

次世代モビリティアーキテクチャ領域

将来の月・火星探査における次世代モビリティアーキテクチャ領域の技術提案を求めます。

モビリティに関するサービス提供は、月面活動の初期的段階では南極付近での調査や資源利用のため、少量、近距離での資材移動・運搬が主たる目的となりますが、将来的には月面拠点の構築や月の広範囲にわたる物資と人の移動へと発展拡大することが想定されています。

このため、大量、遠距離の移動・運搬や、月面を高い精度で走行するための位置同定、地図形成・利用、ナビゲーション、運搬、大量輸送といった将来の潜在ニーズに対応したモビリティシステムの構築が重要となります。

また、科学的な探査や調査を目的としたローバー等が到達できない崖、竪穴、山岳等の危険地域の探査においては、複数のモビリティシステムが協調しながら運用されることが望まれます。

これらを実現するため、地上技術の応用を基本とし、月面のユニークな環境への適応方法や、可能な限り小型軽量のシステム構築を目指し、下記の技術提案を求めます。

① 月面上の物資・人の移動

・ 概要

月面での活動は、初期段階では南極域を中心とした比較的近傍領域の探査や資源利用に始まり、その後、段階的に広い範囲に拡大していくことが想定されております。これに伴い、物資や人の移動も、量・距離の双方の観点から段階的に拡大していくことが想定され、少量・近距離のモビリティから、多量・遠距離のモビリティへと発展していくことが求められます。

月面上で想定されるモビリティサービスとしては、月面拠点の構築等のための資材や物資の移動・運搬が考えられます。また、月面拠点近傍で作業している宇宙飛行士や、月面着陸機から有人と圧ローバー等への食糧や物資の運搬等も考えられます。

また上記以外に運搬する対象としては、レゴリス（月面の砂）の移動・運搬が考えられます。この作業は、①積込み、②往路移動（積載）、③積卸し、④復路移動（非積載）の4つに分類されており、JAXAの国際宇宙探査シナリオ(案)では、運搬機のレゴリス搭載能力として2.0[t/台]、月面上の運搬時の速度として往路移動（積載時）2[km/h]・往路移動（非積載時）4[km/h]、運搬距離として2.5km程度、運搬機の台数3台などが想定されています。

- ・ このように、汎用的な少量・高頻度・近距離の高効率な物資の運搬を可能とする要素・システム技術、及びこれをさらに発展させた次世代モビリティシステム（月面の広範囲にわたる人・物資の移動を可能とする）とその実現に向けたスケールアップシナリオについて提案を求めます。**提案を求める技術**

- ・ 高効率な物資（資材、物資、食料、レゴリスなど）運搬機構ハードウェア（積込み、移動、積卸し）
- ・ 複数台の物資運搬機を統合した全体運用システム
- ・ スマート化技術（高出力小型アクチュエータ、高性能小型センサ）
- ・ ハードウェア（車体、駆動システム、作業機械、走行機械、構成要素部品等を含む）からソフトウェアまで含めた月面環境を考慮した最適設計・宇宙仕様化
- ・ 材料（超軽量・高剛性など）等

② 複数のモビリティ協調による探査システム

・ 概要

有人と圧ローバーや大型ローバー等が到達できない、月面の中央丘峰、縦孔底、洞窟等の危険地域や未踏峰領域について、複数の小型探査機による分散協調により100km四方の探査や調査を目指します。

これらの分散協調型の小型システムが、有人と圧ローバーや民間を含む月面着陸機と連携することにより、より効率的に月面の地形や環境調査、資源探索、サンプリングをおこなうことを目標とします。なお、JAXA の国際宇宙探査シナリオ(案)では、月表面から掘削深さ(最大1.5m 程度)までの水氷関連データ取得が望まれており、初期段階では例えば数機の小型ロボット探査機の協調運用からスタートし、それを段階的に発展させるためのシステム案とそのスケールアップシナリオの提案を求めます。

