



JAXAの国際宇宙探査シナリオ

2018年3月4日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

経営推進部 月探査プログラム準備室
佐藤直樹

国際宇宙探査推進チーム

- チーム長： 遠藤副理事長
- チーム長代理： 経営推進担当理事、宇宙探査担当執行役
- アドバイザ： 宇宙科学研究所担当理事、有人部門担当理事、研究開発部門担当理事

＜戦略サブチーム＞

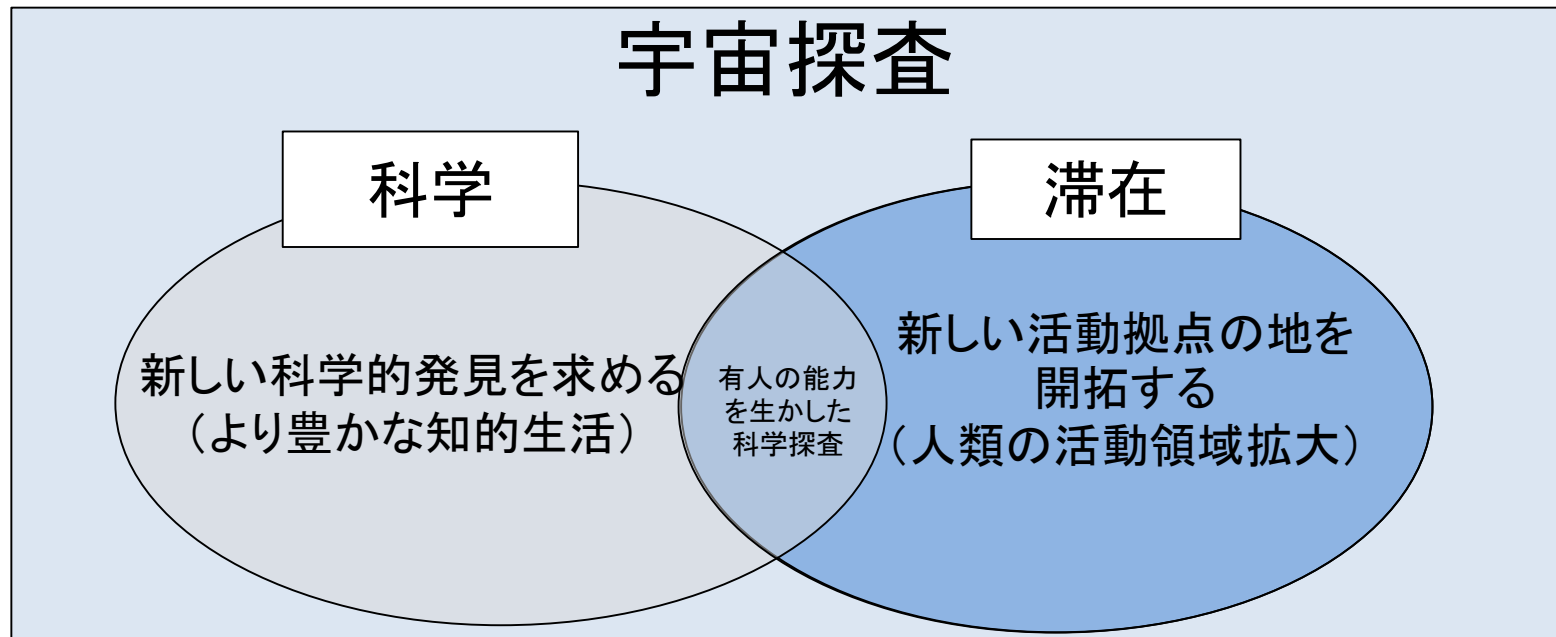
- 各国の活動状況の情報収集
- 各府省庁との調整方針の検討
- 経済界及び国際機関等との調整 方針の検討
- チームメンバー
 - ・ 経営推進部
 - ・ ISEF2準備室
 - ・ 調査国際部
 - ・ 宇宙科学研究所
 - ・ 有人宇宙技術部門
 - ・ 宇宙探査イノベーションハブ

＜シナリオ・技術検討サブチーム＞

- 機構としてのシナリオの検討
- シナリオに伴う技術の検討
- チームメンバー
 - ・ 宇宙科学研究所
 - ・ 有人宇宙技術部門
 - ・ 研究開発部門
 - ・ 宇宙探査イノベーションハブ

宇宙探査の目標

- 宇宙探査の目的は、これまでの地球上の探査(探検)とのアナロジーから考えると、①新しい科学的な発見を求めること(科学)と、②新しい活動拠点の地を開拓すること(滞在)と捉えるのが適当。
- そこで、「科学」と「滞在」それぞれの目的について具体的な目標を設定することとした。



