

短基線相対測位を応用した NLOS衛星の検出

立命館大学

情報通信システム研究室

林龍我, 大久保亮志, 久保幸弘

目次

- 研究背景
- 提案手法
- 実験条件
- 実験結果
- 今後の展望

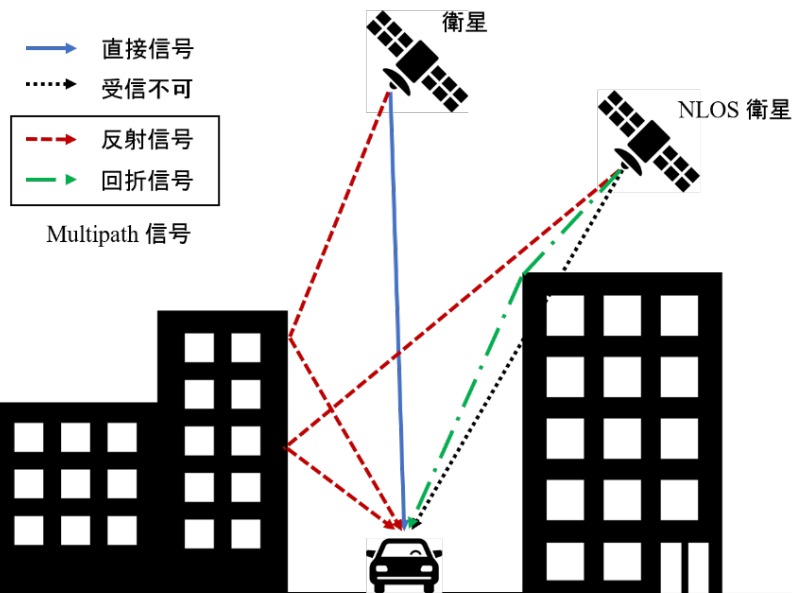
研究背景

衛星測位は環境が良い場合は高精度な測位が可能

問題点 : 都市部や山間部等の電波の届きにくい環境で測位精度が低下する



反射や回折によって生じるマルチパス信号の影響



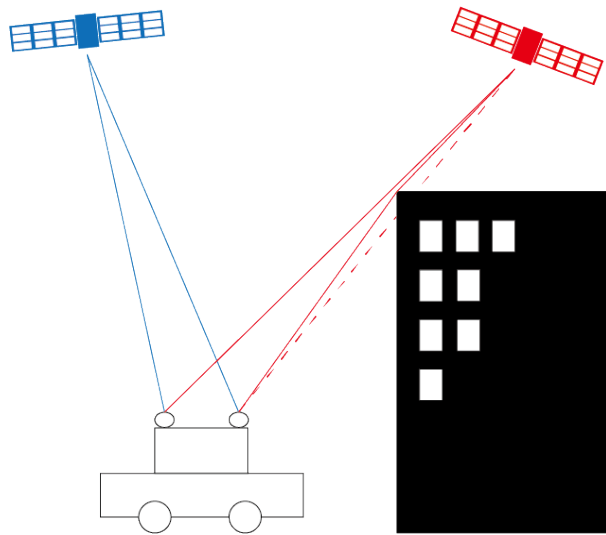
NLOS(Non-Line-Of-Sight)衛星

直接信号が障害物に阻まれて受信できない衛星
直接信号を受信できないため、
既存のマルチパス補正方法では補正できない。

研究目的：NLOS衛星の検出を行い、
都市部での測位精度を向上

提案手法

NLOS衛星の存在による測位精度の劣化を利用



2 アンテナ間の既知の基線長と
相対測位の結果を比較

NLOS衛星が含まれる場合
測位結果に矛盾が生じる

魚眼カメラ, 3Dシ
ミュレーションなど
が不要

先行研究

- 魚眼カメラで撮影した写真を画像処理する判別手法※1
- 3次元地図を用いた電波伝搬のシミュレーション結果との観測値を比較する判別手法

※1. S. Kato *et al.* : NLOS Satellite Detection Using a Fish-Eye Camera for Improving GNSS Positioning Accuracy in Urban Area, JRM, 2016

