

(注) 宇宙科学と地上の装置を用いた研究は、それぞれの特徴を生かし、補い合って進むような計画策定がこれからは必要。

(参考) 天文分野では、日本の参加する地上の大計画: TMT(30m可視赤外線望遠鏡)、ALMA(電波望遠鏡)、かぐら(重力波望遠鏡)等があるので、相乗効果を考慮する必要。また、地上の装置としては望遠鏡だけでなく、KEK-BやCERN LHC, ILCの加速器の状況も考慮する必要がある。

「より遠く」、「より自在に」、「より高度な」観測・探査や宇宙利用などの活動を可能とし、宇宙開発利用全体の将来や人類的課題の解決に向けた先駆けとなる事を目指す。様々な宇宙科学の飛翔機会を活用して実証的に行う。

「より遠くへ」
 深宇宙航行技術・
 月惑星表面到達・探査技術、
 高エネルギー推進、太陽光・太陽風利用推進

「より自在に」
 固体推進技術の洗練と発展、
 再使用輸送システム、
 再突入・大気圏内飛行技術、
 超高温・極低温技術

「より高度に」
 次世代小型衛星技術、
 超小型化・超軽量化技術、高機能デバイス研究
 宇宙空間でのエネルギー利用、衛星・探査機の自律化・知能化、



ISASの特徴: 惑星探査では必須の 宇宙物理学と宇宙工学のユニークな連携



宇宙工学部門

宇宙飛翔工学研究系
宇宙機応用工学研究系

工学者がドライブし
宇宙科学のミッション
を先導する

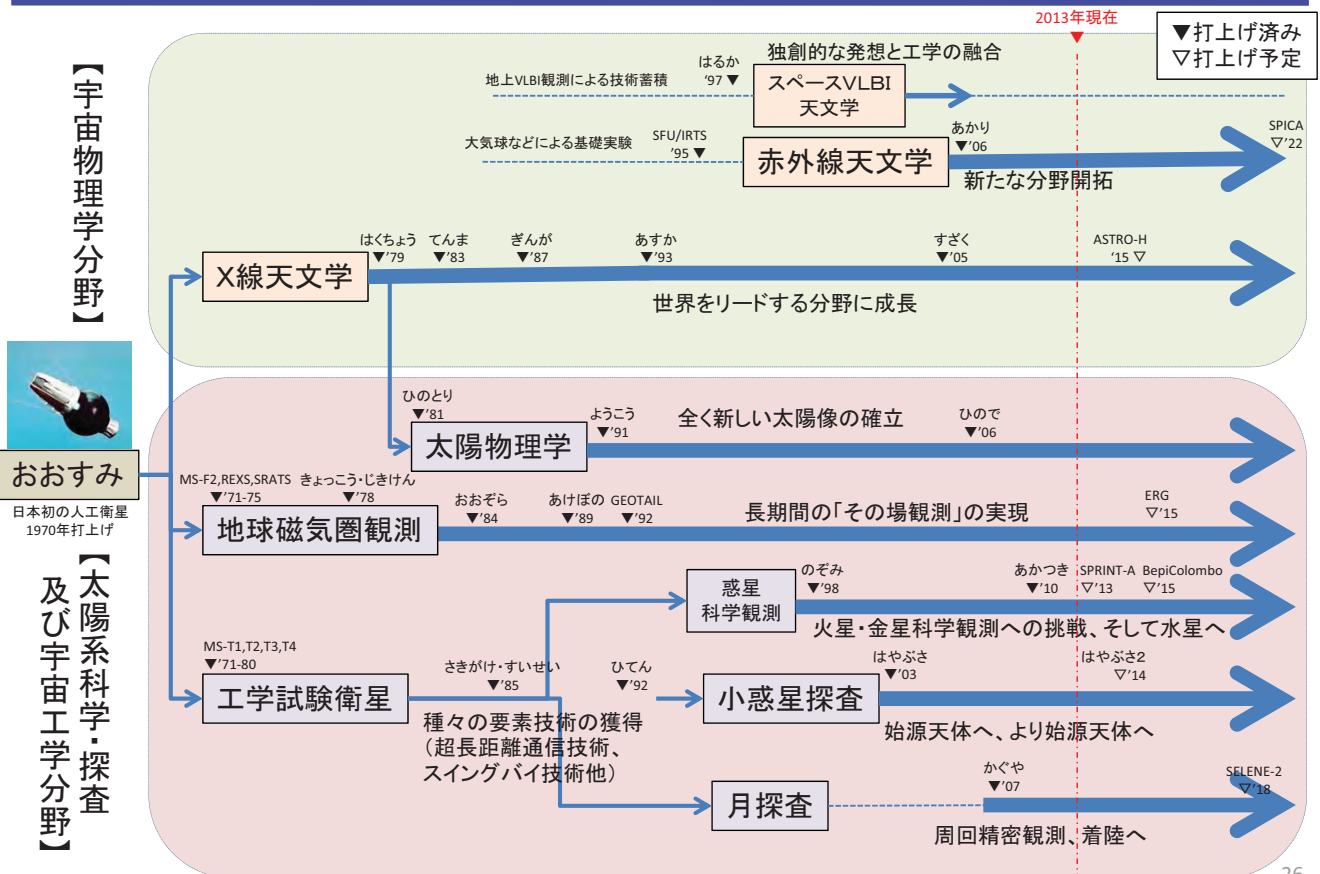
理学者が要望する
新しい工学技術の開発

宇宙理学部門

宇宙物理学研究系
太陽系科学研究系
学際科学研究系



我が国の宇宙科学の系譜(観測手段・技術の発展の歴史)



第26号科学衛星 X線天文衛星「ASTRO-H」



事業概要・目的

- 世界のX線天文学を牽引してきた日本が主導する大規模な国際ミッション(日米欧の国際協力)。
