

月探査に関する懇談会における 検討状況について

平成21年10月1日

月探査に関する懇談会の概要

1. 趣 旨

宇宙基本計画（平成21年6月2日宇宙開発戦略本部決定）を踏まえ、有人を視野に入れた月探査に関し、2020年頃の実現を目指す高度なロボットによる無人探査の目標、解決すべき技術的課題、研究開発ロードマップ、他産業への波及効果等について具体的な検討を行うとともに、その後の長期的視点に立った有人宇宙活動を想定した人とロボットの連携による月探査の目標、我が国として取り組むべき課題、国際協力の在り方等について検討を行う。

2. 検討体制

- (1) 宇宙開発担当大臣の下に、次ページに掲げる有識者による懇談会（座長：白井克彦 早稲田大学総長）を開催し、1年程度をかけて検討。
- (2) 構成員には、ロボット工学、宇宙探査、宇宙輸送、惑星科学、エネルギー、国際政治・経済、国際法などの幅広い分野の専門家。

月探査に関する懇談会 構成員

- 青木 節子 慶應義塾大学総合政策学部教授
伊丹 敬之 東京理科大学総合科学技術経営研究科長
井上 博允 東京大学名誉教授、日本学術振興会監事
小久見 善八 国立大学法人京都大学産官学連携センター特任教授
折井 武 財団法人日本宇宙フォーラム常務理事
國井 秀子 リコーITソリューションズ株式会社取締役会長執行役員
久保田 弘敏 帝京大学大学院理工学研究科長
古城 佳子 国立大学法人東京大学大学院総合文化研究科教授
里中 満智子 マンガ家
◎ 白井 克彦 早稲田大学総長、日本私立大学連盟会長
鈴木 章夫 東京海上日動火災保険株式会社技術顧問
鶴田 浩一郎 宇宙科学研究所名誉教授、財団法人宇宙科学振興会常務理事
長谷川 義幸 独立行政法人宇宙航空研究開発機構執行役 月・惑星探査プログラムグループ統括リーダー
葉山 稔樹 トヨタ自動車株式会社技監
広瀬 茂男 国立大学法人東京工業大学大学院理工学研究科教授
的川 泰宣 独立行政法人宇宙航空研究開発機構名誉教授、技術参与、
特定非営利活動法人子ども・宇宙・未来の会会長
水嶋 繁光 シャープ株式会社常務執行役員研究開発本部長
観山 正見 大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台長
毛利 衛 日本科学未来館館長、宇宙飛行士
山根 一眞 ノンフィクション作家

(五十音順、敬称略) (◎：座長)

検討項目

(1) 月探査の意義・目標

- ・我が国の技術や経験を生かした日本らしい月探査の意義・目標（科学、技術、産業等の観点から、2020年に目指す具体的目標及び有人宇宙活動を想定した長期的目標）

(2) 2020年頃に実現を目指す高度なロボットによる無人月探査の具体像

- ・目標達成のために解決すべき技術的課題（例えば長期かつ高度な探査を可能とするロボット技術、電源技術や往還技術等）
- ・ロボット探査の優位性を考慮した目標に向けての研究開発ロードマップ
- ・宇宙以外の研究開発分野との連携を考慮した研究開発体制（国際協力含む）
- ・宇宙産業のみならず他産業への波及効果
- ・その他（資金見積もり等）

(3) 長期的視点に立った有人宇宙活動を想定した月探査の基本的方針

- ・我が国として人とロボットの連携による探査で取り組むべき課題
- ・国際協力の在り方についての基本的考え方
- ・その他

懇談会における議論の概要 (1/2)

- 第1回会合（平成21年8月4日）
 - ・ 懇談会の運営、進め方（検討項目・スケジュール）について
 - ・ 月探査に関するこれまでの我が国の取組と海外の動向について（参考1）