※2. N.Kbayer, M. Sahnoudi: Robust GNSS Navigation in Urban Environments by Bounding NLOS Bias of GNSS Pseudoranges Using a 3D City Model, ION GNSS+, 2015

NLOS検出アルゴリズム

1. 2つのアンテナを、距離 L だけ離して設置する（ L は既知である）。この2つのアンテナの座標を u および k とし、相対測位を行う。その結果として u, k の基線ベクトル \check{x} 、アンテナ間の距離 \check{d} を得る。

$$\check{x} \equiv [u - k] = \begin{bmatrix} x_u - x_k \\ y_u - y_k \\ z_u - z_k \end{bmatrix} \quad \check{d} = \|\check{x}\|$$

2. 使用衛星が5機以上の場合において L と \check{d} を比較し、差分があらかじめ定めた閾値より大きいときNLOS衛星が存在すると判断する。

$$|\check{d} - L| > \text{threshold}$$

NLOS検出アルゴリズム

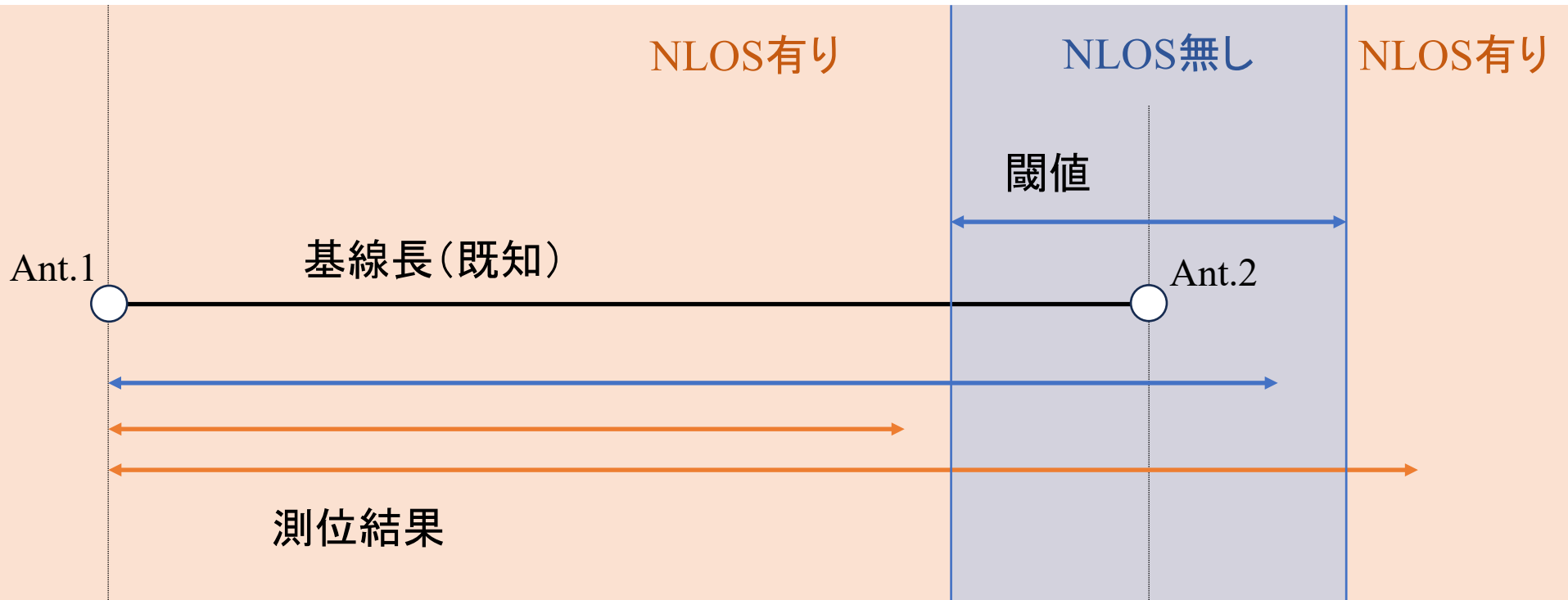
3. NLOS衛星が存在すると判断したとき，観測している衛星 p_1, p_2, \dots, p_{n_s} から1つ衛星を除外し，相対測位を行う．これをすべての組み合わせで行う．ここで観測衛星のうち p_q を除外したときの相対測位により \check{d}_q を得る．

