

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

2022 年 11 月 17 日 I 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、または成果の宇宙ビジネスへの適用も想定し、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、宇宙・地上双方への成果の応用（Dual Utilization）を目指した活動を行っております。

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企業（団体等を含む）や大学等又は事業実施を予定してい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 の応募資格も上記同様となりますのでご了承ください。

※RFP にて採択され共同研究を実施する場合には、JAXA と法人間の契約を締結していただきます。個人で情報提供、RFP ご提案された場合には、契約までに法人化されること又は既存法人と連携することを前提といたします。

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。

● 技術領域

- 1) 「広域未踏峰」探査技術：別紙 1
（重点課題）惑星保護技術：別紙 1A
- 2) 「自動・自律型」探査技術：別紙 2
（重点課題）AI（機械学習）：別紙 2 に包含しております
- 3) 「地産地消型」探査技術：別紙 3
（重点課題）月面での水資源利用：別紙 3A
- 4) 「有人宇宙」探査技術：別紙 4
（重点課題）有人支援ロボット技術：別紙 4 に包含しております

5) 共通技術：別紙 5 ※ 1)～4)に共通して必要となる技術

● 将来ミッション候補

上述の 5 つの技術の積み上げにより達成される将来の具体案ミッション候補とその個別課題は下記をご参照ください。

月面の科学／火星探査：別紙 6

5. 情報提供要請の内容

別紙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

探査ハブ HP に掲載する受付フォームにて、ファイルをアップロードください。

探査ハブ HP https://www.ihub-tansa.jaxa.jp/rfi/RFI_notice.html

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ことはありません。ただし、RFP の実施においては監督官庁へ開示することがあります。
- また、事前に同意いただいた場合には、提供情報に興味を持つ又は関連する JAXA 内他部署へ情報共有することがあります。
- (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。以下の手順にて事務局にお送りください。
- ①別添 2「秘密保持契約書雛型（Word）」を探索ハブ HP よりダウンロードの上、必要事項を入力してください
 - ②別添 1「情報提供書」及び受付フォームにて“秘密保持契約の締結を希望する”にチェックをしてください
 - ③受付フォームにて応募書類を送信すると【受付通知】メールが届くことを確認ください
 - ④③のメールの件名を変えずに、①で作成した秘密保持契約書案（Word 形式）を添付して 7. のメールアドレスに送信ください

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

宇宙探索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。
 - ・ 宇宙探査イノベーションハブにおける RFI・RFP 制度や情報発信方法の改善を目的としたアンケート等調査に利用させていただきます。
 - ・ 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

月、火星他、太陽系内の探査対象へ到達し、自在に移動・踏破する。調査・分析のために現地へ輸送できる装置を実現し、革新的な探査を可能にする。

■チャレンジする課題

重力天体へ位置を変え繰り返し離着陸できる推進系技術、太陽系内航行の技術、不整地・急斜面・立坑等における走行/移動の技術、各種分析装置の小型化・軽量化、惑星保護技術など、必要な要素技術を開発する。

■アプローチ

地上における、車両の走行制御技術や流体制御技術、IoT 技術、産業・医療用分析装置などをもとに、シミュレーションによる環境適応の検討も踏まえて、高性能化、小型・軽量・低リソース化を含む宇宙仕様化に取り組み、地上模擬フィールド等での実証から宇宙実証も視野に入れた研究開発をおこなう。

■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>惑星保護技術</u> <u>【重点課題】</u>	別シート参照	
(2) 広域・多地点探査・ 広域観測 小型探査ロボット群が広域に分散・展開し、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>	<u>高機能・新材料の活用や超小型化技術など、新機軸を有したタイプのロボット</u>
	② 画期的な移動手段を実現する技術	画期的な移動手段を構築するための技術およびシステム
	③ <u>画期的な探査ロボットや移動手段を支える要素技術</u>	超小型・超低リソース・高効率・広い動作温度、高耐久性・柔軟性などの要素技術
	④ 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、総体としてのレジリエンス、再構築性、共進化、スケーラブルなシステム
	⑤ <u>小型探査ロボット用スマートセンサ（水、氷、鉱物資源、生命等）</u>	高性能・ <u>超小型センサ、MEMS 技術</u> 、遠赤外カメラ、 <u>生命探査を含むその場検出手法、その場分析</u> 、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、ハンディ化、可搬化
(3) 極限地域への到達と利用 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、そしてその地域の環境を活かした利用を行う。	① <u>クレータ中央丘や崖の地形・地質探査</u>	<u>可変構造型（トランスフォーメーション）ロボット、効率的な投てきなどのアクセス技術</u>
	② <u>電力供給や通信困難な地下領域の探査</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 地下の掘削探査、非破壊探査	<u>10m を超える惑星地下へのアクセスを可能とする掘削・ボーリング・サンプル採集技術、非破壊地下探査技術</u>

