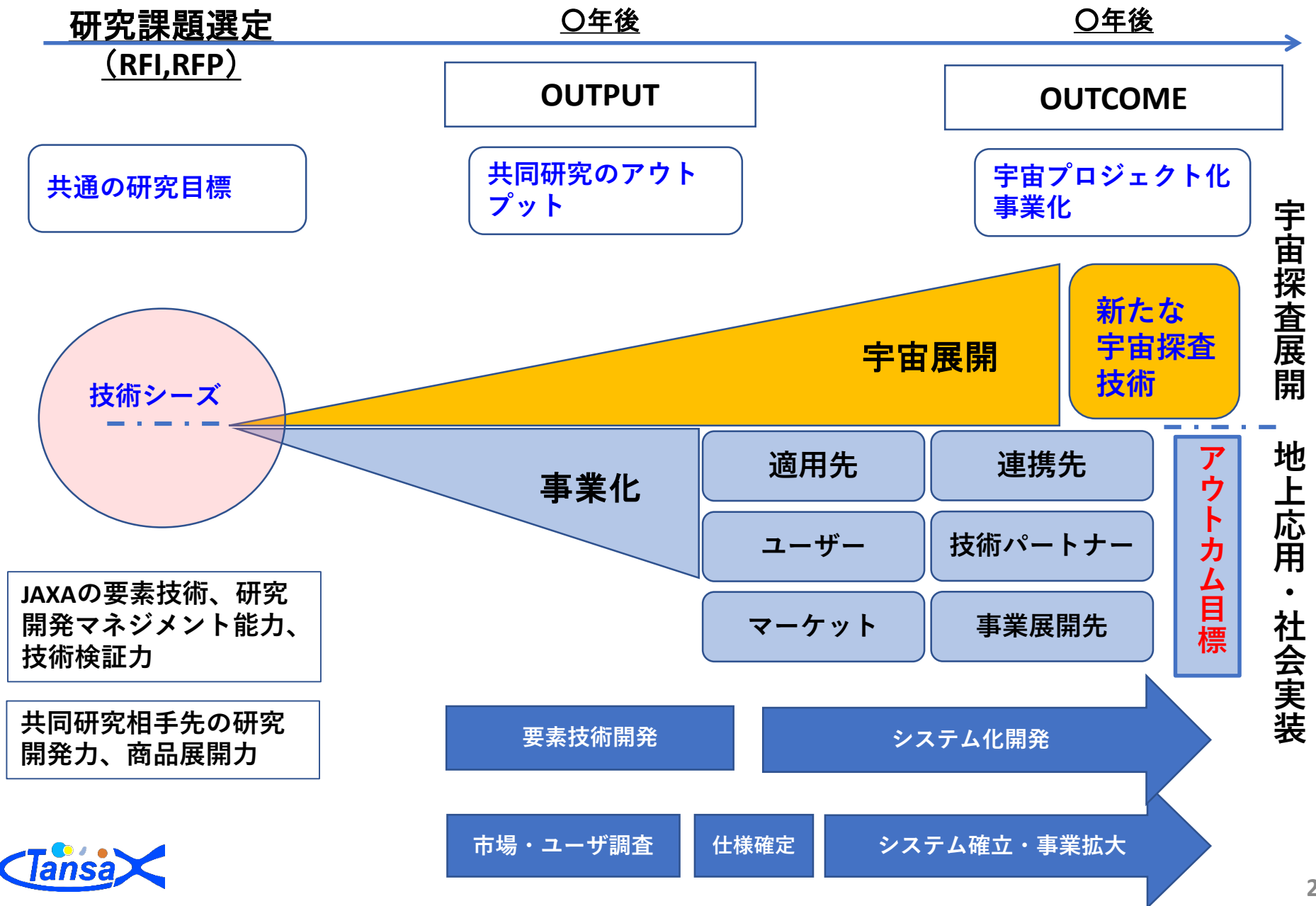


JAXA宇宙探査イノベーションハブ 第4回研究提案募集（RFP） 募集課題の紹介

第4回研究提案募集（RFP）公募説明会

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
副ハブ長 川崎 一義

宇宙探査イノベーションハブによる宇宙と地上のデュアルユース



本研究提案募集（RFP）では、宇宙探査に係る研究課題の解決に資する研究提案を募集します。

- 将来的な宇宙探査への応用を目的としつつ、地上での事業化／イノベーション創出の実現性（アイデア型の場合はその可能性）のある提案を期待しております。
- 本RFPは、宇宙探査に特化、限定した提案をお願いするものではありません。
- 本RFPにより実施する研究では、宇宙での実証を対象といたしません。

A. 課題解決型

課題番号	研究課題
(1)	分散協調システムの構築
(2)	流体系スマートアクチュエータ（人工筋肉）の産業利用に向けた研究
(3)	構造物の自動運搬・設置技術
(4)	次世代情報通信用高機能探査レーダの研究
(5)	革新的燃料電池技術の実現

B. アイデア型

課題番号	研究課題
(6)	構造物の自動展開に関する研究開発
(7)	土木作業機械の知能化
(8)	月面地下情報の取得
(9)	未利用資源の活用技術の研究
(10)	AM (Additive Manufacturing) 技術
(11)	月面農場を想定したドライフォグを用いた節水型植物栽培システム
(12)	穀物に頼らないコンパクトなタンパク質生産システム
(13)	月の現地資源を利用する技術 月レゴリスの熱容量を利用した温度差発電
(14)	高信頼性小型冷凍技術の研究
(15)	太陽電池用波長変更材料技術
(16)	センサ・エネルギーハーベスタの研究
(特別枠)	TansaXチャレンジ研究

A. 課題解決型

【課題概要】複数の小型ロボットが協調しながら、限られた期間、限られたリソース（重量・電力）の中、所期の目的を達成する新しい探査システムを開発します。

■宇宙では 大型クレーター内探査、極域探査、地下空洞探査などの未踏峰探査

■地上では 建設現場、物流システム、配管・地中の点検調査、火山地域モニタリング、災害地調査、海洋探査

【研究目標】

すでに行ってきた、アクチュエータ、小型ロボット、協調アルゴリズムなどの要素技術の研究成果をもとに、センサ、空中移動、認識・計測システム、作業システム、電源・通信、画像などビッグデータ処理のような要素技術と分散協調手法を融合し、システムの統合化を行います。

具体的には、環境モニタリングシステムや協調作業システムなどの構築をめざし、システムの統合化技術確立します。

3年後に分散協調システムの実用化の目処を立てます。

【研究資金／期間】 総額 1 億円以下

最長 3 年以下



【課題概要】

人工筋肉の技術は、宇宙探査においては蠕動運動（ぜんどううんどう）による移動機構に注目していますが、地上実装ではスラリー移送や物質混合に利用できます。本研究課題では、人工筋肉を産業応用する事業計画を設定した上で、そこに向けた技術研究開発の提案を募集します。

