

宇宙政策を巡る最近の動向と 宇宙技術戦略の進め方

2023年9月

内閣府 宇宙開発戦略推進事務局

宇宙政策をめぐる環境認識

(1) 変化する安全保障環境下における宇宙空間の利用の加速

- ✓ 高い情報収集・情報通信能力を有する宇宙システムの重要性が急速に高まっている。宇宙システムに対する脅威も顕在化。
- ✓ 「宇宙からの安全保障」と「宇宙における安全保障」の二つの取組を強化していくことが必要。

(2) 経済・社会の宇宙システムへの依存度の高まり

- ✓ 通信・観測・測位など、宇宙システムによるサービスは既に日常に定着し、我々の経済・社会課題の重要な基盤に。
- ✓ 防災・減災や国土強靱化、地球規模問題の解決やSDGsの達成に、我が国の優れた宇宙システムの積極的活用が重要。

(3) 宇宙産業の構造変革

- ✓ 各国が宇宙開発を強力に推進。民間事業者は政府資金のみならず民間資金を活用し、技術革新と商業化を強力に推進。
- ✓ アジャイルな開発手法によるコスト低減やデジタル化等の技術革新の進展により、宇宙ソリューション市場が拡大。

(4) 月以遠の深宇宙を含めた宇宙探査活動の活発化

- ✓ 世界の潮流として、宇宙科学・探査ミッションは大規模化が進む。また、火星への着陸・探査に注目が集まっている。
- ✓ ISS計画の2030年までの運用期間延長について我が国は参加を決定するとともに、2030年以降の方針を検討。
- ✓ 月は、米国アルテミス計画に加え、中国、インド等の国々も取組を加速。民間事業者も参画し、国際競争が激化。

(5) 宇宙へのアクセスの必要性の増大

- ✓ 安全保障や経済・社会活動における宇宙システムの重要性が高まる中、宇宙へのアクセスの必要性は増大。
- ✓ ロシアのウクライナ侵略により、他国に依存することのない宇宙輸送システムを確保することの重要性が浮き彫り。
- ✓ 基幹ロケットの打上げ失敗について、原因究明に透明性を持って取り組み、失敗を糧として国際競争力を向上する。

(6) 宇宙の安全で持続的な利用を妨げるリスク・脅威の増大

- ✓ 軌道上の混雑化や対衛星破壊実験など、宇宙空間における安全かつ持続的な利用を妨げるリスク・脅威が深刻化。
- ✓ リスクに対処するため、宇宙交通管理に関する規範・ルール形成の議論やスペースデブリ対策の技術開発が進展。

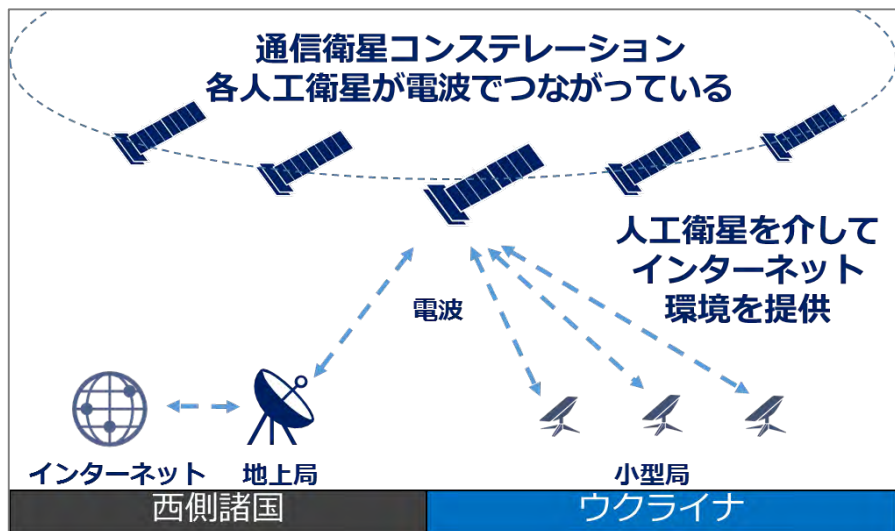
安全保障利用へ拡大する宇宙技術

- ウクライナ危機では、民生利用に加え、軍事作戦支援や戦場動向把握などの安全保障用途で、米欧企業が提供する商用宇宙アセット（通信・観測）をフル活用。

SpaceX社によるウクライナへのスターリンクの提供

- 小型通信衛星コンステレーション「スターリンク」で、**戦場やへき地**の通信に加え、通信インフラが破壊された地域の**生活基盤としてインターネット環境を提供**。

(2023年8月宇宙事務局作成)