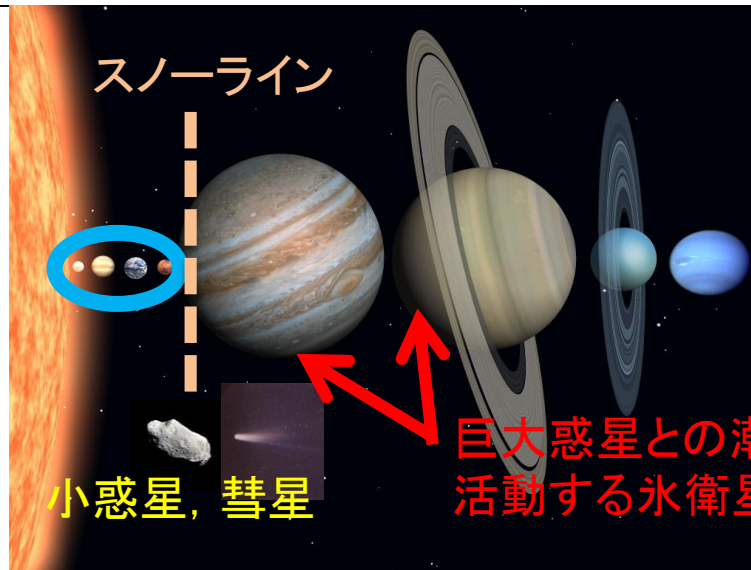
宇宙探査の目標(科学)

太陽系の形を意識するとき、太陽系探査の戦略指針は、

- 初期状態(原始太陽系円盤)を理解する探査(小天体)
 - 巨大惑星とその衛星系を理解する探査(木星, 土星)
 - 地球型惑星領域での惑星形成を理解する探査(月, 火星)
- のそれぞれにおいて、大目標を意識して策定されるべきである

月・火星探査は、主に「地球型惑星領域での惑星形成を理解する探査」に貢献する。

水星,金星,
地球,火星



巨大惑星との潮汐作用により
活動する氷衛星

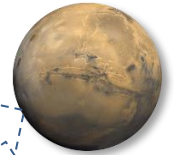
宇宙探査の目標(滞在)

月近傍空間ミッション(<15年後)

滞在(0G): 4人、300日滞在



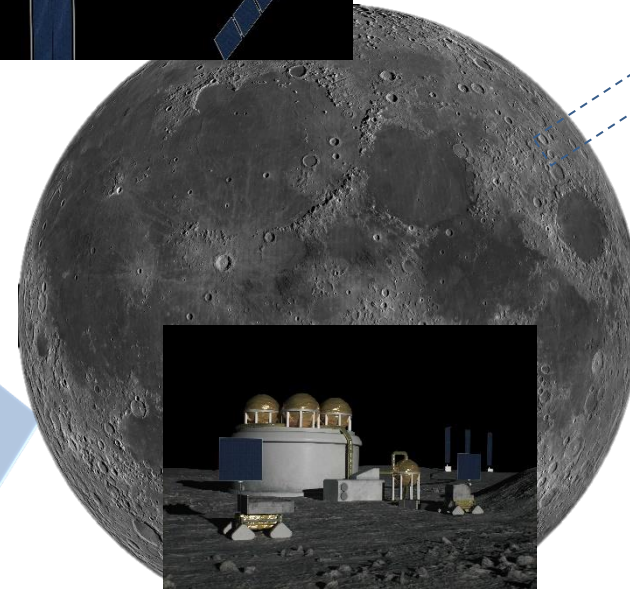
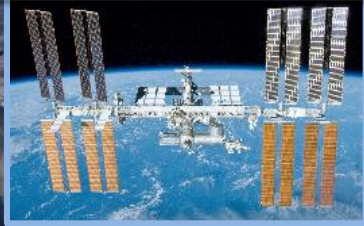
国際的な究極のゴール



地球低軌道(0G)

6人、常時滞在

宇宙探査に向けた技術実証、及び0G(地球低軌道)での有人火星探査での深宇宙航行を模擬する。



有人月面探査(15年後)

滞在(1/6G): 4人、500日滞在

資源利用: 推薬現地調達
or 推薬製造実証

環境・資源データ状況と優先度(1/2)

