

「内閣府宇宙開発利用加速化戦略プログラム」 (スターダストプログラム) により実施する 戦略プロジェクトの進捗報告・評価について

令和6年11月22日

研究開発局 宇宙開発利用課

令和6年度実施プロジェクト一覧

事業番号	事業名称	連携省庁	予算配分額	事業期間
R2-07	月面活動に向けた測位・通信技術開発	総務省	令和5年度(補正) 2.2億円	6年程度 (R3~R8)
R4-01	宇宙機のデジタル化を実現するマイクロプロセッサ内蔵FPGAモジュールの研究開発	経済産業省	令和6年度(当初) 7.5億円	3年程度 (R5~R7)
R4-02	衛星オンボードPPPの実証機開発	内閣府	令和5年度(補正) 1.5億円	2年程度 (R5~R6)
R4-03	高安定レーザーを用いた測位衛星搭載時計の基盤技術開発	総務省	令和5年度(補正) 8.0億円	4年程度 (R5~R8)
R4-06	スペース・トランスフォーメーション実現に向けた高分解能光学衛星のデータ解析技術の研究と利用実証	経済産業省 国土交通省	令和5年度(補正) 5.1億円	5年程度 (R5~R9)
R4-07	デジタル信号処理に対する高効率排熱システムの研究開発	総務省	令和5年度(補正) 10.4億円	4年程度 (R5~R8)
R5-01	ダイヤモンド半導体デバイスの宇宙通信向けマイクロ波電力増幅デバイスの開発	経済産業省	令和5年度(補正) 1.0億円	5年程度 (R5~R9)
R5-02	次世代の電源システム基盤技術獲得に向けた検討	経済産業省	令和6年度(当初) 6.2億円	2年程度 (R5~R6)
R5-03	カーボンニュートラルの実現に向けた森林バイオマス推定手法の確立と戦略的実装	環境省 林野庁	令和5年度(補正) 3.0億円	3年程度 (R5~R7)

※赤字は令和6年度で完了予定の事業

月面活動に向けた測位・通信技術開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：総務省
(事業期間6年程度)

事業計画

JAXAで行ってきたアーキテクチャ検討をベースにしつつ、関連企業と共同でより詳細なトレードオフ等を行い、まず国際的な技術調整の場で提案できるアーキテクチャを設定するとともに、アーキテクチャに必要と考えるキー要素技術の研究開発を行う。

本事業の最終目標として、**航法精度40m(水平)を目標**として、測位に係る以下のキー要素技術(③~⑤)の開発を行い、成熟度TRL4(実験室環境レベルでの有効性確認)まで上げる。また、**月一地球間の高速通信1Gbpsを目標**として、通信に係る以下のキー要素技術(⑥~⑩)成熟度TRL4を目指す。

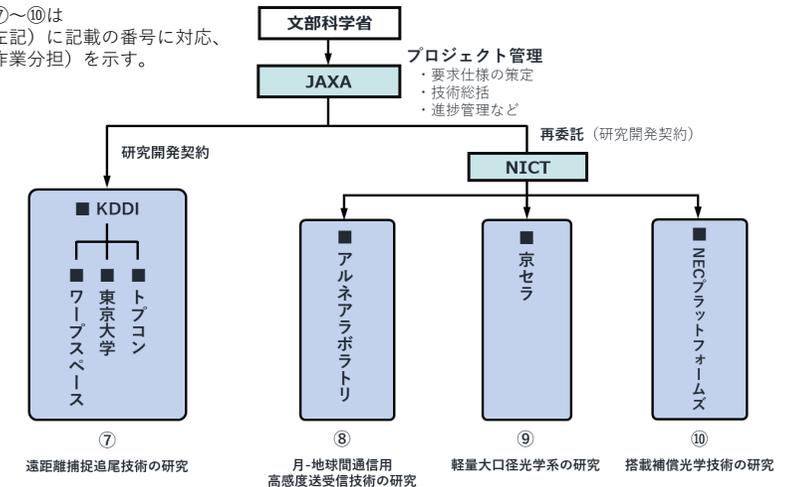
また、月探査測位・通信に係る標準(得られたアーキテクチャ)を国際調整の枠組みの中で提案し、NASA/ESA等との調整により、合意を得ることを本業務の目標とする。

		R3	R4	R5	R6	R7	R8
総合	①	総合検討	更新検討				
測位	②	概念設計	設計・試作試験				
	③④⑤		要素試作試験				
	⑥		詳細検討・BBM試作				
通信	⑦		設計検討	要素試作	地上検証モデル試作・評価		
	⑧			BBM試作	地上検証モデル試作・評価		
	⑨	基礎検討	設計	要素試作	地上検証モデル試作・評価		
	⑩	基礎検討	概念設計	設計・要素試作	地上検証モデル試作・評価		

- 注1) ①測位・通信アーキテクチャ検討 ⑥国際インターオペラビリティ方式の研究
 ②LNSS実証機システムの検討 ⑦遠距離捕捉追尾技術の研究
 ③マルチGNSS化 ⑧月地球間通信用高感度送受信技術の研究
 ④月近傍航法機能 ⑨軽量大口径光学系の研究
 ⑤航法高精度化 ⑩搭載補償光学技術の研究

実施体制

【注】番号⑦~⑩は事業計画(左記)に記載の番号に対応、実施内容(作業分担)を示す。



留意事項への対応状況

<指摘事項>

- 他国に後れを取らないよう早期に実証することが肝要であり、本プロジェクトの一層の加速が必要
- 引き続き世界の技術動向や各国の戦略を調査し、宇宙実証の具体的な検討を進める等、日本が優位を持つための戦略を練って開発を進めることが重要

<対応状況>

- LNSS実証衛星のFY2028打上げを目指し、実証衛星ミッション部(主要要素)の試作・評価試験を令和5年度に実施、TRL4の達成度を確認し、月測位に関する本事業の目標は達成した。
- 国際学会等で最新技術動向を把握するとともに、NASA/ESAとの協働による宇宙実証に関する協議の場において、日本の強みとするキー技術を示しつつ、協働の開発シナリオ案を提案し、継続的に国際協働に向けた協議を実施中。

当該年度の進捗状況

⑦ 遠距離捕捉追尾技術の研究

昨年度の成果として開発した精捕捉センサ、及び粗捕捉用センサを用いたフィードバックループバック制御系を構築して評価を行うとともに、地上検証モデルを製作、評価を行う予定。

⑧ 月－地球間通信用高感度送受信技術の研究

昨年度の成果として得られた高感度光受信機内デジタル信号処理部の設計結果に基づき、デジタル信号処理部の試作に向けたFPGAコーディングの作業を実施中。
デジタル信号処理部内FPGAを実装し、高感度光送受信フロントエンド装置と組み合わせた性能評価を行う予定。

⑨ 軽量大口径光学系の研究

昨年度の製造設計結果に基づき、軽量・高剛性・低熱膨張率な素材であるセラミクスを用いた反射光学系の大口徑望遠鏡の組立に係る部品の製造作業を実施中。
全体組立評価の際、高温環境で光学性能を計測するための、光学窓付簡易真空槽等の治具の設計検討を行う予定。

⑩ 搭載補償光学技術の研究

昨年度の成果として得られた光学系、センサ等で構成する光学系の一次試作結果に基づき、⑨の軽量大口徑望遠鏡光学系に搭載補償光学系(制御系デバイスや制御アルゴリズム等)を実装するための地上検証モデルの設計を行う予定。

次年度の事業計画(案)

⑦ 遠距離捕捉追尾技術の研究

今年度の成果を踏まえて各要素を統合し、月中継側の遠距離捕捉追尾サブシステム全体の地上検証モデルを構築し、評価試験を完了させる。

⑧ 月－地球間通信用高感度送受信技術の研究

今年度の成果を踏まえ、高感度光受信機内デジタル信号処理部と高感度光送受信フロントエンド装置を⑨の軽量大口徑望遠鏡光学系、及び⑩の搭載補償光学系と組み合わせ、地上検証モデルを構築し、当該地上検証モデルの評価試験を完了させる。

⑨ 軽量大口径光学系の研究

今年度の成果を踏まえ、軽量大口徑望遠鏡光学系を⑧の高感度光受信機内デジタル信号処理部と高感度光送受信フロントエンド装置、及び⑩の搭載補償光学系と組み合わせ、地上検証モデルを構築し、当該地上検証モデルの評価試験を完了させる。

⑩ 搭載補償光学技術の研究

今年度の成果を踏まえ、搭載補償光学系を⑧の高感度光受信機内デジタル信号処理部と高感度光送受信フロントエンド装置、及び⑨の軽量大口徑望遠鏡光学系と組み合わせ、地上検証モデルを構築し、当該地上検証モデルの評価試験を完了させる。

令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 （必要な対応）	対応状況
R2-07	月面活動に向けた測位・通信技術開発	<p>①より大きな測位・通信システムへと統合する開発シナリオの具体化とともに、その実用可能性について引き続き検討を行うこと。</p> <p>②早期に地上実証を進めるとともに、月測位・通信に係る標準化文書の改訂や、NASA、ESAと相互に協調したインターフェースやシステム等のインフラ構築に、主体性を持って参画する等、戦略を練って開発を進めること。</p>	<p>①2030年代前半における高精度月測位の実証、遠距離光通信データ伝送の段階的な実証実験、2030年代半ばの大型月面ユーザーへの光通信ターミナルの実装等、実現性の見込める開発シナリオとして具体化を図っている。</p> <p>②月測位・通信に係る標準化文書の改訂に向けた議論に主体的に参画し、日本として独自性ある貢献を果たすべくNASA,ESAとの共同実証ミッションの具体化検討を継続的に実施中。 また、文部科学省担当である「月測位」の技術実証については、本事業内での作業は完了しており、今後は宇宙戦略基金等においても実施を予定。</p>

