資料2

宇宙科学・探査に関する工程表の進捗状況と取り組みについて

平成30（2018）年3月14日
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　理事　常田佐久

はじめに

- 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所（宇宙研）は、宇宙基本計画（平成27年1月9日 宇宙開発戦略本部決定）及び工程表（平成28年12月8日同本部決定）に従い、宇宙科学・探査の実行に取り組んでいる。

  「学術としての宇宙科学・探査は、今後とも世界的に優れた成果を創出し人類の知的資産の創出に寄与する観点から、ボトムアップを基本として JAXAの宇宙科学・探査ロードマップを参考にしつつ、今後も一定規模の資金を確保し、推進する。」（宇宙基本計画より）

- また、工程表に従った、計画されている宇宙科学・探査のプロジェクトを着実に取り組むだけでなく、工程表を実現するために、科学的な意義があり、かつ日本の宇宙開発に貢献する宇宙科学・探査のプロジェクトの提案を行う準備を進めている。

- 今回、開発中・運用中の宇宙科学・探査プロジェクトの状況、候補ミッションの進捗状況、及び人材育成の取組状況、さらに工程表を実現するために行っている活動についてご報告する。

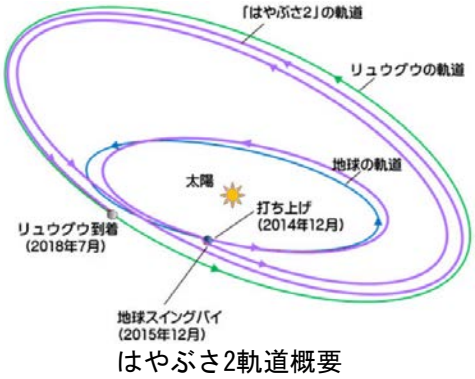
ご報告内容

1. 運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト
   - はやぶさ2、水星探査計画（BepiColombo）、X線天文衛星代替機（XARM）
     小型月着陸実証機（SLIM）、あらせ（ERG）、あかつき（PLANET-C）
2. 宇宙科学・探査の戦略・方向性

   ー宇宙物理科学、重力天体探査、小天体探査
3. 戦略的に実施する中型計画
   - 火星衛星サンプルリターン計画
   - 候補ミッション（ SPICA、LiteBIRD、ソーラー電力セイル）
4. 公募型小型計画
   - 深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）
5. 多様な小規模プロジェクト群
   - 木星氷衛星探査計画（JUICE）、彗星サンプルリターン計画（CAESAR）
6. 人材育成（ SS520-5号機・国際協力・基盤事業）

1．運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト

1．1　小惑星探査機「はやぶさ2」【平成26年12月打上げ】



はやぶさ2軌道概要

- 小惑星Ryuguに向けて順調に航行しており、
  平成30年6～7月頃に小惑星Ryuguに到着予定。
- 「はやぶさ2運用訓練シミュレータ」を用いた実時間運用訓練を実施中。各回10～40名が参加。4月迄に約50回実施予定。
- 仮想小惑星モデル“Ryugoid”を創り，模擬観測データから着陸目標点等を所定の期間で決める訓練を実施した。JAXAエンジニア＋国内外サイエンティスト約100名が参加し、平成29年9月に活動を完了した。作業プロセス・合意形成プロセス・解析ツールを確認した。
- 平成30年度中に到着から2回のタッチダウンが計画されており、幅広く活動を国民の皆様にお知らせする予定。

(左) LSS訓練の結果について報告と議論を行っている様子。
(右)　RIO訓練を行っている様子。スクリーンには訓練運用で取得した”Ryugoid”を表示している。

1. 運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト（続き）

1．2 水星探査計画（BepiColombo）【平成30年度打上げ予定】

- ESA担当作業の遅延により、半年遅れとなった平成30年10月の打上げに向け、欧州モジュールと結合させた全機結合試験（電気試験・打上時コンフィグレーションによる機械環境試験・その後の健全性確認試験）とともに、打上後初期チェック、金星フライバイ観測の模擬など一連の訓練をESA/ESTECにて実施。
- 打上げ後の運用検討と運用文書の整備を進め、水星到着までが長期にわたることを踏まえ、計画が妥当であることを確認した。
- 来年度に予定されている射場（クールー）作業に向けた準備を実施し、射場輸送に向けて準備が整っていることを射場輸送前確認会において確認した。4月から射場作業を開始予定。

音響試験準備の様子（ESA/ESTEC）

1．3　X線天文衛星代替機【2020年度打上げ予定】

- JAXA内経営審査を実施し、昨年11月1日にX線天文衛星代替機プリプロジェクトチームを発足させ、プロジェクトの準備を進めている。
- 衛星バスシステムの設計検討、検出器（SXS）の長納期部品の先行手配を行った。
- 平成29年11月に、NASA科学局長からISAS所長宛てに、NASAとして代替機に参加する事を表明するレターを受領。平成30年2月には、ESTECにてESA科学局長からISAS所長に代替機への参加について明確な意思が示された。現在、NASA及びESAとMOU締結へ向けた調整を実施中。

1. 運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト（続き）

1．4 小型月着陸実証機（SLIM）【2020年度打上げ予定】

SLIMは公募型小型1として、高精度着陸等を目的に開発を進めている。

■ 打上げロケット変更

X線天文衛星代替機の開発において、宇宙科学・探査全体の計画への影響を最小限にする必要があるため、宇宙科学プログラムの効率化を目的として、SLIMとX線天文衛星代替機をH2Aロケットの相乗りで打ち上げる方向で進めている。

■ ミッション意義・価値の増大

国際宇宙探査の検討が進んだことを踏まえ、従来の高精度着陸等に加え、H2Aロケットの打上げ能力を活用し、確実性の向上と、意義・価値の増大を図る。

・科学的意義の向上：

「かぐや」が発見した月マントル物質が露出すると考えられる場所へピンポイント着陸して分光観測を実施し、巨大衝突仮説の検証等、月起源と進化過程の解明に貢献する。

・国際宇宙探査との関係の深化：

先駆的着陸技術の実証による、月・火星の国際宇宙探査に向けたパスファインダーの内容を深める。

■ 開発状況について

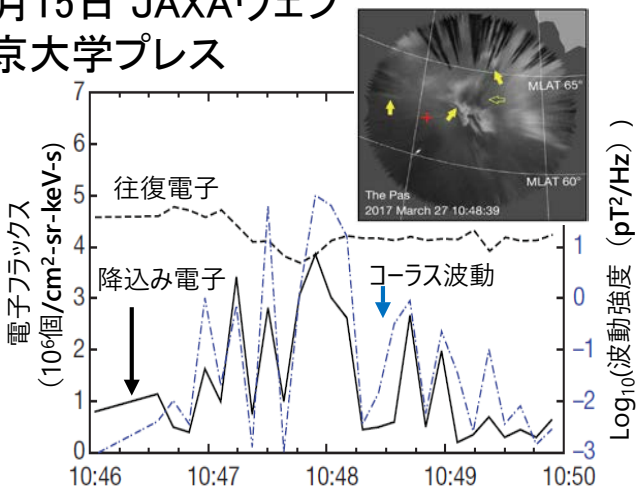
平成29年11月に、SLIMメインエンジン設計確認試験のセットアップ確認試験において、開始直後（約100ms前後）に燃焼器が破損。破断した供試体強度が健全だったこと、燃料噴射が先行していたことを踏まえ、地上試験特有条件で燃焼室に燃料が滞留した状態で着火したことにより過大な着火衝撃を与えたと判断している。

再発防止策として、地上試験手順や軌道上でのバルブ開手順を工夫することで、 酸化剤先行噴射を確実に実施して、過大な着火衝撃を回避できる見込み。設計確認試験を終えるとともに、バックアッププランの再検討を終え、プロジェクトの再評価を行う予定。

1．運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト

1．５　ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）【平成28年12月打上げ】

- 平成29年3月24日より定常観測運用を開始。全観測機器が順調に機能しており、X9クラスの太陽フレアによる宇宙嵐（同29年9月）等、11回の様々な規模・タイプの宇宙嵐を観測。
- 地上観測網との重点共同観測を予定通り4度実施。（春秋分・冬夏至前後の各4週間）
- 脈動オーロラと呼ばれる淡く明滅する斑点状のオーロラの発生について、オーロラ発光の原因となる地球大気へ降り込む数10 keVの高エネルギー電子を磁気圏内で観測し、電子散乱の原因と考えられていたコーラス波動との対応を世界で初めて直接的に実証した。（平成30年2月15日 JAXAウェブリリース/東京大学プレスリリース）

