

第12回RFP(2024) 募集課題 (1/2)

資料 1

※期間・研究費は上限

システム型課題 2課題

No	研究領域	研究課題	期間 (ヶ月)	経費 (千円)	関連するSDGs 目標
01	次世代エネルギー (ノード&グリッド)	24GHz高効率大電力伝送システムに適用するスイッチングコンバータ及び高効率受信アンテナアレイと受電電力最大合成の研究	36	40,000	  
02	次世代エネルギー (ノード&グリッド)	月面固定型スマート太陽電池タワーシステム	36	70,000	  

【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、特に記載されている場合を除き、そのうちいずれかの要素を満たす提案でも構いません。
- 過去の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、研究費額を調整することがあります。
- 採択内定後、JAXAと研究体制を構築していただきます。このとき、JAXAより体制を提案することがあります。
- 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。

第12回RFP(2024) 募集課題 (2/2)

※期間・研究費は上限

ゲームチェンジ型課題 4課題

No	研究領域	研究課題	期間 (ヶ月)	経費 (千円)	関連するSDGs 目標
03	次世代モビリティ	生成AIによる自然言語インタラクションを通じた複数台運搬ロボットの協調行動生成	12	5,000	
04	次世代モビリティ	月面/火星探査ローバーや深宇宙探査機での高精度・低消費電力・リアルタイムな自己位置推定機能	24	10,000	
05	アセンブリ&マニピュ ファクチャリング	月面サーマルマイニングに向けた低温ガス吸着回収技術の開発	24	10,000	
06	ハビテーション	AIを活用した月・火星探査に向けた宇宙天気予測技術の開発	24	10,000	  

【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、特に記載されている場合を除き、そのうちいずれかの要素を満たす提案でも構いません。
- 過去の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、研究費額を調整することがあります。
- 採択内定後、JAXAと研究体制を構築していただきます。このとき、JAXAより体制を提案することがあります。
- 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. システム型

次世代探査コンセプト領域：次世代エネルギー(パワーノード&グリッド)

研究課題(01)

「24GHz 高効率大電力伝送システムに適用するスイッチングコンバータ及び高効率受信アンテナアレイと受電電力最大合成の研究」

【最終的な目標】

実施中の RFP10「地球と宇宙で使える 24GHz 高効率大電力伝送システム(WPT)及び新規 GaN 系整流素子の開発」で創出する高効率整流技術と整合させつつ、24GHz 帯高効率・軽量 WPT システム構築のため、高効率デバイスを適用したコンバータの検討、アンテナと整流器の高効率な結合、受電部電力出力の合成技術等を導入し、試作を含むフェージビリティを検証する。

【背景／解決すべき課題】

本研究のアウトプットは、別途研究する月面の太陽電池タワーと将来的に組み合わせ、電力供給システムの一部をなす。

このためには、現在検討の遅れている以下の課題を検討する必要がある。

- ・RFP10 研究では送信側の半導体デバイスに 5.8GHz 帯のデバイスの適用を前提とし、24GHz 帯に対してはマグネトロンを使用する研究であるところ、電力ロスを減らすため 24GHz 帯で使用できる高効率なデバイスとコンバータ技術が必要である。
- ・受電側では RFP10 研究で採用した GaN GAD 整流器とアンテナを高効率で整合させ、かつ軽量のレクテナとする技術が必要である。
- ・また受電側で配置するアンテナアレイの各アンテナでは受電電力強度によって整流出力が不均一なところ、最大電力を取り出すための電力合成技術を編み出すことが必要である。

【共同研究における目標】

最終的に月面での距離 100m、伝送効率5%の技術獲得を目指し、研究終了時点で以下の仕様の BBM 相当の試作を含みシステムの原理確認をするとともに実証へ向けた課題を明確にする。なお課題には耐放射線性の確保など機能面以外の課題の識別も含む。

周波数:24GHz 帯

電力:数 10W 級

送信電力密度:20mW/cm² 級

送電局質量面積比:5g/cm² 級

受電局質量面積比:1g/cm² 級

なお、本技術は、地上での無線電力伝送技術の社会実装を想定し、地上技術を可能な限り活用することを念頭に、法制化と歩調を合わせつつ進める。

また、別途実施する太陽電池タワーのシステム型研究に対して本研究のアウトプットとして IF(電力(電圧・電流等))を提示する。

【JAXA 側の共同研究分担内容(予定)】

- 月面運用を想定したフルスケール無線電力伝送システムのシステム設計
- スケールダウン試作機の仕様検討、システム設計の協力
- 月面運用を想定した運用環境の解析検討、材料等制約の設定
- スケールダウン試作機およびフルスケールモデルの全体性能評価