通信衛星コンステレーション「スターリンク」イメージ

米欧企業の衛星画像による戦場把握

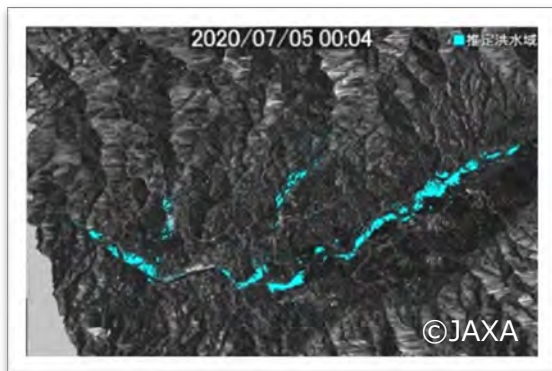
- 民間事業者による性能向上により、**商用衛星画像で、戦場動向や被害状況等を把握可能に**：
 - ✓ 巨大農業施設がロシア軍に破壊された様子を撮像（Planet社）
 - ✓ ウクライナ侵攻前にロシア軍が同国国境付近に車両を集めている様子を捕捉（Capella Space社）

社会課題の解決に宇宙システムが貢献

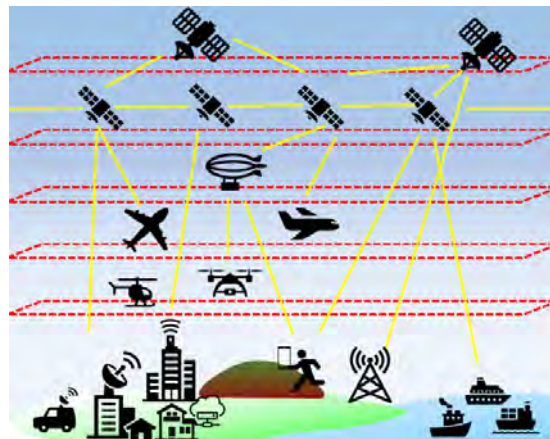
- 大規模災害への対応や、2050年カーボンニュートラルの実現等、地球規模の社会課題に対して、宇宙システムが貢献。

防災・減災及び 国土強靱化（観測・通信）

- 大規模発災後、衛星観測により**早期に被災状況を確認**
- SAR（合成開口レーダ）は、**夜間、悪天候を問わず観測可能**
- 通信衛星が、地上の基幹ネットワークに並ぶ**第二の基幹ネットワーク**へ
- 安全保障に止まらず、**災害時における通信手段の確保等**にも活用



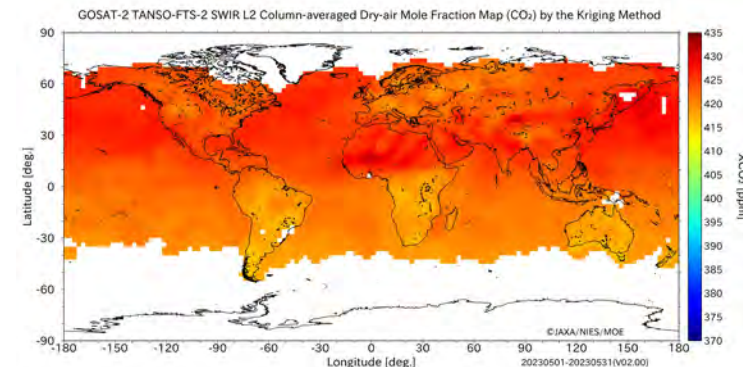
だいち2号のレーダ画像を活用した洪水域の推定
(2020年7月熊本)



衛星通信システムの将来像（内閣府作成）

SDGs達成への貢献

- 国際協力の下、衛星、航空機などの組み合わせにより、**CO2等の排出・吸収状況を観測するシステム**（温室効果ガス観測ミッション構想）を整備



©JAXA/NIES/MOE







GOSAT-2によるCO2観測データ（2023年5月）

各国測位衛星の状況

- 米国（GPS）、欧州（Galileo）、ロシア（GLONASS）は、グローバルな衛星測位システムを整備し、その利活用を推進。
- 中国（北斗）も、米国・ロシア・欧州に続き、グローバルな衛星測位システムを2020年に構築。

<世界の衛星測位システムの一覧>

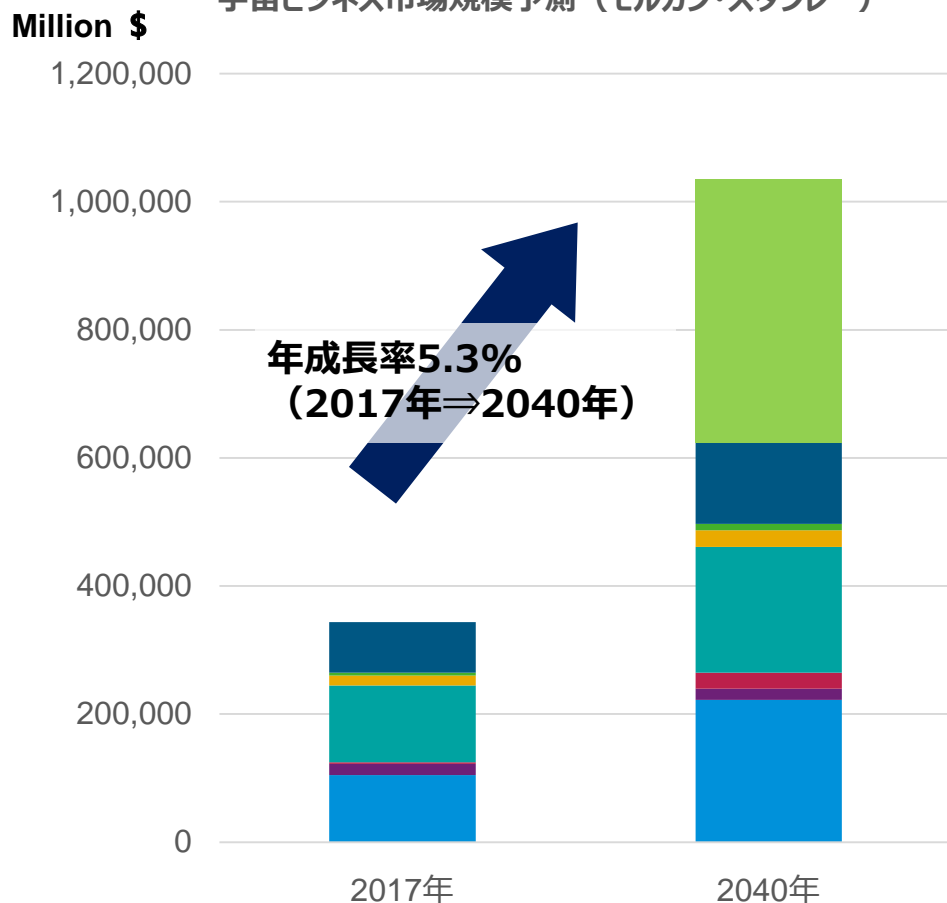
(2023年8月宇宙事務局調べ)

