

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 1 月 21 日 G 改訂

2022年7月8日更新

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

■重点課題

上記技術領域の中でも、比較的近い将来に向けて重点的に取り組む課題についても設定しております。

- 5) 月面での水資源利用
- 6) 惑星保護技術
- 7) 有人支援ロボット技術 ※2022 年 2 月 7 日追加
- 8) 月面の科学／火星探査技術 ※2022 年 2 月 7 日追加

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。
別添「秘密保持契約書雛型」に必要情報を記載し、6. 2) の受付フォーム又は 7. に

記載のメールアドレス宛に PDF 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。
 - ・ 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) 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
	② <u>画期的な探査ロボットシステムを支える要素技術</u>	超小型・超低リソース・高効率・広い動作温度などの要素技術
	③ 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、スケーラブルなシステム
	④ <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・超小型センサ、MEMS 技術、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>
(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 <u>クレータ中央丘や崖の地形・地質探査</u>	革新的移動技術、可変構造型（トランスフォーメーション）ロボット、効率的な投てき技術
	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	掘削・ボーリング・サンプル採集技術
	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・ <u>編隊飛行</u>
	② <u>長期間移動探査</u>	待機電力不要・超低減システム、 <u>故障診断・検知・修理、自己修復、機能の再構築</u>
(4) 人工知能 未知環境や屋外環境にて	① <u>環境認識・行動理解</u>	<u>アクティブセンシング、表示・投影システム、最適経路計画、自己位置推定</u>

自律的行動計画をたて、環境に適応して探査を行う。	②	<u>画像解析・理解</u>	<u>画像理解・情報の効率的な抽出・予測、地形抽出</u>
	③	<u>環境適応・行動立案</u>	<u>少量データ向け深層学習、強化学習、効率的な教師データ構築</u>
	④	データ処理	<u>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</u>
	⑤	<u>信頼性・安全性技術</u>	<u>ルールベースに組み合わせて自律システム信頼性を向上させる AI 手法, システムの自己診断技術</u>
(4) 拠点構築 未踏峰領域探査の足場となる, 拠点の構築を実現する.	①	拠点構築に向けた要素技術	離着陸パッド構築や未踏峰領域へのアクセスに有効となる技術
	②	極限領域における拠点の滞在に向けた環境構築	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
	③	極限領域における拠点の環境計測	極限環境に展開する拠点への滞在に向けて必要となる環境測定技術
	④	極限領域における拠点の環境構築	放射線防御技術, 滞在環境支援に向けた要素技術
	⑤	太陽の当たらない永久影の中の構造構築	低温環境における, 構造物構築に関わる要素技術

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旨す。

■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
(1-1) 遠隔操作による月面拠点の自動建設 (ICT 関連技術)	① <u>環境認識・位置情報取得</u>	<u>無人測量</u> ・測距、地図作製、3次元位置検出
	② <u>挙動予測(シミュレーション)</u>	<u>機械と土壌の相互作用</u>
	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>
(1-2) 建造物の自動建設方法・手段	① <u>軽量・高剛性建造物</u>	<u>展開</u> 、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 <u>大型設備(大型アンテナ等)の設置</u>	<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、軽量化、共通化・モジュール化、標準化

中テーマ	小テーマ	関連キーワード
(2-1) マニピュレーション (宇宙飛行士の作業代替)	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)	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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
(2-2) 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	<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、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	<ul style="list-style-type: none"> 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
(2-3) 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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
(3-1) 宇宙農業システム 食糧(野菜)の現地生産を実証するシステム	① 栽培、収穫の機械化、自動化	モニタリング技術、栽培管理、環境維持 、ロボット技術、小型センサー、
(4) 共通技術	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、高エネルギー密度で安全性の高いバッテリー
	③ 操作環境	映像ソースの配置、ガイダンス
	④ ロボットの軽量化、省リソース化	<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
	⑤ 人協調技術	<ul style="list-style-type: none"> 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) 「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。現地調達のために月・火星での資源の分布、存在量、形態を観測する資源探査システムを構築する。

■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、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。

