

資料36-1

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
ISS・国際宇宙探査小委員会
(第36回)

国際宇宙探査及びISSを含む地球低軌道を巡る 最近の動向

2020年8月7日

文部科学省研究開発局

宇宙開発利用課 宇宙利用推進室



文部科学省

MEXT

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

前回からの主な国内外動向トピックス

1. 米国商業有人宇宙船「クルードラゴン」
2. 火星探査
3. 小惑星探査機「はやぶさ2」
4. 米国宇宙政策
 - ・NASA持続的月面戦略の発表
 - ・NSpC探査戦略の発表
5. NASAアルテミス計画見直し
 - ・2024年月面直接着陸
 - ・PPE+HALO一体化打ち上げ
 - ・Artemis-2ランデブドッキング実証追加、各マイルストーンスケジュール更新 等
6. NASAアルテミス計画関連主要契約（GLS, HLS, CLPS）
7. 中国の動向

1. 米国商業有人宇宙船(USCV)クルードラゴンの安全確認について

- ◆ NASAコマースナルクループログラム(CCP)の下、米国有有人宇宙船について、スペースX社が「クルードラゴン」を、ボーイング社が「スターライナー」を開発中。
- ◆ スペースX社の「クルードラゴン」については、有人試験飛行(5月～8月)を経て、運用初号機及び2号機へ、日本人飛行士が搭乗予定(野口飛行士、星出飛行士)
- ◆ 運用初号機に日本人が搭乗するにあたり、JAXAにおいて安全確認が実施されており、宇宙開発利用部会に対して、途中経過が報告されている。

宇宙開発利用部会での確認状況

【第56回: 令和2年5月19日】

- [資料56-5-1 我が国における米国商業有人宇宙船の安全確認について\(役割分担\)](#)
- [資料56-5-2 米国商業有人宇宙船 安全確認状況報告](#)

【第57回: 令和2年7月21日】

- [資料57-2 米国商業有人宇宙船 安全確認状況報告\(その2\)](#)

- NASA、JAXA、文部科学省の責任・役割分担について、文部科学省から以下の通り説明し、確認された。
 - NASA:ISS協定及び了解覚書に基づき、日本人宇宙飛行士をISSに輸送する責任がある。
また、輸送手段(米国商業有人宇宙船(USCV))の安全を審査する責任を有する。
 - JAXA:所属職員である日本人宇宙飛行士の安全を確保する。
 - 文部科学省:我が国におけるISS事業(日本人宇宙飛行士のISS搭乗等)の円滑な実施を確認する。
- JAXAにおける安全確認体制及び確認プロセス等について、JAXAから報告。
 - 日本国政府とNASAの了解覚書に基づき管理される安全要求、NASAの安全審査プロセス及び審査の進捗状況
 - 上記に対し、JAXAが行っている確認の途中経過など
- 今後、運用初号機の打上げ前に、有人飛行試験(Demo2)の結果を含めた安全確認の最終結果が、JAXAから報告される予定。

