

中分解能光学衛星 GRUS による土砂移動箇所への抽出に関する基礎検討

株式会社アクセルスペース 佐々木 央

1. 背景・目的

大規模な土砂災害が発生した場合、初動対応として航空機を用いた空中写真撮影および目視判読等により、土砂災害を含む土砂移動状況の全体把握が行われている。一方で、災害発生後から復旧・復興期における数か月から数年といった中長期的な土砂移動状況の変化は、求められる精度やコスト、対象範囲の広さ等の理由から、継続的・高頻度で実施することは難しい。

近年では人工衛星の星座体制構築により、高解像度化および高頻度撮影が進んでおり、災害発生時における迅速な対応とその後のモニタリングへの活用が期待されている。

本検討では、中分解能光学衛星 GRUS-1 を用いて、継続的な土砂移動箇所の変化抽出に関する適用性について検討を行った。

2. 検討の概要

本検討で使用した光学衛星の概要を表-1 に示す。

検討の対象範囲は、図-1 に示す令和 6 年能登半島地震および豪雨災害によって、顕著な土砂移動が認められた鈴屋川(牛尾川)流域を中心とした石川県輪島市東部(珠洲市の一部を含む)10km 四方を対象とした。

地震および豪雨前後において、GRUS-1 は複数のアーカイブ画像を有しているが、本検討では解析範囲の全体における気象条件が良いものから選定した(図-2 および図-3 参照)。

3. 土砂移動箇所の抽出方法

GRUS-1 では、GBR バンドおよび NIR バンド(近赤外)が取得されていることから、植生の変化に強く反応する NDVI の変化に着目した土砂移動箇所の抽出を行った。災害前後における NDVI 差分を用いた抽出目安は 0.3 以上とし、これに加え災害前後のトゥルーカラー画像および植生を強調したフォルスカラー画像から技術者の目視により雲や異常値、平地部における除去を実施した。

4. 抽出結果の結果

4.1 精度検証方法

本検討における土砂移動範囲の抽出結果に対する精度評価指標は、適合率と再現率、F 値を用いた。それぞれの評価指標は、国土地理院による判読結果を正解として、抽出結果との重なり具合の割合を集計した(図-4 参照)。適合率・再現率、F 値の計算式は下記のとおりである。

表-1 GRUS の概要

衛星名	GRUS-1 シリーズ (GRUS-1A~E)
運用衛星数	5 機
地上分解能	2.5m:パナクロマティック 5.0m:マルチスペクトル
観測波長帯	パナクロマティック, GBR, レッド・エッジ, 近赤外
観測幅	55km
撮影頻度	2~3 日

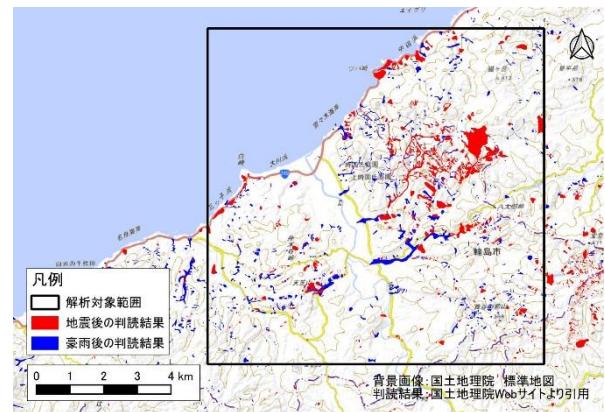
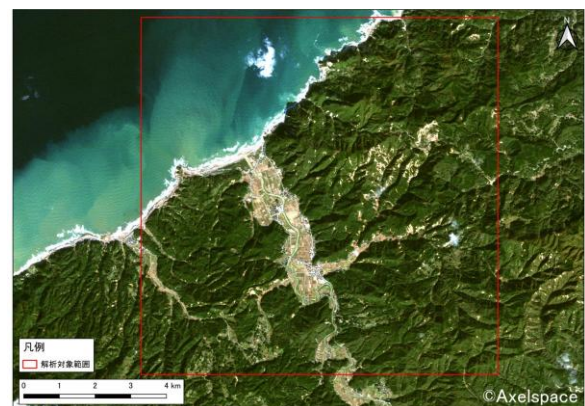


図-1 対象範囲

図-2 能登半島地震後の衛星画像
(2024年5月5日 09:50 撮影)図-3 能登半島豪雨後の衛星画像
(2024年11月8日 09:41 撮影)

$$\text{適合率(Precision)} = \frac{A}{A+B}$$

$$\text{再現率(Recall)} = \frac{A}{A+C}$$

$$F \text{ 値} = \frac{2}{(1/\text{適合率}) + (1/\text{再現率})}$$

4.2 精度検証結果

災害ごとの精度評価指標の評価結果を表-3 に示す。地震後については、適合率・再現率・F値が40～60程度であり、一定程度の精度で土砂移動箇所を抽出できている。特に斜面崩壊の発生源や滑落崖等の地表面の植生が著しく変化した箇所の抽出率が高い傾向にある。

