

宇宙開発利用加速化戦略プログラム 戦略プロジェクト概要

参考資料1

番号	プロジェクト名称	配分額(億円)	担当省庁(連携省庁)	頁
R2-02	衛星データ等を活用したA I 分析技術開発	1.5	国土交通省[海上保安庁] (内閣府・内閣官房)	2
R2-03	小型衛星コンステレーション関連要素技術開発	2.5	経済産業省(文部科学省)	3
R2-07	月面活動に向けた測位・通信技術開発	2.2	文部科学省(総務省)	4
R3-01	宇宙無人建設革新技術開発	6.3	国土交通省(文部科学省)	5
R3-02	月面におけるエネルギー関連技術開発	11.9	経済産業省 (総務省、文部科学省)	6
		3.2	総務省(文部科学省)	
R3-03	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	5.1	農林水産省(文部科学省)	7
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	31.1	内閣府(関係各省)	8
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	7.5	文部科学省(経済産業省)	9
R4-02	衛星オンボードPPPの実証機開発	1.5	文部科学省(内閣府)	10
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	8.0	文部科学省(総務省)	11
R4-04	次世代衛星光通信基盤技術の研究開発	5.0	総務省 (文部科学省・内閣府)	12
R4-05	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	7.1	経済産業省(内閣府等)	13
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	5.1	文部科学省(経済産業省・国土交通省)	14
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	10.4	文部科学省(総務省)	15
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	1.0	文部科学省(経済産業省)	16
R5-02	次世代の電源システム基盤技術獲得に向けた検討	6.2	文部科学省(経済産業省)	17
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	3.0	文部科学省 (環境省・林野庁)	18

衛星データ等を活用したAI分析技術開発

主担当庁：国土交通省
(海上保安庁)
連携省庁：内閣府
内閣官房
(事業期間4年程度)

背景・必要性

- 衛星リモートセンシングデータの利用拡大は宇宙産業の裾野を拡大し、経済成長とイノベーションを実現する上で重要な課題。宇宙基本計画においても、「衛星リモートセンシングデータの活用を加速するための実証事業を充実させ、社会実証につなげる」としている。
- 特に、海洋状況把握の分野は、我が国の安全保障の観点からも極めて重要であり、衛星データ利用の積極的な活用が求められ、これまでも各省における取組が進められてきた。
- 他方、近年の外国公船や海洋調査船の活動の活発化、密輸等の巧妙化、外国漁船による違法操業問題、北朝鮮制裁決議違反の船舶動静等の多種・多様な海上リスクが顕在している。このような中、従来以上に、リスクを早期に発見し、低減・縮小化を図っていくことが求められており、その方策として、AIを活用し、分析技術の一層の高度化を進めることが喫緊の課題。
- 安全保障・法執行関連の様々な省庁における共通的な課題であり、関係省庁が連携し、省庁横断的な基盤としての技術確立していくことが求められる。

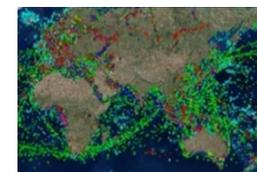
各省の役割

- 国土交通省(海上保安庁)
: AI原理開発、省庁共有基盤システムの開発
- 内閣府(総合海洋政策推進事務局)・国家安全保障局
: 利用省庁のニーズのとりまとめ、総合調整

事業の内容

- 衛星AIS、合成開口レーダ、電波監視衛星等を含めた国内外の最新衛星データや、その他、行政・民間の保有する情報をデータベースとして船舶の行動モデル(パターン)を作成し、これを分析するためのAIシステムを開発する。
- これにより、海上保安庁をはじめとする行政実務の効率的・効果的な遂行に資することで、我が国に対する不正行為の予見性を的確・迅速に示唆できるようにする。
- また、当該分析結果を関係省庁間で効率的に共有・利用するための基盤となるシステムを開発する。
- システム開発に当たっては、利用省庁のニーズを踏まえた設計を行うとともに、各省庁が実際に利用する中で得られた評価をフィードバックすることで、更なる改善を図り、効率的・効果的な開発を実現する。

衛星データのAI分析開発



予算配分額

- 令和2年度(補正)配分額：4.5億円
- 令和3年度(補正)配分額：3.0億円
- 令和4年度(補正)配分額：2.0億円
- 令和5年度(補正)配分額：1.5億円

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

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

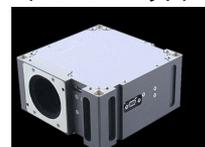
小型観測衛星の姿勢制御能力を向上し、撮像の高頻度化を可能とするため、従来のリアクションホイールよりも角運動量やトルクを大幅に改善した超小型コントロール・モーメント・ジャイロ(CMG)を開発

<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

背景・必要性

- 米国提案の国際宇宙探査計画(アルテミス計画)などにより、今後、月の探査・開発に関する活動が拡大していくことが見込まれ、これらの活動を支える基盤整備が必要となってくる。
- その中でも、測位や通信といった基盤は、比較的初期の活動から必要とされると考えられる。具体的には、LNSS(月ナビゲーション衛星システム)や、月-地球間の超長距離の光通信システムといった基盤が想定され、諸外国においても検討が進められている。
- 今後、国際連携、標準化と言った議論も視野に、我が国がこれらの基盤整備に貢献し、リーダーシップを発揮していく上でも、文科科学省が、総務省の協力の下、月面活動に向けた測位・通信の在り方を早期に検討するとともに、コアとなる要素技術を獲得していくことが必要。

