

JAXA 宇宙探査イノベーションハブ
「太陽系フロンティア開拓による人類の生存圏・活動領域拡大に向けた
オープンイノベーション」に関する情報提供要請 (RFI)

2016 (平成 28) 年 3 月 1 日

2021 年 2 月 3 日 F 改訂

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

宇宙探査イノベーションハブ

1. はじめに

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は、2015 (平成 27) 年 4 月より国立研究開発法人となりました。宇宙航空分野はもちろんの事、様々な異なる分野の知見を取り入れ、開かれた JAXA として運営し、日本全体としての研究開発成果の最大化を図る事を重要なミッションとしております。

このため、同月に発足しました JAXA の「宇宙探査イノベーションハブ」(ハブ長: 船木一幸) では、将来月・火星のような重力天体における探査活動に資する技術の創出を、地上における技術課題解決と融合させ、我が国の産業界や大学とともに革新的な技術の開発を行い、得られた成果を宇宙利用のみならず地上で社会実装することを目的としております (Dual Utilization)。

本情報提供要請 (RFI: Request for Information) は、今後着手していく研究課題の設定にあたり、広く皆様に関連技術情報の提供を求めるものです。本 RFI でいただいた皆様からの技術情報を基に宇宙探査イノベーションハブで課題の絞り込みを行い、宇宙探査イノベーションハブへの参加を希望する皆様に対し研究提案募集 (RFP: Request for Proposal) を発出することを予定しております。

○ JAXA 宇宙探査イノベーションハブに関する情報は、下記ウェブサイトをご参照ください。

<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/>

○ 宇宙探査イノベーションハブは、2015 年度から 2019 年度まで、JST イノベーションハブ構築支援事業 (採択課題名: 「太陽系フロンティア開拓による人類の生存圏・活動領域拡大に向けたオープンイノベーションハブ」) の支援を受けてまいりました。当該事業の詳細については、下記ウェブサイトをご参照ください。

<http://www.jst.go.jp/ihub/index.html>

2. 受付期間

常時、情報のご提供を受け付けます

ただし、RFP 募集課題を設定する際には一時的な締め切りを定めます。宇宙探査イノベーションハブのウェブサイトやメールマガジン、その他 SNS 等により案内いたしますので、ご確認ください。

3. 対象者

本 RFI は、日本の法令に基づいて設立された法人又は日本国籍を有する個人を対象としております。

なお、本 RFI に基づき募集を行う RFP の対象も上記同様となりますのでご了承ください。

4. 技術課題概要

我が国が目指す国際宇宙探査シナリオは、第 1 段階（2020 年代初頭から）として月や火星の利用可能性調査のための資源探査と科学探査、第 2 段階として月や火星の本格的な利用に向けた無人・有人の拠点建設と科学探査、そして第 3 段階として月・火星表面での持続的活動を実現するという段階的なロードマップを描いています（注 1）。

注 1：現在想定されている各ミッション・時期については別紙 0：国際宇宙探査ロードマップをご参照ください。

この国際宇宙探査ロードマップを、我が国ならではの革新的でかつ効率的な技術で実現するため、以下の技術課題に挑戦します。

それぞれの詳細は別紙をご参照ください。

- 1) 「広域未踏峰」探査技術
- 2) 「自動・自律型」探査技術（月・火星での無人による有人拠点建設）
- 3) 「地産地消型」探査技術
- 4) 共通技術 ※ 1)～3)に共通して必要となる技術
- 5) 民生ロボット技術
- 6) 月面での水資源利用
- 7) 惑星保護技術

5. 情報提供要請の内容

別紙 1～7 に示す宇宙探査及び有人宇宙活動で必要となる技術で、皆様が所有する、または、JAXA との共同開発により実現できると想定される技術情報のご提供を要請します。

情報提供に際しては別添「情報提供書」の各項目に該当情報をご記入の上、ご提出をお願いいたします（複数機関で共同して提出いただくことも可能です）。

なお、本RFIは、宇宙探査・宇宙利用に特化または限定した技術情報のご提供をお願いするものではなく、将来の宇宙探査への応用、宇宙利用を目的としつつ、研究開発の成果が地上での社会実装（イノベーション）にもつながる可能性のある技術情報のご提供を期待しています。

