

画像解析によるクラック検出・計測の自動処理化

東京大学大学院 学生員 ○西川 貴文
東京大学大学院 正会員 阿部 雅人

山梨大学 正会員 吉田 純司
東京大学大学院 フェロー 藤野 陽三

1. はじめに

画像は、可視情報を精緻に記録可能なため、従来の観測作業に加え、定量的な把握を行なうことが可能である。そのため、これまで点計測において計測点数を増やすことで計測精度を確保してきたような、不連続部分が不特定位置に発生する対象においても、面計測によって精緻な計測を行なうことが可能となる。その意味で、不特定な箇所や方向に進展するコンクリートのクラックは、画像計測の特長を活用することが期待される計測対象である。

本報告では、平滑化や鮮鋭化などの前処理によるクラック検出から、クラック幅などの計測までの一連の処理を自動的に行ない、クラック計測時間の短縮、汎用性ならびに信頼性の確保を図る処理システムの構築に関して述べる。

2. 前処理の自動化

クラックの検出には主に、クラックと背景画像との階調差を利用する。そのため、背景画像に含まれる雑音を極力抑えるための平滑化処理を行なう必要があるが、その前処理の手法の選定は、原画像における抽出対象の形状や背景の状態によって一様ではなく、また、画像解析を行なう技術者によってもその選択は多種多様である(図-2)。そのため、計測対象に進展するクラックを時系列的に連続して追跡する場合、その検出・計測処理に要する時間及び労力は計り知れないものとなる。このように、試行錯誤的で非効率的である前処理を、短時間で容易かつ汎用的なものとするために、「原画像に施す最適な処理を選定、探索する最適化問題」として数値計算的に自動処理を行なう。

(1) 遺伝的アルゴリズム(GA)の利用

GA を用いて上記の最適化問題を解く。あるクラック画像の特徴をもとに学習・生成された解(前処理の組合せ)は、類似のクラック画像に対しても有効であるという仮定に基づき、クラックに加え、型枠の跡やマーキング等の背景画像が含まれるサンプル画像に対して最適解を探索し、得られた前処理を時系列的に連続した画像データに適用する。GA による解の進化シミュレーションは以下となる。

まず、サンプル画像として原画像、目標画像(人為的にクラックを抽出した画像)を用意する。

乱数的に選択された前処理を原画像に適用する。

で得られた処理画像と目標画像との差分が、その処理の評価値(適応度)となる。

再び に戻り、処理を繰り返し、その世代における最大適応度を持つ処理を、最適処理候補として格納する。

全世代において進化シミュレーションを行なった結果、得られた最適処理候補の中で最も優秀な解を最適な前処理とする。

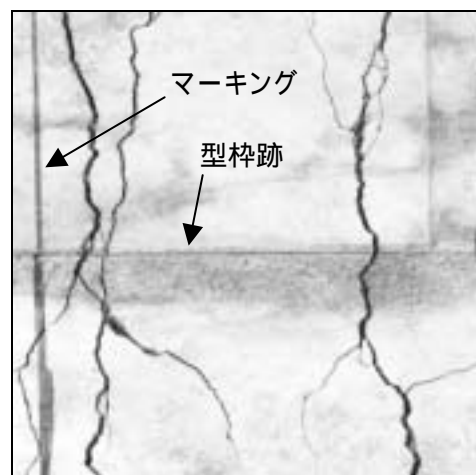


図-1 原画像

前処理方法
閾値 50 で 2 値化
閾値 100 で 2 値化
閾値 150 で 2 値化
閾値 200 で 2 値化
3×3 局所領域の平均値に置換
3×3 局所領域の最小値に置換
3×3 局所領域の最大値に置換
Sobel フィルタにより横(縦)方向に 1 次微分
Prewit フィルタにより横(縦)方向に 1 次微分
ラプラシアンによりエッジを明るく
ラプラシアンによりエッジを暗く
平均階調値より暗い画素を階調値 0
平均階調値より明るい画素を階調値 255
反転処理

図-2 前処理に用いられる処理例

キーワード: クラック, 画像計測, 画像処理, クラック幅の算出, 自動処理

連絡先: 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院社会基盤工学専攻 TEL03-5841-6099

