

GPS+BeiDou1周波RTKの 瞬時AR性能について

東京海洋大学

菊地 錬

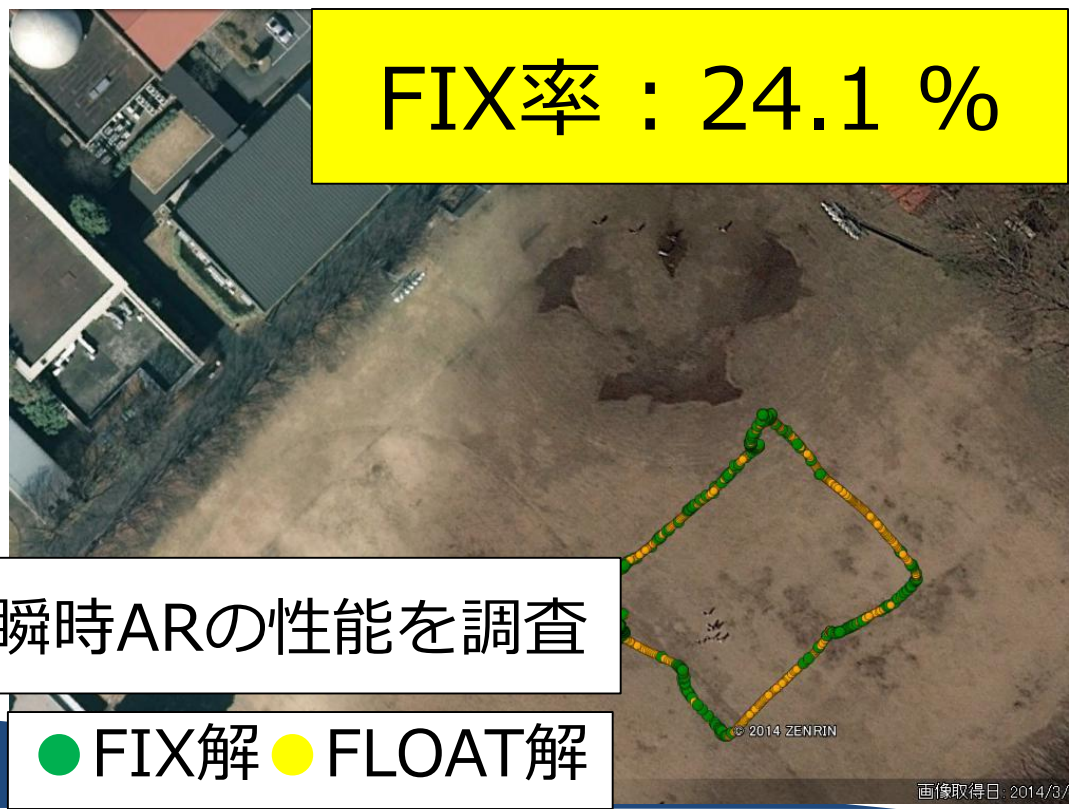
背景

RTK-GNSSによりcmオーダーの高精度測位が可能。
しかし，多周波受信機は高い。



研究室所有のマルチローター機
制御装置

NovAtel社 OEM615 1周波受信機



FIX率 : 24.1 %

GPSL1信号のみでは
RTKのFIX率が低いこともある。

GPS+BeiDouで1周波RTKの瞬時ARの性能を調査

● FIX解 ● FLOAT解

なぜGPS+BeiDou ?

	GPS	BeiDou	QZSS	Galileo	GLONASS
信号	L1	B1	L1	E1	G1
中心周波数 (MHz)	1575.42	1561.098	1575.42	1575.42	1602 +0.5625K

- 2周波が使えればそれだけでいいのか。
→ 同じシステムである必要があるのか。
異システムでも中心周波数が違えばいいのか。
- GLONASSはFDMAを採用しているので、衛星毎に周波数が違う。
BeiDouはGPSと同じCDMA方式でL1とB1で中心周波数が違うので比較するにはシンプルでよい。

解析概要

解析に使用した基準局及び機材

基準局	東京海洋大学第4実験棟屋上
使用受信機	基準、移動局ともに Trimble社 NetR9
使用アンテナ	基準局 Trimble社 Zephyr ジオデティック2, 移動局 NovAtel社 703-GGG
マスク角	15°
解析ソフト	研究室のもの

比較対象

評価対象	GPS L1 + BeiDou B1 RTK瞬時AR性能
比較1	GPS L1 RTK瞬時AR性能
比較2	GPS L1 + GPS L2 RTK瞬時AR性能

評価項目

- ・ FIX率
- ・ 精度

実験1. 概要

1. 静止実験

	1.1	1.2
日時	8/25 18:00 - 19:00 (JST)	8/28 13:12 - 14:00 (JST)
場所	東京海洋大学明治丸前 (基線長約200m)	
データ取得間隔	1Hz	

➤ 解析のポイント

- できるだけ同じ条件で比較がしたい。
使用する衛星の数を合わせる。

L1+B1 可視状態のGPS 5機, BeiDou 5機を選択. 合計10衛星でRTK測位.

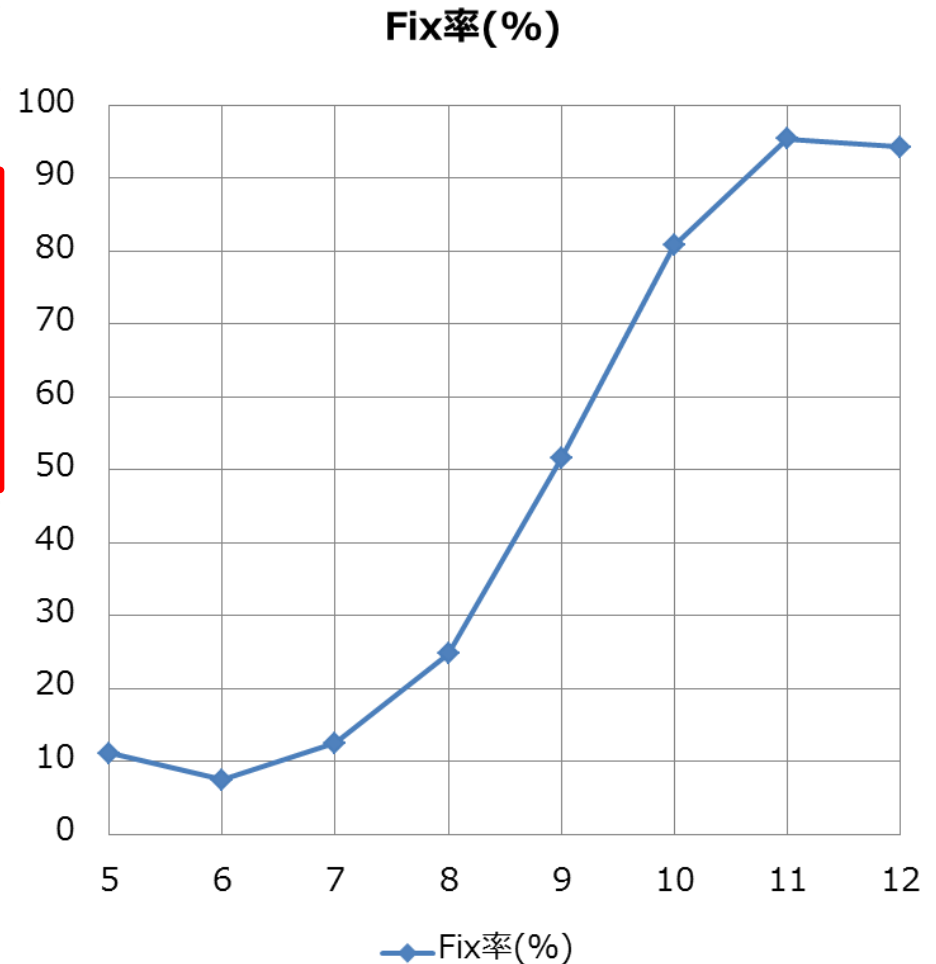
L1+L2 上記のGPS衛星5機でRTK測位. L2信号の情報が増えるため.

