

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」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、金属材料を用いて製造してきたロケットの大型推進剤タンク・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。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) 宇宙技術戦略での記載

- ・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)

本テーマの目標

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、2028年度までに、以下を目標とする技術開発を推進する。(いずれもTRL4相当の完了)

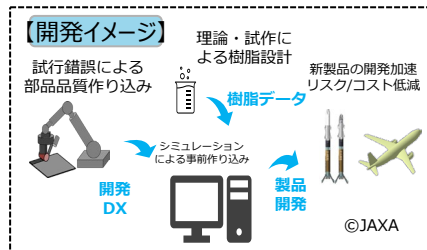
- A) 将来の宇宙輸送機に適した**複合材構造体・部品を高品質かつ低コストで実現する基盤技術を確立**し、ロケットの大型推進剤タンク・推進配管等への熱可塑性CFRP等の適用を実現することで、ロケット機体質量を、従来ロケット^{※1}の1/2以下とする。
- B) **金属3D積層技術の精密形状・大型対応等を実現し、ロケット構造体・部品への適用拡大・品質向上を実現するプロセス・基盤技術を確立**する。これにより、当該部品等の製造期間及びコストを、従来のロケット製造^{※2}と比較し、1/2以下とする。
 - B-1) **金属3D積層装置開発**を含め、**ロケットエンジン等の大型かつ精密さを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。

※1 金属タンクを用いた基幹ロケットを参考。

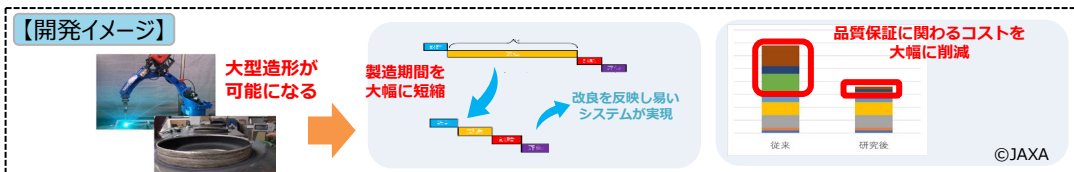
※2 基幹ロケットのタンク部品及び1段エンジン（100トン級）の3D積層造形でない部品を参考。

技術開発実施内容

- A) 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) 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、
 - B-1) 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。



【輸送】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（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : A) 40億円程度、B-1) 50億円程度、B-2) 30億円程度（いずれも上限）
- 採択予定件数 : A) 1件程度、B-1) 1件程度、B-2) 1件程度
- 支援期間 : 5年程度（最長）
- 支援の枠組み : C
- 委託補助の別 : 委託
- ステージゲートの有無 : 有（3年目を目途に実施）

技術開発推進体制

- 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。

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。
- ステージゲートにおいては、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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
			SG						

背景・目的

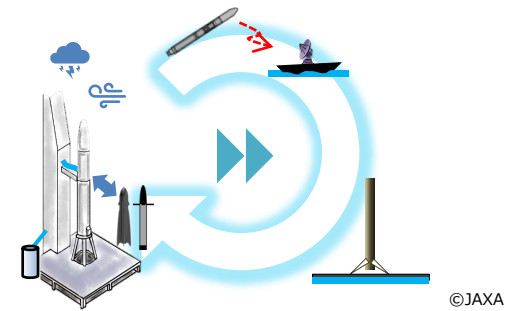
宇宙戦略基金の基本的な考え方において示された「2030年代前半までに基幹ロケット及び民間ロケットの国内打上げ能力を年間30件程度確保」することに向けては、ロケット本体に係る技術や素材・部品のみならず、地上系システムに係る技術との両輪で研究開発を進めることが重要となる。また、打上げ高頻度化や打上げ低コスト化に向けて、次期基幹ロケットや一部の民間ロケットにおいては再使用技術を導入することも構想されており、研究開発に取り組むべき地上系基盤技術は数多く存在する。

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）宇宙技術戦略での記載

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進す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）



本テーマの目標

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、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。

