

資料33-2

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33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1月23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

宇宙・航空分野の研究開発に関する取組

令和2年度予算額(案) 157,531百万円
(前年度予算額) 156,004百万円
※運営費交付金中の推計額含む

令和元年度補正予算額(案) 31,672百万円
JAXA総額 157,084百万円 (155,552百万円)



文部科学省

宇宙基本計画等を踏まえ、「H3ロケット開発等の安全保障・防災(安全・安心)／産業振興への貢献」、「宇宙科学等のフロンティアの開拓」、「次世代航空科学技術の研究開発」などを推進。米国提案による月周回有人拠点「ゲートウェイ」を含む国際宇宙探査への参画に関する取組を進める。

◆H3ロケットや次世代人工衛星等の安全保障・防災(安全・安心)／産業振興への貢献 72,666百万円(68,094百万円)[17,195百万円]

※[]は令和元年度補正予算額(案)

○ H3ロケット 18,054百万円(22,749百万円)[14,100百万円]

運用コストの半減や打上げニーズへの柔軟な対応により、**国際競争力を強化し、自立的な衛星打上げ能力を確保。**

令和2年度に予定されている初号機打上げに向け開発を実施。



○ ロケット再使用に向けた飛行実験(CALLISTO)

100百万円(新規)

ロケット1段再使用化に必要な重要技術を独仏と協力する飛行実験により実証し、将来の宇宙輸送システムに向けた技術を獲得。

○ 先進光学衛星(ALOS-3)／先進レーダ衛星(ALOS-4)

14,016百万円(1,623百万円)[3,094百万円]

広域かつ高分解能(分解能80cm)で観測可能な先進光学衛星を開発するとともに、超広域(観測幅200km)の被災状況の迅速な把握や、地震・火山による地殻変動等の精密な検出のため、**先進レーダ衛星を開発。**



○ 温室効果ガス・水循環観測技術衛星 300百万円(150百万円)

温室効果ガス観測センサと、海面水温、降水量等を計測する、**「しずく」搭載のマイクロ波放射計を高度化した観測センサ等を搭載**した衛星を環境省と共同開発。

○ 宇宙状況把握(SSA)システム 1,857百万円(723百万円)

スペースデブリ増加等に対応するため、防衛省等の関係府省と連携して、**宇宙状況(SSA)システムを構築。**

○ デブリ除去技術の実証ミッションの開発 800百万円(303百万円)

スペースデブリの増加を防ぐために、**世界初の大規模デブリ除去の実証**を目指し、各要素技術の開発を実施。

◆宇宙科学等のフロンティアの開拓

45,477百万円(47,309百万円)[7,799百万円]

【国際宇宙探査(ゲートウェイ構想等)に向けた研究開発等】

7,006百万円(5,772百万円)[5,008百万円]

○ 新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)

5,552百万円(3,811百万円)[1,900百万円]

様々なミッションに応用可能な基盤技術の獲得など「**将来への波及性**」を持たせた**新型宇宙ステーション補給機**を開発。



○ 月周回有人拠点 195百万円(新規)[965百万円]

月周回有人拠点「ゲートウェイ」に対し、**我が国として優位性や波及効果が大きく見込まれる技術(有人滞在技術等)の提供を通じて参画。**

○ 小型月着陸実証機(SLIM) 583百万円(1,215百万円)[919百万円]

小型探査機による**高精度月面着陸の技術実証**を行い、将来の月・惑星探査に必須となる共通技術を獲得。

○ 火星衛星探査計画(MMX) 2,600百万円(1,600百万円)

火星衛星の由来を解明するとともに、原始太陽系における「有機物・水の移動、天体への供給」過程の解明に貢献するため、**火星衛星のリモート観測と火星衛星からのサンプルリターン**を実施。

○ X線分光撮像衛星(XRISM) 3,815百万円(3,751百万円)

観測可能な宇宙の物質の7割以上を占める銀河団高温ガスなどを**従来の30倍以上の高い分解能**で分光観測。

◆次世代航空科学技術の研究開発 3,573百万円(3,710百万円)

航空機産業における世界シェア20%を産学官の連携により目指す。燃費と環境負荷性能を大幅に改善する**コアエンジン技術、静粛超音速機やエミッションフリー(電動推進)航空機の実現に関する研究開発**等を実施。



エミッションフリー航空機

国際宇宙探査（ゲートウェイ構想等）に向けた研究開発等について

令和2年度政府予算額（案）：7,006百万円
（前年度予算額）：5,772百万円
令和元年度補正予算額（案）：5,008百万円
※運営費交付金中の推計額含む

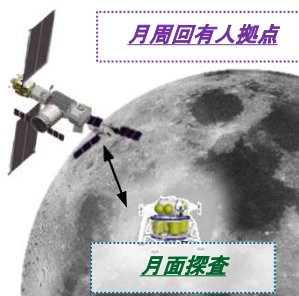
令和元年10月に宇宙開発戦略本部において決定された米国提案による国際宇宙探査への日本の参画方針、及び12月の総理指示を踏まえ、米国の月探査計画の実現に日本が強みを有する有人滞在技術や深宇宙補給技術等で貢献し、プレゼンスを発揮できるよう、必要な技術開発等を推進。

※[]は令和元年度補正予算額（案）

月周回有人拠点

195百万円（新規）[965百万円]

深宇宙探査における人類の活動領域の拡大や新たな価値の創出に向け、まずは月面での持続的な活動の実現を目指して、米国が構想する月周回有人拠点「ゲートウェイ」に対し、我が国として優位性や波及効果が大きく見込まれる技術（有人滞在技術等）を提供する。



新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)

5,552百万円(3,811百万円)[1,900百万円]

「こうのとりの」を改良し、宇宙ステーションへの輸送コストの大幅な削減を実現すると同時に、様々なミッションに応用可能な基盤技術の獲得など「将来への波及性」を持たせた新型宇宙ステーション補給機を開発。また、深宇宙補給技術の一つである自動ドッキング技術を獲得し、月周回有人拠点への補給を目指す。
【初号機：令和3年度打上げ予定】

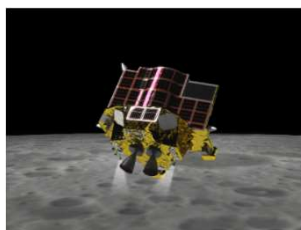


新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)

小型月着陸実証機(SLIM)

583百万円(1,215百万円)[919百万円]

従来の衛星・探査機設計とは一線を画す工夫・アイデアによる小型軽量化（推進薬タンクが主構体を兼ねる構造）や民間技術応用（デジカメの顔認識技術による月面クレータ分布検出）等により、小型探査機による高精度月面着陸の技術実証を行い、将来の宇宙探査に必須となる共通技術を獲得する。【令和3年度打上げ予定】

