

宇宙ガールになろう！キャリア形成を支援します 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。

◆ 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ます：

(1) 安心して出産・子育て・介護を行える環境の整備

支援員の配置、保育・介護支援制度の活用により、出産や介護などによる離職を防ぎ、チームや個人のパフォーマンスの維持につとめます。

(2) 働き方の見直しによるワーク・ライフ・バランスの実現

誰もが、仕事、家庭生活、地域生活、個人の自己啓発など、様々な活動について、自ら希望するバランスで展開できる状態をめざします。

(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、適切な助言等を与えるJAXA内外の「メンター」の活用、スキル向上セミナーの活用により、能力向上をはかります。

(4) 女性研究者の採用・登用を拡大、意識啓発

数値目標と期限を掲げ、計画的に取り組めます。意思決定過程への参画促進、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

ホームページ等によるJAXA女性研究者の紹介、イベントの開催、進路やキャリア形成の相談をうけます。

(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、協力体制を築きます。



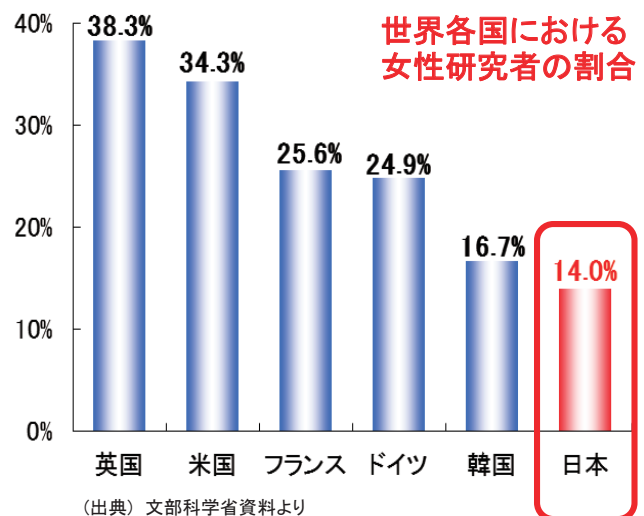
◆ もっと詳しく知りたい人のために

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

◆ 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のです。

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

男女共同参画推進室 室長・塩満典子



2013年10月より、JAXAも、文部科学省が推進する「女性研究者研究活動支援事業」に参加し、全国に広がる89実施機関の仲間入りを果たしました。

当室では、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います。

また、宇宙航空分野で活躍する先輩女性の見える化を図り、女子中高生、大学生・院生との交流を進め、次代を担う女性の参画を促進します。男女一緒に分け隔てなく、宇宙航空分野の夢を共有したいと考えています。

理工系職員が語る私の仕事

会場: 第一会場1階 ⑪

「仕事か生活かの二者択一から両立へ」 7/25(金), 26(土) 10:00-10:15

「理工系男性教職員が語る私の仕事と生活」 7/25(金) 10:30-11:00

「理工系女性教職員が語る私の仕事と生活」

7/25(金) 11:30-, 13:00-, 14:00-, 15:00- 7/26(土) 10:30-, 11:30-, 13:00-, 14:00-, 15:00 (各30分)

登壇者 プロフィール

7/25(金), 26(土) 10:00-10:15

男女共同参画推進室、新事業促進センター 塩満 典子(しおみつ のりこ)

主な職歴: 科学技術振興事業団国際室調査役、文部科学省宇宙政策課調査国際室長、奈良先端科学技術大学院大学教授、内閣府男女共同参画局調査課長・参事官、お茶の水女子大学教授・学長特別補佐、科学技術振興機構(JST)科学技術システム改革事業推進室長、JAXA調査国際部参事等を経て2012年より現職。

7/25(金) 10:30-11:00

ISAS 宇宙飛行工学
研究系 准教授

川勝 康弘(かわかつ やすひろ)

1998年NASDA就職。「かぐや」、「あかつき」、「あかり」、「SPICA」の軌道計画を中心としたアストロダイナミクスの研究、および深宇宙探査機のミッションデザインシステム開発に取り組む。

7/25(金) 10:30-11:00

ISAS 研究総主幹

満田 和久(みつだ かずひさ)

1987年ISAS宇宙圏研究系助手、助教授、教授を経て現在に至る。「すざく」のプロジェクトマネージャー等、歴代X線天文衛星の開発を手がけ、日本のX線天文学の発展に貢献。

7/25(金) 10:30-11:00

ISAS SE推進室

児子 健一郎(にこ けんいちろう)

1999年NASDA就職。さく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を行う。

7/25(金) 10:30-11:00

ISAS BepiColomboプロジェ
クト、SE推進室

前島 弘則(まえじま ひろのり)

修士課程修了後、1991年NASDA就職。環境観測技術衛星、月周回衛星、省庁出向等を経て、現在BepiColomboプロジェクトマネジメントを行う。

7/25(金) 11:30-12:00

ISAS ASTRO-Hプロジェクト、
SE推進室

小川 美奈(おがわ みな)

修士課程修了後、1992年NASDA就職。地球観測センター、筑波宇宙センター統合追跡ネットワーク技術部、研究開発本部軌道航法グループ(併任)等を経て、現在、ASTRO-Hのシステムズエンジニア。

7/26(土) 10:30-11:00

ISAS 太陽系科学研究系
助教

大竹 真紀子(おおたけ まきこ)

月周回衛星「かぐや」観測機器開発、月科学研究を経て、現在、月科学研究、将来月惑星探査検討、「かぐや」データ校正処理、「はやぶさ2」機器開発に携わる。

7/25(金) 13:00-13:30, 7/26(土) 14:00-14:30

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。

7/26(土) 11:30-12:00

ISAS航法・誘導・制御グループ
SE推進室

廣瀬 史子(ひろせ ちかこ)

研究開発本部軌道航法グループ

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。

7/25(金) 14:00-14:30

会津大学 准教授

奥平 恭子(おくだいら きょうこ)

2006-2008年JAXA宇宙科学研究本部 宇宙情報・エネルギー工学研究系研究員。2008年より会津大学へ。現在、企画運営室、CAIST(先端情報科学研究センター)も兼務。

7/26(土) 13:00-13:30

ISAS 太陽系科学研究系
准教授

松岡 彩子(まつおか あやこ)

1994年 ISAS太陽系プラズマ研究系助手、文部省在外研究員、ISAS宇宙プラズマ研究系助手を経て、現職。「あけぼの」プロジェクトマネージャ。

7/25(金) 15:00-15:30

ISAS ジオスペース探査衛星
プロジェクト、SE推進室

仁田 工美(にった くみ)

メーカー勤務ののち、博士課程終了後、2005年JAXA就職、研究開発本部 電源グループ、未踏技術研究センターデブリユニット・研究推進部を経て現在に至る。

7/26(土) 15:00-15:30

第二衛星利用ミッション本部

油井-山下 由香利
(ゆい-やました ゆかり)

2000年NASDA就職、地球観測研究センター研究員の後、地球観測研究センター・ISAS・研究開発本部の主任開発員。現在、地球観測光学センサ開発を担う。

日本の宇宙科学研究の中核 JAXA宇宙科学研究所

◆ここでは何をしているの？

宇宙科学研究所は、宇宙航空研究開発機構(JAXA:ジャクサ)の宇宙科学分野を担当しています。宇宙科学研究所では、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、宇宙ステーションなどを利用して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を中心とした研究を進めています。

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はたしています。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。



◆なぜ宇宙で研究するの？

例えばX線や遠赤外線などは地球大気に吸収されてしまうため、これらの電磁波で宇宙を観測するためには大気の外に出る必要があります。赤外線天文衛星の「あかり」やX線天文衛星の「すざく」などがこれに当たります。

また、地球の大気がかげろうとなって星をまたたかせたり太陽の像をゆがめたりするので、鮮明な画像を取るためには大気の外から観測した方が有利です。太陽観測衛星の「ひので」などがこれに当たります。

電波天文衛星の「はるか」は干渉計という技術で地上のアンテナと結合させて、地球よりも大きなサイズの電波望遠鏡を作るために、アンテナを宇宙に打ち上げました。

国際宇宙ステーションなどの宇宙環境を利用した材料や生物の研究も進められています。

太陽系天体の探査では研究対象そのものに直接近づきます。ハレー彗星を観測した「さきがけ」や「すいせい」、小惑星探査機「はやぶさ」、月周回衛星「かぐや」、金星探査機「あかつき」などです。

◆何人ぐらいが働いているの？

2014年7月現在、相模原に在勤の職員数は441名(うち教育職員が128名)です。相模原キャンパスでは宇宙科学研究所や宇宙教育センターや月・惑星探査プログラムグループなどのJAXA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？

日本初のロケット発射実験(1955年)、日本初の人工衛星「おおすみ」の打ち上げ成功(1970年)など、日本の宇宙科学研究の始まりからずっと研究開発をしてきました。ハレー彗星の共同観測(1986年)では、困難な政治情勢の中、日米欧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、月周回衛星「かぐや」による月全域の詳細観測など、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？

今後予定されているプロジェクトは、国際X線天文衛星ASTRO-H、ジオスペース探査衛星(ERG)、水星探査機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(つねた さく)です。

この宇宙科学研究所は、宇宙の構造と進化を追求するために大気の外に出て観測を行う天文科学、月・惑星・小惑星の構造と起源を探り、太陽系の生い立ち、ひいては生命の起源にも迫る太陽系科学、そして新たな宇宙への可能性を切り開く宇宙工学といった幅広い分野の最先端研究の拠点となっています。

どこまでこの広大な宇宙の謎に迫ることができたのか、研究者や学生と直接話してみてください。

◆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

ボくら 宇宙かがく大好き！ ウチューンズ

宇宙科学研究所の子ども向けホームページだよ。みんな見に来てね！

ウチューンズ

検索



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

宇宙科学研究所

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す。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 と大きく変化をします。

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になります。他にもたくさんの、基地としての利点が挙げられます。月の縦孔・地下空洞は、月面基地として最適なのです。

月基地として最適な縦孔・地下空洞

● 天井の存在

放射線・紫外線・隕石衝突、隕石衝突の際の飛散物から機器や人が守られる

● 定常な温度

赤道域で、 -20°C 付近

● 広大な空間

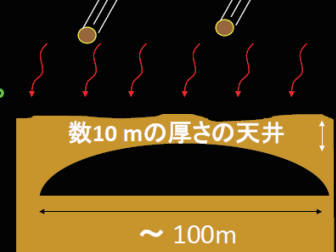
数10mの高さ 100mに及ぶ幅 数km以上の長さのところも？

● 平滑で堅固な床面

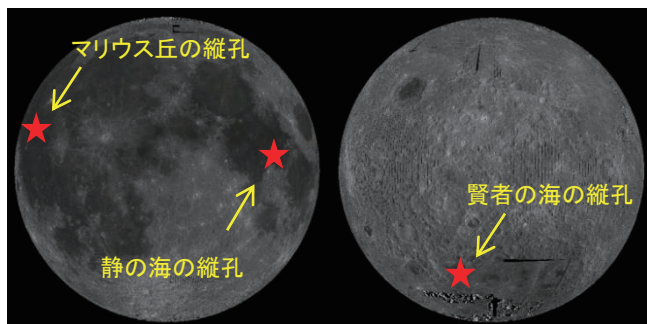
● 高い密閉性

● 塵の無い空間

● 安定な光環境



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で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、火山の熱、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、UZUME (Unprecedented Zipang Underworld of the Moon Exploration: 空前絶後の日本の月地下世界探査／うずめ)と名付けました。「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です。UZUMEのMは、MoonのMにとどまらず、Mars(火星)や小天体(Minor Body)のMにもなっていく壮大な計画です。UZUMEのプロジェクト化に向けて是非、応援ください！

UZUME計画は、今後、以下のホームページでも紹介される予定です。

<http://www.srg.mech.keio.ac.jp/uzume/>

PC、スマートフォンから
QRコードでもアクセス！→



◆月縦孔・地下空洞探査 展示場所



(1-5) 月惑星の縦孔・地下空洞探査

太陽系の謎に挑む研究者達によるミニリレー講演

太陽系科学研究系

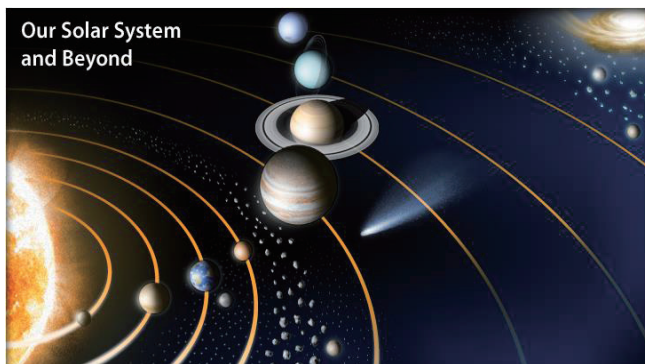
◆太陽系科学研究系とは？

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。

観測データを用いた解析研究と、コンピュータシミュレーションを中心とする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きます。

さらに、新たな謎に挑むためのプロジェクト推進、観測機器の新規開発も行う事で、太陽系科学研究分野をリードしていきます。

Our Solar System
and Beyond



◆リレーミニ講演！

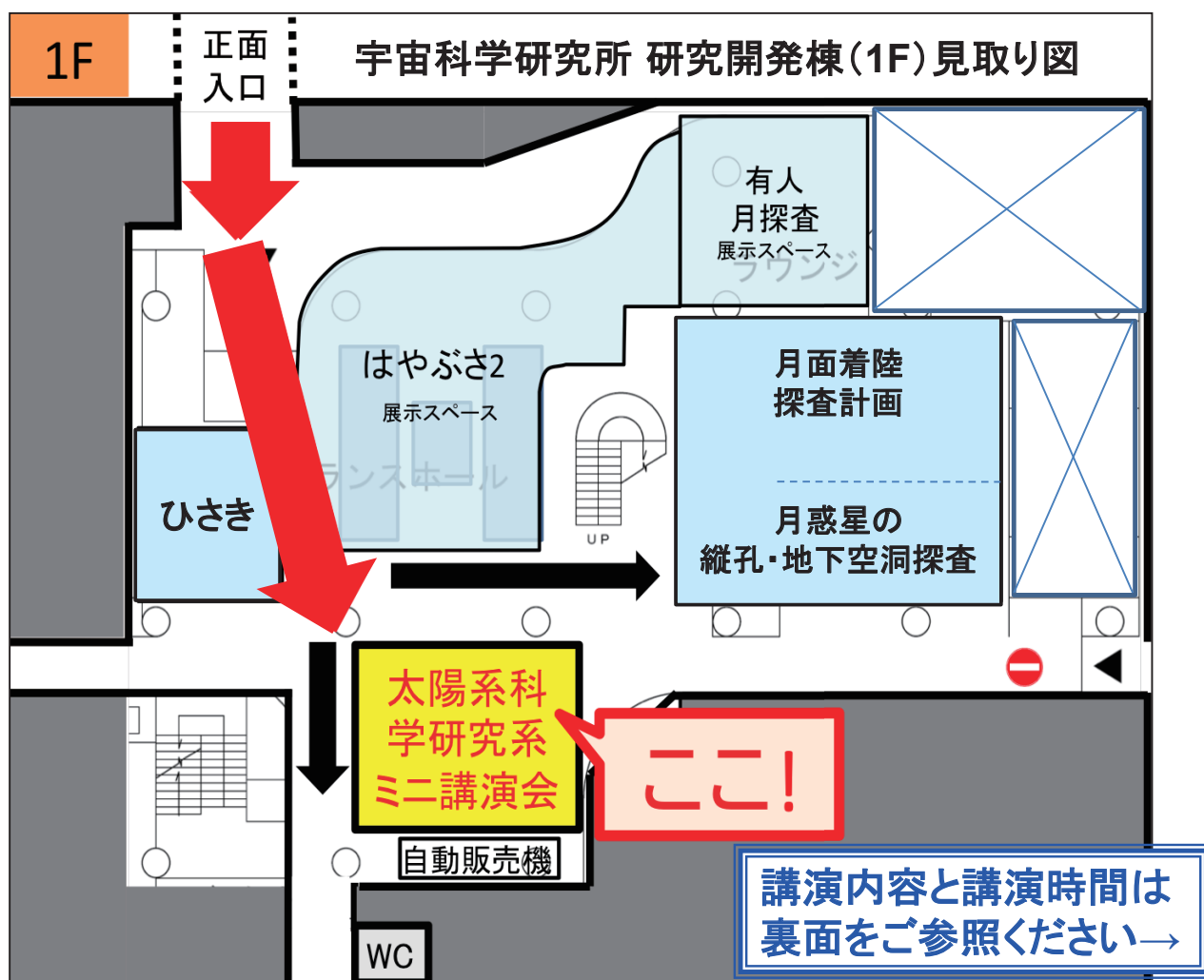
今回、太陽系科学研究者達が取り組む研究、これまで分かってきた最前線の研究成果などを紹介します。講演は一人15分程度ですが、質問時間をたくさんとる予定です。

