

デジタルカメラ画像を用いたコンクリートひびの幅と長さの自動計測

(株)NTT データ 正会員 石川 裕治* 布留川 信悟* 宮崎 早苗*
 横浜国立大学 正会員 佐々木 栄一**
 東京工業大学 フェロー 三木 千壽***

1. はじめに

現在、橋梁やトンネルなど、コンクリート構造物においては、経年劣化が進行しており、ひび割れの状況などを把握することが、維持管理上極めて重要となっている。特に、ひび割れは、最重要検査項目のひとつであるが、現状行われている目視点検では、広範囲を一括して対象とすることができず、その効率化が重要視されている。本研究では、コンクリート構造物におけるひび割れの情報を、センサにより広範囲にわたって一括取得し、遠隔地に転送し、自動分析する、ひび割れ自動検知・計測モニタリングシステムの構築を目的とする。

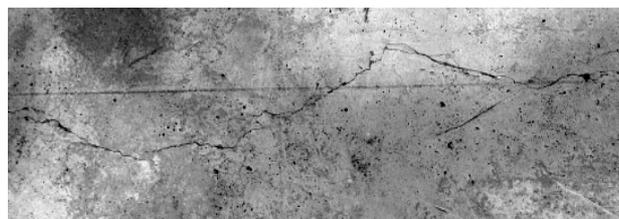
ひび割れを検知するためのセンサとしては、面的に情報を取得できるデジタルカメラが有効である¹⁾。画像から物体の傷や亀裂を自動検知する技術は既に生産ラインにおける製品検査に広く利用されている。ただし、製品検査では傷の有無が部分的に検知できれば十分なのに対し、コンクリート構造物の維持管理ではひび割れの進展状況をもとに対処方針を決定するため、ひびの幅と全長を計測する必要がある。しかし、これまでの研究ではひび割れの自動『検知』を目的としており、幅や長さの自動『計測』までを念頭に置いて手法の提案や実験を行っている研究は少ない。

本研究では屋外での画像取得手段としてデジタルカメラを利用し、その画像からひび割れを抽出して幅と長さを自動計測する手法を示す。本稿では閾値処理によって線分を断片的に取得し、それらを連結してひび割れ全体を抽出する方法を示す。3つの連結手法に関して実画像による評価実験を行い、コンクリートのひび割れの抽出に対して効果的な手法を明らかにする。

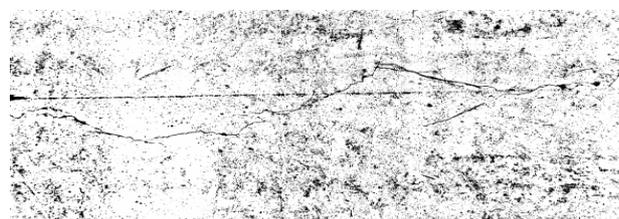
2. 抽出手法の検討

画像からの線分抽出にはエッジ検出と閾値処理が基本的な手法として挙げられる。一般にひび割れ部分は画像中に低い画素値として得られる。そのため、閾値処理によってひび割れ部分に含まれる画素を抽出でき、ひび割れの幅や長さを画素数で直接計測できるメリットがある。しかし図1(a)に示すように屋外構造物ではひび割れ以外の部分の画素値が均一でないことが多く、濃度のムラを補正しても依然としてひび割れ部分以外に多くのノイズが残るといった問題がある(図1(b))。

そこで、閾値処理によって線分を断片的に抽出し、それらを連結後、長い線分だけを残すことでノイズを除去するというアプローチをとる。本稿ではひび割れの抽出に対して有効と考えられる下記の3つの連結判定手法について比較実験を行う。実験では閾値処理後、以下に示すいずれかの手法で線分を連結し、長さが一定以上の線分を残すことでひび割れ部分を抽出する。



(a) 原画像



(b) 閾値処理後の画像

図1: ひび割れ画像の例

キーワード: ひび割れ、デジタル画像、画像処理、コンクリート構造物

* 〒104-0033 東京都中央区新川1-21-2 茅場町タワー TEL 03-3523-8080 FAX 03-3523-8150
 ** 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7 TEL 045-339-4041 FAX 045-339-4565
 *** 〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1 TEL 03-5734-2596 FAX 03-5734-3578

