

国際宇宙探査 の現状

光学赤外線天文連絡会シンポ

2019年9月25日

国立天文台 RISEプロジェクト

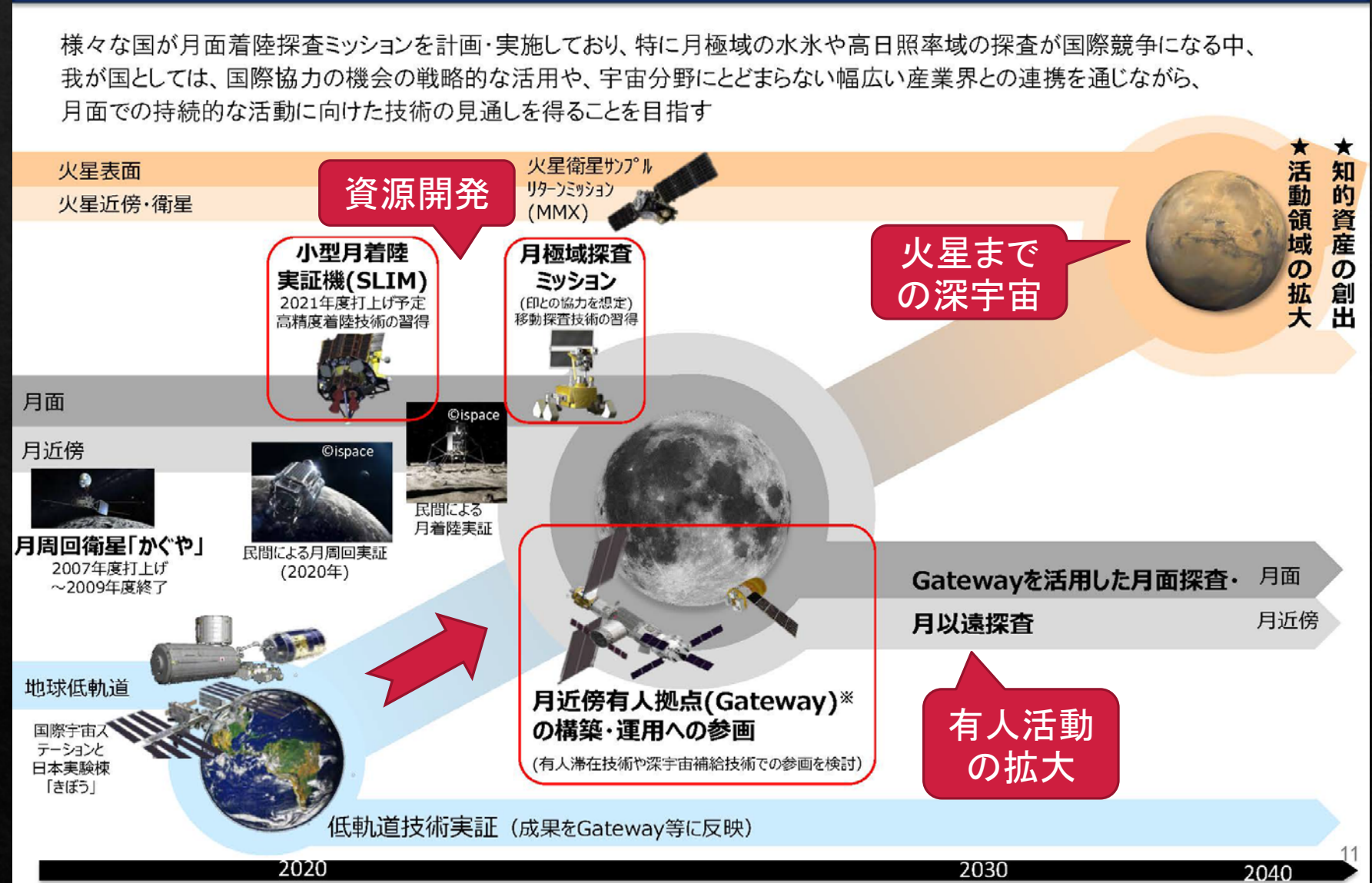
竝木則行

国際宇宙探査の概要

◇ **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られる無人探査活動を範囲とする。(科学・探査小委 2019年9月5日資料 2-2より抜粋)

