

広域土砂災害発生時における AI を活用した崩壊・土石流発生箇所を早期スクリーニング

国際航業株式会社 ○河野 孝俊、堀 大一郎、西村 智博、林 雨亭

1 はじめに

近年、土砂災害が激甚化・頻発化・広域化しており、発生時には崩壊・土石流発生箇所を早期に把握することが求められる。これまでは撮影された空中写真を用いて目視による判読が行われてきたが、判読精度のバラツキや一定程度の作業時間を要する等の課題がある。

本検討は、AIにおけるディープラーニング技術の向上により急速に発展している画像認識技術を土砂災害にも応用し、崩壊・土石流発生箇所について、従来の目視による判読に比べて短時間かつ統一した精度で自動抽出することを目標に、平成21年7月中国・九州北部豪雨における山口県山口市と防府市及び平成26年8月豪雨における広島県広島市の事例を対象として、その手法を試行したものである。

2 検討手法

花崗岩類地域の山口市を対象として、画像の種類（カラー画像又はグレースケール画像）とラップ率（0%、25%、50%）の組み合わせが異なる6種類の学習データを作成し、山口市と同じ花崗岩類地域の防府市及び広島市を対象としてセマンティックセグメンテーションによる崩壊・土石流発生箇所の自動抽出を行い、抽出特性を整理した。

セマンティックセグメンテーションとは、画像内の各ピクセルに意味のあるラベルを割り当てる処理のことであり、特徴的なカテゴリを形成する画素の集まりを認識するために使用される。近年、Convolutional Neural Network (CNN) を用いたセマンティックセグメンテーションの研究が盛んに行われており、なかでもCNNをEncoder-Decoder構造にした手法の判別精度が高く、本検討ではDeepLab v3+¹⁾を採用した。

3 学習データの作成

災害直後に撮影した山口市の5図郭（1図郭：1500×2000m、6000×8000画素）のオルソ画像を対象として、抽出対象（ここでは崩壊・土石流発生箇所）の領域を示す正解画像を技術者による判読により作成し、AIが直接処理できるよう1000×1000画素に分割した。

抽出対象について、一般的に土石流は発生・流下・堆積区間に分類されるが、オルソ画像のみでの識別は困

難なため、本検討では「土砂移動範囲」として一括りで扱うこととした。また、堆積区間には市街地や農地が含まれており、抽出対象に

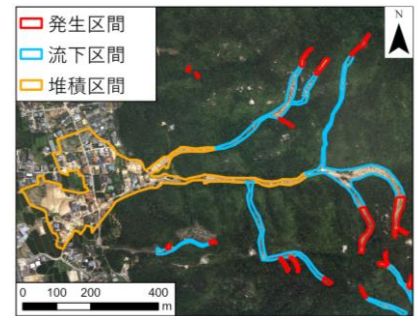


図-1 土石流区間の区分例

堆積区間を含めた場合、人工的な裸地を誤抽出する可能性が高くなることが考えられたため、堆積区間を含む・含まない場合の2通りの正解画像を作成し、防府市のオルソ画像における抽出結果をもとに堆積区間を抽出対象とするか検討した。

また、災害時は日時や日照条件が異なる撮影となることがあるため、色調が異なる写真を使用することが想定されるほか、土砂移動範囲が一定度の面積を持つため、画像の種類（カラー画像又はグレースケール画像）とラップ率（0%、25%、50%）の組み合わせが異なる6種類の学習データを作成し、防府市の10図郭及び広島市の2図郭のオルソ画像における土砂移動範囲の抽出結果をもとに抽出特性を整理した。

4 結果・考察

定量評価は、抽出結果と正解の重なり度合いを表す指標IoU及び抽出結果に占める正解率の割合を示す適合率(Precision)で行った。いずれの指標も1に近づくほど良好と評価できる。

堆積区間を含む・含まない場合の2通りの学習データで試行した抽出結果を表-1及び図-2に示す。IoUと適合率について、カラー画像では有意な差はないが、グレースケール画像では堆積区間を含まない方がいずれも高い。また、堆積区間を含む方が、カラー画像では茶色い屋根、グレースケール画像では屋根及び道路の一部を誤抽出する事例が多く見られた。以上のことから、崩壊・土石流発生箇所を早期に抽出することを重視し、抽出対象に堆積区間を含めず発生区間と流下区間のみを抽出対象とした。以降の検討では、画像の種類及びラップ率の組み合わせの違いによる抽出特性を比較した。

表-1 【抽出対象の検討】IoU と適合率

堆積区間	画像の種類	IoU	適合率
含む	カラー	0.41	0.70
	グレースケール	0.31	0.38
含まない	カラー	0.40	0.74
	グレースケール	0.46	0.66