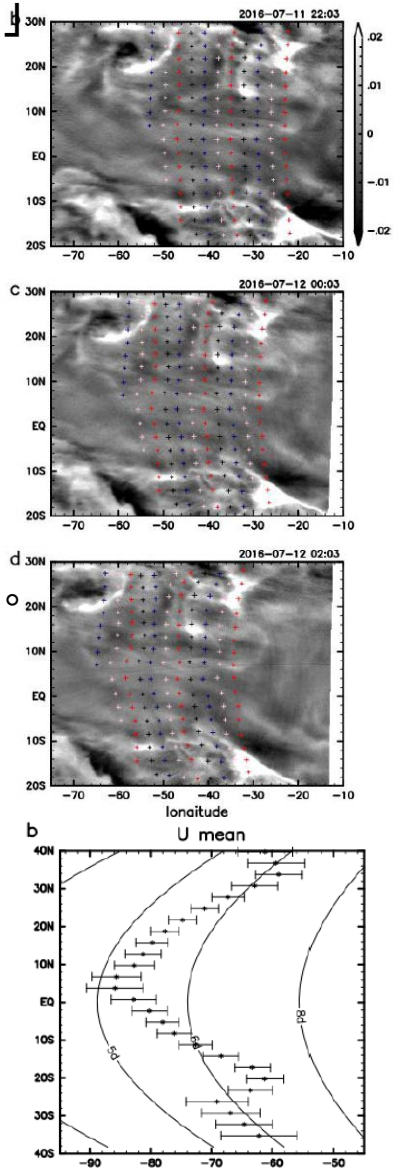


「あらせ」の観測した電子フラックスとコーラス波の強度の相関（相関係数0.86）。右上は地上カメラが観測した脈動オーロラ。赤十字が「あらせ」のフットポイント。

1．６ 金星探査機「あかつき」【平成22年5月打上げ】

・2mmカメラ(IR2)により高度45-60kmの中・下層雲領域の流れが赤道付近で速いジェット状になる時期があることを発見。（Nature Geoscience　平成29年8月28日、JAXA、北海道大学共同プレスリリース）

・　右の3枚のパネルは、平成28年7月11～12日に取得した金星夜面画像（IR2、2時間毎）。これらを解析して得られた風速ベクトルにしたがい、雲がどのように流れ変形してゆくかを色付きのドットで示している。赤道付近が左向き（スーパーローテーションの向き）へ徐々に湾曲してゆく様子が分かる。下は緯度・経度グリッド上に得られた風速ベクトルを経度方向へ平均した緯度プロファイルであり、強い赤道加速（ジェット）が初めて示された。



