

今後必要となる民間等による 研究開発課題について

令和7年9月

文部科学省 研究開発局 宇宙開発利用課

はじめに

- 宇宙市場の規模は2040年には1.1兆ドルとも予測※¹され、本市場の獲得を巡る国際競争が激化している。我が国でも、近年、約100社の宇宙スタートアップが設立※²され、2024年には、スタートアップ従業員数の増加率について、宇宙産業が全産業の中で1位となる※³等、活況を呈している。
※1 <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space> (Morgan Stanley, 2020年7月)
※2 「COMPASS Voi.12」(SPACETIDE, 2025年4月)
※3 「従業員数から読み解く国内スタートアップの現在地 2024」(KEPPLE, 2025年2月)
- こうした動きを後押しし、宇宙産業を我が国の基幹産業とすべく、政府は2020年に4兆円の市場規模を2030年代早期に8兆円へ拡大する目標を「宇宙基本計画」に定めるとともに、我が国の勝ち筋を見据えながら、安全保障・民生分野横断的に開発を進めるべき技術やタイムラインを示す「宇宙技術戦略」を策定し、これを毎年度ローリングすることとしている。
- 文部科学省では、上記の政府方針を踏まえつつ、JAXAによる産業競争力強化に向けた取組や、「中小企業イノベーション創出推進事業（SBIRフェーズ3）」、「経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）」等を推進しているほか、「宇宙戦略基金」においては、第一期・第二期を合わせて計26の技術開発テーマを設定し、民間等による宇宙分野の技術開発・実証を強力に推進している。
- 国際的な宇宙開発競争は激化の一途をたどっている。我が国においても、引き続き、産学官の総力を結集した技術力の底上げや事業化を加速するため、日進月歩の国際動向やこれまでの取組状況を踏まえた上で、我が国の民間等を主体とした今後の宇宙開発利用の推進に係る方向性を、随時、検討していくことが重要である。
- 2025年7月4日の第97回宇宙開発利用部会で「民間等による今後の宇宙開発利用」について議論頂いた。具体的には、民間等による技術開発・実証及び事業化実証の加速に向けて、「宇宙参入と宇宙適用（IN/UP）」から、「宇宙実証」を通じて、「価値創出（DOWN/OUT）」を行う一連のサイクルを効率化・高速化することの重要性について議論頂いた。
- 今回、これまでの部会の議論や宇宙開発の現状を踏まえて、今後必要となる具体的な民間等による研究開発課題について議論頂きたい。

◆ 宇宙分野への参入促進

<現状と課題>

- 宇宙分野への関心は高いものの、宇宙ならではの特殊性への対応が参入障壁となっている。
- また、例えば地上技術や部品等が宇宙で活用可能と判明した場合であっても、宇宙用製品としてのロット数の不足や、市場の成熟までに中長期を要すること等の理由から、営利企業として宇宙分野への参入の判断が下すことが困難な場合がある。

<方向性と論点>

- 事前相談機会や試験環境、ノウハウの提供といったJAXAの伴走支援機能の充実が重要ではないか。
- 事業化判断に向けた政府調達のシグナリングのほか、ロット数確保や官依存の脱却に向けて、副業としての宇宙（地上で稼ぎつつ宇宙を目指す経営）や大学との連携等を通じたターゲットの拡大やリスク分散を求めることも重要ではないか。

◆ 将来技術の早期宇宙適用

<現状と課題>

- 宇宙空間は、高い実証コストや環境の特殊性ゆえに地上に比してリスク許容度が低く、実績のある部品やシステムの適用が重視されがちであることから、発展途上にある先端技術（生成AI、量子等）や、革新性の高い地上技術・地上部品等の早期の応用・適用が進みづらい傾向にある。

<方向性と論点>

- 政府の中長期的な支援や計画のもとでリスクを許容しつつ、地上での技術開発や宇宙実証等、将来技術のいち早い宇宙適用に向けた取組を重点的に推進すべきではないか。
- 宇宙分野の競争力強化やブレイクスルーの創出に向けて、早期の宇宙適用を目指すべき先端技術や動向として、どのようなものが考えられるか。