技術開発実施内容

- A) 再使用機体の洋上での安全な回収を可能とする基盤技術（船上で着陸機体の捕獲・固定を行う技術や安全化処置に係る技術等）
- B) 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）

【輸送】 将来輸送に向けた地上系基盤技術（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : A) 50億円程度、 B) 105億円程度（いずれも上限）
- 採択予定件数 : A) 1件程度、 B) 1件程度
- 支援期間 : 5年程度（最長）
- 委託・補助の別 : 委託
- 支援の枠組み : C、B
- ステージゲートの有無 : 有（3年目を目途に実施）

技術開発推進体制

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。

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) 再使用型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。
 - B) 高頻度打上げを可能とする射場や再使用型ロケット等のための飛行試験場に必要となる技術の特定や、それらを統合させてシステムを構築する計画を描いているか。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。
- ステージゲートでは以下の観点等を評価（TRL4相当の完了を確認）
 - A) 再使用型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を開発し、部分試作等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へのサービス提供を可能とする射場、再使用型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を開発し、部分試作等を通じて検証が完了しているか。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
			SG						
C				再使用機体の回収系に係る地上系基盤技術開発					
			SG	B					
C				打上げ高頻度化等を実現する地上系基盤技術開発					
				B					

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、我が国においても先進光学衛星である「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）宇宙技術戦略での記載

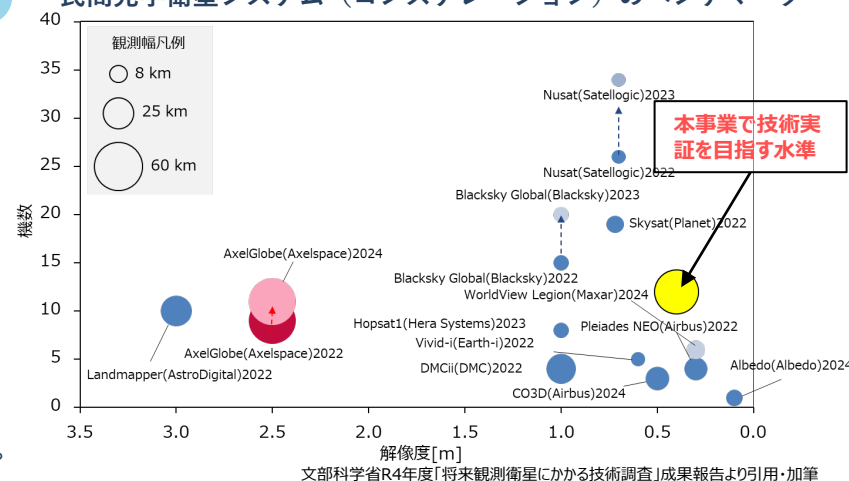
- 我が国においては光学やSAR等の小型衛星コンステレーション事業を展開するスタートアップ企業が複数社存在し、運用機数でこそ欧米企業に劣後するものの、地上技術として磨かれたイメージセンサ技術やSARの高分解能技術等が強みである。（中略）国内スタートアップ企業は、主に上場を含めた民間市場における資金調達によって先行投資を進めているが、激化する国際競争環境を踏まえれば、このような民間エコシステムをうまく活用しつつも、政府としては可能な限り早期に利用省庁・関係機関によるアンカーテナンシーの可能性を追求するとともに、**高頻度実証・量産化技術の確立・商業化加速に向けた更なる支援の強化が非常に重要である。**（2.III.(2)②ii）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

本テーマの目標

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、文部科学省「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。

- 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、複数機を合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。

民間光学衛星システム（コンステレーション）のベンチマーク



技術開発実施内容

- 高分解能・高頻度観測が可能な小型光学衛星による観測システムの開発・実証
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。

【衛星】高分解能・高頻度な光学衛星観測システム（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 280億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 1件程度
- 支援期間 : 5年程度（最長）
- 支援の枠組み : B
- 委託補助の別 : 補助
- ステージゲートの有無 : 有（3年目を目途に実施）

