

## DSM による大規模土砂災害後の迅速な土砂移動検出

株式会社オリエンタルコンサルタンツ ○平川泰之・光永海斗・有間航  
岡山理科大学 生物地球学部 佐藤丈晴

### 1. はじめに

大規模土砂災害発生後には土砂移動の分布や規模を迅速に把握することが求められる。現時点で最も早い把握手段は衛星 SAR 画像の解析だと思われるが、精度的に実用可能なレベルにあるとはいえない。2024 年 1 月 1 日の能登半島地震では空中写真判読により、国土地理院が最短わずか 3 日後に崩壊・堆積分布図を公開したが、人的リソースを短期集中投入していると想像され、効率化が求められる。また土砂量把握のためには上記のいずれの手法も不十分であり、航空レーザ計測（以下 LP）が必要となるが、DEM (Digital Elevation Model) の作成工程に時間を要することが問題である。

筆者らは、より迅速かつ効率的に土砂移動域と土砂量を把握するために DSM (Digital Surface Model) を積極活用できないか研究している。本稿では、①災害後 LP の DSM から AI によって土砂移動分布と土砂量を把握する手法（特願 2023-212958）、②災害後空中写真から SfM (Structure from Motion) で作成した DSM を用いて土砂移動分布を把握する手法、の 2 点について試行した結果を報告する。

### 2. 災害後 LP による DSM と AI を用いた土砂移動検出

#### 2.1 検出方法と試行対象領域

試行対象領域は前報と同じ阿蘇地域と広島地域である。前報では災害後の DEM を説明変数に用い、DNN (Deep Neural Network) の学習を行って土砂移動域を検出する AI モデルを作成した。本研究では作成に時間を要する DEM を使用せず、災害後 LP のオリジナルデータから DSM を作成し、これと災害前の DEM 及び DSM の差分値のみを説明変数とする AI モデルを作成した（図 1）。目的変数は土砂移動の有無を表す 0 or 1 のフラグとした。解析単位は 5m メッシュである。阿蘇と広島それぞれ 4.5 万程度のメッシュを用いて DNN による学習を行い、メッシュ数 20 万～100 万程度のエリアで検証した。さらに AI により土砂移動ありと予測されたメッシュにおける「災害後 DSM と災害前 DEM の差」のうちマイナス部分のみを集計し、生産土砂量として算出した。

樹林地で土砂移動が発生した場合の地形変化のイメージを図 2 に示す。土砂生産域（崩壊・侵食部）は上記手法で検出しやすい一方、堆積域は必ずしも樹林消失を伴わないため検出しにくいことが予想される。

#### 2.2 結果と考察

AI による土砂移動域の予測結果の例を、目視判読結果と比較して図 3 に示す。図の中央付近は非常によく整合している一方、図の右半分では目視判読による土砂移動域内で AI による予測ができていない（見逃している）地域が大きく広がる。実際の土砂移動状況と比較すると、土砂生産域では見逃しが少ないのに対して、土砂堆積域では見逃しが多い状況であった。

メッシュ単位の正解率（目視判読結果と AI 予測結果が一致したメッシュ数を全メッシュ数で除したもの）と、生産土砂量の誤差率（予測値と正解値の差の絶対値を正解値で除したもの）を表 1 に示す。正解率は 8 割以上と高く、誤差率は 1 割～3 割程度と低い。災害後の初動時の概略規模把握には十分な精度であると考えられる。

