

宇宙探査イノベーションハブ 構築を通じて得られたもの

2019年4月24日

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
宇宙探査イノベーションハブ
ハブ長 久保田 孝

1. 宇宙探査イノベーションハブの概要
2. 得られたノウハウ
3. 具体的事例
4. 法人システム改革の状況
5. まとめ

参考資料

1. 宇宙探査イノベーションハブの概要

■ 宇宙探査イノベーションハブ発足時のJAXAの課題

- 宇宙探査プロジェクトが大型化しており、**コスト増と研究者・民間の参加機会減少**を招いている。プロジェクト提案から実現までに時間がかかる。
- 成果が宇宙分野のみに留まっており、**新規参加者にとって「しきい」が高く、新たな産業の育成につながっていない**。
- 宇宙分野以外の国内外の最新の研究動向を把握しにくく、**国内外の最新技術の集約ができていない**。
- **異分野間の研究者間でアイデアを議論・競争し、切磋琢磨して一つのアイデアに仕立てる“場”がない**。
- 10年、20年先の宇宙利用を見据えた**将来の宇宙利用のビジョン・ニーズが研究開発に反映されていない**。

理念の一致



イノベーションハブ構築支援事業は上記のJAXAの課題を解決するための好機であった。

■ JSTが目指すイノベーションハブ（イノベーションハブ構築支援事業HPより）

- 各国立研究開発法人が設定するテーマに関連する**人材の流動化を促進し、異分野・異セクターの人材が活発に交流する人材糾合の場**
- 従来の独立行政法人における機能を凌駕し、**次々とイノベーションを創出する新しいオープンイノベーション拠点**

2015年：宇宙探査の在り方を変えるには？

- ミッションの大型化・長期化など課題.
- 地上の民間技術を如何に活用するか.

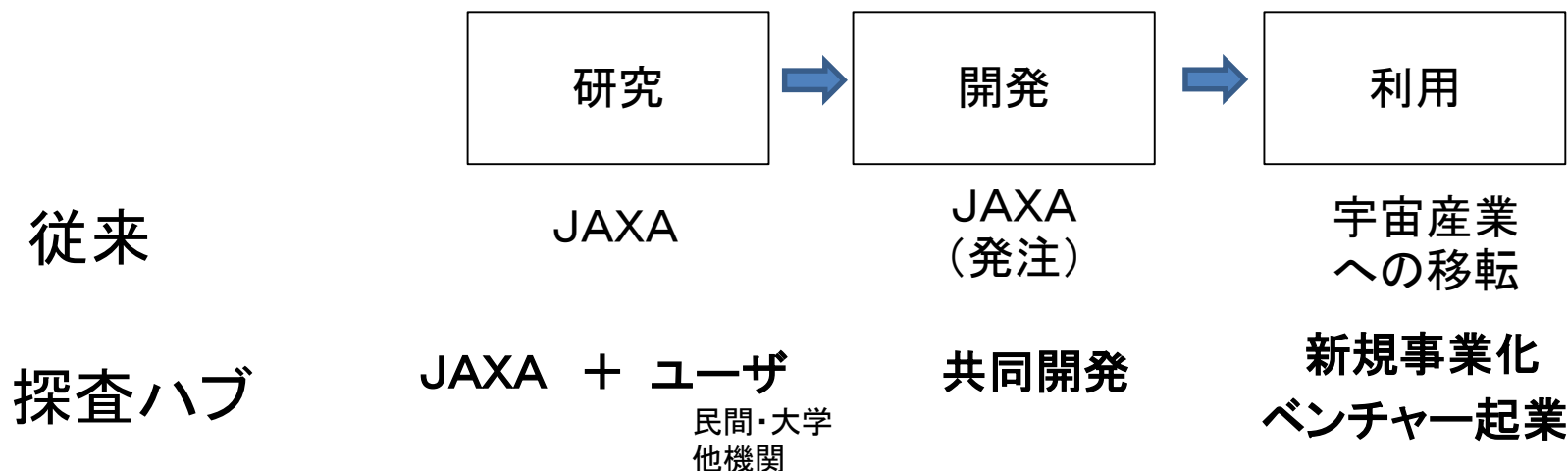
日本発の宇宙探査におけるGame Changing 技術を開発し、**宇宙探査の在り方を変える**と同時に**地上技術に革命**を起こす

一点豪華主義（大型・長期・高コストミッション）から分散協調型（小型・短期・低コストミッション）へ

Game Changing：現状を打破し、ものごとを変えること

探査研究のあり方を変える！（発注型から参画型へ）

- 効率良く短期間で多様な宇宙を広く、深くとらえる挑戦的な探査を実現するために、**設計思想（集中から自律分散協調）**の**変革**と**技術開発の出口戦略の転換（宇宙探査技術獲得と地上産業への波及を同時に）**を行う。
- 20年先の宇宙探査の中で、民間企業を含めた多種多様なプレーヤーが月の利用に参画する姿を描き、技術革新を狙う。
- 利用ニーズを取り入れるため、RFI(情報提供要請),RFP(研究課題募集)の制度設計により、研究課題の設定の段階から民間企業等も巻き込んで**オープンイノベーション**型の探査研究を進める（従来はJAXAのニーズに基づく発注型）。



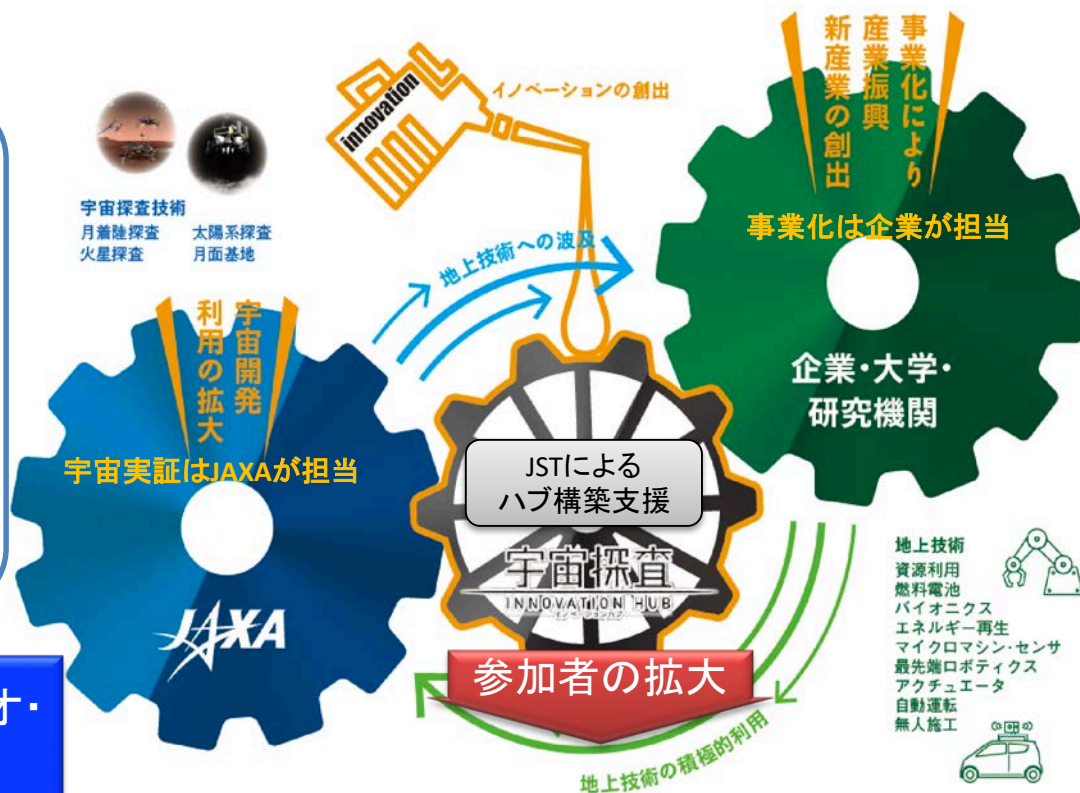
宇宙探査イノベーションハブは、JSTによるハブ構築支援を受けながら、従来の宇宙関連企業への発注型から、異分野融合によりイノベーションを創出し、宇宙探査をテーマとした宇宙開発利用の拡大と事業化を目指す新たな仕組みを構築する。

アウトカムとして、宇宙探査への参加者を拡大し、新たな技術に裏打ちされた宇宙探査シナリオ・ミッションを実現し、入り口から社会実装も考慮することにより社会課題の解決や産業競争力の向上を達成する。

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

異分野からの参画が必要となる新たな探査技術



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



活動する

- ・ 人が効率的に活動する技術
- ・ 人が安全に活動する技術

建てる

- ・ 遠隔操作による無人建設
- ・ 軽くて大きな建設機械

作る

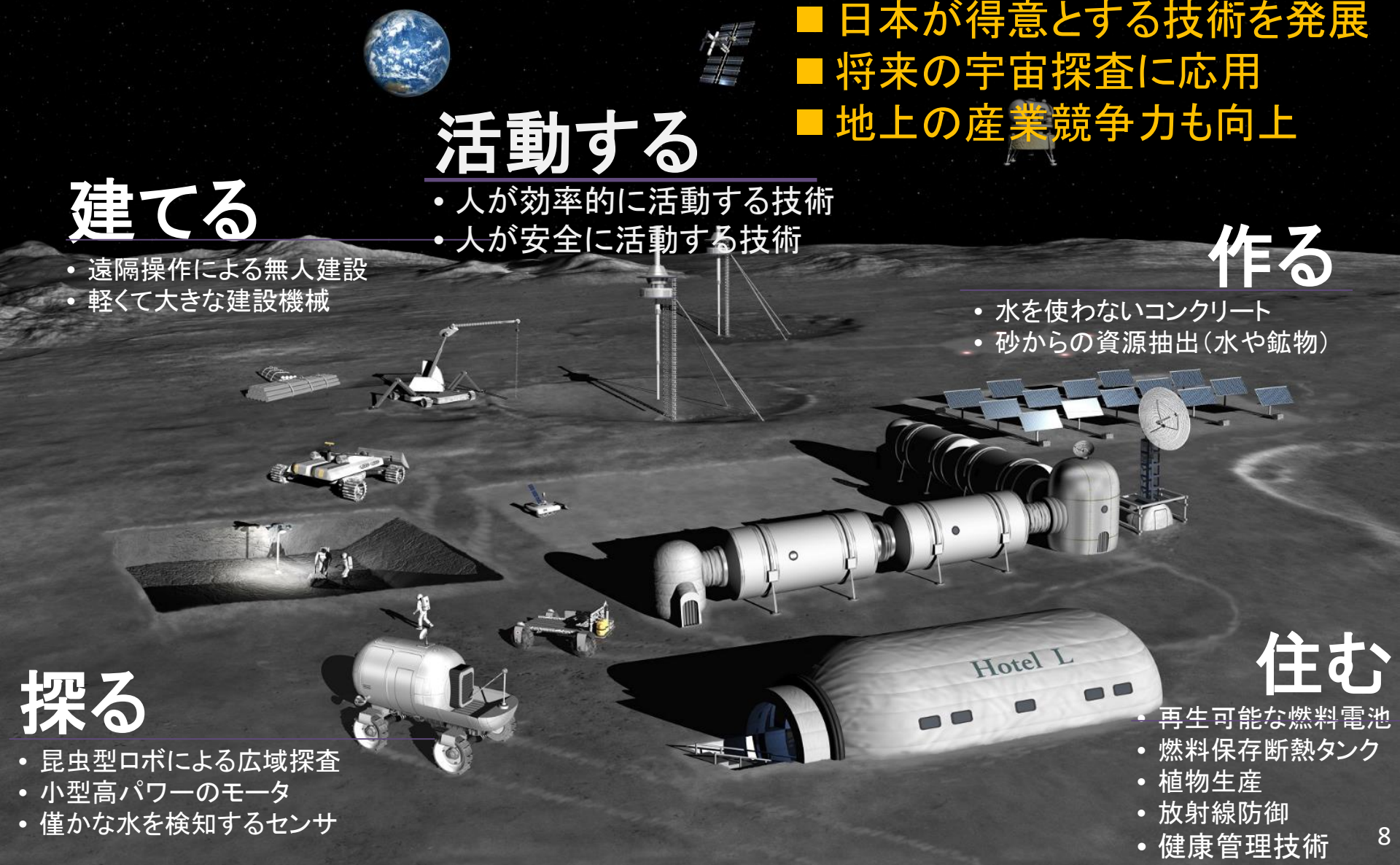
- ・ 水を使わないコンクリート
- ・ 砂からの資源抽出(水や鉱物)

