

3D デプスカメラを用いた舗装わだちの簡易測定手法の開発

Development of simple measurement method for pavement rutting using 3D depth camera

室蘭工業大学工学部建築社会基盤系学科 ○学生員 藤川 未有 (Miyu Fujikawa)
 室蘭工業大学大学院工学研究科 学生員 居駒 薫樹 (Shigeki Ikoma)
 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

近年、インフラの老朽化に伴う維持管理の重要性が増している。道路舗装では、予防保全の観点から、「点検、診断、措置、記録」のメンテナンスサイクルの構築が推進されている。幹線系道路の点検においては、走行の快適性、安全性の面から、平坦性、ひび割れ、わだち掘れの3要素が測定される場合が多い。昨今では、高頻度な点検の必要性が増してきており、より低コストで簡易な測定手法に関する研究、開発が活発化している。平坦性とひび割れに関しては、市販の加速度計やカメラの導入により、低コスト化が進んでいるところである¹⁾。これに対して、わだち掘れでは、画像や加速度などによる測定が難しいため、簡易化、低コスト化は進んでいない。

一方、昨今、撮影対象の奥行きを測定できる「3D デプスカメラ」が市販され始めている。その中でも、アクティブステレオ法が採用されている製品では、赤外線レーザー光を対象物に照射し、反射した光の光路のずれから奥行きが測定される²⁾。したがって、舗装のような単調なテクスチャにも有効と考えられる。

そこで、本研究では、市販の3D デプスカメラを導入し、走行しながら撮影した路面画像に画像解析を適用して、連続的にわだち掘れ量を測定する手法を開発する。

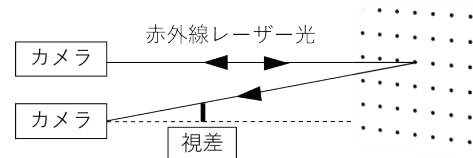


図-1 アクティブステレオ法の概要

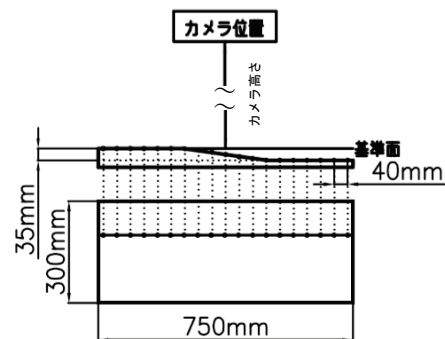


図-2 模擬路面の概要

2. 模擬路面実験によるカメラ特性の把握

本研究では、3D デプスカメラとして、Intel 社の「RealSense Depth Camera D435」を使用した。このカメラでは、アクティブステレオ法による「深度画像」を得ることができる。この手法では、図-1のように、赤外線レーザー光をグリッド状に照射し、各点から反射される光路のずれから視差を算出することでカメラとの距離が画素単位で測定される。ただし、舗装路面への適用事例は報告されていないことから、まず、模擬路面で実験を行い、カメラの許容高さや測定値の傾向について検討した。

2.1 模擬路面の概要

模擬路面の平面図と断面図を図-2に示す。材料にはアスファルト混合物を用いた。路面は、途中から勾配となり、約35mm下がった深さで再度平坦となるように整形した。4cm間隔で測点を設け、基準面からの深さを測定した。同じ状態で複数枚の深度画像を撮影し、各測点の値を平均化した。カメラ高さは750mm、1000mmの2パターンとし、水準測量による値と比較した。

2.2 測定値のキャリブレーション

カメラと水準測量でそれぞれ測定した値の関係を図-3に示す。いずれのカメラ高さにおいても、両者は直線的な関係が見られた。カメラ高さ750mmでは R^2 値がほぼ

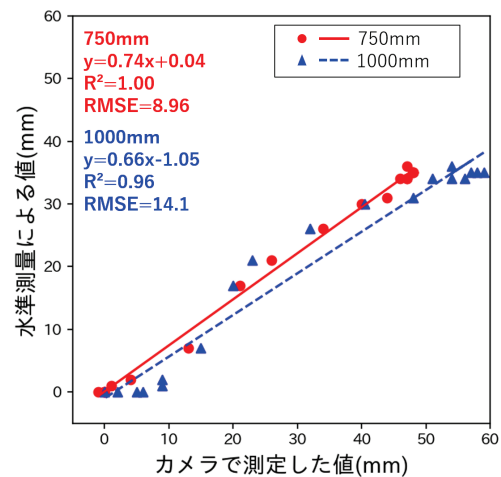


図-3 カメラと水準測量の測定深さの関係

1となる。高さ1000mmでも R^2 値は0.96と高いことから、この程度の高さまでであれば、精度良くわだち深さを測定できると言える。ただし、図-3に示したように、1対1の関係にはならず、カメラによる値の方が大きくなる。このようなカメラの特性を考慮し、図中の回帰式を用いて測定値を補正することとした。

