

宇宙技術戦略(令和6年度改訂) 改訂のポイント(案)

2025年2月28日

内閣府宇宙開発戦略推進事務局

宇宙技術戦略の概要

令和6年3月28日
宇宙政策委員会

- 「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**」を新たに策定した。
- **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たローリング**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

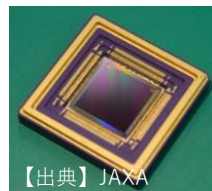


CALLISTO(カリスト)プロジェクト：日・仏・独の宇宙機関共同で、2025年度にロケット1段目の再使用を実施予定

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：

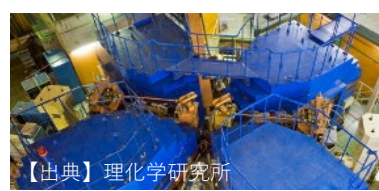
- ① 機能性能の高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術（デジタルデバイス等）
- ② 小型軽量化とミッション高度化を支える機械系基盤技術（3Dプリンティング等）
- ③ ミッションの高度化と柔軟性を支えるソフトウェア基盤技術（AI、機械学習等）
- ④ 開発サイクルの高速化や量産化に資する開発・製造プロセス・サプライチェーンの変革
- ⑤ 複数宇宙機の高精度協調運用技術



宇宙用高性能デジタルデバイス
マイクロプロセッサ



製造試験ラインを自動化しているOneWeb衛星



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

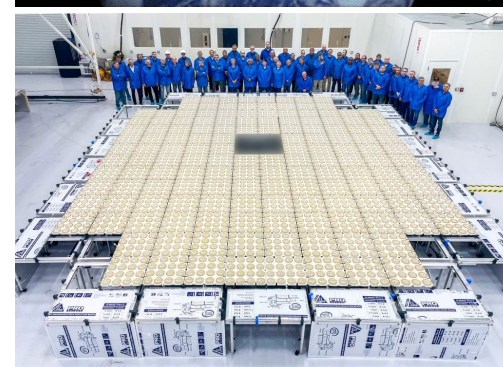
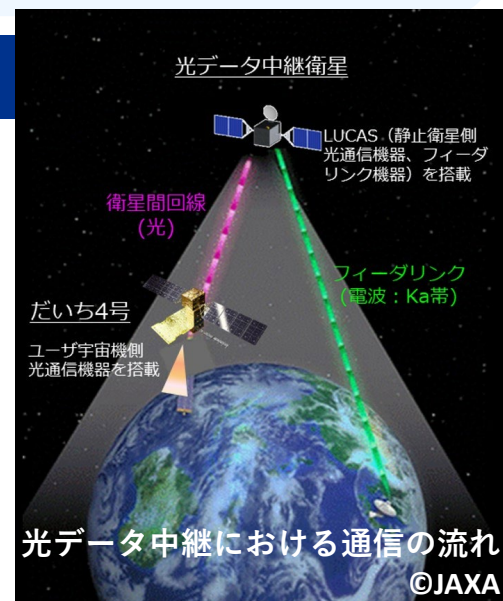
I. 次世代通信サービスにおける改訂のポイント（案）

<改訂のポイント>

- 環境認識として、JAXAによる**静止軌道衛星と低軌道衛星の間での光通信の成功**やNICT等による**国際宇宙ステーションと地上間での秘密鍵共有と高秘匿通信の成功**等の国内外における**技術実証の新たな動向**を追記。
- 技術開発として、需要動向の変化等を踏まえ、**衛星光通信や地上系と非地上系のネットワーク連携**に関する記載を追記するなど、**新たな通信サービスとそれを実現する技術**に係る記載を追記。

環境認識に係る主な変更

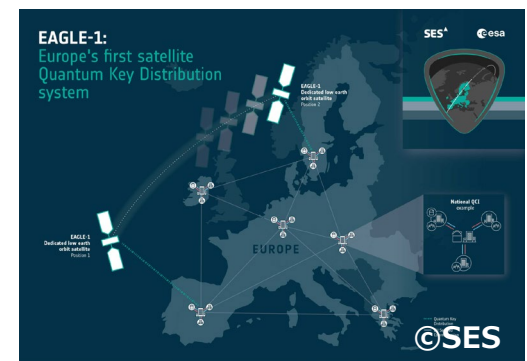
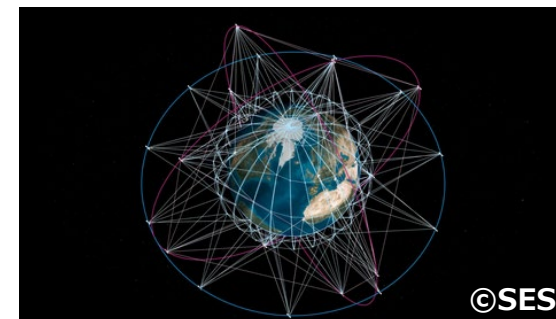
- ① 衛星間や衛星と地上間における光通信ネットワークシステム
 - ✓ **光データ中継衛星（JDRS）とALOS-4間の衛星間光通信(1.8Gbps)の実証試験に成功**した旨追記。※1.5 μ m（地上の光ファイバ通信と同じで拡張性に優れた波長）波長帯の1.8Gbpsの光衛星間通信(静止軌道-低軌道間) は世界初。
 - ✓ 欧州における地上の光ファイバーネットワークを宇宙に拡張することをコンセプトとした次世代ハイスループット衛星の実証計画（HydRON）の取組を追記するなど、海外における動向をアップデート。※Kepler社、TESAT社、AIRBUS社等が参画
- ② 大容量で柔軟な通信を提供するためのペイロードの高度化
 - ✓ 昨今の衛星調達需要の変化を踏まえて一部の記載を修正。
- ③ 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
 - ✓ **衛星と非専用端末との直接通信に関する動向を追記**し、地上系と非地上系のネットワークの融合に対する期待を記載。
- ④ 秘匿性・抗たん性を確保する通信技術
 - ✓ 欧州における量子鍵配送（QKD）実証に関する取組のアップデートのほか、**NICT等が国際宇宙ステーションと地上間での秘密鍵共有と高秘匿通信に成功した旨を追記**。



I. 次世代通信サービスにおける改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

- ① 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
 - ✓ 衛星間での大容量データ伝送需要の一層拡大に伴い、**衛星光通信を用いたデータ中継サービスの実用化が自立性及び自律性の観点から非常に重要**になることを追記。
 - ✓ 衛星光通信活用の障壁を下げていくための取組も検討が必要等を追記。
- ② 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
 - ✓ デジタル通信ペイロードの重要性のほか、**衛星1基当たりの通信効率や安定性を高度化することも重要**であることを追記。
 - ✓ 静止軌道に限らず**各軌道の衛星の通信需要に対応していくことが重要な旨**を改めて追記。
 - ✓ 防衛省の衛星コンステレーションの構築事業が開始予定であり、光衛星間通信や撮像画像のオンボード処理技術等の確立に向けた実証に取り組んでいくことは非常に重要である旨追記。
- ③ 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
 - ✓ TNとNTNの統合的運用に向けて、**衛星と地上の周波数干渉を防止する技術開発等を支援していくことが重要**であることを追記。
 - ✓ 衛星コンステレーションについて、**我が国の企業によって管理・運用できるよう必要な取組を検討することが重要**であることを追記。
- ④ 秘匿性・抗たん性を確保する通信技術
 - ✓ 地上におけるセキュリティ関連技術の利用や、電波環境を把握する装置の搭載など、**抗たん性向上のための具体的な取組**を追記。



