

ダム堤体管理における深層学習検出情報の定量化の実現

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

1. はじめに

河川, 道路に代表される社会資本施設は, 多数の国民生活を支える使命上, 長大・巨大構造物とならざるを得ないものがある。ダムもその一つである。これら構造物を整備するため多くの資本が投入されたが, 長大・巨大構造物故にこれら機能を維持するためにも多くの資本が必要となる。しかし, 今後, 人口減少時代を迎え, 従来手法で従来機能を維持することは難しい。そこで, 人的資源中心の管理からデジタルデータ中心の合理的で生産性の高い管理へ移行するため, ICT 等を活用した新たな管理技術の適用が望まれる。本論文では, ダム堤体コンクリートの劣化情報の一つであるポップアウトに着目し, ドローン撮影画像から深層学習により劣化情報を抽出し, その定量化を実現した成果を示す。

2. ダム堤体コンクリートのポップアウト

ポップアウトとは, コンクリート劣化現象の 1 つでコンクリート表面が薄い皿状に剥がれ落ちることを指す。コンクリート表面に吸水性の高い低品質骨材が含まれている場合、内部膨張圧が高まり、骨材を押し出し発生する。凍害（コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返す）がこれを助長する。鳴子ダムにはポップアウトが堤体上下流面合わせて数万個発生し, 適切な継続観察が課題であった。

3. 深層学習モデルの概要

ドローンで撮影した画像を活用して, 堤体全面に分布するポップアウトを自動的に抽出する画像処理に深層学習ネットワークを用いた。SegNet と呼ばれるケンブリッジ大学のチームが VGG16 をベースとして 2016 年に開発した semantic segmentation のネットワークであり (図 2 参照), ピクセル単位で画像内の複数物体分類を実現し, 物体の形状・位置・ラベルを検出することが可能である。

4. モデルパラメータ設定条件

学習データを 100 枚 (6000×4000pixels) 作成し, これを 240×250pixels に 400 分解し, 合計 4 万枚のデータを学習してパラメータ設定している。ミニバッチ 32 の 62,500iterations で 50epochs を RMSProp で計算し, モデル確定している。

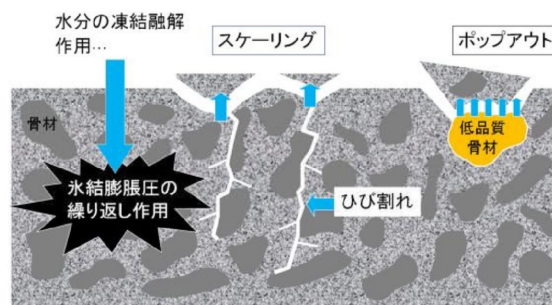


図1 ポップアウト発生の仕組み

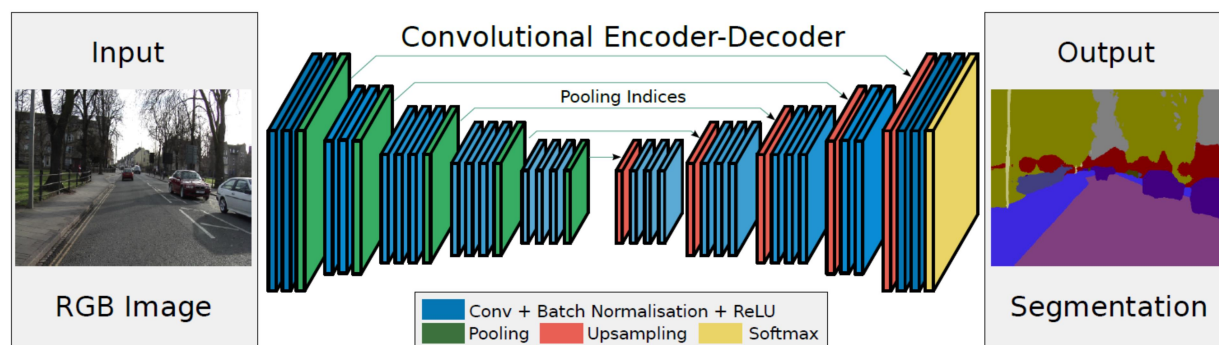


図2 SegNet の構造 (Badrinarayanan, V., A. Kendall, and R. Cipolla. "Segnet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation." arXiv. Preprint arXiv: 1511.0051, 2015.)

