

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) R7年度進捗報告 担当省庁説明資料

令和7年12月23日
第33回衛星小委員会

宇宙無人建設革新技術開発

主担当庁：国土交通省
連携省庁：文部科学省
(事業期間6年程度)

事業計画

- 将来の月面等での建設活動に資するため、地上の建設技術の高度化を目指し、令和3年7月に宇宙と建設の分野横断的な有識者会議（「**宇宙を目指す建設革新会議**」）を設置し、**開発テーマを設定**した上で、**民間企業や大学等研究機関を対象**に、次の3つの技術分野において実施者を**公募**。

技術Ⅰ：**無人建設（自動化、遠隔化）**に係る技術
技術Ⅱ：月面で使用する**建材の製造**に係る技術
技術Ⅲ：月面における**簡易施設の建設**に係る技術

- **応募技術を有識者会議で審査・選定**し、実施者と委託契約。
- 技術研究開発の実施にあたっては、無人建設に係る**各種技術の水準、達成状況を的確に見極めるために、試験場、建設現場で実証**を行う。また**共通課題毎にWG**を実施。

実施体制

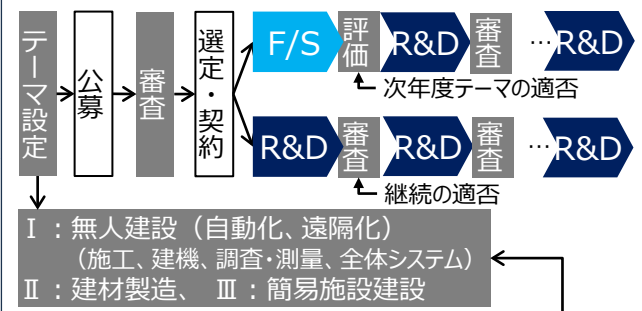
宇宙を目指す建設革新会議

- 学識者
建設、宇宙、宇宙科学
- 研究者
土木研究所
JAXA
- 行政
国交省
文科省
内閣府

連携

国交省DX、土研自律施工プラットフォーム、他省スターダスト等

〔個別開発の進め方〕



〔全体の推進方策〕

全体会議、課題毎WG、現場実証

宇宙・地上の無人建設革新技術開発の方向性のブラッシュアップ



留意事項への対応状況

〔留意事項〕

引き続き、我が国の国際宇宙探査シナリオ等を踏まえながら、将来的に月面等での建設活動に発展し得ることを視野に入れつつ、地上での無人建設の事業の需要を考慮し、予算の工面を検討することが必要である。

〔対応状況〕

研究開発の推進のため、WGにおいて日本の国際宇宙探査シナリオや、各研究開発間の協調領域等について議論を深めた。

月面建設における探査技術については、これまでの研究成果を発展させる取組が宇宙戦略基金に採択され、令和7年12月から研究開発を開始する予定である。また、月面拠点建設への展開が期待される地上無人建設技術の一層の推進を図るため、関連予算については引き続き要求していく

宇宙無人建設革新技術開発

主担当庁：国土交通省
連携省庁：文部科学省
(事業期間6年程度)

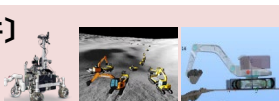
当該年度の進捗状況

① 各研究開発の推進

- 令和6年度に実施したR&D12件で得られた成果を踏まえ、**有識者会議での審査を経てR&D12件全てを選定し、4月に委託契約を締結。**

技術Ⅰ：無人建設（自動化、遠隔化）〔8件〕

地表・地中センシング、掘削・運搬、敷均し、
建機自動化シミュレーション、索道、杭打



技術Ⅱ：建材製造〔1件〕

レゴリスを活用した建材製造



技術Ⅲ：簡易施設建設〔3件〕

インフレーター構造物、展開構造物



② 事業全体の推進

- 令和7年6月2日に**有識者会議、合同WGを開催**し今年度の方針を審議。
- **課題毎のWG**（自律施工、居住モジュール無人施工、月面無人施工プロセス）を**適宜開催**し、12月にも合同WGを予定。その他実施者間の議論等を適宜実施。
- 令和7年11月から翌年2月にかけて、各研究開発実施者の実験場等において、**有識者委員（学識者、JAXA等）立会いのもと、進捗状況の確認や助言等**を行う。
- 令和8年3月の**有識者会議にて成果を評価・審査**予定。

③ 成果の情報発信

- 「宇宙ロボティクス国際会議（iSpaRo）」（令和7年12月予定）等での展示や、その他の論文発表等を通じ、個々の研究開発や事業全体の取組状況等を**国内外の関係者に広く周知**。

次年度の事業計画（案）

① 各研究開発の推進

- 研究開発に早期に着手し開発を推進。各技術の件数及び規模は以下を想定。

技術Ⅰ：無人建設（自動化、遠隔化） **8件（継続）**

技術Ⅱ：建材製造 **1件（継続）**

技術Ⅱ：簡易施設建設 **3件（継続）**

（基本**18百万円／件**程度で、**審査結果により増減**）

② 事業全体の推進

- **有識者会議や各WG**を通じ、個々の研究開発とともに**事業全体を推進**する。また、**各技術間の連携（協調領域・競争領域）や研究開発において共有化・標準化する技術・項目等の整理**を図り、**宇宙・地上の無人建設革新技術開発の方向性のブラッシュアップ**や月面施工プロセスへの反映を進める。
- 測位・通信等、他のプログラムの開発進捗に応じ、定期的に情報交換を行い、技術の相互利用を図る。
- 月面での無人建設技術を目指すとともに、地上での建設技術の高度化の観点も含め、引き続き研究開発を推進し、個々の研究開発の成果のほか**プロジェクト全体の成果**をとりまとめる。

③ 成果の情報発信

- 引き続き個々の研究開発のほか、プロジェクト全体としての**成果の発信を積極的に行い**、宇宙・地上技術への波及を図る。

月面等における長期滞在を支える 高度資源循環型食料供給システムの開発

主担当庁：農林水産省
連携省庁：文部科学省
(事業期間5年程度)

事業計画

月及び火星等における長期滞在に必要な①高度資源循環型食料供給システムと②QOLマネジメントシステムの実証モデルを開発するとともに、それらの実証のために必要となる③共創型実証基盤の設計等を実施する。

① 高度資源循環型の食料供給システムの開発

R3:食料生産・資源再生技術の向上のための初期開発・試験
R4:食料生産・資源再生技術の向上に向けた高度化開発・最適化開発
R5:食料生産・資源再生技術の向上に向けた高度化開発・最適化開発
R6:実証モデルA(サブスケール)の開発・評価
R7:実証モデルAの開発・評価、実証モデルB(フルスケール)の仕様書作成
R8:実証モデルAの評価、実証モデルB(フルスケール)の仕様書作成
目標:4人以上が必要とするほぼ全ての栄養素とQOLを持続的に確保するシステムの実証モデルの開発

② QOLマネジメントシステムの開発

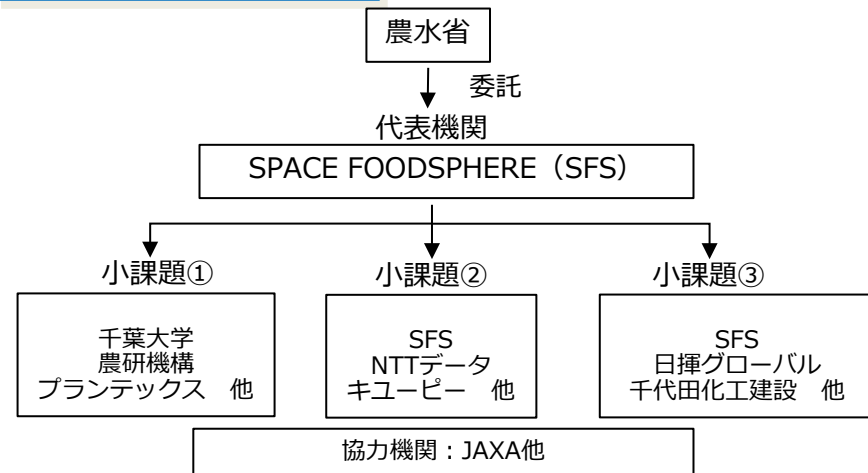
R3:システムの要件定義・FS
R4:システムの要件定義・初期開発
R5:システムの開発
R6:システムの開発・実証
R7:システムの開発・実証
R8:システムの実証
目標:4人以上のクルーの心身の健康や健全な人間関係の維持支援

③ 共創型実証基盤の設計

R3:条件想定、要素試作・試験
R4:部分統合検討、要素試作・試験
R5:部分統合検討、開発・試験
R6:全体統合設計、開発・試験
R7:全体統合設計、開発・試験
R8:全体統合設計、開発・試験
目標:4人が滞在可能な閉鎖実験施設ISS/月面での実験モジュール設計等

	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度	R7年度	R8年度
①	生産・処理技術開発 装置・システム開発			実証モデルA 開発・評価		
				システムの実証		
②	要件定義・FS			実証モデルB 仕様書作成		
	システム開発等					
③	施設/内部システムの条件想定 部分/全体統合検討			施設/内部システム全体統合設計		
	実験計画策定・ モジュール要素試作・試験			地上実証モジュール開発・試験		

実施体制



留意事項への対応状況

○ 本プロジェクトで研究開発している技術を地上におけるビジネスにも展開することを念頭に計画を進めている点は評価できる。また、将来的な実証を見据えて、国内外の動向を踏まえながら検討を進めている点も評価できる。引き続き、計画に沿ってプロジェクトを進めるとともに、地上の災害地や極限環境下での活用も念頭に、本プロジェクト終了後の展開を見据えて計画を進めることが必要である。

→ 各要素技術や部分統合したシステムの地上転用、事業化に向けた検討活動を参画企業を中心に進めている。①高等植物生産技術、高等植物の新品種、培養食料生産技術、資源再生技術については、生産物の高付加価値化や既存システムの生産効率向上、コスト低減、環境負荷低減、インフラ未整備地域での利用や食料安全保障への貢献等を、②QOL観察システムや食の支援ソリューションについては、南極等の極地滞在に向けた事前訓練や災害時等の避難所・シェルターなどの閉鎖隔離環境、食事制約のある介護施設やアスリートの栄養サポートやQOL改善等における活用を検討している。③宇宙実験モジュールについては、ISS/きぼうや商業宇宙ステーションにおけるサービス提供に向けた検討・協議を実施している。

月面等における長期滞在を支える 高度資源循環型食料供給システムの開発

主担当庁：農林水産省
連携省庁：文部科学省
(事業期間5年程度)

当該年度の進捗状況

① 高度資源循環型の食料供給システムの開発

➤①-1 高等植物生産システムの開発

①-2で開発中のイネ・トマト・ダイズ・イチゴの新系統の生育最適化、機械授粉法の検討、人工土壌を用いたイモ類栽培試験、再生培養液を用いた栽培試験を実施。

➤①-2 高等植物の品種開発

イネ・ダイズ・トマトの矮性・良食味等を備えた宇宙向けプロトタイプ系統をさらに改良し、有望系統を複数作出。また、イチゴの閉鎖系栽培向け有望系統を複数選抜。

➤①-3 培養食料生産システムの開発

藻類培養装置の実証モデルAの長期運用を通じた性能実証を実施。また、培養肉は、動物細胞培養のスケールアップ及び抽出栄養利用率を高めるための検討を実施。

➤①-4 資源再生システムの開発

食品残渣と人糞尿を無機養分化して窒素・リン・カリウムの3大肥料要素を回収して供給・利用できる高度化システム（実証モデルA）の運用を実施。

② QOLマネジメントシステムの開発

➤②-1 QOL観察システムの開発・実証

定点観察システムのUXの最適化、フィールドでの観察機器の実運用を通じた船外活動時を支える基盤コンセプト策定、アーカイブ手法の構築に向けた検証を実施。

➤②-2 食の支援ソリューション開発

ユーザー体験や実施フローの観点から改良及び機能追加したプロトタイプを用いて、美食を伴う実証を実施。また、月面生産食材の使用割合を増やした長期献立メニューの作成を完了。

③ 共創型実証基盤の設計等

➤③-1 月面基地模擬施設の設計

安価な建材を使用した閉鎖気密空間の気密性を測定中。また、①の開発対象外である装置（メタン酸化・CO2回収・O2回収・微量有害ガス除去等）について、メーカーへのヒアリングを踏まえた仕様確定と基本設計を遂行中。

➤③-2 宇宙実験モジュールの設計等

高等植物栽培実験モジュールの試作と検証試験をまとめ解析中。また、物質循環プロセスについて「きぼう」での宇宙実験を成功裏に完了し、解析をほぼ完了。

次年度の事業計画（案）

① 高度資源循環型の食料供給システムの開発

➤①-1 高等植物生産システムの開発

高等植物栽培装置実証モデルAと資源再生装置実証モデルAの統合プロセス実証および数種の作物の栽培全工程の空間利用効率最適化の試験を実施する。

➤①-2 高等植物の品種開発

(R7年度に完了予定)

➤①-3 培養食料生産システムの開発

培養肉の動物細胞培養のスケールアップを実施する。（藻類培養装置はR7年度に完了予定）

➤①-4 資源再生システムの開発

実証モデルAの評価結果をもとに、個々の処理プロセスの先端技術開発を行いながら、③-1と連携して、資源再生システムの実証モデルBの仕様書を作成する。また、①-1と連携して、資源再生と植物生産の統合プロセスに関する実証を行う。

② QOLマネジメントシステムの開発

➤②-1 QOL観察システムの開発・実証

統合的な実検証を通じて、集団の行動把握に資する観察システムを確立するほか、アーカイブ手法及び運用手法を構築する。

➤②-2 食の支援ソリューション開発

R7年度までの実証結果を踏まえたシステムの改良やメニュー等の更新を進め、食体験提案がなされる食のサポートシステムの実証モデルの開発を完了する。

③ 共創型実証基盤の設計等

➤③-1 月面基地模擬施設の設計

R7年度の成果を踏まえ、各種基本設計図書を完成させるとともに、実証モデルBの全体統合設備・施設（3パターン）の概算金額算出や建設条件（建設場所の法規解釈を含む）の影響を取り纏め、設計業務を完了する。