有人月探査を行うとした場合に、必要な環境・資源データの現状と今後取得すべきデータの有無について整理を行った。

	現状	今後取得すべきデータ	優先度付け			
			安全性	アーキテクチャへの影響	緊急性	総合
水	これまでのリモートセンシング観測で、極域の地下(1m程度)に水素(水氷と考えるのが合理的)の存在を示す観測データが得られている。存在量は、0.08-20wt%と研究により開きがある。	着陸ミッションにてその場での直接的に存在分布を計測することが必要。	高	低	高	高
放射線	ISSでの線量データ精度不足等により放射線被ばく線量予測精度が悪い。 地磁気圏外の実測データは数多くあるものの、探査地である月面では2件(アポロ、LRO)、火星表面が1件(MRO)のみ。データが少ないだけでなく、正確ではない可能性がある。	放射線被ばく線量予測精度を向上させるためのシミュレーションモデル構築、およびそのためのISSでの線量データ高精度化が必要。 太陽活動による変動も考慮し、月・火星無人探査ミッションにて、できるだけ多くデータを計測することも必要。	高	中	中	中
レゴリス安全性	化学組成による毒性は研究されNASAの毒性研究Gが2010年にまとめたデータ有。ただし実レゴリスによる実験データはほとんどない。	実レゴリスのサンプルリターンによる動物実験でのデータ取得。	中	中	中	中
レゴリス土壌特性(テラメカニクスデータ)	コーン貫入試験等による土壌特性の間接測定(測定データから経験則により特性を導出)が実施されている。	土壌測定の直接測定(経験則を介さずに導出)、および走行データを組み合わせて1/6G下でのテラメカニクスモデル(地盤と車両間の力相互作用)の構築	高	中	中	中
レゴリスによる汚染	着陸時スラスター噴射でのレゴリス巻き上がり、及び月面上活動時の帯電レゴリスの宇宙服への付着がアポロ計画で目撃・体験されている。月周回機LADEEにより昼夜境界でダストが多いことが観測されている。	月面活動、及び月面電位分布で浮遊するレゴリス量を定量的に測定する。	高	中	中	中

クリティカルリティ

低

中

高

環境・資源データ状況と優先度(2/2)

	現状	今後取得すべきデータ	優先度付け			
			安全性	アーキテクチャへの影響	緊急性	総合
地形	全球10m間隔(かぐや), および極域2m間隔(LRO高度計)の3次元地形データが取得されている.	(必要無し)	緑	緑	緑	緑
温度	全球(LROの観測時刻のみ), およびApollo着陸地点(連続時間変化)でのデータが取得されている.	将来探査地点における温度の連続時間変化データ(日照条件, 周辺地形からの熱輻射の影響が場所により異なるため)	緑	緑	黄	緑
日照	3次元地形データを用いて, 任意の場所および時刻における太陽光照射シミュレーションが実施可能.	(必要無し)	緑	緑	緑	緑
プラズマ	太陽風と月面物質との相互作用により形成されるプラズマ環境(粒子分布, 月面帯電等)のデータが得られている.	将来探査地点における帯電, 電界, 粒子速度等の時間・日照条件変化の影響の測定	黄	黄	黄	黄
隕石	月表面の隕石衝突孔のサイズ分布, 地震観測, および地上からの衝突発光観測から, 隕石のサイズ分布等が推定されている.	隕石のサイズ, 速度, 質量, 飛来方向等を測定	赤	黄	黄	黄
重力	全球の重力異常分布が測定されている(地下物質による重力集中であるマスコン等)	(必要無し)	緑	緑	緑	緑

