

2020年頃に実現を目指す月探査について

前回からの追加情報と論点

～追加情報～

1. 必要なコスト(これまでの経験を踏まえた目安の試算(※))

	2015年頃まで	2020年頃まで	2025年頃まで
シナリオ案Ⅰ 月の石を地球に 持ち帰ることを優先	約600～ 700億円程度	約1900億円程度	約3600億円程度
シナリオ案Ⅱ 探査拠点を構築 することを優先	約600～ 700億円程度	約2000億円程度	約4000億円程度

(※) 数字は、前回懇談会資料2(長谷川構成員)のシナリオに沿った試算であり、今後の詳細検討によって、数百億円の上下が有り得る。また、試算の前提(例えば、輸送機の規模や輸送回数、科学観測機器の規模)に変更があれば、さらに変動の可能性があり得る。

- シナリオⅠ、Ⅱとも、全体コストに占める各コスト割合は以下。
 - ①月面着陸技術と地球への輸送技術－3割程度
 - ②ロボット技術－1割強程度
 - ③月面エネルギー技術－1割弱程度
 - ④上記以外(観測機器や輸送系ロケット技術、データ通信技術等)－5割程度
- シナリオⅠ、Ⅱのコストの違いは主にエネルギー技術や観測機器。
- 上記以外に、2足歩行ロボットの研究開発には2025年までに更に数百億円程度必要と想定。

～論点～

1. 目標・シナリオ

(1) 我が国として目指すべきシナリオは案Ⅰ、Ⅱどちらが適切なものか。

- * 主な相違点は、案Ⅰは往還技術が先行して2020年頃の実現すること、案Ⅱは拠点の構築を2020年頃の実現すること。
- * 「科学と利用」、地上に波及する「技術」の観点から、適切な目標・シナリオとなっているか。
- * 国際動向も踏まえた国際的プレゼンスの確立から見て適切な目標・シナリオとなっているか。

2. ロボット技術開発の方向性

(1) 確実な科学探査の遂行と、産業応用や国民の支持を得て実行するなどの観点を両立させるために、どのようなロボット技術開発を進めるか。(例として、機能面からの合理的・独創的設計、汎用性や人のパートナーを追求したヒューマノイドロボット(※)の形態、及びそれらの連携)

⇒ 我が国としてふさわしい技術を選定するために、例えば・・・

2015年頃、2020年頃、2025年頃に向けて開発するロボット技術を見極める時点(宇宙用としての完成に5年程度の期間を要することを考慮)において、目標を確実に達成するための機能を実現するとともに、地上の次世代技術の革新を促すために、広く最先端技術や画期的なアイデア等も含め、それらを具体的な形あるものとして競わせ、国民の支持を得て、我が国として最もふさわしいものを選定するような工夫が必要ではないか？

※本会合では、ヒューマノイドロボットを以下のように定義する。

一人間に似た姿や動作を行う多自由度の高機能ロボットの総称。上半身など部分的なものを持つものも含む。

(参考) 2020年頃に実現を目指す月探査のシナリオと目標

(各図は第3回月探査に関する懇談会資料より引用)

シナリオと目標

2020年頃に、「月の石を地球に持ち帰る案」(I案)と「探査拠点を構築する案」(II案)が考えられる

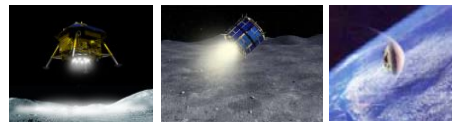
月の制約条件

- ・重力が地球の1/6
- ・強い放射線環境である
- ・真空である
- ・昼が約15日間、夜が約15日間続く
- ・昼夜の温度差が大きい
- ・レゴリス(細かい砂)で覆われている
- ・常に地球と同じ面を向けているので、月の裏側は地球から見えない

2020年頃(2015~2025頃)の月探査で目指す科学・技術等の目標(I案、II案 共通事項)

