

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)

【全体編】

2023 年 10 月 10 日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

研究開発部門 研究戦略部

第一宇宙技術部門 衛星測位システム技術ユニット

目次

CONTENTS

1. はじめに	2
2. オンボード PPP 技術に係る JAXA 構想の全体像について	2
3. 情報提供要請の構成について	5
4. 対象者	5
5. 情報提供の方法	5
6. お問い合わせ先/秘密保持契約書送付先	6
7. 説明会	7
8. 受付期間	7
9. 留意事項	7

1. はじめに

宇宙航空研究開発機構（以降、「JAXA」）では、小型技術刷新衛星研究開発プログラム（以降、「刷新 P」）を 2021 年度に立ち上げ、研究開発を推進しています¹。刷新 P の取り組みの一つとして、衛星機能のソフトウェア化を目標の一つに掲げ、オンボードコンピューティング環境の構築とその活用を目指した研究を実施中であり、2022 年度には昨今急速に取り組みが進んでいる軌道上での AI 活用の実証についての公募を行いました。公募の結果、共同実証パートナーとして株式会社 QPS 研究所を選定し²、軌道上実証に向けた研究開発を進めています。

本情報提供要請（RFI：Request for Information）は、つぎの 2 点に係る情報提供を求めるものです。

- ① オンボードコンピューティング環境活用の次なる取り組みとして検討を進めている「オンボード精密単独測位技術（オンボード PPP（Precise Point Positioning）」の軌道上実証（以下、「本軌道上実証」という。）計画に関する情報提供
- ② 本軌道上実証成果を活用したオンボード PPP 機能を有する GNSS レシーバの製品化に向けた取り組みに関する情報提供

本 RFI 後、頂いた情報をもとに軌道上実証計画策定やパートナー選定に向けた公募要領等に反映していく予定です。

2. オンボード PPP 技術に係る JAXA 構想の全体像について

図 1 に刷新 P で実施するオンボード PPP 技術に係る JAXA 構想の全体像を示します。

オンボード PPP 技術に関し、JAXA は地上用技術として MADOCA-PPP 技術を保有しており、既に実運用で活用しています。現在この技術をオンボード（軌道上）でも使えるように研究開発を進めています。

オンボード PPP 技術のキー技術は処理アルゴリズムであり、このアルゴリズムを軌道上環境で動作をさせ、チューニングすることが重要となります。そのため、今回検討を進めているオンボード軌道上実証では、JAXA が開発を進めている軌道上で容易にアルゴリズムが書き換え可能なオンボードコンピューティング環境（以降、OBC 環境）を衛星に搭載し、オンボード PPP アルゴリズムの動作・検証・アップデートを素早いサイクルで回すことで、cm オーダの精度を達成するアルゴリズムを早期に（アジャイルに）獲得することを狙いとしています。並行して、JAXA ではオンボード PPP の衛星事業への適用検討も進めており、いくつかの活用シナリオを抽出しています。オンボード PPP 技術の概要、期待される効果については付録 1 をご参照ください。本取り組みでは、衛星事業者とともに衛星事業への活用シナリオを JAXA の専門家とともに深めたいと考えています。

