

資料2-3-6

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
将来宇宙輸送システム
調査検討小委員会
(第2回)R2.1.30

月探査を中心とした国際宇宙探査の動向

佐々木 宏
Hiroshi Sasaki

宇宙航空研究開発機構 国際宇宙探査センター長
JAXA Space Exploration Center Director





各宇宙機関は、宇宙探査にシフトしている。

- 地球周回は民間主体に移りつつある中で、宇宙機関としては、ミッション・研究開発を地球周回外を対象にしつつある。
- NASA、ESAは、月・地球圏のリーダーシップ、プレゼンスを確保することを目的に、積極的に月探査を推進している。
- 当面の宇宙探査は各国とも国家的事業として実施され、宇宙探査の輸送需要は国家の活動として想定される。

民間の役割は増大しつつある。

- 米国においては、SLS以外のロケットの開発は民間が行い、科学ミッションも民間が輸送サービスを提供する。
- 月面有人着陸機の開発も民間が大きな役割を担う。

月探査をめぐる各国の動向

■ 月面：主要国は多くの月面探査を計画。米国は官民パートナーシップも活用し、2024年に有人月面着陸を計画。

2020年代前半には米露欧日中印等が月極域への着陸探査を計画。

★：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)

■ 月近傍：米国は月周回有人拠点（Gateway）を構築する計画を示し、各国が参画を発表している。

~2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026

日本



かぐや
(周回) 2007年打上げ
~2009年終了

民間



SLIM
(着陸)



極域探査
(着陸)
[インドとES中]

月離着陸
実証
(着陸・SR)



(欧州等との協力を想定)

米国



LRO GRAIL LADEE
(周回) (周回) (周回)

1966年
無人機月着陸
1969年
アポロ月着陸

民間の取組(Google Lunar XPRIZE等)

〔官民パートナーシッププログラムのもと、NASAと技術提携して推進。〕

民間

民間

民間

民間

民間

民間

民間

民間

民間

民間

民間

民間

Peregrine
(着陸)

Nova-C
(着陸)

VIPER
(着陸)

ARTEMIS計画

月着陸実証機 有人月面着陸

Gateway(Phase-1)

PPE HALO

Gateway(Phase-2)

I-HAB RMS

Orion-1
(無人試験機)

Orion-2
(有人試験機)

中国

嫦娥1 嫦娥2 嫦娥3
(周回) (周回) (着陸)

2007 ~2009 2009 ~2011 2013年

月着陸

嫦娥4に先行し、地球との通信を確保するための衛星を2018年5月打上げ

嫦娥4
(裏側着陸)

2019年

月着陸

嫦娥5
(SR)

嫦娥6
(極域着陸・SR)

2025

嫦娥7
(極域着陸)

2026

嫦娥8
(極域着陸?)

2027

ロシア



1966年
無人機月着陸

Luna 25
Glob
(着陸)

2021

Luna 26
Resurs
(周回)

2024

Luna 27
Resurs
(極域着陸)

2025

Luna 28
Grunt
(極域着陸・SR)

2026

SMART-1 2003~2006年
(周回)

Beresheet
(着陸失敗)

2019

ALINA
(着陸)

2022

LunaPathfinder
(周回)

2023

ISRUデモ
(着陸)

2026

インド

Chandrayaan-1
(周回) 2008~2009年

Chandrayaan-2
(周回・着陸)

2013

(着陸失敗)

Chandrayaan-3
(着陸)

2023

極域探査
(着陸)

2024

KPLO
(周回)

2025

ISRUデモ
(着陸)

2026

米国の月探査計画(アルテミス計画)

アルテミス計画は、月面への有人着陸に関するすべてのプログラムの総体であり、Gateway計画、SLS計画、Orion計画、Human lander計画、CLPS計画、その他月面活動を包含した計画。

