

# 宙を拓くタスクフォース（第4回） 宇宙航空研究開発機構（JAXA） プレゼンテーション資料

- 資料① スペースデブリの現状と課題について
- 資料② 国際宇宙探査の動向と通信の課題

2019年 1月28日

宇宙航空研究開発機構 理事 今井 良一

資料①

# スペースデブリの現状と課題について

概要:

スペースデブリに関する基本的な情報をご説明すると共に、JAXAのスペースデブリに関する取組みをご紹介します。

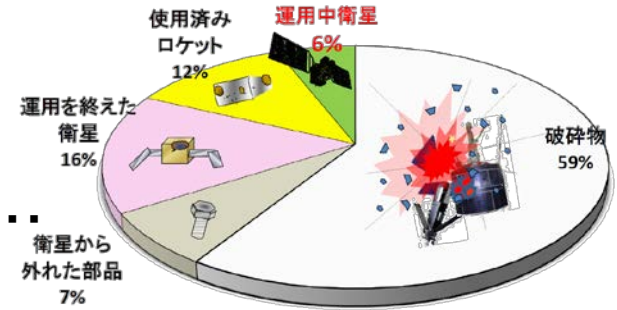
2019年 1月 28日

宇宙航空研究開発機構

経営推進部

スペースデブリ: 軌道上にある不要な人工物体の総称 = 宇宙のゴミ

- ▶ 使用済みあるいは故障した人工衛星・ロケット上段
- ▶ ミッション遂行中に放出した部品: 分離機構部品など
- ▶ 運用後、残推薬による爆発・衝突により発生した破片
- ▶ その他、固体ロケットモータのスラグ(燃えカス)、塗料片、...

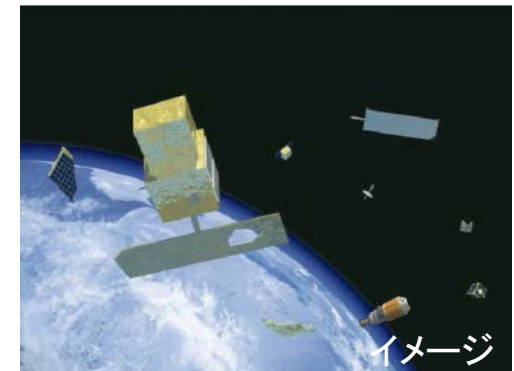


宇宙空間は宇宙ゴミ(スペースデブリ)だらけ=宇宙空間での飛行物体の94%がデブリ。

出典: 数量割合はESAの2011年2月の国連COPUOS/STSCへの報告より

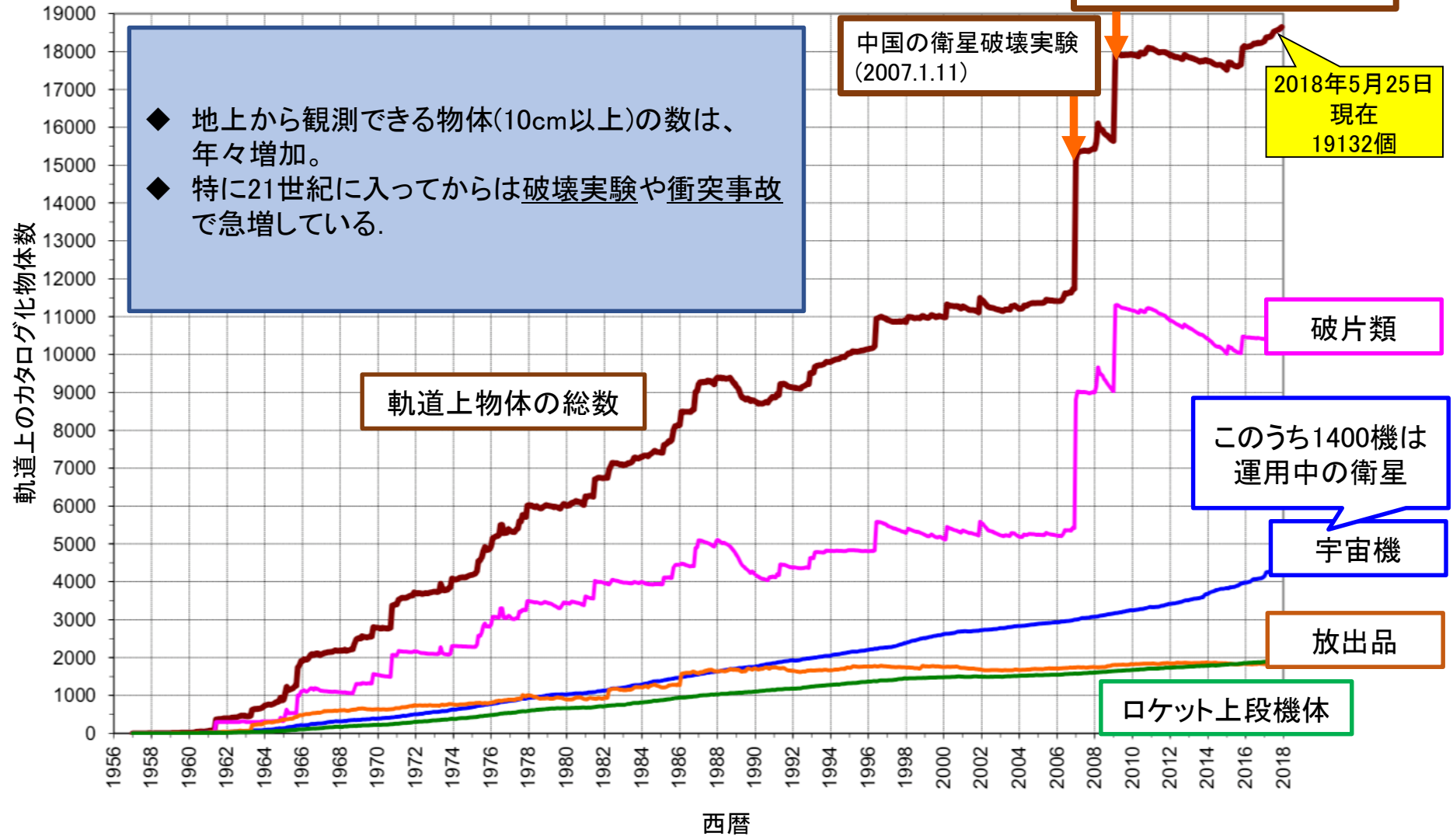
## スペースデブリの数

- ▶ 軌道上物体の数: 約23000個 (JSpOC, 2015)
  - ✓ 米国が地上観測網で低軌道約100mm以上、静止軌道約1m以上の物体を追跡し軌道情報を公開
  - ✓ 運用衛星は約5%程度、残りはデブリ
  - ✓ カタログ化された軌道上物体: 19132個(軍事衛星は軌道非公開), 残りは起源不明など (JSpOC, 2018年5月25日現在)
- ▶ 衝突速度は約10~15km/s (ライフルは1km/s)
  - ✓ 100mm以上: 2.3万個 → 壊滅的破壊 + 大量破片発生
  - ✓ 10mm以上: 50~70万個 → ミッション終了につながる破壊
  - ✓ 1mm以上: 1億個以上 → 故障



イメージ

# NASA 米国が地上監視データから公表している軌道上物体の数



◆ 地上から観測できる物体(10cm以上)の数は、年々増加。  
 ◆ 特に21世紀に入ってから破壊実験や衝突事故で急増している。

ロシアの軍事通信衛星と米イリジウム社の通信衛星との衝突(2009.2.10)

中国の衛星破壊実験(2007.1.11)

2018年5月25日  
 現在  
 19132個

破片類

このうち1400機は運用中の衛星

宇宙機

放出品

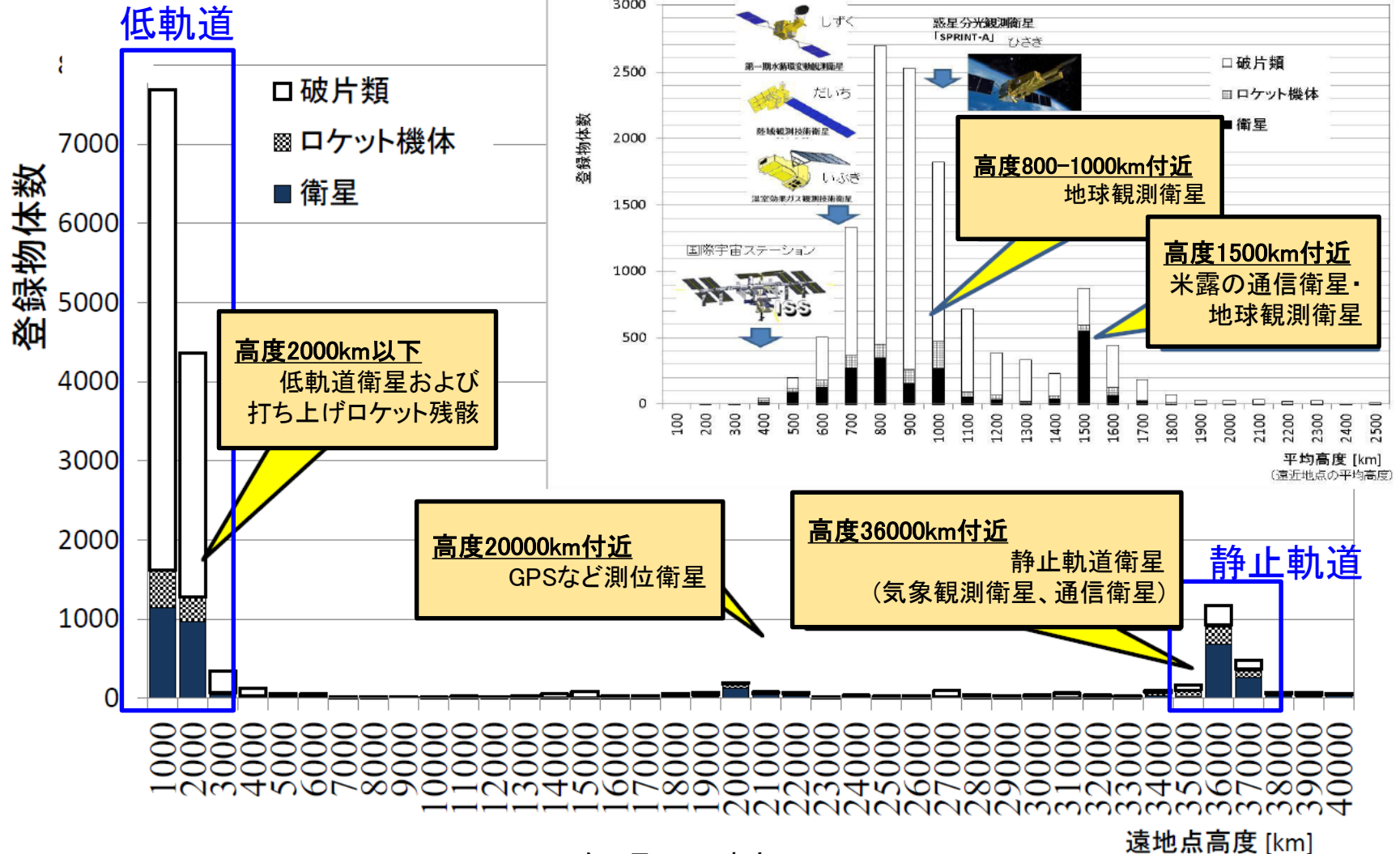
ロケット上段機体

西暦

観測限界(公称値): 低軌道10cm以上, 静止軌道1m以上

出展: NASA Orbital Debris Quarterly News, Volume 20, Issues 1&2, April 2016

## 低軌道衛星分布の詳細



2015年9月20日時点

(2017年8月 JAXA加藤氏資料より抜粋)