¹ <https://www.kenkai.jaxa.jp/research/sasshin/sasshin.html>

² https://www.jaxa.jp/press/2022/12/20221216-2_j.html

なお、本軌道上実証後、獲得したアルゴリズムを搭載した GNSS レシーバの早期製品化を目指しています。

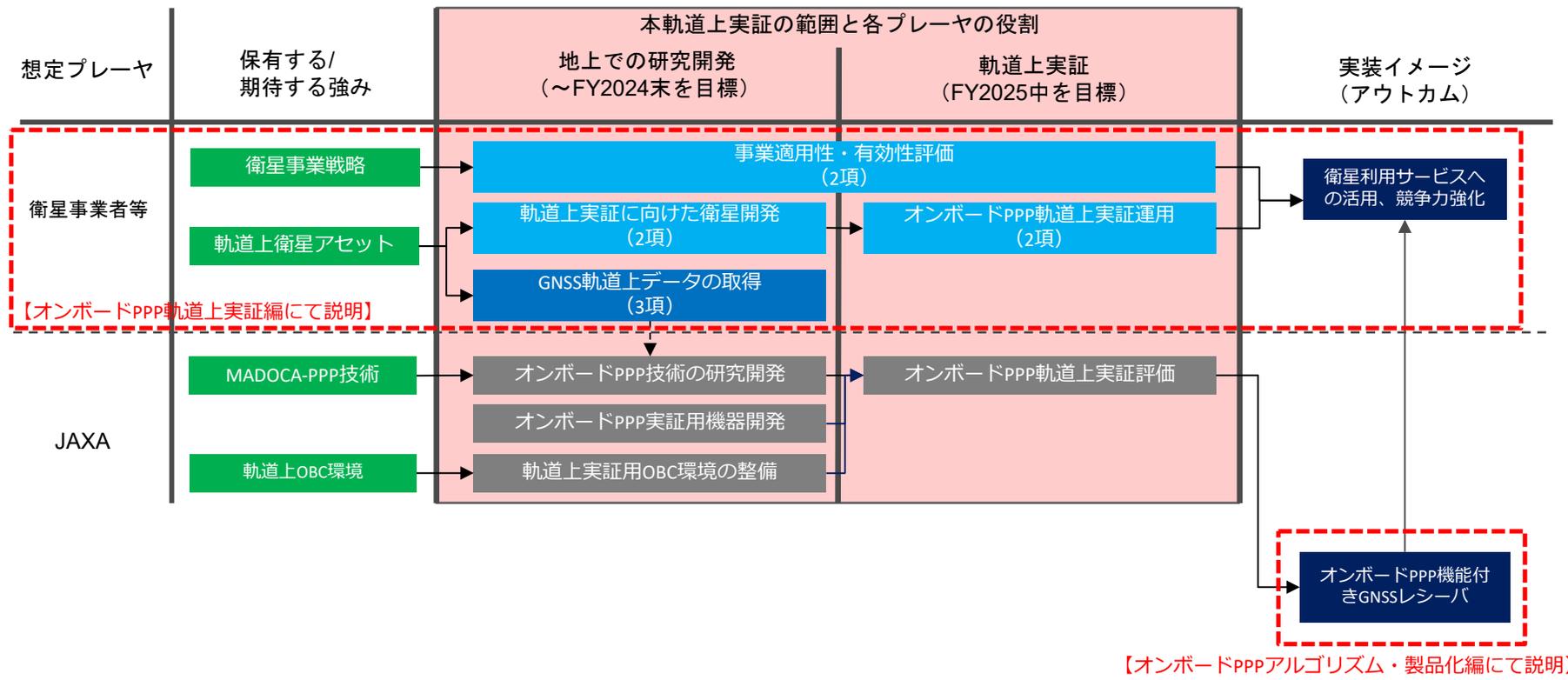


図 1 軌道上実証の全体構成

3. 情報提供要請の構成について

本 RFI は、次に示す 2 項目より構成されています。それぞれの項目ごとに JAXA 計画（案）を示しますので、情報提供フォーマットに従い情報提供をお願いいたします。

① オンボード PPP 軌道上実証についての情報提供

- ・参照資料：オンボード PPP 軌道上実証編
- ・情報提供フォーマット：オンボード PPP 軌道上実証編情報提供書（別添①）
- ・主な対象：軌道上実証可能な衛星を有する事業者
- ・情報提供要請のポイント：計画への参画可能性（実施可能性含む）、参画にあたっての条件（役割分担、資金負担、スケジュール、共同研究契約書案等）

② オンボード PPP アルゴリズムの研究開発及び製品化について情報提供

- ・参照資料：オンボード PPP アルゴリズム・製品開発編
- ・情報提供フォーマット：オンボード PPP アルゴリズム・製品開発編情報提供書（別添②）
- ・主な対象：GNSS レシーバを製品化する事業者
- ・情報提供要請のポイント：計画への参画可能性（実施可能性含む）、参画にあたっての条件（役割分担、契約形態、資金負担、スケジュール等）

主な対象はあくまで JAXA 側の想定であるため、上記対象事業者以外の方からの情報提供自体を妨げるものではありません。また、複数機関で共同して提出いただくことも可能です。

4. 対象者

本 RFI は、日本の法令に基づいて設立された法人を対象としております。なお、本 RFI に基づき募集を行う RFP 等の対象もこのような要件を検討しておりますのでご了承ください。