技術開発推進体制

- 「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。

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。
- ステージゲートにおいては、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三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。
- 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とから、公募要領においてデータ利用の枠組みも含めた我が国の社会的ニーズへの対応の要件を定めることとする。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
			SG						
B 40cm級に向けた 高分解能な小型光学 衛星の開発・実証			40cm級の小型光学 衛星観測システムの 開発・実証						

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・高安定なレーザ技術の開発を通じたレーザシステムの小型化・効率化**が極めて重要となる。我が国では大学等を中心に、高輝度なレーザ光源をはじめとする**世界最先端のレーザ技術を有しており**、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**高出力なレーザ技術の宇宙適用に係る技術開発を推進**する。

（参考）宇宙技術戦略での記載

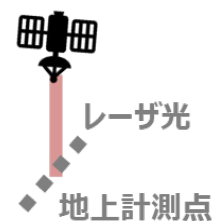
- 高度計ライダーによって、都市や森林等を含めた地表面形状に係る3次元的理解が可能となることが期待され、2030年までに1~2兆円規模との予測もある航空機ライダーのニーズを部分的に衛星が担うことで、市場の獲得が期待される。さらに、高分解能イメージング等と融合して都市デジタルツインを実現することで都市管理・インフラ管理・災害対策など社会のDX化が一気に加速される可能性がある。（2.III.(2)③i）
- 高度計ライダーを活用した商業化の道筋を描きつつ、小型・高効率・高機能なレーザ技術といった、革新的な高度計ライダー技術の獲得に向けた要素技術の開発に挑戦することも非常に重要である。（2.III.(2)③ii）

本テーマの目標

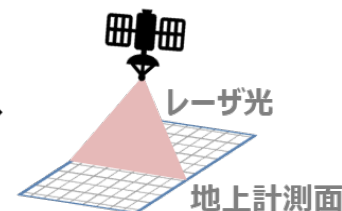
宇宙戦略基金における衛星等分野の方向性である、「革新的な衛星基盤技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げ」することに向けて、まずは2030年度までに、下記の成果を得る。

- 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。

衛星直下点の線的計測



観測幅をもった新しいライダーによる面的な計測



レーザシステムの高出力化等

革新的な小型・高効率・高機能なレーザ技術の衛星ライダーへの適用により、直下点の計測（左図）だけでなく面的な計測（右図）が可能となるほか、衛星観測のみならず、様々な宇宙分野への適用・貢献が期待される。

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。

【衛星】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（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 25億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 1件程度
- 支援期間 : 6年程度（最長）
- 支援の枠組み : C
- 委託補助の別 : 委託
- ステージゲートの有無 : 有（3年目を目途に実施）

技術開発推進体制

- 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・高機能レーザー技術を有し、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。

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ーシステムの提案であるか（例えば、既存の宇宙用レーザー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1GW/cm²/sr以上のレーザー技術の活用等）。
 - ✓ 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その計画。
- ステージゲートにおいては、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ー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）。
 - ✓ 将来的にレーザー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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
			SG ▼						
① レーザの宇宙適用に向けた要素技術の基礎研究			宇宙用レーザーの実現性検討						

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、我が国の強みを生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、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、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）宇宙技術戦略での記載

- 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）

本テーマの目標

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

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。

【衛星】高精度衛星編隊飛行技術（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 15億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 3件程度
- 支援期間 : 7年程度（最長）
- 支援の枠組み : C、B
- 委託補助の別 : 委託（※）
- ステージゲートの有無 : 有（採択課題に応じて設定）
- 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。

（※）ステージゲートにおいて市場成熟度等を再度検討し、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。

技術開発推進体制

- 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。

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。
- ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価するとともに、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。
 - ✓ 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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
C 技術開発		SG	B フライト品開発・実証							
C 技術開発				SG	B フライト品開発・実証					
C 技術開発			SG	B フライト品開発・実証						
									支援期間やSGのタイミングは事業者の構想・計画に応じて調整	

