

# 準天頂衛星の運用拡大における 効果シミュレーション

海事システム工学科

1421038 神明奈

指導教員：久保信明 准教授

# 概要

1. 研究の背景と目的
2. GNSS Orbit Viewerでのシミュレーション
3. GPS-Studioでのシミュレーション
4. まとめと今後の課題

# 1. 研究の背景と目的

# 背景

## 衛星測位技術の利用拡大



Google 自動運転車

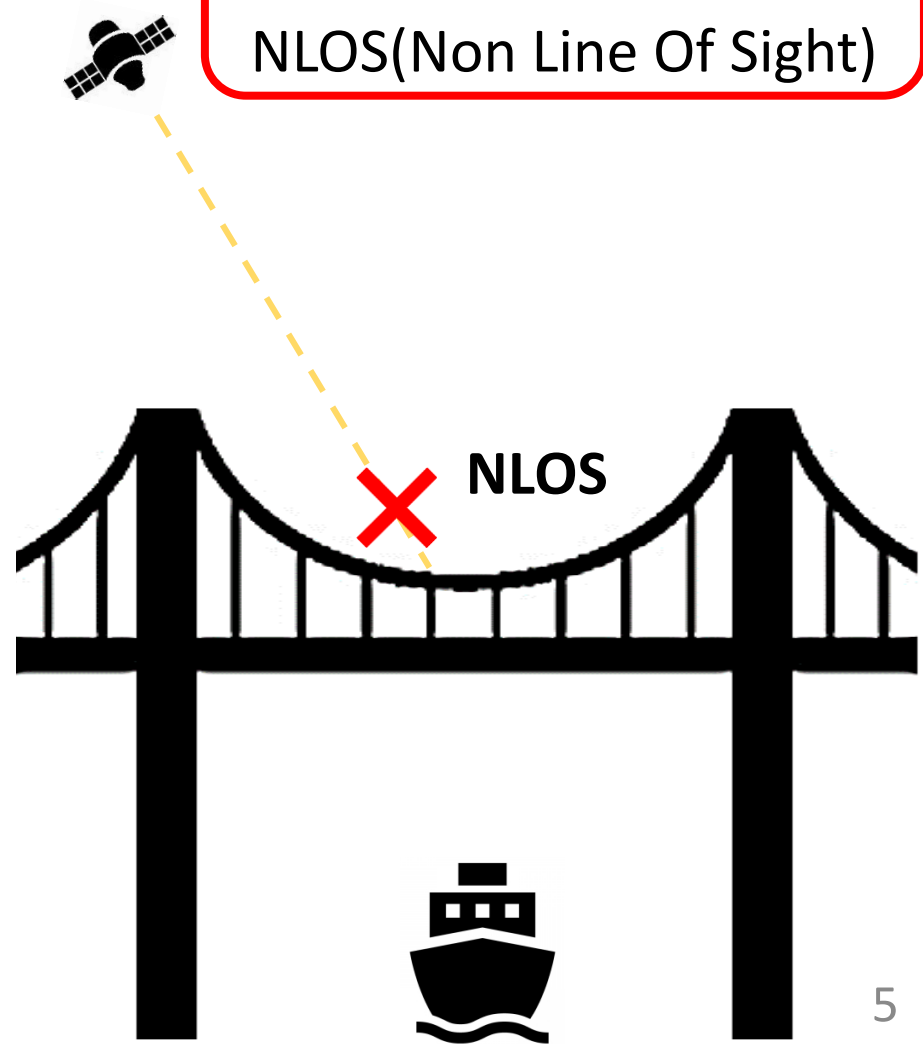
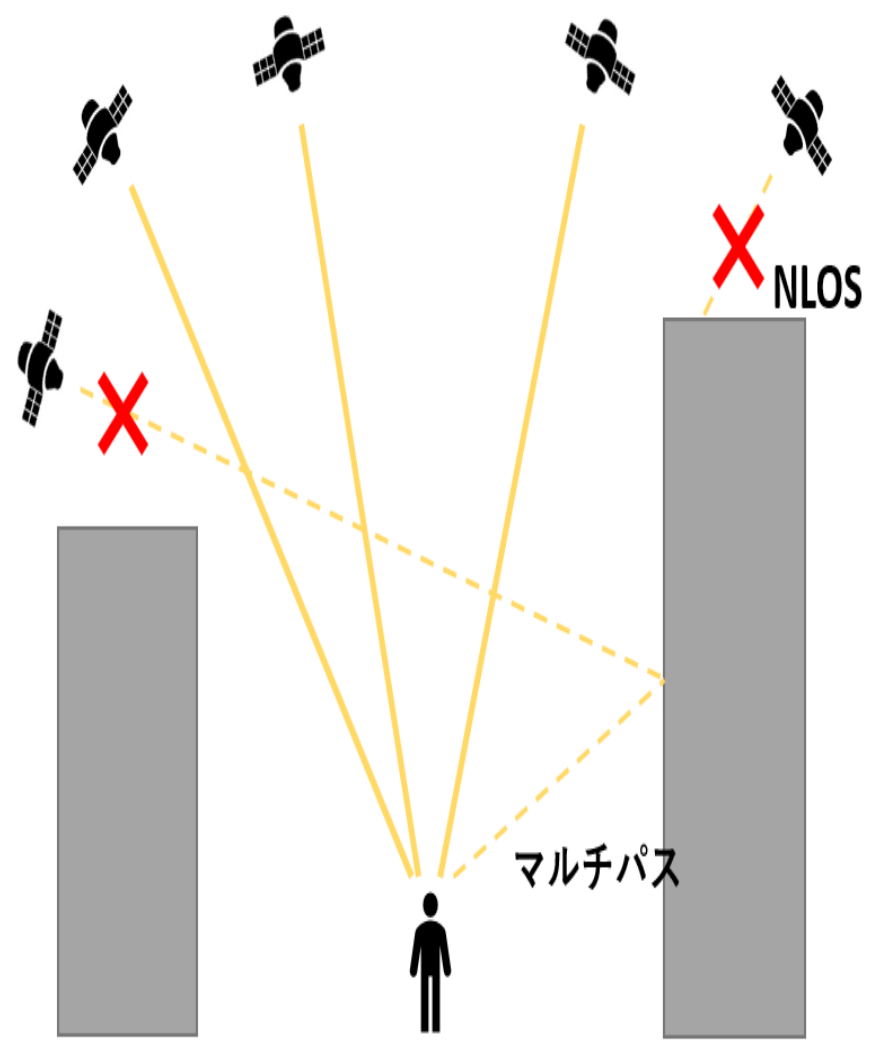


ポケモンGO

背景

# 障害物のある場所での衛星測位

課題  
マルチパス  
NLOS(Non Line Of Sight)



