

深層学習を用いたコンクリート損傷の自動検出に関する基礎的研究

金沢大学大学院 自然科学研究科 環境デザイン学専攻 学生会員 南 貴大
 金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 正会員 藤生 慎
 金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 正会員 福岡知隆
 金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 フェロー 高山純一

1. はじめに

日本では、橋長2m以上の橋梁が約73万橋あり、その多くが高度経済成長期に建設されており、高齢化が進んでいる。緊急的に整備された箇所や立地条件が厳しい箇所では老朽化が顕在化している。地方自治体管理の橋梁では、2015年で約2300橋が通行規制を行っており、2008年から7年間で約2.4倍に増加している¹⁾。

一斉に高齢化する橋梁を予防保全的に維持管理するために、道路管理者は、国が定める統一的な基準により、5年に1度の頻度で近接目視による全数監視が義務づけられている。定期的な点検を行うことで、橋梁の最新の状態を把握するとともに、措置の必要性の判断を行う上で必要な情報を取得し、予防保全的維持管理を可能にしている。しかし、地方公共団体では、管理する橋梁の数に対して人材が不足していること、維持管理にかけられる財源が不足していることから、定期的に近接目視点検を行えていない自治体が一定数存在する。地方公共団体を対象に行った5年に1度の近接目視点検の義務化に関するアンケート調査²⁾では、点検業務の課題として財源・人材不足の課題が問題視されている。具体的な課題としては「職員・委託コンサル技術者の人数が、管理橋梁に対して圧倒的に少ない」ことや「点検費用が高いため、修繕にお金があてられない」ことなどが挙げられている。特に市区町村においては、橋梁保全業務に携わる土木技術者が少なく、また、ひとつの橋梁にかけることができる点検業務費用についても都道府県などの規模の大きな自治体に比べて市町村では少ない。財源・人材の不足により、今後継続的に予防保全的に維持管理を行っていくことは困難である。

これらの課題を踏まえ、筆者らは超高解像度カメラを用いた橋梁の点検手法の提案を行っている³⁾。遠望から点検部位の全景を撮影した1億画素の画像を用いることで、近接目視点検と同じような感覚で、0.1mm程度のひび割れを視認できることが明らかになっている。

本研究では、点検部位全体の高分解像度の画像を用いて、ひび割れが発生している箇所の自動検出を行い、その検出精度の検証や課題の抽出を行った。

2. 調査方法

(1) 撮影対象橋梁



図-1 撮影対象部位の近接目視点検の結果

撮影対象は石川県羽咋市管理の橋梁のRC橋脚とした。撮影時間は三脚などを現場での準備時間も含み10分であった。撮影距離は約17mであり、画像分解能は0.9mm/pixelであった。対象とした橋梁は2018年2月に定期点検が実施されており、点検車を使用して近接目視・打音検査が行われている。近接目視点検の結果（ひび割れ）を本研究で撮影した画像にトレースした画像を図-1に示す。

(2) 使用カメラの概要

本研究で使用したカメラはPhase One Industrial社製のiXU-RS 1000 AERIAL CAMERASで1億画素(11608×8708)の画像の撮影が可能である。ダイナミックレンジも84db以上であり明暗差の大きな橋の下でも撮影可能である。

3. コンクリートひび割れ自動検出方法

(1) ひび割れ自動検出フロー

提案システムではひび割れを検出したい橋脚の一枚画像を入力とする。システムは入力画像に対して任意のピクセル長の正方形によるメッシュ分割を行い、ひび割れの有無はメッシュ単位で判定する。それぞれメッシュにおけるひび割れ判定が完了したら、システムはメッシュ画像を結合し、入力一枚画像にひび割れ判定情報が付加された画像を出力する(図-2)。

既存研究^{4) 5) 6)}の多くの出力は、ピクセル単位でひ

判定フロー	概要	時間
Step1	- 部材全体を1億画素カメラで撮影。 - 現場から自動ひびわれ判定システムに画像を送信。	撮影時間 10分
Step2	1億画素画像を256ピクセル四方のメッシュに自動分割。 (縦34メッシュ、横45メッシュ)	所要時間 5分
Step3	- 各メッシュに対してAIがひびわれ判定し、自動でひびわれ箇所の色付け。 ? AI: 4万枚の画像を200万枚に水増しした学習データを使用し、CNNを用いて学習。	
Step4	ひびわれ判定を行った画像(メッシュ)を合成し、ひびわれ箇所が色付けされた部材全体画像の作成。	

