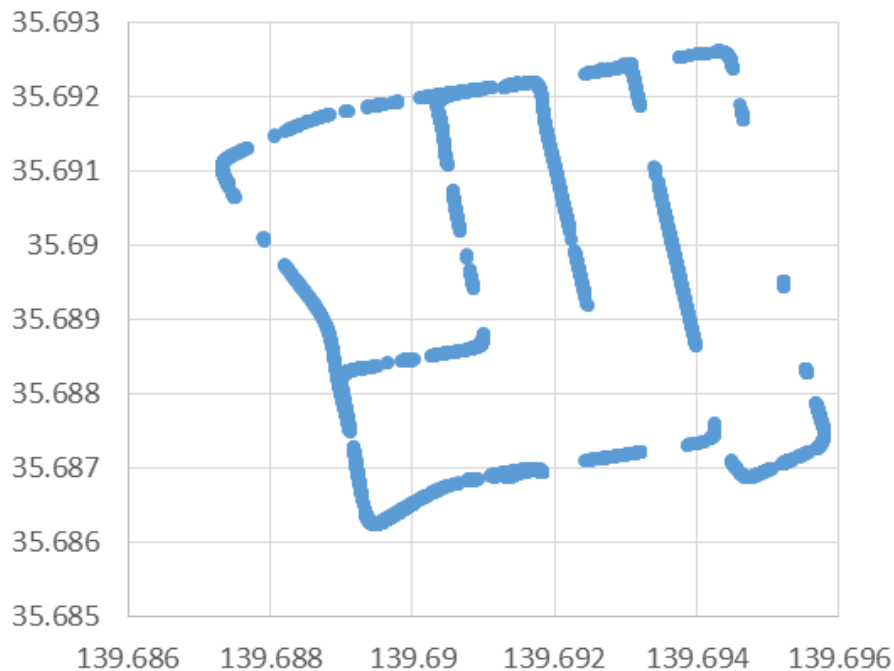


# 近未来の準天頂衛星による シミュレーションについて

東京海洋大学  
久保信明

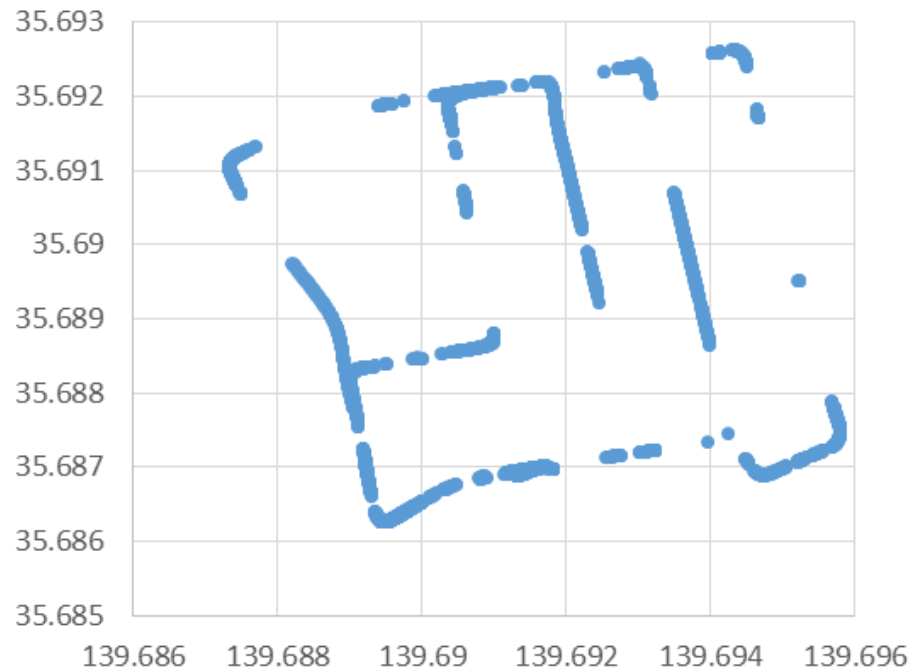
# 新宿西口走行でのRTKシミュレーション (マルチGNSS利用)

Simulation



Prediction of RTK performance  
using usable satellite number

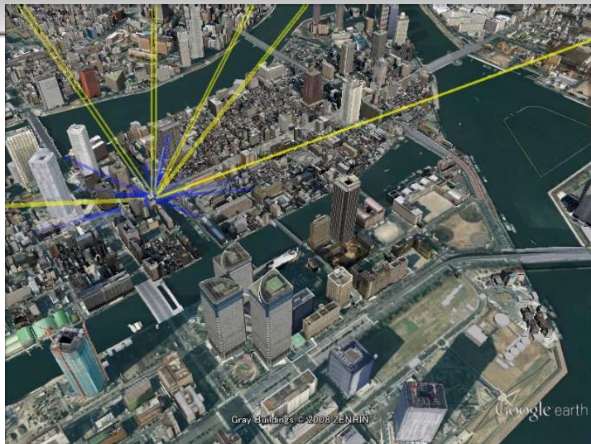
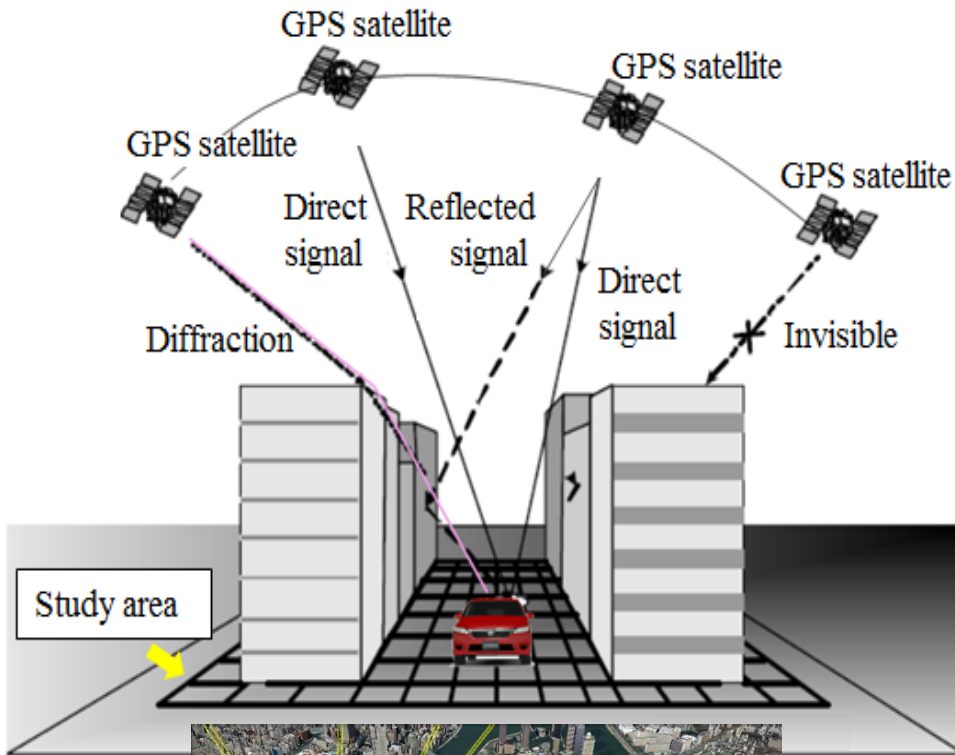
Actual RTK Results



