

# 宇宙技術戦略（衛星・分野共通技術）の方向性 （衛星開発・実証小委員会における議論のまとめ）

- 宇宙技術戦略に関する考え方（概要）
- 宇宙技術戦略について検討経緯と今後のスケジュール
- 重要技術の評価軸
- 技術トレンドと衛星開発・実証小委員会における議論
  - I. 通信（技術トレンド、小委員会における議論）
  - II. 測位
  - III. リモートセンシング
  - IV. 軌道上サービス
  - V. 基盤
  - VI. 分野共通技術（※宇宙科学・探査、宇宙輸送と共通）

2024年2月6日

内閣府宇宙開発戦略推進事務局

# 宇宙技術戦略の策定

- 「宇宙基本計画」（令和5年6月13日閣議決定）において、「宇宙技術戦略」を新たに策定し、ローリングしていくことを決定した。

## 【参考】「宇宙基本計画」（令和5年6月13日閣議決定） 関連部分抜粋

### 3. (2) 宇宙技術戦略に基づく技術開発の強化

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、技術・産業・人材基盤の維持・発展に係る課題について官民のプラットフォームにおいて検討し、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、ローリングしていく。

宇宙技術戦略では、衛星、宇宙科学・探査、輸送等の技術分野について、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道筋を示していく。

### 3. (5) 宇宙開発の中核機関たるJAXAの役割・機能の強化

宇宙技術戦略に従って、世界に遅滞することなく開発を着実に実施していくため、我が国の中核宇宙開発機関であるJAXAの先端・基盤技術開発能力を拡充・強化するとともに、プロジェクトリスク軽減のため、プロジェクトに着手する前に技術成熟度を引き上げる技術開発（フロントローディング）も強化する。

さらに、欧米の宇宙開発機関が、シーズ研究を担う大学や民間事業者、また、商業化を図る民間事業者の技術開発に向けて、資金供給機能を有していることを踏まえ、JAXAの戦略的かつ弾力的な資金供給機能を強化する。これにより、JAXAを、産学官・国内外における技術開発・実証、人材、技術情報等における結節点として活用し、産学官の日本の総力を結集することで、宇宙技術戦略に従って、商業化支援、フロンティア開拓、先端・基盤技術開発などの強化に取り組む。

## ● 審議のあり方

- 宇宙政策委員会・基本政策部会において、宇宙技術戦略の全体を取りまとめる。
- 衛星、宇宙科学・探査、輸送のそれぞれの技術分野について、衛星開発・実証小委員会、宇宙科学・探査小委員会、宇宙輸送小委員会において専門的議論を深め、技術ロードマップを含め、技術開発や支援のあり方について提示していく。

## ● 参加省庁・関連機関

- 個別技術のユースケースや共通基盤技術としての性質等を踏まえ、関係省庁の参画の下、安全保障・民生分野横断的に議論を行い、宇宙技術戦略を策定し、ローリングしていく。
- 個別技術の開発や支援のあり方について議論するに当たっては、JAXAを産学官・国内外における技術開発・実証、人材、技術情報等における結節点として活用していく観点から、JAXAからの技術的支援を要請する。
- それぞれの技術分野について、技術・産業・人材基盤の維持・発展に係る課題について検討し、宇宙技術戦略の策定やローリングに当たって参照していくため、官民のプラットフォームの活用を検討する。

## ● スケジュール

- まずは衛星、宇宙科学・探査、輸送のそれぞれの技術分野について、各小委員会において、宇宙技術戦略における具体的な技術分野について分類し、「宇宙技術戦略に関する考え方」として整理する。分野間の技術の重複、共通基盤技術についても整理を行う。
- その後、各小委員会、宇宙政策委員会・基本政策部会における議論を踏まえて、宇宙技術戦略を策定し、関係省庁における来年度以降の技術開発予算の執行において参照していく。

# 宇宙技術戦略に関する考え方（概要）

- 「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、ローリングしていく。**」（令和5年6月13日閣議決定「宇宙基本計画」）
- **宇宙政策委員会**において宇宙技術戦略を**年度内に策定**し、関係省庁における**技術開発予算の執行において参照**。
- 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：



大容量のニアリアルタイム伝送を可能にする光通信

- 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 基盤技術

## 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：



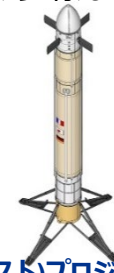
- ① 宇宙物理
- ② 太陽系科学・探査
- ③ 月面探査・開発等の国際宇宙探査
- ④ 地球低軌道・国際宇宙探査共通

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

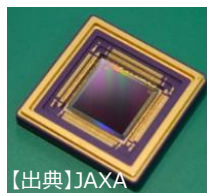


CALLISTO(カリスト)プロジェクト：  
日・仏・独の宇宙機関共同で、2025年度にロケット1段目の再使用を実施予定

## 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：

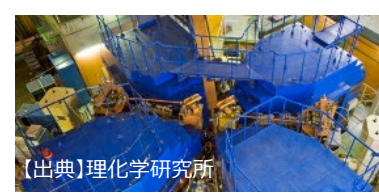
- ① 機能性能の高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術（デジタルデバイス等）
- ② 小型軽量化とミッション高度化を支える機械系基盤技術（3Dプリンティング等）
- ③ ミッションの高度化と柔軟性を支えるソフトウェア基盤技術（AI、機械学習等）
- ④ 開発サイクルの高速化や量産化に資するシステム開発・製造プロセスの変革



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



重粒子放射線試験設備例@仁科  
加速器科学研究センター

# 宇宙技術戦略について検討経緯と今後のスケジュール

- 6月13日 「宇宙基本計画」閣議決定
- 9月14日 宇宙政策委員会「宇宙技術戦略」の年度内策定を指示
- 9月～11月 基本政策部会・各小委（衛星、科学・探査、輸送）で宇宙技術戦略の具体的な技術分野について分類を示した「宇宙技術戦略に関する考え方」（案）を議論
- 12月5日 宇宙政策委員会「宇宙技術戦略に関する考え方」を提示
- 12月～1月 関係省庁参画の下、各小委（衛星、科学・探査、輸送）で「宇宙技術戦略」の方向性を議論
- 2月6日（本日） 基本政策部会にて各小委（衛星、科学・探査、輸送）からの報告
- 年度内 「宇宙技術戦略」を宇宙政策委員会にて策定

