

資料 85-3-2

科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会  
(第 85 回)2024.4.9

宇宙戦略基金  
実施方針(文部科学省計上分)(案)

令和6年〇月〇日

文部科学省

内閣府

## 前文

人類の活動領域の拡大や宇宙空間からの地球の諸課題の解決が本格的に進展し、経済・社会の変革(スペース・トランスフォーメーション: SX)がもたらされつつある。従来の米露欧日に加え、中国、インドをはじめとした各国による国際的な宇宙開発競争が激化している。

こうした中、宇宙関連産業の市場規模も急速に拡大し、各国ともに官主導の宇宙開発から官民連携への宇宙開発へと移行しつつある。我が国としても宇宙開発の中核機関である宇宙航空研究開発機構(以下、JAXA)を結節点とし産学官による宇宙活動を加速することが求められている。

宇宙戦略基金事業は、「輸送」「衛星等<sup>1)</sup>」「探査等<sup>2)</sup>」の3つの分野において「市場の拡大」、「社会課題解決」、「フロンティア開拓」の3つの出口に向け、宇宙技術戦略で抽出された技術項目を参照しつつ、技術開発テーマを設定し、スタートアップをはじめとする民間企業や大学等が複数年度(最大10年)にわたって大胆に技術開発に取り組めるよう、JAXAに新たに基金を設置し、支援するもの<sup>3)</sup>である。

本方針は、「宇宙戦略基金基本方針」に基づき、同事業において実施する技術開発テーマのうち、文部科学省が定めるものについて、技術開発テーマ毎の目標や内容、具体的な支援方法等を示すものである。

本方針の策定にあたっては、下記の各分野における背景等を踏まえつつ、宇宙分野での計画や資金ニーズが顕在化しており、速やかに支援に着手すべき技術開発の内容を、当面の事業実施に必要な支援規模、期間等とあわせ技術開発テーマとして設定している。

輸送分野においては、今後増加が見込まれる多様な打上げ需要に対応することが喫緊の課題であり、「宇宙戦略基金基本的な考え方」<sup>4)</sup>で例示されている「2030年代前半までに基幹ロケット及び民間ロケットの国内打上げ能力を年間30件程度確保」することも含め、宇宙輸送システムの低コスト化、高頻度化等に向けた技術開発に重点的に取り組む必要がある。

衛星等分野においては、衛星コンステレーションによるリモートセンシングやデータ利用サービスなど、商業化やそれを支える技術の高度化の国際競争が激化する中、

---

<sup>1)</sup> 軌道上サービスも含む。

<sup>2)</sup> 月面開発や地球低軌道活動も含む。

<sup>3)</sup> 「デフレ完全脱却のための総合経済対策(令和5年11月2日閣議決定)」

宇宙や海洋は、フロンティアとして市場の拡大が期待されるとともに、安全保障上も重要な領域である。「宇宙基本計画」に基づき新たに宇宙技術戦略を策定するなど、宇宙政策を戦略的に強化する。(中略)

宇宙については、民間企業・大学等による複数年度にわたる宇宙分野の先端技術開発や技術実証、商業化を支援するため、宇宙航空研究開発機構(JAXA)に10年間の「宇宙戦略基金」を設置し、そのために必要な関連法案を早期に国会に提出する。本基金について、まずは当面の事業開始に必要な経費を措置しつつ、速やかに、総額1兆円規模の支援を行うことを目指す。その際、防衛省等の宇宙分野における取組と連携し、政府全体として適切な支援とする。

<sup>4)</sup> 令和6年2月6日内閣府宇宙開発戦略推進事務局決定

地上技術の宇宙適用も含め、我が国の強みとなる技術を活かした事業創出や、革新的な将来技術の獲得に向けた技術開発に重点的に取り組む必要がある。

探査等分野においては、2030年以降の商業宇宙ステーション(ポストISS)における地球低軌道利用市場の獲得に向けた技術や、アルテミス計画を皮切りにインフラ構築や将来的な産業創出への期待が高まる月面開発に係る重要技術、火星圏以遠等の深宇宙探査に加え複数の応用先が見込まれる革新的な技術の開発に重点的に取り組む必要がある。

加えて、宇宙分野の裾野拡大やJAXAを超える技術革新に向けた取組を分野横断的に推進する必要がある。

こうした観点を踏まえ、文部科学省の宇宙戦略基金事業(令和5年度補正予算措置分)では、以下の13テーマを実施することとする。

- (1) 宇宙輸送機の革新的な軽量・高性能化及びコスト低減技術  
ロケットの機体質量や構造体・部品の製造期間・コストを低減することを目指して、複合材や金属3D積層技術の適用・活用拡大に向けた基盤技術を開発する。
- (2) 将来輸送に向けた地上系基盤技術  
2030年代前半までにロケットの国内打上げ能力を年間30件程度確保することなど、打上げ高頻度化に向けて、再使用をはじめとする革新的な機能付加を伴う地上系システムに係る基盤技術を開発する。
- (3) 高分解能・高頻度な光学衛星観測システム  
衛星関連市場の獲得及び防災・減災等の社会的ニーズへの対応を目指して、高頻度な3次元観測を可能とする、高精細な小型光学衛星観測システムに係る技術開発・実証を進める。
- (4) 高出力レーザーの宇宙適用による革新的衛星ライダー技術  
最先端の観測技術である衛星ライダーの革新(長寿命化、広範囲化等)に向けて、コア技術となる高出力レーザーの小型化や宇宙適用に係る技術開発を進める。
- (5) 高精度衛星編隊飛行技術  
単一衛星や従来のコンステレーションでは成し得なかった、衛星システムに対する高度な要求を実現し、多分野でブレイクスルーを生み出すことが期待される編隊飛行技術を用いた事業構想やミッションを推進する。
- (6) 国際競争力と自立・自在性を有する物資補給システムに係る技術  
ポストISSでの商業物資補給市場の獲得を目指して、近傍通信やドッキング検証等において自立・自在性を有する我が国独自の物資補給システムの構築に向けた技術開発を進める。
- (7) 低軌道自律飛行型モジュールシステム技術

ポスト ISS での微小重力環境実験等、有人活動の場に係る市場獲得に向けて、多様な利用ニーズに対応できる自律飛行型モジュールの実現に必要な基本システムを開発する。

(8) 低軌道汎用実験システム技術

ポスト ISS での関連市場の獲得及び地球低軌道利用による継続的な実験成果の創出を目指して、効率的で高頻度な実験を可能とする汎用実験システムの実現に向けた自動化・自律化・遠隔化等の技術開発を進める。

(9) 月測位システム技術

月測位インフラの実現への貢献を見据えて、我が国が有する高精度衛星測位システム受信技術を発展させつつ、月測位システムの主要サブシステムの技術開発を進める。

(10) 再生型燃料電池システム

エネルギー密度の高い大容量蓄電システムの月面での実用化を目指して、燃料電池技術と水電解技術を発展させた再生型燃料電池システムを開発・地上実証する。

(11) 半永久電源システムに係る要素技術

月面の過酷な環境でも燃料補給やメンテナンスが不要であり、長期間にわたって使用可能な半永久電源に係る要素技術を開発する。

(12) 大気突入・空力減速に係る低コスト要素技術

火星着陸技術の自立性確保や地球低軌道から地上への物資輸送に向けて、軽量・低コストな大気突入システムの要素技術を開発する。

(13) SX 研究開発拠点

大学等の研究者等を中核とした体制により、特色ある技術や分野において革新的な成果の創出とその実装のための組織的な研究開発を推進し、拠点としての発展と、非宇宙分野からの参画も含めた人材の裾野拡大を目指す。

また、これらに加えて、「SX 研究開発拠点」をはじめとする各技術開発テーマでの技術開発の進捗や事業者間の連携の深まり等を勘案しつつ、当該技術開発の加速や成果の最大化、宇宙分野の一層の裾野拡大に向けて、特に戦略的に整備すべき研究開発環境について、JAXA による評価のもと、追加的な支援を行う仕組み(共通環境整備費:総支援規模 50 億円程度)を設ける。

## **(1) 宇宙輸送機の革新的な軽量・高性能化及びコスト低減技術**

### **1. 背景・目的**

ロケット打上げ需要の拡大とともに国際的な宇宙開発競争が激化する中、宇宙戦略基金の輸送分野の方向性である「低コスト構造の宇宙輸送システムを実現」することや「新たな宇宙輸送システムの実現に必要な技術を獲得し我が国の国際競争力を底上げ」するためには、ロケット等の宇宙輸送機の機体、エンジン・タンク、これらの部品の軽量化・高性能化、コスト低減を実現するブレイクスルー技術の獲得が必要である。例えば、これまで金属材料を用いて製造してきたロケットの大型推進タンク・推進配管等に対し、いまだ本格適用が進んでいない熱可塑性 CFRP<sup>5</sup>を適用することで、機体の軽量化を図りつつ、コスト低減はもとより生産性向上が期待できる。また、エンジンの精密部品や機体の大型部品等の製造において金属 3D 積層技術を導入することで、製造のコスト低減と期間短縮が期待できる。

このため、宇宙輸送機の大型構造体や部品における、熱可塑性 CFRP 等の複合材適用拡大に向けた革新や、金属 3D 積層技術の活用拡大に向けた高品質化や造形プロセスに係る革新を図るための基盤技術の確立に取り組む。なお、本テーマの推進に際しては、複数の民間企業やアカデミアとの連携体制が構築されることで、我が国において、獲得した基盤技術に係る知見やノウハウが蓄積・共有されるとともに、宇宙輸送機以外の宇宙機への適用等につながることも期待される。

#### **【参考】関連する宇宙技術戦略の記載（抜粋）**

- ・ 3D プリンタを活用したロケットの大型構造体（ロケットエンジン、大型タンク部品等）の製造技術である 3D 積層技術については、複数部品の一体成型や従来の工程では製造・加工ができない軽量化形状が可能となるため、製造期間短縮や製造コスト低減、機体軽量化による打上げ能力向上が期待されるため、非常に重要な技術である。（4.(2) ii ②）
- ・ CFRP 等の複合素材を用いたロケットの構造体の成型技術である複合素材成型技術についても、これまで重量のある金属を用いて製造してきたロケット構造体を軽量化することが可能になり、機体軽量化による打上げ能力の向上が期待されるため、非常に重要な技術である。（4.(2) ii ②）

### **2. 本テーマの目標（出口目標、成果目標）**

宇宙戦略基金における輸送分野の方向性である「低コスト構造の宇宙輸送システムを実現」等に向けて、まずは 2028 年度までに、以下を目標とする技術開発を推進

---

<sup>5</sup> Carbon Fiber Reinforced Plastics

する。(いずれも TRL4 相当の完了)

- A) 将来の宇宙輸送機に適した複合材構造体・部品を高品質かつ低コストで実現する基盤技術を確立し、ロケットの大型推薬タンク・推薬配管等への熱可塑性 CFRP 等の適用を実現することで、ロケット機体質量を、従来ロケット<sup>6</sup>の 1/2 以下とする。
- B) 金属 3D 積層技術の精密形状・大型対応等を実現し、ロケット構造体・部品への適用拡大・品質向上を実現するプロセス・基盤技術を確立する。これにより、当該部品等の製造期間及びコストを、従来のロケット製造<sup>7</sup>と比較し、1/2 以下とする。
  - B-1) 金属 3D 積層装置開発を含め、ロケットエンジン等の大型かつ精密さを重視する宇宙部品の製造技術を確立する。
  - B-2) ロケット用構造などの大型部品の短期間製造を可能とする大型 3D 積層技術を確立する。

