

推進2-1-1

はやぶさ2プロジェクトの 位置付けについて

2011年6月27日

宇宙航空研究開発機構

執行役

長谷川 義幸

1. 宇宙探査の目指すところ



- 宇宙探査とは、新たな技術の開発によって、人類の活動領域の拡大と活動様式の拡充を図ってゆく活動である。その後、宇宙探査によって拓かれた新たな空間と培われた技術で、地球観測、科学観測軌道上サービスなどの利用・応用がはかられていく。
 - 宇宙開発は、歴史的にも宇宙探査(Exploration*)によって推進されてきた。
 - 併せて、この活動により、国家の潜在的な技術能力が高められるとともに、産業への波及効果が生みだされ、科学成果の創出や次世代への人材育成、地上の豊かさ・安全・安心の実現や人類の夢・次世代への礎が築かれる。さらに、獲得した科学技術力により、我が国の国際プレゼンスが拡大し、国際的地位の維持と発展に寄与する。
-
- これまで我が国は、無人探査機による、小天体からのサンプルリターン、航法技術などの分野で、世界最先端の成果をあげ、優位性のある探査技術を構築しつつある。
-
- 今後、探査活動にて世界一を目指し、技術主導で最先端の宇宙探査活動を、「人類の活動領域拡大」プログラム及び「世界を先導する未踏峰挑戦」プログラムとして計画的に行い、国際的地位の確保を図るとともに、大型宇宙探査では国際協働で取り組み、国際的な存在感を発揮する重要な役割を受け持つ。

* 探査(Exploration)の対象は、未知・未踏の空間、目標点を指し、宇宙開発開闢時点では大気圏外空間を指していた。近年では、「Beyond Earth Orbit」を指して用いられている。

2. 宇宙探査を取り巻く状況(1 / 3)



(1)世界の主な宇宙探査動向

- ◆ 米国では、ブッシュ政権の下、2004年に、月への回帰として2020年までに有人月探査を目指す宇宙探査ビジョン(Vision for Space Exploration)を発表し、コンステレーション計画を推進してきた。しかし、オバマ政権のもと同計画を見直し、重量級ロケットや多目的有人輸送機の開発し、有人月周回、ラグランジュ点への飛行と滞在、また有人小惑星探査をへて、最終目標として、有人月面探査ないしは有人火星表面探査を実施する展開方針を掲げている(Augustine Report: 概念図を参考に添付)。これにより基幹産業の育成と世界のリーダーシップの維持を狙う。
- ◆ 欧州、中国、インド及びロシアも有人又は無人での月探査を目指している。さらに、国際協働を前提とし、宇宙探査計画(特に有人探査)の技術的検討・調整が進められている。米国、ロシアに続き、欧州も火星・金星周回機の投入を終え、中国も火星周回機を近く打ち上げることを宣言しており、我が国より一歩リードした状況となっている。
- ◆ 他方、国際協働ベースの宇宙探査計画(特に有人探査)を技術的に検討・調整するために国際宇宙探査協働グループ(ISECG)が2007年に設立された(参加機関はISS参加国を含む14機関でJAXAも主要メンバーとして参加)。現在は、最終的に有人火星探査を見据えつつ、フレキシブルな有人探査ミッションシナリオ、ロードマップの検討を進めている。

2. 宇宙探査を取り巻く状況(2/3)

