

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

関東学院大学大学院 学生会員 ○高田 耕平 関東学院大学大学院 正会員 北原 武嗣

1 はじめに

ライフサイクルコスト(LCC)縮減の観点から使用が増加している耐候性鋼橋梁である¹⁾が、必ずしもメンテナンスフリーということではなく、適切な維持管理が必要である。特にさびの状態を適切に評価することが重要である。

一般に、表1に示すような評価基準による外観目視点検が行われている²⁾。ところが、目視による外観評価では客観的に判断を下すことは、経験豊富な技術者でなければ困難であり、調査者や調査毎にばらつきの生じる恐れが残る。このため、例えば、デジタルカメラによる撮影画像を適用し腐食鋼材の表面形状を測定する手法³⁾や、耐候性鋼橋梁を対象にデジタルカメラ画像を用いてさび状態を定量化する試み⁴⁾等が報告されている。

しかしながら、現状で耐候性鋼の腐食状況評価に関しては、まだ十分な精度を有した手法が確立されたとは言い難い。そこで本研究では、デジタルカメラによる接写画像を使用し、深層学習を適用することで、自動的さびの外観評価システムを構築する手法について検討した。ここでは深層学習として畳み込みニューラルネットワーク(Convolution Neural Network, 以下CNN)を用いるものとした。

表1 耐候性鋼の外観評価の基準

外観評点	さびの状態	処置
評点5	少量	不要
評点4	粒径1mm以下で均一	
評点3	粒径5mm以下	
評点2	うろこ状	要経過観察
評点1	層状剥離	必要

2 検討概要

2.1 使用画像

本研究で使用した接写画像は、新潟県内の耐候性鋼橋梁を調査した際に撮影されたデジタル画像

を100枚使用した。表2に外観評点毎の画像枚数を示す。なお、耐候性鋼橋梁の目視点検に関して、十分な経験を有した責任者のもと判断された結果であり、目視点検結果の評価者間によるばらつきは小さいものと判断している。

表2 外観評点ごとの接写画像の枚数

外観評点	1	2	3	4	5
枚数	2	35	26	28	9

接写画像の撮影に際しては、各画像の光度をできるだけ均一にし、耐候性鋼までの撮影距離(20cm)と撮影範囲(縦2000ピクセル×横3008ピクセル)が等しくなるように撮影した。使用したカメラは600万画素のデジタルカメラ(NIKON D70)で、レンズ倍率(接写レンズはMacromax LM-2)は0.25倍である。

学習及び検証の精度を確保するため、各評点の画像枚数の比をできるだけ均一にする処理を行った。接写画像から、ランダムに縦128ピクセル×横128ピクセルの大きさとなる分割画像を複数作成し、表3に示すように学習用画像の外観評点毎の枚数がおおよそ揃うように調整した。表3においてtest1~test3の3パターンは検証用画像であり、複数の検証用画像セットを用いることで検証結果に生じるばらつきの有無も検討するものとした。分割画像の例を図2に示す。

表3 外観評点ごとの分割画像の枚数

外観評点	1	2	3	4	5	計	
枚数	学習	1000	1015	1014	1008	1008	5045
	test1	70	70	78	84	72	374
	test2	70	70	78	84	72	374
	test3	70	70	78	84	72	374

キーワード 耐候性鋼, さび外観評価, 深層学習, CNN, 接写画像

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東1-50-1 関東学院大学 TEL: 045-786-5809 E-mail: kitahara@kanto-gakuin.ac.jp



図2 分割画像の例(左から評点 1, 2, 3, 4, 5)

2.2 CNN モデルの構築

Python3.6 のもと、Tensorflow 環境下において、耐候性鋼のさび外観評価を行うモデルを、結合層3層とプーリング層5層を含む16層のCNNモデルにより構築した。全3層の結合層に関して、1番目の結合層の直後に50%ドロップアウトを適用したモデルA、1番目の結合層、2番目の結合層の直後に50%ドロップアウトを適用したモデルB、全ての結合層の直後に50%ドロップアウトを適用したモデルCについて検討を行った。

3 学習・検証結果と考察

構築したCNNモデルに2.1で示した学習画像を用いて学習を行った。学習時、全データからランダムに画像をピックアップして学習を行うミニバッチ学習法を用いた。一度に取り出す枚数(バッチサイズ)は300とした。また、学習モデルが学習データに適用しすぎることにより正答率が低下する過学習が起こるまでの学習回数を確保するため、学習回数を10000回とした。表4に学習10000回までの間で履歴した最大正答率の値をまとめて示す。

表4 モデルA~Cの最大正答率

	モデルA	モデルB	モデルC
最大正答率(%)	85.4	83.6	85.5

表4に示すように、本検討で構築したモデルでは、今回用いた画像に対して最大で85%程度となった。

次に、最高正答率を履歴したモデルCの検証結果を、評点1~5の5分類、処置の要・不要で分類した2分類として整理したものを表5、表6に示す。

表5 独自モデルの検証結果の整理(5分類)

外観評点	1	2	3	4	5
正答率(%)	85.5				
適合率(%)	92.0	74.2	76.9	87.1	96.8
再現率(%)	98.6	75.2	73.9	83.3	97.7

(正答率：全サンプル中真を真と判定した割合
適合率：真と予測されたうち、実際に真である割合
再現率：実際に真であるうち、真と判定された割合)

表6 独自モデルの検証結果(2分類)

外観評点	要対策	対策不要
正答率(%)	85.8	
適合率(%)	77.2	91.5
再現率(%)	86.9	84.6

表5から、評点1や評点5については、適合率・再現率ともに90%を超える高い割合で認識できていることが分かる。一方、処置の要・不要の判断の境界である評点2や評点3について、全体の正答率を下回る75%前後の認識となった。表6から、再現率について、要対策の再現率が対策不要の再現率を上回っている。これは安全側の結果である。以上の傾向は、モデルA~C全てのモデルで共通していた。

4 まとめ

CNNを用いた耐候性鋼のさび外観評価システムの構築とその検証を行った。本研究で構築したモデルでは、現状で85%程度の精度で評価が可能となっているが、処置の要・不要を判断する境界となる評点2と3の正答率が他の評点よりも低くなっている。

今後は、より精度を向上させるために学習や検証に用いる質の高い接写画像を多数取得することや、CNNモデルのさらなる検討が課題と考えている。

参考文献

- 1) (社)日本橋梁建設協会製作小委員会, 耐候性鋼橋梁部会:耐候性鋼橋梁実績資料集, 第24版, pp.4-8, 2019.
- 2) (社)日本鉄鋼連盟, (社)日本橋梁建設協会:耐候性鋼の橋梁への適用 [解説書], 2003.
- 3) 舘石和雄, 柴田憲吾, 判治剛:デジタルステレオグラフィによる腐食鋼材表面形状の簡易計測手法, 鋼構造論文集, Vol.12, No.46, pp.27-34, 2005.
- 4) 森田千尋, 眞鍋裕之, 松田浩, 中川智, 白濱敏行:耐候性鋼橋梁のさび状態の定量化に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, Vol.14, pp.207-212, 2006.