



広域未踏峰探査でのAI募集テーマ



2022年2月16日

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

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、現地の環境を知る

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

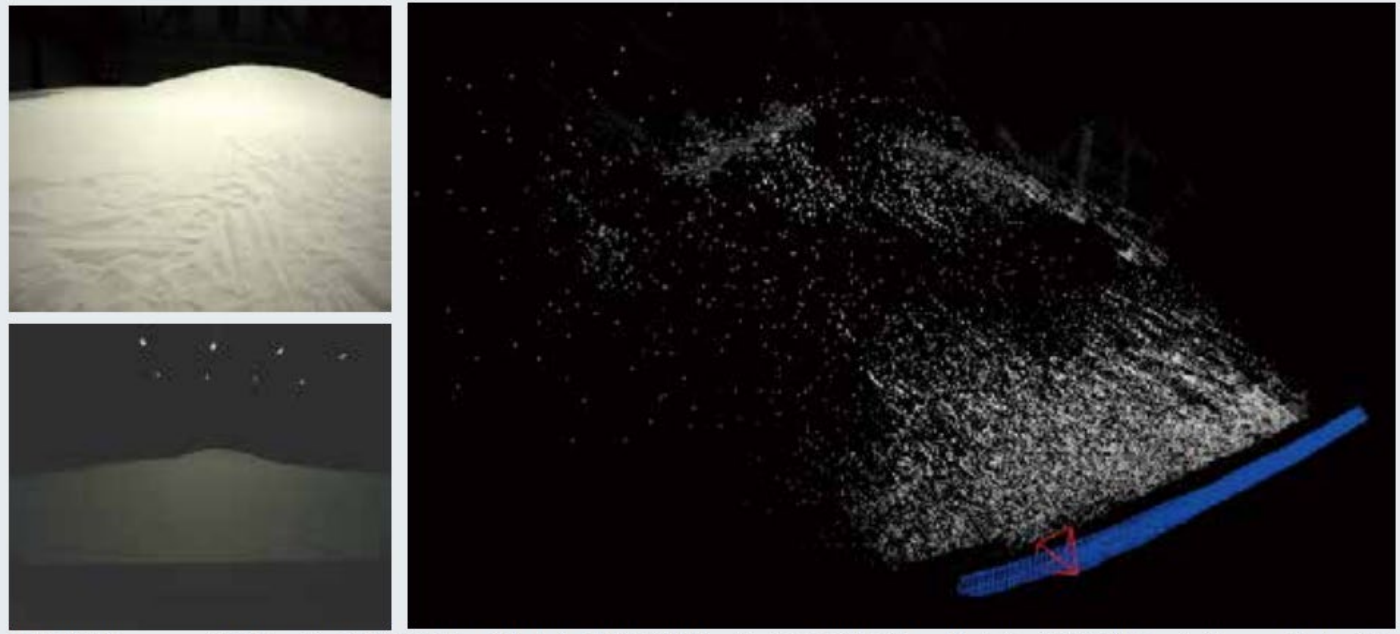
- ・ 電気・通信などのインフラを確立する
- ・ 資源をリサイクルする
- ・ 遠隔で医療を行う

探る

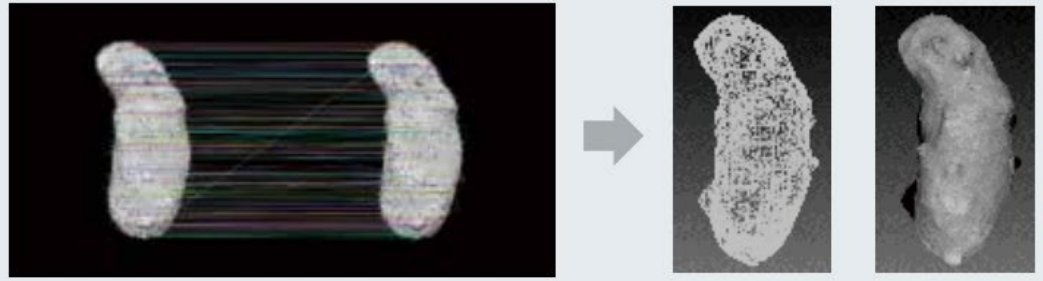
過去RFPでの関連技術テーマ

RFP	タイトル
RFP6	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
RFP4	複数小型ロボットを用いた確率的環境探査システム
RFP4	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
RFP4	群 AGV (Automated Guided Vehicle) の開発
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
RFP3	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査システムと要素技術の検討
RFP3	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
RFP3	テクスチャレスシーンのためのロバストなVisual SLAMの研究
RFP1	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
RFP1	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
RFP1	環境適応型不整地自律走行プラットフォームの研究
RFP1	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

RFP3: 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



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)



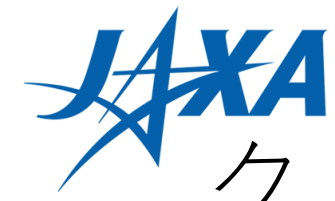
実際の探査画像 (はやぶさ、イトカワ) によるvSLAM処理例：(左) vSLAM処理過程の画像：2枚の画像間での対応関係を示す。(中) 推定した小惑星のワイヤフレームモデル、(右) 同テクスチャマッピングモデル