衛星によるQKDシステム（欧州 Eagle-1） 5

Ⅱ．衛星測位システムにおける改訂のポイント（案）

<改訂のポイント>

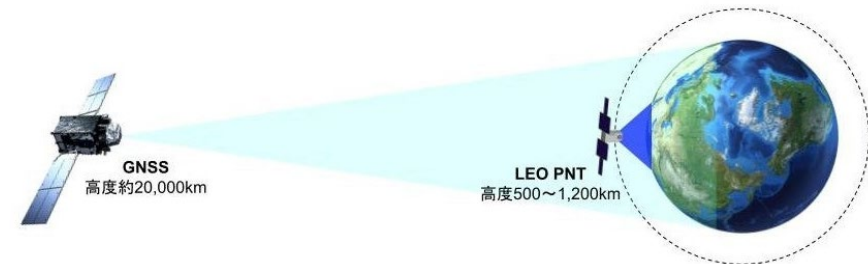
- 環境認識については、主に、**衛星測位システムの抗たん性や性能の向上を目指す動き**を追記。
- 技術開発については、上記の対応例として**低軌道衛星測位コンステレーション（LEO-PNT）の研究開発及び実証に取り組む必要性**を追記した。

環境認識に係る主な変更

- ① 妨害・干渉に強い高精度な衛星測位システム
 - ✓ 米GPSにおいて、抗たん性の観点から、R-GPS※という安全保障用途目的の信号を送信し、最低限の構成に絞った小型で低コストな衛星群をGPSに追加する検討を開始。
 - ✓ 低軌道測位コンステレーションを構築するために必要な周波数確保に向け、5GHz帯（5030-5250MHz）に対する無線航行衛星業務の分配について、ITUにおける検討が始まっている。

技術開発に係る主な変更

- ① 妨害・干渉に強い高精度な衛星測位システム
 - ✓ **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の研究開発及び実証に取り組む必要性**を追記。



※R-GPS：Resilient GPSの略。L1C/A,P(Y),Mコードの信号を送信する計画。

Ⅲ. リモートセンシングにおける改訂のポイント（案）

<改訂のポイント>

- 将来像として、「JAXAによる今後の衛星地球観測の方向性について」に基づき、**国際協調・協力の観点での地球観測の在り方をより戦略的に検討**することを追記。
- 国内の環境認識として、令和6年能登半島地震及び石川豪雨におけるALOS-2及び民間小型SAR衛星による貢献を踏まえ、今後の**政府大型衛星と民間小型衛星の相互連携による新たな価値創出への期待**を追記。
- 海外の環境認識として、NASAやESAの地球観測戦略の発出により総合的な長期方針が示されたことを追記。
- 技術開発として、**生成AIを含むAI技術の最近の急速な発展を踏まえた情報科学との融合性の重要性や衛星地球環境データを活用した新たなソリューションの創出に向けた技術開発が重要**であることを追記。

環境認識に係る主な変更

<全般>

- ✓ 令和6年能登半島地震及び石川豪雨では、政府大型衛星ALOS-2及び民間小型SAR衛星コンステレーションにより**発災後の撮像を実施し、浸水や土砂災害発生の状況把握に活用したことを追記**。
- ✓ 「令和6年能登半島地震に係る災害応急対応の自主点検レポート（令和6年6月）」では、能登半島地震を踏まえた有効な新技術及び方策として、**災害応急対策の強化・被災状況等の把握におけるSAR衛星の有効性が明記**され、災害対応におけるリモセンの有効性が認知され始めたことを追記。
- ✓ 2024年に、NASA「EARTH SCIENCE TO ACTION STRATEGY 2024-2034」、ESA「Earth Science in Action for Tomorrow's World」として地球観測科学戦略を発出。気候変動関連の地球規模課題に対し、多様な地球観測衛星により意思決定や行動に活用することを目標とする長期方針が発表されたことを追記。
- ✓ **我が国においても**、JAXAによる衛星地球観測の今後の方向性として、第5期（2025～2031年度）における衛星地球観測分野でのJAXAの役割をふまえ、「戦略性」、「総合性」、「継続性」の観点より、**従来の衛星毎のプロジェクトベースでのシーズ発想から、ソリューションも含めた各課題への戦略的・複合的なアプローチに立脚したプログラム形成・体制整備へと転換していく計画**とすることを追記。

Ⅲ. リモートセンシングにおける改訂のポイント（案）

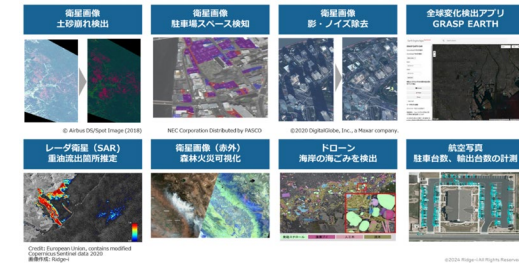
環境認識に係る主な変更（続き）

- ① 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
 - ✓ 米Planet社による**森林炭素蓄積量にかかる新たな製品Forest Carbonが登場し**、森林の樹冠と炭素貯蔵量の変化測定が可能となり、**カーボンクレジット等への利活用が進むと想定**されることを追記。
 - ✓ 2024年には、米国家地理空間情報局（NGA）がデータ解析利用に5年で2億9,000万ドルの契約を米国企業と締結した旨を追記。
- ② 時間情報を拡張するコンステレーション技術
 - ✓ 地球観測衛星の活用拡大を目指す官民連携コンソーシアムである「**衛星地球観測コンソーシアム（CONSEO）**」の枠組みにおいて、**2024年に衛星地球観測の官民連携による災害対応訓練（防災ドリル）を実施**。大規模災害（南海トラフ巨大地震）を想定し、ALOS-2、ALOS-4や民間衛星（SAR・光学）を活用し、実際の撮像等を実施し、報告用プロダクトの作成を実施した旨追記。
- ③ 空間情報を拡張する光学／レーダ等のセンサ開発技術
 - ✓ 2024年9月の石川県での豪雨でも、SAR衛星観測データが国土交通省に提供され、浸水や土砂災害発生の状況把握に活用されたことを追記。
- ④ 波長・周波数情報を拡張するセンサ開発技術
 - ✓ 多波長で観測可能なGCOM-Cによる令和6年能登半島地震観測において、赤外観測を利用し、輪島市と能登町の火災を検知、国土技術政策総合研究所の現地調査に利用されたことを追記。

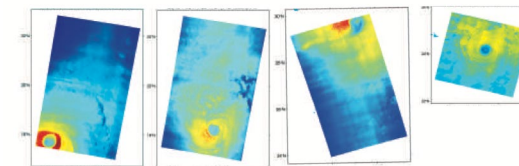
Ⅲ. リモートセンシングにおける改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

