

1. 研究背景

日本の社会インフラの経年劣化が進み、構造物の維持管理が重要な課題の1つとなっている。国土交通省は2014年より、2m以上の道路橋やトンネルに対し5年ごとの定期点検を義務付けている¹⁾が、耐候性鋼材鋼橋のような特殊な構造物に対しては、点検評価が困難であるとされている。その理由の1つとして、耐候性鋼材は独特の保護性錆を形成するため、点検者に専門的な知識や経験が求められることが挙げられる。その結果、点検者の主観的な評価に依存しており、評価の一貫性や客観性の確保が課題となっている。このような背景から白戸²⁾らなどによって機械学習を用いた外観評価手法が検討されている。本研究ではグレースケール画像と機械学習を活用し、定量的かつ客観的な外観判別手法を検討する。

2. 耐候性鋼材の評価基準

耐候性鋼材は、普通鋼材と比べて耐食性が高く、防錆塗装を施さずに安定した独自の錆を形成することで、腐食を抑えることができる鋼材である。耐候性鋼材のさび評価は、さび粒子の粒径やさび厚、外観特徴を指標に5段階で分類され、表-1に示すように評点される。

3. 使用データ

データは2種類用意した。1つ目は秋田県内18箇所の無塗装耐候性橋梁の耐候性鋼材表面にカラースケールを貼り付けて撮影した画像データ(図-1, 図-2)、2つ目は日本橋梁建設協会が提供しているサビサンプルとカラースケールを同時に撮影した画像データ(図-3, 図-4)である。そしてこの2つの画像データを各 375×375 ピクセルに切り取り、表-2のようなデータセットにまとめた。評点5は建設直後であり、点検の必要性が低いため、今回の研究では評点1から4までのデータを使用した。サビサンプ

ルデータは、画像枚数が少なかったため、各画像を90度回転させて4倍に拡張した。また、画像の特徴を最大限活かすため、画像の色補正、エッジ処理を行った。

表-1 耐候性鋼材の評点判別

評点	サビの粒径	さびの厚さ	特徴
1	25mm 超	1000 μ m 未満	層状錆
2	5～25mm 程度	800 μ m 未満	うろこ状錆
3	1～5mm 程度	400 μ m 未満	微細な錆
4	1mm 程度	400 μ m 未満	均一な錆
5	-	200 μ m 未満	薄い錆

表-2 画像データの分布

データ種類	評点 1	評点 2	評点 3	評点 4
橋梁データ	36 枚	39 枚	40 枚	36 枚
サンプルデータ	36 枚	36 枚	36 枚	36 枚



図-1 橋梁画像 (評点 2)



図-2 橋梁画像 (評点 3)



図-3 評点 1, 評点 2



図-4 評点 3, 評点 4

(1) 色補正

各撮影画像は撮影地点によって光の当たり方によらつきがあると考えられるため、光の当たり方による特徴の抽出具合を統一するために、色補正を行った。カラースケール内のシアン、マゼンタ、

イエローの 3 色の RGB 値を読み取り、各基準値に合わせる色補正を行った。基準値 (R,G,B) はシアン (0,255,255)、マゼンタ (255,0,255)、イエロー (255,255,0) とした。そして色補正後の画像 (図-5) をグレースケール化 (図-6) した。

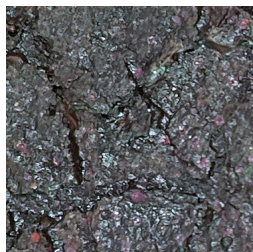


図-5 画像補正後

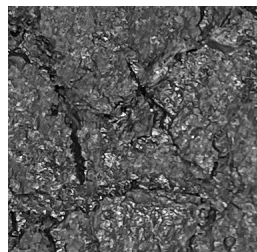


図-6 グレースケール化

(2) エッジ処理

エッジ処理は、画像内の隣接する画素間の輝度差を検出し、輪郭を強調する処理である。エッジ処理を行うことで、錆の粒子の輪郭のコントラストが向上し、より明確な境界線が得られる。これにより、錆の粒子の特徴抽出が容易になり、機械学習の精度向上が期待できると考えた。エッジ検出には Canny 法を用い、閾値パラメータを調整することで、弱いエッジ処理 (閾値 250-300(図-7)) と強いエッジ処理 (閾値 50-100(図-8)) の 2 種類を実施した。

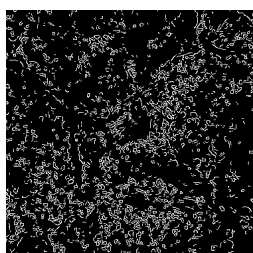


図-7 エッジ処理 (弱)

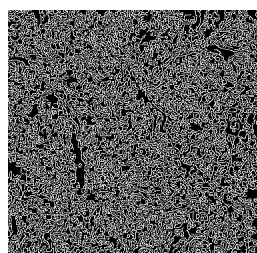


図-8 エッジ処理 (強)

4. 学習モデル

画像データセットの各画像に対して、サビ評点を示すラベルを付与し、教師あり学習を実施した。TensorFlow の深層学習環境を活用し、scikit-learn のサポートベクターマシン (SVM) を用いてモデルを構築した。データセットの分割については、ホールドアウト法を用い、全データの 90 %を学習用 (トレーニングデータ)、残りの 10 %を評価用 (テストデータ) として無作為に振り分けた。

5. 結果

学習結果を表-3 に示す。今回の研究では、橋梁画像、錆サンプル画像の両データに対して補正後の画像、エッジ処理 (弱)、エッジ処理 (強) の 3 条件での比較を行った。橋梁データにおいては、どの条件下においても高い精度を出すことができなかったが、錆サンプルデータにおいては、エッジ処理を施すことで約 60 %の精度となった。しかし、エッジ処理を強くしすぎると各画像のエッジの差が少なくなり判別精度が元画像よりも下がるという結果になった。これらの結果から、元データの質に大きく左右され、元データの質が悪いとエッジ処理を施しても精度は向上しないことがわかる。また、データの質が確保できた場合でも適度なエッジ処理は画像認識精度に効果的であるが、過度なエッジ処理は逆効果となることがわかった。

表-3 耐候性鋼材の評点判別

データ種類	補正後	エッジ弱	エッジ強
橋梁データ	25.3 %	32.0 %	25.0 %
錆サンプル	47.7 %	60.0 %	31.2 %

6. まとめ

本研究では、耐候性鋼材の客観的な外観評価を行うため、機械学習を用いた自動評価手法を検討した。SVM による 4 クラス分類を基本とし、前処理としてカラースケールを用いた色補正と Canny 法によるエッジ処理を導入した。

画像処理においては、Canny 法の閾値を 250-300 に設定することで、錆の特徴を効果的に抽出することができた。今後の課題として、質の高いデータを確保し、汎化性能を向上させることが挙げられる。

参考文献

- 1) 国土交通省、省令・告示の施工 (道路管理者の義務の明確化) 道路法施工規則、平成 26 年 3 月 31 日公布、7 月 1 日施行
- 2) 白戸真大、手間本康一、吉延広枝: AI による耐候性鋼材のさびの特徴分析、国土技術政策総合研究所。