

# ISASの宇宙科学・探査 の現状について

平成29(2017)年2月13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

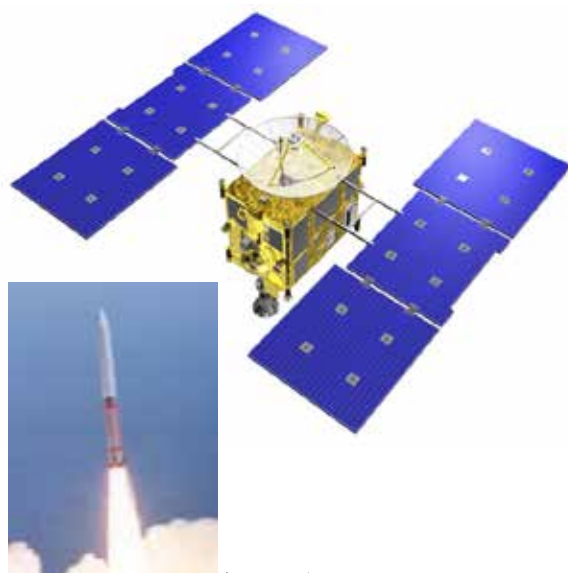
- 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所は、新宇宙基本計画及び工程表(平成27年1月9日 宇宙開発戦略本部決定)に従い、宇宙科学・探査の実行に取り組んでいる。

「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、今後とも一定規模の資金を確保し、推進する。」(宇宙基本計画より)

- これをベースに、これまでも宇宙科学・探査小委員会において、開発中・運用中の宇宙科学・探査プロジェクトの状況の報告を行ってきている。

## 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。

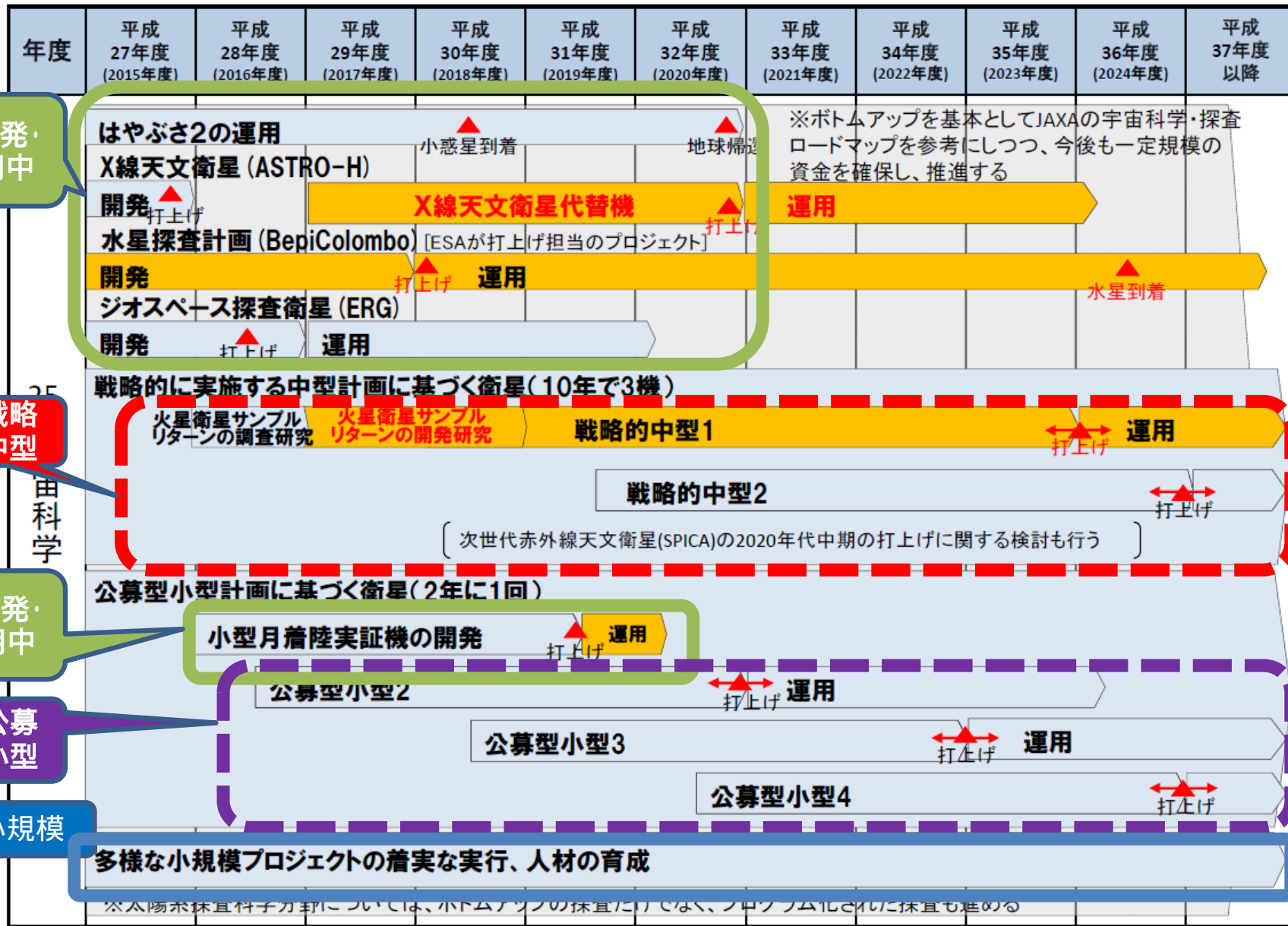
### 多様な小規模プロジェクト群(10億/年程度)

