

衛星非受信区間でのMMSによる取得点群の位置精度比較

Study on positional accuracy of point clouds gotten by MMS laser measurement
in satellite non-reception areas○加藤創大¹, 岡本直樹², 室井和弘², 岩上弘明³, 佐田達典⁴*Sodai Kato¹, Naoki Okamoto², Kazuhiro Muroi², Hiroaki iwakami³, Tatsunori Sada⁴

Abstract: In recent years, the measurement of 3D point clouds using the MMS has been attracting attention, and MMS can efficiently acquire 3D point cloud data. In shielded environments where GNSS cannot be received, such as tunnels, the position information is supplemented by an IMU to estimate the position and orientation of the MMS. Existing studies have shown that the longer the measurement distance in non-satellite receiver space, the larger the range difference due to the IMU. In this study, we conducted a mobile measurement using MMS in a tunnel, which is a non-satellite reception section, and evaluated the position error at the verification point to clarify the relationship between the elapsed time and the degree of position error increase. The results show that the range increases with elapsed time for less than 60 seconds after tunnel entry, but the maximum range is only 0.07 m, indicating that stable positioning accuracy is maintained.

1. はじめに

近年, Mobile Mapping System (以下, MMS) を用いた効率的な3次元点群の計測が注目されている. MMSは移動体にレーザスキャナやカメラなどのセンサを搭載し, 走行しながら3次元点群や画像データを取得するシステムである. MMSによる計測では Global Navigation Satellite System (以下, GNSS) により位置を決定する. トンネルなどのGNSSが良好に受信できない遮蔽環境下においては Inertial Measurement Unit (以下, IMU) を用いて位置情報を補い MMS の位置や姿勢を推定する. 片山ら^[1]はMMSを用いた衛星非受信空間での3次元位置精度検証にて, 距離が長くなるほどIMUの影響による較差が増大することを示した. しかし, IMUの時間経過に伴う誤差増加度については実証的な研究がほとんどなされていない.

そこで本研究では衛星信号が受信できない環境であるトンネルにおいてMMSによる移動計測を行い, 検証点での位置誤差を評価し, 経過時間と位置誤差増加度との関係を明らかにする. 車両進行方向, 横断方向, 高さ方向の較差と比較して進行方向の較差の変動が大きいことから, 本研究では車両進行方向の較差に重点を置いて評価を行う.

2. 実験概要

本研究では位相差方式レーザスキャナを搭載したMMSを使用した. レーザスキャナとGNSS/IMUの計測性能と計測車両を Table1, Figure1. に示す. 本MMS

では2023年5月24日にメーカーによるキャリブレーションを実施し, 最大較差が0.07m以内に収まることを確認している.

本実験は, 2023年8月29日に福島ロボットテストフィールドにある58.3mの試験用トンネルにおいて検証点用の対空標識をトンネル路面中心に設置して実施した. 対空標識の設置位置を Figure2. に, トンネル内の走行パターンを Figure3. に示す. また本実験は Figure4. に示すようにレーザ照射角度45°にて計測を行った.

3. 解析結果

MMSで取得したトンネル内の対空標識の取得点群の中心座標(検証点座標)と参照値の座標から進行方向の較差を求め, 衛星非受信区間の位置精度を調べた.

Table1. Measurement Performance ^{[2][3]}

レーザスキャナ	Z+F PROFILER9012
計測レート	1,016,000 点/秒
計測精度	0.5mm (計測距離10mの場合)
GNSS / IMU	Trimble AP60
GNSS 受信時の性能	水平 0.02m 垂直 0.05m
GNSS非受信1分後の性能	水平 0.07m 垂直 0.10m



