



BENEFITS STEAMING FROM SPACE EXPLORATION

宇宙探査がもたらすベネフィット



初版、2013 年 9 月
第二版、2024 年 8 月

©国際宇宙探査協働グループ

表紙と裏表紙：2012 年に ISS から撮影された星と光の軌跡の画像。(NASA/ Donald R. Pettit)

目次

1

はじめに

人類にベネフィットをもたらす原動力である宇宙探査の独自の役割を紹介

11

科学的ベネフィット

科学的調査の促進、研究プラットフォームと技術の発展、研究能力の維持により実現されるベネフィット

23

国際協力のベネフィット

共通目標の達成、世界的な課題を解決するためのリソースとアイデアの共有により得られるベネフィット

33

宇宙探査エコシステムのベネフィット

将来の宇宙探査ミッションへの参加機会を確保することで得られるベネフィット

5

横断的なテーマ

持続可能な探査と多様化する宇宙探査セクターのベネフィットに関する現代的な視点

17

経済的ベネフィット

経済成長、技術革新、ますます商業化・競争が激化する宇宙産業を通して実現するベネフィット

27

インスピレーションと社会的ベネフィット

全ての世代に大きな夢を抱かせ、科学技術分野でのキャリアを追求させることで実現するベネフィット

39

結論

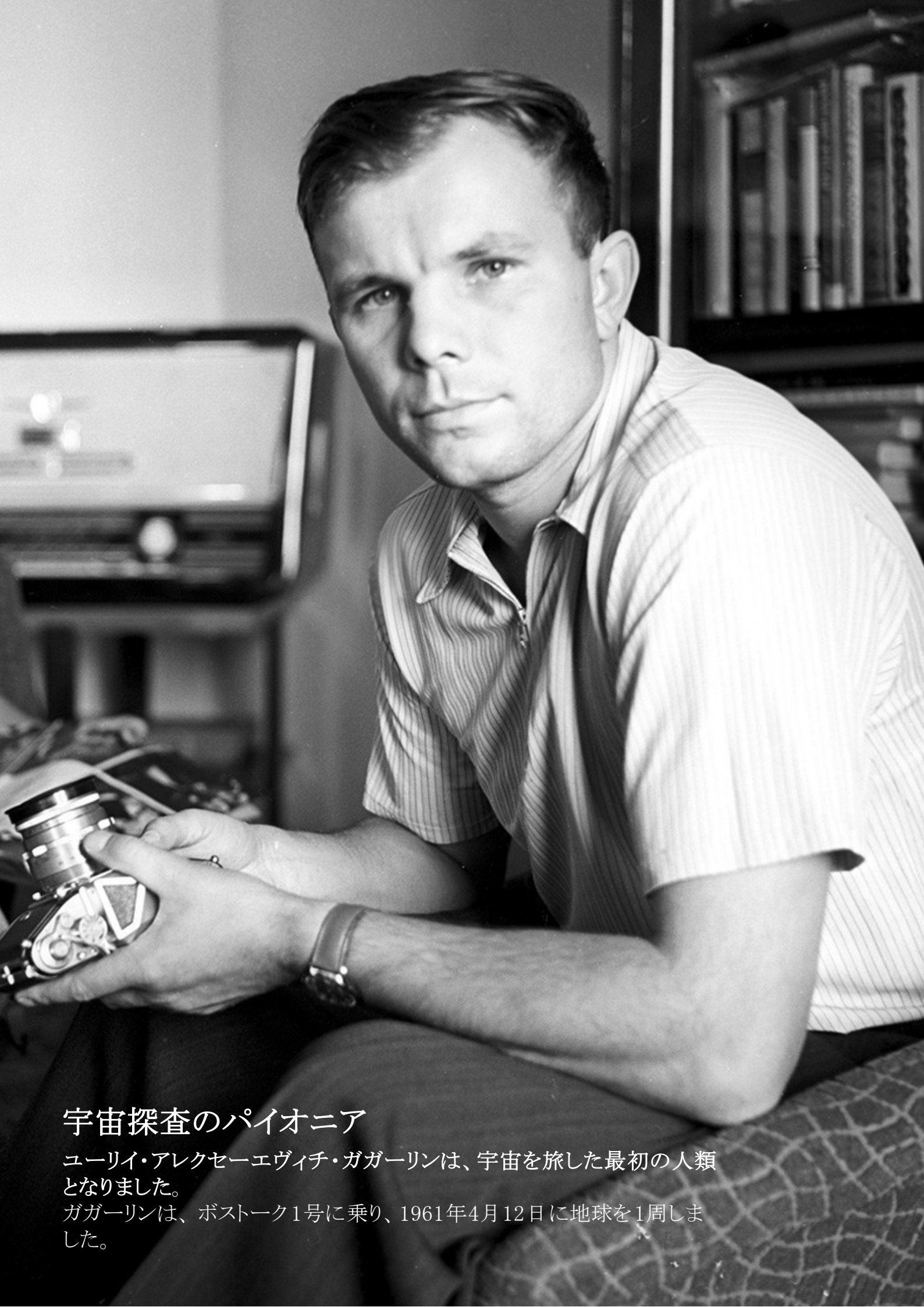
宇宙探査がもたらすベネフィットに関する総括的視点



頭字語、略語、記号

	Example / highlight	
AEB	Brazilian Space Agency (ブラジル)	Agência Espacial Brasileira
AEM	Mexican Space Agency (メキシコ)	Agencia Espacial Mexicana
ASA	Australian Space Agency (オーストラリア)	
ASI	Australian Space Agency (イタリア)	Agenzia Spaziale Italiana
CNES	National Centre for Space Studies (フランス)	Centre National D' Etudes Spatiales
CNSA	China National Space Administration (中華人民共和国)	中国国家航天局
CSA	Canadian Space Agency (カナダ)	Agence Spatiale Canadienne
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (オーストラリア)	
DLR	German Aerospace Centre (ドイツ)	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ESA	European Space Agency (欧州)	
etc.	“and other similar things”	“et cetera”
GDP	Gross Domestic Product	
GER	ISECG Global Exploration Roadmap	
GISTDA	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (タイ)	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
ISECG	International Space Exploration Coordination Group	
ISRO	Indian Space Research Organisation (インド)	भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
ISS	International Space Station	
JAXA	Japan Aerospace eXploration Agency (日本)	宇宙航空研究開発機構
KASA	Korea AeroSpace Administration (大韓民国)	우주항공청
LEO	Low Earth Orbit	
LSA	Luxembourg Space Agency (ルクセンブルク)	
MBRSC	Mohammed bin Rashid Space Centre (アラブ首長国連邦)	للفضاء راشد بن محمد مركز
NASA	National Aeronautics and Space Administration (アメリカ合衆国)	
NZSA	New Zealand Space Agency (ニュージーランド)	
NOSA	Norwegian Space Agency (ノルウェー)	Norsk Romsenter
POLSA	Polish Space Agency (ポーランド)	Polska Agencja Kosmiczna
PTS	Portuguese Space Agency (ポルトガル)	Agência Espacial Portuguesa
ROSA	Romanian Space Agency (ルーマニア)	Agentia Spațială Română
SNSA	Swedish National Space Agency (スウェーデン)	Rymdstyrelsen
STEM	科学・技術・工学・数学	
UAESA	United Arab Emirates Space Agency (アラブ首長国連邦)	للفضاء الإمارات وكالة
UKSA	United Kingdom Space Agency (イギリス)	
UN SDGs	United Nations Sustainable Development Goals	
VNSC	Vietnam National Space Center (ベトナム)	Trung tâm Vũ trụ Việt Nam

和訳を行う上で括弧書きで国名を補足しています。



宇宙探査のパイオニア

ユーリイ・アレクセーエヴィチ・ガガーリンは、宇宙を旅した最初の人類となりました。

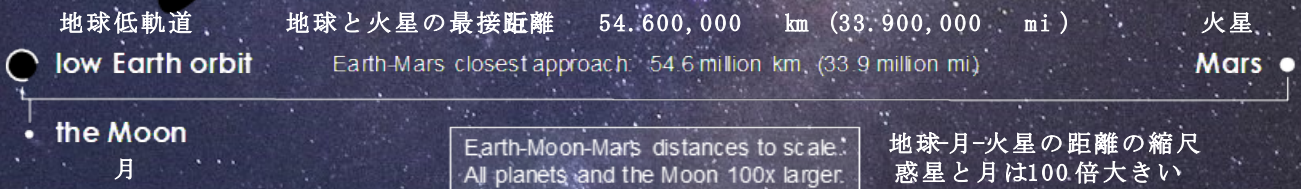
ガガーリンは、ボストーク1号に乗り、1961年4月12日に地球を1周しました。

はじめに

宇宙探査

宇宙探査は人類の努力の象徴として、地上の国境を越えて、さまざまなベネフィットをもたらします。宇宙探査は、インスピレーションと教育を促進し、現在及び将来の世代の想像力を魅了するでしょう。宇宙探査ミッションの刺激的な性質は、好奇心を育み、科学・技術・工学・数学(STEM)分野への関心を刺激すると共に、世界規模の国際協力と外交を推進し、共通の目標に向けて国々を団結させ、相互尊重と理解を促進します。

無人・有人ミッションに焦点を当てて…



すべての人に広範なベネフィットを実現

ベネフィットとは、さまざまな利害関係者が認識している探査 イニシアティブ への投資による定量化可能なプラスの変化を意味します。ベネフィットは戦略的目標の達成を後押しし、次のような形で現れます。

直接的/間接的 意図的/非意図的 有形/無形 即時的/中間的/最終的

ISECGベネフィットモデル

● 探査の原則 ● 宇宙コミュニティにおける多様性と包括性

横断的なテーマ



宇宙探査は、過去数十年にわたって目覚ましい進歩を遂げてきました。人類が月面着陸に成功したアポロ計画から国際宇宙ステーション（ISS）の建設と利用の共同成果まで、宇宙探査は、科学的発見、想像力、インスピレーションもたらしてきました。人類は今、月と火星に向けてかつてないほど野心的な目標を掲げ、探査の新たな章を書き始めていますが、なぜ探査するのかという問いは、依然として重要な意味を持ち続けています。

地球低軌道（LEO）、月・火星探査は、財政的、技術的、政治的な問題に直面しています。貧困と飢餓がなお存在し、気候危機が差し迫る世の中で、批評家は、宇宙探査がもたらすベネフィットが必ずしも多額の費用を正当化するものではないだろうと主張し、競合する社会的ニーズをめぐる資源配分の議論を巻き起こしています。潜在的な事故や損失など、宇宙ミッションに伴うリスクに関する懸念は依然として残っています。

こうした課題にもかかわらず、ますます多くの国々、宇宙機関、企業が宇宙探査を選択するのは、宇宙探査が**地上の多くの人々に非常に現実的かつ具体的な形でベネフィットをもたらすため**です。科学者及び研究者は、宇宙ミッションで収集された独自のデータとサンプルを使用して、宇宙及び人類が宇宙で生活し働く能力について詳しく学びます。起業家は、宇宙探査の商業化が進む中で、新たな民間事業の機会を見出し、幅広い顧客のニーズに合う新たなサービスや製品を開発します。新世代は、未知の領域へ冒険する宇宙飛行士の勇氣と卓越した人格に魅了され、科学技術への研究意欲を持ちます。各国は、野心的な宇宙探査ミッションという共通目標を達成するために平和的に協力し、この共同作業を外交促進の手段として活用します。各政府は、最先端の宇宙技術に投資し、先進経済を活性化させ、高度なスキルを持つ人材を育成します。各国は、宇宙で目覚ましい偉業や初めてのことを成し遂げることで、誇りと帰属意識を育みます。そして、宇宙探査がかけがえのない地球にもたらす新たな視点は、人類を魅了し、団結させます。

国際宇宙探査協働グループ¹（ISECG）は、27 の宇宙機関のフォーラムであり、各機関は異なる目的、協力戦略、資金調達スキームを持ちながらも、宇宙探査における相互の取り組みを調整することで、国際探査戦略を推進しています。

宇宙探査がもたらすベネフィットを効果的に伝えることは、各宇宙機関が意思決定者と強固な関係を築き、市民を巻き込むために非常に重要です。そのためには、共通の視点と各機関独自の視点の両方を包含する統一的視点を明確にする協力的かつ継続的な取り組みが必要であると同時に、国際協力がどのように社会経済的影響を増幅し、地球にとってより広範なベネフィットをもたらすかを示すことが必要です。一貫した透明性のあるコミュニケーションは、市民や意思決定者に役立つ情報をもたらします。これらのベネフィットを活用することで、ISECG の各宇宙機関はパートナーシップを強化し、ISECG の**国際宇宙探査ロードマップ²（GER）**が概説している宇宙探査のビジョンを推進しています。

本書では、現代の実例を挙げながら、各国や組織が**宇宙探査イニシアティブに投資する原動力となるベネフィット**について説明します。このアプローチの不可欠な要素として、ISECG は**ベネフィットモデル**を定義しました。ベネフィットモデルは、5 つのベネフィットカテゴリーにグループ化された 12 のベネフィットで構成されており、それらのベネフィットのすべてが 2 つの横断的テーマによって枠組みされています。

各章で、2 つの横断的テーマとベネフィットカテゴリーを考察します。

¹ www.GlobalSpaceExploration.org

² www.GlobalSpaceExploration.org/wp-content/isecg/GER2024.pdf

インスピレーションと
社会的ベネフィット

“



That's here.
That's home.
That's us.