L1のみ 全てのGPS衛星を使用してRTK測位.
(9機の衛星がずっと可視状態でなかった.)

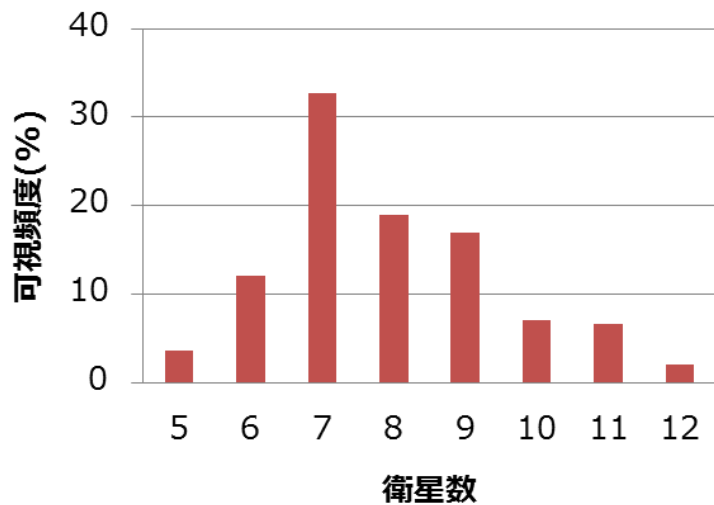
衛星数	Epoch(回数)	Fix率(%)
5	3128	11.13
6	10455	7.51
7	28275	12.50
8	16357	24.75
9	14657	51.55
10	6062	80.77
11	5695	95.38
12	1772	94.30

GPS L1RTK 衛星数別のFIX率

衛星数別のFIX率



1日における可視衛星数の頻度

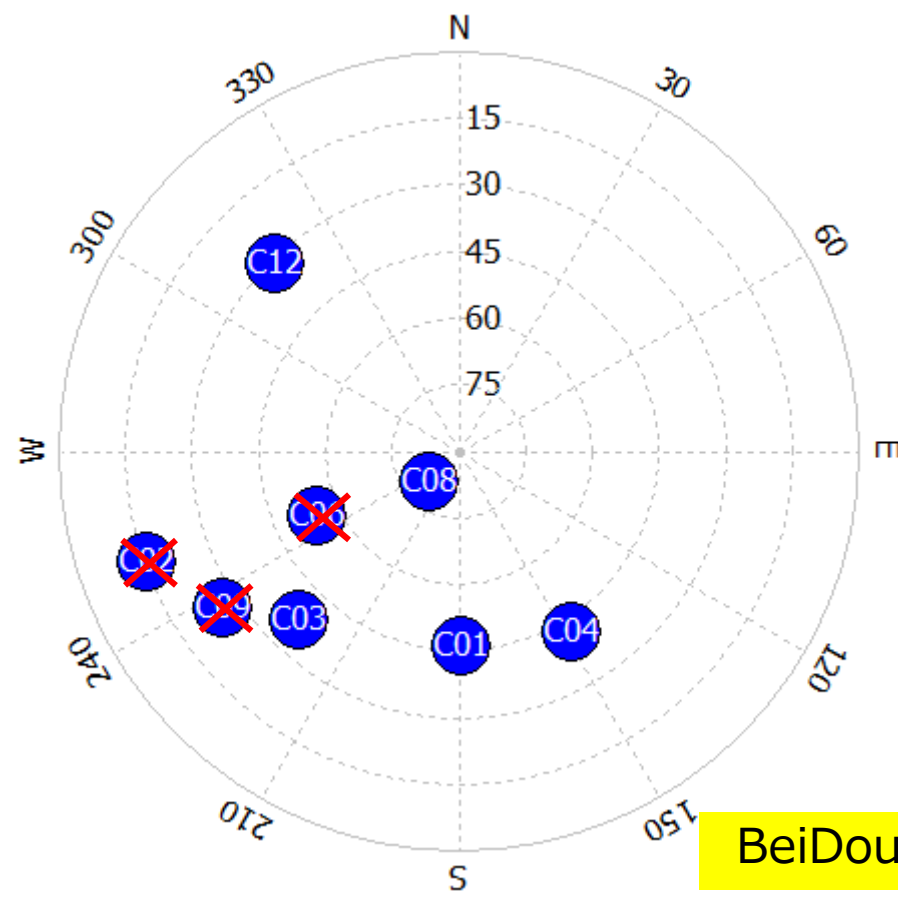
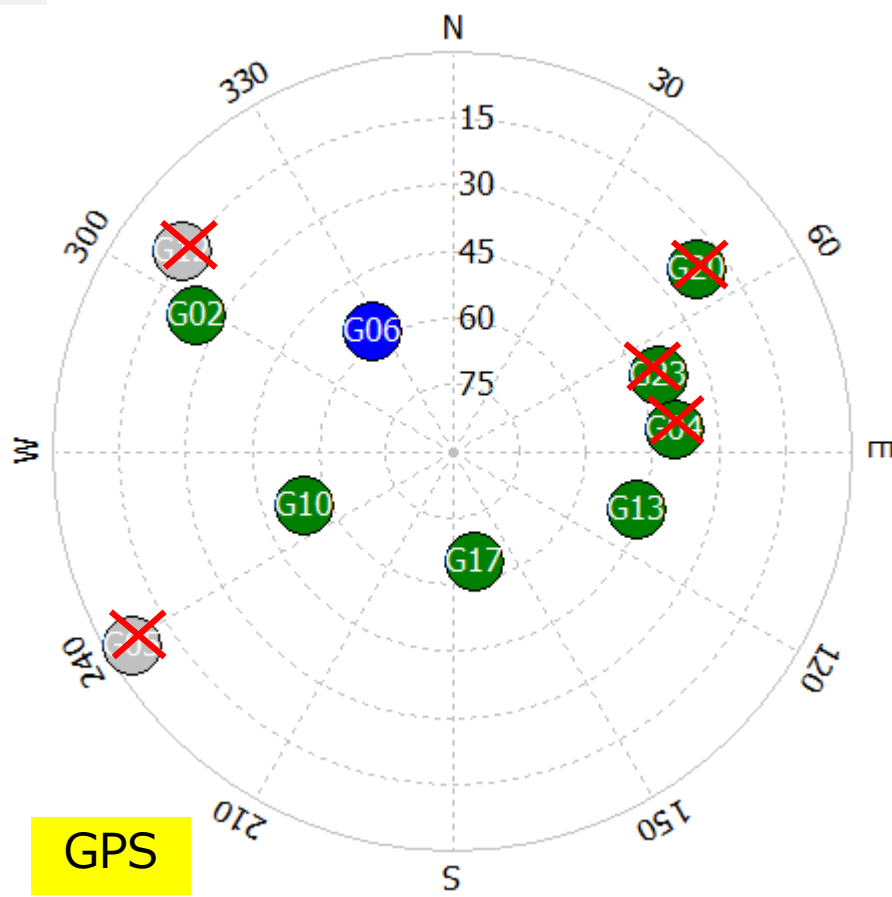


