

ISS・国際宇宙探査を巡る最近の動向

2019年4月19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

Space X社 有人宇宙船「クルードラゴン宇宙船」の無人飛行試験

●クルードラゴン宇宙船の概要

- (1) 定員 **7名** (※露・ソユーズ宇宙船(運用中)は3人乗り。米・スペースシャトル(退役済)は7人乗り。)
- (2) 打上げロケット ファルコン9(Space X社製)
- (3) その他(特徴)
 - Space X社が運用中のISS無人補給船「ドラゴン」をベースに、**有人機に必要な機能を追加**。(緊急脱出システム、生命維持システム等)
 - **コックピット内は革張りシートやタッチパネルを使用し、先進的な内装**。(機械的スイッチは殆ど無し)



クルードラゴン宇宙船の構成

●今回の無人飛行試験の概要

- (1) スケジュール(実績)(日本時間)
 - ①3/2(土) 16:49 打上げ
 - ②3/3(日) 19:51 ISSドッキング
 - ③3/8(金) 16:32 ISS離脱
 - ④3/8(金) 22:45 大西洋への着水

(2) 主な目的

- 宇宙船の機能の確認。(通信、電力、生命維持、誘導航法・制御等)
- 打上げ・帰還時に宇宙船に負荷される環境の確認。(振動、衝撃等)
- ロケット、宇宙船、地上システム全体を通じての運用性の確認。

(3) 搭載品

- **宇宙服を着用したマネキンを搭載**。(加速度センサ、マイク等を組み込み)
- NASAの実験サンプル等。(日本の搭載品は無し。)



打上げの様子(イメージ)



宇宙飛行士による操作の様子(イメージ)

(参考) 米国による有人宇宙船の開発の背景・経緯

- 2011年のスペースシャトル退役後、米国は、国際宇宙ステーションへの宇宙飛行士の輸送をロシアに依存。(ロシアからソユーズ宇宙船の座席を購入(数十億円/人、現在まで約数十人分))
- 米国として独自の有人輸送手段の確保を目的とし、2014年にスペースシャトル後継機の開発に着手。
- 民間企業(2社)は、NASAからの発注に基づき、新型の有人宇宙船を開発中。当初は2017年に初飛行予定だったが、NASA安全認証の取得等に時間を要し、約2年遅れで開発が進行中。

(参考) NASAとの契約額

(契約内容：新規開発、無人飛行試験、有人飛行試験、運用機でのクルー輸送(1機分))

- Space X社：26億ドル (約2,800億円)
- Boeing社：42億ドル (約4,500億円)

(参考) トランプ大統領による一般教書演説 (2019年2月6日)

「今年、米国の宇宙飛行士は再び、米国製のロケットによって宇宙へ行くことができるようになる。」

表：米国・有人宇宙船の飛行試験の予定

開発企業 (宇宙船)	イメージ	無人飛行試験	有人飛行試験
Space X社 (クルードラゴン)		2019年3月2日打上げ ↓ 2019年3月8日帰還	未 2019年7月打上げ (<u>米国飛行士2名が搭乗</u>)
Boeing社 (スターライナー)		未 2019年4月以降打上げ(*)	未 2019年8月以降打上げ(*) (<u>米国飛行士3名が搭乗</u>)

開発完了後、ISSへの定常的な宇宙飛行士の輸送を開始。(1回につき4名搭乗予定)

(*)3~4ヶ月延期されるとの報道あり(3/20付ロイター通信)

国際宇宙ステーション(ISS)の運用延長に係る米国の状況

■ 米国予算教書 (2019年3月11日)

◆ 昨年(2018年度要求)とは異なり、“2025年以降、ISSへの直接の資金拠出取り止め”に関する言及はなし。

今回の記述は以下の通り(商業化を促進、LEO維持)。

“By 2025, the Budget envisions commercial capabilities on the International Space Station as well as new commercial facilities and platforms to continue the American presence in Earth orbit,”

(参考) 昨年(2018年度要求)の予算教書では、**2025年以降、ISSに対して直接の資金拠出は行わない**、と記載されていた。

“The Budget proposes to **end direct U.S. financial support for the International Space Station in 2025**, after which NASA would rely on commercial partners for its low Earth orbit research and technology demonstration requirements.”

◆ 他方、商業化に向けた活動経費 (Commercial LEO Development) として1.5億ドルが要求されている(昨年も1.5億ドルを要求し、歳出法承認額は0.4億ドル)。

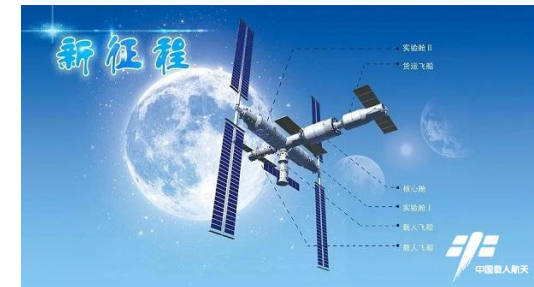
■ 米国議会上院 新法案「Advancing Human Spaceflight Act」の提出 (2019年2月27日)

John Cornyn議員(共和党・テキサス州)とGary Peters議員(民主党・ミシガン州)が、**2030年までのISS運用延長**を含む新法案を上院に共同提出。

(参考) 中国による宇宙ステーション建設の動き

2022年までの中国独自の宇宙ステーション完成を目指して、2020年にコアモジュール「天和」を打上げ予定。以降、実験モジュール「問天」「夢天」、宇宙望遠鏡モジュール「巡天」を順次打上げ予定。

