

JAXA 宇宙科学研究所

◆ここでは何をしているの？

ここでは、宇宙の構造やその起源をさぐるために大気の外に出て行う天文観測、地球を含む太陽系の生い立ちをさぐる太陽系科学、宇宙空間でさまざまな実験を行う宇宙環境利用科学、新たな宇宙への可能性を切り開く宇宙工学などの研究をしています。

また、大学共同利用機関として、日本の宇宙科学分野の研究・教育の中心としての役割を果たしています。

得られた成果は日本国内だけでなく世界中に発信しています。



◆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ことは、実は宇宙に満ち溢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。

すなわち、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？

相模原キャンパスに在勤の職員数は420名(うち教育職員が125名)です。ここでは宇宙科学研究所や宇宙教育センター、契約、財務、施設部門の職員の他に大学研究者、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。

◆これまでの主な成果は？

戦後日本初のロケット発射実験(1955年)にはじまり、日本初の人工衛星「おおすみ」の打ち上げ成功(1970年)のほか、ハレー彗星の共同観測(1986年)では、困難な政治情勢の中で日米欧露(当時はソ連)による国際共同ミッションを成功に導きました。

最近では、X線天文衛星を用いた高エネルギー現象の研究、気球による世界最高到達高度記録の達成、小惑星探査機「はやぶさ」による世界初の月以外の天体への往還、太陽観測衛星「ひので」による太陽活動の研究、惑星分光観測衛星「ひさき」による木星の観測など、世界をリードするような成果をあげています。

◆これからの計画は？

X線天文衛星ASTRO-H、ジオスペース探査衛星(ERG)、国際水星探査計画BepiColomboがあります。これからも有意義なミッションを立ち上げていきます。

◆所長から一言



宇宙科学研究所へようこそ。所長の常田佐久です。ここは、宇宙観測と惑星探査の国際的な研究拠点です。はやぶさ2号機、X線天文衛星ASTRO-H、水星探査機などの立案・開発・飛翔実験・運用を一貫して行っています。さらに、月着陸ミッションや火星の衛星サンプルリターン計画など、野心的な計画の検討を行っています。

この広大な宇宙の謎にどこまで迫ることができるのか、研究者や学生と直接話をしてみてください。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.isas.jaxa.jp/>

宇宙科学研究所

スマートに月面に降り立つ！！ 小型機による月着陸実証計画

「降りたいところに着陸する」という技術が、今後の月や惑星の探査に必要とされているよ。この技術を実証するための月面着陸機が現在開発中なんだ。

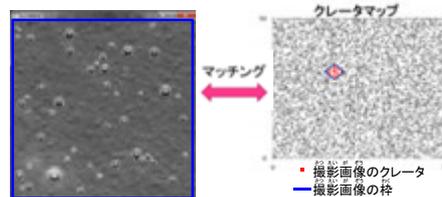
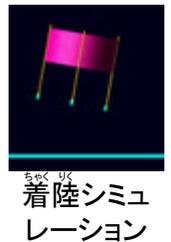
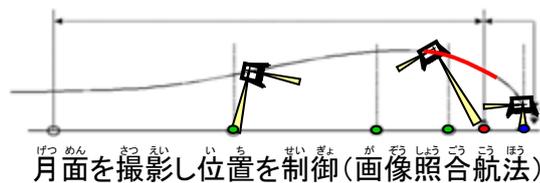
日本で初めて月への着陸を目指すんだって。

月面に狙いを定めて、ピンポイントで着陸するっていう難しいことをするために、かなり高性能なんだ。

とっても小さくて軽ーい着陸機なんだ。

地球からこんなに離れたところでもピッタリ着陸できるんだね。

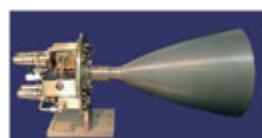
小さいのに機能はたくさん詰まっているんだね。すごい！



画像からクレータ抽出 & マップとのマッチング



JAXAと様々な大学との連携で、日本の最先端技術が使われる予定だよ！



セラミックスラスタ



軽量バッテリー



薄膜太陽電池



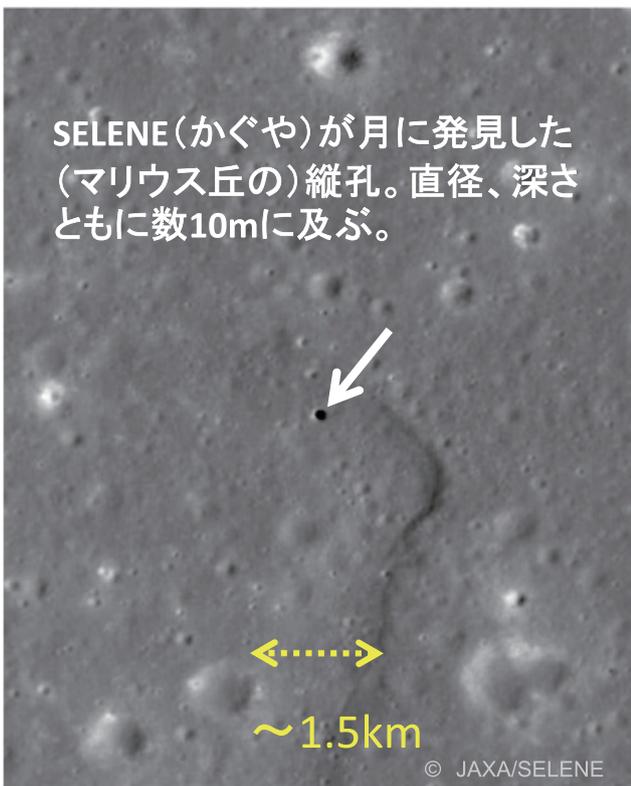
もっと詳しく知りたい人は、ホームページもチェックしてみてね。
<http://www.isas.jaxa.jp/home/slim/>

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、地下深くで産まれた物質が、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で。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°C から 120°C と大きく変化します。

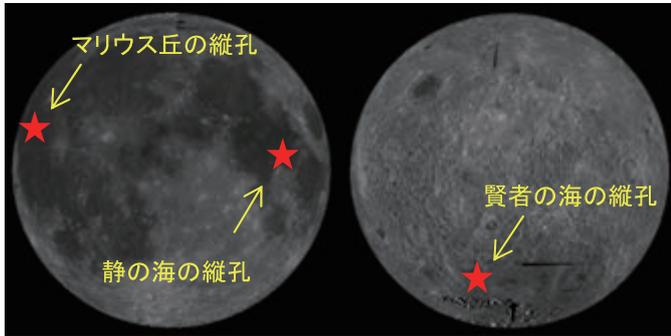
しかし、月の縦孔の底や地下空洞では、隕石や放射線から守られ、また温度もほぼ一定だと考えられます。空洞の壁や底はガラス質で覆われていて、密閉性が高いと考えられ、シャッターをして空気を送り込めば、人が住むのに適した圧力が保たれた空間を作り出すことができることとなります。他にもたくさんの、基地としての利点が挙げられます。人や観測機器に優しい縦孔・地下空洞内の基地で、長期間の科学観測が可能になることでしょう。そして、人類が宇宙へと適応していくための様々な科学データが取得されていくでしょう。

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°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？
- **高い密閉性**
- **塵の無い空間**
- **安定な光環境**

数10mの厚さの天井
~ 100m

月惑星の縦孔・地下空洞探査 ～UZUME計画～



セレーネが発見した巨大な縦孔の位置
(左図は月の表側、右図は月の裏側)

◆火星にも縦孔、そこには、、、？

火星にも、月のものと似た縦孔が見つかっています。火星の縦孔・地下空洞も、火星での長期にわたる無人・有人の探査、そして人類の将来の活動拠点・基地になることでしょう。

さらに火星の地下空洞内には、生命が生まれ、そして進化を遂げた場所があった可能性が高い、とも思われます。空洞内は、隕石や放射線・紫外線から守られるとともに、過去には、火山性の熱があったでしょうし、水もまた存在していた可能性があるからです。今後、火星の地下空洞の探査が行われれば、生命の発見、さらには、様々な生命が関係し合って存在している「生態系」の発見が、なされるかもしれません。

◆月縦孔・地下空洞探査 UZUME計画

私たちは、月の縦孔、そしてその底に広がる地下空洞を、まずは日本の得意とするロボット技術により探査しようとしています。月の縦孔・地下空洞の探査を私たちは、次のように名付けました。

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。「うずめ」は、天(あま)の岩戸(いわと)に隠れた天照大神(あまてらすおおみかみ)を、踊りによって誘い出した女神「あまのうずめ」の名からいただいています。

◆UZUME計画を、是非一緒に！

UZUMEのMは、MoonのMにとどまらず、火星(Mars)や小天体(Minor Body)のMにもなっていくことでしょう。UZUME計画は、科学者だけでも、宇宙工学者だけでもできない、様々な分野の様々な方々と一緒になってやっていく、壮大な計画です。皆様をお願いしたいのは「応援してください」ではありません。「UZUME計画を、是非一緒にやりましょう！」です。



UZUME計画が名を頂いている女神「あまのうずめ」
(計画を一緒に進める 中島真理さん 画)

UZUME計画HP: <http://kazusa.net/uzume/>

最先端技術で月の謎に迫る 月着陸探査計画

計画中

◆まだまだ分からないことだらけの月

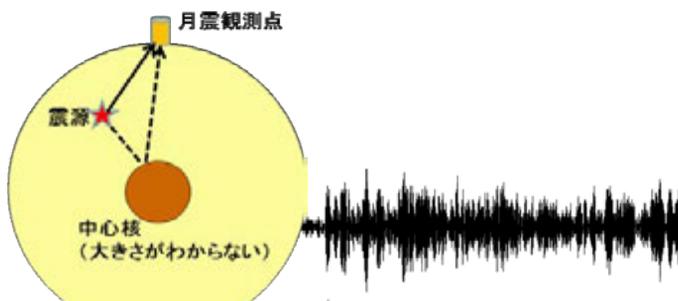
「かぐや」などの探査機が月を外側から調べましたが、表面の砂(レゴリス)を除いた下にある岩石の性質、地下に水分があるか、あるいは月の内部の構造がどうなっているかなどはよくわかっていません。

アポロ計画では月の石や砂を持ち帰りましたが、調べたのは月の「海」と呼ばれる平らな場所に限られています。将来、人が安全に月へ行くためには、放射線環境や地盤などの環境調査も必要です。そして、長期間月面で暮らすためには、水などの利用可能な資源がどこにどのくらいあるのか、調べておくことが必要です。月面に着陸し、詳しい観測をすることが必要なのです。

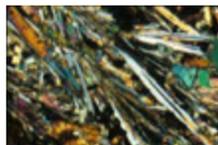
着陸地点としては、南極、北極、大きなクレータの内部、裏側(地球から見えない側)など、人類未踏の場所を検討しています。

◆観測装置は？

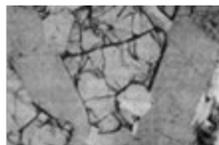
以下のような観測装置の候補があります。広帯域地震計、熱流量計、電磁探査装置、レーザー測距用リフレクタ、岩石研磨装置、掘削ドリル、分光カメラ、X線分光計、質量分析装置、中性子計測装置、放射線線量計、地盤調査装置、ダスト計測装置、ハイビジョンカメラなど



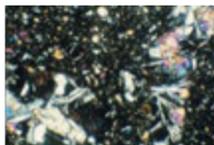
月の地震波を観測して、月の内部の構造を推定します。



玄武岩 12002*1
マグマが溶岩として噴出し、地表で固まったもの



斑レイ岩 76255*2
マグマが地下深部で固まり、結晶が成長したもの



角レキ岩 72275*1
隕石衝突で粉碎された岩石が集積したもの

遠くから見では区別のつかないこれらの岩石を見分け、月の地形がどのようにできたか推定します。

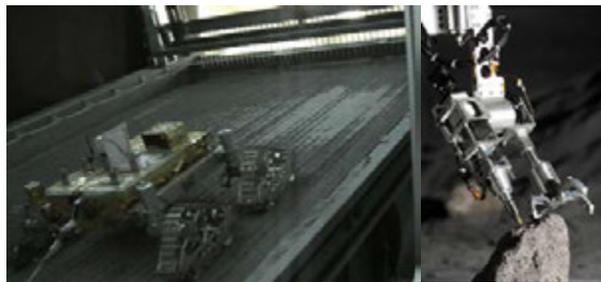
*1:<http://www.lpi.usra.edu/lunar/samples/>

*2:<http://curator.jsc.nasa.gov/lunar/catalogs/>



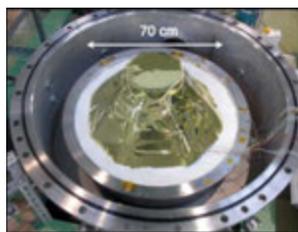
◆新たに開発する技術は？

このような探査を実現するには、狙った場所に高精度で着陸する技術、岩などの障害物を検知して避ける技術が必要です。月面の細かいレゴリスの上を走るには、車輪に工夫が必要です。また、激しい温度環境(+120度~-200度)やレゴリスから装置を守る技術が必要です。観測装置を地面に設置したり、岩石や砂を取り扱うロボットアームも必要です。また、地中の物質の観測を行うためには、掘削ドリルが必要です。太陽電池が使えない夜に、低温の月面で観測装置を動かすためには、徹底した断熱技術、省電力化技術、高効率の蓄電池技術が必要です。

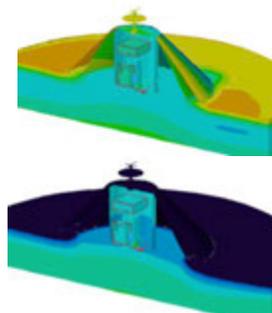


探査ローバを用いて移動探査します。

ロボットアームの研究もしています。



断熱テントを使って昼と夜の温度変化を小さくします。



人間が月や火星で活動する日はいつ？

ゆうじん うちゅう たんさ けいかく

有人宇宙探査計画について

◆ 有人宇宙探査ってなに？

月や火星、小惑星などの天体に人間が行って、環境や岩・砂を詳しく調べることで、その天体がどのようにできて、中がどうなっているのか、どんなふうにご利用できるかを調べます。

人間が行けばロボットには難しい細かい作業や判断ができるようになります。また、宇宙飛行士がその目で実際に見て、感じたことをみんなに話してくれるでしょうし、持って行った超高解像度カメラの映像を通して地上の皆さんもその様子を詳しく見ることができるようでしょう。

◆ たとえば、月に人間が行くには？

月に人間が行くためにはまず大きなロケットや着陸機などが必要ですが、月で生活して活動する設備も必要です。月は地球と全く違う環境で、空気や水がなく、昼間は約120℃まで熱くなり、夜は逆に約-150℃まで寒くなります。また宇宙放射線は地球上の200倍以上も降り注ぐ過酷な環境です。月の1日はとても長く、地球時間で言うと、昼は14日間、夜は14日間もあります。(注: 無人月探査に比べると、温度の変化の小さな月面領域(日照時間の長い極地域など)で、有人月探査を行うことが考えられています。)

このような環境から人間を守り、人間が活動するにはどうすればいいかも研究テーマです。月に持って行ける物資は限られていますので、

人が生きるための水や空気などのリサイクルが必要で、そのための設備の研究も進めています。また、月の土から水や空気を作れないかという研究も考えています。

それから電気も必要です。昼間は太陽電池を使って発電ができますが、長い夜の間はそれが利用できないので、燃料電池など電気を貯める方法を研究しています。また、月面を動き回る車や人間の活動を助けるロボットなどの研究もしています。

私たちは、有人宇宙探査のためのさまざまな研究をしながら、NASAや世界の宇宙機関(14の国や地域)の人たちと一緒に話し合いをして、国際協力で探査計画を実現したいと考えています。

◆ 人が宇宙で活動するようになったら？

将来は、海外旅行に行くように宇宙旅行が楽しめるようになったり、宇宙ステーションや月にもたくさんの方が生活していたりすることでしょう。

2030年ごろ、君は何歳？



(年) 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040

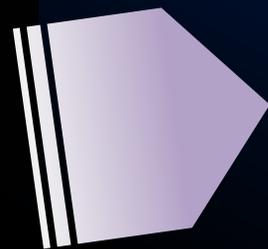
かぐや

月着陸探査

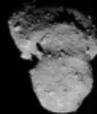


無人の月探査機で月の調査や、着陸・月面車のテストをします

月



地球近くの
小惑星



有人探査の様子(イメージ)



国際宇宙ステーション

※人が宇宙で生活できるようになりました。

平成27(2015)年4月に設置されたJAXAの新しい組織

宇宙探査イノベーションハブ

◆宇宙探査イノベーションハブとは？

「科学技術イノベーション総合戦略2014」～未来創造に向けたイノベーションの懸け橋～(平成26年6月24日閣議決定)という国の方針が示されました。この中で、公的研究機関の「強み」や地域の特性を生かして、イノベーションハブの形成に取り組むことが求められました。これを受け、国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA)でも、様々な異分野の人材・知識を集めた組織を構築し、これまでにない新しい体制や取組でJAXA全体に研究の展開や定着を目指すため、平成27年4月1日に、「宇宙探査イノベーションハブ」が新しく設置されました。相模原キャンパス内に場所を構え、約30人(併任等含む)で新しい活動に取り組んでいます。

イノベーションやハブという言葉には、どういう意味があるのでしょうか？ということをよく聞かれます。

「イノベーション」は、新しい発想から、従来にない価値を導き出し、社会を大きく発展させるようなことを意味します。インターネットや携帯電話の登場と利用が、代表的な例です。それらが無かった時代に比べると、人々の生活は大きく変化し、豊かになりました。また、1960～1970年代の人を月に送りこんだアポロ計画によって、様々なイノベーションが導かれたことも知られています。一方、「ハブ」は、ものごとの中心部分を意味しており、拠点と訳されることもあります。例えば、国内や外国からの飛行機が多く集まる東京国際空港(羽田空港)や成田国際空港は、「ハブ空港／拠点空港」と呼ばれています。

「イノベーションハブ」は、革新的なアイデアや技術によって生活を豊かにする改革である「イノベーション」を起こすための、人や技術が集まる中心拠点である「ハブ」という意味合いがあります。

◆何をやるの？

宇宙探査イノベーションハブの目的は、新しい考え方の導入による宇宙探査の発展、将来の宇宙開発利用への技術展開、宇宙探査の成果の幅広い地上技術への浸透、そして、世界の宇宙探査の中核となる研究開発・人材育成の拠点形成 等です。

これらの目的を実現するために、異分野融合による科学技術イノベーションの創出や、宇宙探査技術と民生技術の相互連携、役職や年齢にとらわれない人材の登用 等を行います。

その結果として、新しいプレーヤー(大学・企業・研究機関等)の宇宙探査への参加、国際的な宇宙探査でのシナリオ・ミッションの実現、科学技術イノベーションの牽引による生活の質や産業競争力の向上、そして、将来を担う人材の継続的な育成 等を成果として目指します。

宇宙探査イノベーションハブで得られた技術・知見は、企業等の事業にフィードバックされることを考えています。このため、従来の知的財産管理や人事面を見直し、新しいパートナーが参画しやすい制度を整備します。

◆私たちの提案が、「JSTイノベーションハブ構築支援事業」に採択されました。

宇宙探査イノベーションハブの考える宇宙探査の実施の観点から、国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST)のイノベーションハブ構築支援事業に応募し、平成27年6月「太陽系フロンティア開拓による人類の生存圏・活動領域拡大に向けたオープンイノベーションハブ」として採択されました。これにより、更に宇宙探査によるイノベーションが期待できる環境が整ってきました。

“本事業の概要：宇宙探査の進展により人類の生存圏・活動領域を拡大することは、新たな宇宙開発利用の価値創出に繋がります。今後10～20年の宇宙探査は、民間企業を含む多様なプレーヤーが参画し、国際協働・競争による月・火星への探査に向けた活動を中心に進められようとしています。”

— JAXAプレスリリース6月11日より 抜粋 —



◆ハブ長から一言

宇宙探査イノベーションハブ ハブ長の國中 均(くになかつ) ひとし)です。

私たちは、新しい参加者と共に、宇宙開発利用のための技術研究開発を目指します。ここで生み出される技術は、宇宙探査のみならず、地上技術へ応用展開され、ゲーム・チェンジ(現状を打破し、根本的にものごとを変えること)を巻き起こすことでしょう。ぜひ、みなさんと一緒に、宇宙探査イノベーションハブで、新しい仕組みを活用して、宇宙探査と日々の暮らしを発展させましょう！

◆もっと詳しく知りたい人のために

- ・JAXAプレスリリース6月11日：
http://www.jaxa.jp/press/2015/06/20150611_ihub_j.html
- ・JSTイノベーションハブ構築支援事業の詳細：
<http://www.jst.go.jp/ihub/index.html>



キュレーションのお仕事紹介

◆キュレーションとは？

キュレーションとは、「収集した資料を学術的専門知識を使って鑑定・研究・管理する」ことです。私達JAXAキュレーショングループは、地球外試料や、試料を分析して得られた情報を「資料」として整理・分類し、世界中の研究者と共有するという仕事をしています。

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試料の初期記載・試料配分・保管・研究を行っています。また、昨年12月に打ち上げに成功した「はやぶさ2」、2016年に打ち上げを予定しているNASAの「OSIRIS-REx」の帰還試料受け入れも予定されています。



実際にイトカワの砂粒を扱っているクリーンチャンバー

◆イトカワ試料のキュレーション

「はやぶさ」の持ち帰ったイトカワの試料は、0.1mm以下程度の非常に小さな砂粒です。私達は、この宇宙から持ち帰った貴重な砂粒を、地球の酸素や水に触れさせないため、純窒素ガスを循環させた大きな箱(クリーンチャンバー)に入れて、手袋越しに作業を行っています。ゴワゴワの手袋3枚を重ねた状態で、小さな粒子を、細いガラス管に針金を通して電圧をかけ、静電気力で1粒1粒持ち上げて移動させます。

こうして拾い出した粒子は、電子顕微鏡で形状や組成を判別し、カタログ化されます。カタログは、私達のホームページで公開されており、みなさんも見るができます。また、世界中の研究者が詳細研究のための砂粒を選ぶ時にも、大切な情報源となっています。



イトカワ粒子の回収の様子

◆どんなことがわかった？

電子顕微鏡の観察から、イトカワの砂粒は、主に珪酸塩鉱物で構成されていることがわかりました。これらの鉱物は地球の岩石にも存在しますが、「はやぶさ」の持ち帰った微粒子は、太陽風(主に水素(H)、ヘリウム(He)、ネオン(Ne)等)などが打ち込まれており、また微量元素や同位体(同じ元素でも、中性子の数が違う物)の組成が地球の物とは異なることから、小惑星イトカワの表面の粒子であることが確認されました。

また地球に降り注いでくる隕石の大半が小惑星の破片であること、小惑星イトカワが20km以上のより大きな天体の破片が集合した天体であること、その表面から粒子がどんどん離脱しており、1億年程度でイトカワ自体がなくなってしまうかもしれないこと、などがわかりました。現在日本を含む世界中の研究者がさらに詳しい研究をつづけています。



◆キュレーターから一言

JAXAキュレーターの安部正真です。

私達は「はやぶさ」が帰還してからこれまでの5年間で、約500個のイトカワ粒子のキュレーションを進めてきました。

現在は、日本唯一のリターンサンプルの受入施設として、「はやぶさ2」や「OSIRIS-REx」の帰還試料受け入れ準備なども行っています。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://hayabusaa.isas.jaxa.jp/curation/index-j.html>

(1-4) キュレーションの仕事ってなに？



惑星物質試料受入設備

リターンサンプル

小惑星

彗星

月

火星

落下隕石

発見隕石

惑星間塵

微隕石

固体惑星物質試料の集約

非破壊・非汚染での高精度記載

固体惑星物質の知見の集約

走査電子顕微鏡

クリーンチャンバー

静電制御 マニピュレータ

X線回折分析装置

ラマン分光装置

フーリエ変換 赤外分光光度計

試料配分

惑星試料全体像の把握, 太陽系形成プロセスへの幅広い知見

相互作用 サイエンス成果の向上

外部研究者・機関による研究

キュレーション 独自の研究

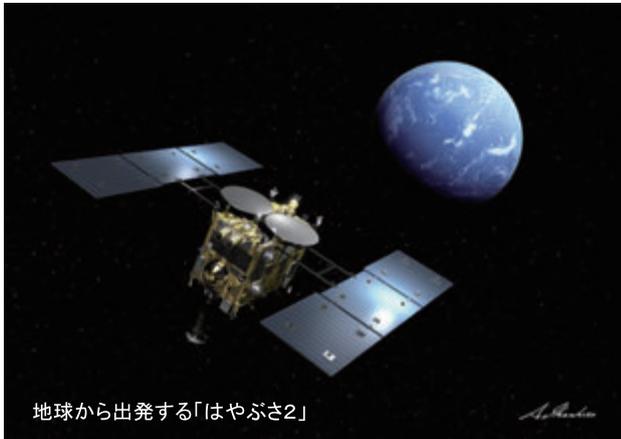
惑星試料を用いた 実践的教育

サイエンス成果の創出

惑星科学の次世代研究者の育成

2015年12月3日 地球スイングバイ予定
小惑星探査機「はやぶさ2」

◆「はやぶさ2」の新たなチャレンジ



地球から出発する「はやぶさ2」

小惑星探査機「はやぶさ」によって、私たちは太陽系往復探査の技術や小さな小惑星について様々なことを学ぶことができました。しかし、これはまだ最初の一步にすぎません。新たな挑戦を目指して、「はやぶさ2」を2014年12月3日に打ち上げました。現在「はやぶさ2」は、2015年12月3日の地球スイングバイに向けて、順調に航行中です。

「はやぶさ2」も「はやぶさ」と同様に小惑星往復ミッションです。一般的な人工衛星と異なるのは、打ち上げ→巡航(動力航行、スイングバイ)→小惑星接近→観測→着陸→巡航→地球帰還といったように、ミッションそのものが一つの流れとなっていることです。このような特殊なミッションに合わせた宇宙探査機の設計や製作は容易ではありませんが、「はやぶさ2」は「はやぶさ」の経験を活かしつつ、さらに発展させています。これができるのは、世界で唯一小惑星サンプルリターンを実現した日本の強みです。

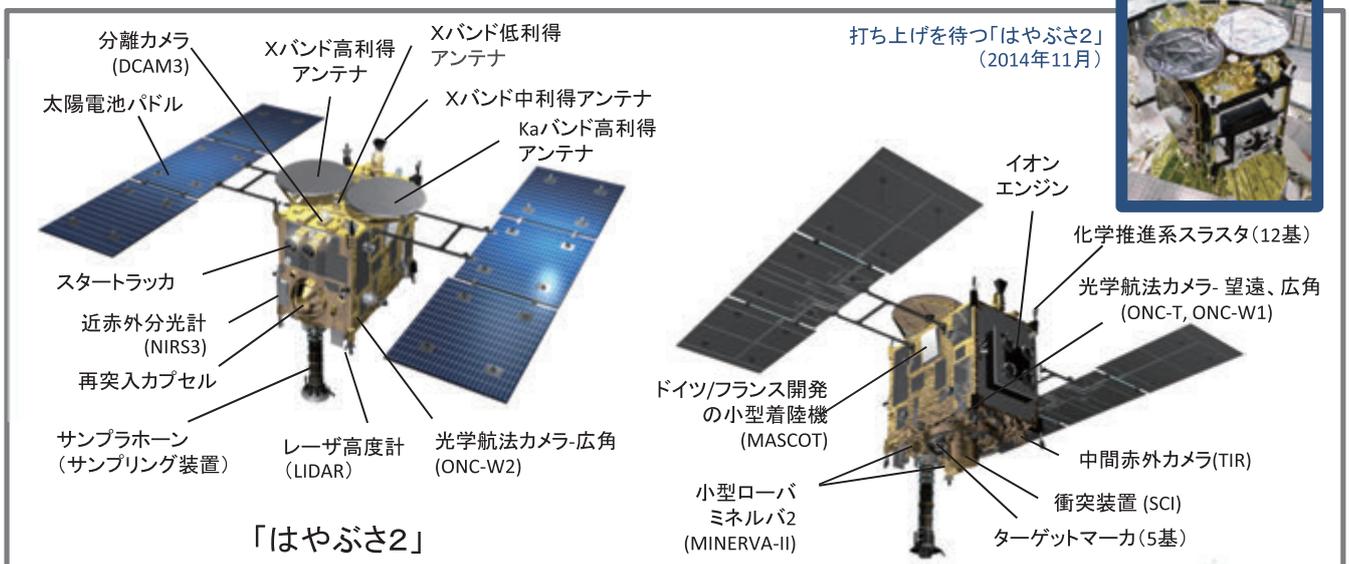
◆「はやぶさ2」概要

「はやぶさ2」には「はやぶさ」から変わったり追加されたりしたものがいくつかあります。見た目の大きな変化は丸メガネのような2つの平面アンテナです。「はやぶさ2」では、大きくて平らな円盤が2枚、上面に配置されています。片方がXバンドのアンテナ、もう片方がKaバンドのアンテナです。通信速度の速いKaバンドと、通常の通信に用いるXバンドを使い分けて、取得した小惑星の情報をより多く地球に送ることができる設計となっています。