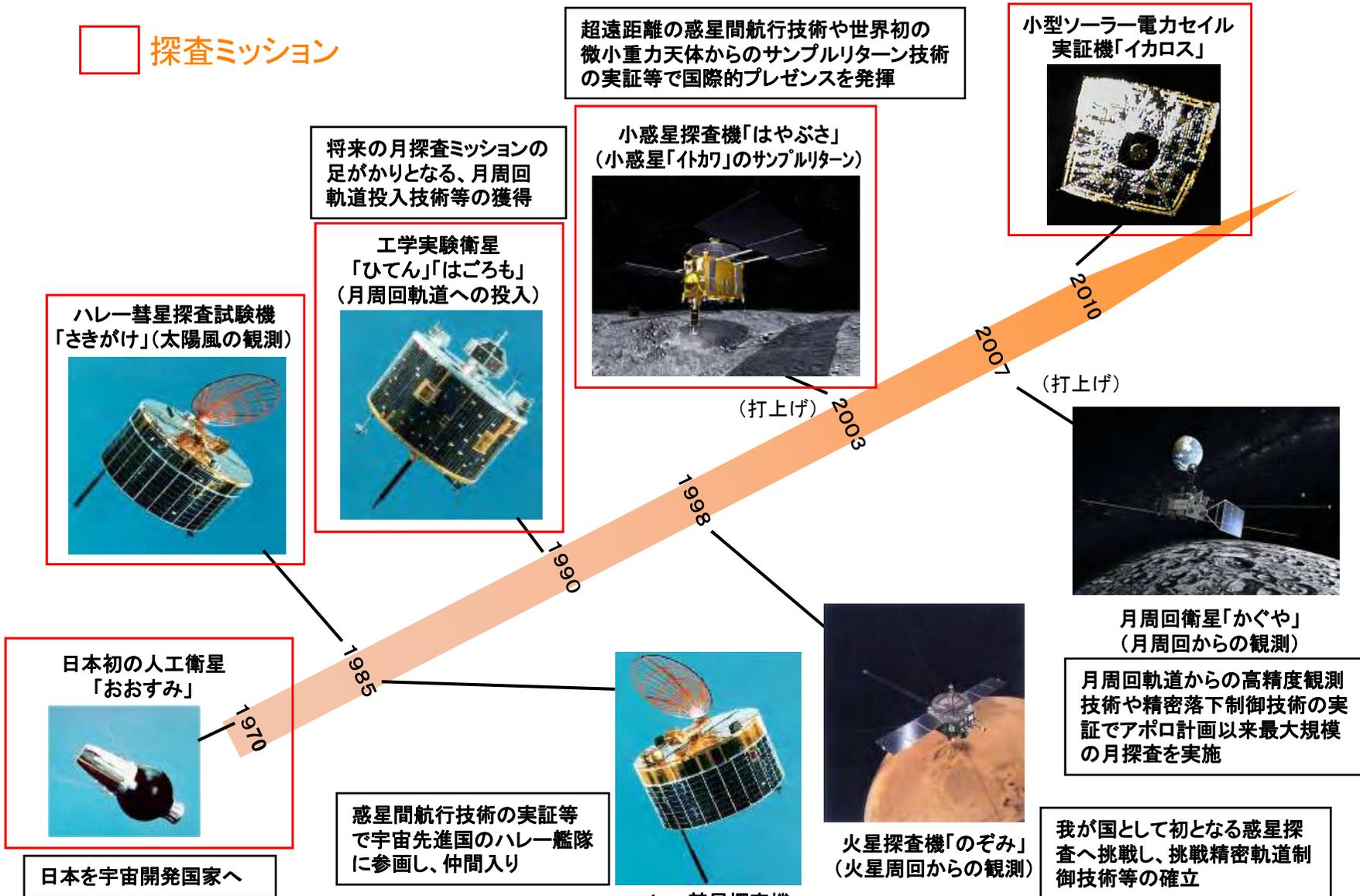


(2)これまでの日本の宇宙探査の取り組みと世界の中での強み

- ◆ 我が国では、1980年代半ばのハレー彗星探査試験機「さきがけ」による惑星間航行技術の実証等、技術主導での宇宙探査の取り組みを開始し、以降、工学実験衛星「ひてん」による高精度の航法誘導技術、多重スウィングバイ技術、月周回軌道投入技術等の確立を行ってきた。
- ◆ また、小惑星探査機「はやぶさ」による超遠距離の惑星間航行技術や世界初の微小重力天体からのサンプルリターン技術の実証等、探査技術の確立を着実に進め、国際的プレゼンスを発揮してきた。
- ◆ このように、我が国の宇宙開発においても、日本初の人工衛星「おおすみ」以降、「宇宙探査」として、まだ確立していない新技術を開発し、宇宙で実証することを推進してきた。その後、そこで培われた空間と技術により、宇宙空間の利用・応用として、地球観測、宇宙科学観測、軌道上応用が展開されてきた。

2. 宇宙探査を取り巻く状況(3/3)

探査ミッション



3. 今後の宇宙探査の取り組み(1/2)



- 宇宙探査は、宇宙空間利用の新しい可能性を切り開き、今後の宇宙開発の最前線の一つになると見込まれる。我が国の強みを活かし、我が国として積極的に取り組むべき分野である。
- そのため、これまで構築してきた優位性のある探査技術を発展させ、人類の知と活動範囲の拡大を目指した宇宙探査ミッションを技術開発で牽引し、計画的に推進するとともに、国際的な協議についても取り組んでいる。

(参考) 宇宙分野における重点施策について (平成22年5月 宇宙開発戦略本部決定) <抜粋>

3. (3)宇宙科学・技術(月・惑星探査や宇宙天文など)

月・惑星探査や宇宙天文などの宇宙科学・技術は、新たなフロンティア分野として最先端科学・技術の基盤の強化につながるものである。また、次世代を担う子供達に活力ある未来への夢や希望を与え、未来の科学・技術を支える人材の養成とともに、我が国としての国際的なプレゼンスの確立に寄与する将来に向けた投資たり得るものである。

