

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

(株)エイト日本技術開発 ○八木笙太・海原荘一・山中久幸

国土交通省近畿地方整備局日光砂防事務所 坂本哲弥・増山翔・石丸昌史・穂田雄高・木下篤彦

1. はじめに

近年, UAV を活用した施設点検が行われており, また, その映像を用いた機械学習による変状抽出が行われている^{1),2)}。大規模な地震や豪雨災害後の砂防堰堤の臨時点検は, 構造物の大きな破壊・亀裂・ズレといった大規模な変状の発生を抽出することが求められる。UAV による点検では, 飛行後に技術者が時間をかけて映像を見返して変状の有無を判断しており時間の無駄である。

臨時点検の効率化のため, 半自動で大きな変状の有無を判定し, 効率化を図ることを目指す。なお, 検討対象箇所は稲荷川第10号砂防堰堤および般若沢砂防堰堤とした。

2. 解析手法

2.1 解析の流れ

本検討では差分解析による変状の自動抽出方法を検討したが, その事前準備として大規模災害前の画像の取得が不可欠となる。画像の取得は災害前後で同様の位置と角度での撮影とするため, UAV の自動飛行機能を利用した。飛行ルートと撮影ポイントを予め設定することで操作者に依らず同一地点, 同一画角の画像が取得できると考えられる。

解析時には予め設定した飛行ルートと撮影ポイントに従って取得した画像に対して, 適切に補正を行った上で, 差分解析を行い, 砂防堰堤の大規模な変状の有無を判定することとした。

2.2 画像補正の必要性について

図-1のa), b)に示すように, 取得する画像は季節による背景の植生の変化や指定したルートでの撮影でも UAV の微妙な撮影位置のズレが生じる。差分解析を適切に行うためには着目箇所の抽出や高精度の位置補正を行う必要がある。画像補正から差分画像の作成までの流れを図-2に示す。また, 各プロセスの詳細を以下に示す。

2.2.1 砂防堰堤範囲の抽出方法

まずは, 2時期の画像から季節変化の影響を受けない砂防堰堤施設等の構造物周辺のみを着目範囲として抽出することを試みた。堰堤範囲の抽出には Meta 社のコンピュータビジョン(画像から情報を自動抽出する技術)である DINOv2³⁾のセマンティックセグメンテーション機能(画像の各ピクセルにラベル付けを行う技術)による着色結果から抽出した。

DINOv2 は多量かつ広範囲の教師データと大規模なネットワークにより構築されているモデルのため, 学習データがない場合も適用可能なモデルである。

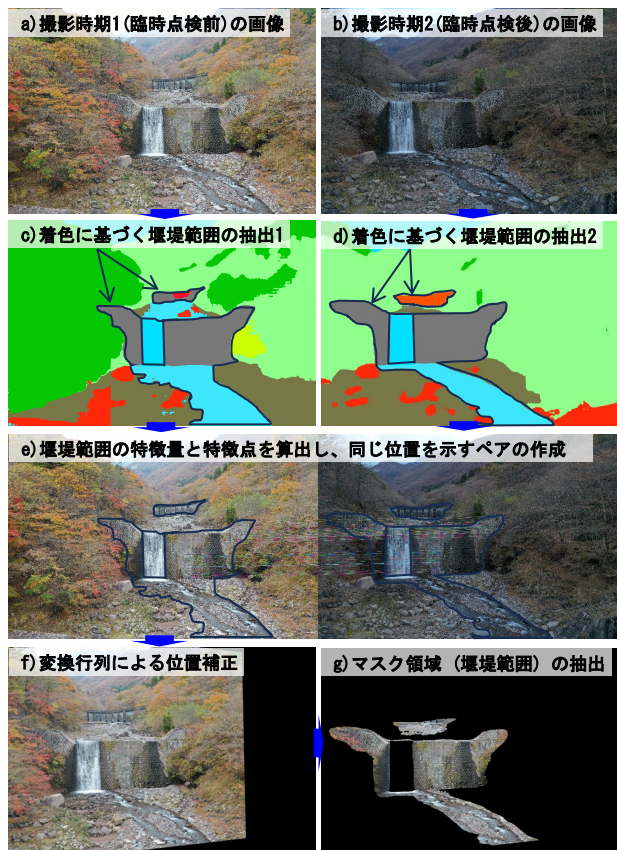


図-1 画像からの差分解析用マスク領域の抽出
(稲荷川第10号砂防堰堤)