背景

# 準天頂衛星について

- 2010年に初号機打ち上げ
- 2017年度に4機体制運用
- 2023年度7機体制運用予定



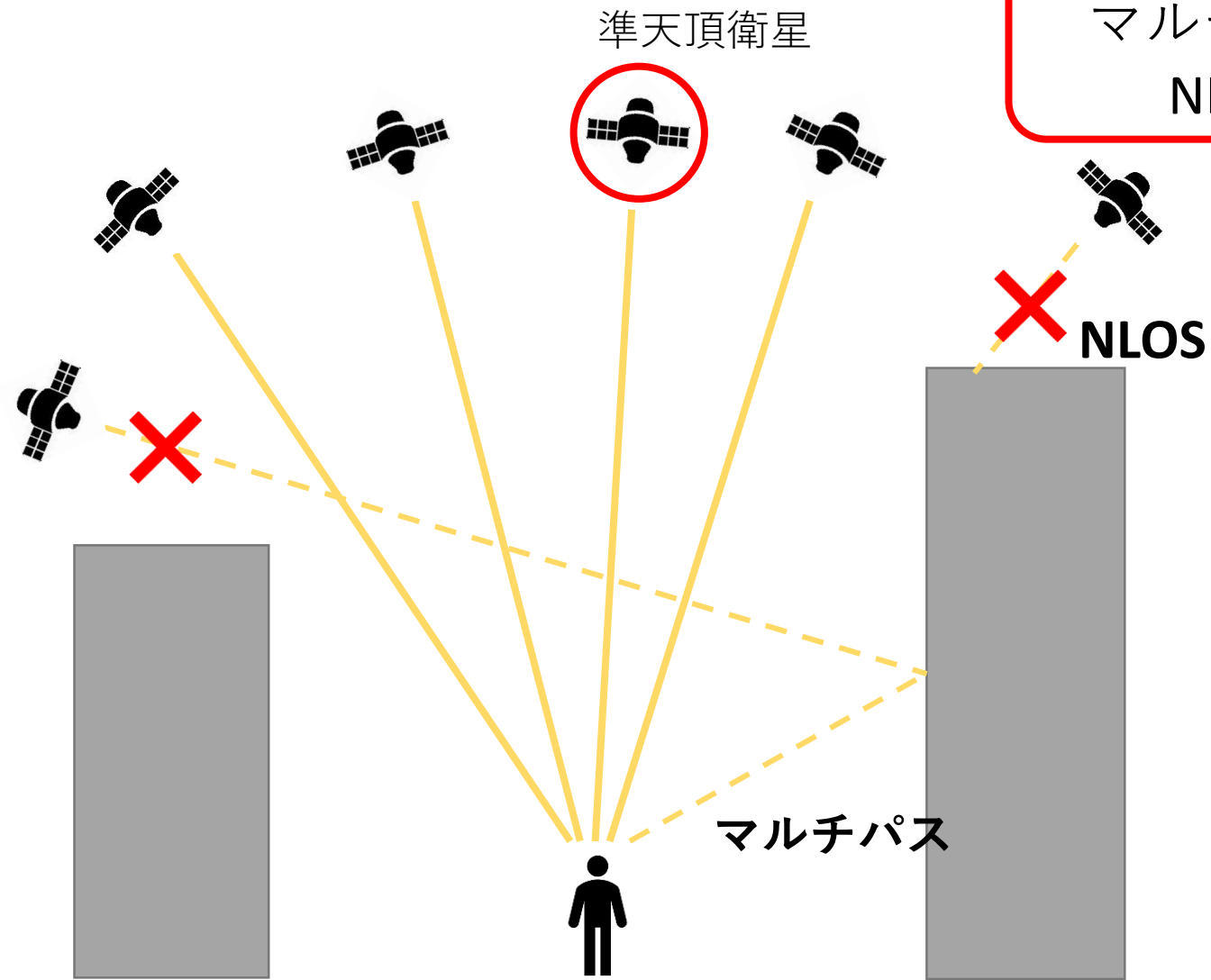
出典：内閣府QZSS公式サイト みちびきとは

- 日本のほぼ天頂を通る軌道を持つ衛星を複数組み合わせた衛星システム

背景

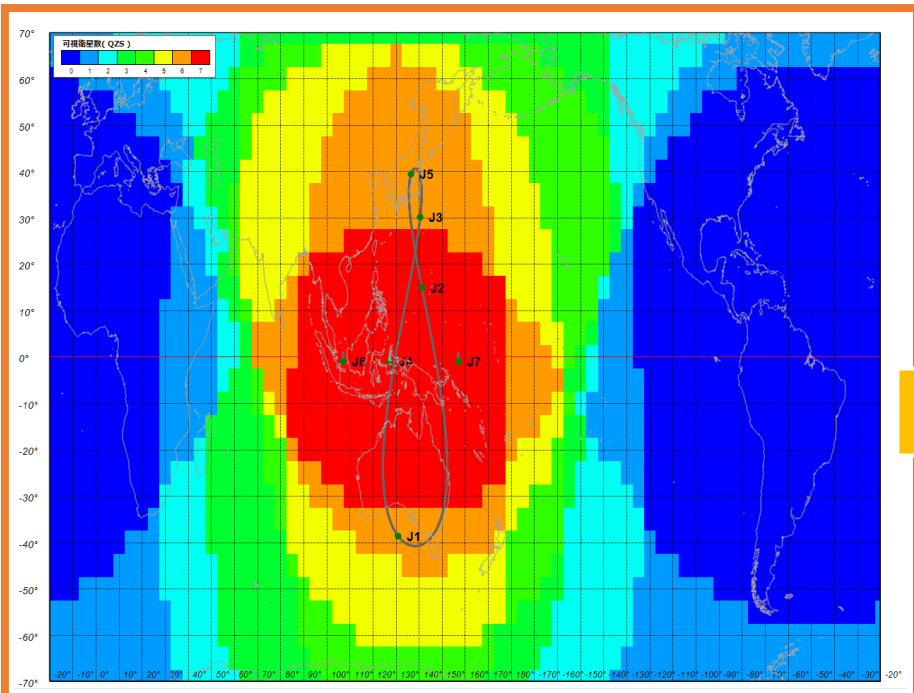
# 障害物のある場所での衛星測位

課題  
マルチパス  
NLOS



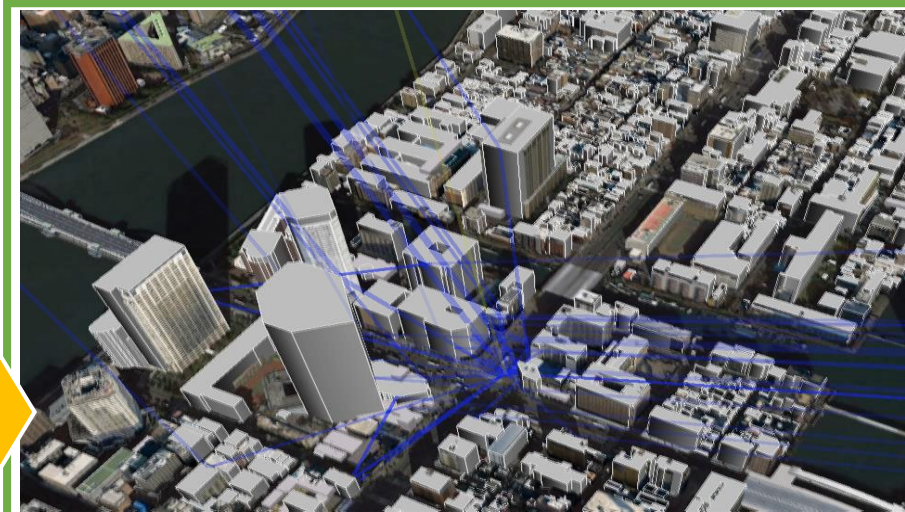
# 目的

## GNSS Orbit Viewer



準天頂衛星7機体制の  
衛星配置を検討

## GPS-Studio



3D地図を用いた都市部での  
シミュレーション

準天頂衛星の運用拡大による  
効果を調べる



## 2. GNSS Orbit Viewerでの シミュレーション

# GNSS Orbit Viewerとは

衛星軌道、および衛星位置  
地点における衛星数や測位精度



グラフィカルに  
表示、再生

衛星プロット:フィルタ

AND  OR

All ON All OFF

- GPS
- GLONASS
- QZSS
- GALILEO
- BEIDOU

衛星軌道:フィルタ

AND  OR

All ON All OFF

- GPS
- GLONASS
- QZSS
- GALILEO
- BEIDOU

地点情報

地図上表示

数値表示

データ種別

可視衛星数( GPS+QZS )