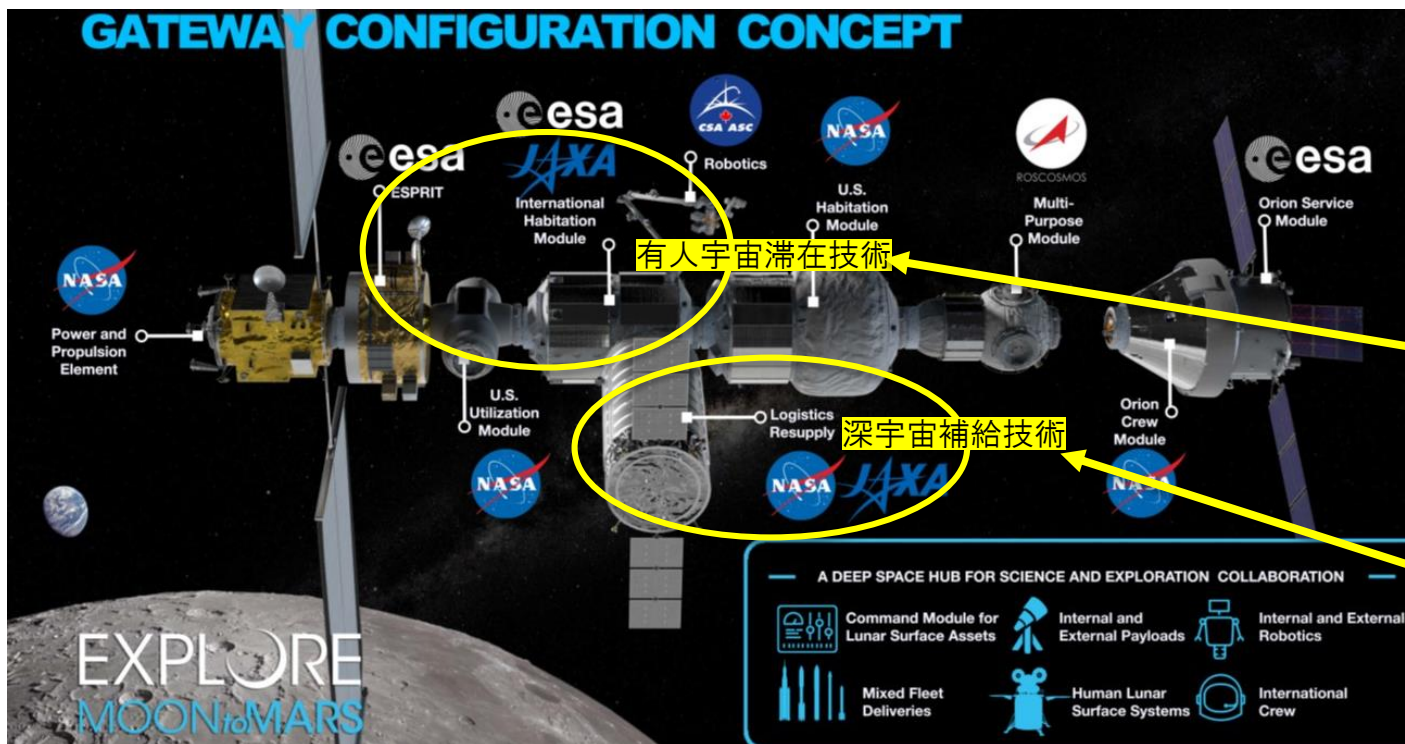
- ✓ 高度340~450km
- ✓ 有人宇宙船・貨物輸送船用ドッキングポートを備え、
- ✓ 常時3名の宇宙飛行士が滞在、半年毎に人員交代。
- ✓ 宇宙科学や新技術の研究を行う。
- ✓ 設計寿命は10年。



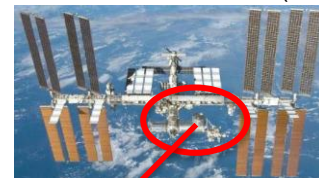
中国の宇宙ステーション (イメージ)
出典: CMSホームページ

Gatewayへの参画方針・関係国との調整状況

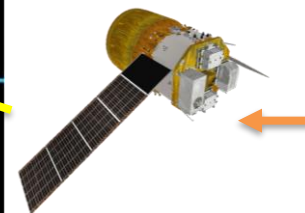
- 米国が構想する「月近傍有人拠点」(Gateway)について、昨年12月の宇宙開発戦略本部会合において、**本部長(安倍内閣総理大臣)より、我が国が強い分野で積極的な貢献ができるよう関係国との調整を推進するよう指示があった。**
- Gatewayの分担については、ISS参加極(日米欧露加)の宇宙機関間で技術的な検討が進められてきており、日本は、ISS(日本実験棟「きぼう」、補給機「こうのとりに」)での活動を通じて**実績を有し、重要な役割を果たすことが期待できる「有人宇宙滞在技術」及び「深宇宙補給技術」を中心に貢献する方針を提案。**
- 3月5日(火)に開催されたISS参加極間の調整会議(MCB)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**予定。



国際宇宙ステーション(ISS)



「きぼう」
日本実験棟



新型補給機(HTV-X)
(開発中)



宇宙ステーション補給機
「こうのとりに」(HTV)

Gatewayに関するISS参加他極の検討状況

米国

- 2019年3月11日に発表された2020年度の米連邦政府予算教書において、
 - ・Gatewayの建設経費として、2020年度8.2億ドル(2019年度予算:4.5億ドル)を要求。
 - ・SLS/Orionの開発経費として、2020年度30.4億ドル(2019年度予算:35億ドル)を要求。
 - ・なお、昨年と異なり、“2025年以降、ISSへの直接投資取り止め”に関する言及は無いが地球低軌道(LEO)の商業化促進のための予算を増額計上。
- Gatewayの最初の組立構造物となる電気推進エレメントの2022年打上げを目指して、開発事業者選定中。
- Gatewayと月面との間を往復する有人着陸船を、民間事業者と協力して開発する構想を発表、提案募集開始。当初NASAは2028年の有人実証を目指していたが、第5回国家宇宙会議でのペンス副大統領の提言を受け、2024年までの有人月面着陸(Gateway経由)の実現に必要な取り組みを優先させる方向で、検討中。

カナダ

Gatewayの修理・維持に必要なスマート・ロボット・システム(Canadarm3)の開発・提供を通じて、Gatewayへ参画することを、2019年2月28日、首相が正式表明。

