

第11回RFP(2023) 募集課題 (1/2)

資料 1

※期間・研究費は上限

アイデア型課題 12課題

No	研究分野	研究課題	期間 (ヶ月)	経費 (百万円)	関連するSDGs目標
01	I 広域未踏峰 探査技術	赤外線と放射線に対して高い感度を有する SOI (silicon-on-insulator) イメージングセンサー技 術の研究開発	12	10	 
02	II 自動・自律型 探査技術	自動運転シミュレーション環境の構築に向けた高品 質な大規模3次元復元技術	12	5	
03	III 地産地消型 探査技術	レゴリスを活用した高速3Dプリンティング造形技術	12	5	  
04	IV 有人宇宙探査 技術	固体酸化物型水蒸気/CO2共電解を用いた、より小 型・軽量・省電力化が可能な新規空気再生システ ムの実現性検討	24	10	
05	IV 有人宇宙探査 技術	月・火星探査に向けたリアルタイム被ばく線量モニタ リングの小型化制御技術	24	10	 
06	V 共通技術	振動型マイクロ発電モジュール及びマイクロセンサ	12	5	
07	V 共通技術	軽量薄型熱電変換素子	12	10	
08	V 共通技術	レゴリス物理蓄熱エネルギーシステム	12	5	

第11回RFP(2023) 募集課題 (2/2)

アイデア型課題 12課題

※期間・研究費は上限

No	研究分野	研究課題	期間 (ヶ月)	経費 (百万円)	関連するSDGs目標
09	V 共通技術	高密度化学蓄熱	12	5	7 
10	V 共通技術	太陽熱および熱放射エネルギーの制御技術	12	5	7 
11	V 共通技術	光無線給電用小型軽量受光モジュールの研究開発	12	5	7  9 
12	V 共通技術	革新的材料接合技術の研究開発	12	5	9 

チャレンジ型課題 1課題

13	—	TansaXチャレンジ研究	12	3	
----	---	---------------	----	---	--

【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。

アイデア型研究

I. 「広域未踏峰」探査技術



研究課題 (01) 「赤外線と放射線に対して高い感度を有する SOI (silicon-on-insulator) イメージングセンサー技術の研究開発」

【課題概要】

SOI (silicon-on-insulator) 技術を用い、高性能な放射線モニター、及び近赤外線波長帯の高量子効率の画像センサーの試作開発を行い、下記に示す将来の適用に繋がる基礎技術を確立する。

放射線モニターとして検出効率の良い二次元センサーを実現することにより、センサーを多段化することで、放射線のエネルギーと到来方向を同時にモニターすることを可能とし、時間的・空間的に多様な変化が見られる宇宙からの放射線に対して、リアルタイムで主要な放射線源を把握することが可能となり、将来の放射線防御を行う際の重要なセンシングシステムを実現する。近赤外線波長帯の高量子効率の画像センシングは、自動運転 (LiDAR) や顔認証・静脈認証にも活用可能である上に、レーザーを用いたアプリケーションにも活用が期待され、将来の事業化に寄与できる。

SOI センサーは、モノリシックなシリコン半導体デバイスで形成可能と言う優位性を有しており、デジタル変換の処理回路についてもオンチッププロセスで形成可能であり、1 チップのデバイスとして、信号変換された情報として出力可能である。これらの特長を活かし、化合物半導体などを用いた放射線モニターや近赤外線センサーと比較してコスト面で大きく優位性を持つ。さらに SOI デバイスの有する省電力特性は、惑星探査ミッションでの活用も期待され、広く宇宙開発に適用が期待される。

【研究目標】

SOI センサーの有する優れた特徴を活かし、空乏層の厚みを大きくすることで放射線モニターとして検出効率の良い二次元センサーを実現することを目指し、高性能な放射線モニターに適用可能なセンサーデバイスの要素レベルの技術の開発と評価用の素子の試作を行い、近赤外線波長帯において通常の画像センサーと比較して、優位に高い検出感度を持つことを示す。同試作素子を用いて、放射線センサーとしての検出効率を評価し、従来の化合物半導体を用いたセンサーと比較して、優れた動作特性を有することを確認する。

第 11 回研究提案募集 (RFP)

この技術の確立により、月面や Gateway での活動を目指した ARTEMIS プログラムにおいて、放射線モニターシステムを高精度・低リソース・低コストで実現し、多数のモニターセンサーの配置を実現することを目指すとともに、生体認証において高い検出感度を持つセンサーを実現し、デジタル変換の処理回路についてもオンチッププロセスで形成することにより、画像処理プロセスの負担を減らし、システム全体の高精度化に繋げる。本研究では、このデバイスの要素レベルの技術の開発と評価用の素子の開発を行い、将来の宇宙利用や事業化を可能とする技術の確立を行う。

【研究資金／期間】

総額 10 百万円以下／12 か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

なし

アイデア型研究



Ⅱ. 「自動・自律型」探査技術

研究課題 (02) 「自動運転シミュレーション環境の構築に向けた高品質な大規模3次元復元技術」

【課題概要】

将来の月面探査ローバーや建設機械の自動運転用画像認識機能を開発していくためには、画像認識の学習データ生成や性能評価が可能なシミュレーション環境を構築していく必要がある。

