

研究課題

番号	分野	研究課題名	期間 (上限) (ヶ月)	研究経費 (上限) (万円)
A 課題解決型				
(01)	Ⅲ. 地産地消型	高感度・高精度な可搬型の揮発性物質センサ	24	5,000
(02)	Ⅵ. 医療	筋肉・腹部の断面画像の取得可能な可搬型高精細超音波可視化装置の研究	24	1,000
(03)	Ⅵ. 医療	耐久性、放射線耐性を有する高精細な可搬型 X 線撮影システムの研究	24	1,000
(04)	Ⅵ. 医療	皮膚状態のセルフモニタリングによる精神疲労、肉体疲労、睡眠不足に係る自動リスク評価手法の検討	24	1,000
B アイデア型				
(05)	Ⅰ. 広域未踏峰	超軽量移動体の研究開発	12	500
(06)	Ⅱ. 自動自律型	電磁波を用いた広域測位システム	12	500
(07)	Ⅱ. 自動自律型	オフロード車両の自動運転システム	12	500
(08)	Ⅲ. 地産地消型	資機材の効果的なリサイクル技術の研究開発	12	500
(09)	Ⅲ. 地産地消型	資源利用プロセス技術の研究	12	500
(10)	Ⅲ. 地産地消型	ロボット技術等を用いた高効率食料生産システム	12	500
(11)	Ⅲ. 地産地消型	植物残渣のリサイクル技術	12	500
(12)	Ⅳ. 共通技術	小型・軽量・高効率・低 EMC 電源を実現する電源基板設計技術	12	500
(13)	Ⅳ. 共通技術	小型軽量探査機に応用可能な電磁波遮蔽材料技術の研究	12	500
(14)	Ⅳ. 共通技術	待機電力不要システムの研究	12	500
(15)	Ⅴ. 民生ロボット	小動物飼育タスクを支援するハンド技術	12	500
(16)	Ⅵ. 医療	重力再適応のための経皮的ノイズ前庭電気刺激 (nGVS) による前庭機能低下の予防と機能改善	24	1,000
(17)	Ⅵ. 医療	人工筋肉などを用いたフィジカルインターラクションシステム（リハビリ支援装置、筋力トレーニング装置）の研究	12	500
(18)	Ⅵ. 医療	シンバイオティクスによる健康維持対策	36	700
(19)	Ⅵ. 医療	宇宙飛行時の宇宙放射線被ばく線量評価方法の最適化検討	12	500
(20)	Ⅵ. 医療	医薬品を用いた、放射線被ばくによる骨髄抑制対策	36	500
(21)	—	TansaX チャレンジ研究	12	300

【共通する留意事項】

- ・ 1つの研究課題において複数の構成要素が示されている場合、そのうちいずれかの要素を満たす提案でも構いません。
 - ・ 課題解決型は地上における事業化構想が明確に示される研究であることを考慮します。
 - ・ 第1回～第4回 RFP にて採択された研究テーマとの組み合わせによる事業化構想をもった提案も期待します。
 - ・ 1つの研究課題に対して複数の研究提案を採択することがあります。また、採択がないこともあります。
 - ・ 研究提案の内容に応じて、研究経費額を調整することがあります。
 - ・ 採択後、JAXA と研究チームを構成していただきます。このとき、JAXA よりチーム編成を提案することがあります。
 - ・ 課題解決型の研究では、年度毎に研究進捗について評価を行い、研究継続の可否を決定します。
- なお、2019 年度が JST イノベーションハブ構築支援事業の最終年度に当たるため、2020 年度以降の共同研究については、計画等を見直す可能性があります。
- ・ 研究に際し、必要に応じて JAXA の研究設備を利用することができます。

A 課題解決型研究

Ⅲ. 地産地消型探査技術

研究課題（01）「高感度・高精度な可搬型の揮発性物質センサ」

【課題概要】

- ・ 月や火星での地産地消の観点から水は重要な物質であると考えられています。そのため、宇宙探査イノベーションハブでは、「ガス中微量水分計の小型・軽量・ロバスト化技術の研究」を実施してきました。
- ・ 近年の宇宙探査では、月極域の水を含む揮発性物質の存在や、「はやぶさ2」がサンプルを取得した「りゅうぐう」などのC型小惑星における水、有機物、揮発性物質の存在が注目されています。火星探査においても、NASA のキュリオシティの観測により、大気中のメタンや、土壌中の有機物が観測されています。一方で、上記、キュリオシティの観測装置 SAM は 40kg 以上と非常に大掛かりな装置であり、キュリオシティのような非常に大型のローバでないと搭載が難しいのが現状です。
- ・ そこで、宇宙探査において、各種ガスや揮発性有機化合物の検出に利用することが可能な可搬型の高感度・高精度揮発性物質センサの実現を目指します。今回は水以外を対象とします。
- ・ 地上用途としては、製造プロセスガス中の不純物を高い感度で検出するプロセスガスモニタ、多種類の有害ガスや危険ガスのオンサイト分析など様々な用途に適用します。

【研究目標】

- ・ 本センサは、月・火星・小惑星探査において、各種揮発性物質やガスの in-situ での定量測定に使用します。利用形態としては、ローバ等に搭載し、表土を採取・加熱し発生するガスや、大気の実験に用いることを想定します。
- ・ 最終的な形態は、ローバ等に搭載できるよう 100x100x100mm、1kg 程度を実現可能とし、小型軽量な可搬型を目指すものとします。本研究では、加熱部等は含まないものとし、キャリアガス等の使用も可とします(これらは上記のサイズ、質量に含みません)。

【研究資金／期間】

最大総額5000万円以下／最長2年以内

A 課題解決型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（02）「筋肉・腹部の断面画像の取得可能な

可搬型高精細超音波可視化装置の研究」

【課題概要】

微小重力環境下では筋量低下が生じます。これにより微小重力環境から重力環境に移行する時には外傷リスクが高まるため、筋量を評価できることが求められます。また、ミッションの長期化により腹部疾患（尿路結石・胆のう結石等）のリスクが高まります。筋量評価及び腹部疾患（尿路結石・胆のう結石等）診断を可能とする高精細な有人宇宙機搭載用の可搬型超音波可視化装置が実現できれば、筋量の評価と腹部疾患の適切な診断を可能にします。

また、地上の在宅医療、離島・へき地、災害時の医療へ活用できます。

【研究目標】

- ・ 筋量評価及び腹部疾患（尿路結石・胆のう結石等）診断を可能とする高精細な可搬型超音波可視化装置の要求仕様の設定及び概念設計、試作を実施します。
- ・ そのため、高精細な断面画像が得られること、超音波伝導ジェル等消耗品の最小化、3年以上の長寿命であること、重量 5kg 以下（画像モニタ含まず。ジェル等の消耗品含まず）を目指します。

【研究資金／期間】

最大総額1000万円以下／最長2年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 宇宙医学にかかる専門的な助言は JAXA が行うこととします。
- ・ 重量目標に関しては、画像を表示するモニタは一般的な画像信号 I/F を持つ宇宙船内のモニタを供用することを前提とします。