実験1.1 選択衛星とHDOP及びFIX率

8/25 18:00 - 19:00

GPS 平均衛星数8機

	HDOP(平均)	FIX率
L1	1.35	31.8 %
L1+B1	1.17	78.8 %
L1+L2	1.75	95.1 %



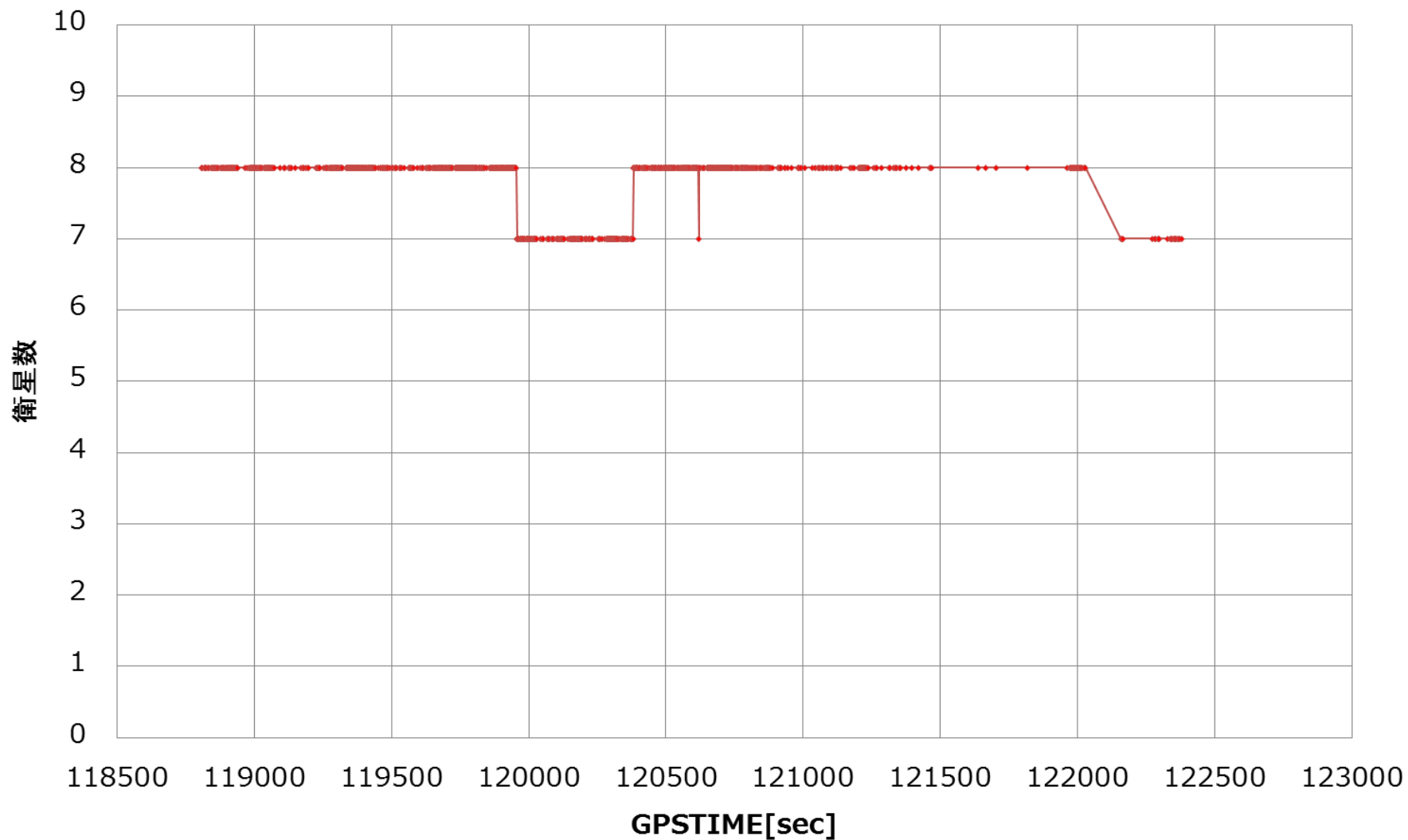
GPS

BeiDou

実験1.1 衛星数の推移

GPS 平均衛星数8機

GPS衛星数の推移

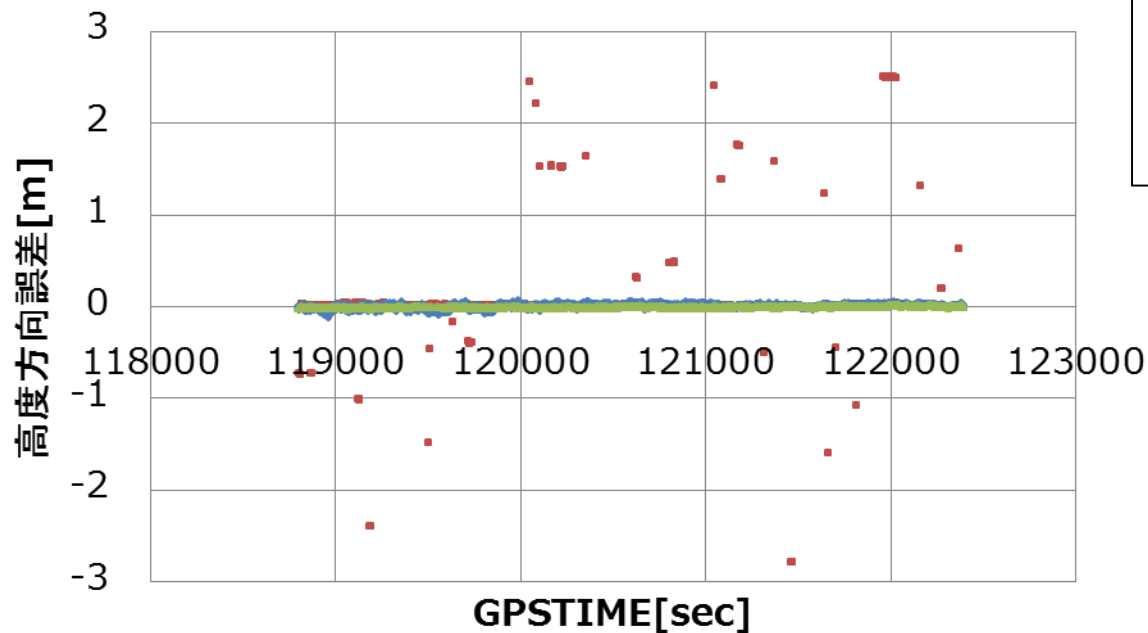