クリティカルリティ

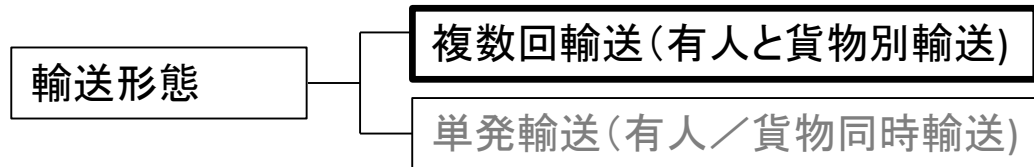
低

中

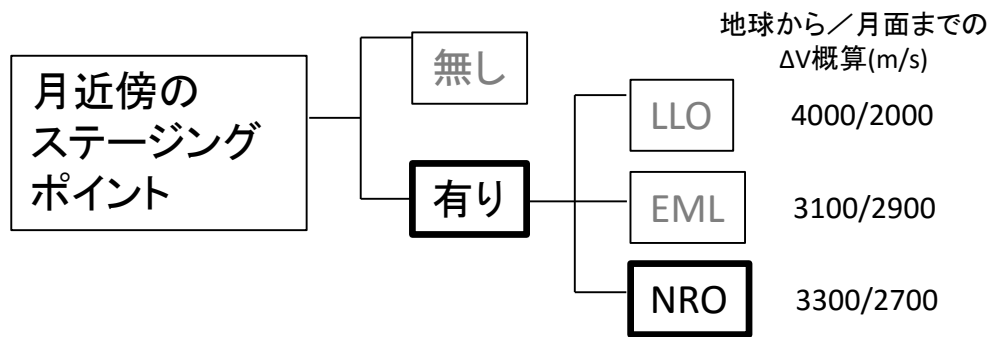
高

全体アーキテクチャ

主なトレードオフ検討結果



単発輸送は巨大な推進系が必要となること、貨物輸送系に有人輸送と同等の安全性が課されるなどのデメリットが大きい。

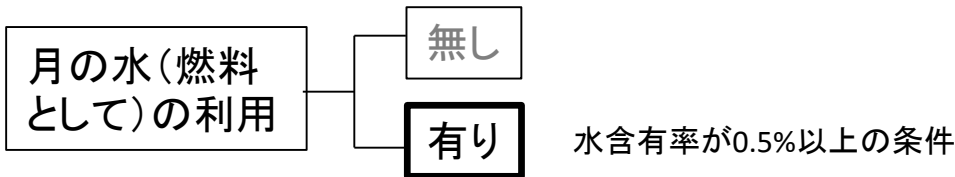


ステーjingポイント利点

- 緊急避難地となり有人安全性に貢献
- 再利用型の離陸船や地球帰還船へのサービス拠点にもなる。

EML: 有人着陸船は50t程度となりSLSで輸送不可

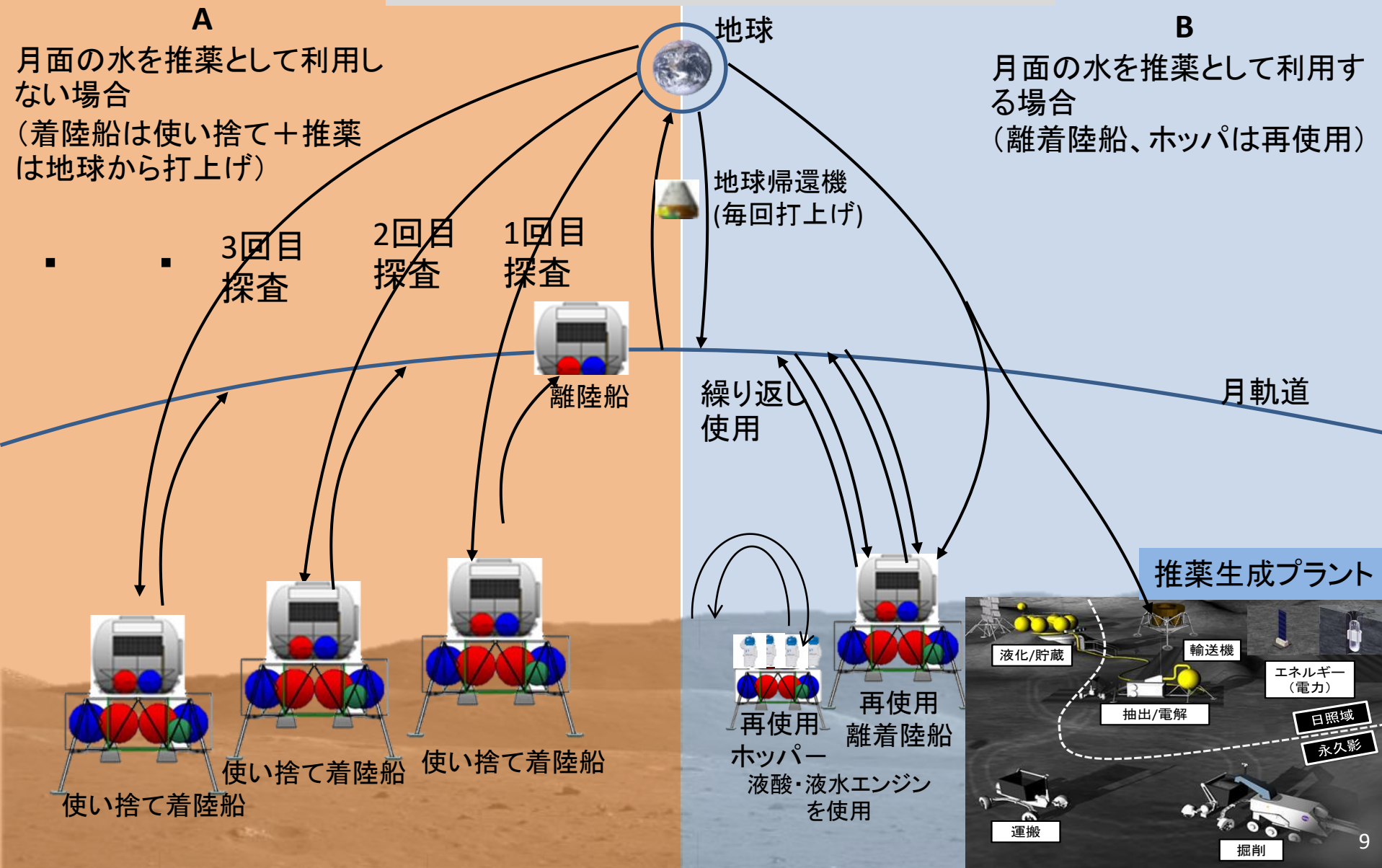
LLO: SLSでのOrion輸送は不可



有人月面探査ミッションを複数回行う場合、水含有率が0.5%から1%以上あれば、水を利用しない場合に比べて5-6回以上で効率がよくなる。(LEOへの打上げ重量が小さい)

