

# ALOS-2 画像を用いた 2024 年能登半島豪雨による土砂災害の検出

22T0251W 後藤 未夢

指導教員：丸山 喜久

## 1. 背景と目的

近年、日本では短時間強雨の増加に伴い土砂災害が増加傾向にあり、災害直後の被害状況を広域かつ迅速に把握することが求められている。とりわけ 2024 年の能登半島豪雨では 48 時間降水量が 498 mm に達し、斜面崩壊や土石流等の土砂災害が多発して甚大な被害が生じた<sup>(1)</sup>。一方、豪雨直後の現地調査は視界不良や地盤の不安定化により困難であるため、悪天候下でも広域を把握できるリモートセンシング技術の重要性が高まっている。ALOS-2 に搭載された合成開口レーダ (SAR) は、雲や降雨の影響を受けにくく昼夜を問わず観測できるため、災害直後の状況把握に有効である。

本研究では、豪雨前後の ALOS-2 画像の強度差分解析により地表変化を抽出し、土砂災害に関連する変化領域の把握を試みる。

## 2. 対象地域と使用データ

本研究では、図 1 に示す対象地域において、2024 年 9 月の豪雨により発生した土砂災害を対象とした。解析には JAXA が公開する ALOS-2 緊急観測データを用い、豪雨前 (2024 年 8 月 12 日) と豪雨後 (9 月 23 日) の画像を比較して地表変化を抽出した<sup>(2)</sup>。これらは上昇軌道・左観測で取得され、オフナディア角は 28.7° である。精度評価には、国土地理院が公開する斜面崩壊・土石流・堆積分布図データを正解データとして用いた<sup>(3)</sup>。

## 3. 土砂災害の検出手法

まず、ALOS-2 画像にはスペckルノイズが含まれるため、局所窓の平均・分散に基づき平滑化強度を調整する Lee フィルタを適用した。ウィンドサイズは 3×3 から 9×9 ピクセルまでとし、ノイズ低減と形状保持のバランスが良好な条件を検討した。

次に、豪雨前後の ALOS-2 画像を式(1)により後方散乱係数 ( $\sigma^0$ ) に変換し、位置合わせを行い、豪雨後画像から豪雨前画像を減算して差分画像を作成した。教師エリアのカラー合成画像と差分抽出結果を図 2 に示す。

$$\sigma^0 = 10 \log_{10}(DN)^2 - 83.0 \quad (1)$$

差分画像の統計量に基づき、式(2)のしきい値処理で正負両方向の変化を抽出した。ここで、k はしきい値係数である。

$$\text{検出箇所} = \text{平均値} \pm k \text{ 標準偏差} \quad (2)$$

しきい値処理後の微小領域除去のため、面積しきい値 N を設定し、正解データの面積を画素数に換算した下位 25% (N=180) までを目安に検討した。空間分解能 2.5 m より式(3)で換算した。

$$N(\text{ピクセル数}) = \text{面積}/2.5 \times 2.5 \quad (3)$$

抽出結果の形状整理のため、closing を適用し、微小な穴の充填および近接領域の接続を行った。ウィンドサイズは Lee フィルタと同じように設定した。さらに、SAR 特有の幾何歪みによる誤検出を低減するため、layover 領域をマスクした。国土地理院からダウンロードした数値標高モデルから算出した傾斜角・斜面方位を用い、入射角はオフナディア角 28.7°を近似値として式(4)で判定した。さらに、家屋等の散乱の影響を含む低標高域で誤検出が生じやすいため、標高 15 m 以下をマスクした。

$$\text{Con}((\text{傾斜角} > \text{入射角}) \& (|\text{方位} - \text{方位角}| < 90), 1, 0) \quad (4)$$

## 4. 抽出結果と精度評価

前章で記述した手法を教師エリアに適用し、最適なパラメータを検討した。また、精度評価はポリゴン単位 (個数) で行った。これは、正解データが航空写真をもとに目視判読で作成されており、抽出結果と正解データの面積・形状が厳密に一致するとは限らないためである。抽出結果と正解データの重なりに基づき TP, FP, FN を判定し、再現率、適合率、F 値を算出した。算出方法の概略を図 3 に示す。

表 2 より、Lee フィルタのウィンドサイズは再現率が最も高い 5×5 ピクセルを採用した (closing および正解データへのマスク処理なし)。

次に、しきい値係数 k (0.5, 1.0, 1.5) と面積しきい値 N の組合せを比較し、結果を図 4 および表 3 に示す。3 条件のうち F 値が最大となった k=1.5, N=25 (約 156 m<sup>2</sup>) を最適条件として採用し、テストエリア①・②に適用して手法の有効性を検討した。精度評価結果を表 4 に示す。教師エリアと比べ再現率・適合率は低下したが、再現率は約 50%を保持した。

図 5 にカラー合成画像と航空写真の比較例を示す。河川沿いや低標高域では、冠水・堆積等に伴う散乱特性の変化が抽出され、FP 増加の要因となった(a)。一方、カラー合成画像で変化が弱い領域に正解データが分布する例があり、F 値を重視すると差分がしきい値に達せず FN が生じる可能性が示唆された(b)。また、

急峻地形では layover による誤検出や shadow による検出漏れが残存した。

### 5. 今後の展望

本研究では、能登半島豪雨を対象とした ALOS-2 差分解析による土砂災害の検出を試みた。教師エリアと比べ、テストエリアでは検出精度の低下がみられた。FP 低減と FN 抑制の両立が課題である。また、正解データが存在しない地表変化も ALOS-2 画像から抽出されることが確認された。今後は、しきい値や処理手順の再検討に加え、地形条件に応じた追加マスク等を導入して精度向上を図るとともに、SAR で捉えやすい変化特性を踏まえた活用方法を検討することで、実災害時の迅速な状況把握への応用が期待できる。

