月、そしてその先へ！

JAXAの国際宇宙探査

TO THE MOON AND BEYOND

JAXAでは、産業界・アカデミア・国際パートナーと共に月探査計画や火星衛星探査計画を進めています。

人類が月面そして火星へと活動領域を拡大していくために、現在JAXAが技術検討や開発を進めるプロジェクトについてご紹介します。

JAXA

国際宇宙探査 JAXA ロードマップ

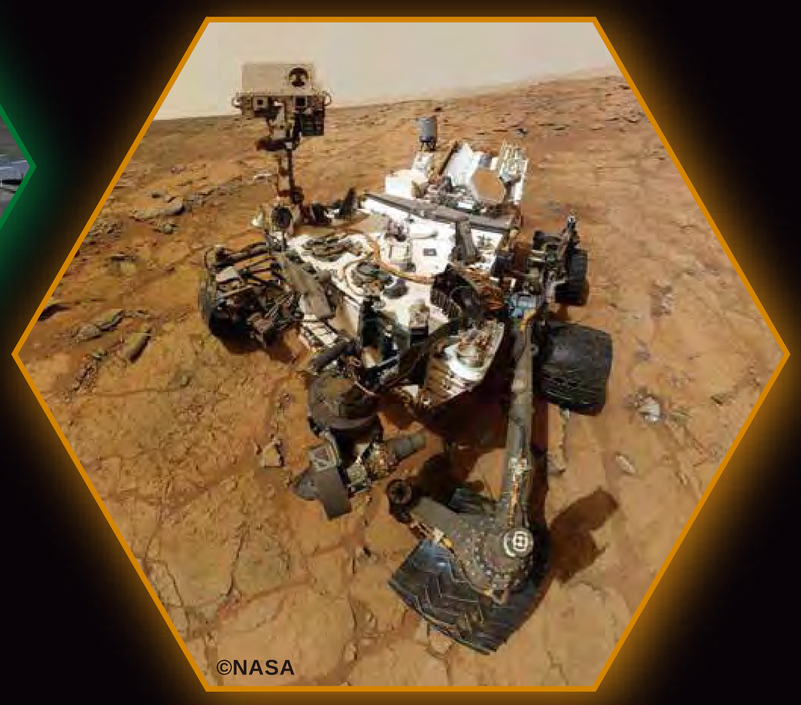
国際宇宙探査とは

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
この有人探査のために先行して行われる無人探査活動です。
活動範囲は、地球低軌道より遠方で、当面、月（周回軌道を含む）、
火星（衛星を含む）を対象としています。（※国際宇宙探査の在り方 より）

Low Earth Orbit

Moon

Mars



国際宇宙探査の目的・意義

人類の
活動領域の
拡大

両 輪

知的資産の
創出への
貢献

国際プレゼンス

国 際 協 調

産業振興・
技術イノベーション

教育・人材育成

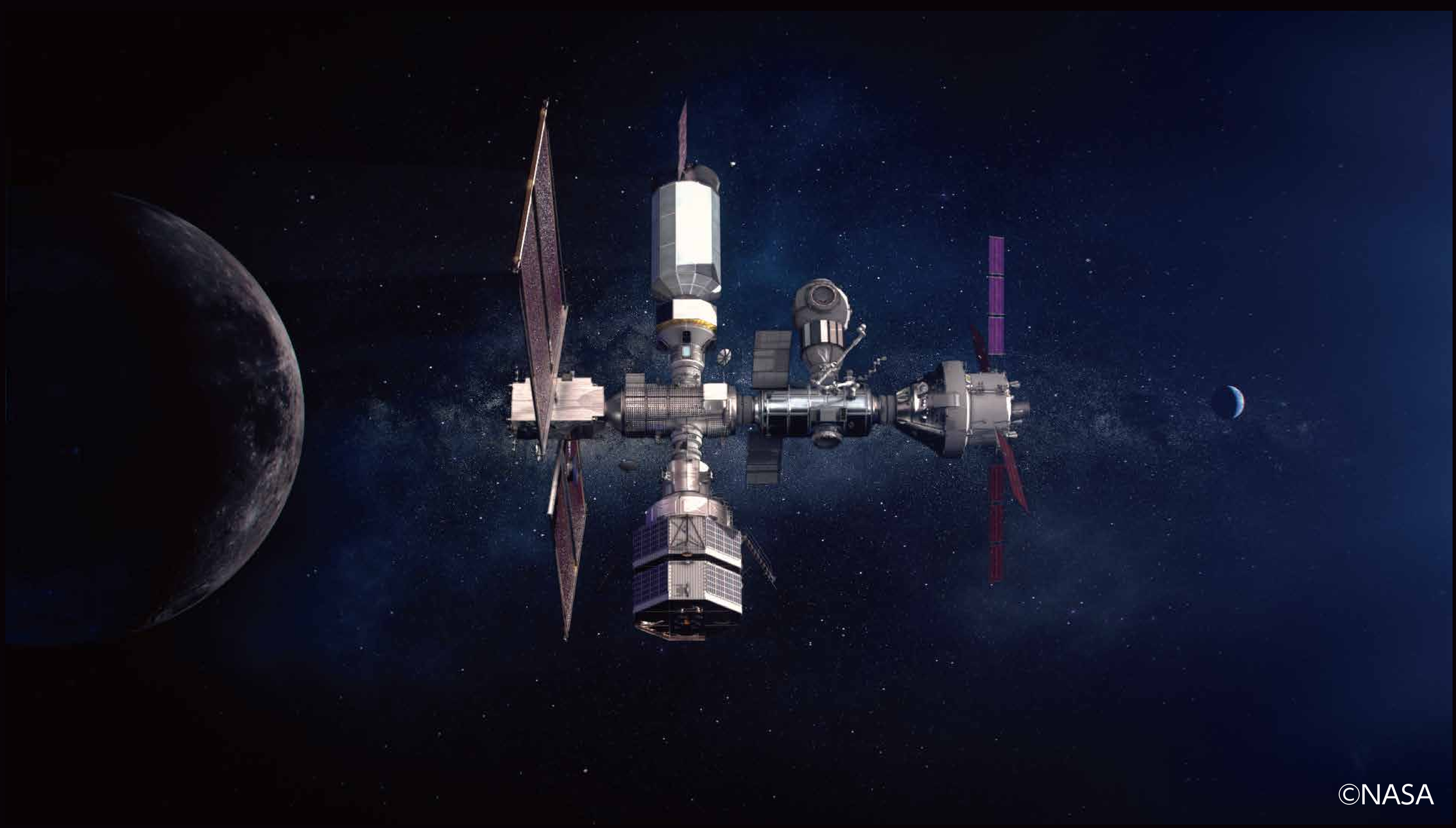
JAXAの国際宇宙探査シナリオ

JAXA では、国際宇宙ステーション（ISS）プログラムへの参画や宇宙科学ミッション等で培った技術や知見を最大限に発揮し、国際的に検討が進む月周回有人拠点（Gateway）への参画や、それを生かした月面での持続的な探査活動の検討を進めています。

月周回有人拠点（Gateway）

月周回有人拠点（Gateway）とは

米国を主体に国際パートナー・民間との協力により月の周回軌道に構築される有人拠点。
クルーが滞在するための居住モジュールやロボットアーム、および船外活動機能などが備えられ、2024年頃から構築が開始される予定です。



