

宇宙技術戦略（令和6年度改訂） 概要

内閣府宇宙開発戦略推進事務局
令和7年3月25日

宇宙技術戦略の策定の趣旨

- 「宇宙基本計画」（令和5年6月13日閣議決定）に基づき、世界の技術開発トレンドやユーザーニーズの継続的な調査分析を踏まえ、安全保障・民生分野において横断的に、我が国の勝ち筋を見据えながら、我が国が開発を進めるべき技術を見極め、その開発のタイムラインを示した技術ロードマップを含んだ「宇宙技術戦略」を新たに策定した。
- 本戦略においては、「衛星」、「宇宙科学・探査」、「宇宙輸送」、加えて「分野共通技術」の分野について、安全保障や宇宙科学・探査ミッション、商業ミッション、また、それらミッションに実装する前段階の先端・基盤技術開発に加え、民間事業者を主体とした商業化に向けた開発支援について、開発の進め方や重要性を検討し、可能な範囲で示した。関係省庁における技術開発予算に加え、10年間で総額1兆円規模の支援を行うことを目指す「宇宙戦略基金」を含め、関係省庁・機関が今後の予算要求、執行において参照していくとともに、最新の状況を踏まえたローリングを行っていく。

宇宙技術戦略の概要

- 「宇宙基本計画」（令和5年6月13日閣議決定）に基づき、世界の技術開発トレンドやユーザーニーズの継続的・的確な調査分析を踏まえ、**安全保障・民生分野において横断的に、我が国の勝ち筋を見据えながら、我が国が開発を進めるべき技術を見極め、その開発のタイムラインを示した技術ロードマップを含んだ「宇宙技術戦略」を策定した。**
- **関係省庁における技術開発予算や10年間で総額1兆円規模の支援を行うことを目指す「宇宙戦略基金」を含め、関係省庁・機関が今後の予算要求、執行において参照していくとともに、毎年度最新の状況を踏まえ、ローリングを行っていく。**
- 必要な宇宙活動を自前で行うことができる能力を保持（「自立性」の確保）するため、下記に資する技術開発を推進：
 - ① 我が国の**技術的優位性**の強化
 - ② サプライチェーンの**自律性**の確保 等

衛星

防災・減災、国土強靱化や気候変動を含めた地球規模問題の解決と、民間市場分野でのイノベーション創出、SDGs達成、Society5.0実現をけん引：

- ① 通信
- ② 衛星測位システム
- ③ リモートセンシング
- ④ 軌道上サービス
- ⑤ 衛星基盤技術



大容量のリアルタイム伝送を可能にする光通信

宇宙科学・探査

宇宙の起源や生命の可能性等の人類共通の知を創出し、月以遠の深宇宙に人類の活動領域を拡大するとともに、月面探査・地球低軌道活動における産業振興を図る：

- ① 宇宙物理
- ② 太陽系科学・探査
- ③ 月面探査・開発等
- ④ 地球低軌道・国際宇宙探査共通



JAXA/TOYOTAが研究開発中の有人と圧ローバ(イメージ)

宇宙輸送

宇宙輸送能力の強化、安価な宇宙輸送価格の実現、打上げの高頻度化、多様な宇宙輸送ニーズへの対応を実現：

- ① システム技術
- ② 構造系技術
- ③ 推進系技術
- ④ その他の基盤技術
- ⑤ 輸送サービス技術
- ⑥ 射場・宇宙港技術



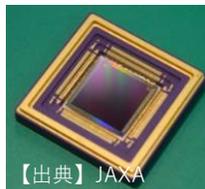
【出典】JAXA

CALLISTO(カリスト)プロジェクト：
日・仏・独の宇宙機関共同で、2026年度にロケット1段目の再使用を実施予定

分野共通技術

上記の衛星、宇宙科学・探査、宇宙輸送分野共通となる技術について、継続的に開発に取り組むことが、サプライチェーンの自律性確保、国際競争力強化の観点から不可欠：

- ① 機能性能の高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術（デジタルデバイス等）
- ② 小型軽量化とミッション高度化を支える機械系基盤技術（3Dプリンティング等）
- ③ ミッションの高度化と柔軟性を支えるソフトウェア基盤技術（AI、機械学習等）
- ④ 開発サイクルの高速化や量産化に資する開発・製造プロセス・サプライチェーンの変革
- ⑤ 複数宇宙機の高精度協調運用技術



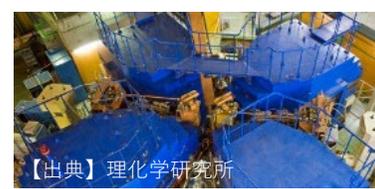
【出典】JAXA

宇宙用高性能デジタルデバイス
マイクロプロセッサ



【出典】OneWeb

製造試験ラインを自動化しているOneWeb衛星



【出典】理化学研究所

COTS品の活用に重要となる耐放射性試験等の環境試験

宇宙技術戦略 目次

1. 基本的考え方

- (1) 策定の趣旨
- (2) 重要技術の評価軸 (①衛星、②宇宙科学・探査、③宇宙輸送、④分野共通技術)
- (3) 技術開発支援の在り方
- (4) 策定プロセスとローリングの在り方

2. 衛星

I. 通信、II. 衛星測位システム、III. リモートセンシング、IV. 軌道上サービス、V. 衛星基盤技術

- (1) 将来像
- (2) 環境認識と技術戦略
 - i. 環境認識
 - ii. 技術開発の重要性と進め方

3. 宇宙科学・探査

I. 宇宙物理分野、II. 太陽系科学・探査分野、III. 月面探査・開発等、IV. 地球低軌道・国際宇宙探査共通

4. 宇宙輸送

- ① システム技術、② 構造系技術、③ 推進系技術、④ その他の基盤技術、⑤ 輸送サービス技術、⑥ 射場・宇宙港技術

5. 分野共通技術

- ① ハードウェア技術、② 機械系技術、③ ソフトウェア基盤技術、④ 開発・製造プロセス・サプライチェーンの変革、⑤ 複数宇宙機の高精度協調運用技術

2. 衛星 ～重要技術の評価軸～

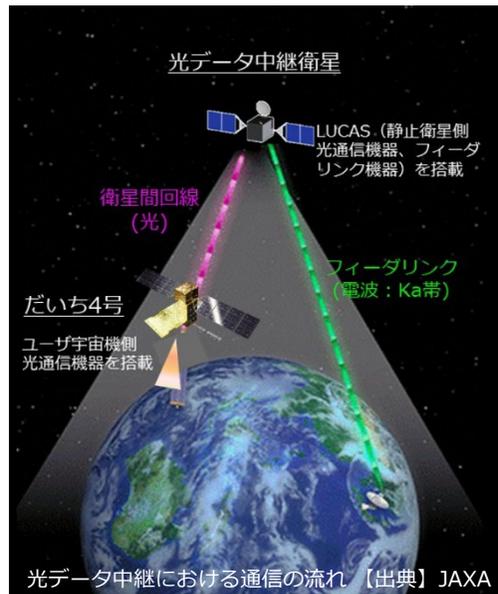
i.技術的優位性	機能・性能面、コスト・納期面での優位性
	開発ステージにおける先行性
	輸出可能性
	当該技術を保有又は保有しようとする企業等が、国際市場で勝ち残る意志と技術、事業モデルを有するか
	現在技術成熟度の低い技術であっても将来的に競争力の発展等に重要な技術として先行する研究開発が必要な技術であるか
ii.自律性	サプライチェーン上の代替困難度
	調達自在性のリスク
	衛星システム構築上のコア技術であるかどうか
	技術成熟度が低い技術であっても、将来的に自律性確保の観点から先行開発が必要な技術かどうか
iii.ユースケース	安全保障・民生分野横断的に、開発した先に当該衛星技術のエコシステムを支えるのに十分なユースケースや市場等が期待できるか

I.通信

- 宇宙の利活用が飛躍的に進み、扱う情報量が増大する中、国際周波数調整を行わずに大容量通信を可能にする衛星光通信は、利便性を高めるゲームチェンジャー技術として期待されている。
- 多様化する通信需要に柔軟に対応するため、デジタル化など衛星通信機器の高度化に取り組む。

