

# GNSSによる位置の信頼性 について

海事システム工学科

情報コース 1321048 福島隆弘

指導教員：久保信明 准教授

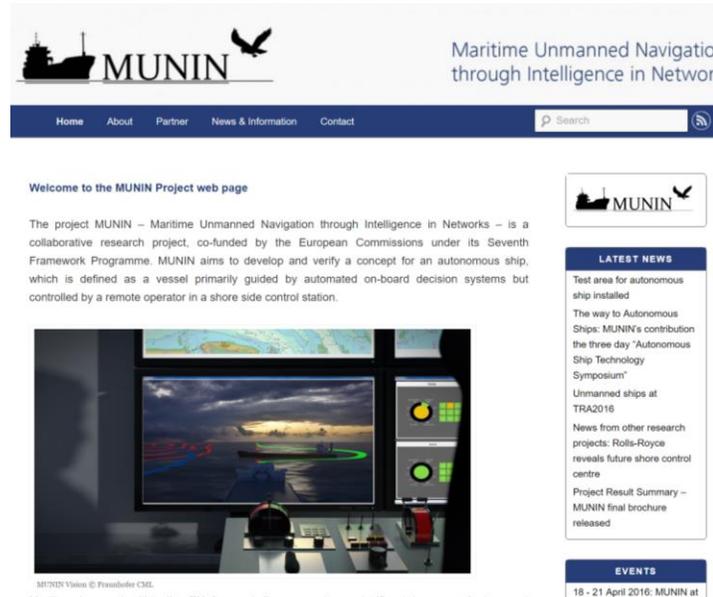
# 目次

- 1.はじめに
- 2.研究背景と目的
- 3.GNSSの脆弱性
- 4.実験
- 5.評価実験
- 6.まとめ

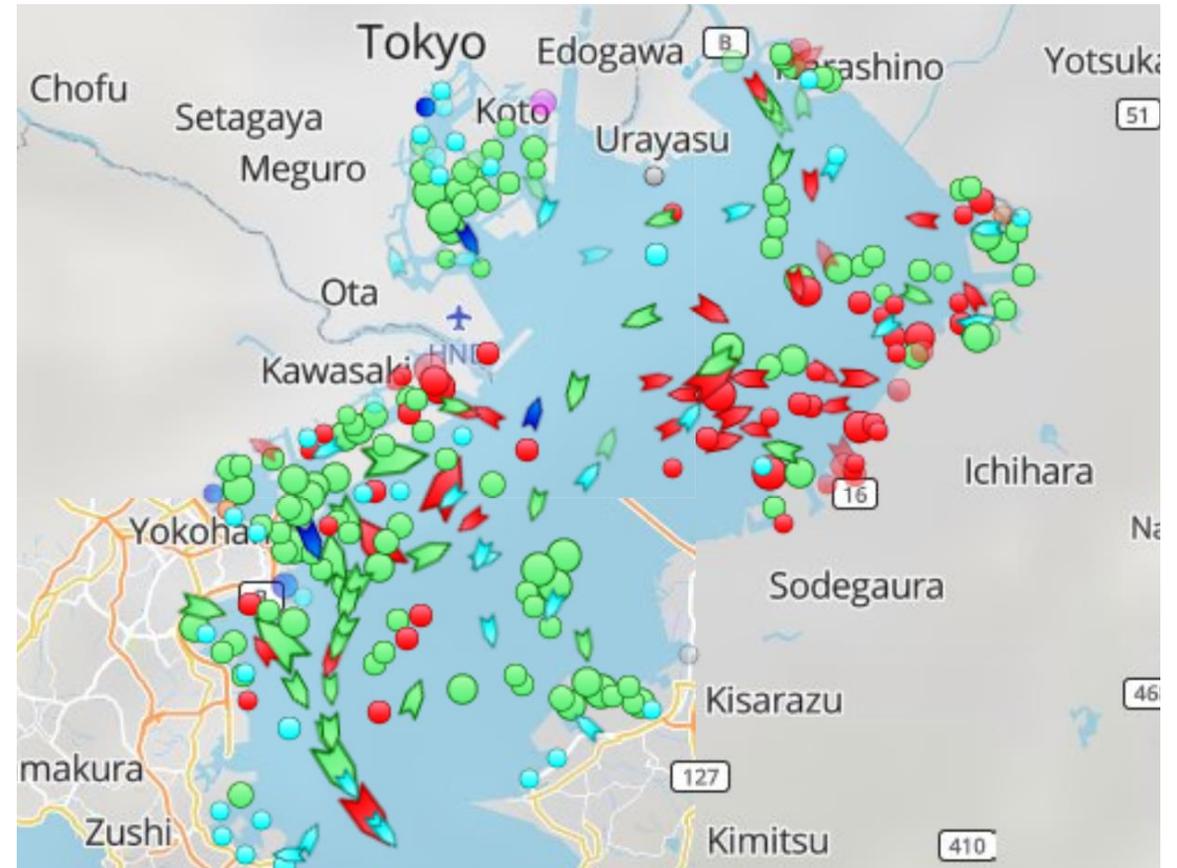
# 1.はじめに

## GNSSによる航法利用

- カーナビゲーションシステム
- 自動運転
- 電子海図
- 自動操船



[Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks](#)より



# 2.研究背景と目的

脆弱性によりGNSSによる位置の信頼性低下

- ・衝突などの危険

船舶運航



重要なこと

GNSSが利用できるか

- ・高い信頼度で把握

GNSSの使用中に異常が検出された場合

- ・船舶運航者に伝える

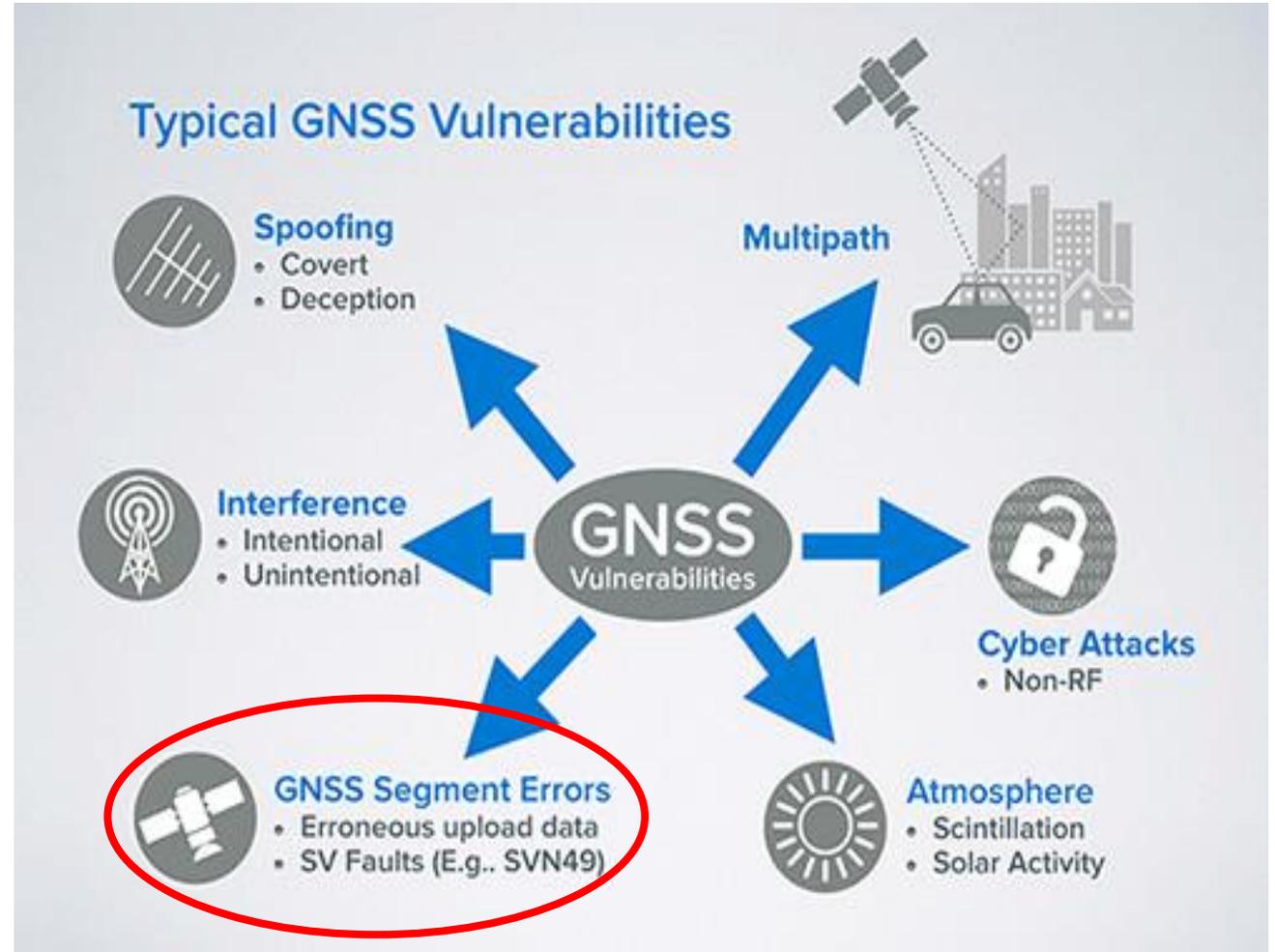
**目的：GNSSの信頼性を保つために**

- ・GNSSの異常を検知し伝える**

# 3. GNSSの脆弱性

- なりすまし (Spoofing)
  - 干渉 (Interference)
  - マルチパス (Multipath)
  - 管制局のトラブル  
(GNSS Segment Errors)
- Etc...

