

機械学習による砂防堰堤の変状判断手法の検討

(国研) 土木研究所 ○水尾祐介^{*}、菅野拓矢、伊藤誠記

1 研究背景・目的

土砂災害発生後の二次災害防止のため、砂防施設の臨時点検において、どの砂防堰堤に大きな変状が生じているかを迅速に把握することは重要である。一方、砂防堰堤はほとんどが山間部にあり、全ての砂防堰堤を目視で点検するには多くの時間を要する。これら及び安全性の観点から、UAVを用いて砂防堰堤の写真や動画を撮影し、点検する手法が国土交通省によりマニュアル化され、運用が開始されている¹⁾。また、これらの写真や動画を利用し、二時期点群の差分解析により変状を抽出する研究²⁾や、砂防堰堤の変状を抽出するために被災した砂防堰堤を学習させる研究³⁾など、人を介さず変状を自動的に抽出する研究が進められている。現時点でこれら既存の手法は、画像入手から変状抽出までに多大なプロセスと時間を要することや、学習に必要な破損した砂防堰堤の画像が少ないことなどが課題となっている。

そこで本研究では、砂防堰堤の袖部の欠損という被災形態に着目し、UAVで撮影した変状のない砂防堰堤の画像を学習し、健全な砂防堰堤の袖部等の部位を検出することで、検出しない部位に変状が生じていることを迅速に判断できる機械学習モデルを提案・検証する。

2 研究方法

2.1 機械学習モデル

使用した機械学習モデルは、物体検出が得意なYOLOである。以下で「モデル」は、アノテーション（画像から検出したい物体を矩形で囲む作業）をした画像を教師データとしてYOLOに学習させて構築した機械学習モデルを指す。本研究では、事前学習モデルとしてYolov10nを選定し、これに対し教師データによるファインチューニングと呼ばれる学習を行う。学習は階層的に実施され、教師データから特定の枚数（バッチ数）を取り出して学習する作業を複数回（エポック数）繰り返して実施される。図-1にモデル作成の概念図を示す。

2.2 分析方法

まず、学習していない健全な砂防堰堤に対してどの程度モデルが正解するかを検証する。次に、学習した健全な砂防堰堤の学習していない方向の画像に対してどの程度モデルが正解するかを検証する。最後に、袖部が破損している砂防堰堤の健全な部位のみを検出するかどうかを検証する。

2.3 モデルの作成

2.2の目的の達成のために2つのモデルを作成した。本研究で用いる教師データが異なる2つのモデルの

詳細を表-1に示す。生成されたそれぞれのモデルに、任意の画像を与えることで、砂防堰堤の水通し断面および袖の検出結果が得られる。結果は、水通し断面の有無、水通し断面が検出された場合にはさらに袖の反応数によって、表-2のようにモデルの検証結果が解釈されることとなる（以下、水通し断面の有無により砂防堰堤の有無を判断することとする）。つまり、表-2の分類によって袖部の変状の有無を判断するモデルといえる。

2.4 教師データ

教師データとする砂防堰堤の写真を集めるため、国土交通省日光砂防事務所、富士川砂防事務所、金沢河川国道事務所管内で砂防堰堤を撮影した。

具体的な手順は次の通りとした。まず、図-2に示すように、UAVを用いて、下流側の特定の距離から正面あるいは斜め45°方向に水通しを見た位置を始点とし、徐々に砂防堰堤から遠ざかりながら、動画で撮影した。そして、撮影した動画を1秒ごとの画像に切り出した。切り出した砂防堰堤の画像を、YOLOの教師データとするために、水通し断面、右岸袖、左岸袖を矩形に囲みアノテーションを行った（図-3、図-4）。なお、モデル2は左右の袖を別々の物体としてアノテーションした（図-4）。

2.5 検証

モデル1に対し、検証(1):教師データとしていない6基の砂防堰堤の斜め方向の画像計30枚、検証(2):教師データと同じ砂防堰堤だが、撮影角度が異なる画像計15枚、検証(3):画像処理ソフトウェアを用いて大春木川上流第3砂防堰堤の袖を背景の景色に置き直すことで疑似的に袖を欠損させた画像1枚、以上のデータを用いて、3種類の検証を行った。なお、検証(1)と検証(2)については、水通し断面および左右の袖部の検出の正解率を求める。モデル2に対し、検証(4):教師データとしていない実際に左岸袖部に変状がある別当谷第34号砂防堰堤を正面方向から撮影した62秒間の動画を検証データとして用いた。



図-1 モデル作成の概念図

※1 現所属：広島県 西部建設事務所 呉支所

表-2 検証結果の解釈

砂防堰堤の有無 (水通し断面)に 対する反応	無	有	
		反応数	解釈
袖部に対する反応	-	0	両岸の袖部に変状有
		1	どちらかの袖部に変状有
		2	健全な砂防堰堤

