

小型技術刷新衛星研究開発プログラム

オンボード PPP 技術に関する情報提供要請(RFI)

【オンボード PPP 軌道上実証編】

2023年10月10日 NC

2023年10月23日 A改訂

目次

CONTENTS

1.	はじめに.....	3
2.	オンボード PPP 軌道上実証計画について.....	3
2.1	オンボード PPP 軌道上実証：基本形態.....	3
2.2	オンボード PPP 拡張実験（案 1）.....	7
2.3	オンボード PPP 拡張実験（案 2）.....	9
2.4	オンボード PPP 拡張実験（案 3）.....	11
3.	オンボード PPP 技術のアルゴリズム開発に資するデータの取得.....	12

1. はじめに

【オンボード PPP 軌道上実証編】では、衛星事業者との連携に関して 2 項目を想定しています。一つは、オンボード PPP 技術を事業者保有の衛星に搭載し、軌道上実証データを取得する連携、もう一つは JAXA が進めるオンボード PPP 技術のアルゴリズム開発に資するデータの取得への協力になります。以降に、それぞれの内容を示します。

2. オンボード PPP 軌道上実証計画について

オンボード PPP 軌道上実証では、実際にオンボード PPP 技術を軌道上動作させ、評価を行うものです。軌道上実証形態は、基本形態とともに、成果の拡大を目指す拡張実験案（案 1～3）があります。

本情報提供要請では、基本形態への情報提供、乃至は拡張実験への情報提供を求めます。基本形態、拡張実験案いずれも共同研究契約（JAXAから一部資金提供を行う場合もあります。）を締結して実施する想定です。

2.1 オンボード PPP 軌道上実証：基本形態

(1) 概要

本実証は、事業者が保有する衛星にオンボード PPP の軌道上実証を行うために最低限必要な機材（(2) 実証コンフィグレーション参照）を搭載し、軌道上で実際にオンボード PPP を動作させ評価を行うとともに、オンボード PPP アルゴリズムを書き換えて評価を行うことで、アルゴリズム性能を向上させる実証となります。

(2) 実証のコンフィグレーション

本実証を実施するにあたり必要な機器を図 1 に示します。各機器の大きさ、質量、仕様等の詳細については付録 1 に示します。天頂方向（-Z 方向）に視野持つ GNSS アンテナを搭載できること、視野が確保できることが重要なポイントとなります。Mt. Fuji は、レーザ測距用のコーナーキューブリフレクター（CCR）で地上 SLR 局のレーザ測距データとオンボード PPP によって求めた CCR 位置と地上局との距離の差（SLR 残差）を用いたオンボード PPP の性能評価に使用します。

