

マルチGNSSによる都市部高精度 測位実験の報告

第58回宇宙科学技術連合講演会

東京海洋大学

久保信明

目次

- マルチGNSS測位の現状
 - 低コスト受信機と測量用受信機
 - 準天頂衛星の特徴と効果
- 人材育成と海外ネットワーク
- 準天頂衛星、QSSへの期待

低コスト受信機(カーナビ用等)→コンシューマへの影響大
測量用受信機→近未来の高精度測位用(搬送波ベース)に無視できない

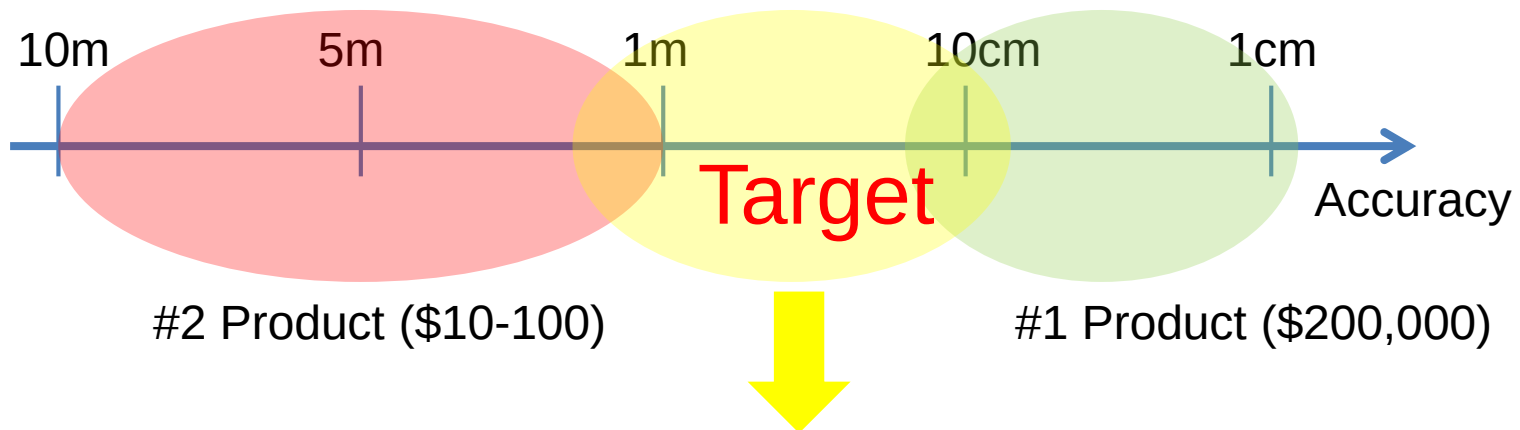
移動体測位現状

- Survey-grade GNSS + Speed sensor + IMU

Reliable RTK still requires dual-frequency

Low cost

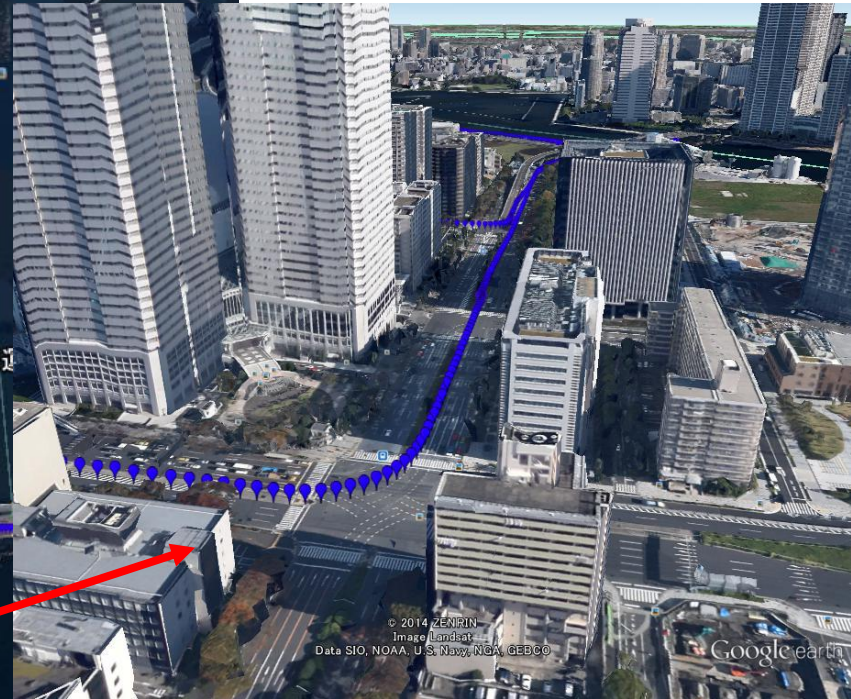
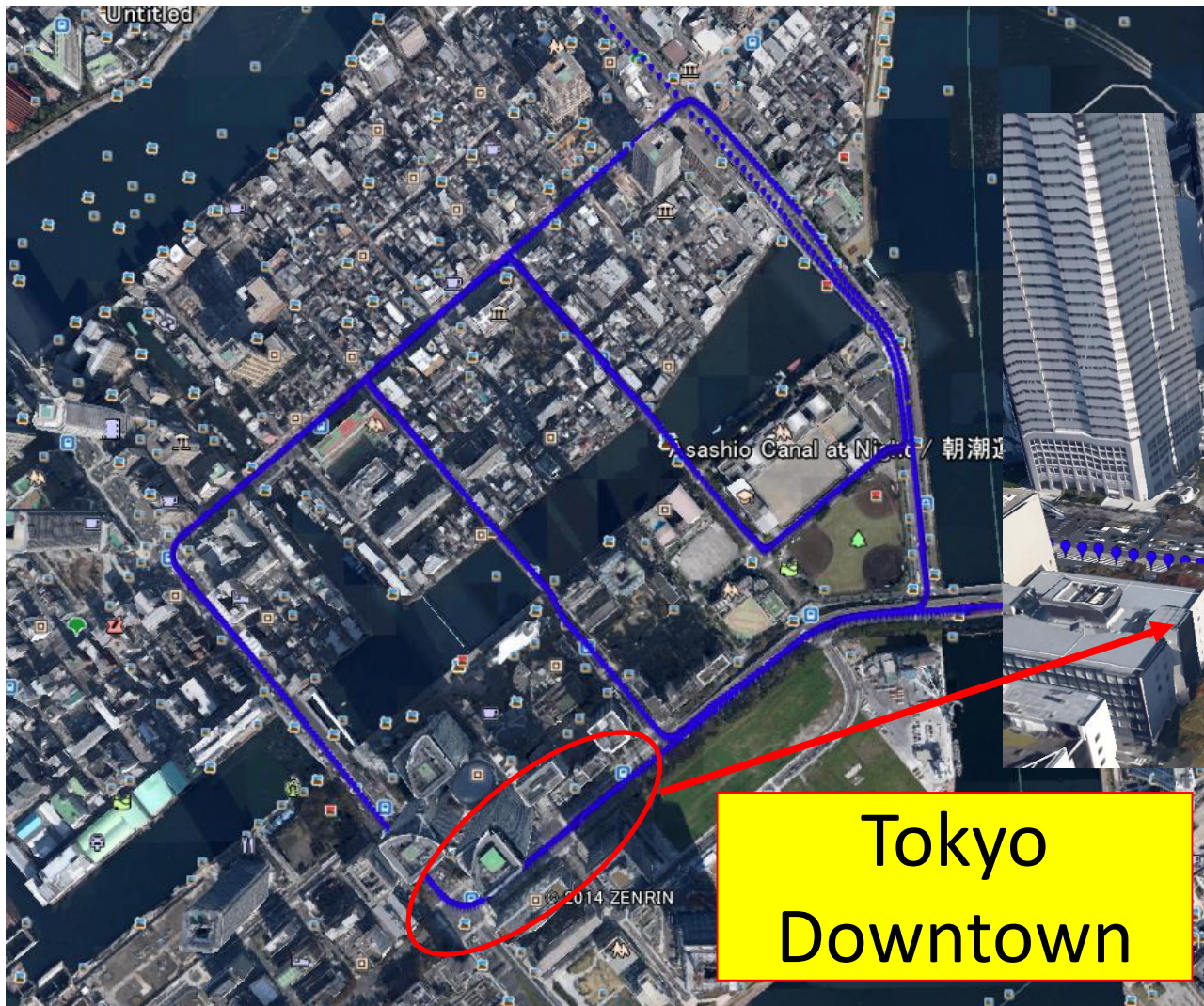
- Prospective accuracy in safety use for ITS like lane recognition is said decimeter level with continuous positions



0.5m horizontal error and 100% availability

コンシューマタイプ受信機での性能評価

1周波 GPS/QZS/BeiDou



Tokyo
Downtown

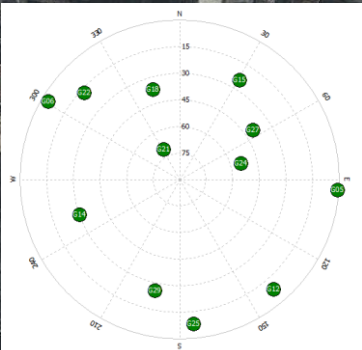
Many skyscrapers...