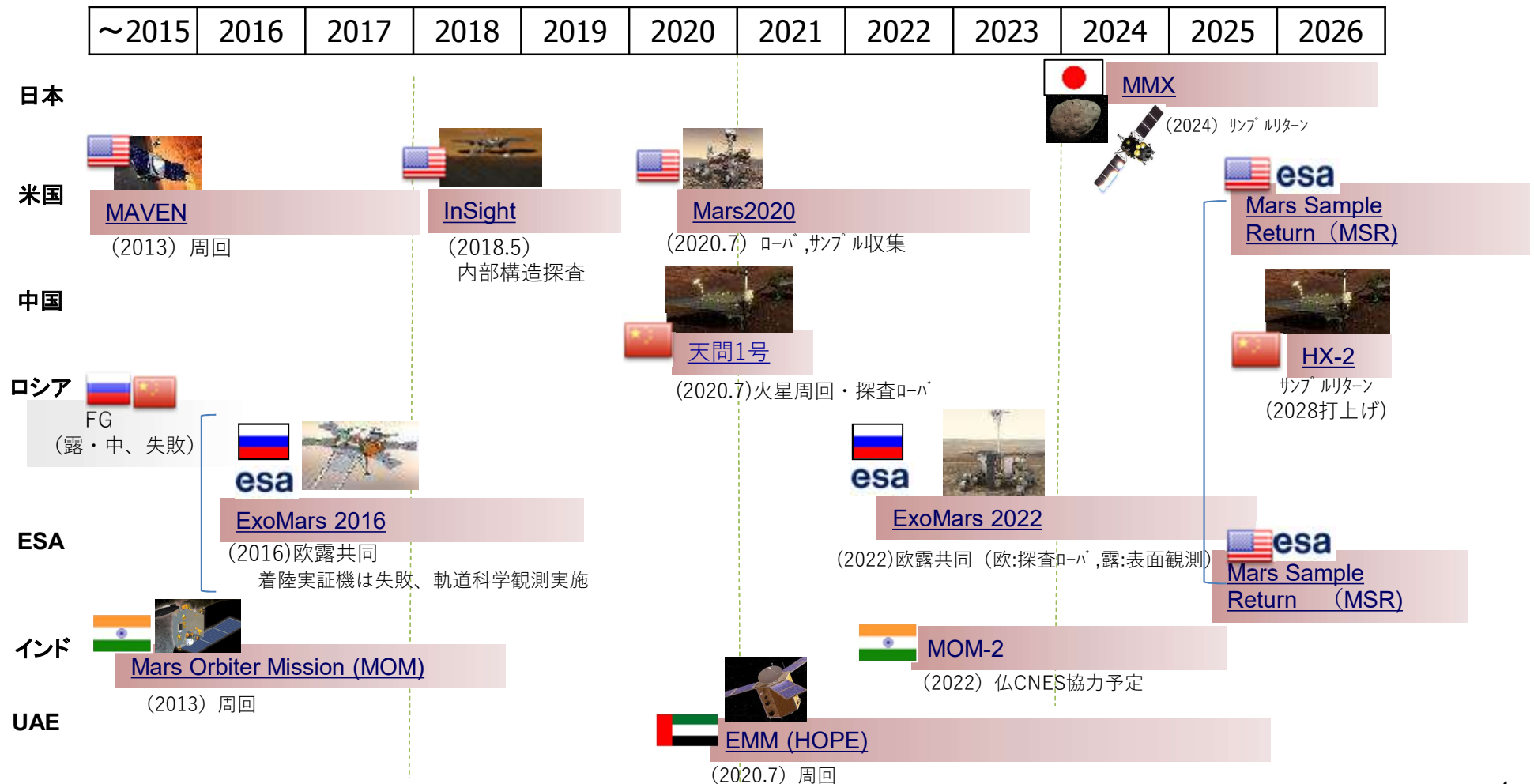
2. 2020年に計画されている各国の火星探査ミッション

本年は火星との会合周期等の関係で約2年に一度の打上げ好機であり、米国、中国及びUAEが火星探査を計画。
 ※欧州・ロシアも共同で火星探査機打上げを計画していたが(ExoMars2020)、準備が間に合わず今回は断念し、
 2022年への延期を表明。

