

# 月探査の意義と目標 (案)

平成21年9月28日

長谷川 義幸

(宇宙航空研究開発機構)

## 月探査の意義

～ 月を目指すことは、地球を知り、人類の可能性を知ること ～

### ●人類の知的資産の蓄積

月は地球に近い成り立ちを持ちながら、大気や地殻変動がないため、その進化・形成の痕跡が残っており、地球や太陽系の誕生と進化を科学的に解明するために重要かつ最も身近な探査対象。月を知ることは、地球の歴史を知り、地球の未来を知ることにつながっている。

### ●人類の活動領域の拡大

人の高度な知識や判断能力を活かし、活動領域を月面まで拡大することにより、大気のない月面の天文台としての利用、月面の低重力・放射線環境の生命科学などへの利用、月面での新しい資源やエネルギーの利用などに資する。

### ●最先端技術力の蓄積

過酷な宇宙環境に挑戦するための先端的なロボット技術や有人宇宙技術などの研究開発は、新しい技術のブレークスルーをもたらすとともに、そこで獲得・蓄積された技術は、将来に亘る我が国の自立的な宇宙開発利用活動を支えることに資する。

### ●産業技術力の強化と国民生活の向上

過酷な環境へ挑戦し、獲得した新たな技術の産業への応用により、産業の技術革新や新たな産業の創出などに繋がり、産業技術力・産業競争力の強化に資する。また、新素材や新技術などが地上の国民生活の向上にも資する。

### ●国益の確保、国際プレゼンスの向上

月探査への国際的な関心が高まっている中で、世界をリードする月探査を実現することにより、先進国としての外交力の向上、国際調整や月の利用等に関する国際的なルール作りなどにおける主導的立場の発揮に資する。

### ●人材の育成、国民の夢・自信・誇り

我が国が世界最先端の科学技術力により世界をリードする月探査を実現することで、将来の我が国を支える人材の育成につながるとともに、国民に広く周知することにより、国民、特に次世代を担う子供達が夢・自信・誇りを持つこと・感じることに資する。

## 目標設定の考え方

宇宙基本計画に従い、以下の2段階の目標を検討

- 第1段階： 2020年頃にロボットによる月探査を目指す
- その次の段階： 人とロボットの連携による月探査を目指す

目標を具体化するにあたり、以下の点を考慮

- 【科学】 ○月の起源、進化に関する根元的な謎の解明に挑む世界初、オリジナリティのある挑戦であること  
○世界をリードする科学的成果を目指すもの
- 【技術】 ○これまで実用化されていない新しい技術の実証を目指すもの  
○地上における技術のブレークスルーや新技術の実用化につながる可能性のあるもの
- 【産業】 ○地上における産業への波及効果が期待できるもの
- 【コスト】 ○現実的なコストで達成可能であること

# 月探査に関する複数のアプローチ

月探査の主な科学的成果(月探査に関する懇談会 第1回会合資料3より抜粋)

月の起源	月の進化	月の利用
<b>内部構造</b> <b>磁場</b> (初期のコア溶融)	<b>物質</b>	<b>【アプローチャB】</b> <b>月の内部構造の観測</b>
<b>アポロ</b> (米国) 有人着陸	<b>表裏の違い</b> (二分性)	<b>【アプローチャA】</b> <b>月の表面探査と往還</b>
<b>ルナ</b> (旧ソ連) 無人着陸	<b>マグマの海</b> (地殻形成)	<b>【アプローチャC】</b> <b>月からの科学観測</b>
<b>クレバンティン</b> (米国) 無人月周回	<b>火山活動</b> <b>地殻変動</b>	その他のアプローチ
<b>ルナロバベータ</b> (米国) 無人月周回	<b>氷など</b>	
<b>かぐや</b> (日本) 無人月周回		

**今後?**  
 ロボット、または、人とロボットの連携による月探査により、例えば...

高精度の地震計を各地に埋め込み、月震を多地点同時計測して内部構造を解明

月周回軌道と月表面との同時観測による内部構造の推定と、月全体の磁場分布モデルの確立

海、高地、クレータ等、様々な特徴ある地点で穴を掘るなどして物質を採取し、月内部も含めた地質構造を推定

月の裏側に着陸して物質を採取し、表側の物質と実際に比較分析し、その違いの原因を解明

「マグマの海」の痕跡のある地点の物質の採取、分析や月震による月の海の度の計測等を通じ、その構造、進化を解明

火山活動・地殻変動の痕跡のある地点の物質の採取、分析により、その生成プロセスを調査

地球資源に類らない月資源の利用可能性などの確認

**今後?**  
 ロボット、または、人とロボットの連携による月探査により、例えば...

高精度の地震計を各地に埋め込み、月震を多地点同時計測して内部構造を解明

月周回軌道と月表面との同時観測による内部構造の推定と、月全体の磁場分布モデルの確立

海、高地、クレータ等、様々な特徴ある地点で穴を掘るなどして物質を採取し、月内部も含めた地質構造を推定

月の裏側に着陸して物質を採取し、表側の物質と実際に比較分析し、その違いの原因を解明

「マグマの海」の痕跡のある地点の物質の採取、分析や月震による月の海の度の計測等を通じ、その構造、進化を解明

火山活動・地殻変動の痕跡のある地点の物質の採取、分析により、その生成プロセスを調査

地球資源に類らない月資源の利用可能性などの確認

月の利用の可能性(月探査に関する懇談会 第1回会合資料3より抜粋)

