

第I部門

## 維持管理(耐候性鋼)(1)

### [I-05] ディープラーニングを用いた耐候性鋼材のさびの外観評価 Rust-Appearance Evaluation of Weathering Steel by Deep Learning

○川崎 雄貴<sup>1</sup>、山口 栄輝<sup>1</sup> (1.九州工業大学大学院)

○Yuki Kawasaki<sup>1</sup>, Eiki Yamaguchi<sup>1</sup> (1.Kyushu Institute of Technology)

キーワード：耐候性鋼材、さび外観評価、ディープラーニング

weathering steel, rust appearance evaluation, deep learning

耐候性鋼材は、その表面に保護性さびを生成することで腐食の進展を抑制する性質を有している。しかし、設置環境によっては保護性さびが生成しない場合もあるため、供用中は定期的な点検と健全度の評価する必要がある。一般的な評価方法は、粒径などから5段階で評価するものである。評点が3以上であれば、想定した耐食性能が期待できるが、評点1または2の場合、何らかの注意が必要となる。そのため、発生しているさびが評点2以下か評点3以上であるかの判断が、維持管理上重要となる。本研究ではディープラーニングによる画像分類技術を用いて、簡易な評価方法であるセロファンテープ試験資料をもとに、さびの外観評価を試みる。

ディープラーニングを用いた耐候性鋼材のさびの外観評価

九州工業大学大学院 学生会員 ○川崎雄貴 九州工業大学大学院 正会員 山口栄輝

1. はじめに

耐候性鋼材はその表面に緻密な保護性さびを生成して、さびの進行を抑制する。しかし、設置環境によっては緻密な保護性さびが生成しないこともあるため、外観評価が行われる(表-1)。評点が3以上であれば、想定した耐食性能が期待できる。一方、評点1または2の場合、何らかの注意が必要となる。そのため、発生しているさびが、評点2以下か、評点3以上であるかの判断が、維持管理上重要となる。

本研究ではディープラーニングによる画像分類技術を用いて、簡易な評価方法であるセロファンテープ試験資料(さび画像)をもとに、さびの外観評価を試みる。

表-1 さびの外観評価<sup>1)</sup>

| 評点 | さびの状態(例)                                          |
|----|---------------------------------------------------|
| 5  | さび粒子は細かいが、均一性に欠ける。<br>さびの色は、明るい色相で、むらがある。         |
| 4  | さびの平均外観粒径は1mm程度で細かく均一である。<br>さびの色は、暗褐色でむらがない。     |
| 3  | さびの平均外観粒径は1~5mm程度である。<br>さびの色は、褐色~暗褐色でむらは少ない。     |
| 2  | さびの平均外観粒径は5~25mm程度のうろこ状である。<br>さびの色は、環境によって様々である。 |
| 1  | さびは層状で厚いが、剥離がある。<br>さびの色は、環境によって様々である。            |

2. ディープラーニングによるさびの外観評価

2.1 概要

本研究では、ディープラーニングにおいて特に画像や動画等の学習に優れる「畳み込みニューラルネットワーク」(Convolutional Neural Network, CNN)を用いて学習モデルの構築を行う。本研究では、評点2以下か、評点3以上であるかを判別する「二項分類」の学習モデルと、5段階の評点を判別する「五項分類」の学習モデルを検討する。これらの学習モデルでは、入力データがさび画像、出力データが二項あるいは五項への分類結果となる。なお、学習モデルでは、二項ないし五項の各項目に該当する確率が得られる。最も確率の大きな項を、学習モデルによる分類結果とする。図-1に五項分類学習モデル作成と、それによる外観評価のイメージを示す。

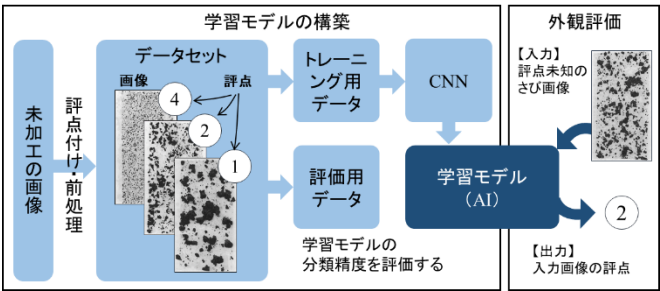


図-1 学習モデルの構築と外観評価のイメージ

2.2 学習モデルの構築

(a) データセットの概要

学習モデルの構築には、さび画像とその評点を一組とした「データセット」が必要である。本研究で使用するさび画像は、長岡技術科学大学で取得されたセロファンテープ試験の1980枚である。また、さびの外観評価を本学で行い、各さび画像の評点を決定している(表-2)。データセットはトレーニング用データと評価用データに分けて使用する。トレーニング用データは学習モデルの構築に、評価用データは学習モデルの精度評価に用いる。

(b) 前処理

さび画像については、データの正規化を目的にトリミングとグレースケール化の処理を施している。さらに、学習モデルの頑健性と分類精度を向上させることを目的に、データ拡張を実施する。具体的には、回転、反転、ぼかしなどの処理によりさび画像枚数を増やし、合計で5018枚のデータセットを準備した。

表-2 原画像の外観評価結果

| 評点 | さび画像数(枚) | 小計(枚) | 合計(枚) |
|----|----------|-------|-------|
| 1  | 78       | 249   | 1980  |
| 2  | 171      |       |       |
| 3  | 579      | 1731  |       |
| 4  | 939      |       |       |
| 5  | 213      |       |       |