	④	<u>太陽の当らない永久影の中の移動探査</u>	<u>深海探査技術、過酷な環境適応システム</u>
	⑤	<u>特殊領域（極低温・高真空領域）の活用を目指した技術</u>	<u>月極域の高真空・極低温環境を活用した、冷凍、冷蔵、冷却等の技術</u>
(4) 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	高い機能を有して移動可能な飛翔探査	高効率飛行技術、飛行移動体 UAV・編隊飛行
	②	長期間移動探査	待機電力不要・超低減システム、故障診断・検知・修理、自己修復、機能の再構築
(5) 繰り返し離着陸できる推進系技術	①	推進系に関わる技術	複数回の離着陸を実現可能な推進系技術
効率的な離着陸を実現する技術	②	効率的な離着陸拠点の実現	新たなアクセス領域へのアクセス効率を高めるための、仮説着陸パッドの効率的構築
(6) 太陽系航行技術	①	新たな航行技術	化学推進、電気推進、重力加速などに対して新機軸を与える新たな航行アプローチ
画期的な航行・推進技術の開拓	②	画期的な推進系技術	化学推進、電気推進の大幅な性能向上や、新たな推進系技術
	③	超遠距離を想定した高速・低リソース通信系技術	遅延、中断等に耐性を有する通信技術、高効率・ロバストなコーディング技術

1A) 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・除菌効果および、各種素材への腐食特性を比較し、惑星保護において重視される芽胞を基本としつつ、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・検証手法も重視している。評価法は、極微量の細胞の検出、休眠状態の細胞の検出、鉋物などの非細胞との判別などにおいて、高感度であることが望ましい。

■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
- ・ 生産ラインにおける製品品質の向上、またその高精度なクオリティチェック

■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) 惑星保護技術 国際的にガイドラインの詳細化が行われる、惑星保護技術に対	①	探査機・宇宙素材に適用可能な滅菌法の選別	芽胞を基本とした探査機の汚染レベルを低減する滅菌・除菌法、宇宙素材に適用可能な滅菌法の選別
	②	滅菌・除菌の検証・評価法に関する基盤要素技術の確立	死菌、生菌、極微量の細胞・休眠状態の細胞などの効率的な検出、生物と鉋

応・リードできる技術 の獲得を行う。			物などの非細胞との判別
	③	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	惑星検疫システムの構築（バイオバーデン管理技術の構築・滅菌バリデーション）

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、人が活動することが難しい環境で、自律的に判断し自ら機能するシステムや、人と共生し身体的・精神的な負担を軽減し、なおかつ安全な自律的システムで、宇宙技術に革新を起こす。

■チャレンジする課題

世界トップクラスである我国のロボット技術や自動車技術、物流技術などを高度化・宇宙仕様化してAI技術と連携させることで、人による作業の代替・自動化、探査機システムや拠点システムの自律的な運用などをを目指す。

■アプローチ

地上で既の実現されている技術をベースとし、軽量化、低消費電力化、耐環境性向上、高性能化などの高度化を行い宇宙で適用できる仕様とする。無人化や自動化、状況認識・適応・行動立案などにAI技術を活用する。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>AI（機械学習）</u> 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	<u>環境認識・行動計画</u>	- 地形・障害物・物体認識、地図生成、自己位置推定 - 行動計画、エネルギー管理 - 複数台ロボットの分散協調のための群制御技術、マルチエージェントシステム
	②	学習データ	- 少量データ向け深層学習 - 学習および教育に関わる技術（シミュレータなど人工データ構築、ドメインランダム化） - ビッグデータ解析・低消費電力高速AI処理に有効な要素技術
	③	<u>信頼性・安全性</u>	- 自律システムの信頼性を向上させる技術 - 故障検知予測、自己修復技術
(2) 採取・運搬 資源の掘削、採取、運搬を行う。	①	<u>運搬</u>	- 自動配送（マネジメントシステム、自律分散システム） - 不整地/急斜面走行のための機構、制御技術 - ドローン（飛翔体含む） - 軽量、高出力アクチュエータ、荷物の上げ下ろしのためのロボットハンドおよびその制御技術
	②	通信	アドホックネットワーク、遅延耐性ネットワークなど
	③	採取	資源（水、氷、鉱物資源等）の掘削機器

