

AI 画像解析等を活用した砂防施設点検の高度化に向けた取り組み

国土交通省関東地方整備局河川部河川計画課 赤澤史顕、丑山善雄
 株式会社建設技術研究所 ○中西宏彰、家田泰弘、片嶋啓介、井内拓馬、西尾潤太、日名純也、伊藤巧
 一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構：石谷幸彦、寺堀吉博

1. はじめに

これまで砂防施設の点検を実施する際には人の目により変状箇所を抽出し、健全度を評価してきた。しかし、砂防施設は急峻な山間地に整備され安全性や効率性の観点から施設全体を網羅的、客観的に変状を把握し、健全度を評価することが困難であった。

このため、昨年度からAIやUAV等の新技術を適切に組み合わせて、デジタルトランスフォーメーション(DX)による効果的な維持管理を推進することを目指し、画像解析による砂防施設変状の自動抽出手法の検討が行われている¹⁾。

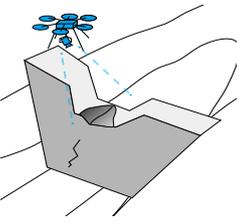
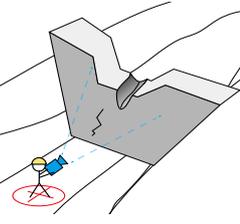
本研究では、先行研究に引き続き、AI画像解析技術や3次元データの活用等、新技術を適用した砂防施設点検手法の高度化に向けた検討を行った。

2. AI 画像解析技術を適用した摩耗変状自動抽出

本研究では砂防施設の変状のうち、健全性に与える影響が大きいこと、効率・安全・精度の観点からAI画像解析等の活用が効果的であること、事例画像を比較的多く収集できることから「天端摩耗」を対象とした検討を行うこととした。

なお、天端摩耗には、進行度合いにより表-1に示す2種類にタイプ分類(テクスチャ、空間)されることと考え、本研究ではそれぞれのタイプにおけるAI画像解析モデルを構築し検証することとした。

表-1 摩耗タイプと主な撮影方法

変状タイプ	テクスチャ (幅広く一様な摩耗)	空間喪失 (深く抉れた摩耗)
変状のイメージ画像と主な撮影方法		
着目点	上空から 下方向に撮影 摩耗範囲が天端上流端まで到達しているか	正面から 上方向に撮影 摩耗深さが1リフト程度以上であるか

2.1 セグメンテーションによる詳細抽出

2.1.1 変状タイプ：テクスチャ

先行研究においてもセグメンテーションによる詳細抽出は行っており、砂防施設の天端摩耗を自動抽出が可能であることを確認している¹⁾。ただし、変状箇所の抽出精度には課題があったため、本研究では学習データの拡充、最適なハイパーパラメータの選定等を実施し、精度向上を図った。

さらに、撮影条件の違い(流量、光の入り方等)が変状抽出精度に影響があるか把握した。表-2に示すように、光の入り方、流量に大きな変化がない「釜無川砂防堰堤」では、抽出結果に大きな変化は見られない。一方、流水の影響により摩耗面が暗色を示している「春木川第一砂防堰堤」では検出範囲

表-2 テクスチャタイプの摩耗変状抽出結果

	2022年夏季撮影	2022年秋季撮影
釜無川砂防堰堤		
春木川第一砂防堰堤		

※着色箇所がAI画像解析で抽出した摩耗変状

が減少している。

このようにセグメンテーションを用いて摩耗変状を詳細に抽出する手法の確立に向けては、画像取得方法に制約を設ける必要がある可能性が示唆された。

2.1.2 変状タイプ：空間喪失

空間喪失タイプに関しても同様にセグメンテーションによる摩耗変状の詳細抽出を行った。

図-1に抽出結果を示す。先行研究と比較し、誤抽出は大幅に減少し、精度の向上を確認できる。一方、セグメンテーション技術を使用して摩耗深を詳細に把握できるほどの精度はなく、さらなる検証が必要である。

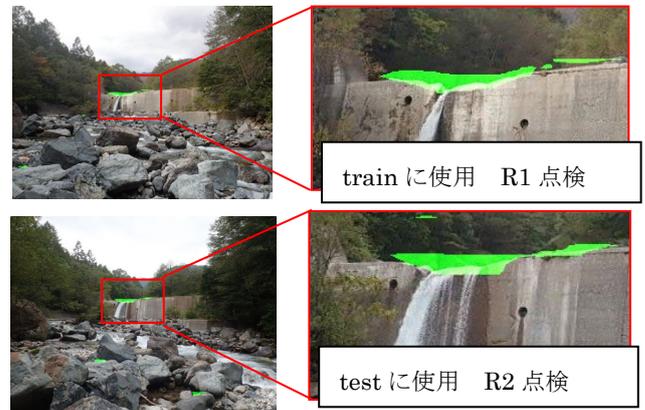


図-1 空間喪失タイプの摩耗変状抽出結果(北股下流第3号砂防堰堤)

2.1.3 学習データ数の違いによる変状検出精度

セグメンテーションによる変状箇所の詳細抽出を試みた結果、先行研究と比較し、学習データの拡充等を行ったため精度の向上を確認した。一方、今後も更なる精度の向上を図る上で、「どの程度の学習データが必要なのか」や「学習データを増やすことでどの程度精度向上が期待できるか」は不明確である。