◆ ソリューションの拡大

＜現状と課題＞

- 衛星通信に加えて、衛星観測データ等を用いたソリューションへの期待が高まっている。他方、多様な観測源とアプリケーションを繋ぐまでの協調的なオペレーションに課題。
- 低軌道拠点を利用した実験や地上品の製造については、未だ科学利用が中心であり、商業利用や地上での商品展開の段階まで至っていない。

＜方向性と論点＞

- 衛星観測については、引き続き、AI等も活用したデータ利用を推進するとともに、アプリケーションに応じた適切な異種衛星・事業者間での連携運用技術・システムの検討が重要ではないか。
- 低軌道拠点の利用については、商業利用のボトルネックとなっている利用コストの低減や船内外装置の柔軟性確保等を通じたユースケースの拡大や開拓が重要ではないか。

◆ 宇宙資源の活用

＜現状と課題＞

- 貴重な地球資源を宇宙で消費している現状、月・小惑星等の宇宙資源の活用は持続的な宇宙開発に向けた必須課題であると同時に、地上でも莫大な利益をもたらさう将来市場と目されている。
- 本領域での取組には長期的かつ忍耐強い計画が必要となるが、我が国には体系的な政策や戦略の具体性が乏しく、特色ある技術を有する民間等のプレイヤーの参入や連携も課題。

＜方向性と論点＞

- 持続性ある宇宙開発利用や将来市場の獲得等に向けた宇宙資源の活用及びこれに必要となる技術開発課題等について、中長期的な方向性や戦略を検討・議論しつつ、すそ野の拡大と一体的に推進すべきではないか。

◆ 軌道上実証環境の高度化

＜現状と課題＞

- 先行者優位性の高い宇宙において競争力を確保するためには、新技術の早期実証や迅速な試行錯誤を可能とする実証環境の整備が課題。
- ステーション利用に係る各種コスト（人・予算・時間）が大きく、商業宇宙ステーションにおける有人活動の規模やミッション内容も不透明。
- 外的要因（デブリ衝突等）による安全面でのリスクが今後のボトルネックとなる可能性。

＜方向性と論点＞

- アプリケーションに応じた事業性と機能性の高い船内・船外システムの構築が重要ではないか。特に、リスクの高い技術実証や試行錯誤を安全かつ柔軟に可能とするサンドボックス的な機能や、実証データの蓄積・活用のあり方を検討すべきではないか。
- 船内外装置の運用等に係る無人化・自動化のほか、増え続ける外的リスクへの機動的な対応を可能とするシステムの構築も検討すべきではないか。

◆ シミュレーション技術の活用・高度化

＜現状と課題＞

- 技術開発・実証に係る各種のコストや不確実性の低減、開発プロセスの刷新や新規参入の加速等に向けて、宇宙環境等を模擬したデジタルモデルやデジタルツインの活用が期待されているものの、他分野での利用状況に比して、宇宙分野での利用状況は限定的。
- また、地上や軌道上で得られた試験データ等が十分には利活用されていないといった指摘も存在。

