

# 1. 宇宙物理学・天文学

## 「宇宙物理学・天文学」の意義・目的

宇宙の構造と進化、及びそこに誕生した生命の成り立ちの謎を解き明かすことを目指す研究分野。宇宙の包括的理解には、様々な物理現象が特徴的にあらわれるいろんな波長での観測が必要であるが、我が国は主に宇宙空間からでなければ観測できないX線や赤外線による宇宙観測・研究に取り組む。

－X線天文学：

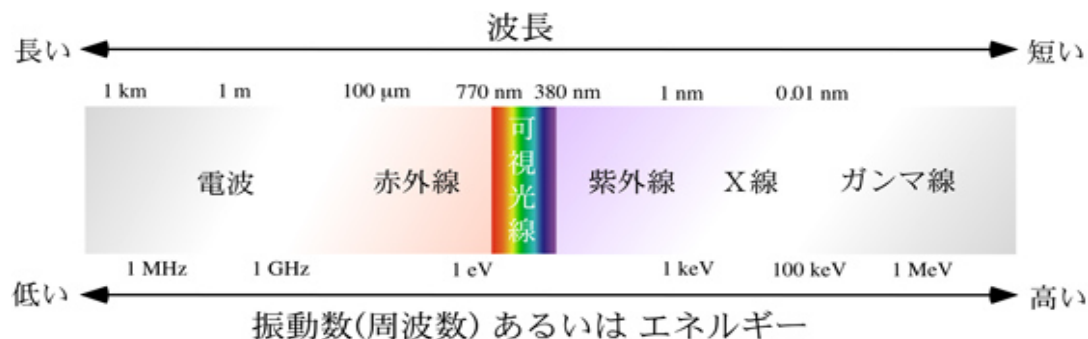
- ・第2期中期計画 : X線天文衛星「すざく」(運用中)
- ・第3期中期計画以降: 次期X線天文衛星「ASTRO-H」(平成26年度打上げ予定)

－赤外線天文学：

- ・第2期中期計画 : 赤外線天文衛星「あかり」(平成23年11月運用終了)
- ・第3期中期計画以降: 次期赤外線天文衛星「SPICA」(平成34年度打上げ予定)

## 当該分野の日本の強み・特徴

日本はこれまで、「はくちょう」から「すざく」まで5つのX線天文衛星を打上げ、その時々において他国の衛星にはない特長をもち、後年のX線衛星の方向性を作るような革新的な観測装置を搭載し、常にフロントランナーとして世界のX線天文学を牽引してきた。また、赤外線天文学では、「あかり」によって今後の天文研究の基礎となる日本発のデータベースを提供し世界的に貢献している。他にも世界初のスペースVLBI衛星「はるか」によって電波天文学における国際競争力を確立しており、NASA・ESAに比べ、歴史的に新しい分野を取り入れて段階的に発展させつつ、選択的集中を図っている。



## 1.1 X線天文学

### 「X線天文学」の意義・目的

宇宙で観測できる物質の80%以上は100万度以上の高温で、X線でしか見る事ができない。ところが、X線は地球の大気を透過することができないため、宇宙空間からの観測が必要となる。

1960年代に始まったX線天文学は、今日では宇宙物理学の重要な一分野に成長しており、超新星残骸や銀河団中の高温ガスの運動、遠方銀河団のダイナミックな進化、ガスに包まれた巨大ブラックホールの形成と銀河形成の関連などの研究では、超高分解能分光や広い波長域にわたるX線観測が必須である。

宇宙の包括的理解には、様々な物理現象が特徴的にあらわれるいろんな波長での観測が必要である。2010年代後半にはALMA(サブミリ波)、ハッブル宇宙望遠鏡の後継のJWST、GeVガンマ線衛星Fermiなどの、次世代の大型天文台、あるいは衛星が稼働することになる。これら他波長の観測手段とX線天文衛星による観測結果とを合わせて、現代宇宙物理学の基本的課題である宇宙の構造と進化にかかわる数々の謎の解明に挑む。

- ・第2期中期計画 : X線天文衛星「すざく」(運用中)
- ・第3期中期計画以降: 次期X線天文衛星「ASTRO-H」(平成26年度打上げ予定)

### 当該分野の日本の強み・特徴

日本はこれまで、「はくちょう」から「すざく」まで5つのX線天文衛星を打上げ、その時々において他国の衛星にはない特長をもち、後年のX線衛星の方向性を作るような革新的な観測装置を搭載し、常にフロントランナーとして世界のX線天文学を牽引してきた。

NASAやESAは2010年代は自国の独自の計画でなくASTRO-Hに国際協力に参加することを選択。ASTRO-Hは平成26年頃は世界唯一の大型X線天文衛星としての活躍が期待されており、日本のプレゼンス向上に大いに貢献する。このような新しい観測結果により、X線天文学が飛躍的に発展し、宇宙物理学に大きなインパクトを与えることができる。

## 宇宙物理学・天文学／X線天文学

### X線天文衛星「すざく」(ASTRO-EII)

#### 意義・目的

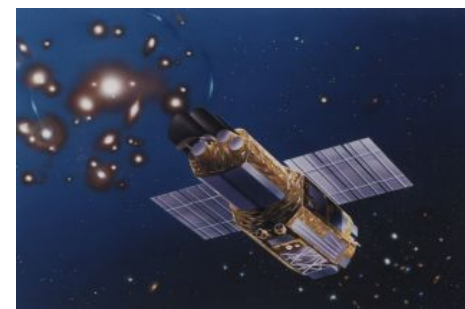
従来よりも広いエネルギー領域とより高いエネルギー分解能かつ高感度で観測することで、宇宙の構造と進化の解明(宇宙最大の規模を持つ銀河団が衝突・合体した時のガス運動の挙動、ブラックホール直近領域の探査等)に挑む。