## 【参考】基本政策部会・各小委におけるヒアリング

日本経済団体連合会、日本航空宇宙工業会、衛星システム技術推進機構、衛星地球観測コンソーシアム、大学宇宙工学コンソーシアム、民間事業者、アカデミア

# 重要技術の評価軸（衛星）

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	安保・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 (技術トレンド)

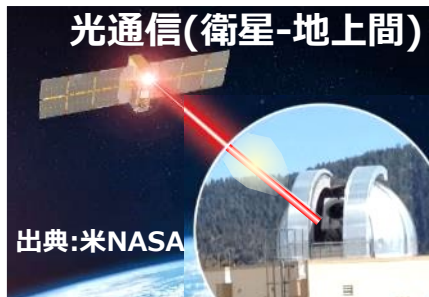
- 次世代通信サービスであるBeyond5G (6G) では、高速・多元接続・低遅延かつ低消費電力の通信が、より多くの人や地域に常時提供されることが期待。

## 衛星間や軌道間および宇宙と地上を結ぶ 光通信ネットワークシステム

- 周波数資源を消費せずに大容量通信。
- 通信衛星コンステ等への適用で、海上や極域などへのサービス提供や、大容量の観測データのリアルタイム伝送を可能に。



技術的なトレンド(衛星-衛星間):  
米SDAによるPWSA、米Starlink等による衛星コンステレーション構築と共に衛星間光通信の適用が進む。



技術的なトレンド(衛星-地上間):  
2025年度に打ち上げ予定のETS-9 に搭載される10Gbps通信機器による衛星-地上間光通信のフィールド実証をはじめ、通信の高出力化、大容量化に取り組む。

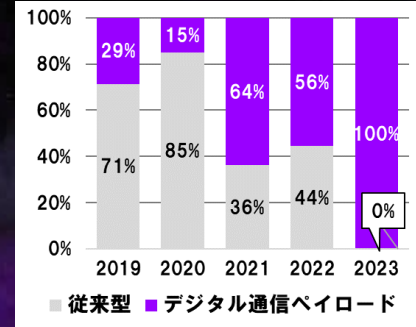
光通信のイメージ

## 大容量で柔軟な通信を提供する デジタル通信ペイロードシステム

- 高速大容量通信、移動体通信に対応し、軌道上でのソフトウェア書換により刻々と変化する通信ニーズへの柔軟な対応が必要。

出典: Eutelsat

商用静止衛星発注機数比率推移



仏TAS社 最新鋭フルデジタル通信衛星 Space INSPIREシリーズ (2024年 打上げ予定)

### 技術的なトレンド

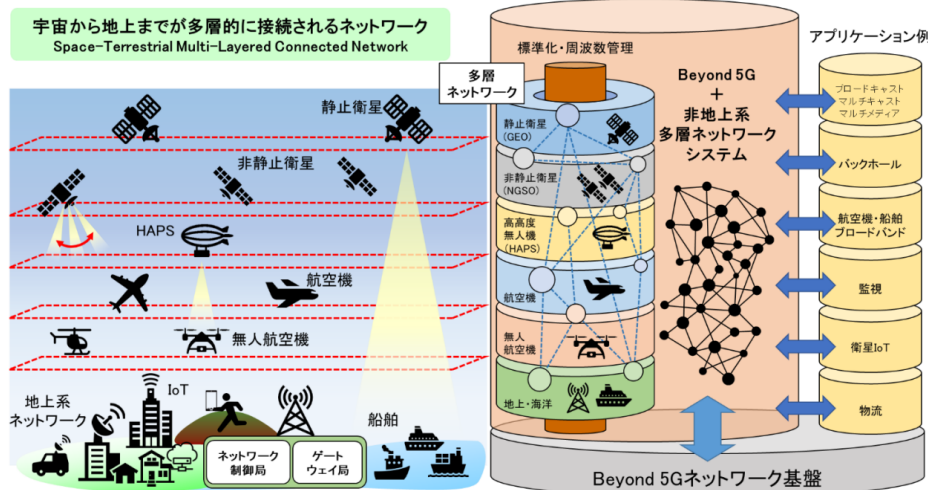
- ・仏TAS社のSpace Inspire、仏Airbus社のOnesat等、フルデジタル通信ペイロードを搭載した静止通信衛星を2024年に打上げを予定
- ・周波数資源をより効率的に活用するためのQ帯、V帯などの高周波RF機器の開発が欧米で進む

# I.通信（技術トレンド）

- 次世代通信サービスであるBeyond5G（6G）では、高速・多元接続・低遅延かつ低消費電力の通信が、より多くの人や地域に常時提供されることが期待。

## 地上系とのシームレスな接続を実現する 非地上系ネットワーク（NTN）技術

- 地上無線局のみでは十分な通信面積のカバーは困難。無線局の機能を衛星側に搭載し、低・中軌道衛星コンステラや静止衛星、HAPS\*1等を多層的かつシームレスに繋ぐ。



出典：情報通信研究機構(NICT)

## 技術的なトレンド

- ・3GPPなど国際的標準化プロジェクトにより衛星通信の地上ネットワーク接続に向けた標準化が進む
- ・B5G/6Gを見据え、衛星－携帯電話間直接アクセス等など、新たな通信サービスが開始されつつある