- 可視衛星数
- GPS
- GLONASS
- QZSS
- GALILEO
- BEIDOU

注釈

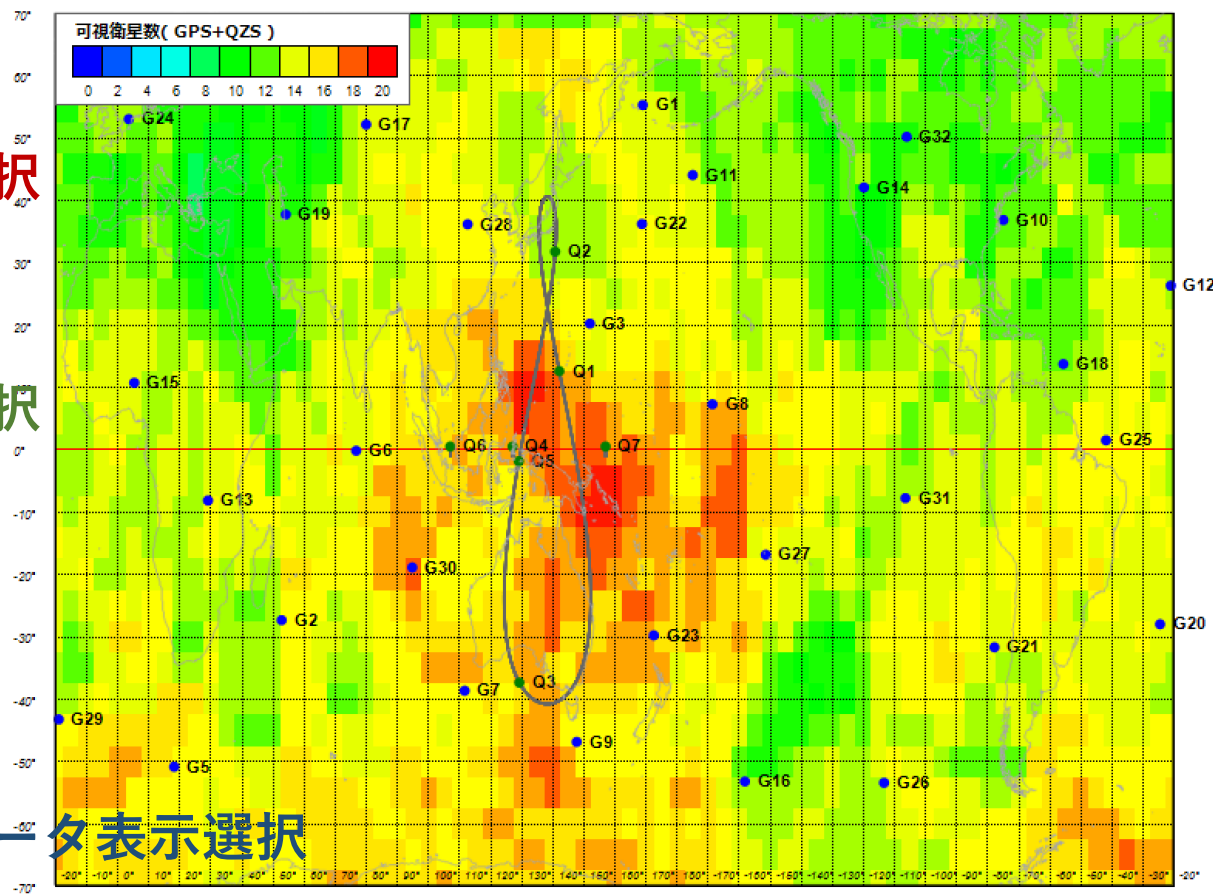
表題

- HDOP
- VDOP
- PDOP
- GDOP
- 水平方向精度
- 電離層遅延

衛星位置表示選択

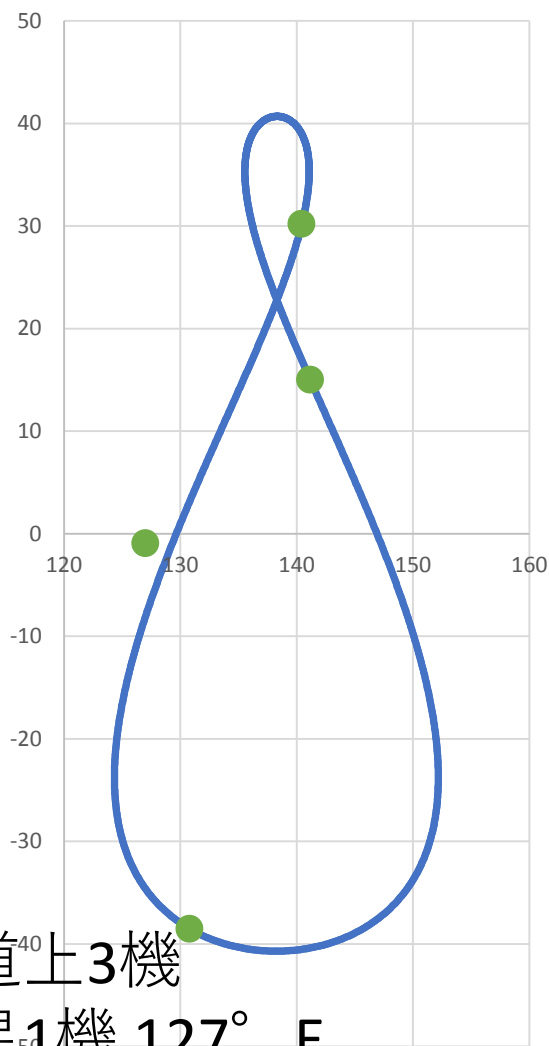
