

レジリレントPNTワークショップ

オンボードPPP技術の研究開発 (PPP : PRECISE POINT POSITIONING)

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

1. レジリレントPNTワークショップと
オンボードPPP技術の関係について
2. 軌道上実証概要
3. JAXA知的財産の活用について

1. レジリレントPNTワークショップと オンボードPPP技術の関係について

- オンボードPPP (Precise Point Positioning) は、GNSSからの測位信号を軌道上で受信し、**リアルタイムにcm級の軌道決定、および、sub-nano秒級の時刻同期**を実現することができる技術である。
- 昨今、世界中でジャミング、スプーフィング等の影響によるGNSSの脆弱性が指摘されており、**GNSSよりも高い妨害波耐性を有するLEO-PNT**の実現に向けた検討が加速している。
- LEO-PNTでグローバルな**レジリレントPNTサービス**を提供するためには、数百機の衛星コンステレーションを構築する必要があり、**衛星1機あたりのコスト低減が重要**となる。
- オンボードPPPは、軌道上で高精度な軌道・時刻情報を生成することが可能な技術であるため、本技術をLEO-PNTに搭載すれば、高価な原子時計を衛星に搭載することなく**高品質なエフェメリス情報を生成することが可能**となり、**衛星1機あたりのコスト低減に貢献**することができる。

2. 軌道上実証概要(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、リアルタイムにcm級(3D_RMS)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

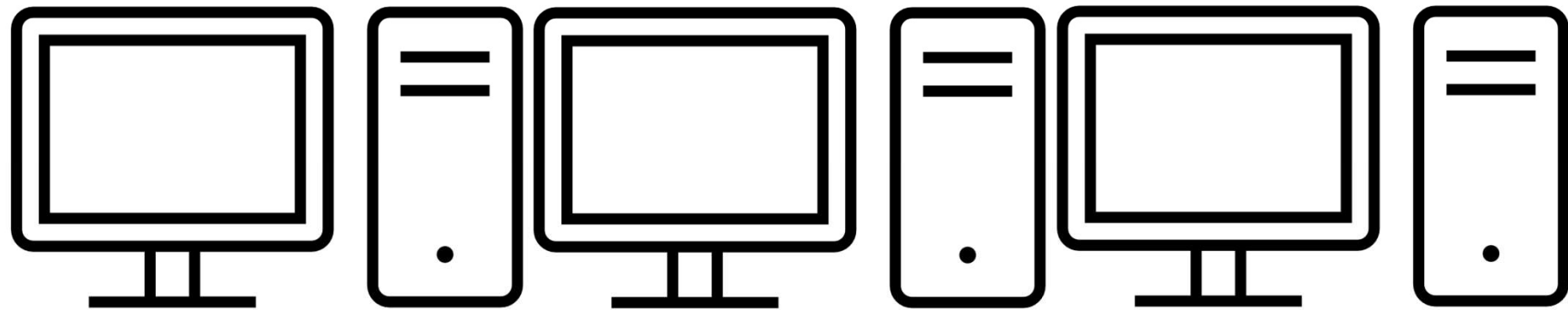
2. 軌道上実証概要(2/9)

