

ResUNet によるコンクリート表面ひび割れ検知

－ひび割れ自動セマンティックセグメンテーション－

日大生産工（院） ○張 捷

日大生産工 植村 あい子

日大生産工 豊谷 純

1. まえがき

前世紀高度経済成長期に社会基盤として、橋梁やトンネルなどのコンクリート構造物は、2033年には建設から50年を経過する道路施設が全体の半数に達する¹⁾。交通の安全性や快適性のため、道路を良好な状態に保つように維持、修繕していくことが義務付けられている早期のひび割れ検出は手動検出を採用しており、時間がかかり、主観的な判断に左右されやすいため、普及と適用が困難である。したがって、人的要因による主観的なエラーを克服するために、人工知能画像処理に基づく自動検出方法が提案されている。これらの方法は、AIによって検出され、人的エラーの発生を回避し、同時に作業の効率を大幅に向上させる。検出技術の開発が進展しているが、まだいくつかの欠点があり、ひび割れ画像環境が複雑な場合、これらの方法は正確な結果を得ることが難しいため、ひび割れ自動認識の研究が必要である。本研究では、ResUNetを用いて、コンクリート表面のひび割れの認識とセマンティックセグメンテーションを行なう。

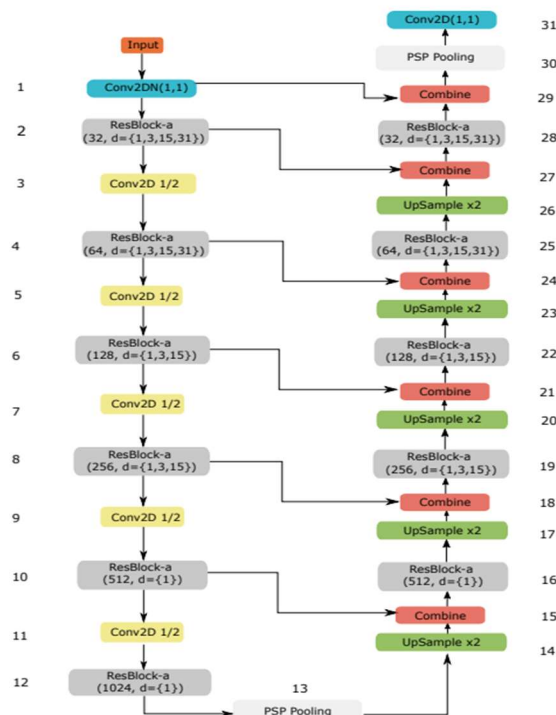
2. ResUNet

ResUNet¹⁾は、UNetモデルとResNetモデルを組み合わせた新しいニューラルネットワークモデルである。ResNetは、ある層で求める最適な出力を学習するのではなく、層の入力を参照した残差関数を学習する。UNetは生物医学のために開発された、セマンティックセグメンテーション用のモデルである。アルファベットの「U」のような形をしていることから、UNetと名付けられた。またEncoder側の大きな特徴マップの情報をDecoder側に伝える。これにより、ピクセル単位での分類精度を高めることができる。ResUNetは両方の利点を合わせ、ひび画像の特徴を十分に抽出して利用し、訓練時間を短縮する。

本研究で使用されるResUNetは、ResNetをEncoder、UNetをDecoderに使用する (Fig.1)。

Encoderには残差ブロック4つが含まれ、各ブロックには畳み込み層と活性化関数2つ (Rectified Linear Unit ReLu) および2つのバッチ正規化 (Batch Normalization, BN) が含まれる。畳み込みのサイズ畳み込み層のカーネルは 3×3 である。Decoderにはモジュール5つが含まれる。各モジュールにはアップサンプリング、2つの畳み込み層 (Conv2d) 2つ、活性化関数層 (ReLU) 2つが含まれる。

ネットワーク全体で合計5回のダウンサンプリングと5回のアップサンプリングが実行される。毎回どちらのダウンサンプリングも、特徴マップのサイズを半分にし、チャンネル数を2倍にし、特徴図は平坦なものから、小さくて密集した、より立体的なものへと変化する。各アップサンプリング特徴図のサイズを2倍にし、チャンネル数を半分にして、最後に原画像サイズに戻す。