\* 1 HAPS: High Altitude Platform Station 高度20km程度の定位置に滞留させる飛行体によるプラットフォーム。

## 秘匿性・抗たん性を確保する 通信技術

- 量子コンピュータの現実化に伴い、従来の暗号アルゴリズムの安全性が危殆に瀕することが予想される中、ユーザ要求に応じた安全な通信を提供。



出典：Canadian Space Agency

## グローバルなスケールでの量子暗号通信網のイメージ 技術的なトレンド

- ・欧EuroQCIミッション、欧QKDsatsat衛星など、量子鍵配送ネットワークの構築が進められている。
- ・米国においては耐量子計算機暗号に関する標準化作業を推進、2024年には標準となる方式を制定する予定。



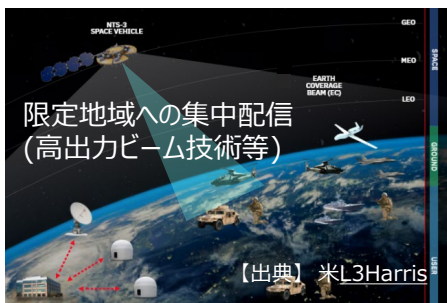
## II. 衛星測位システム（技術トレンド）

- 位置・時刻を提供する必要不可欠な社会インフラであり、準天頂衛星システムの継続的な技術開発・整備が重要。スマートシティ、自動運転、安全保障等でも期待。

### 妨害・干渉に強い高精度な衛星測位システム

- 各国で様々なサービスに利用されており、安全保障面を含め、対妨害性・抗たん性の強化が急務
- 米国は、50年ぶりの技術実証衛星で実証を予定、欧州も次世代測位衛星を打上げ予定

#### 米国の測位技術実証衛星によるジャミング等防止実証



NTS-3: Navigation Technology Satellite  
米国の測位技術実証衛星の3号機

#### 測位衛星に必要な機器の国産化 (例：原子時計)

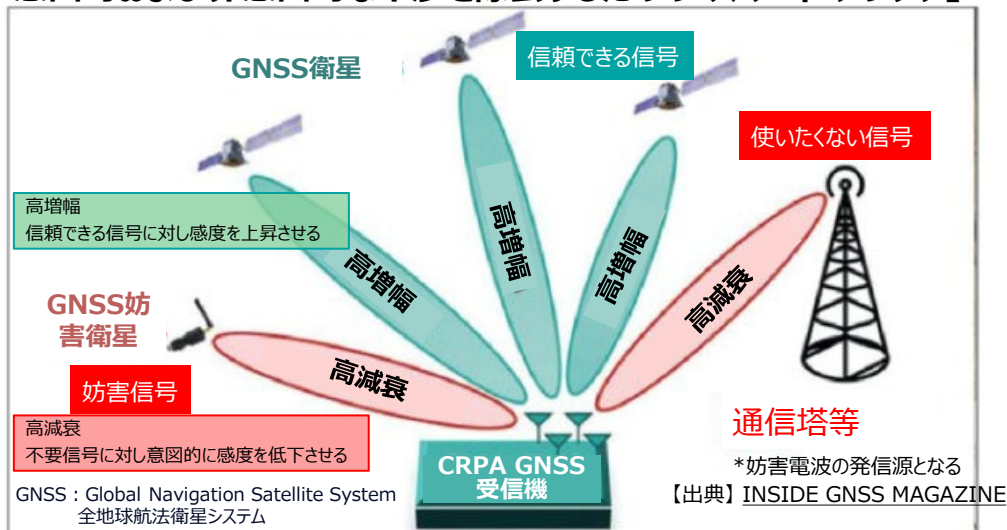
<p>GPS (米) グラナ (露) ガリオ (欧) 北斗 (中) 北ぐ (印)</p>	<p>自国製の原子時計を搭載</p>
<p>準天頂衛星 (日本)</p>	<p>他国製の原子時計を搭載</p>
<p>原子時計の国産化が必要</p> <p>水素メーザ原子時計 【出典】ESA</p>	

### 利用領域及びユーザの拡大に関する実証や技術の開発

- 準天頂衛星の国内市場は2030年に約19兆円に成長するが、1か月運用停止時の経済損失は約1.9兆円(\*)
- ユーザー受信機を含めた統合的な実証，研究開発や、小型化されたユーザー機器の開発が進む。

(\*) 内閣府宇宙開発戦略推進事務局調べ

#### 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」



#### 技術的なトレンド：妨害回避機能の強化等

- 妨害回避機能の強化(電子走査アンテナ，ソフトウェア無線)
- 測位精度の向上 (超高精度クロックシステム)
- 維持・運用の効率化(1機のロケットで2機の衛星を打ち上げるデュアルロンチ)

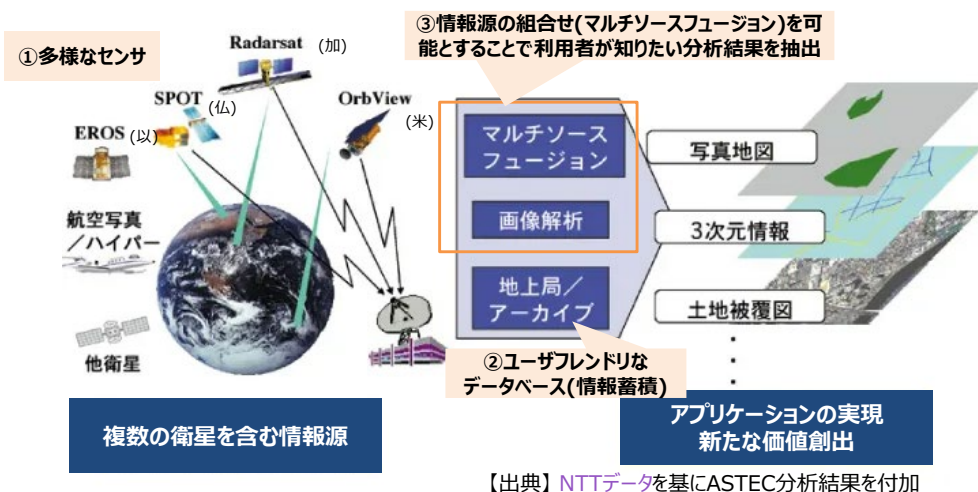
- #### 技術的なトレンド：受信機の信頼性・抗たん性・セキュリティ強化等
- 干渉信号に動的に適応し、妨害防止およびなりすまし防止が可能で複数の衛星測位システムに対応した次世代受信技術