広域未踏峰探査における重点募集テーマ

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、現地の環境を知る

中テーマ	小テーマ		関連キーワード
(4)人工知能 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・行動理解	3次元地図生成、SLAM、アクティブセンシング、 表示システム 、経路計画、自己位置推定
	②	画像解析・理解	画像理解・ 重要情報抽出 ・予測、地形抽出
	③	環境適応・行動立案	人工知能(認知・自律) 、 少量データ向け深層学習 、 強化学習 、教師データ構築
	④	データ処理	ビッグデータ解析・ 低消費電力高速AI処理CHIP
	⑤	信頼性・安全性技術	ルールベースに組み合わせて自律システム信頼性を向上させるAI手法



クレータを使わない画像航法

- 背景
 - 探査機が搭載カメラ画像をリアルタイムに解析しながら、月極域や火星などにピンポイントで着陸を行う
- 課題
 - 従来の惑星着陸の画像航法(画像マッチング技術)は、クレーターなどの代表的な形状特徴が必要
- 解決策(案)
 - クレーターなどの代表的な形状特徴が無い物体表面でも、画像マッチングに適した箇所の自動抽出とマッチング技術(自動特徴マッチング)
- 地上応用技術(例)
 - 工場生産ラインでの代表的な形状特徴が無い工業部品の画像位置計測

環境認識のための少量データ向け深層学習

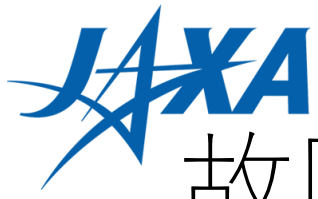
- 背景
 - 探査機が搭載センサ(カメラやレーザーなど)をリアルタイムに解析しながら、月面や火星での安全な着陸や移動を妨げる物体や地形(クレータ、大きな岩石、急傾斜、影など)を避ける
- 課題
 - 月面や火星などの環境認識(クレータ、大きな岩石、急傾斜、影など)のための学習データ(画像や3D点群)を事前にたくさん集めることが難しい
- 解決策(案)
 - CGシミュレータや他ドメイン(地上で用意した模擬環境)の大量データからターゲット(月面や火星)の少量データへのドメイン適応学習
- 地上応用技術(例)
 - 学習データが集めずらい現場での自律移動ロボットの環境認識技術

遠隔操作支援のための未来画像予測技術

- 背景
 - 地上から月面の探査機の走行を遠隔操作する際には何秒かの通信遅延が生じる
- 課題
 - 遠隔操作で表示する映像を予測に基づいた動画にすることで操作者の遅延影響を緩和することができるが、予測動画の生成が難しい
- 解決策(案)
 - 探査機のエゴモーションを考慮した未来画像生成技術
- 地上応用技術(例)
 - 通信遅延が大きい海底のロボット遠隔操作支援

複数台ロボットの協調分散行動計画

- 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、複数台の小型ロボットの電力消費を抑えながら効率よく探査することが必要
- 課題
 - 複数台の小型ロボットそれぞれに対して、エネルギー消費量を考慮しつつ探査範囲を最大化する走行ルートを決めるのが難しい
- 解決策(案)
 - 複数台ロボットのエネルギーマネジメント行動計画(探査範囲、目的地最短経路、移動安全性、エネルギー最小化の同時最適化)
- 地上応用技術(例)
 - 人が立ち入りにくい建設現場や老朽化インフラ調査での複数台ロボットの行動計画



故障ロボットの移動機能の再構築

- 背景
 - 探査ロボットは、車両やセンサーなどの故障が生じた場合でも残りの部分を使い移動動作を継続しなければならない
- 課題
 - 月極域などの未知路面環境(砂、岩、クレーターなど)に対して、想定外の故障に対応した移動機能を事前に設計することは難しい
- 解決策(案)
 - 強化学習を用いた未知路面環境に適応する移動リカバリモーションの獲得
- 地上応用技術(例)
 - 人が立ち入りにくい災害現場での故障ロボットの移動機能の再構築

低消費電力高速処理AIチップ

- 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
 - 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(案)
 - 従来型(消費電力数W程度)よりも二桁消費電力が低い神経模倣型(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

ルールベース手法と組み合わせるためのAI技術

- 背景
 - 惑星探査機にAI技術を搭載することで、その場の状況に適応し最適な制御を行うことができるAIシステムを構築する
- 課題
 - 惑星探査機にAI技術を搭載するには、不確定性が高く予測不可能なAIシステムの信頼性・安全性の確保が必要
- 解決策(案)
 - ルールベース手法と組み合わせるための、予測結果の根拠を説明可能なAI技術
- 地上応用技術(例)
 - 車の完全自動運転や自律型ロボットのためのAIシステム

- 今回ご説明できなかった「自動・自律型」・「地産地消型」探査技術等でもAI技術テーマを募集しておりますので、RFI応募の参考にして頂きたいと思います