**物質・エネルギーの利用:**  
 月にある物質を宇宙探査に活用  
 →必要な物を現地調達する技術の獲得は、地球資源に頼らない宇宙開発利用への転換

**酸素**  
 月の表土(レゴリス)は金属酸化物であり重量の4割は酸素。還元により抽出可能。

**金属**  
 酸素抽出の副産物として、鉄、チタンを得ることが可能。また、シリコン、アルミニウムなども豊富。

**水素、水**  
 太陽風に含まれる水素が表土(レゴリス)に付着。また、極域の永久影の地中には彗星由来の水が存在する可能性。

**ヘリウム3**  
 太陽風に含まれ表土に付着。核融合発電の燃料

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**観光地としての利用**  
 現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

**物質と場の利用:**  
 - 月面活動拠点  
 - 月面発電所  
 レゴリスを焼き固め天文台や実験場などの建築材料、放射線防壁に利用  
 月面の豊富なシリコンで太陽電池を製造。月に敷き詰め地球に送電する構想も

今後、上記のような利用の可能性を明らかにするために、様々な視点からの調査が必要。例えば...

ダスト環境計測	地盤特性計測	日照・日陰環境	放射線計測	温度環境計測	物質調査
---------	--------	---------	-------	--------	------

## 月探査に関する複数のアプローチ

### ●月の科学探査

#### 【アプローチA】月の表面探査と往還

第1段階： 月の未踏地域でのロボットによる表面探査と往還

その次の段階： 探査拠点での人とロボットによる広範囲な現地探査

#### 【アプローチB】月の内部構造の観測

第1段階： 月面観測網による長期月内部構造探査

### ●月の利用

#### 【アプローチC】月からの科学観測

第1段階： 月の裏側への電波天文台の設置

その次の段階： 大規模電波天文台による長期天文観測

その他のアプローチとして、月の環境を利用した科学(医学、生物学)、他の惑星探査の拠点としての利用、エネルギーの利用など

## 月探査の目標(アプローチA:月の表面探査と往還)

1. 第1段階: 2020年頃のロボット月探査の具体的目標  
「月の未踏地域でのロボットによる表面探査と往還」

### 次の活動を科学・技術の両面から実現することを目標とする

- クレーター中央丘や月の裏側の高地など、月の進化の解明において科学的に価値の高い未踏地域に軟着陸する。
- 自律・遠隔制御を複合した高度な移動型ロボットにより、地球に持ち帰る価値がある岩石を長期間移動しながら、現地で分析・選別・採取する。
- 採取した岩石を帰還機で地球に持ち帰る。
- 岩石の元素分析や年代分析により、月の海、高地、盆地などの代表的な地形の地殻がどのような物質で構成されているか、いつどのように形成されたかなど、月の地殻の形成メカニズムを解明する。

#### (1) 科学的なオプション

- ・月の進化の解明において、地質学的に科学的価値が高い調査対象候補は、3つの地域(注)。  
⇒ 3つ地域のうち、どこ(以下の(注)を参照)を目指すか、何回調査するか(1回以上)

(注) 代表的な  
3つの地域

- マグマの海が最後まで溶けて残っていたと言われる地域の大規模クレーターの中央丘は、比較的新しい地殻が露出しており、月の地殻形成のうち、後期段階の様子を知ることができる。
- マグマの海から最初に地殻が形成されたと言われる月の裏側の高地は、月の最も古い地形であり、月誕生直後の地殻形成の初期段階の様子を知ることができる。
- 大きな隕石の衝突により深部の物質が噴出している月の裏側の南極エイトケン盆地には、月の最低高度地点があり、月の深部のマントルや下部の地殻の様子を知ることができる。

#### (2) 技術的なオプション(技術的難易度、実現のためのコストを考慮して目標を設定)

- 月面の目標地点への高精度な軟着陸技術、障害物回避技術  
⇒ 3つの地域のうち、どこ(表側、裏側)を目指すか、何回調査するか(1回以上)
- 試料を採取し、地球に持ち帰る価値があるかどうかの分析等を行う自律・遠隔制御を複合した高度な移動型ロボット技術  
⇒ どれくらいの範囲を移動して探査するか(数百m以上)、現地でどのような分析を行うか
- 約15日間の月面の夜を越し、再び活動するための夜間エネルギー確保の技術  
⇒ どれくらいの期間探査するか(1ヶ月以上)、どれだけ機器にエネルギーを提供するか
- 月面からの離陸、地球への帰還技術  
⇒ どれくらいのものを地球に持ち帰るか(数kg以上)
- 地球から見えない月の裏側への着陸探査の場合、月周回衛星を介して、月の裏側の機器(着陸機や探査用のロボット等)から地球へのリアルタイムデータ中継技術  
⇒ どれくらいのリアルタイム性、通信速度か(中継衛星1機以上)

# 「月の未踏地域でのロボットによる表面探査と往還」イメージ

1. 探査目標地点になるべく  
近い、安全な場所に着陸。  
(⇒着陸すべき場所は表か裏か)



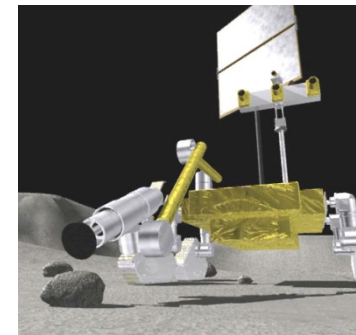
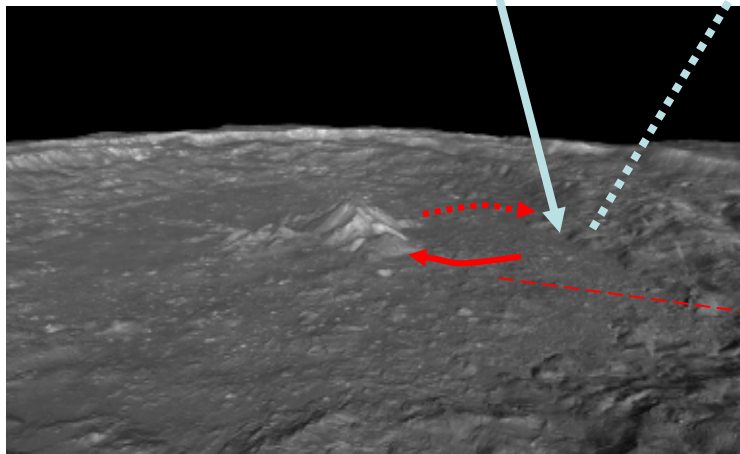
3. 特徴的サンプルを選別採取  
して離陸  
(⇒どのくらいのものを地球に持ち帰るか)