#### 世界における日本の位置づけ

広帯域での高感度と高エネルギー分解能をもつ「すざく」は、高い角度分解能を持つ米国Chandra、広い集光面積を持つ欧州XMM-Newtonと相補的な役割を果たし、世界のX線天文学を牽引している。

#### プロジェクトの特徴

「すざく」は広いエネルギー帯域での世界最高レベルの感度とエネルギー分解能などの優れた観測能力を実証。これまで世界をリードしてきた日本のX線天文学の屋台骨を支えており、順調に宇宙の構造形成等に係る科学的成果をあげている。(平成19年には米国Thomson Scientific社調査によりすざく衛星論文が世界のSpace Science分野で最も引用された論文に認定)



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

X線・ガンマ線による高温プラズマの研究、宇宙の構造と進化の研究、ブラックホール候補天体と活動銀河核の広帯域のスペクトル研究。

#### 推進体制

観測装置の開発は日米国際協力を実施。望遠鏡(XRT)は、米航空宇宙局(NASA)・名古屋大・首都大学東京・JAXA、微小熱量計(XRS)はJAXA・NASA・首都大学東京、CCDカメラ(XIS)は京都大学・大阪大学・JAXA・マサチューセッツ工科大学・立教大学・愛媛大学、硬X線検出器(HXD)は東京大学・JAXA・広島大学・埼玉大学・金沢大学・青山学院大学がそれぞれ開発。運用とデータ処理などを含めると、全国21の大学・研究機関と米研究機関の研究者が総力を結集して実施している。

#### 期待される成果

銀河宇宙線の起源が超新星残骸であることを確実にする(英国科学誌「ネイチャー」掲載)、銀河団外縁部に至るX線スペクトルを世界で初めて測定する(米国科学誌「サイエンス」掲載)等、X線天文学研究にてインパクトの高い成果を挙げている。「すざく」観測データをもとに発表された査読付き論文は年間100編程度の高い水準を維持しており、今後も学術成果創出が期待される。

## 宇宙物理学・天文学／X線天文学

### 次期X線天文衛星「ASTRO-H」

#### 意義・目的

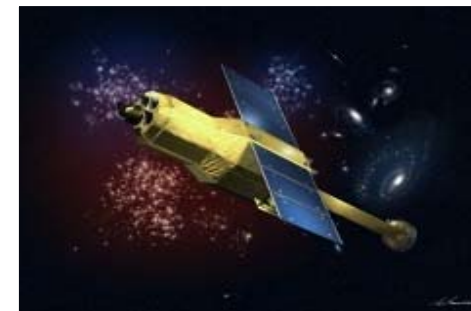
過去最高の高感度X線観測を行い、現代宇宙物理の基本的課題である宇宙の構造と進化に関わる数々の謎の解明に挑む。これまで世界のX線天文学を牽引してきた日本が主導し、先進的な観測機器が解き明かす新しい宇宙像により、宇宙科学のフロンティアを拓く大型国際ミッションである。

#### 世界における日本の位置づけ

米欧は2010年代は自国の独自計画でなくASTRO-Hに国際協力での参加を選択。平成26年頃は世界唯一の大型X線天文衛星としての活躍が期待されている。

#### プロジェクトの特徴

従来より10倍以上優れたX線エネルギー計測精度を持つ革新的な装置(軟X線超精密分光望遠鏡システム)や、従来存在しなかった高いエネルギー分解能と高精度イメージング能力を合わせ持つ軟ガンマ線検出器を実現。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

X線超精密分光と硬X線撮像分光とによる広帯域観測をこれまでにない高感度で実現し、世界に先駆けてダイナミックな宇宙の歴史を探り宇宙最大の謎ダークエネルギーに迫る。

#### 推進体制

国内約20の大学等研究機関、10以上の米欧の研究機関から総勢200名を超える研究者が衛星開発、運用、データ解析に参加。国際的なサイエンスワーキンググループを組織し、観測公募を実施する。

#### 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り、80億光年遠方までの巨大ブラックホールの探査を行い、巨大ブラックホールが銀河進化に果たす役割を解明。
- ・ 最先端観測装置の開発により、革新的な放射線検出器など幅広い応用と技術の底上げが期待される。

## 1.2 赤外線天文学

### 「赤外線天文学」の意義・目的

赤外線の多くの領域は地球大気において不透明であるため、宇宙空間からの観測が必要となる。加えて、地球大気のゆらぎによる解像度劣化の問題は、大気の無い宇宙空間に出ることで一挙に解決する。

宇宙からの観測は大気の影響を受けない理想的観測環境を実現できるメリットがあるが、コスト・重量・サイズ等の制限が大きく、軌道上修理や観測機器の改良も難しい。一方、地上観測は、観測上の制限はあるが、コスト・重量・サイズの面で有利であるのに加え、観測機器を常に最新に改良し、全体としての性能を維持することが可能であるなど、相補的な面を持っており、天文学の発展のためには両者の活用が必要である。

宇宙の初代天体の探査、初期宇宙における塵に埋もれた活動的な超巨大ブラックホールの探査、系外惑星系と残骸円盤の観測などは、宇宙からの赤外線観測に適する。これらの観測結果と、地上からの可視光・赤外線観測結果、そしてX線や電波など他波長域での観測結果などを合わせることによって、現代宇宙物理の基本的課題である宇宙の構造と進化にかかわる数々の謎の解明に挑む。

- ・第2期中期計画 : 赤外線天文衛星「あかり」(平成23年11月運用終了)
- ・第3期中期計画以降: 次期赤外線天文衛星「SPICA」(平成34年度打上げ予定)

