

第2回宇宙探査オープンイノベーションフォーラム  
平成28年3月29日

説明資料ダウンロード版  
JAXA



# 宇宙探査イノベーションハブについて

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

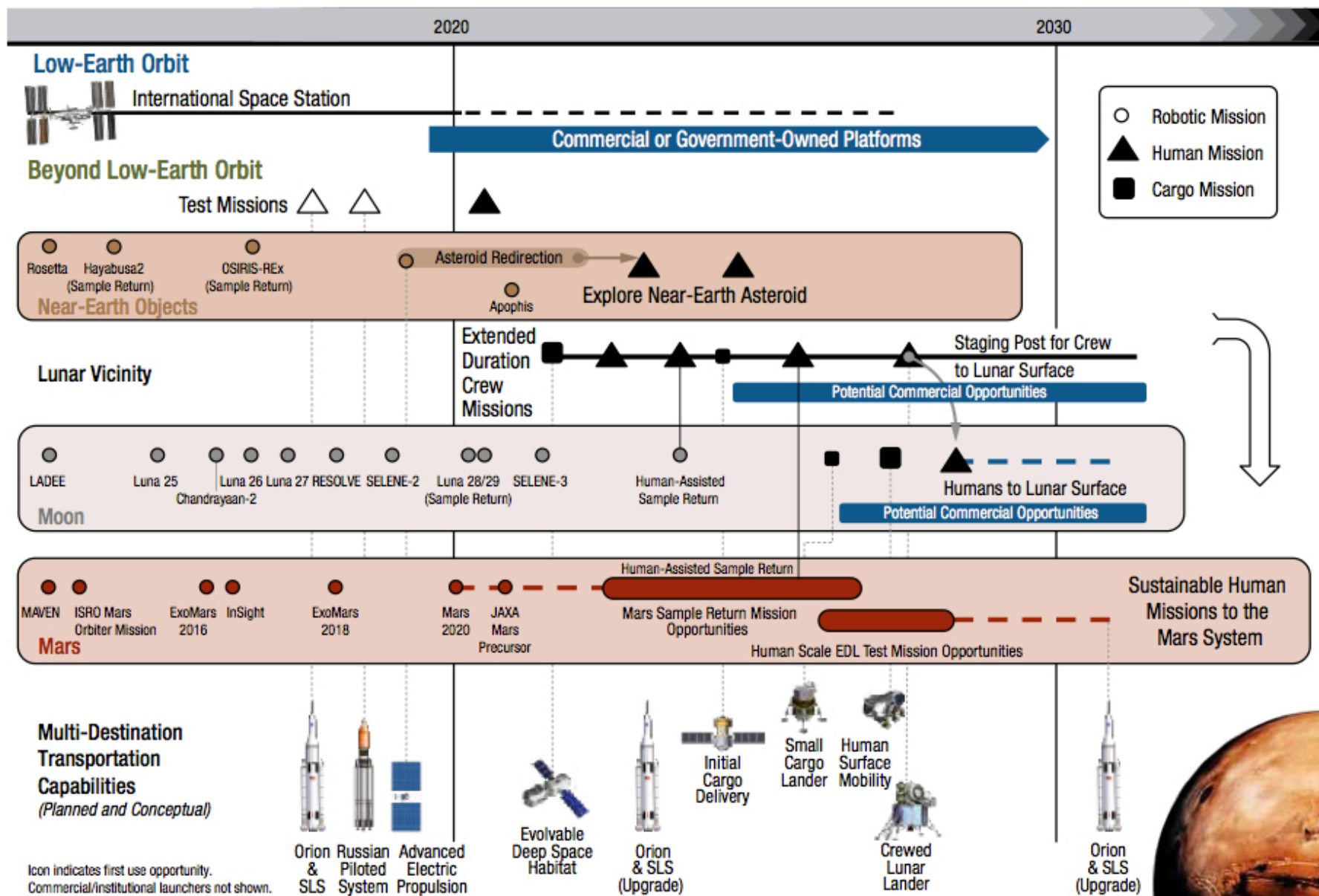
平成28年3月29日

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  
ハブ長 國中 均

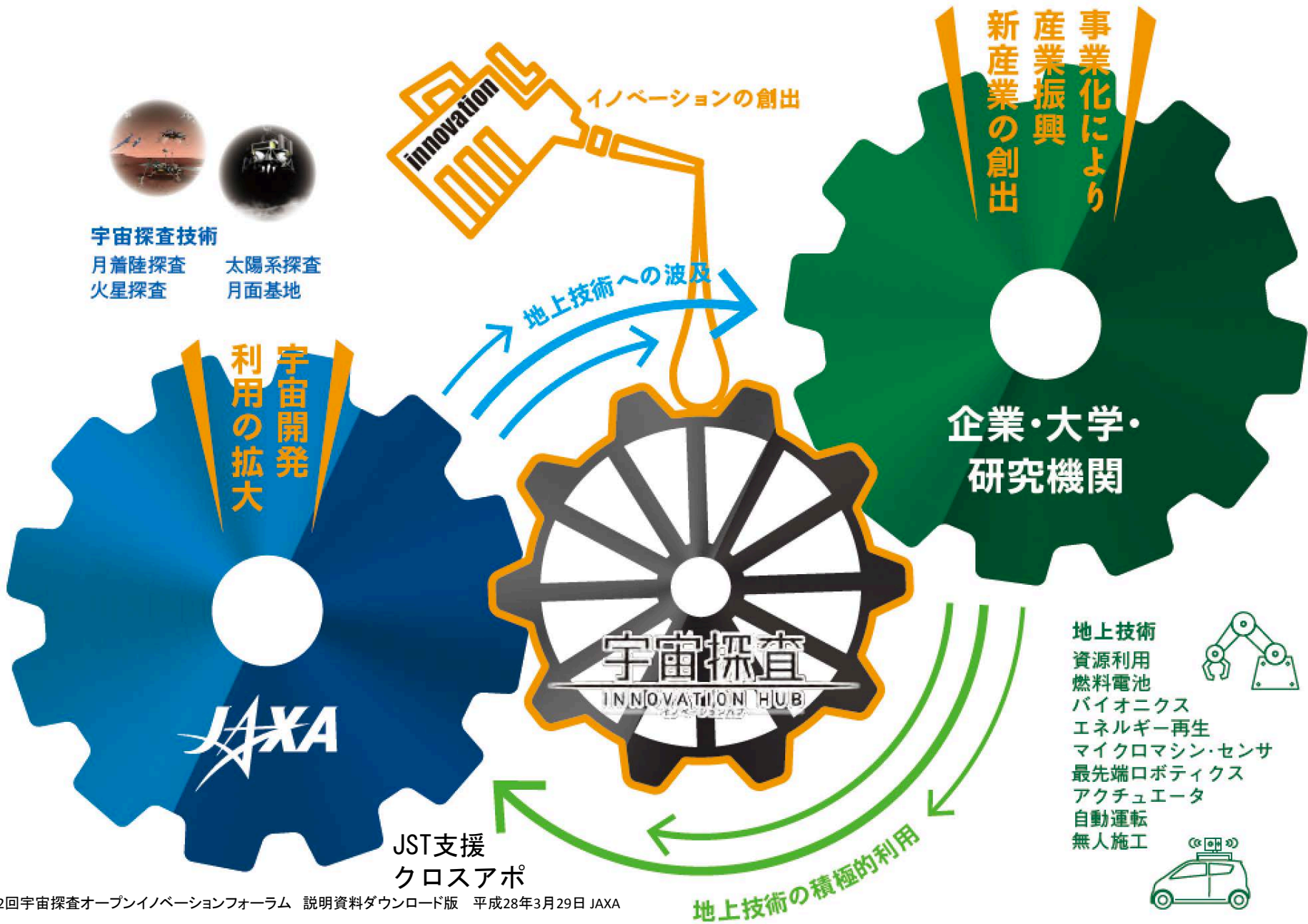
# 1. 国際宇宙探査シナリオ



## ISECG Mission Scenario



# 2. 探査イノベーション・ハブでの積極的取組み



# 3.1 課題例① 『広域未踏峰』探査技術

## 分散協調探査システムの研究

### ◆ 目的

単体ではなく複数の小型探査機により、機能の分散協調を行なうことで、未踏峰地点の広範囲で密度の濃いチャレンジングな探査を実現し、探査手法に革新を起こす。

### ◆ チャレンジする課題

昆虫型探査機から小型軽量な探査機の開発と分散協調するための自己組織化メカニズムを構築する。

### ◆ アプローチ

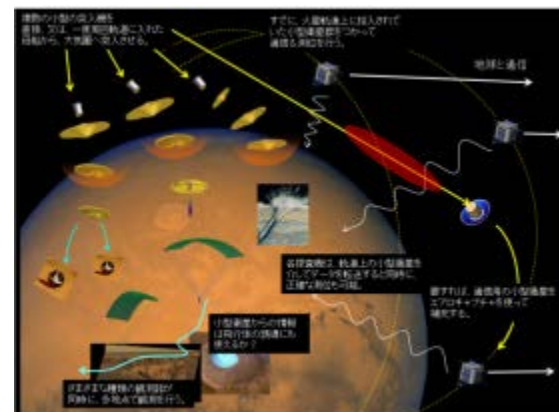
バイオミクス工学やインフレータブルに基づく設計、昆虫や動物の群知能・群行動に関する知見をもとに分散協調型探査システムを創出する。



インフレータブル  
エアロシェル



パラフォルル型探査機



マルチランダによる協調探査のイメージ図



## 3.2 課題例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、将来月面に構築される有人探査拠点の自動建設に繋げる。

### ◆ チャレンジする課題

世界トップクラスである我国の自動車技術や建設技術を大型軽量化・宇宙仕様化することで、宇宙技術に革新を起こす。

### ◆ アプローチ

月面などの宇宙空間における自動・自律型探査技術の研究開発をゼロベースでスタートするのではなく、地上で既の実現されている無人化や自動化の技術をベースとし、それらを宇宙技術に昇華させる部分(重量、消費電力、耐環境などのクリア)に重点的に取り組む。まず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。



無人ダンプトラック運行

(コマツ ホームページより)