カール・セーガン

ペイル・ブルー・ドット (淡く青い点)

1990年2月14日にNASAのボイジャー1号が太陽から60億km離れた場所で撮影した地球の写真です。この画像は、科学者カール・セーガンの著書『Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space』のタイトルの由来となりました。

科学的ベネフィット

経済的ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

息をのむようなオーロラの色彩

2015年8月15日、NASAのスコット・ケリー 宇宙飛行士は、ISSのキューボラからこのオーロラの写真を撮影しました。手前は、CSAのロボットアーム（カナダアーム2）、NASAのデスティニー、および ESAのコロンバスです。

横断的なテーマ

- 探査の原則
- 宇宙コミュニティにおける多様性と包括性

NASA



NASAのChristina Koch (クリスティーナ・コック) 宇宙飛行士が撮影した見事な宇宙での自撮り写真。2019年10月18日、Christina Koch 宇宙飛行士は、7時間17分間にわたって宇宙空間で、故障したバッテリー充放電ユニットを予備品と交換しました。

ISECGメンバーが商業化を促進する方法



官民パートナーシップ、革新的な調達、ベンチャーキャピタル投資



月面ミッションの技術開発とペイロードの統合をサポート



宇宙ミッションと宇宙技術の商業化に向けた産業連携を促進



商業的取り組みの支援、技術移転の促進、副産物の商業化



民間資金のみで実施された初の金星探査ミッション、商業的宇宙成果に関する研究、地球-月間輸送技術

ISECG が 2006 年に設立されてから、世界の宇宙コミュニティは急速かつ著しく成長しました。ISECG の各宇宙機関は、国際宇宙探査ロードマップ（GER）を推進し、公共セクターと民間セクターの両方からの新興組織と協力して、堅牢性の高い宇宙探査エコシステムの実現に貢献しています。国内及び国際協力の枠組みを通じて、公共セクターと民間セクターは、永続的かつ持続可能で責任ある有人・無人探査の実現に資する共通の**探査の原則**を遵守しています。その結果として得られる**多様性と包括性（誰もが参入できる機会の提供）**の向上は、イノベーションを促進し、協力の新たな機会を創出し、探査ミッションがより多くの人々に行き渡るようになります。これらのテーマは、本書で説明しているベネフィットのカテゴリー全体に存在し、反映されています。

探査の原則

ISECG の各宇宙機関は、急速に拡大するパートナーシップと協調、そして多くの新たな参加者や利害関係者による将来の市場を構想しています。この世界的な取り組みは、有人・無人探査を持続的にさまざまな目的地に拡大するという野心的な共通目標を達成することを目指しています。

平和的な探査と持続可能性は、いずれも地球に具体的なベネフィットをもたらします。一般の利害関係者、特に過小評価されたコミュニティメンバーの包括的な参加は、責任ある探査の基礎となります。しっかりとしたフィードバックのメカニズムを確立することで、人々の懸念や意見を聞き入れるだけでなく、統合され、宇宙探査の重要な意義に関する教育と認識を育みます。

宇宙探査のもたらすベネフィットはさまざまな分野に波及し、ISECG 国際宇宙探査ロードマップに示された **7 つの探査の原則**によって導き出されます。これらの原則は、永続的かつ持続可能で責任ある有人・無人宇宙探査の特性を表しています。

1. **低費用 - 利用可能な予算でより多くを実現するための革新的なアプローチを構築。** 探査計画の策定と実行を通じて、費用を考慮する必要があります。アーキテクチャは、パートナーシップの下、費用を分担し、再利用可能で信頼性の高い宇宙システムを重視しなくてはなりません。
2. **探査のベネフィット - 探査目標への合致、及び公益の創出。** 持続可能な有人宇宙探査は、探査目標と目的に合致し、国民やその他の利害関係者層に価値をもたらすものでなければなりません。宇宙と他の領域との相乗効果が非常に重要です。
3. **パートナーシップ - 多様なパートナーに早期かつ継続的な機会を提供。** ますます複雑化する探査ミッションを可能にし、維持するには国際協力が不可欠です。協力は、規模の大小を問わず、各パートナーの長期的なベネフィットを考慮しなくてはなりません。目標が一致する民間セクターと協力することで、新たなアプローチが可能になり、宇宙探査を支援するサービスの市場が創出されます。
4. **能力の進化と相互運用性 - 標準インターフェースによる能力の進化。** 既存の能力をベースに、段階的に能力を向上させます。共通のインターフェースとモジュール型アーキテクチャを使用することで、新たなパートナーの参入が容易になり、簡素化され、安全性が向上します。

5. 有人・無人探査ミッションの相乗効果 - 有人・無人探査ミッションの相乗効果を最大化。有人・無人探査システムの独自かつ補完的な能力を組み合わせることで、より広範な目標を効果的、費用対効果高く、安全に達成できるようになります。
6. 堅牢性 - 技術的及びプログラムの課題に対するレジリエンス（回復力）の提供。計画及び行動には、壊滅的な出来事、パートナーの優先順位の変更、利用可能な資金の調整、目標の変更など、計画外の変更や危機的状況に対処できる柔軟性が必要です。重要な機能は、異なる冗長性を可能性限り早期に適用すべきです。
7. 責任ある探査 - 共に平和的に探査。探査活動は、平和的目的のため、かつ、宇宙における国際的義務や原則に則った方法で実施すべきです。これには、探査活動が宇宙環境に与える影響を制限し、将来世代のために宇宙環境を保護する試みを含みます。

宇宙コミュニティにおける多様性と包括性

過去 20 年間で、宇宙探査への世界的なアクセスが増加しました。ますます多くの国が、それぞれの宇宙機関を設立し、宇宙産業は急速に拡大しています。これらの発展により、より多くの組織が喫緊の地球規模の課題に対処し、次世代を鼓舞し、持続可能な開発を促進するための取り組みを支援することが可能になりました。

新興・小規模宇宙機関

宇宙へのアクセス手段の増加により、小規模な新興宇宙機関による宇宙探査ミッションへの参入が次第に容易になりつつあります。新興宇宙機関が宇宙探査ミッションからベネフィットを得るために、能力を構築し、国内産業を発展させる方法があります。国際ミッションの科学チームに参加している科学者や研究者は、ミッションの科学目標の推進に貢献するとともに、国内のスキルと労働力を育成します。小規模な新興宇宙機関も、科学的ペイロードの開発や宇宙技術の実証によって、宇宙能力の構築に貢献しています。小規模な新興宇宙機関は、宇宙飛行士の健康調査を通じて、医学やライフサイエンス、食料安全保障、バイオセキュリティにまで焦点を広げています。宇宙探査に関連する STEM 科目を高校や大学のカリキュラムに導入することで、他分野でも応用可能な高度なスキルを持つ人材を育成し、国家レベルで人材パイプラインの能力を向上させることができます。

下記の取り組みは、宇宙探査への参加がもたらす国内及び国際的なベネフィットを示しています。



アラブ首長国連邦 (UAE) は、宇宙探査が教育と労働力開発にもたらす変革のよい事例です。2010 年以前、UAE では博士号取得者がほとんど輩出されていませんでした。2017 年には、博士課程の学生は高等教育人口の 0.8%未満、基礎科学の学位取得を目指す学部生は 5%未満でした。アラブ諸国初の火星探査機「HOPE」ミッションは、UAE における STEM 教育の大幅な進展を促しました。本ミッションへの参加により、UAE では STEM 関連の大学コース履修が年間約 12%のペースで増加し、全体傾向の 6 倍の速さを記録しました。この増加は、STEM 分野への女性参入の大幅な増加と一致しており、宇宙探査の取り組みが教育の多様性と男女平等に及ぼす影響を示しています。

- ★ Australian Research Council の「Centre of Excellence in Plants for Space (P4S)³」は、宇宙探査プログラムが生物学や農学といった重要な分野でどのようにイノベーションを促進するかを示す一例です。同センターの主な目的は、地球外での持続可能な食糧生産システムを開発し、宇宙での植物栽培の実現可能性を研究することで、長期宇宙ミッションを支援することです。他の科学機関や宇宙機関との国際協力を育むことで、植物生物学の知識を進歩させ、農業慣行を最適化し、地球と宇宙での食糧生産への新しいアプローチを生み出します。この学際的な戦略は、科学的理解を深め、技術革新を促進し、経済成長を刺激し、ひいてはオーストラリアが国際宇宙探査コミュニティにおいて重要な役割を果たすこととなります。
- ★ Polish Space Agency (ポーランド) は、財政的制約とプログラムレベルでの戦略的方向性の欠如に直面した後、宇宙探査の社会的及び経済的ベネフィットを明確にし、活用することができました。こうした継続的な取り組みは、2014 年に POLSA が設立されてから 10 年も経たない 2023 年 8 月に、ポーランド開発・技術省が 2023~2025 年の期間に ESA の活動のためにさらに 3 億 6,000 万ユーロを割り当てるという画期的な出来事につながりました。この金額のうち 2 億ユーロは、ESA プログラムへのポーランド参加に充てられました。この多額の貢献により、ポーランドは多数のプロジェクトで極めて重要な役割を果たすことになり、資金の 90% 以上がポーランドの企業と科学機関にベネフィットをもたらしています。資金増額を確保する上で POLSA が果たした有益な役割は、ポーランドを世界の宇宙産業における主要なプレーヤーとして位置づけながら、宇宙探査を推進するという POLSA のコミットメントを浮き彫りにしています。

民間セクター

宇宙探査の進化は、政府機関と民間企業の両方に変革をもたらします。既存の宇宙機関は、資金源を多様化し、公的予算の圧迫を軽減するために、ますます商業的事業を求める傾向が強まっています。

商業化戦略は、国際的に民間セクターの参入を促進するさまざまな取り組みが含まれます。これらの取り組みは、民間企業が投資リスクと運用責任の大部分を引き受けると同時に、宇宙技術の地上産業への移転と応用を促進します。このような状況において、民間事業体と宇宙機関の協力は共通の探査目標の追求を促進し、大概、宇宙機関が資金提供するソリューションに対して民間事業体が特定の要素を提供しています。そのようなパートナーシップは、民間事業のリスクを軽減する一方で、公共機関はその結果として得られるサービスからベネフィットを享受します。

商業化の包括的な目標は、宇宙産業におけるイノベーションを促進し、新たな市場を開拓することです。商業化は、民間事業体によって開発、製造、運用される包括的な宇宙探査ソリューションの提供や、宇宙機関に当初利用されていたソリューションの別目的での再利用を伴います。商業化の取り組みは、政府や機関の利害関係者から独立した探査イニシアティブへの民間セクターの参入促進を目的とし、研究及び技術開発のために、探査プログラムから得られる成果の商業利用を推進するものでもあります。

³ plants4space.com

科学的ベネフィット

経済的ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

地球

366,000 km

月

64,000 km

地球、月までの総距離

壮大な記録

地球と月を振り返る、オライオン宇宙船 – アルテミス ミッション において、2022年11月28日に壮大な記録を打ち立てました。NASAのオライオン宇宙船は、地球から約43万km、月からは6万4,000 km以上離れた地点に到達しました。この記録は、人類が開発した宇宙船がこれまでに飛行した 最長距離です。