令和6年度戦略プロジェクトの進捗報告に対する 委員からの主な質問・コメント及び回答

事業 番号	事業名称	主な質問・コメント	回答
R2-07	月面活動に向けた測位・通信技術開発	宇宙戦略基金の公募課題「月測位システム技術」や「月-地球間通信システム開発・実証」で採択される技術開発課題との連携のご予定はありますか？	<p>本事業における「月測位」の技術開発では、月測位実証機の概念検討、主要要素の試作試験を行い、キー技術の技術成熟度TRL4を確認、昨年度までの3か年で技術開発目標は達成し、活動は完了しています。</p> <p>宇宙戦略基金事業の「月測位システム技術」は、本事業で到達する先について、扱うものです。</p> <p>また、本事業における「月通信」の技術開発では、通信アーキテクチャ(全体構想)の検討を行った上で、月-地球間の大容量通信(1Gbps)のための衛星搭載光通信ターミナルの技術開発を主に進めている一方、宇宙戦略基金事業の「月-地球間通信システム開発・実証」では、地上や月面上において必要とされる電波通信に係るアンテナ局や通信機器開発等のFSまでを行う計画であり、対象範囲は区別されています。</p>

宇宙機のデジタル化を実現するマイクロ プロセッサ内蔵FPGAモジュールの研究開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：経済産業省
(事業期間3年程度)

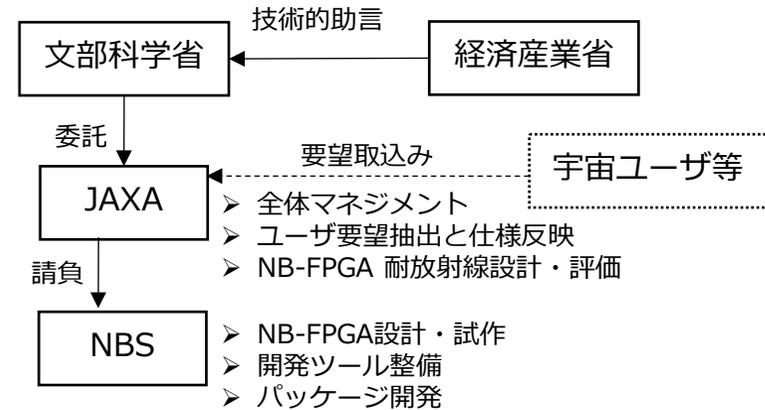
事業計画

宇宙機の高度なデジタル化を安定的に支えるため、国産高性能計算機モジュールの開発を実施する。本事業では、①大規模版SoC*NB-FPGA**試作、②NB-FPGA、次世代MPU、周辺機能を統合したマルチチップモジュール(MCM)のエンジニアリングモデルの試作と耐宇宙環境性評価、③開発ツール(設計SWと評価ボード)の整備を行う。

- ①大規模版SoC 16nmNB-FPGAの試作
 - R5：NB-FPGA設計
 - R6-7：NB-FPGA試作、単体性能評価
 - ②マルチチップモジュールの試作と評価
 - R5：仕様検討、次世代MPU-FPGA間接続I/F設計
 - R6：MCMモジュール詳細設計
 - R7：MCMモジュール試作、電気性能と耐宇宙環境性評価
 - ③開発ツール(設計SWと評価ボード)の整備
 - R5-6：既存NB-FPGA設計SWの16nm向け改修
 - R7：開発ツール設計・製造
- *SoC：System on a chip
**NB-FPGA：ナノブリッジFPGA

実施項目	R5	R6	R7
①大規模版SoC 16nmNB-FPGAの試作 SoC NB-FPGA設計 SoC NB-FPGAチップ設計、下地半導体部製造 SoC NB-FPGA製造、単体性能評価	→		FPGA単体 評価サンプル →
②マルチチップモジュールの試作と評価 仕様検討、次世代MPU-FPGA間接続I/F設計 MCM設計 MCM試作、電気性能の評価	→	→	モジュール 評価サンプル →
③開発ツール(設計SWと評価ボード)整備 既存NB-FPGA設計ツールの16nm向け改修 開発ツール設計・製造	→	→	開発ツール α版 →

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

○地上でのユーザへのサンプル供給や軌道上実証機会の創出など、早期にユーザの試行回数を増やす取組を検討するとともに、国内外の市場動向を調査しながら、他産業への展開することを含め、実用化・商用化に向けた取組を進める必要がある。

<対応状況>

○NB-FPGAユーザ会を運営し最新の技術情報を提供中。衛星システムメーカー1社と部品メーカー1社が開発ツールの試行を開始した。また、16nm NB-FPGAに関し、R7評価サンプル供給と衛星搭載評価計画のすり合わせを小型衛星を手掛ける企業2社と実施中。非宇宙市場への展開は、NBS社を通じて開拓を継続中。国内の自動車メーカーから10月に新たに問い合わせがあり、関心が高まっている状況。宇宙市場の動向調査は、NASA/ESAの協力も得て継続的に最新化している。超低消費電力と耐放射線性は依然他社を凌駕しており、実現の意義価値は失われていないと判断。

宇宙機のデジタル化を実現するマイクロ プロセッサ内蔵FPGAモジュールの研究開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：経済産業省
(事業期間3年程度)

当該年度の進捗状況

① 大規模版SoC16nmNB-FPGA の試作

- R5に実施したSoC NB-FPGAの設計結果に基づき、試作チップの設計と製造を実施する計画。
- 上記設計を完了(図1)し、10月より製造を開始した。年度末に完了予定。

② マルチチップモジュールの試作と評価

- R5に実施した2つの半導体(SoC NB-FPGAとMPU)の接続方式に関する検討結果を元にマルチチップモジュールの詳細設計を実施する計画。
- 上記設計作業を実施中で、年度末に完了予定。

③ 開発ツール(設計SWと評価ボード)の整備

- NB-FPGA設計SWに関し、既存製品をSoC 16nm NB-FPGAへ対応させる改修を実施する計画。
- 既開発NB-FPGA(65nm)向け設計SWの試行を通じ、SoC 16nm NB-FPGA向け設計SWへの要反映事項の抽出と改修を実施中。年度末に完了予定。

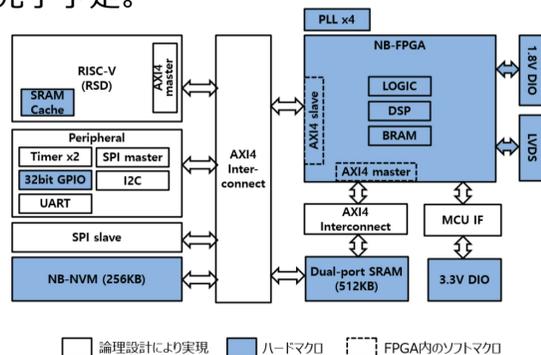
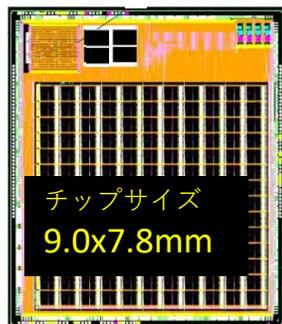


図1 SoC NB-FPGAテストチップ設計結果(左)と機能ブロック図(右)

次年度の事業計画(案)

① 大規模版SoC 16nmNB-FPGAの試作

- R6の成果をもとに、評価サンプルの製造を速やかに実施し、大規模版SoC 16nmNB-FPGAの単体性能評価を完了させる。

② マルチチップモジュールの試作と評価

- R6の成果をふまえ、マルチチップモジュールの製造作業に速やかに着手し、電気性能評価、耐宇宙環境性評価を完了させる。

③ 開発ツール(設計SWと評価ボード)の整備

- R6の成果をふまえ、SoC 16nm NB-FPGA評価ボードの設計製造と設計SWの動作確認を速やかに開始し、ユーザ試行に供する開発ツールのα版構築を完了させる。
- また、R5に開始したNB-FPGAユーザ会活動を継続し、設計SWのユーザ試行や、NB-FPGAの利便性をより高めるために必要なH/WやS/Wの抽出、それらの実現方法の具体化を継続的に進める。

令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業番号	事業名称	指摘事項 (必要な対応)	対応状況
R4-01	宇宙機のデジタル化を実現するマイクロプロセッサ内蔵FPGAモジュールの研究開発	<p>①地上ユーザ及び宇宙ユーザへの技術・製品情報の提供、評価サンプルの供給、軌道上実証機会の創出等により、ユーザの試行回数を増やす取組を検討すること。</p> <p>②国内外の市場動向を調査し、非宇宙産業への展開も見据えながら、実用化・商用化に向けた検討を進めること。</p>	<p>①以下取組を実施中</p> <p>○NB-FPGAユーザ会を運営し、<u>定期的に最新の技術情報を提供中。</u> ユーザ会は7月と12月の2回実施し、企業13社が参加。7月のユーザ会では開発ツールの仕様説明を行った。次回、12月のユーザ会では開発ツールの試行結果について共有予定。</p> <p>○<u>衛星システムメーカ1社と部品メーカ1社が開発ツールの試行を開始。</u></p> <p>○16nm NB-FPGAに関し、<u>R7評価サンプル供給と衛星搭載評価計画のすり合わせを、小型衛星を手掛ける企業2社と実施中。</u></p> <p>②非宇宙市場への展開について、NBS社を通じて開拓を継続中。<u>国内の自動車メーカから10月に新たに問い合わせがあり、関心が高まっている状況。</u></p> <p><u>宇宙市場の動向調査は、NASA/ESAの協力も得て継続的に最新化。</u> 結果、超低消費電力と耐放射線性は依然、他社を凌駕しており、実現の意義価値は失われていないと判断。</p>

衛星オンボードPPPの実証機開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：内閣府
(事業期間2年程度)

事業計画

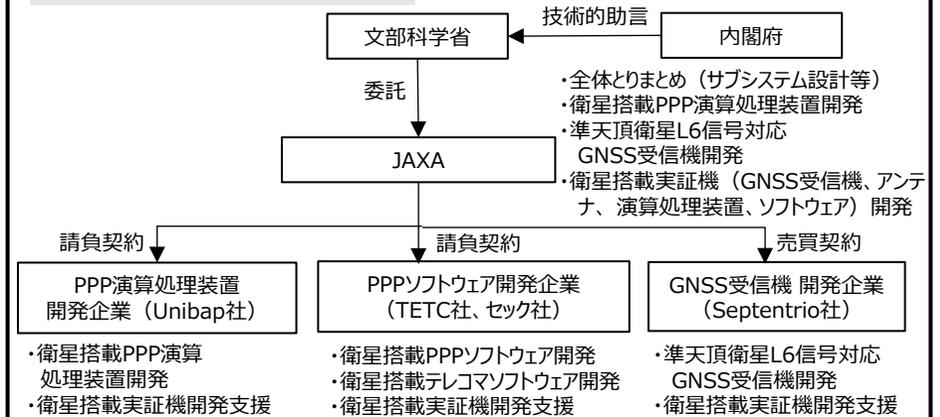
高分解能センサを搭載する地球観測衛星の撮像画像のユーザへの提供時間を大幅に短縮するために、①MADOCA※の補正情報を使用してPPP (Precise Point Positioning) を行うことができる演算処理装置と、②複数GNSS対応受信機を搭載し、③衛星オンボードでMADOCAの補正情報を使用したPPPを行って、リアルタイムにcmオーダ (3D_RMS) の衛星軌道位置推定が行える実証機のサブシステムを設計・開発する。