事業化する主体組織そのもの、またはそれを中心母体とした研究チームからの提案を期待します。

【研究目標】

- 本研究課題では、人工筋肉の産業利用に向けた課題の洗い出しと具体的な事業計画を設定し、それを達成するための提案を求めます。
- 併せて、将来、宇宙応用として人工筋肉の利用（蠕動運動による移動機構や物質混合等）を目指すために必要な技術を共同で研究開発いたします。



一般的な物質混合
(スラリー状のイメージ)

【研究資金／期間】 総額 2, 0 0 0 万円以下
最長 1. 5 年以内

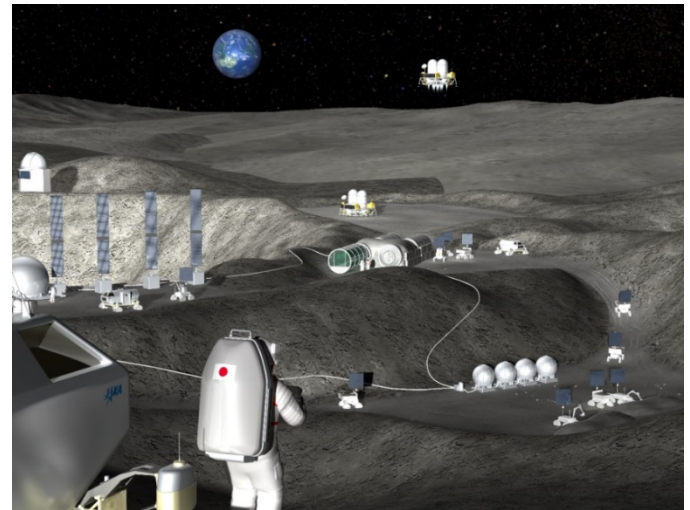
【課題概要】

- 月面有人拠点には、複数の構造物が配置されます。人が行く前に準備するため、自動での建築が基本になります。
- 地上でも、近年では熟練作業者の減少などにより、建築現場の省力化・無人化が求められます。
- そこで、構造物の建築を現場において自動化・無人化する技術を求めます。

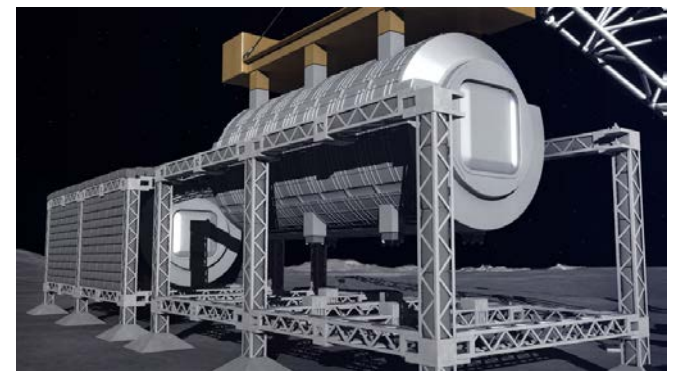
【研究目標】

- ・ 構造物ユニット（コンテナ形状／パネル形状）を運搬し、位置合わせを行って設置するシステムを検討します。拠点の拡張を想定し、ユニットは構造的な接合と設備的な接合（配線、配管など）を行なうことを前提とします。
- ・ ユニットは設置地点まで運搬する必要があります。起伏のある地形で、より大型の資材を自動または遠隔操作により長距離移動できる手段を検討します。
- ・ 地上でも利用できる実現性の高い手法とします。その場合の対象物は構造物ユニットに限りません。

【研究資金／期間】 総額 5, 0 0 0 万円以下
最長 2 年以下



月極域の有人拠点のイメージ
（起伏のある山岳地帯であり、運搬・設置に工夫が必要。）



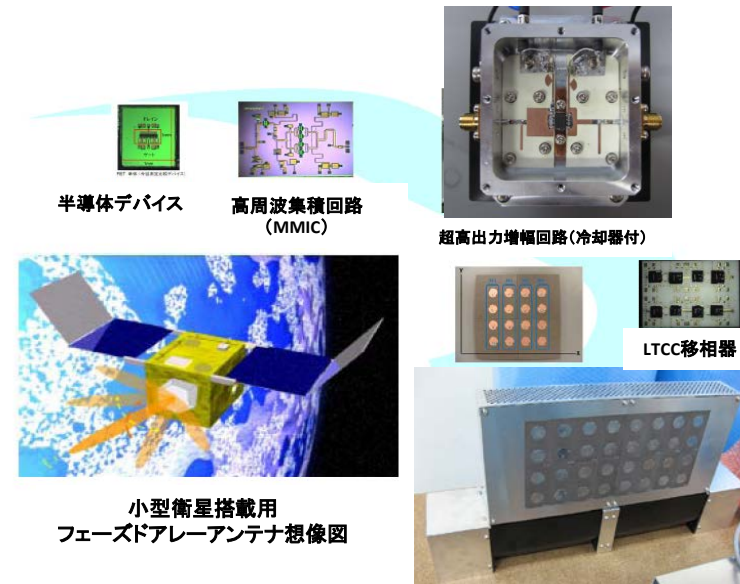
月面における無人のクレーン作業©清水建設
（第2回アイデア型研究より。運搬・設置に大型クレーンを想定した一例。）

【課題概要】

- 固体素子を用いて機械可動部の少ない電子的にビーム操作を高速で行うフェーズドアレーレーダは、多目標を検知・追尾可能です。このため、移動体と固定局間や人工衛星と地上局の間の情報通信に利用可能です。
- 本研究では情報通信機能を備えた安心・安全性を確保できる次世代高機能探査レーダの研究を行い、情報通信用フェーズドアレーレーダを実現いたします。
- このためにフェーズドアレーアンテナの要素技術を確認したうえで、船舶や自動運転車両、衛星搭載、サンプルリターンカプセル追尾用MGA (Medium Gain Antenna) にも適用可能で、高性能探査レーダシステムを実現します。

【研究目標】

- GaNなどの半導体集積回路技術を用いた高性能SSPA (Solid State Power Amplifier) とアンテナを一体化したパルス圧縮による高分解能、到来電波方向探知可能なコンパクトなX帯電子走査型アクティブ集積アレーアンテナ (薄型フェーズドアレーレーダ) を試作します。
- 前半の期間 (約1.5年間) で 4×4 基本ユニットアクティブ集積アレーアンテナを試作し、中間報告を行っていただきます。