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28年度改訂)(H28/12/13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



※太陽系探査科学分野については、ボトムアップの採算だけでなく、プログラム化された採算も進める

※以上すべて文部科学省

# 開発中(概算要求中を含む)・運用中の 宇宙科学・探査プロジェクト

第9回宇宙科学・探査小委員会での報告。以降の進捗は以下の通り。

金星探査機「あかつき」【平成22年5月打上げ】

小惑星探査機「はやぶさ2」【平成26年12月打上げ】

ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)【平成28年12月打上げ】

12月20日イプシロン2号機により打上げ(宇宙政策委員会にて報告)

水星探査計画(BepiColombo)【平成30年度打上げ予定】

小型月着陸実証機(SLIM)【平成31年度打上げ予定】

X線天文衛星代替機【平成32年度打上げ予定】

平成29年度当初予算案に盛り込まれた(宇宙政策委員会にて報告)

# 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

- フロントローディングによる新規サンプリング機構等クリティカル技術のリスク低減を目的とし、工程表において、平成29年度から「開発研究」とされ、平成29年度当初予算案に盛り込まれている。



火星衛星サンプルリターン想像図

- 火星衛星の試料を持ち帰り、地球で詳細分析を行うことにより、火星衛星の起源を実証的に決定し、原始惑星形成過程の理解を進めるとともに、生命材料物質や生命発生の準備過程(前生命環境の進化)を解明することを科学目的としている。学会会議主催の公開シンポジウム「惑星科学の長期展望と将来の探査計画」において、本計画を中心とした惑星探査に関する議論を実施された。
- 上記科学成果の最大化を目的とし、海外機関との国際協力を重視している。これまで、NASAを含む複数の機関と調整をしているが、火星衛星探査の国際的な関心の高さや、「はやぶさ」における国際協力の実績を踏まえ、各機関は当初より参画に前向きである。

