

事業名	アルテミス計画のうち月周回有人拠点「ゲートウェイ」計画の推進（拡充） 令和3年度要求額：17,516百万円 （研究事業総額：未定） 研究事業期間：令和2年度～
------------	--

※研究開発事業に関する評価については、科学技術・学術審議会等において、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等を踏まえ、事前評価が行われているため、当該評価をもって政策評価の事前評価に代えることとする。

【主管課（課長名）】

研究開発局 宇宙開発利用課 宇宙利用推進室（国分政秀室長）

【関係局課（課長名）】

—

【審議会等名称】

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
国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会

【審議会等メンバー】

別紙参照

【目標・指標】

○達成目標

深宇宙における人類の活動領域の拡大に向け、米国が国際協力を通じて進めている月周回有人拠点（ゲートウェイ）の建設を含むアルテミス計画に参画し、月面探査に向けた中継拠点としてのゲートウェイの構成要素となる機器の提供や物資の輸送を行うことで、その後の月面探査や更なる深宇宙探査に必要な能力を獲得するとともに、産学とも連携したゲートウェイの活用機会や日本人宇宙飛行士のゲートウェイ搭乗や月面活動の機会を獲得するなど、我が国にとって意義ある取組を戦略的・効率的に進めていく。

○成果指標（アウトカム）

人類の知的資産の拡大、イノベーション・新産業の創出、宇宙先進国として国際的プレゼンス向上、国民の関心も高い日本人宇宙飛行士の活躍等も通じた人材育成や教育面への貢献。

○活動指標（アウトプット）

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の実証
ゲートウェイの活用機会の確保と具体的な活用取組
日本人宇宙飛行士の活躍機会の確保

【費用対効果】

我が国が単独で月面探査を行うことを想定した場合に比して、国際協力による取組に我が国が強みを有する分野（有人滞在技術や補給等）で戦略的に参画することで、費用対効果が高い形で、更なる新宇宙探査に必要な能力の獲得や、上述のような多様な成果の創出が期待される。なお、事業の実施に当

たつては、国際宇宙ステーション計画への参画を通じた経験や教訓も踏まえながら、事業の効率的・効果的な運営にも努めるものとする。

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 委員名簿

(五十音順)

(委員)

部会長代理 青木 節子 慶應義塾大学大学院法務研究科教授
部会長 角南 篤 公益財団法人笹川平和財団理事長
政策研究大学院大学 学長特別補佐・客員教授

(臨時委員)

井川 陽次郎 元読売新聞東京本社論説委員
大西 卓哉 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構有人宇宙技術
部門宇宙飛行士運用技術ユニット宇宙飛行士グループ宇
宙飛行士
芝井 広 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻教授
白井 恭一 慶應義塾大学大学院法学研究科講師(非常勤)
元東京海上日動火災保険株式会社航空保険部部长
鈴木 健吾 株式会社ユーグレナ執行役員研究開発担当
高橋 德行 トヨタ自動車株式会社アドバイザー/元トヨタ自動車常務
高薮 縁 東京大学大気海洋研究所教授・副所長
鶴岡 路人 慶應義塾大学総合政策学部准教授
永原 裕子 日本学術振興会学術システム研究センター副所長/東京
工業大学地球生命研究所フェロー
林田 佐智子 大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境
学研究所教授/奈良女子大学大学院自然科学系教授
松尾 亜紀子 慶應義塾大学理工学部教授
村山 裕三 同志社大学大学院ビジネス研究科教授
横山 広美 東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構
教授
吉田 和哉 東北大学大学院工学研究科教授
米本 浩一 東京理科大学理工学部機械工学科嘱託教授

(専門委員)

藤井 良一 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 機構長

科学技術・学術審議会 研究計画・評価部会 宇宙開発利用部会
国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会 委員名簿

(五十音順)

	金山 秀樹	シー・エス・ピー・ジャパン(株)代表取締役社長
	木村 真一	東京理科大学理工学部 教授
	倉本 圭	北海道大学大学院理学研究院 教授
	古城 佳子	青山学院大学国際政治学部 教授
	知野 恵子	ジャーナリスト 元読売新聞編集委員
	中村 昭子	神戸大学大学院理学研究科 准教授
	西島 和三	持田製薬株式会社医薬開発本部 フェロー 独立行政法人日本学術振興会 監事
	原 芳久	日本経済団体連合会 宇宙開発利用推進委員会 企画部長
主査	藤崎 一郎	公益財団法人中曽根康弘世界平和研究所 理事長
主査代理	牧島 一夫	東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構 連携研究員
	向井 千秋	東京理科大学 特任副学長
	米本 浩一	東京理科大学理工学部機械工学科 嘱託教授