衛星画像を用いた抽出結果および画像の目視比較結果から100～200m²程度の小規模な崩壊から抽出が可能であった。

一方で豪雨後は、再現率および F 値の低下が顕著であり、この理由として、地震時と比べて土石流状に谷筋を流下したものが多く、抽出率低下につながっていると推察される。また、国土地理院による判読結果では、鈴屋川本川沿いをはじめとする平地部での土砂流出が多い一方で、衛星画像からの抽出が少ない(目視でも土砂流出か否か判断が困難)ことが挙げられる。

また、両災害に共通する課題として、北西向きの斜面や谷筋の抽出率が悪く、撮影時における太陽高度や日照条件が主たる原因と考えられる。

5. まとめ

能登半島地震および豪雨前後において、GRUS-1 衛星を用いた複数画像による NDVI 差分法により、時系列的な土砂移動箇所の抽出や部分的な崩壊箇所の拡大を捉えることができた。本検討の対象には含めていないが、表-4 に示す通り、同地域では複数アーカイブがあり、必要に応じて、より詳細なモニタリングも可能である。

また、本検討に用いた衛星画像の撮影時刻が午前10時頃のため、太陽高度が十分でない可能性があり、北西向き斜面や谷筋における抽出や判読には留意が必要であることが分かった。

光学衛星は気象条件等による影響を受けやすいため、災害直後における活用が困難な場面も多いが、撮影できた際の情報量が多く、直感的な判断が容易である。株式会社アクセルスペースでは、日本全国における継続的かつ網羅的なアーカイブ蓄積を進めており、2026年に予定する7機の次世代衛星GRUS-3の新規投入により、観測頻度やカバー率の向上が見込まれる。今後は、災害時においても、これらのコンステレーションによる高頻度の撮影によって、本検討では抽出が困難であった箇所の抽出や他衛星と組み合わせた活用や補完方法の適用が期待される。

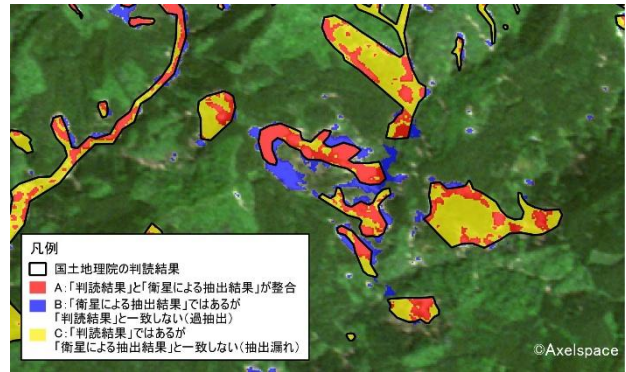


図-4 評価指標のイメージ(地震後の事例)

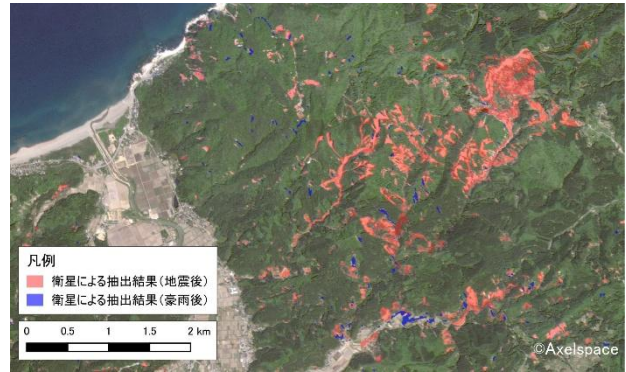


図-5 GRUS-1 衛星による抽出結果

表-3 精度評価

項目		地震前後	豪雨前後
土砂移動範囲 (m ²)	A	1,484,608	136,373
	B	905,700	159,678
	C	1,768,249	2,368,159
適合率 (Precision)		62.1	46.1
再現率 (Recall)		45.6	5.4
F値		52.6	9.7

表-4 解析対象範囲の GRUS-1 アーカイブ状況

番号	日付	所見
1	2023/11/03	解析可能
-	2024/01/01	令和6年能登半島地震
2	2024/02/17	解析可能だが、全体に雲量多い
3	2024/03/30	南東部に一部雲
4	2024/05/05	解析可能
6	2024/06/20	解析可能
7	2024/06/29	解析可能
8	2024/08/22	薄雲が南北方向にかかる
-	2024/9/20~24	令和6年9月能登半島豪雨
9	2024/10/29	解析可能だが、画像がやや暗い
10	2024/11/08	解析可能

参考文献

- 1) 国土地理院, 令和6年(2024年)能登半島地震に関する情報, 斜面崩壊・堆積分布データ(珠洲地区, 輪島東地区)
- 2) 国土地理院, 令和6年(2024年)9月20日からの大雨に関する情報, 斜面崩壊・土石流・堆積分布データ
- 3) 深層学習 AI モデルによる光学衛星画像の土砂移動解析と緊急判読への適用性, 本多ら, 令和5年度砂防学会研究発表会概要集 P.365-366