- 宇宙で観測できる物質の80%以上は100万度以上の高温であり、X線でしか見る事ができない。ASTRO-Hは過去最高の高感度X線観測を行い、現代宇宙物理の基本的課題である宇宙の構造と進化に関わる数々の謎の解明に挑む。

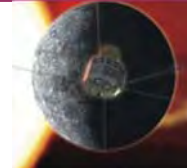
期待される成果

- 銀河団中の高温ガスから発生するX線のドップラー計測による速度測定が可能。これにより、数千万光年規模の宇宙史最大の現象である銀河団衝突を実測し、宇宙の大きな構造がどのように成長してきたかを解明。
- ブラックホール周囲の物質によって吸収されにくい硬X線での高感度観測によって、80億光年遠方まで、巨大ブラックホールの探査を行う。これにより巨大ブラックホールが銀河進化に果たす役割を解明。

打上げ予定

平成27年度

日欧国際共同水星探査計画 「BepiColombo」



事業概要・目的

- 日本と欧州宇宙機関(ESA)初の本格的な国際共同ミッション。
- 謎に満ちた水星の磁場・磁気圏・内部・表層に渡る総合観測により、水星の現在と過去を明らかにする。
- 日本は「水星磁気圏探査機」(MMO)を担当。水星の固有磁場、磁気圏、大気、大規模地形の観測を行う。ESAは「水星表面探査機」(MPO)を担当。水星の表面地形、鉱物・化学組成、重力場の精密計測を行う。

期待される成果

- 固有磁場と磁気圏を持つ地球型惑星は地球と水星のみであり、世界初の詳細な磁気圏探査は、「惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性」の知見に大きな飛躍をもたらすと期待。
- 磁場の存在と関係すると見られる巨大な中心核など水星の特異な内部・表層の全球観測は、太陽系形成、特に「地球型惑星の起源と進化」の解明に貢献。

