

F1-9

MMSにより計測した路面の点群データにおけるノイズ除去方法の比較 Comparison of Noise Removal Methods for Road Surface Point Cloud Data Measured by MMS

○小暮佑亮¹, 岡本直樹², 室井和弘², 岩上弘明³, 佐田達典⁴, 江守央⁴

*Yusuke Kogure¹, Naoki Okamoto², Kazuhiro Muroi², Hiroaki Iwakami³, Tatsunori Sada⁴, Hisashi Emori⁴

Abstract: In this study, we compared methods for removing noise included when acquiring road surface point cloud data using MMS. The acquired point cloud data was denoised using two methods: radius outlier removal and statistical outlier removal. Then, we compared the removal methods using the noise removal evaluation index. The results showed that both methods had high evaluation index values for noise removal. Comparing the two methods, the statistical outlier removal method had slightly higher evaluation index values than the radius outlier removal method.

1. はじめに

モバイルマッピングシステム (Mobile Mapping System: 以下, MMS) とは, 車両に搭載されたレーザスキャナにより, 走行することで周辺の空間を3次元点群データとして取得するシステムである。点群データとは, レーザスキャナによる3次元測量によって得られた3次元座標を持った点の集合であり, 一つ一つの点には位置情報 (X,Y,Z) や色情報 (R,G,B) を含んでいる。MMS で取得した3次元点群データにはノイズが含まれていることが多く, 点群データを実際の業務に使用するにはノイズ除去が必要になる。ノイズ除去を自動化することで作業時間の短縮等, 実務の効率化が期待でき, 点群データの品質の向上にもつながる。

既存研究として, 峰岸ら^[1]は, 歩行型MMSを用いて屋内空間や壁面のガラスの点群を取得し, その点群に含まれるノイズの除去の自動化について検証した。また, 水江ら^[2]は, MMSを用いて滑走路面を計測し, ノイズを自動で除去した上で計測精度を検証したが, 路面に発生するノイズの除去法について, 精度が高いとされている手法は十分には明らかになっていない。

そこで, 本研究ではMMSで路面の点群データを取得した際に含まれるノイズの除去法について比較する。

2. ノイズについて

ノイズとは, 点群データに含まれる不要な点を指し, 誤った位置座標を持った点群である。ノイズは, 計測時の環境や計測装置の性能によって生じることがあり, ノイズが存在すると点群データの解析や可視化に影響を及ぼす可能性がある。ノイズの特徴として, MMSに搭載するレーザスキャナの位相差方式 (以下, PS方式) と飛行時間方式 (以下, ToF方式) でノイズの分布が変化する。ToF方式は, ノイズが路面のz軸プラス (上空) に発生することが多いが, PS方式は上空に加えて, z軸マイナス (地中) にもノイズが発生する。地中のノ

イズに関しては, 計測車両の走行位置を中心に半径が異なる半円を複数個描くようにノイズが発生するという特徴がある。以上のことから研究対象のデータはノイズの発生に特徴のあるPS方式を搭載したMMSで計測を行う。

3. 研究対象

本研究では, 水江ら^[2]の研究データを使用し, 2021年8月4日に日本大学船橋キャンパス交通総合試験路で行われたMMSの計測実験を研究対象データとした。PS方式のレーザスキャナを搭載したMMSの車両を20km/hで走行し, **Figure 1.** に示すように計測エリア外側から計測エリア内を測定した。実験では計測エリア内を走行した測定も実施したが, 計測エリア外側から測定したデータの方が精度が高かったため, そのデータを用いた。取得した点群データから **Figure 2.** にあるように計測エリアの4分の1 (15m×50m) の点群データをCloud Compareで切取ってノイズ除去を行った。



Figure 1. Experimental field
(地理院タイル^[3]を加工して作成)

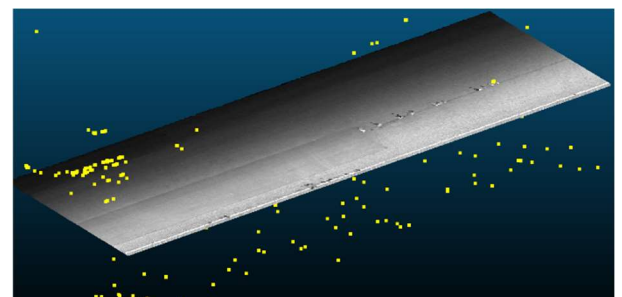


Figure 2. Measurement data example (yellow is noise)
(Cloud Compareにて表示)