- ◆ ISSからGateway
- ◆ 極域の水争奪戦に参入
- ◆ Gatewayを利用した月開発
- ◆ 月で終わらずに、火星探査まで視野に入れる
- ◆ SLIM, MMXを組み入れる

(参考) 我が国における国際宇宙探査の検討状況(全体イメージ)



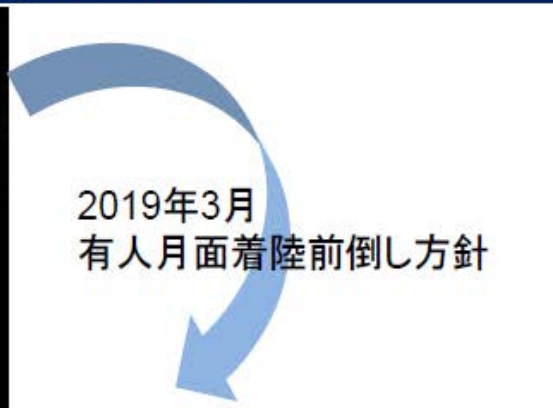
ゲートウェイ

(参考) 月周回有人拠点 (Gateway) について

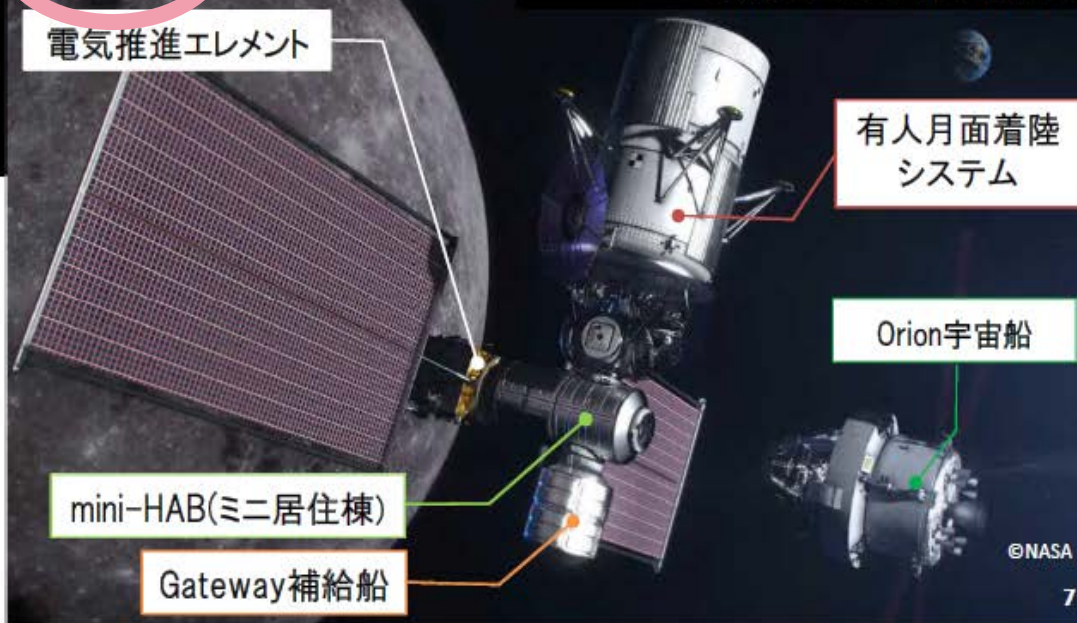
有人月面着陸前倒し方針が打ち出される前の当初の
2028年の有人月面着陸時の完成型Gatewayの構想図



3月5日(火)に開催されたISS参加極間の調整会議(MCB)において、宇宙機関間の技術的な検討の結果が報告され、日本の提案を反映する形で、下図のとおり分担の考え方が示された。今後、この分担をベースに、ISS参加各極が極内の政策・予算決定プロセスを進めることとされた。



