

米国アルテミス計画及び JAXAの国際宇宙探査の 取り組みについて

2020年8月24日

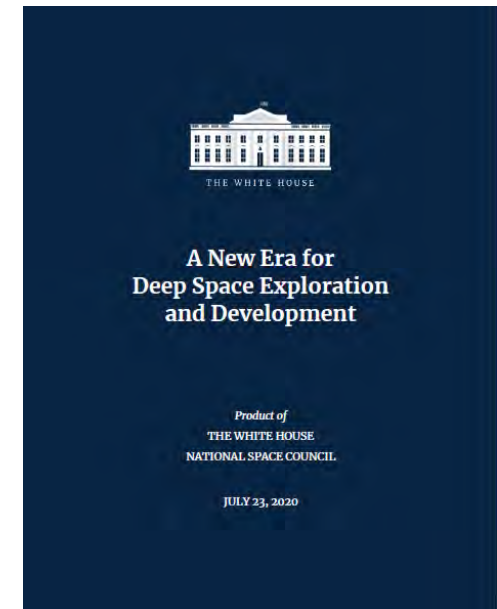
宇宙航空研究開発機構
国際宇宙探査センター長
筒井 史哉

1. [NSpC: 米国国家宇宙会議] 深宇宙探査・開発の新時代(2020年7月)



- 2020年7月23日、第6回米国国家宇宙会議(2019年8月20日)での勧告への回答として、NSpCは、探査戦略「**深宇宙探査・開発の新時代: A New Era for Deep Space Exploration and Development**」を公表。
- 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など米国の研究コミュニティによる高度な宇宙研究を支援



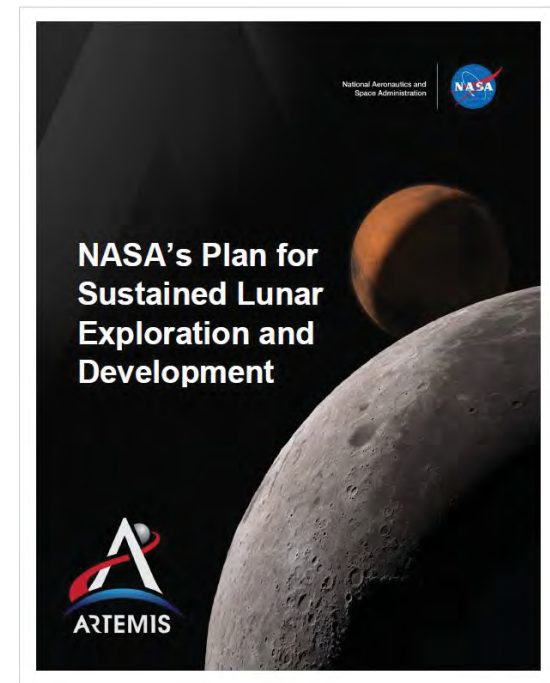
NSpCが公表した
“深宇宙探査・開発の新時代”

2. [NASA] 持続的月探査・開発計画（2020年4月）



- NASAは2020年4月、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。

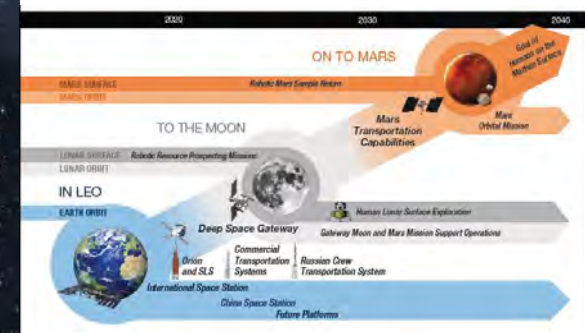


NASAが公表した
“持続的月探査・開発計画”

3. 国際宇宙探査協働グループ(ISECG)