このような特長を有する宇宙科学・技術分野において、これまで我が国は世界トップレベルの成果を挙げてきており、引き続き、我が国の強みを活かした宇宙科学・技術を推進する。

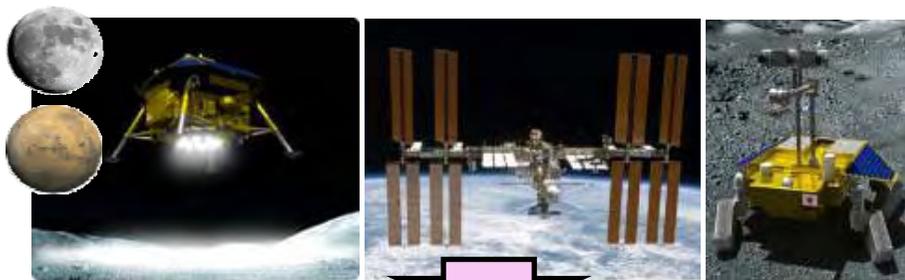
3. 今後の宇宙探査の取り組み(2/2)

- ・今後、長期的な探査の方向性につき、国際的な議論も踏まえて幅広く議論し検討していくことが必要。
- ・なお、JAXAにおいては以下のとおり検討している。

①「人類の活動領域の拡大」プログラム

無人・有人探査により、人類が直接訪問のできる宇宙空間・天体への到達と、究極のその場観測、作業とそ
のための先行調査を実施する。

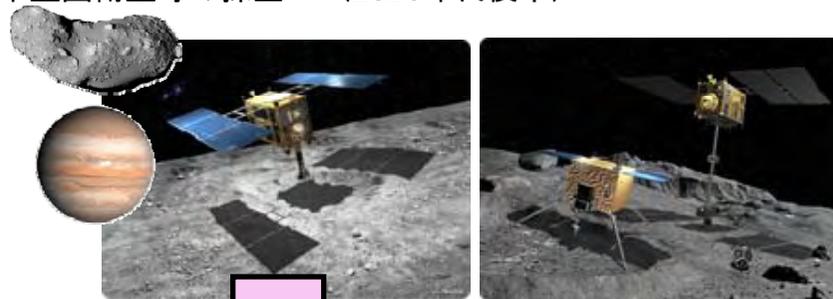
- ・月ピンポイント軟着陸・ロボット探査 (SELENE-2: 2015年頃)
- ・ロボットでの探査基地構築(月南極域)・探査・サンプルリターン (SELENE-X: 2020年頃)
- ・火星複合探査(2025年頃)
- ・ISS利用の成果の活用、有人往還システムの要素技術研究開発



②「世界を先導する未踏峰挑戦」プログラム

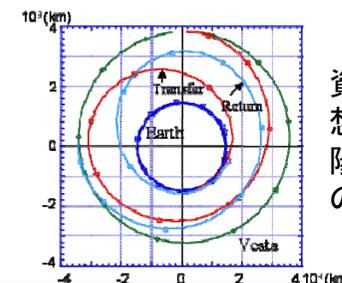
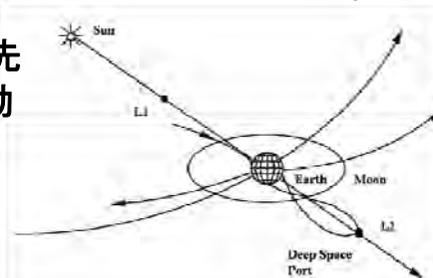
我が国の科学技術の維持・発展に寄与するアドバンテージをさらに伸展させ、限界性能に挑んで人知の未踏領域を探り、世界を先導する最先端能力を獲得する。

- ・C型小惑星からのサンプルリターン(はやぶさ2: 2014年頃)
- ・より始原的な小天体からのサンプルリターン (はやぶさMk II: 2020年頃)
- ・国際共同ミッションとして外惑星領域の小天体(2020年代後半)
- ・木星圏衛星等の探査 (2020年代後半)