衛星位置表示選択

地点データ表示選択

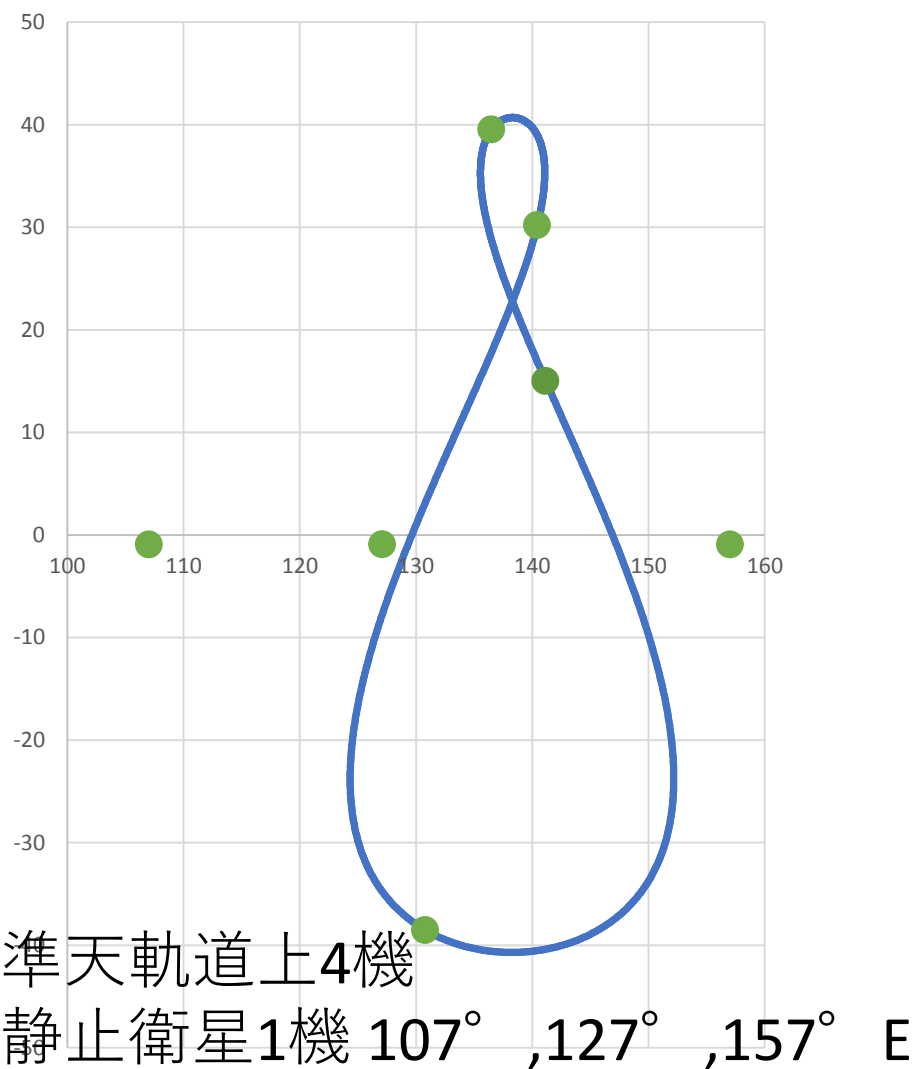


# 準天頂衛星の衛星配置

## 準天頂衛星 4機体制



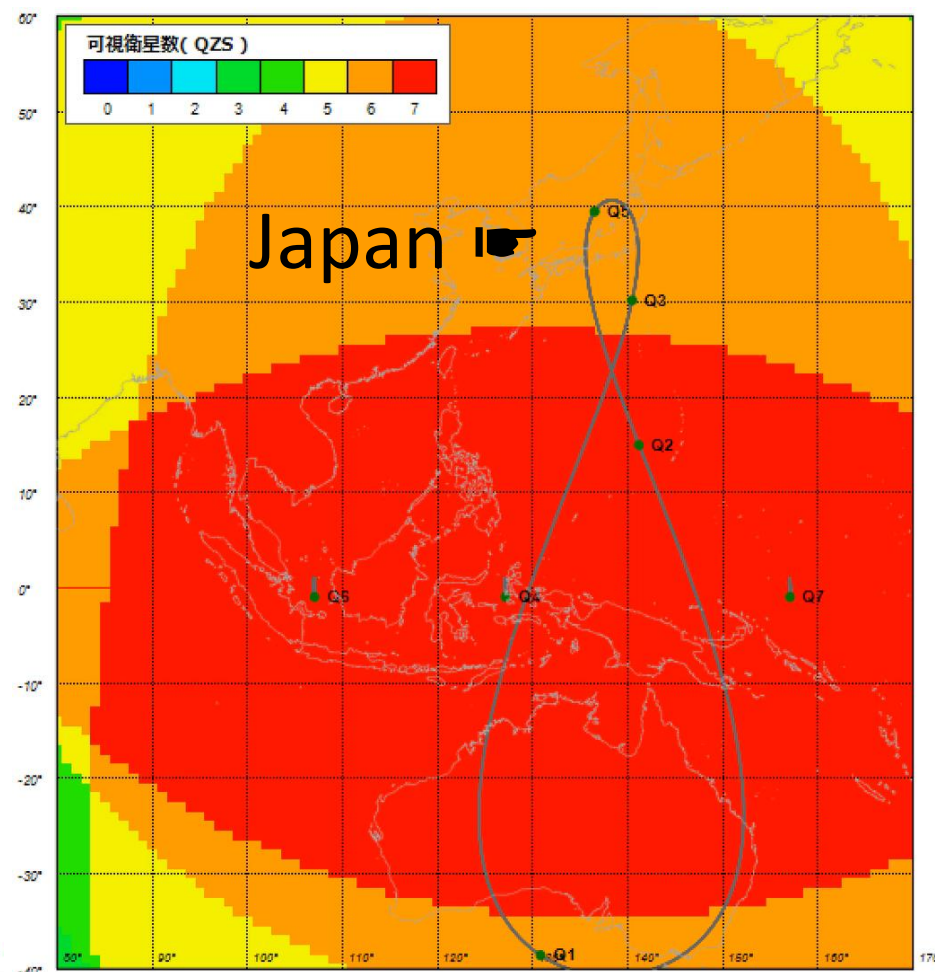
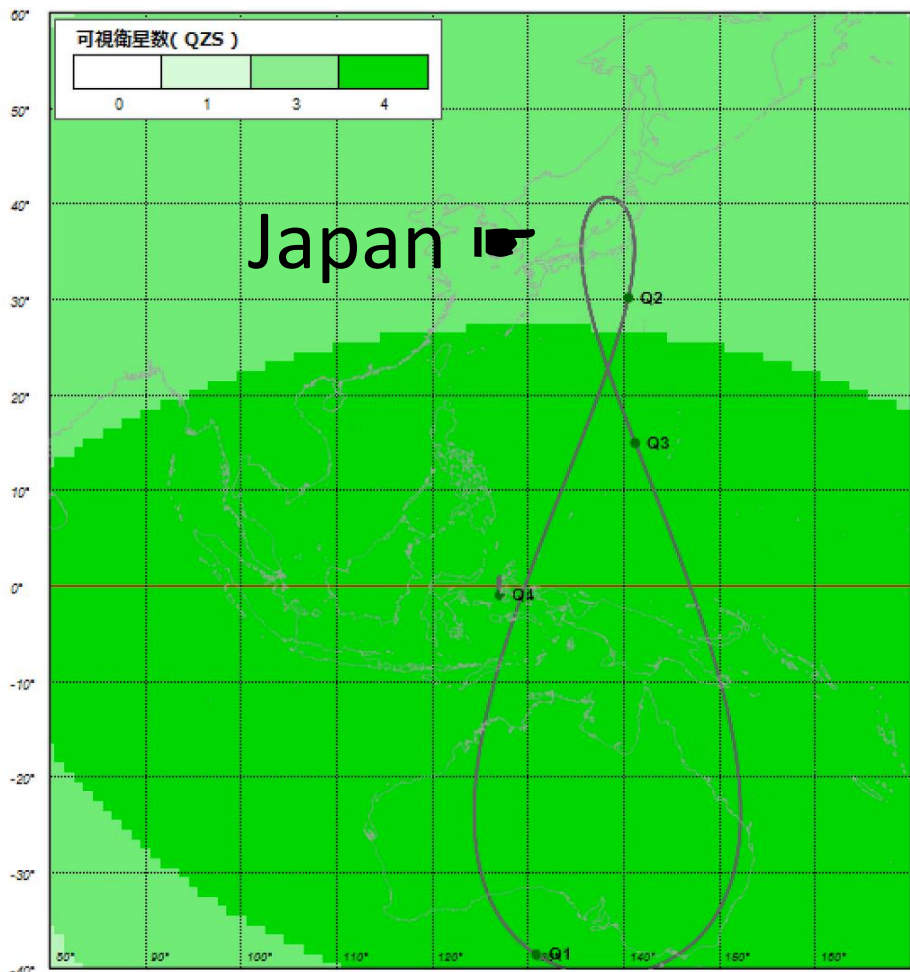
## 準天頂衛星 7機体制



