

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

茨城大学 学生会員 ○堀内 貫平 茨城大学 正会員 原田 隆郎

1. はじめに

近年 LCC 削減の観点から耐候性鋼材を用いた耐候性鋼橋梁の建設が増加している。耐候性鋼材とは普通鋼に適量の Cu(銅)や Cr(クロム), Ni(ニッケル)などの合金元素を添加した鋼材であり、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の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、メンテナンスフリーではなく定期的な点検が必要となる。耐候性鋼材の一般的な点検方法は、目視による表-1に示すような5段階評価である¹⁾。しかし目視による評価は、点検者による判定のばらつきが生じやすいことから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²⁾。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が生じやすい評点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、これらを判別することを目的とした。

2. 評点3のさび画像における2値分類さび識別器の構築

(1)概要

さび識別器の構築には、画像認識の分野において優れた性能を発揮する畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network: 以下CNNとする)を用いた。ここでは評点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、CNNによる2値分類さび識別器の構築を行った。

(2)使用画像

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と判定された合計17枚のさびの接写画像を使用した。ここで、本研究では評点3に判定されたさび画像を、評点3Aと評点3Bに判別することが目的であり、CNNによる2値分類さび識別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、耐候性鋼材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、さび識別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、評点3と隣り合う評点である、比較的収集が可能な評点4と評点2に判定されたさび画像を用いることで、評点3の異なる状態(評点3Aと評点3B)の判別が可能であるかの検証を行う。

(3)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、学習時の入力データに大きく依存することから、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-1に示すように収集したさび画像に対して、小片画像を切り出した。今回のように学習に用いる画像枚数が限られ、小片画像に切り出すことで学習枚数を増加させることのできる場合は、小片画像の切り出しが判定精度の向上に有効であるとされている³⁾。

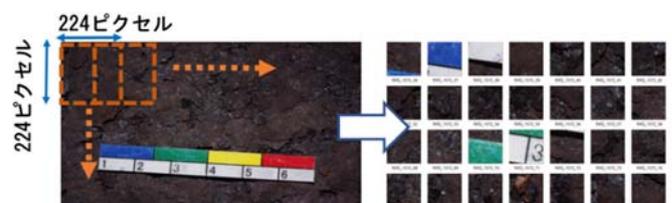


図-1 小片画像の切り出し例

表-1 さび外観評点とさび状態¹⁾

状態/外観 評点	正常			要観察	異常
	5	4	3	2	1
さび 平均粒子	1 mm程度以下		1 mm~5 mm 程度	5 mm~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

キーワード 耐候性鋼材, 保護性さび, 橋梁点検, 外観評点, ディープラーニング

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4丁目12-1 TEL: 0294-38-5172 E-mail: takao.harada.67413@vc.ibaraki.ac.jp

3. 検証

(1)学習によるさび識別器の構築

評点3に判定されたさび画像に関して、比較的状態の良い評点3Aと状態の悪い評点3Bに判別を行うために、図-2に示すようなさび識別器の構築を行った。その際、評点4、評点3、評点2に判定されたさび画像のうち、評点4と評点2のさび画像を識別器の教師値として学習を行った。また、評点3のさび画像（評点3Aと評点3Bの評価付き画像）に関しては、識別器の検証用データとして使用した。学習と検証に使用した画像枚数に関しては表-2に示すとおりである。なお、判定における出力値の対応としては、評点4に該当する出力値を評点3Aの出力値に、評点2に該当する出力値を評点3Bの出力値に、読み替えることとした。

(2)構築したさび識別器による検証用データの判定

本手法による判定結果を表-3に示す。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4（評点3Aに対応）と評点2（評点3Bに対応）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。

橋梁別に見ると、橋梁 No.1 のさびは「評点4」に、橋梁 No.3 のさびは「評点2」にそれぞれ出力値の平均値が傾いていることから、最終的な判定結果は、橋梁 No.1 のさびは「評点3A」、橋梁 No.3 のさびは「評点3B」となり、これは実際の外観評点と一致する結果となった。一方、橋梁 No.2 のさびは「評点2」に、橋梁 No.4 のさびは「評点4」にそれぞれ出力値の平均値が傾いていることから、最終的な判定結果は、橋梁 No.2 のさびは「評点3B」、橋梁 No.4 のさびは「評点3A」となり、これは実際の外観評点と一致しない結果となった。つまり橋梁 No.4 の場合でいうと、実際の外観評点では比較的状態の悪い「評点3B」と判定されたさび画像に関して、CNNを適用した判定では状態の良い「評点3A」と判定がされていることから、正しく判別を行えていない結果となったといえる。このような誤判定が起きた原因については、さび画像の特徴がかなり類似していたためであると考えられる。一例として、図-3に橋梁 No.1 の評点3Aのさび画像と橋梁 No.4 の評点3Bのさび画像を示すが、二つのさび画像はかなり類似していることがわかる。このため、本研究で構築したさび識別器では、橋梁 No.4 の評点3Bのさび画像について「評点3A」と誤判定する結果となったと考えられる。

4. おわりに

耐候性鋼材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により評点3に判定されたさびに関して、比較的状態の良い評点3Aと状態の悪い評点3Bの判別が可能であるか検証を行った。検証結果は4橋のうち2橋のさび画像について、評点3Aと評点3Bの判別を正しく行うことができ、さび外観評価におけるディープラーニングの適用可能性を確認することができた。

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 第三編，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)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。

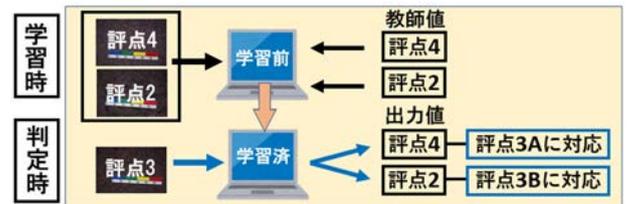


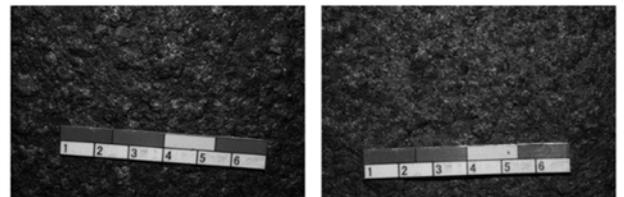
図-2 さび識別器の概要

表-2 使用画像枚数

データ分け/ 外観評点	学習用データ		検証用データ	
	4	2	3A	3B
小片画像枚数	1150枚	1150枚	386枚	386枚

表-3 判定結果

橋梁 No.	検証データ		出力値の平均値		最終 判定
	評点	枚数	評点4 (評点3A)	評点2 (評点3B)	
1	3A	194枚	0.916	0.084	3A
2	3A	192枚	0.335	0.665	3B
3	3B	190枚	0.014	0.986	3B
4	3B	196枚	0.960	0.040	3A



(a)橋梁 No.1 のさび画像 (b)橋梁 No.4 のさび画像

図-3 特徴の類似したさび画像の一例