

AI を用いたコンクリートのひび割れ自動検出精度の検討

大成建設（株） 技術センター 正会員 ○本澤 昌美
 大成建設（株） 技術センター 正会員 堀口 賢一
 大成建設（株） 技術センター 野村 侖生

1. はじめに

近年、我が国の社会インフラ施設や建築物の老朽化対策は喫緊の課題であり、その対策を検討するために必要な現況調査の迅速化や効率化、調査結果の定量化などの要求が高まっている。特にコンクリート構造物のひび割れの調査は、構造物の劣化の有無やその程度を把握し、劣化原因の推定や耐久性を評価する上で欠かすことができない。このような社会的な要請に呼応して、内閣府を中心として2014年度から2018年度の5か年にかけて、第1期SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）が実施された¹⁾。

この一環として、著者らはウェーブレット変換を用いたコンクリートのひび割れ画像解析技術（以下、ひび割れ画像解析技術）を中核とした、コンクリート構造物のひび割れ点検技術の開発を進めてきた²⁾。今回、このひび割れ画像解析技術に、AI（人工知能）を活用したひび割れ自動検出の機能を組み込んだ。そこで、これによるひび割れ自動検出の精度を、市販の2種類の類似のAI

技術と比較した結果について報告する。

2. ひび割れ画像解析技術の概要と特徴

図-1 にひび割れ画像解析の手順と出力結果の一例を示す。従来は、まず、工程①で図-1a)の撮影画像に対して、ひび割れ位置の大まかなトレースを人が行い、図-1b)に示すひび割れ候補領域画像を作成する。次に、工程②でトレース範囲の画

素単位でウェーブレット変換を実行し、得られるウェーブレット係数からひび割れ幅を推定して、画素ごとのひび割れ幅に応じて色分け表示した図-1c)のひび割れ画像を出力する。最後に、工程③でひび割れ幅ごとの長さを集計処理することで、図-1d)に示すひび割れ幅ごとの長さ分布図が得られる。

工程①において、これまでは人がひび割れをトレースしてきた。これは、次の工程②において、その領域に限定してウェーブレット変換を行うことで、解析時間を短縮でき、また、ひび割れでない箇所の除去が不要となり、画像全体をウェーブレット変換するよりも効率的なためである。しかし、人によるトレースは時間を要し、トレース漏れした箇所はウェーブレット変換がされないことが課題であった。そこで、今回、工程①において、ひび割れの位置を人によるトレースで指定していたところを、AIによる自動検出に置き換えることで、ひび割れ検出の効率化と客観化を図った。なお、このAIは画像から直

