

AI を活用した土砂災害発生・氾濫箇所自動抽出システムの構築

中電技術コンサルタント株式会社 ○藤原 涼太郎, 桐山 魁, 桑田 志保, 石山 英治

1. はじめに

近年, 平成30年7月豪雨災害をはじめとする広範囲に及ぶ災害が増加し, 被害が甚大化している. 平成30年7月豪雨災害では, 広島県内において 1,242 箇所の土砂災害が発生した¹⁾. このような広域災害発生後には, 官民が連携した迅速かつ的確な対応が求められており, 初動期における効率的な情報収集・共有が重要となる.

中電技術コンサルタントでは, 広域災害発生後の初動対応を支援するため, AI を活用した土砂災害発生・氾濫箇所自動抽出システム (以下, 「本システム」と言う.) のプロトタイプを構築した. 本発表では, これらの取り組みについて, その一部を紹介する.

2. AI を活用した土砂災害発生箇所等の抽出

2.1 広域災害発生後の対応

広域災害発生後の土砂災害にかかる対応フローを図1に示す. 災害発生後, 航空写真を判読の上, 土砂災害発生箇所を抽出し, 優先的に調査が必要なエリアを決定する必要がある. 一般的に, これらの作業は目視判読で実施されるため, 土砂災害発生箇所の抽出に時間を要するとともに, 判読精度のばらつきが生じる. また, 判読結果には, 調査が必要なエリアの優先度を決定するための指標が存在しない. その結果, 作業者に大きな負担がかかるという課題がある. 本システムでは, 対応フローにおける土砂災害発生箇所の抽出, および調査エリアの優先度決定を支援する.

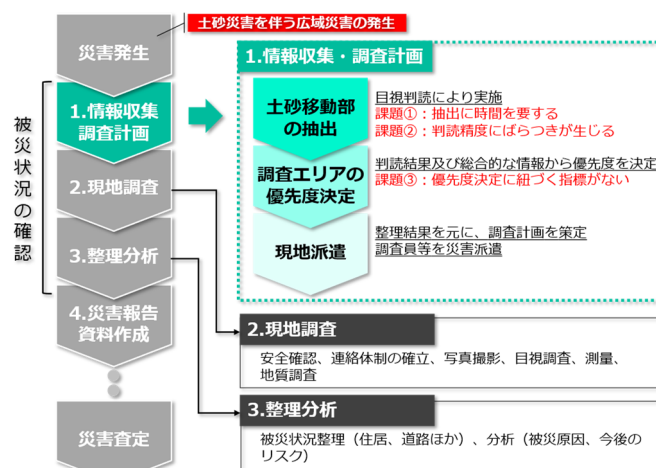


図1 広域災害（土砂災害）発生後の対応フロー

2.2 土砂災害発生箇所等の自動抽出

AI を活用した土砂移動部の自動抽出は, 河村ほか (2023)²⁾, 大野ほか (2022)³⁾, 河野ほか (2023)⁴⁾ など報告されており, 災害対応の迅速化と被害軽減への寄与が期待されている.

本システムでは土砂災害発生後に撮影された航空写真 (正射画像) を対象に, AI を用いた画像セグメンテーションによる土砂災害発生・氾濫箇所の自動抽出を行った. 画像セグメンテーションには FCN⁵⁾ を採用し, 検証には平成30年7月豪雨の航空写真を用いた. 表1に学習時の設定条件を示す. 学習データとして, 土砂移動部を含む領域と

その判読結果画像 (256×256 pixel) 2,078 ペアを作成した. 画像の地上解像度は約 0.29mである.

抽出結果より, 土砂災害発生・氾濫箇所を分類, 誤検出を軽減することを目的に, マスク画像を作成した. マスク画像の作成にあたって, 砂浜やグラウンド等の誤検出されやすい箇所を効率的に取り除くため, 標高データ, 土地利用データ等の GIS データを利用した.

表1 学習時の設定条件

利用ネットワーク	FCN
対象災害	平成30年7月豪雨
画像サイズ	256*256
訓練データ数	1,336ペア
検証データ数	809ペア

表2 検出内訳

	正解	
	正例	負例
予測 正例	TP	FP
予測 負例	FN	TN

抽出結果は表3の通りである. 評価指標として式 (1) ~ (3) の再現率, 適合率, F1 値の3つの指標を用いた.

$$\text{再現率} = \frac{TP}{TP+FP} \quad \dots (1)$$

$$\text{適合率} = \frac{TP}{TP+FN} \quad \dots (2)$$

$$F1 = \frac{2 \times \text{再現率} \times \text{適合率}}{\text{再現率} + \text{適合率}} \quad \dots (3)$$

マスク画像による抽出精度の向上を検証するため, マスク画像あり・なしの結果も併せて算出した. 表3の通り, マスク画像により誤検出されやすい領域を取り除くことで, F1 値で最大 13.9 ポイントの精度向上が見られた.

表3 抽出結果 (単位: %)

		マスク画像あり			マスク画像なし		
		再現率	適合率	F1値	再現率	適合率	F1値
エリア A	発生箇所	67.9	30.0	41.6	65.2	23.8	34.9
	氾濫部	52.4	9.2	15.6			
エリア B	発生箇所	58.8	35.1	43.9	40.2	23.9	30.0
	氾濫部	28.6	17.2	21.5			

本システムを利用し, 図2のエリア A の領域 (面積: 約 371.9 平方キロメートル, 土砂災害発生箇所数: 24 箇所) を解析した場合, 約 20 分を要した.

