

## 深層学習を用いた道路舗装のひび割れ検出手法の考案

東京都市大学大学院 学生会員 ○伊藤 大悟  
 法政大学 正 会 員 今井 龍一  
 大阪経済大学 正 会 員 中村 健二  
 摂南大学 正 会 員 塚田 義典  
 日本工営株式会社 正 会 員 秋山 成央  
 東芝インフラシステムズ株式会社 正 会 員 熊倉 信行  
 東京都市大学 正 会 員 栗原 哲彦

### 1. はじめに

我が国における道路舗装の維持管理では、目視による定期点検や、数年に1度実施される路面性状測定車による精密検査が実施されている。しかし、これらの作業には、多くの費用と時間を要する<sup>1)</sup>。平成28年度に改定された舗装点検要領<sup>2)</sup>では、目視点検を基本としつつ、精密検査を必須としないことに加えて、新技術の積極的な採用に向け、必要に応じ機器を用いることが許容されている。

そこで近年、車両に取り付けた市販カメラで撮影した路面画像に深層学習を適用し、ひび割れを検出する研究<sup>3)</sup>が進められている。これにより、路面性状測定車を使用することなく、日々の日常巡視点検において手軽に路面性状を評価できる。

一方、道路舗装のひび割れの形状は不規則であるとともに市販カメラで撮影した映像では、発生場所による見え方も異なるため、深層学習による損傷度合いの評価精度が低くなる可能性がある。また、道路上や道路周辺には、ひび割れと誤検出する要因となる地物が多く存在する。そのため、このような誤判定や誤検出を軽減し、ひび割れの検出精度を上げることが期待される。

本研究は、深層学習を用いた道路舗装のひび割れ検出に対する課題を解決する手法を考案した。そして、亀甲状ひび割れの検出に適したモデルを構築し、考案手法の有用性を検証した。

### 2. ひび割れ判定手法の全体像

図-1 に、考案した手法の全体像を示す。まず車載カメラで撮影した動画を連続画像に変換する。次に、連続画像に映る道路舗装部分に対し、縦5、横10、大きさ112pix四方のメッシュを生成する。そして、メッシュに基づき切り出した画像（以下、分割画像）と、道路損傷

判定に影響のある亀甲状ひび割れの有無を示す情報を学習し、深層学習のひび割れ判定モデルを構築する。最後に、分割画像の判定結果を基に連続画像に映る道路舗装のひび割れを検出する。この手法は、メッシュ分割により画像の解像度を下げずに解析できる点、そして、メッシュ毎の判定結果に重み付けすることで分析対象範囲を絞り込める点に特長がある。したがって、道路やカメラの種類に応じて柔軟に対応可能である。

### 3. 深層学習を用いた画像処理技術の選定

深層学習による画像処理技術は、主に表-1 に示す3手法に分類される。本研究では、分割画像毎にひび割れの有無を判定することと、教師データの作成が容易であることから、Classificationを採用した。

### 4. ひび割れ判定手法の有用性の検証

本稿では、車両に取り付けた市販カメラより取得した画像を用いて、考案手法の有用性を検証する。

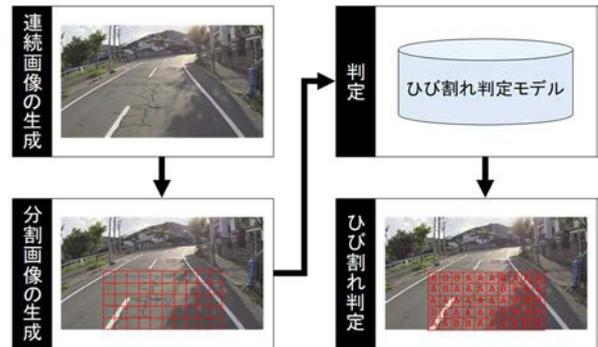


図-1 考案手法の全体像

表-1 深層学習を用いた画像処理技術

手法	Classification (画像分類)	Detection (物体検出)	Semantic Segmentation (画像領域分割)
イメージ			
説明	指定されたクラスに対して画像が何かを識別する手法	画像内のどこに何の対象物があるかを識別する手法	画像内の対象物を画素単位で識別する手法
ネットワーク	CNN	R-CNN, SSD, YOLO	FCN, SegNet, UNET

**(1) 教師データの作成方法**

教師データには、16の都道府県の一般道路の一部区間を撮影した画像を使用した。教師データは、3章で示した方法と同様に、まず、画像をメッシュ毎に切り出すことにより生成した。次に、道路点検の実務者が目視により、分割画像に対して、亀甲状ひび割れの有無を判断し、教師データを作成した。最後に、教師データを用いて深層学習によりひび割れ判定モデルを構築した。本研究では、判定するクラスを健全と亀甲状ひび割れ(ポットホールを含む)の2種類とした。また、同様の手順にて、判定精度向上のための検証データおよび未知画像に対する精度確認のためのテストデータも作成した。

