

# アクションカメラとステレオ深度推定を用いたわだち掘れ評価手法の構築

Construction of simple rutting evaluation method using action camera and stereo depth estimation

室蘭工業大学理工学部創造工学科 ○学生員 石谷達也(Tatsuya Ishitani)  
室蘭工業大学大学院工学研究科 正員 浅田拓海(Takumi Asada)

## 1. はじめに

我が国の道路ネットワークは120万kmに達しており、老朽化の進行により多くの箇所での舗装の損傷が発生している。道路の予防保全や長寿命化の重要性が増す中、国土交通省は、平成28年に舗装点検要領<sup>1)</sup>を策定し、定期的かつ網羅的な舗装点検の実施を目的に、道路の分類毎の点検方法を示した。この要領では、目視や機器による点検方法を基本とすること、また、分類Bの道路（主に直轄国道）においては、ひび割れ率、わだち掘れ量、IRIの路面性状3要素を測定することが明記されている。これを機に、簡易な舗装点検技術に関する研究、開発が加速したが、これら技術の精度やコスト、制約条件などが評価されておらず、道路管理者が現場の条件にあった技術を選ぶことが難しい状況にある。このような状況から、国土交通省は、平成30年に簡易な舗装点検技術の共通試験（以下、国交省試験）を実施し、参加技術の精度を一覧表にして公開している<sup>2)</sup>。

上記の国交省試験では、市販カメラとAIを用いた簡易測定技術が幾つか参加しており、路面画像を用いたひび割れ率評価、振動加速度データを用いたIRI評価については、一定の精度が得られている。しかしながら、わだち掘れ量を対象にした簡易測定技術はほとんどなく、精度に課題がある状況である。また、研究レベルとしても、わだち掘れ量を測定する簡易測定技術はほとんど見受けられない。著者らは、過去の研究において簡易なステレオカメラを用いてわだち掘れ量を評価できることを示した<sup>3)</sup>が、このカメラでは、測定条件が厳しいこと、ひび割れ率、IRI、位置情報を同時測定できないことから、実用性の面で課題があった。一方で、著者らは、市販のアクションカメラを用いた簡易型技術（簡易カメラ搭載型舗装点検技術）も開発しており、現在、U-netによるひび割れ率評価手法<sup>4)</sup>、さらに、振動加速度データも加えたマルチモーダルAIによるIRI推定手法<sup>5)</sup>が実装済みである。この技術ではアクションカメラを採用していることから、高いフレームレート（60fps）で路面を鮮明に動画撮影できる。単眼カメラであるものの、2時点のフレーム（静止画）をステレオ画像として捉えることで、深度推定<sup>6)</sup>により路面の凹凸を測定できると考えられる。

そこで、本研究では、市販アクションカメラの撮影動画にステレオ深度推定手法を適用し、わだち掘れ量を3段階で判定する手法について検討した。このわだち掘れ評価が可能になれば、著者らの簡易カメラ搭載型舗装点検技術により、路面性状3要素を低コストかつ簡易に測定でき、舗装点検の大幅な効率化が実現する。



図-1 簡易カメラ搭載型舗装点検技術

## 2. 方法

### 2.1 路面撮影

本技術は、図-1に示すように、市販の小型アクションカメラを車両ボンネットに設置し、走行しながら前方路面を動画撮影する方式である。カメラには、GoProHERO8を採用し、内蔵GPSにより走行中の位置情報を取得した。画像サイズは1920ピクセル×1080ピクセル、フレームレートは60fps、画角は「広角モード」、手振れ補正はONとした。位置情報は動画ファイルのメタデータとして収録されており、これを解析して10m毎に連続する2時点の静止画（ペア画像）を抽出し、以下の目視評価およびステレオ深度推定に用いる。

### 2.2 目視による3段階評価

国交省試験では、わだち掘れ量をI（20mm未満）、II（20～40mm）、III（40mm）の3段階で区分し、精度検証を行っている。本研究では、上記のペア画像を連続的に見ながら、おおよそわだち掘れ状況が類似する区間から各区分の箇所をリスト化した。その結果、区分I、II、IIIは、それぞれ125、162、23箇所の計310のペア画像が得られた。これらの目視評価結果を正解値として、ステレオ深度推定によるわだち掘れ量との関係を分析する。

### 2.3 ステレオ深度推定によるわだち掘れ量推定

一般的な深度推定では、2つの視点（複眼）によって撮影された画像をもとに、その時点での深度を推定する。本研究では、それを応用して、単眼カメラで撮影した動画から連続する2時点の静止画（フレーム）を抽出してステレオ画像とみなして深度推定を行った。まず、2時点の画像（図-2上段）にPythonのステレオ深度推定ライブラリである「StereoBM」を適用して画素レベルで