【課題概要】

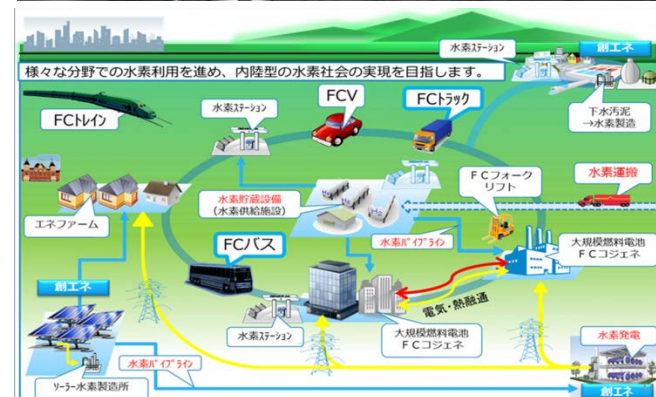
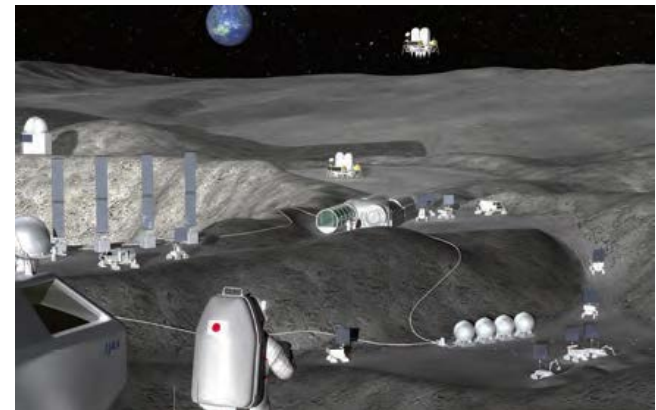
■ 宇宙では、月・火星の拠点、移動体、作業機械などは大電力を必要とし、大容量で軽量の蓄電システムが必須です。本研究では、一次電池としての軽量、低コストの燃料電池の実現に加えて、発電後に生じた水を電気分解し水素と酸素を再生するシステムの研究を実施する。

■ 地上においても、移動体用に加え、太陽電池の余剰電力を水素に変換し必要に応じて発電を行う電力平準化システム等、水素エネルギー社会の実現に貢献する。

【研究目標】

- 1 kW未満から100 kW以上の幅広い出力へ対応可能な燃料電池システムの試作と実証
- 現状の自動車用と同等以上の出力密度、かつ従来技術と比べ1/10程度の低コスト化を目指す
- 出力規模に応じて最小限の変更で対応できる、安価に大量生産が可能、形状の自由度が高いなど特徴ある技術に期待
- 水電解技術への適用も研究対象

【研究資金／期間】 総額 7, 5 0 0 万円以下
最長 3 年以下



B. アイデア型

【課題概要】 協調分散されたロボットからのデータ中継やエネルギー供給のために、通信ステーションや簡易なエネルギーステーションを構築することが必要。

コンパクトで可搬な装置が現場（重力環境下）で大型な構造物に自動展開する機構の研究開発を行う。

■宇宙では 通信ステーションやエネルギーステーションの構築、軽量仮設居住区設置

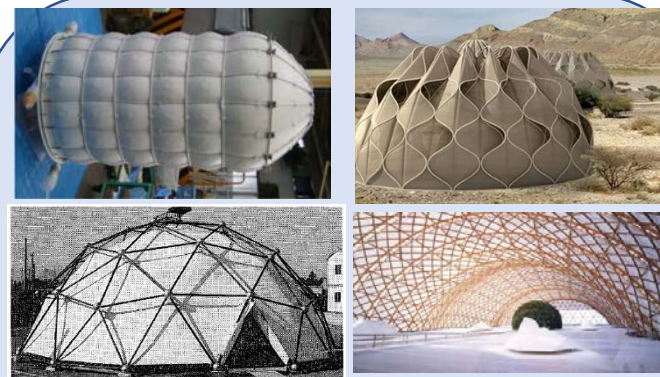
■地上では 作業現場の仮設構造物や災害地の緊急避難施設の超短期間構築

【研究目標】

- ・可搬でコンパクトな装置が自動展開し、データ中継用アンテナやエネルギー供給システムなどの大型構造物を自動構築する手法の検討を行う。

- ・本研究において、部分試作による自動展開の実験的検討を行う。

【研究資金／期間】 総額 5 0 0 万円以下
最長 1 年以下



地上展開仮設構造物の例



自動展開ステーション

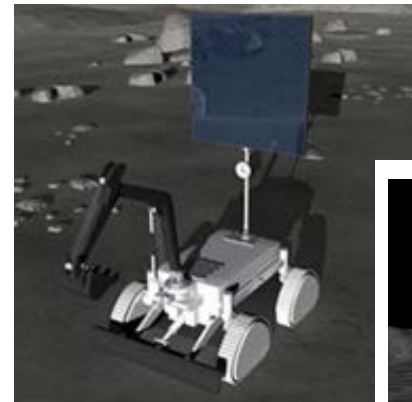
【課題概要】

- 月などの他天体は、地盤等の挙動について事前情報がないため、作業機械の効率的な動かし方をその場で判断する必要があります。そこで、地上の建設手法を参考に、無人で効率的に作業を行う技術を検討し実証します。
- 地上でも、地盤・岩盤・土壌の異なる場所での作業に適用することが可能になると予想されます。

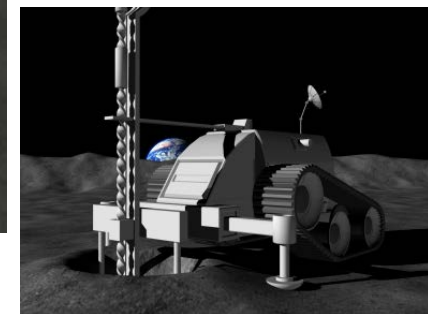
【研究目標】

- ・車両系建設機械（ブルドーザ、ロードヘッダなど地盤・岩盤・土壌に対し作業を行う機械）を対象とします。地盤等に対し作業を行わない機械（ダンプ等）は除きます。
- ・リアルタイムに作業情報（位置・姿勢や力・トルクなど）を取得し、対象の変化や岩石等の出現を予測して自動で調整する機能を実現します。AI等の活用を歓迎しますが、事前情報が無い前提とし、かつ地盤等の情報を直接利用する方式とします。

