

宇宙科学・探査ロードマップ

2023年 8月 9日 D改訂
2022年 4月 6日 C改訂
2021年 1月20日 B改訂
2019年 5月16日 A改訂
2013年 9月19日 制定

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所

目次

**I. 宇宙科学・探査プログラムの進め方の
基本となる考え方**

II. 今後の宇宙科学プロジェクトの推進方策

III. 各分野の将来構想検討

I .宇宙科学・探査プログラムの進め方の基本となる考え方

宇宙科学は、宇宙空間でのその場観察や探査、及び、宇宙空間からの宇宙観測により、地球と太陽系の起源、宇宙の物質と空間の起源、宇宙における生命の可能性探求に、新しいパラダイムをもたらすような人類の知の資産創出を目指し、同時に探査機・輸送システム等の宇宙工学技術をパラダイムシフト的な革新を目指して先導する。

また、昨今の米国による有人月面着陸構想や有人月周回拠点(Gateway)計画など、活発化する国際宇宙探査活動への効果的な参加も考慮する必要がある。

こうした最新の状況も踏まえつつ推進する宇宙科学・探査の研究開発や成果は、宇宙分野だけでなく幅広い分野の科学技術を牽引・強化するとともに、大学等の連携による人材育成、民間等との協力による産業力強化、人類の活動領域の拡大を含む国力の維持・強化に資するものである。

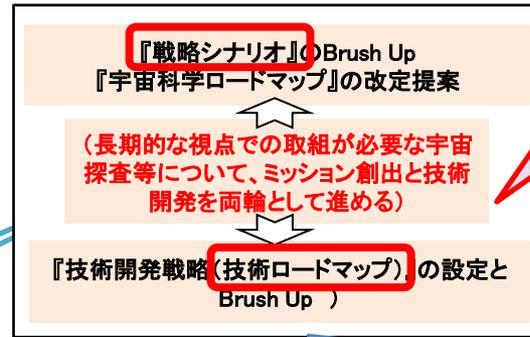
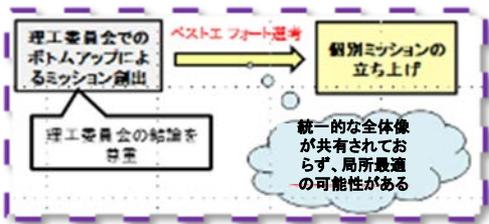
宇宙基本計画や、今後策定される宇宙技術戦略も踏まえ、これまでの日本の宇宙科学の実績と特徴を生かしつつ、宇宙科学の目的とその獲得に必要なリソースを厳しく見極め、適正規模のミッションをタイムリーに実施することを推進する。

特に日米欧三極間での国際協調と相互補完により効率的なミッション計画を立案し実行する。世界を先導する事を期待される分野においてはフラッグシップ的ミッションを主導し、一方で、海外が主導するミッションへの参加についてはジェームズウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)といった科学史に残る顕著な成果を挙げるような今後の大型国際協力も見据え積極的・戦略的に展開し、成果創出の最大化を図る。

宇宙科学ミッションの高頻度な実施を図る。その際、イプシロンロケット等我が国の基幹ロケットの優先的使用を含めて検討を進めるとともに、宇宙機小型化技術の活用による効率化、活動範囲の拡大も狙う。

I. 宇宙科学・探査プログラムの進め方の基本となる考え方

Before



より優れたミッション提案・創出への敷居を下げるために先行投資すべき技術開発を戦略に反映

世界のフロントランナー

世界を先導するトップクラスの成果創出

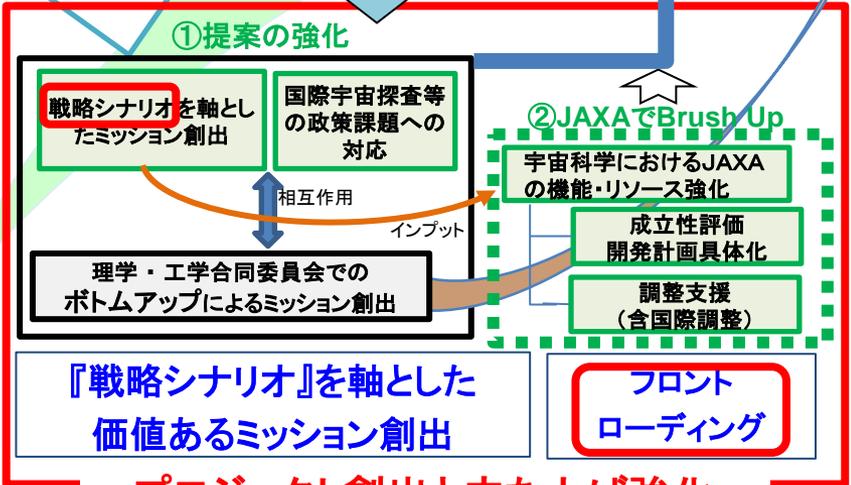
【次新規ミッション創出時に反映】
国際宇宙科学分野での日本のプレゼンス・コアコンピタンス向上

宇宙基本計画、宇宙技術戦略、宇宙政策委員会等

理学・工学委員会等コミュニティとJAXAとの連携によるBrush Up

宇宙基本計画工程表に整合した個別ミッション立上(プロジェクト化)

個別ミッションの確実かつタイムリーな実施



①提案の強化
(戦略シナリオを軸とした価値あるミッション創出)

理学/工学委員会からのミッション創出提案に加え、国際連携を含むJAXA先導の提案や国際宇宙探査など政策課題への対応も加味しつつ相互作用させることで、ミッション提案の強化を図る。

②JAXAによるBrush Up (フロントローディング)