各省の役割

- 文科科学省：アーキテクチャ検討、実現手段、技術課題の整理要素技術開発
- 総務省：技術的な知見の提供、助言

予算配分額

- 令和3年度(当初)配分額：2.0億円
- 令和3年度(補正)配分額：9.0億円
- 令和4年度(補正)配分額：8.3億円
- 令和5年度(補正)配分額：2.2億円

事業の内容

月面活動に向けた測位・通信システムに係る以下の事業を行う。

○測位システム関連

- ・ 月における測位システムの構築のためのアーキテクチャ検討を行い、実証機に対する要求を検討。
- ・ 上記を踏まえたシステムの実証に向けた開発・設計。
- ・ 国際動向を踏まえ、統一規格の検討に係る調査を行う。

月測位システムの構想例

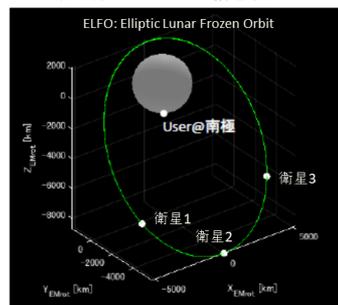
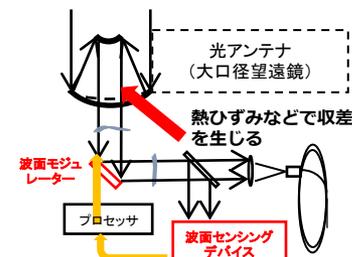


図2. ELFO上の3機配置例
 (866km × 8742km × 56.2°, ΔM = 90°)



波面センシングデバイスで収差を検出し、その情報から波面モジュレータを使って収差を補正することで効率よくファイバーに光を入射する

(要素技術の例)衛星補償光学系

○通信システム関連

- ・ 月面活動に向け、月-地球間や月近傍などでの通信アーキテクチャの検討、実現手段、技術課題の整理 等。
- ・ アーキテクチャ検討に基づく月-地球間での高速・大容量通信の実現に必要な研究開発の実施(例:高速高感度復調技術、遠距離高感度捕捉追尾技術、衛星搭載用大口径光アンテナ、衛星補償光学系などの要素技術の開発等)

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5年程度）

背景・必要性

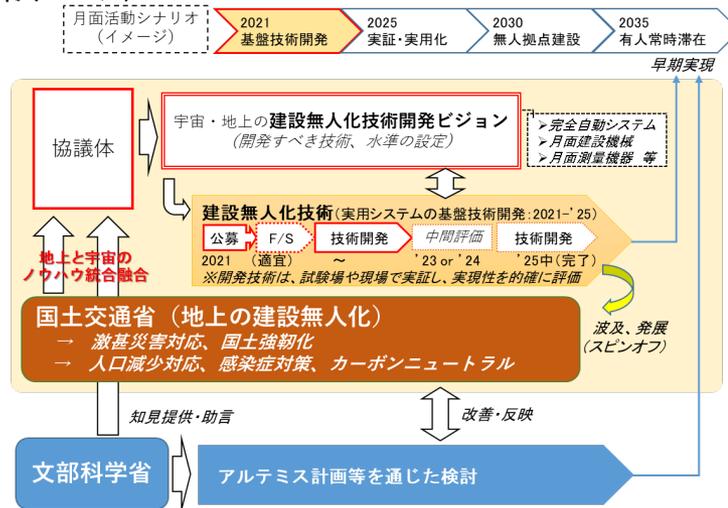
- 宇宙利用探査において世界に先駆けて月面拠点建設を進めるためには、遠隔あるいは自動の建設技術（無人化施工等）は、重要な要素。我が国では、これまで風水害・火山災害を克服するため無人化施工技術が培われ、国際的にも強みを有する。
- 近年、激甚化する災害対応・国土強靱化に加え、人口減少下において、無人化施工技術の更なる高度化と現場への普及は喫緊の課題。（国交省では令和3年4月、インフラDX総合推進室を発足し、本省・地方・研究所が一体で無人化施工等を推進）
- この建設技術を、アルテミス計画等を通じて月面環境に係るノウハウを有する文部科学省と連携して、月面拠点建設へ適用するための技術開発を進めるとともに地上の事業へ波及させる。

（月面無人化施工イメージと地上の無人化施工）

事業の内容

- 月面開発に資する無人建設技術（施工、建材製造、建築等）の開発を重点化・加速化するため、月面と地上のノウハウを集結。
- 地上の建設事業で導入・開発されている無人建設技術を、月面拠点建設に適用するため、地上建設への展開も考慮しつつ、優先的に開発すべき技術・水準を明確化し、集中投資を図る。
- その際、無人建設に係る各種技術の水準、達成見込みを的確に見極めるために、実験室、試験場、建設現場で実証を行う。

（施策イメージ）



各省の役割

- 国土交通省： 無人建設（無人での施工、建材製造、建築等）の開発・現場適用検証、事業展開推進
- 文部科学省： 専門的知見の提供及び技術的助言

予算配分額

- 令和3年度（当初）配分額：1.2億円
- 令和3年度（補正）配分額：3.9億円
- 令和4年度（補正）配分額：5.7億円
- 令和5年度（補正）配分額：6.3億円