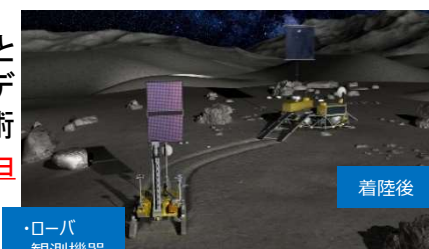


小型月着陸実証機(SLIM)

月極域探査計画

193百万円（新規）[417百万円]

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判断するためのデータ取得及び重力天体表面探査技術の獲得を目指し、月極域の探査ミッションをインド等との国際協力を実施する。



月極域探査のイメージ

上記の他、「国際宇宙探査に向けた開発研究」(379百万円(538百万円)[287百万円])及び「宇宙探査オープンイノベーションの研究」(104百万円(208百万円)[520百万円])がある。

国際宇宙ステーション（ISS）計画の推進

令和2年度政府予算額（案）：22,817百万円
（前年度予算額）：27,391百万円
令和元年度補正予算額（案）：2,791百万円
※運営費交付金中の推計額含む

日・米・欧・露・加の5極の政府間協定に基づき、我が国は、ISS日本実験棟「きぼう」の運用・利用を行うほか、ISSの共通的なシステム運用に必要な経費分担を宇宙ステーション補給機「こうのとり」による物資の輸送で履行。

※[]は令和元年度補正予算額（案）

日本実験棟「きぼう」の運用 8,688百万円(8,919百万円)

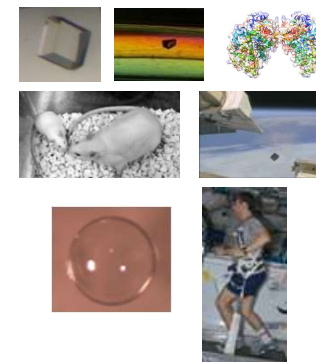
我が国の有人宇宙施設である日本実験棟「きぼう」について、24時間365日体制での監視・管制を実施するとともに、ISSプログラム全体の運用に係るNASA等との技術調整、「きぼう」維持のための補用品の整備、運用管制ネットワークシステムの維持管理、「きぼう」での実験実施のための手順作成・運用管制、「きぼう」の安全・開発保証業務等を行う。



「きぼう」運用管制室(筑波宇宙センター)

日本実験棟「きぼう」の利用 2,382百万円(2,622百万円)

○国の戦略的な科学技術政策に貢献する研究開発、及び長期宇宙滞在に向けた技術の蓄積に重点化し、長時間の微小重力や高真空といった特殊な宇宙環境を活用した科学実験や地球・宇宙観測を行う。



○これらにより、新たな科学的知見の獲得、国民生活・社会課題解決への貢献、有人宇宙技術・宇宙探査技術の獲得、宇宙関連産業の振興、青少年の教育・啓発、国際協力等の多様な成果の獲得を目指す。

宇宙ステーション補給機「こうのとり」

11,547百万円(15,850百万円) [2,791百万円]

○我が国の宇宙企業の先端技術を結集し、国内約400社が開発・製造・運用に参画。

○米露の補給機では輸送できない大型の船外(ISSバッテリー等)・船内物資を運ぶことができる唯一の手段。

○2009年に初号機打上げ。これまでに合計8機を打ち上げ、成功率100%。

○令和2年度は「こうのとり」9号機の打上げ・運用を行う。



将来地球低軌道宇宙環境利用基盤の整備

200百万円(新規)

○ISS運用終了以降を見据え、研究開発利用に留まらない新たな地球低軌道利用事業の実現可能性を検討する。

○令和2年度は、低軌道等における無人・低コストの実験運用を見据えたロボット研究、民間による実験サービスの商業化支援、有償利用の拡大や民間事業者への利用技術移転を目指した利用サービス基盤の能力向上等の取組みを実施する。

FY2020 NASA予算(探査+ISS)[2019年12月20日成立]

FY2020 NASA予算

- FY2020歳出法案：昨年末の両院リーダー間の基本合意形成を受け、下院・上院で法案が通過。第2次継続予算期間中の昨年12月20日に大統領署名まで完了し、法案が成立。NASA予算総額は\$ 22.6 B（昨年度比\$ 1.1 B増）。
- 深宇宙探査関連予算総額（科学局予算除く）は\$ 6.02 B（\$ 0.97 B増）。ISS・地球低軌道関連予算総額は\$ 4.1 B（▲\$ 0.5 B減）。低軌道商業化に向けた予算は、NASA要求額\$ 150 Mに対して、\$ 15 Mのみ措置。
- ホワイトハウス予算教書ではキャンセルとなっていた宇宙科学や地球観測のプロジェクトや、STEM等に予算が復活計上。
- なお、Gatewayや有人月着陸システム、地球低軌道商業化の予算については、複数年度計画（multi-year plan）を議会に提出するまでは予算額の40%以上の執行は認めない旨の条件付。

Table 1: NASA's FY2020 Budget Request
(in \$ millions, see notes below)

深宇宙探査関連（主な事項）

項目	予算
SLSロケット	\$ 2.6 B NASAの\$ 2.3 B要求に対して、追加措置（増強型上段ステージ開発）
Orion宇宙船	\$ 1.4 B
打ち上げ 関連地上設備	\$ 0.6 B
Gateway	\$ 0.45 B
有人月着陸 システム関連	\$ 0.6 B NASAの\$ 1.4 B要求に対して、大幅減