衛星測位システム		測位精度	運用状況
 米国	GPS Global Positioning System	5~10 [m]	31機体制で運用中
 ロシア	GLONASS	10~25 [m] (補強情報を使って数cm程度を目指している)	26機体制で運用中
 欧州	Galileo	15~20 [m] (補強情報を使って20cm程度を目指している)	28機体制で運用中
 中国	ベイドウ 北斗 (BeiDou)	10~15 [m] (補強情報を使って20cm程度を目指している)	45機体制で運用中
 インド	ナビック NavIC Navigation Indian Constellation	~20 [m]	7機体制で運用中 ※11機への拡張計画あり
 日本	準天頂衛星システム QZSS Quasi-Zenith Satellite System	5~10 [m] 数 cm (cm級の補強情報活用時)	4機体制で運用中 ※7機体制の構築に向け整備中 ※11機体制にむけた検討・開発着手

市場の急成長

- 2040年の世界の宇宙市場は1兆ドル超の市場規模に成長するとの予測。
(2017年時点で、約3,500億ドル)

宇宙ビジネス市場規模予測 (モルガン・スタンレー)



Million \$

分野	2017年	2040年
コンシューマサービス (TV、ラジオ、ブロードバンド)	104,500	222,138
通信サービス	21,900	34,153
リモートセンシング	2,200	25,273
地上設備	119,800	196,092
人工衛星等	15,500	26,233
打上げ分野	4,600	9,794
非衛星産業	79,300	127,566
二次的なインパクト	-	411,502
合計	347,800	1,052,751

出典：Morgan Stanley. ホームページより

<https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>

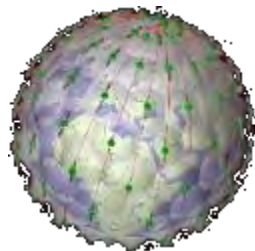
官主導から官民連携への変革

- 冷戦終結以降、主に軍事に用いられていた宇宙技術や宇宙人材が民に解放。豊富なリスクマネーを背景に、2000年代以降、SpaceXに代表されるような民間企業による軍民デュアルユースの宇宙ビジネスが勃興。最先端のテクノロジーが官のみならず民からも創出されるようになり、官主導から官民連携へと構造が変わりつつある。

官民連携の新たな宇宙機器産業の例



超小型衛星
(東京大学)



超小型衛星
コンステレーション



再利用可能ロケット
(SpaceX社)



3D印刷技術利用ロケット
(Rocket Lab社)