2. 宇宙科学・探査の戦略・方向性

長期的・戦略的なシナリオ（仮称）と関連文書/活動等の位置づけ

「宇宙基本計画の工程表」

公募・最終選定（JAXA）

「宇宙科学次期中期計画をめぐる長期的・戦略的なシナリオ（仮称）」（JAXA）

「シナリオの実施に必要な技術目標（宇宙科学技術ロードマップ）」（JAXA）

提案・第一次選定

コミュニティでの活動

「宇宙科学の今後20年の構想を検討する委員会」

「コミュニティからの目標・戦略・工程表から、宇宙科学の実行戦略へ」（現行版はISAS）

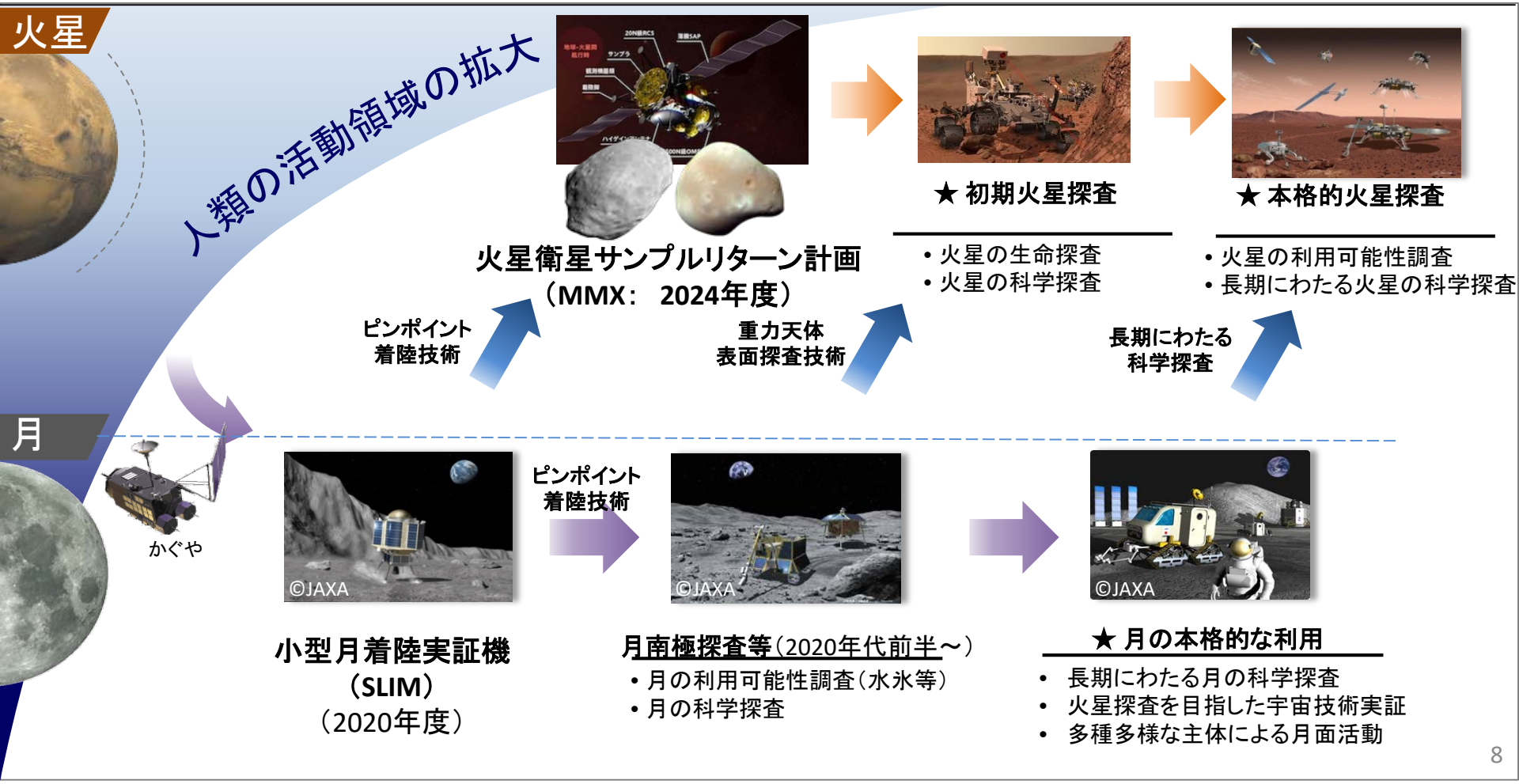
「RFI（研究領域の目標・戦略・工程表提供のお願い）への回答」

2018年 → 2038年

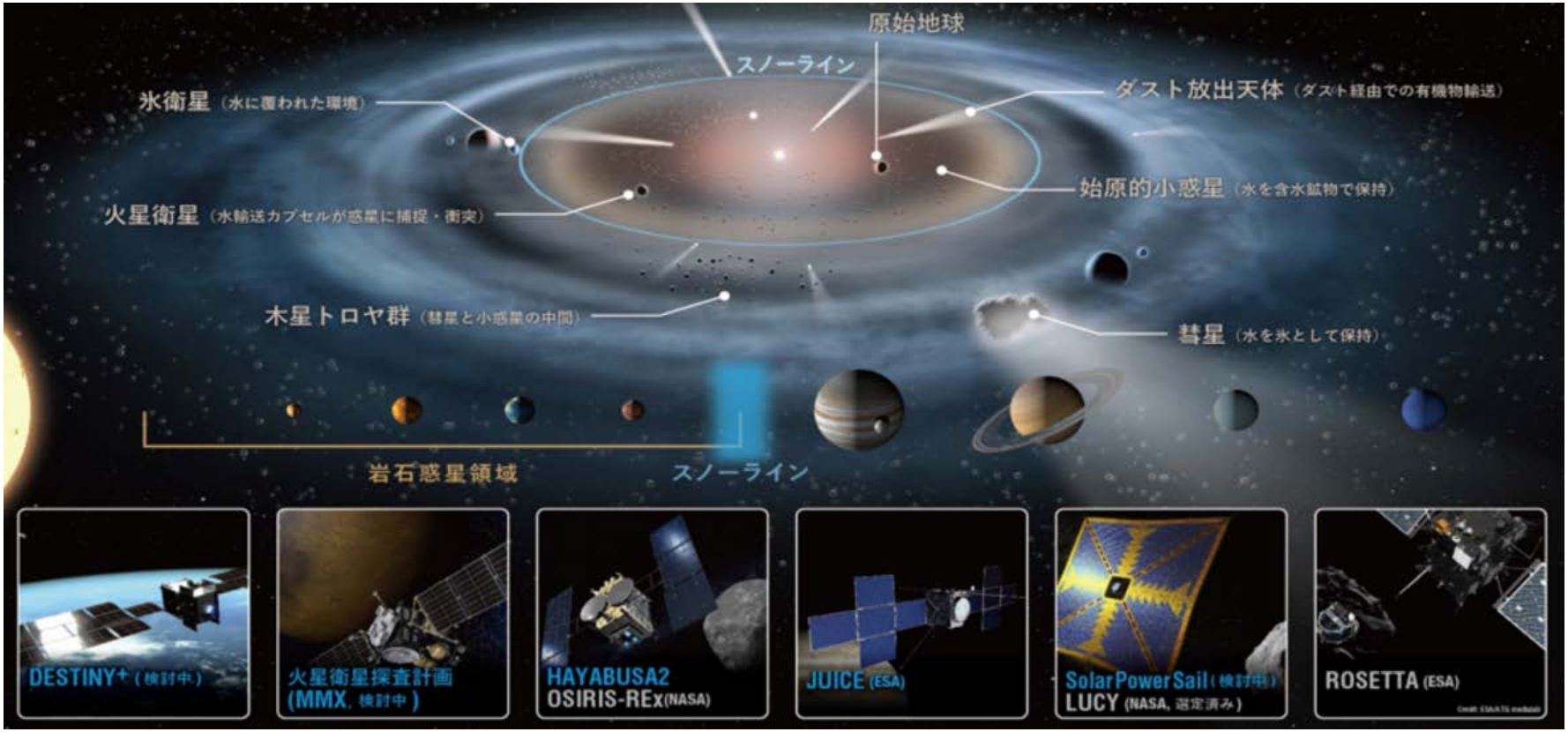
2．1　重力天体探査戦略とSLIM / MMXの位置づけ

太陽系探査科学分野については、効果的・効率的に活動を行える無人探査をボトムアップの議論に基づくだけでなく、プログラム化も行いつつ進める。プログラム化においては、月や火星等を含む重力天体への無人機の着陸及び探査活動を目標として、特に長期的な取組が必要であることから、必要な人材の育成に考慮しつつ、学術的大局的観点から計画的に取り組む。

宇宙基本計画（平成28年4月1日）より



２．２　小天体探査戦略と DESTINY+等 の位置づけ

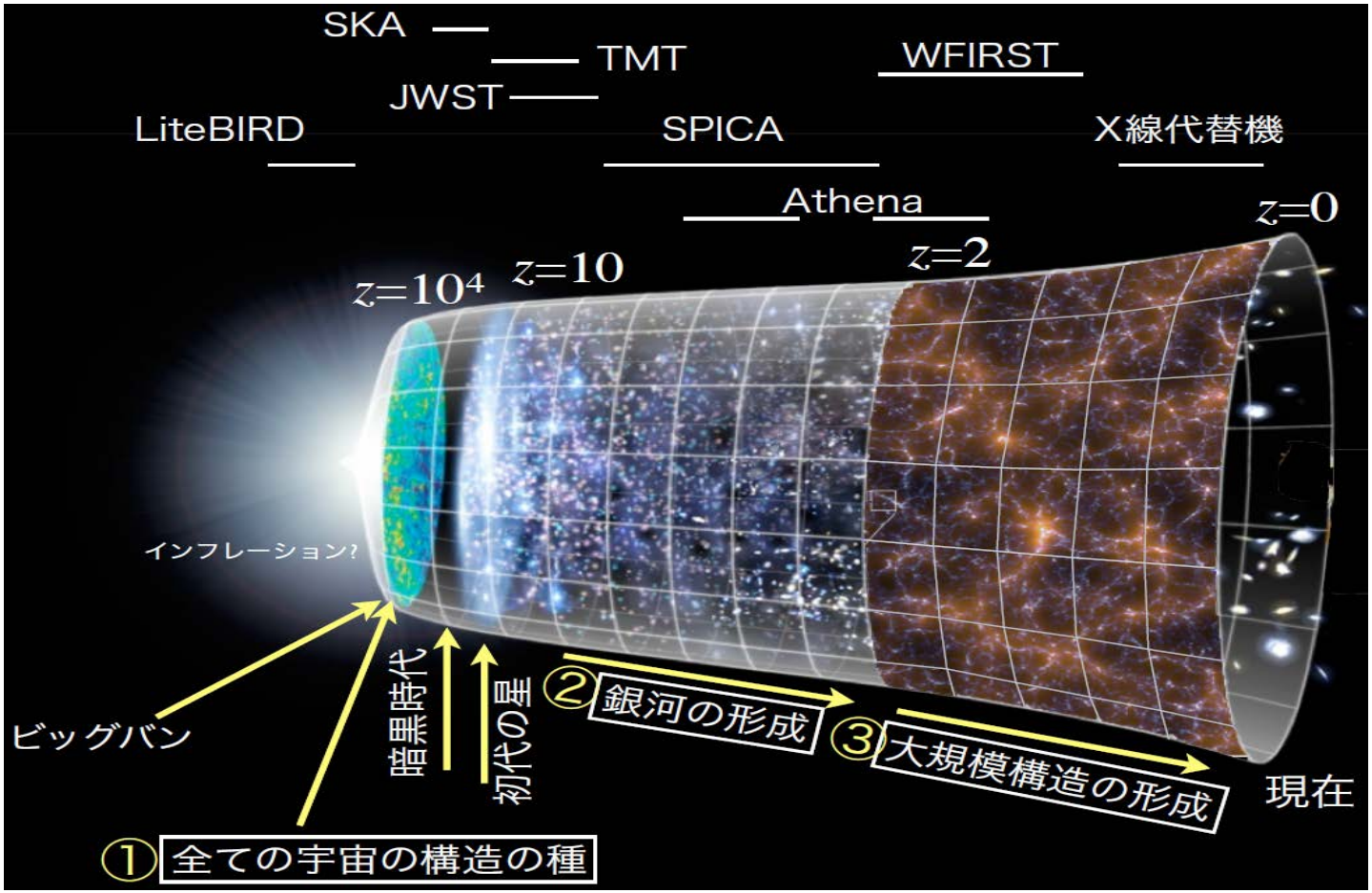


　スノーラインの外で生まれた小天体は凍った泥団子（処女彗星）から多様な姿（始原的小惑星等）に進化した。そのいずれかの段階にあったものが何等かの方法で水・有機物等の揮発性物質を地球型惑星領域へと輸送したことが、それらの惑星を生命居住可能にするために必須であったと考えられている。
　いつ、どの進化段階にある天体が、どうやって水や有機物を原始地球に持ち込んだのかという問題に対し、DESTINY＋では、以下の側面からアプローチを試みる。

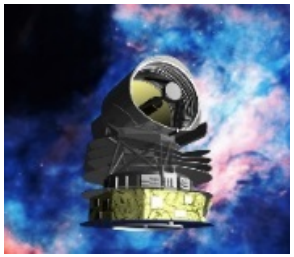
　地球の表層へと炭素等の軽元素をもたらした輸送経路として、惑星間空間を漂うダストは有力視されており、その供給源として彗星と活動的小惑星が考えられている。DESTINY＋では、地球公転軌道位置、及び世界初の活動的小惑星近傍でダスト分析を行い、その化学組成を明らかにすることで天体から放出直後のものを含めて惑星間ダストの特性把握を試み、上述の「軽元素はダストが輸送した」という仮説の定量的な検証を行う。

2.3　宇宙物理学戦略とSPICA/LiteBIRD等の位置づけ

宇宙の始まりと銀河から惑星に至る構造形成の解明を目的とし、国際的に補完・協力しつつ、以下の三視点からアプローチする。①宇宙はどのように始まったのか？②宇宙はどのように進化したのか？③銀河から惑星にいたる宇宙の構造の形成過程とその普遍性・多様性の解明



X線天文衛星代替機



次世代赤外線天文衛星（SPICA）

© 2006年NASAのWMAPプレスリリース図にJAXAで情報を付与

注記：　上図のZは赤方偏移量を表し、波長λのスペクトルがΔλずれている場合に Δλ/λ で定義される。遠方の銀河ほどZが大きいことが、経験的に知られている（ハッブルの法則）。

２．４　ISAS宇宙科学・探査プログラム

Category	FY 2017	FY 2018	FY 2019	FY 2020	FY 2021	FY 2022	FY 2023	FY 2024	FY 2025	FY 2026	FY 2027	FY 2028	FY 2029	FY 2030
戦略的中型計画		Bepi Colombo		XARM				MMX		OR LiteBIRD（検討中）	SPICA（検討中）			
		AO Release								Trojan SPS（検討中）				
公募型小型計画				SLIM		Destiny+				打上予定			打上予定	
		AO Release						打上予定				打上予定		
多様な小規模計画						JUICE					ATHENA（検討中） WFIRST（検討中） CAESAR（検討中）等			

