

第3章 将来有人探査の戦略

第3章 長期有人探査戦略



ISECGの参加宇宙機関は、ISSに始まり、太陽系に人類の存在領域を広げ、有人火星探査を目標とした長期有人探査戦略を設定した。長期的に持続的な方法で人間を火星に送ることは、近い将来における有人宇宙探査の最も困難だがやりがいのある目的になることは議論の余地のないことである。これらのミッションでは、新しい技術と我々が現在有している技術の大幅な革新を必要とするだろう。



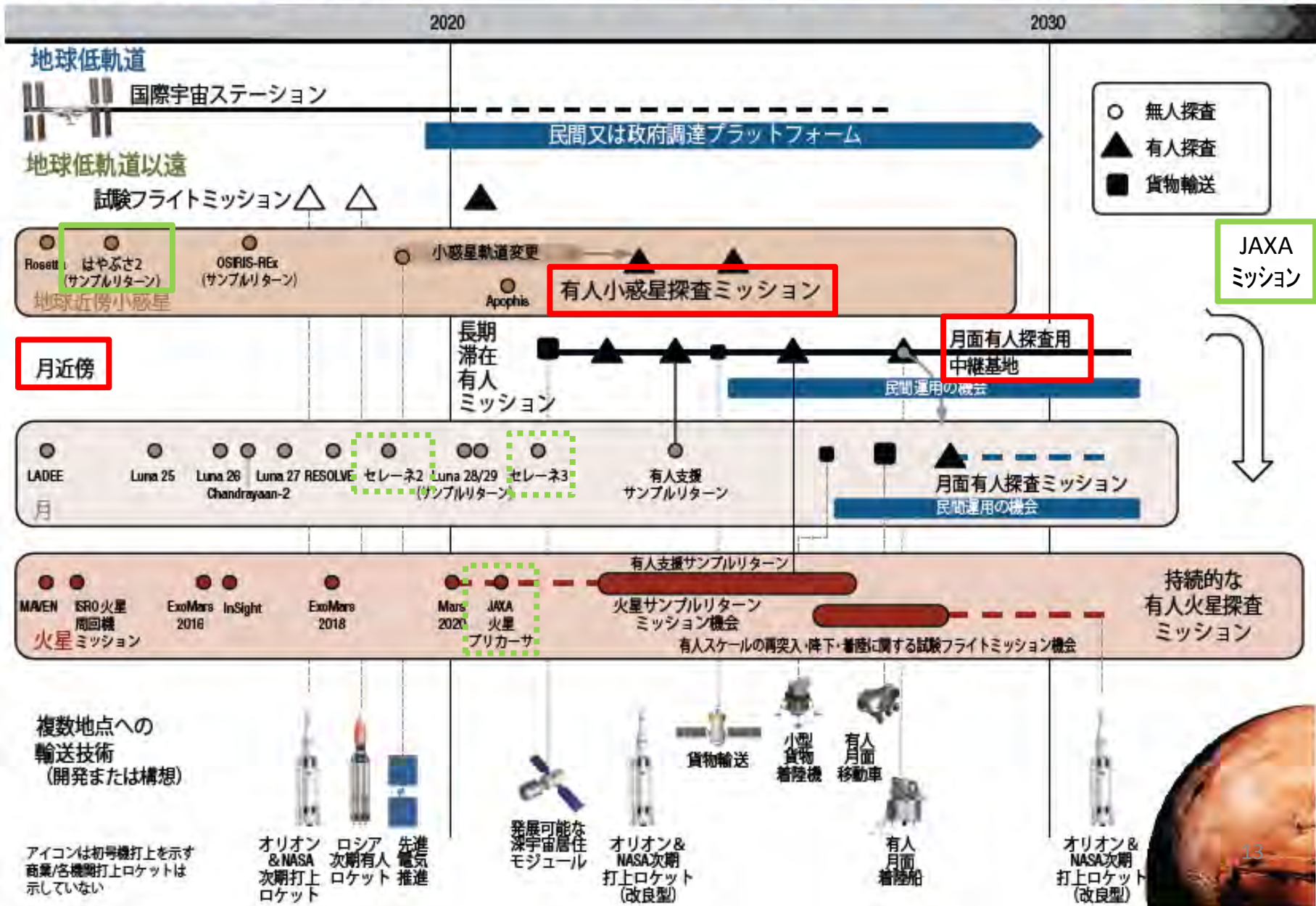
火星有人探査を持続的なプログラムにするためには、リスクの削減、先進技術の試験、新しい有人宇宙探査技術の実証を、段階的に進めていくことが必要である。科学、技術実証、および市民参加などの探査目的を最大限に満たしつつ、火星への1ステップとなるようにそれぞれのミッションを定義していくことが重要である。