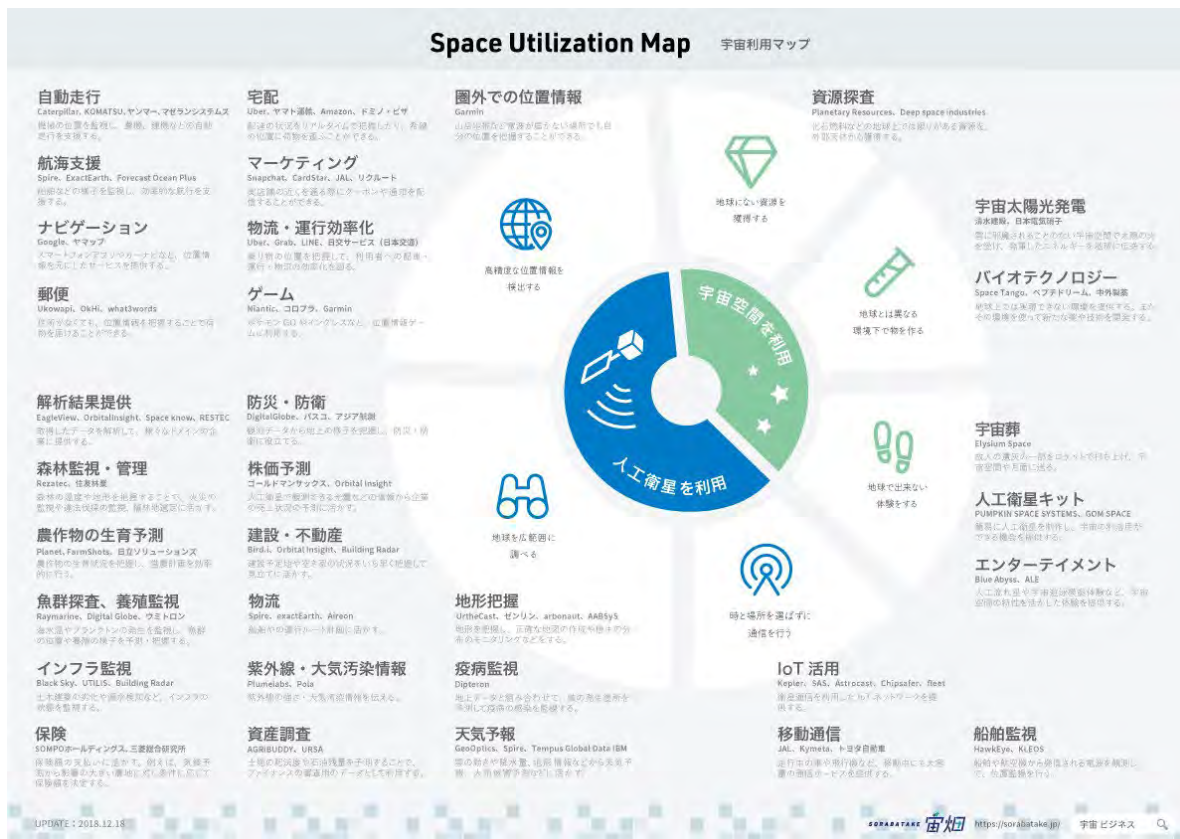


民間有人宇宙船
(SpaceX社)



民間月資源探査機
(ispace社)

新たな宇宙利用産業の例



(出典: 宙畑 owned by Tellus「宇宙利用マップ」<https://sorabatake.jp/216/>)

官民による小型通信衛星コンステレーションの構築加速

- 近年では、各国政府だけでなく、民間企業による通信衛星コンステレーションの構築に向けた動きが加速しており、民間から新たな産業が創出されている。

各国政府で加速する 通信衛星コンステレーションの構築

- **米欧中口政府**はミサイル探知等の安保用途や、災害時・過疎地向けの通信サービスのため、**通信メガコンステレーションの構築を計画**。

全世界への衛星インターネット提供を 目指すスターリンク

- **SpaceX社**は、通信衛星コンステレーション「**スターリンク**」を構築。
 - ✓ **5千機**近く運用中
 - ✓ **60か国以上**でネット提供中
(日本で2022年サービス開始)



軌道上の
スターリンク衛星

＜米欧中口の通信衛星コンステレーション計画（※民間主体プロジェクト）＞

(2023年9月宇宙事務局調べ)

国	プロジェクト（開発者）	実績（目標）	用途
米	PWSA (米宇宙開発庁)	19機 (300～500機)	ミサイル探知等のため、衛星間、及び衛星地上間通信を担う
	Starlink※ (SpaceX社)	4,724機 (34,396機)	低軌道通信衛星コンステで全世界にインターネットアクセス提供
欧	OneWeb※ (英OneWeb社、 仏Eutelsat社)	634機 (638機)	低軌道通信衛星コンステで全世界にインターネットアクセス提供
中	Guo Wang (中国空間技術研究院)	0機 (12,992機)	中国全土向けの地球低軌道通信衛星コンステレーション
口	Sphere (国営ロスコスモス社)	0機 (264機)	多軌道衛星でブロードバンド通信と地球観測機能を提供

小型観測衛星コンステレーションの構築加速

- 小型観測衛星コンステレーション分野では、官民連携へと構造が変革しつつある。

光学衛星

- 防衛予算に支えられ、**機数・分解能**で**米国**が**圧倒的に先行**。









SAR※衛星

- Capella(米国)、ICEYE(フィンランド)が機数で先行。他方、**分解能**は、**日本のスタートアップQPS、Synspectiveも遜色ない**。

※SARとは「合成開口レーダー」のことであり、SAR衛星から電波を照射して、地球上のデータを取得する技術。夜間・悪天候でも観測可能。

<世界の観測衛星コンステレーションの一覧>

(2023年8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
	機数の実績(目標)	5機(12機)  ©Axelspace	180機以上 (180機以上)  ©Planet	21機(32機)  ©Planet	4機(7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	0.46m  ©iQPS, Inc.	0.9 m  ©Synspective	0.5 m  ©ICEYE	0.5m  ©Capella
	機数の実績(目標)	2機(36機)	3機(30機)	27機(48機)	10機(36機)