➤③-2 宇宙実験モジュールの設計等

(R7年度に完了予定)

次世代衛星光通信基盤技術の研究開発

主担当庁：総務省
連携省庁：文部科学省
内閣府（準天室）
（事業期間 3 ～ 4 年程度）

背景・必要性

- 米国において、SpaceX社が「Starlink」の第2世代システムに衛星間光通信を導入する計画や、SDA（宇宙開発庁）が軍事衛星ネットワーク「PWSA」の要求仕様において衛星光通信を規定するなど、衛星光通信の実用化に向けた動きが加速している。
- 我が国においては、JAXAが光データ中継衛星によるGEO-LEO間1.8Gbpsの通信実証を行ったり、これまで衛星-地上間の光通信で実績を有するNICTが10Gbpsの光通信を技術試験衛星（ETS-9）にて実証を計画しているなど、世界トップレベルの技術力を保有している。さらに、Space Compass社が衛星光通信を利用した宇宙データセンター事業を計画するなど、社会実装に向けた取組が進んでいる。
- 今後、衛星光通信技術の実用化に伴い、更なる高速・大容量・長距離化が求められることから、そのキー技術となる以下の次世代衛星光通信に関する基盤技術の研究開発を実施し、国産技術を開発することにより、我が国の自立性確保及び国際競争力強化に資する衛星光通信技術を実現する。

① 高出力・高効率な光増幅器

② 衛星光通信用次世代補償光学デバイス

各省の役割

- 総務省：10W級国産光増幅器及び次世代補償光学デバイスの技術開発の実施
- 文部科学省：利用ニーズに応じた要求仕様・性能に関する助言
- 内閣府（準天室）：準天頂衛星後継機等への適用に向けた光HPAの目標仕様・性能に関する助言

事業の内容

- 次世代衛星光通信基盤技術の研究開発として、以下の事業を行う。

① 宇宙用10W級国産高出力光増幅器の技術開発

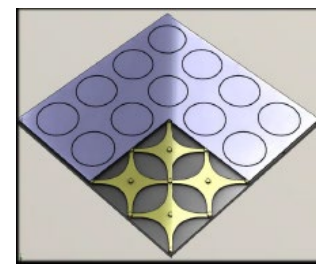
光衛星間通信の高速化や長距離化に供する重要な要素である高出力光増幅器を国産にて実現するため、既存の10W級光増幅技術をベースに、衛星搭載化に必要な要素を追加することで、衛星搭載用10W級光増幅器の開発を実施する。加えて、衛星搭載に向けて必要な各種環境試験を実施することで、品質レベルとしても衛星搭載水準を達成する。

② 衛星光通信用次世代補償光学デバイスの研究開発

衛星-地上間におけるTbpsクラスの光通信を実現するため重要となる補償光学技術について、高速制御が可能な二次元光位相変調による補償光学デバイスを開発する。また、ASIC等のコントローラー開発とモジュール化を行い、二次元光変調器を用いた波面補償光学デバイス技術を確立する。



(参考) 光データ中継衛星搭載品

補償光学用 2 次元光位相
変調デバイス

予算配分額

- 令和4年度（補正）配分額：5.0億円
- 令和5年度（補正）配分額：5.0億円
- 令和6年度（補正）配分額：4.3億円

次世代衛星光通信基盤技術の研究開発

主担当庁：総務省
連携省庁：文部科学省
内閣府（準天室）
（事業期間 3 ～ 4 年程度）

事業計画

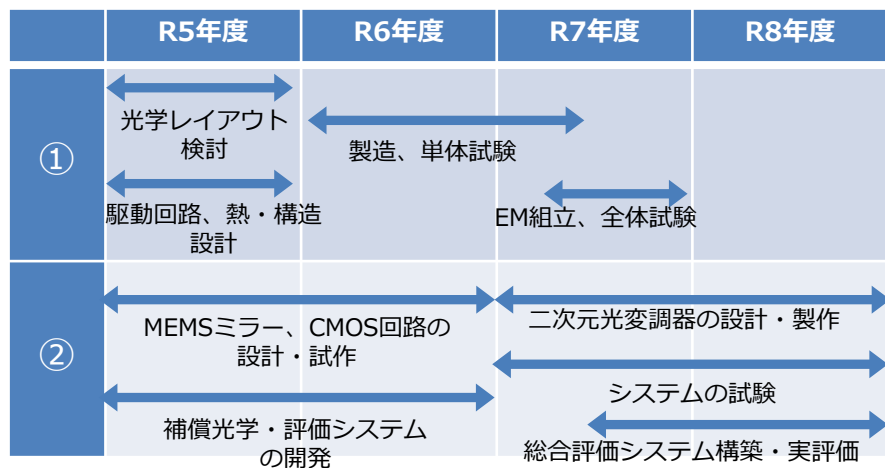
- 今後、衛星光通信技術の実用化に伴い、更なる高速・大容量・長距離化が求められることから、そのキー技術となる以下の次世代衛星光通信に関する基盤技術の研究開発を実施し、国産技術を開発することにより、我が国の自立性確保及び国際競争力強化に資する衛星光通信技術を実現する。

① 宇宙用10W級国産高出力光増幅器の技術開発

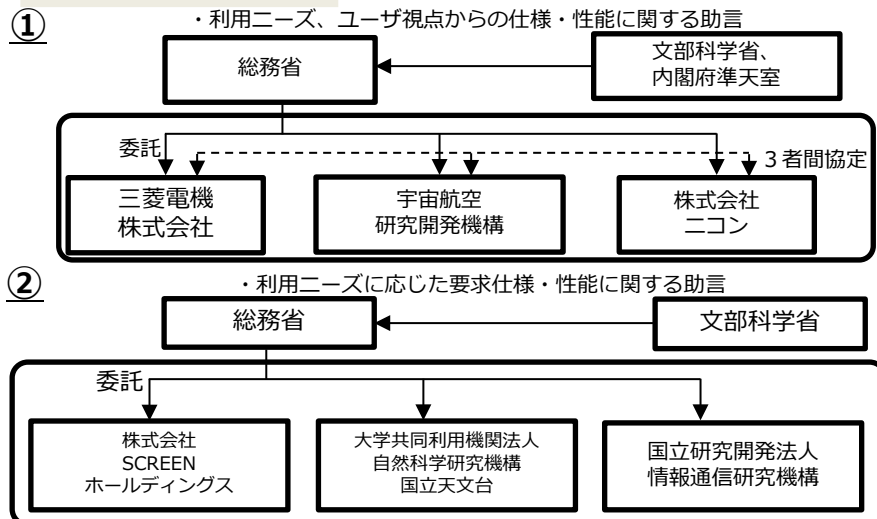
長距離用光衛星間通信ターミナルの各種将来用途に共通的に使用可能な高出力光増幅器について、エンジニアリングモデル（EM）を早期に開発し、環境試験を含む試験を行うことで、開発を効率化する。

② 衛星光通信用次世代補償光学デバイスの研究開発

Tbpsクラスの光通信を実現するため、高速位相変調が可能な一次元光変調素子を基礎とし、これを二次元に拡張した光位相制御による補償光学デバイス技術の開発を実施する。



実施体制



留意事項への対応状況

- ユーザー候補である民間衛星コンステレーション事業者やシスルナ通信等のニーズを調査し、応用先を明確化し、標準化等の動きに対応して開発を進めることが重要である。あわせて、海外競合のベンチマークやLEO衛星搭載用通信機器の小型化につながる技術についても検討が必要である。
- ⇒ ① シスルナ通信や国内外のLEO衛星コンステ計画や技術動向について調査を行い、伝送速度や光出力に係る情報を基に、基本設計結果として、小型化を含め光増幅器に求められる仕様を設定。引き続き、ニーズ調査を深めていく。
- ② 民間衛星コンステレーション事業者へのニーズ調査を継続すると共に、小型衛星用光通信機器におけるビームステアリング技術に注目して仕様の把握を進めている。国際標準化への対応については、宇宙データシステム諮問委員会（CCSDS）での紹介を検討しており、標準化動向に即した技術開発を推進する。

次世代衛星光通信基盤技術の研究開発

主担当庁：総務省
連携省庁：文部科学省
内閣府（準天室）
（事業期間 3 ～ 4 年程度）

当該年度の進捗状況

① 宇宙用10W級国産高出力光増幅器の技術開発

- 光学部および電気部それぞれについて、試験モデル（エンジニアリングモデル相当品）の製造および試験を進めている。
- 令和7年度末までに、光学部・電気部それぞれの完成および組み合わせ作業、試験モデルに対する環境試験を完了見込み。また、詳細設計確認会を開催し、その結果の妥当性をレビューする予定。

② 衛星光通信用次世代補償光学デバイスの研究開発

- 制御回路の主要部であるCMOS回路単体の試作は、計画通りファンダリーでの製作を完了。現在、性能評価の準備中であり、回路単体の性能評価を完了予定。
- また、二次元位相型光変調素子(MEMS)と上記のCMOSを含む制御回路を統合して動作させるためのモジュール設計についても、計画通り設計を完了予定。
- 擬似データを用いた制御ソフトウェア単体の試験を行い、演算能力の評価を行った。また、構築した評価システムを用いて可変形鏡の光学性能の測定を完了。
- 補償光学システムからの光を光通信用光ファイバへ結合し、その結合性能を評価する光学系を製作中であり、本年度中に光通信評価システムとして構築する予定。

次年度の事業計画（案）

① 宇宙用10W級国産高出力光増幅器の技術開発

- 令和7年度で終了予定。

② 衛星光通信用次世代補償光学デバイスの研究開発

- MEMSとCMOS制御回路を統合した、二次元位相型光変調器を製作し、100kHz以上の駆動周波数を達成する。
- さらに1550nmの波長のレーザに対して100W/cm²以上の耐パワー性を有することを実証する。
- 令和7年度に構築した実験補償光学システムに本計画で開発されたMEMS可変形鏡を組み込み閉ループ実証試験を行い、性能評価を行う。
- 上記実験補償光学システムを光通信用の評価システムと結合し、光ファイバへの受光量を測定する。これにより、本研究で開発するMEMS可変形鏡を用いた補償光学システムによる光通信性能の向上を評価する。

次世代衛星光通信基盤技術の研究開発
① 宇宙用10W級国産高出力光増幅器の技術開発

主担当庁：総務省
連携省庁：文部科学省
内閣府（準天室）
（事業期間3年程度）

事業計画

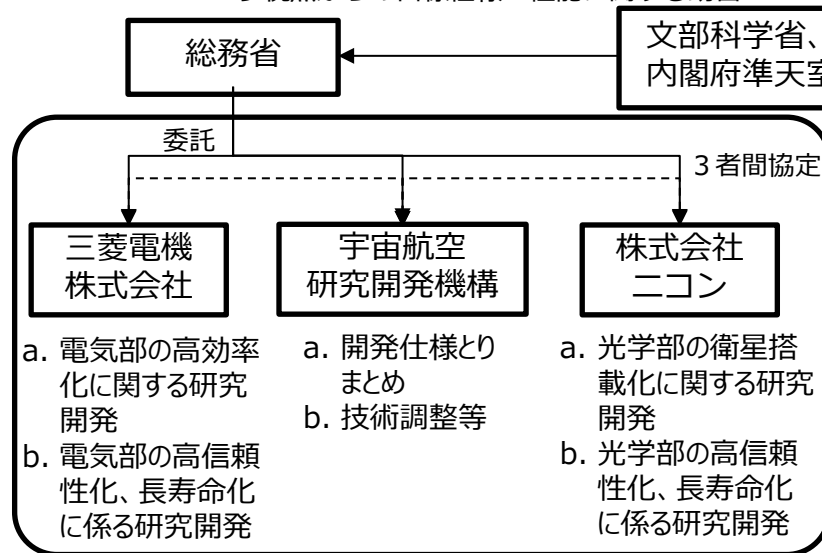
長距離用光衛星間通信ターミナルの各種将来用途に共通的に使用可能な高出力光増幅器について、以下の開発項目を行い、エンジニアリングモデル（EM）を早期に開発し、環境試験を含む試験を行うことで、これら開発を効率化する。

- [1] 光増幅器光学部の開発
- [2] 光増幅器電気部の開発
- [3] 熱・構造開発
- [4] 統合検証

	R5年度	R6年度	R7年度
[1]	光学レイアウト検討	製造、単体試験	
[2]	駆動回路設計	製造、単体試験	
[3]	熱・構造設計	製造、単体試験	
[4]			EM組立、全体試験

実施体制

- ・利用ニーズに応じた要求仕様・性能に関する助言
- ・ユーザ視点からの目標仕様・性能に関する助言



留意事項への対応状況

○ ユーザー候補である民間衛星コンステレーション事業者やシスルナ通信等のニーズを調査し、応用先を明確化し、標準化等の動きに対応して開発を進めることが重要である。あわせて、海外競合のベンチマークやLEO衛星搭載用通信機器の小型化につながる技術についても検討が必要である。

⇒ シスルナ通信や国内外のLEO衛星コンステ計画や技術動向について調査を行い、伝送速度や光出力に係る情報を基に、基本設計結果として、小型化を含め光増幅器に求められる仕様を設定。引き続き、ニーズ調査を深めていく。

次世代衛星光通信基盤技術の研究開発
① 宇宙用10W級国産高出力光増幅器の技術開発

主担当庁：総務省
連携省庁：文部科学省
内閣府（準天室）
（事業期間3年程度）

当該年度の進捗状況

- [1] 光増幅器光学部の開発
 - 光学部品に対する寿命試験を実施中である。令和7年度末までに完了予定である。
 - 光出力10W以上を可能とする光学部の製造を完了した。試験を実施中であり、令和7年度末までに完了予定である。
- [2] 光増幅器電気部の開発
 - 令和7年度末までに、電気光変換効率が10%以上となる電気部の製造・試験を完了予定。
- [3] 熱・構造開発
 - 令和7年度末までに、光学部・電気部それぞれについて、筐体を含め製造および単体評価を完了予定。
- [4] 統合検証
 - 令和7年度末までに、以下を完了予定。
 - 光学部・電気部を組み合わせた光出力10W以上かつ電気光変換効率10%以上となる光増幅器試験モデルの製造
 - 試験モデルの環境試験
 - 詳細設計確認会を開催し、その試験結果の妥当性を確認