上記2つのプログラムを計画的に進め、キー技術及び最先端能力を獲得することにより、人類の活動範囲拡大と活動様式の拡大を図ってゆく。

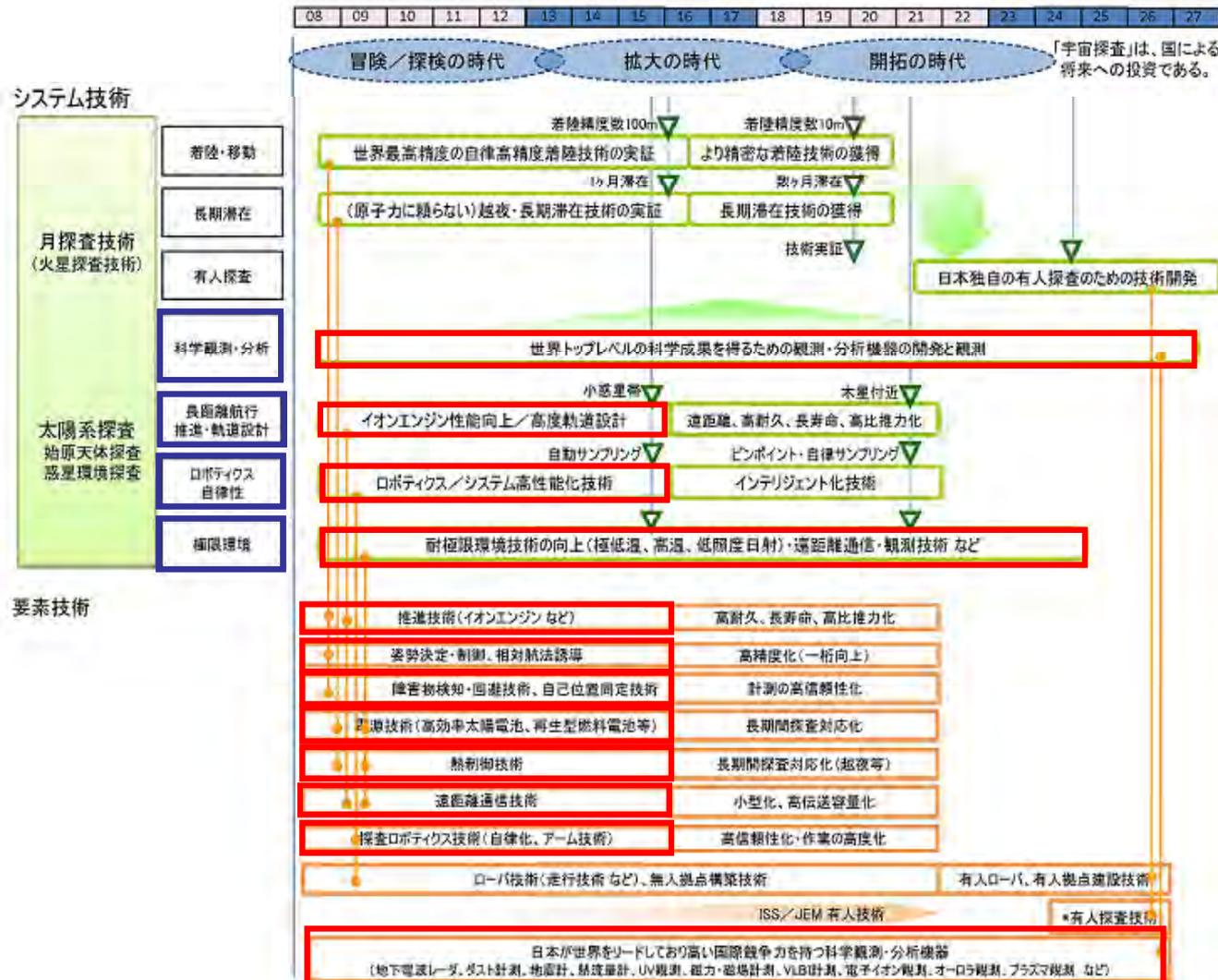
右図は、将来の資源利用を含む深宇宙港を核とした太陽系大航海時代を展望したもの。(JAXA 長期ビジョン)



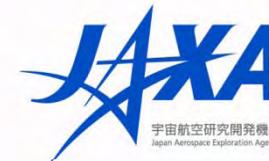
資源利用を
想定した太
陽系内航路
の開拓

4. 宇宙探査分野の技術ロードマップ

「はやぶさ」「はやぶさ2」で実証する技術は、全体の探査計画の中で下記太線枠で示した技術。
「はやぶさ2」は、「はやぶさ」の挑戦を継承し、より確実に深宇宙探査を行える技術を確認する。



5. 宇宙探査技術の達成状況



「はやぶさ」で目指した技術とその結果

<長距離航行推進・軌道設計>

- イオンエンジンを主推進機関として用い、惑星間を航行すること。 (達成)
- イオンエンジンとスウィングバイの併用による加速操作を実証すること。 (達成)
- 光学情報を用いた自立的な航法と誘導で、S型小惑星とランデブーすること。 (達成)
- カプセルを、惑星間飛行軌道から直接大気に投入させ、サンプルを回収すること。(計画通りでは無いが達成)