事務局より、月探査に関するこれまでの我が国の取組と海外の動向について紹介し議論が行われた

【主な御意見】

- ・ 月については国際的制度が未整備であることも踏まえ、日本の国益に資する探査、開発、利用という観点で考え、予算などの制約を議論の出発点としないことが必要
- ・ システムの信頼性が要求されるが、人型ロボットによって達成できる可能性が高い。また最新のユーザインタフェースを使って遠隔操作を行うことは日本独自で取組むべき。これは、離れたところで人が相互に助け合えるような技術として、少子・高齢化社会の一つのあり方も示すもの。
- ・ 過酷な環境で使える高信頼性の電池の開発は、新たな革新を起こすことができる。
- ・ 有人宇宙活動も明確な年度目標を立てて進めることが考えられる。どういうステップで進めるか、現在の日本の技術等のレベルはどうかを把握しつつ進めることが必要。
- ・ 宇宙分野の人材育成は重要。なぜ有人宇宙活動を行うのかをしっかりと議論していきたい。
- ・ 冷戦や国威発揚など宇宙開発の目的は国によって様々ある中で、高い技術を持つ日本がどのように民生に役立つような宇宙開発が行えるかを考え、説明していくことが重要。国際協力にどの程度、どこを協力することが日本にとって望ましく、どこを独自に行うべきかを検討することが重要。
- ・ 過去のロケットの国産開発の経験でも、我が国にすばらしい技術基盤があると認識。それは人そのものであり、それを伸ばすためにも、若者に良い仕事を与えるという点で何をやるべきか議論したい。
- ・ きちんとした目標設定と開発シナリオが重要。月の周回軌道からの観測、着陸と月面移動、地球への帰還の3点をきちんと実施できる能力を備えるべく努力すべき。
- ・ 「きぼう」の開発・運用で培った高い信頼性の技術等を、うまく月探査へ繋いでいきたい。
- ・ 日本らしい月探査の発信が重要。いかに圧倒的に安く実現できるかが日本らしさと考える。宇宙飛行士のパートナーとなるロボットの実現により、人の生活をサポートするロボット産業へもつながる。
- ・ 本当に実用的なロボットを作るのは難しい。合理的に考えて最適な形態を決める必要がある。

懇談会における議論の概要 (2/2)

【主な御意見（続き）】

- ・日本の総力を挙げてロボティクスの研究が宇宙で進められることは良い。月探査により他の惑星探査がなおざりにならないようにすべき。なお、有人と月と一緒に議論することは時間的に厳しく、有人の懇談会が別にあると良い。
- ・科学的な成果を求める他に、産業界への技術の波及効果についても大きなテーマ。また、映像による臨場感のような、国民に対しての分かり易い成果の提示が必要で、これが技術立国を目指す日本の人材や産業の育成につながり、税金を使用することの国民の納得感も得られるのではないか。
- ・議論にあたって3点のポイントがあり、1点目は国際協力か日本独自でどこまで進めるか、2点目は懇談会の専門家を信頼すること、3点目は総合性を見て、最終段階にもっていくことが大事であり、日本全体のビッグピクチャーを見ることが必要。
- ・国民、特に子供たちがわくわくするようなものを目指したい。先進科学技術立国の日本としては、国威発揚ではなく人類発揚というような、新しい時代に向かっていこうというメッセージを発したらどうか。

● 第2回会合（平成21年9月28日）

- ・ 月探査の意義・目標について
- ・ 米国有人宇宙飛行計画再検討委員会報告の紹介（参考3）

以下の各委員からの提案と米国の検討委員会の概要を元に議論が行われた

- ・長谷川委員から、月探査の意義と目標について、科学・技術両面からの実現を目標とした3つのアプローチ案（A.月の表面探査と往還、B.月の内部構造の観測、C.月からの科学観測）の提案が行われた（参考2）
- ・葉山委員から、月探査の意義と目標及び月探査におけるロボットの役割と期待について、2020年頃の月探査実現を目指した検討の中に、「月の環境を利用した科学研究ができる月面拠点の建設」、「月面活動为目标とした人型二足歩行ロボットの開発」、「長期月面活動を可能とする宇宙エネルギー利用システムの開発」の3点を目標に加えていく提案が行われた

月探査に関するこれまでの我が国の取組と海外の動向 (第1回懇談会 資料3 より抜粋「月探査の主な科学的成果」)

