



宇宙科学・探査ロードマップの フォローアップについて

平成26(2014)年2月19日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

1. 宇宙科学・探査ロードマップの検討状況について

- 「宇宙科学・探査ロードマップ」は、第7回宇宙科学・探査部会（平成25年9月19日）にて宇宙科学研究所から報告し、部会として了承され、第16回宇宙政策委員会（平成25年9月20日）に報告されている。
- この中で、宇宙科学・探査ロードマップの基本的な考え方として、以下の具体的な進め方を提案した（骨子を次ページに示す）。
- このフォローアップとして、まず海外主要国の最新動向を概観した上で、宇宙科学研究所における宇宙科学プログラムの中長期立上げ計画の現在の進捗状況を報告する。

1. 宇宙科学・探査ロードマップの具体的な進め方(骨子)

(ロードマップ原文は参考資料5を参照)

- 1)宇宙科学プロジェクトを、戦略的中型計画、公募型小型計画、小規模プロジェクト群の3つのカテゴリに分け、天文学・宇宙物理学、太陽系探査科学、これらのミッションを先導する衛星・探査機・輸送を含む宇宙工学の三つの分野において推進する。
- 2)天文学・宇宙物理学分野は、フラッグシップ的に戦略的に実施する中型計画、および機動的に実施する小型計画、さらには海外大型ミッションへの参加など多様な機会を駆使して実行する。
- 3)太陽系探査科学分野は、最初の約10年を機動性の高い小型計画による工学課題の克服・技術獲得と先鋭化したミッション目的を立て、10年後以降の大型科学ミッションによる本格探査に備える。イプシロンロケット高度化等を活用した低コスト・高頻度な宇宙科学ミッションを実現する。
- 4)科学衛星や探査機の小型化・高度化技術などの工学研究、ならびに惑星探査、深宇宙航行システム、新たな宇宙輸送システム、などの研究成果をプロジェクト化する。

2. 宇宙科学研究に係る海外主要国の最新動向

第4回部会(平成25年4月23日)での、宇宙科学研究に係る海外主要国動向報告の通り、米国は「10カ年計画(Decadal Survey)」、欧州は「CosmicVision」という長期計画に基づいて、科学プログラムを展開している。前回以降の主な動きは以下の通り。

- 米国(NASA)
 - 次のフラッグシップミッションであるJWST(HST後継)は、2018年度打上げに向けて、予算措置・開発が進んでいる(今年1月にCDR完了)。
 - 更に次のフラッグシップミッションであるWFIRST(広視野可視・近赤外望遠鏡)は、2025年頃の打上げに向けてアセスメントフェーズを進めている。
 - 火星探査機MAVEN(周回機・惑星大気研究)が昨年11月に打上げ成功。今年9月の火星軌道投入に向けて航行中。この成功を踏まえ、InSight(着陸機・内部構造探査、2016年打上げ目標)の更に次の計画として、Mars2020計画(着陸機・生命痕跡探査)が立ち上がりつつある。
 - NASA ExplorersのSMEXプログラム※はダウンセクションにより次期ミッション(2020年打上げ目標)を選定中。(※日本の小型科学衛星に相当)
 - 小型の太陽観測衛星IRIS(SMEX規模)が昨年6月に打上げ成功。日本の「ひので」衛星との共同観測を大規模戦略プログラムとして実施中で、初期成果のとりまとめ中。
- 欧州(ESA)
 - CosmicVisionのLクラスミッション(900Mユーロ規模)として、昨年11月に、L2ミッションとして「高温で活動的な宇宙(X線天文学)」(2028年打上げ目標)、L3ミッションとして「重力宇宙(重力波天文学)」(2034年打上げ目標)の科学目標が選定された。
 - また、Mクラスミッション(500Mユーロ規模)として、M3(2024年打上げ目標)が2月中旬に選定される予定。系外惑星研究ミッションが有力候補とされている。
 - 更に次の打上げ機会であるM4(2026年打上げ目標)の公募が、2014年4月ごろに開始され、1次選定も今年度中になされる予定。

3. 宇宙科学研究所におけるプロジェクト および研究中・公募中計画の実施状況

■ 打上げ(平成25年度実績)

- 惑星分光観測衛星(SPRINT-A「ひさき」):平成25年9月打上げ、11月科学観測開始

■ 開発中のプロジェクト(平成26年度の作業計画)