NASA



科学的ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

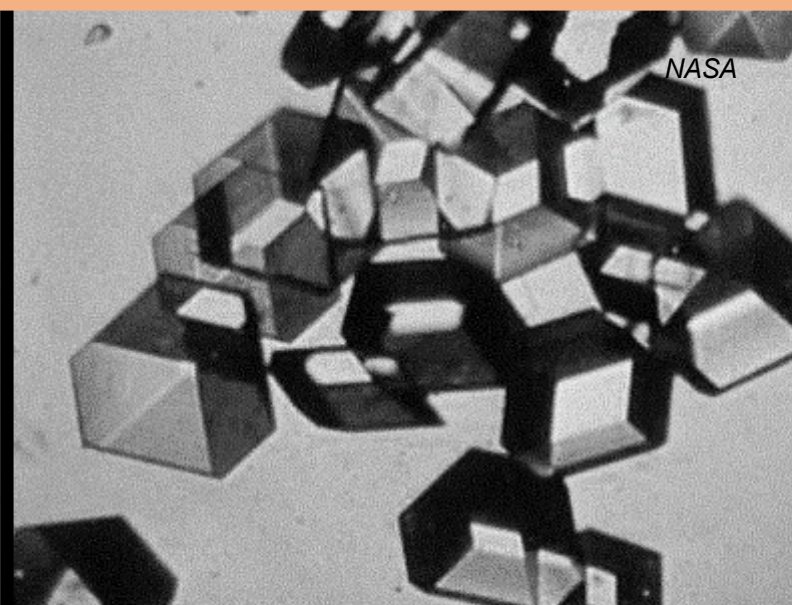
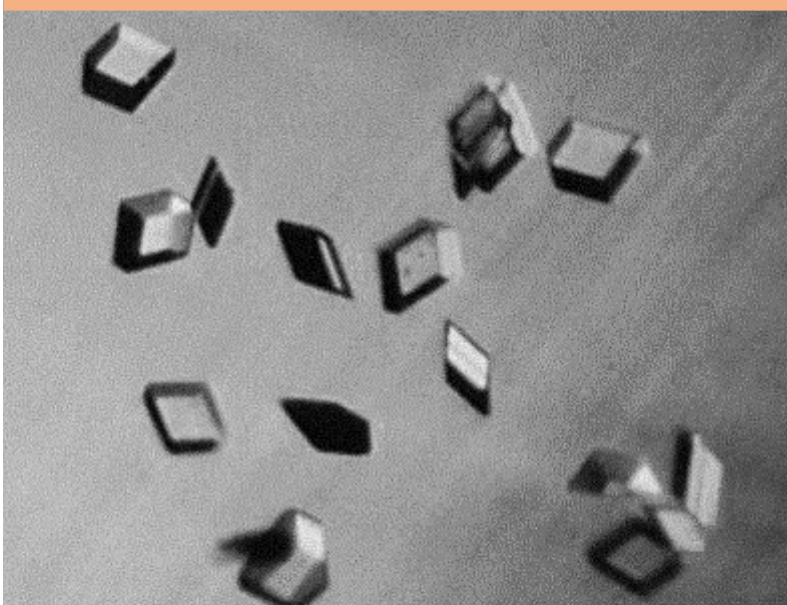
宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

「天宮」

この画像は、2021年11月に宇宙ステーション「天宮」で実施された神舟17号の最初の宇宙遊泳中に、天和に搭載されたパノラマカメラAによって撮影されました。

科学的ベネフィット

- 研究能力の開発と維持
- 科学の機会の創出
- 科学的な疑問への回答および知識ギャップの解消



科学者が重要な酵素の構造を特定する際に役立ちました。

探査の本質は、未知の世界へ踏み込み、人間の知識の限界を超えるものを発見することです。科学と発見の間には本質的なつながりがあり、宇宙探査から得られるベネフィットとして、新たな科学的知識の創造が挙げられます。宇宙及び宇宙で人間が生きる力についてより深く知ることは、科学の卓越性を加速させ、ひいては深宇宙探査を可能にする新技術の開発を促進します。

宇宙での科学的調査から得られるデータは、発見を促進し、地上の生活に具体的な影響をもたらします。健康、輸送、公共安全、エネルギー、環境、情報技術、自動化などの分野にわたる技術的及び科学的進歩は、宇宙探査が私たちの社会に大きく貢献していることを反映しています。

地球低軌道、月、火星などの目的地への探査活動は、地上で再現することが不可能な宇宙環境にさらされて科学的調査を行う機会をもたらします。月・火星での無人探査ミッションは、地球物理学や惑星科学に新たな洞察を生み出しています。火星の環境と進化、現在の状況に関する基礎的な科学的調査は、地球型惑星の進化に関する基本的な情報を明らかにし、地球上の気候変動プロセスを理解するためのモデルとなる可能性があります。

研究能力の開発・継続

地球外環境における生命の研究を目的とする研究プラットフォーム及びインフラの開発・運用は、宇宙探査活動の一連の流れにおける初期段階のベネフィットとなり、最終的には科学的目標の達成を可能にします。

科学者は、宇宙空間や月、火星の厳しい環境を模擬するために、**地上で多様な環境を再現することに成功しました**。これらの地上の類似環境は、極限環境での生活や労働の影響をより深く理解するための科学的調査を行う上で役立ちます。

- ⑤ **Cooperative Adventure for Valuing and Exercising human behaviour and performance Skills (CAVES)** は、世界中の宇宙飛行士が極限状態の宇宙環境を模した洞窟で科学実験を行いながら、チームワークと問題解決スキルを学ぶ ESA の訓練コースです。宇宙飛行士らは、地下深く向かい科学実験を行い、その環境をマッピングし、自らの活動を記録します。
- ⑤ **EnviHab (DLR)や MEDES (CNES)などのベッドレスト研究**は、長期間の宇宙生活を再現し、人体が無重力状態に適応する仕組みについて科学者にさらなる知見を提供します。ボランティアは、頭を水平より 6 度下に傾けたベッドで数日間過ごします。彼らは、頭を下げた姿勢で食事を摂り、運動し、シャワーを浴びます。
- ⑤ **NASA 極限環境ミッション運用 (NEEMO)**では、宇宙飛行士がフロリダ沖の海底実験室に滞在し、宇宙ミッションを模擬し、船外活動の訓練を行います。NEEMO は、宇宙飛行士たちがチームとして共に生活し、作業するための訓練を行うことを目的としています。
- ⑤ **ESA/Russian Institute for Biomedical Problems (IBMP)の Mars500 実験 (2007～2011 年)**と、南極の ESA **Concordia** station での活動は、将来の火星有人ミッションの準備に不可欠な、長期宇宙ミッションの心理的および社会的動態を調査しています。

ISS は、比類のない研究プラットフォームとして機能し、長期の放射線及び無重力状態への科学者のアクセスを可能にし、材料科学、基礎物理学、化学、生物学、医学、技術開発にわたる学際的な科学的調査を実施しています。科学者は、研究に新たな可能性をもたらす月や火星周辺のインフラやミッションからもベネフィットを得ています。

- ★ ISS の外部に取り付けられた計器は、NASA のデータと画像を使用する没入型 3D Web アプリケーション **Eyes on Earth** などのアプリケーションに豊富なデータを提供しています。ISS は、軌道上の他の NASA 地球観測ミッションとともに、気候変動を研究するための主要なプラットフォームの 1 つであり、長期にわたって気候に影響を及ぼす要因を科学者が追跡するのに役立っています。
- ★ ISRO の**チャンドラヤーン 3 号**ミッションは、月の南極への着陸に成功した初のミッションであり、月面探査に関する新たな知見をもたらしました。ローバーに搭載された科学機器は、南極付近の月面の元素組成について史上初のその場観測を実施しました。測定によりこの領域で硫黄の存在が確認されましたが、これは月周回衛星の機器では成し得なかったことです。
- ★ 2024 年 1 月、JAXA の**小型月着陸実証機 (SLIM)** が、日本初の月面着陸に成功し、10m 以内、おそらく 3~4m の精度での高精度着陸技術を実証しました。SLIM は、誘導航法や月面の画像照合など、将来の高精度着陸技術にとって不可欠なデータを収集しました。

科学の機会の創出

ますます多くの機関や商業団体が、LEO だけでなく月・火星環境においても、科学者に幅広い研究機会を提供しています。火星サンプルのキュレーションと分析に向けた準備活動も進行しています。

低重力プラットフォームは一層アクセスしやすくなり、新規参加者は各国の科学者や専門家と協力し、重要な科学的データや画期的な成果を生み出します。こうした共同の取り組みにより、多様な背景を持つ科学者が集まり、研究課題を策定し、コンソーシアムを設立することで、将来の研究の優先順位を形作る機会が生まれます。

各宇宙機関の**公募**により、世界中の科学者が参加し、医学やテクノロジーなどの分野で画期的な宇宙研究が促進されます。宇宙科学は、小規模または新興の宇宙機関に、国際的な研究フォーラムに参加することで野心的な宇宙探査ミッションに参入する機会を提供します。

- ★ ASI の**宇宙生物学への資金提供発表**⁴は、科学プロジェクトや実験を支援することで、この分野の進歩を促進することを目的としています。ASI は、科学コミュニティとの協力と相乗効果を通じて、宇宙生物学研究におけるイタリアの地位向上を目指しています。ASI は自らの宇宙生物学ロードマップを踏襲して、地上の類似環境を活用し、有人・無人探査能力を高める実験や取り組みへの資金提供を目指しています。

⁴ ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022cosp...44.2769N/abstract

科学の疑問に答え、知識のギャップを埋める

科学と探査は相互に有益な関係にあります。探査は科学的探究を促進し、科学の進展はさらなる探査を可能にします。月・火星への無人探査ミッションは、新たな理論、応用及び技術の開発を促す科学的疑問を生み出します。新たな材料、推進方法及び生命維持技術の開発により、地球低軌道、月、火星への長期ミッションが可能になります。

宇宙環境の独特な条件により、科学者は地上では観察できない生物学的及び物理的プロセスを調査することができ、重要な発見につながり、新しいミッションの定義に役立ちます。

生命科学. 科学者は、ISSに滞在する宇宙飛行士の生理機能を調査することで、長期ミッションが人体に及ぼすさまざまな影響を理解することができます。これらの研究の結果は、有人宇宙飛行に伴うリスクを軽減する、より優れた生命維持システムや対策の開発において重要です。

惑星科学. 科学者は、月や火星での惑星の形成、地質学、そして潜在的な居住可能性を理解するために、他の探査ミッションで得られたデータを用いています。

材料科学. 宇宙と地上の両方で、より優れた特性と幅広い用途を持つ新材料の開発。

技術開発. 宇宙探査における技術の進歩は、改良型太陽電池パネル、埋め込み型心臓モニター、光による抗がん療法、コードレスの道具、ジェットエンジンタービン用の軽量耐熱合金、地球規模の搜索救助システム、生物医学技術など、地上の進歩にもつながっています。

これら多くの科学的調査の結果は、数多くの学術論文、会議録、書籍、博士論文として成果になっています。

- ★ NASA と JAXA の研究において、ISS で実施された**結晶研究**が、いくつかの病気の潜在的な治療法の特定にどのように役立っているかが示されています。⁵科学者たちは、20 年以上にわたって ISS の無重力環境でタンパク質結晶を成長させることで、タンパク質の分子構造に関する重要な洞察を得てきました。この知識は、より効果的で副作用の少ない標的治療薬の設計に役立ち、地上の人々の健康にベネフィットをもたらしています。
- ★ ESA の**乾式電極技術**は、もともと無重力環境で宇宙飛行士の健康状態をモニタリングするために開発されましたが、現在では胎児心臓病専門医が胎児の心拍を心電図で検出し、継続的にモニタリングすることを可能にしています。⁶この非侵襲的（生体を傷つけない）技術は、自宅での胎児の高精度モニタリングへの道を開く可能性があります。
- ★ 2020 年、JAXA の小惑星探査機「はやぶさ 2」のミッションは、小惑星リュウグウからサンプルを持ち帰ることで歴史を刻み、炭素質小惑星、地球近傍小惑星の環境、そして太陽系の形成に関する重要なデータを提供しました。水やアミノ酸などの有機物を含有するこれらのサンプルは、生命の起源に関する洞察をもたらしています。

⁵ www.nasa.gov/missions/station/iss-research/crystallizing-proteins-in-space-helping-to-identify-potential-treatments-for-diseases

⁶ space-economy.esa.int/article/145/esa-technology-transfer-success-story-dry-electrodes-to-monitor-vital-signs-from-astronauts-in-space-to-foetuses-in-utero

科学的ベネフィット

経済的ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

宇宙探査エコシス
テムのベネフィット

赤い惑星(火星)を地球に持ち帰る

2022年12月、火星探査車Perseveranceは、地球に持ち帰る火星岩石のサンプルを収めたチューブを投下した際、アーム先端に取り付けられたカメラでこの写真を撮影しました。



科学的
ベネフィット

経済的
ベネフィット

宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

世界初の軌道上の金属 3D プリンターが宇宙 飛行に革命をもたらす

2024年1月、宇宙における3Dプリントの導入、
特にステンレス鋼線材を使用した金属プリントの導入は、
宇宙探査において画期的な出来事です。

経済的ベネフィット

- 経済成長への貢献
- イノベーションの向上
- 商業探査サービスの実現



インテュイティブ・マシーンス社

Intuitive Machine(IM-1)宇宙船が、着陸前に送信した月表側の初画像



タレス・アレーニア・スペース社

Thales Alenia Space 社は、元請業者のNorthrop Grumman 社と連携して、月周回有人拠点 Gateway の居住・ロジスティクス拠点 (HALO) モジュールを開発中



