

# 宇宙科学・探査に関する工程表 の進捗状況について

平成29(2017)年8月18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

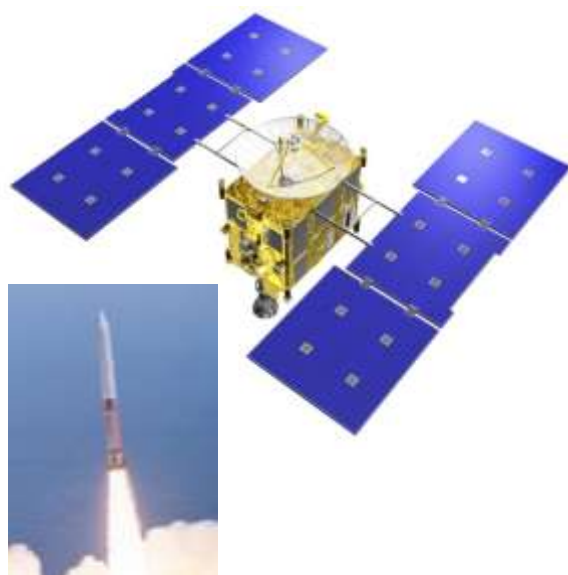
- 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(宇宙研)は、宇宙基本計画(平成27年1月9日宇宙開発戦略本部決定)及び工程表(平成28年12月8日同本部決定)に従い、宇宙科学・探査の実行に取り組んでいる。

「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、宇宙政策委員会中間取りまとめ(平成29年度)(平成29年6月15日宇宙政策委員会)を踏まえ、計画されている科学探査のプロジェクトを着実に取り組むとともに、これらのプロジェクトや多様な小規模プロジェクトを通じて宇宙科学・探査分野の特性を踏まえた人材の育成を強化する検討を進めている。
- 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についてご報告する。(プロジェクトの状況については平成29年2月13日に、人材育成については平成28年6月1日及び3月18日の小委員会にご報告した。)

### 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。

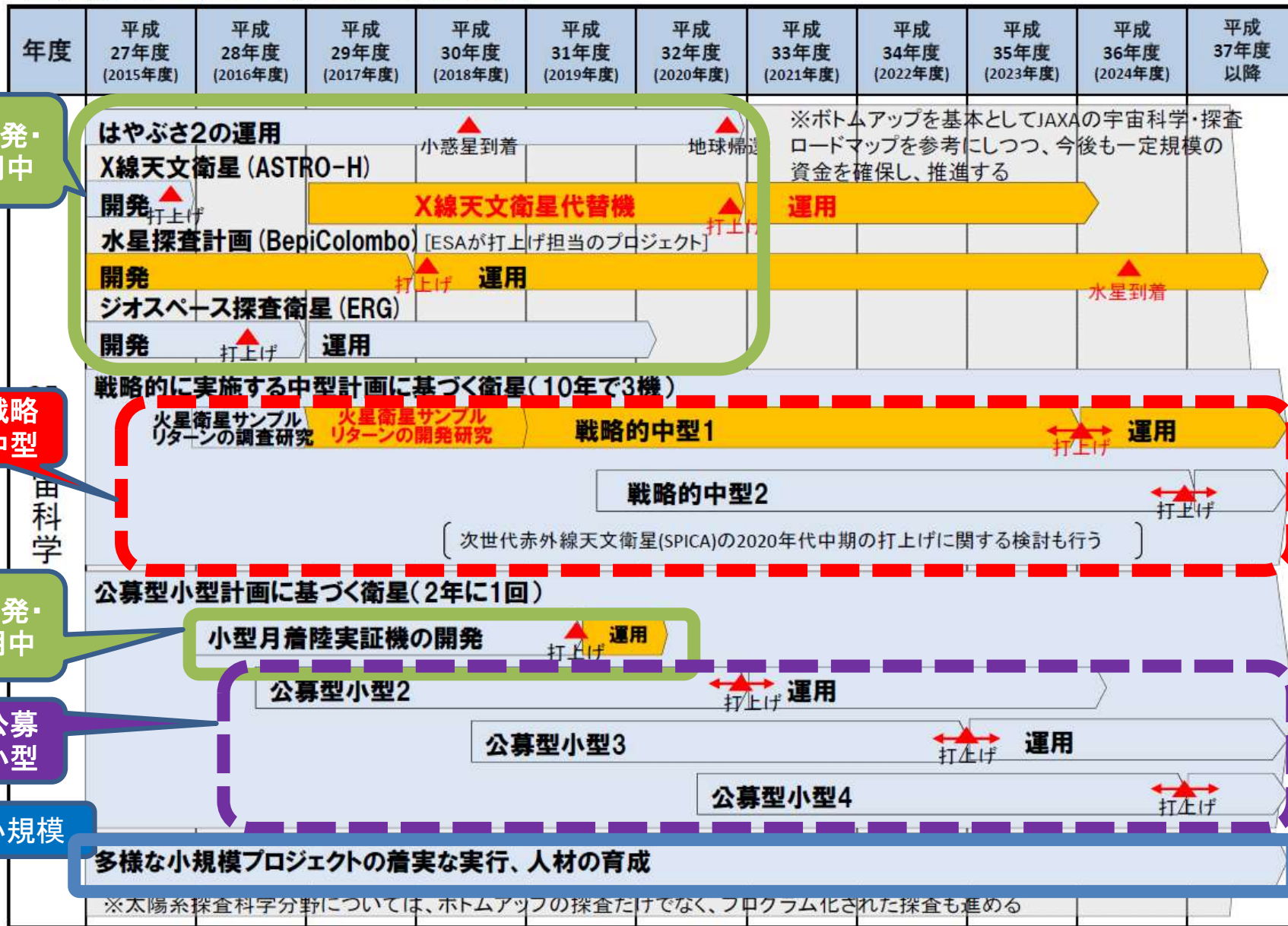
#### 多様な小規模プロジェクト群(10億/年程度)