住む

- ・ 再生可能な燃料電池
- ・ 燃料保存断熱タンク
- ・ 植物生産
- ・ 放射線防御
- ・ 健康管理技術

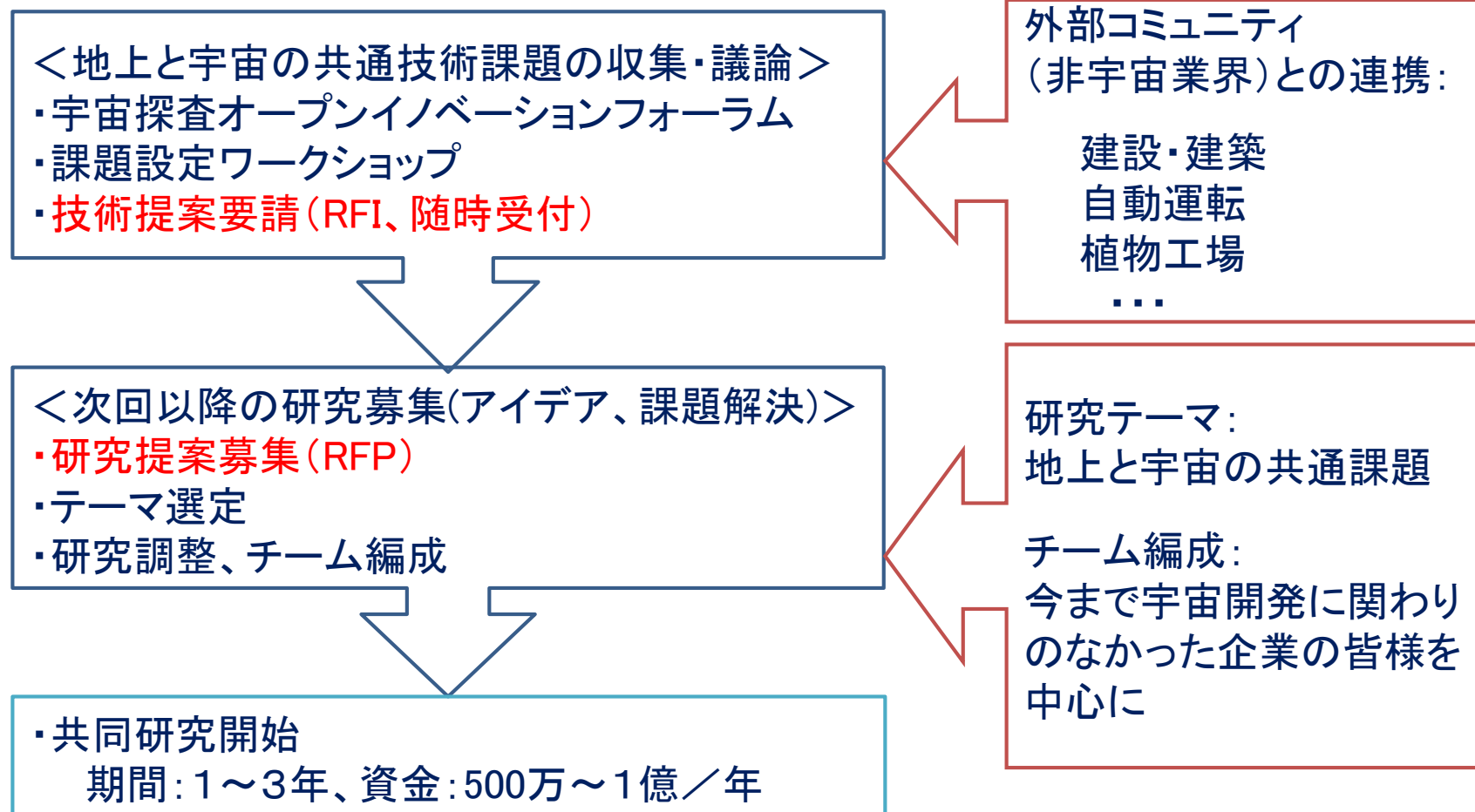
探る

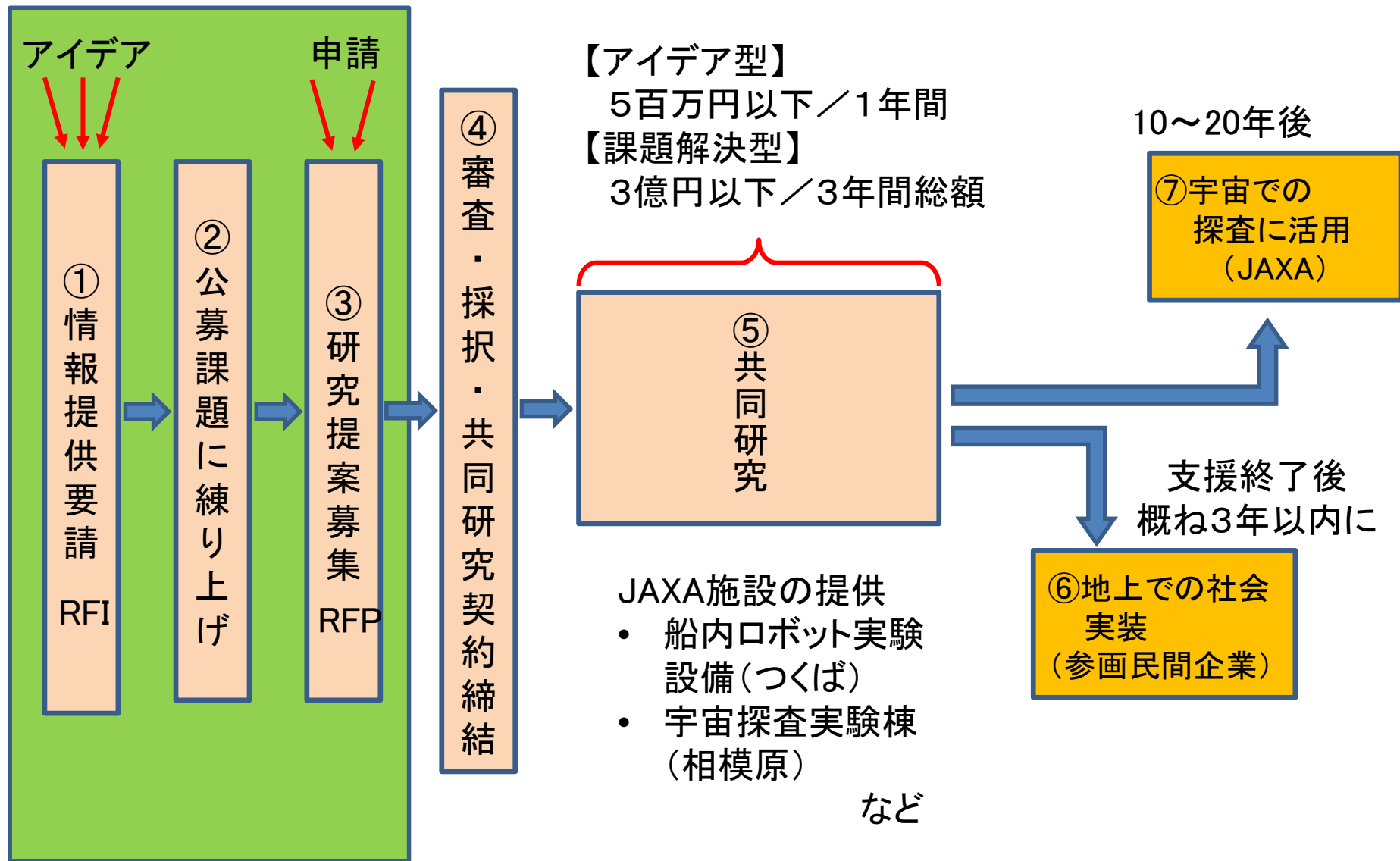
- ・ 昆虫型ロボによる広域探査
- ・ 小型高パワーのモータ
- ・ 僅かな水を検知するセンサ



RFI(技術提案要請)、RFP(研究提案募集)を軸とした
共同研究課題の設定プロセスが有効に機能している。

企業ニーズや研究動向について広くご意見をいただく仕組み。





- 募集期間: 平成27年10月9日～10月30日、及び平成28年度3月1日以降随時受付
- 目的: 今年度の研究提案募集(RFP)に先立ち、課題解決のための技術提案を日本全国に広く募り、未発掘の最先端技術の導入を図る(契約を前提としない)。

■ 技術提案要請分野

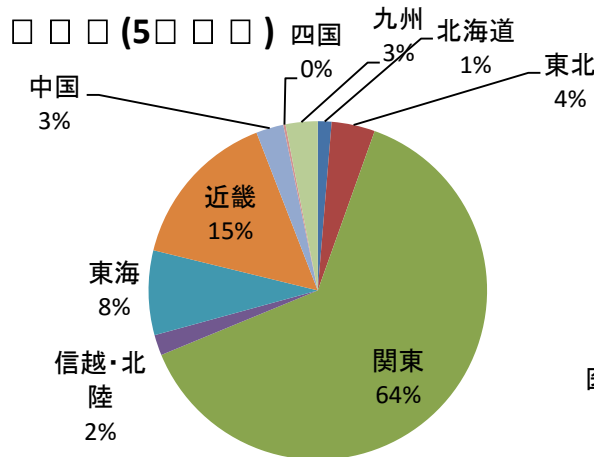
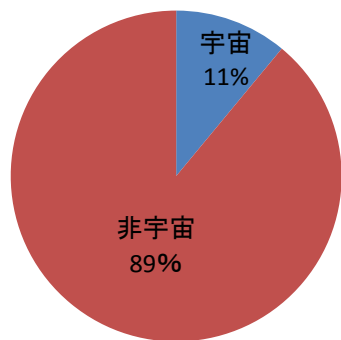
JAXA内での検討結果と課題設定WSでの議論を踏まえて、分野対象に募集