打上げ予定

平成27年度

小型科学衛星

惑星分光観測衛星・ジオスペース探査衛星



事業概要・目的

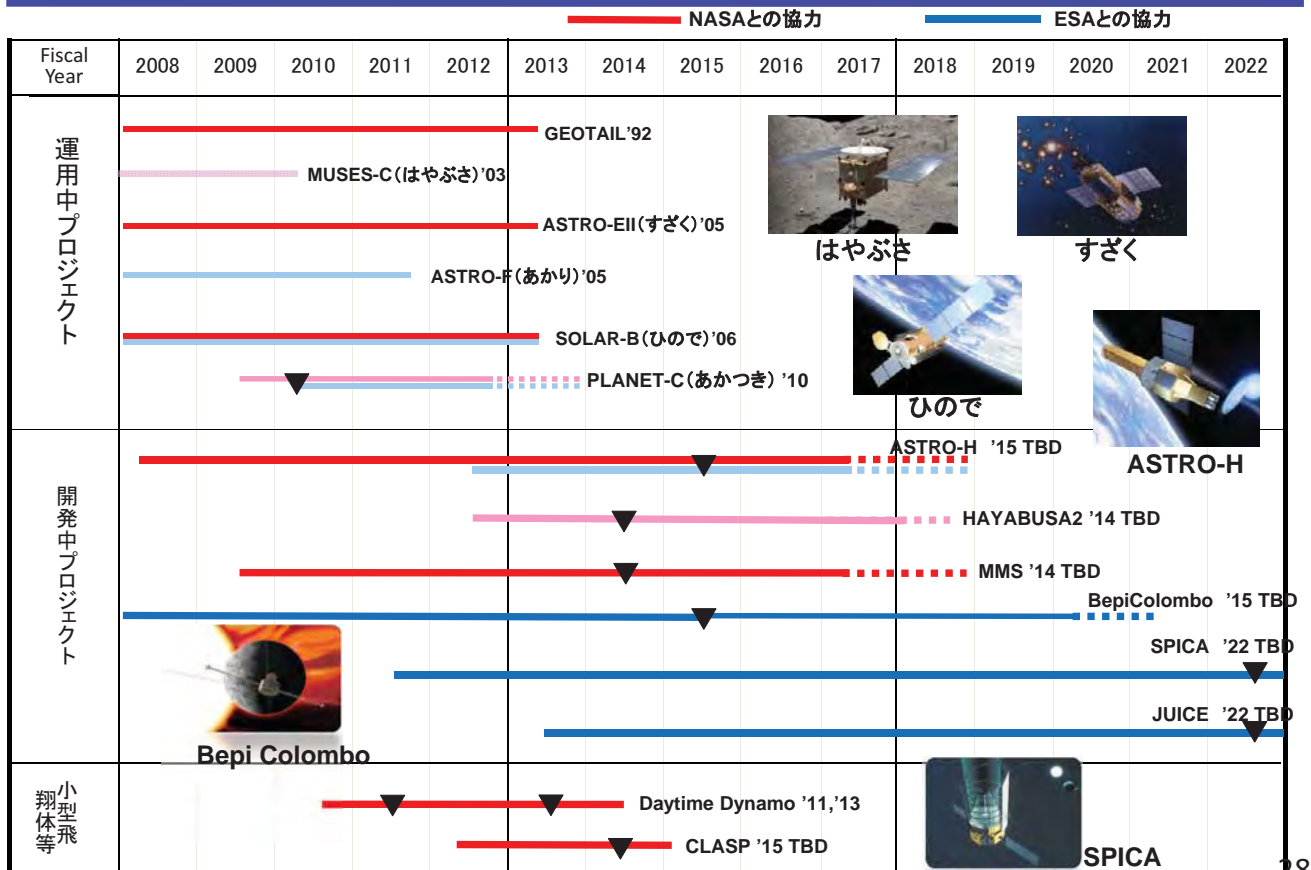
- 小型科学衛星は、多様な科学コミュニティのニーズを踏まえ、高頻度での成果創出を目指し、低コスト・短納期かつ一定のミッションの多様性に対応可能な標準的小型衛星バスを開発し、小規模ながらも高い理・工学的成果が期待できる宇宙科学実験を行う。
- 先進的小型衛星を短期間・低コストで実現するための規格を確立し、規格のオープン化、機能のソフトウェア化による自在性の高いバスを実現することを目指す。