# III. リモートセンシング（技術トレンド）

- 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。

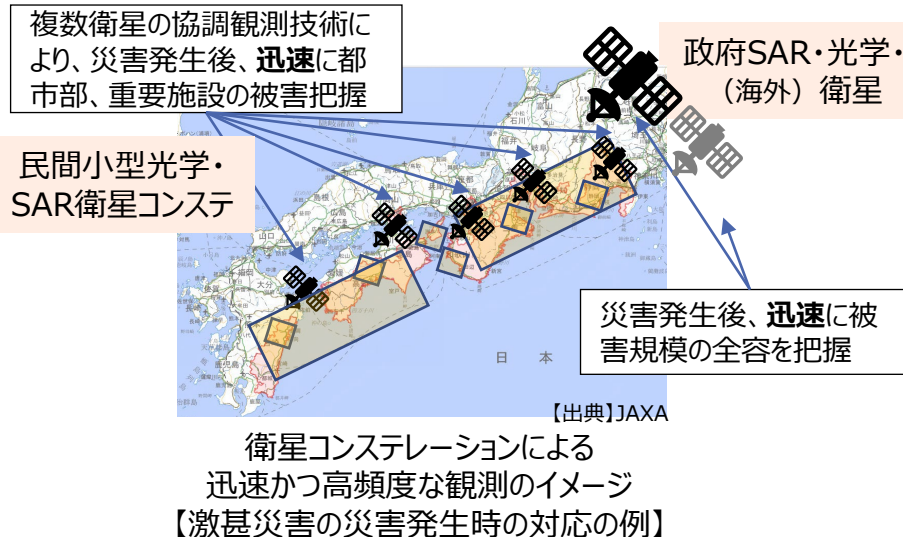
## ニーズに即した情報を抽出するための複合的なトータルアナリシス技術

- 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。国内の小型衛星コンステ等、データの種類や量が将来飛躍的に増加。



## 時間情報を拡張するコンステレーション技術等

- 衛星リモートセンシングの活用が進んでいる安全保障や防災・減災において、有益な情報をより迅速かつ高頻度に把握することが可能に。



### 技術的なトレンド

- 膨大なデータから必要な情報を容易に抽出可能な、衛星データ利用ソリューションの国内外での展開が期待される
- モデル同化・可視化技術、機械学習やAIによる解析技術等、地球・都市デジタルツインを支える技術の開発が進展

### 技術的なトレンド

- 国内外で衛星コンステレーションの構築が進展
- 衛星コンステレーションを効果的に活用するため、複数衛星の協調運用技術やオンボード画像処理技術の実証が進む

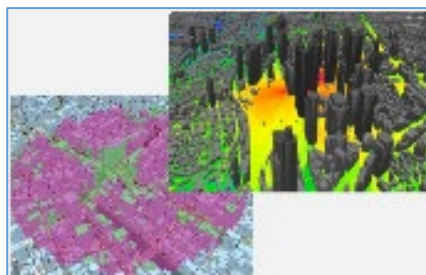
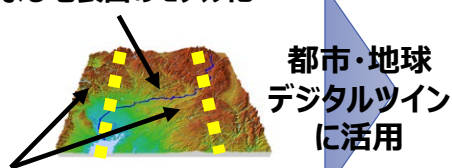
# III. リモートセンシング（技術トレンド）

- 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。

## 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。

① 光学ステレオ観測による地表面のモデル化

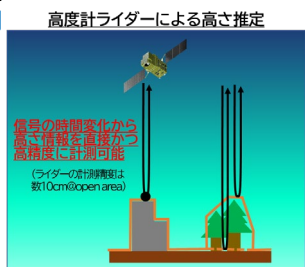


©NTTデータ, included ©Maxar Technologies, Inc.

活用事例：

- 風況・浸水シミュレーション
- 5G電波シミュレーション
- 森林資源量把握等

② ライダー観測点を用いて①の高さ方向のモデルを高精度化（地盤面）



【出典】 JAXA

### 技術的なトレンド

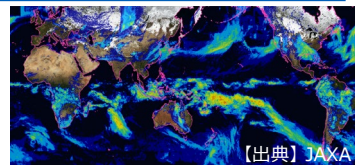
- 令和6年能登半島地震において、SAR衛星ALOS-2の観測データを用いた地形変化解析により、隆起を確認
- 欧米では30cm級の超高分解能光学画像を提供。今後イメージング画像の高度化が期待。また、高度計ライダーにより、地形を3次元的に計測し、光学観測等と組み合わせて将来予測に活用可能

## 波長/周波数情報を拡張するセンサ開発技術

- 気候変動にかかる科学研究に加え、近年活発化しているカーボンプライシングやESG\*、自然資本等へのデータ活用が可能に。 (\* )Environment Social Governance

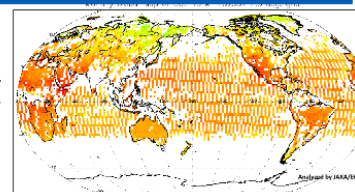
### 地球規模の水循環の観測（マイクロ波）

降水量分布 (GCOM-W等観測データ)



### 地球規模の温室効果ガスの観測（赤外線：短波長赤外、熱赤外）

二酸化炭素 (CO2) 濃度 (GOSAT-2観測データ)



### 次期環境観測センサ開発 具体例

温室効果ガス・水循環観測技術衛星 (GOSAT-GW, 開発中)



### 技術的なトレンド

- 気候変動にかかるESG等のニーズの高まりから、多様な波長・周波数情報のデータ提供サービスが進み、センサ/衛星の開発が必要
- 海外スタートアップでは、多様な電波情報を活用した船舶情報収集等の事業開発も進展

