

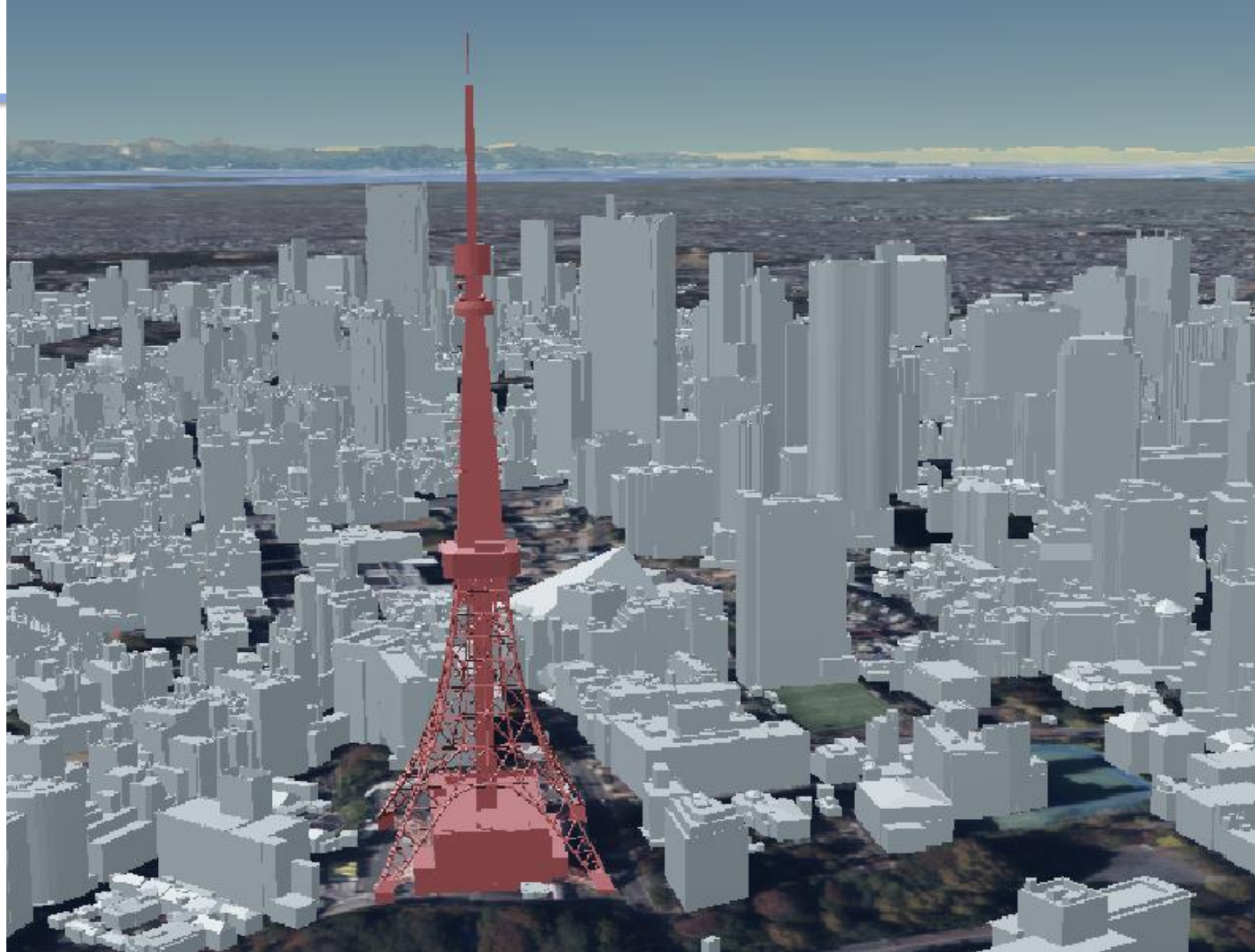
GNSS と他センサ及び地図との 統合手法に関する研究

情報通信工学研究室
海事システム工学科 1821033 佐藤一樹
指導教員 久保信明 教授

目次

1. 研究背景
2. 研究目的
3. 実験概要
4. 結果
5. まとめと課題

PLATEAU 港区データより
(国交省 公開webアプリケーション PLATEAU
VIEW を使用)