小惑星到着のためには「はやぶさ」と同様に「光学航法」という方法を使います。電波だけでは位置誤差が数100kmにもなりますが、搭載カメラが撮影した画像を利用することで小惑星までたどり着くことができます。そのために「はやぶさ2」はカメラを3台搭載しています。これらのカメラのほかに、中間赤外カメラや新しい近赤外分光計を搭載しました。これらを使うと小惑星表面の成分や温度分布などがわかります。表面を調べた後、着陸をして表面物質を採取します。

さらに、「はやぶさ2」では、衝突装置というものによって小惑星に小さなクレーターを作ることも試みます。約2kgの銅の塊を秒速2kmで小惑星表面に打ちこむのです。可能であれば作ったクレーターに着陸して、物質を採取します。このことで小惑星表面の物質だけでなく、地中のより新鮮な情報を残していると思われる物質も手に入れることができます。

このほか、分離カメラ、小型着陸機のMASCOT(マスコット)、小型ローバのMINERVA-II(ミネルバ2)も搭載しています。また、着陸のときに目印となるターゲットマーカは5個持っていています。さらに外からは分かりませんが、姿勢制御装置やイオンエンジン・化学エンジンなどにも多くの改良がなされています。



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

「はやぶさ2」の科学的意義 小惑星探査で調べること

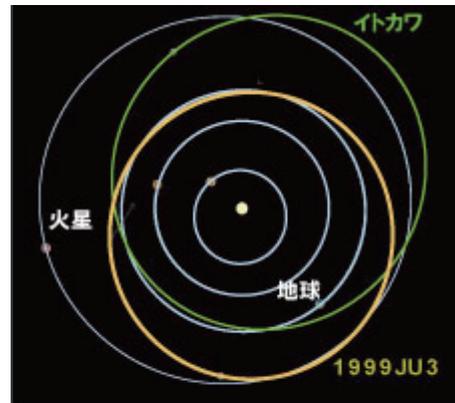
◆「はやぶさ2」の新たなチャレンジ

太陽系は、今から約46億年前に宇宙空間にあった星間ガスから生まれました。星間ガスが自分の重力によって収縮し、中心に太陽が生まれたのです。つまり、地球を作っている物質は、46億年前の星間ガスの中にあつたこととなります。地球のような大きな天体は、物質が集まったときにいったんどろどろに溶けてしまったと考えられています。ですから、地球上にある物質を調べても46億年前に地球をつくった物質は正確には分かりません。ところが、小惑星のような小さな天体の中には、太陽系誕生初期の物質がそのまま残っているものもあると考えられています。小惑星サンプルリターンは、まさに太陽系誕生時の物質を探るミッションなのです。

「はやぶさ」は小惑星イトカワからサンプルを持ち帰ることに成功しましたが、そのサンプルを調べることで、太陽系の誕生時の物質の様子がだんだん分かってきました。しかし、地球を作っているものは、岩石や鉄のような物質だけではありません。海には大量の水がありますし、生物は有機物からできています。このような水や有機物についても46億年前の星間ガスのの中にあつたと考えられています。もし、46億年前の有機物を手に入れることができれば、生命の起源になった物質がわかるかもしれません。「はやぶさ2」は、まさに生命の原材料にも迫るミッションなのです。

◆「はやぶさ2」探査対象天体 C型小惑星 1999 JU₃

「はやぶさ2」は、「はやぶさ」が探査したイトカワとは異なる種類の小惑星を目指します。イトカワはS型に分類される小惑星ですが、「はやぶさ2」が目指す1999 JU₃という小惑星は、C型に分類されています。C型小惑星は、その表面の物質に有機物や水を多く含んでいると考えられています。1999 JU₃は、まさに「はやぶさ2」の挑戦に適した小惑星なのです。



小惑星1999 JU₃の軌道

これまでの観測で、1999JU₃は大きさが900m程度で、形はほぼ球形であることがわかっています。イトカワが530mくらいですから、イトカワよりは大きいですが、小さな天体です。約7.6時間で自転しており、地球と火星軌道の間を公転しています。詳しいことは「はやぶさ2」が到着しないと分かりません。「はやぶさ2」がこの小惑星に到着するのは、2018年の予定です。どのような小惑星なのか、今から楽しみです。



人工的に作ったクレーターにタッチダウンする「はやぶさ2」(想像図)



小惑星サンプルリターンミッションで調べること

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.jaxa.jp/projects/sat/hayabusa2/>

(1-5) はやぶさ2～深宇宙大航海～

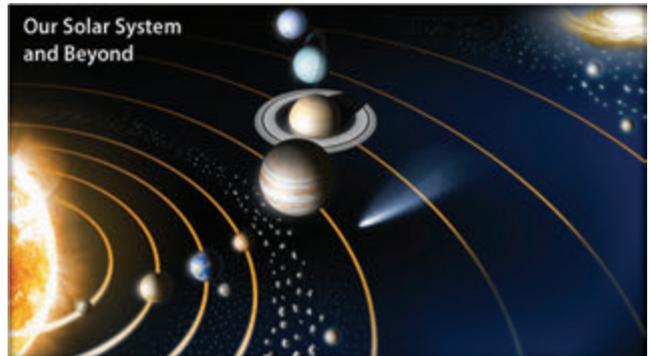
太陽系の謎に挑む研究者達による 太陽系科学研究系 ミニ講演

◆ 太陽系科学研究系とは？

私たちは人工衛星やロケットを用いて、太陽、惑星、そして惑星間空間をターゲットとした研究を行っています。

観測されたデータの解析研究と、コンピュータシミュレーションを通じた理論研究を両輪とし、私たちの住む太陽系の知られざる姿を明らかにしています。

さらに、新たな謎に挑むプロジェクトの推進、観測機器の新規開発等も行っており、太陽系科学研究分野をリードしています。



◆ リレー形式 ミニ講演！

今回のミニ講演では、私達グループの研究者達による最前線の研究成果や現在取り組んでいる課題を紹介します。講演時間は5-10分程度で、質問時間も同程度です。お気軽にご質問ください！

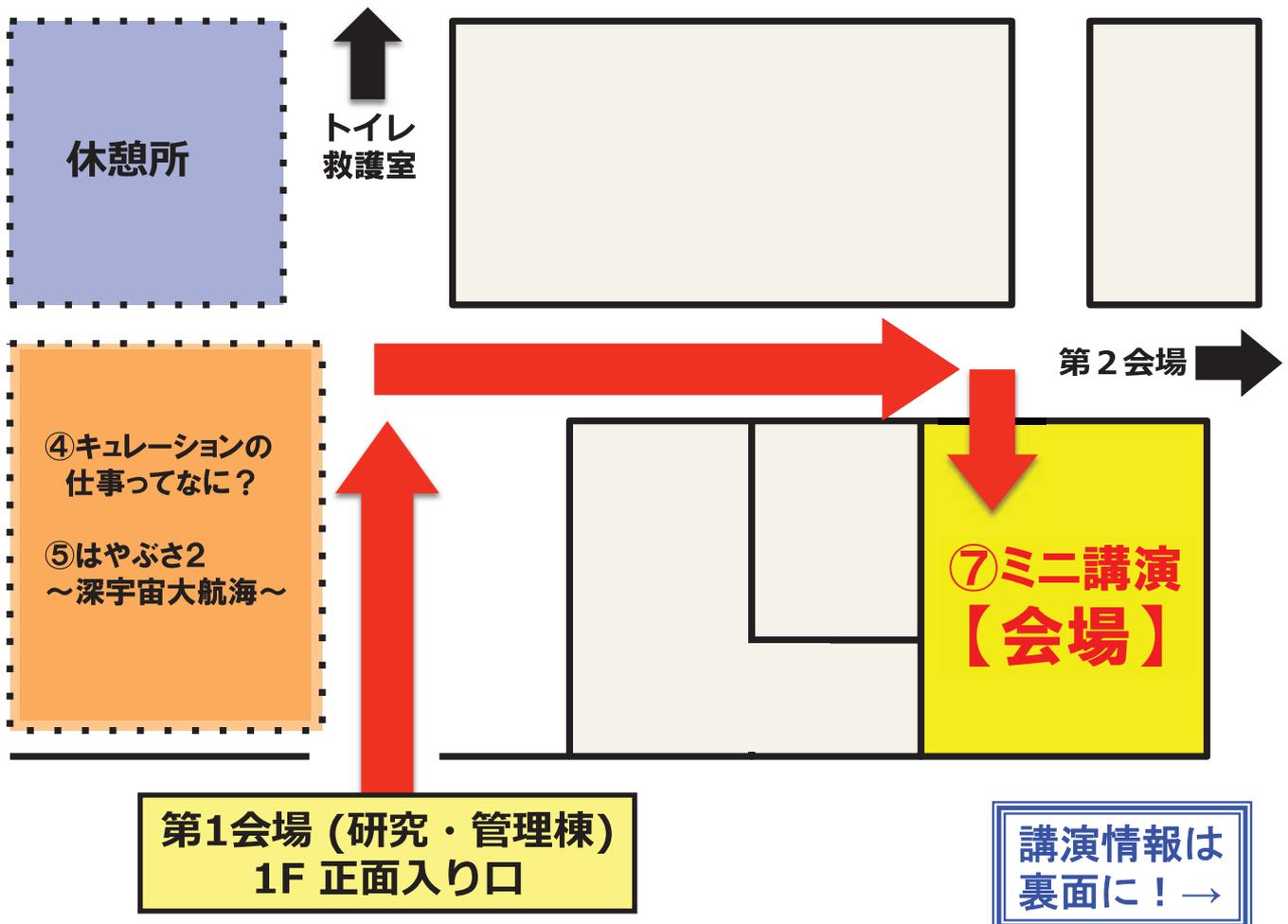
◆ ホームページ

私たちの研究は、以下のホームページでも紹介しています。是非、ご覧ください。
<http://sprg.isas.jaxa.jp/main.html>



PC, スマートフォンからQRコードでもアクセス！

開催場所： 第1会場(研究・管理棟) 1F 入札室



太陽系の謎に挑む研究者達による
太陽系科学研究系 ミニ講演

講演予定表

24日(金)				
順	開始	終了	講演タイトル	講演者
1	10:00	10:15	「ひので」がとらえた大迫力の太陽像	清水 敏文
2	10:20	10:35	ERG 衛星が探るジオスペースの世界	篠原 育
3	10:40	10:55	ひさきが見た木星	村上 豪
4	11:00	11:15	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	中条 俊大
5	11:20	11:35	電波で調べる惑星大気	安藤 紘基
6	11:40	11:55	火星を地震で探るインサイト計画	小林 直樹
-	12:00	14:00	理工系職員が語る私の仕事と生活 *	-
7	14:00	14:15	あけぼの衛星が明らかにした空の向こう (地球からの大気流出)	北村 成寿
8	14:20	14:35	ひさきが見た木星	村上 豪
9	14:40	14:55	太陽観測衛星「ひので」のこれまでとこれから -コロナの活動-	坂尾 太郎
10	15:00	15:15	月と火星の縦孔・地下空洞探査UZUME計画	春山 純一
11	15:20	15:35	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	松本 純
12	15:40	15:55	計算機の中の金星大気	杉山 耕一郎

25日(土)				
順	開始	終了	講演タイトル	講演者
1	10:00	10:15	太陽観測衛星「ひので」のこれまでとこれから -コロナの活動-	坂尾 太郎
2	10:20	10:35	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	松本 純
3	10:40	10:55	重力から語る月の歴史	山本 圭香
4	11:00	11:15	太陽の磁場観測 ~その活動の起源~	飯田 佑輔
5	11:20	11:35	地球にはPM2.5が。では他の惑星には??	佐藤 毅彦
6	11:40	11:55	あけぼの衛星が明らかにした空の向こう (地球からの大気流出)	北村成寿
-	12:00	14:00	理工系職員が語る私の仕事と生活 *	-
7	14:00	14:15	「はやぶさ2」がめざす1999JU3に、地球の水の起源を求めて	岩田 隆浩
8	14:20	14:35	ひさきが見た金星	山崎 敦
9	14:40	14:55	ERG 衛星が探るジオスペースの世界	篠原 育
10	15:00	15:15	カウントダウンあかつき	今村 剛
11	15:20	15:35	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	大木 優介
12	15:40	15:55	「ひので」がとらえた大迫力の太陽像	清水 敏文

*「理工系職員が語る私の仕事と生活」の講演情報は、該当リーフレットを参照ください。

JAXA男女共同参画推進室

◆ 男女共同参画推進室って？

JAXAは、2013年10月に男女共同参画推進室を設置しました。

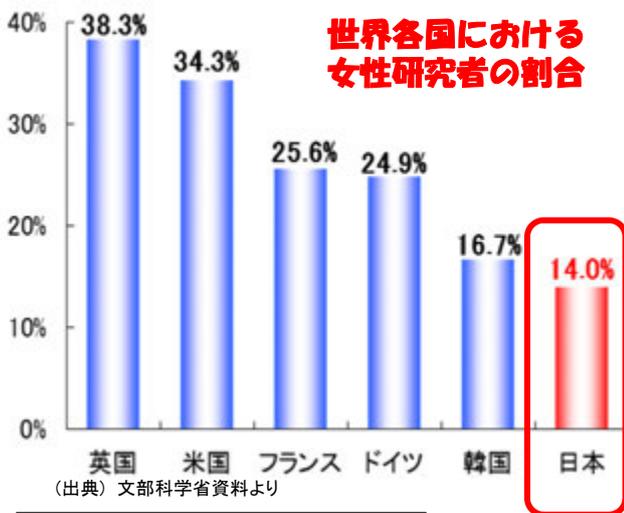
男女ともに尊重し合い、能力を十分に発揮できる環境を構築し、宇宙航空分野の活力を一層高めます。

次世代キャリア支援として、中高生・大学生・大学院生を対象に、セミナー、カフェなどの交流イベントを通して、女子学生の理工系キャリアへのチャレンジを支援します。

◆ 女性研究者をめぐる現状

日本は、第3期科学技術基本計画より女性研究者の採用に関する数値目標を掲げ、その登用及び活躍促進を進めており、女性研究者は年々増加傾向にあります。しかし、その諸外国と比較すると割合が少ないです。

女性研究者の研究と出産・育児等との両立が困難であること、研究者の業績評価に当たって、育児・介護に対する配慮が不足していること等が課題です。



◆ 室長から一言

JAXA男女共同参画推進室 室長・杉田 尚子

JAXAは文部科学省が推進する「女性研究者研究活動支援事業」に2013年10月より参加、男女共同参画推進室を設置して、子育てや介護の支援のための環境整備、個々人の能力発揮を目指した研究開発力・マネジメント力・外部資金獲得力の向上のためのサポートを行ってきました。

今回の企画では、女性研究者は勿論のこと、男女共同参画で志を同じくする男性研究者も登壇します。女性も男性も専門能力を蓄えながら社会に貢献し、充実した人生を送ることができるよう模索しています。その姿を通じて、会場の皆様と、宇宙航空分野の夢を共有したいと考えています。

◆ どんな取り組みをしているの？

JAXAの事業所は、業種・目的別に全国に広く展開し、体制・働き方・職務が多様です。このため、ニーズ調査結果に基づき、具体的な活動として、以下の取り組みを推進しています。

①安心して出産・子育て・介護を行える環境の整備

☆子育て・介護により研究活動が途絶えることのないよう研究支援員を配置しています。

☆病児・病後児保育支援制度を試行し、子育てと就労の両立を支援をしています。

②働き方の見直しによるワーク・ライフ・バランスの実現

☆職員にアンケート調査を実施し、働きやすい職場にするための制度改正に向けて取り組んでいます。

③研究者の研究開発力・組織マネジメント力の向上と能力発揮

☆自分自身の仕事やキャリアについて、適切な助言を与えるJAXA内外の「メンター制」導入に向けて取り組んでいます。

☆研究開発力・マネジメント力向上のため、研究資金獲得のセミナーの開催及び添削支援を行っています。

④女性研究者の採用・登用を拡大、意識啓発

☆数値目標に向けて意思決定過程へ参画し、計画的に取り組んでいます。

☆意識啓発セミナーを開催します。

⑤女性ロールモデルの見える化と女子学生・院生との交流機会の拡大

☆女子学生向けのイベントの開催、進路やキャリア形成の相談をうけています。

☆ロールモデル集にてJAXA女性研究者の紹介をしています。
http://stage.tksc.jaxa.jp/geoffice/carrier/pdf/womenjaxa_2014.pdf

⑥内外連携の推進、相互協力ネットワークの形成

☆JAXA内外の情報共有をはかり、協力体制を築いています。



2014.9.11「女性が拓く宇宙航空の夢と未来」

◆ もっと詳しく知りたい人のために

<http://stage.tksc.jaxa.jp/geoffice/index.html>

(1-8) 理工系職員が語る私の仕事

ミニ講演

「理工系職員が語る私の仕事と生活」

～理工系職員が自身の仕事・生活・キャリアについて語ります～
進路選択・職業選択の参考にしてください

日時：7/24(金)・7/25(土) 12:00-13:50

7/24(金)登壇者紹介

①12:00-12:15 JAXA男女共同参画推進室長 杉田尚子(すぎた なおこ)

1995年NASDA入社、国際契約、国際宇宙ステーション・地球観測の国際調整業務等に従事。米国での長期派遣研修、文部科学省を経て、日本の宇宙政策史の研究で博士号を取得。現在は、国外の宇宙動向の調査分析業務と共に、男女共同参画を推進。



②12:15-12:40 青山学院大学理工学部准教授 馬場 彩(ばんば あや)

博士課程修了後、理化学研究所基礎科学特別研究員、日本学術振興会特別研究員、アイルランド・ダブリン高等研究所シュレディンガーフェローを経て2011年より現職。X線天文衛星の開発・運用・データ解析に携わる。



③12:50-13:15 ISAS熱・流体グループ 岩田 直子(いわた なおこ)

修士課程修了後、2007年JAXA就職。衛星の熱設計、熱制御材の研究開発に携わる。



④13:25-13:50 JAXA調査国際部 小野田 勝美(おのだ まさみ)

1995年NASDA入社、計画管理部、ウィーン国連宇宙部派遣、地球観測推進部を経て2003年退職。JAXA非常勤として小型衛星技術移転に関わる傍ら、博士号取得、2009年よりジュネーブ地球観測政府間会合(GEO)事務局科学技術官として地球観測システム構築の国際調整に携わる。2012年4月JAXAに復職し、航空プログラム事業推進部を経て2012年11月より現職、米国及び多国間国際関係担当。



7/25(土)登壇者紹介

⑤12:00-12:15 JAXA男女共同参画推進室長 杉田尚子(すぎた なおこ)

⑥12:15-12:40 理工系男性教職員による対談

★ジオスペース探査衛星プロジェクトチーム サブマネージャ 中村 揚介(なかむら ようすけ)

2001年NASDA特別研究員、2004年経験者採用。マイクロサブサット、東大阪衛星、小型実証衛星1型、4型の開発・プロジェクトマネージャ等を経て、現在ジオスペース探査衛星プロジェクトサブマネージャ。



★ISAS学際科学研究系助教 矢野 創(やの はじめ)

1999年ISAS着任。SFU、Leonid MAC、のぞみ、はやぶさ、IKAROS、はやぶさ2、たんぽぽ、ベピコロポの機器開発・運用・データ解析等に従事し、宇宙塵や小天体を通じた太陽系科学、アストロバイオロジーを研究。2008年に教育職男性初の育児休業を取得。



★はやぶさ2プロジェクトマネージャ 津田 雄一(つだ ゆういち)

専門は、宇宙探査機のシステム設計と軌道設計。「M-Vロケット」の開発や、小惑星探査機「はやぶさ」の運用に携わった。またソーラーセイル宇宙船「IKAROS」のサブチームリーダーとして、世界初のソーラーセイル技術の実現へと導いた。現在は昨年12月に打ち上がった小惑星探査機「はやぶさ2」のプロジェクトマネージャ。



★ISAS太陽系科学研究系助教 三谷 烈史(みたに たけふみ)

2007年ISAS助手として採用。修士課程から宇宙研に在るが、理学の中で分野を転々としている。現在はジオスペース探査衛星の観測機器開発に専念している。



★ISAS SE推進室 兒子 健一郎(にご けんいちろう)

学生時代をISASで過ごす。1999年NASDA就職。きく8号姿勢制御系、柔構造衛星のダイナミクス同定と姿勢制御、静止衛星用地球センサ、姿勢系・ランデブドッキング系試験設備、地球観測衛星の姿勢制御系・打上運用、高精度静止観測衛星システムの基盤技術の開発、科学衛星のシステムズエンジニアリング・初期検討支援を行う。



★ISAS宇宙機応用工学研究系助教・探査ハブ併任 大槻 真嗣(おおつき まさつぐ)

2006年11月よりISAS宇宙探査工学研究系助手(現宇宙機応用工学研究系助教)、現在に至る。探査ロボットのシステムと要素技術の研究開発、月着陸探査や火星探査計画の立ち上げに取り組んでいる。イイヤイ期と交戦中。

⑦12:50-13:15 ISAS電子部品・デバイス・電源グループ 宮澤 優(みやざわ ゆう)

修士課程修了後、2012年JAXA就職。科学衛星の電源系機器開発、観測ロケットに携わる。



⑧13:25-13:50 ISAS航法・誘導・制御グループ SE推進室 研究開発部門 第一研究ユニット 廣瀬 史子(ひろせ ちかこ)

修士課程修了後、2004年JAXA就職。スペースデブリの観測・衝突解析等を行い、現在金星探査機「あかつき」の軌道計画に携わる。

問い合わせ先：JAXA男女共同参画推進室(KYODO-DANJO-JIMUKYOKU@jaxa.jp)

(1-8) 理工系職員が語る私の仕事

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～

◆「きみっしょん」とは？

毎年8月にJAXA相模原キャンパスで開催されている、高校生を対象にした研究体験型の教育プログラムです。チームを組んで、仲間と共に1つの宇宙ミッションを5日間かけてつくりあげます。

「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。どんな答えが出るかやってみるまでわからない、そういう課題に挑戦する「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、これもまたJAXAの研究者達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

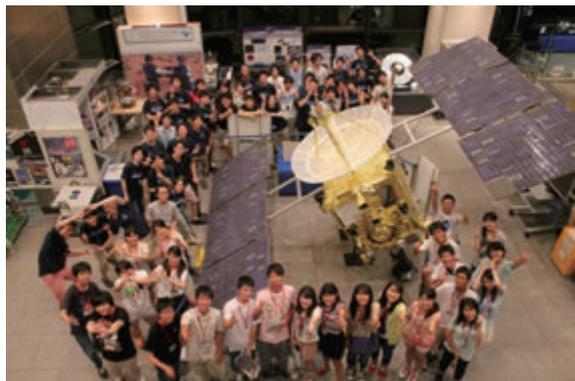
自分たちの疑問・興味に対して、自分たちで考え、解決してチームでひとつのミッションを作り上げます。

どん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、科学的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りをサポートします。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？などミッション作成に関係なく何でも相談してください。「きみっしょん」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。



●方法を議論する

どのようにすればミッションがより魅力的になるか議論します。議論するために必要な情報も集めます。



●ミッションを評価する

計算だって頑張ります！わからないことはチームの大学院生スタッフに相談しましょう。



●発表する

4日目にはこれまで議論したミッションの最終発表会が行われます。会場にはたくさんの方が集まり、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方は・・・
「君が作る宇宙ミッション」公式サイトまで
<http://www.isas.jaxa.jp/kimission/>



◆「きみっしょん」の一週間

参加者同士仲良くなるためのオリエンテーションに始まり、ミッションを5日間で作成していきます。

期間中はミッション作りだけでなく、JAXA相模原キャンパスの施設見学や院生スタッフとの進路相談、研究者による特別講義、モノづくりによる特別演習も行います。

そして締めくくりは、高校生による最終発表会です。発表会には沢山の研究者や職員、大学院生が参加し、インターネットでその様子も全国へ配信されます。

また、「きみっしょん」終了後には、考えたミッション内容をチームでさらに発展させ、日本天文学会ジュニアセッションで発表することもできます。



★「きみっしょん」に参加するには？

「きみっしょん」は例年夏休みの時期（7月下旬～8月上旬）に開催されています。
募集要項は4月頃公開され、6月上旬までの間応募を受け付けています。（年度により異なる場合があります）
 詳細については、「きみっしょん」公式サイト <http://www.isas.jaxa.jp/kimission/> をご覧ください。

★問い合わせ先

「君が作る宇宙ミッション」事務局 Tel:050-3362-4662 / Fax:042-759-8612 E-mail:kimission@jaxa.jp

★Q&Aコーナー★

Q1. みんな宇宙に詳しいの？好きだけどあまり知識はなくて不安です…

A1. 宇宙への詳しくさは人それぞれで、文系志望の子も参加しています。院生スタッフが知識の面ではサポートするので心配はいりません！必要なのは誰かと話したい！という気持ちです。

Q2. みんなどこから参加しているの？

A2. 出身地は様々です。毎年、全国各地からの参加者が集まります。

Q3. 学年は関係ありますか？

A3. 高校生相当であれば学年は問いません。高校1年生から高校3年生まで幅広く参加しています。履修している科目や勉強の進み具合は気にしてなく大丈夫です。分からないことがある場合にも院生スタッフにお気軽に質問してください。

Q4. 「きみっしょん」はどんな雰囲気なの？

A4. 公式サイトおよびBlogに毎年の様子が載っています。20名ほどの高校生が集まって、お互いの意見をぶつけ合いながら1つのミッションを作り上げます。
 「きみっしょん」で検索してみてください。

Q5. 予定があって今年は参加できないのですが、「きみっしょん」の様子を見たいです。

A5. 期間中はBlogに毎日実施経過が報告されます。また、最終発表会の様子は動画で配信します。公式サイトからいずれにもアクセスできます。

Q6. お金はどのぐらいかかるの？

A6. JAXA相模原キャンパスまでの交通費、および期間中の食事代は自己負担ですが、それ以外には特にかかりません。
 （※ 年度により異なる場合があります）

右：公式サイト：「君が作る宇宙ミッション」

1日目	午後	オリエンテーション ミッション作成
	夕方	歓迎会
2日目	午前	特別講義・所内見学 ミッション作成
	午後	
	夕方	中間発表会
3日目	午前	ミッション作成 特別演習
	午後	
	夕方	中間発表会
4日目	午前	ミッション作成
	午後	
	夕方	最終発表会 お疲れさま会
5日目	午前	修了式

2014年度の実施スケジュール



地球よりひとつ太陽に近い惑星、金星へ 金星探査機「あかつき」

■金星探査機「あかつき」とは

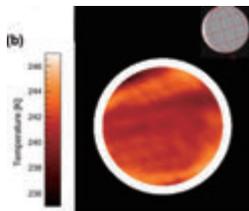
日本初の内惑星への挑戦として、宇宙科学研究所は金星の気象観測機「あかつき」を開発しました。「あかつき」は2010年5月に種子島宇宙センターからH-IIAロケットで打ち上げられ、2010年12月に金星にいったん到着しましたが、主エンジンのトラブルのため金星周回軌道に入ることができませんでした。今は太陽を周回していますが、2015年12月に再び金星に出会い、そのときにあらためて金星周回軌道に投入する計画です。壊れた主エンジンのかわりに、本来は探査機の向きを変えるために使う副エンジンを使って軌道を変えます。今も慎重に「あかつき」の運用が続けられています。

■金星の大気

金星は地球とほとんど同じ大きさをもつ地球の双子のような惑星で、地球の一つ内側の軌道を公転しています。明けの明星や宵の明星として親しまれているように大変明るく輝きますが、これは硫酸の雲が太陽光をよく反射するからです。大気は二酸化炭素が96%を占め、地表での気圧は90気圧にもなります。大量の二酸化炭素がもたらす温室効果により地表は460℃という灼熱世界となっています。近年、地球では二酸化炭素の増加による温暖化が問題となっています。金星は究極の温暖化が起こった惑星と言えるでしょう。



「あかつき」を搭載したH-IIA 17号機



金星の雲の温度分布

■スーパーローテーション

惑星の大気の流れ、すなわち風の速さは、ふつう惑星の自転より遅いものです。地球の自転は1日に1回転で、これは赤道上で毎秒460mに相当します。風はこれよりずっと遅く、場所によっても違いますが毎秒10m程度です。一方、金星の自転は240日に1回転で、これは赤道上で毎秒1.6mに相当します。しかし大気は毎秒100mという、自転の60倍もの速さで自転をおいこして西向きに流れています。この金星特有の大気の流れを「スーパーローテーション」と呼びます。なぜこの流れが起きるのかはわかっていません。

■金星探査機の目的は？

スーパーローテーションが作られている仕組みや、硫酸の雲が作られる仕組みを探ります。金星大気中に発生する気象現象の役割を解き明かすのが「あかつき」の目的です。紫外線から赤外線まで、観測する波長の異なる5台のカメラで金星の地表、雲の下の大気、雲の上の大気、雷発光まで3次元的にとらえます。連続観測によって大気の運動を動画として可視化します。電波を使って大気の細かな層構造も調べます。

搭載科学観測機器

5台のカメラ

UVI: 雲の最上部分の化学物質を観測

IR1: 雲の下の大気や地表面を観測

IR2: 雲の下の大気や雲の分布を観測

LAC: 雷放電や高層大気の化学発光を観測

LIR: 雲の温度分布を観測

■「あかつき」の成果

「あかつき」による研究はすでに始まっています。

- ①金星周回軌道への投入に失敗した直後に赤外線ととった画像からは、雲の中にこれまで知られていない細かな構造がたくさんあることがわかりました。
- ②遠方から満月に近い状態の金星を赤外カメラで観測したところ、雲の高さ、粒子サイズ、密度がこれまで考えられていたものと異なることがわかりました。
- ③紫外線観測で、硫酸の雲の原料となる二酸化硫黄の量が4日周期で変化することがわかりました。
- ④太陽コロナを電波で観測して、太陽風の速さが太陽の近くで変化する様子や、コロナを高温に加熱するのに関わる波動をとらえました。