# 戦略的に実施する中型計画(続き)

## 公募によるミッション候補

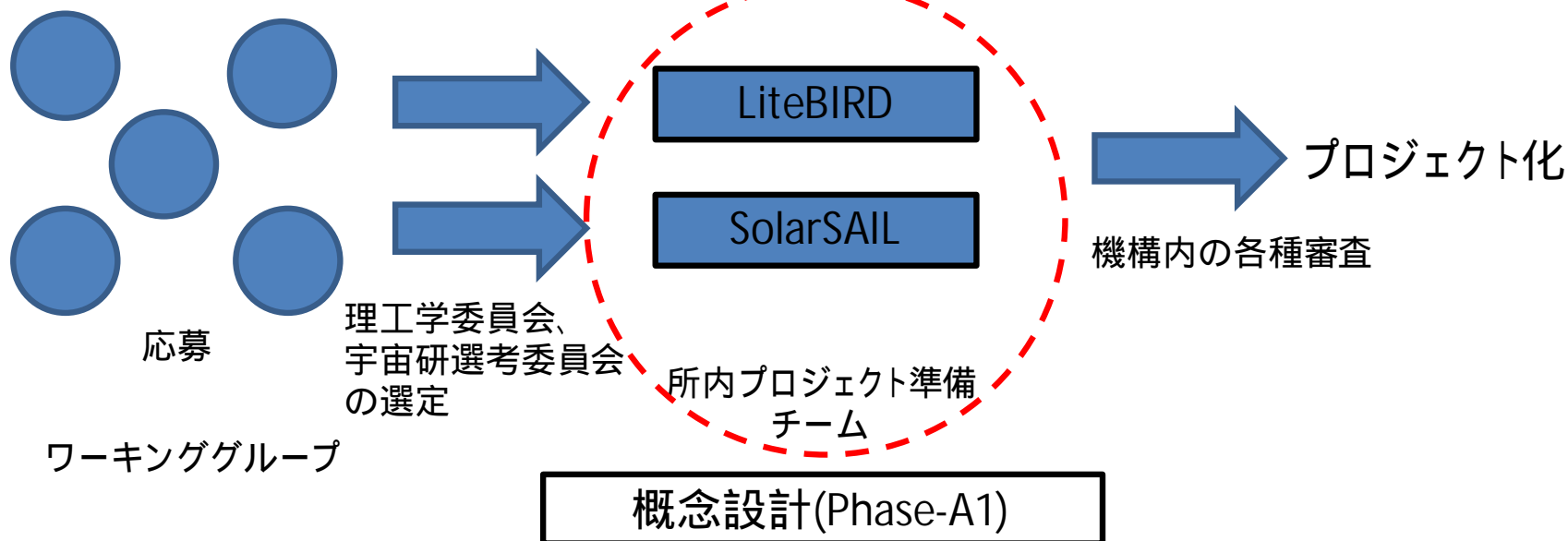
- 平成26年公募(応募件数は5件)。宇宙理学・工学委員会、及び宇宙研選考委員会を経て、平成27年9月に以下の二候補を選定。

「宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD」

「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」

- 現在は、宇宙研支援による概念設計(Phase-A1) 活動として、衛星としてのシステム要求をまとめる為に必要な要素やシステムの検討を進めており、それぞれ7~8月に所内の審査を経て所内プロジェクト準備チームに移行している。

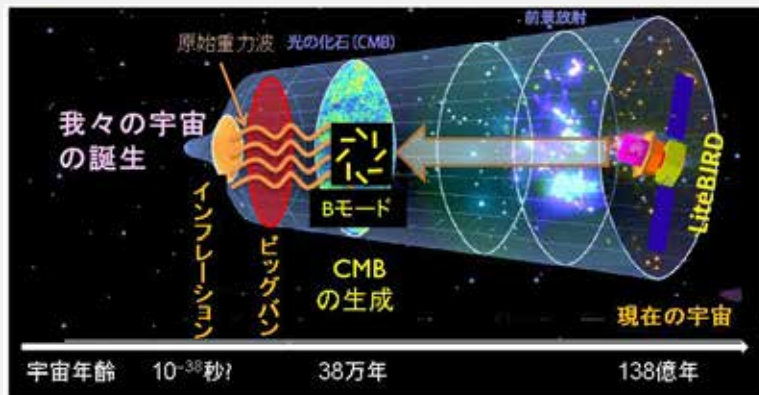
理工学委選定から、宇宙研によるシステム要求審査迄の複数候補が存在する検討期間



# 戦略的に実施する中型計画(続き)

## LiteBIRD

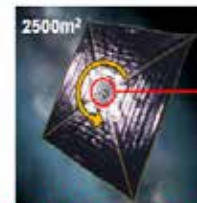
宇宙マイクロ波背景放射  
偏光観測衛星 LiteBIRD



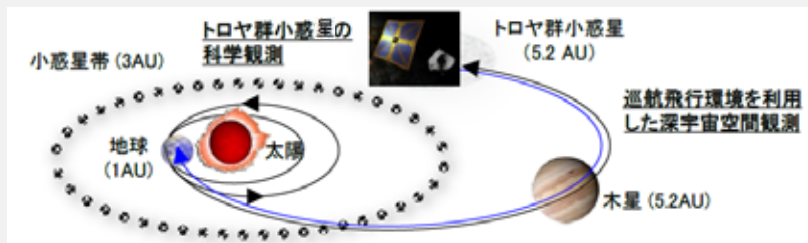
宇宙誕生の瞬間、宇宙・時空を創る法則という究極理論の答えるインフレーション宇宙仮説(熱いビッグバン以前の宇宙を記述する最も有力な仮説。佐藤勝彦等により提案された)に答えるため、「宇宙最古の光」であるCMBに着目し、CMBの偏光を全天で観測し、インフレーション仮説が予言する原始重力波の痕跡を検出する。CMBの観測はこれまで2度のノーベル物理学賞に輝いているが、LiteBIRDによるインフレーションの検証を達成すればそれらを超えた人類共有の「知の資産」となる。

