





科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 (第72回) R5 2 9

宇宙探査イノベーションハブ 状況報告

2023年2月9日

JAXA理事 佐々木 宏 JAXA宇宙探査イノベーションハブ ハブ長 船木 一幸



目次



• 宇宙探査イノベーションハブの概要

• 研究活動状況・主な成果

・今後の取り組み





宇宙探査イノベーションハブの概要



探査ハブの目指すところ

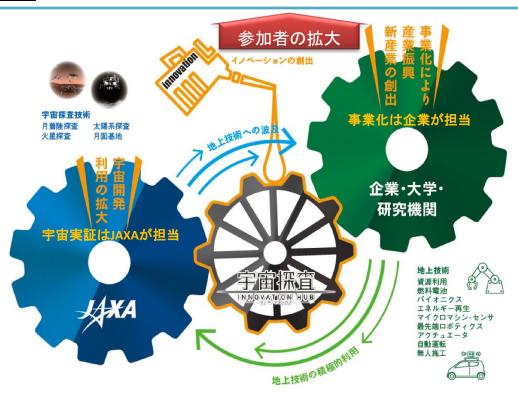


- 宇宙探査の過酷状況下におけるロボット技術、自律的な判断・制御技術などは、社会的課題の解決や地上産業に必要な技術課題と共通点(デュアルユーティリゼイション)が多く、民間企業等と共同で技術開発することにより、国の経済、技術、生活の質を向上させ産業競争力を強化する。
- 特に非宇宙分野の民間企業の参入の促進、All-Japan体制の構築(人材糾合、異分野融合)や世界の優秀な人材が集結するオープンイノベーション拠点を運営し、世界をリードする宇宙探査技術の研究開発に取り組む。

宇宙探査事例

- ①移動型探査ロボット による広域探査
- ②月面·火星基地の遠 隔施工
- ③月面・火星基地用資 材を現地で製造する システム
- ④安全かつ効率的な 有人宇宙探査のロ ボット技術活用

宇宙探査シナリオ・ミッションの実現



社会課題の解決 産業競争力向上

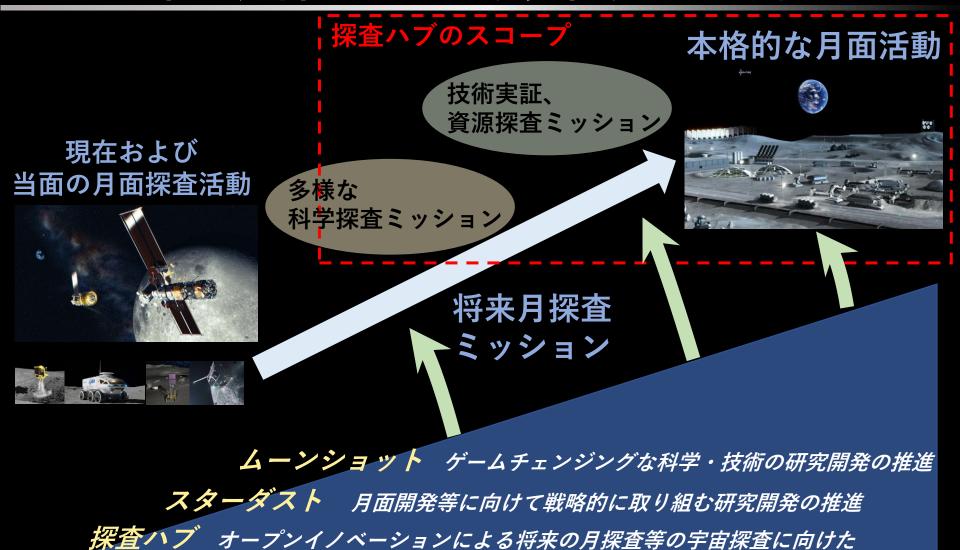
事業化事例

- ① 自動車、航空機(ドローン)分野の電化技術
- ② 無人化・自動化された 建設・メンテナンス技術
- ③ 介護・医療分野の支援 技術
- ④ 新たなプロセスによる 資材製造技術
- ⑤ 生活を豊かにする技術





