

## 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や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ェ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。

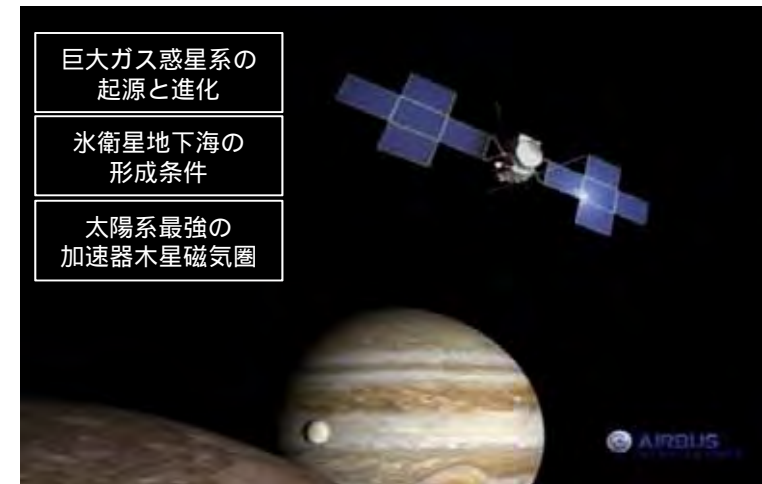
- 「惑星はいかにして作られたのか？」太陽系以外にも適用できる普遍的な惑星形成論を構築し、太陽系形成論を見直す。
- 「地球の外に水の海はあるか？」氷衛星の地下海、生命誕生につながる高分子が生成する環境が作られる条件を探る。
- 「太陽系で起きている環境の変動にはどのようなものがあるのか？」木星(JUICE)、水星(MMO)、地球(あらせ)のプラズマ過程を比較を行うことで、宇宙のプラズマ過程を理解する。

## <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



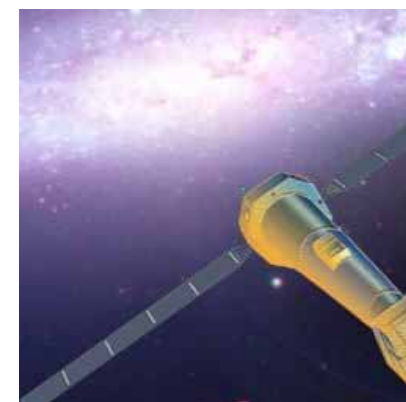
## 5. 3 L-2大型X線観測衛星計画 (Athena) (検討中)

・ESAはCosmic Vision 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カ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 21  
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。

太陽系科学研究系 (惑星探査)

太陽系科学研究系 (地球外物質分析)

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

### 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。

### 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。

### 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。

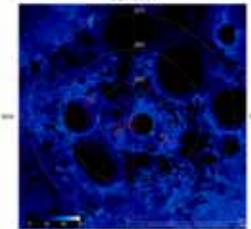
### 深宇宙追跡技術グループ

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に提供する必要があるため、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仕事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 to 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



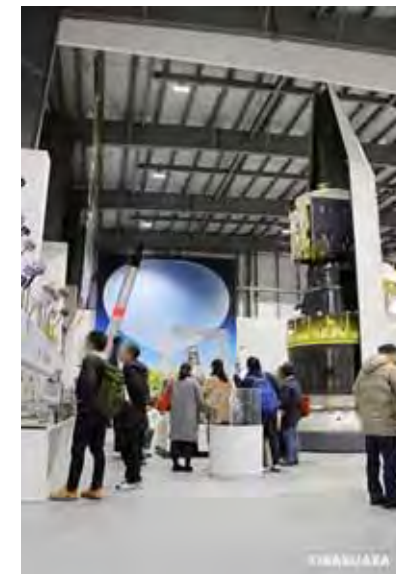
©町田経済新聞社

記念式典でのテープカット

左から、JST濱口理事長、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。

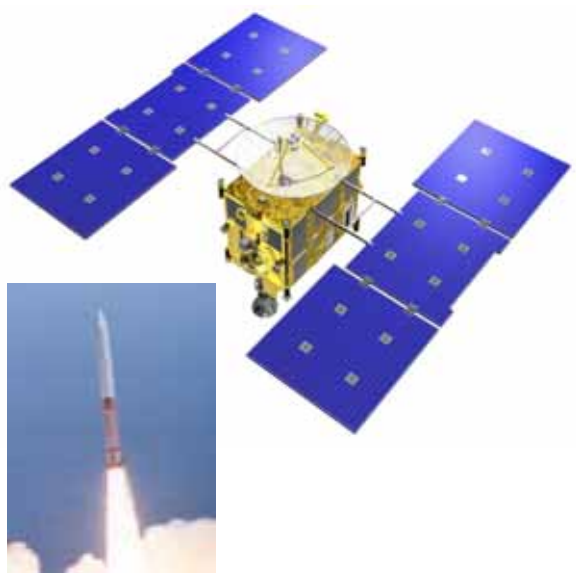


建物外観と内観



## 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ーとして実施する。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ーとしての参加、海外も含めた衛星・小型ロケット・気球など飛行機会への参加、小型飛行機会の創出、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

## 4. (2) ① ix) 宇宙科学・探査及び有人宇宙活動

年度	平成 27年度 (2015年度)	平成 28年度 (2016年度)	平成 29年度 (2017年度)	平成 30年度 (2018年度)	平成 31年度 (2019年度)	平成 32年度 (2020年度)	平成 33年度 (2021年度)	平成 34年度 (2022年度)	平成 35年度 (2023年度)	平成 36年度 (2024年度)	平成 37年度 以降
はやぶさ2の運用				▲小惑星到着			▲地球帰還				
X線天文衛星代替機の開発											
水星探査計画 (BepiColombo) [ESAが打上げ担当のプロジェクト]											
開発											
打上げ											
運用											
ジオスペース探査衛星 (ERG)											
開発											
打上げ											
運用											
水星到着											▲
5 宇宙科学・探査											
戦略的に実施する中型計画に基づく衛星(10年で3機)											
火星衛星サンプルリターン計画 (MMX) 調査研究 開発研究 戦略的中型1											
打上げ 運用											
戦略的中型2											
次世代赤外線天文衛星(SPICA)の2020年代中期の打上げに関する検討も行う											
打上げ											
公募型小型計画に基づく衛星(2年に1回)											
小型月着陸実証機 (SLIM) の開発											
打上げ 運用											
公募型小型2											
打上げ 運用											
公募型小型3											
打上げ 運用											
公募型小型4											
打上げ											
多様な小規模プロジェクトの着実な実行 人材の育成											
多様な小規模プロジェクト等の機会を活用した特任助教(テニュアトラック型)の制度の運用											

①開発・運用中

②戦略的中型  
MMX等

①開発・運用中

③公募型小型  
DESTINY+等

④小規模  
JUICE等

※太陽系探査科学分野については、ボトムアップの探査だけでなく、プログラム化された探査も進める  
※以上すべて文部科学省



## 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。
















## 【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	10億-80億ドル ※ジェームズ・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 						ジェームズ・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 Frontier4 公募中 	
Discovery-mission ※Mission Of Opportunity (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 ダレイル 						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 木星探査機 BepiColomboへ観測機器を提供 						
Explorers mission ※Mission Of Opportunity (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 Opportunity ※各Launch別	X線天文衛星 NuSTAR 				電離層観測衛星 ICON 			JAXA ASTRO-H 観測機器を提供 		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 	

## 【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。

