

神戸大学 学生会員 ○笹脇 壮太
 神戸大学 正会員 三木 朋広

1. はじめに

劣化したコンクリート道路橋の健全度および損傷度の評価は、作業員が現地に於て損傷箇所などを目視で点検し、写真等を点検調書に記録して、それに基づき診断して判断される。ただし、それらに関わる人材の不足が大きな社会問題となっている。そこで、深層学習を用いて道路橋の画像データからひび割れ等を自動で分類する技術を開発し、効率的な維持管理を可能にすることを研究の目標とした。ただし、機械学習には様々な手法があり、複雑なモデル故にプロセスがブラックボックス化することが多い。本研究では、機械学習によって、コンクリートひび割れを模した線画像の分類¹⁾を様々な条件で解析し、結果を考察するとともに、深層学習の活用について考察し、その分類の特徴について調べた。

2. 解析概要

本検討では、写真におけるひび割れ画像の分類は、一枚の全体画像ではなく、細かく分けた画像を用いた。細分した箇所を点数化し、その合計や分散具合で損傷の評価を行うことを想定したものである。その基礎検討として、本研究ではコンクリート橋に発生するひび割れをペイントのソフトによって線画像として単純化し表現した。分類では、機械学習を用いて画像枚数や線の色・太さ、背景の色の影響を調べた。分類項目（ここではラベルと呼ぶ）は、画像内におけるひび割れの線の量で分類することとし「無」、「少ない（1~5本）」、「多い（6本以上）」の3種類に分けた。機械学習では、ラベルが既知の正解付きのデータ（これを教師データと呼ぶ）を入力し、ルールやパターンを学習させ、未知デー

タ（これをテストデータと呼ぶ）を提示したとき各データがどこに分類されるかを決めるといったものである。

2.1 解析1 教師データ数

テストデータでは各ラベル 15 枚ずつ計 45 枚を分類することとし、教師データを各ラベル 15 枚ずつ計 45 枚、30 枚ずつ計 90 枚、45 枚ずつ計 135 枚、145 枚ずつ計 435 枚と増やした場合の正答率、教師データの読込時間を比較した。また各解析はそれぞれ 10 回行った。

2.2 解析2 テストデータの条件

各ラベル 10 枚計 30 枚の教師データを作成し、教師データの線の配置は変更せずに、線の色、背景の色、線の太さを変えてそれぞれテストデータとした。各解析は 10 回行った。

2.3 解析3 テストデータの線の色

各ラベル 10 枚ずつ計 30 枚の教師データを作成した。教師データの線の配置は変更せずに、線の色を 3 段階変えてそれぞれをテストデータとした。各解析は 10 回行った。

2.4 解析4 教師データの線の色の特徴量

各ラベル 10 枚ずつ計 30 枚の教師データを作成した。教師データの線の配置は変更せずに、線の色を 3 段階変えて教師データの線の色の種類数による正答率を比較した。テストデータの線の配置は教師データと同様のものとした。各解析は 10 回行った。

2.5 解析5 HOG 計算処理

線画像を HOG 計算処理（線の色を輝度の勾配方向でヒストグラム化したもの）して、解析1（教師データ数）の教師データ 435 枚の場合での、HOG 計算処理前と後

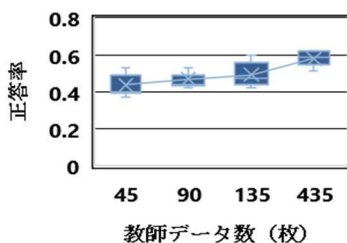


図1 解析1の正答率

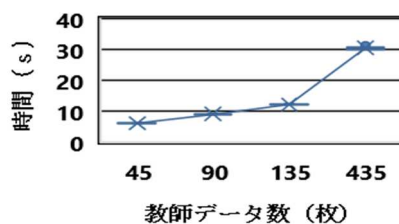


図2 解析1の教師データの読込時間

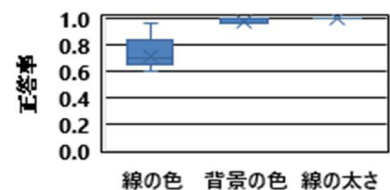


図3 解析2の正答率

で比較した。各解析は10回行った。

3. 解析結果

解析1からは図1より教師データ量が大きくなると正答率が高くなり、データのばらつきが小さくなった。また図2より教師データ数と教師データの読み込み時間には線形関係がみられた。解析2からは図3よりテストデータの線の色、背景の色、線の太さを教師データの画像と異なるもので解析すると、線の色が異なる時だけ、大幅に正答率が低下した。解析3からは図4よりテストデータの線の色が教師データの線の色から離れるごとに正答率が低下した。解析4からは図5よりテストデータに未知の線の色が出てきた場合、教師データの線の色の特徴量を増やすと、正答率が向上した。