4. サンプルを回収



2. 移動型ロボットを使って、周辺を探査。  
(⇒どのくらいの範囲を移動して探査するか)  
特徴的な岩石を切断、研磨し、簡易分析  
(⇒どのような分析を行うか)



(各図は想像図)

## 月探査の目標(アプローチA:月の表面探査と往還)

2. その次の段階: 人とロボットの連携による月探査の長期的目標(国際協力を考慮)  
「探査拠点での人とロボットによる広範囲な現地探査」

### 次の活動を科学・技術の両面から実現することを目標とする

- 月面にロボットとともに人(例えば、高度な知識と判断能力を有する地質学者など)が着陸する。
- 月面に、岩石サンプルの年代測定設備、成分分析設備などを備えた探査拠点を構築する。
- 人と、人を支援する高度なロボットが協働して、広範囲に移動しつつ、岩石サンプルを探索・選別・採取する。
- ロボットにはできない高度な識別、判断を人が行うことにより、岩石採取や分析の質的向上を図るとともに、月面の探査拠点で高精度に分析することにより、サンプル分析の量的向上を図り、月の誕生から現在に至る、月の進化の全貌を解明する。
- 必要なサンプルとともに、人が地球に帰還する。

#### (1) 科学的なオプション

- ・ 探査範囲を大幅に拡大し、月面上のさまざまな地点からサンプルを採取。どこから何回岩石サンプルを採取するか、どの程度までの分析調査を行うかにより、技術的難易度、探査期間、実現のためのコストなどが異なる。
- ・ 広範囲のサンプル採取や掘削、運搬などの高負荷作業、危険作業をロボットで実施するとともに、極めてまれにしか存在しない岩石や、様々な地殻が混じり合っていないきれいな岩石など、ロボットにはできない高度な識別を人がすることで、サンプル分析の質的向上を実現する。

#### (2) 見極めが必要な事項

目標を具体化するために見極めが必要な事項は以下の通り

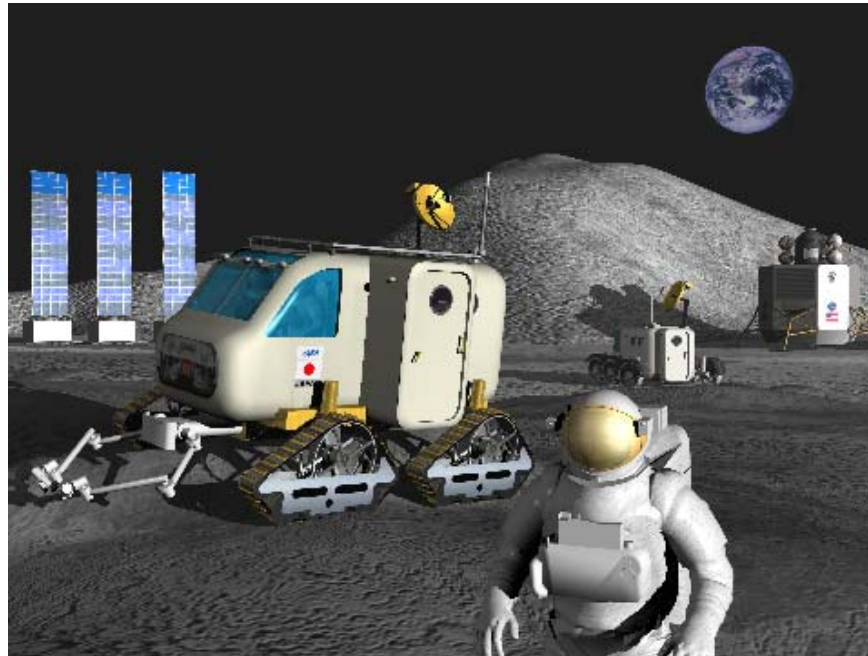
- ・ 人でなければできない高度な判断内容の見極め
- ・ 人の長期滞在の可能性の見極め
- ・ 他の太陽系惑星等の探査も視野に入れ、月の進化の解明をどのレベルまで行うかの見極め

#### (3) 技術的なオプション(我が国として取組む技術については、国際協力も考慮しながら絞り込む必要がある)

- ・ 移動、掘削、運搬などの高負荷作業、危険作業を安全に実施する高度なロボット技術
- ・ 人の作業を支援する有人支援ロボット技術
- ・ 科学探査拠点の建設技術
- ・ 科学探査拠点における活動のための有人宇宙滞在技術(生命維持、放射線防御など)
- ・ 月面での長距離移動技術(有人ローバ、垂直離着陸機など)
- ・ 有人月往還技術(宇宙船、ロケットなど)
- ・ 月資源の利用技術(レゴリスや極域の永久陰地域の水氷などからの水素/酸素の抽出・利用など)