NASA/MSFC/D. Higginbotham

NASAのマーシャル宇宙飛行センターで、欠陥のない革新的な摩擦攪拌溶接プロセスを用いて製造されたアルミニウムドーム。

宇宙探査は、経済成長と技術革新を促進します。宇宙用に開発された技術は、集積回路、スマートフォン用小型カメラ、浄水システム、住宅断熱材、低反発ウレタンなど、多くの高価値製品やサービスと結びつけることができます。宇宙探査は、雇用と起業家をサポートし、STEM 分野での高度な技能を持つ人材を育成するとともに、新しい市場の開発を可能にします。宇宙ミッションは、具体的かつ目に見える経済的ベネフィットをもたらす最先端技術を専門とする新興企業や中小企業を生み出しています。

経済成長への貢献

過去 10 年間で、公共セクターと民間セクターの両方から宇宙探査への投資が急増しました。野心的な月面ミッションと地球低軌道での有人宇宙飛行の機会に後押しされ、2032 年までに宇宙探査への世界的な政府の資金提供は 330 億ドルに達すると予測されています。⁷宇宙探査プログラムへの投資の見返りは、必ずしも直接的かつ即時的ではありませんが、常に経済成長に貢献しています。

宇宙探査への投資はサプライチェーンを通じて波及し、直接的、間接的、そして誘発的な影響を通じて経済成長を生み出します。宇宙探査活動に直接携わり、付加価値のある宇宙探査に関する製品やサービスを展開できる人材には、質の高い仕事と高給がもたらされ、**直接的な経済成長**につながります。また、サプライチェーンで費やされる資金による**間接的な経済成長**及びより広範な経済における従業員や請負業者の個人的支出による**誘発的な経済成長**もあります。これらの経済的影響は最終的に加算され、国内総生産（GDP）や政府の税収増加につながります。

各宇宙機関は、さまざまな経済モデルを用いた社会経済学的研究を通じて、宇宙探査活動が経済成長にもたらす貢献を測定しています。^{8,9,10} 宇宙探査がもたらす影響について、政府、民間、または学術の報告書の例は数え上げると切りがありません。社会経済学的研究によると、宇宙探査への投資は強固な生産力と雇用の乗数効果がある分野に集中しており、これは大きな経済成長を促進する可能性を示しています。

★ NASA の**経済効果分析**によると、Moon to Mars campaigns のプログラムとプロジェクトが、2021 年度に米国全体で 9 万件以上の雇用、200 億ドルの経済生産高、推定 22 億ドルの税収がもたらされたと報告されています。¹¹

★ ESA の Terrae Novae プログラムに関する **SEI-2022 社会経済的影響調査**¹² によると、参加国の経済にとって有望な展望を明らかにしています。このプログラムは、2023 年から 2030 年にかけて 23,000 件以上の雇用を維持し、欧州経済に 28 億ユーロ以上の総付加価値（GVA）をもたらすとともに、各政府が 8 億ユーロ以上の税収を獲得できるようにすると予測されています。経済予測によると、Terrae Novae の活動から生じる 1 ユーロごとに、広範な経済において追加で 3.4~3.8 ユーロが刺激されることが明らかになっています。

⁷ digital-platform.euroconsult-ec.com/product/prospects-for-space-exploration

⁸ www.asc-csa.gc.ca/eng/publications/state.asp

⁹ www.bcg.com/publications/2023/italy-more-than-a-space-programme

¹⁰ www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2221341120

¹¹ www.nasa.gov/wp-content/uploads/2022/10/nasa_fy21_economic_impact_report_brochure.pdf

¹² youbenefit.spaceflight.esa.int/sei-2022

イノベーションの加速

宇宙探査の独特かつ厳しい課題は、イノベーションを加速させます。宇宙における人類の継続的な滞在を維持するには、推進システム、生命維持システム、ロボット工学、宇宙医学、航法、通信など、多くの分野での飛躍的な進歩が必要です。宇宙用機器やインフラは、コンパクトで軽量かつ高い信頼性を備える必要があり、技術者は厳しい制約に対応するために、革新的なソリューションを開発することが求められます。宇宙探査の取り組みを通じて達成された**技術的進歩**の多くは、他の方法では実現しなかったでしょう。

このような技術的進歩は、宇宙や地上での商業向けの新たな製品やサービスの創出につながる応用をもたらします。イノベーションの過程には困難や紆余曲折があり、宇宙技術が地上の日常的な用途に適用及び再利用される道のりは、必ずしも平坦ではありません。宇宙探査技術は最初から地上での応用を念頭に置いて設計されることもあります。宇宙技術の直接的な利用や適応から、地上での派生的応用が生じる場合もあります。また、過去の宇宙探査への投資が派生的応用につながり、数年後に実用的な商業的応用につながるケースもあります。



Heraeus Precious Metals 社は、ISS で試験を経た**抗菌コーティング技術**である AGXX 技術を開発しました。この技術は、酸化還元反応と微小電界効果によってバイオフィーム形成や細菌の増殖を防ぎます。もともと宇宙用に考案されたこの技術は、Aponix 社との協力を通じて農業食品分野に応用されています。Aponix 社は、**innovative crop management through high-density vertical urban farming**¹³を先駆的に行っている企業です。都市部に設置することで、現地生産を強化し、輸送距離を短縮し、環境への影響を低減しています。



Columbus Automatic Identification System は、**軌道から海上交通をモニタリングする技術**を評価するために、Norwegian Defence Research Establishment と Kongsberg Seatex 社及び LuxSpace 社によって開発されました。これは ISS でのコンセプト実証として始まり、現在、ノルウェーは 5 機の国家用超小型衛星に AIS 受信機を搭載して運用しています。これらは、海上で危険にさらされている船舶のモニタリングや油を流出した船舶の特定、救助活動の調整への支援のために、多くの海事当局が使用する重要な交通データを提供しています。



バイオモニター¹⁴は、ISS における宇宙飛行士の日常生活中にバイタルサインをモニタリング及び記録するために、Carré Technologies 社が設計した**オールインワンのウェアラブル技術**です。このシステムは、寝たきりの人々、外出できない人々、または医療サポートへのアクセスが限られた農村地域に住む人々を支援するために、地上でも使用できます。鉱山や工業地帯、工場などの危険な環境で働く医療従事者のモニタリングや、アスリートのパフォーマンス向上にも使用できます。



NASA のスペース・ローンチ・システム (SLS) のタンクは、Friction Stir Welding (摩擦攪拌接合) を使用して製造されています。この溶接技術 **Solid-State Processing (固体状態接合プロセス)** により、強固でほぼ欠陥のない継ぎ目を実現します¹⁵。Nova-Tech Engineering LLC 社は、NASA の技術をライセンス供与され、自動格納式ピンツールを使用してこの接合プロセスを大幅に改善しました。このイノベーションにより、同社の溶接機は、沖合掘削リグの配管、装甲板、ロケット製造のために効果的な溶接ができるようになりました。



ISS での消毒を目的に開発された**低温プラズマ技術**は、Terraplasma 社によって地上の食品及び健康用途に応用されています。その用途の 1 つとして、低温プラズマを使用して創傷の治癒を最適化及び早める低温プラズマ療法があります。¹⁶派生的な応用として、果物や野菜の細菌やカビを減らすためのプラズマ活性化水の製造が挙げられます。

¹³ youbenefit.spaceflight.esa.int/revolutionising-terrestrial-crop-management-with-space-tech

¹⁴ www.asc-csa.gc.ca/eng/sciences/bio-monitor.asp

¹⁵ [spinoff.nasa.gov/pdf/Orion and SLS flyer.pdf](https://spinoff.nasa.gov/pdf/Orion%20and%20SLS%20flyer.pdf)

¹⁶ youbenefit.spaceflight.esa.int/plasma-for-a-safer-world

商業探査サービスの実現

商業探査サービスは、宇宙探査の重要な推進力としてますます重要になっています。宇宙機関は、地球低軌道、月面、そして長期的には火星経済の創出を通じて、宇宙探査の加速化を目指しています。商業サービスは、宇宙へのアクセスをより多くのユーザーに開放し、顧客が自分のニーズや要件に直結するサービスのみ購入を可能にし、ユーザーのコストリスクを削減し、複数のサービス提供者を通じて冗長性と競争力を高めるなど、多くのメリットをもたらします。例えば、商業打上げサービスの可用性が増え、さまざまなユーザーのニーズに応えるようになったことで、2010 年代以降、宇宙へのアクセスにかかるコストと時間は低下し続けています。

宇宙探査は依然として政府の投資によって推進されていますが、宇宙での事業を可能にし、実施するためのイノベーションを促進する独自の規制、政策、商業的な枠組みによって形作られています。過去 20 年間、各宇宙機関は企業に ISS での科学実験や技術テストの機会を提供することによって、**地球低軌道における商業利用**の道を切り拓いてきました。ISS にとどまらず未来を見据えた場合、地球低軌道サービスの商業化は、軌道上製造、製薬研究、民間宇宙飛行士の飛行といった市場の拡大を引き続き促進するでしょう。

★ **Bartolomeo** は、欧州のコロンバス実験棟に取り付けられたプラットフォームで、政府機関と民間組織の外部ペイロードを両方とも受け入れています。Bartolomeo は、地球観測、ロボット工学、材料科学、天体物理学のペイロードを受け入れることができます。

★ JAXA は、ISS の「きぼう」日本実験棟の民間利用促進に取り組んでいます。Space BD 株式会社と三井物産株式会社は、民間セクターから選ばれ、**小型衛星展開サービス**¹⁷を提供しています。この協力を通じて、利用可能な展開能力の 70%がこれらの企業に移管されました。Space BD 株式会社は、外部実験機器の 1 つである中型曝露実験アダプタ (i-SEEP) を使用するサービスのプロバイダーとして選ばれました。

各宇宙機関による深宇宙探査の取り組みが加速し、民間セクターがより多くの経験を積む中で、宇宙における商業活動は地球低軌道を越えて急速に拡大しています。**商業的な月面ペイロード**の実施は、商業宇宙探査サービスと民間企業が持続的な月面探査を実現するために果たす重要な役割を示しています。

★ NASA は複数の米国企業と協力し、**Commercial Lunar Payload Services**¹⁸ (CLPS) を通じて、月面に科学技術を届ける取り組みを行っています。アルテミス計画の下で、商業的な輸送は 2024 年に開始され、科学実験の実施、技術試験、そして月面探査や有人ミッションに向けた準備を支援する能力の実証が行われています。

★ 2024 年 2 月、Intuitive Machines 社は初の CLPS による着陸に成功しました。**IM-1 ミッション**¹⁹ は、6 つの NASA ペイロードを月面南極近くの着陸地点に運びました。この領域は、持続的な人類の存在を支える可能性があり、科学的可能性に富んでいます。IM-1 ミッションのペイロードは、今後のアルテミス計画における着陸のリスク評価に焦点を当て、通信、航法、高精度着陸技術の実証を行い、同時に宇宙天気の詳細なデータ収集や月面近傍でのロケットエンジンの使用に関するデータを取得しました。

¹⁷ humans-in-space.jaxa.jp/en/biz-lab/experiment/facility/ef/jssod

¹⁸ www.nasa.gov/commercial-lunar-payload-services

¹⁹ www.intuitivemachines.com/im-1

科学的ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット



忘れられた宇宙飛行士

NASAの宇宙飛行士マイケル・コリンズは、1969年7月22日にアポロ11号ミッションにおいて、最終 月面着陸フェーズで撮影された写真に、ただ一人、写らなかった宇宙飛行士でした。



NASA

科学的ベネフィット

経済的ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

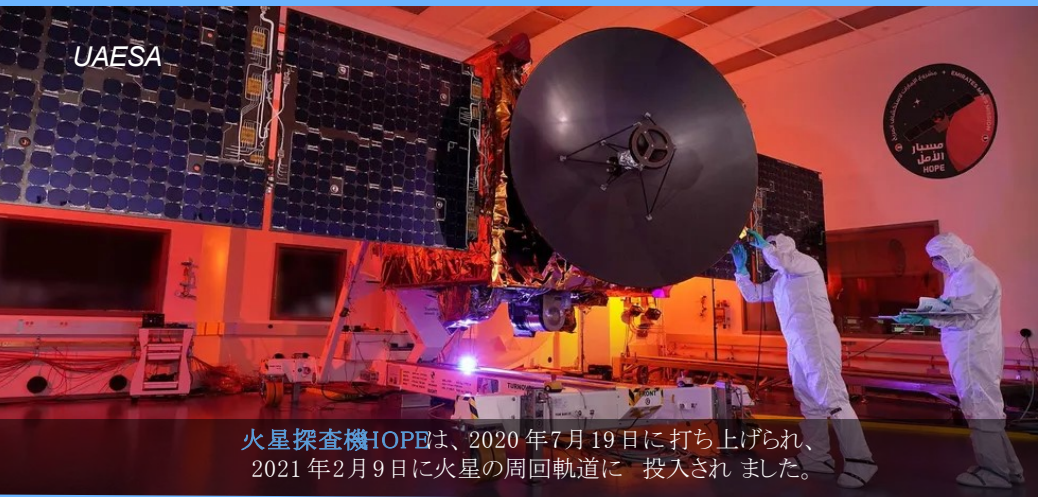
宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