シミュレータにおいて実世界におけるカメラなどのセンサ出力を再現するためには、光学的な反射や透過などの物理的特性をシミュレートする必要があり、技術的・コスト的にも非常に難易度が高いものとなる。また、地上における自動運転車や自律移動ロボット開発のための現実の大規模な走行環境シミュレータを構築したとしても、その経年変化に合わせて更新していく必要があり、これにも非常に大きな時間・金銭的成本が発生する。

そこで、実走行で得られる様々な視点から撮影された複数の写真等から AI 技術を使って、光の反射や透過などの物理的特性や複雑なジオメトリを再現した自由視点映像を生成できる高品質大規模3次元復元技術を開発する。そして、自動運転シミュレーション環境(画像認識の学習データ生成や性能評価)の構築を目指す。

【研究目標】

- ・実走行から得られるカメラやLiDARのデータ等(*1)からAI技術を使った3次元復元技術(3次元形状モデルの誤差一桁cm、カメラ画像と比較して定性的違和感のないテクスチャ(*2))を開発する。

- ・地上の大規模な走行環境場所(数km四方の広さ(*2,*3))にてカメラやLiDAR等を搭載した車両(*3)を用いた測定を行い、シミュレーション環境の構築(*4)を行う。

- ・構築したシミュレーション環境を使って、カメラ画像を使った物体認識のための学習データ生成と画像認識性能評価(*1)を行う。

【研究資金／期間】

総額5百万円以下／12か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- (*1)GPS/GNSS のデータは利用しないことを前提とします。
- (*2)要求仕様は、ユーザニーズを踏まえて JAXA と共同で詳細化することとします。
- (*3)測定に使用する地上の大規模な走行環境場所やカメラ/LiDAR 等を搭載した車両などは、原則として提案者が準備することとします。
- (*4)使用するシミュレーション環境は、原則として提案者が準備することとします。

研究課題 (03)

アイデア型研究



Ⅲ.「地産地消型」探査技術

研究課題(03)「レゴリスを活用した高速 3D プリンティング造形技術」

【課題概要】

- ・ 月や火星を拠点とした探査活動において建設資材や消耗品、各種部品や工具などの調達は、できる限り現地にある天然資源やリサイクル材を活用することが望ましいと考えられています。これらの資源を活用した現地製造方法の一つとして、3D プリンタ等の積層造形技術が期待されています。
- ・ 積層造形には型枠(金型など)が不要という利点がある一方で、使用可能な原料に限られる、エネルギー効率が悪い、そして造形速度が遅い等いくつかの課題も指摘されています。
- ・ 以上のことから、本研究課題では現地の資源であるレゴリスを活用して必要な資材を高効率に生産する新たな造形技術の創出を目指します。

【研究目標】

- ・ 本研究課題では、従来の造形技術の課題を解決するとともに、新たな特徴を有する造形技術の獲得を目標とします。
 - 月面の資源であるレゴリスを原料として3Dプリンティングによる造形を行うことができる
 - これまでの3Dプリンティング(印刷速度およそ30～100mm/s)よりも高速造形が可能である
 - 地球から輸送する原材料を減らすため、できる限り消耗品をなくしてリサイクルする
 - 将来的には月面や火星の拠点構築を見据えて大規模な構造物にも適用できる
- ・ 上記目標を実現するための造形技術の概念検討と、鍵となる要素技術の試作試験等による実現性の検証を行います。

【研究資金／期間】

総額 5 百万円以下／最長 12 か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 上記目標のすべてを本研究の中で完結させる必要はありません。

アイデア型研究



IV. 「有人宇宙」探査技術

研究課題 (04) 「固体酸化物型水蒸気/CO₂ 共電解を用いた、より小型・軽量・省電力化が可能な新規空気再生システムの実現性検討」

【課題概要】

有人宇宙活動は、現在の地球低軌道から月面へと向かっており、将来的にさらに遠方の火星へ進んでいきます。そのため、地球からの定期的な補給は現実的ではなく、可能な限り物質の再生利用が必要となります。宇宙飛行士から排出される尿や CO₂ を飲料水や酸素に変換する、再生型の環境制御・生命維持システムはその代表例です。

従来の空気再生システムは、水電解や CO₂ 吸着/脱離等、多種多様な技術/サブシステムから構成されています。たとえば、宇宙飛行士の呼吸に必要な酸素は水電解により生成されます。また、キャビン内に含まれる宇宙飛行士の呼気由来の CO₂ は吸着剤により濃縮/回収されます。そのためコンポーネント数も多く、それに伴いサイズ及び質量が大きいという課題があります。また、熱サイクルを伴う機器も含まれるため、消費電力の面でも課題です。したがって、将来の有人宇宙探査には、より小型・軽量・省電力化が可能な、新たな原理、構成を導入した空気再生システムが必要となります。