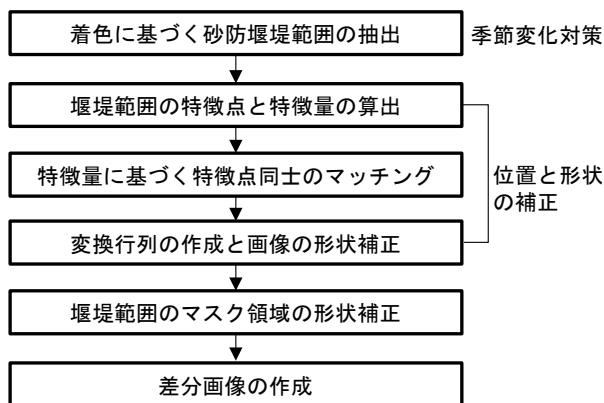


図-2 画像補正から差分解析までの流れ

セマンティックセグメンテーション機能で砂防堰堤等を着色した例を図-1のc), d)に示した。点検前後を想定した2時期の画像に対し, 着色後に堰堤範囲とその周辺の色のみを選択し, マスク抽出することで砂防堰堤の範囲のみを抽出でき, 背景の植生の季節変化に対し堅牢性を得ることができた。

2.2.2 特徴点ペアに基づく変換行列による形状補正

堰堤範囲の抽出後, 撮影位置のズレによる変化を

補正した。補正には2時期の画像に対して堰堤範囲内の特徴点と特徴量を算出し、特徴量に基づいて特徴点のマッチング（2枚の映像の同じ位置を設定）を行うことを試みた。特徴点と特徴量（特徴点の大きさや色の強度等）の設定はAKAZEを、特徴点と特徴量に基づくマッチングには、OpenCVのBF-Matcherというライブラリを用いた。特徴点同士をマッチングした例を図-1のe)に示す。左右の映像を結ぶ細い線は構造物の同じ位置を示している。差分で変状を把握するためには、2時期の画像を精度よく重ねる必要があり、特徴点のマッチング後、撮影位置の異なる画像を同じ形状にするための変換行列を求めた。この変換行列の作成にはRANSACを用いた。その変換行列を適用して位置補正した結果を図-1のf)に示す。

2.3 マスク領域の形状補正

位置補正後の画像のマスク画像を作成した。作成したマスク画像の例を図-1のg)に示す。

2.4 差分画像の作成

2枚の堰堤範囲のマスク画像をグレースケール化し、輝度差分画像を作成し、変状箇所を抽出した。

3. 差分解析による変状抽出法に対する検証方法

この差分解析による変状抽出法の検証にあたり、被災した砂防堰堤の画像が必要となる。そのため、砂防堰堤の画像を編集ソフトで加工し、災害時に発生する変状が生じた砂防堰堤を模した画像を作成した。オリジナル画像と検証用に作成した画像の例を図-3に示す。主に大規模な変状である堰堤袖部のズレやひび割れを想定して作成した。

4. 差分解析による変状抽出法の検証結果

作成した画像と図-1のb)のような臨時点検後を想定した撮影時期2の画像を用いて図-2の手順に従いマスク領域の画像を作成し、そこから単純輝度差分画像を作成した。また、可視化のため輝度値100以上で抽出を試行し、図-1で水と判定された着色領域を抽出し、差分画像から除外した。検証結果を図-4に示す。