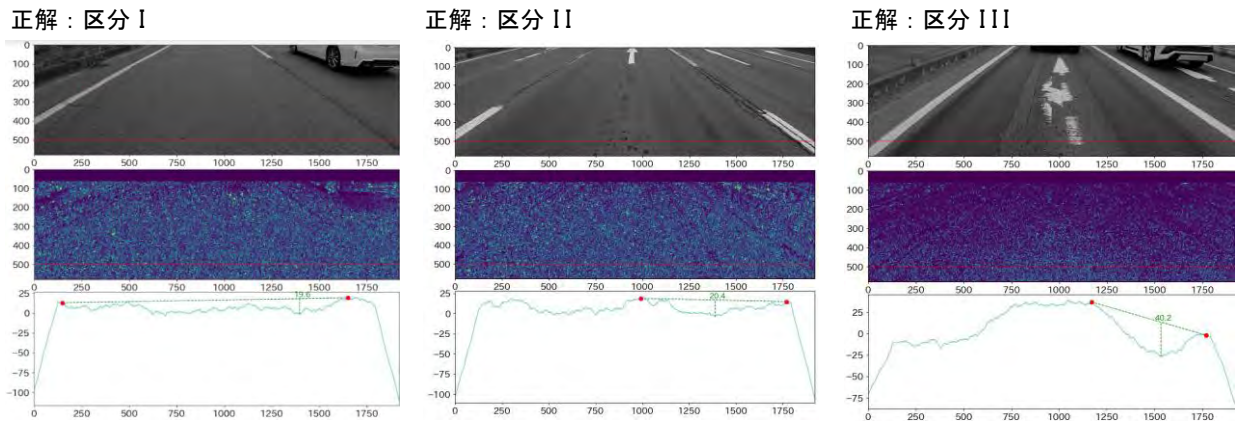


図-2 深度推定によるわだち掘れ量推定の例

推定値を得る。しかし、この結果にはノイズや誤差が多いため、最下部の範囲（赤枠）の推定値を平均化し、横断方向の深度プロファイルを作成する（図-2 下段）。最後に、各頂点を直線で結び、プロファイルとの差が最も大きくなる箇所を抽出し、わだち掘れ量推定値とした。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 わだち掘れ量推定値と目視評価の関係

わだち掘れ量の推定値と目視評価の比較を図-3 に示す。全 310 箇所のデータを用いた場合では、目視評価で区分 III の箇所は推定値も大きい傾向が見られたが、I と II については差が小さい。そこで、原因と考えられる白線や影などのノイズがある箇所や、画像のブレが発生すると思われる 40km/h 以上で撮影した箇所を除外した。その結果、若干ではあるが、区分 I と II に差が生じ、これらを分離できる可能性が示された。ステレオ深度推定では、画像内の特徴点を抽出するため、明瞭な画像が必要となる。本技術では、動画から高画質の静止画が得られるアクションカメラを採用しているため、ステレオ深度推定が可能であることがわかった。ただし、白線や影などのノイズや走行速度には注意が必要である。

#### 3.2 実路線への適用

最後に、本手法を実路線に適用した結果を示す。苫小牧市内の R36 にて目視評価の 3 区分がおおよそ均等になる区間を選出し、時間帯を変えて 3 回測定を行った（図-4）。上記のような局所的なノイズを除去するため、10m 毎の推定値に 100m の移動平均を適用した。3 回目では、目視評価に対応した結果が得られている。しかし、1 回目や 2 回目では、大きな誤差が生じている区間があり、画像を確認したところ建物の影や他車の影の写り込みが多数あった。今後は、撮影条件を詳細に設定し、わだち掘れ量の実測値を基に精度検証を行う予定である。

### 4. まとめ

本研究では、アクションカメラ 1 台とステレオ深度推定を用いて、わだち掘れ量を簡易に評価する手法を提案し、その有効性が示された。今後は、より詳細な精度検証を行うとともに、ひび割れ率、IRI の測定手法と統合した低コスト・簡易な路面性状測定技術を構築する。

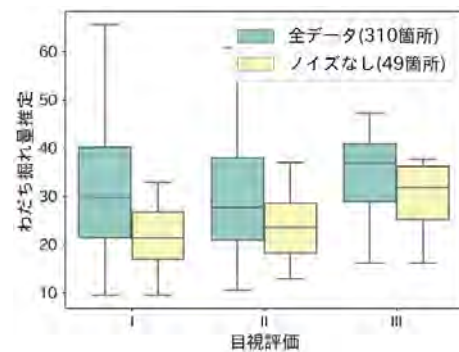


図-3 目視評価値と推定値の関係

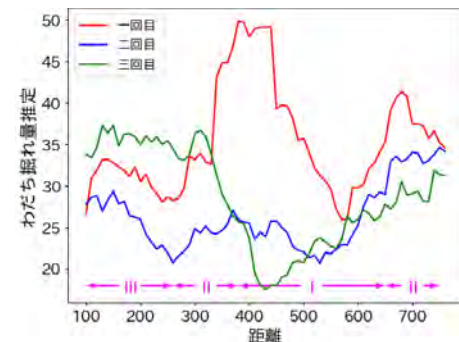


図-4 本手法を用いたわだち掘れ評価の例

### 参考文献

- 1) 国土交通省：舗装点検要領，2016。
- 2) 国土交通省：「路面性状を簡易に把握可能な技術」の試験結果を公表します～新技術の活用に向けて～，試験結果等比較表（別紙-2），2018。
- 3) 藤川未有，居駒薫樹，浅田拓海：3Dデプスカメラを用いた舗装わだちの簡易計測手法の開発，土木学会北海道支部論文報告集，No.76，E-11，2020。
- 4) 浅田拓海，居駒薫樹，長屋弘司，亀山修一：U-net によるひび割れスケッチを導入した簡易カメラ搭載型舗装点検の精度検証，土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol. 79，No. 2，pp. I\_123-I\_131，2020。
- 5) 浅田拓海，布広祥平，後藤宏行，城本政一，亀山修一：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. 79，No. 2，2022。（登載決定）
- 6) 田村秀行：コンピュータ画像処理，オーム社，2002。