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



# 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
  - あらせ(ERG)、はやぶさ2、あかつき(PLANET-C)
  - 水星探査計画(BepiColombo)、X線天文衛星代替機
2. 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)
3. 公募型小型計画
  - 小型月着陸実証機(SLIM)の計画見直し
  - 深宇宙探査技術実証機(DESTINY+)
4. 宇宙科学・探査の戦略
  - 宇宙物理学、重力天体探査、小天体探査
5. 多様な小規模プロジェクト群
  - 木星氷衛星探査計画(JUICE)他
6. 小規模プロジェクト等による人材の育成の強化

# 1. 運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト

## 1.1 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、大学連携協力拠点の名古屋大学ERGサイエンスセンターを中心に研究コミュニティで解析を進めている。
- これまで、2回の地上観測網との重点共同観測(4月、6月)を実施済。
- NASA Van Allen Probes 衛星(以下、VAPs)との連携観測も適宜実施。異なる地方時・異なる緯度での放射線帯観測により、相補的に放射線帯の空間構造の変化を把握できることが相互の大きなメリット。
- 12月の米国地球物理連合大会にて、共同して発表セッションを設け、多くの講演申込をエントリー済。今後、国際誌での特集号の企画を進め、初期成果論文群の年度内の提出を目標に解析が進んでいる。

### 世界最高レベルの放射線帯環境計測を実現：VAPsとの比較

- 4つの計測器で10eV-20MeVまでの広エネルギー帯の電子分布を計測。(VAPsは4つの計測器で1eV-20MeV)
  - 放射線帯電子計測としては、VAPs(約12秒/サンプル)を上回る8秒/サンプルの高時間分解能。
  - 電子分布関数の角度分解能はVAPsと同等か一部上回る。特に、低エネルギー電子のファインチャンネル計測(2度分解能)を世界ではじめて実現。(従来の観測は20度程度)
  - 電磁場変動の波形観測の時間分解能はVAPsを上回る(最大120kHzサンプル、VAPsは16kHz)
  - 全観測機器の時刻同期精度(～10マイクロ秒)を実現。(世界ではじめての機能)
  - これらの各センサーの高い性能によって実現される日本独自の波動-粒子相互作用解析装置の搭載
  - イオンは搭載測定器の数が2つ。エネルギー計測範囲(10eV～200keV)は劣る(VAPsは5つで1eV～2GeV)が、重なるエネルギー帯における時間分解能・角度分解能は同等か上回る性能を持つ。
  - 電場変動の観測周波数範囲(DC-10 MHz)が上回り、軌道上の全領域において電子密度計測が可能。(VAPsは DC-400 kHz)
  - 宇宙天気研究向けに研開部門から準リアルでデータ配信の提供(VAPsも同様機能は有。)
  - 9種類の機器の搭載を小型衛星・低コストで実現(VAPsは1機あたり663kg、350M\$の衛星)
- 上記の「あらせ」の観測性能の特徴を活かした科学成果等、成果公表に向けた準備を進めている。