2024年の有人月面着陸時の
初期型Gatewayの構想図



米国は、一時は月を飛び越して火星を目指していたが、今やステップとしての月の重要性を認識し、2024年の有人月面着陸、ついで2030年代の有人火星着陸を目指す「**アルテミス計画**」を発表した。そして、まず第一歩として、持続的な有人月探査を支える**月を周回する有人拠点**いわゆる「**ゲートウェイ (Gateway)**」を構築する計画を発表し、世界各国に参画を呼びかけた。これに応じて、**カナダは既に参画を表明し、欧州も本年11月末の欧州宇宙機関閣僚会議で参画方針を決定する見通し**となっている。(科学・探査小委 2019年5月21日資料3, 9月5日資料2-2より抜粋)

今年度のスケジュール

急速に進展

8月30日 宇宙政策委員会

・国際協力による月探査計画への参画に向けて（文科省より報告）



9月 5日 宇宙科学・探査小委員会

・国際協力による月探査計画への日本の参画について
（技術面の優位性獲得、教育効果・人材育成等の観点 等）

9月 5日 宇宙産業・科学技術基盤部会

・国際協力による月探査計画への日本の参画について
（国際的なプレゼンスの発揮、資源開発の端緒、産業面の優位性獲得、企業の参加・産業界の貢献等の観点 等）

※関係省から意見聴取



9月27日 宇宙政策委員会

・国際協力による月探査計画への日本の参画について
（外交・安全保障の観点を含め、委員会としての見解に向けた議論）

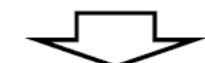


10月 1日 宇宙科学・探査小委員会

・国際協力による月探査計画への日本の参画について（議論の整理）

10月 4日 宇宙産業・科学技術基盤部会

・国際協力による月探査計画への日本の参画について（議論の整理）



10月17日 宇宙政策委員会

・国際協力による月探査計画への日本の参画について（議論のまとめ）

- 9月5日の宇宙科学・探査小委員会では、ゲートウェイへの**参画を後押し**する意見が殆どで、「待った」をかける意見は出なかった。
- 同日午後の宇宙産業・科学技術基盤部会でも**各省庁の代表が全員賛意**を示し、参画にオールグリーンが出た。
 - ただし、十分な予算が確保できるのか？予算が見積もり通りに収まるか？についての懸念は出されている。
- つまり、国際宇宙探査には**既にGo**がかかっている。
- 参画の**意義や形態については2020年3月まで**議論を継続して結論を出す。

参画のメリット(文科省資料より)

○ 外交・安全保障上の観点:

世界情勢が不透明化・不安定化する中で宇宙の平和利用の増進、日米協力の深化

○ 国際競争力・国際的プレゼンス上の観点:

世界の英知を結集、主導権や発言力の確保

○ 非宇宙分野も含む広範な産業の拡大に向けた観点:

宇宙と関わりの薄かった産業も含め事業機会を創出、デファクトスタンダードを確立

○ 月面探査及び火星などの深宇宙探査を目指す上での観点

・ロジスティクス拠点:

深宇宙探査のための探査機の補給や通信の中継、燃料や資材などの現地調達拠点

・技術獲得・実証の場:

工程表に位置付けられた技術(※)等の獲得、重力天体での技術実証

科学技術は4番目で、
しかも理学的観点は
全く入っていない

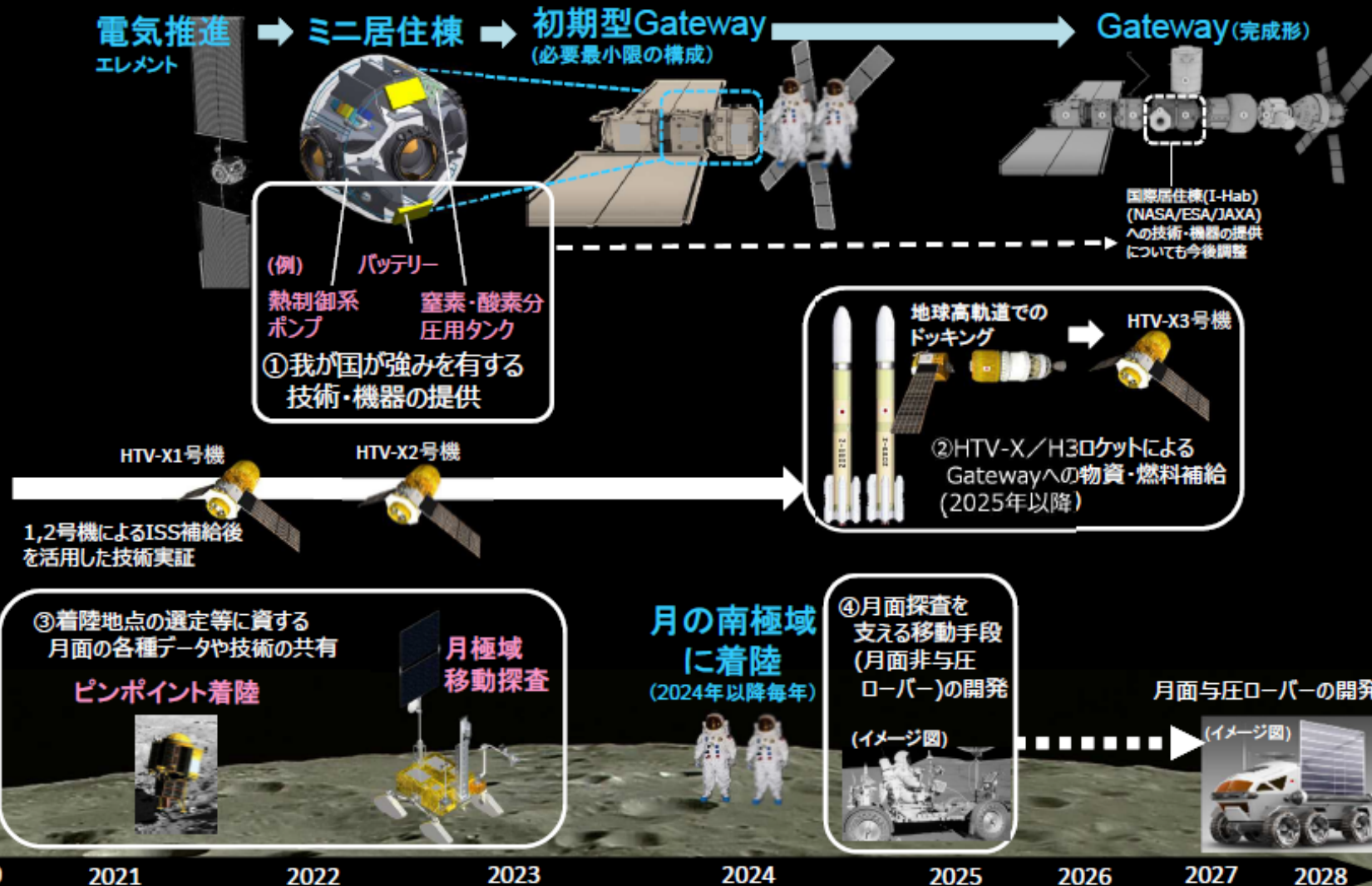
日本のゲートウェイ参加: 我が国として優位性・波及効果が見込まれる 4つの技術

月周回有人拠点(Gateway)を含む月探査へ参画する場合の考え得る協力取組(イメージ)

我が国の強みを活かして、重要な役割を担うなど、戦略的に参画

【米国の計画】

【具体的な日米協力】



- 1 我が国が強みや「きぼう」等で実績を有する生命環境を制御する**熱制御系**や**空調系の技術・機器**(例えば熱制御系ポンプやバッテリー等)を提供する。
- 2 現在開発中の**新型補給機**(HTV X とH3ロケット)を用いてゲートウェイへの物資・燃料補給を行う。
- 3 着陸地点選定等に資する月面の各種データを共有する。**小型月着陸実証機(SLIM)**, **月極域着陸探査**を進め、我が国のプレゼンスを確保するとともに、月面探査の国際協力枠組みの一環としても位置付けられるようにする。
- 4 月面での持続的な有人探査活動にも資する、**月面の移動手段を開発**する。(科学・探査委員会資料より抜粋)

