

機械学習を用いたコンクリート画像のひび割れ自動抽出に関する研究

茨城大学 学生会員 ○渡辺 ともみ

茨城大学 正会員 車谷 麻緒

1. はじめに

コンクリート構造物の性能を評価するためには、劣化状態を把握することが重要である。そのため、ひび割れの発生状況を適切に調査することが求められている。しかし現在の点検手法は、膨大な時間を要することや定量的でないことなどの問題がある。

そこで画像処理を用いた点検手法の開発が多く行われている。従来の点検手法に比べ、効率的で定量的なひび割れ抽出が可能となる。既往の研究では、二値化して生成された黒画素領域(図-1)を形状評価することにより、高精度なひび割れ自動抽出を可能にした方法¹⁾がある。しかし、画像サイズや固定パラメータによって抽出精度に影響を与えることや、ひび割れに似ている形状を誤抽出してしまうことなどの課題が残っている。

これらの問題を解決するために、機械学習を用いてひび割れの自動抽出を行う。近年、人工知能により問題を解決する方法が注目されており、ひび割れ抽出手法の開発にも多く取り入れられている^{2,3)}。しかし、これらの研究では大量の画像を学習させる必要があり、それらを学習するために高性能なコンピュータが必要となる。

そこで本研究では、ひび割れ画像全体ではなく黒画素領域ごとに特徴量を算出し、機械学習させることで、複雑な環境構築を行わずに機械学習を利用してひび割れを抽出する手法を提案する。そして、提案手法によるひび割れ抽出結果を既往の研究¹⁾による結果と比較する。

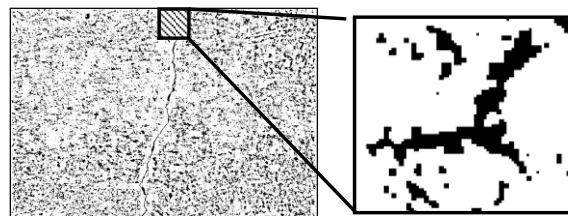
2. 提案手法

提案するひび割れ抽出手法は、前処理、本処理の順に行う。前処理では、背景除去処理をした後、二値化により黒画素領域を生成し、特徴量抽出を行う。本処理では黒画素領域ごとの特徴量を学習させた分類モデルにより、ひび割れか否か識別させる。ひび割れ分類モデルの学習は、教師あり学習で行う。

2.1 前処理

(1)メディアンフィルタによる背景除去処理

ひび割れ画像には、光や影などが含まれる場合がある。



二値化画像

黒画素領域

図-1 黒画素領域

メディアンフィルタにより背景画像を作成し、元画像から差分を取ることで、明暗差の影響を除去する。算出式を次式に表す。

$$I_d(i, j) = I(i, j) - I_m(i, j)$$

$$I_c = \begin{cases} I_d(i, j) / I_{d\min} \times 255 & (I_c(i, j) < 0) \\ 0 & (I_c(i, j) \geq 0) \end{cases} \quad (1)$$

$$I_a(i, j) = -I_c(i, j) + 255$$

ここで、 I_d は差分処理後画像、 I はコントラスト変換後の画像、 I_m はメディアンフィルタを適用した画像、 I_c は差分後にコントラスト変換を行った画像、 I_a は前処理後画像である。メディアンフィルタのサイズは検討の結果、 43×43 pixel とした。

(2)特徴量抽出

本研究では黒画素領域ごとに特徴量を算出するため、背景除去後の画像を二値化して黒画素領域を生成し、ラベリングを行う。算出した特徴量を以下に示す。

1つ目の指標として次式に示す縦横比 AR を求める。

$$AR = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \quad (2)$$

式(2)において、 $L_{\max}$ は黒画素領域の長軸長、 $L_{\min}$ は黒画素領域の短軸長である。縦横比 AR が大きいほど細長い領域となるため、ひび割れに近いことを表す。 $AR < 5.0$ のとき、黒画素領域を除去し、 $30.0 \leq AR$ のときひび割れと確定する。

輝度情報に着目する。二値化して生成された黒画素領域の輝度値を背景除去後の画像から抽出する。抽出した輝度値を用いて黒画素領域毎に作成した輝度ヒストグラ

キーワード 機械学習, ひび割れ抽出, 画像処理, コンクリート, 維持管理

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部 TEL. 0294-38-5151 FAX. 0294-38-5268