## 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



スピンドル型大面積ソーラーセイル & 薄膜太陽電池



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」、「トロヤ群小惑星とのランデブー」、「子機着陸による表面・内部試料の採取」を行う。巡航飛行環境を利用した複数の深宇宙空間観測(宇宙赤外線背景放射、太陽系ダスト、ガンバ線バースト等の観測)、トロヤ群小惑星での科学観測(リモート観測、その場分析)を行う。

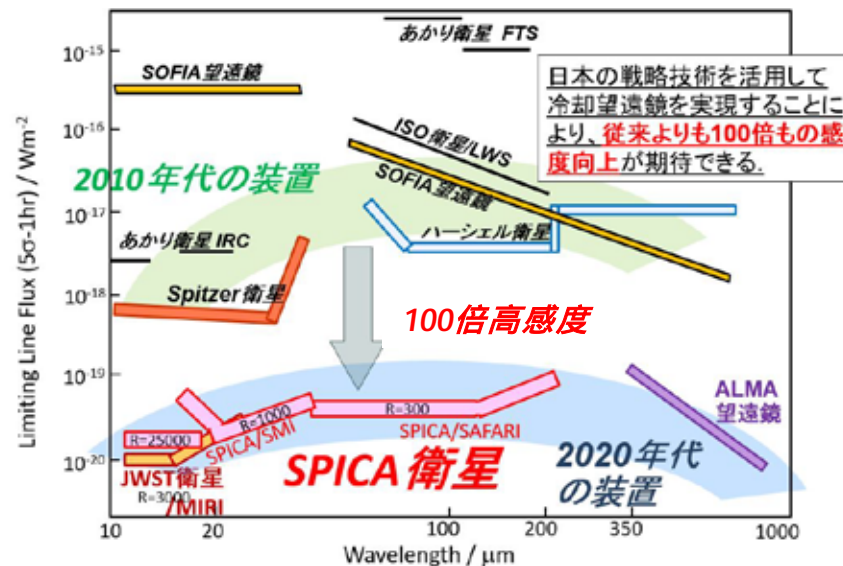


# 戦略的に実施する中型計画(続き)

## 次世代赤外線天文衛星 (SPICA) の状況

- 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」に応募した。現在一次選抜を実施中。結果は平成29年6月頃に発表の見込み。