## デブリ状況把握

- ✓ 観測技術、**SSAシステムの構築**

## 国際標準・ルール化の検討

- ✓ IADC, COPUOS/LTS等を通じた**国際動向の把握・ルール制定への貢献**
- ✓ 国際基準を満たしたJAXAのデブリ標準の制定

## ロケット・衛星の 非デブリ化・デブリ防御

- ✓ ロケット・衛星の競争力を維持した上で**世界と同等以上の非デブリ化対策**
- ✓ 効率的防御策

## デブリ除去

- ✓ 世界に先駆けた**デブリ除去システムの研究推進**
- ✓ ロケット上段・大型デブリをターゲットとした実証
- ✓ 民間事業拡大に向けた枠組み作り

- JAXAはスペースデブリとJAXA衛星の接近解析、大気圏再突入物体の予測に関する研究を継続して来た。
- 宇宙空間をこれからも安定的に利用するためには、宇宙物体の軌道を把握、管理するSSA (宇宙状況把握: Space Situational Awareness)の推進が重要。

**レーダー** : 低軌道帯物体を観測する。  
**光学望遠鏡** : 静止軌道帯物体を観測する。  
**解析システム** : 観測データを解析してスペースデブリの軌道を決定、JAXA衛星への接近解析、再突入予測解析を行う。



上齋原スペースガードセンター  
(レーダー 2004年～)

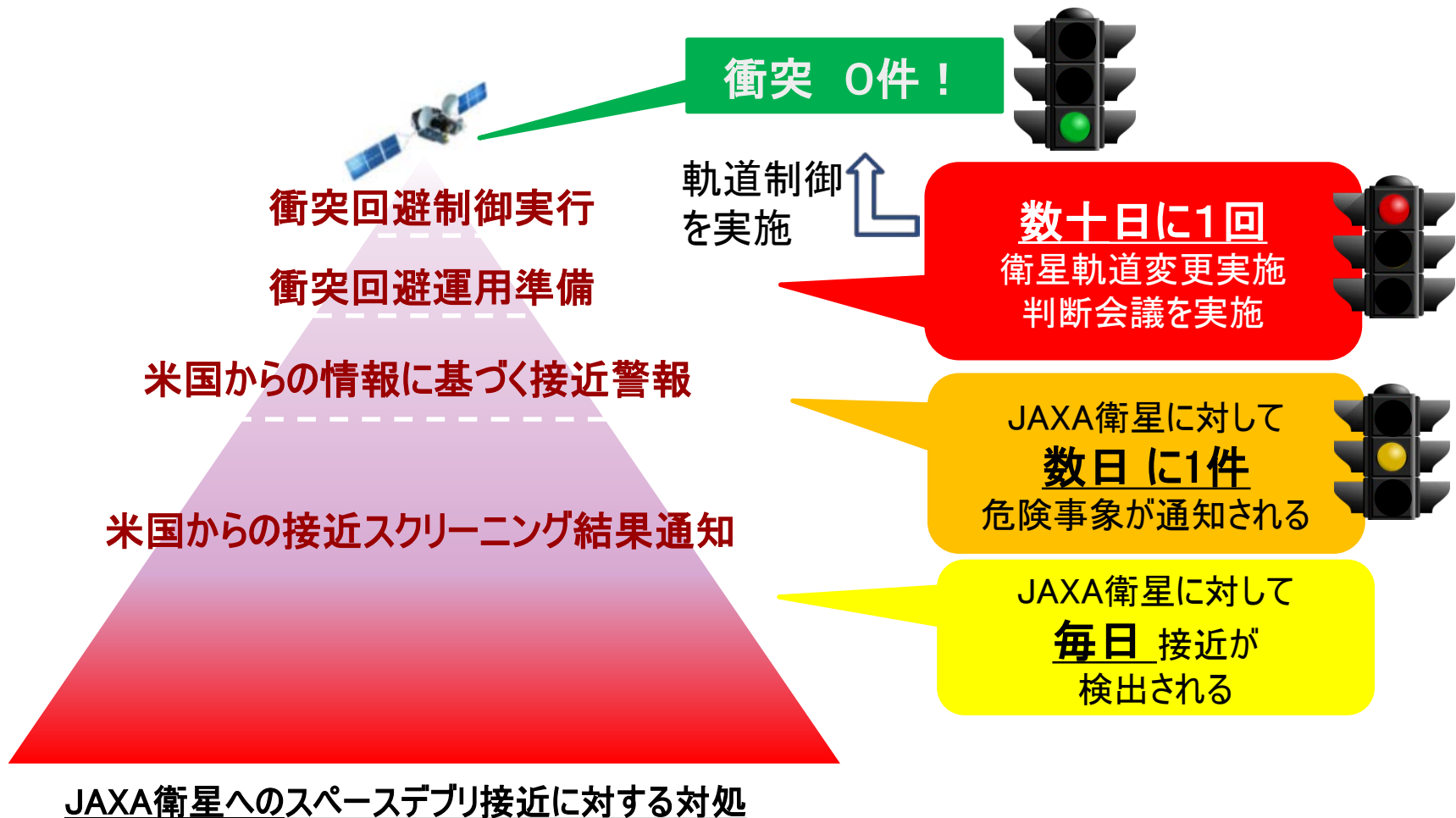


美星スペースガードセンター  
(光学望遠鏡 2002年～)



JAXA・筑波宇宙センター  
(解析システム)

- スペースデブリ観測結果からそれらの軌道を予測。JAXA衛星への衝突リスク回避のために、衛星を移動させる。



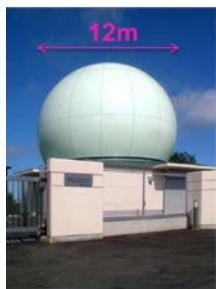
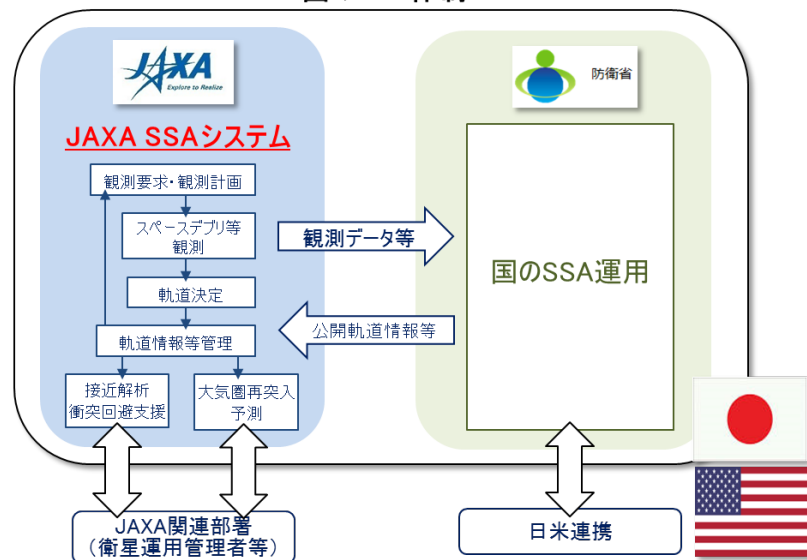


## 宇宙基本計画

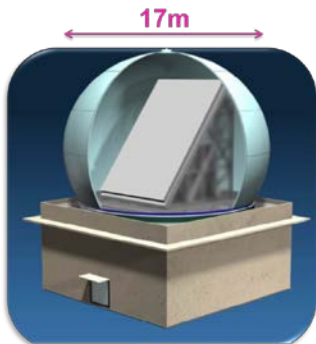
日米連携に基づく宇宙空間の状況把握のために必要となるSSA関連施設及び防衛省やJAXAを始めとした関係政府機関等が一体となった運用体制を、平成30年代前半までに構築する。これに並行して、我が国関係機関と米国戦略軍等との間で連携強化のあり方について協議を進め、運用体制構築等に資する情報収集及び調整を図る。(内閣府、外務省、文部科学省、防衛省等)

JAXAのSSAシステムプロジェクトチームは、**2023年度運用開始**を目指して、レーダー及び解析システムの能力向上、光学望遠鏡の更新を進めている。

国のSSA体制



現行レーダー



新レーダー完成イメージ

レーダーの観測能力向上



現行望遠鏡(1m口径)



望遠鏡(1m口径)更新イメージ

光学望遠鏡の老朽化更新

■ JAXAのロケット・衛星は、国の規制及びJAXA基準 (JMR-003C) に従って設計・運用されており、以下の様なデブリ低減・非デブリ化対策が考慮されている。

- ・制御再突入
- ・廃棄軌道(墓場軌道)への遷移
- ・デオービット・溶融設計(自然落下の危険性を低減)

(研究例)

- ✓ 再突入リスク評価技術の獲得: 再突入時のデータ蓄積、風洞試験、CFD解析による溶融解析技術の獲得。
- ✓ 気蓄器: 再突入時の溶融促進のため材料をチタン(H-IIA/B)からアルミニウム(H3)へ

## ■ 非デブリ化に関する国際的な共通ルール

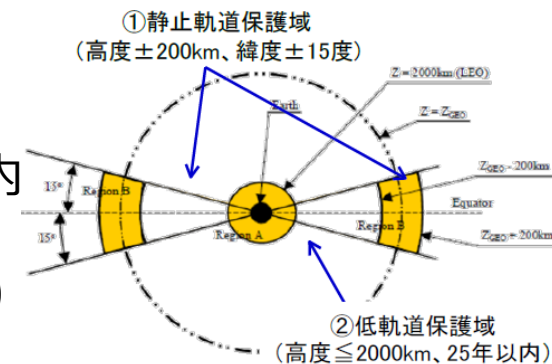
### 1. 保護軌道域からの退避

- ① 静止軌道保護域(高度±200km, 緯度±15deg)
- ② 低軌道保護域(高度≤2000km): 軌道滞在期間25年以内

### 2. 地上安全の確保(技術の現状・海外動向踏まえて最大限努力)

- ・落下危険度(傷害予測値 $E_c < 1/10000$ )

→衛星再突入時にどのくらいのサイズが地上に落下するか。人体への影響の指標。



## 1) 国際議論への参加：国際ルール化に向けて

### ➤宇宙機関間デブリ調整会議(IADC):

✓JAXAは国際的なガイドライン作りを先導・貢献してきた

» NASDA標準をベースにIADCのガイドラインが制定され、国連ガイドラインにつながった

✓第36回会合(2018年6月5日~8日)は日本が議長国としてつくばで開催。第37回会合(2019年5月7日~10日)はイタリアが議長国となりローマで開催予定。

### ➤ISO: JAXAから技術的な専門家として参加。

### ➤国連 宇宙平和利用委員会(COPUOS): 外務省の活動を技術的・専門的に支援。

➤ また、JAXAは、慶應義塾大学との宇宙法分野の共同研究を更に活用し、国際標準・ルール化に向けた検討を青木節子教授(内閣府宇宙政策委員会委員)他と共同で行うことを通じて、政府の検討に貢献していく。