NASAは、月面探査だけでなく、2030年代に火星有人着陸を目標に掲げ、それに向けて月面での持続的な活動を通じて、必要な技術を獲得しようとしている。

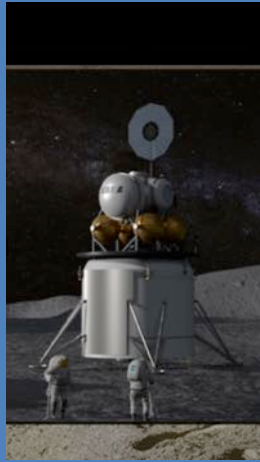
年1機
打上げ



SLS計画



ORION計画



Human Lander計画

年1回着陸(年3回打上げ)



Gateway 計画

年2回輸送
年2回打上げ



CLPS計画



Lunar Surface 計画

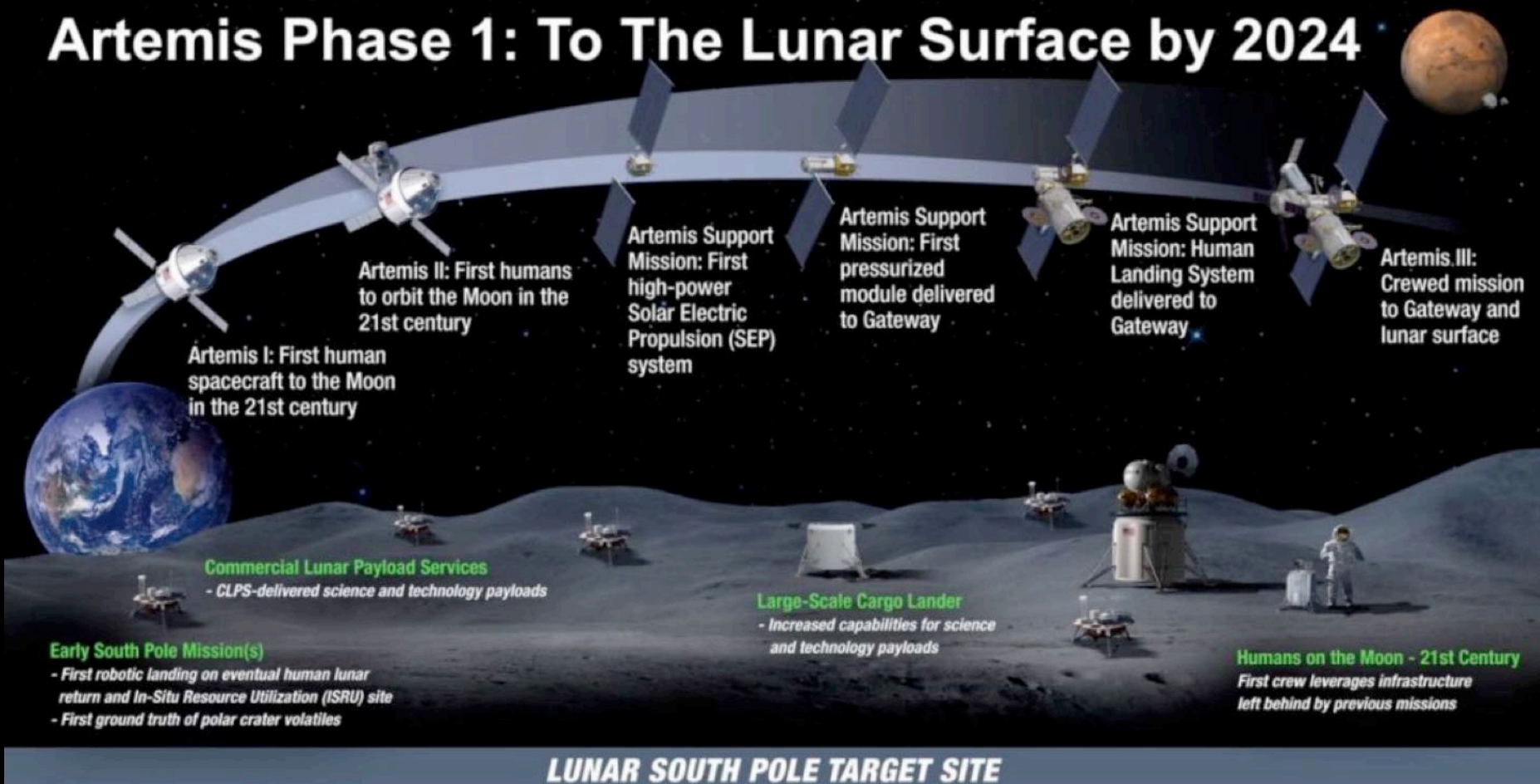
年1回組立
年1回補給
(年2回打上げ)