＜方向性と論点＞

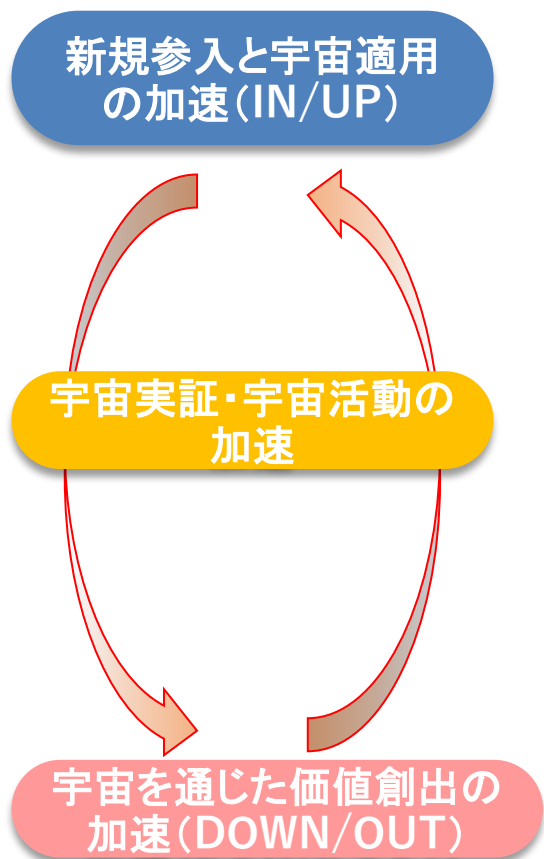
- 宇宙用デジタルモデル・デジタルツインの実用化・高度化に向けた障壁は何か。それを乗り越えるためには、官民において、どのような取組が考えられるか。
- 地上及び軌道上における試験データ・実証データの効率的な蓄積と活用方策を検討すべきではないか。
- また、我が国のヘリテージやアドバンテージとなり得る試験データ・実証データや、その活用先としてどのようなものが考えられるか。

「民間等による技術開発・実証及び事業化実証の加速」に向けた方向性の概要

民間等による技術開発・実証及び事業化実証の加速に向けて、「宇宙参入と宇宙適用(IN/UP)」から、「宇宙実証」を通じて、「価値創出(DOWN/OUT)」を行う一連のサイクルを効率化・高速化することが重要。

2025年7月4日の宇宙開発利用部会で議論頂いた、上記事項の加速に向けた方向性は以下のとおり。

＜民間等の技術開発・実証のサイクル＞



＜加速に向けた方向性（概要）＞

- ・JAXAの伴走支援機能の充実、政府調達のスグナリング、副業としての宇宙（地上で稼ぎつつ宇宙を目指す経営）や大学等との連携を通じたターゲットの拡大やリスク分散を求めることも重要。
- ・将来技術のいち早い宇宙適用に向けた取組の重点的な推進が必要。

- ・事業性と機能性の高い船内・船外システムの構築が重要。特に、サンドボックス的な機能や、実証データの蓄積・活用のあり方を検討することが必要。
- ・船内外装置の運用等に係る無人化・自動化、外的リスクへの機動的な対応を可能とするシステムの構築を検討することが必要。
- ・宇宙用デジタルモデル・デジタルツインの実用化・高度化を推進することが必要。
- ・地上及び軌道上における試験データ・実証データの効率的な蓄積と活用方を検討することが必要。

- ・衛星観測については、アプリケーションに応じた適切な異種衛星・事業者間での連携運用技術・システムの検討が重要。
- ・低軌道拠点の利用については、利用コストの低減や船内外装置の柔軟性確保等を通じたユースケースの拡大や開拓が重要。
- ・宇宙資源の活用及びこれに必要となる技術開発課題等について、中長期的な方向性や戦略を検討・議論しつつ、すそ野の拡大と一体的に推進することが重要。

文部科学省としては、宇宙開発利用部会での議論も踏まえて、各事業者や大学等の研究者へのヒアリング、JAXAや関連団体等との意見交換を重ね、様々なニーズや政策的検討を進めてきたところ。

こうした検討を踏まえて、宇宙技術戦略における「衛星」、「宇宙科学・探査」、「宇宙輸送」、「分野共通技術」の各分野で今後必要と考えられる民間等による研究開発課題について、次頁以降に示す。