▲月周回有人拠点（Gateway）のイメージ図

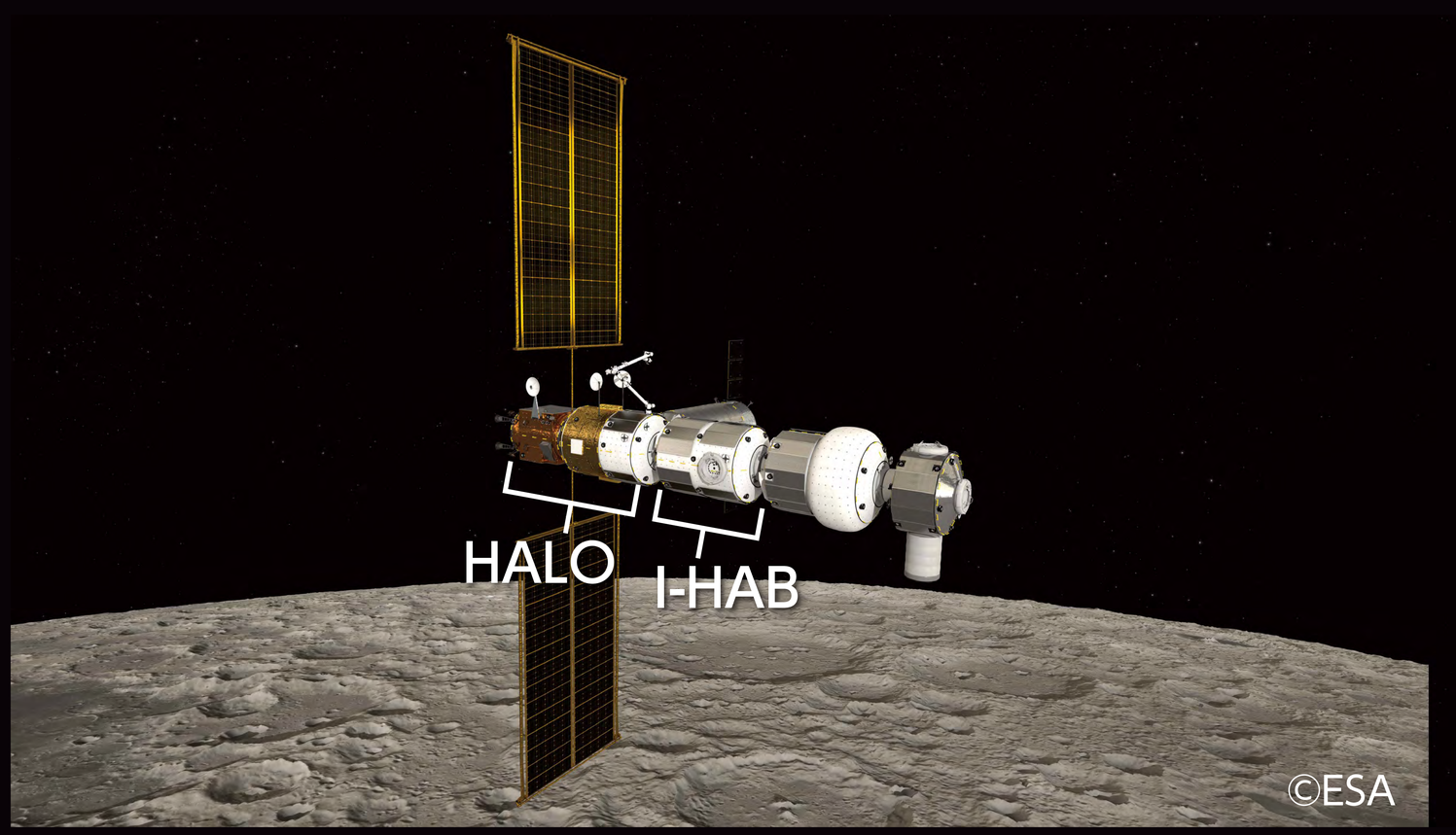
国際宇宙ステーション（ISS）との比較

	国際宇宙ステーション（ISS）	Gateway
質量・大きさ	約 420 トン 約 108.5m×72.8m （サッカー場程度）	約 43 トン 質量で ISS の 約 1/10 程度
組み立てフライト回数	43 回	7 回
宇宙飛行士滞在日数（年間）	365 日（常時）	10 ～ 30 日
滞在宇宙飛行士の人数	6 人	4 人
食料、消耗品（年間）	2,190 日分	40 ～ 120 日分