Actual RTK Results

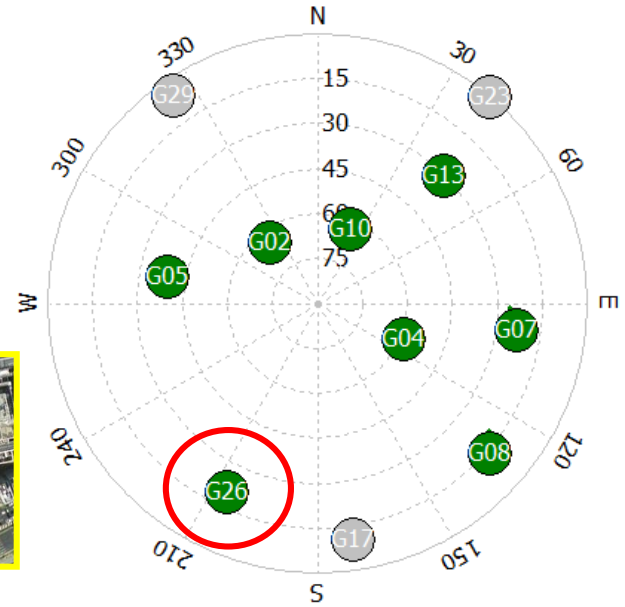
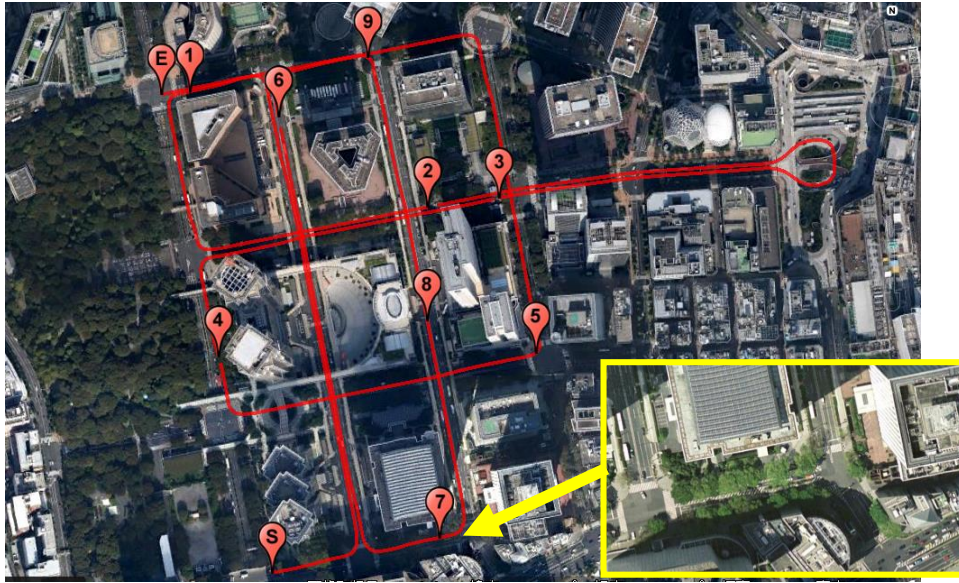
**It is possible to predict the rough availability  
of RTK in terms of location and time !**

