

研究課題概要



課題名 | パワー密度が世界最高の小型アクチュエータの開発

機関名：新明和工業株式会社、大分大学、日本文理大学、茨城大学、静岡大学

プロジェクト概要

【目的】

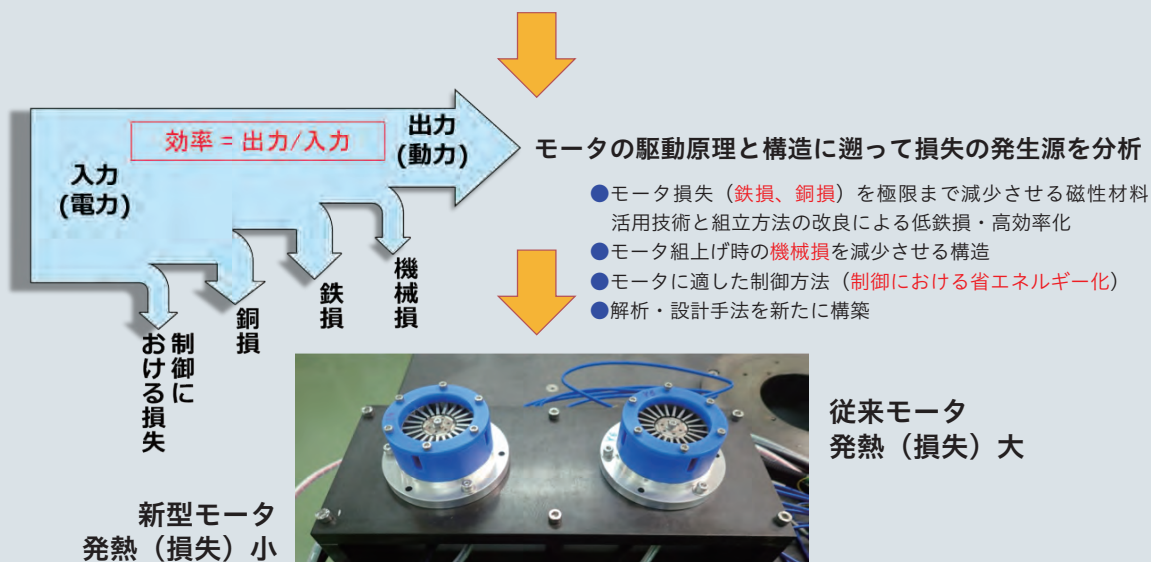
従来のモータ製作方法を踏襲し、大電力を送り込んでパワー密度を上げる方法には限界がある。そこで、モータの駆動原理と構造に遡って損失の発生源を分析し、モータ損失を極限まで減少させる磁性材料、組立方法、機械損を減少させる構造、モータに適した制御方法、ならびに解析・設計手法を新たに構築することでパワー密度が世界最高の性能を達成する。

本研究課題はモータ本体の高効率化に正面から取り組むことにより、アクチュエータの設計・製造方法に革命を起こし、ブレークスルーを引き起こす技術を生み出す。

【内容】

- ①ステータを構成する磁性材料の性能改善により10,000rpmの高周波領域においてモータ鉄損の40%削減を達成した。
- ②パワー密度向上に向けて、巻線密度を従来の1.3倍に高める巻線を開発している。
- ③軸受け構造を改善した、機械損が従来の1/2に減少する軸受けを開発している。
- ④高速回転モータに適した制御装置を開発中である。
- ⑤質量50gで出力100Wの1次試作機を開発し、性能試験を実施している。
- ⑥目標達成に向けて質量25gで50Wの2次試作機を検討している。

従来のモータは、大電力を送りこみ効率（発熱）を犠牲にして、高いパワー密度を達成している
→決して**効率の良いモータではない**。



新型モータ
発熱（損失）小

1次試作

2次試作
目標
質量あたり
定格出力
50W/25g

課題名 | 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

機関名：エクストコム株式会社

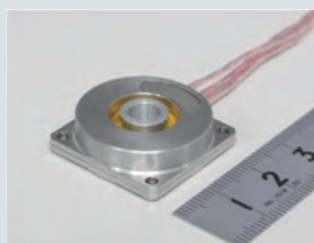
プロジェクト概要

【目的】

アクチュエータに使用される角度センサにも小型、高精度の絶対角度センサが求められている。これらの課題及びニーズに対応するため、独創的な構造の変調波レゾルバで超小型、高精度、高分解能を実現する絶対角度センサを開発・実用化する。すでに変調波レゾルバで従来技術以上に構造がシンプルで堅牢、振動、衝撃に強く悪環境での使用可能にもかかわらず、小型軽量、高精度、高分解能を同時に実現する絶対角度センサを開発しているが、本研究では従来技術より高精度なフォトリソ技術を活用し、外径φ20mm、分解能50万以上のレゾルバを開発する。

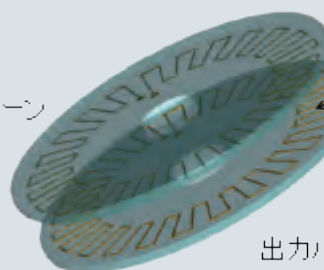
【内容】

- ①レゾルバコイルパターン製作方法の最適化開発
フォトリソ技術を活用して直径20mm、分解能50万以上のレゾルバを開発し、当初目標を達成した。
- ②入出力リード線の薄型化開発
入出力リード線のフレキ化により厚さ2.5mmのリード線を開発した。
- ③レゾルバセンサ部の超小型化可能性の追求
直径4mm以下のレゾルバ開発の可能性を検討中である。
- ④ドライバ回路の小型化開発
□50mm、厚さ20mm以下、応答速度100kHz以上のドライバ回路を開発中である。
- ⑤小型化検討
モータドライバとレゾルバドライバコア処理部の共用一体化を検討している。



製品外形 □25mm
分解能 8192

励磁パターン



出力パターン、回転トランス

- ①レゾルバコイルパターン製作方法の最適化開発
- ②入出力リード線の薄型化開発
- ③レゾルバセンサ部の超小型化の見極め
- ④ドライバ回路の小型化開発
- ⑤モータドライバとレゾルバドライバコア処理部の共用一体化と小型化

目標
Φ20mm
分解能524288

レゾルバは電磁誘導現象を利用し、回転角度や位置を検出するセンサで、回転または直進の変位を検出する磁気式のアブソリュートセンサです。レゾルバは構造が比較的簡単で丈夫、耐環境性に優れてる等の利点があります。

課題名 | 医療福祉機器向け小型高トルクアクチュエータの開発

機関名：株式会社安川電機

プロジェクト概要

【目的】

提案者はいままでに足首アシスト装置などのアプリケーションに関節駆動ユニットを開発している。しかしながら、作業支援や麻痺脚歩行アシストなどの比較的大トルクを要求されるアクチュエータについては未開発である。そこで、本研究では、医療福祉機器向けの小型高トルクアクチュエータを開発する。小型高トルクアクチュエータと小型軽量の減速機を組み合わせ、減速機込みで質量1kg、最大トルク110Nmの扁平高トルクアクチュエータを実現する。併せて、本アクチュエータの駆動性能を向上する制御方式を開発する。

【内容】

- ①小型高トルクアクチュエータの開発
扁平さを確保しつつトルク密度を向上させるため、以下の項目を開発している。
A) 瞬発的な大トルクを発生可能な小型モータを実現した。
B) 厚さ40mmの扁平な減速機を開発した。
C) 目標達成に向けて、厚さ40mmでトルク密度110Nm/kgの小型高トルクアクチュエータを試作している。
- ②制御技術の開発
モータと減速機の組み合わせに最適な制御技術を確立した。

医療福祉機器(アシスト装置)に求められるトルクとアクチュエータ

アクチュエータの最大トルク

リハビリ 筋力補助

関節駆動ユニット

最大トルク 9N・m
質量 0.38kg



※ 第42回 国際福祉機器展
H.C.R.2015 出展

作業支援 麻痺脚歩行アシスト

小型高トルク
アクチュエータ

最大トルク 100N・m ~
質量 1kg ~



アシスト装置

開発項目と目標

1. 小型高トルク
アクチュエータの開発
2. 制御技術の開発

目標

扁平さを確保しつつトルク密度を向上

- ・ 扁平さ：40mm
⇒ 従来技術の2/3
- ・ トルク密度：110N・m/kg
⇒ 従来技術の2倍

課題名 | 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

機関名：株式会社明治ゴム化成、中央大学

プロジェクト概要

【目的】

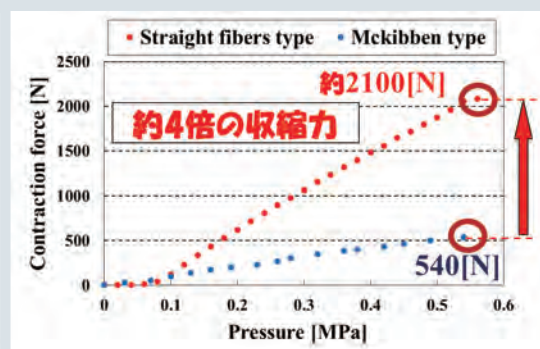
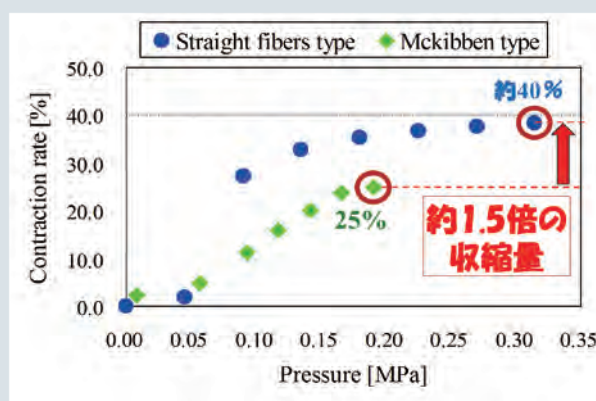
提案者が開発した軸方向繊維強化型人工筋肉は、ゴムチューブに内包されたマイクロカーボン繊維層が軸方向のみに配向された構造となっている。内部に流体圧を印可すると、軸方向には伸長せず半径方向のみに膨張するため、軸方向へ大きな収縮力が得られる。さらに瞬発力・振動制御・可変粘弾性等の従来のモータでは実現しがたい可変構造系の多様なモーションを、フィードフォワード制御のみで実現できると考えられる。本研究では、超高出力密度をもつ流体系アクチュエータである軸方向繊維強化型人工筋肉の品質仕様の確立を目的として、システム全体の小型軽量化と応用分野の実用化に必要な技術課題について検討を行う。

【成果】

軸方向繊維強化型人工筋肉は、安定した品質で製作することがMcKibben人工筋肉と比較して難しい。そこで、本研究では配合ゴム混練りおよび成型の現有設備を使用して、材料物性の優れる固体の配合ゴムを用いて人工筋肉を製造し、高出力密度化と品質安定を両立させる。高出力密度化と品質の安定を両立する人工筋肉の形状最適化のため、有限要素法によるシミュレーションを援用し人工筋肉の形状最適化を図った。人工筋肉の長さ対直径比を最適化すれば低圧駆動が可能となる。シミュレーションと試作アクチュエータの試験により出力を最大化し実用に耐える人工筋肉の長さ対直径比を検討し、以下の結果が得られた。