◆私たちのホームページ

私たちの研究は、以下のホームページで紹介しています。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！



太陽系科学研究系

講演予定表

25日(金)				
順	開始	終了	講演タイトル	講演者
1	10:00	10:15	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	松本 純
2	10:20	10:35	プラズマユニバース	藤本 正樹
3	10:40	10:55	はやぶさ2 最新ニュース	田中 智
4	11:00	11:15	「ひので」が見た太陽	飯田 佑輔
5	11:20	11:35	電波で惑星をさぐる	安藤 紘基
6	11:40	11:55	宇宙嵐の謎に挑む ジオスペース探査衛星 ERG	高島 健
7	12:00	12:15	はやぶさが見たもの、持ち帰ったもの	安部 正真
8	12:20	12:35	「ひので」が見た太陽	岡本 文典
9	12:40	12:55	木星大気の魅力	佐藤 隆雄
10	13:00	13:15	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	中条俊大
11	13:20	13:35	「ひさき」のきぼう	山崎 敦
12	13:40	13:55	観測機器を宇宙に持って行くために	三谷 烈史
13	14:00	14:15	「ひので」が見た太陽	坂尾 太郎
14	14:20	14:35	大気大循環モデル ～コンピュータのなかの天気～	樫村 博基
15	14:40	14:55	宇宙の渦とらせん	長谷川 洋
16	15:00	15:15	はやぶさ2:小惑星に水を求めて	岩田 隆浩
17	15:20	15:35	「ひので」が見た太陽	清水 敏文
18	15:40	15:55	「ひさき」のひみつ	吉岡 和夫

26日(土)				
順	開始	終了	講演タイトル	講演者
1	10:00	10:15	「ひさき」のはてな	村上 豪
2	10:20	10:35	「ひので」が見た太陽	松本 琢磨
3	10:40	10:55	月に地震?	小林 直樹
4	11:00	11:15	プラズマユニバース	藤本 正樹
5	11:20	11:35	計算機の中の金星大気	杉山 耕一朗
6	11:40	11:55	「ひので」が見た太陽	渡邊 恭子
7	12:00	12:15	UZUME: 月の縦孔・地下空洞探査	春山 純一
8	12:20	12:35	「ひさき」のともだち	木村 智樹
9	12:40	12:55	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	松本 純
10	13:00	13:15	あかつきが目指す星、金星	今村 剛
11	13:20	13:35	「ひので」が見た太陽	坂尾 太郎
12	13:40	13:55	月の裏のお話	大竹 真紀子
13	14:00	14:15	宇宙嵐の謎に挑む ジオスペース探査衛星 ERG	高島 健
14	14:20	14:35	「ひさき」のやぼう	山崎 敦
15	14:40	14:55	「ひので」が見た太陽	清水 敏文
16	15:00	15:15	はやぶさ2が掘り出す宝物	早川 雅彦
17	15:20	15:35	宇宙の渦とらせん	長谷川 洋
18	15:40	15:55	ソーラー電力セイルで挑む太陽系の未踏の地	中条 俊大

宇宙にふれることで色々なことを学び・体験しよう

宇宙教育センター

◆宇宙教育って？

宇宙教育では、宇宙を通して子どもたちの「好奇心」、「冒険心」、「匠の心」の3つの心を育みます。宇宙という視点で自然や生命、科学の素晴らしさに触れると、身の回りの事柄にこれまで以上に生き生きと接することができるでしょう。宇宙教育センターではこの最初のきっかけ作りを大切に考えています。また、3つの心の基盤に「いのちの大切さ」があってこそ、これからの国づくり・未来を担う大きな力となっていくのではないかと考えるのです。



◆「コズミックカレッジ」って知ってる？

宇宙をテーマにした宇宙教育プログラム「コズミックカレッジ」は、宇宙の知識の習得だけでなく、実験・体験を重視したプログラムです。日本全国の科学館や教育機関、YAC(日本宇宙少年団)分団などの社会教育団体、企業等と宇宙教育センターが協力して、主に土日祝日や夏・冬・春休み期間に開催しています。

小学校2年生以下の児童と保護者の親子で参加する「キッズコース」と小学校3年生～中学校3年生を対象とした「ファンダメンタルコース」、宿泊型の「ホンモノ体験」の3コースを、実施しています。今年も全国で開催していますので、宇宙教育センターウェブサイトアクセスしてみてください。



◆学校や家庭でも宇宙を学べるの？

学校の先生方と連携し、「宇宙」を基にした魅力的な授業作りをお手伝いする支援活動もしています。これまで、理科だけでなく社会や国語、家庭科や芸術などのあらゆる分野の教科で、宇宙を活用した授業が生まれています。

また、コズミックカレッジのような集合形式の活動を年に数回行うスクーリング授業と、その間に挟まった家庭学習で構成された「宇宙の学校」も全国で増えてきています。この家庭学習では親子で学べるテキストを用いて、身の回りにある材料を使って手軽に実験や工作を楽しむことができます。

このほかにも、海外の国際会議などへ先生や学生を派遣する支援活動も行っています。



◆関係者から一言

宇宙教育センター長の広浜栄次郎です。まだまだ謎の多い宇宙。宇宙の探求・ロケット・人工衛星・国際宇宙ステーション・宇宙飛行士のことなど、宇宙について色々な話をしてみませんか？きっと楽しい発見がありますよ。

◆もっと詳しく知りたい人のために

宇宙教育センターウェブサイト <http://edu.jaxa.jp/>
（“宇宙教育”で検索！）



(1-8) 宇宙教育センター

宇宙まで飛ばそう☆ かさ袋ロケットを作ろう

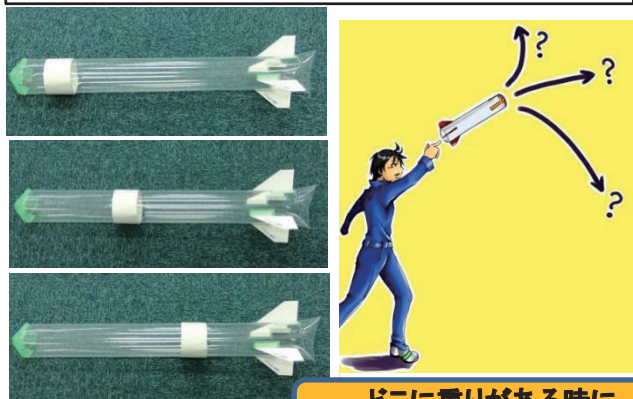
◆かさ袋ロケットのつくり方



- ・できるだけパンパンにふくらませてね。
- ・空気が逃げないように、袋の口をしっかりねじってとめる。



◆おうちでやってみよう！



今回は、両面テープではなくセロハンテープを使います。できるだけ同じ間かくで羽根をつけるといいよ。

どこに重りがある時に一番遠くまで飛ぶかな？

◆解説

重力の中心と空気力の中心

地球の重力は、かさ袋ロケットのあらゆる部分に働いてその中心を重力中心（重心）といいます。ロケットが横から力を受けると、機体はこの重心を中心に回転します。

また、ロケットは飛行中、空気の流れによる力（空力）を受けます。空気からの力を受けている部分の中心を、空気力中心（空力中心）といいます。ロケットは飛行中、重力と空力を受けますが、重力中心と空力中心の位置が、安定飛行に大きく影響します。

空力安定（風見鶏効果）

空力を利用して姿勢を安定させることを、空力安定といいます。風見鶏がつねに風上を向くことと同じ原理なので、風見安定ともいいます。

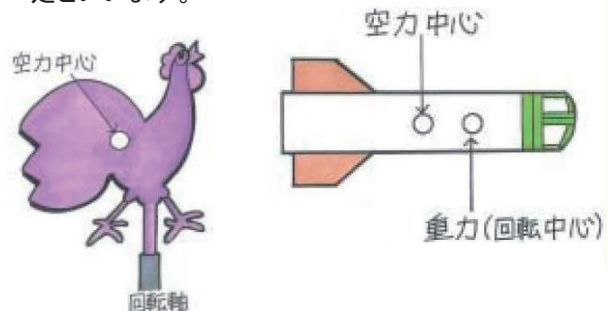
風見鶏が風の吹いてくる方を向くかどうかは、回転の中心（重力中心）と空力中心の位置関係によって決まります。風見鶏の動きで、その関係を見てみましょう。

ロケットは移動しているので、風見鶏のように固定された回転軸はありません。ロケットの回転軸は重心ということになります。

ロケットをまっすぐ安定飛行させるには、風見鶏と同じように、ロケットの空力中心を重心の後ろにする必要があります。尾翼を後ろに付けると、尾翼に働く空力が大きくなるので、空力中心が後ろに移動し、ロケットの先端はいつも前方を向いてまっすぐ進むのです。

紙をかさ袋ロケットに巻き付け、動かせる重りを作ります。重りが先端にある時、真ん中にある時、後ろにあるとき、ロケットの飛び方はどう変わるでしょう？

風見鶏は、回転軸を中心に、尾がある方の面積を、くちばしがある方の面積より大きくしてあります。風見鶏に横から風があたると、尾の方がより大きな風圧（空力）を受けるため、尾がある方を後ろに押しやるように回転します。風見鶏が、風上を向いたときだけ回転が止まって安定するこの性質を、風見安定といいます。



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。

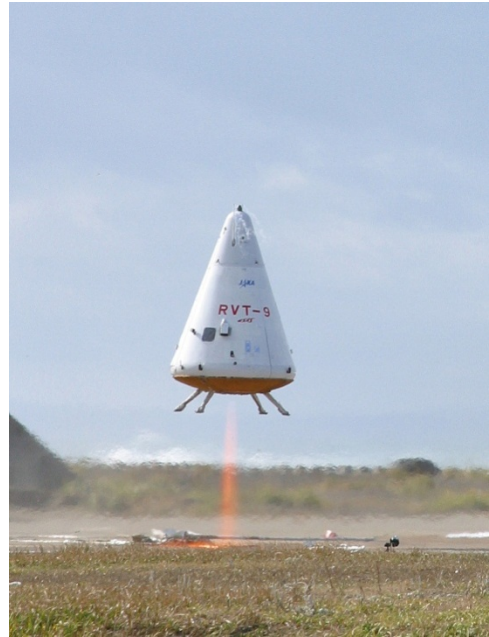
◆宇宙旅行に行くには？

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、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はいけないので、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はいけません。

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はいけません。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はいけません。

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

簡単に繰り返し宇宙まで飛ぶことができるロケットが作れたら、今とはまったく違った「宇宙の使い方」ができます。たとえば巨大な太陽発電衛星を作って、電気を地球に送ることができれば、将来の地球のエネルギーの問題を解決することにつながるかもしれません。実際に繰り返し飛ぶことができるロケットを作ってみて、それを何度も飛ばしてみることで将来の本格的な再使用ロケットを作るための技術を身につけることが私たちの研究の目的です。再使用できるってこんなにいいことがあるんだよ、ということを私達だけでなくみなさんにも知ってもらいたいと思っています。

◆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





大学・研究機関×宇宙＝無限大！？ 大学・研究機関との連携・協力



大学・研究機関連携室は、JAXAと大学や研究機関とを結ぶ、いわば架け橋のような部署。
JAXAでは共同研究をはじめ、全国各地の大学等との間で協力活動が行われていますが、
ここでは連携協力協定を締結している大学・研究機関の中から、ホットピックスをご紹介します！

from 北海道大学

◆「みちびき」利用で農業機械がロボット化？ —北大農学部で測位データを利用した実証実験実施中—

北海道大学農学部では、準天頂衛星初号機「みちびき」の測位信号を使って農業トラクターをロボット化する研究が行われているよ。自分の位置を正確に把握することで、自動走行だけでなく、水や肥料・農薬をまくこともできるよ。最新の研究結果では、なんとトラクターの動きを数センチ単位で知ることができるようになったんだって！人工衛星と農業トラクターが力を合わせることで、農業の未来が変わるかもしれないね！



田植え前の大事な準備作業「代かき」
2台のトラクターが衛星「みちびき」と通信しながら
協調・連携して作業を行っています
(写真提供：北海道大学)



軌道上での準天頂衛星「みちびき」
(イメージイラスト) ©JAXA

from 東京大学

◆ みんなで宇宙開発のルールを作っていこう！ —東京大学公共政策大学院宇宙政策分野で講座開講中—

みんなは「ガバナンス」って単語、聞いたことあるかな？簡単に言うと、みんなの意見をまとめて、ものごとを決めることだよ。宇宙開発を進めるためには、色々な人の意見を聞いて目的やルールなど進め方を決めなくてはならないんだ。東京大学公共政策大学院の宇宙政策講座では、日本や外国の動きを紹介しながら、みんなで意見を出し合って宇宙開発の進め方について学んでいるよ。JAXA職員による講義のようす



東大大学院 宇宙政策講座
JAXA職員による講義のようす

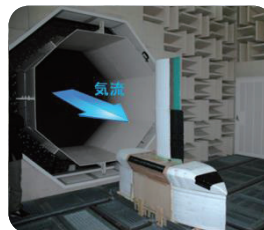
from 九州大学

◆ JAXA職員が先生！ 大学でJAXA連携講座が受けられる！ —九州大学大学院工学研究院 航空宇宙工学部門で 連携講座を開講中—

飛行システム技術に、風洞試験技術、複合材技術……。どれも難しそうな技術だけど、航空分野ではとても大切な技術ばかりなんだ。こういった航空技術に関する講座をJAXAと協力関係にある大学では、まとめて学んで研究することもできるよ。しかも、先生はJAXA職員！もしかすると、いつもより集中力が増して研究がどんどん進むかも？！

(右上に続きます)

(左下からの続き)



九州大学の風洞試験設備と
風洞内に設置した翼の模型
(写真提供：九州大学)

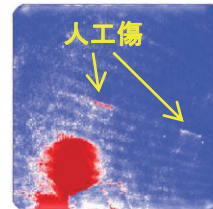


JAXAの施設も見学できたり、
さらに研究ガンバルぞ～！
(写真提供：九州大学)

from 産業技術総合研究所(AIST)
&
物質・材料研究機構(NIMS)

◆ 超音波の「目」で材料の傷みを調べる研究とは？ —AIST, NIMSとJAXA、非破壊検査技術で相互連携協力—

ロケット開発を担当しているJAXAにとって、部品にさわる前にその部品の傷みが分かる研究はとても大切なんだ。実際に目で見て分からなくても、超音波を使えば傷んだ部分がすぐに分かるからだ。AIST、NIMS、JAXAの研究機関で、まさに「3本の矢」のごとく、それぞれの得意分野を活かして研究開発を進めているよ。

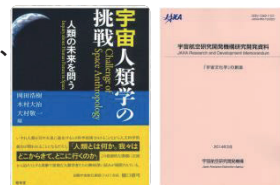


非破壊検査用の試験設備(左)と試験で見つかった傷のようす(右)

from 神戸大学

◆ 宇宙と人間の文化との関わりを考える —神戸大学を中心とした文化研究、続々と成果—

JAXAと人文・社会科学分野に関する連携協力協定を結んでいる神戸大学が中心となって、続々と研究成果が出ているよ。たとえば、宇宙人へメッセージを送る人々、宇宙開発に携わる人々など、人間文化と宇宙との関わりを人類学という学問から問いかけた『宇宙人類学の挑戦』が刊行されたり、アポロ11号月面着陸が映像メディアや人々のイメージに与えた変化についての研究も学会で発表されたりしたんだ。神戸大学の学生さん達も、JAXA連携講座「宇宙文化学」を通して、言語学や国際関係、教育問題といった視点から、宇宙と文化との関係を考察した成果をレポートにまとめてくれたよ。



神戸大学では、文化人類学や映像学など
色んな分野の先生方が研究しています

◆ もっと詳しく知りたい人のために(大学・研究機関連携室)

<http://collabo-univ.jaxa.jp> (ブログ、Twitter、Facebookも開設しています)