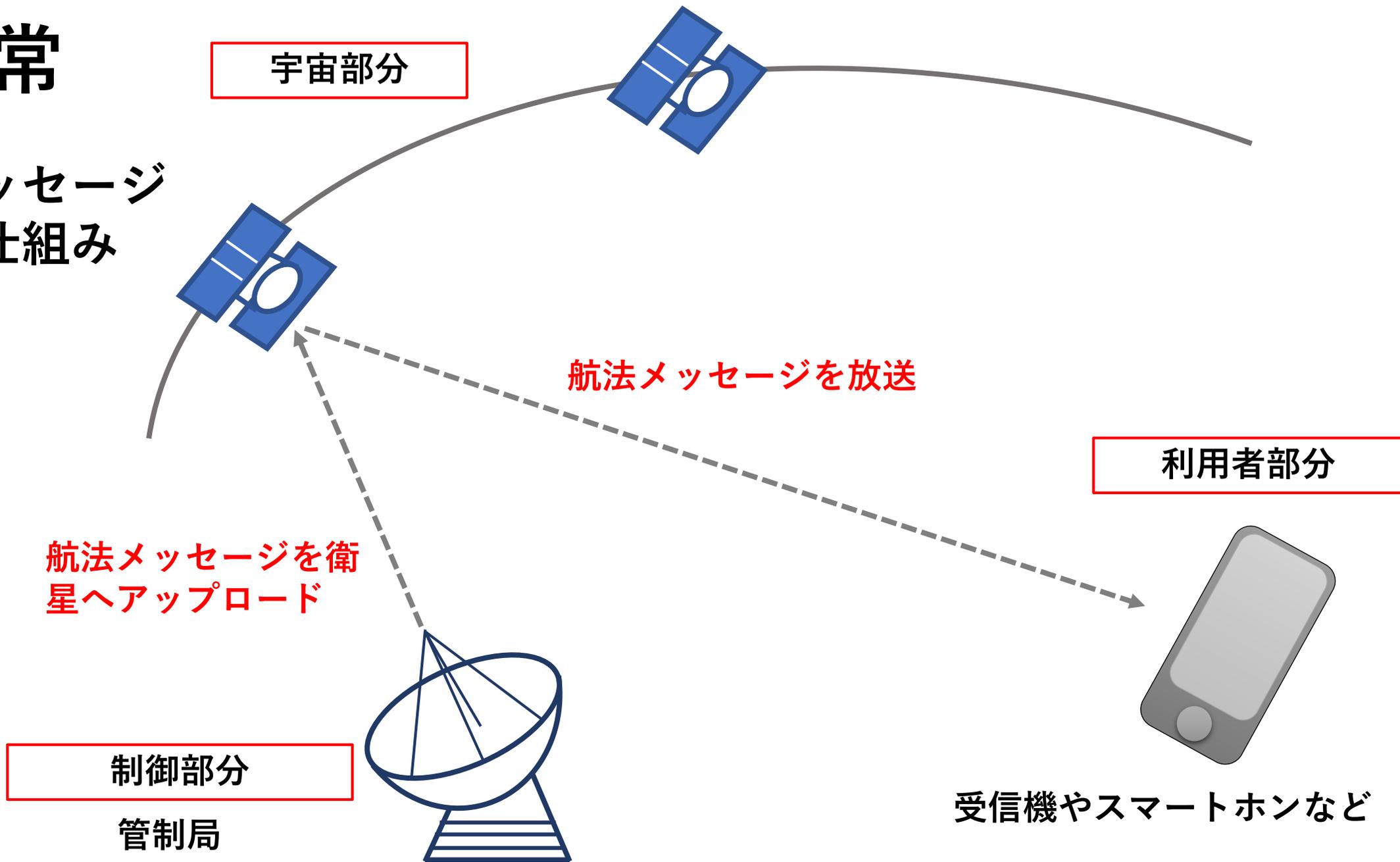
管制局のトラブル  
について取り上げる。



[Spirent: Network, devices & services testing](#)より

# 通常

## 航法メッセージ 利用の仕組み



宇宙部分

航法メッセージを放送

利用者部分

航法メッセージを衛星へアップロード

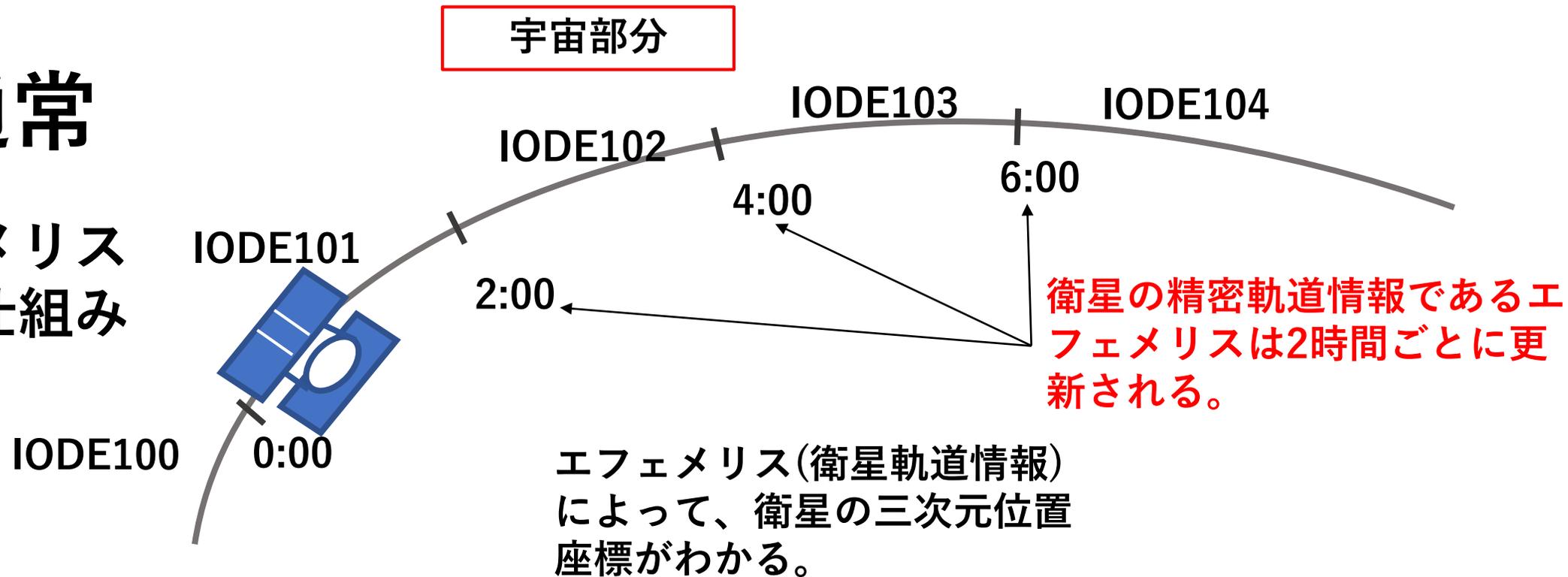
制御部分

管制局

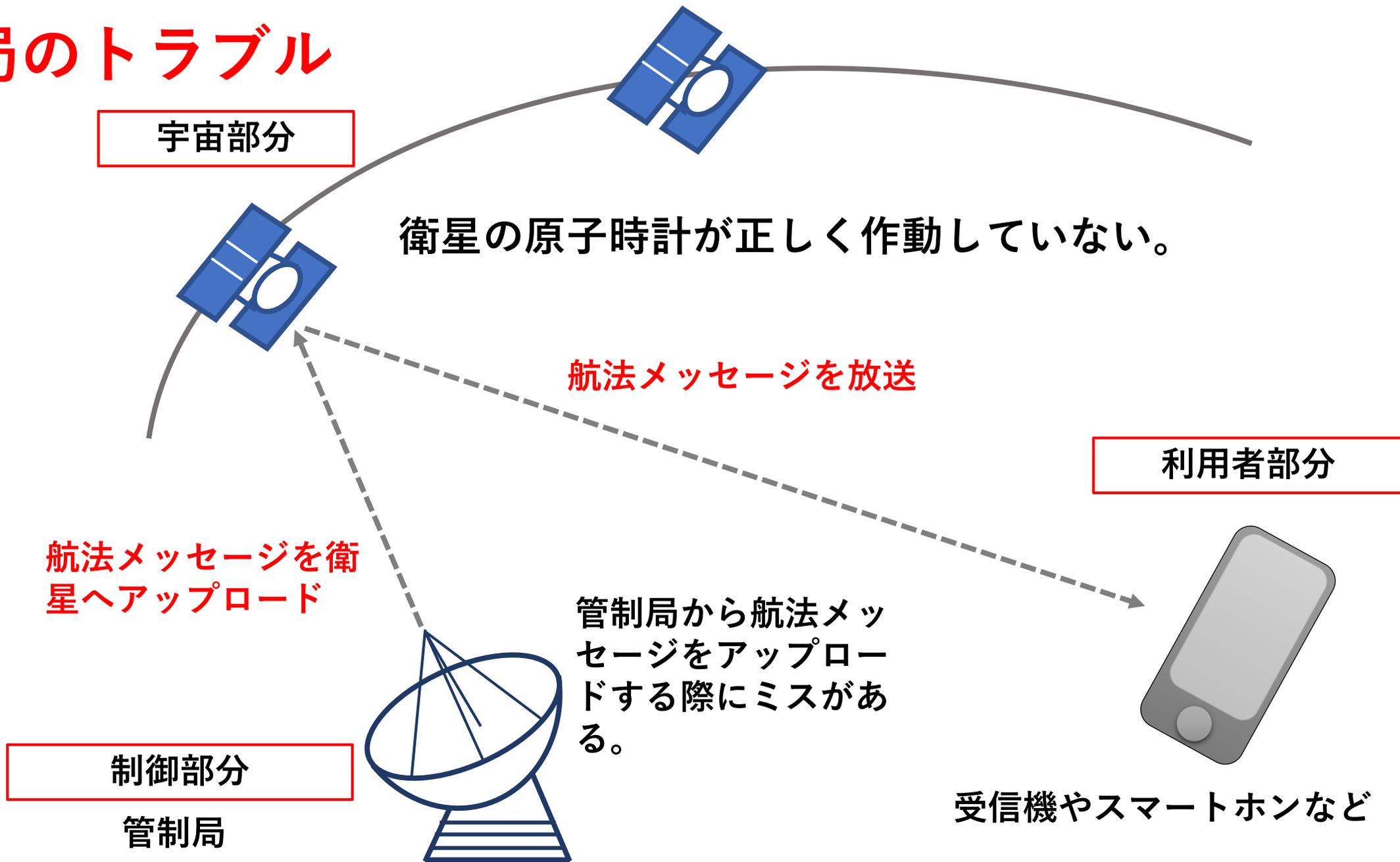