- ①McKibben型人工筋肉の3倍以上の発生力密度を有する人工筋肉を開発し、当初の目標を達成した。
- ②地上での応用を想定して新しい構造の人工筋肉を試作し、さらに発生力が向上することを確認した。

軸方向繊維強化型空気圧ゴム人工筋肉：世界最高レベル収縮力・収縮率



同形状の従来（McKibben型）のゴム人工筋との比較

課題目標

- 1.実用化可能な人工筋肉の品質確立
発生力：McKibben型人工筋肉の3倍以上
- 2.地上での利用を想定した基礎技術検討
システムに組み込んで稼動実験

課題名 | マルチステータ型耐環境高効率電磁モータの研究

機関名：並木精密宝石株式会社

プロジェクト概要

【目的】

本研究では、耐環境性（防水・防塵構造）をクリアできる小型高出力モータを実現する。提案者が開発したセンサレスブラシレス／複数（マルチ）ステータ構造モータの、小型で高出力化が可能な特長を活かし、質量400g以下で最大出力1kw以上かつ防水・防塵構造（IP56クリア）のマルチステータ型耐環境高効率電磁モータを開発する。また、モータの消費電力を最適化し、モータの効率的な運用を可能にする小型の制御回路を開発する。

【内容】

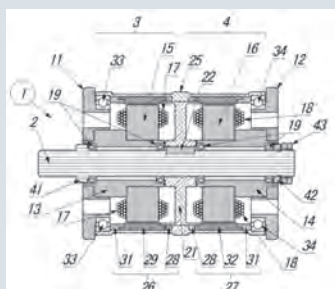
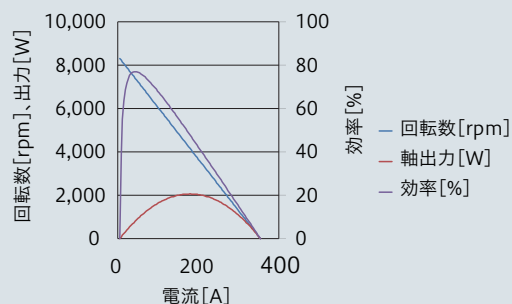
- ①マルチステータ型電磁アクチュエータの耐環境研究
防塵・防水性能IP56をクリアするマルチステータ型電磁アクチュエータを実現した。
- ②マルチステータ型電磁アクチュエータの放熱研究
防塵・防水性能を維持しつつアクチュエータ内部に熱がこもらない放熱性能を有するアクチュエータを開発中である。
- ③個別制御回路の研究
モータの消費電力を最適化し、モータの効率的な運用を可能にする小型制御回路を開発している。
- ④マルチステータ型電磁アクチュエータの開発
目標達成に向けて、最大出力1000W、質量400g以下のマルチステータ型電磁アクチュエータを検討している。

防水・防塵構造を施し、電源電圧24Vで出力1000W以上を達成しているモータは現時点ではない。

【1次試作品】



電圧	24V
最大電流	10A
質量	460g
最大入力	240W
最大出力	185W



特許第5292530号

目標

ダブルステータ式アウトロータの
防水・防塵モータを開発する
防水、防塵（IP56クリア）
最大出力 1000W以上
質量 400g 以下

課題名 | 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

機関名：プログレステクノロジー株式会社、中央大学

プロジェクト概要

【目的】

複数の小型探査機（ロボット）を協調させることで、未踏峰地点の広範囲で密度の濃い探査を行うことを目指す。そこで、地中、表面などを移動しながら情報収集する探査システムを実現するために、以下の2点の技術を用いて、地上および地下に小型のロボットが分散されることによって3次元的な環境計測を行うシステムの一部を構築することを目指す。

- ①蠕動運動による小型埋没型地中内掘削ロボット
- ②ジャイロ効果を用いたはね付クローラの不整地走行安定化

小粒でも情報収集能力の高い探査ロボットを構築することにより、宇宙探査だけでなく、地上の配管検査、地盤調査、海底や災害地などの場所での情報収集を可能とする。

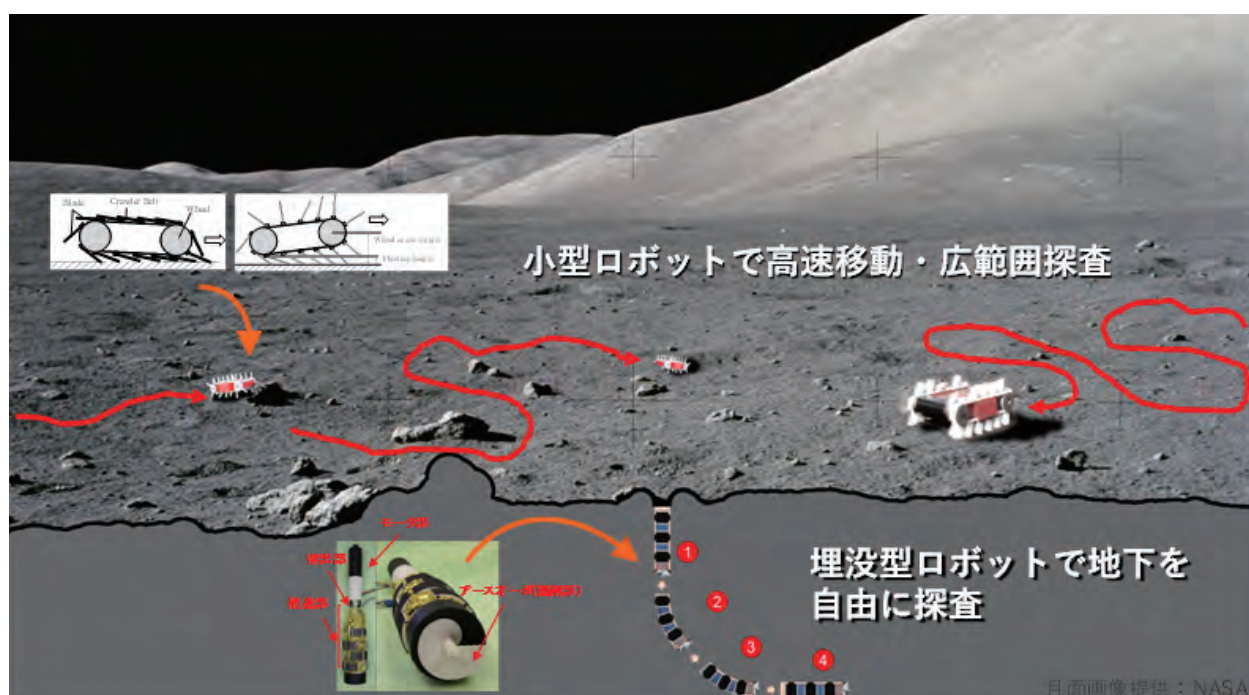
【成果】

- 蠕動運動による小型埋没型地中内掘削ロボット
(以下：ミミズ型掘削ロボット)

ミミズの蠕動運動を規範とした掘削ロボットを開発することで、従来の埋没型掘削ロボットよりも大幅に深い深度の掘削を目指している。特に本提案における新しい取り組みとして、掘削方向の制御が可能な機構の搭載を検討し、開発した。先端部に能動的な屈曲部を有しており、地中での3次元的な掘削移動が期待できる。本ロボットは、先端部の能動屈曲部の制御により目標の屈曲掘削を実現することができた。

- ジャイロ効果を用いたはね付クローラの不整地走行安定化（フナ虫ロボット）

情不整地走破性と移動速度を両立するシンプルな移動機構として、フナ虫やムカデ等の多足歩行を行う生物の歩行を規範とした小型移動型はね付きクローラを開発した。はね付クローラ機構はステップ的に変化する地面傾斜への対応が困難であることから、それらの路面への走行切替を実現する安定化装置としてジャイロホイールを用いた安定化装置を開発し、従来のはね付クローラに比べて走行が安定することを確認した。



広域未踏峰探査技術／アイデア型

昆虫ロボットの研究開発

課題名 | 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

機関名：株式会社ispace、東北大学

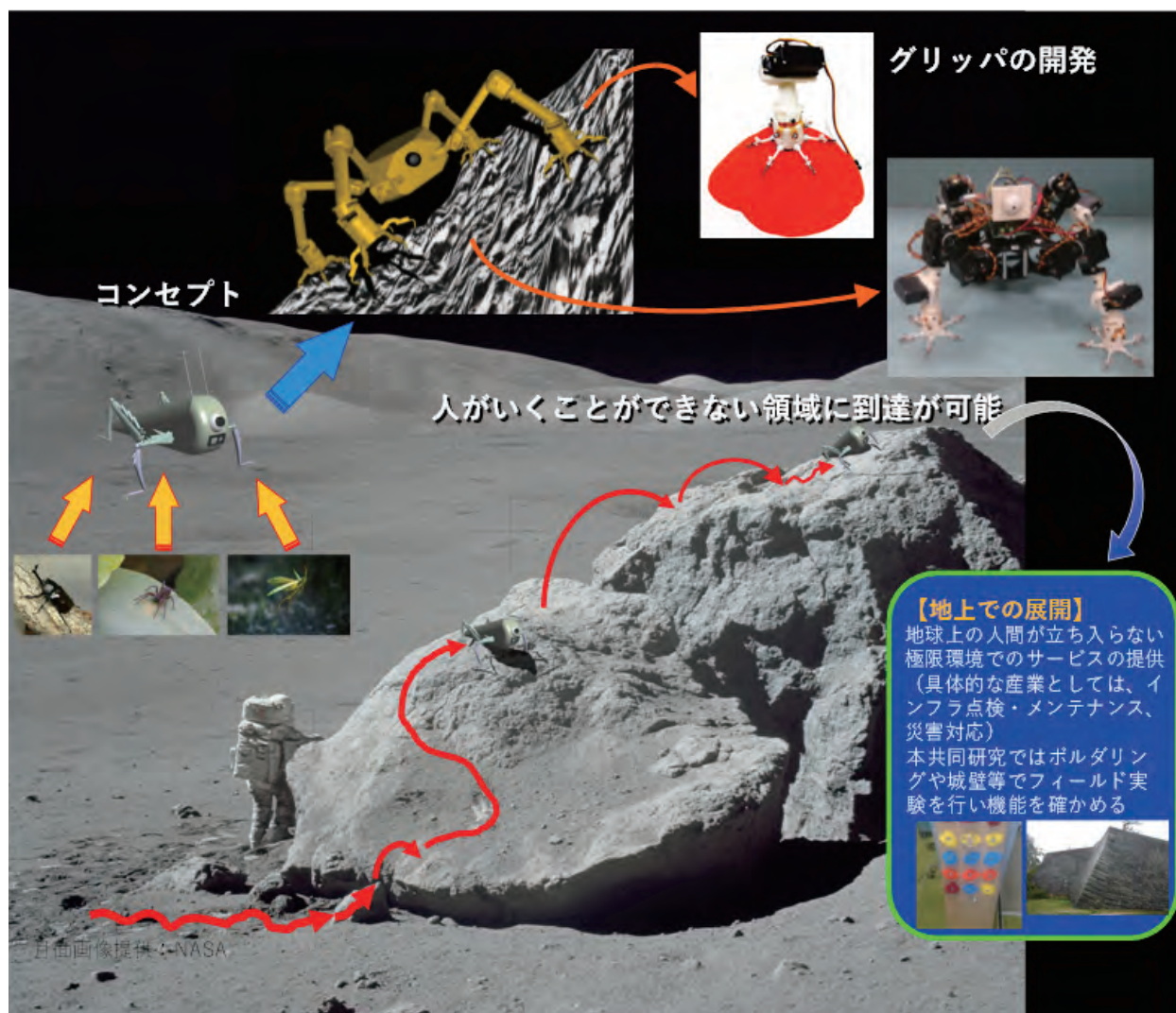
プロジェクト概要

【目的】

本研究では、未知の不整地を探査可能とする昆虫型多脚ロボットのプロトタイプ開発を行う。従来の車輪型では踏破が困難な地形では、脚型のメリットが大きく、障害物を難なく乗り越える移動ロボットの開発を目指してプロトタイプモデルを製作することにより、アイデアの実現性を検証する。