# 1. 運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト(続き)

## 1.2 小惑星探査機「はやぶさ2」

【平成26年12月打上げ】

- 小惑星Ryuguに向けて順調に航行しており、平成30年夏頃に小惑星Ryuguに到着予定。
- 小惑星近傍運用の確実な実施のため、探査機の電氣的動作を再現するシミュレータ装置と地上管制装置の間を、高精細の模擬小惑星CG画像生成装置、探査機の姿勢軌道運動を模擬するダイナミクスシミュレータ、及び3.6億キロメートルの光路長を模擬する伝播遅延装置を介して接続することにより、実運用環境を忠実に再現する「はやぶさ2運用訓練シミュレータ」を整備。以下のスケジュールで万全の訓練を実施している。

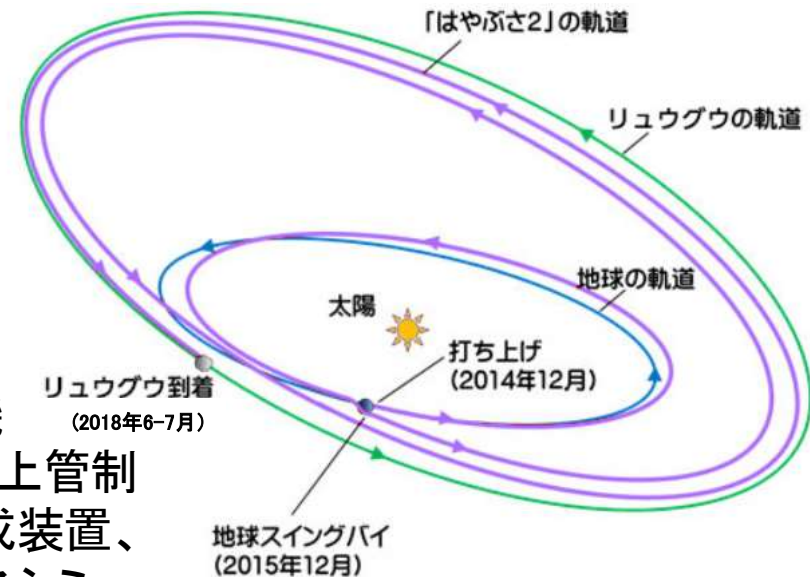
平成29年 7 - 9月: サブシステム運用訓練(主に姿勢制御系)

10 - 12月: システム運用訓練1(実時間での全体訓練)

平成30年 1 - 4月: システム運用訓練2(訓練抽出課題の修正後に、再実施)

5月: 小惑星到着準備

6 - 7月: 小惑星到着



はやぶさ2軌道概要



はやぶさ2運用訓練シミュレータ

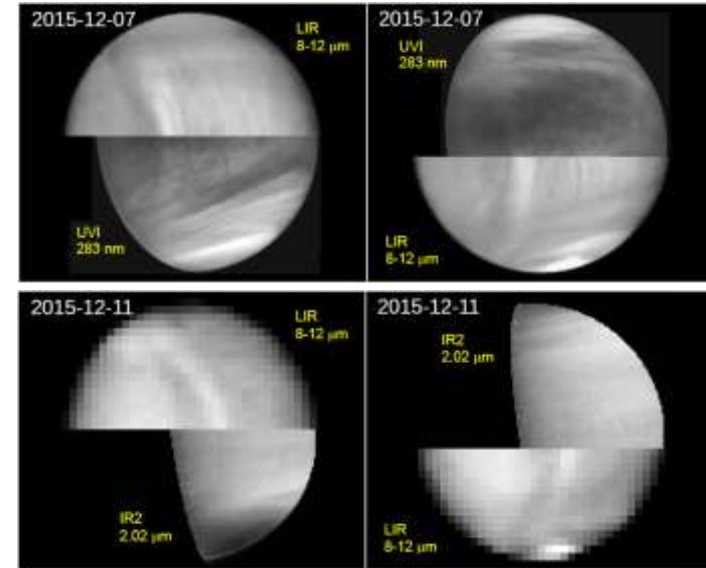
# 1. 運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト(続き)