事前評価の実施にあたって

米国提案の国際宇宙探査（アルテミス計画）については、令和元年10月に我が国の当該計画への参画が決定されたところだが、令和元年8月、本計画への我が国の参画が決定された場合、月周回有人拠点「ゲートウェイ」のミニ居住棟（HALO）に提供する機器等の開発を遅くとも令和2年度から着手する必要があることから、研究開発課題「月周回有人拠点（Gateway）建設への参画に向けた取組」として、令和2年度概算要求に向けた事前評価（新規）を実施した。

当該事前評価では、概算要求することは差し支えないとの評価結果を得た一方で、アルテミス計画への我が国の参画が表明され、本事業の見通しや具体的な実施体制が明らかになった時点で、改めて評価を行うものとする旨留意事項が付された。

その後、令和元年10月18日の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我が国の参画方針」を踏まえ、アルテミス計画への我が国の協力取組等の具体化に向け参加機関間との調整を進め、令和2年7月に当省及び米航空宇宙局の間で双方の協力内容に関する意向について確認し、月探査に関する共同宣言（JEDI）に署名するに至ったところ。現在、JEDIに掲げられた事項をベースに協力取組の詳細を規定する法的枠組みの協議を進めている。

本評価は、研究開発課題を、月周回有人拠点「ゲートウェイ」への建設への参画から、ゲートウェイに係る協力取組全体に拡大し、その必要性、有効性、効率性について、改めて事前評価を行うものである。

事前評価票

(令和2年9月現在)

1. 課題名 アルテミス計画のうち月周回有人拠点「ゲートウェイ」計画の推進(拡充)
2. 開発・事業期間 2020年度～
3. 課題概要 (1) 文部科学省政策目標との関係 【施策目標9-5:国家戦略重要な基幹技術の推進】 宇宙・航空、海洋・極域、さらには原子力の研究開発及び利用の推進については、産業競争力の強化や経済・社会的に課題への対応に加えて、我が国の存立基盤を確固たるものとするものであり、国家戦略上重要な基幹技術として、長期的視野に立って継続的な強化を行う。 (2) 宇宙基本計画(令和2年6月30日閣議決定)との関係 【宇宙政策の目標】 (1) 多様な国益への貢献 ③宇宙科学・探査による新たな知の創造 優れた研究成果を広く国内外に発信することにより国際的に高い評価を受け、我が国の国際社会におけるプレゼンスの確保にも大いに貢献している宇宙科学・探査について、国際協働を主導するなど取組を強化し、新たな知の創造につながる世界的な成果を創出していく。 【具体的なアプローチ】 (3) 宇宙科学・探査による新たな知の創造 ②主な取組 ii. 国際宇宙探査への参画 月は地球に最も近い天体であるため、輸送や通信に関して利点があり、地球以外で最初に人類の活動領域となる可能性を持つ天体である。特に重力天体への着陸・帰還技術、惑星表面探査ロボット技術等、今後の太陽系探査に向けて必要となる技術の獲得・実証において重要な場である。このような認識の下、持続的な月面探査の実現を目指すアルテミス計画への参画の機会を活用し、日本人宇宙飛行士の活躍の機会を確保する等、我が国の宇宙先進国としてのプレゼンスを十分に発揮しつつ、政府を挙げて、我が国にとって意義ある取組を戦略的・効率的に進めていく。(内閣府、文部科学省等) 具体的には、ISS計画での経験を活かし、我が国が強みを有する分野(有人滞在技術や補給等)で参画し、月周回有人拠点「ゲートウェイ」の建設・運用・利用及び「ゲートウェイ」の活用に向けた技術実証に取り組み、深宇宙探査に必要な能力を獲得する。その際、地球低軌道向けの超小型衛星開発等で培われた大学等の技術を活用し、民間事業者等とも協働しつつ、月・月以遠での持続的な探査活動に必要な基盤技術の開発・高度化を進め、国際宇宙探査を支える基盤の強化及び裾野の拡大を図る。(文部科学省)