【成果】

昆虫型ロボットのコンセプトをハードウェアとして実現し、プロトタイプを開発した。特筆すべき成果として、自然地形表面を構成する岩石などの不定形な凹凸を把持するための革新的なロボットハンド機構を、昆虫の肢先構造に着想を得た鉤爪型グリップという形で実現した。また、開発したグリップを用いた把持実験により、性能を定量的に評価するとともに、凹凸地形に対する優れた「しがみつき」動作を実現可能であることを実証した。本グリップ機構は特許申請中の新技術である。プロトタイプの動作試験では凹凸急傾斜での踏破が可能であることを実証することで、実現性と新規性を示すことができた。



課題名 | 小型ロボット技術 制御技術

機関名：株式会社タカトミー

プロジェクト概要

【目的】

宇宙空間および地球上で活動できる安価な昆虫型ロボットを民生玩具の技術を使って開発することを目的とする。いままで研究開発した簡易通信、省電力化、長寿命化、小型化などの技術開発をベースに各技術の市場展開と昆虫型ロボットの市場展開をねらっている。

【成果】

玩具で用いられている機構、ノウハウをうまく適用し、直径100[mm]、重量300[g]の移動型ロボットを開発した。サイズはソフトボールと同程度の小型サイズになっている。初期形状は完全な球形であり、WiFiによって外部コントローラから指令を送り、球形から拡張走行モードに変形して前進、右ターンの走行が可能。球体なので下傾斜では転がることにより移動が速く、省電力で移動できる。

また、走行動作は球形から両サイドに車輪、後部に補助輪を出すことによって安定走行を実現。現状では月面を模した実験フィールドで傾斜10度の登坂に成功している。

小型の昆虫型ロボットが探査で活躍する世界



広域未踏峰探査技術／アイデア型

分散協調システムの研究（群知能、制御）

課題名 | 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

機関名：東北大学

プロジェクト概要

【目的】

本研究では能動的な駆動力を持たない非駆動型の小型探査機を協調運用することで効率的な広域探査を実現する新しいリーダ・フォロワ型探査技術の開発を目的とする。これは、駆動力を有するリーダ探査機がテザーによって連結された複数の非駆動型小型フォロワ探査機をけん引し、小型フォロワ探査機は方向舵の制御のみでリーダ探査機との位置関係を制御するというものである。これにより、環境に応じて適切にフォロワ探査機のフォーメーションを制御し、同時刻に広域の情報を効率的に取得する。

【成果】

以下の項目を実施した。

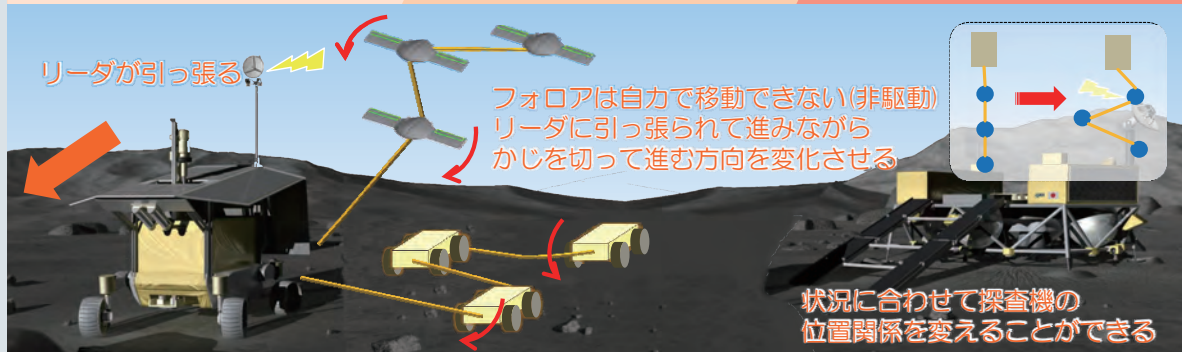
- ①フォーメーション制御検証用シミュレータの開発
 - ②フォロワ型探査車両の原理検証モデルの開発
 - ③フォーメーション制御のための基本制御系設計
 - ④実時間可変フォーメーション制御技術の構築
- 本研究成果をさまざまな分野で応用することを検討している。

複数の探査機のフォーメーションを制御し同時刻に広域の情報を効率的に取得

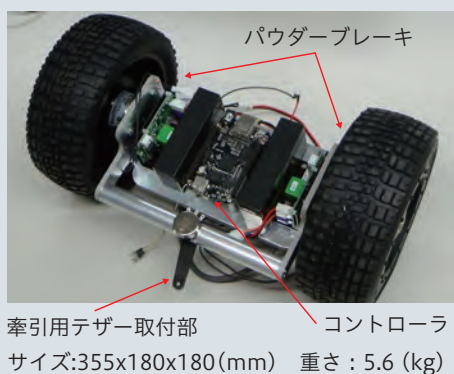
リーダ探査機が複数の小型フォロワ探査機をけん引

フォロワ探査機は操舵（かじ取り）のみを行う

低コスト低消費電力デブリ化防止



ブレーキ制御型フォロワ探査機

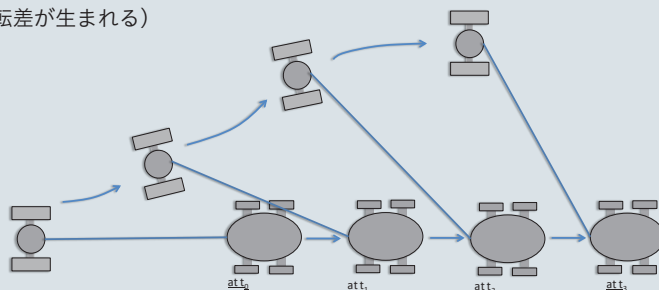


制御例

左側の車輪にブレーキ力を与える（左右の車輪間に回転差が生まれる）

左旋回

左右車輪のブレーキトルクを制御することで牽引方向に関係無く、任意の方向にフォロワロボットを操ることが可能



陸上・空中・水中への応用が可能
さまざまな調査・探査に
火山や震災被害・土砂災害等の調査、月・惑星や宇宙空間の探査、海洋探査

課題名 | 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

機関名：会津大学

プロジェクト概要

【目的】

これまでの多くの屋外作業ロボットは、GNSS（衛星測位システム）を用いて測位を行っていた。しかしロボットの活動範囲が広がり、屋内、山林のような見通しの悪い屋外、水中、地球外のような非GNSS環境におけるロボット測位システムが必要である。本研究では（A）三角測量の原理に基づき他のロボットへの方向を観測量とし、ネットワーク通信により他のロボットと推定量を共有できる分散型カルマンフィルタを開発する。さらに（B）全方位カメラを搭載した無線通信機能を持つ小型のセンサノードを開発し、自己位置推定と地図生成を実現する。このセンサノードを現在手持ちにロボットに搭載し、実環境での適応可能性を調査する。

【成果】

- ①分散型カルマンフィルタアルゴリズムを開発し、理論面からの収束性の評価と数値実験による有効性の検証を行った。開発されたアルゴリズムはサーバー上に実装し、自己位置推定と地図生成機能も実現した。
- ②上述の分散カルマンフィルタを実際にロボットのカメライメージに適用し、自己位置推定と地図生成を実現するために、各ロボットにおける画像処理アルゴリズムとシステムインターフェースを開発した。
- ③上の両者を統合し、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を実現する。



課題名 | 環境適応型不整地自律走行プラットフォームの研究

機関名：株式会社竹中工務店、株式会社竹中土木

プロジェクト概要

【目的】

段差等がある建設途中の建物や究極には地球以外の重力惑星における急斜面や洞穴などの不整地環境下でも走行可能な移動ロボットと環境認識技術を取り込んだ制御系からなる自律走行プラットフォームを開発する。2つの具体的な適用を考えており、高速道路の床版補強のための形状計測を自動で実施して総延長320kmに及ぶ都心の高速道路では検査のみで19,200人日の労働力の削減することと、年間発注量推定2,500万 m^2 に及ぶ高速道路の盛土の品質管理（締固め度計測、水分量計）が必要であるところをロボットで実施する。

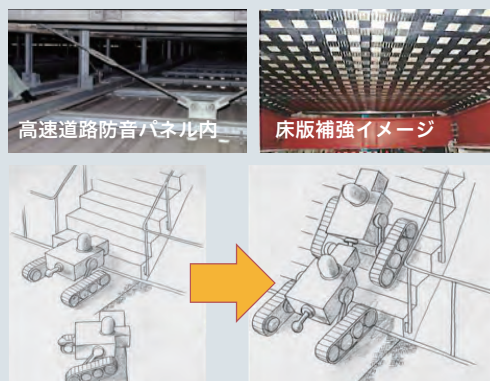
【成果】

高速道路の床版補強のための形状計測については、高速道路防音パネル内はH鋼などが密に配置されており移動が困難であるところ合体モジュラー型とすることで、単体では小回りがきき合体により踏破性を向上させることができた。また、工事現場の盛土の品質管理に関しては、工事現場の環境認識、自己位置推定しつつ複数の測定点を經由する自律移動制御が必要なのでGPSやIMU、LiDARのセンサ情報を統合し、環境認識、自己位置推定する手法を構築し、実験により検証した。

①合体型環境適応ロボット研究

様々な機構・機能を有するモジュール（モジュールはそれ単体でも機能する）を自在に合体させて柔軟に環境に応じた機能が得られるようにする技術の基礎研究

目 標：高速道路の床版補強のための形状計測を自動で行う
課 題：高速道路防音パネル内はH鋼などが密に配置されており移動が困難
解決手法：合体型とすることで、単体では小回りがきき合体により踏破性を向上させる
市場規模：総延長320kmに及ぶ都心の高速道路では検査のみで19,200人日の労働力が必要