(1-10) JAXAで学ぶ大学院生

教えて！藤井先生！！

～今話題の「リニアモーターカーからNASAのことまで～」

宇宙科学研究所 教授(工学博士) ふじい こうぞう
大学・研究機関連携室 室長 **藤井 孝藏 博士**



1951年山梨県甲府市生まれ。
東京大学で航空工学を学んだ後、NASAエイムス研究所、東京大学、航空宇宙技術研究所、宇宙科学研究所を歴任。惑星探査用航空機機体設計や流体制御小型デバイス、衝撃波、渦流れと音響発生に関わる流体力学などの研究を行っています。

－専門の航空宇宙工学ではどんな研究していますか？

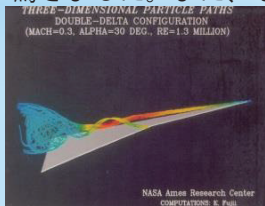
空気の力を上手に利用して、ロケットや飛行機を上手く飛ばすための研究をしています。火星を調べ火星大気の中で飛行機を飛ばすための準備をしています。それらの技術は、鉄道、車、扇風機、エアコン等の日常生活の製品にも活かすことができます。

－宇宙・航空の世界を志すきっかけはありましたか？

子供の頃から、飛行機のプラモデルや機械いじりが好きで、大学での進路も航空にしました。しかし、「団塊の世代」のしっぽの年代だったため、大学院博士課程を修了しても良い職が見つかりませんでした。そんな時にある論文がNASAの目に留まり、日本を出て研究員としてアメリカ(NASA)に行くことができました。そこで優れた研究者と出会えたことから航空宇宙工学の世界が面白くなりました。職がなかったことに感謝ですね。

－NASAはどんなところでしたか？

NASAのエイムス研究所※1では、**スペースシャトル**や**HOPE**のようなスペースプレーンが使う、**デルタ型の翼**の設計の研究をしていました。NASAの研究所は軍の敷地にあるため、入口に銃を持った兵士がいて驚きました。また、なんと言っても、コンピュータが日本とは格段に違いました。当時(1980年頃)、日本では端末もほとんどない時代に、NASAでは画像が表示できる端末や、世界最高速のスーパーコンピュータを占有的に使えました。



【デルタ翼と流れの様子】

－先日、リニアモーターカーに試乗したそうですね。(以下、リニアと略します)

乗り心地は、まず快適ですね。距離は43^{キロ}ほどあり、ほとんどトンネルですが十分に体験できます。実は、リニアが新幹線並みに快適になるよう、JR東海に協力しています。新幹線より速度が速い分(東京-大阪が1時間くらい)難しいですが。



【リニアモーターカー】(株)JR東海提供

－どういうきっかけでリニアにも関係が？

ある日、建設会社の人々が訪ねてきました。将来のリニアのトンネル工事の受注を目指して、トンネル突入時に高速列車が作る微気圧波という衝撃的な音波の予測技術を獲得したいという話で、入社したての若い技術者(現在、某大学の常務理事です)を私の研究室に送ってきました。

当時、**M-Vロケット**が開発途上で、その保安距離※2を評価し、安全を確認するために弱い圧力の波を捉えるシミュレーション手法を開発していましたが、その技術を活かしたいということで研究がはじまったのです。

その後、東海道新幹線の走行中に、石が飛んで窓ガラスにひびが入ったことが新聞等で話題になり、TV番組の依頼でシミュレーションを実施しました。それを見たJRの方が「**500系新幹線**」の開発に「この技術を利用したい」と言ってこられ、輸送側企業との共同研究がはじまりました。さらに、JR東海の**700系**の新幹線開発にも間接的に関わり、現在のリニアに関する共同研究に至っています※3。宇宙ではないですが社会の役に立つこともあり、シミュレーション技術の検証にもなるので引き受けました。

科学技術には共通となる現象があり、何がきっかけになるのかわからないものです。

藤井先生のかばんの中身大公開!!

- ①かばん
- ②JAXAのIDカード
- ③学会等のカード
- ④電池、お茶、歯ブラシ等
- ⑤ルーター
- ⑥打合せ資料
- ⑦マウス
- ⑧Mac
- ⑨PCケーブル等
- ⑩ペン
- ⑪名刺
- ⑫封筒
- ⑬マスク
- ⑭ハンカチ、耳栓等



一見するとビジネスマンのような持物にも見えますが、打合せ資料や学会のカードなど研究者アイテムもチャリ。どこに行く時も、このようなセットが収められているかばんを持っているようで、学会に出席したり、海外の研究者と会議をするため世界を飛び回っている科学者です。

Q 藤井研究室では外国人の学生・研究者が増えているそうです。その人たちが共通して書ける漢字・文字は何でしょうか？

－宇宙・航空分野の今後の展望を教えてください。

飛行機のように離着陸して宇宙に行くことができるようになるでしょう。方式は少し違いますが、地上から100^{キロ}の高度(地球を見ることが出来る距離)であれば、10年位で少し贅沢な旅行のように行けるようになるのでは。かなり先になりますが、(期待も込めて) **フラップ**※4なしで飛べる飛行機が現れるでしょう。そのための研究を進めています。



【フラップ】

－科学者をめざす皆さんにメッセージをください。

「WISH IT, DREAM IT, DO IT !!」です。

講演を頼まれ、米国の大学に行ったときに古道具屋でパネルを見つけました。今、研究室に飾ってあります。最初に思い付いて、出来ると良いなと考えたら、まずやることです。

やってみると意外にできます。こうしたいと思ったらがんばる。どうすればできるのか、工夫しましょう。そして、楽しくやることです！！

最近の若い人はあまり海外へ行きたがらないと聞きます。普段と違う環境、文化に触れることは、とても有意義ですよ。

※1 カリフォルニア州のサンフランシスコから南に40キロのシリコンバレーにある研究所。

※2 万一の爆発事故の際の安全を確保するための基準。

※3 一連のいきさつは、本年6月に出版された「新幹線を飛行機に変えた男たち(前田孝則著)」に詳細に至るところまで紹介されている。

※4 飛行機の主翼後縁にあり、離着陸時など低速でも大きな揚力を得るための小翼。今はこれがないと飛べない。

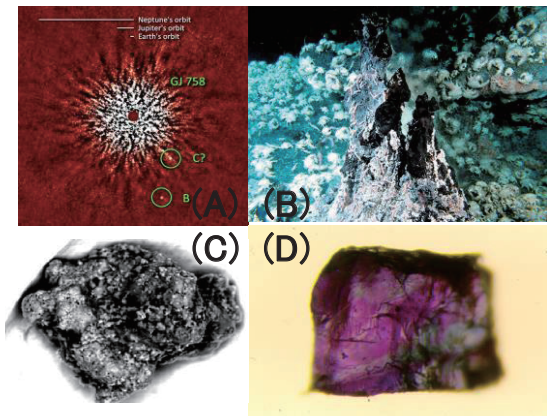
宇宙に生命を探す (1/2)

アストロバイオロジー研究

◆最も古くて、新しい問いかけ

いつの時代でも人は誰も、「自分が何者で、どこから来て、どこへ行くのか?」と、自らに問いかけてきました。そして宇宙の始まりと行く末を見極めるために「天文学」が発達し、いのちの働きとその本質を理解するために「生物学」も発展していきました。しかし、同じ問いかけから出発したこれら二筋の探求が交わるような科学成果は、長い間実を結びませんでした。

20世紀終盤になって初めて天文学者は、私たちが住む太陽系の外側に、地球に似た天体を育む惑星系を発見しはじめました。同じ頃、物質科学者は地球に降り注ぐ隕石や宇宙塵の中に生命や海の原材料を見出し、海洋科学者も深海底に地表とまったく異なる生態系を発見しました。これらの発見の積み重ねによって、私たちは史上初めて、地球生命以外のいのちとそれを育む外宇宙の環境について、科学的に探求できる世代となりました。



(A) すばる望遠鏡が撮像した系外惑星候補 (提供: NAOJ); (B) しんかい6500が探査した沖縄の熱水鉱床生態系 (提供: JAMSTEC); (C) 南極氷床で採取された有機物含有宇宙塵 (提供: 矢野創・野口高明); (D) 隕石中の岩塩に閉じ込められた液体含有物 (提供: M. Zolensky, et al.)

◆宇宙科学の新しい「焼き鳥の串」

こうした時代の流れに呼応するように、世界中の学術界と欧米の宇宙機関は「アストロバイオロジー」というパラダイム(ものの見方)を提唱しました。それは、これまで地球上でだけ通用してきた「生物学(バイオロジー)」を、物理・化学・地学と同様に、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。

つまりアストロバイロロジーとは「新しい研究分野」ではなく、生物学という「焼き鳥の串」で、あらゆる既存の宇宙科学分野を繋いでいく「新しいパラダイム」なのです。

◆ISASのアストロバイオロジー貢献

現在の宇宙に地球人類と交信可能な技術を持った知的文明の数(N)を推定する「ドレイク方程式」とは、次のようなものです。

$$N = R \times fp \times ne \times fl \times fi \times fc \times L$$

R : 天の川銀河系で恒星が形成される頻度(個/年)

fp : 恒星が惑星系を持つ確率

ne : 惑星系の居住可能領域に惑星が誕生する確率

fl : 上記の惑星で生命が発生する確率

fi : 発生した生命が知的生命体にまで進化する確率

fc : 知的生命体が星間通信を行う確率

L : 星間通信を行う文明が存続する期間(年)

アストロバイオロジーは、これら全てのパラメータを科学的に確定させる研究の集合体とも言えます。そのうち、宇宙望遠鏡、深宇宙探査機、宇宙環境実験などを担当する現在のISASが探求できるパラメータはR, fp, ne, flでしょう。つまりISASは、欧米の宇宙機関ほど自覚的でなくても、アストロバイオロジー研究に直接貢献できる宇宙科学研究をすでに実施したり、計画しつつあると言えます(下表と次ページの図を参照)。

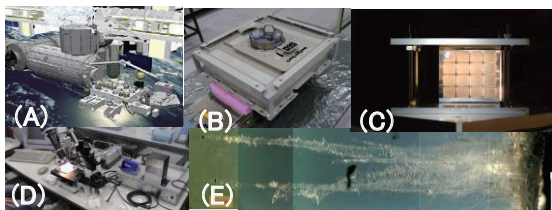
アストロバイオロジーの諸課題	日本の研究手法例 (太字下線はISAS計画・構想)
(0) 宇宙の起源	理論、すばる、TMT、SKA
(1) 惑星系形成	理論、すばる、ALMA、 <u>あかり</u> 、 <u>SPICA</u>
(2) 有機物合成	野辺山、ALMA、 <u>あかり</u> 、 <u>SPICA</u>
(3) 生命生存可能性 (ハビタビリティ)	理論、 <u>ひので</u> 、 <u>Mars2020/MELOS</u> 、 <u>JUICE</u> 、 <u>エンセラダスサンプルリターン(SR)</u>
(4) 生命前駆体 (太陽系内有機物)	隕石・宇宙塵分析、流星観測、 <u>たんぼぼ</u> 、 <u>はやぶさ2</u> 、 <u>ソーラー電力セイル</u>
(5) 地球形成	理論、 <u>月探査(かぐや1,2)</u>
(6) 地球史	地質学、ちきゅう(深海底掘削)
(7) 化学進化、 生命の起源	合成生物学、地球化学、 <u>たんぼぼ</u>
(8) <u>パンスペルミア</u> (生命天体間伝播)、 微生物生態系	しんかい6500、南極観測隊、 <u>成層圏・大気球・再使用型観測口ケツト採取実験</u> 、 <u>たんぼぼ</u>
(9) 地球外生命探索、 生命の進化	地質学、分子進化学、 <u>Mars2020/MELOS</u> 、 <u>エンセラダスSR</u>
(10) 地球外文明探索	SKA、光学・電波SETI

アストロバイオロジー研究



◆「どうすればできるか？」を考える

深宇宙探査ならではの貢献は、「生命前駆体の採取分析」、「太陽系内のハビタビリティ調査」、「地球外生命の探索」が代表的です。特に近年、エンセラダスなど木星・土星の氷衛星の内部海から海水の噴出が発見されています。火星と地球の間では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、氷天体海水試料の採取・分析が期待されています。もちろん、土星圏への往復航行には、まだはるかに探査技術が足りません。だからこそ、「なぜできないか？」を言い訳するのではなく、「どうすればできるか？」を考えていきたいと考えています。その技術・運用経験の第一歩としても、ISSきぼう曝露部で実施する「たんぽぽ実験」の成功に、期待がかけられています。



たんぽぽ:ISSきぼう曝露部(A)上のExHAM/パレット(B)に捕集パネル(C)と曝露パネルを搭載。地球帰還後、ISASキーストーンマシンで(D)宇宙塵や地球周回粒子の衝突痕(E)を分析する。(提供:JAXA、矢野創)

◆関係者から一言



JAXA宇宙科学研究所・学際科学研究系・宇宙生物・物質科学実験室(LABAM)のスタッフ同です。21世紀の宇宙科学の中心課題となる「アストロバイオロジー」研究を、日本でも宇宙実験・探査を通じて着実に推進するため、宇宙工学・太陽系科学・極限環境微生物学などの研究分野を越えて集まった仲間、2012年から実験室を始動させました。まずは2015年より国際宇宙ステーションで始まる「たんぽぽ」実験から、小さくても確かな第一歩を踏み出そうとしています。皆様のご指導と応援をよろしくお願いいたします。

◆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>

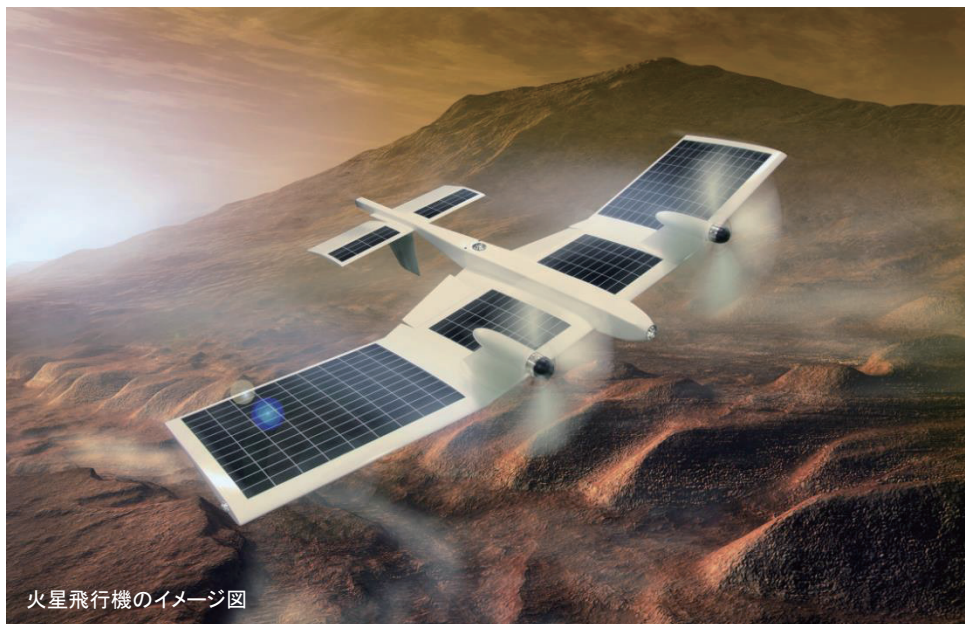
100分の1の大気の中を飛ぶ 火星飛行機

◆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。

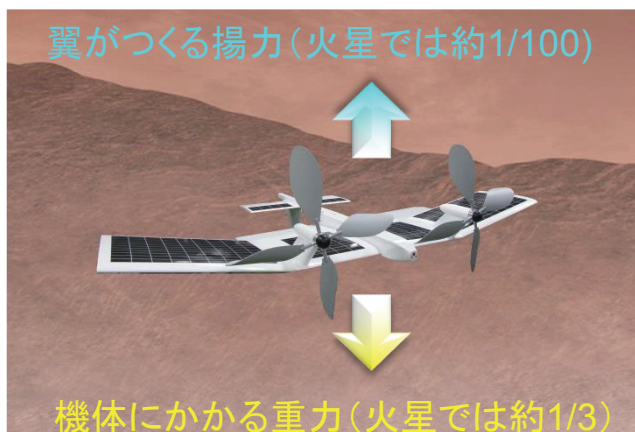
▲地球と火星の大気の違い

	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。

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？

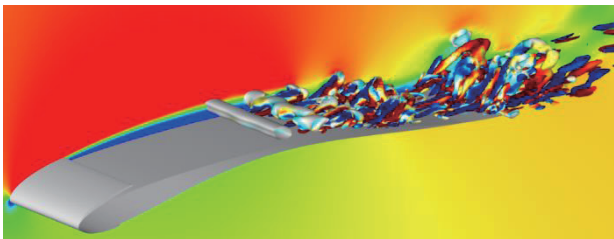
まず、地球と火星の間を電波が往復するのに10分以上の時間がかかります。また、通信データ量も小さいため飛行機に搭載されたカメラの映像を見ながら地球から機体を操縦することはほぼ不可能です。飛行機が自分で判断して自律飛行しなくてはならないのです。

