

可視・赤外線画像のスーパーピクセルと機械学習による  
コンクリートブロックの表面変状検出

Surface Deterioration Detection of Concrete Block by Superpixel and Machine Learning  
with Visible and Infrared Image

○柴野一真\*・鈴木哲也\*\*・木村匡臣\*\*\*・大野健太郎\*\*\*\*

○Kazuma SHIBANO \*, Tetsuya SUZUKI \*\*, Masaomi KIMURA \*\*\*, and Kentaro OHNO\*\*\*\*

## 1. はじめに

コンクリート水利施設の維持管理において、効率的な変状の把握が技術的課題となっている。筆者らは、画像クラスタリングと熱収支モデルによる赤外線画像を用いた損傷同定の精度改善を試みている<sup>1),2)</sup>。本研究では、可視・赤外線画像から得られる情報によりコンクリート表面変状の検出を目的とした。本検討では、情報損失を抑えつつ計算コストを低減する目的でスーパーピクセルを生成し、画像と温度情報の確率分布に基づく分類を行う目的で教師なし機械学習手法を導入した。本検討における表面変状とは、遊離石灰である。

## 2. 実験・解析方法

### 2.1. 対象構造物と取得画像

対象は1967年に竣工したコンクリートダム堤体の一部である。可視画像と赤外線画像はそれぞれデジタルカメラWG-40W(RICOH), InfReC R550Pro(日本アビオニクス株式会社)により取得した。可視画像と赤外線画像の融合は特徴点マッチングにより行い、画素数をそろえるため、線形補間を行った。画像内に含まれる検出対象でない植生部とチョーク部をノイズと定義した。分類対象とするセグメンテーションのクラスは健全部、チョーク部、打継目部、遊離石灰部、植生部とした。

### 2.2. スーパーピクセル生成

スーパーピクセルの生成には、Quickshiftを用いた。Quickshiftは局所画素内の色(RGB)と座標(x,y)の5次元の空間に対して、Meanshiftの近似を行う手法である。Meanshiftは密度関数の極大点を探索する手法である。予備検討の結果、打継目の境界追従性に関して適していたため、Quickshiftを採用した。

### 2.3. 領域隣接グラフによる類似したスーパーピクセルの結合

領域隣接グラフにより類似したスーパーピクセルを結合した。スーパーピクセル内における色情報の平均値と、隣接のスーパーピクセル内の平均値との差を算出した。平均値の差が閾値より低いスーパーピクセルのペアを結合した。既往研究では、類似スーパーピクセルの結合により、ノイズに対する誤検出が減少し、計算コストが削減されることが確認されている<sup>3)</sup>。

### 2.4. Meanshiftによるクラスタリング

可視画像の色情報と赤外線画像から得られる表面温度情報を用いて、Meanshiftクラスタリングを行った。Meanshiftクラスタリングによるクラスタ数はカーネル密度関数の最頻値の数に対応するため、他の手法と異なり、事前にクラスタ数を設定する必要がないという特徴がある。

\* 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

\*\* 新潟大学自然科学系(農学部) Faculty of Agriculture, Niigata University

\*\*\* 近畿大学農学部 Faculty of Agriculture, Kindai University

\*\*\*\* 東京都立大学大学院 都市環境科学研究科 Civil and Environmental Engineering, Tokyo Metropolitan University

キーワード: コンクリート, 表面変状検出, 可視・赤外線画像, スーパーピクセル, 教師無し機械学習

### 3. 結果および考察

#### 3.1. スーパーピクセルの生成と結合

図-1 にスーパーピクセル生成結果を示す。円形のチョーク部では、輪郭に沿ってスーパーピクセルが生成されているのが確認された。図-2 に類似スーパーピクセルの結合結果を示す。元の画素数は 1,300,000 pixels, 結合前のスーパーピクセル数は 3,497, 結合後のスーパーピクセル数は 1,130 であった。領域隣接グラフにより、データサイズが減少し、計算コストの減少と冗長性の削減に寄与した。

#### 3.2. クラスタリング結果

図-3 にクラスタリング結果を示す。クラス数は 8 つであった。目視で分類した結果、健全部（白・灰色・黒）、遊離石灰部、チョーク部、植生部、打継目部に分類可能であった。チョーク部と遊離石灰部において、一部誤分類が確認されたが、ノイズ（チョーク部、植生部）を除いて、健全部、打継目部および遊離石灰部が分類可能であることが確認された。

#### 4. おわりに

本報では、可視・赤外線画像のスーパーピクセルを用いて、教師無し機械学習手法により、コンクリートの表面変状を検出した。その結果、スーパーピクセルと領域隣接グラフを用いることでデータサイズが減少し、ノイズの分類が可能となった。可視・赤外線画像の情報を用いた効率的な表面変状検出の可能性が示唆された。

#### 謝辞

本研究はダム工学会交流研究事業の一環で実施されたものである。ここに記して謝意を表す。

#### 引用文献

- 1) 渡辺月子, 萩原大生, 木村匡臣, 鈴木哲也 (2020) : 熱収支モデルによるコンクリートの赤外線計測精度の改善, 農業農村工学会全国大会講演要旨集, pp. 521-522.
- 2) 島本由麻, 鈴木哲也 (2023) : ヒストグラム平坦化を活用した道路橋床版での遊離石灰の自動検出に関する解析的検討, 農業農村工学会論文集, 91(1), I\_69-I\_76.
- 3) Yi, X., Zhang, R., Li, H. and Chen, Y. (2019): An MFF-SLIC hybrid superpixel segmentation method with multi-source RS data for rock surface extraction, Applied Sciences, 9(5), 906.



図-1 スーパーピクセル生成結果

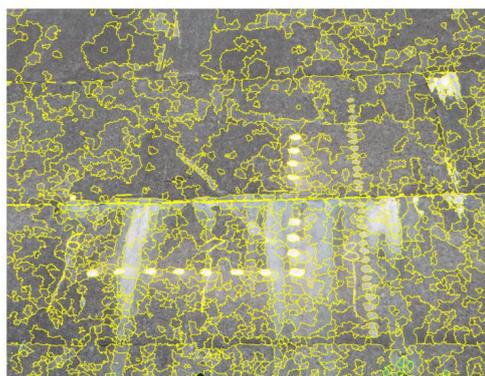
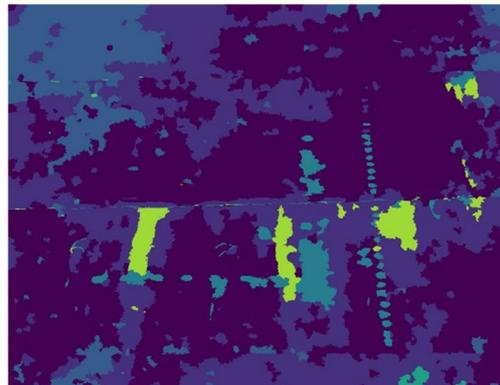


図-2 類似スーパーピクセルの結合結果



凡例

健全部 (白)	健全部 (灰色)
健全部 (黒色)	遊離石灰部
チョーク部	植生部
打継目部	

図-3 クラスタリング結果