### 当該分野の日本の強み・特徴

通常の望遠鏡ではそれ自体が強い赤外線源となるため、望遠鏡自身からの赤外線放射を抑えるためには極低温にまで冷却しなければならない。日本は、冷却技術において世界の最先端技術を持っており、赤外線天文衛星以外にも、X線天文衛星や地球観測衛星でも利用されている。

この技術を基にした「あかり」は、科学成果として約130万天体に及ぶ「赤外線天体カタログ」を公開。今後の天文研究の基礎となる日本発のデータベースを提供し世界的に貢献している。これを受け、日本が主導する大規模な国際協力ミッションとして次世代赤外線天文衛星「SPICA」の研究が進められている。

## 宇宙物理学・天文学／赤外線天文学

### 赤外線天文衛星「あかり」(ASTRO-F)

#### 意義・目的

大気に遮られて地上からは観測できない赤外線で全天サーベイ観測し、百万個以上の天体を従来衛星の数倍から数十倍高い感度・解像度で検出して、銀河・星・惑星系の形成過程を探る。

#### 世界における日本の位置づけ

平成22年3月に全天サーベイによる約130万天体に及ぶ「赤外線天体カタログ」を公開。それまで世界で使用されてきたIRAS衛星(米・英・蘭)のカタログを20年以上ぶりに更新し、我が国が今後の天文研究の基礎となるデータベースを提供。

#### プロジェクトの特徴

日本初の赤外線天文衛星である。赤外線領域全体にわたる高感度の観測を理想的な環境で行うため、液体ヘリウムを搭載して望遠鏡全体を極低温に冷却。2つの観測装置、近・中間赤外線カメラ、及び遠赤外線サーベイヤで全天サーベイと指向観測を実施する。これらの実現には、宇宙用機械式冷凍機や炭化ケイ素(SiC)ミラー望遠鏡の開発成功が大きく貢献している。  
(平成18年2月の打上げ以来、3年間の目標寿命を超えて運用され、平成23年11月に運用終了)



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

赤外線による、広い波長域、優れた空間分解能と検出能力で全天サーベイ観測を行い、全天カタログを世界に公開するとともに、原始銀河の探査を通じた銀河の起源と進化の解明や、星生成領域の観測を通じた星形成のメカニズムの解明などを行う。

#### 推進体制

衛星の開発はJAXAが中心となり、名古屋大学、東京大学、情報通信研究機構他の大学・研究機関の協力で実施。データ受信と「赤外線天体カタログ」の作成は、欧州宇宙機構、欧州の4大学連合、韓国ソウル大学との国際協力で実施。

#### 期待される成果

全天サーベイや指向観測データに基づく天文学的成果は、100億年前にさかのぼる宇宙の星形成史の解明、惑星原料である塵が終末期の星や超新星爆発により形成される過程の解明、核融合反応を起こせない小さな星の大気の解明、また太陽系の中の塵の分布の新しいモデルの確立、従来の2倍の数に上る小惑星のサイズや反射率データの提供等、多岐にわたる。

## 宇宙物理学・天文学／赤外線天文学

### 次期赤外線天文衛星「SPICA」

#### 意義・目的

「ビッグバンから生命の誕生まで」の宇宙史の解明を目指す赤外線天文衛星。日本が主導する国際ミッション。日本の技術を活用して、大型冷却望遠鏡により、中間赤外～遠赤外領域において世界最高の感度と分解能の天文観測を行う。

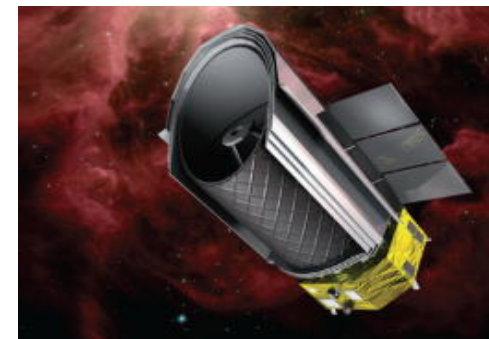
#### 世界における日本の位置づけ

日本は、冷却系等の重要技術、および「あかり」サーベイ結果を持ち、本ミッションで世界をリードできる位置にある。

世界におけるSPICAへの期待は極めて高い。世界の赤外線コミュニティは、日本のSPICAに統合する道を選び、欧州、米国の宇宙物理長期計画でもSPICAへの参加が強く推薦されている。

#### プロジェクトの特徴

口径3.2mの望遠鏡を絶対温度6K以下にまで冷却することで、天文学にとり重要な赤外線領域において、今までにない高感度でかつ高空間分解能の観測が可能になる。このような大型冷却望遠鏡の搭載を可能にするため、日本独自の新しい冷却方式(望遠鏡を常温で打ち上げ、軌道上で冷却)を採用する。また、時間的・空間的に安定した重力環境及び熱環境を得るため、日本の衛星で初めて第2ラグランジュ点周りの軌道にて観測を行う。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

- ・銀河誕生のドラマ: 宇宙の初代天体の探査、初期宇宙における塵に埋もれた活動的な超巨大ブラックホールの探査等を通じて、銀河の誕生と進化を解明する。
- ・惑星系のレシピ: 系外惑星系と残骸円盤の観測などを通じて、惑星系の誕生と進化を解明する。
- ・物質の輪廻: 宇宙の多様性を生んでいる重元素を、様々な年代の天体において観測することにより、宇宙の物質循環を解明する。

#### 推進体制

日本が主導する大規模な国際協力ミッション。

日本は、独自技術を活かして、衛星システム、中間赤外線観測機器、打上げ、欧州は望遠鏡、遠赤外線観測機器、地上局の一部、米国はサブミリ波観測装置(検討中)、韓国は観測装置の一部を担当する。

#### 期待される成果

「銀河の誕生のドラマ」、「惑星系のレシピ」、「宇宙における物質輪廻」という現代天文学の重要課題の解明。さらに、極低温冷却、大型宇宙光学系、ラグランジュ点利用等の宇宙開発戦略技術の開拓。