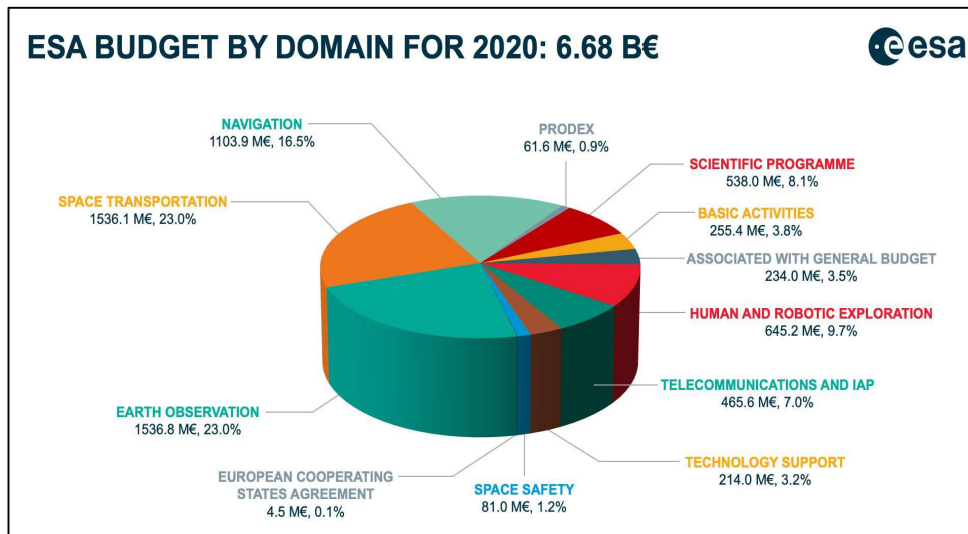
Account (Note 2)	FY2019 Enacted	FY2020 Request			Appropriations		
		FY2020 Initial	FY2020 Suppl ^{Note 4}	FY2020 Revised	House- passed	Senate Cmte	Final
Deep Space Expl Syst	5,050.8	5,021.7	+1,374.8	6,396.4	^{Note 3} 5,129.9	6,222.6	6,017.6
<i>Expl Sys Development</i>	<i>4,092.8</i>	<i>3,441.7</i>			<i>4,167.8</i>	<i>4,582.6</i>	<i>4,582.6</i>
<i>(Orion)</i>	<i>(1,350.0)</i>	<i>(1,266.2)</i>	<i>(+140.5)</i>	<i>(1,406.7)</i>	<i>(1,425.0)</i>	<i>(1,406.7)</i>	<i>(1,406.7)</i>
<i>(SLS)</i>	<i>(2,150.0)</i>	<i>(1,775.4)</i>	<i>(+510.5)</i>	<i>(2,285.9)</i>	<i>(2,150.0)</i>	<i>(2,585.9)</i>	<i>(2,585.9)</i>
<i>(Expl Grnd Sys)</i>	<i>(592.8)</i>	<i>(400.1)</i>			<i>(592.8)</i>	<i>(590.0)</i>	<i>(590.0)</i>
<i>Exploration R&D</i>	<i>958.0</i>	<i>1,580.0</i>	<i>+723.9</i>	<i>2,303.9</i>	^{Note 3} <i>962.1</i>	<i>1,640.0</i>	<i>1,435.0</i>
<i>(Adv Expl Systems)</i>	<i>N/A</i>	<i>(255.6)</i>				<i>(255.6)</i>	<i>(245.0)</i>
<i>(Cislunar/Surf Capblty)</i>	<i>N/A</i>	<i>(363.0)</i>	<i>(+1,044.8)</i>	<i>(1,407.8)</i>		<i>(744.1)</i>	<i>(600.0)</i>
<i>(Gateway)</i>	<i>N/A</i>	<i>(821.4)</i>	<i>(-321.0)</i>	<i>(500.4)</i>		<i>(500.3)</i>	<i>(450.0)</i>
<i>(Human Rsrch Prog)</i>	<i>N/A</i>	<i>(140.0)</i>				<i>(140.0)</i>	<i>(140.0)</i>
Exploration Technology	926.9	1,014.3	+132.0	1,146.3	^{Note 3} 1,291.6	^{Note 3} 1,076.4	1,100.0
LEO & Spcflt Ops	4,639.1	4,285.7			^{Note 3} 4,285.7	^{Note 3} 4,150.0	4,140.2
<i>ISS</i>	<i>N/A</i>	<i>1,458.2</i>				<i>N/A</i>	
<i>Space Trans (for ISS)</i>	<i>N/A</i>	<i>1,828.6</i>				<i>N/A</i>	
<i>Space & Flt Spprt</i>	<i>N/A</i>	<i>848.9</i>				<i>N/A</i>	
<i>Cmrc LEO Developmnt</i>	<i>N/A</i>	<i>150.0</i>				<i>15.0</i>	<i>15.0</i>
Science	6,905.7	6,303.7	+90.0	6,393.7	7,161.3	6,905.7	7,138.9
<i>Earth Science</i>	<i>N/A</i>	<i>1,779.8</i>			<i>2,023.1</i>	<i>1,945.0</i>	<i>1,971.8</i>
<i>Planetary</i>	<i>N/A</i>	<i>2,622.1</i>			<i>2,713.4</i>	<i>2,631.1</i>	<i>2,713.4</i>
<i>Astrophysics</i>	<i>N/A</i>	<i>844.8</i>			<i>1,367.7</i>	<i>1,171.6</i>	<i>1,306.2</i>
<i>JWST</i>	<i>375.1</i>	<i>352.6</i>			<i>352.6</i>	<i>423.0</i>	<i>423.0</i>
<i>Heliophysics</i>	<i>N/A</i>	<i>704.5</i>			<i>704.5</i>	<i>735.0</i>	<i>724.5</i>
<i>Aeronautics</i>	<i>725.0</i>	<i>666.9</i>			<i>700.0</i>	<i>783.9</i>	<i>783.9</i>
STEM Engagement	110.0	0.0			123.0	112.0	120.0
Safety, Security, MS	2,755.0	3,084.6			3,084.6	2,934.8	2,913.3
CECR	348.2	600.4			497.2	524.4	373.4
Inspector General	39.3	41.7			41.7	40.0	41.7
TOTAL	21,500.0	21,019.0	1,596.8	22,615.8	22,315.0	22,750.0	22,629.0

源泉： <https://spacepolicyonline.com/wp-content/uploads/2019/06/FY2020-nasa-budget-fact-sheet-Dec-29-2019.pdf>

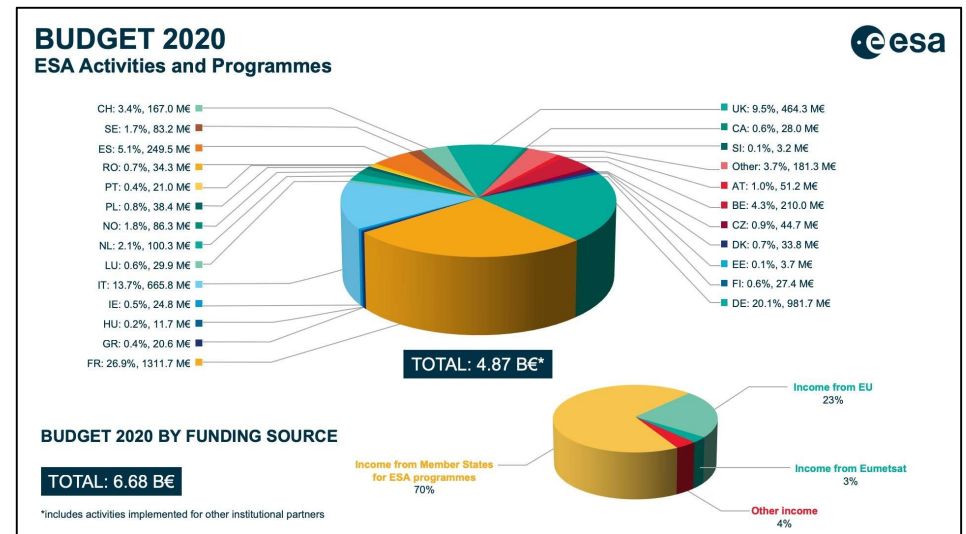
FY2020 ESA予算(探査+ISS)[2020年1月15日発表]

