

## SAR 衛星の観測上の特性と土砂移動の素因・誘因を考慮した土砂移動箇所調査手法

国土技術政策総合研究所 ○岸本優輝，瀧口茂隆，河野孝俊  
株式会社パスコ 橋本裕紀，平田育士，柴山卓史

### 1. はじめに

広域に土砂移動発生箇所を調査する手法として、合成開口レーダー（以下、SAR という）を搭載した人工衛星が利用されている。これまでの SAR を用いた土砂移動箇所の調査では、「だいち 2 号」(ALOS-2) が観測した衛星画像を利用してきたが、だいち 2 号の後継機であり観測幅が 4 倍となった「だいち 4 号」(ALOS-4) が 2024 年 7 月に打ち上げられた。従来の調査手法は目視判読を基本としていたことから、一度の観測範囲が広がることによって判読にかかる時間や手間の増大が懸念される。それに対して、既往研究（金澤ら（2025）<sup>1)</sup>）では、局所入射角等の「SAR の観測上の特性」と斜面傾斜等の「土砂移動の素因（以下、素因という）」が判読精度に影響を及ぼす程度を「影響度」として定量化し、後方散乱強度の変化域に対して影響度を用いることで、土砂移動箇所を自動抽出する手法が提案されている。しかし、金澤らの手法においては、後方散乱強度の変化が  $\pm 2\sigma$  を超える箇所の中から影響度を考慮して、土砂移動箇所を抽出しており、災害規模にかかわらず一定の割合で後方散乱強度の変化箇所が抽出されるため、土砂移動が発生していない事例（以下、非被災事例という）での誤抽出が課題となる。そこで、本研究では、過去の災害事例を用いて、素因だけでなく強度差分値および誘因についても判読精度に影響を及ぼす程度を影響度として定量化し、土砂移動箇所抽出のための影響度の固定閾値を設定した。次に、設定した固定閾値を用いて、土砂移動箇所を試行的に抽出し、抽出精度を検証した。

### 2. 方法

#### 2. 1 検討の流れ

本研究では、雨量や傾斜等の土砂移動箇所の抽出精度に影響を及ぼす説明変数を「因子」、因子を構成する区分クラス（例：傾斜なら  $0-10^\circ$ 、 $10-20^\circ$  …）を「要素」と定義した。本研究では、まず、過去の災害事例を用いて因子を構成する区分（要素）を決定し、要素の影響度を算出した。次に、土砂移動箇所抽出のための影響度の閾値を設定し、その閾値を過去の事例に適用し精度検証を実施した。事例は平成 30 年西日本豪雨、平成 29 年九州北部豪雨（事例 1）、令和元年東日本台風（事例 2）、令和 5 年台風第 7 号（事例 3）を用いた。

#### 2. 2 使用データ

使用データは、災害前後の SAR 画像より得られる後方散乱係数(dB)、土砂移動箇所を示すポリゴンデータ (SAR 画像及び空中写真判読による)、基盤地図情報の数値標高モデル（出典：国土地理院）、1/25,000 植生図（出典：環境省生物多様性センター）、土壌雨量指数である。SAR 画像については、 $3\times 3$  のメディアンフィルタを適用し、レイオーバーおよびレーダーシャドウ領域に対してマスク処理を行った。

#### 2. 3 要素の影響度の算出と採用した因子

本研究では、金澤ら（2025）と同様に、AHP 法により因子を構成する要素の影響度を算出した。AHP 法は、複数の評価基準がある状況で、それぞれの評価基準の相対的な重み（影響度）を定量化する手法である。なお、採用した因子とその組み合わせは表-1 のとおりである。

表-1 採用した因子と検討ケース

ケース	採用する因子		
	属性：強度差分値	属性：素因	属性：誘因
ケース 1	後方散乱係数		
ケース 2	後方散乱係数	植生、傾斜	
ケース 3	後方散乱係数	植生、傾斜	土壌雨量指数既往最大比