日本の月探査計画と研究開発の取り組み



日本の宇宙探査にかかる研究開発の取り組み

先行的な研究開発



探査ハブ構想の実現状況



- 研究課題設定段階から民間企業等のニーズを取り込む参画型へ
 - →非宇宙産業のニーズ把握とテーマ掘り起こしのため、情報提供要請(RFI)、共 同研究募集(RFP)の2段階方式を設定
 - → 宇宙と地上の共通の研究課題を解決する研究開発に取り組む(宇宙と地上の **Dual Utilization**)
 - → RFI: 1032件、共同研究: 142件(2015-2022/9/E) 및
 - → 民間企業等の自己投資額が年々増加し、民間 企業等の自己投資額が国費(JST資金JAXA交 付金)を上回った。
 - → 参加企業・大学が216、約9割が非宇宙企業・大学
- 人材糾合、異分野融合によるオープンイノ ベーションの実現
 - → 民間企業の参画を促すようなクロスアポイントメン ト制度(異分野企業から8名が参加)、イノベーション ハブ特有の知財制度の確立
 - → JST(科学技術振興機構)イノベーションハブ構築 支援事業(2015年度~2019年度)の事後評価結果 として、総合評価で5段階中最高評価のS評価

国費く企業等の自己投資額 共同研究参画機関

共同研究への参加機関数

による自己投資



共同研究への参画機関数

(累積)



共同研究への参加機関

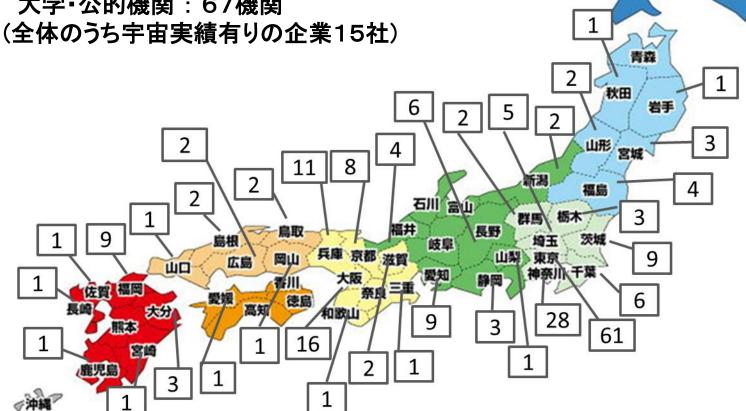
共同研究 実施場所

北海道

参画機関216機関の内訳

企業:149社 (うち、中小ベンチャー企業73社)

大学•公的機関:67機関



宇宙実

有

15

IAVA

探査イノベーションハブ共同研究参加企業・大学等 (FY2015 ~2022実績)