- 2007年に結成された、国際協働による宇宙探査に向けて、宇宙機関間でのシナリオ検討、技術検討を行うための組織。
- 24機関(23の国と地域)が参加。2018年からはJAXAが議長機関を務めている。
- 2020年3月、「有人月面探査シナリオ」について役員レベル会合を行い、本年夏頃に公表することを合意。

月と火星のロードマップを検討
Global Exploration Roadmap



※新たに、タイ地理情報・宇宙技術開発機関(GISTDA)、
ブラジル宇宙機関も参加(2020年8月)

<https://www.globalspaceexploration.org/>

- ISECGによるシナリオ・技術検討の結果として、国際宇宙探査ロードマップ第3版(GER3)を公表(2018.1)
- 各機関が、国内ステークホルダとの協議を行う目的(国際約束ではない)
- 今後、さらに多くの機関が参加し、産業界との連携等も考慮した改定を準備中。

□ アルテミス計画とは

米国の月面有人探査計画に関する複数のプログラムの総体

- 月周回有人拠点 (Gateway) 計画、Space Launch System (SLS) 計画、Orion宇宙船計画、有人着陸機 (HLS) 計画、商業月ペイロードサービス (CLPS) 計画、その他月面活動を包含。

□ 経緯

- (ア) 2017年12月、宇宙政策指令 (Space Policy Directive-1) にて、有人月及び火星探査を進めること決定
- (イ) 2019年3月 ペンス副大統領が2024年までに有人月着陸を目指すことを発表
(=後日アルテミス計画と命名)
- (ウ) 2020年4月 NASAが“持続的月探査・開発計画”を発表



第5回国家宇宙会議
ペンス副大統領から発表
(2019年3月)

□ 目的

持続的な月面探査と、火星有人着陸に向けた技術の獲得

- (ア) 月、地球、太陽系にかかる科学的知見の獲得
- (イ) 資源の探索、及び資源利用技術の獲得
- (ウ) 持続的な月面プレゼンス、有人火星探査に向けた技術の実証

□ 戦略

技術的かつプログラムの持続性

- (ア) 民間企業や国際パートナーとの協力
- (イ) ロボティクス探査と有人探査の協調
- (ウ) 持続的かつ広域に探査を行うアーキテクチャと構成要素の開発

出典：<https://www.nasa.gov/feature/nasa-outlines-lunar-surface-sustainability-concept>

5. Artemis Accords とは



- 2020年5月、NASAは、アルテミス計画推進のための自主的なガイドラインとして、Artemis Accordsの概要を発表。
- NASAのパートナーである国や組織が協力し、宇宙条約に基づき、全人類の利益となるような探査・科学・商業利用のための安全かつ透明性のある環境を作ることを狙いとしている。