固体酸化物型電解デバイスは、その特性上、水蒸気と CO₂ の共電解が可能です。つまり、この電解デバイスには水蒸気と CO₂ を前段で分離することなく供給できるため、関連するコンポーネントの削減が期待されます。さらに、この電解デバイスは気体単相の反応を対象とするため、従来の水電解における微小重力環境での気液二相の反応における課題を解決することも可能です。また、電解デバイスで用いられる触媒はメタネーションとしても機能します。

本研究課題では、固体酸化物型電解デバイスを用いた新規空気再生システムを構築します。このことにより、月以遠の将来有人宇宙探査ミッションの持続性を確保するとともに、火星の CO₂ を ISRU (In-Situ Resource Utilization) 源とした新たな酸素製造システムの実現が可能になります。また、地上においても、回収した CO₂ と水蒸気から高効率にメタンを生成することが可能な固体酸化物型電解デバイスを用いた、革新的メタネーション技術としての低炭素化・脱炭素化に向けた事業化への発展性が期待されます。

【研究目標】

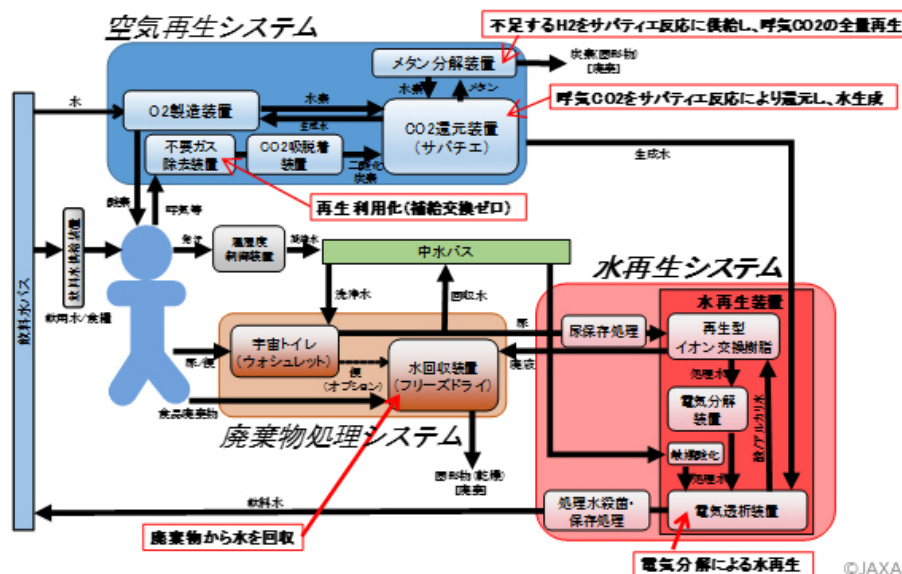
固体酸化物型電解デバイスが持つ「水蒸気とCO₂の共電解が可能である」という特性を利用し、宇宙機や宇宙拠点で使うことを想定した小型・軽量・省電力な新たな空気再生システムの開発に繋げることが目標です。研究は解析と実験にて行い、主に以下の2点に取り組んでいただきます。

1) プロセスシミュレーションを用いた理論設計

固体酸化物型電解デバイスの「共電解」に着目し、その技術の適用により現状の空気再生システムでの課題に対して解決を図れるのか、全体システム(下図の青枠内の空気再生システム)のサイズダウンや軽量化、省電力化の面で定量評価していただきます。その際、電熱物質収支解析等を用いて、理論的な電解デバイスのサイズ及び質量を試算いただきます。

2) 実運用条件を想定した実験による具体化と課題抽出

サブスケールでの要素試作セルを作製し、宇宙飛行士4人分の代謝変動をベースに、電解デバイスの運転条件やサイズ等を実験により評価していただきます。その際、1)で得られたシミュレーション結果とのコリレーションをとり、必要に応じプロセスモデルへの反映を行っていただきます。また、今後の開発に向けて電解デバイスに対する解決すべき課題を識別していただきます。



【研究資金／期間】

総額10百万円以下／24か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

水電解ベースの従来の空気再生システムに対し、質量・サイズ・消費電力の点で大きな優位性獲得が期待できる新規空気再生システムの提案をお待ちしております。ベンチマークとなる「従来の空気再生システム」に関する情報（およそのサイズ、質量、消費電力など）は JAXA から提供し、それをもとに当該固体酸化物型電解デバイス適用時の差分を評価していただきます。

アイデア型研究



IV. 「有人宇宙」探査技術

研究課題（05）「月・火星探査に向けたリアルタイム被ばく線量モニタリングの小型化制御技術」

【課題概要】

- ・月・火星探査での有人拠点や表面探査活動では、宇宙放射線による被ばくの影響の把握と低減のための、その場計測かつオンボード解析技術、ウェアラブル機器へのアラートやデータ表示など、非常に多くの機能を持つ「リアルタイムモニタリング技術」の構築が求められています。
- ・打上重量やデータテレメトリに制約があるため、宇宙機内の荷電粒子の3次元飛跡といった、センサ及び ASIC からの多チャンネル出力の大容量データの解析とその回路制御のための「超小型・省電力の制御デバイス」の開発がキー技術となります。
- ・月・火星探査での宇宙長期滞在技術の確立に向け、軌道上での算定評価および長期的な運用を見据え、被ばく線量計測機器が測定する出力値のオンボードデータ解析、データ表示技術に必要な手法検討と動作検証を行います。