国 ミッション名	米国 Mars 2020 	中国 天問一号 (Tianwen-1) 	UAE EMM (Emirates Mars Mission) 
目的	<ul style="list-style-type: none"> 古代の生命の痕跡の調査 将来のサンプルリターンに向けた岩石・土壌調査 Mars Helicopterによる飛行実証 	<ul style="list-style-type: none"> 現在・過去の生命の痕跡の調査 火星表面地図の作成 土壌組成・水氷分布・大気の調査 将来のサンプルリターン技術実証 	<ul style="list-style-type: none"> 火星の気候や生命の起源の研究に資するため、火星全体の大气層の画像・観測データ取得
探査機・ 主な搭載機器	<p>ローバ:Perseverance 3x2.7x2.2 [m], 1,024 [kg] 各種カメラ、蛍光X線分光計、ラマン分光計、火星酸素ISRU装置、環境分析器などを搭載。</p> <p>Mars Helicopter:Ingenuity 0.49x1.2 [m], 1.8 [kg]</p>	<p>周回機、着陸機、ローバで構成、総重量5トン。</p> <p>ローバ: 2x1.65x0.8 [m], 約240 [kg] 月探査ローバ玉兔の技術活用、太陽光で駆動し、各種カメラ、レーザ誘起ブレークダウン分光計、磁場検出器、地中レーダなどを搭載</p>	<p>周回機:HOPE(AI-Amal) 2.37x2.90 [m], 1,500 [kg] 観測撮像装置、紫外線分光計、赤外線分光計を搭載。</p>
打上げ	2020年7月30日 ロケット:ULA/Atlas V	2020年7月23日 ロケット:CASC/長征5号	2020年7月20日 ロケット:MHI/H-IIA
火星着陸(予定)	2021年2月18日 着陸地:ジェゼロクレター※ (北緯18.855度 東経77.519度) ※大シルチス台地内、過去に湖があった可能性	火星周回軌道到着は2021年2月を予定。その後ユートピア平原内の着陸場所を選定、[共産党結党100周年でもある]2021年内の着陸を目指す	建国50周年にあたる2021年にUAE初の火星周回軌道到達目指す着陸はなし
運用期間	1火星年(687日)以上	周回機:1火星年(687日) ローバ:90火星日(約3ヶ月)	2021年~2023年にかけて火星周回軌道上で科学運用実施

(参考)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一方で、2020年代中盤以降でミッションとして明確に立ち上がっているものはない(米・ESAのMSRは米国で予算を審議中、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・グレント」の打ち上げに失敗)。



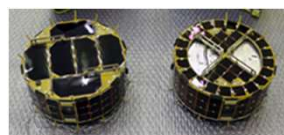
3. 小惑星探査機「はやぶさ2」について

目的等

- 水や有機物を含むC型小惑星（リュウグウ）からのサンプルリターンを世界で初めて行う。
- 衝突装置によって小惑星に人工クレーターを生成するという世界初の試みを行い、さらに人工クレーター付近からのサンプル採取により小惑星の地下物質を採取する。
- リュウグウの探査及びサンプルリターンを行い、原始太陽系における鉱物・水・有機物の相互作用を解明することで、惑星の形成過程、太陽系の起源・進化、地球における生命の原材料物質の解明等に貢献する。

主な経緯

- 2018年6月：地球から約3億km離れた小惑星リュウグウへ到着。
- 2018年9～10月：小型探査ロボットによるリュウグウ表面の移動探査に成功。



小型探査ロボット

- 2019年2月：1回目のタッチダウン（着陸）成功
- 2019年4月：リュウグウ表面への人工クレーター形成成功
- 2019年7月：2回目のタッチダウン成功
 - 同一小惑星で2回のタッチダウン成功は世界初。
 - 小惑星への地下物質採取も世界初。（太陽系や生命起源の謎に迫る、科学的価値の高い小惑星内部（地下）サンプルが採取された可能性が高い。）

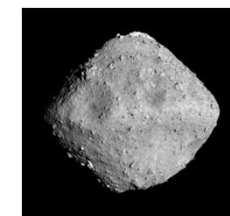
今後の予定

- 2020年12月6日「はやぶさ2」地球帰還
 - カプセルのみ大気圏再突入、探査機本体は次の小惑星を探査予定。

小惑星探査機「はやぶさ2」



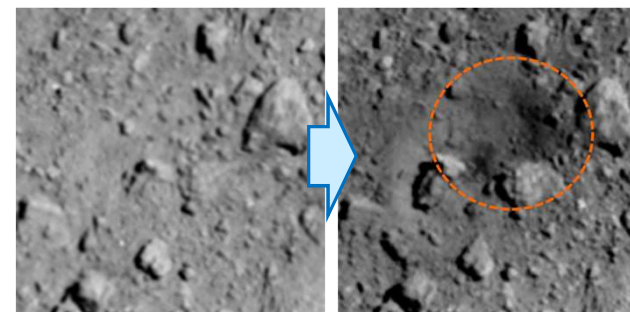
小惑星「リュウグウ」
(直径約1000m)