欧州

2019年11月末の欧州宇宙機関(ESA)閣僚会議での、Gatewayへの参画と必要な予算の決定に向けて、調整中。

ロシア

参画への関心を表明し、技術的検討に参画中。



Gateway参画を表明するトルドー首相。本発表は現政権としての意思表示であり、2019年度予算は3月19日に発表。

(参考)2020年度NASA予算要求の概要

3月11日に発表された2020年度の米連邦政府予算教書のうち、NASAの予算要求(総額210.19億ドル)の内訳は以下の通り。
NASAの“Exploration Campaign”に係る取り組みに対して、全予算の半額以上となる約107億ドルを計上。

Budget Authority (\$ in Millions)	Fiscal Year						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Deep Space Exploration Systems	\$4,790.0	\$5,050.8	\$5,021.7	\$5,295.5	\$5,481.4	\$6,639.0	\$7,042.3
Exploration Systems Development	\$4,395.0	\$4,092.8	\$3,441.7	\$3,441.0	\$3,468.4	\$3,788.5	\$3,654.7
Exploration Research & Development	\$395.0	\$958.0	\$1,580.0	\$1,854.5	\$2,013.0	\$2,850.4	\$3,387.6
Exploration Technology	\$760.0	\$926.9	\$1,014.3	\$976.1	\$995.4	\$964.4	\$943.1
LEO and Spaceflight Operations	\$4,749.2	\$4,639.1	\$4,285.7	\$4,369.5	\$4,369.5	\$4,235.5	\$4,182.3
International Space Station	\$1,493.0		\$1,458.2	\$1,448.5	\$1,449.4	\$1,352.6	\$1,315.7
Space Transportation	\$2,345.8		\$1,828.6	\$1,854.1	\$1,814.5	\$1,746.2	\$1,727.2
Space and Flight Support (SFS)	\$910.3		\$848.9	\$891.9	\$905.7	\$911.8	\$914.5
Commercial LEO Development	\$0.0	\$40.0	\$150.0	\$175.0	\$200.0	\$225.0	\$225.0
Science	\$6,211.5	\$6,905.7	\$6,303.7	\$6,319.0	\$6,319.0	\$5,846.5	\$5,815.0
Earth Science	\$1,921.0	\$1,931.0	\$1,779.8	\$1,785.6	\$1,779.7	\$1,666.5	\$1,674.6
Planetary Science	\$2,217.9	\$2,758.5	\$2,622.1	\$2,577.3	\$2,629.4	\$2,402.4	\$2,350.9
Astrophysics	\$850.4	\$1,191.6	\$844.8	\$902.4	\$965.2	\$913.5	\$907.7
Heliophysics	\$688.5	\$720.0	\$704.5	\$638.6	\$769.3	\$692.0	\$709.8
James Webb Space Telescope (JWST)	\$533.7	\$304.6	\$352.6	\$415.1	\$175.4	\$172.0	\$172.0
Aeronautics	\$690.0	\$725.0	\$666.9	\$673.6	\$680.3	\$587.1	\$587.0
STEM Engagement	\$100.0	\$110.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Safety, Security, and Mission Services	\$2,826.9	\$2,755.0	\$3,084.6	\$3,084.6	\$3,084.6	\$2,871.6	\$2,871.6
Center Management and Operations	\$1,983.4		\$2,065.0	\$2,058.4	\$2,052.9	\$1,906.0	\$1,905.8
Agency Management and Operations	\$843.5		\$1,019.6	\$1,026.2	\$1,031.7	\$965.6	\$965.8
Construction & Envrmtl Compl Restoration	\$569.5	\$348.2	\$600.4	\$468.8	\$468.8	\$468.8	\$387.8
Construction of Facilities	\$483.1		\$517.5	\$385.9	\$385.9	\$385.9	\$304.9
Environmental Compliance and Restoration	\$86.4		\$82.9	\$82.9	\$82.9	\$82.9	\$82.9
Inspector General	\$39.0	\$39.3	\$41.7	\$42.1	\$42.5	\$43.0	\$43.4
NASA Total	\$20,736.1	\$21,500.0	\$21,019.0	\$21,229.2	\$21,441.5	\$21,655.9	\$21,872.5

このうち
SLSとOrionは
FY2019: \$3,500.0 M
FY2020: \$3,041.6 M

このうち
Gatewayは
FY2019: \$450.0 M
FY2020: \$821.4 M

ISSに係る予算は一部
削減。ただし、昨年
(2018年度要求)とは異
なり、2025年以降ISSへ
の直接投資を取り止め
る旨の言及は無い。

地球低軌道(LEO)の商
業化促進のための予算
を増額計上。

この中に、月商業輸送
サービス(CLPS)等を実
施する Lunar Discovery
and Exploration プログラ
ムも含まれている

FY 2018 reflects funding amounts specified in Public Law 115-41, Consolidated Appropriations Act, 2018, as adjusted by NASA's FY 2018 Operating Plan.
Table does not reflect emergency supplemental funds also appropriated in FY 2018, totaling \$81.3 million.

FY 2019 reflects funding as enacted under Public Law 116-06..

出典: NASA, FY 2020 Budget Summary Briefing https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/fy2020_summary_budget_brief.pdf