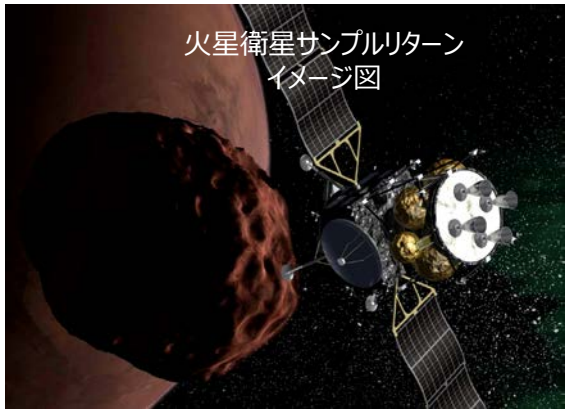
３．戦略的に実施する中型計画

宇宙基本計画工程表「第１６回宇宙開発戦略本部会議」より

■ 戦略的中型計画１の候補である**火星衛星サンプルリターン計画（MMX）の開発研究**に着手した。戦略的中型計画２の候補について、平成３１年度の選定へ向け、技術検討等を実施した。

■ 戦略的中型計画１の候補である**火星衛星サンプルリターン計画（MMX）について、平成３１年度開発着手・同３６年度打上げを目指し、開発研究を継続**する。また、**戦略的中型計画２の候補ミッションの技術検討等を行い**、ミッション意義・成立性等を踏まえ**平成３１年度に選定する。**

３．１ 火星衛星サンプルリターン計画 （MMX）



- クリティカル技術（試料サンプリング装置・地球帰還カプセル等）のリスク低減を目的とし、平成29年度より「開発研究」として、探査機システムやクリティカル技術に関して、一部要素試作を含む作業を実施している。平成31年度（2019年度）開発着手に向け、フロントヘビーなシステム検討等、プリプロジェクト活動を実施中。
- 海外機関との国際協力
  - CNES（フランス国立宇宙研究センター）とは、観測機器/近赤外線分光器、フライトダイナミクス、小型ランダの搭載可能性等について、概念検討を進めている。
  - NASAが中性子ガンマ線分光計の提供を前提として、開発の準備を進めている。

３．戦略的に実施する中型計画（続き）

３．２　戦略的中型ミッション候補

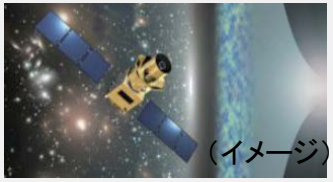
以下のミッションについては、平成28年度からプロジェクトの準備となる活動を進めてきており、平成30年中に完了させ、選定に進む予定。

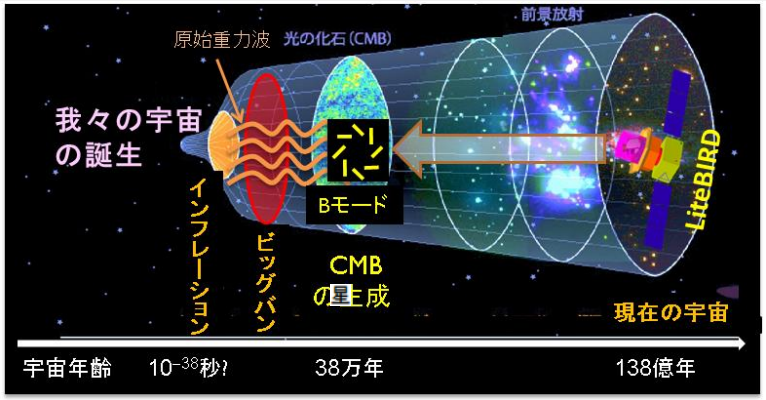
- 「次世代赤外線天文衛星（SPICA）」
  - 2020年代中期の打上げを目指し、日欧の国際共同ミッションとして、ESAのMクラスミッション「Cosmic Vision M-class」※に応募し、現在一次選抜が行われている。結果は平成30年5月頃に発表の見込み。　※ ESA側の拠出資金の上限は550Mユーロ。
- 「宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）」
  - 先行検討中のクリティカル技術である偏光変調器に使用する広帯域回転半波長板の開発において、「モスアイ」方式による広帯域化の試作に成功する等、開発要素検討の進展を踏まえ、衛星全体システム検討を並行で実施。
- 「ソーラー電力セイルによる外惑星領域探査の実証」
  - セイルサイズを小規模化してイカロスの成果を適用できるようにすることにより、ミッションの実現性を高めた。木星のトロヤ群小惑星到着後の科学観測の意義について、国際審査の受審を行っている。
- 科学技術・学術審議会の「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想ロードマップ　-ロードマップ2017-」に採択
  - 182計画からなる日本学術会議の「マスタープラン2017」から、特に計画の着手・具体化に向けて緊急性及び戦略性が高いと認められた7計画の内の2つにSPICAとLiteBIRDの両計画が採択された。

前々回提示資料再掲

戦略的中型2ミッション候補

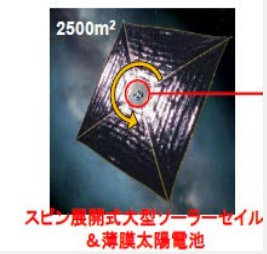
LiteBIRD
宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD

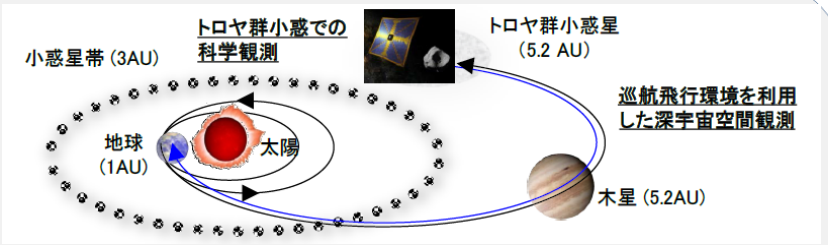




宇宙誕生の瞬間、宇宙・時空を創る法則という究極理論の答えるインフレーション宇宙仮説（熱いビッグバン以前の宇宙を記述する最も有力な仮説。）に答えるため、「宇宙最古の光」であるCMBに着目し、CMBの偏光を全天で観測し、インフレーション仮説が予言する原始重力波の痕跡を検出する。

SolarSAIL
ソーラー電力セイル探査機による外惑星領域探査の実証





ソーラー電力セイルによる外惑星領域探査を実証することを目的として、ソー ラー電力セイルによる航行、トロヤ群小惑星へ到着・滞在し、科学観測（リモー ト観測、その場分析）などを行う。トロヤ群小惑星探査から、その起源を把握し、太陽系初期に巨大惑星である木星が大移動したことの情報が得られることが期待される。

4. 公募型小型計画

宇宙基本計画工程表「第16回宇宙開発戦略本部会議」より

■ **公募型小型計画2の候補を選定**するとともに、平成34年度・同36年度の打上げを目指した**公募型小型計画3・4の公募を実施**した。

■ 公募型小型計画に関して、小型月着陸実証機（SLIM）については、平成32年度の打上げを目指し開発を進めるとともに、**公募型小型計画の具体化に向けた開発研究を進める。**

- 理工学委員会の推薦を受け、宇宙研にて**『DESTINY+』（深宇宙探査技術実証機）(次頁参照)を公募型小型2として選定した。開発研究及びプロジェクト化の準備**を進めている。
- 公募型小型3に向けては、『小型JASMINE』（赤外線位置天文観測ミッション）に加え、平成29年秋に公募型小型3,4の公募を実施し、現在候補の選定を行っている。

2・3・4号機の検討（イメージ）
※工程表より抜粋し、追記

4．1 深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）

公募型小型計画2として、DESTINY+の立ち上げに向けた準備を進めている。

○ミッション目的

工学目的１：電気推進の活用範囲拡大

電気推進による宇宙航行技術を発展させ、電気推進の活用範囲を拓く。

工学目的２：小天体探査の機会拡大

フライバイ探査技術を獲得し小天体探査の機会を広げる。

理学目的１：地球飛来ダストの実態解明

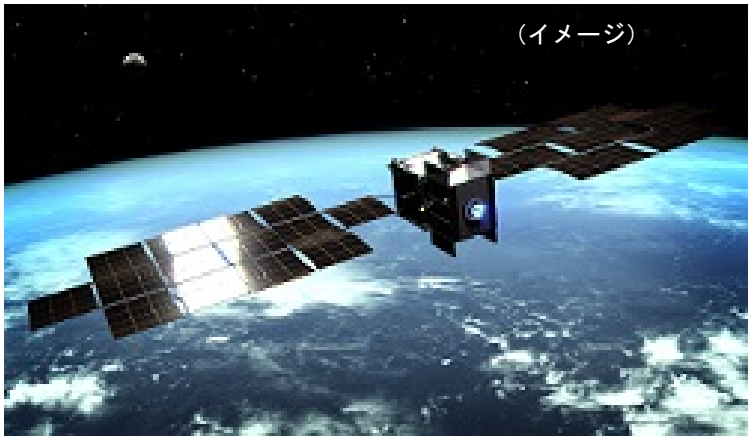
地球飛来ダストの輸送経路（惑星間及びダストトレイル）及び特定される出発地点（流星群母天体）において、ダストの物理化学特性をその場分析し、ダストの実態と由来を明らかにする。