眺めのよい国際宇宙ステーション

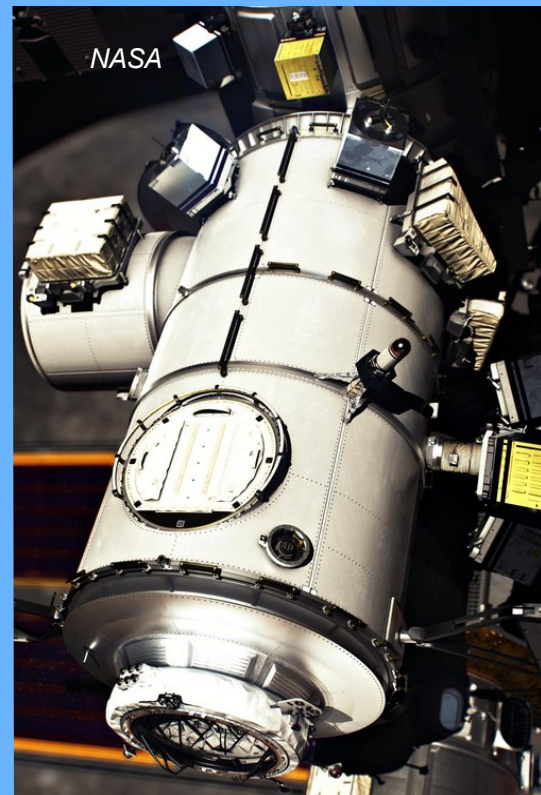
NASA の宇宙飛行士 Jessica Watkins (ジェシカ・ワトキンス) が浮かぶ、ISSのキューポラは、地球や天体を軌道上で観察できる見晴らしのよい場所です。

国際協力のベネフィット

- 国際的なパートナーシップ
- 地球規模の課題に対処する新たな手段



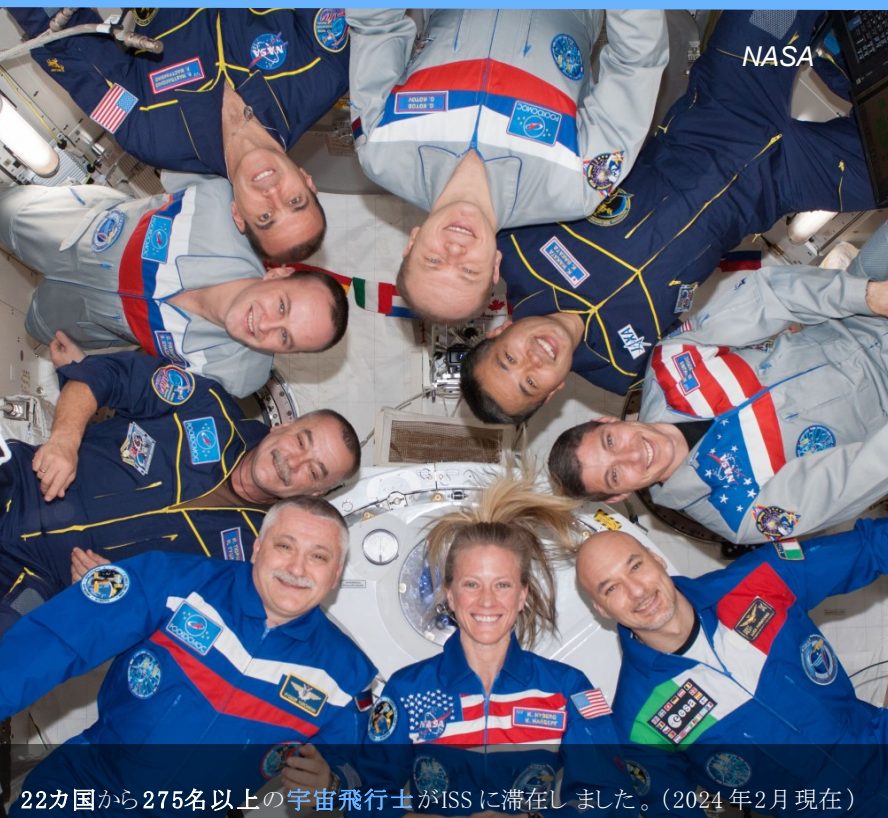
火星探査機HOPEは、2020年7月19日に打ち上げられ、2021年2月9日に火星の周回軌道に投入されました。



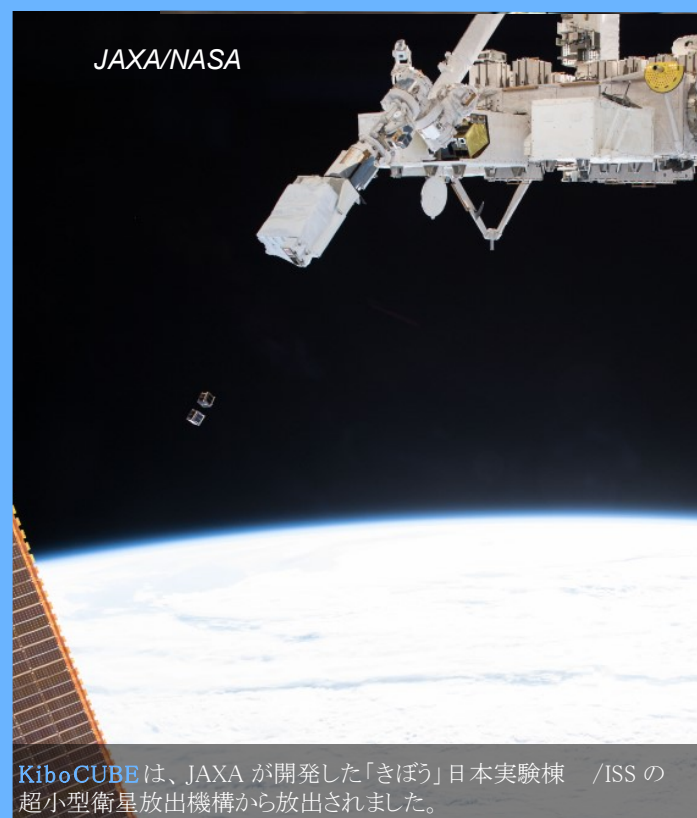
Crew and Science Airlockモジュールは、月周回有人拠点 Gateway の出入り口です。



EZResus diagnosis solution は、宇宙での医療 緊急事態に対応できる可能性があり、すでに地上の遠隔地域における医療ニーズへの対応に役立っています。



22カ国から275名以上の宇宙飛行士がISSに滞在しました。(2024年2月現在)



KiboCUBEは、JAXAが開発した「きぼう」日本実験棟 / ISSの超小型衛星放出機構から放出されました。

有人・無人宇宙探査ミッションは、先進的な技術と多大な投資が必要です。各宇宙機関は、各自の目的を達成するために他の組織との協力関係を常に必要としています。国際的なパートナーシップの構築と、パートナー間での継続的な協力の促進は非常に重要です。国際協力は、資源や専門知識の共有を促進し、地球規模の課題に対応するための革新的な解決策への道を拓きます。

国際的なパートナーシップ

宇宙探査は強力なパートナーシップで形成されています。国際協力により、専門知識、技術、インフラが集約され、国際協力がなければ実現できない野心的な宇宙探査ミッションが遂行可能になります。有人宇宙飛行と深宇宙無人探査ミッションは、多様な資源と多大な継続的投資を必要とする非常に複雑な取り組みです。国際的なパートナーシップを通じて、大・小規模の宇宙機関や民間企業が、自国の産業の専門知識及び人材、専門分野を活かして、大規模なミッションに貢献することができます。また、国際協力のパートナーはリスクを分担し、遅延や失敗が及ぼす影響を軽減しながら、これらの活動からベネフィットを得ることができます。



これまでに試みた中で最も野心的な協力プロジェクトの一つである ISS は、共通の目標を達成するための国家間の平和協力の力を体現しています。1998 年以来、ISS は 5 つの宇宙機関のパートナーシップによって継続的に運用されており、多くの参加組織で行われているさまざまな活動の計画、調整、監督において驚くべき成果を上げています。ISS は世界中の科学者や宇宙飛行士に軌道上の実験室へのアクセスを提供し、ベネフィットを共有することで、国際的な科学的協力を可能にしています。ISS における国際協力は、ISS 運用上の課題、経済的課題、そして地政学的課題に対して驚くべき柔軟性を保っています。



再び月への有人飛行をサポートするため、NASA が主導している月周回有人拠点 Gateway（ゲートウェイ）²⁰ 計画は、有人宇宙探査における次の大規模な国際協力であり、最初の月面基地を確立することを目指しています。新しい基地は、国際的な機関及び商業パートナーとの協力により、開発、整備及び活用されることになります。Gateway は、強力な ISS パートナーシップを活用し、新たなパートナーシップを育んでいます。2024 年、NASA と UAE の Mohammed bin Rashid Space Centre (MBRSC) は、アラブ首長国連邦が Gateway のために Crew and Science Airlock²¹を提供することを発表しました。



UAE は、宇宙探査の分野では比較的新しい参加国であり、2014 年に UAE Space Agency (UAESA) が設立されました。UAE は、築き上げた広範な国際的なパートナーシップを活用し、宇宙探査の分野において急速に主要なプレーヤーの一つとなる道を切りひらいてきました。UAE の国際的なパートナーシップにより成功したミッションの一つである火星探査機「Hope」²²は、3 つの最先端の科学観測機器を用いて火星の大気の詳細な画像を提供する任務を担っています。このミッションは、米国の大学と協力して実施され、2020 年に日本から打ち上げられました。

国際的な課題に対処する新たな手段

野心的な探査目標を達成するためには、地上の国際的な課題に対処するための協力的な取り組みが必要です。宇宙探査へのこれまでの投資は、宇宙の技術を地球の課題目的に活用することでも大きな進展をもたらしました。絶え間ない技術進歩にもかかわらず、気候変動や、食糧・浄水・

²⁰ www.nasa.gov/mission/gateway

²¹ www.nasa.gov/news-release/nasa-united-arab-emirates-announce-artemis-lunar-gateway-airlock

²² www.emiratesmarsmission.ae/hope-probe/instruments

医療へのアクセスの制限など、人類は重大な社会的、環境的課題に直面し続けています。宇宙探査のために確立された協力と技術は、これらの課題に取り組む上で重要な役割を果たし、各宇宙機関がさまざまな方法で地球と宇宙の持続可能な開発に貢献することを可能にしています。各宇宙機関は、教育水準の高い労働力の育成、先進技術の導入、そして国家間の不平等の是正に貢献することができます。

★ 国連宇宙部（UNOOSA）と JAXA の協力の成果である **KiboCUBE**²³は、宇宙探査における国際協力が、全ての人々にとって持続可能な開発と宇宙へのアクセスをどのように支援できるかを示す代表的な例です。このプログラムは、ISS から超小型衛星を放出する機会を宇宙新興国に提供し、それによって宇宙活動の敷居を下げ、宇宙工学における新興国の能力向上に貢献し、最先端技術の開発のための教育と訓練を支援しています。「きぼう」日本実験棟は、2015 年以降、ケニア初の衛星「1KUNS-PF」²⁴やグアテマラ初の衛星「Quetzal-1」²⁵を含む、70 機以上の超小型衛星を放出しています。

各宇宙機関は、宇宙で人間が生活し、働くために開発された技術が、地上での生活にベネフィットをもたらす地上応用との相乗効果を発揮するように取り組んでいます。宇宙飛行士が直面する孤立、閉塞感、地球からの距離に伴う弊害は、孤立したコミュニティに住む人々や過酷な環境で働く人々の弊害に類似しています。

★ 多くの遠隔地コミュニティが直面している課題に、医療サービスへの不平等なアクセスや新鮮な食料不足があります。CSA の **Deep Space Food Challenge** と **Deep Space Healthcare Challenge** は、将来の宇宙ミッション用の食糧生産と宇宙飛行士の健康を維持する新技術の開発を目指し、さらに地上での医療アクセスと食糧生産の機会拡大を目的にしています。この取り組みは、最小限の資源で栄養豊富で新鮮な食物生産を目的とした、遠隔地の環境で運用できるモジュール式の室内食料生産システム「CANGrow」と救急蘇生の最初の 1 時間に救急隊員が必要な情報（診断から必要な薬剤投与量や器具などの情報）を簡素化して提供するアプリケーション「EZResus」の開発につながりました。「EZResus」は、地上の数千人の医療従事者に使用されており、救命処置を行う場合もあります。

小惑星や彗星と地球との衝突は、人類が防がなければならない極めて重大な自然災害です。各宇宙機関は、潜在的に危険な小惑星の物理的特性を学び、衝突を回避する技術を開発し、被害を最小限に抑える手段を得ることを目指して、惑星防衛の問題に取り組んでいます。