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。

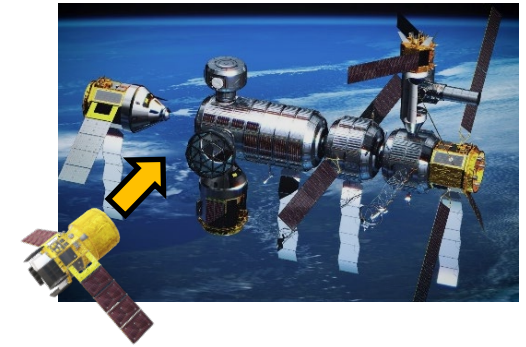
複数の商業宇宙ステーションの存在が想定されるポストISSにおいて、我が国の事業者が確度高く物資補給市場を獲得していくためには、**複数の規格への対応を想定した、高い汎用性を備えた物資補給システム**を開発することが必要である。

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牽引する。

（参考）宇宙技術戦略での記載

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）



地球低軌道拠点に近づく我が国の物資補給システムのイメージ©JAXA

本テーマの目標

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。

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

【地球低軌道】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（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : A) 125億円程度、B) 30億円程度
(いずれも上限)
- 採択予定件数 : A) 1件程度、B) 1件程度
- 支援期間 : 5年程度（最長）
- 委託・補助の別 : 補助
- 支援の枠組み : C、B
- ステージゲートの有無 : 有（2年目を目途に実施）

技術開発推進体制

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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		SG ▼							
		SG ▼							

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。
- ステージゲートにおいては、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）。
 - ✓ 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。

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。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）宇宙技術戦略での記載

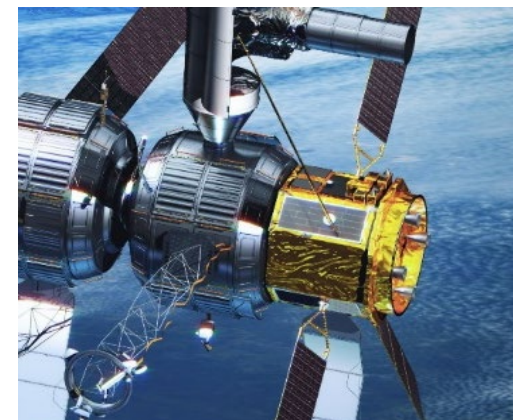
有人宇宙拠点構築技術については、ポストISS時代において、日本の産官学が自在な有人宇宙活動を継続的に実施しその成果を享受するために、その活動の場を確保する上で不可欠な技術である。宇宙空間や月面等において、搭乗員が長期的に安全に活動するためには、宇宙服なしで自由に活動できる与圧モジュールの構築が必要である。また、船外（商業宇宙ステーション外部の宇宙空間）での宇宙実験や観測等を実現するためには、船外プラットフォームの技術、そして船内と船外での機材の搬入・搬出を可能とするエアロック技術も必要である。ISS退役後の地球低軌道活動が民間主体の活動に移行していくことを想定すると、効率的に活動の場を確保すべ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

本テーマの目標

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。

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、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。



自律飛行型モジュール技術のイメージ (c)JAXA

【地球低軌道】低軌道自律飛行型モジュールシステム技術（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 100億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 1件程度
- 支援期間 : 5年程度（最長）
- 委託・補助の別 : 補助
- 支援の枠組み : C、B
- ステージゲートの有無 : 有（2年目を目途に実施）

技術開発推進体制

- 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。

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。
- ステージゲートにおいては、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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		SG							
C 自律飛行型モジュールの基本システム開発									
		B							