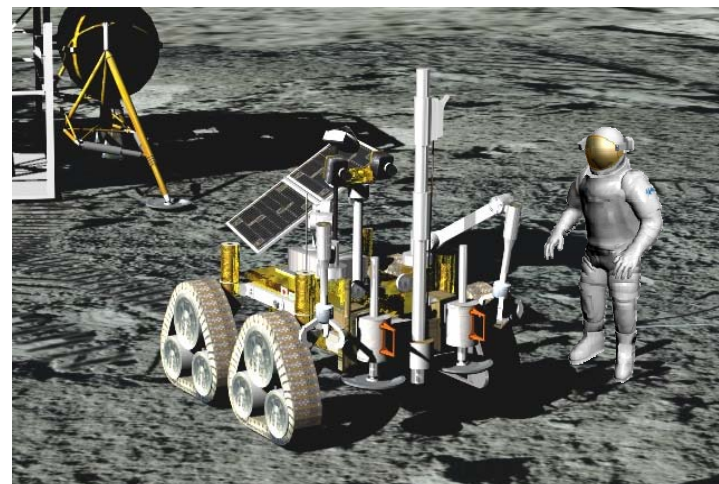
# 「探査拠点での人とロボットによる広範囲な現地探査」イメージ



高度な判断による有人地質探査



有人支援ロボット



## 月探査の目標(アプローチB:月の内部構造の観測)

1. 第1段階: 2020年頃のロボット月探査の具体的目標  
「月面観測網による長期月内部構造探査」

次の活動を科学・技術の両面から実現することを目標とする

- 月の裏側を含む複数の観測目標地点に軟着陸する。
- 自律・遠隔制御を複合した高度な移動型ロボットにより、各地点において内部構造探査に必要な観測機器である、地震計、熱流量計、磁力計を穴を掘って設置し、長期に亘って観測を実施する。
- 月面に設置した観測機器のデータと同時に、月周回衛星により、電磁場観測データを得る。
- 月の中心核の大きさや月の内部構造、月の表裏の構造の違いを明らかにして、月の起源の解明に迫る。

### (1)科学的なオプション

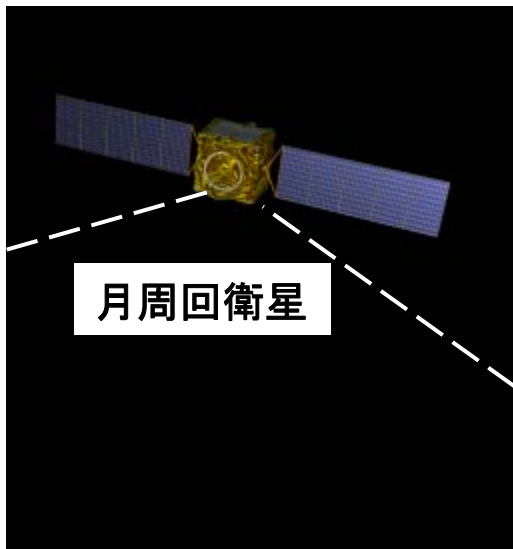
- ・月の複数地点に地震計、熱流量計、磁力計を設置、内部構造探査観測網を構築する。
  - 月の内部を地震波が伝搬する様子を測定することで、内部の層構造や中心核のサイズを推定する。
  - 月周辺磁場が変化する際の月の発電作用(電磁誘導作用)による磁場変化を測定し、内部の電気伝導度を推定する。
  - 熱流量計の情報から、発熱源である内部の放射性金属の量を推定する。
- ・上記の観測情報を総合し、月全体の材料物質構成、月の3次元的な構造を明らかにし、月の表裏の2分性や月の起源の解明に大きく迫る。
- ・中心核のサイズを明らかにするためには最低3箇所の計測が必要。月の3次元構造を明らかにするためには、8箇所の計測が必要。
  - ⇒ どこ(表側、裏側)に、何箇所(3箇所以上)に設置するか

### (2)技術的なオプション(技術的難易度、実現のためのコストを考慮して目標を設定)

- 月面の目標地点への高精度な軟着陸技術、障害物回避技術
  - ⇒ どこ(表側、裏側)に、何箇所(3箇所以上)に設置するか
- 掘削して観測機器を埋設したり、固定したりする設置作業機能を持つ自律・遠隔制御を複合した高度な移動型ロボット技術
  - ⇒ 移動距離はどれくらいか(数百m以上)、掘削の深さはどれくらいか(1m以上)、どのような作業を行うか
- 約15日間にわたる月面の夜間も継続して長期間観測するためのエネルギー確保、熱制御技術
  - ⇒ どれくらいの期間観測するか(1年以上)、どれだけの機器にエネルギーを提供するか
- 地球から見えない月の裏側への着陸探査の場合、月周回衛星を介して、月の裏側の機器(着陸機や設置用のロボット等)から地球へのデータ中継技術
  - ⇒ どれくらいの通信速度か