次年度の事業計画（案）

- 令和7年度で終了予定。

次世代衛星光通信基盤技術の研究開発 ② 衛星光信用次世代補償光学デバイスの研究開発

主担当庁：総務省
連携省庁：文部科学省
(事業期間 4 年程度)

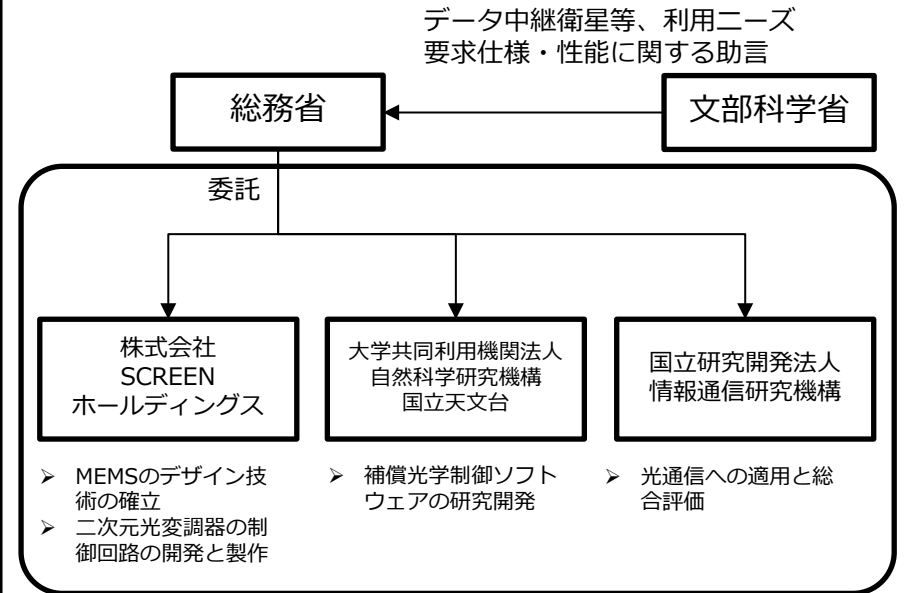
事業計画

Tbpsクラスの光通信を実現するため、高速位相変調が可能な一次元回折型光変調素子を基礎とし、これを二次元に拡張した光位相制御による補償光学デバイス技術の開発を実施する。

- ① MEMSのデザイン技術の確立
二次元光変調器用MEMS構造を設計し試作する。
- ② 二次元光変調器の開発と製作
二次元光変調器制御用にASIC等のCMOS回路の試作と評価実験及びMEMSとCMOSの統合による二次元光変調器の設計・製作する。
- ③ 補償光学・評価システムの研究開発
デバイスの制御等を行う補償光学システムを開発する。また、本プロジェクトで開発した補償光学デバイスを組み込んでその性能を評価するシステムを開発する。
- ④ 光通信への適用と総合評価
実空間において、製作したデバイスを用いた光通信実験を行う環境を作り、評価・検討を行う。

	R5年度	R6年度	R7年度	R8年度
①	MEMSミラー試作 デザイン技術の確立			
②	CMOS回路のデザイン と試作	制御回路単体の評価 二次元光変調器の製作		
③	補償光学・評価システムの 研究開発		システムの構築・試験	
④	評価受光系の開発	実空間による評価環境構築		
	開発したデバイスの実評価			

実施体制



留意事項への対応状況

- ユーザー候補である民間衛星コンステレーション事業者やシスルナ通信等のニーズを調査し、応用先を明確化し、標準化等の動きに対応して開発を進めることが重要である。あわせて、海外競合のベンチマークやLEO衛星搭載用通信機器の小型化につながる技術についても検討が必要である。
- ⇒ 衛星コンステレーション事業者へのニーズ調査を継続すると共に、小型衛星用光通信機器に注目して仕様の把握を進めている。国際標準化への対応については、CCSDSでの紹介を検討しており、標準化動向に即した技術開発を推進する。

次世代衛星光通信基盤技術の研究開発 ② 衛星光通信用次世代補償光学デバイスの研究開発

主担当庁：総務省
連携省庁：文部科学省
(事業期間 4 年程度)

当該年度の進捗状況

- ①MEMSのデザイン技術の確立
➤ 令和6年度に実施済み。
- ②二次元光変調器の開発と製作
➤ 二次元位相型光変調素子の制御回路の主要部であるCMOS回路単体の試作は、計画通りファンダリーでの製作を完了した。現在、周辺電気回路との接合を進めており、性能評価の準備中。制御回路単体の性能として、独立に必要な電圧を100kHz以上で印加可能であることを計画通り検証し、今期中に完了予定。
➤ また、二次元位相型光変調素子と上記の制御回路を統合し、本研究開発補償光学検証システムに組み込みが可能な二次元位相型光変調器として動作させるためのモジュール設計についても、計画通り設計を完了する予定。
- ③補償光学・評価システムの研究開発
➤ 擬似データを用いた制御ソフトウェア単体の試験を行い、演算能力の評価の結果、閉ループ1回の制御計算が現状4.8kHzであることを確認した。課題抽出を踏まえ、今期中に10kHz以上の達成を予定。さらに、構築した評価システムを用いて市販可変形鏡の面粗さが1.35nmRMSであることを確認。
- ④ 光通信への適用と総合評価
➤ 補償光学系によって揺らぎが補正される光を、光通信用のシングルモード光ファイバへ導入し、その結合性能を評価するための評価システムの光学系を組立て調整中であり、本年度中にシステムとして構築する予定。

次年度の事業計画（案）

- ①MEMSのデザイン技術の確立
➤ 令和6年度完了。
- ②二次元光変調器の開発と製作
➤ ①で開発した二次元位相型光変調素子(MEMS)と、試作したMEMS制御回路を統合した、二次元位相型光変調器を製作する。この状態においても、100kHz以上の駆動周波数を達成する。
➤ さらに本研究開発で制作する二次元位相型光変調器は、シスルナ通信のためのハイパワーレーザ対応が求められており、1550nmの波長のレーザに対して100W/cm²以上の耐パワー性を有することを実証する。
- ③ 補償光学・評価システムの研究開発
➤ MEMS可変形鏡を組み込んだ補償光学システムとして閉ループ実証試験を行う。補償光学として機能し閉ループが組めることと揺らぎを補正して受光量の増加があることを確認し、次に制御の高速化・大素子数での動作試験を想定している。本研究での技術開発や実証試験の結果を基に最終目標となる、 $r_0 = 2 \text{ cm}$ ($\lambda = 1550 \text{ nm}$) の条件下で10kHzの制御速度で10,000個以上の分割素子を閉ループ制御する補償光学系の設計案および性能をまとめる。
- ④光通信への適用と総合評価
➤ 上記の補償光学システムを光通信用の評価システムと結合し、光ファイバへの受光量を測定する。評価システムの受光条件を調整し結合効率の最適化を行う。これにより、本研究で開発するMEMS可変形鏡を用いた補償光学システムによる光通信性能の改善を明らかにする。

小型衛星コンステレーション関連要素技術開発

主担当庁：経産省
連携省庁：文科省
(事業期間5年程度)

背景・必要性

- 近年、大量の小型衛星を一体的に運用し、衛星データ量の増加と新たな付加価値の創造を目指す「小型衛星コンステレーション」を構築しようとする動きが活発化している。
- 民生や安全保障の様々な分野で、イノベーションを牽引することが期待されるとともに、宇宙産業のゲームチェンジにも繋がるものであり、宇宙基本計画においても、我が国の宇宙活動の自立性、競争力確保の観点から重要性が示されている。
- このため、部品・コンポーネント等の先端的な基盤技術を開発していくことが喫緊の課題であり、この際、中小・ベンチャーを含む産業界と、国やその研究機関が連携し、ニーズや出口を見据えた技術開発を、戦略的に取り組んでいくことが必要。

<衛星コンステレーション>



出典：NASA HP

各省の役割

- 経済産業省：全体プロジェクト管理、とりまとめ
- 文部科学省：JAXAの専門知識を含め、ニーズ等に係る要求・技術的助言

予算配分額

- 令和2年度(補正)配分額：12.2億円
- 令和3年度(補正)配分額：10.6億円
- 令和4年度(補正)配分額：10.0億円
- 令和5年度(補正)配分額：2.5億円
- 令和6年度(補正)配分額：2.5億円

事業の内容

- 我が国の宇宙活動の自立性及び国際競争力確保の観点から、小型衛星に関連して戦略的に注力すべき重点技術として、以下の要素技術開発を行う。

①推進系技術の開発

100kg級程度の小型衛星コンステレーションの軌道制御に適した推力及び総推力を有し、多様な衛星に搭載が可能な、小型、軽量、安全、安価、モジュール型のスラスタの開発・実用化

②軌道・姿勢制御技術の開発

様々なセンサ等による高精度での軌道・姿勢制御が可能な6Uサイズ向けのADCS (Attitude Determination and Control Subsystem) 統合ユニットの開発・実用化

③電源系技術の開発

小型衛星を中心に、容量等の様々なニーズに迅速・柔軟に応えることができる、スケーラブル、軽量、安価なデジタル電源を開発・実用化

④高性能化に伴う設計課題に係るフィジビリティスタディ

数百kgクラスの高機能な小型衛星をコンステレーション化する上での課題・求められる機能等を抽出し、衛星設計への影響やその対応策等について研究

⑤超小型CMGの開発

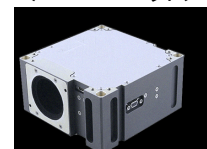
小型観測衛星の姿勢制御能力を向上し、撮像の高頻度化を可能とするため、従来のリアクションホイールよりも角運動量やトルクを大幅に改善した超小型コントロール・モーメント・ジャイロ(CMG)を開発

<スラスタ>



出典：宇宙システム開発
利用推進機構 HP

<ADCSユニット>



出典：BlueCanyon社 HP

<電源(PCDU)>



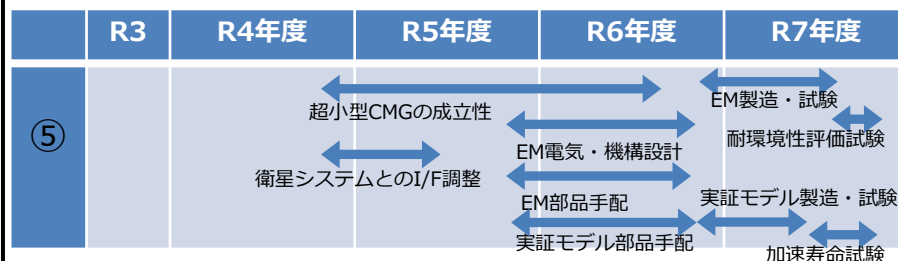
出典：AAC Clyde Space HP

小型衛星コンステレーション関連要素技術開発 (推進系技術、軌道・姿勢制御技術、電源系技術)

主担当庁：経済産業省
連携省庁：文部科学省
(事業期間5年程度)

事業計画

- ⑤ 従来のリアクションホイール（RWA）よりも大幅に角運動量やトルクを改善させた超小型コントロール・モーメント・ジャイロ（CMG）の開発



実施体制



※ 経産省ではプロジェクト管理を行い、文科省（JAXA）では各要素技術開発への技術的な助言を行う。

留意事項への対応状況

- 引き続き、エンジニアリング・モデル(EM)及び実証モデルの製造試験に早期に着手し、継続的な海外とのベンチマークをもとにした価格目標や更なる実証機会の創出等の工夫により軌道上実証の実績確保による信頼性を高める施策を検討する必要がある。
- エンジニアリング・モデル(EM)及び実証モデルの製造試験については、早期に着手いたしました。また、継続的に海外とのベンチマークをもとにした価格調査を実施した結果、当初設定した価格目標からの見直しはございません。軌道上実証の実績確保のため、実証機会の調査を継続的に実施しております。

小型衛星コンステレーション関連要素技術開発 (推進系技術、軌道・姿勢制御技術、電源系技術)

主担当庁：経済産業省
連携省庁：文部科学省
(事業期間5年程度)

当該年度の進捗状況

⑤ 姿勢制御系（超小型CMG）

- 既存RWAから高角運動量化及び高出力トルク化を図るため、各構成要素（ホイール、ジンバル、角度検出機構、CMG制御回路等）について、昨年度までに実施した超小型CMGの成立性確認結果、及びEM電気・機構設計結果に基づき、EMと実証モデルの製造・試験を今年度実施中。
- また、EMと実証モデルの製造・試験完了後に、EMについては耐環境性評価試験、実証モデルについては加速寿命評価試験を完了し、開発を完了する予定。

次年度の事業計画（案）

⑤ 姿勢制御系（超小型CMG）

- **今年度で事業終了**

月面におけるエネルギー関連技術開発

主担当庁：経済産業省、総務省
連携省庁：文部科学省
(事業期間 5 年程度)

背景・必要性

- 我が国は2019年に米国提案のアルテミス計画への参画を決定。当該計画への参画に当たっては、民間事業者等とも協働しつつ、月・月以遠での持続的な探査活動に必要な基盤技術の開発・高度化を進めることとしている。
- 月面での宇宙飛行士の常時滞在、それに先立つ短期間の有人月面探査、居住施設の設置・建設等、月面でのあらゆる活動において、電力の確保・安定供給が必要となる。
- また、月の極域、永久影等のレゴリス土壌には一定量の水氷が存在すると考えられており、水氷から水を抽出し、月面離着陸機等の燃料(水素・酸素)等として利用することは、地球の資源に依存しない持続的な月面活動を可能とする上で重要である。
- 本事業では、こうした月面活動に必要なエネルギー関連技術の開発・高度化を進める。

各省の役割

- 経済産業省：月面エネルギーシステム全体に関するF/S、無線送電技術及び水電解技術開発の実施
- 総務省：水資源探査技術開発の実施
- 文部科学省：JAXAの専門知識を含め、ニーズ等に係る要求・技術的助言