# シミュレーションの方法

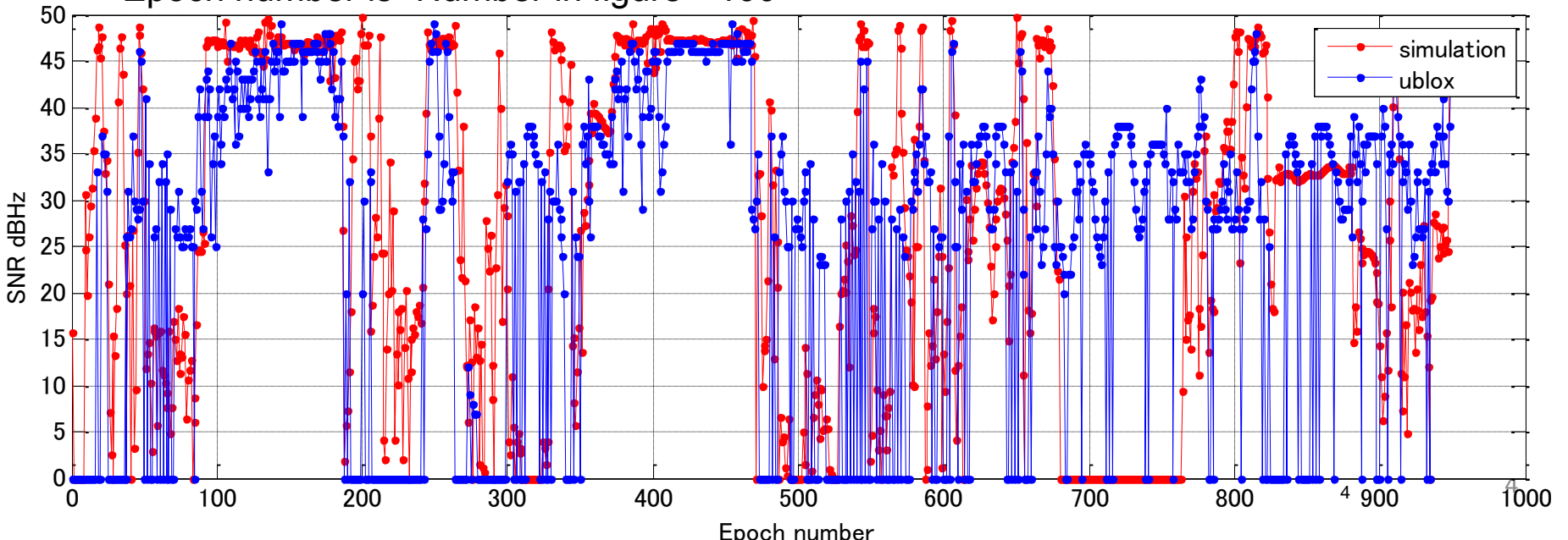


- 3D map : produced by laser. Overall accuracy is about 1 m
- Satellite orbit : Ephemeris
- Ray tracing : typical propagation model including diffraction and reflection

# 実際の新宿コースでの信号レベル検証



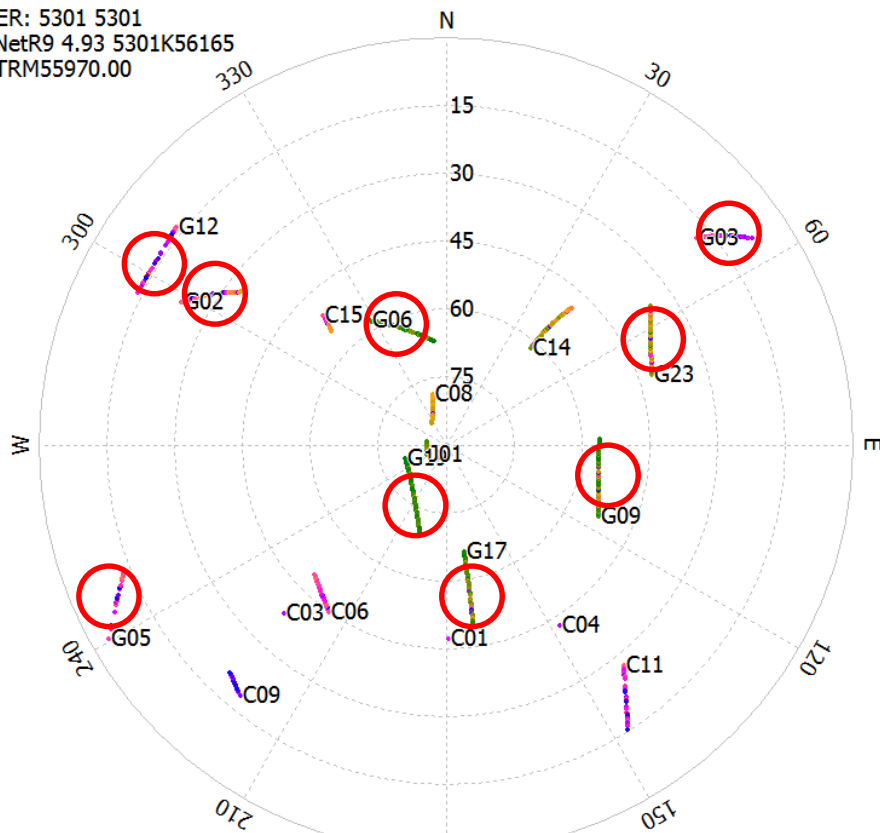
Epoch number is "Number in figure \* 100"



# 準天頂衛星のRTK測位への寄与

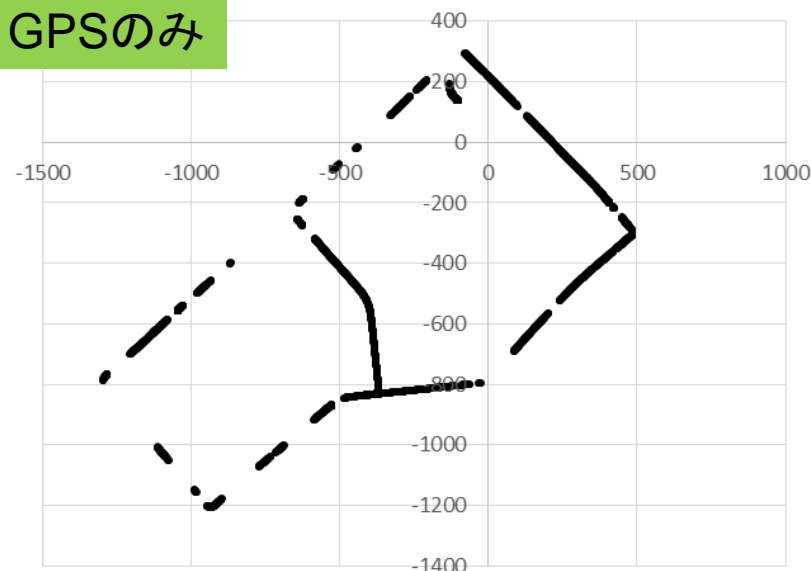
(海洋大周辺通常都市部の車両走行)