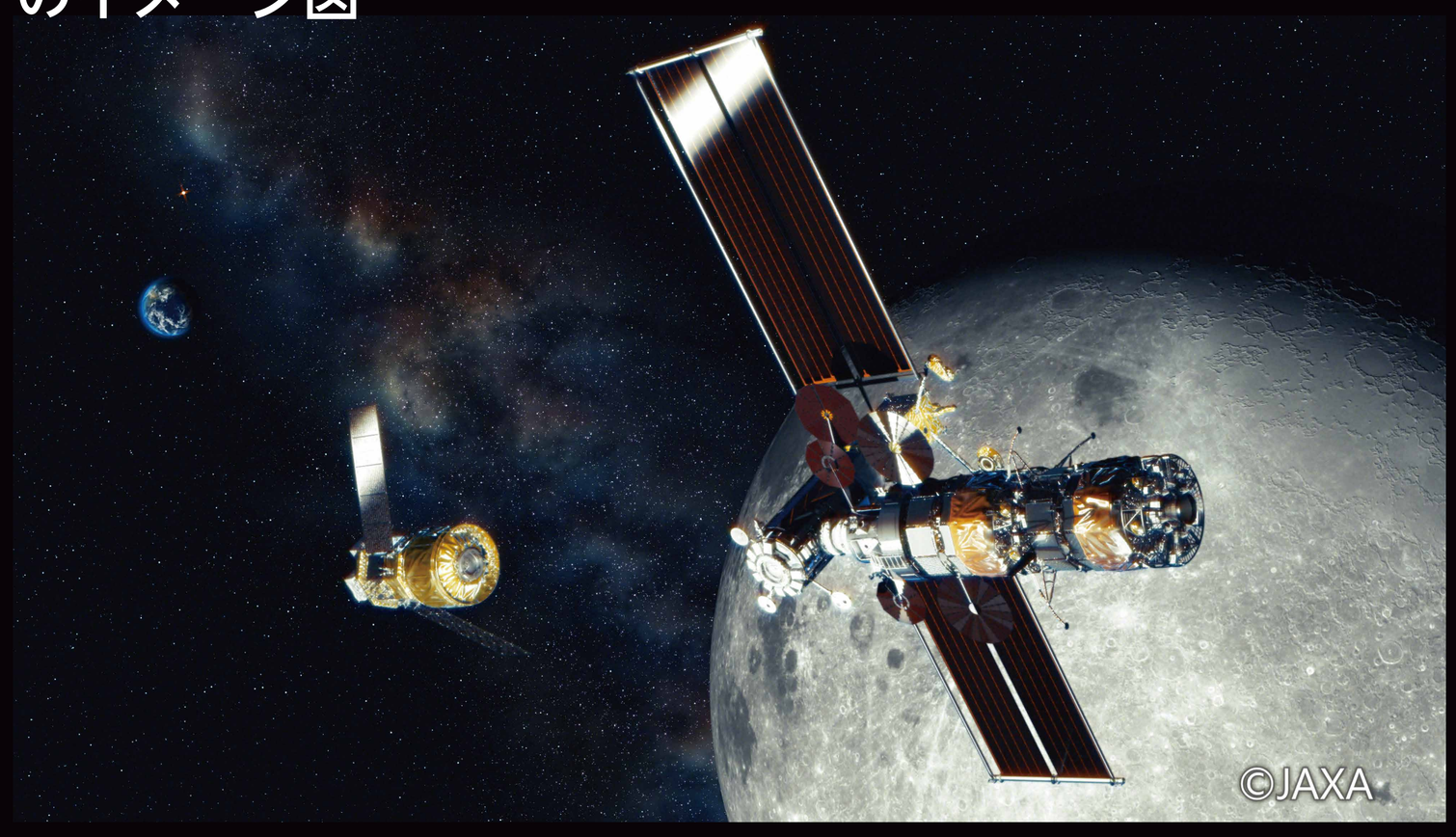
月周回有人拠点（Gateway）

月周回有人拠点（Gateway）における日本分担案

居住機能及び補給での貢献を念頭に、Gateway ミニ居住棟（HALO）への機器の提供、欧州宇宙機関（ESA）、NASA との連携による国際居住棟（I-HAB）のサブシステム（環境制御・生命維持装置）での参画を調整しています。
加えて、地球から Gateway への物資補給には、宇宙ステーション補給機「こうのとり」を改良して現在開発中の「HTV-X」に、月飛行機能を追加して使用することを検討しています。



▲月周回有人拠点（Gateway）のイメージ図



▲HTV-X と Gateway（イメージ図）

★アルテミス計画とは

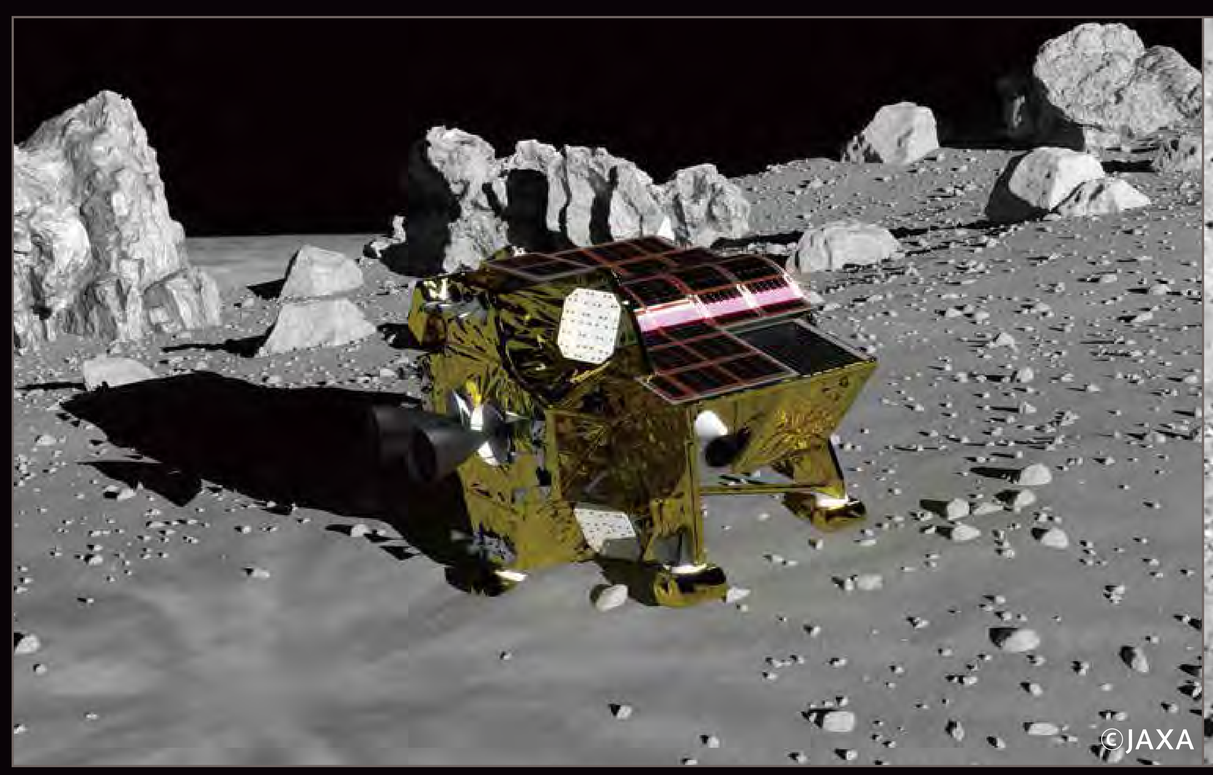
月周回拠点（Gateway）計画、Space Launch System（SLS）計画、Orion 宇宙船計画などを含む、月面への有人着陸に関するすべてのプログラムの総体です。
アルテミス計画を通して NASA は、月面探査だけではなく、2030 年代に目標としている火星有人着陸のための技術獲得も目指しています。

