

## デジタルカメラ画像からの不規則線分抽出手法の一検討

石川 裕治<sup>†</sup> 布留川 信悟<sup>‡</sup> 宮崎 早苗<sup>†</sup><sup>†</sup>株式会社NTTデータ 技術開発本部<sup>‡</sup>NTTデータ クリエイション株式会社 システム事業本部

## 1. はじめに

画像から物体の亀裂を検知する技術は生産ラインにおける製品の自動検査に広く利用されている。こうした技術をビルや橋梁など大規模構造物の亀裂検知に適用し、点検業務の省力化や評価基準の統一を図ることが期待されている<sup>1)</sup>。物体の亀裂は方向や曲率が不規則に変化する線分（以下、不規則線分）として画像に取得される。製品検査では亀裂の有無が部分的に検知できれば十分なのにに対し、構造物監視では亀裂の進展状況をもとに対処方針を決定するため、亀裂の幅と全長を計測する必要がある。画像からの線分抽出手法は多数提案されており、製品検査レベルでは利用可能であるが、幅の計測を含めた不規則線分の抽出に効果的な手法は明らかになっていない。

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、その画像から不規則線分を自動抽出することを目的とする。本稿では閾値処理によって線分を断片的に取得し、それらを連結して亀裂全体を抽出する方法を採る。既存の3つの連結手法に関して実画像による評価実験を行い、不規則線分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。一般に亀裂部分は画像中に低い画素値として得られる。そのため、閾値処理では亀裂部分に含まれる画素を抽出でき、亀裂の幅を画素数で直接計測できるメリットがある。しかし図1に示すように屋外構造物では亀裂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亀裂部分以外に多くのノイズが残るといふ問題がある。

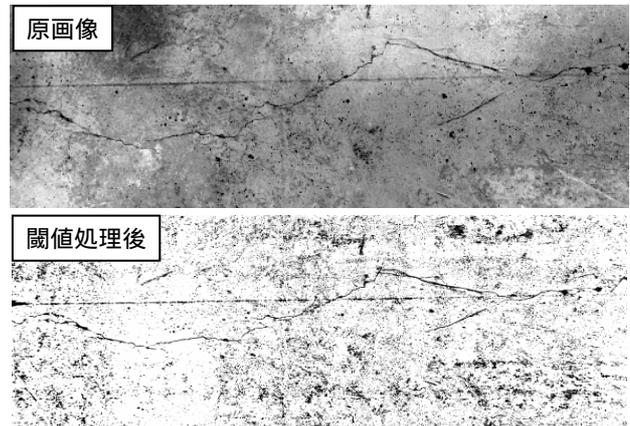


図1: 不規則線分の例

本研究では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。このアプローチでは断片線分のすべてのペアに対して連結するかどうかを判定する必要がある。具体的な方法に関しては応用分野ごとに多数提案されているが、その有効性はアプリケーションに依存している<sup>2)</sup>。例えば、航空写真から河川や道路を抽出する際にはSnakeを用いた手法が提案されている<sup>3)</sup>。しかし、この手法は線分の滑らかさを連結の判定に取り入れており、不規則線分の抽出には適していない。

本稿では不規則線分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。各手法では閾値処理後、以下の処理を行い、長さが一定以上の線分を残すことで亀裂部を抽出する。

手法A: モフォロジ演算手法

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: 複数閾値を用いる手法

閾値を下げて再度閾値処理を行い、断片線分ペアの連結性を判定する。

手法C: エッジ情報を用いる方法<sup>4)</sup>

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う。

A Study of Irregular Line-segment Extraction Using Digital Cameras  
<sup>†</sup>Yuji Ishikawa and Sanae Miyazaki  
 NTT DATA CORPORATION, Research and Development  
 Headquarters  
<sup>‡</sup>Shingo Furukawa  
 NTT DATA CREATION CORPORATION, Systems Sector

### 3. 抽出手法の比較評価実験

実験ではひびが生じたコンクリート壁面（3地点）を 600 万画素のデジタルカメラ(Nikon D70)で撮影した。ひびの幅を計測するために解像度を 0.1 mm/画素とし、対象物の撮影領域を 30cm × 20cm とした。撮影した画像からひび部分の不規則線分を上記の各手法を用いて抽出した。図 1 と同じ地点の抽出結果を図 2 に示す。