受信機やスマートフォンなど

# 通常

## エフェメリス更新の仕組み



# 管制局のトラブル



宇宙部分

衛星の原子時計が正しく作動していない。

航法メッセージを放送

利用者部分

航法メッセージを衛星へアップロード

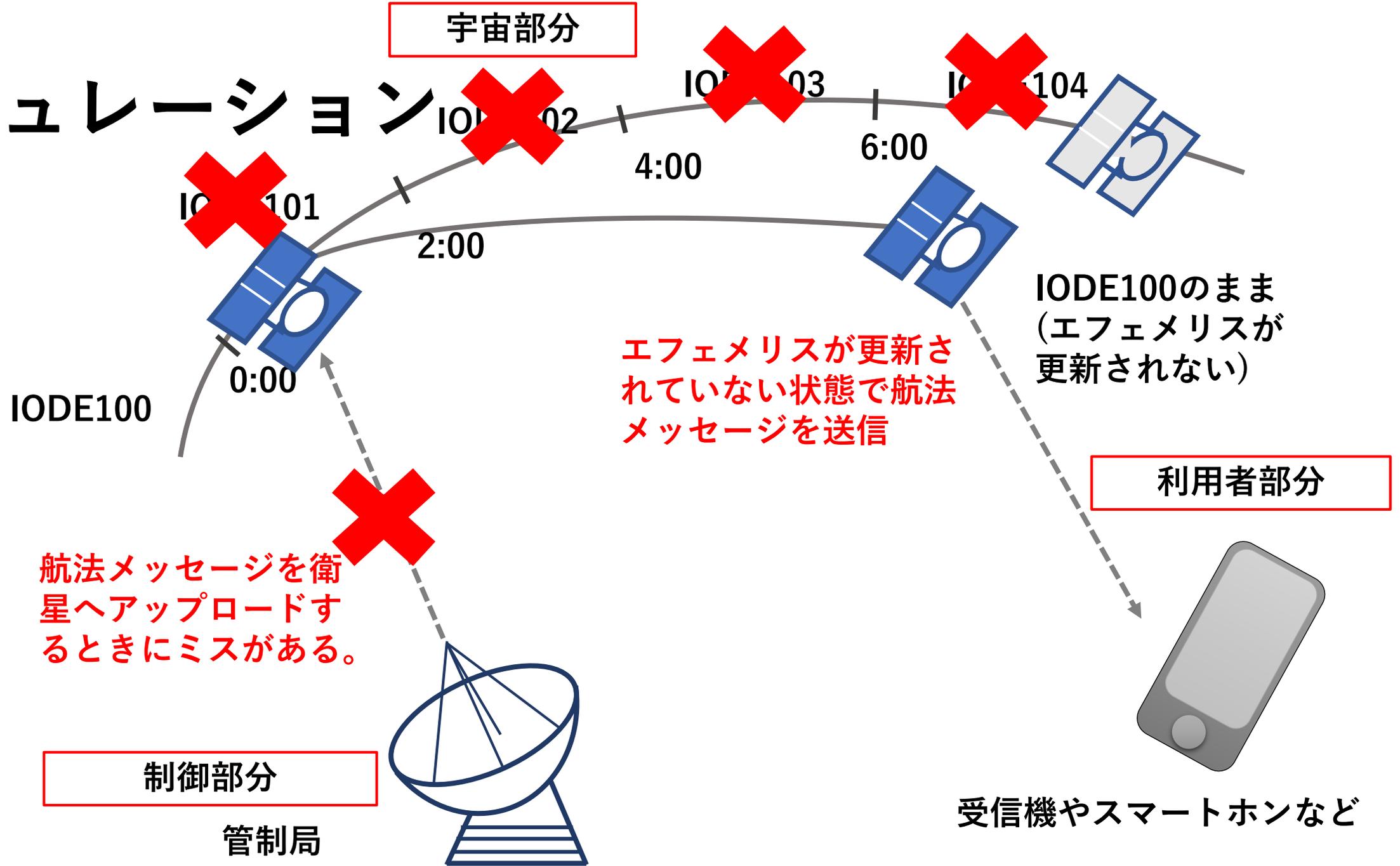
制御部分

管制局

管制局から航法メッセージをアップロードする際にミスがある。

受信機やスマートフォンなど

# シミュレーション

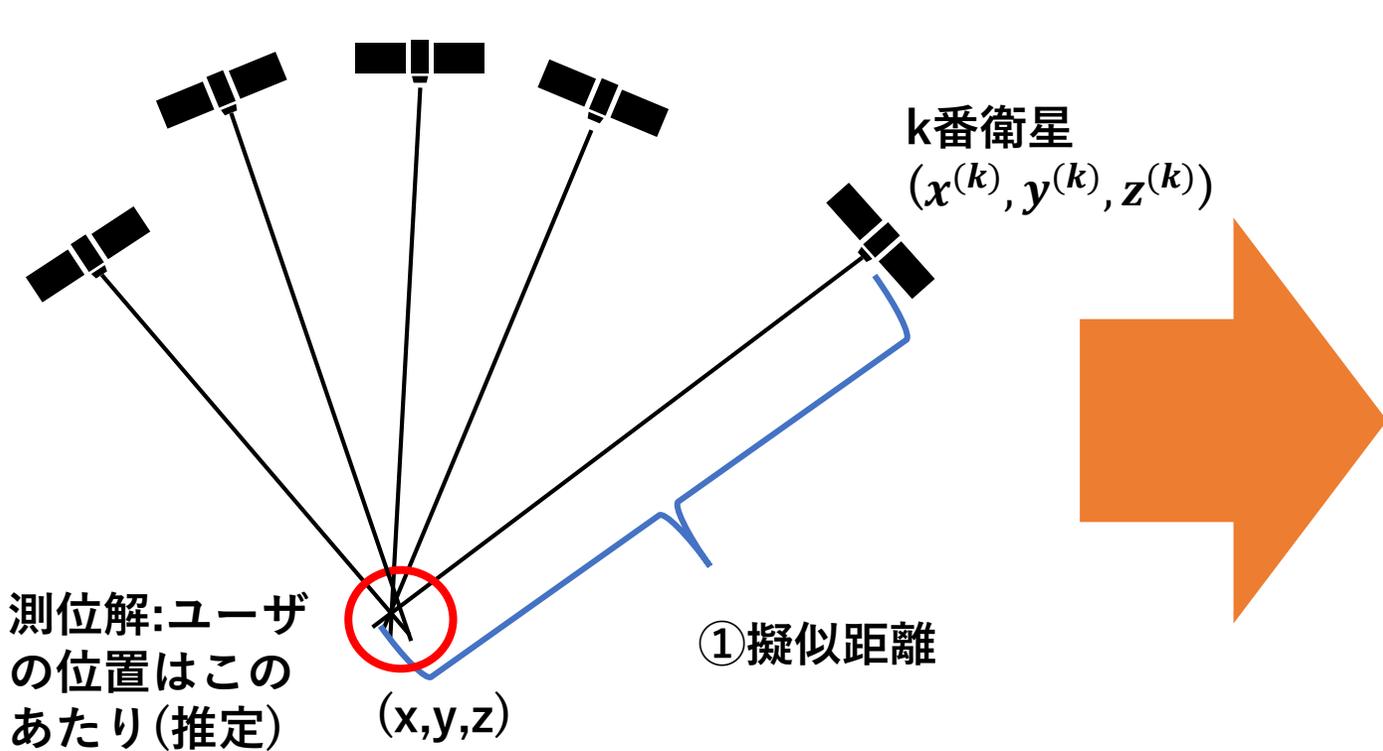