ISASがJAXA内で連携して、成立性評価(キー技術の研究開発等によるフロントローディング含む)と開発計画の具体化、国際調整機能、維持改定を行う「次期中長期計画をめぐる戦略的シナリオ」との整合性確認などを行う機能を強化することで、提案ミッションの実現性向上・開発リスク低減化を図る。

プロジェクト創出と立ち上げ強化

I .宇宙科学・探査プログラムの進め方の基本となる考え方

【月と火星の探査における国際宇宙探査計画との連携】

- 外交・安全保障、産業競争力の強化、科学技術イノベーション及び我が国の国際的なプレゼンスの向上の観点も踏まえ、国際協力で実施される宇宙探査である「アルテミス計画」への参加が決定し、推進されている。
- 2040年代を見据え、月・火星への段階的な国際宇宙探査が政策的に推進される中で、月と火星の探査は、科学だけでない目標に従い多くの方面からの参加と展開が期待できることから、プログラム化して効果的、効率的に進める。
- 月と火星の宇宙科学は、原則として、国際宇宙探査プログラムとして整理することとする。宇宙科学研究所の活動との更なる連携による柔軟な対応で、成果の最大化を目指す。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

(1) 方策

今後5～10年間に選定する計画について、現在から続く宇宙科学のスコープにおける、総予算規模、基幹ロケットのアンカーテナンシー、国際協力の制約等の条件の下で、特に顕在化している、業務改革を踏まえたコスト超過、海外協リスク、人的リソース不足等の課題を抑制し、宇宙科学の成果の最大化と持続的な発展を得るため、宇宙科学コミュニティが責任を持って実行すべき施策として、以下を行う。

- 戦略的に実施する中型計画※に基づき3回の衛星・探査機の打上げ又は海外主導ミッションへの中型計画規模での参加及び主として公募により実施する小型計画※※に基づき、2年に1回のペースで5回の衛星・探査機の打上げを目指すとともに、戦略的海外共同計画(海外主導ミッションに中型計画の規模を上回らない規模で参加することも必要に応じ検討)や小規模計画に基づきミッションを推進する等、より小規模なミッションでの成果創出機会も確保する【宇宙基本計画(令和5年6月13日閣議決定)より】。

※政府衛星(JAXA衛星・探査機含む)は基幹ロケット(H3クラス)での打上げを想定。

※※政府衛星(JAXA衛星・探査機含む)は基幹ロケット(イプシロンS)での打上げを想定。

- 「戦略的に実施する中型計画」(以下、戦略的中型計画)は、宇宙科学コミュニティと宇宙科学研究所の開かれた関係と協力のもとで我が国として「実施すべきこと」を「戦略的に」行うミッション候補について立案を行い、「技術のフロントローディング」の活用を含め、集中的・効率的にリソースを投下してミッションの立案・開発を行う。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

- 「主として公募により実施する小型計画」(以下、小型計画)については、自由な発想や多様性を踏まえコミュニティとして「実施したいこと」という観点で開かれた機会は維持しつつ、戦略的な技術獲得やイプシロンの成長戦略とも整合する「公募の多様化」等によるミッション選定を実施する。
- 段階的なコストキャップとコストマージンの設定などの工夫や、コスト抑制のための組織的な対応を施策として行うことをすすめ、より効率的に成果獲得を目指す。
- 戦略的海外共同計画、小規模計画をさらに充実し、「機動的に実施できること」として適正な規模でのより多くの柔軟な機会を提供する。
- 国際協力によるミッションは、機関間の事前調整を十分に行う。大型の国際共同ミッションについては、特に国際調整も早い段階から戦略的・組織的に実施する。(SPICA総括から)
- いずれのミッションカテゴリにおいても、これまで新たな強みとなる技術を生み出してきた理工一体での独創的・先鋭的な技術の実証ミッションに係る取組を含み得る(必要に応じて外部資金の活用も検討)。
- 環境変化を踏まえた更なる挑戦的なミッションの実現、科学成果創出の観点から、GDIでの議論やコミュニティへのRFI等を通して新たなミッションコンセプト等のアイデアの収集に努め、各ミッションカテゴリの制約等含め、宇宙科学・探査ロードマップについて引き続き必要に応じた見直しを図る。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

(2) リスクの抑制

業務改革を含むコストの増大、海外協力も含むマネジメントリスクに対応するため、プランに実行性を持たせる次のような施策を実施する。

- 技術的戦略やペイロードの工夫により、コストキャップが小さくなる計画・公募も実施する。
- 小型計画の公募においては、段階的なコストマージンとコストキャップを設定することで、コスト超過・海外協力を含むマネジメントリスクを抑制し、また、コスト抑制に対するインセンティブを明示的に設定する。
- コスト評価を早い段階から一元的な手法を導入して行うよう、宇宙研の体制・仕組みを整える。
- 要素技術、システムズエンジニアリング技術などの専門的技術の蓄積と活用を組織的に行う。
- 戦略的中型計画における海外協力については、より立案・開発の早期の段階でミッション候補を絞り込むことにより、戦略的・計画的な海外機関との調整を可能とする。

