

準天頂衛星の併用による測位精度向上効果の検証

Study on Verification of Positioning Accuracy Improvement by Combination of QZSS

○藤原弘¹, 佐田達典², 江守央², 池田隆博²*Hiroshi Fujiwara¹, Tatsunori Sada², Hisashi Emori², Takahiro Ikeda²

Abstract: Many studies have been conducted since the first launch of QZSS in 2010. While there are many studies, concerning the error due to the influence ionosphere and the influence of multipath and so on. There are not much studies on the positioning accuracy in combination with other satellites and QZSS. In this study, research on positioning accuracy with other satellite and QZSS has been done. As a result, horizontal accuracy was not improved but vertical accuracy was improved.

1. はじめに

現在, アメリカの GPS やロシアの GLONASS, 中国の BeiDou といった衛星が打ち上げられており, 日本でも 2010 年 9 月 11 日に準天頂衛星 (QZSS: Quasi-Zenith Satellite System) の初号機「みちびき」が打ち上げられ, 2010 年代後半には 4 機体制を整備し, 将来的に 7 機体制を目指すとされている¹⁾. QZSS は GPS 衛星と高い互換性を持ち, 一体で利用できる. 特徴として, GPS 衛星と同等の信号を送信する GPS の補完機能と, 誤差情報などを放送しサブメータ級, センチメートル級の精度を確保する補強機能を有している²⁾.

池田ら³⁾ GPS と GLONASS を併用することで GPS のみの場合よりも得られる Fix 解が増加することを確認し, 周囲に遮蔽物がある環境においても解の取得率を増加させることで高精度測位が可能であるとした. しかし QZSS を GPS と GLONASS 以外の衛星との併用は検証されておらず, BeiDou は既存研究が少ない.

そこで, 本研究では各衛星の組み合わせに QZSS を加えることで, 測位精度が向上するのかわ DOP 値や標準偏差, 2DRMS 値といった取得したデータのばらつき具合や衛星配置などの観点から検証を行なうことを目的とする.

2. 研究方法

(1) 実験概要

実験場所は日本大学理工学部船橋キャンパス 7 号館の屋上で行い, 基準点と移動局 2 つの点でデータを取得した. 使用した受信機は TrimbleNetR9, 観測日時は, 2015 年 6 月 13 日 9 時~21 時の 12 時間である.

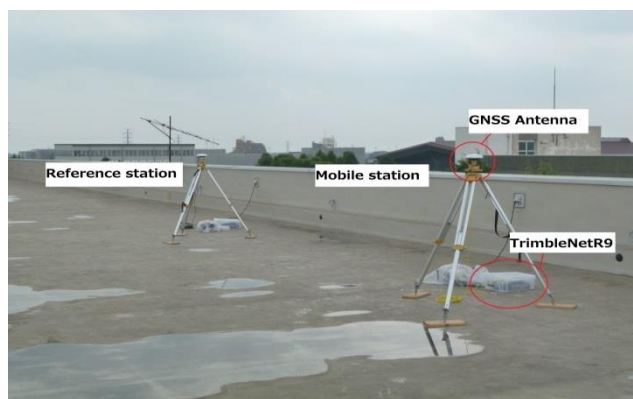


Figure 1. Experiment image

(2) 解析方法

比較項目として DOP 値, 標準偏差, 2DRMS 値を用いる. DOP 値では衛星配置による精度の劣化の程度を示す指標を求める. 標準偏差では値のばらつきを求め, 2DRMS 値では, 真の測位点から数値で示された半径の中に 95% の確率で存在することを表す. また, 2DRMS 値は以下の式で求めた.

$$2DRMS = 2 \times \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (1)$$

$$\sigma_x^2 = \left(\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - x_0)}{n} \right)^2 \quad (2)$$

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{\sum_{k=1}^n (y_k - y_0)}{n} \right)^2 \quad (3)$$

ただし, (2), (3) はそれぞれ, 各座標の RMS 値を表し, n は取得したデータ数, x_0 , y_0 は電子基準点のデータとの解析により求めた移動局の真値である. x_k , y_k は取得したデータの座標である.