(参考)NASAによる有人月面着陸システムの概念設計に関する提案募集

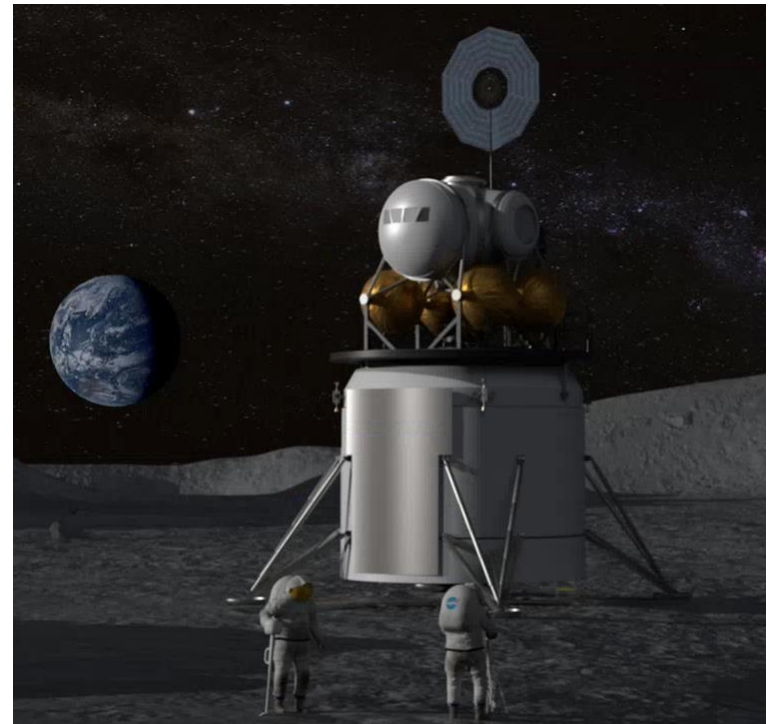
- 2019年2月7日、NASAは、2028年の有人月面着陸を実現するため、民間企業から**有人月面着陸システム**に関する**提案募集**を開始。同2月14日には、産業界向け説明会を開催し、NASA長官からも構想を発表。
- 有人月面着陸システムは、着陸機・離陸機・輸送機・月面活動宇宙服・燃料補給機の5要素から構成されるが、このうち、今回は**着陸機・輸送機・燃料補給機**について**提案を募集**。入札は3月25日に締め切り、5月に選考、7月に契約を締結し、6か月間の概念設計検討を実施予定。
- 今後のスケジュールとしては、**2024年に無人試験(着陸機)**の着陸、2026年に無人システム実証(着陸機・離陸機・輸送機を統合)、**2028年に有人システム実証**(宇宙飛行士、月面活動宇宙服、燃料補給機含む)を想定。

概念検討の提案募集の概要

- 「概念検討」の契約(6か月間)
- 総額\$30~40Mを想定(2019年度予算)
- 概念設計後、3~6年の「基本設計」を想定
- 無人試験を2024年、有人試験を2028年に実施と想定
- 「基本設計」に進むには「概念検討」に提案することを強く推奨

NASA有人月面着陸システムの構成要素概要

- ◆ 4名(最低2名)のクルーが搭乗可能
- ◆ 月面での船外活動を支援
- ◆ 全球的な月面探査実施
- ◆ **再利用性**(離陸機・輸送機は2026年に実証したものを、軌道上で燃料補給し再利用する。また着陸機は将来的に再利用を目指す)
- ◆ 科学ミッション機器も搭載
- ◆ 商業パートナー、国際パートナーとの協力を促進
- ◆ 商業輸送機による構成要素の輸送
- ◆ **宇宙飛行士輸送のためGatewayに接合**
- ◆ 7日間の月面活動を想定



NASAは月面への輸送機能力を考慮し、月面着陸主要システムとして**3段階式(着陸機・離陸機・輸送機)**を前提。

(参考)カナダのGateway参画表明

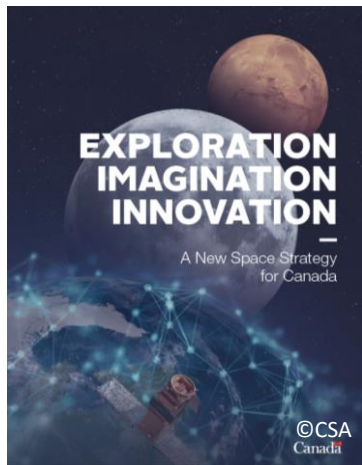
2019年2月28日トルドー首相は、NASAが主導する月近傍有人拠点（Gateway）計画へのカナダの参加を
発表（主な内容は以下の通り）。

- カナダはNASAが主導する月近傍有人拠点(Gateway)計画に参画し、Gatewayの修理・維持に必要なスマート・ロボット・システム(Canadarm3)を開発・貢献。
- カナダの宇宙計画に、今後24年間で20.5億加ドル(約1,700億円)を投資。
 - ✓ 今後10年間にわたり、高賃金の雇用創出、年1億加ドルのGDP増に貢献
 - ✓ 新たなデジタル技術・AI関連技術の開発支援や、カナダ企業への新市場解放により、あらゆる規模の革新的なカナダ企業の成長を支援
 - ✓ カナダ人宇宙飛行士に対し宇宙ミッションに参加する機会を、科学者に対し地球上ではできない最先端研究を行う機会を提供
- この投資には、5年で1.5億加ドル(約130億円)の「新・月探査加速プログラム」が含まれており、カナダの中小企業が行う月軌道や月面での利用・試用に用いられるAI、ロボット、健康等に関する新技術の開発を支援する。



Gateway参画を表明するトルドー首相。
本発表は現政権としての意思表示であり、
2019年度予算は3月19日に発表。

【参考】2019年3月6日ベインズ イノベーション・科学経済開発大臣が、カナダの新宇宙戦略 (A New Space Strategy for Canada “EXPLORATION IMAGINATION INNOVATION”) を発表。



カナダの新宇宙戦略

- 新戦略は、宇宙諮問委員会による提言をもとにまとめられ宇宙を“戦略的国家資産(strategic national asset)”と位置づけ。
- 新戦略の5つの方針を提示。Gatewayへの参画を要に、カナダが優位を確保する技術として、ロボットアーム、AI、宇宙医学等の開発に注力。商業活動促進のための法的枠組みの見直しにも言及。
 - ① Gatewayへの参画により、宇宙先進国の地位を維持・強化
 - ② 次世代への教育、人材育成への活用(STEM)
 - ③ 地球上の課題解決のため宇宙技術の利用及びスピノフ
 - ④ 商業宇宙活動による経済成長や新規雇用創出
 - ⑤ 宇宙データの取得・利用による、サイエンス・イノベーション・経済成長における国際的優位性確保



Gateway参画、次世代育成
など5つの方針を提示

インドとの共同による月極域探査ミッションについての検討・調整状況

【構想】

各国に遅れることなく、月極域における水の存在量や資源としての利用可能性を確認することを主目的としながら、重力天体表面探査技術の確立を目指した探査ミッションを国際協力で進める