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）宇宙技術戦略での記載

「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。

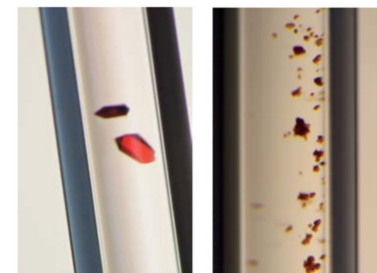
民間主体の活動に移行すると想定されるポストISSにおいては、軌道上拠点を運営する企業に対して、日本が培ってきた宇宙実験技術を継承しつつ、民間企業のアイデアや自動化技術の採用などにより実験の実施や実験前後のサンプルやデータの処理等を自動化する宇宙実験効率化技術等も取り入れ、高い頻度での成果創出を可能とする事業性の高いシステムとして整備していくことも非常に重要である。（3.IV.(2)④ ii）

本テーマの目標

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。

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。



「きぼう」を通じて培ってきた宇宙実験コア技術であるタンパク質高精度結晶生成技術：国際宇宙ステーション（左）と地球上（右）で生成したヘモグロビンのタンパク質結晶 ©JAXA

【地球低軌道】低軌道汎用実験システム技術（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 20億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 1件程度
- 支援期間 : 5年程度（最長）
- 委託・補助の別 : 委託
- 支援の枠組み : C、B
- ステージゲートの有無 : 有（2年目を目途に実施）

技術開発推進体制

下記の全て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体制を構築すること。また、将来汎用実験システムのユーザーとなりうる事業者と協力して利用実証を行う体制を有すること。

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。
- ステージゲートにおいては、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）。
 - ✓ 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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		SG ▼							

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、地球上と同様に、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**が必要になると考えられ、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必要がある。

我が国は、2020年に地球を周回する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）宇宙技術戦略での記載

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)

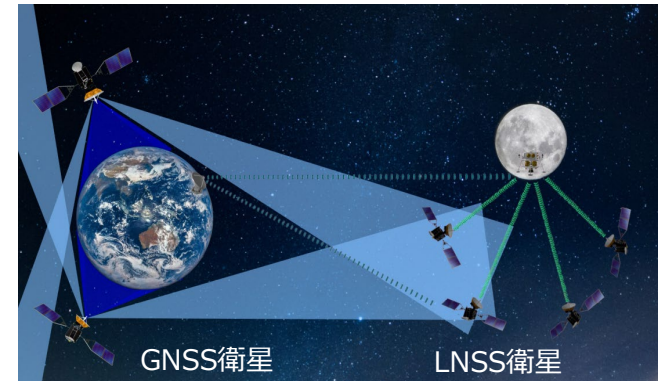
本テーマの目標

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）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。

技術開発実施内容

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。



月測位システムイメージ©JAXA

（複数のGNSS衛星からの測位信号をLNSS衛星で受信し、自身で計算した測位信号を月面の受信機等へ配信。）

【月面】月測位システム技術（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 50億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 1件程度
- 支援期間 : 4年程度
- 委託・補助の別 : 委託
- 支援の枠組み : C、B
- ステージゲートの有無 : 有（3年目を目途に実施）

技術開発推進体制

下記の全てを満たす企業等を想定。

- ✓ 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。
- ✓ 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における標準化文書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。

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。
 - ✓ 国際協調による月測位インフラの実現に貢献できう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。
- ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価する。
 - ✓ 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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		SG	B						
C 月測位システムを構成する 主要サブシステム及び全体システムの開発・検証									

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。

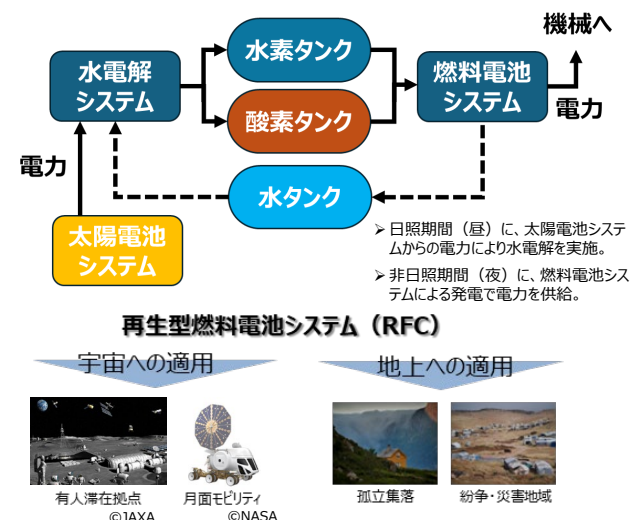
我が国では、これまで航空機や潜水艦等の大型システムへの適用に向けた再生型燃料電池システムの技術開発が進められていることや、水素社会の実現に向けて、自動車産業等を中心として水素関連の技術開発が活発に行われていることから、これらの強みを活かして、大型の月面インフラ・システムに必要な電源システムを構成する**共通的な基盤技術となる再生型燃料電池技術**を獲得する。また、獲得した本技術を共通基盤とすることで、我が国の民間企業による大型の月面インフラ・システムを用いた月面産業への参入等を加速する。