合体型環境適応型知能ロボットイメージ

②自律走行のための認識・制御システム研究

既存走行プラットフォーム「健気」へSLAMを実装し、自律走行を可能とする研究

目 標：盛土の品質管理（締固め度、水分量）を自動で行う
課 題：環境認識、自己位置推定しつつ複数の測定点を經由する自律移動制御
解決手法：GPSやIMU、LiDARのセンサ情報を統合し、環境認識、自己位置推定する
市場規模：高速道路における盛土の面積は2,500 m^2 に及び、25,000箇所の点検が必要



マルチクローラ探査ロボット「健気」



盛土

<http://www.netis.mlit.go.jp>より



盛土の品質管理を行う計器

R1密度水分計「ANDER」
本体 10.5kg + 線源棒 2kg



計器を搭載した台車を連結した「健気」



課題名 | 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

機関名：東京大学、THK株式会社

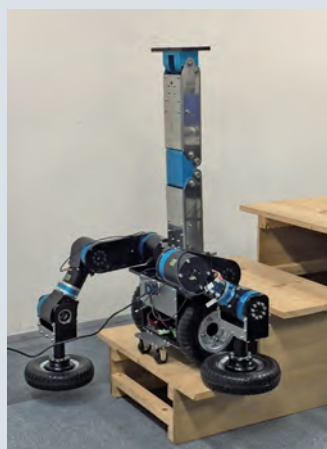
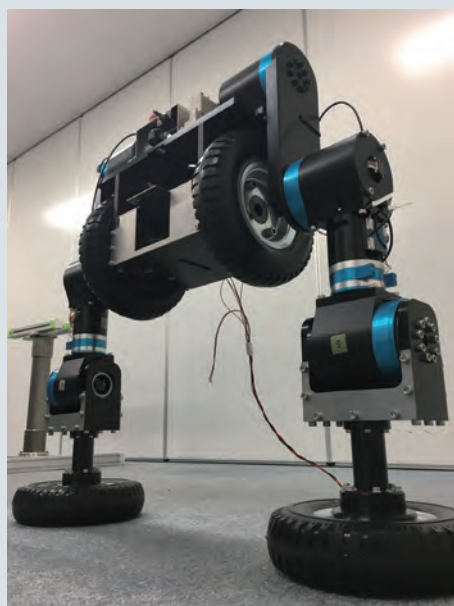
プロジェクト概要

【目的】

省電力と運用性を特徴とするRTソリューション技術を用いて形態の切り替えが可能（走る、作業する、階段を登る、etc.）で、身体の状態が不安定になるような歩容を行うことなく移動できる環境適応型ロボットを対象として、三次元環境地図の生成と理解に基づく移動制御技術を融合し、環境に応じて適切な移動形態と移動戦略を有するロボット知能の実現を目的とする。事業化としてはサービスロボットで求められる環境適応型ロボット、および、そのコンポーネント販売を目指し、宇宙利用としては将来の宇宙探査で必要となる極域環境や縦孔などで求められる環境適応型ロボットを目指す。

【成果】

具体的な目標を日本家屋（階段が急）、およびオフィスのサービスロボットの開発と設定し、以下を実施した：1）省電力化システムにおける三次元の環境認識と行動生成システムの統合、2）環境認識に応じた移動行動戦略制御法の構築。合体変形型移動ロボットのシミュレーション環境を構築し、省電力型ロボット計算機システムの検討を実施しつつ、実機を開発した。



省電力型ロボット計算機システムの検討



合体変形型移動ロボットのシミュレーション環境の構築



自動・自律型探査技術／課題解決型

拠点建設を実現する遠隔施工システム

課題名 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

機関名：鹿島建設株式会社、芝浦工業大学、京都大学、電気通信大学

プロジェクト概要

【目的】

月や火星の建設作業では人間が現場に常駐して作業することが難しい。一方、地上においても作業員不足や生産性・安全性の向上のため、遠隔地からの遠隔操作による無人化施工やさらには自動化された建設機械による作業が必要とされている。

これらを実現するには、従来の技術として、建設作業で蓄積された確実な無人化施工システムがあり、これに建設機械の自動化を組み合わせる技術や時間遅れを考慮した施工技術の確立が研究課題となる。これらの技術が実現すれば、月面においては対象範囲数十m四方のゾーンを整地し構造物を設置・遮蔽する遠隔施工システムが、地上では生産性や安全性の高い新しい建設施工システムが実現できる。

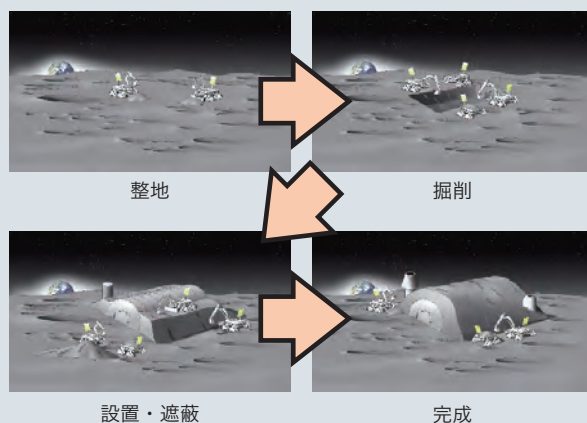
【内容】

本的な自動化機能に加えて、下記の機能を開発し、「遠隔操作・自動制御の協調」による遠隔施工システムを実現する。

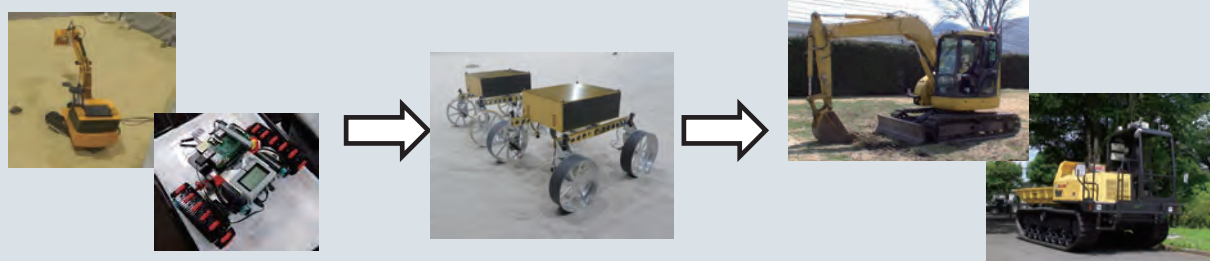
- 遅延補償付き操作支援機能：3～8秒の大きな通信遅延がある場合でも、遠隔操作している建機の操作性や安定性を損なわず、作業計画に応じた遠隔操作を可能にする支援機能。
- 周囲環境に応じた動作判断機能：遅延の制約により、事前に把握しにくい地形変化を検知し、現在位置での作業内容に応じて動作を自律的に選択する機能
- 複数建機の協調作業機能：複数の建機への遠隔指示に干渉などの不具合があった場合に、衝突回避などの作業変更を自律的に行う機能



地上と宇宙の遠隔施工イメージ



月面拠点の施工法の詳細検討



建機模型/試験モデル→試験プラットフォーム車両→建設機械と段階的に試験を実施

課題名 | 超軽量建機アタッチメントおよびブーム等の開発および実地検証

機関名：株式会社タグチ工業、東京農工大学

プロジェクト概要

【目的】

現在地球上には多種多様な建機が存在しており、機動性・安全性・軽量化・燃費向上に対する高い要求がある。

一方、月面拠点基地建設において使用される建機は地球上から輸送する為輸送コスト面から『汎用性が高い』『軽量化』がより求められる。

そこで軽量化する建機として汎用性が高い『油圧ショベル』を採択した。油圧ショベルは『アタッチメント』と呼ばれる作業用途に応じた機能を有する装置を取付・交換する事で1台で様々な作業が可能となる。

本研究では油圧ショベルの『アーム』『ブーム』等の部品や『アタッチメント』を従来とは異なる素材で設計・試作・評価試験をする事で『軽量化』と将来の『実用化』を目指す。

【内容】

- ①軽量金属で油圧ショベル用アーム、ブーム等の部品を設計・試作・評価試験を実施し、油圧ショベルの軽量化を図る。
- ②CFRPで油圧ショベル用アーム、ブーム等の部品を設計・試作・評価試験を実施し、油圧ショベルの軽量化を図る。
- ③軽量金属、CFRPで油圧ショベル用アタッチメントを設計・試作・評価試験を実施し、アタッチメントの軽量化を図る。
- ④CFRPへの耐摩耗性向上技術やCFRP構造のヘルスモニタリングによりアタッチメントの高度化を図る。

軽量金属製アーム・CFRP製アーム

油圧ショベル用軽量金属製アーム、CFRP製アームを設計・試作・評価試験を実施した。
完成後の重量は軽量金属製アームがオリジナルアーム（純正アーム）の約1/2、CFRP製アームが約1/3である。

評価試験の結果、オリジナルアームと同等な使用方法が可能でありながら油圧ショベルの性能向上も見られる。

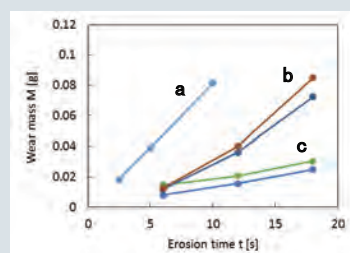
アーム軽量化の効果が表れている



プラズマ溶射法によるCFRPの耐摩耗コーティング

CFRP面へプラズマ溶射法による耐摩耗コーティングを施し、サンドエロージョン試験を実施した。

優れた対エロージョン性を確認



a:CFRP基材

b:コーティングA

c:コーティングB

不良

良好

自動・自律型探査技術／アイデア型

地盤推定手法の確立

課題名 | スクリュードライビングサウンディング(SDS)による月面でも利用可能な地盤調査技術の確立

機関名：東京都市大学、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

プロジェクト概要

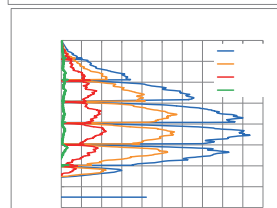
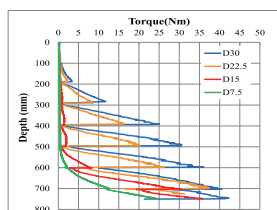
【目的】

月・火星においては、地上と同様に拠点構築には地盤調査は不可欠だが、使用できるリソースに限りがある。地上においても、既製杭を施工する場合は、支持地盤を推定するために、事前にアースオーガで対象地盤を掘削し各種調査を行う必要がある。そこで、特別な機器を使用せず、アースオーガの掘削情報から地盤特性を逆推定する手法を確立する。これにより、月・火星探査において地盤調査を容易にすると共に、地上においても、掘削時の情報から地盤特性が求まり、コストダウンや工期の短縮が可能となる。そこで、地盤調査専用の機器を用いず、アースオーガの掘削情報により、地盤定数を逆推定する手法を確立する。