5. 情報提供の方法

1) 提出書類

別添「情報提供書」に必要事項をご記入、PDF 形式に変換の上、2) 提出方法に記載の方法にてご提出ください。

ご提出の際は以下を参考にしてください。

- ① 文字サイズ 10 ポイント以上
- ② 補足説明資料の添付可（PDF 形式。スキャナ読込にて作成されたものは不可とし、文字検索が可能な形式とする。）

③ ファイルサイズは「情報提供書」「補足資料」とともに 10MB を目安とする

2) 提出方法

刷新プログラム HP に掲載する以下のメールアドレスに送付ください。

info-sasshinp@ml.jaxa.jp

件名：2023 年度 刷新 P オンボード PPP RFI 提出

3) 情報提供後の進め方

必要に応じて、こちらから質問などご連絡をさせていただくことがあります。

4) 情報の取り扱いについて

- ① ご提出いただいた「情報提供書」は、今後 RFP 等を行うための参考情報としてのみ使用し、RFP 等課題設定の関係者（外部委員（以下参照）含む／守秘義務あり）のみに開示いたします。提供者の許可なくして第三者へ開示する事はありません。ただし、RFP 等の実施においては監督官庁に守秘義務を課した上で開示することがあります。

（参考）外部委員は、以下の有識者検討委員を中心にすることを検討しておりますが、変更の可能性があることにつきご留意ください。

<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/sasshin/file/member.pdf>

- ② 上記の通り秘密情報として、取り扱いに留意のうえ管理いたしますが、ご希望の場合には秘密保持契約（NDA）を締結させていただきます。別添「秘密保持契約書雛型」に必要情報を記載し、5 項、問合せ先に記載のメールアドレス宛に word 形式でお送りください。

6. お問合せ先/秘密保持契約書送付先

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

研究開発部門研究戦略部

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 RFI 担当 宛

メールの件名：2023 年度 刷新 P RFI 問い合わせ

info-sasshinp@ml.jaxa.jp

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

※電話でのお問合せはお受けできません

JAXA 総合窓口等へのお問合せはお控えくださいますようお願いいたします。

本プログラムの概要については以下の HP をご確認ください。

<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/sasshin/sasshin.html>

7. 説明会

本情報提供要請に関し、以下の日時で説明会を開催する予定です。説明会への参加を希望される方は、参加可能な日時と会社名を6項のお問い合わせ先メールアドレスにご連絡ください。説明会はリモート開催を予定しています。連絡いただいた方に Microsoft Teams の接続先をご連絡いたします。

説明会はすべて同じ内容となっております。質疑応答の中で共通的な事項については、刷新PのHPに掲載する予定です。

第1回説明会：10月16日 14：00～15：00

第2回説明会：10月18日 13：30～14：30

第3回説明会：10月20日 16：00～17：00

8. 受付期間

締め切りは、2023年11月7日といたします。

9. 留意事項

本RFIに情報提供いただくにあたりましては、以下の点につきまして、ご了承ください。

- 1) 本RFIは、今後予定しておりますRFP等を行うための参考情報として利用する事を目的として実施するものであり、当該RFP等における選考に影響を与えるものではありません。
- 2) ご提供いただいた情報は、RFP等の募集課題に反映されないこともあります。
- 3) ご提供いただいた情報・資料につきましては返却いたしません。
- 4) ご提供いただいた情報に関し、質問等、ご連絡をさせていただく場合がありますので、情報提供書にはご連絡先を明記してください。
- 5) 本RFIに係る書面の作成、提出等に要する費用は、情報提供者様をご負担くださいますようお願いいたします。
- 6) 情報提供に関連して提供された個人情報については、個人情報の保護に関する法律及び関係法令を遵守し、下記項目の目的にのみ利用します。（ただし、法令等により提供を求められた場合を除きます。）
 - ▶ ご提供いただいた情報に関する質問等、関連する事務連絡に利用いたします。

付録 1

(1) 衛星測位におけるオンボード PPP 技術の位置づけ

測位衛星が放送する測位信号には軌道や時刻の誤差が含まれているため、その信号を使用して単独測位³を行う場合は、数 m～十数 m 程度の測位精度しか実現することができません。しかしながら、測位信号に含まれる誤差を補正する高性能なモデルに基づいた測位を行うことができれば、センチメートルの精度で位置を計算できるようになります。この技術を高精度単独測位（Precise Point Positioning）といいます。JAXA では、地上での高精度単独測位を実現するための研究開発（MADOCA-PPP⁴）を進めてきており、MADOCA（Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis）プロダクトを使用したリアルタイム測位において、10cm 以下（3D-RMS）の精度が実現できています。この地上で実現できている高精度単独測位を軌道上で実現する取り組みとして、オンボード PPP 技術の研究開発をスターダストプログラム⁵にて進めています。

本軌道上実証では、スターダストプログラムにて研究開発を進めているオンボード PPP 技術の技術成熟度を向上させるために軌道上で実証してアルゴリズムを検証するとともに、本技術の官民の将来事業への活用を目指すものです。