理学目的２：地球飛来ダストの特定供給源である流星群母天体の実態解明

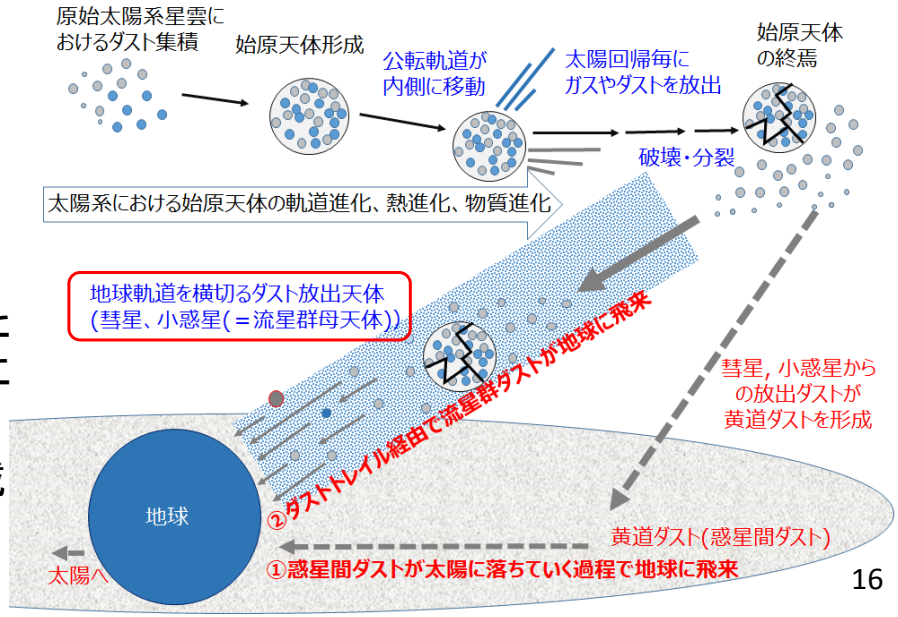
流星群母天体である活動小惑星Phaethonの形状、表層地形、表層物質分布を観測し、ダスト生成・放出機構、地球近傍小惑星の天体分裂機構に制約を与えると共に、太陽加熱が近太陽小惑星の表層地形や物質に与える影響を調べる。

○現状

- 宇宙研での所内審査を踏まえ、経営審査に向けた準備を行っている。審査終了後に、平成30年度にプリプロジェクト化を予定。
- DLRとのダストアナライザ（カッシーニ探査機搭載モデルを高性能化）の提供の検討を行う実施覚書を11月に締結。



①様々な天体由来の惑星間ダストの全体像及び由来を明らかにしたい。
②1auに流入する星間ダストの化学組成(特に炭素、有機物存在度)を理解したい。
③流星群母天体である小惑星からのダスト放出機構を理解したい。



４．２　公募型小型計画・宇宙科学ミッション提案

- 2018年1月29日締切りで提案を募集し、下表の６件を受理
- 理工学委員会にて、これら提案の評価を実施中

No	種別	提案名	PI機関
1	工	分散超小型プローブ展開踏査（SPUR）	東京大学
2	理	高感度EUV/UV分光望遠鏡（Solar-C_EUVST）	国立天文台
3	理	ペネトレータ計画（APPROACH）	JAXA/ISAS
4	理	磁気リコネクション・粒子加速ミッション（PhoENiX)	国立天文台
5	理	全大気圏衛星観測-超伝導サブミリ波リム放射サウンダ（SMILES-2）	京都大学
6	理	ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画（HiZ-GUNDAM)	金沢大学

なお、小型赤外線位置天文衛星（JASMINE）は前回公募にて理工委員会より推薦され、国際科学審査を実施中。

５．　多様な小規模プロジェクト群

宇宙基本計画工程表「第１６回宇宙開発戦略本部会議」より

■人材育成の観点から、**国際プロジェクトへの参加国際プロジェクトへの参加**や小型・小規模プロジェクトの機会を活用した特任助教（テニュアトラック型）の制度検討を実施した。

■欧州宇宙機関が実施する**木星氷衛星探査計画（JUICE）への参画**等、小型衛星・探査機やミッション機器の開発機会を活用し、特任助教（テニュアトラック型）の制度を平成３０年度に導入する。

欧米の基幹ミッションへの日本の得意技術のハードウエアの供給要請がある昨今の状況を踏まえ、宇宙科学・探査ロードマップにおける「多様な小規模プロジェクト群」は、欧米のフラッグシップミッションに部分参加する「戦略的海外協同計画」と多様な飛翔機会を用いた「小規模計画」との２つのカテゴリーに分けて推進している。

- 戦略的海外協同計画
  - 日本の探査機に搭載した観測機器等の供給等により、ESA基幹ミッションである木星氷衛星探査計画（JUICE）に参画している。（次頁参照）
  - はやぶさで獲得したサンプルリターン技術を生かし、米国ニューフロンティア計画の候補（CAESAR)にも参画している。
- 小規模計画
  - 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した計画等を、国内外の研究者に公募により幅広く提案を受けつけ実行。現在、8件（総額約4億円）を実行中。

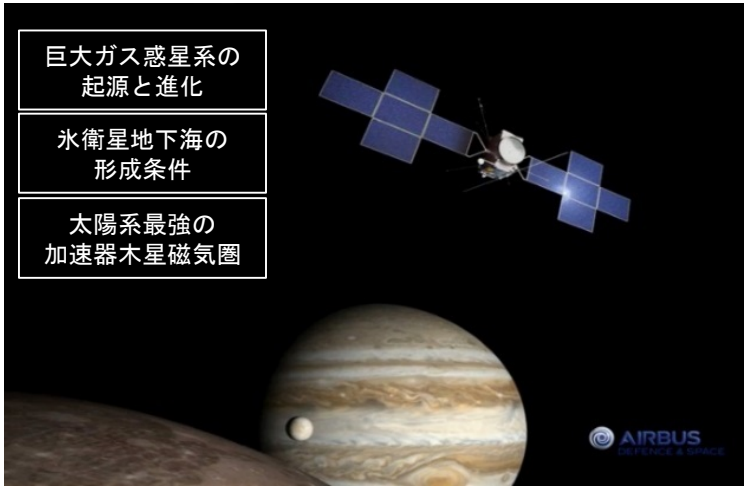
５．１　木星氷衛星探査計画（JUICE）（Jupiter Icy Moons Explorer）

多様な小規模プロジェクト群「戦略的海外協同計画」の一つとして、欧州宇宙機関（ESA）の基幹ミッションである「木星氷衛星探査計画（JUICE）」に、観測機器の一部の開発・提供及びサイエンス共同研究により参画すべく準備を進めている。海外大型計画への国際協力により効果的・効率的に成果創出を目指す。

＜ミッション目的＞

木星周回軌道から木星系の観測（磁気圏、木星大気、エウロパ・カリストのフライバイ観測）を実施し、**世界初の氷衛星周回機となって**太陽系最大の氷衛星ガニメデの**総合観測**を実施することで、以下の理解・解明を目指す。

- **「惑星はいかにして作られたのか？」**太陽系以外にも適用できる普遍的な惑星形成論を構築し、太陽系形成論を見直す。
- **「地球の外に水の海はあるか？」**氷衛星の地下海、生命誕生につながる高分子が生成する環境が作られる条件を探る。
- **「太陽系で起きている環境の変動にはどのようなものがあるのか？」**木星（JUICE）、水星（MMO）、地球（あらせ）のプラズマ過程を比較を行うことで、宇宙のプラズマ過程を理解する。



＜参加形態＞

JAXAは、11の搭載観測機器のうち、我が国が**実績と**技術的な優位性を持つ3つの機器（**電波・プラズマ波動観測装置、高速中性粒子観測装置 、ガニメデレーザ高度計**）についてハードウェアの一部を開発・提供するとともに、2つの機器（カメラシステム、磁力計）のサイエンス共同研究者として参加する。