- 月の科学: 月面での地質探査、月の石の地上での詳細分析や、国際協力による内部構造探査により、月の起源と進化の解明にむけて世界をリードする科学を実現
- 月への往還技術: 月面に軟着陸し、月の石を地球に持ち帰ることを可能とし、将来の宇宙活動の発展につながる月への往還の実現
- 探査ロボット技術: 月で数ヶ月間にわたり移動し、岩石の採取・運搬を可能とする自律・遠隔制御ロボットの実現
- 越夜・エネルギー技術: 観測機器等の1年以上の連続観測を可能とする越夜、エネルギー供給の実現
- 月面での観測技術: 岩石を切断、研磨、顕微鏡観測、分光観測する自動分析装置や地震、熱流量等の高精度観測を行う観測装置等の実現
- 月裏側との通信中継技術: 月の裏側での着陸や裏側で活動する探査ロボットの遠隔制御、映像伝送を含めたデータ送受信を可能とする月の裏側との通信中継技術の実現
- 月面環境調査技術: 将来の月探査に必要な、月面の放射線、レゴリスダストの振る舞い、地盤などのデータを取得する技術の実現
- 月資源利用技術実証: 月の砂からの酸素抽出、月の砂の建築資材への利用等の技術の実証

○往還技術(月面軟着陸と月面からの帰還)
→ 将来の宇宙活動における輸送技術の礎



○探査ロボット技術
→ 月でのロボット探査の実現は、今後の宇宙活動におけるロボット技術の礎となるとともに、地上の技術のブレークスルーなどに繋がり、フィールドロボット、サービスロボット分野などの産業に波及



○エネルギー技術
→ 月探査におけるエネルギー関連の重要要素の技術革新は、エコハウス、電気自動車などでのCO2削減に繋がり、我々に快適&エコな生活をj提供する産業に波及



2020年頃(2015~2025頃)の月探査のシナリオと目標(I案、II案)

	2015年頃 → 2020年頃 → 2025年頃			I案、II案の相違事項				
	科学	往還	ロボット(*)	エネルギー	国際的プレゼンス			
I案 短期ミッション (2020年頃、10日間)	<ul style="list-style-type: none"> 月の表側へ着陸 ロボットによる周辺探査 予備的な、現場での岩石分析、内部構造探査 	<ul style="list-style-type: none"> 月の表側を探査し、月の石を地球に持ち帰る 内部構造探査 	<ul style="list-style-type: none"> 月の裏側の高地(最も古い地形)を探査し、石を地球に持ち帰る 内部構造探査 	月の地殻形成初期段階、後期段階の様子を知る	2020年頃に実現(II案より先行)	2020年頃には10日間、2025年頃に数ヶ月間の活動を実現		
II案 長期ミッション (2020年頃、数ヶ月間のロボット活動、映像伝送)	<ul style="list-style-type: none"> 月面の環境観測 	<ul style="list-style-type: none"> 月の南極周辺にエネルギー供給システムを有する探査拠点を構築 南極周辺で拠点を有した地質探査、内部構造探査 	<ul style="list-style-type: none"> 探査拠点の拡充、高度化 月の裏側の南極エイトケン盆地(月深部の地殻が露出している地形)を探査し、極周辺から石を地球に持ち帰る 内部構造探査 	月深部のマントルや地殻下部の様子を知る	2025年頃に実現	<ul style="list-style-type: none"> ロボットによる拠点建設の実現 2020年頃に数ヶ月間にわたって月面で活動するロボットの實現 	<ul style="list-style-type: none"> 拠点による1年以上にわたるエネルギー供給の實現(常時1kW級の電力供給) 	<ul style="list-style-type: none"> 拠点構築による国際協力推進と国益、国際プレゼンスの向上が期待 拠点をオープンラボとして国際的に活用可能

(*) ロボットについては、機能面を重視すれば合理的なローバータイプ、機能のみを重視するのではなく将来の人とロボットが共存する社会への波及を考慮するとヒューマノイドタイプ、などの考え方がある

(参考) 月探査を実現する高度なロボットについて

(各図は第3回月探査に関する懇談会資料より引用)

2015~2025頃の月探査ロボットへの技術的基本機能要求

ミッション基本要素

2015年頃に10日間の活動を行い、最終的には夜を含む数ヶ月間の活動を可能とすることを旨とする

①移動・運搬機能

最小限の遠隔制御により、自律的に地形を判断しながらレゴリスの月面を移動し、1km程度から最終的には1000km規模の移動能力を持つことを目指す

②調査作業機能

岩石の外観や表面を削って観察を行い、有用なサンプルを採取し、分析装置へ装填する。
また、深部を掘削して内部地層を観察する。1m程度から最終的には10m程度の掘削能力を持つことを目指す

宇宙用設計基本要素

・低温/高温 ・高真空 ・耐放射線 ・防塵
・耐振動 ・小型、軽量 etc.,

③設置・組立作業機能

観測装置の設置場所を整地し、組立・設置する。電力との配線やコネクタの接続を行う。
最終的には、拠点構築のため、大質量の構造物や電力ステーションなどの組立・設置を行うことを目指す