## 2. 太陽系科学

### 「太陽系科学」の意義・目的

太陽及び太陽系の構造と進化、及びそこに誕生した生命の成り立ちの謎を解き明かすことを目指す研究分野。太陽の物理現象と太陽活動が地球近傍の宇宙空間に及ぼす影響を解明することを目指す「太陽物理学」、地球の周辺を取り巻く磁気圏の高エネルギー粒子、磁場、電場、プラズマ波動などを“その場”で観測し、地球磁気圏の構造とダイナミクスを研究する「太陽地球系物理学」、太陽系における固体・流体・気体・プラズマの相互作業の理解や惑星系形成プロセスの理解を目指す「惑星科学」から成る。

－太陽物理学：

- ・第2期中期計画 : 太陽観測衛星「ひので」(運用中)
- ・第3期中期計画以降: 研究中(例: 次期太陽観測衛星「SOLAR-C」)

－太陽地球系物理学：

- ・第2期中期計画 : 磁気圏観測衛星「あけぼの」(運用中)、磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」(運用中)、小型高機能科学衛星「れいめい」(運用中)
- ・第3期中期計画以降: ジオスペース探査衛星「ERG」(平成27年度打上げ予定)

－惑星科学：

- ・第2期中期計画 : 金星探査機「あかつき」(運用中)
- ・第3期中期計画以降: 小型科学衛星1号機(平成25年度打上げ予定)、日欧共同水星探査計画「BepiColombo」(平成26年度打上げ予定)

### 当該分野の日本の強み・特徴

日本における太陽物理学及び太陽地球系物理学分野は、1990年代から世界的成果を有する成熟した分野である。例えば「ひので」は日本で3番目の太陽観測衛星であり、世界最高の空間分解能や磁場の精密測定能力を持ち、世界の太陽物理研究に極めて大きなインパクトを与えている。また「あけぼの」「GEOTAIL」は、打上げ以来順調に科学観測を続け、太陽活動の完全な1サイクル(11年周期×2)の継続的な“その場”観測を達成している。これら強みは今後も発展させつつ、惑星科学などの分野を開拓する。



## 2.1 太陽物理学

### 「太陽物理学」の意義・目的

太陽は我々にもっとも近い恒星である。表面を詳細に観測できる唯一の恒星であることから、太陽の研究は宇宙の基本構成要素である恒星の理解の基礎を与えている。太陽研究の意義は、太陽自身の解明、地球への影響、星や天体磁気流体プラズマ現象の実験室としての意義があり、現代太陽物理学の主要テーマは、太陽内部構造の解明と、内部物理過程の結果としての磁気活動ーフレア、コロナ、磁場の起源(ダイナモ)ーの解明である。

近年の観測技術の発展、特にスペースからの太陽観測により、高品質のデータが大量に得られ、地球の気象学に比肩する緻密な研究が進められている。太陽観測衛星によって、太陽表面や太陽コロナで起こるさまざまな爆発現象や加熱現象を観測する。太陽大気中で発生する磁気エネルギーの変動現象を捉え、太陽の外層大気であるコロナの成因、および光球での磁気構造の変動とコロナでのダイナミックな現象の関係などの宇宙プラズマ物理学の基本的諸問題を解明する。

また、太陽で起こるフレア爆発は数日後には地球磁気圏に影響をおよぼし、黒点数の11年周期変動は地球の気象・気候や惑星大気に無視できない影響をおよぼしている可能性があり、地球磁気圏等を研究対象とする太陽地球系物理学や惑星科学と連携して取り組む必要がある。特に、太陽が地球環境におよぼすこれらの影響は、近年では宇宙天気という新たな研究領域として著しい発展を見せている。

- ・第2期中期計画 : 太陽観測衛星「ひので」(運用中)
- ・第3期中期計画以降: 研究中(例: 次期太陽観測衛星「SOLAR-C」)

### 当該分野の日本の強み・特徴

日本における太陽物理学は、1990年代から世界的成果を有する成熟した分野である。日本で2番目の太陽観測衛星「ようこう」は、X線からガンマ線領域で働く4種類の観測装置により、10年3ヶ月にわたって太陽活動の科学観測を継続し、太陽活動周期の一周期(約11年)をほぼ連続観測した世界初の科学衛星であり、旧来の「静かな太陽コロナ」のイメージを一新する大きな成果を獲得した。その知見の基に開発された「ひので」は、世界最高の空間分解能や磁場の精密測定能力を持ち、世界の太陽物理研究に極めて大きなインパクトを与えている。

## 太陽系科学／太陽物理学

### 太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)

#### 意義・目的

世界に開かれた軌道上太陽天文台として、可視光・極端紫外線・軟X線の同時観測を行い、太陽表面や太陽コロナで起こるさまざまな爆発現象や加熱現象の謎に迫る。

#### 世界における日本の位置づけ

「ひので」は世界の太陽物理研究において極めて大きなインパクトを与えている。平成19年には米国科学誌「Science」にて特集号が生まれ、その表紙を飾った。



#### プロジェクトの特徴

「ひので」は太陽観測として世界最高の空間分解能や磁場の精密測定能力を持ち、可視光磁場望遠鏡による宇宙からの世界初の三次元磁場計測、高分解能X線望遠鏡によるコロナ構造の観測、コロナの運動を解き明かす極端紫外線撮像分光の観測を行う。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

太陽大気中で発生する磁気エネルギーの変動現象を捉え、太陽の外層大気であるコロナの成因、および光球での磁場構造の変動とコロナでのダイナミックな現象の関係などの宇宙プラズマ物理学の基本的諸問題を解明する。