MARKER: 5301 5301  
REC: NetR9 4.93 5301K56165  
ANT: TRM55970.00

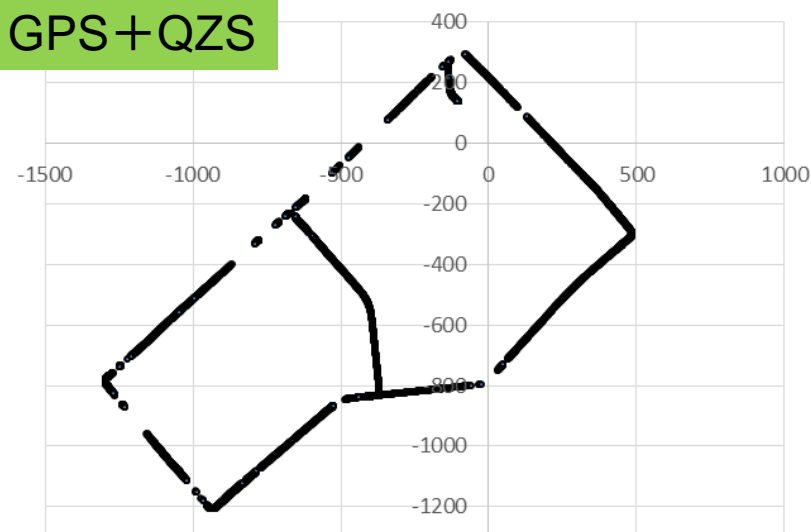


利用衛星	FIX率
GPS	44.95%
GPS/QZS	79.67%
GPS/QZS/BEI	91.84%

GPSのみ



GPS+QZS



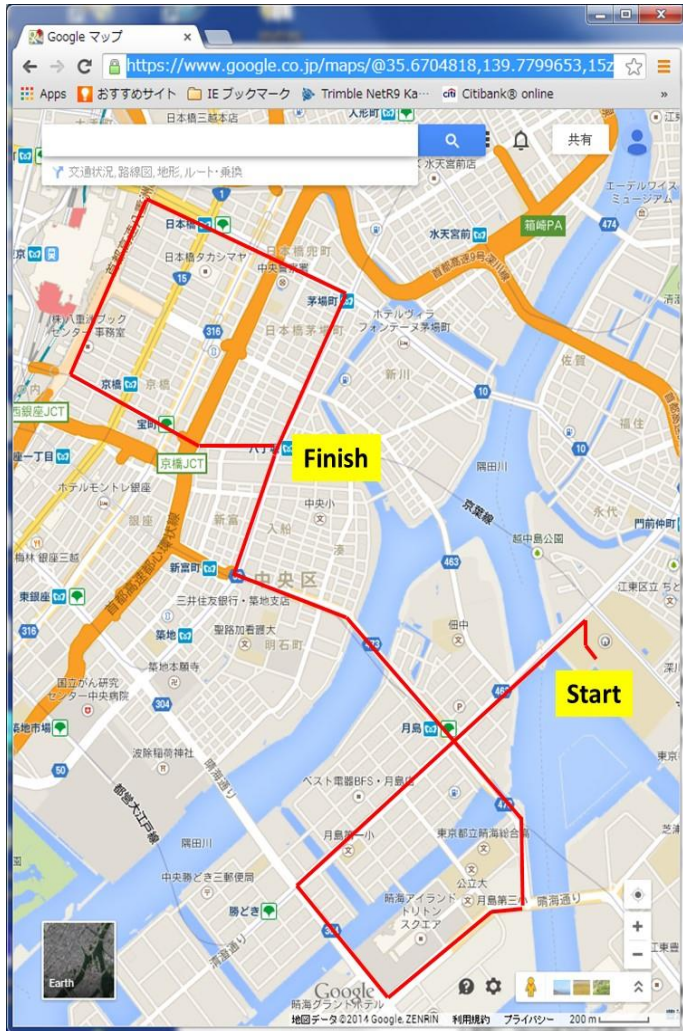
天頂付近であるとはいえ、1機で都内で35%も向上！

# 目的および背景

- 準天頂衛星がGPS等の他の測位衛星に加わることによってRTKの性能がどの程度向上するか
- 準天頂衛星は人口の集中する北東アジアで高仰角に位置する時間が長く、RTKの性能向上に有意であると考えられる
- 上記の効果を実信号で確認する前に、これまで蓄積してきた都市部でのRTKの統計結果を利用
- 具体的には、都市部走行におけるGNSS観測データを利用して、可視衛星数とRTKの性能の関係を数値情報として明らかにし、現在の軌道に4機存在する状態で、RTKの性能を予測