## 1.3 金星探査機「あかつき」【平成22年5月打上げ】

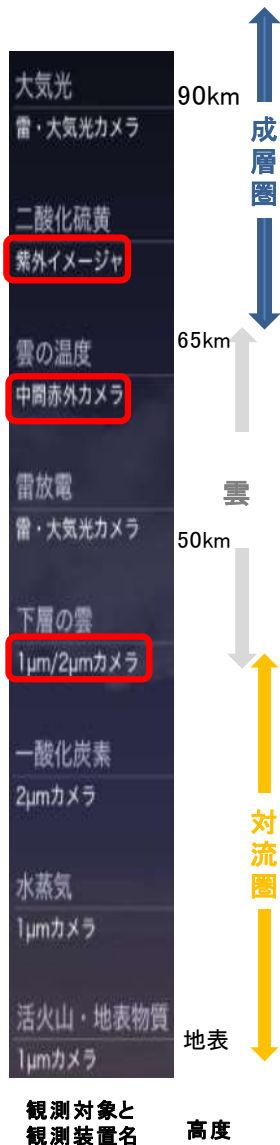
- 平成28年12月に近赤外カメラ2台[IR1&2]を制御する電子機器に不調が発生し、この2台による科学観測を休止した。残る観測機器(紫外イメージャ[UVI]・中間赤外カメラ[LIR]・雷/大気光カメラ[LAC]・超高安定発振器[USO])にて観測運用を継続している。

### 【研究成果】

- 金星地表に根ざした雲頂現象として、中間赤外カメラによる雲頂温度変化(既報:高度約65kmの大気温度分布が弓状の模様となる)に加え、近赤外カメラが雲頂高度の変化、紫外イメージャが二酸化硫黄吸収量の変化を捉えた。巨大なアフロディーテ大陸だけでなく、複数の低緯度高地が、金星の午後から夕方に雲頂現象を起こしていることを発見した。電波掩蔽による対流層変化の観測と合わせて、金星の一日を周期とした大気変化を初めて明らかにしている。



UVI(283nm、12月7日、上段)およびIR2(2.02μm、12月11日、下段)の画像にも、LIR画像に見られる弓状構造に対応する模様がとらえられている。





# 1. 運用中・開発中の宇宙科学・探査プロジェクト(続き)

## 1. 4 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をESAにて実施中。
- 日本モジュールであるMMOの分離・観測運用は打上げ8年後以降に実施するため、以下の作業を進める。
  - ・ MMOの分離から、姿勢・通信の確立に至るまでのクリティカルな運用を詳細に再確認し、探査機の異常も想定した対応手順を整備
  - ・ 搭載ソフトウェアの再点検（独立検証の実施）
  - ・ 訓練向け運用シミュレータの充実



全機結合試験の様子

## 1. 5 X線天文衛星代替機【平成32年度打上げ予定】

- 平成28年8月1日の宇宙探査小委員会にてJAXAが提示した具体的取り組み(マネジメント体制の見直し・企業との役割/責任分担の見直し・文書化と品質記録の徹底、審査/独立評価運用の見直し)に従い、開発移行に向けた準備を進めている。
- スケジュール上のクリティカルパスにある軟X線分光検出器(SXS)の長納期部材について手配を開始した。
- NASAとはLOA(実施取り決め)を締結し、協力を進めている。なお、NASAでは、代替機プロジェクトチームが設置され、本格的にプロジェクトが開始している。
- ESAからも参加協力の目処が立っており、今後正式合意への手続きを進める。

## 2. 戦略的に実施する中型計画

### 2.1 火星衛星サンプルリターン計画 (MMX)

- フロントローディングによるクリティカル技術(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」として作業を進めている。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。
- 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、概念検討に関する実施取決め(Implementing Arrangement)を平成29年4月に締結した。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、協力の具体化を図る。
  - 米国では、NASAが中性子ガンマ線分光計の提供を前提として、開発に関するAOを発出。6月20日に提案を締め切り、年内に選定結果が発表される見通し(JAXAも評価に参画)。
  - このほか、ESA(欧州宇宙機関)、DLR(ドイツ航空宇宙センター)とも調整中。