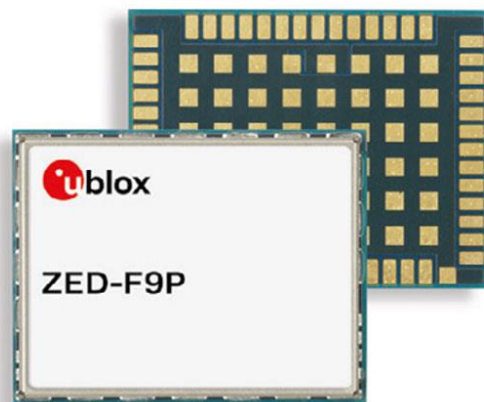


センチメートル単位の精密な衛星測位の汎用化

- 日本中どこでも精密な衛星測位が容易になった
- ex. RTK測位、CLAS測位

要因として…

- 精密測位が行える受信機の低コスト化
- 官民による衛星測位サービスの拡充（準天頂衛星システム、基準局、電子基準点など）



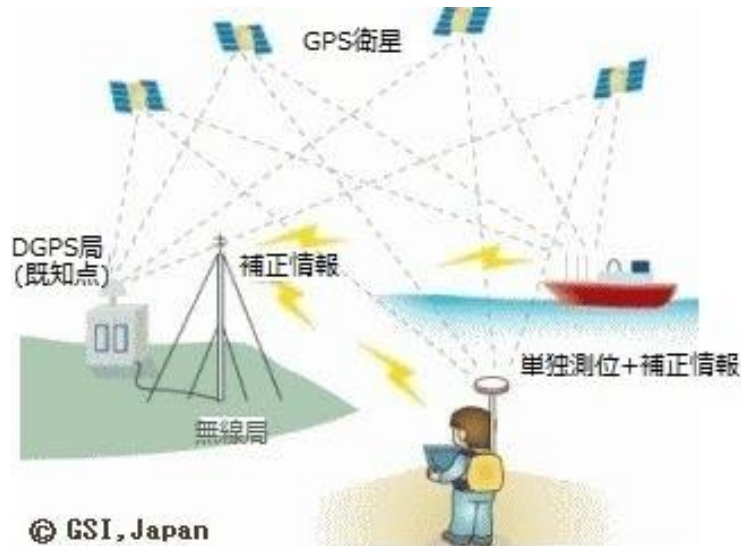
RTK測位が行えるu-blox社製受信機 ZED-F9P
出典: u-blox



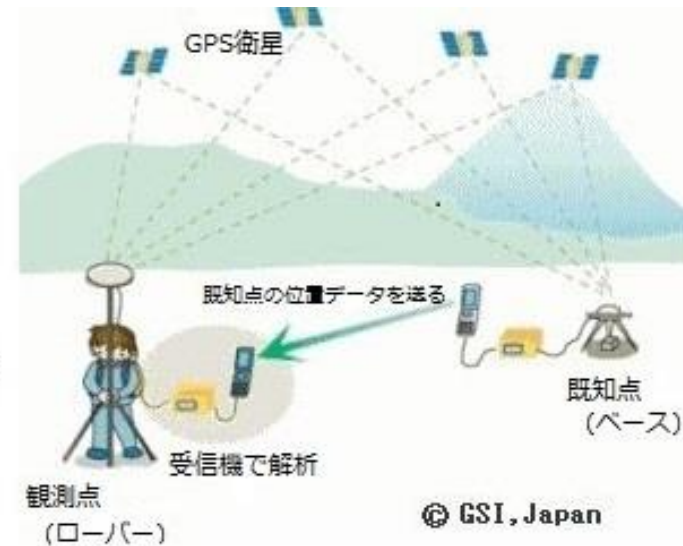
準天頂衛星システム「みちびき」
出典: 内閣府 宇宙開発戦略推進事務局

RTK測位について

- RTK: Real Time Kinematic
- 各衛星と受信機(基準局、移動局)との間の相対的な位置関係を計測
→ 電離層遅延や対流圏遅延などの誤差要因を排除可能
- 精度はセンチメートル単位