【研究目標】

- ・既開発・所有されている宇宙放射線（陽子、重粒子、中性子等）に感度を持つセンサ（出力チャンネル数 64ch 以上）を用い、その被ばく線量評価に必要なデータ解析・変換・抽出を行い、準リアルタイムデータ表示ができる、コンパクトな可搬システムの設計・検討のための制御技術（出力データ容量 32Mbyte 以上、処理時間 1 秒以内）の検討を行います。
- ・検討にあたり、下記への応用・活用を考慮したシステムとします。
 - 小型化制御技術の構築により、月・火星探査のための放射線計測機器の搭載だけでなく、一般旅行者の安全な宇宙旅行のための標準搭載支援機器開発や地上の放射線安全管理へ活用できるシステムであること。
 - 検討した小型化技術は、宇宙放射線計測分野だけではなく、多チャンネルの大量データの読み出し・解析・補正・読み出しの同時制御が必要な小型機器への応用が可能なシステムであること。

【研究資金／期間】

総額 10 百万円以下／24 か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

・宇宙放射線計測にかかる搭載化技術や国際動向に関する専門的な助言は、JAXA
が行うこととします。

アイデア型研究



V. 共通技術

研究課題 (06) 「振動型マイクロ発電モジュール及びマイクロセンサ」

【課題概要】

月・火星での機械及びインフラ設備の劣化予知、また、有人ローバなどの移動システムの異常検知など、機械的な状況をバッテリーレスでモニタリングできる振動型のマイクロ発電モジュール及びマイクロセンサによるネットワークの構築は有効である。

特にローバにおいては車体や車輪に設置することにより、勾配検知、凹凸検知、滑り検知への応用が可能であり、走行制御システムへの適用可能性がある。

本研究では構造が簡便で小型化が容易な圧電方式の振動発電を検討する。圧電方式における材料としては現在 PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) が主流であるが、PZT を超える性能を発揮できかつ環境負荷の側面から鉛を使用しない素子を探求するとともに、宇宙用としての耐久性が見込める振動型マイクロ発電モジュール及びそれと組み合わせるマイクロセンサを研究する。

【研究目標】

PZT によらない材料に基づく振動発電モジュールを研究し、以下の性能を目標とする。なお、デュアルユーティリゼーションによる地上事業展開を見据えるため 1/6G 及び 1G での動作を想定する。なお、1/6G 環境は解析にて検討することとし、試験は 1G 環境下で行う。発電性能を発揮する帯域は 50Hz～300Hz とし、将来の使用条件の要求に応じて共振周波数は決定できるものであること。

- ・モジュールパッケージでの最大発電能力: 20mW/cc
- ・振動環境: 20G
- ・防塵防滴性能: IP55

また、本振動発電モジュールと組み合わせることのできる振動センサを研究する。振動センサはバッテリーレスにて発電された AC を DC に 5%以上の効率で変換できデータ送信機能をもつものとする。

【研究資金／期間】

総額5百万円以下／12か月以内

第 11 回研究提案募集（RFP）

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

なし

アイデア型研究



V. 共通技術

研究課題 (07) 「軽量薄型熱電変換素子」

【課題概要】

工場排熱利用など熱回収技術はエネルギーハーベスティングをキーワードとして地上でも脱炭素社会を進めるものとして技術開発が進められており、エネルギーリソースの厳しい探査局面においても排熱・余剰熱・蓄熱を回収することは有用である。例えば、

- ・基地内外の配管及びコンバータからの放熱の回収
- ・基地外においては無線給電システム(マイクロ波・レーザー)電力変換部からの放熱回収、太陽電池裏面からの熱回収
- ・将来的には蓄熱材料と組み合わせた直接的な発電もしくは余剰熱回収

が想定できる。このため、探査の様々な局面において汎用性高く適用可能な軽量薄型の熱電変換素子を研究する。

【研究目標】

- ・軽量薄型の実現のため、印刷や塗布によりポリイミド等フィルム上に形成できる熱電素子を利用する(デュアルユーティリゼーションとして紙上への形成も検討する)。素子の性能制御のため熱伝導度や電気伝導度を重ね塗り等により制御できることとする。
- ・フレキシブルな構造により高温側及び低温側とそれらの接続配線の配置を工夫し、外部電源を要せず負荷が駆動できる起電圧を発生できるデバイス構造を検討する。なお、使用する温度域は室温からポリイミド等フィルムの耐熱温度を想定する。
- ・低温側はラジエータへの接触のみならず、高放射率材料によって空間へ放熱することによる冷却に対応できる構造の工夫を行うこと。

【研究資金／期間】

総額10百万円以下／12か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

なし

アイデア型研究



V. 共通技術

研究課題 (08) 「レゴリス物理蓄熱エネルギーシステム」

【課題概要】

月面越夜時のエネルギー確保のため、レゴリスによる蓄熱/熱利用システムを研究する。

具体的には、日照時太陽光のエネルギーを熱のままあるいは太陽電池の余剰電力により、レゴリスを高温に加熱し、越夜時は高温のレゴリス層から熱を取り出し、着陸機やローバーを保温する Sand Battery のシステムを検討する。