事業の内容

- 月面活動におけるエネルギーの確保・供給に必要な技術の開発・高度化のため、以下の事業を行う。
 - ①月面エネルギーシステム全体に関する技術課題整理

月面での発電、蓄電、送電(無線電力送電等)を含む電力供給システムや、エネルギーとしての水素の確保・利用のためのシステム等、必要なエネルギーシステムの全体構造について実現可能性を検討し、将来的に開発が必要とされる要素技術等について整理する。
 - ②テラヘルツ波を用いた月面の水エネルギー資源探査技術開発

テラヘルツ波による水・氷検出の有効性の検証、複数周波数対応センシング機器の開発、軌道上データ処理技術を開発するとともに、小型衛星への搭載、月面における水資源探査の実証を検討。
 - ③月面利用を見据えた水電解技術開発

水を電気分解して水素と酸素を生成する水電解装置について、

 - ・月面での活用を見据えた水電解装置の開発(小型化、軽量化、真空・放射線試験等)
 - ・月面等の低重力下で正常に作動する気液分離機構、ガス排出機構等の技術開発を行う。
 - ④無線送電技術開発

月周回軌道から月面への無線エネルギー伝送技術の確立に向け、超長距離無線伝送の可能性を確認するための技術開発・実証実験等を実施する。

予算配分額

- 令和3年度(当初)配分額:2.2億円(経産省)、2.2億円(総務省)
- 令和3年度(補正)配分額:2.4億円(経産省)、9.0億円(総務省)
- 令和4年度(当初)配分額:5.5億円(経産省)
- 令和4年度(補正)配分額:2.8億円(経産省)、17.4億円(総務省)
- 令和5年度(当初)配分額:11.5億円(経産省)
- 令和7年度(当初)配分額:10.3億円(経産省)

月面におけるエネルギー関連技術開発

主担当庁：経済産業省、総務省
連携省庁：文部科学省
(事業期間 5 年程度)

事業計画

○月面活動におけるエネルギーの確保・供給に必要な技術の開発・高度化のため、以下の事業を行う。

①月面エネルギーシステム全体に関する技術課題整理

月面での電力供給システムやエネルギーとしての水素の確保・利用のためのシステム等、必要なエネルギーシステムの全体構造について実現可能性を検討し、将来的に開発が必要とされる要素技術等について整理する。

②テラヘルツ波を用いた月面の広域な水エネルギー資源探査

テラヘルツ波による水・氷検出の有効性の検証、複数周波数対応センシング機器の開発、軌道上データ処理技術を開発するとともに、小型衛星への搭載、月面における水資源探査の実証を検討する。

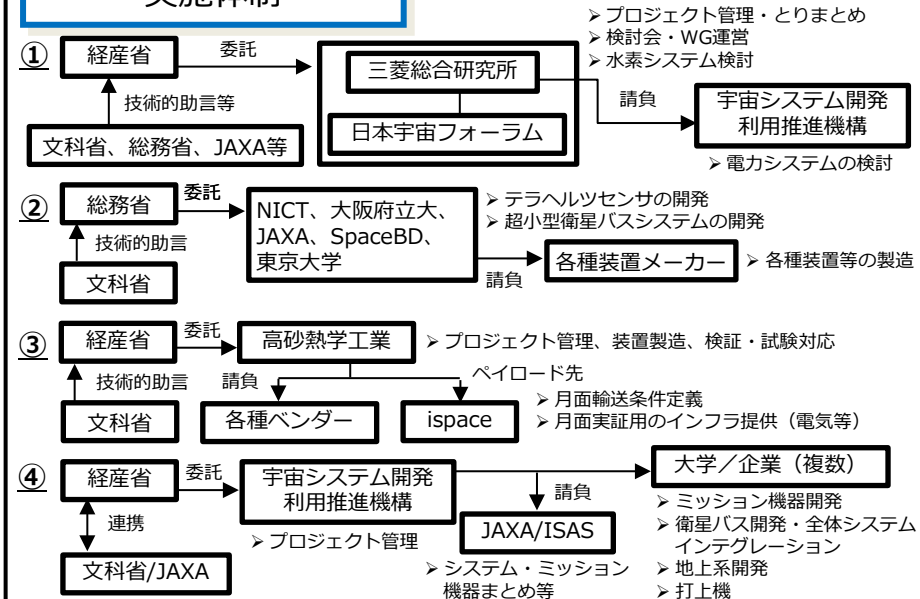
③月面利用を見据えた水電解技術開発

水を電気分解して水素と酸素を生成する水電解装置について、
・月面での活用を見据えた水電解装置の開発（小型化、軽量化、真空・放射線試験等）
・月面等の低重力下で正常に作動する気液分離機構、ガス排出機構等の技術開発を行う。

④無線送電技術開発

月周回軌道から月面への無線エネルギー伝送技術の確立に向け、超長距離無線伝送の可能性を確認するための技術開発・実証実験等を実施する。

実施体制



留意事項への対応状況

③：○実証成果のフィードバックを行い、商業利用の可能性について検討を進めることが重要である。

→月面上での実証データ等の成果は得られず、商業利用の可能性検討には至らなかったが、構成部品の環境耐性等一部の技術評価につながり、将来へのフィードバックを得た。

④：○複数の事業者が関わる事業となるところ、コスト増、開発期間延長、信頼性低下などに至らないよう注意しながら、事業を執行、管理する必要がある。

→打上げの令和8年度への移行による延長期間を試験・確認作業等に割り当てることで信頼性向上に努める。

	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度	R7年度	R8年度	R9年度
①	基本構成検討		詳細構成検討	システム検討対象の拡充、個別技術のベンチマーク			
	全体アーキテクチャの検討、更新						
②	基本設計	伝搬技術開発	BBM開発	EM開発	PFM開発	統合検証	
③	装置要求仕様作成	システム設計	詳細設計	水電解装置地上支援装置製作	運用手順書の作成	運用シミュレーション・準備	
	機能検証・環境試験		全体システム検証		実証データ取得	分析・評価	
④	[ミッション機器/衛星バス]		全体システム概念設計・部分試作・システム要求設定	バス/ミッションシステム基本/詳細設計・一部機器調達	機器/システム製造試験	全体システムインテグレーション・打上・運用・実証評価	
	[地上系整備]		基本・詳細設計	調達・製造・運用計画策定	整備・手順書準備・実験運用		

当該年度の進捗状況

③月面利用を見据えた水電解技術開発

- 令和7年1月のランダー打上げ後、フライトモデルの健全性評価のため軌道上での状態監視を実施。打上げから月面着陸試行中の期間にわたってフライトモデルが健全であることを確認した。
- 令和7年6月6日、ispace社は着陸を示すデータ受信が得られないため、ミッション終了の判断を発表。本研究開発項目は実施不可能となり、月面上での実証データ等の成果は得られなかった。

④無線送電技術開発

○全体システムインテグレーション等

- 維持設計の図面や手順書に基づいて、フライトモデルの製造、コンポーネント環境試験、噛合せ試験を実施中。
- フライトモデルのインテグレーション試験を一部バスシステムから開始した。
- フライトモデルの全機組立、機能性能確認試験、全機環境試験、全機電気性能試験を実施中。
- 打上げに向けた射場作業の詳細を決定し、輸送契約の準備等を継続実施中。

○地上系の整備等

- 地上局（管制装置等）の整備や事前確認を実施中。
- 地上計測システムを構成する計測装置の配置計画を検討中。
- 地上計測システムを配置する自治体、公共機関等と調整中。
- 総務省との周波数の確保に関する調整を継続し、予備免許申請を行い、落成検査用データの取得を行う。

○運用計画等

- 地上計測及び衛星管制の運用詳細を決定し、全機機能試験においてコマンド送信、テレメトリ受信で動作確認を行う。
- 宇宙活動法に関する申請調整を継続実施中。

次年度の事業計画（案）

③月面利用を見据えた水電解技術開発

当該テーマは今年度で終了。

④無線送電技術開発

○ 打上げ

- 衛星の打上げに向け、打上会社と作業の最終調整を実施する。
- 衛星を射場に搬入し、衛星の最終確認を行うとともに衛星を打上コンフィグレーションに設定する。
- 衛星をロケット組立棟に運搬し、ロケットに搭載する。

○運用

- 地上計測および衛星管制の運用手順の準備確認作業を実施する。
- 衛星分離からのクリティカルフェーズ運用を実施する。
 - ・姿勢安定、送電パネル展開、太陽指向モード移行
- 衛星のバス、ミッションに係る初期チェックアウト運用を実施する。
 - ・アンテナ展開物の展開
 - ・姿勢制御性能、電源の充放電特性の評価
 - ・ミッション機器の健全性確認
- 地上計測システムを配置し、送電パネルからの送信データの受信実験を行う。
- 総務省への本免許申請を行い、軌道上衛星との通信データを総合試験用 to 取得する。

○実証評価

- 衛星システムの健全性の評価を行い運用方法に反映する。
- ミッション運用のデータを収集し実証実験の評価を行う。

月面におけるエネルギー関連技術開発

③月面利用を見据えた水電解技術開発

主担当庁：経済産業省
連携省庁：文部科学省
(事業期間4年程度)

事業計画

宇宙での実証を見据え、月面環境下（低重力等）でも運用可能な水電解装置を開発する。

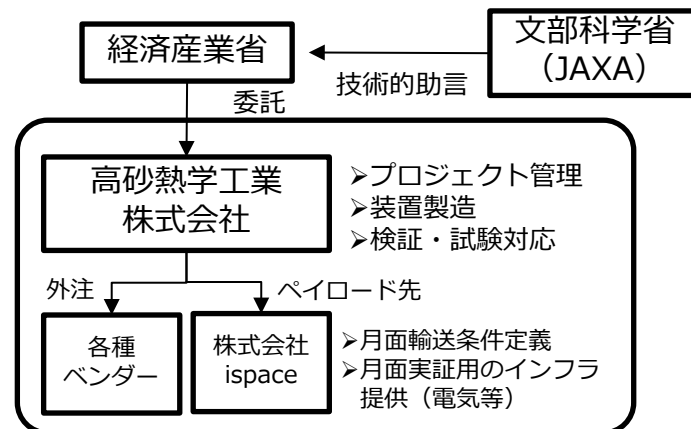
具体的な事業内容は以下のとおり。

- ①フライトモデルの設計
機械・電気・熱・インターフェース等のシステム設計
- ②コンポーネントの詳細設計・検証試験
電解セル、タンク（水素・水兼酸素）、電気回路、電磁バルブ・圧力センサ（製作・納品）等の仕様決定
- ③設計審査会（第三者評価者を招聘予定）の実施
- ④フライトモデル製作、機能検証、打ち上げ

※満たすべき月面への輸送条件（サイズ・積載質量・振動条件等）や真空、高濃度の放射線量、低重力等の環境条件は、ispace 社が提示する要求条件（IRD：Interface Requirement Document）と定義。

	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度	R7年度
①	装置要求仕様作成 システム設計		詳細設計		
②	電解セル等製作 検証試験		詳細設計		
③			● 設計審査会(CDR)		
④		水電解装置、 地上支援装置製作	運用手順書の作成、 運用シミュレーション・準備		
			▼引き渡し	▼打上げ ▼着陸	
				実証データ取得	
				分析・評価	

実施体制



※経済産業省ではプロジェクト管理を行い、文部科学省（JAXA）では各要素技術開発への技術的な助言を行う。

留意事項への対応状況

○ 実証成果のフィードバックを行い、商業利用の可能性について検討を進めることが重要である。

→月面上での実証データ等の成果は得られず、商業利用の可能性検討には至らなかったが、構成部品の実証データ等一部の技術評価につながり、将来へのフィードバックを得た。

当該年度の進捗状況

- 令和7年1月のランダー打上げ後、フライトモデルの健全性評価のため軌道上での状態監視を実施。打上げから月面着陸試行中の期間にわたってフライトモデルが健全であることを確認した。
- 令和7年6月6日、ispace社は着陸を示すデータ受信が得られないため、ミッション終了の判断を発表。本研究開発項目は実施不可能となり、月面上での実証データ等の成果は得られなかった。

次年度の事業計画（案）

- 当該テーマは今年度で終了

④無線送電技術開発

事業計画

月面におけるエネルギーシステムの構成要素である、発電・送電・蓄電のうち、月周回軌道から月面への無線エネルギー伝送技術確立のため、**地球周回軌道から地上への超長距離無線伝送技術実証実験**を実施する。

本実証実験では、**送電フェーズドアレイアンテナを用いた高精度超長距離ビーム制御技術を検証**する。ミッション機器構成としては、送電フェーズドアレイアンテナ、宇宙環境観測システム、観測プローブ（受電機能含む）、ビームパターン計測装置群、電力受電大型パラボラアンテナ（既存設備）を想定。

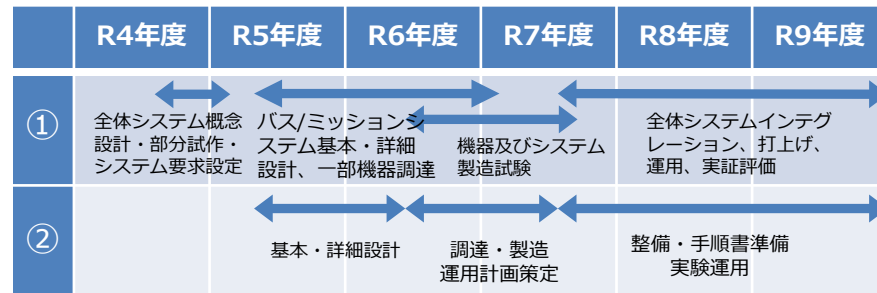
なお、ミッション機器を搭載する衛星バスは、100kg級小型衛星を用いることを予定している。