# 準天頂衛星のみを使用したときの可視衛星数 仰角15度以上の衛星を選択

## 準天頂衛星 4機体制

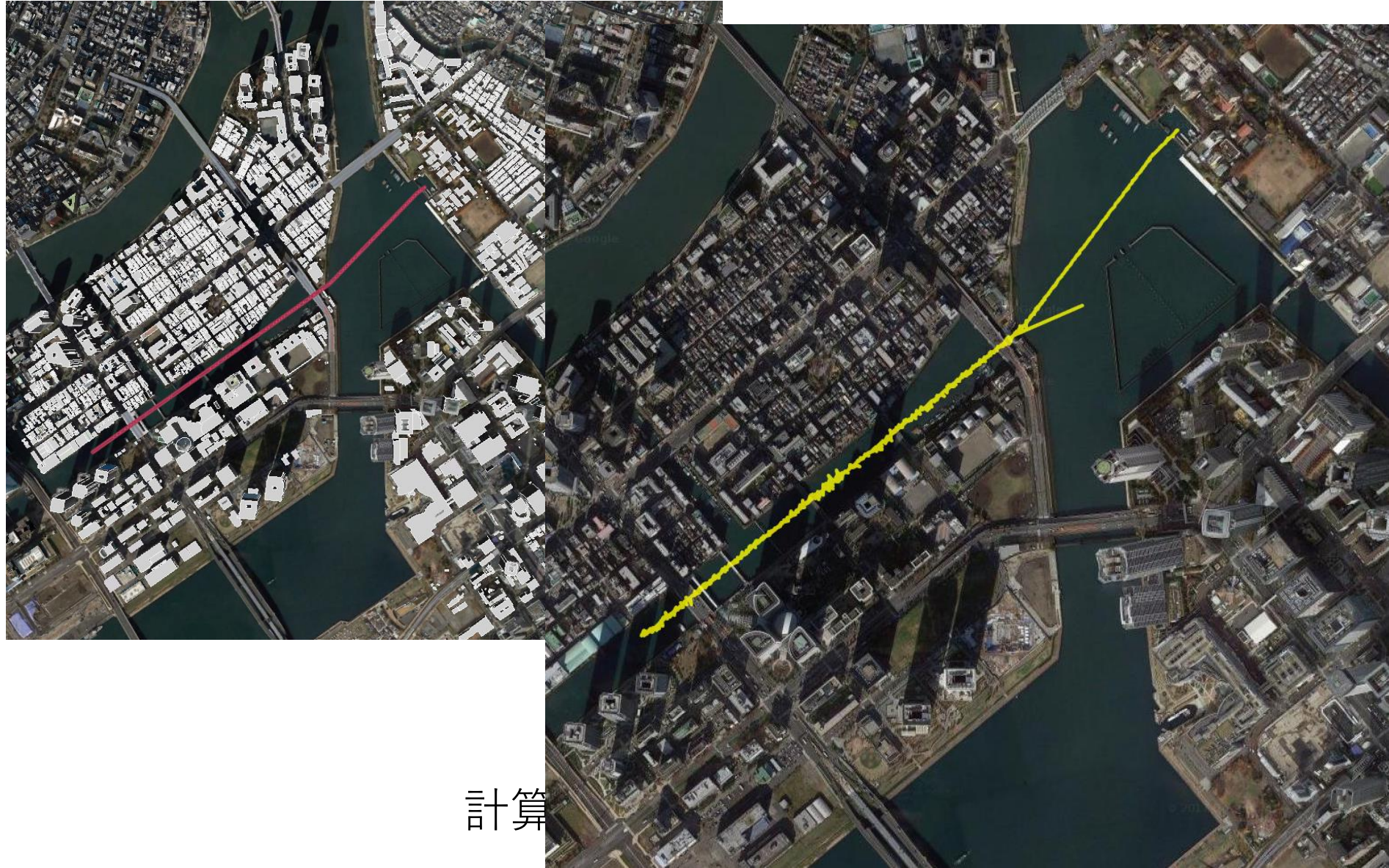
## 準天頂衛星 7機体制



### 3. GPS-Studioでの シミュレーション



# 水上でも3D地図データを用いた シミュレーションが可能



計算

# 実験概要

- 日時：2017年7月19日  
8:28:10～8:56:00(UTC)  
1Hz(1670エポック)
- 場所：月島・豊洲

## 実測データ

受信機：M8P(u-blox)



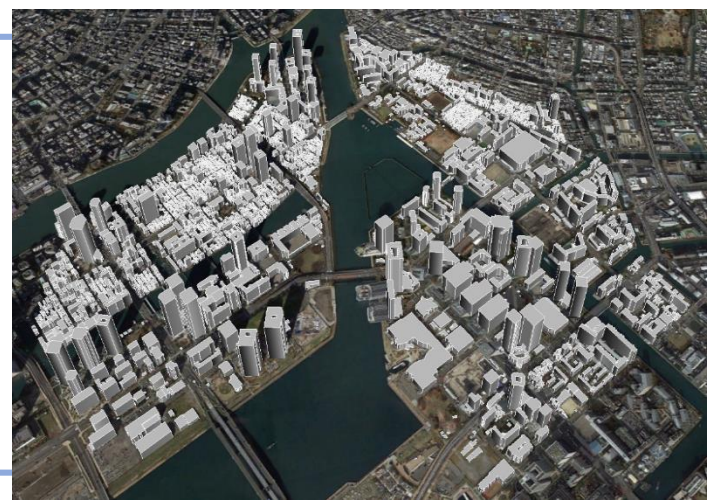
## シミュレーションデータ

レファレンス位置：POSLVX

3D地図：NTT空間情報(精度誤差 $\pm 1.5\text{m}$ )