衛星間や衛星と地上間における 光通信ネットワークシステム

- 高速・大容量通信が可能な衛星光通信を活用することで、観測データ等の大容量伝送やリアルタイム伝送も可能となり、宇宙データの活用の幅が広がる。



光データ中継衛星 (JDRS)
とALOS-4間の光衛星間通信
(1.8Gbps)の実証試験に成功

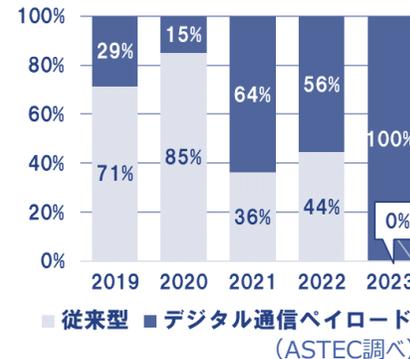


重要な技術開発:

- ✓ 衛星間光通信を用いた
データ中継サービスの実現
- ✓ 低軌道衛星間光通信
ネットワークシステム
- ✓ 光通信端末の国際競争力強化
(小型軽量化、相互接続技術等)
- ✓ 衛星光通信の一層の高速・大容量化
(補償光学、デジタルコヒーレント等)
- ✓ 高精度の計算・
シミュレーション環境の構築

大容量で柔軟な通信を提供する ためのペイロードの高度化

- 各軌道の世界の通信衛星市場における自立性への貢献等を見極めながら、通信衛星の機能柔軟化・高効率化等の需要に対応する技術開発を着実に実施。



世界の商用静止衛星の契約は
大半がデジタル通信ペイロードに



仏TAS社、仏Airbus社等、
フルデジタル通信ペイロード搭載衛星を
2025年以降に打上げ

重要な技術開発:

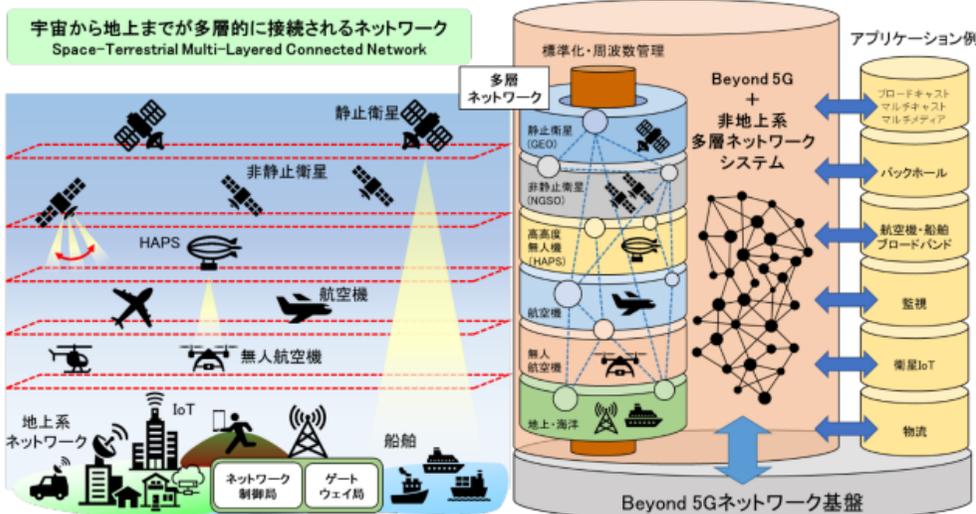
- ✓ デジタル化等によるペイロード高度化
- ✓ 高周波数帯の活用技術や
利用効率向上のための技術
- ✓ デジタルビームフォーミング等の要素技術

I.通信

- 地上系ネットワーク（地上基地局等）と非地上系ネットワーク（衛星通信、HAPS等）のシームレスな連携により、あらゆる場所に切れ目のない通信の提供が可能になることが期待される。
- 量子暗号等の秘匿性強化や通信経路の柔軟性向上等の抗たん性確保は引き続き重要。

地上系とのシームレスな連携を実現する 非地上系ネットワーク（NTN）技術

- 地上系・非地上系ネットワークの連携により、効率的な通信需要カバーや移動体への切れ目のない通信提供、ネットワーク冗長性確保等が可能となる。



【出典】情報通信研究機構(NICT)

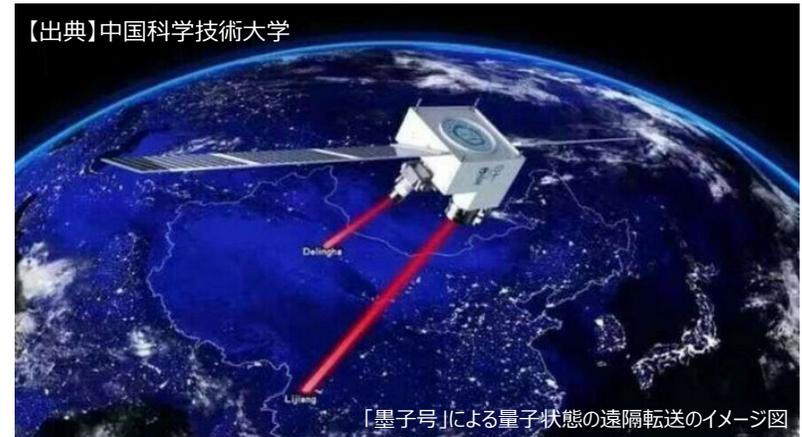
3GPPなどでもNTN技術の国際的標準化プロジェクトが進行中、衛星から携帯ダイレクト通信の商用化競争も激化している

重要な技術開発:

- ✓ 衛星の周波数と地上基地局の周波数の干渉防止技術
- ✓ 最適な地上/衛星基地局を端末が選択する制御・割り当て技術

秘匿性・抗たん性を確保する 通信技術

- 量子コンピュータによる従来の暗号アルゴリズムの安全性低下、傍受、妨害波やサイバー攻撃への対処は衛星通信においても重要。



中国は「墨子号」で世界最大規模の量子暗号配送網を構築

重要な技術開発:

- ✓ セキュリティ通信技術
- ✓ 光地上局の社会実装
- ✓ 衛星量子暗号通信技術

II. 衛星測位システム

- 準天頂衛星システムは、位置・時刻を提供する必要不可欠な社会インフラ。自動化・無人化等により、労働力不足等の社会課題の解決や、イノベーションによる経済の活性化が期待される。
- 我が国が測位能力を自立的に確保するため、必要な技術開発及び開発整備等に取り組む。

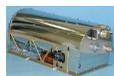
妨害・干渉に強い高精度な衛星測位システム

- 自律性等の観点から主要部品の国産化を図りつつ、測位精度やサービス品質を向上させる時刻・位置決定の高精度化等に取り組む。
- 他国の測位システムに劣後しない社会インフラを開発・維持することにより、我が国の測位能力を自立的に確保。

測位衛星に必要な機器の国産化（例：原子時計）

 GPS (米)  ガリオ (欧)	自国製の原子時計を 搭載
 グロース (露)  北斗 (中)	
 ナビック (印)	
 準天頂衛星システム (日本)	他国製の原子時計を 搭載