★ 2022 年 11 月に実施された NASA の **Double Asteroid Redirection Test**²⁶（DART）は、世界初の惑星防衛の技術実証試験でした。DART は、キネティックインパクト探査機を用いて小惑星の偏向手法を実証しました。探査機は、10 か月以上にわたって航行し、小惑星ディディモスの衛星ディモルフォスに意図的に衝突しました。ミッションは片道航行でしたが、地上チームは小惑星を正確に捉え、その軌道を変えることに成功しました。衝突の 15 日前に、ASI が開発した DART の子衛星 **Light Italian CubeSat for Imaging of Asteroids**²⁷（LICIACube）が宇宙船から放出され、DART が衝突した際に吹き出した物質の噴煙を撮影しました。

²³ www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/access2space4all/KiboCUBE/KiboCUBE_Index.html

²⁴ global.jaxa.jp/press/2018/05/20180511_1kuns-pf.html

²⁵ iss.jaxa.jp/en/kiboexp/news/191227.html

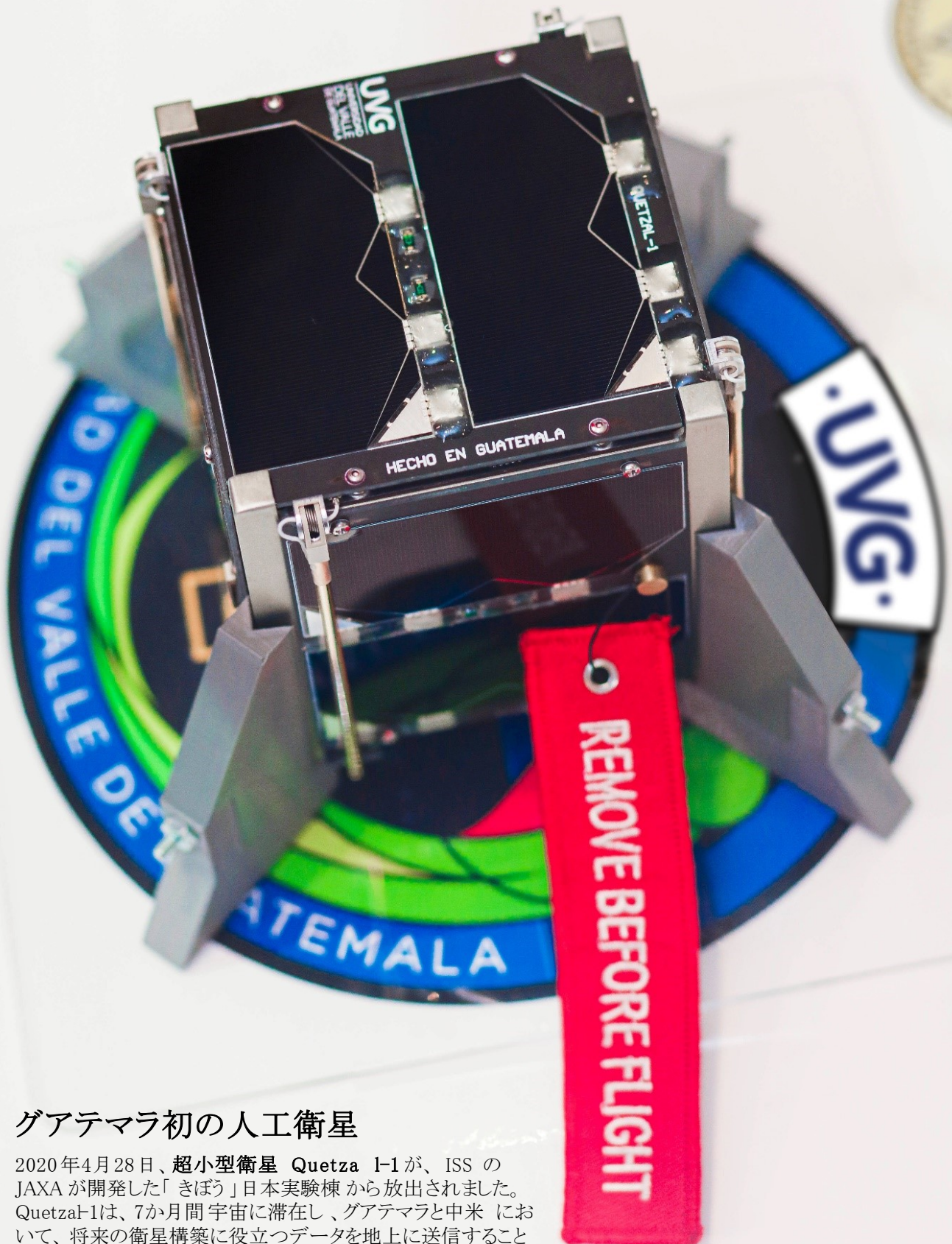
²⁶ science.nasa.gov/planetary-defense-dart

²⁷ www.ssdsc.asi.it/liciacube

科学的ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット



グアテマラ初の人工衛星

2020年4月28日、超小型衛星 Quetza I-1が、ISS の JAXA が開発した「きぼう」日本実験棟から放出されました。Quetza I-1は、7か月間宇宙に滞在し、グアテマラと中米において、将来の衛星構築に役立つデータを地上に送信することに成功しました。

インスピレーションと社会的ベネフィット

- 持続可能な STEM人材
- 科学、研究、国協力に対する一般市民の意識改革



ESA 推進研究所で、宇宙機のスラスタ噴射試験の準備のため、保護ゴーグルを着用するエンジニア。スラスタのブルーム（噴流）試験では、プラズマ計測装置の位置を合わせる際にレーザーが使用されます。



ブレーメンのDLR_School_Labにあるミューオン望遠鏡。このようなシステムは、とても珍しく、物理学の最も魅力的な授業です。



2023年10月、Astronaut for a Day Competitionの受賞者35人は、ルクセンブルクで初の無重力飛行を成し遂げました。

ユーリイ・ガガーリンの人類初の宇宙旅行から、NASA のアルテミス計画の一環として初の女性及び有色人種が月面に着陸するという発表まで、インスピレーション及び社会的ベネフィットは宇宙探査の中心にあります。今日の成果は、未来への遺産となるでしょう。宇宙探査は、特に若い世代に対して、人類が協力して取り組むことを奨励しています。

人類の宇宙飛行の能力が向上するにつれて、私たちは最先端技術を開発し、野心的かつ感動的なミッションを達成しています。宇宙探査の歴史の中で、大規模な宇宙機関から小規模なものまで、各宇宙機関は、素晴らしい業績を通じて、自国や世界にインスピレーションを与えてきました。

宇宙探査の急速な拡大は、社会に大きな影響をもたらしました。より多くのリソース、メディア及び情報へのアクセスが広がる中、世界中の国々は、宇宙関連の取り組みにコミュニティを関与させる能力を拡大しています。宇宙探査に対する社会と若い世代の関心の高まりは、最終的により強力な STEM 分野の労働力の拡大と維持に役立ち、国際協力や将来の宇宙探査、科学及び研究に対する一般市民の意識改革をもたらします。

持続可能な STEM 人材

初等教育から若手専門家に至るまで、世界の宇宙コミュニティは、若者が宇宙探査に参加し、貢献するためのより多くの機会を創出してきました。イベント、コンテスト、教育プログラムは、学生が STEM 分野の学問を追求し、将来の宇宙のリーダーたちと繋がるインスピレーションとなります。

各宇宙機関は、教育部門を設立し、コミュニティとの関わりを深め、学生や若手専門家向けのプログラムを提供しています。実践的な STEM 活動は、学生が必要な知識、能力、スキルを開発し、将来の宇宙探査の課題に対応するための優れた機会を提供しています。これらのプログラムは、若い世代に宇宙コミュニティ内外の STEM キャリアパスを紹介することにもつながっています。

いくつかの宇宙機関や組織は、学生が実際の宇宙ミッションや活動に直接参加できるプログラムを提供しています。

- ★ DLR は、小学校 1 年生から始まる授業クラスを、16 か所存在する **DLR School Labs** ²⁸ の 1 つに招待し、子どもや学生が魅力的な科学の世界を発見できるようにしています。子どもや学生は、実際の研究室で自分たちの実験を行い、自然科学、技術、研究について学ぶ機会を得ます。
- ★ 2007 年から活動しているドイツ-スウェーデン **REXUS/BEXUS プログラム** ²⁹ は、DLR と Swedish National Space Agency (SNSA) の共同プログラムです。2024 年時点で、欧州の 3,000 人以上の大学生が研究用ロケットや気球を使用して科学的および技術的実験を行っています。卒業生たちは、REXUS/BEXUS プログラムが宇宙関連キャリアを目指す動機づけとして効果的であることを強調し、このプログラムを宇宙産業でのキャリアの「出発点」と表現しています。
- ★ NASA の **CubeSat Launch Initiative (CSLI)** 及び ESA の **Fly Your Satellite** プログラム (FYS) は、学生がキューブサットイニシアティブに参加する機会となっています。

²⁸ www.dlr.de/de/schoollab

²⁹ rexusbexus.net

- ★ 2011 年以降、JAXA は ³⁰アジアントライゼロ G や ³¹「きぼう」ロボットプログラミング競技会 (Kibo-RPC) などの取り組みを通じて、学生を宇宙実験に参加させています。2023 年のアジアントライゼロ G イベントでは、570 件の提案が寄せられ、そのうち 16 件が選ばれ、ISS で古川聡宇宙飛行士により実施されました。Kibo-RPC は、ISS で自由に飛行するロボットのプログラミングを学生に課題として与えるものです。2023 年のチャレンジには、12 か国から 1,685 人の学生が参加し、宇宙科学技術分野での教育と職業に対する志を追求する意欲を高めました。
- ★ 人類が宇宙探査の限界を押し広げていく中で、次世代のリーダーやイノベーターを育成し、力を付けていくことは極めて重要です。2022 年、Portuguese Space Agency (PTS) は **Astronaut for a Day** イニシアティブを立ち上げ、14 歳から 18 歳のポルトガルの学生に無重力状態を体験する機会を提供しました。現在、3 回目の開催を迎え、合計 90 人の学生が参加したこのコンテストを、LSA も同様に実施しています。2023 年、LSA は 35 人の 1 日宇宙飛行士を選出し、自分たちの学校コミュニティ内で宇宙大使を努めてもらいました。

科学・研究・国際協力に対する一般市民の意識改革

最先端技術の進歩、世界的協力の拡大、資源へのアクセス向上により、より多くの宇宙機関や国が宇宙探査に参加できるようになります。大・小規模の宇宙機関の参加は、人類が共に困難な課題に立ち向かうことを促進します。

過去 10 年間、多くの新興宇宙機関や既存の機関が宇宙探査の限界を押し広げ、インスピレーションを与える「初の実績」を達成してきたことにより、一般市民の支持と誇りが高まっただけでなく、世界規模で協力して不可能を可能にするための社会が生まれました。

能力の拡張と教育や機会へのアクセスの向上は、宇宙コミュニティにおける多様性の促進にもつながっています。考え方、背景、そしてアイデンティティの多様性は、宇宙機関がより広い対象と繋がることを可能にし、さまざまなコミュニティからの参加を促進しています。労働力の多様性は、依然として多くの宇宙機関の核心的価値であり、従業員の満足度や定着にも貢献しています。

- ★ **はやぶさ 2** チームは広範なアウトリーチ活動を行い、世界中の対象者と積極的に関わり、宇宙探査への熱心な支持を集めました。2022 年 4 月時点で、はやぶさ 2 のカプセル及びサンプル展示には 12 万人以上の来場者があり、3 つの公式 X アカウントのフォロワー数は 33 万人を超えました。このミッションは、宇宙探査への社会的関心を喚起する道しるべの役割を果たしています。
- ★ 2024 年、JAXA の **小型月着陸実証機 (SLIM)** は、最終着陸段階でエンジンのトラブルに見舞われたものの、日本初の月面着陸に成功しました。SLIM は転倒し、太陽光パネルの展開が困難となりましたが、高精度着陸能力を実証しました。このミッションの小型ローバー、変形型月面ロボット (LEV-2) 愛称「SORA-Q」は、注目すべき着陸映像を撮影し、科学的目標を達成しました。困難や凍結する月夜を克服した SLIM の耐久性は、そのような条件に対応する設計ではなかったにもかかわらず実証され、世界中の人々の注目を引き、インスピレーションを与えました。