図-2 ひび割れ自動検出システムの概要

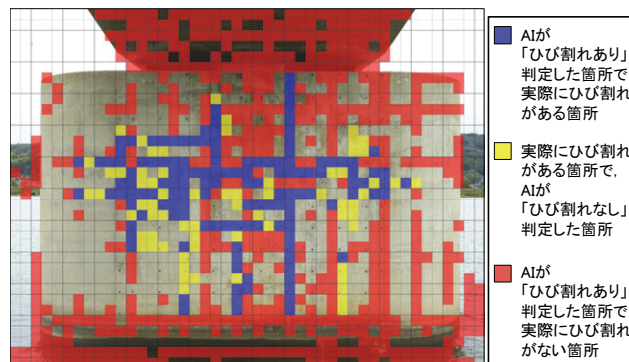


図-3 ひび割れ自動検出の結果

ひび割れの有無を判定するが、提案システムはメッシュ単位で画像ファイルに対するひび割れの有無を出力する。これは画素単位でのひび割れ判定には教師データの作成コストが大きくなる点、現状の橋梁の点検作業における実用性を考えると画素単位でのひび割れ情報の必要性が薄い点、画素単位での分類は処理時間が増加する点に鑑みた結果である。本稿の提案システムの目的は、画像内のある程度広さの領域にひび割れがあるかを判定することにより、将来的なピクセル単位でのひび割れ検出システムの処理対象領域を限定し、処理速度を向上させることである。

(2) 深層学習

提案システムはフィルタリングが施されたメッシュ画像一枚ごとにひび割れを検出する。分類器はディープラーニングの一種であるCNNを用いる。CNNのモデル作成には畳み込み層、プーリング層、各層のパラメータ設定し、問題ごとに最適値を設定しなければならないが、本研究では既存の画像分類問題で有用性が認められているモデルを用いることとする。既存のモデルとして公開されているGoogleNet⁷⁾でモデルを学習した。教師データとして、ひび割れなし画像2万枚、ひび割れあり画像2万枚用意し、それぞれ回転や角度を変化させ、200万枚に増加させたものを使用した。

(3) ひび割れ自動検出結果

自動ひび割れ検出システムによって1億画素の点検部位全体からひび割れ発生箇所を検出を行った。その結果を図-3に示す。赤色はシステムがひび割れありとしているが、実際に近接目視ではひび割れがなかった箇所（誤検出）、黄色はシステムがひび割れなしと判定しているが、近接目視ではひび割れがあった箇所（見逃し）、青色はシステムがひび割れありと判定して、近接目視点検でもひび割れが存在した箇所である。近接目視点検時に診断されているひび割れをおおむね検出できているが、見逃しや誤検出もみられている。特に誤検出については、多くの箇所が汚れや型枠、打ち継ぎ目の跡であることが分かった。

深層学習により、ひび割れ発生箇所の自動検出を行った。その結果、おおむね近接目視点検で診断されたひび割れを当てることができた。

しかし、ひび割れ箇所の見逃し・誤検出があるため、今後の課題として、誤検出の原因である汚れや型枠、打ち継ぎ目の跡をひび割れと分類する分類器の作成を行う。見逃しについては、深層学習の学習画像の増加や機械学習を組み合わせることで、自動検出の精度をあげる必要がある。

参考文献

- 国土交通省 老朽化の現状・老朽化対策の課題, <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf>, 2018年7月17日閲覧
- 一般社団法人次世代センサ協議会, 点検業務のIoTの活用をめざして 自治体橋梁における橋梁点検業務実態調査報告書【課題・ニーズ調査編】, http://www.socialinfra.org/p_activity/questionnaire/Bridge_tekken_Digest.pdf, 2018年7月19日閲覧
- 南 貴大, 藤生 慎, 高山 純一, 須田 信也, 奥村 周也, 渡辺 一生: 超高解像度カメラで撮影された画像を用いた橋梁点検の実施可能性に関する基礎的検討, 社会技術研究論文集, Vol.15, pp.54-64, 2018.
- Bu, G., Chanda, S., Guan, H., Jo, J., Blumenstein, M., & Loo, Y.-C.: Crack detection using a texture analysis-based technique for visual bridge inspection, Electronic Journal of Structural Engineering, Vol.14, No.1, pp.41-48, 2015.
- 全 邦釘, 井後 敦史: {Random Forest}によるコンクリート表面ひび割れの検出, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.71, No.2, pp.I-1-I-8, 2015.
- 全 邦釘, 嶋本 ゆり, 大窪 和明, 三輪 知寛, 大賀 水田生: {ディープラーニングおよびRandom Forest}によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.73, No.2, pp.I-297-I-307, 2017.
- C. Szegedy, Wei Liu, Yangqing Jia, P. Sermanet and S. Reed and D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich.: Going Deeper with Convolutions, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1-9, 2015

5. まとめと今後の課題

本研究では、1億画素の点検箇所全体の画像を用いて、