

【旧刷新プログラム】 オンボード高精度単独測位技術 (PRECISE POINT POSITIONING : PPP) の 軌道上実証に係る共同研究

宇宙航空研究開発機構
第一宇宙技術部門
衛星測位システム技術ユニット
佐々木 俊崇

1

AGENDA

1. 実証概要

2. Lessons Learned

1. 実証概要(1/9)

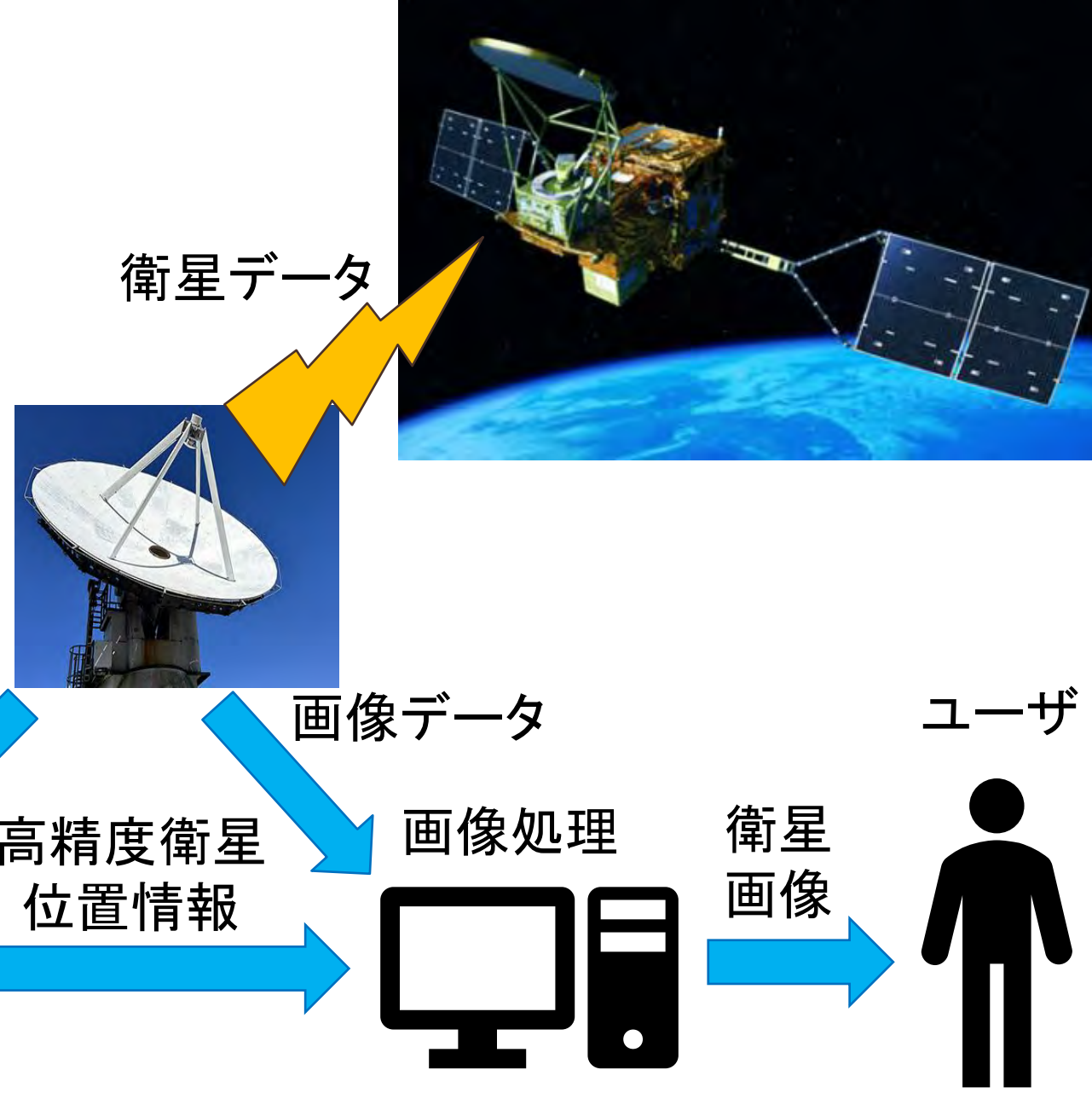
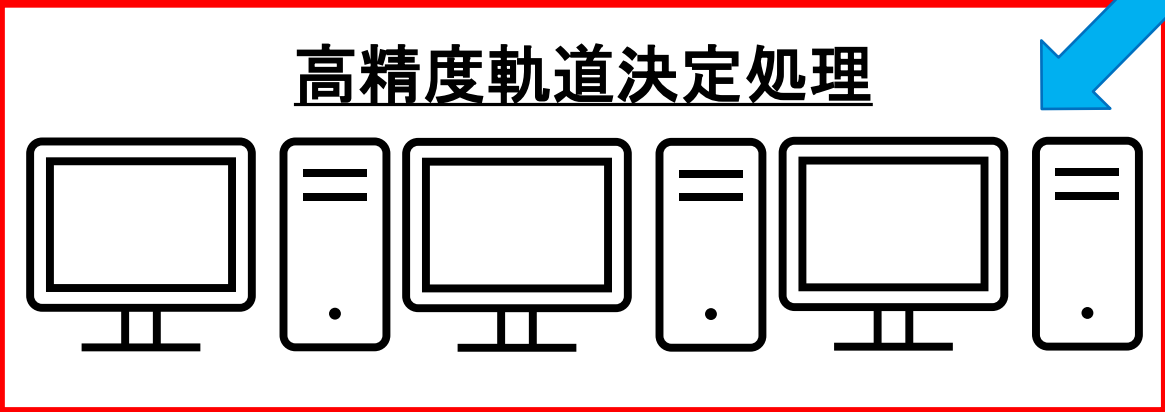
概要	準天頂衛星から放送される「L6E信号(MADOCA-PPP※)」と、GNSSから放送される「2周波の測位信号」を軌道上で受信して、 <u>リアルタイムにcm級(3D_RMS)</u> の高精度単独測位(Precise Point Positioning)を実現する(アルゴリズム検証)。
実験機器	オンボードPPP実証機(スターダストプログラムの枠組みで開発)
開発期間	2023年8月～2024年12月(1年5ヶ月)
搭載衛星	QPS-SAR 10号機
打上げ日	2025年5月17日(ロケット:Electron、射場:New Zealand)
初期機能確認期間	2025年6月～2025年10月
実証期間	2025年11月～2026年3月