- ①「広域未踏峰」技術, ②「自動・自律型」探査技術, ③「地産地消型」探査技術
- ④ 宇宙医学技術, ⑤ 有人支援技術, ⑥ 共通技術, ⑦ チャレンジ技術

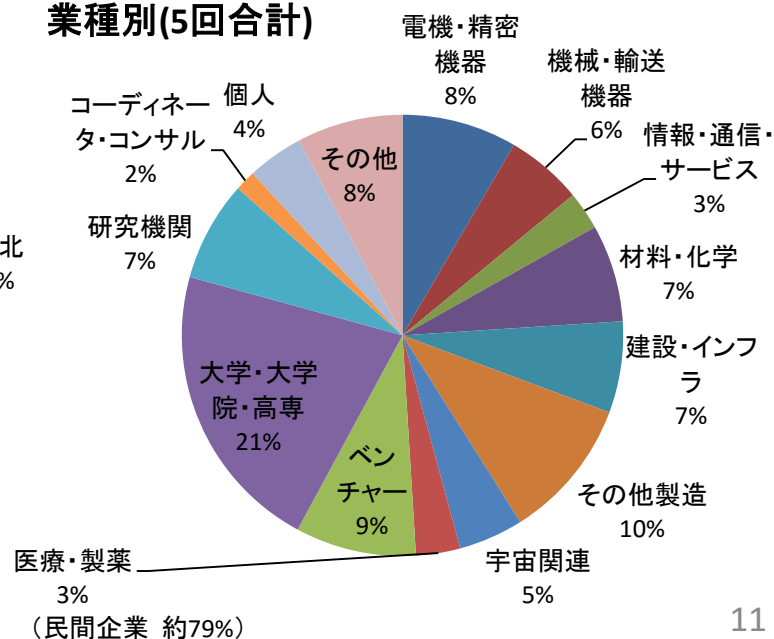
■ 実施結果

- ✓ 全国から463件の提案が寄せられた(2019.3時点)
- ✓ 秘密保持について、必要に応じNDAを締結

宇宙／非宇宙関連別(5回合計)



業種別(5回合計)



探査ハブ参加企業・大学等一覧(FY27～30)

中小ベンチャー38社

非宇宙77社

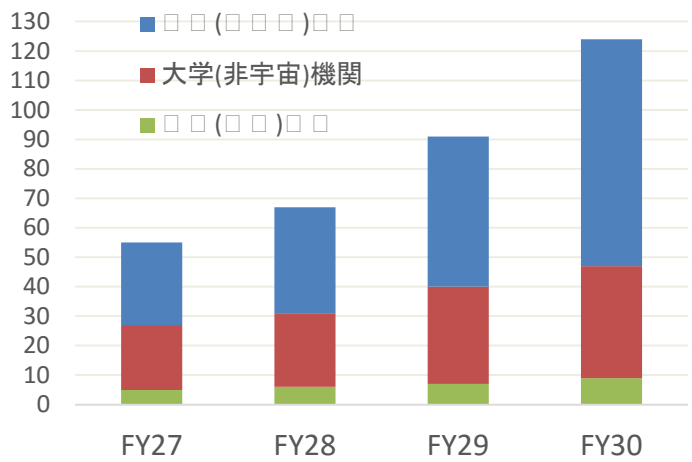
大学の機関38機関

新明和工業(株)	(株)安川電機	(株)明治ゴム化成	鹿島建設(株)	(株)コガネイ	センサーコントロールズ(株)	エクストコム(株)	アダマンド並木精密宝石(株)
日東製網(株)	東急建設(株)	三菱マテリアル(株)	(株)大林組	(株)ブリヂストン	(株)守谷刃物研究所	(株)タグチ工業	(株)東洋技術工業
中国工業(株)	日立造船(株)	キリン(株)	ソニー(株)	(株)熊谷組	(株)ビーコンテクノロジーズ	モルタルマジック(株)	ジャパンホームシールド(株)
(株)LIXIL	(株)タカラトミー	T H K (株)	(株)竹中工務店	住友林業(株)	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(株)
(株)竹中土木	ヒロセ・ユニエンス(株)	日東精工(株)	日特建設(株)	光洋機械産業(株)	J O H N A N (株)	(株)ロータスマテリアル研究所	(株)名城ナノカーボン
酒井重工業(株)	清水建設(株)	トピー工業(株)	(株)ミサワホーム総合研	三菱造船(株)	(株)H 4	(株)イチカワ	ベクセル・テクノロジーズ(株)
ヤンマー(株)	リコー(株)	ミサワホーム(株)	パナソニック(株)	(株)加藤製作所	(株)ちとせ研究所	紀州技研工業(株)	(株)アイヴィス
産業技術総合研究所	大分大学	玉川大学	中央大学	太陽工業(株)	(株)ソラリス	(株)ビュープラス	(株)コンセプト
茨城大学	静岡大学	日本文理大学	東京農工大学	(株)三井三池製作所	(株)タベルモ	(株)モルフォ	Spiber(株)
芝浦工業大学	京都大学	電気通信大学	山口大学	パナソニック(株)エコソリューションズ社	ツインバード工業(株)	ケニックス(株)	メビオール(株)
大阪大学	東京都市大学	北海道大学	東京大学	川崎地質(株)	アクトロニクス(株)	(株)光電製作所	プログレス・テクノロジーズ(株)
九州工業大学	東北大学	会津大学	東京工業大学	藤森工業(株)	(株)超微細科学研究所	(株)センテンシア	(株)ispace
立命館大学	九州大学	福井大学	桐蔭横浜大学	ニチレキ(株)		有人宇宙システム(株)	(有)オービタルエンジニアリング
大阪府立大学	名古屋大学	信州大学	東京理科大学	(株)いけうち		(株)I H I	千代田化工建設(株)
兵庫県立大学	日本大学	千葉大学	東京電機大学	(株)資生堂		(株)IHIエアロスペース	三菱重工業(株)
若狭工業研究センター	摂南大学	海洋研究開発機構(JAMSTEC)	東京女子医科大学				浜松ホトニクス(株)
鹿児島大学	埼玉大学						

宇宙実績有9社

共同研究への参加機関

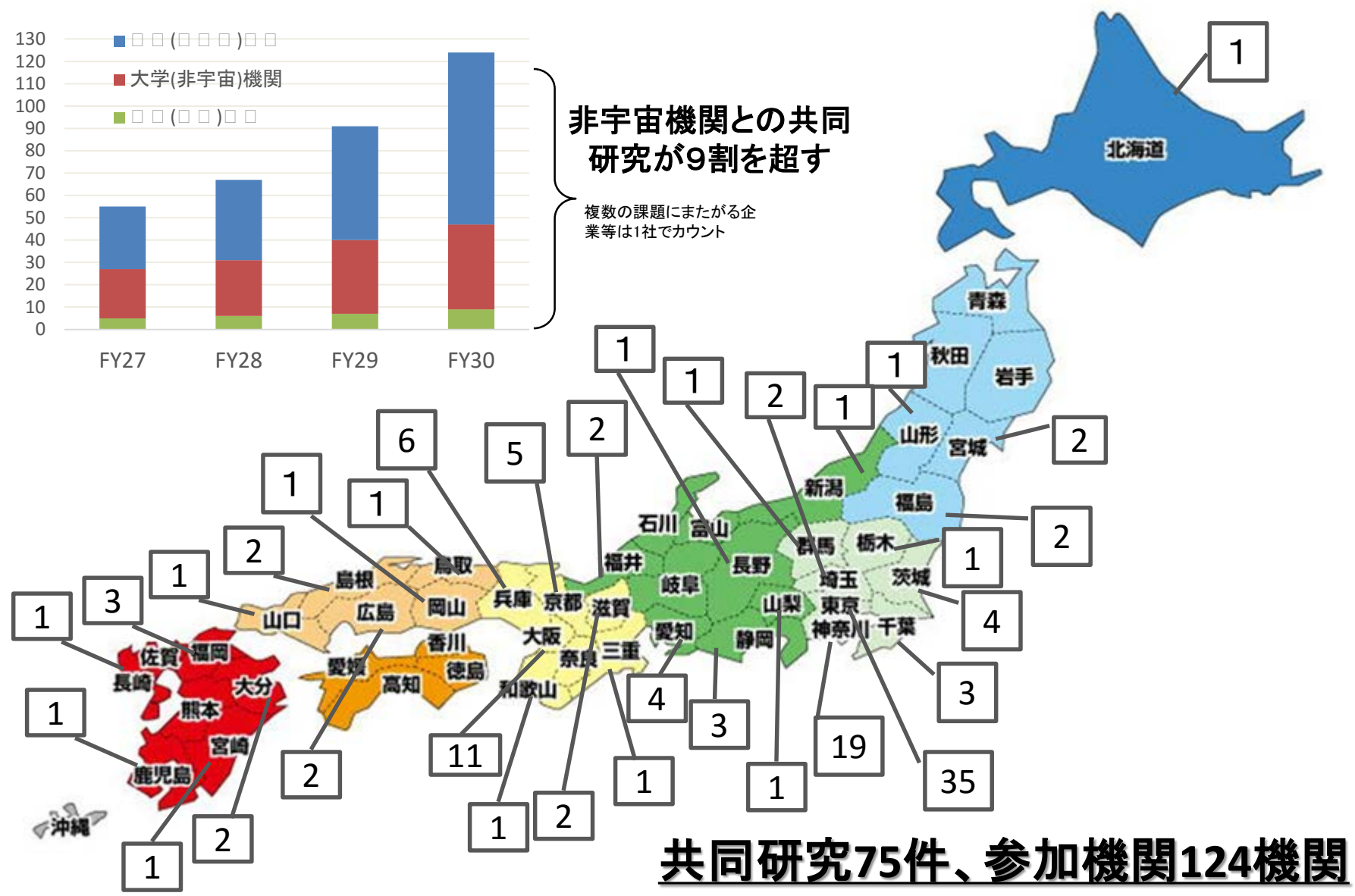
共同研究への参加機関数



非宇宙機関との共同研究が9割を超す

複数の課題にまたがる企業等は1社でカウント

共同研究 実施場所



共同研究75件、参加機関124機関

■ 研究課題の設定の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の把握とテーマの掘り起こしのため、研究課題の設定段階から
RFI(情報提供要請)、RFP(研究課題募集)の2段階方式を新たに設定

RFI: 463件、共同研究課題: 75件 (FY27-FY30)

→研究課題の選定、推進にあたっては、**民間企業コンサルタント等の諮問委員、外部有識者の意見を活動に反映**

■ 将来の宇宙探査と、地上での社会実装、イノベーション創出の両方を目指す

→JAXAのプロジェクト推進力を活かし、**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

→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、イノベーションハブ特有の知財制度の確立**

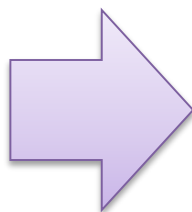
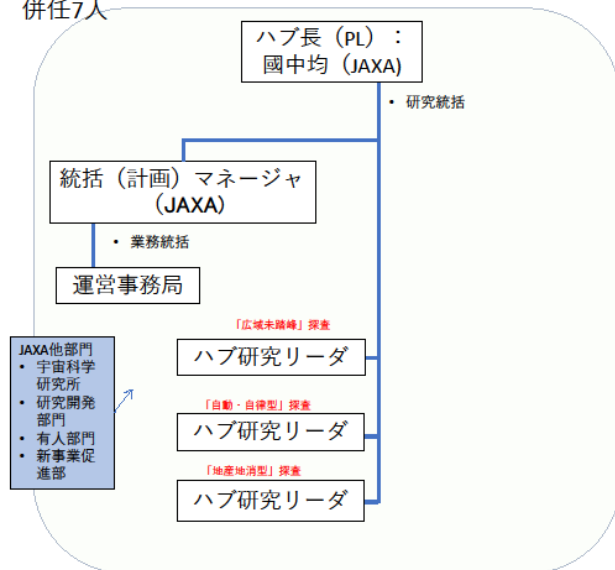
■ 人材糾合、異分野融合によるオープンイノベーションの実現