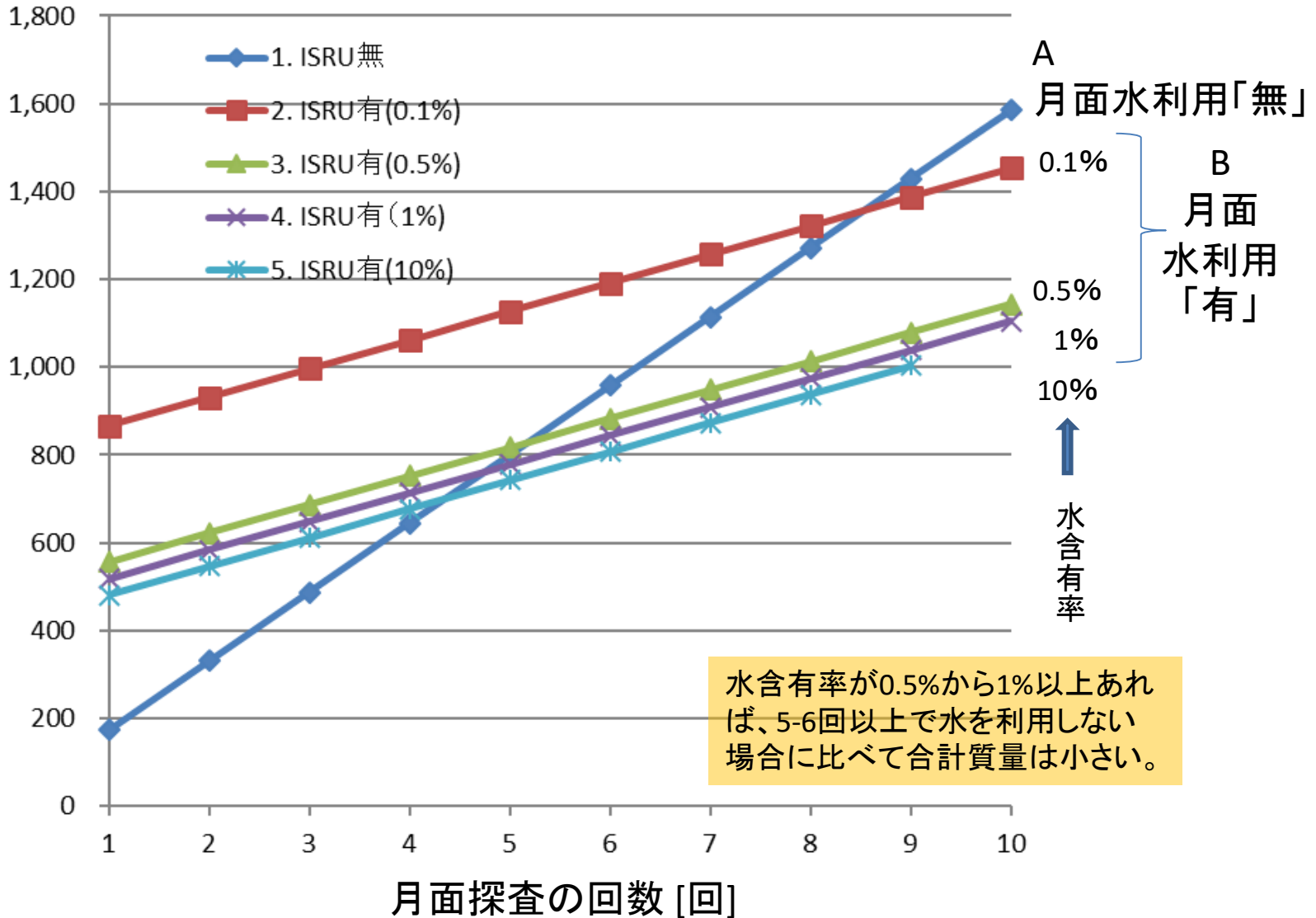
月面の水を推薬(LOX/LH2)として 月面離着陸に利用した場合の例(1/2)

