

車載型 4K カメラを用いた道路舗装のひび割れ検出に関する基礎的研究

法政大学大学院 学生会員 ○石川 健太
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
摂南大学 正 会 員 梅原 喜政

1. はじめに

道路管理者は、約 128 万 km の道路舗装の状況を把握するため、日常的な巡視や数年ごとの精緻な路面性状調査を実施している。全国の道路舗装を調査するには、多大な時間と労力が必要である。また、近年の人員不足に伴い、巡視の品質確保が困難になることが懸念されている。加えて、現行の路面性状調査では、高機能なカメラやレーザ機器等の専用機材を搭載した車両で実施するため、調査費用が高額である。これらの課題解決に向け、道路舗装の動画を深層学習により解析し、損傷を判定する技術が注目されている。既存事例^{1),2)}では、動画の撮影に安価かつ簡易に車両へ取り付け可能なドライブレコーダ(以下、「ドラレコ」とする。)やスマートフォン(以下、「スマホ」とする。)等が利用されている。これらの事例で活用されている教師データは、道路舗装の点検に携わる有識者がひび割れ箇所を目視で判別して構築したものであり、あいまい性が含まれる。また、路面性状調査の結果を下敷きに損傷の有無を判断して教師データを作成する事例もみられるが、計測時期が異なり、現行の路面性状調査では、20m ごとに集計されるため、正確な位置の確認ができない課題がある。そのため、本研究では、路面性状測定車に車載型カメラを搭載し、路面性状調査に基づき作成した教師データによる深層学習モデルを構築し、ひび割れを検出する。そして、既存事例¹⁾で使用されている Full HD (1,920×1,080px) の動画に比べ、高解像度である 4K (3,840×2,160px) の解像度で撮影可能なドラレコやスマホを使用する。以上より、本研究の目的は、車載型カメラで撮影した 4K の解像度の動画に深層学習を適用したひび割れ検出手法の開発とする。

2. ひび割れの検出手法の考案

既存研究において、今井ら¹⁾は、Full HD の解像度の動画からひび割れを検出する手法を考案している。そこで、本研究では、既存研究の手法を踏襲し、4K の

解像度の動画を用いる。さらに、判定するクラスを増加させることにより、ひび割れ検出の誤判定の要因である白線を考慮する。これにより、道路標示の多い市街地や交差点付近においても正確にひび割れを検出できると考える。

(1) 分割画像の作成処理

ドラレコおよびスマホを用いて撮影した 4K の解像度の動画から、1 秒あたり 2 枚の間隔で画像を切り出す。そして、動画内の下部を 224px 四方の矩形で切り出し、分割画像とする(図-1 参照)。

(2) 健全・損傷判定処理

作成した分割画像内のひび割れの有無を判定するため、本研究では、深層学習を用いた画像分類手法である VGG16 を採用する。また、分割画像の種類を示すクラスとして、ひび割れの有無と白線の有無とを掛け合わせた白線有・健全、白線有・損傷、白線無・健全および白線無・損傷の計 4 クラスを設定する。さらに、舗装点検要領³⁾の評価基準に基づき、路面性状調査の結果におけるひび割れ率 20%以上の地点をひび割れ箇所とし、特定したひび割れ箇所を参考に、分割画像を 4 クラスに分類する。そして、分割画像を VGG16 に学習させることにより、分割画像内のひび割れの有無と白線の有無を判定する深層学習モデル(以下、「判定モデル」とする。)をドラレコおよびスマホの動画を用いてそれぞれ構築し、精度を検証する。

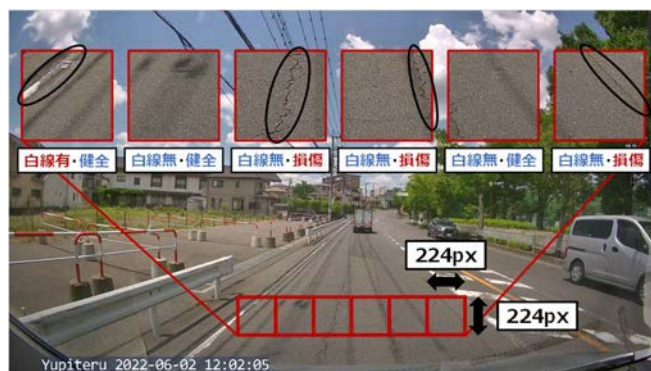


図-1 分割画像の作成イメージ

キーワード 路面性状調査, ひび割れ, 車載型カメラ, 4K, 深層学習, 画像処理

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学 TEL : 03-5228-1347 E-mail : kenta.ishikawa.7n@stu.hosei.ac.jp

