

F1-13

MMS の非 GNSS 環境下における IMU の片側補正と両側補正の比較検証

Comparison and Verification of Single-Sided and Dual-Sided IMU Correction in Non-GNSS Environments for MMS

○石橋優希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

*Yuki Ishibashi¹, Yuya Yamaguchi², Kazuhiro Muroi², Hiroaki Iwakami³, Tatsunori Sada⁴, Yonghe Li⁴

Abstract: This study compared single-side and dual-side corrections to verify the accuracy of IMU self-localization estimation. Experiments were conducted using MMS equipped with IMU, driving for 10 minutes at speeds of 10, 20, 40, and 60 km/h. The results showed that single-side correction became unstable as speed increased, while dual-side correction maintained higher accuracy than single-side correction regardless of speed.

1. はじめに

近年、高精度の3次元地図の整備は主に高速道路および一部の自動車専用道路を対象として進められてきたが、今後は一般道での計測が重要となる。しかし、一般道では、高層ビルや樹木の影響によるGNSS信号の受信困難な環境や、トンネルや高架下などGNSS信号を受信できない環境が多く存在する。このような状況下では、IMU (Inertial Measurement Unit) による自己位置推定が適用されており、その精度確保が重要となる。現在、GNSS/IMU を搭載したMMSにより取得された3次元点群データの利用には、調整点を用いて調整処理を行う必要があり、非常に非効率である。そのため、一般道路での高精度3次元地図の整備にあたっては、調整処理を極力減らし効率化する必要がある、特にGNSS信号の受信が困難な環境下での計測技術の高度化が課題である。

そこで本研究では、加藤らの研究データ^[1]をもとに、IMUによる自己位置推定の有効性を検証するために、Figure1に示すIMUの片側補正と両側補正のデータを比較し、精度検証を行った。

2. 実験概要

本研究では位相差方式レーザースキャナを搭載したMMSを使用した。レーザースキャナとGNSS/IMUの計測性能と計測車両をTable1, Figure2に示す。

本実験では、2024年8月6日に日本大学理工学部船橋キャンパス内の交通総合試験路において検証点用の対空標識を設置して実施した。MMSの走行時間は10分とし、走行速度は10km/h, 20km/h, 40km/h, 60km/hの4条件とし、対空標識の設置場所、走行ルートはFigure3に示すように、直進330mを走行してUターンして戻る周回コースである。

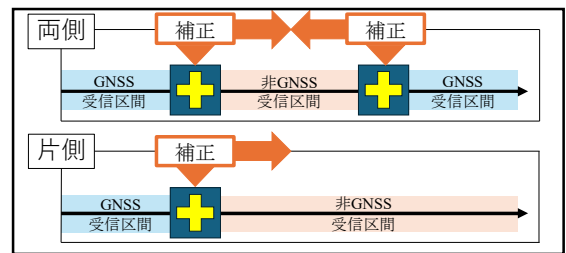


Figure1. Correction Pattern

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

レーザースキャナ	Z+F PROFIFKER9012
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



Figure2. Mobile Mapping System

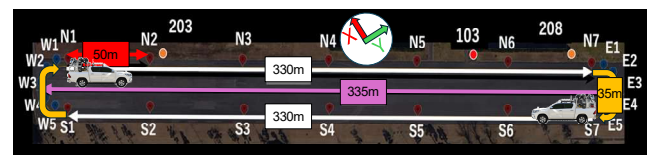


Figure3. Driving Route

3. 解析結果

MMSで取得した対空標識の点群データの中心座標(検証点座標)と参照値の座標から平面直角座標系(9系)のX座標、Y座標とZ座標(標高)の較差を求め、片側補正と両側補正区間の位置精度を調べた。Figure4の(a)~(c)に走行時間と各座標軸(X, Y, Z)方向の累積較差の時系列変動図を示す。