情報化施工

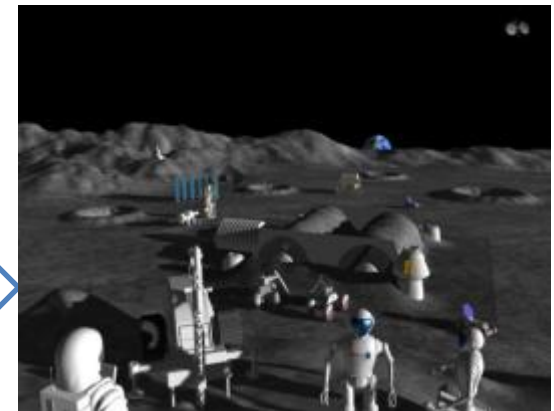
(日立建機ホームページより)



自動運転

(トヨタ ホームページより)

大型軽量化  
宇宙仕様化



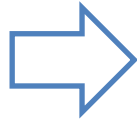
# 3.2 課題例③ 『地産地消型』探査技術

## ◆ 目的

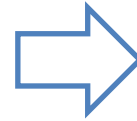
「すべて運ぶ」から「現地で調達する」「再利用する」というパラダイム転換により、従来に比べ輸送効率の高い持続可能な探査を可能とする。



アポロ 現地調達：なし、再利用：なし



ISS 現地調達：電力、再利用：一部



今後 現地調達：あり、再利用：あり

## ◆ 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、資源精製技術等を応用し、必要な物資を効率的かつ無人で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。



月の表土(レゴリス)

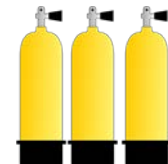
- ◆化学・物理プラント技術
- ◆レゴリスハンドリング技術
- ◆エネルギー・物質供給
- ◆システム技術



ブロック



燃料(酸素)



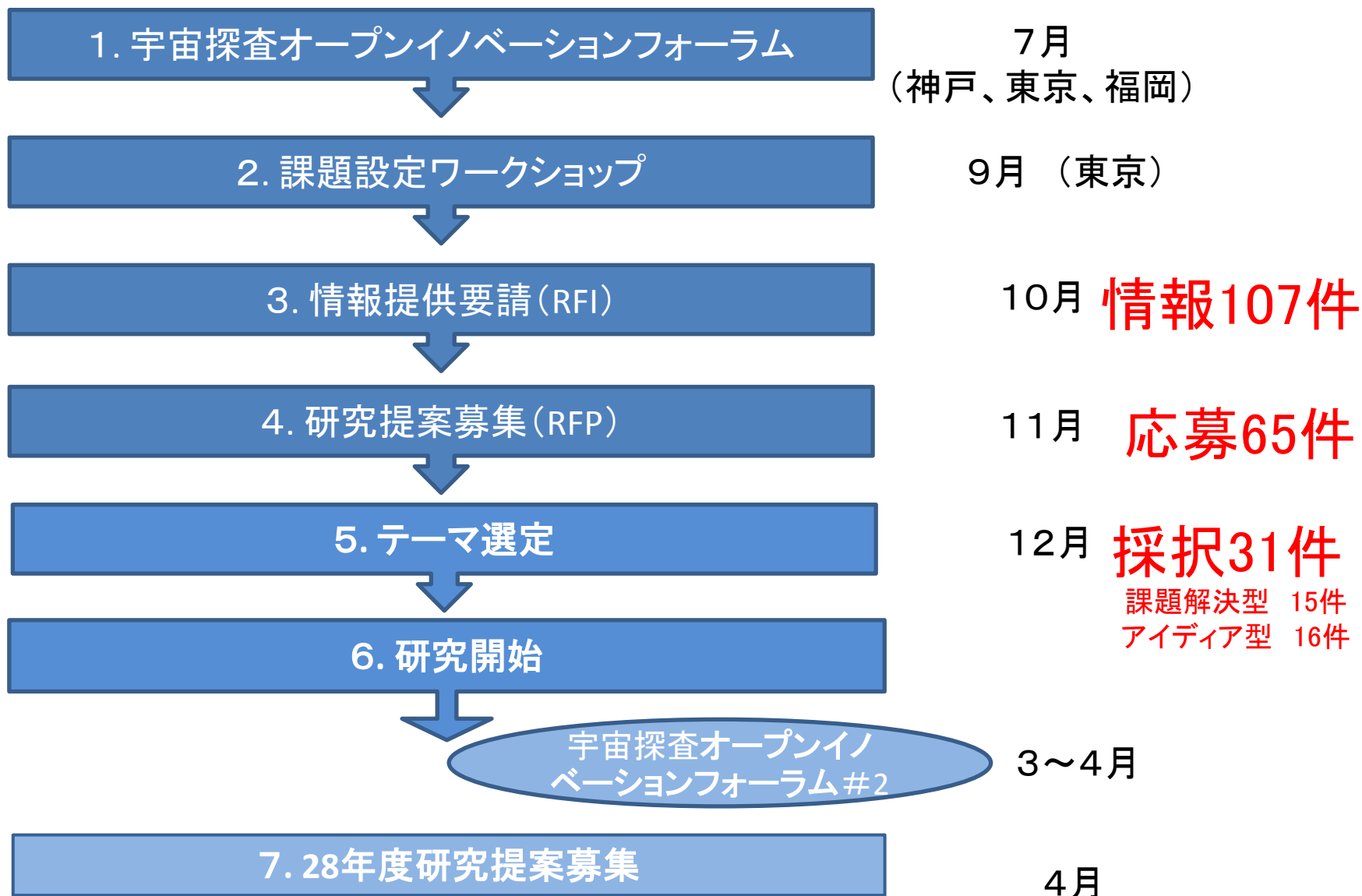
水、水素、窒素



金属



# 4. 探査ハブの活動状況



# 5.1 『広域未踏峰』探査技術 関連採択提案



【目的】 単体ではなく複数の小型探査機により、機能の分散協調を行なうことで、未踏峰地点の広範囲で密度の濃いチャレンジングな探査を実現し、探査手法に革新を起こす。

【チャレンジする課題】 昆虫型探査機から小型軽量な探査機の開発と分散協調するための自己組織化メカニズムを構築する。

## 【課題解決型】採択提案一覧

- ・ 目指す技術が明確になっているもの
- ・ 3年程度(上限5年)で、総額1～3億円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
パワー密度が世界最高の小型アクチュエータの開発	新明和工業(株)	兵庫県宝塚市
	大分大学	大分県大分市
	日本文理大学	大分県大分市
	茨城大学	茨城県日立市
	静岡大学	静岡県浜松市中区
次世代アクチュエータ用超小型高精度絶対角度センサ変調波レゾルバの開発	エクストコム(株)	神奈川県大和市
医療福祉機器向け小型高トルクアクチュエータの開発	(株)安川電機	福岡県北九州市八幡西区
超高出力密度を実現する流体系スマートアクチュエータシステムの開発と実用化検討	(株)明治ゴム化成	神奈川県足柄上群
	中央大学	東京都文京区
ダブルステータ型耐環境高効率電磁モータの研究	並木精密宝石(株)	東京都足立区

## 【アイデア型】採択提案一覧

- ・ 有効であるが未知の技術やアイデア発掘のために実施するもの。
- ・ 1年程度で、100～500万円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
地中・地表面探査を目的とした昆虫タイプ小型移動ロボット	中央大学	東京都文京区
	プログレス・テクノロジーズ(株)	東京都江東区
微小重力不整地を歩行・跳躍探査する昆虫型ロボットのプロトタイプ開発	(株)ispace	東京都港区
	東北大学	宮城県仙台市青葉区
小型ロボット技術 制御技術	(株)タカラトミー 研究開発部	東京都葛飾区
複数の非駆動型探査機のフォーメーション制御による高効率・低コスト広域探査技術	東北大学	宮城県仙台市青葉区
超分散ロボット群による三角測量に基づく自己位置推定と地図生成	会津大学	福島県会津若松市
環境適応型不整地自律走行プラットフォームの研究	(株)竹中工務店	大阪府大阪市中央区
	(株)竹中土木	
RT ソリューション技術に基づく合体変形型移動ロボットの環境認識移動知能化技術の研究開発	東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻	東京都文京区

## 5.2 『自動自律』探査技術 関連採択提案



【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、将来月面に構築される有人探査拠点の自動建設に繋げる。

【チャレンジする課題】 世界トップクラスである我国の自動車技術や建設技術を小型軽量化・宇宙仕様化することで、宇宙技術に革新を起こす。

### 【課題解決型】採択提案一覧

- ・ 目指す技術が明確になっているもの
- ・ 3年程度(上限5年)で、総額1～3億円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
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) 技術研究所	東京都調布市
超軽量建機アタッチメント及びブームの開発および実地検証	(株)タグチ工業	岡山県岡山市北区

### 【アイデア型】採択提案一覧

- ・ 有効であるが未知の技術やアイデア発掘のために実施するもの。
- ・ 1年程度で、100～500万円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
スクレールドライビングサンディング(SDS)による月面地盤調査技術の確立	東京都市大学	東京都世田谷区
アースオーガによる地盤掘削時の施工情報を利用した地盤定数推定法	立命館大学工学部	滋賀県草津市
	日特建設(株)	東京都中央区
締固め困難材料に対する振動等を用いた効果的な締固め方法と走行安定性の検証	酒井重工業(株) 技術開発部	埼玉県久喜市

# 5.3 『地産地消』探査技術 関連採択提案



【目的】「すべて運ぶ」から「現地で調達する」「再利用する」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。

【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、資源精製技術等を応用し、必要な物資を効率的かつ無人で生産できるシステムを構築する。

## 【課題解決型】採択提案一覧

- ・ 目指す技術が明確になっているもの
- ・ 3年程度(上限5年)で、総額1～3億円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
小型2次元イメージング分光器の開発による水氷センシング技術の研究	(株)センテンシア	東京都武蔵野市
液体を使わない建設資材生産技術の研究	東急建設(株) 技術研究所	神奈川県相模原市中央区
現地資源からの建設資材の製造システム	三菱マテリアル(株)那珂エネルギー開発研究所 他	茨城県那珂市