Ⅱ．今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

(3) 予算規模

- 学術研究を目的とした宇宙科学及び宇宙探査に関する活動を対象とし、1年単位の予算規模での考え方では効率的かつ効果的なミッション創出や国際共同の妨げとなる可能性が有るため、プログラム化やJAXA全体の予算規模を考慮した上で安定的にプロジェクトが実施できるよう、10年程度の規模での予算枠を前提として考える。
- これにより、以下の項目を実施するためには年間一定の予算規模が必要と推算されるが、衛星開発スケジュール、JAXA全体の予算規模等により各年度予算は変動することに留意が必要である。
- 宇宙科学コミュニティとの調整により、学術として十分な意義かつ成果が見込まれる等の理由により、各カテゴリの個別プロジェクトにおいて予算規模を超過する場合は、10年間の全体の予算規模の中での調整が必要となり、最終的にはコミュニティの意見を踏まえつつJAXAが決定する。
- コストキャップの最大値を拡大した目的は、海外協力を含むマネジメントリスクを抑制し、日本が主体的かつ安定にプロジェクトを推進するためである。この趣旨を踏まえ、徒なプロジェクトの大型化・高額化を避け、打上げ頻度を確保する観点でプロジェクトの選定・総開発費の設定に当たっては留意する。

【4つのカテゴリの規模】

総予算規模を考慮しながら、以下のとおり設定する。

- ・戦略的に実施する中型計画(海外主導ミッションへの中型計画規模での参加含む)
:真に必要な場合を除き、最大400億円程度※／機、10年間に3回
- ・主として公募により実施する小型計画
:真に必要な場合を除き、最大180億円程度／機、10年間に5回
- ・戦略的海外共同計画(海外主導ミッションに中型計画の規模を上回らない規模で参加することも必要に応じ検討)
:10億円程度／年※
- ・小規模計画 :数億円程度／年

※中型計画での海外主導の国際大型ミッションへのより存在感ある参加に当たっては、10年間の全体の予算規模を踏まえ、JAXA主導ミッションにおける相当部分の経費を考慮した資金規模を原則とする(例:観測機器提供であればバス及び打上げ費等不要になるため、100～200億程度)。また、参画にあたっては宇宙科学・探査分野の技術戦略における我が国の強みを強化するものを原則とする。

戦略的海外共同計画については、全体で10億円程度/年、一つのミッションにつき最大50億円を基本とする。

これらを実施する場合、中型計画や小型計画の頻度・規模を基本としつつ10年間の予算規模の中で柔軟にプログラム全体の調整を図る。

Ⅱ．今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

➤ 予算規模の範囲について

以下の基盤的な活動費を含む。

- ✓ 学術研究・実験等(観測ロケット・大気球、大学共同利用・大学院教育運営を含む)
- ✓ 軌道上衛星の運用
- ✓ 宇宙科学施設維持

- これらを推進する上で、人材育成、民間との連携を考慮し、JAXAは大学・他の研究開発機関等と連携し、学生、若手研究者が宇宙科学・探査プロジェクトへ参加する機会を提供する。
- 具体的には、リサーチアシスタント(RA)制度等の充実によって学生の研究やプロジェクトへの参加を促す機会を増やし、次代の人材の育成/民間への人材輩出・活力向上に積極的に貢献をしていく。
- プロジェクトやフロントローディングを通して、ISAS/JAXAに知見が少ない技術分野は、ALL-JAXAによる対応や大学連携拠点を中心とした連携強化に加え、大学や産業界からのクロスアポイントメント等の連携を進めて研究開発を行い、それらを通じて人材育成を図るとともに民間参入を促進する。
- また、民間等との連携を進める上で、研究資金の分担等(パテントの活用含む)、多様な外部資金獲得強化も併せて推進する。

Ⅱ．今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

➤ コストキャップの考え方

宇宙研のリソースを最大限有効に活用して宇宙科学・探査で世界的な成果を出していくため、以下のとおり進める。

- ① プリプロジェクト候補は、ミッション定義段階にフロントローディング活動を行い、確実性強化、リスク低減、及びコスト見積もり精度向上を図る。特に検討初期段階では不確実性の高い事項について、プロジェクト立ち上げ後のコスト超過を抑制する。
- ② ISASは、ミッション定義段階に、上記に必要なリソースを投入し、また、独立した第三者によるコスト評価を行い、コスト管理を徹底する。コスト超過が見込まれるミッションは早期にデスコープ等によるコスト削減を行ってコストキャップ内に抑える。
- ③ 上記努力にも関わらずコスト超過が発生した場合、ミッションの意義価値と増加コストの両者を勘案し、宇宙理工学委員会の意見を踏まえつつ、推進、縮小、中止等をISAS／JAXA経営が判断する。
- ④ コスト見積もり精度向上・コスト評価・ダウンセレクションを経てから予算要求を行う。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

(4) ミッションカテゴリ

カテゴリ	目標	実施方針
戦略的に実施する中型計画（海外主導ミッションへの中型計画規模での参加含む）	世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダーとして実施する。多様な形態の国際協力を前提。先行的かつ戦略的な検討・技術開発等が必要となる海外主導の国際大型ミッションへのより存在感ある参加も含む。	<ul style="list-style-type: none">➤ JAXA戦略的中型計画は、宇宙科学コミュニティと宇宙科学研究所による「戦略的」なミッションの立案と実施プランに則り行う。➤ ISAS宇宙理学・宇宙工学委員会において、宇宙工学、太陽系科学、宇宙物理学の3分野ごとの戦略的中型創出グループ (Groupe de Discussion Intensive: 略称GDI)※を宇宙科学コミュニティ、ISAS研究系の連携により設置し、分野の将来像を含む定常的な議論を通じて、戦略的にミッションコンセプト創出を行う。 ※長期的なプログラム・シナリオを検討するとともに、分野を俯瞰し、公募型小型計画、戦略的海外共同計画、国際宇宙探査等含め総合的に議論する場であり、戦略的中型計画ミッションコンセプトの立案母体。➤ GDIによるミッションコンセプトの提案をISASとしてサイエンスの観点に限らない総合的な観点も踏まえた上で評価・選定(原則一つ)する。当該提案を選定後、幅広い専門家や分野関係者が参加する統合型ミッション実現グループ (Groupe de Réalisation Intégrée: 略称GRI)をISASに設置し、従前より早い段階でISASが組織的に技術的な成立性検討、国際協力の範囲、コスト推定等を行い、実現可能なミッションの形を具体化する。➤ 戦略的にミッションの立案・立ち上げを行うに当たり、技術のフロントローディングを有効に活用し、戦略的中型計画の実現に資する開発研究をタイムリーかつ集中的に行う。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