左からUVI、IR1、LIRで2010年12月7日に取得された金星の画像

■なぜ金星を目指すのか

金星と地球はなぜこれほど違った環境なのでしょう。この2つの惑星は、おそらくは似通った初期の状態から出発したのでしょう。そのあとどのようにして異なる道へ進んだのか、現在それぞれの気候を支配するメカニズムはどう違っているのか、それを私たちは知りたいと考えています。金星を調べて地球と比べることにより、地球環境が現在見られるような姿をしている理由をより深く理解することができます。

■日本中に支えられています

「あかつき」は宇宙科学研究所だけのプロジェクトではありません。多くの大学（東京大学 北海道大学 立教大学 神戸大学 東北大学など）の研究者との協力のもとに計画され、観測装置の開発には多くのメーカーが関わっています。探査機本体の製作にはさらに多くの研究者とメーカーが尽力しました。日本中の宇宙ファンからも応援をいただいています。

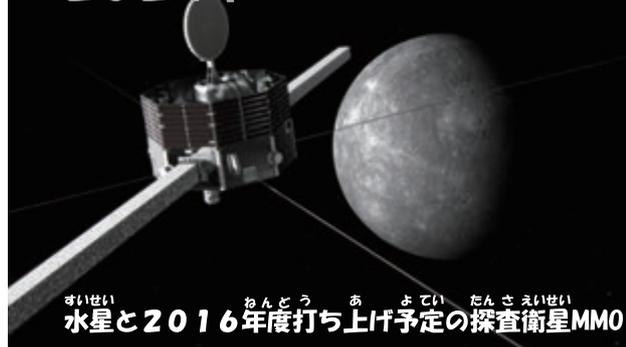
すいせい 水星ウォッチ！！

こう うちゅう たび
ベピコロンボ号で宇宙の旅

◆水星への旅にでかけよう！

2016年度打ち上げ予定の水星探査ミッション「BepiColombo (ベピコロンボ)」。

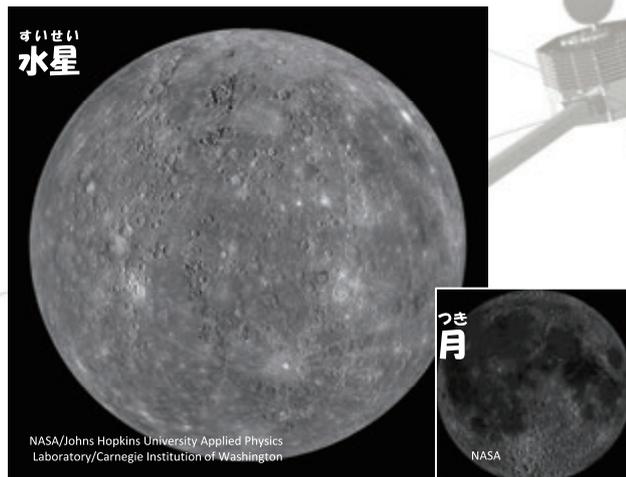
金星などをフライバイして、なんと水星に到着するのは2024年！



◆水星ってどんなところ？

じつは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度と昼夜の温度差がとても大きいんだ。



◆目指せ、太陽に一番近い惑星！

- 水星の中はどうなっているの？
- 水星の周りでは何が起きているの？
- 地球とは何が違うの？ などなど・・・

ベピコロンボ計画が水星の謎を解明していくよ！
おうえんよろしくね！

◆ベピコロンボ計画って？

ベピコロンボは、日本が担当する水星磁気圏探査機(MMO)と、ヨーロッパが担当する表面探査機(MPO)という2機の衛星が水星を周回する計画なんだ。



◆関係者から一言

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。水星は紀元前から存在が知られていましたし、皆さんも(多分夕焼けの空に)見た事がある惑星だと思えます。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るように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」だらけな惑星ですが、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。この惑星を出来る限り調べつくそうという計画(BepiColombo計画)の日本が作る衛星(MMO)がやっと完成しました。水星での観測が始まるのは未だ大分先の9年後となりますが、楽しみに待っていて頂けると幸いです。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.isas.jaxa.jp/j/enterp/missions/mmo/>

(1-14) 水星ウォッチ！！ ベピコロンボ号で宇宙の旅

惑星分光観測衛星「ひさき」が極端紫外光で惑星を観測しました 「きょくたん」が見た惑星たち

◆この計画のねらいは？

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、特殊な光(極端紫外光)を使って金星・火星・木星など太陽系内の惑星を観測します。極端紫外光は私たちの目には見えませんが、実は多くの天体から発せられています。

金星や火星を見ると、惑星から逃げ出している大気が見えます。地球と同じく固い地面をもつこれらの惑星ですが、大気の様子は大きく異なります。また、地球の生命の源となった海も、今の火星や金星にはありません。なぜこのような違いが生み出されたのでしょうか。その謎を解く鍵が、大気流出量なのです。つまり、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足し合わせれば、太陽系ができたばかりの頃の姿を想像できるのです。

木星観測からも興味深い知見をもたらします。木星はドーナツ状のリング(トラス構造)で囲まれています。このリングの源はイオとよばれる木星の衛星です(木星には60個以上の衛星があります！)。イオには火山がたくさんあり、大量の火山ガス(硫黄酸化物)を噴出しています。その勢いは凄まじく、イオの重力を振り切って宇宙空間にまで達します。さらにこれらの物質はプラズマとよばれるイオンと電子の共存状態になり、木星の周りをイオの公転軌道に沿って回り続けます。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。ひさきは、木星の周りで激しく動くこれらのプラズマの状態を可視化し、電子エネルギーの量や空間分が導出できるのです。

◆主な観測装置は？

【極端紫外分光器】

金星や火星、木星が発している極端紫外光(波長50~150nmの光)を直径20cmの鏡で集め、さらに回折格子で分光します。木星の約20倍の領域を一度に観測できる広い視野を持っています。

※1nmは1mmの100万分の1の長さです。

【次世代電源系要素技術実証システム】

次世代の高性能小型衛星用電源の実現に向けて、キー技術の実証を目指したオプション実験です。以下の2つの先端的技術を、実際の宇宙環境で実験し、その有効性を実証します。

- (1)「高効率薄膜太陽電池セル」実証実験
- (2)「リチウムイオン・キャパシタ(LIC)」実証実験



写真. 打ち上げ前のひさき (2013年6月撮影)

◆木星観測の結果は？

【木星磁気圏での高温電子の作り方】

木星周辺の宇宙空間は強い木星の磁場で満たされ、太陽系内最大の粒子加速器となっています(木星磁気圏)。木星周辺のプラズマがどのようにして高いエネルギーを獲得しているのか？木星の最も強い磁場に取り囲まれた領域(木星内部磁気圏)において、電子が木星に向かって流れているという証拠を「ひさき」の観測によって世界で初めて捉え、これが高温電子の材料になるという学説を観測的に明らかにしました。

【内部駆動型の木星オーロラの突発増光】

地球のオーロラは、太陽起源の電磁場とプラズマガス(太陽風)が磁気圏に蓄積される「外部駆動型」の現象です。木星のオーロラは、衛星イオ起源のプラズマと、木星の強力な固有磁場と自転が、太陽の代わりとなって磁気圏にエネルギーを供給する「内部駆動型」の現象であるといえます。太陽風静穏時に「ひさき」で捉えた突発的オーロラ増光は、同時に行ったハッブル宇宙望遠鏡の高解像度のオーロラ画像から、磁気圏の各領域と結合している複数種類のオーロラ形状の卓越を伴うことが判明しました。これは、内部駆動源により、木星磁気圏全体が急速に活発化し、各領域でエネルギー解放が起きることを示唆しています。

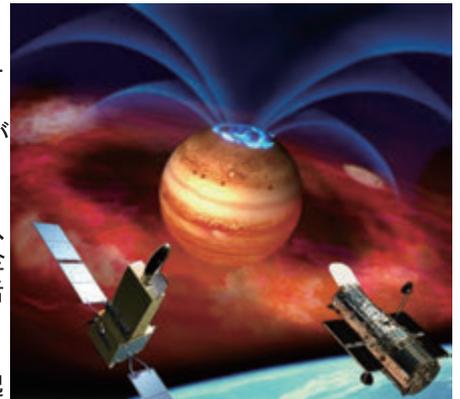


図. 惑星分光観測衛星「ひさき」(左)とハッブル宇宙望遠鏡(右)による木星オーロラ観測の想像図。イラスト:池下章裕/NASA/JAXA



◆関係者から一言

「ひさき」の公式非公認キャラクター“きょくたん”です！！まもなく2才になります。

宇宙には色々な光が飛び交っているんだけど、中でも惑星の観測に一番便利なのが、極端紫外(きょくたんしがいい)という光なんだ。だから、僕の名前は“きょくたん”なんだよ！

次世代電源系要素技術実証システムの“ネッシー”(NESSIE)ちゃんとなかよしだよ。よろしくね！



◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.isas.jaxa.jp/home/sprint-a/>

(1-12) 「きょくたん」が見た惑星たち

太陽活動の謎に迫る 太陽観測衛星 ひので

◆太陽観測衛星「ひので」とは？

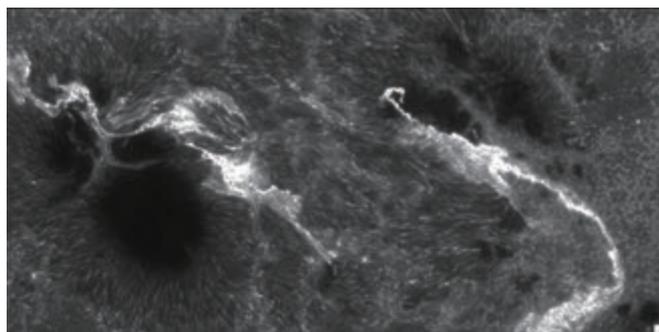
「ひので」(Solar-B)は、2006年9月23日にM-Vロケット7号機によって打ち上げられた、日本で3番目の太陽観測衛星です。「ひので」には、口径50cmの可視光望遠鏡(SOT)、X線望遠鏡(XRT)、極紫外線撮像分光装置(EIS)という3つの望遠鏡が積まれていて、毎日太陽の観測をしています。

「ひので」の目的は、太陽コロナが熱い原因を突き止めることです。太陽表面は約6000度ですが、太陽コロナはその200倍の100万度以上もあります。熱源の太陽本体よりも、遠く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。そして、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動きを観測することで、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。

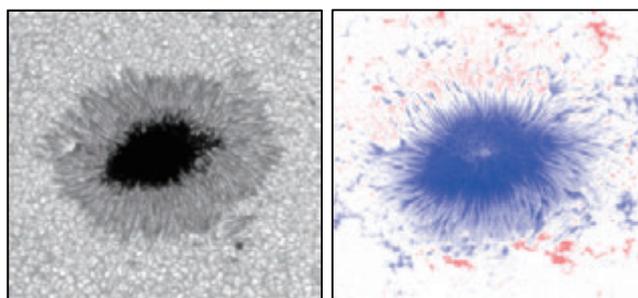
◆宇宙で観測するメリット

「ひので」の最大の特徴は可視光望遠鏡を搭載していることです。可視光というのは人間の目に見える光のことです。X線や極紫外線とは違い、太陽から来る可視光線は地上からでも観測できます。それならわざわざ望遠鏡を宇宙に運んで観測する必要はないのでは？と思うかもしれませんが。

太陽活動の謎に迫るには、時々刻々変化する太陽面の小さな磁場を正確に調べる必要があります。1枚の磁場の図を得るためには、数分から数時間に渡って、ぶれや歪みのない観測をしなければなりません。しかし、地球には大気がありますので、どうしても像が揺らいでしまい、安定した画像を取得できないのです。そのため、口径の大きな望遠鏡を作り、宇宙に運びました。それが「ひので」なのです。地球大気の外で撮る太陽の画像はとても鮮明で、磁場の測定以外にも様々な研究成果をもたらしています。



2014年10月22日に起きたXクラスフレア
(可視光望遠鏡で撮影)



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)



◆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/j/enterp/missions/hinode/>
<http://hinode.nao.ac.jp/index.shtml>

(1-13) 「ひので」が見た太陽

高エネルギーのプラズマをつかまえよう！ 宇宙嵐の謎を解き明かすERG衛星

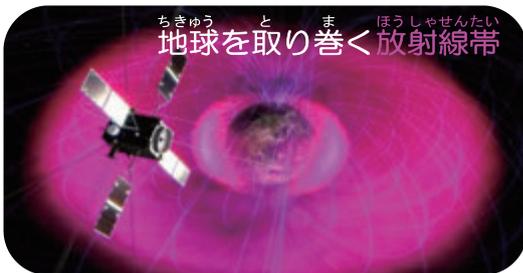
◆フラズマってなんだろう？



フラズマとは、イオン(主にプラスの電気を帯びた粒)と電子(マイナスの電気を帯びた粒)が集まったもので、固体や、液体、気体とはまた違った状態のことを言うんだ。例えば、水がフラズマ状態になると水素イオンや、酸素イオン、電子に分かれるよ。

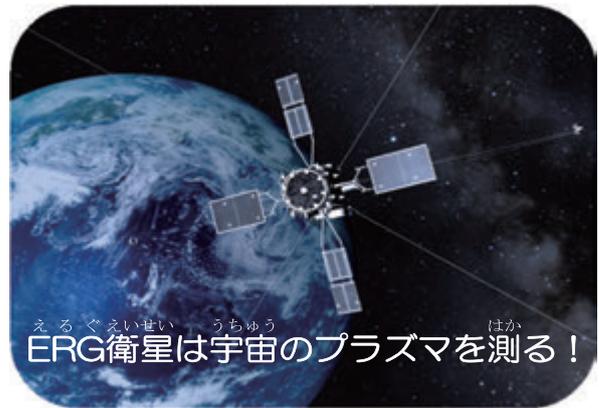
◆放射線帯って…？

地球近くの宇宙で、周りよりもエネルギーの高いフラズマが集まっている場所のことだよ。放射線帯は、地球の周りをぐるりと取り巻いているよ。でも、この高いエネルギーを持ったフラズマがどうやって生まれるかはよくわかっていないんだ。



◆たくさんの機器を搭載！

ERG衛星は、宇宙のフラズマを測るために、LEP-e、LEP-i、MEP-e、MEP-i、HEP-e、XEP-e、MGFといった機器を搭載しているよ。そしてフラズマや波動を測るPWEやSWPIAなども搭載しているんだ！



◆宇宙嵐の謎に挑め！！

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、放射線帯のフラズマが増えるよ。放射線帯のフラズマが増えると、地球の周りを飛んでいる人工衛星が誤作動してしまうことがあるんだ。ERG衛星は放射線帯や宇宙嵐の謎を解くために打ち上げられるよ。



イプシロンロケット2号機
で打ち上げ！



◆関係者から一言

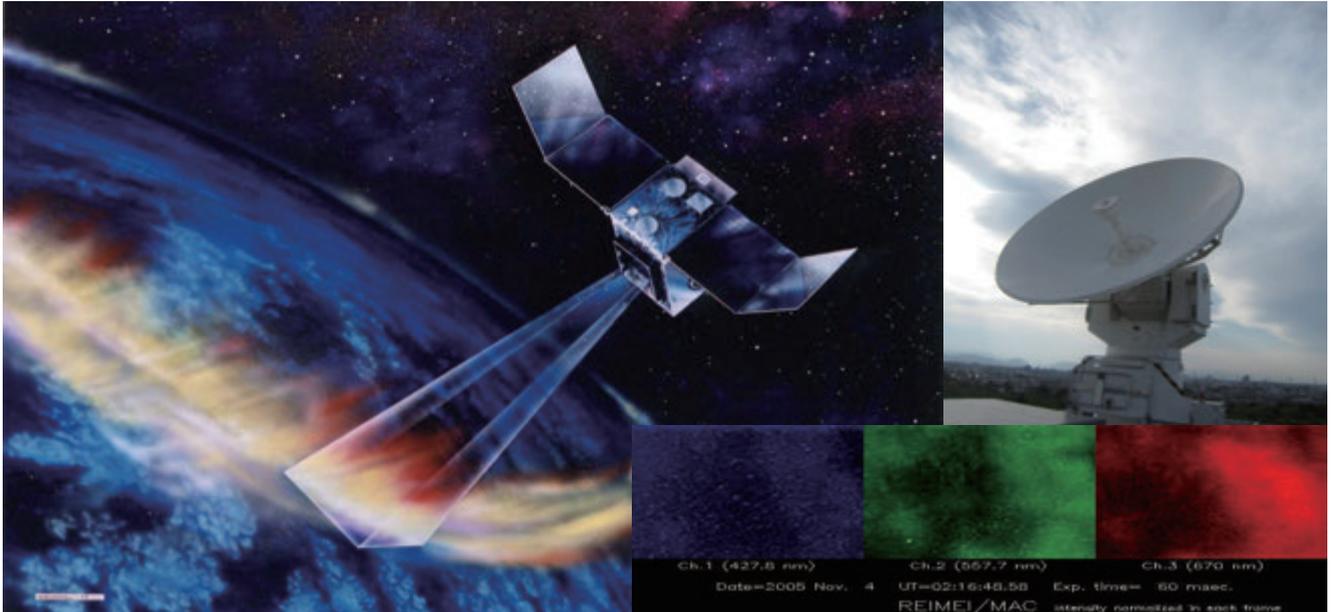
ジオスペース探査衛星(ERG衛星)プロジェクトのプロジェクト・マネージャの篠原 有です。
地球の周りの宇宙空間には、放射線帯(ヴァン・アレン帯)と呼ばれる、高エネルギーの電子が充滿した領域が存在します。しかし、なぜ、高エネルギー電子が生まれて、放射線帯がつくれるのかは、1958年の発見以来の謎とされています。この謎をと解くために私たちが開発しているのがERG衛星です。高エネルギー電子に激しくさらされることに耐えながら、放射線帯の中心部で、世界ではじめて高エネルギー電子がうまれる過程を観測しようとしています。「高エネルギー電子」は目には見えないので、イメージがわきにくい世界の話ですが、地球のすぐそばで起こっている不思議な現象を通して、「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とうれしい限りです。

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

(1-15) 見て聴いて感じよう！ ERGが挑む宇宙の謎

小型科学衛星「れいめい」

ちいさな巨人



「れいめい」によるオーロラ観測のイメージと観測データの一部、運用局アンテナ

「れいめい」は、オーロラ観測と新規衛星技術の軌道上実証を主目的とする、小型科学観測衛星です。2005 (H17) 年8月24日に打ち上げられました。日本を代表する小型高機能な衛星として2010 (H22) 年には日本航空宇宙学会技術賞を授与されました。2015 (H27) 年8月24日で打ち上げ10周年を迎えます。

衛星は一般に大型・複雑化の傾向にあり、開発期間は長期化、開発費も高騰します。これに対し「れいめい」は、短期間・低コストでの開発を目指しました。新規技術の導入・軌道上実証、本格的な理学ミッションの遂行を高い次元で両立することを目指しました。若手技術者・科学者の育成にも力を入れました。

日々の運用は、宇宙科学研究所が所有する運用局設備およびアンテナを使って行います。衛星自動運用や遠隔運用の実用化に向けた実験や、バッテリーの負荷試験も行っています。

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



「れいめい」の プロマネに聞く

- Q1. お名前をおしえてください。
A1. 齋藤宏文です。
- Q2. どんなお仕事をされていますか？
A2. 2005年までは「れいめい」を開発してきました。現在は、小型衛星で、大型衛星に匹敵する性能でレーダ地球観測を行う機器を開発しています。
- Q3. 何をしている時が一番楽しいですか？
A3. 夕食とワインを愛妻と共にしている時。庭の苔の世話をしている時。
- Q4. 「れいめい」の魅力を一言で言うと？
A4. メーカーに作ってもらうのではなく、自分たちで衛星を作ったという実感があるところ。
- Q5. 皆さんへのメッセージを！
A5. 人のためになる仕事を楽しくできるように、自分の能力を高めてください。

太陽の光の力で推進する宇宙帆船の先駆者 ソーラー電力セイル実証機イカロス

運用中

◆イカロスとは？

イカロスは、2010年5月21日に種子島宇宙センターからH2Aロケットで打ち上げられ、世界で初めて「ソーラーセイル」による宇宙航行を実証した宇宙機です。ソーラーセイルとは、太陽の光の力を大きな帆(セイル)に受けて燃料なしで推進力を得る、新しい宇宙航行の方式です。

イカロスは、セイルの一部に薄膜の太陽電池を貼り付けて太陽光発電も同時に行う「ソーラー電力セイル」の実証機でもあります。太陽から遠く離れた場所でも、その大きなセイルを利用して探査機に必要な電力を効率よく得ることができます。

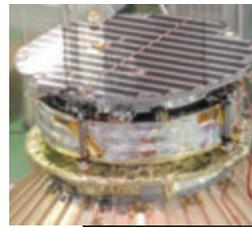
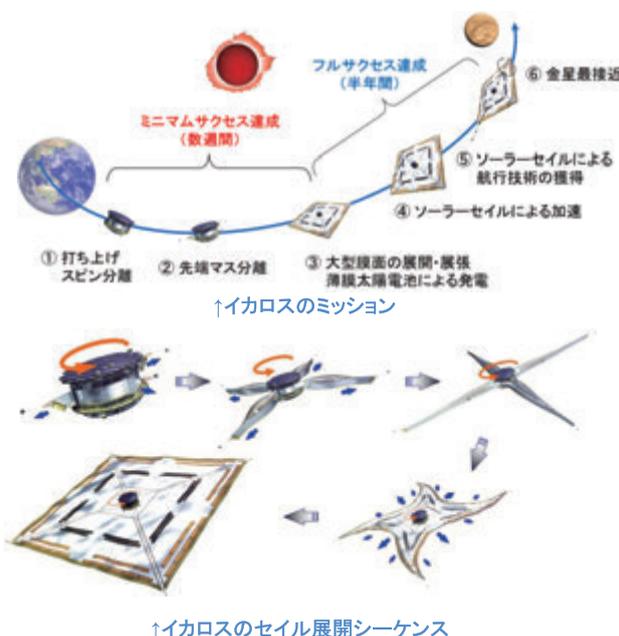
イカロス計画は、私たちが深宇宙へ乗り出すために必要な画期的な技術を、まとめて試してしまおう、という野心的な計画なのです。

◆セイルはどのように開いたの？

イカロスは、スピンによる遠心力を使ってセイルを展開する、スピン型ソーラーセイルです。大きなセイルを広げるために重いマストなどを必要としないので、探査機をととも軽くすることができます。

2010年6月2日～9日にかけて、イカロスは世界で初めてセイル展開運用を実施し、14m四方のセイルを宇宙空間で展開させることに成功しました。

セイル展開は一次展開と二次展開に分かれており、探査機全体がスピンすることで生まれる遠心力を使って実施しました。セイル展開状況は、固定カメラ4台で撮影することで把握しました。さらにセイル展開後には小型の無線カメラ2台をイカロス本体から放出し、イカロス自身の全景を撮影しました。



←セイル展開前のイカロス



→宇宙空間でセイルを広げたイカロス(分離カメラで撮影)

◆イカロスのこれまでの成果は？

セイル展開後に軌道を測定した結果、イカロスは理論通り太陽の光の力により加速されていることが確認できました。また、搭載されている薄膜太陽電池による発電も確認しました。さらにその後、液晶デバイスによって帆の向きを調整し軌道制御にも成功しました。2010年12月8日には金星付近を通過し、ソーラー電力セイルとして必要な技術の実証に成功しました。

2011年からは、セイルの運動や光による力についてより詳しく調べるために、太陽に対してセイルの姿勢を大きく傾けたり、スピンを遅くする運用、さらには逆回転させる運用にも成功しました。これらの運用により、スピン型ソーラーセイルの運動について理解を深め、「太陽系の航海術」をみがいてきました。

他にもオプション機器による工学実験や理学観測として、VLBIによる高精度軌道決定実験やガンマ線バースト観測、ダスト観測などを行い、世界第一級の成果をあげてきました。



金星通過時に撮影したイカロスのセイルと金星

◆イカロスの技術が切り拓く未来

イカロスで実証したソーラー電力セイルの技術により、深宇宙へより大きい重量を運べ、深宇宙でより大きな電力を得ることができるようになります。この技術を応用して、ソーラー電力セイルとイオンエンジンを組み合わせたハイブリッド推進による、木星圏探査の実現を目指しています。

また、大型のセイルを広げる技術や、薄膜太陽電池による大電力発電技術は、宇宙太陽光発電衛星や大型膜面アンテナなどにも応用できる、大きな可能性を秘めた技術です。

◆もっと詳しく知りたい人のために

http://www.jspec.jaxa.jp/ikaros_channel/

(1-17) 宇宙帆船イカロス

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木星圏探査

計画中

◆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。ソーラー電力セイルの基本的な技術は、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。

ソーラー電力セイルは、太陽から遠く離れた場所でもその大きな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。この電力により高性能イオンエンジンを駆動し、ソーラーセイルとのハイブリッド推進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？

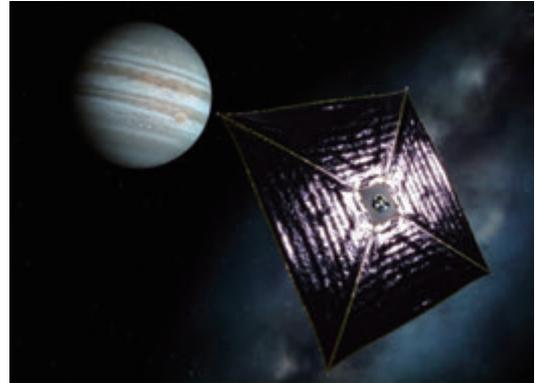
「イカロス」の成功を受けて、2020年頃の打ち上げを目標に、ソーラー電力セイルによる木星・トロヤ群小惑星探査計画が進められています。

探査機は、太陽から遠く離れた木星軌道上でも十分な電力を獲得するために、50メートル以上の大きさのソーラー電力セイルを展開します。

まず打ち上げ後すぐセイルを展開し、イオンエンジンを駆動するために必要な電力を確保します。2年後に、イオンエンジンを使った地球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、黄道光の立体的観測、太陽系ダスト分布の観測、ガンマ線バーストの観測、メインベルト小惑星帯のフライバイ観測を行います。

木星スイングバイを経て、打ち上げから約9年後、世界で初めて到達するトロヤ群小惑星のランデブー観測を行います。

さらに、小惑星のサンプル採集も行って、地球に持ち帰る計画(サンプルリターン)も検討しています。



◆どんな新しい技術がある？

ソーラー電力セイルによる木星以遠の探査を行うために、たくさんの新しい技術の研究を進めています。

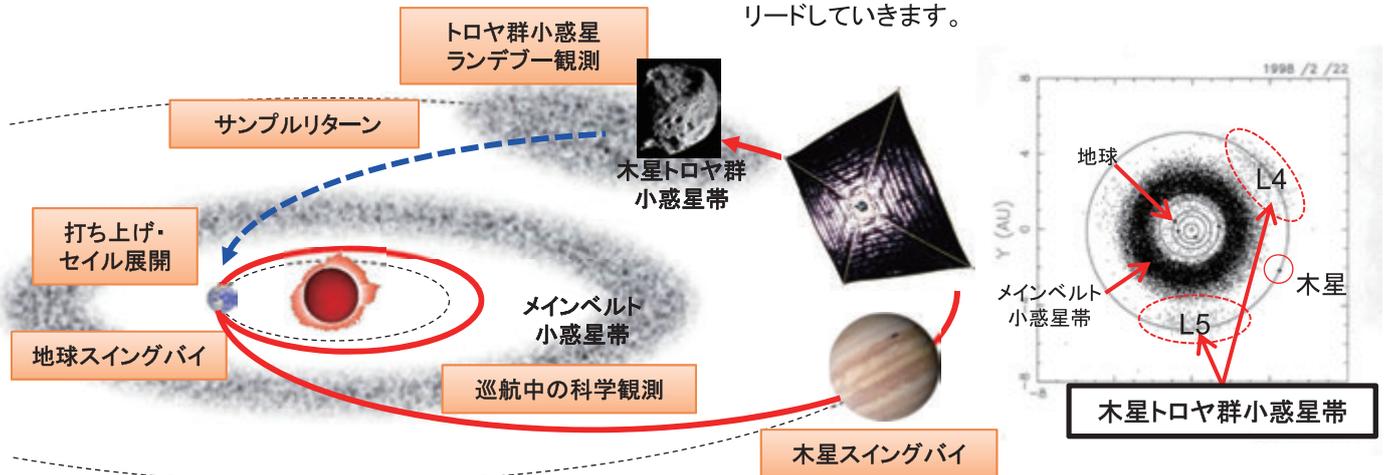
まず、50メートル以上の大きさのセイルが必要となるため、これを製造する技術、宇宙空間で展開する技術、燃料を使わずに自在にセイルの向きをあらゆる姿勢制御技術などの研究を進めています。

また、軽くて効率よく発電できる「薄膜太陽電池」や、発電した10kW級の大電力をセイルから探査機本体に集めるための「大電力集電機構」、そして集めた電力を使って駆動する、はやぶさよりも高効率の「高性能イオンエンジン」の開発も進めています。