実験1.1 水平・高度方向標準偏差

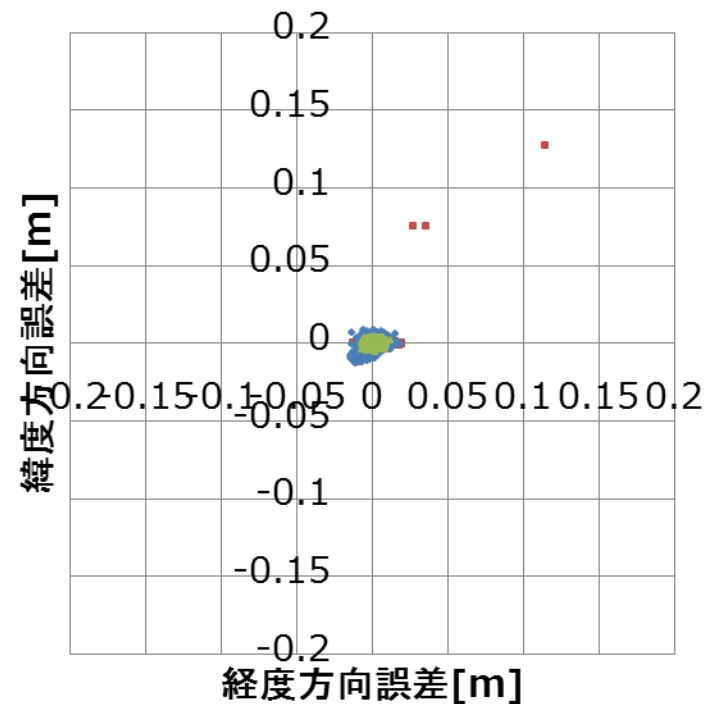
標準偏差まとめ

	L1	L1+B1	L1+L2
H σ	0.17m	0.04m	0.008m
V σ	0.65m	0.14m	0.02m

高度方向誤差



水平方向誤差



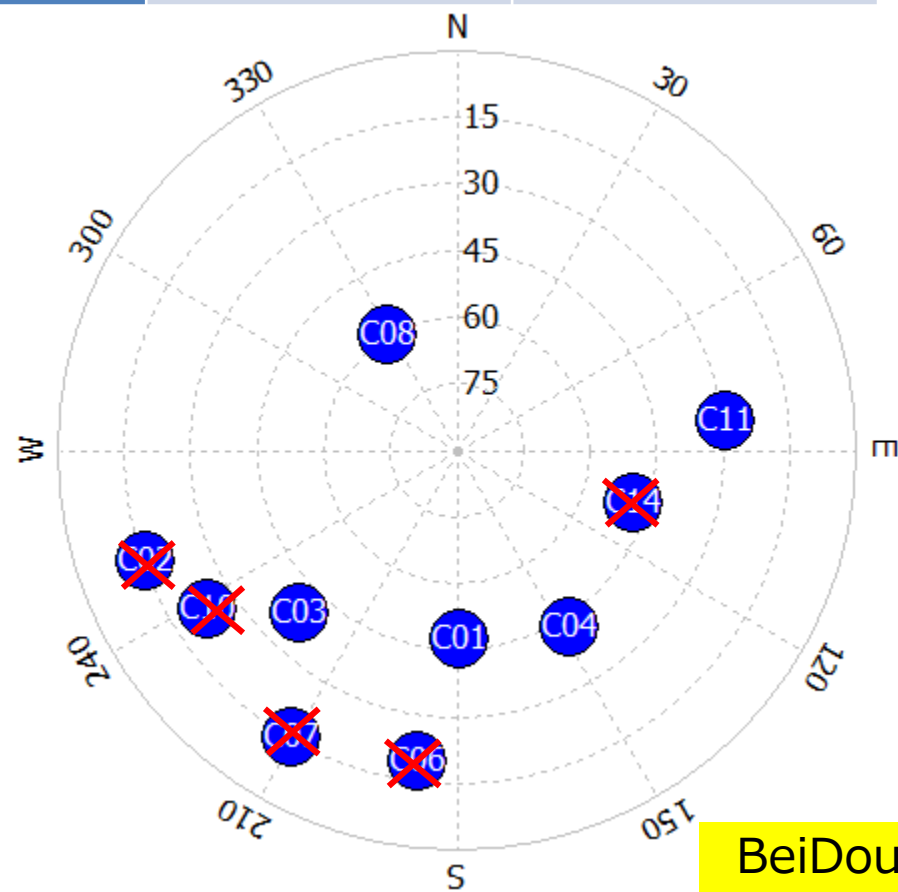
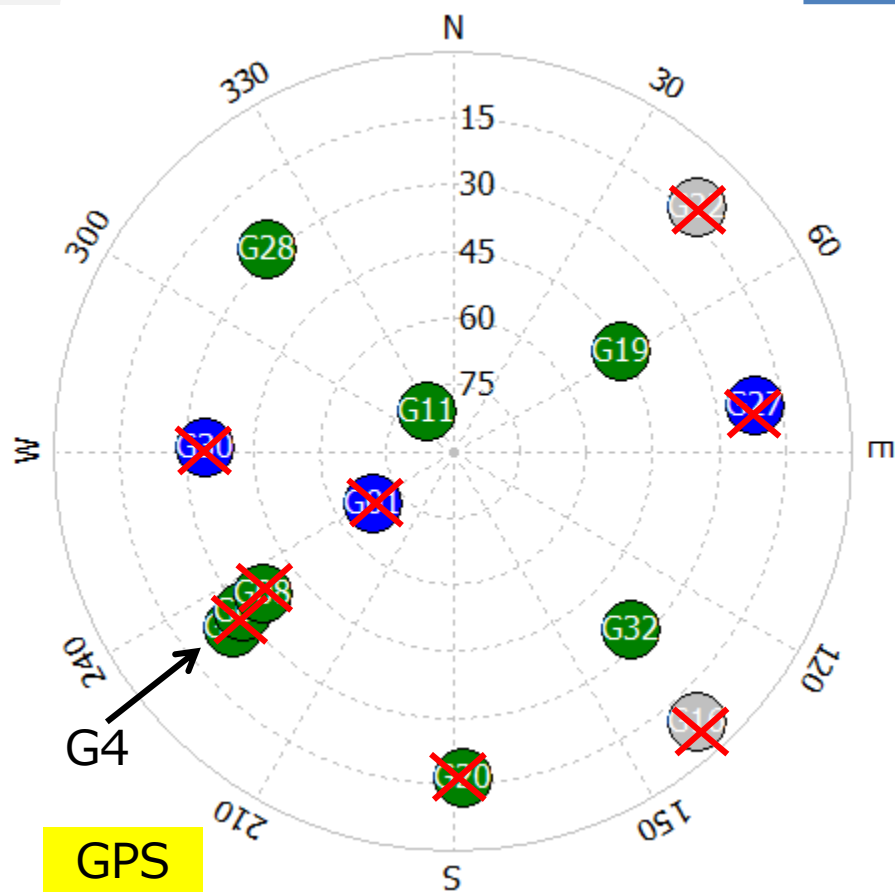
- L1+B1
- L1
- L1+L2