①ミッション機器開発・衛星バス開発・打上げ

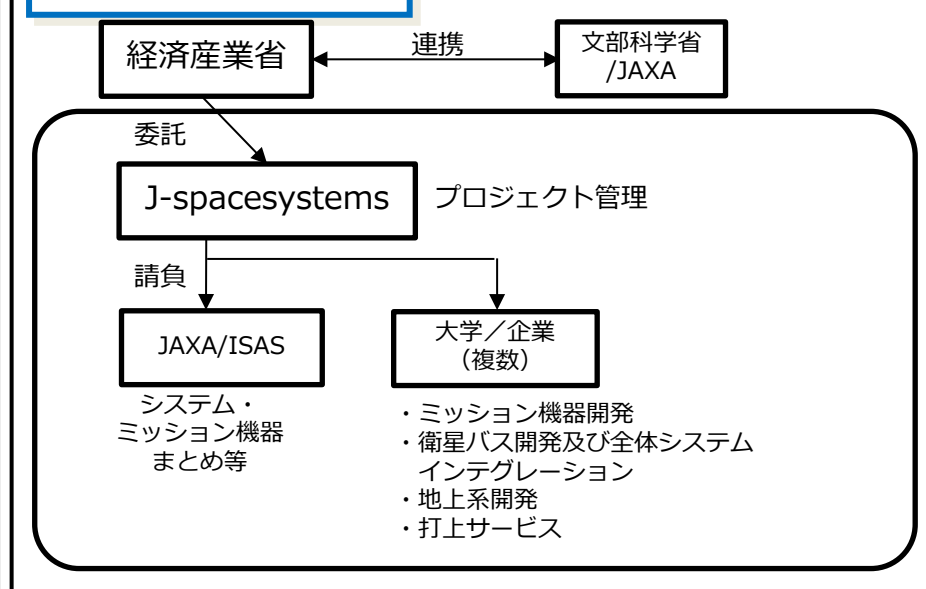
- R4：全体システム概念設計・部分試作・システム要求設定
- R5：バス/ミッションシステム基本・詳細設計、一部機器調達
- R6：機器及びシステム製造試験
- R7：全体システムインテグレーション
- R8：打上げ、運用、実証評価
- R9：運用、実証評価

②地上系整備

- R5：基本・詳細設計
- R6：調達・製造及び運用計画策定
- R7：整備、手順書準備
- R8：計測運用



実施体制



留意事項への対応状況

- 複数の事業者が関わる事業となるところ、コスト増、開発期間延長、信頼性低下などに至らないよう注意しながら、事業を執行、管理する必要がある。
- 打上げの令和8年度への移行による延長期間を試験・確認作業等に割り当てることで信頼性向上に努める。

④無線送電技術開発

当該年度の進捗状況

①全体システムインテグレーション等

- 維持設計の図面や手順書に基づいて、フライトモデルの製造、コンポーネント環境試験、噛合せ試験を実施中。
- フライトモデルのインテグレーション試験を一部バスシステムから開始した。
- フライトモデルの全機組立、機能性能確認試験、全機環境試験、全機電気性能試験を実施中。
- 打上げに向けた射場作業の詳細を決定し、輸送契約の準備等を継続実施中。

② 地上系の整備等

- 地上局（管制装置等）の整備や事前確認を実施中。
- 地上計測システムを構成する計測装置の配置計画を検討中。
- 地上計測システムを配置する自治体、公共機関等と調整中。
- 総務省との周波数の確保に関する調整を継続し、予備免許申請を行い、落成検査用データの取得を行う。

③ 運用計画等

- 地上計測及び衛星管制の運用詳細を決定し、全機機能試験においてコマンド送信、テレメトリ受信で動作確認を行う。
- 宇宙活動法に関する申請調整を継続実施中。

次年度の事業計画（案）

① 打上げ

- 衛星の打上げに向け、打上会社と作業の最終調整を実施する。
- 衛星を射場に搬入し、衛星の最終確認を行うとともに衛星を打上コンフィギュレーションに設定する。
- 衛星をロケット組立棟に運搬し、ロケットに搭載する。

② 運用

- 地上計測および衛星管制の運用手順の準備確認作業を実施する。
- 衛星分離からのクリティカルフェーズ運用を実施する。
 - ・姿勢安定、送電パネル展開、太陽指向モード移行
- 衛星のバス、ミッションに係る初期チェックアウト運用を実施する。
 - ・アンテナ展開物の展開
 - ・姿勢制御性能、電源の充放電特性の評価
 - ・ミッション機器の健全性確認
- 地上計測システムを配置し、送電パネルからの送信データの受信実験を行う。
- 総務省への本免許申請を行い、軌道上衛星との通信データを総合試験用に取得する。

③実証評価

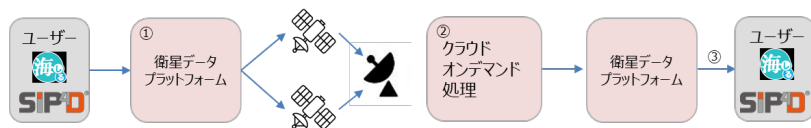
- 衛星システムの健全性の評価を行い運用方法に反映する。
- ミッション運用のデータを収集し実証実験の評価を行う。

多種衛星のオンデマンドタスキング 及びデータ生産・配信技術の研究開発

主担当庁：経済産業省
連携省庁：内閣府等
(事業期間5年程度)

背景・必要性

- 現在、観測衛星データのユーザは、複数の衛星データプロバイダーから見積もりを取り、最適な商用衛星を選択し、当該衛星による撮像、受信、固有システムでのデータ処理が行われてからデータ配信を受けるため、多種衛星の最適利用には時間・コスト・ノウハウを要する。
- 関係省庁・自治体・企業等の一般ユーザが、撮影位置、データの種類等を選択するだけで、必要な衛星データがオンデマンド・低遅延で生産・配信される基盤システムを開発すれば、災害対応等の即時性を求めるユーザや、多種衛星を組み合わせて利用するユーザの広がりが見込まれる。
- また、当該システムは、衛星データプラットフォームと連携することで、高次処理されたアーカイブデータ及び新規撮像データを用いた変化抽出なども可能となる。



各省の役割

- 経済産業省：右記のシステムの研究開発
- 内閣府、国土交通省等：プラットフォーム間API連携の調整、アプリケーション開発への助言・評価
- 文科省：JAXAの専門知識を含め、ニーズ等に係る要求・技術的助言

予算配分額

- 令和4年度(補正)配分額：5.7億円
- 令和5年度(補正)配分額：7.1億円
- 令和6年度(補正)配分額：3.5億円

事業の内容

①多種衛星のオンデマンドタスキングシステムの研究開発

ユーザからの観測要求を整理し、複数の商業衛星への最適な観測要求を受け付けるクラウド上インタフェースシステムを衛星データプラットフォーム上に構築するための研究開発を行う。

②多種衛星のオンデマンド衛星データ生産・配信システムの研究開発

現在は衛星ごとの固有システムにより高いコストをかけて補正・画像化等を行い生産・配信している衛星データについて、クラウド上のGPUによる並列処理によりオンデマンド生産・配信ができるようにすることで、衛星データ生産・配信コスト及びデータ配信までのリードタイムの大幅削減を目指す。

また、リアルタイムでの衛星データのオンデマンド生産・配信に向けて、将来の衛星間光通信ネットワーク統合制御システムとの接続に向けた研究開発も行う。

③様々な地理空間データプラットフォーム等とのAPI連携

上記システムはALOS-3等の様々な衛星のアーカイブデータを搭載した衛星データプラットフォームと連携することで、オンデマンドでの変化抽出なども可能とする。

また、即時性の高い多種衛星データを必要とする様々な地理空間データプラットフォーム(例、SIP4D、海しる等)や、他の地理空間データプラットフォーム(PLATEAU、G空間情報センター、eMAFF等)とのAPI連携を実施するとともに、こうした様々な地理空間データを活用した行政の高度化・効率化に資するアプリケーションの開発・実証を行う。

多種衛星のオンデマンドタスキング及び データ生産・配信技術の研究開発

主担当庁：経済産業省
連携省庁：内閣府等
(事業期間5年程度)

事業計画

①多種衛星のオンデマンドタスキングシステムの研究開発

ユーザからの観測要求を整理し、複数の商業衛星への最適な観測要求を実施するクラウド上インタフェースシステムの研究開発を行う。

②多種衛星のオンデマンド衛星データ配信システムの研究開発

現在は衛星ごとの固有システムにより高いコストをかけて補正・画像化等を行い生産・配信している衛星データについて、クラウドコンピューティングによりオンデマンド生産・配信ができるようにすることで、衛星データ生産・配信コスト及びデータ配信までのリードタイムの大幅削減を目指す。

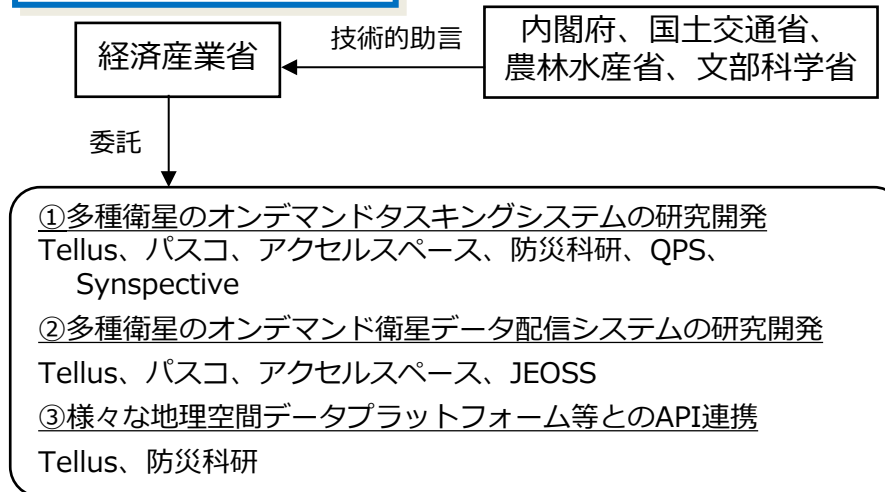
また、リアルタイムでの衛星データのオンデマンド生産・配信に向けて、将来の衛星間光通信ネットワーク統合制御システムとの接続に向けた研究開発も行う。

③様々な地理空間データプラットフォーム等とのAPI連携

上記システムは衛星のアーカイブデータを保持する衛星データプラットフォームと連携することで、オンデマンドでのデータの高度処理及び変化抽出なども可能とする。また、即時性の高い多種衛星データを必要とする様々な地理空間データプラットフォーム（例、SIP4D等）や、他の地理空間データプラットフォーム（G空間情報センター等）とのAPI連携を実施するとともに、こうした様々な地理空間データを活用した行政の高度化・効率化に資するアプリケーションの開発・実証を行う。

	R5年度	R6年度	R7年度	R8年度	R9年度
①	要求の整理・設計	研究開発・評価 追加の衛星データに関する要求の整理・設計	追加の衛星データに関する研究開発・評価		検証を受けたアップデート
②	要求の整理・設計		処理設備の研究開発・評価		評価・運用
③		要求の整理・設計		APIの設計・実装・評価	

実施体制



留意事項への対応状況

- ユーザーが必要な時期に実用に供するシステムとして開発を進めるとともに、継続的にユーザーのフィードバックを取り組みながらアップデートしていけるような柔軟性を有したシステムとして設計できるように検討していくことが必要である。
- 必要な時期に実用に供するシステムとするために、一部機能を開発完了した状態から、2025年11月より一部機能をサービスリリースし、ビジネス実証を実施する計画である。
- また、実証段階から参画している実利用予定のユーザーのフィードバックを元に、機能を順次搭載していけるような柔軟性を有したシステム設計としている。

多種衛星のオンデマンドタスキング及び データ生産・配信技術の研究開発

主担当庁：経済産業省
連携省庁：内閣府等
(事業期間5年程度)

当該年度の進捗状況

- ① 多種衛星のオンデマンドタスキングシステムの研究開発
 - PoC環境にユーザー認証認可機能を追加、光学衛星についてはサービス提供を2025年11月に開始し、想定ユーザーとの有効性の検証を行う
 - 光学衛星と同一のシークエンスでオーダーができる形でタスキングのシステムにSAR衛星を追加、アーカイブデータの接続検証をR7年度末までに実施予定
 - 政府が進める防災ドリルと同シナリオをPoC環境にてシミュレーションし、機能検証を2026年1月までに実施予定
- ② 多種衛星のオンデマンド衛星データ配信システムの研究開発
 - クラウドコンピューティングによりオンデマンド生産・配信に関して、R6年度PoC実施に伴う課題の整理を実施し、PoC環境で必要とするコンピューティングリソースの再設計、コンテナ環境の再設計、及びサービス化に向けた管理機能の実装を実施。
 - 出口戦略を見据え、商用利用に向けたコンテナの設計、実装を実施し、商用化に向けた課題を整理した。知見を踏まえて、11月にサービスリリース予定である。想定ユーザーとの有効性の検証を行う。
- ③ 様々な地理空間データプラットフォーム等とのAPI連携
 - Copernicus連携は、日欧協力の枠組みの趣旨を踏まえ、データ交換を実現するために、欧州宇宙機関との技術的運用取決め及びインタフェース条件の確認を実施し、開発に着手している。
 - Copernicus連携に関連してワーキンググループが設立され、ユースケースごとの今後の連携について議論開始した。

次年度の事業計画（案）

- ① 多種衛星のオンデマンドタスキングシステムの研究開発
 - 光学衛星について、R7年度のサービス提供開始を踏まえ、ユーザーからフィードバックを得て、機能の改善を行う。
 - SAR衛星およびアーカイブについては、R7年度のプロトタイプに接続し機能検証を行った結果を踏まえ、サービス提供を開始し、検証を始める。
- ② 多種衛星のオンデマンド衛星データ配信システムの研究開発
 - サービス化に向けてオンデマンド衛星データ配信システムの安定的な運用と管理機能の研究開発を実施する。
 - 各衛星プロバイダにおいて、大容量メモリを利用するような高負荷のデータ処理において性能確認を実施し、サービス全体の整備を実施する。
 - 引き続きサービス実証を行い、宇宙関連ユーザーからのフィードバックを得て、どのような付帯機能があればよいか識別の上、実装を進め、衛星データ以外の宇宙系の分野にも拡張を図る。
- ③ 様々な地理空間データプラットフォーム等とのAPI連携
 - Copernicus連携は、光学だけでなくGHG観測衛星のデータ交換も使えるようにインターフェース調整を進める。
 - 国内外で実施される地理空間・宇宙ビジネス系のカンファレンスに出席し、最新の情報を収集するとともに、連携の可能性を模索する。