JAXAの対応



- ◇ **国際宇宙探査センター**を設置 (2018年7月). 組織上は有人宇宙技術部門, 宇宙科学研究所と同じレベルにある.
- ◇ 国際宇宙探査センターは, 国際宇宙探査の『科学』を検討し, **評価する機能を持たない**.
- ◇ 代わりに, 国際宇宙探査シナリオと科学成果の創出について宇宙研が積極的に関与する。「理工学委員会」において、「**国際宇宙探査専門委員会**」を組織して検討をしている.
 - ◆ 国際宇宙探査の『科学』は従来通りに宇宙研の理工学委員会を通して検討, 評価される.

ISAS国際宇宙探査専門委員会

◇ 4つのタスクフォースを設置して、科学的意義について検討した。それぞれ中間報告書を提出。

1. 月極域探査タスクフォース
2. ヘラクレス計画の科学探査タスクフォース
3. Gateway科学探査 タスクフォース
4. 火星探査計画の科学探査タスクフォース

◇ 4つのタスクフォースのうち、1., 2., 4.は**太陽系内の水輸送**の観点から科学探査を提言しており、長い目で見て光学赤外線天文学と共同研究することが可能。

◇ 3.では**直接的に、月環境を利用しての天文学**が検討されている。

◆ TFメンバー:河合 誠之(東京工業大学)

◆ 深宇宙探査ゲートウェイを用いた科学探査の助言

- ・ 活動銀河核やブラックホール、重力波、軟ガンマ線観測



- ・ 月表面 Mg、Al、Si、Fe の蛍光 X 線分析による月地殻の形成過程研究
- ・ X線干渉計 MIXIM
- ・ 宇宙再電離の解明に向けた中性水素の21 cm輝線観測
- ・ 宇宙ニュートリノ源の探索
- ◆ 将来の月惑星探査につながる科学探査の提言
 - ・ 電波干渉計(宇宙 VLBI)
 - ・ 月面天文台のパイロット計画

予算規模

◇ 令和2年度概算要求

- ◆ 月周回有人拠点 (Gateway) 建設への参画に向けた取組
- ◆ 月極域探査計画 (総開発費 200億円規模)
- ◆ 国際宇宙探査に向けた開発研究

◇ JAXA有人宇宙技術部門の予算が漸次国際宇宙探査に移っていく

- ◆ 有人宇宙技術部門の予算が国際宇宙探査に回される.
- ◆ しかし, **丸々宇宙科学に降りてくるわけではない**だろう.