- 小惑星探査機「はやぶさ2」【平成26年度打上げ予定】
衛星総合試験、射場運用、打上げ、初期機能確認等
- X線天文衛星(ASTRO-H)【平成27年度打上げ予定】
衛星フライトモデルの総合試験、地上系設備整備、打上げサービス調達等
- ジオスペース探査衛星(ERG)【平成27年度打上げ予定】
衛星フライトモデルの試作完了・製作の本格化、地上系整備の着手等
- 水星探査計画(BepiColombo)【平成28年度打上げ予定】
衛星フライトモデルの総合試験、ESA側への引き渡し、ESAによる組立試験支援等

■ 近い将来に実現が期待される研究中のプロジェクト(プリプロジェクト)

- 次世代赤外線天文衛星(SPICA):日本リードの国際共同ミッションとして調整中。
2020年代中期の打上げを目指す。⇒3-1章

■ 次期プロジェクトに向けた公募(AO)発出中

- 次期小型科学:ERGに続くイプシロン搭載宇宙科学ミッション提案を募集中。⇒3-2章
- 小規模プロジェクト:主要海外ミッションへ我が国の優れた技術を活用した観測機器の提供などを対象に公募中。

*AO: Announce of Opportunity

3-1. 次世代赤外線天文衛星 (SPICA)

- 宇宙科学・探査ロードマップにおける、2020年代中期に向けた天文学・宇宙物理学分野におけるフラッグシップミッション(戦略的中型計画)として推進することと位置づける。
- 「あかり」に至る日本の赤外線天文衛星の観測および技術的蓄積とヘリテージを発展させ、日本リードのミッションとして、ESA, NASAなどとの大規模国際共同ミッションとしてフレームワークの調整中。
- 技術課題解決のためのフロントローディング活動などを展開中。
- 平成29(2017)年度中に、ミッション立上げの国内及び国際間での最終合意※を目指す。

※各国役割分担やコスト負担割合、技術的インタフェースや開発体制など全ての確定を含む。

目的

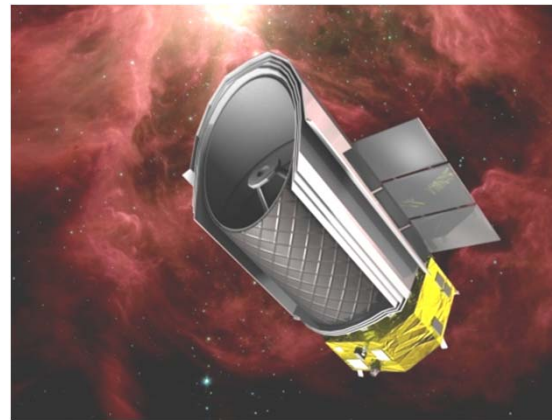
赤外線における高感度観測により、「ビッグバンから生命の誕生まで」の宇宙史の本質的過程を解明する。

科学的な位置付け

- 宇宙塵に阻まれて他波長では観測できない、宇宙での歴史の中で最も重要な「天体の進化過程」を、赤外線高感度観測により解明する。
- 具体的に、(1) 銀河誕生と進化過程の解明、(2) 惑星系形成過程の総理解、(3) 銀河星間空間における物質循環の解明、の科学課題がお互いに有機的につながって、宇宙史の解明を目指す。
- SPICAは、我が国も主要メンバーとして参加するALMA(サブミリ波)とTMT(すばる後継望遠鏡)・米JWST(ハッブル後継望遠鏡)間の観測波長ギャップを埋めるためにも、極めて重要である。SPICAを加えたこれらの宇宙と地上の次世代大型計画の国際的連携により、極めて高い科学成果の創出を行うことができる。

学術コミュニティによる評価

日本学術会議による提言(平成22年)で、「LCGT、SPICA、TMTは特に国家レベルで早急に実現すべき計画」と結論付けられている。



冷媒を使わない
新冷却システム
(冷却方式の革命)

日本の宇宙開発の
戦略技術の実証・発展

「あかり」観測成果
(あかり天体カタログ)
を発展的に活用

人類の宇宙観を変革

- 銀河誕生と進化過程の解明
- 惑星系形成過程の総理解
- 宇宙の物質循環の解明

※ LCGT(現KAGRA): 東京大学宇宙線研究所による地上での大型低温重力波望遠鏡
TMT: 国立天文台による地上での次世代超大型天体望遠鏡(すばる望遠鏡の後継)

3-2.「イプシロン搭載宇宙科学ミッション」の提案募集の状況 (次期小型科学衛星・公募選定)