【成果】

アースオーガの掘削情報に対して、スクリュードライビングサウンディング (SDS) と呼ばれる現行の地盤調査方法の定数推定アルゴリズムを援用して、月面の地盤定数を推定する方法を提案する。推定式構築には、月面アースオーガによる系統的な掘削実験を必要とするが、これらの実験結果の検討を通して、杭打ち工事等でよく用いられるアースオーガ形状の掘削特性を把握することが可能となるため、杭打ち施工管理方法の提案につながるものと期待できる。

基礎実験



現行SDSの理論と試験方法を基に、アースオーガ特性を把握する。

SDS-lunaという新提案



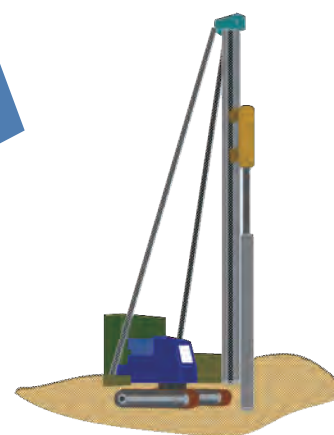
現行のSDSにアースオーガを組み込んだ今までにない地盤調査手法を確立。地上でのデータを蓄積し、更なる進化へ。

月面地盤調査



月面探査ローバ搭載のアースオーガを用いた調査手法の確立

杭施工管理システム



SDS-lunaの調査結果を基に、高精度システムを提案する。

課題名 | 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

機関名：立命館大学、日特建設株式会社

プロジェクト概要

【目的】

月・火星においては、地上と同様に拠点構築には地盤調査は不可欠であり、図1のように専用機器を使った調査を行えるのが理想である。しかし、宇宙では使用できるリソースに限りがある場合が多く、他の目的で持っていくアースオーガ（図2）などの機器を活用できれば効果的である。地上においても、既製杭を施工する場合は、支持地盤を推定するために、事前にアースオーガで対象地盤を掘削し各種調査を行う必要がある。そこで、特別な機器を使用せず、アースオーガの掘削情報から地盤特性を逆推定する手法を研究した。これにより、月・火星探査において地盤調査を容易にすると共に、地上においても、掘削時の情報から地盤特性が求まり、コストダウンや工期の短縮が可能となる。

【成果】

スクリーオーガがボアホールを作成する際（掘削時）には、月面地盤より掘削抵抗を受ける。このスクリーオーガと月面地盤との掘削抵抗情報を利用して、間接的に地盤強度を推定することを試みた。

まず、理論上での掘削時にかかる力学の計算を行い、次に実際に掘削する際のデータを取得した上で、この2つの関係を利用して地盤強度を推定した（図3）。深さ1m程度の任意点で計測可能で安定した推定が可能なアルゴリズムをまとめ、地上の代表的地盤と月の模擬土壌で実験的に検証し有効性を確認した（写真1）。

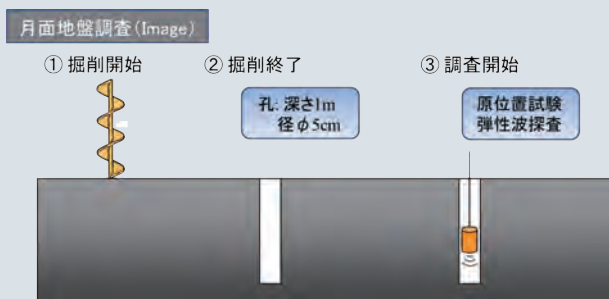


図1 月面地盤調査計画の一例

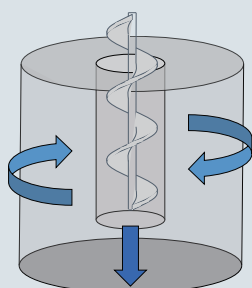


図2 アースオーガ

スクリー型のオーガは排出と掘削が同時に行える効率の良い掘削機構である。

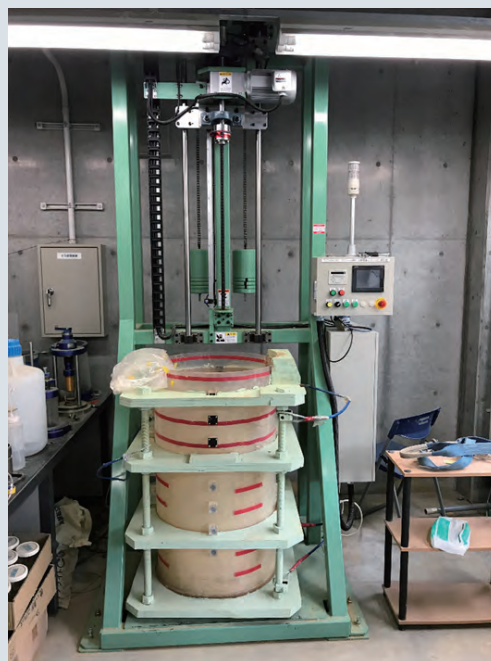


写真1 地上応用を想定した掘進制御の可能な大型掘削試験機

理論上での計算 → 掘削データの取得 → 地盤強度の推定

図3 推定手法のフローチャート

自動・自律型探査技術／アイデア型

自重に依存しない締固め手法の研究

課題名 | 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

機関名：酒井重工業株式会社

プロジェクト概要

【目的】

月面拠点では、着陸場や居住等のゾーン及びそれらをつなぐ道の地盤を締め固める必要があるが、地上の締固め機械は重く簡単に輸送することができない。地上においても、従来、自重に加え振動を加えることによって締固める手法が行われてきたが、砂や粘土はローラを用いた単純な締固めによって密度を高めることが困難である。

そこで、自重に極力依存せず軽量の機材で地盤を締め固める手法を検討し、地上でもより効果的な手法として応用することとした。締固め困難材料に対する振動ローラ（振動方式）の適用性を見極めることで、その応用範囲を広げると共に、新たな振動方式の可能性を探った。

【成果】

締固め機械としては、既存の振動方式である通常、垂直または水平振動を有し、比較に適した仕様の車両を試験車両に選定した。試験材料としては、締固めが困難な材料を現存する土質から粒度調整も視野に入れて選定し、振動効果が多角的に評価可能となる測定方法を検討した。締固め試験では、試験材料に対する振動効果が含水比によって異なると予測されたため、複数含水比の条件にて試験を実施した。

その結果、砂に対する振動方式ごとの締固め効果の違いを定量的に得ることができ、地上応用及び宇宙応用の可能性が高まった。



課題名 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

機関名：株式会社センテシア、大阪大学

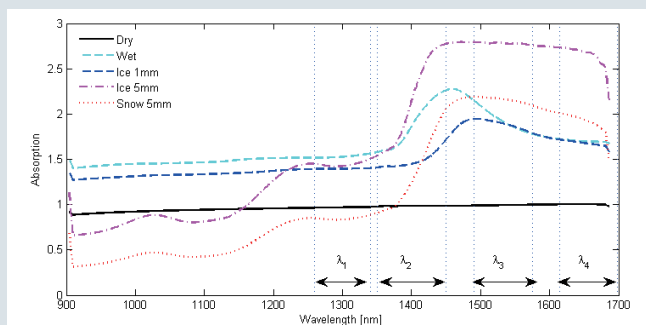
プロジェクト概要

【目的】

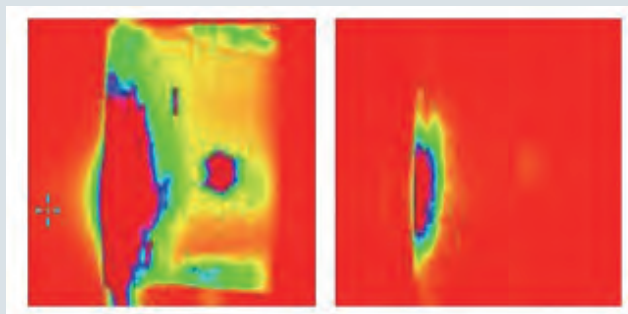
既存の2次元イメージング分光器には各種方式の機種が存在するが、小型・軽量化には、その方式ゆえの限界がある。本研究においては、その制約条件の少ない方式を用いて、大幅な小型・軽量化を図った機種を開発することが大きな目的である。28年度はそのための光学系の最適化、駆動方式の検討、検出器の調査、一部光学部品の最適設計と試作を行う。

【内容】

- ①光学系設計/サイズ最適化検討、全体システムとしての筐体/構造の検討
検出器に関わる調査を実施し、選定した。光学設計を行って機器配置・光路を最適化し、筐体サイズを検討した。200mm角程度の形状・サイズを目標とした（最終目標は90mm×150mm×100mm程度）。この中には回折格子等の光学部品、検出器、駆動機構（ただしモータではなく手動による駆動）が内蔵されている。
- ②光学部品の試作検討：回折格子最適化設計及び試作実施
光学設計に基づき、回折格子について、調査および最適化検討を実施し、回折格子を試作した。分光特性を確認して光学系BBM（1次試作機）に組み込んだ。
- ③月惑星探査における分光器機能・性能要求の検討
月惑星探査において必要な機能・性能の検討を行うために必要なクーリングステージを試作し、月惑星表面上での結氷状態の模擬観察を行った。



Patrik Jonsson, et al., 2014, Road Condition Imaging-Model Development



1290nm 1370nm
道路面上の水/氷の波長別反射率



2次元分光による水面/結氷面
/雪面での計測例（センテシア計測）

課題名 液体を使わない建設資材の現地生産技術の研究

機関名：東急建設株式会社、東京都市大学、日東製網株式会社

プロジェクト概要

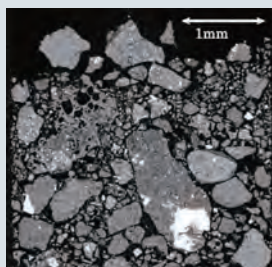
【目的】

遠心成型技術やジオテキスタイル技術を用いることによって、水などの液体を使わずに地上の土質原料や月の砂を締固めて固化させる技術の検討を行う。各種の土質原料や繊維補強材を使用した場合の固化の原理ならびに実現性を明らかにするとともに、ブロック状や土のう状の建設資材としての適用性を評価する。

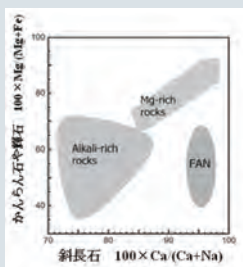
【成果】

- ①土質原料および繊維補強材の選定：圧縮による破碎性、廃棄物としての消費需要などを考慮して、検討用の土質原料を選定した。また、圧縮固化材料の補強機能を有し、かつ月面等の過酷な環境においても適用可能な繊維補強材（材質、形状）を選定した。
- ②圧縮固化・強度試験：種々の土質原料単体あるいは各種繊維補強材を混入させた試料に、最大100MPaの一次元圧縮応力を加え、固化の状況、固化に必要な圧縮応力ならびに一軸圧縮強度等を調べた。
- ③遠心成型による固化体の試作：遠心機を用いて土質原料を固化させ、その特性を把握するとともに、連続的な自動化生産方法の検討を行った。
- ④網状補強材の検討：網状の補強材で圧縮固化した材料やその組立構造体を覆い、構造体としての形状や強度の維持を可能とする方法の検討を行った。