米国の有人着陸計画(フェーズ1)

2024年有人月面着陸を目標にする。Gatewayは最小限の構成とする。

水資源を探索することを目的に、南極域に有人着陸機を送る。並行して、科学的に、また技術実証を行うCLPSという民間サービスを想定した小型着陸ミッションも推進している。

Artemis Phase 1: To The Lunar Surface by 2024



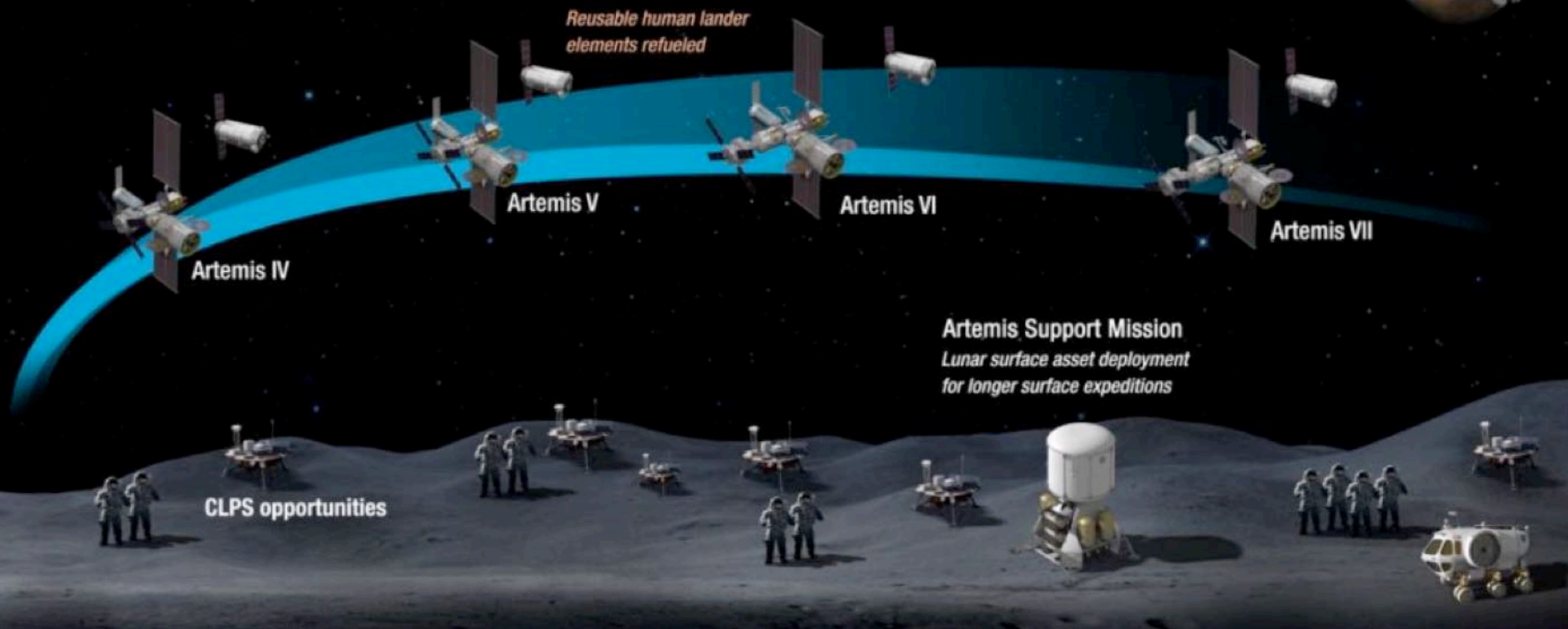
2020

2024

米国の有人着陸計画(フェーズ2)