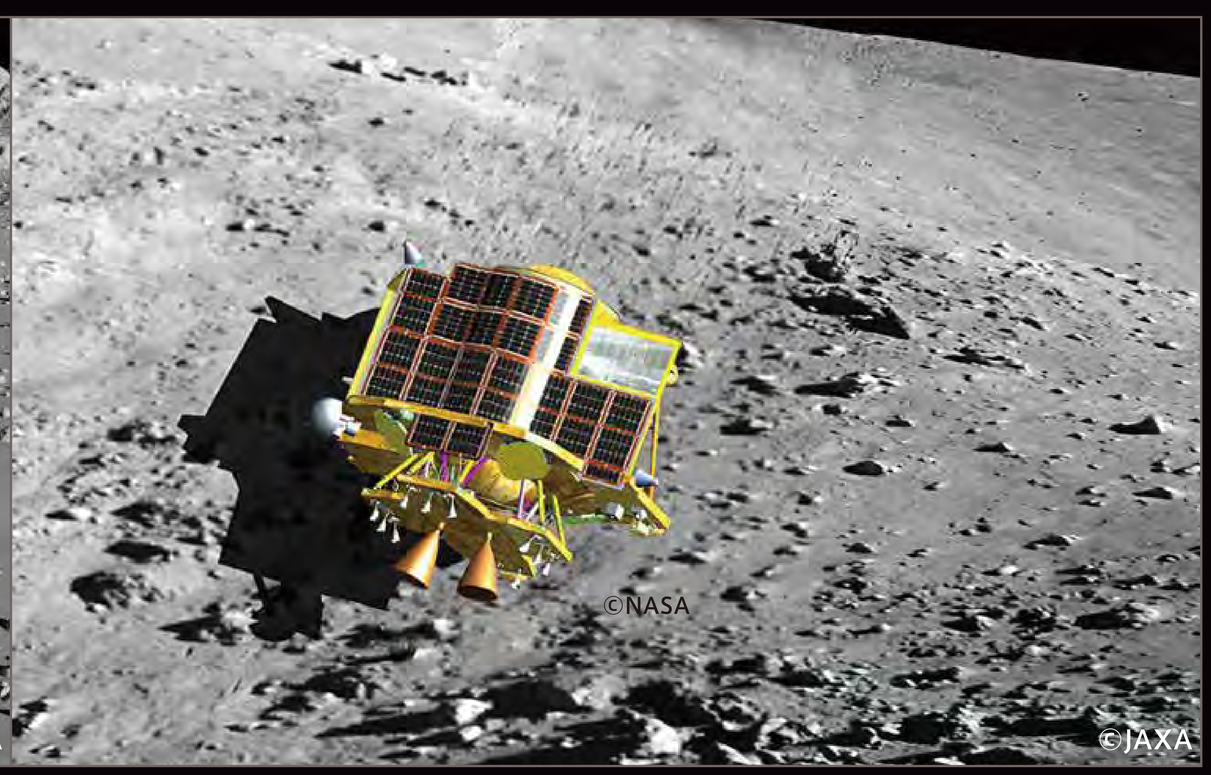
ARTEMIS

©NASA

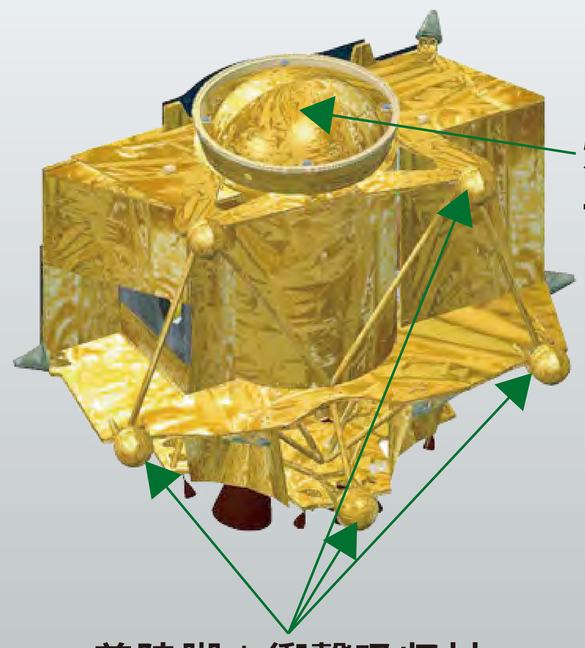
小型月着陸実証機 SLIM（スリム）プロジェクト

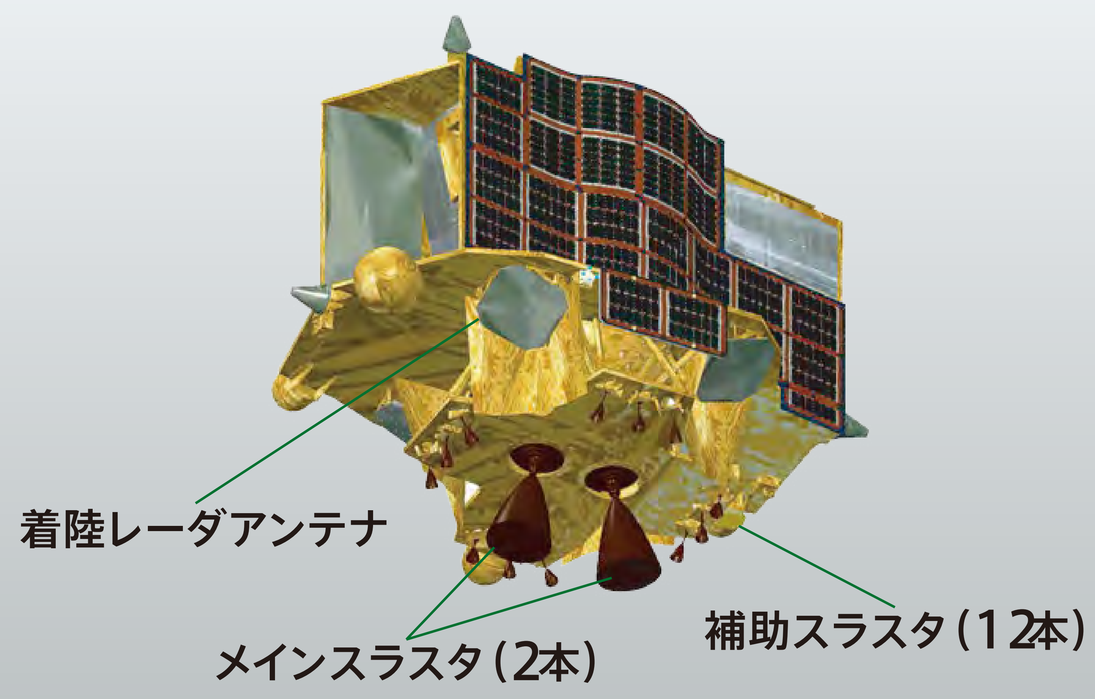
SLIM は、将来の月惑星探査に必要なピンポイント着陸技術を研究し、それを小型で軽量な探査機によって月面で実証する計画です。
実現することで、従来の「降りやすいところに降りる」着陸ではなく、「降りたいところに降りる」着陸へと非常に大きな転換を果たすことになります。
SLIM のような小型探査機による着陸実証は世界的にもユニークです。
太陽系科学探査や、月よりもリソース制約の厳しい惑星への着陸も現実のものとなっていきます。
SLIM プロジェクトは、JAXA 宇宙科学研究所のメンバーを中心としつつ、全国の大学等の研究者が集まり、一体となって検討・開発を進めています。