月の水資源の有無や採掘の難易度が計画への参画の在り方に大きく影響することから、水資源の存在が期待される月極域にピンポイント着陸し、我が国が主体的に今後の月面における探査等について検討できるよう、移動探査によって水資源に関するデータを独自に取得する。(文部科学省)

水資源の態様等を踏まえ、「ゲートウェイ」の活用を含め、宇宙科学・探査の今後の20年を見据えた中での取組を検討し、広範な科学分野の参加も得て推進する。検討のテーマとしては、月における測位、通信、リモートセンシング、超小型探査機による多点探査、三次元探査、サンプルリターン、データサイエンス、天体観測等が候補となる。また、非宇宙産業を含む民間企業等の参画を得つつ、ゲートウェイや月面での移動手段を含む月面活動に必須のシステムの構築に取り組むこととし、要素技術の実証を先行させるなど、世界に先駆けた成果を段階的に発信する。(内閣府、文部科学省等)

(3) 宇宙基本計画工程表 (令和2年6月29日 宇宙政策委員会決定)

【今後の主な取組】

- ゲートウェイの整備を含む米国提案の国際宇宙探査(アルテミス計画)に民間企業等の積極的な参加を得ながら日本の強みを活かして参画する。
- 具体的には、国際宇宙探査への日本の参画方針を踏まえ、ゲートウェイ居住棟への我が国が強みを有する技術・機器の提供、現在開発中のHTV-Xによるゲートウェイへの補給、小型月着陸実証機(SLIM)および月極域探査機による月面着陸探査を通じたデータ共有等に向けた取組を進めるとともに、月面での移動手段を含む月面活動に必須のシステムの構築に民間と協働して取り組む。
- また、地球低軌道向けの超小型衛星開発等で培われた大学等の技術の活用や、宇宙探査イノベーションハブ等の仕組みの活用により、非宇宙産業を含む民間企業等の参画を得つつ、月での持続的な探査活動に向けた先行的な研究開発や要素技術の開発・高度化及び実証を進める。

(4) 事業概要

○「アルテミス計画」は、月周回有人拠点「ゲートウェイ」の建設を含む月面への有人着陸に関する米国のプログラムの総体であり、月面での持続的な探査の実現と2030年代の火星有人着陸を目標に掲げている。また、米国は、商業パートナーや国際パートナーとの協力を重視しており、国際宇宙ステーション(ISS)計画の参加極や月面探査に関心を有する国などに対し広くアルテミス計画への参画を呼びかけており、我が国に対しても、2018年5月、正式にアルテミス計画への参画の要請があったことを受け、2019年10月、宇宙開発戦略本部は「米国提案の国際宇宙探査への参画方針」を決定し、我が国の当該計画への参画が決定された。

○その後、アルテミス計画の工程が見直され、2020年4月に米航空宇宙局(NASA)が発表した工程は以下のとおり。

1. ゲートウェイの建設・運用:

ISS協定の下、ISS計画の国際パートナーや産業界と協力し、2023年のPPE(電気推進要素)

及び HALO（ミニ居住棟）の打上げから建設を開始し、2025 年に I-HAB（国際居住棟）を打ち上げるなど、順次ゲートウェイを増強し、2020 年代中頃からの本格運用開始を目指す。

2. 月面探査活動：

2024 年までに米国宇宙飛行士による月南極域への直接着陸を実現し、その後、ゲートウェイを経由した月面への着陸・探査活動を計画、2020 年代後半に持続的な月面探査を本格化し、月面探査を通じて、有人火星着陸に向けて必要な技術や能力の実証・獲得、月面の科学研究、その場資源利用の研究などを推進していく。

○2020 年 7 月、文部科学省（MEXT）と米航空宇宙局（NASA）は月探査協力に関する共同宣言（J E D I）に署名し、先述の参画方針などを踏まえ、アルテミス計画への我が国の協力内容と日本人宇宙飛行士の活躍機会の確保などについて、双方の意向を確認したところ。