※建物の情報は2016年3～4月

受信機の位置から半径300mの建物を考慮





# 3D地図データが対応できない場所

①



③



②



④



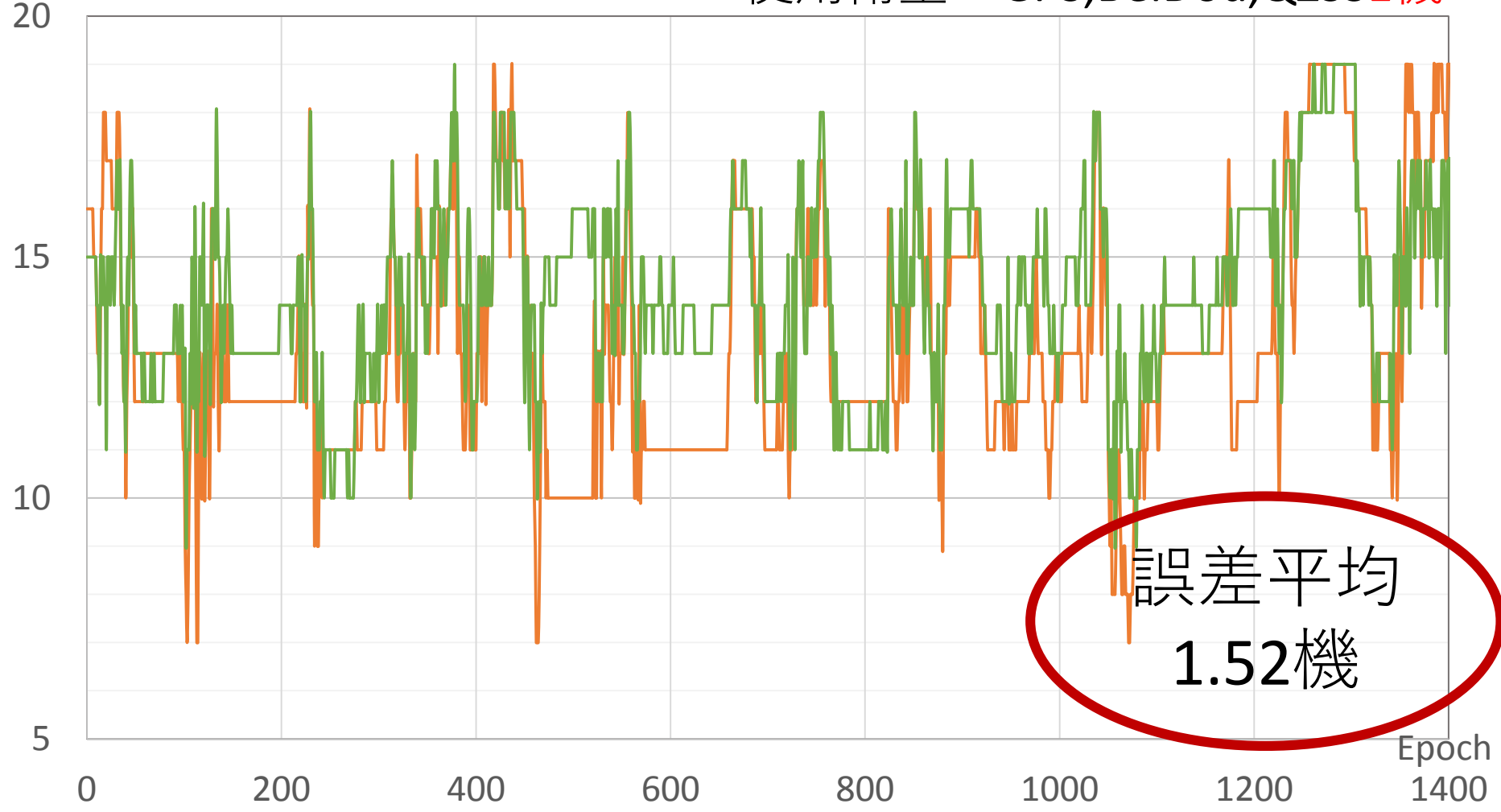
# 実測とシミュレーションの衛星数を比較

(実測の衛星数は搬送波位相の有無の判定をしたもの)

— 実測で測位利用した衛星数    — シミュレーションで測位利用した衛星数

衛星数(機)

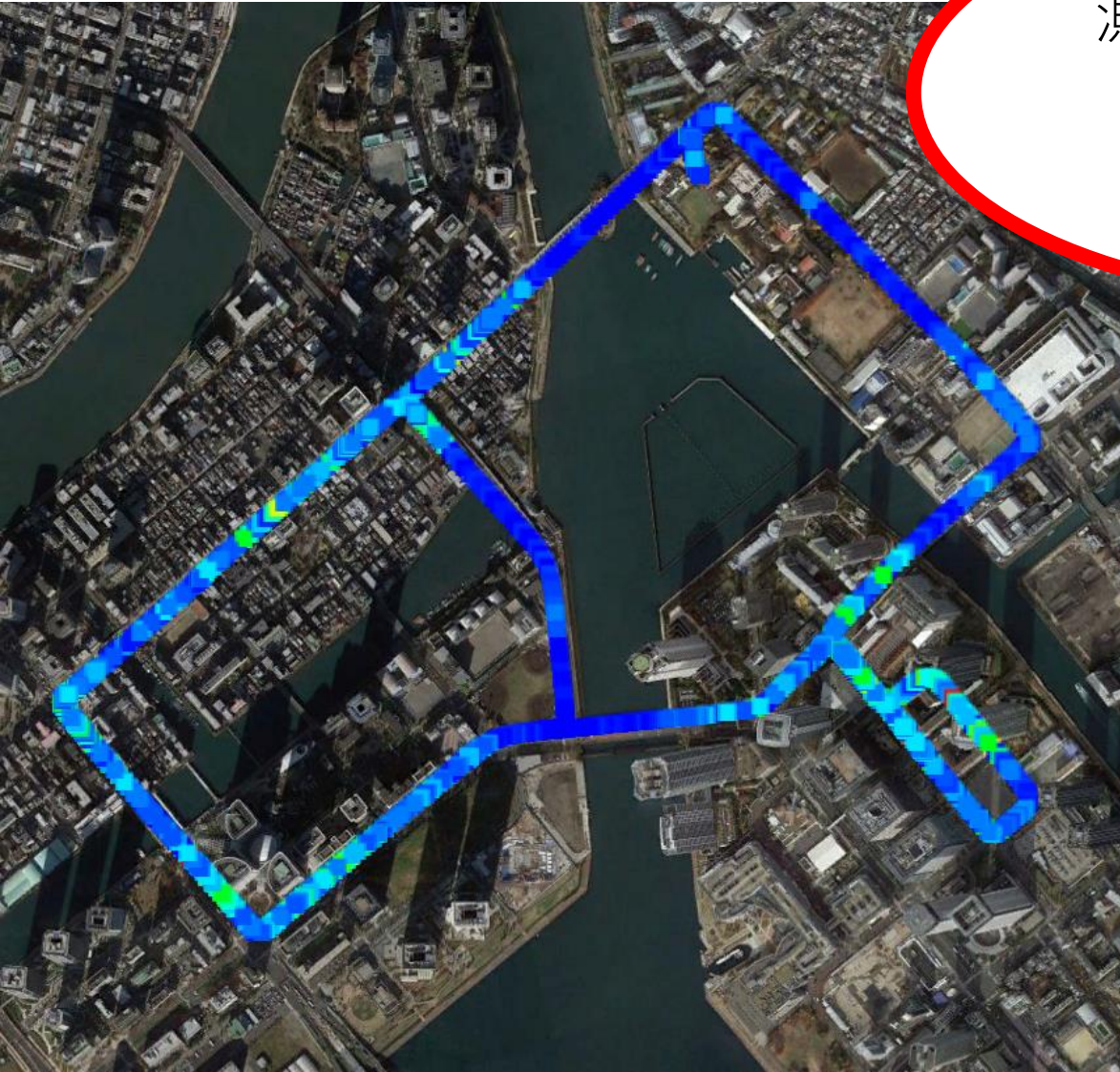
使用衛星：GPS,BeiDou,QZSS**1機**



誤差平均  
1.52機

# 衛星測位シミュレーションを行うことで...

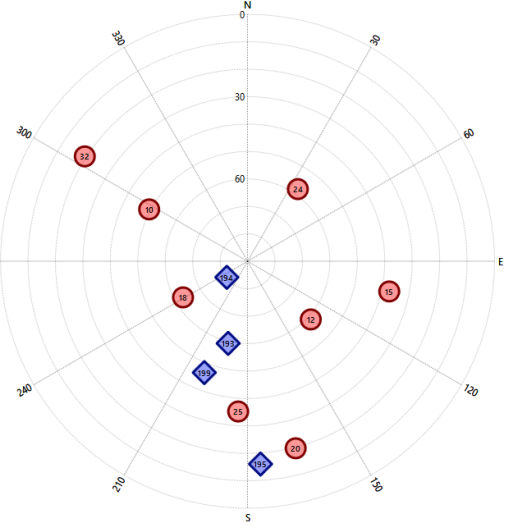
## 測位誤差分布



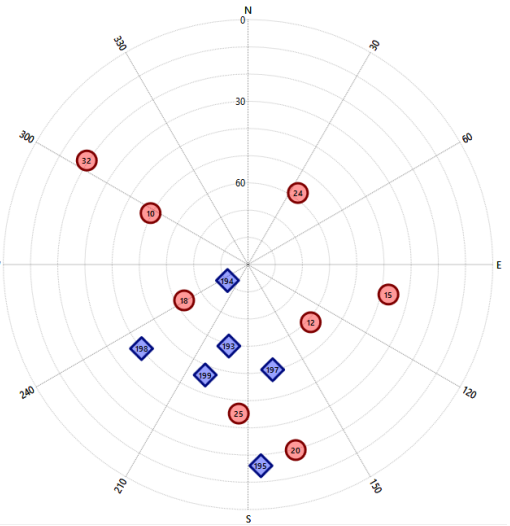
測位誤差が小さいと  
思われる場所を  
知ることができる

# 準天頂衛星運用拡大シミュレーション結果

## 4機体制



## 7機体制



## 直接波を観測できる衛星数の比較

使用衛星：GPS, QZSS

衛星数(機)