2022.09.30時点

小

73

			, ,, ,,,,	.,,		~ ~ ~ ~				
										2022,
新明和工業㈱	(株) 安川電機	㈱明治ゴム化成	鹿島建設㈱	㈱コガネイ	㈱三井三池製作所	太陽工業㈱	ソイルアント゛ロックエンシ゛ニ アリンク゛(株)	センサーコント ロ ー ル ズ (株)	エクストコム(株)	アダマント並べ精密記載
日東製網㈱	東急建設㈱	三菱マテリアル㈱	株 大 林 組	㈱ブリヂストン	パナソニック(株)エ コソリューション ズ 社	日産自動車㈱	㈱日本炭素循環ラボ	(株)守谷刃物研究 所	㈱タグチエ業	㈱東洋技術工業
中国工業㈱	日立造船㈱	キリン㈱	ソ ニ ー ㈱	株 熊 谷 組	川崎地質㈱	㈱ J S P	㈱メディカル青 果物研究所	㈱ビーコンテク ノ ロ ジ ー ズ	モルタルマジック㈱	ジャンケームシール株
㈱ L I X I L	㈱タカラトミー	т н к (#)	㈱竹中工務店	住 友 林 業 (株)	藤森工業㈱	日本ゼオン㈱	菱熱工業㈱	インテグリカル チ ャ ー (株)	神栄テクノロジー(株)	マイクロ波化学㈱
㈱竹中土木	ヒロセ・ユニエンス(株)	日東精工㈱	日特建設㈱	光洋機械産業㈱	ニチレキ㈱	愛三工業(株)	中村牧場合同会 社	JOHNAN(株)	株中タスマテリアル研究所	株名城ナノカーボン
酒井重工業㈱	清水建設㈱	トピー工業㈱	株 ミサワホーム 総 合 研 究 所	三菱造船㈱	(株) いけうち	日本電波工業株式 会社	新日本繊維㈱	(株) H 4	㈱イチカワ	ペクセル・テクノロジーズ株
リ コ - (株)	ミサワホーム(株)	パナソニック(株)	㈱加藤製作所	(株) 資生堂	㈱本田技術研究所	岩谷産業㈱	㈱米子シンコー	㈱ちとせ研究所	紀州技研工業㈱	㈱アイヴィス
ヤンマーホール ディングス(株)	カシオ計算機㈱	デリカフーズ㈱	㈱ K A N Z A C C	古河電気工業株	住 友 商 事 ㈱	株式会社三幸商 事	(株)ナノメンブレ ン	㈱ソラリス	㈱ビュープラス	㈱コンセプト
伊藤忠商事㈱	関西電力㈱	(株) カ ネ カ	栃木カネカ㈱	大成建設㈱	(株) ニ デ ッ ク	高砂電気工業株式会 社	ネオアーク㈱	㈱タベルモ	(株) モルフォ	Spiber(株)
株式会社堀場製作 所	高砂熱学工業㈱	横河電機株式会 社	大 気 社	日本特殊陶業株式 会 社	クニミネ工業株式 会 社	株式会社KDDI総合 研究所	(株) I S T	ツインバードエ 業 (株)	ケニックス(株)	メビオール(株)
産業技術総合研究所	大 分 大 学	茨 城 大 学	静岡大学	九州工業大学			吉川化成㈱	株 大 同 機 械	㈱光電製作所	プログレス・テクノロジーズ株
芝浦工業大学	京都大学	日本文理大学	東京農工大学	東京大学	愛 媛 大 学		㈱ウドノ医機	銀座農園㈱	精電舎電子工業 (株)	アクトロニクス(株
大 阪 大 学	東京都市大学	電気通信大学	山口大学	会 津 大 学	東北大学	秋田大学	㈱メトロール	株式会社Integral Geometry Science	ボールウェーブ (株)	株超微細科学研究所
中央大学	福井大学	名古屋大学	信州大学	桐蔭横浜大学	立命館大学	北海道大学	プランツラボラ ト リ ー (株)	株 式 会 社 Thermalytica	Link T&B㈱	ヤンマーエネル ギーシステム(株)
千 葉 大 学	東京理科大学	若狭湾エネルギー研究センター	東京電機大学	千葉工業大学	東京工業大学	九州大学	一般社団法人長 野県農村工業研 究 所	もレゲンロット株は会社	(株) 矢 嶋	(株)Pale Blue
鹿児島大学	日本大学	摄 南 大 学	埼玉大学	農研機構九州沖 縄農業研究セン タ ー	兵庫県立大学	大阪府立大学	岡谷熱処理工業 株 式 会 社	横浜技術士事務 所	ストロープ株式会社	(株)マテリアルイノ ベーションつくば
海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	東京女子医科大 学	国士舘大学	明星大学	山 形 大 学	理化学研究所	玉川大学	がぇ・イーティーエス合 同 会 社	㈱テクノソルバ	㈱小野電機製作所	㈱ispace
同志社大学	神戸大学	国立極地研究所	法政大学	新潟大学	北里大学	聖マリアンナ医科 大 学	株式会社アイ・ エレクトロライ ト	㈱センテンシア	有人宇宙システム(株)	侑 オ ー ビ タ ル エンジニアリング
福井県工業技術センター	レーザー総合技術 研究 所	京都府立大学	森林総合研究所	量子科学技術研究開 発機構	筑波大学	大分工業高等専門学校	八田・山本宇宙 推進機製作所㈱	株川エアロスペース	浜松ホトニクス (株)	三菱電機㈱
島根大学	物質・材料研究機構	佐賀大学	名古屋工業大学	長野県工業技術セン	関	上智大学		千代田化工建設株	(44)	三菱重工業㈱