### 3. 技術開発実施内容

- A) シミュレーションを活用した熱可塑性部品の軽量化設計や高品質成型等に係る基盤技術開発

熱可塑性樹脂に係るメカニズム解明・理論構築、部品の試作検証を通じて取得したデータによる部品の設計・成型に係るシミュレーション技術の構築、これを基にした自動積層装置による高品質成型や品質担保のための非破壊検査を実現する技術開発等を行う。

- B-1) 宇宙用途に適用可能な精密部品を対象とした金属 3D 積層に係る装置開発及び基盤技術開発

金属 3D 積層による高品質造形技術の最適化手法確立に向け、大型エンジン用部品などの精密部品の製造を安定的に高品質化できるよう、積層造形装置の開発及び造形プロセス・積層手法等の技術開発を行う。

- B-2) ロケット用大型構造部品を対象とした金属 3D 積層に係る基盤技術開発

金属 3D 積層による高品質造形技術の最適化手法確立に向け、ロケット用大型構造などの大型部品の高品質を保ちつつ短期間製造を可能とする造形プロセス・積層手法等の技術開発を行う。

### 4. 技術開発実施体制

- A) 獲得した製造技術による製品販売ビジネス構想を有するとともに、アカデミア等と

---

<sup>6</sup> 金属タンクを用いた基幹ロケットを参考。

<sup>7</sup> 基幹ロケットのタンク部品及び1段エンジン(100トン級)の3D積層造形でない部品を参考。

連携した技術開発や、我が国における将来的な複数のユーザー企業からのフィードバックを踏まえた開発プロセスの構築を進め、協調領域における知見共有を可能とする企業等を想定。

- B) 獲得した製造技術の適用先を多様に想定するとともに、アカデミアや、我が国における将来的な複数のユーザー企業等と連携しつつ、大型ロケット部品の仕様にも適用可能な製造基盤技術の獲得を進め、協調領域における知見共有を可能とする企業等を想定。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長5年程度(委託)とし、支援開始後3年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

- A) 1件あたり40億円程度を上限とし、1件程度を採択する。  
B-1) 1件あたり50億円程度を上限とし、1件程度を採択する。  
B-2) 1件あたり30億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、宇宙輸送機の軽量化・高性能化、コスト低減を実現するブレイクスルー技術であり、様々なロケットや非宇宙産業部品等への多様な活用が期待できる。また、熱可塑性 CFRP の成型や金属 3D 積層造形における低コスト化かつ高品質化を実現するためには、加熱・冷却プロセスに伴う材料の熔融・固化等に関する基礎的なメカニズムを科学的に解明する必要があるなど、技術成熟度が低く、低コスト構造の宇宙輸送システムを実現するには長期を要すると考えられる。これらのことから、支援の形態を委託、支援の種類を C として実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、テーマ A、B のそれぞれにおいて、以下の観点等を評価する。

- A) シミュレーション技術も含め、必要となる技術開発要素を特定し、適切な推進体制の下でこれに取り組む計画であるか。  
B) 適切な推進体制の下、我が国において自律性を有するサプライチェーンを確保し、インプロセス検査技術等による品質確保や効率的な技術開発を図る計画であるか。

## 7. 技術開発マネジメント

本事業の成果が、我が国で製造されるロケット等の宇宙輸送機への活用につながるよう、JAXAは、公募時に、それぞれのテーマにおいて、ロケットの機体、エンジン・タンク等に関する基本的な情報(サイズ等)を示すとともに、支援開始後も、事業者の求めに応じて、より詳細な情報を提供することとする。

その上で、支援開始後3年目を目途に行うステージゲートにおいては、テーマ A、B のそれぞれにおいて、以下の観点等を評価する。

- A) 極低温推進薬に対応するロケット用パイプ・小型タンクのプロトタイプが製造可能であり、大型タンクの試作製造の実現性を示すことができるか。
- B) 大型造形装置により、エンジン大型部品や大型タンク部品の1次試作を完了し、実機試作の実現性を示すことができるか。



## (2) 将来輸送に向けた地上系基盤技術

### 1. 背景・目的

宇宙戦略基金の基本的な考え方において示された「2030年代前半までに基幹ロケット及び民間ロケットの国内打上げ能力を年間30件程度確保」することに向けては、ロケット本体に係る技術や素材・部品のみならず、地上系システムに係る技術との両輪で研究開発を進めることが重要となる。また、打上げ高頻度化や打上げ低コスト化に向けて、次期基幹ロケットや一部の民間ロケットにおいては再使用技術を導入することも構想されており、研究開発に取り組むべき地上系基盤技術は数多く存在する。

このため、打上げ高頻度化等に向けて、ロケット打上げサービスや、再使用機体回収サービスの事業化を目指す民間事業者主体による、地上系システムに係る基盤技術開発を推進する。

#### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

- ・ 打上げの高頻度化や打上げ価格の低減に寄与することが期待される再使用型ロケットを実現するためには、機体を地球上に帰還・着陸・回収し、機体の点検・整備を行うための技術が求められる。再使用技術の獲得に向けては(中略)洋上の専用船への機体の安全な着陸と回収を実現させる洋上回収技術、及び帰還後の機体を再飛行できる状態にするため、機体の信頼性を確保しつつ効率的に機体の状態を点検し、補修等の整備を行う回収した機体の点検・整備技術の研究開発に取り組むことが非常に重要である。(4.(2) ii ④)
- ・ 追跡管制や地上支援の高度化を通じて、民間主導のロケット開発運用に共通的かつ低コストで広く利用可能な基盤的技術を獲得していくことが必要であり、官民で基盤的技術の開発を推し進めることが求められる。(中略)地上支援においては、射場で複数のロケットへの打上げへの対応を可能にするロケット・射場間のインターフェース共通化技術、打上げ時の射点や飛行経路の天候・風・氷結層等の環境を精度高く予測する打上げ時の環境予測精度の向上技術、テレメトリの送受信装置を小型化・可搬化・低コスト化し、複数のロケットで汎用的に利用することに向けた小型で汎用性の高いテレメトリ技術、極低温燃料の貯蔵・充填・排出等を安全かつ効率的に行う極低温推進薬制御技術等の開発が重要である。(4.(2) ii ⑥)

### 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における輸送分野の方向性として例示されている「2030年代前半までに基幹ロケット及び民間ロケットの国内打上げ能力を年間30件程度確保」を可能としつつ、従来の地上系システムに再使用をはじめとする革新的な機能を付加するこ

との実現に向けて、まずは 2028 年度までに、以下を目標とする技術開発を推進する。  
(テーマ A、B いずれも、TRL5 相当の完了を目標とする。)

- A) 再使用機体の洋上回収サービスの事業化を見据えた上で、洋上着陸するロケット機体を捕獲・安全化し、機体運搬を可能とする基盤技術や、耐熱や無人遠隔操作等の回収船への搭載装置に必要な機能の基盤技術について、試作等を通じた地上検証を完了する。
- B) 高頻度打上げに対応する射場や再使用ロケット等に対応する飛行試験場の実現を見据えた上で、複数種のロケットの共通利用を可能とし、高頻度の打上げを実現する地上系の基盤的技術について、試作等を通じた地上での検証を完了する。

### 3. 技術開発実施内容

- A) 再使用機体の回収系に係る地上系基盤技術開発  
再使用機体の洋上での安全な回収を可能する基盤技術(船上で再使用機体の捕獲・固定を行う技術、機体の安全化処置に係る技術、耐熱や無人での遠隔操作・取扱い等の回収船の搭載装置の技術等)を開発する。
- B) 打上げ高頻度化等を実現する地上系基盤技術開発  
低コストで高頻度かつ柔軟な打上げを実現するための地上系の基盤的な技術(複数機体に対応する射場/飛行試験場のインターフェース共通化技術、打上げ時の気象環境予測技術、小型で汎用性の高いテレメトリ技術、極低温推進薬制御技術等)を開発する。

### 4. 技術開発実施体制

テーマ A、B いずれも、以下を満たす企業等を想定。

- ・ 展開する宇宙輸送サービス事業の構想が具体化され、そのために必要となる基盤技術開発を特定していること。
- ・ 一部の基盤技術開発を他の企業や大学等が実施する場合には、当該企業等との連携体制を構築し、当該技術開発に必要な要件定義を含め、連携先企業等を適切にマネジメントしながら、取組全体を遂行できること。

### 5. 支援の方法

#### 5-1. 支援期間

最長5年程度(委託)とし、支援開始後3年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

- A) 1件あたり50億円程度を上限とし、1件程度を採択する。
- B) 1件あたり105億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、打上げ高頻度化により我が国の宇宙へのアクセス性を一層高めることから、宇宙産業全体への裨益が大きい技術開発である。加えて、これまで我が国では再使用ロケットや高頻度かつ柔軟な打上げを実現する技術について十分な研究開発が行われておらず、民間の宇宙輸送サービス事業の構想を実現できる技術成熟度には到達していない。さらに、サービス事業の開始に必要な基盤技術が多数想定されるところ、開発に時間を要する技術も存在するものと考えられる。これらのことから、支援の形態を委託、支援の類型をC及びBとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

1. 再使用機体を洋上回収するために必要な技術を特定し、研究開発を可能とする体制を構築しているか。開発した基盤技術を活用した機体の回収を含めたビジネス構想を持ち、それらに必要な事業運営体制、人員、資金を含めた計画があるか。
2. 高頻度打上げを可能とする射場や再使用ロケット等のための飛行試験場に必要な技術の特定や、それらを統合させてシステムを構築する計画を描けているか。研究開発に必要な専門技術を有する企業を取りまとめ、効率的に事業を進める体制となっているか。

## 7. 技術開発マネジメント

支援開始後3年目を目途にステージゲートを設けることとし、以下の観点等を評価(TRL4相当の完了を確認)する。

- A) 再使用機体を洋上で回収し再利用を実現するために必要な設備装置の基盤技術(船上にて着陸機体の捕獲・固定を行う技術や安全化処置に係る技術等)を開発し、設計(実現性確認含む)、資材調達、部分試作を通じて検証が完了しているか。
- B) 高頻度打上げや複数ユーザーへのサービス提供を可能とする射場、再使用ロケット等のための飛行試験場に必要となる設備装置などの実現に必要な基盤技術

(複数機体に対応する射場/飛行試験場の共通化技術や多様な形態、回収場所に対応する気象環境予測技術等)を開発し、設計(実現性確認を含む)、資材調達、部分試作を通じて検証が完了しているか。

### (3) 高分解能・高頻度な光学衛星観測システム

#### 1. 背景・目的

近年、光学による衛星観測は、国際的に民間主体での小型衛星システム(コンステレーション)の開発・運用を通じた事業化が進んでおり、我が国においても政府衛星である先進光学衛星「だいち3号」(ALOS-3)の喪失を一つの契機に、従来官が担ってきた役割を含めた防災・減災などの公的利用への対応と、ビジネス利用の双方を担う民間主体での光学衛星観測システムの構築に係る議論や検討が加速されてきた。

こうした中、宇宙戦略基金における衛星分野の方向性である「国際競争力にもつながらる自律的な衛星のシステムを実現」するためには、各国がしのぎを削る複数衛星による光学観測の高分解能化や観測幅の拡張に係る、民間主体での技術開発及び観測システムの構築を早急に推進し、これを3次元地形情報といった民間事業による市場獲得につなげつつ、我が国の災害時の被災状況把握等にも活用していくことが重要である。