(2) オンボード PPP 技術の意義価値

JAXA における検討で識別したオンボード PPP 技術の意義価値を以下に示します。こちらに示した意義価値は JAXA が想定するものであり、これに限らず、本技術の意義価値についての情報提供を期待しています。

① 高分解能地球観測センサのデータレイテンシの短縮

高分解能センサを搭載している衛星にオンボード PPP 技術を適用することができれば、リアルタイムにセンチメートルオーダ（3D-RMS）の衛星軌道位置計算が可能となり、地

³ GNSS 衛星から送信される衛星の位置や時刻などの情報を 1 台のアンテナで受信することにより、衛星から電波が発信されてから受信機に到達するまでに要した時間を測り、距離に変換する方式（<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>）

⁴ MADOCA を用いて生成した補正情報と GNSS から送信される測位信号を使用することにより、測位ユーザが、リアルタイムにセンチメートル級の高精度単独測位が行うことができる技術。内閣府では準天頂衛星の L6E 信号を用いた衛星配信サービスを 2024 年より開始予定。現在試験放送実施中。（<https://qzss.go.jp/technical/system/madoca.html>）

⁵ 複数 GNSS 対応受信機と演算処理装置を衛星に搭載し、搭載演算処理装置上（オンボード）で MADOCA の補正情報を使用した PPP を行ってリアルタイムに cm オーダ（3D-RMS）の衛星軌道位置推定が行える衛星実証機の開発を行う。具体的な内容は、下記の HP に掲載されている公募要領「3. 事業の内容」（2）を参照のこと。

（https://www.mext.go.jp/b_menu/boshu/detail/1401208_00006.htm）

上での高精度軌道暦の生成が不要となるため、ユーザへの画像データ提供時間を数時間まで短縮することが可能となります。これにより、災害対応等の際に、より鮮明な衛星画像に基づいて被害区域の判別を行えるようになると考えています（図 2）。

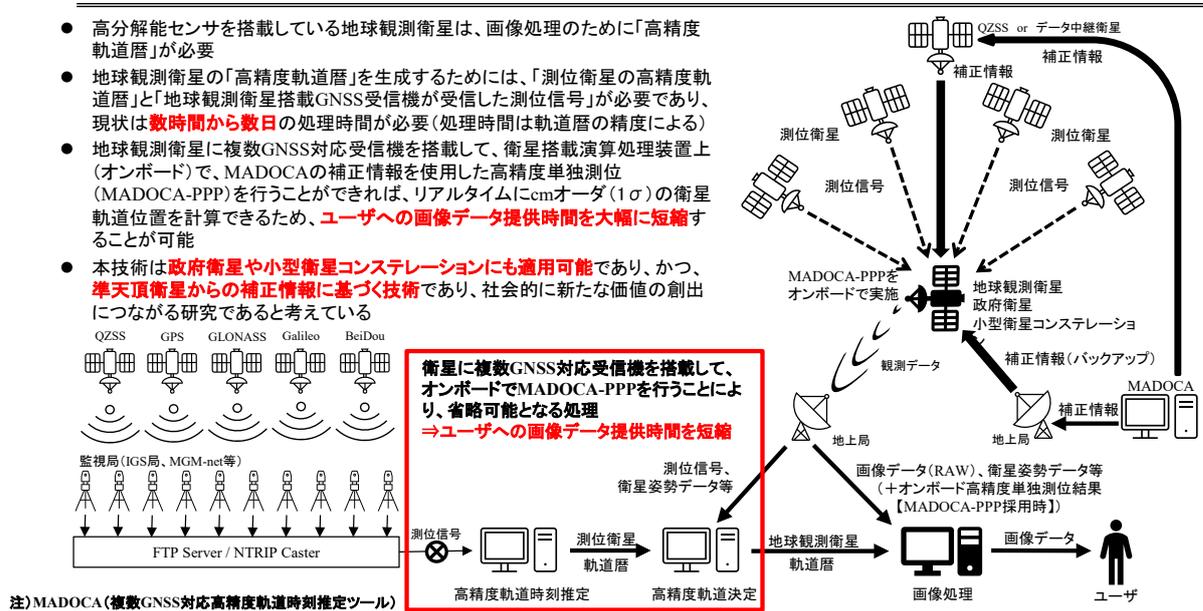


図 2 高分解能地球観測センサのデータレイテンシの短縮のイメージ

② InSAR の画像精度向上

JAXA の地球観測衛星である「だいち 2 号 (ALOS-2)」の InSAR 画像を、オンボード GPSR 航法解を使用して処理したものと、精密軌道暦を使用して処理したものの比較結果を図 3 に示します。