＜得られる成果＞

- 外惑星探査に関わる技術の獲得、惑星・生命科学の新知見の創出。
- 国際協力プロジェクトへの参画により、将来の我が国の宇宙科学研究者の人材育成に貢献。

探査機主要諸元
- 重量：2,200kg（ドライ）、2,900kg（推進薬含む）
- 電力：約180W

打上げ年度（予定）：2022年度
打上げロケット：アリアンロケット（欧州が打上げ）

運用期間：　11年間（2022～2033年）
2022年打上げ、2030年木星系到着、2032年ガニメデ周回軌道投入、2033年ミッション完了（予定）

探査機システム担当：ESA（欧州宇宙機関）
観測機器担当：各国機関（日本も一部参画）

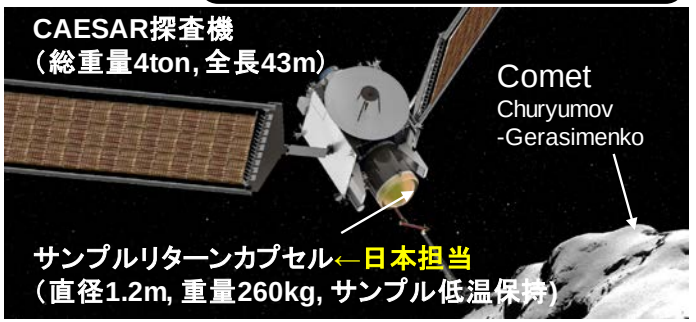
５．２ 彗星サンプルリターン計画（CAESAR）（検討中）

・CAESAR（Comet Astrobiology Exploration Sample Return）は、Churyumov-Gerasimenko彗星（Rosettaが探査した彗星）の彗星核から彗星固体物質と彗星揮発性物質を地球に持ち帰る世界初の計画であり、国際共同チーム（NASA-GSFC, NASA-JSC, Orbital ATK, Honeybee, JAXAが協力）で進めている。

・JAXAは、「CAESARミッションの成功に必須であるサンプルリターンカプセル(SRC)の開発依頼」に応じて、2015年9月からこの活動に参加しており、「はやぶさ」のヘリテージを踏まえて、主要サブシステムの一つであるSRCとその周辺システムの開発を担当する。同時に、日本の科学者の「はやぶさ」サンプル分析での知見、経験を生かした地球外物質・有機物分析科学分野での貢献が期待されており、日本の科学者も、サンプルの初期分析から関わることになっている。

・ 2017年12月に、NASAの New frontiers program 4 の１次選考において、最終選考に臨む2つのミッションの一つとして選定された。最終選考にむけ、検討を進めている。

2017年12月	NASA１次選考（通過）
2019年7月	NASA最終選考
2022年4月	SRC開発完了
2024年8月	CAESAR打ち上げ
2029年3月	彗星到達
2038年11月	地球帰還

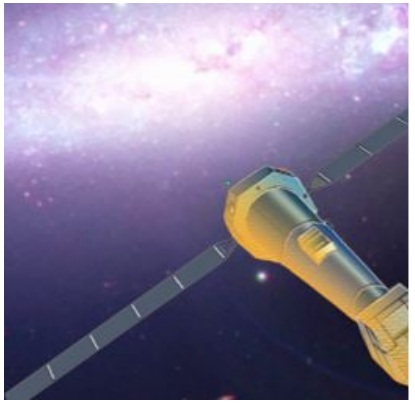


５．３　L-2大型X線観測衛星計画（Athena）（検討中）

・ESA は CosmicV ision L-Class ２号機として大型X線望遠鏡計画を選出し、2014年、Athena 計画の概念検討を開始。　予算規模 10億ユーロ以上。

・ASTRO-H衛星 / XARM 衛星の非分散型（カロリメータ）軟X線分光器の発展である高感度・高エネルギー分解能観測装置X-IFU と広視野X線観測装置 WFI を搭載予定。

・日本の主要な貢献は、X-IFU 冷却システムの供給で、現在CNESと技術実証のための冷凍機システム試験(CCCTP*) を実施中。科学計画策定のための Science Working Groupにも参加。



*：CCCTP：Cryogenic Chain Core Technology Program

６．１　SS-520 5号機の打上げ結果

■実験概要

- 民生品を適用したロケット・衛星の技術開発を行い、3kg程度の超小型衛星の軌道投入、搭載品の軌道上実証を実施
- 本実験は、経産省の公募事業「宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業」に基づいて計画を整備、実施したもの。
- 平成29年1月の4号機による実験失敗を受け、技術対策を施して再打上げを行った。

■実施結果

- 平成30年2月3日（土）14時03分00秒（日本標準時）に打上げを実施した。
- ロケットは、計画通り飛行し、実験実施後約7分30秒に超小型衛星TRICOM-1R（トリコム・ワンアール）を分離、軌道投入に成功した。超小型衛星は「たすき」と命名された。
- TRICOM-1R（たすき）は、軌道上寿命は当初の30日程度を大幅に上回る5ヵ月以上を達成する見込み。現在も軌道上で正常に動作している。主ミッションのStore & Forward実験のほか、即時観測実験、民生カメラモジュールによる地球撮像も計画通り実施され、初期の目標は達成された。

SS-520 5号機の発射時の様子

民生搭載カメラモジュールによる取得画像

６．２　観測ロケットによる人材育成の強化

1. 観測ロケットの打上げ基盤（＝実飛翔環境）を今後も最大限に活用し、実証を目指す技術開発、人材育成を推進する。得た成果を宇宙科学研究所の将来ミッション創出に役立て、研究開発・プロジェクト実行力を一層向上させる。

2. 職員の世代交代（技術伝承）を考慮した機体運用体制を再構築する。所内の慢性的な人手不足解消に向けては、ルーチンワークのアウトソーシング化に取り組む。

3. 観測ロケット運用に係る職員の業務効率を改善させ、エフォートの一部は基礎研究（輸送系分野等）にも適宜割り当てるなど、所内リソースの改善を図り、先端研究開発の加速、成果最大化を目指す。

4. SS-520 5号機の成果を踏まえ、民間資金等を含む外部資金を積極的に活用し、観測ロケットの価値向上、機体次世代化・低コスト化および高機能化（技術研究含む）を進める（部品共通化、量産前提合理化設計、準備期間短縮等の実現）。

６．３　小規模プロジェクト等による人材育成の強化

宇宙基本計画工程表「第16回宇宙開発戦略本部会議」より

■人材育成の観点から、国際プロジェクトへの参加や**小型・小規模プロジェクトの機会を活用した特任助教（テニュアトラック型）の制度検討を実施**した。

■欧州宇宙機関が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）への参画等、**小型衛星・探査機やミッション機器の開発機会を活用し、特任助教（テニュアトラック型）の制度を平成30年度に導入する**。

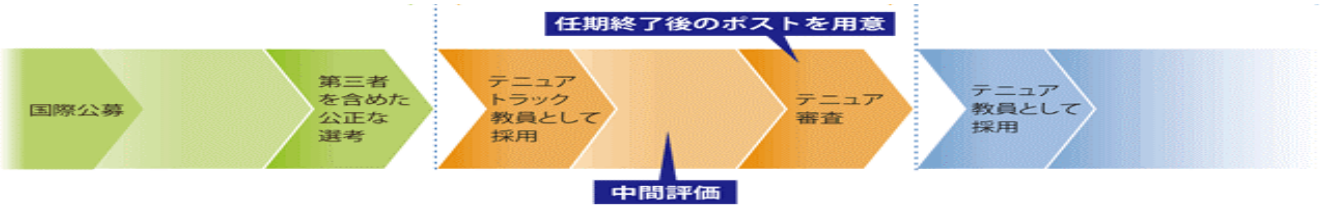
- 平成29年度中に特任助教(テニュアトラック型）の制度を制定した。**小規模プロジェクト等の機会を活用した特任助教の公募を開始し、平成30年度に採用する予定。公募分野を以下に示す。**

  〇太陽系科学研究系　（惑星探査）

  〇太陽系科学研究系　（地球外物質分析）

  〇宇宙機応用工学研究系　（探査システム）

- 採用の後、JUICE等の小規模プロジェクトに原則5年の任期で参加し、研究成果とともに技術力、マネジメント能力も評価するテニュア審査により、無期の教員として雇用する。



６．４　国際協力ミッションの意義

- 宇宙研では近年、国際協力による宇宙科学ミッションを重視。具体的には、日本のミッションへの海外パートナーの参画、海外ミッションへの日本の参画の両面が重要。
- 厳しい財政状況を踏まえ、効果的・効率的に成果を創出するため、今後とも国際協力ミッションの実現を進めていく方針。
- 欧米は日本に対し、我が国が強みがあるサンプルリターン等の探査関連技術や、冷凍機技術、センサ技術等での参画を期待している。

国際協力のメリット

① より付加価値の高い宇宙科学ミッションをより安価に実現

日本のミッションに海外機関等が優れたハードウェアの提供で参画することで、経費を縮減しつつ、より顕著な成果を創出する。

② ミッション実施機会の拡大が可能

我が国の強みを活かし、海外の大型ミッション等にJAXAが参加し、ミッション実施機会を拡大する。これにより、少ない資金で、ミッション実施頻度の低下が課題となっている宇宙科学コミュニティや、我が国の技術基盤の維持・強化が可能。