3. 学習モデルの分類精度

構築した学習モデルに評価用データを入力し、学習モデルの分類精度を評価する。分類精度とは、評価用データにおける評点と学習モデルが判定した評点との一致率である。

キーワード: 耐候性鋼材, さび外観評価, ディープラーニング

連絡先: 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL 093-884-3110 FAX 093-884-3100

3.1 二項分類

二項分類を行う学習モデルの構築には、表-3 に示す 8 個のデータセット 2-1～2-8 を使用する。ここに、評点 1, 2 のさび画像を C, 評点 3～5 のさび画像を S と表記する。データセット 2-1～2-5 は、データ拡張の処理を施していないデータセットである。C と S の比率を、原画像全体での比率に合わせ、C:S=1:7 としている。データセット 2-6, 2-7 では、トレーニング用データの二項 C, S の枚数を等しくしている。データセット 2-7 では C に、データセット 2-8 では C のみならず、S にもデータ拡張の画像を用いている。いずれのデータセットにおいても分類精度は 90%を超えており、最も精度が良い学習モデルはデータセット 2-7 によるもので、分類精度は 95.6%である。妥当な学習モデルが構築されたと考えられる。しかし、誤判定の中には C を S と判定した例もあり、実用上望ましくないものもあった。

表-3 二項分類用の分類精度

| データ<br>セット | トレーニング用データ(枚) |      | 評価用<br>データ(枚) | 分類<br>精度(%) |
|------------|---------------|------|---------------|-------------|
|            | C             | S    |               |             |
| 2-1        | 20            | 140  | 160           | 91.9        |
| 2-2        | 60            | 420  | 160           | 93.1        |
| 2-3        | 100           | 700  | 160           | 94.4        |
| 2-4        | 140           | 980  | 160           | 94.4        |
| 2-5        | 220           | 1540 | 160           | 92.5        |
| 2-6        | 220           | 220  | 160           | 93.8        |
| 2-7        | 1540          | 1540 | 160           | 95.6        |
| 2-8        | 1540          | 3080 | 160           | 93.8        |

3.2 五項分類

五項分類の学習モデル構築には、データ拡張なし(5-1)とデータ拡張あり(5-2)の 2 個のデータセットを用いる。表-4 に五項分類のデータセットと分類精度を示す。二項分類に比すると精度は低い。トレーニング用データを増やしても、精度は改善していない。

表-4 五項分類の分類精度

| データ<br>セット | トレーニング用<br>データ(枚) | 評価用データ<br>(枚) | 分類精度<br>(%) |
|------------|-------------------|---------------|-------------|
| 5-1        | 1880              | 100           | 69          |
| 5-2        | 4500              | 100           | 55          |

4. 専門家による外観評価との比較

既往の研究<sup>2)</sup>で評価判定を行ったさび画像 27 枚を、本研究で構築した学習モデルに入力し、得られた判定結果を専門家のものと比較する。判定の一致率が高いほど、この学習モデルが専門家の判定を再現できていることになる。

4.1 二項分類

表-5 に専門家の判定結果と学習モデルが判定した結果の一致率を示す。データセット 2-7, 2-8 から構築した学習モデルでは、一致率が 9 割を超える結果が得られた。

表-5 二項分類の一致率

| データセット | 一致した枚数(枚) | 一致率(%) |
|--------|-----------|--------|
| 2-1    | 17        | 63.0   |
| 2-2    | 19        | 70.4   |
| 2-3    | 19        | 70.4   |
| 2-4    | 18        | 66.7   |
| 2-5    | 16        | 59.3   |
| 2-6    | 24        | 88.9   |
| 2-7    | 25        | 92.6   |
| 2-8    | 25        | 92.6   |

4.2 五項分類

専門家の評価結果にもばらつきがある。ここでは、専門家のばらつきと学習モデルによる評点の確率分布を比較した。図-3(a), (b)に比較結果の代表例を示す。横軸は評点、縦軸は各評点の分布の割合を示す。専門家による評点のばらつきの傾向は、概ね捉えられていることがわかる。

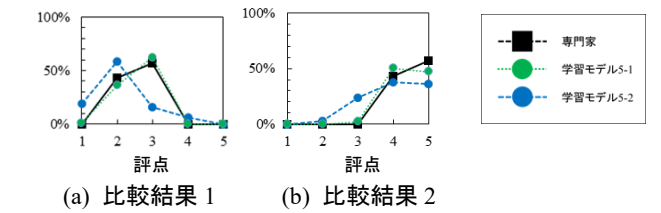


図-3 五項分類における評点分布

5. まとめ

耐候性鋼橋の維持管理現場で実務上必要なのは、五段階の細かな分類よりも、注意が必要なさびか否かの判定である。本研究で検討した二項分類の学習モデルでは、さびを 90%以上の精度で評点 1, 2 と評点 3～5 を分類することができ、良好な結果が得られたと考える。今後はさらなる改善を加え、より精度の良い技術を開発していく予定である。

謝辞

本研究は日本鉄鋼連盟の助成を受けて実施したものである。ここに記して深謝します。

参考文献

1) 日本道路協会:鋼道路橋塗装・防食便覧, 2005.  
2) 森田千尋, 梅崎俊介, 山口栄輝, 松田浩, 武崎啓太:セロファンテープ試験の画像解析による耐候性鋼材のさびの外観評価, 構造工学論文集 A, Vol.61, 2015.