衛星分野について

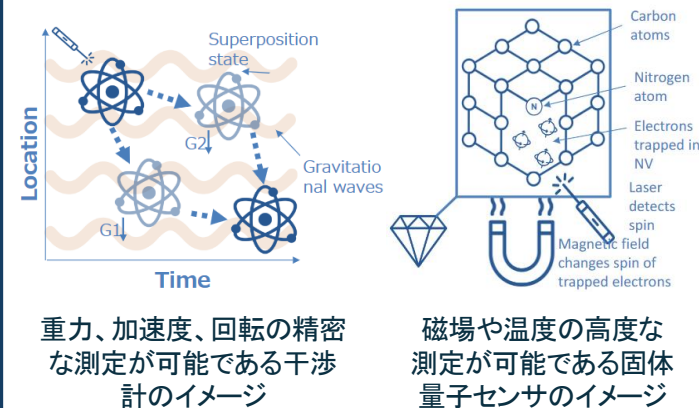
(背景)

- 商業衛星分野においては、観測機能の高度化に基づくデータ・サービスの差別化により、ユーザーニーズへの対応力を高め、ビジネス拡大と新規市場創出を推進する潮流が加速している。
- こうした動向を踏まえ、宇宙戦略基金においては、衛星開発とデータ利活用の両輪での取組を推進すべく、観測機能高度化に係るテーマや衛星観測データの新たなユースケース創出に係る企業の支援を進めている。
- 中長期的な視点に立ち、我が国が衛星分野における国際的なビジネス競争において優位性を確立していくためには、技術的ブレイクスルーの創出を通じた競争力の抜本的な強化が不可欠である。
- 文部科学省においては、K Program、未来社会創造事業、Q-LEAP等により、量子等の先端技術の地上における技術開発および実証を推進してきた。
- 先端技術の宇宙応用のためには、地上での技術開発を加速させるとともに、先行者優位を見据えた早期の宇宙実証へとつなげていくことが重要である。

先端技術の宇宙応用による
ブレイクスルー創出のイメージ



先端技術(量子等)のイメージ



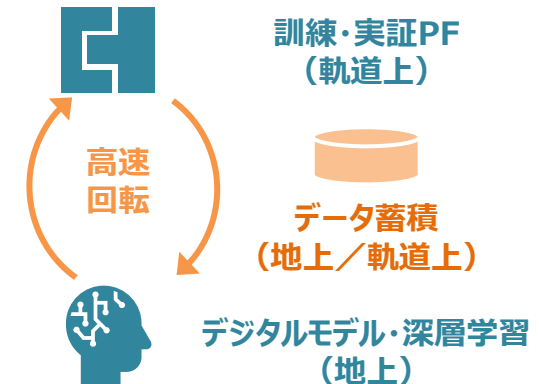
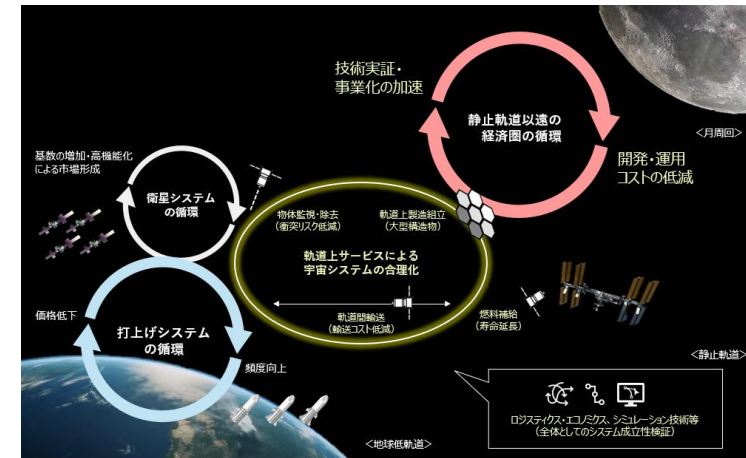
(必要となる技術開発 (案))

衛星事業者や衛星データソリューション事業者等が新たなユースケース・事業構想を創出する事を目指し、従来比較で桁違いの性能を発揮しゲームチェンジャーとなり得る衛星技術の獲得を戦略的に推進し、先端技術（量子技術等）の宇宙応用に向けた技術開発に重点的に取り組むべきではないか。

衛星分野のうち軌道上サービス分野について

(背景)

