

Attention U-Netを用いた画像解析による路面性状評価の高度化

新潟大学 非会員 ○齋藤 空 非会員 後藤 亮太
新潟大学 正会員 金澤 伸一

1. 研究背景・目的

高度経済成長期に整備された社会基盤構造物は、約50年を経過した施設の割合が急激に増加している。特に道路延長は122万kmを超え、膨大なストックとなっている。地方部では県市町村道が道路総延長の95%以上を占め、多くの箇所で舗装劣化が進んでおり、効果的な維持管理が求められている。しかし、公共事業予算の減少や技術者不足も影響し、厳しい体制での維持管理が行われている。

このような状況から、平成28年10月に舗装点検要領が策定され、舗装の適切な点検と予防保全型の舗装維持管理のための目視や機器による舗装点検方法が導入されたがそれぞれ利点と課題が存在する。

従来の舗装点検手法には、目視検査と機械計測がある。目視検査は低コストで実施できるが、評価基準が調査員の主観に依存し、結果に統一性がない。一方、路面性状測定車による機械計測は高精度だが、導入・維持費が高額で、自治体にとって普及が困難である。

先行研究では、市販のアクションカメラを一般車両に設置し、走行映像とGPSデータを取得することで、簡易かつ効率的な路面ひび割れ検出システムの開発を目指してきた。しかし、影や舗装路面の模様がひび割れとして誤検出されるケースが多く見られた。特に、影による明暗差がひび割れとして誤認識され、正確な認識が困難となる傾向が確認された。また、舗装の模様や補修跡などの特徴が実際のひび割れと類似しているため、誤検出が生じるケースも見られた。

本研究では、先行研究で発生した誤検出の問題を改善し、ひび割れの識別精度を向上させ、本システムの高度化を主な目的としている。

2. 先行研究

先行研究では、GoPro HERO 11 を用いて新潟市内の路面を撮影し、動画から一定間隔(5mごと)で静止画を抽出した。取得した画像を学習用データとし、スケッチ画像(ひび割れ部分を赤色で強調した画像)およ

び、マスク画像(ひび割れを黒、背景を白で示した画像)を作成した。また、解析範囲を一定のグリッド(横:3.5m, 縦:5m)に分割し、各グリッドにおけるひび割れ率を算出することで、客観的な数値評価を可能にした。また、ひび割れ率を算出する式を以下に定義する。

ひび割れ率(%)

$$= \frac{\text{ひび割れが検出されたグリッド数}}{\text{全グリッド数}} \times 100$$

モデルの構築には Attention U-net を採用し、5チャンネル入力(RGB画像, グレースケール画像, エッジ画像)を利用した。学習では、学習率0.0001, 画像サイズ256×256, バッチサイズ32, としIoU損失関数を使用して訓練を行った。最大50エポックの学習を行い、最良のモデルを選定した。

3. 誤検出低減手法

本研究では、従来の5チャンネル入力を用いた Attention U-Net によるひび割れ検出において、影や舗装模様の影響による誤検出が課題となっていた。そこで、HSV変換によるS(彩度)チャンネルを追加し、6チャンネル入力を用いる手法を採用した。Sチャンネルは影の影響を受けにくく、舗装模様との識別性を高めるため、ひび割れの正確な抽出が可能である。低減手法では、6チャンネルを入力し、Attention U-Netで学習することで、影や舗装模様の影響を軽減しつつ、ひび割れの識別精度を向上させる。これにより、影が多い環境や複雑な舗装模様においても、誤検出の低減と精度向上が期待される。

また、従来の測定範囲(横:3.5m, 縦:5m)で検出できなかった奥行き方向の領域を補完するため、本研究では、2.5m間隔で静止画像を取得し、解析範囲を横3.5m, 縦2.5mのグリッドに分割する手法を採用した。この手法により、検出範囲5mでは検出の困難であった奥行き方向の領域を補完し、検出精度の向上を図る。

4. 結果と考察

評価区分は新潟市の評価方法を参考にし、路面のひび割れレベルを6段階で評価した(表1)。従来のシステムでは、新潟市の調査区間29区間に対し、一致が8区間、部分一致が17区間、不一致が4区間であった。一方、本システムでは、一致が11区間、部分一致が11区間、不一致が7区間となった。誤検出の低減や奥行き領域の検出により、データの偏りが緩和され、見かけ上の一致が減少したと考えられる。