## 2. 戦略的に実施する中型計画(続き)

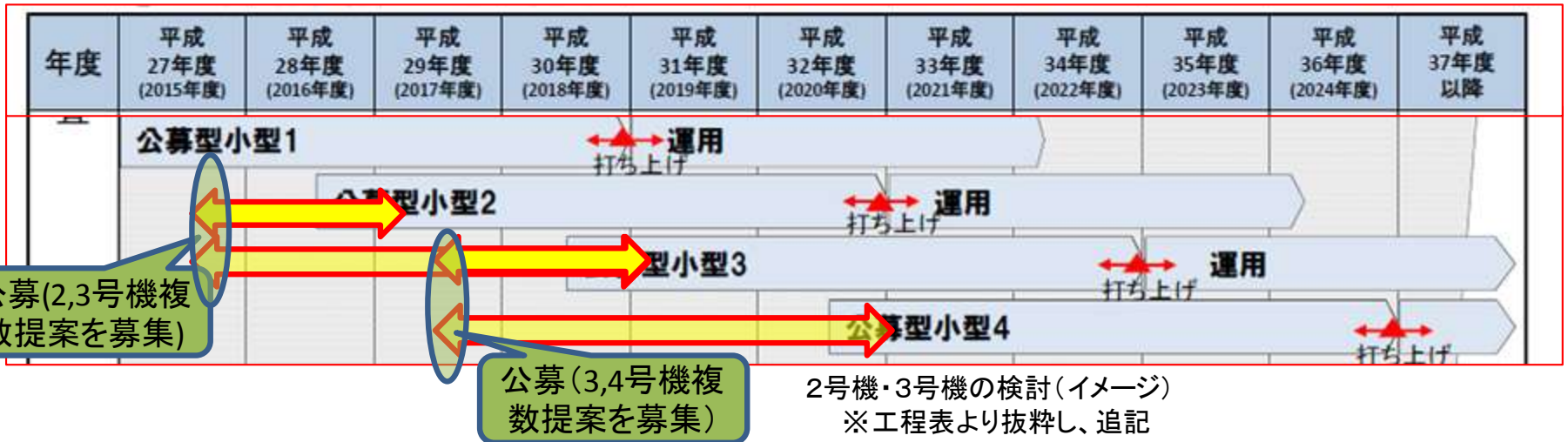
### 2.2 候補ミッション

- 「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29年6月頃に発表の見込みであったが、選考が遅れており、12月頃になる見込み。  
※ 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、国際審査の受審に向けて準備している。
- 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。  
なお、本ロードマップは、『予算措置を保証するものではないが、関連施策を推進する上で十分考慮すべき資料』と位置づけられている。

# 3. 公募型小型計画

## 3.1 選定状況

- 平成27年度公募に提案されたミッションのうち、“DESTINY+”及び“小型JASMINE”について、宇宙理工学委員会での評価(ミッション定義審査相当)を経て宇宙研に対して推薦された。(DESTINY+は平成29年3月10日、小型JASMINEは同年4月25日に推薦)
- 『DESTINY+』(深宇宙探査技術実証機)は、宇宙研内の計画審査を経て概念設計を実施し、現在宇宙研にて所内プロジェクト準備審査を受審中。2号機として平成30年度からのプロジェクト化を目指している。
- 『小型JASMINE』(赤外線位置天文観測ミッション)は、宇宙研の計画審査に先だって、技術成立性及びミッション意義について国際審査にて確認を行う予定。
- 「小型計画3,4」は、平成29年秋頃に公募を予定している。



## 3. 2 小型月着陸実証機(SLIM) 計画見直し

SLIMは公募型小型1として、高精度着陸、大幅な軽量化を目的に開発を進めている。

### ■ 打上げロケットの変更について

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たいと考えている。

なお、この場合は、打上時期は代替機と同じ平成32年度(1年後ろ倒し)となる。また、公募型小型計画には原則イプシロンを用いるとの従来の考え方に変更はない。

### ■ 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、大幅な軽量化に加え、H2Aロケットの打上げ能力を活用し、以下に示すようなミッション意義・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など月の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。