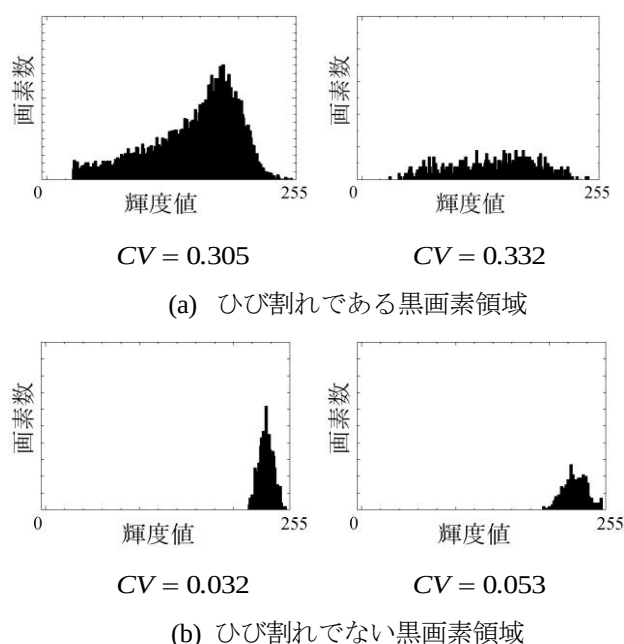


図-2 黒画素領域ごとの輝度ヒストグラム

図-2に示す。輝度ヒストグラムを見てみると、ひび割れである黒画素領域はひび割れでない黒画素領域に比べ、ばらつきがあることがわかる。この原因として、実構造物に凹凸がある場合、輝度差があり、輝度分布にばらつきが生じることが考えられる。そこで2つ目の指標として黒画素領域ごとの変動係数CVを次式より求める。

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \quad (3)$$

ここで、 σ はデータ群の標準偏差、 $\bar{X}$ はデータ群の平均値である。

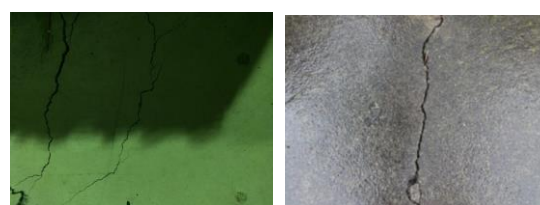
3つ目の指標として周辺の情報を取り入れる。縦横比が小さなひび割れは途切れたひび割れであると仮定し、周辺にひび割れと確定した黒画素領域の有無を特徴量に加える。ここで、周辺探索範囲は画像をブロックに区切り、黒画素領域が存在するブロックの8近傍ブロックとした。ブロックサイズはメディアンフィルタと同じサイズの 43×43 pixelsである。

2.2 本処理

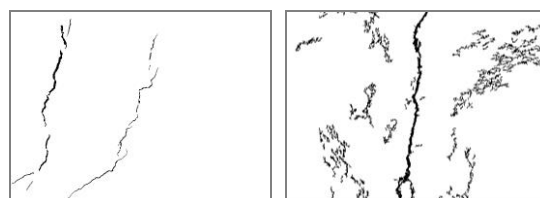
分類モデルの学習には、サポートベクターマシンを用いた。特徴量を学習させたひび割れ分類モデルによりひび割れ抽出を行った。

3. 結果

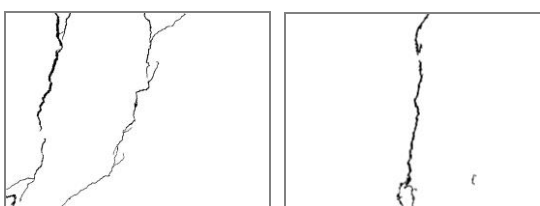
機械学習によりひび割れを抽出した結果を図-3に示す。濃淡差や汚れの影響を受けることなく、ひび割れを抽出することができた。画像サイズに依らず、ひび割れ抽出が可能であることを示した。



(a) 元画像



(b) 車谷ら¹⁾の手法



(c) 提案手法

図-3 ひび割れ抽出結果

(1980×1485 pixels, 1632×1224 pixels)

4. おわりに

本研究では、機械学習を用いてひび割れを自動で抽出する手法を提案した。濃淡差や汚れの影響を受けることなく、異なる画像サイズでもひび割れを抽出することができた。画像全体ではなく黒画素領域毎に学習させることで、大量の画像と複雑な環境構築を必要とせずにひび割れの自動抽出が可能であることを示した。

参考文献

- 1) 車谷麻緒, 中野葵, 渡辺ともみ: レベルセット関数を用いた形状評価によるコンクリート構造物のひび割れ自動計測, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.73, No.2, pp.29-36, 2017.
- 2) 河村圭, 児玉聖治, 村上慧季, 塩崎正人, 中村秀明: コンクリート壁面画像からのひび割れ抽出処理における抽出点指示手法, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.72, No.2, pp.93-102, 2016.
- 3) 全邦釘, 嶋本ゆり, 大窪和明, 三輪知寛, 大賀水田生: ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.73, No.2, pp.297-307, 2017.