実験1.2 選択衛星とHDOP及びFIX率

8/25 13:12 - 14:00

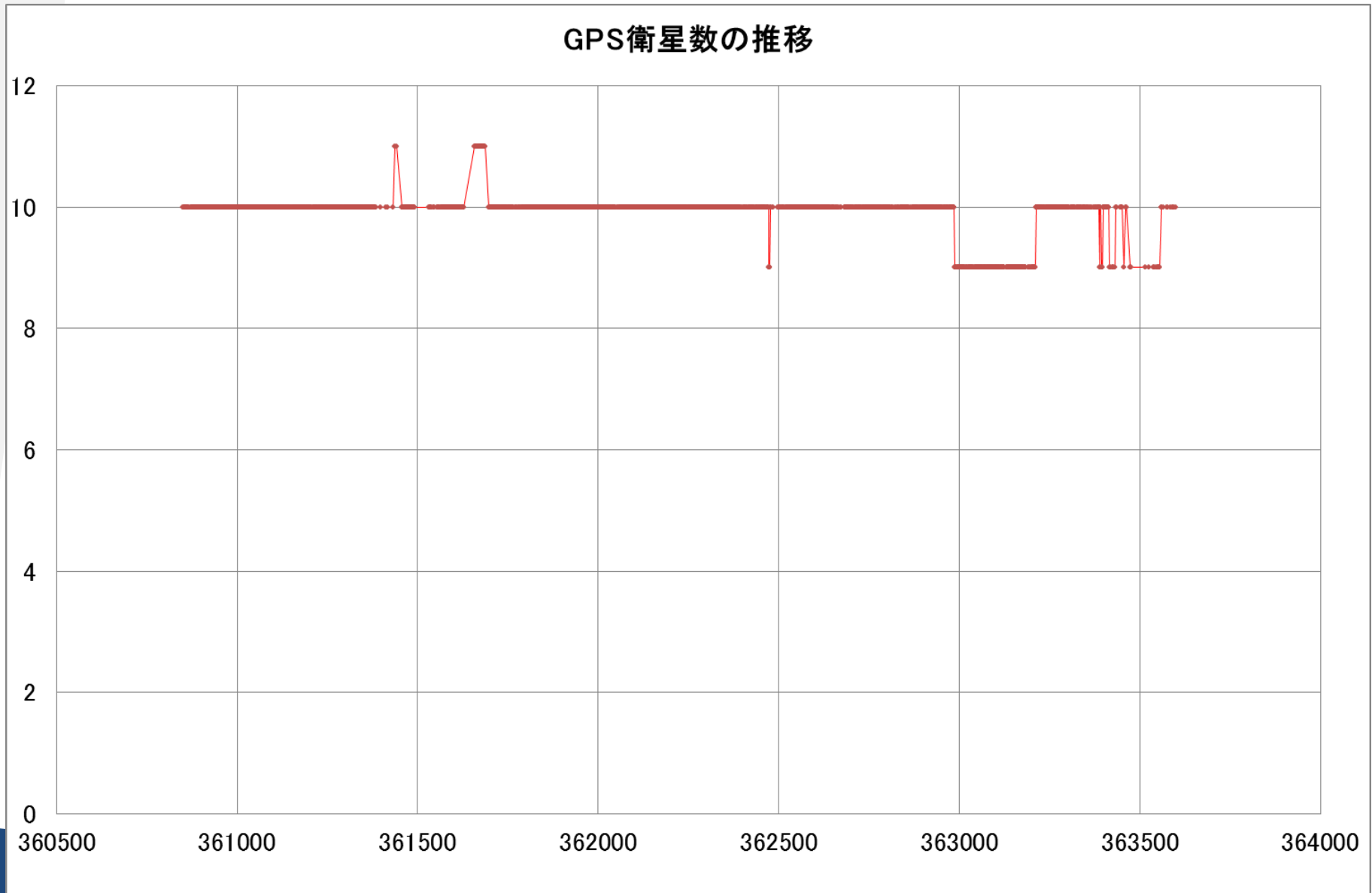
GPS 平均衛星数10機

	HDOP(平均)	FIX率
L1	1.09	75.2 %
L1+B1	1.28	77.2 %
L1+L2	1.54	95.3 %



実験1.2 衛星数の推移

GPS平均衛星数：10機

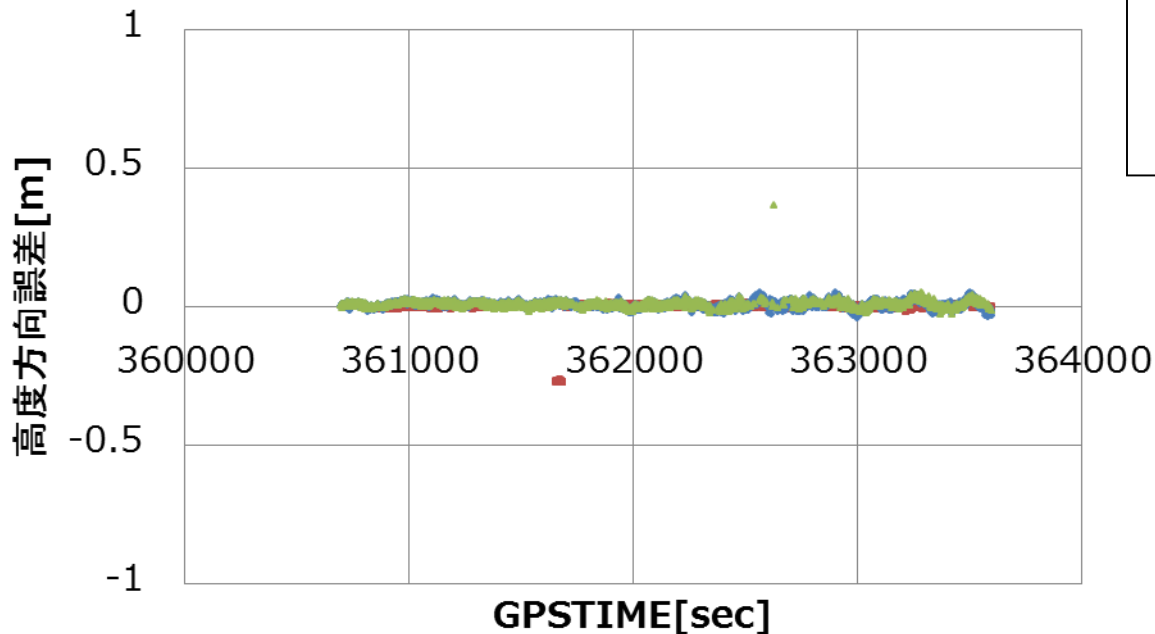


実験1.2 水平・高度方向標準偏差

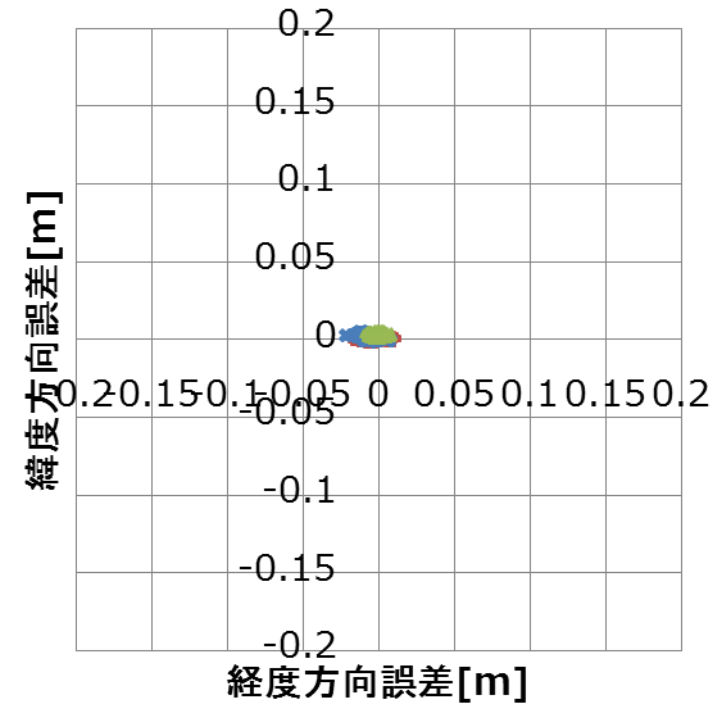
標準偏差まとめ

	L1	L1+B1	L1+L2
H σ	0.05m	0.02m	0.005m
V σ	0.35m	0.18m	0.01m

高度方向誤差



水平方向誤差



実験1. まとめ

	1.1				1.2			
	HDOP (平均)	FIX率 (%)	H σ (m)	V σ (m)	HDOP (平均)	FIX率 (%)	H σ (m)	V σ (m)
L1	1.35	31.8	0.17	0.65	1.09	75.2	0.05	0.35
L1+B1	1.17	78.8	0.04	0.14	1.28	77.2	0.02	0.18
L1+L2	1.75	95.1	0.008	0.02	1.54	95.3	0.005	0.01

- 衛星の数を合わせて評価した.
- GPS衛星が少ないときでもBeiDouを加えることでFIX率及び精度が向上する.
- GPS衛星が多いときはGPSのみでもFIX率は高くなる.
- GPS 2周波の結果にはFIX率・精度ともに及ばないことがわかった.

