

スマートフォンで取得した点群データの現地補測への活用に関する一考察

法政大学大学院 学生会員 ○小宮 涼
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

昨今、屋内外の都市空間の測量に MMS (Mobile Mapping System) やハンディレーザスキャナ等の可搬型レーザが多用されている。可搬型レーザは、対象の 3 次元形状を点群データ (以下、「点群」とする。) で取得できる。しかし、対象物に死角箇所が生ずる場合、点群に欠損が発生する。そのため、用途によっては、地上型レーザスキャナ (以下、「TLS」とする。) や LiDAR SLAM 技術を用いて、負荷の大きな現地補測を実施し、点群の欠損箇所を補完する必要がある。

点群から 2 次元の図面や 3 次元モデルを描画する場合、対象物の変状箇所を把握できればよい。そのため、安価かつ容易に取り扱えるスマートフォンを活用できれば、低コストかつ網羅的に点群の取得が可能となり、現地補測の効率化および作業負荷の軽減が期待できる。例えば、Apple 社の一部の機器は LiDAR を搭載し、レーザで点群を取得できる。また、スマートフォンで撮影した画像は、画像内の特徴点に基づき処理する SfM や、深層学習により 3 次元形状を復元する NeRF を適用することで、点群を取得できる。このため、スマートフォンで取得した点群の精度や実現場への適用性検証が課題である。以上から本研究の目的は、スマートフォンで取得した点群の精度検証による現地補測の活用可能性の検証とした。

2. 実験の概要

本研究では、iPhone 13 Pro Max で LiDAR による点群と、カメラで撮影した画像を用いた SfM および NeRF による点群を取得し、スマートフォンの現地補測の活用可能性を検証する。データの取得には、iOS アプリケーション Polycam を用いる。Polycam は、点群に加えて XGA 解像度の画像が自動で撮影され、画像撮影時のカメラパラメータと端末の位置姿勢が JSON 形式で記録される。それらを raw data として出力できる。

実験では、実現場での適用性を検証するため、死角

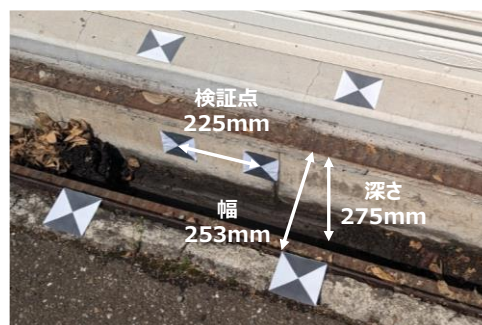


図-1 計測対象の側溝及び各寸法

箇所となる可能性の高い側溝を計測対象とする。生成した点群の見た目の品質に加え、巻き尺で計測した側溝の深さ、幅および検証点間の実測値と点群より計測した各寸法値を比較し、各手法の精度を評価する (図-1 参照)。各手法で取得した点群の精度は、地図情報レベル 500 のデータ精度を満足するかで評価する。「作業規定の準則」²⁾で定義される地図情報レベル 500 の数値地形図データの位置精度は、水平位置および標高点の標準偏差が 250mm 以内である。そこで、各手法で取得した点群の寸法値と実測値との誤差が 250mm 以内であれば、現地補測での活用に供する精度であると評価する。SfM は Pix4Dmapper を用いて、入力した画像から点群を出力する。処理オプションテンプレートは、「3D Models」を選択する。NeRF は NeRFStudio¹⁾ を用いて、Polycam で出力した raw data を入力し、対象の 3 次元形状を深層学習により復元した点群を出力する。NeRF の点数は、1,000 万点に設定する。そして各手法で処理の開始から点群の出力が完了するまでの時間を計測する。SfM および NeRF で出力する点群はスケールを持たないため、対象の周囲に設置した標定点に基づき点群処理ソフトウェア CloudCompare でスケールを付与する。

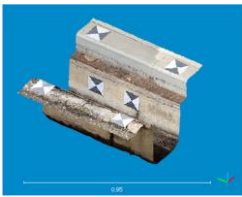
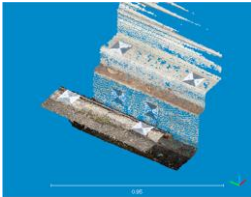
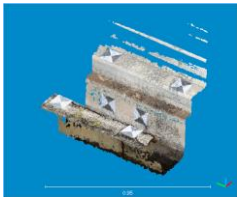
3. 結果と考察