## 2) JAXAのスペースデブリ発生防止に係るガイドライン

### ➤スペースデブリ発生防止標準(JMR-003):

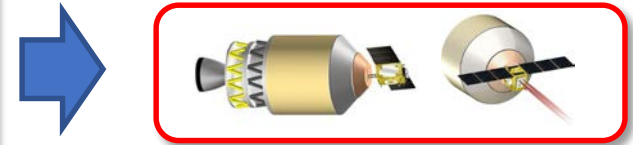
✓JAXAのロケット・衛星は、スペースデブリ発生防止に係るガイドライン(IADC)、ISO規格等を満足するように設計されている。

- **低軌道の大型スペースデブリ除去を目的とした小型衛星システム研究を推進**
  - ✓ 短期的な目標として比較的実証が容易なロケット上段デブリの除去を検討中
  - ✓ 軌道上にある日本起源のロケット上段や自衛星の打上げロケット上段を対象として研究中



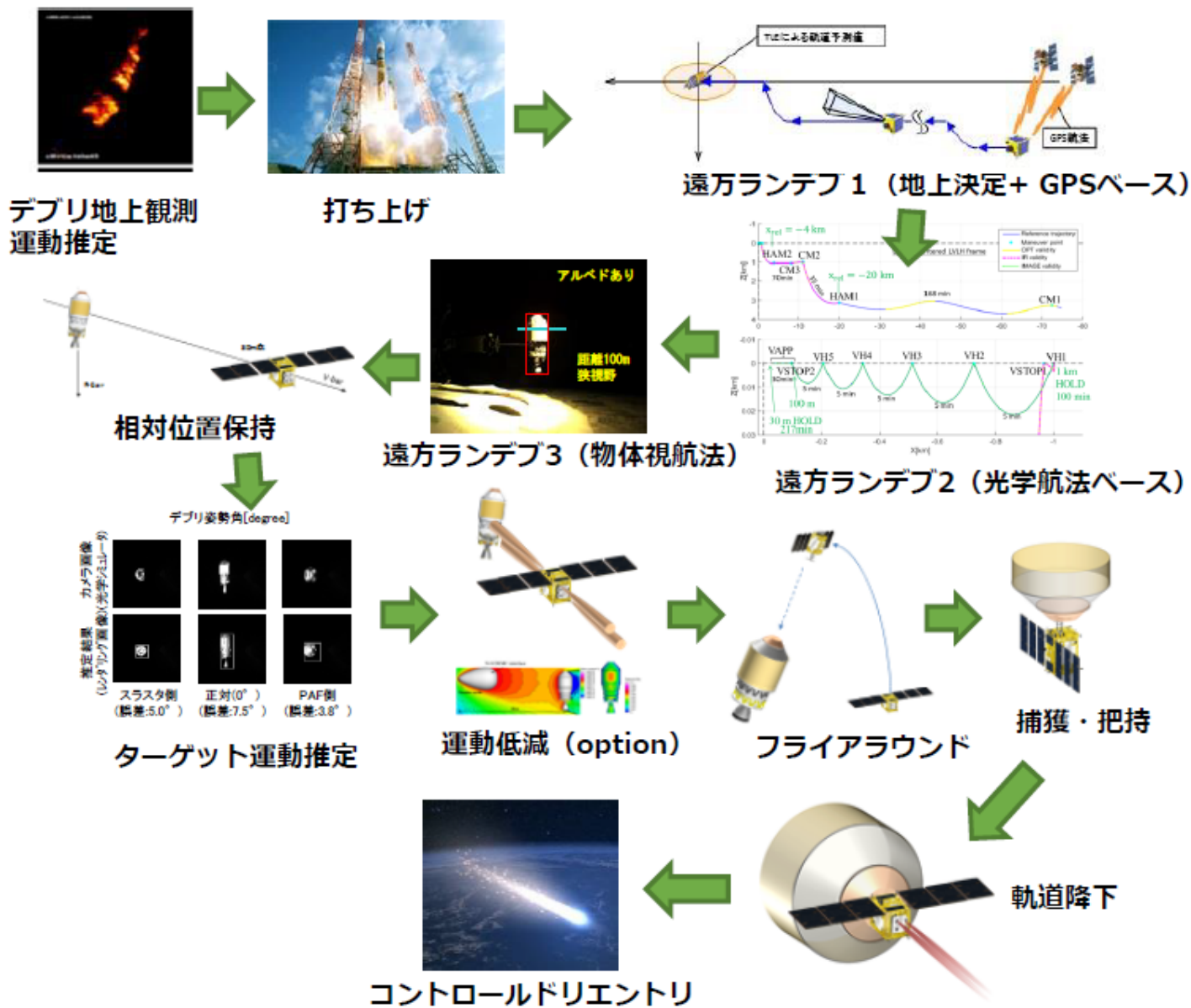
<p><b>①軌道上物体状況把握</b> 軌道上観測（民間）と地上観測（JAXA実施）による状況把握</p>	<p><b>②近傍制御</b> 静止していないデブリに対し近傍制御する航法誘導制御技術</p>	<p><b>③高度オンボード画像処理</b> AI・深層学習など最新技術によるオンボード画像処理・航法技術</p>	<p>100kg級の技術実証衛星で産業界の基盤技術①②③の獲得を実現</p>
--	---	---	--

世界初の大型デブリ除去へ



- JAXAでは、来年度以降、宇宙デブリ除去に係る事業化の意思を持つ民間企業と共にデブリ環境の改善を行う新たな市場の創出に挑戦することを検討中。
- JAXAの保有する技術・研究開発能力を生かし、民間企業の提案を優先する新たな衛星開発の枠組みについても検討中。

# AXA 世界で初めて大型デブリ除去を実現する全体イメージ

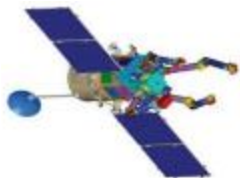


- コンステレーション等衛星の増加が続く中で、宇宙物体同士の衝突等によるデブリ環境悪化を防止する方策（国際的な技術基準、衝突回避ルール等）とその国際的合意。
- 上記を支える技術として、宇宙物体の軌道把握、管理を行うSSA技術の向上（分解能の向上、高精度の軌道決定、国際協力の推進等）。
- デブリ環境の悪化防止に有効な大型デブリ除去を、低コストで実現する技術の軌道上実証とその市場創出。

- スペースデブリ環境は、放置しておくとも自然発生的に増大し、安全な宇宙利用ができなくなると言われている。これを防ぐための効果的な手段として、既に宇宙空間にある大型スペースデブリ(爆発的に小さなスペースデブリの発生源となり得る)の除去を行うことが検討されている。
- 以下のとおり、世界中で研究開発に取り組まれており競争状態にあるが、未だ技術実証段階。

(米国)

ロボットアームによる捕獲、網による捕獲等が研究されているが具体的な計画は無い。



©NASA



©Star Inc.

(欧州)

2018年9月、小型衛星による網でのデブリ捕獲技術を宇宙で初めて実証。



©Surrey大

(スイス)

テンタクル(触手)や網で捕獲する方式を検討。



©スイスローザンヌ工科大

(ドイツ)

ESAと協力してロボットアームによるデブリ除去を検討。



©DLR

# 国際宇宙探査について

国際宇宙探査の動向について報告するとともに、  
通信の課題についてご紹介する。

2019年1月28日

宇宙航空研究開発機構

国際宇宙探査センター



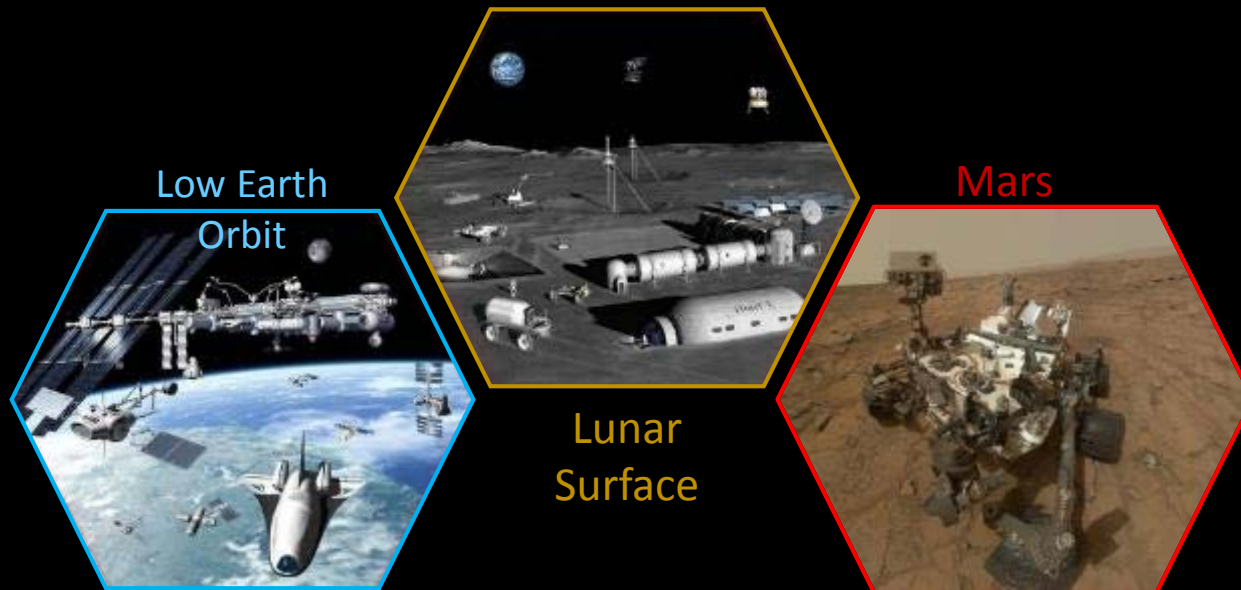
# 国際宇宙探査とは

国際宇宙探査の定義 (国際宇宙探査の在り方 宇宙開発利用部会より)