原子時計の 国産化が必要



水素メーザ
原子時計
【出典】ESA

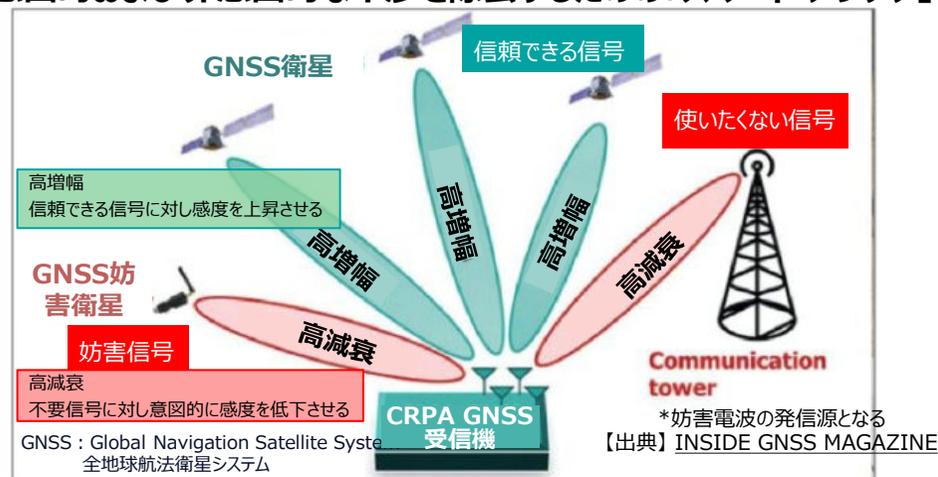
重要な技術開発:

- ✓ 準天頂衛星システムの7機体制に向けた開発・整備・運用、11機体制に向けた開発・高度化
- ✓ 時刻・位置決定の高精度化技術、維持運用効率化技術、小型・軽量・省電力化技術、妨害回避機能強化技術、低軌道衛星測位コンステレーション（LEO-PNT）や5GHz帯測位信号の技術獲得に向けた要素技術等

利用領域及びユーザの拡大に関する実証や技術の開発

- ユーザーの利用端末の高度化や抗たん性やセキュリティ耐性の強化を通じた、利用領域及びユーザーの拡大に関する実証や技術の開発に取り組む。
- 今後の関連市場の一層の広がり貢献。

意図的および非意図的な干渉を除去するための「スマート アンテナ」



重要な技術開発:

- ✓ MADOCA-PPPの実用サービス、SBAS運用による航空機の航行性能向上
- ✓ 受信機高精度化、信頼性・抗たん性、セキュリティ強化技術等

III. リモートセンシング

- 地球観測衛星の時間・空間・波長分解能が高まると同時に、ソリューション技術が発展する中、安全保障や防災・減災等、幅広いアプリケーション・サービスを実現。
- 我が国の多様な観測衛星の蓄積、スタートアップ等のエコシステムを活かし、新市場を形成する。

ニーズに即した情報を抽出するための複合的なトータルアナリシス技術

- 衛星観測データとドローンやIoTデータなど多様なデータとの組合せを可能に。
- 災害対応やインフラ監視、広域観要監視等への適用は自律性、新たな市場構築の観点から重要。

時間情報を拡張する星座技術等

- 小型衛星星座の登場で高頻度観測が可能となり、安全保障等の官需が商業化と市場拡大をけん引。
- アンカーテナンシーの追及とともに、更なる支援強化が必要。

<世界の観測衛星星座の一覧>

(2024年10月宇宙事務局調べ)

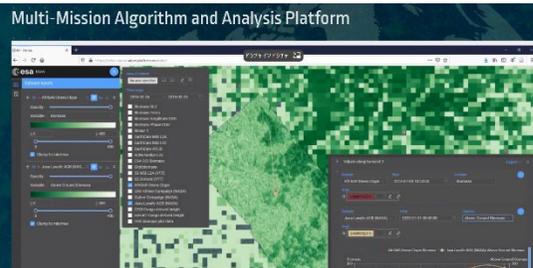
	会社名	Axelspace(日本)	Planet(米国) (DOVE)	Planet(米国) (SKYSAT, Pelican)	Maxar(米国)
光学衛星	分解能	2.5m	3.7m	0.57~0.3m	0.5~0.29m
	撮像範囲	55km	32.5x19.6km	6.6km ^{※3}	9km ^{※4}
	機数の実績(目標)	5機(12機) ©Axelspace	180機以上 (180機以上) ©Planet	22機(32機) ©Planet	8機(10機) ©Maxar
	会社名	QPS研究所(日本)	Synspective(日本)	ICEYE(フィンランド)	Capella(米国)
SAR衛星	分解能(Az×Rg) ^{※1}	0.46m×0.46m	0.25m×0.9m	0.25m×0.23m~	0.25m×0.38m~
	撮像範囲 ^{※2}	14x7km	50x20km	50x30km	100x10km
	機数の実績(目標)	6機(36機) ©QPS, Inc.	5機(30機) ©Synspective Inc.	38機(48機) ©ICEYE	14機(36機) ©Capella

※1 Spotlightモード、※2 Stripmapモード、※3 Skysatの値、※4 WorldView Legionの値

星座運用機数は欧米企業が先行するが、我が国は小型衛星星座スタートアップが複数存在、イメージングセンサ等に強み

重要な技術開発:

- ✓ 光学・SAR等の民間衛星星座の構築・社会実装
- ✓ 要素技術等
- ✓ 静止軌道上の高分解能光学衛星の開発・社会実装、要素技術開発



【出典】NASA/ESA

世界で衛星データを活用した機械学習・AI等の技術が進展



我が国は全世界デジタル3D地図サービスAW3Dを世界展開

重要な技術開発:

- ✓ リモセンデータ利活用による国土強靱化・地球規模課題への対応
- ✓ 防災分野等における社会実装検討
- ✓ モデル同化等解析技術、衛星データ数値情報化技術（APIでのデータ提供基盤構築等）、観測データ融合・複合解析技術による画像判読・変化検出、AI分析技術高度化
- ✓ 国際市場への展開も見据えた衛星データ利用システムの開発・実証
- ✓ 生成AI等最先端の情報科学との融合・活用を含めた開発

III. リモートセンシング

- イメージング画像の高度化、多様な波長/周波数情報の活用により、都市・地球デジタルツインの実現や、カーボンクレジット等へのデータ活用が可能に。

空間情報を拡張する光学/レーダ等の センサ開発技術

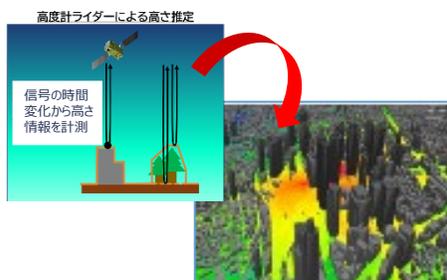
- 光学や合成開口レーダ（SAR）等の高解像度化、広域化等に加え、都市や地形、降水等の3次元的な理解が可能となることが期待される。
- 観測高度化のコア技術で、調達自在性確保が必要。



令和6年能登半島地震で、SAR解析（ALOS-2）で隆起を確認、欧米では30cm級の超高分解能光学画像を提供

重要な技術開発:

- ✓ 政府衛星（PMM(降水レーダ)）の着実な開発
- ✓ 光学や高度計ライダーセンサの高度化技術
- ✓ SAR、雲・降水レーダセンサの高度化技術
- ✓ その他要素技術（画像処理技術、超低高度技術等）



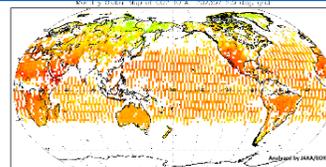
【出典】NTTデータ, included ©Maxar Technologies, Inc.