赤字がRFP9追加

採取・分析

資源材料抽出・製造

ECLSS

探査ハブの研究トラックマップ

実施済み

水資源利用

電源・電池・通信

				J.		-7120		• •			実施中
/]	、型ロボット 、	着陸機有人与圧ローグ	ズ 環境探査	をローバ	推進系	水氷センサ	無人・う	遠隔施工 	多目的軽量建機	拠点建設	未実施
1	小型ロボット収 納ハンド	衝撃吸収 金属材料	<i>É</i> 軽量断熱材料	高機能地中レーダ	電動遠心ポンプ	小型地下水分センサ	が型インフラ モニタシステ ム	自動掘削シミュレーション	小型軽量岩石	締固め	
 	超軽量移動体 技術	距離計測センサ (LIDAR)	防塵除塵技術防 塵除	自己位置推定 地図生成	流量調整技術	小型ガスクロ マトグラフィー	機器と土壌の 相互作用	オフロード 車両自動運転	建設機械のいなし、 し・ならい	月面地盤 掘削調査	
	小型ロボット 制御技術	微小流量制御機 器	人工知能 ・深層学習	画像情報抽出・ 予測技術	高精度位置 制御機構	小型微量 水分計	人機械の協調 作業最適化	構造物 自動展開	軽量掘削 システム	スマートハウス 建築	
	昆虫型小型 ロボット	透明超硬膜 技術	月面構造断層ト モグラフィ	微量ガス小型セ ンシング	ダイヤフラム ポンプ 駆動機構	水氷センシング 技術	不具合 自動検知	GPS不要 測位システム	全方向移動ク ローラー	土木作業 知能化	
i 	高性能光学 新規材料	ダスト除塵 技術	小型高効率 アクチュエータ	地図作成 ・v SLAM	圧縮機 軸受け機構	中性子分光計	遠隔自動測量	自動運搬 ・設置	軽量化建機 アタッチメン ト・ブーム	月面地下 情報取得	
i	小型高精度 レゾルバ	展開収納 FRP技術	不整地自律 駆動制御	分散協調 システム	惑星保護	١		遠隔施工 システム	軽量化建機シス テム	エアロゲル構造 断熱材	
 	小型軽量高効率 アクチュエータ	軽量高強度 電線技術	車両ディペンダ ブル技術	環境認識 移動技術	抗微生物・抗ウ イルス表面処理	除菌・除染のた めの基盤技術		AM技術による 舗装	超音波 モーター	耐熱遮蔽コー ティング	
	羽ばたき飛行型 ロボット	経路解析技術	1	エネルギー マネジメントシ ステム	分解除染 システム	残存微生物の 除去・検出技術	,		\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	 浅部地下構造探 査システム	
	ランチャー	路面把握・転が り抵抗	`		微生物検知技術	探る	建てる				
1	 小型元素分析 モジュール	低品位材料 リサイクル	現地製造技術	生物電気化学リサイクル	ドライフォグ栽 培システム	作る	住む	待機電力不要 システム	光ファイバセンシング技術	低温対応 ワンタッチ継手	有人支援ロボット
	資源運搬 システム	部品 リサイクル	水・酸素生産 システム	有機性廃棄物資 源化システム	水再利用のため の殺菌技術	新しい作物栽培 技術	再生可能な 燃料電池	原子力電源	自動放射率可変 システム	推薬貯蔵 システム	物品管理 自動化
	水・酸素・金属 等の生産	資源利用 プロセス技術	凍結乾燥技術 (水抽出)	宇宙トイレ	自動収穫用 栽培様式	タンパク質 リサイクル	高効率 水電解技術	低コスト 太陽電池シート	高出力・長寿命 蓄積素子	軽量電力供給 システム	裸眼 3 D モニタ
	超高解像度 画像取得	建築資材生産 レーザ技術	CO2資源化 技術	高精度簡易 ガス分析	自動収穫 ロボット技術	藻類動物細胞共 培養	電磁波遮蔽 技術	次世代太陽電池 デバイス	軽量水素遮蔽 コーティング	燃料電池用 高圧タンク	作業効率
	小型冷凍技術	土砂・火山灰 形成	貯蔵技術	CO2回収貯蔵技 術	植物モニタリン グ技術	閉鎖系環境循環制御	 無線電力伝送 	小型軽量・高効 率電源技術	超小型電気浸透 流ポンプ	液化水素 流量計	超高分解能 質量分析装置
	金属物質 農集技術	3 Dプリンティ ング技術	未利用資源活用 リサイクル技術	CO2利用技術		自立循環 システム	光通信モ ジュール	固体リチウム イオン電池	温度差発電 システム	高性能軽量 MLI	インプ ランタブ ル 生体制御システム
1			CO2利用アミノ 酸合成	CO2 回収技術		閉鎖循環式 養殖システム	無線電力伝送 GaN	熱輸送部材	放射線 遮蔽材料	推薬液化	3 次元 蛍光顕微鏡
	 サンプル	`	/	水電解処理 デバイス - ディー	`~		、ドローン向け ア゚、ラットフォーム	小型アレー アンテナ	軽量進展 ダイポールアン 元ナ / ´	液体酸素・ 水素貯蔵系 - 軽量化 - ´	環境モニタ
-	1 :: 1	シケンテエエル		E01.00		/I		= \(\tau \)	<i>▽</i> /=	し次を任任日	海南空田