国際宇宙探査とは、天体を対象にして国際協力によって推進される有人宇宙探査活動及び当該有人探査のために先行して行われる無人探査活動を範囲とする。



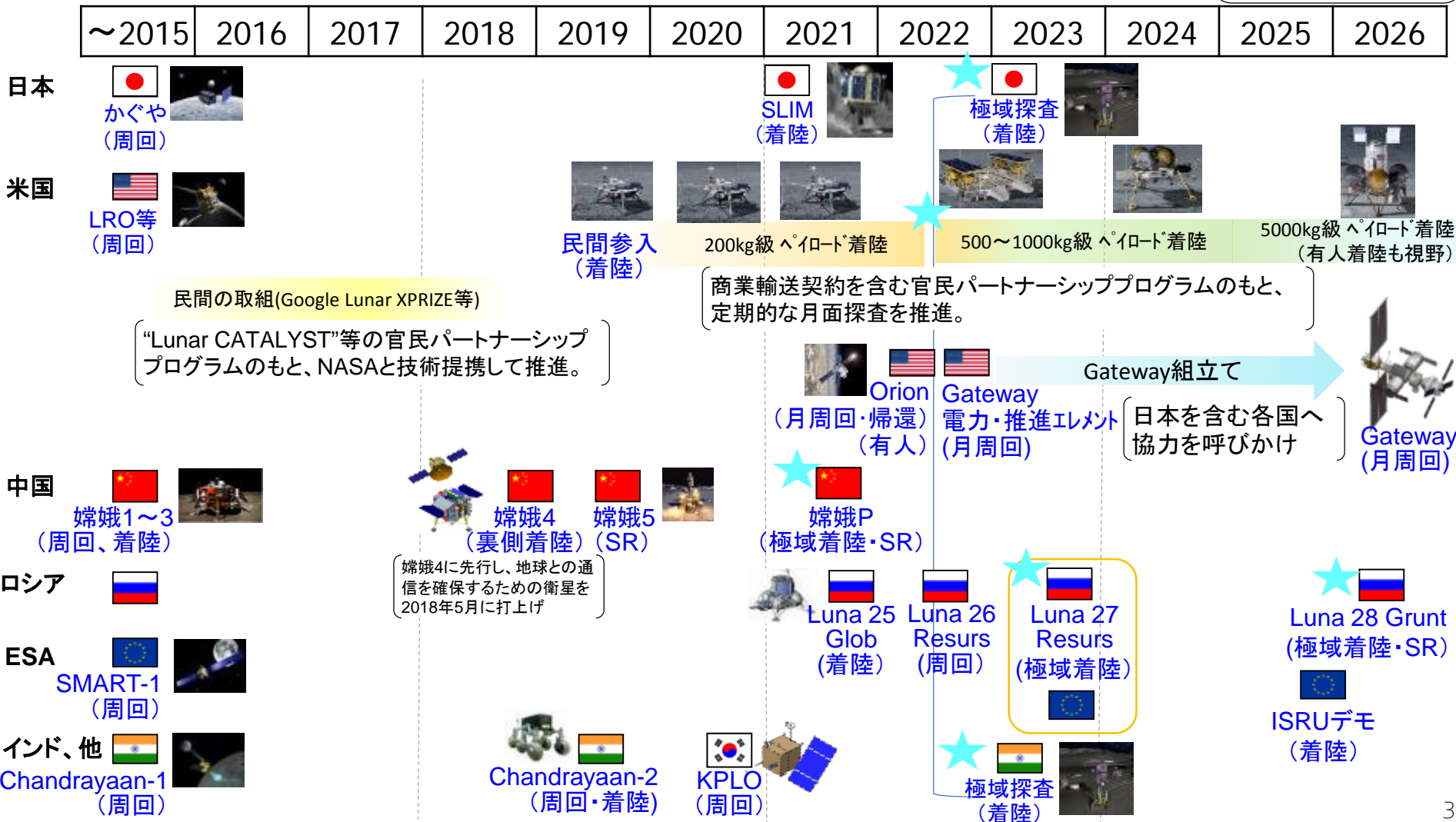
JAXAとして当面、月(周回軌道を含む)、火星(衛星を含む)を対象とする。



# 月探査をめぐる各国の動向

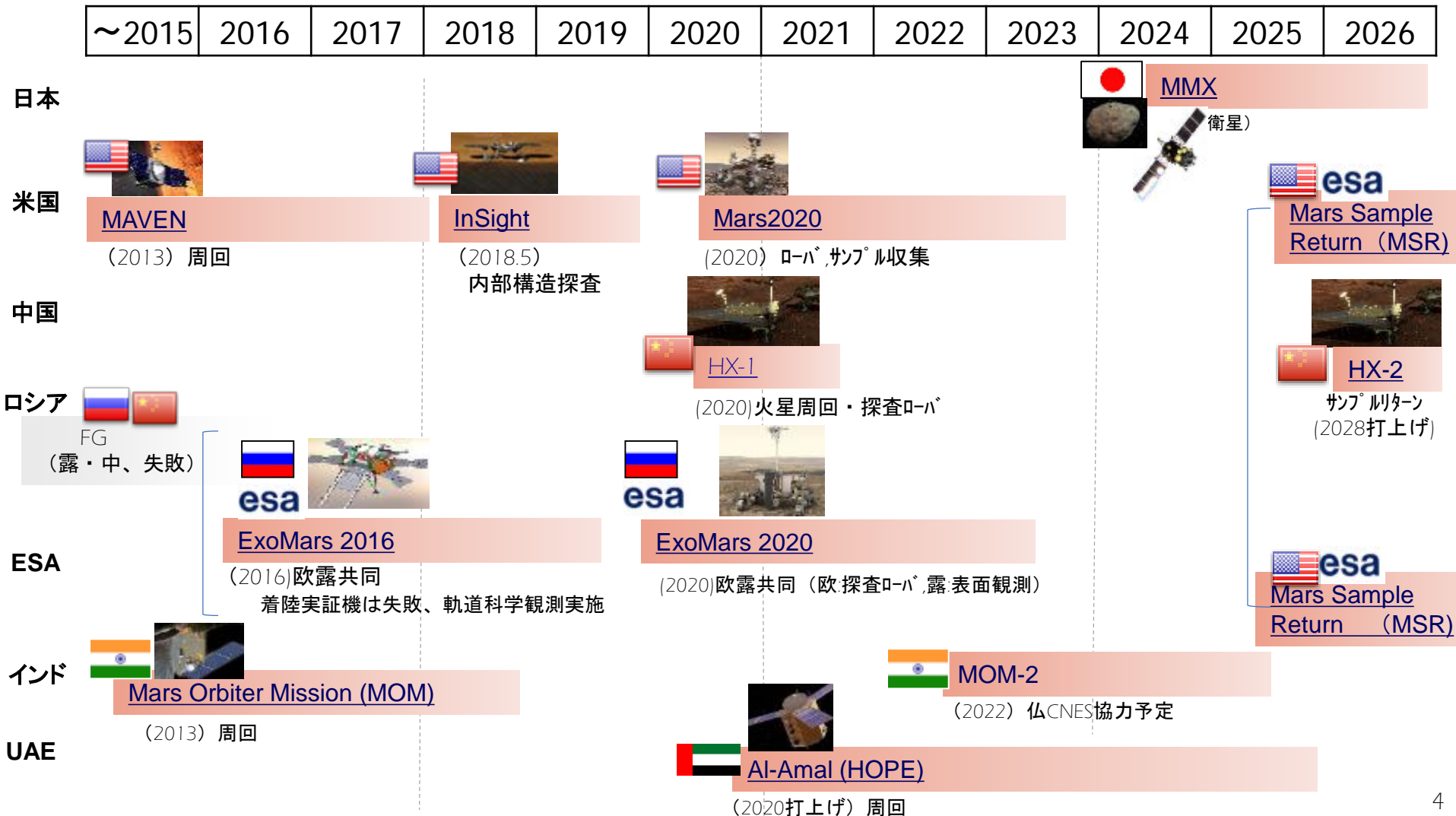
- 月面：2018年以降、主要国は多くの月面探査ミッションを計画。米国は官民パートナーシップを促進。  
2020年代前半には米露欧中印等が月極域への着陸探査を計画(月の水氷や高日照率域に高い関心)。
- 月近傍：米国は月近傍有人拠点(ゲートウェイ)を構築する計画を示し、各国に参画を呼びかけ。  
ロシアも参画意志を表明。

★：極域着陸ミッション  
SR：サンプルリターン  
(※検討中のものを含む)



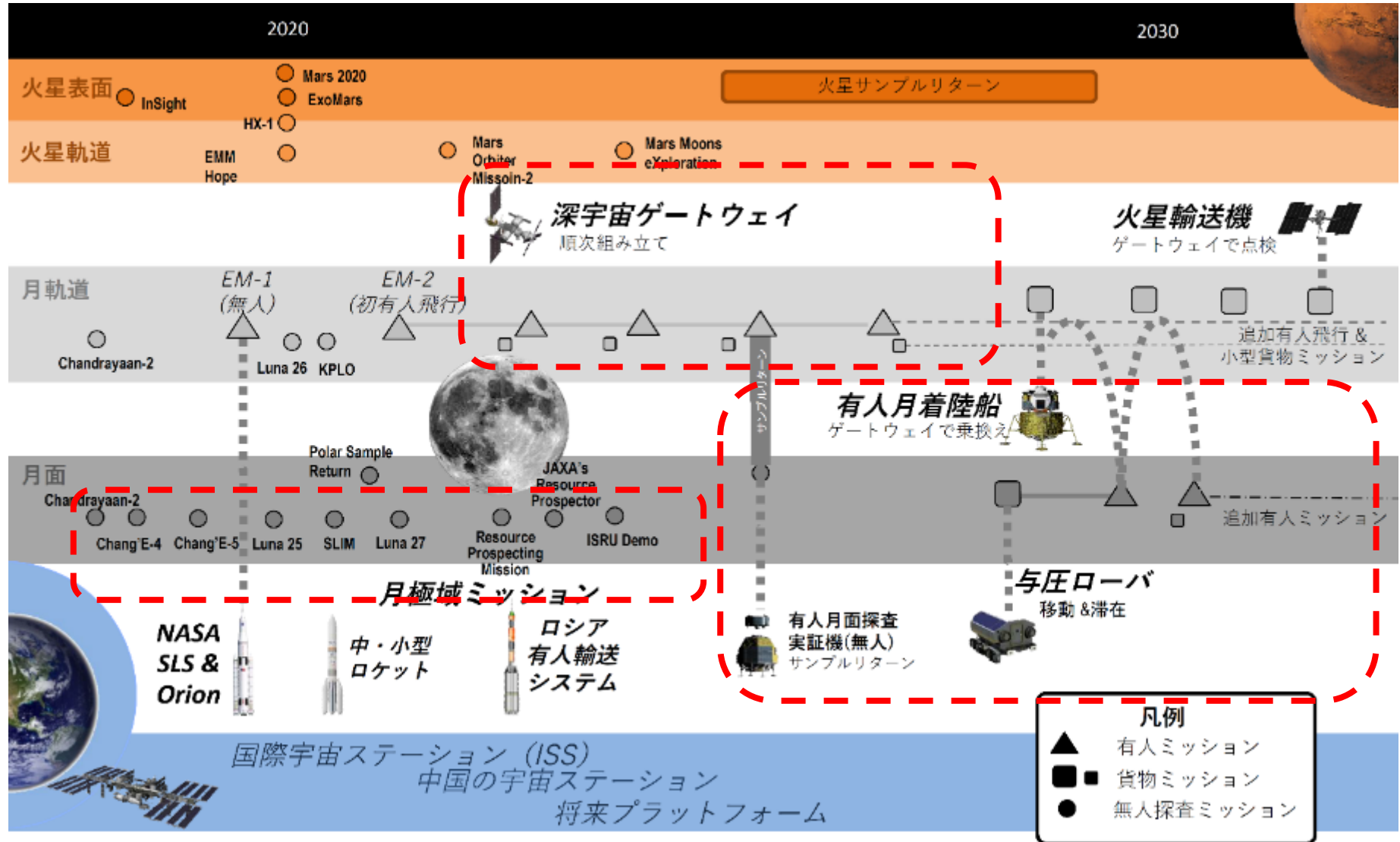
# 火星探査をめぐる各国の動向

- 火星：2020年前後に各国の火星探査ミッションが集中している。引き続き、欧米、中国が2020年代中盤以降のミッションの準備を進めているところ。(米・ESAのMSRは米国で概念検討の予算が要求された段階、中国のHX-2はどこまで具体化しているか不明)。
- 火星近傍：火星衛星への探査は日本が推進するユニークな計画(2011年にロシアがフォボスからのサンプルリターンを目指す探査機「フォボス・グルント」の打ち上げに失敗)。