A 課題解決型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（03）「耐久性、放射線耐性を有する高精細な 可搬型軽量 X 線撮影システムの研究」

【課題概要】

超長期宇宙滞在では尿路結石、心臓血管系疾患の発症リスクが高まり、月面や火星面での重力再適応時、月面、火星面滞在時には椎間板障害、じん肺、骨折のリスクが高まることが想定されており、これらの疾患・外傷に対する画像診断の実現が求められています。狭い宇宙船内等での使用を可能にする可搬軽量化、保守を最小化する高耐久性、耐宇宙放射線性、低ノイズの X 線撮影システムが実現できれば、適切な診断を可能にし、有人探査ミッションにおける宇宙飛行士の健康管理に貢献できます。

また、在宅医療、離島・へき地、災害時の医療へ活用できます。

【研究目標】

- ・ 宇宙船内、月面・火星面基地で腰椎椎間板、腹部、胸部、骨の X 線撮影を実現するため、耐久性、放射線耐性を有した高精細画像の取得が可能な可搬型軽量 X 線撮影システムの要求仕様の設定及び概念設計、試作を実施します。
- ・ 3 年以上交換せずに使用できる寿命をもつ X 線検出器、ノイズ低減回路を搭載した X 線画像診断装置を有し、X 線源と検出器を合わせて重量 6 kg 以内を目標とします。
- ・ 上記の検討を通じて、小型 CT 装置への応用についても検討していただきます。
- ・ 耐宇宙放射線性としては、X 線検出器に粒子線耐性の高い半導体素子を要しますが、この検討については JAXA が実施します。

【研究資金／期間】

最大総額1000万円以下／最長2年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 耐宇宙放射線性の検討および小型 CT 装置の検討に関しては、JAXA が別途外部機関と共同研究を実施することがあります。
- ・ 宇宙医学にかかる専門的な助言は JAXA が行うこととします。

A 課題解決型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（04）「皮膚状態のセルフモニタリングによる精神疲労、 肉体疲労、睡眠不足に係る自動リスク評価手法の検討」

【課題概要】

火星ミッションのような長時間の通信遅延ないし断絶が見込まれる将来有人ミッションにおいては、現在地上の精神心理担当者とのビデオ面談で実施している精神心理的ストレス状態評価手法を、クルーが自律的に実施できるものに改良する必要があります。またこのような手法は、精神科医師のような専門家が介在しないため、客観的に評価検証が可能であり、かつ被評価者への負荷が少ないことが要求されます。

このような手法の一つとして、皮膚状態の変化（皮膚の角層細胞の形態変化など）から心身の疲労度や睡眠不足を推定できる手法の実用化が期待されています。

また、地上でも非侵襲的な健康管理手法として、幅広く応用・活用できます。

【研究目標】

- ・ 皮膚状態から心身の疲労度、睡眠の状況に係るリスクを自動で判定できる評価手法の確立を目指します。
- ・ そのために、簡易に肌組織を採取でき、リアルタイムで評価できることを目標に、以下の技術の研究を実施します。
 - 非侵襲的な肌組織の採取方法
 - 採取組織による皮膚状態の評価手法
 - 皮膚状態の評価から未病（発病に至らないが、軽い症状がある状態）を検知する手法

【研究資金／期間】

最大総額1000万円以下／最長2年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 宇宙医学にかかる専門的な助言は JAXA が行うこととします。
- ・ ヒト対象研究については、JAXA 内の倫理審査委員会で審査します。

B アイデア型研究

I. 広域未踏峰探査技術

研究課題（05）「超軽量移動体の研究開発」

【課題概要】

大型の探査ロボット1台で広域の探査を行うのには限界があります。そこで、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の開発を目指しています。今回は、革新的な移動探査システムとして、非常に軽量の移動体（空中移動など含む）を検討します。超軽量の移動体の実現すれば、月惑星探査のみならず、地上における広域センシングシステムや農業における受粉システムなどへの応用が可能になります。

そこで、超軽量の移動体に関するアイデアを募集します。

【研究目標】

以下の特徴を有する、今までにない発想による超軽量移動体のフィージビリティスタディを検討の目標とします

- ・広範囲な領域を移動（数十m以上）できること
- ・従来の移動体と比較して非常に軽量（50g以下）であること

本課題における研究内容は、試作機による移動実験による性能評価までとします。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

JAXA 宇宙探査実験棟における実証デモンストレーションを推奨します。

B アイデア型研究

Ⅱ. 自動・自律型探査技術

研究課題（06）「電磁波を用いた広域測位システム」

【課題概要】

- ・ 地球では、GNSS(全球衛星測位システム)が整備されており、屋外においては機器の位置情報を取得し、活用することが可能ですが、現状、月面では測位の手段がありません。有人拠点建設を行う際には、まず無人・自動化建設機械で建設を開始することが想定され、建設機械が拠点建設敷地内で移動・作業するために測位技術が必要となります。
- ・ 地上においても、トンネル建設の工事現場のような地下や、高いビルの間や、山間部など障害物のある場所では、GNSS の信号が受信できなかったり、途絶えたりするため、測位が課題になっています。
- ・ そこで、本課題では、所定の範囲内を移動する機械を想定し、GNSS に頼らずに電磁波を使用して、機械の位置をリアルタイムに計測できる新たなコンセプトのシステムの開発を目指します。

【研究目標】

- ・ 電磁波を使用し、移動する機械の位置をリアルタイムに計測可能なシステムを構築し、実現性の確認を行います。
- ・ 月面拠点建設での活用を想定し、4 km四方の範囲において、位置精度 0.1m 以内、サンプリング周波数1Hz 以上での計測を最終目標とし、実現性を検討します。
- ・ JAXA 相模原キャンパス宇宙探査実験棟の宇宙探査実験フィールド(400m²)における、実証デモンストレーションを目標とします。ただし、将来的な技術の実現性が確認できていれば、実証デモンストレーションでの仕様は問いません。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 位置計測のための機器の設置方法、および移動する機械の開発については、本研究の対象外とします。
- ・ 法令に定められた範囲で、適切に電磁波を利用することを前提とします。

B アイデア型研究

Ⅱ. 自動・自律型探査技術

研究課題（07）「オフロード車両の自動運転システム」

【課題概要】

- ・ 舗装路ではないオフロード（不整地）を車両が走行する際には、地面に起伏や凹凸が点在するため、車両がスリップ、スタック、あるいは転倒する危険があります。
- ・ そのため、地面の状況に応じて、車両の操舵や速度（トルク）制御、切り返しなどを行い、車両が走破する必要があります。
- ・ そこで、現在、人の判断に大きく依存しているオフロードの運転を自動で可能にするシステムの実現を目指します。
- ・ 地上では、林業、農業、山岳地帯におけるレスキュー活動などにおける作業員不足や生産性・安全性の向上のために、オフロードを自動で運転できる車両が求められています。
- ・ 月や火星の建設機械やローバなどの自律走行では、現地の事前情報が少ないことから、自動で運転できるシステムがさらに重要です。