この他にも、太陽から遠く離れた低温の状態でも凍結しない推進剤で化学推進と燃料電池発電を行う「低温推進系統合型燃料電池」の開発や、セイルを利用して遠距離でも高速通信を可能とする、「膜面フェーズドアンテナ」などの研究も進められています。

◆太陽系大航海時代に向けて

ソーラーセイルは米国・欧州でも検討されていますが、ソーラー電力セイルは日本のみが研究を進め、「イカロス」により実証しました。これに「はやぶさ」のイオンエンジンを組み合わせることで、日本独自の外惑星探査技術を確認し、太陽系大航海時代に向けて世界をリードしていきます。



2015年5月、「たんぼぼ」宇宙実験が運用開始！ (1/2)

アストロバイオロジー研究

◆ 日本初のアストロバイオロジー実験

20年前の1995年、人類は太陽以外の恒星の周りで初めて惑星を発見し、「第二の地球」探しが盛んになりました。続く10年前の2005年、土星探査機カッシーニが、土星衛星エンケラドスの内部海から氷微粒子が宇宙空間に噴出していることを発見し、太陽系内の「生命生存可能領域(ハビタブルゾーン)」の概念が、一気に広がりました。

その結果、世界中の学界と宇宙機関は、「アストロバイオロジー」という新しいものの見方を提唱しはじめました。これは、これまで地球上だけで通用してきた「生物学(バイオロジー)」を、物理・化学・地学と同様、宇宙(アストロ)のどこでも通用する普遍的な知識体系へ飛躍させるために、既存の研究分野を融合した学際的な探求である、と言えます。日本の宇宙科学・探査でも、赤外線天文衛星や彗星・小惑星探査機など、アストロバイオロジーに貢献するプロジェクトは過去から実施されてきましたが、必ずしもそれを第一目標に据えた計画ではありませんでした。

しかし今年5月に私たちは、国際宇宙ステーション「きぼう」曝露部上の「簡易曝露実験装置(ExHAM)11号機を使い、日本で初めてアストロバイオロジーを目標に掲げた宇宙実験「たんぼぼ」を開始しました(図1)。その科学目標は、生命材料の地球到達と、地球生命が惑星間を移動する可能性の両方を検証することです。今後3年間、宇宙で捕集された宇宙塵試料や、曝露された極限環境微生物のサンプルが、毎年全国の大学や研究所へもたらされる予定です(図2)。

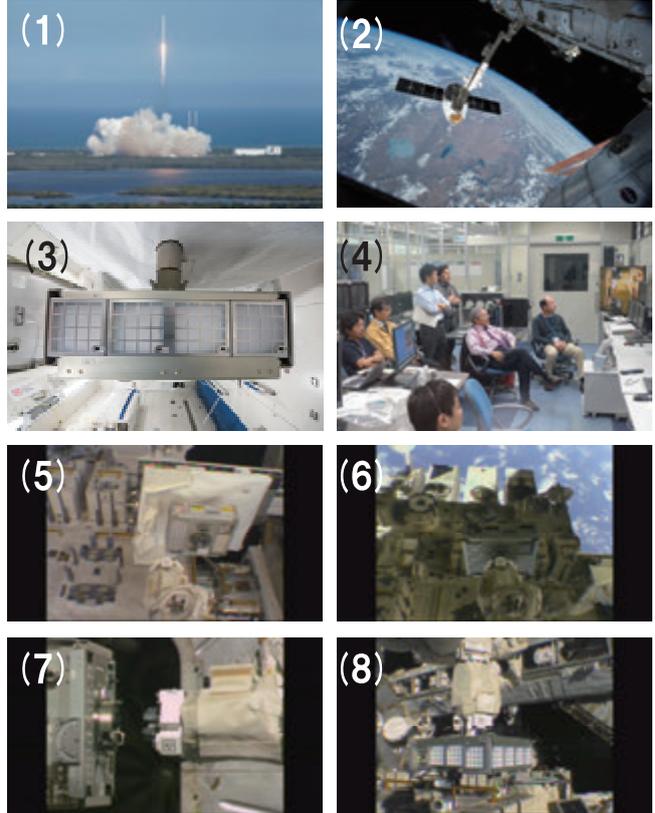


図1: (1) ファルコン9-6号機で打上げ(© Space-X)。 (2)ドラゴン宇宙船がISSにドッキング(© NASA, Space-X)。 (3)きぼう与圧部でExHAM11号機にたんぼぼ実験装置を装着。 (4)JAXAつくば・きぼう運用室にて実験責任者が軌道上運用を指示・確認。 (5)エアロックからきぼう曝露部へ搬送。 (6)ロボットアームにより設置位置へ移動。 (7)飛行士用手すりにExHAMを固定へ。 (8)2015年5月26日、第一年目の曝露実験開始。(© JAXA, NASA)

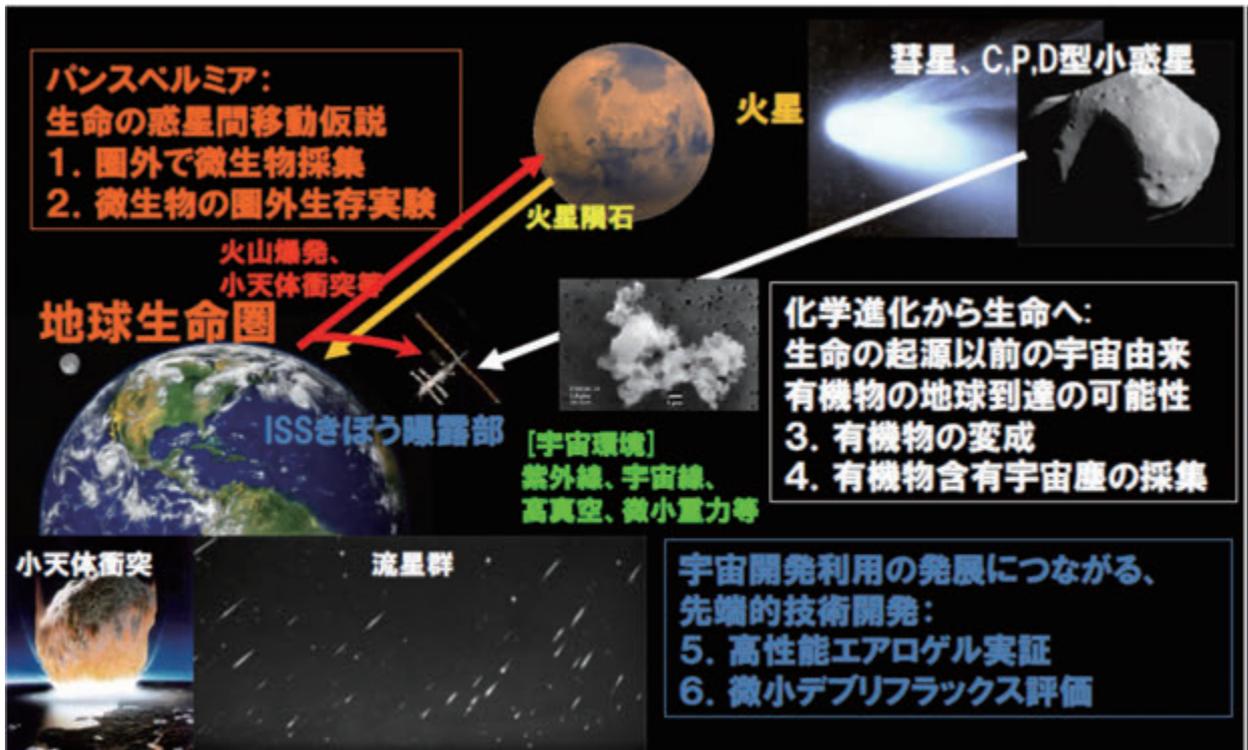


図2: 「たんぼぼ」: 有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・有機物の捕集」における6つのサブテーマと研究目標

アストロバイオロジー研究

◆地球外海洋に「隣人」を探す

アストロバイオロジー研究は、深海底から深宇宙まで、様々な分野と切り口で進められています。特に21世紀前半の宇宙実験・探査ならではの貢献が期待されているテーマは、以下の三つに集約できるでしょう。

- (1) $N > 2$ となる生命系統樹の探索 ($N=1$ は地球生命)
- (2) ハビタビリティおよび生命活動の再定義
- (3) 地球生命の特殊性と普遍性の理解の端緒

これらを目指した具体的な宇宙探査例として、地球以外で海洋を持つ太陽系天体(図3)の「海水」や海底地殻物質の「その場質量分析」、または「サンプルリターン」が考えられます。日本は「たんぼぼ」によって、世界最低密度エアロゲルの独自開発に成功しており、今後は地球周回軌道だけでなく、氷天体内部海からのプリューム試料、火星上層大気エアロゾル試料の非破壊捕集の研究開発が進められています。すでに微生物DNAや有機化合物ペプチドは、たんぼぼエアロゲルへ超高速衝突しても生き残ることが実験で示されています。



図3: 海洋を持つ太陽系天体と氷プリュームを噴出していると考えられている準惑星ケレス、木星衛星エウロパ、土星衛星エンケラドス。

◆宇宙探査のゲームチェンジに備え

火星と地球の間では隕石のやりとりによって、互いの土壌が交換されているため、地球生命と別に誕生・進化した「真の隣人」の探索には、氷天体の海水試料の採取・分析こそが本命であると、アストロバイオロジーの研究者は期待しています。

木星・土星領域からの往復探査は、現在はまだ夢物語です。しかしNASAは2020年代初頭から、スペースシャトル後継の超大型ロケット「SLS」を有人飛行だけでなく、太陽系無人探査にも使う構想を検討中です。これが実現すれば、従来より短期間により多くの質量を外惑星へ運べる「ゲームチェンジ」が起きます。エウロパ内部海探査やエンケラドスサンプルリターンを目指した「海洋世界」探査プログラムが、新たに誕生するかも知れません。

そうした新時代の到来に日本でも今から備えるため、国内のアストロバイオロジー研究者の集まりである「日本アストロバイオロジーネットワーク(JABNet)」は、20年先を見据えた戦略ロードマップを2014年に打ち出しました(図4)。私たちISAS/LABAMIは、宇宙科学を担う全国大学共同利用システムとして、それらの実現に向けた研究開発と学術界への様々な支援に努めています。

開発技術を用いたより遠方での探査	国際宇宙ステーション	火星	氷衛星
リモートセンシング			JUICE
生命探査顕微鏡	たんぼぼ(地上)	MELOS	タイタン
エアロゲルサンプルリターン	たんぼぼ		エンケラドス
質量分析装置	たんぼぼ(地上)	火星	エンケラドス

図4: 日本アストロバイオロジーネットワークが2014年にまとめた、2015-35年の20年間に重点開発するとした探査技術と観測装置、それらを使った探査対象天体、実現すべきミッション案の事例。(提供: JABNet)

◆関係者から一言



JAXA/ISAS学際科学研究系・宇宙生物・物質科学実験室(LABAM)の2015年度スタッフです。

日本の宇宙科学における「アストロバイオロジー」研究を、宇宙実験・探査を通じて推進するため、2012年から宇宙工学・太陽系科学・極限環境微生物学など、専門分野を越えて集まっています。

2015年5月より、日本初のアストロバイオロジー宇宙実験「たんぼぼ」を、国際宇宙ステーション曝露部にて運用しています。一年後の第一回地球帰還で科学成果を確実に出すべく、全国研究者チームと鋭意準備中です。

その先に、国際協力による火星生命探索や氷衛星プリュームサンプルリターン探査も見据え、基礎研究、機器開発、惑星保護対策など、着実に歩んで参ります。皆様のご指導と応援をよろしく願います。

◆もっと詳しく知りたい人のために

LABAM: ISAS学際科学研究系
宇宙生物・物質科学実験室ホームページ
<http://www.isas.jaxa.jp/home/labam/home.html>



うちゅうかがく

よくわかる！宇宙科学データ



◆DARTSで宇宙科学データを公開している科学衛星・探査機

◆**天文衛星**：宇宙空間から望遠鏡で宇宙を観測します。

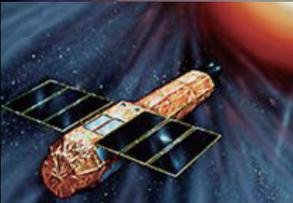
エックスせんてんもんえいせい
X線天文衛星



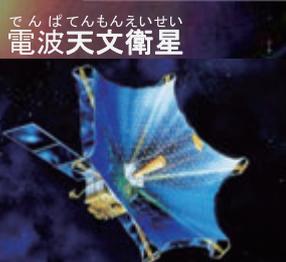
ぎんが (1987 - 1991)



あすか (1993 - 2001)



すざく (2005 -)



はるか (1998 - 2005)

せきがいせんてんもんえいせい
赤外線天文衛星



IRIS
(アーツ)
(1995)



あかり (2006 - 2011)

◆**太陽観測衛星**：宇宙空間から望遠鏡で太陽の状態を観測します。



ようこう (1991 - 2001)



ひので (2006 -)

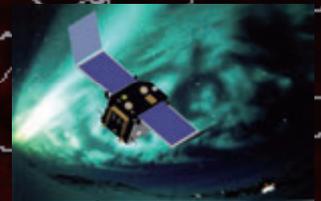
◆**太陽地球系物理学(S T P)衛星**：地球の周りの宇宙空間をその場で調べます。



あけぼの (1989 - 2015)



ジオテイル (1992 -)



れいめい (2005 -)

◆**月・惑星探査機**：月や惑星・小惑星まで探査機が行って、さまざまなことを調べます。



はやぶさ (2003 - 2010)



かぐや (2007 - 2009)

©JAXA/NHK

◆**国際宇宙ステーション**：宇宙環境を使って実験を行います。また、宇宙空間から宇宙や地球大気を観測します。



きぼう (2008 -)



スマイルズ (2009 - 2010)

©NASA

DARTS

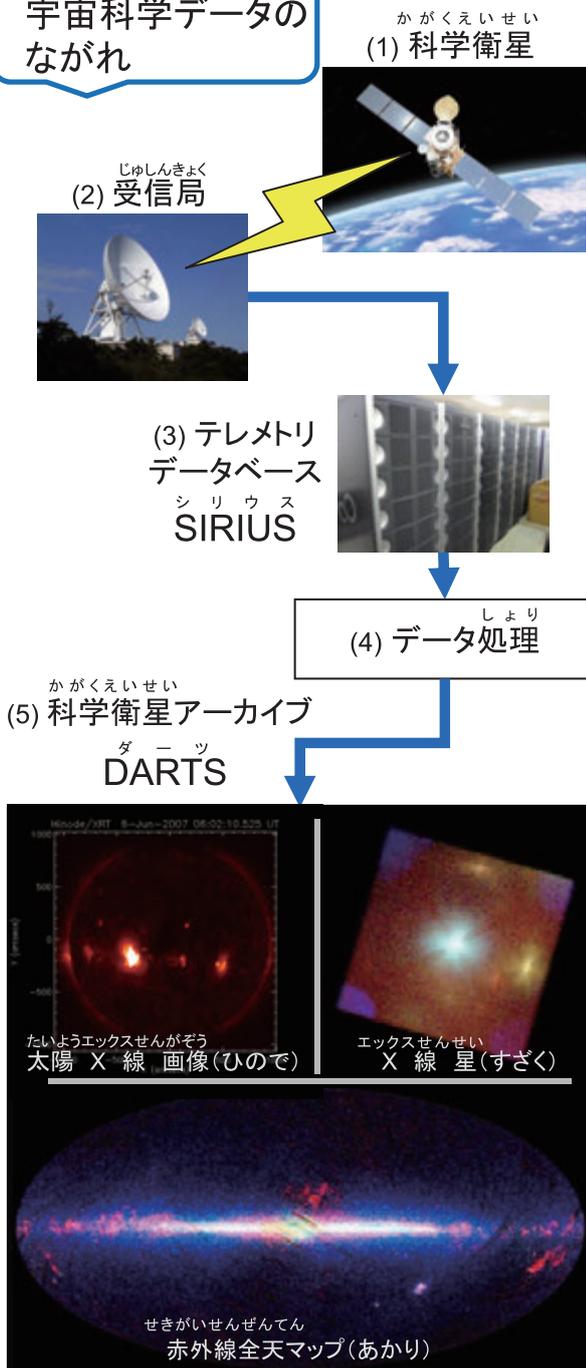
<http://darts.isas.jaxa.jp/>

よくわかる！宇宙科学データ

◆宇宙科学データってなに？

宇宙科学データとは、科学衛星や探査機で観測したデータのことで、これには、天文衛星で宇宙空間から観測した遠くの宇宙や、探査機で近づいて観測した月や小惑星・惑星、さらには地球の周囲を回る観測衛星でその場の状態を観測したデータなどがあります。

宇宙科学データのながれ



◆宇宙科学データができるまで

科学衛星が観測したデータは、電波を使って送られます(左図1)。電波は受信局のアンテナを使って受信します(左図2)。衛星から送られてくるデータのことをテレメトリデータと呼びます。テレメトリデータは0と1が並んでいるだけで、機械にしか読めません。科学者がデータを研究に利用するためには、人間でもわかるように直してあげなければならないのです。

受信したテレメトリデータはSIRIUSというテレメトリデータベースに保管されます(左図3)。SIRIUSではデータが衛星上で作られた時間を計算したり、ばらばらになっているデータを順番に並べ替えたりして、データを探しやすくします。SIRIUSに入っているデータはまだ0と1の集まりです。そこで、データを画像等の利用しやすい形に変換し(左図4)、DARTSというアーカイブ(書庫)で保管しています(左図5)。

◆DARTSへようこそ！

DARTSは宇宙科学データを永久保管するアーカイブです。収蔵されているデータは、世界中の科学者が研究に使えるように、ウェブを通じて無償で公開されています。宇宙科学データは莫大な予算を投じて取得した人類の財産であり、全世界での共有がなされています。人工衛星の寿命は有限ですが、長期間にわたって、DARTSのデータを使って科学的成果が生み出され続けているのです。

DARTS, SIRIUSなどの計算機システムは科学衛星運用・データ利用ユニット(略称: C-SODA)にて運営されています。



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

(2-1) よくわかる！宇宙科学データ

次世代赤外線天文衛星：スピカ

SPICA

Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

◆ この計画のねらいは？

<塵に隠された「宇宙史」の探求>

宇宙138億年の歴史の中で、銀河はどのように誕生し、進化したのでしょうか？わたしたちを育んだ惑星は、何を原料に、どうやって形成されたのでしょうか？地球やわたしたち生命を構成している主要な物質は、宇宙の歴史の中で、どこで、どのようにして作られたのでしょうか？

次世代赤外線宇宙望遠鏡SPICA(スピカ)はこれらの疑問に、画期的に高性能な赤外線観測装置で挑みます。SPICAは、塵に隠されてきた「宇宙史」を明らかにすることが期待されています。

◆ 打ち上げはいつ？

<2027-28年の打ち上げ予定>

SPICAは日本(茨城大学、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、愛媛大学、大阪大学、関西学院大学、京都大学、国立天文台、東京大学、東北大学、名古屋大学からなるSPICAグループ)が発案し、欧州宇宙機構(ESA)と共に実現を目指す国際協力ミッションです。日本の新型基幹ロケットを使用し、2027-28年の打ち上げを目指しています。

また地球から150万km離れた太陽-地球系のラグランジュ点L2周りのハロー軌道に投入されます。

◆ 主な観測装置は？

<口径2.5mの冷却望遠鏡>

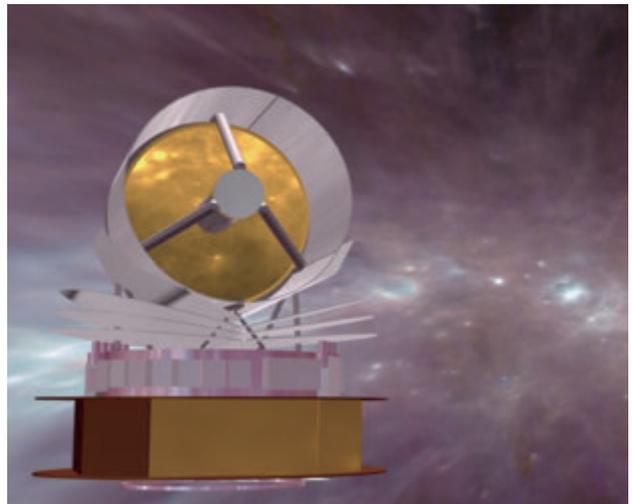
SPICAの望遠鏡は口径2.5mです。これをマイナス265度(絶対温度8K)に冷却し、望遠鏡自身からの赤外線放射を抑えます。

<高感度な中間・遠赤外線観測装置>

SPICAには、日本の大学が中心となって開発する中間赤外線観測装置(SMI)と、欧州諸国を中心とする国際連合が開発をする遠赤外線観測装置(SAFARI)の2つの観測装置が搭載されます。この2つの観測装置を用いて、波長17ミクロンから230ミクロンの赤外線観測を行います。2つの観測装置は、微弱な赤外線の波長を細かく分割して観測を行う分光撮像機能を有しています。いずれの観測装置も、これまでの観測装置と比べて桁違いの感度を備えており、飛躍的な成果が期待されます。



SPICAミッションに協力している国々



SPICAのイメージ図

◆ どこがどうスゴイ？

<圧倒的な高解像度・高感度>

巨大なSPICA望遠鏡をまるごと-265°Cの極低温に冷却することで、中間・遠赤外線域の圧倒的な高空間分解能・高感度の観測が可能になります。その圧倒的な性能によって、遠方の宇宙(初期宇宙)に存在する銀河から届く微弱な赤外線をとらえること、近傍宇宙に存在する恒星・惑星系・星間物質をより精細に調べることができます。

<冷媒を持たない赤外線天文衛星>

これまでの赤外線天文衛星が液体ヘリウムなどの冷媒を搭載し冷却を行っていました。これに対し、SPICAは機械式冷凍機のみで極低温環境を作り出します。これにより赤外線望遠鏡「あかり」の2倍に相当する、3年という長い冷却期間を達成することが可能となりました。



◆ 関係者から一言

SPICAプロジェクトリーダーの芝井広です。SPICAは極低温の高感度赤外線望遠鏡衛星で、宇宙の豊かさの源を明らかにすることが目的です。実現に向けて、日本のSPICAグループを中心に、欧米との国際協力体制の下、多くの研究者が日々研究をしています。皆様の応援をお願い致します。

◆ もっと詳しく知りたい人のために

http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA_HP/

(2-2) 赤外線で探る宇宙

目に見えない光で星や銀河の進化に迫る 赤外線天文衛星「あかり」

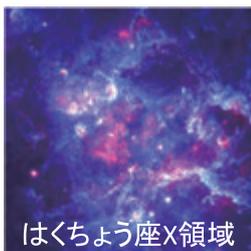
◆日本初の赤外線天文衛星「あかり」

星や銀河はどのようにして生まれ、進化してきたのか。その謎を解き明かすため、赤外線天文衛星「あかり」は2006年2月22日、宇宙に打ち上げられました。「あかり」は宇宙の全方向をくまなく観測する全天サーベイに加えて、特定の領域の集中観測も行いました。口径70cmの望遠鏡をマイナス270度まで冷やすことで、高感度の赤外線観測を実現しました。「あかり」の運用は2011年11月24日に終了しましたが、その観測データの解析から今もなお、新しい科学成果が生み出されています。



打ち上げ前の「あかり」

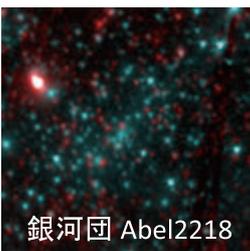
◆赤外線で見えた宇宙の姿



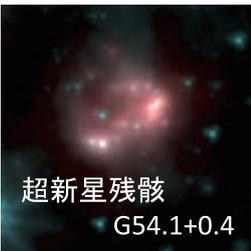
はくちょう座X領域



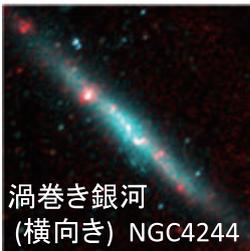
球状星団 NGC7078



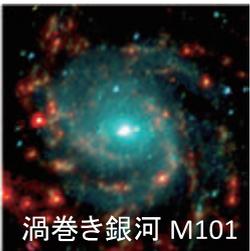
銀河団 Abel2218



超新星残骸
G54.1+0.4



渦巻き銀河
(横向き) NGC4244

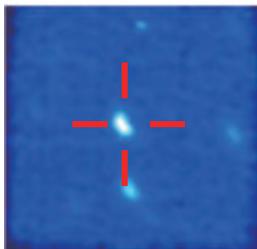


渦巻き銀河 M101

「あかり」が宇宙を観測すると、星などの光によって温められた塵からの放射をとらえることができます。左の画で赤く表示された領域です。

はくちょう座X領域では若い星によって温められた領域が、超新星残骸周辺からは塵でできた輪のような構造がそれぞれ見えています。球状星団中では、その一生を終えようとしている星が赤く光っています。また、渦巻き銀河では新たに星が誕生している現場が、銀河団では活発に星を生み出している銀河がそれぞれ見えています。

◆「あかり」による最新の科学成果



128億光年先のクェーサー (注1)
SDSS J162100.70+515544.8

「あかり」を用いた研究成果は数多く出されてきました。左の図は最新の成果の一例で、およそ128億光年先にある超巨大ブラックホールの活動を「あかり」がとらえたものです。詳細な解析の結果、このブラックホールは宇宙が誕生してからわずか10億年程度の間で、太陽30億個分もの重さに急成長したことがわかりました。

(注1) 銀河中心にある巨大ブラックホールが周囲の物質を取り込んで非常に明るく光る天体のこと

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.ir.isas.jaxa.jp/AKARI/Outreach/>

(2-2) 赤外線で探る宇宙

天体から放出されるX線を捉える X線天文衛星「すざく」

◆「すざく」衛星とは？

ブラックホールや宇宙の構造の進化、高エネルギー粒子加速などの解明を目標として、日米国際協力で制作した日本で5番目のX線天文衛星です。
2005年7月10日 12時30分に鹿児島県 JAXA内之浦宇宙空間観測所から飛び立ち、今年で10年目。今も高度570kmの位置を周回しながら、宇宙を見つめ続けています。



◆どんな観測装置が載っている？

X線望遠鏡と3種類のX線検出器を搭載しており、天体からやってくるX線の性質を、様々な角度から分析します。2005年8月8日、搭載された検出器の一つである軟X線分光器(XRS)に不具合が発生し、残った2種類の検出器で観測しています。

軟X線分光器(XRS)



X線CCDカメラ (XIS)

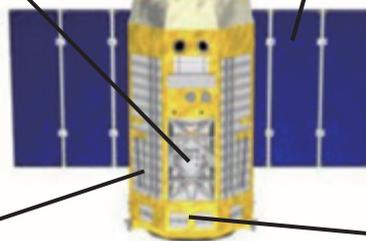
上から見たところ



X線望遠鏡(XRT)



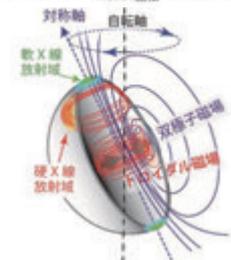
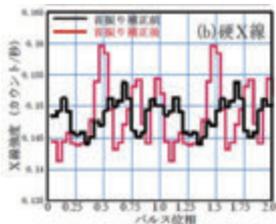
太陽電池パドル



硬X線検出器 (HXD)

◆最近の成果の紹介

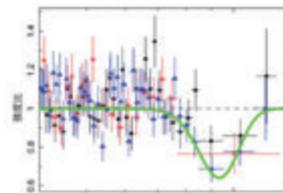
宇宙で最強の磁石天体が 磁力でわずかに変形している兆候を発見



東京大学の牧島一夫教授らと理化学研究所の研究グループは、強磁場をもつと考えられる中性子星4U0142+61において、安定した8.69秒の強度変動周期が、15時間の間に1周期だけ多く(もしくは少なくなる)ことを発見しました。これは、中性子星内部にドーナツ状の強い磁場が存在し、そのため中性子星がわずかにレモン型に変形し、回転軸のふらつき(歳差運動)が発生した結果と考えられます。中性子星の内部磁場を推定した初めての成果です。

<http://www.astro.isas.ac.jp/suzaku/>

超巨大ブラックホールが引き起こす 銀河スケールの物質流出



米国メリーランド大学を中心とするチームは、超巨大ブラックホールが大量の物質を勢いよく飲み込む際、ブラックホールから外向きに強力な「風(放射圧で押し出された物質流)」が発生することを発見しました。さらに、この風が銀河スケールで起こる物質流の原因であることを初めて突き止めました。

http://www.astro.isas.ac.jp/suzaku/flash/2015/0326/150325_PR2015-0326_rev.pdf

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.astro.isas.ac.jp/suzaku/index.htmlja>