課題は熱伝導性が低いレゴリスから蓄熱後の熱移動である。よって、熱交換器付近のレゴリス層を、重力等を用いた簡便な構造により強制移動させながら常に高温のレゴリスを熱交換機に接触させて長期間連続的に熱を取り出すシステムを構築する。

本研究では本コンセプトの実現性を評価するため、構造と移動方式の提案、原理試作及び熱移動シミュレーションを実施する。

【研究目標】

3kW 級コンセプト機の試作を行い、連続的に一定の熱が取り出せるシステムを実証する。目標とする性能は以下のとおり。

- ・最大熱輸送量: 3kW
- ・熱効率: 試作システムからヒートパイプ(作動流体: 水)により熱を取り出し、2m 先において蓄熱量の 10%が取り出せること

また、月面での実現性を相関させるための 1/6G 環境でのシミュレーションモデルを構築する。

【研究資金／期間】

総額5百万円以下／12か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

試作にあたってレゴリスシミュラントを JAXA から支給します。

本研究は月面でのレゴリス利用を想定したシステム検討ですが、デュアルユーティリゼーションの観点から一般的な砂を用いた事業化（住宅や工場の蓄熱システム等を想定）計画について研究の中で立案するものとします。

アイデア型研究

V. 共通技術



研究課題 (09) 「高密度化学蓄熱」

【課題概要】

月面における熱エネルギーの直接利用を考える場合の蓄熱技術として、可逆化学反応を用いる技術については蓄熱材の蓄熱密度が高く、原理的に半永久的に蓄熱状態を保つことが可能という優れた特性がある。

可逆化学反応のうちでも酸化還元可逆化学反応 ($M+O_2 \rightleftharpoons MO_x$) を用いる熱ストレージ技術は酸素(空気)と電力だけで動作することができ、比較的単純な装置構成で、大規模化できる。このため、居住空間において日中の余剰電力により蓄熱を行い越夜時に環境温度を維持するエネルギー源等に応用が期待できる。

可逆化学反応による蓄熱システムの実用化には種々の技術的課題があるが、酸化還元可逆化学反応を用いる方式における大きな課題のひとつは、高温を用いた蓄熱プロセス(還元プロセス)後の保管に移行する冷却時に酸素と再結合して再酸化することによる蓄熱効率の低下である。

【研究目標】

本研究においては、高温を用いた蓄熱プロセス(還元プロセス)後の冷却時の酸素との再結合を抑制するため、蓄熱材料と酸素(空気)との接触を抑制するメカニズムの実現性について研究する。

高密度に蓄熱できる材料の選定とシステム試作により、蓄熱プロセス時の温度と常温間での蓄熱利用効率 0.5 を目標とする。

なお、蓄熱プロセス後の冷却は自然冷却によるものとし、時間は 24 時間程度を想定する。

【研究資金／期間】

総額5百万円以下／12か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

なし

アイデア型研究



V. 共通技術

研究課題(10)「太陽熱および熱放射エネルギーの制御技術」

【課題概要】

月面等拠点系でのエネルギー源として熱利用を考えた場合、表面熱光学特性を自在に制御できれば蓄熱材料の性能向上が期待できる。また、探査機等の熱制御において効率的な排熱制御に応用することが期待できる。

さらには、地上/宇宙の両方において構築物の遮熱、熱制御性の向上が見込まれる。

本研究では、材料合成と表界面物性の検討にナノフォトニクスを取り入れて材料を検討するとともに制御技術の確立を目指す。

【研究目標】

以下の材料についてシミュレーション及び試作を行う。

- ①太陽光(熱)を完全に吸収し赤外線を放射しない表面材料
- ②極低温においても太陽光を完全反射し赤外帯域の放射率が1に近い材料
- ③太陽光の波長領域に対しては透明でそれ以外の波長領域に対しては吸収・放射を行う Low-E 窓材料

【研究資金／期間】

総額5百万円以下／12か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

なし

研究課題(11)

アイデア型研究



V. 共通技術

研究課題（11）「光無線給電用小型軽量受光モジュールの研究開発」

【課題概要】

昨今、レーザ光等を用いた長距離型の無線給電（以下、光無線給電）は、その進化の速さが顕著であり、将来の宇宙活動においても、不可欠な重要技術になると考えられる。特に、マイクロ波型よりも波長が約4桁短い分、システムを小型軽量化し易いことから、探査機等の小型移動体への搭載が期待される。

光無線給電システムは、大きく分けて送光側の光源と受光側の太陽電池(PV)パネルで構成される。ここで、そのパネルを構成する太陽電池セル単体の出力電圧は低いため、一般には、複数セルを面的に並べて直列接続し、出力電圧を所望レベルまで引き上げる必要がある。その場合、パネル全体への光照射が図1の様に偏っていると、各セルにおける発生電流が全て揃わずにセル間の電流が流れなくなり、パネル全体の光電変換効率は著しく低下することになる。