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



高精度軌道決定処理

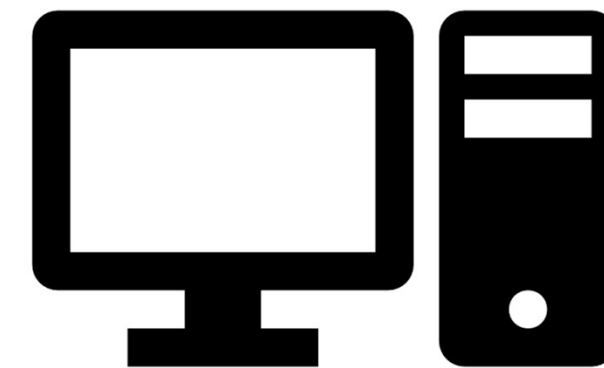


軌道データ

高精度衛星
位置情報

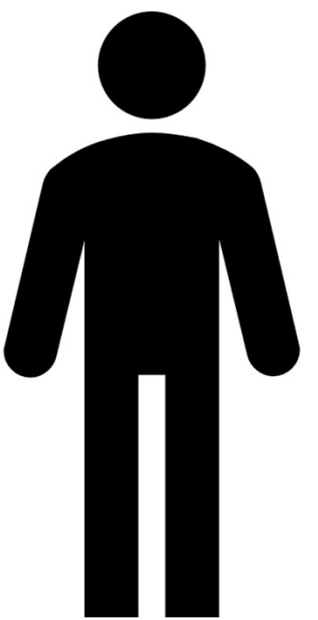
画像データ

画像処理



衛星
画像

ユーザ



衛星データ



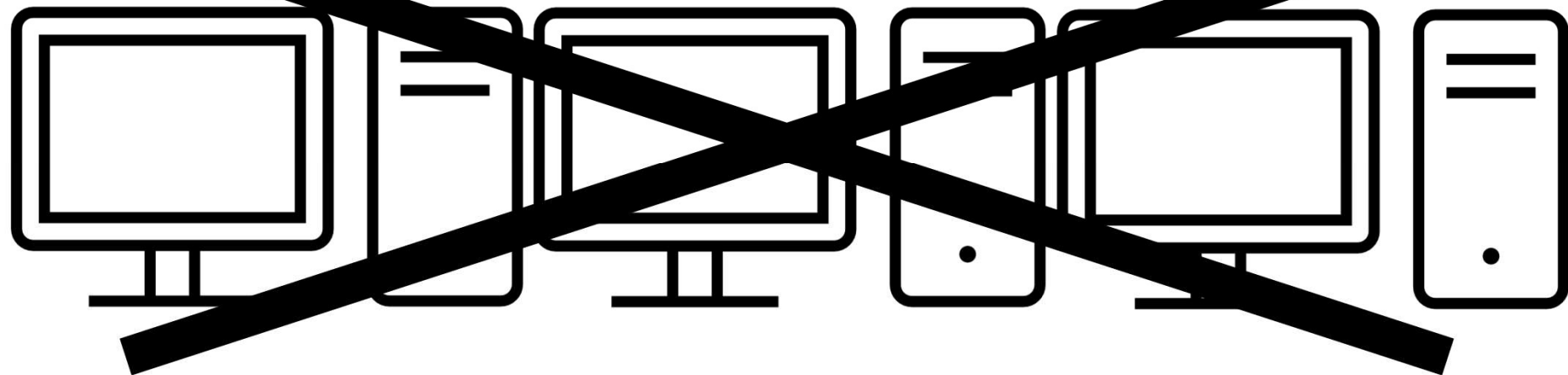
2. 軌道上実証概要(3/9)

