究発表会概要集.
- 5) JAXA ほか (2024)：ALOS-2/PALSAR-2 データを利用した森林伐採検知の推奨手順とその行政利用の手引き.