- **提案を求める技術**

- 月火星着陸時の小型ロボット放出機構(遠距離)
- 小型ロボット分散協調探査技術(群知能、群行動技術、自己組織化技術など)
- 小型探査ロボット用スマートセンサ(水、氷、鉱物資源等)
- 月火星表面の中央丘峰、クレータ内、縦孔底、洞窟、極域等の革新的移動技術(可変構造型ロボット技術、飛行移動体 UAV 技術など)
- 電力供給や通信困難な地下領域の探査や太陽のあたらない永久影の中の移動探査
- 有人と圧ローバーが月面で活躍する時代を見据えて、有人と圧ローバーや民間を含む月面着陸機等と連携して崖・堅穴・山岳等の厳しい環境を探査するシステム
- 地盤調査や計測に必要なロボティクスに関わる技術
- 地形のマッピング、モデリングに関わる技術
- 地盤調査や計測データに基づいた環境適性判断アルゴリズム
- 低重力環境でのレゴリスのサンプリングや物資のハンドリングに必要なロボティクスに関わる技術
- 地形変化のリアルタイムシミュレーション 等

③ AI 搭載による高精度で安全な自動・自律運転システム

- **概要**

将来の月探査および火星へも発展可能な自動・自律運転型の次世代モビリティシステムの構築を目指します(次の移動候補の位置は遠隔操作で指示されるが、その後の移動は自動・自律運転で走行する)。

このためには、月面や火星を高い精度で安全に走行するための地図構築、自己位置推定、経路計画、行動計画、ナビゲーションなどの人工知能(AI)を活用した自動・自律運転技術が必要となります。なお、JAXA の国際宇宙探査シナリオ(案)では、月面の作業車両/有人と圧ローバーの走行仕様として、最大斜度 20-25 度程度・障害物乗り越え性能 30cm 程度・最高速度 15km/h 程度の走行性能に加え、地上遠隔操作と自動運転の連携を目指しております。

今回の提案では、AI 技術を搭載することでこれらをさらに発展させた自動・自律運転システムを想定し、それがもたらすサービスの提案、システム案、あるいはそれを実現するための AI 技術等の提案を求めます。

- **提案を求める技術**

- 走行機構技術(不整地走行、登坂、長距離走行)
- アクティブセンシング技術
- AI 技術を使った環境認識(地形・障害物・物体認識など)
- LNSS システムを活用した高精度(cm 級)位置同定、地図形成・利用、ナビゲーション
- AI 技術を使った行動計画(地図構築・SLAM、自己位置推定、経路生成、行動計画、ナビゲーションなど)
- AI 学習データ生成(シミュレータなど人工データ構築、生成 AI、ドメインランダム化など)
- 低消費電力高速 AI 処理に有効な要素技術(計算機ハードウェア、分散処理など)

- AI 技術の信頼性向上（自動・自律システムの信頼性を向上させる技術）
- 複数のモビリティ利用における安全な自動・自律運転
- 自動・自律制御に必要なロボティクス・AI に関わる技術（ソフトウェア）
- 地上遠隔操作と自動自律制御の融合に必要なロボティクス・AI に関わる技術（ソフトウェア）
- 自動制御、遠隔操作に関わるシミュレーション、デジタルツイン技術 等

④ 自己修復・メンテナンス・電力確保システム

• 概要

モビリティシステムが長期生存するため、電力の確保および故障に対してロバストであると同時に自己修復が可能なシステムの構築を目指します。このため、モビリティシステム自身が故障診断・検知・修理を行い、エネルギーシステムとの協調も考慮した電力確保が必要です。

なお、JAXA の国際宇宙探査シナリオ(案)では、有人と圧ローバーの無人運用の走行では移動距離要求 1000[km/year]などが考えられています。

今回の提案では、これらをさらに発展させた自己修復技術等（例えば、走行系車輪故障時に残された可動部を利用した移動機能の再獲得、あるいは、センサや計算機システム故障時の機能継続・修復等）を有した次世代モビリティシステムのシステム案とその実現に向けたスケールアップシナリオの提案を求めます。なお、エネルギーシステムとの協調運用については、次世代エネルギーアーキテクチャ領域の RFI シートをご参照ください。

• 提案を求める技術

- 高効率無線電力伝送充電システム

低電力・省電力化技術（エネルギーマネジメントシステムなど）

- 故障診断・検知予測、自動管理点検・機器のモニタリングに必要なロボティクスに関わる技術
- 自己修復技術、保守整備に必要なロボティクスに関わる技術
- トータル無人管理・点検・修理に関わるシミュレーション、デジタルツイン技術 等

次世代モビリティアーキテクチャの例：