高度計ライダーと光学観測等で、3次元計測・将来予測が可能に

波長/周波数情報を拡張する センサ開発技術

- 気候変動科学に加え、近年活発化しているカーボンクレジットやESG、自然資本、船舶情報収集等へのデータ活用が可能に。
- 技術的優位性を活かした取組が必要。

地球規模の温室効果ガスの観測 (分光計測)



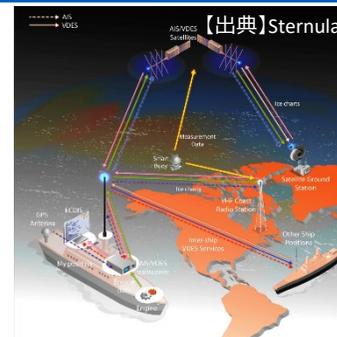
二酸化炭素 (CO2) 濃度
(GOSAT-2観測データ)

我が国はGOSAT/GOSAT-2に続き、2025年に分光計測・マイクロ波放射計計測技術を兼ねそろえるGOSAT-GWを打上げ予定

重要な技術開発:

- ✓ 小型・高感度の多波長センサ技術
- ✓ AIS/VDES観測技術及び電波情報収集技術（AIS高度化技術、VDES・電波情報収集技術、VDES小型衛星コンステレーションの社会実装に向けた取組等）

海洋状況把握/船舶情報収集 (船舶用双方向デジタル通信システム (VDES))



海外スタートアップでは、多様な波長/周波数情報を活用した産業排出源観測や船舶情報収集等の事業開発も進展

IV. 軌道上サービス

- 宇宙機やスペースデブリの増加で軌道環境が悪化する中、各国でデブリ除去・低減の技術開発とルール整備が進展している。宇宙環境の商業利用、安全保障上の観点でも、宇宙における軌道環境・物体の状態監視や遠隔検査技術、寿命延長技術に関する必要な技術開発を進めていくことが重要。

軌道上サービスの共通技術

- 軌道上サービスを提供するうえで、対象に安全かつ効率的に近づくRPO(※)技術、ロボットアームを制御するマニピュレータ技術等が重要。



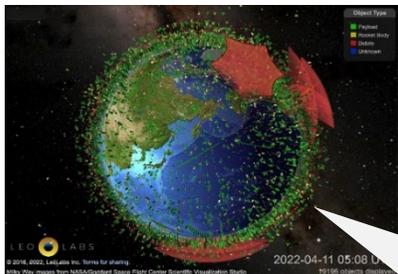
※RPO : Rendezvous and Proximity Operations
(ランデブー・近傍運用)

重要な技術開発:

- ✓ RPO技術やマニピュレータ技術等

軌道環境・物体の状態監視・遠隔検査技術

- スペースデブリの観測、軌道情報のデータベース化、人工衛星との接近解析、大気圏再突入予測技術等により安全な宇宙空間利用に貢献。



重要な技術開発:

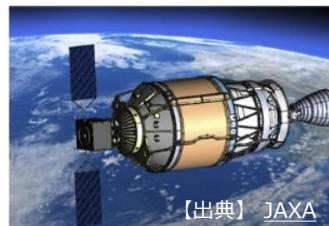
- ✓ SSA/SDA体制の構築
- ✓ 軌道上物体の検知・識別センサ
- ✓ 近傍撮像・診断技術

- ・赤エリア: 地上レーダーの覆域
- ・緑色の点: 運用中の衛星
- ・黄色の点: ロケット上段(デブリ)
- ・赤色の点: ロケット上段以外のデブリ

米LEO LABS社が提供する軌道環境・物体の状態監視サービス

デブリ除去・低減技術

- デブリ除去・低減技術の獲得により、安全で持続的な軌道環境の実現に貢献。



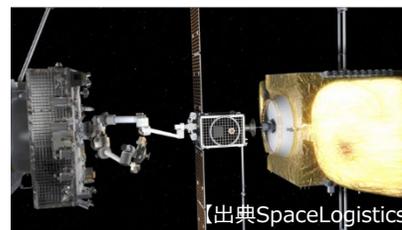
重要な技術開発:

- ✓ デブリ除去技術
(非接触型、受動的デブリ除去技術等)
- ✓ 衛星等の軌道離脱のための技術

2026年度以降、CRD2 (商業デブリ除去実証) フェーズIIにおいて、ロケット上段の捕獲除去を予定

衛星の故障や推薬枯渇に対応した協力物体への寿命延長技術

- 軌道上の人工衛星への燃料補給等の寿命延長技術でミッションの追加や変更を可能に。



重要な技術開発:

- ✓ 衛星の寿命延長のための燃料補給技術

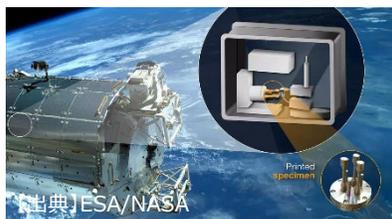
Intelsat社はSpaceLogistics社(Northrop Grummanの子会社)に燃料補給による衛星の寿命延長サービスを発注。

IV. 軌道上サービス

- 宇宙空間での製造や組立、軌道間輸送技術の進展により、宇宙輸送や衛星利用、探査活動を含む宇宙ロジスティクスの可能性が大幅に拡大している。これに伴い、広範な宇宙インフラ・サービスの実現や宇宙太陽光発電や宇宙環境予測などを含む新たな市場の創出が期待されている。

軌道上修理、交換、製造組立技術

- 寿命となった部分を修理・交換することにより、衛星の運用継続が可能に。また、軌道上の製造組立技術により、超大型構造物の製造が可能に。

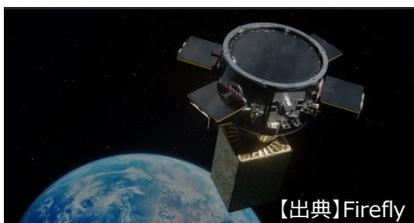


- 重要な技術開発:**
- ✓ 3Dプリンティングやロボティクスの要素技術

Airbus社は金属3Dプリンターを宇宙環境（ISS内）で初めて実証

軌道間輸送・宇宙ロジスティクス技術

- あらゆる宇宙システムの効率的な物流手段として期待される多様な軌道間の航行・運用技術。

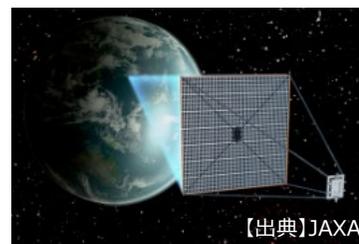


- 重要な技術開発:**
- ✓ 軌道間輸送に係る要素技術、
 - ✓ システムインテグレーション技術
 - ✓ ドッキング、長寿命化等に係る要素技術
 - ✓ 多目的最適化モデル技術
 - ✓ 軌道上サービスの総合アーキテクチャ

Firefly社はあらゆる軌道への物流を可能にするプラットフォームを開発

宇宙太陽光発電システム

- 太陽光発電の電力をマイクロ波やレーザーで、地上や月面、宇宙機等へ伝送し、エネルギー源に活用。

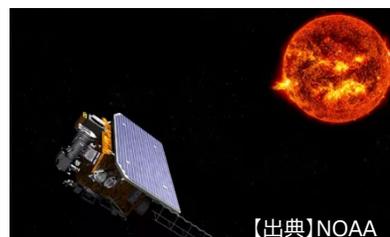


- 重要な技術開発:**
- ✓ 無線電力伝送技術
 - ✓ 展開構造機構技術

宇宙太陽光発電システムのイメージ

宇宙環境観測・予測技術

- 宇宙環境観測・予測技術により、太陽活動等を捉え宇宙システムの安定利用に貢献。



- 重要な技術開発:**
- ✓ 宇宙環境観測センサ技術
 - ✓ 宇宙天気予報の高度化・利用拡大

米NOAAは2025年に太陽風常時監視衛星打上げを予定

V. 衛星基盤技術

- 衛星に関する基盤技術として、SDS(ソフトウェア定義衛星)、衛星の小型軽量化・高度化を支える電気系・機械系技術、地上システムの運用高度化等に資する技術開発が進展。
- 国産化も見据えて開発していくことが重要。

SDS基盤技術

- SDS※は軌道上でアプリケーション更新を行うことで、変容する需要に柔軟に対応することを意図した衛星。今後の衛星システム構築のコア技術になると想定される。

※ Software Defined Satellite



【出典】Unibap

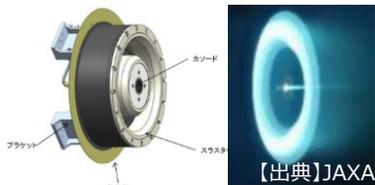
COTS品活用で大幅に演算能力を向上させた宇宙用高性能計算機

重要な技術開発:

- ✓ SDS基盤技術 (フルデジタル通信ペイロードの開発、オンボード処理能力の拡張等)

