



宇宙探査

イノベーションハブ

INNOVATION HUB

月探査のためのAI(機械学習)

2022年度第2回宇宙探査オープンイノベーションフォーラム

2022年11月18日(金)

宇宙探査イノベーションハブ 山崎雅起

- 日本が得意とする技術
- 将来の宇宙探査に応用
- 地上の産業競争力向上

建てる

- ・ 無人/遠隔/自動でスマートに建設する
- ・ 小型軽量システムで地盤調査・掘削・整地する

探る

- ・ 着陸する
- ・ 自律(人工知能)で効率の良い探査をする
- ・ 資源(水氷、鉱物)を見つける
- ・ 広域を移動(水平・垂直)する
- ・ 多数小型ロボットで協調して、現地環境を知る

作る

- ・ 現地資源を採取・分析する
- ・ 現地から資源を抽出し、資材を製造する(ISRU)
- ・ 食料を省資源で生産する

住む

- ・ 電気・通信などのインフラを確立する
- ・ 資源をリサイクルする
- ・ 遠隔で医療を行う

月探査シナリオに関する課題例

・ピンポイント着陸のための画像航法(高速画像マッチング)

・故障検知・診断・再構成、自己修復

月面中型ランダー
月離着陸実証ミッション

・未知環境での環境適応

・人工知能、リアルタイム地形把握
・少リソースでの画像解析・理解、行動立案

・低消費電力

月極域探査ミッション

有人与圧ローバ

・越夜のためのエネルギーマネジメント

提供：トヨタ自動車株式会社

月面3科学に関する課題例

○月面3科学とは

- ・ 月震計ネットワーク
- ・ 月サンプルの採取・選別・地球帰還
- ・ 月面からの天文観測(月面天文台)

急斜面移動システム

- ・ アンカリング+テザー伸展により懸垂下降 & クライミングを実現する。



自動走行システム

- ・ AI+各種センサで障害物を回避しながら目的地まで走行する。
- ・ SLAMにより走行したエリアの地図を作成する。
- ・ Gateway or 地上で情報処理することで消費電力を抑制する。

着陸機用サービスモジュール

- ・ 付属ロボットアームによる簡易作業や付属センサによる簡易その場観測を行う。
- ・ ローバ等への補充電(無線送電など)やローカルネットワークを提供する。

「自動・自律型」探査技術

◆ 目的

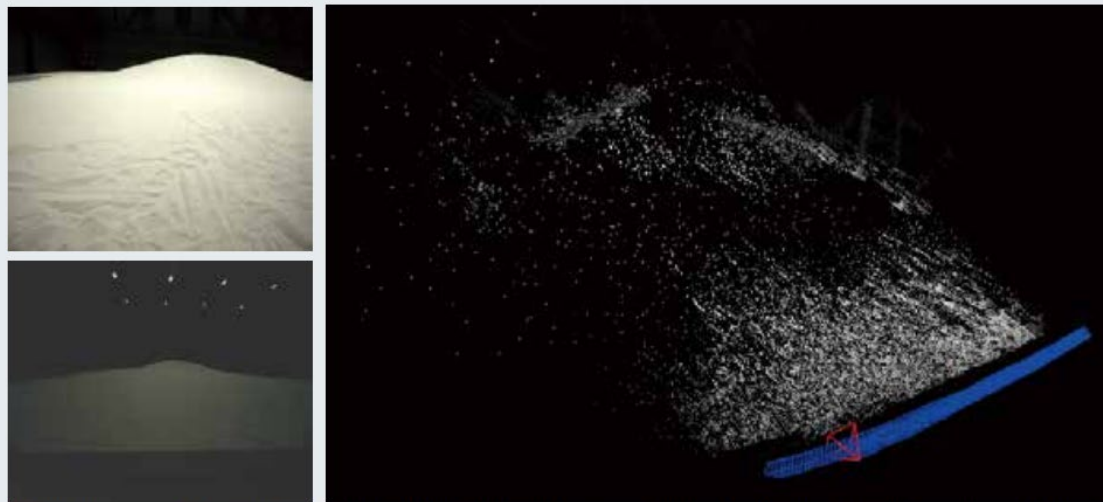
地球からの指令型探査から脱却する『自動・自律型』探査技術を獲得し、人が活動することが難しい環境で、自律的に判断し自ら機能するシステムや、人と共生し身体的・精神的な負担を軽減し、なおかつ安全な自律的システムで、宇宙技術に革新を起こす。