毎年月面に有人着陸を行い、段階的に月面の活動を活発にして、2028,9年を目標により長期に活動できる。一方、Gatewayでは、月圏での長期滞在を可能にするモジュール等を追加して、月面への中継点としてだけでなく、深宇宙への準備拠点とする。

Artemis Phase 2: Building Capabilities for Mars Missions



LONG-TERM PRESENCE IN LUNAR ORBIT STAGING CAPABILITY AND SURFACE EXPLORATION

MULTIPLE SCIENCE AND CARGO PAYLOADS

INTERNATIONAL PARTNERSHIP OPPORTUNITIES

TECHNOLOGY AND OPERATIONS DEMONSTRATIONS FOR MARS

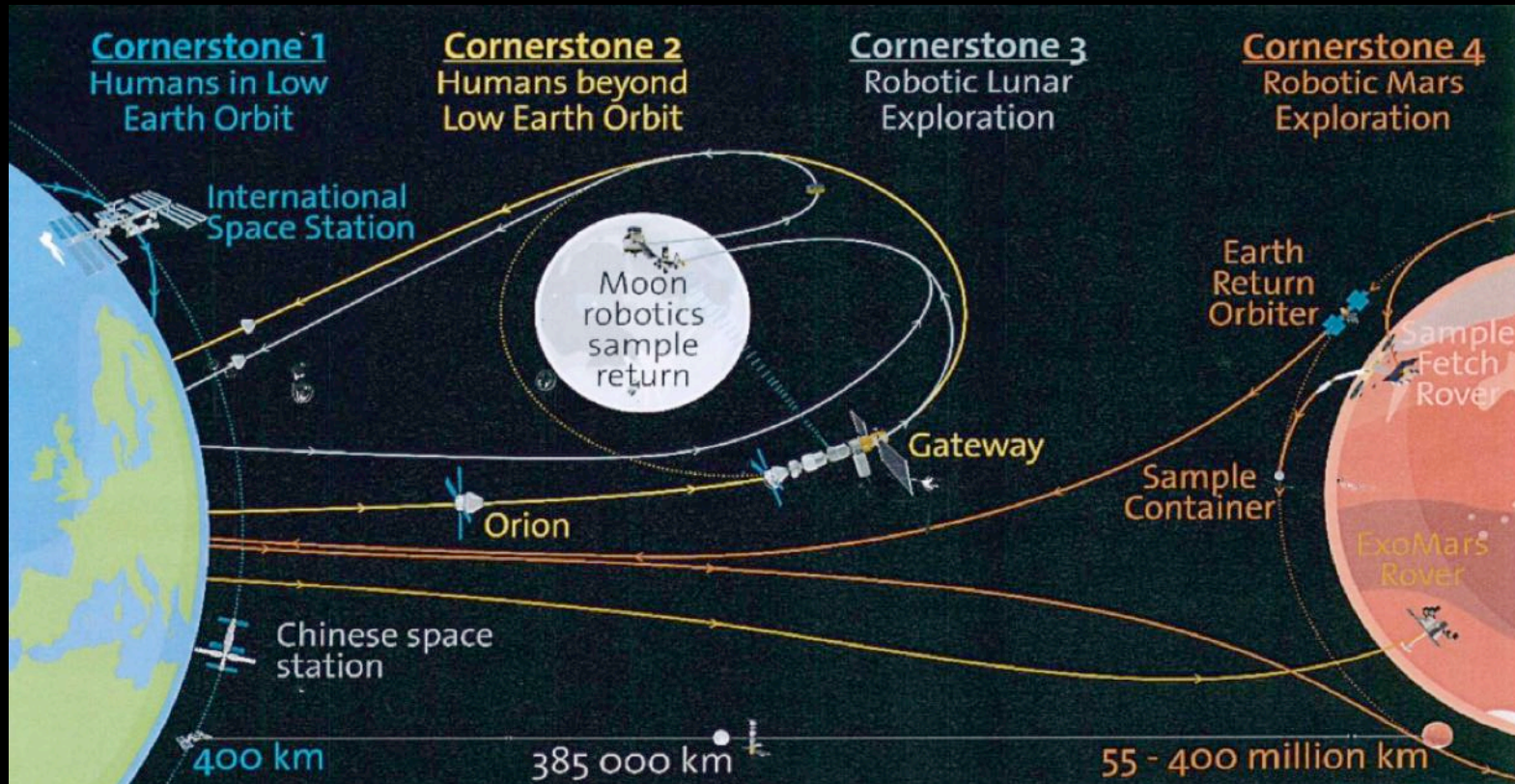
2025

2029

欧州の月探査計画

2019年ESA閣僚級理事会にて、無人・有人探査計画「欧州探査包括計画(E3P)」Period2 and Beyondが承認され、以下4つの分野の取り組みが認められた。

- #1: 地球低周回軌道の有人活動(国際宇宙ステーション計画の継続)
- #2: 地球低周回軌道以遠の有人活動(ゲートウェイ計画を中心とした有人月探査計画への参画)
- #3: 無人月探査(次ページ参照)
- #4: 火星無人探査(Mars Sample Return)



欧州の月探査計画(続き)