※ Multi-GNSS Advanced Orbit and Clock Augmentation - Precise Point Positioning

1. 実証概要 (2/9)

オンボードPPP技術 適用前 (Before)

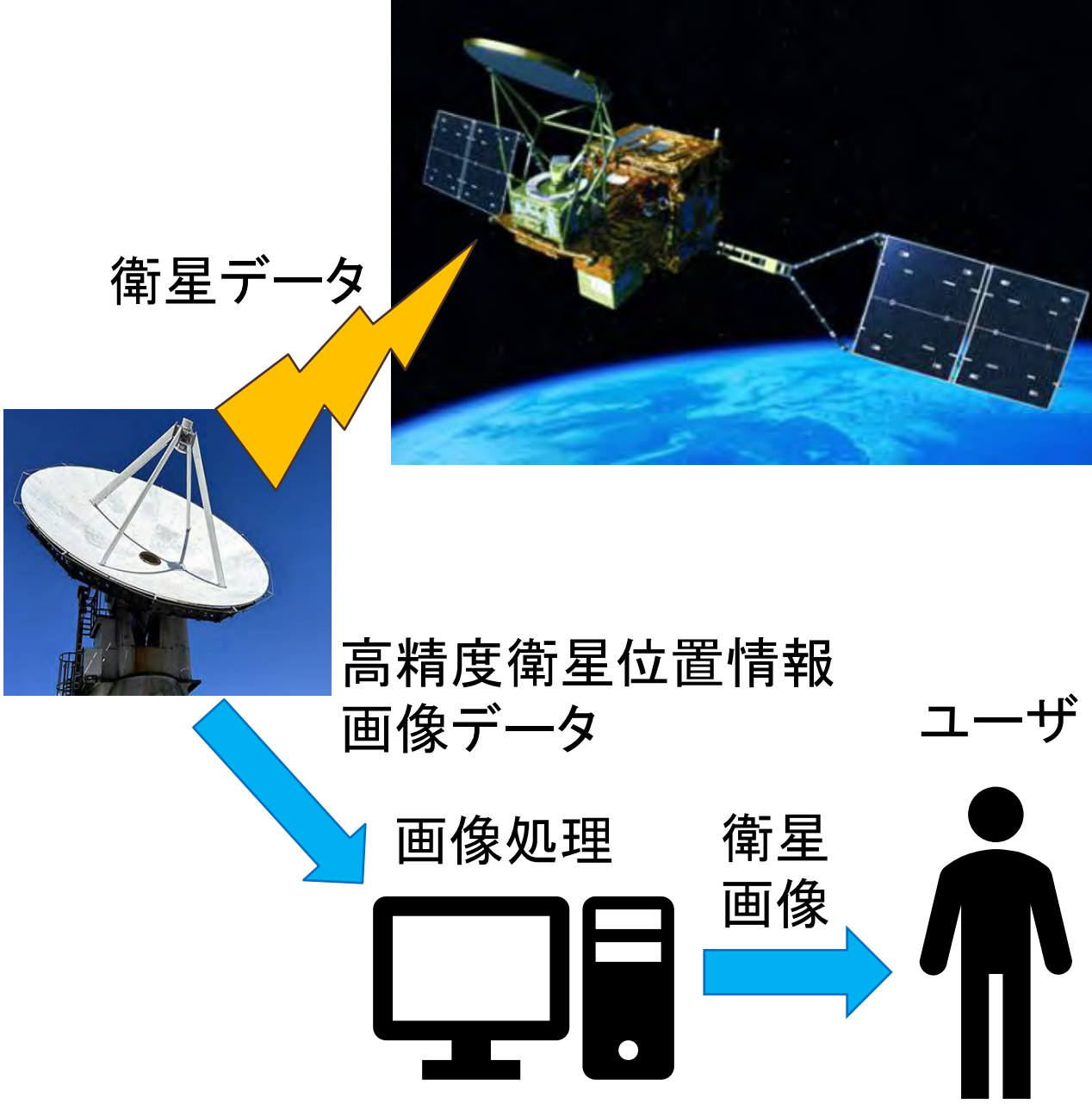
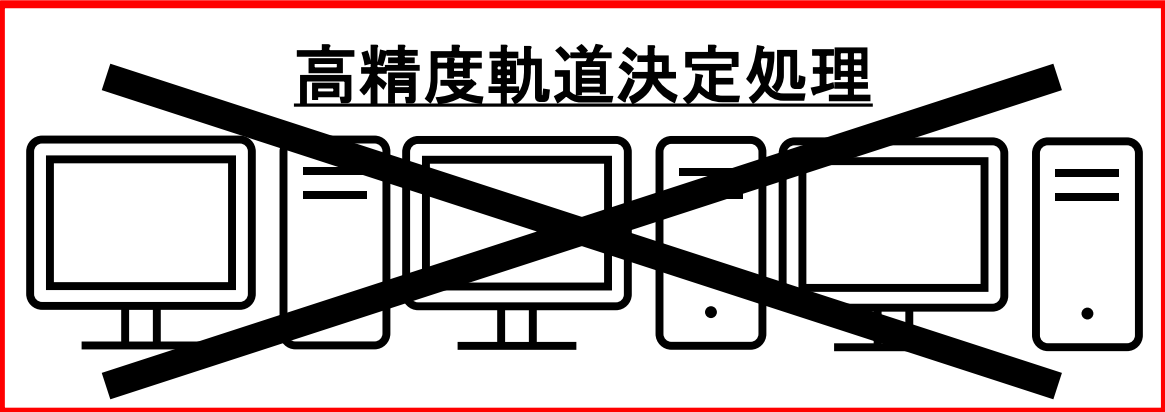
高精度軌道決定処理に
数時間～数日の時間が必要