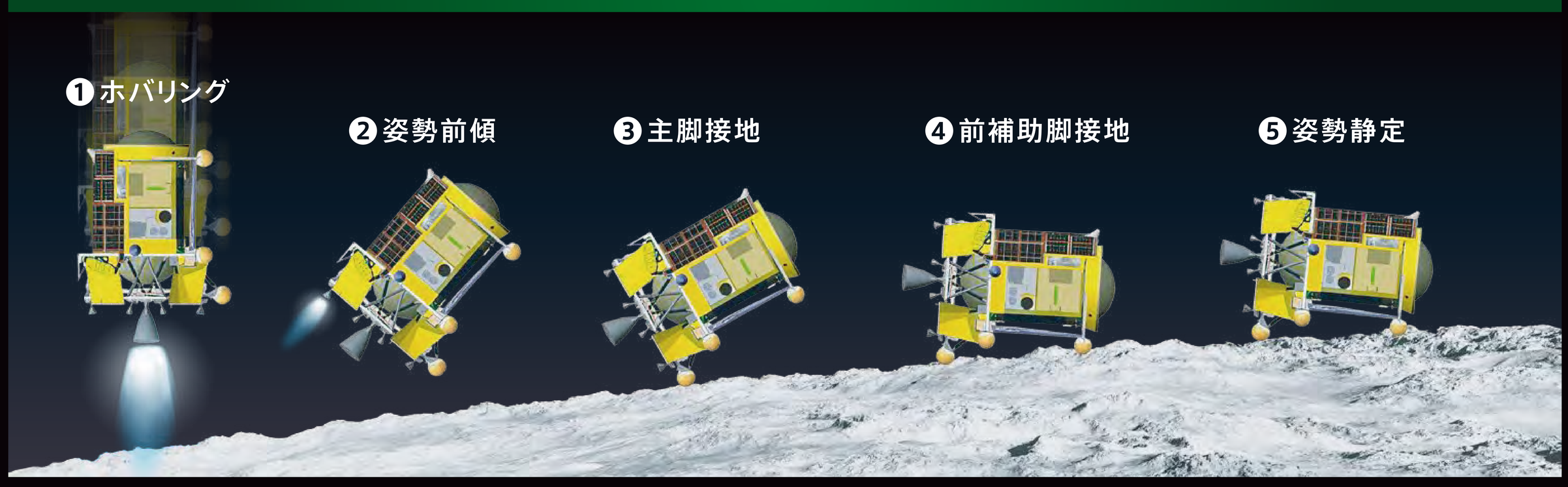


小型軽量化のために各要素技術の研究開発を進めています

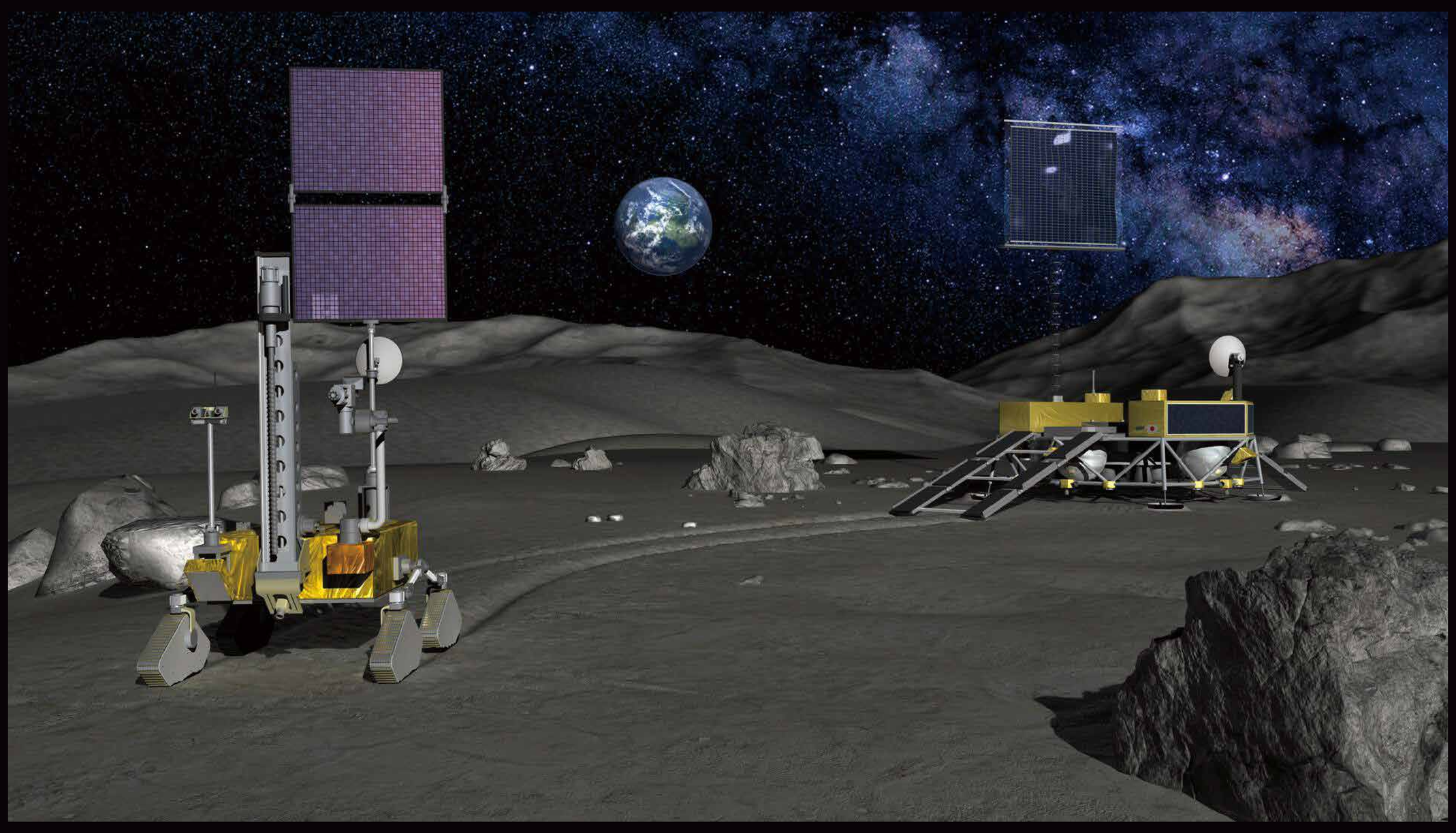




小型探査機によるピンポイント着陸技術を実証します



月極域探査ミッション



月極域探査ミッションとは

有人月面探査に向けた、インド宇宙研究機関（ISRO）との国際協働ミッションです。月の南極域に着陸後、ローバで移動。水資源の存在量・場所等に関するデータを取得します。

月極域探査ミッションの目的

▲ローバ走行中の表層観測

水は人間の活動に必要なだけでなく、酸素と水素に電気分解することによって、探査機の燃料としても使用することができます。
水などの資源がどこに、どの程度あるのか、またそれらの資源が利用可能かどうかを調べておくことは、本格的な月・火星探査を行う上でとても重要なのです。

詳しく知りたい方はこちら

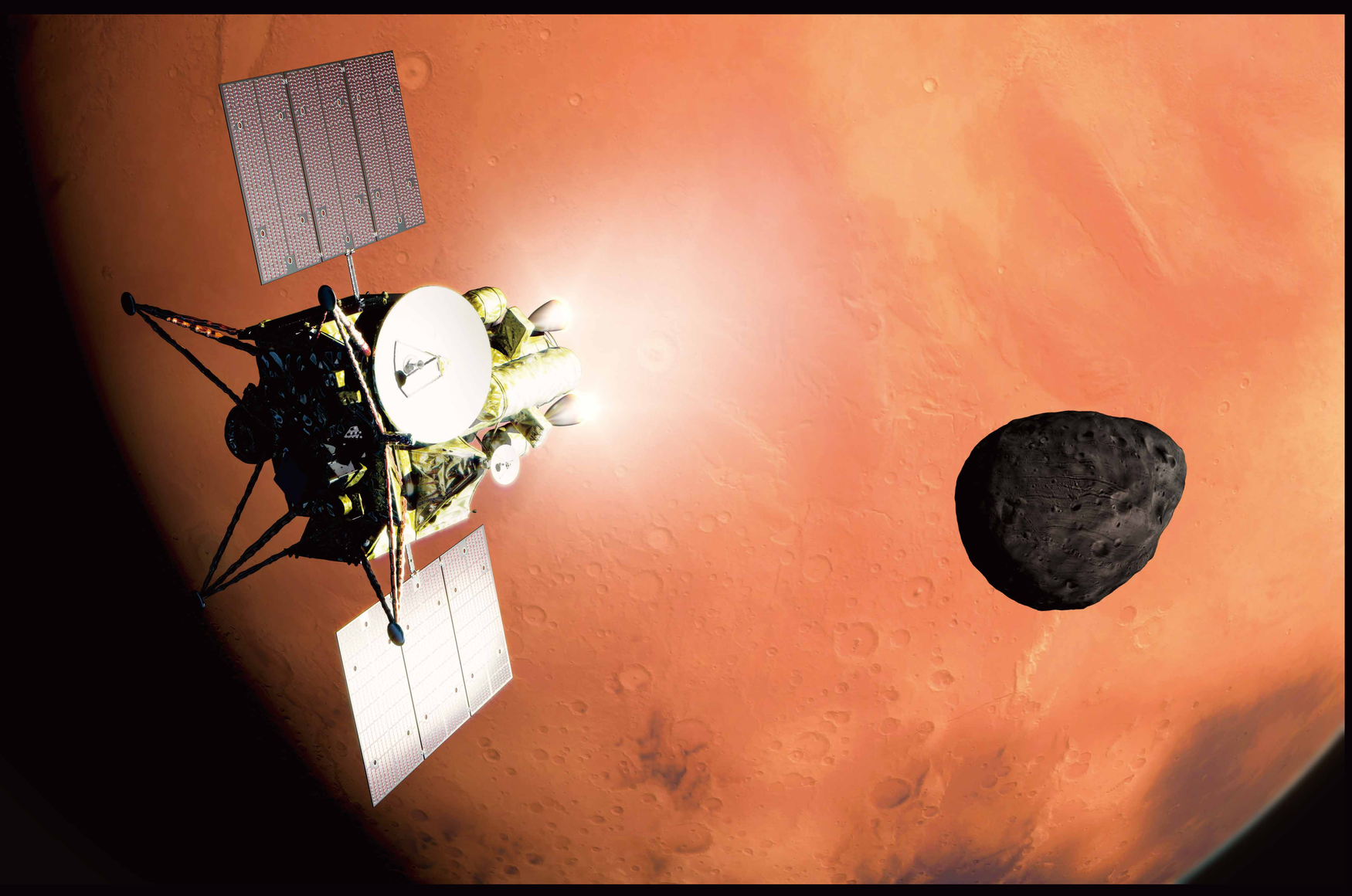
「月極域探査ミッション」ページ
http://www.exploration.jaxa.jp/program/lunarpolar/