#### 2. 4 影響度の閾値設定と自動抽出の試行

閾値の設定を行うため、平成 30 年西日本豪雨の事例において、各メッシュの影響度を算出した。算出にあたっては、まず、表-1 に示す属性別に要素の影響度を合計し、「強度差分値影響度」、「素因影響度」、「誘因影響度」として、属性毎に算出した。次に、ケース 1～3 それぞれにおいて、各ケースが有する属性の影響度を合計し、「総合影響度」として算出した(図-1)。具体的には、ケース 2 においては、強度差分値影響度と素因影響度の合計値が、ケース 3 においては強度差分値影響度、素因影響度、誘因影響度の合計値が総合影響度となる。閾値は、影響度毎に図-2 に示すように、ヒストグラムを作成し、崩壊箇所と非崩壊域（堆積および土砂移動域）を分離できる境界として設定する。閾値は、各メッシュを表-2 に示す区分に分類の上、 $TP/(FP+FN)-FP/(FP+TN)$  で算出されるユーデン指数が最大となるように設定した。なお、総合

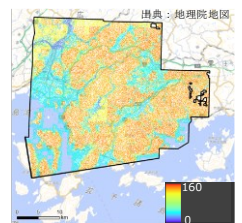


図-1 総合影響度の一例

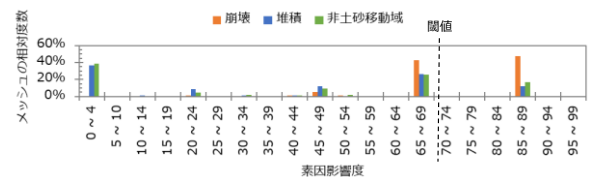


図-2 素因影響度の閾値設定

影響度と強度差分値影響度については 2.5m、素因影響度については 10m、誘因影響度については 1km のメッシュサイズで算出した。

次に、事例 1~3 においても、各メッシュの影響度を同様の手順で算出した。その後、属性別の影響度から設定した閾値をすべて超過するメッシュを抽出する手法（手法 1）と総合影響度から設定した閾値を超過するメッシュを抽出する手法（手法 2）の 2 手法

表-2 抽出結果の区分

		閾値による分類結果	
		崩壊域	非崩壊域
土砂移動箇所ポリゴン	崩壊域	TP	FN
	非崩壊域	FP	TN

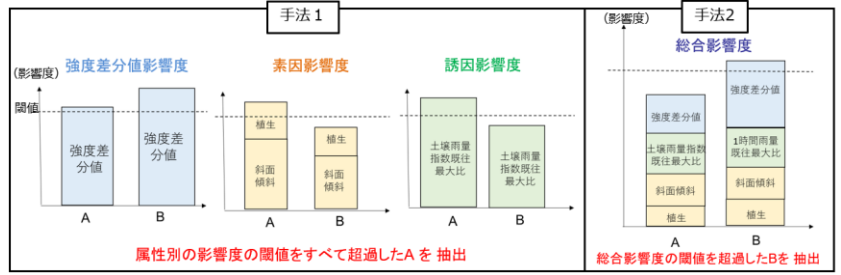


図-3 手法 1 と手法 2 による土砂移動箇所抽出のイメージ

(図-3) で、事例 1~3 に対してケース別に抽出を試行した。精度検証はメッシュ単位 (2.5m) で行い、評価指標については、事例 1 と 2 は適合率、再現率、F 値を用いた。事例 3 は、土砂移動のない非被災事例であるため、特異度を用いた。再現率は  $TP/(TP+FP)$ 、適合率は  $TP/(TP+FN)$ 、F 値は  $2 \times \text{適合率} \times \text{再現率} / (\text{適合率} + \text{再現率})$ 、特異度は  $TN/(TN+FP)$  により算出する。

### 3. 検証結果と考察

事例 1 と 2 の検証結果を図 4~7 に示す。どの事例、どの手法においてもケース 2 と 3 の結果のとおり、素因・誘因の影響度を考慮することで、F 値が上昇する傾向にあった。非被災事例の検証結果 (表-3) では、特異度が 1.0 となり誤抽出が全く発生しないケースもあった。しかし、どの手法、どのケースにおいても適合率が著しく低い。その原因は「①ノイズ起因の小面積の空振りが多発」と「②フォアショートニング領域での誤抽出」の 2 つが考えられる。本研究では、適合率低下の原因が①によるものか確認するため F 値が最大のケース 3 の抽出結果に面積閾値を設定した。具体的には、抽出箇所のうち閾値未満の面積の箇所は除外し、1 メッシュでも抽出結果と土砂移動箇所ポリゴンが重なるメッシュがあれば、「TP」として適合率を算出した。結果、両手法とも適合率が向上する傾向にあり、ノイズに起因する小面積の空振りが多く発生していたことが確認できた (図-8)。

