

熱画像解析に資するコンクリート表面特性を考慮した画像クラスタリング法の提案

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○ 柴野一真
新潟大学大学院自然科学研究科 正会員 萩原大生
新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木哲也

1. はじめに

コンクリート構造物の欠陥検出に、面的な評価が可能なことから熱画像が利用されている。欠陥検出の根拠となる熱画像による表面温度は、気象条件、対象表面および内部の状態に依存する。熱画像はノイズを多く含んでいることから、コンクリート部の評価には、前処理として対象表面の抽出が必要となる。画像処理の効率化にはスーパーピクセルが用いられており、視覚的に類似な画素群を形成することで、後続処理である領域の分類精度が向上することが知られている¹⁾。

本研究では、画素群形成処理であるスーパーピクセルと教師なしのクラスタリング手法を用いることで、対象表面を評価対象であるコンクリート部、打継目部、鉄筋部および植生部に分類し、コンクリート表面状態による温度トレンドの違いを考察した。

2. 実験および解析方法

2.1. 画像取得施設と方法

画像計測は供用 48 年の鉄筋コンクリート道路擁壁である。損傷状態は断面欠損、ひび割れ、浮きが確認された。画像計測は Matrice210 に Zenmuse XT2 を搭載して行った。画像取得は 8 時から 16 時の間 2 時間おきで取得した。取得された画像には、コンクリート部のほかに植生部、断面が欠損した箇所における鉄筋および孔が確認された（図-1）。

2.2. スーパーピクセルとクラスタリング

スーパーピクセルとは画素情報と座標情報を用いてクラスタリングを行うことで、近傍の類似画素を一つの画素群として分類できる手法である²⁾。このことにより、データサイズの削減と表面分類精度の向上が期待できる。主な教師無しクラスタリングは、以下の手順によって行われる（図-2）。Fig.2 に示すのは、2 変数における分類である。得られた画像情報

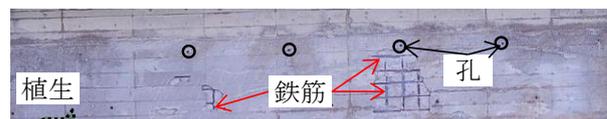


図-1 対象とするコンクリート道路擁壁の表面

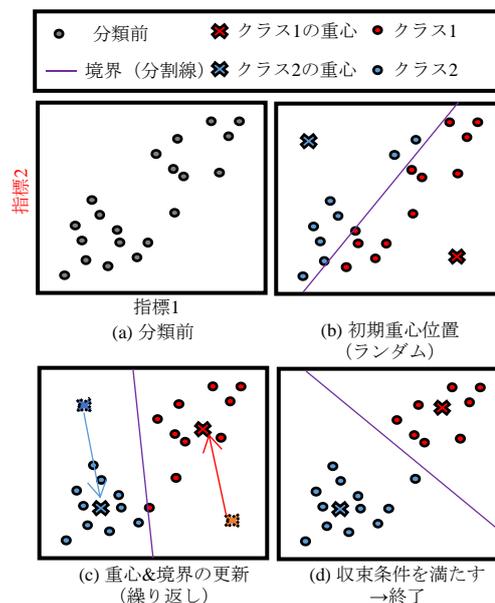


図-2 二変数の教師無しアルゴリズムの手順

の指標 1 と指標 2 は、図-2 (a)に示すように分布している。初期の重心位置からユークリッド距離に基づいて各画素にクラスを付与する（図-2 (b)）。重心と境界を更新し（図-2 (c)）、変化量が収束条件を満たしたら、終了する（図-2 (d)）。以上の手順で、近傍において類似色の画素がまとまり、スーパーピクセルが生成される。

最後に画像情報を用いて画像の分類を行った。ミーンスフトクラスタリングはノンパラメトリックなクラスタリング手法の一つであり、特徴空間内でのクラスタ形状の拘束が少ない。ミーンスフト法はカーネルを用いることで、k-means 法と比較してデータの外れ値やノイズに頑強な推定が可能である。本研究で用いた画像は、各クラスのデータサイズにばらつきがあり、複雑な特徴空間であるため、ミーンスフ

