

## F1-4

## QZSS の仰角に着目した GPS・QZSS 測位の精度変化検証

## Verification of accuracy change of GPS and QZSS positioning focusing on elevation angle of QZSS

○中島和希<sup>1</sup>, 佐田達典<sup>2</sup>, 江守央<sup>2</sup>\*Kazuki Nakajima<sup>1</sup>, Tatsunori Sada<sup>2</sup>, Hisashi Emori<sup>2</sup>

Abstract: This study aims to verify the change of the positioning accuracy by comparing the positioning accuracy focusing on the difference of the elevation angle of QZSS during the positioning with GPS and QZSS. Comparing the accuracy with the increase of number of QZSS, the accuracy improved. When the satellites were located at high elevation angle, the accuracy tended to be high, but the number of satellites were also greatly related to the accuracy.

## 1. はじめに

国土交通省は 2015 年にインフラ整備の生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みである i-Construction を発表した。i-Construction の取り組みの中に ICT 技術（情報通信技術）の全面的な活用があって、GNSS は中核を担っており、従来は GPS のみを使用していたが、近年は日本の準天頂衛星システム QZSS（Quasi-Zenith Satellite System）を含む様々な衛星を使用し、使用可能衛星数を増やしている。

QZSS は 3 機が順番に日本の天頂付近に位置するように配置され、1 日 24 時間ほぼ常時天頂付近に滞留する。天頂付近に常に衛星がいることは、測位の安定と高精度化に大きく寄与すると期待されており、仰角は測位精度に大きな影響を与えられている。

そこで本研究では QZSS の仰角に応じた測位精度変化を検証することを目的とする。実験を行った 2017 年 12 月 8 日時点では QZSS 初号機と 2 号機が運用中であったため、GPS と QZSS 1 機、GPS と QZSS 2 機の 2 つのパターンを解析した。

## 2. 実験方法

日本時間 2017 年 12 月 8 日 9:00~12 月 9 日 9:00 に日本大学理工学部船橋校舎 7 号館屋上にて基準局 A と移動局 B に Trimble 社製の GNSS 受信機である NetR9 を設置し、GPS と QZSS の電波信号をキネマティック測位モードで 1 秒間隔で 24 時間取得した。また、その状況を Figure1. に示す。

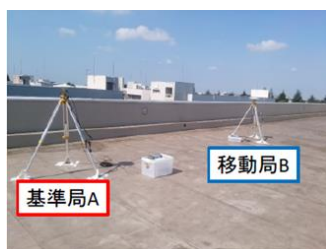


Figure 1. Experiment situation

## 3. 解析方法

本研究では、RTKLIB ver2.4.2 を用いてキネマティック解析を 1 秒ごとに 24 時間行い、移動局の座標を求めた。なお、解析に使用した衛星は仰角 15° 以上の衛星である。GPS のみを利用した場合の X 座標、Y 座標、標高 (H 座標) の平均値を参照値とし、それと QZSS を併用した場合の精度を比較していく。

Table1. に示すような仰角に応じた 7 つの組み合わせで解析を行い、天頂付近に衛星がいることで測位精度にどのような影響があるのか比較を行なっていく。

Table 1. Analysis pattern

解析パターン	A	B	C	D	E	F	G
初号機	15° ~ 45°	45° ~ 75°	75° ~ 90°	15° ~ 45°	45° ~ 75°	75° ~ 90°	75° ~ 90°
2号機	-	-	-	75° ~ 90°	75° ~ 90°	15° ~ 45°	45° ~ 75°
時間	9:00~15:00	7:00~8:50	0:00~6:00	9:00~15:00	7:00~8:50	0:00~4:10	4:10~8:00

## 4. 解析結果

Table2. に GPS と QZSS 1 機の場合の測位結果の統計値、データのサンプル数、受信衛星数、VDOP, HDOP の平均値を示し、Table3. には GPS と QZSS 2 機の場合を示す。なお、DOP とは衛星の配置状態を指標化したものであり、値が小さいほど測位精度が高い傾向を示す。衛星の幾何学的配置の垂直成分の劣化度を指標化したものが VDOP、水平成分の劣化度を指標化したものが HDOP である。また、縦軸を標準偏差とし、グラフ化したものを Figure2., Figure3. に示す。

Table 2. Results of GPS and 1 QZSS

解析パターン	A	B	C	
標準偏差	X座標 (m)	0.0019	0.0008	0.0016
	Y座標 (m)	0.0015	0.0009	0.0014
	標高 (m)	0.0045	0.0026	0.0033
サンプル数	21600	6601	20996	
平均受信衛星数	7.94	8.57	8.52	
平均HDOP	1.12	1.13	1.37	
平均VDOP	1.86	2.01	1.61	

Table 3.Results of GPS and 2 QZSS

解析パターン		D	E	F	G
標準偏差	X座標 (m)	0.0013	0.0008	0.0014	0.0014
	Y座標 (m)	0.0013	0.0009	0.0012	0.0016
	標高 (m)	0.0040	0.0021	0.0029	0.0040
サンプル数		21600	6601	14400	6596
平均受信衛星数		10.35	10.75	9.94	9.20
平均HDOP		1.00	1.02	0.97	1.29
平均VDOP		1.42	1.37	1.61	1.88