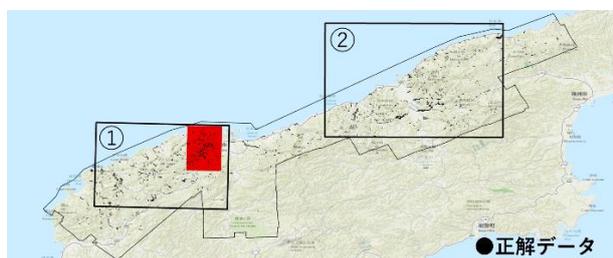


図1 対象地域：しきい値検討時の教師エリア（赤枠）と精度検証時のテストエリア（黒枠①②）

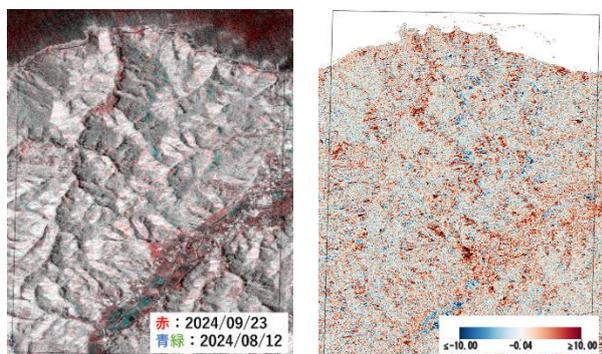


図2 教師エリアのカラー合成図（左）と差分結果（右）

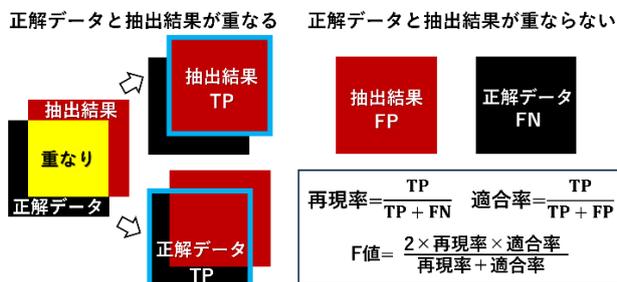


図3 TP, FP, FNの算出方法の概略

表2 Lee フィルタごとの精度比較(k=1.0,N=100)

| Lee フィルタ | 再現率(%) | 適合率(%) | F 値(%) |
|----------|--------|--------|--------|
| 3×3      | 41.9   | 33.6   | 37.3   |
| 5×5      | 48.8   | 30.4   | 37.4   |
| 7×7      | 45.7   | 30.7   | 36.7   |
| 9×9      | 46.5   | 30.9   | 37.1   |

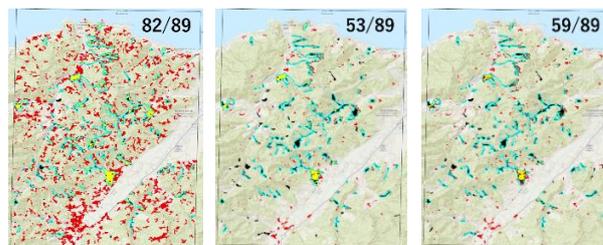


図4 k ごとの最高結果

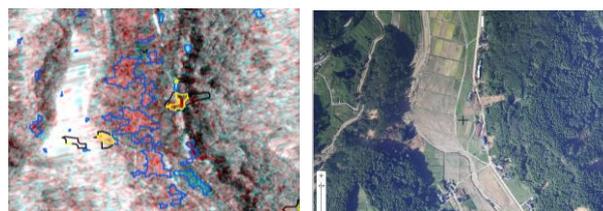
(赤：抽出結果，黒：正解データ，黄色：重なり，水色：TP，分数：正解データのうち何個抽出できたかを示す)

表3 k と N の組み合わせによる精度比較

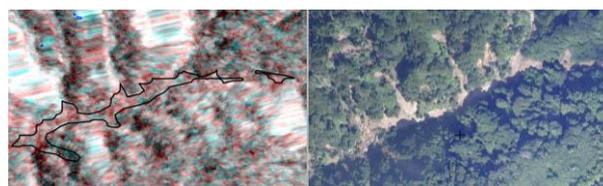
| k   | N   | 再現率(%) | 適合率(%) | F 値(%) |
|-----|-----|--------|--------|--------|
| 0.5 | 180 | 92.1   | 16.4   | 27.8   |
| 1.0 | 100 | 59.6   | 30.4   | 40.2   |
| 1.5 | 25  | 66.3   | 34.1   | 45.0   |

表4 テストエリアにおける精度 (k=1.5,N=25)

| 代表範囲 | 再現率(%) | 適合率(%) | F 値  |
|------|--------|--------|------|
| ①    | 56.6   | 18.0   | 27.3 |
| ②    | 49.7   | 12.7   | 20.3 |



(a)



(b)

図5 カラー合成画像と航空写真の比較例

(青：抽出結果，黒：正解データ，黄色：重なり)

### 参考文献

- 石川県デジタル推進監室，能登半島地震、奥能登豪雨による石川県の被害と対応  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000998548.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000998548.pdf)
- ALOS-2@EORC ホームページ，ALOS-2/PALSAR-2 観測プロジェクト  
[https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/open\\_and\\_free/palsar2\\_111\\_122\\_j.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/open_and_free/palsar2_111_122_j.htm)
- 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  
[https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R6\\_noto\\_heavyrain.html#8](https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R6_noto_heavyrain.html#8)