

高解像度画像を用いたアスファルト舗装面の3次元点群データの生成実験

法政大学大学院 学生会員 ○山本 忍
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
日本建設情報総合センター（元法政大学）非 会 員 山本 莉子

1. はじめに

道路舗装の維持管理では、ひび割れ、わだち掘れ、平坦性などを測定するためにレーザ計測機器やラインセンシングカメラを搭載した路面性状調査車が利用されている¹⁾。この装置を用いると、3次元点群データ（以下、「点群データ」とする。）や路面画像から自動的に損傷を検出できるため、交通規制を行う必要がなく、1日に数百kmの点検が可能である。しかし、専用車両を用いる必要があるため、費用面の負担が大きく、日常的な道路巡視で利用することは難しい。そこで、ドライブレコーダ²⁾やスマートフォン³⁾で撮影した動画画像を用いて、道路舗装のひび割れ率を算出する研究⁴⁾がなされている。これらの研究の多くは、機械学習を用いて画像の輝度情報に基づき損傷を判定しており⁵⁾、対象の3次元的な変化まで考慮していない。

一方、公共測量の現場では、Agisoft社のMetashapeやPix4D社のPix4D Mapperに代表されるSfM (Structure from Motion) ソフトウェアの導入事例が増えている。SfMとは、多視点画像から撮影位置・姿勢の推定と被写体の3次元形状を復元する技術である。これにより、2次元の画像から3次元の点群データを生成できる。しかし、高密度かつ高精度な点群データの生成には、一般に高解像度な画像が必要とされる⁶⁾。特に、道路面の変状判定には、レーザ計測と同等程度の高密度かつ高精度な点群データが要求される。

そこで、本研究の目的は、Full HD、4K、8Kの画像を撮影可能なスマートフォンのカメラ（以下、「Full HDカメラ」、「4Kカメラ」、「8Kカメラ」とする。）とSfMソフトウェアを用いて、アスファルト舗装面の点群データの生成可否を明らかにすることとした。

2. 研究方法

本研究では、Full HD、4K、8Kの高解像度画像を用いて点群データの生成可否を確認する。本実験では、多視

点画像を効率的に取得するため、アスファルト舗装面を動画で撮影した。そして、撮影後に動画をフレーム単位に切り出し、実験に必要な高解像度画像を作成した。

SfMソフトウェアにはMetashapeを使用した。写真のアライメント処理の入力パラメータは、精度を「中」とした。また、高密度クラウド構築処理の入力パラメータである品質は「中」、深度フィルタは「弱」を設定した。

3. 高解像度画像を用いたアスファルト舗装面の点群データの生成実験

(1) 実験概要

本実験では、iPhone8および高解像度画像が撮影できるGalaxy S20+を使用した（表-1参照）。そして、車内および車外から異なる解像度で撮影された全6種類の動画画像

表-1 使用機器の仕様

仕様	レンズ	iPhone8	Galaxy S20+
有効画素数	超広角	—	約1,200万画素
	広角	約1,200万画素	約1,200万画素
	望遠	—	約6,400万画素
	その他	—	深度測位 (ToF機能)
F値	超広角	—	2.2
	広角	1.8	1.8
動画設定	解像度	Full HD (1,920×1,080) 4K (3,840×2,160)	Full HD (1,920×1,080) 4K (3,840×2,160) 8K (7,680×4,320)

表-2 高解像度画像を用いた点群データの生成結果

解像度	点群データの生成結果	
	車内に取り付けたカメラ	車外に取り付けたカメラ
Full HD (1,920×1,080)	生成不可	生成可（一部欠損あり） 約1,500点/㎡
4K (3,840×2,160)	生成可（全体的に湾曲） 約4,000点/㎡	生成可 約5,000点/㎡
8K (7,680×4,320)	生成可（全体的に湾曲） 約30,000点/㎡	生成可 約40,000点/㎡

を用いて、アスファルト舗装面の点群データを生成する。車内撮影では、自動車のダッシュボードに固定設置された車載ホルダーにスマートフォンを取り付け、前方の走行路面が映り込む角度に固定した。車外撮影では、自転車にスマートフォンを取り付け、路面が映り込む角度に固定した。