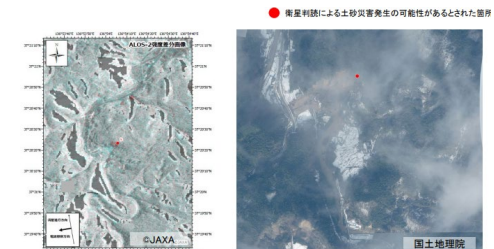
- ① ニーズに即した情報を抽出するための複合的なトータルアナリシス技術
 - ✓ **急速に発展する生成AI等最先端の情報科学との融合・活用を含めた開発が重要である旨を追記。**例えば、地震・洪水等の災害状況に合わせて小型SAR衛星の関心領域（AOI）を自動で適切に設定する技術 や、異なる衛星データ・航空写真・3次元点群データ等を組み合わせ、地上の変位・被害状況を解析するシステムを想定。
 - ✓ 国立環境研究所は、温室効果ガスの観測データを集約し、国内外の研究機関・産業界に提供するプラットフォームを、2025年度に立ち上げ予定。
 - ✓ **衛星地球環境データを活用した新たなソリューションの創出に向けた技術開発が重要な旨を追記。**
- ② 時間情報を拡張するコンステレーション技術
 - ✓ 衛星センサーをマルチに活用して、地上系のセンサーとも組み合わせながら、広域的な被害状況の把握を進める取組の検討が必要な旨追記。
 - ✓ 技術開発に際しては、ユースケースや産業界のニーズだけでなく、**関係政府機関のニーズも踏まえることが重要な旨を追記。**
- ③ 空間情報を拡張する光学／レーダ等のセンサ開発技術
 - ✓ JAXA・気象研の研究において、SARの多偏波観測による洋上での台風の風速等の有用性が認められたことを追記。
- ④ 波長・周波数情報を拡張するセンサ開発技術
 - ✓ 昼夜を問わず気象観測、地表観測、災害、様々な熱源からの赤外線放射状況など状況観測を可能とする**赤外・マイクロ波センサの国産高性能が重要な旨を追記。**



AI解析事例 (Ridge-i, CONSEO資料)



ALOS-2による洋上風観測例（JAXA）



河原田川（輪島市熊野町崩壊箇所）

令和6年能登半島地震における活用事例
（ALOS-2による土砂災害箇所抽出）

IV. 軌道上サービスにおける改訂のポイント（案）

＜改訂のポイント＞

- 環境認識として、**より小さなデブリ除去・低減に向けた取組の重要性が向上**した点を更新。
- 加えて、軌道上で衛星の寿命となった部分を修理・交換し運用を継続可能にする技術の実証進展を追記。
- 技術開発として、衛星を目的の軌道まで追加輸送する**ラストマイルデリバリー等の軌道間輸送・宇宙ロジスティクス技術**の進展について追記。特に、未だ開発途上にある**静止軌道以遠へのOTV（軌道間輸送機）**に係る技術開発・実証や、**再使用型OTV**の実現に向けた取組の重要性を追記。
- 3Dプリンティングやロボティクスの強みを活かし、早期の宇宙実証を目指すことで軌道上での製造組立技術についても優位性が獲得できると追記。

環境認識に係る主な変更

＜全般＞

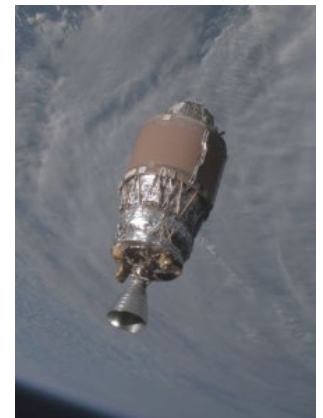
- ✓ ⑤**軌道上修理、交換、製造組立技術の項目を新規追加。**
- ✓ ⑥**軌道間輸送・宇宙ロジスティクス技術の項目を新規追加。**

① 軌道上サービスの共通技術

- ✓ 結合・曳航時の物理特性変化に対応可能な航法誘導制御技術の重要性を認識。

② 軌道環境・物体の状態監視・遠隔検査技術

- ✓ 10cm級を下回る小さなデブリのリスクの重要性への認識が高まっている。
- ✓ 軌道上からデブリや人工衛星の情報を得る企業も登場。
- ✓ 正確な物体把握のために、形状、運動状態の情報取得も必要なことを追記。



「周回観測」による
CRD2のターゲットの画像
©アストロスケール

Ⅳ. 軌道上サービスにおける改訂のポイント（案）

環境認識に係る主な変更（続き）

③ デブリ除去・低減技術

- ✓ 米国では2023年のNASAが「Orbital Sustainability Acts（ORBITS ACT）」により、2026年頃のデブリ除去実証を目指す米宇宙軍のOrbital Primeが進展した旨を追記。
- ✓ 小型・中型のデブリの増加を踏まえ、**より小さなデブリの除去・低減に向けた取組の重要性について追記。**

⑤ 軌道上修理、交換、製造組立技術（項目追加）

- ✓ 衛星の寿命となった部分を修理・交換することで、運用を継続可能にする技術が研究されており、米国や欧州で技術実証が進行中であることを追記。
- ✓ **軌道上での製造技術により、打ち上げリスクやコストの低減、既存衛星のミッション追加や修理、大型構造物の製造が可能となる。**将来的にはシスルナ圏や月面活動への応用や宇宙太陽光発電システムの製造への適用も期待されていることを追記。

⑥ 軌道間輸送・宇宙ロジスティクス技術（項目追加）

- ✓ 小型衛星の打上げが増加し、ライドシェアが一般的になる中、**衛星を目的の軌道まで追加輸送するラストマイルデリバリー等の技術が進展**している。これにより、余分に衛星の燃料を消耗にせず効率的な軌道投入が可能となる旨を追記。
- ✓ 軌道投入手段のスケラビリティ向上による効率化・低コスト化、大規模システム構築のための技術実証の高頻度化が重要であり、これらを可能にする宇宙空間での物流インフラ技術を先行して獲得することで、長期的な競争優位性の確保に繋がることが期待できることを追記。
- ✓ 現在、**低軌道中心の小型衛星のラストマイルデリバリーサービスを提供する企業や、軌道間輸送サービスを目指す企業等が実証を進めている。**
- ✓ 米国では国防総省傘下のDIU(Defense Innovation Unit)が中心に、低コストで迅速な物流システム構築を目指した取組を進めていることを追記。
- ✓ 日本も、ランデブー・ドッキング、物資輸送、軌道間輸送において豊富な実績と高い技術力がある旨を追記。¹¹

IV. 軌道上サービスにおける改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

② 軌道環境・物体の状態監視・遠隔検査技術

- ✓ 10cm以下の小型デブリの監視技術の開発や、宇宙設置型の宇宙状況把握システムの検討が重要であることを追記。
- ✓ 正確な物体把握のため、より精度及び信頼性の高いデータ取得を可能とするセンシング技術開発への期待を追記。

③ デブリ除去・低減技術

- ✓ 分散型のアーキテクチャを含めた制御再突入技術の必要性を追記。

④ 衛星の故障や推進剤枯渇に対応した協力物体への寿命延長技術

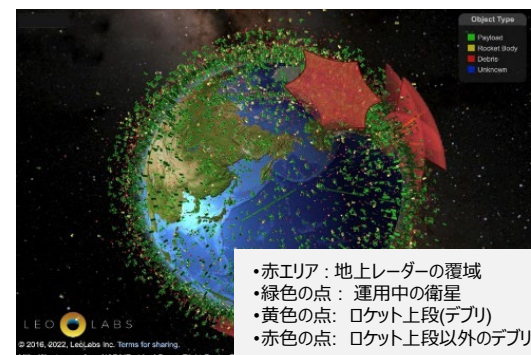
- ✓ インターフェースの標準化を見据えた燃料補給の汎用性の向上等の技術の開発に取り組むことが重要であると追記。