激動の宇宙をとらえる新しい目 X線天文衛星ASTRO-H



◆X線天文衛星ASTRO-Hとは？

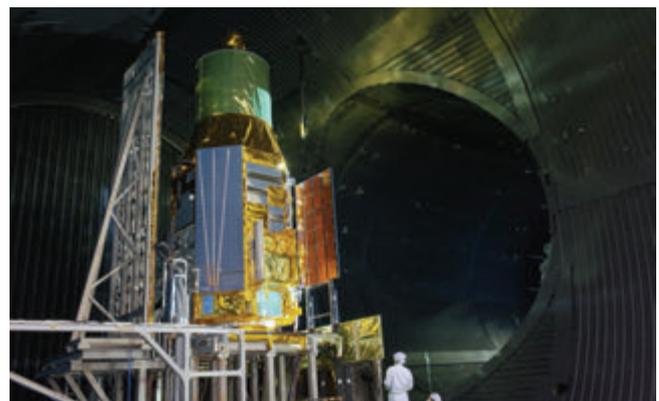
- ・ ASTRO-H衛星はブラックホール、超新星残骸、銀河団など、X線やガンマ線で観測される高温・高エネルギーの天体の研究を通じて、宇宙の構造とその進化の解明を行う天文衛星です。
- ・ X線やガンマ線は、地球の大気に吸収されてしまうために、地上に到達することができません。そのため宇宙で観測することが必要です。
- ・ ASTRO-H衛星は、「すざく」衛星の後継として開発され、JAXA、NASAをはじめ、国内外の大学・研究機関の200人を超える研究者が開発に参加する、X線天文学の旗艦ミッションです。大規模な国際協力が開発された4種類の新型観測システムが搭載され、「すざく」衛星にくらべて10倍から100倍も暗い天体の分光観測が可能になります。

◆基本情報

- 全長: 14メートル (EOB伸展後)
- 重量: 2.7 トン
- 電力: 3500 W
- 軌道: 約550 km

最初の提案から12年、プロジェクト開始から7年を経て、2015年度、種子島から打ち上げ予定です。ASTRO-Hは相模原では組み上げられないほど大きいので、筑波の宇宙センターで組み上げて、試験を行っています(右図)。

【ASTRO-Hチーム】



2015年6月から行われた熱真空試験の様子。右の穴から太陽光を模擬した光が照射されます。

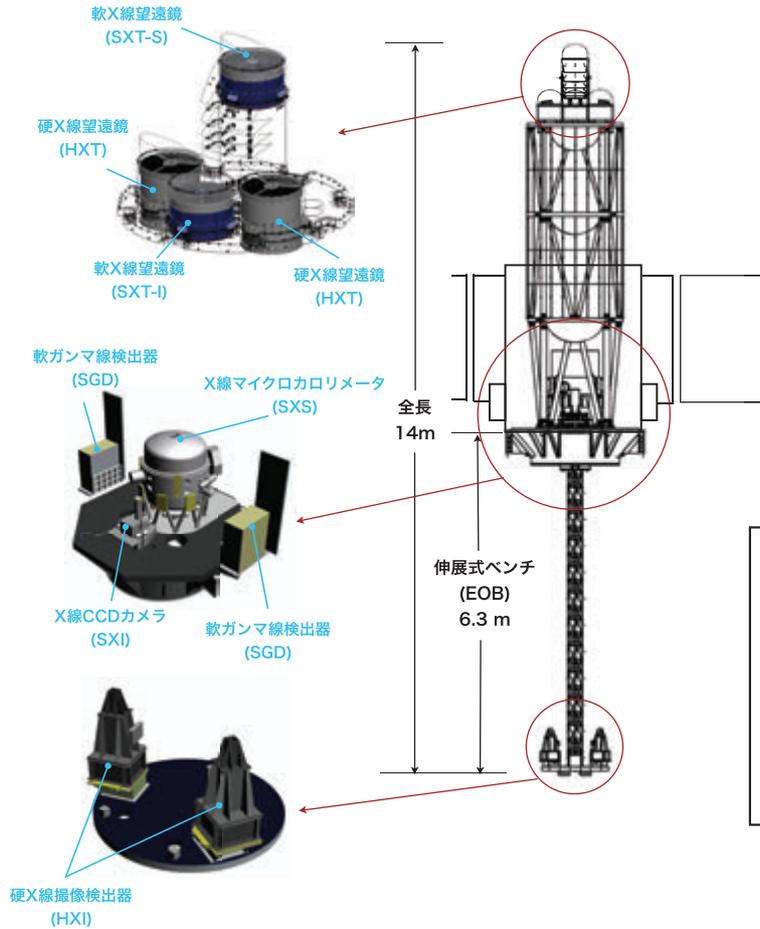


◆もっと詳しく知りたい人のために

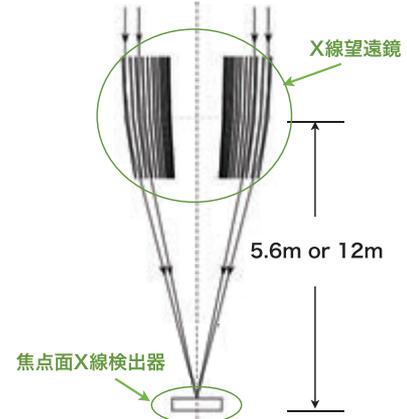
<http://www.astro-h.isas.jaxa.jp>

(2-4) X線ガンマ線天文学

◆観測機器配置図



X線望遠鏡の原理



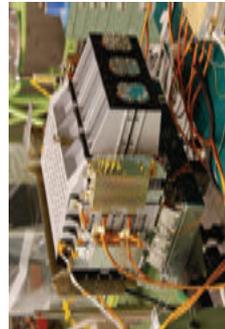
【X線望遠鏡と焦点面X線検出器の組み合わせ】

- ・軟X線望遠鏡(SXT-S) → X線マイクロカロリメータ(SXS)
(=軟X線分光検出器)
- ・軟X線望遠鏡(SXT-I) → X線CCDカメラ(SXI)
(=軟X線撮像検出器)
- ・硬X線望遠鏡(HXT) → 硬X線撮像検出器(HXI)

※4つの望遠鏡と、軟ガンマ線検出器は、同じ方向をむき、同一の天体を同時に観測します。



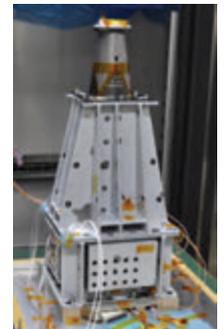
軟X線望遠鏡 (SXT) / 硬X線望遠鏡 (HXT)



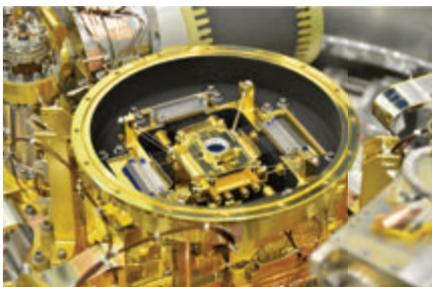
軟ガンマ線検出器 (SGD)



X線CCDカメラ (SXI)



硬X線撮像検出器 (HXI)



X線マイクロカロリメータ (SXS)



◆期待される成果

- 1) ビッグバンの数億年後、銀河とその中心に生まれた巨大ブラックホールは、共に進化して現在にいたると考えられています。ASTRO-Hは、周辺物質によって吸収されにくい硬X線で高感度の観測を行い、100億光年遠方までの巨大ブラックホールを探索することで、その銀河進化に果たす役割を解明します。
- 2) 宇宙最大の天体で、X線で明るく輝く銀河団は、衝突・合体を繰り返して成長します。ASTRO-Hは、銀河団内部の超高温ガスが放射するX線のドップラー計測を行うことで、衝突や合体によって引き起こされた乱流の強さやガスの運動エネルギーを求め、1000万光年に広がる銀河団や宇宙の大規模構造がどのように成長してきたかを解明します。

インフレーション宇宙仮説の検証にむけて
現在の宇宙論とCMB

宇宙の歴史

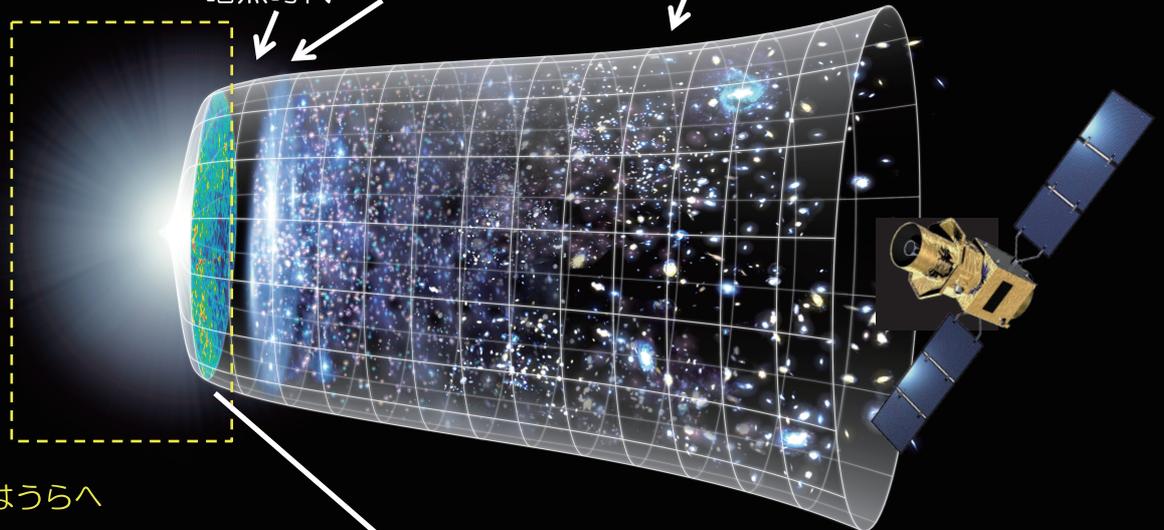
宇宙のはじまり

t=0 t=38万年 t=1億年

138億年（現在）

!"#\$%&'()*+&*&)'\$&_#.\$"(\$&
/01023405&16#\$-6\$&)'\$78より(一部修正)&

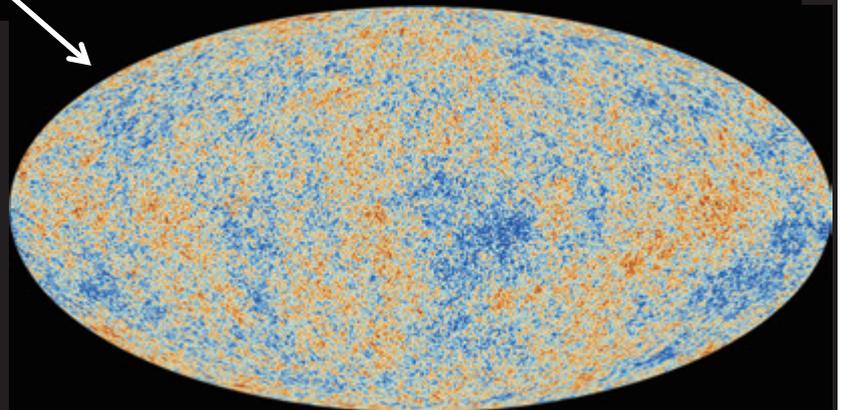
暗黒時代 宇宙再電離 宇宙大規模構造



ズームアップはうらへ

多くの理論家・実験家の努力により上図のような「宇宙の歴史（ビッグバン標準宇宙論）」が科学的に確立されています。

宇宙マイクロ波背景放射(Cosmic Microwave Background=CMB)はビッグバンの残り火と言われる宇宙最古の光です。このCMBは今日も観測でき、その発見と観測にノーベル賞が2度も受賞されています。

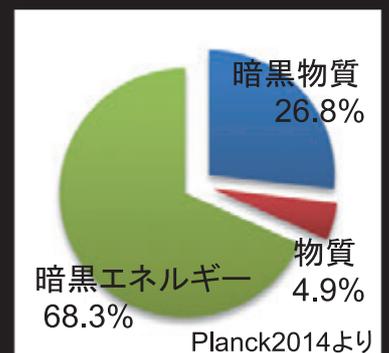


597-6.;<=> 年?4! 温度揺らぎ&

宇宙マイクロ波背景放射は宇宙が38万歳の時の光が現在観測されたものです。この光を詳しく調べることで、宇宙が38万歳の時から現在（138億歳）までの歴史、さらに38万歳よりも前のことがわかるため、多くの研究者が宇宙マイクロ波背景放射について研究しています。

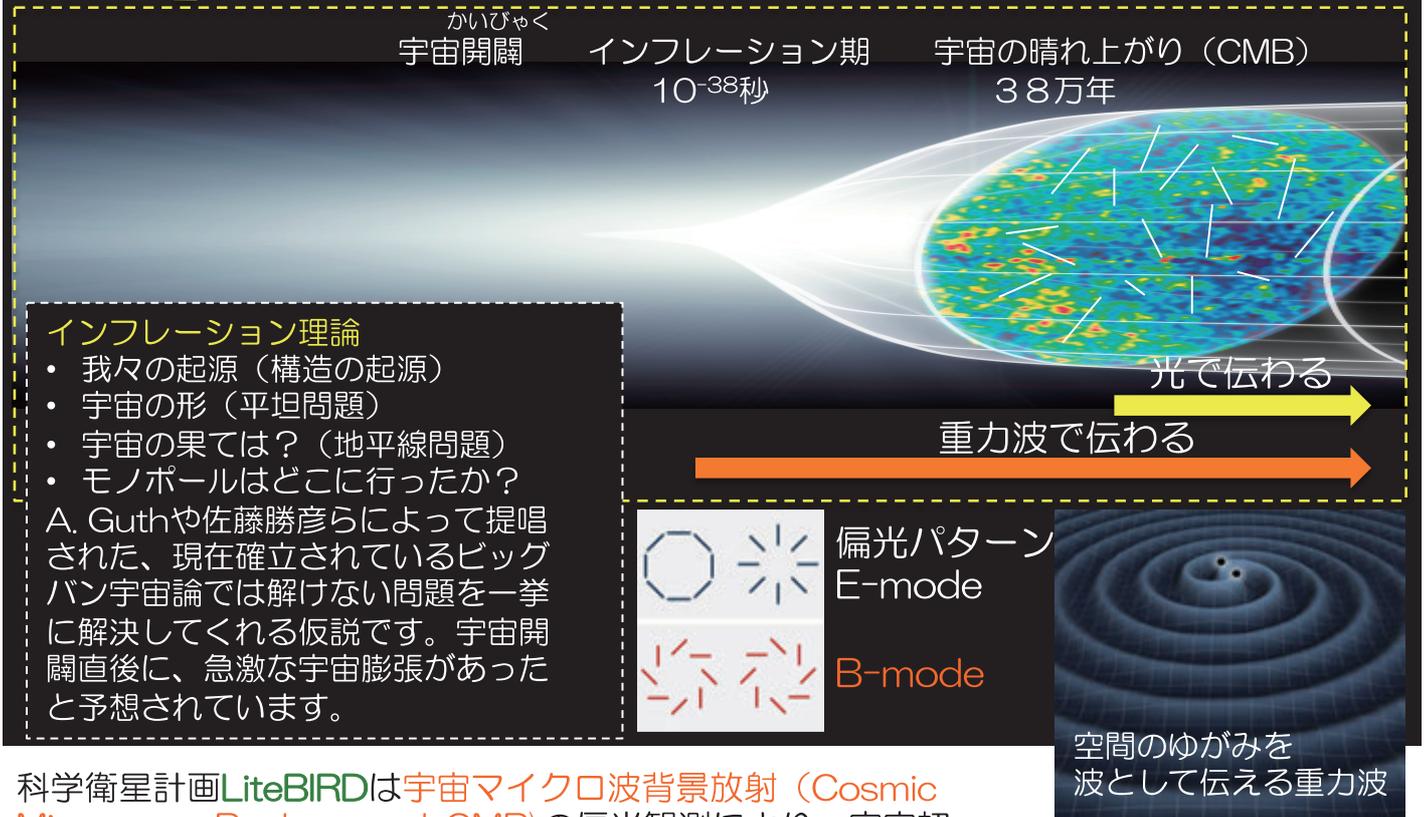
明らかになったこと

宇宙マイクロ波背景放射を観測することで、これまで明らかになったことの1つを紹介します。アインシュタインは1915年に一般相対性理論を提唱しました。この理論は宇宙の時空（箱）とその中身（物質等のエネルギー源）の関係を示したものです。この理論を最新の観測データを照らし合わせると、宇宙（箱）は暗黒エネルギー、暗黒物質でほとんど満たされていることがわかります。同時に我々の身の回りには物質は宇宙全体の5%にも満たないことがわかります。



LiteBIRD (ライトバード)

おもての一部をズームアップ



科学衛星計画LiteBIRDは宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background=CMB) の偏光観測により、宇宙初期にあったとされる**インフレーション仮説**を探索します。

インフレーション仮説が正しい場合、宇宙初期の量子揺らぎによる原始重力波がインフレーションによって引き伸ばされその原始重力波の影響が宇宙マイクロ波背景放射に残っていると理論的に予言されています。この痕跡は宇宙マイクロ波背景放射のBモードと呼ばれる特殊な偏光パターンであり、この痕跡を探すことにより、光で観測できる宇宙よりも更に初期の宇宙を探索する事ができます。

こうした観測は、宇宙の「はじまり」に迫るだけでなく、超高エネルギー状態 (~10¹⁶GeV) を探索することでもあり、アインシュタインの夢である量子力学と重力の統一の可能性、また「我々はどこから来たのか?」を究極まで突き詰めて、「我々の種は宇宙初期の量子揺らぎである」、という描像を確立する可能性、を含む科学的重要性が高いプロジェクトです。

2020年代初頭の打ち上げを目指し、現在衛星ミッション・システムの設計を行っています。

CMBはミリメートルの波長をもつ放射です。ゆえに、ミリ波に感度を持つ望遠鏡を搭載します。星や銀河を観測するのではなく宇宙全体から来る放射を観測するので、**満月**程度の角度分解能(0.5°)で十分な衛星です。

微弱な信号を捉えるために、望遠鏡や検出器は-269°C以下に冷却します。

大学生の手作り衛星

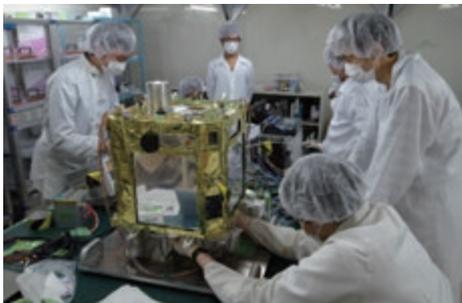
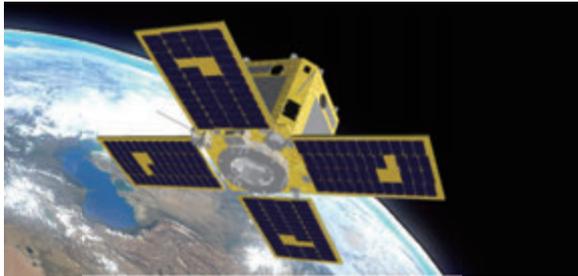
50cm四方の超小型衛星

◆超小型衛星とは

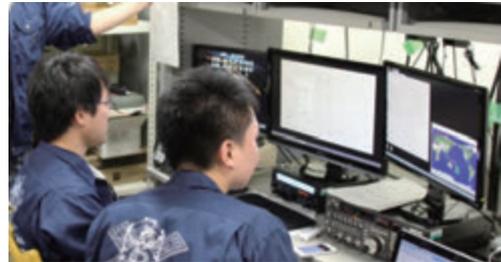
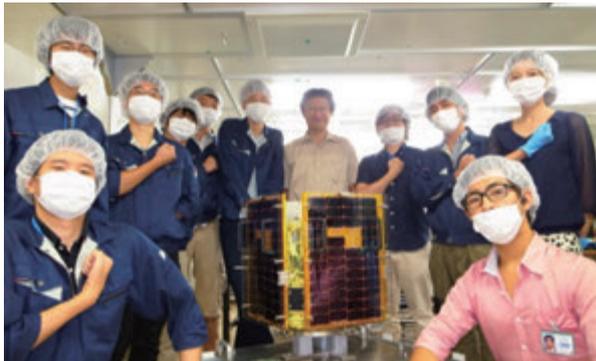
超小型衛星とは、100kg以下の衛星であり、比較的安価で早期に打上げ可能であることから、近年開発が盛んになっています。特に、大学の立場からは、積極的な民生品の利用による低コスト化や迅速な開発、最先端の工学ミッションや理学ミッションを実施するなど、新たな宇宙開発を切り開く衛星を目指しています。

◆50kg級超小型衛星TSUBAME

TSUBAMEは、2014年11月6日にロシアのヤスネ基地から打上げられた、50kg級の地球・天体観測技術実証衛星です。JAXA/東工大連携の松永研究室では、2009年から5年間に渡り、学生主導でTSUBAMEの開発を行ってきました。



TSUBAMEのミッションは、1) 超小型コントロールモーメントジャイロ(CMG)による高速姿勢変更技術の実証、2) 小型光学カメラによる地球観測、3) 硬X線偏光計(HXCP)を用いたガンマ線バースト(GRB)における偏光観測の3点です。高トルク発生アクチュエータであるCMGと、質量の小さい超小型衛星の特性を組み合わせることで、各ミッションを達成していきます。



衛星の運用も学生が行っています

TSUBAMEは打上げ後、自律的に太陽電池を太陽に向け、安定して発電していました。しかし通信系に不具合が生じ、現在はTSUBAMEと通信できない状態になっています。

◆今までに作った衛星

松永研究室では、今までに、CUTE-1、Cute-1.7 + APD、Cute-1.7 + APD II の3機の超小型衛星を学生主導で開発・打上げを行ってきました。

CUTE-1は世界で初めて開発された、10cm四方サイズのCubesatの一つです。

Cute-1.7 + APD、Cute-1.7 + APD II は理学・工学ミッションの実施を目的とし、CUTE-1とは異なる設計思想の基に開発されました。

新しい設計コンセプト
理学観測ミッションへの挑戦
(2010/10/25に大気圏再突入)

Cute-1.7 + APD
2006/02/22 打ち上げ

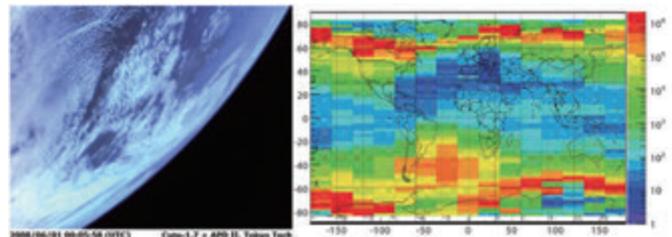
CUTE-1
2003/06/30 打ち上げ

記念すべき
世界初のCubesat

Cute-1.7 + APD II
2008/04/28 打ち上げ

1号機の反省点を踏まえた改良機
数々の工学・理学ミッションを実施

これらは軌道上での正常動作を果たし、特にCute-1.7 + APD II ではAPDセンサーによる世界初の30keV以下の荷電粒子全球観測や無線機のアマチュアサービス実施、姿勢決定実験、画像撮影など、数々の理学・工学ミッションの実施を達成してきました。



◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://lss.mes.titech.ac.jp/>
<http://www.isas.jaxa.jp/j/forefront/2011/matsunaga/index.shtml>

(2-5) 学生による超小型衛星開発

深宇宙への敷居を下げる

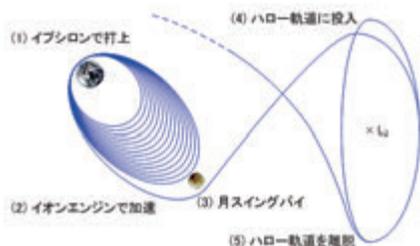
深宇宙探査技術実証機 DESTINY

◆DESTINYって何？

DESTINY(デスティニー)は、将来の深宇宙探査の鍵となる先端技術の実験をするミッションです。小型科学衛星の4号機として打ち上げられることを提案しています。4号機のミッションとして選ばれれば、2021年頃に打ち上げられる見込みです。

◆DESTINYはどこに行くの？

イプシロンロケットで打ち上げられるDESTINYは、まず地球を周回する軌道に入ります。そこから μ 20イオンエンジンを使って徐々に高度を上げて、約1年半後に月に到達します。続いて、月スイングバイを使って、さらに遠方を目指す軌道に投入され、約半年後に太陽・地球系のラグランジュ点に到達します。ラグランジュ点を回るハロー軌道に滞在したのち、さらに余力があれば、その先の目標に向かいます。



◆DESTINYでは何をするの？

DESTINYでは、将来の深宇宙探査の鍵となる先端技術について、3つのテーマ、8つの応用的な実験を行います。惑星間を自在に航行するための高性能な推進システム、地上からのオペレーションの負担を下げる運用自律化システム、月・ラグランジュ点への新航路などがDESTINYによって実現されます。

ミッション・軌道設計

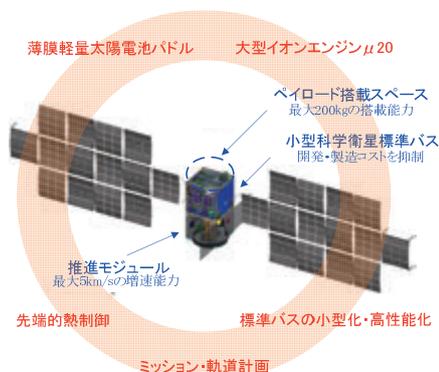
- イプシロンによる高エネルギー軌道投入
- 電気推進によるスパイラル軌道上昇
- ハロー軌道遷移・維持

高性能電気推進

- 薄膜軽量太陽電池パネル
- μ 20 イオンエンジン
- 先端的熱制御

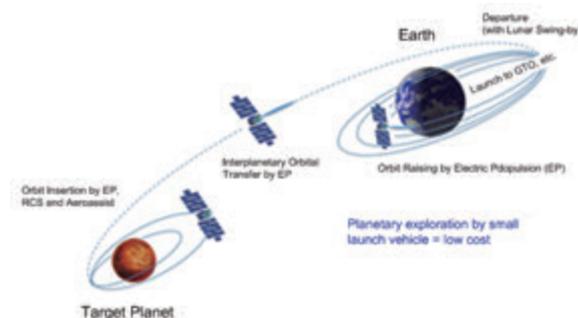
運用効率化

- Ka帯通信技術
- 運用自律化 効率化



◆DESTINYができるようになるの？

DESTINYと同じような方法を使って、月スイングバイをうまく利用すれば、深宇宙のいろいろな目的地に到達することができます。一方で、イプシロンロケットで打ち上げ、小型科学衛星を用いるDESTINYは小規模なミッションです。このような構成をとることでコストを抑えることができ、限られた予算内でミッション機会を増やすことができます。少ないコストで様々な深宇宙ミッションを可能にするDESTINYにより、深宇宙への敷居を下げるすることができます。



◆関係者から一言



DESTINYワーキンググループリーダーの川勝です。DESTINYの実現に向けてがんばります。よろしくお願いします。この他にも、DESTINYにはいろいろな技術や探査目的があります。詳しくは、ブースの人にお尋ねください。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<https://www.ep.isas.jaxa.jp/destiny/>

3-1 深宇宙探査技術実験ミッションDESTINY

世界最小の深宇宙探査機 超小型探査機PROCYON

◆この計画のねらいは？

東京大学の中須賀・船瀬研究室は、これまで世界最小の1kgの人工衛星CubeSatから数10kgの衛星まで、様々な超小型衛星の開発・運用に成功し、超小型衛星の分野で世界をリードしてきました。今回、JAXAと共同で50kg級の本格的な超小型深宇宙探査機PROCYON(プロキオン)を開発し、地球の重力圏を脱出し深宇宙で活動できる世界で初めての超小型衛星(探査機)の実現に成功しました。この計画では、超小型深宇宙探査機のバス技術(基本機能)の実証をはじめとする様々なミッションを掲げています。

◆打ち上げはいつ？

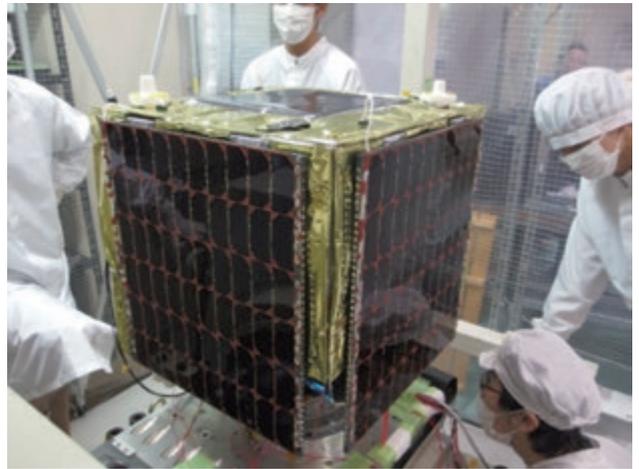
2014年12月3日13時22分04秒(日本標準時)に、小惑星探査機はやぶさ2の相乗り副ペイロードとしてH-IIAロケット26号機に搭載されたPROCYONは、種子島宇宙センターから打ち上げられました。

◆主なミッションは？

PROCYONのミッションは大きく分けて3つあります。1つ目のミッションは、超小型深宇宙探査機のバス技術(基本機能)の実証です。PROCYONは、軌道制御・姿勢制御用の推進系(エンジン)も持った、本格的な探査機で、深宇宙空間で電力確保、遠距離通信、熱・姿勢・軌道制御などを超小型深宇宙探査機が行えるかを実証します。2つ目のミッションは、小惑星フライバイ撮影です。超小型イオンスラスターによる軌道制御を行い、地球スイングバイによる加速を経て、小惑星を目指します。その後、小惑星フライバイをしながら(そばを高速で通過しながら)近距離から小惑星の撮影に挑みます。3つ目のミッションは、LAICAによるジオコロナの撮影です。ジオコロナとは地球の周りを広く覆っている水素の層のことで、特殊な波長に感度のあるカメラで深宇宙からジオコロナの全体像を撮像します。いずれも世界で初めてのミッションで、現在、バス技術の実証とジオコロナ撮影に成功しています。



