

橋梁点検ロボットカメラによる可視損傷検出のための画像処理手法の構築

長崎大学 学生会員 ○陶山茜 長崎大学 正会員 西川貴文
 長崎大学 正会員 中村聖三 長崎大学 正会員 奥松俊博

1. 背景と目的

我が国の社会基盤において最も多用されているコンクリート構造物に対しては、多岐にわたる変状に対する維持・管理が必要である。特にクラックは、安全性や機能性に大きな悪影響を及ぼす可能性があるため、定量的で再現性のある診断、評価が求められる。一方で、建設業界は技術者不足という課題を抱えているため、SIP¹⁾など、点検・診断の合理化に向けた取り組みが推進されている。本研究では、既に有用性が示されている複合画像フィルタ構築の手法²⁾を用い、橋梁の可視損傷を撮影・検出することを目的に開発され、実証研究が進められている橋梁点検ロボットカメラ(三井住友建設+日立産業制御ソリューションズ)の撮影画像に特化した可視損傷の自動画像検出アルゴリズムの構築を行う。

2. 検証用画像の選定

(1) 橋梁点検ロボットカメラの性能

レーザー距離計や照明を搭載し、暗所でも撮影できる高感度高機能カメラで、図1のように懸垂型と高所型があり、近接目視が困難な部位での撮影が可能である。点検対象を約92万画素(解像度1,280×720)で部分撮影し、一枚の画像にまとめることで高解像度画像を作成できる。



図1 橋梁点検ロボットカメラ

(2) 検証用画像の選定

橋梁点検ロボットカメラが撮影したコンクリート構造物の画像(約900点)の中から、複合画像フィルタの妥当性を検証するための画像(以下、検証用画像)を14点選定した。点検の対象となるコンクリート構造物の表面



図2 検証用画像の一部

は様々な特徴を持つため、それらを考慮しながら検証用画像を選定した。その一部の例と特徴を図2に示す。

3. 複合画像フィルタの概要

(1) 進化的計算法を用いたフィルタの構築

フィルタの構築では、クラックを含む画像を切り出した原画像と、原画像から抽出対象のみ示された目標画像、目標画像と強く一致することが求められる部分に重みづけした重み画像をセットとした教師画像を用意し、進化的計算法の一つである遺伝的プログラミング(GP: Genetic Programming)によって最適解を学習させる、教師あり学習の手法を用い

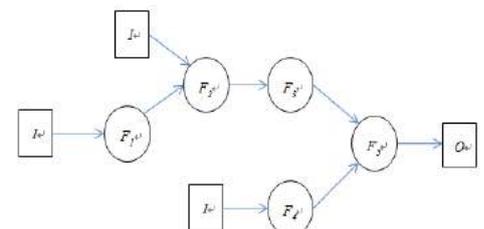


図3 木構造状フィルタの概要

ている。GPは、図3のように単純な画像演算関数を木構造状に組み合わせた画像処理で得られる出力結果と目標画像の差異を最小化することで、画像処理の組み合わせの最適化を行う。目標画像は対象となるクラックを手作業で抽出した画像である。ただし、 I : 原画像, F_i : 画像演算関数, O : 結果画像である。

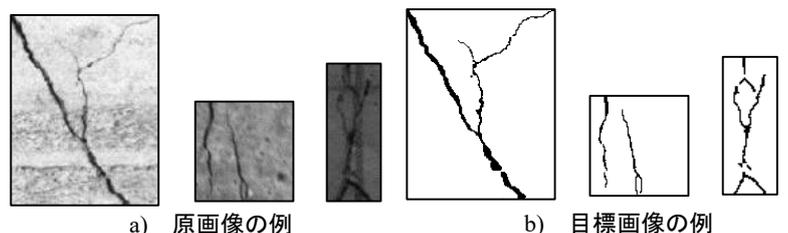


図4 教師画像の一部

(2) 先行研究で構築された既存のフィルタ

先行研究²⁾により，上記の手法を用いて構築された既存のフィルタは，照明条件や汚れなどの表面の状態に左右されずに，多様な特徴を有する様々な画像からクラックを抽出することを目的として構築された．既存のフィルタの構築で用いられた教師画像の一部を図4に示す．