# 3.3 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

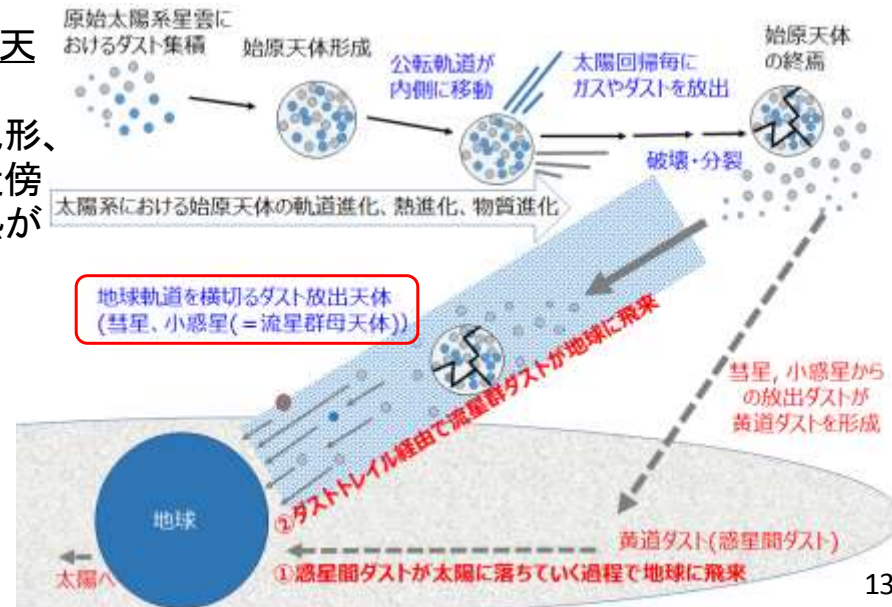
流星群母天体である活動小惑星Phaethonの形状、表層地形、表層物質分布を観測し、ダスト生成・放出機構、地球近傍小惑星の天体分裂機構に制約を与えると共に、太陽加熱が近太陽小惑星の表層地形や物質に与える影響を調べる。

