

F1-9

VRS 固定観測における Galileo 衛星の選択に関する研究 Study on the Selection of Galileo Satellites in VRS Fixed State Positioning

野原浩平¹, 佐田達典²Kohei Nohara¹, Tatsunori Sada²

Abstract: This study examined the reduction of Fix rate in virtual reference station (VRS) positioning when using Galileo satellite data. The experiment was conducted in July 2024 at Nihon University's Funabashi campus using GPS, Galileo, QZSS, and GLONASS satellites. The analysis showed that the data including Galileo satellites showed lower Fix rates, with the E19 Galileo satellite showing a weaker signal than the other satellites; when E19 was excluded, the Fix rate increased from 79% to 90.7%, suggesting that E19 was largely responsible for the lower Fix rate. However, the Fix rate with Galileo remained lower than without Galileo, indicating that further research is needed to improve positioning accuracy and satellite selection.

1. はじめに

全地球航法衛星システム (GNSS: Global Navigation Satellite System) は、航法衛星から送信される信号を用いて位置の測定、航法、時刻の配信を行うシステムである。GNSS には、GPS (アメリカ)、QZSS (日本)、GLONASS (ロシア)、Galileo (EU) などの衛星システムが含まれる。

VRS (Virtual Reference Station) とは、全国の国土院の電子基準点で取得された観測データを、日本測量協会から民間の位置情報サービス事業者へ配信し、さらにサービス事業者の計算センターを介してリアルタイムに補正データを提供するネットワーク型 RTK 法の一つである。VRS は仮想基準点方式により、従来必要とされた基地局を設置することなく、移動局のみで cm 級の高精度な位置測位が可能である。近年、GPS や GLONASS に加えて、Galileo や QZSS などの複数の衛星システムが VRS 測位に活用されており、測位精度のさらなる向上が期待されている。

測位開始後に得られる解には Float 解と Fix 解が存在する。RTK 法では、衛星からの搬送波数の推定が未完了の段階を Float 解、推定が完了し、測位精度が数センチメートルまで収束した状態を Fix 解と呼ぶ。

江守ら¹⁾は、GPS と QZSS を併用することで VRS 測位精度が向上することを、衛星配置、DOP、仰角といった観点から検証し、QZSS の有用性を報告している。一方で、佐田ら²⁾による先行研究では、Galileo を含めたデータにおいて VRS の Fix 率が低下する現象が確認されている。

本研究は、静止状態における VRS 測位において、Galileo を含むデータが Fix 率を低下させる原因を解明し、測位精度全体の向上を目指すことを目的とする。

2. 実験概要

実験日時は 2024 年 7 月 9 日と 7 月 31 日に実施し、Trimble NetR9 を使用して各 6 時間の観測を行った。仰角マスクは 15° で、GPS、QZSS、GLONASS、Galileo の衛星を利用した。衛星の組合せとして、GPS 単独および他の衛星と併用した 7 つのパターンでデータを取得し、Fix 率を比較した。観測地点は日本大学船橋キャンパス内であり、7 月 9 日には 103 地点、7 月 31 日には 103 地点に加え、203 地点でもデータ収集を行った。

Figure 1. に実験風景を示す。



Figure 1. Experimental scene at site 103

3. 解析方法

得られたデータから、衛星の組合せ毎の Fix 解、Float 解を調べ、以下の 4 つのパターンに分類した。

- G (GPS), GE (GPS+Galileo) とともに Fix 解
- G (GPS) のみ Fix 解
- GE (GPS+Galileo) のみ Fix 解
- G, GE とともに Float 解

これらのパターンを基に、Galileo を含むデータで Fix 率が低下する原因を解析した。

1 : 日大理工・院 (前)・交通 2 : 日大理工・教員・交通

4. 解析結果

Figure 2. は各パターンのデータ数を表した円グラフである. Galileo が Float 解になっている 2 パターン (GPS のみ Fix 解, GPS, Galileo とともに Float 解) のうち, データ数が多い G (GPS) のみ Fix 時において E (Galileo) のどの衛星が基準衛星になっているのか調べた. 基準衛星とは, 同じ衛星系において, 最も仰角が高い衛星であり, 測位計算の過程で衛星間の位相差をとる際の基準となる衛星である.