4. ノイズの除去法

ノイズ除去手法には、水江ら^[2]が使用した半径外れ値除去と統計的外れ値除去の2つの手法を用いた。半径外れ値除去は、各点を中心とする球の内部にある近傍点の数を計算し、近傍点の数があらかじめ設定した、値以下の点を外れ値とみなし削除する手法である。本研究では、点群データに生成する球の半径と、球の内部に存在する点群数を閾値として、水江ら^[2]と同様の値（半径：0.5m, 近傍点：113点）を指定した。

また、統計的外れ値除は、近傍点との平均距離を各点で算出し、算出した距離を使って統計的に外れ値を取り除く手法である。本研究では、各点における近傍点の個数と、距離の平均から求めた標準偏差の値を閾値として、近傍点は半径外れ値除去と同値、標準偏差は1.5を指定した。

5. 評価方法

本研究では、峰岸ら^[1]が用いた評価方法と同様の指標で評価を行った。評価指標は適合率（Precision）、再現率（Recall）、F値の3指標とし、それぞれの値を算出して除去法の評価を行った。その際、除去結果の点群と比較するためにノイズがない理想的な点群データを正解点群として、手編集で作成し評価を行った。以下に式(1),(2),(3)を示す。

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \quad (2)$$

$$\text{F 値} = \frac{2\text{Recall} \times \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \quad (3)$$

ここで、TP（True Positive）は除去結果の点群が正解点群と一致した点群数であり、FP（False Positive）はノイズを誤って正解と判断した点群数であり、FN（False Negative）は正解点群を誤ってノイズと判断した点群数である。適合率は除去結果のうち、実際に正解点群であるものの割合を示し、適合率が高いほど正確なノイズ除去を示す。一方、再現率は正解点群のうち、実際に除去結果が正解点群と予測した点群の割合を示し、再現率が高いほどノイズを見逃さないことを示す。また、F値は適合率と再現率の調和平均であり、除去法のバランスを評価する。

6. 結果

ノイズを除去したデータを基に各除去法の適合率、再現率、F値を算出した結果をTable 1.に示す。算出結果から、双方の除去法とも評価指標の数値が高く、ノイズの大部分は除去することができた。評価指標の数値の差はほとんどないものの再現率、F値に関しては、僅かに統計的外れ値除去法の方が高かった。

Table 1. Results for each removal method

	半径外れ値除去	統計的外れ値除去
適合率	98.928(%)	98.928(%)
再現率	99.978(%)	99.996(%)
F 値	99.450	99.459

7. 考察

本研究の結果から、適合率の数値が高く、ノイズ除去が正確であることがわかったが、約1%が本来ノイズである点群を誤って路面の点群と判定していることがわかった。また、半径外れ値除去法は再現率、F値が統計的外れ値除去と比較して僅かに低い数値となったが、閾値の設定が不十分である可能性が考えられる。

8. まとめ

本研究では、路面の点群データに含まれるノイズの除去法について比較した。結果として、双方の除去法ともノイズの大部分は除去することができた。評価指標に関しては、数値の差がほとんどないものの再現率、F値は、僅かに統計的外れ値除去法の方が高くなった。

今後の課題として、ノイズ除去の閾値のパターンを増やすこと、他の評価指標での比較を検討する必要がある。また、本研究では正解データを手編集で作成したが、手編集の場合、個人の主観が入り正確性に欠けるため、正解データの作成方法を検討する必要がある。

9. 参考文献

- [1] 峰岸 樹, 江守 央, 佐田 達典:点群データに含まれるノイズの統計的・幾何的手法を用いた自動的除去に関する研究, 土木学会論文集 F3(土木情報学), Vol.78, No.2, I_49-I_55, 2022.
- [2] 水江 郁崇:ノイズ除去および標定点補正を用いたMMSによる滑走路を想定した路面形状計測に関する研究, 令和4年度日本大学理工学部交通システム工学科卒業論文概要集, F-7, 2022.
- [3]国土地理院:地理院タイル, <<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>>, (入手:2023年9月22日).