- 軌道上サービスは、宇宙空間での物流効率化や衛星のリプレイスの実現などを通じた宇宙インフラの抜本的コスト削減や宇宙機運用の革新を生み出しうることから、今後の宇宙開発の発展に伴う市場規模の急速な拡大が予測されている。
- そこで宇宙戦略基金やSBIR フェーズ3、K Programを通じ、軌道間輸送機、燃料補給、製造・組立、デブリ除去、SSA等の軌道上サービスに関する技術開発を支援している。
- 他方、近年の情報科学技術の急速な進展に伴い、宇宙分野でも多様なデジタルモデルが開発され、製造・運用・ソリューションに至る各プロセスに大きな影響を与えている。
- こうした中、地上では既に、デジタルツインの構築を通じて、重力や摩擦等の物理法則を理解・反映した上で、運動や操作といった行動・判断を実行するフィジカルAIを適用した基盤モデルの開発・実装が加速している。軌道上サービスを根本的に変える可能性のある技術の1つとして、AIを活用した軌道上サービスの技術開発が想定される。



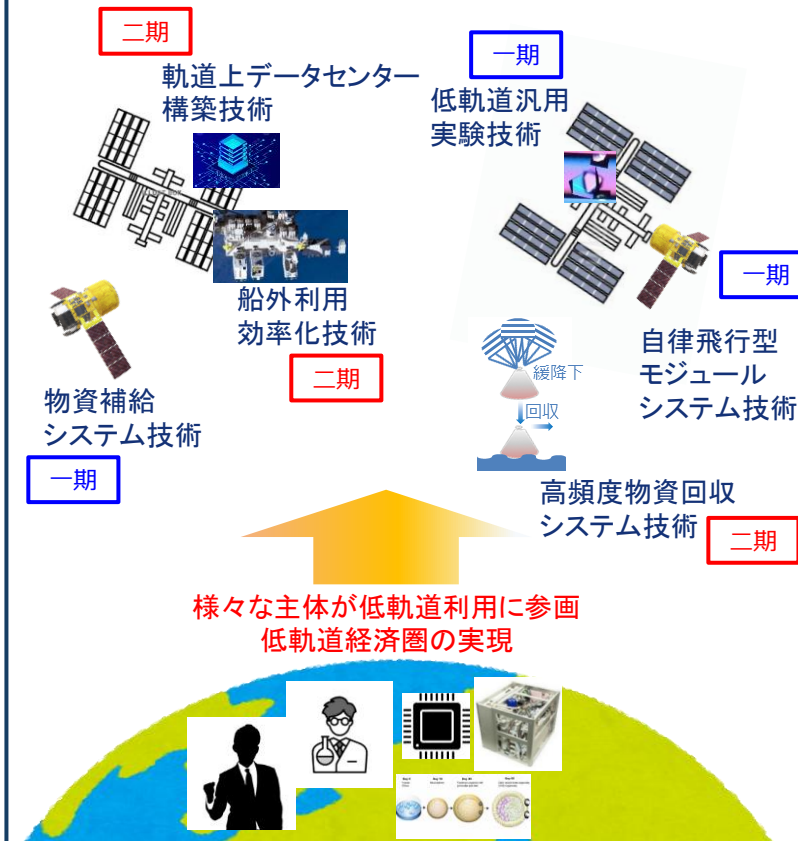
(必要となる技術開発 (案))

今後フィジカルAIを含む先進的なAI技術が宇宙分野にも本格的に導入されることが予測される中、世界に先駆けてこれらの技術実装を目指すためには、ボトルネックとなり得る訓練データの獲得や基盤モデルの構築等に必要とされるシステム技術の開発・実証に重点的に取り組むべきではないか。

宇宙科学・探査分野のうち地球低軌道分野について

(背景)