#### 推進体制

JAXAが衛星システム及び可視光望遠鏡の本体部分の製作を国立天文台の協力を得て実施。米英が3望遠鏡の製作を分担。衛星運用及び観測データ処理・解析では、国立天文台、情報通信研究機構他の関係機関の協力を得て国内大学研究者の統合科学チームを組織して行う他、開発参加した米英研究機関に加えて欧州(ESA)も地上局を提供して参加している。

#### 期待される成果

太陽大気で起きる様々な物理現象を理解する上で重要な新しい科学的成果(アルヴェーン波検出、彩層や光球のダイナミクス、太陽風の流源特定、黒点や静穏領域での微細な磁場構造等)を続々と挙げている。また、太陽の磁極反転の様子を世界で初めてとらえ、今後の太陽物理学研究に強いインパクトを与える成果が期待される。

## 2.2 太陽地球系物理学

### 「太陽地球系物理学」の意義・目的

太陽地球系物理学は、地球近傍の宇宙空間における様々な物理現象を研究する学問分野である。電離圏、磁気圏、惑星間空間などを研究対象とするが、太陽地球系物理学の観測衛星は、宇宙空間とりわけ地球磁気圏の「その場」観測を特徴としており、地球の周辺を取り巻く磁気圏の高エネルギー粒子、磁場、電場、プラズマ波動などを“その場”で観測することにより、地球磁気圏の構造とダイナミクスを研究する。

元来は地球電磁気学の一分野という分野であったことから、宇宙空間からの観測のみならず、地上観測や高層大気観測の他に、計算機を用いたシミュレーションも活用した幅広い研究分野となっている。特に重要な要素である宇宙プラズマ物理学において、磁気リコネクション過程を始めとする重要なプラズマの基本過程の研究は、太陽を研究対象とする「太陽物理学」との連携により、太陽及び地球磁気圏を含む地球周辺環境での観測研究を発端にして大きな発展を遂げている。また、地球磁気圏での観測手法及び知見を、水星や木星等他の惑星・衛星に適用することにより、惑星科学と密接に関連している。

- ・第2期中期計画 : 磁気圏観測衛星「あけぼの」(運用中)、磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」(運用中)、  
小型高機能科学衛星「れいめい」(運用中)
- ・第3期中期計画以降: ジオスペース探査衛星「ERG」(平成27年度打上げ予定)

### 当該分野の日本の強み・特徴

日本における太陽地球系物理学分野は、1980年代から世界的成果を有する成熟した分野である。「あけぼの」「GEOTAIL」は、打上げ以来順調に科学観測を続け、太陽活動の完全な1サイクル(11年周期 x 2)の継続的な“その場”観測を達成している。これらの経験・知見を基に、小型科学衛星2号機: ジオスペース探査衛星(ERG)の開発を進めており、高エネルギー粒子が大量に存在する環境下での観測に最適化した小型衛星をタイムリーに打上げることによって、宇宙環境変動や宇宙プラズマ物理学の分野で国際的競争力をもった一級の科学成果を得ることを目指す。

## 太陽系科学／太陽地球系物理学

### 磁気圏観測衛星「あけぼの」(EXOS-D)

#### 意義・目的

オーロラに関連した磁気圏の物理現象(オーロラ粒子の加速のメカニズムとオーロラ発光現象の観測)の解明。

#### 世界における日本の位置づけ

太陽から太陽風を通じて地球磁気圏にやってくるエネルギーと物質の流れを総合的に理解するため、地球周辺の宇宙空間に配置された他国の衛星とともに、国際共同観測を行っている。

#### プロジェクトの特徴

従来の衛星に比べて10倍強い放射性環境にも耐える設計となっており、このような耐放射性技術は初めて「あけぼの」で実現した。平成元年の打上げ以来観測を継続している。このような放射線帯を含む内部磁気圏の観測を長期間にわたり連続的に観測している衛星は、世界で「あけぼの」の他に例がない。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

プラズマ、磁場、電場、波動を観測する機器と、オーロラ撮像カメラの計9種の科学観測機器を搭載してオーロラ粒子が加速されている領域の観測を行い、オーロラを光らせるプラズマの加速メカニズムを解明する。

#### 推進体制

プラズマ圏や放射線帯のデータは内之浦局、北極上空域のオーロラ現象はスウェーデンのエスレンジ局にて受信している。

#### 期待される成果

打上げ以来、順調に科学観測を続け、太陽活動の完全な1サイクル(11年周期×2)の観測を達成。太陽活動度に依存したオーロラ現象の理解や、長周期の放射線帯消長の描像の解明が期待される。

## 太陽系科学／太陽地球系物理学

### 磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」

#### 意義・目的

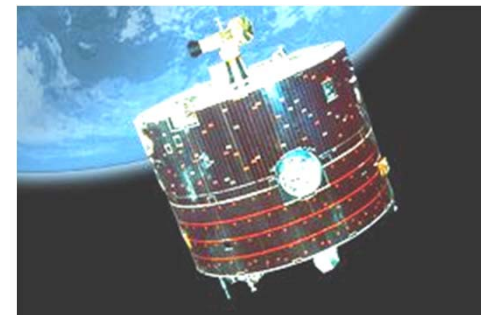
地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスの研究、ISTP（太陽地球系物理学国際共同観測計画）への参加を行う。

#### 世界における日本の位置づけ

ISTP（日米欧露の太陽地球系物理学国際共同観測計画）に参画し、国際的な他衛星観測網の一角を担っている。GEOTAILは、長年に渡り精密な「その場」観測によって世界の宇宙プラズマ物理学の発展に大きく貢献してきた衛星として高く評価されている。

#### プロジェクトの特徴

日米共同プロジェクトであり、衛星は日本が開発し、観測機器は日米双方より提供され、打上げは米国デルタロケットにて行われた。地球近傍の磁気圏尾部のプラズマの直接観測データを20年以上もの長期に渡り連続的に取得できている衛星は他にない。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