表-3 検証(1)に対する正解率

砂防堰堤の有無の正解率	43%
袖部2か所の有無の正解率	42%

表-4 検証(2)に対する正解率

砂防堰堤の有無の正解率	55%
袖部2か所の有無の正解率	80%

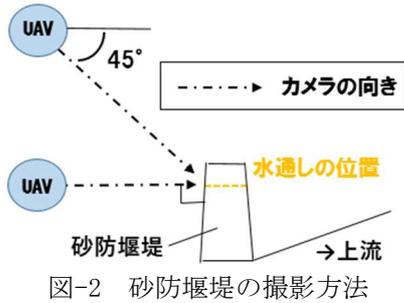


図-2 砂防堰堤の撮影方法



図-3 モデル1の教師データのアノテーション例



図-4 モデル2の教師データのアノテーション例

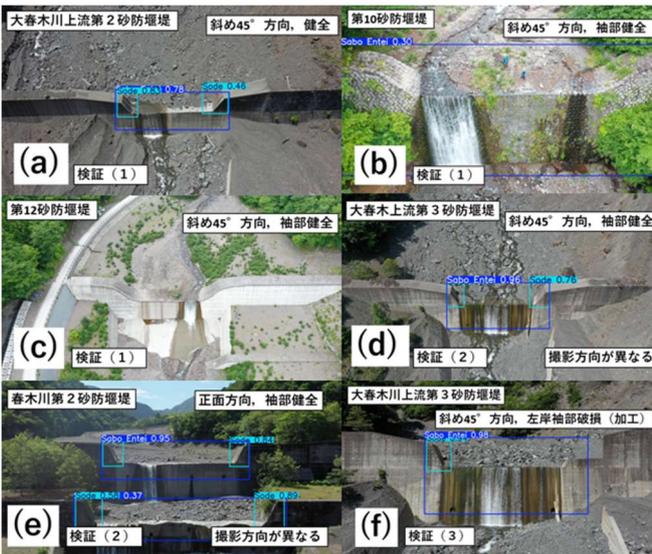


図-5 モデル1の検証結果の一例

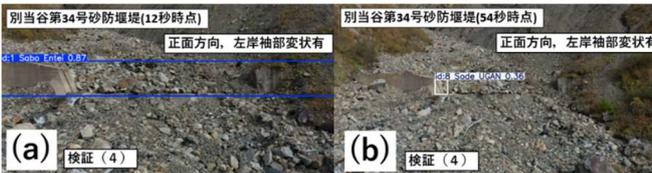


図-6 モデル2の検証結果の一例

表-1 2つのモデルの詳細

	モデル1	モデル2
学習に用いた教師データの砂防堰堤の名称と撮影方向	大春木上流第3砂防堰堤 (正面方向) 春木川第2砂防堰堤 (斜め45°方向) 大春木下流砂防堰堤 (斜め45°方向)	別当谷第31号砂防堰堤 別当谷第32号砂防堰堤 別当谷第33号砂防堰堤 (全て正面方向)
教師データの数	209	121
エポック数	150	250
バッチ数	20	20

3 研究結果

表-3, 4にモデル1に対する検証(1)(2)における正解率を示す。検証(1)における正解率は砂防堰堤の有無が43%、袖部2か所の有無が42%となった。検証(2)における正解率は砂防堰堤の有無が55%、袖部2か所の有無が80%となった。検証(1)(2)における検証結果の一例を図-5(a)~(e)に示す。

モデル1の検証(3)における検証事例を図-5(f)に示す。健全な部位を検出する一方、異常な左袖部は検出しない結果が得られた。また、モデル2の検証(4)における検証結果を図-6(a)(b)に示す。実際の被災した堰堤において健全な部分のみをモデルが検出する結果も得られた。

4 まとめおよび課題・展望

本研究により、健全な砂防堰堤の部位を検出することで、検出しない部位に変状が生じていると判断するモデルが成立しうること示した。一方、今回用いたモデルは表-1のとおり教師データ数が少ないことから、教師データの数や種類を増やすことで正解率が向上する可能性がある。

今後は、教師データを増やして作成した機械学習モデルの定量的な評価を行う予定である。

5 謝辞

本研究の実施にあたり、国土交通省日光砂防事務所、富士川砂防事務所、金沢河川国道事務所の皆様にご協力いただきました。そして、火山・土石流チームの清水様、高木様、松永様にも多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

■参考文献■

- 国土交通省砂防部：砂防関係施設点検要領(案)(令和4年3月)
- 小林ら(2024)：令和6年度砂防学会研究発表会概要集, p449-450
- 海原ら(2024)：令和6年度砂防学会研究発表会概要集, p411-412