機械系基盤技術

- 推進系、熱制御系、構造系の基盤技術が、衛星の小型軽量化とミッション要求の多様化・高度化を支える。



【出典】JAXA

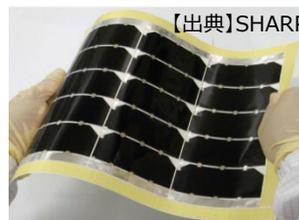
ウクライナ侵略により調達性が悪化する高推力の電気推進ホールスラスタをETS-9で開発

重要な技術開発:

- ✓ 大型ホールスラスタ
- ✓ 小型ホールスラスタ、レジストスラスタジェット
- ✓ マイクロ電気推進スラスタ
- ✓ 高効率排熱システム (2相流)
- ✓ 展開型ラジエータ

電気系基盤技術

- 電気系基盤技術は、衛星コンステレーションの普及等を背景に、小型軽量化とミッション高度化を支える。



【出典】SHARP

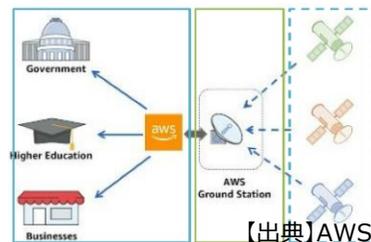
国産太陽電池セル開発の要請大

重要な技術開発:

- ✓ 電源システム開発
- ✓ フラットパック及び薄膜太陽電池パドル
- ✓ 小型衛星向け太陽電池パドル
- ✓ 国産太陽電池セル
- ✓ 統合姿勢制御ユニット
- ✓ GNSS受信機、スタートラッカー 等

地上システム基盤技術

- 衛星の運用自動化や地上局仮想化といった、地上システム基盤技術の開発が進む。



重要な技術開発:

- ✓ 衛星運用の自律化・自動化技術 (運用計画のオンボード化、自動不具合対処技術、地上局仮想化技術、各技術の組み合わせによる効率化・最適化)

地上局仮想化技術: これまで衛星毎に整備していた地上局を仮想(クラウド)化・共有する

3. 宇宙科学・探査 ～重要技術の評価軸～

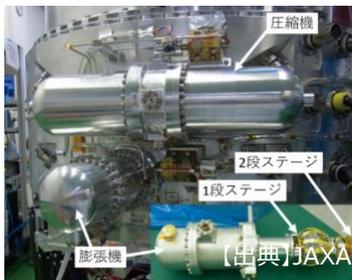
i .技術的優位性	当該技術がコアとなって実現されるミッションの成果が科学的に高い評価を得られるか
	機能・性能面で優位であるか（今後、優位性を獲得しうるか）
	当該技術がコアとなって実現される国際貢献により、我が国のプレゼンスを発揮・向上できるか
	宇宙科学・探査ミッションとして具体化する段階にあたっては、世界的な科学的成果が得られるか
	コスト・納期面を含め技術的に実現可能性があるか
ii .自律性	地球低軌道活動や月面活動等については、将来の活動の進展に応じた基盤整備や市場創出につながる可能性があるか
	サプライチェーン上の代替困難度
	調達自在性のリスク
	システム構築上のコア技術であるかどうか
iii .緊要性	国内需要を支える意思や計画を有するか
	既にミッション化したものであるか
	国際的な枠組みの中で、我が国として研究開発することをコミットしているか

I. 宇宙物理分野

- JWST（ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡）の後継計画など、超大型宇宙望遠鏡プロジェクトが、我が国を含む国際協力によって進展。
- 我が国の強みや特徴ある技術を発展させ、日本独自の尖鋭的な中・小型計画を実施し、国際大型計画だけでは開拓できない革新的な成果創出を目指す。

宇宙用冷却技術

- 我が国の強みであるX線天文衛星等を**低ノイズ・高感度化する冷却技術**。



XRISMに搭載された
2段スターリング冷凍機

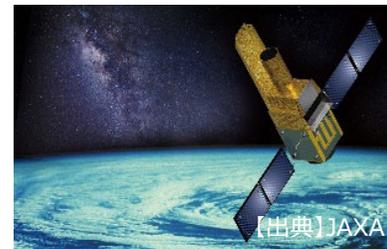
重要な技術開発：

- ✓ **冷媒を使わない冷却技術**
宇宙望遠鏡を冷却することで、熱などのノイズを低減させる。

- X線分光撮像衛星（XRISM）等において、我が国の冷媒を使わない冷凍機の手法が使用され、高感度な観測を実現した。
- 海外では、欧米や中国が、XRISMで用いられた手法の研究開発を進めている。

観測技術

- 宇宙空間での**高感度観測と地上でのデータ解析**を可能にする技術。



国産の赤外線検出器による
赤外線位置天文観測衛星
(JASMINE)

重要な技術開発：

- ✓ **調達困難な赤外線センサ等の宇宙用センサシステム技術** 等

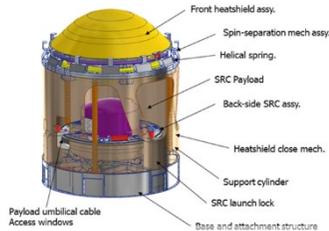
- 我が国はX線/赤外線天文衛星を始めとする宇宙科学ミッションを多数実現してきている。
- これまで、近赤外線センサは限られた米国企業のみからしか調達できなかったが、一部の波長帯では国内企業もこれに比肩し得る検出器の開発を進めている。

Ⅱ. 太陽系科学・探査

- 太陽系科学分野は、太陽系と生命の起源と進化を解明することを目指しており、各国の惑星・小天体探査を通じて科学的知見の蓄積が進む。
- 萌芽的な基礎研究の中から、独創的な研究領域や先鋭的な技術を見出し、開拓・開発することで、我が国の新たな強みとして育てていく。

サンプルリターン技術

- 火星衛星探査（MMX）や、国際共同計画により、彗星、生命が生息する可能性がある天体から**サンプル**を回収し、分析する技術。



構想中の彗星からの
サンプル回収カプセル

【出典】JAXA

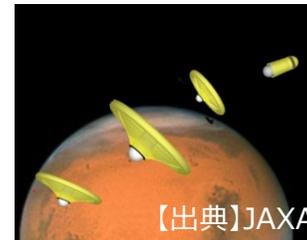
- 現在、サンプルリターン計画として、MMXを進めている我が国は、この分野を先導する立場にある。
- 海外では、NASAの小惑星探査機OSIRIS-Rexが帰還し、また火星サンプルリターン（MSR：Mars Sample Return）計画が進行中である。

重要な技術開発：

- ✓ ターゲットとなる天体に応じたサンプルリターン技術
- ✓ サンプルの高度な分析技術等

大気突入・空力減速・着陸技術

- 火星などの**大気惑星**への安価で**確実性の高い着陸技術**。



【出典】JAXA

大気突入に使用する 展開型エアロシェル

重要な技術開発：

- ✓ 大気圏突入技術
- ✓ 空気抵抗による減速技術
- ✓ 逆噴射による軟着陸技術等

- 火星などの大気重力天体で必要となる大気圏突入・空力減速技術は、「はやぶさ」のサンプルリターンカプセルなどの数例の実績しか有していない。
- 火星探査は、現状、米国の独壇場で、多くの探査機を火星表面に送り込んでいる。
- その間、欧州、ロシア、中国も、火星着陸に挑戦しているが、その成功率は少なく、中国が2021年に「祝融号」を着陸させたのが、米国以外での唯一の成功例である。

Ⅱ.太陽系科学・探査

- 太陽系科学分野は、太陽系と生命の起源と進化を解明することを目指しており、各国の惑星・小天体探査を通じて科学的知見の蓄積が進む。
- 萌芽的な基礎研究の中から、独創的な研究領域や先鋭的な技術を見出し、開拓・開発することで、我が国の新たな強みとして育てていく。