中テーマ	小テーマ		関連キーワード
(1) <u>AI (機械学習)</u> 未知環境や屋外環境にて自律的行動計画をたて、環境に適応して探査を行う。	①	環境認識・行動計画	・ 地形・障害物・物体認識、地図生成、自己位置推定 ・ 行動計画、エネルギー管理 ・ 複数台ロボットの分散協調のための群制御技術、マルチエージェントシステム
	②	学習データ	・ 少量データ向け深層学習 ・ 学習および教育に関わる技術（シミュレータなど人工データ構築、ドメインランダム化） ・ ビッグデータ解析・低消費電力高速AI処理に有効な要素技術
	③	信頼性・安全性	・ 自律システムの信頼性を向上させる技術 ・ 故障検知予測、自己修復技術

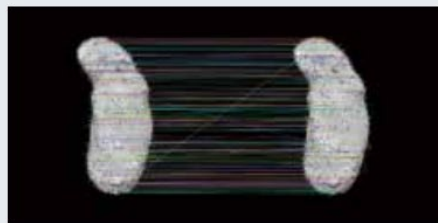
RFP	過去RFPでのAI技術関連テーマ
8(探る)	環境認識のための少量データ向け深層学習
8(建てる)	オフロード車両の走行挙動予測技術
7(共通)	超高解像トモグラフィ画像データ取得技術と3Dレンダリング技術の開発
7(作る)	レーザー励起光を用いた小型蛍光画像センサによる栽培作物の生育状態モニタリング装置の開発
6(作る)	セミドライフォグ栽培システムにおける噴霧制御の自動化
6(探る)	路面情報に基づくSLAM技術と動的経路生成のための組込実装技術の研究
4(探る)	複数小型ロボットを用いた確率的環境探索システム
4(探る)	分散協調型ロボットによる製造工場等の物品供給システムの開発研究
4(探る)	群 AGV (Automated Guided Vehicle) の開発
4(建てる)	ロードヘッダ／掘削機械の自律的動作を実現する AI、IoT 技術を用いた制御方式研究
3(探る)	異種・複数小型ロボットを用いた確率的領域誘導による環境探索システムと要素技術の検討
3(探る)	超高感度マルチカメラや深層学習を利用した高付加価値vSLAM技術の研究開発
3(探る)	テクスチャレスシーンのためのロバストなVisual SLAMの研究
3(建てる)	効率的なバケット採掘のための地盤情報取得技術
1(建てる)	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
1(探る)	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
1(探る)	環境適応型不整地自律走行プラットフォームの研究
1(探る)	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

((株)アイヴィス, (株)ビュープラス. 17年10月～18年9月)