月面の砂



写真引用：松島亘志
月面表層土粒子の高精細X線CT画像の取得とその利用



図引用：荒井朋子
かぐやデータと月試料の融合研究が拓く月科学

Median size: $70\mu\text{m}$ (soil). Meteorite Impactにより高温高压で溶融・粉碎されたため、ガラス質が多い。平地部では数m、クレーター部で10数mの厚さで堆積する。その下は岩盤。主な成分：Si, Al, Ca, Mg, Fe

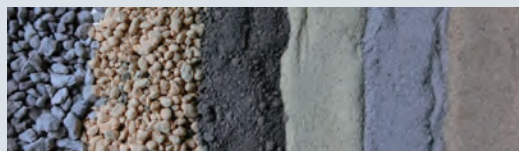


Mission!!
Regolithを使用して
Luna r base を建設

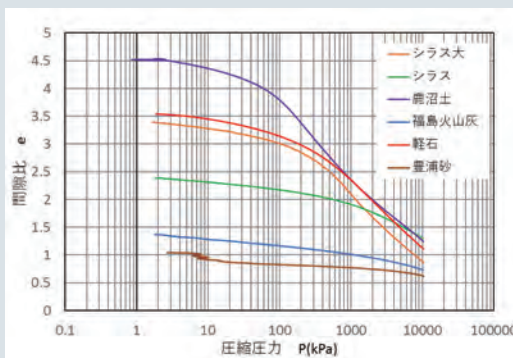
Regolith and short fibers are mixed and compressed using centrifugal device

圧縮試験

圧縮試験の材料



シラス大 鹿沼土 福岡火山灰 鹿児島島石 シラス 豊浦砂



1次元圧縮試験で、固結状態を確認

Compressive strength of the regolith simulant is investigated

課題名 | 現地資源からの建設資材の製造システム

機関名：三菱マテリアル株式会社、北海道大学、山口大学、株式会社大林組、有人宇宙システム株式会社、株式会社IHI、株式会社IHIエアロスペース

プロジェクト概要

【目的】

ジオポリマー（Geopolymer：GP）の原料物質（アルカリ、ケイ酸）を地球表層の土壌や月面レゴリス（現地資源）から抽出し、その固化体（以下GP固化体）を製造するプロセス、ならびに現地資源から建設資材としての焼結材を迅速製造・利用するプロセスにおける必要エネルギーを導出する。これを元に、地球の一日あたり、1,000 kg以上の月レゴリスを処理し、月面で建設資材を創製するための低エネルギーな手法を提案する。本手法により、従来のコンクリートやセメントに比べてCO₂排出を大幅に削減でき、かつ高強度な固化体が作製できる。これらの固化体の性能を活かせる市場の調査および、新たな固化体製法に基づく事業化案の策定を行う。

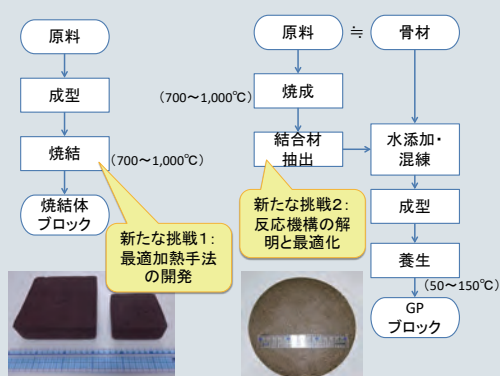
【内容】

- ①原料の調査・選定（粘土、シラス、模擬月土、スラグ、スラッジ）を行った。
- ②DSC（示差走査熱量分析）およびXRF（蛍光X線分析）、XRD（X線回折）およびMELTS解析等による原料の溶融特性把握を行った。
- ③GP-A固化試験：焼成した各種原料に水を加え、粒子界面に溶出したアルカリによって原料自身を固化させる手法の検討を行った。
- ④GP-B固化試験：焼成原料から溶脱したアルカリ溶液を用いて新たな原料を固化させる手法の検討を行った。
- ⑤焼結材熱特性試験：焼結材内部温度計測ならびに各種焼結温度プロファイルの適用による低エネルギー焼結手法の検討を行った。
- ⑥固化体の物性総括と製造所要エネルギーの算定を行った。
- ⑦新たな固化製法の展開と事業化に向けた検討を行った。

焼結、ジオポリマー（GP）固化体、二つの建設資材

焼結体：粉体を型枠に入れ、高温（700～900℃）で焼結・固化することで得られる固型化物（例）レンガ、土器
GP：ローマセメントとして知られる人工岩石系の材料。結合材（フィラー）と骨材を脱水縮合反応により固化
（例）ローマのパンテオンやコロッセオ

製造プロセス案（例）



焼結体とジオポリマー固化体のメリット・デメリット及び研究対象

	焼結体	ジオポリマー固化体
メリット	●水を使うコンクリートに比べ工程が簡単 ●現地材料のみで製造可能	●製造工程におけるCO₂排出が少ない ●強度、耐酸アルカリ性、耐熱性に優れる ●長寿命
デメリット	●高温処理が必要 ●厚いブロックでは時間がかかる。	●少量の水が必要 ●焼結材と比較して工程が複雑
研究対象	●製造の最低温度（エネルギー）の測定 ●焼結時間が最適なブロック厚の算出	●合理的な新規GP製造手法の開発 ●製造の最低温度（エネルギー）の測定

候補原料と想定用途

原料	建設資材の用途	焼結体	GP固化体
レゴリス・シミュラント	月面基地	○	○
粘土（ベントナイトなど）	発展途上国レンガ	○	○
シラス（火山灰）			○
スラグ廃材（銅スラグ）	一般建設用		○
スラッジ（浄水汚泥）		○	○

現地資源や
廃材安定固化
そして月面拠点建設



現地資材のみを
原料とする建築
資材製造方法を
開発する

極限環境での長期
安心安全居住を
可能にする

加熱と水和を駆使して砂を固化する

課題名 | 砂や火山灰の形成技術の研究

機関名：モルタルマジック株式会社

プロジェクト概要

【目的】

提案者が現在保有する「紛体を自由な形に形成し固める技術」の適用範囲を拡大し、新たな市場の開拓を目指す。具体的には、砂や火山灰を用いて作製した形成物の実用的な展開先ならびに月面における適用性を探るとともに、その形成物に要求される性能を確保するための新しい形成技術を提案する。

【成果】

- ①砂および火山灰形成物の適用検討：形成物の実用的な展開先の調査ならびに展開に必要な形成物の目標性能を明らかにした。
- ②形成物の基本性能確認：基材（砂・火山灰等）の安定的な調達方法を調査し、それらの基本的な性質（化学組成、粒子密度、粒度等）の把握を行った。
- ③各基材について従来のバインダー混合比を変えた形成物を作製し、それらの強度特性を把握を行った。
- ④形成物の改良研究：実用展開に必要な形成物の性能を満たすバインダーを調査・調達し、形成物を試作しその性能を評価した。
- ⑤砂および火山灰形成物の地上における新たな用途製品を提案するとともに、宇宙での適用可能性について検討した。

基本性能試験

- ①バインダ材の混入率を変えてベース試験体を形成
- ②ベース試験体表層に各種トップコートを塗布し特性を把握



簡易強度試験装置



強度試験後の試験体

課題名 | 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

機関名：株式会社大林組

プロジェクト概要

【目的】

- ①土質原料および繊維補強材の選定：圧縮による破碎性、廃棄物としての消費需要などを考慮して、検討用の土質原料を選定する。また、圧縮固化材料の補強機能を有し、かつ月面等の過酷な環境においても適用可能な繊維補強材（材質、形状）を選定する
- ②圧縮固化・強度試験：種々の土質原料単体あるいは各種繊維補強材を混入させた試料に、最大100MPaの一次元圧縮応力を加え、固化の状況、固化に必要な圧縮応力ならびに一軸圧縮強度等を把握する
- ③遠心成型による固化体の試作：遠心機を用いて土質原料を固化させ、その特性を把握するとともに、連続的な自動化生産方法の検討を行う
- ④網状補強材の検討：網状の補強材で圧縮固化した材料やその組立構造体を覆い、構造体としての形状や強度の維持を可能とする方法の検討を行う。

【成果】

- ①土質材料調達・調整：粘土鉱物、汚泥廃棄物、模擬月土（シミュラント）等の原料を入手し、粒度等の調整を行った。
- ②マイクロ波溶融技術の研究：模擬月土および汚泥廃棄物のマイクロ波による加熱特性を調べた。加熱後試料の外観ならびに一軸圧縮強度と、投入積算電力を調べた。
- ③コールドプレス技術の研究：粘土鉱物、玄武岩、汚泥廃棄物ならびに水分を種々の混合比で調整した材料を一軸載荷して成型し、さらに乾燥養生を行って固化試料を作製する。固化試料の外観ならびに一軸圧縮強度を把握し、最適な混合比、養生条件等を特定した。
- ④地上における廃棄物固化ならびに月・火星における利用のための技術およびコストの最適化についての検討を行った。



作製例：マイクロ波利用（左）、コールドプレス法利用（右）

コールドプレス法手順



A. 原料混合



B. 容器への充填



C. 圧縮後 容器からの取り出し

課題名 | 月土壤の水素還元システムの構築 —低品位原料の工業的利用を目指して—

機関名：九州大学、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

プロジェクト概要

【目的】

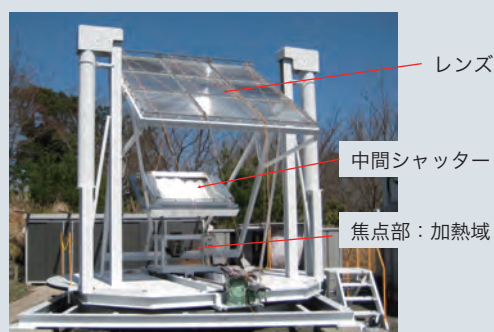
月土壤などの低品位の酸化物原料を還元対象とした反応炉の設計と反応条件の最適化を行い、還元が難しい酸化物からの金属製造プロセスの工業的応用を検討する。また、太陽炉を用いた本プロセスの実現性、および地上では今までには用いられることがなかった低品位の酸化物原料や難還元性の酸化物原料を用いた金属製造プロセスの工業化を検討する。

【成果】

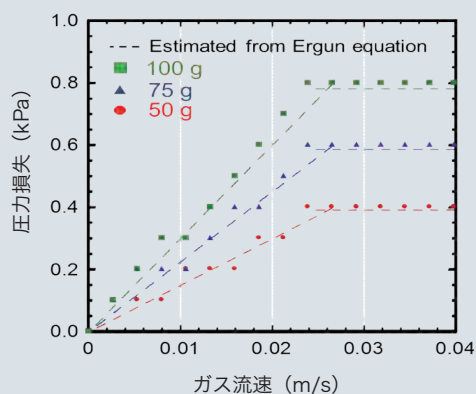
- ①流動層による模擬月土の水素還元を行い、その流動・反応条件の最適化を検討した。
- ②太陽炉を用いた固定層反応炉では、短時間で目標温度まで到達する能力が実証された。流動層反応炉に向けた受光部や伝熱構造の設計指針を得た。
- ③流動層反応炉における低品位チタニアの水素還元実験により、酸素欠損型チタニアの作製に成功した。
- ④実験成果をもとに1,000 kg/dayの原料処理を行う場合の反応炉の設計と必要なエネルギー量を見積もった。