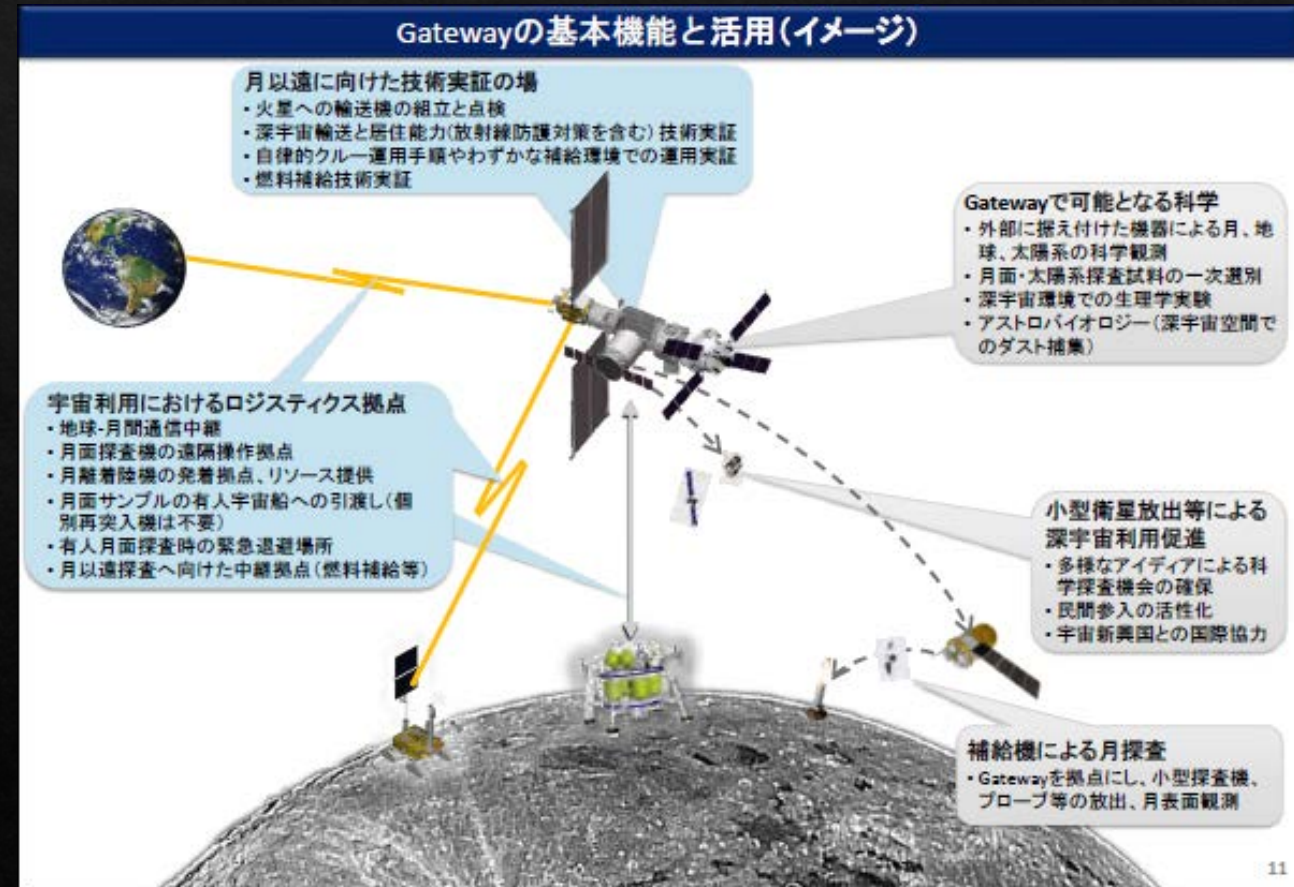
有人宇宙技術部門の予算は「宇宙産業振興」のために紐付けされているので.

◇ 宇宙科学の研究開発に回される資金は上のごく一部

- ◆ それをさらに, 広い意味での宇宙科学(宇宙工学, 資源工学, 惑星科学, 惑星圏電磁気学, 居住圏科学, 生命科学, 社会科学, ...)で分配すると ...

光学赤外線天文学への影響(その1)

- ◇ 一力国では不可能な大規模探査, 科学が可能
 - ◆ 例1: 観測ステーションネットワークの展開
 - ◆ 例2: 月面天文台
- ◇ Gatewayに常駐する宇宙飛行士による**定期的なメンテや, 改修, 増築**が可能
- ◇ Gatewayに搭載すれば, さらにきめ細かなメンテが可能
 - ◆ 放射線環境はISSよりも厳しい
 - ◆ **ISSは民間利用に移行**する予定



光学赤外線天文学への影響(その2)