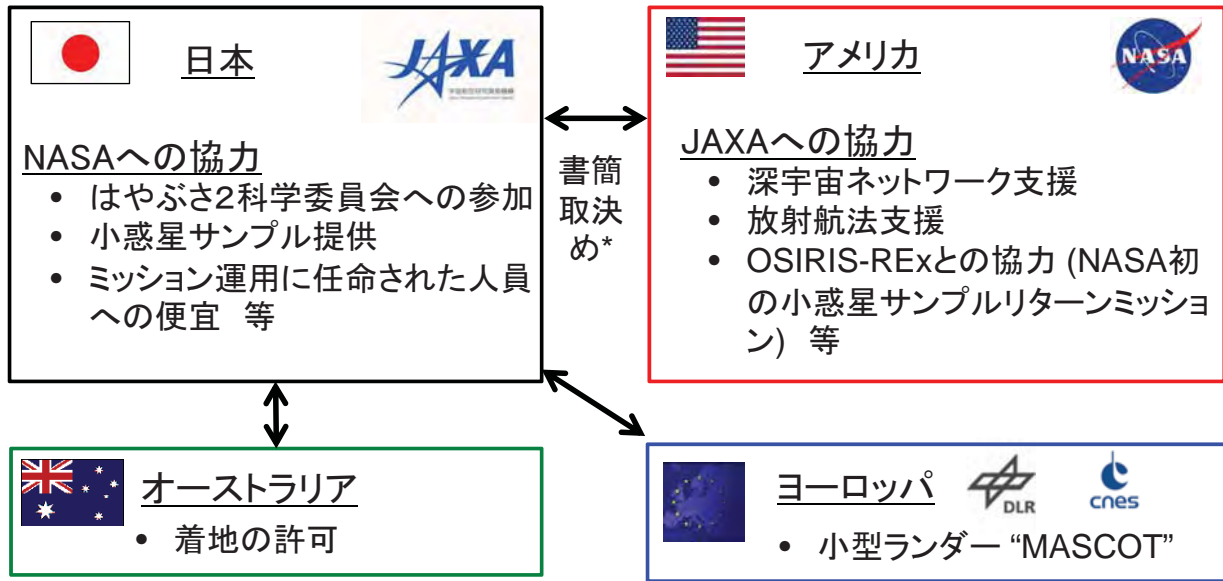
期待される成果

- SPRINT-Aは、惑星観測用小型宇宙望遠鏡を搭載し、金星、火星、木星を極端紫外線(EUV)で観測。木星の衛星イオ軌道に沿うドーナツ状プラズマ領域の発光エネルギー源の解明及び地球型惑星の太陽風との相互作用による大気流出機構の解明に貢献。
- ERGは、放射線帯(バンアレン帯)中心部で、広いエネルギー帯のプラズマ粒子と、電磁場・プラズマ波動の直接観測を行い、どのようにして放射線帯の高エネルギー電子は増えるのかを解明。

打上げ予定

SPRINT-A:平成25年度、ERG:平成27年度





* 2012年11月にNASAとJAXAはOSIRIS-RExを含むはやぶさ2の協力の可能性についての書簡取決めを締結した。

小型衛星
(イプシロンロケット)

小型科学衛星: ERG

中大型衛星
(H-IIAロケット)

次期X線天文衛星ASTRO-H 次世代赤外線天文衛星: SPICA

政策的なミッション
の活用模索
(国際探査等)

SELENE 2

効率的な宇宙科学の推進のため
多様な実証機会を積極的かつ効果的に活用

海外機関との共同
ミッションの実施

水星探査機
BepiColombo

小規模プロジェクト
(海外のミッションへの科学観測機器の供給等)

ESA/JUICE Mission

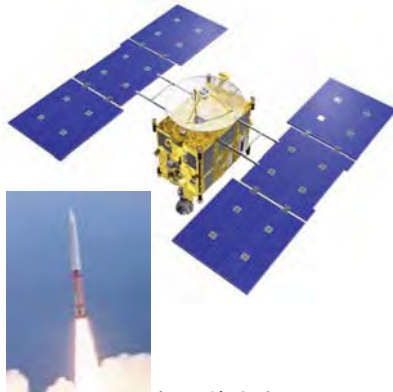
国際宇宙ステーション
(実験・観測ミッションが可能)

観測ロケット

※再使用型観測ロケットを開発中

大気球

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

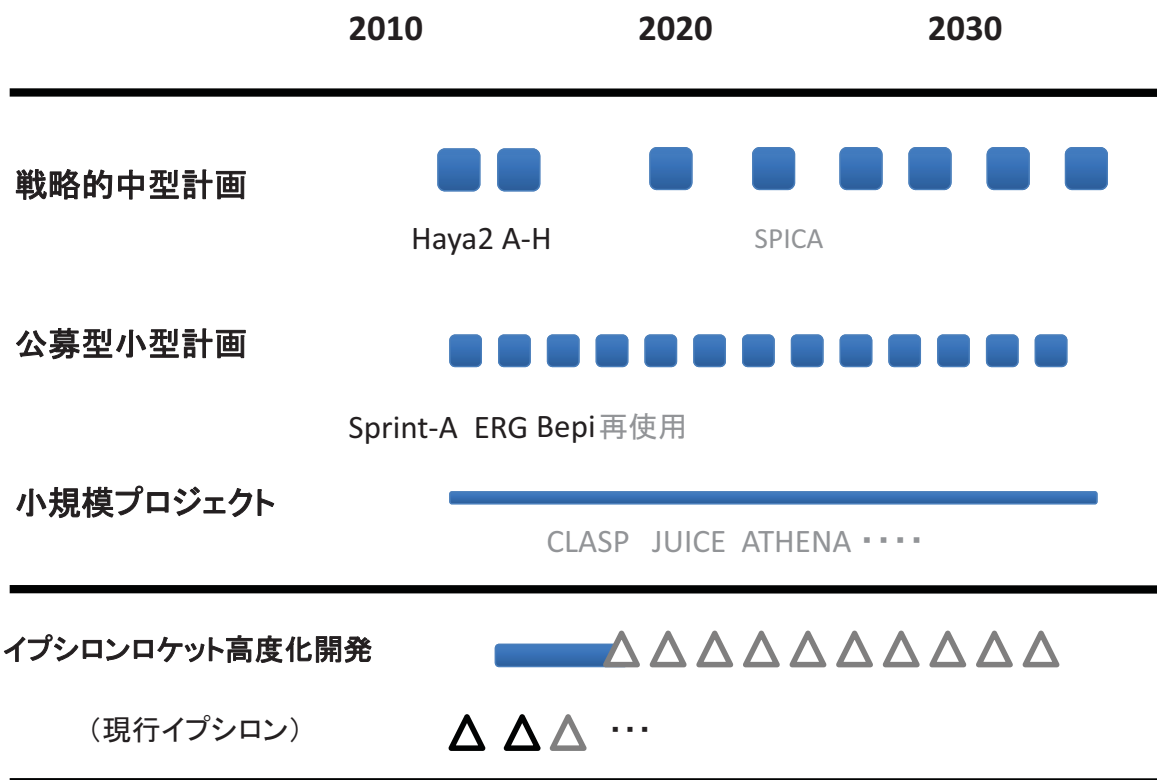
戦略的に実施する中型計画(300億程度)
 世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダーとして実施する。多様な形態の国際協力を前提。