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5年度(補正)配分額:4.6億円(経産省)、3.2億円(総務省)
- 令和6年度(当初)配分額:7.3億円(経産省)

プロジェクト番号: R3-03

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)

背景・必要性

- 人類が月面等に長期滞在をし、探査や開発などの持続的な活動を行う上で、食料関連技術はその基盤となる重要な要素である。
- 従来の宇宙食は、地球上で加工・製造し、完成品として持ち込んでいたが、長期間の宇宙活動を支えるためには、月や火星等での食料供給システムの構築が必要。
- 宇宙空間では、作物の成長に必要な水や空気、栄養素が供給されないことから、月面等における施設内で、地球から持ち込む資源を最大限に循環再生し、再利用しながら自律的・効率的に食料を生産するシステムの構築が必要。
- また、長期間にわたる閉鎖空間での集団生活においては、心身や人間関係等の問題が顕在化しやすいため、持続的に心身の健康や健全な人間関係を維持できるようなQOLを確保できる食システムを提供することが必要。
- このような宇宙での現地生産型食料供給システムは、他国では構築されておらず、我が国が国際的なイニシアティブを発揮できる分野であり、これまでの地上における最新の研究成果を結集し、発展・統合していくことで、新たなイノベーション、宇宙ビジネスの創出が図られるとともに、地上の課題解決にも貢献。

留意点

- 農林水産省「新・食料産業の創造に向けた宇宙食の開発・実用化促進事業」の調査・実証との連携を図ること。
- 事業の進捗や海外の動向などをふまえ、事業の絞り込みを含め、不断の見直しを進めること
- 有人活動の経験、ノウハウを持つJAXAの協力を得つつ、開発を進めること。
- 月面での宇宙科学活動での利用も見据え、宇宙科学の専門家を参画の下、そのニーズを踏まえたプロジェクト運営を進めること

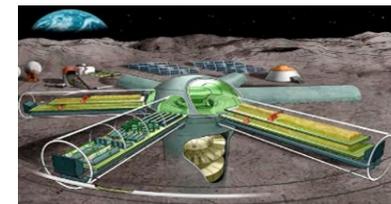
事業の内容

- 月や火星での長期滞在を可能とする、QOLを重視した高度資源循環型食料供給システムを構築する。
- ①高等植物や微細藻類、培養肉などの高効率食料生産技術並びに生物及び物理化学的アプローチによる高効率な有機物等の資源再生技術を組み合わせ、高度資源循環型食料供給システムを開発する。
- ②閉鎖隔離環境における心身や人間関係等に関するリスクの軽減を目的として、各種センシング技術等を用いたQOLの観察機能及びQOLの維持・向上のための食ソリューション機能を有するQOLマネジメントシステムを開発する。
- ③①及び②のシステム統合実証や①に係る宇宙空間での実験を行うため、地上における月面基地模擬施設や宇宙実験モジュール等の共創型実証基盤の構築に向けた設計等を実施する。

極小閉鎖空間における食事イメージ
(心身の健康維持に必要なQOL提供)



月面における食料生産のイメージ



予算配分額

- 令和3年度(当初)配分額: 3.1億円
- 令和3年度(補正)配分額: 3.5億円
- 令和4年度(補正)配分額: 5.1億円
- 令和5年度(補正)配分額: 5.1億円

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4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

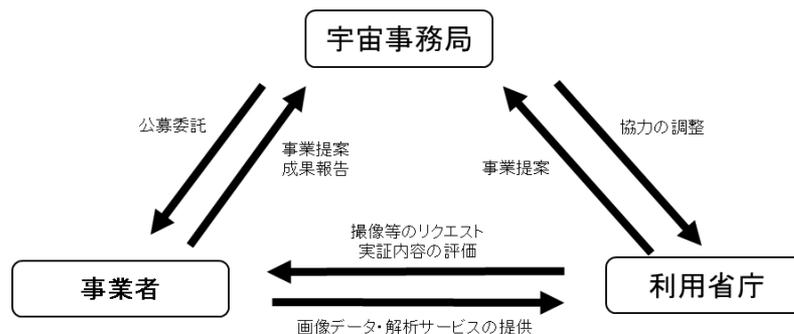
- 内閣府：全体のプロジェクト管理、とりまとめ。
- 関係各省：データの利用、評価

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)

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、4年程度に渡り利用実証を行う。
- 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。



プロジェクト番号：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

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)

背景・必要性

- 通信・観測・測位を中心に、多様化する宇宙ニーズに対応するため、軌道上での画像処理、AI処理、柔軟な機能変更等の、**高度なデジタル機能をもつ人工衛星の研究開発が進んでいる。**
- デジタル化の中核となる半導体デバイスは、**ユーザ利便性向上のため、モジュール化**(必要な機能を一つのチップに実装する形態、SoC※1化)**が業界標準的な形態**となりつつある。
- 一方、宇宙用半導体モジュールは**海外製品しか選択肢がない状況**であり、宇宙活動の自立性を維持・確保する観点から、**国産高機能製品の開発が強く望まれている。**
- 低消費電力性能と耐放射線性能を高い水準で満足する革新的な国産MPU※2、FPGA※3の開発が進んでおり、**競争力の高い国産製品を実現することが可能な段階にある。**
- 高機能計算機モジュールの国産化により、**宇宙機の高度なデジタル化を安定的に支える共通技術基盤の保持が可能となる。**また、車載、原子力、IoT等の地上製品への波及も期待できる。