1. 実証概要 (3/9)

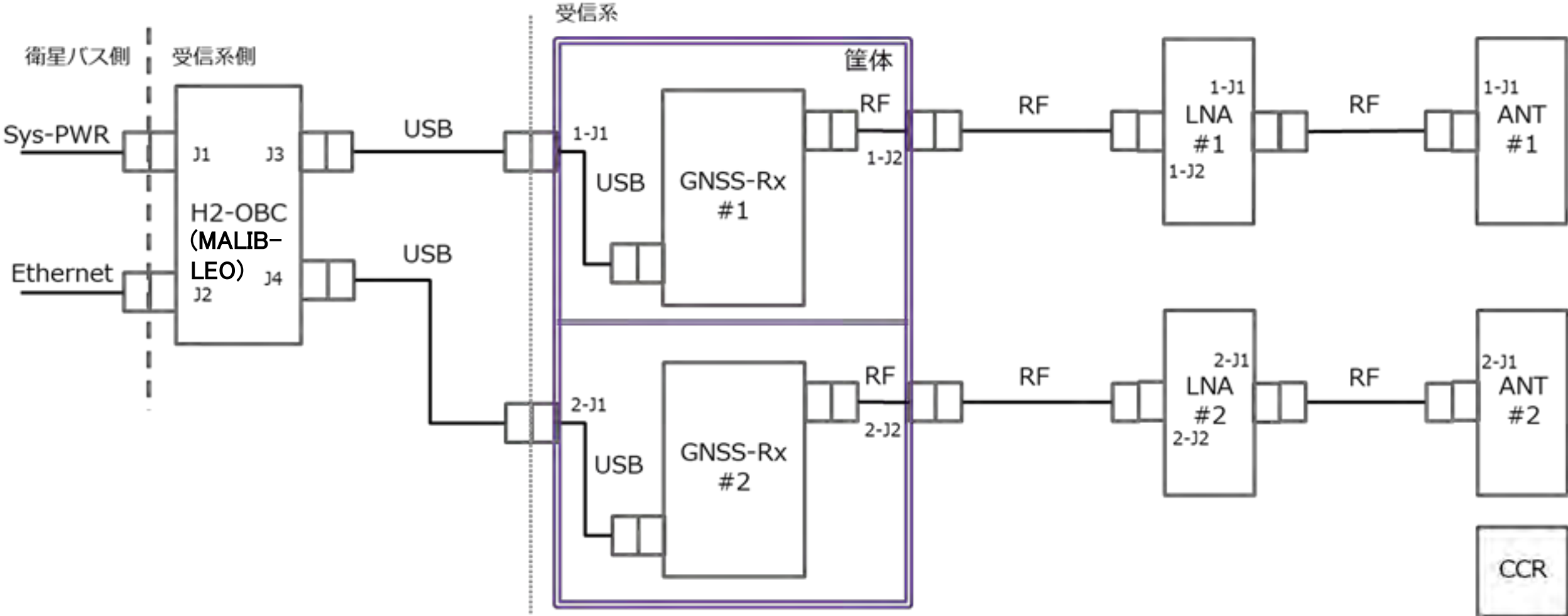
オンボードPPP技術 適用後 (After)

