

ディープラーニングを用いた耐候性鋼橋梁のさび画像分類に関する検討

茨城大学大学院 学生会員 ○町田 純平
茨城大学大学院 正会員 原田 隆郎
西松建設（株） 堀内 貫平

1. はじめに

耐候性鋼材を用いた耐候性鋼橋梁は、大気中での適度な乾湿の繰り返しにより表面に緻密な保護性さびを生成し、防食性能を発揮する特徴を持つ。しかし、飛来塩分の多い環境や湿気が多い湿潤な環境では、保護性さびが生成されないことから、定期的な点検が必要である。耐候性鋼橋梁の一般的な点検方法は、表-1 に示すような評価基準を用いた外観評点法による5段階評価である¹⁾。ただし、外観評点法は目視による評価であり、点検者ごとの評価のばらつきが生じやすいため、定量的な評価手法が求められている。これに対して、近年、機械学習の一種であるディープラーニングを適用したさび評価手法の検討が進められている²³⁾。そこで本研究では、特に点検時に重要となる処置の有無を判定する評点3から評点2の評価に着目し、さび形状が混在することから判定時にばらつきの生じやすい評点3に関して比較的状态の良い評点3Aと状態の悪い評点3Bを定義し、これらを分類することを目的とした。そして、現状で入手しやすい評点4、評点3、評点2の画像データを使用して分類が可能かの検討を行った。

表-1 外観評点法の評価基準¹⁾

状態	正常			要観察	異常
外観評点	5	4	3	2	1
さび平均粒子径	1 mm 程度以下		1~5 mm 程度	5~25 mm 程度	25 mm 程度以上
さびの色調	(赤)茶色	暗褐色	褐色~暗褐色	環境によって様々	
さび厚	200 μm 程度未満	400 μm 程度未満		800 μm 程度未満	800 μm 程度以上
さび形状	粒子状		粒子状とうろこ状	うろこ状	層状

2. 評点3のさび画像に対するディープラーニングを用いたさび画像分類器の構築

(1) さび画像分類器の構成と使用したさび画像

本研究では、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network：以下CNNとする)を用いて、評点3と判定された耐候性鋼橋梁のさび画像に対して、その状態の良し悪しを評点3A、評点3Bで示すさび画像分類器の構築を行った(図-1)。本研究の目的は、評点3に判定されたさび画像を、評点3Aと評点3Bに判別することであり、CNNによるさび画像分類器を構築するためには、評点3の判定画像に対して、予め評点3Aと評点3Bのように判別された教師値が必要となる。しかし、耐候性鋼橋梁におけるさびの一般的な5段階評価では、評点3Aと評点3Bという評点3の異なる状態が評価されているさび画像は限られており、さび画像分類器の教師値として十分なデータ数を確保することは困難となる。そこで本研究では、日本橋梁建設協会より提供していただいた耐候性鋼橋梁における評点4、評点3、評点2と判定されたさびの接写画像を学習データとして使用することで、評点3に判定されたさび画像を評点3Aと3Bに判別するさび画像分類器を構築した。

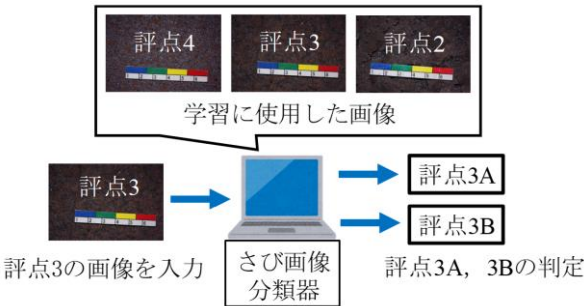


図-1 本研究におけるさび画像分類器のイメージ

(2) さび画像の切り出し

一般的にディープラーニングによる判定は、学習時に使用する画像枚数が多いほど判定精度の向上が見込める。そこで、図-2 に示すようにさび画像に対して、小片画像を切り出した。元画像が2300×1500 pixel程度のさび画像を224 pixelの小片画像に切り出し、画像枚数を増加させた。今回のように学習に用いる画像枚数が限られている場合、小片画像に切り出し、学習に使用できる画像枚数を増加させることで、判定精度の向上に有効であるとされている⁴⁾。

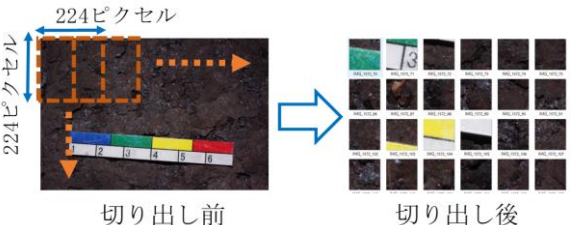


図-2 小片画像の切り出し例

キーワード 耐候性鋼材、ディープラーニング、畳み込みニューラルネットワーク、外観評点法

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市東成沢町 4-12-1 茨城大学大学院 都市システム工学専攻 Tel:0294-38-5172