無人月探査においては、以下の4つのテーマで検討を進めている。

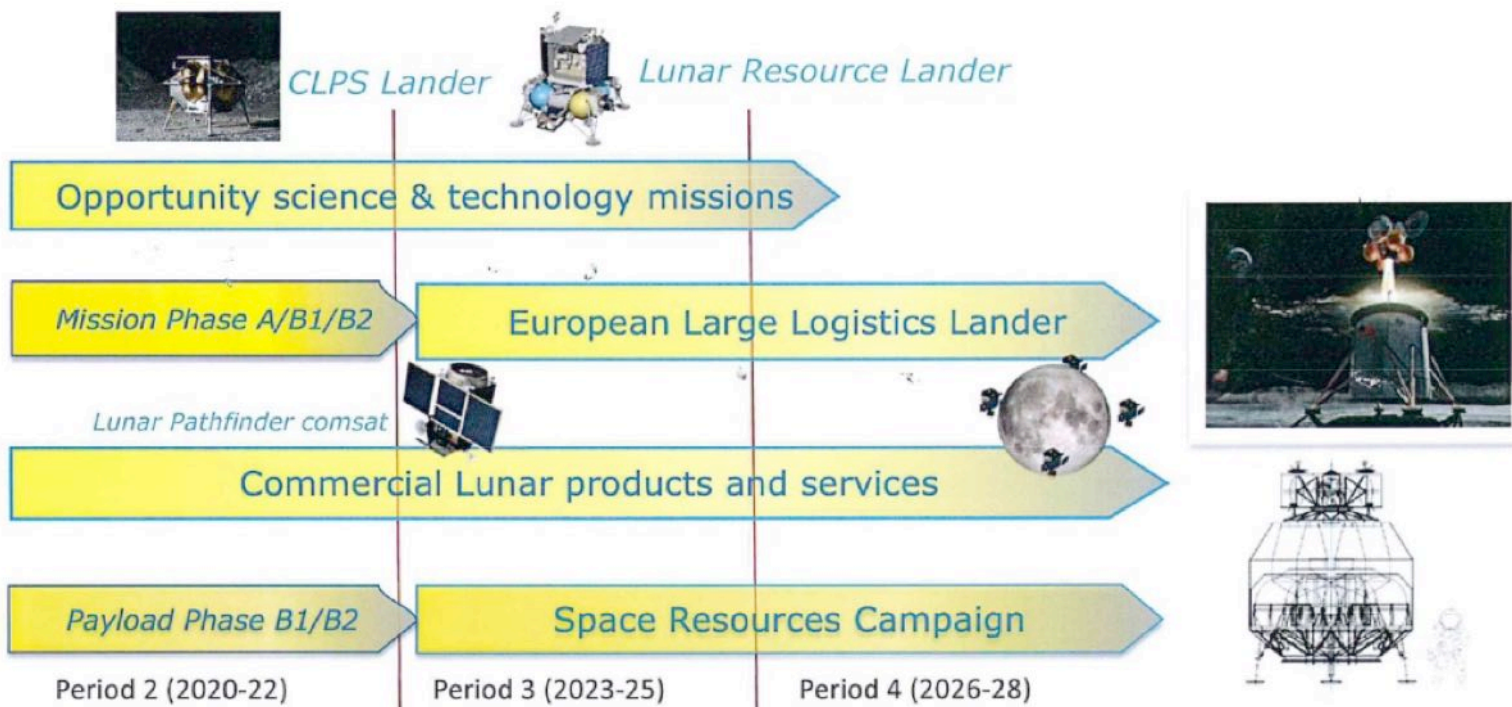
#1: 他国の機会を利用した科学・技術実証ミッション

#2: 月面補給着陸機

#3: 商業月サービス利用

#4: 宇宙資源調査

CS #3 - Four Theme Robotic Lunar Campaign



その他の国の動向

ロシア

- 「2016-2025 年連邦宇宙計画」において、2030年までに有人月探査を目指し、新世代有人宇宙船の開発も盛り込んだが、予算不足により、計画変更、予算削減の可能性があるとの報道もある。
- 月探査においては、Luna-25～29を計画中。打上げ時期の遅延が度々発生している。火星探査においては、ESAと協力し、2020年に「ExoMars 2020」の打上げを準備中。

中国

- 中国版宇宙ステーションの活動を通じて、「地球 - 月の有人探査開発の基盤を構築する」と低軌道以遠への有人探査にも含みを持たせた。
- 月探査においては、嫦娥5号(サンプルリターン)、嫦娥6号(月南極サンプルリターン)を計画。