高精度軌道決定に関する
高負荷な地上処理が不要



1. 実証概要(4/9)

オンボードPPP実証機 ブロック図



1. 実証概要 (5/9)

初期機能確認 (2025年6月～2025年10月)

No	初期機能確認項目	実施日	結果
1	GNSS受信機設定変更(その1)	6/26, 27	正常動作を確認(7.9cm(3D RMS)@26分)
2	PPP-AR(電離層推定) 長時間データ取得(12H)	7/17	正常動作を確認(28cm(3D RMS)@12時間)
3	GNSS受信機設定変更(その2)	8/7	正常動作を確認
4	PPP-AR(電離層推定)	8/19	正常動作を確認
5	PPP(電離層フリー) PPP-AR(電離層推定) Inmarsat経由Realtime暦利用	8/20	正常動作を確認
6	PPP(電離層フリー) 軌道制御中データ取得	9/10	正常動作を確認
7	SLR機能確認	10/2, 3, 17	10/17に筑波SLR局でリターン信号を受信

1. 実証概要(6/9)

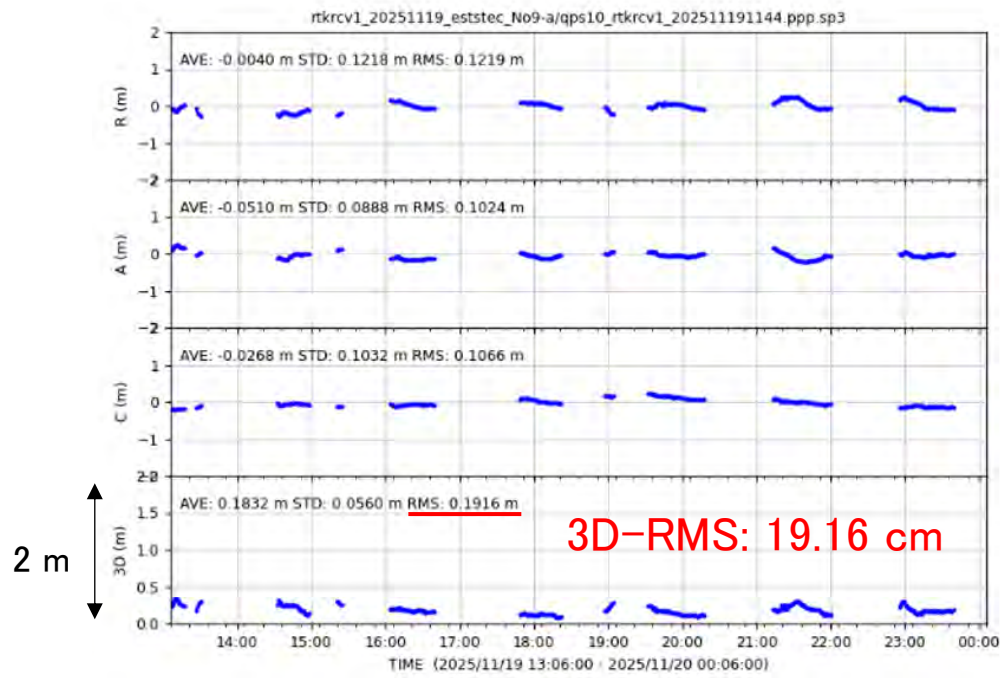
軌道上実証実験(2025年11月～2026年3月)