植物生産





研究活動状況・主な成果







アルテミス計画の本格始動、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として新たに、「有人宇宙探査技術」を新設。

- ●「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 (新設) 【重点課題】有人支援ロボット技術
- 共通技術





異分野からの参画が必要となる探査技術



探る

- ▶ 着陸、移動する
- ▶ 自律(人工知能)で効率のよい探査をする
- ▶ 資源(水氷, 鉱物)を見つける、採取・分析する
- > 多数の小型ロボットで協調探査する
- ▶ 惑星検疫技術を確立する

作る

- > 水、燃料等を現地で生産する
- ▶ 現地から資源を抽出し、資材等を製造する (ISRU)
- > 食料を省資源で生産する

共通技術

- > 省電力、熱制御
- ▶ 通信、エネルギー

- 日本が得意とする技術を発展
- 将来の宇宙探査に応用しつつ
- 産業競争力も向上

建てる

- ➢ 無人/遠隔/自動でスマートに 建設する
- ▶ 小型軽量システムで地盤調査・ 掘削・整地する

住む

- > 生命維持・環境制御を実現(ECLSS)
- ▶ 電力網を整備する
- ▶ 資源をリサイクルする



探査ハブ共同研究の最近の成果







変形型月面ロボット(株)タカラトミー

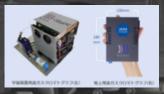




月面拠点の自動化施工 鹿島建設(株)

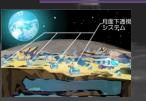


砂地走破性向上 ㈱日産自動車



複数小型ロボット環境探査 株)竹中工務店/中央大

高感度ガスクロマトグラフボールウェース(株)



月深部の立体構造映像化 IGS/神戸大



可視光通信による広域測位 カシオ計算機㈱

作る



袋培養 株)竹中工務店 株)キリン



セミドライフォグ栽培 (株)いけうち他



レーザー加熱による土 質材料利用 レーザー総研他



惑星保護(滅菌/除菌技術) ウド/医機/九州大他



自立循環型栽培システム デリカフーズ他





低濃度CO2の低コスト 分離/濃縮/貯蔵 JCCL/九州大



外皮と床の即時展開 ベースキャンプ 東大/プランツラボラ リー(株)/矢嶋(株)



成果のご紹介:重点分野の例



宇宙探査のためのAI・ロボティクス技術

人が活動することが難しい環境において、自律的に判断し自ら機能するシステムや安全な自律的システムで宇宙探査に革新を起こす

探る

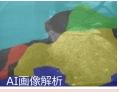


自律移動のための3次元環境地図生成技術(三菱電機(株))

【取組中】少ないデータで学習する環境認識技術 (パナソニックアドバンストテクノロジー(株),(株)諸岡)

建てる







ロードヘッダ/掘削機械のAI自律制御((株)三井三池製作所)

【取組中】オフロード車両の走行挙動予測技術(日本電気(株),慶應義塾大学)

