

## 日本の宇宙科学研究の中枢

# JAXA宇宙科学研究所



### ここでは何をしているの？

宇宙科学研究所のミッションは、国内の大学・研究所・諸外国の宇宙機関と協力して、衛星・探査機・観測ロケット・大気球・国際宇宙ステーションを使用し、特徴ある優れた宇宙科学ミッションの立案・開発・飛行実験・運用・成果創出を一貫して行い、それによる学術研究を強力に推進することにあります。

宇宙工学と宇宙物理学の研究者が連携して研究開発できること、つまり工学者が先端技術で理学ミッションを先導し、理学者が要望する新しい工学技術の開発を効率的に行うことができること、これが宇宙科学研究所の最大の強みです。

### なぜ宇宙を研究するの？

宇宙科学は我々に何をもたらすのでしょうか？それは宇宙の謎を解明するだけではありません。この地球をとりまく広大な宇宙を探るということは、宇宙に満ちあふれる謎に迫ると同時に、我々の住む地球のことを探ることにもつながるのです。

地球環境問題の解決にも大きく貢献しますし、将来の新技术・産業の創出にも役立ちます。人類社会の発展を担う次世代の人材を育てることや、国際社会への貢献にも関わってきます。それらをふまえて、さまざまな研究活動、教育活動を行っています。

### 何人ぐらいが働いているの？

宇宙科学研究所や宇宙教育センター、宇宙探査イノベーションハブ、契約、財務、施設部門の職員数は540名程です。その他に、大学研究者、大学院生、外国の研究者、メーカーの人たちも働いています。

### 最近の主な成果は？

水星磁気圏探査機「みお」(MMO)が2018年10月に打上げ成功、水星に向けて順調に飛行しています。昨夏、小惑星リュウグウに到着した「はやぶさ2」は、人工クレーターを作ったり2回のタッチダウンに成功したり、さまざまな成果をあげています。ジオスペース探査衛星「あらせ」は、地球を取り巻く大気とジオスペースと太陽風の影響を観測し、オーロラとの関係も調べています。金星探査機「あかつき」は雲を継続観測しています。一方で、大規模数値シミュレーションと比較して、雲の構造メカニズムの究明もしています。

### これからの計画は？

火星衛星探査計画(MMX)は、火星衛星からのサンプルを採取し、地球に持ち帰る検討を進めています。小型月着陸実証機SLIMプロジェクトは「降りたい所に降りる」着陸技術を目指して進行中です。地球一月ラグランジュ点探査機EQUULUESやOMOTENASHI探査機システムも検討中です。木星の氷衛星探査計画JUICEに4機の探査機を搭載予定です。X線分光撮像衛星XRISMプロジェクトは、星や銀河の宇宙空間を流れるプラズマを観測し、宇宙の謎に挑みます。この他、長野県佐久市では臼田局の後継となる大型アンテナ、深宇宙探査用地上局(GREAT)の建設が進んでいます。



宇宙科学研究所へようこそ。所長の國中均です。向こう10年のうちに水星から木星まで各天体に探査機を送り込み、日本の深宇宙探査船団の完成を目指します。

また、X線からマイクロ波までの観測結果を統合し、地上の天文台も巻き込んで宇宙138億年の歴史の解明に挑みます。今年は宇宙科学研究所が相模原市へ移転して30年の節目の年です。ぜひ最新の研究の数々をご覧ください。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/>



伝統を受け継ぎ、革新を続ける

# イプシロンロケット



## イプシロンロケットの特徴は？

### コンパクトな打上げシステム

自動点検システムやモバイル管制を取り入れて世界一シンプルな打ち上げ方式を実現しました。

### ユーザーフレンドリーな機体

振動・衝撃を緩和する機構で衛星にやさしい乗り心地。小型液体ロケット（PBS）で軌道を精密に調整。このようなことからイプシロンは衛星にとってとても使いやすいロケットになっています。

## これからのイプシロンは？

### H3ロケットとのシナジー開発

シナジーとは相乗効果という意味で、様々な面でH3とイプシロンで相乗効果を高めるような開発を進めています。

### 惑星探査まで

さらに上段に高性能のキックステージ（ロケット）を搭載することで、イプシロンは惑星探査ミッションの打ち上げもできるようになります。

## イプシロンロケットとは？

M-Vロケットまでに培われた日本の固体ロケット技術を引き継ぐとともに、新しい技術を開発し、小型衛星打ち上げのニーズに応える即応性、自在性を備えた先進的な衛星打ち上げ用固体ロケットです。

2013年 9月に試験機の打ち上げに成功し、ロケット新時代の第一歩を踏み出しました。

その後、2号機において強化型としてパワーアップし、さらなる革新を進めています。



### 強化型イプシロンの概要

| 項目     | 諸元                 |
|--------|--------------------|
| 機体構成   | 3段式<br>(PBS*追加搭載可) |
| 全長/直径  | 約26 m/2.5 m        |
| 全備重量   | 約95 ton            |
| 軌道投入能力 | 太陽同期軌道<br>590kg    |

\* PBS: 軌道調整用 小型液体ロケット

## これまで何機打ち上げた？

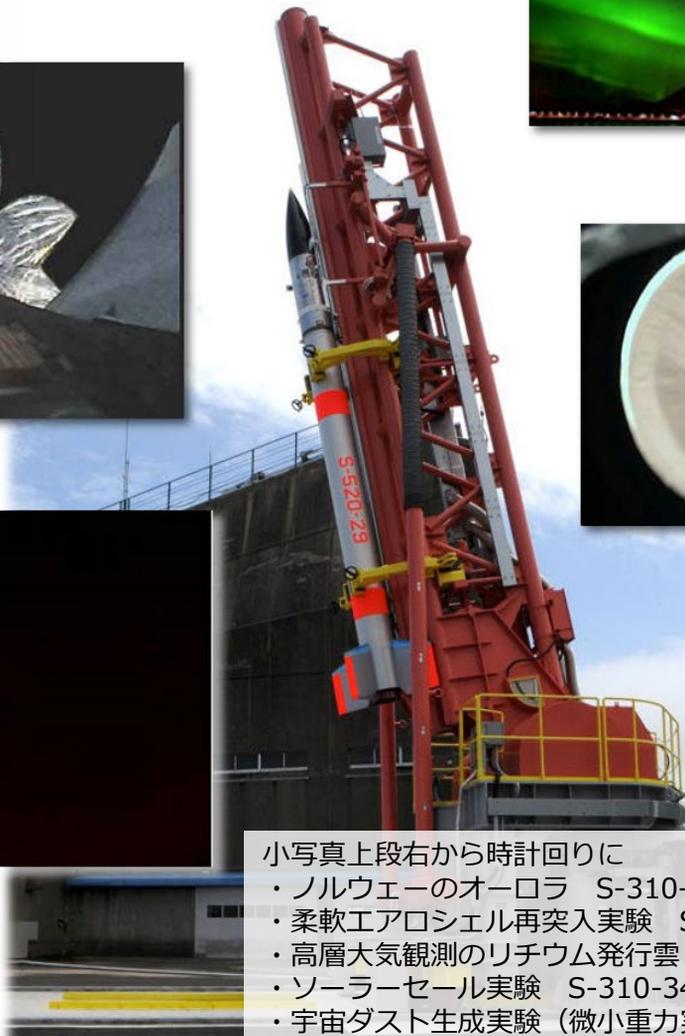
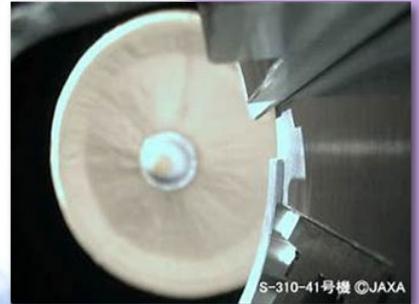
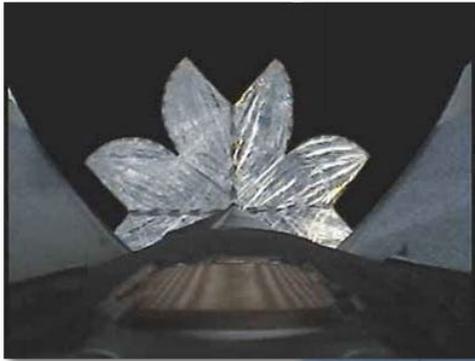
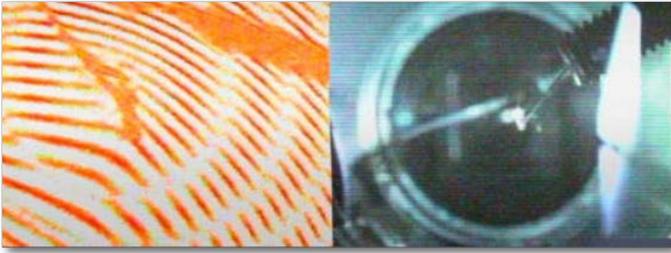
これまでに打ち上ったイプシロンロケットの一覧です。

| 機体  | 打上げ日       | ペイロード            | 備考            |
|-----|------------|------------------|---------------|
| 試験機 | 2013.9.14  | ひさき              |               |
| 2号機 | 2016.12.20 | あらせ              | 初めての強化型       |
| 3号機 | 2018.1.18  | ASNARO-2         | 初めての民間衛星      |
| 4号機 | 2019.1.18  | 革新的衛星技術<br>実証1号機 | 複数衛星の<br>軌道投入 |

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/>



# 宇宙科学を支える 観測ロケット



小写真上段右から時計回りに

- ・ノルウェーのオーロラ S-310-35号機 他
- ・柔軟エアロシェル再突入実験 S-310-41号機
- ・高層大気観測のリチウム発行雲 S-520-23号機
- ・ソーラーセイル実験 S-310-34号機
- ・宇宙ダスト生成実験（微小重力実験） S-520-30号機

## 観測ロケットとは

観測ロケットは宇宙科学観測等に向けて開発されたロケットで、高度100kmから1000km程度の宇宙空間を飛行しながら落下するまでの間に各種観測や実験を行います。気球が到達可能な高度は約50kmまでで、人工衛星の多くは高度250km以上を飛んでいます。その間の中間圏や熱圏、電離圏と呼ばれる空間を直接観測できるのは、観測ロケットだけです。

観測ロケットは得意分野であるプラズマ物理観測、高層大気観測などの理学観測の他にも、微小重力実験や大型構造物の伸展展開といった宇宙工学実験にも使用されています。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/>



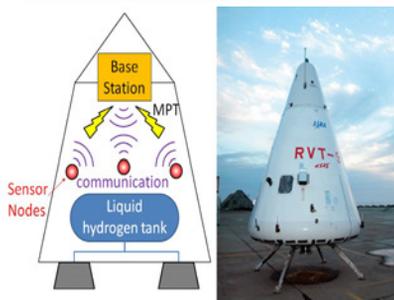
# 川崎研究室 はるかなる衛星と会話する宇宙情報通信

## ◆ はるかなる衛星との会話

地球からはるかに離れた衛星や探査機と地上との間で、衛星が取得したデータ(衛星等から地上)や、姿勢制御などの命令(地上から衛星等)などのデータを通信するためには、ハイパワーの信号を送信するための高電力増幅器や、遠方から飛来する微小信号を高感度に検出するための低雑音増幅器などの電子デバイスが重要な役割を果たしています。宇宙応用を目指して開発した情報通信デバイス技術は、へき地への高度遠隔医療などに利用される衛星通信にも応用されます。

## ◆ ここでは何をしているの？

川崎研究室では人工衛星に搭載するアンテナなどの通信コンポーネントや天文宇宙センサの開発や、これまでにない電力輸送の形態となる無線電力伝送技術の研究・開発をおこなっています。わたしたちの研究室で開発されたコンポーネントは超小型深宇宙探査機「PROCYON」や内之浦宇宙空間観測所内の超巨大パラボラアンテナですでに使用されています。また、無線電力伝送技術の研究の一環として、わたしたちが開発した大電力増幅器を用いたロケット内センサシステムへの無線電力伝送実験を成功させました。また今後はHySiCと呼ばれる異種半導体接合技術によってセンササイズをより小型化することを目標としており、昨年度はHySiCを用いた小型センサシステムの無線電力伝送実験を行い成果を収めました。



ロケット内無線電力伝送実験



### ◆ 川崎先生から一言

## ◆ 最新のクリーンルーム紹介

宇宙開発に画期的発展をもたらす小型化・高性能化・低コスト化を実現するHySiC (Hybrid Semiconductor Integrated Circuit) デバイスを実現するために、世界最高の ISO クラスレベル 1 の洗浄度を誇る最新のスーパークリーンルームにて、ナノメートル (1 ミリの 100 万分の 1) サイズの超微細加工技術を駆使し、ナノRFデバイス作成など、日々研究・開発を行っています。



10 nm Line & Spaceの描画が可能な電子線描画装置



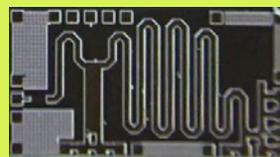
高周波プローブによるデバイス評価



川崎研究室メンバー



ISOクラス1を実現する高性能ファンユニット



製作中のナノRFデバイス (整流回路)

自動車やロボットと同様に人工衛星もセンサー、通信機といった電子機器が重要な役割を果たしています。ワイヤレス技術による高度衛星技術を開発する川崎研究室のブースで感じてみてください。

もっと詳しく知りたい人のために  
川崎研究室  
<http://www.rfia.isas.jaxa.jp/>



# 宇宙輸送の未来を切り開く 再使用ロケット



## 再使用ロケットってなに？

みなさん、宇宙に行ってみたい！と思ったことはありますか？きっと多くの人は一生涯一度は行ってみたいと思っているのではないのでしょうか？

しかし、宇宙に人や物を運ぶためには、とても多くのお金が必要です。なんと、1kgのものをロケットで宇宙に運ぶには、約100万円必要です！これではほとんどの人は宇宙には行けませんね。ではなぜこんなにお金がかかるのでしょうか？それは、今のロケットは「使い捨て」だからです。ロケットを作るためには多くのお金が必要ですが、そのロケットは打ち上げられたあと海に捨てられています。そして、次の打ち上げのためにまた新しいロケットを作っています。

でもみなさん、身のまわりの乗り物を思い浮かべてみてください。自転車も車も飛行機も、使うたびに捨てて、毎回新しいものを買う、なんてことはしていませんよね。

私たちの研究グループでは、たくさんの人を乗せて何回も宇宙に行けるロケットを作ることを目指しています。そのような「再使用」ロケットができれば、宇宙に行くための費用が安くなり、多くの人が宇宙旅行ができる時代がやってくるでしょう。

## どうすれば再使用できるの？

今のロケットは一回飛ばばいいようにできています。でも、再使用ロケットは何度も飛ばなくては行けないので、今のままではだめです。すばやく整備をしたり、燃料をいれたり、故障した部分を見つけたりする方法を考えなくては行けません。

飛び方も今までのロケットとは違います。どんな飛び方で帰ってくるのがいいのか、どんな形のロケットであれば飛ばしやすいのか、考えなければならないことはたくさん残っています。

## 研究開発リーダーから一言



野中聡 准教授

我々の研究グループでは、これまでに再使用ロケット実験「RVT」や、高度100kmに到達できる再使用型観測ロケットの基礎研究を行ってきました。現在はその研究成果を実証するために、再使用ロケット実験機「RV-X」を開発しています。

これまでに実際に飛翔するエンジンの開発や機体構造の開発が完了し、秋田県の能代ロケット実験場において燃焼試験などを行ってきました。今年度は飛行試験に向けた準備を進めています。また、この実験機を使って実証する技術、例えばロケットを繰り返し使う技術や、着陸するために必要な技術など、ロケットを「再使用」するために必要な技術について様々な検討を進めています。再使用ロケット実験機は、将来宇宙に頻繁にアクセスして大量に物や人を運ぶための第一歩と考えています。



能代でのRV-X燃焼試験の様子（2018年）

もっと詳しく知りたい人のために  
[http://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas\\_news/files/ISASnews451.pdf](http://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews451.pdf)



電気がなければ始まらない

# エネルギーから宇宙を拓く

## この研究のねらいは？

人工衛星や探査機、ロケット等は地球から旅立つ瞬間から自活してエネルギーを賄わなければ成りません。そのためには、必要な時に必要なだけ電力を供給するための**電池**が必要になります。私たちは**リチウムイオン二次電池**や**燃料電池**、**再生型燃料電池技術**を駆使して、より遠くで、より長く活動するべくエネルギーデバイスの研究を進めています。

