

F1-12

ToF方式レーザスキャナを搭載したMMSにより計測した路面点群データにおける RANSACで推定される平面の精度検証

Verification of the Accuracy of the Plane Estimated by RANSAC on the Road Surface Point Cloud Data Measured by
MMS Equipped with a ToF Laser Scanner

○酒井奏岳¹, 室井和弘², 本郷恵莉², 岩上弘明³, 佐田達典⁴

*Sota Sakai¹, Kazuhiro Muroi², Eri Hongou², Hiroaki Iwakami³, Tatsunori Sada⁴

Abstract: In this study, the accuracy of the plane estimated by RANSAC was verified using point cloud data of road surfaces measured by MMS equipped with a ToF laser scanner. The accuracy was verified by calculating the angle between the plane estimated by RANSAC and a reference plane. The results showed that the RANSAC-estimated plane was close to the reference plane for point cloud data of road surfaces with no abrupt slope changes.

1. はじめに

近年, Mobile Mapping System (以下, MMS) を用いた 3 次元点群データの計測が注目されている. MMS は車両に GNSS アンテナやレーザスキャナを搭載し, 走行中に周辺の状態をデータとして取得するシステムである. 取得した 3 次元走行軌跡データ, 3 次元点群データ, カメラ画像データを重ねることにより, 土木構造物の現状把握や維持管理など, 様々な場面で活用することができる.

MMS で用いるレーザスキャナの測位方式には, レーザ光が対象物に反射して戻るまでの時間をもとに測定する飛行時間方式 (以下, ToF) と, 複数に変調させたレーザ光を照射して, 戻る際の位相差をもとに 3 次元位置情報を取得する位相差方式 (以下, PS) がある.

小暮ら^[1]は PS 方式の MMS で計測された路面の点群データに含まれるノイズの除去手法の性能について比較を行い, RANSAC によるノイズ除去が最も精度が良い結果となったことを報告している. しかし, ToF 方式の MMS で計測された路面の点群データに含まれるノイズ除去手法の性能について比較されていない.

そこで, ToF 方式の MMS で計測された路面の点群データにおいて, RANSAC により推定される平面と, 水準測量で取得した標高により算出した正解の平面から, RANSAC により推定される平面の精度検証を行う.

2. RANSAC について

Random Sample Consensus (以下, RANSAC) とは Figure1. に示すように, 点群データからランダムに点を抽出し, 平面を推定する. そして, 推定した平面から抽出した点以外の点の距離を計測し, その距離がしき

い値以下の点を抽出する. この処理を複数回繰り返す, 抽出した点数が最大の時の処理を採用する手法である. ここで設定するハイパーパラメータは, インライアとするしきい値, 抽出する最小点数, 試行回数である.

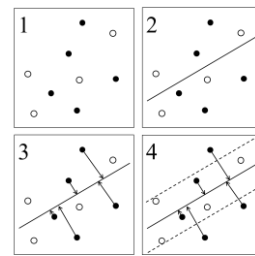


Figure 1. RANSAC

3. 研究対象

本研究では, 水江ら^[2]の研究データである, 日本大学理工学部船橋キャンパス交通総合試験路で行われた, ToF 方式の MX9 を搭載した車両による計測データを研究対象とした. 走行速度は 20km/h, 30km/h, 40km/h の 3 パターンであり, Figure2. に示す計測エリアを往復 (往路: 北→南, 復路: 南→北) で測定した. データ範囲は 100m×15m であり, 標高値が路面より ±1m 以上離れた点を外れ値として削除した.