(2) アスファルト舗装面の点群データの生成結果と考察

本実験の結果を表-2 に示す。車内に取り付けたカメラの内、Full HD カメラでは、点群データの生成が困難であった。一方、4K カメラでは約 4,000 点/m²、8K カメラでは約 30,000 点/m² の点群データを生成できた。しかし、いずれの点群データも全体的に湾曲していた。これは、一方向から撮影した画像のみを使用していたことと、フロントガラスを介して取得した画像を使用していることが原因と考えられる。今後は、計測環境下に基準点を設け、点群データの生成処理時に補正值として与えることによる改善効果を確認する。

車外に取り付けたカメラでは、Full HD、4K、8K とともに点群データを生成できた。Full HD カメラでは、点群データに一部欠損が生じたものの、約 1,500 点/m² の点群データを生成できた。4K カメラでは約 5,000 点/m²、8K カメラでは約 40,000 点/m² の点群データを生成できた。

4K カメラと 8K カメラを用いて生成したアスファルト舗装面の点群データを表-3 に示す。また、アスファルト舗装面で凹凸が存在する箇所の点群データの抽出結果を表-4 に示す。なお、表-3 および表-4 中の A-A'断面は 4K カメラから生成した点群データの抽出範囲、B-B' 断面は 8K カメラから生成した点群データの抽出範囲であり、それぞれ同一箇所を示す。表-4 より、4K カメラと 8K カメラを用いて生成した点群データからアスファルト舗装面の凹凸を確認できることがわかった。A-A' 断面を切出した点群データ数は約 18 万点、B-B' 断面を切出した際の点群データ数は約 60 万点であった。

以上より、画像からアスファルト舗装面の 3 次元的な変化を識別するためには、カメラは車外設置とし、画像は 4K 以上の高解像度であることが望ましいといえる。

4. おわりに

本研究では、高解像度画像を用いた SfM により、アスファルト舗装面の詳細な点群データの生成可否を確認した。今後は、点群データの精度検証を行うと共に、わだち掘れやひび割れ評価などの道路維持管理への適用可能性を検証する予定である。

表-3 車外に取り付けたカメラを用いて生成した点群データ

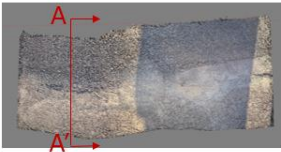
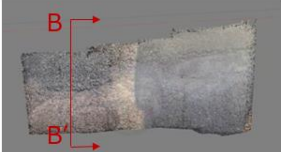
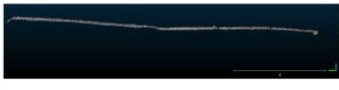
解像度	アスファルト舗装面の点群データ
4K (3,840×2,160)	
8K (7,680×4,320)	

表-4 アスファルト舗装面の点群データの断面図

解像度	断面図の切出し位置	点群数	アスファルト舗装面の点群データの断面図
4K (3,840×2,160)	A-A'断面	約18万点	
8K (7,680×4,320)	B-B'断面	約60万点	

謝辞：本研究の一部は、国土技術研究センター研究開発助成（第 19011 号）により実施した。

参考文献

1) 国土交通省：国道（国管理）の維持管理のあり方についての中間とりまとめを議論・公表，<https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_001322.html>，（2021.3.27 閲覧）。

2) 国土交通省：道路デジタルメンテナンス戦略，<<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001345973.pdf>>，（2021.3.27 閲覧）。

3) 河井大地，丸山喜久，永田茂：スマートフォンで計測した自動車の上下加速度を用いた舗装路面凹凸の評価，土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol.73，No.3，pp.79-87，2017。

4) 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。

5) 全邦釘，井後敦史，南免羅裕治，黒木航汰，大窪和明：車載カメラにより撮影された舗装画像からのディープラーニングによるひび割れ率評価，土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol.73，No.3，pp.I_97-I_105，2017。

6) 織田和夫：第一回 SfM の概要とバンドル調整，写真測量とリモートセンシング，Vol.55，No.3，pp.206-209，2016。