打ち上げ前のイオンスラスターの運転試験の様子



PROCYONのフライトモデル(サイズ:約55cm)

◆どこがどうスゴイ？

PROCYONのすごいところは、サイズ・開発費用・開発期間のどれをとっても世界最小規模の深宇宙探査機だということです。PROCYONのサイズは約55cmと小さく、一般的な深宇宙探査機の半分以下です。開発費用は数億円で、大きな深宇宙探査機と比較すると約100分の1です。開発期間は普通の大きな深宇宙探査機だと4~5年ですが、PROCYONの場合は1年2か月と非常に短い期間での開発に成功しました。このように、低コスト・超短期間での開発が可能な小さな深宇宙探査機は、もちろん大きな探査機と比べて信頼性や機能には制限がありますが、新しい技術に積極的に挑戦する機動力のある深宇宙探査ミッションが実現できるようになることが期待されます。

◆関係者から一言



ミッション系担当の永田和敬です。小惑星を撮影するにあたって、望遠鏡を自動で小惑星の方向に向け続ける、自動追尾制御機能を実装するのが開発段階で難しいことの一つでした。PROCYON展示ブースでは、ミッション望遠鏡のEM(試作機)を用いて、小惑星自動追尾機能のデモンストレーションを行う予定です。ぜひご覧になってください。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<https://www.facebook.com/procyon.spacecraft>

(3-2) 超小型深宇宙探査機 PROCYON

宇宙エネルギー技術から 地球環境への貢献

◆この研究のねらいは？

「再生可能エネルギー」という言葉があります。

石油エネルギーのような化石エネルギーは、一度燃してしまえば、簡単に元の物質に戻すことができません。これに対して、太陽光や風力は自然界に存在し、かつ使い切る訳ではなくて、再使用が可能な自然エネルギーと考えられており、これらのエネルギーを再生可能エネルギーと呼んでいます。このような再生可能エネルギーは、電気を作る際には二酸化炭素を生じることがないため、環境に優しいエネルギー資源であると考えられています。

私たちは、宇宙で培った燃料電池やバッテリー、生命維持技術を生かして、この再生可能エネルギーを利用した地球環境保全のための技術開発に乗り出しました。

◆主な研究テーマは？

地球温暖化が進んでいることは、色々なニュースで語られていることかと思えます。

要因には、化石エネルギーを燃やすことにより二酸化炭素が発生し、この二酸化炭素の大気中濃度が増加し、熱がこもりやすい現象(地球温暖化現象)が進んでいるためだと言われています。

この打開策として、再生可能エネルギーと呼ばれる太陽光や風力を活用して電気を作る試みが進められています。太陽光や風力を使って発電を行う場合、発電を行う現場では二酸化炭素が生成されません。クリーンで地球に優しい発電方法として注目されています。

ただ、課題もあります。例えば風力発電を行うのであれば、風の強いところで電気を作る必要があります。また、太陽光発電を行うのであれば、曇りの日が少なく、常に太陽光が降り注ぐような場所で発電をしたほうが効果的です。

こういった発電に有利な場所で電気を作ることを想定するならば、そのエネルギーを運ぶ手段が必要になります。発電により得た電気を使って、例えば水を電気分解して水素を作ることができ、これを運搬することができるのなら、色々なヒトが再生可能エネルギーの利用者となることができます。

このエネルギーの運びを、「エネルギーキャリア」と呼びます。

「太陽電池で発電しながら、水を電気分解して、水素を作り、必要な時にエネルギーソースとして活用する。」あれ、これって、どこかで聞いた話のような・・・

そう、僕たちが、再生型燃料電池と呼んでいる技術と、とても近いところに、地上の環境問題解決のためのニーズが存在していました。

僕たちは、更に生命維持技術との融合も考えました。宇宙ステーションでは、ヒトが呼吸の結果として作った二酸化炭素を水素と反応させて水とメタンを作る技術が検討されています。宇宙ステーションでは水が欲しかったのですが、一緒にできるメタンは水素に比べると持ち運びが容易な物質です。エネルギーキャリアとして、とても有効な物質変換が可能になると考えました。

◆どこがどうスゴイ？

宇宙航空研究開発機構(JAXA)が代表となり、九州大学、富山大学と連携チームを作りました。JAXAからは、閉鎖環境での生命維持技術と水電解や燃料電池で培ったシステム化技術、九州大学からは先進的な水電解技術、富山大学からは画期的なメタン合成触媒の技術を持ち寄り、再生可能エネルギーによる「水の電気分解による水素製造」から「二酸化炭素と水素を反応させたメタン合成」までを一貫して進める高効率システムの開発を目指しています。

この技術のすてきなところはこれまで地球環境にとって悪者であった二酸化炭素が資源に変わることです。

二酸化炭素は、回収され地下に埋設する実証試験などが進んでいます。回収された二酸化炭素は、私たちの技術によってメタンに変換されます。メタンは天然ガスの主成分でもあり、結果として地下資源としての化石燃料への依存から再生資源へのシフトが起こり、私たちが長く地球に住み続けることができるようになるのではないかと……。そんな未来を、宇宙からの派生技術として作り出すことが、目標です。

この研究は2014年10月から、科学技術振興機構(JST) CRESTの一員として進めることになりました。

更に、異なる視点からの二酸化炭素の資源化検討も進めています。長岡技術科学大学では、燃料電池を反応器として使用し、二酸化炭素と水素から電気と炭化水素化合物(メタンやメタノール等)を生み出す可能性を見いだしました。JAXAは長岡技術科学大学と共同で、炭化水素化合物の生成量を向上させ、更により多くの電気を作る技術としての発展を目指しています。

地球は宇宙のオアシスです。このオアシスが枯れること無く、いつまでも青い地球でいて欲しい。

宇宙技術は、今、地球環境問題を解決する糸口として、発展しつつあります。

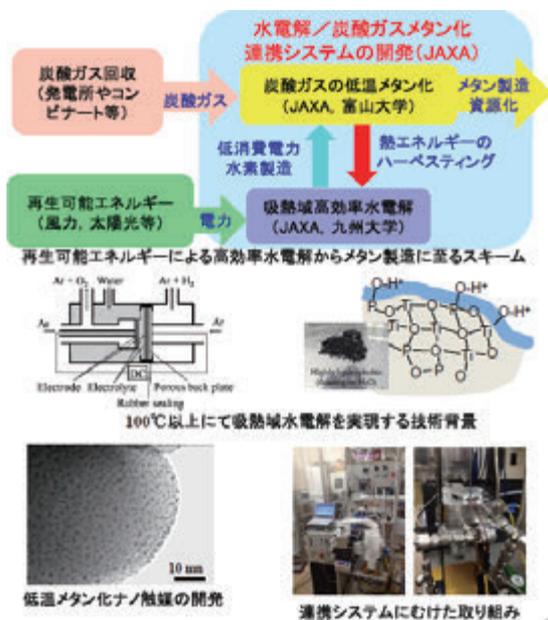


図 JAXA/富山大学/九州大学連携 JST・CREST

電気がなければ始まらない

宇宙で必要なエネルギーの確保

◆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なりません。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。

宇宙探査がスタートした1960年代には、原子力電池や燃料電池を使った探査が主流でしたが、その後、太陽電池の普及とともに二次電池が多く使われるようになりました。二次電池は1990年代まではニッケルカドミウム電池やニッケル水素電池が多く使われていましたが、少しでも軽くするために、今ではリチウムイオン二次電池が使われるようになってきました。

エネルギー・デバイスを少しでも軽く、また高性能にして宇宙探査に貢献する研究を進めています。

◆主な研究テーマは？

今では宇宙用蓄電池の主流になってきているリチウムイオン二次電池ですが、実は宇宙での利用が始まったのは2000年代に入ってからです。

電池は、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」で、引き出せる能力が大きく変わります。

2005年に打ちあげられた「れいめい」では地上の民生用リチウムイオン二次電池を使用したバッテリーも使われています。「れいめい」では、詳細な電力管理を行い、既に10年近い年月にわたり衛星を運用し続けることに成功しています。そのためには、電池の内部状態を理解し、何が出来て何が出来ないことなのかを判断できることが重要です。その判断力は、普段の研究を通じて、経験的に身につける必要があります。

というわけで、ここでの研究の大事なテーマは、「如何に安全に、長い期間にわたって電池の健康状態を維持するか」です。そういう事柄を理解しながら、次の世代の蓄電池は、どういう設計であるべきか、どういう電池が宇宙用途に適しているかを考えています。また、所謂、缶に入った電池から抜け出して、宇宙探査の幅を広げるような研究を進めたいと考えています。

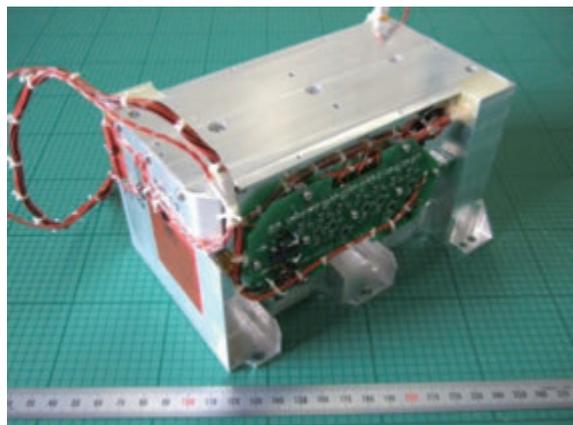


図 「れいめい」搭載 リチウムイオンバッテリー

◆どこがどうスゴイ？

宇宙では真空と微小重力が電池の性能に影響する可能性があります。また、例えば電池で使用する電解液という物質が、真空中に曝されると電池から外に抜け出してしまふことも考えられます。ここでは、高真空になる宇宙でも使いこなす構造補強や、真空中に強い材料を使った電池の研究を進めています。

また、大電力を使う機器に備えて素早く充電できる電池の研究も進んでいます。そういう電池を衛星内に分散配置すると全体の電力バランスを整え、分散した電池同士で電力を融通しあうことも可能になります。

更に、宇宙船で旅をするようなことを想定すると、燃料電池も使いこなしたいですね。燃料電池は、燃料と酸化剤を反応させる時に電気を取り出す「装置」ですが、電気と一緒に水ができます。水は重力のない宇宙では分離が難しいので、遠心力を使って分離します。その上で、運用を考慮したシステム化が必要です。分離した水は電気分解により水素と酸素に戻すことにより、エネルギーの再利用につなげることもできます。これが再生型燃料電池と呼ばれる技術になります。

日常でも、電池を使わない日は無いくらい身近なデバイスですが、宇宙でもなくてはならない存在です。

常に縁の下の力持ち。きちんと動いて当たり前。その当たり前の存在であることこそ、誇りをもって、頑張れ、小さな電池達！

電気がなければ始まらないからね。



◆関係者から一言

宇宙機応用工学研究系の曾根理嗣(そねよしつぐ)です。趣味はサッカー、ジョギング、バイクです。好きなデバイスは電池。好きな言葉は「エネルギー充填、120%」。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.isas.ac.jp/j/mailmaga/index.shtml>

(3-3) 宇宙エネルギー技術から地球環境への貢献

宇宙の過酷な冷暗黒環境や高温環境を地上で作ります！

高真空も
やっています！

宇宙環境試験室

◆この部屋の役割は？

人工衛星や惑星探査機を設計する場合、宇宙の過酷な冷暗黒環境や高温環境に耐える設計・製作上の対策は宇宙工学上大きな課題です。この部屋では、人工衛星や惑星探査機及び宇宙用機器の構造・熱設計上の確認試験を行います。

◆主な試験内容は？

人工衛星や惑星探査機が飛翔する宇宙空間は、空気の無い真空の世界です。もう少し正確に言えば、その圧力は、低い軌道を飛翔する人工衛星の場合でも、地上の10億分の1以下となります。このため、地上で起る対流による熱の流れは、宇宙ではまったくありません。また、太陽からの光エネルギーは、遮る空氣が無いために、地上の場合より、40%程度強く1m²あたり1400Wくらいになります。このため、太陽が当たっているところでは、地上に比べてたいへん熱くなります。一方衛星が地球の影に入って太陽からの光が当たらない場合、熱エネルギーは、暗黒の宇宙空間に向かってどんどん逃げていきます。例えば、自分で熱を発生しない物体を宇宙空間におくと、その温度は、簡単に摂氏-200℃以下になってしまいます。つまり、太陽の当たらない場所では、その温度は、たいへん下がる傾向にあります。人工衛星や惑星探査機では、このような特殊な宇宙の環境下でも、温度がなるべく快適に保たれるように設計を行います。宇宙環境試験室では、この設計がうまく行われていることを確認するための試験を行います。この部屋で行われる試験の多くの場合、1~2週間程度、昼夜連続で行われます。

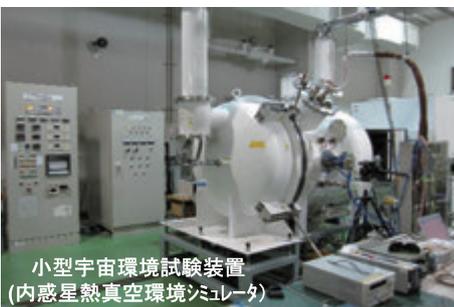
JAXAの研究者だけでなく、全国の大学等の研究者がこの施設を利用しています。



大型宇宙環境試験装置

◆この部屋にある装置は？

この部屋には、地上で宇宙の高真空極低温の環境を作り出す大型宇宙環境試験装置「4mφ縦型スペースチェンバ」、地上で水星軌道上の高真空極低温と灼熱の環境を合わせて作り出す小型宇宙環境試験装置「内惑星熱真空環境シミュレータ」、温度変化環境を作り出す「温度環境試験装置(大型恒温槽)」、高温と低温が繰り返さらされる環境を作り出す「熱衝撃試験装置」が置かれています。また、それらの装置を使って実験するための人工衛星や惑星探査機を準備するための準備エリアもあります。



小型宇宙環境試験装置
(内惑星熱真空環境シミュレータ)



温度環境試験装置(大型恒温槽)



熱衝撃試験装置

◆関係者から一言

宇宙環境試験室では、「はやぶさ」をはじめ惑星探査機の熱真空環境試験などを行っております。

この試験室で、灼熱の暑さの耐熱試験を行った水星磁気圏探査機「MMO」が、これから水星に向けて旅立つ準備をしています。水星近くの暑さはものすごいです。まさに想像を超えた環境です。

宇宙環境試験室 担当 小川/狩谷

◆ver. 特別公開2015◆

(4-2) 宇宙環境試験室

宇宙機の高度な熱制御を実現する先進熱制御技術 触れてみよう！未来の熱制御技術

◆この研究のねらいは？

将来の内外惑星探査や望遠鏡、小型衛星等のミッションでは、より厳しい熱環境で、少ない電力、重量制限の下で、高度な熱(温度)制御が要求されてきます。これら将来ミッションの要求に応えるために、新しい熱制御技術の研究・開発を大学と連携して行っています。

◆主な研究テーマは？

宇宙用ループヒートパイプ、自励振動ヒートパイプ、可変コンダクタンスヒートパイプ等、熱制御デバイスの研究を行っています。

＜ループヒートパイプ＞

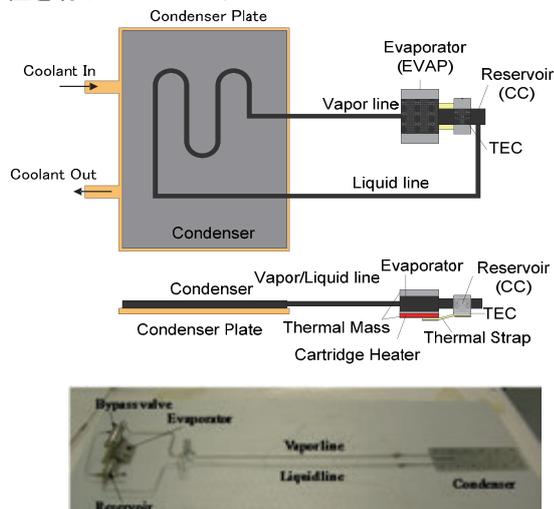
相変化を利用して大量の熱輸送が可能な熱制御デバイスであり、高い毛細管力により作動流体を循環しているため、軽量かつ信頼性が高い。

＜自励振動ヒートパイプ＞

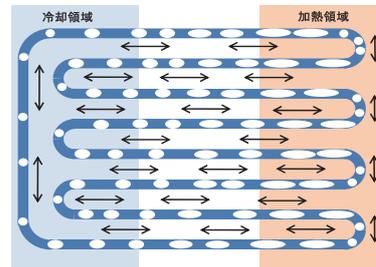
加熱部と冷却部とを十数回往復する細管で結んだヒートパイプ。細管の中に、全内容積の半分程度の容量で封じ込められている作動流体が、加熱部での蒸発・冷却部での凝縮を繰り返し、連続的な圧力振動により駆動される。冷媒が自励振動によって伝熱面間を往復することにより熱輸送を行う。

＜可変コンダクタンスヒートパイプ＞

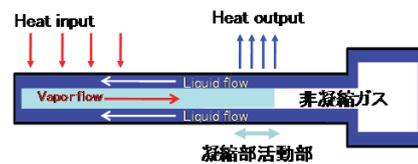
管の中に作動流体を飽和状態で封じ込めた通常のヒートパイプに、非凝縮ガスを封入する事で温度制御性を有したヒートパイプ。



＜ループヒートパイプ＞



＜自励振動ヒートパイプ＞



＜可変コンダクタンスヒートパイプ＞

◆どこがどうスゴイ？

＜ループヒートパイプ＞

- ①蒸気管と凝縮器がスムーズな管で結ばれているため、複雑な経路を持つ熱輸送経路構築が容易に可能であり、かつ軽量である。また、フレキシブルな管(プラスチックやベローズ)の採用が可能。
- ②重力下で動作可能であり、複雑な経路をもつ熱輸送経路であっても地上で試験が可能。
- ③リザーバを温度制御することで、受熱部の温度を小電力で高精度に制御が可能。
- ④リザーバの温度(圧力)を制御することで冷媒の循環を止めることができ、保温ヒータ電力低減が可能。

＜自励振動ヒートパイプ＞

- ①細管で構成されているため、伝熱面積を大きくとることができ、高い熱輸送能力が得られる。同時に、薄型・軽量化が可能である。
- ②ウイックを使用しない単純な形状であるため、様々な形状に加工・変形できる。
- ③リザーバ(液溜め)を取り付けることで、温度制御可能な熱制御デバイスとなる(可変コンダクタンスOHP)

＜可変コンダクタンスヒートパイプ＞

- ①通常のヒートパイプに非凝縮ガスを入れただけの単純な構成。
- ②リザーバの温度を一定に保てば、熱負荷の変化や外部温度環境の変化に対して、温度を一定に保とうとする。(自身に粗い温度基準を有している)

外部から電波が入らず室内では反射もしない電波の無限空間

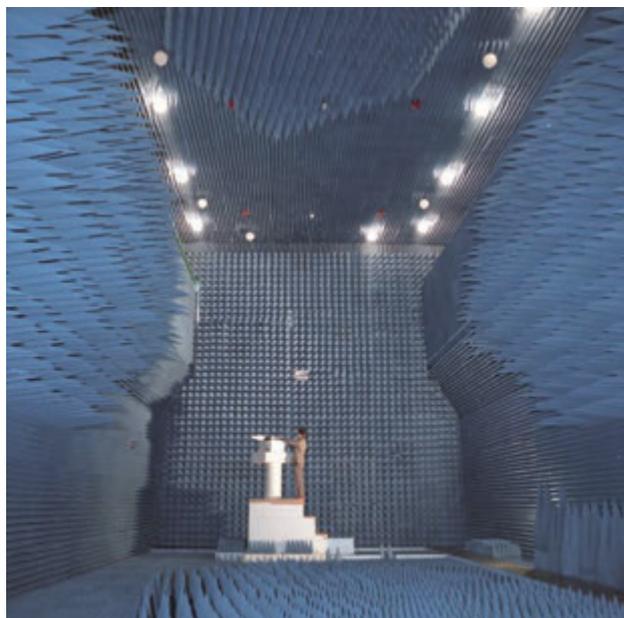
電波無響室

◆この部屋の役割は？

遠く離れた宇宙を旅する宇宙機に指示を出したり、宇宙機から送られてくるデータを受け取ったりするためには、電波を使った無線通信が不可欠です。電波を空中に放出したり、空中を伝わっている電波を取り入れたりするのがアンテナの役割です。

アンテナは、宇宙機と地球の通信のためにとても重要な機器であるため、思い通りの性能を出しているかどうかを注意深く前もって調べておく必要があります。しかしながら、我々が生活している空間では、携帯電話やテレビなど数多くの電波が氾濫しているため、アンテナの性能を正確に調べることができません。

電波無響室は外部からの電波の混入を完全にシャットアウトしています。また、電波無響室内では電波がほとんど反射できないため、アンテナの性能を正確に測定することが出来るのです。

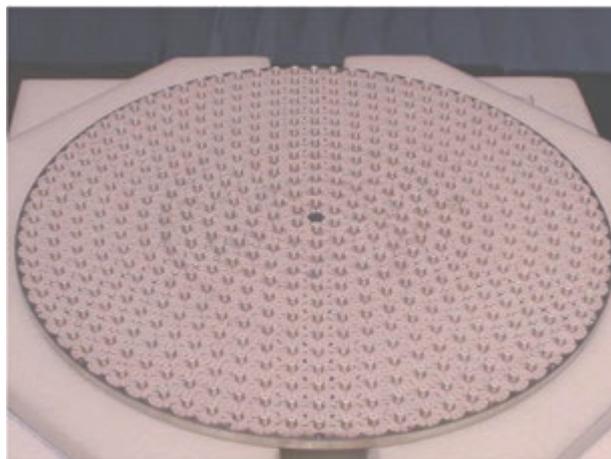


◆どこがどうスゴイ？

電波無響室の壁一面に貼られている青いトゲトゲしたものが「電波吸収体」です。電波吸収体は炭素の粉を含んだスポンジ状の材質から出来ており、入射してきた電波を10万分の1にまで減衰させることが出来ます。この空間には不要な電波は存在できないため、電波的に大変クリーンな空間となっています。

◆これまでの開発品は？

電波無響室では、これまで数多くの宇宙機搭載用アンテナを開発・搭載し、宇宙に送り出してきました。現在、注目を浴びているアンテナたちをいくつか紹介します。



水星探査機(MMO)搭載用高利得アンテナ(HGA)のエンジニアリングモデル(EM)

JAXAでは、ヨーロッパ宇宙機関(ESA)との共同プロジェクトとして水星探査機(MMO)の開発をしています。水星は太陽にもっとも近い惑星であるため、地球の約11倍も高い熱環境状態にあります。そのため、MMOの高利得アンテナ(HGA)には、通常のパラボラアンテナではなく、集光部を持たない平面アンテナ(ラジアルライン給電ヘリカルアレイアンテナ)が搭載されています。宇宙機搭載用としては、世界初の試みとなっています。



◆関係者から一言

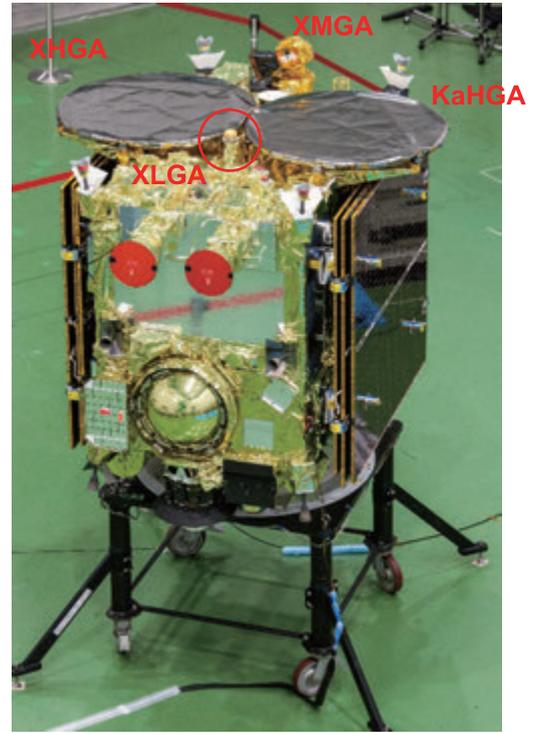
この電波無響室は相模原キャンパスの設立当初から使用されている実験施設で、既に29年以上も使用され続けています。ようやく、電波無響室の大扉に貼られていた電波吸収体を新しく交換することが出来ましたが、そのほとんどは当時のまま使用されています。なかには、宇宙科学研究所の前身である東京大学宇宙航空研究所時代から使用されてきたものもあるのですよ。

この電波無響室では、多彩なプロジェクトに関わるアンテナ系開発を職員主導の形で行っています。

これまでも、そしてこれからも、日本の宇宙科学・工学の発展のためにこの電波無響室は活躍され続けるでしょう。



「MMO」に搭載されたHGAの様子
(2015年3月)



「はやぶさ2」に搭載されたアンテナの様子
(2014年8月)

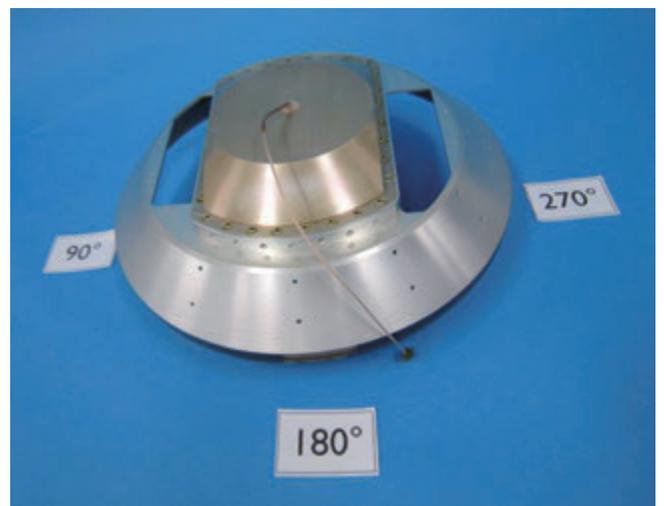
電波無響室では、2014年12月に打上げられた「はやぶさ2」搭載用アンテナの開発も行いました。実際の機器配置を模擬してアンテナの特性を確認したり、「はやぶさ2」の1/2縮尺モデルを作成してアンテナの電気特性を確認したりしました。

「はやぶさ2」では、「あかつき」で搭載された平面アンテナ(ラジアルライン給電スロットアレイアンテナ)と同じタイプのアンテナが、Xバンド高利得アンテナ(XHGA)とKaバンド高利得アンテナ(KaHGA)として搭載されています。また、「イカロス」で搭載された低利得アンテナ(XLGA)と同型のレンズアンテナも搭載されています。このアンテナは、非常に広い半球状のビームパターンを維持しながら、取付位置を低くすることが出来るので、宇宙機への搭載性が良いのが特徴です。

2010年6月13日に地球に帰還した「はやぶさ」帰還カプセルのアンテナもここ宇宙科学研究所で開発・製作しました。パラシュートによる緩降下中に、このアンテナからビーコン電波を地上に送り出し、地上の方向探査システムによりカプセルの着地点を特定することができました。7年もの長い宇宙旅行でしたが、アンテナの状態は非常に良く、搭載前の様でした。このアンテナはJAXA職員(鎌田幸男さん)の手作りです。そして、「はやぶさ2」のカプセルでも、やはり同職員による手作りアンテナが搭載されています。「はやぶさ2」帰還の際にカプセルから元気よくビーコンが発せられるのが今から楽しみです。



「はやぶさ2」搭載用低利得アンテナ(XLGA)
熱計装(MLI)を付けた状態



「はやぶさ」帰還カプセル用アンテナ

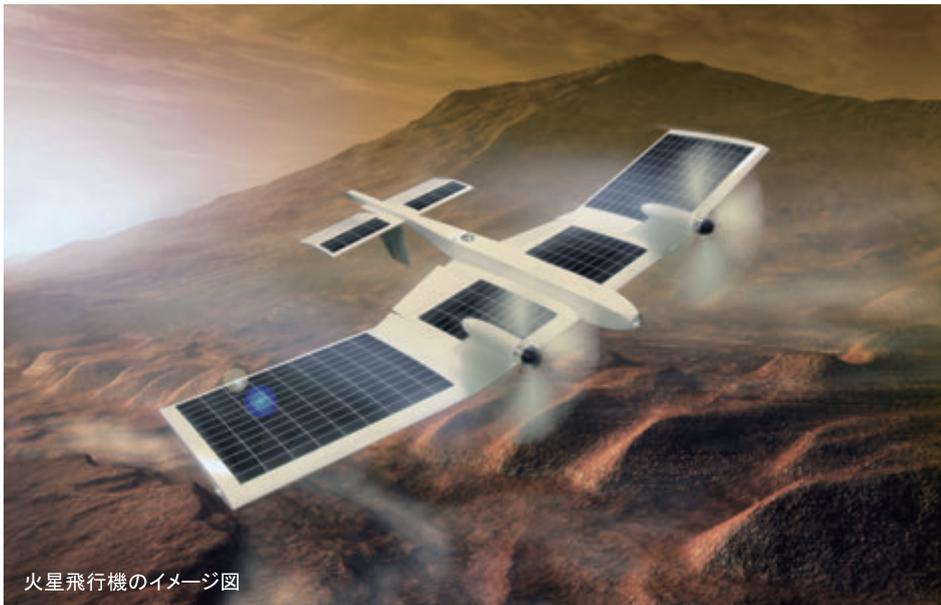
100分の1の大気の中を飛ぶ 火星飛行機

◆火星飛行機ってなに？

火星にも大気があります。地球上の100分の1程度のとても薄い大気ですが、この大気を利用すれば、地球と同じように火星でも飛行機を飛ばすことができます。火星大気中を飛行できる飛行機が開発されれば、これまでの火星探査とはちがひ、火星を広範囲かつ詳細に調べることができるようになります。