【はやぶさ2 主要緒元】

大きさ	1m×1.6m×1.25m（本体部） （太陽電池パネル展開幅6m）
質量	約 609kg（燃料込）
打上げ	2014年12月3日
軌道	小惑星往復
小惑星到着	2018年6月27日
地球帰還	2020年12月6日（予定）
小惑星滞在期間	約17ヶ月
探査対象天体	地球接近小惑星 Ryugu（リュウグウ）
主要搭載機器	サンプリング機構、地球帰還カプセル、 光学カメラ、レーザー高度計、 科学観測機器（近赤外、中間赤外）、 衝突装置、小型着陸機、小型ローバ 等

人工クレーター形成（衝突装置）実験



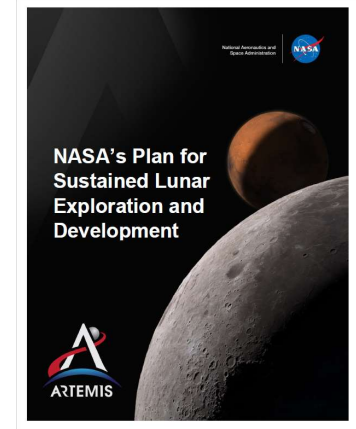
衝突前

衝突後

4. 米国宇宙政策の動向（探査関連）

[NASA] 持続的月探査・開発計画

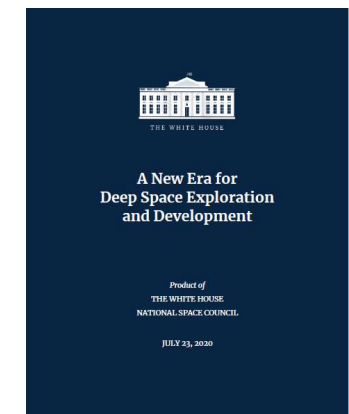
- NASAは2020年4月2日、第6回米国国家宇宙会議での勧告への回答として、NASAの探査計画「持続的月探査・開発計画“NASA’s Plan for Sustained Lunar Exploration and Development”」を発表。
- 有人探査の主要領域として、地球低軌道、月、火星を設定。技術的に密接な連携を意図。低軌道の有人運用を民間に移管しながら、ISSを月・火星探査のためのテストベッドとして活用する等、低軌道活動の必要性も明示。
- 2024年の月面着陸以降、有人火星探査ミッションに向けた準備として、持続的な月面活動を実現すべく、月南極域に有人活動拠点Artemis Base Campを建設。
- Gatewayを活用した火星探査模擬ミッションやその場資源利用技術等の月面革新イニシアチブも促進。



NASAが公表した
“持続的月探査・開発計画”

[NSpC: 米国国家宇宙会議] 深宇宙探査・開発の新時代

- NSpCは2020年7月23日、第6回米国国家宇宙会議での勧告への回答として、NSpCの探査戦略「深宇宙探査・開発の新時代“A New Era for Deep Space Exploration and Development”」を発表。
- 主なテーマは、“政府全体の取り組み(a whole-of-government approach)”。新たな探査時代にNASAだけでなく、全関係府省が一丸となって取り組む重要性を強調。持続的探査・開発の長期政策は安全保障、経済成長、科学の進歩や国際環境の安定化など永続的な国益に合致。
- 探査を促進するために取り組む重要な課題(領域)として、①低軌道の商業化 ②月での持続的な活動 ③有人探査の火星への拡張を挙げる。
- 政府の役割として、以下5項目を識別。様々な意味での“持続性”(政治的、予算的、技術的等)の重要性を主張。
 - ①宇宙活動の長期的な持続可能性のために安全で予測可能な宇宙環境を促進
 - ②宇宙における商業活動と産業の発展を支援
 - ③新しい宇宙技術の研究開発を支援
 - ④商業及び国際的なパートナーとともに、宇宙探査及び宇宙開発に必要なインフラストラクチャ構築に協力
 - ⑤公的および民間セクターによる米国の宇宙研究機関による高度な宇宙研究を支援