※1 System on a Chip、システム・オン・チップ

※2 Micro Processor Unit、マイクロプロセッサユニット

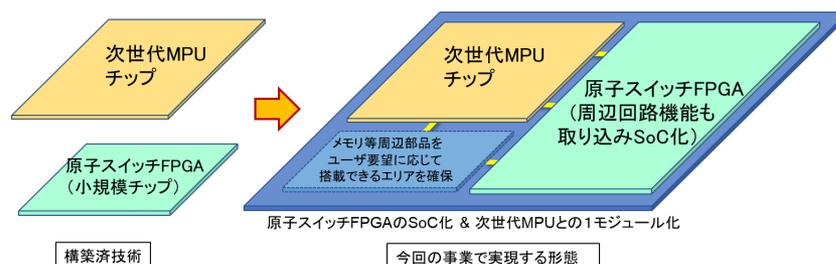
※3 Field-Programmable Gate Array、プログラマブルロジックデバイスの一種

事業の内容

- 本事業では、まずユーザ要望に基づきFPGAに実装する周辺機能を抽出し、国内企業が保有する原子スイッチ技術と、JAXAが保有する耐放射線強化技術を適用した、SoC化FPGAの回路設計、チップ試作、機能確認を行う。
- 次に、ヘテロジニアスコンピューティング※4の構成を実現するために、国産次世代MPUチップ※5と上記SoC用FPGAチップの1パッケージ化を行い、マイクロプロセッサ内蔵FPGAモジュールの試作と耐宇宙環境性の評価を行う。
- さらに、本技術普及のため、デバイス開発ツールの利用環境整備等のユーザニーズ反映の活動を実施する。

※4 MPUやFPGA等の異なる種類のプロセッサを組み合わせ、用途に応じて適したプロセッサに演算を分担させることで処理効率を高めた計算機システム。

※5 JAXAにて開発しているHR5000Sの後継MPU



各省の役割

- 文部科学省：次世代FPGA及びMPUを用いたSoCの開発
- 経済産業省：将来的な実装に向けた産業界のニーズの把握・フィードバックなど

予算配分額

- 令和4年度(補正)配分額：2.0億円
- 令和6年度(当初)配分額：7.5億円

背景・必要性

- **高分解能な衛星画像は、画像処理のために高精度な衛星軌道暦が必要**となる。高精度な衛星軌道暦の生成には、「測位衛星の高精度軌道暦」と「衛星が受信した測位衛星からの測位信号」が必要であり、**現状は、数時間から数日の処理時間が必要**である。（処理時間は測位衛星の高精度軌道暦の生成時間による）
- 衛星に複数GNSS対応受信機を搭載し、衛星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（Precise Point Positioning: 高精度単独測位）を行うことができれば、**リアルタイムにcmオーダ（1σ）の衛星軌道位置を計算できるため、ユーザへの画像データ提供時間を大幅に短縮することが可能**となる。（官民の多様な利用ニーズを踏まえた共通基盤として活用が期待される技術）
- 本技術は政府衛星や小型衛星コンステレーションにも適用可能であり、かつ、準天頂衛星からの補正信号に基づく技術であるため、安全保障の観点からも、我が国の宇宙活動の自立性を維持・確保するために戦略的に取り組むべき優先度の高い技術開発であると考えられる。

注) MADOCA (Multi-GNSS ADvanced Orbit and Clock Augmentation) : 高精度測位補正技術

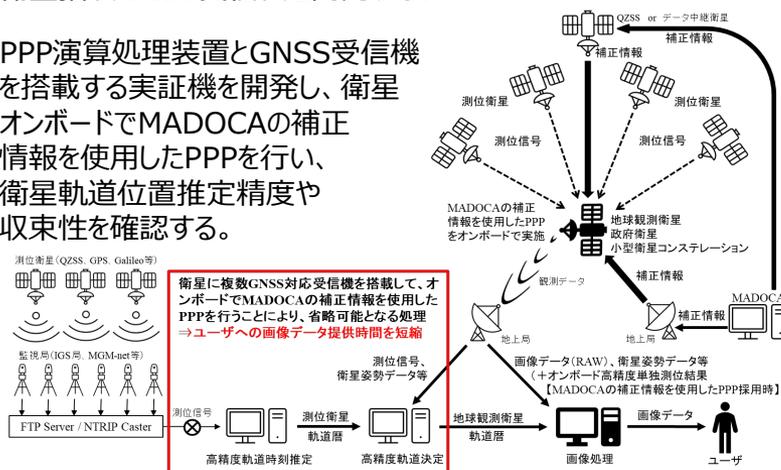
各省の役割

- 文部科学省：衛星オンボードPPP技術の開発、及び軌道上実証実験の実施
- 内閣府：準天頂衛星からのMADOCA補正情報の配信

事業の内容

「MADOCAの補正情報を使用してPPPを行うことができる演算処理装置」及び「複数GNSS対応受信機」を搭載し、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（1σ）の衛星軌道位置推定が行える実証機を開発することを目的とする。