※ Multi-GNSS Advanced Orbit and Clock Augmentation：高精度測位補正技術

- ①衛星オンボードPPP演算処理装置開発
R5 OBC (EM, FM) 調達
R6 OBC (FM) 調達、S/W実装、コンポーネント試験
 - ②準天頂衛星L6信号対応GNSS受信機開発
R5 搭載機器選定、調達、コンポーネント試験 (FM)
R6 コンポーネント試験 (FM)
 - ③サブシステム設計・開発
R5 アルゴリズム開発 (PPP精度解析、収束性解析)、衛星搭載検討・調整
R6 アルゴリズム開発
 - ④衛星搭載PPP実証機(※)の開発
R6 衛星システムとの事前I/F試験 (EM)、衛星実証機開発 (FM)、サブシステム試験 (FM)
- ※ GNSS受信機、アンテナ、演算処理装置、ソフトウェアで構成される実証機 (搭載機器)

	R5年度	R6年度	R7年度
①	■ OBC(EM)調達	■ OBC(FM)調達 ■ S/W実装 ■ コンポーネント試験	
②	■ 搭載機器選定	■ 調達、コンポーネント試験	■ アルゴリズム開発 (PPP精度解析、収束性解析)
③		■ 衛星搭載検討・調整	
④	■ 衛星システムとの事前I/F試験		■ 衛星実証機開発・サブシステム試験

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

- 引き続き、ユーザーへのヒアリングを実施し、ニーズを取り込んで進めること
- 準天頂衛星システムのサービスエリアはアジア・太平洋地域であるが、グローバルな利用を念頭に開発を進めること
- 準天頂衛星信号の受信機メーカーが宇宙用受信機を製品化する際に本プロジェクトで実証したソフトウェアを実装してもらえるよう、共同研究等の機会を通じた働きかけを行うこと

<対応状況>

- 衛星事業者や受信機メーカー等と定期的な打合せを実施することにより、ユーザーニーズをタイムリーに取り込むような活動を行っています。
- グローバル利用の実現につきましては、JAXA予報暦を利用する、インマルサット経由でJAXAリアルタイム暦を利用する、オンボード上で高精度なGNSS暦を生成してPPPを実施する等の検討を進めております。
- 昨年度刷新Pの枠組みで実施したRFIで情報提供いただいた企業のうち日本の受信機メーカーを中心に製品化について声がけをしており、それらの受信機メーカーが宇宙用受信機を製品化する際に本プログラムで実証したアルゴリズムを実装してもらうように、共同研究等の機会を通じて働きかけていく予定です。

衛星オンボードPPPの実証機開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：内閣府
(事業期間2年程度)

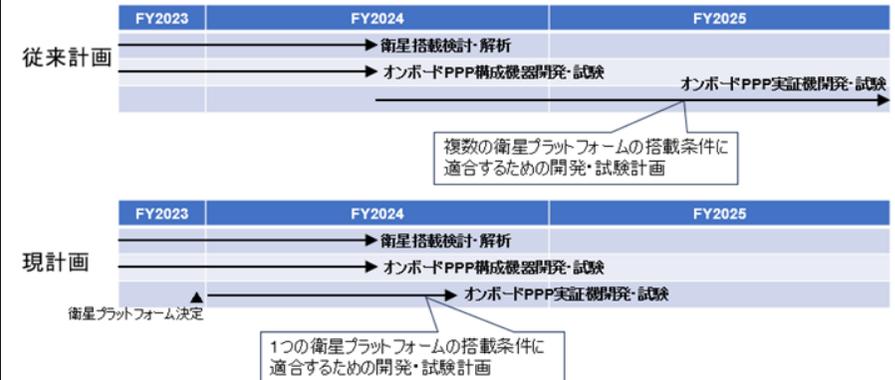
当該年度の進捗状況

- ①衛星オンボードPPP演算処理装置開発
 - 2023年度に調達した「OBCフライトモデル (FM)」と「衛星オンボードでMADCOCA-PPPが行えるソフトウェア (プロトタイプ)」をJAXAからソフトウェア開発企業に支給し、フライトに供する衛星オンボードPPPソフトウェアの製作、および衛星搭載PPP演算処理装置としての試験を行い、正常動作を確認した。
- ②準天頂衛星L6信号対応GNSS受信機開発
 - 2023年度に調達したGNSS受信機・アンテナ等を使用して、宇宙環境試験 (振動、衝撃、熱、放射線等) を行い、フライトに供する機器を選定した。
- ③サブシステム設計・開発
 - 2023年度の検討結果に基づき、衛星搭載PPP実証機の衛星搭載に関する詳細設計を行い、搭載可能な衛星プラットフォームを明確にした。
 - 2023年度に調達した「OBCエンジニアリングモデル (EM)」に「衛星オンボードでMADCOCA-PPPが行えるソフトウェア (プロトタイプ)」を実装し、正常動作を確認した。また、衛星システムが保有するインマルサット衛星通信機能を経由して、JAXAが研究開発を進めるMADCOCAの補正情報を上記ソフトウェアで受信して、MADCOCA-PPPが行えることを確認した (衛星システムとの事前I/F試験)。
- ④衛星搭載PPP実証機 (GNSS受信機、アンテナ、演算処理装置、ソフトウェア) の開発
 - 開発が完了した「衛星搭載PPP演算処理装置」と、選定した「衛星搭載GNSS受信機」を組み合わせた「衛星搭載PPP実証機 (GNSS受信機、アンテナ、演算処理装置、ソフトウェア)」を製作し、動作確認を行った。また、実際に搭載する衛星プラットフォームの条件を考慮した宇宙環境試験を行い、性能を評価した。

次年度の事業計画 (案)

なし(※)

※2023年5月のスターダスト採択後、検討作業が順調に進み、オンボードPPP実証機を構成する機器や、実証機を搭載する衛星プラットフォームが決定し、2025年度中に軌道上実証を行う枠組みが整ったため、実施期間を「令和5年度 (2023年度) ~令和7年度 (2025年度) まで」から「令和5年度 (2023年度) ~令和6年度 (2024年度) まで」に変更する。



令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 （必要な対応）	対応状況
R4-02	衛星オンボードPPP の実証機開発	<p>①事業実施に当たって、地球観測ベンチャー等をはじめとしたユーザ候補にヒアリングを実施し、ニーズを確認するとともに、国内外の市場動向についても注視しつつ研究開発を進めること。 また、グローバルなエリアで利用可能な方式について検討し、グローバル利用を見据えた研究開発を進めること。</p> <p>②準天頂衛星信号の受信機メーカーが宇宙用受信機を製品化する際に本プロジェクトで実証したソフトウェアを実装してもらえよう、共同研究等の機会を通じて働きかけていくこと。</p>	<p>①衛星事業者や受信機メーカー等と定期的な打合せを実施することにより、ユーザニーズをタイムリーに取り込めるような活動を実施。 グローバル利用の実現について、「インマルサット経由でJAXAリアルタイム暦を利用する」、「オンボード上で高精度なGNSS暦を生成してPPPを実施する」等の検討を実施中。</p> <p>②昨年度、JAXA研究開発部門が推進する「小型技術刷新衛星研究開発プログラム（刷新P）」の枠組みで実施した「オンボードPPP技術に関する情報提供要請（RFI）」において、情報提供のあった企業のうち日本の受信器メーカーを中心に、製品化について声がけを実施。 受信機メーカーが宇宙用受信機を製品化する際に、本プログラムで実証したアルゴリズムを実装してもらうように、共同研究等の機会を通じて働きかけていく予定。</p>

令和6年度戦略プロジェクトの進捗報告に対する 委員からの主な質問・コメント及び回答

事業 番号	事業名称	主な質問・コメント	回答
R4-02	衛星オンボードPPPの実証機開発	<p>「準天頂衛星システムのサービスエリアはアジア・太平洋地域であるが、グローバルな利用を念頭に開発を進めること」とありますが、これは地球観測衛星の提供時間短縮というメリットが浸透すれば、日本国外の地球観測衛星運用企業も採用する可能性があるということでしょうか？</p> <p>もしそうであれば、このシステムがあるということでアジア地域で地上局を運用する可能性が増えるということにつながるのでしょうか？ そうした波及効果が見込めるのであれば教えていただきたい、またプログラムを推進する理由が見えやすくなるかと思えます。</p>	<p>オンボードPPPを採用することにより、地球観測衛星の画像データ提供時間短縮というメリットが浸透すれば、この技術を採用したいという日本国外の衛星事業者が出てくる可能性があります。</p> <p>上記が実現する場合、より高精度な軌道決定値が得られるアジア地域で地上局を運用する可能性が増えるということも考えられます。</p>

高安定レーザーを用いた 測位衛星搭載時計の基盤技術開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：総務省
(事業期間4年程度)

事業計画

エンジニアリングモデル開発に進むための事前検討として、事業計画4年間で地上用部品モデルを基に宇宙用部品BBMを製作し、性能および宇宙環境耐性の評価を行う。

1年目は、①地上用部品モデルの性能評価、宇宙環境耐性評価を行う。並行して、地上用部品モデルの成果を基に②宇宙用部品のサーベイを行い、調達する部品を選定し、納期などサーベイ結果を研究計画に反映する。また、翌年度以降の③宇宙用部品BBM開発に向けた企業との協力体制の構築を行い、衛星搭載化に向けた熱設計など実現性検討を進める。