QZSS を併用することで精度が向上するのかわを検証するため, QZSS の仰角が $15^\circ \sim 30^\circ$, $45^\circ \sim 60^\circ$,

75° 以上と 3 種類の角度で比較し、データを 1 時間ずつに区切り、さらに以下のような項目で比較を行う。

- ① GPS と GPS+QZSS
- ② GPS+GLONASS と GPS+QZSS+GLONASS
- ③ GPS+BeiDou と GPS+QZSS+BeiDou

3. 実験結果

(1) PDOP 値での比較

Figure2 では上記の①～③の項目ごとに比較を行なった(天頂付近)。また、PDOP 値は一般的に数値が低いほど精度が良いとされている。

QZSS を併用させることで PDOP 値は低くなった。また、BeiDou と併用させた場合の PDOP 値が最も低くなるが BeiDou を併用することで数値が著しく上昇する傾向がみられる。理由として仰角 Mask を 15° に設定しているため、15° 付近に静止している静止衛星(C02)が解析を行う際に読み取る場合と読み取らない場合の繰り返しを行い、数値を著しく不安定にしている可能性が考えられる。この傾向は比較している 3 パターンの仰角全てで同様の現象が起きている。

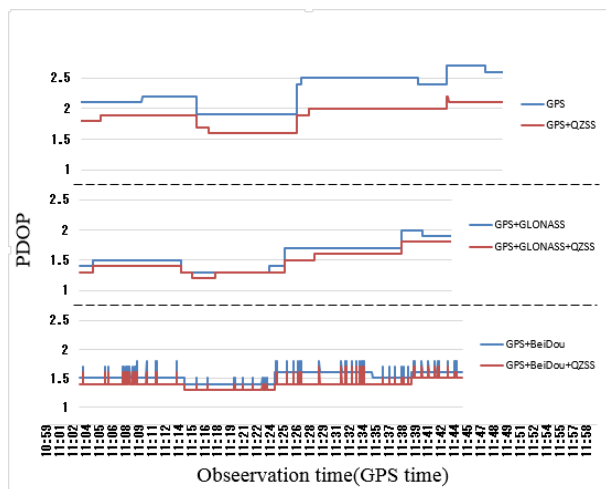


Figure2. Comparison with PDOP (Observation time:11:00 to 12:00 Elevation:75° to90°)

(2) 標準偏差・2DRMS 値での比較

Figure3 のように赤字は各項目で比較を行った際に数値が低かった方を示している。天頂付近では QZSS を併用させることで水平方向の数値を表す X, Y 座標の標準偏差と 2DRMS 値は精度が上がる場合もあったが、法則性は見られず精度が向上しているとは考えにくい。しかし、鉛直方向の数値である Z 座標の標準偏差はどの衛星との組み合わせであっても精度は向上している。

Table 1. Comparison between Standard deviation and 2DRMS(Elevation75° ~90°)

	Combination	Standard deviation			2DRMS
		X coordinate	Y coordinate	Z coordinate	
①	GPS	0.000933	0.000679	0.00293	0.00433
	GPS+QZSS	0.000913	0.000689	0.00177	0.00519
②	GPS+GLONASS	0.000720	0.000645	0.00226	0.00513
	GPS+QZSS+GLONASS	0.000782	0.000647	0.00158	0.00556
③	GPS+BeiDou	0.000767	0.000535	0.00243	0.00414
	GPS+QZSS+BeiDou	0.000612	0.000529	0.00166	0.00453

4. 結果と課題

本来 QZSS は日本の天頂付近に位置することから、高仰角に位置する衛星を 1 機確保でき、遮蔽物の影響を受けにくい衛星の確保が可能とされ、測位精度の向上が見込まれている。本研究結果では、水平方向の数値を表す X, Y 座標の標準偏差と 2DRMS 値は QZSS を併用することによる精度の向上にはばらつきがある。しかし鉛直方向の数値を表す Z 座標の標準偏差では QZSS を併用させることで、どの衛星の組み合わせであっても精度は向上した。このことから、天頂付近に QZSS が位置している場合では鉛直方向の精度を向上する効果があると考えられる。

GPS, GLONASS, BeiDou と 3 種類の衛星とそれぞれ併用させた場合では BeiDou と併用させた場合が精度は最もよく、GLONASS と併用した場合がそれぞれに併用した場合の中で最も精度は得られなかった。

謝辞

今回の実験にご協力いただいた株式会社ニコン。トリプル殿にここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 内閣府 HP : 準天頂衛星システムについて <http://www8.cao.go.jp/space/qzs/qzs.html>
- 2) QZ-vision : 準天頂衛星システムの全て <http://qz-vision.jaxa.jp/READ/qz-navi01.html>
- 3) 池田隆博, 佐田達典 : 「GPS と GLONASS における高精度測位の利用衛星選択効果に関する研究」, 土木学会論文集 F3 (土木情報学) Vol68 (2012) No.2 p.L101-L116 2013 年 3 月