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。

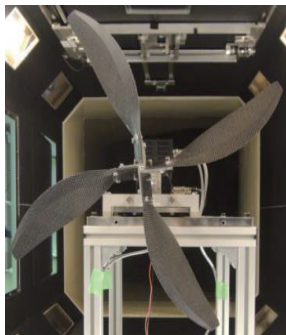
現在、火星飛行機を実現するために、翼の空力設計に関する研究、構造設計に関する研究、火星での自律飛行に向けた研究、推進系に関する研究、高性能超軽量な電源などの研究にJAXAや国内の大学・研究機関の研究者が取り組んでいます。



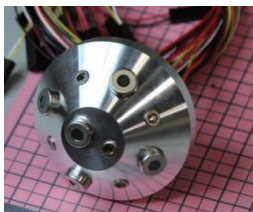
翼まわり流れのコンピュータシミュレーション



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。

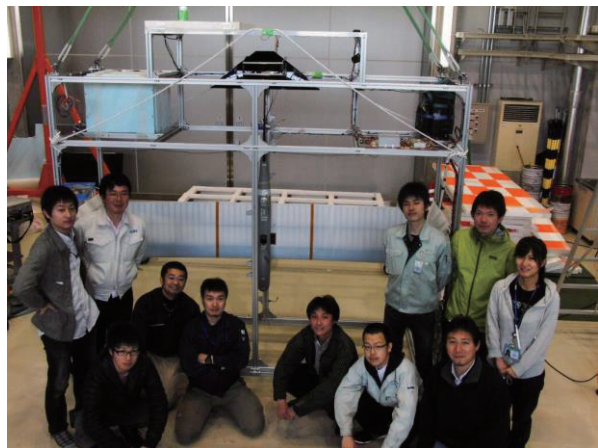
火星飛行機のミッションとしては、100km程度の距離を約30分で飛行して、地表の写真(できれば動画も!)を撮影すること、火星大気を観測すること、などを考えています。

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))でいます。



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

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。

◆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

大気球実験室長の吉田 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上げていくために、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

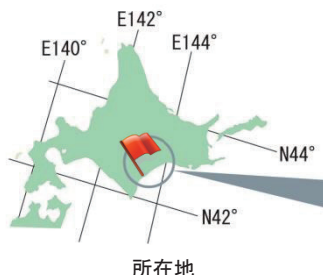
<http://www.isas.jaxa.jp/j/enterp/ball/index.shtml>

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翔中の追尾・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

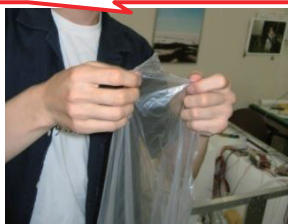
<http://www.jaxa.jp/about/centers/taiki/index.j.html>

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



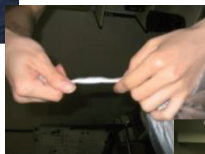
③ 2枚のフィルムが重なっているので、ゆっくり ゆっくり しんちょうに



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！



⑦ もちかえるときは、とばされないように、たたもう

(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)



モバイル管制システム

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

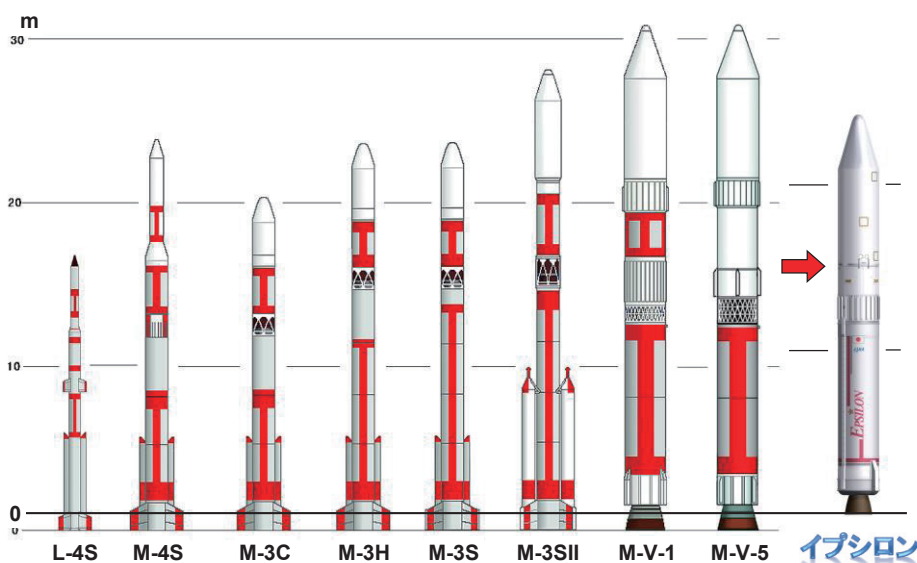
- ・ SRB-Aモータ
- ・ 電気系(電力/通信系)



M-Vロケット



H-IIA/Bロケット



日本の科学衛星打上げロケットMシリーズ

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



イプシロンロケット試験機打ち上げの様子

みなさん、試験機の打ち上げのときは応援ありがとうございました。
 イプシロンの挑戦はまだ始まったばかりです。
 現在、さらにパワーアップしたイプシロンを開発しています。
 これからも応援よろしくお願いします。

イプシロンロケット プロジェクトチーム



晴天の中、リハーサルをおこなうイプシロンロケット



ECC発射管制室の様子／実現したモバイル管制



音響振動の緩和(乗り心地大幅アップ)
 に大きく貢献した煙道(打ち上げ後)

地球よりひとつ太陽に近い惑星、金星へ 金星探査衛星「あかつき」

■金星探査衛星「あかつき」とは

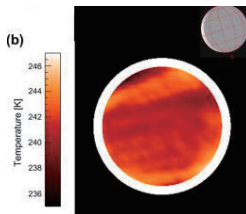
日本初の内惑星への挑戦として、宇宙科学研究所は金星の気象観測衛星「あかつき」を開発しました。「あかつき」は2010年5月に種子島宇宙センターからH-IIAロケットで打ち上げられ、2010年12月に金星にいったん到着しましたが、主エンジンのトラブルのため金星周回軌道に入ることができませんでした。今は太陽を周回していますが、2015年に再び金星に出会い、そのときにあらためて金星周回軌道に投入される計画です。壊れた主エンジンのかわりに、本来は衛星の向きを変えるために使う副エンジンを使って軌道を変えます。今も慎重に「あかつき」の運用が続けられています。

■金星の大気

金星は地球とほとんど同じ大きさをもち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



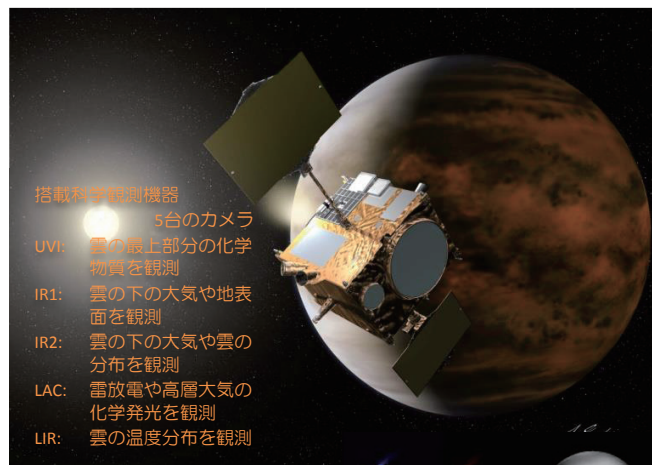
金星の雲の温度分布

■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。

■金星探査衛星の目的は？

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。



■「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

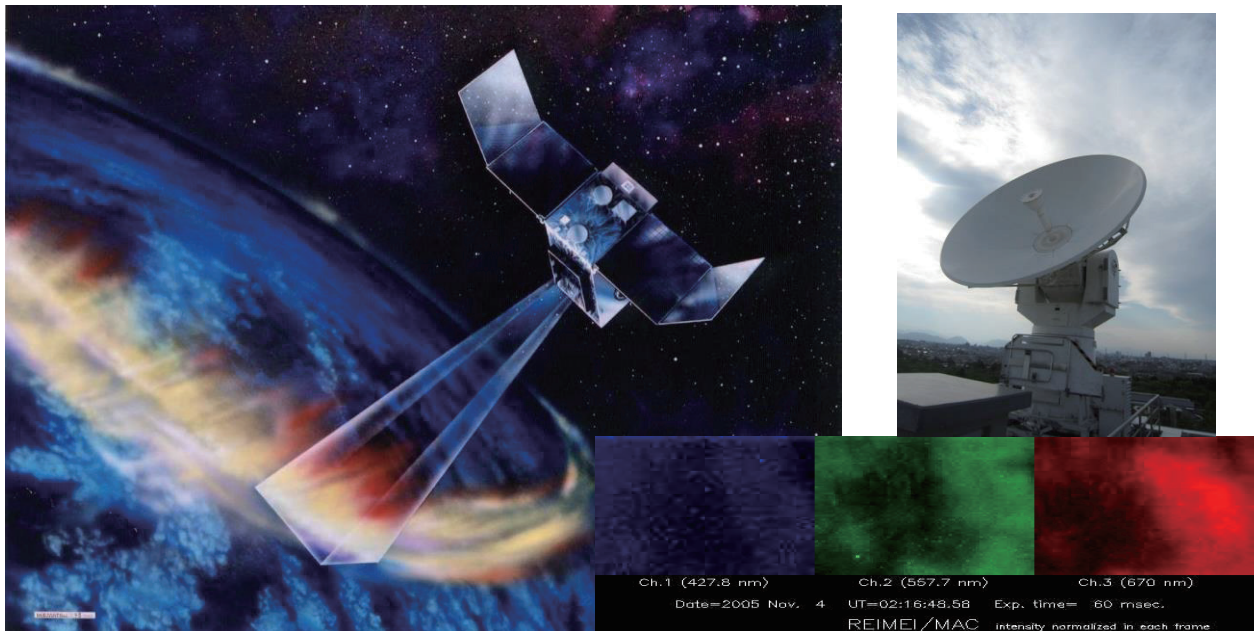
金星と地球はなぜこれほど違った環境なのでしょう。この2つの惑星は、おそらくは似通った初期の状態で出発したのでしょうか。そのあとどのようにして異なる道へんだのか、現在それぞれの気候を支配するメカニズムはどう違っているのか、それを私たちは知りたいと考えています。金星を調べて地球と比べることにより、地球環境が現在見られるような姿をしている理由をより深く理解することができます。

■金星探査衛星は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。衛星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。

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年8月24日に、カザフスタン共和国のバイコヌール宇宙基地よりドニエプルロケットによって打ち上げられ、現在も稼働中です。

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。衛星運用の自動化や遠隔化の実験も行っています。

「あけぼの」、「Geotail」などの衛星や地上のオーロラ観測網との共同観測も随時行っています。

◆詳しくはコチラへアクセス→
<http://www.index.isas.jaxa.jp/>



「れいめい」の フロマネに聞く

- 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達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。

すいせい
水星へ！

計画中

いど みち せかい
～ベピコロomboが挑む未知の世界～



すいせい 水星ってどんなところ？

ちぎゅう ちが たいき まも
地球と違って、大気を守られていないから
クレーターがいっぱい！

つき み すいせい ちけい
月では見られない**水星オリジナルの地形**も

わくせい う とき じょうほう のこ
あって、惑星が生まれた時の情報が残っているかも！

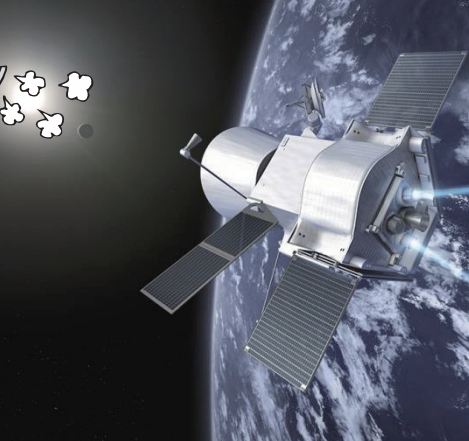
たいよう ひるがわ せつしゃく
さらに、太陽があたっている昼側は摂氏約

ど よるがわ せつしゃく
400度、あたっていない夜側は摂氏約**-200**

ど ちゅうや おんどさ おお
度と昼夜の温度差がとても大きいんだ。



すいせい たびだ たんさき
水星へ旅立つ探査機



すいせい たび さあ！水星への旅にしよう

すいせいたんさけいかく
水星探査計画



BepiColombo

ベピコロombo

ねん よてい たんさ
2016年(予定)に2つの探査
き がつたい う あ
機を合体させたまま打ち上げま
きんせい やく
す。金星などをフライバイし、約
ねん たび へ ねん
7年の旅を経て2024年に
すいせい すいせい とうちやく
水星につきます。水星に到着し
えいせい ぶんり
たのち、2つの衛星を分離してか
かんそく
ら観測をはじめます。

なが たび あいだ たいよう ねつ
長い旅の間、太陽の熱な
えいせい まも くふう
どから衛星を守る工夫が
いっぱいだよ！



とうちやく

到着！ たいよう いちばんちか わくせい 太陽に一番近い惑星

すいせい なか
水星の中はどうなっているのだろう？

すいせい まわ なに お
水星の周りでは何が起こっているんだろう？

ちぎゅう ちが
地球となにが違うのだろう？

などなど・・・

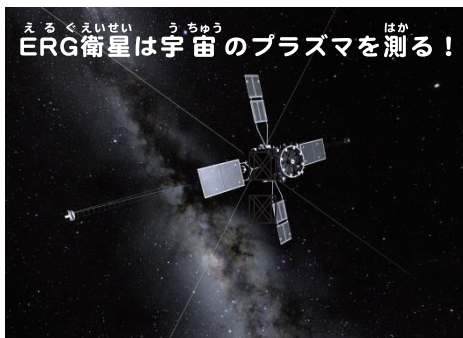
えむえむおー えむびーおー すいせい なぞ かいめい
MMOとMPOが水星の謎を解明します！

◆もっと詳しく知りたい人のために

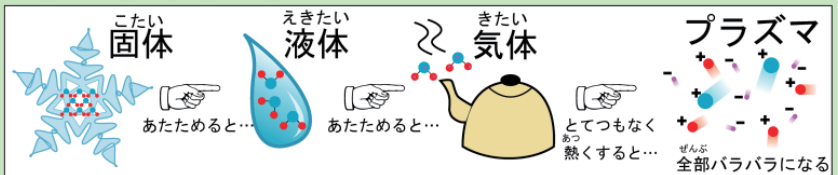
<http://www.stp.isas.jaxa.jp/mercury/index-j.html>

(1-14) 水星へ！～ベピコロomboが挑む未知の世界～

こう
高エネルギーのプラズマをつかまえよう！
う ちゅうあらし なぞ と あ え るぐえいせい
宇宙嵐の謎を解き明かすERG衛星



プラズマってなんだろう？

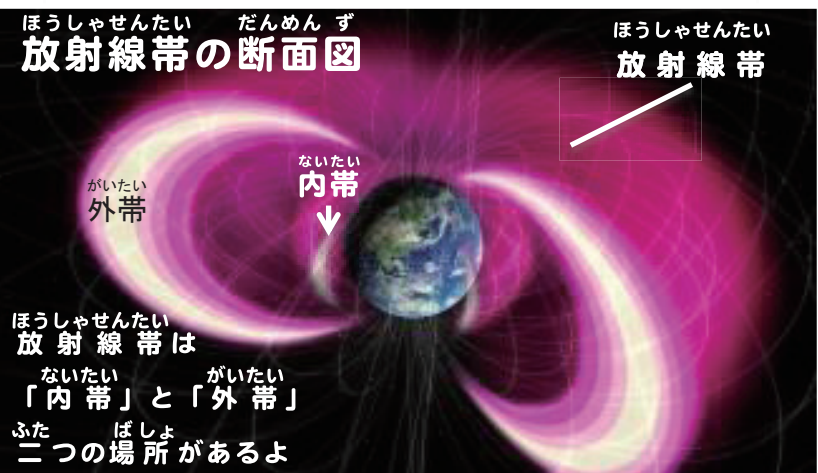


プラズマとは、イオン（主にプラスの電気を帯びた粒）と電子（マイナスの電気を帯びた粒）が集まったものなんだ。

放射線帯って・・・？

地球近くの宇宙で、エネルギーの高いプラズマが集まっている場所のことを言うよ。放射線帯は、地球の周りをぐるりと取り巻いているよ！

放射線帯の断面図



宇宙嵐の謎に挑め！！

宇宙に嵐が起きると、放射線帯のプラズマが増えるよ。放射線帯のプラズマが増えると、地球の周りを飛んでいる人工衛星が誤作動することがあるよ。ERG衛星は放射線帯や宇宙嵐の謎を解くために打ち上がるよ。

