

画像解析を援用した耐候性鋼材の外観評価判定

愛媛大学 ○学生員 船谷 恵
愛媛大学大学院 正 員 全 邦 釘
NEXCO エンジニアリング四国 非会員 古川 清 司
愛媛大学大学院 正 員 大賀水田生

1. はじめに

耐候性鋼材は、優れた防食性能が注目される一方で、漏水・飛来塩分の多い環境条件下では保護性さびが生成されないという問題を抱えており、架設後の適切な維持管理が必要となる¹⁾。現在、維持管理の主な方法として、目視点検によるさび外観評価判定が行われているが、観測者の主観に基づいた判定のため、定量性・客観性に欠けるという問題がある。そこで本研究では、デジタルカメラにより撮影された鋼材の接写写真に対して、二値化・同時生起行列を用いた画像解析手法により画像特徴量を算出し、得られた特徴量に対して、統計的解析手法の1つであるロジスティック回帰分析から評価式を導出することで、定量的・客観的な耐候性鋼材のさび外観評価判定手法を構築する。

2. 解析に用いる画像標本

解析に用いる画像は、西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社管轄内の高知自動車道に架橋される耐候性鋼橋梁 30 橋を対象に、平成 13 年に実施されたさび外観評価記録及び、評価記録に対応して撮影された鋼材表面の接写写真を用いる。画像サイズは 800×800pixel(約 0.075mm/1Pixel)であり、全評点合計 156 枚となった。表-1 に現在のさび外観評価基準¹⁾を記す。

3. 画像解析手法

3.1. 二値化によるさび影部の抽出

評点の悪化に伴いさび厚が増大し、さび影部が発生・増大する。本研究では、前処理として光による影響を減らす際に用いられる一般的なフィルタ処理(1)を行った後、二値化を行う。

$$\text{Img}[i,j] = \frac{\text{Img0}[i,j] \times \text{Mean}}{\text{ImgM}[i,j]} \quad (1)$$

ここで、 i, j は画素位置、 Img0 は元画像、 Mean は画像全体の濃度平均値、 ImgM は平滑化処理後の画

像である。平滑化処理のフィルタサイズ w 、影部の最小結合面積 A' を調整することで任意の大きさのさび影部の抽出が可能となる。図-1 に結果の一例を示す。評点 1 ではさび影部が抽出されるのに対して、評点 5 では抽出されないことが分かる。本研究では、 $(w,A')=(161,320), (81,160), (41,80)$ の 3 段階のフィルタ処理後、閾値 30 で二値化を行う。フィルタに対応したさび影部の個数, 合計面積を画像特徴量とする。

表-1 現在のさび外観評価基準

評点	さび粒径の大きさ	さび厚	点検の有無
1	25mm 以上	800 μm 以上	必要
2	5~25mm	40~800 μm	
3	1~5mm	400 μm 未満	要経過観察
4	1mm 未満で均一		不必要
5	1mm 未満	200 μm 未満	

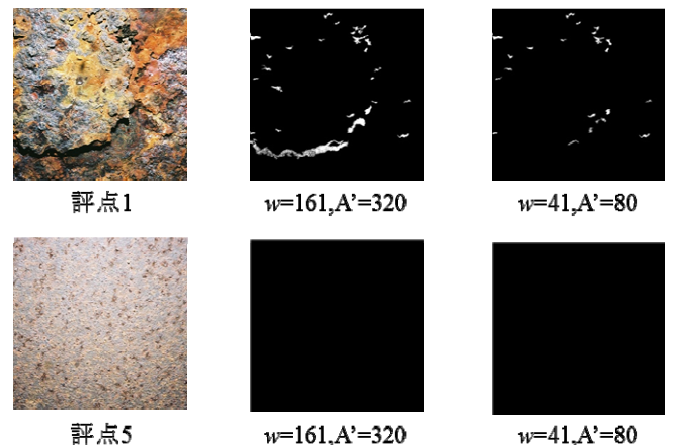


図-1 さび抽出例

3.2. 同時生起行列を用いたテクスチャ解析

同時生起行列²⁾を用いた特徴量は、テクスチャ解析における統計的特徴量の代表的なものである。本研究では前処理として、ヒストグラム平坦化、画像分割を行った。画素の階調数を 128 とし、画像分割数 4, 16, 64 において、4 種類のテクスチャ特徴量