カテゴリ	目標	実施方針
主として公募により実施する小型計画	地球周回軌道からのサイエンスを適正規模のミッションでタイムリーに実現する一方で、衛星探査機の小型化・高度化技術などの工学課題の突破から惑星探査への展開も図り、高頻度な成果創出を目指す。	<p>宇宙科学コミュニティと宇宙科学研究所の開かれた関係と協力の下で、以下の施策を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 宇宙科学コミュニティの多様な分野からのミッション提案を募る上での開かれた機会は維持しつつ、公募毎の一定の条件を課すなど、画一的な運用から「公募の多様化」等を図る。➤ 戦略的な技術獲得やイプシロンロケットの成長戦略とも整合するよう、小型計画の全体計画を検討し、それに見合う多様化した長期的公募計画を早期にコミュニティに示す。また、コミュニティからの提案に当たっては、他ミッションとの相乗効果、その先の戦略的中型計画や海外大型計画等への展開など、宇宙科学・探査プログラムへの貢献も期待する。➤ 多様化の具体例として、経済的なコストキャップを設定した公募、速やかにダウンセレクション・MDRを行うパス (Fast Track) の公募などを実施する。➤ 頻度良く経済的なミッションを実現する観点からも、信頼性・品質基準およびメーカーとの契約形態・方法について考え方を整理し、ミッション規模やミッション目的に応じた運用を行えるようにする。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

カテゴリ	目標	実施方針
戦略的海外共同計画 (海外主導ミッションに 中型計画の規模を上回らない規模で参加することも必要に応じ検討)	日本のヘリテージを活用することによる海外ミッションへのパートナーとしての参加や国際宇宙探査の観測機器の搭載機会等を活用するなど、多様な機会を最大に活用し成果創出の最大化を図る。	戦略的海外共同プロジェクトの立案・選定にあたっては、コミュニティと宇宙科学研究所の協力の下にこれを行う。
小規模計画	小規模計画国内外の研究者の幅広い提案を公募し、海外の観測ロケット・大気球、国際宇宙ステーション(ISS)などの飛翔機会を利用するなどした計画を推進。	他の3つのカテゴリと相補的に他では実施できない飛翔機会を提供する仕組みとして小規模計画カテゴリは妥当である。小規模計画の性格をより明確に定義しつつ柔軟で多様なミッション機会を提供する。

ミッションカテゴリ(フレームワーク)要約

カテゴリ	概要	規模	頻度
戦略的に実施する中型計画(海外主導ミッションへの中型計画規模での参加含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダーとして実施する。 ・これに加え、先行的かつ戦略的な検討・技術開発等が必要となる海外主導の国際大型ミッションへのより存在感ある参加も含む ・政府衛星(JAXA衛星・探査機含む)は基幹ロケット(H3クラス)での打上げを想定。 	最大400億円程度/機 (注1:海外主導ミッションへの参加の場合に当たっては、JAXA主導ミッションにおける相当部分の経費を考慮した資金規模を原則とする(例:観測機器提供であればバス及び打上げ費等不要になるため、100~200億程度)。	10年間に3回
主として公募により実施する小型計画	<ul style="list-style-type: none"> ・適正規模のミッションでタイムリーかつ高頻度な成果創出を目指す。 ・政府衛星(JAXA衛星・探査機含む)は基幹ロケット(イプシロンS)での打上げを想定。 	最大180億円程度/機 (ECO公募は最大100億円程度/機)	10年間に5回
戦略的海外共同計画(海外主導ミッションに中型計画の規模を上回らない規模で参加することも必要に応じ検討)	日本のヘリテージを活用することによる海外ミッションへのパートナーとしての参加や国際宇宙探査の観測機器の搭載機会等を活用するなど、多様な機会を最大に活用し成果創出の最大化を図る。	10億円程度/年 (注2:単年度10億円程度の規模を踏まえ、1回当たりの規模は最大50億円を基本とする)	—
小規模計画	国内外の研究者の幅広い提案を公募し、海外の観測ロケット・大気球、国際宇宙ステーションなどの飛翔機会を利用するなどした計画を推進。	数億円程度/年	—