## 【アイデア型】採択提案一覧

- ・ 有効であるが未知の技術やアイデア発掘のために実施するもの。
- ・ 1年程度で、100～500万円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
土砂や火山灰の形成技術	モルタルマジック(株)	鳥取県鳥取市
火成岩あるいは粘土鉱物を主体とする土質材料からの建設材料の作製	(株)大林組技術本部	東京都港区
月土壤の水素還元システムの構築 -反応過程の最適化と反応炉の設計-	九州大学	福岡県福岡市西区
月土壤の水素還元システムの構築 - 反応過程へのフレネルレンズ式太陽炉の適用-	(公財)若狭湾エネルギー研究センター	福岡県福岡市西区
プラズマ・触媒ナノ粒子複合反応場によるCO2資源化技術の開発	九州大学	福岡県福岡市西区

# 5.4 『共通技術』(電源、通信技術等)採択提案



【目的】 宇宙探査活動に共通して必要となるエネルギー、移動、通信技術等であって、地上用途にも使える技術を開発する。

## 【課題解決型】採択提案一覧

- ・ 目指す技術が明確になっているもの
- ・ 3年程度(上限5年)で、総額1~3億円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
超高压複合容器製造技術 (Type4複合容器担当)	中国工業(株)	広島県呉市
全固体リチウムイオン二次電池の開発	日立造船(株) 機械事業本部	大阪府大阪市大正区
固定化マリンレーダーの開発	(株)光電製作所 開発グループ	東京都大田区
半導体アンプ増幅方式	(株)東洋技術工業	東京都稲城市
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	調整中	調整中

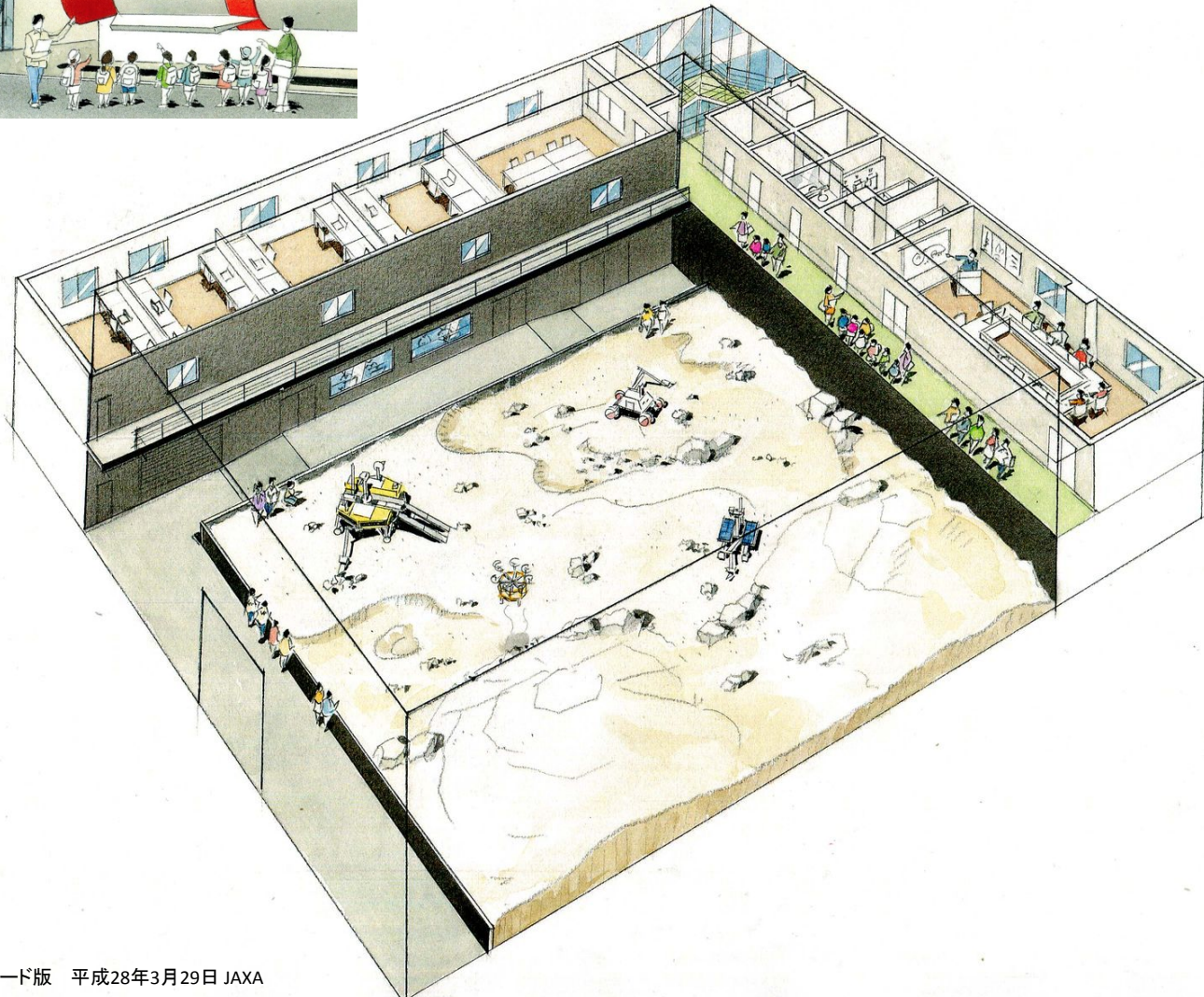
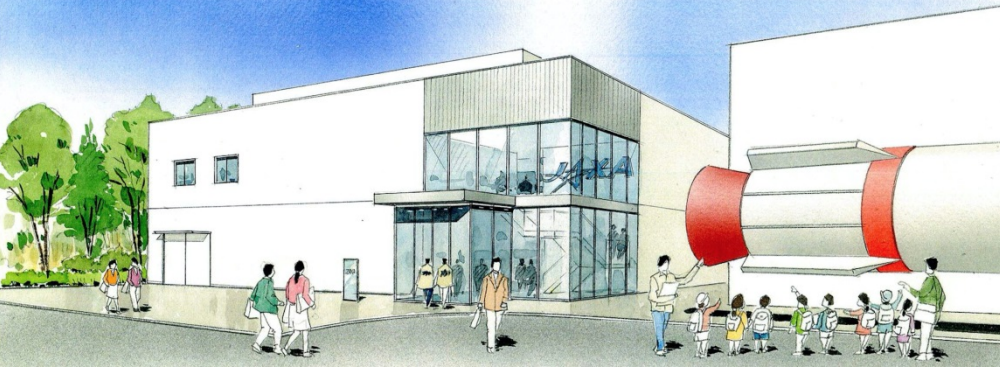
## 【アイデア型】採択提案一覧

- ・ 有効であるが未知の技術やアイデア発掘のために実施するもの。
- ・ 1年程度で、100~500万円で研究を実施

研究名称	機関名称	住所
多目的全方向移動句クローラー共通台車の設計	トピー工業(株)	東京都品川区
	有人宇宙システム(株)	東京都千代田区
	福井大学	福井県福井市



# 6. 宇宙探査実験棟





人, 技術, 学術, 教育, 組織, 事業, 行政  
 すべてを総動員して、工夫して初めてイノベーションが成就。



イオンエンジンを主推進として駆る「はやぶさ」は、世界で初めて地球～小惑星往復探査に成功しました。米欧露と比べ宇宙技術の劣勢を独自の工夫と努力で挽回して、新領域を創生するGame Change（現状を打破し、根本的にものごとを変えること）の好例でしょう。

この方式を応用し、みなさんと一緒に技術研究開発と産業化を行い、宇宙と地上の双方にイノベーションを巻き起こしましょう。

宇宙探査イノベーションハブ  
 國中 均



Technology Advancement Node for SpAce eXploration

## JSTイノベーションハブ構築支援事業

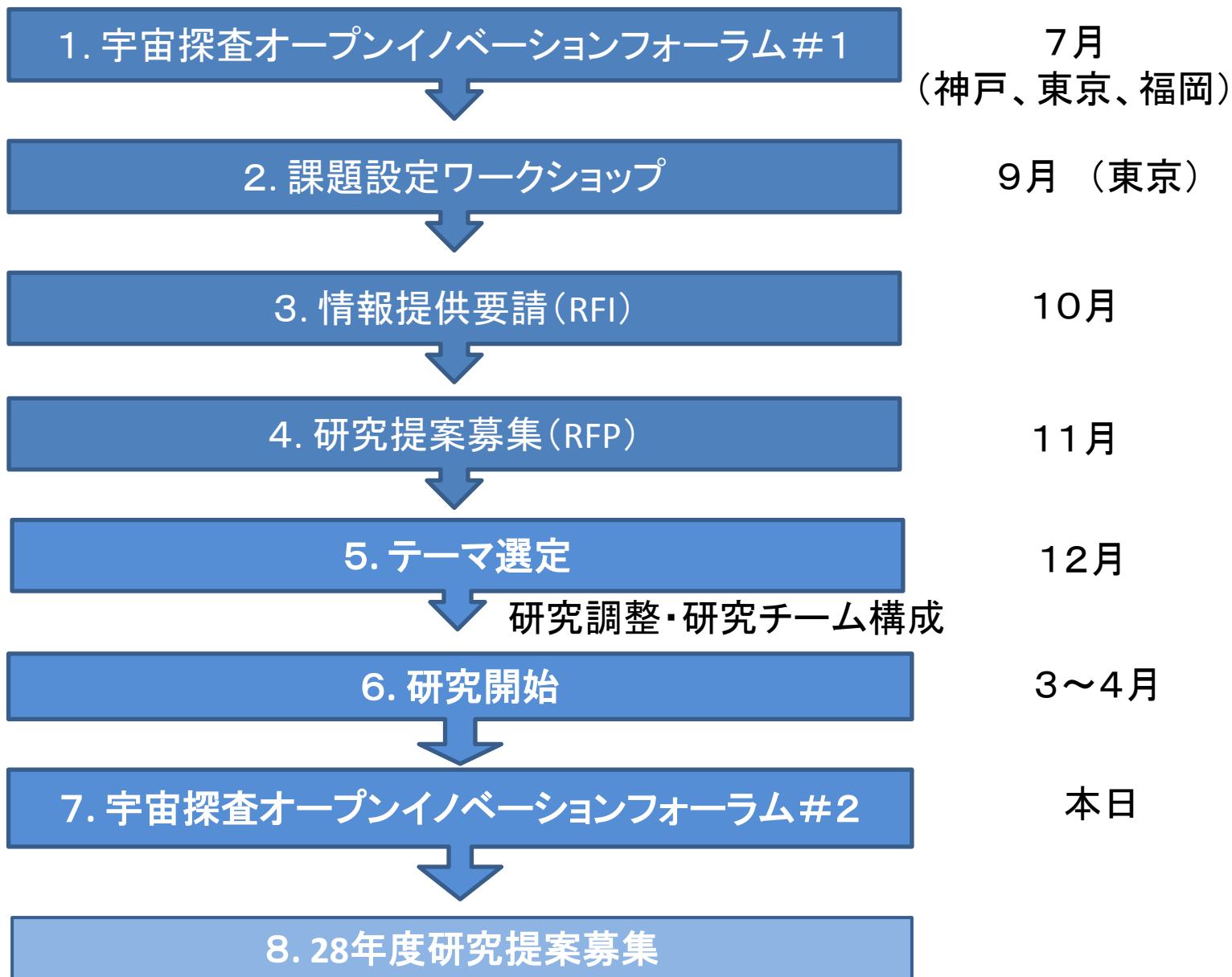
太陽系フロンティア開拓による人類の生存圏・活動領域拡大に向けたオープンイノベーションハブ