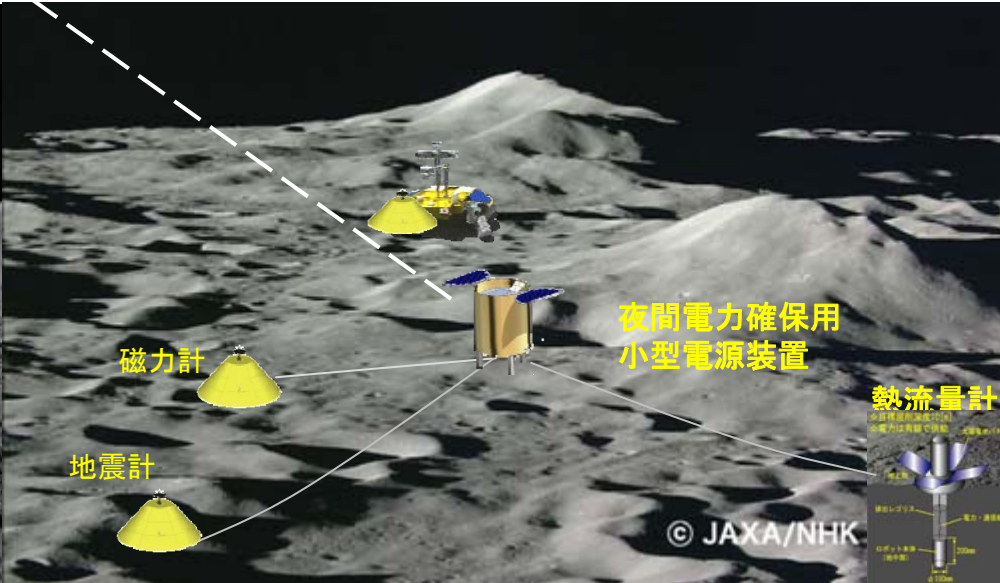
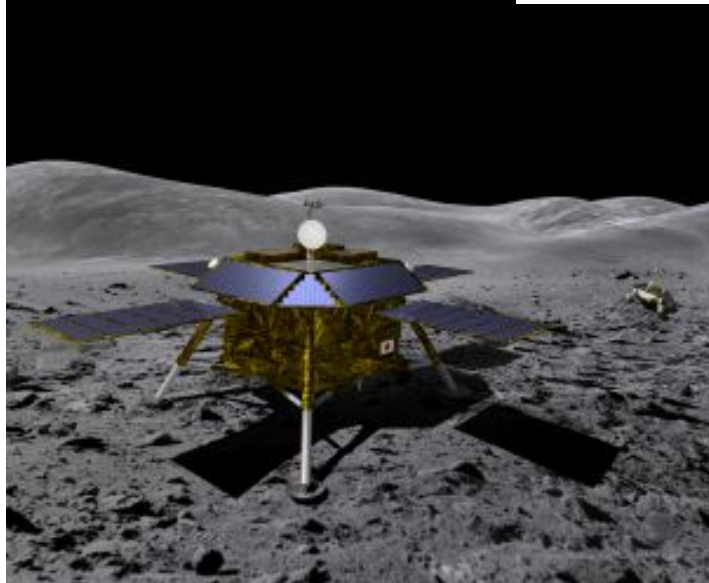
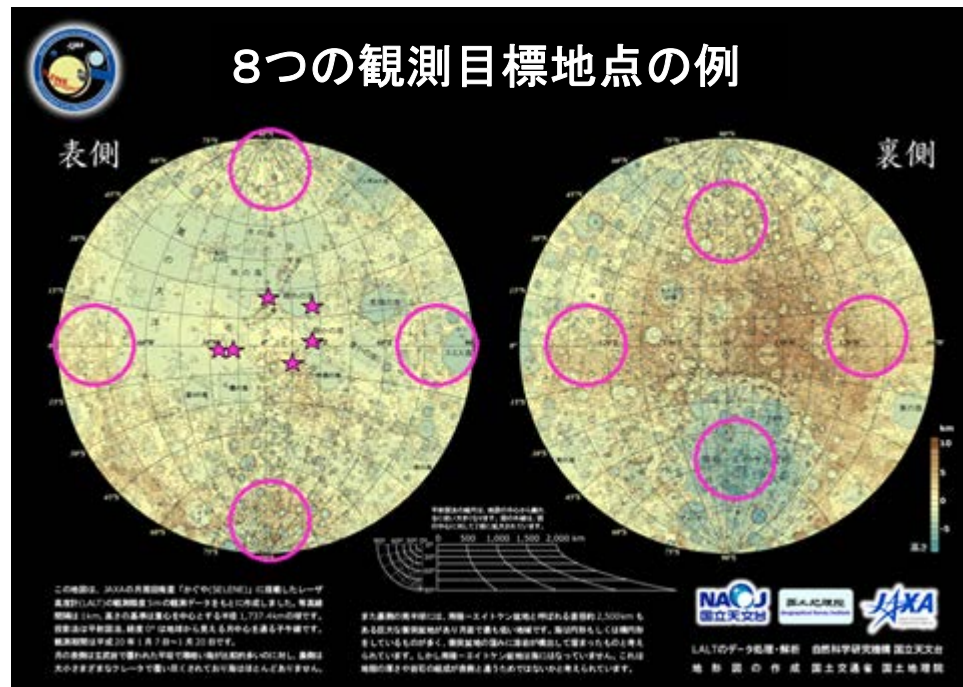
# 「月面観測網による長期月内部構造探査」イメージ

## 3. データを衛星経由で地上に伝送。



月周回衛星

1. 観測装置設置に適した複数地点に着陸。  
(⇒どこ(表側、裏側)に何箇所(3箇所以上)に設置するか)
2. 地震計、熱流量計、磁力計及び夜間電力確保用小型電源装置など設置。



(各図は想像図)

## 月探査の目標(アプローチC:月からの科学観測)

1. 第1段階: 2020年頃のロボット月探査の具体的目標  
「月の裏側への電波天文台の設置」

次の活動を科学・技術の両面から実現することを目標とする

- 地球からのオーロラや人工ノイズの影響を受けない、低周波観測に適した月の裏側に軟着陸する。
- 地上や地球周回衛星からの観測だけでは困難な低周波数帯を観測する低周波電波観測設備を月の裏側に設置する。
- 月面に設置した設備と地球上の観測設備を使い、複数素子での電波干渉計を構築する。
- 最も強い電波を放射している惑星である木星の電波発生メカニズムを解明し、木星などの大型惑星の内部で生じている運動を明らかにする。
- 月面上に星の動きを観測する数10cmクラスの望遠鏡を設置し、1年以上、特定の星を継続観測する。
- 月の微少な回転運動のふらつきを精密に求め、月の中心核が「固体」なのか「流体」なのかを明らかにする。