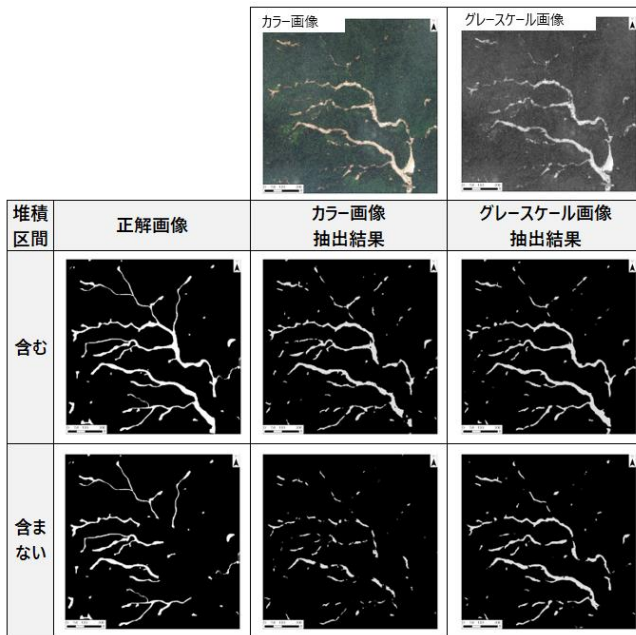


図-2 【抽出対象の検討】抽出結果

表-2 【画像の種類とラップ率の検討】IoU と適合率(防府市)

画像の種類	ラップ率 (%)	全域		傾斜角 10° 以上の範囲	
		IoU	適合率	IoU	適合率
カラー	0	0.40	0.74	0.43	0.77
	25	0.43	0.75	0.45	0.77
	50	0.38	0.74	0.41	0.75
グレースケール	0	0.46	0.66	0.50	0.72
	25	0.49	0.70	0.52	0.75
	50	0.48	0.69	0.51	0.74

画像の種類とラップ率の組み合わせが異なる 6 種類の学習データを入力した場合における防府市の抽出結果を表-2 に示す。いずれの抽出結果においても、抽出対象外とした堆積区間の誤抽出が見られたが、オルソ画像のみで堆積区間と上流の発生・流下区間の境界を判断することは困難である。このため、抽出特性について、一般的に土石流の発生・流下区間とされる傾斜角が 10° 以上の範囲における IoU と適合率をもとに整理した。

傾斜角が 10° 以上の範囲において、IoU はカラー画像では 0.41~0.45、グレースケール画像では 0.50~0.52 であり、土砂移動範囲を概ね抽出した。屋根や道路の誤抽出はほとんどないが、林地内の裸地を誤抽出する傾向があった。また、土石流流下区間のうち、周辺の樹木に覆われた区間を抽出しない傾向があった。IoU と適合率について、ラップ率の違いにお

ける有意な差はないが、IoU はグレースケール画像、適合率はカラー画像の方が高い。よって、グレースケール画像の方が誤抽出は多くなるものの、崩壊・土石流の抽出漏れが少ないと考えられる。

広島市の抽出結果を表-3 に示す。傾斜角が 10° 以上の範囲における IoU と適合率について、カラー画像では土砂移動範囲がほとんど抽出されず、IoU は 0.013~0.015 であった。グレースケール画像でも 0.135~0.167 であり、屋根や道路の誤抽出はほとんどないが林地内の裸地を誤抽出する傾向があり、土砂移動範囲のほとんどを抽出しなかった。その要因として、土砂移動範囲の色合いが学習データに比べて濃い茶色であること、周辺の樹木に覆われた不明瞭な流下区間が多いことが考えられる。

表-3 【画像の種類とラップ率の検討】IoU と適合率(広島市)

画像の種類	ラップ率 (%)	全域		傾斜角 10° 以上の範囲	
		IoU	適合率	IoU	適合率
カラー	0	0.009	0.90	0.015	0.94
	25	0.008	0.88	0.013	0.89
	50	0.008	0.82	0.013	0.82
グレースケール	0	0.097	0.66	0.138	0.69
	25	0.115	0.67	0.167	0.68
	50	0.093	0.76	0.135	0.78

5 まとめ

本研究のまとめを以下に示す。

- ① 堆積区間を抽出対象に含むと屋根や道路を誤抽出しやすく、発生区間と流下区間のみを抽出対象として学習データを作成すると精度の良い抽出結果が得られた。
- ② ラップ率によらず、カラー画像に比べてグレースケール画像の学習データを用いた方が誤抽出は多くなるものの土砂移動範囲の抽出漏れが少ない。
- ③ 学習データと同一地域であれば、傾斜角が 10° 以上の範囲において IoU が 0.5 程度の抽出結果が得られ、災害対応初動時の判読としては、短時間で実用レベルの成果が得られることが示せた。

本研究ではオルソ画像を学習データとして用いたが、従来の目視による判読作業では複数時期のオルソ画像や地形データも活用している。今後は、様々な地質帯での検討や 3 次元地形データを活用した検討を行い、AI による自動判読の精度を高めていく必要がある。

【参考文献】 1) Chen, L., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., Adam, H., 2018. Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation, European Conference on Computer Vision (ECCV).