⑤ 軌道上修理、交換、製造組立技術（項目追加）

- ✓ 軌道上での製造組立技術については欧米が先行している状況にあるが、3Dプリンティングやロボティクスの強みを活かし、早期の宇宙実証を目指すことで軌道上での製造組立技術についても優位性が獲得できると追記。

⑥ 軌道間輸送・宇宙ロジスティクス技術（項目追加）

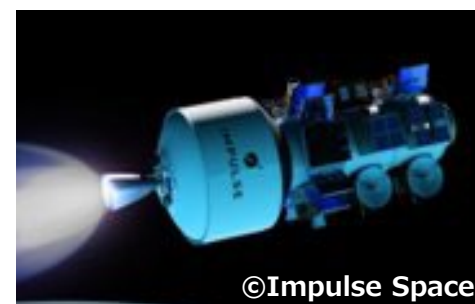
- ✓ 我が国の競争優位性も踏まえながら静止軌道やシスルナ領域を中心とした用途でのOTV開発を推進することが重要である旨追記。
- ✓ 経済合理性の分析も含め、宇宙ロジスティクスの研究開発を併せて推進することが必要ことを追記。
- ✓ 上記研究開発の進展を踏まえ、将来を見据えた再使用型OTVシステムの開発に係る検討も必要である旨を追記。



米LEO LABS社が提供する軌道環境・物体の 状態監視サービス



軌道上溶接機と溶接
組み立てのイメージ
©Space Quarters



軌道間輸送機 (OTV)

V. 基盤技術分野における改訂のポイント（案）

<改訂のポイント>

- 環境認識として、**SDS技術が急速に進展**し、実証フェーズから実行フェーズに移行している点を追記。
- 高度な複数機運用やその自律化・自動化を実現する上でも欠かせない技術である**量子航法センサ**を追記。
- **VLEO**（Very Low Earth Orbit、高度500km以下の超低軌道）**向け高推力・高比推力な推進系**の開発見込みを追記。
- 技術開発として、国産開発が必要な技術として**薄膜太陽電池パドル**や**GNSS受信機**、**STT（スタートラッカー）**を追記。**展開型ラジエータ**や液浸冷却技術を排熱技術の具体的な技術として新たに追記。

環境認識に係る主な変更

- ① 衛星の機能高度化と柔軟性を支えるSDS基盤技術
 - ✓ 米AItech社、スウェーデンのUnibap社等複数のベンダーが先端民生用デバイスを活用した宇宙用高性能計算機を開発し、従来の宇宙用計算機と比較して大幅に性能が向上。
 - ✓ 結果、**SDS（ソフトウェア定義衛星）が急速に進展、実証フェーズから実行フェーズに移行**しつつある。
- ② 衛星の小型軽量化とミッション高度化を支える電気系技術
 - ✓ 編隊飛行等の高度な複数機運用やその自律化・自動化を実現する上でも欠かせない技術であるため、**精度の高い量子航法センサ**を追記。
- ③ 衛星の小型軽量化とミッション高度化を支える機械系技術
 - ✓ 特に観測領域などでのVLEOの関心が高まっており、**VLEO向けの高推力・高比推力な推進系の開発が見込まれる**点を追記。
 - ✓ 展開型ラジエータやオンボードAI処理技術による熱輸送の開発進展を追記。
 - ✓ 高性能な熱輸送デバイスである機器内振動流型ヒートパイプ、PCM(Phase Change Material(温度変化に伴い熱を吸収、放出する素材))蓄熱制御材などの技術開発が欧米を中心に進んでいる点を追記。

V. 基盤技術分野における改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

② 衛星の小型軽量化とミッション高度化を支える電気系技術

- ✓ 収納効率を高めて効率的な電源供給を可能にする**薄膜太陽電池パドルの開発の重要性**を追記。
- ✓ 厳格な輸出管理が求められる**GNSS受信機、STT(スタートラッカー)**等の**国産での開発の重要性**を追記。

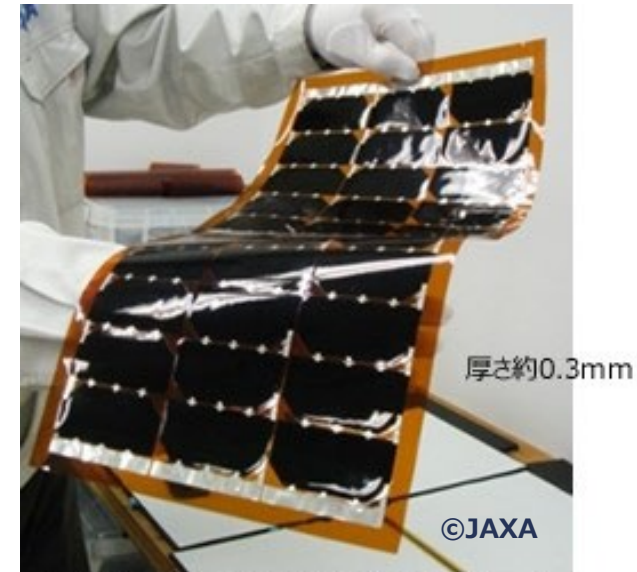
※GNSS受信機：測位衛星からの信号を受信して自己位置情報を計算する装置
スタートラッカー：自身の姿勢を恒星の位置を基に検出するセンサー

③ 衛星の小型軽量化とミッション高度化を支える機械系技術

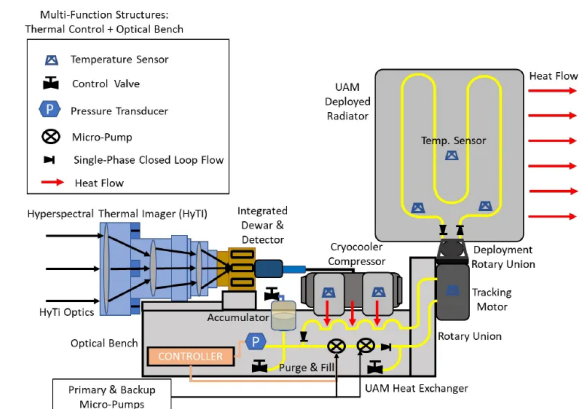
- ✓ 衛星の高性能化に必要な排熱システム効率化のため、**展開型ラジエータの開発に取り組むことの重要性**を追記。
※宇宙機の余分な熱を効率的に放出するために宇宙空間側に展開される放熱装置
- ✓ 発熱源を冷媒となる液体に直接浸すことで、排熱効率を向上させる液浸冷却技術等の検討が必要であると追記。

④ 衛星の運用及び地上局効率化を支える地上システム基盤技術

- ✓ コンステ等の多機数管制で必要とされる運用自動化技術と地上局仮想化技術の組み合わせによる効率化への期待を追記。
- ✓ 地上局と衛星のシステム全体の最適化運用も検討が必要であると追記。