<科学観測・分析>

- 小惑星の科学観測を実施すること。 (光学観測は達成・小型ローバは失敗)

<着陸>

- 微小重力下の天体表面にタッチダウンしてサンプルを採取すること。(計画通りでは無く極微量であるが、達成)

「はやぶさ2」で目指す技術

(「はやぶさ」の経験を継承して、より確実に深宇宙探査を行える技術を確立する)

<長距離航行推進・軌道設計>

- イオンエンジンを用いた深宇宙推進にて対象天体にランデブーする (工学目標1のミニマムサクセス基準)
- カプセルを、惑星間飛行軌道から直接大気に投入させ、サンプルを回収すること。(工学目標1のフルサクセス基準)

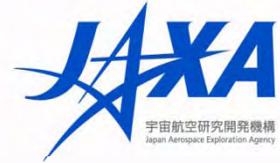
<ロボティクス自律性>

- 探査ロボットによる表面観測 (工学目標1のフルサクセス基準)
- 特定した領域に衝突体を衝突させる (工学目標2のフルサクセス基準)

<着陸>

- 小惑星表面サンプルを100mg以上採取 (工学目標1のフルサクセス基準)
- 衝突により表面に露出した地下物質のサンプル採取 (工学目標2のエクストラサクセス基準)

6. 「はやぶさ2」は、C型小惑星探査で何を



【探査技術の立場から】

- 日本独自の深宇宙探査技術の確立
「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、より高度な技術として成熟させる。
- 地球圏外天体での掘削技術の実施
小惑星の内部構造・地下物質に関する新たな知見を得るため、衝突体による人工クレーター生成に挑戦する。

【理学の立場から】

- より始原的な天体の調査
「はやぶさ」によるS型小惑星イトカワ探査に引き続き、より始原的な「C型小惑星の近傍観測及び採取したサンプルを分析することで、太陽系の起源・進化の解明や生命の原材料物質を調べる。
- 小惑星内部へのメス
人工クレーター生成による小惑星の再集積過程・内部構造・地下物質の調査により、小惑星の形成過程について科学的成果を挙げる

【宇宙探査(活動範囲の拡大と、政策的意義)の立場から】

- 新たな天体 C型小惑星へ到達するという活動範囲の拡大。
地球圏外天体での、資源利用へという活動様式の拡大。
- 国際的地位の発信、ソフトパワー、人材育成、産業・経済へのインセンティブを得る。

7. なぜ今か

【探査技術】の立場から

- 「はやぶさ」で実現した技術を定着させ、当該分野での先導性を、世界にさきがけて確実なものにするため。

【理学】の立場から

- ミッションターゲットとして適切に該当するものが、事実上C型小惑星1999 JU3しかない。この天体へ向かうための打上げウインドウが、2014年を逃すと2024年以降となるため、探査対象への打ち上げ時期が限定されており、今、ただちに行う必要がある。

【宇宙探査(活動範囲の拡大と、政策的意義)】の立場から

- 人材育成上、空白ができるとう技術が伝承できなくなる限界であることから、米国・欧州で、「はやぶさ」を追随する計画が準備中であり、日本の優位性を維持するためにも、「はやぶさ2」の早期の実施が必要である。
- 国際的にあなどれないソフトパワーの発信、国民に自信と誇りをもたらす国家の矜持を得る必要がある。

8. まとめ



- 我が国の宇宙探査をどのように進めるべきか、その中で「はやぶさ2」を、どのように位置付けているか、JAXAの考えを示した。
- 宇宙探査は、これまでも世界トップレベルの成果を上げており、我が国が「探査」という活動を認識して、本格的に取り組む新しい活動である。
- JAXAとしては、人類の知と活動範囲の拡大を目指した宇宙探査ミッションを技術開発で牽引し、これを戦略的かつ計画的に推進することを目指す。これによって、世界を先導する最先端能力の獲得を図られる。
- 「はやぶさ2」を実施することは、「はやぶさ」での経験を継承し、より確実に深宇宙探査を行える技術を確立させることに通ずる。さらに衝突装置による人工クレーター生成にも挑戦し、今後の新たな資源利用への展開の可能性をも開いていく。
- 今回のタイミングを逃すと、当面(約10年間)小惑星探査ミッションはできない(軌道による制約等のため)。従って、「はやぶさ2」については、遅滞なく開発を進めることが肝要である。

【参考】 宇宙基本計画での宇宙探査の位置付け



宇宙基本計画 (平成21年6月2日閣議決定)