桃色および緑色で囲んだ箇所は変状を模した画像の編集箇所であり、水色で囲んだ箇所は誤検出した箇所である。砂防堰堤施設をマスクし抽出しているため、マスク範囲外の緑色で囲んだ変状は判定されておらず、マスク範囲内の桃色で囲んだ変状は正しく判定されている。

一方、水色で囲んだ変状は画像の位置補正により生じた歪みや、マスク範囲の差異による差分が生じた結果であり、これらに対してはマスク範囲を更に限定することやマスク範囲への追加処理など、今後対策が必要となる。また、図-4のf)の結果では検証用の編集として影付けした範囲も差分で判定されており、影などが生じている範囲への対策も必要である。

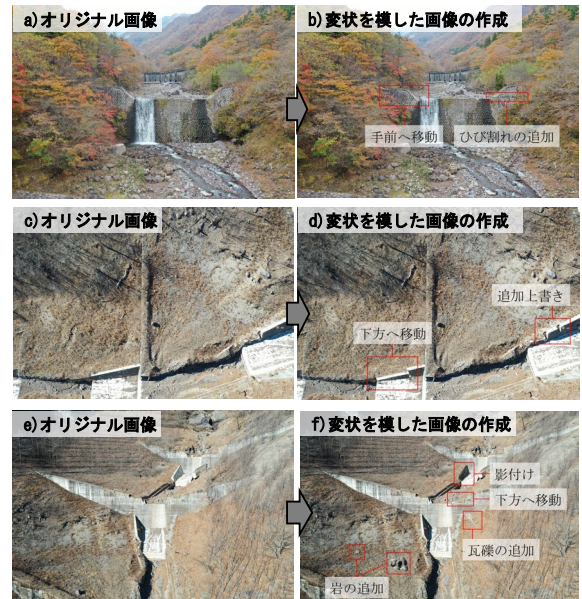


図-3 オリジナル画像と変状を模した検証用に作成した画像（a, b：稲荷川第10号砂防堰堤、c～f：般若沢砂防堰堤）

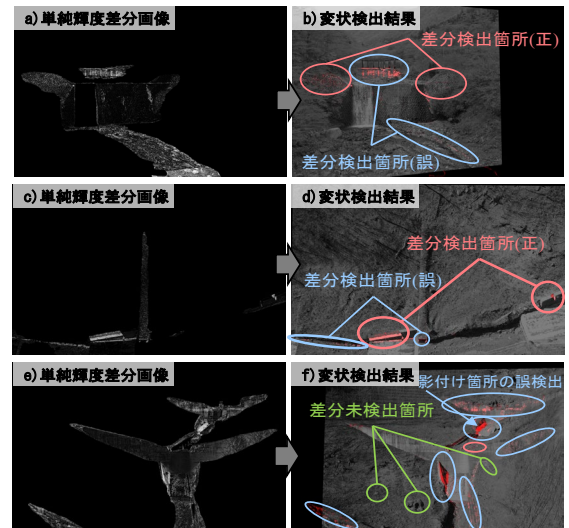


図-4 輝度差分画像と変状の検証結果（a, b：稲荷川第10号砂防堰堤、c～f：般若沢砂防堰堤）

5. おわりに

本検討では画像の輝度差分を活用して、砂防堰堤の大規模な変状抽出の方法を検討した。結果としては、袖部のズレやひび割れ等の変状を検知することはできたが、今後の課題として位置補正に起因する誤判定や影の影響による誤判定への対策が挙げられる。また、将来的には臨時点検前の画像なしの点検方法も発案していきたい。

参考文献 1) 中西ら：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, R5年度砂防学会研究発表会概要集, pp.3-4, 2023 2) 古木ら：UAV及びAI画像解析技術を活用した砂防施設点検の高度化に向けた試み, R5年度砂防学会研究発表会概要集, pp.20-21, 2023

3) Oquab, et al. : DINOv2: Learning Robust Visual Features without Supervision, arXiv:2304.07193, 2023