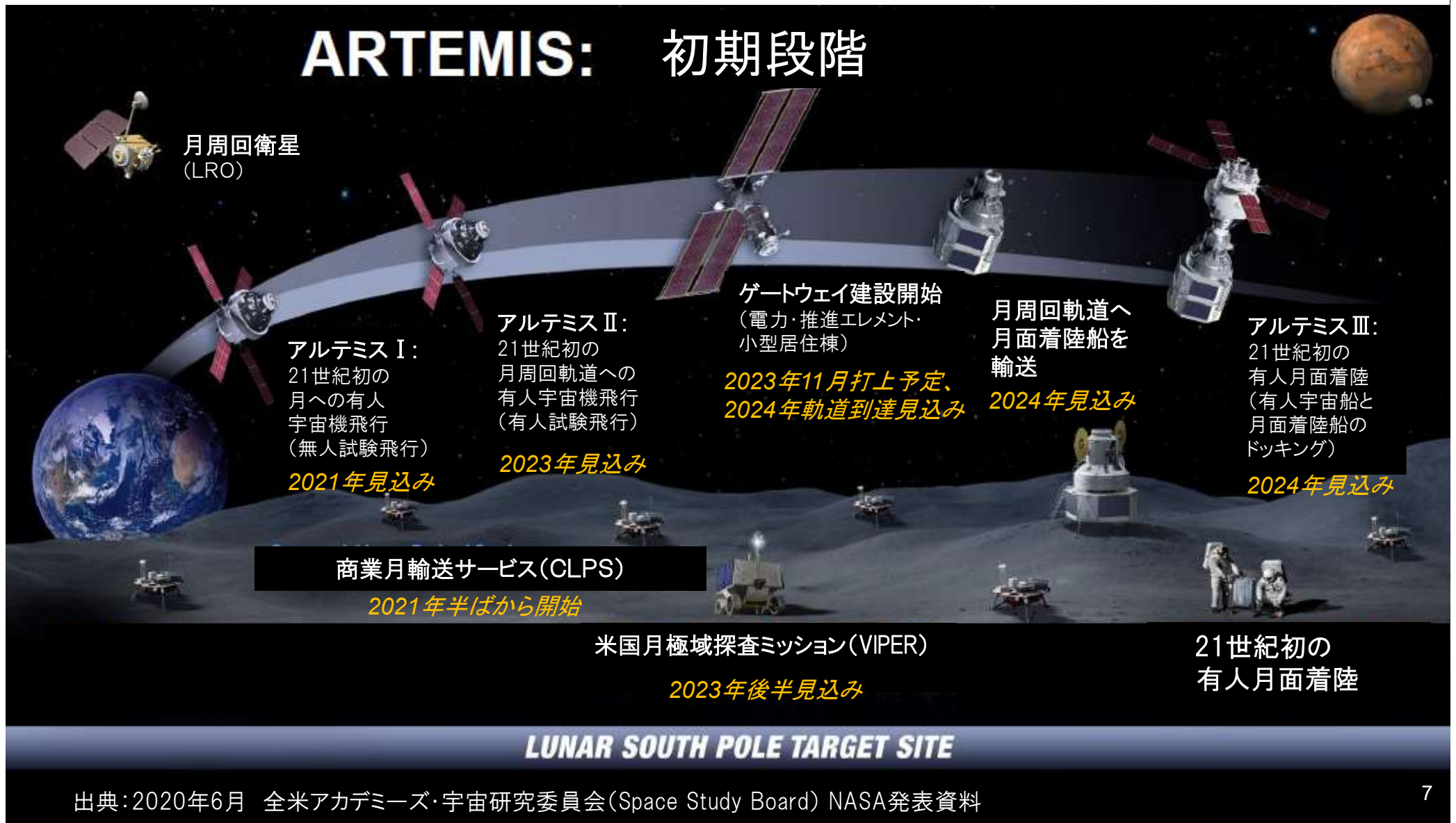


NSpCが公表した
“深宇宙探査・開発の新時代”