【研究資金／期間】 総額 5 0 0 万円以下
最長 1 年以下



上：ブレード作業
右：掘削作業



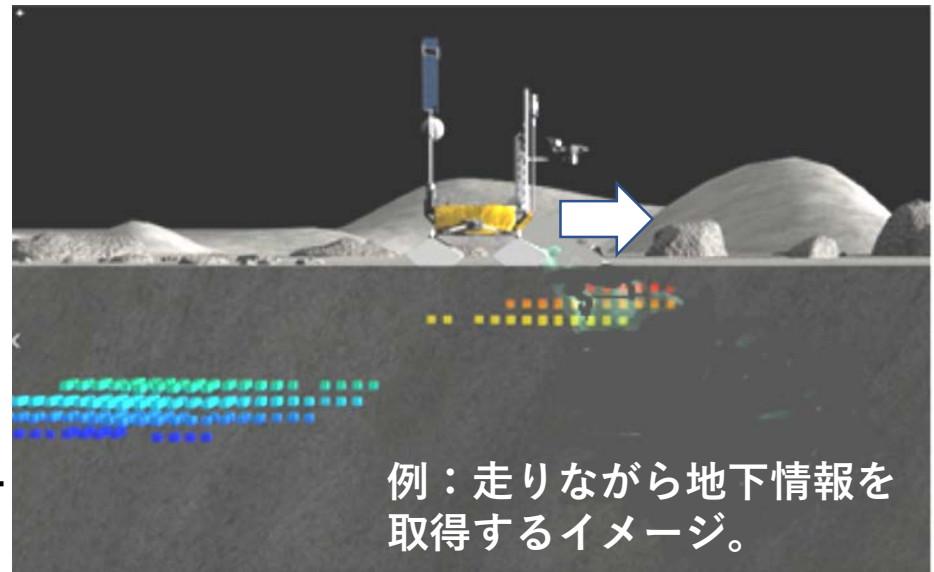
月面の土木作業は事前情報無しに無人で開始する必要がある。

【課題概要】

- 有人月面拠点建設では、事前に建設候補地を無人で調査します。表面の地形・起伏だけでなく、地下構造など建設場所としての適性を判断するデータが必要になります。
- 地上でも大幅な性能向上・効率化を実現できるような、調査方法自体の新規性や既存の手法に比べ優位性のある手法の提案を求めます。

【研究目標】

- ・ 地下情報を無人で取得する実用的な手法を検討します。対象は面での調査（1km四方・深さ10m程度）です。使用する調査機器の概略の検討を含みます。
- ・ 地上の建設で行われる事前調査を参考に月面で行うべき調査を推定し、効率的に実施する新たな手法をご提案ください。
- ・ アースオーガの掘削後に残るボアホールの活用は可とします。活用する場合は、ボアホールに対する要求（深さ、内径、個数など）もまとめてください。



例：走りながら地下情報を取得するイメージ。

【研究資金／期間】 総額 5 0 0 万円以下
最長 1 年以下

【課題概要】

■宇宙では

土、砂、岩石、火山灰、大気など、容易に入手可能ではあるが、いわゆる「資源」としては低質な原料物質、有人拠点から排出される廃棄物、不要となった探査機等を活用し、有用な物資を生産する技術の実現を目指します。

■地上では

天然資源の有効利用や環境負荷の低減のため、これまで利用されてこなかった未利用資源の活用が広がります。

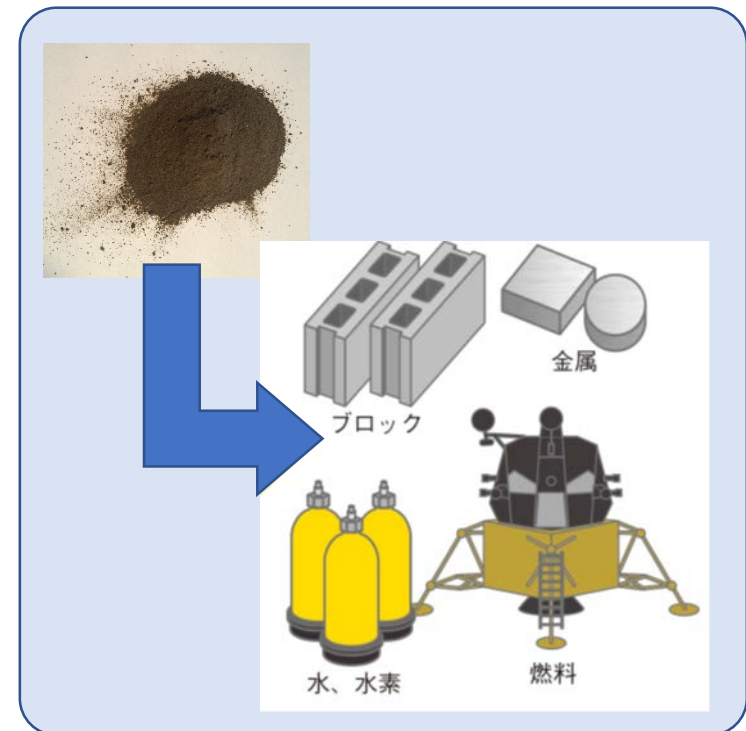
【研究目標】

以下の作業を実施し、実現性・有効性を確認することを目指します。

- ・ 地上用途、宇宙用途の両方についてキーとなる技術の試作試験など等による実現性の確認を行います。
- ・ 単位時間に単位質量を生産した場合に、製造に必要なリソース（エネルギー、生産設備質量・サイズ、補給が必要な消耗品など等）の見積による有効性の確認。

【研究資金／期間】 総額 5 0 0 万円以下

最長 1 年以下



【課題概要】

■宇宙では

国際宇宙ステーションには、3Dプリンタが設置されており、交換部品の製造が実施されています。この考え方をさらに発展させ、現地の資源など等を用いて必要な物資を生産する、新たなAM技術の創出を目指します。