オンボード GPSR 航法解を使用して処理した衛星画像（図 3 の左）には、長波長のノイズが載っていることが確認できますが、衛星オンボード PPP と同程度の精度である精密軌道暦を使用して処理した衛星画像（図 3 の右）には、長波長のノイズは無く、鮮明な画像が得られていることが確認できます。

衛星オンボード PPP は精密軌道暦と同程度の精度であるため、本技術を実現することができれば、現状の精密軌道暦を使用して処理した衛星画像と同等の InSAR 画像を使用して、災害時の判別情報を生成することが可能となると考えています。

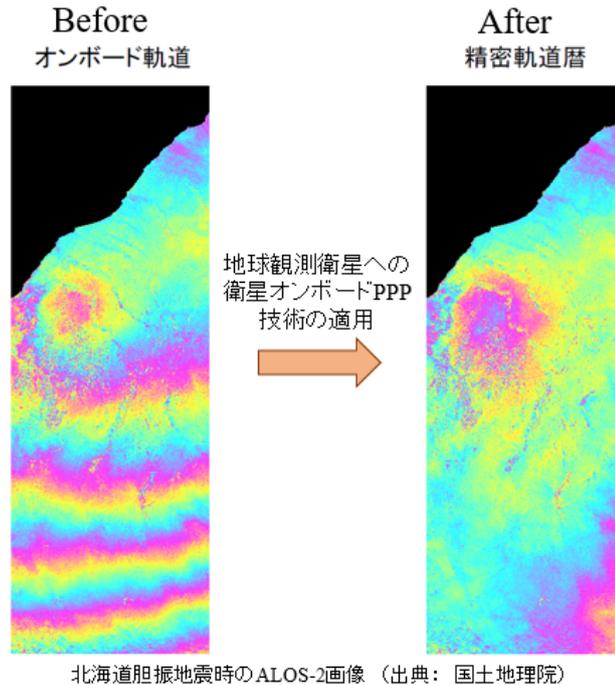


図 3 InSAR の画像精度向上

③ 宇宙天気予報精度向上等、上層大気観測への貢献

オンボード PPP 技術では、LEO 衛星の正確な位置、時刻をリアルタイムに推定するだけでなく、軌道高度よりも上層の電子総数を併せて推定することができます。また、後述する拡張実証計画①においては、準天頂衛星からの補強信号受信範囲を拡大するために、衛星の進行方向（またはその逆方向）にアンテナを搭載するオプションも検討しており、当該オプション採択時は、GNSS 掩蔽法による電離層の電子の高度方向分布の把握や、さらに下層の大気中の水蒸気量の高度方向分布の観測を行うことも可能です。電離層の立体的な動きの把握は宇宙天気予報の高度化に貢献できる可能性がありますし、洋上における水蒸気量、可降水量把握は、線状降水帯の高精度予測などにも有用です。近年、津波など大規模な海面上昇が上空の電離層に影響を及ぼす事例が実際に観測されており、オンボードでリアルタイムに電離層擾乱を検知できれば、津波の早期警報に繋がる可能性も示唆されています。

(3) キー技術の技術成熟度

オンボード PPP を実現するためのキーとなる技術であるオンボード PPP アルゴリズムの技術成熟度は TRL3 となります。JAXA では、これまで地上用に開発してきた MADOCA-PPP のアルゴリズムを軌道上で活用するための研究開発を実施してきており、表 1 に示す結果を得ております。

表 1 オンボード PPP アルゴリズムの技術成熟度

評価項目	概要
精度	<ul style="list-style-type: none"> ・ オンボード PPP 精度についてはシミュレータを活用した目標仕様を満足することを確認した。 ・ 目標仕様：10cm 未満（3D-RMS） ・ シミュレーション結果：8cm 未満（3D-RMS）
収束時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ PPP 解が収束するまでの時間については仕様を逸脱している。短縮に向けた検討を行う。 ・ 目標仕様：5 分以内 ・ シミュレーション結果：20 分
GNSS シミュレータを使用した測位信号受信実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ GNSS シミュレータを使用した試験において、低軌道衛星に搭載した GNSS 受信機で、測位衛星から放送される信号（QZSS の L6E 信号を含む）を受信できることを確認した。
実データを使用した MADOCA-PPP 実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星搭載候補の GNSS 受信機、アンテナ、分配器を使用して、OBC（BBM）上で MADOCA-PPP が動作することを確認した。