深宇宙軌道間輸送技術

- 火星など多様な行き先に対応する輸送サービス実現に向けた安価で共用性の高い物資輸送技術。



多様なニーズ・ユースケースでの
OTV活用等のイメージ

重要な技術開発：

- ✓ 非測位環境下でのドッキング技術 等

- 深宇宙輸送が可能な国は限られており、惑星間「往復」航行に至っては日米のみが実現している。
- シスルナ以遠を目指す民間企業も現れる中、低コストかつ信頼性が高い深宇宙への輸送ニーズや、月や火星への多様な個別輸送ニーズも潜在していると考えられる。

表面等探査技術

- 火星など生命生息可能性がある天体の探査に必要な探査技術。



惑星保護イメージ

重要な技術開発：

- ✓ 大気・表層・磁気等観測技術
- ✓ 惑星保護技術 等

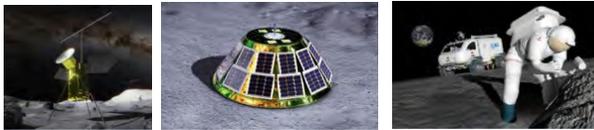
- 我が国は惑星保護技術の要素技術の開発に着手した段階。NASAは、すでに微生物汚染管理下で、火星着陸探査を実施中。
- 火山大国である我が国が培った地下の水やマグマの動態を探る磁場計測等の探査技術を火星などにおいて活用可能。

Ⅲ.月面探査・開発等

- 人類の恒常的な活動領域が深宇宙に拡大することを目指した、アルテミス計画が進捗する。
- 国際パートナーとともに、持続的な月面探査（限られた資源を効率的に探査・利用する技術）と、基盤技術の開発を進めていく。

月面科学に係る技術

- 地球上ではできない天体観測を実現する**月面天文台**、月の起源・進化を解明する**月震計ネットワーク**、**月サンプル分析**等を実現する技術。



【出典】JAXA

観測・分析機器のイメージ
(左から、月面天文台、月震計、月サンプル分析)

重要な技術開発：

- ✓ **小型の受信アンテナ技術**
- ✓ **小型・高感度地震計技術**
- ✓ **小型サンプル分析技術 等**
- 米国、ロシアや中国は、月面活動を通じて月面での科学や探査技術を獲得している。

月着陸技術

- **探査や物資輸送を行うために、月面の目標とする場所へ安全に着陸する技術。**



【出典】
ispace

月面着陸機（イメージ）

重要な技術開発：

- ✓ **航法誘導制御技術** ✓ **降着系技術 等**
- ✓ **障害物検知技術**
- 我が国は小型月着陸実証機（SLIM）により世界に先駆けて100m以内の高精度着陸技術の実証を達成しており、優位性を有する。
- 持続的な有人月面活動の候補地点として月極域に期待が集まっている。

エネルギー技術

- **長期間の月面滞在を可能とするための発電・蓄電・送電技術。**



【出典】
TOYOTA

展開収納型太陽電池タワー（イメージ）

重要な技術開発：

- ✓ **発電技術**
- ✓ **蓄電技術 等**

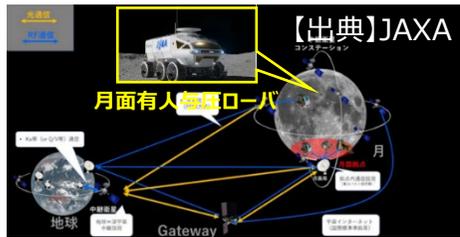
- 我が国では、月・火星探査の本格化に向けた発電技術・蓄電技術・送電技術の研究開発に取り組んでいる
- 米国や欧州では、熱電素子や変換効率の高いスターリングエンジンの研究が行われている。

Ⅲ.月面探査・開発等

- 人類の恒常的な活動領域が深宇宙に拡大することを目指した、アルテミス計画が進捗する。
- 国際パートナーとともに、持続的な月面探査（限られた資源を効率的に探査・利用する技術）と、基盤技術の開発を進めていく。

月通信・測位技術

- 月圏内や月-地球圏の間における通信や、月面・月周回軌道上でリアルタイムに測位を行うための技術。



月-地球圏の通信イメージ

重要な技術開発：

- ✓ 大容量リアルタイム通信技術
- ✓ 小型軽量化技術
- ✓ 惑星間インターネット技術
- ✓ 月測位システム技術
- ✓ 月面拠点内のRF通信技術 等

- 月面探査における通信測位技術は、国際的に協調して共通のインフラや規格を共同利用する方向で調整が進められている。

月表面探査技術

- 月面着陸後の人・物の移動機能や、耐環境機能、作業支援機能を提供し、**広域・長期の月面探査活動**を実現する基盤技術。



重要な技術開発：

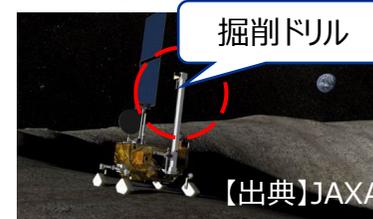
- ✓ 航法誘導制御技術
- ✓ 耐環境技術
- ✓ 走行機構技術
- ✓ 作業支援技術 等

月・火星のローバでは米・ロ・中にも実績があり、後続では欧州、インド等で取り組みが進んでいる。

JAXA/トヨタが研究開発中の
有人与圧ローバ（イメージ）

月資源開発技術

- 水資源を含む資源探査や、資源利用に必要となる施設・設備等の整備のための事前調査を行うための技術。



重要な技術開発：

- ✓ 月周回資源探査技術
- ✓ 月面資源探査技術 等

月極域探査機（LUPEX）プロジェクトのイメージ

- 月を活動拠点とする際にはエネルギー源の確保が極めて重要であり、その資源として「水」が有力視されている

月資源利用技術

- 持続可能な月面探査の実現に向けて、**月面の資源を効率的に利用**するための技術。



重要な技術開発：

- ✓ 水資源利用技術
- ✓ 宇宙無人建設技術
- ✓ 月面での食料生産技術 等

- 2022年10月にISECGより公表された「国際宇宙探査ロードマップ追補版2022」において、月面の氷含有レゴリスを原料として、月周回有人拠点「ゲートウェイ」と月面拠点間の往復に使用する宇宙機の推薬を月面で生成する構想等が掲げられている。

IV.地球低軌道・国際宇宙探査共通

- 米国では、ポストISSの地球低軌道活動に向け、複数の商業宇宙ステーションの構想検討・開発が進められており、欧州はこれらと連携しようとしている。
- ポストISSにおける活動の場となる拠点の構築に必要な技術やそこでの活動を支える技術の開発を進めてゆく。

物資補給技術

- アルテミス計画における月周回拠点（Gateway）やポストISS商業宇宙ステーション等への物資補給に必要な技術



改良型HTV-X（想像図）



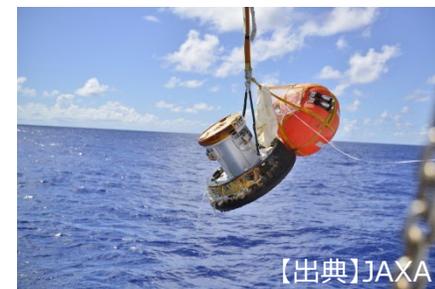
ISSに自動ドッキングする米国宇宙船 Crew Dragon(SpaceX社)

回収・往還技術

- ポストISS商業宇宙ステーションからの物資回収や有人往還に必要な技術



地上に帰還する米国宇宙船 Crew Dragon(SpaceX社)



回収される HTV搭載小型回収カプセル

重要な技術開発：

✓ 自動ドッキング技術 ✓ 航法誘導制御技術 ✓ 補給能力向上技術 等

- ・ 我が国は、宇宙ステーション補給機（HTV）や新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の開発・運用等により、物資補給技術を獲得・蓄積してきた。
- ・ 世界では、地球低軌道への物資補給技術は、我が国の他に米露欧中が保有している（欧州のATVは運用終了）。

重要な技術開発：

- ✓ 物資回収技術 等
- ・ 我が国では、HTV7号機に搭載した小型回収カプセル（HSRC）により、ISSからの宇宙実験サンプルの保冷回収に成功した。
- ・ 米国では、SpaceX社がISS向け物資補給・回収機とISS向け有人往還機を運用中。欧州では、ポストISS拠点への物資補給・回収技術の獲得を目指した取り組みが進められている。