- MADOCAの補正信号を使用してPPPを行うソフトウェアをベースに、衛星オンボードPPP演算処理装置を開発する。
- 準天頂衛星L6信号対応GNSS受信機（地上用）をベースに、衛星搭載GNSS受信機を開発する。
- PPP演算処理装置とGNSS受信機を搭載する実証機を開発し、衛星オンボードでMADOCAの補正情報を使用したPPPを行い、衛星軌道位置推定精度や収束性を確認する。



予算配分額

- 令和4年度（補正）配分額：1.0億円
- 令和5年度（補正）配分額：1.5億円

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 3年程度)

背景・必要性

- 各国では衛星測位システムの測位精度向上を目的とした研究開発が継続して進められており、日本でも宇宙基本計画において「測位能力の維持・向上」に取り組むこととしている。測位能力の維持・向上のためには、**測位誤差の原因の1つである衛星搭載時計の高精度化、高安定化が必須**であるとともに、現状では海外から調達している**衛星搭載時計の国産化を進めていく必要**がある。
- 原子時計を凌駕する安定度を持ち、小型で堅牢性が高いことから宇宙応用が期待されている、**高安定レーザーを用いた測位衛星搭載時計を開発**することにより、衛星測位システムの精度・信頼性の向上や抗たん性の強化等を進め、日本の宇宙開発技術の自立性・安全保障の確保に貢献する。
- 2030年度以降に打ち上げ予定の準天頂衛星への搭載を目指し、今後 早急にエンジニアリングモデル（搭載環境を考慮したモデル）の設計・製作・試験を行うため、宇宙用部品を使用したモデルでも性能が変わらないことを確認するとともに、R7年度までにエンジニアリングモデルへの反映事項の検討を完了する。

各省の役割

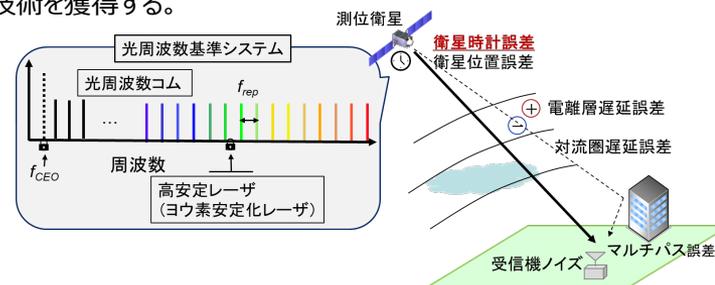
- 文部科学省：宇宙用部品に置き換えたモデルの設計、製作、試験、評価、エンジニアリングモデルへの反映事項の検討
- 総務省：時計の周波数安定度評価・技術的助言

予算配分額

- 令和4年度(補正)配分額: 1.0億円
- 令和5年度(補正)配分額: 8.0億円

事業の内容

- 大学・研究機関等において、原理的に高精度化・高安定化が見込まれるヨウ素安定化レーザー等の高安定なレーザーと光周波数コム（モードロックレーザー）を組み合わせた時計の研究開発が進められている。
- 高安定レーザーを用いた時計の測位衛星への搭載を実現するためには、これらの先行事例（地上用モデル）において使用している部品を宇宙用部品に置き換えても性能が変わらない事を確認する事が重要。本事業において宇宙用部品に置き換えたモデル（以下、「宇宙用部品モデル」）を設計・製作し、宇宙環境耐性および衛星搭載環境での時計の周波数安定度を評価する。（目標： 10^{-15} 程度）
- システム開発に当たっては、開発を担うメーカーの協力が不可欠であり、協力なしに実現は困難である。このため、民間との協力体制を構築し、搭載化に向けた熱設計など実現性検討を進める。
- 宇宙用部品モデルの宇宙環境試験および周波数安定度の評価結果を考慮し、エンジニアリングモデル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エンジニアリングモデル開発に向けた知見と技術を獲得する。



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)

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

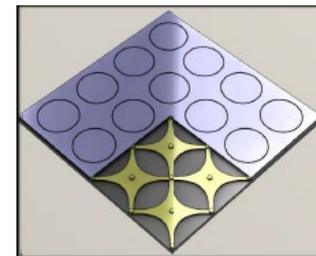
- 総務省：10W級国産光増幅器及び次世代補償光学デバイスの技術開発の実施
- 文部科学省：利用ニーズに応じた要求仕様・性能に関する助言
- 内閣府（準天室）：準天頂衛星後継機等への適用に向けた光HPAの目標仕様・性能に関する助言

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2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等のコントローラ開発とモジュール化を行い、2次元光位相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

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4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から見積もりをとり、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

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。

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)

背景・必要性

○宇宙空間における活動を通じてもたらされる経済・社会の変革（スペース・トランスフォーメーション：SX）において、衛星データ利用は、地球上の様々な課題の解決に貢献し、より豊かな経済・社会活動を実現する重要な技術であり、特に高分解能光学衛星によるデータは、多様な情報の基盤となる。

※例えば我が国では、陸域観測技術衛星（ALOS、2006～2011）を開発運用し、2万5千分の1地図作成や東日本大震災後に津波浸水被害を観測する等、災害対策等での有用性を示してきたほか、運用終了後は、全球の観測データを活用した研究開発によって世界の3次元地形情報を開発する成果を上げている。