Google上ではあるが
自身の走行車線に一致

コンシューマタイプ受信機での性能評価 1周波 GPS/QZS/BeiDou

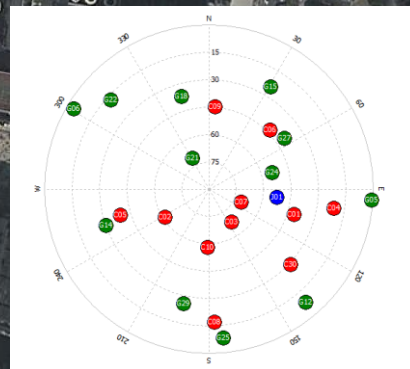
Bangkok Downtown

Under elevated train



● GPS

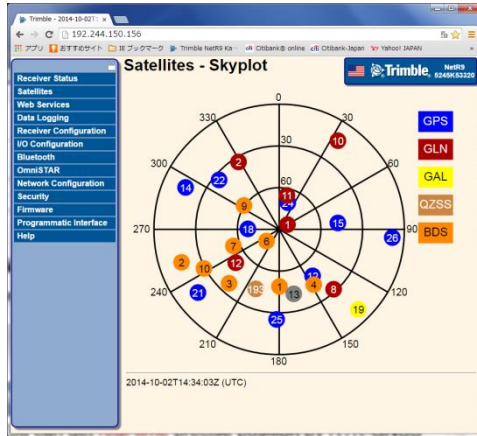
● GPS/QZS/BeiDou



マルチGNSSの効果は歴然。
さらにスピードセンサ+IMUがあると？

画像取得日: 2013/11/21 13° 44'36.01" N 100° 32'39.54" E 標高 23 m 高度 689 m

大学間でのCORSネットワーク



CORS(Continuously Operating Reference Stations)

observation data via the Internet

Tokyo(Univ. of Tokyo, Keio Univ., TUMSAT)
Bangkok(Thailand), Jakarta(Indonesia)

What you can do ?

You can get **real-time** precise position by RTK-GNSS



Rover



Communication Link



NetR9

Reference



Multi-GNSS RTKのテスト (CORSデータ利用)

Test	Schedule
1 st	2014/8/13 13:07–13:32
2 nd	2014/8/13 17:26–17:52
3 rd	2014/8/13 22:26–22:50
4 th	2014/8/14 8:36–9:02
5 th	2014/8/14 12:07–12:35

- * GPS/QZS/GLONASS/GALILEO/BeiDou are entirely used in this test
- * Trimble SPS855 receiver was used
- * RTK : Trimble and Laboratory engine

マスク角ごとの可視衛星数

Multi-GNSS RTKの結果

Multi-GNSS RTK (Trimble engine)

	Average NUS	Fix rate
Test 1	12.3	58.7%
Test 2	12.3	75.4%
Test 3	13.6	65.5%
Test 4	12.4	60.0%
Test 5	14.2	70.5%

GPS VS. Multi-GNSS RTK (Trimble engine)

Test 5	Average NUS	Fix rate
GPS	5.8	26.8%
Multi-GNSS	14.2	70.5%

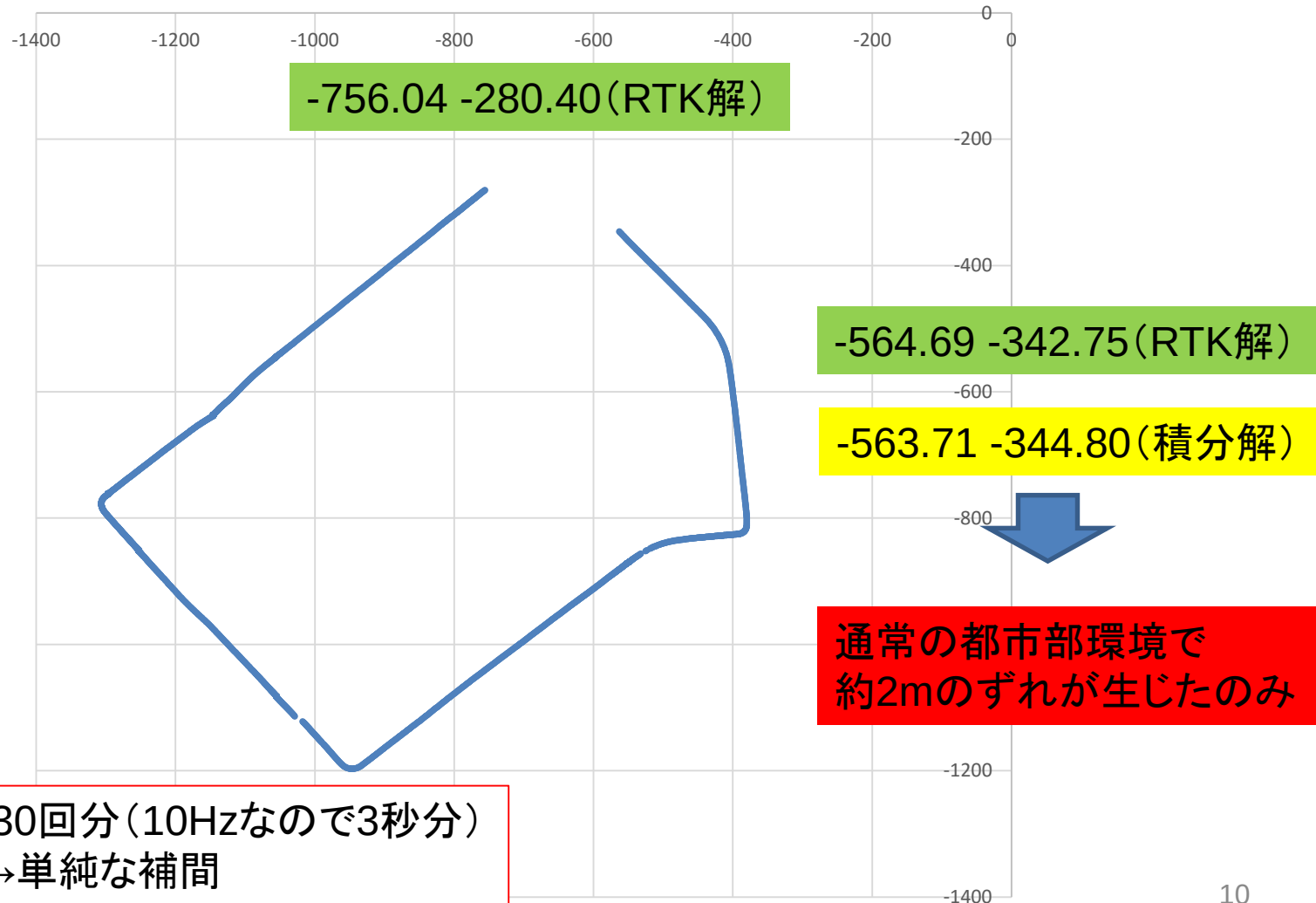
FIX rate comparison between GNSS combinations (Laboratory engine)

Test 3	G	GJ	GC	GR	GJC	GJCR
RTK FIX rate	48.2%	58.2%	55.5%	55.4%	64.7%	65.9%
Velocity output	67.0%	80.3%	86.5%	82.4%	91.5%	94.7%

G:GPS J:QZSS C:BeiDou R:GLONASS

The reason for small contribution of BeiDou/GLONASS to RTK was just due to the shortage of high elevation those satellites