▲地球と火星の大気の違い

	大気密度 [kg/m ³]	重力 [m/s ²]	大気 主成分	音速 [m/s]
地球	1.17	9.8	窒素, 酸素	345
火星	0.0118	3.2	二酸化炭 素	258



◆どうして難しいの？

飛行機は機体にかかる重力と同じ大きさの揚力を翼で作りだすことで飛行することができます。火星では重力が地球上の約3分の1しかないので、翼で作る揚力も地球上の約3分の1ですみます。これだけ聞くと、簡単に思われるかもしれませんが、じつはこの約3分の1の揚力を発生させることが火星ではとてもとても大変なのです。



大学などで航空宇宙工学を勉強するまでは習いませんが、飛行機の翼がつくりだす揚力は下の式で表されることが知られています。

$$\text{揚力} = 0.5 \times \text{大気密度} \times \text{飛行速度}^2 \times \text{翼面積} \times \text{揚力係数}$$

(ここで、揚力係数は翼の性能を表す指標です)

火星では、この式にでてくる「大気密度」が地球上の約100分の1になるので発生できる揚力もそのままでは約100分の1になってしまいます。重力が3分の1になることを考えても、火星で飛行機を飛ばすためには

- ・翼の面積を約33倍に大きくする
- ・約33倍の性能を持つ翼を作る
- ・約6倍($\sqrt{33}$)の速度で飛ぶ飛行機を作る

もしくは

- ・飛行機の重さを約33分の1にする

が必要になってきます。

このことだけを考えても、機体構造や搭載機器の超軽量化や超高性能な翼の開発などが火星飛行機の実現には必要となるのです。しかしながら、火星飛行機の開発が大変なのはこれだけが理由ではありません。みなさんはわかりますか？

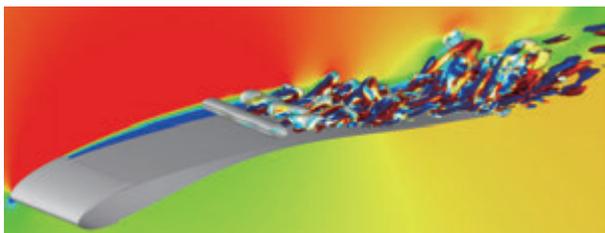
まず、地球と火星の間を電波が往復するのに10分以上の時間がかかります。また、通信データ量も小さいため飛行機に搭載されたカメラの映像を見ながら地球から機体を操縦することはほぼ不可能です。飛行機が自分で判断して自律飛行しなくてはならないのです。

地球上でならば、自律飛行することが可能な飛行機はすでに存在しています。しかしながら、これらの飛行機は地上設備やGPSを使っています。火星にはそれがないので、火星飛行機は太陽の方向や地平線、地形などを自分でみて現在の位置や方向を認識し判断しながら飛行しなくてはならないのです。

また、推進系も大きな課題です。火星には酸素がほとんどありません。そのため、ジェットエンジンを使うことができません。ロケットエンジンでは低速で長時間飛ぶことが難しく、プロペラ推進はプロペラがとて大きくなり、モータやバッテリーが重くなってしまうことが課題です。

このほかにも、低い大気温度(マイナス60度前後)でどうやって機体温度を適温に保つか、どうやってロケットに積み込むか(つばさを折りたたむ?)など、たくさんの課題が残されています。

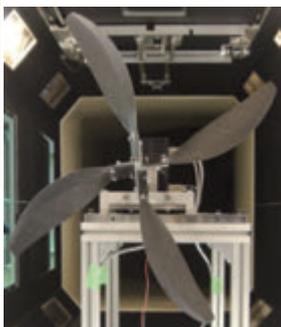
現在、火星飛行機を実現するために、翼の空力設計に関する研究、構造設計に関する研究、火星での自律飛行に向けた研究、推進系に関する研究、高性能超軽量な電源などの研究にJAXAや国内の大学・研究機関の研究者が取り組んでいます。



翼まわり流れのコンピュータシミュレーション



マグネシウム削りだし
超軽量主翼桁構造



推進用プロペラ
の風洞試験



姿勢検出用センサ

◆今後の計画

2020年代前半の打ち上げを目標にして、火星着陸探査ミッションの検討が進められています。このミッションで、火星飛行機を飛ばすことを目標とし、JAXAや国内の大学・研究機関の研究者が火星飛行機の研究を進めています。

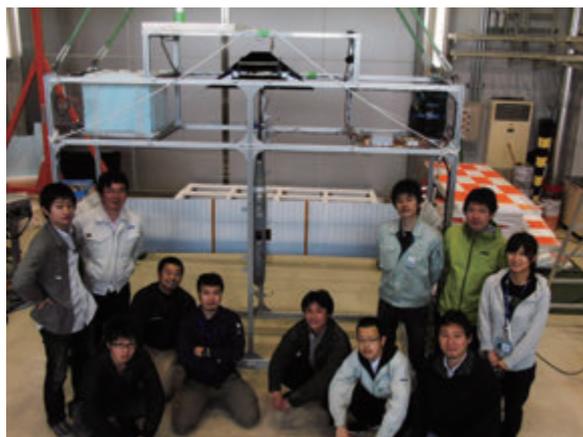
火星飛行機のミッションとしては、100km程度の距離を約30分で飛行して、地表の写真(できれば動画も!)を撮影すること、火星大気を観測すること、などを考えています。

我々のグループで概念設計検討を行った結果、重量5kg程度、翼幅2.5m程度があれば、これらのミッションが実現可能です(表の絵がそのイメージ図です)。

ただし、いきなり火星に飛行機を持って行って飛ばすわけにはいきません。実は、地球上でも高度36kmくらいまで上昇すると火星と同程度の大気密度、気温になります(ちなみに、旅客機が飛んでいる高度が10km程度、一般には高度100kmより上は宇宙と呼ばれます)。われわれのグループではJAXAの大気球を利用して高度36km付近での火星飛行機の飛行試験を実施する計画(Mars Airplane Balloon Experiment One (MABE-1))を立て、準備を進めています。



大気球による飛行実験MABE-1ミッションパッチ



ゴンドラに搭載されたMABE-1飛行試験機

◆関係者から一言

JAXA宇宙科学研究所の大山です。世界で初めての火星の飛行探査を目指して、研究を進めています。火星飛行機ミッションが成功すれば、より本格的な理学探査のための火星飛行機や、タイタンなど大気を持つ他の惑星や衛星でも飛行機を飛ばしたいと考えています。



火星飛行機に関するお問い合わせは mars@flab.isas.jaxa.jp まで

宇宙太陽光発電所と無線エネルギー伝送

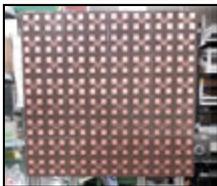
宇宙から地上にエネルギーを届ける

宇宙科学研究所 田中研究室
東洋大学 藤野研究室

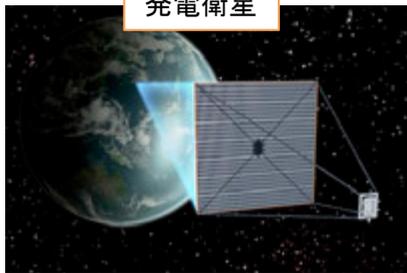
宇宙太陽光発電(SSPS: Space Solar Power Station)とは、将来の実用化を目指して研究開発が進められている新しい発電方式の一つです。人工衛星の軌道に広大な太陽電池を展開して、太陽光により電気エネルギーを発電します。従来の人工衛星と異なるのは、軌道上で発電されたエネルギーを**地上に送電**し、既存の電力網と同様に都市等へ供給する、**市民のための発電所**です。最大の特徴は、宇宙で発電したエネルギーを**マイクロ波に変換して地上に無線送電**する点です。マイクロ波は太陽光よりも大気を透過しやすい性質を持っているため、天候に影響されず、安定して電力を供給できるという特長があります。

田中研ホームページ <http://sps.isas.jaxa.jp>

試作した送電アンテナ

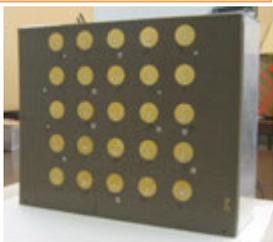


発電衛星



地上でエネルギーを変換する「レクテナ」

受電されたマイクロ波を整流することで、直流、及び交流の電気に変換され、地上で利用できます。
(藤野研)

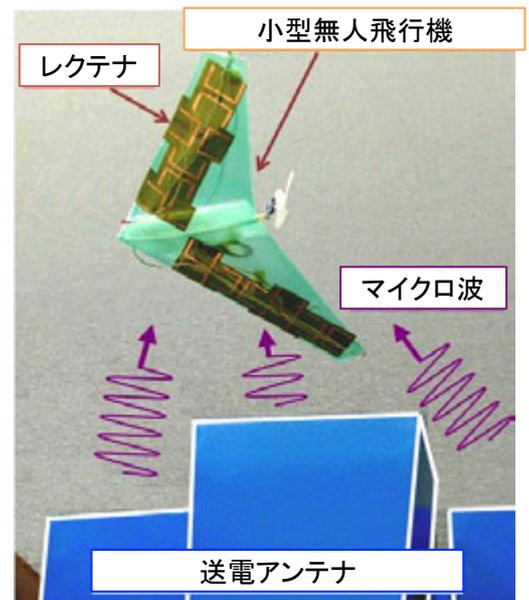
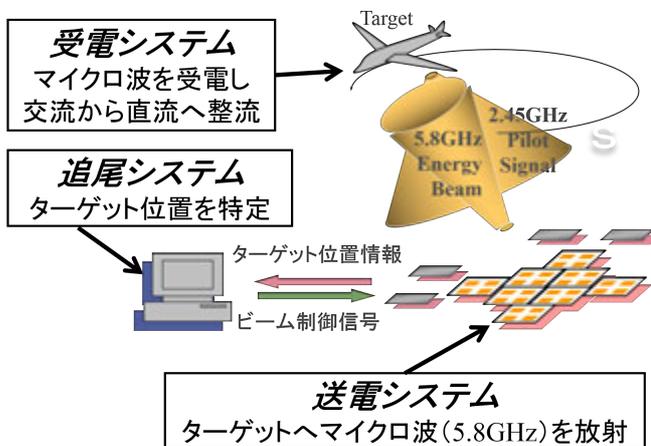


地上から無人飛行機にエネルギーを送る

東京大学 小紫研究室

マイクロ波で送る電気を使って小型無人飛行機を飛ばす研究も行っています。飛行機の翼の裏に軽いレクテナを貼り付けて、地上からマイクロ波を飛行機に集中して送ることで、電気を作り、プロペラを回して飛ばします。

小紫研ホームページ <http://www.kml.k.u-tokyo.ac.jp>



宇宙科学研究所 田中孝治准教授

ホームページQRコード



宇宙太陽光発電所は、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未来の発電システムです。私たちは、この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。



研究開発部門 第三研究ユニット(旧JEDIセンター) スパコンによるロケット開発最前線!

◆スパコンってなに？

みなさんの中には家でパソコンを使って文章を書いたり、インターネットで調べ物をしている人も多いでしょう。スーパーコンピュータ(スパコン)もパソコンも同じコンピュータの仲間ですが、スパコンは学校の体育館ほどの建物に設置されるぐらい大きなコンピュータです。そして何よりもパソコンと比べると非常に計算が速いことが特徴です。例えば、パソコンでは7年もかかってしまうような計算を1日で終わらせることができます!また、パソコンの計算速度を人が歩く速さに例えると、スパコンの速さは宇宙に飛び立つロケットと同じくらいになります。スーパーコンピュータがどれだけ「スーパー」なのかおわかりいただけるでしょうか。

相模原キャンパスではこのスパコンを使って、これから紹介する4つのテーマに取り組んでいます。これらはすべてJAXAにとって必要であり、新しい技術やアイデアが必要とされる難しいテーマです。

◆なぜシミュレーションなの？

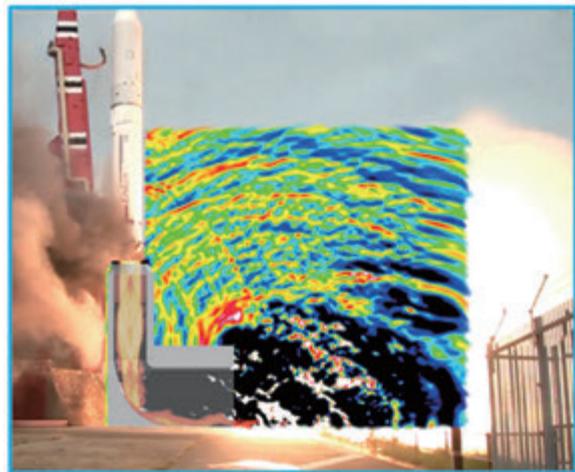
人工衛星やロケットの開発をする時、本物の人工衛星を宇宙に運んで試験をしたり、ロケットを試しに何度も打上げるといったことは、そう簡単にはできません。そのため、車や飛行機などと比べて宇宙機の開発は、とても難しく時間のかかることでした。しかし、スパコンの性能が著しく向上し、数値シミュレーション技術が高度になったおかげで、宇宙を飛ぶ人工衛星やロケットの打上げをスパコンを使って再現・シミュレーションすることができるようになってきました。実際にものを作らずにコンピュータの中で試験ができるシミュレーション技術に多くの期待が向けられています。

◆第三研究ユニットって？

研究開発部門 第三研究ユニット(旧JEDIセンター)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。例えば、ロケットが発生する大きな音やエンジン内の燃焼ガスの流れなどをコンピュータの中で再現する技術の研究・開発を行っています。シミュレーション技術を使うと、再現結果を詳しく観察して未知の現象を明らかにしたり、限界はありますが未来に起こる事を予測することが出来ます。JEDIにはこの技術の専門家が集まっていて、スパコンを使って宇宙開発の新しい可能性に挑戦しています。

◆ロケット打上げのすさまじい音から人工衛星を守る!

ロケットの打上げをテレビで見ていると、たくさんのジェットをエンジンから吹き出しながら、“ゴー”というすさまじい音とともに大空へと高く高く登っていきます。

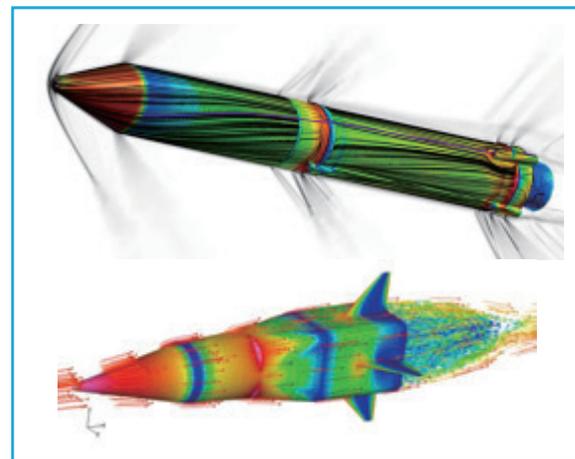


▲イプシロンロケット打上げ時の音の様子

この“ゴー”というすさまじい音はどのぐらい大きいかというと、家にある音楽を聞くためのコンポを、なんと2500万個も並べたぐらい大きなエネルギーを持っています!テレビで見ていると迫力があり格好良いですが、ロケットに乗っている人工衛星にとってはあまりにも音が大きすぎ、壊れてしまうほどの危険なばく音です。そのため、ロケットを開発する時はこの音がどれほど大きいのかということや予測したり、この音を小さくするための方策を考えることが大切です。

これまでは、40年ほど前にNASAで作られた方法を使ってばく音の大きさを予測してきました。当時はロケットのばく音がどのように発生するのかということがまだ分かっておらず、精度よく音の大きさを予測することは難しいことでした。40年後の現在、私たちは最新のスパコンと高度な数値シミュレーションを使って打ち上がるロケットからどのようにばく音が出てくるのか、その大きさはどのぐらいかという問題に挑戦しています。さらに、音を小さくする方法にも取り組んでいます。

これらの技術はH-IIBロケット・イプシロンロケットの打上げ施設の開発に使われてきました。現在は新型基幹ロケットの開発に向けて適用されています。



▲イプシロンロケット(上)と再使用観測ロケット(下)の飛行シミュレーション



ロケットエンジン(噴射機1本)の燃焼シミュレーション例 -温度分布-

◆ 新しいシミュレーションで新しいロケットを作る

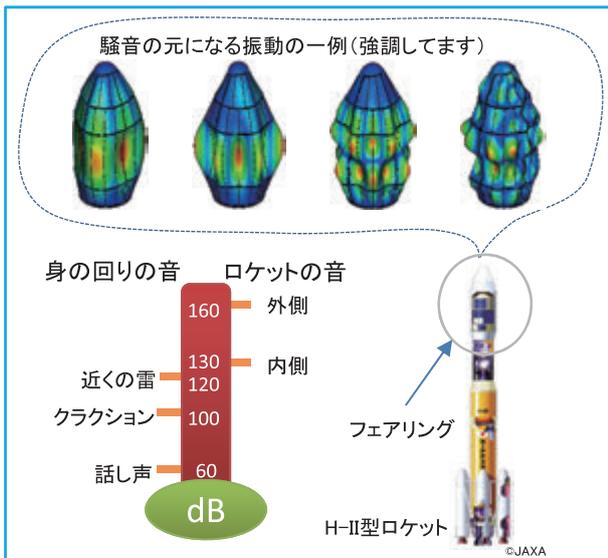
JAXAでは、近い将来に打上げる新しいロケットの開発を進めています。ロケットを作るために実験をしたり、スパコンを使ったシミュレーションを行っています。しかし物理現象に忠実なシミュレーションは、専門的な知識が必要であり、とても時間がかかるものです。JEDIではシミュレーションをもっとたくさんの人に様々な場面で使ってもらえるよう、より使いやすい新しいシミュレーション方法を研究し、実用化を目指しています。新しいシミュレーションを使って、新しいロケットをより効率的に、早く、そして正しく作るお手伝いをしています。

◆ 騒音を防ぐ軽くて強いフェアリングを作る

ロケットの先端部分をフェアリングと呼びます。フェアリングには、中に載せている人工衛星を外側の騒音から守るという重要な役割があります。

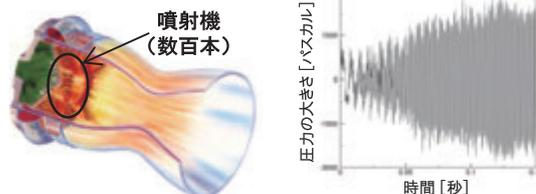
ロケットの外側の騒音は、時として160dB(デシベル)以上になりフェアリングを大きく振動させます。この振動が原因でロケットの内側では、近くで聞かす雷よりも大きな音がしています。

JAXAでは、現在次の新しいロケットに向けて、軽くて強く音が静かなフェアリングのコンピュータシミュレーションを行っています。静かなロケットがあれば、今よりもっと精密で高性能な人工衛星を打ち上げることが出来ます。



▲音と振動の計算

◆ エンジン内で炎をうまく燃やせ！！ ～炎と音のふしぎな関係～



ロケット実機の燃焼器 音の増え方を予測

水素と酸素の炎の乱れや圧力の変化を詳しく調査

▲炎と音の振動のシミュレーション

ロケットを打ち上げる時に、ノズルから吹き出る炎は、エンジンの中のたくさんの小さな炎(理科の実験で使うガスバーナと似ています)が集まってできています。普通は安定して静かに燃えています。何かのきっかけで、エンジン内の炎がフラフラと揺れてしまうことがあります。そのまま静かな安定した燃え方に戻りますが、炎がどんどん揺れていき、最後には炎が直接エンジン内の壁に触れて、金属の壁が溶けてしまうこともあります。こうなると最悪エンジンは爆発し、ロケットの打ち上げは失敗してしまいます。

どうしてこのようなことが起きるのでしょうか？炎が揺れながら燃えると大きな音が出ます。この音がエンジンの壁で反射し、条件がそろうとさらに大きく炎を揺らせてしまうようなのです。でも、はっきりとした理由を知っている人は世界中でまだ誰もいません。JAXAのスパコンはとても速くたくさんの計算をすることができるので、炎の燃え方や音が発生する様子を計算して調べることができます。

ロケットのエンジンを作る前にコンピュータを使って、エンジンの中の炎全てがどう燃えるかを知ることができれば、その後のテストや改良をする時間や費用を大幅に減らすことができるはず。この様になることをわたしたちは目標にしています。



◆関係者から一言

ユニット長の嶋です。スパコンは10年で1000倍のペースで速くなり、それをういて物理現象を忠実に再現する数値シミュレーションも急速に発達しています。飛行機や自動車、さまざまな電気製品や携帯など、今や「ものづくり」には、この技術が設計や開発に欠かすことのできない道具となっています。信頼性が大切で保守的になりがちな宇宙開発では、その導入が遅れていましたが今やっと活用の時代に入ってきています。世界トップクラスのスパコンと研究者集団の知恵を駆使することで日本の宇宙開発をさらに信頼されるものに変えていく仕事をしています。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://stage.tksj.jaxa.jp/jedi/>

(5-4) スパコンによるロケット開発最前線！

今なお進化しつづけ、宇宙への最前線に位置する

大気球実験

◆大気球って何？

大気球は、人工衛星や観測ロケットと並ぶ、科学観測と宇宙工学実験のための飛翔体です。

宇宙科学用の大気球は一般的に知られる熱気球とは違い、極薄のポリエチレンフィルムで作られており、ヘリウムガスで膨らませる無人気球です。気球は高度30～50km（飛行機が飛ぶ高度の3～4倍）の成層圏に実験装置を運びます。気圧の低い飛翔高度では、気球の直径は約100mにまで膨らみます。

日本での宇宙科学用気球実験は、1940年頃から行われています。1971年から2007年までは、岩手県の三陸大気球観測所を拠点に、400機以上の大気球が打ち上げられ、さまざまな実験が行われてきました。2008年からは、実験場所を北海道広尾郡大樹町の大樹航空宇宙実験場に移し、実験を行っています。また、海外でも気球実験を行っており、2015年には、オーストラリアにて実験を実施しました。



◆大気球で何を研究するの？

宇宙や地球がどのようにしてでき、この先どうなっていくのか、どのようにして宇宙の最前線に行くのか、などの宇宙科学研究のために、気球特有の利点を活かして、例えば以下のような実験が行われています。

- ① 高層大気の観測 《地球物理学》
 - ・ オゾン層や温暖化ガスの継続観測
 - ・ 大気の構造と循環システムの研究
 - ・ 極限微生物の探査
- ② 宇宙の観測 《天文学、宇宙物理学》
 - ・ X線、ガンマ線、赤外線などによる天体の観測
 - ・ 宇宙粒子線の観測による宇宙物理の研究
 - ・ 新しい測定器技術の検証
- ③ 宇宙工学実験 《実験実証、“実験室”》
 - ・ 高高度から実験装置を落下させる実験
 - ・ 空気が薄いことを利用した膜展開などの実験
 - ・ 燃料電池など新しい宇宙技術の環境試験

◆何がすごいの？

大気球実験では、実験装置の大きさや重さに対する制限や、打ち上げ時の振動や衝撃などの搭載条件が、ロケットや衛星に比べて厳しくありません。また、実験にかかるコストは、衛星やロケットに比べて、はるかに小さく、多くの飛翔機会を提供できます。そのため、最新鋭の実験装置を用いた野心的な実験が数多く行われています。実験の後で実験装置を回収できることも大きな特徴で、回収される実験装置に少しずつ改良を加えて、新しい成果を生み出すこともできます。

気球実験で実績を積んだ搭載装置は、人工衛星での実験に利用されることもあります。そして、大気球実験で萌芽的な研究をスタートさせた多くの若手研究者が、後に最先端の宇宙科学研究をリードしています。

◆次世代の気球はどうなるの？

「より大きくて重いものを」「より高く」「より長時間」「より色々な場所で」飛ばすことが永遠のテーマです。

重いものを高く上げるためには、単に気球を大型化するだけではなく、気球の設計を最適化したり、気球自体を軽量化したりしています。私たちは超薄膜の気球フィルムの開発を進めており、世界で最も薄い2.8ミクロン（1000分の2.8ミリ）のフィルムも開発しました。2013年には、成層圏を越えて中間圏の高度53.7kmに到達し、無人気球到達高度の世界記録を更新しました。

日本国内での運用飛翔時間は、数時間から1日間程度ですが、南極の白夜などの特殊な環境下では、40日間以上も飛翔させることができます。極域以外の場所でも、長時間の飛翔を可能にするために、“スーパープレッシャー気球”という新型の気球の開発も進めています。



◆関係者から一言

大気球実験グループ長の吉田 哲也です。
数100kgの実験装置とともに上昇して、航空機の数倍の高度を浮遊する大気球は、他の飛翔体とは違った力強さとしなやかさを兼ね備えています。
宇宙や地球についての知識を拡げていくために、実験技術を磨き、研究者を育て、研究の糸口を見出す場としての大気球実験を応援してください。

◆もっと詳しく知りたい人のために

http://www.jaxa.jp/projects/sas/balloon/index_j.html

大樹航空宇宙実験場

◆どこにあるの？何の実験を行うの？

大樹航空宇宙実験場は、北海道広尾郡大樹町の
大樹町多目的航空公園の中にあります。

大気球などの宇宙科学実験のほか、航空技術の
研究のための実験用航空機を用いた飛行実験などが
行われています。



所在地



◆何があるの？

大気球実験の準備や気球飛行中の追尾・受信管制
などを行うため、大気球指令管制棟があります。また、
大気球の打ち上げに用いるための、巨大な格納庫と、
世界でも唯一のスライダー放球装置があります。

このほかにも、航空機実験のための管制棟や、気象
観測設備などがあります。



大気球指令管制棟(中央)とJAXA格納庫(左)。
JAXA格納庫内でヘリウムガスを注入した大気球を、
スライダー放球装置で屋外に移動している様子。

◆気球実験はいつ行うの？

大気球実験は、毎年おもに、5月～6月と8月～9月の
上空の風の状態が実験に適している時期に行って
います。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.jaxa.jp/about/centers/taiki/index.j.html>

気球フィルムサンプルの ふくらませ方

このサンプルは、元々長いチューブ状のフィルムを切って、切り口を熱でくっつけ、四角い袋状にしています。

フィルムで窒息したりしないように気をつけてね！

① まず、端(はし)を探してね



② 端を少しやぶいて小さな穴を開けよう



③ 2枚のフィルムが重なっているので、
ゆっくりゆっくりしんちょうに



④ 穴から風を入れて、ふくらませよう



⑤ 端をねじって、
くっつけて、しばろう

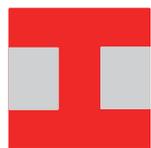


⑥ はい、できあがり！



(フィルムはポリエチレン製です。)





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、超革新技術を開拓し小型衛星打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上げ用固体ロケットです。

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

- 小型高性能という時代の要請に応える
- 高性能化と低コスト化を同時に達成する
- 即応性、自在性において世界一のシステムを確立する

固体ロケットの遺伝子を内蔵

- ◆ 世界に追いつき追い越せではなく、世界の先を行く
- ◆ 自分たちの力で未来を切り拓く
→ロケット業界の常識を覆す打ち上げシステムの革命

ユーザーフレンドリーな機体

- ◆ 第3段燃焼後小型液体ロケットで軌道を正確に調整
- ◆ 衝撃を吸収する構造で乗り心地を改善
- ◆ 特別な地上設備で音響を低減

技術の革新(イプシロン方式の打ち上げ)

- ◆ 世界でも初めて人工知能をロケットに応用した自律点検システム(ROSE)
- ◆ 世界初のモバイル管制(LCS)
→準備の時間と費用を大幅に削減
(世界一シンプルな打ち上げ方式)



革新技術



引き継ぐ高性能技術

- ・上段固体推進系
- ・固体補助推進系

伝統の継承と発展(高性能化)

- ◆ 推進系基本技術は高性能のM-Vロケットから継承
- ◆ 発展技術で構造の軽量化と低コスト化を同時に達成

基幹ロケット技術との融合 (低コスト化)

- ◆ 第1段にはH-IIA/Bロケット固体ロケットブースターを転用
- ◆ 電気系もモジュール化して共通使用

共通技術

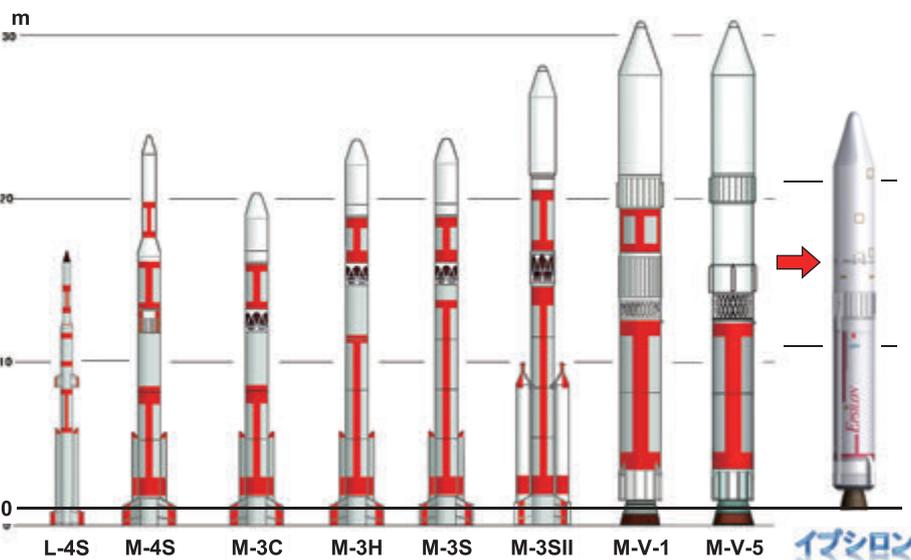
- ・SRB-Aモータ
- ・電気系(電力/通信系)