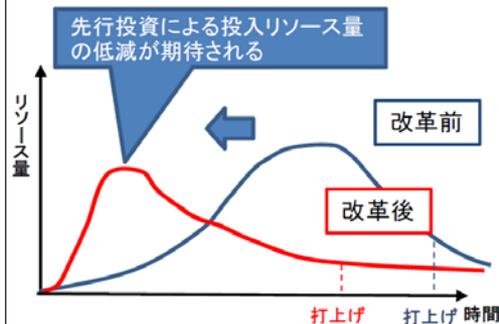
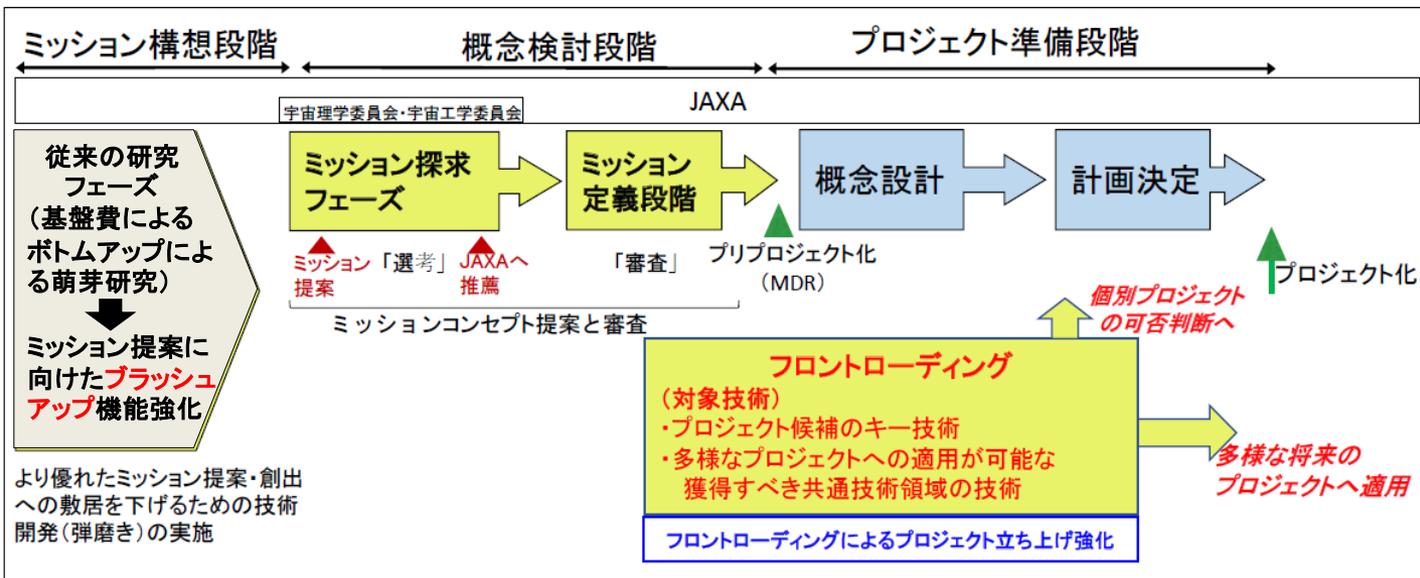
- ・注1、2:これらを実施する場合、中型計画や小型計画の頻度・規模を基本としつつ10年間の予算規模の中で柔軟にプログラム全体の調整を図る。
- ・いずれのミッションカテゴリにおいても、これまで新たな強みとなる技術を生み出してきた理工一体での独創的・先鋭的な技術の実証ミッションに係る取組を含み得る(必要に応じて外部資金の活用も検討)
- ・上記のフレームワークに収まらない、月・火星関連といった人類のフロンティアへ挑戦し、外交・安全保障等多様な政策目的にも資する比較的大規模の宇宙科学ミッションについては、国際宇宙探査と連携して実施する。
(※なお、上記のフレームワークの範囲において、我が国の強み等を踏まえた宇宙科学全体の多様性や幅を確保しつつ、月・火星関連の計画を推進することも考えられる。)

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

(5) フロントローディング

➤ ミッション創出機能強化(プロジェクト立ち上げ強化)

- ✓ 従来の学術研究の一部であるボトムアップによる萌芽研究・基礎研究機能の強化
- ✓ フロントローディングとして、プロジェクト候補のキー技術や多様なプロジェクトへの適用が可能な獲得すべき共通技術領域の技術の開発を推進。



Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

国際宇宙探査との連携(1/3)

1. はじめに

国際宇宙探査と宇宙科学探査は密接な関係にあるため、共通技術開発等可能な限り連携・協力を図りつつ推進することが重要である。

2. 宇宙探査の定義

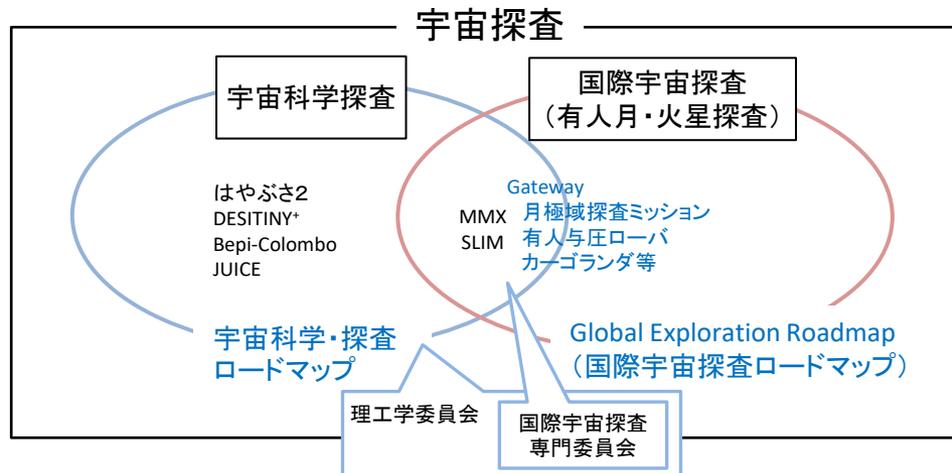
宇宙探査における国際宇宙探査と宇宙科学探査を次のとおり定義する。

• 国際宇宙探査

天体を対象にして国際協力によって推進される有人宇宙探査活動及び当該有人探査のために先行して行われる無人探査活動。人類の活動領域の拡大を主目的として全体シナリオにそって推進され、当面は月、火星を対象とする。

• 宇宙科学探査

宇宙科学(理学・工学)を目的としてコミュニティがボトムアップにより立案する探査。月、火星に限らない。



Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

国際宇宙探査との連携(2/3)

3. 宇宙科学探査の位置付け

探査は、科学(探査)と分けて使う場合に用いられることがあるが、宇宙科学探査の位置づけは、科学が主目的の探査である。一方、国際協力や国際協働によって推進される国際宇宙探査では、科学は目的の一部となる。