3接合型薄膜太陽電池セルアレイシート



ACMES ミッションの展開型ラジエータ
Lucas Anderson et al., @SSC22-VI-01

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はあるか
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

Ⅱ.太陽系科学・探査における改訂のポイント（案）

<改訂のポイント>

- 超小型衛星の具体的なユースケースとして、プラネタリーディフェンスや小惑星資源探査等を念頭に、**我が国の深宇宙探査での経験を活かした小惑星等の即応・高頻度探査を実現するアイデアが注目を集めている旨追記。**
- 独創的な視点による我が国発のアイデアを実現するために必要な要素技術を明確化。
- 超小型探査機の特性を踏まえた信頼性・冗長性に関する基本的な考え方を検討する旨追記。
- 産学官による軌道間輸送機(OTV)ワークショップにおける議論をふまえ、シスルナ以遠も含めた潜在的な多様なニーズ等を念頭に、**静止軌道を含むシスルナ領域を中心とした用途でのOTVの開発について産業基盤の発展・維持の観点も含めて推進する旨追記。**

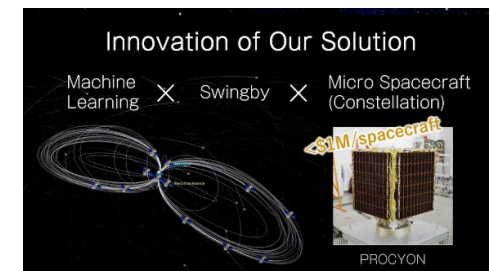
環境認識に係る主な変更

② 超小型探査技術

- ✓ 小惑星探査機「はやぶさ2」等での経験で獲得した高度な深宇宙軌道解析能力を前提として、天体の地球衝突から人類を守ろうとする活動、いわゆる**プラネタリーディフェンス**や水以外にも豊富な資源の存在が期待される小惑星への資源探査等を念頭に、地球近傍に飛来する任意の小惑星等を即応的かつ高頻度に直接探査する**我が国発のアイデアが国際的に注目を集めている旨追記。**

④ 深宇宙軌道間輸送技術

- ✓ 投入軌道に制約があるSpaceX社のStarship等のような衛星の大量輸送に代わる、**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旨追記・明確化。**
- ✓ **本技術の産業基盤も含めた維持・向上により、我が国の宇宙航行の自律性・自在性を確保および、深宇宙輸送サービス市場への早期参入する旨追記・明確化。**



我が国発のフライバイサイクラー技術等を応用したアイデア

【出典】「S-Booster 2023」資料

Ⅱ.太陽系科学・探査における改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

② 超小型探査技術

- ✓ 独創的な視点による我が国初のアイデアを実現するために必要な要素技術として、**長寿命化、超長距離通信、自律的誘導制御**等の各技術を追記・整理。
- ✓ 超小型探査機の特性を踏まえた信頼性・冗長性に関する基本的な考え方を検討する旨追記。

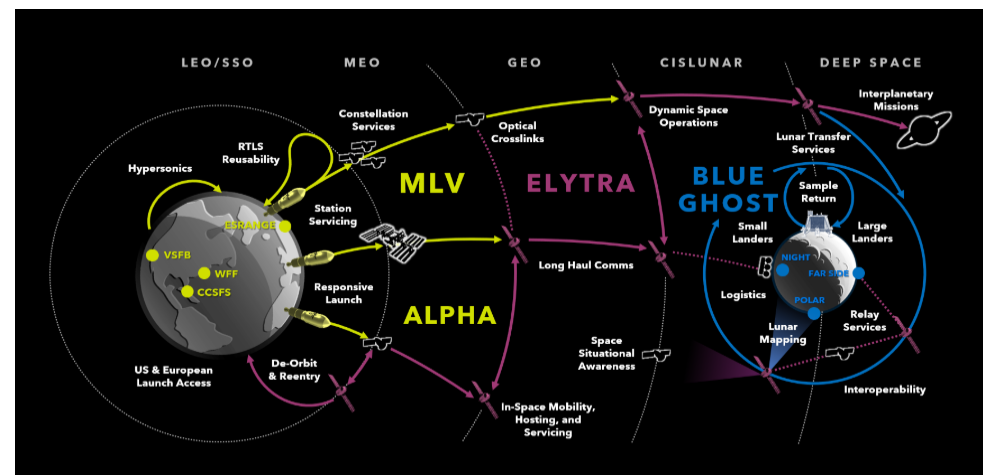
④ 深宇宙軌道間輸送技術

- ✓ **軌道間輸送機（OTV）**は、多様な軌道間の航行・運用を行い、各種の衛星や軌道上拠点等のインフラ整備、小型宇宙機の集団輸送等、あらゆる宇宙システムの効率的な物流手段として革新をもたらし得る技術であり、ランデブー・ドッキング技術といった我が国の競争優位性も踏まえながら、シスルナ以遠を含めた多様なニーズ等を念頭におき、**拡張性・汎用性ある軌道間輸送技術を確立し**、まずは早期のサービスインが期待できる**静止軌道を含むシスルナ領域を中心とした用途での開発を推進**する旨追記。



超小型探査機（EQUULEUS）

多様なニーズ・ユースケース
でのOTV活用等のイメージ



Ⅲ.月面科学・探査等における改訂のポイント（案）

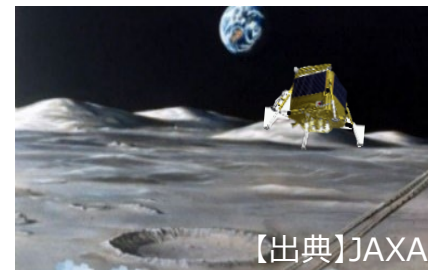
<改訂のポイント>

- 持続的な有人月面活動の候補地点として期待されている**月極域への高精度着陸技術**の開発が必要である旨追記。
- 月通信・測位技術について、我が国が連携を調整している**欧米を中心とした動向**を追記。また、月-地球圏の長距離対応可能な電波通信に係る要素技術に関する検討方針を具体化。
- **得られた月面環境データや観測技術が、今後の月面インフラ構築に資する基礎情報・基盤技術としても活用**されることが想定される旨追記。
- 月面の水資源の実態把握に向けて、**多周波数チャンネルテラヘルツ波センサ技術等**を活用して月の地下浅部の情報を取得し、他の観測データ等と組み合わせて分析することを明記。

環境認識に係る主な変更

② 月着陸技術

- ✓ 小型月着陸実証機「SLIM」により我が国が世界に先駆けて獲得した高精度着陸技術を発展させ、持続的な有人月面活動の候補地点として期待されている月極域への輸送手段を念頭に置き、**月極域への高精度着陸技術**の開発が必要である旨追記。



【出典】JAXA

月着陸機による月面着陸イメージ

④ 月通信・測位技術

- ✓ 月通信・測位ネットワークの構築に向けて各国が本格的に動き出していることから、我が国が連携を調整している欧米を中心とした動向として、NASAとESAがそれぞれ月通信・測位のコンステレーション衛星の企業選定を完了する等の状況を追記。