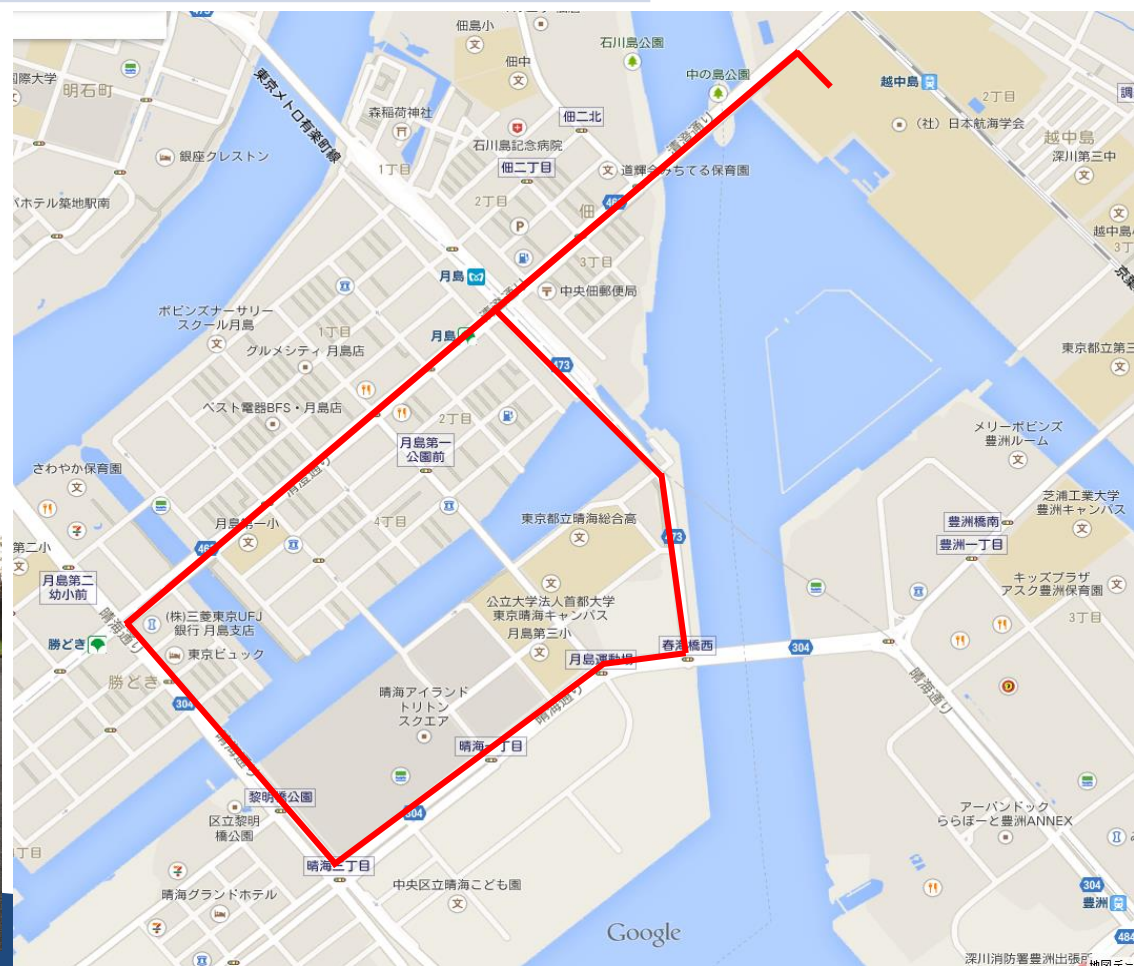
実験2. 概要

2. 移動体実験

日時	10/5 16:30 - 17:00 (JST)
場所	東京海洋大学～月島～東京海洋大学
データ取得間隔	基準局1Hz, 移動局10Hz

走行場所

- レファレンスとしてマルチGNSS-RTK測位結果を使用.
- Ratioテストの閾値を2と3で比較

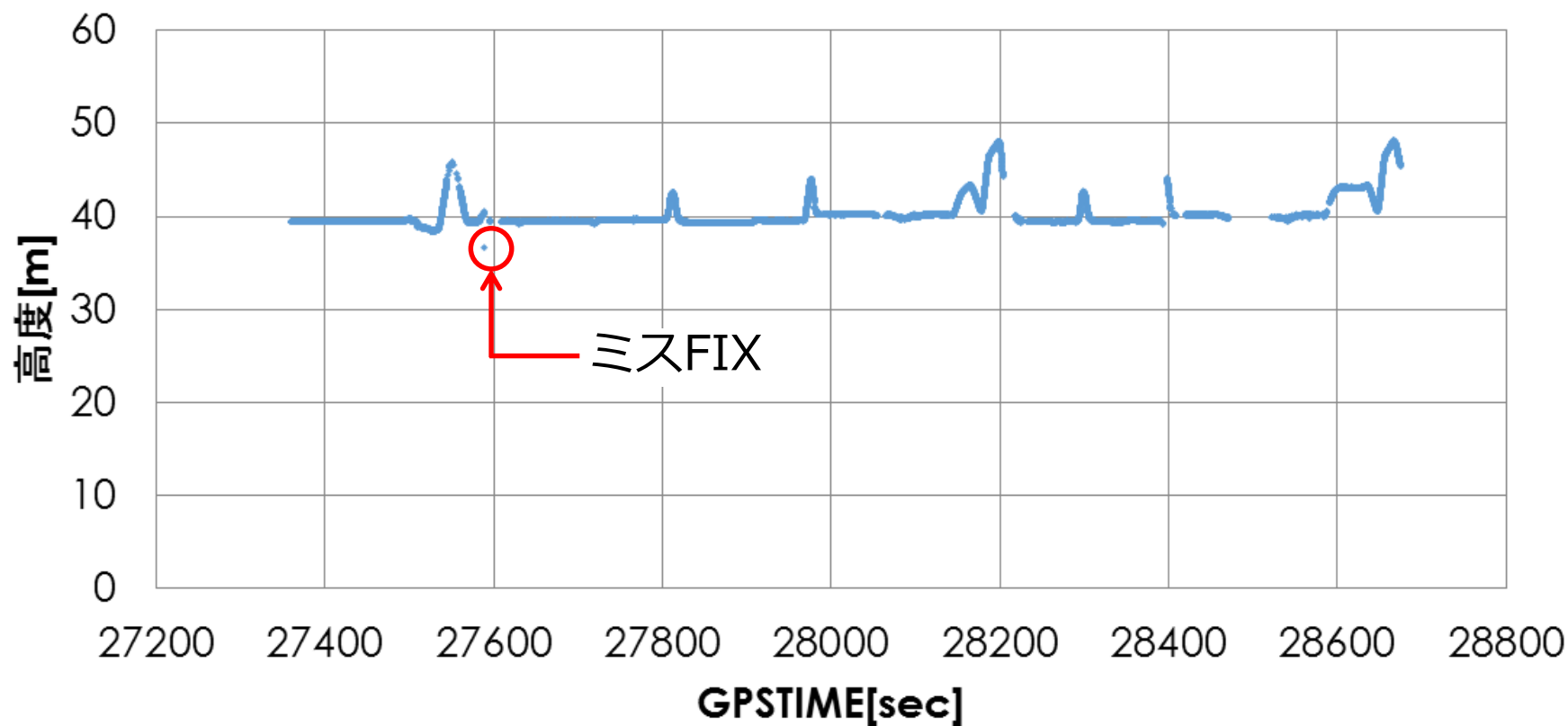


Reference

GPS+QZS+BeiDou+GLONASS 2周波RTKの結果

FIX率84%

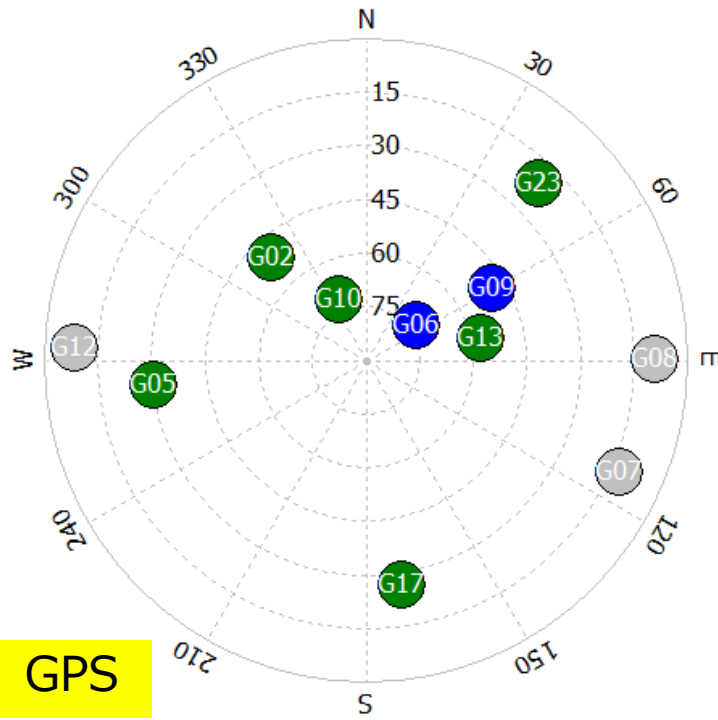
高度方向結果



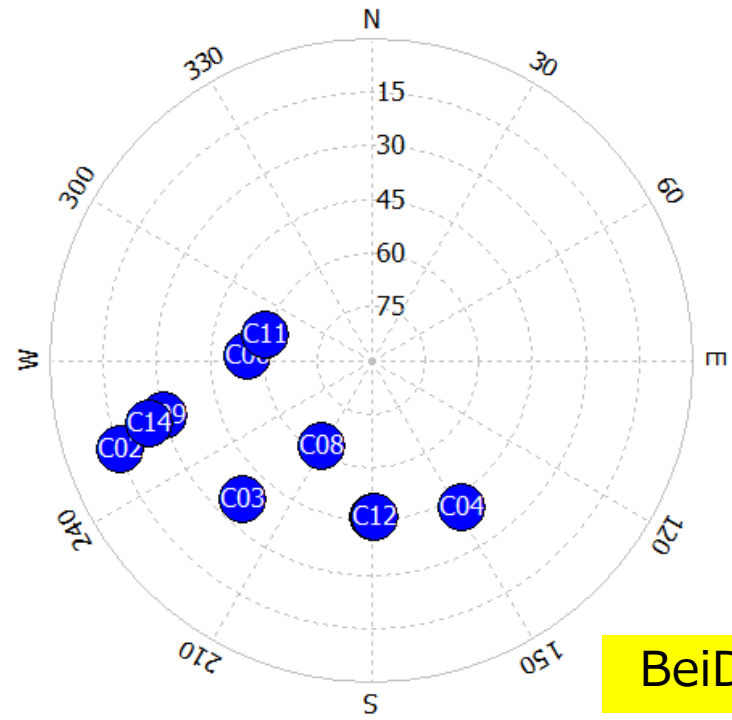
実験2. 結果

実験結果 HDOP及びFIX率

	Ratio 2		Ratio 3	
	HDOP(平均)	FIX率	HDOP(平均)	FIX率
L1	4.31	13.0 %	4.3	5.5 %
L1+B1	1.30	28.2 %	1.12	15.1 %
L1+L2	4.10	44.5 %	3.94	35.2 %