	アポロ (米国) 有人着陸	ルナ (旧ソ連) 無人着陸	クレメンティン (米国) 無人月周回	ルナプロスペクタ (米国) 無人月周回	かぐや (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...	
月の起源 月の進化	内部構造	月震、磁場等によりコアサイズを測定(粗い精度)		月周回軌道の変化などからコアサイズ推定(250-450km)	月周回軌道の変化の精密計測によるコアサイズ推定(解析中)	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	
	磁場 (初期のコア溶融)	磁気を帯びた石の発見により、かつて月に磁場があったことを示唆		初の全球磁場観測	全球の磁場観測を1桁以上高精度で実施	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	
	物質	赤道域の岩石や表土(レゴリス)の調査。岩石の年代の決定、表土の成分分析(酸素、金属、水素、ヘリウム)など	無人着陸機により表土を採取して帰還(成果不明)	鉄やチタンに富む地域の発見(分解能100m-)	鉄、チタン、放射性元素の分布の測定(分解能:数10km-)	斜長石、かんらん石などの鉱物の全球分布取得、ウランなど放射性元素やアルミニウムなど主要元素の高精度分布観測	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
	表裏の違い (二分性)	質量中心と形状中心がずれていることを発見	月の裏側を初めて撮影		地形でなく物質により表裏の特徴を分類	裏側重力の直接観測、地形、高度分布の高精度測定、質量中心と形状中心の差の測定	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 (地殻形成)	マグマの中で生成する斜長岩の採取により、「マグマの海」の仮説				全球に亘り、純度の高い斜長岩の分布を計測。「マグマの海」の存在の裏付け	「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底の計測等を通じ、その構造、進化を解明
	火山活動 地殻変動	岩石の特徴調査。年代推定(分解能100m-)				裏側での火山活動の長期継続を発見。月の冷却による褶曲(地層の曲がり)を発見	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
月の利用	氷など		電波観測により、氷が存在する可能性を発見	中性子観測により、極域に氷や軽元素が存在する可能性のあるデータを取得	シャクルトン・クレータ(南極のクレータ)の永久影の表層には氷がないことを確認	地球資源に頼らない月資源の利用可能性などの確認	

月探査に関するこれまでの我が国の取組と海外の動向 (第1回懇談会 資料3 より抜粋「利用の可能性」)

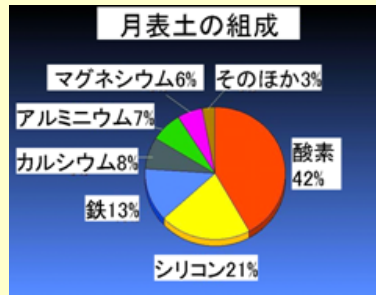
○物質・エネルギーの利用:

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氷が存在する可能性。

- 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

○場の利用:

月を人類の新たな活動の場所として活用

- 月面低周波電波天文台

月の裏側では、地上の人工電波源などの影響が無く、地球上では困難な10MHz以下の低周波の電波観測が可能



- 月面重力波天文台

月面での真空、地球に比較し振動の少ない環境を利用し、地球上では困難な、安定した大型の重力波観測設備(重力波検出用レーザ干渉計)を構築可能

- 宇宙医学・生物学のデータ取得

宇宙放射線による影響や1/6Gの生物への影響の把握が可能



- 探査技術の実験場

火星探査に向けた技術実証の場として活用可能

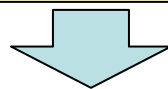
- 観光地としての利用

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、放射線防御壁に利用
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は、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

参考1(3/5) 月探査に関するこれまでの我が国の取組と海外の動向 (第1回懇談会 資料3 より抜粋「月・惑星探査に関する海外の主な動向(1/3)」)

(内容は、第2回会合 資料1-2で更新)

○ 米国(NASA 米国航空宇宙局):

- ・ブッシュ政権では、新しい有人宇宙船の開発、有人での月再着陸、有人火星探査等を目標とする 宙探査構想に基づく計画が進んでいた。オバマ政権では、探査構想の中核をなすNASAの有人宇宙飛行計画について「米国有有人宇宙飛行計画再検討委員会(Review of U.S. Human Space Flight Plans Committee)」を設置し、再検討を行っている。スペースシャトル引退後の安全で革新的かつ適正な予算で持続可能な、有人宇宙飛行計画に関する選択肢等を検討中であり、2009年9月末を目処に検討結果の最終報告が米国大統領に提出される予定。
- ・上記再検討の結果により今後の計画、国際調整などに影響があると想定されるが、これまでの米国の動向については、概ね以下括弧内のとおり。