「小型月着陸実証機 SLIM プロジェクト」ページ
http://www.isas.jaxa.jp/home/slim/SLIM/index.html

火星衛星探査機MMX

MMXとは？

火星衛星探査計画 MMX（Martian Moons eXploration）は、火星圏（火星とその衛星）を探査するミッションです。火星にはフォボスとダイモスと呼ばれる 2 つの衛星があり、MMX はフォボスの砂を回収して地球に戻ってくることを目指している世界初の火星衛星サンプルリターンミッションです。



MMXの目的

原始太陽系における「有機物・水の移動、天体への供給」過程の解明に貢献するため、火星衛星に含まれる含水鉱物・水・有機物などを解析することにより、

（1）水や有機物の存在を明らかにする、

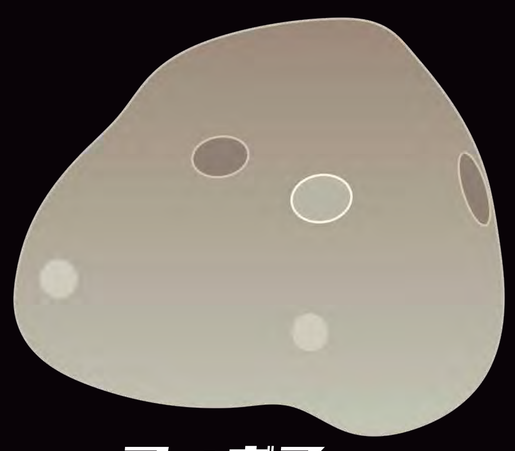
（2）火星衛星の由来を解明する、加えて、

（3）宇宙探査を先導する技術を獲得する、

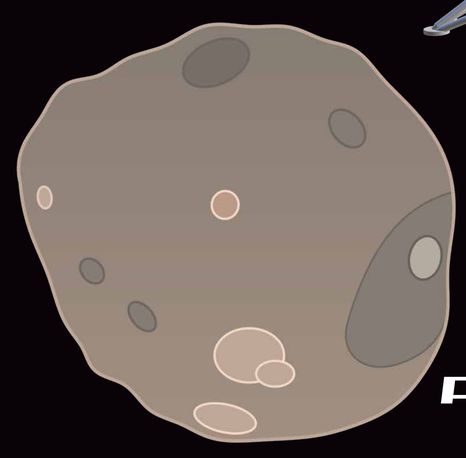
ことが MMX の目的です。

フォボス・ダイモスってどんな衛星？

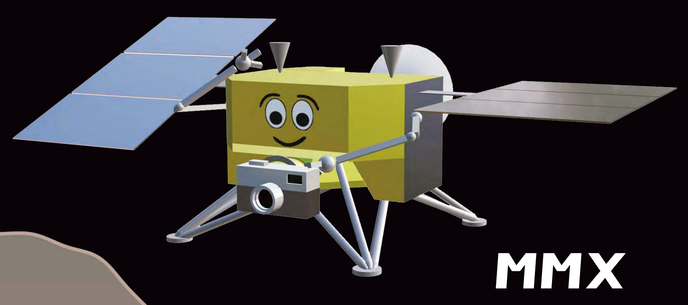
地球の衛星である月と比べるととても小さく、火星の周りを周回していなければ「小惑星」だと認識されていたと言われています。