# 実験の目的

- 閾値を超える衛星が存在する場合はGNSSの使用に**異常があると判断**すること。
- 異常があると判断された場合GNSS利用者に**伝えること**で信頼性を保つこと。



- そのために残差による異常検出手法を用いる。

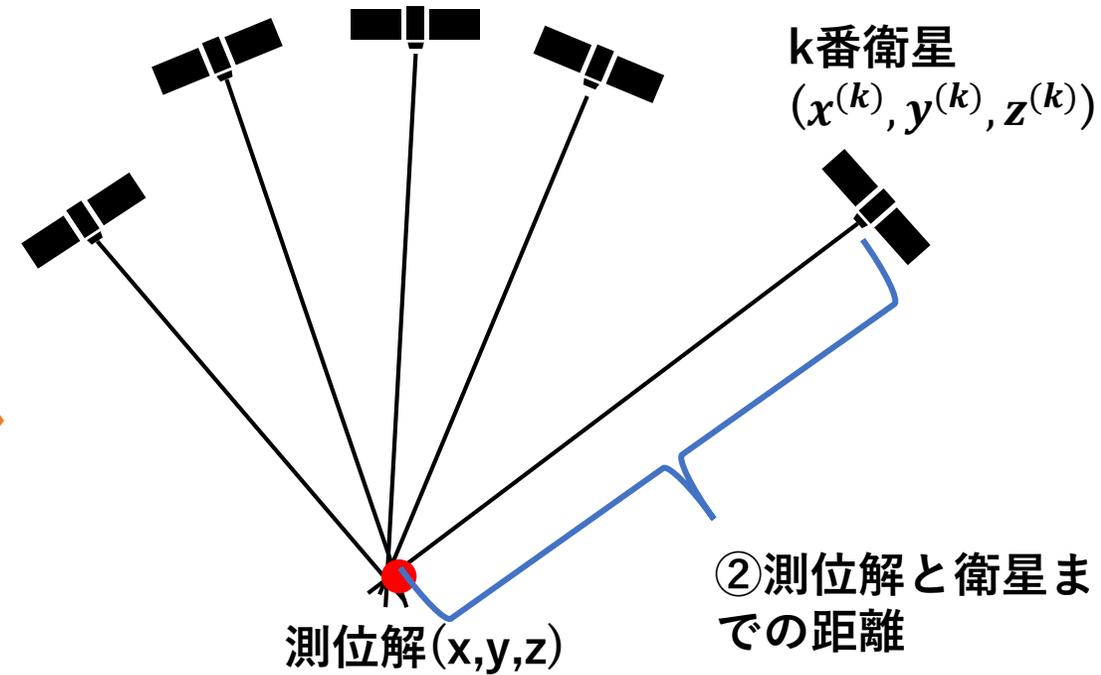


① 擬似距離: 電波伝搬時間から計算される。

k番衛星からの擬似距離

$$\rho^{(k)} = \sqrt{(x^{(k)} - x)^2 + (y^{(k)} - y)^2 + (z^{(k)} - z)^2} + b + \varepsilon^{(k)}$$