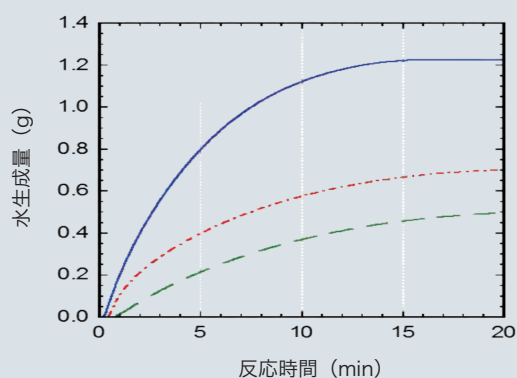
流動層水素還元システム



10 kW 大型太陽炉



流動化実験結果



水素還元反応例

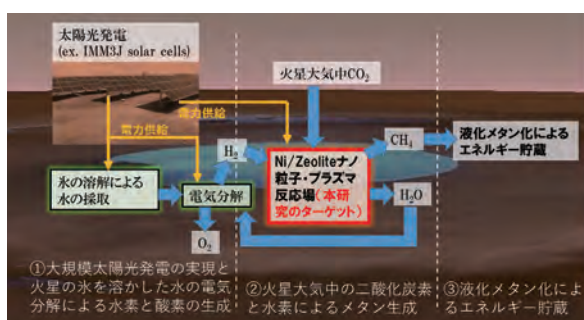
課題名 | プラズマ・触媒ナノ粒子複合反応場によるCO₂資源化技術の開発

機関名：九州大学

プロジェクト概要

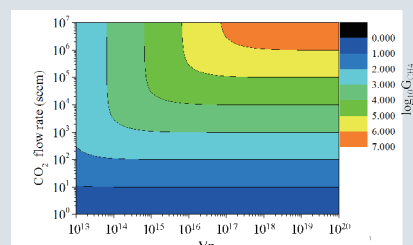
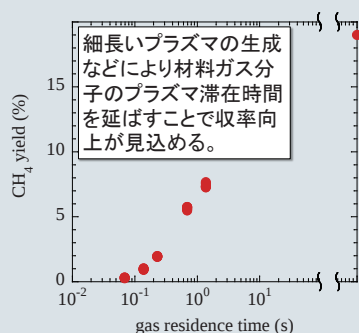
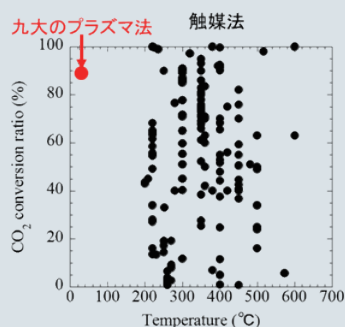
【目的】

火星に存在するCO₂とH₂OからCH₄への自立型エネルギー固定化実現を最終目標とする本研究は、その中核技術となる火星大気中の二酸化炭素と水素によるメタン生成について、地上実験による製造プロセスの原理検証を研究目的とする。



【成果】

- ①Ni/Zeliteナノ粒子とプラズマの相互作用によるCH₄変換機構解明：プラズマパラメータやナノ粒子物性に対するCO₂分解からCH₄への分解反応プロセスを定量的に明らかにした。
- ②実用的に意味がある高スループット、高変換効率の実現：プラズマと触媒の併用によるCH₄の収率向上を実現。
- ③火星におけるCO₂資源化プラントの概念検討：CO₂資源化プラントに必要なシステム要求を明確化し、CO₂資源化プラントの概念検討を行った。



1日に原料1000kgをCH₄に変換した場合のCH₄生成速度G_{CH4}=3x10⁵cc/min
今後のエネルギー効率向上により、達成可能

【成果① Ni/Zeliteナノ粒子とプラズマの相互作用によるCH₄変換機構解明】

- ・従来の触媒法では実現出来ない、室温でCO₂変換率90%達成（上図）。
- ・CO₂メタン化プロセスの理論的検討に必須の電子衝突解離定数を初めて決定した。

【成果②実用的に意味がある高スループット、高変換効率の実現】

- ・火星大気圧条件下において、プラズマと触媒の併用によるCH₄収率19%達成（上図）。
- ・触媒劣化なしに長時間運転の可能性を示すとともに・高スループット高変換効率の実現可能性を示した。

【成果③火星におけるCO₂資源化プラントの概念検討】

- ・1日に1000kgの原料を変換するために必要なプラズマ体積は10m³であることを理論計算より明らかにした（上図）。

課題名 移動体搭載用の燃料再生可能な燃料電池システム用超高压複合容器製造技術

機関名：中国工業株式会社、九州工業大学、産業技術総合研究所

プロジェクト概要

【目的】

月・火星の拠点、移動車両、作業機械などでは、大きな電力を必要とし、大容量で軽量の電池が必須となるため、発電後に生じた水を回収・電気分解し、酸素と水素を再生可能な燃料電池システムの構築を目指している。そのためには軽量でガス貯蔵効率が高く、ガス透過が少なく、極限環境下でも使用可能な燃料電池システム用超高压複合容器が求められている。本研究では、質量効率としては燃料電池自動車用と同程度を維持しつつ、水素ガス透過量を従来の10分の1、そして広い温度範囲と放射線環境下で使用可能な極限環境適用性材料で構成される超高压複合容器の実現を目的とする。

【内容】

地球から必要部品を持ち込んで組み立てを行うことを念頭においた場合、ロケットでの部品の輸送を考えると質量効率の向上が必要不可欠となる。また、宇宙空間では寒暖の差や、放射線暴露といった極限環境に適用する材料で構成する必要がある、その選定が重要となる。そこで、超高压複合容器の質量効率を上げるためにフィラメントワインディングパターン（FW）の効率化を行う。また、高ガスバリア性、極限環境適用性材料の検討としては、候補となる各種ライナー材、ガスバリア材について強度試験、酸素適合試験、ガス透過試験等を実施・評価し、これら技術を統合し最適構成な複合容器を目指す。

複合容器の研究開発状況

● 質量効率を上げるためのFWパターンの効率化

超高压複合容器の質量効率を上げるために、フィラメントワインディングパターンの効率化



● 高ガスバリア性、極限環境適用性材料の検討

適用性材料の検討として、熱可塑樹脂、クレスト等の候補となる各種ライナー材、ガスバリア材について強度試験、酸素適合試験、ガス透過試験を実施、評価し、その最適構成を検討

● 目標仕様

上記の研究開発成果を統合し、以下の目標を達成する

項目	目標仕様
設計圧力	42 Mpa（移動体用を想定）
H ₂ ガス透過量	従来と比較して 1/10 以下
サイズ	45 L（180Lまで拡張可）
質量効率	燃料電池自動車用と同程度

適用先

地上用途 → 水素ステーション
（出典：大阪ガス プレスリリース）



宇宙用途 → 再生型燃料電池システム
（ガス貯蔵タンク）



課題名 | 全固体リチウムイオン二次電池の開発

機関名：日立造船株式会社

プロジェクト概要

【目的】

全固体リチウムイオン二次電池は、高エネルギー密度、使用温度域が広い、高い安全性、そして長寿命と言った特徴を有することから、従来の電解液式のリチウムイオン電池で抱えていた課題の解決が期待されている。宇宙用途においても、従来の電池では適用することが困難であった極限温度環境下での適用が有望視されている。本研究では、全固体リチウムイオン二次電池の試作・評価を通じ、極限環境に対する耐性強化、ならびに大型化・高容量化を実現し、将来の惑星探査ミッション適用に向けて革新的な蓄電池技術を獲得することを目的とする。

【内容】

宇宙探査機への適用を目的とし、これまでの実績を上回る性能の実現するため以下の開発を進めている。

- ①極限環境下で安定動作可能な全固体リチウムイオン二次電池の検討、試作：100℃を超える厳しい高温・低温環境に耐え、必要な運用期間に安定的に動作する電池の実現を目指した検討と試作を行う。
- ②二次電池の大型化、高容量化検討、試作：これまでの実績を大きく超える大型化、高容量化を目指し電池の構成やパッケージなどの検討と試作を行う。
- ③試作電池の各種評価：試作した電池を、高温、低温環境や、振動環境など厳しい環境の元で評価し、特性の把握を行う。

本電池の特徴・研究目標

無機固体電解質を使用しているため以下の特長を有する

● 高い安全性

可燃性ガスが生じることがない

● 高エネルギー密度

同一パッケージ内で積層でき、高電圧、高容量化が可能

● 幅広い使用温度範囲

液式の同電池とは異なり、電解質の凍結や蒸発がなく、低温から高温まで動作可能

● 長寿命

リチウムイオンのみを移動させるため、副反応が抑制され、劣化の少ない安定な動作が可能



探査ハブ研究では、厳しい高温・低温環境耐性、ならびに高容量化に関して、これまでの実績（温度範囲：-40℃～+100℃、容量：数Ah）を上回る性能の実現を目標とする。

適用先、事業化構想

今後、成長が見込まれる蓄電池3分野への用途を検討中

【電力系統用蓄電池】

太陽電池発電所の出力を安定させるほか、揚水発電の代替手段



【定置用蓄電池】

非常用自家発電機の代替や猛暑時のピークカットに活用



【車載用蓄電池】

電気自動車・燃料電池自動車など、次世代車に必要不可欠



併せて、宇宙用途への展開も視野に

【宇宙用蓄電池】

従来の電池が適用困難である極限環境下のミッションに搭載



課題名 | 固体化マリンレーダーの開発

機関名：株式会社光電製作所、株式会社東洋技術工業

プロジェクト概要

【目的】

船舶の航行の安全を守る“マリンレーダー”では、周波数の有効利用や維持費負担の低減から、マイクロ波の出力に半導体増幅器を用いた“固体化マリンレーダー”の開発が求められている。近年半導体増幅器はワイドバンドギャップを達成するGa₂N（窒化ガリウム）を代表に、高い出力電力を得ることが可能になってきているが、小さな船舶に搭載するには未だ高価であるのが現状である。本テーマではこの低コスト化に着目をし、商用機として市場展開が可能な性能、価格、寸法を満たした固体化マリンレーダーを開発することを目的とする。高出力な半導体増幅器は様々なシステムに応用可能であり、この成果は宇宙応用を含め、広く展開が可能と考える。

【内容】

JAXAの実績である内之浦宇宙空間観測所におけるS帯1kW級半導体アンプ、およびPROCYON搭載X帯20W級半導体アンプの成果を基に、以下の3点に着目をして低コスト化に向けた開発を進める。