○ALOSの実績等を踏まえた次期光学ミッションを見据え、地図作成等のより幅広い分野での利用に向けた下記の研究開発に早期に着手する必要がある。

- ① 行政DXにおける衛星データ利用の幅広い分野での定着化に向けた、データ処理から解析までの一体的かつ汎用性の高いデータ利用サービスの構築
- ② デジタルツイン分野における衛星データの活用・社会実装及び関連市場における国際競争力の維持・発展に向けた高度な研究開発
- ③ 多様な分野で有効と考えられる、光学衛星と合成開口レーダ（SAR）データとの組合せによる複合的な解析技術の構築

○本活動により、2022年度先進光学衛星（ALOS-3）の喪失による我が国の光学衛星データの利用推進の停滞、エンジニアや研究者離れの対策を進めつつ、高精度3次元観測等の革新的な技術開発やデータ分析技術開発に向けた活動を行う事で、観測衛星データ市場での優位性獲得、及びSX実現に向けた取組みを推進する。

事業の内容

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

高分解能光学衛星データを基盤としたAIや超解像などの技術を活用した土地利用判読ツールなど、以下のテーマをはじめとする衛星データの実利用拡大のための自動解析技術を研究開発し、全国・アジア地域等へ展開するための業務の標準化に資するパッケージ（データ、アルゴリズムなどツール、手順書等）を整え、行政DXを推進する。

1. 農業（スマート農業・農作物分類・圃場基盤整備）
2. 都市（固定資産にかかる土地利用分類・インフラ管理等）
3. 防災（都市・河川・砂防にかかる防災計画の更新）
4. 森林（松枯れ・ナラ枯れ等の予報に向けた森林状況把握）
5. 土地利用（土地判読・地形基盤情報）

②光学衛星等による3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

我が国が強みを有する高分解能光学衛星による3次元地形データをもとに、デジタルツインの試験プラットフォームを構築する。また、今後はデジタルツインがリアルタイムに更新されることを想定し、衛星コンステレーション等を活用した4D化技術の開発を進める。これらを通じて構築したデジタルツイン試験プラットフォームについて、災害や建設土木、森林資源、ドローン交通制御、再生可能エネルギー等の分野における国内外での利用実証を目指す。

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

高分解能光学衛星とSAR等で得られるデータの性質の違いを生かし、農業（ため池管理）や災害、都市、インフラ等の分野における多様なデータの複合利用によるデータとその利用の高度化を目指した技術開発を行う。

各省の役割

- 文部科学省：事業とりまとめ
- 経済産業省・国土交通省：利用実証にかかる助言

予算配分額

- 令和4年度（補正） 配分額：5.6億円
- 令和5年度（補正） 配分額：5.1億円

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)

背景・必要性

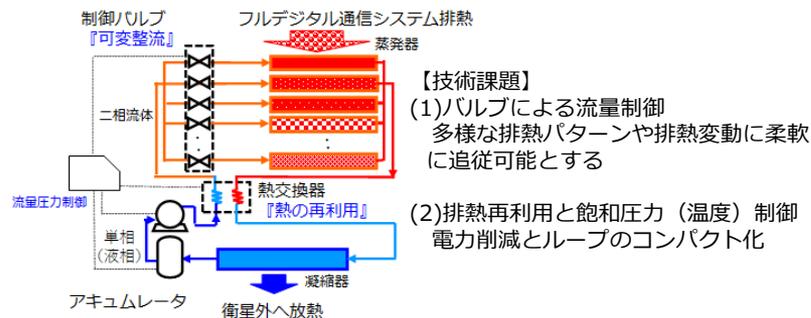
- 通信周波数や通信領域をフレキシブルに変更でき、従来よりも大幅に高速・大容量通信が可能なフルデジタル通信システムが市場に登場するとともに、欧米の企業では開発が急速に進展している。
- 通信性能の向上に伴い、高発熱を伴うフルデジタル通信システムを衛星に搭載するため、少ない電力で高い排熱に対応できることへのニーズが極めて高い。この排熱システムを搭載可能な質量・サイズ等で実現するものとして、機械式ポンプによる二相流排熱システムが採用されている。
- フルデジタル化の進展に伴い市場の要望も多様化、拡大が続いている。競争力強化のためには、高効率な排熱システムにより市場への対応能力を拡大し、国際競争力を強化する必要がある。そのため、発熱量の変動に対応して冷媒の制御を行うインテリジェントシステムを構築することが必要である。
- また、排熱技術はミッションや衛星の大きさに限らず、人工衛星における基盤技術であり、本研究開発により、将来的には様々な高排熱要求に対して対応が可能となる。

各省の役割

- 文部科学省：高効率排熱システム開発
- 総務省：通信機器側のニーズや動向の提供

事業の内容

- 市場動向に基づく、衛星システムの質量及びサイズ等に対応可能な、リアルタイム制御システム及び機械ポンプ式二相流排熱システムのテストベッドを含む、高効率排熱システムを研究開発する。
- リアルタイム制御システムで発熱量/温度リソース等を管理し、機械ポンプ式二相流排熱システムのリアルタイム・フィードバック制御を行う。テストベッドで、電力/質量サイズを抑制した高効率な排熱を実現する。