（参考）宇宙技術戦略での記載

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）

本テーマの目標

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な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）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。



技術開発実施内容

- 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。

【月面】再生型燃料電池システム（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 115億円程度(上限) (※)
- 採択予定件数 : 2件程度 (最大) (※)
- 支援期間 : 4年程度
- 委託・補助の別 : 委託／補助 (調整中)
- 支援の枠組み : B
- ステージゲートの有無 : 有 (2年目を目途に実施)

(※) 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、支援件数は最大2件程度とする。また、本テーマ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。

技術開発推進体制

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が実施できる体制であるほか、下記の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企業等を想定。

- 再生型燃料電池システムに関連した要素技術（燃料電池技術、燃料貯蔵技術、水電解技術等）、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

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。
 - ✓ 燃料電池技術、燃料貯蔵技術、水電解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。
- ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価する。
 - ✓ 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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		SG							
	B 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開発・試験による地上での技術実証								

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℃～110℃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シウムを利用し、**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）宇宙技術戦略での記載

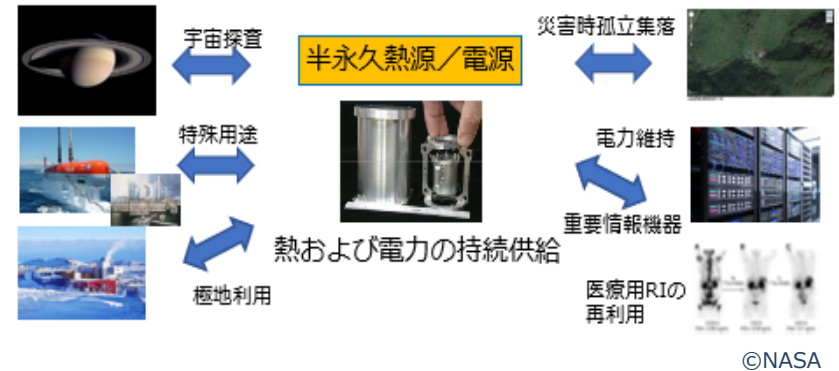
月面拠点、有人と圧ローバ、月面における資源探査・利用、月面建設機械等への適用の観点から発電技術の開発が非常に重要である。発電技術は、展開収納型太陽電池タワー、展開型太陽電池タワー、半永久電源などを含む。(3.Ⅲ.(2)③ ii)

本テーマの目標

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シ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）。

技術開発実施内容

10g規模のアメリ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。



【月面】半永久電源システムに係る要素技術（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 15億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 1件程度
- 支援期間 : 4年程度
- 委託・補助の別 : 委託
- 支援の枠組み : C
- ステージゲートの有無 : 無

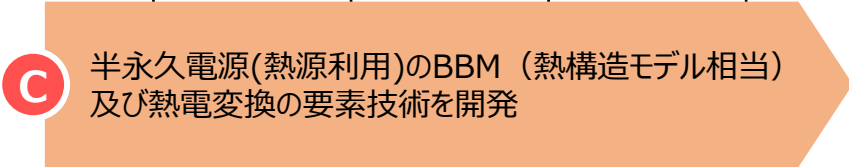
評価の観点

- 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程度のアメリカシウムを前提）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。

技術開発推進体制

- 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α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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
									