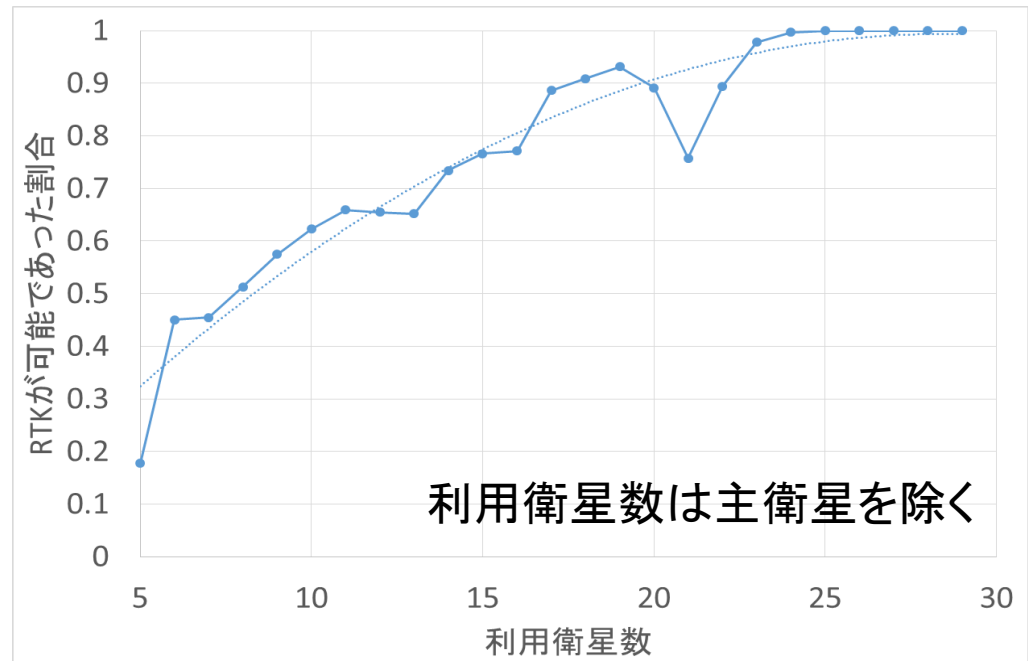


# 実観測データの取得とRTKの統計値



テストコース

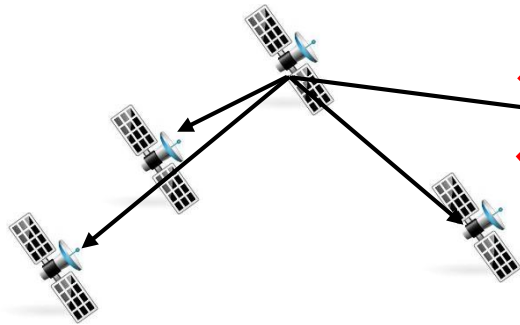
- 2014年8月13日、14日
- 基準局: トリブルNetR9
- 移動局: トリブルSPS855
- GPS/QZS/GLO/BEI
- 携帯利用リアルタイムでのFIX率は60-70%
- ミスFIXは数えるほど