そこで本テーマでは、民間主体での技術開発・実証として、高頻度な3次元観測を可能とする高精細な小型光学衛星による観測システム技術の高度化を行うことで、災害発生時の緊急観測やベースマップの整備等、我が国における社会的ニーズへの対応を強化するとともに、都市デジタルツインの構築、基盤地図情報の整備等に向けた3次元地形情報の取得、インフラ監視やスマート農林業等に関する国際競争力のあるグローバル事業の展開に貢献する。

#### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

- ・ 我が国においては光学や SAR 等の小型衛星コンステレーション事業を展開するスタートアップ企業が複数社存在し、運用機数でこそ欧米企業に劣後するものの、地上技術として磨かれたイメージセンサ技術や SAR の高分解能技術等が強みである。(中略)国内スタートアップ企業は、主に上場を含めた民間市場における資金調達によって先行投資を進めているが、激化する国際競争環境を踏まえれば、このような民間エコシステムをうまく活用しつつも、政府としては可能な限り早期に利用省庁・関係機関によるアンカーテナンシーの可能性を追求するとともに、高頻度実証・量産化技術の確立・商業化加速に向けた更なる支援の強化が非常に重要である。(2.III.(2)②ii)
- ・ 光学センサについては、安全保障や防災等の被災状況把握や 3 次元地形情報に資する、40cm 級の高解像度化・高指向精度化が非常に重要である。(2.III.(2)③ii)

## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における衛星等分野の方向性である、「2030年代早期までに国内の民間事業者による小型～大型の衛星事業や軌道上サービス等による国際競争力にもつながる自律的な衛星のシステムを実現」することに向けて、「官民連携による光学観測事業構想について」(第84回宇宙開発利用部会 文部科学省発表資料)を踏まえつつ、まずは以下の目標達成を目指す。

- ・ 地図レベル 2,500 分の 1 の情報更新が可能であり、国際競争力を満たす水準として、40cm 級高分解能観測が可能な小型光学衛星による観測システムを5年間で段階的に開発・実証する(TRL7 相当の完了)。
- ・ 上記システムの活用により、災害発生時の緊急観測等の社会的ニーズにも対応する。その際、防災・災害対策分野の要求を踏まえ、複数機をあわせた観測システムによって 50km 幅以上の観測範囲を実現する。
- ・ 世界最高水準の3次元地形情報の生成や利用等、当該システムを活用した国際競争力のあるプロダクト・サービスを通じて、2030年代早期までに年間1,000億円以上の市場を実現する。

## 3. 技術開発実施内容

本テーマの目標に掲げる水準を満たす、高精度3次元地形情報の取得が可能な光学衛星観測システムを段階的に開発・実証する。

## 4. 技術開発実施体制

「官民連携による光学観測事業構想について」(第84回宇宙開発利用部会 文部科学省発表資料)を踏まえつつ、小型光学衛星を開発し、それを活用したプロダクトを用いて国際競争力のあるグローバルビジネスの展開を目指す企業等を想定。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長5年程度(補助)とし、支援開始後3年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり280億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、国際競争力のあるグローバルビジネスの展開を目指す企業等を支援対象として想定している。従って、将来的に商業化を目指した技術開発・実証となるが、40cm 級以上の高分解能観測が可能な小型光学衛星の国内での実証実績はなく、十分な技術成熟度には到達していないため、一定の事業化リスクが伴う。このことから、支援の形態を補助、支援の種類を B として実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

- ・ 災害対応やベースマップの整備等の我が国における社会的ニーズへの対応を念頭においた、分解能 40cm 級、観測幅 50km 相当以上の観測システムの開発・実証が実現可能な計画になっているか。
- ・ 複数衛星を用いたプロダクト・ソリューションの実証や3次元地形情報を活用したグローバル事業を実施する計画となっているか。

## 7. 技術開発マネジメント

本事業を通じて、民間主導で開発・実証した観測システムから得られたデータについては、災害発生時の緊急観測や、学術研究利用等にも一定活用できる必要がある。このため、公募要領において、データ利用の枠組みも含めた我が国における社会的ニーズへの対応(例えば、防災インターフェース<sup>8</sup>など、国等が活用している緊急観測やデータ配布システム等の枠組みへデータ提供を求める等)の要件を定めることとする。

また、支援開始3年目を目途にステージゲートを設けることとし、以下の観点等を評価する。

- ・ 40cm 級の高分解能な光学観測に向け、小型光学衛星が着実に開発され、軌道上で実証ができているか。
- ・ 国際競争力のある世界最高水準の3次元地形情報生成技術の獲得に向け、サービス等事業創出、国内外でのビジネス展開を見据えたプロダクト・ソリューションの実証が進んでいるか。

---

<sup>8</sup> [https://daichi-bousai.dpif.jaxa.jp/static/html/pre\\_top.html](https://daichi-bousai.dpif.jaxa.jp/static/html/pre_top.html)

#### (4) 高出力レーザーの宇宙適用による革新的衛星ライダー技術

##### 1. 背景・目的

衛星による地球観測がビジネス・インフラ・学術等のあらゆる分野において重要なシステムとなり、技術やシステム構築に係る国際競争が一層激化している中、宇宙戦略基金における衛星分野の方向性である「革新的な衛星基盤技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げ」するためには、我が国の強みを活かした独自性と革新性のある衛星観測技術の獲得に挑んでいくことが必要となる。なかでも、衛星ライダー（高度計ライダー）は、自ら発した光で情報を収集する能動型センサとして、従来の受動型センサでは観測困難な高精度な鉛直方向の情報を観測することにより、都市管理等に必要とされる高精度な3次元地形情報や、カーボンニュートラルの実現に不可欠な森林物理量の計測等を可能とする世界でも例の少ない最先端の観測技術であるが、ライダーの実用化や発展に向けては、センサ寿命の短さや、観測範囲の狭さ（直下点のみの観測可能であること）等のコア技術であるレーザーにかかる技術的課題が存在する。

これらの課題を克服するためには、高出力・高安定なレーザー技術の開発を通じたレーザーシステムの小型化・効率化が極めて重要となる。我が国では大学等を中心に、高輝度なレーザー光源をはじめとする世界最先端のレーザー技術を有しており、こうした技術の結集と宇宙適用により新たな宇宙用レーザーシステムを構築することが出来れば、長寿命かつ広範囲観測可能な衛星ライダーの実現等を通じた新たな市場の獲得・創出や社会課題解決への貢献等、衛星観測分野における技術や市場のゲームチェンジをもたらすことが期待できる。

そこで本テーマでは、衛星ライダーの機能向上に資する宇宙用レーザーシステムの実現に向けて、我が国が有する高出力なレーザー技術の宇宙適用に係る技術開発を推進する。

##### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載（抜粋）

- 高度計ライダーによって、都市や森林等を含めた地表面形状に係る3次元的な理解が可能となることが期待され、2030年までに1~2兆円規模との予測もある航空機ライダーのニーズを部分的に衛星が担うことで、市場の獲得が期待される。さらに、高分解能イメージング等と融合して都市デジタルツインを実現することで都市管理・インフラ管理・災害対策など社会のDX化が一気に加速される可能性がある。(2.III.(2)③i)
- 高度計ライダーを活用した商業化の道筋を描きつつ、小型・高効率・高機能なレーザー技術といった、革新的な高度計ライダー技術の獲得に向けた要素技術の開発に挑戦することも非常に重要である。(2.III.(2)③ii)



## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における衛星等分野の方向性である、「革新的な衛星基盤技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げ」することに向けて、まずは 2030 年度までに、下記の成果を得る。

- ・ 衛星ライダーへの搭載を念頭に置いたレーザシステムの高出力化と小型化(例えば、既存の宇宙用レーザと比較して出力 100 倍、体積 1/100)等につながり得る高輝度レーザ技術の獲得(TRL4相当の完了)。
- ・ 開発したレーザ技術の宇宙適用性の評価及び当該技術の幅広い宇宙システム(高度計計測に限らないライダーによる地球観測、通信、SSA 等)への転用可能性の検討。

## 3. 技術開発実施内容

- ・ レーザの宇宙転用に向けた要素技術の基礎研究  
衛星ライダーの実現に向けたレーザの宇宙転用にあって必要な要素技術の研究を行う。また、当該技術を用いた事業構想を有する民間事業者等との対話を進める。
- ・ 宇宙用レーザの実現性検討  
宇宙環境下で要求仕様を満たすレーザを実現するための高機能化に向けた研究開発を行うとともに、寿命・対放射線特性等を確認する。また、将来的にレーザを用いた衛星ライダーの開発・運用等を構想する民間事業者等との連携体制を構築し、事業化等に向けた道筋を描く。

## 4. 技術開発実施体制

以下の全ての要件を満たす大学等を想定

- ・ 革新的な小型・高効率・高機能レーザ技術を有し、衛星ライダーへの実装に向けた当該技術の宇宙適用を目指すこと。
- ・ 本事業の成果が、将来の民間主導によるサービスにつながるよう、研究開始早期から民間事業者との連携体制を構築すること。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長6年程度(委託)とし、支援開始後3年目を目途にステージゲートを設ける。

## 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり25億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

## 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、ライダー衛星に係るセンサ寿命の短さや観測範囲における制約を克服し、将来の衛星観測等にゲームチェンジをもたらす革新的な技術開発に挑むものであり、技術成熟度が比較的低い段階にあるレーザの高出力化及び宇宙適用に向けた地上の研究開発から着手し、長期的に衛星観測事業等への実装を目指すものである。このため、支援の形態を委託、支援の種類をCとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

- ・ 衛星ライダーの革新に必要な高出力化と小型化を実現可能なレーザシステムの提案であるか(例えば、既存の宇宙用レーザシステムと比較して出力を100倍、体積を1/100とすることを目指した、輝度<sup>9</sup>1GW/cm<sup>2</sup>/sr以上のレーザ技術の活用等)。
- ・ 上記提案の実現可能性(提案者の実績や推進体制を含む)。
- ・ 2030年代前半までの衛星への実装や将来の事業化等に向けた民間事業者等との連携体制や計画。

## 7. 技術開発マネジメント

JAXAは、本テーマにおける技術開発の成果が、将来の民間事業等につながるよう、採択された大学等の代表者と民間事業者との連携体制を研究開始早期から構築するよう働きかけるとともに、レーザ技術の宇宙適用に向けて、専門的知見からの技術的助言等を実施する。

支援開始3年目を目途にステージゲートを設けることとし、以下の観点等を評価する。

- ・ 衛星ライダーの高出力化と小型化等を実現可能なレーザシステムの技術的実現性の見通しが得られているか(TRL3相当の完了)。
- ・ 将来的にレーザを用いて事業を行う民間事業者等と、成果の引き渡し等を想定した対話や連携体制の構築等が進められているか。

---

<sup>9</sup> 単位面積(cm<sup>2</sup>)・単位立体角(sr)あたりのレーザの輝度(GW)をあらわす

## (5) 高精度衛星編隊飛行技術

### 1. 背景・目的

通信・観測・測位のあらゆる衛星システムにおいて、小型衛星コンステレーションによる経済・社会的な便益の獲得競争が加速する中、宇宙戦略基金における衛星分野の方向性である「革新的な衛星基盤技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げ」するためには、我が国の強みを活かした独自性と革新性のある衛星技術の獲得に挑んでいくことが必要となる。なかでも、複数機の衛星が互いの相対位置・姿勢を制御しながら高精度に協調して飛行する編隊飛行(フォーメーションフライング:FF)技術は、単一衛星や従来のコンステレーションでは成し得なかった高度な要求を実現可能とする技術であり、その高度化によって、通信・観測・探査等の多分野においてブレイクスルーを生み出すことが期待される。