地球周辺空間における宇宙プラズマ現象の巨視的な構造と微視的な物理過程を、粒子分布関数、電場、磁場、波動など総合的な観測を行うことによって理解する。特に、地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスおよび磁気圏の高温プラズマの起源と加熱・加速過程を明らかにする。

#### 推進体制

衛星の運用管制はJAXAで行い、データ受信は日米双方で行っている。

#### 期待される成果

地球周辺の宇宙空間の国際的な共同観測の一角を担っており、長期に渡る継続観測により得てきたデータは極めて価値が高い。また、第24期太陽活動極大期をターゲットに計画されている国際的な内部磁気圏観測においても、GEOTAILの貢献が期待されている。

## 太陽系科学／太陽地球系物理学

### 小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX)

#### 意義・目的

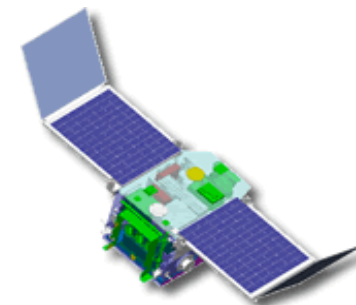
小型衛星による高精度3軸姿勢制御等の先進技術の投入、撮像と粒子の同時観測などのオーロラ観測により、先進技術を盛り込んだ小型衛星の開発・運用ノウハウの取得と、小規模・高頻度の科学ミッションの経験を積むことを目的とする。

#### 世界における日本の位置づけ

科学観測に関しては、「れいめい」と同等の観測領域・オーロラ観測機能を実現している衛星は世界的にも類を見ない。磁力線フットプリント領域のオーロラを、120ms/1kmの高時間/高空間分解能で単色多波長撮像可能な衛星は「れいめい」のみである。

#### プロジェクトの特徴

わずか70kg級の小型衛星でありながら、平成17年8月の打上げ以来7年以上に渡り運用されており、様々な成果を挙げている。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

工学ミッションとしては、次世代衛星技術の軌道上実証、具体的には高速プロセッサによる制御、超小型GPS受信機、フレキシブル可変放射素子、反射型太陽集光パドル、リチウムイオン電池などの先進的な技術を盛り込んだ機器の軌道上実証を実施する。理学ミッションとしては、オーロラの微細構造の観測、オーロラの撮像と粒子の同時観測を実施し、オーロラ微細構造の成因の解明を目指す。

#### 推進体制

インハウス技術の保持・若手技術者育成のため、JAXA職員が製作及び運用現場の多くに直接携わっている。

#### 期待される成果

工学ミッションでは、誤差0.05度以下の精度という70kg級の小型衛星としては卓越した三軸制御能力を実証するなど、衛星搭載の先進的機器は全て正常に機能。理学ミッションでは、オーロラ微細構造をオーロラカメラで高速撮像するとともに、オーロラ発光現象を引き起こす電子やイオンを高時間分解能で観測することにより、華々しく活動するオーロラ発光現象の成因に迫る知見を得た。

## 太陽系科学／太陽地球系物理学

### 小型科学衛星2号機： ジオスペース探査衛星(ERG)

#### 意義・目的

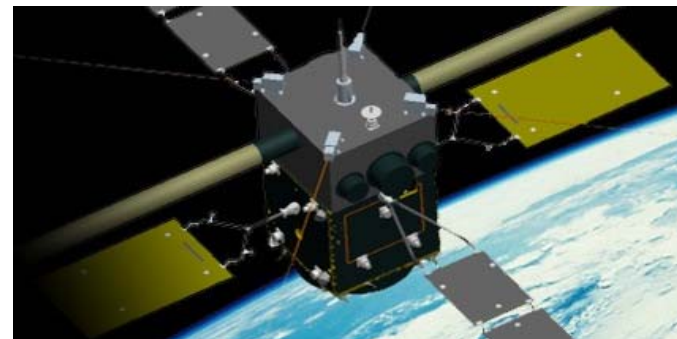
地球近傍の宇宙空間であるジオスペースには、メガエレクトロンボルトを越える高エネルギーの粒子が多量に捕捉されている放射線帯(ヴァン・アレン帯)が存在している。太陽風の擾乱に起因する宇宙嵐にともなって変動する放射線帯の高エネルギー電子がどのようにして生まれ消失するのか、そして宇宙嵐はどのように発達するのかを明らかにする。

#### 世界における日本の位置づけ

宇宙嵐の頻発する今太陽活動期には、ジオスペース環境の詳細な把握をめざして、米国・ロシア等の各国にてジオスペース探査が計画されている。放射線帯電子加速の理解には、ジオスペースの多地点同時観測が重要であり、ERGはこれら国際協同衛星群の一翼を担う。

#### プロジェクトの特徴

ERGには世界初となる波動粒子相互作用解析装置(S-WPIA)が搭載される。これは、従来不可能とされてきた、プラズマ波動と粒子のエネルギー交換過程の直接計測を可能とする装置である。これにより、プラズマ波動による電子加速過程が定量的に明らかになることが期待される。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

放射線帯の中心部で、広いエネルギー帯のプラズマ粒子と、電磁場・プラズマ波動を直接観測し、ジオスペースにおける相対論的電子加速過程と宇宙嵐の発達過程を明らかにする。

#### 推進体制

観測機器は国際協力にて開発が進められており、国内23の大学・研究機関とスウェーデン・台湾が参加している。また、ERGのデータ解析等を行うサイエンスセンターは名古屋大学に中心拠点が置かれ、サイエンスチームには、北海道大、東北大、東京大、立教大、電気通信大、東海大、名古屋大、京都大、大阪府立大、金沢大、富山県立大、九州大、極地研、NiCT等が参加。