- 火星探査では、HX-1(HuoXing-1)(火星周回及びローバー)により、火星の地形、土壌・水氷分布の調査、火星の電離層、磁場、大気観測を行う。HX-2(火星サンプルリターンミッション)も計画。

インド

- 2019年「チャンドラヤーン2号」の失敗を受け、2020年末を目標に「チャンドラヤーン3号」を準備中。
- その後、JAXAと協力した月極域探査を計画中。
- 2022年を目標に、2 回目の火星探査ミッション「MOM-2」を計画中。CNESが協力する予定。

JAXAの当面の国際宇宙探査シナリオ

火星他

月

地球

人類の活動領域の拡大

月面活動を主体に

ピンポイント着陸技術
重力天体表面探査技術



MMX: 2024年度
重力天体
表面探査技術



★ 初期火星探査

- 火星の生命探査
- 火星の科学探査



★ 本格探査

- 火星の利用可能性調査
- 長期にわたる火星の科学探査

小天体資源探査他
サンプルリターン

ピンポイント
着陸技術



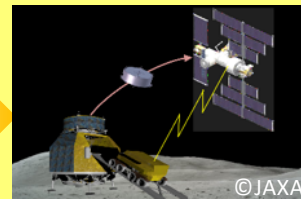
小型月着陸実証機
(SLIM)
(2021年度)

ピンポイント
着陸技術



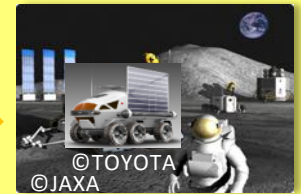
月移動探査(2023年頃~)