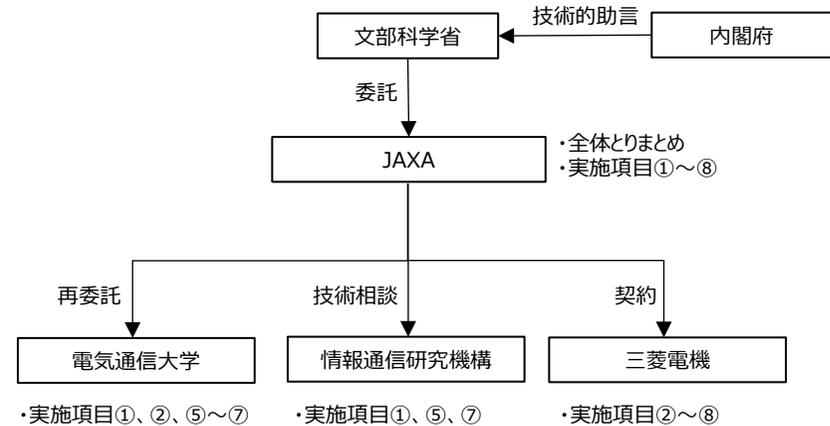
2年目は、1年目の宇宙用部品サーベイ結果を基に④宇宙用部品の調達を行い、納品された宇宙用部品を用いて⑤地上用部品モデルを宇宙用部品に置き換えた性能評価を行う。また、⑥宇宙用部品BBMの設計・製作を進める。

3年目は、継続して性能評価をしつつ宇宙用部品BBMを完成させる。

4年目に⑦宇宙用部品BBMの宇宙環境耐性および周波数安定度の評価等を行うとともに、評価結果を考慮し⑧エンジニアリングモデルへの反映事項の検討を行い、衛星搭載用のエンジニアリングモデルを開発するための知見と技術を獲得する。

	R5年度	R6年度	R7年度	R8年度
①	性能評価・宇宙環境耐性評価			
②	宇宙用部品調査・検討			
③	協力体制の構築、実現性検討			
④		宇宙用部品の調達		
⑤		宇宙用部品への置き換え、性能評価		
⑥		設計・製作		
⑦			宇宙環境耐性評価、安定度評価	
⑧			反映事項の検討	

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

- 準天頂衛星後継機での本運用に先立ち、軌道上実証の機会を確保できるよう検討を進めることが必要である。
- 本事業における開発と並行して、事業終了後の製品化企業候補のリーサーも必要である。

<対応>

- 準天頂衛星後継機での本運用に向けて、内閣府宇宙戦略推進事務局準天頂衛星システム戦略室との連携体制構築を検討中。また、軌道上実証の機会確保に向けて、JAXAや内閣府等の宇宙実証プログラムとの連携について調査中。
- 事業終了後の製品化企業候補のリーサーを実施予定。

高安定レーザーを用いた 測位衛星搭載時計の基盤技術開発

当該年度の進捗状況

④ 宇宙用部品の調達

- ▶ 昨年度の成果をふまえ、宇宙用部品BBMに使用する部品の調査・検討において作成した調達計画をもとに、宇宙用部品の調達を行う。
- ⇨ 9月6日 三菱電機と契約締結した。上記調達計画を見直し、調達を開始した。年度末までに必要な調達が完了する見込み。

⑤ 地上用部品モデルを宇宙用部品に置き換えた性能評価

- ▶ 地上用部品モデルの部品を、上記④により納品された宇宙用部品と置き換えて性能評価を行う。
- ▶ 部品の置き換えと評価は、再委託先及び外注契約先と適宜調整しつつ実施し、結果をまとめる。
- ⇨ 宇宙用部品の納品を待って置き換え性能評価を行う。年度末までに、モジュール毎の性能評価を終える見込み。

⑥ 宇宙用部品BBMの設計・製作

- ▶ 昨年度実施した実現性検討と上記⑤で行った検討をもとに宇宙用部品BBMの設計を行う。
- ▶ その後、宇宙用部品BBMの製作を開始する。
- ▶ 宇宙用部品BBMの製作は、引き続き令和7年度も継続して行う。
- ⇨ 三菱電機との契約のもと、宇宙用部品BBMの設計を開始した。年度末までに設計を完了し、宇宙用部品BBMの製作を開始する見込み。

次年度の事業計画（案）

⑥ 宇宙用部品BBMの設計・製作

- ▶ 1年目、2年目で行った検討のもと宇宙用部品BBMの製作を継続して実施する。
- ▶ 製作の過程でモジュール毎の性能評価を行う。
- ▶ 宇宙用部品BBMを仕上げる。

令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 (必要な対応)	対応状況
R4-03	高安定レーザーを用いた測位衛星搭載時計の基盤技術開発	<p>①準天頂衛星後継機での本運用に向けて、内閣府宇宙戦略推進事務局準天頂衛星システム戦略室との連携体制構築に努めるとともに、軌道上実証の機会確保に向けて、JAXAや内閣府等の宇宙実証プログラムとの連携等を検討すること。</p> <p>②事業終了後の製品化企業候補のリサーチを継続的に実施すること。</p>	<p>①準天頂衛星後継機での本運用に向けて、内閣府宇宙戦略推進事務局準天頂衛星システム戦略室との連携体制構築を検討中。 軌道上実証の機会確保に向けて、JAXAや内閣府等の宇宙実証プログラムとの連携について調査中。</p> <p>②事業終了後の製品化企業候補のリサーチを実施予定。</p>

スペース・トランスフォーメーション実現に向けた 高分解能光学衛星のデータ解析技術の研究と利用実証

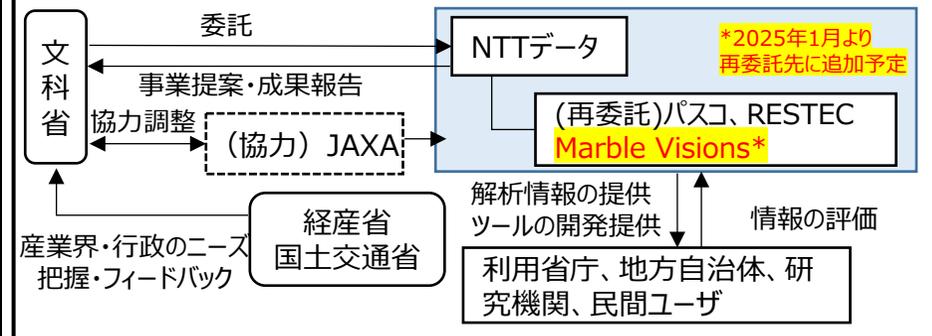
主担当省庁： 文部科学省
連携省庁： 経済産業省
国土交通省
(事業期間 5年程度)

事業計画

- ①～③の事業内容を実施するにあたり、行政や海外ユーザに提供する高分解能光学データを活用したソリューション提供、及び衛星データを活用した3次元地形情報のデジタルツイン構築にかかる優れた解析・システム開発技術を持つ民間事業者等に委託する。
- 本提案では、これまで実証や研究等で有用性が確認されたテーマや分野を中心に、社会定着・商用化のために必要となる研究開発・実証を行うため、商業化までしっかりと実施する事業者等に委託する。
- 年度毎の計画は以下の通りであり、実証とパッケージの改良を繰り返してブラッシュアップしていきつつ、海外動向も踏まえてながらスピード感を持って取り組む。

テーマ	R5	R6	R7	R8	R9
①		高分解能光学衛星データ収集・整備			
		ニーズ調査に基づく衛星データ活用パッケージの開発と改良			
		国内外での利用実証、主な利用分野での社会実装			
②		高分解能光学衛星データ収集・整備			
		高精度な三次元データ解析技術の開発と検証	デジタルツイン試験PFの構築	デジタルツイン試験PFの機能拡張、利用実証	
		国内外での利用実証、衛星システムと連携した検証			
③		SAR等の衛星データ収集・整備			
		光学とSAR等のデータ融合技術の開発、検証、高度化			

実施体制



留意事項への対応状況

- <指摘事項>
- 海外の動きを念頭に、スピード重視で実装化を進めながらユーザーとともに改善していくこと。
 - 衛星は可能な限り国内のものを活用すること。
 - 実証の先の商業化まで実施する意思のある事業者を選定すること。
 - 商業化に向けて作成したガイドラインやデータ仕様等について、他企業等も利用できるように検討すること。
- <対応状況>
- 世界の市場・技術動向を調査し、プロトタイプ開発をスピード重視で進め、ユーザとともに実証・改良のサイクルを実施している。
 - 3次元観測が可能な国産衛星を活用している。機数増加に伴って活用を増やす計画である。観測頻度等について海外衛星で補完する。
 - 事業者は、本実証成果を基に、国産衛星等を活用したデジタルツインビジネスをグローバルで商業化する計画である。
 - 本研究で作成したガイドラインやデータ仕様は公開し、関連する業界での利用促進を図る計画である。

スペース・トランスフォーメーション実現に向けた 高分解能光学衛星のデータ解析技術の研究と利用実証

主担当省庁： 文部科学省
 連携省庁： 経済産業省
 国土交通省
 （事業期間 5年程度）

当該年度の進捗状況

①光学衛星データを活用した行政DX等の国内外の利用実証 実施計画

- 衛星データ利用が期待される5つの分野（農業、都市、防災、森林、土地利用）において、国内外のユーザ機関とともにAI等のデータ解析技術を適用し、ツール開発、手順書案を作成する。

進捗状況

- 国内は「岡山、名古屋、広島、長野」、海外は「タイ、インドネシア、ベトナム、ウガンダ、ケニア」の実証ユーザとともにAIモデルとツールの試作を行っている。

②光学衛星等による三次元地形データを活用したデジタルツイン生成技術の開発

実施計画

- 国内の小型衛星等を活用し、三次元の時系列変化及びシミュレーション予測技術を開発し、デジタルツインプラットフォームの試験プラットフォームを構築する。

進捗状況

- 小型衛星を使い時系列の三次元データ生成及び変化抽出・予測シミュレーション技術を開発し、性能を検証中。デジタルツインについて、国内外の先端ユースケースに基づいて試験プラットフォームを構築中。

