

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

- 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

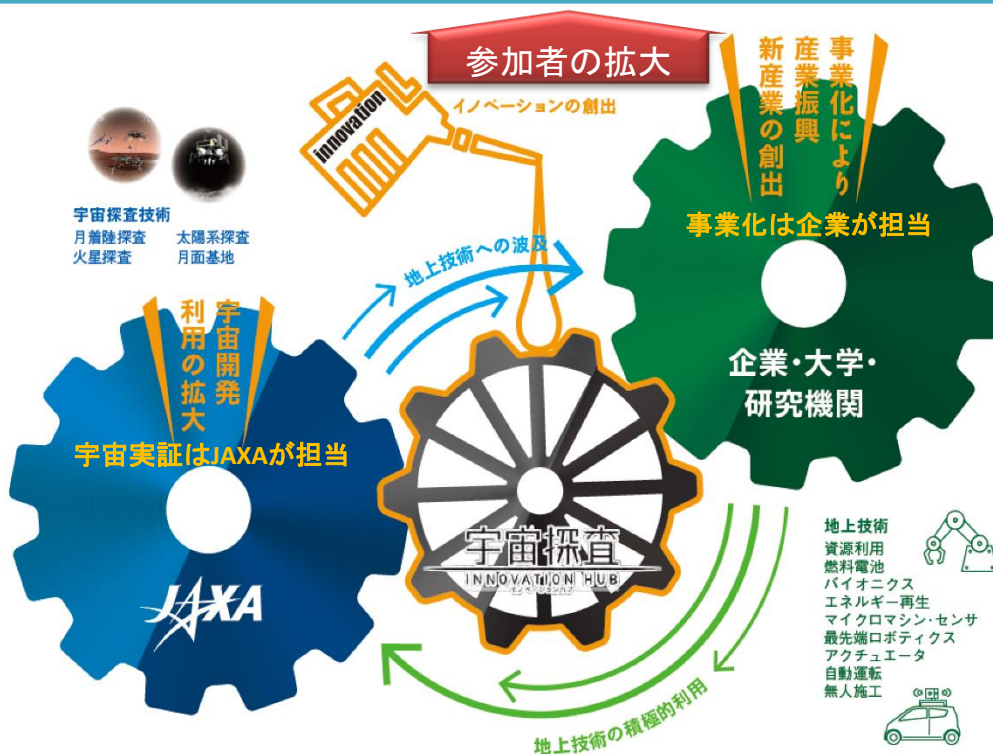
宇宙探査イノベーション ハブの概要

- 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(デュアルユティライゼーション)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