1. ゲートウェイに関する協力に係る確認

- ・ NASA は、ゲートウェイの要素の統合と全体的な運用と利用を担うこと
- ・ 以下に掲げる事項について実施取決めを策定すること
 - ・ MEXT は月周回有人拠点「ゲートウェイ」居住棟への機器提供に関し、ミニ居住棟（HALO）については電源機器等を 2022 年までに提供し、国際居住棟（I-HAB）については環境制御・生命維持システム、電源機器、熱制御ポンプなどを含む機器等を 2025 年の打上げに向けて提供すること
 - ・ ISS への物資輸送機会を活用したゲートウェイへの物資輸送に向けた技術実証の実施と将来の HTV-X によるゲートウェイへの物資補給の詳細
 - ・ ゲートウェイに搭乗する日本人宇宙飛行士の人数
- ・ NASA は MEXT に対し、ゲートウェイを持続的な月面探査のインフラ拠点として利用する機会を提供すること

2. 月面探査活動に関する協力に係る確認

- ・ MEXT と NASA は、JAXA、NASA が計画している月探査ミッションへの相互の機器搭載を議論するとともに、これら協力を通じて得られる観測データを共有すること。
- ・ MEXT と NASA は、日本製有人圧ローバーに関して、引き続き概念検討を進めること
- ・ MEXT と NASA は、月面移動システム、月面活動、月面での日本人宇宙飛行士の活動機会の詳細を定義する取決めを策定すること

○上記を踏まえ、ゲートウェイの建設・運用への協力として下記の研究開発に取り組む。

【ゲートウェイ居住棟に提供する機器等の開発】

- ・ HALO に提供する電源機器等の開発・製作
- ・ I-HAB に提供する環境制御・生命維持システム、電源機器、熱制御ポンプ等の開発・製作

【将来のゲートウェイ物資輸送に向けた技術開発】

- ・ HTV-X 1 号機及び 2 号機による ISS 物資輸送の機会を技術実証
- ・ 2020 年代後半のゲートウェイ物資輸送向け HTV-X の開発

4. 各観点からの評価

(1) 必要性

【ゲートウェイ居住棟に提供する機器等の開発】

ゲートウェイ建設の初期段階からの協力や、ゲートウェイの主モジュールである居住棟への我が国が強みを有する分野での協力など、アルテミス計画に戦略的に協力していくことにより、火星など更なる深宇宙探査に向けた技術獲得・実証の場が得られるとともに、米国を中心とした参加国間の強固な関係の構築、宇宙空間利用における主導権や発言力の確保や国際的プレゼンスの向上、産業競争力の強化等が期待される。

さらに、居住棟に有人滞在技術である環境制御系の機器等を開発・提供することにより、将来の月面での持続的な活動に向けた、地球低軌道では得られない放射線・磁場環境等における当該機器等の実証機会を得るとともに、火星など更なる深宇宙探査に必要な技術を開発・獲得していくことが必要である。

【将来のゲートウェイ物資輸送に向けた技術開発】

ゲートウェイへの物資輸送技術で協力することにより、ISS 計画で培った補給技術を維持・継承・発展していくとともに、ゲートウェイへの物資補給において必要となる自動ドッキング技術の開発により、我が国としても今後の深宇宙探査で必要となるランデブ・ドッキング技術等の獲得につなげていくことが必要である。

評価項目

- ・社会的・経済的意義（人類の活動領域の拡大、国際的プレゼンスの維持・向上、産業・経済活動の活性化、国際競争力の向上等）
- ・国費を用いた研究開発としての意義（国や社会のニーズへの適合性、若手研究者の育成等）

評価基準

- ・深宇宙探査に向けて我が国の優位性や波及効果が見込まれる技術を獲得・蓄積しているか。
- ・宇宙探査分野における我が国のプレゼンスの維持・向上につながるものであるか。
- ・宇宙開発利用分野における将来の我が国の産業競争力につながるものであるか。
- ・宇宙科学分野や有人宇宙開発における知見や技術の獲得に貢献し、また若者の知的好奇心を刺激するものであるか。

(2) 有効性

【ゲートウェイ居住棟に提供する機器等の開発】

ゲートウェイは ISS に続く有人拠点として地球低軌道とは異なる宇宙環境や活動の機会を提供するプラットフォームであり、カナダや欧州も参画を表明している。ゲートウェイの建設に参画することで、引き続き、米国を中心とした ISS 参加極間の強固な関係構築や宇宙空間利用における発言力の確保、産業競争力の強化等が期待される。

また、ゲートウェイに人が滞在する上で必要となる機器等を開発・提供することを通じて、更なる深宇宙探査に向けた有人滞在技術を獲得・蓄積しつつ、ゲートウェイ利用機会の獲得や日本人宇宙飛行士の搭乗機会の確保につなげることができると期待できる。