Fig.1 ResUnetモデルの構造²⁾

Concrete Crack Detection by ResUNet
－ Crack Semantic Segmentation －

JIE ZHANG, Aiko UEMURA and Jun TOYOTANI

3. 学習用画像データの準備

本研究では、ひび割れとひび割れ以外の2つにクラス分類を行なうため入力画像とラベル画像の組として学習する。また、300枚の画像に対するそれぞれのラベル画像は、撮影したコンクリート画像にひび領域を手書で塗り、グレースケール変換³⁾および、2値化を行なうことで作成した。ミラーリング方法を使用して、画像を512 × 512px 画像にカットすると Fig. 2 のようになる。



Fig.2 学習用画像データセット

4. 研究結果

本研究で使用されているセマンティックセグメンテーション手法は、ひび抽出において相性の良い技術手法であると言える。実際、50Epoch 後 IoU の評価では平均値が 90% 近くあり、値の変動はあまりない (Fig. 3) また、画像では一見ひび割れに見える斜線部分もひび割れと判断され、ひび割れと誤認識することなく判断している点もあり、ひび割れの画像パターンを良く学習していることが分かった。訓練後のモデルは、未使用の画像データを入力して、Fig. 4 のようなセマンティックセグメンテーションされた。人間の目では見えにくい部分も検出可能である。

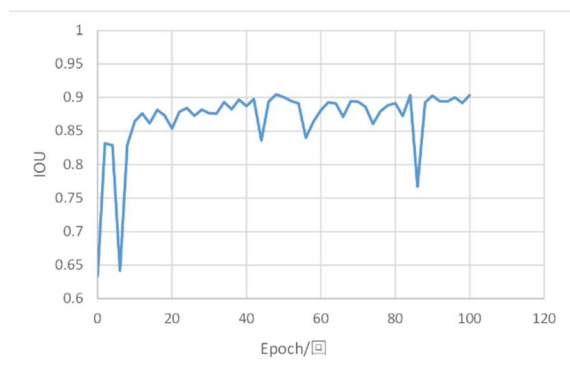


Fig.3 検証データにおける評価

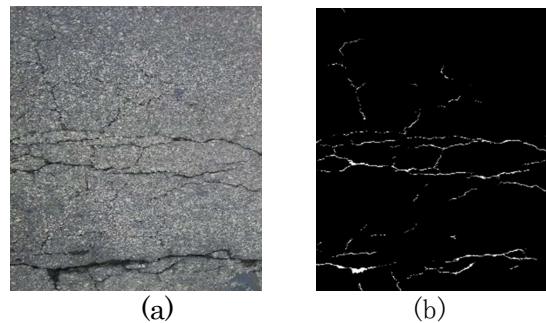


Fig.4 セマンティックセグメンテーションの結果

5. おわりに

本研究ではコンクリート表面ひび割れ自動検出システムの構築を目的として、ひび割れの自動認識とセグメンテーションを行なった。モデルにより、検出漏れや誤検出の問題がより適切に解決され、モデルの性能が大幅に向上する。ただ一部の写真のひび割れはまだよく認識されておらず、多数かつ多様な訓練データが不可欠である。次には、Generative Adversarial Network (GAN) を使用してデータからデータを生成し、それによってモデルの性能を向上させるなど、データ数不足の問題を解決する方法を検討する。また、ひび割れの幅の検定手法の検討も今後の課題である。

参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局：1. 道路老朽化の現状老朽化の現状，<https://www.kkr.mlit.go.jp/road/maintenance/roukyu/genjyou.html>
- 2) ResUNet-a: a deep learning framework for semantic segmentation of remotely sensed dataFI Diakogiannis, F Waldner, P Caccetta Volume 162, April 2020, Pages 94-114
- 3) STEPHAN M and SANTRA A. Radar-based human target detection using deep residual U-net for smart home applications[C]. The 18th IEEE International Conference On Machine Learning And Applications (ICMLA), Boca Raton, USA, 2019: 175-182. doi: 10.1109/ICMLA.2019.00035.