ト法を採用した。本検討では、可視画像の色相、彩度、明度および熱画像の表面温度を用いた。

3. 結果および考察

3.1. スーパーピクセル生成結果

生成されたスーパーピクセルの境界線を図-3 に示す。断面欠損した箇所や打継目部でスーパーピクセルが集中していることが確認された。これは、断面欠損や打継目部では画素値が局所的に変動し、異なるスーパーピクセルとして生成されたためであると考えられる。データサイズは、586,656 画素から 33,285 画素群となり、計算負荷の低減が示唆された。平均化された色を割り当てたスーパーピクセルを図-4 に示す。画像の大まかな特徴を残し、細かなノイズが減少したと考えられる。

3.2. ミーンシフトによる分類結果

ミーンシフトによる表面分類結果を図-5 に示す。クラスタ数は 8 となり、目視でコンクリート、植生部、鉄筋部および打継目部に分類を行った。植生部および断面欠損箇所の鉄筋部は、分類されていた。打継目部は濃淡と周辺の色状況から、左上部分は分類されたが、解析面全体で分類はできなかった。

3.3. 表面状態別の表面温度トレンド

表面分類結果に基づいた熱画像による表面温度トレンドを図-6 に示す。擁壁の立地により右肩上がりの温度変化となった。平均では、コンクリート、鉄筋部、打継目部、植生部の順で表面温度が大きかった。損傷の対象であるコンクリート部は、表面温度最大時に大きなばらつきを持ち、クラスタリングによる分類は損傷評価の前処理として有効であることが示唆された。加えて、擁壁上部の笠コンクリートの影の影響もあり、16 時には表面温度の範囲が大きくなった。

5. おわりに

熱画像によるコンクリートの損傷評価を試みた。画像にはコンクリート以外の情報も含まれていることから、熱画像の前処理として、表面を分類した。画素群形成処理であるスーパーピクセルと教師なしのクラスタリング手法を用いることで、対象表面を評価対象であるコンクリート部、打継目部、鉄筋部および植生部に分類した。検討の結果、データサイズの減



図-3 生成されたスーパーピクセルの境界線



図-4 平均化された色を割り当てたスーパーピクセル



■ コンクリート ■ 植生部
■ 鉄筋部 ■ 打継目部

図-5 ミーンシフトによる表面分類結果

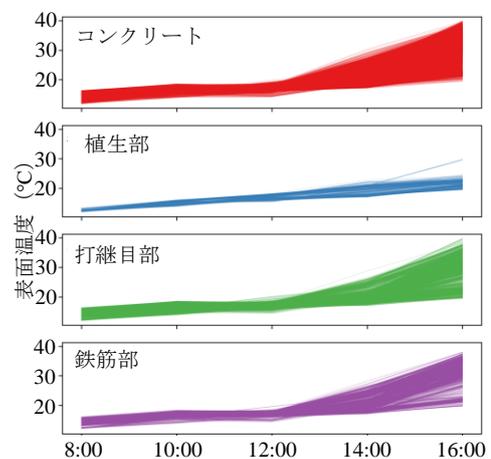


図-6 表面分類結果に基づいた熱画像による表面温度トレンド

少とクラスタリング精度の向上が示唆された。ミーンシフトによる分類では、コンクリート、植生部、鉄筋部および打継目部に分けられ、評価対象の表面温度を抽出することが可能であった。熱画像は表面状態によってとりうる温度が異なり、表面分類は損傷評価の前処理として有効であることが示唆された。

参考文献

- 1) Chen, J. and Liu, D., Bottom-up image detection of water channel slope damages based on superpixel segmentation and support vector machine, *Advanced Engineering Informatics*, 47, 101205, 2021.
- 2) A. Vedaldi and S. Soatto, Quick Shift and Kernel Methods for Mode Seeking, *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 705-718, 2008.