

F1-16

## GNSSの組合せがMMSで取得した直線区間と旋回区間の道路点群に及ぼす影響の検証

## Verification of the effect of GNSS combination on point clouds of straight and swivel sections by MMS

○高橋秀昌<sup>1</sup>, 山口裕哉<sup>2</sup>, 岡本直樹<sup>2</sup>, 室井和弘<sup>2</sup>, 岩上弘明<sup>3</sup>, 佐田達典<sup>4</sup>\*Hideaki Takahashi<sup>1</sup>, Yuya Yamaguchi<sup>2</sup>, Naoki Okamoto<sup>2</sup>, Kazuhiro Muroi<sup>2</sup>, Hiroaki Iwakami<sup>3</sup>, Tatsunori Sada<sup>4</sup>

Abstract: This study quantitatively verified the effect of the combination of GPS, QZSS, GLONASS, and Galileo on the accuracy of 3D point clouds acquired by MMS, and determined the combination of GNSS with the most stable point cloud accuracy in the straight and turning sections. As a result, the point cloud accuracy was lower in the turning section than in the straight section, and the combination with Galileo was the most stable in the height direction.

## 1. はじめに

現在、我が国では自動運転システムの実装に向けダイナミックマップ<sup>[1]</sup>の整備が進められている。ダイナミックマップの基盤となるのが、高精度3次元地図である。高精度3次元地図はMMS (Mobile Mapping System) によって取得した3次元点群データにより作成されている。MMSは、レーザスキャナ、カメラ、GNSS (Global Navigation Satellite System) 受信機と慣性計測装置などで構成されている。

これまで、高精度3次元地図は高速道路などの高規格道路を中心にデータ整備がされてきた。今後は一般道路での整備も予定されている。しかし、一般道路は交差点が多く、右左折時の車両旋回により点群データの精度が劣化し、データの信頼性の低下が懸念される。

既存研究において、宇野ら<sup>[2]</sup>は静止測位においてGPS, QZSS, GalileoにGLONASSを併用効果に関して報告している。田村ら<sup>[3]</sup>はGNSS/IMUによる複数衛星系併用のMMSの走行軌跡の比較検証を行っている。しかし、直進時および旋回時に着目したMMSのGNSS測位における測位衛星の組合せが3次元点群の精度に及ぼす影響に関して研究されていない。そこで本研究では、直進時や交差点での右左折時などの旋回時にGNSSの組合せがMMSで取得した3次元点群の精度に及ぼす影響に着目し、直線区間と旋回区間で最も点群精度が安定するGNSSの組合せを求めることを目的とする。

## 2. 実験概要

実験は2023年8月2日に日本大学理工学部船橋キャンパス内にて実施した。キャンパス内通路を右周り、左周りでそれぞれ1周するMMSの走行計測を各10回、合計5時間行った。また、3次元点群データを比較するためにキャンパス内の直線部と旋回部に検証点を4点設置した。検証点とは、3次元

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。検証点には対空標識を用いた。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。使用衛星の組合せはTable 1.に示す。

本実験で使用したGNSS/IMUユニットは、Trimble社製AP60である。またGNSSアンテナは、Trimble社製540APを使用した。

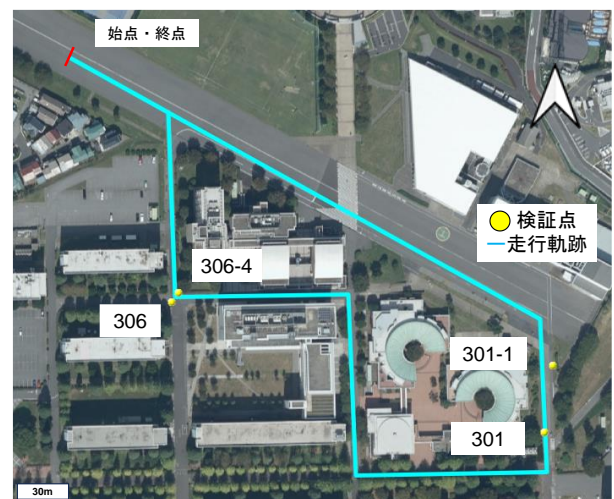


Figure 1. Driving route and verification point locations (Created by processing Geographical Survey Institute maps<sup>[4]</sup>)

Table 1. Combination of satellites used

No.	使用衛星の組合せ
①	GPS/ (G)
②	GPS/QZSS (GJ)
③	GPS/GLONASS (GR)
④	GPS/Galileo (GE)
⑤	GPS/QZSS/GLONASS (GJR)
⑥	GPS/QZSS/Galileo (GJE)
⑦	GPS/QZSS/GLONASS/Galileo (GJRE)

1: 日大理工・院 (前)・交通 2: 朝日航洋株式会社 3: 株式会社ニコン・トリニブル 4: 日大理工・教員・交通

### 3. 解析手法

MMS で取得したデータより 3 次元点群を算出後、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算出し、検証点の座標と点群の検証点の座標の較差を求めた。本研究では、較差を元に水平、標高の各 RMS 誤差を算出している。