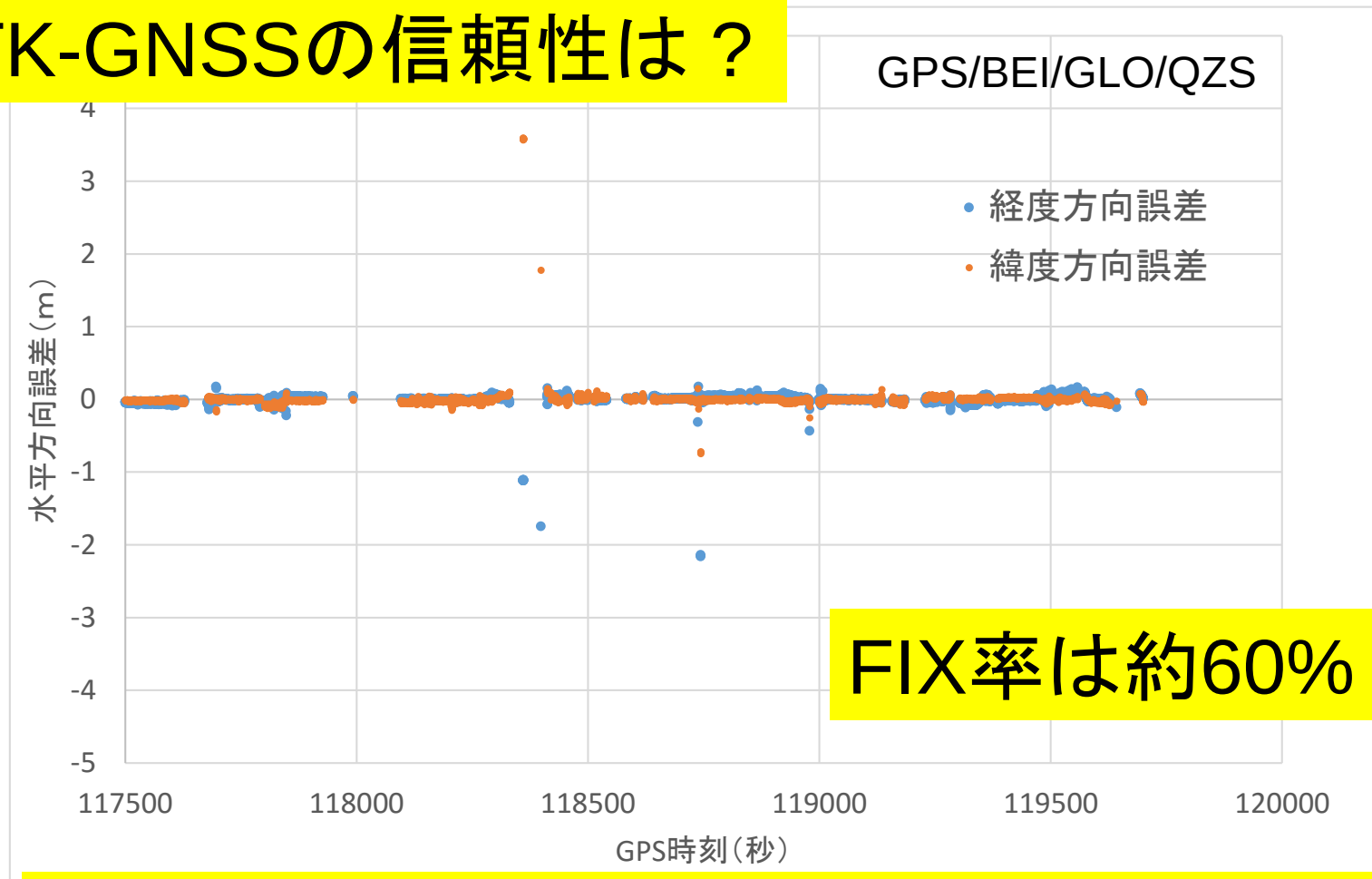
単純な速度積分精度 (月島で10分間積分)



RTK-GNSSのレファレンス解との誤差

(DenseUrbanでの移動体)

RTK-GNSSの信頼性は？



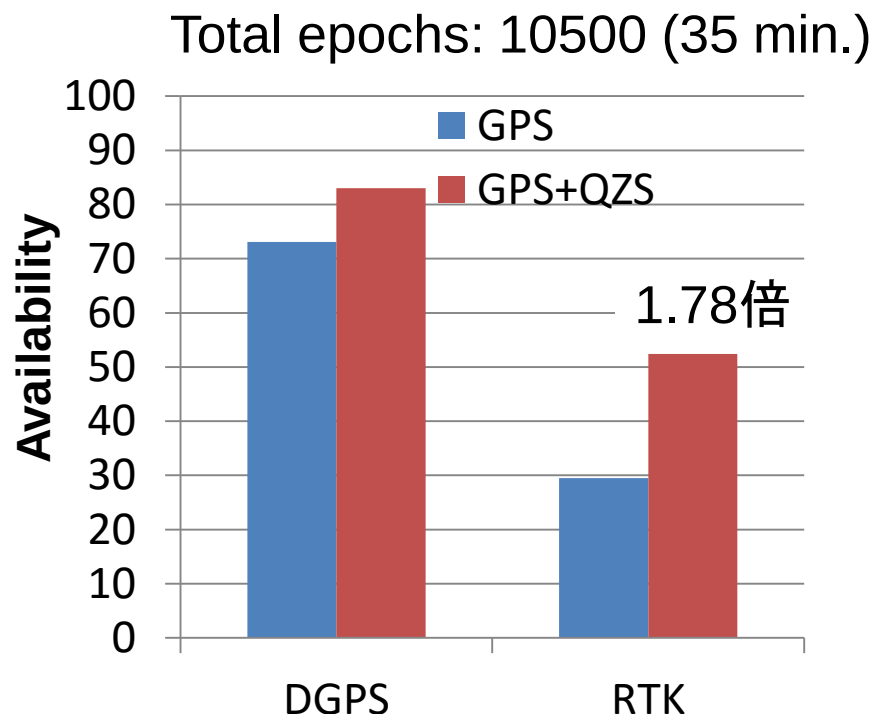
水平50cm以内は99.88% 水平20cm以内でも99.82%

都内でのRTK実験(準天頂に焦点) (浅草から海洋大まで)



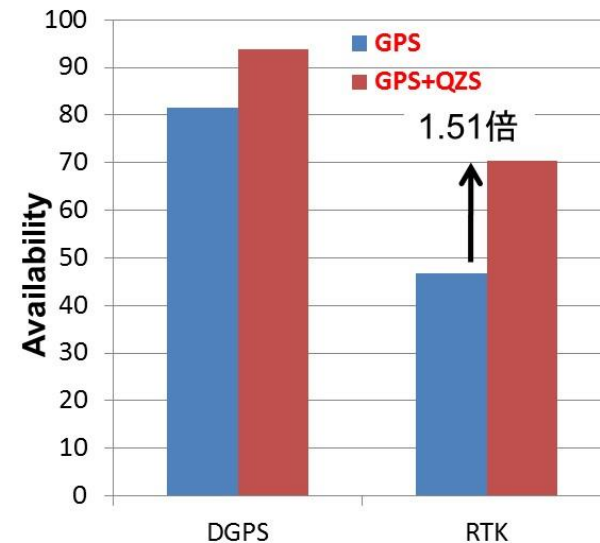
Test Route

Total period: 35 minutes

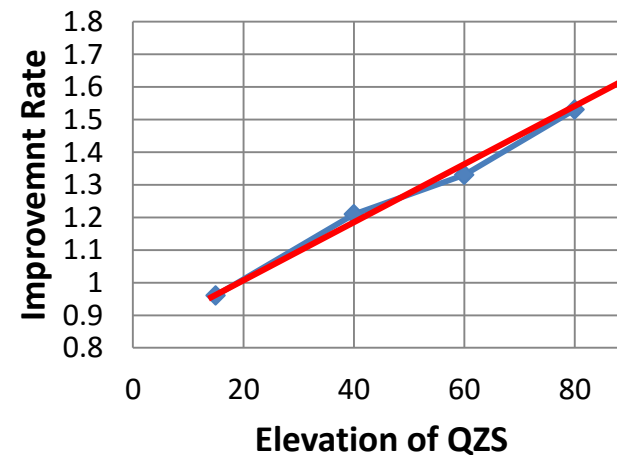
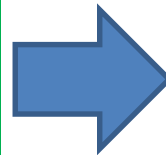


