

UAV を用いた自動変状検出手法について

国土交通省東北地方整備局新庄河川事務所 及川加奈*1、大出宙斗、佐々木遥香*2、二階堂拓海
株式会社建設技術研究所 ○矢作和樹、片嶋啓介、中西宏彰、石川深緒、小林哲也、青柳寛太郎
*1 現 東北地方整備局北上川下流河川事務所 *2 現 東北地方整備局最上川ダム統合管理事務所

1. はじめに

砂防関係施設に対し、統一かつ効果的に点検を実施し、客観的な基準で健全度を評価することが求められている。このような背景の中、新庄河川事務所では、令和4年度から UAV(ドローン)等の新技術の活用により、デジタルトランスフォーメーション(DX)による砂防施設点検の安全性、効率性、精度の向上を図るための研究を行ってきた^{1),2)}。

本研究では、「施設点検の効率化・高度化」を図るため、UAV を用いた変状検出手法の構築を行った。

2. UAV 点検による変状確認と課題

一例として、UAV による施設点検を実施した例を図-1 に示す。飛行ルートとして堰堤からの離隔を約 70m 確保し、ズーム機能で目地の開き(2mm)を撮影した。既往点検で確認された小さな変状を UAV 点検でも把握可能である。



図-1 ズーム機能により目地を撮影した事例

従来、施設のどこで生じているかわからない新規変状に対しては、①目視による堤体の観察、②変状を発見した場合に写真を撮影、の手順で点検が実施されている。このため、撮影枚数の増加は限定的である。

一方で UAV 点検では、操縦端末のモニターや撮影した写真等から新規変状の有無を判断するため、変状のサイズに合わせて堤体をくまなく撮影していく必要があり、撮影枚数が増大することとなる。

図-1 の例では、既知の変状以外にも新規変状の把握が可能に撮影し、撮影枚数が 174 枚となった。このため、変状が撮影された写真の抽出作業に要する時間が増大する課題が生じる。

3. 点検結果の整理方法と変状検出手法

UAV 点検による施設点検結果の整理は、図-2 に示すように前回点検と今回点検の写真を比較し、変状の進行や新規変状を確認する。

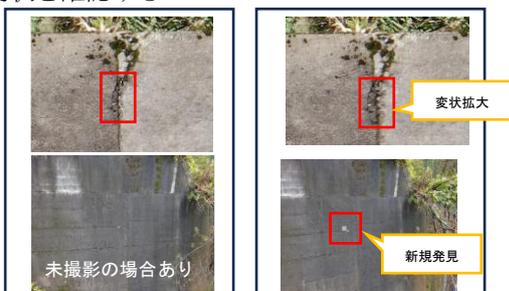


図-2 施設点検結果の整理イメージ

※変状は、画像を加工して作成した

UAV を用いるメリットは、自律飛行により定まったルートでの撮影を行うため、繰り返し同じ画角の写真が撮影できる点である。このため、複数時期の写真の比較が容易となる。デメリットとして、多量の写真比較作業が発生することから、作業効率の向上が求められる。

既往研究^{3),4)}をもとに変状の自動検出手法を整理すると表-1 のようになる。各手法の特性を考慮し、新規の変状及び既知の変状の進行を把握することに適した手法として、物体検出と差分抽出が適していると判断した。

この2種類の手法を用いて、自動検出を試みた。

表-1 変状の自動検出手法

手法	概要	採否
画像分類	画像に写っている物体や特徴をコンピュータが認識し、あらかじめ定められたカテゴリに自動で分類する技術	-
物体検出	画像の中から特定の物体を検出し、その位置や種類、個数を特定する技術	○
画像セグメンテーション	画像をピクセル単位で分割し、それぞれのピクセルがどのカテゴリに属するかを割り当てる技術	-
差分抽出	二つの画像のピクセル値を比較し、その差を計算することで差分を抽出する技術	○

4. 物体検出（新規変状把握）

4.1 AI モデルと研究手順

物体検出に用いた AI モデルは、YOLOv8 を用いた。先行研究³⁾により砂防堰堤の点検結果画像(ひび割れ約 5,000 枚、摩耗約 17,000 枚の教師データ)を学習したモデルを用いて、同モデルで検出可能な変状である「摩耗」および「ひび割れ」を対象に検証を行った。

検証では、新規変状の把握を目的として、既存の変状ではなく疑似変状を用いて新規に変状が発生した状態を設定して評価した。「摩耗」は「黒色紙(元の灰色に比べ、内部材の色や影になっていることを想定)」を用い、「ひび割れ」は「黒色テープ(影になっていることを想定)」を用いた。



図-3 疑似変状(左:摩耗,右:ひび割れ)

UAV の手動飛行により、飛行高度を変えて疑似変状を含む堤体写真を撮影した。撮影した写真を対象に上記の AI モデルで変状検出を行った。

また、堤体の条件として、流水の有無(堤体表面の色味の違い)の影響を評価するため、2堰堤で実施した。

4.2 AI モデルの適用結果

AI モデルで新規変状が把握できたかを表-2 に整理した。結果は、近距離で撮影したひび割れのみ検出が可能であ

表-2 自動検出手法

堰堤条件	摩耗	ひび割れ
常時流水なし	近距離：未検出	近距離：検出
	遠距離：未検出	遠距離：未検出
常時流水あり	近距離：未検出	近距離：未検出
	遠距離：未検出	遠距離：未検出

った. この理由としては, 疑似変状の摩耗は, コンクリートの質感と異なるように見えるため, 検出できなかったものと考えられる. 常時流水ありでは, 堤体表面が黒くなり, 堤体と疑似変状との差が明確にならないことが要因と推定した.