【研究目標】

- ・ AI などを活用することでオフロードの状況（起伏、凹凸、地盤の特性など）車両自身の制御特性に基づき車両の挙動を予測し、車両を自動運転できるシステムを実現します。
- ・ オフロードにおける車両の自動運転を模擬した実機実験より、考案したシステムの有効性を検証します。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 車両が走行するオフロードは、詳細な地図や地面状況に関する事前情報がないことを前提とします。カメラなどのセンサを搭載し、目的地の相対位置が与えられた時に、車両がその地点まで自動で走破できるシステムを目指します。
- ・ 検証に使用する車両及び検証場所は、原則として提案者が準備することとします。

B アイデア型研究

Ⅲ. 地産地消型探査技術

研究課題（08）「資機材の効果的なリサイクル技術の研究開発」

【課題概要】

- ・ 月や火星での長期間の持続的活動には、宇宙輸送の負担を軽減するためにも現地の資源を利用することが必須となります。
- ・ 特に、地球から持ち込まれて不要となった宇宙機等の資機材は、天然資源に比べて特定の成分を多く含んでいるため、「資源」としての利用が期待されます。
- ・ 地球上においても、天然資源の枯渇や環境負荷低減の観点から、再資源化物資の範囲拡大やプロセスの効率化などが重要視されています。
- ・ そこで、地球・月・火星において、不要となった資機材を再資源化して利用する技術の開発を目指します。
- ・ 提案は、処理システム全体でも、再利用原料の分離・抽出などの要素技術でも可とします。

【研究目標】

- ・ 地上用途、宇宙用途の両方について以下の作業を実施し、提案技術の実現性・有効性を確認することを目指します。
 - 再資源化の鍵となる技術について、実験などによる実現性の確認（ただし、宇宙環境特有の部分については必須ではありません）。
 - 単位時間、単位質量の処理に必要なリソース（エネルギー、処理設備質量・サイズ、補給が必要な消耗品など）の見積りによる有効性の確認。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 参考までに、宇宙機には下記に示すような資機材がよく使われていますが、ご提案いただく対象材料はこれらに限るということではありません。
 - 構造系： CFRP、CFRP アルミハニカムパネル、チタン合金
 - 熱制御系： 銀蒸着 FEP（フッ素樹脂）テフロン、アルミ蒸着ポリイミドフィルム、酸化インジウムすず（ITO）、シリコン系接着剤

電源系： リチウムイオン電池、太陽電池

推進系： ステンレス配管、ヒドラジン、四酸化二窒素

B アイデア型研究

Ⅲ. 地産地消型探査技術

募集課題（09）「資源利用プロセス技術の研究」

【課題概要】

- ・ 月や火星での長期間の持続的活動には、現地の資源を利用することが必須ですが、良質な資源の入手は困難です。一方地上においては、環境を考慮した新しい資源が模索されています。
- ・ これまで、地球・月・火星の表面に存在する土壌、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を利用し、有用な物質を生産する技術（ブロック、コンクリート、建設資材等）の研究に取り組んできました。
- ・ 今回は、大気や水などの気体・液体を原料とし、例えばメタン、水素、酸素などの製造を目指した研究を行います。これらの技術は、地上での低炭素社会や水素エネルギー社会の実現につながります。

【研究目標】

- ・ 気体や液体を原料とした資源利用プロセスについて、以下の作業を実施し、実現性を確認することを目指します。
 - － 地上実験による製造プロセスの原理確認。
 - － 地球の1日あたり、単位質量の原料物質を処理した場合のプロダクトの製造量と製造に必要なリソース（エネルギー、生産設備質量・サイズ等）の見積計算（ただし、宇宙環境特有な部分は必須ではありません）。

※地球から少量の添加物等を輸送することも可としますが、生産量が生産設備を含む地球からの輸送量の100倍程度を目安とします。

【研究資金(想定)】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 地上での生産技術の提案の場合は月・火星での応用が、月・火星での生産技術の場合は地上での応用が提案されていることが必要です。

B アイデア型研究

Ⅲ. 地産地消型探査技術

研究課題（10）「ロボット技術等を用いた高効率食料生産システム」

【課題概要】

探査ハブでは、「地面の存在」という地球上との共通点に着目し、「地上の優れた農業・バイオ技術の応用と更なる技術革新」「地産地消（可能な限り地球からの補給を最少にする自給自足型の宇宙システム）」をキーワードに掲げ、宇宙だけでなく、地上におけるイノベーションを起こすような新たな技術を獲得することを目指しています。

近年、就業者の高齢化や後継者不足が原因で、日本の農業は深刻な労働力不足に陥っており、その解決手段の一つとして農業ロボット、作業支援装置等の重要性が高まっています。農業ロボット、作業支援装置は、産学官で技術開発が進められておりますが、まだ十分な実用化までには至っておりません。

一方、JAXAでは、人類が宇宙ステーションや月・火星で生活するための植物生産システム（月面農場）の研究を進めています。月面農場は、宇宙飛行士の作業を最小限とするために、作業の自動化、高効率化を目指した技術開発が必要になります。探査ハブではここに着目し、地上の優れたロボティクス技術を応用して、宇宙だけでなく、地上の農業にもイノベーションを起こすような共同研究を目指しています。

このような背景を念頭におきつつ、将来の長期の有人月滞在を支えることのできる、地上の最先端技術を活用した農業ロボット、作業支援装置の提案を求めます。

【研究目標】

- ・ 将来の月面農場での栽培を目指して、省リソース（空間、電力、水など）の作業支援ロボット、装置の試作及び試験を行う。
- ・ 宇宙飛行士の作業支援を想定しているため、農作業を削減するための自動自律ロボット、装置、もしくは遠隔から作業支援を行うロボット、装置とする。
- ・ 対象とする作業は既に植物工場での自動作業が普及している葉物栽培などの自動化技術ではなく、果菜類、イモ類の自動収穫、イチゴの自動受粉、播種育苗の自動化など研究期間内での試作試験が可能な作業に絞って行う。なお、宇宙での活用を目指し多品種への応用が可能な技術が望ましい。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 「月面農場ワーキンググループ検討報告書」5章 高効率食料生産 (<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/Lunarfarming.html>)に記載の技術を参考にすること。
- ・ 対象作物は月面農場の検討で対象としている稲、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、イチゴとする。

B アイデア型研究

Ⅲ. 地産地消型探査技術

研究課題（11）「植物残渣のリサイクル技術」

【課題概要】

探査ハブでは、「地面の存在」という地球上との共通点に着目し、「地上の優れた農業・バイオ技術の応用と更なる技術革新」「地産地消（可能な限り地球からの補給を最少にする自給自足型の宇宙システム）」をキーワードに掲げ、宇宙だけでなく、地上におけるイノベーションを起こすような新たな技術を獲得することを目指しています。