背景・目的

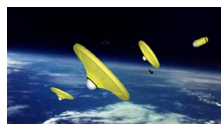
火星本星の探査については、米国と中国による大規模な計画が先行する中、将来の有人探査に向けて、2030年代には国際的な役割分担の議論が開始される可能性があることから、2040年代までの長期的視点を持って、我が国が有利なポジションを得るために、産学のリソースを最大限に活用し、米中を始め他国が有していない我が国の独創的・先鋭的な着陸技術・要素技術等の発展・実証を目指す必要がある。

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。

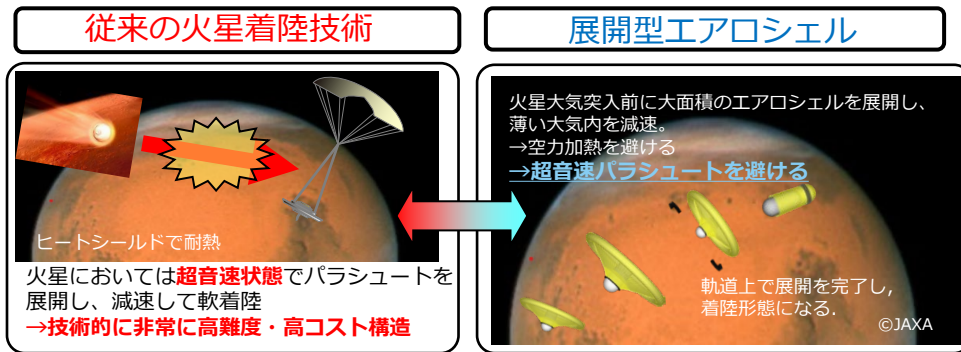
また、本技術開発を通じた民間企業等によるサブオービタル飛行ロケットでの回収事業の受注の実現などにより、**地球低軌道からの地上への物資輸送ビジネスへの貢献**も図る。



地球低軌道からの物資輸送にも活用

(参考) 宇宙技術戦略での記載

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)



本テーマの目標

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。

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。

【火星】大気突入・空力減速に係る低コスト要素技術（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額 : 100億円程度（上限）
- 採択予定件数 : 1件程度
- 支援期間 : 6年程度
- 委託・補助の別 : 委託（※）
- 支援の枠組み : C、B
- ステージゲートの有無 : 有（3年目を目途に実施）

（※）ステージゲートにおいて市場成熟度等を再度検討し、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。

技術開発推進体制

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。

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。
- ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価するとともに、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。
 - ✓ 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/m²程度の耐熱性を持つ展開型エアロシェルの開発完了、及び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。

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
C 地球低軌道からの再突入システムの開発			SG	B 再突入システムの軌道上実証 火星大気圏突入システムとしての開発及び地上検証						

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を超える宇宙開発分野のクラスター**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の**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、我が国の**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り、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。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）宇宙技術戦略での記載

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



本テーマの目標

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。

- 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
- 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
- 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

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、トップレベルの研究者による「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技術開発を進める。

【分野共通】SX研究開発拠点（文部科学省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額：22億円程度（上限）
- 採択予定件数：5件程度（最大）
- 支援期間：8年程度（最長）
- 委託・補助の別：委託（※1）
- 支援の枠組み：C
- ステージゲートの有無：有（5年目を目途に実施）
- 輸送、衛星等、探査等の3分野横断的に公募を実施（※2）

（※1）7～8年目は拠点化を見据えた逡減措置として年間予算額を1/2とする。

（※2）採択時に全体のポートフォリオやバランスを考慮する場合がある。

技術開発推進体制

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を超える革新的な成果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。

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。
 - ✓ JAXAを超える突出した研究開発力 【革新性】【戦略性】
 - ✓ 活動による宇宙分野の裾野拡大 【拡張性】
 - ✓ 活動の自走化を見据えた計画・体制 【持続性】（※）
- （※）「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。
- ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価する。
 - ✓ 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

研究開発スケジュール（イメージ）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	