ESAの長期宇宙科学計画における中規模ミッション。5回目にあたるSPICAにおけるESA側の拠出資金の上限は550Mユーロ。



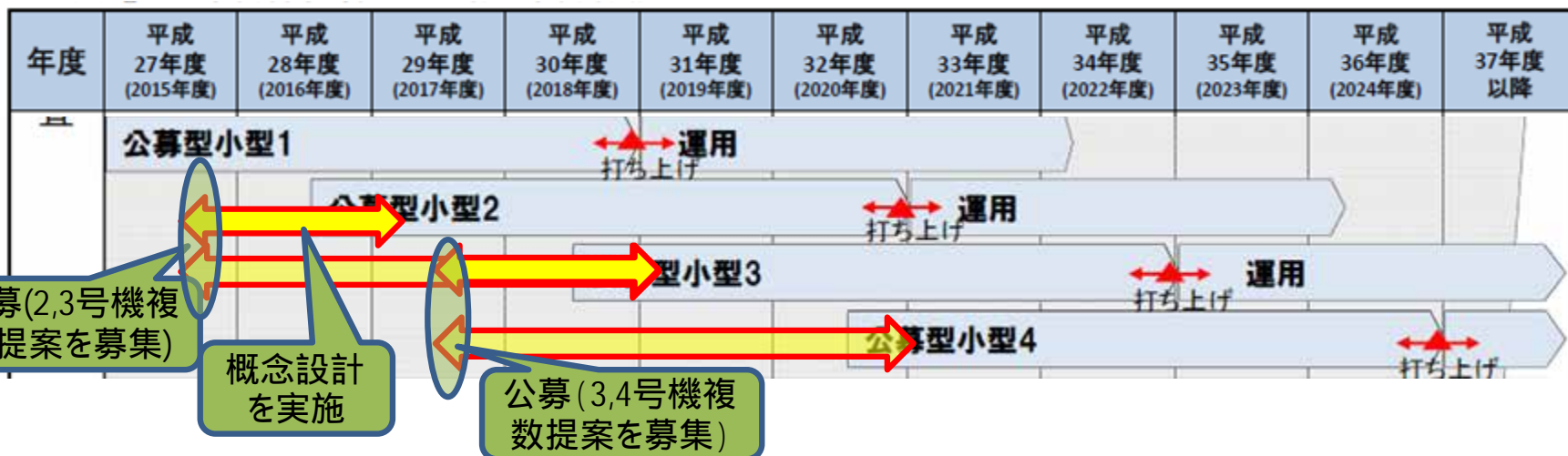
- これまでの赤外線衛星の約100倍に相当する高感度を達成することで、宇宙の炭素、酸素をはじめとする重元素や、重元素などが作る「星間ダスト(固体微粒子)」や「有機物質(芳香族炭化水素)」が放射する中間・遠赤外線放射を、高感度で観測し、宇宙の歴史の中で、重元素や「星間ダスト」さらには「有機物質」がどのように作られたのか、銀河の形成・進化や、様々な惑星の誕生にどのような役割を果たしたのかを解明する。

# 公募型小型計画

2号機・3号機の選定状況【選定後に小委員会に報告予定】

- プロジェクトの早い段階での技術検討の充実と、研究コミュニティにおけるミッション機会の予見性の確保のため、1号機(SLIM)に続く公募型小型計画の平成27年に公募型小型計画(2号機・3号機)の募集を開始した。
- 合わせて5件の提案があり、宇宙理学・工学委員会で評価した結果、3件は不採択とされた(28年5月)。残る2件(DESTINY+とJASMINE)は、現在2号機に向けてデルタの審査を実施中で、その後委員会での審議を経て、ISASにおける審査で了承されれば、宇宙研支援による概念設計(Phase-A1)を行う。
- 3号機以降に向けては、平成29年中に公募を予定している。

2号機・3号機の検討(イメージ) 工程表より抜粋し、追記



# 公募型小型計画

## DESTINY+

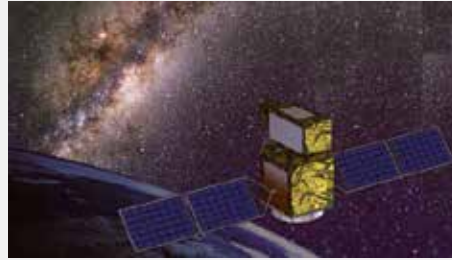


低コスト・高頻度の深宇宙探査を目指し、以下の技術を適用することで、小型高性能深宇宙輸送機技術を実証する。

- ・スパイラル軌道上昇
- ・薄膜軽量太陽電池パネル
- ・先進的熱制御デバイス
- ・標準バスの小型・高性能化

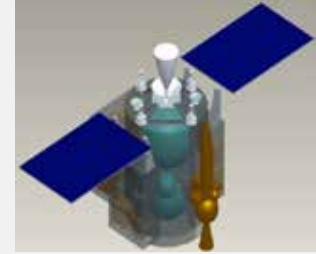
小惑星Phaethonフライバイにより、世界初の流星母天体(彗星-小惑星遷移天体かつ地球接近天体)の観測、また、惑星間軌道における惑星間ダストの分析を長期にわたって行い、星間ダストの検出も行う。

## JASMINE



我々の銀河系中心付近(バルジ構造)にある星々の天球上での位置とその変化を世界でもっとも高い精度で測定する赤外線位置天文観測衛星。JASMINEの観測により、銀河系中心部の星々のまったく新しい「地図」(星の運動情報も含む)を作成し、銀河系の中心に潜む巨大ブラックホールの生い立ち(形成進化)を星の運動(動力学)を用いて知ること、「宇宙に巨大ブラックホールはなぜ存在するのか?」という半世紀に及ぶ天文学の大課題に挑む。