現代社会における問題として、大量生産、大量消費、大量廃棄が課題となっており、植物残渣のリサイクル等の循環型社会に向けた活動の重要度が増しています。

月面での長期滞在や地球上での持続可能な農作物生産を可能にするためには、作物残渣などの有機性廃棄物に含まれる、炭素や窒素などの元素を効率的に回収して循環利用する必要があります。月面や地上において生じる有機性廃棄物を効率的に循環させるためには、地球上で実用化されている微生物を利用した処理等が考えられます。また、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、など特異な条件も必要となります。

このような背景を念頭におきつつ、将来の長期の有人月滞在を支えることのできる、地上の最先端技術を活用したリサイクル技術の提案を求めます。

【研究目標】

- ・ 将来の月面農場での活用を目指した省リソース（空間、電力、水など）、及び宇宙飛行士の作業を最小化するような高効率の植物残渣リサイクル技術の実証を行う。
- ・ 対象とする技術は、リサイクル処理技術だけでなく、宇宙、地上の両方に有効なものであれば、リサイクルに対応した資材技術など関連する技術も対象とし、その有効性を実証する。
- ・ リサイクルの手法はメタン発酵等の微生物処理とする。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 「月面農場ワーキンググループ検討報告書」6章 持続的な物質循環システム (<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/Lunarfarming.html>) に記載の技術を参考にすること。
- ・ 対象とする植物残渣は月面農場の検討で対象としている稲、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、イチゴの残渣（非可食部）を原料とする。

B アイデア型研究

IV. 共通技術

研究課題(12)

「小型・軽量・高効率・低 EMC 電源を実現する電源基板設計技術」

【課題概要】

- ・ 深宇宙での動力航行や月・火星での自律ロボットなど、自分の重量を輸送する動力機器においては、小型・軽量の電源が必要不可欠です。高効率で小型・軽量の電源を実現するためには、高性能のパワエレ素子（例えば SiC-MOSFET や GaN HEMT など）の採用に加え、DC-DC コンバータやインバータの電力密度を高めることが有効です。
- ・ しかし、高周波・高集積化した基板では寄生成分によるサージや EMC が発生します。また、空気による冷却が使えない真空条件下では基板経路で排熱する必要があります。
- ・ 本研究では基板の設計技術にフォーカスし、基板の設計のみで EMC を抑制し、kW 級の電力に耐えられる排熱能力を有する、小型・軽量・高効率電源基板の設計技術を対象とした研究を行います。

【研究目標】

- ・ 真空条件下で、小型・軽量・高効率・低 EMC・高排熱を実現する kW 級電源基板の設計技術の実現のために、以下の作業を実施し、実現性を確認することを目標とします。
 - － 基板回路設計の最適化方法の確立
 - － 放射線耐性の実験的評価
 - － 民生部品を用いた、電源としての性能評価
- ・ 地上用途としては、無線給電技術を含む陸上小型モビリティや海洋モビリティ向け電源等、様々な用途に適用します。

【研究資金】

最大総額500万円以下／最長1年以内

B アイデア型研究

IV. 共通技術

研究課題（13）

「小型軽量探査機に応用可能な電磁波遮蔽材料技術の研究」

【課題概要】

近年、CPU の高速化、無線通信における通信速度の高速化や周波数帯域の拡大により、電磁適合性(EMC)の確保のため、電磁波遮蔽対策の需要が高まっています。これは宇宙だけでなく、CPU、通信機等の電子機器を有するあらゆる分野に求められています。探査ハブでは、ここに着目し、地上の材料技術を応用して、宇宙だけでなく、地上産業にもイノベーションを起こすような共同研究を目指しています。

現在の宇宙機の電力、データ伝送は基本的にはハーネス結合ですが、衛星質量の低減、機器配置自由度の向上を目指し JAXA では将来の宇宙機に向けて給電、通信のワイヤレス化の研究を実施しています。ワイヤレス化を実現するためには、EMC への耐性（余干渉、被干渉とも）が課題になり、より積極的な遮蔽、もしくは反射を抑制できる技術を求めます。またこの技術は、商用の通信衛星等でも民生部品を積極的に使用して行こうとする流れがあり、その際の放射線遮蔽材料としての発展の可能性もあります。従来は、電磁波を遮蔽する方法として、金属の筐体に収納する方法が用いられていますが、地上から宇宙への輸送質量を極限まで軽量化することを目指している小型軽量宇宙探査機では、軽量の機能性材料による遮蔽が求められます。

このような背景を念頭におきつつ、将来の宇宙機のワイヤレス通信、ワイヤレス給電を実現するための地上の最先端技術を活用した電磁波遮蔽技術の提案を求めます。

【研究目標】

- ・ [給電、通信共通]給電、通信のワイヤレス化のための軽量の電磁波遮蔽材料の試作、性能評価を行います。
- ・ [給電、通信共通]宇宙機への適用のため、マイナス20℃からプラス80℃の耐熱性および耐放射線性を有するものとします。また、複雑形状部や可動部にも使用可能なよう、フレキシブル素材であることが望ましいです。

- ・ [給電]ワイヤレス給電のため、フレキシブル素材で6.78MHz帯で透磁率 μ' が高く(70以上)交流磁界を引き寄せ、透磁率 μ'' が低い(2以下)電波吸収能力を持つこととします。
- ・ [通信]ワイヤレス通信のため、IR-UWB方式(IEEE 802.15.4a)割当帯域である3.4～4.8GHz、及び7.25～10.25GHzの周波数領域における電磁波遮蔽能力、反射波抑制能力を有し、測定領域で30dB以上の電磁波遮蔽能力、吸収能力を有することとします。(なお、米国での使用も想定し3.1～10.6GHzの帯域で性能を満たすことがより望ましいです。)
- ・ 提案は、上記[給電]時の遮蔽または[通信]時の遮蔽のどちらか一方の提案でも構いません。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 本研究では、宇宙機での実証試験は含みません。

B アイデア型研究

IV. 共通技術

研究課題（14）「待機電力不要システムの研究」

【課題概要】

次世代の電子システムに対しては、IoT 社会の実現に向けて、スリープ中に電力リークが極端に少なく、バックアップやリストアのエネルギーが不要で、不慮の停電時にも速やかにシステムの再起動が可能となる、いわゆるノーマリーオフコンピューティングに対する需要が高まっています。一方、宇宙探査においては、月、火星以遠の探査のためには、エネルギー源となる太陽光が微弱な環境下で 10 年以上の長期のミッションが想定されるため、既存の技術では成立しえない低消費電力の電子システムが求められています。対象天体に到達するまでに機器を維持するための電力（待機電力）が不要とできれば、バッテリーなどの小型軽量化につながりさらに遠くの探査が可能となります。探査ハブでは、ここに着目し、地上における最先端の LSI 技術を応用して、宇宙だけでなく地上産業にもイノベーションを起こすような共同研究を目指しています。