◇ 政策(というよりも国策?)ミッションへ対応するための**体制**が必要

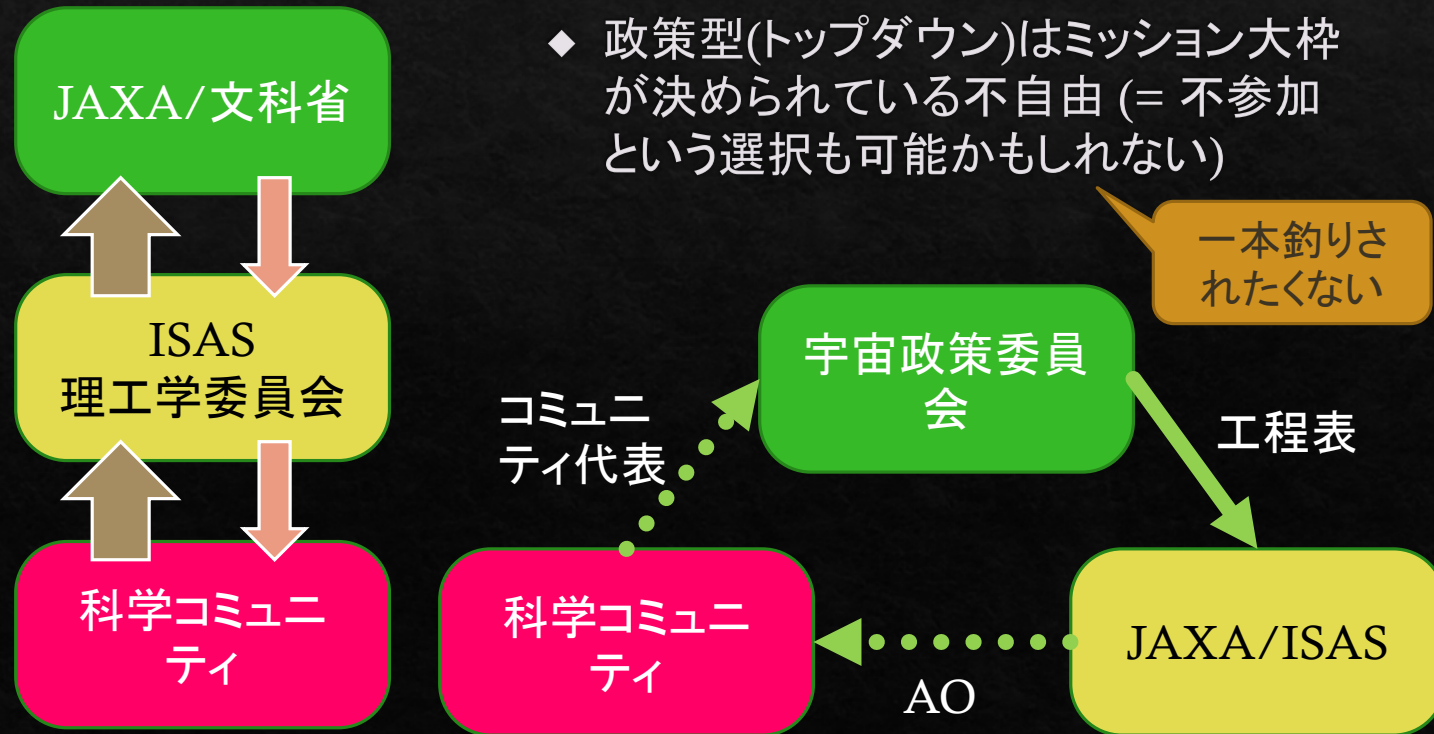
- ◆ 少なくとも惑星科学コミュニティに関しては,
- ◆ 宇宙研はMMX, SLIM, DESTINY+と, ミッションが立て込んでいて, 既に人手不足.
- ◆ 新たな人材を育成するにも, 教育機関としての宇宙研のキャパを超えている
- ◆ 大学・研究機関が宇宙研を補完するための新たな組織「惑星科学コンソーシアム」の検討中

理工学委員会ではスピードに追いつかない

機器開発と人材育成

◇ 従来のボトムアップとは違う**構造**

- ◆ ボトムアップなら科学コミュニティがミッション提案を行う自由 (= ミッションに責任)
- ◆ 政策型(トップダウン)はミッション大枠が決められている不自由 (= 不参加という選択も可能かもしれない)



光学赤外線天文学への影響(その3)

◇ 超小型衛星技術の活用が推奨される

- ◆ JAXAを通さずに資金が供与される

宇宙航空科学技術推進委託費（参考）
事業期間（平成21年度～）
令和2年度概算要求額 499百万円（令和元年度予算額 363百万円）

机上配布資料1-2

事業概要・目的

○宇宙航空分野の裾野拡大や宇宙利用産業の発展等を目的として次の取組を実施します。

- ・将来の宇宙航空分野の発展を支える人材育成を推進し、宇宙航空分野における人的基盤強化を図ります。
- ・衛星データ等を活用し、宇宙科学技術と異分野シーズとの融合による新たな研究開発により、様々な分野で新たなソリューションを提供する技術開発を目指します。
- ・地球低軌道の超小型衛星開発等で培われた大学・民間企業等の技術を活用し、月以遠での持続的な探査活動の実現に向けた基盤技術の開発を新たに目指します。
- ・大学や研究機関を中心とし、産業界とも連携した研究拠点を形成し、宇宙利用産業の発展や新産業創出、ベンチャー企業創出につながる有機的なサイクルの自律的な確立を目指します。