■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

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 月や火星の表面・地下の水氷（揮発性物質）や <u>鉱物等の資源を観測する技術</u>	ガス分析センサ、質量分析、熱重量分析、分光カメラ、 <u>鉱物検知、ハンディ化、可搬化</u>
(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 <u>低品位原料の資源化技術</u>	化学的・物理的処理による水、酸素、揮発物、金属、無機材料等の素材生産技術、 <u>分離分級、選別、製錬、濃集技術</u>
	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、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	ECLSS(生命・環境制御シ ステム)	環境制御、閉鎖循環システム(CO ₂ 分離・回 収・貯蔵システム、し尿処理技術等)
	②	食用植物の栽培システム	環境制御、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
	③	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
	④	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)
	⑤	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

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・循環技術	
例	<ul style="list-style-type: none"> ・ <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> ・ <u>高エネルギー密度の蓄電デバイス</u> ・ エネルギー源の創出（水素、酸素、石油、石炭、天然ガス、原子力、水力、風力等）とその宇宙応用 ・ エネルギーの循環（回収・貯蔵・再生産・搬送・廃棄） ・ エネルギーの蓄積（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	<ul style="list-style-type: none"> ・ <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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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> ・ 金属材料（高比強度・高疲労強度・耐熱性） ・ 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） ・ 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 移動技術	
例	<ul style="list-style-type: none"> ・ <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>月・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	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>画期的な通信ネットワーク技術</u> ・ 超小型、超省電力通信技術 等

⑥ 耐環境技術	
例	<ul style="list-style-type: none"> ・ <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 <p style="text-align: right;">等</p>
⑦ センサ技術	
例	<ul style="list-style-type: none"> ・ <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 <p style="text-align: right;">等</p>
⑧ 人工知能、AI、VR/AR、GUI 技術、またそれを支える計算機・半導体技術	
例	<ul style="list-style-type: none"> ・ <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> ・ <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> <p style="text-align: right;">等</p>
⑨ 生活関連技術	
例	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 <p style="text-align: right;">等</p>

5) 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)

6) 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

7) 有人支援ロボット技術

国際宇宙ステーション（ISS）や将来有人探査（Gateway：月近傍拠点や月面、火星探査）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自動化・自律化技術の適用を目指す。

■募集テーマ・技術 ※太字・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) マニピュレーション (宇宙飛行士の作業代替)	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）
(2) 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保持しての飛行ができるドローン、制御技術 ・特定の保持ポイントを保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
(3) 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
(4) 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

8) 月面の科学／火星探査技術

今後 10 年間、月面活動の技術開発を支えるものとして、3つの科学（月面 3 科学）が設定されました。

- 月信系ネットワークによる月内部構造の把握（月震計 NW）
- 重要な科学的知見をもたらす月サンプルの選別・採取・地球帰還（月面 SR）
- 月面からの天体観測（月面天文台）

月面の科学の実現に向け、以下の要素技術開発に取り組めます。
これらは火星探査においてもキーとなる技術です。

■募集テーマ・技術

中テーマ	小テーマ	関連キーワード
(1)輸送技術、重力天体着陸推進系技術 より多くの観測機器の搭載およびサンプルの採取および帰還を実現するためには、着陸機重量増加に対応した大推力システムをなるべく軽量に実現する技術が求められる。	(1-1) 冷却技術 貯蔵性推進薬を用いたエンジンでは、高温の燃焼ガス(約 2200℃)から燃焼器を守るため、燃焼器の冷却が必要となる。これまでのフィルム冷却方式に替えて、より効率的な再生冷却方式を実現するにあたり、耐熱金属あるいはセラミックス燃焼器に対する内部流路加工技術や配管施工技術、高熱伝達率(熱交換率)に資する技術を必要としている。	再生冷却、高効率熱交換、内部流路加工
	(1-2) 噴射器技術 着陸に必要な推力調整(スロットリング)のために、燃料および酸化剤を連続的に流量調整可能な噴射器が必要となる。流量調整可能な噴射器としては、例えばピントル型インジェクタがあるが、40%~100%の流量調整を数秒で実現するための噴射器調整機構(アクチュエータ駆動技術、高精度変位制御技術等)を必要としている。	流量可変噴射器、小型軽量アクチュエータ、高精度変位制御
	(1-3) 電動ポンプ エンジンへの貯蔵性推進薬供給システムを、これまでの高圧ガス系から電動ポンプによる供給に変えることでシステム質量を低減したい。真空環境で作動可能であり、推進薬(毒性)の漏洩防止に適した構造、小型軽量かつ低電力な電動ポンプ技術を必要としている。	キャンドポンプ、電動ポンプ、高効率モータ制御、流体圧損低減
	(1-4) 流量調整技術 着陸に必要な推力調整(スロットリング)のために、燃料および酸化剤を連続的に流量調整可能なデバイスが必要である。数 MPa 程度の圧力において、40%~100%の流量調整を連続的に数秒で実現し、かつ推進薬適合性を有する流量制御デバイス技術を必要としている。	流調調整バルブ、キャビテーションベンチュリー、小型軽量アクチュエータ