将来有人探査ミッションシナリオ

第2版変更追加項目

ISECG ミッション・シナリオ



有人探査の主要システム

第2版追加項目

アイコン	システム	概要
	NASAオリオン	宇宙飛行士を探査目的地に運び、地球に帰還させる有人宇宙船。
	NASA次期打上ロケット (SLS)	地球低軌道以遠へ貨物やクルーを輸送できる能力を備えた打ち上げロケット。有人火星ミッションまで対応できるように、次世代型のブースタや上段でアップグレードすることが考えられている。
	極低温推進システム (CPS)	極低温液体酸素・水素を推進薬として用いる軌道間推進システム。SLS発展計画の構成要素。月近傍、月面、または火星へのミッション発展機能となる。CPSには、極低温推進薬の長期保管機能が必要である。
	ロスコスモス次期打上ロケット	地球低軌道以遠へ貨物やクルーを輸送できる能力を備えた打ち上げロケット。次期打上ロケットおよび次世代有人宇宙船によってロシアの有人宇宙システムを構成する。
	ロスコスモス次世代有人宇宙船	宇宙飛行士を探査目的地に運び、地球に帰還させる有人宇宙船。
	発展型深宇宙居住モジュール	最終的には有人火星ミッションに必要な宇宙滞在能力、船外活動能力、および中継能力を持つように発展する一時滞在型有人居住施設。
	作業支援システム	クルーおよびロボットが宇宙システムで作業し、より大きなシステムを組み立てることを可能にするシステムと道具類。作業支援システムは、オリオンや発展型深宇宙居住モジュールの能力を強化する。
	貨物補給システム	月近傍の軌道上インフラストラクチャへの補給のため与圧および曝露ペイロードを運ぶ補給船システム。
	小型貨物着陸船	月面探査のため月面へ無人で貨物輸送・着陸する補給船システム。
	有人月着陸船	有人仕様の月着陸船。再使用型も想定され、クルーと貨物を月面に運ぶ2段あるいはそれ以上の多段構成も考えられている。
	月面サブシステム	クルーによる月面探査を効果的に実施するためのサブシステム。有人月面移動車、居住モジュールおよび支援サブシステムなどを含む。
	次世代軌道間輸送機	小惑星および火星の有人深宇宙探査を可能にする、大電力電気推進や原子力推進などの新型推進技術による軌道間輸送機。