6. 情報提供の方法

1) 提出書類

別添「情報提供書」に必要事項をご記入、PDF形式に変換の上、2) 提出方法に記載の方法にてご提出ください。

下記をご参考に作成ください。

- ①文字サイズ 10 ポイント以上
- ③補足説明資料の添付可（PDF形式）
- ④ファイルサイズは「情報提供書」「補足資料」とともに 2MB を目安とする

2) 提出方法

宇宙探査イノベーションハブ事務局宛てにメールでご送付ください。

SE-forum@jaxa.jp

3) 情報ご提供後の進め方

必要に応じて、こちらから質問などご連絡させていただくことがあります。

4) 情報の取り扱いについて

- ①ご提出いただいた「情報提供書」は、RFPを行うための参考情報としてのみ使用し、RFP課題設定の関係者（外部委員含む／守秘義務あり）のみに開示いたします。提供者の許可なくして第三者へ開示する事はありません。ただし、RFPの実施においては監督官庁へ開示する事があります。
- ②上記の通り秘密情報として、取り扱いに留意のうえ管理いたしますが、ご希望の場合には秘密保持契約を締結させていただきます。
別添「秘密保持契約書雛型」に必要情報を記載し、7. に記載のメールアドレス宛にword形式でお送りください。

7. 問合せ先／秘密保持契約書送付先

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

宇宙探査イノベーションハブ RFI 担当 宛

SE-forum@jaxa.jp

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1

※電話でのお問合せはお受けできません

JAXA 総合窓口等へのお問合せはお控えくださいますようお願いいたします。

8. 留意事項

本 RFI に情報提供いただくにあたりましては、以下の点、ご了承ください。

- 1) 本 RFI は、今後予定しております RFP を行うための参考情報として利用する事を目的として実施するものであり、当該 RFP における選考に影響を与えるものではありません。
- 2) ご提供いただいた情報は、RFP の募集課題に反映されないこともあります。
- 3) ご提供いただいた情報・資料につきましては返却いたしません。
- 4) ご提供いただいた情報に関し、質問等、ご連絡をさせていただく場合がありますので、情報提供書にはご連絡先を明記ください。
- 5) 本 RFI に係る書面の作成、提出等に要する費用は、情報提供者がご負担くださいますようお願いいたします。
- 6) 情報提供に関連して提供された個人情報については、個人情報の保護に関する法律及び関係法令を遵守し、下記各項目の目的にのみ利用します。(ただし、法令等により提供を求められた場合を除きます。
 - ・ ご提供いただいた情報に関する質問等、関連する事務連絡に利用します。
 - ・ JAXA が開催するセミナー、シンポジウム等のイベント案内や、関連する募集等、宇宙探査イノベーションハブの情報配信に利用させていただくことがあります。
 - ・ ご希望の方については、宇宙探査イノベーションハブのメールマガジン配信先として登録させていただきます。



1) 「広域未踏峰」探査技術

■目的

単体ではなく複数の小型探査機により、機能の分散協調を行なうことで、未踏峰地点の広範囲で密度の濃いチャレンジングな探査を実現し、探査手法に革新を起こす。

■チャレンジする課題

昆虫型探査機から小型軽量の探査機の開発と分散協調するための自己組織化メカニズムを構築する。

■アプローチ

バイオミクス工学やインフレータブルに基づく設計、昆虫や動物の群知能・群行動に関する知見をもとに分散協調型探査システムを創出する。

■募集テーマ ※赤字・下線は重点的に募集するテーマ

| 中テーマ | 小テーマ | | 関連キーワード |
|---|------|--|---|
| (1) 多地点同時観測 複数の小型探査ロボットが広い領域を均等に分散し、お互いに協調しながら効率的な探査を行う。 | ① | <u>画期的な探査ロボットシステム</u> | 高機能・新材料を用いた新しいタイプのロボット |
| | ② | 複数の小型探査ロボットの分散協調 | 群知能・群行動技術、ネットワークロボット技術 |
| | ③ | <u>小型探査ロボット用スマートセンサ</u> (水、氷、鉱物資源、生命等) | 高性能・超小型センサ、MEMS、遠赤外カメラ、 <u>その場微生物検出手法</u> |
| (2) 極限地域への到達 月・火星表面の中央丘峰、崖、縦孔底、洞窟、地中、極域等の今までの探査ロボットでは到達不可能な極限地域の探査を行う。 | ① | クレータ中央丘や崖の地形・地質探査 | 革新的移動技術、可変構造型ロボット、投てき技術 |
| | ② | <u>電力供給や通信困難な洞窟探査</u> | <u>小型無線給電システム、電力・通信リレー、電力供給用展開型アンテナ</u> |
| | ③ | 地下数メートルの掘削探査 | 掘削・ボーリング・サンプル採集 |
| | ④ | 太陽の当たらない永久影の中の移動探査 | <u>深海探査技術、過酷な環境適応システム</u> |
| (3) 水平垂直活動 月・火星において、数百 km オーダの長距離移動や数十～数百 m オーダの高度移動を実現する。 | ① | 高い高度を移動可能な飛翔探査 | ドローン・飛行移動体 UAV・ <u>編隊飛行</u> |
| | ② | <u>長期間移動探査</u> | 待機電力不要システム、 <u>故障診断・検知・修理、自己修復</u> |
| (4) 人工知能 未知環境や屋外環境にて自律的行動計画をたて、環境に適応して探査を行う。 | ① | 環境認識・行動理解 | 3次元地図生成、SLAM、アクティブセンシング、 <u>表示システム</u> ・経路計画・自己位置推定 |
| | ② | <u>画像解析・理解</u> | <u>画像理解・重要情報抽出・予測</u> |
| | ③ | <u>環境適応・行動立案</u> | 人工知能 (認知・自律)、学習 (Deep Learning) |
| | ④ | データ処理 | <u>ビッグデータ解析・高速 AI 処理 CHIP</u> |