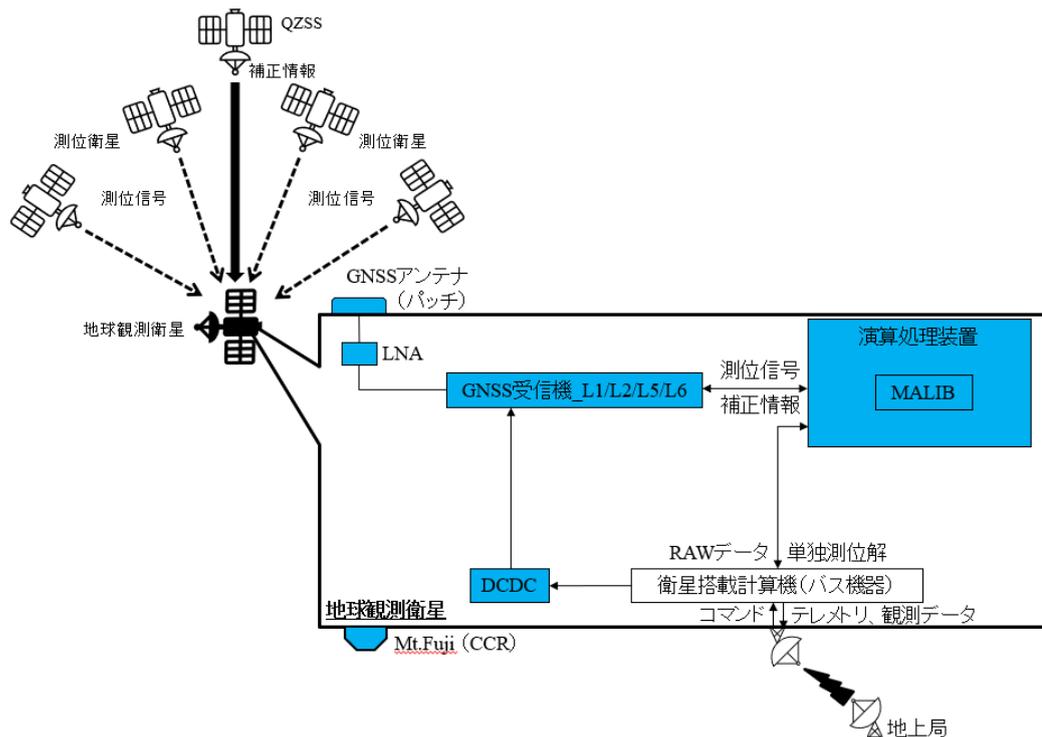


図 1 技術実証（基本形態）のコンフィグレーション（青色が追加搭載機器）

(3) JAXA と事業者との役割分担

JAXA と事業者の役割分担案を表 1 に示します。詳細は別添④の別紙 1 をご確認ください。

表 1 JAXA と事業者の役割分担案

◎：主たる研究実施機関、○：従たる研究実施機関

No.	作業項目	JAXA	事業者
1	オンボード PPP に必要な機器（図 1 の青色の機器及びハーネス）の開発	◎	○
2	衛星システムの開発 ※No.1 の開発は除く。ただし、No.1 との I/F 対応は含む ※ オンボード PPP の評価に必要なとなる情報* ¹ の JAXA への提供は必須となります	○	◎
3	衛星の打ち上げ	○	◎
4	上記 1 の機器を用いた軌道上における技術実証、事業への適用評価 （実験運用コンセプトは（4）参照）	◎	○
5	研究のまとめ	◎	○

*¹ 正確なオンボード PPP 精度評価を行うために必要となる、衛星機体座標系における衛星質量中心位置（BOL、EOL）、GNSS アンテナ搭載位置、Mt. Fuji 搭載位置に関する情報

(4) 実験運用コンセプト

- JAXA から支給する GNSS レシーバと高性能 OBC を ON し、軌道上データ（RAW データ）を取得する。RAW データ仕様を表 2 に示す。
- GNSS データ取得期間と同期間の衛星姿勢決定値（クォータニオン）を取得する。
- 連続した 24 時間以上の軌道上データを取得する。
- 取得した軌道上データを地上にダウンロードする。データのダウンロードについてレイテンシ要求はない。
- なお、連続した 24 時間以上のデータの取得が実現できない場合には、2 週間程度の期間にまたがり、いくつかのパスに分割（準天頂衛星の可視・不可視が複数回確認できる 1 回 3 時間以上の連続パス※）して、トータル 24 時間分のデータ取得を行うことも可能である。この場合、JAXA から実施日時を提案し（SLR キャンペーン時を想定）、衛星事業者と調整する。

※ 準天頂衛星からの補強信号が受信できない期間とオンボード PPP 精度の関係性評価、及び、不可視帯終了後の収束時間評価を行うために必要なデータ

- MALIB には実行条件を規定する「conf ファイル」がある。このファイルサイズは数 KB 程度であり、基本的な軌道上チューニングは、このファイルを修正して衛星にアップロードすることにより実現する。頻度は週 1 回程度、トータル回数は、10 回程度を想定している。軌道上チューニングのイメージを、以下に示す。

- ① conf ファイル修正、アップロード
- ② 軌道上データ取得（3 時間以上）
- ③ 評価

表 2 RAW データ仕様

	Raw データ仕様	備考
サンプリングレート	1 秒	
データ発生レート	約 100 bit/s	
データサイズ	約 1GB@1day	
連続データ期間	24 時間以上	24 時間以上の連続データ取得が難しい場合は分割取得でも可能（(4) の実験運用コンセプト参照）
レイテンシ要求	なし（蓄積データとして D/L 可）	