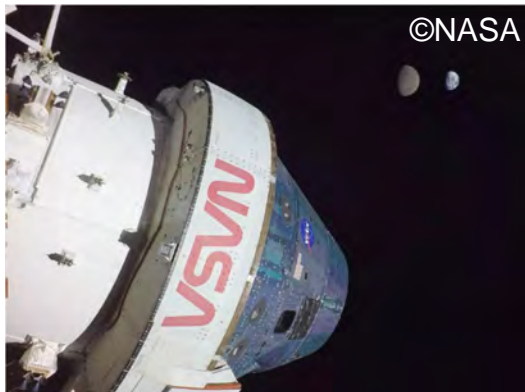
諸外国による月面計画の進展

- 米主導のアルテミス計画に加え、中国やインドなど、新興国による月面探査も進展。

(じょうが)

有人月面探査を目指す 米国の「アルテミス計画」

- 火星も念頭に、日本含む**国際パートナーと協力し、有人月面着陸**を目標。
- 2022年11月、有人宇宙船 Orionを無人で打上げ、**月の周回に成功**：
 - ✓2024年、有人での月周回
 - ✓最速2025年、月面着陸



Orion宇宙船

中国の「嫦娥計画」と 有人月面探査

- 2020年「嫦娥5号」まで打上げ成功：2019年 **月裏側へ着陸（世界初）**
- 2028年頃までに、**月面研究基地**の基本構造を建設（**ロシア**等と協力）。
- 2030年までに火星探査。

※嫦娥とは、中国神話で月に住むと言われる仙女。月の異称。



嫦娥5号

インドの「チャンドラヤーン」 シリーズ

- 2023年8月、「**チャンドラヤーン3号**」（着陸機と探査ローバ）が、水が存在する**月南極付近に世界初着陸**：
 - ✓2019年 2号機（着陸機）打上げ、通信途絶で失敗

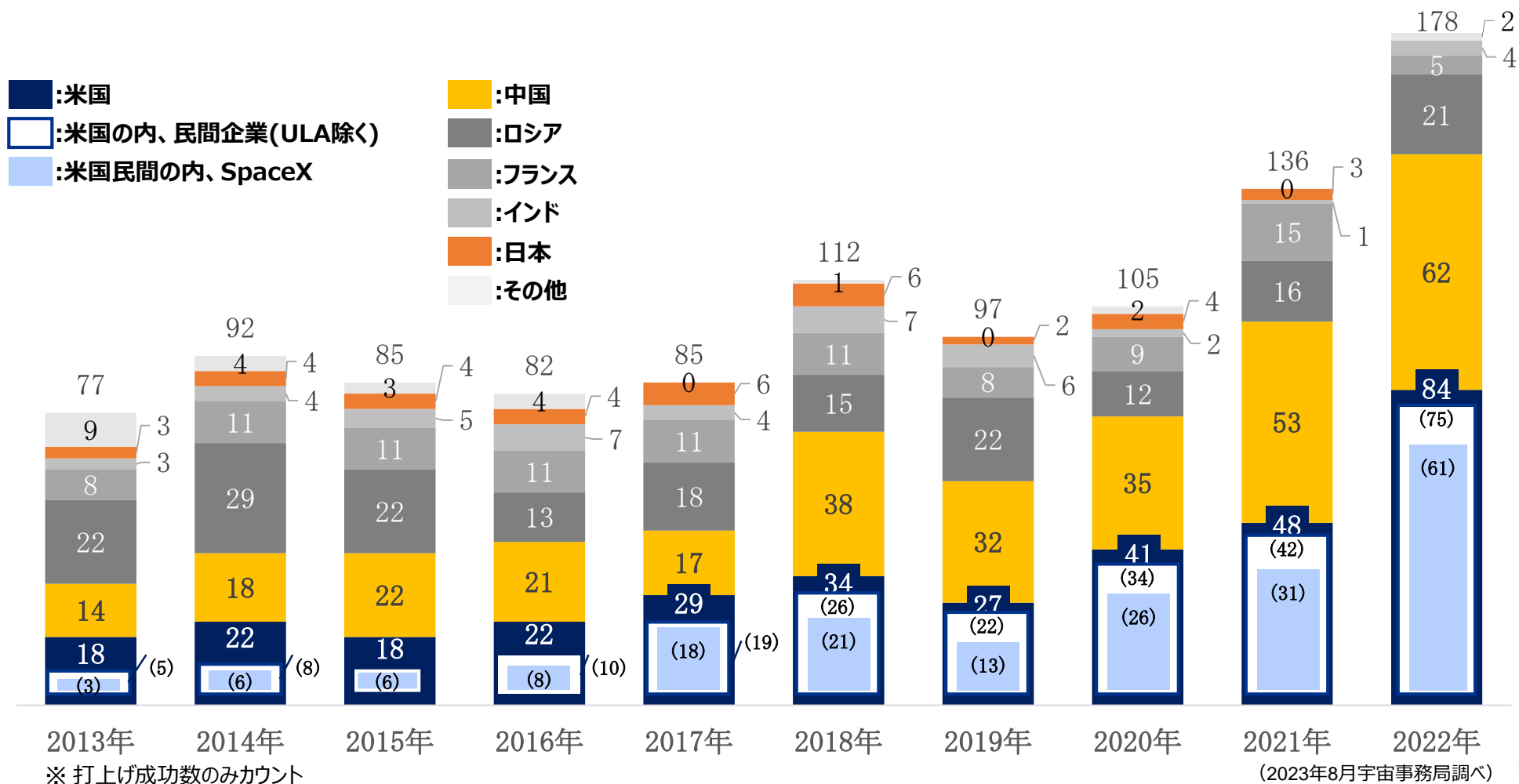
※チャンドラヤーンとは、サンスクリット語で「月の乗り物」の意味。



チャンドラヤーン3号

世界のロケット打上数の推移

- 世界的な宇宙利用の拡大に伴う打上げ需要の高まりや、ロシアによるウクライナ侵略でロシアのロケットが使用できない状況を受けて、打上げ需給がひっ迫する中、米・中における年間打上げ数が大幅に増加。