③光学とSARの融合による衛星観測情報の高度化技術の開発

実施計画

- 災害（農業）、都市・地理空間、沿岸環境等の分野における光学とSAR等のデータ融合の技術開発と利用実証を行う。

進捗状況

- 農地・ため池等の災害時状況把握、光学とSARの三次元データ融合、衛星と航空ライダーによる深淺測量技術を開発中。

次年度の事業計画（案）

①光学衛星データを活用した行政DX等の国内外の利用実証

- 昨年度の実証成果に基づいて、国内外の各分野で業務手順書案と開発されたツールを用いて業務適用の実証を行う。
- 農業分野では農業機器運行、都市分野では固定資産と都市計画、防災分野ではステレオ計測、森林分野では森林資源・炭素吸収量判読、土地利用分野では海外での地図作成の手順書とツールを用いて実証する。

②光学衛星等による三次元地形データを活用したデジタルツイン生成技術の開発

- 小型衛星を活用した高精度三次元データ生成・4D化技術について、業界標準フォーマットとの互換性に対応し、航空機・地上等とのデータ融合手法を開発し、実証する。
- 試験プラットフォームにアプリケーションインタフェース（API）を開発し、都市・災害・VR/AR等の想定利用者を含めてプラットフォームの実証を行う。

③光学とSARの融合による衛星観測情報の高度化技術の開発

- 昨年度までの技術開発成果を踏まえ、災害分野（建物、農業）、地理空間分野でデータ複合利用の国内実証を行い、技術の高度化及び実装・運用の手順整理を行う。
- 衛星ライダー・衛星画像等を統合する沿岸域の高さデータ抽出技術を検証する。将来の国産衛星ライダーを見据えてシミュレーションデータを試作し、適用可能性を検証する。

令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 （必要な対応）	対応状況
R4-06	スペース・トランスフォーメーション実現に向けた高分解能光学衛星のデータ解析技術の研究と利用実証	<p>①ユーザの意見を取り込みつつスピード重視でプロトタイプの開発を進めること。 また、実証サイクルの段階では、セミナー等の開催を通じてより広く情報を周知しながら、ユーザへの啓発活動を含むニーズ喚起と開発計画へのフィードバックを行うこと。</p> <p>②可能な限り国内衛星を活用し、今後衛星の機数増加に伴って利用可能な国内衛星が増えてきた際は、適時それらを活用していくこと。 また、今後デジタルツイン等を活用したビジネスをグローバルに展開していくことを見据えて取り組むこと。 その際、作成したガイドラインやデータ仕様を公開し、関連する業界での利用促進を図ること。</p>	<p>①世界の市場・技術動向を調査し、プロトタイプ開発をスピード重視で進め、ユーザとともに実証・改良のサイクルを実施中。 R5にバンコクで1件、名古屋で1件のセミナーを実施、R6にナイロビで1件のセミナーを実施し、広く情報を周知しながら、ユーザからの意見の収集作業を実施中。 今年度中に国内で1件セミナーを実施予定。</p> <p>②3次元観測が可能な国産衛星を活用している。機数増加に伴って活用を増やす計画である。 本実証成果を基に、国産衛星等を活用したデジタルツインビジネスをグローバルで商業化する計画。</p> <p>本研究で作成したガイドラインやデータ仕様は公開し、関連する業界での利用促進を図る計画。</p>

令和6年度戦略プロジェクトの進捗報告に対する 委員からの主な質問・コメント及び回答

事業番号	事業名称	主な質問・コメント	回答
R4-06	スペース・トランスフォーメーション実現に向けた高分解能光学衛星のデータ解析技術の研究と利用実証	<p>①「光学とSARの融合」とは画像の合成を指すのでしょうか？ それともオーバーレイ等による併用を指すのでしょうか？</p>	<p>①画像の合成と情報のオーバーレイの2つ共に技術開発を進めております。画像の合成では、性質の異なるSARと光学を同時に扱うために、光学衛星からSAR画像を疑似的に生成する技術を検討しています。情報のオーバーレイでは、SARからの変位情報と光学の3次元情報をオーバーレイして、情報抽出・可視化を行う技術を検討しています。</p>
		<p>②「デジタルツインで考えられる利用例」について、風環境や熱環境のシミュレーションが考えられますが如何でしょうか？</p>	<p>②「デジタルツインで考えられる利用例」の中で考えております。今年度の技術開発のなかで、デジタルツインの三次元のシミュレーション予測技術として、風環境や熱環境のシミュレーション解析の検討を行っております。</p>
		<p>③再委託先として参加する予定のMarble VisionsはNTTデータの関連企業として設立間もない企業だと思いますが、本プロジェクトの中で委託先のNTTデータとどのように役割分担を行う方向であるのか、また本プロジェクトに参加する意義についてMarble Visionsからのコメント等があれば教えてください。</p>	<p>③Marble Visionsは小型衛星コンステレーションおよびそれを活用した3次元地理空間情報サービスの提供を目的としております。本プログラムの中で、Marble Visionsは、主として小型衛星を活用した三次元地形データ解析に関する技術開発について役割分担を行う予定です。NTTデータは、主として三次元地形データを活用したデジタルツインプラットフォームに関する技術開発について役割分担を行う予定です。</p> <p>Marble Visionsでは、デジタルツインの実現に資する、より高頻度かつ高精度な撮影が可能な観測衛星システムを整備し、衛星画像提供から利用者の判断支援までワンストップで提供できる仕組みの構築を目指しています。本プロジェクトに参画することで、小型衛星を活用した3次元空間情報等に基づくデジタルツインの利用実証を行い、ユースケース作成とユーザ展開を行い、観測衛星システムの利用を加速したいと考えております。</p>

デジタル信号処理に対する 高効率排熱システムの研究開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：総務省
(事業期間 4 年程度)

事業計画

通信衛星のデジタル化に伴い計算機の負荷の増加による排熱が課題として識別されたため、高排熱能力を有する排熱システムとして二相流による排熱システムの採用が行われている。人工衛星に搭載するにあたり衛星としての競争力を保持するためには質量、サイズ制約のもとでの高効率なシステムとすることが求められる。そのため、FPGAやASIC等の発熱の大きい素子の効率的な熱伝達技術の確立、及び衛星システムとしての効率的な排熱システムの構築が必要である。

商用静止通信衛星で実機化し、受注拡大につなげる。

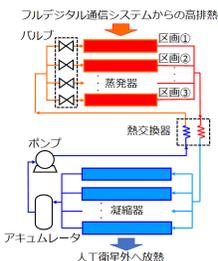
①高効率熱伝達技術の開発

- R5：概念検討及び検証計画を具体化
- R6,7：設計、調達、供試体製造及び検証試験を実施

②高効率二相流排熱システムの開発

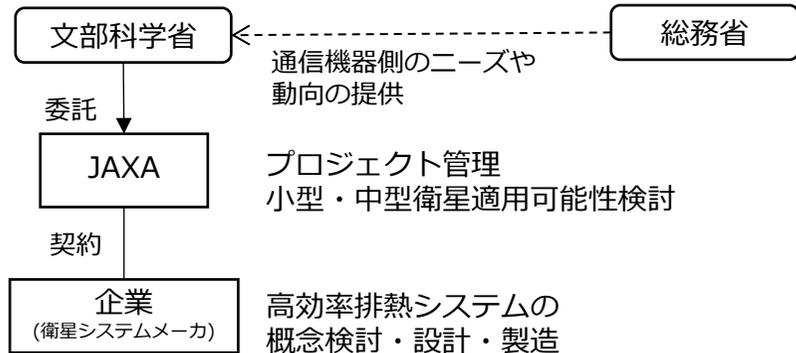
- R5：概念検討、機能・性能要求及び仕様を具体化
- R6,7,8：設計、検証計画の具体化、調達、テストベッド製造・検証試験・評価及び仕様の規格化

高効率二相流排熱システムイメージ



実施項目		R5	R6	R7	R8
① 技術 高効率熱伝達	概念検討(R5)/設計(R6-R7)	←→	←→	←→	
	調達		←→	←→	
	製造・組立		←→	←→	
	試験・評価			←→	成果反映
② 排熱システム 高効率二相流	概念検討(R5)/設計(R6-R8)	←→	←→	←→	←→
	調達		←→	←→	←→
	製造・組立			←→	←→
	試験・評価		←→	←→	←→

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

- 二相流排熱システムにおいて排熱効率が良い衛星サイズに、適宜開発スコープを調整することも検討する必要がある。
- 将来の小型・中型衛星への適用も見据え、自律性強化のため国産化も視野に入れた研究開発を実施していくことが重要である。

<対応状況>

- 衛星の熱制御方式の特徴・能力分析結果から、小型・中型衛星への適用可能性を見出し、実現性に係る研究に取り組んでいる。
- 小型・中型衛星への適用可能性検討において、キー技術の国産化の検討を進めている。

デジタル信号処理に対する 高効率排熱システムの研究開発

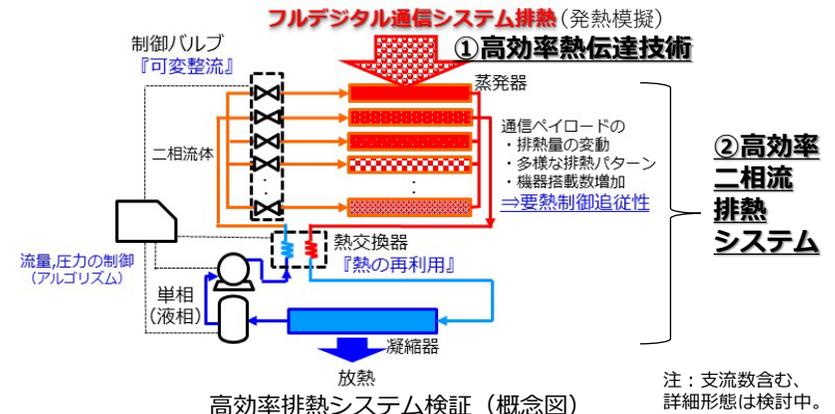
主担当庁：文部科学省
連携省庁：総務省
(事業期間4年程度)