# ISECG ロードマップ (GER: Global Exploration Roadmap) 第3版 (GER3)

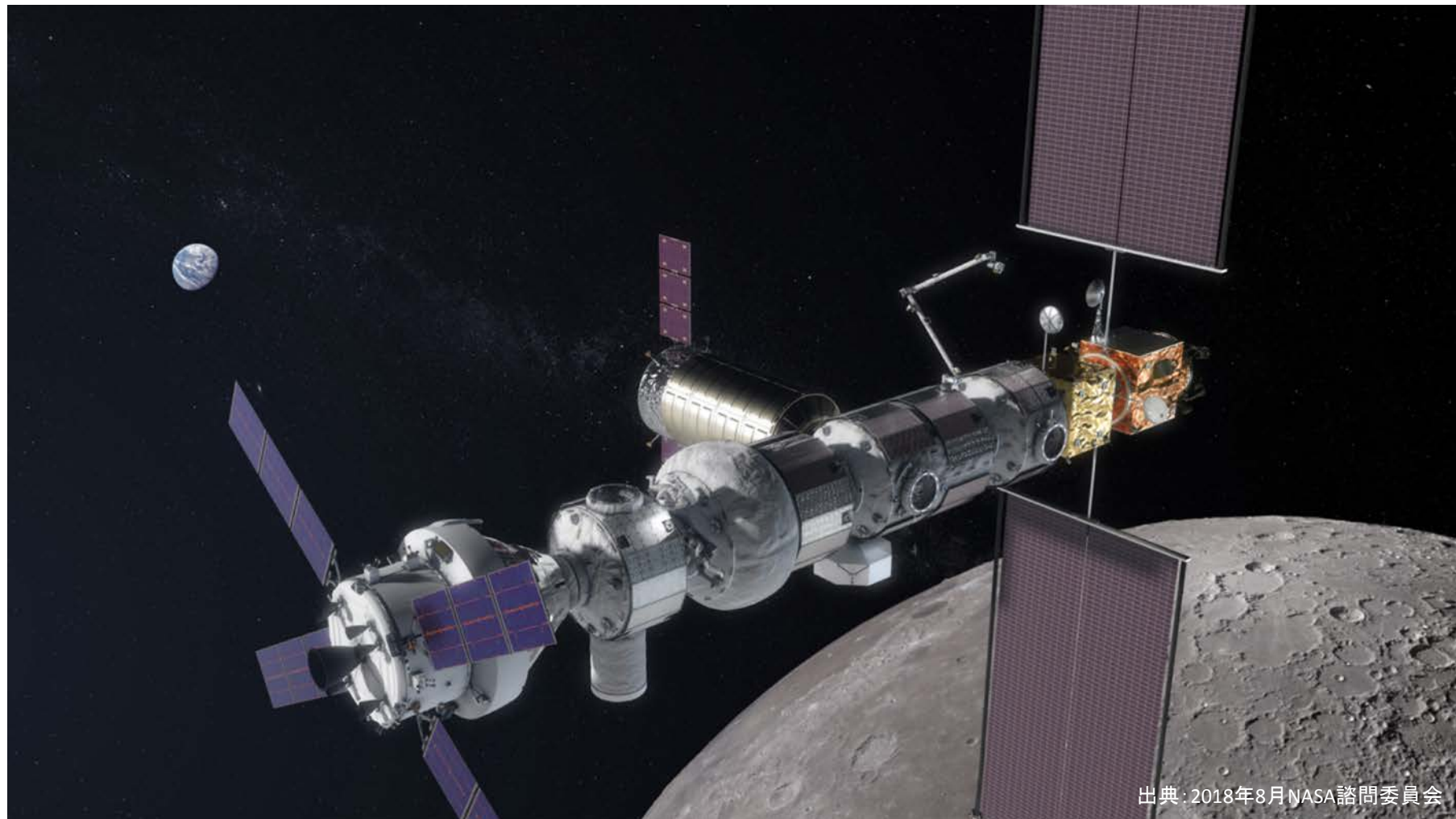
- 15の宇宙機関(日米欧露中印など)からなる国際宇宙探査協働グループ(ISECG)によるシナリオ・技術検討の結果として、2018年1月に公表されたロードマップ。2018年3月のISEF2の場でも紹介された。
- 各機関が、国内ステークホルダ等との協議を行う調整用ツールという位置付けであり、国際約束ではない。



## 月軌道プラットフォームゲートウェイ(Gateway)について

- 2018年2月、米国予算教書において、月の周回軌道<sup>\*</sup>に設置される有人拠点として「ゲートウェイ(Gateway)」を国際協力、民間との協力により構築していくことが発表された。(ISS参加5極の宇宙機関による作業チームが実施してきたコンセプトスタディを踏まえたもの)質量は国際宇宙ステーションの6~7分の1。
- 組立フェーズ(プログラム開始)では、4名の宇宙飛行士が30日程度滞在することを想定。
- NASAは、2022年から電気推進エレメントを打ち上げ、2026年頃までの完成を計画。

※ 月の極付近を近月点とする超楕円軌道  
(近月点：4000km、遠月点：75000km)



出典：2018年8月NASA諮問委員会

# JAXAの当面目標とする国際宇宙探査

火星他

人類の活動領域の拡大

月

地球

ピンポイント着陸技術  
重力天体表面探査技術

小天体資源探査他  
サンプルリターン



MMX: 2024年度  
重力天体  
表面探査技術

★ 初期火星探査

★ 本格探査

- 火星の生命探査
- 火星の科学探査

- 火星の利用可能性調査
- 長期にわたる火星の科学探査

ピンポイント  
着陸技術

ピンポイント  
着陸技術



小型月着陸実証機  
(SLIM)  
(2021年度)

月移動探査(2023年頃～)

月広域・回収探査(2026年頃～)

月の本格的な探査・利用

- 月極域の水氷利用可能性調査
- 月面拠点の調査等

- 南極や裏側探査とサンプルリターン
- 月面本格探査に向けた技術実証等

- 無人探査機/有人能力の協調による効率的資源探査・科学探査
- 多種多様な主体による月面活動

月面活動を主体に

深宇宙補給技術

補給ミッション・月探査支援  
(2026年頃～)

有人滞在技術

Gateway第一段階  
(2022年-)

Gateway第二段階

有人滞在技術

- 月面探査の支援
- 深宇宙環境を利用した科学

- 火星探査に向けた技術実証

民営化を推進

国際宇宙ステーション

# 宇宙基本計画工程表

- 12月11日の宇宙開発戦略本部において、承認された工程表改訂において、初めて月着陸探査活動が明記された。取組においても、実施等について、国際調整や具体的な技術検討を行うことになった。

## 4. (2)① ix) 宇宙科学・探査及び有人宇宙活動

年度	平成27年度 (2015年度)	平成28年度 (2016年度)	平成29年度 (2017年度)	平成30年度 (2018年度)	平成31年度 (2019年度)	平成32年度 (2020年度)	平成33年度 (2021年度)	平成34年度 (2022年度)	平成35年度 (2023年度)	平成36年度 (2024年度)	平成37年度以降	
27 国際宇宙探査	<div style="text-align: center;"> <p><b>国際宇宙探査</b></p> <p>★</p> <p>第2回国際宇宙探査フォーラム(ISEF2)</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 20%;"> <p>国際宇宙探査の検討に向けた原則とすべき基本的な考え方を取りまとめ</p> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30%; background-color: #e0e0e0;"> <p><b>技術検討・国際調整</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・月近傍有人拠点(Gateway)(米国等との協力)</li> <li>・月着陸探査活動(インド等との協力)</li> </ul> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p><b>技術実証</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・深宇宙補給技術(ランデブ・ドッキング技術等)</li> <li>・有人宇宙滞在技術(環境制御技術等)</li> <li>・重力天体離着陸技術(高精度航法技術等)</li> <li>・重力天体表面探査技術 (表面移動技術、掘削技術、水氷分析技術等)</li> </ul> </div>											
	【再掲】	火星衛星サンプルリターン計画(MMX)調査研究	火星衛星サンプルリターン計画(MMX)開発研究				フロントローディング		戦略的中型1			
【再掲】	小型月着陸実証機(SLIM)の開発									打上げ	運用	

※以上すべて文部科学省

### 27 国際宇宙探査

#### 成果目標

【基盤】他国の動向も十分に勘案の上、その方策や参加の在り方について、慎重かつ総合的に検討を行う。

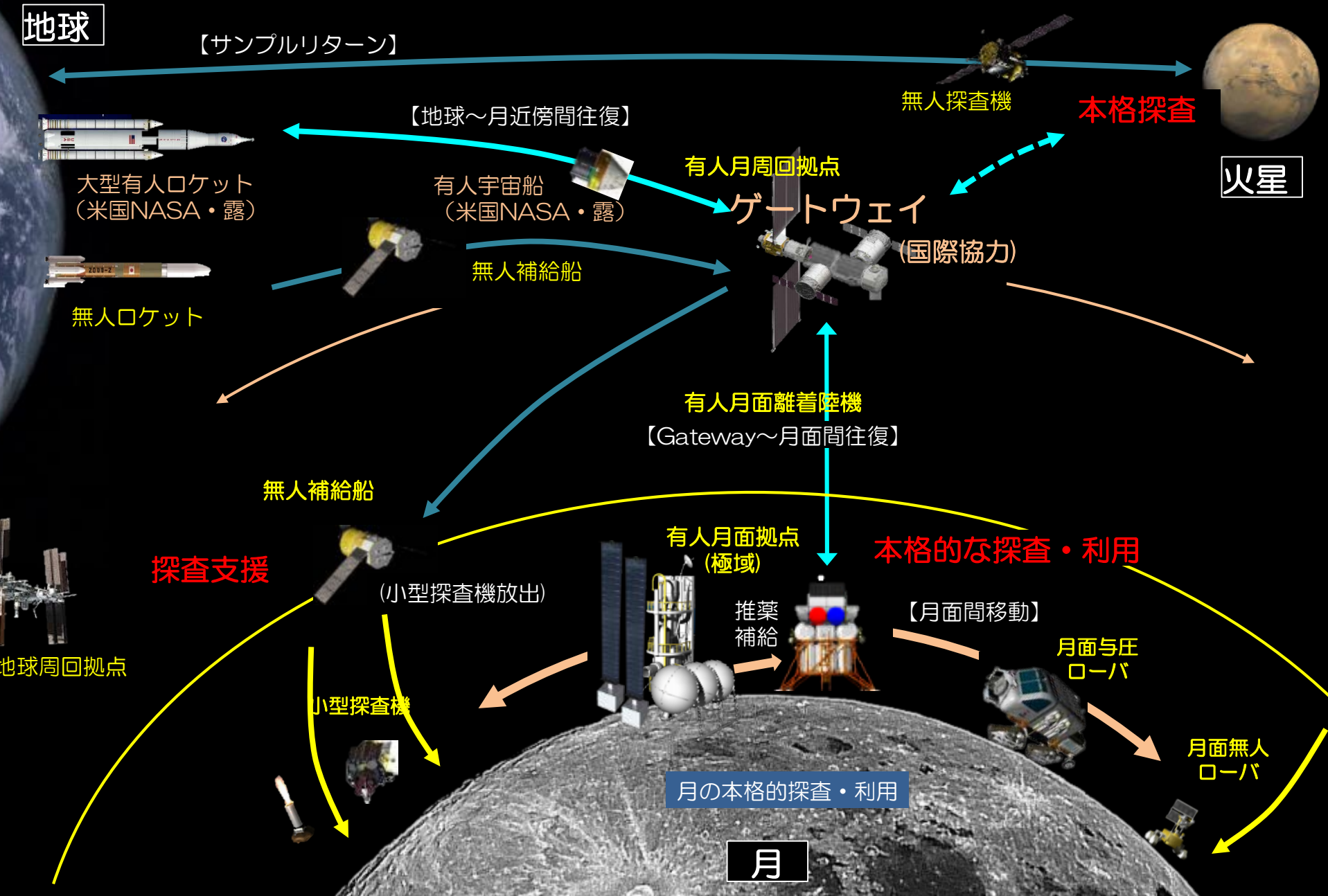
#### 2018年度末までの達成状況・実績

- 第2回国際宇宙探査フォーラム(ISEF2)の議論を踏まえつつ、米国が構想する月近傍の有人拠点への参画や、インド等との国際協力による月への着陸探査活動の実施などを念頭に、国際プログラムの具体化が図られるよう、主体的に技術面や新たな国際協調体制等の検討を進めた。国際プログラムの実施が宇宙科学探査にも貢献できるよう、国内外の科学コミュニティとの議論の機会を持つなど連携を進めた。
- 本年11月の米副大統領の総理表敬において月近傍の有人拠点等に関する協力の具体的な検討の実施を確認した。
- 国際宇宙探査のプログラムの具体化に先立ち、我が国として優位性や波及効果が見込まれる技術の実証に、宇宙科学探査における無人探査(小型月着陸実証機(SLIM)や火星衛星サンプルリターン計画(MMX))と連携して取り組んだ。