### 4. 解析結果

Figure 2. は右周り、Figure 3. は左周りの各地点の水平 RMS 誤差を表している。Figure 4. は右周り、Figure 5. は左周りの各地点の標高 RMS 誤差を表している。GPS 単体で利用した場合は他の衛星の組合せと比べて直線区間と旋回区間に関わらず、誤差が大きくなる傾向が見られた。直線区間は GPS 単体の利用を除きどの衛星の組合せでも、水平 RMS 誤差は 0.02~0.04m 程度であった。旋回部では、0.03~0.06m 程度と直線区間と比べると誤差が大きくなっている。特に、旋回部の外側にある 306 点は内側の 306-4 点よりも大きな値を示していた。また、点群の取得数は外側に比べ内側の方がわずかに多かった。標高は、直線区間で多くの組合せが誤差 0.02m 程度であったが、旋回区間では誤差 0.04m 程度と直線区間よりも大きくなった。しかし、Galileo を含む GE, GJE は直線区間および旋回区間で他の衛星の組合せより安定した標高 RMS 誤差となっている。

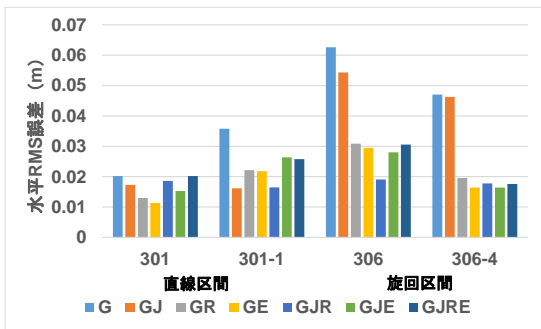


Figure 2. Horizontal RMS error (clockwise)

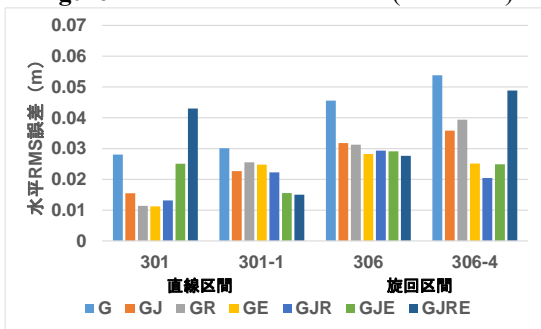


Figure 3. Horizontal RMS error (counterclockwise)

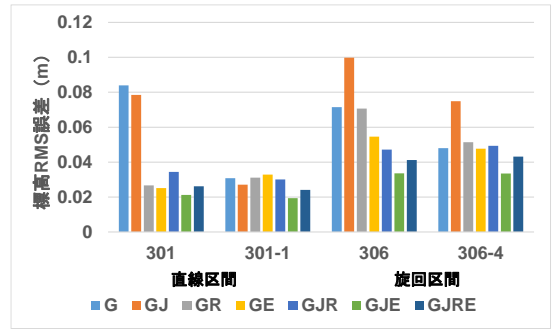


Figure 4. Elevation RMS error (clockwise)

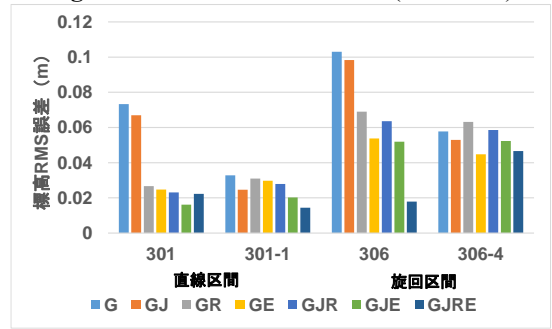


Figure 5. Elevation RMS error (counterclockwise)

### 5. まとめ

本研究では、MMS が走行する経路に検証点を設置し、衛星の組合せを 7 パターン設定し、直線区間と旋回区間での 3 次元点群データの精度検証を行った。直線区間よりも旋回区間で RMS 誤差が大きくなり、特に標高の誤差が大きい。平面方向に関してはどの衛星の組合せでも GPS 単体で利用するよりも安定した結果を得ていることが多かった。しかし、QZSS や GLONASS を併用することで精度の低下が見られた。一方、Galileo を併用した組合せは、旋回区間での精度の向上が見られた。このことより、GE または GJE の組合せが良いと考えられる。

### 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](https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai/jidousoukou_30/siry030-2-1-1.pdf)>, (入手: 2024.6.3).
- [2] マルチ GNSS による高精度衛星測位における GLO NASS の利用効果に関する検討: 宇野敬太, 佐田達典, 江守央, 応用測量論文集, Vol.31, pp45-54, 2020.
- [3] MMS における GNSS/IMU の複数衛星系併用による走行軌跡の比較検証: 田村悠太郎, 山口裕哉, 岡本直樹, 岩上弘明, 佐田達典, 江守央: 応用測量論文集, Vol.34, pp.121-132, 2023.
- [4] 国土地理院: 地理院地図, <<https://maps.gsi.go.jp/>>.