DGPS測位



RTK-GPS測位

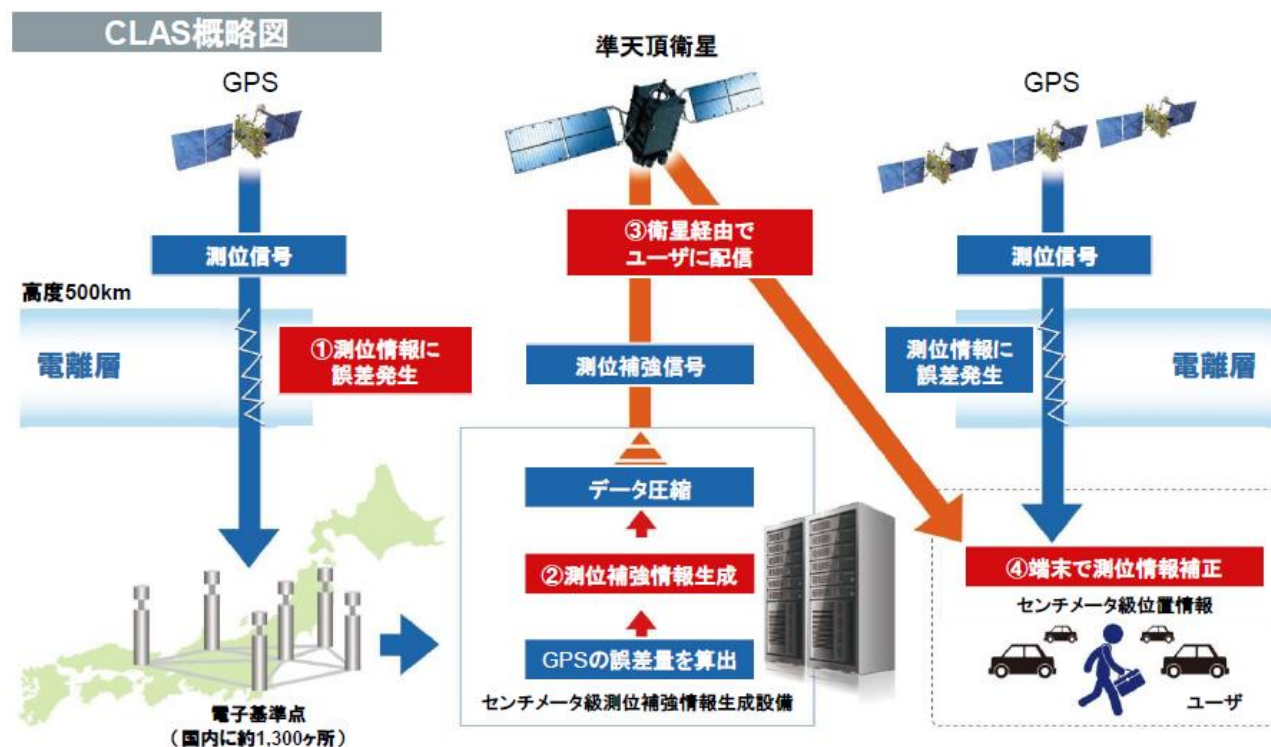
出典: 国土地理院

DGPS: 単独測位結果を補正情報で修正したもの

RTK : 基準局の情報を移動局に伝え、その情報をもとに解析を行い、誤差要因を取り除く

CLAS 測位について

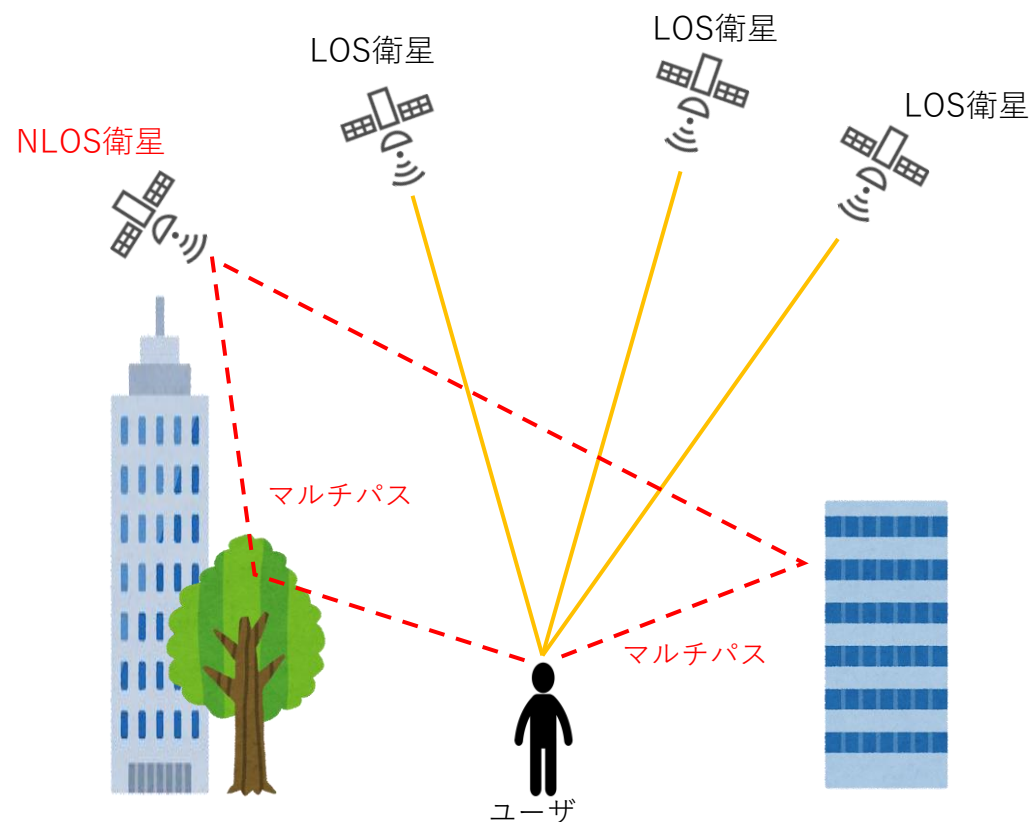
- CLAS: Centimeter Level Augmentation Service
- 準天頂衛星システムを使用したセンチメートル級測位補強サービス
- GNSS衛星の測位信号誤差を準天頂衛星より配信することで高精度測位が可能
- 専用の受信機が必要（基準局は不要）



出典: 三菱電気

マルチパスについて

- 衛星電波がビルなどの障害物に跳ね返り、受信機へと到達する現象
→ 都市部などではマルチパスによって精度が著しく悪化
(測位誤差が数十メートルになる場合も)
- RTK測位、CLAS測位でも取り除くことができない誤差要因



➡ マルチパスが生じない直接波衛星(LOS衛星)のみ
選択することができれば、測位精度は向上する

直接波衛星 … LOS(Line Of Sight)衛星
非直接波衛星 … NLOS(Not Line Of sight)衛星

1. 魚眼カメラによるLOS衛星選択手法

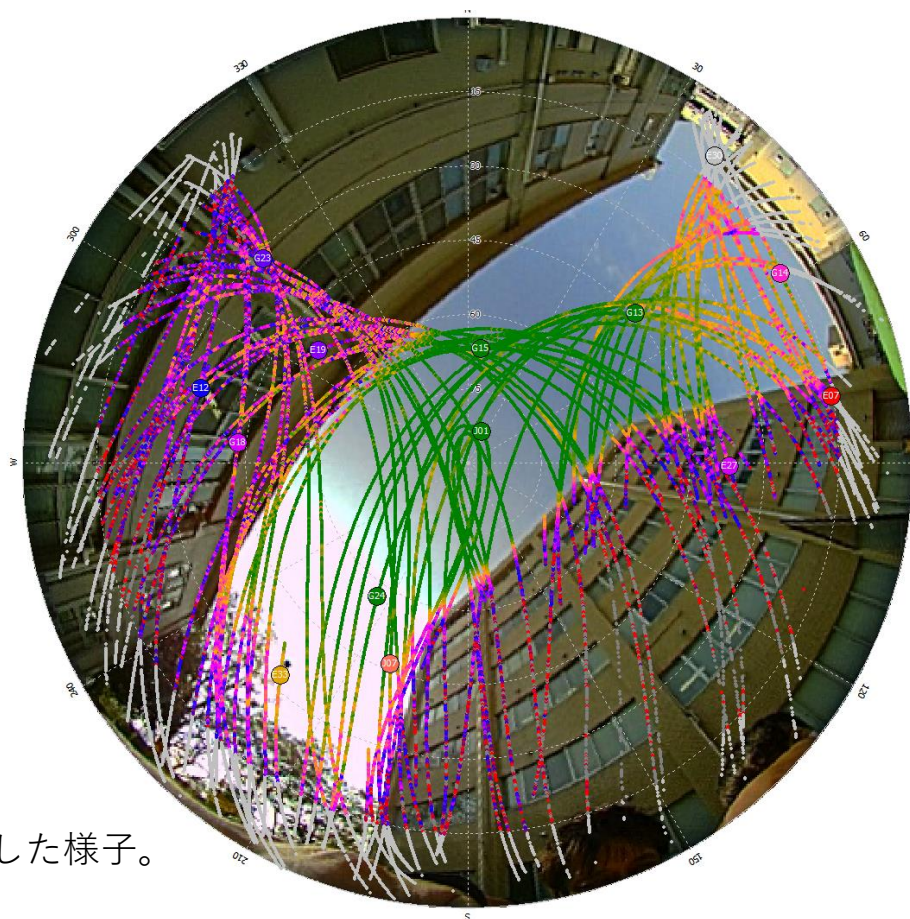
- 魚眼カメラで天頂を撮影すると、周囲含め180°の画角で撮影可能
- 撮影した画像に、受信機にて受信した衛星の軌道をトレース
→ ビルや木々に隠れた衛星を取り除くことでLOS衛星を選択可能

