

## 砂防堰堤の点検に向けた UAV 動画の自動検出手法の提案

(国研) 土木研究所 ○榎原颯輝, 水尾祐介\*<sup>1</sup>, 高木将行, 伊藤誠記\*<sup>2</sup>  
\*<sup>1</sup> 現 広島県 \*<sup>2</sup> 現 国土交通省

## 1 研究背景・目的

砂防関係施設点検要領(案)<sup>1)</sup>において、点検の効率性および安全性の向上を目的として、UAV(無人航空機)を活用し上空から施設の顕著な変状を広域的に把握する「遠望点検」が規定された。こうした点検作業のさらなる省力化に向けて、AIの画像判読による自動検出手法が期待されている。しかし、高精度な検出を行うためには大量の学習データが必要となる一方で、変状が生じた砂防堰堤の画像は十分な数が存在しないという課題がある。この課題に対し、我々は「正常検出ベースの異常検出」法を提案している<sup>2)</sup>。これは、収集が容易な正常状態の砂防堰堤を学習させて高精度な検出モデルを構築し、対象を検出できなかった場合に「何らかの異常が発生している」と判定する手法である。本発表では、迅速かつ広域の状況把握が求められる臨時点検の遠望点検において、2種類の部位の変状の有無を検出する手法の開発を目的とし、前述の異常検出法に物体追跡アルゴリズムを統合した自動検出手法について報告する。

## 2 方法

### 2.1 物体検出モデルの構築

本研究では、砂防堰堤を識別する特徴部位(クラス)として「水通し断面周辺」と「袖小口」の2つを検出するモデルを構築した。なお以下では、前者を「砂防堰堤」、後者を「袖」と呼称する。学習させる対象として、国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所および中部地方整備局天竜川上流河川事務所所管の正常な不透過型砂防堰堤15基を選定し、UAVで動画を撮影した。撮影は、各堰堤に対して下流から上流に向けて「(水通し天端高さに対して)正面」、「斜め(45度)」、「真上」の3方向から、離隔距離を変化させて実施した。取得した動画から1~2秒間隔でフレームを切り出して約2,000枚の画像を作成し、これらに対して、「砂防堰堤」と「袖」の領域を矩形で囲むアノテーション作業を行った。学習モデルには、物体検出アルゴリズムとして広く有用性が認知されているYOLO(YOLO11n)を採用し、ファインチューニング(エポック数:100, バッチサイズ:20)を行うことで「砂防堰堤」と「袖」の検出モデルを構築した。

### 2.2 モデルの精度検証と信頼度閾値の設定

構築したモデルの検出精度について、学習に用いていない春木川第二堰堤(富士川砂防事務所管内、本堤及び3基の副堤で構成)と大春木下流堰堤の空撮動画を用いて検証した。動画は、全体で111秒間あり、本堤から下流240m地点からUAVを一定速度(7.5m/s)、カ

メラ俯角30°で上流へ向けて飛行させ、60秒後に反転して下流へ向かう。これを全フレーム画像化し、春木川第二堰堤の本堤および最下流の副堤の計2基に対する砂防堰堤と袖の検出結果の正誤を手動で判定したうえで、混同行列から算出される適合率(誤検知の少なさ)と再現率(見逃しの少なさ)により評価した。

YOLOを用いた物体検出では、検出対象範囲とともに、対象クラスと位置の確からしさを示す「信頼度」が出力される。信頼度は、検出時に自動で出力される点で有用な指標である一方で、一定の精度を保証する一律の基準は存在しない。そこで本研究では、手動判定による適合率と再現率がともに0.8以上となる場合を検出が成功した目安とし、その際に得られる信頼度の値を本手法における閾値として設定することとした。

