

F1-6

オープンスカイ環境下におけるMMSの車両旋回時の点群精度検証

Verification of Point Cloud Accuracy of an MMS During Vehicle Turns under Open-Sky Conditions

○高橋秀昌¹, 山口裕哉², 室井和弘², 岩上弘明³, 佐田達典⁴, 李勇鶴⁴

*Hideaki Takahashi¹, Yuya Yamaguchi², Kazuhiro Muroi², Hiroaki Iwakami³, Tatsunori Sada⁴, Yonghe Li⁴

Abstract : This study verified the accuracy of MMS point cloud data during turns compared to straight-line operation in an open-sky environment. Satellite combinations were also examined. Results showed no significant difference in accuracy between satellite combinations in open-sky conditions, indicating any combination is acceptable. However, when performing point cloud measurements with MMS in open-sky conditions, it was found that point cloud coordinates are slightly less stable during straight-line motion than during turning. Therefore, under open-sky conditions, while any combination of satellites can be used for MMS-based 3D point cloud measurement, it is preferable to perform the measurement in a straight line even during turns.

1. はじめに

わが国では自動運転の実装に向けダイナミックマップ^[1]の整備が行われている。ダイナミックマップの最も基盤となる高精度3次元地図はGNSS、レーザスキャナ、カメラ、慣性計測装置などを搭載し移動しながら計測できるMMSによって取得された3次元点群データを基に作成されている。今後は、一般道路において整備が予定されているが、右左折等の旋回により取得点群の精度が低下すると考えられる。高橋ら^[2]は周囲が建物に囲まれた地点での旋回時のMMSで取得した点群精度を検証したが、オープンスカイ環境下での検証は行っていない。そこで、本研究ではオープンスカイ環境下でMMSが旋回時に取得した道路路面点群に着目し、直進時の取得点群との比較を検証する。なお、衛星の組合せについても既存研究同様に検討する。

2. 実験概要

計測実験は2025年6月に日本大学理工学部船橋キャンパス内にて実施した。交通総合試験路を旋回、および直進するMMSの走行計測を行った。また、3次元点群データの精度を確認するために検証点を設置した。検証点とは3次元点群データの座標精度を確認するために用いるための点である。検証点の座標は、船橋キャンパス内にある基準点を与点とし、TSを用いて、平面直角座標系(9系)のX座標(南北方向)、Y座標(東西方向)、標高を算出した。MMSの計測走行経路と検証点設置場所はFigure 1に示す。実験で使用したMMS車両をFigure 2に示し、使用衛星の組合せはTable 1に示す。

本実験で使用したMMSのレーザスキャナはZ+F PROFILER9012であり、GNSS/IMUはTrimble AP60を使用した。

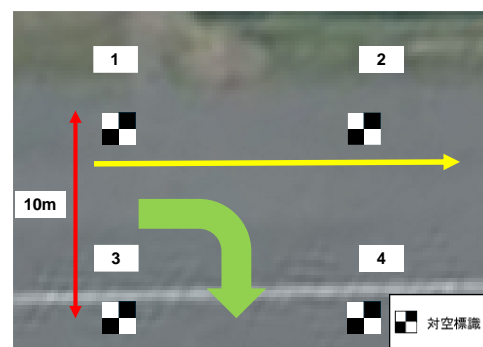


Figure 1. Driving route

(Created by processing Geographical Survey Institute maps^[3])



Figure 2. Vehicle used

Table 1. Combination of satellites used

No.	衛星の組合せ
①	GPS/ (G)
②	GPS/Galileo (GE)
③	GPS/QZSS (GJ)
④	GPS/QZSS/Galileo (GJE)

3. 解析手法

MMSで取得した3次元点群データから点群処理ソフトウェアCloudCompareを用いて、検証点の中心位置と考えられる点群の座標情報を2点抽出し、平均値を

1: 日大理工・院(前)・交通 2: エアロトヨタ株式会社 3: 株式会社ニコン・トリンブル 4: 日大理工・教員・交通

求めたものを点群上の検証点の中心座標とした。本研究では、その2つの座標を元に各検証点間（4辺と対角線2本）の水平距離の較差、各検証点間の高さの差（比高差）およびそれぞれのRMS誤差を求めている。

4. 解析結果

Figure 3 に各検証点間の水平距離の較差の箱ひげ図を、Figure 4 に水平距離の較差のRMS誤差を示す。直進時はどの組合せも較差の範囲は最大0.02 m程度であった。しかし、旋回時は較差の範囲が0.03 m程度となり直進時よりも大きく、RMS誤差も旋回時の方がわずかに大きくなっている。