【手法A】 Closing 演算（窪みを突き出す効果を持つ2値画像フィルタ）を複数回適用し、近隣の断片線分を連結する。

【手法B】 閾値を下げて再度閾値処理を行い、断片線分ペアの間に薄く線が残っている場合に連結する²⁾。

【手法C】 エッジ検出によって連結性の判定を行い、連結が必要とされた断片線分ペアのエッジ線上で、閾値を下げて線分の再抽出を行って連結する³⁾

3. 抽出手法の比較評価実験

実験では、600万画素のデジタルカメラ(Nikon D70)でひび割れが生じたコンクリート壁面(3地点)を撮影し、各手法で抽出処理を行って結果を比較した。ひびの幅を計測するために解像度を0.1mm/画素とし、対象物の撮影領域を30cm×20cmとした。撮影した画像から上記の各手法A～Cを用いてひび割れを抽出した。図1と同じ地点の抽出結果を図2に示す。手法Aでは図2の で示す広い間隔の欠落部分では連結できなかった。手法Bでは、ひび割れ部分だけでなく全体的に画素値が低い領域では不要な連結が生じていた(図2の)。手法Cでもエッジ抽出時に閾値を必要とするが、エッジ抽出は画素値の差を見ているため背景の濃淡ムラに影響されにくく、手法Bの問題を防ぐことができた。

図3に抽出結果の拡大図からひび幅を計測した例を示す。画素数からひび割れの幅と長さを自動で計測し、手法の定量的評価を行った。ひびの幅に関しては3段階(細:0.1mm～0.5mm, 中:0.5mm～1.0mm, 太:1.0mm～)に分類し、正しく分類できた割合を算出した。一方、長さについては抽出できた部分を全体の長さに対する割合として示した。評価結果を表1に示す。手法Aでは抽出が不足しており、手法Bでは細いひびの幅の計測精度が低かった。それに対し、手法Cでは幅と長さの両面で良好な計測結果が得られた。

4. まとめ

本稿ではデジタルカメラ画像からのひび割れ計測を目的として、線断片の連結を基本アプローチとし、複数の手法に関して実画像を用いた評価実験を行った。その結果、閾値処理結果をエッジ情報で補完する手法が抽出精度の改善に有効であることが分かった。今後は、より多数の対象物に対する撮影実験を行い、照明条件や検出精度の面から抽出手法の適用範囲を明確にする予定である。

謝辞 コンクリート試験体をご提供いただきました東京工業大学の二羽教授に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 川合 一嘉他：CCDカメラシステムによる橋梁点検技術の検討 土木学会第56回年次講演会
- 2) 山田 守他：構造物表面のひび割れ計測方法 特許公開広報 特開2000-002523号
- 3) N. Pararoditis 他：“Building Detection and Reconstruction from Mid- and High-Resolution Aerial Imagery”, Computer Vision and Image Understanding, Vol.72, No.2, pp. 122 - 142, 1998

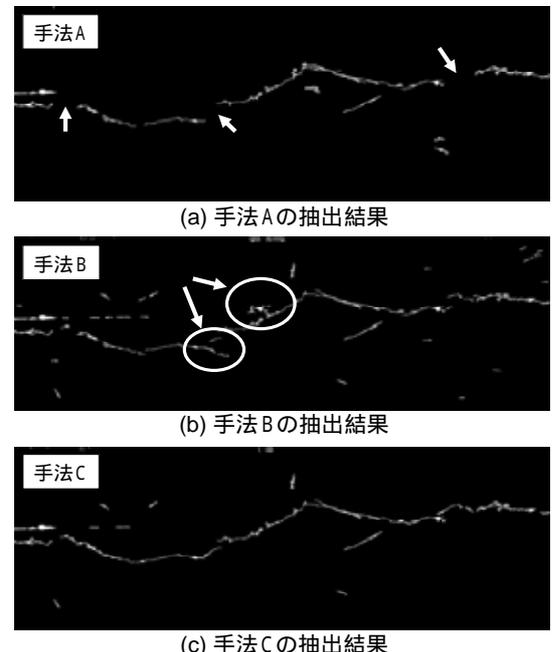


図2:各手法の抽出結果

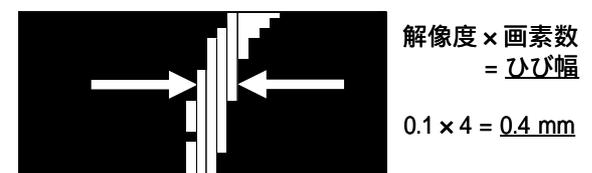


図3:ひび幅の計測結果

表1 抽出結果に対する評価

手法	ひび幅の正解率 [%]			全長に対する抽出率 [%]	総合評価
	細	中	太		
手法A	89.6	80.2	81.6	75.6	×
手法B	43.2	67.0	87.5	93.5	
手法C	90.5	84.3	85.3	95.4	