→異分野の人材・知を糾合するための制度として、クロスアポイントメント制度を創設し、**宇宙関連企業でない民間の第一人者の参画を促進**

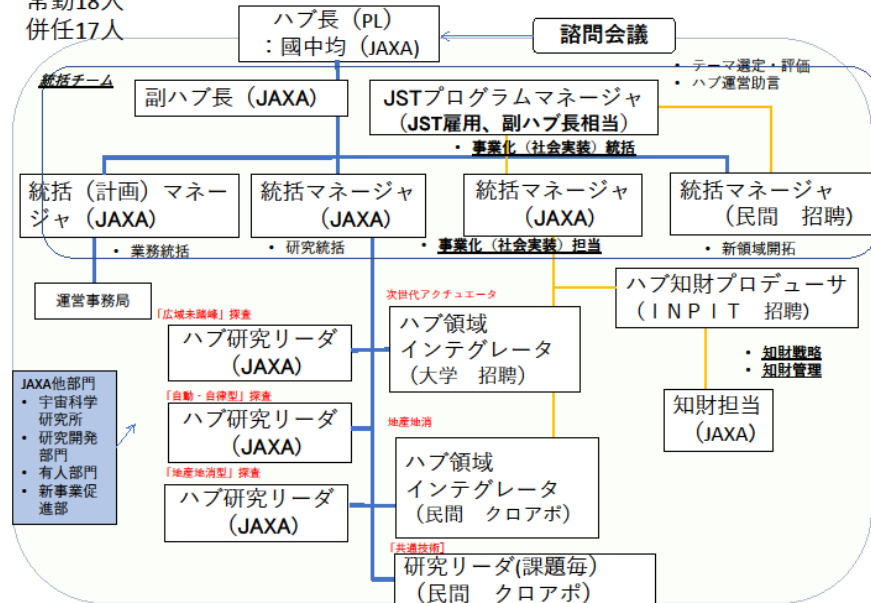
→RFIの段階やRFP時に複数のテーマの融合を図り、最適な研究開発体制を構築

非宇宙の優れた技術者, 事業化・知財の専門家等, 産学英知・技術力を結集した体制を拡充

常勤13人 併任7人 探査ハブ体制図(2015年7月)



常勤18人 併任17人 探査ハブ体制図(2017年7月)



- 研究成果を企業の事業化につなげるため、JSTプログラムマネージャー、知的財産プロデューサー、民間コンサルタントを招聘。
- クロスアポイントメント制度等により、民間企業より4名の専門技術を有する人材が参加。また、大学から1名の専門人材を招聘。
- 統括チームを組織し、ハブ長の指示に基づきハブ事業を運営。
- 研究領域を統括するハブ領域インテグレータを設置し研究マネジメントを強化。
- 研究テーマの拡大によりJAXA側の研究体制が不足する傾向。他部門から探査ハブへ14名が研究チームに参加。

- 経済界産業界のトップクラスからなる諮問会議をハブ長の諮問機関として設置。主として、**オープンイノベーションの実現の視点から**意見を頂いた。

諮問会議 4回開催 (FY27.12月・FY28.9月・FY29.7月・FY30.8月)
委員個別アドバイス 延べ45回

委員 5名 (2018年度時点)

	委 員	所 属
1	秋池玲子	ボストンコンサルティンググループ ／シニア・パートナー & マネージング・ディレクター
2	斉藤剛	株式会社経営共創基盤／パートナー、 取締役マネージングディレクター (平成30年1月29日から)
3	角南篤	政策研究大学院大学 副学長 (平成30年5月16日から)
4	所眞理雄 (委員長)	株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 ／エグゼクティブ アドバイザー、ファウンダー
5	渡部博光	三菱UFJリサーチ & コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 東京本部 環境・エネルギー部 ／部長 兼 知的財産コンサルティング室／室長

2. 宇宙探査イノベーションハブを 通じて得られたノウハウ

宇宙探査イノベーションハブの優位性が再認識できた。

- 極端な環境での実験
- 地上と宇宙でのリターンの明快な分離
- JAXAブランドによる信頼の創造
- 通常では出会わなかった優れた技術者同士の邂逅による化学反応
- 速やかなオープンイノベーションプロセス経験による他の領域への学び

秋池探査ハブ諮問委員、宇宙探査オープンイノベーションフォーラム 2019年1月

- 宇宙探査ハブは、様々なユニークな特徴がある。特に、JAXAが将来の探査計画や技術開発方針を明示した上で、産業界のニーズを吸収するという、大変ユニークなシステムを構築している。
- このユニークなシステムが、結果として共生的なエコシステムのモデル事例を創出しつつあると感じている。日本のモデルとして、飛躍が期待される施策であり、産業での積極的な活用が望まれる。