- ・これまで、ブッシュ政権時代の宇宙探査構想に基づき、今後の探査計画について、国際宇宙探査協働グループ(ISECG: 32ページ参照)ことをの枠組みに加え、ESA、JAXA等との協力に向けた2国間調整を行ってきた。
- ・これからのISS(国際宇宙ステーション)の利用計画の一つの柱として、ISSを将来の探査プログラムのための技術実証の場として利用する構想中。
- ・有人月面拠点にむけた無人月探査として、2009年6月にLRO(ルナリコネッサンスオービター: 着陸地点の決定、資源調査、月環境調査)及びLCROSS(永久影域の氷の存在調査)を打上げ実施。今後、LADEE(ダスト(塵)観測)及びGRAIL(重力場計測。着陸地点決定の精度向上に貢献。)を予定(2011-12年頃)。
- ・ILN(国際月ネットワーク)構想(※)に、各国へ参加を呼びかけ、現在8機関が関心表明。
※ 月面に6-8箇所の観測ポイントに観測機器(月震計や熱流計)を設置して科学観測を行うもの。
8機関: ASI: 伊、BNSC: 英、CNES: 仏、CSA: 加、DLR: 独、ISRO: 印、JAXA: 日、KARI: 韓。左記のほか CNSA : 中もオブザーブ参加

○ 欧州(ESA 欧州宇宙機関):

- ・2030年頃の有人火星探査を最終目的とした「オーロラプログラム」の前段として、月への無人着陸機(MoonNext等)や有人月探査の検討を行っている。
- ・有人月探査に関しては、将来の有人宇宙飛行及び探査における欧州の役割を分析するためのシナリオ検討等が行われており、ISECGの枠組みにおいて積極的に活動中。また、NASAとの協力に向けた、2国間の話し合いも進めている。

参考1(4/5) **月探査に関するこれまでの我が国の取組と海外の動向**
(第1回懇談会 資料3 より抜粋「月・惑星探査に関する海外の主な動向(2/3)」

- 中国(CNSA 中国国家航天局):
 - ・独自の月探査計画(嫦娥(じょうが)計画、有人月探査)を進めている。2007年に嫦娥1号による月周回を実施。2011年迄に嫦娥2号により再び月周回、2012年迄に月面着陸、2017年に月面サンプル回収、2030年に中国初の有人月探査、2040年に有人の月面短期滞在、2050年に有人火星探査を計画中。
 - ・月探査の目的として、国威発揚と、将来の資源利用を念頭に置いている模様。
- インド(ISRO インド宇宙研究機関):
 - ・無人月探査計画として、チャンドラヤーン1号(2008年:月周回)、同2号(2013年頃:着陸予定)を展開中。国際協力により月探査を実施(1号には欧米センサを搭載、2号では月面探査車をロシアが開発)。
 - ・宇宙飛行士3名が搭乗可能な有人宇宙船の開発も計画している模様。
- 韓国(KARI 韓国航空宇宙研究所):
 - ・2007年11月に決定された「宇宙開発プロジェクト詳細ロードマップ」の下、2020年までに月探査衛星1号機(周回機)を、2025年迄に月探査衛星2号機(着陸機)の打ち上げを計画中。
 - ・また、2008年8月6日の韓米首脳会談で、米国との宇宙探査や宇宙科学分野での協力強化に合意したことで、米国のILN 計画への参加に積極的。
- ロシア(ROSCOSMOS ロシア連邦宇宙局):
 - ・ソユーズに替わる新型有人宇宙船(低軌道用)を計画中。
 - ・有人月面拠点については、ISECGに参加しつつ、様子を見ているところ。
 - ・無人月探査に関しては、ペネトレーターを搭載するluna-glob(月周回・月着陸探査)や月面探査車(印との協力)等を計画中。
- イギリス(BNSC 英国国立宇宙センター):
 - ・探査への関心はあり。ESAのオーロラプログラムへの参加が主。
 - ・無人月探査では、NASAと協力しつつ、ペネトレータを積んだ月周回機(MoonLite)、着陸機(MoonRaker)を計画。

参考1(5/5) 月探査に関するこれまでの我が国の取組と海外の動向 (第1回懇談会 資料3 より抜粋「月・惑星探査に関する海外の主な動向(3/3)」)

○ カナダ(CSA カナダ宇宙庁):