No	項目	内容
1	推定方法	<ul style="list-style-type: none">• PPP• PPP-AR
2	電離層	<ul style="list-style-type: none">• 電離層フリー線形結合• 電離層推定
3	準天頂衛星の不可視帯	<ul style="list-style-type: none">① GNSSから放送される放送暦に基づくオンボードPPP② 地上で計算したGNSS予測暦(JAXA超速報暦)に基づくオンボードPPP③ 高精度力学モデルに基づくQPS-SAR10号機オンボード軌道伝播④ データ中継衛星(インマルサット)経由で配信される JAXA MADOCAリアルタイム暦に基づくオンボードPPP⑤ オンボードでL6E信号と高精度力学モデルを使用して計算した GNSS予測暦に基づくオンボードPPP
4	軌道制御	<ul style="list-style-type: none">• 電気推進加速度なし• 電気推進加速度あり

1. 実証概要 (7/9)

軌道上実証実験 (QZSS可視帯)

- 2025年11月19日と2026年1月21日の軌道上実証実験データの評価結果から、オンボードPPPの測位精度が「約20 cm (3D-RMS)」であることを確認した。
- なお、評価のリファレンスは、追跡NWで実績のある高精度軌道決定S/W (TAKUMI) を使用している (SLR残差評価で「約1.5 cm (RMS)」の精度確認)。



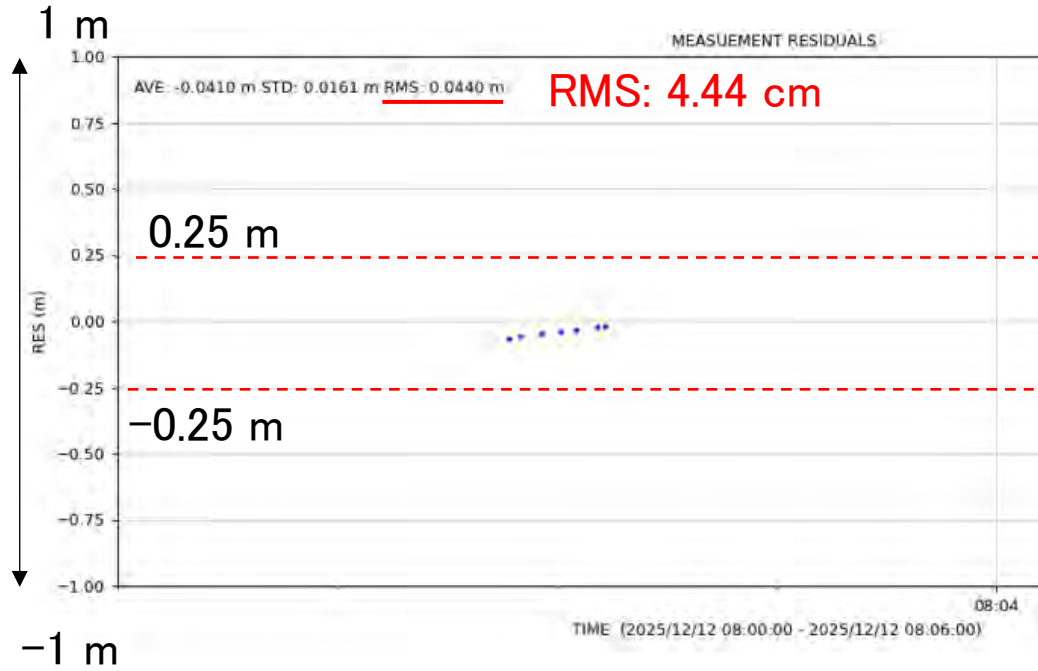
Date	3D-RMS(cm)
2025/11/19	19.16
2026/1/21	23.37

上記いずれも電離層推定モードの結果

1. 実証概要 (8/9)

軌道上実証実験 (QZSS可視帯SLR評価)

- 2025年11月19日と12月12日に実施したつくば局を使用したSLR残差評価において、オンボードPPPの精度が「7.5 cm程度 (RMS)」、「4.4 cm程度 (RMS)」であることを確認した。