(3) 拠点構築 未踏峰領域探査の足場となる月面拠点の構築、自動建設（ICT 関連技術）、保守点検を行う。	①	<u>環境調査</u>	・ <u>無人測量、地図作製、位置検出</u> ・ 機械と土壌の相互作用
	②	<u>建築物・構造</u>	・ 大型軽量、展開構造物など
	③	<u>極限環境対応</u>	・ 離着陸パッド構築等、繰り返しアクセスに有効となる技術 ・ 極限環境に展開する拠点への滞在に向けて必要となる要素技術（環境測定、放射線防御、滞在環境支援、低温環境対応など）
	④	工法	・ 展開、組立、施工管理および支援、協調作業 ・ 水平設置 ・ 自動検知(地面・地盤状態検知、不具合検知)、自動運転 ・ 作業シミュレーション
	⑤	建機	電動化、軽量化、標準化（共通化・モジュール化など）
	⑥	保守・点検	構造物の点検、診断および修理保守

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」「生産する」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、植物生産技術等を応用し、限られた資源から必要な物資を効率的かつ無人で調達・生産できるシステムを構築する。また、レゴリスから水を抽出して利用可能な状態（推薬等）とするまでの月面での水資源利用のプロセスに着目した技術開発を行う。

■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) 月面での水資源利用 【重点課題】※	①	水資源を利用する技術※	液化、保存
(2) 現地調達システム 月・火星探査に必要な物資を現地で調達するシステム	①	低品位原料の資源化技術	化学的・物理的处理による水、酸素、揮発物、金属、無機材料等の素材生産技術、分離分級、選別、製錬、濃集技術
	②	現地物質からの製品製造技術	各種の固化・造形技術（AM、熔融、焼結、化学・物理処理等）による部品、構造物（建設資材）の製造
	③	現地調達システムの高度化技術	コンパクト化、可搬化、省力化、高効率化、軽量化、発生熱の有効利用
(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	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	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
	②	水、ガス等のリソースの再利用技術	水や養液の再利用、無菌砂、メタン発酵、微生物環境の制御、洗浄、殺菌、CO ₂ 吸着・再利用、気液分離、水分回収

(4) 現地生産システム 月・火星滞在に必要な要素・食糧を現地で生産するシステム	①	食用植物の栽培システム	環境制御、モニタリング、閉鎖循環システム、栽培自動化技術、宇宙機内(小スペース)での食糧生産技術、月面土壌(レゴリス)栽培技術、閉鎖環境におけるきのこ栽培システム、水耕栽培による根菜類・果菜類・果実の栽培技術、持続的な自動栽培システム
	②	宇宙用最適品種改良技術	非可食部の最小化、人手のかからない品種、収穫量最大化、栽培期間短縮
	③	食用魚の飼育システム	自動養殖管理システム、持続的な養殖システム、リソース(特に水)消費の最小化技術、植物と魚の資源循環(CO ₂ や水 etc.)
	④	生産食糧の加工・調理・保存システム	月面基地における野菜の加工技術・調理方法・保存システム、月面基地における魚類の加工技術・調理方法・保存システム

※別シートにて詳細課題を設定

3A) 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	・ 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	・ 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	・ 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	・ 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	・ 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	・ 酸素適合性の高い材料
	② 水素透過	・ ガスバリア性の高い材料
	③ 水素脆化	・ 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)

4) 「有人宇宙探査」技術

■目的

月・火星等の遠隔地及び地球低軌道活動において、地球からの支援に極力依存しない自律性の高い有人宇宙活動を目指した有人探査技術を獲得する。

■チャレンジする課題

長期有人滞在を可能とする、環境制御・生命維持システムに関連する技術、人が効率的、安全に活動するための衛生技術、自動化・自律化技術の研究開発をおこなう。

■アプローチ

地上における、空気・水環境制御技術、ロボット、高度なインベントリ管理システムの適応等を踏まえて、地上模擬フィールドでの実証から宇宙実証も視野に入れた研究開発をおこなう。