■地上では

これまでの樹脂や金属の材料を溶かして製造する工業用3Dプリンタでなく、土木、建築、食品、製薬、農業などAM技術の適用先の革新を目指します。

【研究目標】

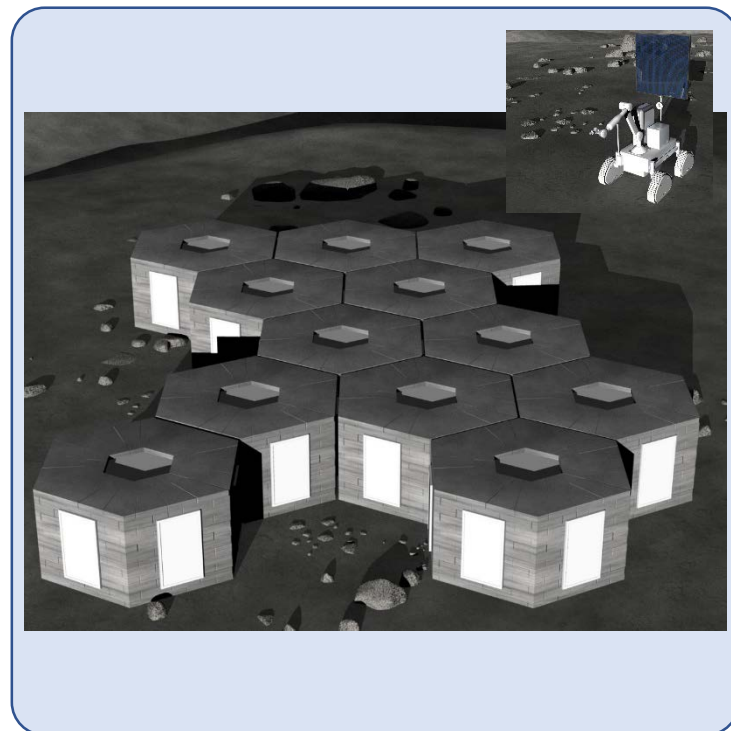
従来の性能向上などではなく、これまでにない特徴を備えることを条件とします。

- ・ 例1) 樹脂や金属粉だけではなく、土、砂、氷など現地で入手可能な物資を素材として用いる。
- ・ 例2) 拠点を構築する構造物や建築物など、製造装置自体より大きなサイズを製造できる。

上記を実現できるAMシステムの概念検討と、キーとなる要素技術の試作試験など等による実現性の検証を行います。

【研究資金／期間】 総額 5 0 0 万円以下

最長 1 年以下



【課題概要】

■宇宙では

宇宙飛行士の作業や使用するリソース（水、酸素、二酸化炭素、電力）を最小限とすることを目標とします。宇宙飛行士の特異な環境での栽培としまして、ドライフォグを用いた節水型植物栽培システムの実現を目指します。

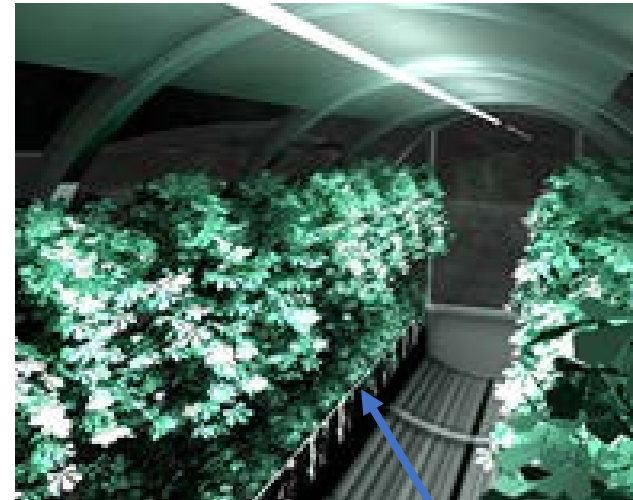
■地上では

植物工場は中東などの水資源の乏しい地域でのニーズが高く、限られた水資源を有効に活用する節水、再利用につながる新しい農業システムが求められています。

【研究目標】

以下の作業を実施し、実現性・有効性を確認することを目標とします。

- ・ 将来の月面農場での栽培、及び地上の植物工場の水利用の最少化を目指し、ドライフォグを用いた節水型の栽培システムの実証を行います。
- ・ 月面農場への適用のため、屋内での利用を想定した省スペース、軽量化が可能なシステムとします。
- ・ 提案するシステムは稲、大豆、いも類（ジャガイモ、サツマイモ等）、葉菜類（レタス、小松菜等）、トマト、キュウリ、イチゴのいずれかでの栽培実証を検討します。



【研究資金／期間】 総額500万円以下
最長 1 年以下

栽培装置の根部にドライフォグを用いた
養液栽培イメージ

研究課題(12) 穀物に頼らないコンパクトなタンパク質生産システム

【課題概要】

■宇宙では

畜産や魚の養殖などは難易度が高く、これらを前提としない場合、動物性タンパク質やビタミンなどの不足が見込まれ、宇宙飛行士の作業や使用する栽培となります。

■地上では

将来の人口増加や、新興国の食生活の肉食化などにより、2050年には2005年時のタンパク質の2倍の供給量が必要になると予想されており、穀物より耕作面積の効率が良いタンパク質生産システムが期待されています。

【研究目標】

以下の作業を実施し、実現性・有効性を確認することを目標とします。

- 将来の月面農場での栽培を目指した省リソース（空間、電力、水など）でのタンパク質生産システムの実証を行います。
- 単位面積あたりのタンパク質生産量が穀物から得られるタンパク質生産量を上回ることとします。
- 月面農場における地産地消を前提とし、生産された植物の残渣（非可食部）を原料とし、藻類や菌類等を用いた肥料成分のリサイクルにも寄与するタンパク質生産システムとします。



GWP®-III藻類栽培システムの例
伊Fotosintetica & Microbiologica S.r.l.社HPより

【研究資金／期間】 総額500万円以下

最長 1 年以下

研究課題(13) 月の現地資源を利用する技術 月レゴリスの熱容量を利用した温度差発電



【課題概要】

■宇宙では、月の北極南極域にある太陽光の届かない永久陰領域のような極低温状態と考えられる領域と、長時間の日照により温暖な領域があり、この2つの領域のレゴリス(砂)の温度差を利用した発電を目指します。

月レゴリスは粒子間の熱伝導が期待できずヒートシンクとしては機能しないため、直接的に熱交換させる必要があります、掘削・運搬・熱交換・熱輸送・発電のような要素技術が必要になります。