$$\check{d}_q = \|\check{x}_q\|, \quad (q = 1, 2, \dots, n_s)$$

4. 全ての衛星の組み合わせから，基線長との差分が最も小さいときに測位から外している衛星 p_q をNLOS衛星であると判断する．ただし，衛星を除外せずに求めた測位結果の差分がより小さいときはNLOS衛星は存在しないと判断する．

$$q = \operatorname{argmin}_{q \in \{1, 2, \dots, n_s\}} |\check{d}_q - L| \quad \text{ただし, } |\check{d}_q - L| > |\check{d} - L|$$

NLOS検出アルゴリズム

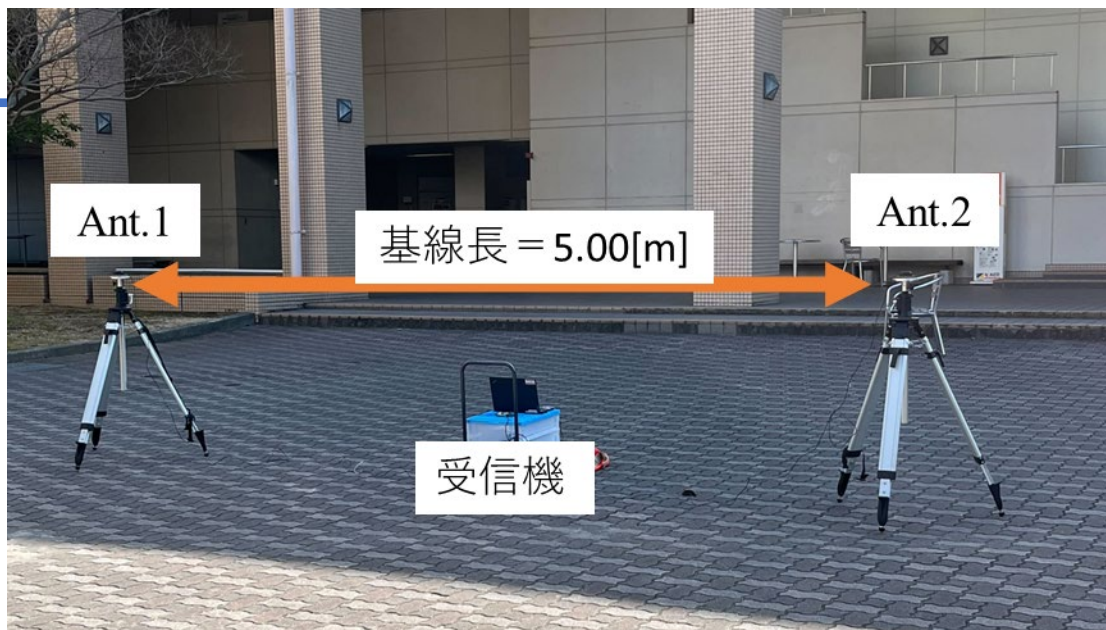


実験条件

使用機器

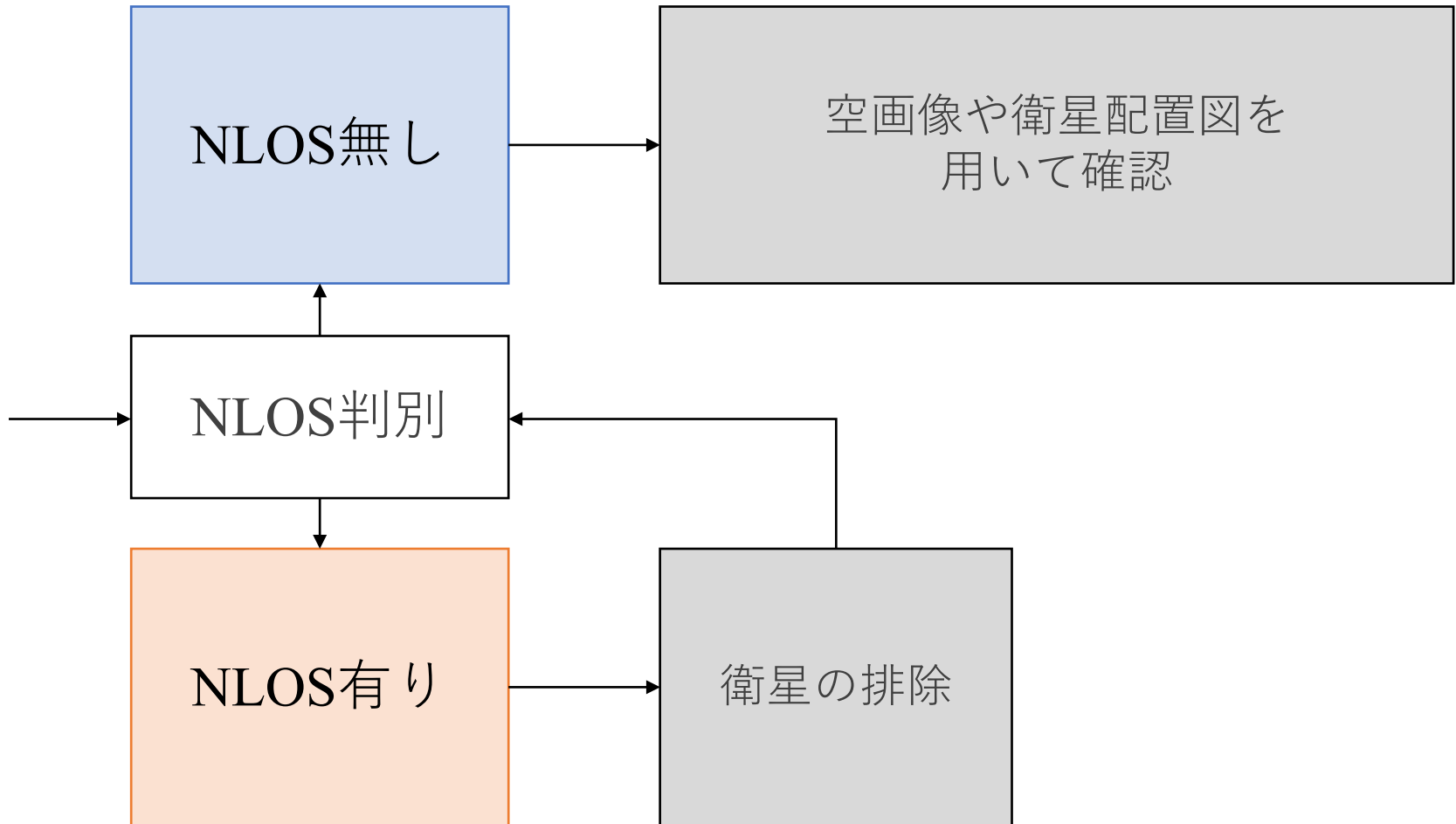