$(x, y, z)$ は求めるユーザの三次元位置座標、 $b$ は未知の受信機クロックバイアス、 $\varepsilon^{(k)}$ は未知の測定誤差



② 最小二乗法を用いることで $(x, y, z)$ を推定する。推定された $(x, y, z)$ が測位解となる。

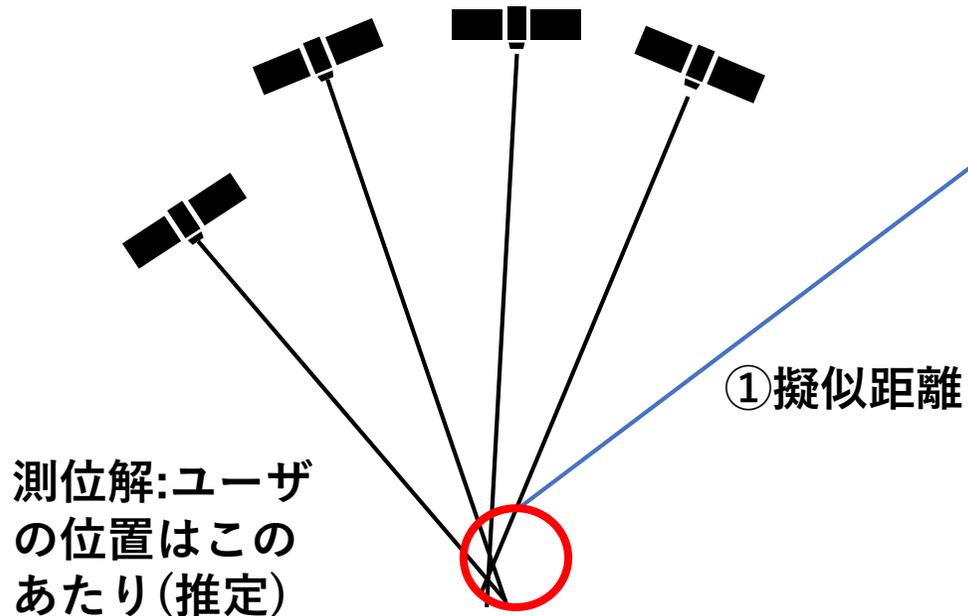
①: 擬似距離

②: 測位解と衛星までの距離

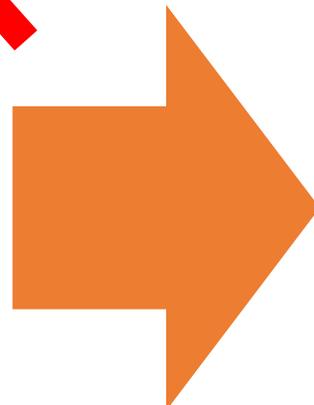
③: 残差 = ② - ①

(ここでは①擬似距離のクロックバイアスは計算して除いている)

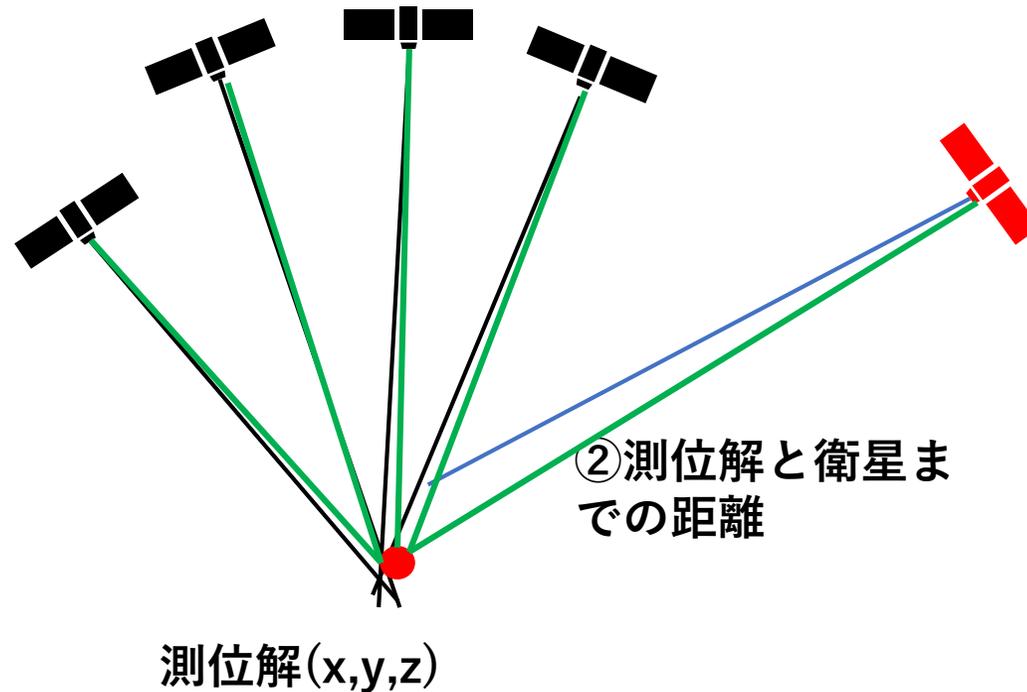
# 1機の衛星の3次元位置座標に異常がある場合



エフェメリスが更新されていない衛星



最小二乗法によって測位解を推定



①: 擬似距離

②: 測位解と衛星までの距離

③: 残差 = ② - ①

(ここでは①擬似距離のクロックバイアスは計算して除いている)

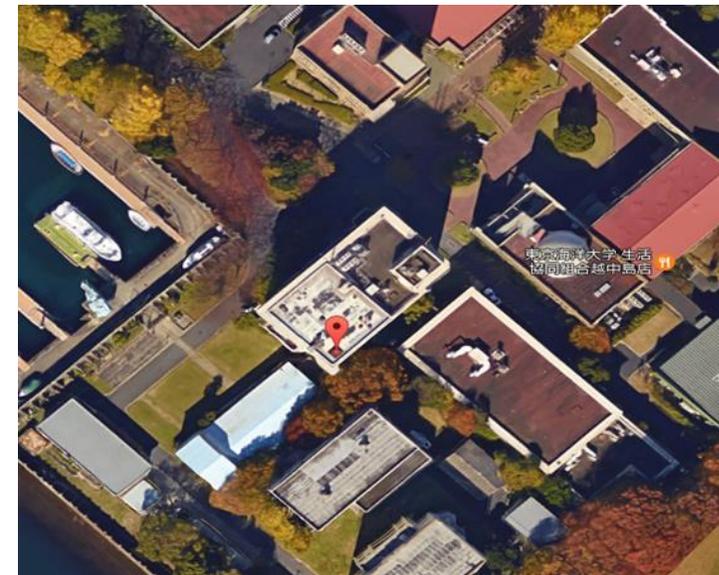
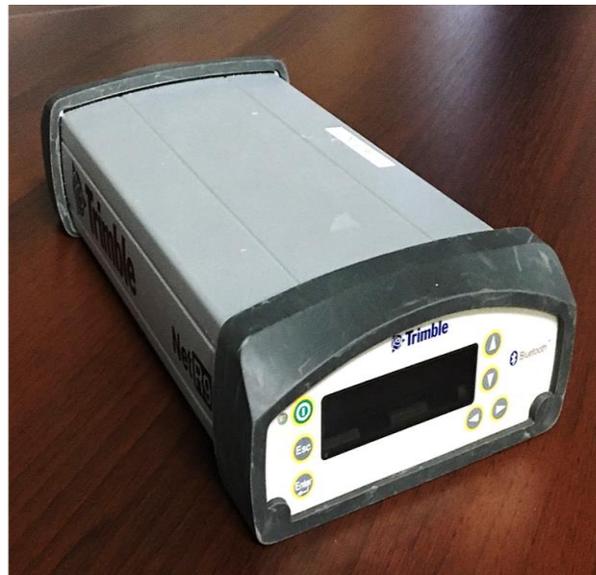
1機の衛星の3次元位置座標がずれていると他の衛星よりも残差が大きくなる。



異常を検出できる。

# 4.実験

## 実験概要



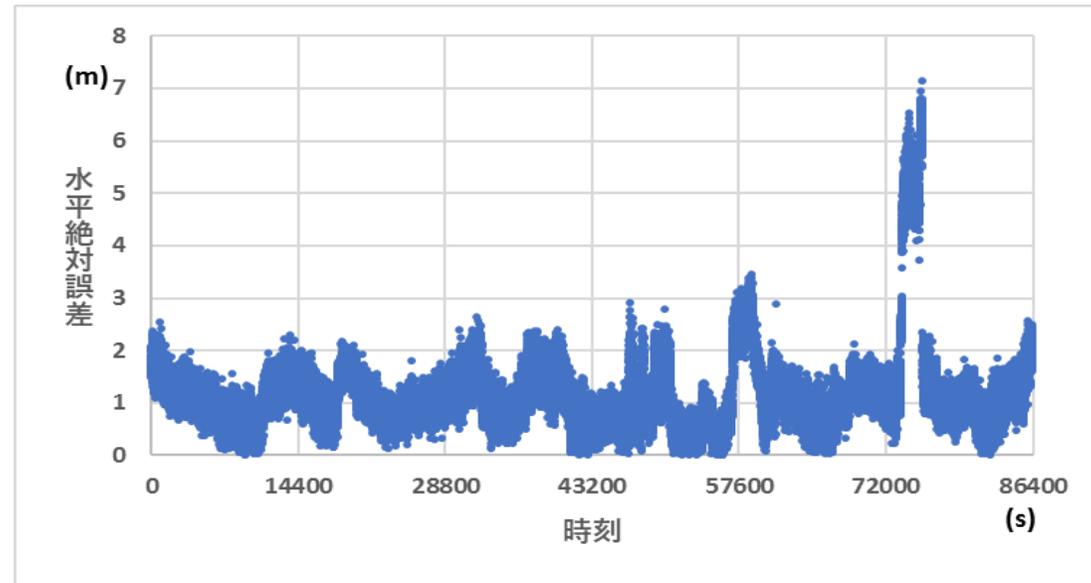
実験構成	実験環境	オープンスカイ、静止点
	アンテナ	GNSSアンテナ
	受信機	GNSS受信機 Trimble社製 NetR9
	実施日時	2016年2月4日0:00:00~23:59:59 (GPS時刻)
	取得間隔	24時間-1Hz
解析条件	共通解析条件	仰角マスク15度
	使用衛星	GPS・QZSS