- これらの技術を開発することで、デジタル化等の変化の早い通信衛星市場における競争力の維持・強化のための、高効率排熱システム検証技術を獲得する。

予算配分額

- 令和4年度(補正) 配分額：3.5億円
- 令和5年度(補正) 配分額：10.4億円

プロジェクト番号：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 ～Beyond 5Gに向けた宇宙通信の大容量化等の実現～

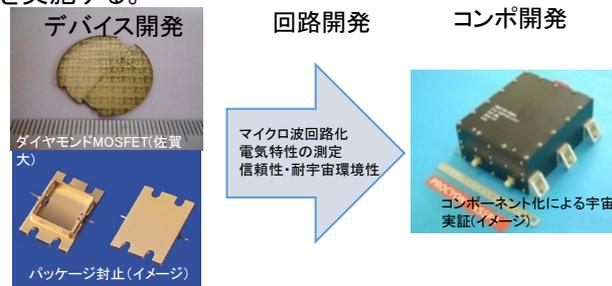
主担当庁：文部科学省
連携省庁：経済産業省
(事業期間5年程度)

背景・必要性

- マイクロ波帯の放送用送信機、各種レーダー送信機、衛星通信用送信機では、増幅素子にクライストロンやTWT(進行波管)といった、真空管が未だに利用されている。ところが近年、GaN HEMT素子の登場によって、信頼性向上を目的とする固体化が盛んに進められている。特に**宇宙用の地上局送信機や衛星搭載中継器では、高効率化実現のために、固体素子の高出力化が強く望まれている。**
- ところがGaN素子には絶縁耐圧に限界があり、これに代わる次世代パワー半導体の研究が世界中で進められている。中でも**ダイヤモンドは、高周波・大電力・高効率性能で最も優れる半導体材料として期待されている。**性能指数の比較(ジョンソン指数)では、GaN素子と比較して、数倍以上の優位性があり、**置き換えによる小型高効率化に寄与すると考えられる。放射線耐性の高い半導体材料としても注目されている。**
- ダイヤモンド半導体の開発では試作に不可欠な大口径ウェハが存在せず、またダイヤモンドウェハへの安定したドーピング技術も確立していないという、2つの大きな技術課題が存在していたが、**近年、この課題を克服し、世界で初めて高温状態での安定動作が確認される**といった研究成果が出つつある。
- ダイヤモンドMOSFETは 過去に遮断周波数 $f_T=45[\text{GHz}]$ $f_{\text{MAX}}=120[\text{GHz}]$ を報告しており、これらの技術の組み合わせによって、**マイクロ波増幅素子が実現できる。**宇宙用の競争力の高い国産製品の実現に止まらず、地上製品への波及も期待できる。
- 初期段階のダイヤモンド半導体は高コストとなり、量産化・一般流通までに時間を要するため、まずは**少量生産の宇宙用として信頼性を確保しつつ、民生展開に向けた技術基盤(低コスト化)の獲得を図ることが重要。**

事業の内容

- 本事業では、5年間で宇宙向けの人工衛星搭載の送信用マイクロ波電力増幅デバイスの実用化を目指す。この中でダイヤモンド半導体デバイスを試作し、回路設計、電気特性評価を行う。後半では信頼性および耐宇宙環境性の評価を実施し、最終的に搭載用固体増幅器の試作を行い、超小型衛星を用いて宇宙実証を行う。
- 具体的には、最初の3年間でダイヤモンドMOSFETチップの、ゲート電極をサブミクロン化し、マイクロ波帯周波数で動作可能なデバイスを開発する。また、チップをパッケージ化し、基板に実装してマイクロ波特性を測定するとともに、電力増幅回路を試作する。後半2年間で信頼性評価、向上及び宇宙環境での動作確認をし、搭載コンポーネントを開発して宇宙実証を行う。その他、地上用アプリケーション開発やユーザーニーズ反映の活動を実施する。



各省の役割

- 文部科学省：ダイヤモンド半導体デバイスの開発
- 経済産業省：社会実装に向けた産業界のニーズの把握・フィードバックなど

予算配分額

- 令和5年度(当初) 配分額：2.0億円
- 令和5年度(補正) 配分額：1.0億円

次世代の電源システム基盤技術獲得に向けた検討

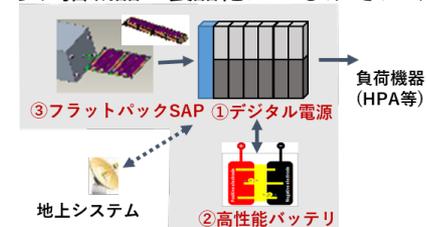
主担当庁：文科省
 連携省庁：経済産業省
 （事業期間2年程度）

背景・必要性

- 近年、電気推進搭載化、高速大容量通信ペイロードの搭載等により、中大型衛星の電力規模は増加傾向（～20kW）にある。また、複数同時打上に対応した通信衛星等の小型化に伴い、電力規模の小さい電源（約3kW）の需要も大幅に拡大しており、多様な電力ニーズへの対応が必要となってきた。
- 小型コンステレーションの台頭により、電源系に対する小型化、高い収納性などが求められてきている。
- また、電源系構成コンポーネントであるバッテリー、パドルについては、国内企業が国際市場のシェアを獲得していたが、ESA等の支援を受けた欧州企業の台頭などにより市場競争力を失いつつある。
- 電源システムに関する上記動向を踏まえ、我が国の衛星電源システムの自立性・自在性および国際競争力を確保するため、小型～大型衛星に広く活用できるフレキシブルなデジタル電源システムの実現が必要となる。