当該年度の進捗状況

- ① 高効率熱伝達技術の開発
R6年度は設計検討及び試験用供試体の製造を実施する計画。
 - 昨年度の成果を踏まえ、設計作業及び検証計画の検討を実施中。検討結果に基づき確定させる予定。
 - 調達含めた試験用供試体の製造及び試験準備を実施中。
- ② 高効率二相流排熱システムの開発
R6年度は設計検討及び試験用供試体の製造を実施する計画。
 - 昨年度の成果を踏まえ、設計作業及び検証計画の検討を実施中。検討結果に基づき確定させる予定。
 - 調達含めたテストベッド（含む、制御アルゴリズム）の製造及び試験準備を実施中。
 - 小型・中型衛星への適用可能性検討の概念検討を実施中。
- ③ 通信領域分解能向上に関する動向調査及び実現性検討
 - 通信領域分解能に関する動向調査を実施中。開発仕様の有効性について、評価を行う予定。

次年度の事業計画（案）

- ① 高効率熱伝達技術の開発
 - 過年度の成果を踏まえ、早期に維持設計作業に着手し、検証試験の実施に向けた検討作業を実施する。
 - 引き続き、調達・製造を行い、試験用供試体の組立を行うとともに、評価試験を実施する。
- ② 高効率二相流排熱システムの開発
 - 過年度の成果を踏まえ、早期に維持設計作業に着手し、検証試験の実施に向けた検討作業を実施する。
 - 引き続き、調達・製造を行い、テストベッド組立を実施する。
 - 小型・中型衛星への適用可能性検討として、過年度の成果に基づき設計検討及び調達含めた試験用供試体の試作を実施する。
- ③ 通信領域分解能向上に関する動向調査及び適合性確認
 - 動向調査を継続し開発仕様の有効性が維持されていることを確認する。



令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 (必要な対応)	対応状況
R4-07	デジタル信号処理に対する高効率排熱システムの研究開発	<p>①熱制御方式の特徴・能力分析を実施し、その評価結果より、適宜適用する衛星サイズや開発スコープを調整すること。</p> <p>②本技術の小型・中型衛星への適用可能性検討において、キー技術の国産化についても検討すること。</p>	<p>①衛星の熱制御方式の特徴・能力分析結果から、<u>小型・中型衛星へのATCSの適用の有効性を見出した。</u> <u>上記を踏まえ、キーコンポーネントであるポンプとアクチュエータの国産化の可能性について、今年度の研究成果を踏まえて試作に着手予定。</u></p> <p>②小型・中型衛星への適用可能性検討において、<u>キー技術の国産化の検討を実施中。</u></p>

令和6年度戦略プロジェクトの進捗報告に対する 委員からの主な質問・コメント及び回答

事業番号	事業名称	主な質問・コメント	回答
R4-07	デジタル信号処理に対する高効率排熱システムの研究開発	「将来の小型・中型衛星への適用も見据えて」と戦略を示されています。この小型・中型とはどの程度まで搭載可能であるのか、展望を教えてください。	1辺が1～2m角程度の衛星サイズを有し、1kW級の熱を5～6m以上輸送する排熱要求がある小型・中型衛星に対して適用可能と考えております。

ダイヤモンド半導体デバイスの宇宙通信向け マイクロ波電力増幅デバイスの開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：経済産業省
(事業期間5年程度)

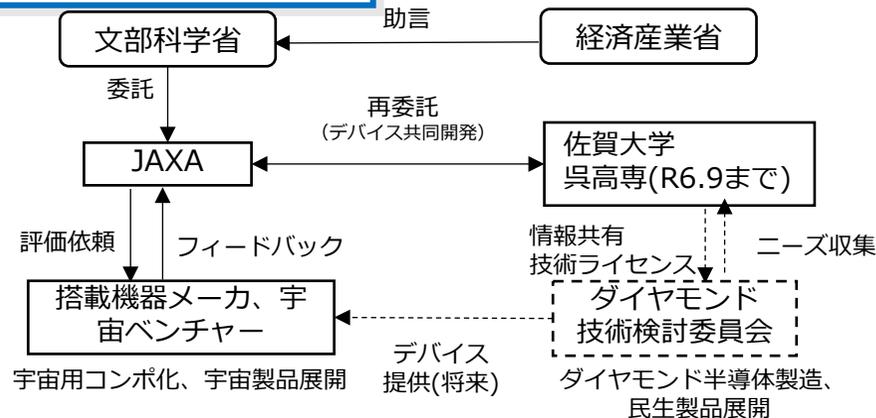
事業計画

宇宙用の地上局送信機や衛星搭載中継器では、小型高効率化実現のために、超高出力化が必要とされており、次世代パワー半導体の1つであるダイヤモンド半導体を用いた宇宙用マイクロ波電力増幅デバイスを開発し、コンポーネント化による宇宙実証を実施する。

本事業の最終目標として、①ダイヤモンド半導体を用いた宇宙用マイクロ波電力増幅デバイスの試作評価を完了する。②マイクロ波回路を開発し、信頼性および耐宇宙環境性を確認する。③コンポーネントの試作によって超小型衛星等の飛翔機会を利用した宇宙実証をおこなう。

	R5	R6	R7	R8	R9
①	デバイス作製技術の開発				
	パッケージ化技術				
	サブミクロンゲート作製技術の開発				
②	マイクロ波回路開発		信頼性、耐宇宙環境特性評価		
	マイクロ波回路、増幅器の設計試作、最適化				
③	搭載コンポーネント試作				
	コンポーネント化設計・EM試作			PFM品の試作・宇宙実証	

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

- 非宇宙（防衛も含む）での利用に繋がるよう、ユーザーや商業化を担う民間企業とコミュニケーションを図りながら、コストダウン・事業化に向けた計画を検討すること。
- 海外に追いつかれないようスピード感をもって実施すること。
- 情報管理・知財管理に注意しながら、国際動向を見極めながら早いペースで実用化にこぎつけられるよう、開発を着実に進めること。

<対応状況>

- 電子ビーム露光装置の早期導入により、8mm角および4.5mm角のダイヤモンド単結晶基板上にサブミクロンゲート電極構造（ゲート長187[nm]）を有するダイヤモンドMOSFETの試作に成功、最初のマイクロ波帯の高周波小信号特性を取得中。2次試作に着手。
- 佐賀県再生可能エネルギー等イノベーション共創プラットフォーム(CIREn)の傘下にダイヤモンドマイクロ波デバイス分科会を設置。第3回国際ダイヤモンドデバイスワークショップおよび第一回ダイヤモンド技術検討委員会(ダイヤモンドコンソーシアム)を開催し、国内外の学術研究成果の発表と情報交換を行った。

ダイヤモンド半導体デバイスの宇宙通信向け マイクロ波電力増幅デバイスの開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：経済産業省
(事業期間5年程度)

当該年度の進捗状況

(1) ダイヤモンド半導体を用いた宇宙用マイクロ波電力増幅デバイスの開発

①ダイヤモンド半導体デバイス作製技術の開発

➢ 製造プロセスの改良により、8mm角および4.5mm角のダイヤモンド単結晶基板上にサブミクロンTゲート電極構造(ゲート長187[nm])を有するダイヤモンドMOSFETの試作に成功。マイクロ波帯の最初の高周波小信号特性計測中。引き続き、利得・遮断周波数を向上させる2次試作に着手。

②パッケージ化技術(素子封止技術)

➢ 年度末までに昨年度、整備したワイヤボンダおよびダイボンダを使用して、試作したパッケージへのダイヤモンドMOSFETの実装試験を予定。

③サブミクロンゲート作製技術の開発

➢ 昨年度、据付および高精度アライメント露光を完了した電子ビーム露光装置を用いて、電子線レジストの条件出しを進めた結果、3層レジストパターンニングを用いたプロセスにより、ゲート長(Lg)=187 [nm]のTゲートの形成に成功。2次試作のためのゲート形成精度向上や歩留まり改善の条件だしを継続。

(2) マイクロ波回路開発

①マイクロ波回路,増幅器の設計試作

➢ 増幅器回路に使用する高耐圧のバイアス回路(バイアスティ)を試作を進めており、本年度、調達を進めているベクトルネットワークアナライザ(VNA)を使用して、高周波小信号特性測定を実施予定。

次年度の事業計画(案)

(1) ダイヤモンド半導体を用いた宇宙用マイクロ波電力増幅デバイスの開発

①ダイヤモンド半導体デバイス作製技術の開発

➢ 本年度の成果をふまえ、さらにコンタクト・チャンネル抵抗を下げドレイン電流値と増幅率を改善し、fT, fMAXや出力特性の向上、ゲートリーク電流を減少させた、ダイヤモンドMOSFETの試作を重ねる。また、電子ビーム露光によるダイヤモンドMOSFETへのダメージ(特性劣化)について調査し、ダイヤモンドMOSFET作製プロセスの最適化の検討を行う。

②パッケージ化技術(素子封止技術)

➢ パッケージ(ケース)にダイヤモンドMOSFETの気密封止を実施して、電気的特性や放熱条件を確認する。

③サブミクロンゲート作製技術の開発

➢ 電子ビーム露光(ビーム電流値, Dose量)および現像液の最適化、ダイヤモンドFET素子を試作回数増やして、より短いゲート長のTゲート電極の形成寸法精度を向上させつつ、リフトオフプロセスにおける歩留まりを改善させるといった製作技術の完成度を高める。

(2) マイクロ波回路開発

①マイクロ波回路,増幅器の設計試作

➢ 大信号特性測定に不可欠な、チューナ(整合器)および制御ソフトウェアを組み合わせた環境を早期に整備し、VNAを使用した大信号特性マイクロ波測定システムを完成させ、佐賀大で試作するダイヤモンドMOSFETの高周波大信号特性を測定する。

令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 (必要な対応)	対応状況
R5-01	ダイヤモンド半導体 デバイスの宇宙通信 向けマイクロ波電力 増幅デバイスの開発	<p>①早急な普及、市場育成を目的として、ユーザからの協力を仰ぐ他、ダイヤモンド半導体関係のコンソーシアム等において情報共有や宇宙以外の業界からのユーザニーズを収集し、将来デバイスや製品製造を担うことのできる企業等の参画団体を積極的に増やすこと。 また、技術移転先候補企業との共同開発や技術指導について、情報収集、意見交換を行うこと。</p> <p>②国際ワークショップ等を通じ、国内外から最新の学術成果発表、情報交換を行い、海外機関の開発状況について確認を行うこと。また、重要技術については徹底した情報管理・知財管理を行うこと。</p>	<p>①（②への対応も含む）佐賀県再生可能エネルギー等イノベーション共創プラットフォーム(CIREn)の傘下にダイヤモンドマイクロ波デバイス分科会を設置し、第3回国際ダイヤモンドデバイスワークショップ、及び、第一回ダイヤモンド技術検討委員会(ダイヤモンドコンソーシアム)を開催。 国内外の学術研究成果の発表と情報交換を積極的に実施。</p> <p>②論文や特許にノウハウや具体的条件を明記しないことで、外部へ製法の漏洩を防いでおり、開発成果を早期に特許出願する予定。</p>