エネルギーは、有人での宇宙探査にも、もちろん必要です。その中では、燃料電池技術の派生として、水を電気分解して水素と酸素を製造し、かつ炭酸ガスを資源に変え、地球や火星のような星で人の生活の持続性（**サステナビリティ**）を向上させるための研究を進めています。

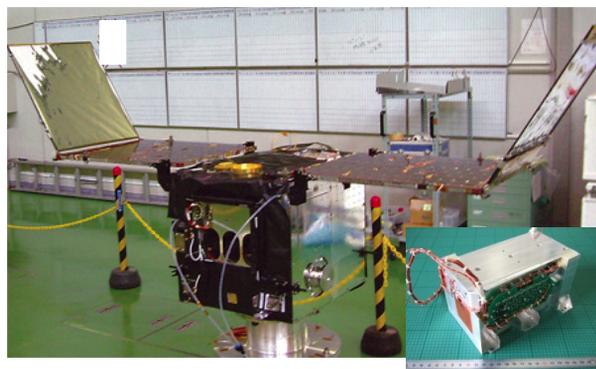
## 主な研究テーマは？

私たちは**リチウムイオン二次電池**や**燃料電池**の宇宙利用について研究しています。

特に、燃料電池では、微小重力になる宇宙で使いこなすためのシステム試作や、水電解機能との複合化による**再生型燃料電池**の研究を進めています。

リチウムイオン二次電池の場合には、高真空中で微小重力となる宇宙で使えるかどうかの判断も大切ですが、実際には飛んでからの「**運用力**」で、引き出せる能力が大きく変わります。2005年に打ち上げた「**れいめい**」衛星では、**15年にわたり衛星を運用し続ける**ことに成功し、今も運用を継続中です。

「**はやぶさ**」では、**リチウムイオンバッテリーが故障**しました。宇宙でこれを修理してカプセルの蓋を閉めました。リチウムイオンバッテリーを**宇宙で修理**した例は「**はやぶさ**」以外にはありません。



打ち上げ前の「れいめい」衛星と搭載されたバッテリー  
— アシスト自転車用の電池を改良して使用 —

## エネルギーから探査へ！

私たちは、**エネルギー技術を駆使**して、水素と酸素を製造し、かつ炭酸ガスを資源に変え、地球や火星のような星で人の生活の持続性（**サステナビリティ**）を向上させるための研究を進めています。

水の電気分解から呼吸用の酸素を作れます。



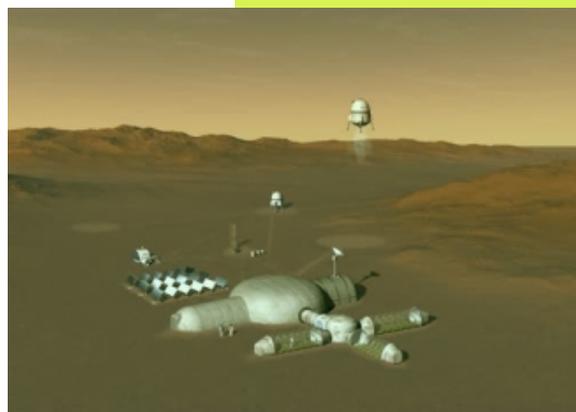
酸素ができるときに一緒に水素ができます。この水素を使ってヒトが吐き出す炭酸ガスと反応させて水とメタンを作ることができます。



## 地球環境保全から宇宙へ

今日の日本では太陽電池や風車や太陽電池などの「**再生可能エネルギー**」を利用した社会の構築が求められています。電気があれば水を分解して水素を作れます。水素は燃料になりますが、小さくて軽いため保管が難しいガスです。このとき上述の技術を使えば、水素と炭酸ガスからメタンを作れます。メタンは天然ガスの主成分であり、エネルギーの運び手（**エネルギーキャリア**）となります。今、私たちは宇宙技術を応用し、地球の環境保全への貢献を試みています。

さて火星に目を向けてみましょう。火星には炭酸ガスがあります。私たちの水素製造/メタン合成技術を使えば火星でメタンを作れます。更には色々な有機物も作れるようになるでしょう。将来、**火星で地産地消**の探査が拓かれるかもしれません。



火星探査想像図

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.ac.jp/j/mailmaga/index.shtml>

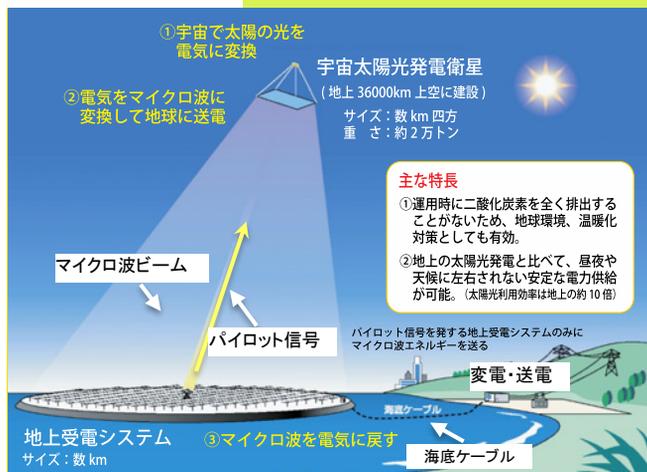


# 太陽発電衛星

～電気は宇宙で作る時代に～

## マイクロ波で電気を地上に送る新しい発電システム

太陽発電衛星(SPS：Solar Power Satellite)とは、近い将来の実用化を目指して研究開発が進められている新しい発電所の一つです。人工衛星の軌道に大規模な太陽光発電システムを展開して発電します。軌道上で作られた電気エネルギーを地上へ無線で送電します。最大の特徴は、宇宙で発電した電気エネルギーをマイクロ波で地上に送ることです。マイクロ波は、太陽光と異なり、大気や雲を透過しやすい性質を持っています。また、静止軌道は、一年のうちでわずかな期間のみしか地球の影に入りません。天候の影響を受けず、昼夜の別なく、安定して電力を供給できるという特長があります。自然エネルギーによる大規模でクリーンなエネルギーシステムを実現できます。



研究リーダー  
田中孝治准教授



太陽発電衛星は、環境にやさしいだけでなく、天候に左右されず、安定した電気エネルギーを供給することができる近未来の発電システムです。私たちは、この宇宙に作る発電所の実現を目指して、技術の確立やシステム検討などを行い、国内の様々な研究機関と協力して日々研究に励んでいます。

## 電気をつくる

宇宙で電気をつくるためには太陽電池を使うのが一般的です。最近では、薄くて軽く性能の良い太陽電池が開発されています。展示では、宇宙用太陽電池をはじめ、いくつかの太陽電池を比較しながら紹介します。



↑こんなにペラペラな太陽電池も！

## 宇宙に大きなものをつくる

SPSは、GWクラスの大電力太陽光発電や衛星軌道上からの無線送電のための超大型アンテナのために、数キロメートルサイズの巨大な宇宙構造物になります。現在構想中のSPSのサイズは、羽田空港の敷地くらいの大きさになります。

当然一度の輸送で、こんなに大きな宇宙構造物を作ることはできません。予め折りたたんで、1,000回程程度のロケット輸送で、衛星軌道上で建設することが検討されています。私たちは、もっと少ない輸送回数で作ることができるSPSの構造やロケットのフェアリングへの効率的な収納方法について研究しています。

## 電気をおくる

人工衛星から電線を使って地上へエネルギーを送ることは、近未来では実現が困難な技術です。私たちは、マイクロ波という電波を使って無線でエネルギーを送る研究を行っています。

マイクロ波は身近な例では携帯電話などの通信用途で用いられています。しかし、電波は情報だけでなく、エネルギーを送ることもできます。ブース内では無線送電のデモンストレーションを行っていますので、ぜひご覧ください。



↑無線送電用の実験装置です！  
デモではもう少し簡単な装置を使います

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://stage.tksj.jaxa.jp/sps/>



うちゅうたんさ

うちゅうたんさじっけんとう

# 宇宙探査イノベーションハブと「宇宙探査実験棟」について



## 宇宙探査イノベーションハブ

月や火星で人類が活動する時代が近づいてきました。今、何を準備しておくべきでしょうか？  
 きっと、月や火星に降り立った人類は、そこがどんなところか探ったり、その場にあるものを可能な限り使ってモノを作ったり、住居を建てたりし、生活できそうならその天体で長期間暮らしてみることでしょう。  
 月や火星には、地球ほどではありませんが、重力があります。土壌の中にはひと工夫をすれば様々な活用が期待できる物質がいろいろと含まれています。火星には地球とは成分比率が違いますが、大気もあります。

JAXAでは、JST（科学技術振興機構）の協力のもと、地球上で「探る」「作る」「建てる」「住む」「支援する」といった活動や研究をしている民間企業や大学、研究機関の皆さんから、将来の月や火星探査に必要な技術であり、かつ、地上の技術への転用で我々の生活が大きく変わる（イノベーションにつながる）提案をしてもらい、一緒に共同研究を行っています。

これまで、宇宙開発を扱っていなかった会社や研究者からもたくさんの提案や参加を頂いています。実際に宇宙で使うようにするためには、応用研究が必要ですが、将来、月や火星で活用できる技術の芽が生まれつつあります。

上のイメージ図は、宇宙探査イノベーションハブが取り組む課題の一部を示しています。企業・大学・研究機関と相互の交流、活動の活性化を行い、地上の新しい産業を生み将来の宇宙探査に応用する計画です。



## 利用の進む宇宙探査実験棟

2017年5月より運用を開始した宇宙探査実験棟は、「宇宙探査イノベーション創出の拠点」として、オープンイノベーション事業やJAXAプロジェクトのための宇宙探査ロボット走行試験をはじめ多くの実験などで利用されています。また、特別公開などで多くの見学者の皆さんに実験場をご覧いただき、宇宙探査の魅力を身近に体感して頂いています。

宇宙探査イノベーションハブ長の久保田 孝（くぼた たかし）です。

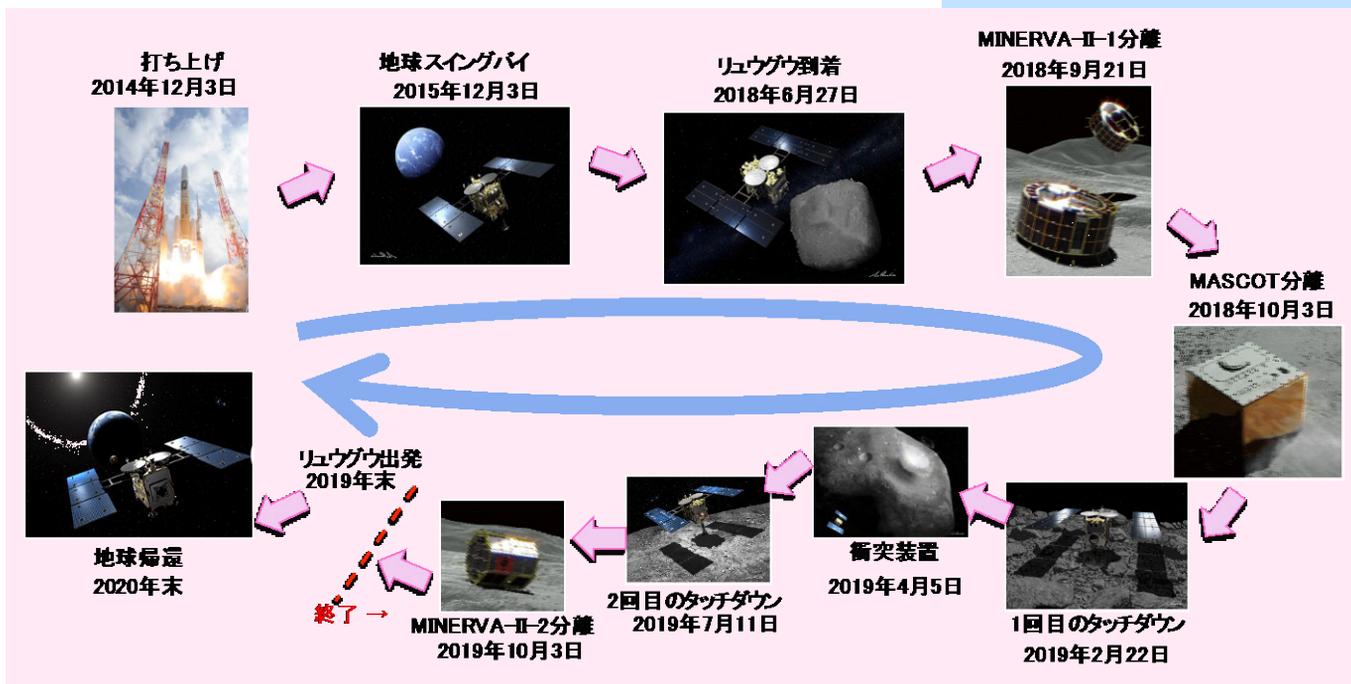
2019年、人工知能を搭載した「はやぶさ2」が小惑星「リュウグウ」への2度のタッチダウンに成功しました。また国際宇宙探査の枠組みで、日本も月探査や火星探査を本格的に推進する計画です。宇宙特有のものもありますが、月や火星には重力があり、月火星探査という観点では、地上の技術との親和性が高く、宇宙技術と地上技術の融合で新たな展開が期待できます。宇宙探査イノベーションハブでは、日本発の宇宙探査におけるGame Changing（現状を打破し、根本的にものごとを変えること）技術を開発し、宇宙探査の在り方を変えると同時に地上技術に革命を起こすことを進めています。宇宙探査イノベーションハブの活動を通じて、みなさんと一緒に技術研究開発と産業化を行い、宇宙と地上の双方にイノベーションを巻き起こしましょう。



もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp>

小惑星探査ミッション

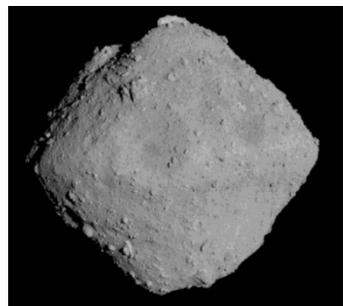
# 「はやぶさ2」のリュウグウ探査



(画像クレジット：探査機を含むイラストは 池下章裕氏、他はJAXA)

## 「はやぶさ2」リュウグウ到着

2014年12月3日に打ち上げられた小惑星探査機「はやぶさ2」は、約3年半の宇宙航行を経て、2018年6月27日に目的地である小惑星リュウグウに到着しました。見えてきたリュウグウは、“そろばんの珠”のような想定していなかった形をしており、表面は大小様々の無数の岩で覆われているものでした。



到着直後の2018年6月30日に撮影したリュウグウ

(画像クレジット：JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研)

## リュウグウを探査する

到着後、まずはリュウグウを詳しく観測しました。観測には、光学航法カメラ、レーザ高度計、近赤外分光計、中間赤外カメラが使われました。表面の地形の詳細なデータや、温度、色の違い、そして近赤外線のスเปクトルなどが得られました。その結果、表面はほぼ均一ですが、地域的に微妙な違いがあることや、予想していたより含まれる水が少なそうであることなどが分かりました。

## 「はやぶさ2」の挑戦

「はやぶさ2」には、MINERVA-IIという小型のローバ（探査車）とMASCOTという小型のランダ（着陸機、ドイツ・フランスが製作）が搭載されています。2018年の9月と10月には、MINERVA-II-1の2機とMASCOTをリュウグウ表面に届けることに成功しました。そして、リュウグウ表面の写真の撮影やデータを取得することができました。

2019年2月、1回目のタッチダウンを行い、成功しました。4月には、小惑星表面に人工的なクレーターを作るという世界初の試みをしました。これは、衝突装置というものを使って、リュウグウ表面に2kgの銅の塊を衝突させるといった実験です。この実験にも成功し、リュウグウ表面に直径が10m以上にもなるクレーターを作ることができました。そして、7月には、その人工クレーターの近くに2回目のタッチダウンを行い、成功しました。そして、2019年10月3日にMINERVA-II-2を分離し、小惑星リュウグウでの最後の仕事を終わりました。