【経緯・動向】

2017年12月：JAXAとISRO（インド宇宙機関）が、月極域探査の検討に関する実施取決めを締結。

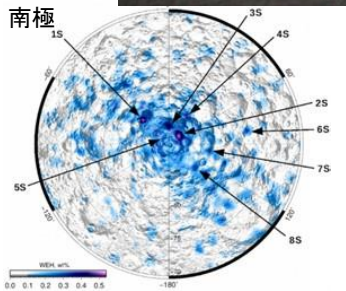
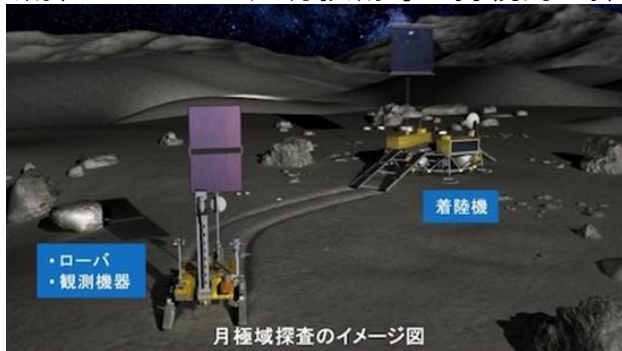
⇒ 現在、両機関間で、技術的・科学的観点から協力の内容や実現性等を検討中。

2018年10月：日印首脳会談において共同月極域探査ミッションに係る関係当局間の技術協力の進展を歓迎。

2019年2-3月：JAXA-ISRO共同ワーキンググループ、日印宇宙対話において進捗を確認。

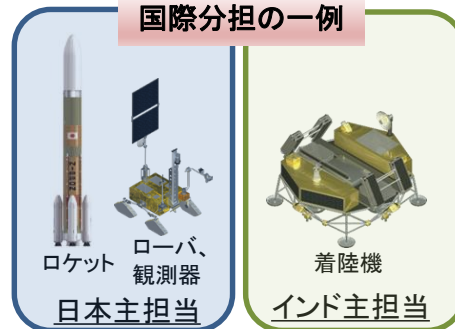
【ミッション】

- ①事前に環境や地質が特徴的な探査領域と観測地点を選定。
- ②着陸機は観測領域近傍の長期日照地帯に高精度着陸し、ローバを展開する。
- ③ローバで走行しながら地下2mまでの観測により、水氷分布の可能性のある領域を識別する。同時に表層の水分布を観測。
- ④水氷分布の可能性のある地点で元素観測を実施し、水素が検出されれば、オーガ等による掘削・試料採取を実施。
- ⑤試料を加熱し、揮発性物質をガス化して化学種同定、水量分析、同位体分析を行う。
- ⑥越夜技術、レゴリス上の走行技術等の持続的な探査活動に必要な基盤技術の実証を行う。

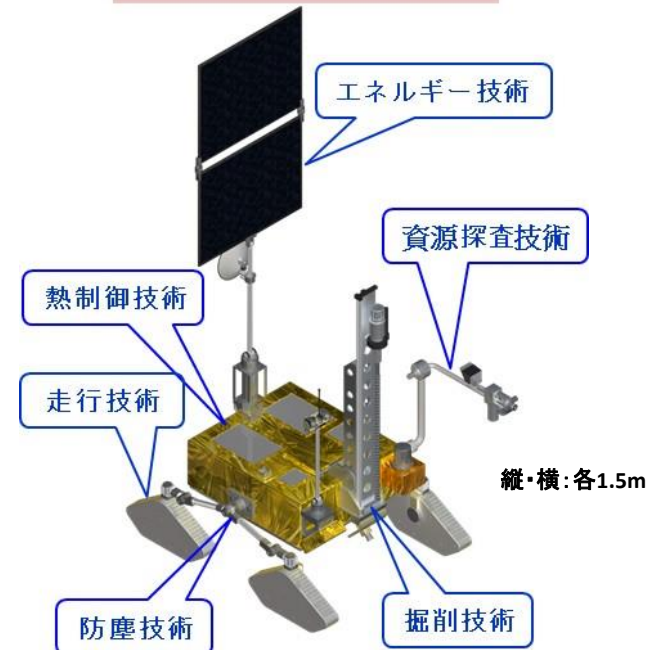


LROの中性子観測データをもとに推定された南極の水の分布。A.B. Sanin et al., 2017

国際分担の一例



獲得できる重力天体探査技術



イスラエル民間団体(SpaceIL)探査機の月面着陸(成功せず)

- イスラエルのNPO(SpaceIL)が、今回、民間では世界初となる月への探査機着陸を目指す。
- 探査機ベレシート(Beresheet)は2019年2月22日に米SpaceXのFalcon 9で打上げ。
- 4月12日(日本時間)に北半球のMare Serenitatisに着陸を目指し、磁場計測等の科学ミッションを実施予定。
- イスラエル初となる月面着陸ミッションを通し、国内外の青少年に“Apollo効果”(STEM分野への喚起促進)を図る。

(注) SpaceIL イスラエルの民間非営利団体(イスラエル宇宙機関、米国実業家等が資金提供)。2011年設立。
米Xプライズ財団が開催した月探査レース「グーグル・ルナ・Xプライズ」にも参戦。

SpaceILミッションの経緯

- 2011年 イスラエル初の月面着陸を目指し、NPO創設。Google Lunar X Prizeに参加。
- 2015年10月 SpaceX Falcon 9による打上契約を締結。
- 2017年1月 Lunar X Prizeファイナリストに選出(5チームの1つ)。
- 2018年3月 Lunar X Prize優勝者なしで終了するも、引き続き月面着陸を目指す。
- 2019年2月22日10:45(日本時間) SpaceX Falcon 9で打上げ。
- 2019年4月4日 月周回軌道への投入に成功(7か国目)。
- 2019年4月12日(日本時間早朝) 月面軟着陸を試みるも失敗。