現在および
当面の月面探査活動

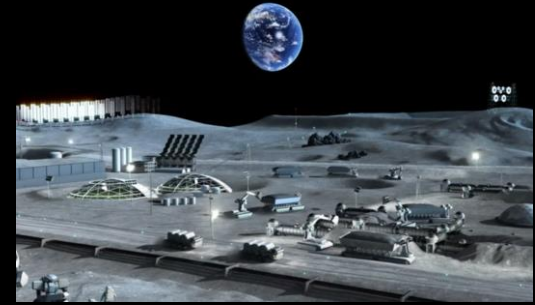


探査ハブのスコープ

技術実証、
資源探査ミッション

多様な
科学探査ミッション

本格的な月面活動



将来月探査
ミッション

ムーンショット ゲームチェンジングな科学・技術の研究開発の推進

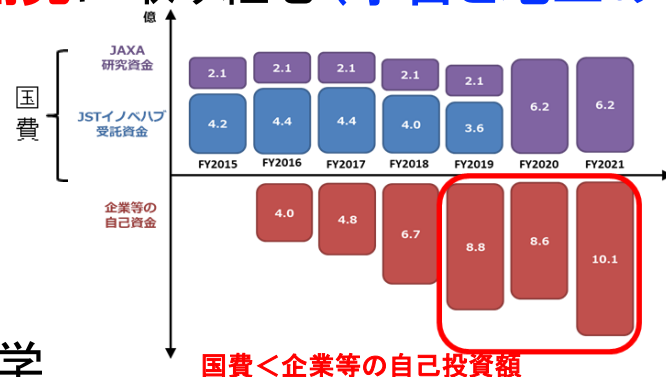
スターダスト 月面開発等に向けて戦略的に取り組む研究開発の推進

探査ハブ オープンイノベーションによる将来の月探査等の宇宙探査に向けた
先行的な研究開発

日本の宇宙探査にかかる研究開発の取り組み

■ 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

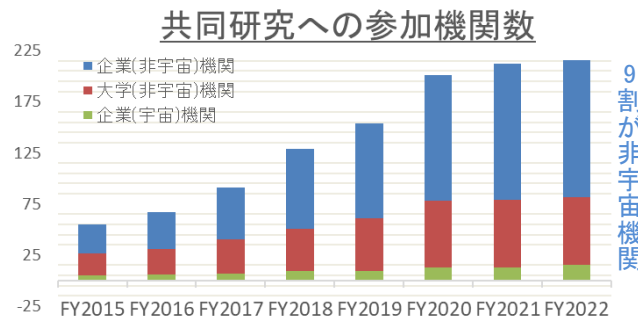
- 非宇宙産業のニーズ把握とテーマ掘り起こしのため、**情報提供要請(RFI)**、**共同研究募集(RFP)**の2段階方式を設定
- **宇宙と地上の共通の研究課題を解決する研究開発**に取り組む (**宇宙と地上の Dual Utilization**)
- RFI: **1032件**、共同研究: **142件** (2015-2022/9/E)
- 民間企業等の自己投資額が年々増加し、**民間企業等の自己投資額が国費(JST資金JAXA交付金)を上回った。**
- 参加企業・大学が**216**、**約9割**が非宇宙企業・大学