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。現行小型衛星計画のL/L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。

研究分野の総力を挙げて 戦略的に実施する中型計画候補

- **SPICA**: 遠赤外線観測により、初期宇宙からの現在までの銀河形成史を明らかにし、また星や惑星系の誕生過程を解明する
- **Solar-C**: 太陽の光球からコロナにつながる、磁気プラズマ活動の本質を探るための超高解像度撮像や紫外線分光を行い、太陽活動・プラズマ現象の総合的な理解を行う。
- **LiteBIRD**: 原始重力波の痕跡である宇宙マイクロ波背景放射の偏光B-mode観測など、新たな手段により、インフレーション機構による宇宙創成シナリオを検証する。
- **WISH**: 近赤外線域での遠方超新星サーベイを通じて宇宙膨張の加速機構の理解を目指す国際計画に参加し、併せて地球型系外惑星の検出に挑戦する。



宇宙科学・探査ロードマップ



- 1) 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べく、衛星探査機の小型化・高度化技術などの工学研究課題に取り組む。惑星探査、輸送系、深宇宙航行システムの研究成果をプロジェクト化する。
- 2) 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ミッションによる工学課題克服・技術獲得と先鋭化したミッション目的を立て、10年後以降の大型ミッションによる本格探査を行う。
- 3) 天文学・宇宙物理学分野は、フラッグシップ的中型、機動的に実施する小型および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。
- 4) 成果の創出、人材育成、コミュニティの求心力等の観点から、下記の頻度実現を目指す。
 - a) イプシロンで打上げる規模のミッションを2年に1度程度の頻度で実行する。
 - b) ASTRO-Hを含め、今後10年間に3機程度の戦略的フラッグシップミッションを実現する。
 - c) 多様な機会を活用した小規模ミッションを高頻度かつ継続的に推進する。
- 5) 関連コミュニティや関連大学等との連携を高め、効率的効果的な推進体制構築を更に進める。

(1) 人類共通の知的資産の獲得

宇宙飛行体を用いた観測や探査によって、宇宙および太陽系の起源と構造およびその進化、および生命の成り立ちの理解の増進を目指すなど、人類の知的資産の増進を図る。

(2) 挑戦的な宇宙工学研究によるブレークスルーの実現、フロンティアの拡大

工学的課題に挑戦し、飛行ミッションによって実証する。宇宙や太陽系の理解を深めるための工学研究を行うと同時に、宇宙開発利用の将来を切り開き、人類のフロンティアの拡大および人類的課題の解決に貢献する。

(3) 先端的な研究開発の現場における人材の育成

日本の宇宙開発の先端的な研究開発の将来を支える研究者や技術者の育成を行う。

(4) 宇宙科学成果による国のプレゼンスの向上

最先端の成果創出が、世界の学術研究コミュニティにおけるプレゼンスを高め、国際的リーダーシップを実現することにより、世界の中で日本が高い位置を占めることに貢献する。

これらの取り組みをもって、日本の宇宙利用全体へ
顕著な貢献をしていきたい

(補足資料)

- ★ 航空機や人工衛星でカバーできない高度数10kmから数100kmの高度で観測研究手段として活用
- ★ 人工衛星に比較して比較的安価で、かつ、機動的な実験を実施できる手段として活用