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



高精度軌道決定処理



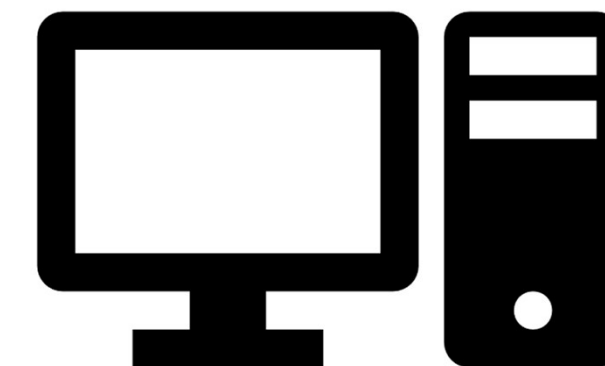
レジレントPNTワークショップ@X-NIHONBASHI TOWER

衛星データ

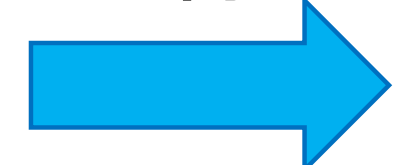


高精度衛星位置情報
画像データ

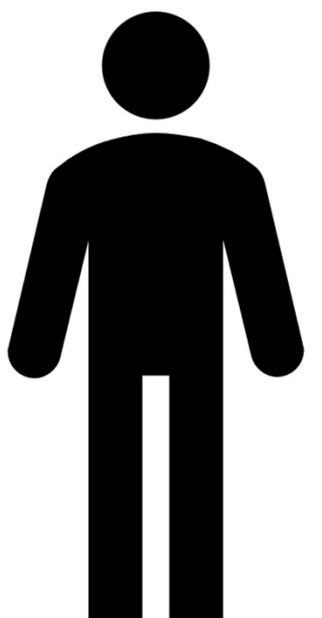
画像処理



衛星
画像



ユーザ

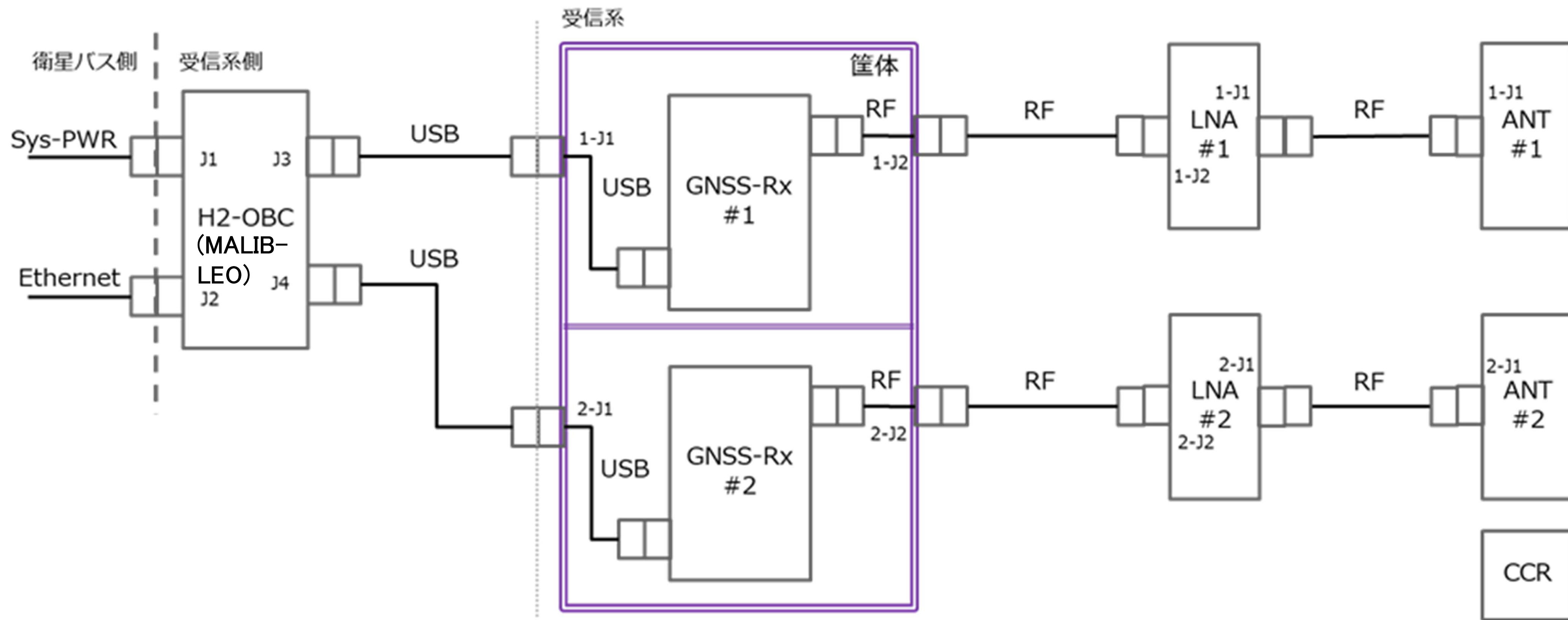


2026/7/29

6

2. 軌道上実証概要(4/9)

オンボードPPP実証機 ブロック図



2. 軌道上実証概要(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

2. 軌道上実証概要(6/9)