目的: 小型科学衛星1号機・2号機の成果を活用し、現行イプシロンロケットを最大限活用した公募型小型計画の着実な推進を行う。

■次期小型科学衛星の選考状況

ISASから宇宙科学コミュニティに対し、「イプシロン搭載宇宙科学ミッション」の募集として、昨年12月27日に提案募集(AO)を発出した。締切は本年2月末としている。

■公募要件に示した提案母体

宇宙理学委員会または宇宙工学委員会のワーキンググループ(WG)。
参考に、一覧を次ページに示す。

■今後の候補選定プロセス

- ①第1段階審査で、宇宙理学・工学委員会は、候補を最大2つ程度選定し、選ばれた候補についてISAS支援による重点検討を実施。
- ②第2段階審査で、宇宙理学・工学委員会は、最終候補案を選定。
- ③これを踏まえ、JAXAとしてミッション選定(平成26年6月頃を想定)。

【3-2章参考】次期ミッション(2010年代後半以降の実現)を 目指して活動中のワーキンググループ(WG)

(平成26年2月現在)

宇宙理学委員会

次期磁気圏衛星(SCOPE)WG
大型国際X線天文台計画(ATHENA)WG
超広視野初期宇宙探査衛星(WISH)WG
宇宙線反粒子探索計画(GAPS)WG
太陽系外惑星探査(JTPF)WG
木星氷衛星探査(JUICE)WG
月内部構造探査WG
次期太陽観測衛星(SOLAR-C)WG
火星大気散逸探査検討WG
次期火星探査(オービター)WG
JEM-EUSO WG

〈旧:小型科学衛星WG〉

編隊飛行による高エネルギー走査衛星(FFAST)WG
超小型精密測位衛星(PPM-Sat)WG
高感度ガンマ線望遠鏡(CAST)WG
小型重力波観測衛星(DPF)WG
ダークバリオン探査衛星(DIOS)WG
X線ガンマ線偏光観測小型衛星(POLARIS)WG
赤外線探査による小型位置天文衛星(JASMINE)WG
宇宙背景放射偏光精密測定計画(LiteBIRD)WG
ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画(HiZ-GUNDAM)WG

宇宙工学委員会

ソーラーセイル実験探査機WG
月惑星表面探査技術WG
ハイブリッドロケット研究WG
スペースプレーン技術実証機WG
フォーメーションフライト技術WG
次世代小型標準バス技術WG
先進的固体ロケットシステム実証研究WG
火星探査航空機WG
国際共同サンプルリターンWG

〈旧:小型科学衛星WG〉

太陽発電衛星技術実証WG
小型月着陸実験機WG
深宇宙探査技術実験ミッション(DESTINY)WG

4. ロードマップ実行に向けた 関連コミュニティとの連携強化・国際協力の推進

- 関連コミュニティとの連携強化
 - 宇宙科学・探査部会における議論の経緯・結果は、昨年12月の宇宙理学・工学委員会で報告した。また今年1月の宇宙科学シンポジウム(宇宙研主催)で、企画セッション『宇宙科学・探査ロードマップをどのように実現していくか』を開催した。こういった研究者コミュニティに対する働きかけの結果、各分野の関連学会でも活発な議論が展開されている。
 - 日本学術会議の物理学委員会天文学・宇宙物理学分科会で、今年1月に宇宙科学の動向について報告した。今後、同委員会においても、本ロードマップの具体化および実施について審議いただく予定としている。
- 優れた研究成果創出に向けた国際協力の推進
 - NASA・ESAとの所長級・国際調整主幹級の会合を重ねており、SPICAの国際協力枠組み見直し、海外大型ミッションへの観測機器提供や科学協力などの幅広い協力可能性検討(欧木星探査(JUICE)、米近赤外線サーベイ(WFIRST)、米火星着陸探査(Mars2020)、欧X線天文学(ATHENA)など)を進めている。
 - イプシロンを用いた小型科学衛星(4号機以降)に搭載の科学観測装置について、NASA、ESAとの共同開発の可能性について検討を開始する。
 - WG研究を進めるための研究者レベル国際協力も従前に引き続き進めている。(例:太陽観測分野でのSOLAR-C/パスファインダーとしての、米IRIS衛星と「ひので」協調観測や米国観測ロケットを使用したCLASP実験など、各分野毎に多数)
 - 上記の活動により強化される宇宙科学分野での国際協力関係を基盤として、更に将来計画での協力可能性についての幅広い議論も重ねている。