#### 期待される成果

放射線帯粒子加速過程の解明を通じ、磁化惑星・天体プラズマでの粒子加速研究にも貢献(将来の水星・木星磁気圏探査での粒子加速研究のさきがけ)。また、宇宙放射線の変動過程を理解することで宇宙天気研究に貢献し、人工衛星や宇宙飛行士の安全な活動への貢献が期待される。

## 2.3 惑星科学

### 「惑星科学」の意義・目的

惑星科学は、太陽系における固体・流体・気体・プラズマの相互作業の理解や惑星系形成プロセスの理解を目指す研究分野である。太陽を除き、太陽系の主要構成要素である、8つの惑星(4つの地球型惑星と4つの木星型惑星)、惑星に付随する構造であるリング(環)と衛星、小惑星や彗星など惑星以外の小天体、及び太陽系空間に満ちている惑星間塵を対象とする。

太陽活動の消長により惑星大気及び磁気圏にも大きな影響を与えることから、太陽物理学及び太陽地球系物理学の知見と密接に関連する。加えて、生命の起源に迫るアプローチの方法として、その材料である有機物と氷の研究、また生命を生み出したであろう初期の地球環境についても研究が進められており、我々の地球自体の理解や生命の起源の解明につながる研究分野である。

通常のアstronomical手法による研究に加えて、対象とする天体の探査機による直接観測や、その場観測が可能であるという特徴がある。その意味で、地球科学の視点を応用した研究が可能であり、地質学、鉱物学、気象学あるいは生物学などの諸分野の視点で研究が進められつつある。

- ・第2期中期計画 :金星探査機「あかつき」(運用中)
- ・第3期中期計画以降:小型科学衛星1号機(平成25年度打上げ予定)、  
日欧共同水星探査計画「BepiColombo」(平成26年度打上げ予定)

### 当該分野の日本の強み・特徴

日本は、「さきがけ」「すいせい」「ひてん」「のぞみ」による太陽系探査技術を礎として、先進宇宙工学研究による衛星技術、深宇宙航法誘導自律制御技術、超遠距離通信技術、などの技術を獲得しており、「はやぶさ」による小惑星探査の成功を導いている。これらの実績に加えて、太陽地球系物理学における観測機器開発の経験を基にして、日欧の国際共同水星探査計画「BepiColombo」のMMO衛星の開発を日本が担当するなど、国際競争力のある研究分野となりつつある。



## 太陽系科学／惑星科学

### 金星探査機「あかつき」(PLANET-C)

#### 意義・目的

金星周回軌道上から、雲の下まで透視するリモートセンシングによって金星の大気現象を継続的に観測し、世界に先駆けて金星の大気力学を解明する。

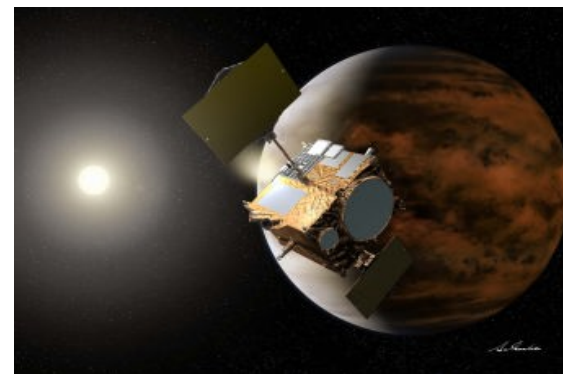
#### 世界における日本の位置づけ

過去に米欧露が探査機を送ってきたが、「あかつき」は世界初の惑星気象衛星として、いまだ謎に包まれている金星の気象や気候を多面的に精密調査するユニークなミッションである。

また、欧州の金星探査機「ビーナスエクスプレス」との密接な協力により、金星探査を国際的に推進する。

#### プロジェクトの特徴

我が国初の金星探査計画である。観測装置として5種類のカメラを搭載し、発光高度や放射メカニズムが異なる様々な波長の光を観測することで、金星大気を立体的に可視化する。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

従来の気象学では説明できなかった金星の大気力学のメカニズムを解明し、惑星における気象現象の包括的な理解を得る。

#### 推進体制

衛星の開発はJAXAが中心となり、観測装置開発は北海道大学、東北大学、東京大学、立教大学、大阪大学、他の研究機関の協力で実施。海外機関では、米国JPL/NASA、欧州ESA、独マックスプランク研究所等との国際協力により推進。

#### 期待される成果

平成22年5月に打上げを行い、同年12月に金星周回軌道への投入運用を実施したが、投入成功には至っていない。現在、2015年以降の再投入に向けて運用中。

## 太陽系科学／惑星科学

### 日欧共同水星探査計画 「BepiColombo」

#### 意義・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。

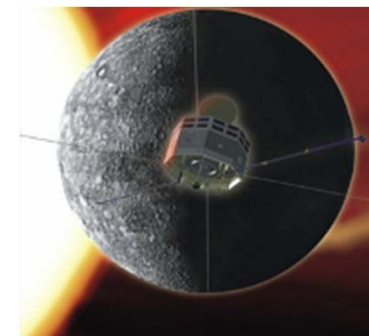
#### 世界における日本の位置づけ

過去の水星探査計画は、昭和49年～50年に水星に接近した米国「マリナー10号」と平成23年に周回軌道に入った米国「メッセンジャー」のみであり、これまで多くの発見がなされているが、未解明の謎が多く残されている。Bepi Colomboはそれらの謎を解き明かし、水星の全貌解明に挑む日欧共同の大型水星探査計画である。

#### プロジェクトの特徴

初の日欧大型共同科学プロジェクトであり、日欧の探査機が協同して観測を実施する。

- ・日本は水星磁気圏探査機(MMO)を担当し、水星の固有磁場、磁気圏、大気、大規模地形の観測を行う。
- ・欧州は全体システムの開発および打上げから軌道投入を担当するとともに水星表面探査機(MPO)を担当し、水星の表面地形、鉱物・化学組成、重力場の精密計測を行う。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