ロードマップの考え方

第2版で更新



有人火星ミッションの技術リスク低減

第2版で新規に追加

有人火星ミッションにおける技術リスク項目を識別し、事前の有人あるいは無人探査による技術リスク低減の可能性を整理した。

<ul style="list-style-type: none"> ● 類似環境での最大限の実証 ● 類似環境で十分なリスク軽減 ◎ 実現可能性の初期的確認／部分的確認段階 	地球	ISS/ 地球低軌道	月近傍 (地球-月 ラグランジェ点 (EML)、月軌道)	月面	火星 近傍	火星表面 (無人探査)
地球低軌道以遠有人輸送			●	●	●	
重量級打上			◎	●	●	
補給量削減・運用技術		◎	●	●	●	
自律クルー運用	◎	◎	●	●	●	
深宇宙組立・中継運用技術			●		●	
火星からの離陸技術	◎			◎		◎
宇宙放射線防御／遮蔽		◎	●	●	●	
生命維持と居住システム		●	●	●	●	
突入、降下&着陸システム	◎			◎		●
惑星面電力エネルギー管理	◎			●		●
惑星表面移動	◎			●		●
人-ロボット協調	◎	●	●	●	●	●
火星現地資源利用	◎			◎		●
長期ミッション搭乗員健康	◎	●	●	●	●	
深宇宙運用技術	◎	◎	●		●	

注：この表では主要技術は複数機関から提供されるとしている

第4章 有人探査準備活動



世界の技術者と科学者は、人類の活動領域を宇宙へ広げ惑星火星を探査するため、必要不可欠な準備活動に取り組んでいる。投資効率を最大限にし、各機関の目標・目的の早期実現を可能にするため、各機関は国際宇宙探査ロードマップを参考にその準備活動を調整することができる。



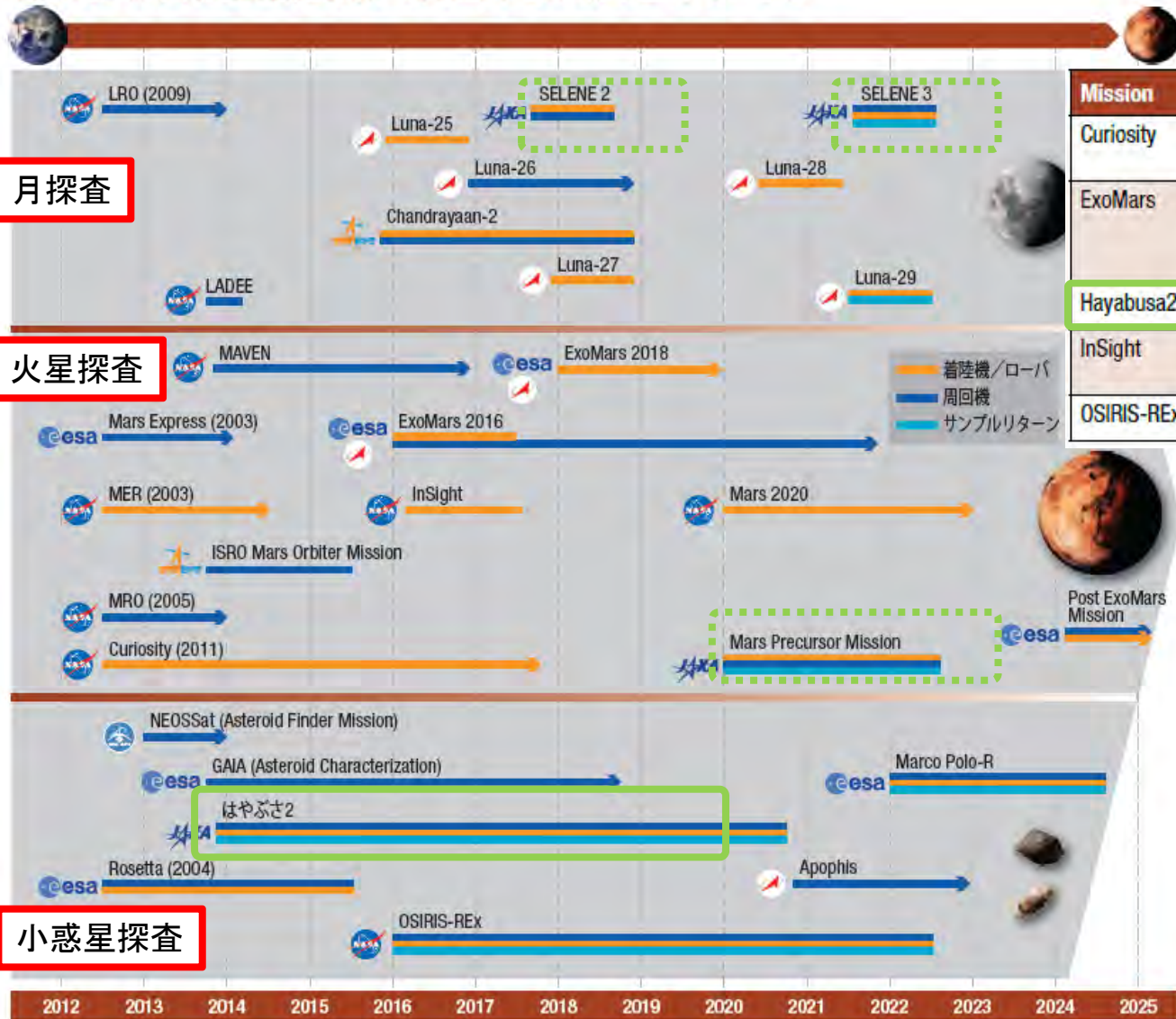
近い将来の調整と協力の機会を求め、また直接及び間接の成果を地上の人々にもたせらるよう、以下の分野において重要な活動が進められている。