平均値を算出する．以下に各特徴量の説明を記す．

- Angular Second Moment
値が大きいほど，画像の均一性が高い．
- Contrast
値が大きいほど，濃淡の異なる画素が多く局所変化が大きい．
- Correlation
値が大きいほど，ある 2 つの濃淡値が比例し，縞状・線状パターンが強くなる．
- Entropy
値が大きいほど，濃度値対が同じように存在し，乱雑となる．

同時生起行列は画素対間の距離 d に影響されるため， $d=7, 14, 20(\text{Pixel})$ の 3 段階に分けて特徴量の算出を行った．

4. 解析結果

二値化結果，各距離 ($d=7, 14, 20$) におけるテクスチャ解析結果より，3 つのモデルを作成した．評点を予測項目，モデル特徴量を共変量とした多項ロジスティック回帰分析から各モデルの評価式を導出し，標本外画像の判別精度の比較を行う．図-2 に評点ごとの標本外画像判別精度を示す． $d=7$ の場合，評点 3 の精度が高く， $d=20$ の場合，評点 4, 5 の精度が高いことが分かる．精度向上のため， $d=20$ モデルに分割数 4， $d=7$ のテクスチャ特徴量を合わせたモデルを作成した．表-2 に判別分類表を記す．評点 4, 5 相互間の誤判定が全体精度低下の要因であることが分かる．しかし長期腐食度予測において，評点 4, 5 間の 50 年後板厚減少量差は約 0.02mm と非常に小さいため³⁾，評点 4, 5 を一括りとした 4 段階評価でも維持管理において有効な結果を示すと考えられる．表-3 に評点 4, 5 を一括りとした 4 段階評価を用いた場合の判別分類表を記す．評点 1～3 の判別において 87.5%，全体で 93.8%の精度を得ることができた．

5. 結論

本研究では，複数の画像解析法及びロジスティック回帰分析を用いた耐候性鋼材のさび外観評価法を構築し，その有効性を示した．その結果，点検・処置が必要である評点 1～3 と正常な評点 4, 5 の大別が行えること，評点 4, 5 を一括りとした 4 段階評価の場合 93.8%の精度を得ることを確かめた．

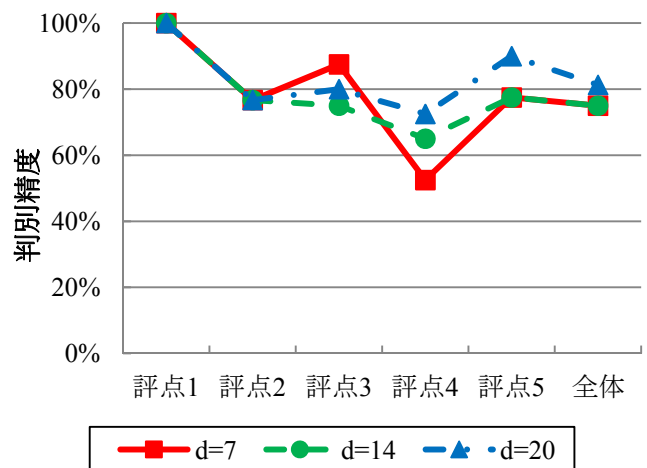


図-2 評点ごとの標本外画像判別精度

表-2 標本外画像の判別分類表

評点	予測値					判別率 (%)
	1	2	3	4	5	
1	10	0	0	0	0	100.0
2	1	24	5	0	0	80.0
3	0	2	36	2	0	90.0
4	0	0	0	27	13	67.5
5	0	0	0	15	25	62.5
全体(%)	6.3	15.0	22.5	16.9	15.6	76.3

表-3 評点 4, 5 を一括りとした場合の判別分類表

評点	予測値				判別率 (%)
	1	2	3	4	
1	10	0	0	0	100.0
2	1	24	5	0	80.0
3	0	2	36	2	90.0
4	0	0	0	100	100.0
全体(%)	6.3	15.0	22.5	50.0	93.8

参考文献

- 1) (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，2010．
- 2) R.M.Haralick, K.Shanmugam, I.Dinstein: "Textural Features for Image Classification", IEEE Trans, SMC-3, No.6, pp.813-827, 1973.
- 3) 建設省土木研究所，(社) 鋼材倶楽部，(社) 日本橋梁建設協会：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書 (XV)，整理番号第 71 号，1992．