探る

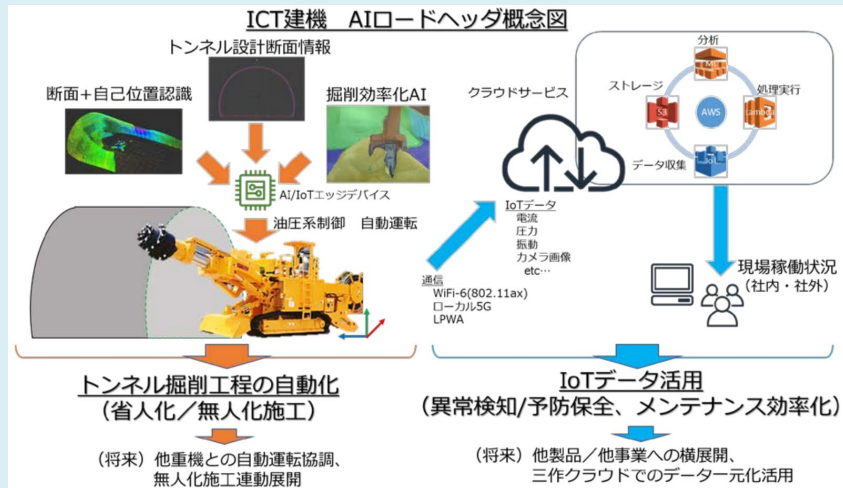


宇宙探査フィールドのvSLAM処理例：(左上) 超高感度カメラの取得画像、(左下) 照明が弱いため、一般カメラでは画像取得が難しい、(右) 超高感度カメラによるvSLAM処理結果、3次元環境地図とカメラ位置 (青い枠)



実際の探査画像 (はやぶさ、イトカワ) によるvSLAM処理例：(左) vSLAM処理過程の画像：2枚の画像間での対応関係を示す。(中) 推定した小惑星のワイヤフレームモデル、(右) 同テクスチャマッピングモデル

RFP4:ロードヘッダ／掘削機械の自律的動作を実現する AI, IoT 技術を用いた制御方式研究 (株)三井三池製作所.18年11月～19年12月)



建てる

図1. AIロードヘッダ概念図



図2. 深層学習AIによる映像認識例
(左): 赤外線画像 (模擬岩盤掘削中)
(右): 領域認識
(黄: 掘削塊、緑: トンネル断面)