- ・2008年に探査計画(Exploration Core Program)を開始し、概念検討等を実施。2009年には月・火星の探査車のプロトタイプ開発等に向けて予算面も含めて探査計画下の活動が活発になる様子。
- ・将来の探査プログラムでは、ISS計画等での実績をベースにロボティクスを中心にカナダ独自の技術貢献をすることを目指しており、有人月面拠点構想に対しては、カナダ人が月面到達するための協力調整(探査車、資源利用、軌道上サービス等)をNASAと開始している様子。
- ・ISS計画では、有人宇宙技術(特に宇宙飛行士の搭乗、医学関係研究等)とカナダアームに代表されるロボティクスを中心に取り組んでいる。

○ 多国間国際協力の動向:

<国際宇宙探査協働グループ>

- ・ブッシュ大統領の宇宙探査構想の発表を契機として、米国が世界の宇宙機関に対し国際協力を呼びかけ、2006年、14宇宙機関(日本はJAXA)による国際探査戦略(GES)の検討が開始された。その協働活動の枠組みとして、国際宇宙探査協働グループ(ISECG)が設立(インドを除く13宇宙機関が参加)。
- ・国際約束のような強制力を持った作業分担ではなく、各国の独自性を発揮しつつ、全体として整合性のあるプログラムの構想を目指す緩やかな分業が志向されており、主として国際協働の調整の場として活用されている。
- ・現在、各国において探査シナリオ等の検討活動が行われており、2010年6月頃を目処に、今後の検討にあたって参照すべき共通の国際探査構想のとりまとめが行われる予定だが、米国の有人宇宙計画の再検討の影響を受けるものと思われる。なお、会合には、各宇宙機関長の出席が求められている。

GES14宇宙機関: ASI(イタリア宇宙機関)、BNSC(英国国立宇宙センター)、CNES(フランス国立宇宙研究センター)、CNSA(中国、国家航天局)、CSA(カナダ宇宙庁)、CSIRO(オーストラリア連邦科学産業研究機構)、DLR(ドイツ航空宇宙研究センター)、ESA(欧州宇宙機関)、ISRO(インド宇宙研究機関)、JAXA(宇宙航空研究開発機構)、KARI(韓国航空宇宙研究所)、NASA(米国航空宇宙局)、NSAU(ウクライナ国立宇宙機関)、Roscosmos(ロシア連邦宇宙局)

GES: Global Exploration Strategy / ISECG: International Space Exploration Coordination Group