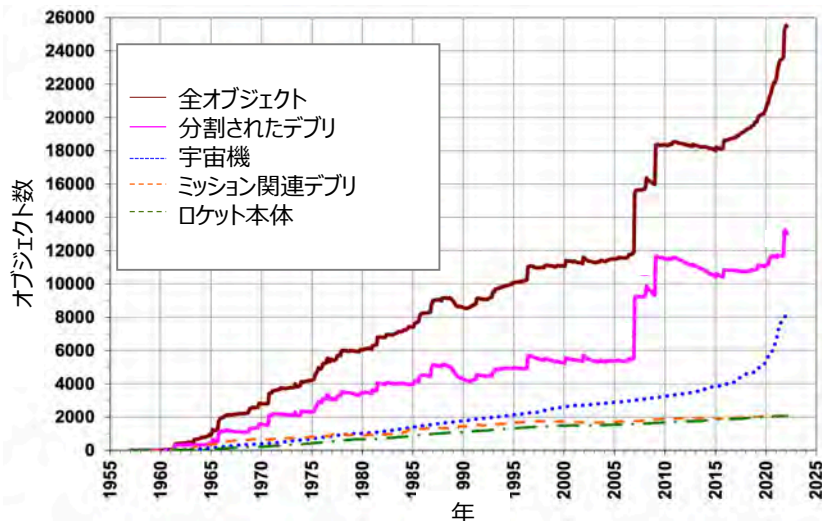
宇宙利用の拡大に伴う軌道上の衝突リスク

- G7広島サミットにおいて宇宙空間の安全で持続可能な利用を確保する共同声明。
主な声明：人工衛星破壊実験の自主的な禁止、宇宙ゴミ除去技術開発の推進。
- 軌道上の宇宙ゴミ発生抑制と宇宙ゴミの削減については喫緊の対策が必要な状況。

宇宙ゴミ等の増加

- 人工衛星破壊実験や小型衛星コンステレーションの増加で、**宇宙空間の利用環境は加速的に悪化**。
- NASA把握デブリ数：25,000個超

(2023年8月宇宙事務局調べ)



地球周回軌道上の物体数の推移

デブリを巡る各国の動向

- デブリや衛星機数増等に伴い、**世界でルール整備**の動き：
 - ✓ G7：広島サミットで共同声明
 - ✓ 欧ESA：2030年まで「Net Zero Pollution」実現を表明
 - ✓ 米FCC：衛星の軌道離脱を25年から5年以内へと短縮
- **デブリ除去技術実証**については**日本のスタートアップ・アストロスケール社が欧米に先行**。

米国や欧州は技術戦略を策定

- 欧米宇宙開発機関や政府は、地域・国全体で一貫した産業基盤支援を実施するため、産学官のステークホルダーを巻き込み、先端・基盤技術開発から商業化に至るまで、技術戦略・ロードマップを策定。

欧ESAによる技術ロードマップの作成

- 欧ESAを中心に**欧州30か国・機関**による調整プロセスを通じて、産学官の関係者で宇宙技術の最新情報を共有しつつ、**全47の宇宙技術ロードマップ**を策定・更新。
- ESAは内部専門家が中立的な立場で執筆を担うとともに、**専任の調整チーム**がプロセス全体を調整。

米宇宙軍による技術ロードマップの作成

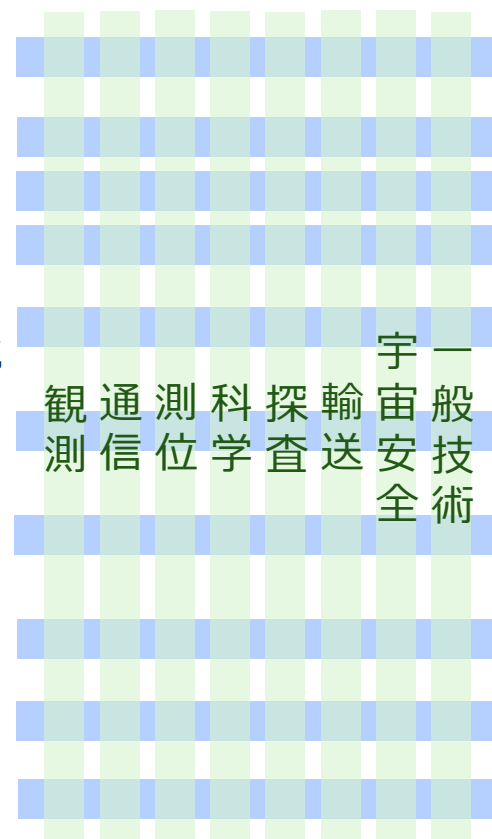
- 毎年、米宇宙軍が中心となり、**産学官ワークショップ**で**安保・民生分野**における将来の宇宙利用像について官民横断で議論し、**課題整理や戦略のすり合わせ**を実施。
- ワークショップのアウトプットは非公開の**宇宙軍の宇宙技術ロードマップ**に反映。