³⁰ humans-in-space.jaxa.jp/en/biz-lab/kuoa/tryzerog

³¹ jaxa.krpc.jp

- ★ **Chandrayaan 3** 号ミッションの打上げ及び月面着陸の成功の後、ISRO は、2020 年代後半に月面サンプル帰還ミッション、Chandrayaan 4 号を計画しています。Chandrayaan 3 号ミッションの成功は、インド国内だけでなく、世界中のインド系移民コミュニティにおいても国家的誇りをもたらしました。Chandrayaan 3 号ミッションに続いて、インドはその有人宇宙飛行プログラムをさらに拡大する計画を発表し、2040 年までにインドの宇宙飛行士を月に送り込む予定です。
- ★ 2022 年 8 月、Korea Aerospace Research Institute (KARI) は、同国初の月周回衛星「**Korean Pathfinder Lunar Orbiter (KPL0)**」を打ち上げました。その科学機器と地上管制インフラは、技術実証機です。KPL0 は、水氷、ウラン、ヘリウム-3、シリコン、アルミニウムなどの月面資源を調査し、将来の月面着陸地点を選定するための地形図を作成します。
- ★ 2023 年 3 月、UAE の宇宙飛行士 **Sultan Al Neyadi** は、ISS で 6 か月間のミッションに参加した初のアラブ人宇宙飛行士となりました。彼は多くの科学実験や教育啓発活動を行い、アラブ人宇宙飛行士として初の宇宙遊泳を遂行しました。
- ★ NASA の**アルテミス II・III ミッション**は、その種のミッションとしては初めてのもので、女性と有色人種を初めて月に送り、アルテミス計画に参加する米国人以外としては初の宇宙飛行士となるカナダ出身の宇宙飛行士 **Jeremy Hansen** も送り込みます。

宇宙探査の教育やメディアにおけるアクセシビリティや多様な人々の参加は、社会全体に大きな文化的影響を及ぼします。ソーシャルメディア、インターネット、そして啓発活動により、一般市民が宇宙関連の団体と直接関わることができるようになります。多くの宇宙機関や宇宙関連団体は、進行中のミッション、運用または実験の内部を視聴者に紹介するソーシャルメディアアカウントを運営しています。各宇宙機関は、オンラインセッションや対面の交流イベントを通じて、宇宙飛行士、科学者、技術者と直接交流する機会を提供しています。

芸術、映画、写真などの他の分野に宇宙探査が取り入れられ、注目されるようになったことで、社会に刺激を与え、一般市民の支持を高めることにさらに役立っています。

- ★ **Felix & Paul Studios** 社と **TIME Studios** 社は、NASA と協力し、ISS に搭乗した宇宙飛行士が宇宙専用のバーチャルリアリティカメラで撮影した映像を使用した没入型の映画体験「**Space Explorers: The ISS Experience**」を開発しました。Space Explorers シリーズの成功に続き、Felix & Paul Studios 社は、その技術と専門知識を活用して、初のバーチャルリアリティカメラを月面に着陸させ、新シリーズ用の高品質ビジュアルコンテンツを撮影することを目指しています。CSA は、このカメラ技術の月面利用に向けて、さらに開発するために同社に投資しました。
- ★ 映画や芸術のコミュニティを宇宙探査に参加させるために、いくつかの宇宙機関は ESA の **New Worlds Film Competition**³² (2021~2022 年) や、Houston Cinema Arts Society (HCAS) とのコラボレーションである NASA の **CineSpace**³³などのコンペティションを開催しています。映画製作者は、宇宙をテーマにした短編映画を制作し、創造性を促進するとともに、宇宙探査への一般の関心を高めるよう求められています。これらのコラボレーションは、アーティストにプラットフォームを提供し、宇宙機関により多くの人々との繋がる方法を提供します。

³² newworlds.esa.int

³³ www.cinespace.org

科学的
ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

高みを目指して

2019年12月、Alpha Magnetic Spectrometer (AMS) に搭載された熱ポンプシステムを新しくするため、船外活動を行うESAの宇宙飛行士 **Luca Parmitano**。

ESA/NASA

文化的多様性の美しさ

月と火星を表現する際、他の多くの国で一般的に使用されている灰色とオレンジ色の代わりに、淡い黄色と赤を用いた独特な表現は、日本独自の文化的、芸術的視点です。

JAXAの国際宇宙探査ロゴは、人類の道しるべを象徴しています。地球、月、火星を結ぶ大河のように流れる3本の線は、探査ロードマップ、水と生命の起源、そしてJAXAの基本理念を表しています。扇子の形は日本の発展を象徴し、手を繋ぎ空を見上げる子どもたちは、宇宙探査が人類に明るい未来をもたらすという私たちの夢と希望を表しています。



A low-angle, upward-looking photograph of a SpaceX Starship rocket during its ascent. The rocket is white with black markings and is surrounded by a massive, billowing cloud of white smoke and orange fire from its engines. The launch pad's support structure is visible on the left side of the frame. The sky is a deep blue with some wispy clouds.

経済的
ベネフィット

宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

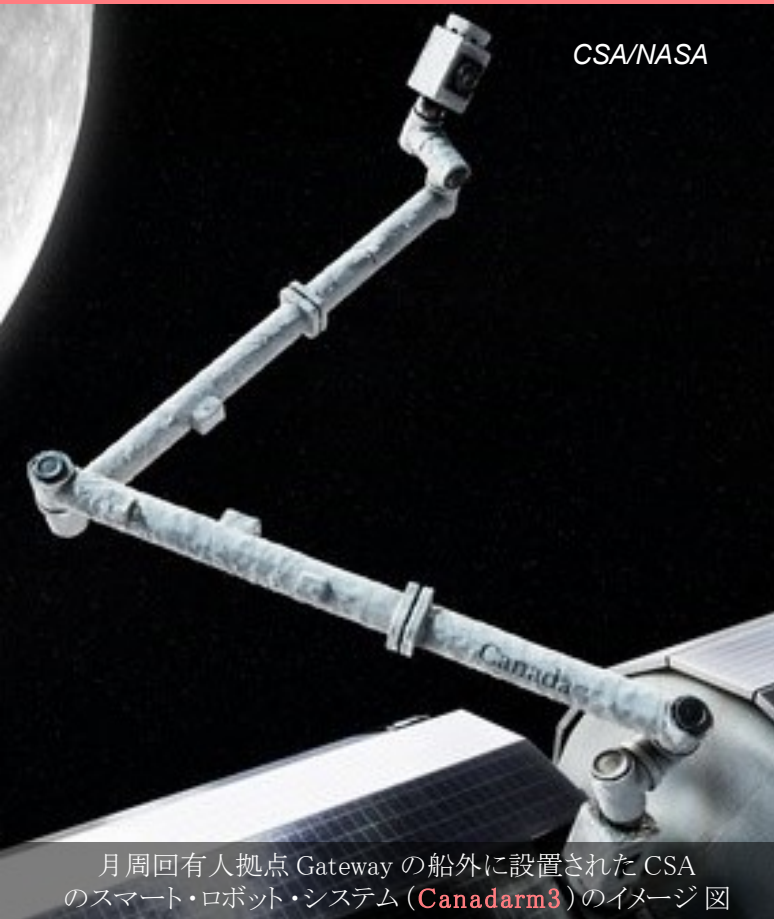
ラプターエンジンの力

大型宇宙船 Starship の第1段ブースター Super Heavy booster に搭載された33基のラプターエンジンは、2024年3月14日に行われた統合飛行試験の成功に貢献しました。

SpaceX

宇宙探査 エコシステムの ベネフィット

- 実現能力の開発
- 宇宙探査関係者とエコシステムの 堅牢性の確保

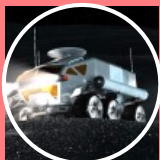


必要なもの

月面着陸 → 探査と移動 → 火星への前進、居住、ISRU



非与圧
ローバー



さまざまな
与圧ローバー



ユーティリティ
ローバー



物流



居住



宇宙飛行士と
船外活動宇宙服



有人着陸・
離陸システム



中型カーゴ
ランダー



科学ペイロード
(実験装置)



ISRU (現地資源
利用) 工場



通信リレー



月面ター
ミナル



核分裂
エネルギー



電力素子

宇宙探査ミッションは本質的に複雑であり、構想から実行までにかなりの時間を必要とし、多くの場合、宇宙機関間の協力によって実行されます。新興宇宙機関は、重要な技術を提供することによって、より大規模な探査ミッションへ貢献できます。

実現能力の開発

主要な実現技術の開発は、さまざまな種類の宇宙ミッションに横断的に関わる可能性があります。これらの技術は、特定の探査ミッションにとどまらず、地球観測や通信など、他分野の将来ミッションにおいても役立ちます。新技術には、主要な実現技術の開発から協力協定の策定、個々のパートナーの貢献の可能性に関する実現可能性調査、さらにはミッションアーキテクチャの設計に至るまで、さまざまな準備活動が必要です。

★ 新しい宇宙服、**Axiom Extravehicular Mobility Unit (AxEMU)** は、宇宙探査のための高度な機能を宇宙飛行士に提供するとともに、月面及び月周辺での生活や作業のために商業的に開発されたシステムを NASA に提供します。この先進的な宇宙服は、宇宙飛行士に高性能かつ堅牢な装備を確保し、様々な宇宙飛行士に幅広く対応できるように設計されます。

ニッチな分野に特化することは、小規模な新興宇宙機関がより広範な探査分野に有意義かつ貴重な貢献ができる方法であり、各国の産業は専門知識を培い、信頼を獲得し、将来の協力や役割に向けて自らを位置づけることができます。

★ LSA は 2016 年に、人類のベネフィットのために宇宙資源の平和的探査と持続可能な利用における先駆者としてルクセンブルクを位置付けることを目的とする **SpaceResources.lu** イニシアティブを立ち上げました。LSA は商業衛星通信産業の最前線で長い歴史を誇り、最近では、宇宙探査分野へ参入を果たしました。LSA は宇宙資源の利用に関する技術的、規制制、財政的、ビジネス的な課題に対処する戦略を実施することにより、商業化に向けた障壁を取り除き、自国の産業を月面や火星での In-Situ Resource Utilization (ISRU) の主要プレーヤーとして位置づけ、準備することを目指しています。

★ **Canadarm (カナダアーム)** は、ロボット工学分野におけるカナダの代表的な技術成果です。ロボットアームは、30 年間にわたりアメリカのスペースシャトルミッションを支援し、これによりカナダの産業は宇宙ロボット工学のニッチな専門知識と技術を培いました。数十年経った今も成果を生み出しています。カナダは、ISS のカナダアーム 2、Gateway のカナダアーム 3、そして将来の地球低軌道ステーションに搭載される可能性のある技術を通じて、宇宙探査のその後の段階で役割を果たすことができます。

ISS は、今後の探査活動において重要な役割を果たします。ISS は巨大な宇宙実験室であるだけでなく、生命維持システム、宇宙での食料生産、深宇宙の居住地といった実現能力の実証実験用環境でもあります。

★ **Joint EVA and Human Surface Mobility Test Team (JETT)** は、月面での活動に備えて、ヒューマン・イン・ザ・ループ（人間参加型）試験と類似環境ミッションを開発、統合、実行する学際的なチームです。JETT は、現地でのハードウェアの準備、月面に似た地形での試験、月面歩行のシミュレーションで構成される完全統合型のアルテミス III ミッションなど、さまざまな研究を実施しました。この技術により、月面ミッションの目標の達成、効果的な運用システムの開発が可能となります。

宇宙探査関係者とエコシステムの堅牢性の確保

大小の宇宙機関、新興宇宙機関が参加することで、革新的なミッションタイプの出現を促進し、宇宙探査イニシアティブの多様性が育まれます。探査活動の準備段階で得られるベネフィットは、各宇宙機関、機関、学界及び企業を超えて広がります。これらのベネフィットは、国際的な宇宙探査ミッションへの参加の機会を高め、世界の宇宙コミュニティ全体の成長と多様化に貢献します。国際的な宇宙探査に参加する宇宙機関の増加は、国内外の産業や学術機関を刺激し、国際的な参加と協力の拡大を促進します。宇宙探査の商業化は、新たな組織や国の参入と関与を促進します。人類が再び月に向かう準備活動は、新たなプレーヤーが活発な月面経済に参入する機会を創出します。

★ 現在、JAXA は日本の自動車産業との協力を通じて、**有人と圧ローバー**の研究開発を行っています。このローバーは、無人・有人ミッションに長距離移動と広範囲の月面探査能力を提供し、持続可能な月面探査に大きな役割を果たすことが期待されています。

★ JAXA の**宇宙探査イノベーションハブ**³⁴ は、2015 年に新たな産業及び学術分野のプレーヤーを宇宙分野に引き入れるために設立されました。研究開発を通じて、宇宙-地球間の共通の技術的課題を共同で解決することにより、宇宙探査及び地上ビジネスにベネフィットをもたらすことを目指しています。2023 年現在、JAXA 宇宙探査イノベーションハブは、探査の課題を解決する可能性のある 1,100 件以上の技術提案を受けており、150 件以上の共同研究プロジェクトに至っています。230 以上の団体が参加しており、驚くべきことにその 90%は宇宙以外の分野の団体で、建設、医療、エネルギー、材料、化学などの産業にまたがっており、これらはすべて宇宙での持続可能な活動に必要であり、地球上の持続可能な開発を改善する可能性があります。