2) 「自動・自律型」探査技術

■目的

地球からの指令型探査から脱却する『自動・自律型』探査技術を獲得し、将来月面に構築される有人探査拠点の自動建設に繋げる。

■チャレンジする課題

世界トップクラスである我国の建設技術や自動車技術を大型軽量化・宇宙仕様化することで、宇宙技術に革新を起こす。

■アプローチ

月面などの宇宙空間における自動・自律型探査技術の研究開発をゼロベースでスタートするのではなく、地上で既の実現されている無人化や自動化の技術をベースとし、それらを宇宙技術に昇華させる部分（重量、消費電力、耐環境などのクリア）に重点的に取り組む。まず模擬フィールドやアナログサイトで技術実証を行い、最終的には宇宙実証を目指す。

■募集テーマ ※赤字・下線は重点的に募集するテーマ

| 中テーマ | 小テーマ | 関連キーワード |
|---|----------------------|--|
| (1) <u>遠隔操作による月面拠点の自動建設（ICT 関連技術）</u> <u>月面拠点（居住ゾーン、離着陸ゾーン、サービスゾーン）を遠隔操作で建設する。</u> | ① <u>環境認識・位置情報取得</u> | <u>無人測量・測距</u> 、地図作製、3次元位置検出 |
| | ② 挙動予測（シミュレーション） | 機械と土壌の相互作用 |
| | ③ <u>作業の高度化</u> | 施工管理・施工支援、協調作業、 <u>自動検知（地面・地盤状態検知、不具合検知）</u> 、 <u>自動運転</u> |
| (2) 構造物の自動建設方法・手段 月面拠点に設置する構造物を自動建設する手法の確立。 | ① 軽量・高剛性構造物 | 展開、組立、プレハブ、大型軽量構造、放射線・隕石防御、安定（水平）設置 |
| | ② 大型設備（大型アンテナ等）の設置 | <u>安定（水平）設置</u> 、作業用機械 |
| | ③ 効率化手法 | 作業シミュレーション、保守（点検・診断）、管理（維持・補修） |
| | ④ 建設機械・作業ツール | 電動化、共通化・モジュール化、標準化 |
| (3) 映像・データ・電力伝送技術 | ① 無線通信、画像伝送 | 地上と月面のデータ伝送、拠点内のデータ伝送 |
| | ② 電力供給技術 | 電力無線伝送、送受電設備 |
| | ③ 操作環境 | 映像ソースの配置、ガイダンス |