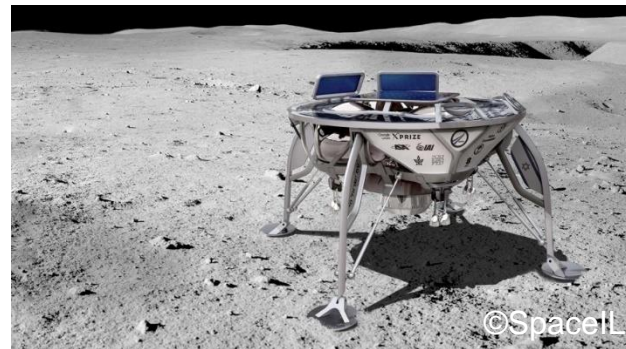
探査機(Beresheet)概要

- ・国営企業Israel Aerospace Industries (IAI)が開発。
- ・直径2m、高さ1.5m程度。質量は585kg(推葉込)、Dryでは150kg程度。
- ・Weizmann科学研究所が開発した磁場計測機器を搭載。

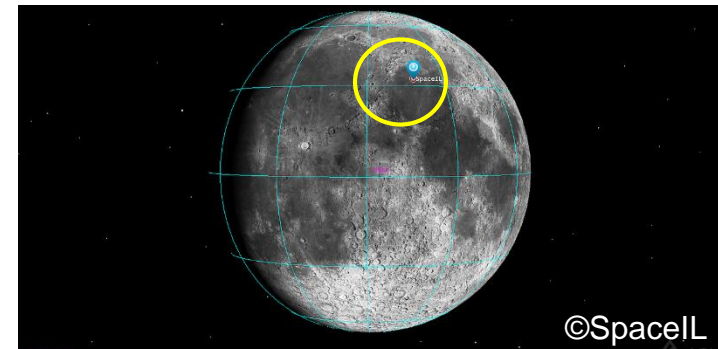
※米国企業でないためNASA月商業輸送サービスプログラム(CLPS)には参加していないが、NASA/Israel Space Agency間でSpaceILミッションをサポートする協定を締結。
NASAはリトロフレクタや深宇宙通信ネットワーク、月周回衛星(LRO)が取得した画像を提供して協力。
SpaceILからは磁場計測機器で計測したデータをNASAと共有する



Beresheetフライトモデル。
直径2m、高さ1.5m程度、質量585kg(推葉込)



イスラエル初の月面着陸を目指す
Beresheetはヘブライ語で“Genesis(創世記)”の意



探査機Beresheet着陸予定地点
(北半球 mare Serenitatis)

第5回米国国家宇宙会議 (NSpC) 結果概要

2019年3月27日(日本時間)、米アラバマ州で開催された第5回NSpC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。

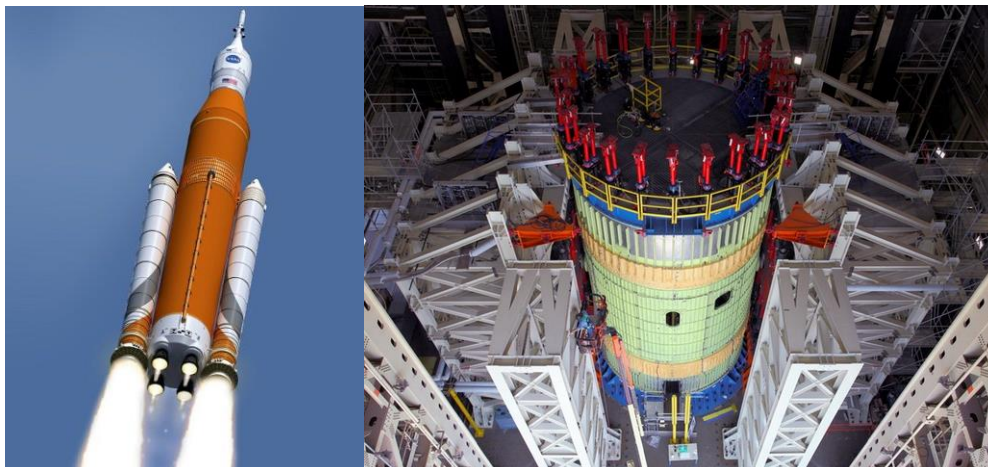
- NASAは**5年以内**に、米国宇宙飛行士を月面へ着陸させる。
- 着陸候補地としては、水氷資源等の存在が示唆されている**月面南極域**。
- 2020年に計画している、新型大型ロケット(SLS)の無人飛行のスケジュールを遵守し、続く2022年の有人飛行で月近傍まで宇宙飛行士を輸送。
- NASAは“必要となるあらゆる手段”を用いて、月探査のミッションを成功させる。
- SLS開発遅延に強い不満。スケジュール遵守と緊急性の意識を高め、**SLS開発を加速**する必要性を強調。**商業輸送ロケットの活用可能性**にも言及。

【NASAの対応】

- NASAは、これまで2028年までに月面有人着陸を目指す計画を提示していたが、本指示を受け、**近日中に計画を見直す**。
- 組織を見直し、新たに**月・火星ミッション局(the Moon to Mars Mission Directorate)**を組織。迅速かつ効率的な対応にあたる。]