そこで本項では、前項において構築した各タイプのAI画像解析モデルを用い、学習データ数を変化させた際の変状検出精度の変化の傾向を確認した。

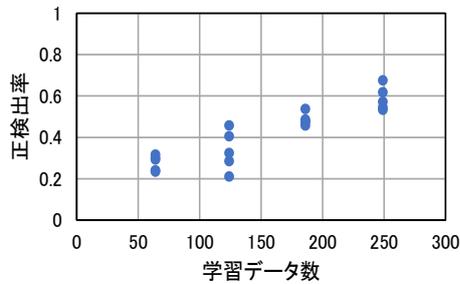


図-2 学習データ数の違いによる変状検出精度

テキストチャイトップにおける学習データ数の違いによる変状検出精度を図-2 に示す。

テキストチャイトップでは学習データ数が多いほど正検出率は向上するという傾向があった。さらに学習データ数を増やすことで正検出率が向上する可能性がある。

2.2 物体検出による概略把握

前述のようにセグメンテーションを用いた摩耗変状の詳細抽出を行うためには、精度向上を図る他、画像取得方法にも制約が必要となる可能性がある。そこで、本研究では、AI 画像解析技術のうち、セグメンテーションと比較して、概略的に変状を抽出する手法として物体検出の適用を試みた。

物体検出により摩耗変状を抽出した例を図-3 に示す。

物体検出では抽出精度を任意に変化させられるため、未検出、誤検出のバランスを任意に変更可能な点が利点として挙げられる。また、抽出された摩耗領域（バウンディングボックス）の大きさを計測することにより摩耗領域の大まかな規模を把握することも可能である。

今後は、相関が高いと考えられる UAV での点検時にリアルタイムで確認する手法の開発が求められる。



図-3 物体検出による摩耗変状抽出結果（黒川下流砂防堰堤）

3. 点群データを用いた摩耗変状の詳細抽出

前項までの整理では、点検時に取得する画像データを用いた検討を行ったが、本章では取得した点検画像から生成した3次元点群データを用いて変状抽出を行う手法を検討した。

本研究では「RANSAC」という手法を活用し、平面と外れ値を仕分けることにより摩耗変状の抽出を試みた。図-4 に UAV から取得した画像データを対象として SfM 解析により作成した点群データを用いた摩耗変状の抽出結果を示す。

図-4 に示すように比較的規模の大きい空間タイプの摩耗は3次元点群データを使用し変状を把握できる可能性があることがわかった。

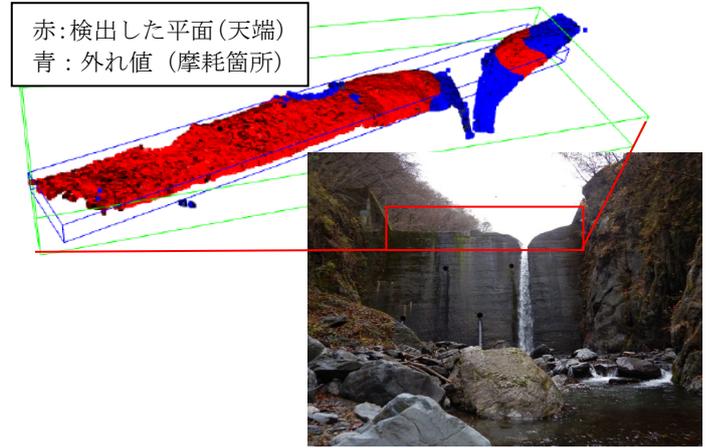


図-4 点群データを用いた摩耗変状の抽出結果（広河内砂防堰堤）

今後は規模の小さい空間タイプの変状やテキストチャイトップでの把握が可能かを検証することにより、より有効性の立証が可能であると考えられる。

4. 落水音に着目した洗堀変状の自動抽出

本章では画像からでは変状の把握が困難な「洗堀」変状についての自動抽出を試みた結果を整理する。本研究では落水時の音に着目し、洗堀深や形状を自動抽出可能か検討した。なお、落水音の収集は本研究発表会掲載の『周波数特性に着目した音による砂防施設変状検知に関する試み』に従い収集した。収集した落水音のデータは洗堀深や形状を変化させた各条件で異なる特徴を有することを確認した。

本研究では収集した落水音データを洗堀深や形状を変化させた各条件に分類することが可能かという視点に着目した。既往研究では音響信号処理の1種である「メルスペクトログラム」により画像的に処理し分類する手法を用いて精度向上を図っている²⁾。本研究においても同様の手法を活用したAI 画像解析プログラム（分類器）を構築した。

構築した分類器を用いて落水音データを条件毎に自動分類できるか試行した結果、本研究で設定した条件内ではほぼ正確に分類できることを確認した。

今後は試行ケースの拡充、現地で取得した実際のデータへの展開等が考えられる。

5. まとめと今後の展望

本研究では、AI 画像解析技術やその他の新技術を用いた砂防施設点検手法の高度化を検討した。これらの技術は近年著しく発展している分野であり、継続して点検手法の検討が必要である。そうすることにより、より効率的な砂防施設点検が可能であると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、国土技術政策総合研究所の竹下主任研究官、土木研究所の石田上席研究員に、砂防施設点検へのAI 技術等の段階的拡大方針に関してご指導を頂きました。ご指導頂いた皆様へ感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

【参考文献】1) 中西ら(2022) 砂防学会研究発表要集, 2022, R2-17

2) FSER: Deep Convolutional Neural Networks for Speech Emotion Recognition