たくさんの機器を搭載！

ERG衛星は、宇宙のプ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。そしてプラズマや波動を測るPWEやSWPIAなども搭載しているんだ！



イプシロンロケット
2号機で
打ち上げるよ！！



◆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) 宇宙嵐の謎を解き明かすERG衛星

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

◆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。

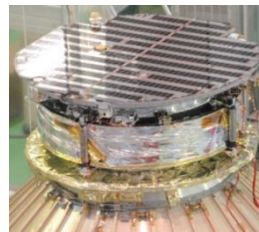
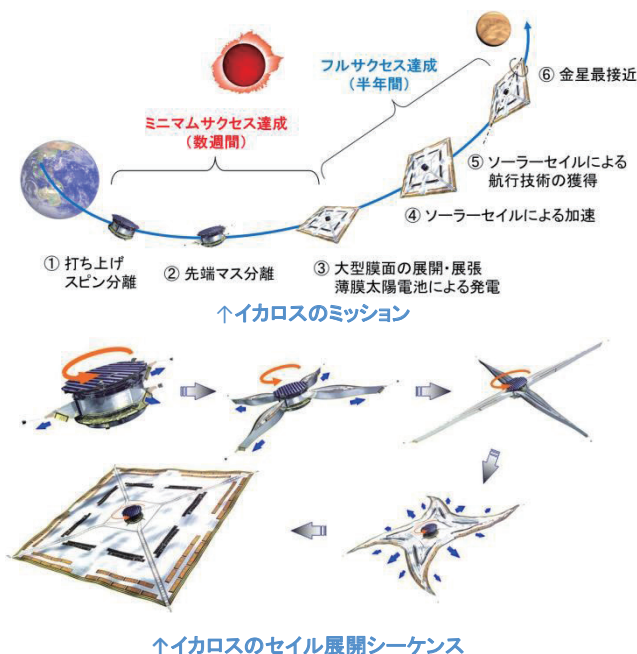
イカロス計画は、私たちが深宇宙へ乗り出すために必要な画期的な技術を、まとめて試してみよう、という野心的な計画なのです。

◆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、探査機をとて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、深宇宙へより大きな重量を運べ、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。この技術を活用して、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.isas.jaxa.jp/j/enterp/missions/ikaros/index.shtml>

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

◆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？

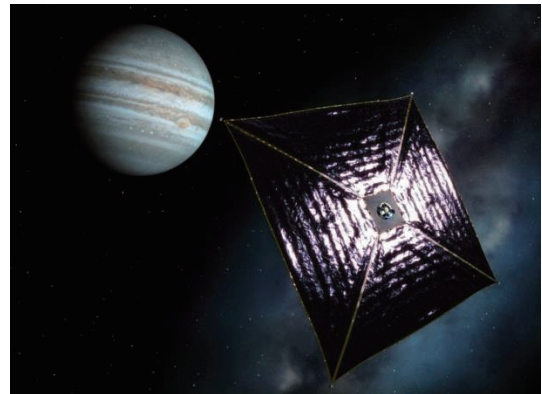
「イカロス」の成功を受けて、2020年代前半の打ち上げを目標に、ソーラー電力セイルによる木星・トロヤ群小惑星探査計画が進められています。

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15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、小惑星にランダーを降ろし、試料採取も行って、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。

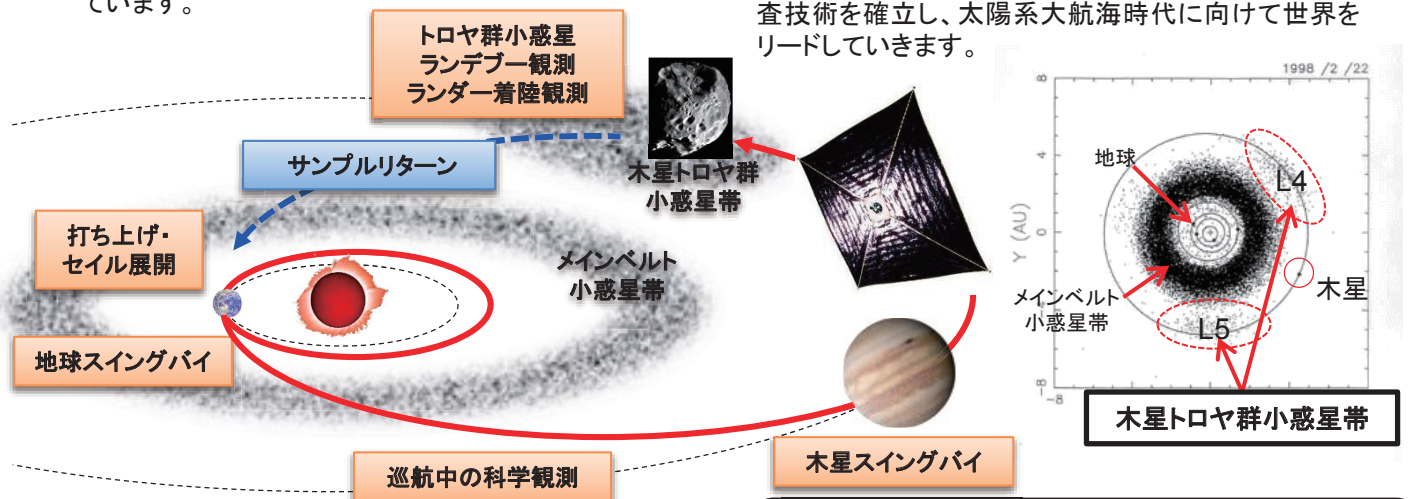
まず、50メートル以上の大きさのセイルが必要となるため、これを製造する技術、宇宙空間で展開する技術、燃料を使わずに自在にセイルの向きをあやつる姿勢制御技術などの研究を進めています。

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。

さらに、「はやぶさ」や「はやぶさ2」の時よりも重力の大きな小惑星をターゲットとして、ランダーを着陸させ、試料の採取を行い、母船に試料を受け渡す技術の研究も進めています。そして、試料を入れたカプセルを外惑星軌道から超高速で地球に再突入させる技術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確立し、太陽系大航海時代に向けて世界をリードしていきます。



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ができるでしょう。

◆ 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。

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。もしかしたら、宇宙人に出会える日もそう遠くないかもしれませんね。

2030年ごろ、君は何歳？



JSPECホームページ
<http://www.jspec.jaxa.jp>



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や月の内部の様子はまだ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。

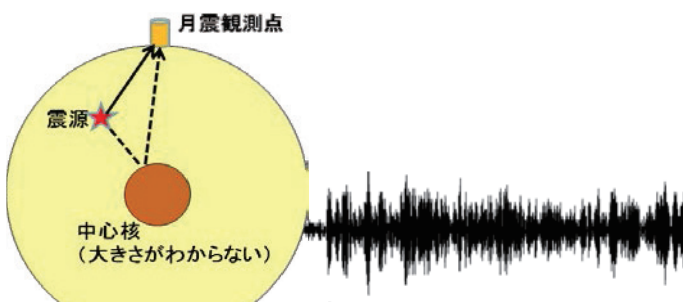
月面に着陸し、特徴的な岩石を詳しく調べる、地震計などを設置して月の内部の様子を調べる、月面の環境を調べることが重要なのです。

着陸地点としては、大きなクレータの内部、北極、南極、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。

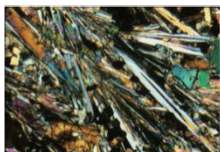
◆観測装置は？

以下のような観測装置の候補があります。

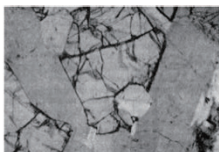
広帯域地震計、熱流量計、電磁探査装置、レーザ測距用リフレクタ、逆VLBI電波源、岩石研磨装置、掘削ドリル、分光カメラ、元素分析装置、中性子計測装置、放射線線量計、地盤調査装置、ハイビジョンカメラなど



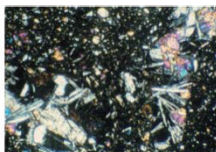
月の地震波を観測して、月の内部の構造を推定します。



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

遠くから見ても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/>

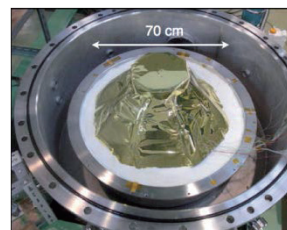


◆新たに開発する技術は？

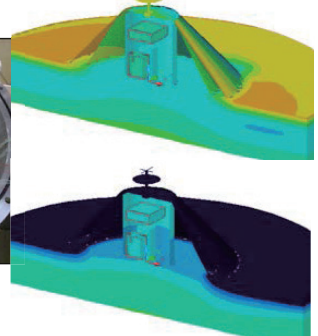
このような探査を実現するには、狙った場所に高精度で着陸する技術、岩などの障害物を検知して避ける技術が必要です。

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。

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。



断熱テントを使って
昼と夜の温度変化を
小さくします。



◆もっと詳しく知りたい人のために

<http://www.jspec.jaxa.jp/activity/selene2.html>

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？

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。高校生は数名のチームを組んで、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」は、「**自ら考え、自ら決定し、自ら作業する**」をモットーとしています。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「自ら考え、自ら決定し、自ら作業」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、チームでひと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、ひと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。このプログラムでの経験が、高校生の皆さんにとって自分の将来を考えるための良き糧となることを願っています。

◆「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研究発表会が行われます。会場にはたくさんの人が集まり、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・・・

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



◆「きみっしょん」の一週間

きみっしょんは、例年夏休みの時期(7月下旬～8月上旬)に開催しています。

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研究者による特別講義、科学教育に用いられる特別演習も行います。

きみっしょんの締めくくりは、高校生による最終研究発表会です。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配信されます。

また、きみっしょん終了後も、考えたミッション内容をさらに発展させ、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。



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	ミッション作成 施設見学・特別講義
	午後	
	夕方	進捗報告会
3日目	午前	ミッション作成 特別演習
	午後	
	夕方	進捗報告会
4日目	午前	ミッション作成
	午後	
	夕方	最終研究発表会 お疲れさま会
5日目	午前	修了式



★ミッションをつくるということ

英語の「ミッション」を日本語にすると「使命、任務」となります。宇宙科学の分野における「宇宙ミッション」も、「宇宙において使命を成し遂げること」と言い換えることが出来るでしょう。ある「使命」を果たすまでのシナリオを考え、シナリオに沿った適切な目標・目的を設定し、その実現に必要な科学技術について検討を行うこと・・・これらの一連の作業が、まさに「ミッションを作る」ということとなります。

きみっしょんの会場となるJAXA相模原キャンパスでも、たくさんの宇宙ミッションを企画・実行しています。例えば小惑星探査機「はやぶさ」、金星探査機「あかつき」、X線天文衛星「すざく」、太陽観測衛星「ひので」など多くの宇宙ミッションが行われてきました。

「きみっしょん」では高校生の皆さんに、このような宇宙ミッションを企画・提案してもらいます。JAXA相模原キャンパスで行われているミッションと同様、目標を設定し、そのための手段や方法を深く考えて議論していきます。参加者自らの手で宇宙ミッションを組み立てる作業を通して、「科学研究」を体験してもらいます。

★「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月上旬頃)に開催されています。募集要項は4月頃公開され、6月上旬頃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)

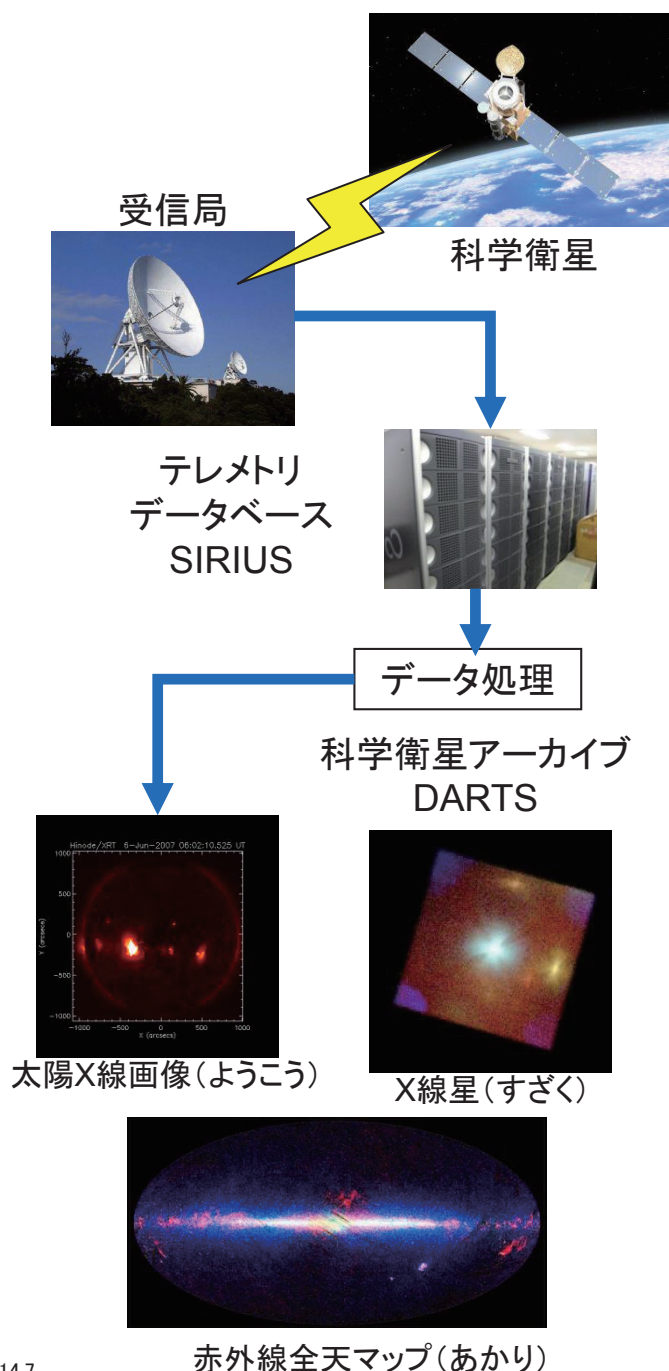
詳細については、「きみっしょん」ホームページ <http://www.isas.jaxa.jp/kimission/> を御覧ください。

皆さんの参加をお待ちしております！

科学衛星や探査機が取得した宇宙データ 科学衛星データアーカイブ

◆何をしている？

科学衛星が観測したデータは電波を使って送られてきます。電波は受信局のアンテナを使って受信します。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さなければなりません。私たちはテレメトリデータを使いやすいように処理した後、貴重な科学データを永久保存する(アーカイブ化)と共に、世界に対して公開しています。



◆SIRIUS

受信したテレメトリデータはまずSIRIUSというテレメトリデータベースに保管されます。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、EDISON、DARTSというデータベースに入れ直します。

◆DARTS

DARTSに入っているデータは永久保管されると共に、世界中の科学者が研究に使えるようにWebを通じて無償で公開されています。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。以下が、DARTSに保存されている衛星データの例です。

X線:

- ①「すざく」(2005-) : 広いエネルギー範囲で低雑音の観測を実施し、特に淡く広がった天体の観測が得意です。
- ②「あすか」(1993-2001) : 世界で最初にX線CCDカメラによる撮像観測を行った衛星です。
- ③「ぎんが」(1987-1991) : 当時では最大のX線検出器を搭載し、多くの暗いX線天体を精度良く観測しました。