## ○現状

- 現在、宇宙研にて所内プロジェクト準備審査を実施中。その後、経営審査を経てプリプロジェクト化を予定。
- 平成30年度からのプロジェクト化を予定。

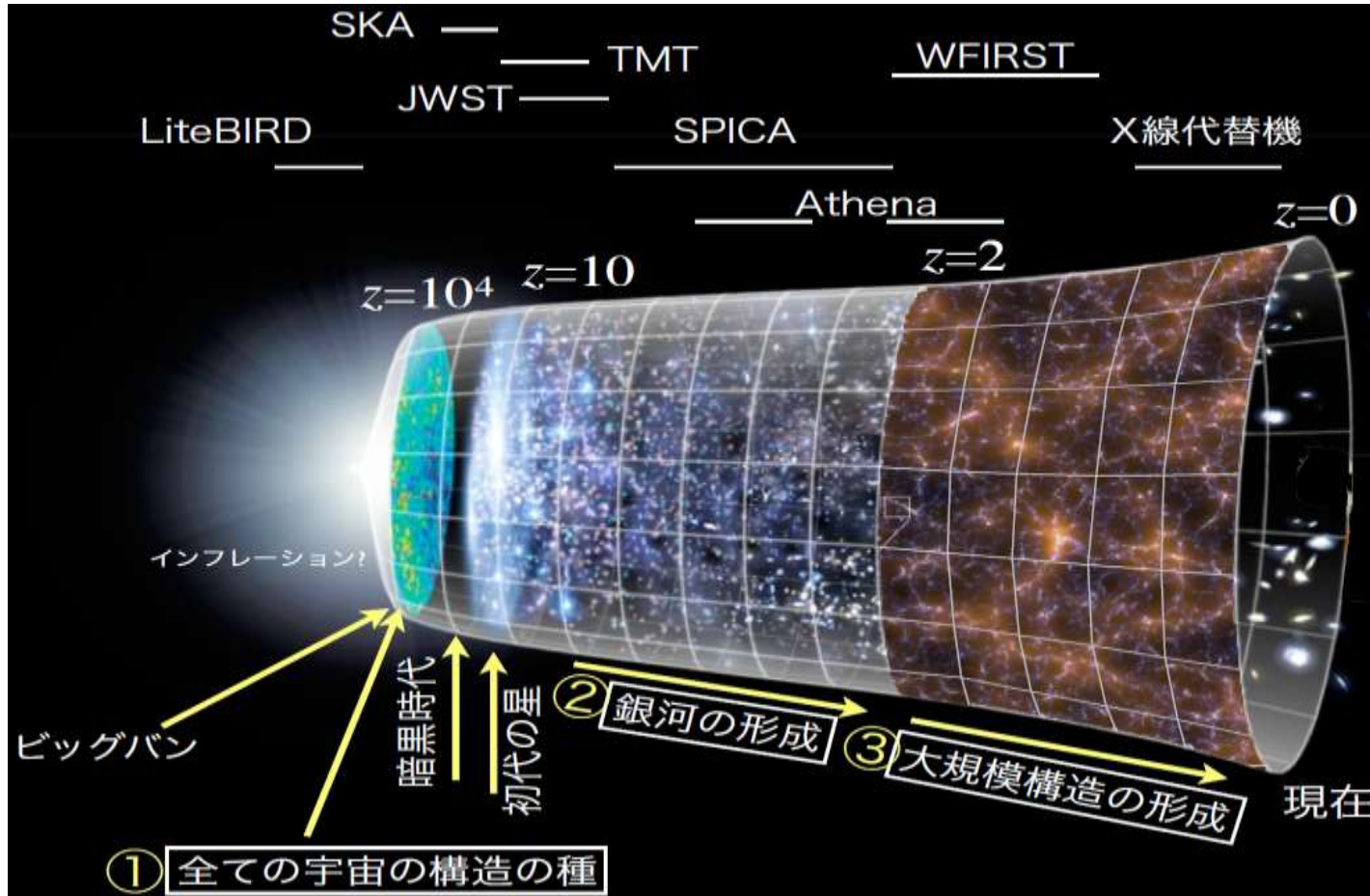


- ①様々な天体由来の惑星間ダストの全体像及び由来を明らかにしたい。
- ②1auに流入する星間ダストの化学組成(特に炭素、有機物存在度)を理解したい。
- ③流星群母天体である小惑星からのダスト放出機構を理解したい！



# 4.1 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)



宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 (LiteBIRD)

© 2006年NASAのWMA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)。





## 4.3 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。

## 5. 多様な小規模プロジェクト群

欧米の基幹ミッションへ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
  - ESA基幹ミッションである木星氷衛星探査計画(JUICE)では、JAXAは観測機器の開発等において参画すべく準備を進めている。(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、複数の米国ニューフロンティア計画への提案に参画している。
- 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、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。
  - ボトムアップによるミッション創出強化の為に、平成28年度の公募では、6件(総額約4億円)を選定した。(昨年11月7日に公募発出、本年1月13日公募締切、16件の応募から選定。各年度、総額2億円程度のミッション採択を想定していたが、今年度は複数の良い提案があり総額4億円を採択した。そのため今年度予定していた来年度開始の公募は行わない。)

# 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・生命科学の新たな知見の創出。
- ・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。



巨大ガス惑星系の  
起源と進化

氷衛星地下海の  
形成条件

太陽系最強の  
加速器木星磁気圏

### 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)：平成34年度(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)

## 6. 小規模プロジェクト等による人材の育成の強化

### 政策課題 「宇宙政策委員会 中間とりまとめ」より

×線天文衛星代替機の開発に引き続き取り組みつつ、戦略的中型や公募型小型の選定など、計画されている科学探査のプロジェクトを着実に取り組むとともに、これらのプロジェクトや多様な小規模プロジェクトを通じて宇宙科学・探査分野の特性を踏まえた人材の育成を強化する。

### 宇宙科学・探査小委員会での主な議論

「第6回宇宙科学・探査小委員会（平成28年6月1日開催）資料2」より抜粋

- サイエンスニーズの収集から衛星機器の開発、打上げ、データの解析といった一連のプロセスを経験し、ノウハウを蓄積していくことが重要。
- 国際的なプロジェクトへの戦略的な参加や、超小型衛星の活用も含めた実証機会の確保が必要
- 次の世代へ継承するためには、機器開発人材等を長期間安定的に雇用が可能となる環境を整える必要
- 世界最先端の成果を創出するためには、人材の流動性を確保しつつ、想定されるプロジェクトや技術力の向上等の変化に応じた人材育成が必要
- 高い専門性・技術力を有した機器開発人材が不可欠。論文数等によらない独自の評価システムで機器開発人材を的確に評価が重要。

## 6. 小規模プロジェクト等による人材の育成の強化(続き)

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)(検討中)