Figure1. Mobile Mapping System

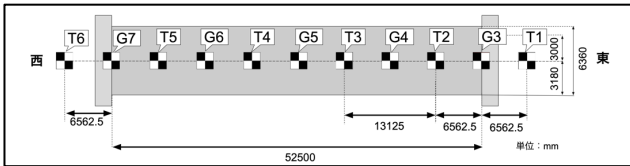


Figure 2. Location of Airworthiness Signs

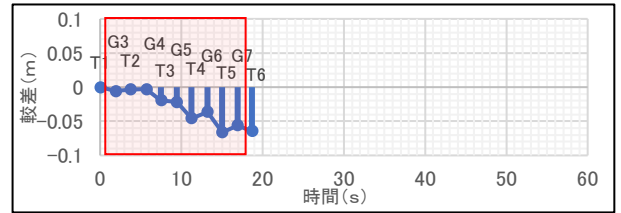


Figure 5. West to East, Tunnel passing

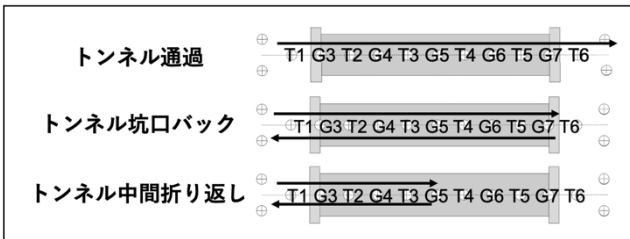


Figure 3. Image of driving pattern

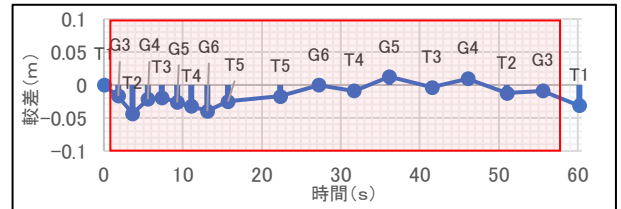


Figure 6. West to East, Tunnel end turnaround

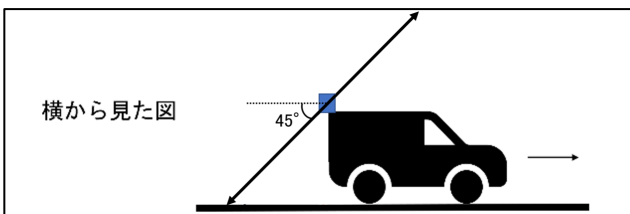


Figure 4. Laser irradiation angle

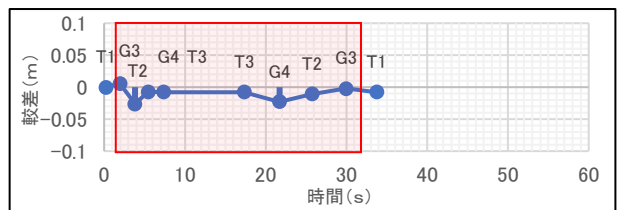


Figure 7. West to East, Tunnel center turnaround

Figure 5.から Figure 7.にトンネル内走行時間と車両進行方向の較差を示す. 各図とも西から東走行時は T6, 東から西走行時は T1 の検証点にレーザが照射した時刻を 0 秒として検証点との車両進行方向の較差の関係を示す. トンネル内部走行区間を赤色で示す.

Figure 5.にトンネル通過時の経過時間と車両進行方向較差を示す. 最大較差は 0.07m となった. 西から東に進行すると共に走行方向の較差が徐々に増加した.

Figure 6.にトンネル坑口バックの経過時間と車両進行方向較差を示す. 最大較差は 0.04m となった. トンネル内に入る際一時的に較差が増大するが, 折り返し後は較差が減少した.

Figure 7.にトンネル中央折り返しの経過時間と車両進行方向較差を示す. 両側開放時の最大較差は 0.04m となった. 走行開始時および折り返し後に一時的に較差が増大するがその後減少した.

4. まとめ

本研究では衛星信号が受信できない環境であるトンネルにおいて MMS による移動計測を行い, 検証点での車両進行方向の較差を評価した. その結果, トンネル入坑後 60 秒未満という短時間では, 経過時間とともに

に車両進行方向の較差は増加するものの, 最大較差は 0.07m であり, 安定した測位精度を維持していることがわかる. トンネル内での較差変動に着目すると, 較差の変動が少ないものはトンネル中心折り返しであり, 較差が徐々に増大したものはトンネル通過であった. 較差が増大する要因は累積走行距離の精度に依存するのではないかと考える. また折返し時の GNSS 衛星電波受信の影響も考えられるため, さらに検討を進めていく予定である.

5. 参考文献

- [1] 片山理佐子, 関口泰徳, 笹川啓: 衛星不可視区間を含む MMS 計測点群の 3 次元位置精度検証, 国土地理院時報 Vol.134, pp13-18, 2021.
- [2] LiDAR USA: Highway Mapper Z+F,<<https://www.lidarusa.com/hiway-mapper-z--snoopy-custom.html>>, (入手: 2024.6.1).
- [3] Geo3D: Z+F PROFILER 9012 データシート,<http://www.geo3d.hr/sites/default/files/2018-06/Z_F_PROFILER_9012_Datasheet_E_final_compr.pdf>, (入手: 2024.6.1).