## 地球に戻る

残された大きな任務は、地球にカプセルを届けることです。「はやぶさ2」は2019年末にリュウグウを出発し、2020年末に地球に戻ってくる予定です。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.hayabusa2.jaxa.jp/>

3-1 「はやぶさ2」のリュウグウ探査



いよいよ稼働するJAXAの新アンテナ

# 54m大型アンテナの整備 (GREAT)



## 何をするものなの？

「はやぶさ2」や「みお」などの探査機と通信（お話し）をするための大型アンテナです。

探査機から送られてくる探査機の状態や観測したデータを受信したり、探査機への命令を送信したりするのに使います。

また、他のアンテナと協力して探査機までの距離を測って探査機の位置を求めることができます。

## どんなアンテナ？

アンテナの直径が54m、高さが69mあります。総重量は約2200トンです。現在主力の臼田宇宙空間観測所にある64m局より小さいですが、性能はほぼ同じとなっています。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/home/great>



# 高校生を対象とした体験学習プログラム 君が作る宇宙ミッション

## ◆「きみっしょん」とは？

毎年夏休みにJAXA相模原キャンパスで開催されている**高校生**(相当)を対象にした研究体験型の教育プログラムです。数名でチームを組んで、仲間と共に1つの宇宙ミッションを5日間かけて作り上げます。

「きみっしょん」の理念は、「**自ら考え、自ら決定し、自ら作業する**」ことです。研究者は人から「教わる」のではなく自らの発想をベースに「考え、決定し、作業」しています。どのような答えが出るか行方までわからない、そのような課題に挑戦する「**科学研究**」の楽しさを感じ取ってほしいと考えています。また、チームで1つのミッションを作り上げていくためには、チームワークがとても大切です。皆で力を合わせて、1つのミッションに取り組む、これもJAXAの研究者たちが日々行っていることです。

## ◆「きみっしょん」の特徴

### ◎主役は高校生

自分たちの疑問・興味に対して、自分たちで考え、解決してチームでひとつのミッションを作り上げます。

どのようなミッションになるか、**スタッフにもわかりません**。また、作り上げたミッションはJAXAの研究者の前で発表し、濃密なディスカッションを行います。

### ◎大学院生の密接なサポート

大学院生スタッフは、宇宙科学の幅広い研究分野に携わっています。それぞれの専門性を駆使して、皆さんのミッション作成をサポートします。また、JAXAの研究者・職員によるミッション作成へのアドバイスもあります。

「将来、宇宙の勉強をしたいけどどうすればいい?」「大学はどうやって選べばいいの?」などどんなことでも相談してください。「きみっしょん」での5日間は高校生の皆さんの**将来**を考える良い刺激になると思います。



## ◆宇宙ミッションを作る

### ●目的を決める

「きみっしょん」は、チームで作るミッションの目標を設定するところから始まります。



### ●手法を検討する

どのような手段によってミッションの目標を達成するのかを皆で検討します。



### ●実現可能性の検討を行う

皆で考えた手法が本当に実現できるかどうかを検討します。きちんと計算して、根拠を持ってその手法の妥当性を評価します。



### ●発表する

4日目には、作成したミッションの最終発表会が行われます。会場には多くの人が集まり、プロの研究者顔負けの**熱い**議論が交わされます。



◆もっと詳しく知りたい人のために  
「君が作る宇宙ミッション」公式サイト  
<http://www.isas.jaxa.jp/kimission/>



宇宙帆船で太陽系大航海へ乗り出す

# ソーラー電力セイルによる外惑星領域探査

## ソーラー電力セイルとは？

風を受けて海を走る帆船のように、宇宙空間で大型の薄い帆（セイル）を展開し、太陽からの光の粒子を反射する力で推進する方式を、「ソーラーセイル」といいます。このセイルに薄膜太陽電池を貼りつけてたくさんの電力を発電させる方式を、「電力セイル」といいます。この2つのセイルを組み合わせる、日本オリジナルの新しい宇宙船が「ソーラー電力セイル」です。その基本的な技術は、2010年に打ち上げられた小型ソーラー電力セイル実証機「イカロス」によって実証されました。

宇宙空間でセイルを広げたイカロス



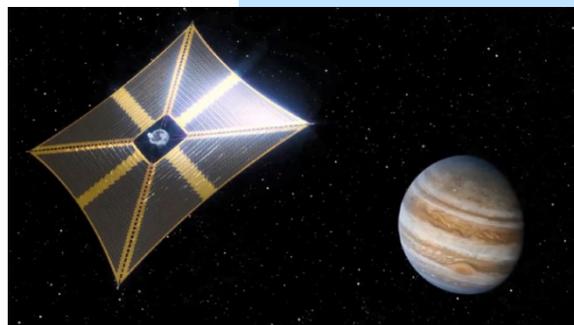
2010年6月(分離カメラ)

電力セイルは、フレーム構造を持たない世界最軽量の薄膜発電システムであり、構造重量の面で大きな利点を有するとともに、太陽から遠く離れた場所でもその大面積の帆で探査機に必要な電力を効率よく得ることができます。光圧を利用するソーラーセイルの技術とイオンエンジンなどを組み合わせることによって、太陽系大航海へと乗り出す「宇宙帆船」を実現します。

## 木星圏探査計画とは？

「イカロス」の成功を受け、ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星探査計画が進められています。探査機は、太陽から遠く離れた外惑星領域でも十分な電力を獲得するため、数10m級の大きさのソーラー電力セイルを展開します。

イオンエンジンや光圧推進を効果的に用いた地球のスイングバイによる加速で木星へと向かいます。木星へ向かう軌道上で、宇宙赤外線背景放射の観測、太陽系ダスト分布の観測、ガンマ線バーストの観測、磁力計による磁場観測を行います。



そして、木星スイングバイを経て、打ち上げから約15年後、世界で初めてトロヤ群小惑星に到達し、ランデブー観測を行います。その後、子機を着陸させて、小惑星のサンプル採取及びその場での質量分析を行います。

## どんな新しい技術がある？

ソーラー電力セイルで外惑星領域を航行するためには、たくさんの技術が必要です。数10m以上の大きさのセイルを製造する技術、セイルを収納・展開する手法、軽くて効率よく発電できる「薄膜発電システム」の開発のほか、燃料を使わずに自在にセイルの向きや形状を操る技術などの研究を進めています。

さらに、外惑星領域を直接探査するため、小惑星へ着陸するための子機的设计や、サンプルをその場で分析する質量分析器、遠方天体での画像航法技術の検討も進めています。

## 太陽系大航海時代に向けて

ソーラーセイルは世界中で検討されていますが、ソーラー電力セイルは日本で独自に進めています。「イカロス」により世界で初めて、光圧による加速や姿勢制御、電力セイル技術を実証しました。これらの技術に、「はやぶさ」、「はやぶさ2」で培ってきたイオンエンジン、サンプルリターン技術を組み合わせることで、外惑星領域の直接探査を達成し、太陽系大航海時代に向けて世界をリードしていきます。



検討中の子機(着陸機)



もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/j/enterp/missions/ikaros/index.shtml>



巡航中の科学観測

人類の活動領域を広げる

# 国際宇宙探査計画

## JAXAの宇宙探査シナリオ

JAXAは、人類の活動領域を拡大するため、国際協力のもとで宇宙探査計画に積極的に参加してきました。国際宇宙ステーション（ISS）により、宇宙は生活や仕事の場になりました。今後は、さらなる産業振興や技術革新の促進、外交と国際平和、教育・人材育成など、様々な貢献が期待されています。2018年3月3日に開催された、第2回国際宇宙探査フォーラム（ISEF2）では、世界の40以上の政府閣僚・高官や各国宇宙機関長が会合を持ち、宇宙探査は人類の活動領域を拡大する重要な挑戦であり、国際協力により全人類に利益をもたらす活動であることを確認し、「東京宣言」を発表しました。



JAXAでは、ISSや宇宙科学ミッションなどで培った技術・知見を活かし、国際的に検討が進む月周回有人拠点（ゲートウェイ）への参画や、月面での探査活動を計画しています。

2021年度には、小型月着陸実証機（SLIM）（ブース番号：4-3）を打ち上げ、月面への高精度着陸技術の獲得を目指します。また、月の水資源を調査する月極域探査ミッション（2023年度目標）や、国際協力で開発する月離着陸機（HERACLES）によるサンプルリターンミッションを検討し、将来の本格的な有人月面探査につなげます。

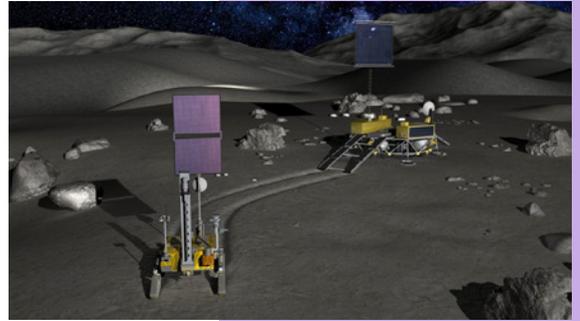
さらに、2024年度には火星衛星からのサンプルリターンミッション（火星衛星探査ミッション：MMX）（ブース番号：4-3）を計画しています。

これらの宇宙探査計画を進めていくためには、JAXAが研究機関や産業界と連携し、それぞれの強みを活かして取り組んでいくことが重要です。

## 月極域探査ミッション

将来、人が月へ行き、安全に長期間活動するためには、放射線量や地盤の状態、利用可能な資源などを事前に調べておくことが必要です。特に、資源として有用な水がどこにどのくらいあるのか調べておくことは、本格的な月探査を行ううえでとても重要です。

JAXAでは、2023年度の打上げを目標に、無人探査機を月面に着陸させ、資源利用可能な水の有無を調べる国際協働ミッションを検討しています。着陸地点は、地下に水があると考えられている南極や北極を検討しています。



## 月周回有人拠点（ゲートウェイ）

ゲートウェイは、月面および火星に向けた中継基地として、米国提案のもとISSに参画している宇宙機関からなるチームで検討が進められています。初期のフェーズでは、4名の宇宙飛行士が年間30日程度滞在することが想定されています。

JAXAでは、環境生命維持装置や開発中の新型ISS補給機「HTV-X」に月飛行機能を追加した補給機で貢献することを検討しています。

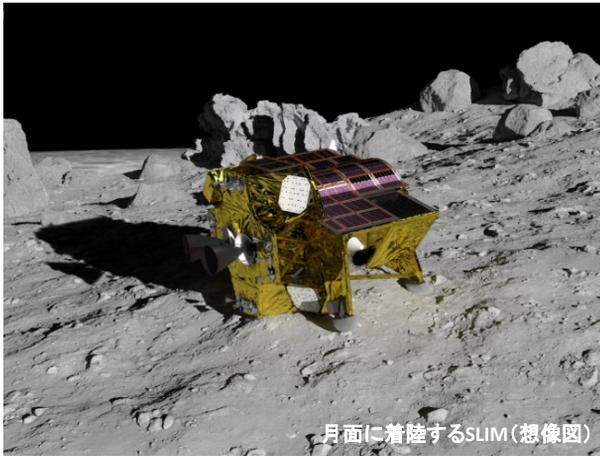


もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.exploration.jaxa.jp/>



# -月探査は新時代へ- 小型月着陸機 SLIM

## SLIMで月探査は新時代へ



月面に着陸するSLIM(想像図)

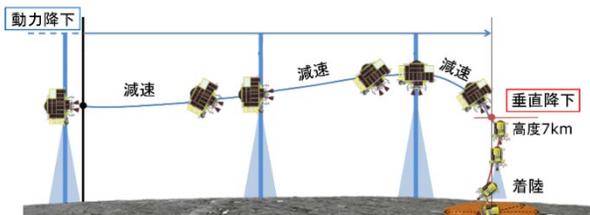
**SLIM (Smart Lander for Investigating Moon)** とは、将来の月惑星探査に必要な**ピンポイント着陸技術**を研究し、それを**小型・軽量の探査機**で月面に於て実証するプロジェクトです。

SLIMで実証する技術は、従来の「降りやすいところに降りる」探査ではなく、「**降りたいところに降りる**」探査を実現します。この技術により、月探査は次のステージへと進みます。

また、SLIM級の小型探査機による着陸実証は世界的にもユニークであり、これを実現することで、月よりもリソース制約の厳しい惑星への着陸も現実のものとなってきます。

## ピンポイント着陸のために

ピンポイント着陸の実現のためには、探査機が自身の位置を把握する必要があります。この情報に基づき、着陸地点までの距離や減速タイミングなどを探査機自身が判断します。SLIMでは、着陸シーケンス中に月面の撮像を3~4回行います。この画像からクレータを抽出し地図と照合することで、月面上での位置を探査機自身が判断し、目的とする着陸地点への自律的な誘導航法を行います。地上管制は、基本的には見守るだけなのです。



SLIM着陸降下シーケンス

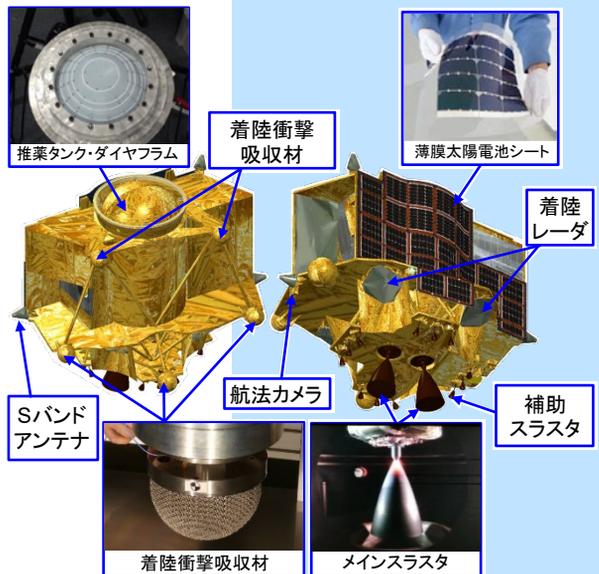
## SLIMの目的

- 小型探査機による、月（重力天体）への高精度着陸技術の実証
- 従来より軽量の月惑星探査機システムの実現による、月惑星探査の高頻度化

今日、月など探査対象天体についての知見が増え、探査すべき内容が具体的になっています。ただ降りる頻度を増やすのではなく、狙いを絞った探査を高頻度に行うことが太陽系科学探査では必須な時代が目前にせまっています。

## SLIMのキー技術

SLIMでは、小型軽量の機体による月着陸を実現するために、様々なキー技術の研究・開発をしています。



各キー技術の詳細はSLIMのHPで確認できます。下にあるQRコードからHPを訪れてみてください。

## プロマネから一言

プロジェクトマネージャ：  
坂井 真一郎

「降りたいところに降りる」月着陸はまだ誰も実現していません。月探査の新たな時代の幕開けのため、チーム一丸でSLIMの開発を進めています。



もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/home/slim/SLIM/>



# 月や小惑星に関するたくさんのデータを扱う 月惑星探査データ解析グループ

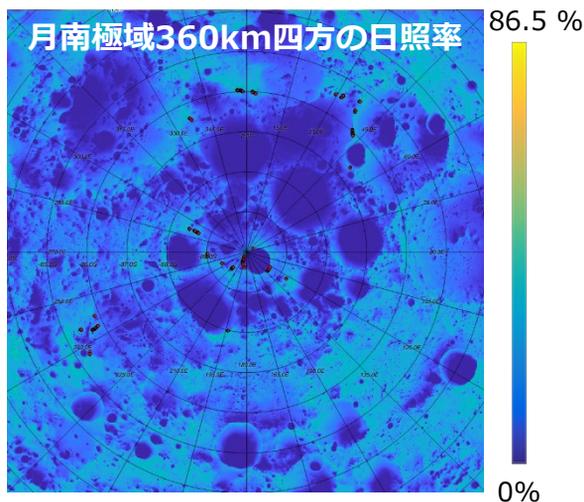
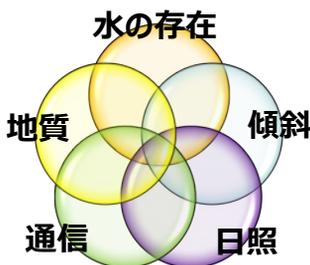
## 何をしているグループ？