- 2030年の国際宇宙ステーション（ISS）運用終了後（ポストISS）、これまで政府で所有・運用されてきた地球低軌道有人拠点は、民間所有・運用に移行することが計画されており、今後は民間主導による地球低軌道利用へ移行していく。
- これまで宇宙戦略基金では、我が国の低軌道有人拠点における実験環境の整備に係るハード、サービスに係る支援を実施している。
- 我が国がISSや「きぼう」日本実験棟を通じて培ってきた地球低軌道活動を維持・発展させ、地球低軌道に経済圏を構築するために、これらの取組に加えて、様々な主体が低軌道利用に参画し、宇宙空間から地上に裨益するバリューチェーンを形成できるような利用者の支援やユースケースの拡大が必要。
- また、国際競争力・優位性を確保し、地球低軌道において自立的に活動を進めていくために、我が国が米国商業ステーションに対して、外的リスクへの機動的な対応等の価値ある機能を提供し、貢献度を高めていくことが重要。
- ポストISSでは、JAXAもユーザとなり、米国商業ステーション事業者と連携する日本の民間事業者から低軌道利用サービス等を調達する予定。



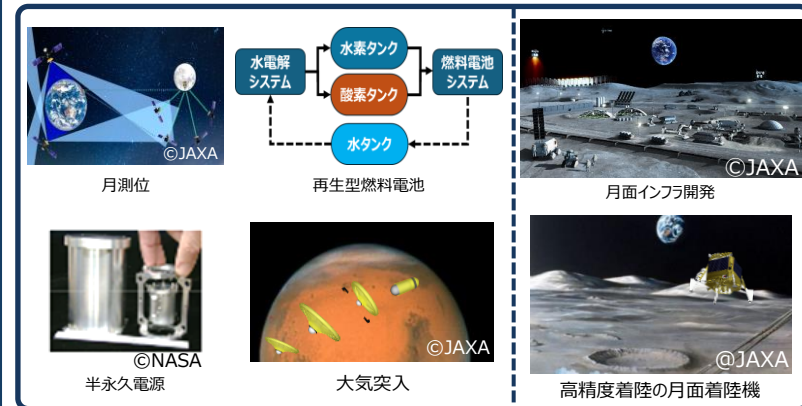
(必要となる技術開発 (案))

宇宙実証に向けた研究及び装置開発や地上にしながら宇宙空間における実験を検証できる利用促進拠点の構築への支援に重点的に取り組むべきではないか。また、米国商業ステーションに対して価値ある機能を提供するための技術開発への支援に重点的に取り組むべきではないか。

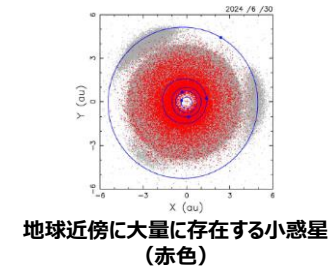
宇宙科学・探査分野のうち月面開発・深宇宙探査分野について

(背景)

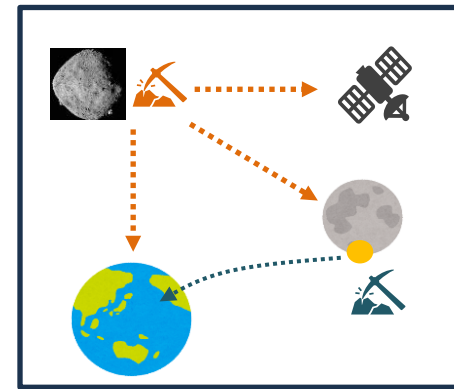
- 世界各国の月面開発が急速に伸展していく中、我が国としても持続的な月面活動を見据えた産学官による技術開発が必要である。
- 中でも、月測位、高精度着陸等の月面活動の前提となる重要技術の早期獲得は、我が国の国際的な優位性の獲得と様々な便益の確保につながり、官民を挙げた機動的な対応が求められている。
- 宇宙戦略基金では、月測位、再生型燃料電池、半永久電源、大気突入、月面インフラ構築、月極域における高精度着陸に係る支援を実施している。
- JAXAにおいては、アルテミス計画による月周回有人拠点（ゲートウェイ）や有人と圧ローバ等の研究開発、小型月着陸実証機「SLIM」や「はやぶさ」シリーズ等で獲得した実績と技術的強みを有している。
- 他方、持続性ある宇宙開発利用や将来市場獲得を見据えた宇宙資源活用に関する技術開発、国際的なプラネタリーディフェンス（地球防衛）活動を踏まえた技術開発も、共通する小型探査機技術として期待される。
- 月面活動の活発化、小天体探査機会の増大といった“探査産業”の拡大の機を捉え、我が国においても宇宙分野における事業化に意欲ある民間企業等による月・小惑星等の領域への一層の参画を促すことが重要である。



