

コンクリート構造物の遊離石灰の自動検出モデルにおける出力表示に関する検証

金沢大学大学院 自然科学研究科 環境デザイン学専攻 学生会員 ○吉倉 麻衣  
金沢大学大学院 自然科学研究科 環境デザイン学専攻 学生会員 南 貴大  
金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 正会員 福岡 知隆  
金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 正会員 藤生 慎  
金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 フェロー 高山 純一

1. はじめに

高度経済成長期に建設された橋梁の老朽化が進み、2030 年には建設後 50 年以上を経過する橋梁が全国約 72 万橋のうち 55%にまで上る<sup>1)</sup>。早期に適切な維持管理を行うため、2014 年に道路管理者に 5 年に 1 度の近接目視点検が義務付けられた。しかし、財政的・人的資源の不足により継続的な近接目視点検の達成が困難な状況である。

これらの課題に対し、近接目視点検の代替手法技術に期待が寄せられている。本研究チームでは、遠隔地にいる技術者が橋梁の撮影画像で、点検を行う遠隔点検の研究を進めている。本研究では遊離石灰の画像検出 AI モデルを構築し、遊離石灰の診断に必要な出力結果の分解能を明らかにする。

2. 画像分析による遊離石灰の検出

画像から遊離石灰を検出する方法として、セマンティックセグメンテーションを用いた。橋梁画像は K 県の橋梁点検台帳から遊離石灰と判定された画像で、学習データは 92 枚の画像を水平反転、拡大縮小、回転、移動など画像編集を行い 920 枚にまで拡張し、テストデータは 20 枚用意した。テストデータの入力画像と正解データ、出力結果を図-1 に示す。

遊離石灰自動検出モデルの評価は機械学習の標準的な評価方法である適合率(a)と再現率(b)と F 値(c)で行った。式(a)(b)に示される混同行列の TP, FN, FP, TN は、表-1 の通りである。

$$\text{適合率(precision)} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (a)$$

$$\text{再現率(recall)} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (b)$$

$$\text{F 値} = \frac{2 \times \text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (c)$$

評価結果(表-2)から、本研究における出力表示の

検証には問題ない精度であることを確認した。

3. AI 自動検出による遊離石灰損傷箇所の表示

第 2 章で述べた遊離石灰の自動検出では、出力結果をピクセル単位で元の画像に色付けした領域検出表示が可能である(図-2「ピクセル単位」画像)。しかし、ピクセル単位での表示は学習データの作成に時間を要するという課題がある。出力結果をピクセル単位よりも粗いメッシュ単位で色付けした出力結果であれば、学習データの作成は簡易になる。

遊離石灰の判定では幅や数などの数値的な基準はなく、損傷は面的にコンクリートに発生する。そのためメッシュ単位の表示でも診断できる可能性がある。そこで遊離石灰の対策区分・健全性の判定において、出力結果の粗さの許容閾値を調査した。

調査方法は、橋梁点検技術者に対してのアンケート調査とした(表-3)。ピクセル単位と 10pixel メッシュから 100pixel メッシュまでの色付け結果を提示し、橋梁点検技術者に画像による対策区分・健全性の判定を実施する際、どの程度の粗さまで許容範囲であるかアンケート調査を行った(図-2)。



図-1 遊離石灰の検出結果

表-1 機械学習の評価に用いられる混同行列

|       |        | 検出結果   |        |
|-------|--------|--------|--------|
|       |        | 遊離石灰あり | 遊離石灰なし |
| 実際の画像 | 遊離石灰あり | TP     | FN     |
|       | 遊離石灰なし | FP     | TN     |

表-2 遊離石灰の自動検出モデルの評価

|            | 適合率  | 再現率  | F値   |
|------------|------|------|------|
| テストデータの平均値 | 0.36 | 0.55 | 0.40 |

表-3 アンケートの実施概要

|      |                                                                                                           |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 回答期間 | 2020年11月3日～10日                                                                                            |
| 対象者  | 橋梁点検技術者                                                                                                   |
| 回答数  | 25サンプル<br>【内訳：橋梁点検経験年数】<br>・1年以上5年未満：6サンプル<br>・5年以上10年未満：11サンプル<br>・10年以上15年未満：3サンプル<br>・15年以上20年未満：5サンプル |