(5) 想定される知財とその取り扱い

- 取得した軌道上データ（RAW データ、高精度単独測位解：オンボード PPP データ）は、衛星実証事業者に共有する。
- 本軌道上実証において改良を行うオンボード PPP アルゴリズムについては、JAXA の単独知財とする。

22 オンボード PPP 拡張実験（案 1）

(1) 概要

基本形態では QZSS の不可視帯が存在するため、**QZSS からの L6 信号を受信できる範囲を拡大するため**の追加の機器を搭載して軌道上実証を行うものです。これにより、QZSS 不可視期間と精度劣化の関係をより詳細に把握することが出来、将来のオンボード PPP アルゴリズムの高精度化や衛星運用への影響を把握することができると考えています。

(2) 実証のコンフィグレーション

本実証を実施するにあたり必要な機器を図 2 に示します。各機器の大きさ、質量、仕様等の詳細については付録 1 に示します。基本形態との大きな違いは GNSS アンテナを衛星進行面（もしくは反対方向： $\pm X$ 方向）に搭載し、衛星から見た QZS 視野を拡大するものとなります。想定 GNSS アンテナの搭載性やアンテナパターン（視野）が確保できるかが重要となります。

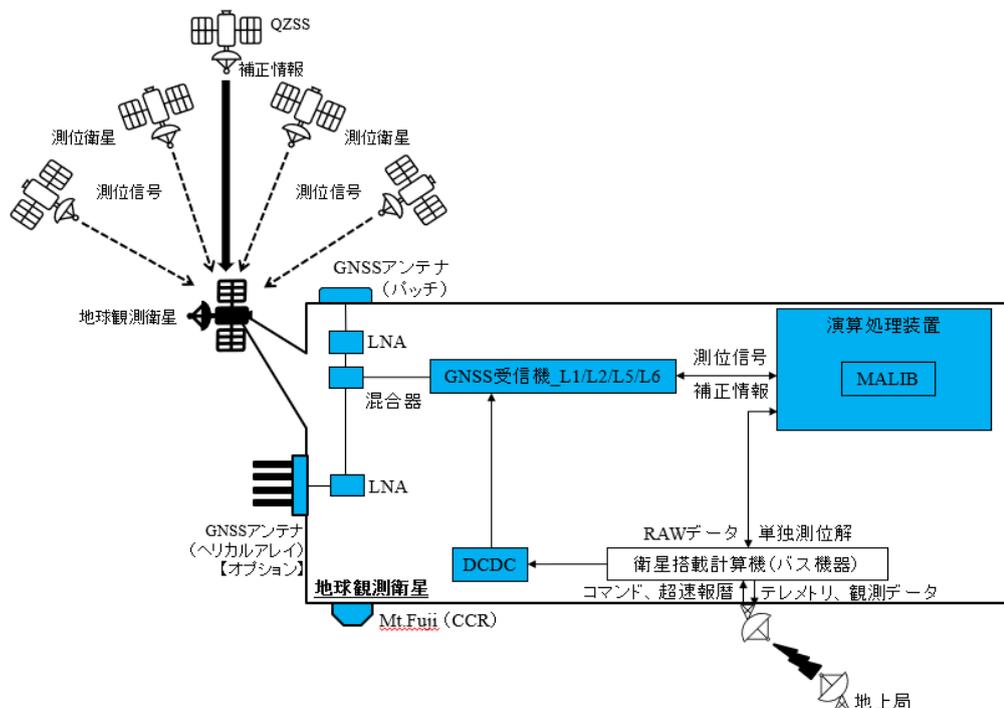


図 2 拡張実証計画（案 1）の軌道上実証コンフィグレーション

(3) JAXA と事業者との役割分担

2.1 項 (3) と同じ。

(4) 実験運用コンセプト

2.1 項 (4) と同じ。

- (5) 想定される知財とその取り扱い
2.1 項 (5) と同じ。

(5) 想定される知財とその取り扱い

2.1 項 (5) と同じ

2.4 オンボード PPP 拡張実験（案 3）

(1) 概要

本実証は **オンボード PPP の軌道上実証の確実性を高める**ものです。これにより、軌道上で初フライトとなる GNSS 受信機（L6）が故障した場合においても、オンボード PPP の軌道上実証実験を継続することが可能と考えています。