FY2020 ESA予算

- 2020年1月15日、ESAヴァーナー長官は年頭記者会見を開催し、ESAの2020年度(1月1日開始)の予算を発表。
予算総額は66億8000万ユーロで、2019年度と比較して9億6000万ユーロ、約16.8%の増額。
※昨年11月末に開催されたESA閣僚級会合で認められた、2020年～2022年(3年間)の総予算は144億ユーロ(一部予算は5年間分)。
- プログラム別では、有人・探査関連は約6.5億ユーロ(全体の9.7%)。
前年比では、航行測位が約47.3%増、宇宙輸送が19.4%増、前年に33%減だった技術サポートが78.2%増。
協力国協定関係費は前年の17%減につづいて21.1%減。
- 国別では、フランスが前年比11.7%増で拠出額1位を維持。前年に40%減だったカナダは137.3%増となった。



FY2020 ESA Budget (各分野別)



FY2020 ESA Budget (国別)

(参考) 欧州宇宙機関(ESA) 2019年閣僚級会合の結果速報(有人・探査関連)

1. 閣僚級会合の概要

- 日程・場所：2019/11/27, 28 於：スペイン・セビリア
- 参加国：ESA加盟国(22ヶ国)、準加盟国(スロベニア)、協力国(カナダ)
- 議題：主要プロジェクトの計画と今後3年間の予算



2. プレスリリース発表内容(有人・探査関連の抜粋)

- ①ゲートウェイに対して、transportation^(※)と habitation modulesで貢献する。 (※)米国オリオン宇宙船サービスモジュールと推測
- ②ISSについて、2030年までの取組みを続ける。
- ③宇宙飛行士に関して、
 - 2009年選抜飛行士(7人)は、全員が2回飛行する。(= 今後、6人回の搭乗割当てを行う) (※行き先に関する言及はなし)
 - 新しい宇宙飛行士養成コース(new class)を募集する。
 - ヨーロッパの宇宙飛行士(astronauts)が初めて月に飛行する。
- ④火星サンプルリターンミッション(MSR)について、NASAとの協力を継続する。

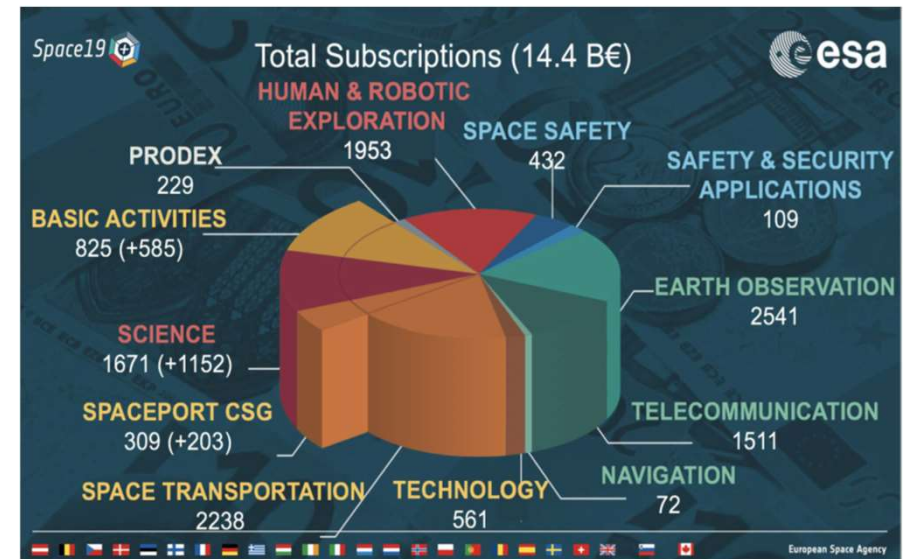
3. 予算 (※括弧内の円換算には、1ユーロ=131円(2019年支出官レート)を適用)

- ESA全体(2020~2022年(3年間))：144億ユーロ (約1兆8,860億円)
(但し、一部予算(基盤的活動、サイエンス、ギアナ宇宙センター)は、2024年までの5年間分)
- そのうち、有人・探査関連(3年間)：19.5億ユーロ (約2,550億円)
(要求額：19.8億ユーロ (約2,590億円))

(内訳) ①Gateway関連：3億ユーロ (393億円)

②月探査(無人)：1.5億ユーロ (196.5億円)

- 不明 { ③ISS関連予算 (ESAがISS運用経費のNASAへの支払いとして
担当するオリオン宇宙船サービスモジュールを含む)
④火星探査(無人)



ESA全体予算 (2020~2022年(3年間))
(一部予算(左側の二重円部分)は2024年迄の5年間分)

NASA/Amesにおける月面活動 官民パートナーシップ概念検討 [LCOTS] (1/3)

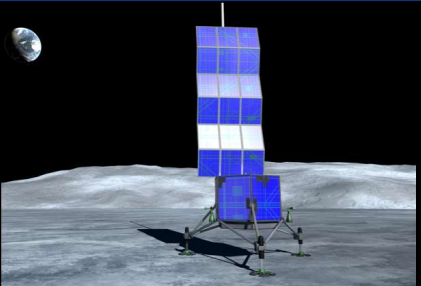
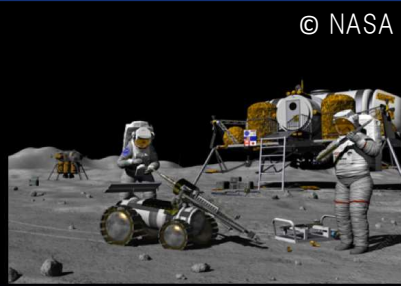
概要