渡部探査ハブ諮問委員、宇宙探査オープンイノベーションフォーラム 2017年12月

➡ 今後のJAXAにおけるイノベーションハブの展開にあたっての基盤となる指針が得られた。

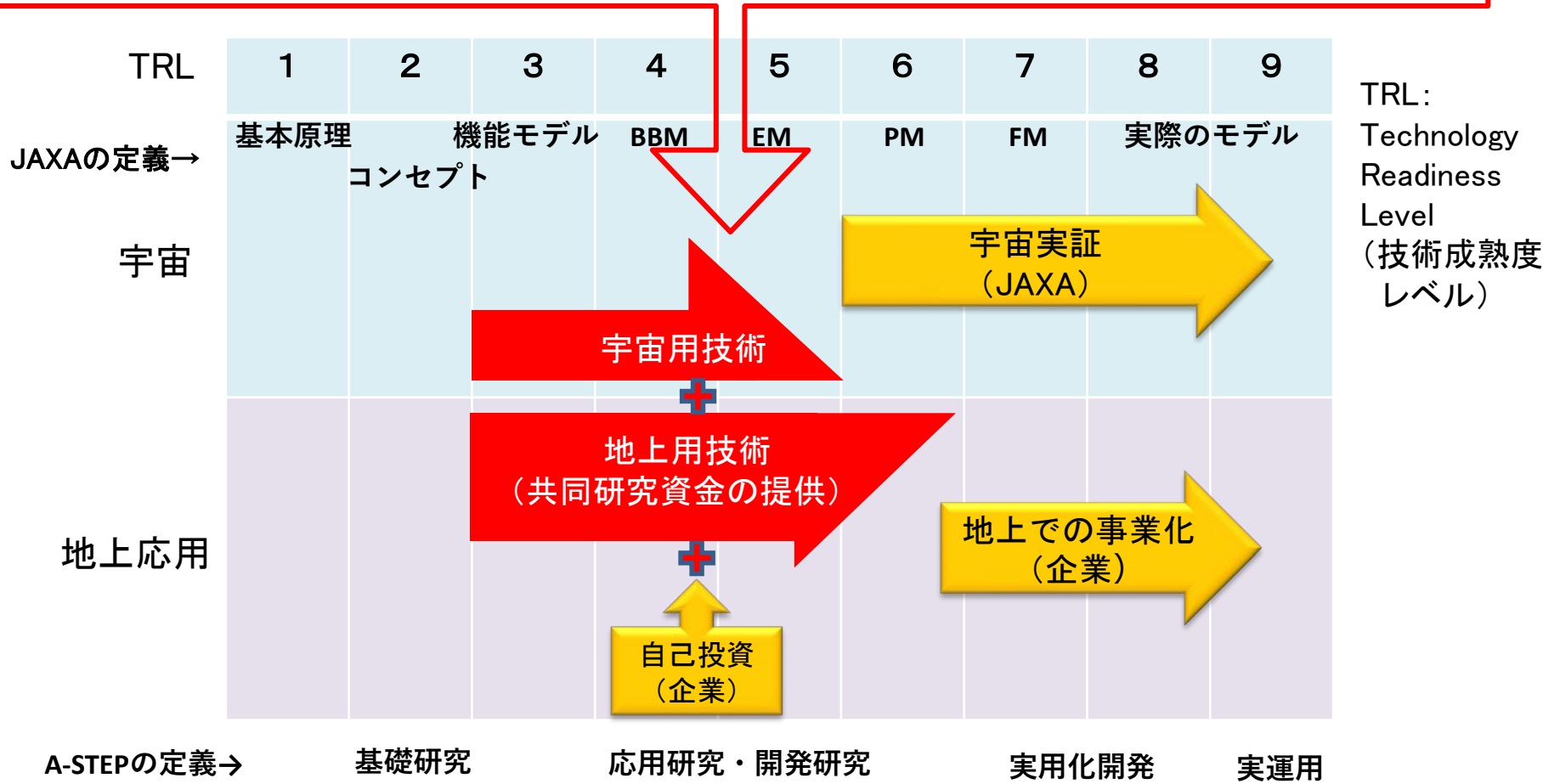
探査ハブへの参加企業に対しては、以下を依頼。

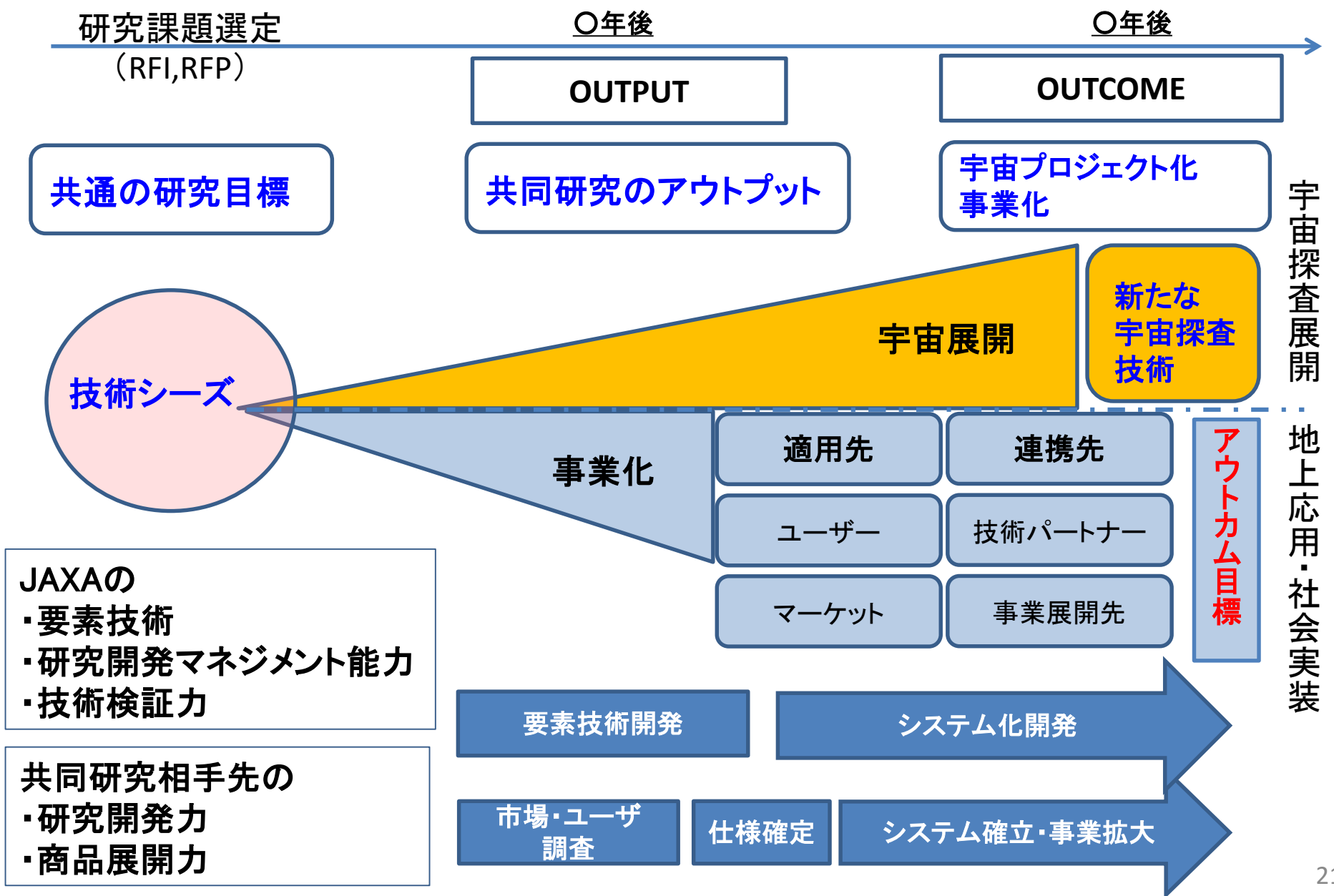
- 地上での社会実装(事業化)を実現し、技術の維持・高度化を目指してほしい。
 - ➡ 企業における事業化を妨げないような知財規定を整備
- 宇宙での実証(宇宙化)は、JAXAが実施する。
 - ➡ 宇宙プロジェクトが立ち上がった際には改めて発注



宇宙探査イノベーションハブでの共同研究の出口を宇宙と地上で明確に区分したことにより、企業にとって参加しやすく、自己投資も行い易い制度となった。

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。





優れた人材や知の糾合に向け、ハブに参加する企業等にとって、 よりメリットを享受できる新たな仕組み

項目	JAXAの従来制度	ハブの特例制度
出向者の 知財持分	<u>JAXAへの出向者の寄与分はJAXAに100%帰属する。</u> ※企業は出向させるメリットなし	JAXAへの出向者（クロスアポイントメント制度も含む）の寄与分は、あらかじめ出向契約等で約定することによって、当該出向者の寄与度等を考慮した上で、その知的財産権を出向元にも帰属させることができる。
共有知財の企業による自己実施	・共有知財の出願等維持費は共有者間の持ち分に応じて負担する。 ・JAXAは研究開発目的以外で自己実施をしないことから、共有者（企業）が<u>研究開発目的以外で自己実施を希望する場合は、原則、JAXAへ当該実施料を支払う。</u>	・研究開発目的以外での自己実施を希望する者がJAXAの出願等維持費を負担すれば、当該実施料のJAXAへの支払いを免除することができる。 ・自己実施に際してJAXAの同意は不要。

共同研究の成果として、**特許出願25件、特例制度適用による共同出願2件**がある。（2019年3月末時点）

Dual Use型のオープンイノベーションを実現するためには、宇宙探査イノベーションハブの目標を分りやすく示し、異分野からの参画のモチベーションを刺激する。

- 10年～20年後までの宇宙探査を想定した将来像からバックキャストによる探査技術を検討
- 特に、月面や火星など、重力があり、地面や資源のある環境における探査技術は、地球上の技術の延長線上にあるため、ここを重点化



宇宙探査イノベーションハブで期待する共同研究のポートフォリオを設定することにより、研究提案の精度やレベルが高まった。

月・火星を対象とした探査技術

建てる

- 遠隔操作による無人建設
- 軽くて大きな建設機械

活動する

- 人が効率的に活動する技術
- 人が安全に活動する技術

作る

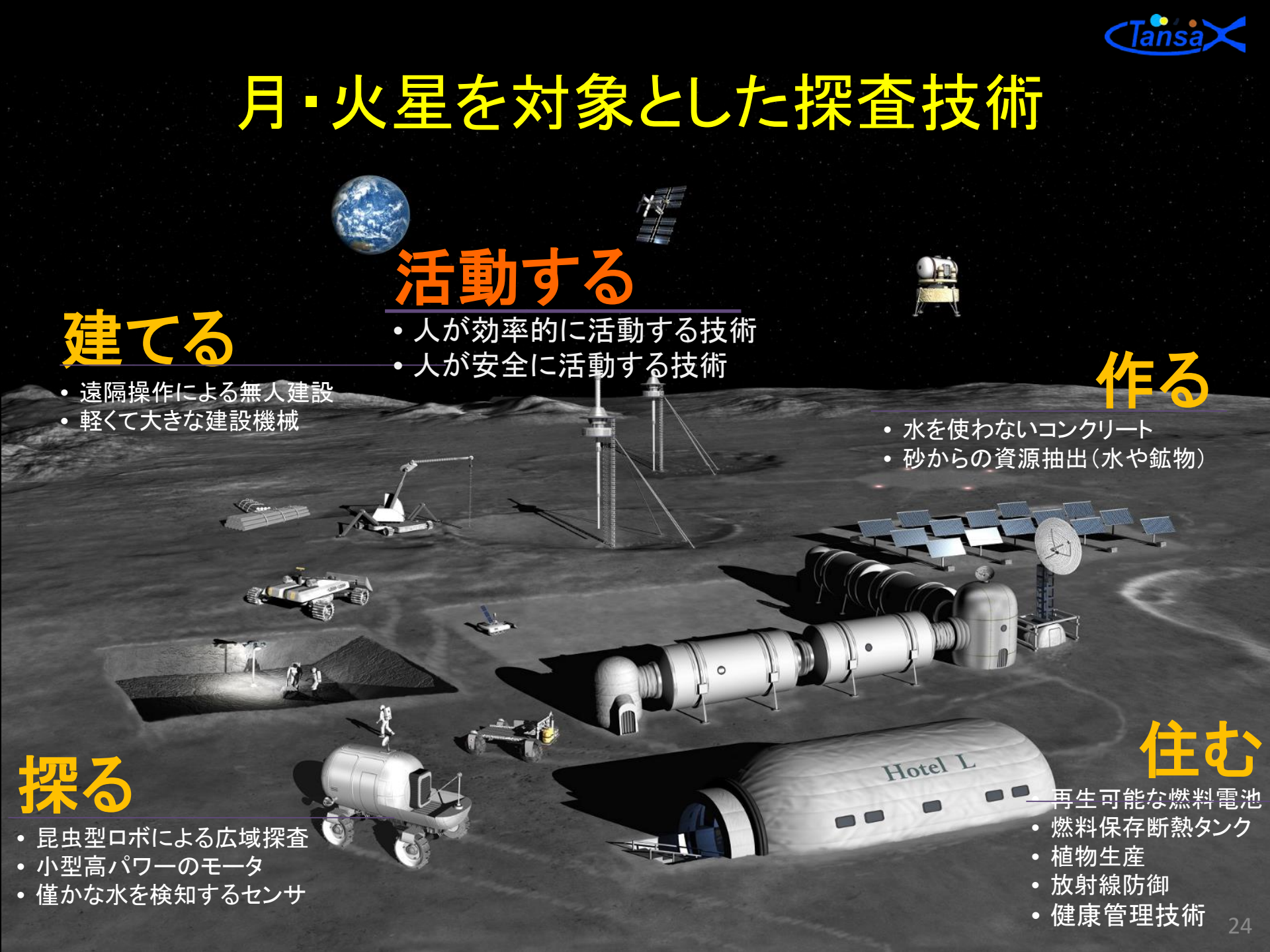
- 水を使わないコンクリート
- 砂からの資源抽出(水や鉱物)

住む

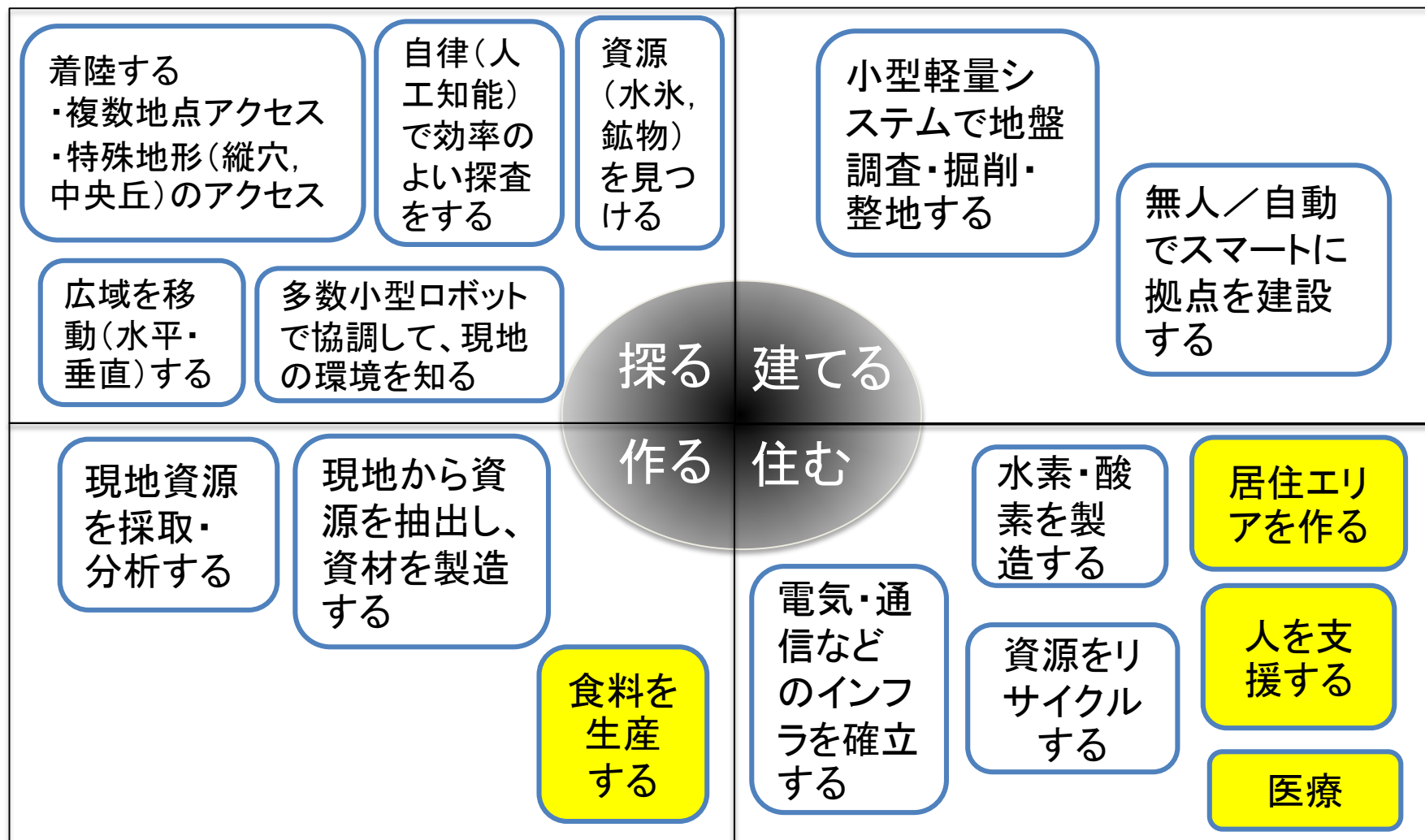
- 再生可能な燃料電池
- 燃料保存断熱タンク
- 植物生産
- 放射線防御
- 健康管理技術