(2) 実証のコンフィグレーション

本実証を実施するにあたり必要な機器を図 4 に示します。各機器の大きさ、質量、仕様等の詳細については付録 1 に示します。

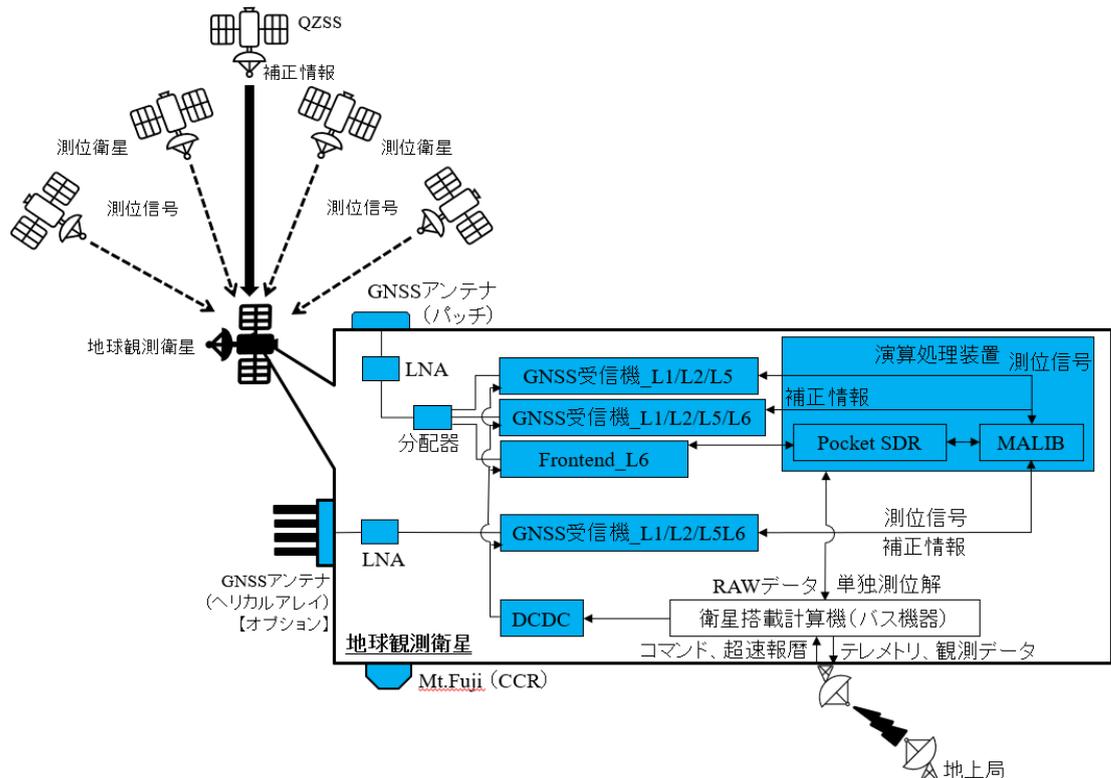


図 4 拡張実証計画（案 3）の軌道上実証コンフィグレーション

(3) JAXA と事業者との役割分担

2.1 項 (3) と同じ。

(4) 実験運用コンセプト

2.1 項 (4) と同じ。

(5) 想定される知財とその取り扱い

2.1 項 (5) と同じ

3. オンボード PPP 技術のアルゴリズム開発に資するデータの取得

(1) 概要

本実証は軌道上で稼働している GNSS のうち、QZSS、GPS、Galileo、GLONASS を受信できる GNSS 受信機（2 周波以上）を搭載した衛星事業者から軌道上データ（GNSS 受信機の RAW データ）を提供いただき、QZSS の L6 アーカイブデータを使用してオフラインでオンボード PPP 技術の検証を JAXA が行うものです。