# 単独測位での実験 結果(異常無し)

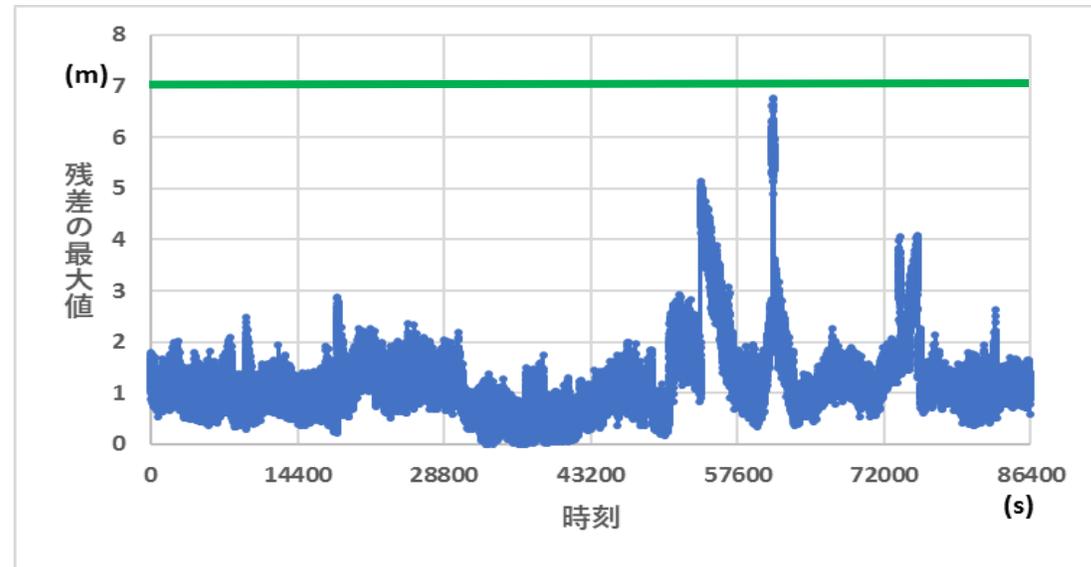


時刻に対して観測された衛星番号を示す

単独測位での残差の最大値が約7mであることが分かったので、その3倍の20mを閾値として定める。



水平絶対誤差(異常無し)



残差の最大値(異常無し)

# 5. 評価実験

## 評価実験手順

1. 衛星が衛星軌道情報(エフェメリス)を更新しないようにプログラムで設定する。
2. 残差に対して閾値を定める。(20m)
3. 定めた閾値を超える残差をもっている衛星からの信号を全て検出しユーザに伝える。
4. 検出した衛星からの信号を排除し測位する。

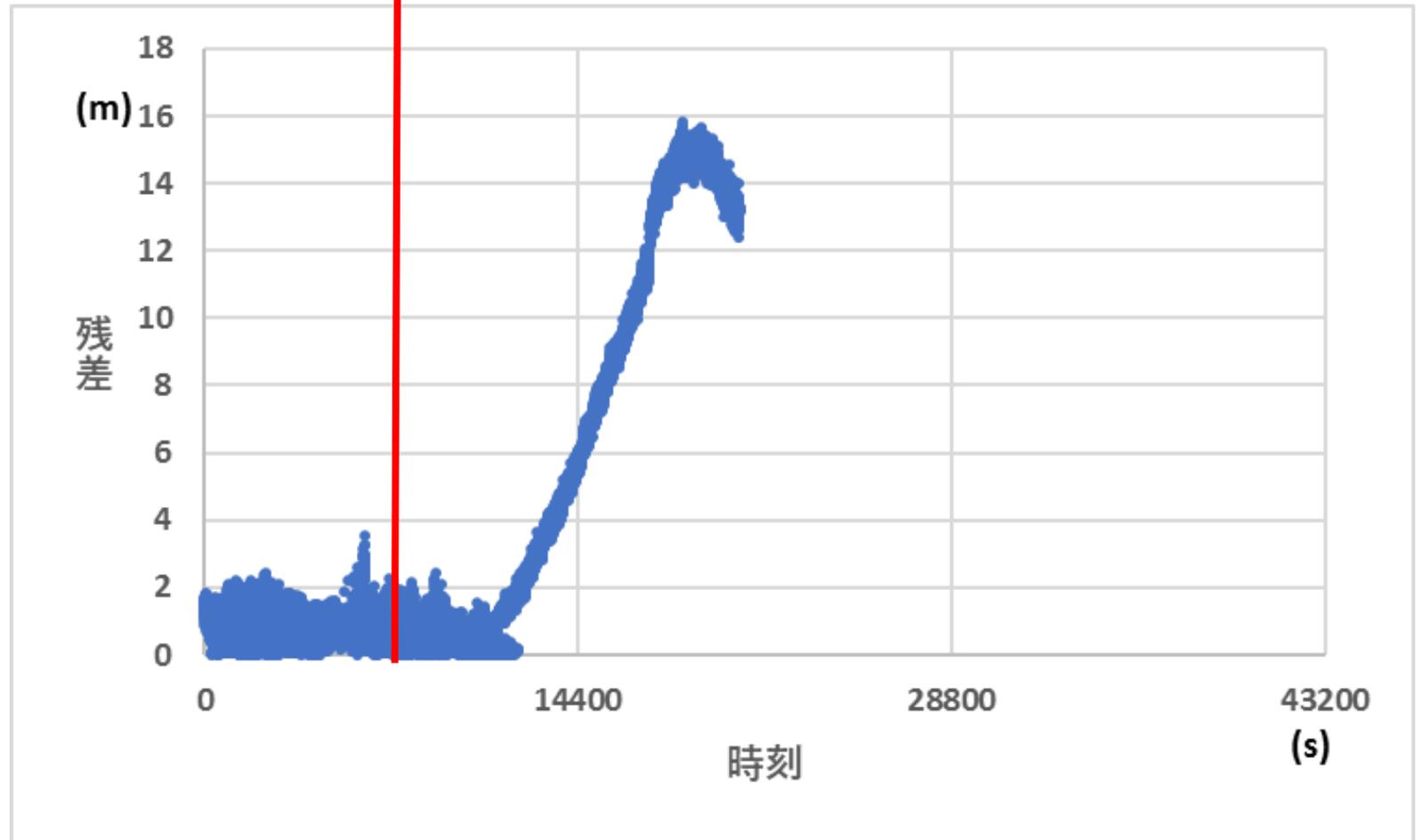
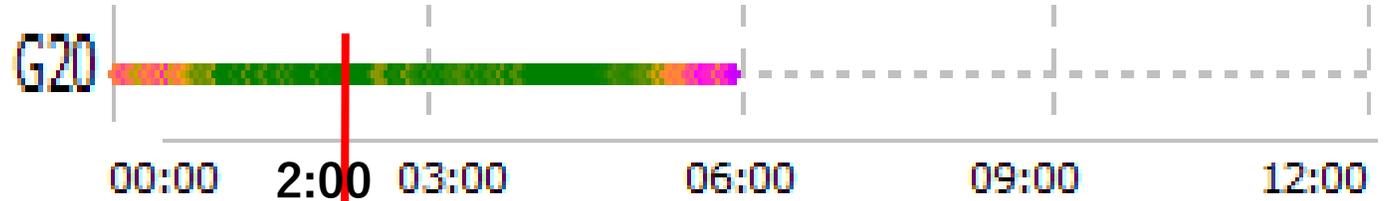
## パターン①