3) 「地産地消型」探査技術

■目的

「すべて運ぶ」から「現地で調達する」「再利用する」というパラダイム転換により、従来に比べ輸送効率の高い持続可能な探査を可能とする。

■チャレンジする課題

日本が得意とする省エネルギー、リユース・リサイクル技術、資源精製技術等を応用し、必要な物資を効率的かつ無人で生産できるシステムを構築する。

■アプローチ

まずアナログサイトでの地上実証、次に世界初の宇宙実証を目指す。

■募集テーマ

※赤字・下線は重点的に募集するテーマ、青字・二重下線は以前から重点的に募集しているテーマ

| 中テーマ | 小テーマ | 関連キーワード |
|--|--|--|
| (1) 資源探査システム 月・火星の資源の分布、存在量、形態を観測するシステム | ① <u>月や火星の表面・地下の水氷(揮発性物質)</u> や鉱物等の資源を観測する技術 | ガス分析センサ、質量分析、熱重量分析、分光カメラ、鉱物検知、中性子センサ、 <u>ハンディ化、可搬化</u> |
| | ② 自動走行による上記観測の実施 | 自動制御、自動走行観測システム |
| (2) 現地資源利用システム 月・火星探査に必要な物資を現地で生産するシステム | ① <u>3Dプリンタ等を活用して現地物質から多種多様な製品を製造する技術</u> | <u>AM技術、3Dプリンタ、革新的な製造手法</u> |
| | ② 表土を使った構造物、水・酸素、鉄、ガラス等の生産 | 効率的な化学的・物理的処理プロセス技術 |
| | ③ 原料の効率的な処理技術 | 掘削、革新的ハンドリング技術、貯蔵、分離、分級、精錬、濃集 |
| | ④ <u>資源利用システムにおいて発生する熱を効率良く利用するシステム</u> | <u>掘削、運搬、各種プロセス等で発生した余剰熱を効率良くマネジメントする技術</u> |
| | ⑤ <u>生産システムの高度化</u> | <u>コンパクト化、可搬化、省力化、高効率化、軽量化</u> |
| (3) 資源再利用システム 月・火星でのリユース・リサイクルシステム | ① <u>不要となった着陸機やその部品をリサイクルするシステム</u> | <u>再利用を考慮した設計、CFRPやチタンなどの効率的再利用技術</u> |
| | ② エネルギー技術 | 燃料再生、革新的蓄電池、燃料電池 |

| | | | |
|----------------------------------|---|---------------|--|
| (4) 月面農場システム 食糧の現地生産を実証するシステム | ① | 食料用植物の栽培システム | 日照・温度制御、閉鎖循環システム、エネルギー・摂取カロリー効率最大化 |
| | ② | 栽培、収穫の機械化、自動化 | <u>ロボット技術、モニタリング技術</u> 、センサー、環境維持管理 |
| | ③ | リサイクル | 水や肥料の再利用、無菌砂、メタン発酵、 <u>微生物環境の制御</u> 、養液殺菌、CO2 吸着・ <u>再利用</u> |

4) 共通技術

宇宙探査シナリオに貢献するとともに民生用途としても広く応用可能な共通技術の提案を求めます。

■募集テーマ・技術

| | |
|--|--|
| ① エネルギー技術 | |
| 例 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 新たな発電・蓄電・節電・送電技術 ・ 二次電池、太陽電池、太陽炉などの革新技術 <p style="text-align: right;">等</p> |
| ② アクチュエータ技術 | |
| 例 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐環境性に優れたモータ技術や真空中で利用できる油圧技術 ・ 電磁気、空圧、油圧によらないアクチュエータ技術 <p style="text-align: right;">等</p> |
| ③ 材料技術 | |
| 例 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 複合材やカーボンナノチューブ技術の応用 ・ 衝撃吸収材料、自己修復材料、超軽量材料、多機能材料 <p style="text-align: right;">等</p> |
| ④ 移動技術 | |
| 例 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 月・火星上の全てを踏破できる移動技術 ・ 月・火星上の飛行技術 <p style="text-align: right;">等</p> |
| ⑤ 通信技術 | |
| 例 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 超長距離、超大容量通信技術 ・ 超小型、超省エネ通信技術 <p style="text-align: right;">等</p> |
| ⑥ 耐環境技術 | |
| 例 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 高熱伝導、大気中/真空中を問わない断熱、高密度蓄熱、環境依存型放熱技術 ・ 防塵・除塵・耐摩耗技術 <p style="text-align: right;">等</p> |
| ⑦ センサ技術 | |
| 例 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 小型高精度な速度・加速度・姿勢センサ、超高感度・高ダイナミックレンジカメラ ・ 3D FLASH LIDAR、高精度 3D カメラ <p style="text-align: right;">等</p> |
| ⑧ そのほかの技術 | |
| 上記にとられない新たな技術（3Dプリンタの応用、バイオ、IoT 応用 等々） | |

5) 民生ロボット技術（民間ロボット技術で拓く将来の有人宇宙活動）

民生ロボット技術では、国際宇宙ステーション（ISS）や現在計画されている月近傍拠点、また月面における将来の有人宇宙活動へ向け、人が効率的、安全に活動するための技術として、以下のような課題の解決を目指します。