国費<企業等の自己投資額
共同研究参画機関
による自己投資

■ 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**

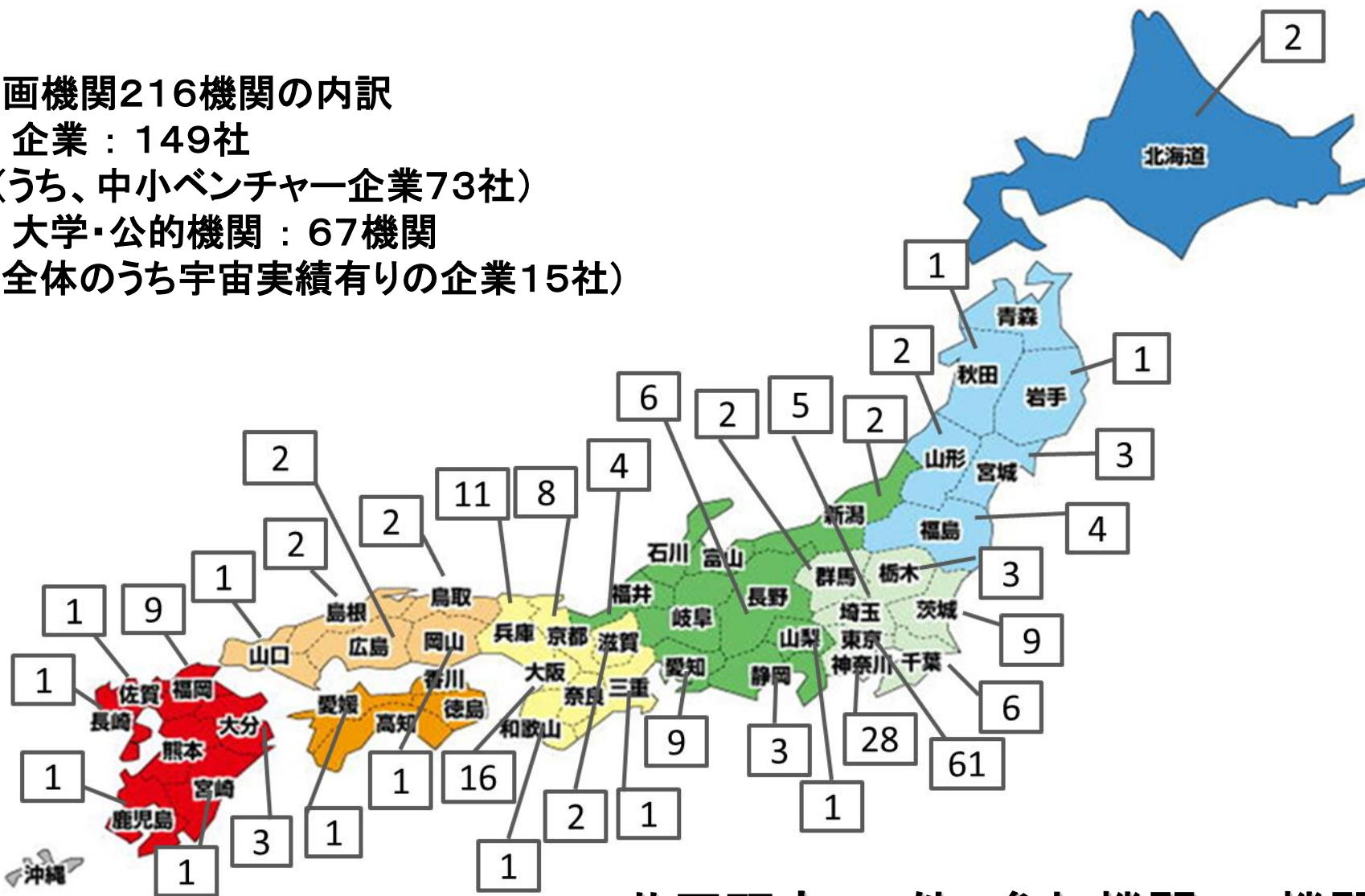


共同研究への参画機関数
(累積)

共同研究 実施場所

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
(全体のうち宇宙実績有りの企業15社)



共同研究142件、参加機関216機関

赤字がRFP9追加

探査ハブの研究トラックマップ

実施済み

実施中

未実施

小型ロボット	着陸機 有人与圧ローバ	環境探査ローバ	推進系	水氷センサ	無人・遠隔施工	多目的軽量建機	拠点建設			
小型ロボット収納ハンド	衝撃吸収金属材料	軽量断熱材料	高機能地中レーダ	電動遠心ポンプ	小型地下水水分センサ	小型インフラモニタシステム	自動掘削シミュレーション	小型軽量岩石破砕工法	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・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	
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・vSLAM	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	
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			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		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	
小型ロボット用ランチャー	路面把握・転がり抵抗			微生物検知技術	探る	建てる				
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	低温対応ワッヂ継手	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3D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	3D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	インテリジェント生体制御システム
		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	推薬液化冷凍技術	3次元蛍光顕微鏡
サンプル			水電解処理デバイス		ドローン向けプラットフォーム		小型アレアンテナ	軽量進展ダイポルアンテナ	液体酸素・水素貯蔵系軽量化	環境モニタ
採取・分析	資源材料抽出・製造	ECLSS	植物生産		電源・電池・通信		水資源利用	健康管理		

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



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

探る



変形型月面ロボット
(株)タカラトミー

クレジット: JAXA/SONY/ タカラトミー/ 同志社大学



月面拠点の自動化施工
鹿島建設(株)



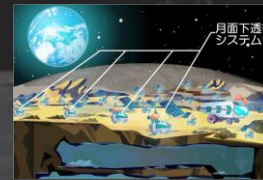
砂地走破性向上
(株)日産自動車



複数小型ロボット環境探査
(株)竹中工務店/ 中央大

<https://youtu.be/6b1at7kwV2s>

建てる



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(株)



高感度ガスクロマトグラフ
ポールウェーブ(株)

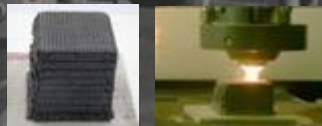
作る



袋培養
(株)竹中工務店
(株)キリン



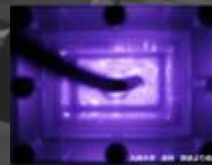
セミドライフォグ栽培
(株)いけうち他



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
テリカフーズ他

住む



低濃度CO2の低コスト
分離/濃縮/貯蔵
JCCL/九州大

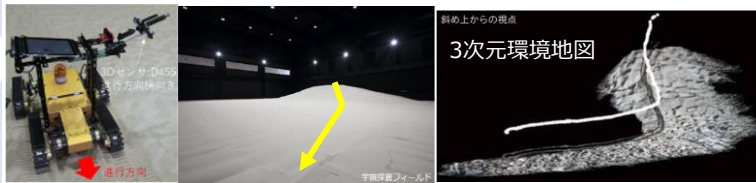


外皮と床の即時展開
ベースキャンプ
東大/フランチラボラ
リー(株)/矢嶋(株)

