



# 宇宙探査イノベーションハブ研究ポートフォリオ

2022年度第2回宇宙探査オープンイノベーションフォーラム 2022年11月18日

> 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 岩崎亜矢子



# 探査ハブ 情報提供要請(RFI)の趣旨





【火星以遠の探査】

探査のための新技術の芽出し・ 新しいミッションコンセプトの 創出に寄与する技術

宇宙探査イノベーションハブの オープンイノベーション事業による 探査技術の進展と企業の事業課題の 解決に取り組む

【月面の本格的な探査】 技術課題・技術ギャップの 解消に寄与する技術

アルテミス計画

月面3科学

【技術シーズ



# 国際宇宙探査の動きと探査ハブの研究領域



アルテミス計画の始動、国際宇宙探査シナリオや月面3科学など月面・火星探査に向けたミッションが具体化したことに伴い、探査ハブの研究領域を以下のように更新した。

- ▶「広域未踏峰」探査技術 【重点課題】惑星保護技術
- ▶「自動・自律型」探査技術
  【重点課題】有人支援ロボット技術
- ▶「地産地消型」探査技術 【重点課題】月面での水資源利用
- ▶共通技術

- ▶「広域未踏峰」探査技術 【重点課題】惑星保護技術
- ➤「自動・自律型」探査技術 【重点課題】AI(機械学習)
- ▶「地産地消型」探査技術 【重点課題】月面での水資源利用
- ▶「有人宇宙」探査技術 【重点課題】有人支援ロボット技術
- ▶共通技術



# 月、そして火星へ!探査ハブの研究領域















革新的な概念と技術にて未踏領域の探査を

自動·自律型探查

情報でつながるが独立性の高い自立した宇宙探査を

地産地消型探査

「すべて運ぶ」から「現地で調達する」パラダイム転換を

有人宇宙探查

地球からの支援に依存しない自律的な有人探査と長期滞在を

共通•基盤探查

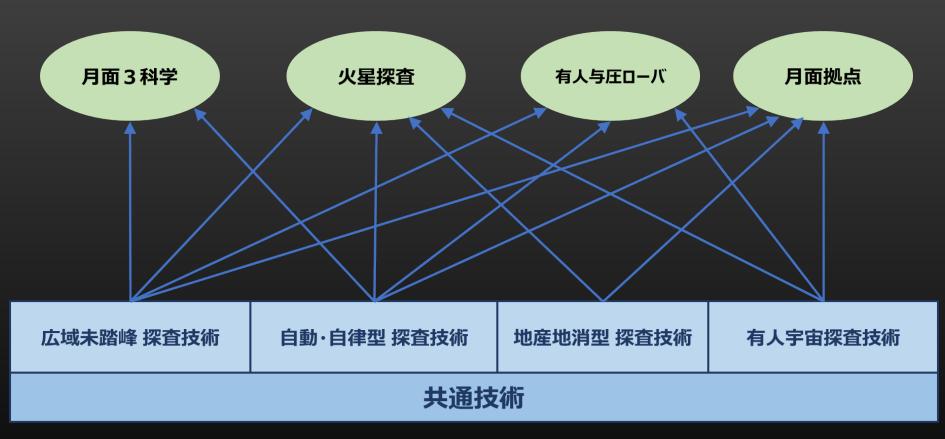
4探査領域の実現と社会課題の解決を可能とする技術を



# 探査ハブの研究領域と将来ミッション候補







# Dual Utilizationを目指した研究開発





# 研究ポートフォリオ

- ➤「広域未踏峰」探査技術 【重点課題】惑星保護技術
- ➤「自動・自律型」探査技術 【重点課題】AI(機械学習)
- ▶「地産地消型」探査技術 【重点課題】月面での水資源利用
- ▶「有人宇宙」探査技術 【重点課題】有人支援ロボット技術
- >共通技術

詳細は探査ハブweb「RFI募集」ページをご参照ください https://www.ihub-tansa.jaxa.jp/rfi/RFI\_notice.html





# 「広域未踏峰」探查技術



- □目的
  - 月、火星他、太陽系内の<u>探査対象へ到達</u>し、<u>自在に移動・踏破</u>する。調査・分析のために<u>現地へ</u> 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<u>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</u> <u>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</u>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。
  - ◆ 惑星保護技術 …次ページ
  - ◆ 広域·多地点探査·広域観測
    - ・画期的な探査ロボットシステム
    - ・画期的な探査ロボットや移動手段を支える要素技術
    - ・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)
  - ◆ 極限地域への到達と利用
    - ・クレータ中央丘や崖の地形・地質探査
    - ・電力供給や通信困難な地下領域の探査
    - ・太陽のあたらない永久影の中の移動探査
    - ・特殊領域(極低温・高真空領域)の活用を目指した技術