近年、例えば NASA では、複数機のキューブサットが自律的に互いの相対位置を把握し、編隊の維持を行う技術や、SpaceX の Starlink 衛星との連携による自律衝突回避に係る実証が進められており<sup>10</sup>、また ESA では、2機の衛星が約 150m の相対距離を mm 精度で制御しつつ飛行するオカルター観測ミッションが進行中である<sup>11</sup>など、コンステレーション構築の加速や小型衛星技術の高度化に伴う FF ミッションの実現性の高まりを受け、欧米を中心に技術開発の動きが加速している。

大型衛星を超える性能が期待される小型衛星での高精度編隊飛行技術は、我が国が他国に先行してきた超小型衛星に係る技術との親和性が高く、我が国の衛星基盤技術における競争力確保に向けた次なる一手としても有望な技術である。また、高精度編隊飛行の実現には、衛星間の相対位置を把握し編隊するための、センサ技術や観測データの処理技術、姿勢制御技術、時刻同期技術等の様々な要素技術開発との統合が必要となることから、高精度編隊飛行を利用したミッションの実現を通じて、様々な衛星基盤技術が底上げされることも期待される。

そこで本テーマでは、高精度編隊飛行技術に係る複数の構想を支援する領域を設定し、産学の野心的な事業やミッションの構想実現に向けた技術開発について、採択者間の連携や要素技術の共通基盤化等を促しつつ支援することにより、我が国の衛星基盤に係る技術力の底上げを図りつつ、編隊飛行技術において他国を先導する競争力の確保及び既存のシステムでは成し得なかった革新的な成果や事業の創出を目指す。

#### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

- ・ 複数宇宙機による高度な編隊飛行の実現にあたっては、宇宙機間の相対位

<sup>10</sup> <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/nasas-starlink-mission-sending-swarm-of-satellites-into-orbit/>

<sup>11</sup> [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/Proba\\_Missions/Face\\_to\\_face\\_with\\_Sun-eclipsing\\_Proba-3](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Proba_Missions/Face_to_face_with_Sun-eclipsing_Proba-3)

置を把握し編隊するための姿勢制御技術やセンサ技術、データ処理、時刻同期技術、複数宇宙機の自律的運用のための衛星間通信や衝突回避等の運用技術、これらの地上試験技術やシミュレーション技術等の様々な要素技術の開発と結合が非常に重要である。(5.(2)⑤ii)

## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における衛星等分野の方向性である、「革新的な衛星基盤技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げする」こと等に向けて、高精度編隊飛行技術を用いた事業・ミッション構想を、関連技術の共通基盤化・高度化とともに推進する。これにより、2030年代早期までに、例えば以下のような世界最高水準の編隊飛行技術の獲得を目指す。

- ・ リアルタイムオンボードでサブミリメートル級精度での編隊飛行技術
- ・ 超多数機の精密制御が可能な編隊飛行技術
- ・ 数百 km 規模の長距離での編隊飛行技術 等

## 3. 技術開発実施内容

本テーマが目標とする世界最高水準の編隊飛行技術の獲得等に向けた、以下の技術開発・実証を行う。

- ・ 高精度な編隊飛行のために必要な技術開発  
センサ技術や姿勢制御技術、時刻同期技術、シミュレーション技術等、構想に応じた編隊飛行に必要な要素技術を開発する。
- ・ 高精度な編隊飛行の軌道上実証  
上記で開発した技術を用いたフライト品により、編隊飛行の軌道上実証を行う。

## 4. 技術開発実施体制

編隊飛行技術に係る高い技術力やシステム統合への知見、それらの共有等による我が国の技術力の底上げへの意欲を有し、高度な編隊飛行による革新的な事業やミッション構想の実現に挑む意思のある大学や民間企業等を想定。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長7年程度(委託)とし、支援の途中で事業者の構想・計画に応じたステージ

ートを設ける。

#### 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり15億円程度を上限とし、最大3件程度を採択する。

#### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、世界最高水準の高精度編隊飛行技術といった革新的な衛星基盤技術の獲得を目指すものであり、その技術を用いた事業化に向けては、技術成熟度が比較的低い段階からの長期的な技術開発が必要となる。また、高精度衛星編隊飛行を目指した様々な技術開発を推し進めることで、多分野におけるブレイクスルーが期待されており、これらの成果は衛星等の分野における共通基盤技術として相互に連携・共有し、我が国の業界全体への裨益となることが想定される。これらのことから、支援の形態を委託、支援の類型をC及びBとして実施する。ただし、ステージゲートにおいて技術成熟度のほか、当該時点での市場成熟度等についても再度検討を行い、その後の支援の形態を補助とすることもあり得るものとする。

### 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

- ・ 事業・ミッションが与えるインパクト及び目指す編隊飛行技術のレベル並びにその実現性が本テーマの目標に見合った設定になっているか。
- ・ 支援期間内に軌道上実証まで実施する計画となっているか。

### 7. 技術開発マネジメント

高度な編隊飛行技術を用いた事業やミッション構想を支援対象とし、編隊飛行に必要な共通基盤技術について相互に連携・共有する有機的な枠組みを構築して進める。

また、事業者の構想・計画に応じたステージゲートを課題ごとに最低1回設置することとし、そのタイミングについては、技術開発の目途がついてフライト品の開発に着手する前段階等、申請段階で事業者側から提案を行うものとし、JAXAと協議の上、採択時に確定する。なお、ステージゲートでは、以下の観点等を評価する。

- ・ 編隊飛行に必要な要素技術の検討や地上での検証など地上での技術開発を行い、実現性が得られているか。

また、ステージゲートでは当該時点での市場成熟度等についても再度検討を行い、補助への切り替えを判断する。

## (6) 国際競争力と自立・自在性を有する物資補給システムに係る技術

### 1. 背景・目的

2030年の国際宇宙ステーション運用終了後(ポストISS)の地球低軌道は、米国事業者による商業ステーションが運用される予定であり、候補として既に複数の事業者が名乗りを上げているなど、低軌道利用サービスの提供主体が官から民へと移行する。こうしたポストISSの商業宇宙ステーションにおいても、引き続き定期的な物質輸送が必要となることから、これまで我が国がISSへの輸送を通じて培ってきた信頼性や自動ドッキング技術を活かしつつ、我が国の民間事業者による商業物資補給サービス市場の獲得を目指していくことが重要である。

複数の商業宇宙ステーションの存在が想定されるポストISSにおいて、我が国の事業者が確度高く物資補給市場を獲得していくためには、複数の規格への対応を想定した、高い汎用性を備えた物資補給システムを開発することが必要である。

このため、本テーマにおいては、複数の商業宇宙ステーションへの自在な接近を可能とする柔軟性と自由度に優れた近傍通信システム等の物資補給システム技術や、補給機とステーションとの相対速度の差異を打ち消し、衝撃吸収が可能であるなどの高い自律性・安全性・信頼性を有する自動ドッキングシステムの検証技術を開発することで、国際競争力と自立・自在性を有する我が国独自の物資補給システムを実現し、地球低軌道を活用したビジネスの創出を達成する。

#### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

地球低軌道や月周回軌道の有人拠点への自在性の高い輸送には、国際標準に準拠した自動ドッキング技術を獲得する必要があるとあり、国際標準ターゲットマーカ(目印)を用いた相対航法(2体間の相対位置および速度を推定する技術)および相対6自由度制御(2体間の相対位置・速度に加え、相対姿勢を同時に制御する技術)、および国際標準を満たす低衝撃ドッキング機構システム等の鍵となる技術の獲得が非常に重要である。(中略)日本発の商業物資補給機を実現に向けては、国際競争力強化の観点からも、HTV-Xにおいて実施する計画の自動ドッキング技術の実証を確実に行うとともに、ドッキング機構の安定供給を可能とするドッキング検証システムの整備を行うことが非常に重要である。

航法誘導制御技術については、(中略)獲得済みの地球低軌道拠点へのランデブー技術を月周回拠点へのランデブー技術へと発展させ、月周回拠点への補給を可能とするには、GPSを使わない相対航法技術(画像航法と電波航法の複合)、および地球の重力影響下外での相対6自由度制御による誘導制御技術を開発・獲得することが非常に重要である。また、ポストISSにおいて複数の建造・運営が想定される商業宇宙ステーションを含む地球低軌道拠点への物資補給の実現には、各拠点に対して自在に接近・結合できることが不可欠であり、商業物資補給の実現と事業性の向

上の観点からも、接近対象である各拠点に柔軟性高く対応し自在な接近を可能とする自由度の高い近傍通信システム技術を獲得することも非常に重要である。(3. IV.(2)

① ii)

## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている、「2030 年代早期までに地球低軌道を活用したビジネスを 10 件以上創出」の達成に向けて、2030 年代早期までにポスト ISS における我が国の民間事業者による商業宇宙ステーションへの実際の物資補給を実施・成功させ、事業として実現することを前提に、5年間で商業宇宙ステーションへの物資輸送に必要な新型近傍通信システム技術等の物資補給システム技術やドッキング検証システム技術を開発(TRL6 相当を完了)する。

## 3. 技術開発実施内容

我が国の民間事業者の事業拡大に向けて、民間主体により、以下の技術を開発する。

- A) 複数の商業宇宙ステーションへの自在な接近を可能とする近傍通信システム技術等の物資補給システム技術
- B) 商業物資補給機と商業宇宙ステーションのドッキングシステムの検証技術

## 4. 技術開発実施体制

下記を満たす企業等を想定。

- A) ポスト ISS において、地球低軌道への物資輸送サービスに関する事業計画を有し、かつその実現に向けた投資計画を持つこと。また、前述の技術開発を実施可能な十分な実績を持つか、既に持つ企業との協力体制を構築すること。加えて、商業宇宙ステーション事業者等関係機関と交渉や調整を行う体制を有するか、整備を行うこと。
- B) ポスト ISS において、ドッキング検証システムを活用した事業計画を有し、かつその実現に向けた投資計画を持つこと。また、A の技術を開発する事業者をはじめとする国内事業者等に対して、ドッキング検証システムによる事業を幅広く展開すること。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長5年程度(補助)とし、支援開始後2年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

- A) 125億円程度を上限として、1件程度を採択する。
- B) 30億円程度を上限として、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、近傍通信システム技術等の物資補給システム技術やドッキング検証システム技術を活用し、事業者による商業化を目指すものであり、従来のISSとは異なる規格やバリエーションある拠点への接続に必要となる比較的技術成熟度の低い、新たな技術開発に取り組むものである。このことから、支援の形態を補助、支援の類型をC及びBとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

- A) 商業宇宙ステーションとの接続の技術的実現性の確立を含む技術開発計画、物資補給サービスに関する事業計画、投資計画などの計画は妥当であるか。また、技術開発体制、事業経営体制、接続先となる商業宇宙ステーション事業者含む関係機関との協力体制、十分な人的リソースなど実施体制は妥当であるか。
- B) 技術開発計画、ドッキング検証システムを活用した事業計画、投資計画などの計画は妥当であるか。また、技術開発体制、事業経営体制、十分な人的リソースなど実施体制は妥当であるか。国内事業者等に対して、ドッキング検証システムによる事業を幅広く展開する計画であるか。