フォボス



ダイモス

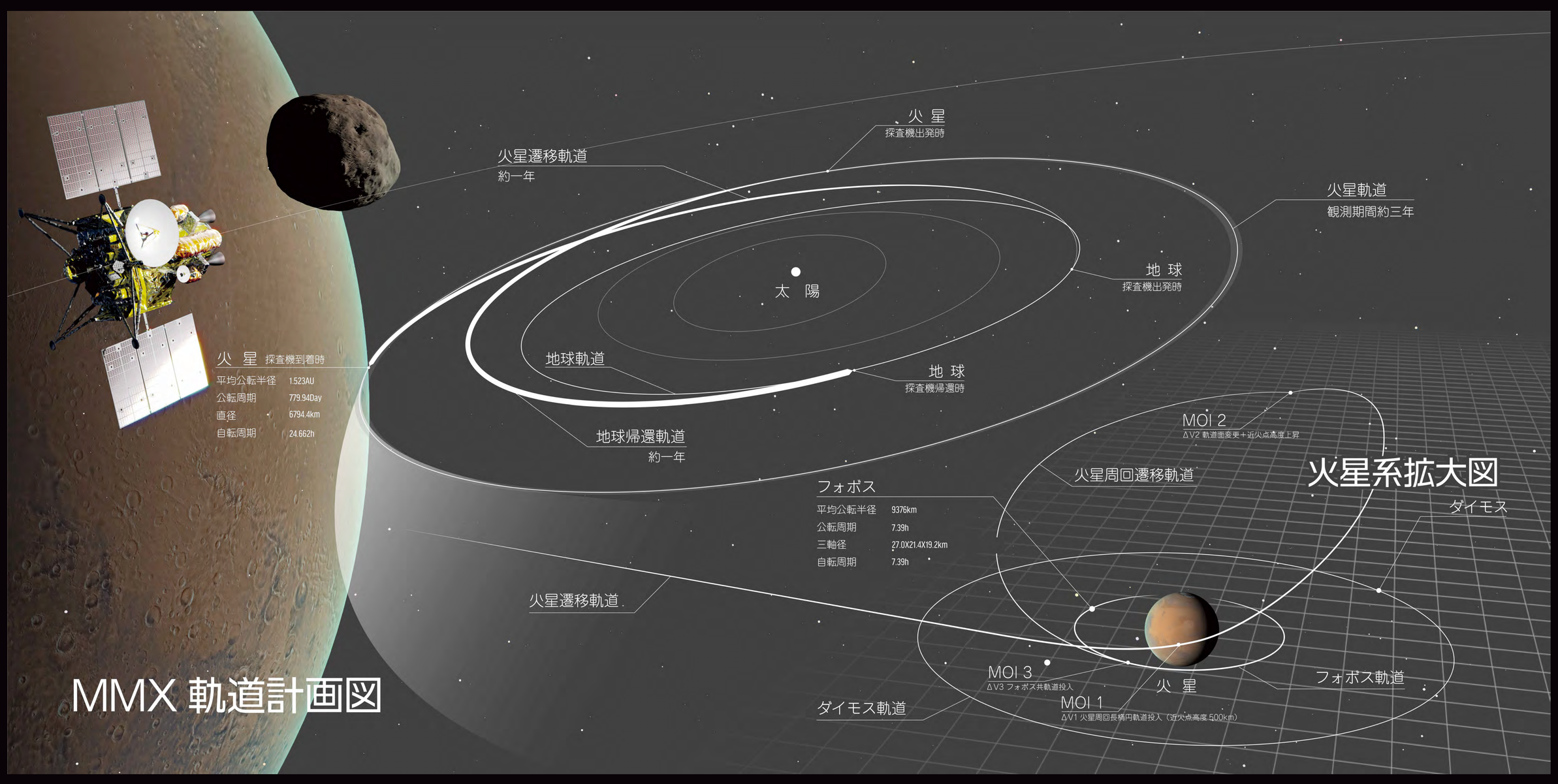


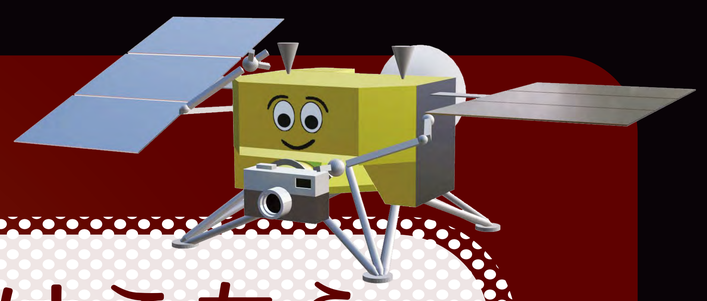
MMX

火星衛星探査機MMX

ミッションの流れ

打上げから約 1 年後に、火星の衛星フォボスの近くを飛行する軌道に入ります。
その後、約 3 年かけて火星及び火星衛星の観測とフォボスからサンプル採取を行います。
すべての観測を終えた MMX 探査機は約 1 年かけて地球に戻り、採取したサンプルを地球に届けます。
現状は 2024 年度打上げ、2025 年度火星周回軌道投入、2029 年度地球帰還を計画しています。





詳しく知りたい方はこちら

「火星衛星探査機 MMX」ページ
http://mmx.isas.jaxa.jp/

「火星衛星探査機 MMX」Twitter
https://twitter.com/mmx_jaxa_jp

MMX NEWS（MMX 公式ブログ）
http://mmx-news.isas.jaxa.jp/

持続的な月面活動に向けて

将来の持続的な月面活動に向けて、

「活動する」「作る」「住む」「探る」「建てる」

などの課題イメージが設定されており
日本が得意とする技術を月面で発展・応用すべく、
JAXA は産業界やアカデミアとの連携を進めています。

建てる

建設業界

ロケット

月面多目的軽量建機
建設業者が軽量化建機システム技術などを検討中。

月面植物工場
先端農業関連企業や農林系大学が植物栽培システムや閉鎖系環境循環技術など検討中。

探る

製造・電気業界

月面無人探査ローバ
民間や学術界が開発する小型ローバの活用による、多面探査・三次元探査・サンプルリターン等も視野に検討中。

検 疫

月周回有人拠点 (Gateway)

月周辺小型衛星インフラ構築
大学研究室や通信事業者が小型・超小型衛星を活用した測位・観測・通信インフラ構築を検討中。

月面離着陸船
月面で生成された酸素、水素を使ったエンジンシステム、極低温推進剤の断熱技術を研究中。

通信業界

月面通信塔・通信局
通信事業者が、月・地球間通信インフラ構築や光通信技術などを検討中。

エネルギー業界

月面発電施設
太陽電池メーカが、次世代太陽電池デバイスや小型軽量・高効率電源技術を検討中。

作る

建設／プラント業界

月面資源利用プラント
建設業者やプラント業者が、 無人遠隔施工技術や水素・酸素生成プラントなどを検討中。

活動する

IT ／ゲーム業界

月面活動（調査 / エンタメ）
VR 技術やソフトウエア技術により調査を行うとともに、エンターテイメントに活用する。

船外宇宙服
現状、国際協力を前提に検討中。

自動車業界

月面有人与圧ローバ
・JAXA/ 産業界の共同研究において、月面走行技術、燃料電池開発研究等に取り組み中。
・有人与圧ローバが拓く月面社会に関する勉強会を開催中。