赤外線:

- ①「あかり」(2006-2011) : 1年以上をかけ赤外の6つの波長帯による全天サーベイを2007年8月に完了しました。
- ②IRTS(1995)赤外線の望遠鏡です。「あかり」の兄です。

太陽:

- ①「ひので」(2006-) : 太陽コロナを詳細に調べる衛星です。
- ②「ようこう」(1991-2001) : 10年あまり観測を続け太陽フレア(巨大爆発)がいかに起こるか明らかにしました。

太陽地球系プラズマ:

- ①「れいめい」(2005-) : オーロラの細かい構造を調べています。
- ②ジオテイル(1992-) : 主にオーロラのふるさととなる地球磁気圏の「しっぽ」を調べる衛星です。
- ③「あけぼの」(1989-) : 主にオーロラが発生する仕組みなど極地の高層大気を調べる衛星です。

月惑星科学:

- ①「はやぶさ」 : 小惑星「イトカワ」に行き、サンプルを回収して、地球まで持ち帰ってきた探査衛星です。
- ②「かぐや」 : 月の起源と進化を解明するための月周回衛星です。

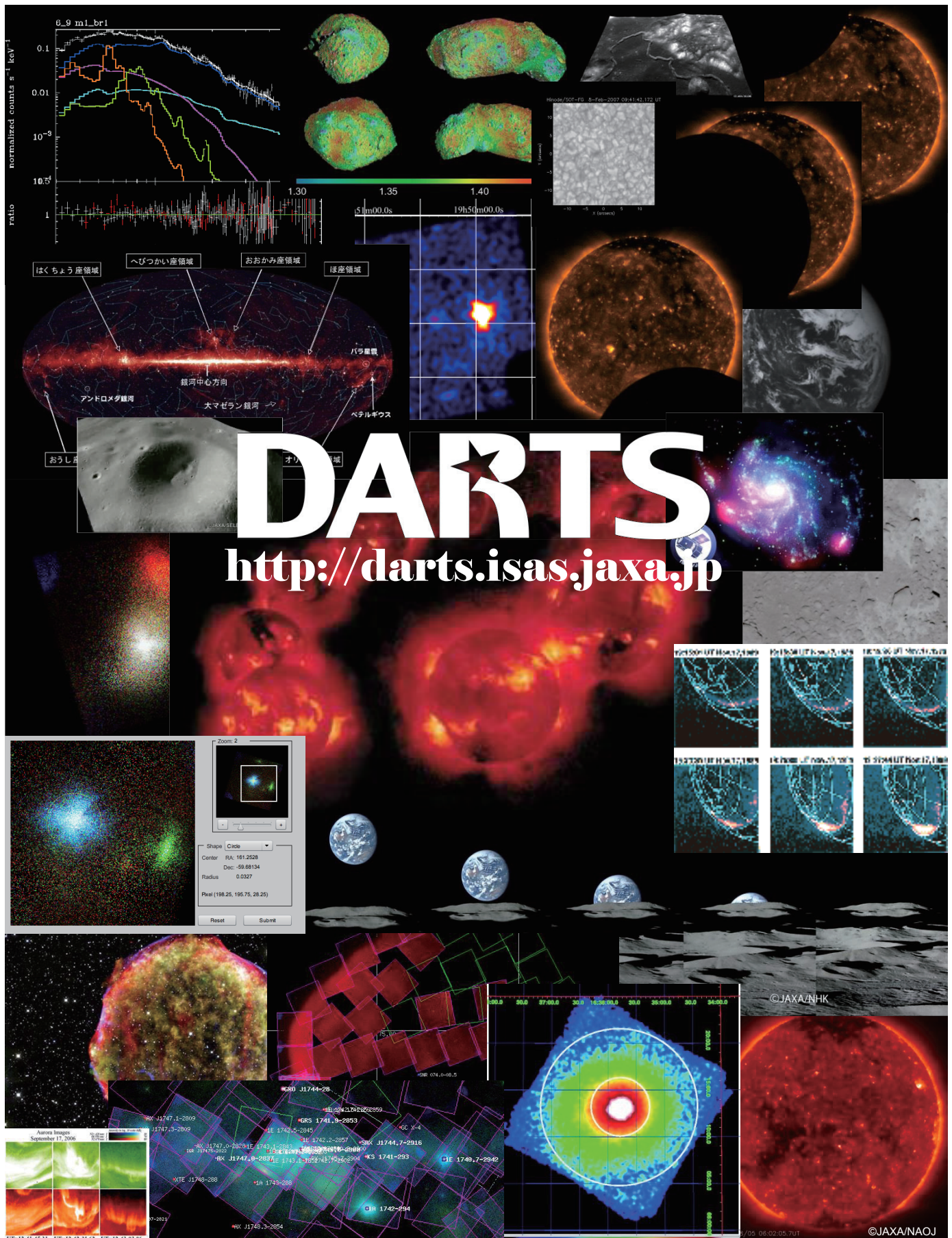
◆もっと詳しく知りたい人のために

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

(2-1) 科学衛星や探査機が取得した宇宙データ

科学衛星や探査機が取得した宇宙データ

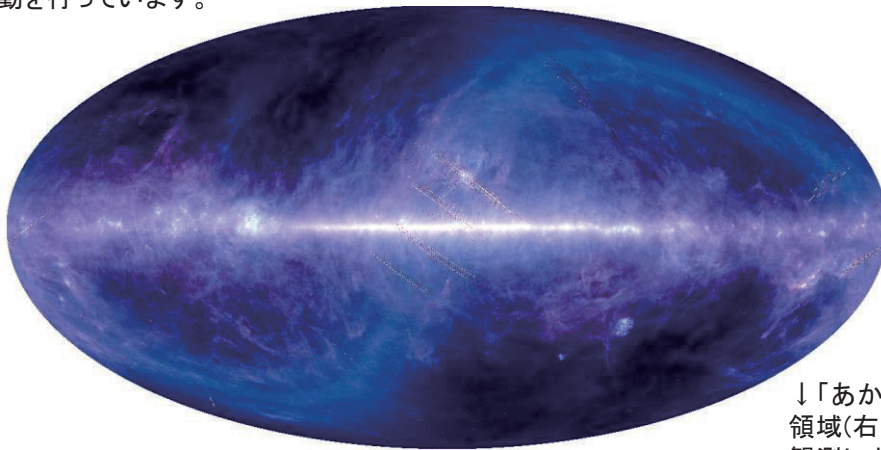
科学衛星データアーカイブ



世界最高の「宇宙地図」を作り、宇宙の生い立ちに迫る 赤外線天文衛星「あかり」

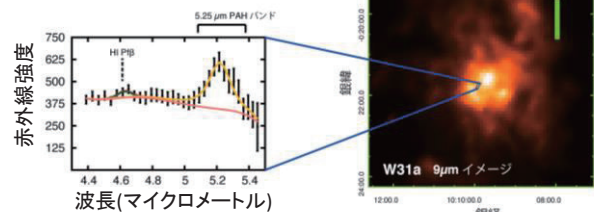
◆「宇宙の地図作り」という壮大な使命を担う「あかり」

日本初の赤外線天文衛星「あかり」は、2006年2月22日に打ち上げられました。「あかり」の重要なミッションは、空のすべての方向を観測（掃天観測）して、赤外線の「宇宙地図」を作ることです。望遠鏡や観測装置を液体ヘリウムでマイナス270度程度に冷却し、宇宙からやってくる微弱な赤外線を捉えることに成功しています。「あかり」は、目標寿命の3年を超えて観測を続け、2011年6月に観測運用を終了、同年11月24日をもってすべての運用を終了しました。現在「あかり」チームでは、「あかり」が運用期間中に取得した貴重な観測データを後世に残し、世界中の研究者が「すぐに使えるデータ」を整備・公開するという活動を行っています。



←2014年ついに完成した「あかり」による遠赤外線全天マップ。近日中に天文学者が使えるデータとして公開される予定である。画像は90マイクロメートルの画像(青)および140マイクロメートルの画像(赤)を合成して作成している。

↓「あかり」が捉えた銀河系内の星形成領域(右図)。「あかり」による赤外線分光観測によって、同領域で輝くダスト成分が特定された(左図)。



◆赤外線宇宙望遠鏡としての「あかり」

「あかり」は第一の目標である全天域の観測というミッションに加えて、世界に誇る赤外線宇宙望遠鏡として、特定の天体や天域に長い時間をかける詳細な観測もたくさん行ってきました。地上の望遠鏡では地球の大気に阻まれて見ることができない赤外線の観測によって、これまで分からなかった銀河・星・惑星系の誕生と進化のようすが次々と明らかになっています。「あかり」は現在でも世界第一線の研究成果を出し続けています。

天空上での
月の見かけ
の大きさ

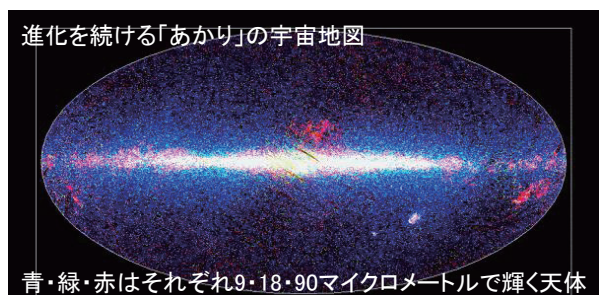
北黄極領域で行われた「あかり」深探査。長時間露光で得られたこのデータのなかには100億光年彼方の天体も見えている。画像は「あかり」の2・3・4マイクロメートルのデータを三色合成して作成したもの。



◆「あかり」が伝説とよばれる日まで

「あかり」が行った掃天観測の一つの目的は、全天に分布する赤外線天体の「カタログ」を作成することでした。「カタログ」とは天体の場所や明るさなどを記録した「天体の住所録」のようなものです。世界中の研究者がこのカタログを頼りに研究を行っています。現在「あかり」チームが公開しているカタログには約130万もの天体の情報が掲載されており、これは従来使われていたカタログの5倍の規模を誇ります。

進化を続ける「あかり」の宇宙地図



青・緑・赤はそれぞれ9・18・90マイクロメートルで輝く天体

◆以下のウェブサイトにはさらに詳しい情報がたくさんあります。ぜひご覧下さい。

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

(2-2) 赤外線で探る宇宙

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？

<SPICAは「宇宙史」を塗り替えます>

宇宙138億年に歴史の中で、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？

生まれたての銀河や太陽系外の惑星は、赤外線で輝くと考えられています。次世代赤外線天文衛星SPICA(スピカ)は、その赤外線を画期的な高性能で探知します。SPICAによって、わたしたちの知っている「宇宙史」が大きく塗り替えられることでしょう。

◆打ち上げはいつ？

<2025年度の打ち上げを目指しています>

SPICAは日本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。打ち上げには日本の新型基幹ロケットを使用して、2025年度の打ち上げを目指しています。

SPICAは、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。

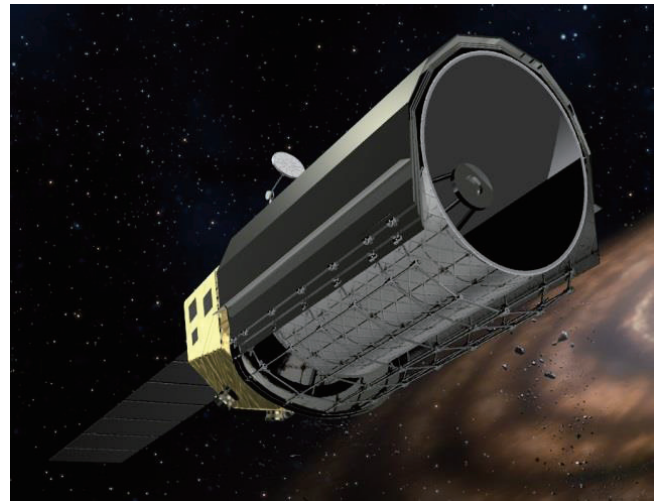
◆主な観測装置は？

<口径3m級の大型冷却望遠鏡>

SPICAの望遠鏡は口径3m級もあります。これを-267℃(絶対温度6K)に冷却し、望遠鏡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、オランダを中心とする欧州連合が開発をする遠赤外線観測装置(SAFARI)の二つの観測装置が搭載されます。この二つの観測装置を用いて、波長20ミクロンから210ミクロンの赤外線観測を行います。二つの観測装置には、微弱な赤外線を鮮明にとらえるカメラと、波長を細かく分割して詳細な情報を得る分光器の機能を持っています。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性能を発揮します。



◆どこがどうスゴイ？

<圧倒的な高解像度・高感度>

SPICAの望遠鏡は直径3m級という大口径です。3m級の大型望遠鏡をまるごと-267℃(絶対温度 6K)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ていたのに対して、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、重厚長大な真空容器が不要となり、大口径望遠鏡の搭載が可能となりました。



◆関係者から一言

宇宙物理学研究系の中川貴雄です。SPICAの実現を目指して、日本はもちろん、世界中の研究者ががんばっています。つまりSPICAは世界の天文学者が協力して作る赤外線観測専用の宇宙望遠鏡なのです。まだまだ先ですが、期待していて下さい。また志のある若い方、将来一緒にやりましょう。

◆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



激動の宇宙をとらえる新しい目 X線天文衛星ASTRO-H



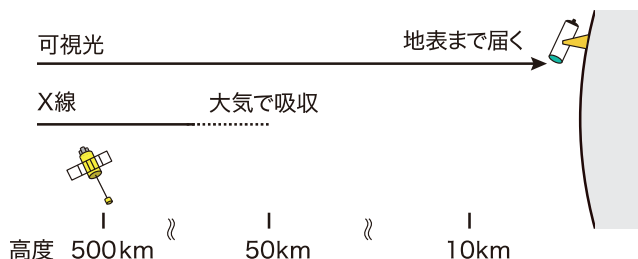
◆X線天文衛星ASTRO-Hとは？

X線は私たちが普段見ている光(可視光)の仲間で、電波・赤外線・紫外線と同じ電磁波の一種です。可視光と比べて1000倍から10万倍も波長が短く、その分高いエネルギーを持ちます。ブラックホールや超新星残骸、銀河団といった天体は、その内部・周囲が高温となるため強いX線を放出します。そのX線を観測し、天体の起源を明らかにするのがX線天文学です。

ASTRO-Hには最新の観測装置が搭載されており、今までよりも、はるかに正確に天体からのX線を測定することができます。2015年度に種子島から打ち上げ予定で、現在、最終試験を行っているところです。

◆なぜ宇宙に打ち上げるの？

レントゲン写真や空港の荷物検査などでも使われるように、X線は高い透過力を持っています。しかし、その透過力をもってしても、地球大気の「壁」をこえて、宇宙空間から地表へと到達することはできません。これを捉えるためには、X線望遠鏡を人工衛星に搭載し、大気の外へ出ることが必要なのです。ASTRO-Hは高度550kmの円軌道を周回しながら観測を行います。



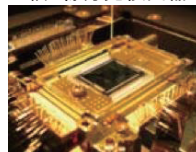
◆どんな観測装置が載っているの？

2種類のX線望遠鏡と4種類の検出器を搭載し、天体からやってくるX線の性質を様々な角度から調べることができます。これらの装置は日本だけではなく、世界中の機関が協力して作っており、その期待を一身に背負っています。

軟X線望遠鏡



軟X線分光検出器



軟X線撮像検出器



硬X線望遠鏡



硬X線撮像検出器



軟ガンマ線検出器



◆関係者から一言

プロジェクトマネージャー 高橋忠幸

人間は厚い大気の下で生きるために、それに適した進化をとげました。天文学は、人間が見ることのできる可視光を使って発展してきたのです。20世紀になって、大気を抜け宇宙にできる事できるようになり、私たちははじめて宇宙が、私たちが普通は「見る」事のできない光、つまりX線で満ちていることを知ったのです。X線という可視光よりもずっと「熱い」光を使った宇宙の観測で、私たちは宇宙がとても激しい活動の場であることを知りました。X線天文学はとても新しい天文学です。そしてASTRO-Hは、私たちが世界に先駆けて開発した装置をのせ、先端技術の粋を尽くして作られる衛星です。これが宇宙にあがれば、新しい結果、誰も予想もしなかった結果が日々送られてくるはずで、完成までには、まだまだ乗り越えなければいけない課題が沢山ありそうです。それでも、みんなの力を合わせて作った衛星が動き始める日を思うとどんなことでもできそうです。