探る

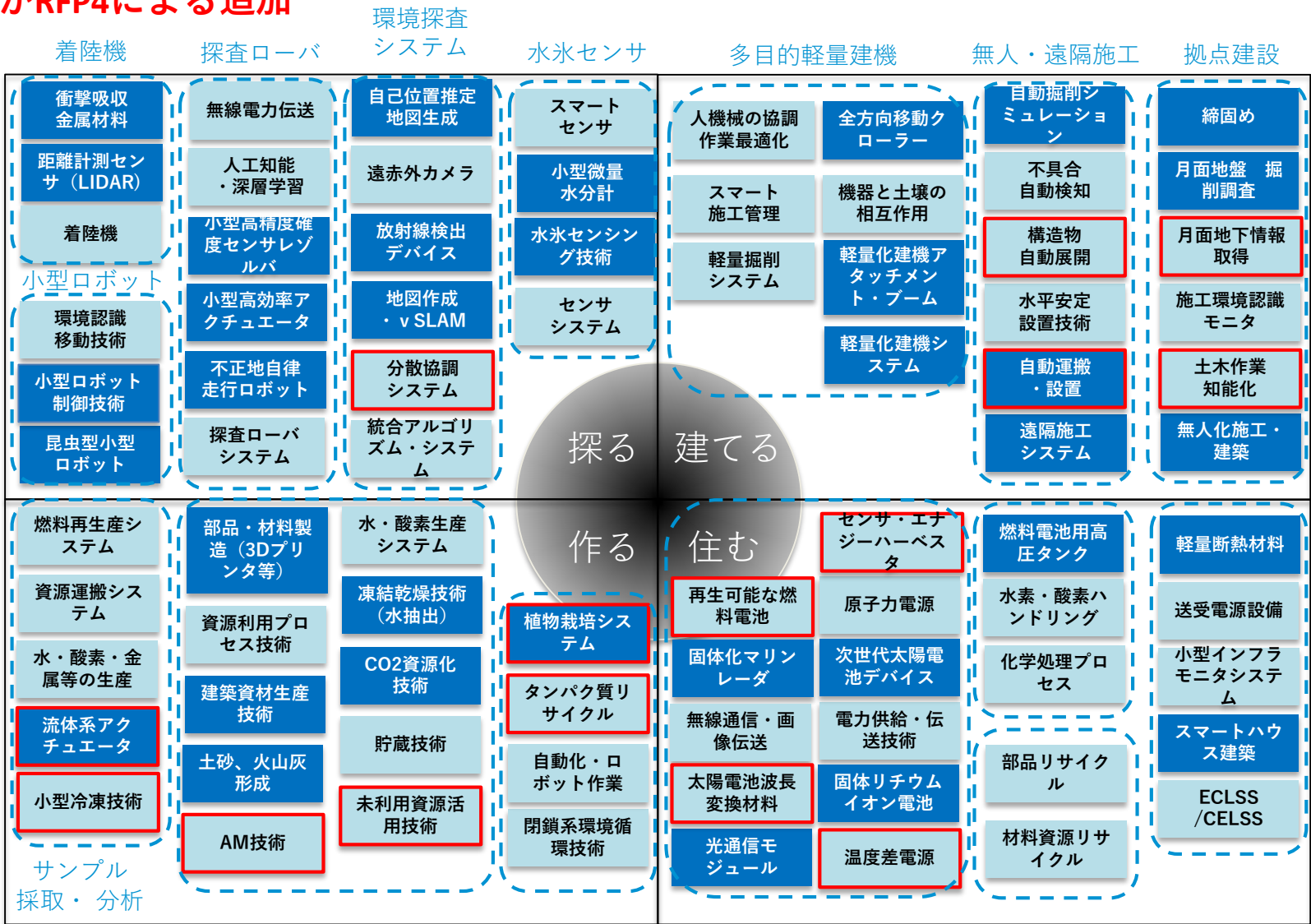
- 昆虫型ロボによる広域探査
- 小型高パワーのモータ
- 僅かな水を検知するセンサ



「活動する」というポートフォリオとして、「人が効率的に活動する技術／人が安全に活動する技術」を追加



赤枠がRFP4による追加



実施済み
未実施

資源材料抽出・製造

植物工場

電源・電池・通信

資源リサイクル 居住モジュール

④ RFI(情報提供要請)を通じて得られたノウハウ

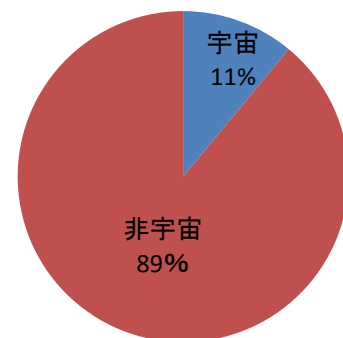
- 宇宙探査オープンイノベーションフォーラムなどによる情報発信は必須である。
- RFI募集の前に、各研究領域ごとの課題設定ワークショップによる研究者・企業とのオープンな議論が有効である。JAXAに全く知見の無い分野についてはその領域の専門家からなるワーキンググループをJAXAに組織し研究シナリオを議論することで、業界への周知にもつながった。
- 課題によっては、ハブ長自らの企業訪問による対話が必要(宇宙が自分たちの範疇とっていない企業が大半)
- 新たな技術分野の技術調査や市場調査に関しては、調査コンサルタントへの委託や、幅広い人的ネットワークを有し、多くの新事業を創りだしてきた実績がある者を産業界から招聘したことが有効であった。JAXAと協力関係のある銀行ネットワークもフルに活用した。
- 若手技術者によるアイデアソンやハッカソンも有効である。



課題設定ワークショップによる研究課題の掘り起こし

RFI(情報提供要請)
宇宙／非宇宙関連別
合計463(2019.3まで)

宇宙／非宇宙関連別(5回合計)



- RFIで得られた情報だけでなく、当該分野の特許調査等により提案技術のベンチマークなどを調査することが重要である。
- 参加機関によっては、JAXAのブランドを目的にしているところもあるので、地上における社会実装の本気度を確認することが重要。特に面接が有効である。
- ベンチャー企業、中小企業はRFPのような提案書に不慣れなケースが多く、その意味でも面接は行ったほうがよい
- 企業側の事業計画については秘匿が通常のため、要請があれば、NDA(秘密保持契約)の締結を行うことを周知する。場合によってはRFIの段階でも必要なケースがある。
- RFP受付後、同種の提案が複数社からあった場合には、協同の可能性も念頭におく。ハブを介して企業間の協同が進んだ例がある。
- 評価プロセスに、事業化やイノベーションの視点を取り入れた。



RFI/RFPのプロセスを通じ、企業の目利きを行える人材が育成されつつある。

① 研究課題の設定趣旨との整合性

- ・RFPで提示した研究課題の解決に資する研究提案であること

② 目標・計画の妥当性・実現性

- ・課題解決に向けた目標・計画が具体的かつ明確であり、実現性が高いこと
- ・課題の問題点あるいは技術的な課題等を的確に把握し、その解決策について具体的に提案されていること
- ・これまでのデータ・成果が蓄積されており、計画が具体的かつ合理的に立案されていること

③ 技術的革新性(イノベーションインパクト)

- ・本研究で獲得される技術により、宇宙での課題解決に加え、地上における新しい産業の創出、社会・経済への独創的で大きなインパクトが期待できること
- ・技術の独創性(新規性)及び競合優位性(技術的ベンチマーク、経済的優位性)が具体的に検討されていること

④ 事業化可能性(ビジネスインパクト)

- ・ターゲットユーザの妥当性、市場 動向が十分に分析され、既存市場に対する革新的な優位性が期待できること、又は新規市場開拓・確立が期待できること
- ・事業化に向けた課題が明確にされており、課題 解決のための方針、計画や知財戦略等が検討されていること
- ・地上における事業化構想が具体的であり、研究終了から概ね3年以内に事業化構想達成の見込みがあること

⑤ 開発に伴うリスク

- ・競合技術、競合他社、他社特許等が的確に分析・整理され、その解決策について提案されていること
- ・過去の関連する研究プロジェクトとの関連がある場合は、その結果(うまく行っていない場合の要因分析を含む)が適切に反映されていること

⑥ 研究開発体制の妥当性

- ・研究開発体制が適切に組織されており、企業・大学及びJAXAとの役割分担が明確にされていること
- ・参画企業が開発に取り組めるだけの経営基盤を有すること
- ・参画企業が開発を実施できる技術開発力等の技術基盤を有すること

⑥ ハブ長をトップとした機動的な体制

- 探査ハブが目指すDual Useの2つの出口のうち、地上への社会実装については企業ニーズの実現ができるよう、企業側のスピード感に対応できる体制とした。具体的には、**ハブ長をトップとした迅速な組織決定が行えるよう、探査ハブを理事長直下の組織としハブ運営にかかる権限は原則としてハブ長に移譲した**(現在は宇宙探査ハブ担当理事の指揮下にあるが、ハブ長をトップとする組織運営については変更はない)。
- 構成員についてもJAXAの定める職制はあるものの**基本的にフラットな組織として、各員のアイデアや改善事項を速やかに反映できる組織運営を行った。**
- 初代ハブ長として、宇宙探査分野で世界的に評価が高く、はやぶさ／はやぶさ2プロジェクトで実績のある國中均教授をJAXA内部から登用した。諮問委員によれば、**探査ハブのようにJAXAの組織改革を目的とする新組織のリーダは、いきなり外部から有識者を招くよりも、JAXA内部の組織文化に精通している方を置くほうが成功するとのこと。**

- JAXAにおける研究プロジェクトマネジメントの経験を踏まえ、技術成熟度レベル(TRL)の概念など導入し、研究開発にかかる異分野との共通理解を得るようにしている。
- 研究進捗の確認のために、2週間に一度のハブ構成員全員が集まり、進捗確認会議(～1時間程度)を開催し、問題のある課題の早期抽出を行っている。
- 各課題ごとの中間報告会、年次確認会を実施し、計画の妥当性や改善項目等を議論している。さらなる成果が期待される場合には資金の追加を行うなど柔軟な対応をおこなっている。
- 企業側における、地上への社会実装の検討にもJAXA職員が積極的に参加し、現場レベルでは宇宙・地上の分け隔てなしに研究が行われている。



