

F1-8

## 高仰角に位置する QZSS 衛星と GPS 衛星による楕円体高精度の比較 Comparison of Ellipsoidal Height Accuracy by QZSS and GPS in High Elevation

○酒井昂紀<sup>1</sup>, 佐田達典<sup>2</sup>, 江守央<sup>2</sup>\*Koki Sakai<sup>1</sup>, Tatsunori Sada<sup>2</sup>, Hisashi Emori<sup>2</sup>

**Abstract:** In recent years, the modernization of satellite positioning is progressing. An upgrade and a widening area of the satellite positioning can be expected. With satellite positioning system the positioning accuracy is high in the horizontal direction, however, low in the vertical direction. The purpose of this study is to validate the improvement of ellipsoidal height by use of QZSS. Ellipsoidal height accuracies were compared by the QZSS and GPS near the zenith. Vertical accuracy using QZSS with elevation angle over 60° was better than that of GPS.

### 1. はじめに

近年、衛星測位システムは日本の測位衛星である準天頂衛星 (QZSS : Quasi-Zenith Satellite System) の試験運用開始, EU が運用する測位衛星 Galileo の打ち上げ, さらに新たな衛星信号である L5 波を送信する GPS 衛星の運用開始等により, 近代化が進んでいる。これにより, 衛星測位の高度化, 利用範囲の拡大等が期待される。

しかし, 衛星測位には課題が残されている。水平方向には衛星が満遍なく配置されているため高い測位精度が期待できるが, 鉛直方向は地平線より下にある衛星の信号を受信できないため, 測位精度が低下する。鉛直方向精度の向上に関する研究としては, 池田らが<sup>1)</sup>複数衛星系の測位信号による電離層遅延の検知と鉛直方向の精度に関する研究を行った。この研究では, 電離層遅延を含んでいる衛星電波を検知する指標を作り, 該当する衛星を除去することで RMS 値が低下することが確認できたが精度向上は 0.5mm 以内と大きな差が見られなかった。そこで, さらに効果のある新たな手法が求められる。

本研究は日本の天頂付近を通過する QZSS 衛星に着目して, 測位計算に使用する天頂付近の衛星で GPS 衛星と QZSS 衛星を使用した場合を楕円体高精度の比較を行い, QZSS 衛星が高仰角に配置している場合に楕円体高精度向上に寄与しているか検証する。酒井らの研究<sup>2)</sup>で仰角 60° 以上に位置する測位衛星を使用することで鉛直方向精度の向上を示したので, 今回は仰角 60° 以上に位置するという条件で QZSS 衛星を使用した場合と GPS 衛星を使用した場合の比較を行った。

### 2. 実験方法

測位実験は日本時間 2015 年 6 月 19 日 19:00~6 月 20 日 7:00 に日本大学理工学部船橋キャンパス 7 号館屋上にて GPS 衛星, QZSS 衛星を使用し, データ取得間隔 1 秒のキネマティック測位を 12 時間行った。地平線上の天空を遮蔽する建物がほぼないため, 上空に配置している衛星はすべて観測可能である。

**Figure 1.** 示すように基準局 A と移動局 B の双方に GNSS アンテナ受信機を設置した。受信機はトリンプル社製の NetR9 を使用した。基準局 A と移動局 B の基準座標は, 電子基準点「白井」(千葉県, 白井市) の 12 時間の観測データを用いたスタティック測位による基線解析で求めた。

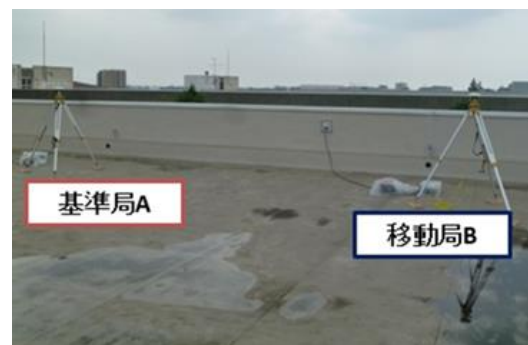


Figure 1. GNSS observation

### 3. 実験解析

キネマティック測位で観測した 12 時間データから QZSS 衛星が仰角 60° 以上に位置している時間である日本時間 6 月 19 日 19:00~6 月 20 日 5:00 の時間帯(天空図は Figure 2)で 1 秒ごとの B 点の座標データを求めた。基線解析に必要な衛星の最低個数である 4 機のうち仰角 60° 以上に位置している QZSS 衛

星, GPS 衛星から選択, 仰角 60° 未満に位置している GPS 衛星は 3 機選択して解析を行った。

本解析では QZSS 衛星を使用することによる楕円体高精度向上効果を検証するため, 仰角 60° 未満に位置している GPS 衛星から 3 衛星選択した衛星は同じものを選択して解析した。

評価方法として鉛直方向に高い精度が求められる道路舗装から都市内道路の路面設計条件<sup>[3]</sup>である段差 0.005m 以内を本研究の評価基準とする。