オープンスカイでのRTKに寄与は少ない
都市部でのRTKへの寄与は少なくない

都内でのRTK実験(準天頂に焦点) (海洋大-丸の内)



過去の月島、丸の内周辺の
RTKの結果をベースに準天頂
衛星によるRTKの改善率を仰
角との関係で計算してみた



準天頂衛星が3機体制になった場合 の都市部RTKのシミュレーション

各項目の結果は

- 左が86400秒のうち**使用衛星5機以上**の割合
- **右がRTKが可能(左を分母)かつ50cm以内で達成できる割合**

マスク角と天空率	GPS	GPS+QZS1機	GPS+QZS3機	GPS+QZS4機
30度(44.4%)	77.6 / 62.4	84.9 / 69.7	100 / 85.6	100 / 88.4
35度(37.3%)	50.3 / 40.0	70.8 / 59.0	96.9 / 80.4	100 / 86.1
40度(30.9%)	22.5 / 17.8	45.8 / 36.5	86.4 / 70.1	98.5 / 82.5
45度(25.0%)	6.7 / 5.3	19.0 / 15.1	69.9 / 55.9	93.5 / 76.4
50度(19.8%)	2.1 / 1.6	6.3 / 5.0	41.4 / 32.9	41.4 / 32.9

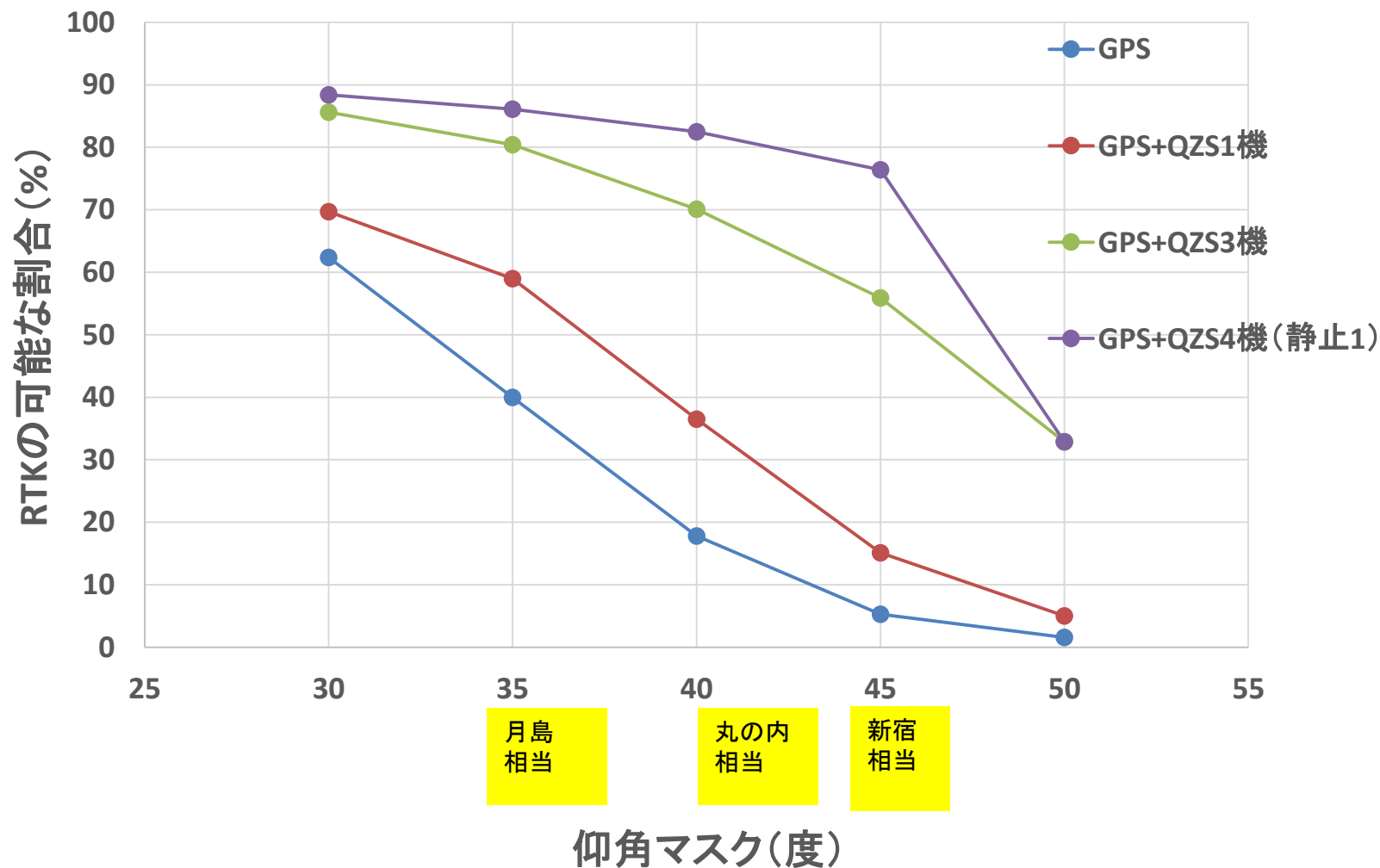
静止1機

測位環境を厳しくするほど、+準天頂の効果が顕著になる

主な都内の天空率(丸の内:約30%、新宿:約25%、月島:約40%)

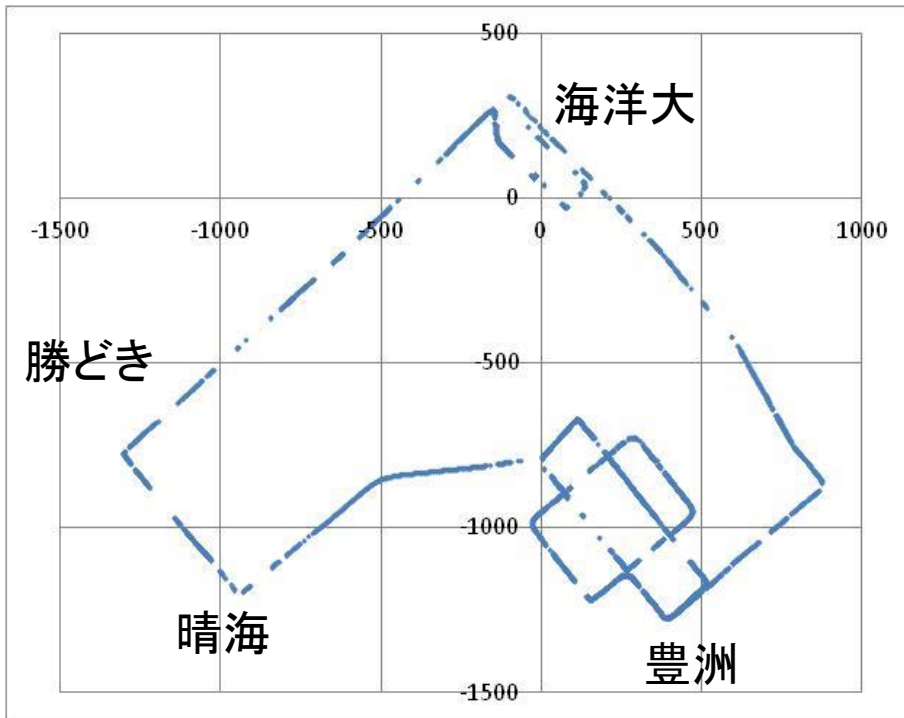
都市部RTKの性能比較

(前スライドの図)