## 7. 技術開発マネジメント

支援開始2年目を目途にステージゲートを設けることとし、以下の観点等を評価する。

- ・ 新型近傍通信システム技術等の物資補給システム技術やドッキング検証システム技術について、システム検討が完了しているとともに、実現可能な仕様を設定できているか(TRL4相当の完了)。
- ・ 商業ステーション事業者からの契約が確保できているか、あるいは高い確率で見込めるか。



## (7) 低軌道自律飛行型モジュールシステム技術

### 1. 背景・目的

2030年の国際宇宙ステーション運用終了後(ポスト ISS)の地球低軌道では、商業宇宙ステーションが運用されるなど、低軌道利用サービスを提供する主体が官から民へ移行するとともに、2040年までには地球低軌道上サービスが約3兆円の市場規模にまで成長するとの試算もある<sup>12</sup>。米国では、複数の民間事業者による商業宇宙ステーションの構想検討・開発が進んでおり、欧州はこれに提携する動きを見せているほか、中露印でも独自拠点を確保しようとする動きがある。

こうした中、我が国の産学官による微小重力環境を利用した科学的・産業的価値の高い実験成果の創出を維持・拡大するとともに、我が国の民間事業者による地球低軌道利用サービス市場の獲得を促進するためには、海外の商業宇宙ステーション等と連携可能な市場競争力の高いモジュールを、我が国の民間事業者が主体的に構築・運営していくことが重要である。

その際、モジュール内での実験等の活動においては、例えば人間活動に起因する振動を排除するために商業宇宙ステーションから離脱して実施することが望ましい実験や、技術流出の観点から他国拠点では実施が難しい技術実証等のニーズも想定されることから、従来の連結型モジュールから発展した自律飛行型のモジュールを開発し、フリーフライヤーとしても運用可能な地球低軌道活動拠点を実現することが有効である。

そこで本テーマにおいては、自律飛行型のモジュールの開発・運用を通じてポストISSにおける我が国の民間事業者による事業の創出や市場の獲得を実現するため、その基盤となる、数年以上の長期運用が可能である高寿命なモジュールとしての基本システムを設計・開発する。

#### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

有人宇宙拠点構築技術については、ポストISS時代において、日本の産官学が自在な有人宇宙活動を継続的に実施しその成果を享受するために、その活動の場を確保する上で不可欠な技術である。宇宙空間や月面等において、搭乗員が長期的に安全に活動をするためには、宇宙服なしで自由に活動できる与圧モジュールの構築が必要である。また、船外(商業宇宙ステーション外部の宇宙空間)での宇宙実験や観測等を実現するためには、船外プラットフォームの技術、そして船内と船外での機材の搬入・搬出を可能とするエアロック技術も必要である。ISS退役後の地球低軌道活動が民間主体の活動に移行していくことを想定すると、効率的に活動の場を確保すべく、「きぼう」やHTV、HTV-Xで獲得した技術を活用し、低コストで運用性や安全性

<sup>12</sup> 「SPACE The Dawn of a New Age」(Citi GPS: Global Perspectives & Solutions, 2022)

に優れたシステムへと発展させていくための技術やシステムの開発が非常に重要である。(3. IV.(2)③ ii)

## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている、「2030 年代早期までに地球低軌道を活用したビジネスを 10 件以上創出」の達成に向けて、我が国の民間事業者による自律飛行型モジュールのサービス提供を実現するため、5年間で、長期運用が可能である高寿命なモジュールに係る基本システムの開発等(TRL6 相当)を完了する。

## 3. 技術開発実施内容

我が国の民間事業者の事業拡大を図るため、民間主体により、数年以上の長期運用が可能な自律飛行型モジュールの基本システムに関する技術開発(システム検討、利用実証、基本設計、詳細設計、エンジニアリングモデルを用いた設計検証等)を行う。

## 4. 技術開発実施体制

下記の全てを満たす企業等を想定。

- ・ ポストISSにおいて、開発した技術による地球低軌道サービスを提供する事業計画を持ち、かつその実現に向けた投資計画を持つこと。
- ・ 商業宇宙ステーション事業者等関係機関と交渉や調整を行う体制を有するか、整備を行うこと。また、自律飛行型モジュールのユーザーに将来なり得る事業者と協力して利用実証を行う体制を有すること。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長5年程度(補助)とし、支援開始後2年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり 100 億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、自律飛行型モジュールシステム技術を活用した商業化を目指すものであるが、フリーフライヤーとしての運用を可能にするためには、既存の連結型モジュールとは構造や要求が大きく異なる比較的技術成熟度の低い段階からの新たな技術開発が必要であり、その実現には長期を要することが予想される。このことから、支援の形態を補助、支援の種類を C 及び B として実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

- ・ 技術開発計画、自律飛行型モジュールシステム技術を用いた地球低軌道サービスに関する事業計画、投資計画、利用実証計画などの計画は妥当であるか。
- ・ 技術開発体制、事業経営体制、商業宇宙ステーション関係企業含む関係機関との協力体制、十分な人的リソースなど実施体制は妥当であるか。

## 7. 技術開発マネジメント

支援開始2年目を目途にステージゲートを設けることとし、以下の観点等を評価する。

- ・ 自律飛行型モジュール基本システムについて、寿命延伸評価を含むシステム検討が完了しているとともに、実現可能な仕様を設定できているか(TRL4 相当の完了)。
- ・ 商業宇宙ステーション事業者との契約がこの時点で成立しているか、あるいは高い確率で見込めるか。

## **(8) 低軌道汎用実験システム技術**

### **1. 背景・目的**

2030年の国際宇宙ステーション運用終了後(ポスト ISS)の地球低軌道では、サービスの利用主体が官から民へ移行するとともに、民間企業等による微小重力環境を利用した宇宙実験市場が拡大していくことが予想されている。こうした中、米国や欧州では、民間企業がサービスを提供する形で ISS での宇宙実験を実施し、利用者を獲得しているほか、中国も独自の宇宙ステーションにおいて利用者を公募する形の実験に取り組んでおり、ポスト ISS に向けた利用者の獲得競争がはじまっている。

我が国は、国際宇宙ステーション(ISS)計画への参加と日本実験棟「きぼう」における宇宙実験の推進により、微小重力環境を利用したタンパク質結晶生成技術や、細胞立体培養等細胞医療研究支援技術、静電浮遊炉を用いた材料研究支援技術など、これまでに独自性の高い技術を獲得しており、ポスト ISS においても引き続き我が国が宇宙実験を実施できる環境を確保し、これらの技術を利用・発展させることが重要である。

なかでも、ライフサイエンス系の宇宙環境利用については、需要が大きいことが見込まれている一方で、民間企業等が微小重力環境を利用した実験を行うためには、それぞれの実験内容に応じた専門的な実験装置を都度準備する必要があり、実験実施までの準備期間や高額な費用といった課題が存在する。さらには、実験実施には宇宙飛行士の多くの作業時間が必要となることも、宇宙環境利用における高いハードルとなっている。

そのため、ライフサイエンス系分野において、実験の自動実施、最適な実験条件の自律的設定や遠隔実施等により、効率的かつ多様な実験ニーズに応える汎用実験システム技術を開発し、これまで ISS で培ってきた宇宙実験に係る技術を利用・発展させるとともに、ポスト ISS における我が国の民間事業者による宇宙実験市場の獲得を加速させることが重要である。そこで本テーマでは、上記の汎用実験システム技術を開発するとともに、当該技術の現行 ISS における軌道上実証を行うことにより、ポスト ISS における我が国の民間事業者の地球低軌道を活用したビジネスの創出を進める。

#### **【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)**

「きぼう」を通じて培ってきた優位性の高い宇宙実験コア技術としては、タンパク質結晶生成等創薬を支援する技術、小動物飼育実験などの健康長寿研究支援技術、細胞立体培養等の細胞医療研究支援技術、静電浮遊炉による無容器処理(るつぼ等の容器を使用せず物質を浮遊させて溶融・計測等を行うこと)などの革新的材料研究支援技術、固体材料可燃性・液体燃料燃焼実験技術、重力発生・可変技術などがある。宇宙空間では、微小重力や放射線環境など、地球とは環境が異なるため、これ

らを活かし、地上では実施することが不可能な特殊な実験を行うことが可能である。上記の各技術はそれらを可能とするため、ISS 計画への参加を通じて独自に開発・成熟させてきたものである。社会課題解決に関する研究ニーズや事業化につながるシーズなどを見定めつつ、引き続き、世界をリードする成果を創出する実験環境を生み出す研究開発を不断に行うことが非常に重要である。

民間主体の活動に移行すると想定されるポスト ISS においては、軌道上拠点を運営する企業に対して、日本が培ってきた宇宙実験技術を継承しつつ、民間企業のアイデアや自動化技術の採用などにより実験の実施や実験前後のサンプルやデータの処理等を自動化する宇宙実験効率化技術等も取り入れ、高い頻度での成果創出を可能とする事業性の高いシステムとして整備していくことも非常に重要である。(3. IV.(2)④ ii)

## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている、「2030 年代早期までに地球低軌道を活用したビジネスを 10 件以上創出」の達成に向けて、5年間で、地球低軌道上の実験の制約となっている、実験に係る専門的な実験装置の準備期間・費用・実験実施者(宇宙飛行士)の作業負担等の様々なコストを軽減することにより、効率的で高頻度な実験を可能とする汎用実験システム技術の研究開発(TRL6 相当)を完了する。

## 3. 技術開発実施内容

効率的で高頻度な実験を可能とする汎用実験システムの実現に必要な技術(主にライフサイエンス系実験を想定した自動化技術や最適な実験条件の自律的設定等を行う自律化技術、地上からの実験実施・観測を行うための遠隔化技術等)を開発する。

## 4. 技術開発実施体制

下記を満たす企業等を想定。

- ・ 協調領域の基盤的技術として様々な事業者が商業化等に向けて活用可能である汎用実験システム技術を開発するとともに、支援期間終了後、自らもポスト ISS において当該技術を活用し、地球低軌道において実験環境を提供する事業計画を持ち、かつその実現に向けた投資計画を持つこと。
- ・ 前述の技術開発を実施可能な十分な実績を持つか、既に持つ企業との協力的体制を構築すること。また、汎用実験システムのユーザーに将来なり得る事業

者と協力して利用実証を行う体制を有すること。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長5年程度(委託)とし、支援開始後2年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり20億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマで獲得する汎用実験システム技術は、将来的な商業化に資する基盤技術であるが、いまだ十分な技術成熟度に到達しておらず、成熟度の低い段階から技術開発を行うものであり、事業化には長期を要する。また、本テーマで定める技術開発成果としての出口は、将来の様々な事業者が当該技術を共通的に活用の上、軌道上での実験環境整備・運用ビジネスに発展させていくことを可能とするため、JAXAの戦略的マネジメントの下で、協調領域・基盤領域化することを想定していることから、我が国の業界全体への裨益が大きい技術である。これらのことから、支援の形態を委託、支援の類型をC及びBとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