IV.地球低軌道・国際宇宙探査共通

- 米国では、ポストISSの地球低軌道活動に向け、複数の商業宇宙ステーションの構想検討・開発が進められており、欧州はこれらと連携しようとしている。
- ポストISSにおける活動の場となる拠点の構築に必要な技術やそこでの活動を支える技術の開発を進めてゆく。

有人宇宙滞在・拠点システム技術

- 日本独自の低軌道活動を自在に行える場の確保に必要な**拠点システム技術**。
- 有人宇宙滞在に不可欠な**環境制御**や**生命維持**に不可欠な**システム技術**

HTV-Xを活用した
モジュールイメージ



【出典】JAXA

重要な技術開発：

- ✓ 有人宇宙拠点構築技術
- ✓ 生命維持・環境制御技術
- ✓ 有人活動支援技術
- ✓ 健康管理技術
- ✓ 有人宇宙施設運用技術
- ✓ 有人宇宙活動搭乗員訓練技術
- ✓ 有人宇宙活動安全評価・管理技術等

ポストISS地球低軌道拠点イメージ例

- 米国では、ポストISSの地球低軌道活動に向け、複数の商業宇宙ステーションの構想検討・開発が進められており、欧州はこれらと連携しようとしている。
- 中国、ロシア、インドには独自の低軌道拠点を構築・確保しようとする動きがある。

宇宙環境利用・宇宙実験技術

- 民間による低軌道利用サービスの競争力向上に資する**宇宙環境利用技術**。

地上



微小重力空間

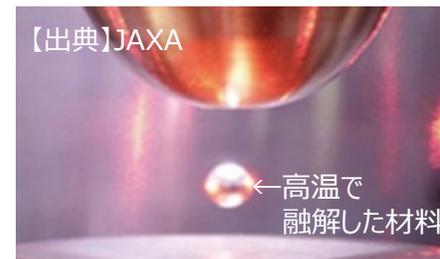


生成されたタンパク質の結晶

重要な技術開発：

- ✓ 宇宙実験コア技術
- ✓ 宇宙実験装置/船内・船外利用効率化技術
(軌道上高度データ処理技術、高速通信技術)等

【出典】JAXA



←高温で融解した材料

微小重力環境下で、融解した材料の測定

- 米国、欧州、ロシアもそれぞれ宇宙環境利用を行っており、中国も独自の宇宙ステーションにおける宇宙実験を加速させている。
- 高い独自性を有する我が国の宇宙環境利用・宇宙実験技術の更なる発展のためには、宇宙環境利用の拡大が急務であり、学术界や産業界における利用促進への取組も重要。

4. 宇宙輸送 ～重要技術の評価軸～

i. 技術的優位性	宇宙輸送能力（打上げ能力）の強化
	安価な宇宙輸送価格の実現（打上げ価格の低減）
	打上げの高頻度化
	技術を保有又は保有しようとする企業等の国際市場で勝ち残る意思とビジネスモデル
	技術成熟度が低い技術であっても、競争力の強化にむけて、先行開発が必要な技術かどうか
ii. 自律性	サプライチェーン上の代替困難度
	調達自在性のリスク
	システム構築上のコア技術であるかどうか
	技術成熟度が低い技術であっても、将来的に自律性確保の観点から先行開発が必要な技術かどうか
iii. 多様な宇宙輸送ニーズへの対応	様々なペイロードへの対応（衛星、実験機材、食料、燃料、構造物、ローバ、宇宙飛行士、ロボット等）
	多様な宇宙輸送ルートの実現（高速二地点間輸送、軌道間輸送、洋上打上げ、宇宙旅行、月・火星等）
	柔軟かつタイムリーな打上げ機会の提供
	信頼性の高い宇宙ロジスティクスの提供
	当該技術にかかる市場セグメントの市場性や将来性が期待できるかどうか
	宇宙輸送ハブとしての射場・宇宙港の機能強化

宇宙輸送①（システム技術・構造系技術）

- これまで我が国が蓄積・継承したシステム技術を更に発展させ、我が国全体の技術基盤を確立させ、宇宙輸送システムに関わるイノベーションを促進させる。
- 機体の製造期間短縮や機体軽量化を実現し、製造コストの低減や打上げ能力の向上へ繋げる。

システム技術

- システム技術は、ロケット開発に関わる高度な技術とノウハウの塊。国内における技術継承や経験蓄積を図り、将来の事業拡大にむけた大量生産技術に対応させる。
- MBSEの導入により、アジャイルな開発を実現し、調達から設計・開発・運用・製造までのプロセスを最適化する。

重要な技術開発：

- ✓ システムインテグレーション技術
- ✓ MBSE技術（Model-Based Systems Engineering）



MBSEによりアジャイルなロケット開発や全体プロセスの最適化を実現する。

構造系技術

- 3Dプリンタや複合素材を用いたロケットの大型構造体（エンジンやタンク等）の製造・成型、火薬を用いない機体や衛星、フェアリングの分離機構に関わる技術。
- 製造期間の短縮や機体重量の軽量化により、製造コストの低減や打上げ能力の向上が期待される。

重要な技術開発：

- ✓ 3D積層技術
- ✓ 複合素材成型技術
- ✓ 非火工品分離機構技術



米Relativity Space社はエンジンを含むロケットの機体全体を3Dプリンタで製造するなど、多くの企業でロケット製造への新たな技術の活用が進展。



我が国ではイプシロンロケットのモータケースやH3ロケットの衛星フェアリングへCFRPを活用。

宇宙輸送②（推進系技術・その他の基盤技術）

- 打上げ能力を強化し、運用性を向上させることで、ロケットの再使用化や月・火星等への大型貨物の輸送、その先の完全再使用化や高速二地点間輸送へ繋げる。
- 再使用型ロケットや自律飛行安全技術など、新たな宇宙輸送技術の導入により、打上げの高頻度化や打上げコストの低減へと繋げる。

推進系技術

- 液化メタンエンジンの開発や、エンジンの大推力化を通じ、ロケットの再使用や月・火星等へ大型貨物の輸送を実現する。
- 革新的な推進系（エアブリージングエンジン等）の開発を通じ、高速二地点間輸送や軌道間輸送、完全再使用へと繋げる。



【出典】 ULA
米ULA社は液化メタンロケット（ヴァルカン）を開発し、24年1月に初打上げに成功。



【出典】 インターステラテクノロジズ
インターステラテクノロジズ社は液化バイオメタンを燃料としたエンジンの燃焼試験に成功。

重要な技術開発：

- ✓ 液化メタンエンジン
- ✓ エアブリージングエンジン
- ✓ デトネーションエンジン
- ✓ 固体モータ量産化技術
- ✓ 液体水素エンジン
- ✓ 液体エンジンの大推力化技術
- ✓ 低毒推進薬技術



【出典】 SpaceX
米SpaceX社は、大推力の液化メタンエンジンを33基組み合わせさせた超大型ロケットを開発。

その他の基盤技術

- 再使用型ロケットは、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。
- 自律飛行安全の実現を通じて、地上の設備・要員・運用コストの大幅な縮減やロケット飛翔時の安全確保を実現する。



【出典】 SpaceX
米SpaceX社は2024年末までに、371回のロケット一段目の帰還に成功。多くのロケット企業が再使用ロケットの開発に取り組む。



【出典】 JAXA

我が国では、仏・独の宇宙機関との共同プロジェクト（CALLISTO）において、機体再使用に必要な技術獲得を目指す。

重要な技術開発：

- ✓ **アビオニクス系**
（オンボード自律飛行安全技術、アビオニクス機器の小型化技術、打上げ運用の効率化技術）
- ✓ **再使用型ロケット**
（熱防護技術、超音速風洞技術、空力設計技術、長寿命液体エンジン技術、帰還時誘導飛行制御技術、推進薬マネジメント技術、ヘルスマニタ技術、着陸機構技術洋上回収技術、回収した機体の点検・整備技術）
- ✓ **スペースデブリ低減**
（オンボード制御再突入技術、飛行安全解析技術、PMD(Post Mission Disposal)技術、スラグ低減技術）
- ✓ **製造プロセスの刷新**
（難加工・特殊加工の効率化、組立作業の自動化、効率的な品質保証技術）