### (1) 科学的なオプション

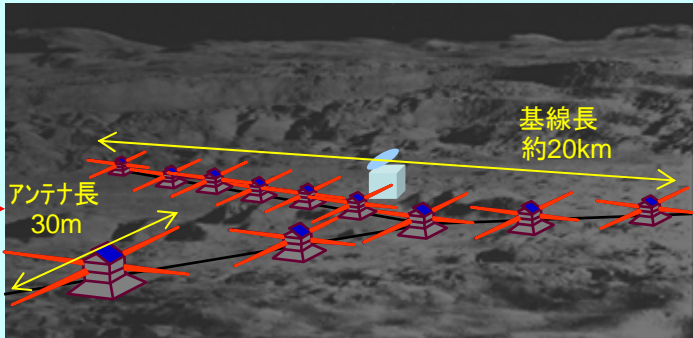
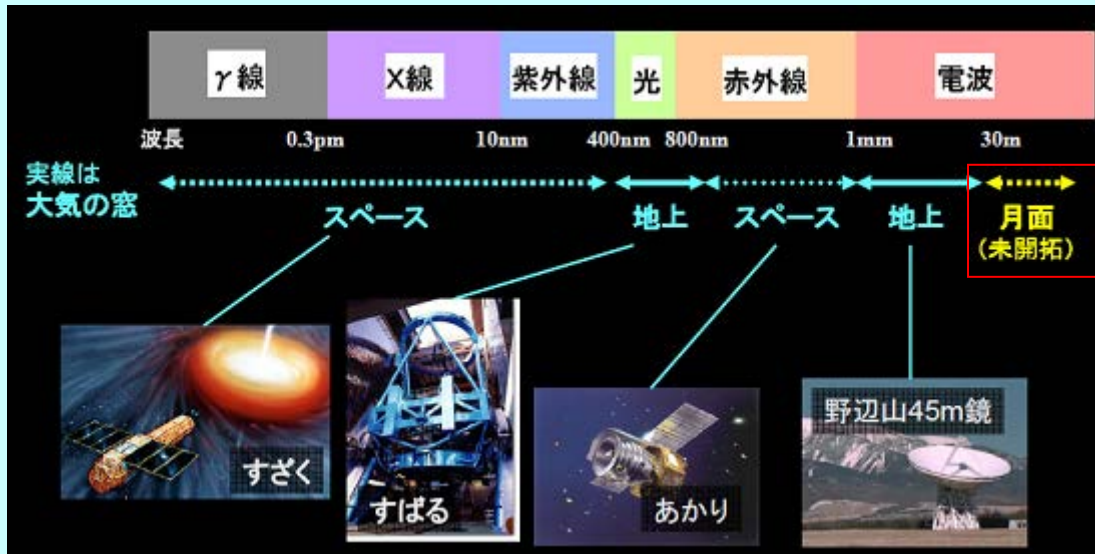
- ・ 10MHz以下の領域の電波観測は、電離層の影響や人工ノイズのために、地球上や地球周回衛星からは、十分な観測が達成されていない未開の領域であるが、月の裏側では地球からの妨害電波を完全に遮蔽できるため、この未開領域の新たな天文学の実現が可能。
- ・ 木星から放射される電波源のサイズとメカニズムを解明するためには、低周波電波観測用の設備として1素子以上を月の裏側に設置し、地上の観測局との複数素子干渉計を構築することが有効。
- ・ 月の動きを超精密に測定することで、月の金属核の大きさや状態(固体か流体か)が決定可能であり、月の起源の解明に重要な情報を提供することが可能。

### (2) 技術的なオプション(技術的難易度、実現のためのコストを考慮して目標を設定)

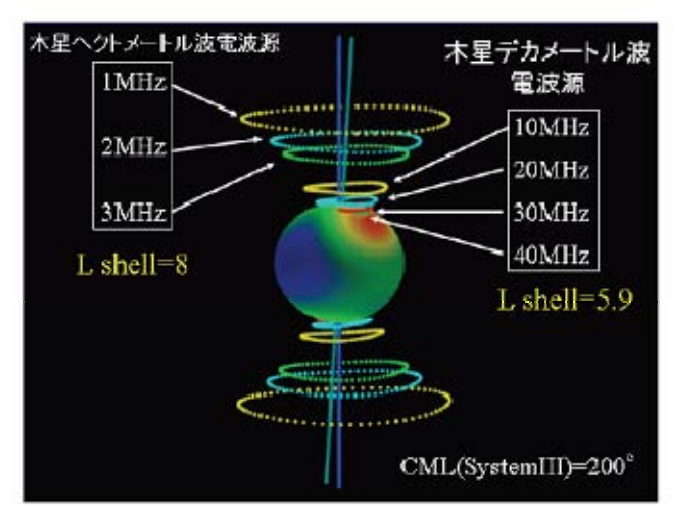
- 月の裏側の目標地点への高精度な軟着陸技術、障害物回避技術  
⇒ 何箇所にも電波観測設備を設置するか(1箇所以上)
- 月面上での土木・建設・設置等の作業を行う自律・遠隔制御を複合した移動型ロボット技術  
⇒ 1回の着陸で複数個所に設備を設置する場合、移動距離はどれくらいか(数百m以上)、どのような作業を行うか
- 約15日間にわたる月面の夜間も継続して長期間観測するためのエネルギー確保、熱制御技術  
⇒ どれくらいの期間観測するか(1年以上)、どれだけの機器にエネルギーを提供するか
- 地球から見えない月の裏側への着陸、機器の設置を行うため、月周回衛星を介して、月の裏側の機器(着陸機や建設ロボット等)から地球へのリアルタイムデータ中継技術  
⇒ どれくらいのリアルタイム性、通信速度か(中継衛星1機以上)