「(2) 研究開発プログラムの推進 F 宇宙科学プログラム

② 5年間の開発利用計画

・ 太陽系探査としては、太陽系の理解、地球(大気、磁気圏含む)の理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、太陽、月、地球型惑星(水星、金星、火星)、さらには木星やその衛星、小惑星などを対象として、・・・「はやぶさ」による小惑星からのサンプル回収への取組や・・・将来の水星探査計画「BepiColombo」、「はやぶさ」後継機等の研究開発を行う。」

「9つの主なニーズと衛星開発利用等の現状・10年程度の目標:

【世界をリードする科学的成果の創出等(知的資産の蓄積、人類の活動領域の拡大)】

今後10年程度の目標のためにセンサや衛星等が達成すべき主要な目標:

・・・○太陽系探査(水星、金星、小惑星探査)・・・

10年程度の想定衛星:

ASTRO-G(電波)及びその他宇宙天文学ミッション(ASTRO-H(X線)、SPICA(赤外)など)、Planet-C(金星)、BepiColombo(水星)及びその他太陽系探査ミッション(SCOPE(磁気圏)、小惑星探査衛星(はやぶさ後継機)など)、月面着陸・探査ミッション、Ikaros他小型科学衛星(3機/5年) 」

【参考】 オーガスティン委員会の答申方策

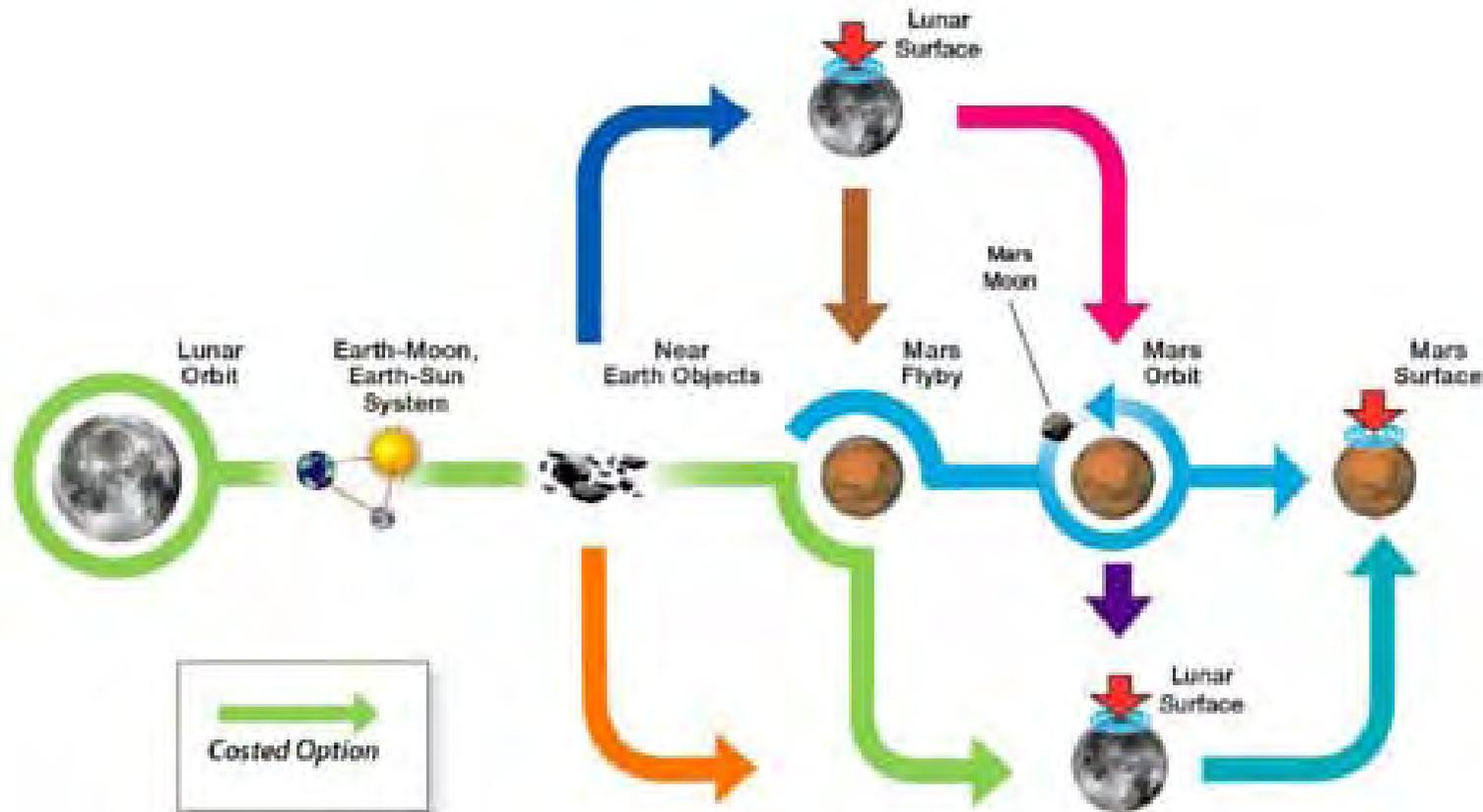