●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

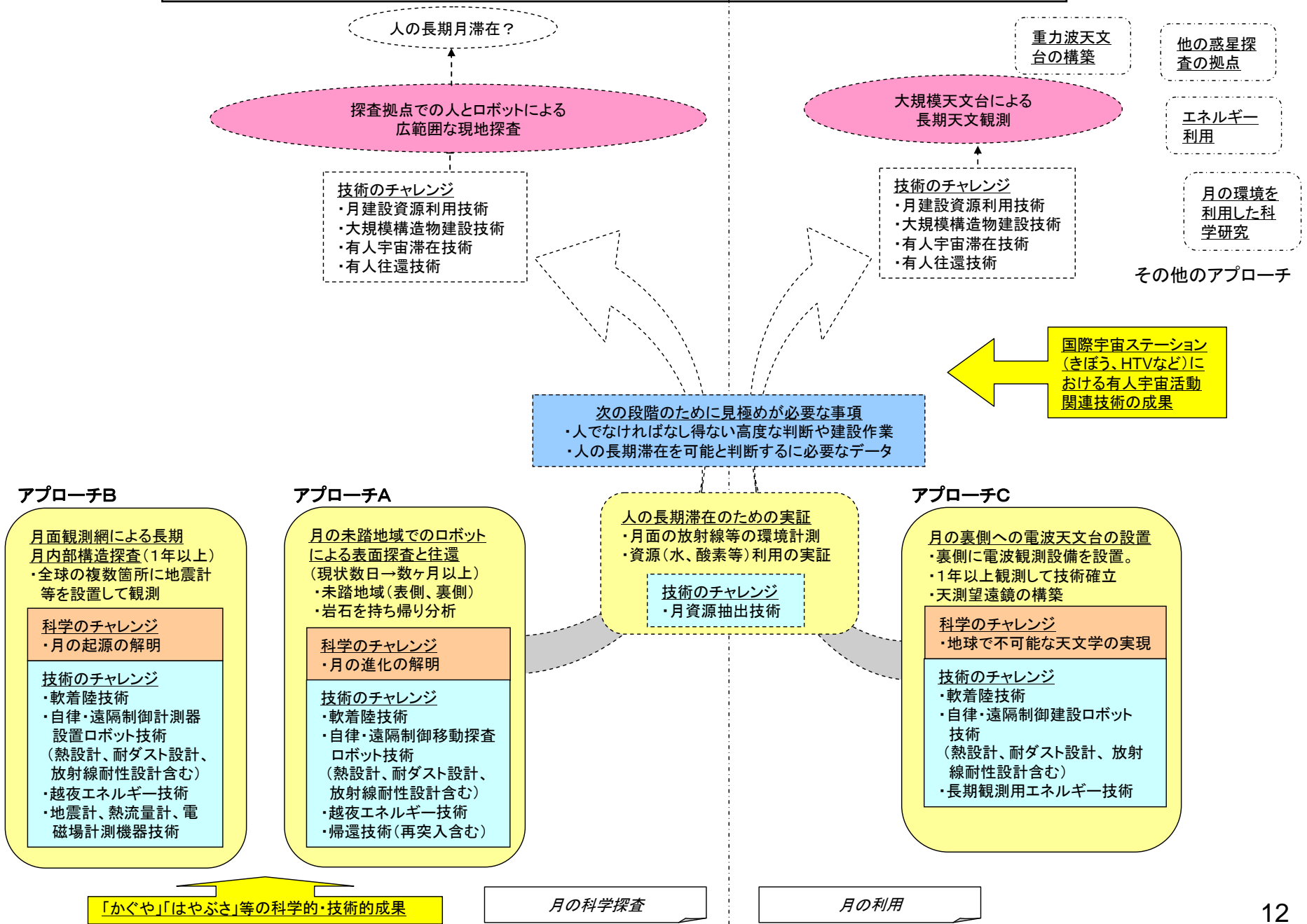
過酷な環境へ挑戦し、獲得した新たな技術の産業への応用により、産業の技術革新や新たな産業の創出などに繋がり、産業技術力・産業競争力の強化に資する。また、新素材や新技術などが地上の国民生活の向上にも資する。

●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。



米国有有人宇宙飛行計画再検討委員会報告の概要 (第2回懇談会 資料2 より抜粋「現状の計画の評価と代替案」)

○現行計画の評価

スペースシャトル

- ・現行計画では2010年度中に退役予定だが、2011年度までの運用延長が現実的
- ・シャトルが退役してから、次の有人宇宙機が運用を開始するまで、7年の空白が生じる
- ・シャトルの運用延長には、計画される飛行予定と、延長に伴うリスクを確実に受け入れ可能なシャトルの全体的な信頼性について徹底的な評価が必要

国際宇宙ステーション (ISS)

- ・現行計画では、ISSの運用は2015年まで（この場合、完成に25年かけ、5年間の運用となる）
- ・2020年までの延長により、米国及び国際パートナー双方にとって、投資効果の拡大が期待される

コンステレーション計画

- ・現行の有人月探査のためのコンステレーション計画は、以下の要素で構成
 - アレス1 ロケット : 宇宙飛行士を地球周回軌道に打上げる有人ロケット
 - アレス5 ロケット : 宇宙飛行士や機材を月に運ぶ重量級打上げロケット(※)
 - オリオン宇宙船 : 宇宙飛行士を地球周回軌道またはそれ以遠に運ぶ宇宙船
 - アルタイル月着陸機 : 月へ着陸するための着陸機
- ※：無人のアルタイル月着陸機を地球周回軌道に打上げ、宇宙飛行士を載せたオリオン宇宙船とドッキングして月に輸送する
- ・アレス1 とオリオン宇宙船は、技術と予算面で開発スケジュールが遅延し、当初の2012年完成が現状2015年へ、今回の独立評価で少なくともさらに2年遅れる見通し(前出の7年間の空白に対応)
- ・アレス5 とアルタイル月着陸機についても検討が遅延