③ 国際交流によるコミュニティの活性化及び人材育成

国際協力による多様かつ優れた人材との交流機会を通じ、宇宙科学コミュニティ活性化や次世代人材育成に寄与。

JAXA主導ミッション

XARM

NASAが主センサを提供

MMX

NASA, CNES, ESA等がセンサ等を提供予定

DESTINY+

DLRがセンサを提供予定

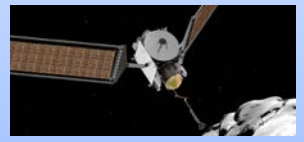
海外主導ミッション

JUICE

JAXAが高度計等のセンサの一部を提供予定

CAESAR

JAXAがサンプルリターンカプセルを提供予定



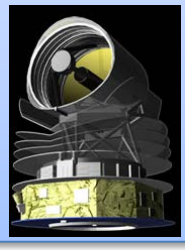
国際共同ミッション

Bepi Colombo

JAXAが水星磁気圏探査機を、ESAが水星表面探査機と電気推進モジュールを提供

SPICA

JAXAが冷凍機等を、ESAが観測モジュール等を提供



６．５　基盤的事業による人材育成の強化

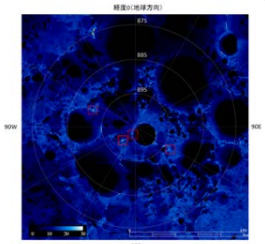
将来の宇宙科学の動向を見据え、宇宙研の基盤的事業として取り組むべき以下の新規グループを新設し、事業を推進するとともに、人材育成を行っている。

■深宇宙追跡技術グループ

今後の太陽系探査等を推進するにあたり、深宇宙追跡に関する情報や技術力を一元的に集約し発展させ、また国際的な窓口を一本化する必要があることから、平成28年度より「深宇宙追跡技術グループ」を設置。現在、深宇宙追跡に関する情報の管理、技術開発計画の立案、国際調整などを行い、技術の蓄積と人材の育成を図っている。

■月惑星探査データ解析グループ

世界トップクラスの月・惑星科学研究成果を創出し、かつ自立的な探査戦略・計画を立案していくために、JAXAが大量の探査データを高次処理・解析し、その結果（地質図等の「プロダクト」）を理工学研究者・探査関係者のコミュニティーに提供する必要があり、平成28年度より「月惑星探査データ解析グループ」を設置。現在、月の地質解析による小型月着陸実証機（SLIM）のミッション意義の拡大及び着陸地点の検討等に活用している。



月南極域日照時間

■先端工作技術グループ

最新鋭の工作機械を備えた先端工作技術グループ（工作室）を平成27年度設置。クロスアポイント制度などにより、高い加工技術をもつ技術者を確保し、ＪＡＸＡ各部門から難度の高い工作を継続的に受注している。宇宙機機構品の試作検討過程の充実、研究のスピードアップ、開発経費の大幅削減に貢献している

■地球外物質研究グループ

はやぶさ、はやぶさ２、ＭＭＸなどからもたらされる地球外物質のキュレーション業務と関連する学術研究を統一的に行うため、平成27年度に、外部よりグループ長を迎えて地球外物質研究グループを設置。はやぶさサンプルを用いた学術研究、はやぶさ２の受入準備、探査機搭載用高精度質量分析器の開発準備などを行っている。

以降　参考

【参考】　宇宙科学探査交流棟について

オープン日：平成30年2月2日（金）

記念式典：平成30年2月2日（金）午後に実施

式典参加者：

主賓：地元選出議員3名、MEXT研究開発局長、
相模原市長、JST理事長

MEXT、内閣府関係者、市幹部、相模原市議、
消防、警察、地元自治会、商店街の方他

取材：町田経済新聞等地元メディアを中心に10社

公開状況

・公式サイト（http://www.isas.jaxa.jp/visitor/）を運用中

・平成30年3月からの団体見学予約の受付を開始している

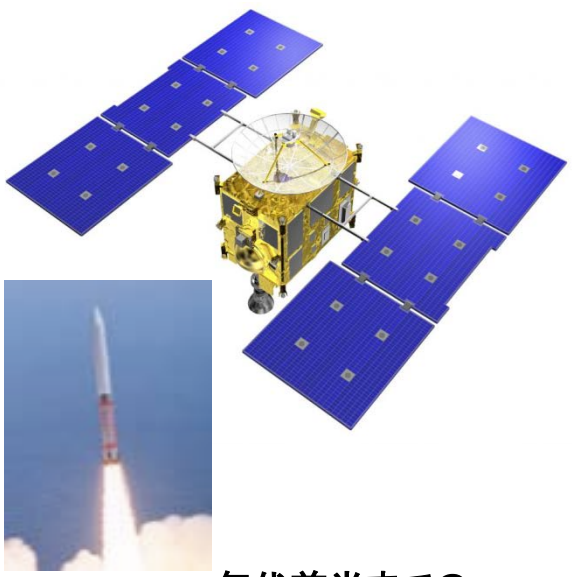
記念式典でのテープカット

左から、JST濵口理事長、加山相模原市長、あかま内閣府副大臣、
JAXA奥村理事長、義家衆議院議員、もとむら衆議院議員、MEXT佐伯局長。

建物外観と内観

Ⅲ．今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

宇宙科学における宇宙理工学各分野の今後のプロジェクト実行の戦略に基づき、厳しいリソース制約の中、従来目指してきた大型化の実現よりも、中型以下の規模をメインストリームとし、中型（H2クラスで打ち上げを想定）、小型（イプシロンで打ち上げを想定）、および多様な小規模プロジェクトの3クラスのカテゴリーに分けて実施する。



2000年代前半までの
典型的な科学衛星ミッション
M-Vロケットによる打ち上げ

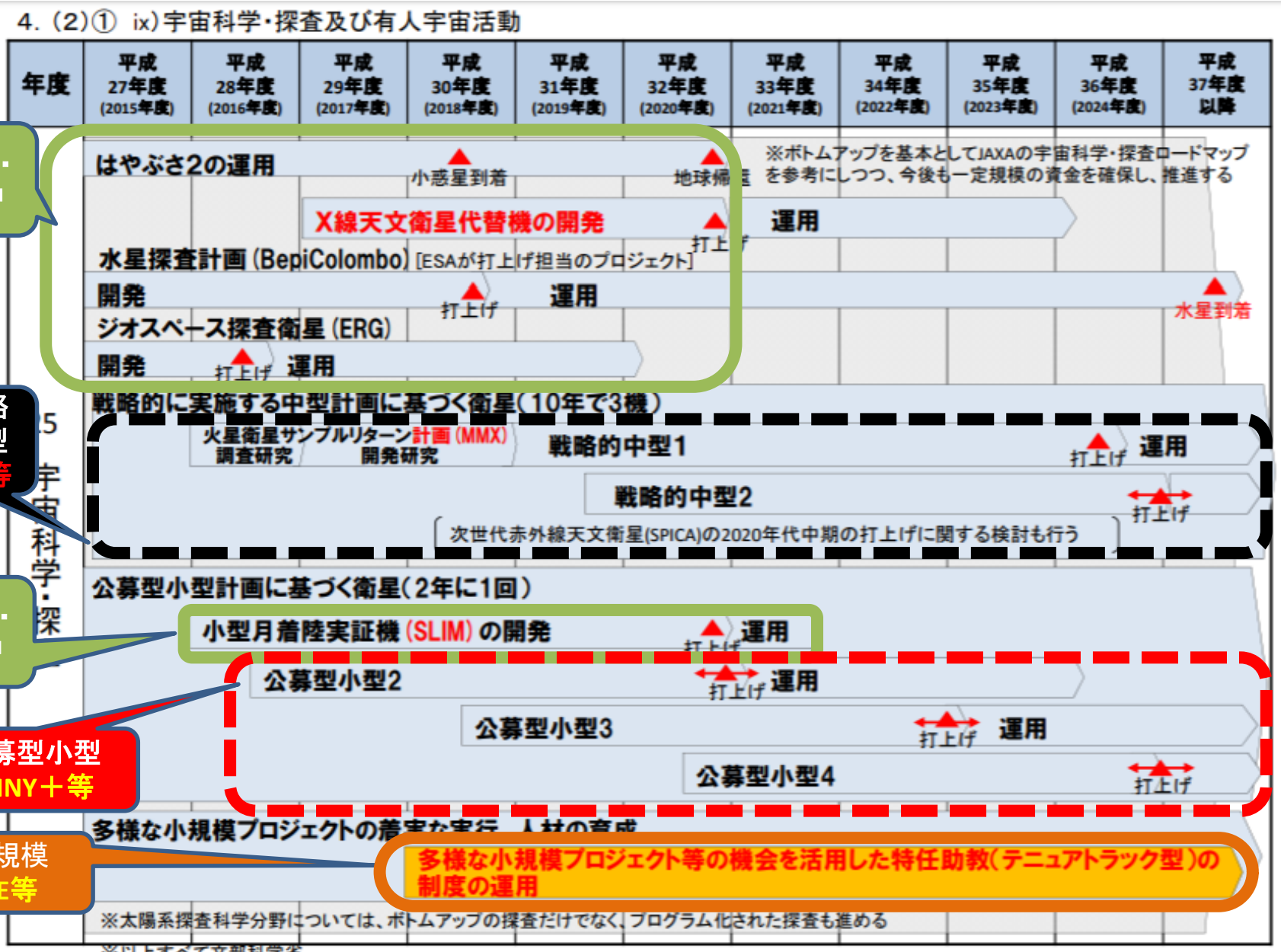
戦略的に実施する中型計画（300億程度）
世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダとして実施する。
多様な形態の国際協力を前提。