# 平成28年度の進め方について

平成28年3月29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  
計画マネージャ 川崎 一義

# 平成27度の活動状況(実績)



# 平成27年度からの変更点



## 1. RFI(技術提案要請)

⇒ 随時受付とします。

## 2. RFP(研究提案募集)

⇒ 年2回の募集を予定しています。発出時期については改めてお知らせします。

(必要に応じ、課題設定WSを開催します。)

## 3. テーマ選定

⇒ 研究課題の採択にあたっては、事業化可能性の評価をピアレビューの段階から行います。

# 1. 技術提案要請(RFI)について



赤字:変更点

## ■ 実施時期

随時、通年受付(平成28年3月1日～受付中！)

## ■ 目的

研究課題解決のための技術提案を広く募り、未発掘の最先端技術の導入を図るとともに、ハブにおける研究チーム構成の参考とする。

## ■ 実施方法

- ✓ 契約や資金提供を前提としない技術提案の募集。
- ✓ RFIに例示の技術課題に捉われない提案についても広く受け付ける。
- ✓ 新規提案についてはJAXAとの対話や、課題設定ワークショップ等での議論を踏まえてRFPの対象課題を絞り込む。
- ✓ RFIの段階ではオープンな提案を前提とする。



# (参考) 平成27年度 情報提供要請(RFI)結果



## ■ 募集期間

平成27年10月9日～10月30日

## ■ 技術提案要請分野

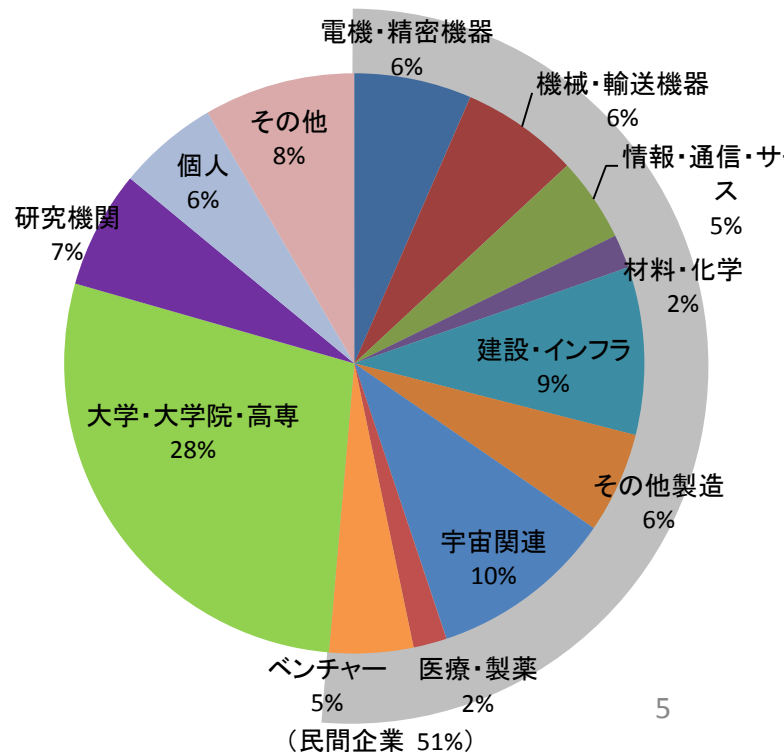
JAXA内での検討結果と課題設定ワークショップでの議論を踏まえて、以下の3分野を対象に募集。

- 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

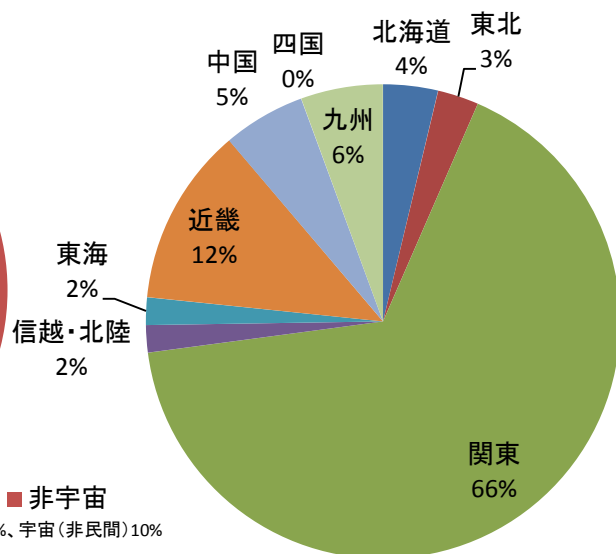
## ■ 実施結果

✓ 全国から107件の提案が寄せられた。

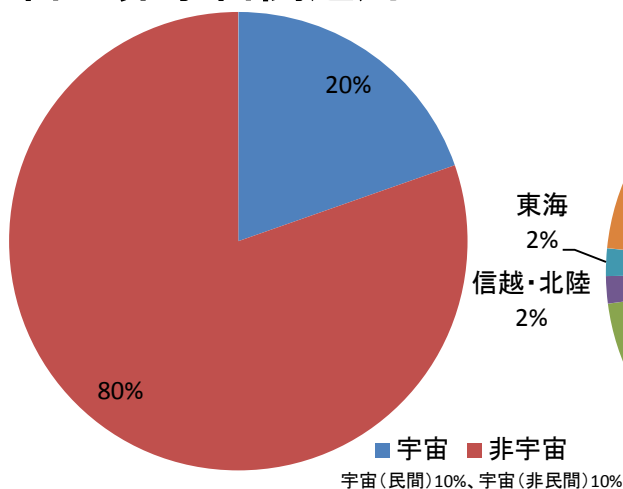
## 業種別



## 地域別



## 宇宙／非宇宙関連別



## 2 研究提案募集(RFP)

赤字:変更点

### ■ 募集時期

時期未定(春と秋の2回を目標に準備中)。

### ■ 目的

宇宙探査イノベーションハブへ参加を希望される皆様からの研究提案の募集。採択後はJAXA宇宙探査イノベーションハブにて研究チームを構成(契約締結含む)。

### ■ 募集課題

RFIへの提案と課題設定WS等を踏まえて、募集課題を國中ハブ長が設定。

- 「課題解決型」、「アイデア型」の2種類
- 「課題解決型」については、RFIで技術の革新性、地上におけるニーズ、事業化等が具体的であった分野を対象。
- 「アイデア型」については、潜在的な技術革新が期待される分野を対象。

### ■ 募集内容

#### ● 研究期間

課題解決型:3年程度(上限5年)、 アイデア型:1年程度

#### ● 採択課題数

未定

#### ● 研究資金

課題解決型 3億円以下(3年間総額)

但し、採用数により金額は大きく変更する。

アイデア型 500万円以下(1年間)

# 3. テーマ選定



## 1. 研究提案募集(RFP)

## 2. JAXA評価(1次評価)

- JAXA(外部技術専門家含む)による、ピアレビューを実施
- 事業化の可能性についても外部専門家により評価を実施。

## 3. 諮問会議審議(2次評価)

- 1次評価結果を元に、事業性・イノベーション性の観点でご審議いただき採択推薦研究を決定

## 4. 採択研究ハブ長決定

- 採択推薦研究を踏まえ、採択研究を決定

## 1. 研究提案募集(RFP)【11/12～25】

応募65件

## 2. JAXA評価(1次評価)【11/26～12/9】

➤ JAXA(外部技術専門家含む)による、ピアレビューを実施

## 3. 諮問会議審議(2次評価)【12/21】

➤ 1次評価結果を元に、事業性・イノベーション性の観点で  
ご審議いただき採択推薦研究を決定

## 4. 採択研究ハブ長決定【12/25】

➤ 採択推薦研究を踏まえ、採択研究を決定

採択31件

課題解決型 15件  
アイデア型 16件

## 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 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ていること
- ・本事業で獲得された技術の地上における実用化に向けた事業化戦略が具体的であること

## ③ 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

## ④ 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

## ⑤ 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 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

28年度RFPでは見直す予定。

## 4. FAQ



Q1: 探査ハブでの研究の成果を宇宙用として実証する必要がありますか？

A2: その必要はありません。探査ハブでの成果を宇宙仕様化するには、JAXAの宇宙プロジェクトとして別予算で実施します。

Q2: 地上における事業化を、探査ハブでの研究終了迄に行う必要がありますか？

A2: 事業化そのものは提案企業側で実施していただきますので研究のスコープ外となりますが、ステークホルダーに対して事業化の可能性を示すような研究成果を期待します。



# 探査ハブでの研究と「事業化」との関係



研究の出口は、宇宙探査で使える技術であると同時に、地上において当該の技術を活用した宇宙プロジェクトとは独立した市場の確立。

宇宙探査事業

宇宙探査プロジェクト  
(JAXA)