- NASA/Amesでは、低軌道有人宇宙活動における官民パートナーシップ(PPP) 成功事例 [COTS: 商業軌道輸送サービス, CRS: 商業補給サービス] をもとに、この概念を月面活動に拡張する検討“Lunar COTS(LCOTS)*”を実施している。
* LCOTS: Lunar Commercial Operations & Transfer Services
- LCOTSでは、2028年までに持続的な月面活動を実現するための検討を実施。月周回及び月面活動能力の開発・実証の初期段階からパートナーシップを締結。開発段階のコスト・リスクを双方で分担し、実行段階ではインフラサービスの運用を企業に移管する。長期的なアンカーテナンシーを担保し、民間投資促進を図る。
- 対象となりうるサービス例：
月への貨物輸送、発電所、エネルギー貯蔵設備、通信中継衛星、月面通信タワー、ナビゲーションシステム、熱制御システム、放射線遮蔽システム、月面移動システム
- 3段階アプローチ：迅速・低コストな商業ミッションから開始し、Pilot Scaleデモを経て、最終的には長期的な月面有人活動を支援するインフラサービスの調達へ、段階的に進める構想。



米国ワシントンで開催された国際宇宙会議(IAC) 2019で発表された、LCOTS検討状況 ©NASA

他にもNASAは、ISS商業クルー輸送(CCtCap)、商業月輸送サービス(CLPS)等、PPPを最大限活用

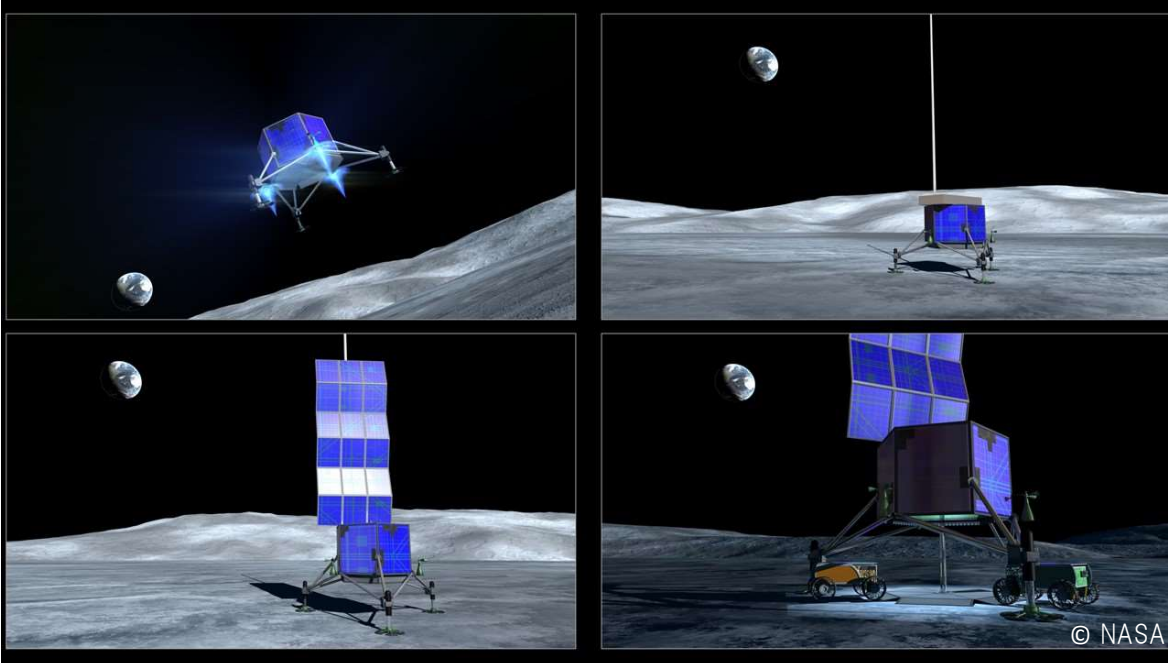
		
Phase 1: Fast, Low-Cost, Commercial-Enabled Missions	Phase 2: Pilot Scale Demonstration	Phase 3: Long-Term Contracts
● 小型ロボティクスミッションを支援する、多目的商業インフラサービス(例: 発電・通信タワー)の実証 ● 月資源検証データの取得 ● 将来ミッション最適地の提供	● 月資源採取技術等の実証 ● 月面居住支援商業インフラの実証 ● ISRUプラント実証(pilot scale) ● Full scale化に向けた実現性検証	● 電力、通信、貨物輸送等、有人活動支援インフラサービスの長期契約 ● 月面で生成される燃料等のFull scale調達



NASA/Amesにおける月面活動 官民パートナーシップ概念検討 [LCOTS] (2/3)

月面インフラストラクチャ構成要素イメージ

[Phase 1] 小規模・ロボティクスミッション支援に向けた多目的インフラストラクチャ構築



- **月着陸機**
 - ✓ 月面多地点・小型ペイロード輸送のための高精度着陸
 - ✓ 月までの輸送中・着陸時のペイロードへの電力・通信供給
- **発電ステーション**
 - ✓ 太陽光発電バッテリーシステムを活用した発電・蓄電機能
 - ✓ 充電・熱制御機能提供による、ローバ運用寿命延長(6-8年)
 - ✓ 移動型発電ステーションによる、ローバ走行距離向上(数100km)
- **熱制御システム**
 - ✓ ローバやその他システムへの保温機能供給による、越夜対応
- **月面通信タワー**
 - ✓ ローバシステム・発電ステーション・地上局間の通信リンク確立
 - ✓ 直接地球との通信が取れない場所への通信リンク拡張
- **ナビゲーションシステム**
 - ✓ 複数通信タワーによる三角測量を活用した、着陸航法支援
 - ✓ 視認性が悪い場所でのローバ走行支援
- **月面移動システム**
 - ✓ 月面通信タワーを介した地上コマンドや自動機能による走行
 - ✓ 様々な目的に合致した科学機器・ペイロードの輸送

[Phase 2] 月面居住を見据えたインフラストラクチャ構築

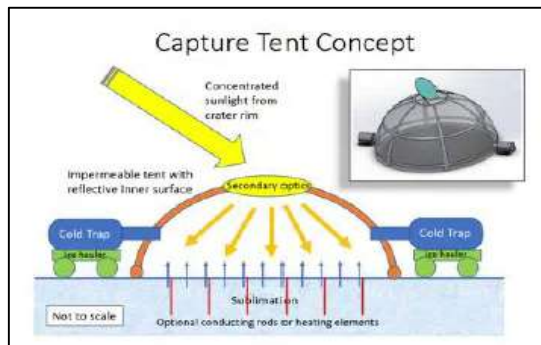
- **月面居住モジュール**
 - ✓ 放射線・微小メテオライト防護構造、月ダストを除去するためのエアロック機能
 - ✓ 軽量インフレータブル居住システムの活用
 - ✓ 放射線防護の観点から、居住モジュールをレゴリスで覆う or 溶岩チューブ・洞穴内に設置
- **生命維持システム**
 - ✓ 高効率(90%)の再利用ECLSS。地球からまたは月で得られる水・酸素供給が必要
 - ✓ 生命維持システムに活用するための水氷の存在が示唆される月極域近傍に居住施設を設置
 - ✓ 先行ミッションで、水氷の存在・可用性を調査