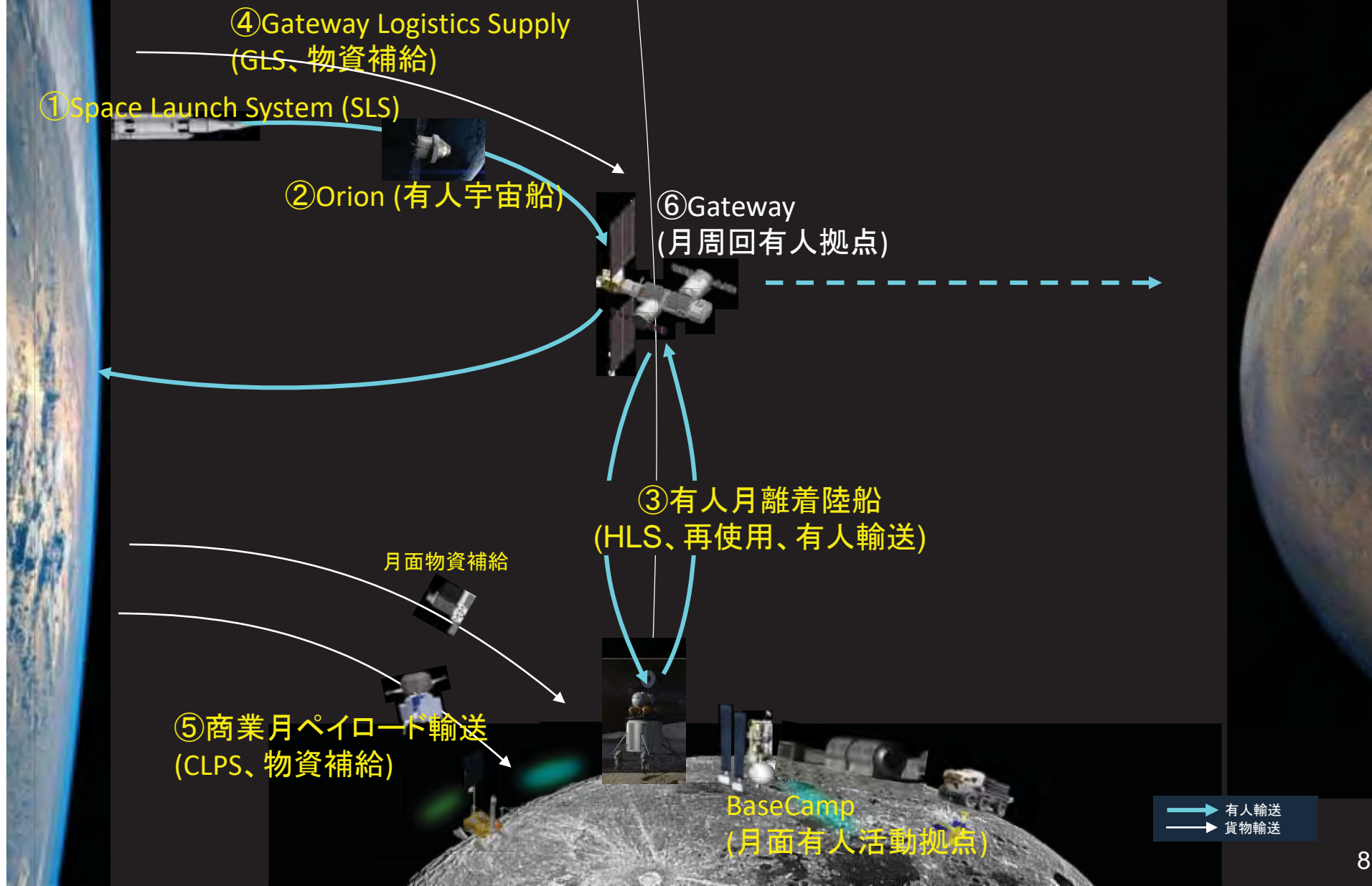
Artemis Accordsの骨子（NASAウェブサイトより）

- 宇宙条約に準じ、全ての活動は平和目的のために行われること。
- 宇宙政策や計画の公開に関して透明性が求められること。
- 相互運用可能な国際的基準の確立、そして相互運用性の維持に努めること。
- 救助返還協定を再確認し、困難な状況下にある宇宙飛行士に対しては緊急支援を行うこと。
- 宇宙空間に打ち上げられた宇宙物体を登録すること。
- 科学的データを公開・共有すること。
- 歴史的価値のある遺跡や人工物の保護に取り組むこと。
- 宇宙資源の抽出や利用は宇宙条約に従い実施すること。
- 有害な干渉回避のため「安全地域」を設定し、その規模と範囲について公開すること。
- 国連宇宙平和利用委員会による「スペースデブリ軽減ガイドライン」に準じて行動し、スペースデブリを削減すること。

THE
ARTEMIS ACCORDS



6. アーキテクチャ【輸送要素】(1/2)



6. アーキテクチャ【輸送要素】(2/2)



● 有人輸送:地球～月周回拠点間

① Space Launch System(SLS):

- 超大型ロケット(低軌道に100トン強)、2021年テスト飛行予定、主契約者ボーイング社

② Orion有人宇宙船:

- クルー搭乗(最大4名)、2021年無人テスト飛行予定(同上)、主契約者ロッキードマーチン社、サービスモジュール部分は別途ESAが担当(エアバスD&S)



● 有人輸送:月周回拠点～月面間

③ Human Lander System(HLS):

- 米企業3社(Blue Origin社、Dynetics社、SpaceX社)を候補として選定、概念設計中。
- 2021年2月以降、初回月面着陸(2024年目標)の担当企業が選定される予定。
- 再使用型を目指す、当初の月面着陸はGatewayを経由せず、使い捨てのシステムとなる見込み。



● 物資輸送:地球→月周回拠点

④ Gateway Logistics resupply Service(GLS):

- SpaceX社を初期の輸送サービスプロバイダとして選定(最低2回の補給)。将来的には新たな企業の参入もあり得る。
- 5トンの与圧/曝露貨物を搭載可能、6～12カ月間Gatewayに係留



● 物資輸送:地球→月面

⑤ 商業月パイロード輸送サービス(CLPS):

- 月への輸送サービスプロバイダ候補として複数社を選定
- 2021年12月末までに初回輸送を実施予定
(Astrobotic社・Intuitive Machines社)



6. アーキテクチャ【拠点活動要素】(1/2)



ARTEMIS : Extending Lunar Missions to Prepare for Mars



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

All contents (except national planning) are for discussion purposes only

6. アーキテクチャ【拠点活動要素】(2/2)



©NASA



©NASA

● 月周回要素

⑥ Gateway:

- 月周回軌道上の有人拠点、
- 電力・推進モジュール(PPE、MAXAR社)、小型居住棟(HALO、ノースロップグラマン社)、国際居住棟(I-HAB、ESA/JAXAで分担開発)等
- 2023年建設開始予定。4名の宇宙飛行士が年1回の頻度で30日程度滞在(想定)

⑦ Exploration Command Module

- 火星への有人飛行(2年以上無補給、自立運用)のための宇宙船モジュールをGatewayに係留し、実証する計画(2020年代後半以降)

概念検討中

● 月面要素

⑧ 船外活動システム(xEMU):

- 月面上(重力下)での船外活動服のシステム

⑨ 無人探査ローバー:

- 最初のミッションとして、月極域探査ローバ(VIPER)を2024年有人着陸に先立ち、月極域の水氷探査(2023年後半打上げ予定)
- ゴルフカード大、運用期間は100日を予定。Astrobotic社が輸送を担当。

⑩ 有人非与圧ローバー

- 宇宙飛行士の月面上移動手段としてNASAが検討中。

⑪ 有人与圧ローバー

- 広域の月面探査を支える移動手段。JAXAが民間企業及びNASAと検討中。

⑫ 居住棟: 有人滞在拠点(30日~45日程度想定)

⑬ 電源プラント: 月面インフラに必要な電力の供給

⑭ 燃料プラント: 月の資源を利用し、燃料を生成(持続的な探査活動へ)

概念検討中

7. 日本の参画(貢献候補)



■ 輸送要素

(ア) 物資輸送: 地球→月周回拠点Gateway

- 新型補給機HTV-X



Gatewayへの居住機能や
物資輸送での参画

■ 拠点活動要素

(ア) 月周回要素

⑥ 有人拠点(Gateway):

- 生命維持/環境制御システム(CO2除去、微量ガス除去、酸素分圧制御等)(2020年代中頃目標)



月極域探査ミッション
(水氷探査を計画)

(イ) 月面要素

⑨ 無人探査ローバ: 月極域探査ミッション(LUPEX)

- 月極域(米国VIPERとは異なる地点)の水氷探査を行う(2023年度打上げ目標)

⑪ 有人与圧ローバ:

- 居住機能と移動機能を併せ持つことで、探査領域を格段に拡大(2028年頃月面展開を目標)



月面与圧ローバ
(広域探査)