公募型小型計画（100-150億規模）
高頻度な成果創出を目指し、機動的かつ挑戦的に実施する小型ミッション。地球周回/深宇宙ミッションを機動的に実施。現行小型衛星計画から得られた経験等を活かし、衛星・探査機の高度化による軽量高機能化に取り組む。等価な規模の多様なプロジェクトも含む。

多様な小規模プロジェクト群（10億/年程度）
海外ミッションへのジュニアパートナとしての参加、海外も含めた衛星・小型ロケット・気球など飛翔機会への参加、小型飛翔機会の創出、ISSを利用した科学研究など、多様な機会を最大に活用し成果創出を最大化する。

宇宙科学・探査工程表

宇宙基本計画工程表（平成29年度改訂）（H29/12/12宇宙開発戦略本部決定）より抜粋



25　宇宙科学・探査

成果目標

【基盤】 学術としての宇宙科学・探査について世界的に優れた成果を創出し人類の知的資産の創出に寄与するとともに、我が国の学術研究と宇宙開発利用を支える人材を育成する。

平成29年度末までの達成状況・実績

■X線天文衛星代替機について、ASTRO－Hの運用異常の教訓を適用した上で、開発に着手した。
■戦略的中型計画1の候補である火星衛星サンプルリターン計画（MMX）の開発研究に着手した。戦略的中型計画2の候補について、平成31年度の選定へ向け、技術検討等を実施した。
■小型月着陸実証機（SLIM）について、平成32年度のH－ⅡAロケットによる打上げへの変更、科学意義の向上等のため見直し検討を実施し、基本設計を進めた。
■公募型小型計画2の候補を選定するとともに、平成34年度・同36年度の打上げを目指した公募型小型計画3・4の公募を実施した。
■人材育成の観点から、国際プロジェクトへの参加や小型・小規模プロジェクトの機会を活用した特任助教（テニュアトラック型）の制度検討を実施した。

平成30年度以降の取組

■X線天文衛星代替機について、平成32年度の打上げを目指し引き続き開発を進める。
■戦略的中型計画1の候補である火星衛星サンプルリターン計画（MMX）について、平成31年度開発着手・同36年度打上げを目指し、開発研究を継続する。また、戦略的中型計画2の候補ミッションの技術検討等を行い、ミッション意義・成立性等を踏まえ平成31年度に選定する。
■公募型小型計画に関して、小型月着陸実証機（SLIM）については、平成32年度の打上げを目指し開発を進めるとともに、公募型小型計画の具体化に向けた開発研究を進める。
■欧州宇宙機関が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）への参画等、小型衛星・探査機やミッション機器の開発機会を活用し、特任助教（テニュアトラック型）の制度を平成30年度に導入する。

前回提示資料再掲

【参考】 NASA 宇宙科学・探査プログラム（主要計画）

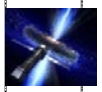
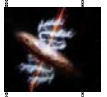
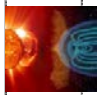
- NASAはDecadal Surveyを踏まえ、各プログラム毎に公募によりミッションを選定。大規模ミッションでは事前に優先分野が提示されて、NASAによる決定・公募がある。

カテゴリ	NASA支出規模	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Flagship-mission	10億-30億ドル ※ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は約90億ドル	マーズ・サイエンス・ラボラトリー							ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡			MARS 2020 ローバー		Europa Mission (2022?)		Wide Field Infrared Survey Telescope(WFIRST)			
New Frontier mission	10億ドル以下		木星探査機 ジュノー					小惑星サンプルリターン オシリス・レックス									New Frontir4 公募中		
Discovey-mission ※Mission Of Oppotunity（非NASAミッションへの観測機器等の提供）を含む	450百万ドル+launch以下		月探査機 グレイル							火星着陸機 インサイト		木星トロヤ群 小惑星探査機ルーシー			小惑星探査機 サイキ				
											ESA彗星探査機 BepiColomboへ観測機器を提供								
Explorers mission ※Mission Of Oppotunity（非NASAミッションへの観測機器等の提供）を含む	MIDEX 200百万$ SMEX 120百万$ 他Mission of Oppotunity ※各Launch別	X線天文衛星 NuSTAR					電離層観測衛星 ICON						トランジット系外惑星探査衛星 TESS			MIDEX 公募選考中 SMEX 公募選考中			
		太陽観測衛星 IRIS					JAXA ASTRO-H 観測機器を提供												

前回提示資料再掲

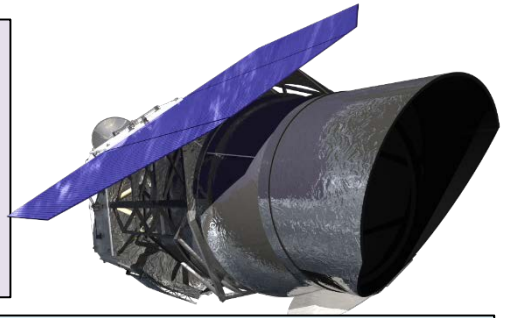
【参考】 ESA宇宙科学プログラム「COSMIC VISION」

- ESAは「Cosmic Vision2015-2025」による各分野網羅的な宇宙科学プログラムを長期計画として展開（2007年公募ミッション以降）。
- 本長期計画に基づき、規模別にミッションを公募で競争的に選定し、実施。

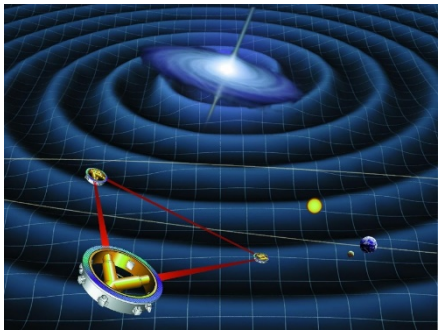
カテゴリ	ESA支出規模・頻度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Large-Mission	10億€（3機/20年）		*水星探査計画「Bepi Colombo」（前枠組みでの実施）*					L1 木星探査計画「JUICE」						L2 X線天文台計画「ATHENA」 						L3 重力波観測計画「Gravitational wave 	
Midium-Mission	5億€（1機/2,3年）			M1 太陽観測衛星「Solar Orbiter」		M2 暗黒物質計画「Euclid」				M3 系外惑星探査衛星「PLATO」		M4 選定中			M5 選定中			M6 予定			M7 予定
Small-Mission	0.5億€（1機/3,4年）			S1 系外惑星観測「CHEOPS」			S2 太陽風磁気圏観測「SMILE」 								S3 予定				S4 予定		
Missions of opportunity（海外主導ミッションへの参加）	0.5億€		海外機関からの要請に基づき、適宜実施を判断。																		

【参考】WFIRST計画　NASA宇宙物理の次期基幹ミッション

口径2.4m望遠鏡を用いた広視野近赤外線観測で以下を進める。
・宇宙の暗黒エネルギーの解明
・重力マイクロレンズ法による太陽系外惑星観測
・広視野サーベイ天文学
技術実証として、太陽系外惑星直接観測のためのコロナグラフ装置も搭載。



WFIRST への日本の参加
・これまで、**ハッブル宇宙望遠鏡、JWST望遠鏡などの基幹的な宇宙物理学ミッションに日本は直接参加できていない。**
・現代天文学の**王道を進む大型計画（総予算$3.2B）へ国際協力として参加**し、主体的な研究成果を得ることをめざす。
・2015年の Science Definition Team 活動、フェーズAの Formulation Science Working Group 活動にJAXA 代表も参加。
・すばる望遠鏡など地上望遠鏡による協調観測による貢献、コロナグラフ観測装置への偏光観測機能供給（原始惑星系円盤観測の充実、将来の系外惑星観測に重要な偏光波面誤差制御による高コントラスト観測機能実証）などでの貢献を推進し**日本の研究者の FSWG 活動への参加が認められている**。

【参考】 LISA 計画　ESA Cosmic Vision L-3 重力波ミッション

・ESA は Cosmic Vision L-Class 3号機として重力波望遠鏡計画を2015年に選出し、2017年、Laser Interferometer Space Antenna (LISA) 計画の概念検討を開始。
予算規模は10億ユーロ以上。
・我々の銀河系内のコンパクト連星の形成と進化、宇宙史にわたる 巨大BHの形成と進化、強重力場における相対論研究。
・現在のところ、世界で唯一の具体的なスペース重力波計画である。
2016年、LISA Path Finder 衛星によりdrag free制御を実証し基礎技術を確立。
・ LISA への貢献の可能性、日本の将来計画の策定を進めている。