キーワード 人工知能, 深層学習, 維持管理, ダム, ポップアウト

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:03-5822-2862



図3 鳴子ダム の 3 次元データから作成した正対画像（黄色や橙色の札は検出したポップアウト情報）

5. 検出精度

モデル精度検証では、ポップアウトが極めてスパーースな情報であるため、F1 値あるいは IoU にて判定した。これらの指標では 0.5~0.6 の値となり、深層学習モデルで確認される正解率 0.95 以上の精度には到底及ばない。しかし、人が確認した場合、十分に再現性があるように見える（図4参照）。

semantic segmentation の検出は、ピクセル単位の繊細な再現精度が求められる。人間によるピクセル単位の塗り潰し行為を想定すると、その再現の困難さが理解できる。現在、「人の目」主体で行われている維持管理の現場においてピクセル単位の再現性は必要ないと思われ、「人の認識率との比較」という意味においては、F1 値や IoU ではない指標によるモデル精度評価が必要であるように感じる。今後、維持管理の現場への AI 技術投入に当たっては、その辺りの指標の扱いも重要になると想定される。

6. 検出データの定量化

撮影画像の尺度付与には SfM (Structure from Motion) を用いた。3次元点群データ作成を意図してドローン撮影時には 50%以上のラップ率を保持した。SfMはカメラ位置と撮影対象の相対位置関係で3次元空間を形成するが、精度向上、継続的データ管理（絶対座標化）のため評定点を与えている。この結果、mm単位の誤差でポップアウトの大きさを判別できるようになっている。また、正対画像を作成し台帳情報としての利便性を高めた（図3参照）。なお、撮影枚数は約 8,000 枚、評定点は 5 点設定した。

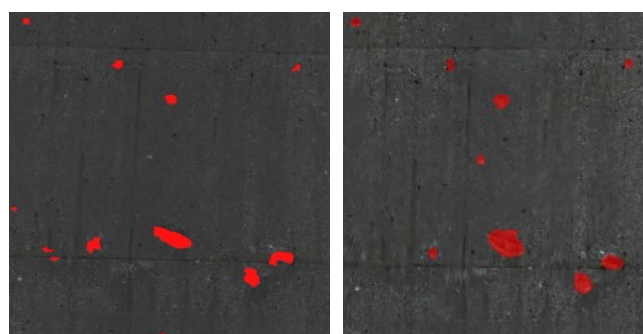


図4 人手と(左)と機械(右)による検出の比較

7. おわりに

現在、人主体の様々な行為を機械が代替しようとすると様々な機能（ロボット）が必要であり、人間の凄さを感じることが良くある。ここで紹介した深層学習によるポップアウト検出、その後の定量化は非常に上手く行ったが、一連の行程の出発点となる画像取得においては、ドローンの自律飛行による撮影は堤体の一部となってしまう、他多くの部分はマニュアル操縦での撮影成果となった。深層学習のブレイクスルーで盛り上がる AI 気運であるが、その前後/周辺技術の向上も不可欠である。また、我々土木技術者が従来技術に勤しむだけでなく、上記の様々なデジタル技術を自ら操ることで初めて i-Construction, そして, Society5.0 は成功するのだと感じている。

8. 謝辞

様々な新しい試みに理解を示して頂き、データやダム管理上必要なアドバイスを頂いた東北地方整備局鳴子ダム管理所の皆様方に謝意を表します。