図-4のように, 本研究の AI モデルは既存の点検写真を学習したモデルであるため, UAV で通常撮影するような高度からの写真では, 上手く検出できなかったものと考えた.

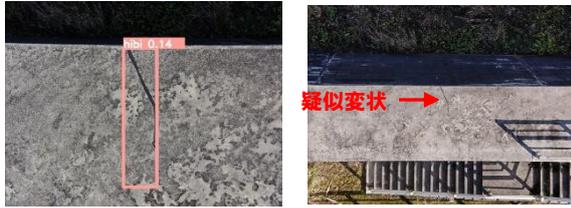


図-4 ひび割れの検出結果 (左:近距離,右:遠距離)

5. 差分抽出 (変状の進行)

5.1 差分解析手法

差分解析は, 撮影された写真の画素を比較して, 差異を示す手法である. 先行研究⁴⁾を参考に課題(画角・色調)を整理し, 解析手法を次のように定めた.

5.1.1 画角の調整 (撮影位置)

UAV 点検では, GNSSの精度により撮影位置のずれが生じる. 通常の GPS では, 数 m 程度の差が生じることから, UAV 用レーザーにより十数 cm 程度の誤差に改善した.

5.1.2 画角の調整 (最適な写真の選択)

UAV 点検では, 撮影もれを防ぐため, 一定の範囲が重複するように撮影する. 比較元である前回点検の画角と一致する写真を, 機械的に選択できるよう指標化した.

一致度の評価には, Open CV⁵⁾(オープンソースの画像処理ライブラリ)および6)(画像の一致度を計測するライブラリ)を用いて, 特徴ベクトルおよびカラーヒストグラムの一致度が高い写真を選択するものとした.

5.1.3 画角の調整 (画像の補正)

写真間の画角のずれは, Open CV を用い, 画像の特徴点を用いたマッチングを実施して補正を行った.

5.1.4 色調の補正

点検写真は, 季節や時間帯, 天候等の日照条件により色調が異なる. この色調を前回点検の色調と一致させる補正を行い, 誤検出を抑制した. 具体的には, 2 枚の写真に対して Open CV により HSV 変換を行い, 2 枚の HSV 値(色度・明度・彩度)の差分を計算した上で, 一方の写真に差分を加算減算して色調を近似化した. これにより, 時間差(明暗), 季節差(緑味, 赤味)等の色調差分を抑制した.

5.2 差分解析結果

5.2.1 画角の調整 (最適な写真の選択と画角補正)

特徴ベクトルは値が小さいほど一致率が高く, カラーヒストグラムは値が大きいほど一致率が高い.

一致率の高い場合の補正結果を図-5 に, 低い場合を図-6 に示した. 一致率が高い場合は, 補正により前回点検と一致する範囲が広く疑似変状のみがくっきりとみえる. 一方



前回点検 今回点検 (画像加工) 差分解析結果

(特徴ベクトル 7.27, カラーヒストグラム 0.9211)

図-5 画角の一致率が高い場合



前回点検 今回点検 (画像加工) 差分解析結果

(特徴ベクトル 12.12, カラーヒストグラム 0.5158)

図-6 画角の一致率が低い場合

で一致率が低い場合は, 一致範囲が狭くなり, 遊離石灰も誤検出として強調される結果となった.

5.2.2 色調の補正

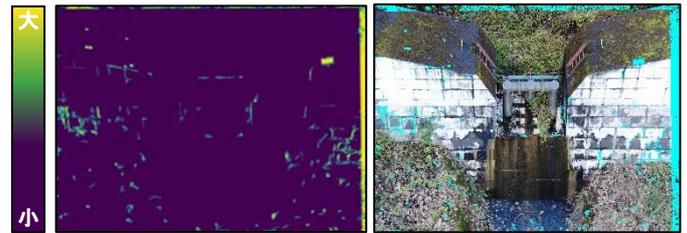
11/11 撮影写真を前回点検, 11/13 撮影写真を今回点検とし, 後者の画角調整及び色調補正を行った. これらを差分解析し, 前回点検に差分結果を重ねた(図-7).

差分解析結果から, 疑似変状箇所が黄色で強調され, 前回点検との相違を確認する箇所が明確に把握できる.



前回点検

今回点検 (色調補正)



差分解析結果

前回点検結果への重ね合わせ

図-7 色調補正した場合の差分結果

6. まとめと今後の展望

本研究では, UAV 点検で取得した写真から新規変状の検出と, 既存の変状の進行を把握するための手法の構築を行った. AI モデルによる変状箇所の検出と画角補正・色調補正により確認が必要な範囲を明確化することで, 点検結果のとりまとめの効率化を図ることができる. また, 研究成果を簡易なツールとしてまとめ, 利用できるようにした.

今後, 上空から撮影した写真を用いて AI モデルの学習を行い, 変状の検出率向上を図る. また, 画像解析については, 季節の違いなどの様々な条件による差分解析を実施し, 適用範囲を確認して, 効率的な点検を行うための研究を行っていく.

参考文献

- 1) 伊藤ら:山間部における UAV 点検手法について,R5 砂防学会研究発表概要集, pp.317-318, 2023
- 2) 伊藤ら:UAV 点検の改善手法について,R6 砂防学会研究発表概要集, pp.419-420, 2024
- 3) 井内ら:AR・AI 技術を活用した砂防施設点検効率化ツールの開発,R6 砂防学会研究発表概要集, pp.187-188, 2024
- 4) 八木ら:UAV 画像解析による砂防施設の緊急点検時の変状自動判定手法の検討,R6 砂防学会研究発表概要集,pp.321-322,2024
- 5) <https://opencv.org/> (2025/3/25 確認)
- 6) <https://github.com/chenmingxiang110/AugNet> (2025/3/25 確認)