メリット

- 建物だけではなく木々に隠れた衛星の選択が可能
- 実際の写真を使用するため衛星選択の精度は高い
- マルチGNSSに対応(受信機に依存)

デメリット

- 悪天や夜間では写真の精度が悪化、衛星選択が困難
- 撮影した写真とソフトウェア上の方位を合わせる必要



信号強度 緑>黄>赤

衛星軌道配置を学内にて撮影した魚眼画像にトレースした様子。
- 2021年10月15日

2. シミュレーションによるLOS衛星選択手法

- ソフトウェアにより衛星からの電波伝搬をシミュレーション
 - 研究室では株式会社 構造計画研究所のGPS-Studioを使用
 - 3D都市データを使用し仮想空間上にてシミュレーションを行なう
- シミュレーション結果からLOS衛星を選択可能

メリット

- 仮想空間上の任意の位置、日時でのシミュレーションが可能
- シミュレーション結果から衛星ごとの電波伝搬の分析が可能
- マルチGNSSに対応

デメリット

- 精度は3D都市データに依存
木々の存在を考慮したシミュレーションは困難
都市開発に3Dデータの更新が追いつかないことも
- 3D都市データが非常に高額
これまで研究室ではNTTインフラネット社製の3Dデータを使用



出典: 株式会社構造計画研究所



GPS-Studioを使用したシミュレーションの様子

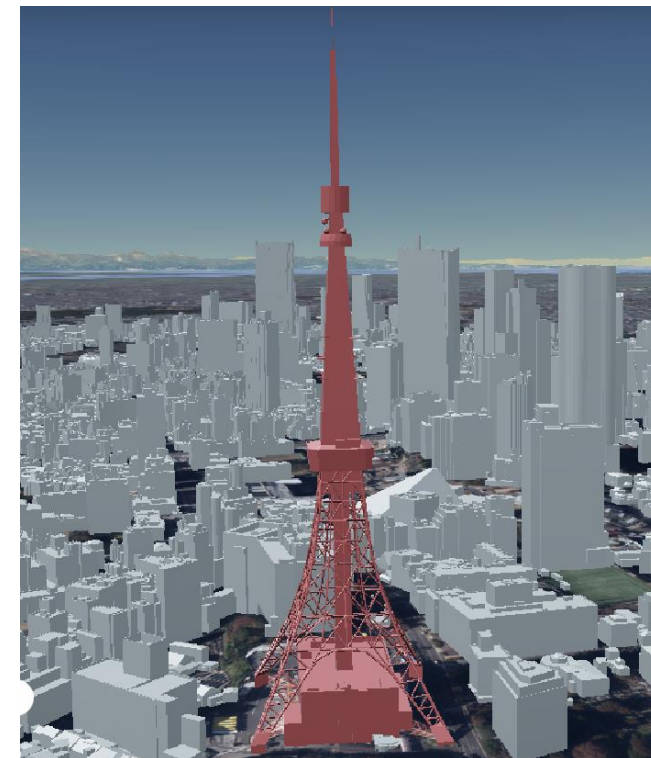
国土交通省 Project PLATEAUの登場

- 現実の都市を仮想空間に再現する3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化
- 2021年4月より公開、同年8月に全国56都市の3D都市モデルを公開
- 各種シミュレーション、都市計画、防災計画など様々な用途に対応

→ これまで非常に高価だった3D都市データをだれでも無料で使用することが可能に



PLATEAUが提供する千代田区エリアのデータを表示した様子
(国交省 公開webアプリケーション PLATEAU VIEW を使用)



PLATEAUが提供する港区データより(PLATEAU VIEW)

これまでの研究背景を踏まえ…

PLATEAUが公開するオープンデータを用いて
シミュレーション及び衛星選択を行い、マルチパス影響を評価

ポイント

- PLATEAUによるオープンデータを活用し、GNSSシミュレーションへの応用を検証
- RTK,CLAS測位による後処理を行って衛星選択の精度を評価
(先行研究ではRTK測位による評価は行われてきたがCLAS測位は初の試み)

日時と場所

2021年10月15日7:00(UTC) ~ 10月16日7:00(UTC) (天候: 晴れ)
東京海洋大学越中島キャンパス構内

衛星選択手法

- シミュレーション
東京海洋大学の区域を含むPLATEAU, NTTインフラネット社製の2種類の3D都市データを使用
- 受信機及び魚眼カメラ
カメラで撮影した写真を使用して衛星選択を行うため、高い精度が期待できる
→ シミュレーションとの精度を比較する指標として利用

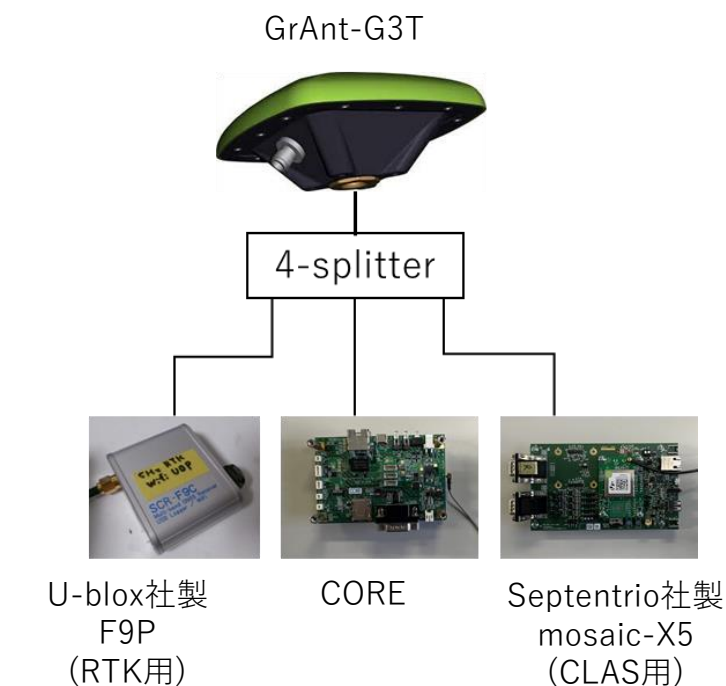
実験方法

1. 受信機にて取得した衛星観測データから、各手法ごとに衛星選択を実行
2. 衛星選択後の衛星観測データを後処理にてRTK測位、CLAS測位を実行
3. Fix率の変化を評価対象とし、衛星選択による精度向上を調査