HOG計算処理は輝度の変化量を基準とするため、明るさの変化に強い、局所的な幾何学的変化に強いといった利点がある。解析5は解析4の正答率の低下を改善することを目的としている。図6、図7をみると、HOG計算によって線自体や線の形状を評価できるようになり、精度が高くかつ短時間で効率の良い分類が可能となったことがわかる。

4. 深層学習による統計分類の考察

4.1 損傷程度の評価

実際の橋梁における損傷度の評価には次のような特徴が挙げられる。

- 部位、部材の最小評価単位毎、損傷の種類毎に損傷の客観的な状態を記録して、その結果に基づく結果。
- 損傷程度の評価では、損傷種類に応じて定性的な区分で評価するものと定量的な数値データとして評価される、あるいはその両方で評価することが必要なものがある。いずれの評価においても、損傷の程度をあらわす客観的な事実を示す。

4.2 考察

国土交通省の橋梁定期点検要領による実際の点検調査をみると、定性的判断が行われている傾向があり、点検者により損傷程度の判定に偏りがあることがわかる。今回の解析で定量的な自動分類がある程度の精度で実施できることがわかったが、今後人工知能(AI)を用いて判定までの作業を自動化することを想定すると、自動分類を想定した評価方法に関するルールの一統化が必要である。統一化する場合、定性的な部分を定量的に

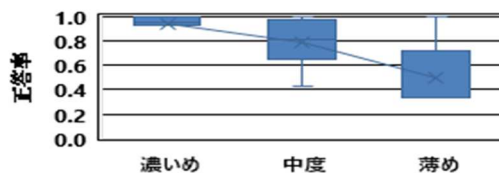


図4 解析3の正答率

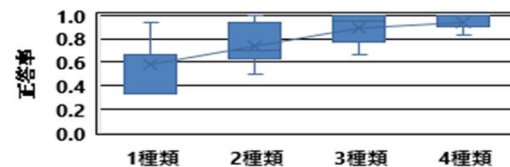


図5 解析4の正答率

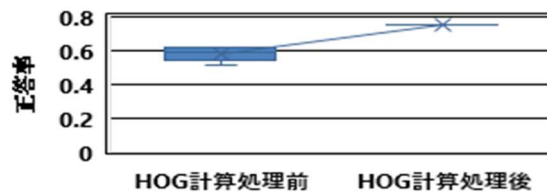


図6 解析5の正答率

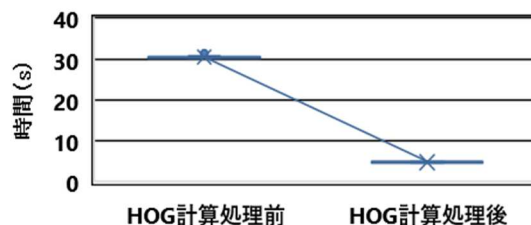


図7 解析5の教師データの読込時間

再定義する、または体制を見直すことが求められる。その際、自動分類が容易に行えるようにより視覚的な基準を策定することがよい。一方、統一化が困難な場合、定量的かつ機械学習による分類が可能な教師データを集め、それに基づき深層学習による分類プログラムを構築し、精度・正答率を上げる方向性がある。その際、分類器の精度が良い結果について考察し、それを基にAIが判定しやすいような撮影方法(画角・寸法・明暗・解像度)の標準化を提案する必要がある。

5. まとめ

実際に橋梁点検写真の分類を行うとき、どの特徴が正答率に影響しているかを調査し、処理の仕方を探索することが分類器の性能向上につながると考えられる。また、その結果を基に、より自動分類しやすい点検要領の定量的なルールの再定義が必要だと考察した。

参考文献

- 1) 三木朋広, 笹脇壮太: 機械学習によるコンクリート橋点検写真のひび割れ分類における要因分析と効率化に関する基礎的研究, 建設工学研究所論文報告集, Vol.62, pp.15-24, 2020.11