- ・ ISSの探査への活用
- ・ 無人探査：有人探査にかけがえのない貢献
- ・ 先進技術
- ・ 次世代宇宙システム・インフラストラクチャ
- ・ 探査目的地を模擬した地上類似環境実験
- ・ 宇宙探査のための健康管理とパフォーマンスリスクの管理

計画中の無人探査ミッション

将来の有人探査目的地へ計画中の無人ミッション



月探査

火星探査

小惑星探査

国際協力ミッションの例

Mission	Lead Agency	Agencies Providing Instruments
Curiosity	NASA	CNES, CSA, DLR, Roscosmos, Spain
ExoMars	ESA, Roscosmos	ASI, Belgian Space Agency, CNES, DLR, NASA, Spain, Swiss Space Office, and UK Space Agency
Hayabusa2	JAXA	CNES, DLR
InSight	NASA	CNES, DLR, UK Space Agency, Switzerland, and Spain
OSIRIS-REx	NASA	CSA

JAXAミッション

技術領域毎のクリティカルな技術項目

軌道間推進技術 (TA02)	生命維持と居住システム (TA06)
<ul style="list-style-type: none"> 液体酸素／メタン極低温推進システム(火星着陸船) 先進軌道間極低温燃料貯蔵と液化 電気推進と発電 熱核推進(NTP)エンジン 	<ul style="list-style-type: none"> 閉ループ・高信頼性生命維持装置 防火、火災検知と消火(低圧) 月・火星環境対応を含む、深宇宙用船外活動(EVA)スーツ 移動式先進EVA(スーツ・ポート)
宇宙発電およびエネルギー貯蔵 (TA03)	長期滞在における健康管理 (TA06)
<ul style="list-style-type: none"> 高強度と自律展開式宇宙用太陽電池 電気推進と惑星表面ミッション用原子力発電 再生型燃料電池 高エネルギー比で長寿命な蓄電池 	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙飛行医療、健康管理と行動パフォーマンス 微小重力の生物医学的対応策 人的要因と居住性 宇宙放射線保護／遮蔽
ロボティクス、テレロボティクス、および自律システム (TA04)	目的地で使用する有人探査システム (TA07)
<ul style="list-style-type: none"> ロボットシステムの時間遅れ遠隔制御 宇宙着用クレー近傍で動作するロボットシステム 自律宇宙船、クレー、および地上ミッション管制自動化システム 自動化／自律ランデブー・ドッキングと、目標相対航法 	<ul style="list-style-type: none"> 微小重力惑星表面運用(地球近傍小惑星)のためのアンカー技術と船外活動ツール 惑星表面移動 月・火星現地資源利用(ISRU) 粉塵除去
	突入、降下、および着陸システム (TA09)
	<ul style="list-style-type: none"> 突入、降下、および着陸(EDL)ー火星探査級のミッション 高精度着陸とリスク回避
通信および航法 (TA05)	熱制御管理システム (TA14)
<ul style="list-style-type: none"> 高速データ送受リンク通信 高速、適応型、相互接続型近傍通信 軌道上同期・自律航法 	<ul style="list-style-type: none"> 低温下での動作機構(月極地域) 頑強なアブレータ式の熱防護ー耐熱システム(火星や月からの再突入速度)