【出典】Intuitive Machines社

米国企業が構想する月通信・測位衛星コンステレーションイメージ

Ⅲ.月面科学・探査等における改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

① 月面科学に係る技術

- ✓ 得られた月面環境データや観測技術により、最先端の科学的な成果を創出するだけでなく、**今後の月面インフラ構築に資する基礎情報・基盤技術としても活用されることが想定される**旨追記するとともに、及び今後の課題として、国際的な月面探査・開発の動向も踏まえ、月面活動でのユースケースを念頭に置いた技術開発に早急に取り組むことの重要性が向上している旨記載。

④ 月通信・測位技術

- ✓ 地球における地上局の不足等の現状把握を含む詳細な調査を踏まえ、月-地球圏の長距離対応可能な電波通信に係る要素技術として**国内外地上局ネットワークの統合運用技術や、大容量かつ高精度な捕捉・追尾機能等を追記するとともに**、地上局を含む通信設備の整備の進め方について検討することを追記。
- ✓ 宇宙戦略基金の採択状況も踏まえ、月面の通信環境構築に向けたプロセスを明確化すべく、まずは月面基地局によるモバイル通信環境の構築に資する詳細な調査を実施することが重要であるとする記載に修正。

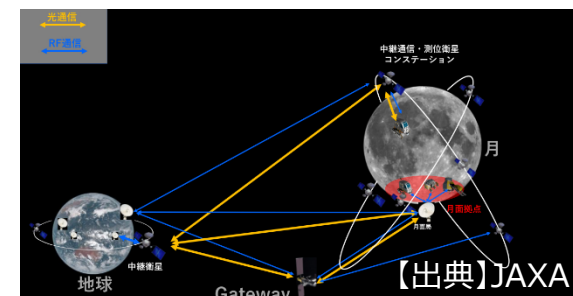
⑥ 月資源開発技術

- ✓ 月面の水資源の実態把握に向けて、**多周波数チャンネルテラヘルツ波センサ技術等**を活用して月の地下浅部の情報を取得し、他の観測データ等と組み合わせて分析することを明記。



【出典】JAXA

月面における観測・分析のイメージ
（上段左：月震計、上段右：月面天文台
下段：月サンプル分析）



【出典】JAXA

月-地球圏の通信イメージ

IV.地球低軌道・国際宇宙探査共通における改訂のポイント（案）

<改訂のポイント>

- 回収・往還技術に関する現行版策定以降の関連する**国際動向**を追記。
- ポストISSにおける産学官が自在かつ高頻度に活用できる低軌道活動の場の実現に向け、宇宙環境利用をさらに拡大させるために**学术界や産業界における利用促進の取組が重要**である旨追記。また、**宇宙実験コア技術**および**宇宙実験／船内・船外利用効率化技術**について具体化のための例示を追記。

環境認識に係る主な変更

② 回収・往還技術

- ✓ 先行する米国、ロシア、中国、インドの動向に加えて、欧州における将来の有人往還技術獲得を見据えた**ポストISS拠点への物資補給・回収技術の獲得に向けた動き**について追記。



欧州が進める物資補給・回収機のイメージ

④ 宇宙環境利用・宇宙実験技術

- ✓ 宇宙環境利用を更に拡大させるため、最先端の装置開発や成果創出に向けて**宇宙環境利用に関する高度な技術や装置等が学术界や産業界に広く利用されることを促進する取組の推進が重要**である旨追記。



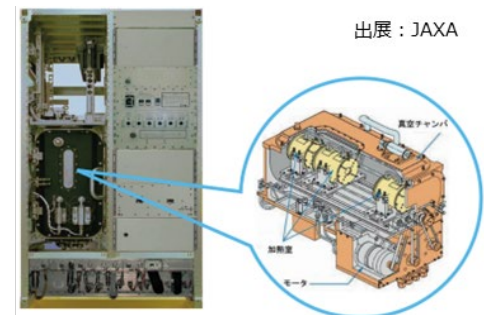
宇宙環境利用例
(きぼう利用プラットフォーム)

IV.地球低軌道・国際宇宙探査共通における改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

④ 宇宙環境利用・宇宙実験技術

- ✓ 宇宙実験コア技術として記載されている革新的材料研究支援技術について、JAXAが獲得した技術の例として、**温度勾配炉技術による半導体材料の結晶生成**等を追記。
- ✓ ポストISSにおいて軌道上拠点を運営する企業への継承を想定している日本がこれまでに培ってきた技術の例示として、各実験装置に加えて、重要技術である**船内・船外プラットフォームに関する技術**について追記。
- ✓ 宇宙実験や船内・船外利用の効率化等に資する技術の例示として、自動化技術に加えて、**AIやIoT技術の活用や軌道上高度データ処理技術、高速通信技術**等に関する記述を追記。