3. 実験概要



第2実験棟、第3実験棟の間に受信機を設置
受信機位置の座標は以下
Lat : 35.6673885 Lon : 139.7916649 High : 39.527
(シミュレーション上の受信機位置として使用)

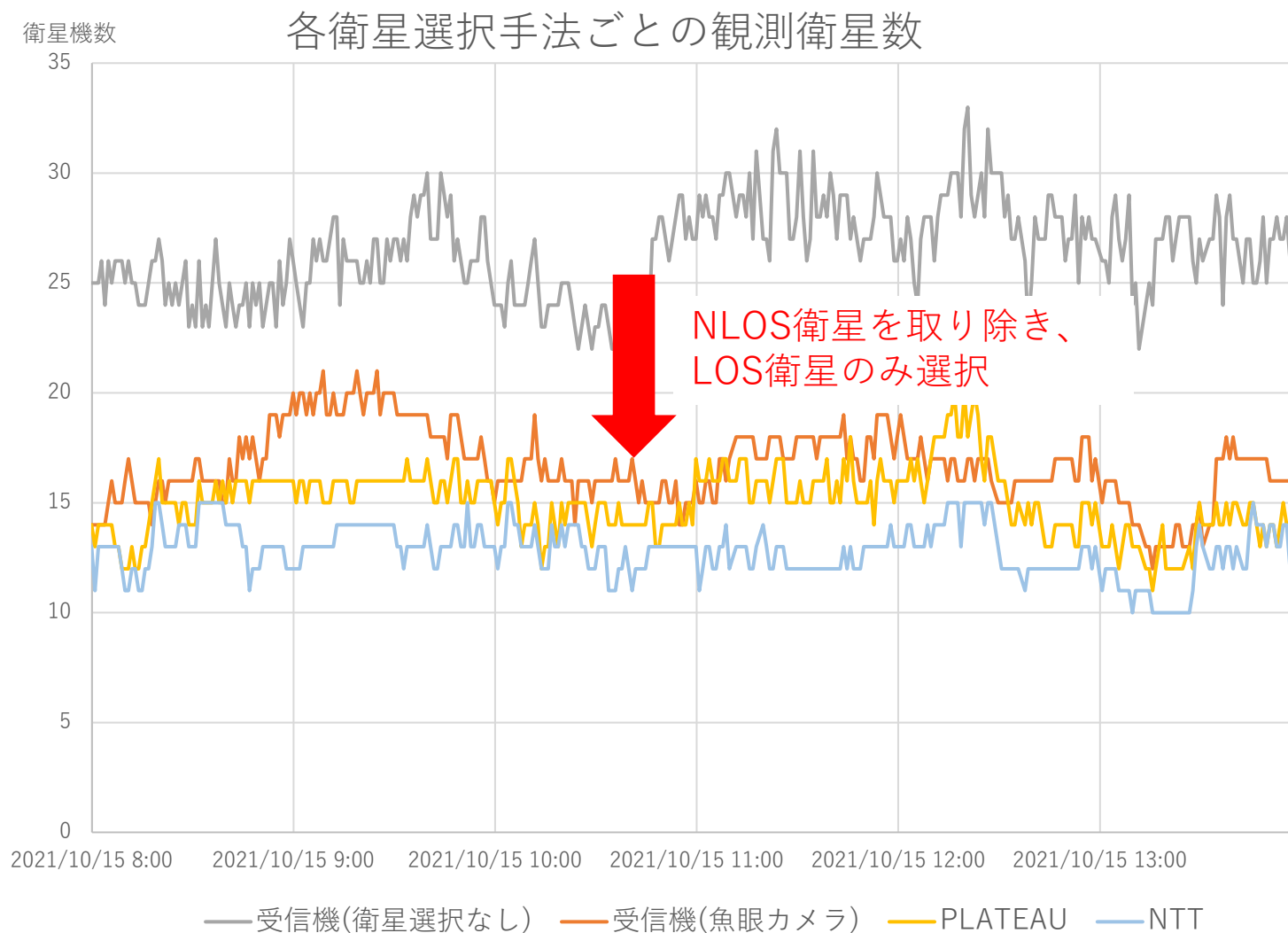


アンテナにて受信した電波を分波し、
各受信機にて解析(1Hzで取得)
CLASはL6信号を使用

評価方法

- RTK測位
 - 実験の解析には研究室にて開発したRTKエンジンを利用
 - 基準局は第4実験棟屋上
なお、基準局の都合で10月15日8時～14時(UTC)までの6時間
 - SNR マスク30dB
 - 仰角マスク15度
 - マルチGNSSに対応(GPS, QZSS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU)
- CLAS 測位
 - 実験の解析にはCLASLIB(オープンソース)を使用
 - 仰角マスク15度
 - 有意水準(significance level) 10%
 - マルチGNSSに対応(GPS, QZSS, GALILEO)