#### 2019年度以降の取組

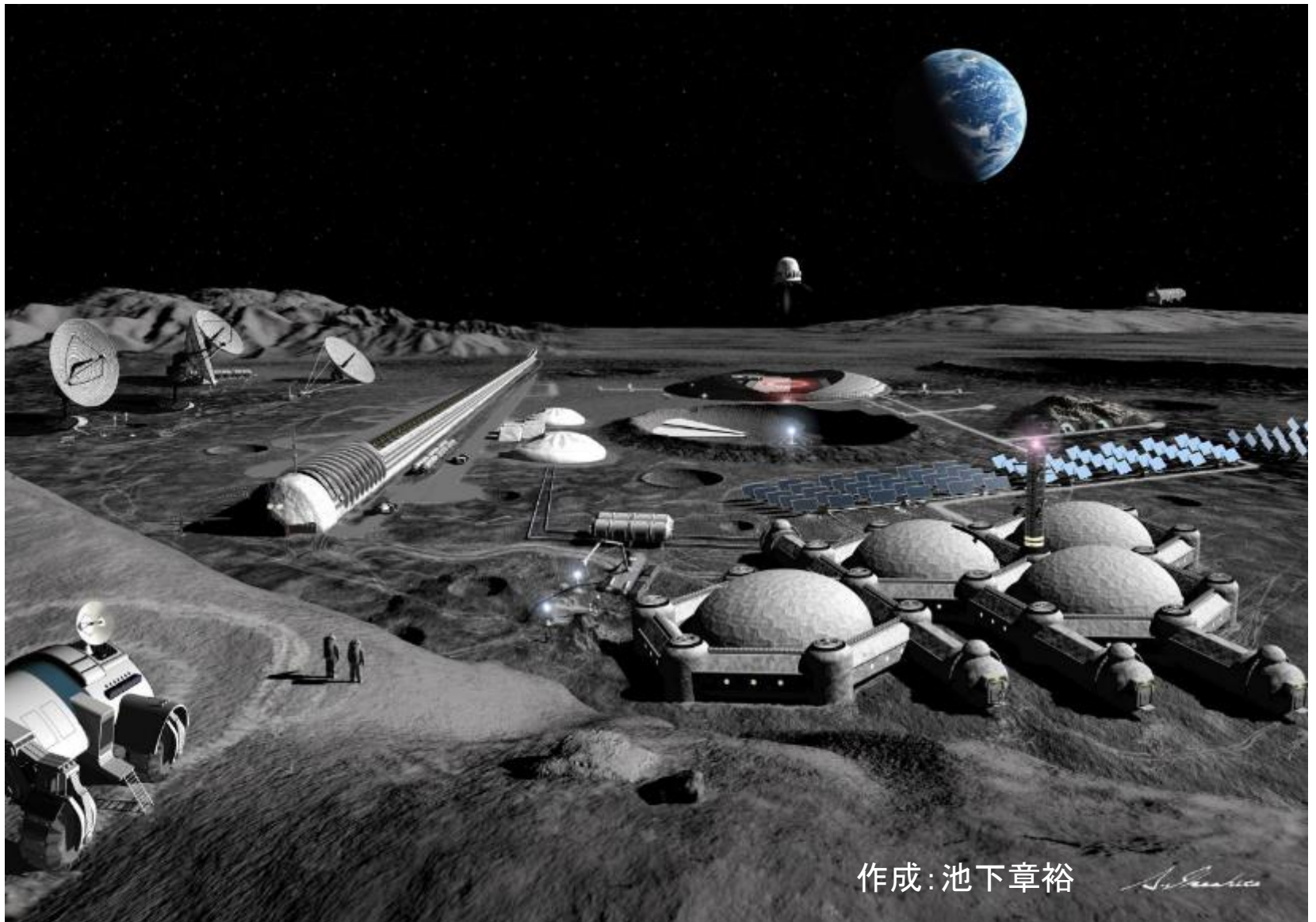
- 米国が構想する月近傍の有人拠点(Gateway)への参画について、我が国の科学探査への貢献や地球低軌道における有人宇宙活動との関係にも留意しつつ、米国、欧州等も含めた国際調整や具体的な技術検討・技術実証を主体的に進める。
- 国際協力による月への着陸探査活動の実施等についても国際調整や具体的な技術検討を行う。
- 国際宇宙探査の実施に当たっては、引き続き、民間事業者とも連携しついで進める。
- 小型月着陸実証機(SLIM)について、2021年度の打上げを目指し開発を進める。また、火星衛星サンプルリターン計画(MMX)について、2024年度の打上げを目指してフロントローディングに取り組む。【再掲】

# JAXAの目標とする国際宇宙探査の姿





# 将来の月面のイメージ



作成:池下章裕

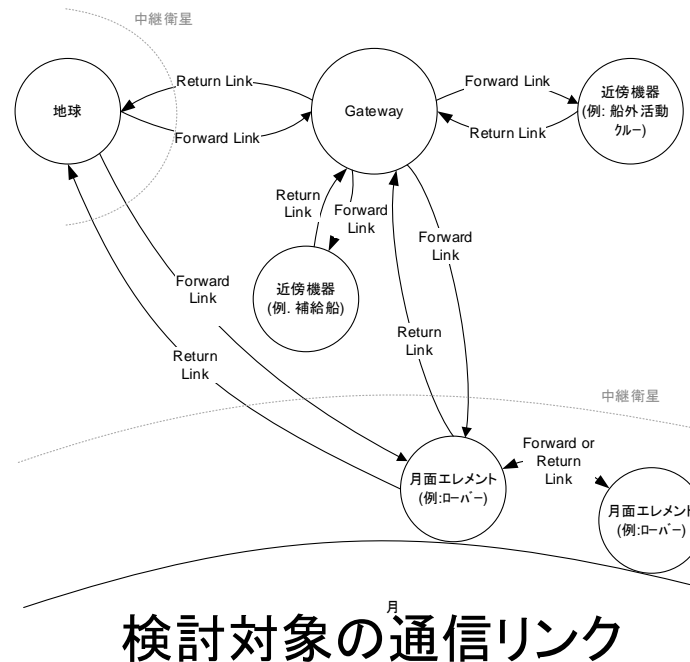
*S. Sasaki*

# 探査通信アーキテクチャ

JAXAにおいて、Gatewayを活用した、将来の多様な月面探査活動に取り組むことを想定した基盤となる、探査通信アーキテクチャ全体に関する検討を進めている。

昨年6月には、我が国として優位性や波及効果が見込まれる、最先端の通信技術の活用可能性について幅広く情報を収集することを目的として、探査通信アーキテクチャ全体および、日本の最先端の通信技術を広く集めることを目的に、情報提供要請(RFI)を行った。

その結果、4社から情報提供をいただき、個別の議論を行っている。



# 国際宇宙探査の通信に関する課題例

- 将来数多くの探査機が月面で活動することが想定され、通信インフラが重要になり、中継衛星や月面基地局の整備が重要。
- さらに光通信の活用、地上に影響ない範囲での周波数の利用など、周波数の有効活用の検討も必要。
- 地球との長距離通信で想定される通信途絶、中断に対して効果が高い通信方式が必要。また、遠隔操作時の時間差への考慮も必要。
- 地上の最新民生技術を取り込むことも重要である。また、中継など民間のサービスによる提供による効率化も期待できる。
- 地球との通信では、地上局の確保など国際的な協力枠組みなどが必要。
- 月面の活動を支える測位も重要になり、月周辺の測位衛星システムや月面の基準点が必要になる可能性がある。

# バックアップチャート

NASAの発表に基づくGatewayのイメージ

## GATEWAY An exploration and science outpost in orbit around the Moon

### 電気・推進エレメント

#### Power and Propulsion Element:

Power, communications, attitude control, and orbit control and transfer capabilities for the Gateway.



補助モジュール

#### ESPRIT:

Science airlock, additional propellant storage with refueling, and advanced lunar telecommunications capabilities.



#### Utilization Element:

Small pressurized volume for additional habitation capability.



ロボットアーム

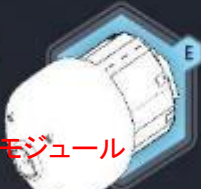
補給機

エアロック



#### Habitation Modules:

Pressurized volumes with environmental control and life support, fire detection and suppression, water storage and distribution.



居住モジュール



#### Robotic Arm:

Mechanical arm to berth and inspect vehicles, install science payloads.



#### Logistics and Utilization:

Cargo deliveries of consumables and equipment. Modules may double as additional utilization volume.



#### Airlock:

Enables spacewalks, potential to accommodate docking elements.



#### Sample Return Vehicle:

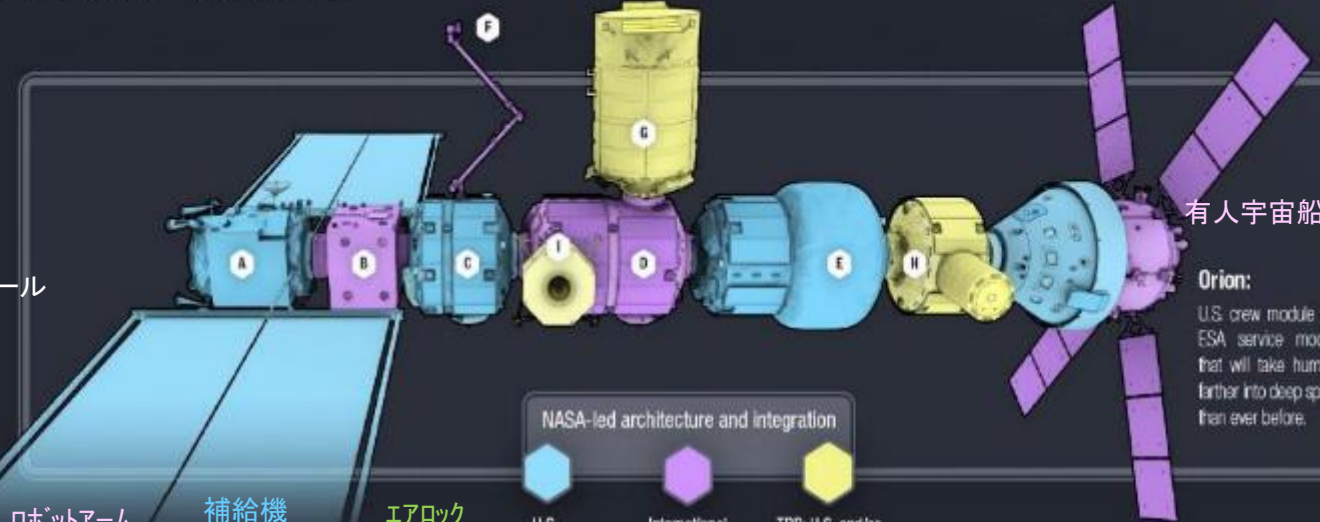
A robotic vehicle capable of delivering small samples or payloads from the lunar surface to the Gateway.