(1)科学は国際宇宙探査の目的の一部である。

(2)場合によっては科学が主目的となる場合もあるが、それは全体シナリオに沿った探査である。

国際宇宙探査への科学の関わり方のレベル

<科学からの貢献>

- ・科学探査による理学的・工学的知見の提供
- ・国際宇宙探査の意義・価値の向上

<科学への活用>

- ・国際宇宙探査に向けて開発された技術や施設の利用
- ・多種多様な分野からの研究者の参入

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

国際宇宙探査との連携(3/3)

4. 国際宇宙探査への科学の参画

- ミッションに興味を持つ研究者の参加を促進して科学的意義の高い成果の創出につなげるために、科学として計画立案の段階からの参画が必要である。
- 国際宇宙探査へのアカデミアメンバーの参画を促すため、大学共同利用の仕組みを最大限に活用する。
 - (1) 大学が、宇宙研の大学共同利用の仕組みを活用し、月と火星の宇宙科学においても国際宇宙探査の各活動にも参画が出来る仕組みを明確化する。
 - (2) 科学コミュニティの力を最大限に生かした企画立案の仕組みとする。
 - (3) 月、火星の政策的な観点(国際協力の枠組み中で上位の考え方(ロードマップ等)の中での位置づけの整理を含む)も勘案し、シナジーの中で宇宙科学成果が最大限得られるようなプロジェクトの選定、評価の仕組みとする。
 - (4) 月、火星以外のプロジェクトの成果ともシームレスに連動し、プロジェクト実施、データ・サンプル利用等で世界の科学者のスムーズな参画が可能な仕組みとする。

Ⅲ. 各分野における将来構想検討

1. 天文学・宇宙物理学分野

2. 太陽系探査科学分野

3. 宇宙工学分野

以降は、各分野について「分野全体を俯瞰する将来ビジョン」、「日本が採るべき戦略」、「2040年を視野に入れた目標」、「今後10年程度の目標」の検討状況であり、今後も議論を行い更新をしていく。

1. 天文学・宇宙物理学分野の将来構想(1/2)

■ 分野全体を俯瞰する将来ビジョン

大目標:「宇宙の空間と物質の起源の理解」「宇宙における生命の可能性の探求」



宇宙観測の利点を用いて次の課題に挑む。

- 我々の宇宙の成り立ちの理解にかかわる課題:

宇宙の時空間と構造の起源 (インフレーション、宇宙の加速膨張)、多様な天体の形成過程 (銀河の形成、星・惑星の形成、元素合成)、宇宙における生命の可能性 (星間物質化学、太陽系外惑星) など。

- 物理学の根幹にかかわる課題:

素粒子論と物質の根源 (暗黒物質、中性子星)、一般相対論の検証 (暗黒エネルギー、ブラックホール、重力波)、極限状態の物理学 (プラズマ過程、粒子加速、分子・固体形成) など。

1. 天文学・宇宙物理学分野の将来構想(2/2)

■ 日本が採るべき戦略

- 戦略的中型計画、小型計画、海外計画参加を含む小規模計画などのミッション機会を、柔軟かつ適正に組み合わせることで持続的な発展を目指す。
- 先行的かつ戦略的な検討・技術開発等が必要となる海外主導の国際大型ミッションへのより存在感ある参加も含め、戦略的中型計画を戦略的に利用し、長期的視点をもって宇宙構造の起源・原始重力波・ハビタブル系外惑星といった宇宙の成り立ちや生命の起源・物理学の根幹に関わる課題に挑戦する。
- 小型計画を利用し、科学目的を絞った先鋭的ミッションを実施することで、強みとなる技術の発展的応用および挑戦的な技術の獲得を戦略性を持って進める。
- 冷凍機技術といった国際的優位性を保つ技術を強化するとともに、将来ミッション像に合致した応用性の高い技術領域を同定して技術開発を推進する。

■ 2040年を視野に入れた目標※

- 国際協力を通じて、太陽系外惑星における生命可能性の探査といった超大型望遠鏡・観測装置が必須となる大型計画へ参加の実現を目指す。
- 原始重力波の直接観測を目指すミッションや銀河・惑星・ブラックホールの誕生過程を解明するミッションなど、我が国の優位性を活かした新機軸の宇宙物理観測・実験ミッションを世界に先駆けて実行する。

■ 今後10年程度の目標※

- XRISM、LiteBIRD、JASMINE、HiZ-GUNDAMを我が国主体で進める。
- Nancy Grace Roman宇宙望遠鏡、Athenaといった海外ミッションへ参加するとともに国際大型ミッションへのより存在感ある参加を目指した検討・技術開発・調整を進める。
- 銀河進化・惑星系形成観測ミッション、広帯域X線撮像分光ミッションといった将来計画の検討を進める。
- 他研究分野との協力によるSILVIAを実現する。

2. 太陽系探査科学分野の将来構想(1/3)

■ 分野を俯瞰する将来ビジョン

大目標: 「太陽系と生命がどの様に生まれ、進化して、現在に至ったかを解明する」

● 惑星科学(固体惑星, 始原天体): 【太陽系の形成・進化】

太陽系形成過程を物証に基づいて明らかにするとともに、太陽系における惑星材料物質の進化・移動過程を探る。

● 太陽圏システム科学(太陽物理、磁気圏プラズマ物理、惑星大気科学): 【太陽系の現在環境】

太陽活動の起源および太陽のプラズマ現象を理解し、磁場の起源と変動に迫る。宇宙天気予報を実現し、月や火星など人類の活動圏拡大を支え、地球環境への長期影響を解明する。太陽活動により変動する太陽圏・惑星圏環境を理解し、惑星大気プラズマのダイナミクスと進化を解明する。太陽系と系外惑星系の知見を融合させ普遍的な生命生存可能環境を理解する。

