

橋梁点検画像を用いた耐候性鋼材のさび粒子形状判定とさび外観評価

茨城大学大学院 学生会員 ○作山 卓也

茨城大学工学部 正 会 員 原田 隆郎

1. はじめに

耐候性鋼橋梁のさび外観評価は、一般的に鋼材表面のさび粒子の形状、色調、粒子径、さび厚などに着目し評価しており、表1のようなさび外観評価による評点付け基準がされている¹⁾。保護性さびの形成状況の判断において最も重要な点は、生成されているさびが緻密で有効な保護性さびとして成長するかという点である。一方、既往研究では、予防保全型の判定を行うことをねらいに、さび形状が混在している評点3のさび粒子を、ほぼ正常な状態である評点3A、要観察（評点2）へ移行する恐れのある評点3Bと定義した²⁾。

そこで本研究では、橋梁点検時に撮影されたデジタル画像から、特にさび形状が粒子状からうろこ状へ移行する段階の判定について、専門家と同等の評価を行い評点3Aと評点3Bを判別することを目標とした。

2. 耐候性鋼材のさび外観評価における評点3の判定手法のコンセプト

さび外観評価における評点3の橋梁点検画像を画像処理によって二値化画像を作成し、対象とする評点3のさび粒子は、最大粒子径が1～5 mmであるため、5×5 mmでさび形状を抽出し判定を行う。さび形状の判定においてはパターン認識を得意とする階層型ニューラルネットワーク（Neural Network：NNと略す）を用いた。階層型NNでは、中間層を有する3層構造のモデルを用いた。入力層には画像の各ピクセルの値を入力し、出力層には教師値に対応したさび形状（うろこ状および粒子状）を設けた。NNにおける学習は誤差逆伝播法を用いた。その後、NN出力値を用いて評点3の画像全体におけるさび形状の分布を確認し、評点3の点検画像全体としての評価を行う。つまり、さび形状の判定と、その結果を基にさび外観評価を行うという2段階の判定を行う手法である（図1）。

3. 提案した判定手法の検証

(1) NN を用いたさび形状判定手法の精度確認

ここでは、5×5 mm でのさび形状判定精度の確認を行う。粒子状とうろこ状の画像を合計 32 枚（粒子状：うろこ状＝16 枚：16 枚）抽出した。この画像を学習用と判定用に 16 枚ずつ分け、判定精度の検証を行った。画像のスケールは 0.1 mm/pixel に調整した。さび形状判定においては、NN 出力値が 0.5 以上になったさび形状を判定結果とする。表 2 に学習データと未学習データのさび形状内訳とその判定結果一覧を示す。表 2 より、学習データと未学習データともに、実際のさび形状通りに判定された。したがって、評点 3 のさび粒子径である 1～5 mm のさび粒子を対象として、5×5 mm の抽出範囲でのさび形状判定を行うことで、さび形状の判定精度が高くなることを確認した。

表 1 さび外観評価による評点付け基準

状態/評点	正常			要観察	異常
	5	4	3	2	1
さび外観	形状		粒子状	うろこ状	板状
最大粒子径	1 mm以下		1～5 mm	5～25 mm	25 mm以上

