

深層学習を用いた鋼橋における塗膜劣化の画像処理技術

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○白川 裕之 非会員 須田 一哉
 (株)IHIインフラシステム 正会員 井合 雄一
 静岡大学 非会員 須藤 明人

1. 背景・目的

高速道路における鋼橋の塗膜点検では、撮影画像からさびの面積率を算出する鋼橋塗膜劣化度診断システムを活用している¹⁾。このシステムによる診断にあたっては、撮影画像(図1(a))を取り込み、評価画像(図1(c))に変換する必要がある。評価画像における青領域は評価対象外の領域を、赤領域はさび領域を表している。しかしながら、従来のシステムによる自動変換では、図1(b)のようにさびや評価対象外の領域を正しく判別できないケースがみられ、ユーザが手作業により補正処理を行っている。この補正処理には多くの時間を要すことから、システムによる自動変換の精度を向上させることで業務の大幅な効率化が期待される。

撮影画像からさびや評価対象外の領域を判別するタスクは、画像のセグメンテーションであるとみなせるが、近年、深層学習を用いることで画像のセグメンテーションを従来に比べて高い精度で行えることが報告されている。例えば横山ら²⁾は、これらをコンクリートのひび割れ検出に適用した研究を行っているが、鋼橋の塗膜におけるさび等の検出についてはあまり研究されていない。

そこで本研究では、深層学習による画像セグメンテーションによって、撮影画像から「さび」と「評価対象外」の領域を判別する手法の検討を試みた。

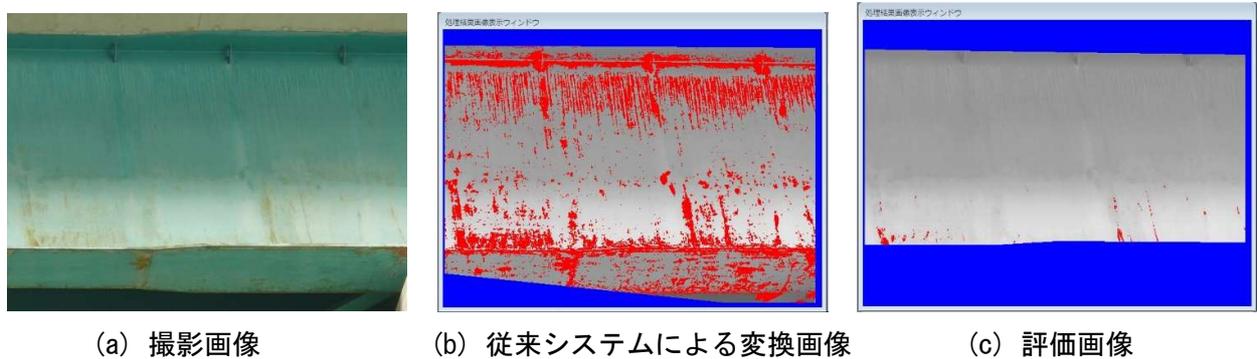


図1 鋼橋画像の例

2. 問題設定と検討手法

はじめに、図1(a)のような撮影画像において、それぞれの画素を、「さび」、「評価対象外」、「それ以外」といった3つ領域のいずれかに判別し、その後、「さび」と判別された画素を赤で、「評価対象外」と判別された画素を青で、「それ以外」を黒の画素として、元の撮影画像と重ね合わせる手法を検討することとした。

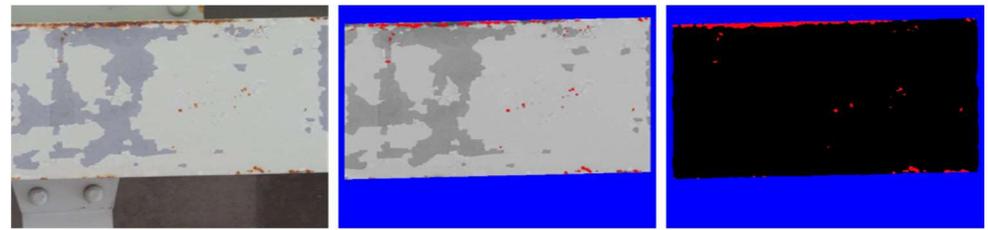
検討にあたっては、複数の機械学習モデル(Resnet, KMeans, GMM等)により試行した結果、全層畳み込みネットワーク(Fully Convolutional Net)の亜種であり、医療画像のセグメンテーションのために提案された教師ありの深層学習モデルであるU-net++が最も良好と判断された。そこで本研究では、U-net++に撮影画像とユーザがアノテーションした画像の組合せ(68,747組)を訓練データとして学習させ、撮影画像の各画素が3つの領域のうち、いずれに属するかを出力させた。さらに、「さび」と「評価対象外」を個々に判別するモデルを試行検討した結果、同時に判別するモデルが良好であったことから、同時判別モデルで検討することとした。