■地上での温度差発電の技術だけでなく、各要素技術のさまざまな分野での応用可能性にも期待します。

【研究目標】

以下の課題に取り組んでいただくことを期待し、ABC又はABDを必須とします。

A 要素技術を統合した発電システムの月極域での成立性検討

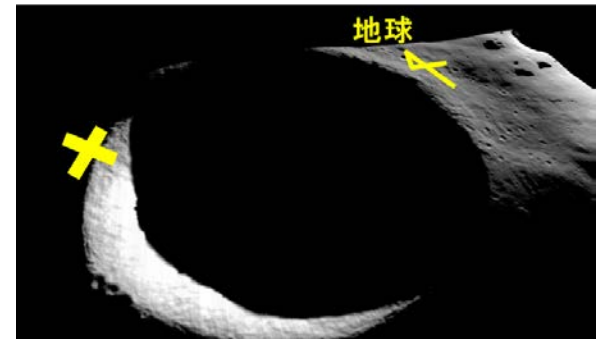
B 要素技術の地上応用性の検討

C 宇宙／地上応用の共通技術に関する研究開発

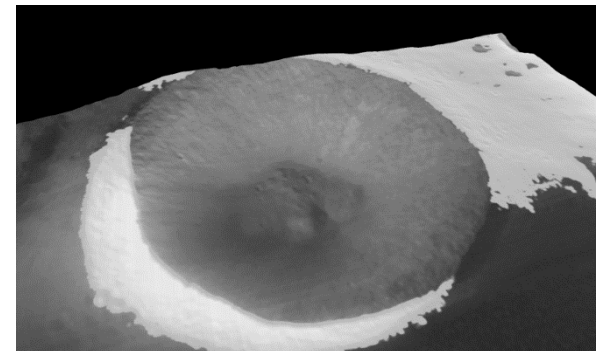
D 砂の熱容量を利用した温度差発電のデモンストレーション

【研究資金／期間】 総額 5 0 0 万円以下

最長 1 年以下



シャクルトンクレータ（オルソデータから3次元化）。クレータ直径21km。×印が南極点。



上の画像を輝度強調したもの。クレータ内部は斜面上部からの散乱光で照らされ、直径6.6kmの同心円状の平底が見いだされた。

【研究概要】

月面探査において水氷探査ミッションは将来の資源利用に対する重要な技術だけでなく、サイエンス的にも非常に意義の高いミッションと考えられている。月に存在すると考えられている氷をサイエンス的な価値を損なわずに極低温のまま採取して分析したい！

一方、地上では冷凍機は汎用的に使う分野(医療、研究など)が限られていると思われるため、小型で長期間動作可能な冷凍機があれば家電に組み込んで使えたり、極低温維持が必要な物をハンドキャリアできたり、いろいろな応用先が期待できる。

【研究目標】

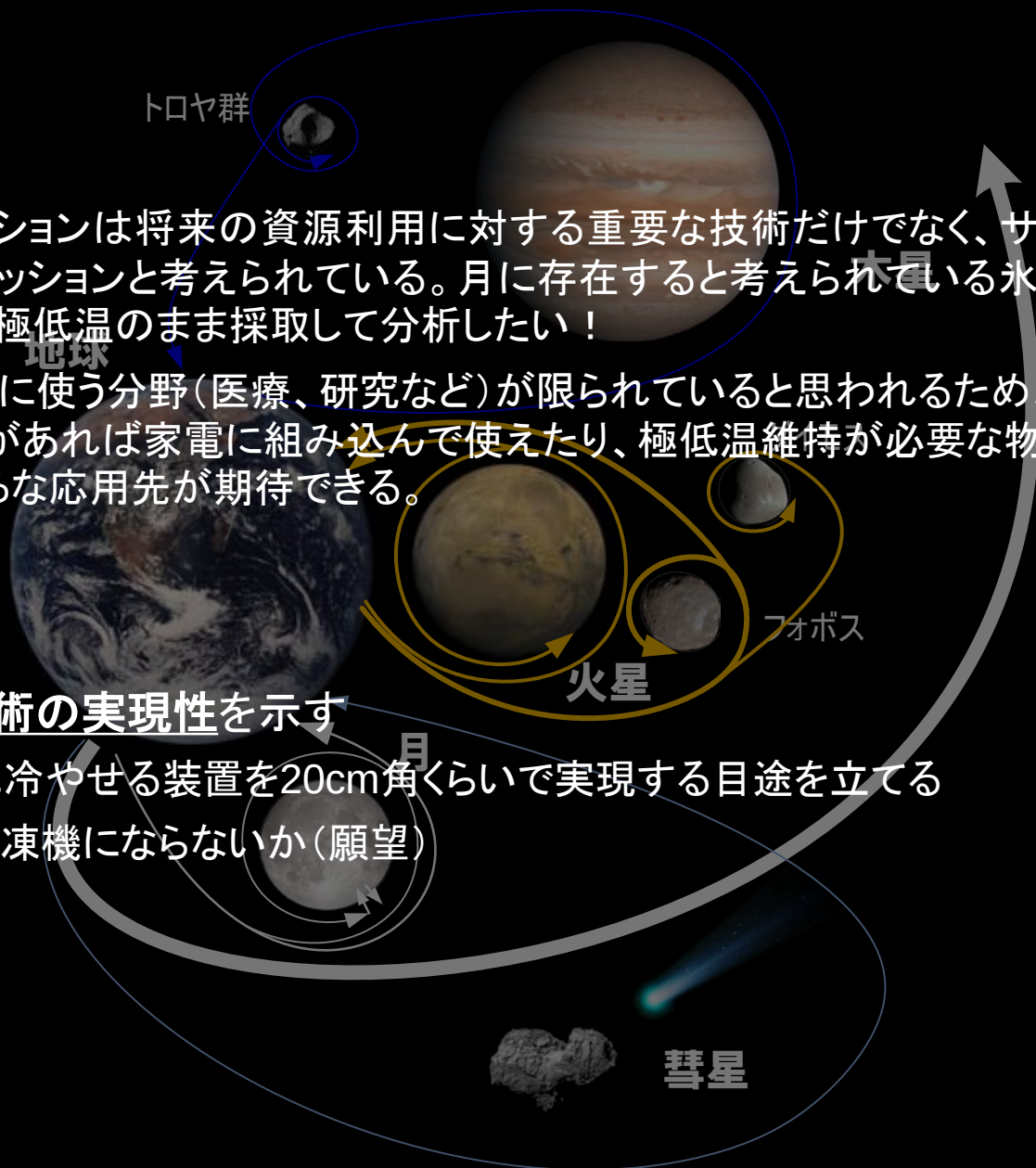
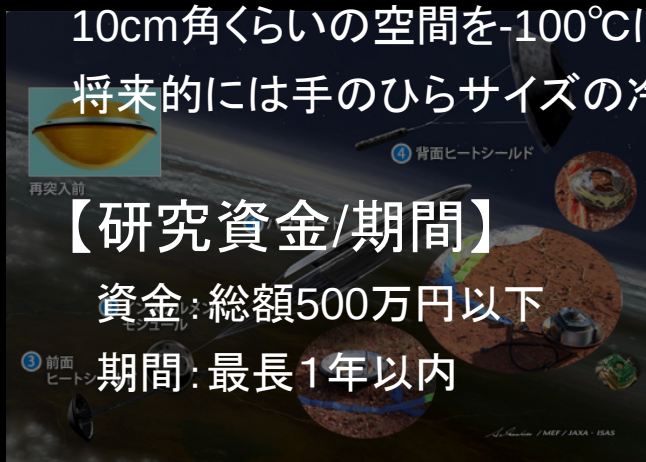
小型で高信頼性の冷凍機技術の実現性を示す

10cm角くらいの空間を-100℃に冷やせる装置を20cm角くらいで実現する目途を立てる
将来的には手のひらサイズの冷凍機にならないか(願望)

【研究資金/期間】

資金: 総額500万円以下

期間: 最長1年以内



研究課題(14) 高信頼性小型冷凍技術の研究 (1 / 2)



月探査と、太陽からより遠い天体の探査展望

宇宙でやりたいこと!!