＜欧ESAの技術ロードマップにおける技術分野と応用先＞

【8の応用先】

- ① 電子電気、コンポーネント、フォトニクス等
- ② 構造、機構、材料
- ③ アビオニクスシステム
- ④ RF、光学システム等
- ⑤ 電氣的アーキテクチャ、パワー・エネルギー、電磁環境
- ⑥ アストロダイナミクス、デブリ、宇宙環境
- ⑦ 推進系、宇宙輸送機、再突入機
- ⑧ 地上データシステム、ミッション運用
- ⑨ デジタルエンジニアリング
- ⑩ 生命・物理科学実験、生命維持、ロボティクス・自律

10の技術分野

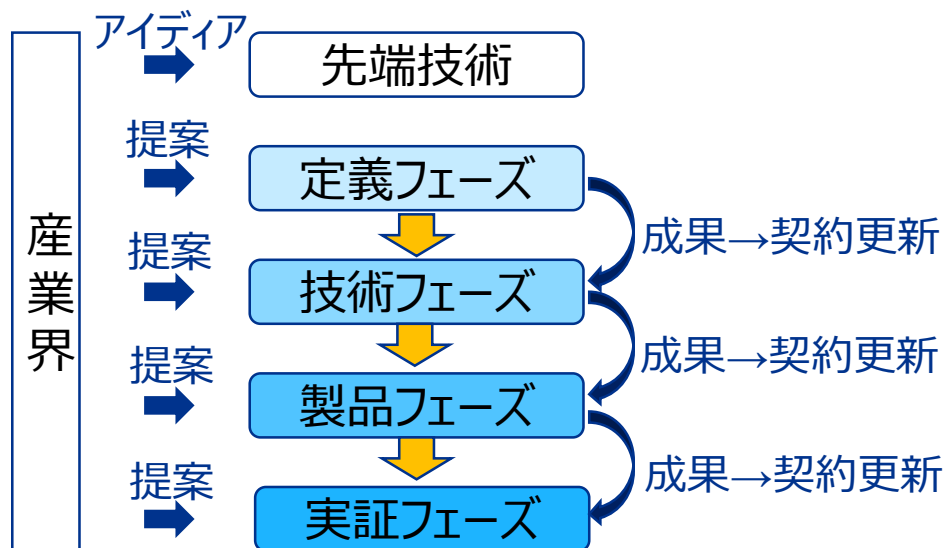


海外の宇宙開発機関は商業化支援を戦略的に実施

- 欧米宇宙開発機関は、宇宙技術の商業化のため、技術開発支援やアンカーテナンシーの提供を実施し、戦略的に宇宙産業を育成。

ESAによる通信衛星産業の戦略的育成 (ARTES)

- 通信衛星の先端・基盤技術から商業化に向けた開発に至るまで、**産業界からのアイデア・提案を募集**。
- **商業化に向けた戦略・目標を評価し、マイルストーン方式で民間企業主体の技術開発を支援**。



ARTESプログラムの仕組み

NASAによる宇宙ステーション輸送の商業化 (COTS)

- NASAは、**宇宙ステーションへの物資・クルー輸送に向けて民間企業主体の技術開発を支援しながら、将来的にサービス購入を約束するプログラム (COTS) を通じ、自ら需要を創出し、民間投資も促すことで、産業振興**。
- 本プログラムで、**SpaceX社がドラゴン補給船の開発に成功**。



ドラゴン補給船

宇宙活動活性化に向けた新たな兆し①

- 我が国においても、アルテミス計画への参画や、新型基幹ロケットの開発といった新たな取組が始まっている。

アルテミス計画への参画と貢献

- 2020年代後半に、米国人以外では初となる**日本人宇宙飛行士の月面着陸の実現**に向け、米国などと共に、月面の有人探査等を目指すアルテミス計画を推進。
- **有人と圧ローバ※の研究開発を推進**するなど、同計画に貢献。

※宇宙服無しで搭乗可能な月面探査車



有人と圧ローバのイメージ

新型基幹ロケットの開発

- **他国に依存しない宇宙へのアクセス確保、国際競争力の強化**を念頭に、H3ロケット・イプシロンSロケットを開発。
- 世界的にロケット打上げ需給が逼迫する中、世界の衛星事業者から、多くの引き合いがある。



©JAXA

H3ロケット



©JAXA

イプシロンSロケット

宇宙活動活性化に向けた新たな兆し②

- 欧米における商業化の加速を受け、我が国においても衛星コンステレーションや、月面輸送において民間事業者による新たな取組が始まっている。

2030年頃に光通信衛星コンステレーションを実現 (NTT、スカパーJSAT等)