4. 考察

**Table 1.** は解析結果を QZSS 衛星と GPS 衛星を比較した表である。Fix 解の数は GPS 衛星のほうが多いが, 解析結果が評価基準にあてはまった割合で見ると QZSS 衛星は 86.7% と GPS 衛星より約 10% 高い値となった。

**Figure 3.** は X 軸に仰角, Y 軸に楕円体高平均較差の散布図である。仰角が高い位置でも GPS 衛星は平均較差が大きい値が出る傾向が確認された。

**Figure 4.** は X 軸に衛星の配置が鉛直測位精度に及ぼす影響を示す指標である VDOP, Y 軸に楕円体高平均較差の散布図である。どちらの衛星を使用しても VDOP が 2 付近であれば評価基準をクリアできるが VDOP が 4 を越えると GPS 衛星の平均較差のばらつきが大きくなることが確認された。

以上から, 仰角 60° 以上に位置する QZSS 衛星を使用すれば楕円体高精度が向上する結果となった。

5. おわりに

本研究では仰角 60° 以上に位置する QZSS 衛星を使用することで楕円体高精度が向上する検知を得ることが出来た。しかし, 今回は衛星電波遮蔽のない環境で観測を行ったため, 今後は遮蔽物がある環境での場合の検証を行う必要がある。

6. 参考文献

- [1] 池田隆博・佐田達典：複数測位信号によるマルチパス検知と高精度測位時の精度に関する研究, 土木学会論文集 F3, vol.70, No.2, pp.II\_17-II\_26, 2014.
- [2] 酒井昂紀・佐田達典・江守央・池田隆博：測位に使用する衛星の配置と鉛直方向精度に関する研究, 応用測量論文集, vol27, pp.67-76, 2016.
- [3] 公益社団法人日本道路協会：舗装設計便覧, 丸善出版株式会社, 2014.

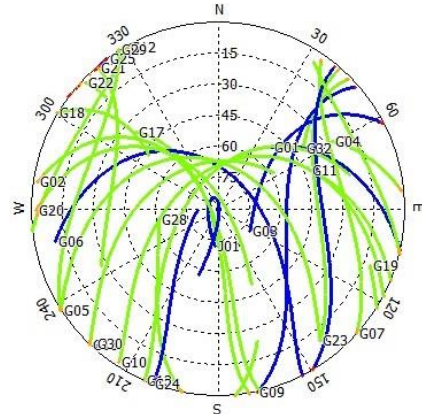


Figure 2. Skyplot of QZSS and GPS

Table 1. Comparison of the result of QZSS and GPS

日本時間 6月19日 19:00-5:00	QZSS	GPS
fix解個数	969	1068
楕円体高1時間平均較差(m)	0.008	0.016
楕円体高1時間標準偏差(m)	0.052	0.085
基準値超え個数(基準値0.005m以下)	129	239
基準値達成個数(基準値0.005m以下)	840	829
基準値達成率(%)	86.7	77.6
楕円体高1分間平均較差最大値(m)	0.696	1.125
楕円体高1分間平均較差最小値(m)	0.000	0.000

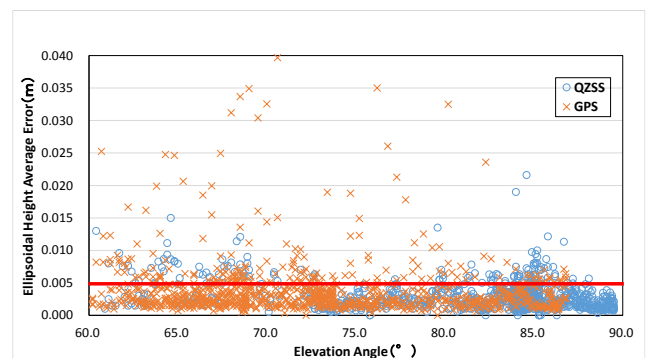


Figure 3. Scatter plot of Elevation Angle and Ellipsoidal Height Average Error

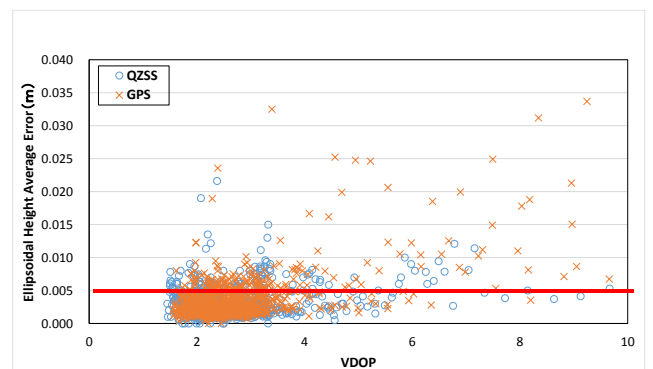


Figure 4. Scatter plot of VDOP and Ellipsoidal Height Average Error