キーワード 鋼橋, 塗膜劣化, 画像処理, 深層学習

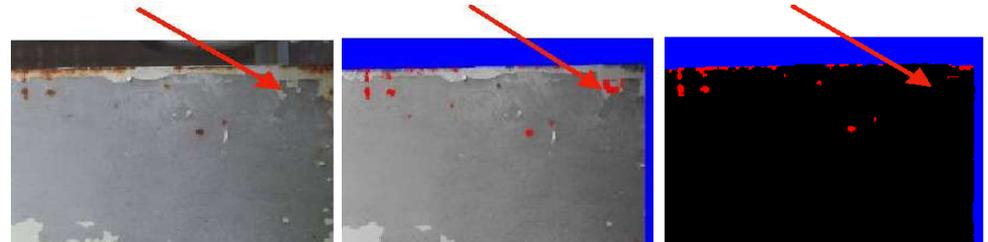
連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 TEL042-791-1625

3. 検討結果と考察

検討結果の例を図 2 に示す。本研究の出力画像（図 2(c)）は、ユーザがアノテーションした画像（図 2(b)）のように、正確に判別することができる。また、ユーザよりも正確に「さび」の領域を判別した例を図 3 に示す。図中の赤矢印箇所において、ユーザは誤って「さび」の領域と判別しているが、本研究の出力画像では「さび」の領域ではないと判別することができる。



(a) 撮影画像 (b) アノテーション画像 (c) 本研究の出力画像
図 2 検討結果の例



(a) 撮影画像 (b) アノテーション画像 (c) 本研究の出力画像
図 3 ユーザよりも正確にさび領域を判別できた事例

次に、これらの検討結果の精度を表 1 に示す。精度のうち、予測結果が正解とどの程度一致するかを示す Accuracy

表 1 検討結果の精度

Accuracy	IoU (さび領域)	IoU (評価対象外領域)
96.6%	37.7%	92.4%

は、「さび」、「評価対象外」、「それ以外」の3領域の判別として算出した。Accuracy と IoU (評価対象外領域) では高い結果が得られたものの、IoU (さび領域) は低い結果であった。これは、図 3 のように、「さび」の領域において正解データ (ユーザがアノテーションした画像) に誤りがある一方で、本研究の出力画像のほうが妥当であるケースが生じていたためと考える。さらに、各領域に該当する確率をしきい値 (しきい値の範囲は 0~1 とし、値が高いほど該当する確率が高いものしか表示されない) とすることで、図 4 のように各領域の判別エリアを微調整することも可能である。

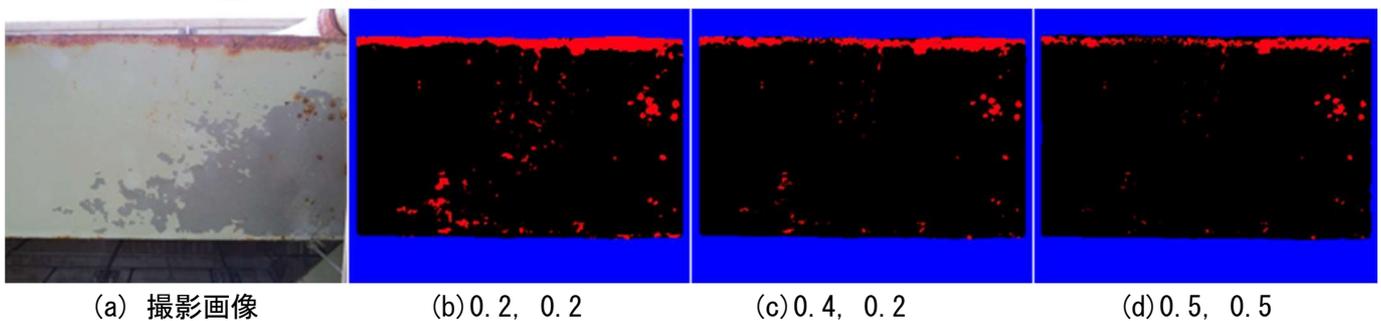


図 4 しきい値を変化させた結果の例 (左値: さび領域のしきい値, 右値: 評価対象外のしきい値)

4. まとめ

検討の結果、人間よりも正確にさびを検出できるケースが見られたこと、各領域のしきい値 (該当する確率) を調整することにより微調整が可能であることから、概ね良好に変換することができた。今後は、支障物に対する検出やシステム導入に向けて、検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 東日本高速道路, 中日本高速道路, 西日本高速道路: 設計要領第二集 (橋梁保全編), 2017. 7
- 2) 横山傑, 松本高志: Deep Learning によるコンクリートの変状自動検出器の開発と Web システムの実装, 土木学会論文集 A2, Vol. 73, No. 2, pp. I_781-I_789, 2017