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。

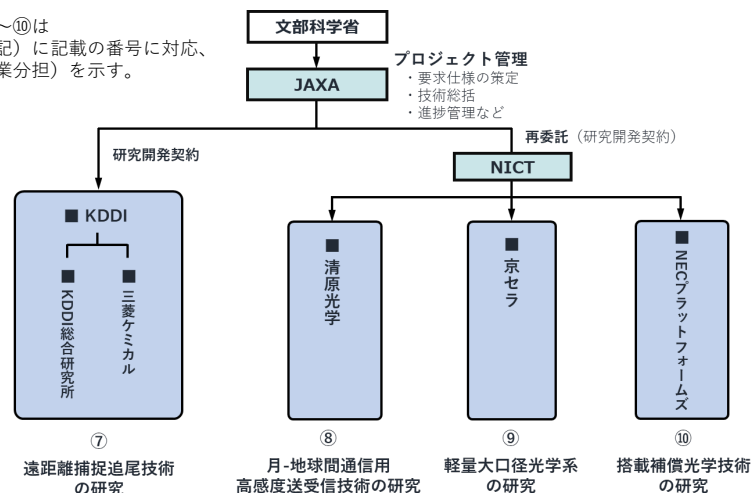
また、月探査測位・通信に係る標準(得られたアーキテクチャ)を国際調整の枠組みの中で提案し、NASA/ESA等との調整により、合意を得ることを本業務の目標とする。

		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				
通信	⑥		詳細検討・BBM試作				
	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>

- 引き続き、他国に後れを取らないよう早期に地上実証を進めるとともに、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こと。

- 世界の中で日本の月測位・通信の存在感を高めること。

<対応状況>

- 光通信ターミナル(⑥～⑩を統合)の地上検証モデルによる令和8年度の実施に向け、各研究開発をほぼ計画通りに実施中。
- 日本の遠距離光通信技術を月-地球間通信の基幹回線として提供、需要獲得を図るという目標を設定し、段階的に進める宇宙実証計画については目標達成に向けた中長期の開発工程案として具体化。
- NASA,ESAとの協働での宇宙(月測位)実証ミッションの具体化検討をLunaNet標準化文書Ver.5の更新とともに継続的に実施中。

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得られた遠距離捕捉追尾要素技術の設計・試作結果を踏まえ、遠距離捕捉追尾のための各要素（粗捕捉、精追尾）の評価をほぼ完了。年度末までに、各要素技術の確立と次年度計画している地上検証モデル構築、及びその評価試験に向けたサブシステム全体としての準備まで完了予定。

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復調部(受信機内デジタル信号処理部)の試作結果に基づき、光送受信機を対向させた評価を実施中。併せて次年度の地上検証の効率的な試験に向けて準備中。年度末までに、復調部と光フロントエンド装置とを組み合わせた高感度光受信機全体としての地上検証を完了予定。

⑨ 軽量大口径光学系の研究

昨年度の成果として得られた光学系構成部品（主鏡、副鏡、3次鏡、構造部材、及びセラミクス素材の要素全て）を用いて軽量大口径光学系の組立作業を実施中。年度末までに光学系全体の組立を完了させるとともに精度測定や光学系性能試験を完了する見通し。

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、軽量大口径光学系に搭載補償光学制御系(制御系デバイスや制御系アルゴリズム等)を実装するための地上検証モデルの設計結果に基づき、テストベッド上で通信波長での補償光学系試験及び結合効率評価の準備中。年度末までに、これら評価試験を完了させるとともに軽量大口径光学系にデバイスを搭載し、制御系検証用光学系を用いた地上検証を行う予定。

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、単体で評価済の遠距離捕捉追尾サブシステムに⑧の高感度光受信機、⑨の軽量大口径望遠鏡光学系、⑩の搭載補償光学系を組み合わせる地上検証モデルを構築するとともに評価試験を行い、光通信ターミナルとしてTRL4の達成を確認する。

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、単体で評価済の高感度光受信機に⑦の遠距離捕捉追尾サブシステム、⑨の軽量大口径望遠鏡光学系、⑩の搭載補償光学系、これら全てを組み合わせる地上検証モデルを構築するとともに評価試験を行い、光通信ターミナルとしてTRL4の達成を確認する。

⑨ 軽量大口径光学系の研究

今年度の成果を踏まえ、単体で評価済の軽量大口径望遠鏡光学系に⑦の遠距離捕捉追尾サブシステム、⑧の高感度光受信機、⑩の搭載補償光学系を組み合わせる地上検証モデルを構築するとともに評価試験を行い、光通信ターミナルとしてTRL4の達成を確認する。

⑩ 搭載補償光学技術の研究

今年度の成果を踏まえ、単体で評価済の搭載補償光学系に⑦の遠距離捕捉追尾サブシステム、⑧の高感度光受信機、⑨の軽量大口径望遠鏡光学系を組み合わせる地上検証モデルを構築するとともに評価試験を行い、光通信ターミナルとしてTRL4の達成を確認する。

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

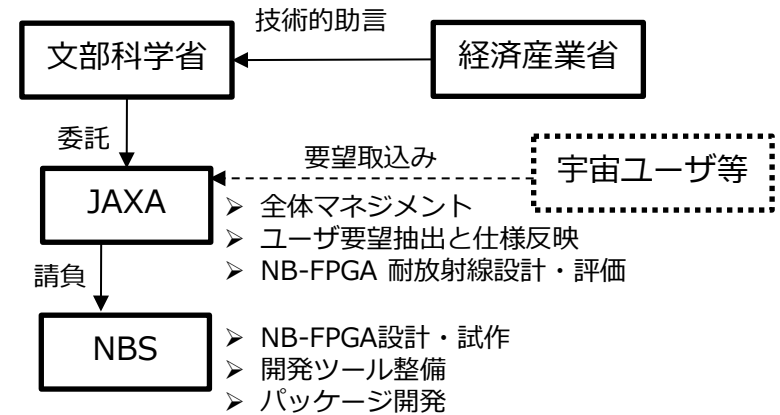
宇宙機の高度なデジタル化を安定的に支えるため、国産高性能計算機モジュールの開発を実施する。本事業では、①大規模版SoC*NB-FPGA**試作、②NB-FPGA、次世代MPU、周辺機能を統合したマルチチップモジュール(MCM)のエンジニアリングモデルの試作と耐宇宙環境性評価、③開発ツール(設計SWと評価ボード)の整備を行う。

- 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>

○引き続き、地上で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進めること。国内外の市場動向を調査しながら、他産業への展開を含めた実用化・商用化に向けた取組を進めること。

<対応状況>

○NB-FPGAユーザ会を運営し、参加企業27社に最新の技術情報を提供中。JAXAで実施した65nm NB-FPGAと開発ツールの試行結果をユーザ会で共有。企業での試行も進行中。昨年度に報告した2社に加え、衛星搭載電源コンポーネンタ、重工メーカーが新たに評価を開始した。16nm NB-FPGAに関し、小型衛星企業2社と搭載に向けた調整を継続中。加えてJAXA宇宙技術実証加速プログラム(JAXA-STEPS)の活用を検討中。商用化に向けNBS社で市場開拓を継続。国内自動車メーカーでの評価の継続と、IEEE学会や展示会を通じた販路拡大に努めている。海外衛星企業からも複数の問い合わせが来ている状況。

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

下記の通り、すべて計画通り実施中で、年度未完了予定。

① 大規模版SoC16nmNB-FPGA の試作

- R6に製造したウェハにナノブリッジを埋込む製造を実施後、試作チップをウェハから切り出し、機能評価を行う計画。
- 上記製造(図1)を終え試作チップ実測中。年度未完了予定。
(参考:SoC設計結果では、 $>600\text{MHz}$, $<5\text{W}$ の目標を達成)

② マルチチップモジュールの試作と評価

- R6に実施した設計結果をもとに、マルチチップモジュールパッケージを製造し、①の試作チップとJAXA既開発MPUを搭載したモジュールの製造と機能性能評価を行う計画。
- 上記の製造を実施中(図2, 1月末完了予定)、その後、マルチチップモジュール機能性能評価を年度未完了予定。

③ 開発ツール(設計SWと評価ボード)の整備

- R6に実施した開発ツールの設計結果にもとづき、既存製品の設計ツールのSoC 16nm NB-FPGAへ対応させる改修と評価ボードの製造、機能評価を実施する計画。
- 12月末に評価ボードの製造と設計ツール改修を完了予定。
これらの機能確認を年度末に完了予定。

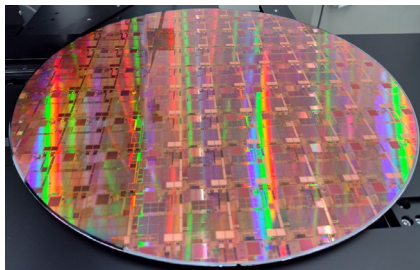


図1 SoC NB-FPGAウェハ

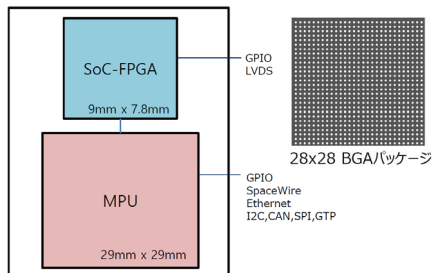


図2 マルチチップモジュール構成図

次年度の事業計画

当該テーマは今年度で終了。

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。

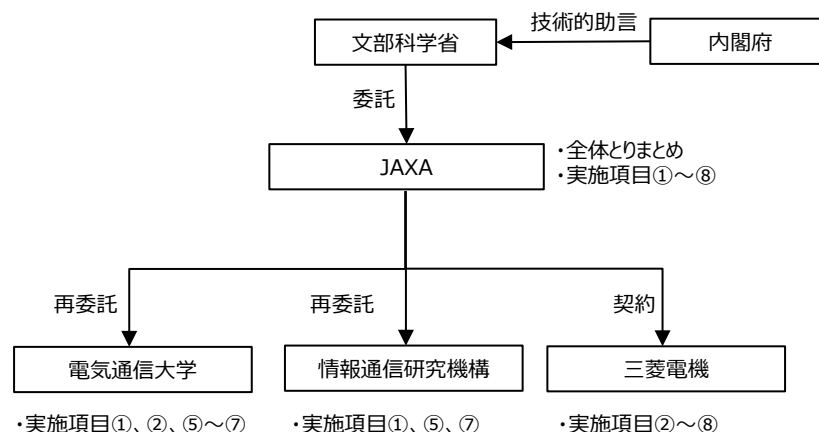
2年目は、1年目の宇宙用部品サーベイ結果を基に④宇宙用部品の調達を行い、納品された宇宙用部品を用いて⑤地上用部品モデルを宇宙用部品に置き換えた性能評価を行う。また、⑥宇宙用部品BBMの設計・製作を進める。

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>

- 引き続き、市場調査を進め、安定度のスペックや国際的な競争力を意識した検討を進めていくことが必要である。
- 合わせて国内にサプライチェーンを構築することが重要である。

<対応>

- 市場調査および海外での開発状況を論文、学会等で継続して調査中
- 国内サプライチェーン構築について、関係者と意見交換を実施予定。

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

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

⑥ 宇宙用部品BBMの設計・製作

- 令和6年度に実施した宇宙用部品BBMの設計をもとに、宇宙用部品BBMの製作を進める。同時に、令和8年度に行う宇宙用部品BBMの宇宙環境耐性および周波数安定度の評価、エンジニアリングモデル(EM)への反映事項の検討について準備を進める。
- 電気通信大学では、引き続き地上用部品モデルの高性能化を進め、可能な範囲で成果を宇宙用部品BBMに反映させる。情報通信研究機構では、高精度・高安定なUTC(NICT)をリファレンスとする信号を提供すると共に技術的助言を行う。

⇒ 6月6日 三菱電機と契約締結し、宇宙用部品BBMの製作を開始した。今年度末までに、宇宙用部品を用いた機能性能検証モデルを完成させる予定。

また、次年度行うBBMの評価環境について検討を進めている。今年度末までに、情報通信研究機構と三菱電機間の光ファイバーリンク構築の準備を終える予定。

⇒ 電気通信大学では、地上用部品モデルの高性能化を進め、2000秒平均で目標性能 10^{-15} 台を達成した。この性能評価には、情報通信研究機構のUTC(NICT)をリファレンスとする信号を用いた。

次年度の事業計画(案)

⑦ 宇宙用部品BBMの宇宙環境耐性及び周波数安定度評価

- 今年度製作した宇宙用部品BBMについて、宇宙環境試験および周波数安定度評価を行う。

⑧ エンジニアモデル(EM)への反映事項の検討

- 今年度までの成果および⑦の結果を考慮し、EMへの反映事項を検討し、高安定レーザーを用いた測位衛星搭載時計のEM開発に向けた知見と技術を獲得する。
- 結果を成果報告書にまとめる。

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

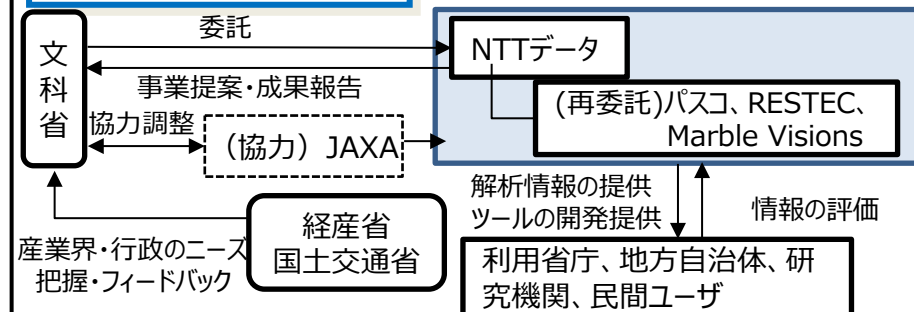
主担当庁：文部科学省
連携省庁：経済産業省
国土交通省
(事業期間 5年程度)