作る







AI精密制御による廃液を極限までに抑えたセミドライフォグ栽培システム ((株)いけうち,中村牧場合同会社,大阪公立大学)

【取組中】センシングによる植物モニタリング技術(東京工業大学,愛媛大学,京都大学)

共通







デジタルサンプルリターンのための超高解像度3D断層画像データ取得技術 (モルゲンロット(株),北海道大学)

【取組中】超低消費電力AIチップの宇宙適用性の検討((株)ソリトンシステムズ)』



成果のご紹介:政府プログラムへの進展



探査ハブの成果が、スターダストプログラムやムーンショット型研究 開発事業へと接続し、研究開発が活用・発展。

探査ハブ研究

<建設技術>※代表研究機関のみ記載



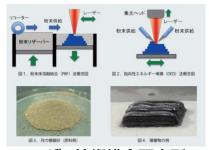
鹿島建設(株) 自動化施工技術



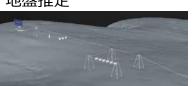
清水建設(株) 無人施工に関するシステム検討



立命館大学 アースオーガによる 地盤推定



レーザー技術総合研究所 土質材料のレーザー加熱



熊谷組 林業機械システムの自動化

MAD BATTANTA

東京大学 外皮と床の即時展開ベースキャンプ

スターダストプログラム

<宇宙無人建設革新技術開発推進事業>

地上の無人建設技術を月面拠点建設へ適用および、地上建設への展開も考慮した技術開発



国土交通省HPより



成果のご紹介:政府プログラムへの進展

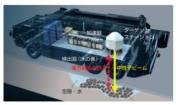


※代表研究機関のみ記載

探査ハブ研究



理化学研究所 超小型インプランタブル 生体制御システム



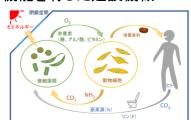
理化学研究所 中性子水モニタの開発



竹中工務店 複数小型ロボットによる探査システム



ヤンマーホールディングス(株) 力制御機能を有した建設機械



東京女子医科大学

藻類・動物細胞リサイクル培養システム

ムーンショット型研究開発事業

目標③: AIとロボットの共進化

研究開発プロジェクト

AIロボットにより拓く新たな生命圏



進化型群知能による確率的空間認識と協調建築作業

多様な環境に適応しインフラ構築を革新 する協働AIロボット

JAXA研究者がPI

目標5:持続的な食料供給産業を創出

藻類と動物細胞を用いたサーキュラーセルカルチャー による バイオエコノミカルな培養食料生産システム

※研究成果はスターダストプログラム「月面等における長期滞在を支える高度資源循環型食料供給システムの開発(農水省)」へも活用(共同研究先として、東京女子医科大学が参加)



成果のご紹介: Dual Utilizationの代表例



SORA-Qの宇宙探査ミッション(SLIM)への搭載/地上商品化へ

有人月面探査のための移動手段(有人与圧ローバ)の実現に向けて、玩具メーカのノウハウを活用し月面データを取得する変形型月面ロボット(愛称SORA-Q)をタカラトミー・同志社大学・ソニーグループ株式会社と共同開発。JAXAは開発されたロボットを小型月着陸実証機SLIMへ搭載し、タカラトミーは、開発されたロボットをもとに玩具「SORA-Qプロダクトモデル」の商品化を決定、地上での事業化が進展。



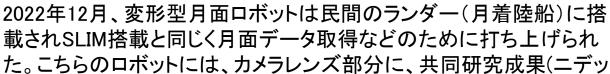
SLIMミッションに搭載される探査ハブ研究成果:

< 小型ローバ(LEV1) >

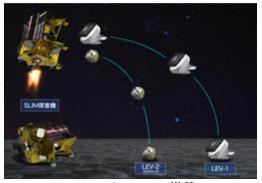
- 超小型高精度絶対角度センサ変調波レゾルバ(エクストコム)
- モータ軸受け(新明和工業)

<分離カメラ(LEV2)>

変形型月面ロボット(SORA-Q)(タカラトミー、ソニー)



ク社)である防塵コーティングが施されている。



SLIMミッションへの搭載 ©タカラトミー/JAXA





クレジット:JAXA/SONY/ タカラトミー / 同志社士:



2022年東京おもちゃショーでのSORA-Q発表





今後の取り組みについて



今後の取り組み



宇宙探査イノベーションハブの設立から9年目を迎え(FY2023より)、多くの非宇宙企業の参加と将来の宇宙探査のブレークスルーとなる多様な技術の創出に取り組んできた。

今後のさらなる取組みの発展・拡大に向けて、以下の推進を図る予定。

①イノベーション創出に向けた企業間連携の活性化

- 企業間の連携の場(コミュニティ)の形成を通じ、要素と要素の組み合わせから生まれるイノベーションの創出を推進

②成果の宇宙適用(=宇宙道場)の推進

- 宇宙探査ミッションへの適用に向けて、地上研究から巣立った成果を宇宙で実証する取り組みを推進。非宇宙企業が将来の宇宙ミッションを担うための「道場」的役割を果たす。





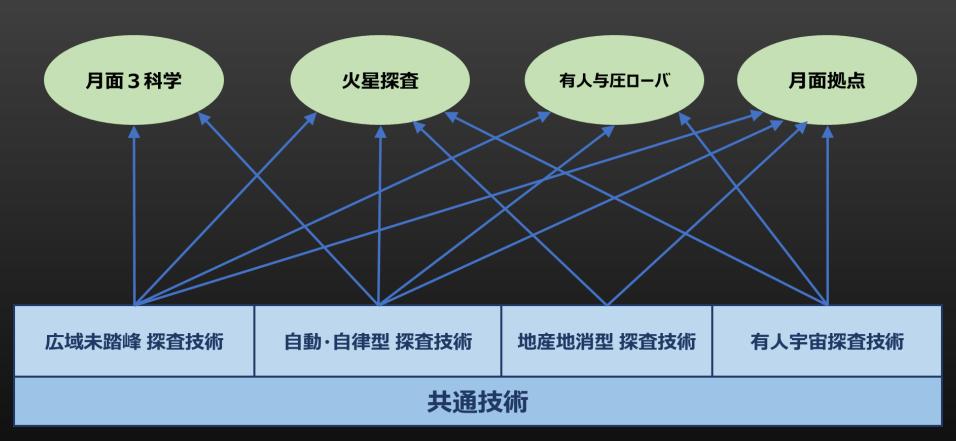
補足資料



探査ハブの研究領域と将来ミッション候補



想定される将来ミッション候補



Dual Utilizationを目指した研究開発



イノベーションハブ誕生の経緯



- ・ 平成27年4月1日 「国立研究開発法人」 が誕生
 - 目的:我が国の科学技術の水準の向上を通じた国民経済の発展その他の公益に資するため研究開発の最大限の成果を確保する。
- ・ 国立研究開発法人を中核としたイノベーションの創出は、「科学技術イノベーション総合戦略2014」の 重点施策の一つ
 - 一 同戦略では、イノベーションハブとは「イノベーションに向けて知識・技術、アイデアやノウハウを 持った担い手が集う『場』や、これら担い手をバーチャルに結ぶネットワークの結節点となる拠点」 と定義。
 - 各法人はイノベーションシステムの強靭性・持続的な発展性を確保する観点から、組織としての機能強化の取組みが必要。
- ・ 科学技術振興機構JSTは、イノベーションハブ構築支援事業を設立し、JAXAは<u>「太陽系フロンティア</u> 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」として採択
 - 国立研究開発法人が我が国の研究開発成果の中核的な拠点として必要な役割を果たすための機能強化として、「イノベーションハブ」の構築を支援する(2015年から5年間)。
 - 各法人の独自資金に加え、研究開発成果の最大化のため、「イノベーションハブ」として運営・発展していくための体制整備、戦略立案・実行のために必要となる社会・市場の俯瞰、調査・分析、クロスアポイント制度の導入等による人材交流の促進、連携機関との共同研究等をJSTが支援。



<u>√Tansa</u> 研究開発における探査ハブのポジション



探査ハブでの研究により、宇宙用技術としてはTRL5(宇宙実証の手前)まで、 地上応用としてはTRL6~7(実用化研究の手前)まで技術レベルを引き上げる。

宇宙向けR&Dと企業ニーズのマッチング(自己投資)による研究加速を実現する。