人の健康・パフォーマンスに対するリスク

- : 現状の健康・パフォーマンス標準を逸脱し、リスクが高い。
- : 同上標準を満足するが、残留するリスクがある。
- : リスク低減方策が存在し、リスクが低い。

探査における主要な健康管理とパフォーマンスリスク	ミッション制限 無し	ミッション制限 無し 但しリスク増加	ミッション制限	ミッション			
	実行	実行	中止	ISS (6ヶ月)	月 (6ヶ月)	深 宇宙 (1年)	火星 (3年)
筋骨格：初期骨粗鬆症発症への長期健康リスク 筋肉強度と有酸素能力低下によるミッションリスク	■	■	■	■	■	■	■
感覚運動：知覚変化／機能障害によるミッションリスク	■	■	■	■	■	■	■
視覚症候群：微重力に引き起こされた視力障害および高い頭蓋内圧によるミッション中および長期間にわたる健康上のリスク	■	■	■	■	■	■	■
栄養摂取：食物の適切な量、質および多様性を提供できないため生じる行動・栄養面の不健康によるミッションリスク	■	■	■	■	■	■	■
自律医療処置：船内運動、診断、治療および搭乗医師の存在/不在など、十分な医療処置をミッション期間中に提供できないことによる、ミッション及び長期健康リスク	■	■	■	■	■	■	■
行動科学とパフォーマンス：ミッション中および長期間にわたる行動科学上のリスク	■	■	■	■	■	■	■
放射線：放射線被ばくによる発癌および組織疾病変性の長期的リスクー大部分は地上研究で対応可能	■	■	■	■	■	■	■
有毒性：潜在的な有毒物質（ほこり、化学薬品、病原菌）の適切なモニタリング、警報システムあるいは理解を持たずに有毒環境に晒されることによるミッションリスク	■	■	■	■	■	■	■
自律危機対応：生命維持装置故障および他の緊急事態（火事、減圧、有毒大気など）におけるクルー救助シナリオなどに伴う医学的リスク	■	■	■	■	■	■	■
低重力：月、小惑星、火星における船内／外作業順応に伴う長期リスク（前庭と行動機能障害）および飛行後機能回復訓練（リハビリテーション）	■	■	■	■	■	■	■

第5章 結論

第5章 結論



国際宇宙探査ロードマップは、最終目標を火星とした太陽系有人探査の道筋を定めるための国際的な試みをまとめたものである。これら挑戦的なミッションは国際協力により可能になるだけでなくその成功確率も高まるであろう。今後も加盟宇宙機関が協力して探査ミッション・シナリオを発展させ、そのための準備作業についての調整結果をまとめていくことにより、本ロードマップは引き続き更新されて行くであろう。



国際宇宙探査ロードマップ

国際宇宙探査ロードマップ



2013

2020

2030

国際宇宙ステーション

一般研究および探査
準備活動

注：ISS/パートナー機関は少なくとも2020年までのISS運用に合意済

民間または政府の地球低軌道プラットフォームとミッション

JAXA
ミッション

新発見と有人準備のための無人ミッション



火星サンプル・
リターンと
プリカーサの
機会

無人準備
ミッション

月近傍有人
ミッション

地球低軌道以遠の有人ミッション

有人小惑星探査ミッション

長期滞在
有人ミッション

有人月面探査
ミッション

深宇宙・
火星の衛星等へ
のミッション

持続的な
有人火星探査
ミッション

月近傍における
複数の目的地