宇宙戦略基金（文科省分）第一期・第二期探査等分野テーマのイメージ



2024年に月からのサンプルリターンに成功した嫦娥6号（中国）



(必要となる技術開発（案）)

小惑星探査機「はやぶさ」等の実績で大学及び民間企業に培われた、我が国が国際的にアドバンテージのある技術等も最大限活用しつつ、官民の緊密な連携による宇宙資源活用に関する技術開発に戦略的に取り組むべきではないか。

輸送分野について

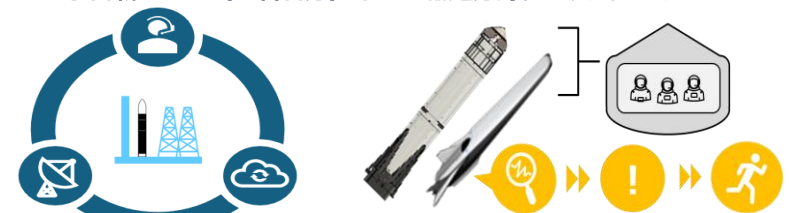
(背景)

- 宇宙輸送に係る世界的な開発動向として、打上げコストの削減や高頻度打上げを可能とする再使用ロケットといった、新たな宇宙輸送機体の開発が行われている。
- 我が国においては、JAXAにおいて、1段再使用に向けた飛行実験（RV-X/CALLISTO）により、データ蓄積と技術成熟度の向上を目指しているほか、SBIRフェーズ3基金事業による民間事業者によるロケット打上げ実証を支援している。
- また、民間事業者による射場運営に係る成立性を確保・強化するための技術や、有人宇宙輸送に必須となるコア技術の獲得が重要となり、宇宙戦略基金では、スマート射場に向けた基盤システム技術、有人宇宙輸送システムにおける安全確保の基盤技術に関する支援を実施している。
- 今後、ロケット打上げシステムや、将来の宇宙輸送サービス市場に参画するための、実環境における実証や要素技術を踏まえた宇宙輸送システム設計等を行う必要がある。

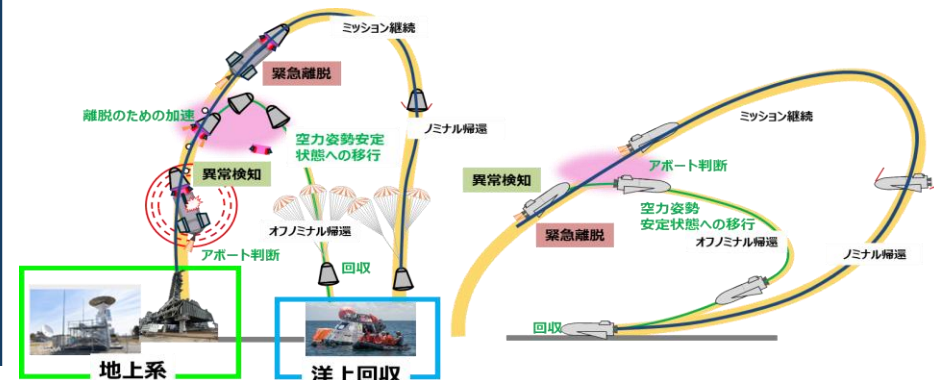
米国のSpaceX社が開発するロケット



宇宙戦略基金（文科省分）第二期輸送分野テーマのイメージ



新しい宇宙輸送システムのアーキテクチャのイメージ



(必要となる技術開発（案）)