# マルチGNSSを利用するときのRTK

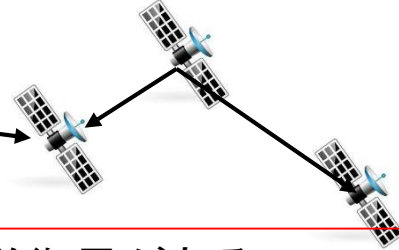
## GPS/QZS衛星

最大仰角衛星に対して  
従衛星の二重位相差



## BEIDOU衛星

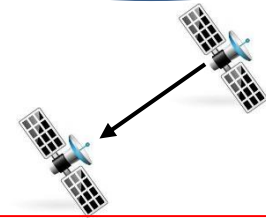
最大仰角衛星に対して  
従衛星の二重位相差



2つの従衛星がある  
→2つのアンビギュイティを解く

## GLONASS衛星

最大仰角衛星に対して  
従衛星の二重位相差



1つの従衛星がある  
→1つのアンビギュイティを解く

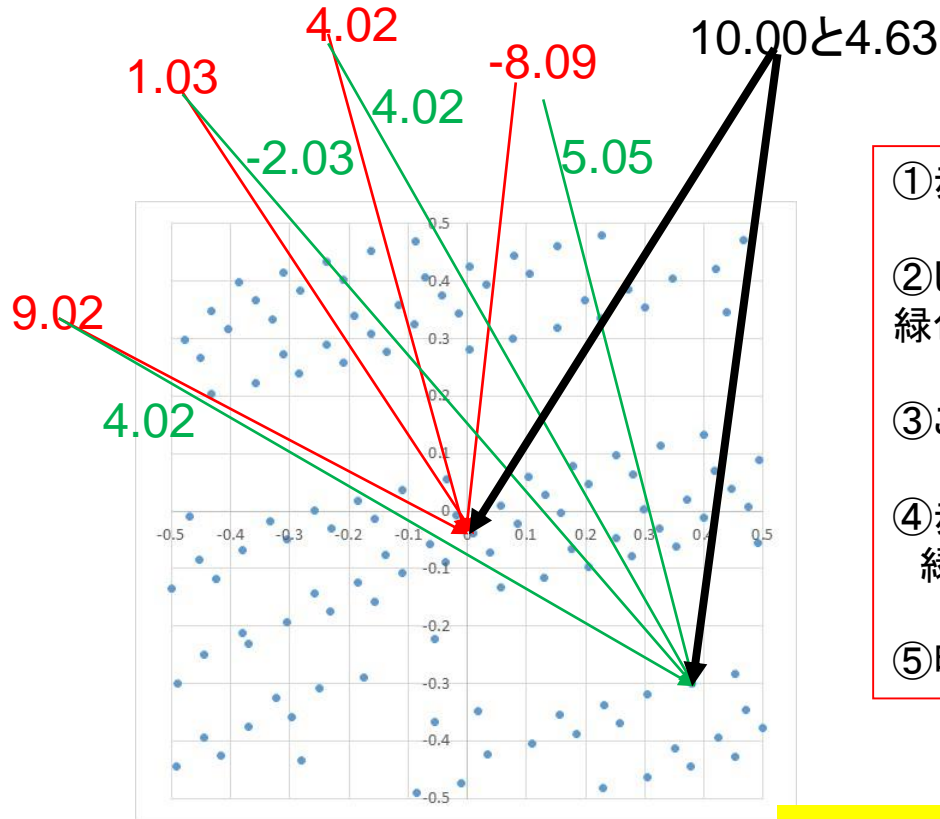
3つの従衛星がある  
→3つのアンビギュイティを解く

合計 $3+2+1=6$ 個のアンビギュイティを解く  
解くアンビギュイティが多いほど冗長性が増えて良い

衛星群	GQ	GQE	GQER	GQERB
必要衛星数	5	6	7	8



# 衛星数が多い→冗長性が増える

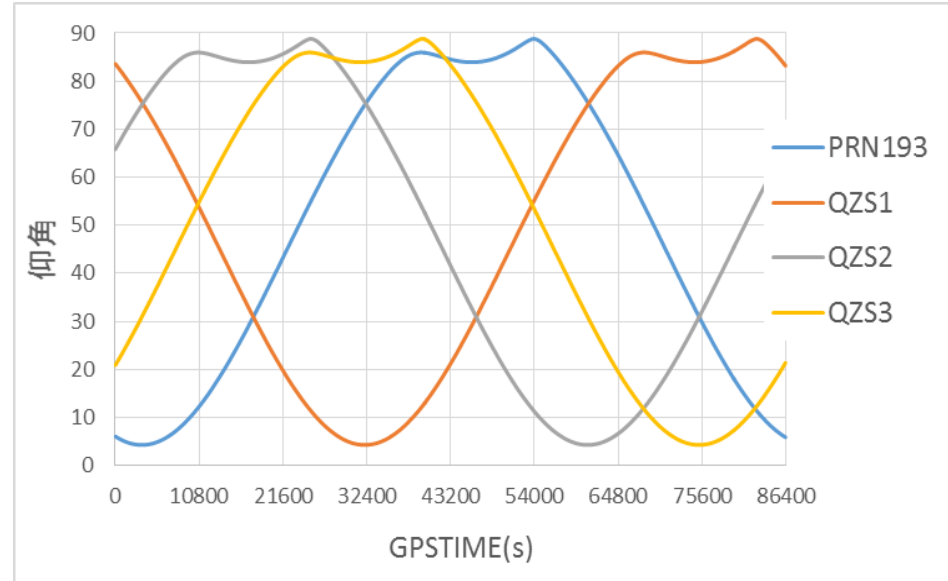
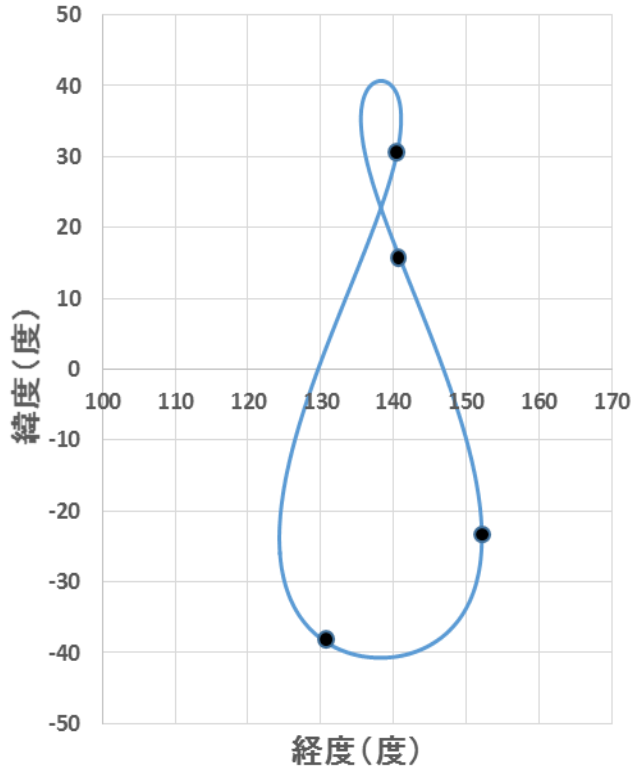


- ①赤色の候補解が正しいFIX解
- ②しかしながら、この4つのアンビギュイティだと緑色の解の候補のほうが整数に近い
- ③ここでもう1つの衛星が受信できた→黒色とした
- ④赤色の候補に対して10.00  
緑色の候補に対して4.63
- ⑤明らかに赤色の候補が整数に近いことがわかった