月惑星探査データ解析グループ（JAXA Lunar and Planetary Exploration Data Analysis group: JLPEDA）は、2016年に宇宙科学研究所に設立されたグループです。JAXAの打ち上げた月周回衛星「かぐや」やNASA探査機の観測データなど、テラ～ペタバイトに及ぶビッグデータを扱い、みなさんが簡単に使えるよう整備したり、様々な解析を行って将来の探査ミッション検討のサポートをしています。

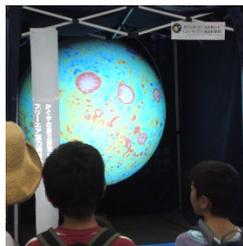
## 着陸地点の解析

これまでに観測された月のデータを使って、将来の探査ミッションの着陸地点解析を行っています。解析には、月面の様々な条件（日照や地球との通信可否など）を事前にシミュレーションしておく必要があります。

月極域探査ミッションでは、右図の条件を満たすような着陸地点を探しており、JLPEDAはデータ解析によって協力しています。

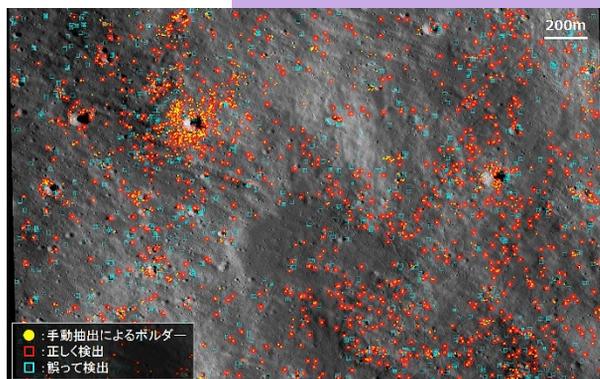


特別公開のJLPEDAのブースでは、球面ディスプレイに月の観測データやシミュレーション結果を投影して、月の説明を行います。



## 人工知能によるデータ解析

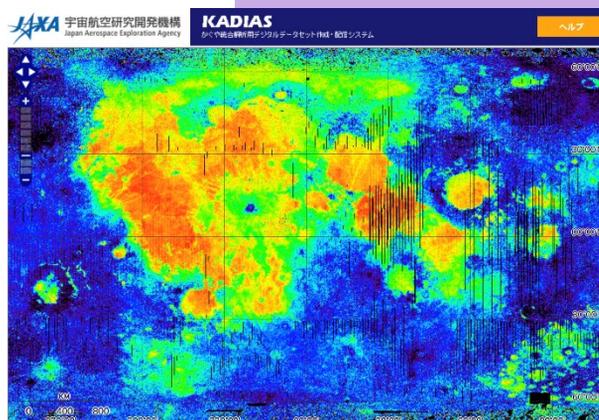
会津大学や産総研、首都大学と共同で機械学習による探査データ解析手法の開発を行っています。これまで専門家の手作業でしか出来なかった解析が、ビッグデータを対象に大規模に行うことが可能となります。



機械学習によって自動検出された月面のボルダー（50cm以上の巨礫）の例 ©会津大学

## 統合解析データ配信システム

月面に関する様々なデータを統合して利用できるように開発されたWeb-GISベースの解析システムです。一般企業や初学者にも易しくデータを扱うように設計されています。



Web-GISシステム「KADIAS」



もっと詳しく知りたい人のために  
<http://kadias.selene.darts.isas.jaxa.jp/>

# 月惑星の縦孔・地下空洞探査 ～UZUME計画～

## 月の縦孔を知っていますか？

2009年、日本の月探査機SELENE（セレーネ、愛称「かぐや」）の科学者チームは、月に、直径、深さともに、数10mに及ぶ巨大な縦孔を、人類史上初めて発見しました。この縦孔の底には、巨大な地下空洞が広がっていると考えられています。

月の縦孔は、たとえば溶岩チューブと呼ばれるような、溶岩の流れた後にできた空洞の上に、開いたものだと考えられています。縦孔や、続く地下の空洞の探査で、月で過去に起きた火山活動がわかることでしょう。また、月の固有の水や、地下深くで生まれた物質が、地下空洞の壁や床の溶岩の中にあるかもしれません。縦孔・地下空洞は、科学研究対象の宝庫です。



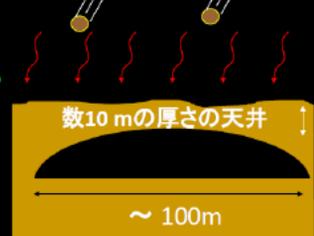
## 月基地に最適な縦孔・地下空洞

月は、地球に最も近い天体であり、将来人類が宇宙へとその活動の場を広げていくとき、まず訪れ、宇宙への適応を学び、そして、更に遠くへと旅立つ拠点になるはず。ところが、月は、大気や磁場に守られた地球と異なり、多くの隕石や放射線が降り注いでいます。温度は、 $-150^{\circ}\text{C}$ から $120^{\circ}\text{C}$ と大きく変化します。しかし、月の縦孔の底や地下空洞では、隕石や放射線から守られ、また温度もほぼ一定だと考えられます。空洞の壁や底はガラス質で覆われていて、密閉性が高いと考えられ、シャッターをして空気を送り込めば、人が住むのに適した圧力が保たれた空間を作り出すことができることとなります。他にもたくさんの、基地としての利点が挙げられます。人や観測機器に優しい縦孔・地下空洞内の基地で、長期間の科学観測が可能になることでしょう。そして、人類が宇宙へと適応していくための様々な科学データが取得されていくでしょう。私たちは、月の縦孔、そしてその底に広がる地下空洞を「UZUME/うずめ/Unprecedented Zipangu Underworld of the Moon Exploration: 古今未曾有(ここんみぞう)の日本の月地下世界探査」と呼んで探査しようとしています。

## 月基地として最適な縦孔・地下空洞

### ● 天井の存在

放射線・紫外線・隕石衝突、隕石衝突の際の飛散物から機器や人が守られる



### ● 定常な温度

赤道域で、 $-20^{\circ}\text{C}$ 付近

### ● 広大な空間

数10mの高さ 100mに及ぶ幅 数km以上の長さのところも？

### ● 平滑で堅固な床面

- 高い密閉性
- 塵の無い空間
- 安定な光環境

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/>



4-5 月惑星の縦孔・地下空洞探査UZUME計画

宇宙技術から、日本にイノベーションを

# JAXAシニアフェロー、川口研究室

誰にでも使いやすいエンジン

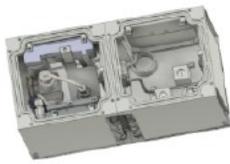
-小型衛星市場拡大のために-

**小型衛星に求められる推進機関**への要件に応えます。原点は、イカロス搭載の気液平衡エンジンでした。多くの技術課題を克服し、小型衛星向けに廉価で確実性のあるエンジンを提供します。

【**技術その1**】新推進剤の採用で可能となった、全ての配管を推進剤タンク中に配置する斬新なシステム。**デッド容積をゼロ**にできます。(知財)

【**技術その2**】宇宙機では気液分離が難しく、**液化ガスタンクをネットワーク化**するのは容易ではありません。新たな技術が解決しました。(知財)

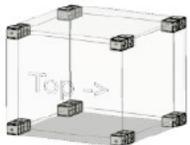
【**特徴**】1. 無効容積が無く、2. 外部リークも無く、3. 貯蔵電力が無用で、4. 無毒で、5. 充填免許が無用で、6. 気液混合が無く、7. ノンレカ作業も無く、8. 残推進剤もありません。



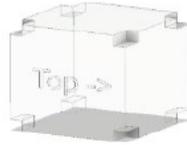
2U-Prop for 6U sats.



4U-Prop for 12U sats.



Only to leave 8 Apexes Vacant



Networked Tanks

**独立分散ヒーター**が、衛星の開発を根本から変革します。ケーブルからIoT無線へと変革され、ハーネスの徹底的な削減が可能になります。温度制御を集中監視から分散処理へ。



IoT Wireless Heater

**スマート電力生活が目の前です！**

**はやぶさ**で使っていた**電力制御技術**を応用した、電力のピークカット制御のスピノフ推進事業を、行っています。サーバー・クライアント間通信を要しない、高速制御法。**スマートブレーカー**は、独立分散制御でピークカットを実現します。既存のビル照明を革新する、**スマート照明スイッチ**。壁の片切りスイッチの交換だけで、IoTスイッチへ革新。

(独立分散制御は世界各国で知財化。)



**未来の宇宙開発を変革する技術！**

## デブリ発生抑制装置

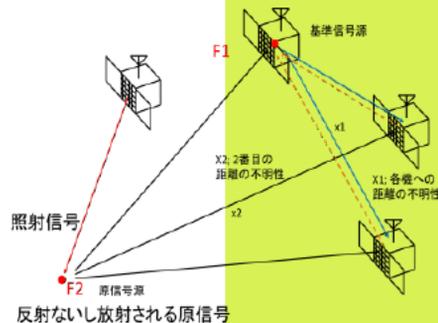
デブリ対策は急務です。一旦デブリになると除去は大変です。機能を全うし、軌道上から除去するとき、100%健全な機能を要求するのは矛盾しています。**衛星に不具合が生じたときこそ、軌道上から排除させる装置**。それがDISCARDERです。新規技術で提供します。(知財)



DISCARDER 装置

## ワイヤレス干渉計

粉々になった虫眼鏡は集めても虫眼鏡になりません。同じように、たくさんの超小型衛星の電波を単に集めても、信号は強くなりません。個々の衛星と、観測する対象との距離、集約する装置との距離が不明だからで、そのままでは役にたちません。**革新的な観測・データ処理技術が、超小型衛星の未来を革新し、大きな市場を提供します。**(知財)



群衛星で構成する夢の無線干渉計

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp>  
<http://www.patchedconics.com>



# シミュレーション技術のスペシャリスト 研究開発部門 第三研究ユニット

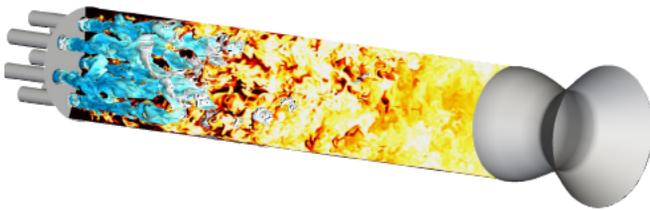
## 第三研究ユニットって？

研究開発部門第三研究ユニットでは、シミュレーション技術を使って、新しいロケットや人工衛星などの宇宙機の研究と開発を行っています。私たちは仕事にスーパーコンピュータ（スパコン）を使っています。スパコンを駆使したシミュレーションにより、例えばロケットが発生する大きな音や、ロケットエンジン内の燃焼ガスの流れを、「見える」ようにしたり予測したりすることができます。また、最近では人工知能（AI）技術を使うことでロケットエンジンの不具合を調べるといった、新たなシミュレーション技術の研究も行っています。

第三研究ユニットにはシミュレーション技術の専門家が集まっていて、宇宙開発の新しい可能性に日々挑戦しています。

## ロケットエンジンの「炎」を見る

ふくらませたゴム風船から手をはなすと、空気を吹き出しながら飛んでいきます。ロケットでは、空気の代わりに燃料を燃やしたガス（燃焼ガス）をエンジンから高速で噴き出すことで飛ぶ力を得ています。ロケットエンジンは燃焼ガスを生み出すために燃料と酸化剤を燃やしますが、このときエンジンの中は、温度は3000度、圧力は100気圧を超えるととても厳しい環境となります。そのため、エンジンの性能を十分に発揮し、またエンジンが溶けたりしないようにするためにはエンジン内の燃焼や炎のふるまいを知ることが大事になります。



私たちはスパコンを使ったシミュレーションにより、エンジン内での炎の燃え方や、燃焼により音が発生する様子を研究しています。さらに、実際のエンジンで燃焼させる代わりにコンピュータの中でエンジンの燃焼を再現することで、エンジンの開発にかかる時間や費用を大幅に減らすことを目指しています。

## ロケット打ち上げの「音」を見る

ロケットの打ち上げを見たことがあるでしょうか？ロケット打ち上げの時には、すさまじい音がします。このときの音のエネルギーは、家庭の音楽コンポをなんと2500万个も並べたぐらいのものとなります。この打ち上げ時の音は、ロケットに乗っている人工衛星にとってはあまりにも大きく、壊れてしまうおそれがあるほど危険なものです。

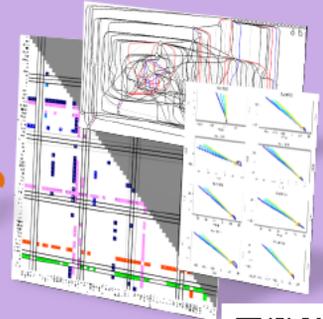
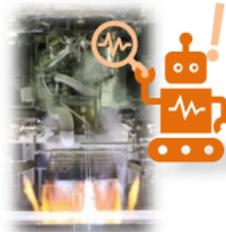


私たちは最新のスパコンと高度なシミュレーションを使って、打ち上がるロケットから音がどのような大きさで、どのように出てくるのか、音を小さくするにはどうすればいいか、という問題に取り組んでいます。これらの技術はH-IIBロケット・イプシロンロケットの打ち上げ施設の開発や、H3ロケットの開発にも使われています。

## AI×宇宙開発

人工知能(AI)の目覚ましい発展により、世界チャンピオンを打ち負かす囲碁AIの登場や、身近なところでもスマートフォンに搭載されるようになってきています。私たちでも、宇宙開発にAI技術を積極的に取り入れ、新しい技術の開発に挑戦しています。

スパコンによるシミュレーションから生成されたビッグデータを解析するAI技術、ロケットエンジンの健康診断を行うAI技術の開発を進めています。



もっと詳しく知りたい人のために  
<http://stage.tksj.jaxa.jp/jedi/>



4-7 VRで体験！ロケットのひみつ！

打ち上げ一周年！

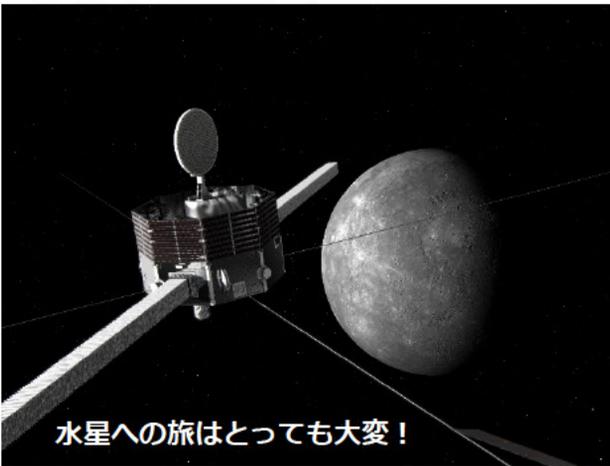
# 水星磁気圏探査機「みお」のいま

## 水星への旅にでかけよう！

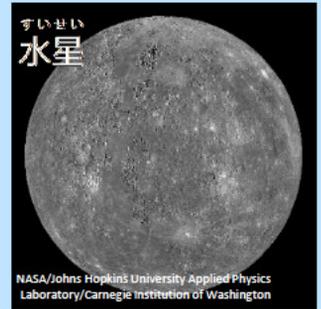
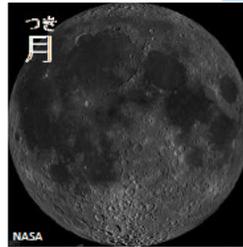
2018年10月打ち上げに成功した水星探査ミッション「BepiColombo（ベピコロombo）」。金星などをフライバイして、2025年に水星に到着予定です。

## 水星ってどんなところ？

なんと水星の見た目は月にそっくり！？でも月とは異なる独特の環境も持っていて、水星を調べることで惑星の起源や進化がわかるかもしれないんだ！また、水星は太陽が当たっている昼側は摂氏約400度、当たっていない夜側は約-200度と、ものすごく暑くも冷たくもなる惑星なんだよ。