イプシロンロケットの概要

項目	諸元
機体構成	3段式 (PBS追加搭載可)
全長/直径	約24 m/2.5 m
全備重量	約91 ton
軌道投入能力	LEO: 1.2トン
基盤技術革新	自律点検機能
試験機打上げ	2013年 9月14日

PBS: 軌道調整用小型液体ロケット
LEO: 地球周回低軌道

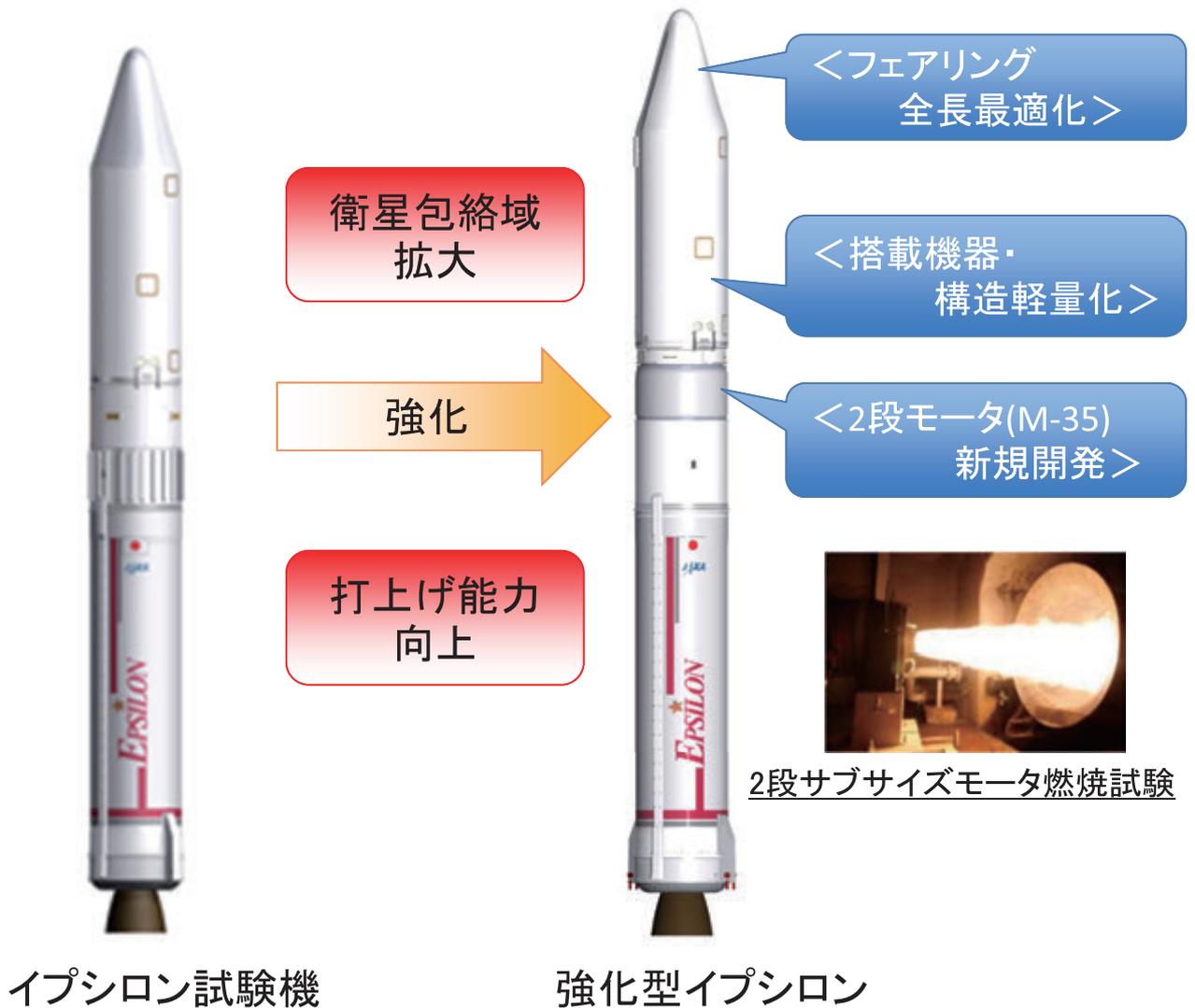


(5-7) イプシロンロケット



試験機打上げに成功したイプシロンロケット

現在、強化型イプシロンを開発中！



宇宙旅行に行きたいな 再使用ロケット

◆再使用ロケットってなに？

宇宙にものを運ぶのはとても大変なことで、今では大きなロケットにたくさんの燃料をつめて地上から打ち上げ、ロケットの空になった部分は切り離して捨ててしまいます。このようにロケットを一回しか使わないのはもったいないし、とてもお金と時間がかかります。

再使用ロケットは打ち上げたあと戻ってきて何度も使えるロケットです。再使用ロケットができれば、今よりずっと安く簡単に宇宙にいけるようになります。

私たちは再使用ロケットの実験をはじめとした研究をしています。

◆宇宙旅行に行くには？

宇宙旅行に行くには、今のままでは何千万円、何億円というお金が必要です。これではほとんどの人が行けません。なぜこんなに高いのでしょうか？それはロケットが高いからです。

大きなロケットは作るのにたくさんの時間と人が必要で、それだけお金がかかります。今のロケットは打ち上げのたびにロケットを作っているのです、このお金はそのまま宇宙に行くのに必要なお金になってしまいます。

再使用ロケットのように何回でも使えるロケットは高価なものでも、一度作ってしまえばたくさん使えるので、そのぶん一回の打ち上げの値段は安くなります。再使用ロケットは飛ばせば飛ばすほど一回の打ち上げにかかるお金が安くなります。

今の飛行機みたいに、たくさんの人を乗せて、何回も宇宙にいけるロケットを作ることができれば、海外旅行に行くように宇宙旅行に行けるようになるかもしれません。



◆どうすれば再使用できるの？

今まで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、燃料をいれたりしないといけません。そのためには実験をして、どんなシステムがいいのか調べ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。何度も飛ぶために、地上に戻らなくては行けません。でも、そんなロケットはほとんどありません。戻ってこられるようなロケットを作るには、新しい方法を考えなくては行けません。

その他にもやることはたくさんあります。



◆関係者から一言

現在、高度100kmまで飛ばすことができる再使用型の観測ロケットの研究開発に取り組んでいます。これまで再使用型のエンジンの技術を実証するための試験を行ってきました。その他、ロケットを繰り返し使うには何に気を付けようか、効率的かつ安全に運用するためにはどうしたらよいか、宇宙から地上に帰ってくるために必要なものはなにか、などロケットを「再使用」するために必要な技術についていろいろの実証試験を進めています。再使用観測ロケットは、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。

◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.isas.ac.jp/j/enterp/tech/flight/03.shtml>

(5-8)再使用ロケット

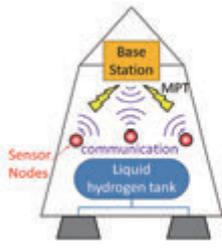
川崎研究室 宇宙ナノエレクトロニクス

◆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用コンポーネント開発や、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。



内之浦宇宙空間観測所
パラボラアンテナ



ロケット内無線電力伝送実験

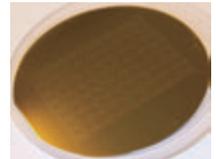


◆宇宙ナノエレクトロニクスについて

様々なデバイスの微細化技術に、ナノエレクトロニクス技術があります。ナノとは(10⁻⁹=0.000000001)の単位で、とても小さな事の例えです。ナノエレクトロニクス技術は、大規模集積回路、超小型高周波半導体デバイスやMEMSセンサ等の微細加工技術とエレクトロニクスを融合した分野です。宇宙開発に、この技術を適用したのが宇宙ナノエレクトロニクスであり、デバイスの小型化・高性能化は、宇宙開発に画期的発展をもたらすでしょう。また、この技術は、グリーン・エコ技術の一つとして、安心・安全・地球に優しい宇宙開発遂行に重要であり、世界をリードする研究テーマです。

◆最新のクリーンルーム紹介

宇宙ナノエレクトロニクス技術の集大成である、HySIC (Hybrid Semiconductor Integrated Circuit) デバイスを実現するため、世界最高の ISO クラスレベル 1 の清浄度を誇る最新のスーパークリーンルームにて、ナノメートルサイズの超微細加工技術を駆使し、ナノ RF デバイス作製など、日々研究・開発を行っています。



製作中のナノRFデバイス



ISOクラス1を実現する
高性能ファンユニット



10 nm Line & Spaceの描画
が可能な電子線描画装置



DeepRIE(深彫り
エッチング)装置



Plasma-CVD(絶縁膜
等の形成)装置



マスクレス
露光装置



◆川崎先生から一言

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川崎研究室のプースで感じていってください。

◆もっと詳しく知りたい人のために

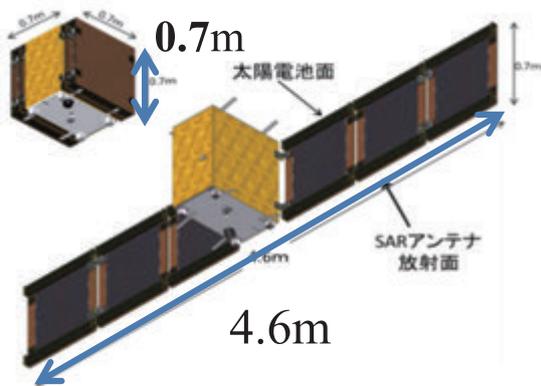
川崎研究室 <http://www.rfaia.isas.jaxa.jp/>

夜でも曇でも地表が見れる 小型レーダ衛星の開発

◆小型人工衛星向けのレーダとは

近年、100kg以下の小さな衛星で、地球の光学写真を撮影するミッションが行なわれています。しかし、昼間の晴天の時にしか地表を撮影することができません。

この研究は、夜や曇でも電波で地表を撮像できる合成開口レーダを、小型の衛星に搭載する研究開発です。



◆小型レーダ衛星の要素技術

(A) 高周波アンプ技術

窒化ガリウムという新しい半導体の高周波アンプで電力を増幅して、高出力の電波を合成します。

(B) 平面送受信アンテナ

このアンテナで、地表への電波の発射とその反射波の受信をします。小さいロケットで打ち上げられるように、一層構造のスロットアレイというアンテナを開発して、これを片翼3枚ずつ展開します。



70cm × 70cmの2偏波共用
一層構造スロットアレイ・アンテナ

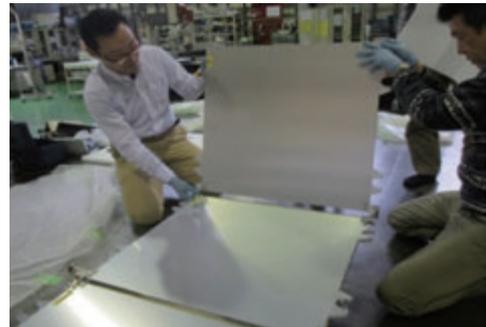
(C) ヒンジ部の非接触給電

折りたたみヒンジ部を通して電波をアンテナへ給電するには、導波管チョークフランジを用いて非接触で給電可能な新方式を使います。

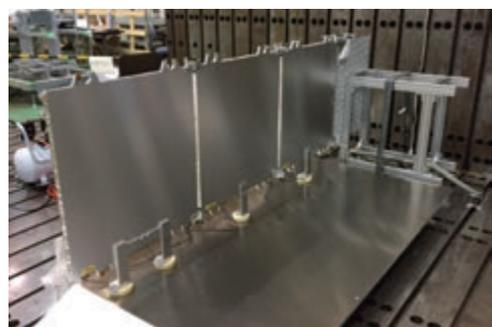
◆アンテナ展開を実演！

小型レーダ衛星は、ロケットに搭載されているときには、平面アンテナパネルが左右両翼3枚ずつ、片翼あたり厚み15cmで収納されています。衛星軌道上で、アンテナパネルを展開し、0.7m × 4.9mのサイズになります。また、展開後のアンテナ面の精度を1mm以内とする必要があります。

特別公開では、空気力で浮上させるエアベアリングを使用した、地上展開試験を実演します。



片翼3枚のアンテナパネルを
組み立てている様子



パネル展開完了状態

爆発しないロケット～宇宙推進技術の革新～ ハイブリッドロケット

◆ロケットの経済性

衛星需要の拡大と高価格化

近年、衛星通信技術を用いた市場が拡大しており、あるアメリカの調査によると、2020年までに400～500機の小型衛星が打ち上げが見込まれると報告があります。

しかし供給手段であるロケットが発射できる機会は限られているため、衛星の需要と供給のバランスが崩れています。そのため衛星を打ち上げる機会の減少と高価格化が起きています。

供給量の拡大

ロケットの供給量を上げるためにはロケット打ち上げにかかるコストを下げる必要があります。コストを下げる方法として以下のことが考えられます。

- 生産性と効率性の向上
- 競争の自由化や商業化
- 技術革新による向上
 - 再使用ロケット
 - 3Dプリンタによるロケット製造
 - 安全化 (Delethalization)

◆ロケットは安全？

ロケットの事故原因は推進機

1980～2004年までの25年間で2000機以上のロケットが打ち上げられていますが、約5%が打ち上げに失敗しています。なかでも全失敗件数のうち約60%が推進機の失敗となっています。

化学推進系ロケットの分類

ロケットは燃焼形態によって分類することができます。

予混合燃焼 (燃焼領域が広がりやすい=爆発性がある)

- 固体ロケット
 - 燃料と酸化剤をあらかじめ混合させた固体燃料を使い燃焼させる。
- 液体ロケット
 - 燃料と酸化剤をインジェクタ付近でよく混合させて燃焼させる。
 - 微視的に見ると拡散火炎と予混合火炎が混ざり合っているが、巨視的に見ると混合が急激に起こるため、ほぼ予混合火炎となっています。

拡散燃焼 (燃焼領域が広がりにくい=爆発性がない)

- ハイブリッドロケット
 - 熱によって溶けだしてきた燃料と酸化剤を境界層内で混合、燃焼させるもので、燃料表面で燃焼が起こる。

従来のロケットとハイブリッドロケットには爆発する危険性があるか危険性がないかの違いがあります。

ロケットの安全管理コスト

製造段階	固体ロケットの安全管理に必要なこと			
	有資格者	施設、設備	申請手続き	運用
原材料	危険物取扱者、危険物保安監督者	危険物保管倉庫	移動申請、許可申請、定期検査	-
燃料	爆発物取扱者、火薬類保安責任者	爆発物製造施設、火薬庫、防爆	許可申請、施設完成審査、定期検査	落雷情報管理、総員退避
ロケット	爆発物取扱者、火薬類保安責任者	火薬庫、防爆	許可申請、施設完成審査、定期検査、火薬使用申請	落雷情報管理、総員退避、並行作業禁止

安全化したロケットは表のような安全管理が必要なくなり、宇宙へ行くためのコストを下げるすることができます。

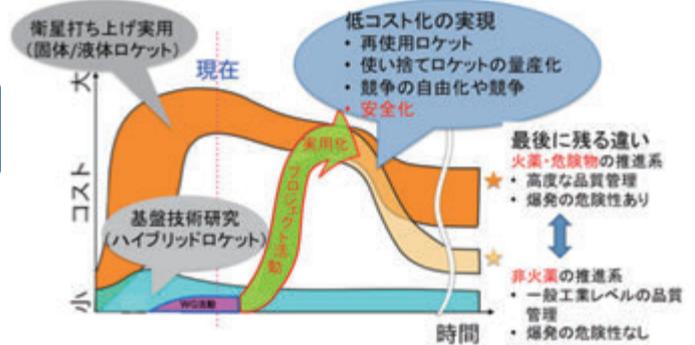
◆ハイブリッドロケットの将来性

宇宙輸送の将来ビジョン

今後、固体・液体ロケットによる宇宙輸送の低コスト化は、エンジン再使用技術の開発及び、クラスタ化/量産化の技術開発により更に進むこととなります。

ハイブリッドロケットは固体・液体ロケットと共通する技術基盤が多く、両ロケットの技術を活用することができ、成熟した固体・液体ロケットと同じ水準の性能にできると考えられます。

さらに高機能ハイブリッドロケットを実用化することによって、固体・液体ロケットよりも安全性がある分、さらに低コストの宇宙輸送を実現できることが予想されます。

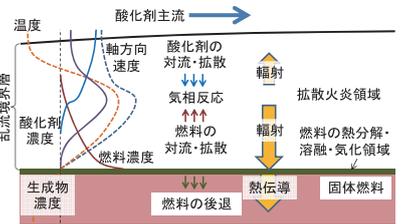


◆ハイブリッドロケットの課題と解決策

境界層燃焼が主要因

ハイブリッドロケットの燃焼室内部では左図のような境界層燃焼と呼ばれる複雑な現象が起こっております。

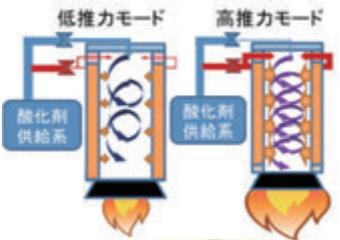
このロケットを実用化するためには、①固体燃料をより速く溶解・気化させ、また②燃料の吹き出し量を直接的に制御する技術が必要になります。



高性能ハイブリッドロケットによる解決

私たちが提案しているこの高機能ハイブリッドロケットのコンセプトは酸化剤流量、旋回強度で推力、ON/OFFを制御することです。この技術により、液体ロケットと同等の推力制御性と推進効率を達成できます。

このロケットで複雑なミッションの低リスク、低コストでの実現を目指しています。



◆嶋田教授から一言



ロケットの安全化：キー技術は「拡散燃焼」
宇宙輸送経済が発展するためには、生産性の向上による供給能力向上させ、打上コストを低減することが求められています。そのために大事なのが再使用化・3次元プリント製造などの技術革新・大量生産化などですが、それらだけでは十分な低コスト化ができないかもしれません。何故なら、従来のロケットは「予混合燃焼」で爆発性があり、常に爆発を想定した安全管理が必要となるからです。究極の低コスト～宇宙輸送の経済発展～のためは、航空機並みにロケットを安全化することが重要です。そのキー技術となるのが「拡散燃焼」を用いる非爆発性のロケットであるハイブリッドロケットです。未だかつて人類は拡散燃焼型ロケットで衛星を打ち上げたことがありません。人類の未来を切り開くために世界の科学者と技術者が力を結集して拡散燃焼型ロケットの実現を目指しましょう！今後投資するべきはこの点にあります。

◆もっと詳しく知りたい人は→<http://shimadalab.isas.jaxa.jp/>

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？

皆さんは、マッハ数という言葉をご存知でしょうか？音の伝わる速さと等しい速さが マッハ1。マッハ2の航空機は、音の伝わる速さ(音速)の2倍の速度で飛行していることとなります。

ロケットやスペースプレーンは、マッハ1以上の非常に大きな速度で飛行します。高速気流実験設備(風洞実験設備)は、ロケットなどの高速飛行体の飛行環境を人工的に作り出し、ロケットなどの設計開発や、飛行前試験等を行うことを目的に設置されています。

◆主な設備は？

この建物の中には、空気源設備、遷音速風洞、超音速風洞及び計測システムがあります。遷音速風洞は、0.3-1.3のマッハ数範囲を、そして超音速風洞は1.5-4.0の範囲を連続的にカバーしています。各風洞の測定部は一辺60cmの正方形断面を持ち、実飛行状態に相当する高速気流を実現して各種模型に働く空気力や圧力分布の測定などを行います。

模型に働く空気力を測定する天秤(6分力計)、流れ場を可視化するシュリーレン装置、模型表面や気流中の圧力を測定する圧力計などが主な計測機器です。

◆どんな研究開発をしているの？

JAXAが実施または計画中の、数多くの高速飛行体の設計開発に利用されてきました。

- ・M-Vロケット/再使用ロケット/イブシロンの開発
- ・「はやぶさ」カプセルの開発
- ・柔軟飛行体などの先進機体の開発

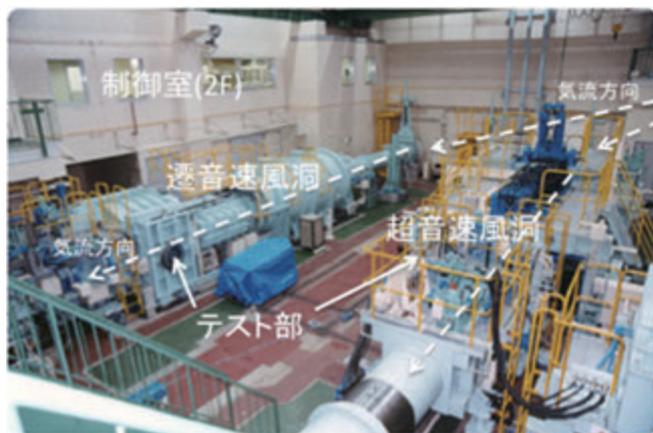
なお、風洞設備は、全国の大学・研究機関等の研究者も利用することができます。高速飛行のための基礎から応用まで、様々な研究開発が行われています。

- ・再使用型宇宙往還機の研究
- ・小型超音速飛行実験機の研究
- ・極超音速インテークの研究
- ・非定常空力現象の可視化/感圧塗料の研究

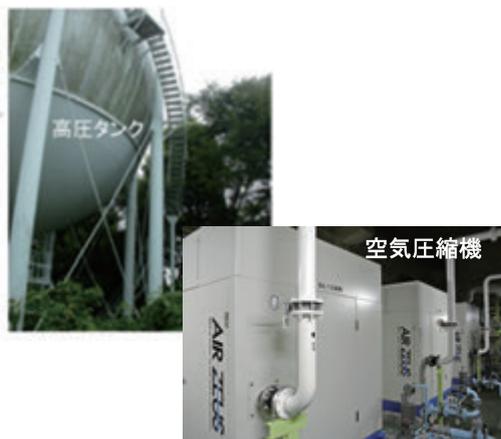
◆どこがどうスゴイ？

・最大でマッハ4(秒速1000m以上!)の超高速空気流を作ることができます。

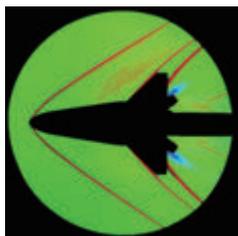
・ロケットの飛行環境を模擬するために重要なのが、レイノルズ数とマッハ数。本風洞では、模型とこれらの無次元数を現実と一致させることで、ロケットなどの飛行状態を高い精度で模擬することができます。



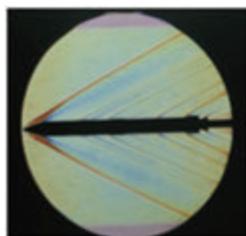
遷音速・超音速風洞: 風洞実験棟内の様子



高圧空気源設備



超音速機・ロケットのシュリーレン写真



はやぶさカプセル・柔軟構造エアロセルの試験用模型



高速気流総合実験(風洞)設備と、風洞設備における様々な模型による実験の様子

観たいものを観る 宇宙探査ロボットの研究

◆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、月や惑星の科学探査を行うため、自由に移動して探査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。そのため自律的に探査を行う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律機能
- 極限地形を走る移動メカニズム
- 宇宙の厳しい環境に耐えるロボット用コンポーネント

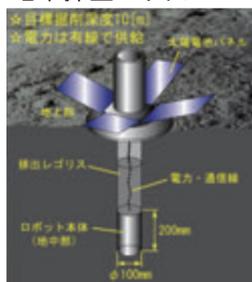
小惑星探査ロボット



マイクロローバ



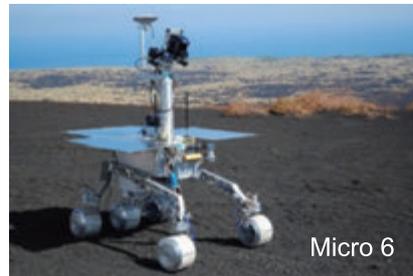
地中探査ロボット



ドリル駆動ローバ



研究開発中の探査ローバ



◆ここがスゴイ！

月や火星という極限的な環境で活躍するためには、効率よく確実に探査を行うことが要求されます。また、宇宙に持っていくためには、小型軽量低消費電力なロボットシステムが求められています。

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。

◆将来のロボットミッション(構想)

- 月着陸探査計画 (SLIM, SELENE後継探査, UZUME)
- 火星着陸探査計画 (MELOS)
- 小天体・小惑星サンプルリターン (ほか)

◆研究者から一言



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。



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。宇宙で人にできないことをやってのけ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！

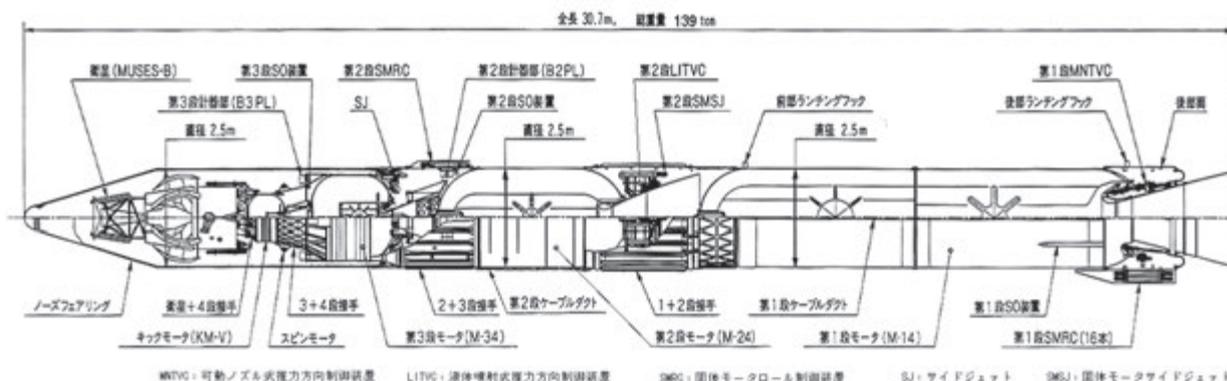
◆もっと詳しく知りたい人のために

http://robotics.isas.jaxa.jp/kubota_lab/index.html

(中庭-1)宇宙探査ロボット大集合

固体燃料ロケット M-Vロケット

Mロケットシリーズは、科学衛星や探査機を打ち上げるために開発された、固体燃料ロケットです。1号機の打上げ以来、途中4号機の失敗があったものの、2機の太陽系探査機と、4機の天文衛星を軌道に乗せてきました。2006年9月の7号機による「ひので」の打上げで、その役目を終了しました。その成果は、イプシロンロケットに引き継がれています。



M-V-1号機断面図



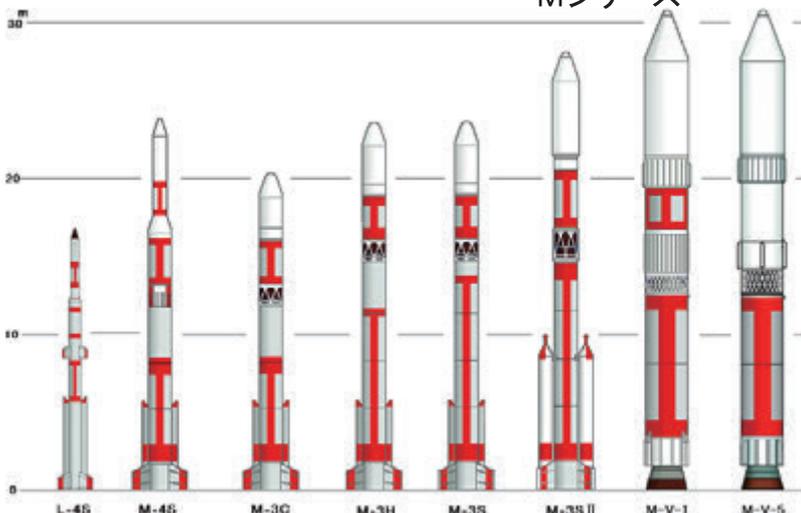
M-Vロケットの大きさ

全長: 30.7m
直径: 2.5m
重さ: 139トン

M-Vロケットで打ち上げられた科学衛星・探査機

- 1号機 (1997.2.12): 電波天文衛星「はるか」
- 3号機 (1998.7.4): 火星探査機「のぞみ」
- 5号機 (2003.5.9): 小惑星探査機「はやぶさ」
- 6号機 (2005.7.10): X線天文衛星「すざく」
- 8号機 (2006.2.22): 赤外線天文衛星「あかり」
- 7号機 (2006.9.23): 太陽観測衛星「ひので」

日本の科学衛星打上げロケット Mシリーズ



M-V-7号機打上げ(2006.9.23)
内之浦宇宙空間観測所