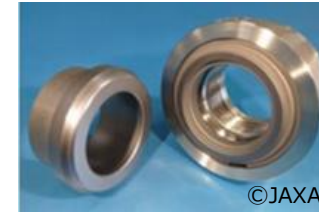
既存の宇宙輸送に係るプレーヤーと非宇宙分野のプレーヤーによる共創から生まれる技術開発を活用した、再使用ロケット等の打上げから回収を見据えた新しい宇宙輸送システムのアーキテクチャの構築を目指し、地上系技術の基盤システムの拡張性を視野に入れた技術開発や、ロケットの再使用化・大気圏再突入等に求められるキー技術の獲得に重点的に取り組むべきではないか。

分野共通技術について

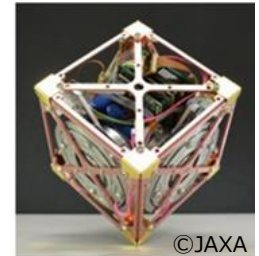
(背景)

- 諸外国や民間による宇宙活動が活発化し、競争環境が厳しくなる中、我が国の宇宙活動の自律性を将来にわたって維持・強化し各分野のミッションを実現させるためには、共通となる基盤技術の開発や重要技術のサプライチェーンの確保に加え、技術成熟度が低い先端技術の開発にも継続的に取り組むことが重要である。
- JAXAにおいては、高信頼性ソフトウェア技術、国際競争力を有する搭載機器や部品等の分野を中心に、宇宙プロジェクトの競争力強化や課題の解決に貢献してきた。
- また、宇宙戦略基金においては、宇宙空間における熱制御及び電子機器の利用の高度化や革新に繋がりうる要素技術開発、宇宙機やロケットの推進系技術や飛行・走行技術、制御技術の高度化・革新に繋がりうる要素技術開発等を推進してきた。
- 加えて、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、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、各分野における共通課題。

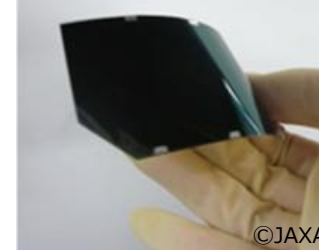
革新的な技術を創出する研究開発の例



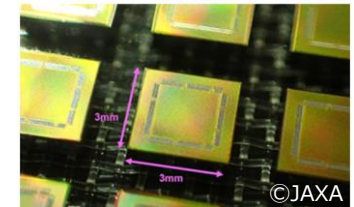
月面用粉塵シール



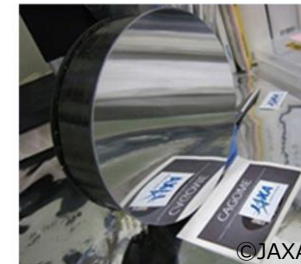
超小型三軸姿勢制御モジュール



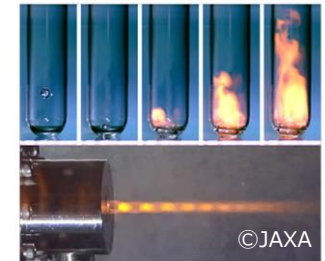
薄膜太陽電池セル



放射線耐性を強化した
半導体チップ



テラヘルツ用軽量高精度
複合材アンテナ



低毒自己着火二液式推進薬

(必要となる技術開発 (案))

将来の宇宙開発利用における分野横断的なボトルネックの解消への技術開発の支援やそれを通じた人材育成が必要。
まだ取組が十分でない、以下の領域への更なる技術力の強化と裾野拡大を図るべきではないか。

(例) 宇宙機やロケットのミッションの高度化を支える構造の安定化とそのため新材料開発・適用、高精度な計測・分析技術とそれに基づくシミュレーション・予測技術の開発、衛星通信の高速・大容量化技術とそれに伴うデータ処理技術の向上、環境配慮の燃料・材料技術、宇宙飛行士や宇宙機の環境制御・生命維持に必要なシステムの開発等