宇宙機の CPU、メモリには、待機電力を不要とすると同時に宇宙放射線耐性が課題になり、この両方を将来実現するための技術を求めます。また、地上の低消費電力を目指したシステムも自然放射線が課題となり、電力削減と放射線耐性を両立させることが重要な課題となっています。

このような背景を念頭におきつつ、将来の宇宙機の待機電力不要システムを実現するための地上の最先端技術を活用した待機電力不要システムの提案を求めます。本課題では、提案者側で開発済み/開発中の CPU をベースに対放射線性、環境耐久性などを評価し、宇宙での実用可能性の目途を付けることまでを研究の範囲とします。宇宙機への搭載実験は本研究には含みません。

【研究目標】

- ・ 既存の待機電力不要システムの放射線耐性を中心とした信頼性評価を行います。
- ・ ここで「待機電力不要システム」とは不揮発性ロジックや不揮発性キャッシュの技術によって電力を使用せずにシステム内のレジスタ情報やキャッシュ情報を保存できる集積回路、すなわちCPUやマイコンを指します。

- ・ また「既存」とは、上記不揮発性ロジックや不揮発性キャッシュの技術を用いてマイクロコントローラやマイクロプロセッサ等のシステムを作成し安定的に動作させることができた実績があることを指します。
- ・ 「放射線耐性評価」については、具体的には、ガンマ線、粒子線耐性を評価します。
- ・ また「電力を使用しない」とは、そのCPUやマイコンの待機電力が概ね $1\mu\text{W}$ 以下とします。
- ・ 動作時性能として、動作周波数50MHz以上（目標100MHz）を達成する見込みがあるものとします。動作時消費電力は $100\mu\text{W}/\text{MHz}$ を超えないものとします。
- ・ ただし、上記要求（待機電力、動作速度、動作時消費電力）を満たさずとも、著しく優れた特徴（動作速度、消費電力、製造方法など）を持つものについては、応募を妨げません。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 放射線試験についてはJAXAが支援します。

B アイデア型研究

V. 民生ロボット技術

研究課題（15） 「小動物飼育タスクを支援するハンド技術」

【課題概要】

■「きぼう」での実験成果の最大化を目的に、クルーが行う様々なタスクの内、汎用作業をロボットで代替することを考えています。中でも小動物飼育実験は相当割合のクルータイムを要しているため、その実験に必要となる一連の汎用メンテナンスタスク*を遠隔で実行可能なヒトサイズのロボット技術は、「きぼう」での実験効率化に資すると共に、将来有人探査にも利用可能なロボット技術です。

* 蓋の開閉、装置への給水・給餌・糞掃除、装置の着脱等（詳細は添付1）

■ 少子高齢化の課題に直面する我が国でも、高齢者や障害者を支援するロボットや、専門家（医者や作業習熟者）が出張することなく僻地で作業可能な制御技術は導入の途に着いたばかりです。掴む、つまむ、回す、感知するといった人では当たり前前の汎用動作を実行可能な人サイズのハンド技術、更にはそれを遠隔地で実行する制御技術の研究は、豊かな社会の実現に資する活動です。

【研究目標】

- ✓ 民生ロボット技術をベースに、JAXA有人宇宙技術部門の保有する小動物飼育実験装置地上品（「きぼう」船内模擬フィールド）でタスク評価を行います。
- ✓ ①タスクを実行可能なマニピュレーション技術、及び／若しくは②それらを実通信環境（通信帯域と通信遅れ。環境はJAXAにて整備。）で実現するための技術、を募集します。
- ✓ 識別された技術課題について、解決に向けた対応計画を策定します。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・地上からの遠隔制御方式を前提とする場合は、マニピュレーション技術（上記①）に加え、実通信環境下での制御技術を合わせた提案が望ましいですが、マニピュレーション技術のみの提案も可とします。
- ・宇宙用ロボットの具体的なイメージ例として別紙2を挙げますが、本提案では技術ギャップ（別紙1）を解決する提案を募集します。

- ・尚、本 RFP では宇宙での実証試験は含みません。

小動物飼育装置に関わる汎用タスク

[タスク1] ドアオープン／クローズ

- ・小動物飼育装置の入る実験ラックのドアについて、ベルクロをはがしてハンドルノブを 90 度回転させてロックを解除する。
- ・ドアを開く。
- ・閉めるのは逆手順。

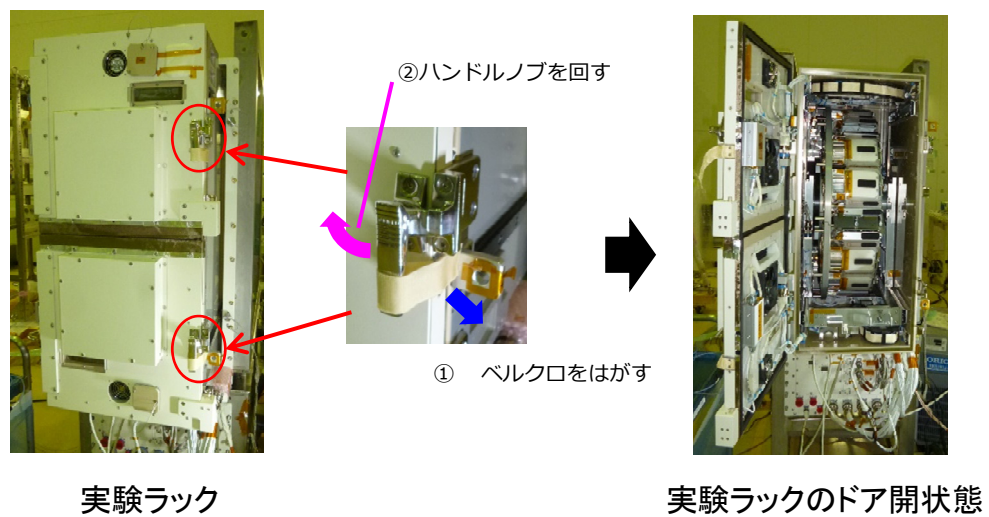
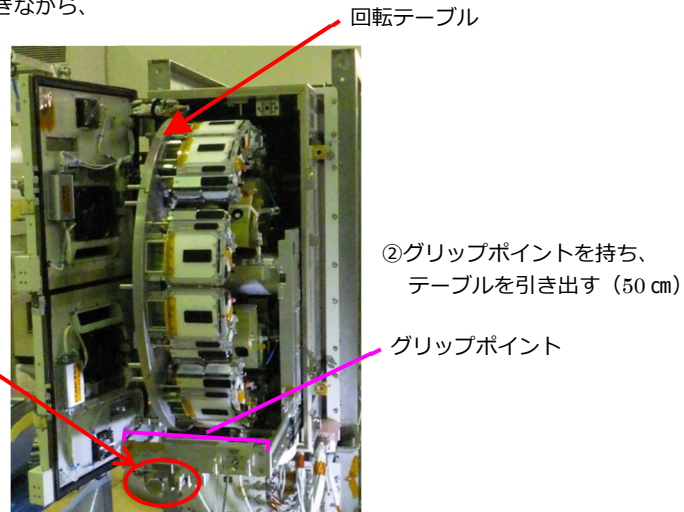
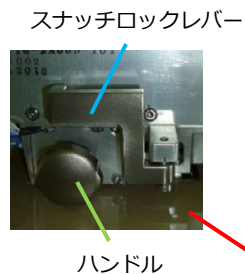