### 短時間更新がされない場合

20番衛星のエフェメリスを更新しなかった場合

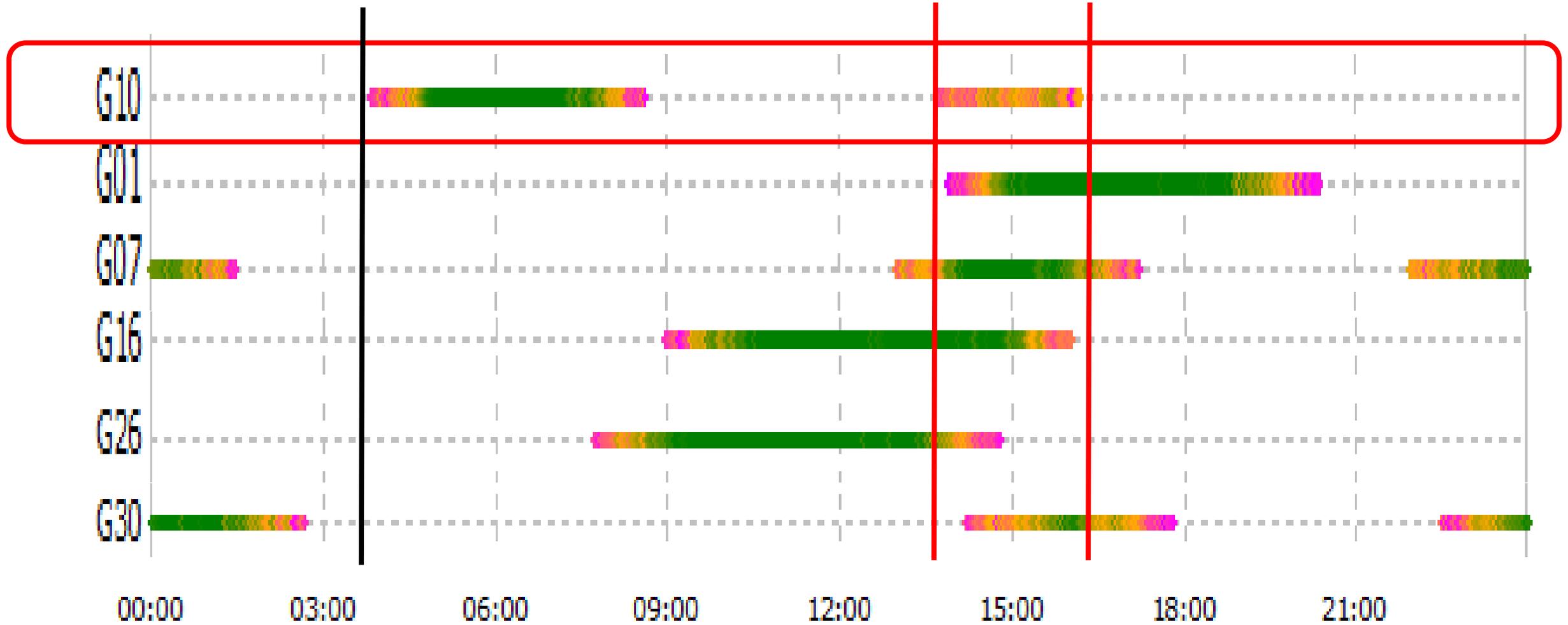
**2時間**以内なら  
残差は悪くない。

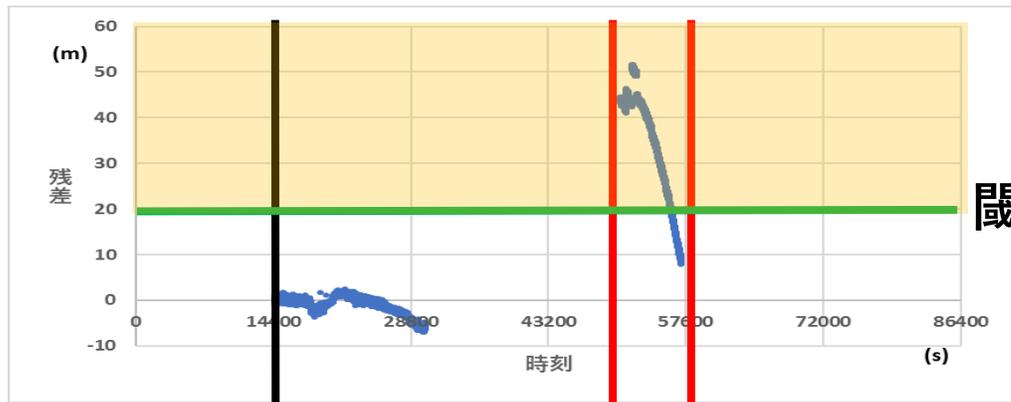
6時間も同じエフェメリスを使い続けると残差が大きくなっている。



パターン②  
長時間更新がされない場合

10番衛星のエフェメリス  
を更新しなかった場合

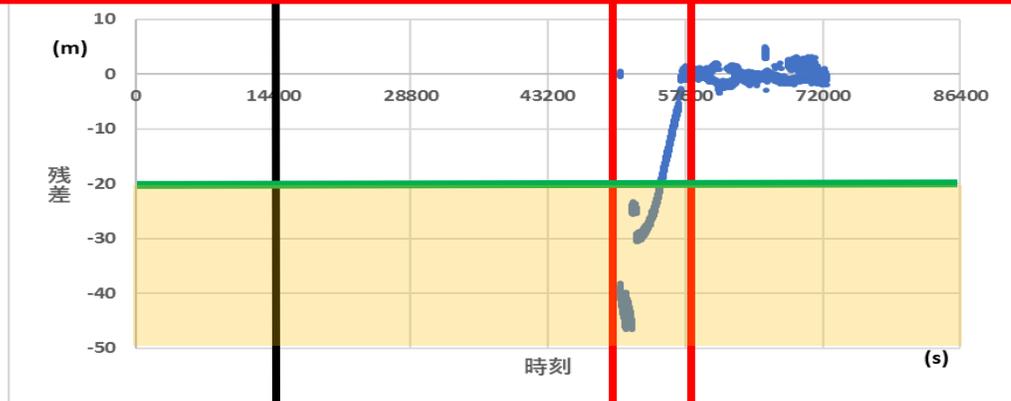




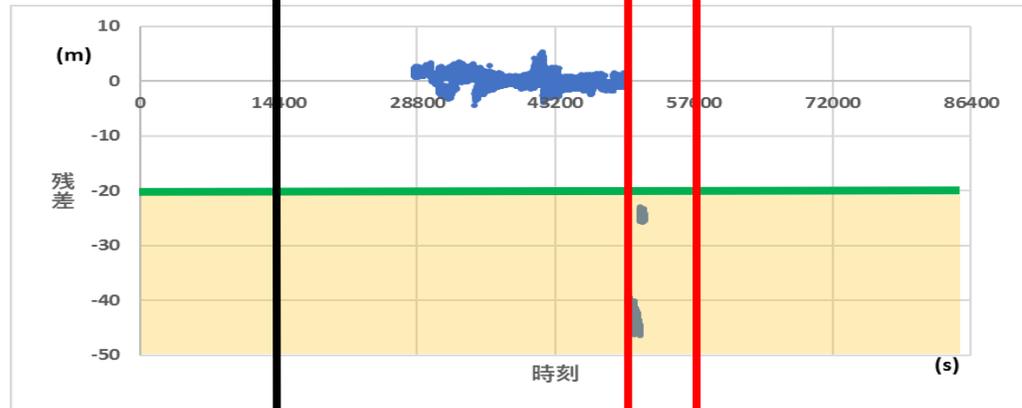
10番衛星の残差



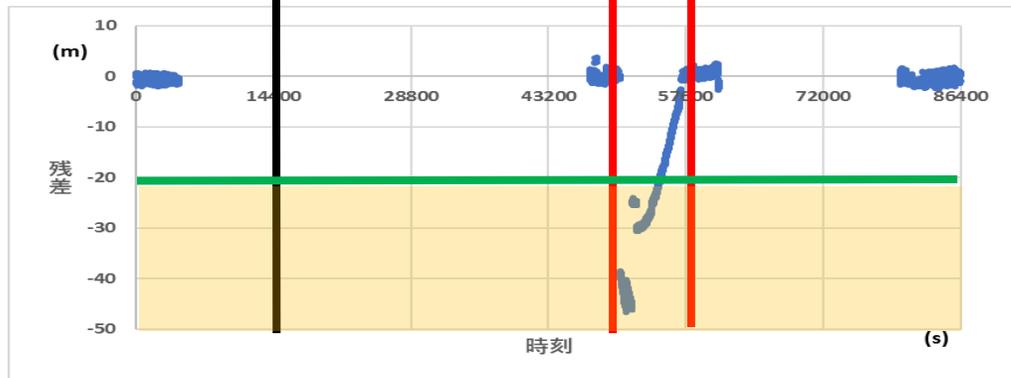
16番衛星の残差



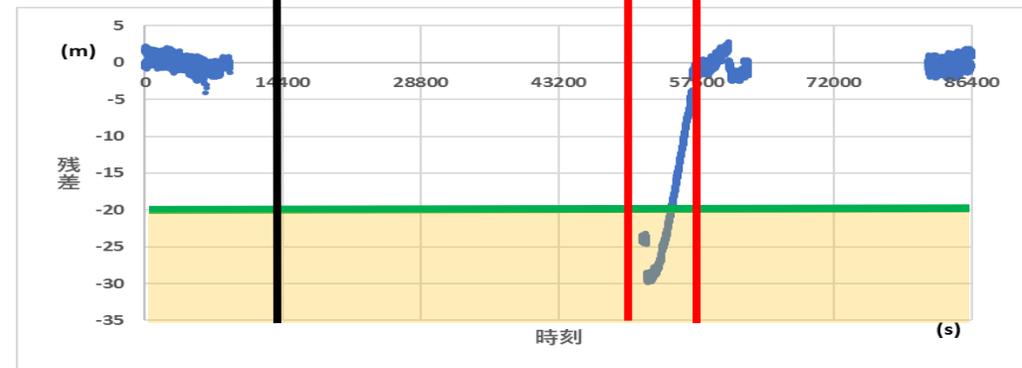