(2) 実証のコンフィグレーション

- QZSS、GPS、Galileo、GLONASS を受信できる GNSS レシーバ（2 周波以上）を搭載した衛星
- Mt. Fuji を衛星に搭載（オプション）

(3) JAXA と事業者との役割分担

- JAXA：事業者から提供される GNSS 受信機（2 周波以上）の RAW データと、QZSS の L6 アーカイブデータを使用して、オフラインでオンボード PPP 技術の検証を行う。
- 事業者：GNSS 受信機（2 周波以上）を搭載している軌道上衛星の RAW データを JAXA に提供する。正確なオンボード PPP 精度評価を行うために必要となる、衛星機体座標系における衛星質量中心位置（BOL、EOL）、GNSS アンテナ搭載位置、Mt. Fuji 搭載（オプション）位置に関する情報を JAXA に提供する。
- 本取り組みは売買契約又は請負契約で実施する想定です。

(4) 実験運用コンセプト

- GNSS レシーバを ON し、GNSS の RAW データを連続的に取得する。
 - RAW データとして、疑似距離、搬送波位相、信号強度データを取得する。
 - RAW データ取得は 24 時間以上連続したデータとし、複数日（5 日（TBD）程度）を取得する。
- GNSS データ取得期間と同期間の衛星姿勢決定値（クォータニオン）を取得する。
- 取得した GNSS RAW データおよび衛星姿勢データを地上に伝送し、JAXA に提供する。
- 連続した 24 時間以上のデータ取得タイミングについては、地上からの SLR 観測キャンペーンタイミングと合わせるため、JAXA から実施日時を提案し、衛星事業者と調整する。
- なお、連続した 24 時間以上のデータの取得が実現できない場合には、2 週間程度の期間にまたがり、いくつかのパスに分割（準天頂衛星の可視・不可視が複数回確認できる 1 回 3 時間以上の連続パス※）して、トータル 24 時間分のデータ取得を行う

ことも可能である。この場合、JAXA から実施日時を提案し（SLR キャンペーン時を想定）、衛星事業者と調整する。

※ 準天頂衛星からの補強信号が受信できない期間とオンボード PPP 精度の関係性 評価、及び、不可視帯終了後の収束時間評価を行うために必要なデータ

(5) 想定される知財とその取り扱い

- GNSS 受信機（2 周波以上）の RAW データは JAXA/ 事業者の共有知財とする。
- JAXA は取得したデータを GNSS レシーバ企業に提供する可能性がある。
- オンボード PPP のオフライン評価結果は論文等にて公開する。

付録 1 オンボード PPP 技術実証に必要な機器情報

本項は、オンボード PPP 軌道上実証に必要な機器の基本的な情報を記載します。軌道上実証の搭載性検討にご活用ください。

(1) JAXA が提供するオンボード計算機

2 項に示すオンボード PPP 軌道上実証に必要な計算機能力を提供する機器となります。計算機の仕様を表 3 に示します。

表 3 JAXA が提供する計算機仕様

プロセッサ、メモリ条件	
プロセッサ処理能力	CPU ベース周波数 2GHz
RAM	4 GB DDR4 ECC 以上
ストレージ	3 ギガバイト以上
機械条件	
外形寸法	1U (10 x 10 x 10 cm ³) 程度
質量	2 キロ程度
振動条件	ランダム振動 15Grms(各軸) (調整可)
電氣的条件、環境条件	
消費電力	電源投入状態 : 24W オペレーション状態 : 最大 38W
入力電圧	12V
温度条件	-40 度 ~ 70 度
信号インタフェース (外部)	Ethernet、RS232
ソフトウェア環境	
OS	Linux Ubuntu 20.04 LST
開発環境	C/C++/Python/Fortran