【研究資金／研究期間】

40,000 千円/3年

【本研究実施上の留意事項】

特になし

A. システム型

次世代探査コンセプト領域：次世代エネルギー(パワーノード&グリッド)

研究課題(02)

「月面固定型スマート太陽電池タワーシステム」

【最終的な目標】

太陽エネルギーを電気に変換し、月及び将来的には火星探査で電力を必要とする機器・ミッションに対してニーズ・優先順位に合わせた必要に応じて送電・蓄電するスマートなシステム・サービスの構築を目指す。

【背景／解決すべき課題】

個別の具体的なミッションに対する太陽電池タワーの技術検討はこれまでに行われているが、10年～20年後の本格的な月から火星への探査において共通的なインフラとなる電力供給システムの検討が必要である。安定した電力を高利用効率・高自由度で供給し、システムの拡張において省力であるためには、軽量の構造の発電機能に加えて電力量や電力需要・優先順位に合わせた蓄電や有線/無線での送電先をインテリジェントに制御できる機能を持つ「スマート太陽電池タワー」のシステムが強く求められる。

またこのスマート太陽電池タワーをシステムとして軽量・小型(収納時)・低コストで実現するため、太陽電池部位には、既存の宇宙用太陽電池に比べて低コストで軽量フレキシブルな太陽電池シートの適用性を持つ必要がある。

【共同研究における目標】

輸送時はコンパクトに収納しておき、現地に到着後、月面に固定して大面積な軽量薄膜フレキシブル太陽電池を10m程度の高さに展開し、太陽方向へ回転追尾する太陽電池タワーの軽量小型化検討に加え、電力を必要とするユーザー(プラント、各種ローバ)に優先順位に基づいた有線・無線への送電、並びに蓄電池への電力供給を自己判断により制御する太陽電池タワーを目指す。

システムには低コストで軽量フレキシブルな太陽電池シートの採用を前提とし、太陽電池の展開は機構の簡素化のため重力を利用したものとする。

タワーは並列接続により協調動作が可能で、電力を融通して送電・蓄電が可能なシステムを前提とする。

研究終了時点で以下の構造設計・電気設計・IF 検討・BBM モデルの試作を含みシステムの原理確認・評価を行うとともに実証へ向けた課題を明確にする。

供給電力量:

数 kW (タワーの並列接続により数 10kW, 数 100kW へ拡張可能)

機構:

月面固定機構(斜面設置も考慮)

展開機構(高さ 10m 程度)

太陽追尾機構

重量効率:

太陽電池アレイ単体 150W/kg 以上

支持構造・展開機構含めて 80W/kg 以上

スマートシステム化:

タワー拡張性(電力融通)

有線・無線送電・蓄電(電力供給先)の自律判断制御

【JAXA 側の共同研究分担内容(予定)】

- 宇宙適用にあたっての太陽電池タワー構造及び機構部の小型軽量化及び材料選定の設計協力
- 発電機能(太陽電池)に関する仕様検討、ペロブスカイト太陽電池の採用を視野に入れたインタフェース条件の検討
- スマート電力制御の仕様設定・実現方法の設計協力・評価、無線電力伝送システムとの結合を視野に入れたインタフェース条件の検討

【研究資金／研究期間】

・最大 70,000 千円/最長3年

【本研究実施上の留意事項】

- 革新的な要素技術を持つ組織同士の連携が不可欠なテーマであり、システムメーカーと要素技術メーカーでの連携を前提とする。

B. ゲームチェンジ型

次世代探査コンセプト領域：次世代モビリティ

研究課題(03)

「生成 AI による自然言語インタラクションを通じた複数台ロボットの協調行動生成」

【最終的な目標】

日本の国際宇宙探査シナリオ(案)で示されるような推薬生成プラントをはじめ、拠点の建設において建機や運搬機を地上から遠隔操作する際に、人の素早い柔軟な状況判断による遠隔指示を理解しつつ臨機応変で自律的な協調行動できる複数台ロボットの自動制御を実現する。

【背景／解決すべき課題】

建設機械やレゴリス運搬機は、路面状態や地質が状況によって変わりうるなか、自動自律的に動作する必要がある。課題としては複数台の建設機械やレゴリス運搬機それぞれに対する動作定義を事前に設定しておくだけでは、想定していない状況・事故の際に人の素早い柔軟な状況判断による遠隔指示に臨機応変に対応することができないことや、急遽派遣されてきた追加支援の建設機械/レゴリス運搬機が他の機械と協調して自律動作することが難しいことが挙げられる。