## IV. 軌道上サービス（技術トレンド）

- 宇宙機やスペースデブリの増加による軌道環境の悪化が進む中、技術開発とルール整備による軌道の安定的な利用が求められる。

### 軌道上サービスの共通技術

- 対象へ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、宇宙の状況把握、デブリ除去、寿命延長、修理、交換、製造組立において共通して必要となる技術



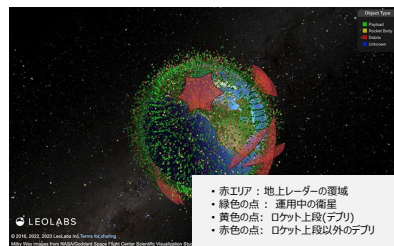
RPO／衛星把持技術を活用した  
米Space Logistics社のMEV-1ミッションドッキングのイメージ  
出典 [TheVerge](#)

#### 技術的なトレンド

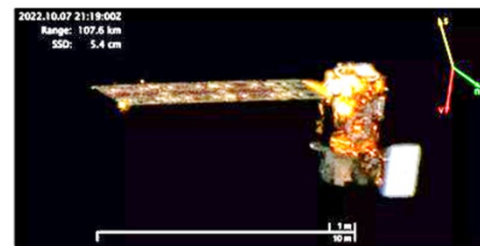
- 2020年米Space Logistics社がドッキングによる寿命延長サービスを開始、米OSAM-1にて2026年に燃料補給や軌道上製造組立の実証が予定される
- 米国防省がマニピュレーターに関する契約をするなど、安全保障利用への関心も高まる。
- わが国でもETS-VIIのランデブー・ドッキング実験の成功やHTV等を通してRPO技術を磨いており、CRD2により大型デブリの除去を目指す

### 軌道環境・物体の状態監視・遠隔検査技術

- 地上、または、軌道上から軌道上物体の状態を正確に把握し、更に軌道上サービスを可能とする技術



米LeoLabs社が提供する軌道環境・  
物体の状態監視サービス  
出典 [KRATOS](#)



Worldview-3衛星(米Maxar社)が、  
Landsat 8(NASA)の  
主に太陽電池パドル展開状態を約  
100kmから遠隔検査  
出典 [SpaceCom](#)

#### 技術的なトレンド

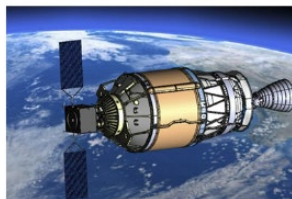
- 米LeoLabs社や米Slingshot社のように民間事業としてより精密な軌道決定や衝突回避運用を支援するサービスが進む
- 2023年より防衛省が米国やJAXAと連携しSSA情報の集約、処理、民間事業者を含め共有を開始

## IV. 軌道上サービス（技術トレンド）

- 宇宙機やスペースデブリの増加による軌道環境の悪化が進む中、技術開発とルール整備による軌道の安定的な利用が求められる。

### デブリ除去・低減技術

- ▶ 安全で持続的な軌道環境を実現する非協力物体についてのデブリ除去・低減技術



CRD2 Phase 2におけるロケット上段の捕獲イメージ

出典 [JAXA](#)

技術的なトレンド：

- 軌道上の混雑が進行する中、廃棄措置ルールの厳格化、事業者等への認証制度の運用が始まる
- 各国でデブリ除去実証プロジェクトが予定され、2026年度以降にCRD2 フェーズIIにてロケット上段除去が予定されている
- テザー、帆等の低減技術等、非接触型デブリ除去技術、能動的除去技術の開発実証も進める

### 宇宙太陽光発電システム

- ▶ 太陽エネルギーで発電した電力をマイクロ波やレーザーに変換、地上や月面、宇宙機等へ伝送し、電力変換して利用するエネルギーシステム



出典 [AFRL](#)

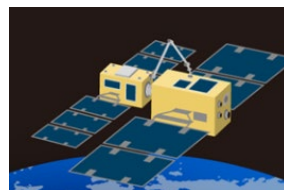
米国SSPIDRプロジェクトのARACHNE(サンドイッチタイルを用いた発電・送電実証)のイメージ

技術的なトレンド：

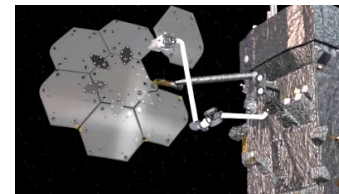
- 米国のSSPIDR、欧州のSOLARIS等、一部実証研究プロジェクトが実施されているが、現在もシステムアーキテクチャや給電方式の検討、地上技術との比較によるコスト競争力の成立性等、様々な議論が継続している。

### 燃料補給・修理・交換等の寿命延長技術、軌道上製造組立技術

- ▶ 軌道上における燃料枯渇に対応し、より動的な衛星運用を可能とする寿命延長技術と、更なる宇宙利用を実現するマニピュレータによる修理、交換、製造組立技術



出典：  
[JAXA](#)  
J-SPARCによる燃料補給イメージ



出典：  
[MAXAR](#)

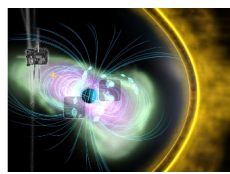
OSAM-1における軌道上で組立てのイメージ

技術的なトレンド：

- 寿命延長により衛星運用者のコスト減が期待され、軌道上サービスの拡大をけん引することが期待されている。
- 米Orbit Fabは2025年に軌道上でヒドラジンを供給する予定
- NASAもOSAM-1により燃料補給や望遠鏡、ソーラーセイルの製造組立を想定した実証を2026年に実施予定

### 宇宙環境観測・予測技術

- ▶ 太陽活動等を捉え宇宙システムの安定利用を実現する宇宙環境観測・予測技術。



出典 [JAXA](#)