5. NASAアルテミス計画見直し

【従来の計画からの大きな変更点】

①2024年の月面着陸はゲートウェイを経由せず直接着陸 ②ゲートウェイの最初の打上げ要素として、電力・推進要素と小型居住棟を地上で一体化して打上げ ③アルテミス II でOrion宇宙船のランデブ・ドッキング実証を予定



定常段階のマイルストーン

ARTEMIS: 定常段階 (月面探査拡大、火星に向けた準備)

※イメージは想定、議論用

ゲートウェイへ
国際居住棟輸送、
月面探査範囲の拡大
月面資源利用実証

アルテミスIV:
ゲートウェイ経由初の
月面着陸・探査、
ロボットアーム追加

持続的な月探査:
再利用月面着陸船、
ゲートウェイ機能増強
(通信・燃料補給・観察窓)

ゲートウェイ機能増強
(エアロック)、
月面基地建設、
有人と圧ローバ打ち上げ

ゲートウェイ機能拡張
(有人火星探査に向けた
技術実証用居住モジュール)

非与圧有人ローバ

月面
基地

有人と圧ローバ

月面
発電

月面
資源利用
プラント

SUSTAINABLE LUNAR ORBIT STAGING CAPABILITY AND SURFACE EXPLORATION

MULTIPLE SCIENCE AND CARGO PAYLOADS | U.S. GOVERNMENT, INDUSTRY, AND INTERNATIONAL PARTNERSHIP OPPORTUNITIES | TECHNOLOGY AND OPERATIONS DEMONSTRATIONS FOR MARS

出典:2020年6月 全米アカデミーズ・宇宙研究委員会(Space Study Board) NASA発表資料

電力・推進要素(PPE)とミニ居住棟(HALO)の一体化打上げについて

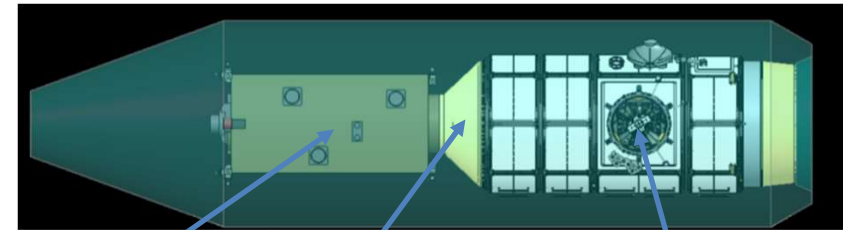
Gateway/PPE及びHALOの打上げ方針

- ◆ NASAは、当初別々に打上げを計画していた電力・推進要素 (Power and Propulsion Equipment: PPE)とHALOを地上で統合、一体化して2023年11月に打上げる方針を発表。
- ◆ このため、HALOの製造・統合契約を2020年末までに確定見込み。
- ◆ PPEとHALOを統合した要素の打上げ業者については、2020年秋の終わりまでに選定予定。



Gateway最初の打上げ要素となる、PPEとHALO(イメージ図)

- PPEとHALOを統合した要素を2023年11月に打ち上げ、その後270日程かけてGateway軌道(NRHO)へ航行予定。



PPE Interelement Adapter HALO
PPE+HALO打ち上げコンフィギュレーション

出典:NASA Advisory Council/Human Exploration and Operations Committee資料(2020年5月開催)