RTK測位



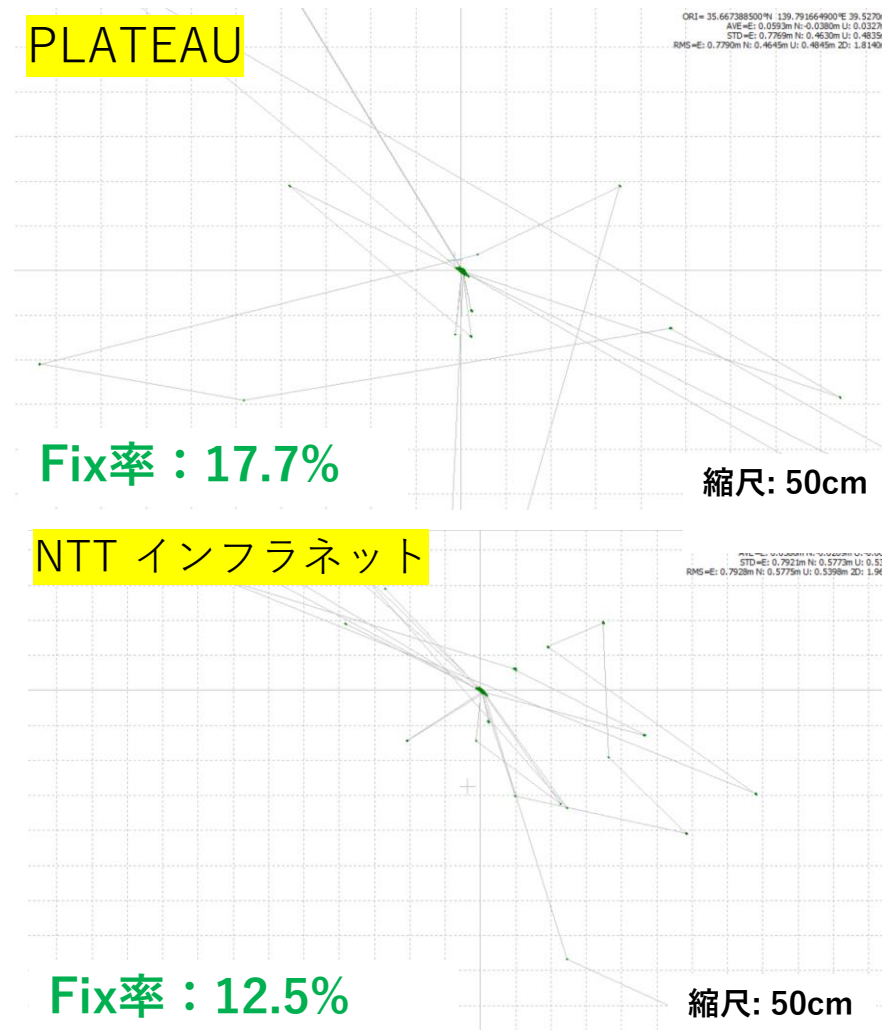
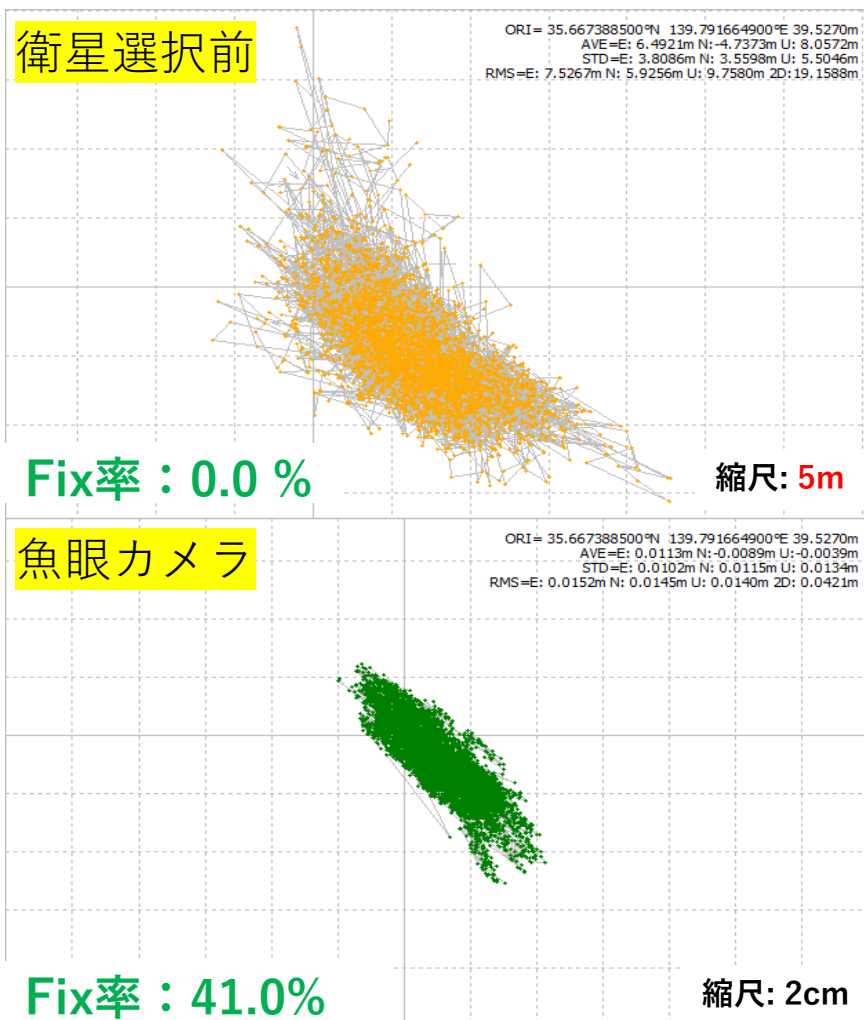
受信機: u-blox F9P
使用衛星: G,Q,R,E,B

観測衛星数

- 衛星選択なし
平均 26.5機
- 魚眼カメラ
平均 16.7機 (LOS衛星のみ選択)
- PLATEAU
平均 15.1機 (LOS衛星のみ選択)
- NTT インフラネット
平均 12.8機 (LOS衛星のみ選択)