### 2.3 物体追跡アルゴリズムの実装

単一フレームごとに処理される通常の物体検出では、画像間で同一対象を認識・紐づけができないという課題がある。これを解決するため、本手法では物体追跡アルゴリズムを導入した。これにより、一時的な検出漏れが生じた際の再同定(継続性の確保)、一意のID付与による被写体個数および時間の正確な把握、誤検出(ノイズ)の除外が可能となる。具体的な追跡手法として、過去3フレームまで遡り、画像間で同一クラスかつ枠の重なり(IoU)が10%以上のものを同一対象とみなしてIDを割り当てる処理を独自に実装した。

## 3 検出結果

### 3.1 作成したモデルの精度検証

精度検証の結果、砂防堰堤に対する適合率は1.00、再現率は0.94、袖に対する適合率は0.99、再現率は0.65であり、適合率が高い値を示した。ここで、再現率に注目し、2.2で設定した0.8以上の条件を特定するため、本堤からの距離に伴う砂防堰堤と袖の再現率と信頼度の推移を調べた(図1)。図中の灰色網掛け部は、本堤

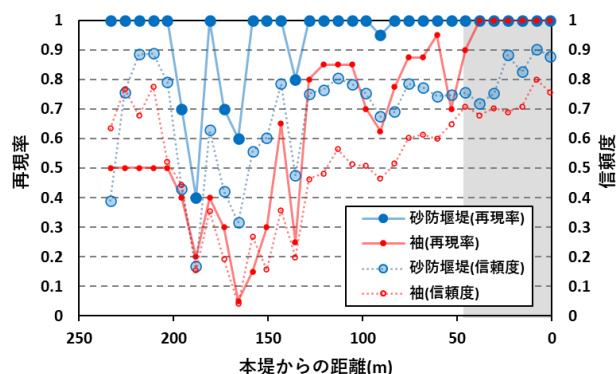


図1 堰堤からの距離と再現率・信頼度

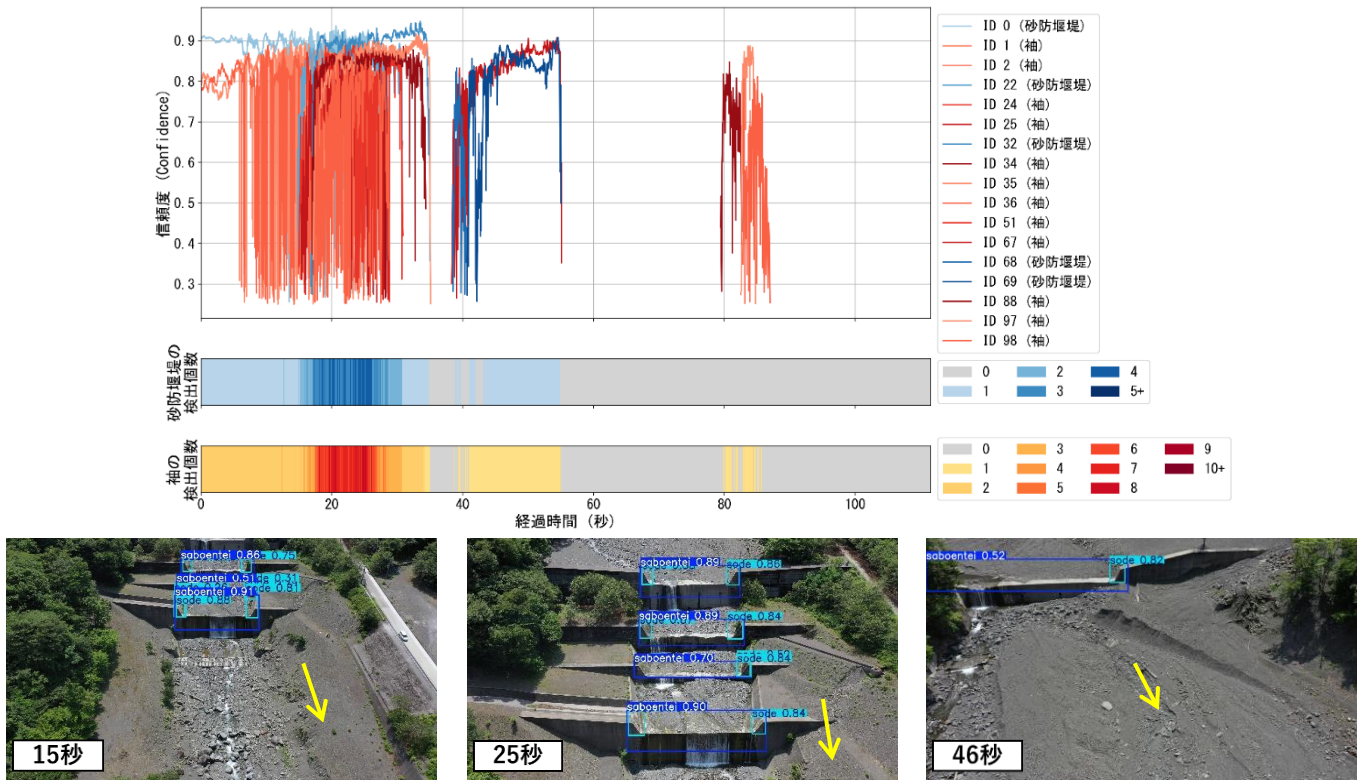


図2 検証動画に対する検出結果 (写真の黄色矢印は流向を示す)

に近い距離から推移を見て、袖の再現率が初めて0.8を下回るまでの領域である。この領域における信頼度の値が約0.7以上であったので、本研究では信頼度0.7を正しく検出したと判定する閾値に設定した。

### 3.2 物体追跡を追加した検証

図2は、空撮動画に対する解析結果である。上段の折れ線グラフは検出された対象 (ID) ごとの信頼度の時間推移、下段のカラーバーは検出個数の時間変化を示している。グラフでは砂防堰堤を寒色系、袖を暖色系で表示しており、一つの波形が同一の対象 (ID) に該当する。なお、誤検出 (ノイズ) を除外するため、信頼度が一度も0.7以上にならなかったIDや、同一IDでの継続検出時間が2.0秒未満であったものは結果から除外した。下部のカラーバーは信頼度0.7以上の検出個数を示している。