

AIによる耐候性鋼材のさびの特徴分析

(研究期間：令和5年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

室長(博士(工学)) 白戸 真大 主任研究官 手間本 康一 研究官 吉延 広枝

(キーワード) AI、耐候性鋼材、道路橋の長寿命化



1.

国土を強靱化し、国民のいのちと暮らしをまもる研究

1. はじめに

耐候性鋼材は、普通鋼材に合金元素を添加することで、鋼材表面に緻密なさび層（保護性さびと呼ばれる）を形成させ、以降のさびの進展を抑制し、長期の板厚減少量を抑制しようとする鋼材である。道路橋の建設でも広く使われており、架橋条件によっては、適切に維持管理を行うことで道路橋のライフサイクルコストの縮減が期待できるものである。

しかし、湿潤状態に置かれる場合などには緻密なさびが形成されず、写真-1に示すようなうろこ状のさび（E）や層状に剥離するさび（F）になり、さびの進展は抑制されない。うろこ状にならないまでも保護性さびが未成長のまま長期に至る場合もあり、そのようなときにも維持管理に注意が必要になる。したがって、点検等では、外観から、さびの緻密さや腐食速度をある程度判別したい。

そこで、本研究では、画像分類で広く利用されているAI技術を用いて複数のさびの画像を学習させることで、まずは、AIがさびの外観をどのような特徴で捉えるのかを調べた。人がさびを観察し、その特徴を考察することに比べて、AIは異なる着目点でさびの外観を特徴づけるかもしれない、その結果得られるさびの分類も、腐食速度との関係づけがよりの確になる可能性を期待したものである。

2. 現在の点検で用いられているさびの区分

外観からさびの特徴を区分し、その後の腐食速度と関係づけようとする研究はこれまでも行われ、その成果は実際の点検でも用いられている。さびの緻密さに応じてさび粒径の違いや色調や色むらの違いがあることに着目して、さびの状態を3から7段階で

評価できるとされている。しかし、様々な条件下で用いられる耐候性鋼材の個々のさびの発現の仕方は実際には多岐にわたる。そこで、本研究では、Residual Network（ResNet）と呼ばれる構造をベースとした深層学習モデルで、さびの外観の特徴を区分してみる。



写真-1 さびの種類

3. AI技術による画像の分類

深層学習モデルは、画像を与えたときに、その画像が持つ特徴を学習し、特徴を抽出、抽出した特徴を基に分類ができる。今回学習させるさびの外観の画像は、国総研資料第828号¹⁾に収録されている、120セットのアナグリフ画像である。アナグリフ画像は、左目に赤、右目に青のフィルムを貼ったメガネを通して見ると立体的に見えるものであり、さびの凹凸、高さが反映された二次元画像である。粒径や色調でさびの特徴を的確に分類できるという前提に立てば単純な写真を学習させることでもよいが、本研究では、粒径と色調以外にも有用な外観の情報があり得るという立場から、三次元的な形状の情報も反映した画像を学習させることにした。

4. 結果

まず画像データセットとそれぞれの画像に対する

既往の区分方法（7段階）での人による区分結果をAIに学習させた。いわゆる教師あり学習である。図-1に人が見た範囲で、色調は明らかに異なるものさびの形や凹凸には顕著な差が無いと見える異なるさびをAIに分類させた結果を示す。その際入力したさび画像のうち、どこにAIが着目したのかをGrad-CAMと呼ばれる手法でヒートマップ（赤いところほどAIが強く着目）を作成し対比して示した。図-1の左の橙色・茶色のさびは未成長さびに分類され、ヒートマップは暖色系（赤色など）の部分がまばらになっており、寒色系（青色など）の部分もまじっている。図-1の右の暗褐色・茶褐色のさびは保護性さびと分類され、左のさびとは異なる分類がされたものの、ヒートマップを見ると、画像全体に暖色系（赤色など）の部分が広がっている。粒径に大きな特徴が無い場合は、色調がAIの分類にも影響している可能性が示唆される。

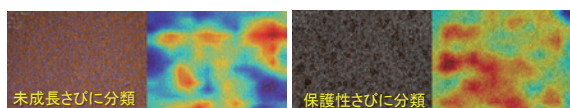


図-1 未成長さび・保護性さびの色調の影響分析

図-2は、人が保護性さびと分類している同一箇所さびについて、アナグリフ画像と、アナグリフ画像を合成する前の単純な2次元画像（ここでは非アナグリフ画像と呼ぶことにする）を入力し、それぞれAIに分類させた結果である。高さ情報が反映されたアナグリフ画像（図-2 左）に対してAIは保護性さびと正しく分類しており、ヒートマップからも画像全体を満遍なく着目し、均質な特性を持つ画像と見ているようである。一方、非アナグリフ画像（図-2 右）に対してはうろこ状さびと誤った分類をした。図-2 右のヒートマップからはAIは特定の箇所に着目している。その箇所を拡大した写真も同図に示した。人が見ても、陰影などから凹凸があるように見える。以上より、AIによる分析からは、人がさびを特徴づけるときも、凹凸を考慮すべきである可能性がわかる。

次に、同じ120セットのデータセットに対して教師なし学習もさせてみた。まず、さびを何パターン

かに区分することで、区分に特徴がよく反映されるのかを調べた。その結果、興味深いことに、人がさびの特徴を3から7種類に区分しているのと近く、6前後に区分することが良さそうであった。

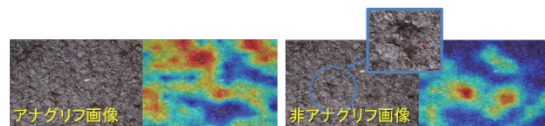


図-2 同じ保護性さびのアナグリフ画像（左）と非アナグリフ画像（右）をAIに判別させた例

実際に教師なし学習により120の学習データセットを6分類させた。それぞれの区分の代表的と思われるさびを図-3に示す。区分された結果を人の目で見ると、色調やさびの凹凸の情報が区分に反映されているように見える。今後、あるさびについて、AIによる区分とさびの化学成分、その後の劣化速度を関係づけて分析することなどで、耐候性鋼材の点検方法の高度化の可能性を探る予定である。

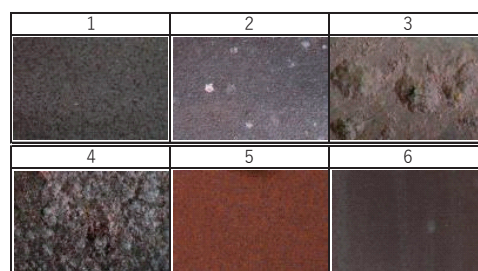


図-3 教師なし学習によるさびの区分例

5. おわりに

橋梁研究室では、これまでも耐候性鋼の防食機能に関する点検の方法を研究してきているが、AI技術も活用することで、新たな研究の展開が期待できそうである。今後も様々な研究で最新の技術を活用し、研究の高度化、迅速化に取り組みたい。

なお、今回構築した教師あり学習済みモデルを用いて任意のさびのアナグリフ画像を分類するアプリをHP²⁾で公開している。精度は明らかでないが、興味のある読者は試していただきたい。

詳細情報はこちら

1) 国総研資料 No.828 耐候性鋼橋の外観性状によるさび状態の評価法に関する研究（2015年2月）

<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0828.htm>

2) <https://www.nilim.go.jp/lab/ubg/index.htm>