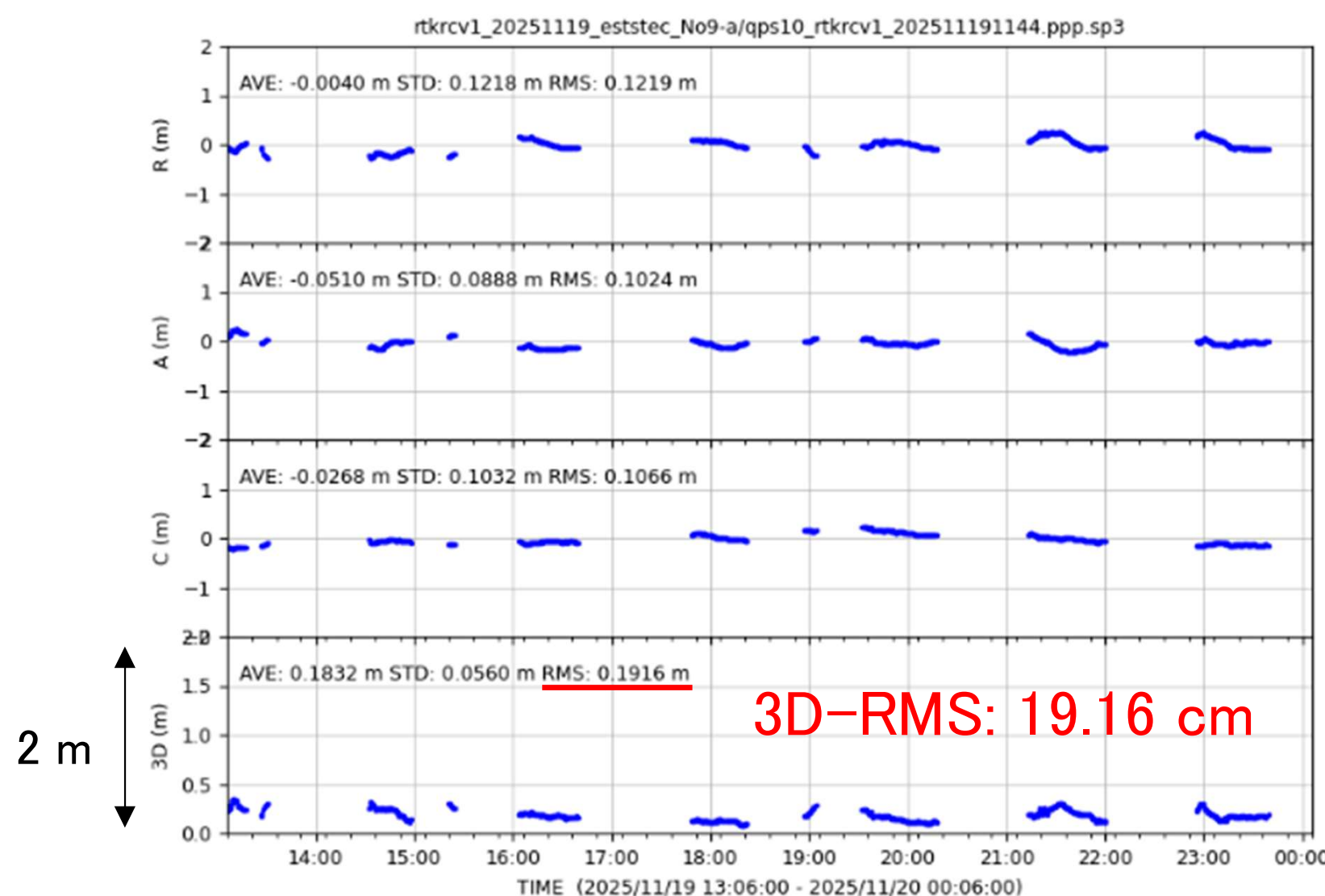
軌道上実証実験(2025年11月～2026年3月)