- ・ 協調領域の基盤的技術として様々な事業者が商業化等に向けて活用可能である汎用実験システム技術を開発し、様々な事業者による当該技術の共通的な活用に貢献する計画であるか、また、ここで開発する実験システム技術を用いた地球低軌道サービスに関する事業計画、投資計画、利用実証計画などの計画は妥当であるか。
- ・ 技術開発体制、事業経営体制、関係機関との協力体制、十分な人的リソースなど実施体制は妥当であるか。
- ・ 提案された新しい実験システム技術が、将来の宇宙実験需要に応え市場獲得に資するものであるか、また、実験実施の効率化に貢献できるものであるか。

## 7. 技術開発マネジメント

支援開始2年目を目途にステージゲートを設けることとし、以下の観点等を評価す

る。

- ・ 汎用実験システム技術(実験自動実施、自律的实施、遠隔実施等を実現できる効率化に資する実験技術)について、システム検討が完了しているとともに、実現可能な仕様を設定できているか(TRL4相当の完了)。
- ・ 現行の ISS を用いた利用実証を共同で実施する汎用実験システムのユーザーに将来なり得る事業者を獲得しているか。

## (9) 月測位システム技術

### 1. 背景・目的

アルテミス計画を始め、世界各国における月面探査が活発化していく中、持続的な月面活動の実現に向けては、地球上と同様、月面上で様々な活動を行う者がリアルタイムに自己位置を把握するための複数機の月周回測位衛星による月測位システムが、比較的早い段階から官民ともに利用し得る重要なインフラになると考えられる。

現在、各国が月測位の実現に向けた技術開発を進める中、米欧では、国際的に協調して月測位インフラや規格を検討・構築する LunaNet 構想があり、この構想に参画している我が国としても、初期段階から国際的な動向に関わり、将来の月測位インフラについて自在性ある利用が確保できるよう、主体的に技術開発に取り組むことが重要である。加えて NASA、ESA では、月測位インフラの開発・実証・運用を民間企業からのサービス調達によって確保する予定としており、我が国としても民間企業等が持つ技術力を最大限活用していくことが重要である。

月周回測位衛星は、自身の位置と時刻を高精度で決定する必要があるが、その方法として地球を周回する GNSS<sup>13</sup>衛星からの測位信号を利用した方法が検討されている。我が国は、2020 年に GNSS 衛星の 1 つである GPS 衛星からの微弱信号を地球のほぼ反対側で受信、利用することによる静止軌道上での GPS 航法を実現しており、GNSS 受信技術で世界トップレベルの機能・性能を有している。このため、この技術を月測位向けに発展させつつ、月測位システムの中核技術となる月周回測位衛星の軌道・時刻の衛星機上(オンボード)での高精度決定、及び月圏で配信する測位信号の生成に係る技術開発を進め、月測位インフラの実現への重要な貢献になることを見据えた技術を戦略的に確立する。また、獲得した本技術により、我が国の民間企業による将来の月測位ビジネスへの参入を促進する。

#### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

月面・月周回軌道上で、リアルタイムに測位を行うための月測位システム技術は、月探査の運用性の大幅な向上のために、非常に重要である。月測位システム(LNSS)の実現のため、月近傍 GNSS 受信機やその観測量に基づく月周回軌道上での軌道決定技術、月面にいるユーザが自分の位置や時刻の算出に用いる測位衛星から発信される航法メッセージの生成技術等を確立する必要がある。米国や欧州等においても取組が進められている中、日本も含めて相互運用性を確保しつつ、国際協力の下での月面測位実証や、月面上での測位基準局の配備等に初期段階から参画し、我が国として独自性のある貢献を果たすことが必要である。(3. III. (2). ④. ii)

<sup>13</sup> 全地球航法衛星システム(Global Navigation Satellite System)



## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている、「2030 年代早期までに、我が国の民間企業等が月や火星圏以遠のミッション・プロジェクトに新たに10 件以上参画」の達成に向けて、4年間で、月測位システムの主要サブシステム(月近傍で運用可能なマルチ GNSS 受信システム、月近傍高精度航法システム等)を開発し、当該サブシステム及び全体システムの機能・性能の検証を行い、国際協力による軌道上実証に向けて、実証機システムの開発が可能となる水準(TRL5 相当以上の完了)まで技術成熟度を高める。また、開発した技術により、将来の月測位ビジネスへの参入を目指す我が国の民間企業の事業構想の具体化に寄与することを目指す。

## 3. 技術開発実施内容

前述の目標を達成するために、月測位システムを構成する主要サブシステムを中心に下記の技術を開発する。

- ・ 月近傍で運用可能なマルチ GNSS 受信システム  
各国が運用する GNSS 衛星からの複数の微弱な測位信号を、1つの受信機で高感度に受信するためのマルチ GNSS 受信システムを開発する。
- ・ 月近傍高精度航法システム  
月近傍で高精度なオンボード軌道決定等を行うための航法ソフトウェアや、測位アルゴリズム等を開発する。また、月圏で測位信号を配信するための計算システムを開発する。

## 4. 技術開発実施体制

対象事業者は、月測位システムに係る研究開発の実績を有すること、または既に有する企業との協力体制を構築することが求められる。また、将来的な国際協調による月測位インフラの相互運用性を確保するために、既に日本が参画している国際的枠組(LunaNet 構想)における標準化文書(LunaNet Interoperability Specification (LNIS))に記載された仕様や要求等に準拠した技術開発を行うことが求められる。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長4年程度(委託)とし、支援開始後3年目を目途にステージゲートを設ける。

## 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり50億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

## 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマでは、我が国の民間企業が持つ技術力を活用して、地球周回より大幅に離れた月近傍特有の技術課題を踏まえた月測位システム技術の実証に向けた技術開発を技術成熟度の比較的低い段階から進めることにより、我が国の民間企業が将来の月測位インフラの整備に参画するための基盤技術の獲得を目指すものであり、我が国の月測位インフラの実現を目指す業界全体への裨益が大きい技術開発である。こうしたことから、支援の形態を委託、支援の種類をC及びBとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択時には、全体方針に加えて、以下の観点等で審査・評価を行う。

- ・ 国際協調による月測位インフラの実現に貢献でき得る戦略的技術開発が実施可能な計画であること。
- ・ GNSS受信技術などの月測位システムに関連した要素技術や、その要素技術をシステムとして組み上げるインテグレーション技術等の研究開発の実績があり、技術の優位性や独自性を有していること。

## 7. 技術開発マネジメント

より効率的な推進のため、JAXAは月測位システムの技術開発に係るNASAやESAとの調整状況を踏まえ、実施主体の研究開発計画に適宜アドバイスを行う。また、実施主体の取組状況を定期的に確認するとともに、技術面・事業面から実施主体の円滑な事業実施への助言等を行う。

また、事業開始後3年目を目安として、ステージゲートを設定し、以下の観点等で進捗の確認を行う。

- ・ 主要サブシステムについて、軌道上実証を考慮した地上における機能・性能の検証を完了する目途がついていること。
- ・ 全体システムについて、主要サブシステムの検証結果を踏まえ、実証機を見据えた設計を完了する目途がついていること。

## (10) 再生型燃料電池システム

### 1. 背景・目的

アルテミス計画を始め、世界各国の月面探査が活発化していく中、有人活動を含む持続的な月面活動を実現するためには、その活動を支える様々な大型の月面インフラ・システム(月面拠点、月面プラント等)に適用できる電源システムが必須である。

この電源システムについては、特に、2週間毎に昼夜が訪れる月面特有の環境において、太陽電池による発電が困難な夜間及び日陰時でも電力を供給可能な大型の蓄電システム(例:2週間の越夜では数百 kWh 以上の蓄電量)が必要である。しかし、従来の宇宙機向けリチウムイオン電池のみで大容量の蓄電を行い、必要な電力を供給することは、月面に輸送できる物資の重量制約の観点から困難であり、大容量蓄電時のエネルギー密度が高く、軽量化が可能な再生型燃料電池システムの実現が期待されている。

再生型燃料電池システムの実現に向けて、月面では、地上のように大気中の酸素を取り込むことができないため、再生型燃料電池システムを構成するサブシステム(水電解、燃料貯蔵、燃料電池)において純酸素を取り扱うための新たな技術開発が必要となる。我が国では、これまで地上において航空機や潜水艦等の大型システムへの適用に向けた再生型燃料電池システムの技術開発が進められていることや、水素社会の実現に向けて、自動車産業等を中心として水素関連の技術開発が活発に行われている。このため、これらの強みを活かして、大型の月面インフラ・システムに必要な電源システムを構成する共通的な基盤技術となる再生型燃料電池技術を獲得する。また、獲得した本技術を共通基盤とすることで、我が国の民間企業による大型の月面インフラ・システムを用いた月面産業への参入等を加速する。

### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

太陽電池による発電が困難な日陰時でも電力を供給可能な大型の蓄電システムの開発が必要であることから、全固体電池、高エネルギー密度電池などを含む蓄電技術の開発が非常に重要である。(中略)さらに、今後の有人月面探査活動においては、より大きな蓄電容量が必要となるため、リチウムイオン電池よりも高いエネルギー密度が達成できる高エネルギー密度電池として再生型燃料電池の開発を進める。特に、月面では地上とは異なる純酸素対応(地上では大気中の酸素を使用するが、宇宙では酸素タンクから100%酸素を供給する必要がある)の材料研究や、低重力環境における水電解装置の研究開発も進める。水電解装置については、真空・高放射線量等の環境条件でも運用可能な技術の確立に向けた実証を行うため、月着陸機にも搭載可能な小型・軽量の装置の開発を着実に実施することが重要である。(3. III.(2). ③. ii)

## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている、「2030 年代早期までに、我が国の民間企業等が月や火星圏以遠のミッション・プロジェクトに新たに10 件以上参画」の達成に向けて、4年間で、大気中から酸素を取得できない月面環境に適応した再生型燃料電池システムに必要となる純酸素の貯蔵技術や昇圧技術等技術開発や、当該技術を適用し水電解／燃料貯蔵／燃料電池の機能を組み合わせた再生型燃料電池システムの設計・開発・試験を実施する。これにより、月面環境での運用を想定した再生型燃料電池システムの地上実証を完了させ、月面で実用化できる段階(TRL5 相当以上の完了)まで技術成熟度を高めるとともに、開発した技術を月面産業に参入する意欲を持つ我が国の民間企業における共通基盤とすることで、事業構想の具体化に寄与することを目指す。

## 3. 技術開発実施内容

前述の目標を達成するために、以下の技術開発項目を実施する。

### ① 純酸素の貯蔵技術や昇圧技術

月面では地上と異なり大気中酸素を取得できないため、純酸素の貯蔵技術、及び貯蔵タンクを小型・軽量化するための昇圧技術を開発する。

### ② 水素/酸素混合気の除去技術

水電解プロセスで生じる水素／酸素混合気による発火・燃焼を防ぐため、触媒等を用いた混合気ガスの除去技術を開発する。

### ③ 高圧純酸素運用を可能とする耐発火・耐燃焼技術

高圧純酸素の運用には発火・燃焼リスクが伴うため、構成材料の適合性評価に加え、発火リスクを高める不純物混入を抑制する材料加工やシステム組立プロセスに必要な技術を開発する。

## 4. 技術開発実施体制

対象事業者は、大型の月面インフラに必要な電源システムを構成する共通的な基盤技術となる再生型燃料電池システムの技術開発に取り組むに際し、月面産業への参入を検討する我が国の民間企業のニーズを踏まえつつ開発を実施できる体制が求められるほか、以下両方の実績を有すること、または既に有する民間企業等との協力体制を構築することが求められる。

