

二段階の決定木を用いたコンクリート表面のひび割れ検出手法の提案

愛媛大学大学院 学生会員 ○嶋本ゆり 正会員 大賀水田生 正会員 全邦釘

1. 序論

我が国では、高度経済成長期に社会資本が集中的に建設された。そして現在、それらの多くで老朽化が進み、更新の時期を迎えている。限られた予算の中で、莫大な数の社会資本を適切に維持管理していくには、定期的に点検を行い状態を評価する必要がある。コンクリートの主要な損傷事例であるひび割れは、構造物の点検の際、重要な指標となる。現在、ひび割れ点検の多くは、点検員による近接目視やスケッチによって行われている。しかし、これらの手法では点検員の技量や経験に点検結果が左右されたり、見落とし等的人為的ミスが発生したりする可能性がある。また、点検作業時の道路交通への影響も大きい。そこで、本研究では画像処理と機械学習を用いてコンクリート表面のひび割れの自動検出手法を提案する。本手法では、機械学習手法の1つである決定木を二段階にわたって使用することで、従来の手法では取り除けなかったノイズを取り除き、検出精度を向上させることを目的とした。同時に、ひび割れの可視化システムの構築も行った。これによって、一目で幅の広いひび割れの有無や場所を迅速に確認でき、検出結果を利用する際、さらなる効率化が期待できる。

2. 決定木の概要

本手法で用いた決定木¹⁾とは、図-1のような木構造をしており、与えられたデータの特徴量を用いて分岐を多段階作成し識別境界を得る方法である。今回は、特徴量の大小からひび割れであるかどうかを判断し、クラス分けを行う。本研究では決定木の学習に、データの特徴量として、ひび割れの面積や偏心率といった形状の特徴量と、濃淡の特徴量を用いた。また、正解のクラスレベルとして、撮影した画像をあらかじめ、著者らの目でひび割れ部分と、ひび割れでない部分（背景部分）の2クラスに分類したものをを用いた。

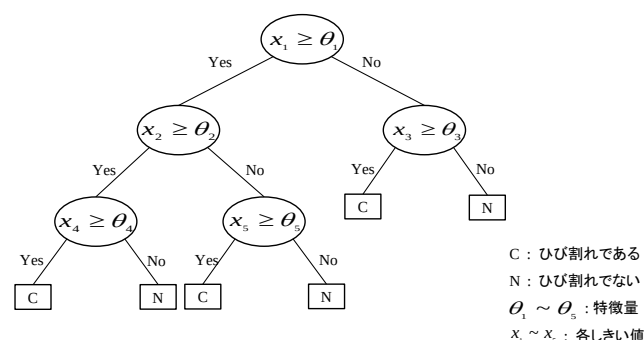


図-1 決定木の例

3. ひび割れ検出

本手法では二段階にわたる決定木を構築した。一段階目は、学習データとして、面積や偏心率といった形状の特徴量およびメディアンフィルタ、ガウシアンフィルタ処理後の画素値を用いた。このように学習に多くのパラメータを用いることで、ひび割れ部分の大半は検出できる。一方で、ひび割れに似た形状や色を持つ汚れや影の部分も、ひび割れとして検出してしまう。よって二段階目では、一段階目の検出結果からひび割れ部分の面積と偏心率のみを抽出し、それらを学習データに用いて決定木を作成する。一段階目では1画素ごとに特徴量を算出し、学習させたのに対し、二段階目では、ラベルごとに特徴量を算出し、学習させている。一般的に、ひび割れは一定面積以上連結して存在し、線形である。一方で、一段階目で発生したノイズは比較的面积が小さく、線形でないことが多い。よって、形状の特徴量のみを用いて決定木を作成することで、ひび割れ部分は残したまま、ノイズ部分のみを減らすことが可能である。

4. ひび割れ幅の可視化

今回、ひび割れ幅の可視化システムの構築も行った。ひび割れは、幅によって構造物に及ぼす影響の大きさが異なるため、コンクリート構造物の点検において、ひび割れ幅の把握は必須である。まず、検出結果画像から、ひび割れ部分のエッジおよび中央線を抽出する。そして、中央線上の画素を注目画素

とし、注目画素から最も近いエッジ上の画素を探す。この2画素間の距離を算出し、この処理を、中央線上のすべての点で行う。そして最後に、幅によって適切な色を振り分け可視化を行う。

5. 検出結果

図-2 から図-5 に検出結果を示す。図-3、図-4 から分かるように、決定木一段階目の結果でみられたノイズが、決定木二段階目の結果では大幅にノイズを取り除くことができている。また、図-5 から分かるように、概ねひび割れ幅の大小によって色分けができている。



図-2 撮影画像

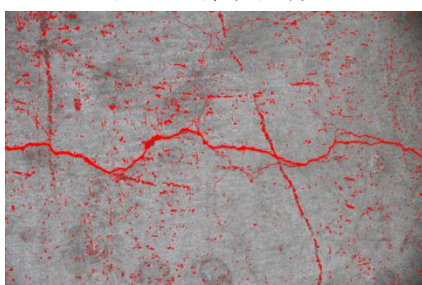


図-3 決定木一段階目検出結果



図-4 決定木二段階目検出結果

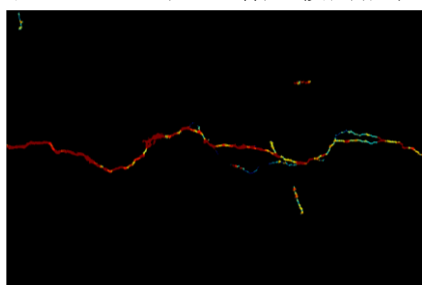


図-5 ひび割れ幅の可視化結果

次に、適合率・感度・特異度²⁾の3指標によって本手法の検出結果、および比較対象として大津の方法³⁾による二値化結果を評価した(表-1)。ここで、感度は正解画像におけるひび割れ画素の中でどの程度結果においてもひび割れとして検出されたかという割合、特異度は正解画像において背景画素の中でどの程度結果においても背景画像として検出されたかという割合、適合率は画像でひび割れ画素として検出された中でどの程度正解画像においてもひび割れ画素であったかという割合として定義される。表-1 から分かるように、感度と適合率の調和平均である F 値において大きな差が付いている。このように定量的な検討においても本研究の提案する手法は精度よくひび割れを検出することができていることが分かった。

表-1 本研究の手法と大津の方法の比較

	本研究の手法	大津の方法
感度	0.7728	0.9524
特異度	0.9958	0.6336
適合率	0.5319	0.0139
F 値	0.5776	0.0269

6. 結論

本研究では、決定木に二段階にわたって用いることで、コンクリート表面のひび割れを自動検出する手法を提案し、その精度について確かめた。二段階目で形状の特徴のみを用いることで、ノイズを大幅に減らすことが可能となった。また、ひび割れ幅の可視化も行うことができた。今後、ひび割れの場所や幅の検出だけでなく、そのひび割れの種類も自動判定が可能なシステムの構築を目指す。

参考文献

- 1) 平井有三：はじめてのパターン認識，森北出版株式会社，pp.176-184，2012.
- 2) 藤田悠介，中村秀明，浜本義彦：画像処理によるコンクリート構造物の高精度なひび割れ自動検出，土木学会論文集，No.3/V-66，pp.459-470，2010.
- 3) 大津展之：判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法，電子通信学会論文誌，Vol.J63-D，No.4，pp.349-356，1980.