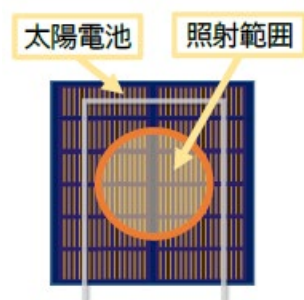


図 1

そのため、光電変換効率最大化のためには、全セルに対して、光をムラなく、かつ、はみ出すことも無いように、均一に照射することが不可欠となる。言い換えると、均一に光照射出来なければ、受光側で電力をほとんど取り出せず、光無線給電システム自体が成立しなくなる可能性もある。したがって、太陽電池(PV)パネルへの光均一照射機構は、極めて重要な要素といえる。但し、その機構のサイズ・重量が大きくなってしまうと、そもそも小型移動体へ搭載出来なくなるという根本問題が生じる。そのため、小型・軽量性を同時に確保することが、実用化において大きな課題となる。

上記に鑑み、本研究課題では、光ビームの入力状態（位置、強度分布、角度、等）に大きな影響を受けずに、全太陽電池セルへの均一照射が可能となる光無線給電用小型軽量受光モジュールの研究開発を目的とする。参考として、表1にて、一般的な受光側不均一光照射への対応方法をまとめた表を示す。今回の研究課題では、最下段の受光側でのビーム整形に関して、研究提案を募集する。

表 1 受光側不均一光照射への対応方法

方法	具体的構成	特徴	課題
受光側電気回路による対応	バイパスダイオード適用等	・ ある程度までは、総入射光のパワーと分布に応じた光電変換が可能。	・ 電気回路損失等により、全体効率が低下し易い。 ・ 照射ムラで局所温度上昇の恐れ。
太陽電池セルの素子構造で対応	多接合(タンデム型)PV素子等	・ 光照射分布の影響が少ない。 ・ セル自体の高効率化の可能性もあり。	・ 技術的難易度が高く、高コスト化し易い。 ・ 光入射条件(光波長含む)による制約有り。 ・ 照射ムラで局所温度上昇の恐れ。
受光パネル／セルの形状最適化	ビーム強度分布に合わせたPVセルの形状や配置	・ 特定強度分布のビーム照射で良好な特性。	・ ビーム照射位置、強度分布の小さな変化に弱い。 ・ 照射ムラで局所温度上昇の恐れ。
送光側によるビームパターン制御	ビームシェイパ、レーザフェイズドアレイ等	・ 受光側に負荷(サイズ、重量、等)をかけずに、均一(または任意の強度分布)で照射が可能。	・ ビーム照射位置や伝送距離等に応じた高度な制御技術が必要。 ・ 回折限界(エッジぼけ)等の考慮が必要。
受光側でのビーム整形	光拡散系	・ 構成をシンプルにし易い ・ 低コスト化がし易い	・ 一般には拡散方向を限定出来ないため、エネルギー効率が低い。 ・ 受光モジュールが厚くなり易い。
	フライアイレンズ系	・ 構成がシンプルで、光損失も少ない ・ 低コスト化がし易い	・ 受光モジュールが厚くなり易い。 ・ ビーム入射許容角度が狭い。
	フライアイレンズ＋反射光学系	・ 低光損失で、厚さ低減も可能 ・ 入射ビームの照射位置、角度、強度分布等に対する許容範囲を広げ易い。 ・ 大面積化、低コスト化がし易い	・ 厚さ低減には、あるレベルからブレースルーが必要と思われる。 ・ フライアイレンズをアレイ化した場合は、それによる光損失の低減が必要。
	微細構造素子：回折光学素子、メタマテリアル、等	・ 薄型で、かつ、高機能・高制御な照射が出来る可能性有り	・ 技術難易度が高い。 ・ 光学的損失が大きくなり易い。 ・ 大面積化、強光照射耐性に課題。

【研究目標】

1. 受光モジュールの設計・構築

月面等における数100mから数km級の光無線給電を最終目標とし、以下の要求を満たす受光モジュール(但し、太陽電池(PV)パネルは含まない)の設計と構築を行う。

- ・ 全太陽電池セルへの光照射強度の均一度： 平均値±10%以下を目標とする。
- ・ モジュールサイズ： 本モジュール後に配置するPVパネル(つまり強度均一面)のサイズを30cm角と想定し、本モジュールの受光面を30cm角程度、厚さ(奥行)は10cm以下とする。
- ・ 重量： 1kg以下。
- ・ 光透過率： 90%以上。

【想定する光入射条件】

- ・ ビームの光強度分布： ガウス分布、または、それに近い分布を基本とする。
- ・ 入射ビーム直径($@1/e^2$)： 最大幅:30cm Φ 、最小幅:15cm Φ 程度。
- ・ ビーム入射位置： ビーム(直径($@1/e^2$)の円領域)が受光面内に収まる限り、任意の位置とする。
- ・ ビーム入射最大角度： ±10度以上。
- ・ 入力光パワー： 100W以上。