NASA/Amesにおける月面活動 官民パートナーシップ概念検討 [LCOTS] (3/3)

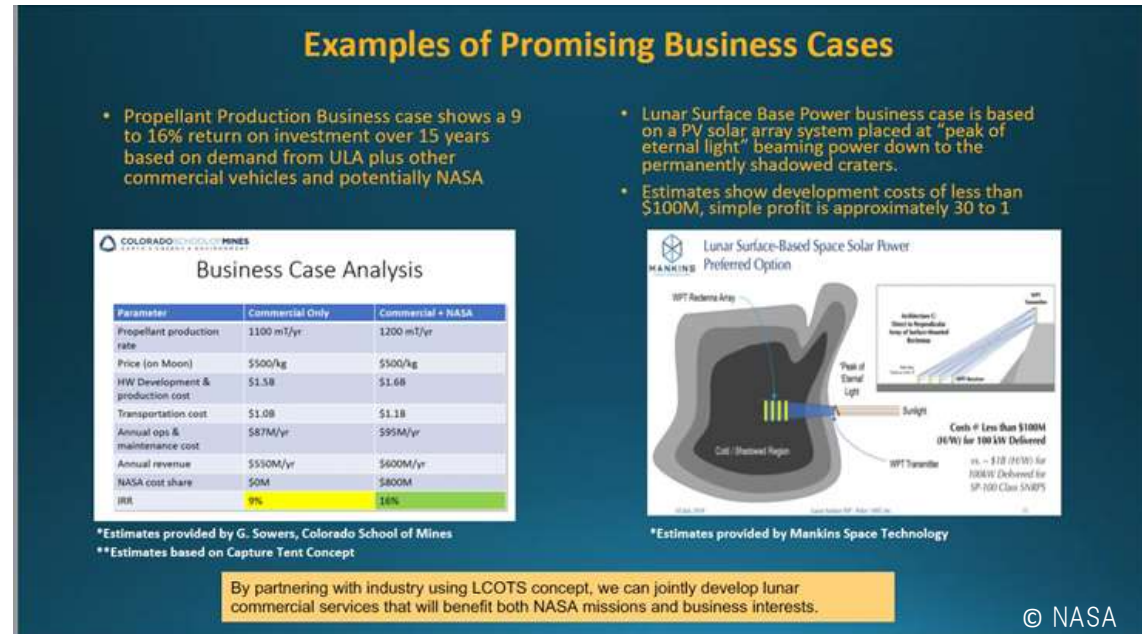
LCOTSで有望なビジネスケース例

- NASAは開発コスト・リスク低減に寄与し、ミッションと企業のビジネス利益の双方に役立つ月面サービスを共同開発するコンセプトに基づき、LCOTSで有望なビジネスケースとして、下記2件を例示。



“Capture Tent Concept”

太陽光を集光し、昇華した水をtent内で凝縮させる
©コロラド鉱山大学・NASA



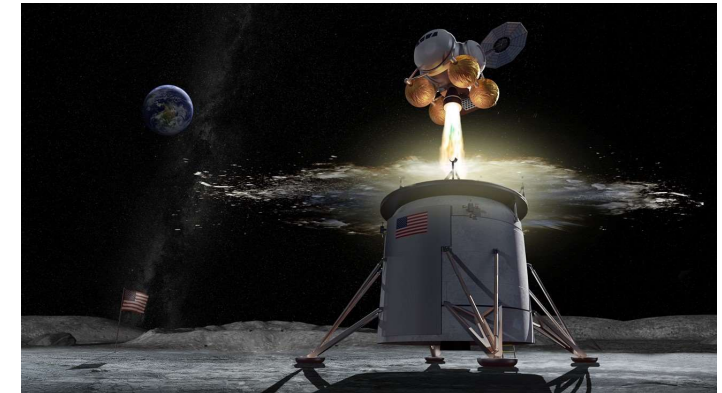
© NASA

ビジネスケース	概要	期待される経済的効果
推進剤製造	- コロラド鉱山大学の“Capture Tent Concept”研究に基づき、月面での推進剤製造のビジネスモデル検討を実施。 - 商業利用のみのと商業利用+NASA利用の2ケースを検討。いずれも年間千トン強の製造率、価格は、1kgあたり\$ 500を想定。 - 設備開発と製造費は約\$ 1.5 B、移送費は\$ 1.0 B。年間の運用・維持費を\$ 90 M、年間の売上は\$ 550-600 Mを見込む。	ULA社をはじめとする商業輸送業者に加え、NASAが顧客となるケースも想定すると、15年間で9-16%の投資利益率を見込む。
月面発電	- クレーター縁部の最も日照率が高い場所に設置した太陽光発電システムから、クレーター内部の永久影域にビーム伝送。 100kW伝送想定で、設備開発費は\$ 100 M以下を見込む。 ※試算はMankins Space Technologyによる。	利益率は約3%を見込む。

(参考) NASAアルテミス有人月着陸システム調達状況

概要

- NASAは、アルテミス計画で2024年の有人月面着陸を目指す中、要となる有人月着陸システムを民間企業からサービス調達すべく (NextSTEP H: Human Landing System)、2019年9月30日に公募を開始。
- 事前に入札希望業者ら産業界との意見交換を行った結果を踏まえ、当初の要求を一部緩和。
 - ✓ NASAのゴールとしてはGateway経由の月面着陸だが、初回ミッション(2024年月面着陸: Artemis 3)においては有人月着陸システムの着陸は[適切な技術評価やArtemis 3計画への影響を示したうえで]Gateway経由でなくてもよい。
 - ✓ ただし将来的なSustainabilityを担保するため2026年までにGateway経由での月着陸方法を確立すること。
 - ✓ [当初要求が想定されていた]再利用向けの燃料補給機能は必須要件としない。
- 2019年11月5日に公募を〆切。2020年春に複数社に絞り込み、同年12月頃目途に2社(1社が2024年着陸、もう1社が2025年着陸を担当)を選定予定。
- 報道ベースでは、以下の4団体が入札している模様。(https://spacepolicyonline.com/news/dynetics-confirms-hls-proposal-for-nasas-artemis-program/)



アルテミス計画の要となる
有人月着陸システム (image) ©NASA

2019年12月20日成立したFY2020 NASA予算
(有人月着陸システム関連)は、NASA総要求
\$ 1.4Bに対して、\$ 0.6Bと大幅減となっている。