16

14

12

10

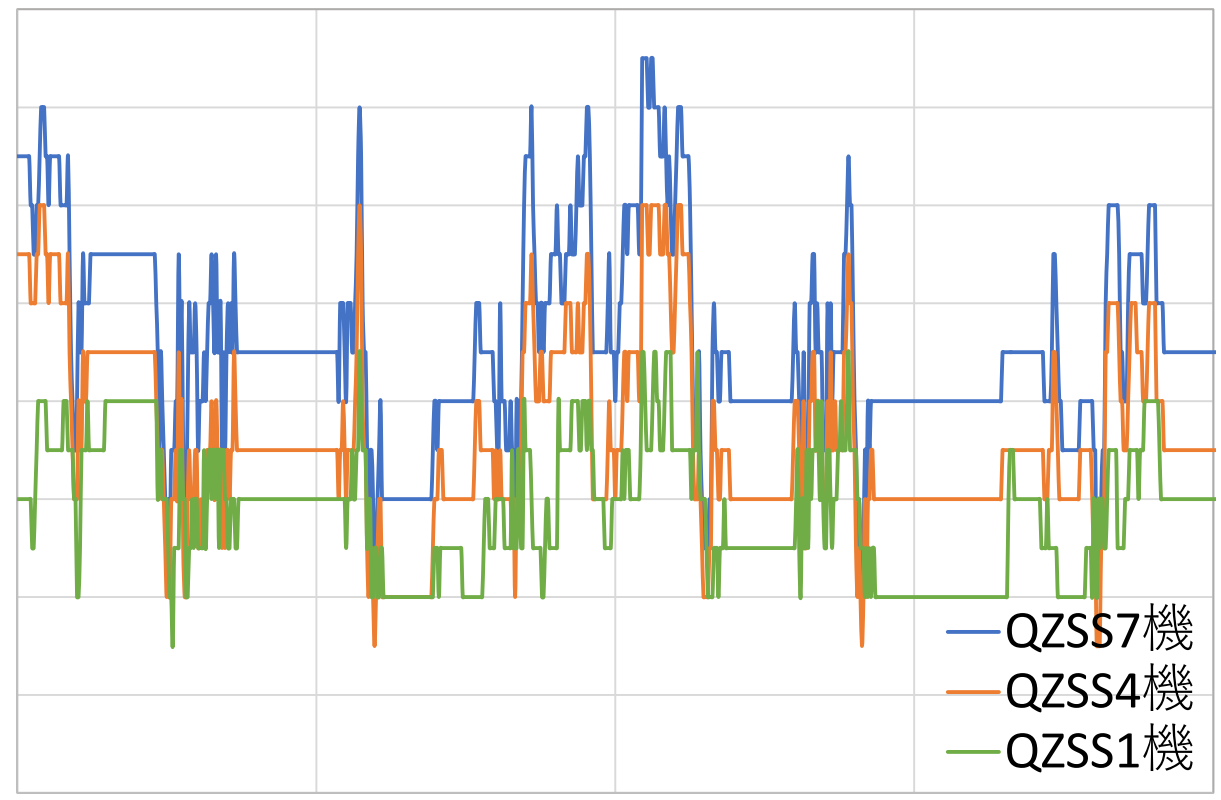
8

6

4

2

0



- QZSS7機
- QZSS4機
- QZSS1機

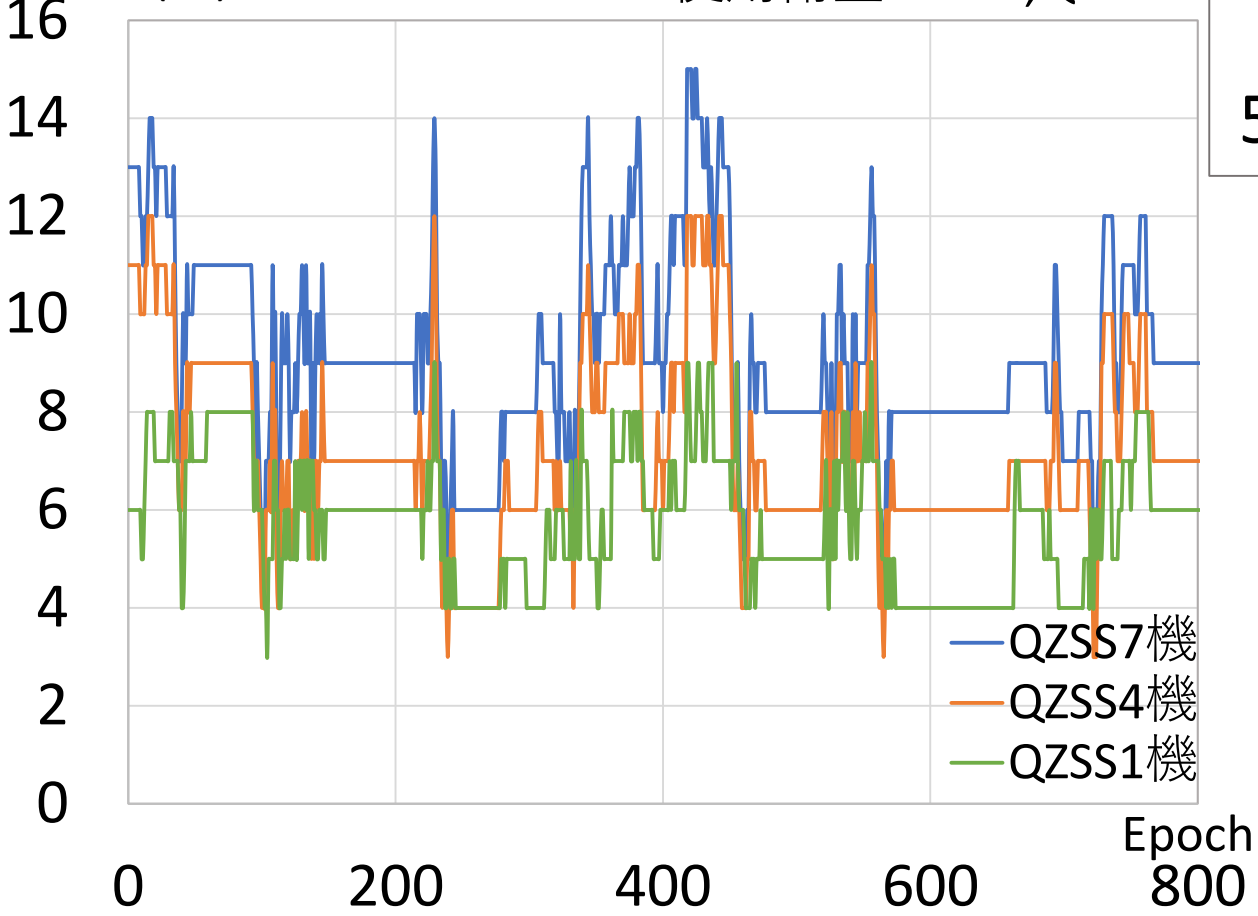
Epoch  
800

# 準天頂衛星運用拡大シミュレーション結果

## 直接波を観測できる衛星数の比較

使用衛星：GPS,QZSS

衛星数(機)