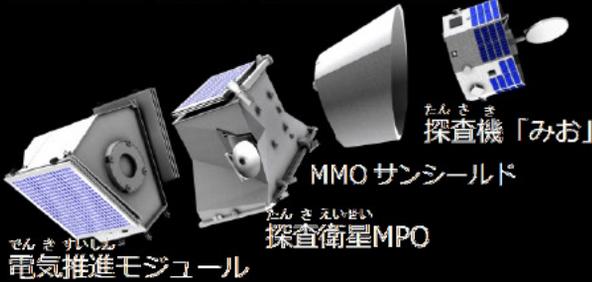
水星への旅はとっても大変！



## ベピコロombo計画って？

ベピコロomboは、日本が担当する水星磁気圏探査機「みお」（MMO）と、欧州が担当する水星表面探査機（MPO）の2機の衛星が水星を周回する計画なんだ。

日本とヨーロッパがここまで大きな規模のミッションで協力するのは初めて！



電気推進モジュール

探査衛星MPO

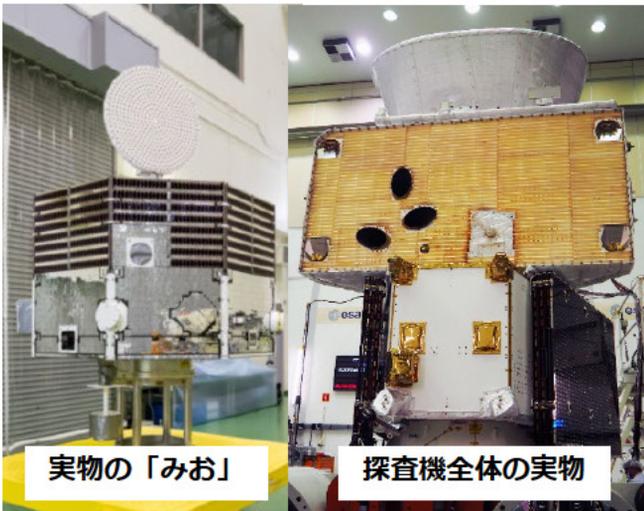
MMO サンシールド

探査機「みお」

## 関係者から一言



国際水星探査計画（BepiColombo計画）プロジェクトマネージャの早川基です。水星は距離は近いのですが、水星の周りを回す軌道に衛星を入れようと思うと必要なエネルギーは海王星（太陽系で一番外側の惑星）の周回軌道に衛星を入れるよりも多く要するという、「近くて遠い」惑星です。行ったら行ったで太陽に近い為、生き残るための熱対策に頭を悩ますという、行くのも大変、行ってからも大変という「大変」だらけの惑星ですが、不思議なことがたくさんある大変「面白い」惑星でもあります。この惑星をできる限り調べつくそうという計画（BepiColombo計画）は2018年10月に打ち上げが成功し、2機の探査機が水星に向かっています。水星での観測が始まるのは未だ大分先となりますが、楽しみに待っていたけると幸いです。



実物の「みお」

探査機全体の実物

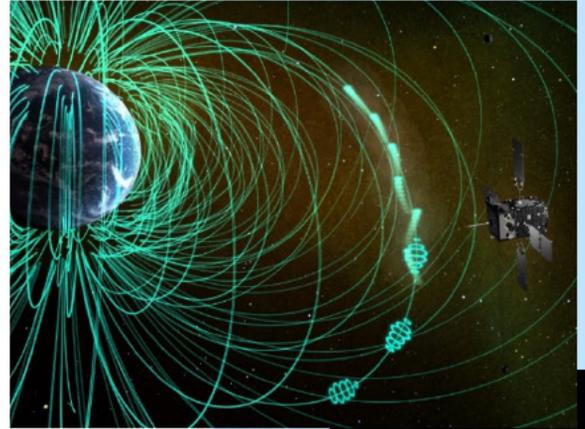
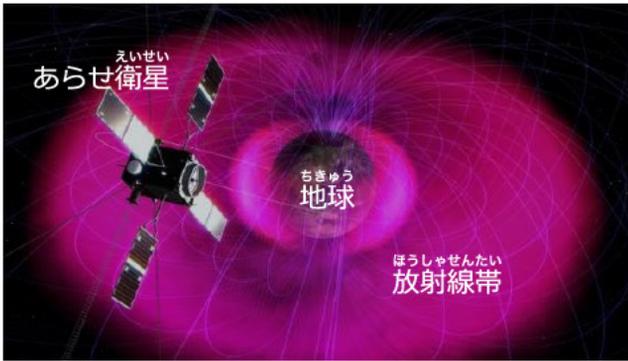
もっと詳しく知りたい人のために  
<http://mio.isas.jaxa.jp/>



う ちゅうあらし

# あらせがついに! 宇宙嵐とオーロラを...

## 放射線帯ってなに?



放射線帯は、地球近くの宇宙で周りよりエネルギーの高い粒子が集まっている場所です。これは、地球の周りをぐるりと取り巻いており、この高いエネルギーの粒子は人工衛星に異常をもたらすことがあります。しかし、放射線帯の高いエネルギーの粒子がどうして生まれるかよくわかっていません。

## 宇宙嵐の謎に挑む!

太陽の活動によって地球の近くの宇宙に嵐がもたらされると(宇宙嵐)、放射線帯の高エネルギー粒子の数が増えます。なぜこの変化が起こるのかは、いまでも大きな謎です。あらせ衛星はこの謎に迫るため、宇宙の粒子を測る6つの粒子観測器を搭載しています。また、宇宙の波を測る波動観測器を搭載し、波と粒子の相互作用をS-WPIAで計測します。あらせ衛星は、強い放射線の中をかけぬけ、放射線帯と宇宙嵐の謎を解きあかします。

## 宇宙嵐とオーロラ

2016年に打ち上がったあらせは順調に観測を続け、多くの宇宙嵐に出会いました。そして、オーロラのもととなる電子を宇宙嵐が作り出す現場をおさえることに成功しました。宇宙の波が電子の進む向きをいろいろな方向に変えた結果、その中の一部が磁場の方向に進み、地球にまで降り込んでいたのです。

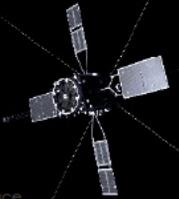


**ERG P**

関係者から

Exploration of energization and Radiation in Geospace

ジオスペース探査衛星 (E



プロジェクト・マネージャの篠原 育です。ERG衛星は2016年12月20日午後8時0分0秒(日本時間)に打ち上げられ、「あらせ」という名前がつけました。多くの方々の応援のおかげで衛星は無事に予定通りの観測をはじめることができ、とても元気に素晴らしい観測データを届けてくれます。あらせ衛星は「地球の周りの放射線帯(ヴァン・アレン帯)は、なぜ、どのようにできるのか?」という1958年の発見以来の謎に挑んでいます。放射線帯は目には見えないので、イメージがわきにくいですが、地球のすぐそばの宇宙空間で起こっている不思議な現象を通して、私たちの地球と太陽の繋がりを感じたり、「宇宙空間」という世界の面白さに興味を持っていただけたら、私たちプロジェクトにとってうれしい限りです。

もっと詳しく知りたい人のために  
[http://www.jaxa.jp/projects/sat/erg/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/erg/index_j.html)



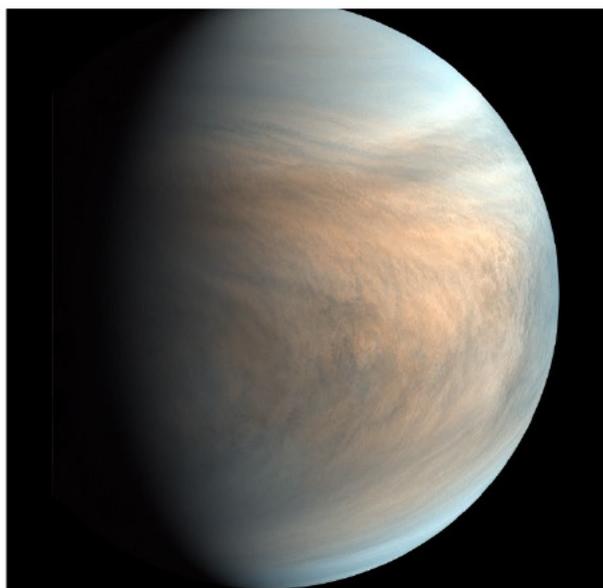
4-9「あらせ」がついに! 宇宙嵐とオーロラを...

# 金星大気の謎に挑む 金星探査機「あかつき」



## この計画のねらいは？

金星は地球とほぼ同じ大きさ・重さを持ち、地球の双子星と呼ばれていますが、現在の惑星環境はかなり異なります。金星大気の主成分は二酸化炭素であり、地表は90気圧、460℃の高圧高温環境です。高度50~70 kmに浮かんでいる硫酸の厚い雲が全球を覆っています。雲は秒速100mの西向きの風に流されています。この風は、金星の自転速度（約243日）の約60倍の速度で、「スーパーローテーション」と呼ばれています。この「スーパーローテーション」の謎を解くのが「あかつき」の目的です。様々な波長の光をとらえられる5台のカメラと電波発振装置を使い、いろいろな高度の大気の流れや気温を調べ、「スーパーローテーション」の謎に迫ります。



この画像は「あかつき」の紫外イメージャ（UVI）によって撮影された2波長の画像から作成した金星の疑似カラー画像。青っぽいところは硫酸の雲の材料物質である二酸化硫黄が少ない。

## 打ち上げから現在、これから

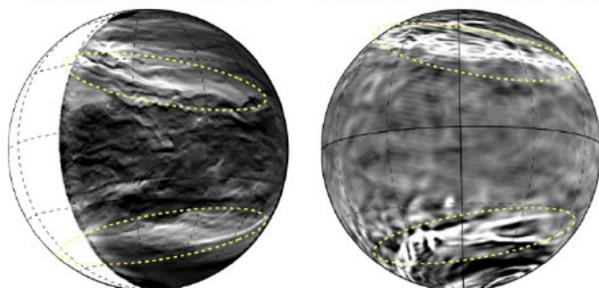
「あかつき」は2010年5月21日に打ち上げられました。2010年12月7日に金星周回軌道への投入を試みている途中でメインエンジンが故障し、太陽周回軌道に入りました。その後、2015年12月7日の再チャレンジで金星周回軌道への投入に成功しました。現在に至るまで約10.5日周期の金星周回軌道上から金星画像を送り続けています。「あかつき」の寿命はいまのところ姿勢制御用の燃料の残量で決まると考えられています。燃料はすぐなくなるかもしれない予想から、あと数年もつかもしいかもしれない予想まで、大きな幅があります。今後できるだけ限り観測を続けていきます。

## 硫酸の雲の下の大規模筋状構造

「あかつき」の2 $\mu$ mカメラ（IR2）は、厚い硫酸の雲の下にある高温の大気から漏れ出てくる熱放射により、雲の濃淡ムラをとらえます。左の図は「あかつき」のIR2カメラによる観測結果で、高度50kmに近い雲の濃淡ムラを表しています。白は下層の高温大気から光が上層側に漏れている場所、つまり雲が薄いところ。北半球にも南半球にも白い場所が斜めに筋状に広がっていて、南北対称になっているのがわかります。右の図は金星大気の数値シミュレーション結果です。白は下降気流が強いところで、「あかつき」による観測と似て、斜めに筋になっています。シミュレーション結果を解析したところ、地球の大気と同じメカニズムで高緯度に「寒帯ジェット気流」が形成されていました。これと赤道帯の「ロスビー波」による渦がぶつかりあうところで下降流が生じていました。現実の金星でも、このような下降流により雲が薄くなると考えられます。

あかつき IR2 カメラによる観測

AFES-Venus によるシミュレーション



Kashimura+2019

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://akatsuki.isas.jaxa.jp/>

4-10 あかつき、満10歳に向けて



木星探査

# 「ひさき」から「JUICE」へ

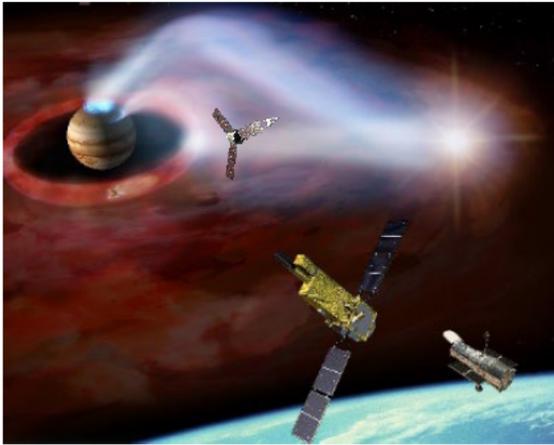


図. 「ひさき」・ジュノー・ハッブル望遠鏡で協調観測する木星オーロラ・イオプラズマトーラスの概念図。

## 「ひさき」計画のねらいは？

惑星分光観測衛星「ひさき」は地球の上空約1000kmの宇宙空間から、金星・火星・木星など太陽系内の惑星から発する特殊な光（極端紫外光）を観測します。この光は目には見えませんが多くの情報を持っています。

金星や火星を見ると、惑星から逃げ出している大気が光って見えます。大気の様子は大きく異なり地球の生命の源となった海も、火星や金星にはありません。今惑星から逃げ出している大気の種類から、数10億年分さかのぼって、惑星大気の歴史が想像できるのです。

木星では、木星をドーナツ状のリングで取り囲んだプラズマが光って見えます。このリングの源はイオとよばれる木星の衛星です。イオには火山がたくさんあり、大量の火山ガス（硫酸化合物）を宇宙空間に噴出しています。こうしてできた木星周辺のリングは、イオプラズマトーラスと呼ばれており、周囲の電子と衝突して極端紫外光を発しています。また、木星にも地球と同じようにオーロラが存在しており、宇宙から眺めると北極と南極に環状となって現れます。木星オーロラは、イオの火山性ガスの一部が光速に近い速度まで加速され、磁場に沿って極域に振り込み、大気と衝突することで極端紫外線の発光が観測されます。「ひさき」は世界で初めて、木星オーロラとイオプラズマトーラスを同時・長期間観測することにより、衛星イオ起源の火山性ガスと木星磁気圏の関係を明らかにします。



もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/home/sprint-a/>

## 衛星イオの噴火と木星オーロラ

「ひさき」は2015年の初頭にイオが噴火したタイミングで木星オーロラ発生が頻発することを観測的に明らかにしました。5か月間以上24時間連続して観測することで、やっと、その関係性をつきとめたのです。噴火とオーロラの応答速度が、世界で初めてわかりました。

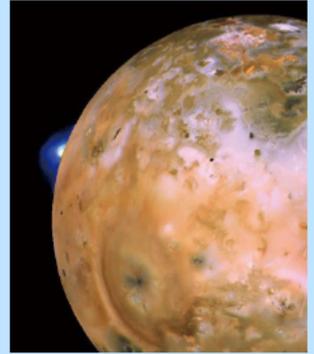


図. Voyager-1で撮影されたイオ表面と噴火の様子 (image credit; NASA/JPL/USGS)。

## 木星氷衛星探査計画「JUICE」へ

木星氷衛星探査計画「JUICE」(Jupiter Icy moons Explorer)は欧州(ESA)が主導する大型探査計画であり、ガニメデをはじめとする木星の氷衛星や木星大気・木星磁気圏プラズマ環境などを調査します。日本も4機器に観測装置の一部を提供し、2機器の科学観測/装置検討に貢献するという形で参加しています。

今回「ひさき」の観測から示されたエネルギー輸送経路上には、イオの少し外側に氷で覆われた氷衛星と呼ばれるエウロパ・ガニメデ・カリストがあります。氷衛星には地下に液体の海があり、その中には生命が存在する可能性があります。JUICE探査機の目的の一つが、この内部海の調査であり、地球とは異なる、生命が存在可能な環境の理解につながると期待できます。さらに、JUICEでは、ジュノーで探査しない木星の磁気赤道領域を調査し、「ひさき」でその一端を垣間見たエネルギー輸送・解放過程をさらに詳しく解明できることが期待されます。このように「ひさき」の成果は着実に次のミッションにひきつがれています。

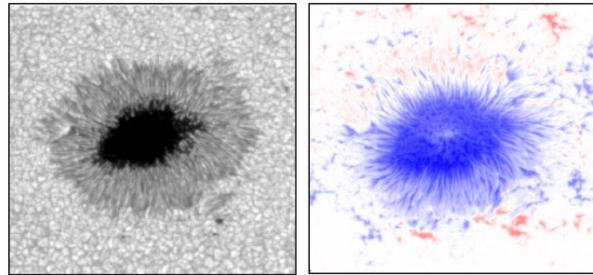


図. 木星系の調査を行う「JUICE」探査機(想像図)