出展：JAXA

JAXAが開発した温度勾配炉



出展：JAXA

きぼう船外利用プラットフォーム

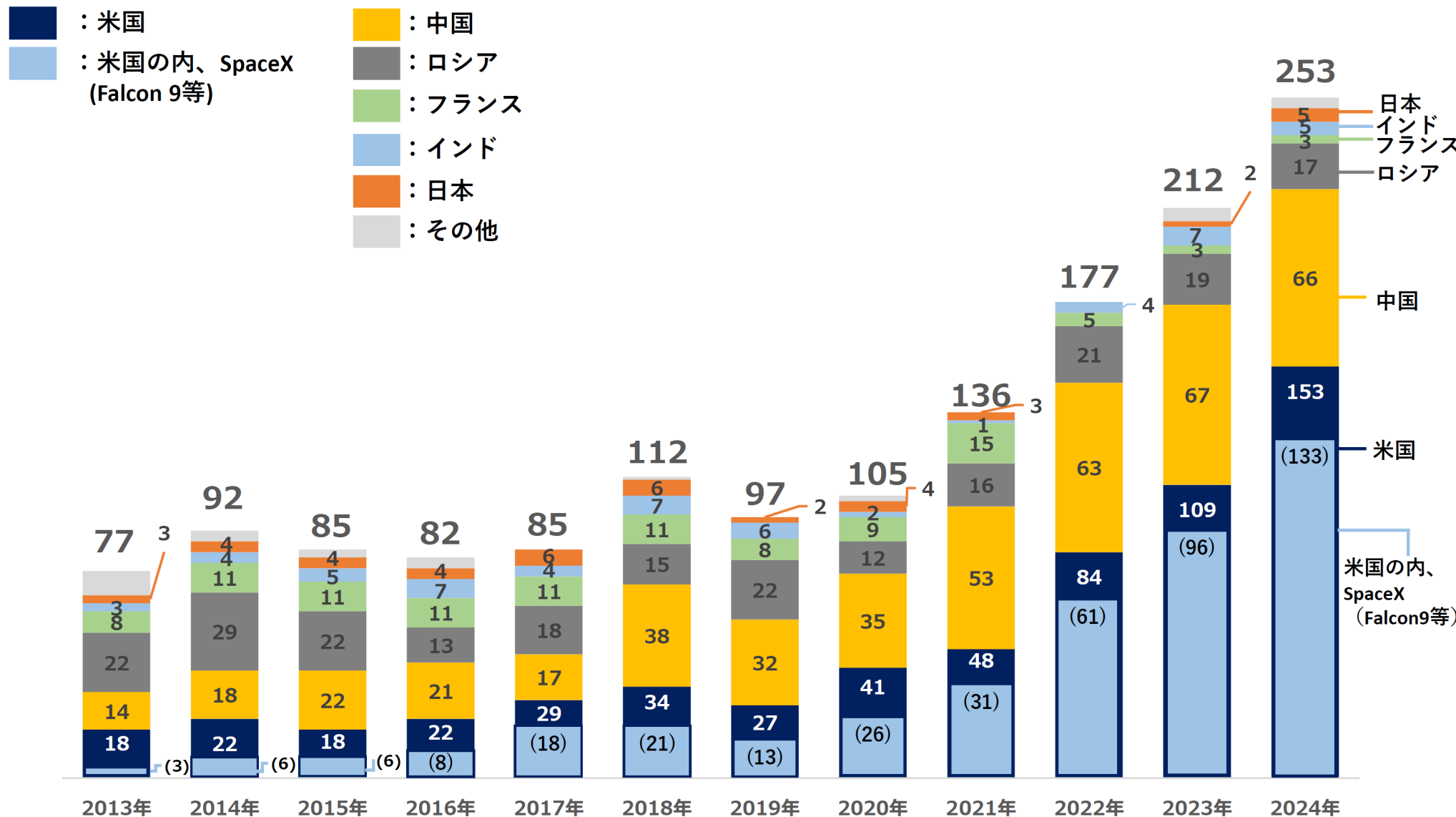


利用を効率化する技術
(自動化技術等) のイメージ

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

国内外におけるロケットの打上数の推移

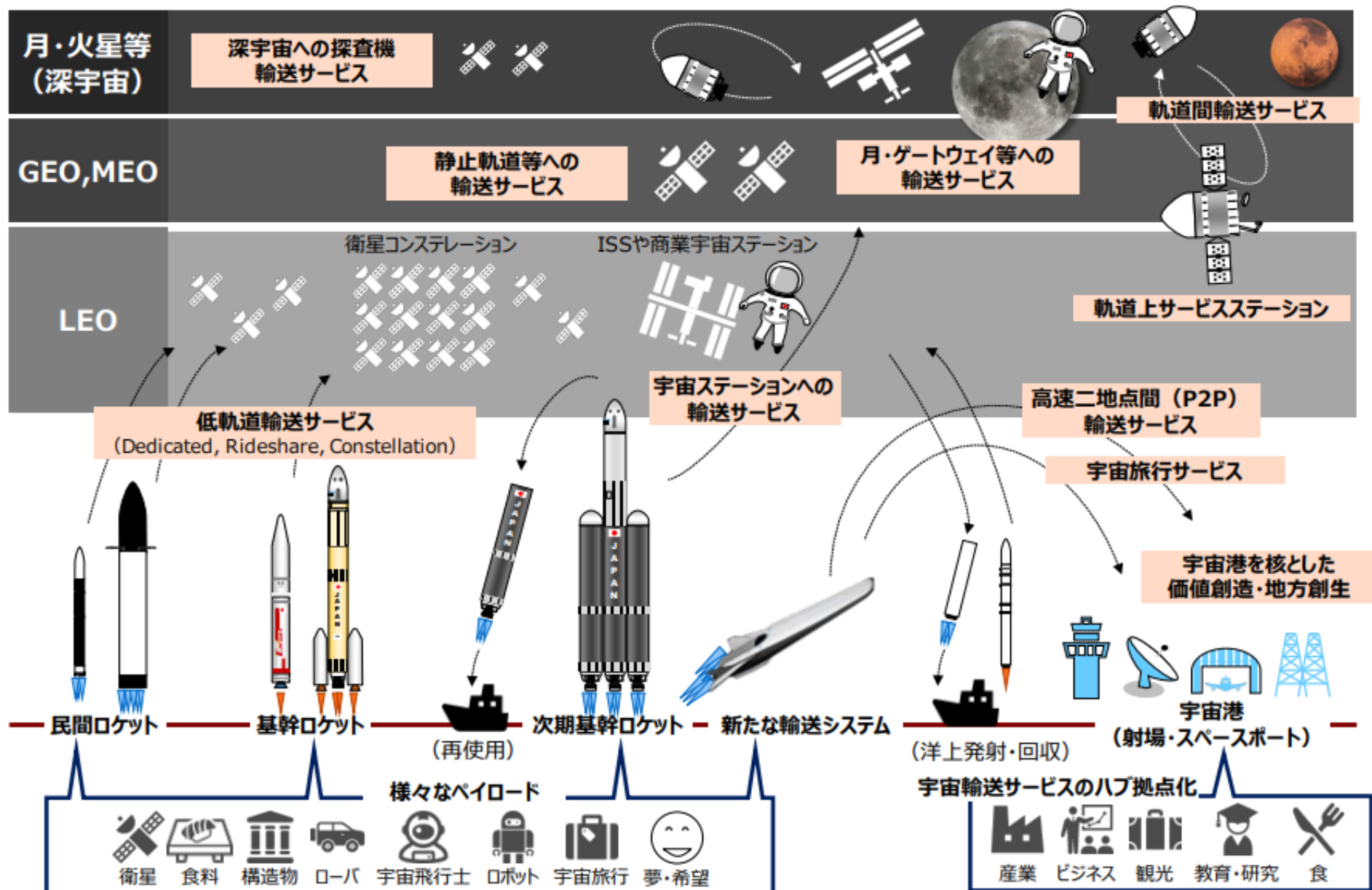


我が国における民間ロケットのラインナップ (2025年1月時点、順不同)

No.	企業名(設立年、従業員数、主要株主等)	ロケット名称	打上げ能力	実用化予定年	射場	その他
1	スペースワン(2018年) (従業員数:不開示、代表取締役社長:豊田正和、キャノン電子、IHIエアロスペース、清水建設等)	カイロス	250kg(低軌道)	初号機および2号機を2024年に打上げ実施	和歌山県串本町	2024年3月に初号機、2024年12月に2号機の打上げを実施 - 自社保有のロケット発射場からの打上げを行う
2	インターステラテクノロジズ(2013年) (209名、代表取締役CEO:稲川貴大、ウーブン・バイ・トヨタ、丸紅、NTTドコモ等)	MOMO	30kg(弾道飛行)	2019年～	北海道大樹町	観測ロケット。7機の打上げ実績を有する
		ZERO	～800kg(低軌道)	2025年度以降		小型衛星打上げ用ロケット。初号機打ち上げに向けて開発中。
		DECA	10トン(低軌道)	2030年代		再使用型ロケット(構想段階)
3	スペースウォーカー(2017年) (71名、代表取締役CEO:眞鍋顕秀、リアライズグループ、JAXA、JALUX※JALグループ等)(東京理科大発スタートアップ)	FuJin/RaiJin	310kg(低軌道)	2028年	北海道大樹町(検討中)	科学実験(FuJin)、小型衛星打上(RaiJin)の有翼式再使用型ロケット(サブオービタルスペースプレーン)の開発
		NagaTomo	有人輸送(搭乗者8名)	2030年		- 宇宙飛行(サブオービタル、高度120km)を予定 2040年代に高速二地点間輸送(オービタル)を目指す
4	将来宇宙輸送システム(2022年) (79名、代表取締役:畑田康二郎、インキュベイトファンド等)	ASCA 1(アスカ・ワン)	100kg級(低軌道)	2027年以降	北海道大樹町(検討中)	- 再使用型ロケット。そのエンジンをIHI/IHIエアロスペースや米国Ursa Major社と共同開発 2030年代早期に有人宇宙輸送を目指す
5	PDエアロスペース(2007年) (16名、代表取締役CEO:緒川修治、ANA、HIS、豊田通商等)	PDAS-X07	100kg(弾道飛行)	2027年	沖縄県下地島空港	2023年に無人中型固定翼機の飛行実証を実施
		PDAS-X09	～300kg(低軌道)	2031年		2024年にジェット/ロケット切替エンジンの作動実証を達成
		ペガサス	有人輸送(搭乗者8名)	2030年代		2030年代にスペースプレーン(単段式有翼宇宙往還機)による無人および有人宇宙輸送を目指す
6	AstroX(2022年) (26名、代表取締役CEO:小田翔武、ICJ、三菱UFJキャピタル、ニッセイキャピタル、ANOBACA等)	FOX	10kg(弾道飛行)	2025年度中	福島県南相馬市ほか	- ロックーン方式(気球からロケットを空中発射)によるハイブリッドロケットの高頻度な打上げを目指す 2024年に南相馬市から小型ロケットの飛行実験に2回成功
		AstroX Orbital	～100kg(低軌道)	2028年度中		
7	本田技術研究所	未定	未定	2030年代	未定	ロケットの再使用に必要な要素技術を獲得するため、小型実験機を用いた離着陸実験を推進中