Figure 3.5.3-1. Options for exploration within Flexible Path strategy showing the main path toward Mars with alternatives to the Moon. Source: Review of U.S. Human Spaceflight Plans Committee

(出典 : Seeking a Human Spaceflight Program - Worthy of a Great Nation, Review of U.S. Human Spaceflight Plans Committee)

【参考】 JAXA長期ビジョンから 「深宇宙港とラグランジュ点」



【参考】 国際宇宙探査協働グループ(ISECG)の状況

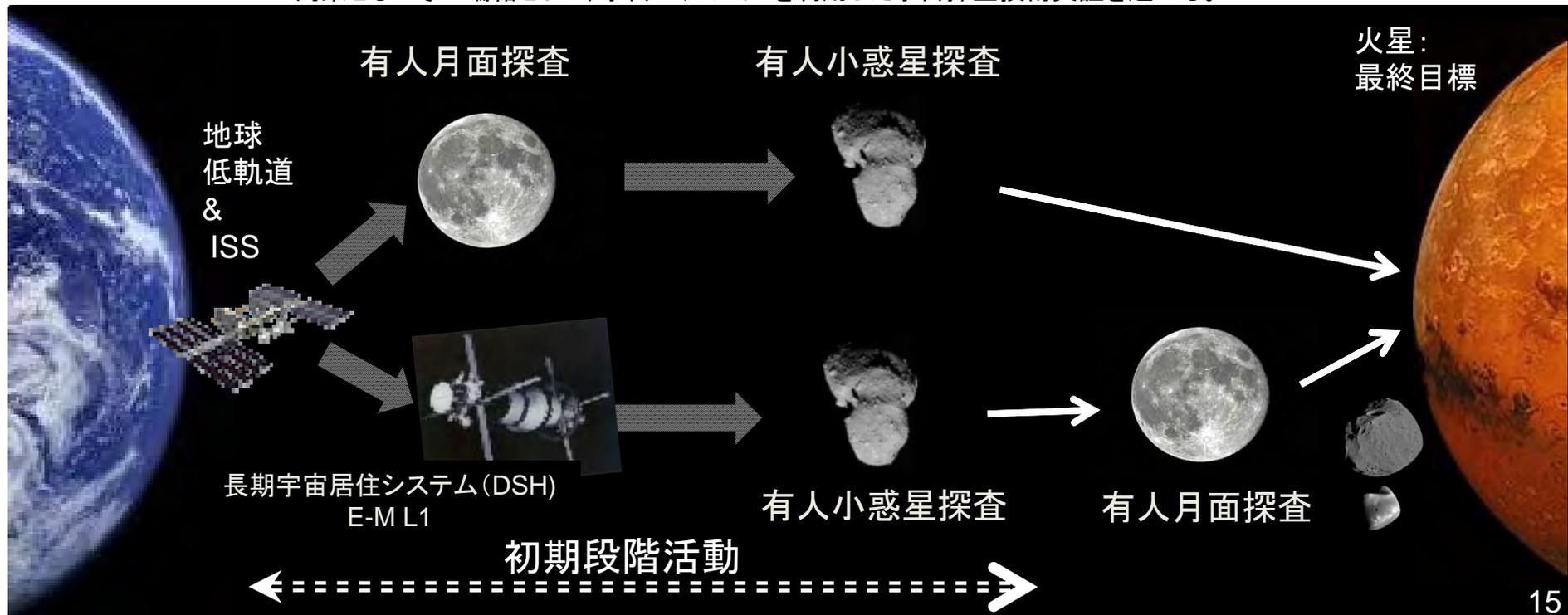
- ISECGで合意している探査の5大目的(科学・技術、活動領域拡大、経済拡大、国際協働、教育・普及)の実現を目指す。
- 有人火星探査を当面の目標として、それに至る有意義な有人探査ミッションシナリオを昨年6月以来構築中。
- 2011年9月には、以下の2つのミッションシナリオへの絞り込みと、その初期段階活動についてレビューし公開する予定。

2つのミッションシナリオ概要;