A

(2) GNSS 受信機

2 項に示すオンボード PPP 軌道上実証に必要な GNSS からの信号を受信する機器となります。実証形態によって搭載する機器が異なります。実証形態と必要とする機器のマトリクスを表 4 に示します。

表 4 JAXA で使用を予定している GNSS レシーバと実証形態との関係

No.	サプライヤ	型式	適用コンフィグレーション			
			基本形態	拡張①	拡張②	拡張③
1	Septentrio 社	AsteRx-m3-CLAS ¹	○	○	○	○
2	Novatel 社	OEM729 ²	—	—	—	○ ^{※1}
3	同上	OEM7600 ³	—	—	—	△ ^{※1,2}
4	PocketSDR	Frontend(MAX2771) ⁴	—	—	○	○

※1 衛星システム搭載 GNSS 受信機が「複数 GNSS」かつ「2 周波以上」の場合で、かつ、測位信号を JAXA OBC に提供してもらうことができれば搭載不要

※2 OEM729 が搭載不可の場合は必須

¹ <https://www.septentrio.com/ja/zipin/gnssshouxinji/oemshouxinjihoto-1/asterx-m3-clas>

² <https://novatel.com/products/receivers/gnss-gps-receiver-boards/oem729>

³ <https://novatel.com/products/receivers/gnss-gps-receiver-boards/oem7600>

⁴ <https://github.com/tomojitakasu/PocketSDR>

<https://datasheetpdf.com/datasheet/MAX2771.html>

(3) GNSS アンテナ

2 項に示すオンボード PPP 軌道上実証に必要な GNSS からの信号を受信する機器となります。

No.	サプライヤ	型式	適用コンフィグレーション			
			基本 形態	拡張 ①	拡張 ②	拡張 ③
1	ANYWAVES 社	GNSS All-Bands Antenna ⁵	○	○	○	○
2	TALLYSMAN 社	HC976 ⁶	—	△※	△※	△※

※サイズ、質量、アンテナパターン等を考慮し、ANYWAVES 社製 GNSS アンテナの搭載が不可の場合は、TALLYSMAN 社製 GNSS アンテナの衛星搭載実現性について情報提供をいただきたい。

⁵ <https://anywaves.eu/products/gnss-all-bands-antenna/>

⁶ <https://www.tallysman.com/product/hc976-triple-band-helical-antenna-with-l-band/>

(4) その他軌道上実証に必要な機器

(ア) 分配機

No.	サプライヤ	型式	適用コンフィグレーション			
			基本形態	拡張①	拡張②	拡張③
1	GPS NETWORKING	MIL-NHI ALDCBS1X4-B/5/MC ⁷	N/A	N/A	○ 1台	○ 1台

(イ) LNA (Low Noise Amp)

No.	サプライヤ	型式	適用コンフィグレーション			
			基本形態	拡張①	拡張②	拡張③
1	GPS NETWORKING	LA30RPDC ⁸	○ 1台	○ 2台	○ 2台	○ 2台

(ウ) Corner Cube Reflector

No.	サプライヤ	型式	適用コンフィグレーション			
			基本形態	拡張①	拡張②	拡張③
1	JAXA	Mt. Fuji ⁹	○ 1台	○ 1台	○ 1台	○ 1台

(エ) DC/DC コンバータ

No.	サプライヤ	型式	適用コンフィグレーション			
			基本形態	拡張①	拡張②	拡張③
1	未定	未定				

⁷ <https://www.gpsnetworking.com/products/mil-aldcbs1x4>

⁸ <https://www.gpsnetworking.com/products/la30rpd c>

⁹ <https://track.sfo.jaxa.jp/project/mtfuji.html>

※GNSS レシーバには 3.3V、分配器、LNA、混合器には 12V を供給（衛星バスから電源を供給できる場合は不要）

(オ) 混合器

No.	サプライヤ	型式	適用コンフィグレーション			
			基本形態	拡張①	拡張②	拡張③
1	GPS NETWORKING	CPDC2X1-2 ¹⁰	N/A	○ 1台	N/A	N/A

¹⁰ <https://www.gpsnetworking.com/products/cpdc2x1-2>