本システムを活用することで期待される効果を検証するため, 従来の方法による土砂災害発生箇所抽出との比較検証を実施した. 検証は, 図1の「土砂移動部の抽出」フェーズにおける目視判読と自動抽出に要した時間を比較する形とし, エリア A の領域を対象とした. 検証の結果, 目視判読した内容を GIS データ化するまでに約 34 分を要した. 本システムの活用により, 約 40% の効率化が見込まれることが分かった.

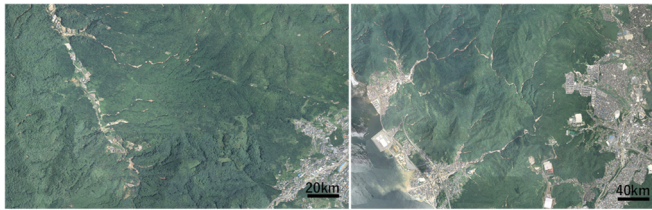


図2 航空写真 (左:エリアA、右:エリアB)

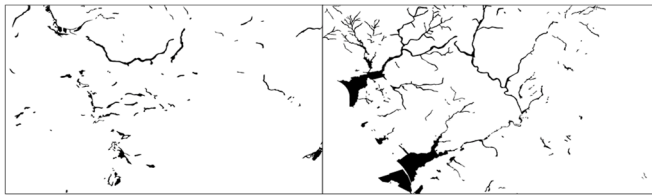


図3 正解画像 (左:エリアA、右:エリアB)

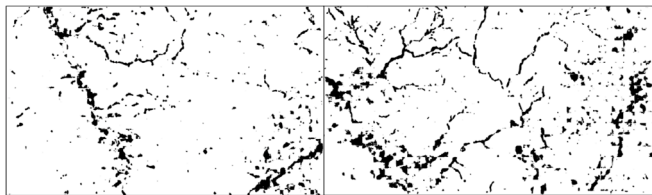


図4 抽出結果の例 (左:エリアA、右:エリアB)

2.3 システムプロトタイプ構築

上述の学習モデルを利用し、土砂災害発生・氾濫箇所自動抽出システムプロトタイプを構築した。本システムは、特定のアプリケーションをインストールする必要がなく利用可能なブラウザベースでのシステムとした。システムフロー図を図5へ示す。

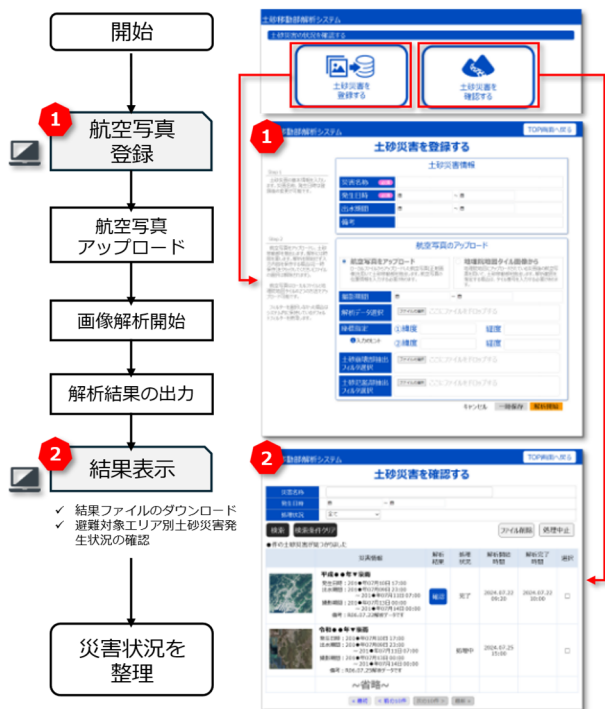


図5 システムフロー図 画面イメージ

本システムでは、災害発生後に撮影された航空写真（正射画像）について座標を指定してシステムに登録し、解析開始をクリックすると、抽出結果の画像ファイルおよびGIS（Shape）ファイルが出力される。正確な判読結果が必要な場合は、出力されたGISファイルを編集、作成可能である。また、事前にシステム登録された避難対象エリア

等をもとに、エリア別の崩壊面積率および氾濫面積率を算出可能とした。本機能により、土砂災害発生状況を面的・定量的に示すことで、調査エリアの優先度決定に紐づく指標を提供し、調査計画の迅速な策定を支援可能となる。

土砂移動部解析システム

TOP画面へ戻る

地区別土砂災害発生状況

▼災害情報

平成30年7月豪雨
発生日時: 2018年07月10日 17:00
発生期間: 2018年07月09日 22:00
発生場所: 2018年07月10日 07:00
備考: R06.07.2撮影データです

調査期間: 2018年07月13日 00:00
調査時刻: 2018年07月14日 00:00
調査経度: 34.376098, 132.526588
調査緯度: 34.254477, 132.587788
人力係数: 航空写真(1+70.7%)

▼市町村別の土砂災害発生状況

市町村	崩壊 面積(m²)	崩壊 体積(m³)	60分 抽出率	土砂 面積(m²)	土砂 体積(m³)
広島県	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 中区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 西区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 東区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	1,000,000
広島市 南区	1,000,000	1,000,000	100%	1,000,000	