#### NASA-led architecture and integration

U.S.

International

TBD: U.S. and/or International

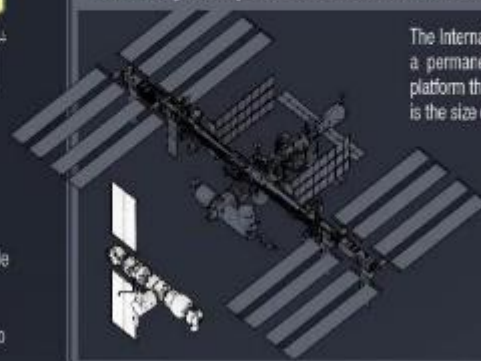


有人宇宙船

#### Orion:

U.S. crew module with ESA service module that will take humans farther into deep space than ever before.

#### Gateway Compared to the International Space Station



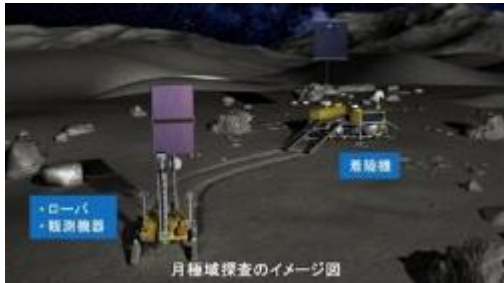
The International Space Station is a permanently crewed research platform that has 11 modules and is the size of a football field.

The Gateway is a much smaller, more focused platform for extending initial human activities into the area around the Moon.

# 想定しているミッション

## 月移動探査: 月極域探査ミッション

- 各国は2020年代前半に各国が計画している中、我が国としても各国に遅れることなく、月極域における水の存在量や資源としての利用可能性の確認を主目的とし、さらに、比較的穏やかな環境で、持続的な探査が可能かつ拠点構築にも有利な月極域地域の探査を行う。
- インド等との国際協力により実施する。(2023年度打上目標)
- この探査の機会を活用して、重力天体表面探査技術の確立を目指し、また、科学的成果創出にも貢献する。



## 月周回拠点補給ミッション

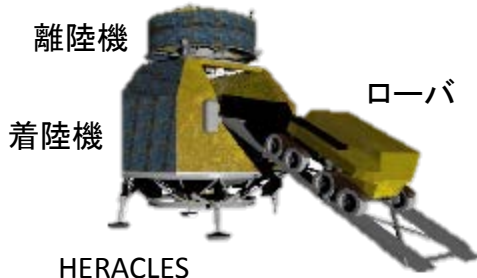
- HTVは国際的な評価が高く、実績ある技術での貢献は、効率的であり、かつ交渉での有力材料となる。またISSと同様に補給はクルー滞在や利用を支える重要なミッションであり、最新の統合解析においても追加の補給ミッションが必要となっており、NASAも追加の補給船を必要としている。さらに、補給後にも機能を活用することができる。
- HTV-Xの一部改修より実施する。(2026年度初号機打上目標)
- 開発・改修を通して、中長期的に必要な深宇宙補給技術の発展を目指し、また、月面探査の支援により科学の成果に貢献する。



## 月広域・回収探査: 月離着陸実証ミッション (HERACLES)

- 月の本格的な探査・利用の実現に向けて、有人月探査機のサブスケール技術実証を行う国際協力による月面無人探査ミッション。
- 月面からサンプルを持ち帰るサンプルリターンミッションで、着陸地域は有人ミッションの候補となっているSPA(※)等。
- ESA, CSA等との国際協力により実施する。(2026年度打上目標)
- この探査の機会を活用して、SLIMで獲得した重力天体着陸技術を発展させ、また、科学的成果創出にも貢献する。

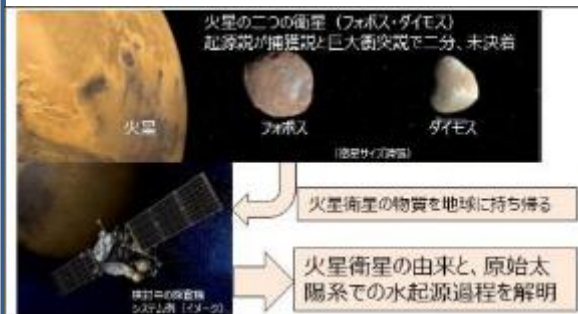
※:南極域エイトケン盆地



国際分担案  
 着陸機: JAXA  
 離陸機: ESA  
 ローバ: CSA

## 火星衛星探査ミッション (MMX)

- 火星衛星の近傍観測とサンプルリターンにより、火星衛星の起源(小惑星捕獲か巨大衝突か)、初期惑星への揮発性物質供給(捕獲・衝突天体の組成、軌道進化)、火星の初期状態と火星圏の進化(捕獲・巨大衝突年代、初期火星物質組成、衛星表層進化、火星大気の状態)を解明する。
- NASA, CNES, DLR等との国際協力により実施する。(2024年度打上目標)