図-2 アンケート設問に用いた検出表示の一例

画像サイズが同じ 10 枚のテストデータの遊離石灰画像（約 920×715pixel）に対して、それぞれ許容閾値の回答結果が図-3 である。画像によって、回答にばらつきがあるが、撮影距離など撮影条件が一定ではないことが要因として考えられる。回答全体では 8 割の技術者が許容範囲内とするサイズは 20pixel メッシュであった。

さらに橋梁点検経験年数ごとに許容閾値を合計しまとめた結果が図-4 である。各経験年数の平均許容範囲を度数分布にて算出したところ、1 年以上 5 年未満が 29pixel、5 年以上 10 年未満が 37pixel、10 年以上 15 年未満が 44pixel、15 年以上 20 年未満が 51pixel となり、経験年数が長い技術者ほど、許容閾値として粗いメッシュ表示でも許容する傾向が見られた。その一方、経験年数が長くなるほど分散も大きくなる傾向が見られた。

4. まとめと今後の課題

本研究では、画像から遊離石灰の対策区分・健全

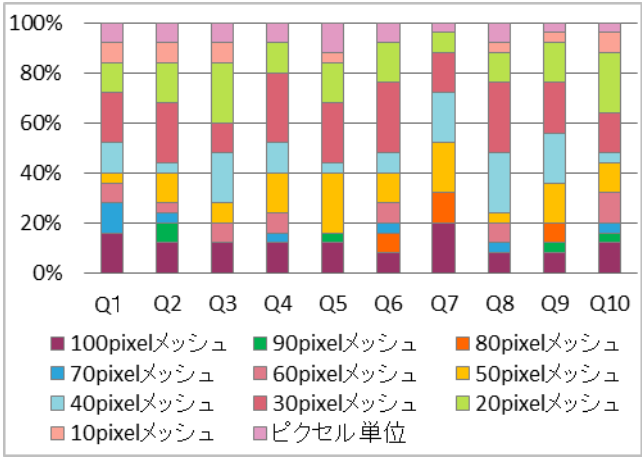


図-3 アンケート毎の回答

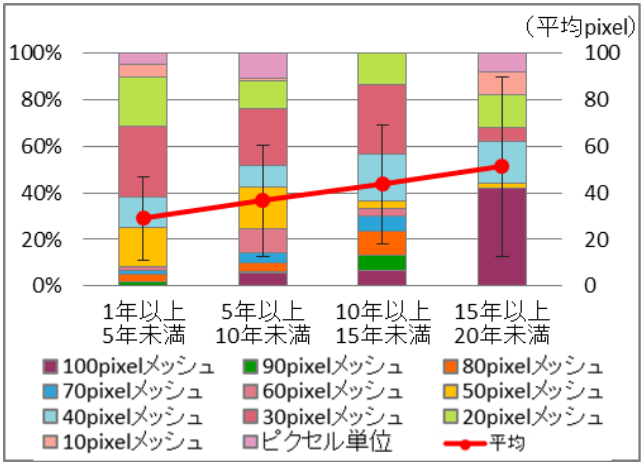


図-4 点検経験年数ごとの回答

性の判定を支援するために、AI 分析による遊離石灰の検出メッシュサイズの許容閾値について検証した。技術者へのアンケートに使用した 10 枚の写真は画像サイズが同じであったが、撮影距離が異なる条件下での検証であり、画像によるばらつきが見られた。また点検経験年数が長い技術者ほど、遊離石灰の損傷検出表示に対する許容閾値は緩和されることが判明した。

今後の課題として、遊離石灰の撮影距離と画像サイズを考慮した検証が必要と考える。また、学習データを増やし、ピクセル単位で精度の高い出力結果を目指す。

参考文献

1) 国土交通省道路局, 交通メンテナンス年報, [https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/pdf/r01/r01\\_09maint.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/pdf/r01/r01_09maint.pdf), 2020 年 12 月 12 日閲覧

2) 吉倉麻衣, 南貴大, 福岡知隆, 藤生慎, 高山純一: 5G と橋梁の損傷点検支援システムを活用した点検現場と遠隔地のコミュニケーションに関する考察, AI・データサイエンス論文集, vol.1, No.J1, p.545-553, 2020