Blue Origin led team, including Lockheed Martin, Northrop Grumman, Draper	Boeing led team with Apollo-style landing	SpaceX with undisclosed plans	Dynetics led team, including Sierra Nevada
“National Team” 構想を掲げ、 各社の優位技術を生かす。 Blue Originが着陸機を担当。	“Fewest Steps to the Moon” SLS増強型を用い、1回で打ち上げ。 アポロ式の月面直接着陸も視野。	次世代有人宇宙船 “STARSHIP” を用いたアルテミス計画への参画 に興味を示す。	Dynetics、Sierra Nevadaともに 別契約 (NextSTEP E: 有人月着陸 システムの研究) にて選定済。

(参考) インドの月探査や有人活動を巡る動向 [ISRO 2020年予定]

- インド宇宙研究機関(ISRO)のSivan総裁は、2020年1月1日に年頭記者会見を行い、月探査や有人活動計画等について、2020年のISROの取り組みを概説。
- 2020年は“月探査・チャンドラヤーン3とインド初の有人活動・ガガニヤーンの年になる”と言及。その他のミッションも含めて、計25以上のミッションを計画とのこと。再度月面着陸を目指すチャンドラヤーン3計画は、2020年内打ち上げを目標。



2020年年頭記者会見を行う
ISRO Sivan総裁(中央) ©ISRO

インド初の有人宇宙船“ガガニヤーン計画”

- 2022年までに打ち上げを目指している、インド初の有人宇宙船“ガガニヤーン計画”について、準備を順調に進めており、設計作業の多くを完了。2020年にいくつかの試験を実施。最初の無人飛行テストを今年実施目標とのこと。
- 宇宙飛行士選抜が完了し、最終的に4名を選抜。1月第3週からロシアで訓練を開始予定。

月探査“チャンドラヤーン3計画”

- 2019年9月に旧ソ連・米国・中国に次ぐ4か国目の月面着陸を目指し、着陸失敗に終わった“チャンドラヤーン2計画”の再挑戦として、ISROは“チャンドラヤーン3計画”を始動。インド政府も計画を承認、ISROはプロジェクトチームを組織。
 - チャンドラヤーン3計画は、着陸機、ローバー及び推進系で構成(周回機はチャンドラヤーン2で月周回軌道投入に成功し、健全に運用中)。2020年内(～2021年初)の打ち上げを目指す。
- ※ インド国内報道によれば、ISRO総裁は、Chandrayaan-3関連の活動は順調、他のプログラムに影響しない旨発言あり。また、コスト総額は61.5億ルピー(約92億円)程度を見込む模様。

源泉: <https://www.isro.gov.in/update/01-jan-2020/press-meet-briefing-dr-k-sivan-chairman-isro>
https://timesofindia.indiatimes.com/india/chandrayaan-3-to-cost-over-rs-600-cr-launch-may-spillover-to-2021/articleshow/73055941.cms?utm_source=twitter.com&utm_medium=social&utm_campaign=TOIMobile

(参考) 中国の月探査や有人活動を巡る動向 [長征5号RTF・嫦娥4号]

中国重量級ロケット“長征5号” 復帰フライト成功

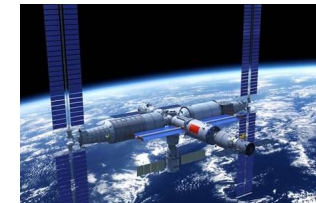
- 2019年12月27日、中国は海南文昌衛星発射センターから長征5号ロケットの打ち上げに成功。搭載した新技術検証衛星「実践20号(Shijian-20)」の分離・所定軌道への投入も成功。
- 実践20号は、静止軌道(GEO)で運用される新技術検証衛星で、新型衛星バス「東方紅5(DFH-5)」の重要技術の検証やその他の新技術の検証を行うほか、通信放送サービスを提供。
- 長征5号ロケットは、2017年7月の2回目の打ち上げでエンジン不具合が発生して以来、今回が3回目の打ち上げ。本復帰フライト(RTF)の成功で、2020年に計画されている火星探査ミッションや月探査サンプルリターンミッション“嫦娥5号”、及び将来の中国宇宙ステーション建設での利用の可能性が示された。



嫦娥5号 ©CCTV/CNSA



火星探査機 ©CASC



中国宇宙ステーション (Image) ©CMSA



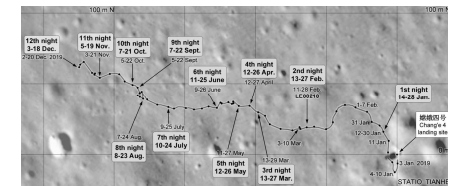
長征5号ロケット
復帰フライト ©CASC

月探査機“嫦娥4号(着陸機)・玉兔2号(ローバー)” 運用1年経過

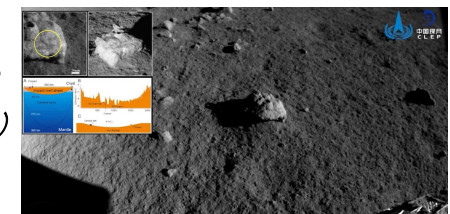
- 2019年1月3日に世界初の月面裏側への着陸に成功して以来、嫦娥4号/玉兔2号は運用1年を経過。これまで13回の越夜に成功、現在月昼14日目の活動中。設計寿命3ヶ月を大きく上回る中、搭載ペイロード含め、順調に運用を継続中。玉兔2号は月面ローバーとしての運用日数世界記録を更新中。
- 今回の科学ミッションの主目的の一つでもある、South Pole Aitken盆地のレゴリス組成の同定や巨大衝突地形形成の理解に資する可能性がある論文を複数発表(下記に例示)。

“Chang'E-4 initial spectroscopic identification of lunar far-side mantle-derived materials” *Nature* (May 15, 2019)

“Comparison of Dielectric Properties and Structure of Lunar Regolith at Chang'e-3 and Chang'e-4 Landing Sites Revealed by Ground-Penetrating Radar” *Geophysical Research Letters* (Nov. 28, 2019)