本手法により、型枠の跡や表面の粗部が除去もしくは低減されつつも、クラックは幅の小さな先端部まで保存された処理画像を、効率的に得ることが可能となる(図-3)。

(2) 遺伝的プログラミング(GP)による汎用性の向上

さらに、より複雑な画像処理を必要とする対象に対応するために GP を用いる。GP は、最適化を行なう解として、分岐を有した構造(木構造)を扱うことができ、進化シミュレーションの段階における処理成功率、ならびに、得られる解(最適前処理)の汎用性の向上が図られる。

3. クラック幅算出の自動化

(1) 細線化処理

前処理によって得られた処理画像のクラックを、細線化処理によって線素として検出し、線素を構成する 3×3 局所領域内の画素座標をもとにクラック(幅)の方向の定義づけを行なう。

(2) クラック幅の方向定義

細線化画像を走査し、階調値が1である注目画素の 3×3 の近傍局所領域において、注目画素以外に階調値1の画素が2つ存在するような場合(図-5A)を対象とし、それらの画素座標から線形的に与えられるクラックの方向と注目画素座標を配列格納する。クラックの分岐点のような、注目画素以外に階調値1の画素が3つ以上存在する場合には、その方向が一意に定まらないため処理を無視した(図-5B)。

(3) クラック幅の算出

方向定義処理により格納された、画素座標と傾きの情報をもとに、処理画像(図-3)に対してクラック幅の算出を行なう。

局所領域 A(図-5)における注目画素は、処理画像においては図-6 に示すような状態である。その注目画素から、クラック幅方向に存在する最も外側のクラック画素(階調値1)の座標値と注目画素の座標値から、クラック幅を算出する。算出されたクラック幅は、注目画素座標値とともに、クラック情報として格納され、これらを集計することにより、計測対象のクラックに関するデータを任意に表示することが可能となる。

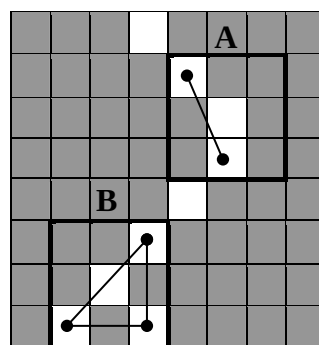


図-5 局所領域における方向

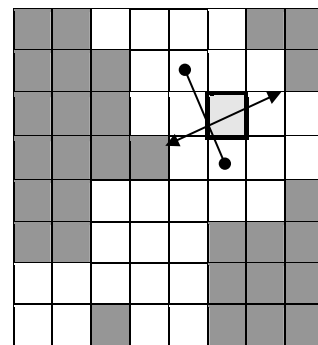


図-6 クラック幅の算出

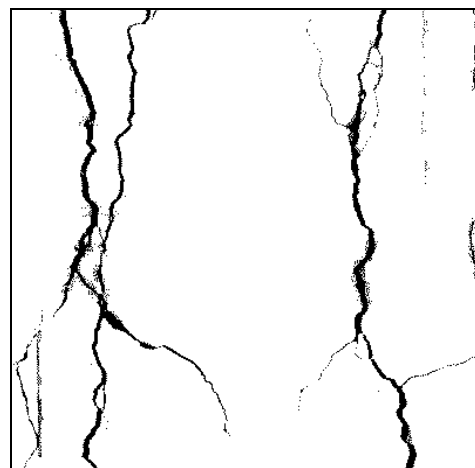


図-3 処理画像



図-4 細線化画像

4. まとめ

画像解析を用いて、コンクリートのクラック計測を自動化することを図った。クラック検出のための前処理に対して、処理手法の選定を最適化問題として問題設定を行ない、遺伝的アルゴリズムを適用することによって、前処理の大幅な省力化、ならびに有効な処理手法の選定を可能とした。さらに、前処理によって得た画像に対して細線化、クラック方向の定義処理といった段階処理を経ることで、クラック計測の自動化を図った。

参考文献

- 1) 高木幹雄他:画像解析ハンドブック, 東京大学出版会
- 2) 長尾智晴:進化的画像処理, 昭晃堂, 2002
- 3) 伊庭齊志:情報科学遺伝的プログラミング, 東京電機大学出版局, 2001