

深層学習と SfM を用いた河川護岸の劣化診断支援手法

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 ○藤井純一郎, 嶋本ゆり, 天方匡純, 大久保順一

1. はじめに

都市部の掘込河道には、一般的にコンクリート護岸が張り巡らされ、老朽過程に応じた維持管理が実施されている。しかし、現時点では、技術者の目視情報を中心とする人的資源に依存した定性的管理が主体となっており、定量的データに基づいた合理的で生産性の高い管理を実現するため、人工知能等を活用した新たな管理技術の適用が望まれている。そのためには劣化検出だけでなく、河川技術者が対策の必要性を判断するための基礎資料となる定量的データの自動取得が課題となる。

本研究ではカメラ画像から深層学習により劣化診断に必要な位置・形状・大きさを自動で定量的に抽出する手法を提案する。提案手法の実現性を確認するため、まずは劣化の中で面積が広く比較的検出が容易なエフロレッセンスを対象として実験を行った。

2. 本研究の提案手法

本研究では劣化の位置と大きさを判定するため、深層学習による劣化検出の入力に SfM 解析に基づく正射変換画像を用いることを提案する。SfM 解析は複数枚の写真から被写体の 3 次元形状を復元する技術であるが、解析の際に既知の座標点や撮影箇所の緯度経度情報を加味することによりスケールを固定した画像を合成することができる。



図1 河川護岸の劣化診断支援手法

本手法における劣化検出モデルおよび SfM 自体には新規性はないが、教師画像とは情報量が異なる SfM 合成画像を用いて劣化検出・診断を行うことは新たな研究課題である。本手法では検出画像がスケールを持つため、劣化の幅・長さ・座標を把握でき、劣化の診断や時系列での比較が可能となる。

3. エフロレッセンス検出モデルの構築

本研究ではエフロレッセンスをピクセル単位で検出する必要があり、深層学習の画像認識手法の一つであるセマンティック・セグメンテーション（以下、セグメンテーション）を適用した。

3. 1. 教師画像の作成

エフロレッセンス検出モデルの教師画像は、UAVで撮影した河川護岸の空撮画像（約 2mm/pixel）に技術者がエフロレッセンスと判断した箇所を図2のようにピクセル単位でマーキング（赤塗りの箇所）して作成した。劣化領域の割合は画像全体の約 3%であった。教師画像は 20 枚用意し、モデルの学習にはそれぞれを 200 分割した計 4,000 枚を用いた。内 70% はモデルの学習用、30% はモデルの検証用とした。



図2 教師画像の例

3. 2. 深層学習モデルの作成

(1) ネットワーク構造

本研究では教師画像の数が限られるため、転移学習を行った。セグメンテーションの転移学習手法としては SegNet-VGG19 を利用した。また最適化パラメータは SGD（確率的勾配効果法）を採用した。

キーワード 人工知能, 深層学習, SfM, 維持管理, 護岸, エフロレッセンス

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー 八千代エンジニアリング(株) TEL:03-5822-6626

(2) 学習結果

エポック数は 50 として学習を行った。図 3 は学習過程を可視化したものである。上が精度、下が誤差を示したグラフである。学習回数を重ねると精度が向上し、誤差が減少していることが分かる。

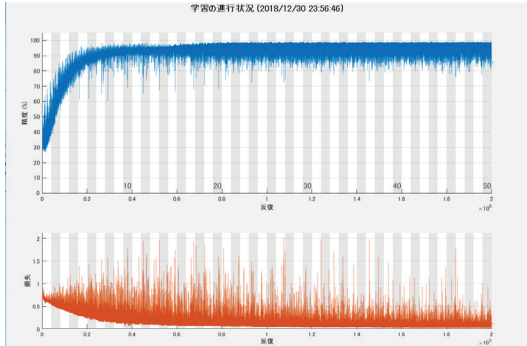


図 3 学習過程

(3) 精度評価

作成したモデルでの教師画像 20 枚に対する検出精度は表 1 の通りとなった。教師画像に対して若干広めに領域を検出する傾向があるものの、本研究の目的に照らして精度は十分と判断した。

表 1 検出精度

F 値	感度	特異度	適合率	正解率
49.97%	79.06%	96.94%	38.43%	96.50%

4. エフロレッセンス検出の実験

上記で構築したエフロレッセンス検出モデルは UAV で撮影した画像に対して精度よく検出できることが確認できたので、SfM 解析によりスケールを付与した合成画像に対しても同様にエフロレッセンスが検出できるか実験を行った。

4. 1. 検出用画像の合成

UAV で撮影した画像を基に SfM 解析を行った。SfM は視点の異なる連続する写真から 3 次元形状を復元する手法であり、写真測量は一般的に行われている。

通常写真測量では地表面に対する正射変換を行ったオルソフォトを作成するが、本研究では河川護岸に水平な面に対して正射変換を行い、護岸領域の解像度を 2mm/pixel に固定したスケール付き画像を出力した。

4. 2. 検出結果

出力した画像に対して深層学習モデルでエフロレッセンス検出を試みた。検出結果の画像の一例を図 4 に示す。UAV で撮影した画像に対する検出結果と SfM

で合成した画像に対する検出結果で大きな差は見られず、概ね良好な結果が得られた。

検出したエフロレッセンスの大きさが正しいか検証するため、現場でサンプル抽出したエフロレッセンスの計測結果と対比した (図 5)。実際のサイズより数 mm から 1cm 程度広めに検出する傾向があるものの、技術者が現場でマーキングする場合も広めに記録しており、エフロレッセンスの管理上は問題ない精度であることを確認できた。

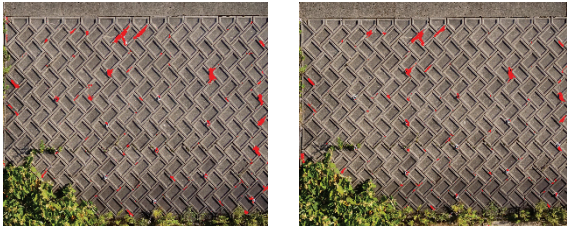


図 4 UAV 撮影画像 (左) と SfM 合成画像 (右)



図 5 現地計測状況 (左) と同箇所の検出結果 (右)

5. おわりに

本研究では河川護岸の診断に必要となる劣化の絶対的な位置 (座標) と大きさ (幅・長さ) を、SfM と深層学習を用いて画像から自動抽出する方法を提案し、その技術的実現性について実験により確認した。その結果、エフロレッセンスの診断に資する定量的な情報が自動で得られることが示せた。

ただし実験結果の評価は現時点では技術者の目視点検と比較した定性的なものであり、定量的な評価が求められる。また本研究では劣化領域が広いエフロレッセンスを対象に実験を行ったが、河川管理上重要なひび割れなどは面積がさらに小さくより高い精度を求められる。今後エフロレッセンス以外の劣化を対象に、より厳密な精度検証を行い、河川護岸の劣化診断手法を確立することが今後の課題である。

8. 謝辞

様々な新しい試みに理解を示して頂き、データや河川管理上必要なアドバイスを頂いた能代河川国道事務所の皆様方に謝意を表します。