図1 ドアのオープン／クローズ

[タスク2] テーブル引出しと位相固定

- ・小動物飼育装置のスナッチロックレバーを引張りながらハンドルを半回転させる。
- ・グリップポイントを掴んで、小動物飼育装置の回転テーブルを手前に 500[mm]程度引き出す。
- ・片方の手(右手)で回転テーブルを回転させて位相を調整しながら、反対の手(左手)で左下にあるストップノブを矢印方向に操作して回転テーブルをロック(固定)する。

- ① スナッチロックレバーを引きながら、ハンドルを半回転



- ③ テーブルを回転させて位相を調整

- ④ストップノブを矢印方向に動かす。

- ⑤テーブルピンをロックする。

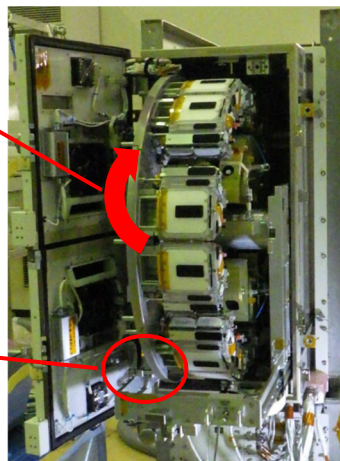
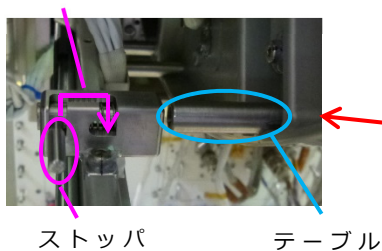


図2 回転テーブルの引き出しおよび位相固定
(写真は、大型の小動物飼育装置)

[タスク3] 飲料水タンクへの水補給

(ハードウェア形状は機微な情報のため、写真割愛)

- ・小動物飼育装置の取り付けられているそれぞれの小動物飼育箱(10 cm × 10 cm × 20 cm程度の大きさで 1~2 kgの重さ)に対し、給水シリンジ(全長 15 cm程度)の樹脂製プラグ(P1 と J1)を接続(半回転分、ねじ込む)
- ・プランジャーを押して、それぞれの小動物飼育箱に水を補給する。

[タスク4] 水ゲル挿入 (ハードウェア形状は機微な情報のため、写真割愛)

- ・小動物飼育箱の窓カバー(プラスチック製。大きさ 5 cm程。)のベルクロを剥がし、窓カバーを取り外す。
- ・窓を反時計方向に $3+1/4$ 回転ほど回して取り外す。
- ・水ゲルを挿入し、上記同様、 $3+1/4$ 回転ほど時計回りに回転し固定する。

[タスク5] 給餌箱の交換 (ハードウェア形状は機微な情報のため、写真割愛)

- ・小動物飼育箱のラッチ(2 か所)を同時に 15[mm]程度スライドさせて、給餌箱のロックを解除する。
- ・空の給餌箱を外す。
- ・餌の入った給餌箱を取り付け、ラッチを掛ける(上記と逆手順)。

[タスク6] 交換対象の小動物飼育箱の脱着

- ・交換対象の小動物飼育箱を掴んだ状態でレンチでネジを緩めて、回転テーブルから取外す。
- ・新たな飼育箱を取り付ける。取付時は、コネクタの勘合に注意する。

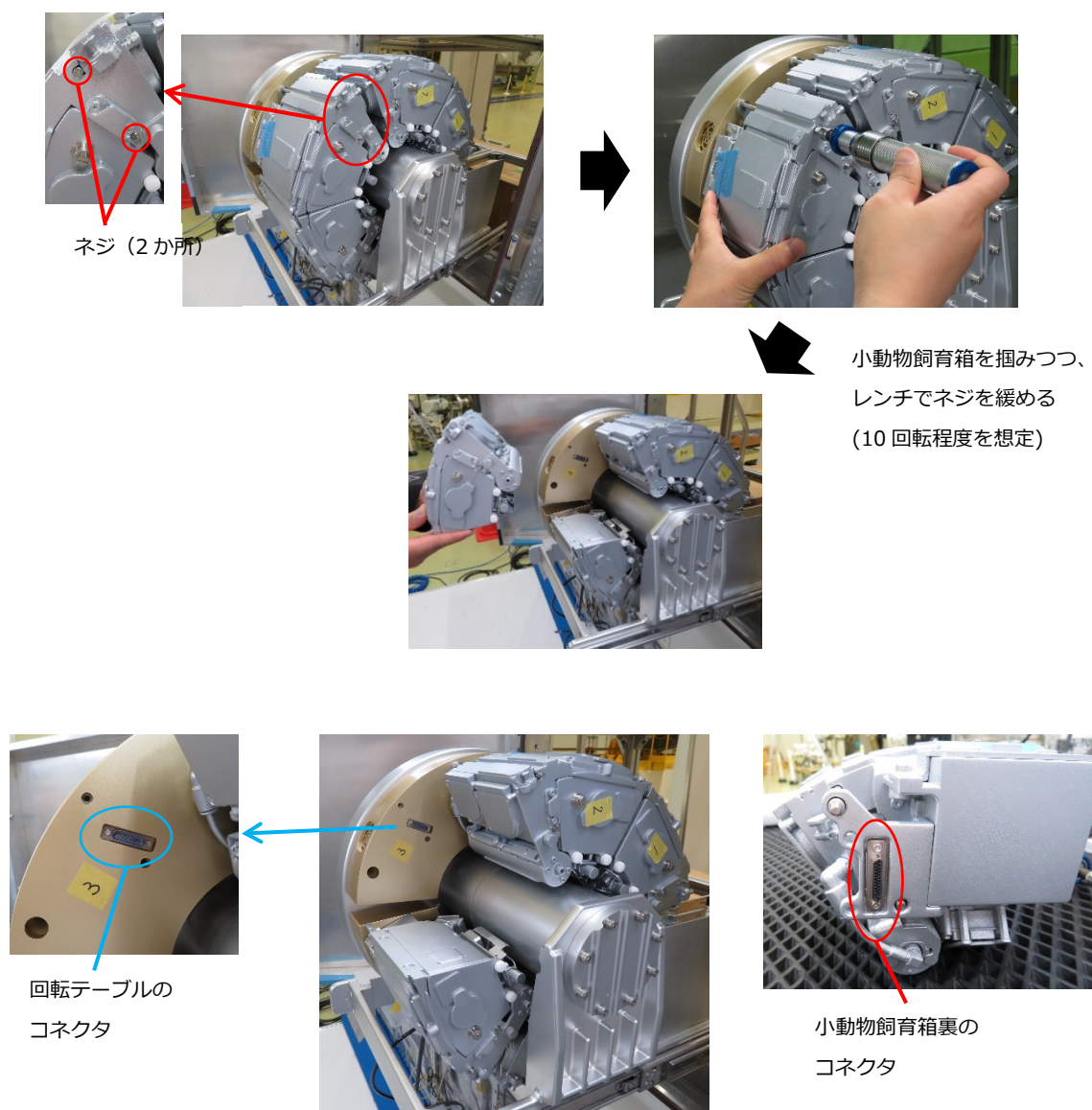


図3 ターンテーブルと小動物飼育箱のコネクタ位置
(写真は、小型の小動物飼育装置)