事業の内容

- 本事業では、小型～大型衛星に広く活用できるフレキシブルなデジタル電源システムの実現に向け、電源システムの主構成要素であり、性能・コストドライバとなる下記コンポーネントの技術開発に取り組む。
 - ✓ 電源制御器：小型軽量かつ多様な電力ニーズに対応するモジュール化、高周波スイッチング技術、デジタル電源技術の確立
 - ✓ バッテリー：液式Li-ionをベースとした高性能かつ低コストなバッテリーアセンブリの確立。また、次世代電池として高いポテンシャルを有する全固体電池の宇宙適用検討
 - ✓ パドル：高収納効率を達成しつつ、多様な電力ニーズに対応するスケーラブルな構造・機構設計
- 国内外の市場ニーズに対応するため、需要調査を行い、開発仕様への反映を行う。
- 本事業実成果をもとに、その後製品の認定や技術実証等の実用化開発を行うことにより、搭載品・製品化につなげていく。



各省の役割

- 文部科学省：次世代電源システムの実現に向けた基盤技術の研究開発
- 経済産業省：国内産業ニーズ、海外市場動向や海外市場獲得に向けた助言

予算配分額

- 令和5年度（当初） 配分額：2.2億円
- 令和6年度（当初） 配分額：6.2億円

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

背景・必要性

- 2023年の国連におけるグローバルストックテイク（GST）の開始等、近年、炭素収支に係る情報把握の重要性は高まっており、なかでも森林バイオマスや植生活性度（SIF）、大気中の温室効果ガス（GHG）の把握に係る衛星観測の活用に向けた動きが国際的に加速している。
 - こうした中、我が国はLバンド合成開口レーダ（SAR）による全球森林・非森林マップを世界に先駆けて整備し、こうしたプロダクトがUNEPにおける公式指標として採用されている等、本領域において一定の優位性を有している。今後はこうした強みを一層強化しつつ、例えば次回GST（2028年）での衛星データの標準化等、国際的枠組みの中に組み込んでいくことで、国際社会での我が国のプレゼンス向上や社会・経済的優位性へ繋げていくことが重要。
 - また、2021年に政府が定めた「グリーン成長戦略」では、観測・モデルに係る科学基盤の充実として人工衛星等の観測網を活用したデータ利活用や経済社会システムのイノベーションが不可欠とされているほか、カーボンクレジット市場への早急な対応が求められている。
 - しかし、衛星データを活用したクレジット算定には課題があり、
 - （1）算定のガイドライン・方法論に衛星データを定義した上で、
 - （2）市場に通用する方法論に従った実証が必要な状況
- ⇒ カーボンニュートラルに係る国際的枠組みでの衛星データの標準化及びカーボンクレジット市場への参入・価値創出を戦略的に推進するため、炭素収支に係る高精度な算定手法の確立に向けたLバンドSAR観測技術や、GHG観測によるSIF計測データも活用した高精度なバイオマス推定技術に係る初期の開発・実証を進める。

事業の内容

① 陸域炭素吸排出算定手法の開発

陸域炭素固定量のベースとなる森林バイオマスや、炭素排出量推定のベースとなる水田・湿地等の情報をSARデータから時間変化を含め高精度に推定する手法を開発することを目的に、まず航空機搭載SAR（Pi-SAR-L3）を活用し、国内テストサイトにおける多偏波（・多周波）・マルチベースライン観測及び総合的な炭素吸排出把握のためのGHG・SIF観測を行いつつ、検証データ取得のための地上計測を実施する。

② 流域スケール※での炭素収支算定手法の開発

①の空間スケールを流域・地域レベルに拡張し、炭素収支を定量的に評価する手法、及び航空機観測から衛星観測へシフトしつつ時間変化にも整合する手法を開発する。開発の検証には、長期で地上観測が継続されている大学演習林や研究機関と連携した各種データの収集や、クラウド型研究プラットフォームの構築・利用も想定。

※ 林野庁は流域を基本的単位として「森林の流域管理システム」を推進。

③ 国レベルの森林バイオマスマップの整備・検証

検証した森林バイオマス算定手法を衛星搭載SARに適用し、国レベルの高精度な森林バイオマスマップの整備に着手する。日本及び東南アジアの数ヶ国を対象に、PDCAを重ねつつ複数年に渡るマップを作成し、森林炭素動態（吸排出量）の把握を行うとともに、国連気候変動枠組条約の国別報告等への利用検討を実施する。

④ 森林カーボンクレジット算定に係る利用実証

国レベルの森林バイオマスマップを広域・安価な算定手法としてカーボンクレジット市場に利用する。クレジット市場への参入は、国内民間企業等と連携しながら精度検証及び利用実証を実施する。

各省の役割

- 文部科学省：事業とりまとめ
- 環境省・林野庁：利用実証にかかる助言

予算配分額

- 令和5年度（当初） 配分額：4.0億円
- 令和5年度（補正） 配分額：3.0億円