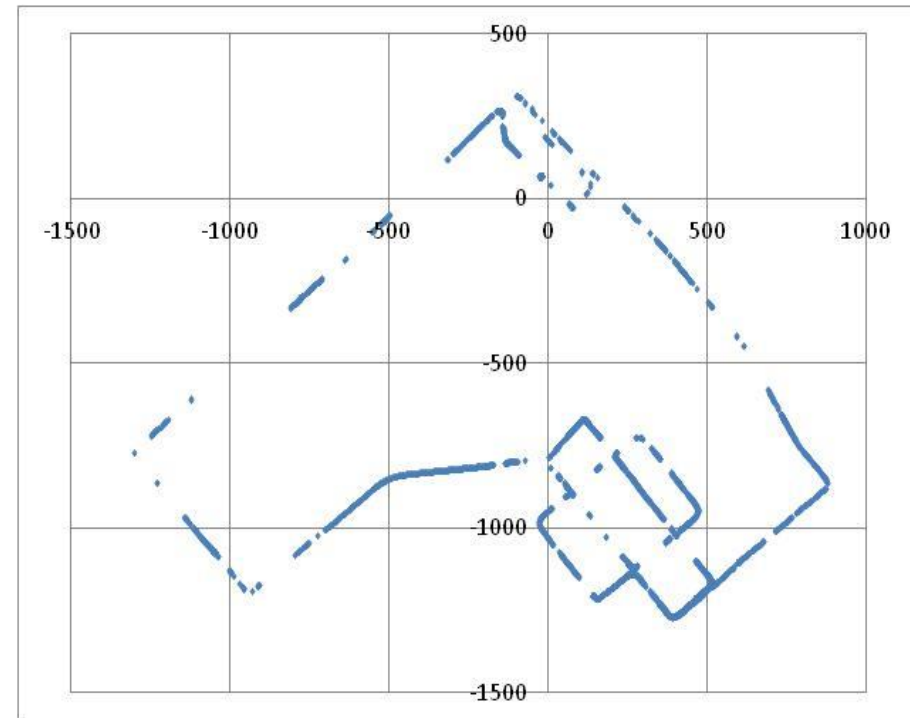


高仰角に滞在することのメリット

開始直後はPRN193とPRN2が天頂付近→ただし1時間後にはPRN2は63度へ



GPS+QZS 65.0%のFIX

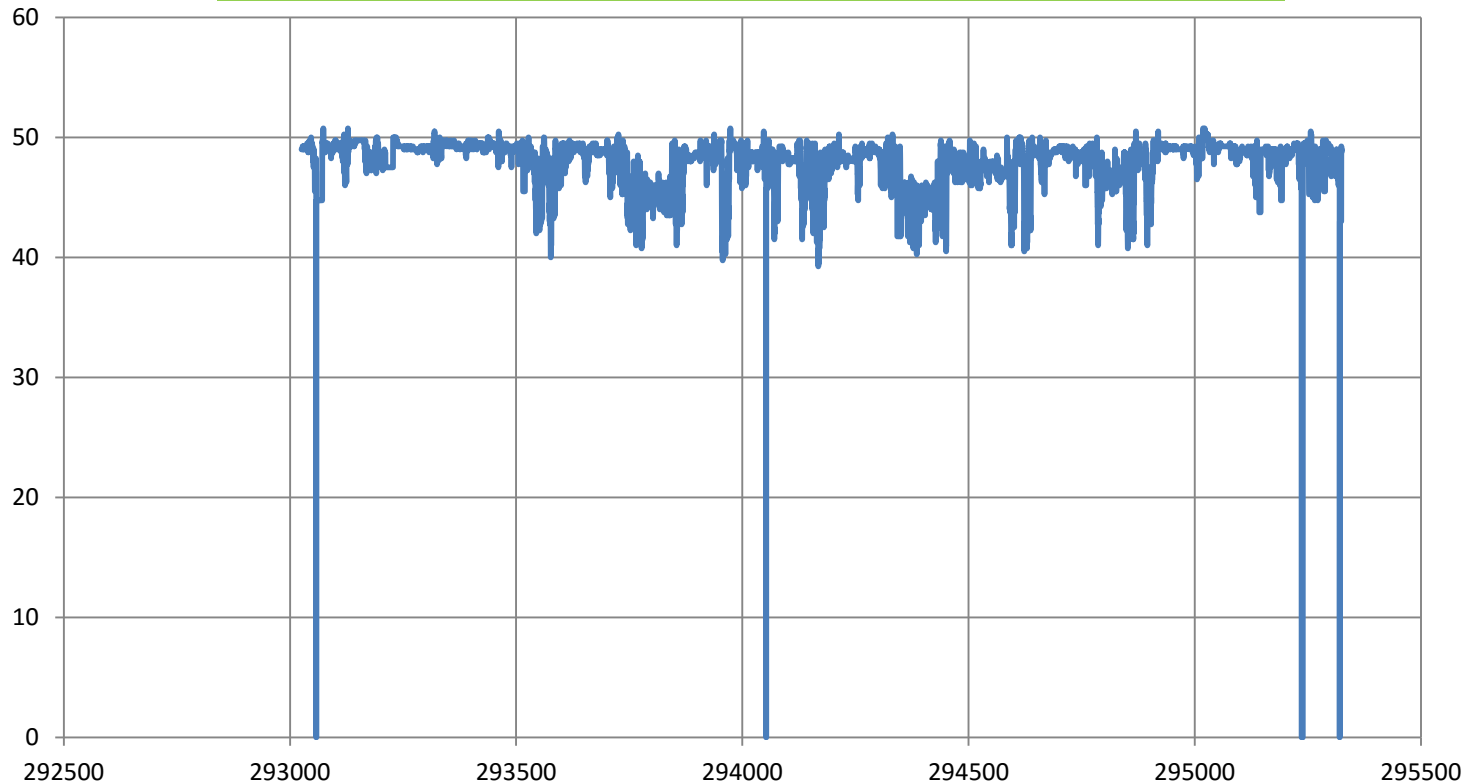


GPS 56.0%のFIX

QZS: 88度→85度 PRN2: 83度→63度

このときのQZSの信号強度は？

高架下走行は10回程度。ただし高架下停止はない



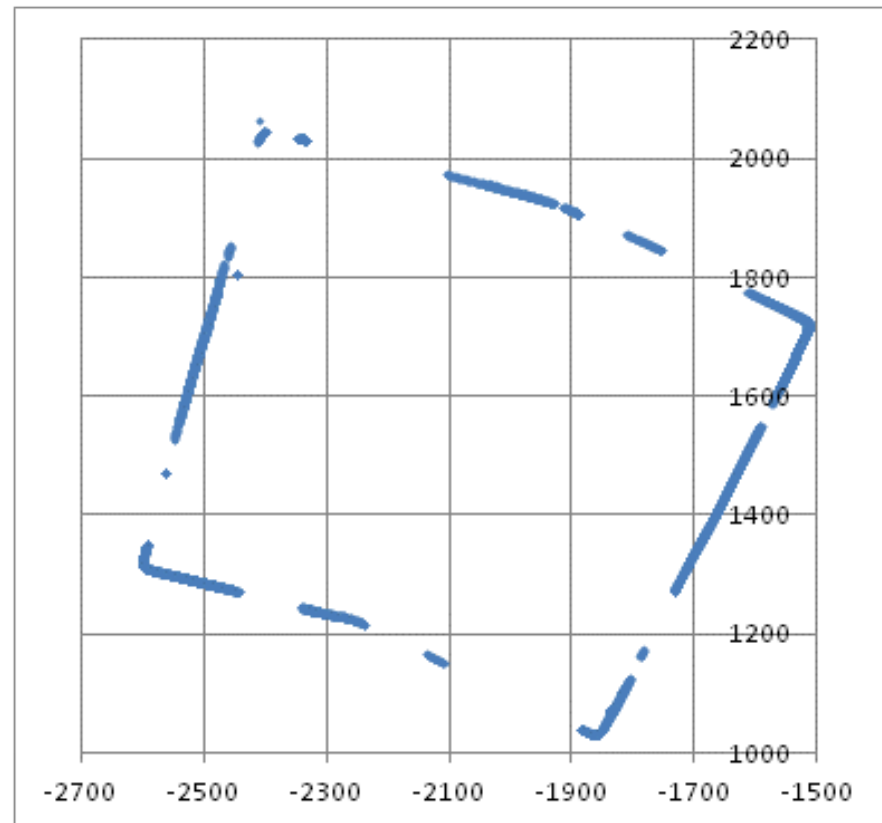
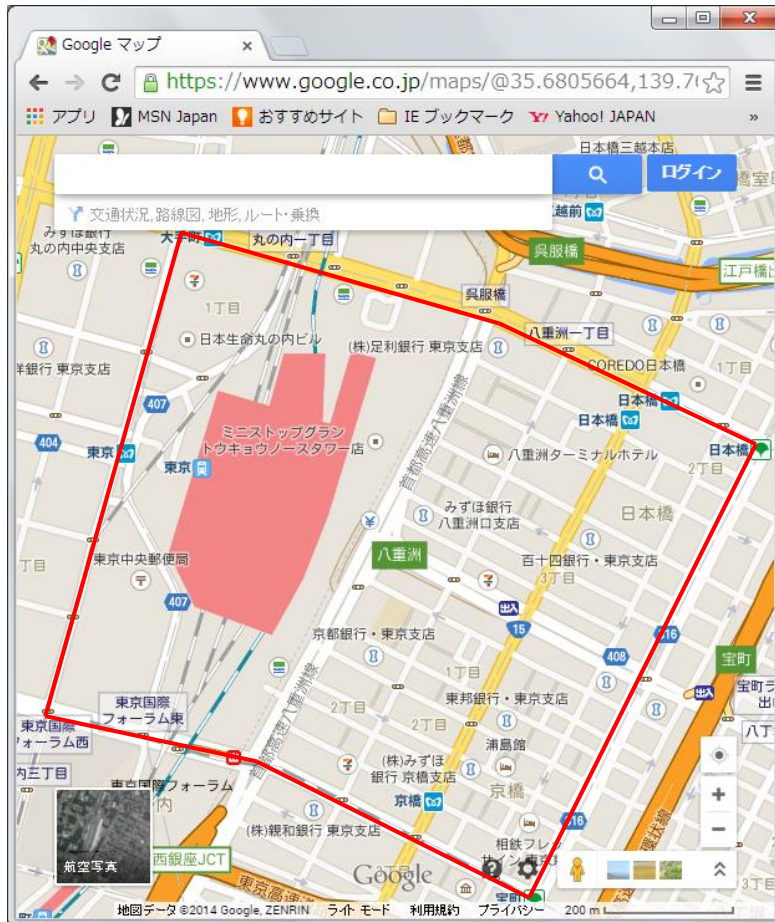
基本40dBHz以上では信号品質に大きな問題はない