観測ロケット

種類に応じて、高度100kmから1000kmに達し弾道飛行中に様々な観測や工学実験が実施可能

地球大気・電離圏の観測

衛星では不可能な低高度の直接観測。地上観測と呼応して特定目的の現象の観測や広い高度範囲の垂直構造の調査。

天文観測

将来ミッションのためのプリカーサ

宇宙工学実験

宇宙空間特有の環境下での工学実験の手段として有意義であり重要。将来ミッションのための実証や予備試験。

マイクロG環境利用実験

微小重力環境を利用した流体、材料製造、生命科学などの実験。ISS利用の予備実験など。

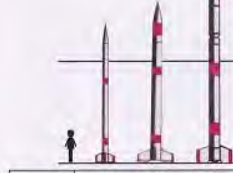
人材育成

他の宇宙実験に比べて安価な実験経費であるので、上記実験を通して幅広い分野での科学系・技術系の人材を育成



観測ロケットのタイプ

S-310, S-520, SS-520



	S-310	S-520	SS-520
総数	1	1	2
全長m	7.1	8	9.65
直径mφ	0.31	0.52	0.52
全重量ton	0.7	2.1	2.6
到達高度	190km	430/350km	800/1000km
搭載重量	70kg	70/150kg	60/30kg

大気球

航空機より高度30~50kmで長時間にわたり実験が可能

大気球利用実験の推進

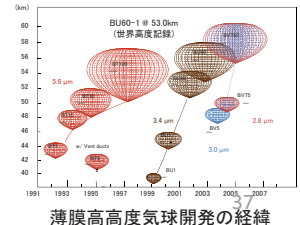
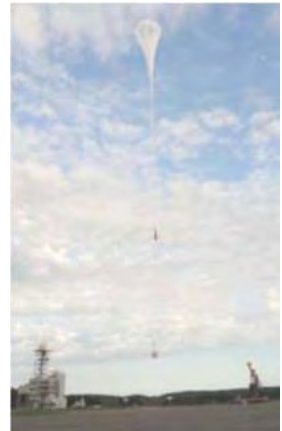
世界でもユニークな放球方式による大型気球の安全な運用と、海上回収により、実験を推進する体制を確立し飛翔機会を提供。海外の気球グループと協力して実験を実施。

次世代気球の研究と飛翔試験

超長時間飛行が可能な圧力気球や、高度60kmの中間圏を目指す超薄膜高高度気球の開発研究を実施。

マイクロG環境利用実験

微小重力環境を利用した流体、材料製造、生命科学などの実験。ISS利用の予備実験など。



目的

「はやぶさ」が探査したS型小惑星イトカワよりも始原的なタイプであるC型小惑星の探査およびサンプルリターンを行い、原始太陽系における鉱物・水・有機物の相互作用の解明から、地球・海・生命の起源と進化に迫るとともに、「はやぶさ」で実証した深宇宙往復探査技術を維持・発展させて、本分野で世界を牽引する

期待される成果と効果

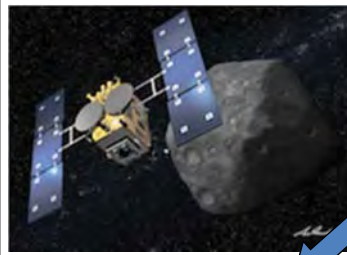
- 水や有機物に富むC型小惑星の探査により、地球・海・生命の原材料間の相互作用と進化を解明し、太陽系科学を発展させる。
- 衝突装置の衝突地点付近からのサンプル採取という新たな挑戦も行うことで、日本がこの分野において、さらに世界をリードする。
- 太陽系天体往復探査の安定した技術を確立する。

特色:

- 世界初のC型微小地球接近小惑星のサンプルリターンである。
- 小惑星にランデブーしながら衝突装置を衝突させて、その前後を観測するという世界初の試みを行う。
- 「はやぶさ」の探査成果と合わせることで、太陽系内の物質分布や起源と進化過程について、より深く知ることができる。

国際的位置づけ:

- 日本が先頭に立った始原天体探査の分野で、C型小惑星という新たな地点へ到達させる。
- 「はやぶさ」探査機によって得た独自性と優位性を発揮し、日本の惑星科学および太陽系探査技術の進展を図るとともに、始原天体探査のフロンティアを拓く。
- NASAにおいても、小惑星サンプルリターンミッションOSIRIS-REx (打上げ:平成28年、小惑星到着:平成31年、地球帰還:平成35年)が計画されているが、サンプルの交換や科学者の協力について調整が進んでおり、両者の成果を比較・検証することによる科学的成果も期待されている。



注:探査機外観はイメージ

太陽系初期における鉱物・水・有機物の相互作用を解明

太陽系、地球、生命の原材料の起源や進化を解明する手がかりを得る。
(スペースガード、資源、有人ミッションについての情報も)

