

## 深層学習 AI モデルによる SAR 衛星画像の判読精度向上に係る取り組み

株式会社パスコ ○柴山卓史, 杉本惇, 森田保成, 寶楽裕, 三富創,  
下村博之, 吉川和男, 武田大典, 本多泰章

### 1. はじめに

IPCC 報告書<sup>1)</sup>では、今世紀末までに極端な降水がより強く、より頻繁になる可能性が非常に高いと予測されている。国内でも平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨、令和元年東日本台風（台風第 19 号）、令和 2 年 7 月豪雨等の顕著な土砂災害が頻発している。

広域の土砂災害を対象とする場合、地球観測衛星を用いることが有効と考えられる。とくに合成開口レーダ（SAR）を用いることで、天候に左右されることなく、また、夜間であっても被災地の状況把握が可能であるが、SAR 画像の目視判読には専門性が必要であるほか、被害が広域に及ぶと、土砂移動発生箇所を判読あるいは抽出するために時間を要する場合がある。

本稿では、昨年度の報告<sup>2)</sup>の続報として、ALOS-2 観測データから土砂移動発生箇所を抽出する AI 判読モデルの精度向上に係る取り組みを報告する。

### 2. 対象の選定

#### 2.1 対象地域の選定

昨年度の報告に引き続き、近年に発生した大規模な土砂災害の被災地として、九州北部および広島県南部を対象地域とした。土砂移動箇所の特定は、国土地理院による「平成 29 年 7 月九州北部豪雨に伴う被害状況判読図」<sup>3)</sup>（土砂崩壊地 1,935 箇所）、広島大学平成 30 年 7 月豪雨災害調査団（地理学グループ）による「広島県の斜面崩壊分布図」<sup>4)</sup>（斜面崩壊 11,581 箇所）を参考に行った。なお、後述する精度評価においては、これらの空中写真判読成果をもとに SAR 画像で目視確認できる変化箇所（以降、「判読ポリゴン」という）を抽出した。

#### 2.2 対象画像の選定

各災害について、災害前後の観測がなされており、かつ 1 ピクセルが 3 m 程度と空間分解能の高い ALOS-2 画像を選定した。一般に SAR では斜め観測を行うため、周囲の地形等により不可視となる領域（レイオーバー、レーダーシャドウ）が発生する。これらの不可視領域は SAR（衛星）の位置と地形等との相対関係によって幾何学的に求めることができる。そのため、同じ地域を観測した SAR 画像であっても、電波照射方向（SAR からみた観測範囲の方向）によって不可視となる領域が変化する。このような SAR の特徴を踏まえ、画像選定においては、電波照射方向の異なる 2 つの軌道から観測された被災前後の SAR 画像を選定することとした。具体的に

は平成 29 年九州北部豪雨では、南行・左観測の電波照射方向が東向きの画像と北行・左観測（西向き電波照射）の画像を選定した。同様に平成 30 年西日本豪雨では、北行・右観測（東向き）と南行・右観測（西向き）の画像を選定した。これらの ALOS-2 画像データの諸元を表 1 に示す。

表 1 選定した ALOS-2 画像データの諸元

平成 29 年 7 月九州北部豪雨（九州北部）		
発災前	2016/04/29	電波照射方向：東（南行,左）
発災後	2017/07/07	
発災前	2017/06/12	電波照射方向：西（北行,左）
発災後	2017/07/10	
平成 30 年 7 月豪雨災害（広島県南部）		
発災前	2018/03/17	電波照射方向：東（北行,右）
発災後	2018/07/21	
発災前	2018/06/20	電波照射方向：西（南行,右）
発災後	2018/08/29	

### 3. 深層学習 AI モデルの変更

昨年度に報告した AI 判読モデルは、セマンティックセグメンテーション手法を用いて、画像中の全ての画素に対してラベル付け（分類）の処理を行うモデルであった。学習には①二期 SAR 強度オルソ画像、②地形（傾斜）データ、③Topographic Position Index (TPI)<sup>5)</sup>からなる地形画像情報を用いたが、①の SAR 画像は電波照射方向が東向きのものと西向きのものが混在していた。前述のとおり、SAR 画像に現れる不可視領域は東向き照射の場合と西向き照射の場合で異なるため、判読精度に悪影響を及ぼしている可能性が考えられた。そのため、AI 判読モデルを「東向き」に最適化されたものと「西向き」に最適化されたものの 2 つに変更し、判読精度への影響を評価することとした。

### 4. AI 判読結果の精度検証

#### 4.1 精度検証の方法

精度評価指標としては、適合率（Precision）と再現率（Recall）を用いた。また、それぞれの指標は AI 判読結果として出力されるポリゴン（以降、「AI ポリゴン」という）と「判読ポリゴン」との重なり具合による割合から算出する①ピクセルベースの評価と各ポリゴンを対象とする②箇所ベースの評価の 2 通りの評価を行うこととした。また、不可視領域に含まれるものは評価の対象外とした。評価方法の概念図を図 1 に、適合率、再現率の計算式をそれぞれ式 (1)、(2) に示す。ただし、箇所