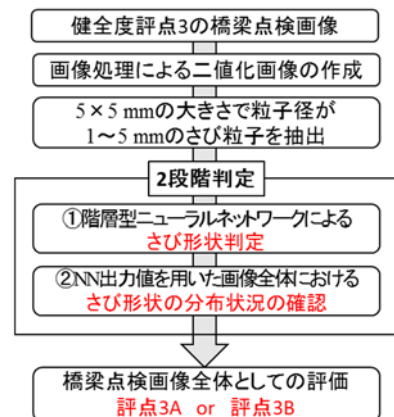


図 1 健全度評点 3 の判定の流れ

表 2 さび形状判定結果一覧

	学習データ	未学習データ	さび形状	NN出力値		判定結果	正解率 (%)
				粒子状	うろこ状		
No.1	○		粒子状	0.95	0.05	粒子状	100%
No.2	○		粒子状	0.96	0.04	粒子状	
No.3	○		粒子状	0.96	0.04	粒子状	
No.4	○		粒子状	0.95	0.05	粒子状	
No.5	○		粒子状	0.95	0.05	粒子状	
No.6	○		粒子状	0.96	0.04	粒子状	
No.7	○		粒子状	0.96	0.04	粒子状	
No.8	○		粒子状	0.95	0.05	粒子状	
No.9	○		うろこ状	0.04	0.96	うろこ状	100%
No.10	○		うろこ状	0.04	0.96	うろこ状	
No.11	○		うろこ状	0.03	0.97	うろこ状	
No.12	○		うろこ状	0.04	0.96	うろこ状	
No.13	○		うろこ状	0.04	0.96	うろこ状	
No.14	○		うろこ状	0.05	0.95	うろこ状	
No.15	○		うろこ状	0.04	0.96	うろこ状	
No.16	○		うろこ状	0.05	0.95	うろこ状	
No.17		○	粒子状	0.95	0.05	粒子状	100%
No.18		○	粒子状	0.96	0.04	粒子状	
No.19		○	粒子状	0.96	0.04	粒子状	
No.20		○	粒子状	0.95	0.05	粒子状	
No.21		○	粒子状	0.67	0.33	粒子状	
No.22		○	粒子状	0.77	0.23	粒子状	
No.23		○	粒子状	0.62	0.38	粒子状	
No.24		○	粒子状	0.68	0.32	粒子状	
No.25		○	うろこ状	0.18	0.82	うろこ状	100%
No.26		○	うろこ状	0.17	0.83	うろこ状	
No.27		○	うろこ状	0.11	0.89	うろこ状	
No.28		○	うろこ状	0.14	0.86	うろこ状	
No.29		○	うろこ状	0.16	0.84	うろこ状	
No.30		○	うろこ状	0.06	0.94	うろこ状	
No.31		○	うろこ状	0.13	0.87	うろこ状	
No.32		○	うろこ状	0.19	0.81	うろこ状	

キーワード：耐候性鋼橋梁、橋梁点検画像、さび形状、階層型ニューラルネットワーク

連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1 TEL：0294-38-5172 FAX：0294-38-5268