Figure 2. Experimental field
(地理院地図^[3]を加工して作成)

4. 路面の基準平面の算出方法

樋口ら^[4]の研究では, 本研究の計測エリアである

100m×15mにおいて1m間隔で水準測量を行い、標高値を算出している。そのため、1平方メートル単位の各セグメントにおける3点の座標から基準平面を算出した。3点の抽出方法をFigure3に示す。最初にAB列の平面を算出する。A1, A2, B1で平面を算出し、次にA2, A3, B2で平面を算出する。AB列が15mに到達した後、BC列に移動し同様に平面を算出する。そして、列の移動を繰り返し、100mに到達したら終了する。

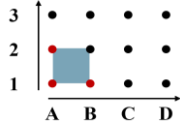


Figure 3. Calculation of reference plane

5. 評価方法

本研究では、PythonのオープンソースライブラリであるOpen3dのRANSACを用いたPlane segmentationを使用して平面を推定した。ここで設定したハイパーパラメータを以下に示す。

- ・インライアとするしきい値 : 0.01 m
- ・抽出する最小点数 : 3 個
- ・試行回数 : 10,000 回

まず、基準平面と比較するために各点群データを1平方メートル単位のセグメントに分割した。次に、各セグメントで平面を推定し、推定された平面と基準平面が交わるときになす角度を、法線ベクトルのなす角度から算出した。そして、基準平面との角度が小さいほうが、推定された平面の精度が良いと評価した。

6. 結果

各データの基準平面との角度とセグメント数の関係をFigure4に示す。ここで示す基準平面との角度は、少数第2位を切り捨てた値である。

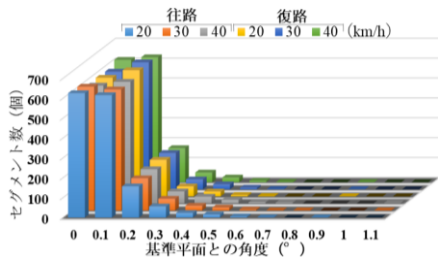


Figure 4. Relationship between the angle to the reference plane and the number of segments in each data

Figure4.に示すように、全てのデータで80%以上のセグメントにおいて、基準平面との角度が0.2°未満であった。また、99%以上のセグメントが0.6°未満であった。しかし、全てのデータで0.9°以上のセグメントが

1つ存在した。それは、Figure5.の①で示すX=29(m), Y=14(m)に位置するセグメントであった。

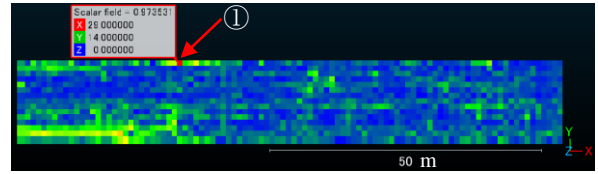


Figure 5. Heat map of angles to the reference plane (20km/h on the way there)

そこで、Figure5.の①で示すセグメントの断面図をFigure6.に示す。白い線が推定された平面であるが、急激に勾配が変化している部分（路肩部分）から外れていることが分かる。基準平面との角度が0.9°以上あったのは、1m間隔の水準測量で、その間にある急激な勾配変化を考慮していないからと考える。



Figure 6. Cross-sectional view of segment (X=29(m), Y=14(m))

7. まとめ

ToF方式レーザスキャナを搭載したMMSにより計測した路面点群データを対象として、RANSACで推定される平面の精度検証を行った。80%以上のセグメントにおいて、基準平面との角度が0.2°未満であり、RANSACで推定される平面は精度が良いことが分かった。しかし、急激な勾配変化がある場合には精度が低下することから、セグメント分割において適切なサイズを検討する必要がある。

8. 参考文献

[1] 小暮佑亮：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，令和5年度日本大学理工学部交通システム工学卒業論文概要集，F-13，pp.169-170，2023。

[2] 水江郁崇：ノイズ除去及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卒業論文概要集，F-7，pp.151-152，2022。

[3] 国土地理院：地理院地図，<<https://maps.gsi.go.jp>>，（アクセス：2024年9月15日）

[4] 樋口智明，佐田達典，江守央，村山盛行，福森秀晃：舗装工事を対象とした地上型レーザスキャナの出来形計測の検証実験，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.75，No.2，II_71-II_78，2019。