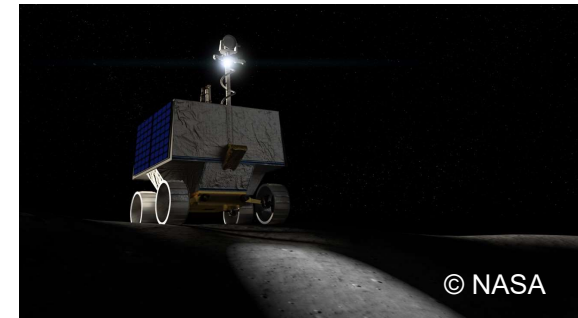
(参考) PPE及びHALOの科学利用について

- NASAは2020年3月、PPEに搭載するペイロード選定結果(放射線計測パッケージ [ESA]、宇宙天気計測機器 [NASA])を発表。
- HALOについても打上げに相乗りする形で、限られた質量・空間ながらも利用機会を提供するべく、国際間で調整中。
- 国際共同で簡易ミッション(材料曝露実験、船内保管実験)の機会を提供することを検討中。日本国内向けには、JAXAが搭載テーマの公募を発出予定(早くとも今秋頃見込み)。
- 暫定的にISS5極の宇宙機関間でGateway利用の検討がなされている中、日本としても国際競争力のあるテーマを提案できるよう、Gatewayの運用段階に入ってから利用本格化に備えて、本年度中目標でJAXAを通じ利用テーマについての調査公募を予定。

- 2020年6月5日、NASAはGatewayの居住・貨物要素である「Habitation and Logistics Outpost (HALO)」の設計について、米オービタル・サイエンシズ社(OSC、米ノースロップ・グラマン社の完全子会社)に発注したと発表。

米国の月極域探査ローバー(VIPER)ミッション概要

- NASAはアルテミス計画で、2024年に有人着陸を実施する月南極域の水氷探査のため、無人月面探査ローバー“VIPER”(Volatiles Investigating Polar Exploration Rover)を、2023年後半に月面へ輸送する予定。
- VIPERはゴルフカート大、運用期間は100日を想定。越夜は96時間を想定。
- 本ミッションは、科学ミッション局が所掌、エイムズ研究センターが取り纏め担当。
- 月面への輸送については、同じく科学ミッション局が所掌する商業月輸送サービス(CLPS)を活用。2020年6月、NASAはVIPER輸送ミッションの担当業者としてAstrobotic社を選定(着陸機は同社のGriffinを使用)。



© NASA
NASAが2023年後半に月面輸送を目指す、無人探査ローバー“VIPER”(ゴルフカート大)。月南極域の水氷資源探査を行う。

NASAと日印の月極域探査ミッション比較

	NASA	日印(JAXA/ISRO)協力
目的	月南極域の水氷分布調査(水平・垂直分布、様態)、将来の商業活動に向け資源マップを作成	月南極域の水の存在量や資源としての利用可能性調査 重力天体表面探査技術の確立
打ち上げ時期	2023年後半	2023年度(目標)
打ち上げ手段	NASA商業月面輸送サービス(CLPS)を活用	JAXA H3ロケットで打ち上げ、ISRO着陸機で月面着陸
大きさ・質量	ゴルフカート大(1.5x1.5x2.5 [m])、430kg程度	縦・横 各1.5m程度、370kg程度
観測機器	中性子分光計、掘削ドリル、質量分析計、近赤外分光計	中性子検出器、地中レーダー、可視・近赤外分光計、水資源分析計、表層分圧系、表層温度計(検討中)
運用期間	100日程度(～20kmの走破性)、96時間越夜可	半年以上(数kmの走破性)

6. NASAアルテミス計画関連主要契約 (GLS, HLS, CLPS)

Gateway補給物資輸送サービス(Gateway Logistics Services:GLS)

- 2020年3月28日、NASAはGatewayへの補給物資、科学装置等の輸送サービスGLS契約における商業プロバイダとしてSpace X社を選定したと発表。

【Space X社によるGateway補給物資輸送船(Dragon XL)】

ISSへの商業補給サービス(CRS)や商業クルー輸送開発(CCDDev)に供する宇宙船Dragonをもとに、Gateway向けに改良版のDragon XLを開発する。(与圧・非与圧合計で5トン以上の輸送能力)

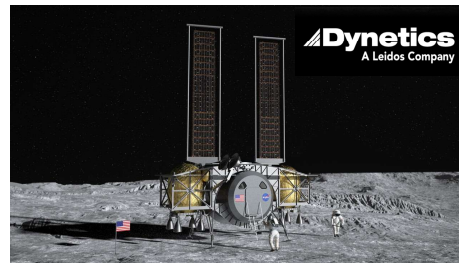


NASAアルテミス有人月着陸システム(Human Landing System:HLS)