そこで本研究では、最新の生成 AI による自然言語インタラクションによる遠隔操作と自動制御を融合することで、人の素早い柔軟な状況判断による指示を理解しつつ臨機応変で自律的な複数台ロボットの最適な協調行動を生成する。

【共同研究における目標】

(1) 最新の生成 AI による自然言語インタラクションを通じた複数台ロボットの最適協調行動生成技術の開発

人間との会話(自然言語によるハイレベルな目的提示、継続的なインタラクション)を通じて複数台ロボットの動作プログラムを動的に AI に生成させる技術(事前に設計した動作プログラムから状況に合わせて最適な動作プログラムを選択ではなく、0 から新しく動作プログラムを動的に生成)を開発する。

これにより、人間による動作指示の容易化だけでなく、月面等での予期されない事象も含む様々な環境変化に対応可能な複数台ロボットシステムを実現する。

(2) 相模原キャンパス宇宙探査フィールドで複数台ロボット(3 台以上)のデモ実証

複数台のレゴリス運搬機でのユースケースを想定し、一定の動作後想定していなかった事故が起きた際に、人間との会話を通じて急遽派遣されてきた追加支援のロボットが他のロボットと協調して自律動作することを実証する。

【JAXA 側の共同研究分担内容(予定)】

- デモ実証のシナリオ作成とデモ評価方法の策定。また、本技術の宇宙応用先の具体化。

【研究資金／研究期間】

・5,000 千円／1年

【本研究実施上の留意事項】

- 検証に使用する複数台ロボット(3 台以上)は提案者が準備するものとする。
- 相模原キャンパス宇宙探査フィールドで複数台運搬ロボットのデモを行う(デモの内容は JAXA と共同で詳細化する)。

B. ゲームチェンジ型

次世代探査コンセプト領域：次世代モビリティ

研究課題(04)

「月面/火星探査ローバーや深宇宙探査機での高精度・低消費電力・リアルタイムな自己位置推定技術」

【最終的な目標】

将来の月面/火星探査ローバーや深宇宙探査機の自動運転を実現するための自己位置推定機能(緯度経度方位情報等)を高精度・低消費電力・リアルタイムで実現する。特に最新の AI 技術を用いることで、GPS も必要無くカメラ 1 台のみで実現しさらに月面から火星及び深宇宙まで統一的に扱える自己位置推定のフレームワーク(AI 機械学習モデルを再学習するだけで対応でき、ソフトウェアとハードウェアは共通)を実現する。

【背景/解決すべき課題】

現在の探査機の自己位置推定では、天測航法/慣性計測装置(IMU)/地形マッチング/周回衛星ナビゲーション/地上管制との通信など様々な情報を組合せ人手でカスタマイズしながら行っているため非常に開発課題が多い。

(1) 天体上空からの撮像画像の位置特定

観測した対象の位置(例えばカメラで撮影した場所の緯度経度)を特定するためには、Stereo Photoclinometry 法などの手法を用いて観測場所の位置が計算される。しかし、低高度での観測時は探査機の位置や姿勢がずれてしまうことがある。このとき画像間の特徴点マッチングを行うことで精度が悪い画像の緯度経度を補正することができるが、画像同士の解像度や種類が異なる場合やクレーターのよう特徴的な形状が無い場合マッチングが上手くいかないことが多い。そこで、異なる解像度や種類や特徴的な形状が無い画像同士のマッチングを実現し、3D モデル情報等を利用して自己位置を再度求めることを目指す。

(2) 着陸後の月面/火星探査ローバーの位置推定

GPS が使えない月面/火星での探査ローバーの自己位置を推定するためには、ローバーに搭載されたカメラ 1 台だけで実施することができる地形マッチングが有望である。地形マッチングは事前に周回衛星などで地形を測定した数値標高モ

デル(DEM)でシミュレーションされた画像と探査ローバーに搭載されたカメラ画像とをマッチングする必要があるが、現状はマッチングに適した画像形状(地平線や稜線や崖やクレーターなど)をロバストに抽出することに課題がある。また、火星環境は月面と異なり大気があるために、砂塵などによるノイズがカメラ画像に発生してくる課題もある。こういった異なる画像に対して、不変的なマッチングに適した形状の自動抽出技術が求められる。