もっと詳しく知りたい人のために  
<https://juice.stp.isas.jaxa.jp/>

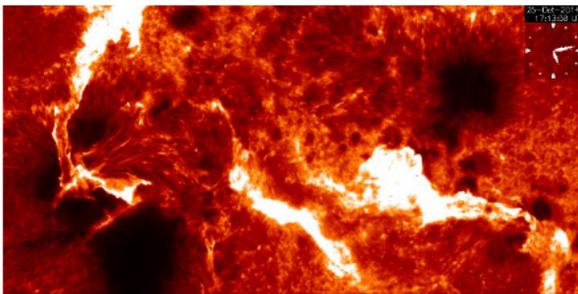
# 太陽活動の謎に迫る 太陽観測衛星 ひので



2013年3月15日、黒点とその磁場  
(赤=N極 青=S極)  
(可視光望遠鏡で撮影)

## 太陽観測衛星「ひので」とは？

「ひので」(Solar-B)は2006年9月23日にM-Vロケット7号機で打ち上げられた日本で3番目の太陽観測衛星です。「ひので」には口径50cmの可視光望遠鏡(SOT)、X線望遠鏡(XRT)、極紫外線撮像分光装置(EIS)の3つの望遠鏡が搭載されています。打ち上げから10年以上が経過しましたが、まだまだ元気に観測し続けます。



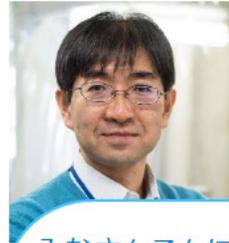
2014年10月25日に起きたXクラスフレア  
(可視光望遠鏡で撮影)

## 太陽の磁場と熱いコロナ

「ひので」の目的は太陽上空のコロナという大気層が熱い原因を突き止めることです。太陽表面は約6000℃ですが、太陽コロナはその200倍の100万℃以上もあります。熱源である太陽中心よりも、外側のコロナの方が温かいなんておかしいですよね？でも、そのおかしいことが普通に起きているのが太陽なのです。鍵となるのは磁場の存在です。

「ひので」は太陽面の磁場を精密に測定し、同時にその上空のコロナの様子を観測することで、どのようにして磁場の持つエネルギーがコロナへと運ばれ、加熱しているかを調べます。

他にも、フレアというコロナで起きる爆発をはじめ、いろいろな活動現象を高い解像度で観測し、どうしてそういう現象が起こるのか解明に取り組んでいます。



## 関係者から一言

みなさんこんにちは。「ひので」プロジェクトマネージャの清水敏文です。みなさんが普段目にする太陽は、実は不思議なことがいっぱいあります。フレアという大爆発が太陽で起きると、その影響は地球にまで押し寄せ、人工衛星を故障させることもあります。また、太陽にはおよそ11年の活動周期があり、活動が活発になるとフレアもたくさん起こります。けれども、どうしてこんな爆発が起きるのでしょうか？なぜ活動に周期があるのでしょうか？不思議ですね～。「ひので」衛星は身近な太陽のこんな不思議にも挑戦しています。「ひので」にご期待ください！

もっと詳しく知りたい人のために

- ・ <http://www.isas.jaxa.jp/missions/spacecraft/current/hinode.html>
- ・ <http://hinode.nao.ac.jp/>



# 火星の月からのサンプルリターンに挑む 火星衛星探査計画「MMX」



## 火星衛星探査計画 MMXとは？

火星衛星探査計画 MMX (Martian Moons eXploration) は、火星の周りを回る衛星を探査するミッションです。探査機はフォボスとダイモスと呼ばれる2つの衛星を周回・観測し、サンプルを回収して地球に持ち帰って詳細な分析を行うことで、原始太陽系における「有機物・水の移動、天体への供給」過程の解明に貢献します。

現在は2024年度の打ち上げを目指して準備を進めています。

## なぜ火星衛星を探査するの？

MMXによって行われる火星衛星探査は、科学と探査技術の2つの面から、次のような目的があります。

### ●科学

☆火星衛星の起源を明らかにし、太陽系の惑星がどうやってできたのかを明らかにする

☆火星圏（火星・フォボス・ダイモス）がどのように進化してきたのかを明らかにする

### ●探査技術

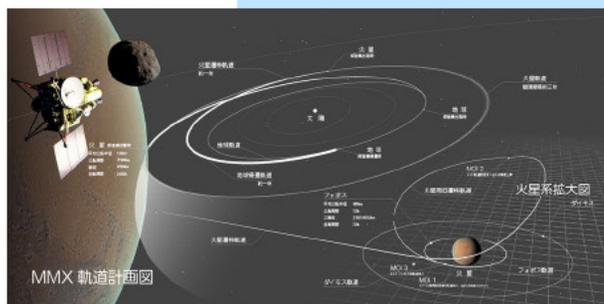
☆火星圏への往還技術を獲得する

☆天体表面上での高度なサンプリング技術を獲得する

☆新探査地上局を使った最適な通信技術を獲得する

## どうやって火星衛星まで行くの？

打ち上げ後約1年をかけて火星圏に到着し火星周回軌道に投入することを考えています。



## チーム長から一言



チームを率いている川勝です。惑星科学や工学の面からも、国際宇宙探査の面からも野心的な計画で、国際的な注目度も高いミッションです。国内外の研究者・技術者が集まり

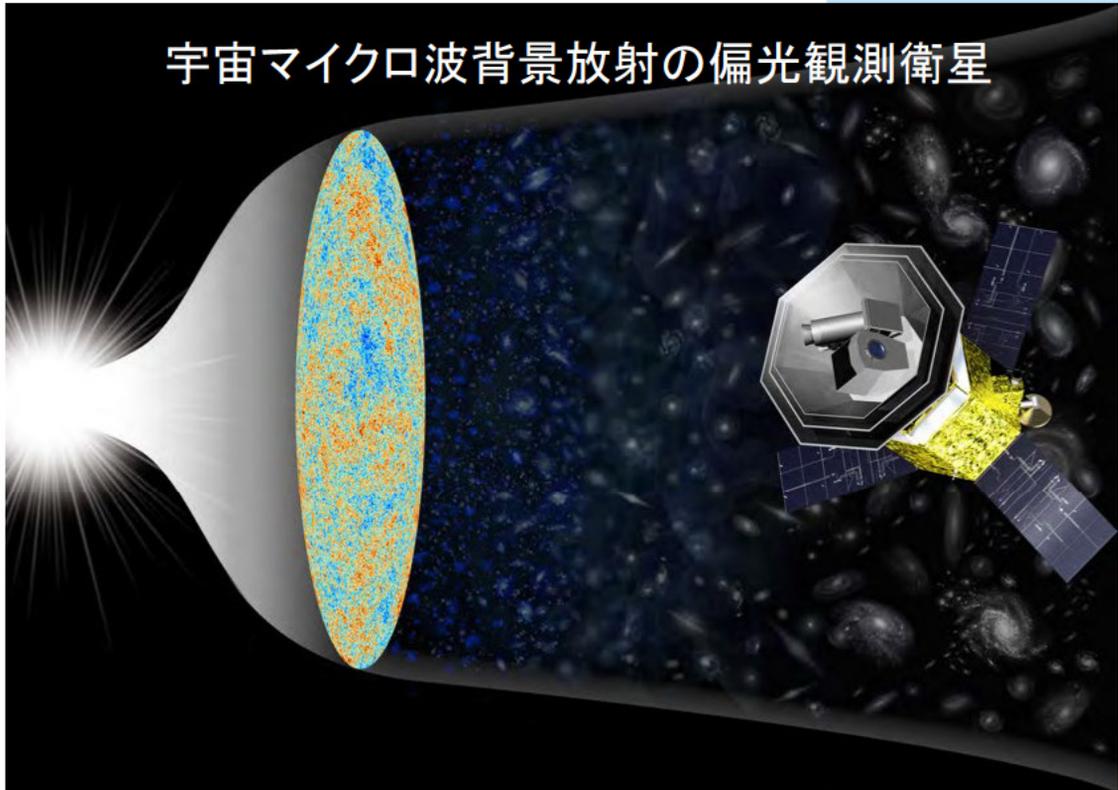
2024年度の打ち上げを目指し、精力的に検討を進めています。よろしくお祈いします。

もっと詳しく知りたい人のために  
公式サイト <http://mmx.isas.jaxa.jp/>  
Twitterも更新中 @mmx\_jaxa\_jp

4-13 火星衛星探査計画「MMX」



## 宇宙誕生の瞬間に迫る LiteBIRD



宇宙マイクロ波背景放射の偏光観測衛星

### 宇宙のはじまりは？

現代の宇宙論の観測精度は、目覚ましく進化しています。宇宙の年齢は138億年であり、宇宙はダークエネルギー 68%、ダークマター 27%、普通の物質5%からできていることが、ビッグバンの残光である宇宙マイクロ波背景放射(cosmic microwave background: CMB)の温度(2.73 K)の揺らぎの観測により明らかになりました。一方で、「なぜ宇宙はこれほど等方的なのか？」や「なぜ宇宙はこれほど平坦なのか？」といった、疑問が残っています。これらは、宇宙開闢直後の急激な加速膨張(インフレーション)によって宇宙は作られたというインフレーション仮説を考えると解決されます。

### なにを見るの？

インフレーションは、原始重力波を引き起こし、CMBに渦巻き状(B-modeと呼ばれる)の大角度スケールでの偏光パターンを作ります。原始重力波起源のCMB Bモード偏光を検出しようという野心的な計画がLiteBIRD衛星です。

### LiteBIRD基本情報

戦略的中型衛星 2号機 (2019年5月に選定)  
低周波反射型望遠鏡

- ・観測周波数 34 - 161 GHz
- ・口径400 mm, 温度5K, 視野20x10度

中高周波屈折型望遠鏡

- ・観測周波数 89 - 448 GHz
- ・口径300/200mm, 温度5K, 視野28度

検出器

- ・超伝導遷移端センサ ~4700素子 (温度0.1K)

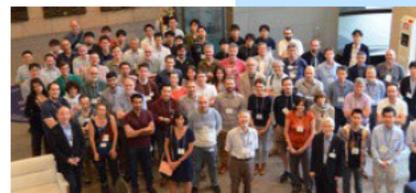
打上：2020年代半ば～後半。JAXA H3種子島にて

軌道：太陽-地球系のラグランジュ点L2軌道

国際協力：NASA, CNES, ESA, CSA

(アメリカ航空宇宙局、フランス国立宇宙研究センター、欧州宇宙機関、カナダ宇宙庁)

国内：KEK, Kavli IPMU, 岡山大学、他が参加



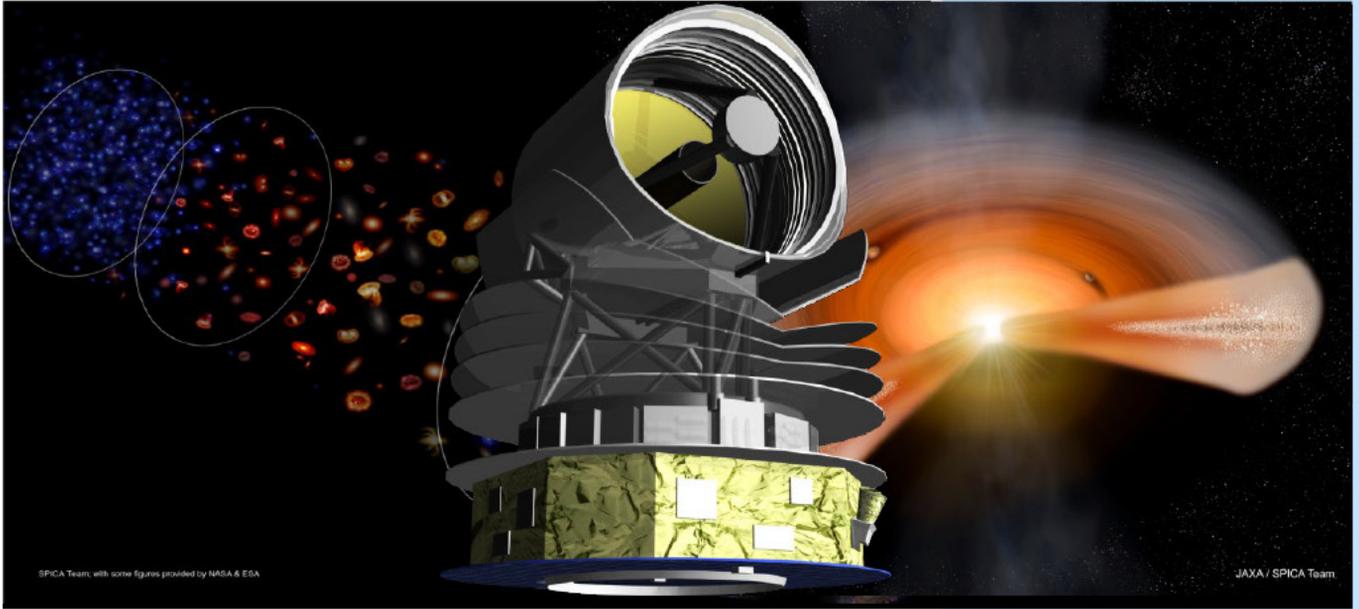
国際協力を進めています。2019年7月キックオフシンポジウム



もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/>

# SPICA

Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics



## 何を観測をするの？

ビッグバンで誕生したばかりの宇宙には、水素とヘリウムしかありませんでした。その後、星や銀河の誕生と進化を繰り返すうちに様々な元素が作られ、豊かな物質に満ちた、生命までも育む現在の宇宙になりました。

宇宙の物質の進化には、星や銀河をとりまく「ガス」や「塵」の作られ方とその進化が深く関わっていることが分かってきています。SPICAは「ガス」や「塵」の観測を通して、星や銀河の進化の歴史と共に、宇宙の物質の進化の歴史を明らかにすることを目指します。

## どんな観測装置を使うの？

3種類の観測装置を使って、より暗く、より細かな部分まで観測を行います。

### ● 中間赤外線観測装置 SMI

日本の大学コンソーシアムと宇宙研を中心に、台湾等と国際協力して開発中のSMIは、宇宙の「塵」の分布や元素の種類、運動の様子を調べ、銀河や惑星系が作られている様子を探ります。

### ● 遠赤外線観測装置 SAFARI

SAFARIは最先端技術の超伝導検出器を使って、銀河内で星の誕生、また巨大ブラックホールの活動性について探ります。

### ● 遠赤外線偏光撮像装置 B-BOP

B-BOPは遠赤外線の偏光（光の波の振動方向）を観測し、銀河の中の星が誕生する現場で、磁場がどのような役割を果たしているかを明らかにします。

## 望遠鏡をまるごと冷やします

赤外線を観測するための望遠鏡や装置自身も、赤外線で光っています。それらは、天体に比べて圧倒的に明るいため、そのままでは高感度の観測ができません。SPICAは「機械式冷凍機」を用いて、望遠鏡や観測装置をまるごと $-265^{\circ}\text{C}$ まで冷やし、機器からの赤外線を大きく減らすことで、遠くの天体からの微弱な赤外線を観測します。

## 国際協力ミッション

SPICAはESA（欧州宇宙機関）の中型ミッション候補の一つとなっており、2021年の最終選抜に向けて、ESAとJAXAを軸とした世界各国の研究者・技術者が協力して衛星の概念設計・基礎技術開発をすすめています。