探査衛星「あらせ」(2016年打上)による宇宙嵐の観測イメージ

技術的なトレンド：

- ひまわり10号への観測センサーの搭載などを通じて、観測・分析能力の充実・強化を図り、ユーザーの利便性も考慮したサービスアプリケーションの開発を進める。

## V. 基盤技術

- I～IV共通となる基盤技術について、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。

### SDS※1基盤技術

- 機能高度化と柔軟性を支えるSDS基盤技術
- SDS 基盤技術は、民生・安全保障の両方の分野において、衛星システム構築のコア技術



【出典】Unibap

技術例：  
SDSを可能とする従来計算機と比較して100倍程度演算能力の高い宇宙用高性能計算機 iX-10 (Unibap社(スウェーデン))

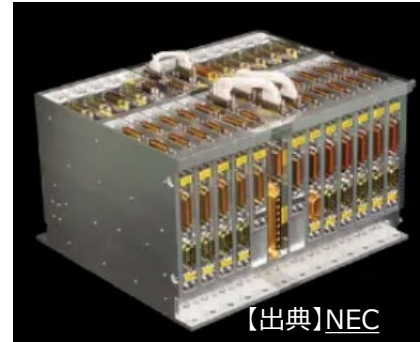
#### 技術的なトレンド：

- ・多用で複雑に変化する機能要求に柔軟に実現するために、機能を極力ソフトウェアにて実現し、軌道上でプログラム変更によるアプリケーションレベルでの変更を可能とするSDS技術のニーズが高まっている。
- ・民生デバイス/高信頼性デバイスを両方活用したハイブリッド計算機構成技術などにより、多量の演算能力の要請に応える高性能計算機が求められている
- ・ETS-9にてSDSを搭載したフルデジタルペイロードを開発し実証予定。自律性確保の観点から開発を進めていく必要がある

※1 SDS: Software Defined Satellite  
衛星の機能を再プログラム可能なソフトウェア(SW)等で実現する衛星

### 電気系基盤技術

- 小型軽量化とミッション高度化を支える電気系基盤技術
- 衛星コンステレーションの普及等を背景に小型化、高効率化、低価格化、短納期化が進む



【出典】NEC

技術例：  
小型・軽量/スケーラブル/  
高効率/高信頼性を実現するデジタル電源 (NEC社(日))

#### 技術的なトレンド：

- ・電源系：通信・観測などのミッションの伝送容量の増大や観測時間の拡大等、小型化、大電力化、高効率化、及び制御の柔軟性のニーズが、益々高まっている
- ・誘導姿勢制御系：センサ・アクチュエータ・制御装置が一体化された統合制御ユニットの開発や、近接誘導制御アルゴリズムの開発が進む。ジャイロ※2やCMG※3についてはデュアルユースであることから、厳格な輸出管理が求められ、自律性の観点からこれらを国産開発する必要がある

※2 人工衛星の姿勢の回転(角速度)を検出するセンサー

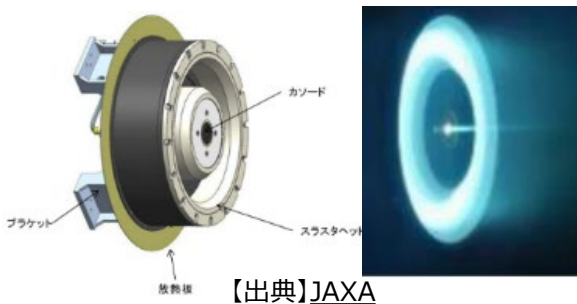
※3 Control Moment Gyro. 回転しているホイールの回転の向きを変更することによってトルクを得る姿勢を制御するアクチュエータ

# V. 基盤技術

- I ~ IV共通となる基盤技術について、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。

## 機械系基盤技術

- 小型軽量化とミッション要求の多様化・高度化を支える機械系基盤技術



技術例：  
必要燃料の削減と衛星の小型軽量化を達成するため、電気推進の短所を克服する、高推力ホールスラスタ※1  
(JAXA開発ETS-9ホールスラスタ)

【出典】JAXA

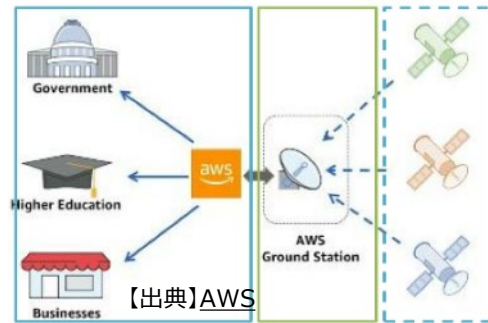
### 技術的なトレンド：

- ・推進系：従来の運用軌道への移動や軌道維持に加え、コンステレーション軌道面の変更や、軌道離脱、軌道上サービス等の機能要求の多様化が進み、電気推進の大推力化や枯渇推進薬の代替、化学推進の低毒性化等の開発が進む。
- ・熱制御系：大電力に伴う発熱を効率的に排熱するための、機械式二相流体ポンプ等、能動的熱制御系の開発が進む
- ・構造系：CFRP※2等の新たな複合材料の活用や米Aerospace Corp.が進めるVLEO※3向け小型衛星DiskSatのような新たなアーキテクチャに関する開発が進む

※1 推進剤を電離し、磁場による加速を行い排出することで推力を得る電気推進の一つ。  
※2 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics) 炭素繊維を樹脂で固めた複合材料。  
※3 VLEO(Very Low Earth Orbit) 高度350km以下等、通常の低軌道衛星の軌道よりもさらに低い高度の軌道

## 地上システム基盤技術

- 運用、および、地上局効率化を支える地上システム基盤技術
- 民生・安全保障の両分野において、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



技術例：  
従来は衛星毎に個別に整備していた地上局(アンテナ、サーバ)を、仮想化し複数衛星間で共有することにより、地上局の効率化を実現する地上局クラウド化技術(AWS Ground Station (米))