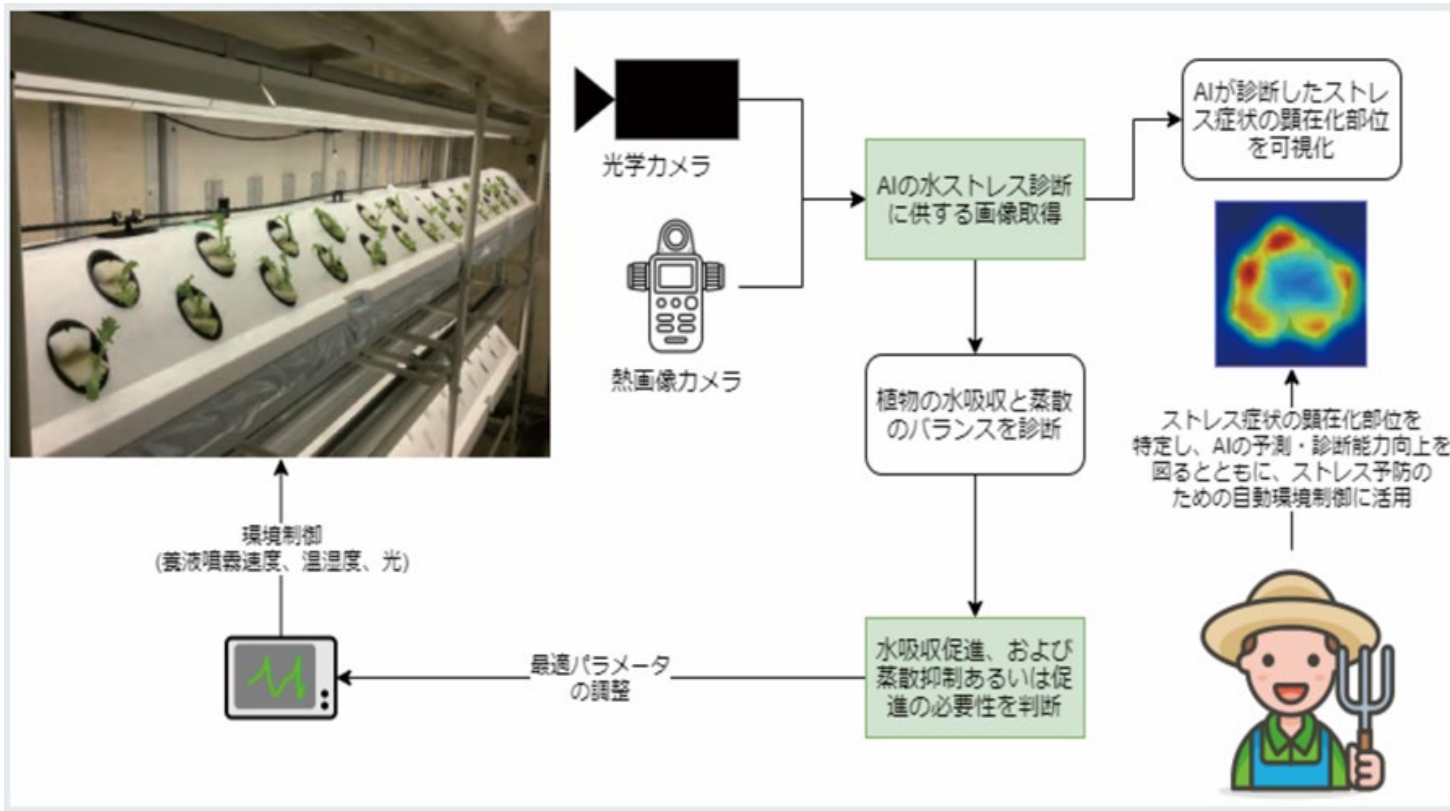
図3.
模擬トンネル試験場での
実機掘削検証



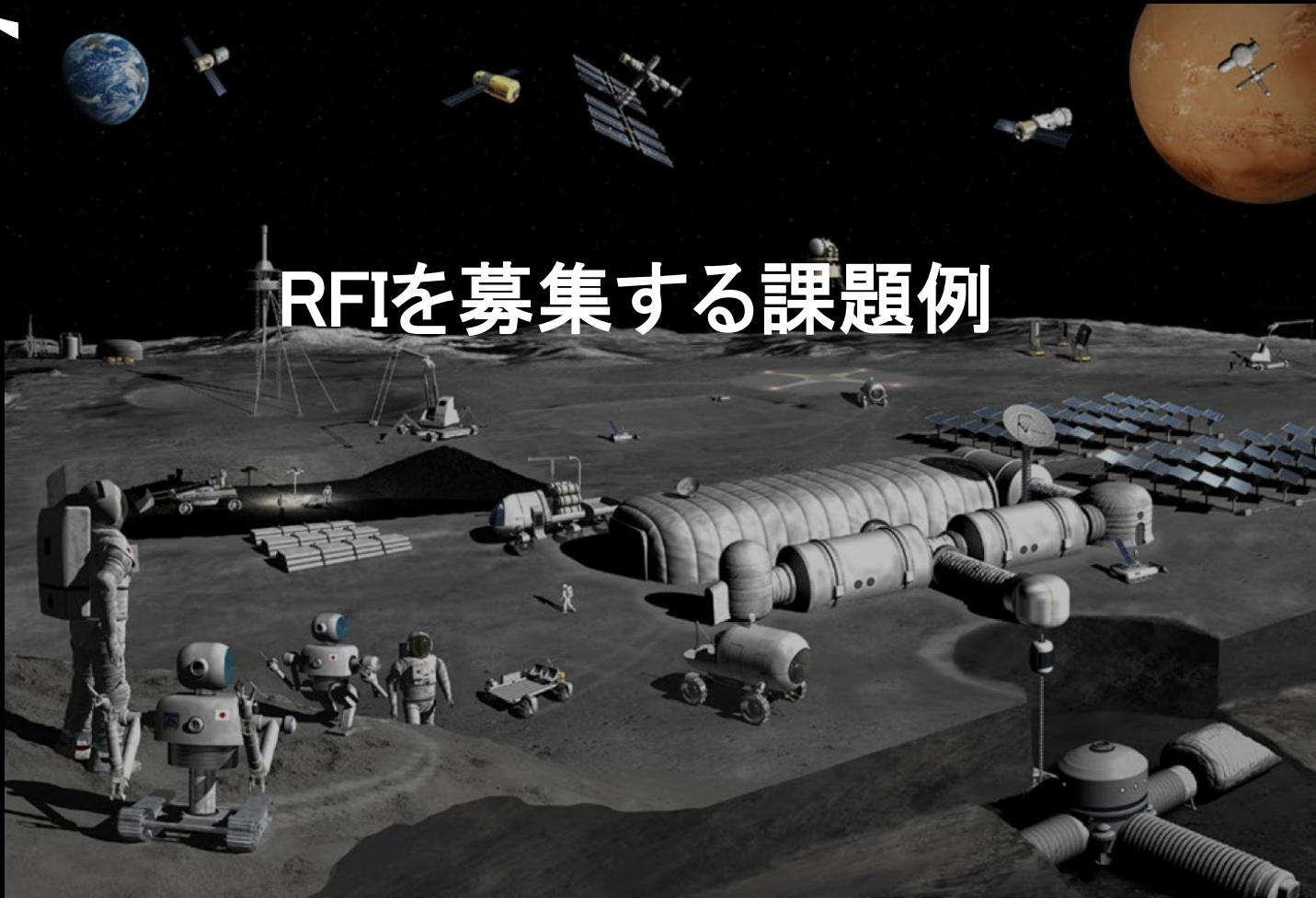
図4.
強化学習AIシミュレーション
モデル検証

((株)いけうち, 中村牧場合同会社, 大阪公立大学. 20年12月～継続中)

作る



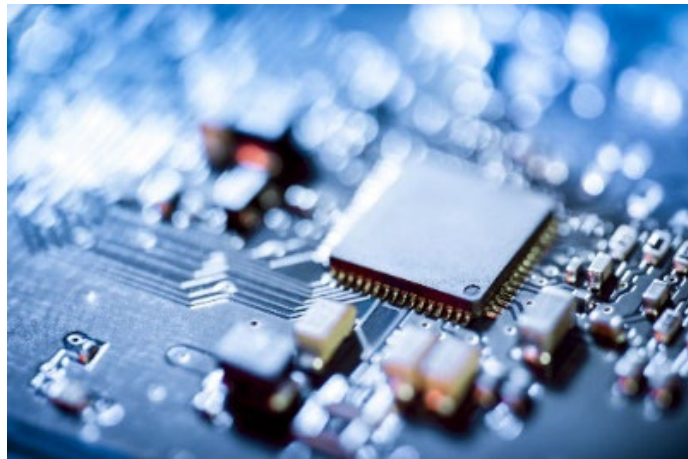
RFIを募集する課題例



低消費電力高速処理AIチップ

共通

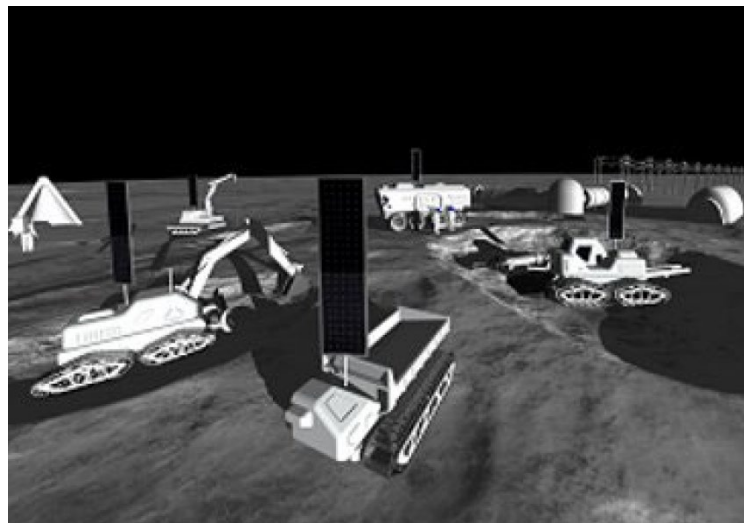
- 背景
 - 月極域や火星の極限環境(砂嵐下など)では太陽光発電ができないため、高速で低消費電力なプロセッサが必要
- 課題
 - 惑星着陸のための画像航法(画像マッチング技術)や、探査ローバーの地形・障害物認識には高速な処理が必要
 - 宇宙用FPGAにAI技術を搭載するには、消費電力が高くなる問題がある
- 解決策として求める技術(案)
 - 従来型(消費電力5W程度)よりも二桁消費電力が低く高速処理可能な神経模倣型(ニューロモーフィック)AIチップ
- 地上応用技術(例)
 - ドローンやIoT向けエッジAIチップ