玉兔2号の走行経路 ©Phil Stooke

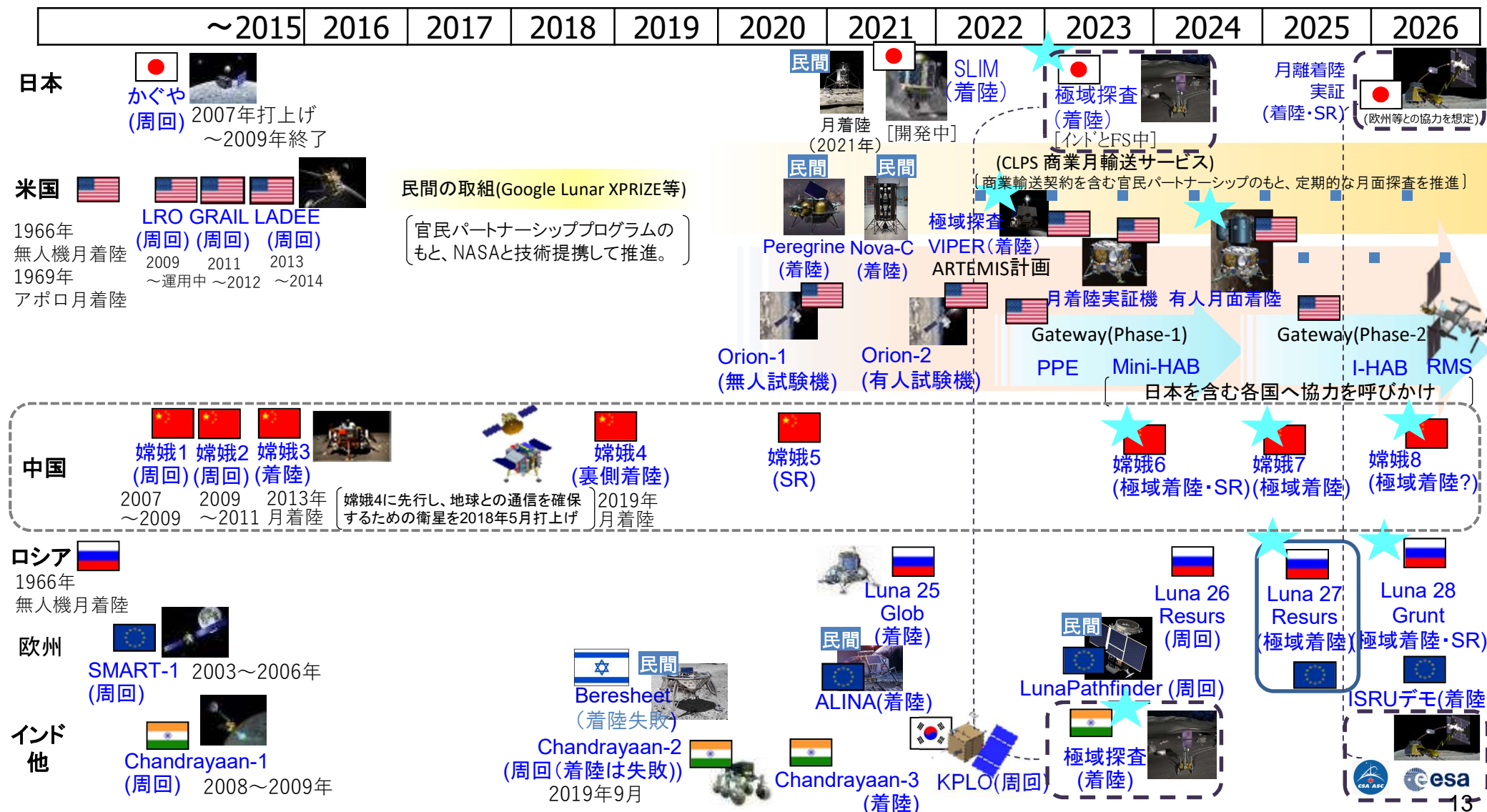


嫦娥4号ミッションで得られた
科学データ例 ©CCTV/CNSA

(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)

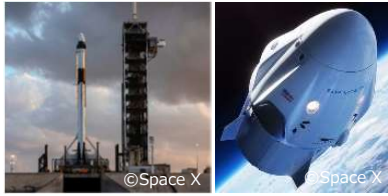


米国による有人宇宙船の開発(背景・経緯、飛行試験の予定)

- 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、2010年から段階的に行ってきた商業有人輸送システムの概念検討・技術開発等に基づき、2014年、民間企業2社(Space X社及びBoeing社)を選定。
- 両社は、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、約3年遅れで開発が進行中。

表：国際宇宙ステーション（ISS）に向けた飛行試験

2020年1月21日時点

開発企業 (宇宙船名称)	イメージ	無人飛行試験	打上げ時における宇宙船緊急離脱試験	有人飛行試験 (米国人のみが搭乗)
スペース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 (※ISSへのドッキング成功)	2020年1月19日 成功 	(予定) 2020年 第二四半期(※1)
ボーイング社 (スターライナー)		2019年12月20日打上げ ～ 2019年12月22日帰還 (※ISSへのドッキングは失敗)	未定	(予定) 2020年 前半(※2)

飛行試験を通じて安全性が確認された後に、ISSへの定常的な宇宙飛行士の輸送を開始。(1回につき宇宙飛行士4名が搭乗予定)

(※1) NASA及びSpace X社による記者会見 (2020/1/19) より

(※2) NASA Advisory Council (2019/10/31開催) 資料「Human Exploration and Operations Committee Report」より

Boeing社 有人宇宙船「スターライナー」の無人飛行試験(2019年12月)

1. 今回の無人飛行試験について

(1) スケジュール(日本時間)

12/20(金) 20:36 打上げ (その後、約15分後にロケットから正常に分離)

21:15頃 宇宙船の不具合(※)により、ISSへ向かう軌道への投入に失敗。

12/22(日) 21:58 ISSへのドッキング試験は中止し、帰還

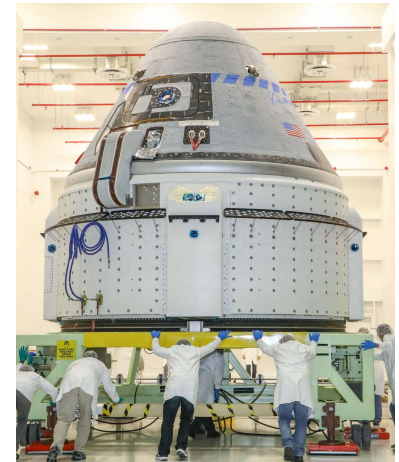
(※) 適切なタイミングでエンジン噴射ができなかったもの。(詳細原因は調査中)

(2) 無人飛行試験の目的

- 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

- NASAの実験サンプル等。(日本の搭載品は無し。)



有人宇宙船「スターライナー」



船内の様子 (訓練時)

2. 有人宇宙船「スターライナー」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 米・アトラスファイブロケット

(3) その他(特徴)

- アポロ宇宙船やスペースシャトルの経験を活かしつつ、先進技術・装置を採用。(無溶接の船体、LED照明、無線LAN等)
- 国際宇宙ステーションへは自動ドッキングする。
- パラシュート及びエアバッグにより陸上(米国西部)に帰還。
- 10回の再利用を予定。



着陸試験の様子