- ・ 特任助教として、小規模プロジェクト等を5年程度担当、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制度を検討中。

### 人材確保のための制度

### 育成する機会の提供

### 幅広く公正な評価

#### ・特任助教

5～7年程度プロジェクトをリードして、プロジェクトと研究の両方の成果を上げる。審査の上無期の教員となるので、機器開発等の人材を安定して雇用が可能となる。

#### ・テニュアトラック型

非常に良い人材がいる近隣分野から、特段のインセンティブにより、若い段階で人材を宇宙科学に誘導することが可能。

#### ・小型・小規模プロジェクト参加

短期間でプロジェクトの全期間、小規模でプロジェクト全体を見通した一連のプロセスを経験ができ技術力・マネジメント能力などのノウハウの蓄積が可能。

#### ・国際協力プロジェクト

今後求められる国際的な経験を通じた、技術力、マネジメント能力を身に着けることができる。

#### ・テニュア審査

公正なテニュア審査により、無期の教員として雇用する。プロジェクトを通して、論文だけによらない、プロジェクトマネジメントや機器開発の技術力も評価も加えることが可能となる。



➡ Destiny+、JUICEから適用する

## 【参考】 戦略的に実施する中型計画

### LiteBIRD

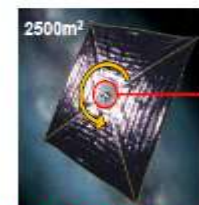
宇宙マイクロ波背景放射  
偏光観測衛星 LiteBIRD



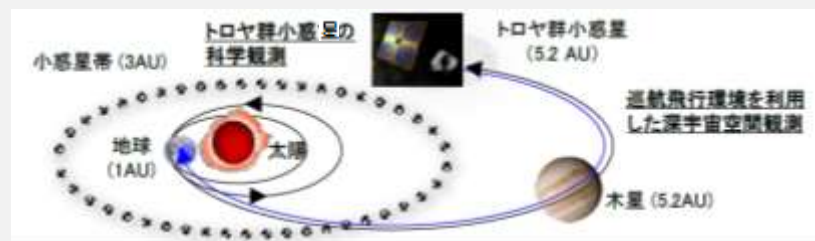
宇宙誕生の瞬間、宇宙・時空を創る法則という究極理論の答えるインフレーション宇宙仮説(熱いビッグバン以前の宇宙を記述する最も有力な仮説。)に答えるため、「宇宙最古の光」であるCMBに着目し、CMBの偏光を全天で観測し、インフレーション仮説が予言する原始重力波の痕跡を検出する。

### 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



スピン展開式大型ソーラーセイル & 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。

# 【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 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 		ESA 木星探査機 BepiColomboへの観測機器を提供 		小惑星探査機 サイキ 					
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	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】 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)



トロヤ群の6個の小惑星を次々とフライバイし、撮像・赤外線分光等を行う(火星と木星の間にある小惑星帯の小惑星の観測も合わせて行う)。  
木星トロヤ群の小惑星はもっとも始原的であると言われている。その起源は未知であるが、捕獲された小惑星、彗星、カイパーベルト天体がその候補である。6個のトロヤ群小惑星の差異に注目することにより、トロヤ群小惑星の起源を解明し、惑星系の起源と深化、地球に存在する水などの揮発性物質と有機物の起源についての情報を得る。

## 小惑星探査機 「サイキ(Psyche)」 (2023年10月打上げ)



火星と木星の間にある小惑星帯(メインベルト)の巨大小惑星「16プシケ(16 Psyche)」の周回観測を行う。16プシケは、通常の小惑星が岩石ないし氷より成るのに対して、鉄及びニッケルを主成分とする極めて特異な小惑星であり、かつて火星サイズであった惑星のコアが露出したものとされている。その形成プロセスは、衝突によって岩石よりなる地殻がはぎ取られ、コアだけで構成される天体が形成されたというものである。プシケの探査により、プシケの形成過程の解明、太陽系に存在する惑星の内部構造とその成因に関する情報が得られる。

※Solar Power Sail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New Frontier 4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。
















- ①彗星表面からのサンプルリターン、②月南極エイトケン盆地からのサンプル回収、③タイタン・エンケラドス探査、④土星探査、⑤トロヤ群巡回・ランデブー探査、⑥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 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。																			