4. 既存の複合画像フィルタを用いた適用方法の検証

(1) 全体適用

既存のフィルタを検証用画像全体に一度に適用した結果の例を図5に示す．結果画像1より，0.1mm以上のクラックは抽出できたが，検証用画像2のような撮影距離が遠い部分のクラックや，検証用画像3のような0.1mm以下の微細なクラックなど，画像上での視認がやや困難なクラックの抽出が不十分であった．



図5 全体適用結果

(2) 分割適用

微細なクラックの抽出を目的として，フィルタの分割適用を行う．フィルタ適用領域内のクラック画素占有領域を増やすことで，全体適用よりも的確に損傷が抽出できると考えた．原画像より大きい解像度と，原画像と同程度の解像度画像に適用した場合として，それぞれ15分割(256×240pix.)にして適用した結果を図6に，192分割(80×72pix.)して適用した結果を図7に示す．微細なクラックの抽出は可能になったが，汚れなどの誤抽出が多くみられた．

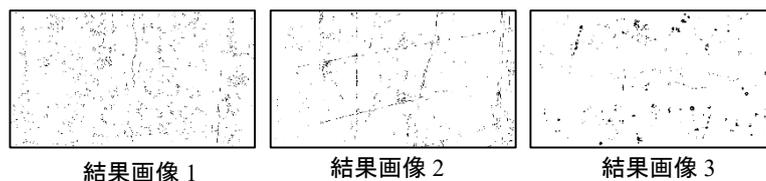


図6 15分割適用結果

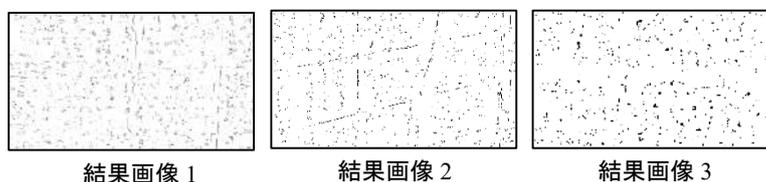


図7 192分割適用結果

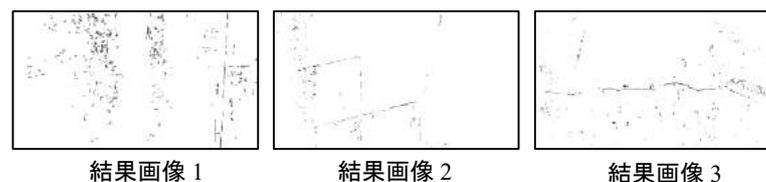


図8 新構築フィルタ全体適用結果

5. 新しい複合画像フィルタの構築

既存のフィルタは，0.1mm以下の微細なクラックなど，画像上での視認がやや困難なクラックの抽出が不十分であったため，原画像に橋梁点検ロボットカメラが撮影した画像を用いることで，上記カメラの撮影画像に特化した新しい複合画像フィルタを構築できると考えた．構築した新しいフィルタを検証用画像に全体適用した結果を図8に示す．微細なクラックの抽出は可能になったが，0.1mm以上のクラックが抽出できなかった．これは新しいフィルタの構築で用いた目標画像のクラック判断基準が厳しすぎたためと考えられる．

6. まとめ

本研究では橋梁点検ロボットカメラが撮影したコンクリート構造物の画像におけるクラックの抽出処理の手法を構築した．0.1mm以上のクラックの抽出を行う場合は，既存の複合画像フィルタを全体適用することで満足した結果が得られる．しかし撮影距離が遠い場合や0.1mm以下の微細なクラックなど，画像上で視認がやや困難なクラックの抽出を行う際は，検証用画像を分割してフィルタを適用することで上記のようなクラックの抽出が可能になると考える．また，フィルタの性能は目標画像のクラック判定基準に強く影響されるため，目標画像とフィルタの性能の相関関係を検証する必要があると考える．

参考文献

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」
<http://www.jst.go.jp/sip/k07.html> (2017年12月2日)
- 2) Takafumi Nishikawa, Junji Yoshida, Toshiyuki Sugiyama, Yozo Fujino : Concrete Crack Detection by Multiple Sequential Image Filtering, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 27, pp.29-47, 2012