◆もっと詳しく知りたい人のために

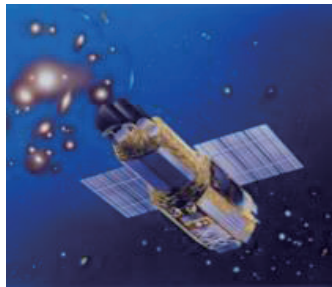
<http://www.astro-h.isas.jaxa.jp>

(2-4) X線・ガンマ線天文学

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？

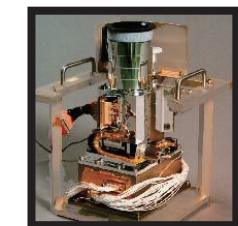
ブラックホールや宇宙の構造の進化、高エネルギー粒子加速などの解明を目標として、日米国際協力で作成した日本で5番目のX線天文衛星です。2005年7月10日 12時30分に鹿児島県 JAXA内之浦宇宙空間観測所から飛び立ち、今年で9年目。今も高度570kmの位置を周回しながら、宇宙を見つめ続けています。



◆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)

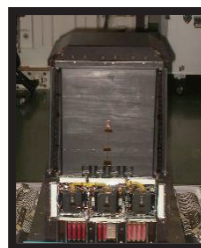
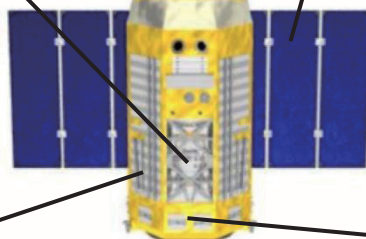
上から見たところ



X線望遠鏡(XRT)



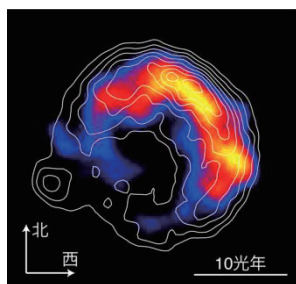
太陽電池パドル



硬X線検出器 (HXD)

◆最近の成果の紹介

宇宙の瞬間湯沸し器 —「すざく」が迫る無衝突衝撃波の謎—

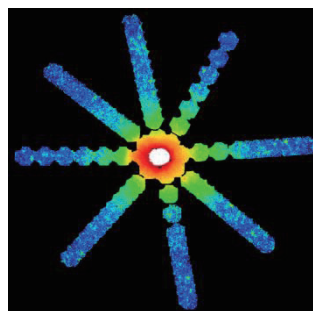


NASAゴダード宇宙飛行センターの山口弘悦研究員を中心とする研究グループは、442年前に爆発した「ティコ・ブラーエの超新星残骸」の衝撃波において、気体中の電子が約2億度まで瞬間的に加熱されている証拠を世界で初めて捉えました。

これは、X線天文衛星「すざく」による良質な観測データと、研究グループが最新の物理学を駆使して開発した理論的手法の組み合わせによって得られた画期的な成果であり、宇宙空間で普遍的に存在する「無衝突衝撃波」の理解に大きな進展をもたらすものです。

<http://www.astro.isas.ac.jp/suzaku/flash/2014/0110/>

鉄はどこから来たのか？ —「すざく」が明らかにした鉄の大拡散時代—



X線天文衛星「すざく」を用いた観測により、スタンフォード大および JAXA の研究者たちが、100億年以上前の太古に、鉄などの重元素が宇宙全体にばらまかれた時代があり、それが現在宇宙に存在するほとんどの重元素の起源であることを確認しました。

<http://www.astro.isas.ac.jp/suzaku/flash/2013/1031/131031-SuzakuIronOrigin.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>

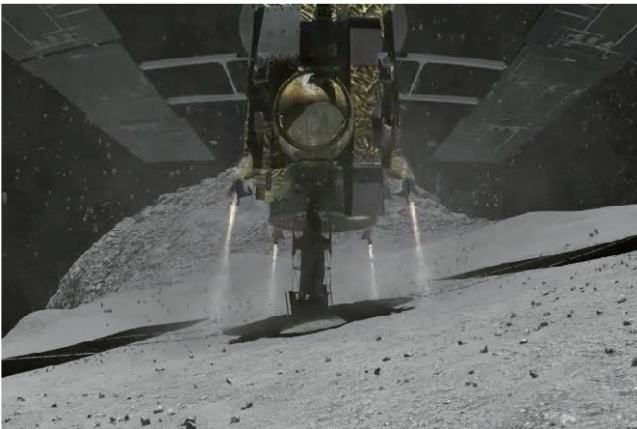
(2-4) X線・ガンマ線天文学

イトカワの砂粒を見よう

◆「はやぶさ」と小惑星イトカワ

小惑星探査衛星「はやぶさ」は、2005年11月に、小惑星イトカワの表面に2回のタッチダウンを行いました。残念ながら、2回とも予定していた通りの試料の採取はできませんでしたが、「はやぶさ」は2010年6月に地球に帰還、試料を保管するサンプルキャッチャーの入ったカプセルを地球に投下しました。

カプセルの回収後、サンプルキャッチャーを調べたところ、0.1mm以下程度の微粒子が入っていることが分かりました。これらを詳しく調べたところ、小惑星表面の粒子であることが確認されました。

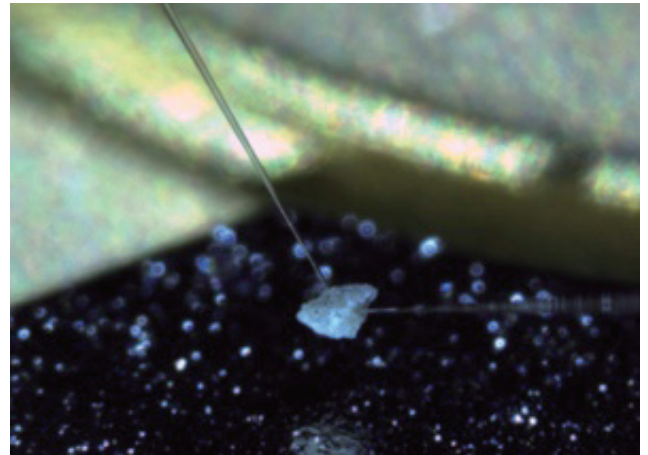


小惑星イトカワにタッチダウンする「はやぶさ」の想像図

◆イトカワの砂粒ってどんなもの？

小惑星イトカワを構成するのは、地球と同じ岩石物質です。おもに珪素(Si)と酸素が結びついた物をベースとした珪酸塩鉱物と呼ばれる種類の鉱物の他、多数の種類の鉱物で構成されています。珪酸塩鉱物の代表的な物にはかんらん石(olivine：Siの酸化物にマグネシウム(Mg)、鉄(Fe)がはいった物)、輝石(pyroxene：かんらん石と同じくMg、Feを含み、またカルシウム(Ca)も含むが、それらがかんらん石に比べてやや少ない物)、斜長石(plagioclase：ナトリウム(Na)、Ca、アルミニウム(Al)などを含む珪酸塩)等があります。かんらん石はペリドット(peridot)という名前の宝石としても有名です。珪酸塩鉱物の他に、微量のリン酸塩鉱物、硫化鉄、鉄ニッケル合金、クロム鉄鉱などが含まれています。

これらの鉱物は地球の岩石にも存在しますが、イトカワ粒子は太陽風(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)の割合が地球の物とは異なることが知られています。



イトカワ粒子の回収の様子。大きい粒子を拾う時は針を二本使うこともあります(写真は0.3mmの粒子)

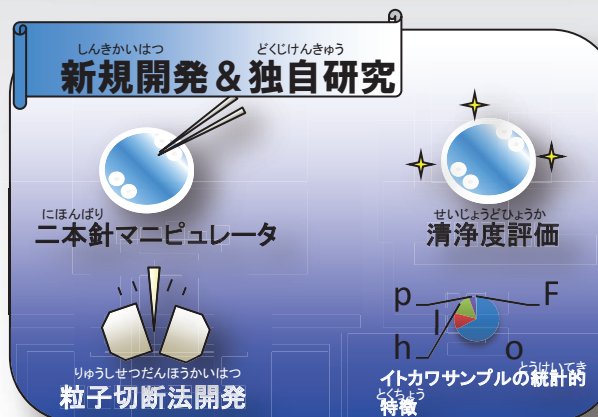
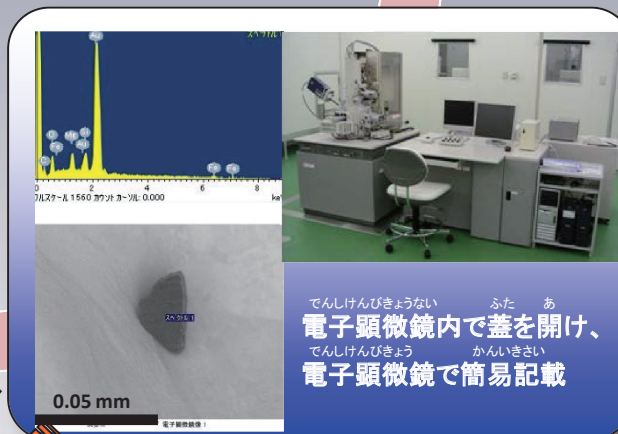
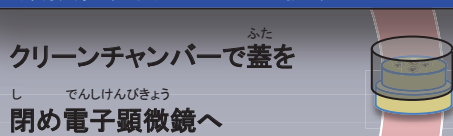
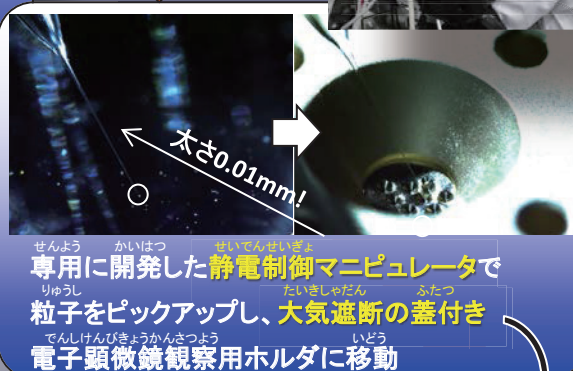
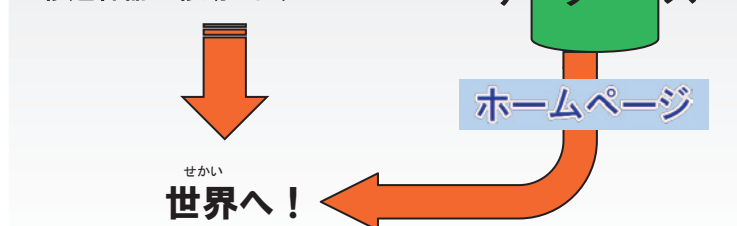
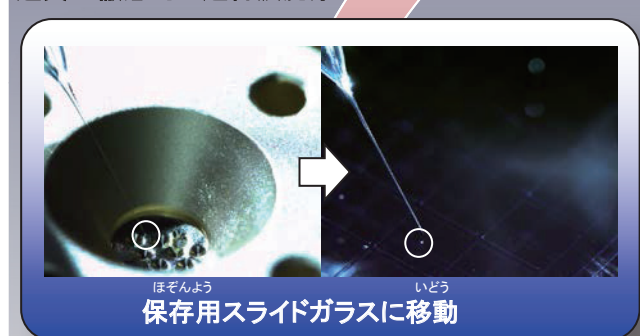
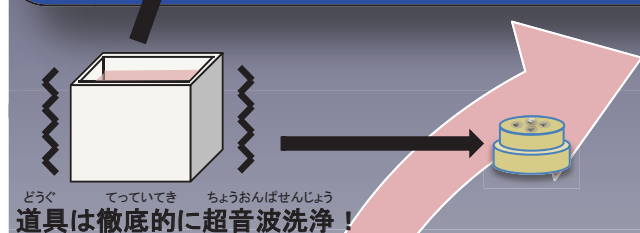
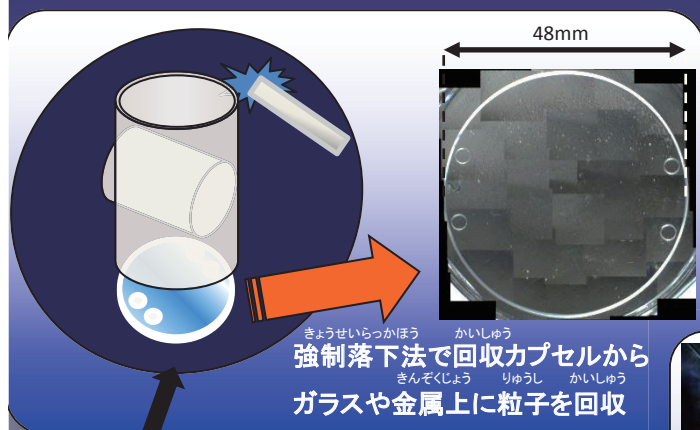
◆どんなことがわかった？

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、LL普通コンドライトと呼ばれる隕石と同じ組成を持つこと(ロシアに落下したチェリャビンスク隕石と同じ組成！)、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。

◆「はやぶさ2」ではどんな砂粒がとれる？

「はやぶさ2」がターゲットとしている天体、1999 JU₃ は有機物や水を多く含む、炭素質コンドライトと呼ばれる隕石と似たような組成をもっていると考えられています。地球の水や、生命の起源にせまる発見が期待されています。

イトカワ粒子の回収の流れ



スーパーコンピュータによるロケット開発最前線

情報・計算工学 (JEDI) センター

◆JEDI(ジェダイ)は何をしているの？

情報・計算工学センター(JAXA's Engineering Digital Innovation center, 略してJEDI)はシミュレーション技術を使ってロケットや人工衛星などの宇宙機の研究と開発を行うところです。

シミュレーション技術はロケットの音やエンジン内の流れなどをコンピュータの中で再現する技術です。この技術を使うと、再現したものを観察して今まで分からなかった事が分かったり、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ます、すごく高性能なコンピュータ、スーパーコンピュータを使って宇宙開発の新しい可能性に挑戦しています。

◆なぜシミュレーションなの？

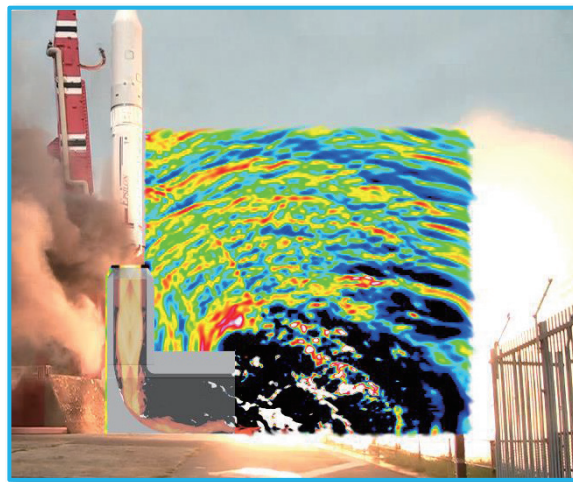
人工衛星やロケットの開発をする時、本物の人工衛星を宇宙に運んで試験を行ったり、ロケットを試しに何度も打ち上げるといったことは、そう簡単にはできません。そのため、車や飛行機などと比べて宇宙機の開発は、とても難しく時間のかかることでした。しかし、スーパーコンピュータの性能が著しく上がり、数値シミュレーションの技術が高度になってきたため、宇宙を飛ぶ人工衛星をスーパーコンピュータを使ってシミュレーションしたり、ロケットの打ち上げを模擬したりすることができるようになってきました。実際にものを作らずにコンピュータの中で試験ができるシミュレーション技術に多くの期待が向けられています。

◆スーパーコンピュータってなに？

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もパソコンと同じコンピュータの仲間ですが、スーパーコンピュータ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7年ほどかかってしまう計算を1日で終わってしまいます！また、パソコンの計算速度を人が歩く速さに例えると、スーパーコンピュータ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ーパーコンピュータ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、かつ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。

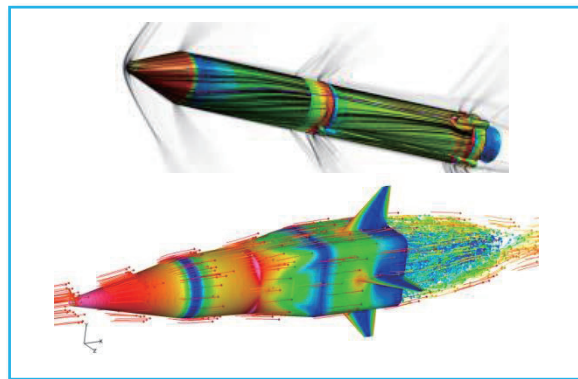
◆ロケット打ち上げのすさまじい音から人工衛星を守る！



▲イプシロンロケット打上げ時の音の伝わり方のシミュレーション

ロケットの打ち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。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とてもカッコいいですが、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をおおきく予測したり、この音を小さくするための方法を考えることが大切です。