(3) 低消費電力エッジ AI チップ上でのリアルタイム自己位置推定処理

上記の(1)(2)の位置推定処理を、観測対象によって AI 機械学習モデルを再学習するだけで対応でき、ソフトウェアとハードウェアは共通化を目指す。そして、低消費電力エッジ AI チップ上でリアルタイム処理を実現するためには、AI機械学習のモデルを最適化する必要がある。

【共同研究における目標】

※下記目標値(目安)は共同研究を始める際に JAXA と共同で詳細化する。

(1) 天体上空からの撮像画像の位置特定

(目標値(目安):上空数百 m 以下で誤差 5 m/数度以下)

小惑星リュウグウ画像を用い、数百メートル以上上空で撮像した画像(緯度経度情報が精度良く付与されている)とそれ以下の高度で撮像した画像(緯度経度情報が精度良く付与されていない)同士の画像マッチングを行う。また画像間マッチングや小惑星リュウグウの 3D モデル情報から数百メートル以下の高度で撮像した画像の自己位置を再度算出する。

(2) 着陸後の月面/火星探査ローバーの位置特定

(目標値(目安):誤差 10 m 程度)

月着陸機 SLIM が着陸後撮影した画像と月面の数値標高モデル(DEM)でシミュレーションされた画像同士のマッチングを行い SLIM の着陸地点推定を評価する。また、火星探査ローバー(マーズ 2020)の着陸後撮影した画像と火星の DEM のシミュレーション画像を用いて同じ評価を行う。

(3) 低消費電力エッジ AI チップ上でのリアルタイム自己位置推定処理

(目標値(目安):消費電力数 W 以下)

(1)(2)で構築した AI 機械学習モデルを圧縮等で、市販の低消費電力エッジ AI

チップに最適化し搭載する。

【JAXA 側の共同研究分担内容(予定)】

- 上記(1)で使用する緯度経度情報を付与した小惑星リュウグウ画像の準備
- 上記(2)で使用する月面火星 DEM からのシミュレーション画像作成と月面/火星探査ローバーのカメラ画像の準備

【研究資金／研究期間】

・10,000 千円／2 年

【本研究実施上の留意事項】

- 検証に使用する小惑星リュウグウの画像、DEM でシミュレーションされた画像、月面/火星探査ローバーのカメラ画像などは JAXA から提供する。
- 市販の低消費電力エッジ AI チップは提案者が準備することとする。

B. ゲームチェンジ型

次世代探査コンセプト領域: アセンブリ&マニファクチャリング

研究課題(05)

「月面サーマルマイニングに向けた低温ガス吸着回収技術の開発」

【最終的な目標】

月面でのレゴリスのその場加熱により水を取り出すサーマルマイニングにおいて、水と共に放出されることが期待される H₂、CO、³He などの分離回収技術を開発する。放出されたガス中に含まれる水蒸気を凝縮器によって回収後、残ったガスを分別回収、利用することを目指す。これによって月面でのエネルギー生産などが期待できる。

【背景/解決すべき課題】

近い将来に想定される有人月面活動では、極地付近の永久影の月面レゴリス中に存在する水を採取し、それを電気分解することによって酸素および水素を生成・利用することが検討されている。このレゴリスからの水採取法として、光学ミラーによって太陽光を月面に集光・照射し、その熱によってレゴリスから脱着(昇華)した水蒸気をコールドトラップによって捕集する方法(サーマルマイニング)が提案されている。本手法では、月面を太陽光に対して透明なドーム状テントで覆い、テント内部に発生した水蒸気をコールドトラップに捕集する(捕集が完了したらテントを移動させる)。

レゴリス中には水の他に H₂S、H₂、CO、NH₃ など様々なガス分子が含まれることが報告されており、このうち H₂ や CO は燃料・有機化合物の合成、NH₃ は窒素源への利用など有用な資源となる可能性がある。さらに、レゴリス中に存在する重要資源として古くから ³He が注目されており核融合発電炉の燃料となることが期待されている。このようにそれぞれのガス分子は用途が異なっており分別する必要があるが、選択的にガス分子を取り出す技術は確立されていない。そこで本研究においてガス分子を選択的に取り出すシステムに向けた要素技術の構築を目指す。

【共同研究における目標】

細孔径分布を各ターゲット分子にあわせて高度に制御した吸着剤を開発し、そ

の性能を実証評価する。このため極低圧で He を吸着することができる活性炭の細孔径を理論計算にて決定し、その最適細孔径を有する吸着剤を開発する。また吸着剤は軽量、かつ熱伝導性に優れ、温度変化等に安定なものとする。なお吸着パネルの最適温度等のパラメータがある場合はそれも併せて明確にする。