事業イメージ・具体例

○事業内容

（具体例）超小型衛星開発を通じた高専ネットワーク型宇宙人材育成

- ・全国各地に工学教育拠点を有する国立高等専門学校の特徴を活かし、次世代の宇宙人材教育システムを整備し、自ら人工衛星開発を行える人材の輩出を目指します。

（具体例）超小型衛星による月探査に必要な基盤技術の開発【新規】

- ・超小型衛星（CubeSat・MicroSat）程度の大きさの探査機に搭載可能な基盤技術（通信系、推進系等）の開発を目指します。

（具体例）社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携教育拠点の構築

- ・宇宙インフラを起点にデータサイエンス等の他分野の技術を活用することで、社会課題の解決に応える革新的な産業・社会サービスを実現します。

資金の流れ

国 → 委託 → 大学、研究機関、民間企業等

期待される効果

- ・将来の宇宙航空分野を支える人的基盤の強化。
- ・防災、農業、地理空間をはじめとする様々な分野における宇宙航空科学技術の利用の拡大・促進等への貢献。
- ・持続的な探査活動の実現への貢献。
- ・宇宙利用産業の発展や新産業創出、ベンチャー企業創出促進への貢献。



光学赤外線天文学への影響(その4)

◇ 不安定な政策ミッション

◆ 例1: SELENE2の消失

◆ 例2: アルテミス計画の発動

→ ヘラクレス計画の前提が覆る

◇ いずれも米国の突然の方針転換が原因

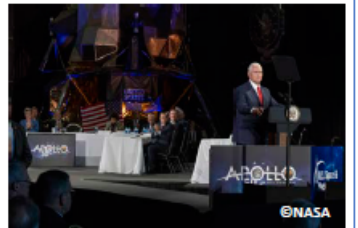
◆ 外交や安全保障の原則が「日米協調」なので科学では如何ともし難い

Gatewayへの参画方針・関係国との調整状況②

ペンス副大統領による有人月面着陸の前倒し表明とNASAの検討状況

2019年3月26日(米国時間)、第5回米国国家宇宙会議にて、**ペンス副大統領が、5年以内に米国ロケットで米国宇宙飛行士による月面着陸の実現を目指すことを表明。**

- NASAは5年以内に、米国宇宙飛行士を月面へ着陸させる。
- 着陸候補地としては、水氷資源等の存在が示唆されている月面南極域。
- 新型大型ロケット(SLS)開発遅延に強い不満。開発加速の必要性を強調



【NASAの対応・検討状況】

NASAは、当初2028年までに月面有人着陸を目指す計画だったため、以下の方針で詳細再検討し、5月13日(米国時間)、2020年度予算に**約16億ドルの追加要求**を発表。

- Gatewayを経由した有人月探査を**2段階**で進める。
第1段階では、**スピードを重視し、2024年までの有人月着陸を実現。**
Gatewayは必要最低限のモジュールのみを組み立てる。
第2段階では、2028年までに持続的な月探査を実現。
Gatewayの組み立てを継続し、完成形とする。

- SLSや月面着陸機等の開発加速のため、米議会に予算の追加を求める。
- 国際パートナーとの協力の必要性は変わらない。

追加要求16億ドルの内訳
(一部、既要求とのオフセットあり)

① 有人月着陸船	10億ドル
② SLS/Orion	6.5億ドル
③ 探査技術	1.3億ドル
④ サイエンス	0.9億ドル

(参考)トランプ大統領 Twitter (5月13日): Under my Administration, we are restoring @NASA to greatness and we are going back to the Moon, then Mars. I am updating my budget to include an additional \$1.6 billion so that we can return to Space in a BIG WAY!