■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
生命維持・環境制御技術		
(1) 空気再生	① CO ₂ 回収・利用	<u>脱炭素技術を応用した4000ppm程度の空間中二酸化炭素の分離回収、資源化</u> 物理吸着・化学吸着・分離膜・深冷分離・人工光合成・人工珊瑚・イオン液体・メタネーション等
	② メタン分解	<u>メタンから水素を回収する技術</u> 水素製造・クリーン水素・炭素製造・触媒・微生物・熱分解など
	③ 微量有害ガス除去	<u>空間中からの微量有害ガスの除去技術</u> 光触媒・吸収剤・化学吸着・酸化触媒など
	④ 酸素・水素製造	<u>水素社会実現に向けた電解・水素利用技術</u> 電解（水、水蒸気）・MEA・触媒・電解質膜・燃料電池（常温、高温）・可逆作動・水蒸気耐性水素センサ等
	⑤ 環境モニタリング	<u>空間中の微量ガス・微粒子の計測技術</u> GC、GC-MS、パーティクルカウンタなど
(2) 水再生	① 排水処理・再生 （尿、凝縮水、生活排水の再生技術） ※人から排出される水蒸気をエアコンで回収し、液化した水	<u>人から排出される水分（尿・汗等）を飲用水として再利用するための浄化処理技術</u> 排水処理・水処理技術・気液分離・濾過・有機物分解・電気分解・飲み水の味の評価
	② 殺菌および微生物モニタ	<u>再生処理水の菌・微生物制御</u> 水の殺菌・水分中の菌の遠隔モニタリング・長時間抗菌・微生物モニタリング

(3) 廃棄物回収・利用	①	宇宙トイレ	微小重力、低重力環境下で尿と便を回収する技術 し尿分離便器・省水型便器・便器開発のための 流体シミュレーション等
	②	廃棄物資源化	水再生装置から排出されるブラインからの水回 収、廃棄物の資源化 蒸留、熱伝導乾燥、噴霧乾燥、凍結乾燥、膜、 電氣的分離等
宇宙空間における安全な生活			
有人滞在のための衛生技術	①	衛生技術	大空間除染・滅菌、農作物栽培における殺菌、生 産ラインにおけるクオリティ・コントロール
有人支援ロボット技術【重点課題】			
(2) マニピュレーション (宇宙飛行士の作業代替/ 協働)	①	省リソースな自律制御技術 (特に柔軟物や浮遊物など動 きの予測が困難な対象のマニ ピュレーション)	・対象物の形状変化や位置・姿勢ズレに対応 可能で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 求められる作業や細かい手先 操作など)	・GUI、AR、VR技術、 ・部分的自律動作 ・力触覚予測フィードバック
	③	宇宙飛行士や地上での人の動 作の模倣学習	・複雑な操作(ジッパ操作等)を人の作業や 遠隔操作データから模倣学習する技術(低負 荷な計算処理アルゴリズム)
	④	人協調技術	・周辺の人/物に危害を与えない制御手法 ・音声認識等のクルーインターフェース ・人間機械協調によるウェルビーイング
(3) 移動技術 (補給品の運搬)	①	重量、重心が異なる様々な荷 物を持ち移動する技術	・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、制御技術 ・特定の把持ポイントを把持しながら伝い歩 きが可能な多脚ロボット/ハンド技術
	②	省リソースでロバストな SLAM/経路計画技術	・物/人のコンフィグレーション変化に対応し たロバストなSLAMと経路計画 ・低負荷な3次元経路計画技術
(4) 荷物管理 (宇宙飛行士作業効率化)	①	実験準備や物品整理時の作業 効率を高める物品管理の手法 (限られたスペース、質量制 約の中で効率的に荷物を収納 できる手法、搭載構造)	・自動倉庫、RFID、画像認識 ・使用状況に応じた3次元での配置最適化 ・GUI、AR/VR技術の適用 ・軽量、高収納効率な搭載構造 ・革新的な荷物固定/収納方法の提案
	②	微小重力での浮遊による物品 紛失を防ぐ技術	・画像認識(物体のトラッキング)、紛失検 知 ・固定/収納方法の提案

(5) 共通技術	①	ロボットの軽量化、省リソース化	・ 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
	②	人協調技術	・ 周辺の人/物に危害を与えない制御手法 ・ 音声認識等のクルーインターフェース ・ 人間機械協調によるウェルビーイング