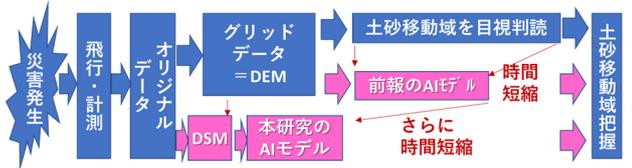


図 1 LP 計測～土砂移動域把握における AI の位置づけ

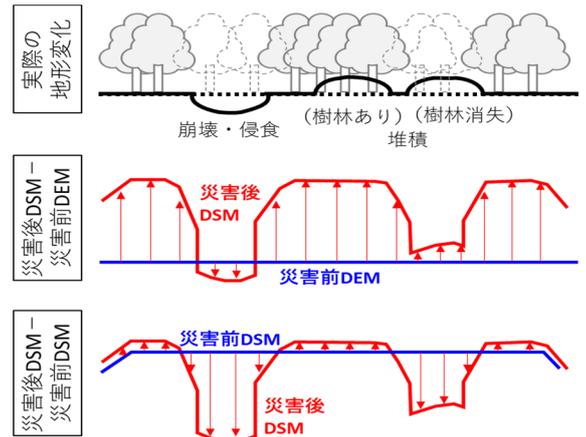


図 2 土砂移動に伴う地形変化のイメージ

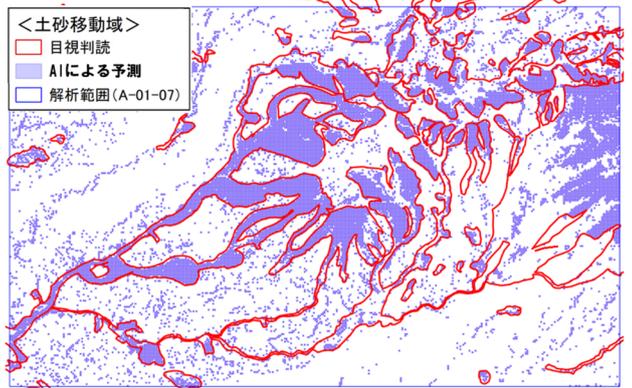


図 3 土砂移動域の目視判読結果と AI 予測結果の比較（阿蘇地域 A1 エリアの例）

表 1 メッシュ単位の正解率と生産土砂量の誤差率

対象エリア	メッシュ単位の正解率(%)	生産土砂量			
		正解値(万m3)	AIによる予測値(万m3)	誤差率(%)	
阿蘇	A1	82	71.9	64.6	10
	A2	83	295.5	270.9	8
広島	H1	91	33.5	24.1	28
	H2	90	79.7	71.1	11

### 3. SfMによるDSMを用いた土砂移動検出

#### 3.1 検出方法および試行対象領域

上述の研究により、災害後DSMと災害前DEMの差分による崩壊地検出の可能性が伺えた。そこで能登半島地震の崩壊多発エリア(図4)を対象に、災害後に国土地理院が撮影・公開した空中写真6枚を使用してSfMによってDSMを作成し、災害前のDEM(基盤地図情報5A)との差分によって崩壊地検出を試行した。空中写真からのDSM作成には標定点(GCP)が必要であるが、本研究では災害前の地理院タイルの空中写真で明瞭な地物5地点の座標を取得し、代替GCP<sup>2)</sup>とした。

ここで、能登半島地震では大きく地盤変位したため、正確な地理座標を持つ災害後地形モデルと災害前地形モデルの差分を行うと斜面全体で標高の上昇・低下が生じ、土砂移動を把握する事が困難であると予想される(図5左)。そこで上述のように災害前の空中写真で代替GCPを取得することにより、仮想的に地盤変位前の座標を持ったDSMを作成した(図5右)。

#### 3.2 結果と考察

災害後DSMと災害前DEMの標高差分結果を図6に示す。寒色系が災害前より標高低下した箇所を示しており、崩壊地の候補箇所となる。暖色系は標高上昇した箇所を示すが、大部分が土砂移動していない樹林地であり、この図から土砂堆積域を判別することはできない。

寒色系の箇所を国土地理院が公開した斜面崩壊・堆積分布(以下、判読結果と呼ぶ)と比較すると、一致している箇所も一致していない箇所もある。しかし例えば図6下方に拡大して黄色で囲った箇所については、判読結果から外れており、実際にオルソフォトでも確認は難しいが、単写真を確認すると崩壊地が存在するように見えた。すなわち「空振り」ではなく、むしろ目視判読で抽出困難な箇所を正しく抽出している可能性がある。同様の箇所は随所に確認できた。一方で図6右上の、黄緑色が広く分布しているエリアは耕作地であり、ほとんど崩壊していないため「空振り」に相当する。

このように、災害後DSMと災害前DEMの差分で標高低下した箇所を抽出すると、そのまま崩壊地であると判断はできないが、崩壊地の候補箇所としては有用である。オルソフォトからの目視判読は影や雲、雪等の影響があるため決して簡単なものではなく、短時間で行うには疲労も大きいため、その際の補助情報として使用する価値は十分にあると考える。