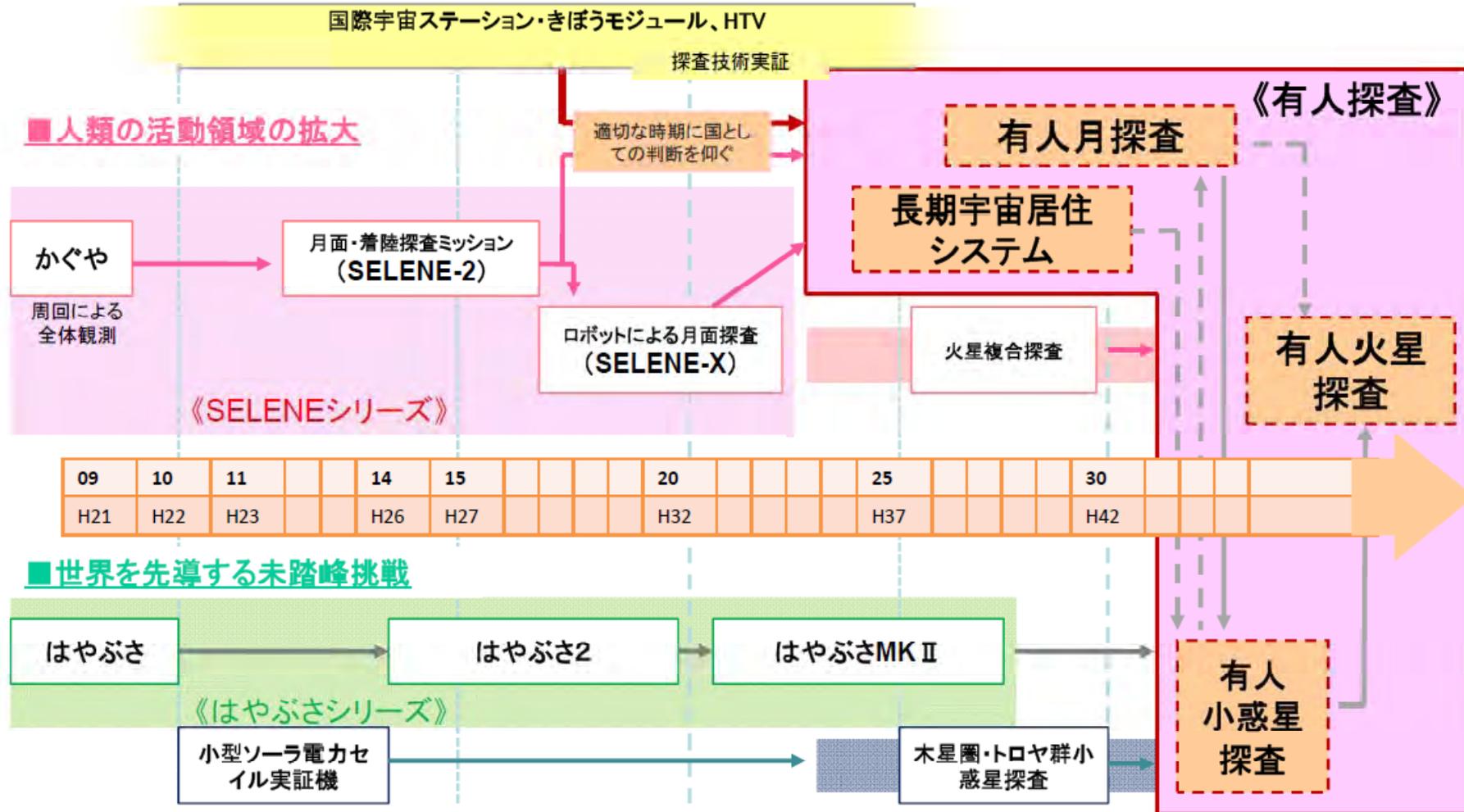
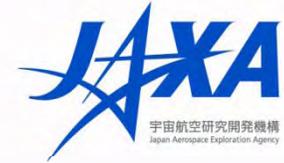
①: 有人月探査を第1ステップとして有人小惑星探査に続けるシナリオ

②: 長期宇宙居住システム開発と有人小惑星探査に注力したシナリオ

両案ともにその端緒として、宇宙ステーションを利用した宇宙探査技術実証を進める。



【参考】 宇宙探査ロードマップと「はやぶさ2」の位置付け



「はやぶさ2」は「世界を先導する未踏峰挑戦」プログラムの中で、我が国の科学技術の維持・発展に寄与するアドバンテージをさらに伸展させ、限界性能に挑んで人知の未踏領域を探り、世界を先導する最先端能力を獲得する目的を持つミッションとして位置付けている。