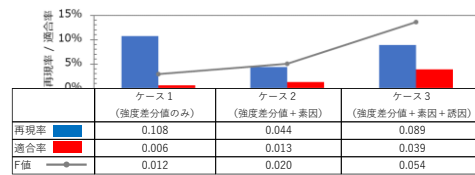


図-4 事例 1 の抽出結果 (手法 1)

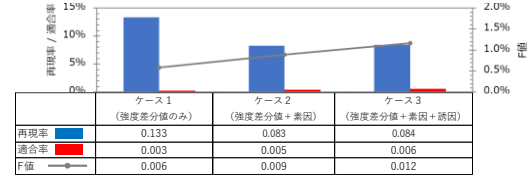


図-5 事例 2 の抽出結果 (手法 1)

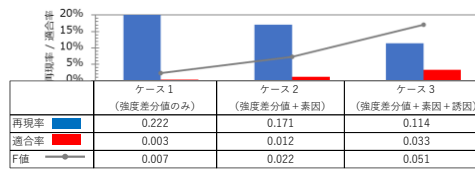


図-6 事例 1 の抽出結果 (手法 2)

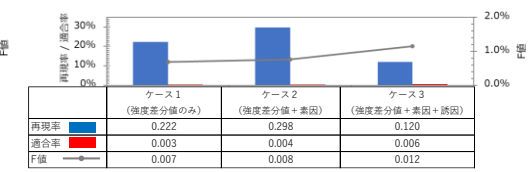


図-7 事例 2 の抽出結果 (手法 2)

表-3 事例 3 の抽出結果

ケース (モデル)	特異度	
	手法1	手法2
ケース1 (強度差分値のみ)	0.910	0.855
ケース2 (強度差分値+素因)	0.967	0.807
ケース3 (強度差分値+素因+誘因)	1.000	1.000

抽出結果に面積閾値を設定した。具体的には、抽出箇所のうち閾値未満の面積の箇所は除外し、1 メッシュでも抽出結果と土砂移動箇所ポリゴンが重なるメッシュがあれば、「TP」として適合率を算出した。結果、両手法とも適合率が向上する傾向にあり、ノイズに起因する小面積の空振りが多く発生していたことが確認できた (図-8)。

### 4. まとめ

本研究では、強度差分値だけでなく、素因・誘因を影響度として定量化し、影響度の閾値を設定することで土砂移動箇所の抽出を行った。結果、素因・誘因を用いることで抽出精度が向上する傾向が確認された。また、既往研究では非被災事例での誤抽出が課題であったが、本手法を非被災事例に適用した際には、誤抽出が全く発生しなかった。しかし、本手法ではノイズに起因する空振りの多発やフォアショートニング領域での誤抽出により被災事例での適合率が著しく低かった。今後、ノイズの低減方法やフォアショートニング領域での誤抽出の回避方法を検討の上、本手法を適用し抽出精度向上を図る。

### 参考文献

1) 金澤ら(2025): SAR の観測上の特性と土砂災害の素因の影響を考慮した土砂移動箇所調査手法, 2025 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 493-494.

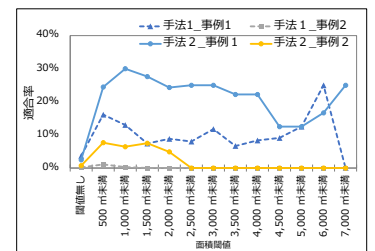


図-8 面積閾値設定後の適合率

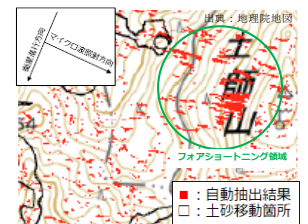


図-9 フォアショートニング領域