第5回NSpCで2024年までの月面有人着陸を指示するペンス副大統領。スケジュール遵守の重要性を強調、あらゆる手段を講じるようNASAに指示。



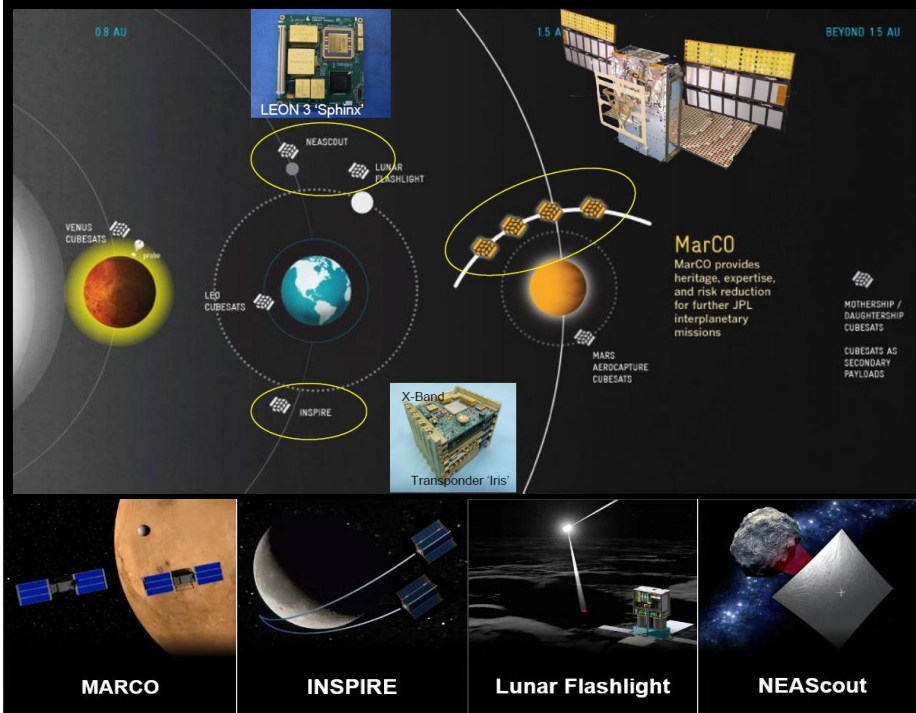
【新型大型ロケット(SLS)】

SLSコアステージ開発遅延により、無人飛行が2020年6月に間に合わない懸念が示されている

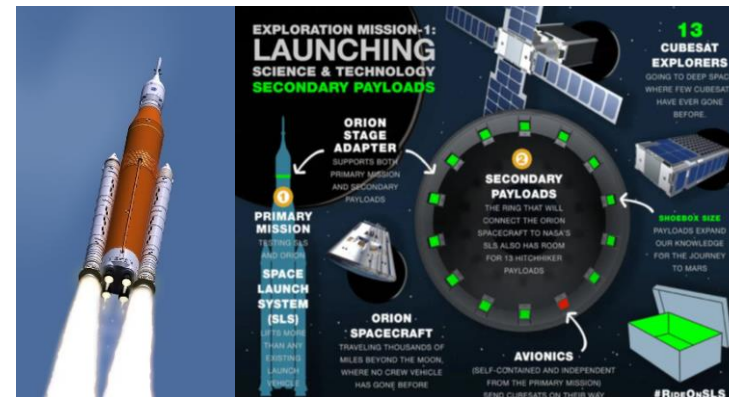
深宇宙探査に向けた超小型探査機プログラム(NASA)

- 惑星探査の先導的主体として、NASA/JPLが深宇宙探査に向けた超小型探査機の技術開発を牽引。現在JPLでは、超小型探査機を用いた4つの惑星探査ミッションが進行中。
- JPLの惑星探査ミッション以外にも、他のNASAセンターや大学・民間・国際パートナーも含め、計13の超小型探査機がSLS/EM-1相乗りペイロードとして2020年に打上予定。
- 加えて、NASAは月商業輸送サービス(CLPS)で搭載する小型ペイロードを募集。NASA内提案分は、2019年2月に12機の搭載ペイロードを選定。NASA外からの提案分については、現在選定中。

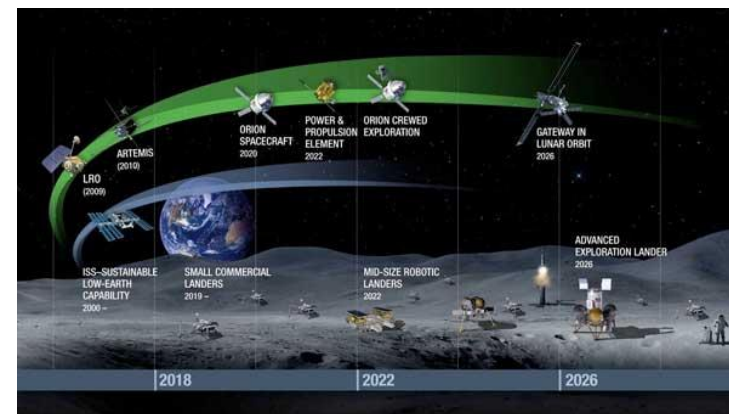
INSPIRE, MarCO, and EM-1 CubeSats as Stepping Stones to Deep Space



- ◆ JPLが主導する超小型探査機惑星探査ミッション
 MARCO(JPL) [火星]、INSPIRE (JPL) [月]、
 Lunar Flashlight (JPL/MSFC) [月]、NEAScout (MSFC/JPL) [小惑星]



◆ SLS EM-1相乗りミッション



- ◆ NASAの月商業輸送サービス(CLPS)
 入札資格業者として9社選定済
 ファーストオーダーを2019年3月決定(予定)

ONE LAUNCH, MULTIPLE DISCIPLINES

Moon

- Lunar Flashlight (NASA)
- Lunar IceCube (Morehead State University)
- LunaH-Map (Arizona State University)
- OMOTENASHI (JAXA)

Asteroid

- NEA Scout (NASA)

Sun

- CuSP (Southwest Research Institute)

Earth

- EQUULEUS (JAXA)
- Skyfire (Lockheed Martin)

And Beyond

- Biosentinel (NASA)
- ArgoMoon (ESA/ASI)
- Cislunar Explorers (Cornell University)
- CU-E3 (University of Colorado Boulder)
- Team Miles (Fluid & Reason)