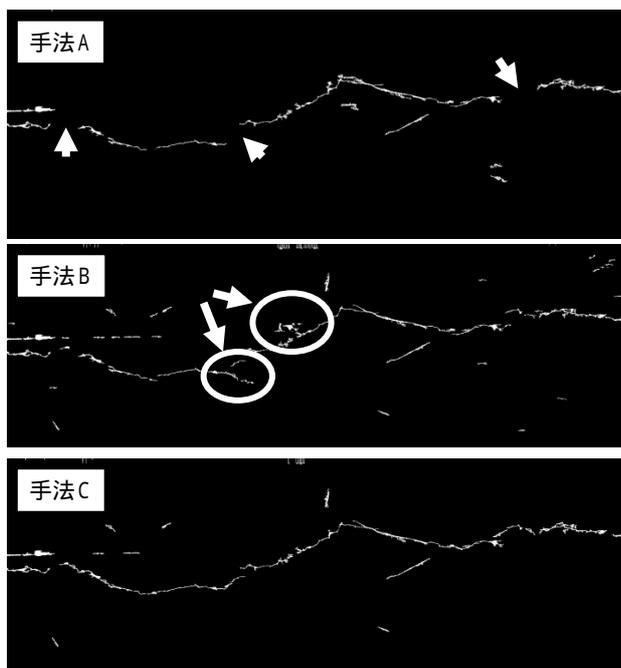


図2:各手法の抽出結果

手法 A では Closing 演算の回数分の画素間隔でしか連結できず、図の のような長い距離の切断部では連結できなかった。演算回数を増やすと断片線分近隣のノイズと連結してしまい、線分幅が正しく計測できないという問題が生じた。手法 B では、断片同士が離れていても原画像に薄く線が残っていれば連結することができた。しかし、線分以外の領域でも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（図の）。閾値を変更して複数の実験を行ったが、抽出の過不足が生じない閾値を見つけることは困難であった。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、背景の画素値の影響が少なく、手法 B と比較して良好な結果が得られた。

次に各手法の処理時間について評価を行った。線分断片数が 1284 個の画像において、各手法の処理時間を表 1 に示す。実験は Pentium 4 (2.4GHz)、メモリ 512MB の PC で行った。手法 B や C では大幅に処理時間が増加しているが、これは断片線分間の連結性を各ペアについて判

表 1:各抽出手法の処理時間

抽出手法	A	B	C
時間 [秒]	11	354	452

定しているため、断片線分数の二乗の計算量が必要となったためと考えられる。

現状のデジタルカメラの解像度は最高でも 800 万画素であり、0.1 mm 幅の線分を検出するには 1 回の撮影範囲を 0.08 m<sup>2</sup> 以下にする必要がある。大規模建造物の監視では検査範囲が広いため処理対象となる画像枚数の増加が予想される。この問題に対しては、広い範囲を撮影した画像から手法 A のような処理時間が短い手法によって亀裂の発生領域を特定し、ズーム撮影した画像に対して手法 C で抽出処理を行うべきであると考えられる。

### 4. おわりに

本稿ではデジタルカメラ画像からの不規則線分抽出を目的として、線分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、エッジ情報の利用が抽出精度の改善に有効であることが分かった。同時に処理時間の観点から手法の適用方法に関して検討を行った。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三木研究室の二羽教授に、また、貴重な助言を頂きました同大学の佐々木助手に、深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 岡田他 “走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究(その3)”, 土木学会第 56 回講演集, pp.832-833, 2001
- 2) 高木幹雄・下田陽久監修 “新編 画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会, 2004
- 3) H. Zhao et al. “Semi-Automatic Road Extraction from High-resolution Satellite Image” ISPRS Commission III, Vol.34, Part 3A, pp.406-411, 2002
- 4) N. Pararoditis “Building Detection and Reconstruction from Mid- and High-Resolution Aerial Imagery”, CVIU, Vol.72, nNo.2, pp. 122-142, 1998