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	
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		国内外での利用実証、衛星システムと連携した検証		

実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

○引き続き、CONSEO（衛星地球観測コンソーシアム）や事業者と連携し、ビジネスを早期に立ち上げるべく、商業化を念頭に置いた利用展開を進めていくこと。

<対応状況>

○R5、R6に国内外で計4回のセミナーを開催、R7は国内外3回のセミナーを予定しており、更なる利用展開の加速に向けてCONSEO、利用・事業ユーザを含めて、広く議論を行う場とする予定である。また、技術実証においては、利用ユーザと共に業務手順書案の作成や衛星データ活用パッケージ等の業務適用を進めており、例えば海外の都市分野では、成果として実証ユーザの予算化がある。デジタルツイン分野では、衛星3次元データの技術開発成果に基づいて、実利用を念頭においた利用ユーザとの実証連携を進めている。

<指摘事項>

○「カーボンニュートラル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」とは、部分的には技術的な面で重複する部分もあるようにも思われ、相互に連携しながら進めてほしい。

<対応状況>

○上記プロジェクトの参画機関と連携し、両者の技術成果を融合して植林分野のカーボンクレジットへの適用検証に取り組んでいる。

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、昨年度の実証成果に基づき国内外で業務手順書案を作成し、開発されたツールを用いて業務適用の実証を行う。

進捗状況

- 国内5地域、海外5か国で実証ユーザと共に業務手順書案作成と、衛星データAI活用パッケージ等の業務適用の実証を進めている。海外の都市分野では、実証ユーザの予算化の成果がでている。

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

- 小型衛星データのプロダクト仕様書を作成する。多様な空間情報の融合を実証する。またデジタルツインプラットフォームのアプリケーション連携を開発し、実証する。

進捗状況

- 業界標準に対応するプロダクト仕様書案の作成と、航空機・地上センサ等と融合したデジタルツイン生成技術の開発を進めている。プラットフォームのAPI整備による都市環境等のシミュレーションや、AR/VRアプリケーションとの連携実証を進めている。

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

- 農業・災害・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、実装・運用の手順整理を行う。将来の国産衛星ライダーを想定し、データ統合技術を段階的に実証する。

進捗状況

- 能登地震・豪雨災害を対象とした光学とSARのデータ複合利用の実証と手順整理、都市での光学とSARの三次元データ融合技術の高度化、衛星と航空ライダーの融合による深淺測量技術の検証を進めている。

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

- 前年度の実証成果に基づいて、国内外の各分野で作成された業務手順書や開発ツールを用いて利用者とともに業務適用の実証とその改善を進める。
- 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の実証、防災分野ではインフラ管理の業務手順書の作成、森林分野では情報共有の業務手順書の作成、土地利用分野ではAIと3次元データによる地図更新を実証する。

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

- 前年度の成果を踏まえ、衛星3次元データのデジタルツイン利用技術の高度化と、他プラットフォームとの連携技術の開発、建設・森林・交通等への利用実証の拡張を行う。

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

- 前年度までの成果を踏まえ、農業・災害・地理空間分野における、光学とSARのデータ複合利用による情報高度化技術を海外で実証する。
- 衛星画像と航空ライダー等を統合した解析技術の実証を行い、実装手順の整理を行う。

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

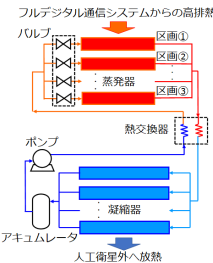
及び仕様を具体化

R6,7,8：設計、検証計画の具体化、調達、

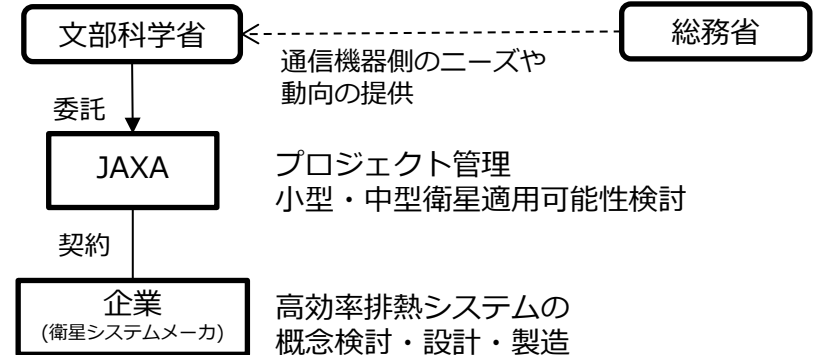
テストベッド製造・検証試験

・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



実施体制



留意事項への対応状況

<指摘事項>

- ビジネスとして売れるスペックを明らかにして、それに向けた開発及び実証の計画を明確にして進めていくことが必要である。
- 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>

- 市場動向調査を継続し、開発仕様の有効性を確認しつつ検証計画の具体化を進めている。
- 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ATCSの適用の有効性を見出した。上記を踏まえ、キーコンポーネントであるポンプとアキュムレータの国産化の可能性について、昨年度の研究成果を踏まえて試作に着手し、評価試験を計画中。**
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及び試作に向けた検討を進めている。

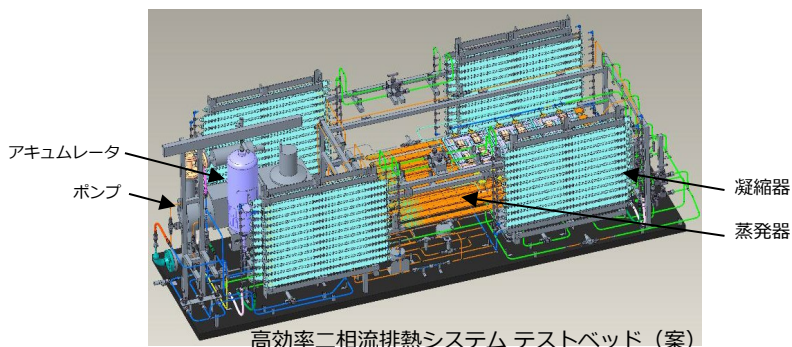
実施項目		R5	R6	R7	R8
① 高効率熱伝達	概念検討(R5)/設計(R6-R7)	←→	←→	←→	
	調達		←→	←→	
	製造・組立		←→		
	試験・評価			←→	成果反映
② 高効率二相流	概念検討(R5)/設計(R6-R8)	←→	←→	←→	←→
	調達		←→	←→	←→
	製造・組立		←→	←→	←→
	試験・評価		←→	←→	←→

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)

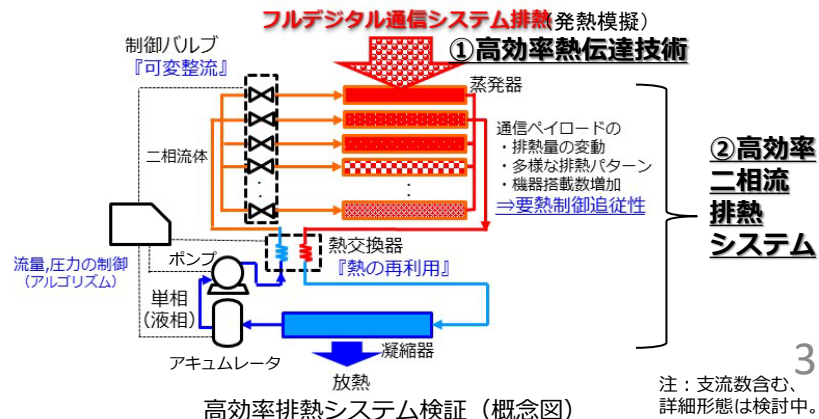
当該年度の進捗状況

- ① 高効率熱伝達技術の開発
 - 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中。
 - 引き続き、調達・製造を実施中。発熱素子と蒸発器の間の温度差を10℃以内とすることを目標とし、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予定。
- 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中。
 - 引き続き、調達・製造を実施中。15kW以上の排熱要求を設定し、テストベッド組立を実施する予定。
 - 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中。
- 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
 - 動向調査を継続中。開発仕様の有効性が維持されていることを確認する予定。



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「高効率二相流排熱システム」のテストベッド組立及び試験へ反映する。
- 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、維持設計作業を継続し、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・製造を実施する。テストベッド組立を完了し、検証試験を実施する。
 - 試験結果を評価し、システム仕様の規格化を行う。
 - 小型・中型衛星への適用可能性検討として、国産化を視野に入れ、過年度の成果に基づき試験用供試体の試作を継続し、試験及び性能評価を実施する。
- 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。



注：支流数含む、
詳細形態は検討中。

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)

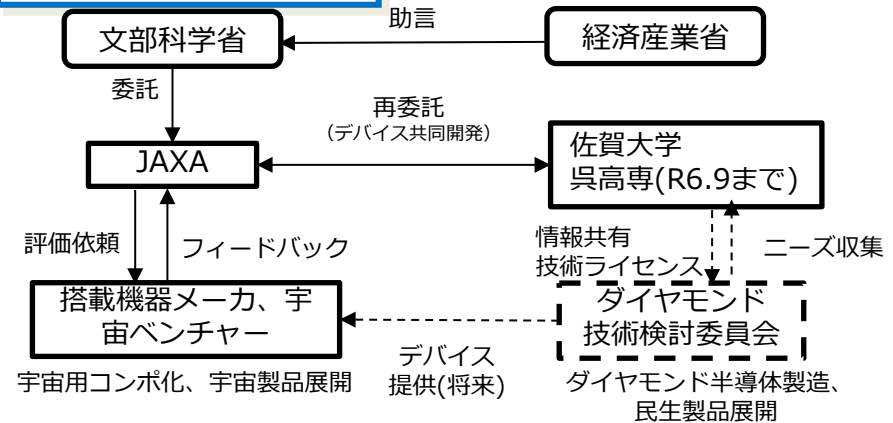
事業計画

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>

○引き続き、宇宙・非宇宙（安全保障用途も含む）での利用にも繋がるよう、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。
○利用ユーザー（ユースケース）の開拓を並行し、世界に先駆けた実用化を実現するための検討を進めること。

<対応状況>

○電子ビーム露光装置のプロセスを改良し、より良好なマイクロ波特性を有するダイヤモンドMOSFETの試作に成功した。コストダウンを意識した歩留り向上のための製造プロセス安定化と、高出力化に向けたマルチフィンガーゲート構造のダイヤモンドMOSFETの試作評価を進めており、事業化への開発を加速させている。
○第4回国際ダイヤモンドデバイスワークショップを開催し、国内外のダイヤモンド半導体研究の学術研究成果の発表と情報交換を行った。また次世代のダイヤモンド半導体開発を担う新会社「ダイヤモンドセミコンダクター」（佐賀市）を設立し、ダイヤモンド技術委員会を通じて、研究成果の早期実用化を目指している。

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

- 電子ビーム露光装置を用いて、ゲート長 (Lg) 157[nm]のダイヤモンドMOSFETの試作に成功し、マイクロ波小信号特性として、 $f_T = 16$ [GHz](電流増幅遮断周波数)、 $f_{MAX} = 45$ [GHz](電力増幅遮断周波数)が得られた。二次試作以降でさらに良好なマイクロ波特性が得られており、高出力化に向けたマルチフィンガのゲート構造を有するダイヤモンドMOSFETを試作評価中。

②パッケージ化技術(素子封止技術)

- 素子封入用のパッケージとして、銅合金のヒートスプレッド材料とケースを選定し、実装方法や内部配置の設計を検討した。試作中のダイヤモンドMOSFETを、ケースに気密封止し、電気的特性や放熱条件を確認する予定。

③サブミクロンゲート作製技術の開発

- 4mm単結晶ダイヤモンド基板上(絶縁酸化膜 Al_2O_3)のTゲート作成(ゲート長0.2[μm]以下)において歩留まり向上(部分的に100[%]を達成)した。
- 電子ビーム描画によるダイヤモンドMOSFETへのダメージ(特性劣化)について調査した結果、プロセスを最適化することに成功し、チャネル抵抗増加の少ないTゲート作成のパターニング・プロセスを実現した。

(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

- 整備中の大信号特性マイクロ波測定システムを用いてダイヤモンドMOSFETの高周波大信号特性を測定する予定。大信号特性に基づき整合回路を設計評価する。

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

- 令和8年度に終了予定としていたデバイス試作を、令和9年度まで予算とともに1年延長する。信頼性試験の結果を最後までデバイスにフィードバックさせることで、電気性能を改善し、成果の最大化を図る。

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、コンタクト・チャネル抵抗をより低減させ、ドレイン電流値とマイクロ波特性(f_T , f_{MAX})の向上・出力特性の改善のための試作を継続する。また保護膜のパッシベーション材料やペーストボンディングによるダイヤモンドMOSFETの耐久性を確認する。

③サブミクロンゲート作製技術の開発

- 電子ビーム描画の条件(ビーム電流値, Dose量)とレジスト材料および現像液をプロセス毎に最適化し、ダイヤモンドMOSFETのゲート電極構造の微細化、形成寸法精度を向上させる。またリフトオフプロセスにおける歩留まりを改善し、マルチフィンガ形成の完成度を高める。

(2) マイクロ波回路開発

②信頼性、耐宇宙環境特性評価

- ダイヤモンドデバイスの構造や材料の観点から宇宙放射線の影響について、外部機関の照射施設を利用し、効果的な評価方法を検討する。また長期劣化特性試験を実施する。

(3) 搭載コンポーネント試作

- 本年度整備する大信号測定装置により、増幅器モジュールに使用する電力増幅器の整合回路の最適化し、搭載コンポーネント化に必要な電源回路およびモニタ回路を追加する。