4. 結果

RTK測位



真値 Lat : 35.6673885 Lon : 139.7916649 High : 39.527

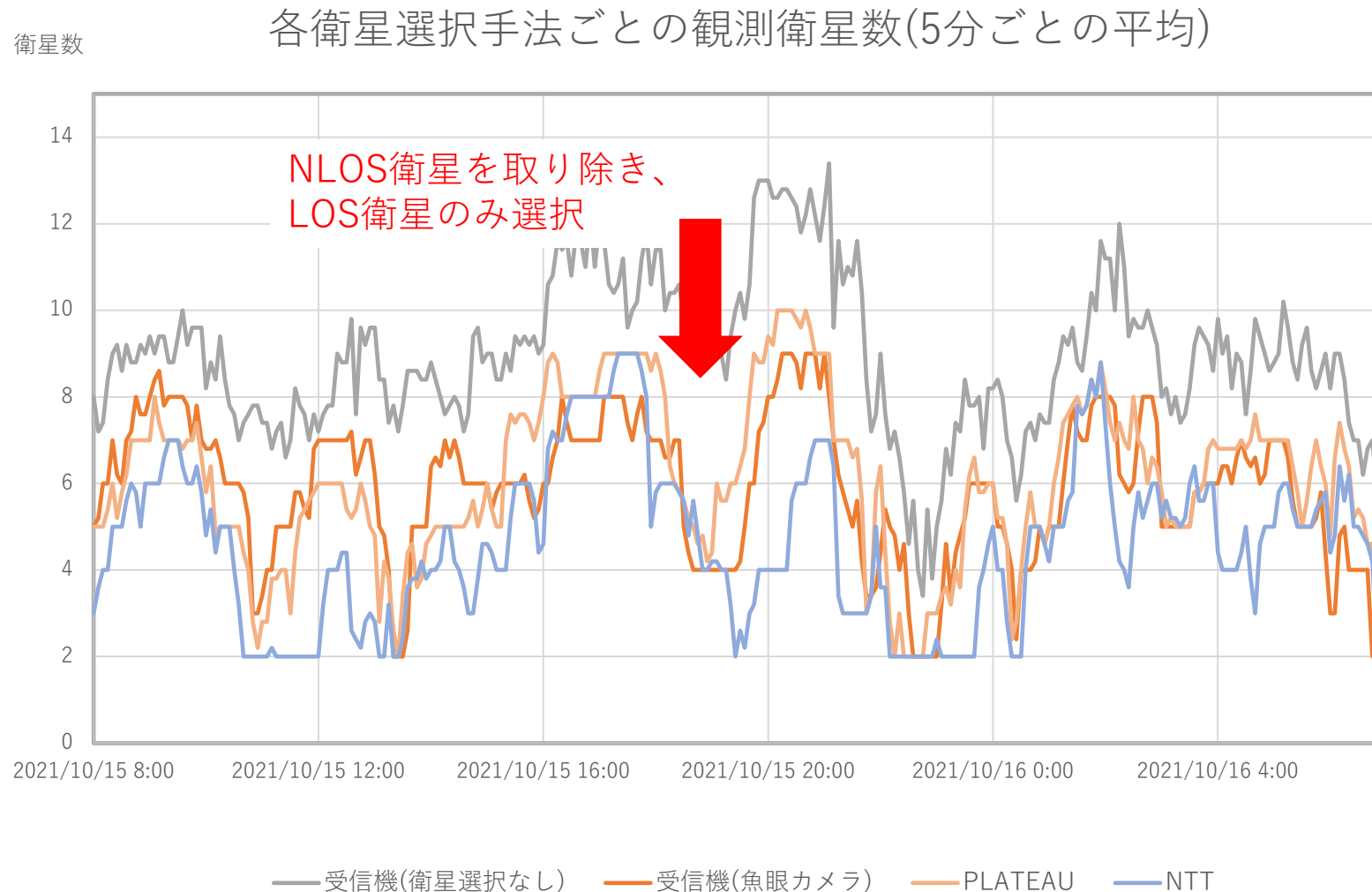
RTK測位

手法	Fix率	Fixした測位点に占める正しいFixの割合	miss Fixを取り除いた有効なFix率
受信機(衛星選択なし)	0.00%	0.00%	0.00%
受信機(魚眼カメラ)	41.00%	100.00%	41.00%
PLATEAU	17.70%	97.90%	17.33%
NTTインフラネット	12.50%	93.40%	11.68%