アンテナ：u-blox ANN-MB-00-00

受信機：Septentrio mosaichAT

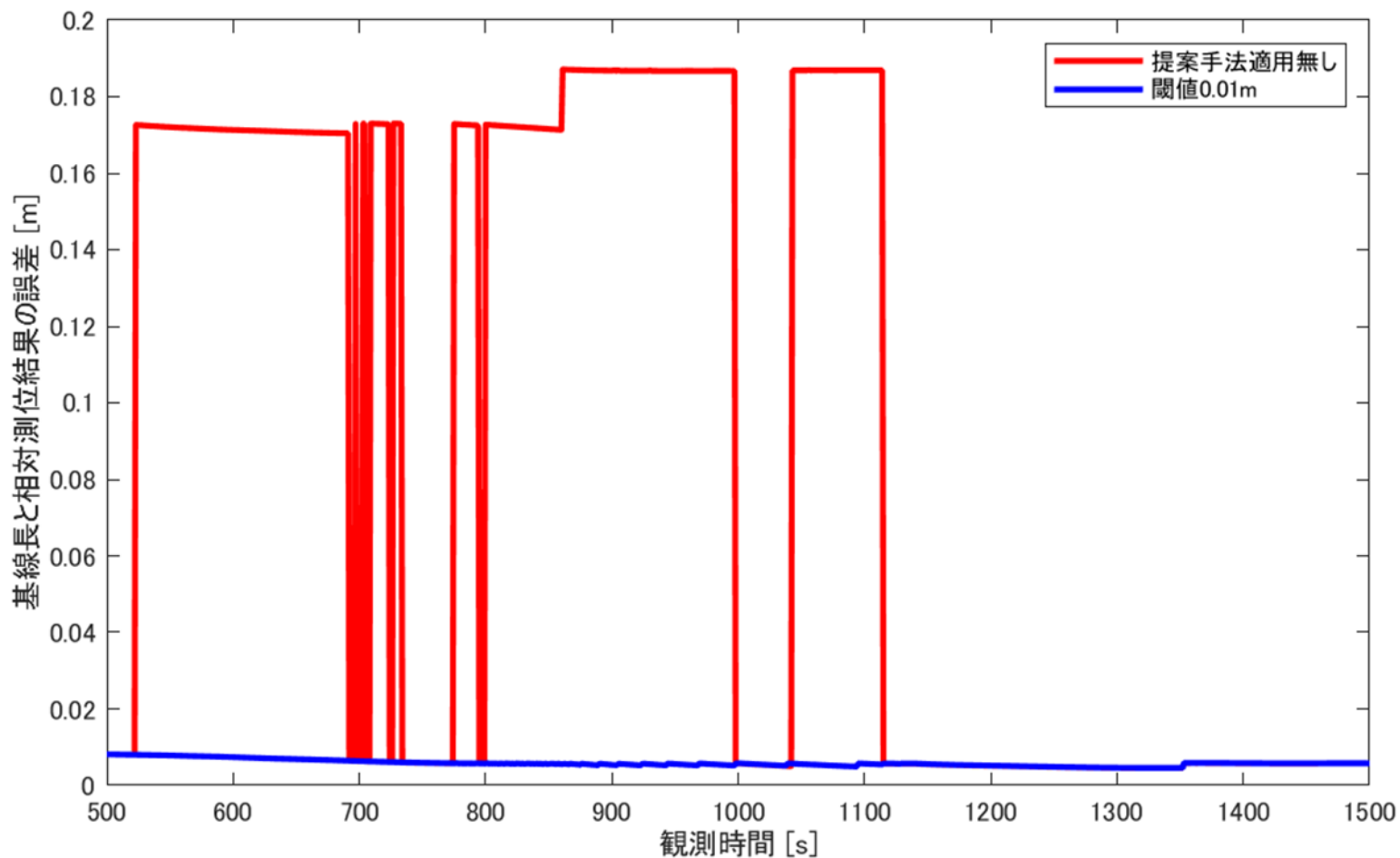


観測日	2023年02月09日
観測開始時刻 (GPST)	04:30'43
観測終了時刻 (GPST)	06:04'36
基線長	5.00[m]
仰角マスク	0[deg.]
観測量	L1 搬送波位相, CAコード擬似距離
時間更新間隔	1[s]
測位方法	相対測位