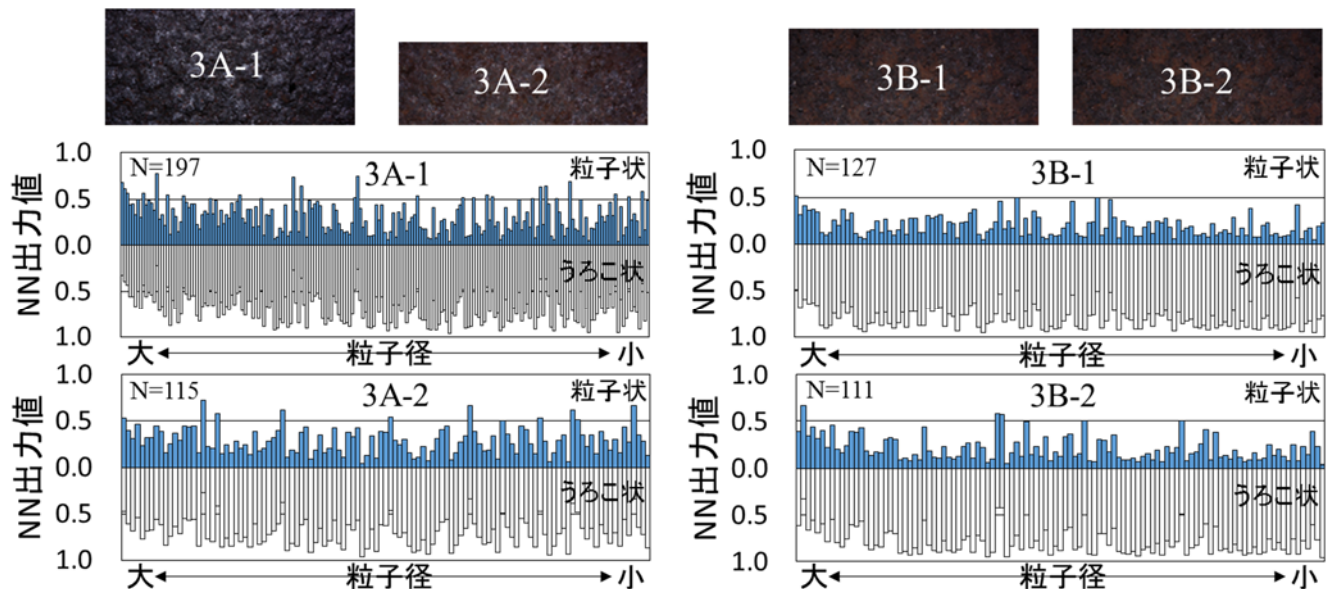


図2 粒子径 1~5 mm のさび粒子における評点 3A と評点 3B の出力値の分布

(2) さび形状判定結果を用いた画像全体での評価

NN 出力値を用いてさび形状が混在する評点 3 の画像全体におけるさび形状の分布を確認し、評点 3 の点検画像全体としての評価を行った。使用した画像は、あらかじめ専門家によって評価された評点 3A と評点 3B の各 2 枚（合計 4 枚）を使用し、それぞれ 3A-1, 3A-2, 3B-1, 3B-2 とした。さび粒子の形状判定においては、(1)の NN の精度確認で使用した画像すべてを学習データとして用いて、十分に学習誤差が収束した NN を用いた。

図 2 に 3A-1, 3A-2 と 3B-1, 3B-2 の画像のさび粒子径と粒

子状とうろこ状の NN 出力値の関係性を示す。横軸は 1~5 mm のさび粒子径、縦軸は粒子状とうろこ状それぞれの NN 出力値を表している。図中の N は、抽出された 1~5 mm のさび粒子個数である。図 2 より、評点 3A と評点 3B とともに粒子状またはうろこ状として判定されるさび粒子が見られ、いずれの画像もうろこ状の出力値が高くなった。これは、評点 3 は粒子状からうろこ状へ移行している段階であるため、結果のように粒子状とうろこ状の両者が判定されたと考えられる。また、橋梁点検画像からは多くのさび粒子が抽出されることから、判定においてさび粒子を人間では判定できないより細かい単位の粒子で認識してしまい、うろこ状の割合が高くなったと考えられる。なお、さび粒子径とさび形状の関係性は見られなかった。

次に、図 3 に粒子状とうろこ状それぞれの出力値の総和を算出し、その総和の割合を示した。評点 3A と 3B の NN 出力値の総和の割合を比較すると、評点 3A では、粒子状とうろこ状の割合が約 3 : 7 になるのに対し、評点 3B では粒子状とうろこ状の割合が約 2 : 8 となり、評点 3A と 3B の画像で、約 1 割の差が生じていることが確認できた。この約 1 割の差が、評点 3 の進行性を分ける判断基準になると考えられる。

4. おわりに

NN 出力値の総和の割合に着目し判別を行うことで、専門家の判別した評点 3A と 3B の違いが粒子状とうろこ状の分布割合に 1 割程度の差として現れることが分かり、評点 3 の判別の指標となる可能性を示した。

謝辞：本研究の実施に際して、日本橋梁建設協会にご協力いただきました。ここに深くお礼申し上げます。

参考文献：1) 紀平寛, 塩谷和彦, 幸英昭, 中山武典, 竹村誠洋, 渡辺祐一: 候性鋼さび安定化評価技術の体系化, 土木学会論文集, vol.745, pp.77-87, 2003. 2) 松村翔, 原田隆郎: 橋梁点検のデジタル画像を用いた耐候性鋼材の健全度評価の試み, 土木学会第69回年次学術講演会公演概要集, 第6部門, 検査技術・診断(6), VI-498, pp.995-996, 2014.

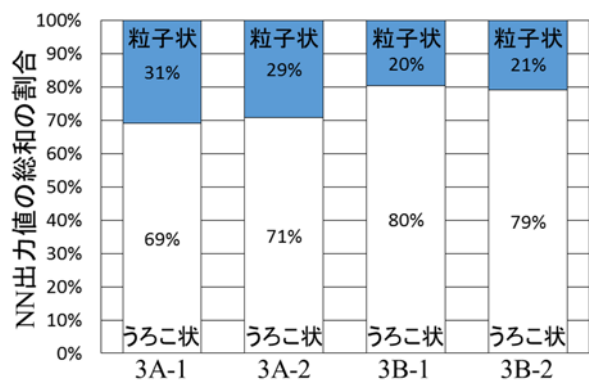


図3 評点 3 の NN 出力値の総和の割合