	<p>(1-5) 各種国産バルブ 着陸用エンジンは従来の人工衛星用エンジンよりも大推力(4倍程度)になるため、従来のバルブ類では圧力損失が増大し流量が不足する。推進薬に対応した推進系に必要な各種バルブ(ラッチバルブ、電磁弁、ワンショットバルブ等)を必要としている。</p>	推進薬適合性、小型軽量バルブ
	<p>(1-6) 推進薬適合性技術 推進系コンポーネントの課題の一つは貯蔵性推進薬(ヒドラジン、モノメチルヒドラジン、四酸化二窒素)へ適合性を有することである。また、燃焼器においても高温燃焼ガス(水蒸気含む)への耐熱および耐酸化性が求められる。バルブシール材、摺動部材、高温耐酸化材、軸受け等機構要素等への推進薬適合技術を必要としている。</p>	耐薬品シール材料、耐酸化コーティング、耐摺動、摩耗コーティング
	<p>(1-7) 推進系高性能化技術 着陸機推進系サブシステムとして高性能化(特に軽量化)に資する技術を必要とする(例えば、軽量低圧の推進薬輸送供給容器や貯蔵タンク等の技術)。</p>	軽量貯蔵、非透過性容器
(2) 越夜・越昼技術、電源技術	<ul style="list-style-type: none"> ・RHU(熱制御)・RTG(発電) ・全固体電池(蓄電) ・薄膜太陽電池パドル ・無線送電システム ・マイクロ波送電システム 	ダスト除去
(3) 走行技術	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面・不整地移動用のインフレーターブルタイヤ/多脚ロボット ・各種センサ(可視光・赤外線カメラ、レーザー測距等) ・急斜面移動システム ・自動走行システム 	AI、SLAM、低消費電力
(4) ロボティクスを活用した表面探査技術	<ul style="list-style-type: none"> ・埋設・掘削・岩石研磨・試料ハンドリング・投擲などを実現するロボットアーム/各種エンドエフェクタ ・低消費電力ロボットアーム(超音波モータなど) ・洞窟探査システム ・群ロボットシステム、崖下など難易度の高い地形を探査するため、単一ロボットではなく、バディロボットシステム ・粉塵に強い着脱式機構 ・着陸機サービスモジュール 	AI、SLAM、低消費電力
(5) 建設技術	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽電池タワー ・アンテナ展開機構 	ダスト除去、水平出し

(6) 中継局技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 光通信（月面一中継局） ・ ネットワーク設計・最適化 ・ 時刻同期 ・ UWB ・ デジタルトラポン（ソフトウェア無線機） ・ 共通モジュール ・ 省エネ軌道保持・燃料補給・補修による長期運用 	放射線耐性 SOI
(7) 観測技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 月震計パッケージ ・ 干渉計パッケージ ・ その場分析パッケージ ・ RI センサ（元素分析） 	
(8) 月面の科学を支える電気電子技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 探査ロボット向けの低消費電力で自律性を実現できる処理系 	

■ システムのイメージ例

着陸機用サービスモジュール

- ・ 付属ロボットアームによる簡易作業や付属センサによる簡易その場観測を行う。
- ・ ローバ等への補充電（無線送電など）やローカルネットワークを提供する。

急斜面移動システム

- ・ アンカリング+テザー伸展により懸垂下降&クライミングを実現する。



自動走行システム

- ・ AI+各種センサで障害物を回避しながら目的地まで走行する。
- ・ SLAMにより走行したエリアの地図を作成する。
- ・ Gateway or 地上で情報処理することで消費電力を抑制する。