Date	SLR残差 (cm)
2025/11/19	7.46
2025/12/12	4.44

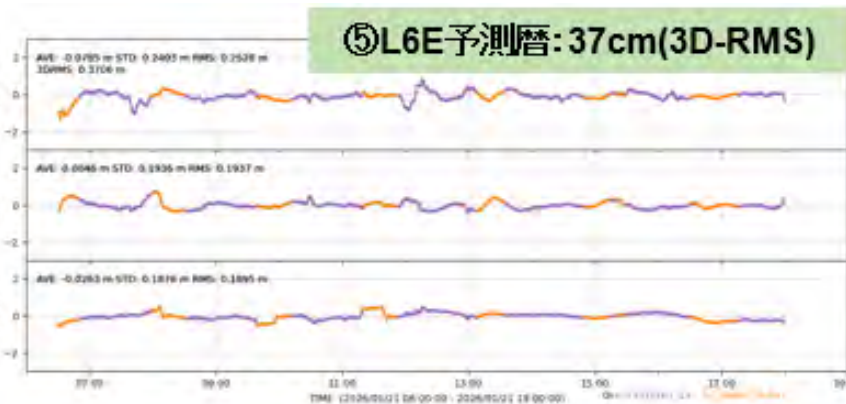
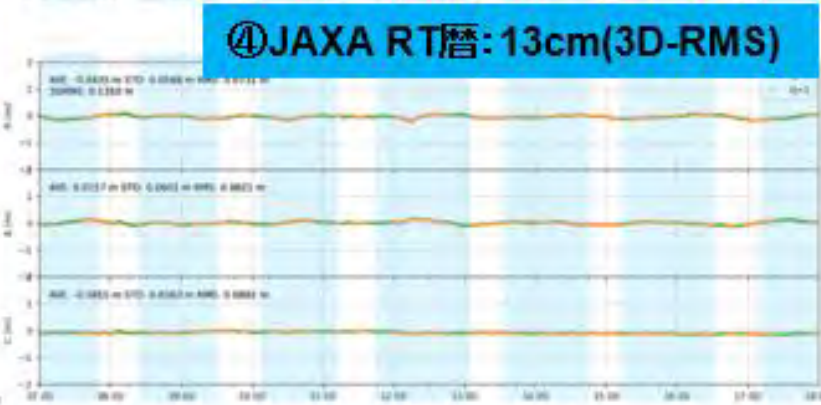
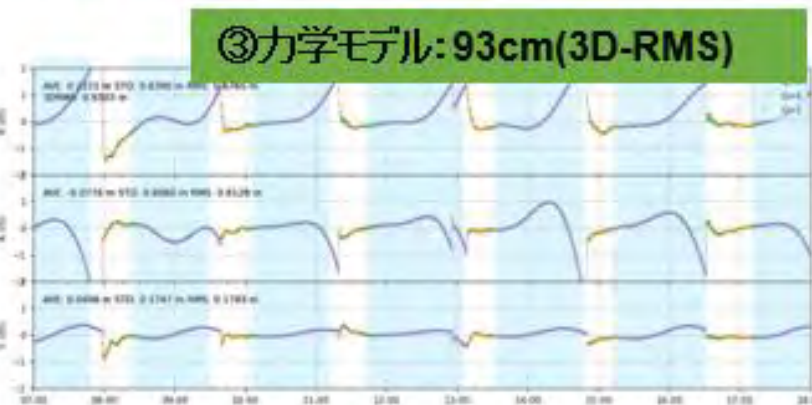
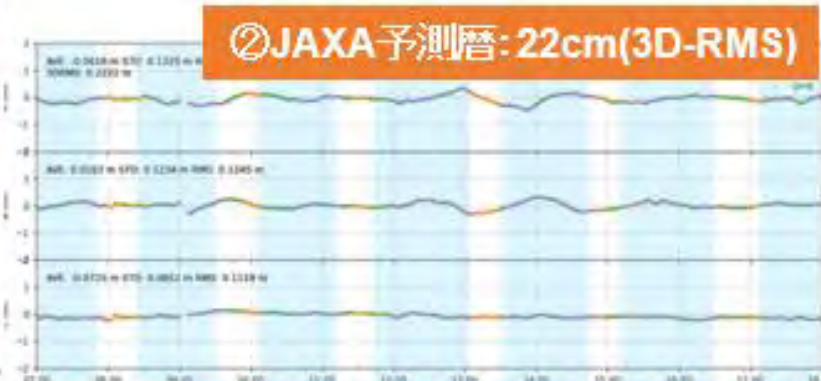
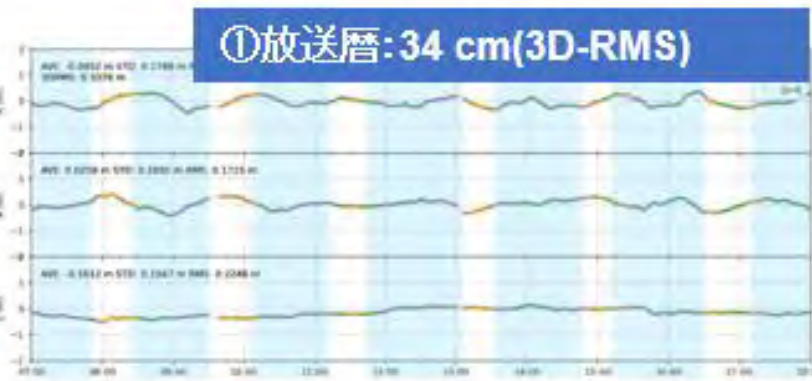
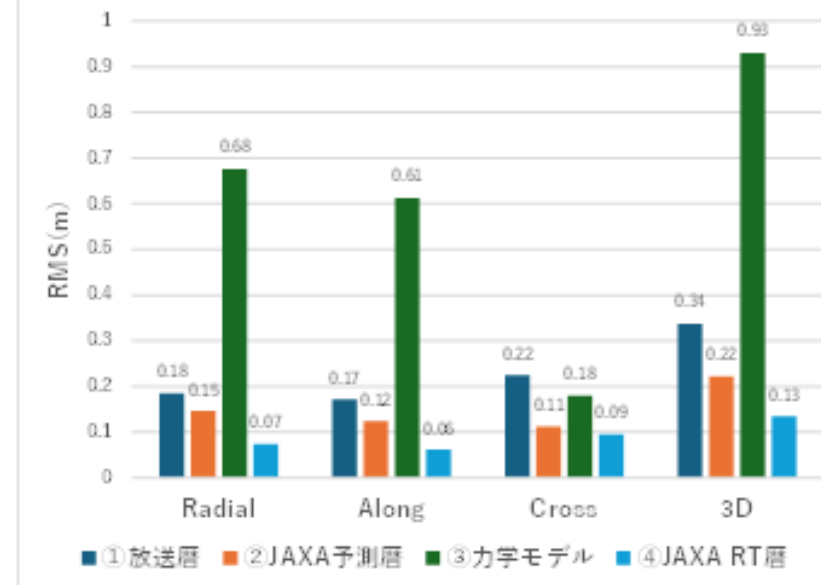
SLR残差結果 (2025/12/12)

1. 実証概要(9/9)

軌道上実証実験(QZSS不可視帯)

測位方式:PPP-AR/IFLC

オンボードPPP精度評価結果
(2026/01/21 07:00-18:00)



不可視帯(L6E未受信)

2. Lessons Learned

- 実証において苦労したこと

- ① SLR運用
- ② 高精度な評価リファレンスの生成
- ③ 精度劣化要因の調査

- 実証前段階にやっておくべきこと

- ① GNSSシミュレータを使用したフライト機器の動作確認
- ② フライト機器の設定値と設計値(根拠含む)の整合性確認
- ③ フライト機器を使用した地上での軌道上運用手順確認
- ④ 他機関、他部門、他部署との連携作業