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

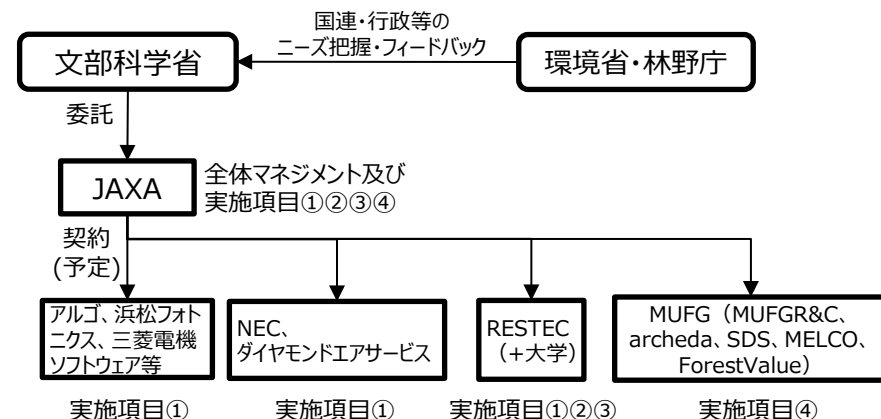
主担当省庁：文部科学省
連携省庁：環境省・林野庁
(事業期間 3年程度)

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マスマップ作成、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 ールでの炭素取 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 森林バイオマ 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			

実施体制



留意事項への対応状況

- ＜指摘事項＞
- より確度の高い森林バイオマス推定手法の検討や排出権取引のためのルール作り、国際標準化のための実証を併せて進めることを留意の上、事業を進めることが必要である。
- 国内外の動向を踏まえながら環境省・林野庁等とも密に連携し、社会実装を見据えて実装主体となりうる民間企業と共に検討を進めていくことが必要である。
- ＜対応状況＞
- R6年度に日本全域の森林バイオスマップVer.1を整備・公開した。現在、精度向上版のVer.3を多時期を対象に開発中であり、今後も更なる高精度化を目指して研究開発を実施中。
- COP29に引き続き、COP30でも本事業について紹介予定。継続して海外展開や国際標準化を視野に事業を進めるとともに、二国間クレジット(JCM)、ボランタリークレジット、J-クレジットと言った各カーボンクレジット制度における方法論やMRV手法の改訂・新設に向けた実証を実施中。
- 国内外の動向を踏まえつつ、林野庁をはじめとする政府関係機関に加え、カーボンクレジットの制度事務局、森林保有事業者、モニタリング事業者、格付け機関等とも意見交換を実施し、実装主体となりうる民間企業と共に社会実装を見据えて検討を実施中。

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)

当該年度の進捗状況

- ① 陸域炭素吸排出算定手法の開発
 - 改修を完了した航空機搭載L-SAR (Pi-SAR-L3) と航空機搭載GHG/SIF観測装置による観測フライトを8月29～30日に実施した。観測目的として、森林は北海道鶴居村・岐阜県高山市・福島県浪江町など、水田は秋田県大潟村・宮城県栗原市、湿地は北海道鶴居村などを対象としてデータを取得した。天候の関係からGHG/SIF解析が難しい場所もあるものの、現在、解析を実施中。
- ② 流域スケールでの炭素収支算定手法の開発
 - 教師検証用として使用する米国GEDIの位置補正済みデータの整備を実施した。また、林野庁殿のご協力の下、航空機ライダー・NFIなど追加データの収集及び確認を実施中。①で取得したデータ等も用いて、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中。
 - 水田・湿地帯についても①にて取得したデータを用いて利用方法を検討中。
- ③ 国レベルの森林バイオマスマップの整備・検証
 - ④カーボנקレジット実証チームとの議論を踏まえ、今年度のバイオマスマップ整備として、国内は昨年度より精度向上したVer. 3アルゴリズムの開発及び多時期を対象としたバイオマスマップを整備中。多時期のマップから、バイオマスの経年変化の検証を実施予定。海外バイオマスマップについては、カンボジアを対象として昨年度よりも高精度化したVer. 2アルゴリズムにより二時区分を整備中。こちらも経年変化の検証に資することを検討予定。
- ④ 森林カーボנקレジット算定に係る利用実証
 - R6に引き続き、海外JCM、国内J-クレジット制度において複数時期の森林バイオマスマップを用いた利用実証を実施中。
 - 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やMRV手法の新設・改定等にむけて林野庁殿をはじめとする政府関係機関や制度事務局、森林保有事業者、モニタリング事業者、格付け機関等との意見交換を実施中。

次年度の事業計画（案）

本事業は令和7年度末にて終了予定のためなし。

プロジェクト番号：R3-04

小型SAR衛星コンステレーションの 利用拡大に向けた実証

主担当庁：内閣府
連携省庁：関係各省
(事業期間 5 年程度)

背景・必要性

- 近年、リモートセンシング衛星の分野においても、高頻度観測が可能な小型衛星コンステレーションへのニーズが高まっている。
- 特に、夜間、天候を問わず観測が可能である等の特徴を持つSAR衛星（レーダー衛星）は、災害対応、海洋監視、安全保障、国土管理など様々な分野での利用が期待されており、政府関係機関において継続的に利用していくことが望ましい。
- 国内にも優れた技術を有する民間事業者が登場しているが、現時点では衛星機数が少なく、増機に向けた更なる投資が必要。この際、行政機関が利用を拡大し、民間投資の呼び水となることが期待されている。
- こうしたことから、本格的な利用を拡大していくため、様々な行政分野において、小型SAR衛星コンステレーションを試用し、早期にその有効性、実用性や課題等を評価、整理することが必要。

各省の役割

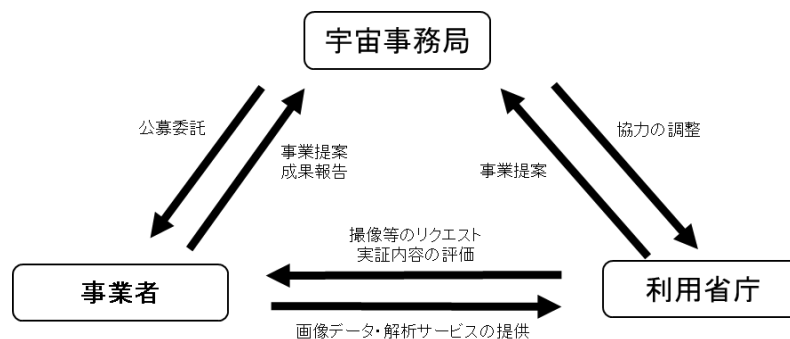
- 内閣府：全体のプロジェクト管理、とりまとめ。
- 関係各省：データの利用、評価

予算配分額

- 令和3年度（補正）配分額：11.0億円（令和3年度当初予算を一部含む）
- 令和4年度（補正）配分額：30.1億円（令和4年度当初予算を一部含む）
- 令和5年度（補正）配分額：31.1億円（令和5年度当初予算を一部含む）
- 令和6年度（補正）配分額：21.9億円（令和7年度当初予算を一部含む）

事業の内容

- 小型SAR衛星コンステレーションについて、潜在的な利用ニーズを有する行政分野において利用実証を行い、行政実務利用の観点からの有効性、実用性を検証・評価するとともに、改善すべき課題等を整理する。
- 利用実証を行う分野は、関係省庁のニーズや事業者提案を踏まえ、内閣府において取りまとめる。
- また、衛星機数が徐々に増加していくことによるコンステレーション全体としての能力向上や、できる限り多くの分野で実証を行う観点から、5年程度にわたり利用実証を行う。
- 利用実証の結果を踏まえ、各省においても本格的な利用（調達）に向けた検討を進める。

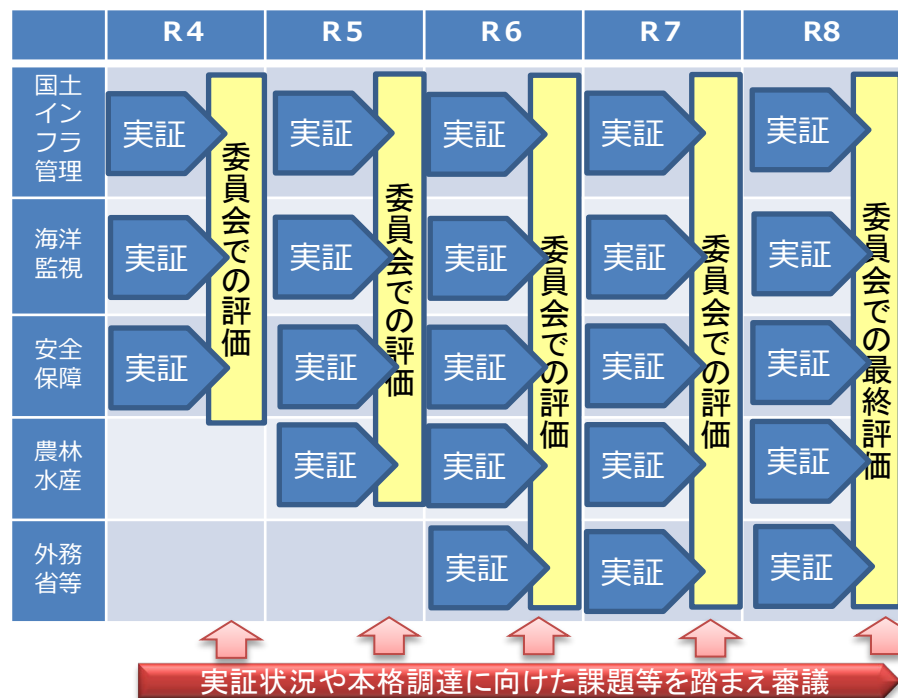


小型SAR衛星コンステレーションの 利用拡大に向けた実証

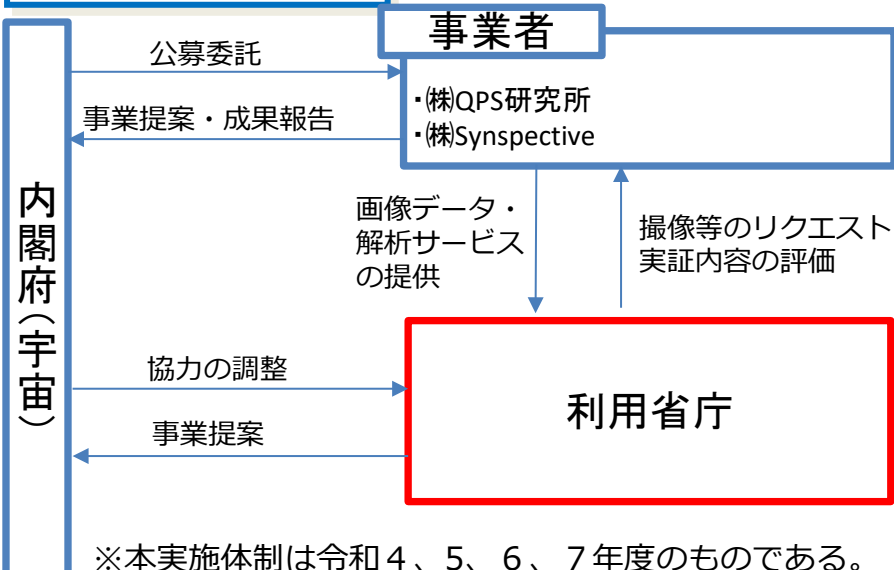
主担当庁：内閣府
連携省庁：関係各省
(事業期間5年程度)

事業計画

- 我が国において、優れた技術を持つ複数の民間事業者が、小型SAR衛星コンステレーションの構築を構想しており、QPS研究所とSynspectiveに委託。
- 実証を実施するにあたっては、実証テーマごとに以下の内容等を取りまとめる。
 - ・利用機関の業務の効率化
 - ・質の向上にどのような効果があったかの評価
 - ・本格的な業務利用を拡大するうえでの課題等の整理
 - ・今後の改善に向けた具体的な対応計画
- 衛星開発・実証小委員会において、実証状況や本格調達に向けた課題等を踏まえ、次年度の実証継続等について審議。



実施体制



留意事項への対応状況

○本実証事業終了後、各省庁が予算要求したうえでの調達・利用に繋がることが非常に重要である。アンカーテナンシーに繋がる見込みのあるテーマの見極めや選別について検討いただきたい。
→本実証を通して関係省庁・事業者とともにニーズや実証の課題を把握・改善してきた中で、衛星データ利活用を前向きに検討している省庁や実際に調達に至るケースも出てきている。来年度で事業終了でもあることから、今年度までの実証状況を踏まえて、関係省庁とはSAR衛星データの実務への活用について改めて意見交換を実施中。

小型SAR衛星コンステレーションの 利用拡大に向けた実証

主担当庁：内閣府
連携省庁：関係各省
(事業期間5年程度)

当該年度の進捗状況

【その1】

- 以下の実証テーマについて関係省庁と定期的に意見交換をしつつ、実証事業を実施中：
 - ① 海岸線モニタリング技術の開発
 - ② 交通密度モニタリング技術の開発
 - ③ 河川縦断水位の把握実証
 - ④ 流域治水対策における衛星活用実証事業
 - ⑤ ダムの安全管理手法の開発
 - ⑥ 海洋状況監視実証
 - ⑦ 農作物の育成状況モニタリングによる農地活用状況把握
 - ⑧ 新産業創出等に向けた画像提供および利活用実証
 - ⑨ 浸水氾濫域把握解析手法の高度化
 - ⑩ 土砂流出箇所調査技術の開発
 - ⑪ 道路土工構造物の点検手法開発
 - ⑫ 鉄道インフラの変状把握実証
 - ⑬ 衛星ワンストップシステムの実証
 - ⑭ 間断灌漑モニタリング実証
 - ⑮ 海外プロジェクトへの衛星データ適用実証

【その2】

- ①～⑤ 河道・堤防、土砂災害、港湾等、被災道路、流域治水モニタリング実証
- ⑥ 災害発生時における鉄道インフラの変状把握
- ⑦ 海洋監視モニタリング実証
- ⑧ 産業の課題解決への利活用実証
- ⑨ 高分解能・高頻度な洋上風力推定実証
- ⑩ 農地における転作地・水田モニタリング実証
- ⑪ 衛星ワンストップシステムの実証

次年度の事業計画（案）

- 今年度までの成果を踏まえ、直接調達に繋がった又は今後繋がる見込みのあるテーマ、及び今後実証を続けても実装に繋がる見込みの薄いテーマについては、今年度で実証は終了予定。
- その他のテーマについては、今年度までの実証の成果を踏まえ、実証後の実装に繋がる見込みのあるものに絞り、実証を継続予定。