衛星が増えるほど正しい解候補はより信頼性が増し  
正しくない候補の解はより整数からはずれやすくなる

搬送波位相の品質のよいGNSS受信機の場合、  
RTKの成否はこの**利用できる衛星数**に強く依存！

# 準天頂衛星の軌道と他国GNSS

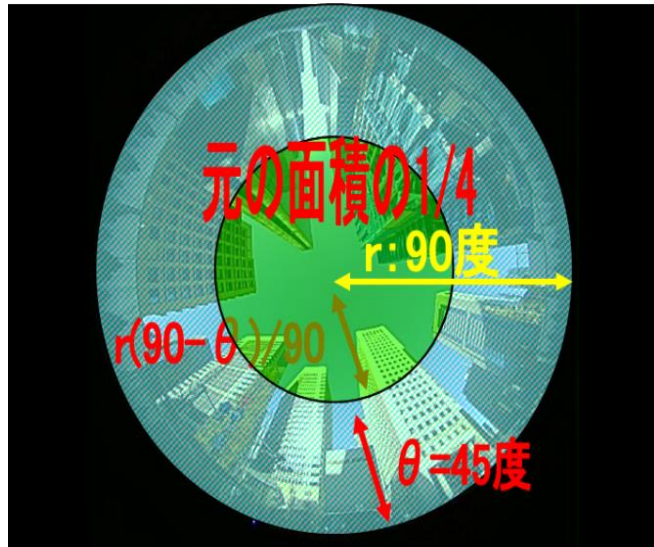


2016年夏時点で利用できそうな他国衛星数

国名	衛星数
米国	31
ロシア	24
EU	12
中国	14

衛星軌道はアルマナックで計算  
トータルで4+81=85機

# 天空率について

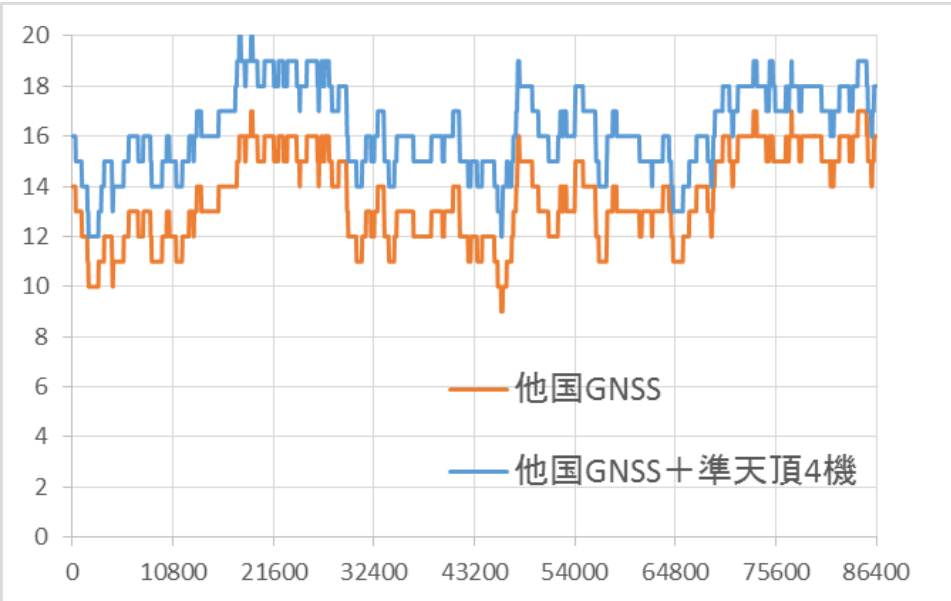


- 実際の移動体で時々刻々変化する天空率ではなく、実際の都市部でどの程度の天空率かを調べてマスク角との対比をした
- 左図の通り、マスク45度に相当する天空率は25%とかなり低い(なにもなければ100%)
- 実際に新宿、丸の内、月島付近において魚眼カメラで動画を取得し、場所が均等になるように平均天空率を計算した(2010年に取得、安藤学生卒論)

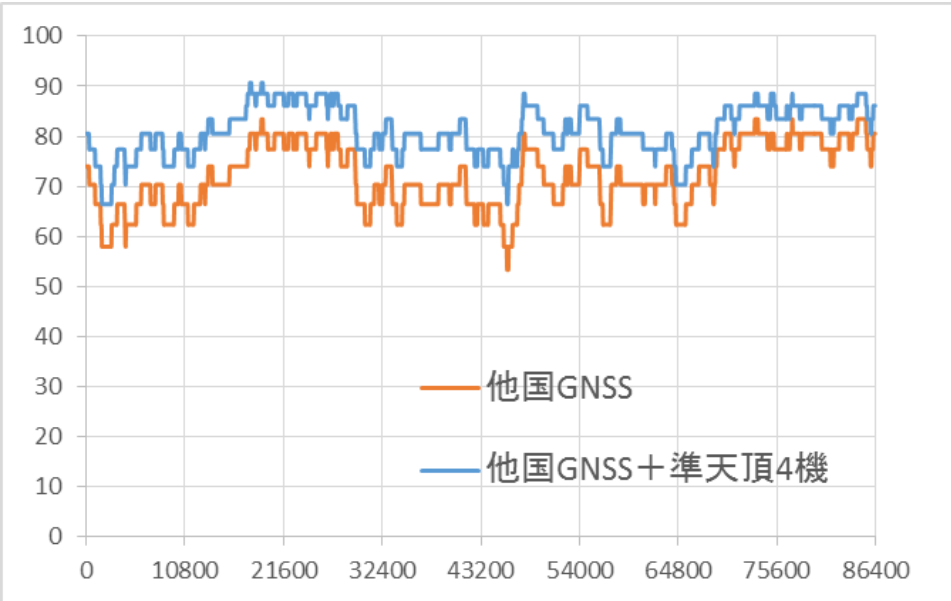
走行場所	平均天空率 (相当マスク角)
丸の内付近	31.6%(39.4度)
新宿西口付近	29.0%(41.5度)
月島付近	38.0%(34.5度)