○代替案の検討

重量級無人打上げ手段（地球周回とそれ以遠）・・・ アレス5の替わりに以下の3形態

- ・アレス5 軽量型 : 2機で効率的にカバー可能。運用コスト低
- ・シャトル派生型 : 能力が低いいため軌道上での燃料補給要。開発コスト低、運用コスト高
- ・使い切りロケット(EELV) : 能力が低いいため軌道上での燃料補給要。開発コスト・運用コスト低

有人打上げ手段（地球周回） アレス1の替わりに以下の1形態

- ・民間開発の商業打上げ機 : 2016年までの運用開始可能性あり、運用コスト低

米国有有人宇宙飛行計画再検討委員会報告の概要 (第2回懇談会 資料2 より抜粋「プログラムのオプション」)

○現状計画や代替案の評価に基づき、予算の制約を考慮して、5つのオプションを識別

オプション1 ベースライン（2010年度予算案ベースで制約）

- ・ISSは2015年まで運用（シャトルは2011年度まで）
- ・アレス1はISS廃棄処理完了の2016年以降まで利用不可。アレス5は2020年代後半まで利用不可
- ・さらに月着陸船と月面探査システムは2030年代まで開発のための十分な予算が得られない

オプション2 ISSと月探査実施（2010年度予算案ベースで制約）

- ・ISSは2020年まで延長（シャトルは2011年度まで）。アレス5軽量級で月探査計画を開始
- ・宇宙飛行士の輸送は商業打上げ機を利用
- ・アレス5軽量級は2020年代後半まで利用不可。月着陸や探査を行うシステムの開発予算はでない

オプション3 ベースライン準拠（2010年予算案ベースに年30億ドル追加ケース）

- ・ISSは2015年まで運用（シャトルは2011年度まで）。アレス1とアレス5で月探査計画を開始
- ・アレス1とオリオン宇宙船は2017年に利用可能。2020年代中頃に有人月探査が可能

オプション4 月探査優先（2010年予算案ベースに年30億ドル追加ケース）

- ・ISSは2020年まで延長。有人探査の最初の目的地を月とする。宇宙飛行士の輸送は商業打上げ機を利用
- ・バージョンAはアレス5軽量級で月探査を行う（シャトルは2011年度まで）
- ・バージョンBはシャトルを2015年まで延長し、その派生型により月探査を行う。有人輸送ギャップをなくせる唯一の案
- ・2020年代中頃までに有人月探査が可能

オプション5 弾力的な探査（2010年予算案ベースに年30億ドル追加ケース）

- ・ISSは2020年まで延長（シャトルは2011年度まで）。宇宙飛行士の輸送は商業打上げ機を利用
- ・バージョンAはアレス5軽量級、バージョンBは使い切りロケット（EELV）、バージョンCはシャトル派生型を利用
- ・2020年代前半には月近傍通過、ラグランジュ点、地球近傍小惑星、火星近傍通過を年1回のペースで開始。2020年代中～後半には火星の衛星とのランデブーか有人月探査が可能

参考3(3/3) **米国有有人宇宙飛行計画再検討委員会報告の概要**
(第2回懇談会 資料2 より抜粋「プログラムのオプション (サマリ)」

	予算	スペースシャトル の運用期間	ISSの 運用期間	重量級打上げ手段	地球周回低軌道への 宇宙飛行士の輸送手段
予算制約					
オプション1: ベースライン	現行予算	2011年まで	2015年まで	アレス5	アレス1、オリオン
オプション2: ISS+月探査	現行予算	2011年まで	2020年まで 延長	アレス5軽量型	民間活用
月探査優先					
オプション3: ベースライン準拠	追加あり	2011年まで	2015年まで	アレス5	アレス1、オリオン
オプション4A: 月探査優先、アレス軽量型	追加あり	2011年まで	2020年まで 延長	アレス5軽量型	民間活用
オプション4B: 月探査優先、シャトル延長	追加あり	2015年まで延長	2020年まで 延長	シャトルシステムの活用 +燃料補給	民間活用
弾力的な探査					
オプション5A: 弾力的な探査、アレス軽量型	追加あり	2011年まで	2020年まで 延長	アレス5軽量型	民間活用
オプション5B: 弾力的な探査、EELV	追加あり	2011年まで	2020年まで 延長	75トンEELVの活用 +燃料補給	民間活用
オプション5C: 弾力的な探査、シャトルシステムの活用	追加あり	2011年まで	2020年まで 延長	シャトルシステムの活用 +燃料補給	民間活用