No	項目	内容
1	推定方法	• PPP • PPP-AR
2	電離層	• 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	① GNSSから放送される放送暦に基づくオンボードPPP ② 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PPP ③ 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PPP ⑤ 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	• 電気推進加速度なし • 電気推進加速度あり

2. 軌道上実証概要(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)。



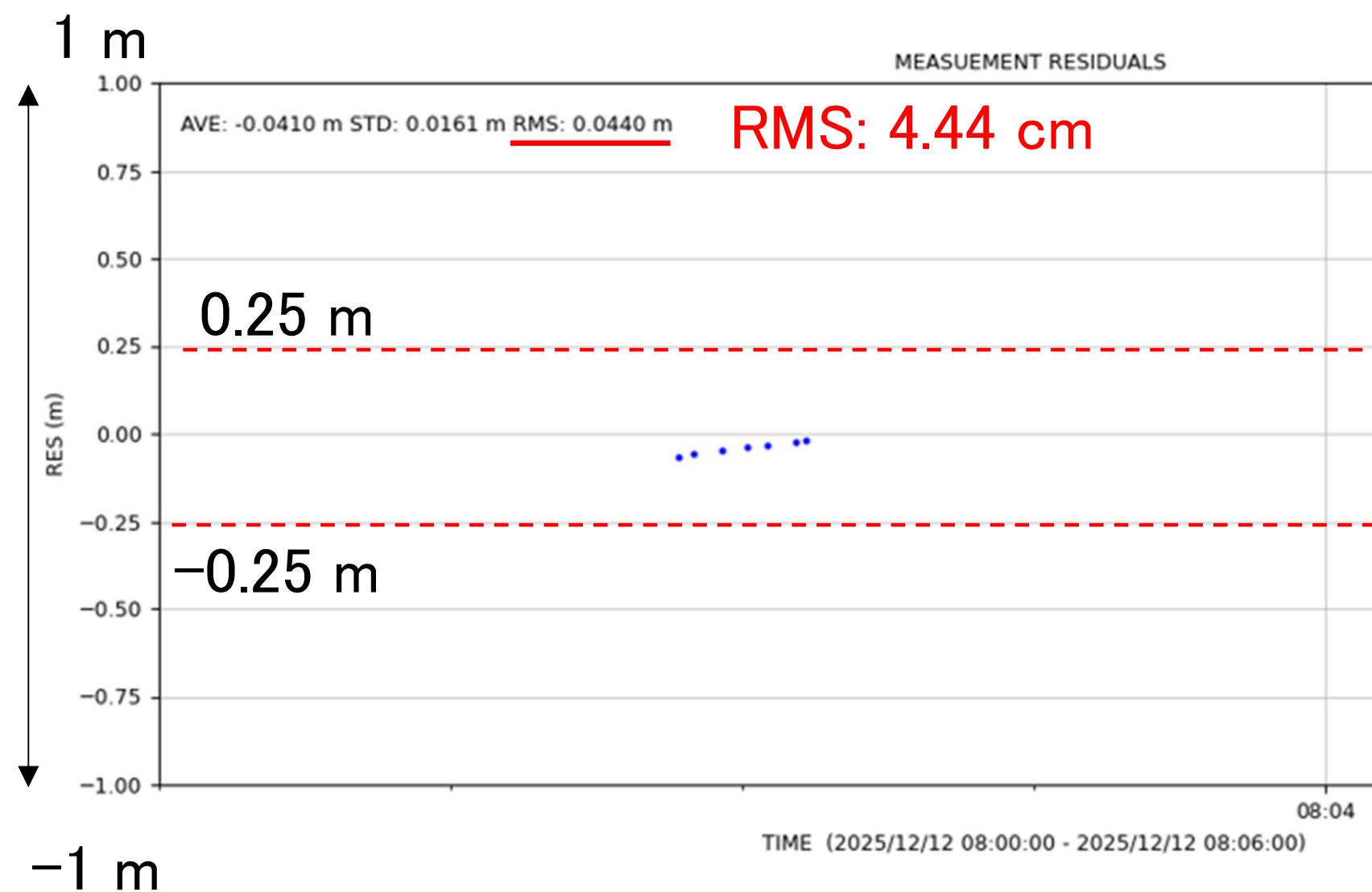
Date	3D-RMS(cm)
2025/11/19	19.16
2026/1/21	23.37