- 2020年4月30日、NASAは、アルテミス計画で使用するHLS設計・開発を行う米企業3社(Blue Origin社、Dynetics社、Space X社)を選定したと発表。※3社は2021年2月までに着陸システムのコンセプトを洗練させ、NASAはその中から、2024年に計画している初回月面着陸ミッションを担当する企業を評価、実証ミッションを実施後に、NASAが調達する予定。



Blue Origin led team, including Lockheed Martin, Northrop Grumman, Draper



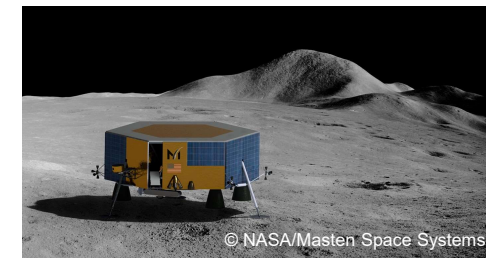
Dynetics led team, including Sierra Nevada 他



SpaceX

NASAの商業月輸送サービス (CLPS)

- 2020年4月8日、NASAはCLPSのタスクオーダ19Cにおけるサービス提供者として、Masten Space Systems社を選定したと発表。
- タスクオーダ19Cでは、2022年打ち上げ、月南極域へ8つのペイロード(9つの科学・技術実証機器搭載)を輸送。打ち上げから月面での最低12日間の運用までEnd-to-Endのサービスを提供。
- 搭載するペイロードは、NASA内公募(NPLP)とNASA外公募(LSITP)の両方から選別。



7. 中国の月探査や有人活動を巡る動向 [長征5号B/次世代有人船試験機初打ち上げ]

中国重量級ロケット“長征5号B” 初フライト成功、次世代有人宇宙船試験機を打上げ

- 2020年5月5日、中国は海南文昌衛星発射センターから長征5号Bロケットの初打ち上げに成功。搭載した次世代有人宇宙船試験機を所定軌道に投入し、その後の軌道上実証及び地上への帰還も成功。
- 長征5号Bは2019年12月に復帰フライトに成功した重量級ロケット長征5号の傍系で、今回が初打ち上げ。今後中国宇宙ステーション(China Space Station: CSS)建設に供される予定。
- 中国が開発中の次世代有人宇宙船は、LEO向け(14トン)と深宇宙向け(21.6トン)の2種類があり、今回は深宇宙向けの試験機(21.6トン)を搭載。同5月8日、試験機の帰還モジュールは東風着陸場に帰還。再突入、熱防護、管制、パラシュート及びエアバッグ回収に関する重要技術の検証等を実施。

※ 5月6日に回収を予定していた別のペイロード、“膨張式貨物回収モジュール用試験モジュール”は不具合発生し、回収に失敗。

※ 一部報道によれば、後日大気圏再突入した長征5号Bの一部(コアステージ)が燃え尽きず、Cote d'Ivoireに落下した模様。

<https://arstechnica.com/science/2020/05/large-chunks-of-a-chinese-rocket-missed-new-york-city-by-about-15-minutes/>



長征5号Bロケット初フライトに成功



次世代有人宇宙船試験機(帰還モジュール)

中国宇宙ステーション(CSS)建設

- CSS建設のため、2年間で11のフライトミッションを予定。新たな宇宙飛行士選抜も計画。CSSの基本構成は66トン、高度340~450km、軌道傾斜角は43度。3人のクルーが6か月交替で滞在。向こう10年間運用。
- コアモジュール(Tianhe)は早ければ2021年初め、長征5号Bで打上げ。
- 同軌道には2m口径の宇宙望遠鏡(Xuntian)も打上げ予定。修理時にはCSSとDocking可。同種のハッブル望遠鏡と比べて、解像度は同等、画角は300倍の大きさ。



2022年頃の完成を目指す中国宇宙ステーション(CSS)

(参考)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(月の水氷や高日照率域に高い関心)。
- 月近傍：米国は月周回有人拠点(Gateway)を構築する計画を示し、各国に参画を呼びかけ。

★：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)