令和6年度戦略プロジェクトの進捗報告に対する 委員からの主な質問・コメント及び回答

事業番号	事業名称	主な質問・コメント	回答
R5-01	ダイヤモンド半導体デバイスの宇宙通信向けマイクロ波電力増幅デバイスの開発	事業化について。製品化されれば、新しく起業することもできる技術と思いますが、視野にいれていらっしゃいますか？	スターダストの開発活動を通じて、起業についてはもちろんのこと、 将来、連携（提携）可能な企業との交流を、ダイヤモンドコンソーシアムを通じて、積極的にこなっております

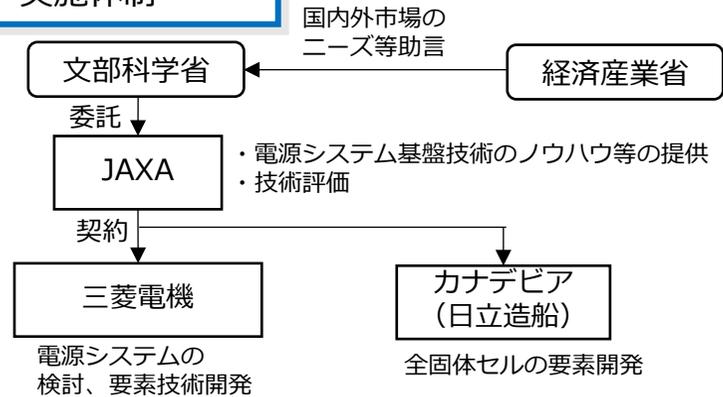
事業計画

電源システムの主構成要素であり、性能を左右する電力制御器、バッテリー、太陽電池パドルについて、R5、R6において、国内外の需要調査及び下記の検討、要素技術開発を実施し、その後の実用化開発の実現案を提示する。

- ① デジタル電源の検討、要素技術開発
モジュール化、高周波スイッチング化に係る設計検討(仕様・構成検討)および要素技術開発(双方向コンバータ*)を行う。
*双方向コンバータ:バッテリー充放電を1モジュールでおこなう小型低コスト化のキー技術
- ② 高性能バッテリーの検討、要素技術開発
液系バッテリーセルを前提に低コスト化を実現するバッテリーアセンブリの設計検討(構造簡素化・保護機能検討)及び試作評価を行う。並行して全固体電池セルの高容量化に向けた要素試作を行う。
- ③ フラットパック太陽電池パドルの検討、要素技術開発
機構系部品試作・薄型パネルのBBM基礎評価*を行う。
*BBMは機構品とパネル要素からなる試験体。機構品/パネルの組み合わせ要素として部分的なインテグレーション及び熱環境等の評価を実施。

実施項目	R5	R6
① デジタル電源 ・ 概念検討、基礎検討 ・ 要素技術開発 (双方向コンバータ)	→	→
② 高性能バッテリー ・ 概念設計、基礎検討 ・ 低価格液系バッテリー組立開発 ・ 全固体電池セル開発	→	→
③ フラットパック太陽電池パドル ・ 基本設計、要素試作品の仕様検討 ・ 要素試作、基礎評価	→	→
①～③ 共通 ・ 実用化開発の実現案の提示		▲

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

○海外競合他社の性能向上トレンドを適宜調査・把握し、商品化に向けた価格も含め、目標設定値の最新化を検討する必要がある。また、低～高供給電力をスコープにしているため、どのレベルの供給電力で最適化設計するか、サイズ・コスト・ニーズを踏まえ検討することや、国際的な各種標準化の中で我が国が不利にならないような戦略的取り組みが必要である。特に、宇宙環境で使用する全固体電池の国際的な各種レギュレーション(規定)が決まっていく際に、我が国が不利にならないよう戦略的な取組が必要である。

<対応状況>

○海外競合他社の情報を適宜調査・把握しており、デジタル電源の質量出力比2kg/kWなど、いずれの開発目標も優位性があることを確認している。引き続き調査を継続し、今年度末までの実用化開発の実現案に反映する。最適化設計について、デジタル電源は、ニーズや競合他社の動向を反映し、22kWを最適化ターゲットとして、ここからスケラブルな設計を展開することで7kW～29kWを最適化の範囲とした。なお、開発目標の下限値3.6kWにおいても、競合他社に対して優位性があることを確認している。液式リチウムイオン電池でISO標準化を我が国が主導した経験も踏まえ、全固体電池も標準化に向けた活動を検討中。また、宇宙用に限らず電池に対するレギュレーションについて、市場規制などの情報ソースを活用し、把握できたものについては、技術的な観点で対応する方向で検討している。

当該年度の進捗状況

①デジタル電源の検討、要素技術開発

- ▶ 標準スライスの試作評価を実施し、目標の質量出力比の実現性を確認するとともに、電力範囲の最適化設計結果も踏まえ、デジタル電源全体の仕様策定と設計方針を得る計画
→SSUと双方向コンバータを含めた標準モジュールの2次試作モデルを製作中。並行してシミュレーションによる動作検証を進める等、計画通り進捗している。

②高性能バッテリーの検討、要素技術開発

- ▶ 液系バッテリーアセンブリのモジュール試作、全固体電池のサブスケール試作を行い、双方の仕様策定と設計方針を得る計画
→液系バッテリーの基本構成を設定し、開発確認作業に着手。全固体電池は、目標とする200Wh/Lの実現性の目途を得て、試作評価を継続。いずれも計画通り進捗している。

③フラットパック太陽電池パドルの検討、要素技術開発

- ▶ 機構ユニット及び太陽電池ユニットの試作、両ユニットを組合せた部分インテグレーション評価を実施し、小型衛星向けフルサイズ検証モデルに向けた設計方針を得る計画
→機構ユニットの組立・組立検証が終了。太陽電池パネルユニットBBM#1の組立・組立検証も終了し、振動試験を実施中。全体的に計画通り進捗している。

上記成果と国内外のニーズ調査、海外競合他社の性能向上トレンドの調査結果を踏まえ、目標仕様の策定、技術課題の抽出と対策案の明確化を行い、年度末までに、その後の実用化開発の実現案を提示できる見込み。

次年度の事業計画（案）

(本事業は令和6年度まで)

令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 (必要な対応)	対応状況
R5-02	次世代の電源システム基盤技術獲得に向けた検討	<p>①供給電力のスコープの最適化について、引き続き設計検討を進め検討結果を計画に反映すること。 また、将来の商品化も見据え、海外動向を調査しながら価格も含めた目標設定値の最新化も検討すること。</p> <p>②国際標準化に係る製品の研究開発においては、我が国が不利にならない様にその動向を注視し、戦略的に取り組むこと。</p>	<p>①最適化設計について、デジタル電源は、ニーズや競合他社の動向を反映し、22kWを最適化ターゲットとして、ここからスケーラブルな設計を展開することで7kW~29kWを最適化の範囲とした。 なお、開発目標の下限値3.6kWにおいても、競合他社に対して優位性があることを確認済。 海外競合他社の情報を適宜調査・把握しており、デジタル電源の質量出力比2kg/kWなど、いずれの開発目標も優位性があることを確認している。 引き続き調査を継続し、今年度末までの実用化開発の実現案に反映する。</p> <p>②液式リチウムイオン電池でISO標準化を我が国が主導した経験も踏まえ、全固体電池も標準化に向けた活動を検討中。 また、宇宙用に限らず電池に対するレギュレーションについて、市場規制などの情報ソースを活用し、把握できたものについては、技術的な観点で対応する方向で検討中。</p>

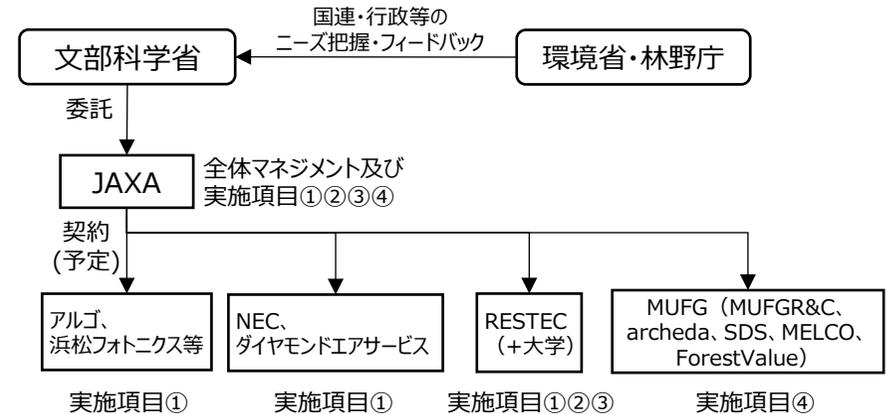
カーボンニュートラルの実現に向けた 森林バイオマス推定手法の確立と戦略的実装

主担当省庁：文部科学省
連携省庁：環境省・林野庁
(事業期間 3年程度)

事業計画

- ①～④の事業内容を実施するにあたり、航空機搭載SAR(Pi-SAR-L3)の機能追加、GHG/SIF観測センサ開発や観測、研究プラットフォーム構築・運用、衛星データを利用した森林バイオスマップ作成、カーボンクレジット算定に係る優れた技術を有する民間事業者または大学等に委託する。
- 年度毎の計画は以下の通り。①で航空機及び地上観測によりデータを取得して手法を開発し、②で衛星にシフトして流域・地域スケールに拡張しつつ実証を行い、さらに③では国レベルで高精度な森林バイオマス推定手法を確立する。並行して①～③で開発した手法をカーボンクレジット市場で活用すべく、事業者との連携検討や実証を行う。
- R8年度以降は、本提案の進捗状況を勘案しつつ、さらに改良・社会実装定着に向けた取組の実施・支援方策を検討する。