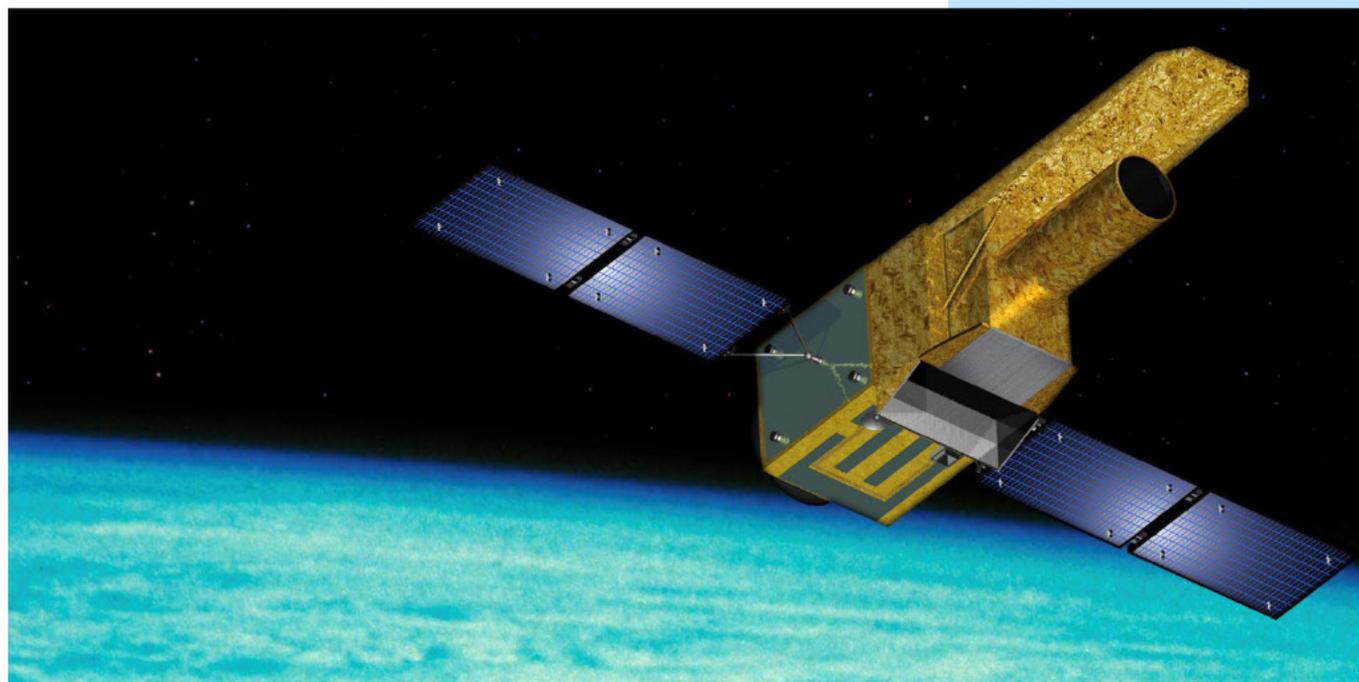
| SPICA基本情報 |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| 望遠鏡口径     | 2.5 m                             |
| 望遠鏡温度     | $-265^{\circ}\text{C}$ （絶対温度で8 K） |
| 衛星大きさ     | 直径 4.5 m × 全長 5.8 m               |
| 衛星重さ      | 約 3.6 トン                          |
| 観測波長      | 12 ~ 350 マイクロメートル                 |
| 打ち上げ予定    | 2020年代                            |
| 軌道        | 太陽-地球系ラグランジュ点 L2 まわり軌道            |

もっと詳しく知りたい人のために  
[http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA\\_HP/](http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA_HP/)



赤外線位置天文観測衛星

# JASMINE



## JASMINEとは？

小型衛星JASMINEは太陽系から天の川銀河中心領域(バルジ)方向の星の位置や運動を正確に観測することを目的とした天文衛星です。宇宙科学研究所の公募型小型3号に選定されました。科学的意義として「天の川銀河の起源から生命の起源にいたるまでの理解」を掲げています。

## JASMINEで何がわかるの？

天の川銀河の中心に位置する中心核バルジは、バルジ全体と中心部に位置する巨大ブラックホールとの物理的関係をつないでいるとともに、外側のバルジとは異なった多様な天体の存在や星が複雑な運動をしていると見込まれ謎にみちています。そしてバルジや天の川銀河の形成や進化の謎に迫る鍵を握っています。そうした中心核バルジにおける星の位置、運動を調べ、カタログとして出版します。また系外惑星の探査も行います。恒星周りの生命が居住できる環境にある地球型惑星を見つけることができるかもしれません。

## どのような観測をするの？

宇宙空間に打ち上げ、3年間の観測を行います。塵に覆われた銀河中心領域は可視光観測では精密に観測することができません。そこでJASMINEは透過率の高い赤外線での観測を行います。約2.6万光年(約25京km)離れた中心核バルジまでにある個々の星の位置や運動を測定するためにはとても高精度な測定が必要です。そこでJASMINEは精度の目標を25 $\mu$ 秒角としています。これは東京から富士山頂点に立つ人間の髪の毛の太さの4分の1を見込む角度とほぼ同じです。その目標を達成するために同じ星を何度も撮像(3年間で最大60万回程度)し、多数枚の撮像データを合成することで星の位置精度を向上させます。

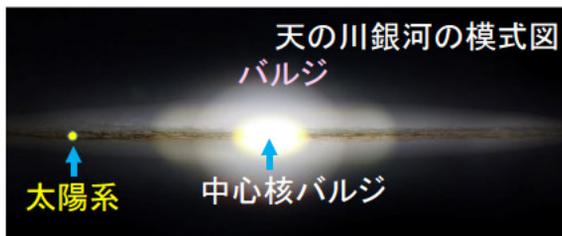
## JASMINEの基本情報

望遠鏡口径・・・30cm級  
衛星の全長・・・3.7m  
衛星の重さ・・・およそ400kg  
観測波長域・・・1.1~1.7 $\mu$ m  
軌道・・・太陽同期軌道  
打ち上げ目標・・・2020年代中盤  
国際協力・・・ESA(欧州宇宙機関)およびアメリカチームとの協力

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://jasmine.nao.ac.jp/>



5-3 赤外線で探る宇宙

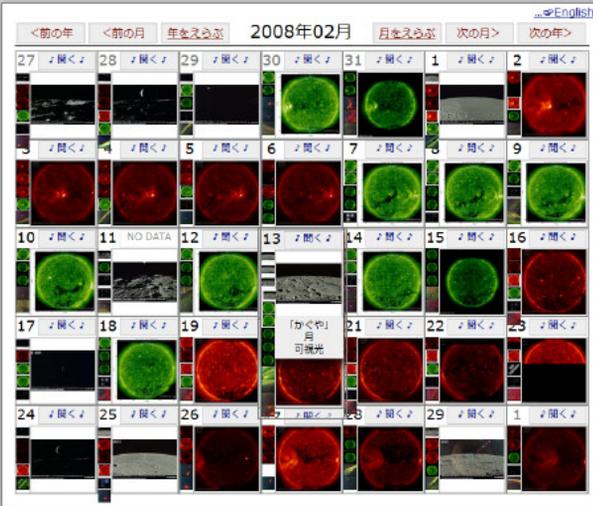


引用:NAOJ

# 好きなデータを探してみよう！ はじめての宇宙データ

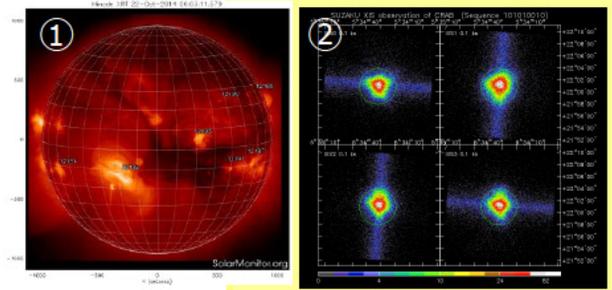
## ◆宇宙カレンダー

宇宙から観測した科学データ(宇宙データ)をその観測日でカレンダーに並べました。1990年からデータがあります。誕生日や記念日の宇宙データを探してみましよう。



## ◆宇宙データの例

- ①「ひので」衛星で観測した太陽。X線で観測したもので、太陽の外側にある「コロナ」という数百万度の大気の層を見ています。
- ② X線天体  
「すざく」衛星で観測した「かに星雲」。
- ③「かぐや」衛星のハイビジョンカメラによる月面。
- ④「はやぶさ」探査機がとらえた小惑星イトカワと、地球に戻ってきて大気圏に突入する直前の地球。



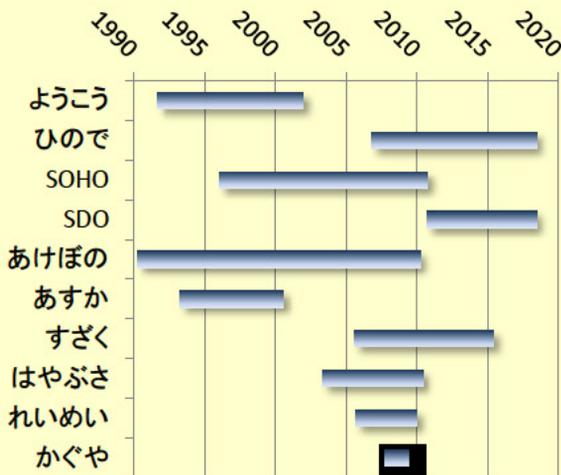
宇宙カレンダーは以下で見ることができます。  
<http://www.isas.jaxa.jp/home/showcase/calendar>

## ◆どんなデータがあるの？

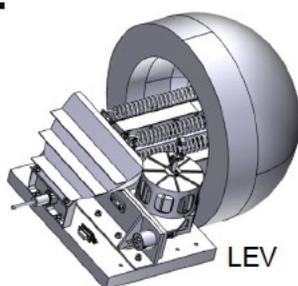
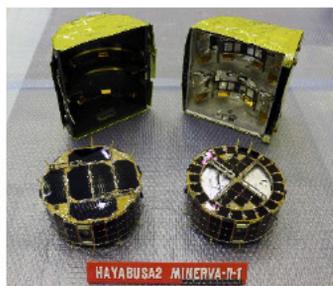
宇宙カレンダーでは、太陽、オーロラ、月面、イトカワ、X線天体など、さまざまな観測データを見ることができます。さらに、“宇宙の電波”を音にしたものも聴けます♪

## 衛星ごとの観測データがある期間

期間中でもデータがない日もあります。



# 観たいものを観る 宇宙探査ロボットの研究



## ここがすごい！

月や惑星の過酷な環境で活躍するためには、熱や放射線に耐えるだけでなく、効率よく確実に探査を行うための賢さが要求されます。また、宇宙に持っていくためには、小型軽量低消費電力の必要があります。

そこで、高度な知能を持った探査ロボットを開発しています。探査目標地点が与えられたら、自分で環境を把握し、岩やクレータなどの障害物を認識し、安全な経路に沿って自動的に移動します。目標地点に到達したら、興味深いサンプルを自動採取し観察します。



## この研究のねらいは？

21世紀は、人類が月や惑星など太陽系にまったく新しい文明圏を創り出す時代になると期待されています。近い将来、月や火星などでの生活が実現するかもしれません。そこで、月や惑星の表面探査を行うため、自由自在に移動してミッションを行うロボットの研究を行っています。地球から遠く、また未知環境である月惑星表面で、ロボットが効率よく探査を行うためには、人間のように高度な知能が必要です。そのため自動・自律で活動するロボットの研究開発を行っています。

## 主な研究テーマは？

- カメラやレーザによる環境認識
- 月惑星探査ローバの自動・自律機能
- 極限地形の移動メカニズム
- 宇宙の厳しい環境に耐えるハードウェア



宇宙機応用工学研究系の吉光徹雄です。月や惑星の表面探査ロボットの研究活動をしています。できるところから始めようと、小惑星探査用に小さい探査ロボットを作ってきました。



宇宙機応用工学研究系の大槻真嗣です。探査ロボットは如何にして特殊な環境へ適応し、知的に活動するかが鍵となります。宇宙で人できないことをやってくるロボットの開発を目指し、日々チャレンジ&エンジョイしています！



宇宙機応用工学研究系の久保田孝です。月惑星探査を行う探査ロボットの研究をしています。今後、さまざまなタイプのロボットが宇宙で活躍することでしょう。そして、将来、我々が宇宙へ進出するための貴重なデータを取得してくれます。



太陽系科学研究系の臼井寛裕です。火星の地下に存在する水や氷のロボットによる探索を目指しています。火星の地下は太陽系に残されたフロンティアの1つです。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/>



# 地球外物質を扱うスペシャリスト 地球外物質研究グループ

## 地球外物質研究グループとは？



地球外物質試料等を分析して得られた情報の整理・分類(キュレーション)を行い、世界中の研究者とその情報を共有するという仕事を担っているグループです。

現在は、主に探査機「はやぶさ」が持ち帰った小惑星イトカワの粒子の初期記載・試料配布・保管・研究を行っています。また、2020年帰還予定の「はやぶさ2」の試料を受け入れるための準備も進めています。日本唯一のリターンサンプル受入施設として、2016年に打ち上げられたNASAの「OSIRIS-REx」の帰還試料受け入れも予定されています。

## どんな施設？

外からチリが入らないように管理し、さらに湿度や温度も一定の基準に制御されている綺麗な環境を保った、クリーンルームという部屋の中で、私たちは日々作業を行っています。小惑星イトカワの粒子はクリーンルーム内の窒素で満たされたクリーンチャンバと呼ばれるグローブボックスの中で取り扱われ、世界中の研究者に配布されています。

2020年帰還予定のはやぶさ2が持ち帰るリュウグウの試料についても、専用の施設と設備を用意しています。

## 粒子のマニピュレーション作業

クリーンチャンバ内の作業は、チャンバに備え付けられている分厚いグローブ越しに行います。グローブに手をとおしてマニピュレーション作業を行う人と、作業中のデータを取得する人の二人一組で作業を行います。イトカワ粒子は小さいので、窓越しに直接見ることはできません。3つの顕微鏡モニターをとおして、粒子を見ながら作業します。6つのダイヤル(縦、横、高さ軸のそれぞれ粗動と微動)を駆使してステージを動かし、マニピュレーター針に粒子を静電気でくっつけます。

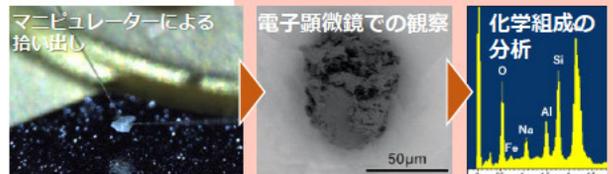


## 試料のカタログ化とデータ公開

拾い出した粒子は、一粒ずつ電子顕微鏡を用いて調べられます。粒子の形状や化学組成といった岩石学的特徴の記載(初期記載：下記参照)を行い、粒子ごとの名前にあたるIDをつけて保管しています。

IDのつけられた粒子は全世界に公開され、研究を希望する人々に審査を経て配布されます。これまでに拾い出されたイトカワ粒子は1000粒子以上にのぼります。現在もイトカワ粒子の回収作業は続けられており、世界各国の研究者に配布しています。

### 初期記載の流れ



もっと詳しく知りたい人のために  
<https://curation.isas.jaxa.jp/>



宇宙へのハードルを下げる

# 深宇宙探査技術実証機 DESTINY+

## ◆DESTINY+とは

DESTINY+（デスティニー・プラス）は、将来の深宇宙探査のカギとなる先端技術の実験をするミッションです。イプシロンロケットにより打ち上げることを提案しており、公募型小型計画2号機のミッションとして選定され、2021年度の打ち上げを目指しています。

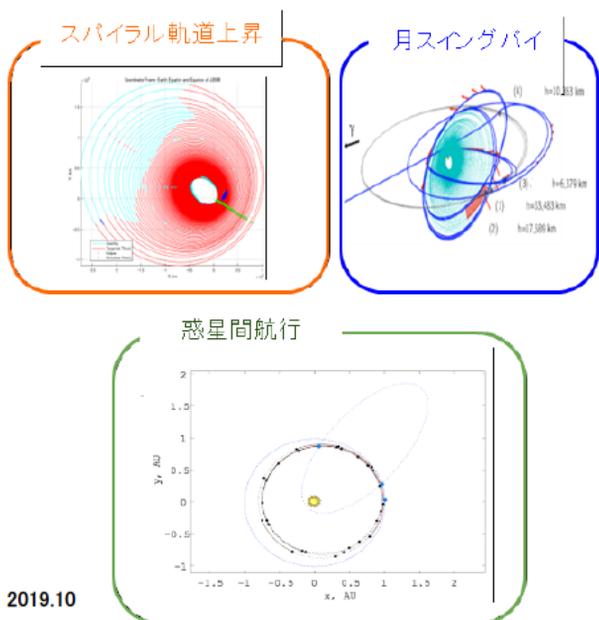


## ◆流星群母天体の探査

流星群母天体とは、流星群のもととなる流星群ダスト（ガスやちり）を放出する天体であり、太陽系始原天体の進化過程を知る重要な手がかりとなります。DESTINY+ミッションでは、ふたご座流星群母天体である小惑星“フェートン”のフライバイ探査を実施することにより、始原天体や流星群ダストの進化過程を明らかにすることを目的としています。