表-2 各ケースに使用するさび画像の組み合わせと学習結果

さび画像分類器	画像データ	小片画像枚数	学習に使用した小片画像（訓練データ）の枚数	精度確認に使用した小片画像（テストデータ）	
				枚数	正解率
ケース 1	評点 4, 評点 3, 評点 2	3450 (1150×3)枚	3381 枚	69 枚	47.8%
ケース 2	評点 4, 評点 2	2300 (1150×2)枚	2254 枚	46 枚	91.3%

3. ディープラーニングを用いた耐候性鋼橋梁のさび画像分類に関する検討

(1) さび画像分類器の学習データと学習結果

評点 3 に判定されたさび画像に関して、評点 3A と評点 3B に判別を行うために、さび画像分類器の構築を行った。その際、評点 4、評点 3、評点 2 に判定されたさび画像を教師値として学習を行ったさび画像分類器と評点 4 と評点 2 のさび画像のみで学習を行ったさび画像分類器を構築し、前者をケース 1、後者をケース 2 とした。学習データの教師値の与え方は、評点 4 のさび画像は評点 3A の出力が 1 となるように、評点 2 のさび画像は評点 3B の出力が 1 となるようにした。また、評点 3 の学習を行う際は、評点 3A と評点 3B の出力値がともに 0.5 となるように教師値を与え、学習を行った。なお、各ケースに使用するさび画像の組み合わせと学習結果を表-2 に示す。表-2 より、テストデータの正解率がケース 2 では 90%以上であるのに対し、ケース 1 では 50%未満となっているが、これは、ケース 1 の学習において評点 3 の教師値をどちらの出力に対しても 0.5 と与えたためであると考えられる。

(2) 構築したさび画像分類器による検証結果

本手法によるケース 1、ケース 2 のさび画像分類器の出力結果をそれぞれ表-3、表-4 に示す。表中の出力値の平均値とは、橋梁ごとに複数枚の小片画像を入力した際に、出力された評点 3A と評点 3B のそれぞれの出力値を全て足し合わせ、最後に小片画像枚数で除した値のことである。

表-3 より、ケース 1 では、橋梁 No.3 のように評点 3A と評点 3B の出力値に差がみられるものがある一方で、橋梁 No.1 や No.2 のように、出力値にほとんど差がないものもあった。また表-4 より、ケース 2 では、2 つの出力値に差がみられるものが多く、評点 3A、3B の判別が行えていた。しかし、橋梁 No.2 や No.4 のようにさび画像分類器の出力した数値による分類が実際の評点と異なっているものもあった。ケース 1（表-3）の橋梁 No.1 と No.2 で、出力値にほとんど差がない理由としては、このケースでは評点 3 のさび画像を使用して、評点 4 と評点 2 の出力値がともに 0.5 となるように教師値を与え学習を行ったため、検証で用いたさび画像が本研究で作成したさび画像分類器に評点 3 の画像と判定されたためと考えられる。また、ケース 2（表-4）では、さび画像分類器の学習の際に評点 3 のさび画像を使用しなかったため、出力値の差が大きかったと考えられる。

4. おわりに

耐候性鋼橋梁におけるさび外観評価に関して、ディープラーニングを適用することで評点 3 に判定されたさび画像の分類を行った。学習に使用するデータを変えた 2 つのケースのさび画像分類器を構築し検証を行った結果、学習に用いるデータの違いによる出力結果の確認ができた。評点 3 のさび画像のより詳細な状態を、現状で入手できるさび画像から精度良く分類するためには、使用する画像データを適切に利用する必要があると考えられる。

謝辞 本研究において、日本橋梁建設協会にデータ提供をいただきました。ここに深くお礼申し上げます。

参考文献 1)公益社団法人日本道路協会：鋼道路橋防食便覧 第Ⅲ編，pp.51-52，2014。 2)高田耕平，北原武嗣：深層学習を用いた耐候性鋼橋梁のさび外観評価に関する検討，JCROSSAR2019 論文集，pp.316-318，2019。 3)堀内貫平，原田隆郎：ディープラーニングを用いた耐候性鋼材のさび外観評価に関する研究，第 47 回土木会関東支部技術研究発表会，IV-39，2020。 4)町口敦志，喜多敏春，多田徳夫，武井宏将，近田康夫：ディープラーニングによるコンクリート構造物の劣化要因判定支援システムの開発に関する基礎的研究，構造工学論文集 Vol.64A，pp.129-136，2018。

表-3 評点 4、評点 3、評点 2 のさび画像を用いて学習を行ったさび画像分類器の出力結果（ケース 1）

検証データ			出力値の平均値	
橋梁 No.	評点	小片画像の枚数	評点 3A	評点 3B
1	3A	194	0.479	0.521
2	3A	192	0.507	0.493
3	3B	190	0.224	0.776
4	3B	196	0.647	0.353

表-4 評点 4、評点 2 のさび画像を用いて学習を行ったさび画像分類器の出力結果（ケース 2）

検証データ			出力値の平均値	
橋梁 No.	評点	小片画像の枚数	評点 3A	評点 3B
1	3A	194	0.916	0.084
2	3A	192	0.335	0.665
3	3B	190	0.014	0.986
4	3B	196	0.960	0.040