※Fixした測位点のうち、真値との水平誤差が20cmを超えた測位点をmiss Fixとした

NTTインフラネットよりもPLATEAUデータ使用時のほうがFix率は高い

CLAS測位



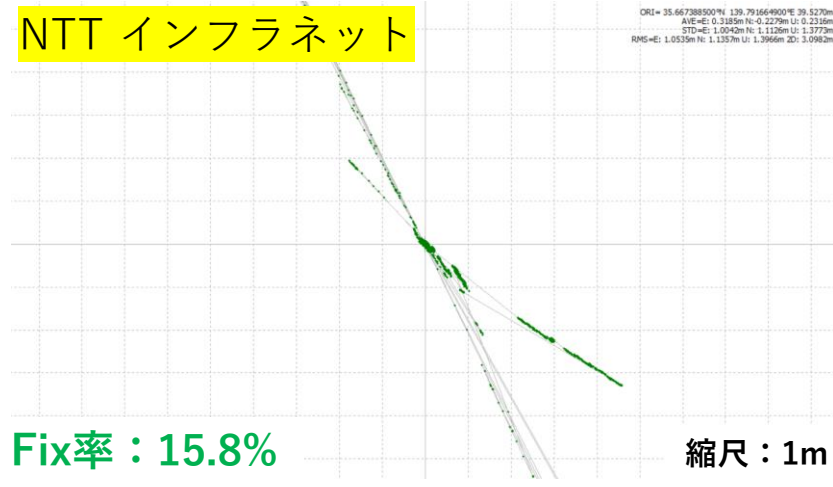
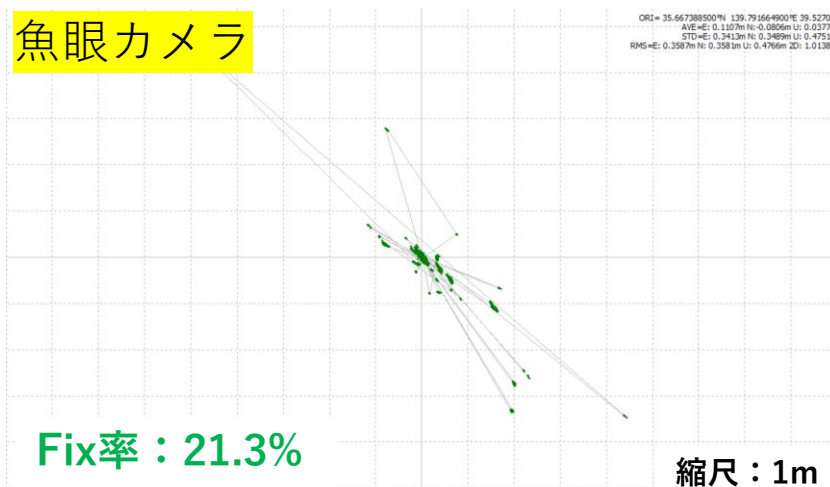
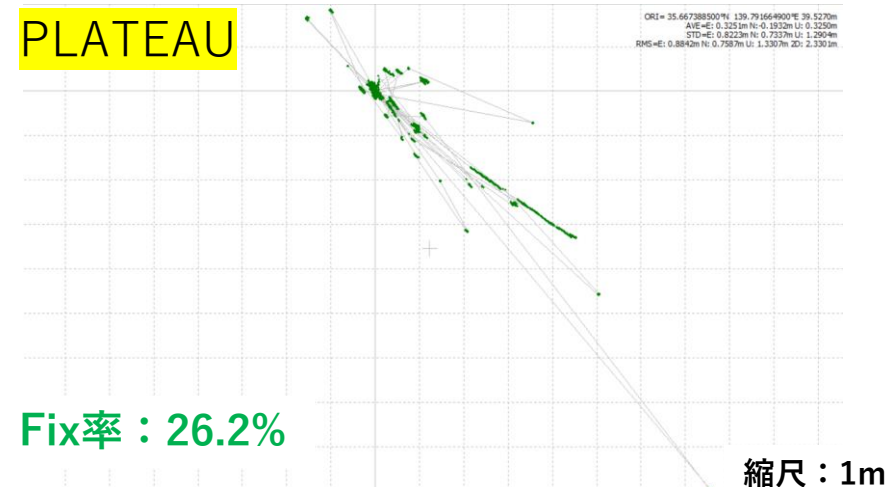
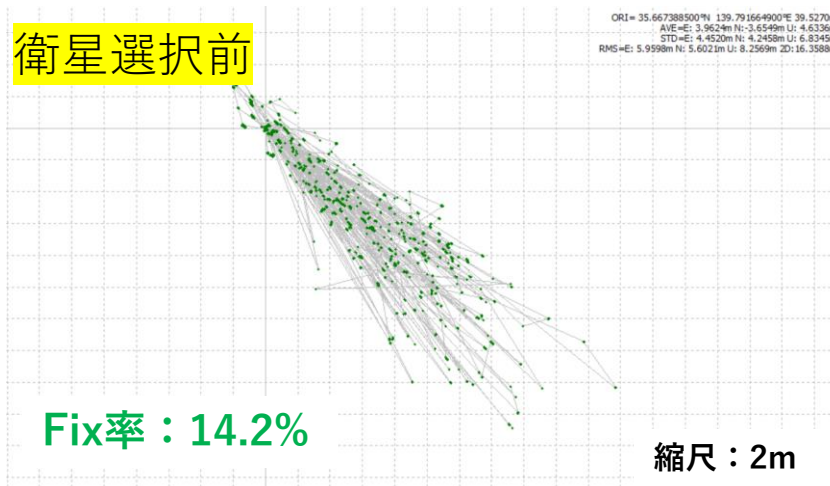
受信機: Septentrio mosaic-X5
使用衛星: G,Q,R

観測衛星数

- 衛星選択なし
平均 9.0機
- 魚眼カメラ
平均 5.9機 (LOS衛星のみ選択)
- PLATEAU
平均 6.1機 (LOS衛星のみ選択)
- NTT インフラネット
平均 4.6機 (LOS衛星のみ選択)

4. 結果

CLAS測位



真値 Lat : 35.6673885 Lon : 139.7916649 High : 39.527

CLAS測位

手法	Fix率	Fixした測位点に占める正しいFixの割合	miss Fixを取り除いた有効なFix率
受信機(衛星選択なし)	14.20%	20.50%	2.91%
受信機(魚眼カメラ)	21.30%	77.70%	16.55%
PLATEAU	26.20%	67.20%	17.61%
NTTインフラネット	15.80%	75.50%	11.93%

※Fixした測位点のうち、真値との水平誤差が20cmを超えた測位点をmiss Fixとした

PLATEAUを使用した衛星選択は魚眼カメラと変わらないFix率
NTTインフラネットよりもPLATEAUデータ使用時のほうがFix率は高い

まとめ

- PLATEAUとNTTインフラネット社製の3Dデータを使用した場合で比較すると、RTK測位,CLAS測位ともにPLATEAUのほうがFix率は高かった
→ PLATEAUの方が3Dデータの精度が高いためと考えられる
- PLATEAUデータを使用することで、3D都市データを用いたシミュレーションが無料かつ従来手法より精度良く行えた

課題

- 同様の実験をより建築物の影響を受ける都市部などにて調査する必要
- 今回使用した3Dデータとは異なる他の組織が公開する3Dデータを使用し、有意な差が現れるか検証する必要