結果の検証方法



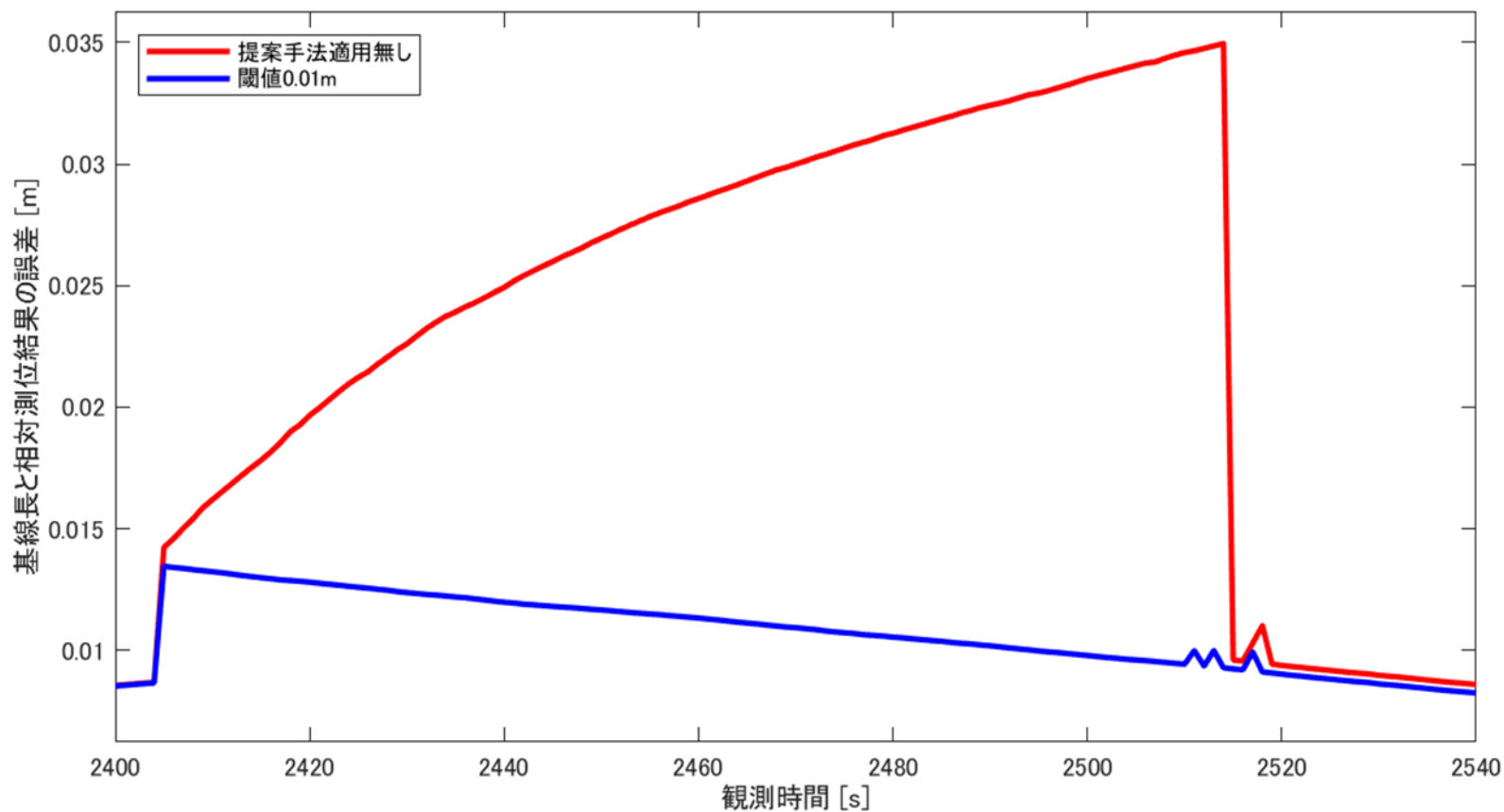
実験結果①



差分が0.17[m]となり閾値を超えた

→衛星を除外し、差分が小さくなる衛星の組み合わせが存在した

実験結果②



差分が0.01[m]を超えた

→ 閾値が0.01[m]のNLOS衛星判別アルゴリズムで
NLOS衛星を判別した

実験結果③

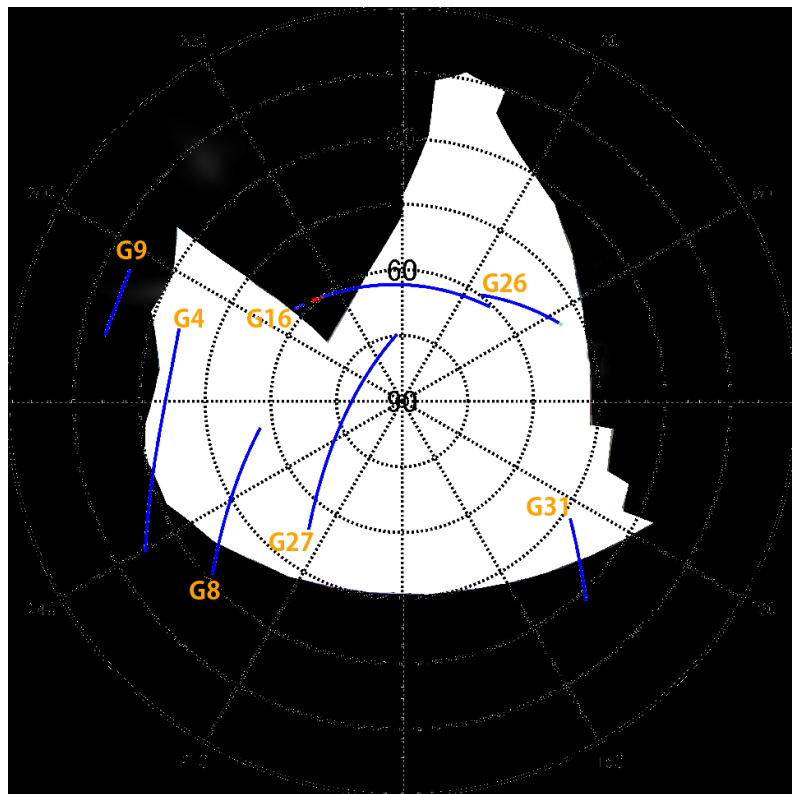
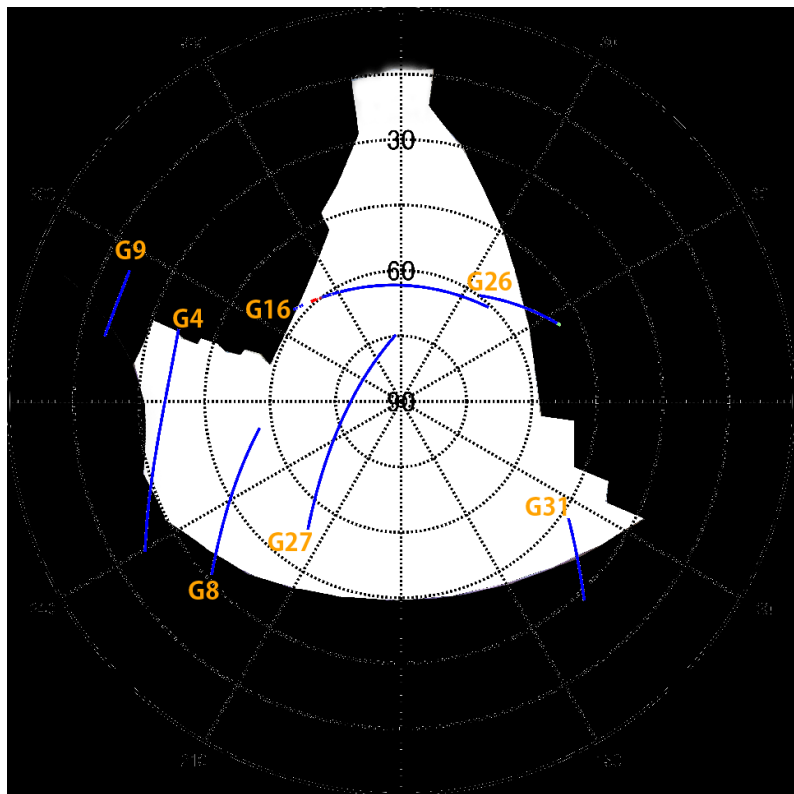


アンテナ 1 の
空画像



- 実験結果①における除外衛星
- 実験結果②における除外衛星
- 使用衛星

アンテナ 2 の
空画像



考察

- G16衛星の赤色部分
 - NLOS衛星判別アルゴリズムにより，G16衛星の除外が発生した
 - G16衛星の除外は建物領域で行っている
- G26衛星の緑色部分
 - NLOS衛星判別アルゴリズムにより，G26衛星の除外が発生した
 - G26衛星の除外は建物領域で行っている

 NLOS衛星の一部を判別可能

まとめ

本手法により，片方のアンテナに対してのみNLOSである，かつ影響の大きい衛星の検出に成功した。

今後の展望

- GPS以外の衛星を利用
- 2周波による測位を行う
 - ➡移動体への搭載のため、アンビギュイティの高速決定
- 2つのアンテナ両方に対してNLOSとなっている衛星の判別方法を考える
 - ➡慣性航法を併用する