高精度物理シミュレータを使った月面自動建設動作の学習

建てる

- 背景
 - 月面上で建設機械の自動建設動作(地盤調査・整地・掘削・モジュール設置・覆土など)の学習データ収集が困難なため、シミュレーションによる事前学習が重要である
- 課題
 - シミュレータの物理モデルの精度が低いと、シミュレーション環境と実機環境の差が大きくなる問題がある
- 解決策として求める技術(案)
 - 高精度な物理シミュレータ(土壌・地質特性・重力・気圧・センサ情報など)とシミュレーション環境と実機環境の差を低減するドメイン適応を用いた月面自動建設動作の学習
- 地上応用技術(例)
 - 土木建設での自動建設機械の開発



月面上での建設機械による自動建設

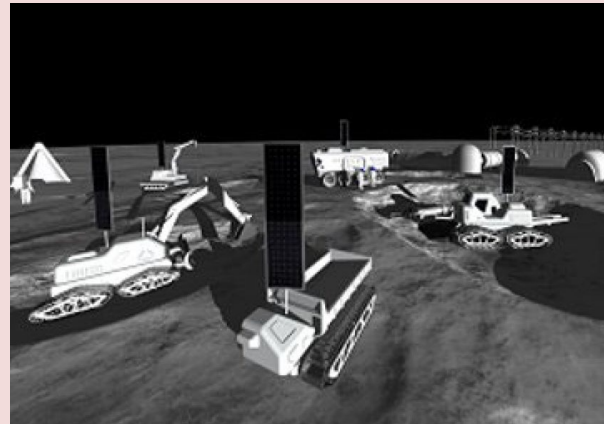
その他の課題例と求める技術

探る



- ・不整地/急斜面走行機構・制御・移動技術
- ・複数台ロボットによる分散協調制御
- ・ローバーの故障検知予測や自己修復技術

建てる



- ・自動建設作業のためのロボットマニピュレーション技術
- ・遅延耐性なアドホックネットワーク技術

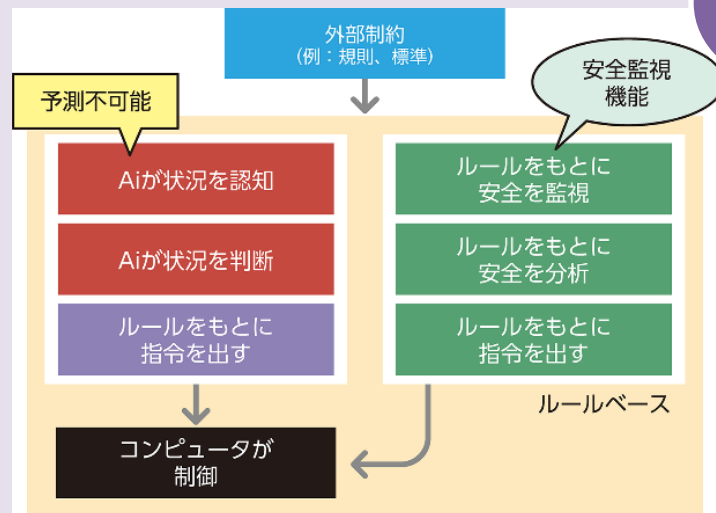
その他の課題例と求める技術

作る



月面農場の自動化のための自動栽培
収穫ロボットシステム

共通



ルールベースに組み合わせて自律シス
テム信頼性を実現するAIアーキテクチャ



今回ご紹介できなかった課題の応募もお待ちしております！



Technology Advancing Node for SpAce eXploration