- ❑ 冷たいサンプルを冷たいまま採取・運搬・分析
- ❑ 月での資源利用過程で極低温分析
- ❑ 氷を氷のまま地球までサンプルリターン!!

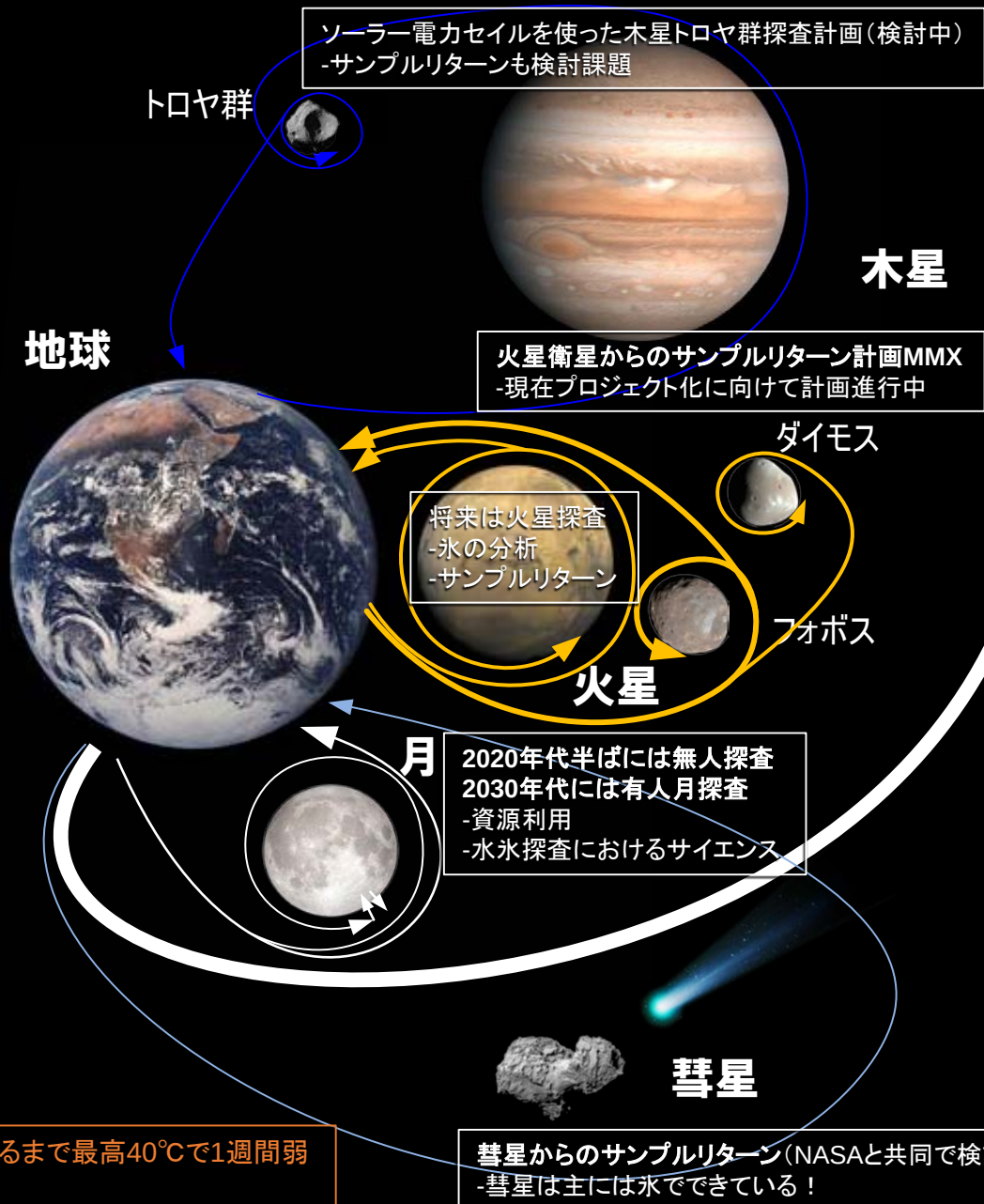
分析装置、地球帰還カプセル内で-100℃程度に保ったまま維持できる技術が必要

- 例) 月で氷を採取して分析するまで1時間極低温保持
- 例) サンプルリターンカプセルが地球に突入してから分析施設に運び込まれるまで2週間極低温維持

カプセルが地球に突入すると内部の温度は最大で80℃程度-15分くらい



地球ではカプセルを見つけるまで最高40℃で1週間弱分析施設に運ぶまで数日



ソーラー電力セイルを使った木星トロヤ群探査計画(検討中)
-サンプルリターンも検討課題

火星衛星からのサンプルリターン計画MMX
-現在プロジェクト化に向けて計画進行中

将来は火星探査
-氷の分析
-サンプルリターン

2020年代半ばには無人探査
2030年代には有人月探査
-資源利用
-水氷探査におけるサイエンス

彗星からのサンプルリターン(NASAと共同で検討中)
-彗星は主には氷でできている!

【課題概要】

■ ほぼ全ての人工衛星・探査機では太陽電池の発電電力で動作していますが、パドルを軽量化・必要面積を小さくするために高い変換効率が求められます。また、太陽電池には、放射線や紫外線による電池や透明接着剤の劣化を抑制するためカバーガラスが実装されており、紫外光はカットされ発電には寄与しません。

本研究では、カットされる紫外線を発電に寄与する長波長側の光に変換可能な波長変換材料技術を実現し、さらなる発電効率向上を目指します。

■ 地上での太陽光発電においても発電効率向上やコスト低減が期待されます。

【研究目標】

- 波長変換材料を適用することにより、発電効率の向上が少なくとも1%程度見込まれることが条件（紫外線や高温環境に対しても高い信頼性を有し、長寿命が見込まれる提案を優先）
- 波長変換材料の試作し、宇宙/地上での利用を想定した各種試験により性能の検証を行う
- シート形成プロセス技術も研究対象とする