3. 考案手法の有用性の検証

(1) 実験概要

本研究では、路面性状調査と同時に道路舗装の動画を撮影する走行実験を実施し、路面性状調査の結果を正解として、考案手法の有用性を確認する。走行実験では、道路管理者の協議の下、ひび割れやわだち掘れ等の道路舗装の損傷やその有無および程度が網羅できるようにルートを選定する。そして、路面性状測定車内のフロントガラスにユピテル社のドラレコ (ZR-4K), ダッシュボードにシャープ社のスマホ (AQUOS R5G SH-51A) を設置し、時速 30km/h の一定の速度で走行する。これらのカメラの解像度は 4K である。そして、取得した動画像を用いて構築した判定モデルの精度を算出し、ひび割れ検出手法の有用性を検証する。なお、モデルは、設定したクラスに正しく分類されたか否かを確認し、再現率、適合率および F 値で評価する。

(2) 使用するデータ

判定モデルを構築する際の教師データおよび実験で用いる評価データとして、路面性状調査の結果と動画像とを比較し、作成した分割画像を用いる。また、教師データは 2,400 枚、評価データは 400 枚使用する。

(3) 実験結果と考察

実験結果を表-1 に示す。ひび割れの有無に着目し、健全クラスと損傷クラスの 2 クラスでの F 値を算出した結果、ドラレコにおいて、F 値は健全クラスにて 0.728、損傷クラスにて 0.767 となった。また、スマホにおいて、健全クラスにて 0.849、損傷クラスにて 0.780 となった。この結果から、車載型カメラで撮影した 4K の解像度の動画像からひび割れを検出できることを明らかにした。一方、誤判定された分割画像 (図-2、図-3 参照) を確認すると、既存事例でも確認されている影が映り込んでおり、判定モデルの精度に影が影響していることを確認した。これは、深層学習により影を検出・除去する技術を用いると、改善できると考えられる。

4. おわりに

本研究では、路面性状調査の結果をもとに、ひび割れの有無を判定する深層学習モデルを構築した。実験結果より、車載型カメラで撮影した 4K の解像度の動画像を用いて、ひび割れを検出できることを明らかにした。今後は、影による影響を改善し、ひび割れ検出精度の向上を図る。さらに、現行の路面性状調査では、評価基準としてひび割れ率を用いており、本手法の実用化に向

表-1 判定モデルの精度

使用した動画像	クラス	再現率	適合率	F 値
ドラレコ	健全	0.715	0.741	0.728
	損傷	0.780	0.754	0.767
スマホ	健全	0.860	0.839	0.849
	損傷	0.770	0.790	0.780



図-2 健全の分割画像を損傷と誤判定した例 (ドラレコ)



図-3 損傷の分割画像を健全と誤判定した例 (スマホ)

け、分割画像内のひび割れの本数に基づいたひび割れ率を算出するため、ひび割れの本数を判定する新たな深層学習モデルを構築する。

謝辞：本研究の遂行にあたっては、静岡市、株式会社ユピテル、株式会社トリム、株式会社ユピテルプラスおよび前田道路株式会社には、走行実験に関して多大なるご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

1) 今井 龍一, 中村 健二, 塚田 義典, 伊藤 大悟, 栗原 哲彦: ドライブレコーダ画像を用いた深層学習による道路舗装のひび割れ評価手法に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.77, No.2, pp.I_67-I_76, 2021.

2) 寺野 聡恭, 小金丸 暁, 松田 浩, 佐々木 博, 古賀 掲維, 西川 貴文: スマホを用いた道路舗装の平坦性及びひび割れ率の評価に関する研究, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol.75, No.2, pp.I_88-I_95, 2019.

3) 国土交通省: 舗装点検要領, <https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo28_10.pdf>, (入手 2023.3.31).