# 「広域未踏峰」探查技術 重点課題: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

は、過去に火星着陸探査を実施したことがない日本は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、鉱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。

- ◆ 探査機・宇宙素材に適用化之な滅菌法の選別
- ◆ 滅菌・除菌の検証・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権益システムの構築



### 「自動·自律型」探查技術



- □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<u>自ら機能するシステム</u>や、<u>人と共生し身体的・精神的な負担を</u> 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<u>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</u> <u>化してAI技術と連携</u>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目指す。
- アプローチ 地上で既に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。
  - ◆ AI(機械学習)【重点課題】 …次ページ
  - ◆ 採取・運搬 運搬(自動配送、不整地/急斜面走行のための機構・制御技術、ドローン、 軽量・高出力アクチュエータ、ロボットハンドとその制御技術)
  - ◆ 拠点構築 環境調査(無人測量、地図作成、位置検出) 建築物・構造(大型軽量、展開構造物など) 極限環境対応



# (Tansa) 「自動・自律型」探査技術

# 重点課題:AI(機械学習)



■ 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

小テーマ		関連キーワード
1	環境認識·行動計画	・地形・障害物・物体認識、地図生成、自己位置推定 ・行動計画、エネルギーマネージメント ・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	信頼性·安全性	・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



## 「地産地消型」探査技術



□目的

<u>「すべて運ぶ」から現地で「調達する」「再利用する」「生産する」</u>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。

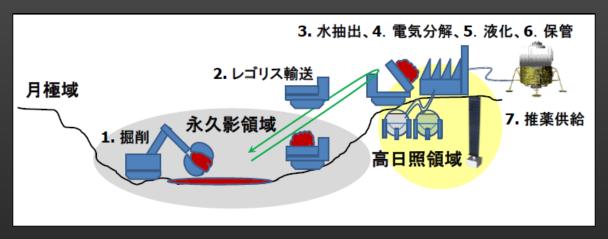
- □ チャレンジする課題 日本が得意とする省エネルギー、リユース・リサイクル技術、資源精製技術、植物生産技術等を応用し、限られた資源から必要な物資を効率的かつ無人で調達・生産できるシステムを構築する。また、レゴリスから水を抽出して利用可能な状態(推薬等)とするまでの月面での水資源利用のプロセスに着目した技術開発を行う。
- アプローチまずアナログサイトでの地上実証、次に世界初の宇宙実証を目指す。
  - ◆ 月面での水資源利用【重点課題】 …次ページ
  - ◆ 現地調達システム 低品位原料の資源化技術(化学的・物理的処理による水、酸素、揮発物、 金属、無機材料等の素材生産技術、分離分級、選別、製錬、濃集技術)



# (Tansa) 「地産地消型」探査技術

# 重点課題:月面での水資源利用





中テーマ		小テーマ		
<液化>				
(1)低エネルギでの液化	1	予冷エネルギの低減		
	2	液化エネルギの低減		
(2)電力供給の効率化	1	軽量な電力供給技術		
<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		
	2	ボイルオフ対策に伴う物量増加対策		
(4)材料適合性	1	酸素下での耐性		
	2	水素透過		
国際宇宙探行	3	水素脆化		



## 「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、<u>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</u>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。

- ◆生命維持·環境制御技術
  - ・空気再生(CO2回収・利用、メタン分解、微量有毒ガス除去、酸素・水素 製造、環境モニタリング)、
  - ・水再生(排水処理・再生、殺菌及び微生物モニタ)、宇宙トイレ など
- ◆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
- ◆有人支援ロボット技術【重点課題】・・・・次のページ
- ◆共通技術
  - ・ロボットの軽量化、省リソース化、人協調技術等