1番衛星の残差



26番衛星の残差

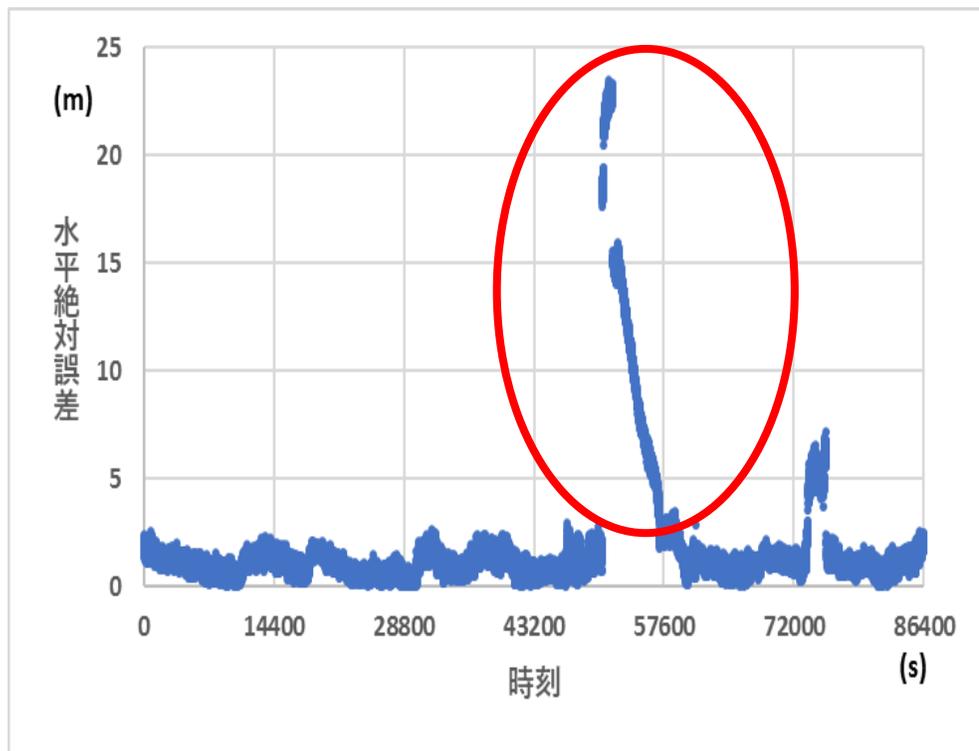


7番衛星の残差

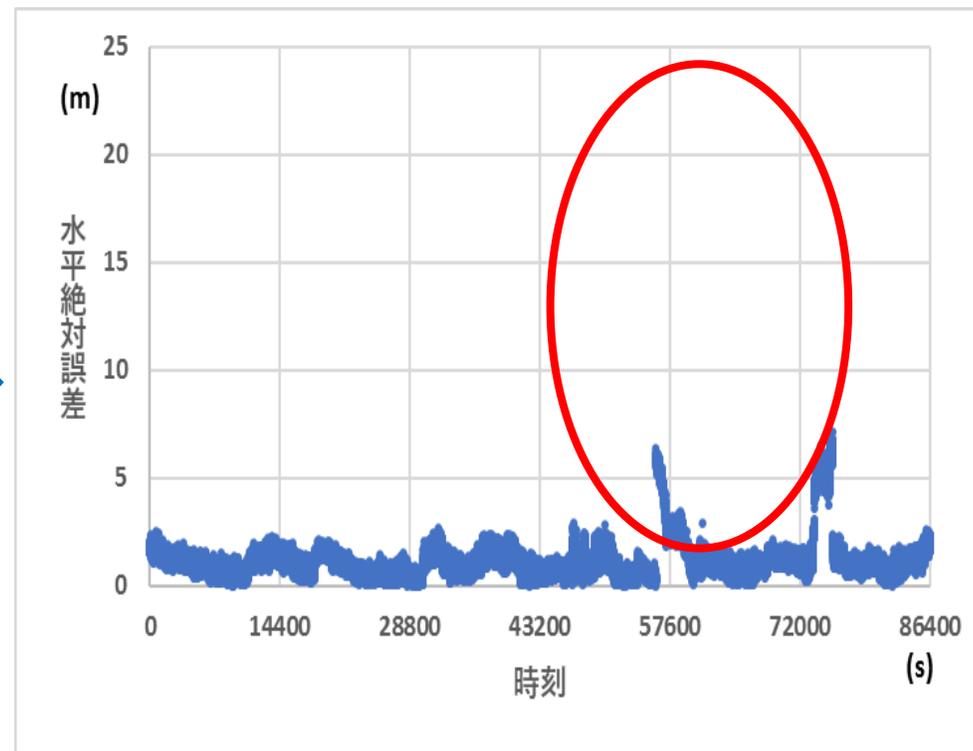
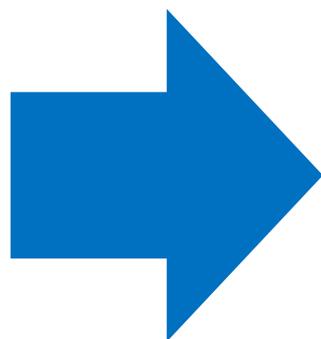


30番衛星の残差

# 10番衛星のエフェメリス を更新しなかった場合



水平絶対誤差(手法適用前)



水平絶対誤差(手法適用後)

手法を適用した場合、水平絶対誤差は小さくなっている。

# 6.まとめ

- 残差が閾値を超える衛星を検出した場合、ユーザに伝えることで信頼性のある程度保つことができる。
- 検出された衛星の信号を排除することで測位精度は向上した。
- 24時間で確認をしたが、衛星軌道はほとんど変わることがないので他の日でも同様に確認されると考えられる。

**ご清聴ありがとうございました**