→ロバストな補正データ伝送という意味で重要

丸の内周辺のみのRTK

2014年10月26日13時10分-14時40分 5周回 昼食停止時間除く

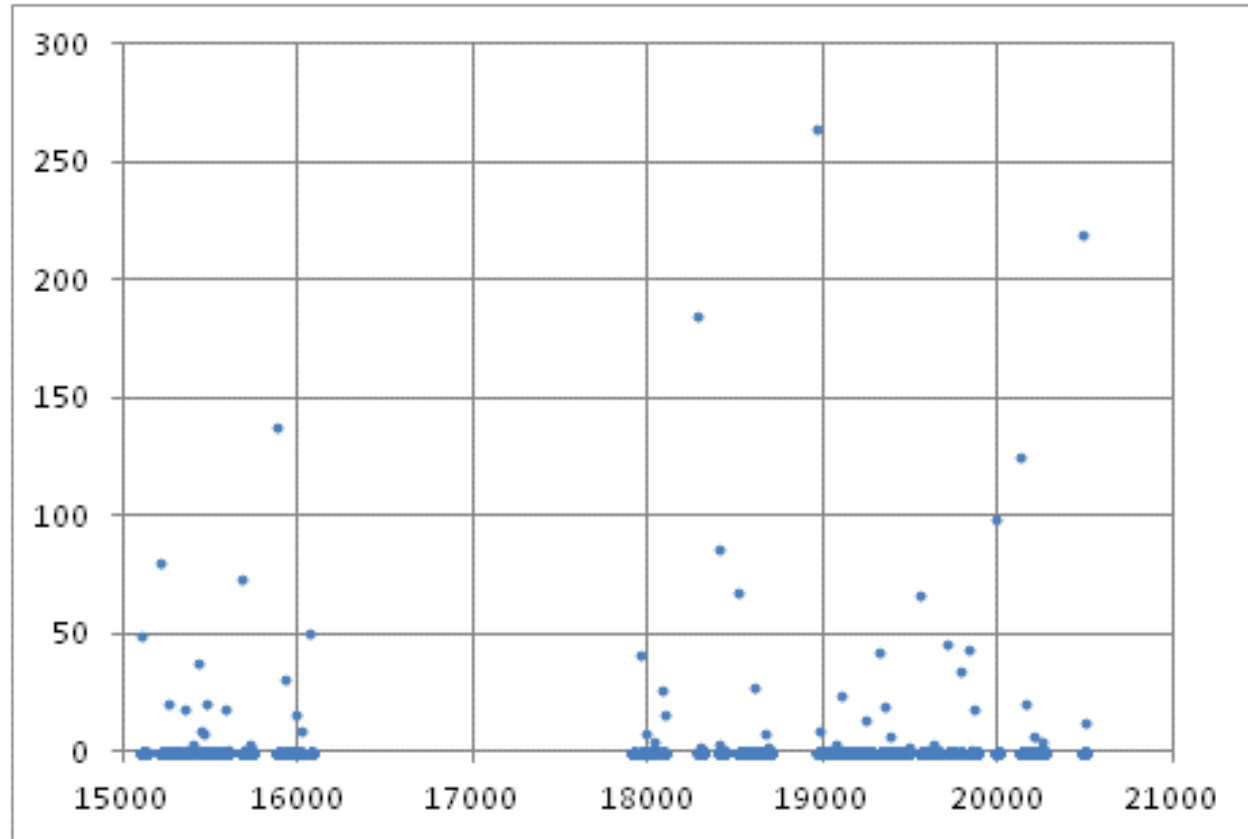
FIX率は41.2%



5周回分の水平位置

FIX解のない時間間隔

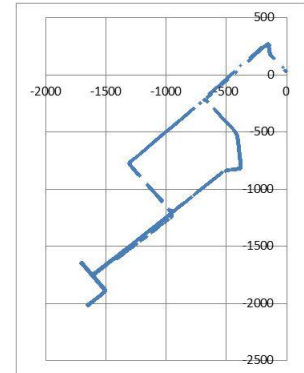
平均時速17.3km/h→単純に最大間隔の264秒に換算すると1271m(実際は922m)



補正データのLatencyは最大から45秒、17秒、11秒の3回が問題であとはほぼ1、2秒以内 データリンクはE-mobile

受信機による違い

- 2014年3月3日 15時台の30分
- 場所は晴海と月島周回で車両移動体で取得
- GPSの衛星配置は良くない
- アンテナはC社、分岐してA社とB社を接続