**(2) 学習モデル**

ひび割れ判定モデルの構築では、特徴を抽出する畳み込み層を13層、全結合層を3層持った畳み込みニューラルネットワーク(CNN)であるVGG16を採用した。

**(3) 検証方法**

教師データ、検証データおよびテストデータの枚数を表-2に示す。学習回数は、既存研究の成果を基に150回とした。考案手法の評価には、検証データとテストデータに対し、適合率、再現率およびF値を採用した。さらに、分割画像の判定結果を元画像に反映し、正しく亀甲状ひび割れを捉えることができていないかを確認した。

**(4) 検証結果**

ひび割れ判定モデルの精度および誤判定画像例を表-3および表-4に示す。ひび割れ判定モデルの教師データおよびテストデータのF値は、共に0.8以上であることが確認できた。誤判定された画像は、枝状ひび割れや影の映り込む画像が多いことが分かった。

分割前の画像に判定結果を反映した結果を図-2および図-3に示す。各図より、考案手法を用いて、亀甲状ひび割れを概ね正しく判定できることを確認できた。しかし、一部で誤判定されたメッシュも存在した。原因としては、影や白線等の映り込み、教師データのバリエーションの不足が考えられる。この課題は、白線やガードレール等の道路付帯構造物の映り込みやすい道路脇のメッシュを判定対象外とすることや、分割画像に対してコントラストを変えて教師データを水増しする等の対策を講ずることにより、解消できると考えられる。

**5. おわりに**

本研究では、深層学習を用いた道路舗装のひび割れ検出手法を考案し、その有用性を検証した。そして、実験結果より、構築したひび割れ判定モデルを用いて道

路舗装の亀甲状ひび割れを検出できることを実証した。

今後は、ひび割れ判定モデルの精度を向上するために、枝状ひび割れ、影や白線を考慮した学習モデルを再構築し、その有用性を検証する。

**参考文献**

- 1) 国土交通省：国道(国管理)の維持管理等の現状と課題について、<[http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road\\_maintenance/pdf/4.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_maintenance/pdf/4.pdf)>, (2020.1.10 閲覧)
- 2) 国土交通省：舗装点検要領, <[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo3\\_1\\_10.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo3_1_10.pdf)>, (2020.1.10 閲覧)
- 3) 熊倉他：舗装ひび割れ簡易可視化ツールの開発, 第73回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, No.CS9-035, 2018.

表-2 教師・検証・テストの各データの枚数

クラス	教師データ	検証データ	テストデータ	合計
亀甲状ひび割れ ポットホール	12,516	600	120	13,236
健全	12,516	600	80	13,196

表-3 ひび割れ判定モデルの精度

対象	クラス	適合率	再現率	F値
検証データ	亀甲状ひび割れ	0.899	0.805	0.850
	健全	0.824	0.910	0.865
テストデータ	亀甲状ひび割れ	0.917	0.833	0.873
	健全	0.780	0.888	0.830

表-4 誤判定画像の例

正解	誤判定の画像例
亀甲状	
健全	

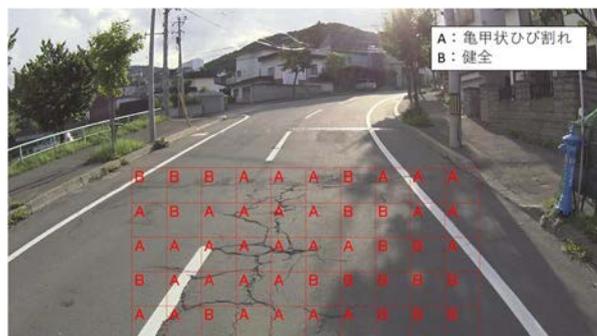


図-2 道路舗装に亀甲状ひび割れのある画像

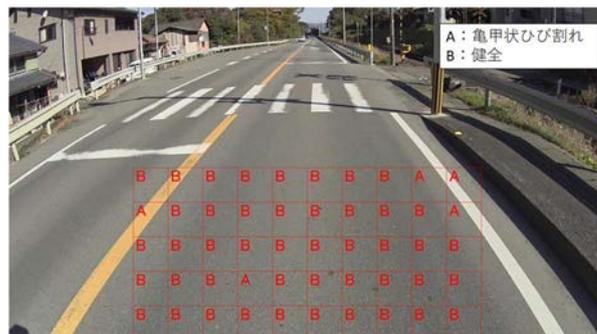


図-3 道路舗装が健全な画像