【研究資金／期間】 総額 500 万円以下

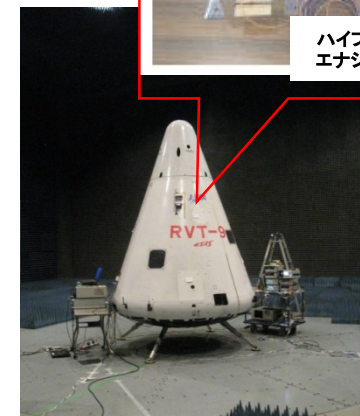
最長 1 年以下

【課題概要】

- ・ 衛星やロケット内においては軽量・小型なセンサーは必須であり、エネルギーハーベスティング技術を搭載したワイヤレスセンサーの開発が要望されています。
- ・ 電磁波、振動、熱、生体等種々なソースに対応したエネルギーハーベスティング技術を用い、同時に複数の異なるエネルギーソースから電気エネルギーを回収するハイブリッド技術の開発が期待されています。
- ・ 本研究では上記で述べたエネルギーハーベスティング技術そのものの課題を解決し、宇宙空間の様々な機器に搭載可能なワイヤレスセンサー用環境発電素子を開発し、各種システム応用の実現性を検証します。

【研究目標】

- － 電波、熱、振動などのエネルギーソースレベルの違いに依存しない高効率なエネルギーハーベスティング素子を実現し、原則的にJAXA宇宙科学研究所クリーンルーム内のプロセス装置にて製作するHySIC（混成半導体集積回路）技術によるエネルギーハーベスタのコンパクト化も検討します。
- － センサーとハイブリッドエネルギーハーベスティングシステムを集積化した小型ワイヤレスセンサーモジュールを試作し、提案システムの実証検証の検討を行います。



再使用ロケット

【課題概要】

- 宇宙探査イノベーションハブでは、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、いままでの宇宙探査の方法を大きく改革するとともに、宇宙探査技術の確立と地上産業への波及を同時に行うことを進めています。
- 20年先の宇宙探査のなかで、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、技術革新を狙っています。
- 今回は、特別枠として、宇宙探査イノベーションハブ及び地上の新しい産業につながる「今までにない新しい研究」を募集します。
- 宇宙探査イノベーションハブ実現のための4つの分野「探る」「建てる」「作る」「住む」に関連する新しいテーマを歓迎します。

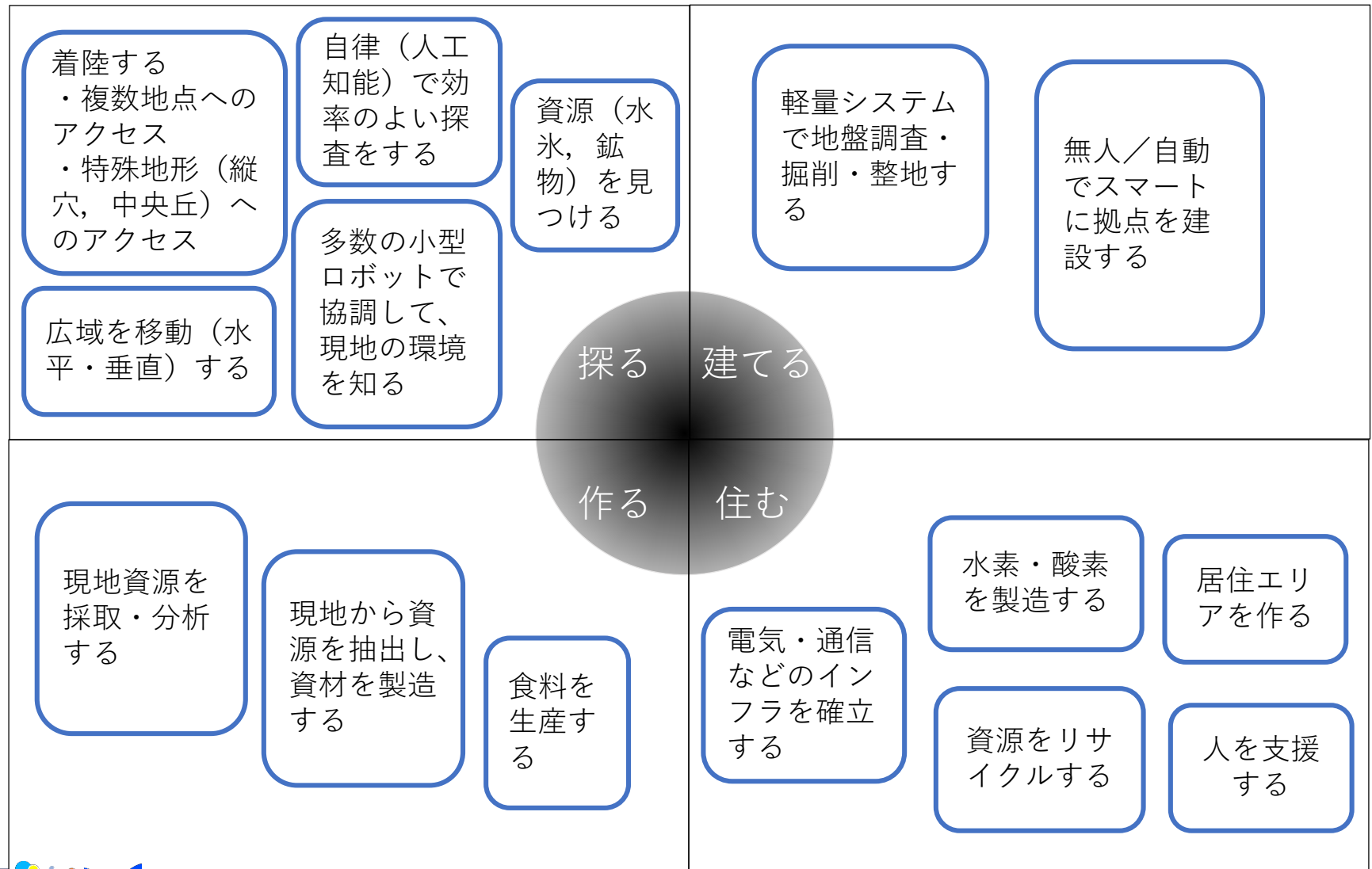
【研究目標】

- 別紙（次のページ）に掲げた目標のいずれかを実現するため、自由な発想に基づく斬新なアイデアの研究を募集します。

【研究資金／期間】 総額300万円以下／最長1年以内

JAXA／探査ハブの研究テーマ：ポートフォリオ

研究課題（特別枠）別紙



お問い合わせ先

<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/>

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事務局

E-mail SE-forum@jaxa.jp

積極的なご提案をお待ちしております。



Technology Advancement Node for SpAce eXploration