①材料レベルからの設計

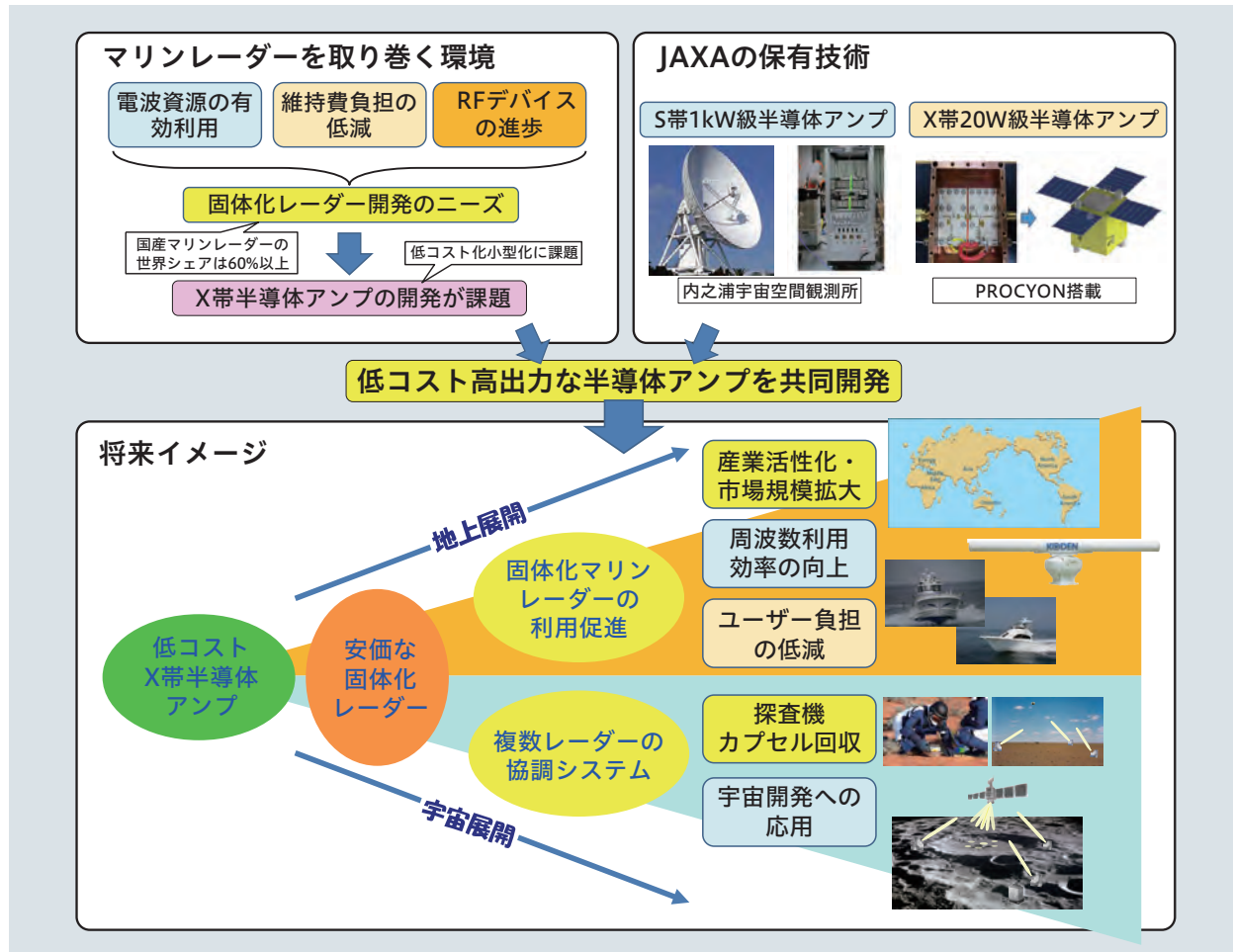
汎用性に長けた市販デバイスを使用するのではなく、より材料に近いレベルから、ニーズに特化した設計を行うことで、原材料費の低減を図る。

②高効率化・小型化

電源回路や筐体など、周辺機材に要求される性能を軽減し、増幅器全体としての低コスト化を図るため、高効率化・小型化を追求する。

③高い性能再現性

量産時の作業工数低減や信頼性確保のため、性能再現性の高い設計を行う。



課題名 | 長距離空間光通信を実現する光通信モジュールに関する研究

機関名：ソニー株式会社

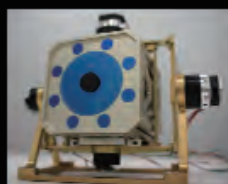
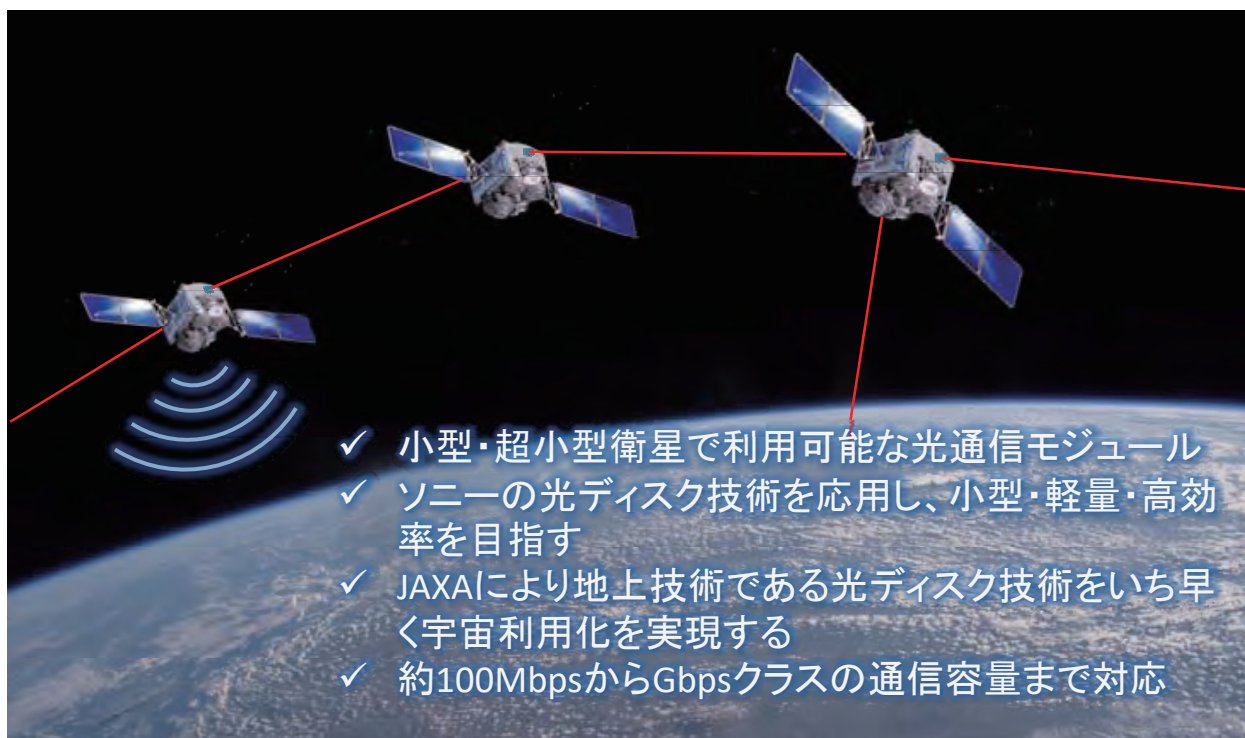
プロジェクト概要

【目的】

近年、超小型衛星技術や再利用ロケット技術の進展を中心とした技術革新により地球低軌道の利用が進んでいる。一方で地球低軌道はインターネット通信網には常時接続されていない。本研究は、地球低軌道をインターネット通信網と常時接続可能とすることを目的として、超小型から小型衛星において運用可能である光通信モジュールの基盤技術を確認することを目的としている。このため、衛星向けの光通信モジュールを小型、軽量、高効率することが重要である。本研究では、すでに長年の実績を有する小型・軽量・高効率の光学系および機械制御系を持つ光ディスクの技術を適用した基盤技術開発を行う。

【内容】

本研究では、小型および超小型衛星による衛星間光通信により地上のインターネット通信網との常時接続を実現すること、衛星ミッションに伴う動作中も通信回線を接続するために、約4,500 (km) の通信距離を、制御角度範囲を±約500 (mrad) において約10 (μrad) の精度で結ぶ。これらを実現するために、光ディスクのレーザー光学技術、集積光学系技術、制御技術などを導入し、光通信光学系の重量を約1.5 (kg) 程度に抑制する。宇宙環境における利用で求められる放射線、熱、振動衝撃などへの対応するための技術開発を行い、地上技術である光ディスク技術を宇宙利用可能な技術へ早期に展開する。



光通信システム
(モックアップ)



送信光学系
(実験検証モデル)

Target Specification

weight (kg)	~1.5
band width (Mbps)	50~
inter-satellite distance (km)	~4500
laser out (W)	1.5
power consumption (W)	15
tracking accuracy (urad)	~10

共通技術／アイデア型

革新的移動機構を備えた共舞台車の設計

課題名 | 多目的全方向移動クローラー共舞台車の設計

機関名：トピー工業株式会社、福井大学、有人宇宙システム株式会社、東北大学

プロジェクト概要

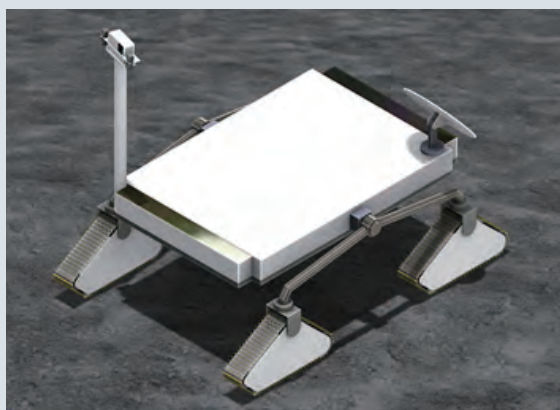
【目的】

月・火星拠点では、移動、作業、運搬など、多くの場面で車両が必要となるが、地上のように多種多様の車両を持ち込むことは現実的ではない。一方、地上においても、人が立ち入れない極限環境（海洋、原発など）を想定し、多目的な移動機構が検討されている。

そこで、目的に合わせた異なる作業部分を取付可能な、走破性・機動性が高い共舞台車を研究する。具体的には、上載質量が大幅に変化した場合にも走行性能を維持可能で、登坂能力や全方位移動可能での位置決め精度が高い、革新的移動機構を備えた共舞台車を実現する。

【成果】

悪路の走破性は通常のクローラー方式で実現可であり、位置決めは路面が整った条件ではタイヤ等で可能である。これらの両立と軽量化を兼ね備えた多目的全方向移動クローラー共舞台車の検討及び設計を行った。具体的には、模擬路盤の走行試験装置を用いてタイヤ方式や履帯方式と走行性を評価し、さらに登坂や乗り越えの試験により履帯方式としての優位性を明確化した上で概念検討を行い、概念図を作成した。



共舞台車のイメージ

共通機能（移動、通信など）を受け持つベースとなり、多目的に使う。

全方向クローラの試験風景

©トピー工業