高精度測位に必要な衛星数  
5機以上になる割合

準天頂衛星7機体制  
95.90%

準天頂衛星4機体制  
88.14%

準天頂衛星1機体制  
61.58%

## 4. まとめと今後の課題

# まとめ

- 準天頂衛星の運用が拡大していくにあたって、今後打ち上げが予定されている衛星の配置を考え、その測位効果シミュレーションを行った。
- 準天頂衛星7機体制では、日本全土で常に5機以上の準天頂衛星が観測できることが分かった。
- 都市部では直接波を観測できる衛星数が増加し、測位精度も向上することが期待される。

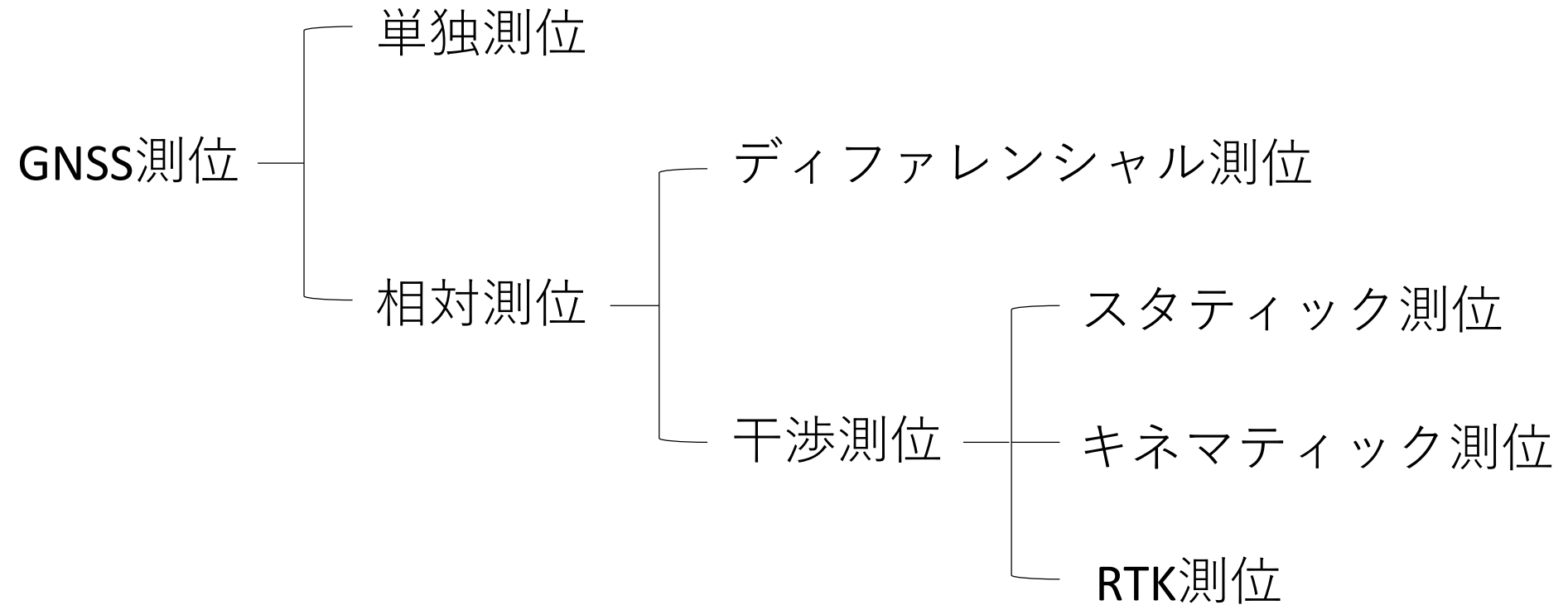
# 課題

- より多くの準天頂衛星7機の配置を考え、より良い配置の検討を行う。
- **GPS-Studio**のシミュレーション結果でより実測に近い値を得られるようにし、シミュレーション結果の信頼性向上を目指す。



ご清聴ありがとうございました

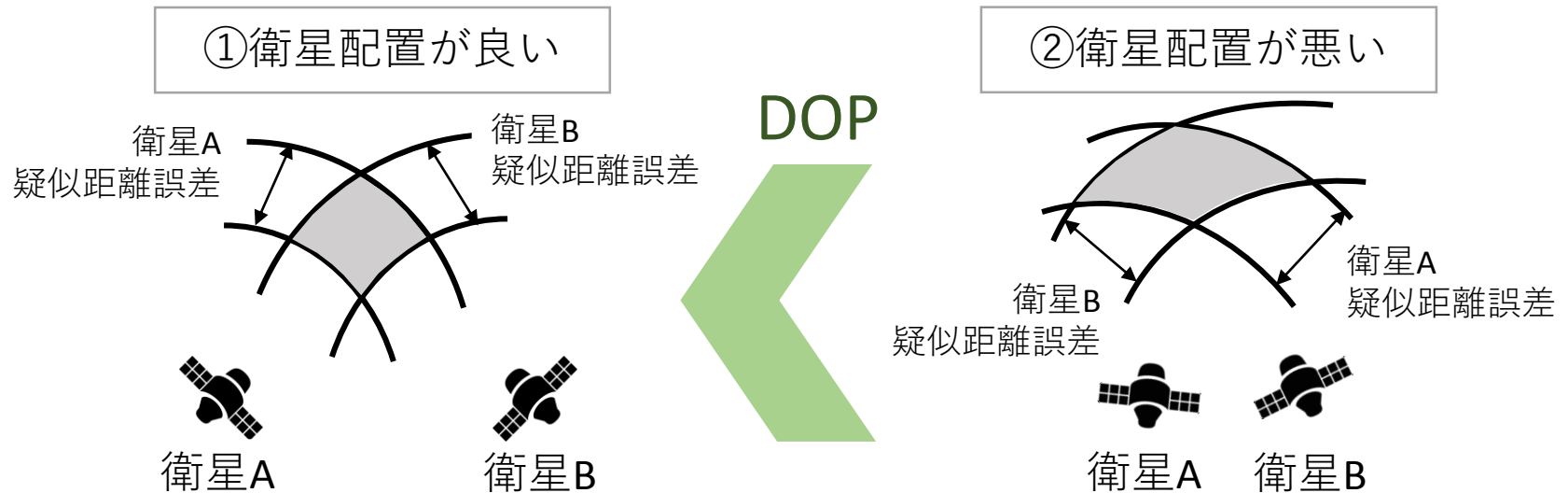
# GNSS測位



# \* 衛星配置とDOP \*

- DOP(Dilution of Precision)とは、見えている衛星数と配置によって決まる値
- 小さい値ほど誤差が小さくなる

$$\text{測位精度} = \text{測定距離の精度} \times \text{DOP}$$



# HDOPの比較結果

HDOP

— QZS4機

— QZS7機