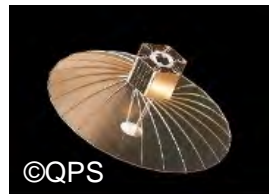
- 近年、**通信の高速化・大容量化を可能にする光通信衛星コンステレーション**技術のニーズが高まり、各国が開発中。
- 世界初の光衛星間通信の実証実績をベースに、**日本企業連合が世界に先駆けた技術の確立**を目指す。



光通信衛星コンステレーション イメージ

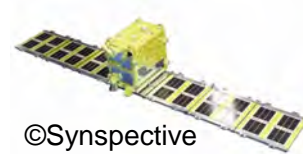
2025年までに小型SAR衛星コンステレーションの構築 (QPS, Synspective)

- 2025年までの小型SAR衛星コンステレーションの構築に向け、**民間資金調達**を実施し、**増機**に取り組む。
- **世界に遜色ない高分解能**の衛星を開発しており、更なる高分解能化等を目指す。



©QPS

QPS衛星



©Synspective

Synspective衛星

月面輸送で月面経済圏を構築 (ispace)

- ispaceは民間月面探査レース「Google Lunar XPRIZE」で、賞金\$50万獲得の日本チームの中核。
- **民間初の月面着陸に挑戦**し、成功直前まで迫った。**安価な月面輸送の実現**で月面経済圏の構築を目指す。



ispace「HAKUTO-R」月着陸船

宇宙活動活性化に向けた新たな兆し③

- 欧米における商業化の加速を受け、我が国においても小型ロケットや、デブリ除去において民間事業者による新たな取組が始まっている。

小型ロケットで民間輸送を実現 (スペースワン、インターステラテクノロジズ)

- スタートアップを含め複数事業者が、民間輸送を切り拓くべく、**小型ロケットを開発中**。

✓スペースワン：

和歌山県串本町にて、打上げ

✓インターステラテクノロジズ：

北海道大樹町にて、2024年度以降打上げ



スペースワン (カイロス)



インターステラテクノロジズ (ゼロ)

デブリ除去実証を世界に先駆けて実現 (アストロスケール、KHI等)

- **民間企業による軌道上サービス** (デブリ化防止・除去、観測・点検、寿命延長等) の**技術開発と事業開発**。

✓アストロスケール

ELSA-d (2021年打上げ)：模擬デブリ放出・接近・再捕獲の軌道上実験

ADRAS-J(2023年打上げ)：対象デブリへの接近、撮影



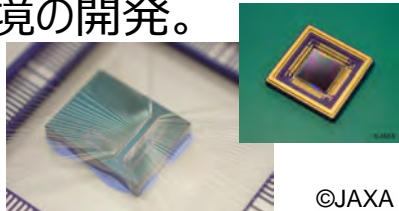
デブリ除去技術実証衛星

JAXAが蓄積・発展させてきた先端・基盤技術

- 基幹ロケットや与圧ローバ、デブリ関連技術等のほか、JAXAでは企業・大学等と連携しつつ、様々な研究開発を進めている。

宇宙用計算機技術

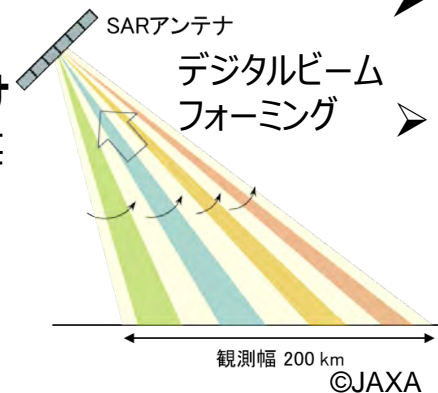
- 海外製品に比して、**耐放射線性が高く、極めて消費電力が低い、宇宙地上兼用の計算環境の開発。**



次世代宇宙用MPU（右上）と
第3世代ナノブリッジ-FPGAの試作品

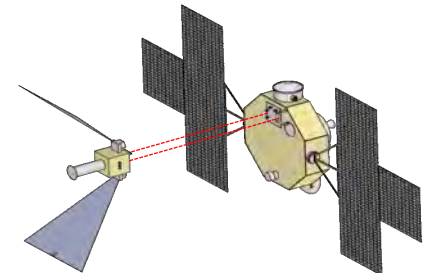
バンド合成開口レーダ（SAR）

- デジタルビームフォーミングの採用により3m分解能で観測幅200kmを実現
- **全天候で広域観測が可能で、植生の影響を受けないため、森林が多く、海洋に囲まれた日本での災害対策および海洋状況把握での利用が進む。**



サンプルリターン（SR）

- 「はやぶさ」シリーズにより磨いたSR技術は世界でも高く評価。
- 更にこの技術を進展させる**我が国独自の次世代SR計画も検討中。**



次世代サンプルリターンイメージ ©JAXA
(DS-OTV（深宇宙軌道間輸送機）+ 高機能子機)

地球低軌道・国際宇宙探査に向けた競争力の高い物資補給技術（HTV-X）

- 既存のHTVを発展させた新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）を開発中。
- 今後の**国際宇宙探査や商業ステーションに必要とされる機能を有する改良型補給機、さらには有人活動拠点等、様々な発展性を有する。**



低軌道活動拠点イメージ ©JAXA 17

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。

宇宙技術戦略の進め方（案）

● 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。