13機の超小型探査機の
内訳は以下の通り。

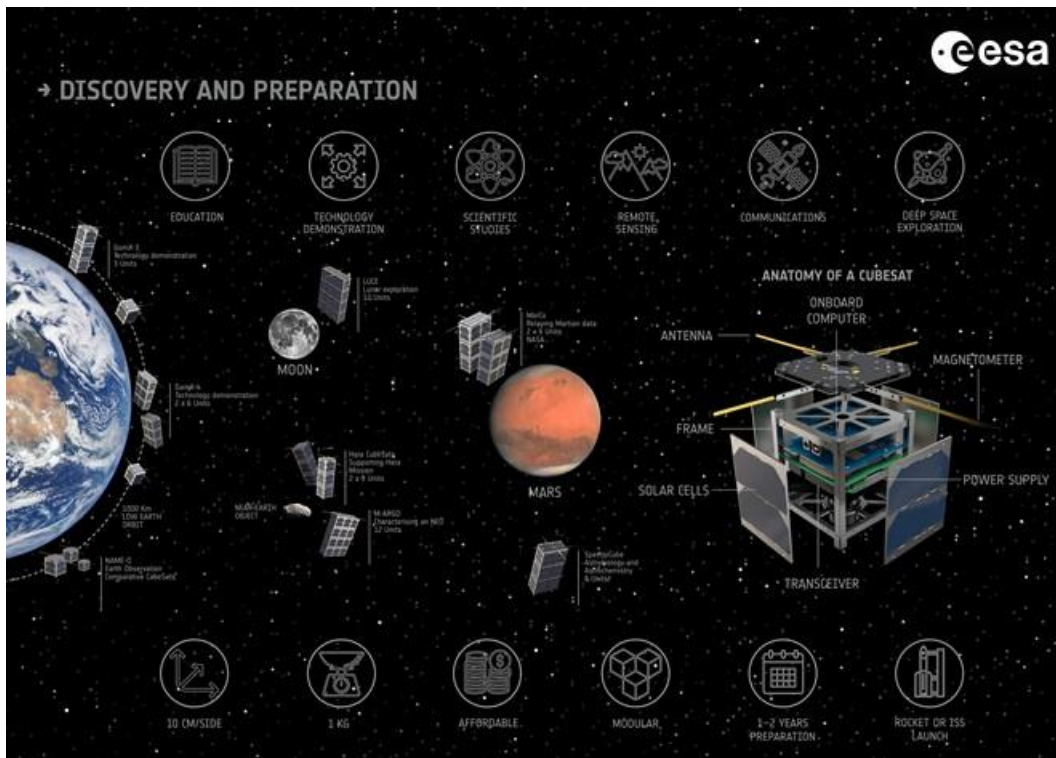
- 有人探査向け:5機
(有人探査運用局選定)
- 科学ミッション向け:2機
(科学局選定)
- 国際パートナー提案:3機
(2つが日本、1つが伊)
- Cube Quest CHALLENGE※:3機
(宇宙技術ミッション局 チヤレンジ枠)



※深宇宙探査に資する、超小型探査機の技術革新を促進するため、宇宙技術ミッション局のCentennial Challenge Programとして実施。賞金総額 \$ 5 millionのコンテスト形式で、2017年6月に3団体を選定。(Cubesatは6Uサイズ、14kg以内)

深宇宙探査に向けた超小型探査機プログラム (ESA)

- 2013年からESAでは、General Support Technology Programme (GSTP)の軌道上実証(IOD)の一環で多くの超小型衛星ミッションを計画、実施中(主たる対象は地球低軌道)。
- 上記に加え、[Discovery and Preparation活動](#)の一環において深宇宙探査に向けた[超小型探査機のミッション検討](#)(SysNOVA)等を実施中。小惑星探査機Heraへの相乗りや、地球接近物体(NEO)観測、月探査、アストロバイオロジー研究など複数の超小型探査機ミッション検討を実施中。



◆ ESA Discovery and Preparation活動におけるミッション検討

Hera相乗りCubesats [小惑星]、M-ARGO [小惑星]、SpectroCube [アストロバイオロジー]、LUCe [月]



◆ Hera相乗りミッション検討

2023年打上予定の小惑星探査機Heraから3U Cubesatを2機放出



◆ Lunar Cubesats for Exploration (LUCe) 検討

ESA月探査プログラムを支援する超小型探査機ミッションの検討

(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を促進。2020年代前半には露欧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：米国は月近傍有人拠点(Gateway)を構築する計画を示し、各国に参画を呼びかけ。カナダは2019年2月に首相が参画意志を表明。

★：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)

	~2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
--	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

日本

かぐや (周回) 2007年打上げ ~2009年終了

民間 月周回 (2020年)

民間 月着陸 (2021年) [開発中]

SLIM (着陸)

★ 極域探査 (着陸) [インドとFS中]

月離着陸 実証 (着陸・SR) (欧州等との協力を想定)

米国

1966年 無人機月着陸
 1969年 アポロ月着陸

LRO (周回) 2009
 GRAIL (周回) 2011
 LADEE (周回) 2013
 ~運用中 ~2012 ~2014

民間の取組(Google Lunar XPRIZE等)
 [官民パートナーシッププログラムのもと、NASAと技術提携して推進。]

(CLPS 商業月輸送サービス)
 [商業輸送契約を含む官民パートナーシップのもと、定期的な月面探査を推進]

MX-1 (着陸)

民間 Peregrine (着陸) 月着陸実証機

★ 有人月面 着陸
 有人月着陸に向けた技術実証

Orion (無人試験機)
 Orion (有人試験機)

Gateway 組立て
 Gateway 電力・推進エレメント

Gateway (月周回)
 日本を含む各国へ協力を呼びかけ

注: Orionのスケジュールは再検討中

中国

嫦娥1 (周回) 2007 ~2009
 嫦娥2 (周回) 2009 ~2011
 嫦娥3 (着陸) 2013年 月着陸

嫦娥4 (裏側着陸) (SR)
 嫦娥5 (裏側着陸) (SR)

★ 嫦娥6 (極域着陸・SR)

★ 嫦娥7 (極域着陸)

★ 嫦娥8 (極域着陸?)

嫦娥4に先行し、地球との通信を確保するための衛星を2018年5月打上げ

ロシア

1966年 無人機月着陸

Luna 25 Glob (着陸)

Hellas to the Moon (着陸)

Luna 26 Resurs (周回)

Luna 27 Resurs (極域着陸)

Luna 28 Grunt (極域着陸・SR)

欧州

SMART-1 (周回) 2003~2006年

民間 ALINA (着陸)

民間 Luna Pathfinder (周回)

ISRUデモ (着陸)

インド 他

Chandrayaan-1 (周回) 2008~2009年

民間 Beresheet (着陸失敗)

Chandrayaan-2 (周回・着陸)

KPLO (周回)

★ 極域探査 (着陸)