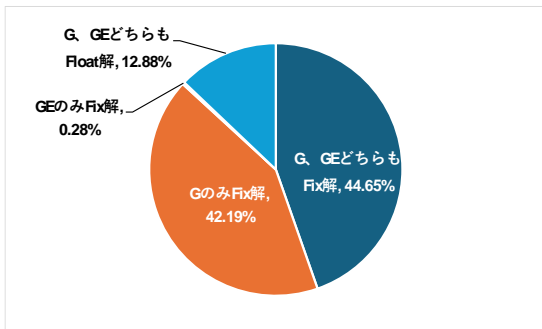


Figure 2. Satellite combination and occurrence rate of Fixed solution and Float Solution

解析の結果, 基準衛星になっている衛星は E33, E26, E19 の 3 つであった.

Figure 3. はこの 3 つの衛星が基準衛星であった時間を棒グラフで表したものである. Figure 4. は 3 つの基準衛星の受信電波強度を表した箱ひげ図である. 3 つの衛星の信号強度を調べた結果, E19 衛星が最も長時間基準衛星として選ばれており, その信号強度が特に低いことがわかった. このことが, Fix 率の低下に大きく関与していると考えた.

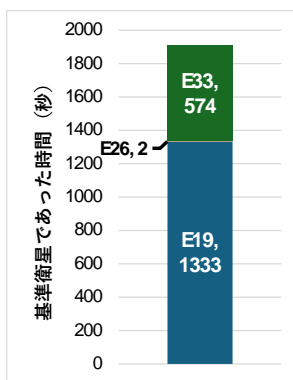


Figure 3. Time spent as reference satellite for each satellite

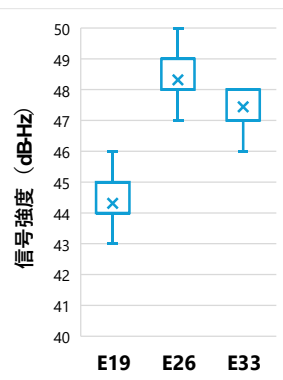


Figure 4. Box plot of signal strength

Figure 5. は E19 衛星を除いて, 203 地点を基準局とし

た観測データを用いて, 後処理キネマティック解析をした結果を示した図である. 横軸が各パターン, 縦軸が Fix 率を表している. E19 衛星を除外して再解析を行った結果, Galileo を含むデータの Fix 率が大幅に改善し, 79%から 90.7%に向上した. この結果は, E19 衛星の信号強度が Fix 率の低下に対して大きく影響をしていることを示している.

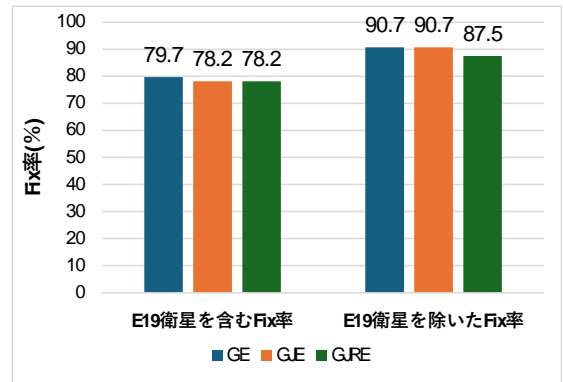


Figure 5. Results of reanalysis excluding E19 satellite

5. まとめ

本研究では, Galileo を含むデータにおける Fix 率低下の原因を探るために実験と解析を行った. その結果, 衛星数の増加が Fix 率低下の主な原因ではなく, 特に衛星電波の受信信号強度が低い E19 衛星が Fix 率低下に大きく関与している可能性が示唆された. E19 衛星を除いた再計算により, Galileo を含むデータの Fix 率が大きく改善したが, それでも依然として Galileo を含まないデータよりも Fix 率が低いため, さらなる検証が必要である.

今後の予定として, 基準衛星だけでなく, 全観測衛星の信号強度を精査し, 信号強度の弱い衛星を排除するアプローチの検討が求められる. 引き続き, Galileo 衛星の中で精度に影響を与える衛星の特定とその対策を検討していく予定である.

6. 参考文献

[1] 江守央, 甲高直弥, 佐田達典: 「VRS 測位における QZSS 併用による測位精度向上効果の検証」, 応用測量論文集, Vol.31, pp.55-65, 2020.
 [2] 佐田達典, 大野木華, 田村悠太郎, 江守央: 「VRS 方式における複数衛星系併用による測位精度向上効果の検証」, 応用測量論文集, Vol.35, pp.29-40, 2024.