本研究の中では具体的に以下を目指す。

- (1) 極低圧で He を吸着することができる活性炭の細孔径を理論計算にて決定し、その最適細孔径を有する吸着剤を開発すること。なお実証評価には 4He を使用することとし、吸着量は 4mmol/g 以上 @ 4.2 K and 10^{-6} atm を目標とする。
- (2) 開発した吸着剤の熱伝導率は $0.1\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上を目安とする。

【JAXA 側の共同研究分担内容(予定)】

- 月面での実装に向けた制約条件の提供および宇宙実証検討

【研究資金／研究期間】

10,000 千円／2 年

【本研究実施上の留意事項】

特になし

B. ゲームチェンジ型

次世代探査コンセプト領域： ハビテーション

研究課題(06)

「AI を適用した月・火星探査に向けた宇宙天気予測技術の開発」

【最終的な目標】

惑星間空間の航行、月周回および月面拠点活動において、大規模な太陽高エネルギー粒子(Solar Energetic Particle; SEP)の発生を事前予測することは、あらゆる有人・無人探査において、人体や宇宙機への安全確保を行うための重要かつ喫緊の課題である。これまでの宇宙天気は、地磁気圏内の太陽活動変動に伴う地磁気嵐や太陽嵐の事象周知しかできておらず、SEP 発生予測は行えていなかった。

本テーマを通じ、国際宇宙探査に必須な地球磁気圏外の月・火星環境の SEP 発生予測および影響予測が可能な基礎技術の検討を行い、月・火星探査に必要な宇宙天気予測システムを構築する。

【背景／解決すべき課題】

太陽フレアによる突発的な被ばく量の増大は、宇宙飛行士や宇宙旅行者への重篤な健康リスクとなる。無人探査においても、使用する電子部品の放射線耐性や長期飛行による劣化影響は大きな課題となる。地磁気圏外である月・火星探査の宇宙環境では、船外活動、運用計画の立案、宇宙実験の計画調整には、SEP の発生予測とその影響予測情報が求められる。

月・火星探査に向けた宇宙天気予測の実現のためには、SEP 発生予測の条件分析と月面や月軌道・シスルナ圏、火星圏の SEP 発生・影響予測モデルに学習させるための情報処理技術が必要となる。

本課題では、次の2つの技術課題について、段階的な開発とその高度化を目指す。

課題1: AI を適用した SEP 発生予測技術の構築と予測可能領域の拡大検討

太陽高エネルギー粒子の増加をもたらすフレアの発生条件・条件分析・最適化設計検討を行い、月面や月軌道・シスルナ圏、火星圏の予測モデルを構築する必要がある。

課題2: Artemis 計画搭載予定の放射線リアルタイムモニタリングを導入した予測精度の向上

今後 Artemis 計画に搭載される船外・船内機器や JAXA が搭載を計画している宇宙放射線リアルタイムモニタリング装置(D-Space、PS-TEPC、Lunar-RICHeS 等)の

データの導入によって、SEP 発生予測や影響予測の精度向上手法の検討を行う必要がある。

【共同研究における目標】

本共同研究を通して、各宇宙機関でどこも確立できていない SEP の発生予測技術进行研究し、月・火星探査に向けた宇宙天気予測技術の獲得に向けた課題を識別する。

(1) AI を適用した SEP 発生予測技術の構築と予測可能領域の拡大検討
過去の地磁気圏内・外の SEP 観測データ(50 件以上)を AI に導入し、気象衛星・磁気圏外探査機等の太陽高エネルギー粒子事象の発生確率および発生条件との比較を行う。

(2) Artemis 計画搭載予定の放射線リアルタイムモニタリングを導入した予測精度の向上

Artemis 計画搭載予定の JAXA 放射線リアルタイムモニタリングデータを AI で活用するための IF 検討を行う。その際、必要に応じて、月・火星宇宙天気予測に必要なデータ取得に向けた設計への提案を行う。月周回軌道のリアルタイム時系列データを導入し、30%以内の回帰予測精度の達成を目標とする。

【JAXA 側の共同研究分担内容(予定)】

- Artemis 計画搭載予定の JAXA 放射線リアルタイムモニタリング装置仕様の情報提供
- 月周回軌道等をはじめとする放射線リアルタイムデータに関する情報提供

【研究資金／研究期間】

10,000 千円／2 年

【本研究実施上の留意事項】

特になし