- ・ 再生型燃料電池システムに関連した要素技術(水電解技術、燃料貯蔵技術、燃料電池技術等)、並びに、それらを統合した全体システムの研究開発の実績

- ・ 宇宙空間や月面の環境条件を考慮した宇宙機システムに係る研究開発の実績

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長4年程度(委託/補助(調整中))とし、支援開始後2年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり115億円程度を上限とし、最大2件程度を採択する。

なお、本テーマでは、複数の技術方式による開発が想定されることから、同一実施主体が効果的・効率的な比較・検証するために複数の技術方式に取り組む提案を支援する場合は、230億円程度を上限とし、最大1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマでは、月面に輸送できる物資の重量に限りがある中で、持続的な月面活動において必須となる様々な大型の月面インフラ・システムに適用できる、革新的な蓄電システムの開発を推進する。これまで地上において技術開発が進められてきたものの、月面特有の環境に対応させるために必要な技術開発については、未だ十分な技術成熟度に到達していない。支援の形態については調整中であり、支援の類型はBとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択時には、全体方針に加えて、以下の観点等で審査・評価を行う。

- ・ 技術開発成果による探査ミッション・プロジェクトへの参画に向けた取組構想や将来ビジョンが明確かつ妥当であること。
- ・ 水電解技術、燃料貯蔵技術、燃料電池技術等の再生型燃料電池システムに関連した要素技術やそれらをシステムとして組み上げるインテグレーション技術等の研究開発の実績があり、技術の優位性や独自性を有していること。

## 7. 技術開発マネジメント

本テーマでは、月面特有の環境に対応させるための技術として、具体予測しがたい技術要素を含むことや、複数の技術方式による全体システムの開発が想定されることから、支援件数については最大2件としているが、審査やステージゲート評価に

においては、提案者の事業構想やその実現可能性及び月面開発に係る自主的な事業化への意欲等を厳格に評価することとし、優れた提案がなされない場合は、採択件数やステージゲート通過件数を絞り込むこととする。

また、事業開始後2年目を目途に設定するステージゲート評価においては、水電解／燃料貯蔵／燃料電池の機能を組み合わせた再生型燃料電池システムの地上実証品について設計が完了し、製作に移行できることの確認を行う。その際に、各技術方式における全体システムとしての実現可能性を比較・検討した結果、一方の技術方式の実現可能性が著しく低いなど、技術方式の優劣が判断できる場合は、製作に移行する技術方式を絞り込むこととする。

JAXA は、本テーマにおける技術開発の成果が、将来的な大型の月面インフラ・システムにおける電源システムを構成する共通的な基盤技術として、月面産業の創出につながるよう実施主体に働きかけるとともに、より効率的な推進のため、技術開発に係る国際動向を把握し、実施主体の研究開発計画に反映が必要と考えられる際は適宜アドバイスを行う。また、実施主体の取組状況を定期的に確認するとともに、技術面・事業面から実施主体の円滑な事業実施を支援する。

## (11) 半永久電源システムに係る要素技術

### 1. 背景・目的

月では、昼と夜が2週間ごとに訪れ、赤道付近の表面温度は $-170^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$ の範囲で周期的に変化するため、通常のバッテリーによる長期運用は困難であり、米中は月面の過酷な環境に耐える半永久電源を開発し、探査機の長期運用に成功している。

アルテミス計画を含め、世界各国の月面開発が急速に伸展していく中、持続的な月面活動を支えるためには、我が国においても、燃料等の補給やメンテナンスなく、長期間にわたって使用可能な半永久電源の開発が急務である。

加えて、火星圏以遠の探査においても、太陽電池による持続発電は困難であることから、これまでも半永久電源が使用されており、我が国の活動領域を拡大するために本技術は重要である。

また、地上用途としては、例えば重要情報機器の保全、ドローンや電動航空機、災害時における移動式非常用電源、深海・極地等の極限環境での電源など、災害の多い我が国における重要な基盤技術となり得、かつ次世代蓄電池として産業界への波及効果も期待できる。

宇宙用としては、既に米国、中国が、プルトニウムを利用した半永久電源を開発しているが、本テーマでは、地上用としての活用も念頭に地上技術(煙探知機等)としての利用実績もある国内入手可能なアメリカウムを利用し、我が国が保有している世界最高性能の半導体による熱電変換技術を活用した電源開発を目指す。その上で、本技術による長寿命化の実現を通じて、月探査における我が国の国際プレゼンスを確保するとともに、我が国の火星圏以遠の探査における自在性確保を目指す。

#### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

月面拠点、有人と圧ローバ、月面における資源探査・利用、月面建設機械等への適用の観点から発電技術の開発が非常に重要である。発電技術は、展開収納型太陽電池タワー、展開型太陽電池タワー、半永久電源などを含む。(3.Ⅲ.(2)③ii)

### 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている、「2030年代早期までに、我が国の民間企業等が月や火星圏以遠のミッション・プロジェクトに新たに10件以上参画」を促進するためには、多様な探査ミッション・プロジェクトを可能にする探査機の長寿命化が必要であり、まずは本テーマとして4年間、リスク解析も踏まえた安全性評価も含めアメリカウムの崩壊熱を利用した熱源利用や、連鎖核分裂制御が不要な発電をするための要素技術開発を実施する(TRL4相当の完了)。

### 3. 技術開発実施内容

10g 規模のアメリカシウムを利用した半永久電源(熱源利用)の BBM(熱構造モデル相当)及び熱電変換の要素技術を開発する。

### 4. 技術開発実施体制

下記の全てを満たす研究機関・グループ等を想定。

- ・ ラジオアイソトープに係る専門的知見を持ちアメリカシウムといった $\alpha$ 崩壊核種の取扱いが可能であること。特に、必要な核種の抽出、密封線源化、移送コンテナ化が可能であり、これらの運用管理に必要な安全管理が可能であること。
- ・ 熱を必要な機器に分配するデバイス化が可能であり、更に将来において熱電変換による電気利用を可能とするデバイス化技術を有すること。

### 5. 支援の方法

#### 5-1. 支援期間

最長4年程度(委託)とする。

#### 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり15億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

#### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマは、将来の月面活動や宇宙探査等のあり方を変え得る基盤的かつ革新的な技術であり、熱源や電源として利用できる技術的成熟度には到達していない基礎研究段階にあり、その実用化や事業化には長期間を要することが想定される。このことから、支援の形態を委託、支援の種類をCとして実施する。

### 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

- ・ 当該技術適用におけるリスク解析と、リスク解析結果を反映した設計に対する安全性評価、必要なラジオアイソトープ(10g程度のアメリシウムを前提)の分離能力、将来の大規模化に向けた製造技術を有するか。



## 7. 技術開発マネジメント

我が国は半永久電源システム実現に向けた技術の蓄積がなく、実用化に向けて長期の技術開発が必要であることから、JAXAが月面探査や火星以遠探査への当該技術適用における性能・打上げ時の安全要求等に係る技術的知見の提供など、高度かつ専門的な学識及び経験を活かした研究開発マネジメントを実施し、技術面・事業面から実施主体の円滑な技術開発実施を支援するとともに、その取組状況を定期的にモニタリング・評価する。開発目標の達成が困難と判断される場合にはテーマを見直し、早期実用化に向けて取組を加速する場合には支出を前倒す等の対策を講じることが重要である。

## (12) 大気突入・空力減速に係る低コスト要素技術

### 1. 背景・目的

火星本星の探査については、米国と中国による大規模な計画が先行する中、将来の有人探査に向けて、2030年代には国際的な役割分担の議論が開始される可能性があることから、2040年代までの長期的視点を持って、我が国が有利なポジションを得るために、産学のリソースを最大限に活用し、米中を始め他国が有していない我が国の独創的・先鋭的な着陸技術・要素技術等の発展・実証を目指す<sup>14</sup>必要がある。

火星には大気が存在することから、従来、パラシュートを使った着陸技術が用いられてきたが、これは技術的に非常に高難易度であり、高コスト構造である。展開型エアロシェルは、軽量で低コストな次世代の大気突入システムになり得るものとして、各国が注目しており、欧米も研究開発に着手しているが、安価で小型になる技術は日本のみが保有しており、国際的に優位性がある。また、展開型エアロシェルを開発するために必要な柔軟・繊維材料技術や特殊素材を高精度に編み上げる技術は日本の強みであり、オール国産技術で開発することで我が国の着陸技術の自立性の確保につながる。

また、今後アルテミス計画が進展するにつれて、地球低軌道や月からの物資回収は一層重要となっていくが、エアロシェルでの回収は、従来の方式と比べ、海に囲まれる我が国において洋上回収・運用の容易さ等でメリットがある。

そこで本テーマでは、日本の民間企業が保有している本技術の強みを活かし、国内外のプロジェクトによる火星着陸を実現し、人類の活動範囲の拡大に向けた我が国の国際プレゼンス確保に寄与することを目指す。また、本技術開発を通じた民間企業等によるサブオービタル飛行ロケットでの回収事業の受注の実現などにより、地球低軌道から地上への物資輸送ビジネスへの貢献も図る。

### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

大気突入・空力減速・着陸技術は、大気圏突入・空力減速・着陸技術(EDL(Entry, Descent and Landing)技術)と呼ばれ、非常に重要である。EDL技術について欧米中に遅れている日本において、強みを生かした独自性のある技術を伸ばしていく必要がある。(3. II (2)③ ii)

### 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている、「2030年代早

<sup>14</sup> 宇宙基本計画(令和5年6月13日閣議決定)p32より抜粋

期までに、我が国の民間企業等が月や火星圏以遠のミッション・プロジェクトに新たに10件以上参画」を実現するために、我が国独自の火星着陸技術を獲得し、国内外のミッション・プロジェクトに採用される必要があり、まずは本テーマとして2027年度までに、地球低軌道からの大気突入技術を獲得(TRL5相当以上を完了)し、民間企業等によるサブオービタル飛行ロケットでの回収事業の受注を目指すとともに、2030年度までに、火星大気圏突入システムとしての開発及び地上検証を完了する。

### 3. 技術開発実施内容

- ・ 2027年度までに小型搭載機器を地球低軌道から帰還させる能力を有する展開型エアロシェルによる再突入システムの開発及び軌道上実証を実施する。
- ・ 2030年度までに火星特有の環境等への対応を踏まえた火星大気圏突入システムの要素技術開発及び地上検証を実施する。

### 4. 技術開発実施体制

火星大気圏突入に求められる仕様を定義するとともに、それに基づくシステムを設計し、低軌道再突入実証を実施できる企業等、及び、その下で、キー技術としての展開型エアロシェル、アビオニクス等小型搭載機器の開発能力を持つ企業・大学等を想定。

### 5. 支援の方法

#### 5-1. 支援期間

最長6年程度(委託)とし、支援開始後3年目を目途にステージゲートを設ける。

#### 5-2. 支援規模(支援件数)

1件あたり100億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

#### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)等

本テーマで技術開発を行う展開型エアロシェルは、次世代の突入・減速・着陸(EDL)システムとして世界各国で研究開発が進んでいる革新的な技術であり、その獲得に向けては、地球低軌道からの再突入システムを開発する上での高耐熱化・高気密化や、火星大気突入システムを開発する上での火星特有の大気密度の薄さといった課題が存在する。このように、本テーマで開発に取り組む技術は、まだ十分な技術・市場成熟度に到達しておらず、その実用化や事業化には長期を要することが見込まれ