住む

医療・健康業界

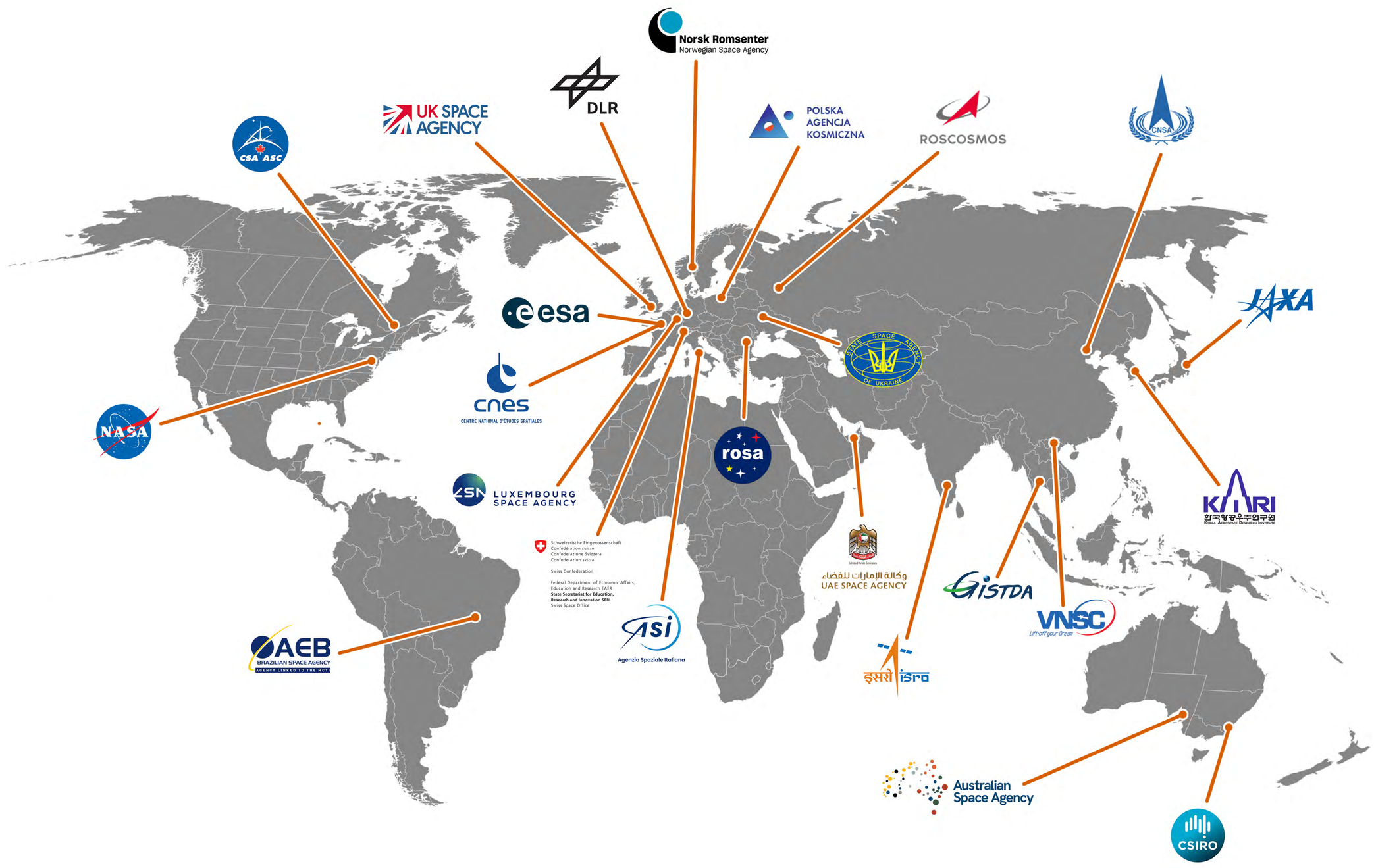
建築業界

月面居住施設
・建設業者やハウスメーカが、スマートハウス建築技術や軽量断熱材料研究などを検討中。
・食品業者が保存食技術等で宇宙食開発を検討中。

国際宇宙探査協働グループ ISECG

国際宇宙探査協働グループ (ISECG: International Space Exploration Coordination Group) は現在、世界の27の宇宙機関が参加しており、国際協働による宇宙探査に向けたシナリオ作成や技術的検討が進められています。

ISECG AGENCIES WORLD MAP



出典：Global Exploration Roadmap Supplement August 2020 Lunar Surface Exploration Scenario Update 国際宇宙探査ロードマップ 追補版（2020 年 8 月）

月面探査シナリオ

ISECG に参加する世界の宇宙機関が共同で目指している、最新の月面探査シナリオをご紹介します。

フェーズ１：人類の月面再着陸

NASAが人類を月に再着陸させるという計画を発表したのに対し（後に「アルテミス計画」と命名）、ロシアのロスコスモス、CSA（カナダ宇宙庁）、JAXA などの機関は、無人調査ミッション計画を検討しています。

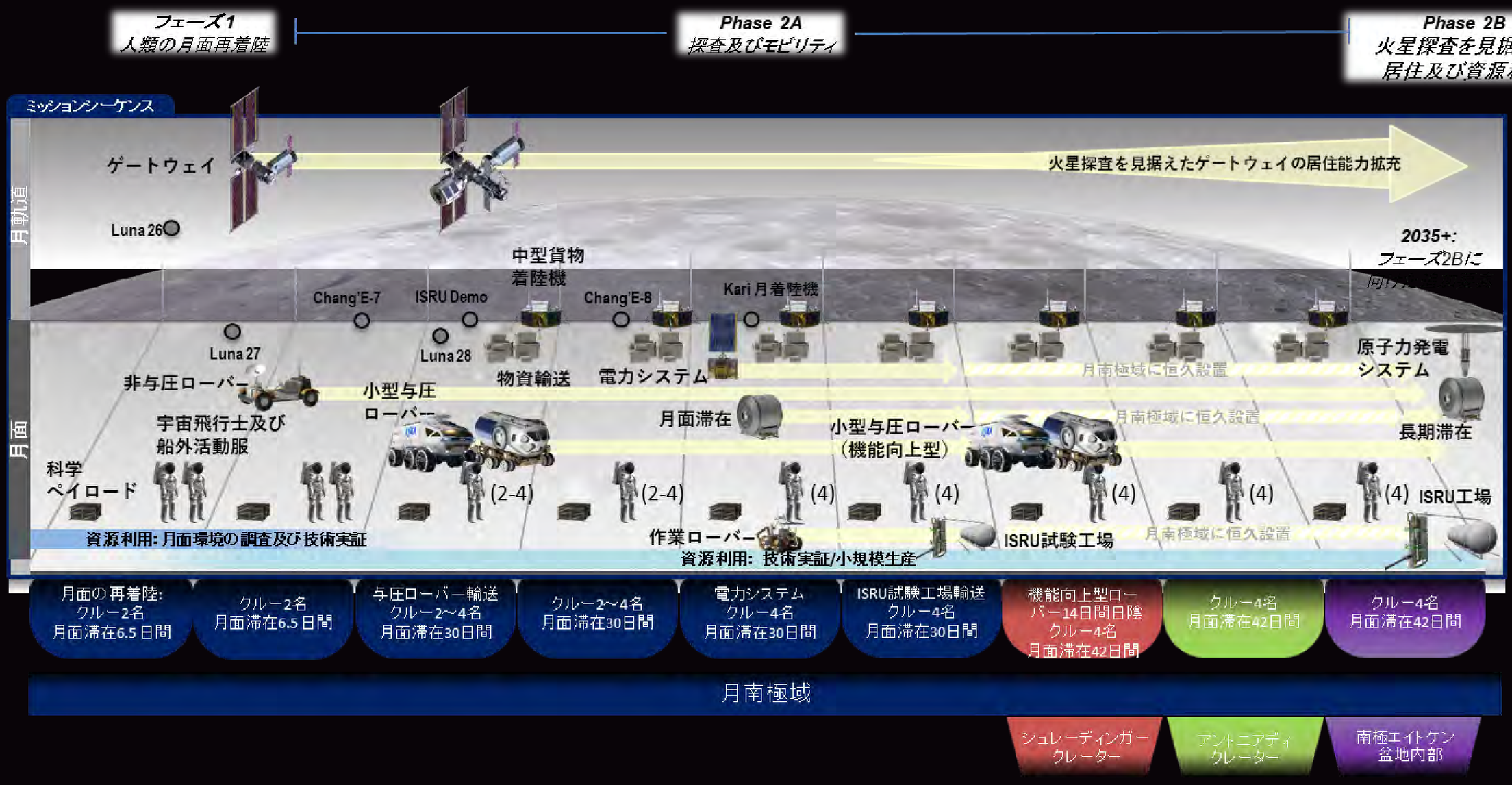
JAXA の国際宇宙探査について詳しく知りたい方はこちら

「JAXA 国際宇宙探査センター」Twitter
https://twitter.com/jsec_jaxa_jp

国際宇宙探査協働グループ ISECG

フェーズ２：探査領域拡大とインフラ構築

フェーズ２では、与圧ローバや資源利用の実証を行いつつ、移動、探査、および科学に焦点を当てます。また、フェーズ２後半では、より長期の月面滞在を実現するための居住能力（例：循環型の生命維持機能、飛行士の健康管理、現地での食物 / 植物生産など）が必要になるとされています。



出典：Global Exploration Roadmap Supplement August 2020 Lunar Surface Exploration Scenario Update 国際宇宙探査ロードマップ 追補版（2020 年 8 月）

フェーズ３：持続的な月面活動

フェーズ３では、技術試験やインフラ投資、並びに、政府・学界・産業界のパートナーシップによって、長期居住能力の向上や月面での全球へのアクセス可能な移動システムの構築など、持続的な活動を可能としていきます。
また、月面との往復がより一般的・低コストになることで、月面経済の持続性も高まり、継続的に人類が発見・開発を行えるようになります。

JAXA の
国際宇宙探査について
詳しく知りたい方はこちら

「JAXA 国際宇宙探査センター」ページ
http://www.exploration.jaxa.jp/