3. 走行撮影によるわだち掘れ量の測定

前章の結果は、カメラが静止している状態で撮影したケースである。実際の運用では、カメラを車載し、走行しながら路面を撮影するため、画像のブレなどによるノイズが発生する可能性がある。そこで、実道路にて撮影調査を実施し、路面性状測定車による値との比較からわだち掘れ量の測定精度について検証した。

3.1 撮影調査の概要

カメラを地面からの高さ 950mm となるように車両に設置した(写真-1)。カメラの水平画角は75°であるため、撮影範囲は横断方向に約 1.5m まで(写真-1の点線枠内)となる。したがって、車線片側だけを測定対象とした。また、GPS 機器と連動させ、およそ 10m 間隔で自動的に撮影する仕組みとした。対象路線は、国道 36 号の約 27km 区間であり、2019 年 11 月に実施した。撮影時の走行速度は 60km/h 以内とした。路面性状測定車については、上記と同じ区間、時期で測定されたデータを用いた。

3.2 3D デプスカメラによるわだち掘れ量の測定方法

本手法によるわだち掘れ量の算出方法を図-4に示す。使用したカメラでは、アクティブステレオ法による「深度画像」が 1280×720 ピクセルの解像度で得られる。図中の分析範囲(縦断方向 50 ピクセル)において、横断方向の列毎に中央値を算出し、断面プロファイルを作成する。横断勾配を考慮し、プロファイルの回帰直線を用いて、水平になるように補正した。最後に、補正後のプロファイルの最上部と最下部の差をわだち掘れ量とした。なお、この最上部と最下部については、ノイズ除去のため、それぞれ 95, 5 パーセンタイル値を用いた。

両方法の比較結果を図-5に示す。わだち掘れ量の変動傾向をみると大きな箇所を本手法で検出できることがわかる。

4. まとめ

本研究では、3D デプスカメラを用いて、低コストかつ簡易にわだち掘れ量を測定する手法を開発した。得られた結果を以下に示す。

- 模擬路面を用いて、水準測量とカメラによる測定値を比較したところ、 R^2 値は 0.95 以上となった。ただし、カメラ測定値の方が大きくなる傾向があるため、回帰式によって補正を行った。
- 次に、カメラと GPS 機器と連動させ、実道路で走行しながら約 10m 間隔で路面を撮影した。また、得られた深度画像からわだち掘れ量を算出する方法を構築した。

今後は、わだち掘れ量の大きな区間を測定し、より詳しい精度検証を行う。また、今回使用したカメラでは、日射が強い場合にノイズが顕著に発生するなどの問題があるため、撮影条件についても検討する。

謝辞：路面性状測定車によるデータは、北海道科学大学の亀山修一教授および大成ロテック株式会社に提供いただいた。ここに記して感謝の意を評します。



写真-1 カメラ設置と撮影範囲

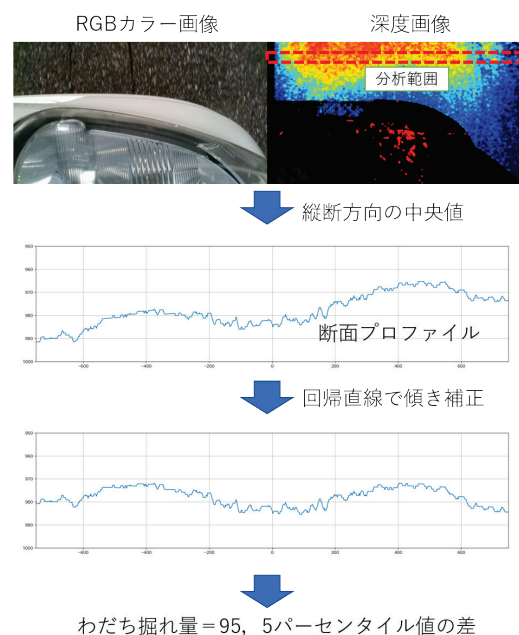


図-4 わだち掘れ量の測定手順

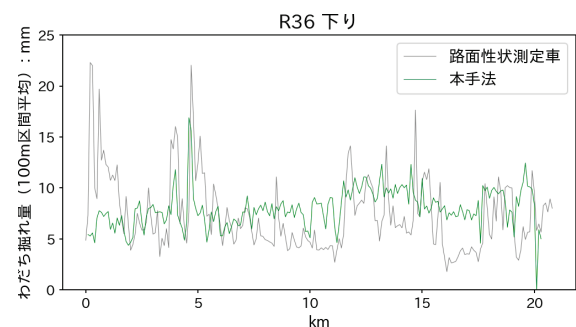


図-5 国道 36 号線における測定結果

参考文献

- 1) 浅田拓海, 川村和将, 石田篤徳, 亀山修一: Convolutional Neural Network を用いたひび割れ・パッチングの高精度検出手法の開発, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.74, No.3, I_131-I_139, 2018
- 2) 梅田和昇, 寺林賢司: アクティブステレオ法による距離画像センサー, 光学, 41(5), pp.275-280, 2012.