● アstroバイオロジー: 【生命の形成・進化・現在】

太陽系における生命起源物質の進化・移動過程を理解し、地球外での生命活動の可能性またはその痕跡を探る。太陽系そして系外惑星における前生命環境およびハビタビリティ(生命圏の持続条件、人類の居住可能性)を解明し、人類の活動圏における生物多様性の保全に資する。



2. 太陽系探査科学分野の将来構想(2/3)

■ 日本が採るべき戦略

- 適正規模の太陽系探査を高頻度で実施し、日本独自の技術や観測機器の実証を系統的に行える枠組みを構築する。
- 国際的な優位性を持つ太陽物理・磁気圏プラズマ分野は、日本独自ミッションだけでなく世界の動向を踏まえた国際協力をさらに積極的に推進する。
- 始原天体探査は、世界におけるリーダーシップを意識し、はやぶさ・はやぶさ2の実績を発展させ国際的な優位性を確立する。
- 物質科学探査については、国際協同プロジェクトおよび我が国のサンプルリターン計画を通して独自の探査手法を構築し、本格的な生命探査ミッションを立案・実施する。
- 日本では実施できない規模の海外主導ミッションへの参加を推進する。
- 我が国におけるチャレンジングで高度な深宇宙探査ミッションを実現する上で必要となる、惑星保護(探査対象天体の保全および地球環境保護)に係る技術的な蓄積を行う。惑星周回探査や重力天体着陸探査については、2040年代を見据えた月・火星への段階的な国際宇宙探査と連携しつつ理工連携により独自の探査手法を構築し、欧米とは差別化された本格的探査を立案・実施する。

■ 2040年を視野に入れた目標※

- 宇宙物質科学や惑星系形成論、アストロバイオロジーの進展と並走しつつ、小天体探査(地球接近小惑星、彗星、トロヤ群小惑星など)を実施する。
- 国際宇宙探査と連携して、月の水・資源探査や、火星圏からのサンプルリターン、他国が有していない我が国の独創的・先鋭的な技術の実証等含めた火星着陸および気候・水環境探査を実施する。太陽系内生命環境の理解に向け木星・土星衛星リモート観測や直接探査、サンプルリターンを実施する。
- 太陽の磁気プラズマ活動の本質を探るための超高解像度撮像を行う、太陽圏における多点観測機会を最大活用する等の方策から、太陽活動とその太陽圏への影響というテーマの探求を進める。
- 地球に加えて小天体から岩石・ガス・氷惑星のあらゆるスケールにおけるプラズマ環境を超小型・小型編隊飛行衛星群を用いて探査し、地球から惑星圏まで広がる宇宙天気・天体環境の解明を目指す。
- 宇宙物理分野と連携し、太陽系科学分野で培われた技術を系外惑星大気観測に応用することで「生命存在可能環境の解明」を目指す。

2. 太陽系探査科学分野の将来構想(3/3)

■ 今後10年程度の目標※

- 始原天体探査において世界をリードしつつ、積極的に国際共同計画にも参加する。
→MMX、DESTINY⁺、Hera、Comet Interceptor、CAESAR
 - 国際宇宙探査と連携しつつ月着陸探査および火星気候・水環境探査を実施する。
→SLIM、LUPEX、UZUME、MACO/ Mars Ice Mapper
 - 日本が強みをもつ技術を活かした木星・土星衛星探査を実施する。
→JUICE、Dragonfly、氷衛星プリューム探査
 - 国際的優位性を活かした地球・小天体プラズマ環境探査を実施する。
→BepiColombo、FACTORS、GEO-X、JUICE、Comet Interceptor
 - イプシロン規模で太陽の磁気プラズマ活動の本質を探る。
→Solar-C (EUVST)、PHOENIX
- 上記の他、次世代小天体サンプルリターン、火星地下水圏探査といった将来計画の検討を進める。

※選定前、構想段階の計画等を含む

3. 宇宙工学分野の将来構想(1/3)

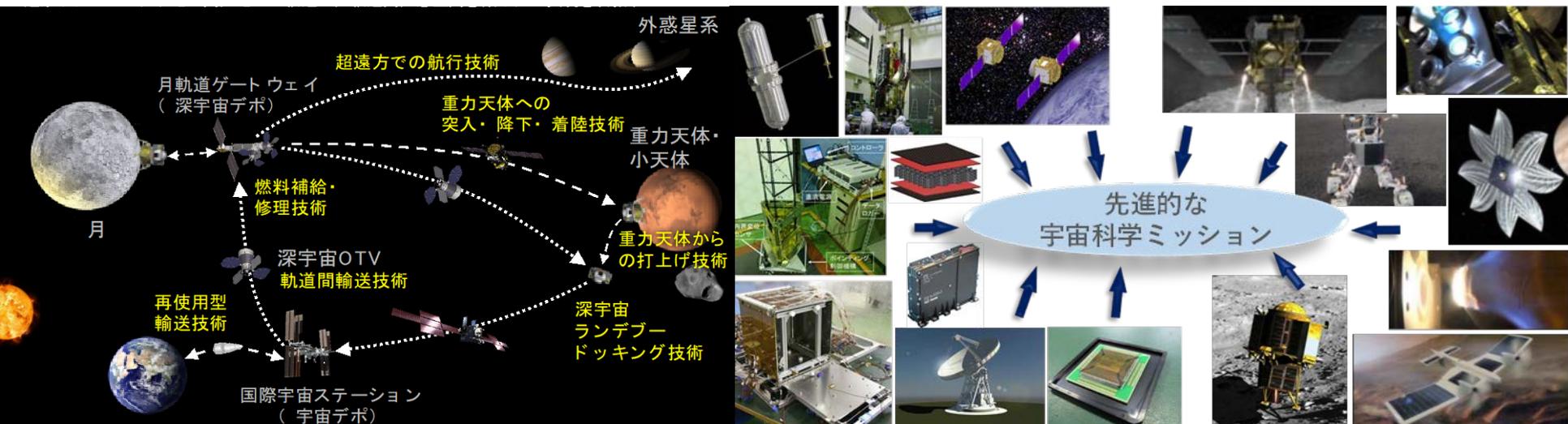
宇宙工学研究を創作的・実証的に遂行し、より広範囲へ・より自在に航行できる宇宙航行・輸送システムを獲得すると共に、より多面的かつ高度な科学観測や探査活動を実現することにより、宇宙開発全体の将来に向けた貢献や人類的課題の解決に向けた先駆けとなる事を目指す。