## ◆軌道計画

DESTINY+のミッション過程を下図に説明します。イプシロンロケットにより地球周回軌道に投入された機体は、まずイオンエンジンによって徐々に高度を上げ（スパイラル軌道上昇）、約1年かけて月に到達します。スパイラル上昇だけでは地球圏脱出に必要なエネルギーを十分に得ることができない為、月スイングバイを複数回行い、フェートンへ向かう軌道に投入し（惑星間航行）、フライバイ観測をします。また、ミッション延長のケーススタディとして、地球でフライバイし、別の小天体へ向かうという検討も行っています。



## ◆DESTINY+の技術

DESTINY+の機体の大きな特徴を3つ紹介します。  
◇イオンエンジンμ10



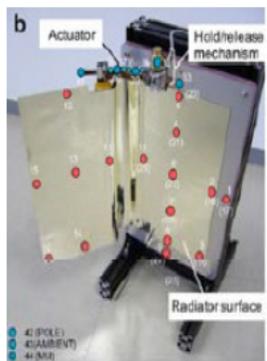
はやぶさ2でも使用されているISAS独自開発のイオンエンジン。少ない推進剤搭載量でも大きな軌道変更が可能となり、高効率推進を実現します。左は運転中のイオンエンジンです。

## ◇薄膜軽量太陽電池パネル



DESTINY+は小型科学衛星の為、大きな電力獲得のために多数、もしくは大面積のパドルを搭載することはできません。その為本機では従来の2倍の出力重量比（100W/kg）を有する軽量かつ高性能な太陽電池パドルの搭載を検討しています。

## ◇先端的熱制御デバイス



600W以上の大発熱器であるイオンエンジンを有することや、惑星間軌道上では太陽距離が大きく変化することから高度な熱制御が必要となります。自由な熱輸送経路を構築するループヒートパイプと宇宙での熱環境の変化に応じて自律的に放熱、保温、吸熱と機能が変化する拡張性の高い軽量な展開ラジエータによって高効率な熱制御を実現します。

## ◆将来の深宇宙探査に向けて

DESTINY+と同じような軌道変換方法を用いることにより、深宇宙のさまざまな目的地に到達することができます。また、小型科学衛星を用いるDESTINY+は、深宇宙探査ミッションとしては比較的小規模なものです。このような構成を採用することによって、コストを低減しつつミッション機会を増やすことが可能となり、深宇宙へのハードルはますます低くなることでしょう。

## ◇関係者からのコメント

DESTINY+は他にもたくさんすごいところがあるので、詳しくはブースの人にお尋ねください。実現に向けて頑張りますので、応援よろしくお祈りします。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://destiny.isas.jaxa.jp/index.html>



# スペースサイエンスチェンバー

## ◆この設備で何ができるの？

宇宙空間で使う装置が、実際に宇宙で使えるかどうかを確認するには、宇宙と同じ環境で確認する必要があります。そのために地上で宇宙空間を作り出す設備が、このスペースサイエンスチェンバーです。

宇宙は大気が極めて薄い真空環境ですので、この設備を使って真空環境を作り出します。

下の写真の、円筒型容器がチェンバーです。この容器の中を、真空ポンプを使い空気を排気して容器の中を真空にします。

この設備は、主に人工衛星や観測ロケットに搭載する測定器の開発や動作試験に用いられる他、宇宙で起こるさまざまな現象を容器内で作り出し、その現象を研究するために使われています。



## ◆この設備の何がスゴイの？

このチェンバー(長さ5m,直径2.5m)は、中にプラズマを発生できる装置としては**日本で最大級**です。このチェンバーは、中に人工衛星を入れて試験することも可能です。日本の大学・研究機関の人々がこの設備で宇宙の様々な実験・研究を行っています。

## ◆地上に宇宙をつくるための装置

・真空ポンプ(粗引排気ポンプ:1機、複合型ターボ分子ポンプ:1機、クライオポンプ:2機)

排気装置を使ってチェンバー内部の空気を抜いて真空状態にします。地上の約100億分の1のとても薄い大気状態をつくることができます。

・プラズマ発生装置(後方拡散プラズマ源)  
この装置を使って真空状態のチェンバー内に(宇宙に存在するような)プラズマを発生させることができます。

・紫外線照射装置(紫外線光源)  
太陽光と同じはたらきで大気を電離させてプラズマを発生させることができます。

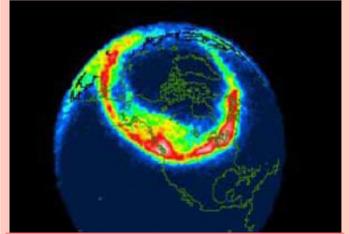
・磁場発生装置(ヘルムホルツコイル)  
チェンバー内の磁場の大きさ・向きを制御できます。

## ◆オーロラはどうして光るの？

地球上空の高さ数万km位の領域は電気を帯びた粒子であるプラズマで満ちています。このプラズマが電氣的な力で下向きに加速されて地球方向に高速で降下します。そして、大気粒子(酸素や窒素など)とぶつかって、大気粒子にエネルギーを与えます。大気粒子は、プラズマからもらったエネルギーを放出してもとに戻ろうとします。その時に起こる発光現象がオーロラです。プラズマを下向きに加速する領域は、緯度の高い場所のみ存在するため、北半球か南半球の高緯度地方でしかオーロラは見る事ができません。



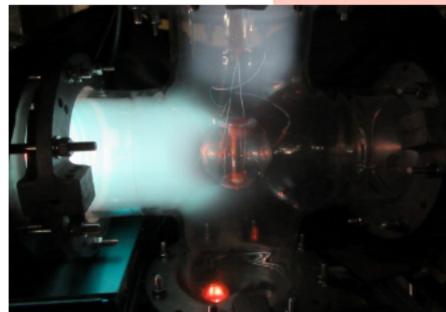
↑北極地方で見えるオーロラ



↑人工衛星から撮影した北極点を取り巻くリング状のオーロラ

## ◆チェンバーの中にどうやってオーロラをつくるの？

1. 真空ポンプを使って、チェンバーの中の大気(空気等)を抜いて、**チェンバーの中を真空**にします。
2. プラズマを作るためにガス(ヘリウムなど)をチェンバーの中に入れます。そして、プラズマ発生装置に電流・電圧を与えて、電子を送り出し、チェンバー内のガスと衝突させて、チェンバーの中に**プラズマ**を作ります。
3. チェンバー内の**オーロラ発生装置**に電圧を与えて、電子を横向きに加速する状態を作ります。
4. 電気を使って上向きに電子を加速して、チェンバー内にあるガスに衝突させると、ガスの種類によって様々な色のオーロラをつくることができます。



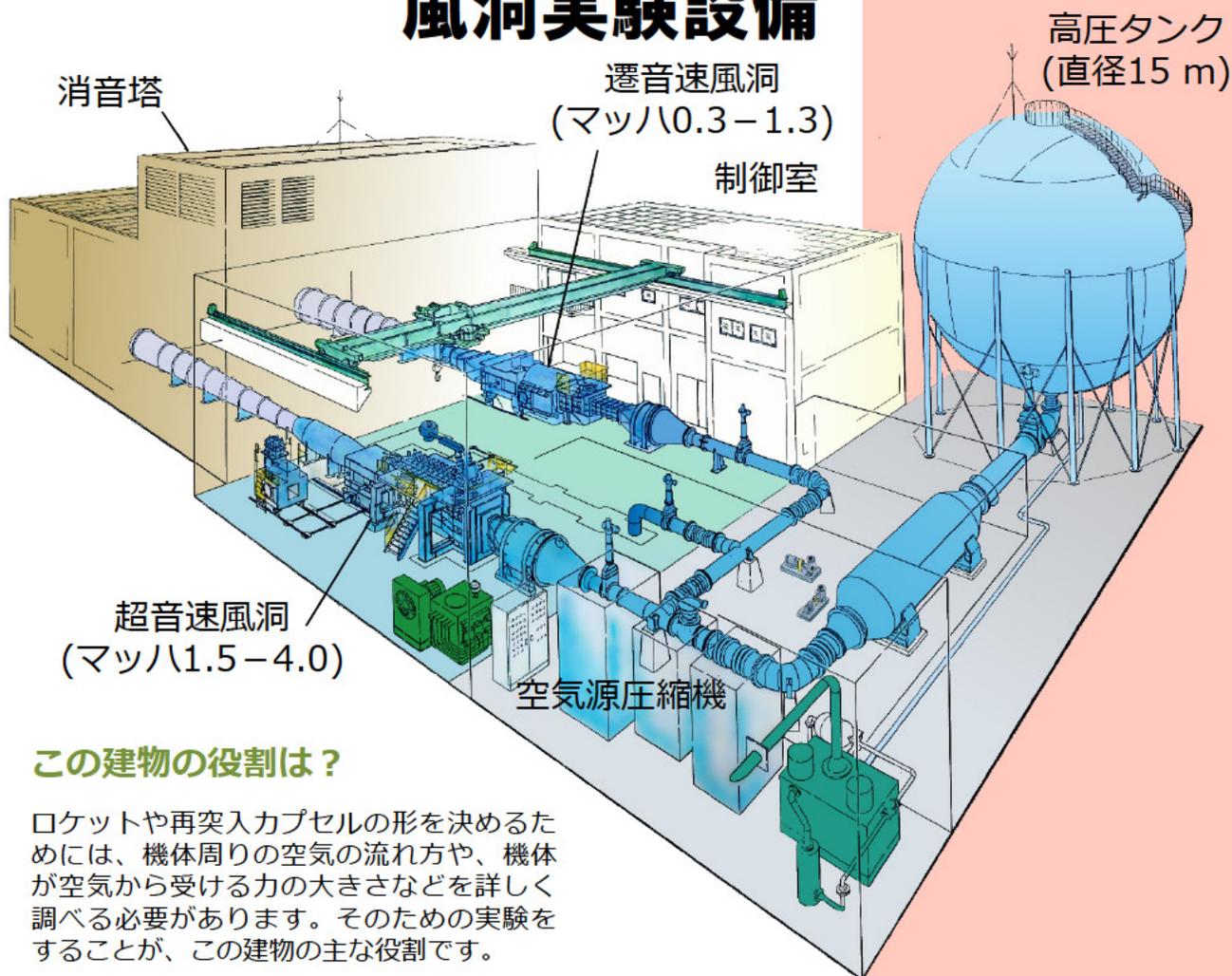
← ガラスチェンバー内部に作ったオーロラ。ヘリウムガスを使うと、緑色や白色に光ります。窒素を入れると、赤く発光します。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/>

7-2 人工オーロラ



# 超高速の空気流を人工的に作り出す 風洞実験設備

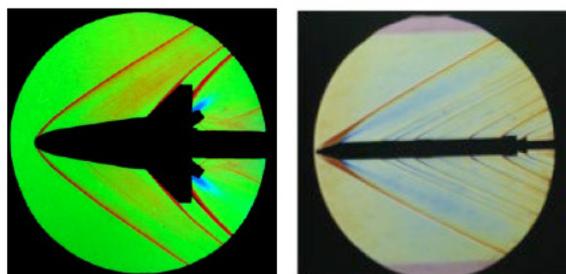


## この建物の役割は？

ロケットや再突入カプセルの形を決めるためには、機体周りの空気の流れ方や、機体が空気から受ける力の大きさなどを詳しく調べる必要があります。そのための実験をすることが、この建物の主な役割です。

イプシロンロケットや、はやぶさ再突入カプセルなどの設計開発では、ここで計測した実験データが役立ってきました。現在も、未来のスペースプレーンなどに向けた実験が続けられています。

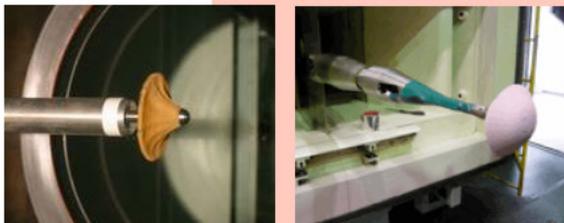
また、全国の大学などから集まった研究者によって、新しい計測方法や未解明の流体現象などを調べる基礎的な実験、超音速機やエンジン周りの流れなどを調べる応用的な実験も活発に行われています。



シュリーレン法で可視化した超音速機・ロケット周りの空気の流れ（衝撃波）

## どこがどうスゴイ？

ロケットなどが飛ぶ速さに合わせて、最大でマッハ4（音の速さの4倍）のとても速い空気の流れを作り出すことができます。空気の流れる測定部の大きさは国内最大級（60cm×60cm）ですが、自動化により一人でも運用することができます。



柔軟構造エアロシエル・はやぶさ再突入カプセルの試験用模型

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://www.isas.jaxa.jp/home/wtlab>



# JAXA職員と語る 宇宙科学の仕事と生活

日時：2019年11月2日10:30～16:10  
場所：相模原市立博物館地下大会議室

## 女性職員の講演と交流会

理工系への進学や就職への不安や疑問はありませんか？

理工系女性職員が、自身の進路選択やキャリア、生活、夢と現実について語ります。進路選択・職業選択の参考にどうぞ。

各回冒頭：ワーク・ライフ変革推進室紹介  
室長 青田 知恵

### ① 10:30～11:10 関 妙子



2004年JAXA就職。科学衛星テレメトリデータベース、観測ロケット実験、地球観測衛星向けのコンポーネント開発に携わり、2014年からBepiColomboプロジェクト所属。試験・運用の計画と調整を担う。MMO（みお）を宇宙へ送り出すべく東奔西走した結果、4年半で海外出張日数が500日を超え、時差ぼけに強くなった。

### ② 12:10～12:35 長谷川 晃子



(手話付き。講演のみ)

情報工学を専攻し、民間企業を経て、2007年JAXA就職。各科学衛星の運用調整を支え続けて数年。

現在は、科学衛星運用ネットワーク、伝送にも携わる

### ③ 13:50～14:30 大竹 真紀子



ISAS太陽系科学研究系助教/国際宇宙探査センター所属

月周回衛星「かぐや」観測機器開発を経て、現在、月科学研究、月着陸実証機「SLIM」、月極域探査の検討、月惑星探査データの利用促進等に携わる。

### ④ 15:30～16:10 吉野 良子



ISASでの大学院生活を経て、2010年JAXAに就職。入社後は地球観測衛星を担当。現在は2児の育児に奮闘しながら宇宙科学データのアーカイブに携わる。

## イクメン座談会 12:40～13:10

仕事も育児もこなすイクメン・イクボス達が、工夫と本音を語り合います。

### 高島 健 ISAS太陽系科学研究系 准教授



1998年名古屋大学助手に着任  
2002年から宇宙科学研究所に所属。

観測機器を中心に、のぞみ（火星）・かぐや（月）・みお（水星）・あらせ（地球）・深宇宙探査実証機DESTINY+（小惑星）と複数衛星の開発を行ってきている。  
18/16/13/10歳（女女男女）の父ちゃん。

### 坂東 信尚 ISAS宇宙機応用工学研究系 助教



2005年より宇宙科学研究所勤務。高高度気球や科学衛星の姿勢制御の研究開発を担当。

2017年10月から2018年3月まで育児休業を取得。現在、2歳7ヶ月の息子の保育園の送迎や家事を妻と分担中。

### 今村 裕志 ISAS CAESAR/SRCプリプロ ジェクトチーム



1998年宇宙開発事業団就職。COMETS運用、MDS-1開発/運用、チーフエンジニア室、はやぶさ2開発/初期運用、理事長秘書、科学

推進部を経て、令和元日より、現職。子育てのために退職した妻と共に、9/7/5歳の育児に奮闘中。

## 室長から一言



ご来場いただいた学生の皆さん、そして保護者の皆さま、JAXAは宇宙航空の理想の職場を目指し、研究開発とともに働き方改革にも取り組んでいます。

この機会を通じて、学生の皆さんが自分の将来像を描く助けになれば幸いです。

もっと詳しく知りたい人のために  
<http://stage.tksc.jaxa.jp/geoffice/index.html>