有人月面探査を持続的に行う場合

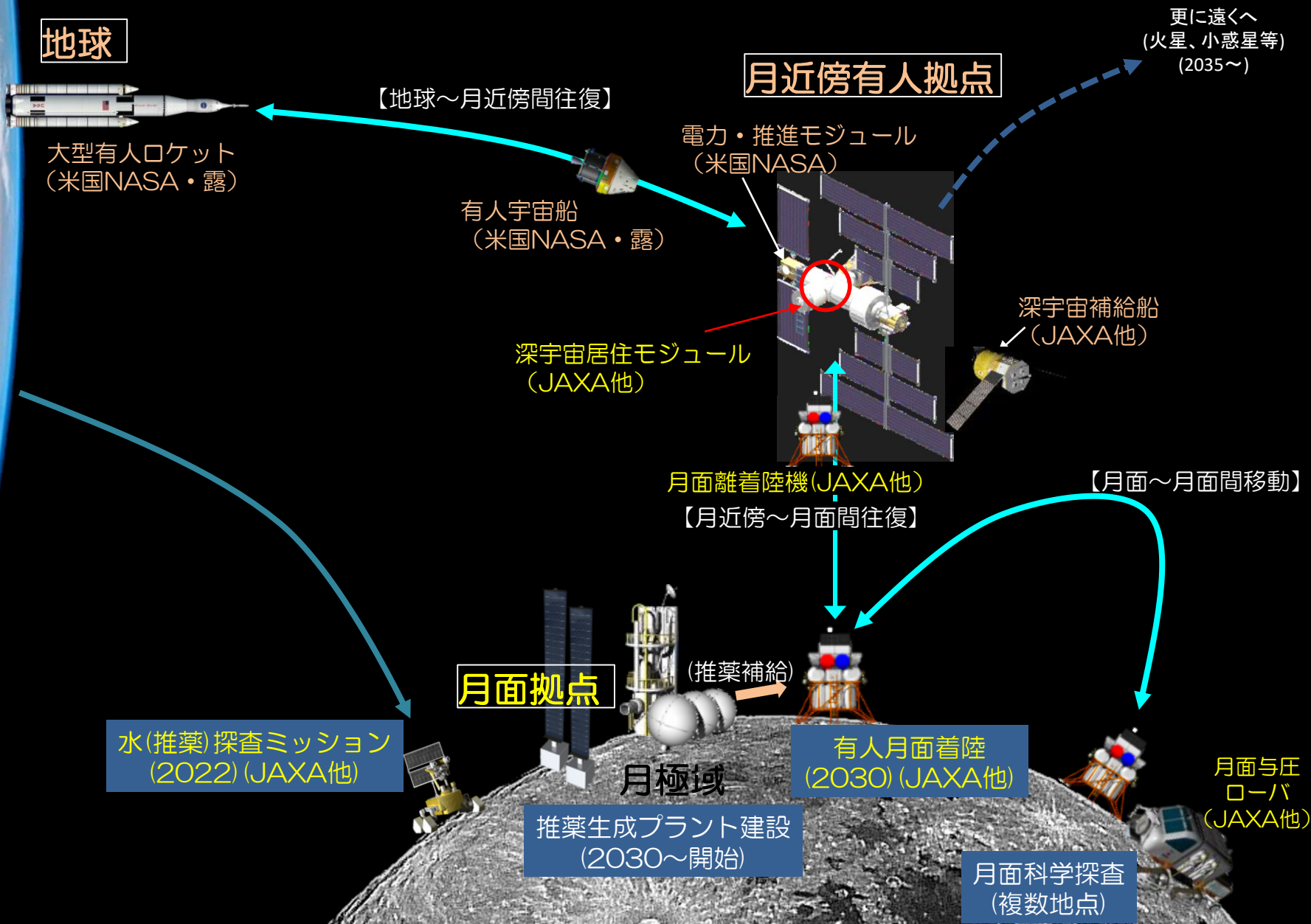


月面の水を推進剤(LOX/LH2)として 月面離着陸に利用した場合の例(1/2)

月面往復ミッションに必要な
総打上げ質量(LEO)[t]



(3) JAXAシナリオの検討状況(1/2)



月極域探査ミッション(案)