5) 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・循環技術	
例	・ <u>低電力・省電力化技術</u> ・ 革新的発電デバイス・システム、<u>熱電発電</u>、エネルギーハーベスティング ・ <u>高効率無線電力伝送（磁界による近距離・遠距離及びレーザーによる遠距離）</u> ・ エネルギー源の創出（水素、酸素、石油、石炭、天然ガス、ラジアイソトープ/原子力、水力、風力等）とその宇宙応用 ・ エネルギーの循環（効率の良い送受電・回生システム） ・ 高エネルギー密度で安全性の高い蓄電デバイス、及びエネルギーの貯蔵・蓄積技術（コージェネレーションシステム、給湯・貯湯・冷凍等技術） 等
② 原動機、装備品技術	
例	・ <u>耐環境性に優れたモータ・エンジン・タービン</u>等電動機・熱機関・流体機械技術 ・ 各エネルギーを力学的（機械的）エネルギーに変換する原動機技術 ・ 簡易な原理や構造で信頼性高く、真空中で利用できる油圧・空圧等アクチュエータ技術 ・ 締結・動力伝達・液/気体輸送・密封・緩衝等機械要素技術 等
③ 材料、構造技術	
例	・ CNT やナノファイバー・CFRP、CFRTP などを利用した高強度で軽量の素材 ・ 衝撃吸収材料、<u>自己修復材料</u>、超軽量材料、<u>多機能・傾斜機能材料</u>、<u>不燃性材料</u> ・ 高性能金属材料（高比強度・高疲労強度・耐熱性） ・ 宇宙環境耐性のある高分子材料（耐放射線・高比強度・高疲労強度・耐熱性・耐寒性・可撓性） ・ 窯業・土石（ガラス・セラミック・コンクリート） ・ 上記材料の製造技術（生産加工技術・3D プリンタ技術・表面処理・熱処理・接合・非破壊検査などの特殊工程技術） ・ <u>材料のリサイクル技術</u> 等
④ 移動・輸送・運用技術	
例	・ <u>地形・位置の画期的な同定技術を応用した移動技術</u> ・ <u>物資の形態（梱包・固体・液体・ガス）に応じ距離に最適化した輸送技術</u> ・ <u>燃料補給・補修による長期運用技術</u> ・ 月・<u>火星上の飛行技術</u> ・ 人の輸送（自動車・航空機・鉄道・船舶等地上輸送技術の月、火星への応用） 等

⑤ 通信技術	
例	・ <u>画期的な通信ネットワーク技術（地上一月面間、月面上での無線通信・画像伝送）</u> ・ 超小型、超省電力通信技術（同上） ・ 光通信技術 ・ 時刻同期技術 ・ UWB を応用した通信技術 ・ ソフトウェア無線機（デジタルトランスポンダ） 等
⑥ 耐環境技術	
例	・ <u>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・加熱・冷却・熱輸送技術</u> ・ 防塵・除塵・耐摩耗技術 等
⑦ センサ技術	
例	・ <u>小型高精度な速度・加速度・姿勢センサ</u> ・ <u>超高感度・高ダイナミックレンジな電磁波センサ</u> ・ <u>小型・軽量の化学・物理分析装置の技術</u> ・ 高精度・高機能光学カメラ ・ 操作環境（映像ソースの配置、ガイダンス） 等
⑧ 情報技術（人工知能、機械学習 VR/AR、GUI）、制御技術、またそれを支える計算機・半導体技術	
例	・ <u>自律システムの構築及び安全性・信頼性を向上させる AI 手法、自己診断技術</u> ・ <u>VR/AR を用いた探査シミュレーション技術</u> ・ <u>クルーの省力化、動作の模倣学習に資する技術</u> ・ 省エネルギーな軌道保持技術 ・ <u>少ないリソースで高パフォーマンスの計算技術、計算機技術、半導体技術</u> 等
⑨ 生活関連技術	
例	・ 月、火星等で生産可能な衣服、靴等のアパレル関連技術 ・ 月、火星等での消費財、洗濯、清掃、入浴等理容衛生関連技術 ・ 月、火星等での生活に必要な電化製品等装備品関連技術 ・ レジャー、娯楽、スポーツ、エンターテインメントに関する技術 等