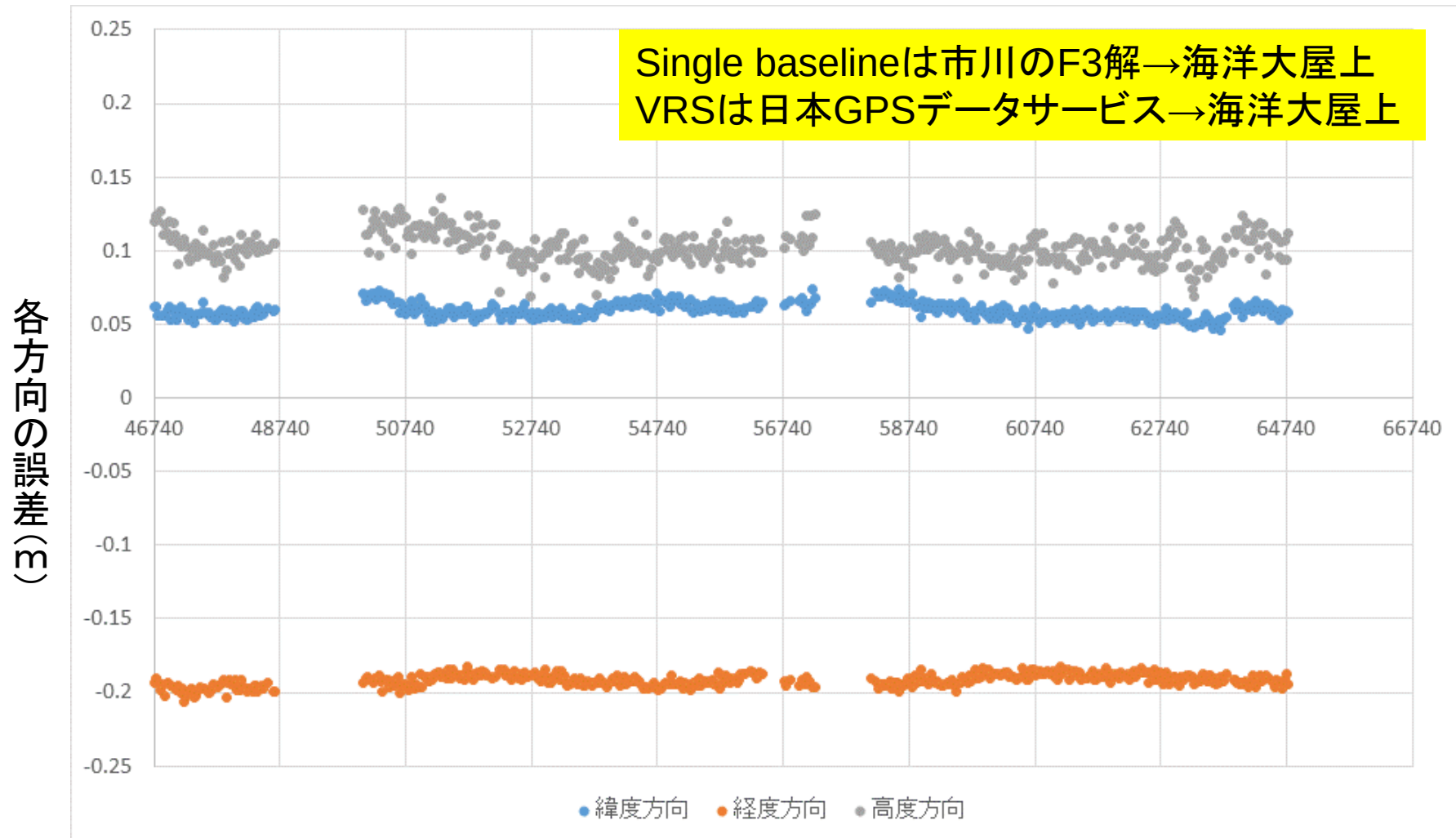


	平均可視 衛星数	GPS/BeiDou/QZS 平均可視衛星数	GPS＋BeiDou FIX率
A社	9.04	4.96 / 3.83 / 0.25	73.3%
B社	10.62	5.36 / 4.79 / 0.47	63.8%

解析エンジンはLab.のもので、条件は全く同じ

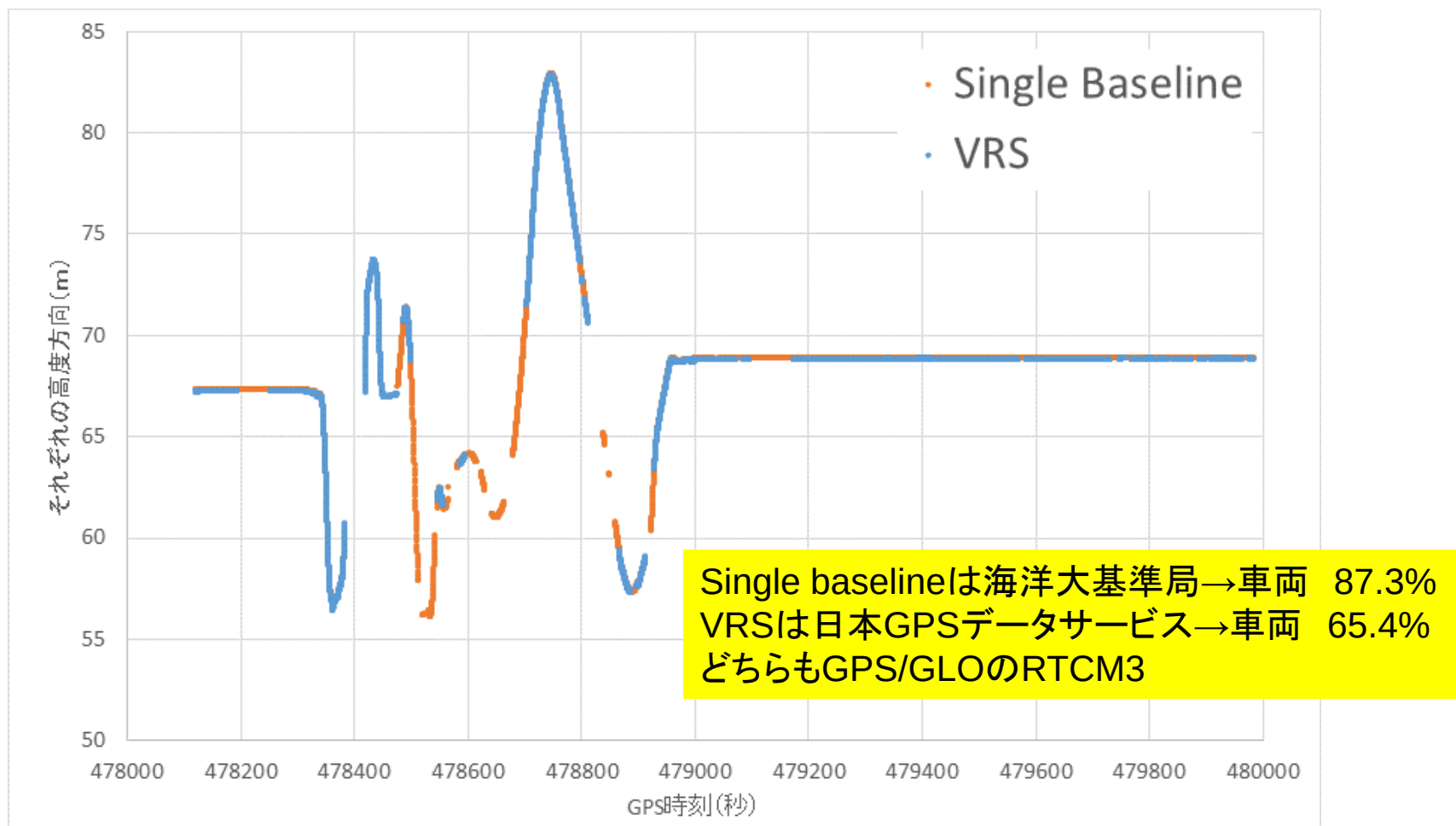
VRSとSingle Baselineの差

(2014/10/12 12:00-18:00 海洋大屋上)