はやぶさ2 主要緒元

質量	約 600kg
打上げ	平成26年度
軌道	小惑星往復
小惑星到着	平成30年
地球帰還	平成32年
小惑星滞在期間	約18ヶ月

探査対象天体 地球接近小惑星、(162173) 1999 JU3

主要搭載機器
サンプリング機構、地球帰還カプセル、光学カメラ、レーザー測距計、科学観測機器(近赤外、中間赤外)、衝突装置、小型ローバ

「はやぶさ」による世界初の小惑星サンプルリターンの技術実証と理学成果

イトカワよりも水・有機物に富む地球近傍小惑星を探査し、試料採取を確実に実施

深宇宙往復探査技術の確立

- 小惑星へのランデブー
- 軌道上からの遠隔観測
- 小型ローバ投下、天体表面上での近接観測
- 衝突装置による人工クレータ生成
- サンプル採取・地球帰還・採取資料の分析

より遠方の太陽系天体への往復探査へ発展し、本分野で世界を牽引。

スケジュール

平成23-26年度	探査機・衝突装置の開発
平成25-26年度	総合試験
平成26年度	打上げ、初期運用
平成30年度	小惑星到着

実施体制

- 月・惑星探査プログラムグループを中心にJAXA全体で行う。
- 全国の大学、研究機関、また関連する海外機関から共同研究者を継続して募る。

目的

X線天文衛星「ASTRO-H」は、X線超精密分光と硬X線撮像分光による広帯域・高感度観測を実現するミッションで、現代宇宙物理の基本的な課題である宇宙の構造と進化にかかる数々の謎の解明に挑む。

期待される成果と効果

- ・X線超精密分光により最高水準のエネルギー分解能を達成し、光や電波では見ることのできないプラズマの流れを観測し、**暗黒物質**の成長の歴史を精密測定
- ・硬X線撮像分光により隠された巨大ブラックホールの誕生と成長の過程を観測し、宇宙の進化を解明
- ・これらを通じて、宇宙を存在させている重力源を解明し、重力源に対抗し宇宙を押し広げようとする正体不明の**暗黒エネルギー**の解明に挑む。

科学的・国際的な位置付け

- ・宇宙の包括的理解には様々な波長での観測が必要。2010年代後半には、ALMA(サブミリ波)、JWST(可視・近赤外)、Fermi(ガンマ線)などの次世代大型地上天文台・軌道衛星が稼働するが、ASTRO-HはX線領域においてこれらと伍して研究を行える能力と規模を有する唯一の計画である。そのため、国際天文学コミュニティの他、米NASA、欧ESA、蘭SRON、加CSA等の宇宙機関から大きく期待されており、一刻も早い実現を求められている。
- ・日本はこれまで5機のX線天文衛星を打上げ、常にトップランナーとして世界のX線天文学を牽引してきた。この実績を基に、米欧は、2010年代は自国の計画でなくASTRO-Hに国際協力参加することを選択した。米国からは、X線超精密分光に用いられる観測機器と軟X線望遠鏡の提供を受ける計画である。



X線超精密分光による高温プラズマの流れを精密観測、衝突しながら成長する銀河団のダイナミクスを解明

↓

ダークマターの成長の歴史を精密観測

↓

宇宙を存在させている重力源の解明

↓

宇宙を押し広げようとする正体不明のダークエネルギーに迫る

硬X線撮像分光により隠された巨大ブラックホールの成長の過程を観測、巨大ブラックホールが銀河進化に果たす役割の解明。

主要諸元

- 重量： 約2700 kg
- 発生電力： 約3500 W
- 打上げ： 平成27年度
- 軌道： 軌道傾斜角31度以下)
- 高度： 約550 km
- ミッション期間： 3年以上

スケジュール

- 平成21-24年度 衛星試作
- 平成23-26年度 衛星試作・衛星製作
- 平成24-25年度 NASAよりフライト品納入、I/F関連作業完了
- 平成26年度 総合試験
- 平成27年度 打上げ

実施体制

国内約二十の大学等研究機関から二百名を超える研究者が衛星開発、運用、データ解析に参加。米国 および欧州の12の研究機関の研究者により、サイエンスワーキンググループ、テクニカルレビューチームを組織。

目的

欧州宇宙機関(ESA)との国際協力により、謎に満ちた水星の磁場・磁気圏・内部・表層にわたる総合観測で水星の現在と過去を明らかにする。

期待される成果と効果

- ・固有磁場と磁気圏を持つ地球型惑星の初探査により、惑星の磁場・磁気圏の知見に大きな飛躍
- ・特異な内部・表層の全球観測により、地球型惑星の起源と進化の解明に貢献