ることから、支援の形態を委託、支援の種類をC及びBとして実施する。ただし、ステージゲートにおいて技術成熟度のほか、当該時点での市場成熟度等についても再度検討を行い、その後の支援の形態を補助とすることもあり得るものとする。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、全体方針に加えて、以下の観点等を評価する。

火星着陸機計画につながる将来ビジョン及び地球低軌道からの大気圏突入実験に向けた適正な計画(ロケット打上げから回収まで含む)を有しているか。

小型の大気圏突入機のシステム設計に係る知見、及びキー技術としての展開型エアロシェル、アビオニクス等小型搭載機器に係る技術を有する企業・大学等が一体となった開発体制となっているか。

## 7. 技術開発マネジメント

本技術開発テーマは独創的・先鋭的な火星着陸技術として我が国がリードする技術であるが、実用化に向けて他国との競争状況にあり、スピード感をもって着実に開発する必要がある。

そのためには、JAXAが地球低軌道からの再突入システム、火星大気圏突入システムに係る性能要求等に係る技術的知見の提供等、高度かつ専門的な学識及び経験を活かした研究開発マネジメントを実施し、技術面・事業面から実施主体の円滑な技術開発実施を支援するとともに、その取組状況を定期的にモニタリング・評価する。開発目標の達成が困難と判断される場合にはテーマを見直し、早期実用化に向けて取組を加速する場合には支出を前倒す等の対策を講じることが重要である。

本技術開発テーマにおいて、本技術の軌道上実証を行う前の支援開始後3年目を目途にステージゲートを設け、以下の観点で開発状況が順調と評価された場合のみ、2027年度を目途に軌道上実証に向けた打上げを実施する。

- ・ 小型 20kg 程度の小型搭載機器を地球低軌道から帰還させる能力を有する、直径 3.0m 以上、100kW/m<sup>2</sup> 程度の耐熱性を持つ展開型エアロシェルの開発完了。
- ・ アビオニクス等小型搭載機器を含む地球低軌道からの再突入システム実証機としての設計完了の見通しを得られているか。

また、ステージゲートでは当該時点での市場成熟度等についても再度検討を行い、補助への切り替えを判断する。

## (13) SX 研究開発拠点

### 1. 背景・目的

これまで我が国の宇宙産業は、JAXA 及び JAXA と緊密な協力関係にある幾つかのプライム・コントラクターを中心に発達してきた<sup>15</sup>が、激化する国際競争に伍していくためには、特色的な技術や領域において、JAXA を超える水準の宇宙分野のクラスターを形成し、持続的なイノベーションの創出や競争力の確保につなげていく必要がある。また、成長産業である宇宙分野においては専門人材の不足<sup>16</sup>が課題となっており、人的基盤の強化や非宇宙分野からの人材の流入拡大に向けた取組も緊要である。

こうした中、イノベーションや人材の源泉として、更には拠点的な機能を発揮しうる存在として、我が国における大学等研究機関の役割を、宇宙分野のクラスター形成に向けて強化する必要がある。このためには、我が国を牽引する研究者が先進的な研究開発に専念できる環境を確保しつつ、創出された技術や輩出された人材が、宇宙市場の獲得等に向けて切れ目なくつながっていくような「人材・技術・資金の好循環」を形成していくことが重要である。

そこで本テーマでは、宇宙分野の先端技術や、同分野に活用可能な非宇宙分野の技術を有する大学等所属の研究者や技術者を対象として、当該研究者等を中核とした体制により、宇宙分野の裾野拡大を図りつつ、特色ある技術や分野において JAXA を超えるような革新的な研究開発成果を創出・社会実装していくための戦略的な構想を推進する。研究者・技術者からの提案に際しては、宇宙技術戦略を参照しつつ、卓越した研究者等を中核とした牽引型の推進体制、又は高度な研究開発環境を中核とした共用型の推進体制のいずれかの構想を募集する。

特色的な技術や領域における大学等の研究者等と民間事業者等との連携を構築しつつ、その取組の自走化や拡大を通じて、将来の我が国の宇宙開発において最先端を担う研究開発拠点への発展を目指す。

### 【参考】関連する宇宙技術戦略の記載(抜粋)

宇宙機の基盤技術における競争力の源泉は、コンポーネント・部品・材料・アプリケーション・システム開発技術である。しかし、技術成熟度がまだ低く、上記に分類できない先端技術を、いち早く宇宙分野に応用することも重要である。そのため、開発支援を行う政府・関連機関は、宇宙関連の先端分野に加え、宇宙以外の先端分野の関連学会や大学に関しても関連を密にし、宇宙・非宇宙先端技術の宇宙への適用を促すための連携の機会を探ることも重要である。また、こうした技術の研究

<sup>15</sup>「An International Comparison of Approaches to Space Cluster Development」(Red Kite Management Consulting, 2021)

<sup>16</sup>「宇宙産業分野における人的基盤強化のための検討会 報告書」(平成 30 年 4 月)において、2017 年では 11,000 名程度と推定される宇宙産業従事者について、2030 年には倍となる 22,000 名程度が必要とされている。

開発や実装の担い手として需要が拡大する宇宙人材を確保することは、衛星、宇宙科学・探査、宇宙輸送の分野に共通する課題である。そのため、宇宙機器の製造分野に加え、リモートセンシング等のデータ利用側を含めた民間事業者のニーズ等を継続的に把握しつつ、産学官における技術開発や教育・研修等を通じた高度な技術者の育成や、宇宙人材の流動化促進、他産業の人材の宇宙分野への流入促進を図ることが重要である。(5.(3))等

## 2. 本テーマの目標(出口目標、成果目標)

2030年代早期までに、下記の技術の獲得等を通じて我が国の国際競争力を強化するとともに、将来の我が国宇宙産業・宇宙開発を支える人材の裾野を非宇宙分野からの参画も含め拡大する。

輸送:

低コスト構造の宇宙輸送システムや新たな宇宙輸送システムの実現に必要な革新的技術

衛星等:

自律的な衛星システム(衛星事業や軌道上サービス等)やその基盤として必要となる革新的技術

探査等:

月以遠探査や人類の活動範囲拡大又は地球低軌道利用における事業の創出・拡大に必要な革新的技術

## 3. 技術開発実施内容

宇宙技術戦略を参照とした内容(ボトムアップ型の提案)であり、卓越した研究者等を中核とした「牽引型」又は高度な研究開発環境を中核とした「共用型」の研究推進体制によって、将来の拠点化を見据えつつ、特色ある技術や分野において JAXA を超えるような技術等の成果創出(※)を目指す研究開発を進める。

(※)「共用型」に関しては、当該環境の利用を通じた他の我が国の事業者等による成果創出の観点も含む。

## 4. 技術開発実施体制

以下の全てを満たす体制を想定。

- ・ 大学等の研究機関に所属する卓越した研究者や技術者(以降、研究代表者)が、所属機関のサポートを得つつ牽引する研究開発体制(複数の研究グルー

プによる体制を含む)。

- ・ 産業界との連携等を通じた人材・技術・資金の好循環を目指す体制。
- ・ 加えて、「牽引型」の場合は、特に、研究代表者が牽引する体制において、宇宙を通じた経済・社会的インパクトをもたらさうる、JAXA を超える革新的な研究開発成果の創出や社会実装が期待できる体制。「共用型」の場合は、特に、高度な試験・実証環境等の整備・運用により、産学の知と技術の糾合の場として、JAXA を超える機能の発揮が期待できる体制。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長8年程度(委託)とし、支援開始後5年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模(支援件数)

- ・ 1 件あたり 22 億円程度を上限とし、最大5件程度採択する(うち、牽引型は最大5件、共用型は最大2件程度を想定)。
- ・ 支援上限額は、後述のステージゲート前にあたる支援開始後5年間(フェーズ1)で総額 16 億円程度、ステージゲート後にあたる支援開始6年目以降(フェーズ2)で総額6億円程度とする。
- ・ 上記の支援額は間接経費(原則、直接経費の 30%)を含むものとし、予算の執行に際しては年間 2.4 億円程度を基本としつつ、ステージゲート前後のフェーズ毎に、基金の長所を生かしつつ柔軟に配分可能とする。

### 5-3. 自己負担の考え方(補助率の設定)

- ・ 本テーマは、大学等に所属する研究代表者が構想する技術成熟度が比較的低い段階からの研究開発が対象となるものであり、実施者の裨益が顕在化していない又は具体予測しがたく、事業化までに長期を要する革新的な成果創出(牽引型)又は共通基盤的な技術等の集積(共用型)を目指すものである。このことから、支援の形態を委託、支援の類型をCとして実施する。
- ・ ただし、本テーマでは拠点化を見据えた研究開発を支援するものであることから、7~8年目は拠点の自走化に向けた逡減措置として年間の予算支援額を1/2とする。

## 6. 審査・評価の観点

採択にあたっては、以下の観点等を評価する。

- ・ JAXA を超える突出した研究開発力【革新性】【戦略性】
  - JAXA の技術を超えうる革新的・独創的な技術や発想等を有し、将来の宇宙開発市場の開拓や宇宙を通じた社会課題解決等、経済・社会の変革に大きく貢献しうる成果が期待される構想であるか。
  - 加えて、技術の実装先や宇宙技術戦略での位置づけ(自立性・自律性等)に照らして、我が国が戦略的に獲得すべき技術やシステムか。
- ・ 活動による宇宙分野の裾野拡大【拡張性】
 

例えば、下記に示すいずれか又は複数の取組を通じて将来の成長分野である宇宙分野の裾野を拡大するものであるか。

  - 非宇宙分野からの人材の参画や非宇宙技術の宇宙適用を目指す構想。
  - スタートアップ創出等を通じた宇宙分野におけるビジネスやコミュニティの創出・拡大を目指す構想。
  - 高度な研究設備の整備・運用を通じた地域における人材と技術の集積・共創を目指す構想。
  - 潜在的な人材需要の把握・開拓と先端的研究開発を通じた高度宇宙人材の育成を目指す構想 等
- ・ 活動の自走化を見据えた計画・体制【持続性】
 

支援終了後の活動の自走化を見据えた、効果的な構想・計画及びその推進体制となっているか。

  - 「牽引型」の場合は、構築した産学での研究開発体制や裾野の拡大に向けた取組に係る支援終了後の持続性等。
  - 「共用型」の場合は、整備・運用する高度な研究開発環境に係る支援終了後の持続性等。

## 7. 技術開発マネジメント

公募に際しては、分野融合・横断的提案も可能とする観点等から、輸送、衛星等、探査等の分野ごとに実施せず、分野横断的に提案を募集する。ただし、その後の採択課題の選定において、全体のポートフォリオやバランスを考慮することや、類似の提案があった際に採択時に1年程度の FS(フィージビリティスタディ)期間を設け、絞り込みを行うこと等も可とする。

支援開始後5年目を目途にステージゲート審査を実施する。ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価し、支援の継続可否を判断する。

- ・ 技術開発の進捗及び成果の創出状況
- ・ 社会実装や資金獲得に向けた民間等との連携状況
- ・ 拠点化に向けた組織運営に係るマネジメントの状況



- ・ 学生の輩出状況や非宇宙分野の参画状況 等

本テーマでの支援を受けている研究代表者が、研究開発等の進捗に伴い他の技術開発テーマに提案することは妨げられないが、研究代表者として採択された場合は、本テーマの支援を中断することを原則とする。