■ 宇宙航行・輸送系の分野全体を俯瞰する将来ビジョン・大目標

- 宇宙航行・輸送コミュニティ全体で、太陽系内のより広い範囲を自在に航行するための輸送系ネットワーク(地上間、地上＝軌道上、軌道間、惑星間を繋ぐ)の実現を目指す。

■ 探査機・衛星系の分野全体を俯瞰する将来ビジョン・大目標

- 中型による高度なミッションと小型・超小型によるタイムリーで高頻度でなミッションの組み合わせにより、技術的に挑戦的なミッションを積極的に実行し、日本の存在価値を最大限発揮する。



輸送系ネットワークのイメージ図

高度なミッション/タイムリーで高頻度なミッションを支えるキー技術

3. 宇宙工学分野の将来構想(2/3)

宇宙航行・宇宙輸送分野の将来構想

■ 日本が採るべき戦略

- 輸送系ネットワークの実現に向けて、宇宙航行・輸送コミュニティを牽引・拡張・育成し、クリティカルとなる工学的課題に集中する。

■ 2040年を視野に入れた目標※

- 輸送系ネットワークを構築する上でクリティカルとなる「再使用型軌道宇宙輸送技術」、「深宇宙ランデブードッキング技術」、「燃料補給・修理・製造技術」、「重力天体への大気突入・降下・着陸技術」、「重力天体からの打上げ技術」、そして「超遠方での航行技術」、そして「その他打上げ・軌道間輸送のためのクリティカル技術」等の工学的課題に取り組む。
- それらの実証研究を進めることによって、新産業の創出及びコミュニティの育成に努め、輸送系ネットワークの実現に向けた活動を先導する。

■ 今後10年程度の目標※

- 輸送系ネットワークを構築する上でのクリティカルとなる上記技術に係る研究に取り組む。
- 高頻度で革新的なミッション創出に向けて、衛星・探査機の小型化・高度化と連動し、基幹ロケットの性能向上・高機能化を目指した研究に取り組む。
- 民間等が主導する宇宙科学・探査以外の打上げ需要と連携し、宇宙輸送の競争力強化(低価格化・高頻度化)のために、宇宙科学のミッション創出およびロケット技術革新の立場から先導する。
- 将来型輸送システムとして、小型飛翔体による観測実験機会の革新のために、高頻度の繰返し運用が可能な再使用型観測ロケット計画/サブオービタル飛行に関する技術革新を押し進める。
- デブリ排出を抑えたキックステージの実証研究と開発によって、将来のイプシロンによる深宇宙空間へのアクセス性向上を押し進める。
- 月軌道ゲートウェイ等の国際宇宙探査の機会を有効に利用した宇宙航行・輸送の実証研究を押し進める。

3. 宇宙工学分野の将来構想(3/3)

衛星・探査機および深宇宙探査に関する将来構想

■ 日本が採るべき戦略

- 中型による高度なミッションと小型・超小型によるタイムリーで高頻度なミッションの組み合わせにより、工学的に挑戦的なミッション及び理学的に高価値なミッションを積極的に実行し、日本の存在価値を最大限発揮する。

■ 2040年を視野に入れた目標※

- 高度なミッション実現のために、太陽光推進や非化学推進などの革新的な宇宙航行システム、自律化・高機能化などの革新的な衛星探査機アーキテクチャ、地球帰還および目標天体におけるEDL技術・表面探査技術、外惑星領域探査に向けた半永久電源などの最先端技術により、宇宙開発全体を牽引する成果創出を目指す。
- タイムリーで高頻度かつより挑戦的なミッション実現のために、将来の惑星探査に必須な技術の実証、その成果に基づくフラグシップ探査計画の策定と実行、超小型ミッションの促進による新たなプレイヤー獲得・コミュニティの育成を図る。
- 国際協力による補完関係を生かしたミッションや、科学以外の動機によるミッションにも積極的に参画する。

■ 今後10年程度の目標※

- はやぶさ2、BepiColombo、SLIM、XRISM、MMX、DESTINY⁺、LiteBIRD、SILVIA等を着実に実施する。
- Comet Interceptor、OPENS等の超小型探査機による高頻度な宇宙科学・探査ミッションを展開する。
- 高度なミッション実現のために、EDL・表面探査技術・可逆展開ラジエータ・ターボ符号導入・半永久電源、タイムリーかつ高頻度化のための小型MEMS-IRU・AOCS・軽量薄膜SAP等に重点的に取り組む。
- イプシロンのアビオニクスコンパクト化など、基幹ロケットの検討と連動し、衛星および惑星探査機システム・サブシステムの超小型化・軽量化・高機能化研究へ取り組む。

※選定前、構想段階の計画等を含む