比高差の箱ひげ図を Figure 5 に、標高の比高差のRMS誤差を Figure 6 に示す。直進時は較差の範囲が小さくなっている。一方、旋回時では較差の範囲が大きくなっていた。直進時では、0.012 m以下に収まっているが、旋回時では、すべて0.016 m以上を上回っており、RMS誤差も旋回時の方が大きく、直進時より旋回時の方がわずかに点群が安定していないことがわかる。

衛星の組合せによる比較において水平距離の較差では、Jを併用した場合に、較差が正の値を取る傾向が見られたが、比高差においては衛星の組合せによる差がほとんど見られなかった。水平距離においても較差の範囲に大きな変化は見られなかった。

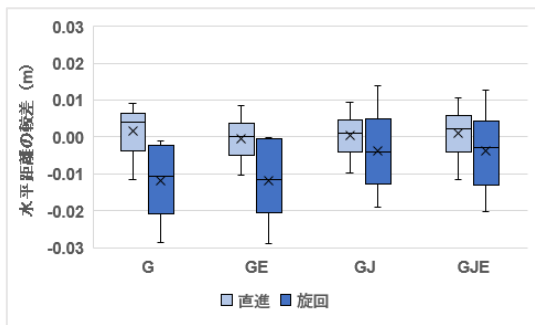


Figure 3. Box-and-whisker plot of horizontal distance differences

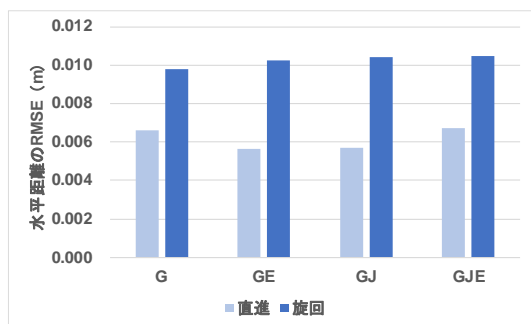


Figure 4. Standard deviation of horizontal distance differences

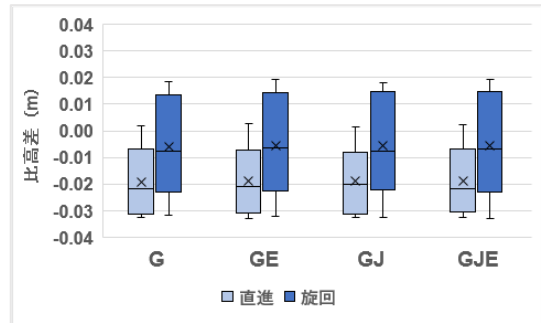


Figure 5. Elevation difference

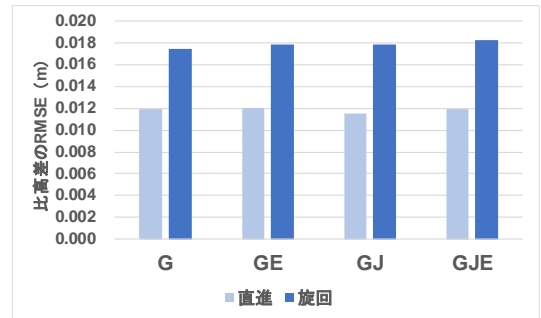


Figure 6. Standard deviation of elevation difference

5. まとめ

本研究では、オープンスカイ環境下においてMMSの車両旋回時の点群精度を直進時と比較し検証を行った。その結果、次のことがわかった。

- オープンスカイ環境下では衛星の組合せによる差はわずかであり、どの組合せを用いても良い。
- オープンスカイ環境下でのMMSによる点群計測を行う場合、直進時よりも旋回時の方がわずかに点群の座標が安定しない。

以上のことから、オープンスカイ環境下においてMMSによる3次元点群計測を行う場合は、衛星の組合せはどれでも良いが、旋回時でも可能な限り直線的に進入し直線的に離脱することが望ましい。

6. 参考文献

- [1] ダイナミックマップの概念/定義および、SIP-adusにおける取り組みに関する報告 | 第30回SIP自動運転システム推進委員会 資料, <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai/jidousoukou_30/siry030-2-1-1.pdf>, (入手: 2025.9.4).
- [2] 高橋秀昌, 山口裕哉, 岡本直樹, 室井和弘, 岩上弘明, 佐田達典: MMSの直進時と旋回時に取得される3次元点群の比較とGNSSの組合せの影響に関する実証的検証, 土木学会論文集, Vol.81, No.22, 2025.
- [3] 国土地理院: 地理院地図, <<https://maps.gsi.go.jp/>>.