④有人支援機能実証

次の段階に向け、拠点における人の活動に向けた操作性シミュレーションを行う

*;ヒューマノイドロボットとは
人間に似た姿や動作を行う多自由度の高機能ロボットの総称として定義。上半身など部分的な構成を持つものも含む。

《費用》対《総合的な効果》

{論点}

確実な科学探査の遂行と、産業応用・国民の支持や共感などの観点を融合させるため、どのようなロボットを目指すか

これらの連携

機能面からの合理的・独創的な設計(トランスフォーマー概念などを含む)

汎用性や人のパートナーを迫及したヒューマノイドロボット形態(*)

●機能面からの合理的な設計の利点

- ・関連技術のレベルも勘案し、必要最小限に目標を絞り込み、導き出される最適解
- ・はるかに少ない予算、より軽量、より高信頼性での遂行が可能
- ・トランスフォーマー型も、日本のお家芸の「からくり」にも通じ、日本型技術の「象徴」として国民や世界にもアピール可能

●ヒューマノイドロボットへの期待と資金

- ・探査に特化した1回毎の開発からの脱却
- ・人の使う装置やツールの活用が可能
- ・2足歩行形態は環境対応能力と多種作業対応能力に優れる

なお、2足歩行ロボットの研究開発には、2025年までに、さらに数百億円必要と想定

産業応用、国民の支持などの観点

- ・日本らしさの発揮
- ・次世代のロボット産業技術のイノベーション創出
- ・国民の共感(参加型など)
- ・次世代を担う子供たちの夢・希望 etc.,

地上における共通的なロボット関連技術研究開発

- ・自律制御技術
- ・基盤ソフトプラットフォーム
- ・感覚・知能モジュール
- ・遠隔制御システム
- ・要素技術(-ドライブユニット -制御システム -視覚センサ etc.,)
- ・自己修復技術 etc.,

ロボットの将来像は？

- フィールドロボット
農林業ロボット、建設ロボット、災害救援ロボット、特殊環境ロボット ...
- サービスロボット
ホームロボット、介護ロボット ...
- ヒューマノイドロボット
- その他

地上ロボットの将来像

宇宙探査ロボットの将来像

有人月連携探査 太陽系探査

{選定の工夫}
目標を確実に達成するための機能の実現と、産業応用や国民の支持を得て実行するなどの観点を両立するロボットとして、広く最先端技術や画期的なアイデア等も含め、具体的なもので競わせ、その時点でのふさわしいものを選定するような工夫が必要ではないか？

宇宙用としての完成に5年程度の期間を要すると想定

<技術のチャレンジ>
・短距離移動採取探査ロボット技術(10日間)

<技術のチャレンジ>
・自律・遠隔制御探査ロボット技術
(I案 10日間)
(II案 数ヶ月連続日照期間)

<技術のチャレンジ>
・探査ロボットの長距離移動(夜を含む数ヶ月間)
・通信中継による遠隔制御技術

基礎研究

2010

2015頃

2020頃

2025頃

次の段階

(参考) 2015年～2025年頃の月探査ロボットへの技術的基本機能要求

ミッション基本要素		2015年頃: 10日間 2020年頃: I案:10日間、II案:日照期間の数ヶ月間 2025年頃: 夜を含む数ヶ月間以上			} の活動を可能とする
大項目	詳細項目	2015	2020	2025	
移動・運搬機能	砂地・不整地走行	1km	1km(I案) 100km(II案)	100km(I案) 1000km(II案)	
	ハンドリング・運搬	5kg	10kg(I案) 50kg(II案)	10kg(I案) 50kg(II案)	
	遠隔操作	○	○(高度化)	○(高度化)	
調査作業機能	地形計測・位置同定	○	○(高速)	○(高速)	
	自動経路生成・自律化	○	○(高速)	○(高速)	
	岩石研削・観察	○	○	○	
	岩石採取・装填		○	○	
	深部掘削		2m(II案)	10m	
	設置・組立作業機能	土木作業(整地等)		○(II案)	○(II案)
		機器設置	○	○(複数の機器間の接続)	○(複数の機器間の接続)
有人支援機能実証	組立・点検		○(II案)	○(II案)	
	有人兼用インタフェース操作		○(II案)	○(II案)	