[タスク7] 回転テーブル収納

- ・左右スライドにあるラッチ(サイズ:1 cm×2 cm)を同時に上方あるいは下方に 3[mm]程度スライドさせて、回転テーブルのロックを解除する。
- ・グリップポイントを 500[mm]程度押して、回転テーブルを収納。

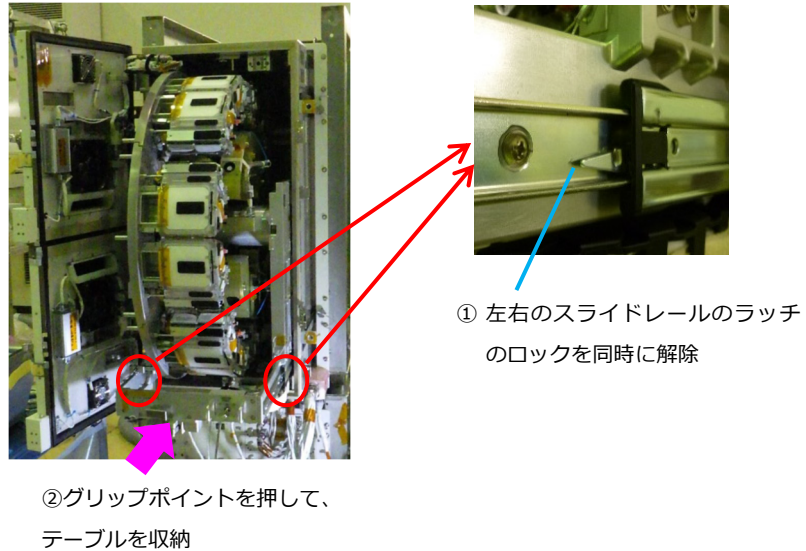


図4 回転テーブル収納時のラッチ

(参考) 船内ロボットに求める機能・性能と技術課題

【機能・性能への要求】

➤ 軽量・コンパクト

運搬性に優れており、ロボット基部の位置変更などが容易であることが必要。

➤ 手先の器用さ

マウス居住ユニット着脱時のネジ締結／緩め等、手先の器用さが必要。

多指型のグリップやハンドを採用することで実現可能性が高い。

➤ 双腕

船内タスクでは、ワークを押さえつつ、ネジを緩めるなどの双腕タスクを必要とするものがあるため、双腕タイプが必要。

➤ 安全性

宇宙飛行士や周囲環境と干渉しても、ロボット・干渉相手ともに損傷しないこと。

【技術課題】

これまでの市場調査や検討結果から、上記機能・性能を満足させるにあたっての技術課題（ギャップ＝求める技術）は以下と考えている。

（要件１）人サイズでありながら、モノを把持・固定した状態でラッチを外す、或いはネジを締結する人並みの機械的自由度／制御性／駆動力を有すること。

（要件２）自律的な状況認識とコンプライアンス制御の能力を有すること。

（例：人の操作無しで自律的にピンをホールに挿入、等）

【参考】

（要件１）の機能を満たす可能性のあるロボットとして、KINOVA 社の超軽量多関節ロボットアーム JACO2（写真）を双腕で使用するという案がある。JACO2 は介護用ロボットアームで開発されており、メインフレームにカーボン素材を採用することで、軽量且つメカコンプライアンスによる安全性を実現している。ロボットの制御基板はロボットフレーム内部に収納されているため、コンパクトで運搬性も非常に高い。加えて、消費電力が非常に小さい点（ピーク 100[W]、平均 25[W]）も宇宙適用の際に魅力がある。



表 1 JACO2 仕様

動作自由度	6
グリップパー	3 指
本体重量[kg]	5.2
最大可搬重量[kg]	1.6(操作中心領域) 1.3(アーム伸長時)
グリップ最大把持力[N]	25
最大リーチ[mm]	984
アーム材質	カーボンファイバー
供給電源[VDC]	18～29
消費電力[W]	25(平均) 100(ピーク) 5(スタンバイ)
ホストインターフェース	USB2.0、Ethernet
動作温度範囲[°C]	-10～40
対応プラットフォーム	Windows、Linux、 ROS/C++

本研究では、JACO2 と同等の重量、消費電力を持つ単腕ロボットアームをベースとした双腕型のロボットで、多指グリップ等の器用なエンドエフェクタを搭載したロボットが候補となると考えられる。表 2 に船内ロボットへの要求仕様（目標）をまとめる。この目標仕様を参考に応募された技術の絞り込みを行う予定である。

表 2. 船内ロボットへの要求仕様（参考目標）

総重量[kg]	10
可動領域	成人の腕と同等の可動領域を確保すること。
供給電源[VDC]	18～29
電力[W]	50(平均) 200(ピーク) 10(スタンバイ)
ロボット形態	双腕
エンドエフェクタ形態	多指ハンド

B アイデア型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（16）「重力再適応のための経皮的ノイズ前庭電気刺激

（nGVS）による前庭機能低下の予防と機能改善」

【課題概要】

前庭系は可塑性が強く、地上と異なる重力環境ではその機能が変化すると考えられています。この可塑的变化が、宇宙飛行に伴う種々の医学的問題（平衡機能障害、起立性低血圧、筋量・骨量減少）に関与している可能性があります。

一方、地上において、健康な高齢者に対する外部からの非侵襲的な経皮的ノイズ前庭電気刺激（Noisy Galvanic Vestibular Stimulation：nGVS）により平衡機能が改善したとの報告があり、活用が期待できます。

従って、この nGVS により前庭機能低下を予防することで、重力再適応時のこれら医学的問題を軽減できる可能性があります。

このため、前庭機能をその構成要素ごとに非侵襲的に調べる方法も用いて、機能低下に対する予防対策（nGVS）を検証します。

【研究目標】

- ・ nGVS により、前庭機能低下が予防できるかを検証します。
- ・ nGVS による前庭機能低下予防プロトコルの最適化を行います。
- ・ 前庭刺激装置の小型化を検討します。

最終的には、重力再適応時の医学的問題の改善につなげます。

【研究資金／期間】

最大総額1000万円以下／最長2年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 本研究開発計画では、宇宙実証の手前までを対象とします。
- ・ ヒト対象研究では、JAXA 内の倫理審査委員会で審査します。