# 「月の裏側への電波天文台の設置」イメージ

## 低周波電波天文台

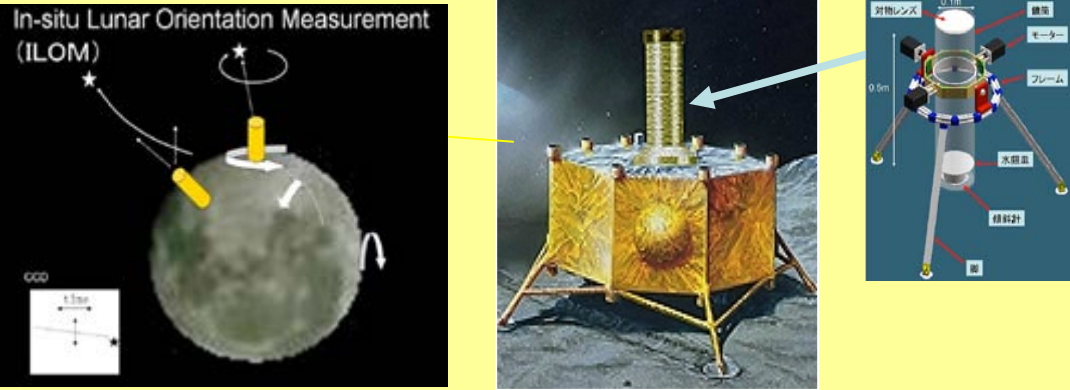


低周波電波観測により、木星電波源等の観測を行い、天体からの電波放出メカニズムを解明する。(上図は10個程度の素子を設置したイメージ)



木星周辺から発生する電波源  
(資料提供: 高知工業高等専門学校)

## 天測望遠鏡



星の動きを長期観測することにより、月の内部構造を推定する天測望遠鏡(資料提供: 国立天文台、岩手大学)

## 月探査の目標(アプローチC:月からの科学観測)

2. その次の段階: 人とロボットの連携による月探査の長期的目標(国際協力を考慮)  
「大規模天文台による長期天文観測」

### 次の活動を科学・技術の両面から実現することを目標とする

- 据付調整等の高度な作業を行うために月の裏側に人を送り、ロボットと協働しながら低周波数帯の大規模電波天文台を建設する。
- 100個以上の素子からなる大規模干渉計を構築し、高感度・高分解観測を実現する。
- 太陽系内惑星からの電波放射、超新星爆発以後の星の物理状態、銀河系内の宇宙線起源や銀河間の磁場の物理などに関連した低エネルギーの電波を世界で初めて観測可能とし、これまで誰も見たことのない宇宙の姿をとらえ、科学的に新たな発見、新たな科学分野を創生する。

#### (1) 科学的なオプション

- ・ 高感度、高分解能な低周波数帯の大規模干渉計を構築し、太陽及び木星をはじめとする太陽系内惑星からの電波放射、超新星爆発以後の星の物理状態、銀河系内の宇宙線起源や銀河間の磁場の物理などの分野で、これまで誰も見たことのない宇宙の姿をとらえ、新たな発見を行う。設置する素子の数などにより、感度、分解能、建設期間、実現のためのコストなどが異なる。

#### (2) 見極めが必要な事項

目標を具体化するために見極めが必要な事項は以下の通り

- ・ 人でなければできない天文台の設置、据付調整などの高度な作業の見極め
- ・ 人の長期滞在の可能性の見極め
- ・ 低周波電波天文観測の分解能や感度をどのレベルまで上げていくかの見極め

#### (3) 技術的なオプション(我が国として取組む技術については、国際協力も考慮しながら絞り込む必要がある)

- ・ 掘削、運搬などの高負荷作業、危険作業を安全に実施する高度なロボット技術
- ・ 設備の据え付け調整などの高度な判断作業を支援する有人支援ロボット技術
- ・ 天文台設備の建設技術
- ・ 月面での有人宇宙滞在技術(生命維持、放射線防御など)
- ・ 月面での長距離移動技術(有人ローバ、垂直離着陸機など)
- ・ 有人月往還技術(宇宙船、ロケットなど)
- ・ 月資源の利用技術(レゴリスや極域の永久陰地域の水氷などからの水素/酸素の抽出・利用など)

# 月探査の目標の達成と共に実現を目指すもの(各アプローチ共通の事項)

## 1. 第1段階: 2020年頃のロボット月探査

### ●国民生活・産業応用の観点から

- ・ 着陸や月探査ロボットの地形認識・障害物検知等における画像認識・解析技術を地上の自律制御ロボットへ展開
- ・ 夜間電力確保、熱制御技術を電気自動車や次世代エネルギー技術へ展開
- ・ 月探査ロボットの自律制御・遠隔制御技術や耐環境技術等を地上のインフラ点検(鉄塔や電線の点検、下水の点検等)や過酷な環境での作業ロボット(砂漠や林業の場)等へ展開

### ●利用可能性の観点から

- ・ 月面のダスト、放射線、地盤、日照状況、温度などのデータ計測
- ・ 月の砂からの酸素の抽出・製造技術の実証、月の砂の建築資材への利用技術の実証

### ●国民理解の観点から

- ・ ロボットに搭載されたカメラにより、月面着陸や探査の映像を高臨場感・ハイビジョン画像で地球に中継したり、地上からカメラを遠隔操縦することで国民の月探査へのバーチャル参加の実現
- ・ 日本の優れたロボット技術のアピール
- ・ 長期にわたる定点観測の画像モニタデータを定常的に配信したり、月震速報を配信したりすることなどで、月が自分の活動領域となったかのような身近さを国民に提供する