先行研究では、影の明暗差や舗装表面の粗さ、光の反射角度の影響により、ひび割れと類似した形状を呈する傾向が確認された(図1, 図2)。この課題に対し、本研究では、HSV変換によるSチャンネルの入力を追加することで、影や舗装模様の誤検出を一定程度抑制できた(図3, 図4)。しかし、Sチャンネルが影の彩度変化を完全には除去できないことや、影の濃度や形状がひび割れのエッジに類似することから依然として誤検出が生じる要因となっている。

さらに、検出範囲の変更により、従来では検出できなかった奥行き方向の領域を約1m補完でき、一部のひび割れが検出可能となった(図4)。しかし、奥行き2.5mの変更をしても依然として検出できないひび割れが存在し、奥行き方向におけるひび割れに関する学習が不十分であることが示唆される。

5. まとめ

本研究では、GoProから取得した走行映像およびGPSデータを入力する路面ひび割れ検出システムの構築を目的とした。特に、先行研究で課題となった影や舗装模様による誤検出の改善を試みた。従来の5チャンネル入力(RGB画像、グレースケール画像、エッジ画像)に対し、新たにSチャンネルを追加することで、影や舗装路面に起因する誤検出の低減が確認された。また、検出範囲を奥行き5mから2.5mに変更することで、奥行き領域のひび割れを検出可能とした。

今後は、異なる照明条件や多様な路面模様、さらには奥行き領域を含むデータセットを拡充し、モデルの汎化性能を向上させる必要がある。加えて、後処理技術の1つである、輪郭補正アルゴリズムを適用し、検出されたひび割れ形状の精緻化を図り、高精度なセグメンテーションの実現を目指す。

表1 診断区分及びひび割れレベル

診断区分	I		II		III	
舗装点検要領の診断区分	健全		表層機能維持段階		修繕段階	
損傷レベル	1	2	3	4	5	6
ひび割れ率(%)	0-10 程度	10-20 程度	20-30 程度	30-40 程度	40-50 程度	50 以上
ひび割れレベル診断区分	①		②-1	②-2	③	

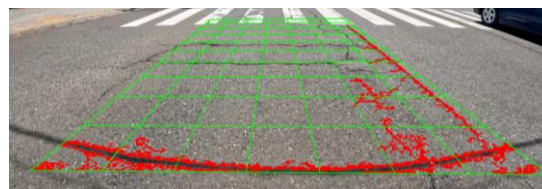


図1 従来システムにおける影による誤検出

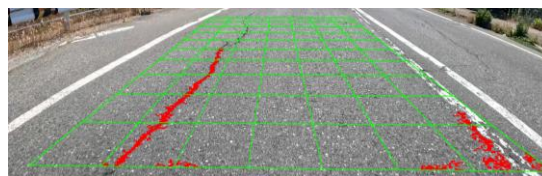


図2 従来システムにおける舗装模様による誤検出



図3 HSV変換によるSチャンネル入力の影響

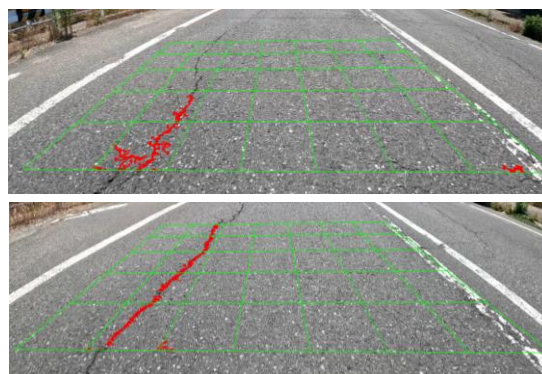


図4 解析範囲の調整による検出結果の影響
(上: 奥2.5m、下: 手前2.5m)

6. 参考文献

- 1) 浅田拓海: マルチモーダルAIを用いた簡易カメラ搭載型IRI測定技術の開発, 土木学会論文集E1(舗装工学) Vol.78, No.2, I_191-I_199 2023
- 2) 国土交通省. “舗装点検要領”. 2016/10/17.
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo28_10.pdf
- 3) 木部 大輔, Attention U-Net を用いた簡易的路面ひび割れ検出手法の開発, 卒業論文, 新潟大学, 2025