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

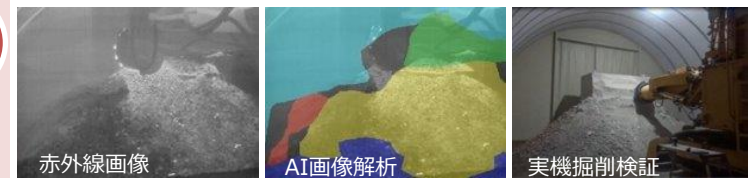
探る



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)

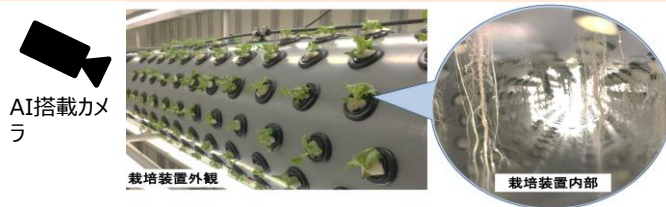
建てる



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)

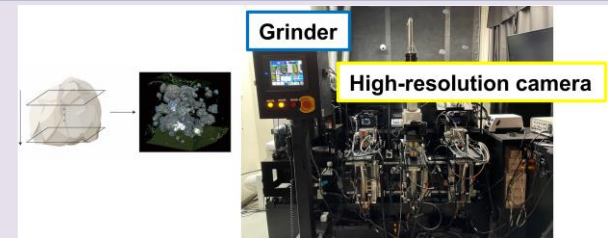
作る



AI精密制御による廃液を極限までに抑えたセミライフログ栽培システム
((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)

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

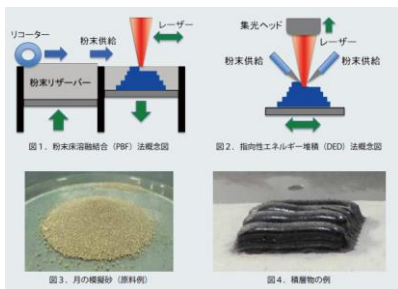
＜建設技術＞ ※代表研究機関のみ記載



鹿島建設(株)
自動化施工技術



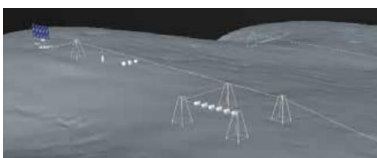
清水建設(株)
無人施工に関するシステム検討



レーザー技術総合研究所
土質材料のレーザー加熱



立命館大学
アースオーガによる
地盤推定



熊谷組
林業機械システムの自動化



東京大学
外皮と床の即時展開ベースキャンブ

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



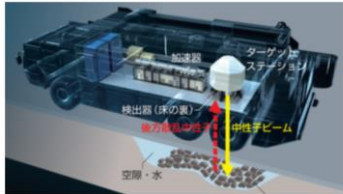
国土交通省HPより

※代表研究機関のみ記載

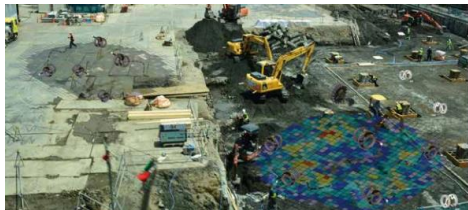
探査ハブ研究



理化学研究所
超小型インプラント
生体制御システム



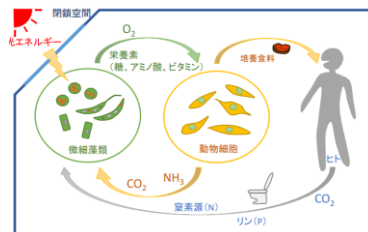
理化学研究所
中性子水モニタの開発



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

➡ JAXA研究者がPM

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

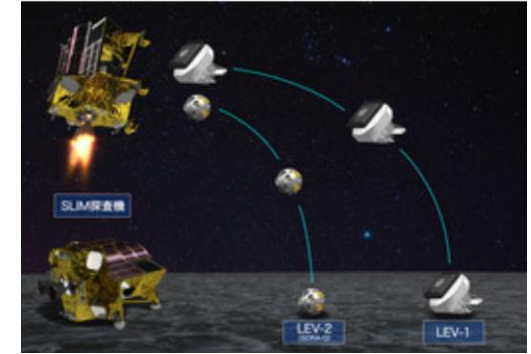
目標⑤：持続的な食料供給産業を創出

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）

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(有人と圧ローバ)の実現に向けて、玩具メーカー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ミッションへの搭載
©タカラトミー/JAXA