★ CSA の**Lunar Exploration Accelerator Program (LEAP)** は、カナダが月の長期的探査において重要な役割を果たすための自国の位置づけを目指しています。LEAP は、月面及び月周辺でのカナダの科学技術活動にさまざまな機会を提供することで、さまざまな分野にまたがる 50 以上のカナダ組織の連携を促進し、人工知能、ロボット工学、科学、健康など国内の強みのある分野でのイノベーションを促進し、中小企業のアイデアの商業化を支援しました。

多くの宇宙機関や民間企業が**チャレンジプライズ（賞金レース）の仕組み**を活用して、これまでほとんど存在しなかった特定の課題領域における解決策を増やし、宇宙分野に新しいプレーヤーを引き込んでいます。地上と宇宙の技術について類似点が容易に特定できる例としては、遠隔医療、現地資源活用、自動・自律探査技術、食糧生産などが挙げられます。

★ 2007 年に Google は、民間団体を対象に、月面無人探査機を打ち上げ、着陸させ、移動させて写真やデータを地球に送信することを競う**Google Lunar X Prize (GLXP)**を開始しました。当初登録された 30 チームのうち、期限までに打上げの予約を取れたのは 5 チームのみでしたが、実際に打上げに成功したチームはありませんでした。コンテストは 2018 年に終了し、優勝者はいませんでした。月面に到達するための革新的な商業的ソリューションを持つ企業がエコシステムを創出する上で重要な役割を果たしたと考えられています。コンテストが終了した後も、いくつかのチームは自らのソリューションの開発を続けました。それらのソリューションは、独自の資金または NASA の CLPS プログラムを通じてすでに打上げられた、または今後打上げ予定の、月への商業ミッションの先駆けとなりました。

³⁴ www.ihub-tansa.jaxa.jp/english

A full-page photograph of an astronaut in a white AxEMU suit with orange and blue stripes, working in a simulated lunar environment. The astronaut is using a tool to collect yellow granular material (lunar simulant) into a clear plastic bag. In the background, another person in a blue uniform and hard hat is visible, along with industrial equipment and yellow safety railings.

経済的ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

宇宙飛行士の移動能力の向上

NASA ジョンソン宇宙センターで試験中、AxEMU (Axiom Extravehicular Mobility Unit) 宇宙服を着たAxiom Space社のエンジニアがひざまずき、スコップを使って月の模擬サンプルを収集します。2023年3月に発表される最終バージョンの宇宙服は、アルテミスIIIの宇宙飛行士によって月面で初めて着用される予定です。

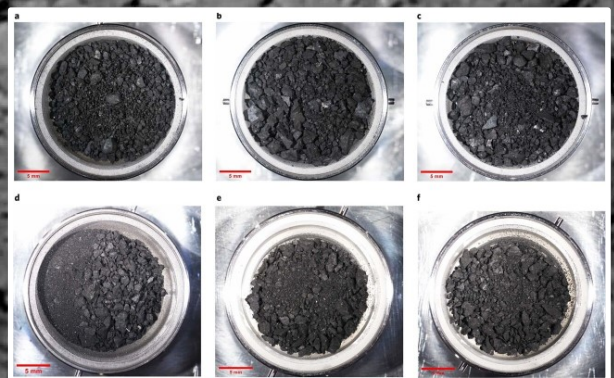
科学的
ベネフィット

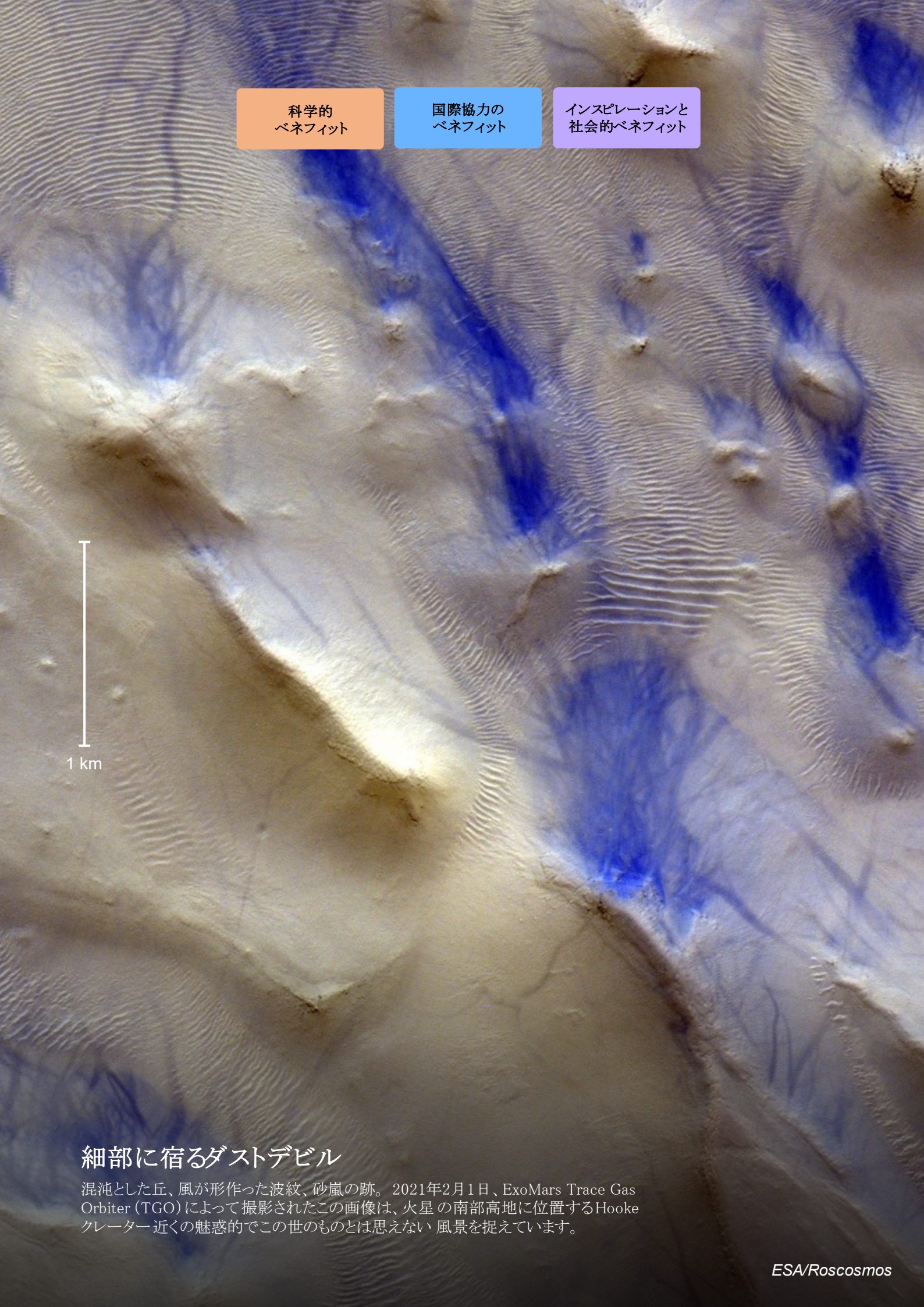
インスピレーションと
社会的ベネフィット

宇宙探査エコシ
テムのベネフィット

小惑星探査機「はやぶさ2」

2018年、小惑星リュウグウに映るJAXAの探査機「はやぶさ2」の影です。「はやぶさ2」は、1年半にわたってリュウグウの調査を行い、2020年12月にリュウグウのサンプルを地球に持ち帰りました。





科学的
ベネフィット

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット

1 km

細部に宿るダストデビル

混沌とした丘、風が形作った波紋、砂嵐の跡。2021年2月1日、ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) によって撮影されたこの画像は、火星の南部高地に位置するHookeクレーター近くの魅力的でこの世のものとは思えない風景を捉えています。

終わりに



宇宙探査は国境を越え、幅広い恩恵をもたらす人類の努力の道標となっています。地球低軌道、月・火星ミッションは、イノベーション、経済成長、社会の進歩を推進します。国際協力の文脈における費用対効果やミッションリスクに関する議論が高まっています。宇宙探査がもたらすベネフィットを効果的かつ透明性をもって示すことは、資金調達及び社会的支持を得るために非常に重要です。

横断的なテーマについて。官民による協力は、イノベーションと包括性を促進します。パートナーシップは、グローバルな課題に取り組み、次世代にインスピレーションを与え、持続可能な開発の推進を目指しています。小規模な新興宇宙機関は、宇宙コミュニティを多様化し、大学及び研究機関と手を携えることで、重要な役割を果たします。さまざまな商業化戦略は、資金調達を多様化し、民間セクターの参加を促進し、宇宙産業における新たな市場の開拓をめざしています。

科学的ベネフィットについて。宇宙探査は、科学の進歩を促進し、広範囲に影響を及ぼす技術革新を生み出します。低重力研究プラットフォームは、宇宙環境を研究するためのユニークな環境を提供し、アナログ的な取り組みとして、人間の適応を研究する極限環境で模擬訓練を行います。協力的な取り組みにより、世界中の科学者は画期的な研究に貢献し、医学の進歩を促進し、太陽系の起源について理解を深めることができます。これらの取り組みは、探査と知識を共に進歩させ、人類に大きな影響を与える変革的な発見をもたらします。

経済的ベネフィットについて。宇宙探査は、雇用創出やサプライチェーンの活性化を通じて経済成長を促進します。宇宙技術は技術革新を促進し、地上の産業にベネフィットをもたらす商業的ピンオフ（副産物）を生み出します。各国はイニシアティブをとることで宇宙探査のリーダーとしての地位を確立し、宇宙機関と民間企業のパートナーシップによって商業的な探査サービスが可能になり、新たな市場の開拓と探査の機会を得ます。

国際協力のベネフィットについて。宇宙探査は、野心的なミッションを達成し、差し迫った地球規模の課題に対処するために団結した国々による国際的な協力の上に成り立っています。国際協力は、運用上の課題が生じた場合でも科学的な協力を促進します。さまざまなイニシアティブは、国際的なパートナーシップが宇宙探査の飛躍的進歩を推進し、新規参加者が急速に重要なプレーヤーになることを可能にしていることを示しています。宇宙探査における協力的な取り組みは、社会的・環境的課題を解決し、地上にベネフィットをもたらします。探査プログラムとイニシアティブは、国際協力を促進し、持続可能な開発とイノベーションを推進します。宇宙での生活と仕事は、地上と同様な課題があります。宇宙探査は、地球規模の課題に対する解決策を提供することができます。

インスピレーションと社会的ベネフィットについて。各宇宙機関は、教育プログラムや実践的な STEM 活動を通じて、若者の関心を引き寄せ、将来に向けて多様で熟練した人材を育成します。メディア及び文化的分野での表現が増え、アクセスしやすくなることで、一般市民の支持と関心が高まり、協力的な取り組みによって探査とイノベーションの限界を押し広げます。探査の取り組みは、インスピレーション、協力、進歩という永続的な遺産を何世代にもわたり引き継いでいきます。

宇宙探査エコシステムのベネフィットについて。宇宙探査には、緻密な準備と多くの宇宙機関の協力が必要です。将来のミッションにおいて、実現可能な技術の開発と宇宙インフラの活用は非常に重要です。多様な機関が参加することでイノベーションが促進され、宇宙コミュニティ全体が強化されます。商業化の取り組みは新たな機会を生み、イニシアティブは国際協力と革新をもたらします。チャレンジプライズは、宇宙探査を進展させるためにさまざまな業種の専門知識を活用し、重要な分野における解決を推進します。

世界の宇宙機関は、さまざまな探査目標を掲げていますが、共通の目標を共有しています。それは、太陽系における人類の存在領域の拡張及び地球、月、火星、惑星等の起源と進化の解明、宇宙における私たちの存在と位置づけを理解することです。

ISECG によって正式に特定されたベネフィットの実現とそれを広く伝えていくことは、ISECG **国際宇宙探査ロードマップ**³⁵ (GER) の目標及び目的に沿ったものです。

³⁵ www.globalspaceexploration.org/wp-content/isecg/GER2024.pdf

国際協力の
ベネフィット

インスピレーションと
社会的ベネフィット



アルテミスに搭乗したひつじ宇宙飛行士

月周回及び地球への帰還ミッションを成功させ、宇宙の歴史に名を刻んだ ひつじのショーンは、飛行後のツアーで大きな注目を集めました。これほど遠くまで旅した羊はいません。



www.GlobalSpaceExploration.org isecg@esa.int

© 国際宇宙探査協働グループ

translated by JAXA (翻訳部分の著作権はJAXAに帰属します。)