マスク30度で通常都市部、40度になると高層ビル街相当になる

# マスク角30度での24時間シミュレーション

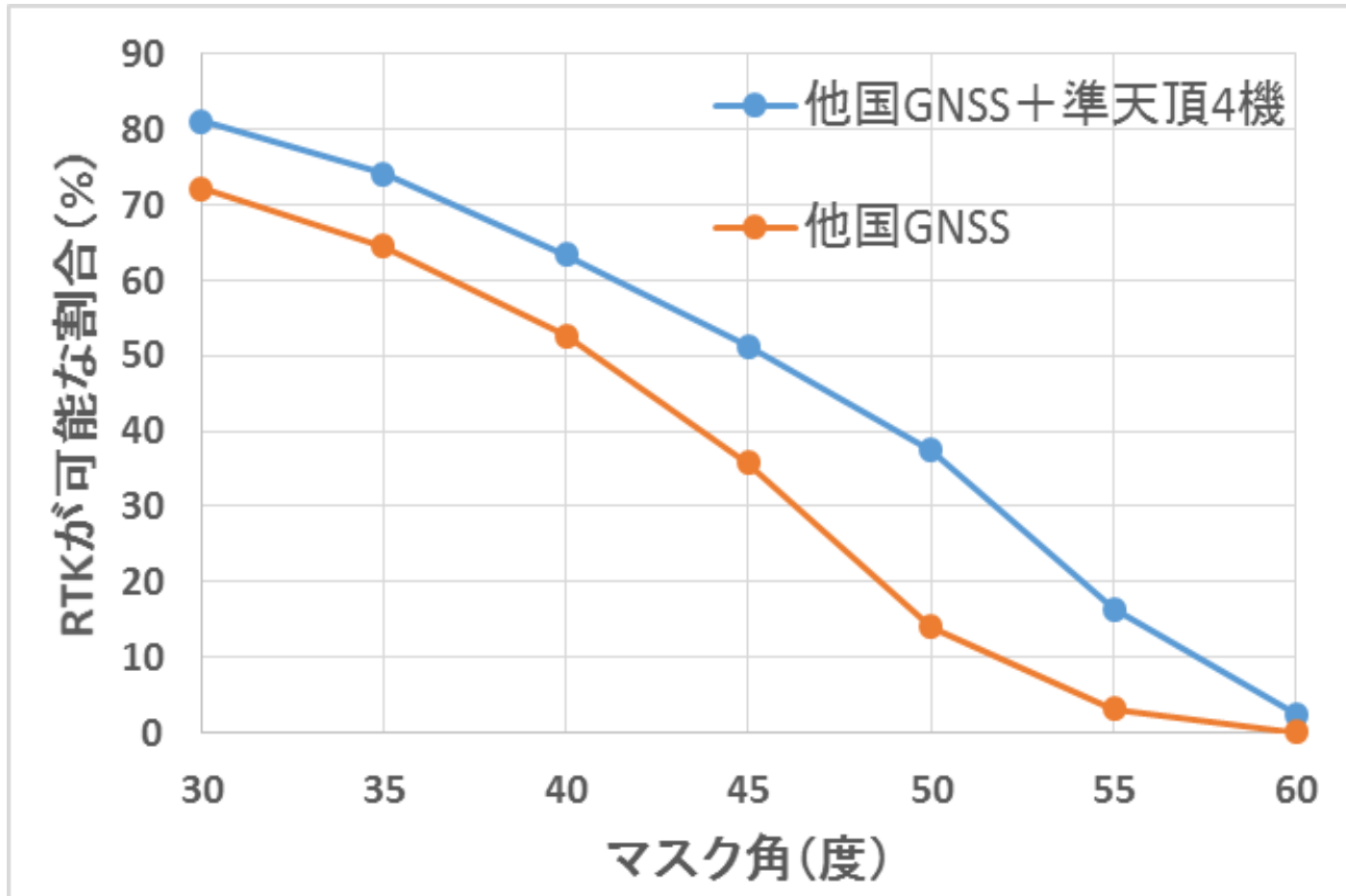


利用衛星数の24時間推移  
平均2.7機の増加



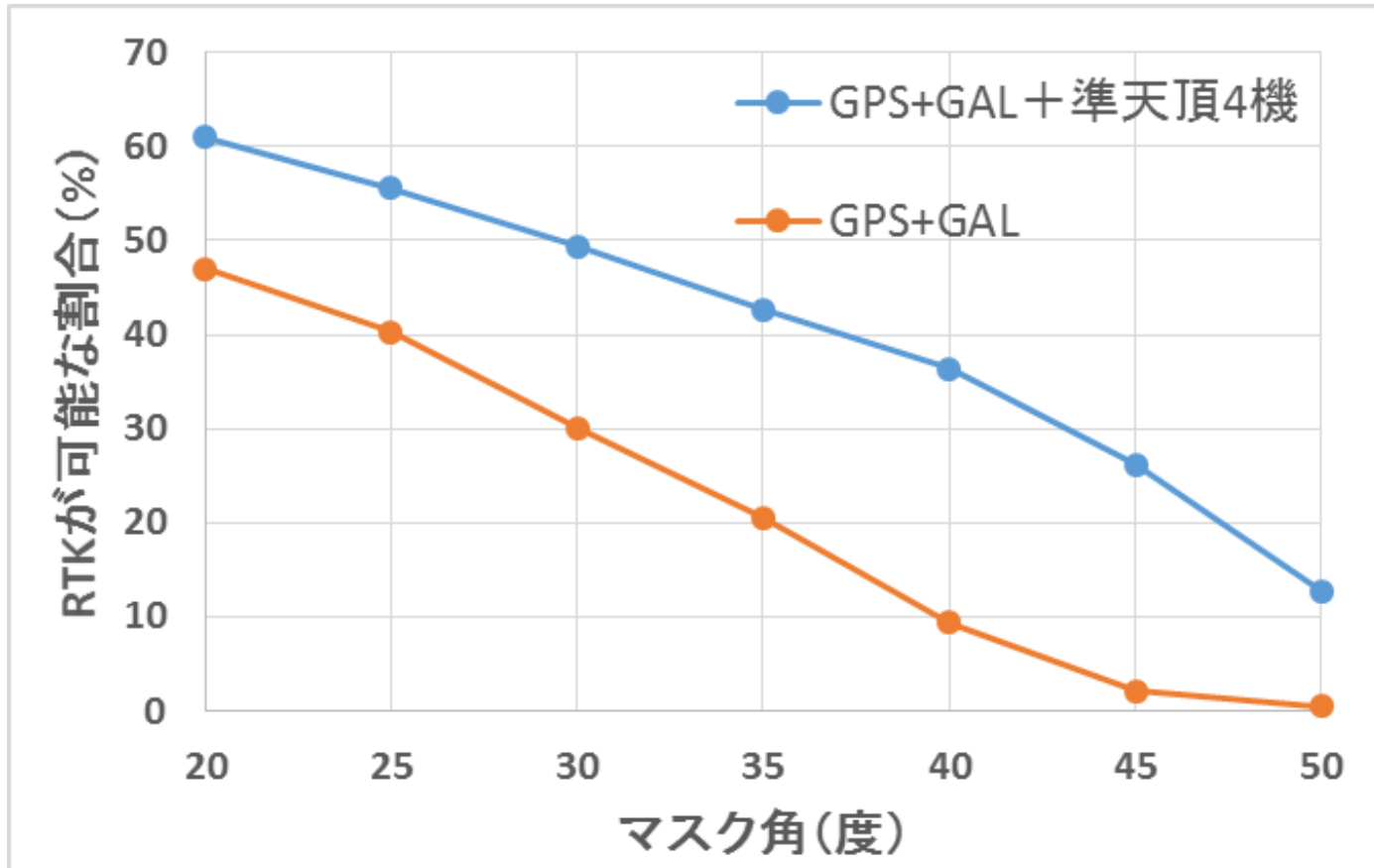
RTK可能な割合の推移  
平均72%から81%へ増加

# マスク角に応じたRTK可能な割合 (他国:GPS/GAL/GLO/BEI)



マスク角が厳しくなると準天頂の効果によりでてる

# マスク角に応じたRTK可能な割合 (他国: GPS/GAL)



GLONASSは実際RTKに利用するにはハードルは低くない  
より現実的なGPS/GAL/QZSで性能を見ると準天頂の効果は鮮明



# 課題

- RTKの性能予測シミュレーションは、以下の統計値に依存している→取得場所の天空遮蔽率、ビルの高さ等に依存(例:開けた場所では100%RTK可能)
- 各々の取得環境に応じて3-5段階に分けて統計値を準備するとより正確になる→例:相当するマスクが10度、20度、30度、40度、50度等