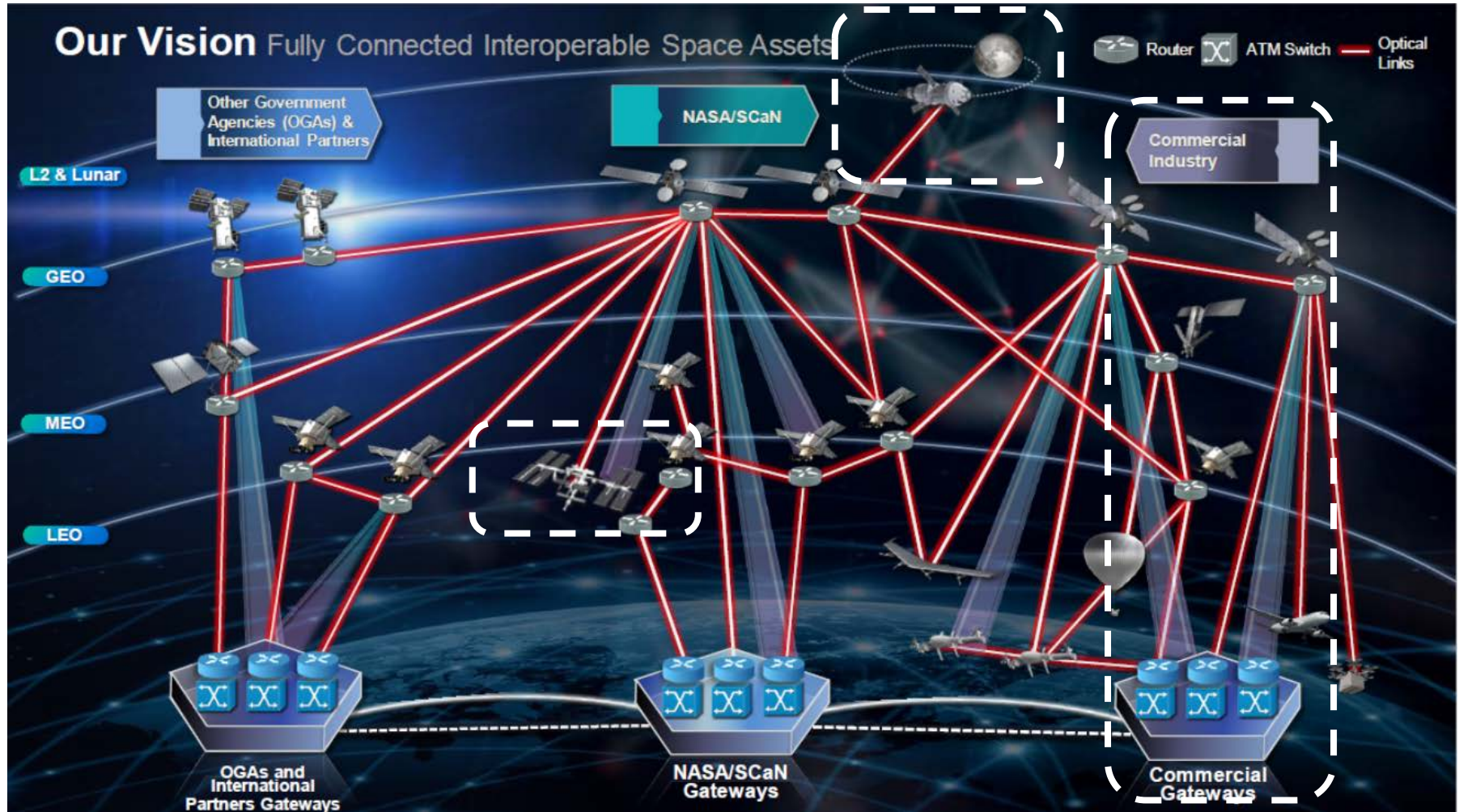


### 計画

- 2024年度 打上げ
- 2025年度 火星圏到着
- 2025-2028年度 探査
- 2028年度 火星圏離脱
- 2029年度 地球帰還

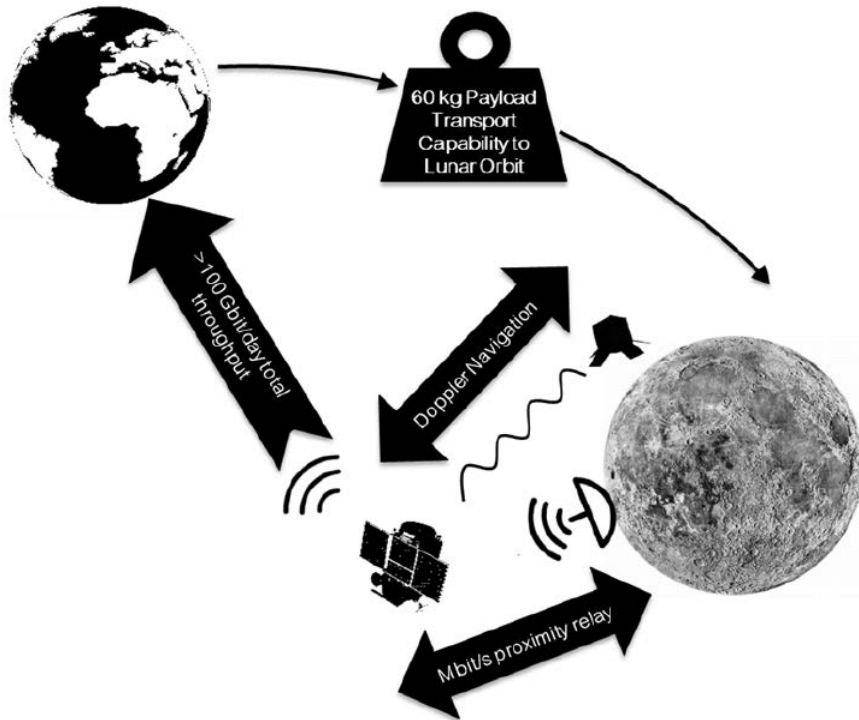
## 民間サービスの例

- NASAにおいては、宇宙通信網においても国際パートナーや民間の地上局・衛星を活用することを構想している。

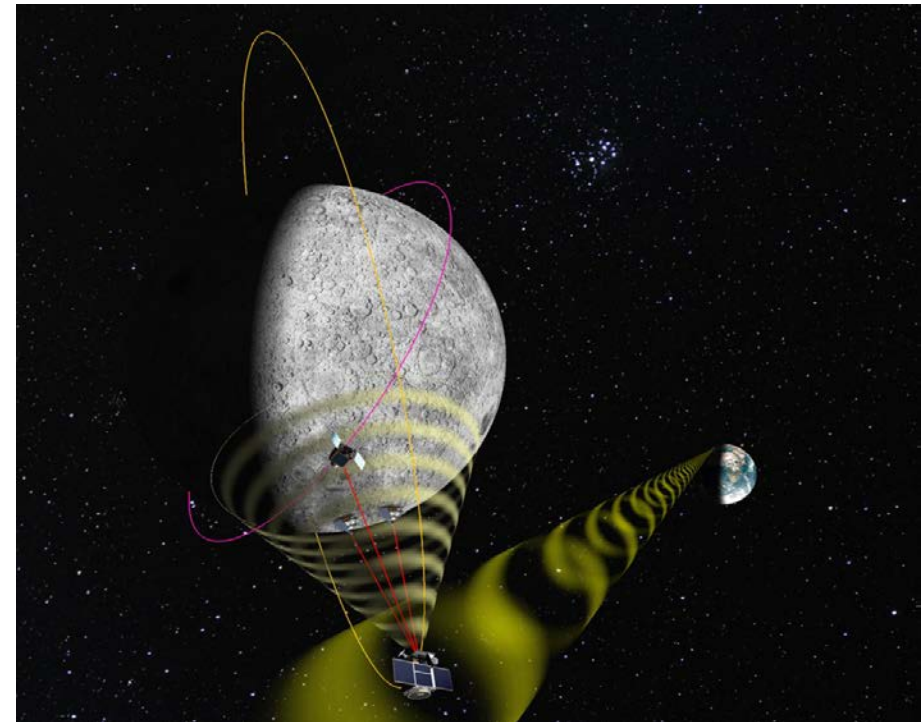


## NASAの通信ネットワークと民間企業活用

- 欧州の民間企業もESAと協力して、月ミッションのサポートサービス(LMSS)を計画中。具体的には、輸送、測位、通信のサービスを総合的に提供。



総合サービスのイメージ



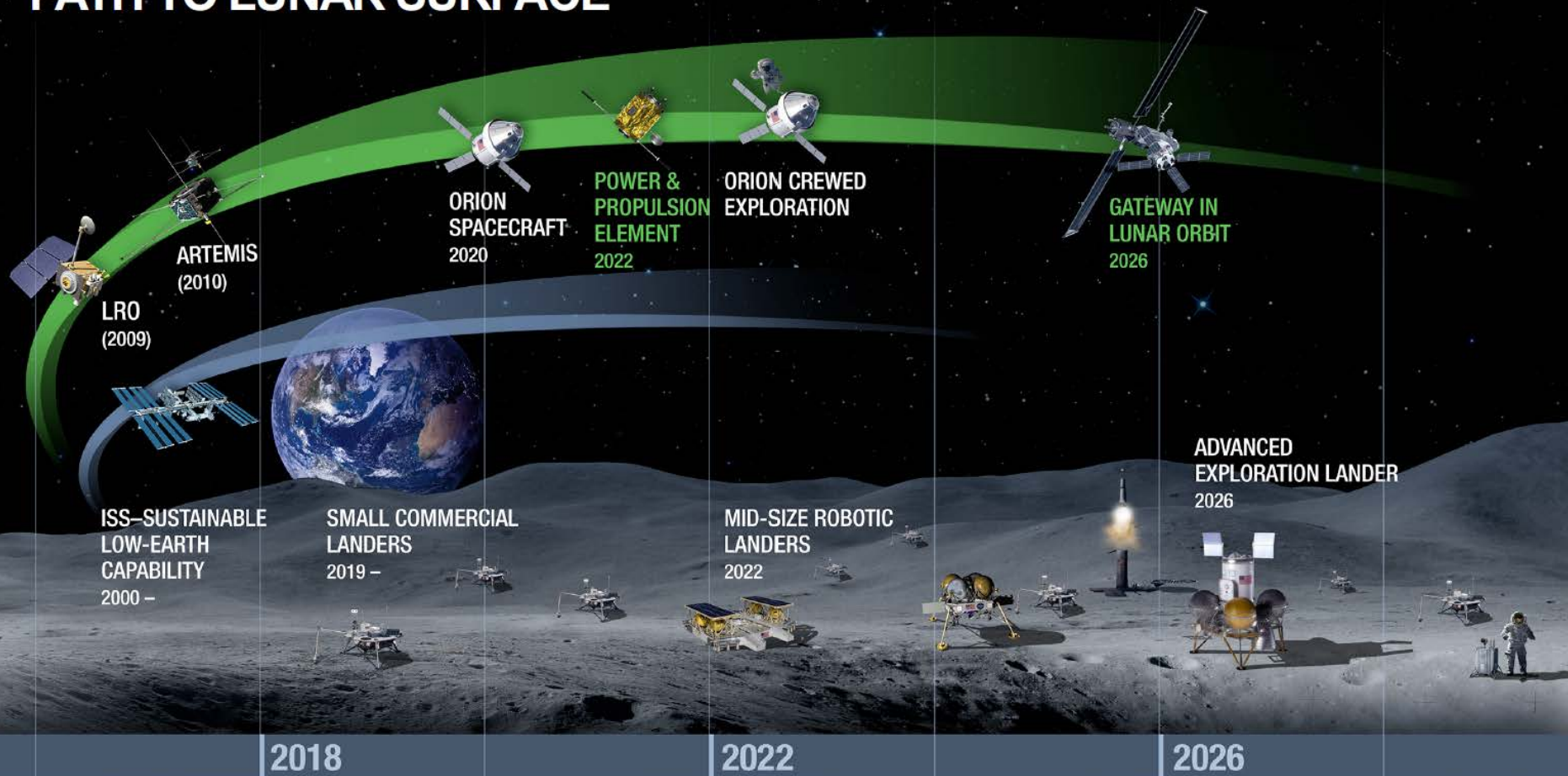
通信サービスのイメージ



## NASAの月探査全般と民間企業活用

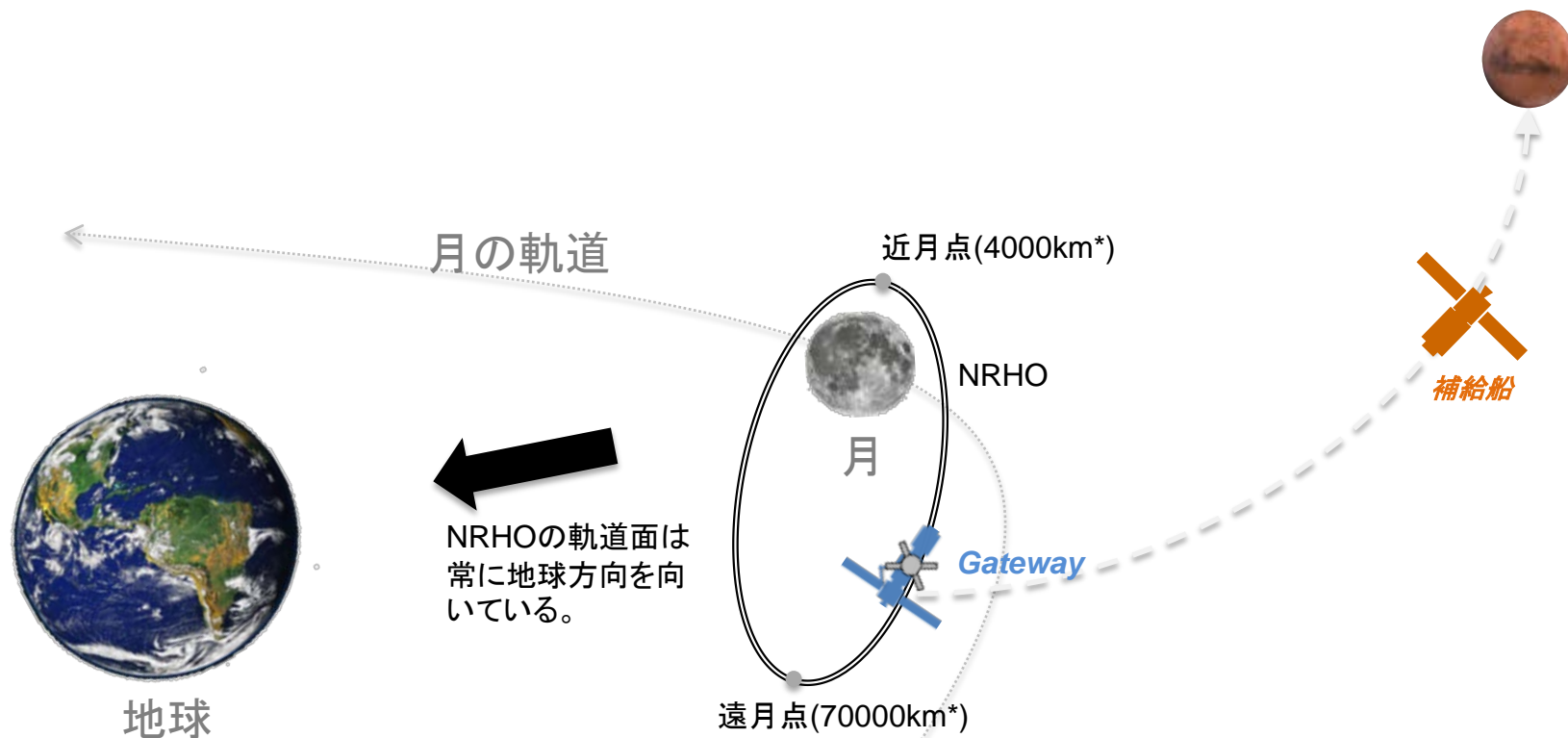
- NASAの月探査は、Gatewayと月面探査を有機的に進める計画であり、商業パートナーとの協力を推進する。民間企業自身が実施可能なミッションはサービス調達とし、難易度が高いものは固定価格のマイルストーンベース方式での調達とすることで、要する費用の低減を図っている。
- 企業側にも後者の開発で得た技術を商業利用することを奨励し、将来の月探査の商業化を見据えているものと推察される。

### PATH TO LUNAR SURFACE



出典：2018年8月NASA諮問委員会、各ミッションの提案要請書等より。

# NASAが想定するNear Rectilinear Halo Orbit (NRHO)について



(\*) 数値は月中心からの距離

# 月回りの通信アーキテクチャイメージ(参考)