GPS

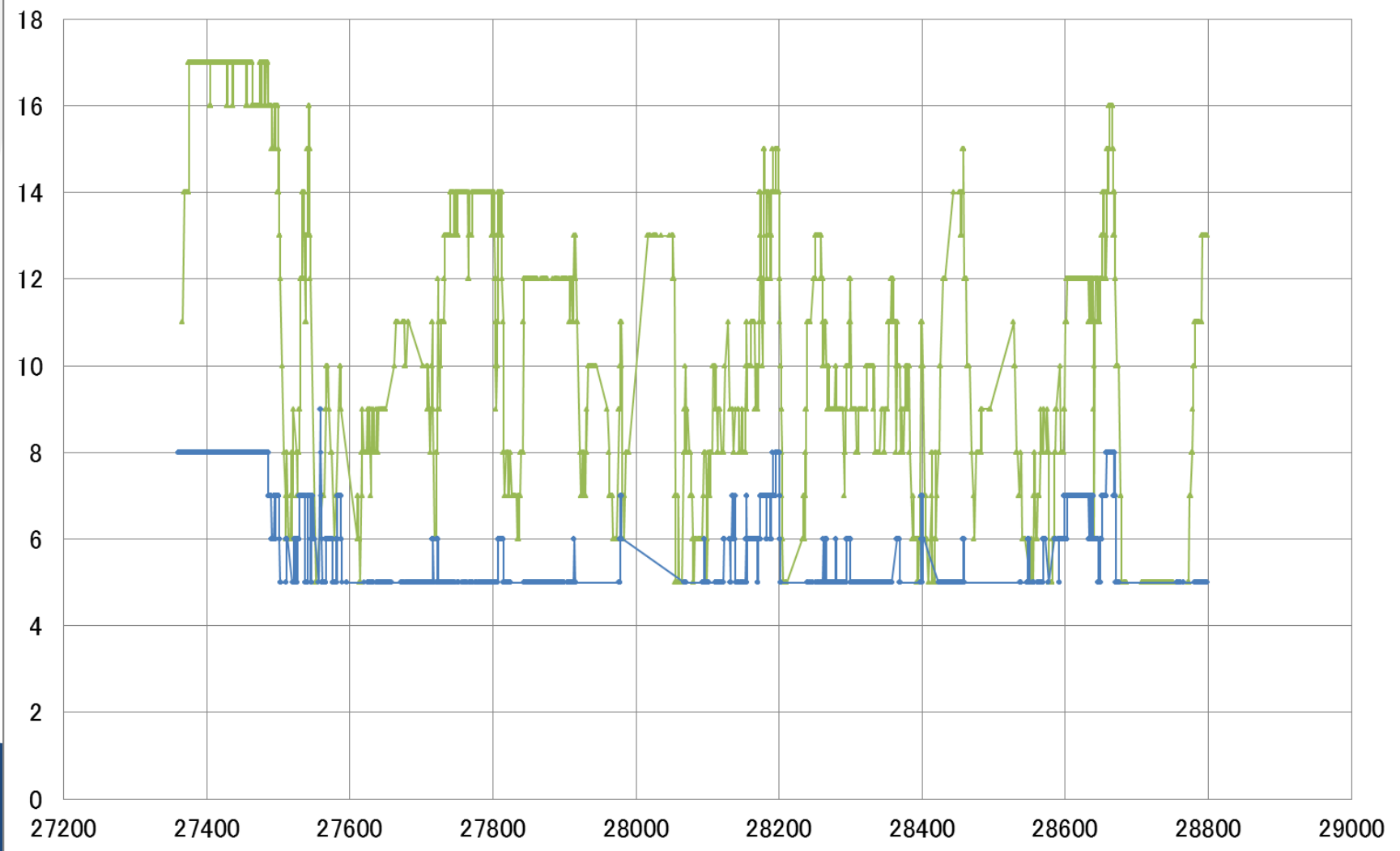


BeiDou

実験2. 衛星数の推移

- GPS : 平均 6機
- GPS+BeiDou : 平均 12機

衛星数の推移

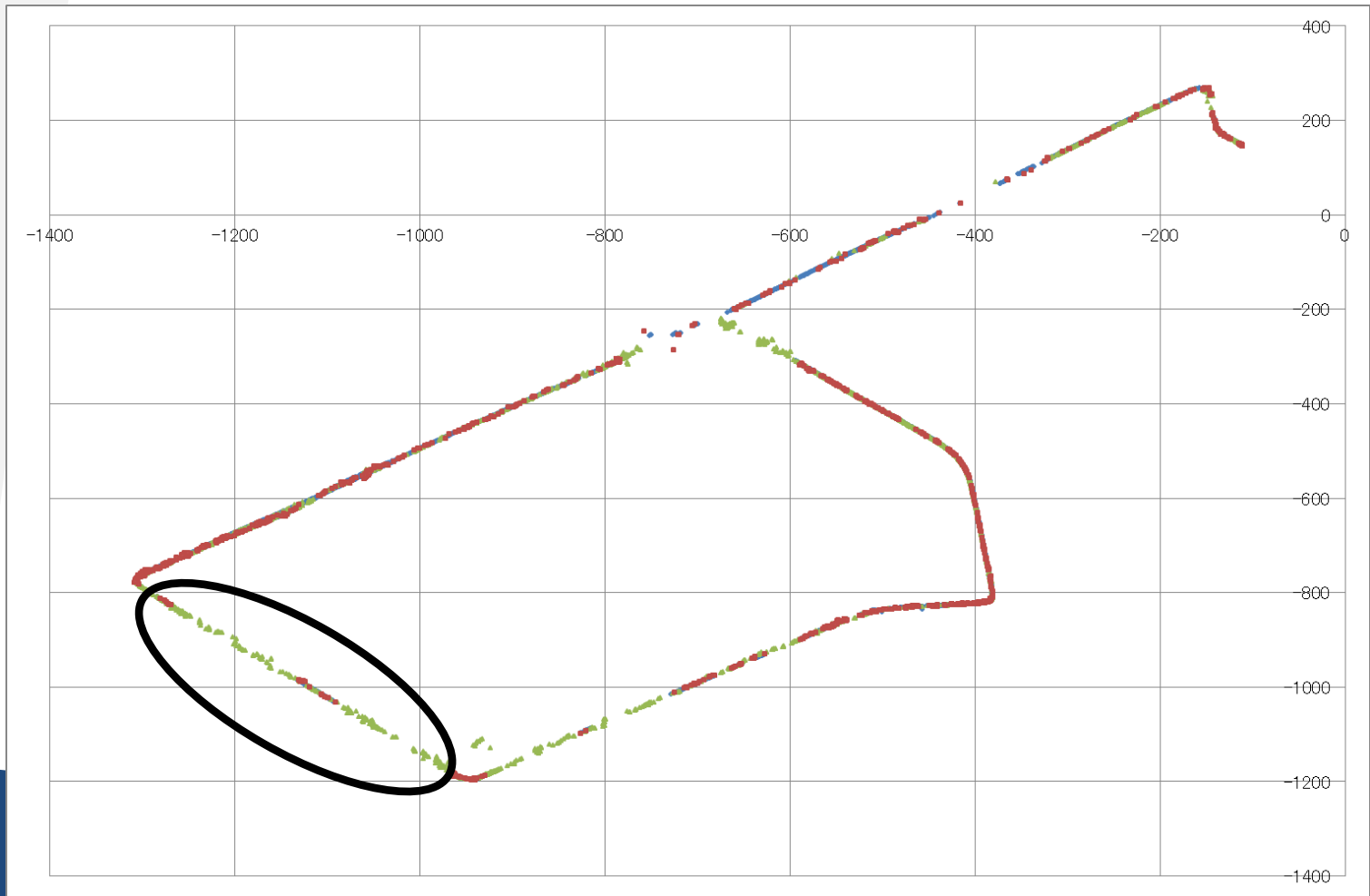


実験2. ratio2

Ratio2

● L1 ● L1+B1 ● L1+L2

	FIX率	水平0.5m以内
L1	13.0 %	27.8%
L1+B1	28.2 %	85.9%
L1+L2	44.5 %	99.8%

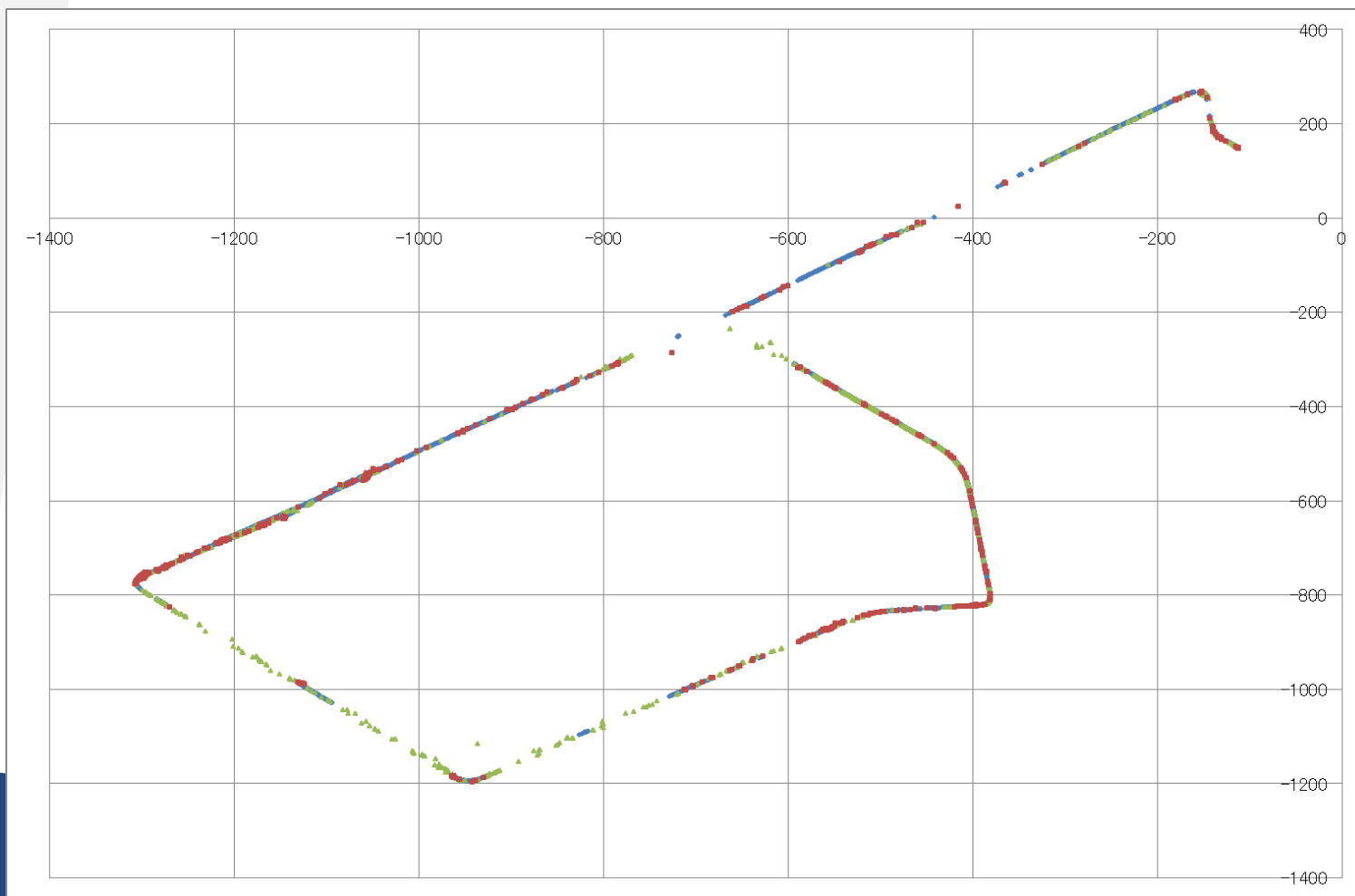


実験2. ratio3

Ratio3

● L1 ● L1+B1 ● L1+L2

	FIX率	水平0.5m以内
L1	5.5 %	28.7%
L1+B1	15.1 %	91.9%
L1+L2	35.2 %	100%



実験2. まとめ

	Ratio 2			Ratio 3		
	HDOP (平均)	FIX率	水平0.5m以内	HDOP (平均)	FIX率	水平0.5m以内
L1	4.31	13.0 %	27.8%	4.30	5.5 %	28.7%
L1+B1	1.30	28.2 %	85.9%	1.12	15.1 %	91.9%
L1+L2	4.10	44.5 %	99.8%	3.94	35.2 %	100%

- BeiDouを加えることで、GPSのみと比べると衛星数は倍になるがFIX率はそこまで上がらなかった。
水平精度で50cm以内に入る確率はL1のみに比べ上昇したので精度の向上が見込めた。
- GPSのみでは測位できない場所でもBeiDouを加えることで測位可能になる場所があった。
- GPSの衛星数・配置ともあまりよくなかったが、L1+L2の2周波が使えるとRTKの信頼性があがることがわかった。

まとめ

- GPS+BeiDouを利用した1周波RTK瞬時ARの性能を静止実験及び移動体実験で評価した.
- GPSのみと比べるとFIX率及び精度があがることが分かったが、同一システムの2周波を使用するRTK性能には及ばないことがわかった.

今後について

- GPSの衛星数・衛星配置がいいときでの移動体実験.
- アルゴリズムの工夫やドップラ利用による精度の向上.
- QZSS・GLONASS・Galileoを追加しての評価等.