## 2. その次の段階: 人とロボットの連携による月探査(国際協力を考慮)

### ●国民生活・産業応用の観点から

- ・ 宇宙飛行士の健康管理等、有人宇宙滞在技術を地上の遠隔地医療・介護医療へ展開
- ・ 月面における有人支援ロボット技術を地上における介護ロボットなど人の作業をサポートする協調型ロボット技術などへ展開

### ●利用可能性の観点から

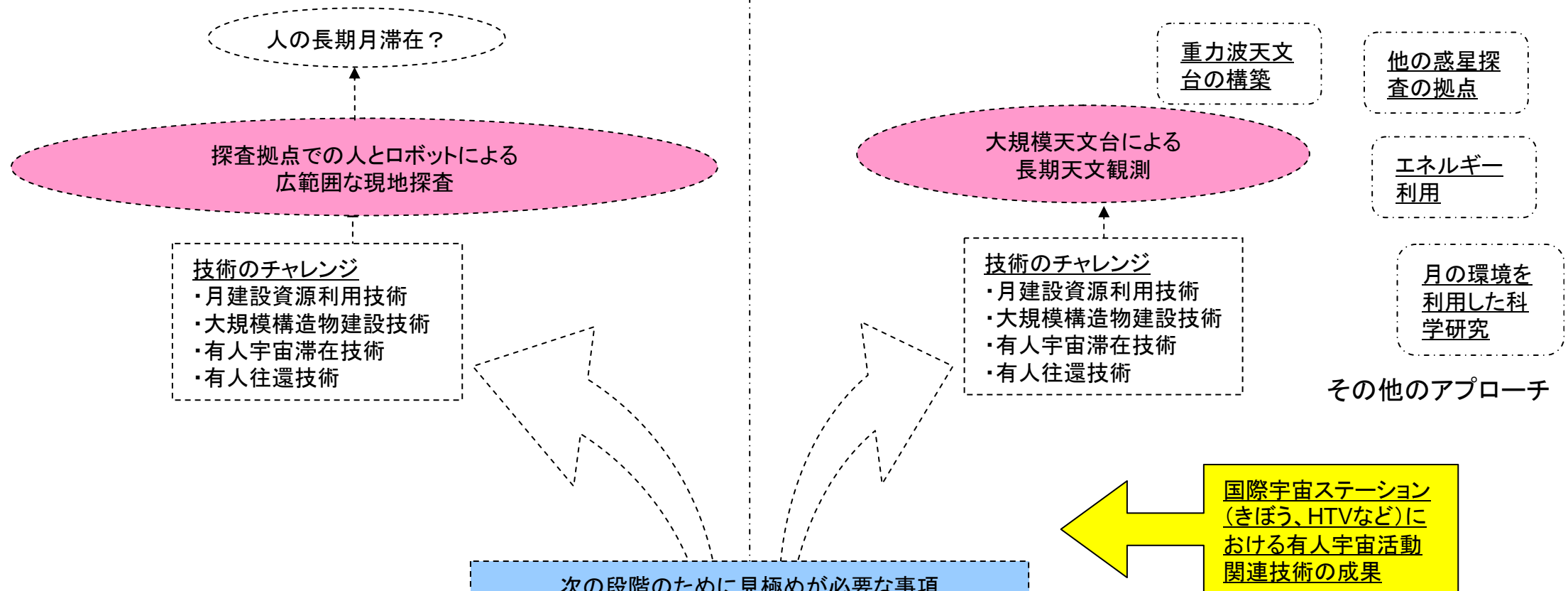
- ・ 月面上に有人長期観測拠点を構築し、科学的調査、研究や資源利用等を行う  
(米国には極域に有人月面探査拠点を構築する構想がある。)

### ●国民理解の観点から

- ・ 月での日本人宇宙飛行士の活躍を高臨場感・ハイビジョンにより生中継

# 月探査に関する複数のアプローチ(全体イメージ)

資料1-1 別紙1



**アプローチB**

月面観測網による長期月内部構造探査(1年以上)

- ・全球の複数箇所に地震計等を設置して観測

科学のチャレンジ

- ・月の起源の解明

技術のチャレンジ

- ・軟着陸技術
- ・自律・遠隔制御計測器設置ロボット技術(熱設計、耐ダスト設計、放射線耐性設計含む)
- ・越夜エネルギー技術
- ・地震計、熱流量計、電磁場計測機器技術

**アプローチA**

月の未踏地域でのロボットによる表面探査と往還(現状数日→数ヶ月以上)

- ・未踏地域(表側、裏側)
- ・岩石を持ち帰り分析

科学のチャレンジ

- ・月の進化の解明

技術のチャレンジ

- ・軟着陸技術
- ・自律・遠隔制御移動探査ロボット技術(熱設計、耐ダスト設計、放射線耐性設計含む)
- ・越夜エネルギー技術
- ・帰還技術(再突入含む)

人の長期滞在のための実証

- ・月面の放射線等の環境計測
- ・資源(水、酸素等)利用の実証

技術のチャレンジ

- ・月資源抽出技術

**アプローチC**

月の裏側への電波天文台の設置

- ・裏側に電波観測設備を設置。
- ・1年以上観測して技術確立
- ・天測望遠鏡の構築

科学のチャレンジ

- ・地球で不可能な天文学の実現

技術のチャレンジ

- ・軟着陸技術
- ・自律・遠隔制御建設ロボット技術(熱設計、耐ダスト設計、放射線耐性設計含む)
- ・長期観測用エネルギー技術

「かぐや」「はやぶさ」等の科学的・技術的成果

月の科学探査

月の利用