#### 4. おわりに

大規模土砂災害後、迅速かつ効率的に土砂移動域と土砂量を把握するためにDSMを用いる2つの手法を試行し、有効性を確認した。1つめの手法については全体の精度向上と堆積土砂量把握に向けて改良を続ける予定である。

本研究に当たっては国土交通省九州地方整備局、林野庁森林整備部治山課、および広島県土木部から貸与されたLPを使用した。ここに記し感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 光永海斗・平川泰之・佐藤丈晴(2023): AIを活用した広域土砂災害後の土砂移動域および土砂量の自動推定の試み, 令和5年度砂防学会研究発表会概要集, p.351-352
- 2) 有間航・平川泰之・白石浩士・瀧口茂隆(2024): 土砂災害の堆積土砂量を発災後早期かつ一定精度で把握するための代替GCPの提案, 令和6年度砂防学会研究発表会概要集, 投稿中

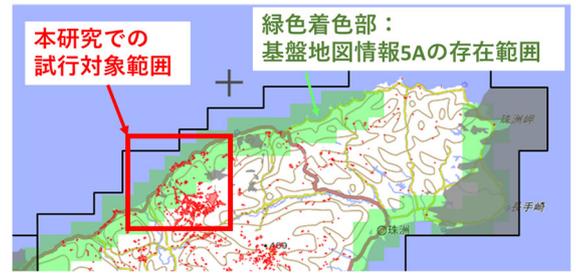


図4 能登半島の試行対象範囲

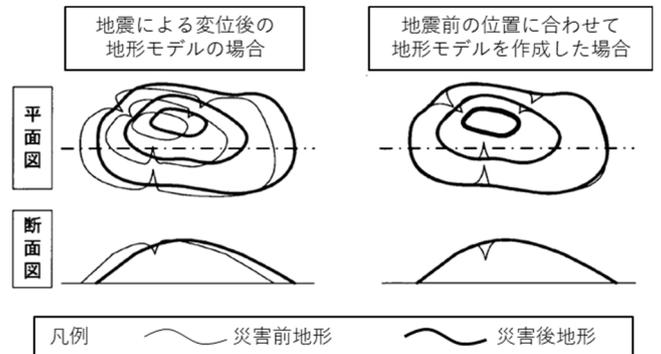
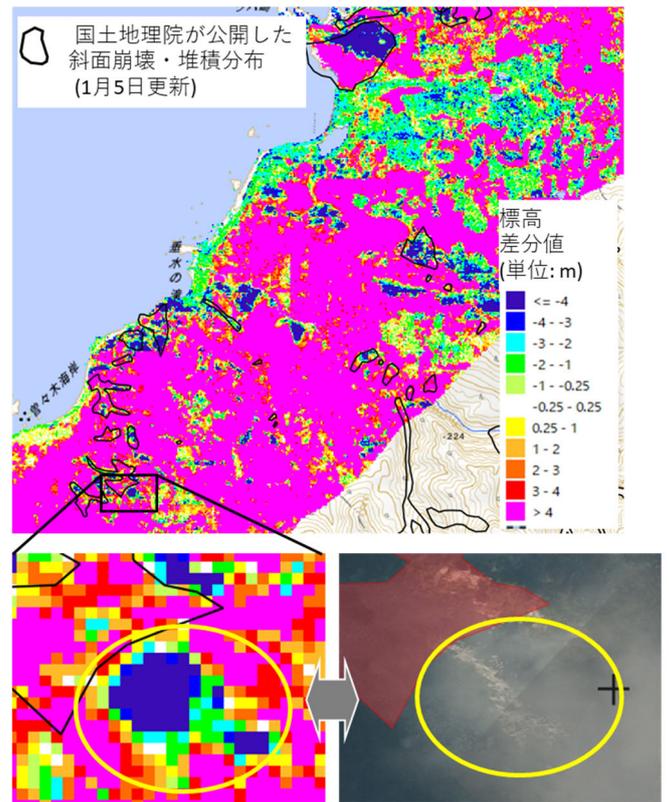


図5 災害前後の地形モデル比較による土砂移動の把握(地盤変位発生時)のイメージ図



判読された斜面崩壊・堆積分布の上部にも、崩壊地らしきものが認められる。オルソフォトでは雲の影響もあり明確ではない。

図6 災害後DSMと災害前DEMの標高差分値

ここに記し感謝いたします。