### 技術的なトレンド：

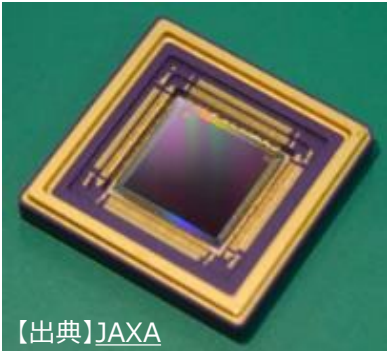
- ・運用自動化技術：欧米の大規模通信衛星コンステレーションや、小規模測位衛星コンステレーションにおいて、多数機管制システムの運用が進む
- ・地上局仮想化：既存のクラウドサービスと連携して地上局の機能を実現する動きがある。災害時・有事において地上アンテナ局が損傷した場合においても、別のアンテナ局を割り当てる等の活用が期待される。海外の地上局仮想化サービスを国内スタートアップ企業もサービスを活用している。

## VI. 分野共通技術

- 衛星、宇宙科学・探査、宇宙輸送の各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。

### ハードウェア技術

- 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
- 軌道上での画像処理や AI 処理、柔軟な機能変更等の高度なデジタル機能を持つ人工衛星の研究開発が進む



【出典】JAXA

技術例：  
半導体プロセスの微細化による高性能化・低消費電力化、耐放射線設計、搭載ソフトウェアの開発環境整備による、宇宙用高性能デジタルデバイス  
(JAXA開発 MPU※1試作品※2)

※1 MPU: Micro Processing Unit マイクロプロセッサ  
※2 チップをパッケージに組み立てた状態（蓋取り付け前）

#### 技術的なトレンド：

- ・自律性確保のため、デジタルデバイスの主要部品である CPU※3や MPSoC ※4、FPGA ※5等を、宇宙用高信頼性部品として継続的に開発を行う必要がある
- ・小型衛星コンステレーションの普及等を背景に、将来的な技術として我が国が技術的優位性をもちうる全固体電池等の開発が進む

※3 Central Processing Unit 中央演算処理装置

※4 MultiProcessor System on a Chip 一つのチップに複数の CPU/アクセラレータ/FPGA/周辺 IO などの機能を集積したSoC(System On Chip)

※5 Field Programmable Gate Array チップ製造後に購入者・設計者が内部論理回路の構成をプログラムできる集積回路

### 機械系技術

- 3Dプリンティング等、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
- 宇宙開発が世界で加速化し、アジャイルな開発が求められる中、3D プリンティングによる衛星、ロケットを含めた宇宙機製造技術の高度化が進む



【出典】Rocket Lab

技術例：  
加工の高精度化、大型構造物への対応、軽量化・製造時間の短縮やコスト軽減を実現する、3Dプリンティングによるロケットエンジン製造  
(Rocket Lab社(米))

#### 技術的なトレンド：

- ・JAXA において 3D プリンティング技術の活用に関する民間事業者との研究が進む

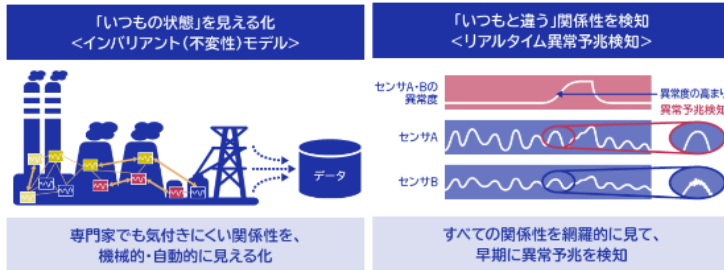


# VI. 分野共通技術

- 宇宙科学・探査、宇宙輸送の各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。

## 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



技術例：  
多数のセンサからのデータより システムの振る舞いを学習・監視。いつもと異なる挙動を自動で検知する、異常検知AI技術「インバリエント分析技術」(NEC(日))

### 技術的なトレンド：

- ・データを顧客のニーズに合わせ、軌道上で機械学習、AI を活用して処理し、地上に提供することで、データ通信量の削減を行うことが期待
- ・デジタルツインを可能とする仮想化技術や開発環境のクラウド化等も進展。

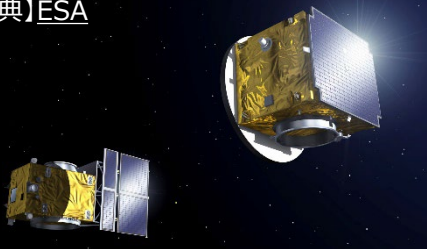
【出典】NEC

## 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

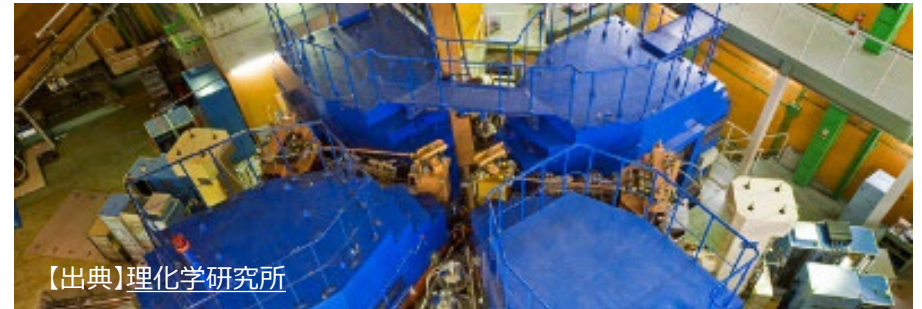
技術例：ESA Proba-3ミッション(欧)  
太陽コロナを観測するため、太陽本体を遮光する衛星と、観測する衛星で距離約150m、精度数mmの編隊飛行を行う。2024年打上予定。

【出典】ESA



## 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資するシステム開発・製造プロセスの変革
- 開発サイクルの高速化や量産化に向けては、COTS 品の宇宙転用拡大により、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動きが進展する