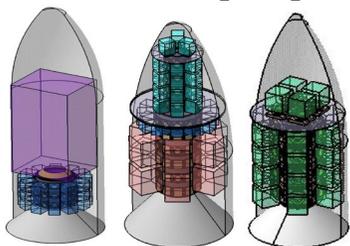
宇宙輸送③（輸送サービス技術、射場・宇宙港技術）

- 宇宙における活動領域が拡大するにつれ、宇宙へ運ぶペイロードが大型化・多様化し、宇宙輸送ルートも、軌道間輸送や高速二地点間輸送など多様なニーズが登場する。
- 射場・宇宙港では、高頻度打上げが実現。さらに、ロケット・宇宙機の帰還拠点としても重要な役割を果たす。他産業とのオープンイノベーションにより、価値創造や地方創生を進展させる。

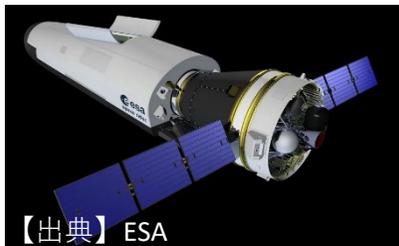
輸送サービス技術

- ペイロードの大型化・多様化（衛星、実験機材、食料、燃料、構造物、宇宙飛行士等）に対応し、多様な輸送ルート（軌道間輸送、有人輸送、高速二地点間輸送等）を実現する技術開発を通じて、宇宙輸送サービスに関するイノベーションを創出し、多様な輸送ニーズに対応する。

【出典】 JAXA



顧客ニーズに応じ、様々な搭載方式に対応する搭載技術を開発。



【出典】 ESA

欧州宇宙機関（ESA）は、再利用可能な軌道間輸送機の開発を推進。

重要な技術開発：

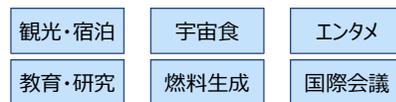
- ✓ **多様なペイロードへの対応**
（複数衛星搭載技術、ペイロード・インターフェース効率化技術、フェアリングの大型化技術）
- ✓ **軌道間輸送**
（推進薬保持・補給技術、ランデブー・ドッキング技術、高機動バス技術）
- ✓ **有人輸送技術**
（環境制御・生命維持装置の基盤技術、異常検知や緊急退避の基盤技術）
- ✓ **高速二地点間輸送**
（トポロジー最適化設計技術、水平着陸機構技術）

射場・宇宙港技術

- 宇宙輸送の拠点となる射場・宇宙港において、打上げ運用、追跡管制、地上支援などの機能強化を図り、多様な宇宙輸送サービスを我が国が実現させる。
- 宇宙港を宇宙ビジネスのハブ拠点として、周辺産業との連携・協業を促し、新たな価値創造と地方創生へ繋げる。



宇宙ステーションからの往還機の着陸拠点として、国内空港の活用を検討。



重要な技術開発：

- ✓ **打上げ運用**
（ロケット打上げ運用技術、射場安全確保技術、保安距離算定技術）
- ✓ **追跡管制**
（地上局の共同利用技術、衛星や専用船を用いたテレメトリ技術）
- ✓ **地上支援**
（ロケット・射場間のインターフェース共通化技術、打上げ時の環境予測精度の向上技術、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、ロケット燃料生成技術、飛行実験場技術）
- ✓ **運用・管理等のスマート化**
- ✓ **宇宙港価値創造技術**

5. 分野共通技術 ～重要技術の評価軸～

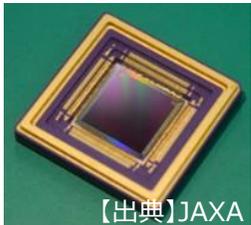
i. 技術的優位性	機能・性能面、コスト・納期面での優位性
	開発ステージにおける先行性
	輸出可能性
	当該技術を保有又は保有しようとする企業等が、国際市場で勝ち残る意志と技術、事業モデルを有するか
	現在技術成熟度の低い技術であっても将来的に競争力の発展等に重要な技術として先行する研究開発が必要な技術であるか
ii. 自律性	サプライチェーン上の代替困難度
	調達自在性のリスク
	システム構築上のコア技術であるかどうか
	技術成熟度が低い技術であっても、将来的に自律性確保の観点から先行開発が必要な技術かどうか
iii. ユースケース	安全保障・民生分野横断的に、開発した先に当該衛星技術のエコシステムを支えるのに十分なユースケースや市場等が期待できるか

分野共通技術

- 衛星、宇宙科学・探査、宇宙輸送の分野に共通する基盤技術開発に取り組むことで、分野・組織の縦割りを排し、リソースの有効活用を図ることが必要。
- ハードウェア技術、システム開発・サプライチェーン変革等について重要な技術開発事項を特定した。

ハードウェア技術

- 軌道上での画像処理等の高度なデジタル機能を持つ衛星の開発が進む中、中核技術であるデジタルデバイス等、機能性能の高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術。



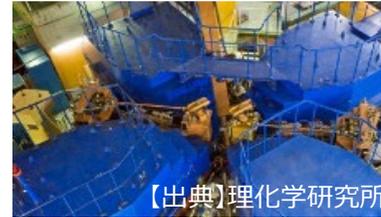
重要な技術開発:

- ✓ 宇宙耐性のある国産デバイス開発 (ナブリッジFPGA、ダイヤモンド半導体)
- ✓ 高性能バッテリー (液系)

低消費電力、耐放射線設計の宇宙用高性能デジタルデバイス(MPU試作品)をJAXAが開発

システム開発・製造プロセス・サプライチェーンの変革

- 開発サイクルの高速化や量産化に向け、COTS品の宇宙転用拡大でより進展の早い非宇宙分野の技術を宇宙分野に適用することが進展。



【出典】理化学研究所

COTS品を宇宙機に適用するために、耐放射線性、耐真空性、耐熱性等の環境試験等が必要



【出典】OneWeb

製造試験ラインを自動化する動き

重要な技術開発:

- ✓ MBSE/MBD技術開発・実証、デジタルツインの活用
- ✓ 宇宙機・部品・コンポーネントの量産化技術開発、コンポーネント等の高頻度での軌道上実証
- ✓ 環境試験手法の最適化・効率化、環境試験設備の導入

機械系技術

- アジャイルな宇宙開発が求められる中、3D プリンティング等の宇宙機製造技術の高度化が進む。



【出典】Boeing

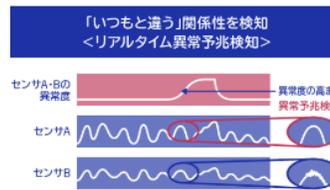
重要な技術開発:

- ✓ 3Dプリンティング活用研究開発
- ✓ 極低温冷凍機
- ✓ 高機能アクチュエータ

3Dプリンティング技術によって宇宙機構造の最適化や複雑な形状を実現

ソフトウェア基盤技術

- AI、機械学習等、ミッションの高度化と柔軟性を支えるソフトウェア基盤技術。



【出典】NEC

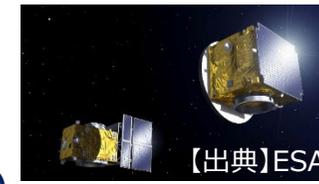
多数のセンサデータを活用した異常検知AI技術

重要な技術開発:

- ✓ AI分析技術開発 (衛星AISやSAR、電波監視衛星等を活用したAIシステム)

複数宇宙機の高精度協調運用技術

- 互いの相対位置・姿勢を制御しながら高精度に協調する編隊飛行技術。



【出典】ESA

太陽コロナ観測のため、遮光衛星と観測衛星で編隊飛行計画が進行中

重要な技術開発:

- ✓ 編隊飛行技術の高度化(フォーメーションフライト)の要素技術開発