【将来のゲートウェイ物資輸送に向けた技術開発】

上記の有効性に加えて、ゲートウェイへの物資輸送に向けた我が国の補給機を開発・提供することにより、更なる深宇宙探査に向けた輸送技術を獲得・蓄積しつつ、上記同様、ゲートウェイ利用機会の獲得や日本人宇宙飛行士の搭乗機会の確保につなげることが出来ると期待できる。また、国内の多様な機関が作製した超小型衛星・探査機を補給機から放出する機会を確保することで、科学コミュニティの活性化や新しい発想や革新的な技術力を持つ人材の育成が期待される。

評価項目

- ・ 行政施策・人材の養成への貢献や寄与の程度
- ・ 直接・間接の成果・効果やその他の波及効果の内容等

評価基準

- ・ 宇宙開発利用分野以外の産業競争力の強化（地上への波及効果）につながっているか。
- ・ 大学・研究機関の小型探査機等の機会の獲得に貢献しているか。
- ・ 理学、工学の人材育成に貢献しているか。

（３）効率性

宇宙における人類の活動領域の拡大に向け、地球に最も近い天体である月を、将来の深宇宙での恒久的な技術基盤の確立や拠点・インフラの構築・確保に向けた技術獲得・実証の場として活用していくことは、輸送や通信の観点から利点があり、効率的かつ効果的である。また、我が国一国のみで取り組むよりも、国際協力の中で進めていくことで、費用対効果の高い形で火星など更なる深宇宙探査に向けた技術を獲得・蓄積していくことができる。

【ゲートウェイ居住棟に提供する機器等の開発】

居住棟に提供する有人滞在技術である環境制御系の機器等は宇宙飛行士が滞在する上で重要な機器であり、我が国がISSで実証してきた技術を、地球磁気圏外という放射線や磁場の強度等が異なる新たな環境で応用し、また、地球低軌道から月周回軌道へ活動拠点が遠距離化することに伴う物資補給や有人滞在の機会の減少に対応して発展・向上させていくことで、更なる深宇宙探査に向けた信頼性の高い技術・機器を効率的に開発していくアプローチとしている。

【将来のゲートウェイ物資輸送に向けた技術開発】

ゲートウェイへの物資輸送を行う補給機の開発は、現在、ISS向けの補給機として開発中のHTV-Xの全体若しくは主要部の技術を活用して開発することとしている。また、ゲートウェイへの物資輸送にあたって必要となる自動ドッキング技術（ドッキング航法及び結合分離機構）等は、HTV-X

1号機、2号機による ISS への物資輸送機会を活用して軌道上実証を行う効率的なアプローチとしている。

評価項目

- ・計画・実施体制の妥当性
- ・費用構造や費用対効果向上方策の妥当性
- ・研究開発の手段やアプローチの妥当性

評価基準

- ・適切かつ効率的な計画・実施体制となっているか。
- ・我が国の月探査活動の効率的な活動に貢献しているか。
- ・プロジェクトライフサイクルにわたっての外部機関との役割分担が効率的になっているか。

5. 総合評価

(1) 評価概要

【実施の可否】

宇宙における人類の活動領域の拡大に向け、また、アルテミス計画に我が国が参画する意義を踏まえ、上記の必要性・有効性・効率性に鑑みれば、以下の事項に留意しつつ、本事業を推進すべきである。

<留意事項>

- ・大きく変化する国際状況において、適切に対応して取り組む必要があるとともに、中間評価・事後評価の実施時期も状況変化により適宜見直す必要がある。
- ・国際協力を推進するに当たっては、広く国民の支持を得ていくためにも、諸情勢の変化や研究開発の進捗や成果等について適切に公表していくことが重要である。
- ・本事業の実施に当たっては、これまでの ISS 計画への参画を通じて得られた技術や成果、教訓を最大限活かして費用対効果の高い形で進めていくことが重要である。

【中間評価・事後評価の実施時期】

中間評価は、ゲートウェイ国際居住棟が打ち上げられ（2025年予定）、ゲートウェイの本格運用が開始された1年後に最初の中間評価を行い、その後、ゲートウェイの運用計画の進捗と合わせて追加的な中間評価を行うタイミングを設定する。事後評価はアルテミス計画終了の1年後に行うのが望ましいと考える。