【出典】理化学研究所

技術例：  
変革に必要なCOTS<sup>\*1</sup>利用推進に欠かせない重粒子放射線試験設備例 (理化学研究所仁科加速器科学研究センター(日))

### 技術的なトレンド：

- ・宇宙機の開発サイクルの高速化に向けてモデルベースやデジタルツイン等のデジタル技術の活用方法の検討が必要。
- ・宇宙機の量産化に向けて、民間市場における資金調達をうまく活用しつつも、政府としては可能な限り早期にアンカーテナンシーの可能性追求が必要
- ・COTS 品の宇宙機への適用拡大にむけては、環境試験、信頼性評価、対策等に取り組む必要がある。また、放射線試験設備をはじめとする国内の各種環境試験設備が不足しており、喫緊の課題となっている

<sup>\*1</sup> COTS: Commercial Off-The-Shelf

## 2. 衛星、5. 分野共通技術（衛星開発・実証小委における議論）

技術分野	小委における議論
2. 衛星	-
I. 通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技術戦略の検討にあたっては、可能な限り業界の事業見込み等を踏まえた市場戦略とセットで考えるべきではないか。特に低軌道衛星コンステレーション構築に向けては周波数獲得競争があることに留意すべきではないか。光通信は周波数資源を消費しないため、戦略的に進めるべきではないか。</li> <li>• 日本は、ETS-9にてフルデジタル通信ペイロード、固定・可変ビームを開発しているが、本技術が将来通信衛星市場の中核を成すと想定される。災害時や有事の際の通信の抗たん性強化を考慮して、これら既存事業を含め着実に進めるべきではないか。</li> <li>• 現在、移動体通信の技術仕様の国際的標準化プロジェクトである3GPP (Third Generation Partnership Project)において、衛星に対する通信規格の標準化が進められているところ、通信の規格化に繋がる技術開発も必要ではないか。規格を議論する場で活躍する人材育成も重要ではないか。</li> <li>• 低軌道衛星の低通信遅延、静止軌道の大容量通信といった各軌道における特性を踏まえて、上手く使い分ける必要があるのではないか。</li> <li>• 量子暗号通信については、米国はPQC（耐量子暗号）、欧州はQKD（量子鍵配送）という方式に注力しているため、日本も世界の動向も考慮した上で、戦略の検討にあたる必要があるのではないか</li> </ul>
II. 衛星測位システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現在、世界の測位システムは米国のGPSや中国のBeiDouをはじめ、国際競争の時代に入っており、日本も継続的な測位技術の開発を実施していく必要があるのではないか。</li> <li>• GPSだけでなく準天頂衛星があることによってダウンストリームの市場規模がどうなるのか、解像度を高めたデータの整理があったらいいのではないか。</li> <li>• 準天頂衛星については、東南アジアや豪州で利用拡大を目指すべきではないか。単なる受信機ではなく、例えば農業等のソリューションと一体となって展開していくことが重要ではないか。</li> </ul>

## 2. 衛星、5. 分野共通技術（衛星開発・実証小委における議論）

技術分野	小委における議論
2. 衛星	—
III. リモートセンシング	<ul style="list-style-type: none"> <li>我が国は国土面積が狭いため、<u>海外民需への市場拡大に向けた積極的な戦略が必要ではないか。</u></li> <li>令和6年能登半島地震発災後における<u>光学/SARの衛星画像データの活用結果を時系列で整理して、今後の改善に向けた課題を明確にすべきではないか。</u></li> <li>防災等の被災状況把握に資する<u>世界最高水準の三次元情報の開発に向けて、必要な技術の開発に取り組むべきではないか。</u></li> <li><u>カーボンプライシングなどの国際市場を早期に獲得するため多波長センサの開発や利用実証を進めていくべきではないか。</u></li> <li><u>実証を柔軟に回す仕組みが必要ではないか。</u>ハードウェアでは超納期部品などもあるため、早く回すという点は、開発側は多様な仕組みをセットで考える必要がある。開発側、利用側で分けて議論が必要ではないか。</li> </ul>
IV. 軌道上サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>我が国においてはETS-VIIやHTVの技術蓄積から軌道上サービスに関する技術の強みを有している。<u>引き続きデブリ除去や推進補給のための技術開発等に取り組んでいくべきではないか。</u></li> <li>衛星の寿命延長技術については、<u>推進薬の補給口は海外で仕様検討が進んでいる。市場確保や自律性の観点で、どのように進めるのがよいか検討する必要があるのではないか。</u>また、<u>低軌道衛星だけでなく、大型で高価な静止軌道衛星におけるニーズも大きい</u>ため、<u>検討の対象とすべきではないか。</u></li> </ul>
V. 基盤技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>SDS（ソフトウェア定義衛星）基盤技術は衛星の世界的なトレンドであり、今後、<u>システム構築のコア技術として必須の技術</u>となると思われるため、<u>開発に取り組むべきではないか。</u></li> <li>地上局やクラウド等、<u>地上のセキュリティについても検討するべきではないか。</u></li> </ul>

## 2. 衛星、5. 分野共通技術（衛星開発・実証小委における議論）

技術分野	小委における議論
5. 分野共通技術	<ul style="list-style-type: none"><li>• CPU、FPGAといったデジタルデバイスの主要部品について、日本は海外製品に依存しているが、<u>宇宙機の機能・信頼性を決めるコア技術であるため、宇宙耐性のある国産デバイスの開発を引き続き進めるべきではないか。</u></li><li>• システム開発・製造プロセスの変革においては、<u>新しい手法・ツールを採用するだけでなく、変化に対応しやすい設計(例えば、モジュール設計)と組み合わせて実施することが必要ではないか。</u></li><li>• 部品・コンポーネントの高頻度実証に向けて、軌道上実証の機会が限られる中<u>デジタルツイン等の技術を活用する方法について検討が必要ではないか。</u></li></ul>