# 「有人宇宙」探査技術 重点課題:有人支援ロボット技術 メメA



中テーマ	小テーマ		
(1)マニピュレーション(宇宙飛行士の作業代替/協働)		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ュピュ レーション)	
	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)	
	3	宇宙飛行士や地上での人の動作の模倣学習	
	4	人協調技術	
(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	
	2	省リソースでロバストな SLAM/経路計画技術	
(3)荷物管理 (宇宙飛行士作業効率化)		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)	
	2	微小重力での浮遊による物品紛失を防ぐ技術	
(4)共通技術		ロボットの軽量化、省リソース化	
	2	人協調技術	



## 共通技術 (1/3)



□ 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。

#### ①エネルギー・循環技術

- · 低電力·省電力化技術
- 革新的発電デバイス・システム、熱電発電、エネルギーハーベスティング
- ・ 高効率無線電力伝送(磁界による近距離・遠距離及びレーザによる遠距離)
- 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

- 耐環境性に優れたモータ・エンジン・タービン等電動機・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

- CNT やナノファイバー・CFRP、CFRTP などを利用した高強度で軽量な素材
- 衝撃吸収材料、自己修復材料、超軽量材料、多機能・傾斜機能材料、不燃性材料
- 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)
- 窓業・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)
- ・ 材料のリサイクル技術 等



## 共通技術 (2/3)



□ 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。

#### ④移動・輸送・運用技術

- ・ 地形・位置の画期的な同定技術を応用した移動技術
- ・ 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
- 燃料補給・補修による長期運用技術
- 月・火星上の飛行技術
- ・ 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

- 画期的な通信ネットワーク技術(地上―月面間、月面上での無線通信・画像伝送)
- 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

- ・ 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
- 防塵・除塵・耐摩耗技術

### ⑦センサ技術

- ・ 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な電磁波センサ
- ・ 小型・軽量な化学・物理分析装置の技術
- ・ 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



# 共通技術 (3/3)



- □ 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。
  - 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
    - ・ 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
    - ・ VR/AR を用いた探査シミュレーション技術
    - ・ クルーの省力化、動作の模倣学習に資する技術
    - ・ 省エネルギーな軌道保持技術
    - ・ 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、半導体技術等

### 9生活関連技術

- 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



# 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。また、火星表面探査に向けた地球よりも薄い大気を持った惑星への着陸技術も併せて設定をします。
  - ▶ 月震計ネットワークによる月内部構造の把握(月震計NW)
  - ▶ 重要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みます。

- ◆ 輸送技術、重力天体着陸推進系技術
- ◆ 走行技術
- ◆ ロボティクスを活用した表面探査技術
- ◆ 建設技術
- ◆ 観測技術
  - ・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
- ◆ 月面の科学を支える電気電子技術
- ◆ 火星表面探査のためのEDL(Entry, Descent, Landing)技術





### この後:募集テーマのうち特に重点をおいている2件をご紹介します

- ① 月面3科学の実現に向けて
- ② 月探査のためのAI(機械学習)

探査ハブweb「RFI募集」ページ https://www.ihub-tansa.jaxa.jp/rfi/RFI\_notice.html



お気軽にお問合せ、情報のご提供をいただければ幸いです

ご清聴いただきありがとうございました



# 参考:国際宇宙探査の動向



• JAXA国際宇宙探査センターより「日本の国際宇宙探査シナリオ(案) 2021」(令 和4年3月)を公開中

https://www.exploration.jaxa.jp/news/20220427.html

・国際宇宙探査協働グループ(ISECG)が発行した国際宇宙探査ロードマップ (GER)にアルテミス計画動向及び日本のサイエンスコミュニティの月・火星の科学 の検討進捗等を踏まえた総合シナリオ

- 国際宇宙探査における目標
- 全体アーキテクチャ
- 環境データ分析
- 科学・技術の各ロードマップ
- 具体的ミッション





# 参考:月の3科学



- 月震計ネットワーク
  - 月面の全球(裏側含む)へ多数の月震計の配置、長期間の計測による月内部構造の把握
- 月サンプルの採取・選別・地球帰還
  - 月の形成ひいては地球地殻の形成や太陽系巨大ガス惑星軌道変化に関する知見をもたらす、複数の衝突盆地露頭サンプルの採取、その場分析、持ち帰り
- 月面からの天文観測(月面天文台)
  - 大気や人間の活動起因の擾乱のない月面裏側で波長1-40MHz帯の電波干渉計による観測(宇宙最初期の情報を得る中性水素21cm線の観測)