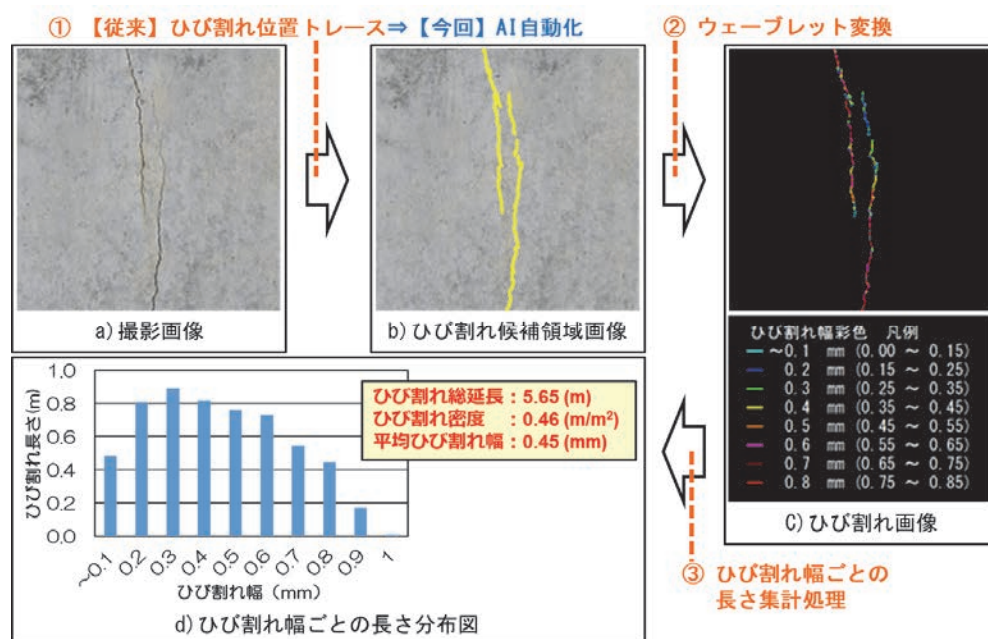


図-1 ひび割れ画像解析の手順と出力結果の一例

キーワード コンクリート、ひび割れ、AI、自動検出、ウェーブレット変換、ひび割れ幅

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株） 技術センター TEL045-814-7228

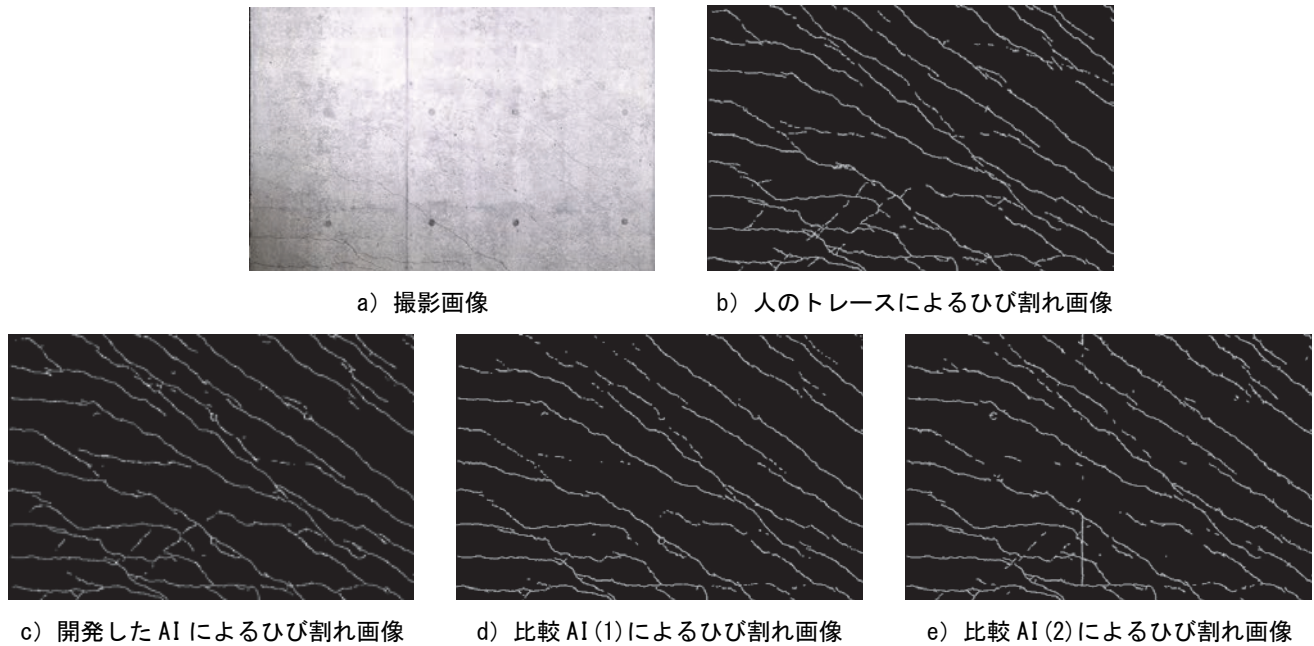


図-2 人のトレースとAIにより自動検出したひび割れ画像（空間分解能0.4mm/画素の場合）

接深層学習によりひび割れを抽出し、幾何的特徴で一部フィルタリングするシステムで構成されている。

3. AIを用いたひび割れ検出精度の比較

ここでは、空間分解能やコンクリート面の色合いなどが異なる撮影画像50枚に対して、ひび割れ画像を人によるトレース、本AI技術、比較AI技術(1)、(2)の4通りの手法で作成して比較した。図-2に人のトレースとAIにより自動検出したひび割れ画像50組のうち1組の結果を示す。なお、図-2のひび割れ画像は、図-1のひび割れ候補領域画像に相当するものである。ひび割れ検出精度の比較は、再現率と適合率に拠った。ここでの再現率は、トレース画像の人がひび割れと判別した画素に対して、各々のAIがひび割れと判別した画素の割合である。一方、適合率は各々のAIがひび割れと判別した画素に対して、人もひび割れと判別した画素の割合である。

表-1にAIによるひび割れ画像の再現率と適合率を示す。表-1には、図-2の再現率、適合率と、全50組の平均の再現率と適合率を示している。図-2の撮影画像の空間分解能は0.4mm/画素で、コンクリート表面の汚れなどが少ない、比較的綺麗な面のひび割れである。また、クラックスケールによるひび割れ幅の最大値は0.9mmであった。本AI技術は、比較AI技術(1)、(2)に比べて再現率が高く、ひび割れの検出漏れが少ないことがわかる。ただし、適合率がやや低いのは、本開発AI技術で型枠跡などの誤検出が

表-1 AIによるひび割れ画像の再現率と適合率

画像	本開発AI技術		比較AI技術(1)		比較AI技術(2)		空間分解能 (mm/画素)
	再現率	適合率	再現率	適合率	再現率	適合率	
図-2	96.9	81.2	66.8	95.3	77.8	87.5	0.4
50枚平均	71.4	36.8	35.0	56.5	21.8	47.1	0.1~0.6

再現率・適合率単位：%

多いことが要因と考えられるが、一方で微細なひび割れのうち、人がトレースしていない画素を、本AI技術ではひび割れとして検出していることも要因と考えられる。今後は誤検出の低減と併せて、コンクリート構造物のひび割れを評価する上で、妥当な再現率や適合率についての検討も進めていきたい。

4. まとめ

AIによるひび割れ自動検出技術とウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析技術を組み合わせたシステムを構築した。その結果、AIによるひび割れ自動検出の精度は比較的高いものの、型枠跡などの誤検出を低減することが課題として確かめられた。

参考文献

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー）：<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>（閲覧日：2021年1月12日）
- 2) 堀口賢一，本澤昌美，岡部成行，富山潤：ドローンによる撮影画像を用いたコンクリートのひび割れ点検，コンクリート工学，Vol.57，No.9，pp.687-692，2019.9