特色： 初の日欧大型共同プロジェクト

- 全体構成は、2つの探査機
 - ・水星磁気圏探査機(MMO)
 - ・水星表面探査機(MPO)
- からなる。日本はMMO探査機を担当する。

科学的・国際的な位置付け

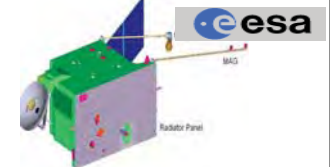
- ・地上望遠鏡：水星は太陽離角が小さいため、厚い大気層が影響して低分解能であり、かつ短時間しか観測できない。距離的には近いが観測困難であった。
- ・マリナー10号(米、1974-75年)：水星の一部表面(45%)撮像、表面温度の観測、固有磁場を発見した。
- ・メッセンジャー(米、2004年打上げ、2011年水星到着)：全球のラフな初サーベイ&北半球の詳細観測を行っている。
- ・BepiColomboは、水星のComplete Studyを行う
 - ・2機の周回探査機による複数点同時観測
 - ・全球および磁気圏をカバーする最適化された軌道
 - ・最適化された探査機姿勢と充実した観測機能
 - ⇒発見をするのがメッセンジャー、謎を解き明かすのがBepiColombo

水星磁気圏探査機(MMO)



水星の固有磁場、磁気圏、大気、太陽風との相互作用の観測

水星表面探査機(MPO)



水星の表面地形、鉱物・化学組成、重力場の精密計測

↓

惑星の磁場・磁気圏の研究飛躍
太陽に一番近い領域で起きた惑星形成の秘密に迫る

主要諸元

- 重量 約280kg
- 打上げ 平成27(2015)年度
- 軌道 水星楕円極軌道
- 高度400km~12,000km
- 水星到着 平成34(2022)年度
- 観測期間 約1年

全体スケジュール

- 平成15年度 : 基礎開発研究
- 平成16-21年度: 衛星試作
- 平成21-24年度: 衛星製作
- 平成23-25年度: 総合試験
- 平成26-27年度: 母船総合試験、打上げ

実施体制

- システムは、日欧の分担による。
- ・日本側：MMO探査機の開発と水星周回軌道における運用
- ・欧州側：全体システムの開発および打上げ～軌道投入

目的

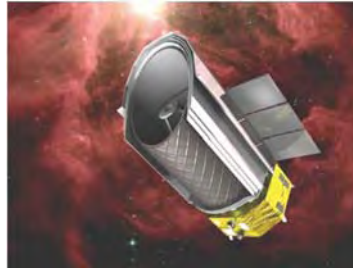
赤外線における高感度観測により、「ビッグバンから生命の誕生まで」の宇宙史の本質的過程を解明する。

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合理解、(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。
- ・ALMA(サブミリ波)、JWST(可視・近赤外)、TMT(すばる後継望遠鏡)の間の波長をつなぐSPICAの実現は、科学目的達成のために極めて重要である。これら地上・宇宙の次世代大型計画間のシナジーにより、より高い科学成果の創出を行う。

国際的な位置付け

- ・赤外線天文学分野では、これまで各国が特色あるミッションを交代で主導し発展させてきた。今後更なる発展を遂げるため、国際協調の下に一つの計画に集中し、分担して進めなければならない時代に突入しつつある。
- ・欧州は独自計画でなくSPICAに国際協力参加することを選択した。日本は、冷却技術など日本独自の技術を活かして主導しつつ、欧州他から各国の得意分野を持ちよることにより、チャレンジングなミッションを確実に実行する体制を構築する。
- ・ESA側が次フェーズに進むためにはSPC*承認が必要とされている。(*: Science Program Committee: 科学プログラム委員会)。SPCは平成25年11月及び平成26年2月に開催予定。



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合理解
- ・宇宙の物質循環の解明

主要諸元(案)

- ・望遠鏡口径: 3.2 m
- ・主要観測波長: 5-210 μ m
- ・望遠鏡温度: 6K
- ・質量: 約3700kg
- ・打上げ: 平成34年度
H-IIA-204
- ・軌道: 太陽・地球ラグランジュ
点2周りのハロー軌道
- ・ミッション期間: 3年(5年目標)

実施体制

JAXAが主導し、全国の大学や研究機関との協力によって進める。さらに、欧州、韓国、台湾との国際協力により実施。

日本にとっての意義

- ・日本の戦略的技術(冷却系)、ユニークな科学成果(「あかり」サーベイ等)を活用・発展させる計画
- ・日本が主導し、世界が参加する大型ミッションにより、人類の宇宙観に大きな影響を与える成果を期待。