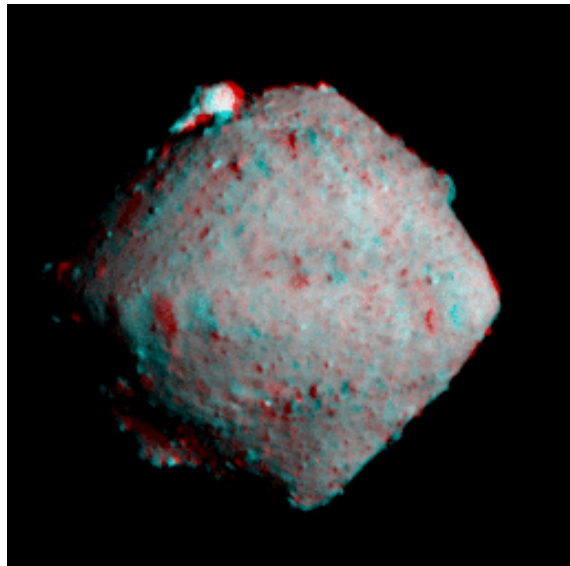
宇宙向けの研究開発が地上にも役立つことを実感することで、JAXA職員の研究に対するモチベーションも高まっている。

3. 具体的事例

宇宙利用の拡大と社会実装、事業化のそれぞれで具体的な成果が出てきている。

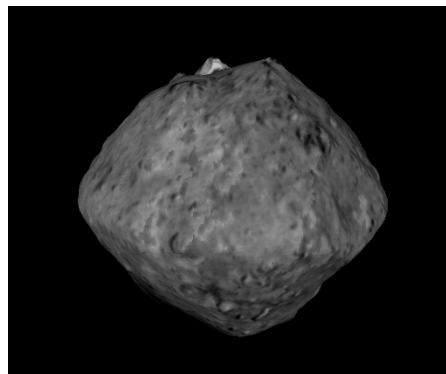
- (1) vSLAMの開発
(株式会社アイヴィス, 株式会社ビュープラス, 株式会社コンセプト, 株式会社モルフォ)
- (2) 長距離空間光通信を実現する光ディスク技術を応用した光通信モジュールに関する研究
(ソニー株式会社)
- (3) 固体化マリンレーダーの開発 (株式会社光電製作所, 株式会社東洋技術工業)
- (4) 全固体リチウムイオン二次電池の開発 (日立造船株式会社)
- (5) 世界最高クラスのアクチュエータの研究開発
(新明和工業株式会社, 大分大, 日本文理大, 茨城大, 静岡大)
- (6) 超高感度二次元同時距離計測センサの開発 (浜松ホトニクス株式会社)
- (7) 遠隔操作と自動制御の協調による遠隔施工システムの実現
(鹿島建設株式会社, 芝浦工大, 電通大, 京都大)
- (8) 超軽量建機アタッチメントおよびブームの開発および実地検証 (株式会社タグチ工業)
- (9) 次世代アクチュエータの研究開発
(エクストコム株式会社, 株式会社安川電機, 株式会社明治ゴム化成ほか,
アダマンド並木精密宝石株式会社)
- (10) 小型ロボット技術・制御技術 (株式会社タカラトミー)

(株)アイヴィス, (株)ビュープラス, (株)コンセプト, (株)モルフォ



小惑星Ryuguの自転

クレジット: JAXA, 東京大ほか



vSLAM技術による
形状モデル復元



2019.2.22 タッチダウン

クレジット: JAXA

- カメラ画像を用いて, 自己位置推定と環境地図作成を同時に行うvSLAM (Visual Simultaneous Localization and Mapping) 技術の研究開発の地上と宇宙応用を行う.
- vSLAM技術を, 「はやぶさ2」のタッチダウン運用などに貢献した.
- テクスチャレス部分 (特徴のあまりない場所) の計測技術を適用し, 「はやぶさ2」が小惑星リュウグウに接近した際, 砂地などの濃淡変化がない地域があった場合でも, より正確な計測を行うことが期待できる.

(株)ソニーCSL、ソニー(株)

- **ソニーの光ピックアップ技術**を元に、衛星低軌道システムを地上のインターネットシステムと統合した情報通信サービスを目指し、4500km 程度の距離を数10Mbps の通信速度で接続する**1kg 程度の重量と光出力が数W程度の光通信モジュール**の実現。
- BBM(ブレッドボードモデル)の開発を計画通りに進めることができ、現在はEM(エンジニアリングモデル)の開発中。
- また、**国際宇宙ステーション日本モジュール(きぼう)での宇宙実証**を計画中。

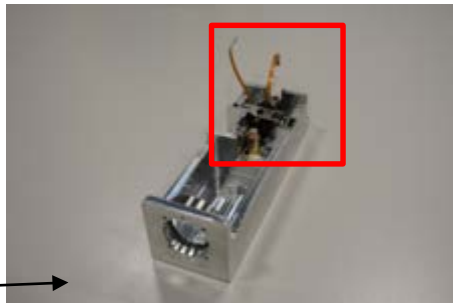
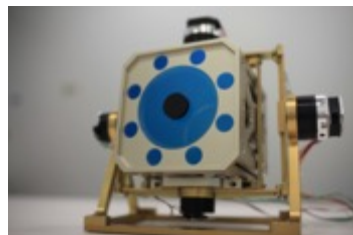
光通信の優位性

- 周波数の拡大
- 伝送量増大
- 遠距離通信
- 守秘性



CDプレーヤーの部品
レーザー光ピックアップ
(距離1mmの光通信)

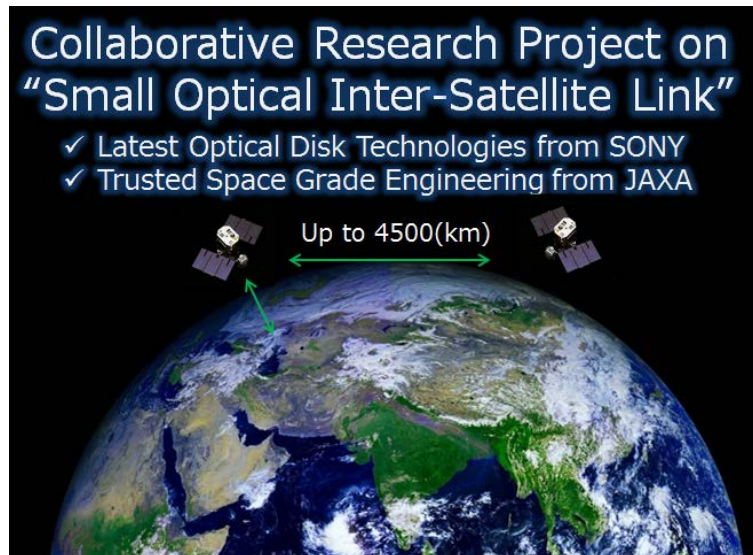
研究成果



送信部

試作送信系

3軸小型精密光軸制御
アクチュエータを搭載



(3) 固体化マリンレーダの開発

(株)光電製作所、(株)東洋技術工業

- 日本が世界シェアNo.1である船舶に搭載される**商用マリンレーダ**の送信波を、従来のマグネトロンではなく、**半導体アンプによるXバンドレーダ**を開発する。
 - 従来の発信器マグネトロン: 広帯域(不用電波有り)、短寿命(1千時間)、廉価(製造価格2万円)
 - 半導体アンプ: 狭帯域(電波資源の有効利用)、長寿命(1万時間)、高価(10万円)
- **JAXAのアンテナ送信機の技術を使い**、半導体アンプの**低価格化・大量生産化**を目指す
- 現在当初目標の2合成器100Wアンプまで開発済み。**今年度販売開始を目指す**。
- 更なる低コスト化、高出力化、4合成器を用いた400Wアンプを目指す。



図 4 内之浦宇宙空間観測所における実績

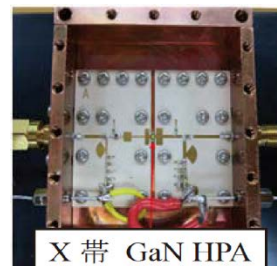
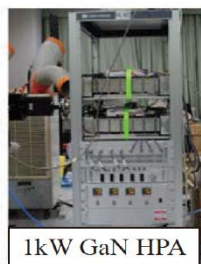


図 5 宇宙機搭載実績 (PROCYON)

JAXAの知見・経験

民間
転用

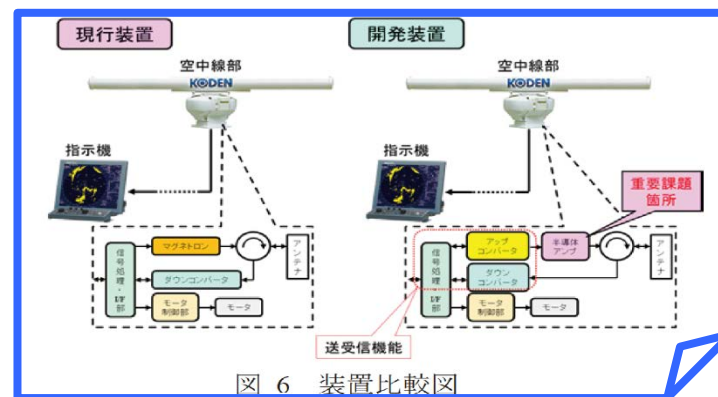


図 6 装置比較図

(日立造船(株))

■ 高低温や真空環境で動作可能、かつ高エネルギー密度を有する全固体リチウムイオン二次電池の開発を行う。

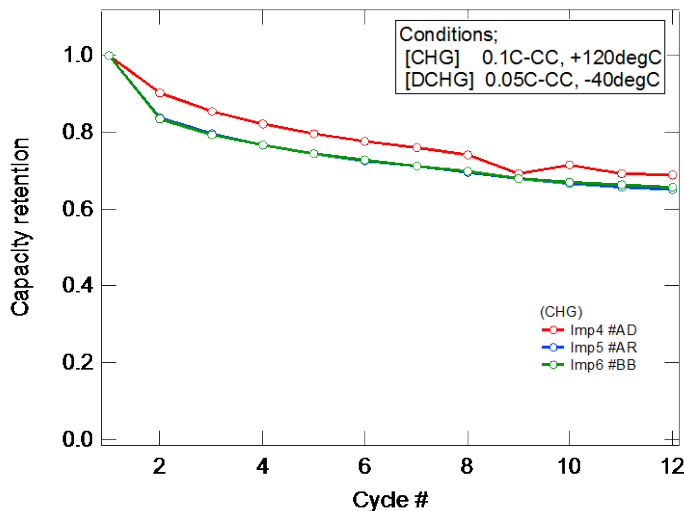
■ 研究成果サマリ

(1) 極限環境に耐える蓄電池の実現: $+120^{\circ}\text{C}$ や -40°C での充放電

(2) 大型化・高容量化: 実用的な容量(5Ah級)の電池を実現

(3) 試作電池の各種評価試験

■ 上記成果により、月惑星探査における広い動作温度範囲での利用に加え、電池の保護にリソースを割けない小型衛星などでの利用も可能とした。



月面での運用を模擬した高温充電・
低温放電サイクルトレンド

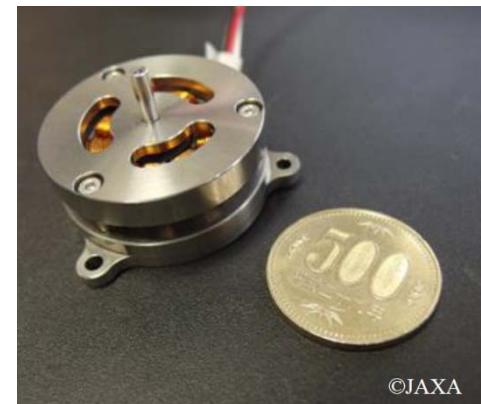


試作した2Ah(左)および5Ah(右)級
パッケージ電池の外観

新明和工業(株), 大分大, 日本文理大, 茨城大, 静岡大
(協力) 吉川工業, ベクトル磁気特性技術研究所, 日本金属(株)