B アイデア型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（17）「人工筋肉などを用いたフィジカルインターラクション

システム(リハビリ支援装置、筋力トレーニング装置)の研究」

【課題概要】

微小重力環境下に宇宙飛行士が滞在した際に生じる課題として、前庭機能の低下、筋量低下、骨密度低下等、数々の課題が存在します。さらに長期間微小重力環境に適応したのち、介助者なしで月面や火星表面の重力に再適応しなければならないという課題があります。宇宙探査においては搭載物の小型・軽量化も重要となります。

そこで、重力再適応時のリハビリ支援にも、微小重力下での筋力トレーニングにも、どちらにも使用可能な装置を実現できれば、非常に効果的となります。宇宙飛行士が宇宙機の中で使用することを想定し、十分な安全性も必要となります。

人工筋肉(伸縮系動力源)の使用は、モータに代表される回転系動力源に比して、軽量高出力でヒトの筋骨格の駆動方式に近いことから、身体との親和性が非常に高い、また、伸縮の限界が容易に設定できるため安全制御がしやすい、というメリットがあります。

また、地上の介護・リハビリ・トレーニングの現場で活用できます。

【研究目標】

- ・ 人工筋肉などを用いた、ヒトが装着し(ウェアラブル)リハビリ支援にも筋力トレーニングにも使用可能な装置の概念設計、試作を実施します。
- ・ 重量10kg以下を目指します。
- ・ 有人宇宙機搭載品に求められる安全基準(ISSと同等とする)を満たす安全制御システムの実現を目指します。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 重力再適応時の動作支援及び、微小重力下での筋力トレーニングにおける宇宙医学にかかる専門的な助言はJAXAが行うこととします。
- ・ 有人宇宙機搭載品に求められる安全基準はJAXAから提供します。

B アイデア型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（18）「シンバイオティクスによる健康維持対策」

【課題概要】

宇宙環境下では、骨量減少、免疫や代謝、精神心理の機能低下の健康リスク対策や放射線被ばく影響の低減策が求められています。宇宙飛行士や地上の高齢者の免疫、代謝機能低下は、腸内細菌叢の変化と関連することが報告されており、その対策としてプロバイオティクス（有益な菌）やプレバイオティクス（有益な菌の増殖を増進する食品成分）を用いた腸内細菌叢の改善が注目されています。最近では、プロバイオティクスとプレバイオティクスを組み合わせ、腸内細菌叢をより効果的に改善するシンバイオティクスも使用されています。シンバイオティクスは健常者の健康維持や高齢者免疫、代謝機能の低下対策だけでなく、高度侵襲外科手術を受けた患者の感染合併症の予防にも使用されています。

このような背景から、安全性の高いプロバイオティクスとプレバイオティクスを組合せ、宇宙環境で生じる種々の健康リスクの低減を図ります。さらにこのシンバイオティクスが地上の特殊環境に曝された患者等（例えば、放射線治療を受けた方など）の対策に有効であることを期待し、検証します。

【研究目標】

- ・ 安全性が高く、エビデンスの確立されたプロバイオティクスとプレバイオティクスにより、宇宙における健康リスク（骨量減少、免疫や代謝、精神心理の機能低下、放射線障害 等）を低減できる可能性を有する組合せ及びその効果が最大化すると考えられる処方を選定します。
- ・ シンバイオティクスとして投与した場合の放射線影響低減効果を重粒子線またはX線を照射したマウスで検証します。

【研究資金／期間】

最大総額700万円／最長3年以内

B アイデア型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（19）

「宇宙飛行時の宇宙放射線被ばく線量評価方法の最適化検討」

【課題概要】

月・火星圏での有人活動は、地球磁場による宇宙放射線シールドを期待できず、ISSと比較してもミッション期間が長期化することから、より高精度な宇宙飛行士の宇宙放射線被ばく線量評価が求められます。

国際宇宙ステーション（ISS）においては、計測器により計測された吸収線量を計算で人体影響を評価しうる防護量に変換して線量評価を行っていますが、その方法が最適な計測と計算の組合せかどうかは十分検証されておりません。

このような背景から、人体影響を評価しうる防護量を求めるために最適な計測と計算の組合せの検討を行います

それらの技術は、宇宙飛行士の健康管理に役立つのみならず、宇宙旅行が実現した際の一般旅行者の健康管理にも活用できます。

【研究目標】

- ・ 宇宙放射線環境モデルの精度、放射線輸送計算の不確かさ、放射線計測器の計測精度等を要素として、太陽フレア等の有無や太陽活動度の違いも考慮することにより、最適な計測システム（環境モニタと個人線量計の両方が必要なのかどうかの検討も含む）と当該計測データによる線量算定方法の組合せ（すなわち、最適な線量評価方法）の検討を行います。本検討の結果、計測システム及び算定システムそれぞれの要求仕様が明確になることを目指します。
- ・ 検討にあたっては、火星探査での使用を見据え、計測寿命3年以上、軌道上で線量が把握できる（地上回収不要の）システムとすることを目安とします。

【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 場合によっては、JAXA よりチーム編成をお願いすることがあります。

- ・ 宇宙医学にかかる専門的な助言は JAXA が行うこととします。

B アイデア型研究

VI. 医療／健康管理技術

研究課題（20）「医薬品を用いた、放射線被ばくによる骨髄抑制対策」

【課題概要】

宇宙環境下では放射線被ばく、筋量や骨量の減少などの健康リスク対策が求められています。特に骨髄抑制は、ミッション中の宇宙飛行士に起こりうる宇宙放射線障害と考えられ、その効果的な治療法の確立は、有人宇宙機の放射線遮蔽設計を進める上で重要な位置を占めていると考えられます。

骨髄抑制はがんの放射線治療や化学療法でも生じ、主な治療薬として G-CSF（ヒト顆粒球コロニー形成刺激因子）が使用されていますが、長期ミッションに耐える保存性を有していません。

このような背景から、保存性に優れた医薬品を用いて、放射線被ばくによる骨髄抑制対策を図ります。本テーマでは微小重力下でも服用しやすい、飲みやすさに配慮した剤型を検討し、嚥下機能の低下したがん患者の服用にも役立てます。

【研究目標】

- ・ 既に放射線（X線または γ 線）による骨髄抑制への効果がエビデンスとして確立された薬剤が、宇宙放射線による骨髄抑制に有効であるかを検証するため、重粒子線を照射したマウスで検討を行います。
- ・ 打上や軌道上での保存性、微小重力下での服用に適した、飲みやすい剤型について検討します。

【研究資金／期間】

最大総額500万円／最長3年以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 研究の遂行にあたり、JAXA よりチーム編成をお願いする場合があります。
- ・ 宇宙放射線に係る生物影響への助言は JAXA が行います。

B アイデア型研究

研究課題(21)「TansaX チャレンジ研究」(特別枠)

【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、技術革新を狙っています。
- ・ 今回は、特別枠として、宇宙探査およ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】

最大総額300万円以下／最長1年以内