宇宙輸送の将来像 (宇宙技術戦略、令和6年3月28日 宇宙政策委員会)



宇宙輸送における改訂のポイント（案）

<改訂のポイント>

- 環境認識については、主に2024年の国内外動向を元にアップデート。
- 技術開発については、主に**新たな宇宙輸送システムを見据えたエンジン技術、ロケット部品製造プロセスの刷新、有人輸送技術、射場・宇宙港の運用管理等のスマート化等**について追記・修正。
- 今後の課題については、主に**宇宙輸送技術についての規格化・標準化調査や宇宙スキル標準試作版の作成等**について追記・修正。

環境認識に係る主な変更

- ① 2024年に打ち上げられたロケット数は過去最高を記録
✓ 2023年：212回 **2024年：253回**
- ② 米SpaceX社は2024年10月、Starshipの1段ロケットの帰還において、射場に備え付けられたアームにより機体を空中で捕獲することに成功
- ③ 各国政府や宇宙機関・宇宙港等の関係者が参加する**第1回国際宇宙港会議(International Spaceport Meeting)**が開催された
 - ✓ 目的は商業宇宙輸送に係る政策・規制の国際調和、安全規制に関する政府間協力、ライセンスの重複低減等の推進
 - ✓ 各国政府や宇宙機関・宇宙港など、20か国以上の国や地域から約100名
 - ✓ 日本からは内閣府宇宙開発戦略推進事務局が参加

宇宙輸送における改訂のポイント（案）

技術開発に係る主な変更

- ① 新たな宇宙輸送システムを見据えたエンジン技術の検討
 - ✓ 往還型宇宙輸送サービスに適した宇宙輸送システムの実現に向け、産学官で連携し、人材や技術の裾野を広げるべく、**コア技術として基盤的な活用が見込まれる幅広いエンジン技術**について追記。
 - ✓ 宇宙空間を経由して地球上の二地点を高速でつなぐ高速二地点間輸送の実現に向けた取組として、大気中の酸素をそのまま酸化剤として使用するエアブリージングエンジンは非常に重要と位置付けられているところ、その飛行実証に向けてのシステム検討に加え、**空気吸い込みエンジンの利用を考慮した飛行経路作成自動化技術の検討**について追記。
- ② ロケット部品製造プロセスの刷新
 - ✓ 大型部品・コンポーネントの製造工程の短縮に資する、**難加工・特殊加工の効率化技術や、組立作業の自動化技術、効率的な品質保証技術等**について追記。
- ③ 有人輸送技術
 - ✓ 有人輸送技術の段階的成熟のため、先ずは**環境制御装置や生命維持装置、搭乗員の安全確保にむけた異常検知や緊急退避の基盤技術**についての記載を修正。
- ④ 射場の運用等のスマート化
 - ✓ 射場において、**複数事業者に対応したセットアップや、効率的な管理・検証を可能とするための技術として、スマート化に係るシステム技術**について追記。

宇宙輸送における改訂のポイント（案）

今後の課題に係る主な変更

① 宇宙スキル標準試作版の作成

- ✓ 宇宙輸送システムを支える人材の量的拡大を図るための取組として、ロケットの研究・設計・開発・製造・打上げ・運用・デザイン・提供等に従事する学生・研究者・社会人が身につけるべきスキル（知識・能力・技能等）を定義する**宇宙スキル標準（試作版）の作成**についての記載を修正。

② 宇宙輸送技術についての規格化・標準化調査

- ✓ 我が国の宇宙輸送産業が国際競争力を獲得できるようにするため、**宇宙輸送に係る各国の規制枠組みや安全審査基準、ロケット・人工衛星と射場・宇宙港の間の技術インターフェース等について、国際動向を把握した上で、我が国における規格化・標準化の在り方を検討する取組**について追記。

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

5. 分野共通技術における改訂のポイント（案）

<更新のポイント>

- 環境認識として、**リチウム硫黄電池の開発進展**と**SiC半導体の重要性**について更新。
- AIを使用した運用の自律化・自動化により、SSAでの衝突予測等の実用化が進展について更新。
- 技術開発として、チップレットやマルチチップモジュールの実装・パッケージング技術開発の必要性について更新。

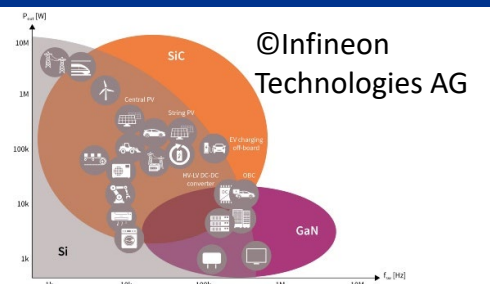
環境認識に係る主な変更

① 宇宙機の機能高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術

- ✓ 原材料である硫黄の資源量が豊富で安価のため**リチウムイオン電池の後継として期待されるリチウム硫黄電池の開発進展**や、シリコンと比較して高温・抗耐電圧、高効率であるGaN（窒化ガリウム）半導体に加えて、**SiC（シリコンカーバイド）半導体の重要性**も追記。
- ✓ AIを使用した運用の自律化・自動化によりSSA（宇宙状況把握）での衝突予測とその運用へのフィードバックが実用化が進んでいる。

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

- ✓ 欧米では2020年以降、**COTS(※)の衛星適用に関するガイドラインを作成しており、COTS利用推進の一要因となっている**。併せて、COTSの放射線評価等を専門に行うベンダも存在し、COTS利用推進に必要な放射線試験キャパシティの確保に繋がっている。 ※COTS：Commercial Off-The-Shelf/既製品の採用



低周波・大電力に強みを持つSiC



COTSのイメージ

技術開発に係る主な変更

① 宇宙機の機能高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術

- ✓ チップレットやマルチチップモジュールなどの実装・パッケージング技術開発の検討が必要であることを追記。