上記いずれも電離層推定モードの結果

2. 軌道上実証概要(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。

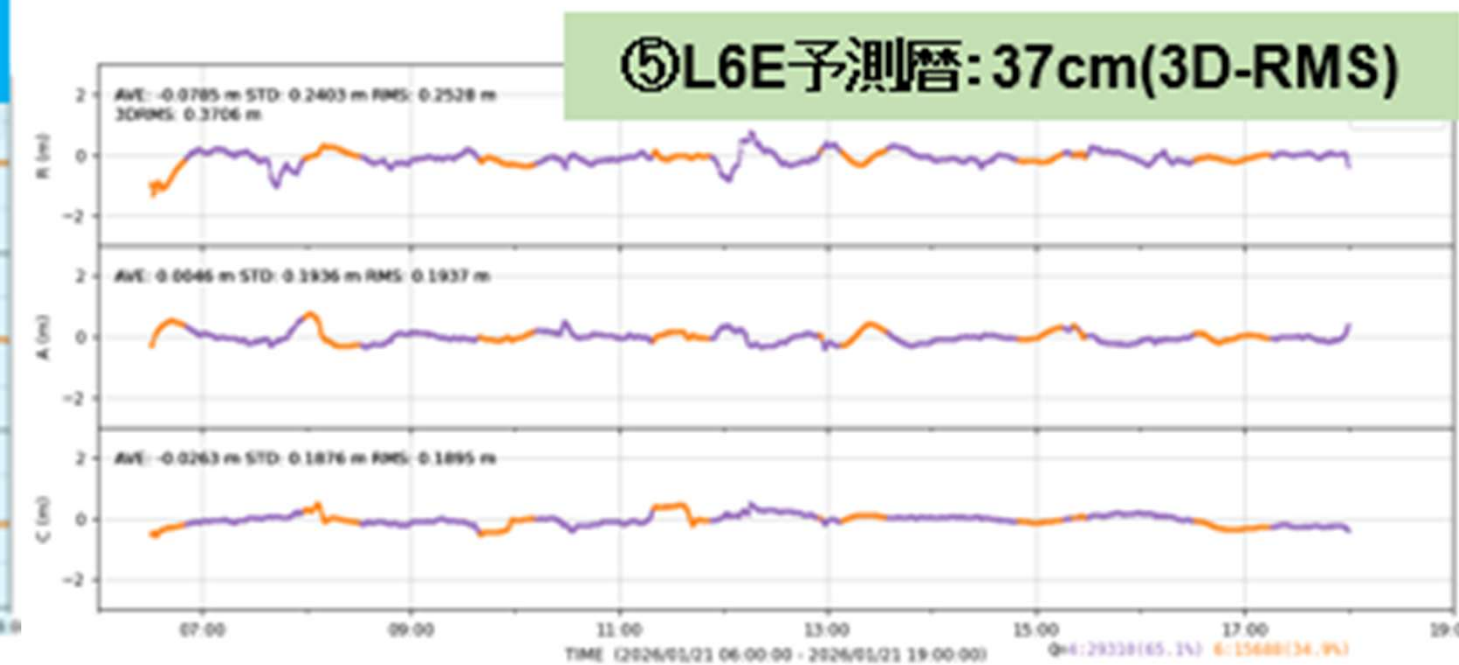
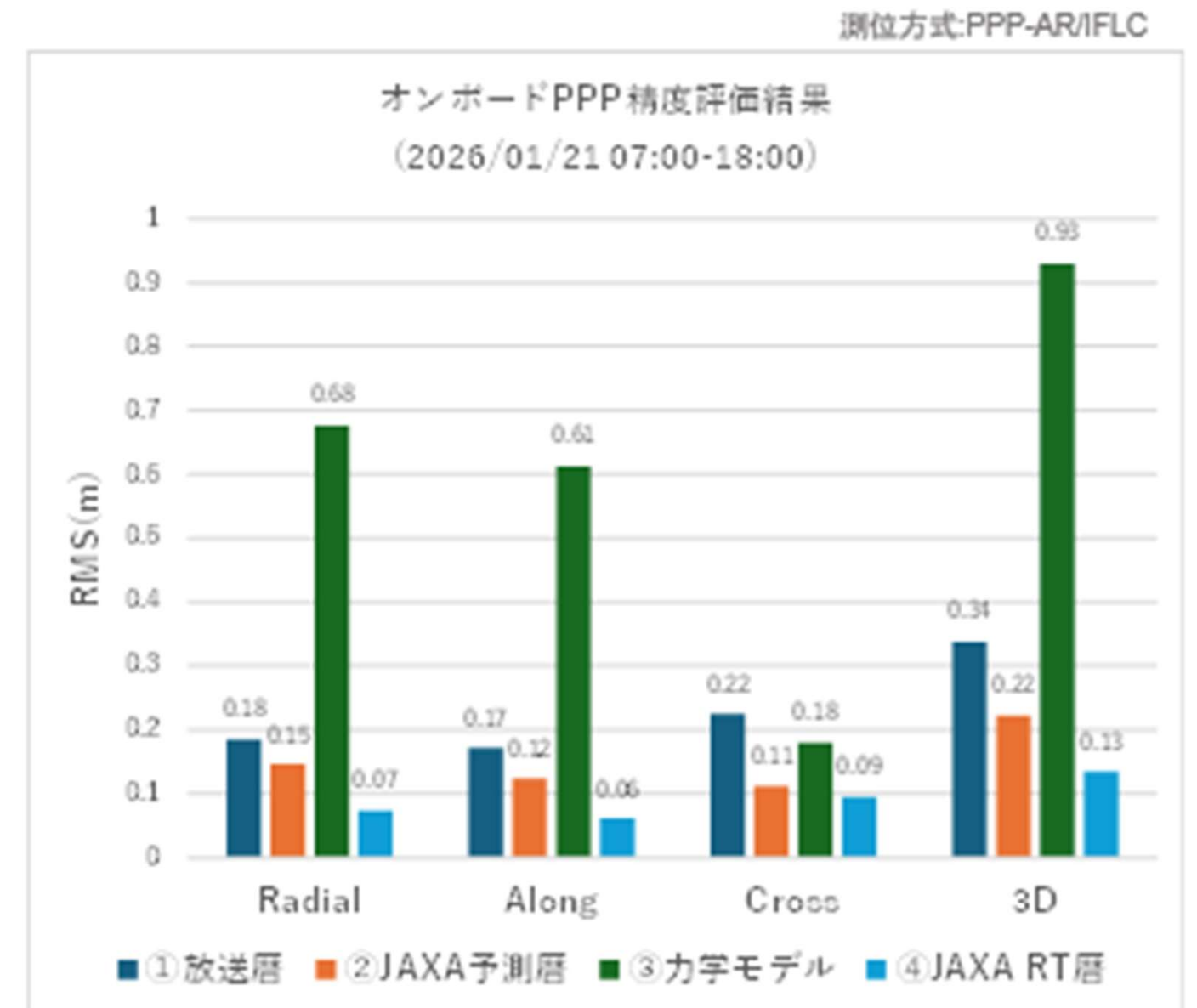
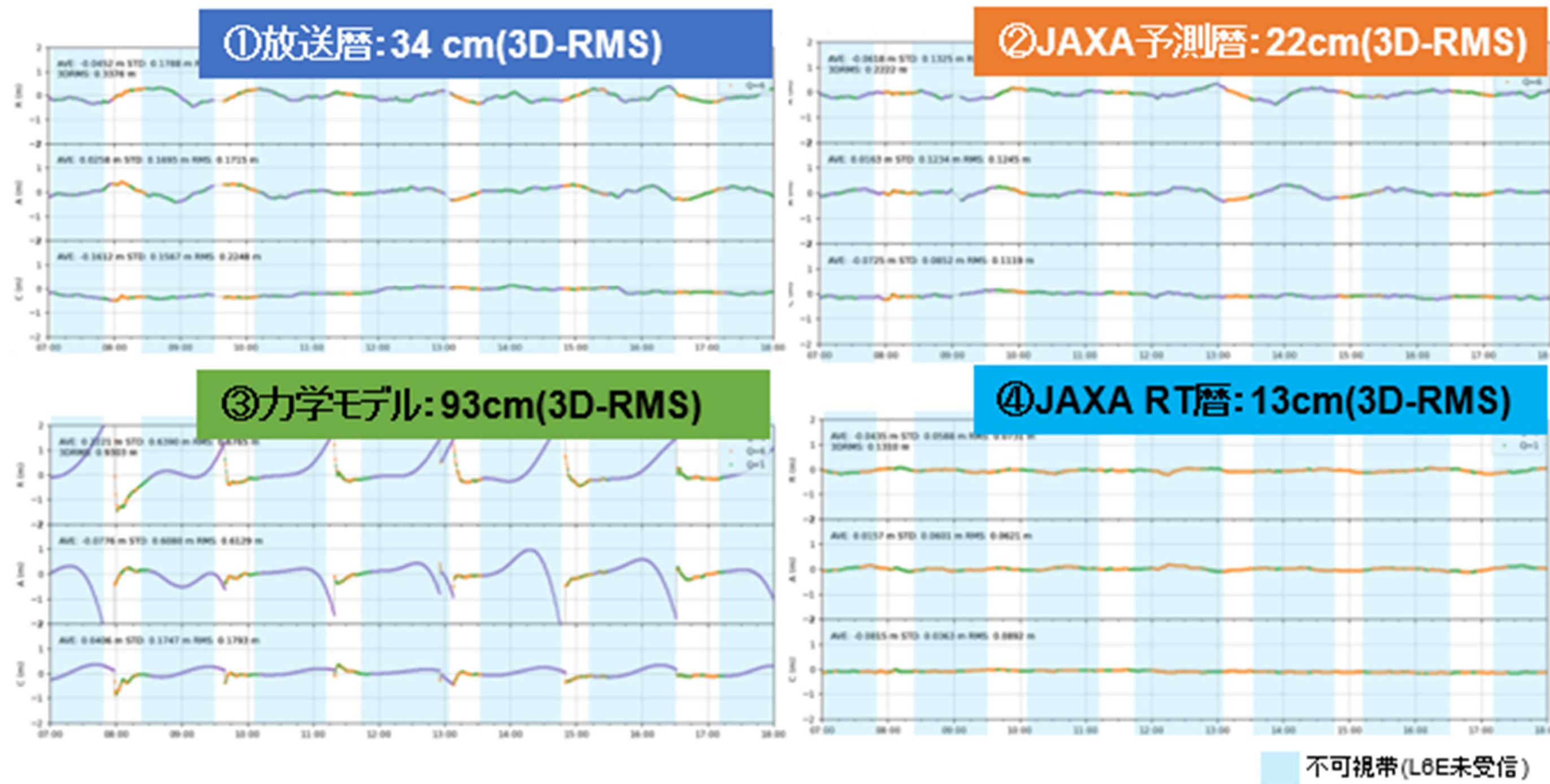


SLR残差結果(2025/12/12)

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

2. 軌道上実証概要(9/9)

軌道上実証実験(QZSS不可視帯)



3. JAXA知的財産の活用について

- JAXA衛星測位システム技術ユニットは、オンボードPPP技術の社会実装を実現するために、以下のURLで、「オンボードPPPソフトウェア (MALIB-LEO ver.1.2.2)」の利用許諾申請を受付けております。
https://www.jaxa.jp/about/ip_policy/index_j.html
- 「MALIB-LEO ver.1.2.2」は、軌道上実証で識別された要改善点が未反映のバージョンとなりますが、利用を希望される方は、上記URLに基づき、事務局まで知的財産許諾申請書を提出してください。
- なお、時期は未定になりますが、機能改善を施した「MALIB-LEO」についても、利用許諾申請を受付ける予定です。