5. ロードマップ実行に向けた 天文学・宇宙物理学分野ミッションの検討状況

宇宙理学・工学委員会の下に多くのワーキンググループ(WG)を設置し、研究(概念検討・概念設計)を進めている。

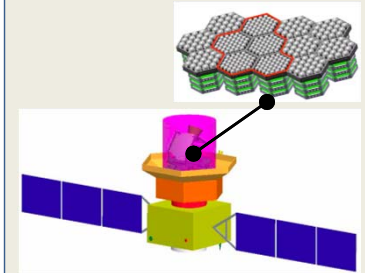
■ 戦略的中型計画

- SPICAの確実な実現に向けて国際協力枠組み調整中⇒3-1章
- LiteBIRD(宇宙背景偏光精密測定計画:基礎物理学)、
SOLAR-C(次期太陽観測衛星)、
WISH(超広視野初期宇宙探査:可視・近赤外天文学)、
などの研究も積極的に進めている。

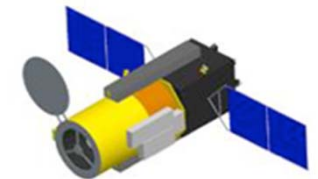
■ 海外大型ミッションへの参加検討

- Athena(ESA CosmicVision L2ミッション候補。X線天文学)への観測機器搭載提案などの国際協力の可能性を検討。
- その他、NASA/ESAとの広範な国際協力の可能性を検討。

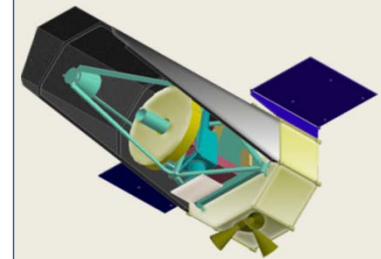
戦略的中型計画
の候補(抜粋)



LiteBIRD
宇宙背景放射偏光精密測定計画



SOLAR-C
次期太陽観測衛星



WISH
超広視野初期宇宙探査

6. 公募型小型計画による、ミッション目的を先鋭化した 太陽系探査科学ミッションの検討状況

今後10年程度の間には実行し得る具体的なミッション検討のためのケーススタディを実施中。検討中のミッション候補群の例を次ページに示す。
これらの小型ミッションの実現に当たり、

- (a) 打ち上げ機的能力設定
- (b) 小型軽量探査機技術の高度化

の2点を、関連コミュニティと協力・連携して進めている。より具体的には以下となる。

- (a) 月ラグランジュ点ミッション、金星・火星・近地球小惑星ミッションなどの実現のための打ち上げ性能
- (b) これらを実行するための探査機規模の定量化、システムアーキテクチャの刷新およびサブシステムの小型軽量化技術の研究計画策定

なお、イプシロンロケットについては、打上げ能力の向上と実機コストの低減を目指し、今後の研究開発の進め方について検討を行っているところ。

【6章参考】公募型小型計画による、ミッション目的を先鋭化した 太陽系探査科学ミッション候補群(検討中の一例)

#	想定ミッション	ミッション概要
■地球重力圏境界ミッション		
1-1	地球大気制動探査機	地球脱出軌道から惑星間軌道(微小小惑星・流星ダスト観測)
1-2	ランダ・バルーン実験機	同システム工学実験
1-3	天文・デブリ観測衛星	軌道上望遠鏡ミッション(周回・EM-L2,ES-L2)
1-4	大型電気推進技術実証探査機	大推力電気推進、薄膜太陽電池等の新技術実証
■月ミッション		
2-1	月精密着陸探査機	月面精密着陸技術の実証、ローバーの展開
2-2	月ペネトレータ	月面にペネトレータを貫入させ、月震観測を行う
■小惑星ミッション		
3-1	大型電気推進小惑星観測機	大型電気推進による地球接近小惑星観測
3-2	バイナリ小惑星ランデブー探査機	近地球の衛星を有する小惑星(バイナリ小惑星)へのランデブー、近接観測
3-3	近地球微小小惑星着陸機	地球重力圏に一時的に捕獲された微小小惑星の迅速観測、着陸
3-4	小惑星表面詳細分析着陸機	太陽＝地球ラグランジュでの2機ランデブードッキング、着陸等
■火星ミッション		
4-1	火星着陸探査機	新軌道制御技術(エアロブレーキ)と火星着陸技術実証
4-2	火星周回・フォボス着陸	火星周回機と衛星フォボス着陸観測を2機のイプシロンで実行
■金星ミッション		
5-1	金星多点大気観測機	金星周回軌道に複数の子衛星またはバルーンを展開、大気詳細観測実施
■メインベルトミッション		
6-1	メインベルトマルチフライバイ	火星・木星間の小惑星帯(メインベルト)の複数の彗星・小惑星を探査