## APPROACH



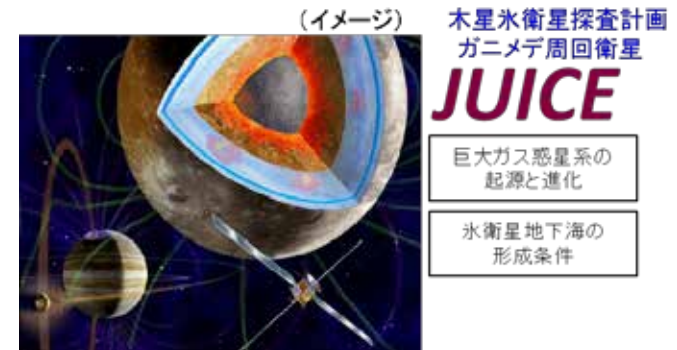
太陽系科学探査における世界初の高速貫入プローブを実証し、科学探査を行う。代表的な揮発性元素の存在量の観測による月形成時のバルク存在度の特定や、月震計による観測を通して月全体の内部構造、特に中心核付近の構造や状態を明らかにし、月生成後に全溶融した証拠を得る。

2号機の選定では不採択となったが、サイエンスの価値は評価され、継続的に検討が進められている。

# 多様な小規模プロジェクト群の検討状況

- 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、同時に海外から複数の参加要請があることなどといった昨今の情勢を踏まえ、多様な飛翔機会を用いた「小規模計画」と、戦略的に国際プロジェクトに部分参加する「戦略的海外協同計画」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」では、ESAのLクラスミッション(\*)の木星氷衛星探査計画(JUICE)への観測機器開発参加計画について、ISAS内の審査を2016年5～6月に実施し、所内プロジェクトに向けた作業を実施している。なお、JUICEは「巨大ガス惑星系の起源・進化」とその周囲に広がる「生命存在可能領域としての氷衛星地下海の形成条件」を明らかにすることをミッションとしている。

ESAの長期宇宙科学計画における大規模ミッション  
(900Mユーロ級)



- 「小規模計画」では、海外サブペイロード、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、公募により幅広く提案を受けつけることを想定している。2016年11月7日(月)に公募発出、本年1月13日(水)公募締切、16件の応募から4月末までに理工学委員会にて候補を選定の予定。

# 【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 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 木星探査機 BepiColomboへの観測機器を提供 					
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 		太陽観測衛星 IRIS 		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】NASA Discoveryプログラム選定ミッション

## 木星トロヤ群小惑星探査機

「ルーシー(Lucy)」  
(2021年10月打上げ)



### 目的

火星と木星の間にある小惑星帯(メインベルト)、および木星トロヤ群小惑星のフライバイ探査(世界初)。

### 期待される成果と効果

太陽系形成過程の手がかりを、外側領域にて得る事が期待される。さらにLucyはスノーラインの外側を対象としており、当該分野のサイエンスにおいて、日本の小惑星等探査計画(はやぶさ2, MMX, Destiny+, SolarPowerSail)との相互補完によるシナジー効果が期待できる。

## 小惑星探査機

「サイキ(Psyche)」  
(2023年10月打上げ)



### 目的

メインベルトにある小惑星「16プシケ(16 Psyche)」の周回観測。

### 期待される成果と効果

16プシケは鉄及びニッケルが主成分と考えられている。形成過程でサイズが大きくなるとともに内部分化が起き、金属コアが形成。その後衝突によってそのコアだけで構成される天体となったとされている。プシケの探査により、太陽系に存在する惑星の核の起源に関する情報が得られる事が期待される。

SolarPowerSailはトロヤ群を探査対象とするが、Lucyにはない着陸機を搭載し、天体表面での精密な物質特性の測定を実施する。

## (参考) New Frontier 4
















公募中のNewFrontier4では、以下のテーマに関するミッション提案に限定している。

**彗星表面からのサンプルリターン、 月南極エイトケン盆地からのサンプル回収、 タイタン・エンケラドス探査、 土星探査、 トロヤ群巡回・ランデブー探査、 金星探査**

特に「彗星表面からのサンプルリターン」は、スノーラインの外側で生まれた天体を対象としており、日本で推進する科学探査の方向性との親和性が極めて高い。

# 【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 公募中 				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。																			