世界最高性能のアクチュエータの開発に成功

- 地上用モータは1億台超もの台数が国内にて普及し、主に各種産業用機械において使用されている。
- モータによる電力消費量は、我が国における産業用電力消費量(約49百億kWh)の約75%と推計されている。
- モータの高効率化は省エネにつながる。



特長: 小型軽量・高パワー密度・高効率(放熱負荷が少ない)

- ① 質量が25g、出力50Wで連続運転可能
- ② 低速回転から高速回転、低出力から高出力の広範囲に亘って80%以上の効率
- ③ 毎分15,000回転以上の高速回転では広範囲に亘って85%以上の効率を達成
- ④ 発熱が極めて少ない

<宇宙応用>

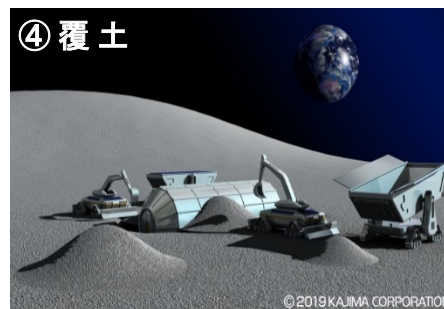
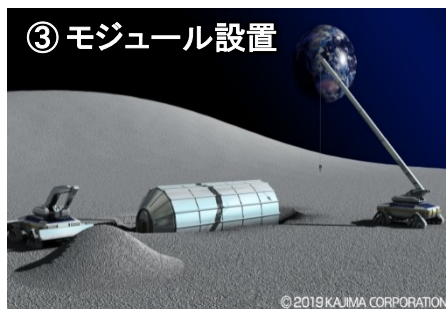
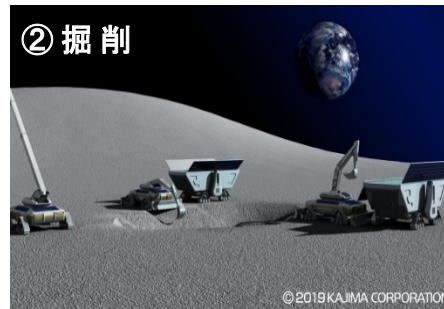
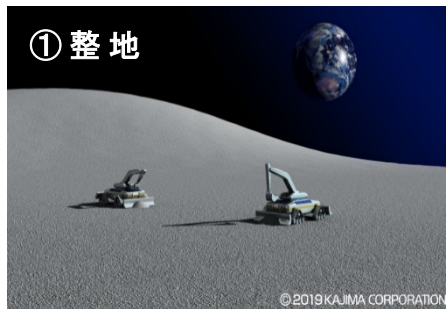
- ・月火星表面探査ローバ, 掘削,
- ・サンプル採取, マニピュレータ
- ・火星飛行機・ドローン

<地上応用>

- ・ドローン, ロボットの関節駆動
- ・温度上昇を避けたい高速用途(精密計測器, 超精密加工等)
- ・多極大型モータへの展開
- ・将来は自動車, 飛行機用など

(鹿島建設(株), 芝浦工大, 電通大、京都大)

- 地上の建設作業で実績のある無人化・自動化技術に時間遅れを考慮した遠隔施工技術の実現
- 通信時間遅れがある環境でのスムーズな遠隔操作、及び自動運転可能な建機を用いた一対多(一人が複数建機に指示)による遠隔施工手法の実現
- 地上展開と熟練者不足や現場作業者の減少、危険環境での作業者の安全確保、及び生産性の向上などを目指し建設現場に導入
- 宇宙への応用として、月や火星の有人拠点建設作業を想定



鹿島西湘実験フィールドにて、月での無人による有人拠点建設をイメージした2種の自動化建設機械による実験に成功



月での無人による有人拠点建設作業のステップ

- JAXAが持つCFRPの技術を応用させて、将来の宇宙探査に必要な軽量化した超軽量化、建設機械アタッチメントの開発
- 軽量金属製アーム製作において『曲げ加工不要』『溶接不要』と新たな製法を確立
- 『サイクルタイムの減少』『掘削土量の増加』『生産性の向上』『吊り能力の向上』とアーム軽量化による油圧ショベルの性能向上が定量的に確認
- 都市部などスペースが限られ高層化が進む建設・解体現場で小回りの利く軽量な建機として作業性向上を期待

軽量アーム評価試験

サイクルタイム試験



燃費試験



掘削土量試験



吊り能力試験



<評価試験>

アームを油圧ショベルへ取り付け
けた状態で各種評価試験を行う



複合材製アーム・ブーム
油圧ショベル取付状態(実物)

(エクストコム(株)／(株)安川電機／(株)明治ゴム化成ほか／アダムンド並木精密宝石(株))

世界最高性能のアクチュエータ(大型・小型)の開発を行う

採択テーマ

- 1) **世界最高性能の電磁モータ**の開発
 - ・防水・防塵(1kw/400g)高出力モータの開発
 - ・高トルク(110Nm/1kg)駆動システムの開発
- 2) **センサシステム**の開発
 - ・絶対位置センサ(f20mm分解能524288)の開発
- 3) **流体系スマートアクチュエータシステム**の開発
 - ・McKibben型人工筋肉の3倍以上の収縮:



宇宙応用

1. 火星飛行機, ドローン
2. ローバ
3. 投てき装置
4. 二軸ジンバル

地上応用

1. 発電機や風/水車
2. ドローン, ロボット
3. 介護福祉機器
(パワースーツ, 車いす)



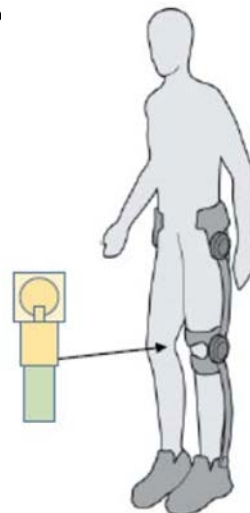
©エクストコム

超小型絶対角度センサ
製品外形 $\phi 20\text{mm}$
厚さ7.5mm
分解能 1,048,576

【防塵防水モータ
1次試作品】



©アダムンド並木精密宝石



膝関節のトルクは
約100N・m

(1) 熱意ある企業側担当者の発掘

- ・JAXA担当者による参加企業開拓
JAXAから多くの企業にアプローチ。何社かには断られるなか、やる気のある企業、担当者を発掘
- ・企業担当者は自ら企画、社内調整を実施しプロジェクトを立ち上げ
事業化にむけてもマーケット調査、顧客開拓を自らが中心となって進める等、意欲と行動力があつた

(2) 企業の開発方向性と一致。企業の積極的サポート

- ・企業が次のビジネスの中心にすえようとしていたテーマ。JAXA側の希望と一致した
具体的適用先、顧客が明確であり、大きなマーケットが存在。企業の事業化意欲が大きかった
- ・企業は多くの技術者、新規事業創出の専門家を本プロジェクトに投入。企業の自己投資も大

(3) 多くの研究者の積極的参加

- ・該当テーマ関連の研究者がJAXA内に複数存在し興味をもっていたテーマと一致したため、多くの研究者が参加し活発な議論を実施できた。
- ・JAXAの将来宇宙探査での利用が明確であったため、多くの研究者(含むハブ長)が参画した

(4) 地上と宇宙応用のすみわけ

- ・成果の展開先が地上、宇宙と明確に分かれており、競合を意識することなく研究開発を実施
それぞれの強みを共同研究に生かし、両者にとってWinWinの関係をうまく構築できた
- ・企業にとって量産化開始前に特殊用途で導入実績を確保。製品開発サイクル上有効であった

(5) 宇宙展開の魅力

- ・プロジェクト立ち上げ時は企業側は必ずしも全面サポートではなかったが、JAXAとの共同研究であることを前面におしだし、会社の承認を獲得
- ・宇宙展開は企業、大学とも宣伝効果が大きく、積極的に活動いただいた
JAXAとの共同研究は企業ブランドを高め、引き合いも増加、新たな顧客獲得に成功
- ・当初より宇宙展開先が明確であり、宇宙実証実験の具体化も進んだため、JAXAおよび参加機関の担当者ともにモチベーションが高かった

期待通りに進まなかった事例の要因

研究成果は得られたが、大きなイノベーションを起こせず、地上のビジネス化への道筋が見いだせずに、終了した事例もある。すべてのテーマでイノベーションが起きるとは考えていなかったが、その要因の主たるものを以下に示す。

1. 難しい課題設定で、時間内に解決手段が見いだせず
2. 企業の方針・体制が研究途中で変更
3. 社会実装にむけた意識の不足

4. 法人システム改革の状況

- JAXAにおいて、先駆的にオープンイノベーションの場として設置した宇宙探査イノベーションハブ等が成功例となり、宇宙探査に限らず他の事業分野（有人宇宙活動、人工衛星、宇宙輸送）においても異分野糾合の取組み・仕組みが広がりつつある。
- JAXAとしては、宇宙航空利用の拡大や地上も含めた産業振興に資するため、これらオープンイノベーションの取組み・仕組みを全社的に定着・発展させていきたいと考えている。



- FY27からスタートした探査ハブの異分野糾合に係る実績・成果を踏まえ、最上位の計画文書である第4期中長期計画（FY30から7年間）において、新たなオープンイノベーションの場の構築を進めることを全社的な重点事項（前文）として明記。
- 具体的には、探査以外の領域にも対象を拡大した民間等との共同チーム体制による民間主体の新たな宇宙事業創出の取組（新事業促進部による宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC））や、知財ルールの改善（不実施補償免除等のハブ特則の全社展開）等を記載し、計画開始年度の当初から積極的に進めているところ。
- 探査ハブについては、国内外の検討の機運が高まる国際宇宙探査に資する研究開発のアプローチとして引き続き異分野糾合の取組を進めることを記載。

4. まとめ

- 宇宙探査イノベーションハブの実績が評価され、JAXAの次期中期計画においてはオープンイノベーションによる研究開発が一つの柱となっている。
- 宇宙探査イノベーションハブにおいて得られたノウハウは、他法人や企業内においても有効な部分もあり、ぜひ活用を検討していただきたい。JAXAとしても積極的にアドバイスをしていきたい。
- 宇宙探査イノベーションハブ事業は、JST殿支援終了後も継続する方向で関係各所と調整を進めている。引き続きご支援を賜りたい。
- JSTイノベーション拠点推進部の多岐にわたるご支援に感謝申し上げます。