課題解決型  
研究

事業化  
(事業者)

アイデア型  
研究

宇宙探査イノベーションハブ

地上における事業

# 5. 全体計画

FY	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
マイルストーン					△SLIM	△はやぶさ2 (回収)			△将来探査ミッション		
研究計画			△フィールド実証【課題例①、②】 (宇宙探査実験棟、アナログサイト)		△フィールド実証【課題例③】 (宇宙探査実験棟、アナログサイト)			△宇宙実証【課題例①】	△はやぶさ2カプセル回収実証試験	△宇宙実証(ISS)【課題例①、②、③】	
UL	システム化検討(検討・試作・試験)					システム化検討(検討・試作・試験)					
ML	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	要素技術検討	
LL	基礎的研究(検討・新設計・試作・評価)										
イベント	△オープンフォーラム(年3回程度) △ワークショップ(随時)										
関係業務	宇宙探査実験棟 整備		イノベーションハブ構築支援事業の範囲								

# お問い合わせ先

国立研究開発法人  
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
宇宙探査イノベーションハブ  
E-mail SE-forum@jaxa.jp  
電話 050-3362-4350

国立研究開発法人  
科学技術振興機構 (JST)  
産学連携展開部 イノベーションハブグループ  
E-mail ihub@jst.go.jp  
電話 03-6272-4752

積極的なご参加をお願いします。

# 参考

# (参考)27年度RFP選定結果 (課題解決型15件)



研究名	企業・機関名	提案者名	協同機関名(予定)
<b>①次世代アクチュエータの研究開発 (5件)</b>			
パワー密度が世界最高の小型アクチュエータの開発	近畿大学	矢野 智昭	新明和工業株式会社、国立大学法人大分大学、ベクトル磁気特性技術研究所、国立大学法人茨城大学、国立大学法人静岡大学
次世代アクチュエータ用超小型高精度絶対角度センサ変調波レゾルバの開発	エクストコム株式会社	千野 忠男	—
医療福祉機器向け小型高トルクアクチュエータの開発	株式会社安川電機	横山 和彦	—
超高出力密度を実現する流体系スマートアクチュエータシステムの開発と実用化検討	株式会社明治ゴム化成、学校法人中央大学	寺嶋 隆史、中村 太郎	—
ダブルステータ型耐環境高効率電磁モータの研究	並木精密宝石株式会社	檜崎 雄一	—
<b>②拠点建設を実現する遠隔施工システム (1件)</b>			
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	三浦 悟	—
<b>③軽量化建機 (1件)</b>			
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	田口 裕一	—
<b>④水氷のセンシング技術の研究 (1件)</b>			
小型2次元イメージング分光器の開発による水氷センシング技術の研究	株式会社センテンシア	大前 宏和	—
<b>⑤月面における建設資材の現地生産技術 (2件)</b>			
液体を使わない建設資材生産技術の研究	東急建設株式会社	柳原 好孝	東京都市大学 工学部都市工学科、日東製網株式会社
現地資源からの建設資材の製造システム	三菱マテリアル株式会社	佐藤 久夫	国立大学法人北海道大学、国立大学法人山口大学、国立大学法人九州大学、株式会社大林組、清水建設株式会社、株式会社IHI、株式会社IHIエアロスペース、有人宇宙システム株式会社、公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター
<b>⑥移動体搭載用の燃料再生可能な燃料電池システム (1件)</b>			
超高圧複合容器製造技術 (Type4複合容器担当)	中国工業株式会社	山本 睦也	—
<b>⑦革新的蓄電池技術の実現 (1件)</b>			
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	砂山 和之	—
<b>⑧低コスト半導体アンプの開発 (2件)</b>			
固定化マリンレーダーの開発	株式会社光電製作所	荒田 慎太郎	—
半導体アンプ増幅方式	株式会社東洋技術工業	遠藤 順人	—
<b>⑨長距離光通信モデムの開発 (1件)</b>			
(調整中)	(調整中)	(調整中)	(調整中)

# (参考)27年度RFP選定結果 (アイデア型16件)



研究名	企業・機関名	提案者名	協同機関名(予定)
<b>⑩昆虫ロボットの研究開発 (3件)</b>			
地中・地表面探査を目的とした昆虫タイプ小型移動ロボット	学校法人中央大学	中村 太郎、 山田 泰之	プログレス・テクノロジーズ株式会社
微小重力不整地を歩行・跳躍探査する昆虫型ロボットのプロトタイプ開発	株式会社ispace	袴田 武史	国立大学法人東北大学 大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻 吉田研究室
小型ロボット技術 制御技術	株式会社タカラトミー	渡辺 公貴、 加藤 國彦、 羽柴 健太	—
<b>⑪分散協調システムの研究(群知能・制御) (2件)</b>			
複数の非駆動型探査機のフォーメーション制御による高効率・低コスト広域探査技術	国立大学法人東北大学	平田 泰久	—
超分散ロボット群による三角測量に基づく自己位置推定と地図生成	公立大学法人会津大学	成瀬 継太郎	—
<b>⑫環境適応型ロボットの知能化研究 (2件)</b>			
環境適応型不整地自律走行プラットフォームの研究	株式会社竹中工務店	菅田 昌宏	株式会社竹中土木
RTソリューション技術に基づく合体変形型移動ロボットの環境認識移動知能化技術の研究開発	国立大学法人東京大学	岡田 慧	THK株式会社
<b>⑬地盤推定手法の確立 (2件)</b>			
スクリュードライビングサウンディング(SDS)による月面地盤調査技術の確立	東京都市大学	末政 直晃	ジャパンホームシールド株式会社、日東精工株式会社、東急建設株式会社
アースオーガによる地盤掘削時の施工情報を利用した地盤定数推定法	立命館大学	深川 良一	日特建設株式会社
<b>⑭自重に依存しない締固め手法の研究 (1件)</b>			
締固め困難材料に対する振動等を用いた効果的な締固め方法と走行安定性の検証	酒井重工業株式会社	眞壁 淳	—
<b>⑮資源利用プロセス技術の研究 (5件)</b>			
土砂や火山灰の形成技術	モルタルマジック株式会社	池原 正樹	—
火成岩あるいは粘土鉱物を主体とする土質材料からの建設材料の作製	株式会社大林組	石川 洋二	—
月土壌の水素還元システムの構築 -反応過程の最適化と反応炉の設計-	国立大学法人九州大学	渡辺 隆行	清水建設株式会社、公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター、ヒロセ・ユニエンス株式会社
月土壌の水素還元システムの構築 -- 反応過程へのフレネルレンズ式太陽炉の適用 --	公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター	篠田 佳彦	—
高スループットかつ高効率CO2メタン化を実現するNi/Zeolite ナノ粒子・プラズマ反応場の創成	国立大学法人九州大学	白谷 正治	—
<b>⑯革新的移動機構を備えた共通台車の設計 (1件)</b>			
多目的全方向移動クローラー共通台車の設計	トピー工業株式会社	津久井 慎吾	有人宇宙システム株式会社、国立大学法人福井大学



第2回宇宙探査オープンイノベーションフォーラム

JSTイノベーションハブ構築支援事業

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

# 平成28年度募集対象研究の考え方 「広域未踏峰」探査技術で目指すもの

平成28年3月29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

久保田 孝

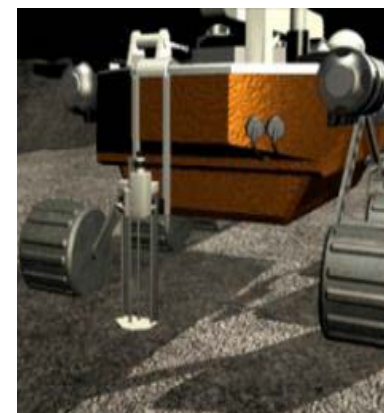
(登壇者:橋本 樹明)

# 1. 重力天体で持続的に探査する技術

我が国が誇る小型・軽量化，低コスト化の技術を駆使するとともに，**人工知能・ロボット**など地上の技術シーズを融合させた我が国独自の探査技術を実現し，世界を牽引する宇宙探査を目指す。

<民間，大学等からの技術の取り込み(例)>

- センサ技術，人工知能，ロボティクス，環境理解
- 自動運転技術，無人建築技術，人間支援技術
- 再利用・再生技術



探査ロボットイメージ

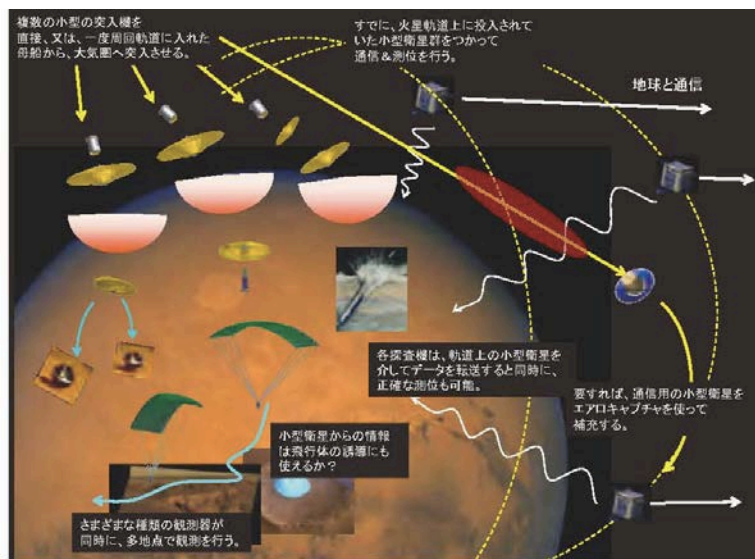
<期待される成果最大化>

- 高効率，短期間で実現でき，多くのプレイヤーが参加する挑戦的な探査システムの実現
- 地上(交通システム，農業，山林，建設現場，工場内，海底，原子炉内など)で活用可能な技術革新