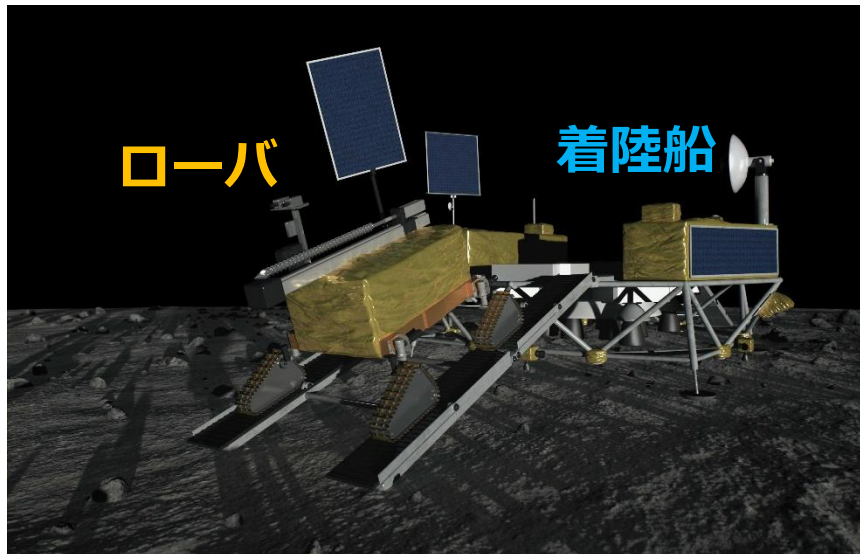
月極域探査ミッション(案)の概要

- 打上時期: 2022年度 H-3クラス
- 着陸地点: 水の存在可能性の高い領域に隣接した長期日照地点
- ミッション目的・ミッション要求:

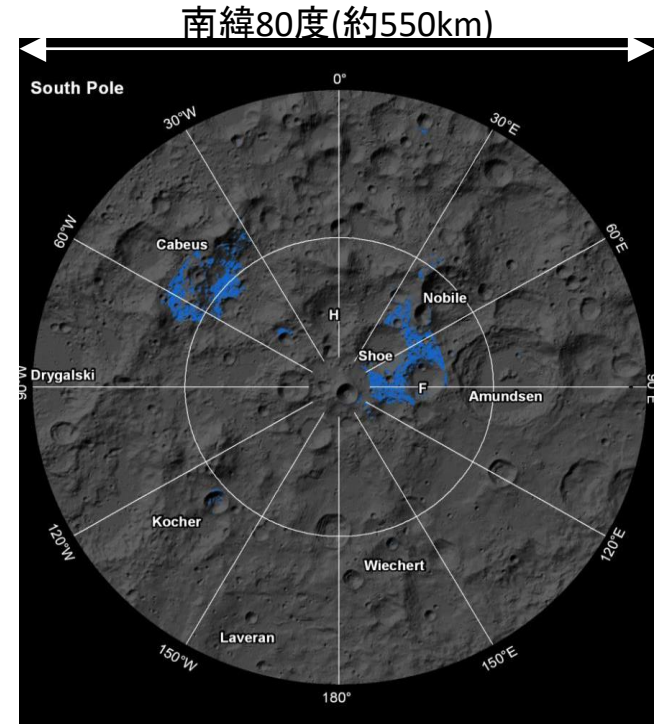
① 水の利用可能性の調査

事前に選定された調査領域内(1km²程度)の複数個所において、水の利用可能性(レゴリスに対して含有率0.5wt%以上程度)を直接観測により確認する。

- ② 重力天体表面探査技術の確立
- ③ その場観測による環境・資源調査、科学観測



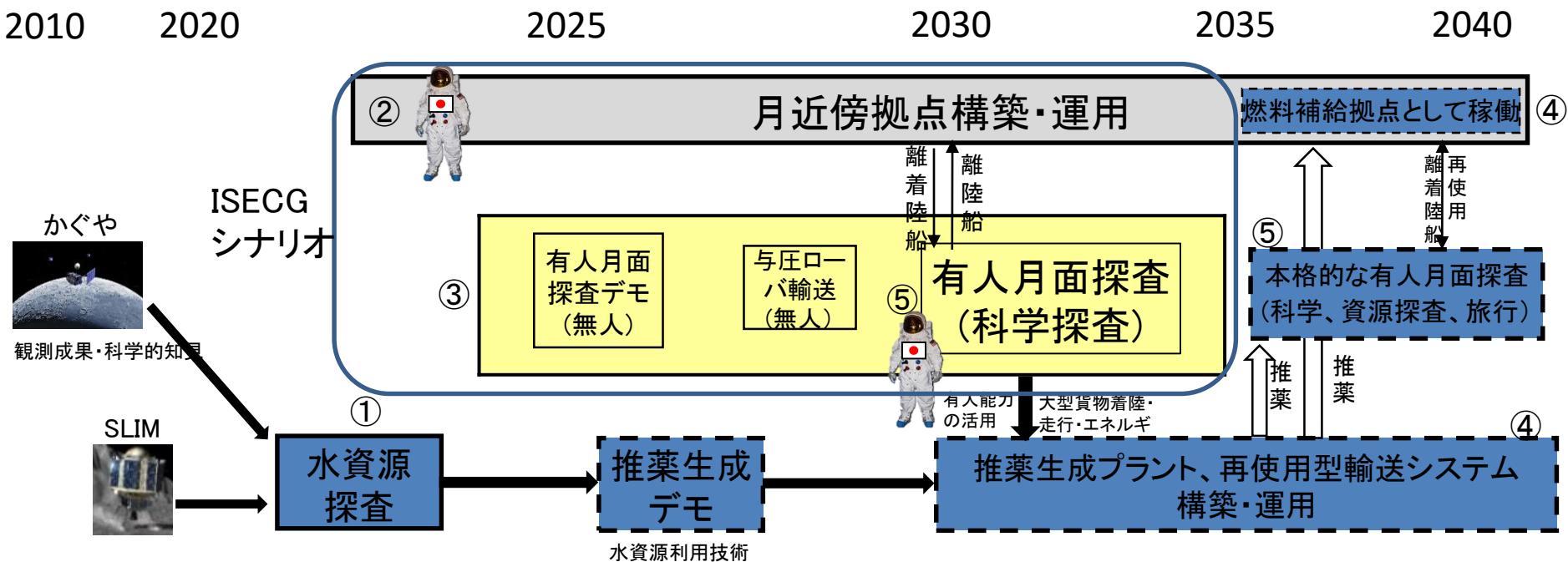
月面上での展開予想図



- LEAG (Lunar Exploration Analysis Group) による水分分布解析結果
- 上図の青いエリアは、下記の条件を満たすエリアである。
 - ✓ 水素の濃度が150ppm以上
 - ✓ 平均温度が150K以下
 - ✓ 斜度が10度以下
 - ✓ 日照が連続100h以上
- 青いエリアの面積はだいたい5000km²

JAXAの有人宇宙探査シナリオ

- ①かぐやの観測成果をもとに、国際協働で月南極域の水氷探査を行う。
- ②米国の「月近傍拠点」計画に参画し、深宇宙での有人宇宙飛行機会を獲得
- ③2025年頃から準備が始まる国際協働での有人月面探査にキー技術で参画し、日本人宇宙飛行士の月面到達権利を得る。
- ④国際協働で、月南極域に推薬生成プラントや再使用型着陸船を構築。
- ⑤グローバルな月資源・科学探査を実施。月旅行も。



有人月探査計画での日本の強み

月近傍有人拠点
(2023~建設開始)

有人宇宙船
Orion

- 環境制御 / 生命維持技術
- ランデブ & ドッキング技術

月極域水探査ミッション
(2022)

- 高精度着陸技術
- センサ技術
- 太陽電池 / Li-ion電池
- ロボット技術

推薬プラント・再使用型離着陸船
(2030~)

- 大型エンジン技術
- 建設 / プラント技術
- 採掘技術
- 水素生成 / 保管技術

有人月面探査ミッション
(2030~)

- 自動走行・荒地走行技術
- 環境制御・生命維持技術
- 機能繊維技術

国際有人宇宙探査

平成30年度以降の取組

- 米国が構想する月近傍の有人拠点への参画や、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る。
- 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と連携して取り組む。

4. (2)① ix) 宇宙科学・探査及び有人宇宙活動



2020

2030

火星表面 ○ InSight

○ Mars 2020
○ ExoMars

火星サンプルリターン

火星軌道

HX-1 ○
EMM Hope ○

○ Mars Orbiter Mission-2

○ Mars Moons eXploration



深宇宙ゲートウェイ

順次組み立て

火星輸送機

ゲートウェイで点検

月軌道

EM-1 (無人)

EM-2 (初有人飛行)

Chandrayaan-2

Luna 26 KPLO

追加有人
小型貨物

月面

Chandrayaan-2

Chang'E-4 Chang'E-5

Luna 25

Polar Sample Return

SLIM

Luna 27



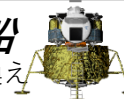
JAXA's Resource Prospector

Resource Prospecting Mission

ISRU Demo

有人月着陸船

ゲートウェイで乗換え



追加有人

月極域ミッション

NASA SLS & Orion



中・小型
ロケット



ロシア
有人輸送
システム



有人月面探査
実証機(無人)
サンプルリターン



与圧ローバ

移動 & 滞在

国際宇宙ステーション (ISS)

中国の宇宙ステーション

将来プラットフォーム

凡例

- ▲ 有人ミッション
- 貨物ミッション
- 無人探査ミッション

今後について

- 本検討結果は、国内の宇宙政策議論に資するとともに、国際調整にも適宜インプットしていく。
- 国際情勢の変化、国際調整や国内調整の進展、研究成果などを反映して、適宜検討を深めていく。
- 国際宇宙探査について広く認知を得るための青少年を含むさまざまなステークホルダと対話を重ねていく。