水星でなければ解き明かされない重要な科学的意義をもつ謎の解明のため、日欧の2つの衛星で同時に水星の磁場・磁気圏・内部・表層を初めて多角的・総合的に観測し、「惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性」、「地球型惑星の起源と進化」を明らかにする。

#### 推進体制

国内では20を超える大学・研究機関に所属する研究者がBepiColombo計画に参加しており、日欧合わせて200名近い研究者が開発段階から参画している。

#### 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される。また、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」の解明に貢献する。

## 太陽系科学／惑星科学

### 小型科学衛星1号機 (SPRINT-A)

#### 意義・目的

小型科学衛星シリーズは、中型科学衛星の補完的な位置づけとして、特徴ある宇宙科学ミッションを迅速かつ高い頻度で実現することを目的としている。

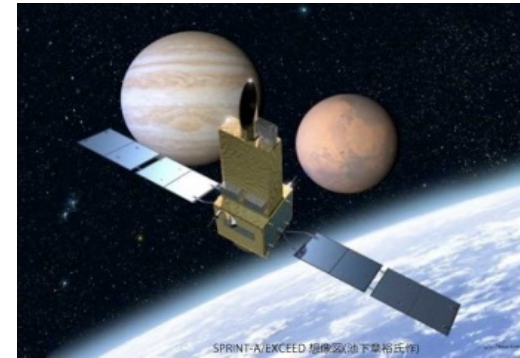
1号機では、低コスト・短納期かつ一定の多様性に対応可能な標準的な小型衛星バスを開発するとともに、極端紫外光(EUV)による金星、火星、木星の観測を行う。

#### 世界における日本の位置づけ

SPRINT-Aが観測する波長は、極端紫外線領域の中でも遠紫外線領域に近い領域(低エネルギー領域)であり、そのほとんどが天文観測で世界初のものである。

#### プロジェクトの特徴

小型科学衛星1号機として標準的な小型衛星バスを開発し、一定の多様性に対応可能なセミオーダーメイド型バス技術を習得。2号機以降は設計・試験等の省略化や、同一設計による高い信頼性等も得られる。



#### 目指すサイエンス(ミッション概要)

- ・極端紫外領域の分光器により、木星イオプラズマトーラスを観測し、電子温度を導出するとともに、発光領域の背景エネルギー収支のメカニズムを解明して、惑星環境多様性の理解を促進する。
- ・地球型惑星(金星・火星)の大気流出を観測し、惑星大気進化の歴史の多様性、ひいては、生命を育む惑星の成立条件を探求する。
- ・小型科学衛星シリーズの多様な要求に対応可能な標準バス技術を習得する。

#### 推進体制

搭載される観測機器は、JAXA以外に東京大学、東北大学等が参画して開発されている。

#### 期待される成果

惑星観測用小型宇宙望遠鏡により、金星、火星、木星を極端紫外線で観測し、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する。

### 3. 小型飛翔体による実験研究

高度数10kmから数100kmという、航空機や人工衛星ではカバーできない高度における観測研究手段として、観測ロケットや大気球などの小型飛翔手段の研究とそれを利用した理工学実験研究を実施。

高層大気・電離圏・宇宙線・宇宙プラズマ・天体物理学等の観測的研究や、高空からの自由落下を利用した微小重力環境実験など。工学研究の例として、展開構造物や再突入飛翔体の工学実証試験など。

#### 観測ロケット実験

観測ロケットは、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を実施する。大気球や科学衛星と相補的な飛翔機会として活用。

#### 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。

#### 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



打上の様子

#### 観測ロケットのタイプ

S-310, S-520, SS-520



	S-310	S-520	SS-520
段数	1	1	2
全長m	7.1	8	9.65
直径φ	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

#### 大気球観測実験

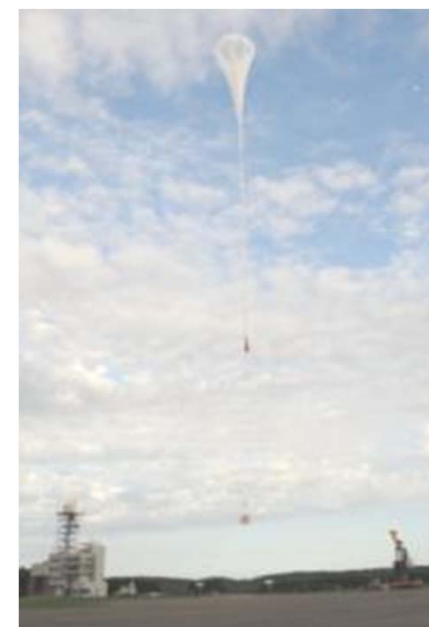
成層圏大気球は、航空機より高い高度に長時間にわたり滞在できる唯一の飛翔体。高度30~50kmで柔軟に飛翔させることが可能で観測ロケットと相補的な飛翔機会として活用。

#### 大気球利用実験の推進

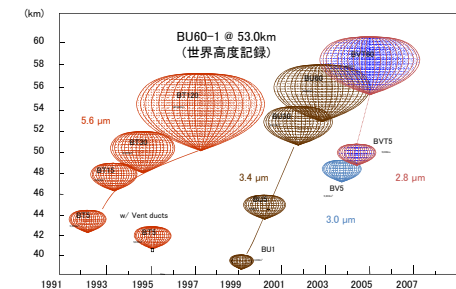
世界でもユニークな放球方式による大型気球の安全な運用と、海上回収により、実験を推進する体制を確立し飛翔機会を提供。海外の気球グループと協力して実験を実施。

#### 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气球や、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中。



圧力气球の地上耐圧試験



薄膜高高度気球開発の経緯