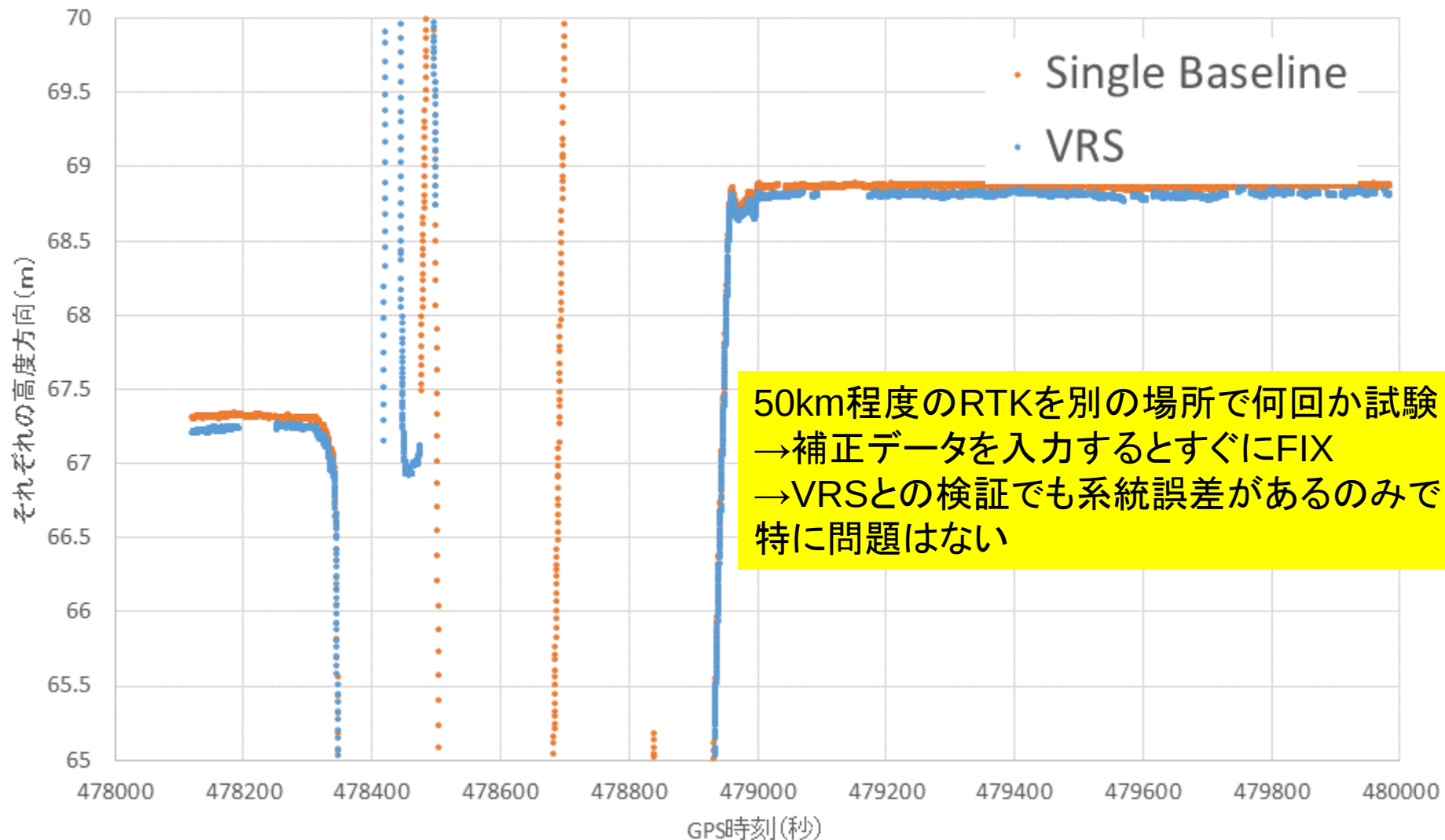


基線長の影響 (VRSとSingleBaseline)

(2014/10/24 22時頃 成田空港から東関東自動車道を10km走行しPAへ
Single Baselineの基線長は51.5kmから44.8km)

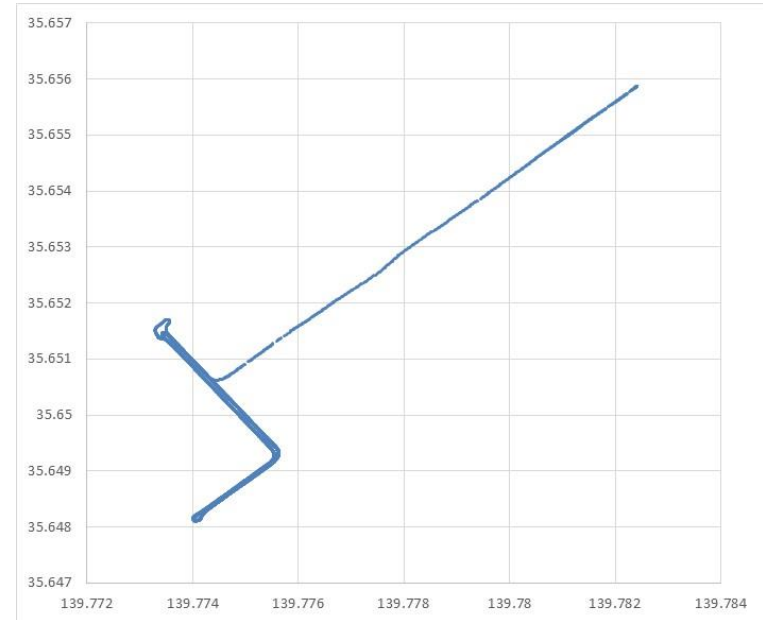


拡大



Precise Point Positioning Test using commercial service

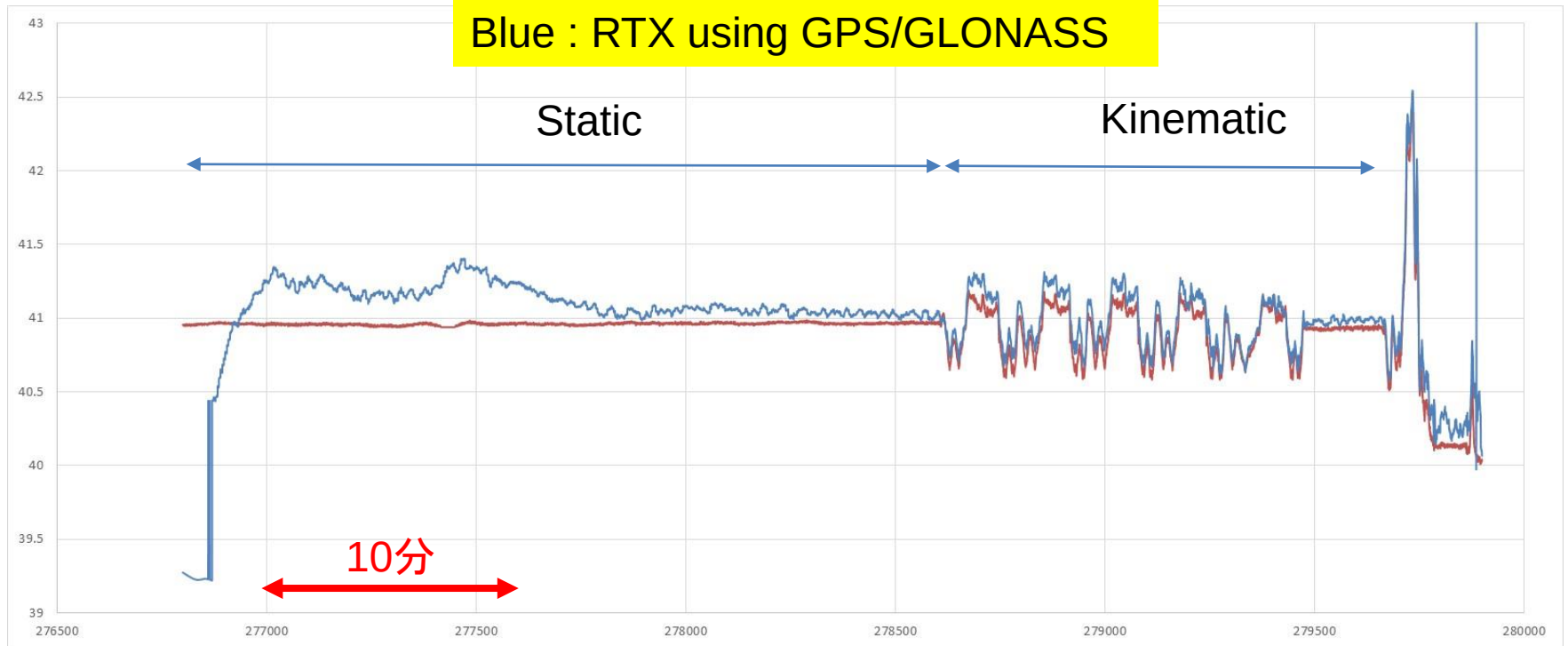
- 30 minutes static and 15 minutes kinematic
- Trimble SPS855+RTX (PPP) option
- Comparison with RTK results
- Omni-star was used
- Open Sky



Horizontal plots at Harumi Area

Altitude Comparison between RTK and RTX (PPP)

Red : RTK-GNSS
Blue : RTX using GPS/GLONASS



The accuracy was maintained within several centi-meters after 15 minutes of power on. Small bias (about 10cm) was deduced from other reason.

実験結果の現状(主に車両)

	精度	収束	Open	Semi	Urban
PPP	-10cm	約15分	○	困難	困難
RTK	-1cm	瞬時	○	70-90%	-50%
1周波	1-3m	瞬時	○	○	○

IMUやスピードセンサとの融合を前提に考えるべき

基線長と補正データ

- 最近の測量受信機では、50km程度まで関東での実験結果では瞬時FIXする模様。精度はカタログ通り
- 3周波になるとさらに延ばせる可能性→昔のFM放送でのDGPSサービスのRTK版も考えられる
- これまでの結果はローカルな基準局によるインターネット回線経由またはVRSの結果。本格的にユーザ目線にたつて、RTKやPPPの補正データ配信をどうするか考える時期
- RTKの場合、途中で基準点情報が変わることも考慮しなければならない(スムーズな利用基準点の以降。VRSも同様)

周囲の環境	補正サービス
サービスが必要とされない地域	特に何もしない
周囲に何もなく広い大地	PPP
田舎でビルのない場所 1-2階建てのみ	PPPまたはRTK
少し中層ビルがでてくる場所	RTK
中層ビル街	RTK+センサ
高層ビル街	RTK+高精度センサ

ご清聴ありがとうございました