2. 原理・機能の実証

1. で構築したモジュールを用いて、まずは実験室にて上記要求条件を満たすことを実証する。

次に、光無線給電システムを構築し、伝送距離を100m程度以上として、システムにおける本モジュールの効果(システム全体の効率向上)の定量化実験を行う。

【研究資金／期間】

総額 5 百万円以下／最長 12 か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 長距離伝送路や必要な光源等のデバイスを研究提案者側で確保出来ない場合には、JAXA 管理・調整の下で JAXA 側から提供出来る可能性がある(要相談)。
- ・ 現時点で地上系でも光無線給電の市場は存在しないため、それだけに限定せず、他のアプリも含めた広い視野での積極的な事業化構想を期待する。

例) FA における高精細画像認識、分析装置、デジタルサイネージ、等における大面積均一光照明や、大面積な面均一ヒータなど。

アイデア型研究



V. 共通技術

研究課題(12)「革新的材料接合技術の研究開発」

【課題概要】

月面などの重力天体や周回軌道上等の宇宙空間において、現地で材料を接合する技術は、今後の宇宙探査を加速させる上での重要な要素の一つである。現地での材料接合が可能となれば、宇宙空間での構造体の製造や修理等の際、完成体モジュールとしてではなく、接合前の半完成体や構造材料として容積効率の良い状態で輸送することが可能になる。

この実現には自動、遠隔操作型ロボット等による革新的材料接合技術の獲得が必要である。地上での生産設備での無人材料接合はロボットアーム等の基準点、設置点を持つ据付設置型であることが多いが、宇宙空間では基準点を設定することが難しく、自走型ロボットでの材料接合が可能になれば現地での材料接合の可能性が高まる。

そのため、自走型モビリティタイプの接合ロボットを最終目標とした要素技術開発を行う。接合ロボットの概念設計と構成要素の検討、被接合材料への吸着方法、移動走査方法、接合装置、検査装置、それぞれの真空環境適合性等の検討を行う。接合ロボットの各要素の試作、実際の材料接合を実施し、破壊試験による強度確認を行う。

想定される材料は構造材としての金属やセラミックス、さらに月面から得られるレゴリス由来の材料である。

金属材料としては、軽量かつ比強度の高い金属としてアルミニウム合金があり、さらに耐熱性が求められる部位で使用されるステンレスやニッケル合金、チタン合金などがある。これらの材料は構造部材としての利用が想定される。

また、月表面にはレゴリスと呼ばれる砂礫状の物質があることが知られ、 SiO_2 や Al_2O_3 , FeO , CaO などを多く含んでいる。レゴリスから構造材料を製作する研究も進められており、レゴリスを原材料とした構造材料が接合できれば月面で製造する構造物の大型化できる。これは産業で使用するガラスやセラミックスと類似する材質を含んでいる。一般的に、ガラス、セラミックスはその熱伝導率、熱膨張特性などから融接しにくいなどの特性を持つが、同種、異種間の接合なども含め、接合技術が拡大できればその形状やサイズの設計自由度が上がるのが期待できる。

月面をはじめとした宇宙環境は、真空度が高い環境であることが多く、溶接との親和

性があると考えられる。例えば電子ビーム溶接は通常真空環境下で溶接するため、地上では真空装置の内部で実施するが、宇宙環境下では真空容器が不要になる可能性がある。

地上においても材料接合技術には様々なニーズがある。無人、遠隔施工による接合は原子炉内や高所、深海など人がアクセスできない場所での作業を可能にする。

【研究目標】

下記項目のうち全て、またはいずれかを満たすこと。

● 自動接合技術

自動、遠隔操作型による自走型モビリティタイプの自動接合ロボットの概念設計を行う。接合装置はロボットアーム等基準点、設置点を持つものではなく、自走型モビリティタイプの装置とする。

接合ロボットを構成する要素の検討、被接合材料への吸着方法、移動走査方法、接合装置、検査装置、それぞれの真空環境適合性等の検討を行う。

● 対象とする金属材料

接合する材料はアルミニウム合金、ステンレス合金等の金属材料とし、板材とする。接合材料は同材料、同調質を基本とする。

板厚は任意であるが実用を想定して構造材として使用可能な材料、サイズを設定すること。接合部は気密性を持つことと母材強度を持つこと、また片面は平滑であることを目標とする。接合部の品質を確認するために必要とする検査も無人にて行うことが可能であること。

● 対象とするガラス、セラミックス系材料

接合する材料はガラス、セラミックス系材料とし、板材とする。接合材料は同材料、同調質を基本とする。

板厚は任意であるが実用を想定して使用可能な材料、サイズを設定すること。接合部は母材強度を持つことを目標とする。

さらに、宇宙応用のためのレゴリス（模擬材）の接合技術の獲得を目標とする。

● 接合強度目標

接合部強度は破壊試験にて評価する。材料の特性を鑑み、引張試験、圧縮試験、曲げ試験、衝撃試験、硬さ試験、化学分析、腐食、組織観察などを組み合わせること。想

第 11 回研究提案募集 (RFP)