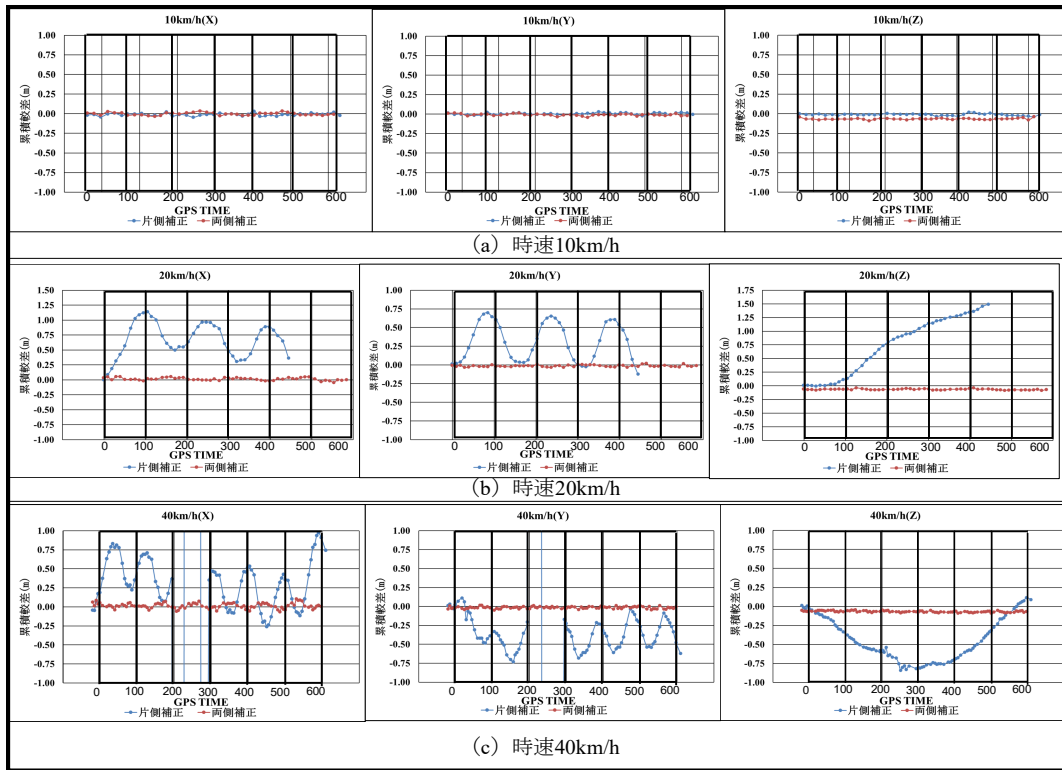


Figure4. Analysis results for cumulative differential variations X, Y, Z

(a) に 10km/h の経過時間と各座標軸 (X, Y, Z) 方向較差を示す。各座標とも、片側補正と両側補正のグラフはほぼ重なっており、一定の精度が維持されている。

(b) に 20km/h の経過時間と各座標軸 (X, Y, Z) 方向較差を示す。片側補正の X 座標, Y 座標は反転走行による誤差の打ち消し合いが見られたが、両側補正に比べ不安定な結果となった。Z 座標に関しては、経過時間に比例した増加傾向が見られた。これは、両側補正のような誤差の打ち消し合いがなかったためとみられる。

(c) に 40km/h の経過時間と各座標軸 (X, Y, Z) 方向較差を示す。20km/h の2倍の速度であるので (b) に比べ X 座標, Y 座標の累積較差の変動周期は約 1/2 になった。X 座標, Y 座標は反転するごとに打ち消し合っているが、中間部で大きな増減が見られた。Z 座標は中間部で最小となり、その後増加し終了時には 0 付近になっているが理由はわからない。

時速 60km/m に関しては、対空標識の中心を視認できなかつたため、解析対象としなかつた。

4. まとめ

本研究では、速度と補正方式の違いが誤差の累積に与える影響について評価をした。その結果、10km/h で

は、片側補正でも十分な精度が得られることがわかつた。

20km/h 以上の速度では片側補正の較差変動が両側補正に比べ不安定になることがわかつた。特に片側補正 20km/h の Z 座標は計測終了時まで打ち消し合うことなく増加し続けた。

さらに両側補正を適用することで速度に依存せず片側補正よりも高い精度が維持できることがわかつた。

今後は 細かな秒数間の較差変動の解析を行っていく必要がある。

5. 参考文献

- [1]加藤創大, 山口裕哉, 岡本直樹, 室井和弘, 岩上弘明, 佐田達典: GNSS 非受信区間における走行条件に応じた MMS の測位安定度に関する研究, 土木学会論文集, Vol. 81, No. 22, 24-22021, 2025.
- [2]LiDARUSA : HighwayMapperZ+F, <<https://www.lidarusa.com/hiway-mapper-z--snoopy-custom.html>>, (入手 : 2025.9.27).
- [3]Geo3D:Z+FPROFILER9012 データシート,<https://www.geo3d.hr/sites/default/files/2018-06/Z_F_PROFILER_9012_Datasheet_E_final_compr.pdf>, (入手 : 2025.9.27).