## 2. 「広域未踏峰」探査技術の研究(その1)



- 単体ではなく複数の小型探査ロボットにより、機能の分散協調を行なうことで、未踏峰地点の広範囲で密度の濃いチャレンジな探査を実現し、探査手法に革新を起こす。月や火星表面の全球走査、極域、中央丘峰、縦孔底、洞窟等の未踏峰到達を目指す。
- 本テーマを通じて、地球上の屋内外環境での広域自動計測・モニター観測分野や火山・台風・災害など自然現象の新たな観測システムの構築への波及が期待される。



マルチランダによる協調探査のイメージ図

小型ロボットによる建造物の計測・検査の自動化(イメージ)



火山地域の観測・モニター(イメージ)



### 3. 「広域未踏峰」探査技術の研究(その2)



#### ■ 平成27年度採択テーマ

- ・次世代アクチュエータの研究(5件)
- ・昆虫型ロボットの研究開発(3件)
- ・分散協調システムの研究(群知能・制御)(2件)
- ・環境適応型ロボットの知能化研究(2件)

#### ■ 平成28年度研究テーマのキーワード

**スマート探査技術**(少ないリソースで賢い探査技術)

- ・人工知能搭載探査システムの研究
- ・生物模倣型ロボットによる知的探査システム研究
- ・革新的自律移動探査システムの研究

# ①人工知能搭載探査システムの研究

## <ねらい>

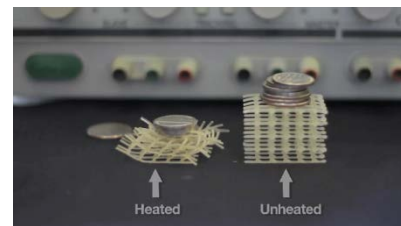
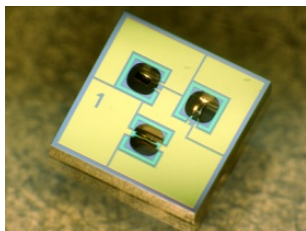
月・火星表面の未知環境を理解し、目標地点への自律移動や岩石採取・収集、観測装置の地中埋設、自動組立や設置などを行う。

## <そのために>

未知の環境を認識し、移動や作業を自律的にロバストに行う探査システムを構築する。

## <アプローチ>

自動化自律化を行うため、**環境の認識・理解**、**学習機能**を有する**人工知能**を駆使する。Deep Learning, SLAM, AIなど。また**自動組立**、**インフレータブル**、**ロバスト設計**、**自己修復技術**、**構造・材料の知能化**、などの技術が期待できる。





## ②生物模倣型ロボットによる知的探査システム研究

### <ねらい>

大型探査機1機ではなく、複数の小型探査機により、機能の分散協調を行なうことで、未踏地点の広範囲で密度の濃いチャレンジングな探査を実現し、探査手法に革新を起こす。

### <そのために>

- **生物模倣型**探査ロボット(数mm~数十cm)の開発
- 分散協調探査するための**知能**の研究

### <アプローチ>

バイオミクス工学, MEMS技術, インフレータブル, 人工生命, アリや鳥の群行動(群知能), トランスフォーマーロボット, スマートセンサ(Flash LIDAR)など



# ③革新的自律移動探査システムの研究

## <ねらい>

月・火星表面の中央丘峰，クレータ内，縦孔底，洞窟，極域等の今までの探査ロボットでは不可能な未踏峰探査を行う。

## <そのために>

凹凸があり軟弱地盤の月・火星を自由自在に移動するメカニズムとその**自律化・知能化**の開発

## <アプローチ>

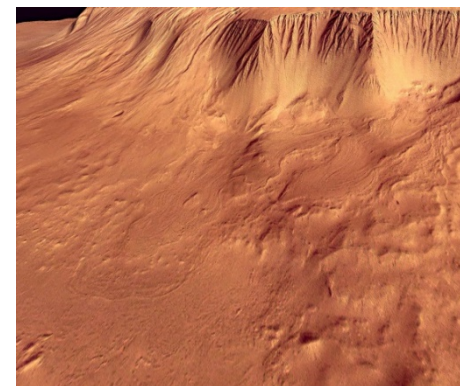
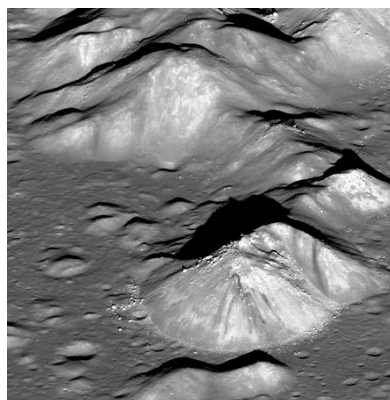
地上で開発されている可変構造型ロボット(トランスフォーマ型)を参考に自然地形に応じて移動形態を変えるロボットの**自律探査手法の研究**を行う。



可変構造型ロボット(AIST)



UAV



未踏峰探査のイメージ図

宇宙探査イノベーションハブでの活動を通じ、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。と同時に地上技術のイノベーションを起こす。

- 人工知能搭載探査システムをめざす
- JAXA中心の探査活動から、誰もが参画しうる宇宙探査活動へ。
- 地球での屋内外環境下（農業，山林，建設現場，災害地，海底）での活動等での技術革新を。



JSTイノベーションハブ構築支援事業

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

# 平成28年度募集対象研究の考え方 「地産地消型」探査技術で目指すもの

平成28年3月29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  
星野 健

# 人類の活動領域の拡大に向けた課題



- 地球とつながる「へその緒」を少しずつ切るため、「全補給型」から脱却した「地産地消型」探査の実現を目指す。



アポロ

現地調達： なし  
再利用： なし

必要なものはすべて運んだ。電力も燃料電池であり、酸素と水素を運んだ。



宇宙ステーション

現地調達： 電力  
再利用： 空気、水の一部

モジュールを地球から輸送して建設。電力は地産地消を実現。空気と水を一部再生している。



目指す姿

現地調達： ≒100%  
再利用： ≒100%

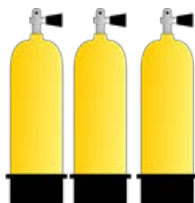
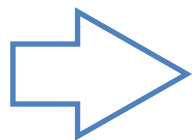
燃料、建材、空気、水、食料を含む地産地消と再利用を目指す。

解決手段： 現地の物質を最大限利用し再利用する。

- 宇宙探査の新しい時代へ向けたチャレンジ
  - すべて運ぶ「全補給型」から、現地で調達する「地産地消型」に変革し、「持続可能」な宇宙探査を目指す。
- 必要な技術：
  - 月や火星の表面物質を使って必要なものを生産し再利用する。
    - ブロック、金属、水、酸素、水素
  - 日本が得意とする地上の資源精製技術、リユース・リサイクル、省エネルギー技術等と連携し発展させる。
- 地上展開：
  - 低質資源の利用技術、低環境負荷の生産技術、高度リサイクル技術の確立により、資源の安定確保や循環利用に寄与する。



月の表土(レゴリス)



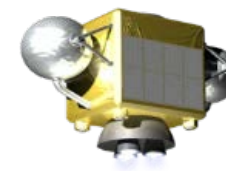
水、水素、酸素



金属



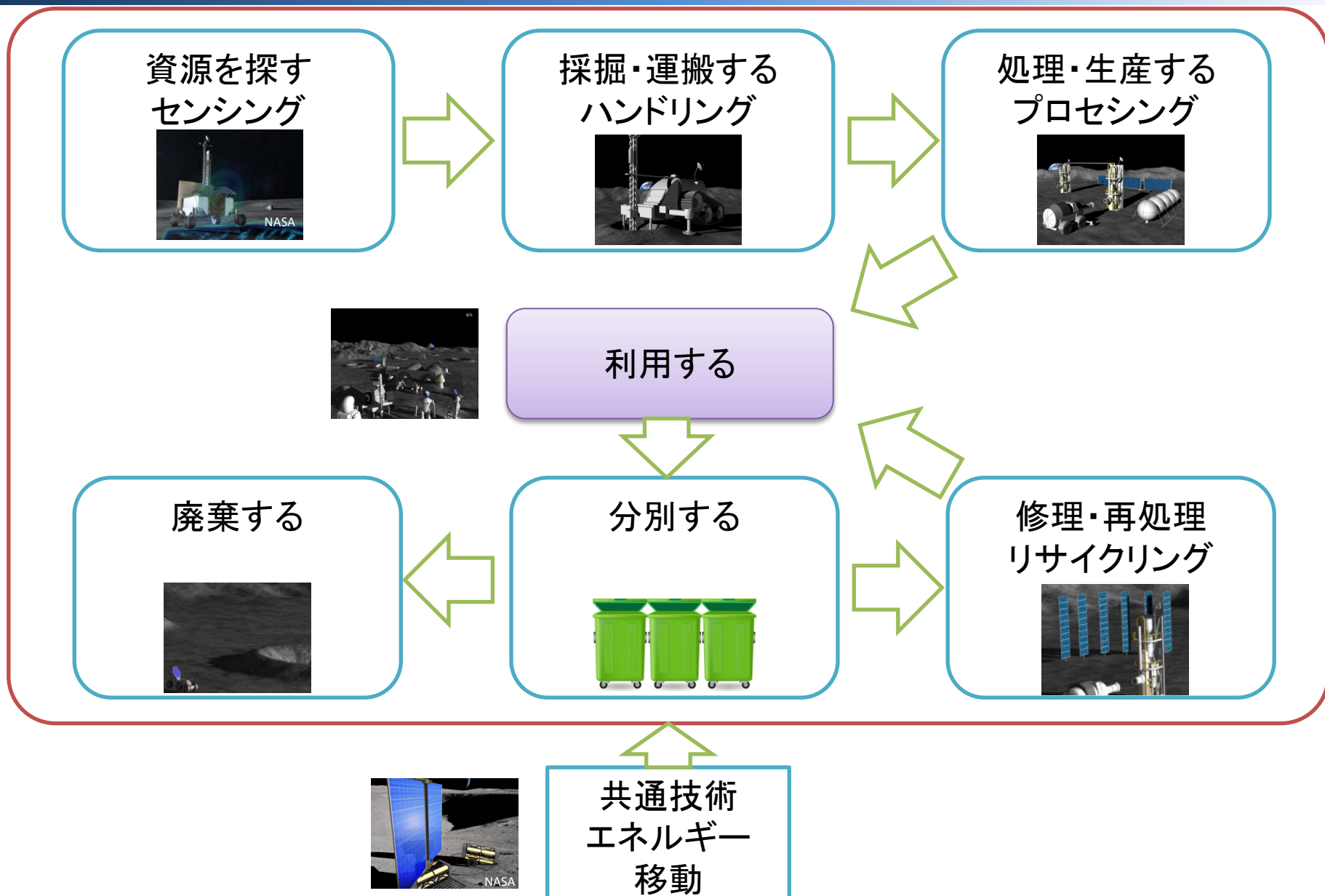
建設資材



燃料

通常は「資源」とみなされないような低質な原料物質から必要物資を生産

# 必要な技術



# 平成27年度 「地産地消型」研究構成



	大分類	中分類	募集研究テーマ (アイデア型)
探査技術 地産地消型	利用	センシング (探鉱)	④水氷のセンシング技術の研究
		プロセッシング (物理・化学処理)	⑮資源利用プロセス技術の研究 ⑤月面における建設資材の現地生産技術
		ハンドリング (掘削・運搬・貯蔵)	なし
	再生	リユース リサイクル	なし
共通	エネルギー	高エネルギー密度化 耐環境	⑥移動体搭載用の燃料再生可能な燃料電池システム ⑦革新的蓄電池技術の実現
	移動	共通台車	⑯革新的移動機構を備えた共通台車の設計