解析の結果、動画内に映る砂防堰堤 (本堤・副堤の計5基) および袖 (計9箇所) の実際の数と、検出されたIDの数は完全に一致した。また、80秒以降は砂防堰堤を上流側から撮影した区間である。本モデルの学習データは下流側からの画像のみで構成されているため、上流側からの検出は本来困難であるが、背面からでも形状を捉えやすい袖については一部で検出に成功した。一方で、40~55秒の区間では、1基の砂防堰堤に対して袖が1箇所しか検出されていない。これは対象の片袖が樹木に遮蔽されていたため、実際に変状は発生していない。AIの画像解析は、与えられた画像上の可視情報に基づく判別にすぎず、検出結果は、あくまで「片袖に何らかの異常 (変状または遮蔽) が発生している可能性」を示唆するものである。

## 4 課題と展望

上記の結果は、学習データと同一溪流内に位置する未学習の砂防堰堤に対する評価であった。ここで、本モデルの汎用性を確認するため、別溪流での空撮動画を用いた検出を試みた。その結果、片袖は未検出ながらも砂防堰堤自体は検出できた事例があった一方で、砂防堰堤が画面内に映るも未検出となったケースも確認された。これらの要因として、学習データの絶対数の不足や学習時の画角や被写体サイズなどの撮影状況の違い、水通しからの越流の有無などの環境状況の違いが検出精度を低下させたと推察する。今後は、遠望点検においてどのような撮影条件 (飛行ルート、高度、飛行速度など) を実施の標準とすべきかを整理するとともに、多様な状況下での動画・画像を収集し追加学習を行って、モデルの汎用性および検出精度の向上を図る予定である。

### 謝辞

本研究の実施にあたり、資料提供や撮影にご協力いただきました国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所、中部地方整備局天竜川上流河川事務所の皆様に感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 国土交通省砂防部：砂防関係施設点検要領 (案) ,2025
- 2) 水尾ら：R7 砂防学会研究発表会概要集, pp.497-498, 2025