- 月極域の水氷利用可能性調査
- 月面拠点の調査等



月広域・回収探査(2026年頃~)

- 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



月の本格的な探査・利用

- 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

OMOTENASHI EQUULEUS

革新実証 着陸機相乗り

補給ミッション・月探査支援
(2026年頃~)

- 小型探査機放出
- 月面観測他

小型機による実証機会
深宇宙補給技術

有人滞在技術

Gateway組立段階
(2022年-)

- 月面探査の支援
- 深宇宙環境を利用した科学

有人滞在技術

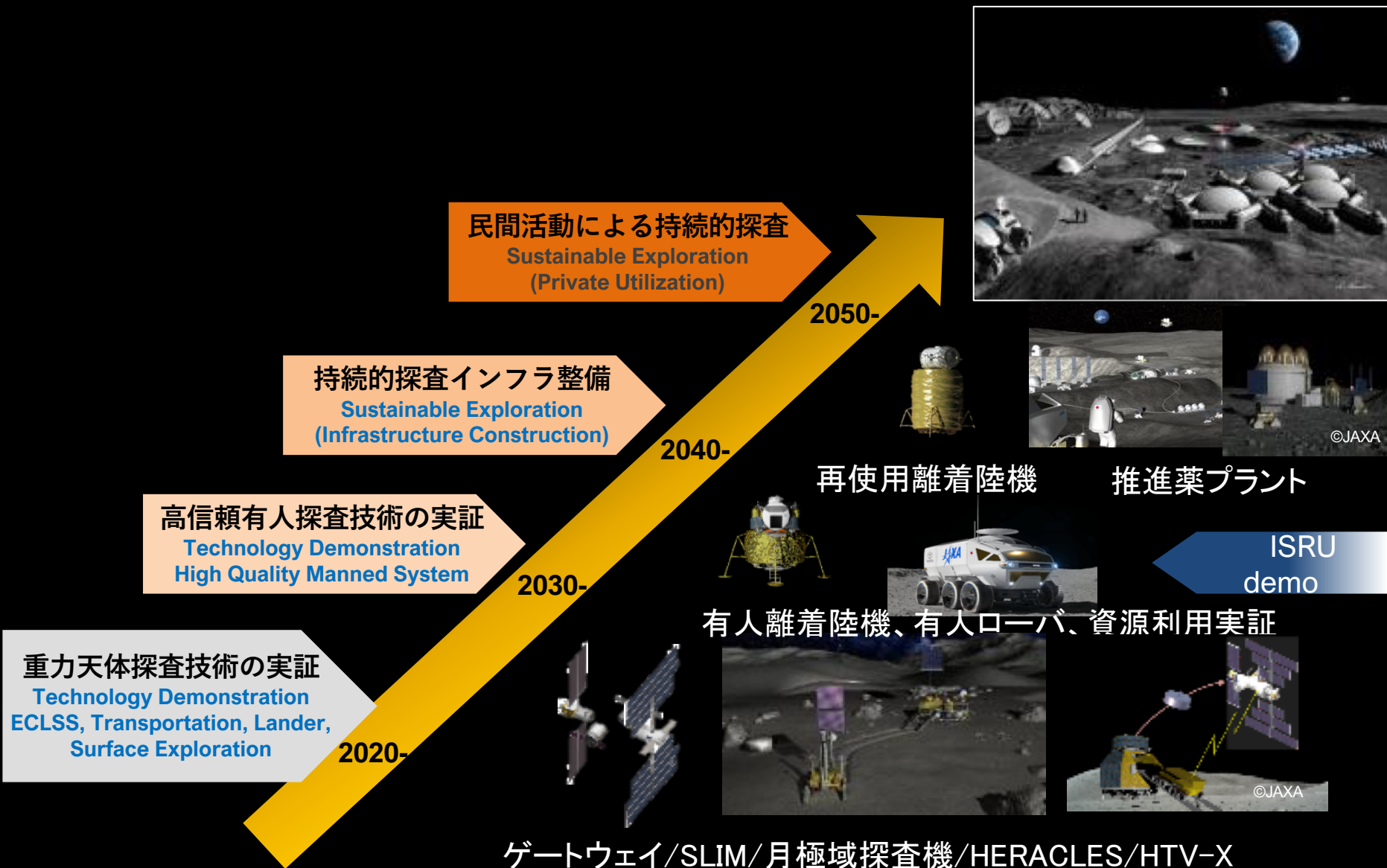
Gateway
運用段階

- 火星探査に向けた技術実証

民間による利用運用の拡大を推進

国際宇宙ステーション

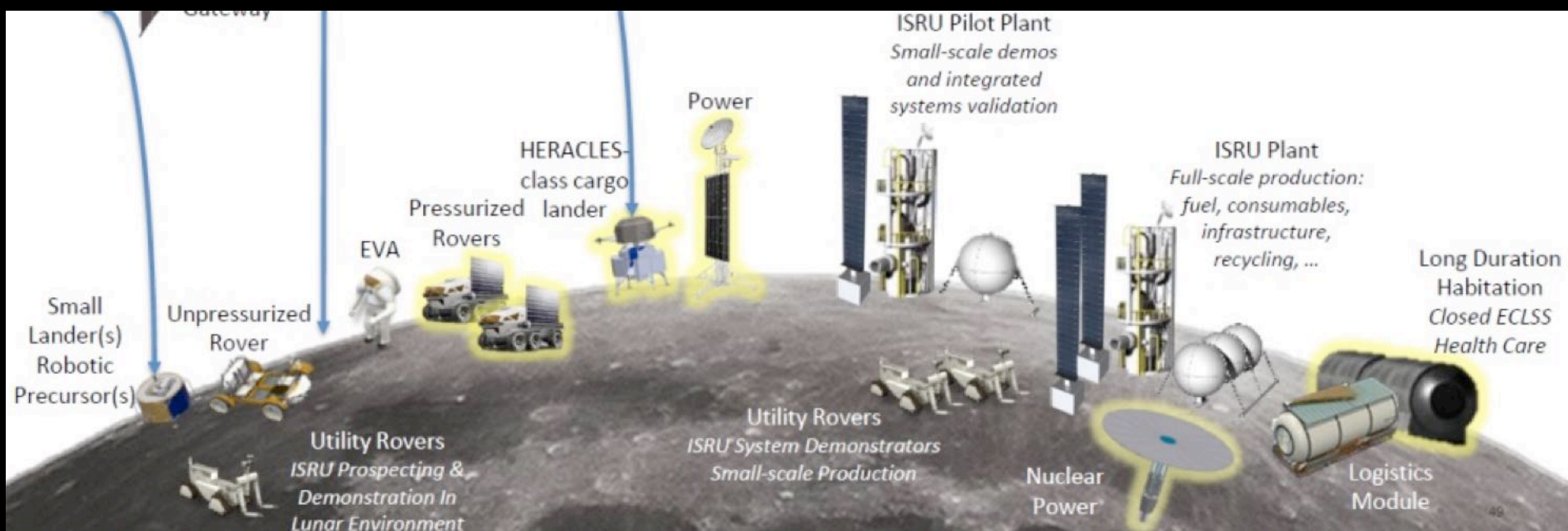
JAXA月探査長期的ロードマップ



参考

国際宇宙探査調整グループ(ISECG)検討中の インフラ整備のイメージ

- 2030年代において、電源、資源利用、有人滞在に関するインフラストラクチャを整備することを
中心に検討されている。



火星探査の世界の動向

- 2020年前後に各国の火星探査ミッションが集中。その後、欧米中が2020年代中盤以降のミッションを準備中。
- 火星衛星への探査(MMX)は日本が推進するユニークな計画