定する工業規格(JIS, ISO, ASTM, AWS等)がある場合はそれに従い、無い場合は類似材料のものから目標設定すること。

さらに、材料、接合方法に適した非破壊検査法の確立、長期連用確認のためのクリープ試験、疲労試験、電食、耐環境性等の検討ができるとなお良い。

【研究資金／期間】

総額 5 百万円以下／最長 12 か月以内

【本研究を実施するにあたっての留意事項】

なし

チャレンジ型研究

研究課題(13)「TansaX チャレンジ研究」

【課題概要】

- 本研究課題は、具体的な研究目標等を設定せず、将来の宇宙探査および新しい産業に繋がる「今までにない新しい研究」提案を募集します。
- 次世代宇宙探査のためのコンセプト提案とその成立性(フィージビリティ)研究、宇宙探査と産業の双方で利用可能な新規要素技術の研究開発など、あらゆるアプローチの研究提案を歓迎します。
- 参考までに、宇宙探査ハブにおけるオープンイノベーションを実現のための重点4分野「探る」「建てる」「作る」「住む」と、月面の科学・火星探査における探査技術事例を次ページに示します。

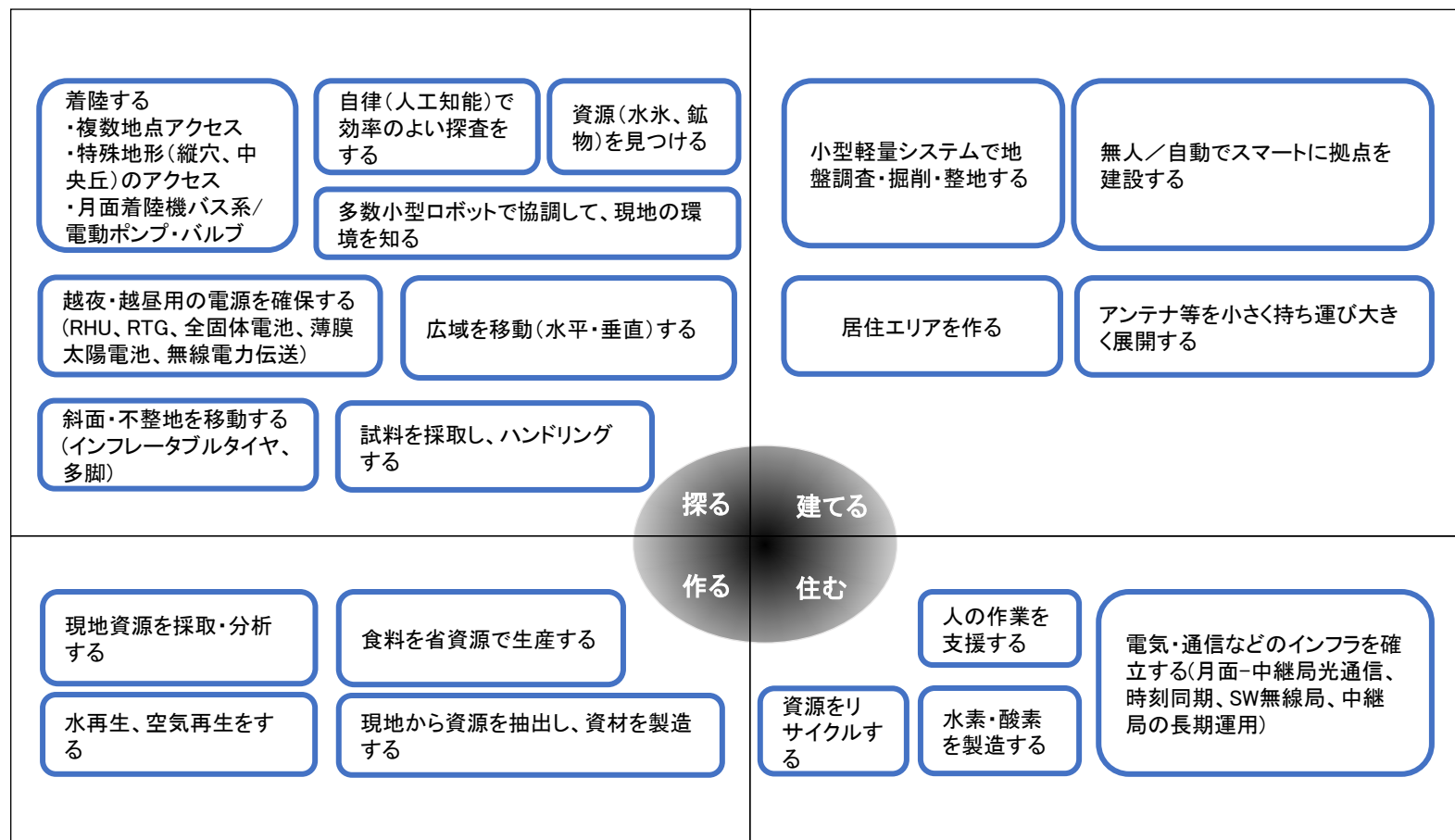
【研究目標】

- 別紙に掲げた目標のいずれかを実現するため、または、提案者が独自に設定する将来の宇宙探査に向けた目標を実現するための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3百万円以下／最長12か月以内

JAXA宇宙探査イノベーションハブ研究テーマのポートフォリオ



この詳細版はWEBに掲載の技術領域をご参照ください (https://www.ihub-tansa.jaxa.jp/rfi/RFI_notice.html)