# 設定課題例： システムレベル

青字：今後のRFP候補の例



- センシング
  - 自走しレゴリスに吸着した揮発性物資や水氷の存在量、レゴリスの組成等を計測するシステム
- プロセッシング
  - レゴリスから酸素や建材等を製造できるシステム
  - 火星大気中の二酸化炭素から酸素やメタンの製造実証システム
  - 地中の水氷を用いた推進剤製造技術の実証システム
  - 食料の現地生産を実証するシステム
- ハンドリング
  - 原料を処理プラントまで効率よく掘削・運搬するシステム
- 再利用・リサイクル
  - 拠点の廃棄物ゼロを目指したリサイクルシステム
  - 燃料タンクを水貯蔵に使うなど、別目的に「再利用」できる着陸機

**※地上技術と完全に一致するものは少ないがコンセプトやサブシステムレベルで共通部分は多い。**

# 設定課題例： 要素技術レベル

青字：今後のRFP候補の例



- センサ
  - 地中の水・メタン検知、鉱物・元素組成分析等のセンサ
  - 微量元素検出、同位体比など高度な分析が可能なセンサ
- 処理プラント
  - 酸素製造、金属製造、焼結、溶融、熱処理
  - 効率的な加熱・冷却方式、断熱技術、新たな触媒
- 効率的なハンドリング機器
  - 採掘機、分離機、搬送機械、貯蔵、除去
- 再利用・リサイクル
  - 再生効率100%のリサイクル装置
- 共通技術としての、移動技術、エネルギー技術

※要素技術レベルは地上技術と類似性が高い

- 有用物質分布の高度なセンシング原理・分析技術
- 新たな化学・物理プロセスの提案
  - 酸化物の還元、合成、分解、精錬、分級、分離、焼結、レゴリス吸着物質の加熱脱着 等々 のこれまでにない原理に基づく生産技術
- 新たなコンセプトに基づく現地生産技術
  - 現存の工作機械や3Dプリンタを超える製造手法など
- 革新的ハンドリング技術
  - 静電気や磁力を用いた搬送など
- 再利用・リサイクル技術の新たな概念
  - あらかじめ再利用を考えた機器製造手法

※地上技術の革新につながる技術を期待



- 「地球外の資源を使う」ことは、人類およびその文明・文化の進化の中で、大きな一歩であり、隔離された世界に人間の活動空間を構築することは、地上の資源、エネルギー、環境問題解決のテストベッドとして大いに貢献すると考えます。
- いくつかの例示をいたしました。これにとらわれることなく、更に広い視点で研究を実施したいと考えています。
  - 「仮に、あなたが世界的な熱力学の専門家であって、私があるあなたに、もっとよいオーブンを作ってくれるように依頼するとしてみましょう。あなたは熱対流型オーブン、あるいはもっと断熱され、あるいはオーブン内部へ簡単にアクセス出来るようなオーブンを発明するかもしれませんが、しかし、どれほど多くの資金をあなたに与えたとしても、電子レンジは発明しないでしょう。なぜなら、電子レンジは別の研究であるレーダーと通信の研究の産物なのです。」 Neil deGrasse Tyson, Space Chronicles.
- この資料に示されなかった新たな提案を歓迎します！

# 参考

# 利用できる物質の比較

- 周回探査 ≠ 地球 ≒ 月 ≒ 火星

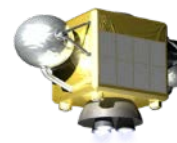
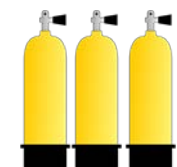
	地球	周回探査 (ISS)	月表面探査	火星表面探査
重力	9.8 m/s <sup>2</sup>	≒0	1.62 m/s <sup>2</sup>	3.71 m/s <sup>2</sup>
日照周期	24時間	1時間31分	708時間	24時間39分
大気圧	101kPa	10 <sup>-5</sup> Pa	夜 10 <sup>-10</sup> Pa 昼 10 <sup>-7</sup> Pa	0.7-0.9 kPa
大気組成	N <sub>2</sub> 78.1% O <sub>2</sub> 21.0% Ar 0.93% CO <sub>2</sub> 0.038% H <sub>2</sub> O 約1%	O 85% (原子状酸素)	Ar, He, Na, K, H <sub>2</sub> (極微量)	CO <sub>2</sub> 95.3% N <sub>2</sub> 2.7% Ar 1.6% O <sub>2</sub> 0.13% CO 0.07% H <sub>2</sub> O 0.03%
物質	地殻の成分 O <sub>2</sub> 49.5% Si 25.8% Al 7.56% Fe 4.7% Ca 3.39%	無	表土の成分 O <sub>2</sub> 42% Si 21% Fe 13% Ca 8% Al 7%	表土の成分 O <sub>2</sub> 45% Si 20% Al 12% Fe 11% Ca 4%



# 必要な物質



利用先	用途	利用可能性資源
建造物	離着陸ポート、道路・橋梁 居住モジュール、調査観測施設 生産プラント、エネルギープラント	焼結レゴリス、セラミック(ガラス)、整形岩石、鉄、アルミ、チタン、マグネシウム 等
生活	呼吸用ガス、飲料水、生活用水 食料およびその生産に必要な物資	水、水素、酸素、窒素、炭素、ナトリウム、カリウム、リン、鉄 等
機械類	太陽電池 探査機・ローバ・観測機器の補修部品	シリコン、鉄、アルミニウム、チタン、ニッケル 等
推進剤	再使用着陸機、離陸機 表面移動体燃料	水素、酸素、アルミ、メタン
発電燃料	原子力発電 核融合発電	ヘリウム3、ウラン、トリウム



第2回宇宙探査オープンイノベーションフォーラム

JSTイノベーションハブ構築支援事業

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

# 平成28年度募集対象研究の考え方 「自動・自律型」探査技術で目指すもの

平成28年3月29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  
若林 幸子

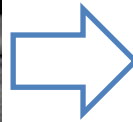
# 宇宙における「建設」の変遷

- ◆ 人類の生存圏・活動領域拡大には、他天体を開拓し常駐を進めることが次のステップとなる。
- ◆ 地上で安全・効率の観点で進められてきた世界トップクラスの無人化・自動化技術を初期段階から取り込み、地球からの全指令型から脱却した探査を目指す。



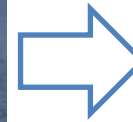
アポロ  
建設: なし

宇宙飛行士は着陸船に滞在。滞在に必要な機材等は全て地球から運搬。



宇宙ステーション  
建設: 宇宙飛行士

モジュールを順次打上げ結合する方式。建設と整備・保守は、地上と連携して宇宙飛行士が実施。



今後の探査  
建設: 無人化・自動化

初期段階から無人化(遠隔化)・自動化を導入し、自立的で効率的な建設を実施。(送る指令は最少に、受け取る情報は最大に。)

# テーマ：無人で有人拠点を建設する

## ◆宇宙探査へのチャレンジ

- 「全指令型」から「自動・自律型」に変革し、情報でつながるが独立性の高い自立した宇宙探査を目指す。

## ◆必要な技術

- 軽薄短小志向の宇宙技術と重厚長大な建設技術をICT技術や材料技術をキーワードとして融合し、イノベーションを生み出す。

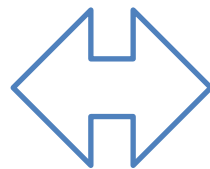
## ◆地上展開へのチャレンジ



情報化施工  
(日立建機ホームページより)



雲仙普賢岳無人化  
施工(NPO法人土  
砂災害防止広報セ  
ンター)