ベースの評価では、図-1に示す“B”を表すことが困難であるため、評価指標は再現率 (Recall) に準じた評価として、「判読ポリゴン」に対して「AI ポリゴン」が抽出されている割合を算出することとした。

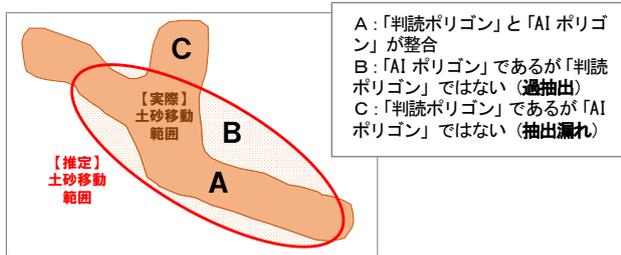


図-1 評価指標

$$\text{適合率 (Precision)} = \frac{A}{A+B} \quad \dots (1)$$

$$\text{再現率 (Recall)} = \frac{A}{A+C} \quad \dots (2)$$

#### 4.2 精度検証結果

上記の考え方にもとづき、AI 判読モデルによる土砂移動発生箇所抽出精度を評価した。

##### (1) ピクセルベースの評価結果

電波照射方向別のピクセルベースでの評価結果を表-2に示す。対象災害や電波照射方向ごとに評価指標の数値に幅があり、2つのモデルに分けた効果は明瞭ではない。昨年度の報告値に対しては、九州北部の再現率に若干の改善がみられたほかは、精度に大きな違いはみられなかった。

表-2 評価結果 (ピクセルベース)

対象災害	電波照射方向	適合率 Precision	再現率 Recall
九州北部	東	29.3%	43.3%
	西	71.2%	35.0%
(前回報告)	—	48.4%	22.7%
広島県南部	東	60.3%	53.2%
	西	54.5%	37.6%
(前回報告)	—	60.2%	50.4%

##### (2) 箇所ベースの評価結果

同様に、箇所ベースで評価した結果を表-3に示す。ここでの再現率とは、「判読ポリゴン」に対して「AI ポリゴン」によって抽出されている割合を示している。たとえば、九州北部・東のケースでは、評価範囲内で72箇所の変化箇所が確認されたが、そのうち55箇所は「AI ポリゴン」で抽出できていたため、76.4% (=55/72) と評価されている。

対象災害や電波照射方向に依らず、70%台後半から90%台の比較的高い精度で抽出できていることがわかった。

#### 5. おわりに

既存の AI 判読モデルに変更を加えて、電波照射方向による抽出精度への影響を検討した。

表-3 評価結果 (箇所ベース)

対象災害	電波照射方向	再現率 <sup>*</sup> Recall
九州北部	東	76.4%
	西	95.0%
広島県南部	東	92.9%
	西	88.7%

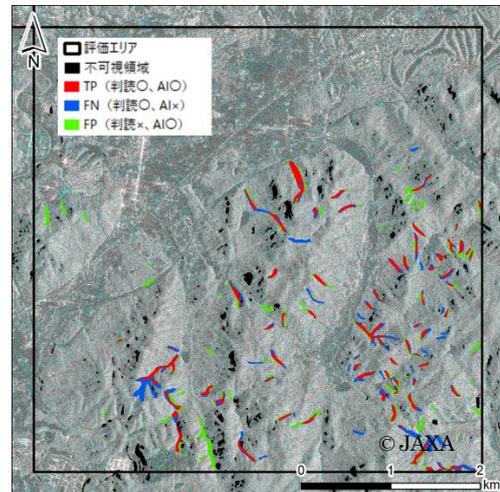


図-2 AI 判読結果 (広島県南部の評価地域の一部)

ピクセルベースの評価では、AIにより判読された土砂移動箇所の面積で再現率 (Recall)・適合率 (Precision) が評価されるが、電波照射方向による精度の違いは必ずしも明瞭ではなかった。また、箇所ベースの評価においても電波照射方向の影響は顕著ではなく、目視判読で確認が可能な変化箇所については、AI判読モデルによっても7割から9割程度の割合で抽出されていることがわかった。ただし、SAR画像の空間分解能により小規模な土砂移動箇所は抽出が困難であること、レイオーバー等の不可視領域は評価対象外となっていることに留意が必要である。

#### 謝辞:

本稿で述べた AI 判読モデル開発のうち、教師データ作成および精度評価・検証は、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「国家レジリエンス (防災・減災)の強化」の一部として実施した。また、計算環境に産業技術総合研究所の AI 橋渡しクラウド (ABCI) を用いた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) Intergovernmental Panel on Climate Change (2022): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability
- 2) 柴山ほか (2022): 深層学習 AI モデルによる SAR 衛星画像からの土砂移動箇所の自動判読, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, p.409-410
- 3) 国土交通省国土地理院 (2017): 平成29年7月九州北部豪雨に伴う被害状況判読図, 国土地理院技術資料 D 1-No.873
- 4) 広島大学平成30年7月豪雨災害調査団 (地理学グループ) (2019): 平成30年7月豪雨による広島県の斜面崩壊の詳細分布図
- 5) Weiss, A. (2001): Topographic Position and Land forms Analysis, Poster Presentation, ESRI Users Conference, San Diego, CA