実験では、10cm から 1m 程度の距離で端末を動かして側溝を満遍なく計測した。計測時間は約 20 秒を要

キーワード：点群データ、スマートフォン、MMS、LiDAR、SfM、NeRF

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 : ryo.komiya.5p@stu.hosei.ac.jp

表-1 実験で計測した点群と計測値

項目 \ 手法		LiDAR	SfM	NeRF
点群				
処理時間		0 分 39 秒 90	1 分 00 秒 97	32 分 55 秒 00
計測値（誤差） （mm）	深さ	257 (-18)	276 (+1)	276 (+1)
	幅	256 (+3)	256 (+3)	259 (+6)
	検証点	224 (-1)	231 (+6)	230 (+5)

し、画像は合計 32 枚撮影された。これらの情報を SfM および NeRF に入力し、点群を出力した。

各手法で取得した点群、処理時間、計測値および正解値との誤差を表-1 に示す。表-1 より、すべての計測値が誤差 250mm 以内であり、地図情報レベル 500 の測定精度を満足した。各手法の計測値に大きな差異はなく、3 つの手法は同等の精度であることがわかった。

一方、見た目の品質が最も高く、欠損のない点群を取得できたのは LiDAR であった。SfM および NeRF で取得した点群は、背景が透ける箇所が散見された。また、NeRF で取得した点群は、側溝の表面に凹凸やノイズが発生した。しかし、NeRF は側溝内の堆積物の形状を詳細にとらえることができた（図-2 参照）。

処理時間を比較すると、LiDAR が最も短く、計測から点群の取得まで約 1 分であった。処理時間が最も長いのは NeRF であり、約 30 分を要した。処理が長時間となった原因は、深層学習によって画像から 3 次元形状を復元する際の学習時間であり、処理の大部分を占めていた。SfM は、NeRF では省略される各画像の位置姿勢の推定が必要なため、大量の画像を使用する場合は NeRF よりも処理時間を要する可能性がある。

以上から、スマートフォンで取得した点群の実現場への適用可能性が示された。壁面に隣接する側溝等、可搬型レーザの使用が難しい現場では、小回りの利くスマートフォンを活用することで、現地補測の業務を効率化できる可能性がある。点群の見た目の品質、処理時間を考慮すると LiDAR が、安価かつ容易に点群を取得できるスマートフォンの特性を最も活かしており、低コストかつ網羅的な現地補測の実現に寄与できると考えられる。また、LiDAR で計測した点群はスケールを持つため、取得後の点群処理が容易である。



図-2 NeRF で計測した側溝内の堆積物

SfM および NeRF は、画像から点群を取得可能なため、LiDAR を搭載していないスマートフォンであっても点群を取得できる。そのため、スケールを付与できれば、ほとんどのスマートフォンが現地補測に活用できる可能性がある。特に SfM は、画像枚数が少ない場合 LiDAR と同程度の処理時間で点群が取得できることがわかった。NeRF は、処理時間の大部分が学習時間であるため、画像枚数による処理時間の短縮は期待できない。しかし、ミクロな対象物や複雑な形状を有する対象物を計測する場合に活用できる可能性がある。

4. おわりに

本研究では、スマートフォンで点群を取得する 3 つの手法の精度を評価した。その結果、3 手法で取得されるすべての点群が地図情報レベル 500 で定義されるデータ精度を満足し、現地補測の活用可能性のあることがわかった。今後は、可搬型レーザで取得した点群との合成による補完を試行し、スマートフォンによる現地補測の有用性を検証する。

参考文献

1) Matthew, T., Ethan, W., Evonne, N., Ruilong, L., Brent, Y., Justin, K., Terrance, W., Alexander, K., Jake, A., Kamyar, S., Abhik, A., David, M. and Angjoo, K.: Nerfstudio, A Modular Framework for Neural Radiance Field Development, *arXiv preprint arXiv:2302.04264*, 2023.
2) 国土交通省：作業規程の準則, <https://psgsv2.gsi.go.jp/ko-ukyou/jyunsoku/pdf/r2/r2_junsoku.pdf>, (入手 2023.4.2)。