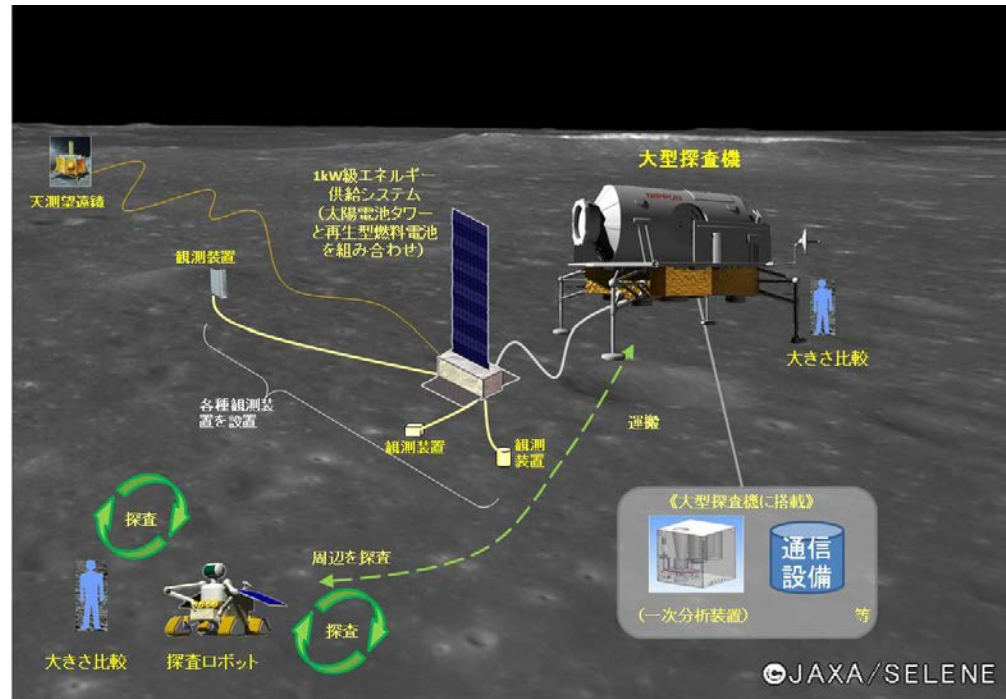


宇宙だけでなく、超遠隔地や海底・  
地下などでの利用につなげていく。



# 短期拠点のイメージ

短期の滞在拠点としては、モジュール型も考えられる。



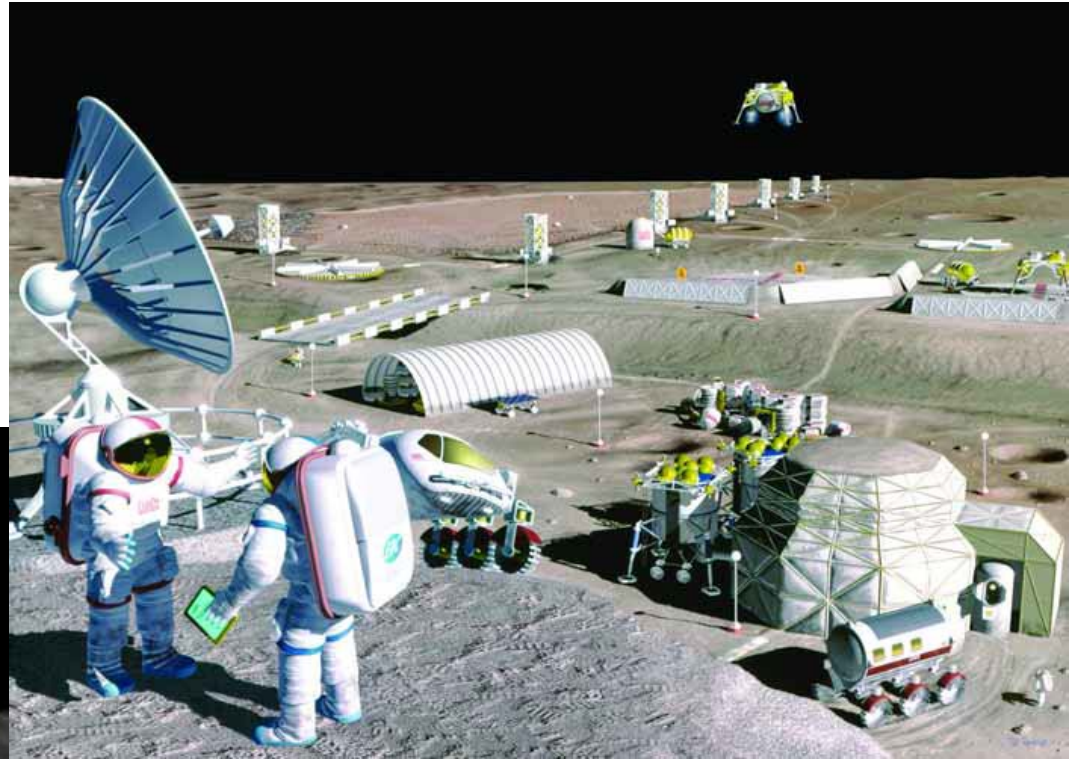
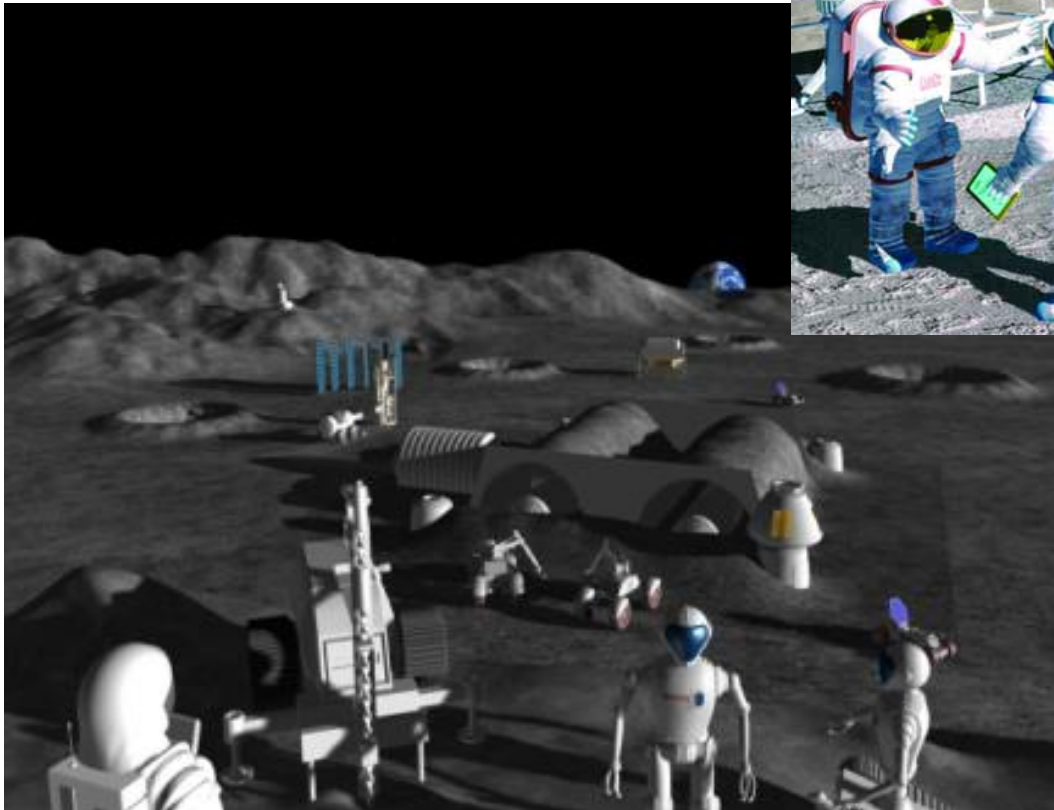
上は、宇宙開発関係者が通常考えるイメージ



# 常駐拠点のイメージ

長期滞在拠点では、活動を支えるインフラの整備も必要となる。

© JAXA



©NASA

宇宙技術の延長と  
いうより地上技術の  
延長

# 第1回RFP募集課題

No	募集型	分野	研究課題	備考
②	課題解決型	自動自律型	拠点建設を実現する遠隔施工システム	建設作業の全体システム
③	課題解決型	自動自律型	軽量化建機	施工に用いる建設機械の検討
⑬	アイデア型	自動自律型	地盤推定手法の確立	建設作業の事前調査に資する検討
⑭	アイデア型	自動自律型	自重に依存しない締固め手法の研究	整地等の根拠になる基礎知識
⑯	アイデア型	共通技術	革新的移動機構を備えた共通台車の設計	月探査に共通して使える台車の検討

- 最終的に一つのシステムに統合することをイメージし、キーとなる技術課題を抽出。
- 地上と宇宙の共通課題を念頭に、課題解決型は環境に依存しにくい課題をベースにスタート。
- 環境に依存する基礎知識はアイデア型で検討。

# 課題例：システム

第1回WS資料より抜粋  
青字：今後のRFP候補  
※確定ではございません。

- 施工システム
  - 無人化(遠隔化)システム
  - 施工管理・施工支援(高度情報化)システム
  - 構造物の設置システム
  - 運用システム
    - 人との連携、作業シミュレーション、定型作業の自動化
- 保守・整備
  - 簡略化、規格化
- 標準化

課題は地上技術と共通

# 課題例：要素

第1回WS資料より抜粋  
青字：今後のRFP候補  
※確定ではございません。

- 作業機械・作業ツール
  - － 大型軽量化、電動化、遠隔操作
  - － 協調作業、作業対象の自動認識
- 測量、地図作成
  - － 地形情報の取得、施工・設置後の評価
- 位置情報取得
  - － 相対位置関係の取得、相互認識
- 構造物
  - － 方式選定(展開方式、組立・プレハブ方式、等)
  - － 大型軽量化
  - － 保護・防御、地盤調査
- 操作系
  - － 目視・映像(直接、中継)、指令方式・操作支援、通信遅れ補償

地上技術の応用・宇宙化の可能性

# 課題例：基礎知識

第1回WS資料より抜粋  
青字：今後のRFP候補  
※確定ではございません。

- 機械と土壌の相互作用
  - 地上で確立した締固め方式等の適用性
  - 挙動の予測(シミュレーション)
- 新しい技術の導入
  - 材料(超軽量・高剛性など)
  - 通信方式
  - GPSに代わる位置情報取得

地上でも発展途上の課題、新規の課題

# 課題例のまとめ

※確定ではございません。

## 今後の課題(例)

- ICT関連技術の活用
  - 施工管理・施工支援(高度情報化)システム
    - CIM・BIM、施工・設置後の評価
  - 測量、地図作成(半人工環境の活用)
    - 地形変化のリアルタイムシミュレーション
    - GPSに代わる位置情報取得
- 構造物
  - 方式選定(展開方式、組立・プレハブ方式、等)
  - 大型軽量化
- その他

上記に限らず広く情報のご提供をお願いします。

# 今後に向けて

他天体での拠点建設は、地上技術と宇宙技術の共通性を見出せる課題であると再認識しています。長期の取り組みを双方に効果的な活動とするために、様々な地上分野と連携させていただきたいと考えますので、よろしくお願い致します。