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

- 特化したある分野では日本の技術が優れており、海外からも技術使用の引き合いが来るよう留意の上、事業を進めること。
- 民間を含めた国内外の動向を踏まえながら環境省・林野庁等と密に連携して事業を進めることや、SARデータだけでなく他衛星センサの観測情報も組み合わせたバイオマス推定精度の向上についても検討すること。
- カーボンクレジットの検討にあたり地上データを組み合わせる方が良いか、衛星データのみの方が優位性を持つかという点も検討すること。

<対応状況>

- COP29の日本パビリオンにおけるセミナー等において、本プロジェクトを含む日本のバイオスマップ作成取り組みを紹介した。引き続き海外展開を視野に事業を進める。
- 国内外の動向調査を実施し、民間企業や環境省、林野庁と連携しながら戦略的に実証を進めている。また、LバンドSARデータに加えて海外の光学衛星や宇宙機搭載ライダー衛星等を組み合わせた森林バイオスマップの作成手法を検討し、日本全域の森林バイオスマップVer.1を整備・公開した。今後更なる高精度化を目指して研究開発を進める。
- カーボンクレジット制度の方法論の改訂・新設に向けて、地上データとの親和性や衛星データの優位性についても実証の中で検討を進めている。

実施項目		R5	R6	R7
①陸域炭素吸排出算定手法の開発	1-1)航空機搭載SAR多偏波・多周波同時観測機能改修(Pi-SAR-L3)	→	→	→
	1-2)航空機搭載GHG/SIF観測センサ開発	→	→	→
	1-3)試験観測		→	→
	1-4)観測フライト		→	→
	1-5)炭素吸排出算定手法の開発・検証	→	→	→
	1-6)地上検証データの取得	→	→	→
②流域スケールでの炭素収支算定手法の開発	2-1)空間スケールアップ手法の検討	→	→	→
	2-2)大学演習林等の地上観測データ等収集	→	→	→
	2-3)研究プラットフォームの構築・管理	→	→	→
	2-4)炭素収支算定手法の開発・検証	→	→	→
③国レベルの森林バイオスマップの整備・検証	3-1)国内森林バイオスマップの整備・検証	→	→	→
	3-2)海外森林バイオスマップの整備・検証	→	→	→
	3-3)炭素収支の算出	→	→	→
④森林カーボンクレジット算定に係る利用実証	4-1)民間事業者との連携構築	→	→	→
	4-2)クレジット算出アルゴリズム検討	→	→	→
	4-3)海外森林バイオスマップの利用実証	→	→	→
	4-4)森林カーボンクレジットに関する利用実証	→	→	→

※オレンジ線は昨年度計画から変更があった箇所を指す。年度内での計画変更、もしくは年度を越えた前倒しの計画変更であり、全体計画への影響は無い

カーボンニュートラルの実現に向けた 森林バイオマス推定手法の確立と戦略的実装

当該年度の進捗状況

- ① 陸域炭素吸排出算定手法の開発
 - R5に引き続き、JAXAが所有する航空機搭載SAR (Pi-SAR-L2) への多偏波・多周波同時観測機能の追加 (Pi-SAR-L3) 及び航空機搭載GHG/SIF観測装置の整備を実施し今年度中に試験飛行予定。
 - 森林バイオマス地上検証用の現地計測データについて、地域ごとの植生帯の違いを考慮しながら収集中。また、水田・湿地帯について、茨城県龍ヶ崎市の圃場をテストサイトとして選定し、春先から稲刈り時期まで離散的にメタン排出の地上計測を実施した。
- ② 流域スケールでの炭素収支算定手法の開発
 - 収集した地上計測・航空機計測データに基づき、対象流域において衛星データ (SAR、光学、ライダー) から森林バイオマスを高精度に推定する手法検討を実施した。水田・湿地帯のデータ利用方法については今後検討予定。
 - 国内において、流域スケールから国レベルへのスケールアップにともなう誤差伝搬についての検討を実施中。
- ③ 国レベルの森林バイオマスマップの整備・検証
 - 日本全域の森林バイオマスマップVer.1を整備・公開した(北海道大学との共同研究成果)。また更なる高精度化を目指してVer.2の整備を実施中。
 - 海外において、カンボジア環境省環境知識情報局 (GDEKI) との協力協定を締結し現地プロット調査を実施。国家森林インベントリ (NFI) や関連情報の提供を受けるとともに、バイオマス推定に関する技術移転を実施予定。また、地球観測衛星委員会 (CEOS) の会合において本取組を紹介するとともに、NASAやESA等とも連携してバイオマスマップの相互比較に向けた協力を実施中。
- ④ 森林カーボンクレジット算定に係る利用実証
 - R5で実施した調査をもとに、方法論の改訂・新設のための森林バイオマスマップを用いた実証計画を作成。今後実証地の選定を行う予定。また、環境省及び林野庁等とも連携しながら進めている。
 - 国内での実証を進めるとともに、海外のクレジット制度における森林バイオマスマップの実証についても検討中。

次年度の事業計画 (案)

- ① 陸域炭素吸排出算定手法の開発
 - R6までに機能追加・確立した手法を基に航空機観測データを蓄積し、データの高度化や多様化を図る。
 - 観測を通して抽出された課題に対して対策立案を実施し、航空機観測の高度化を図るとともに、解析手法の高度化及び地上検証データの取得を進める。
- ② 流域スケールでの炭素収支算定手法の開発
 - 2時期の森林バイオマス地図を時間方向に矛盾なく作成する手法を検討し、GHG観測と合わせて対象流域の炭素収支算定手法の高度化を検討する。
 - 水田・湿地帯のデータ利用方法について検討する。
- ③ 国レベルの森林バイオマスマップの整備・検証
 - R6までに作成した日本全域の森林バイオマスマップの更なる高度化の研究を行うとともに、東南アジアの数ヶ国を対象に海外域の森林バイオマスマップを作成する。
 - また、2時期の森林バイオマスマップを整備することで、カーボンニュートラル実現への貢献を想定した行政利用について検討を行う。
- ④ 森林カーボンクレジット算定に係る利用実証
 - R6に引き続きカーボンクレジット分野における衛星データおよび森林バイオマスマップを用いた実証を実施する。
 - また、実証結果をまとめるとともに、国内外の各クレジット制度における方法論の新設・改定等にむけて環境省や林野庁をはじめとする関係機関等との調整等を行う。

令和5年度「宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の進め方」 （令和6年2月9日宇宙開発利用部会承認）に関する対応状況

事業 番号	事業名称	指摘事項 (必要な対応)	対応状況
R5-03	カーボンニュートラルの実現に向けた森林バイオマス推定手法の確立と戦略的実装	<p>①国際会議等の様々な機会を活用し、本プロジェクトを含む日本のバイオマスマップ開発にかかる成果発信に継続的に取り組むこと。</p> <p>②民間企業や関係省庁（環境省、林野庁等）等の様々なステークホルダーと、衛星データを用いたバイオマスマップの活用可能性について、継続的に対話を実施すること。また、SARデータに加え、光学衛星や宇宙機搭載ライダー等も組み合わせた森林バイオマス推定の検討を行うこと。</p> <p>③カーボンクレジット・バイオマスマップ開発に関連する国内外の取組事例やコミュニティの議論を参考にしながら、衛星データと地上データを組合せた手法と、衛星データのみを用いた手法で、それぞれが持つ優位性の違いも意識しつつ検討を進めること。</p>	<p>①COP29の日本パビリオンにおけるセミナー等において、本プロジェクトを含む日本のバイオマスマップ作成取り組みを紹介。 引き続き海外展開を視野に事業を進める。</p> <p>②国内外の動向調査を実施し、民間企業や環境省、林野庁と連携しながら戦略的に実証を実施中。また、LバンドSARデータに加えて海外の光学衛星や宇宙機搭載ライダー衛星等を組み合わせた森林バイオマスマップの作成手法を検討し、日本全域の森林バイオマスマップVer.1を整備・公開を実施。 今後更なる高精度化を目指して研究開発を実施予定。</p> <p>③カーボンクレジット制度の方法論の改訂・新設に向けて、地上データとの親和性や衛星データの優位性についても実証の中で検討を実施中</p>

令和6年度戦略プロジェクトの進捗報告に対する 委員からの主な質問・コメント及び回答

事業番号	事業名称	主な質問・コメント	回答
R5-03	カーボンニュートラルの実現に向けた森林バイオマス推定手法の確立と戦略的実装	①「航空機観測の高度化」について具体的にご教示いただければ幸いです。	<p>本スターダスト事業の中で、航空機SARの改修（Pi-SAR-L3）と航空機搭載GHG/SIF観測装置の整備を進めていますが、それぞれ完了すればSARとGHGの同時観測が可能となります。このデータを用いて、炭素収支推定手法の検討および検証に活用することを想定しています。</p> <p>また本事業の外ですが、航空機SARは今回改修するL-bandと通信総合研究所が保有するX-bandの同時観測が可能になりますので、L-/X-band SARデータを用いた高度化にも資することも想定しています。</p>
		②ALOS-4 PALSAR-3データの利用の予定はありますか？	ALOS-4/PALSAR-3については、初期較正検証運用終了後、有効なデータが取得でき次第、利用する想定です。
		③LバンドSARについては、米印NISARの打上げの遅延、欧州では計画自体がまだ先であるなど日本が優位性を発揮しやすい状況にあると思います。その間に精度面で先行すること、またそうした手法を標準化するための戦略、取り組みなどがありましたら教えてください	<p>ALOS-2とALOS-4の2機による高頻度観測運用及びALOS-4の4偏波の観測を用いた精度向上については、他国のLバンドSAR計画では実施できないので大きな強みです。それらを用いて日本及び東南アジアの国別のバイオマスマップを作成し、インベントリ報告での利用やカーボンクレジットでの利用を検証します。</p> <p>実施した結果を関連する国際活動である地球観測衛星委員会（CEOS）や全球森林観測イニシアチブ（GFOI）を通じて標準化を行うと同時に、気候変動枠組条約におけるCOPにおいても成果を示して参ります。</p>