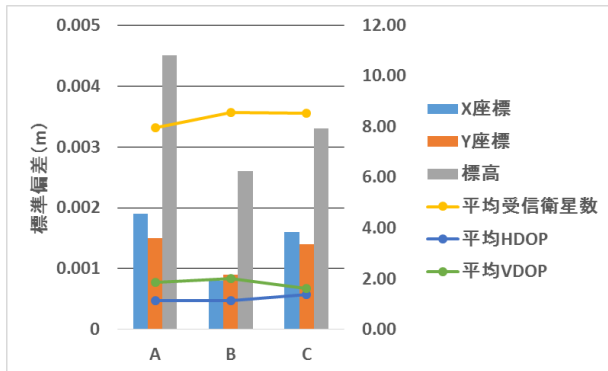


Figure 2. Results of GPS and 1 QZSS

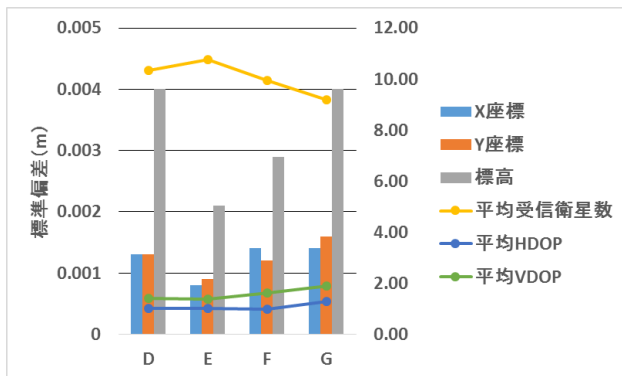


Figure 3. Results of GPS and 2 QZSS

5. 考察

GPS と併用する QZSS の数を変化させた際の精度変化を比較するため、それぞれの標準偏差の平均値を Table4.に示す。ここから、併用する QZSS を増やすことで測位精度は良くなる傾向にあり、特に標高の精度変化が顕著であることが分かる。

GPS と QZSS 1機の組み合わせについて、Figure2.を見ると、平均 VDOP 以外の値が他のパターンと比べて小さくなっているため、最も精度が良いのは B であると分かる。しかし、B は仰角の最も高いパターンではない。このことから、測位精度には仰角以外にも重要な要素があると考えられる。そこで、受信衛星数を見ていくと、最も精度の良かった B は受信衛星数が最も多く、最も精度の悪かった A は受信衛星数が最も少ないことが分かる。このことから、受信衛星数が多いほど、測位精度は良くなると考えられる。また、平均 HDOP について見ていくと、精度の良かった B は最低値ではないが最低値とほぼ同じ値となっている。平均 VDOP は最も大きい値となっているが、3 を下回って

いるため概ね良好な値であると考えられる。

GPS と QZSS 2機の組み合わせについて、Figure3.を見ると、平均 HDOP 以外の値が他のパターンと比べて小さくなっているため、最も精度が良いのは E であると分かる。E は今回設定したパターンの中で、最も仰角の高いものである。しかし、G も衛星が入れ替わっただけで仰角の条件は同じであるにもかかわらず、それぞれの標準偏差は最も大きくなっている。そこで、受信衛星数を見ていくと、ここでも最も精度の良い E の受信衛星数が多いことが分かる。このことから、受信衛星数が多いほど測位精度は良くなると考えられる。また、平均 HDOP について見ていくと、精度の良かった E は最低値ではないが最低値とほぼ同じ値となっている。平均 VDOP は最も小さくなっていることが分かる。

Table 4. Average value of standard deviation

解析パターン		GPSとQZSS1機	GPSとQZSS2機
標準偏差	X座標 (m)	0.0014	0.0012
	Y座標 (m)	0.0013	0.0013
	標高 (m)	0.0035	0.0033

6. おわりに

本研究では、QZSS の仰角における測位精度変化を検証してきたが、基本的には仰角が高い方が測位精度が良いことが分かった。しかし、仰角が高くても受信衛星数が少ない場合測位精度は劣化してしまう傾向にあった。また、併用する QZSS の数においては 1 機よりも 2 機の方が測位精度が良くなる傾向にあり、その中でも特に標高の測位精度変化が顕著であった。

そこで、今後の課題としては、QZSS が 4 機体制となった際にも測位精度が向上しているのかどうかの検証やその中でも標高の測位精度が特に向上しているのかどうかの検証をしていきたい。今回の結果から、受信衛星数が精度に大きな影響を及ぼすことが分かった。しかし、今回の実験では屋上という周りに遮蔽物のない環境での実験であったため、今後の実験では遮蔽物の多い条件の良くないところでも行い、それぞれの測位精度を比較していかなければならないと考えられる。また、受信衛星数に着目した実験や解析をより細かく行い、それ以外の要因によっても精度が変化する条件をより細かく分析していきたい。

7. 参考文献

[1] 酒井昂紀, 佐田達典, 江守央: 「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」, 土木学会論文集 F3, vol.73, No.2, pp.155-163, 2017.