■募集テーマ・技術

| 中テーマ | 小テーマ | 関連キーワード |
|-----------------|--|---|
| (1) マニピュレーション操作 | ① 通信遅延下でも対応可能な自律制御技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・対象物の形状変化や位置・姿勢ズレがあってもタスク実行可能であり、且つ計算負荷の低い深層学習アルゴリズム ・ハンドや操作対象物の高精度・高速・省リソース（電力、コンポ数）な位置予測手法 |
| | ② 通信遅延下での遠隔操作支援技術（その場その場で対応が求められる作業など） | <ul style="list-style-type: none"> ・制御対象（ハンド等）の動作計画を操作者に分かり易く表示する技術（GUI、AR、VR等の活用） ・力触覚予測フィードバック |
| | ③ 岩石への連続ハンマリング動作 | <ul style="list-style-type: none"> ・操作力は高いが衝撃をいなくマニピュレータ（アーム・ハンド）の構造や制御技術 |
| (2) 認識技術 | ① 物体や人の動作の推定、認識 | <ul style="list-style-type: none"> ・高コントラスト・低視認性環境下（月面を想定）での認識技術 |
| (3) 移動技術 | ① 重量、重心が異なる様々な荷物を持ち移動する技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・重力環境/無重力環境の両方で荷物を把持しての飛行ができるドローン ・特定の把持ポイントを把持しながら伝い歩きが可能なハンド技術 |
| (4) 環境耐性 | ① 人に危害を与えない、周辺構造を損傷させない安全性 | <ul style="list-style-type: none"> ・コンプライアンス機能（制御・材料）による衝突荷重低減と高出力作業（岩石のハンドリング等）を両立させる技術 ・ロボットの全方位に有効な衝突防止センシング技術 |
| | ② レゴリスの付着や侵入を防止する設計 | <ul style="list-style-type: none"> ・レゴリスの除去技術（帯電、振動、掃除等） ・レゴリスに有効なシール技術 |
| (5) 共通技術 | ① 出力、リーチ長を担保した上でのロボットの軽量化 | <ul style="list-style-type: none"> ・軽量、高出力なアクチュエータ ・軽量、安全（不燃性）な構体材料 ・軽量、高エネルギー密度で安全性の高いバッテリー |

6) 月面での水資源利用

月面での水資源利用に向けた重点募集テーマは以下の通り。

■募集テーマ・技術

| 中テーマ | 小テーマ | 関連キーワード |
|----------------|--------------------|--|
| <液化> | | |
| (1) 低エネルギーでの液化 | ① 予冷エネルギーの低減 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 予冷効率の高い冷媒適用技術 ・ 永久影を利用した予冷技術 |
| | ② 液化エネルギーの低減 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 異なる冷凍方式を用いた液化技術 (機械、気体または磁気冷凍等) |
| (2) 電力供給の効率化 | ① 軽量の電力供給技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 月面資源を用いた発電技術 ・ エネルギー(電力)密度(W/kg)の高い発電/蓄電技術 |
| <保存> | | |
| (3) 貯蔵システムの軽量化 | ① タンク(容器)の軽量化技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 非金属材料等の軽量材料(樹脂、膜及び複合材等)や高性能断熱材を用いた極低温液体の貯蔵技術 |
| | ② ボイルオフ対策に伴う物量増加対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ボイルオフガス抑制技術 ・ 防熱技術 ・ 永久影を利用したボイルオフガスの再液化・冷却技術 |
| (4) 材料適合性 | ① 酸素下での耐性 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 酸素適合性の高い材料 |
| | ② 水素透過 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ガスバリア性の高い材料 |
| | ③ 水素脆化 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 軽量耐水素脆化材料 ・ 液化水素下での材料寿命評価 ・ 液化水素下での保全技術(遠隔での検知・診断、運用管理等) |

7) 惑星保護技術

■目的

天体着陸を含む各種生命探査や民間探査機における宇宙市場開拓が続々と計画される中、惑星保護技術の向上は必要不可欠である。

惑星保護における主要な技術のうち、

① 滅菌バリデーション

② バイオバーデン管理

について、過去に火星着陸探査を実施したことがない我が国はこれらの技術を保持していない。

国際ルールを満たす水準まで探査機の汚染レベルを低減する滅菌・除菌法、及び、その検証・評価法に関する基盤要素技術の確立、各種要素技術を組み合わせた効率的な惑星検疫システムの構築が必要となる。

■チャレンジする課題

各種技術の滅菌・除菌効果、腐食特性を比較し、生体分子でも分解できるような除菌システム、従来知見が不十分であったウイルスやアレルゲンについても適正な不活化が行えるような滅菌・除菌システムの構築を行う。

さらに、その評価・検証手法も併せて開発を進める。

※本技術分野では中／小テーマ等定めておりません、上記を参考にしてください。

■期待される成果例

- ・ 惑星検疫システムの構築
- ・ 大空間除染や仮設医療施設モジュールの滅菌
- ・ 仮説実験設備の陸上、船上での設置・運搬
- ・ 製薬工場におけるクロスコンタミ防除
- ・ 植物工場での農作物栽培における殺菌