⇒ Dual Utilization の代表的な成功例

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)



クレジット：JAXA/SONY/タカラトミー/同志社大学

2022年12月、変形型月面ロボットは民間のランダー(月着陸船)に搭載されSLIM搭載と同じく月面データ取得などのために打ち上げられた。こちらのロボットには、カメラレンズ部分に、共同研究成果(ニデック社)である防塵コーティングが施されている。



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

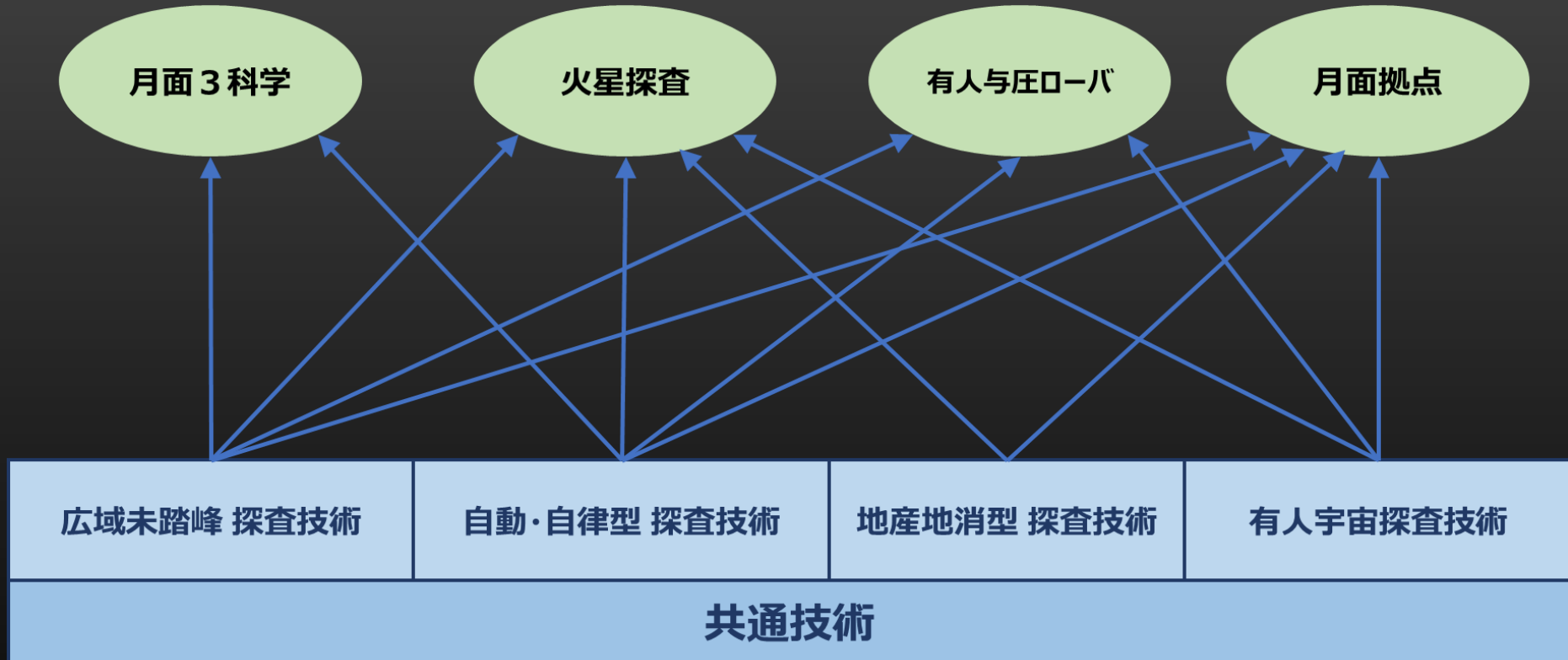
- 企業間の連携の場（コミュニティ）の形成を通じ、要素と要素の組み合わせから生まれるイノベーションの創出を推進

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、地上研究から巢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

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

- 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
 - 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靱性・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「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」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。

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。