これまで、40年ほど前にNASAで作られた方法を使って音の大きさを予測してきました。当時はロケットの音の発生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、私たちは最新のスーパーコンピュータ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取り組んでいます。こういった技術はH-IIBロケット・イプシロンロケット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

◆ 新しいシミュレーションで新しいロケットを作る

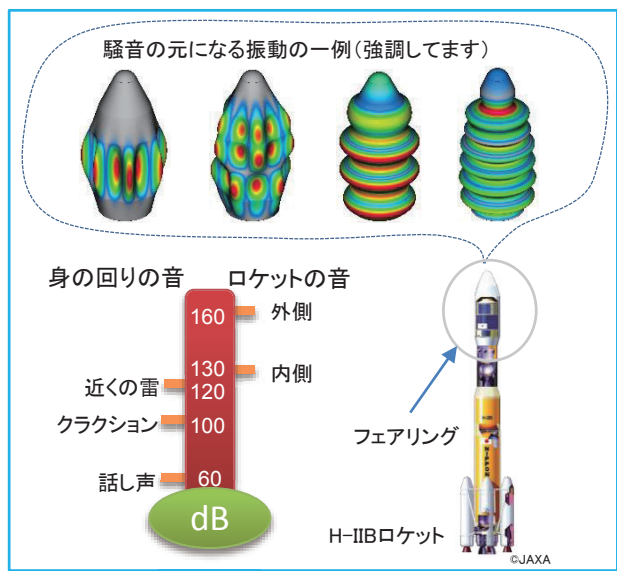
JAXAでは、近い将来に打ち上げる予定の新しいロケットを作る準備をしています。ロケットを作るために、実験をしたり、スーパーコンピュータを使ったシミュレーションをしたりしています。でもシミュレーションは、ふつうの人にはとてもむずかしく、また、とても時間がかかるものです。そこでわれわれJEDIでは、シミュレーションをもっとたくさんの人に使ってもらえるよう、新しいシミュレーションの方法を考えています。新しいシミュレーションを使って、新しいロケットをかんたんに、早く、そして正しく作るお手伝いをしています。

◆ 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、近くで聞く雷よりも大きな音がしています。

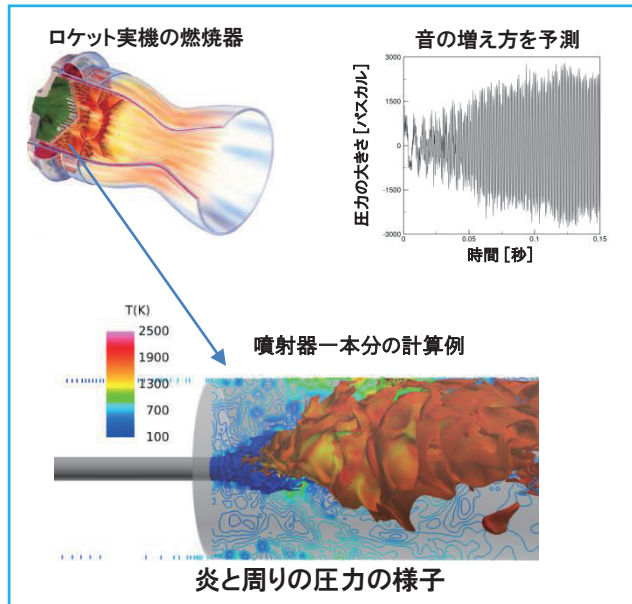
JAXAでは、現在次の新しいロケットに向けて、軽くて強く音が静かなフェアリングのコンピュータシミュレーションを行っています。静かなロケットがあれば、今よりもっと精密で高性能な人工衛星を打ち上げることが出来ます。



▲ 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



▲ 炎と音の振動のシミュレーション

あります。そのまま静かな安定した燃え方に戻ることありますが、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、条件が揃うと更に大きく炎を揺らしてしまふようなのです。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のスーパーコンピュータはとてもはや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ます。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

JEDIセンター長の嶋です。スーパーコンピュータは10年で1000倍のペースで速くなり、それを用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活用時代に入ってきています。世界トップクラスのスーパーコンピュータと（スターウォーズのジェダイ騎士団のように！）研究者団体の“フォース”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.tksc.jaxa.jp/jedi/>

(5-4) スーパーコンピュータによるロケット開発最前線

大学生の手作り衛星

10cm四方の超小型衛星

◆超小型衛星とは？

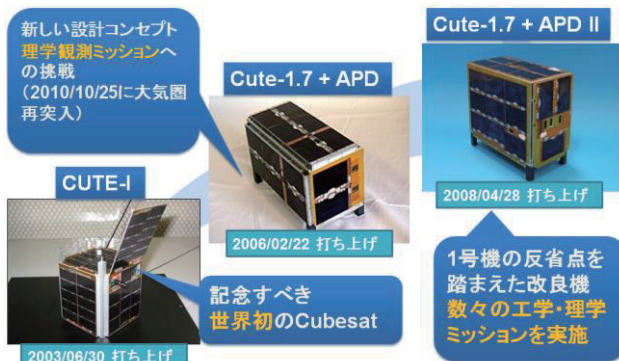
超小型衛星とは、100kg以下の衛星であり、比較的安価で早期に打ち上げ可能であることから、近年開発が盛んになっています。特に、大学の立場からは、積極的な民生品の利用による低コスト化や迅速な開発、最先端の工学ミッションや理学ミッションを実施するなど、新たな宇宙開発を切り開く衛星を目指しています。

◆今までどんな衛星を作ったの？

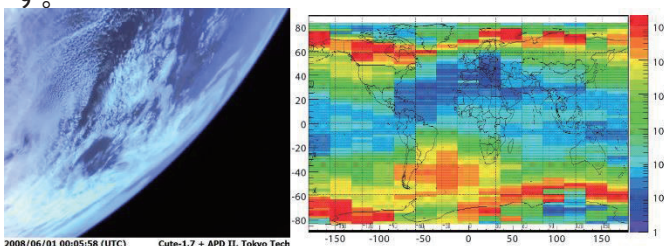
JAXA/東工大連携の松永研究室では、今までに、CUTE-1、Cute1.7+APD、Cute1.7+APD II の3機の超小型衛星を学生主導で開発・打ち上げを行ってきました。

CUTE-1は世界で初めて開発された、10cm四方サイズのCubesatの一つであり、2003年6月30日にロシア・プレセツク宇宙基地より打ち上げられました。打ち上げから9年経過した現在でも軌道上で動作中であり、運用が続けられています。

Cute1.7+APD、Cute1.7+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。Cute1.7+APD は2006年2月22日にISAS内之浦から、Cute1.7+APD II 2008年4月26日にインド・スリハリコタ宇宙センターからそれぞれ打ち上げられました。



これらは軌道上での正常動作を果たし、特にCute1.7+APD II ではアバランシェフォトダイオード (APD) センサによる世界初の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。打ち上げから4年以上経過している現在も、軌道上で動作・運用を続けています。



◆現在作っている衛星は？

3機の衛星開発経験を通して蓄積された技術を礎に、2009年12月からは4機目の衛星となる地球・天体観測技術実証衛星「TSUBAME」を開発しています。質量は50kgであり、サイズも50cm四方と今まで松永研究室で作ってきた衛星よりも大きくなっています。



ミッションとしては、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)における偏光観測を目的としています。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。

◆今後の予定は？

現在TSUBAMEは、打ち上げ品であるフライトモデルでの各種環境試験を完了し、2014年中の打ち上げへ向けてソフトウェア試験を随時行っております。



◆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>

ロケット推進技術の最前線 ハイブリッドロケット

◆ハイブリッドロケットとは？

固体燃料の充填された燃焼室に液体の酸化剤を噴射し、燃焼させる方式の次世代のロケット推進機関をハイブリッドロケット(HR)と言います。



ハイブリッドロケットの概念図

- ・推力制御が可能
- ・火薬不使用のため安全
- ・低コスト
- ・高い環境性能

利点 HRは安全な次世代エンジンとして高く評価され、米国では既に有人宇宙船に採用されています。

- 課題**
- ・燃料後退速度の向上
 - ・燃焼効率の向上
 - ・燃焼不安定性の解明

HR研究ワーキンググループが目標とする小型衛星打ち上げ用3段式HRのイメージ図

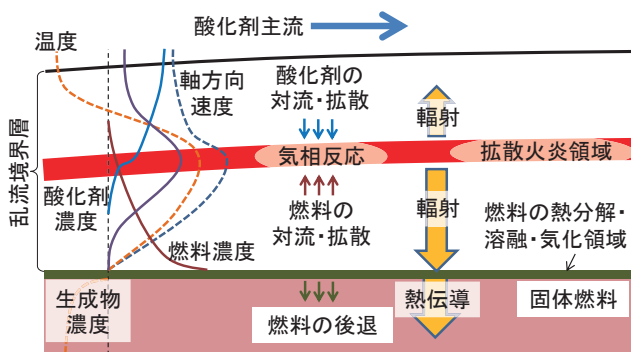


日本ではJAXAを中心としてHR研究ワーキンググループが発足し、全国の大学と協力して研究を行っています。

◆性能UPのカギは？

燃焼室内部の現象の理解

ロケットの推進性能を高めるには、酸化剤と燃料を素早く反応させ、燃焼室圧力を高めることが重要です。そのためには、①固体燃料をより速く溶融・気化させ、②酸化剤と燃料を速く混合する必要があります。燃焼室内部では下の図のように複雑な現象が起こっており、これを理解することがHR高性能化のカギとなります。

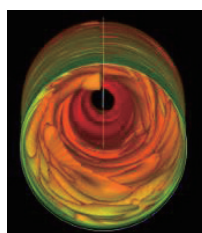


ハイブリッドロケットの燃焼室内部で起こる現象(一部)

◆研究テーマの例

旋回流型HRの燃焼メカニズムの解明

燃焼室内で酸化剤流を旋回させると、燃料後退速度・燃焼効率の双方が向上することが実験的に知られています。旋回流型の燃焼メカニズムを明らかにし、得られた知見をロケット設計に応用することができれば、さらなる性能向上が見込めます。現象解明を目指し、数値シミュレーションや燃焼実験、理論の整備を行っています。

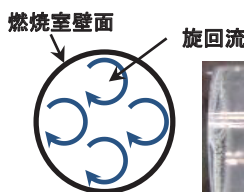


数値解析



酸化剤

旋回流型ハイブリッドロケット



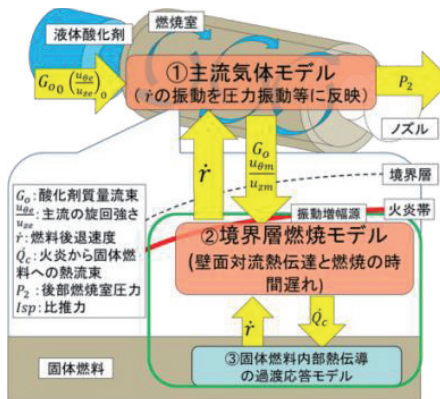
燃焼室壁面

旋回流



実験

(高山, 宇宙科学技術連合講演会, 2012)



理論モデル

◆嶋田教授から一言



今、各国は宇宙輸送のキーとなる推進系のあり方を模索しています。キーワードはグリーン(=環境適合)性と経済性であり、ハイブリッド推進はこれらに適する技術です。私たちは推進系開発の経済性やスペースデブリ回収技術におけるハイブリッド推進の将来性に着目し、大学共同と国際協力による次世代型ハイブリッド推進の基礎研究と実証エンジン開発を目指しています。

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

(2-6)ロケット推進技術の最前線 ～未来のロケット～

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ると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は多くの場合、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。



小型宇宙環境試験装置
(内惑星熱真空環境シュミレータ)



温度環境試験装置(大型恒温槽)

熱衝撃試験装置

◆ver. 特別公開2014◆



大型宇宙環境試験装置
(4mφ縦型スペースチェンバ)

◆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ュミレータ」、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。

◆関係者から一言



基盤技術グループ特任担当役の徳永好志です。この宇宙環境試験装置で、あの「はやぶさ」の試験をはじめ、すべての衛星の熱真空環境試験を行っております。大型恒温槽は、色々な大学の研究者や学生さんが利用しております。



宇宙飛行工学研究系准教授の小川博之です。内惑星熱真空環境シュミレータを担当しています。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＞

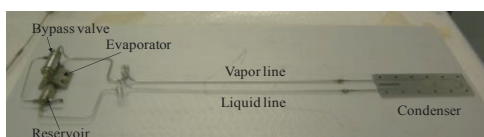
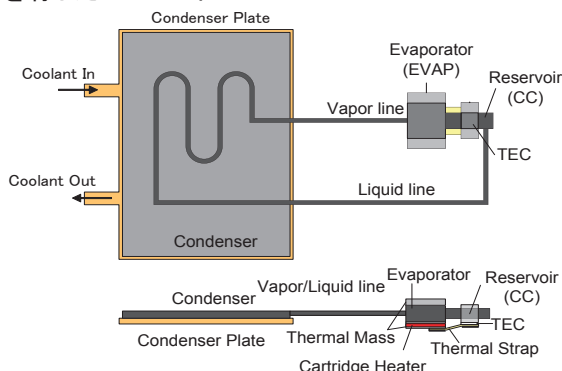
相変化を利用して大量の熱輸送が可能な熱制御デバイスであり、高い毛細管力により作動流体を循環しているため、軽量かつ信頼性が高い。

＜自励振動ヒートパイプ＞

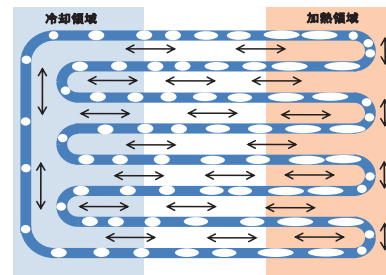
加熱部と冷却部とを十数回往復する細管で結んだヒートパイプ。細管の中に、全内容積の半分程度の容量で封じ込められている作動流体が、加熱部での蒸発・冷却部での凝縮を繰り返し、連続的な圧力振動により駆動される。冷媒が自励振動によって伝熱面間を往復することにより熱輸送を行う。

＜可変コンダクタンスヒートパイプ＞

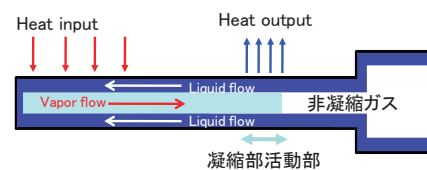
管の中に作動流体を飽和状態で封じ込めた通常のヒートパイプに、非凝縮ガスを封入する事で温度制御性を有したヒートパイプ。



＜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ウィ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)

地上で宇宙空間をつくりだす装置 スペースサイエンスチェンバー

◆この装置の役割は？

地上で作った装置が宇宙空間で実際に使える事を確かめるためには宇宙と同じような環境で試験を行う必要があります。そのために地上に宇宙空間を作り出す設備がこのスペースサイエンスチェンバーです。宇宙では大気が極めて薄い状態(真空)ですがこの設備はそんな空間を作り出すことができます。

下の写真に見える長い円筒型容器がそのチェンバーで、取付けられている排気ポンプによって空気を外に抜いて、内部を真空にすることが出来ます。

この設備は主に人工衛星や観測ロケットに搭載する測定器の開発や動作試験に用いられる他、宇宙で起こるさまざまな現象を容器内で再現し、その現象の解明を行うために使われています。



◆地上に宇宙につくる仕掛け

- ・ 排気装置(ロータリーポンプ2台、ターボ分子ポンプ1台、クライオポンプ2台)

排気装置を使ってチェンバー内部の空気を抜いて真空状態にします。3種類のポンプを使うと地上の約100億分の1のとても薄い大気状態をつくることができます。

- ・ プラズマ発生装置

光や電気を使って真空状態のチェンバー内にプラズマを発生させます。

- ・ 磁場発生装置

チェンバー周囲に設置された磁場発生装置により、チェンバー内の磁場の大きさ・向きを制御します。

◆どこがどうスゴイ？

このチェンバーは長さ5m、直径2.5mでこんなに大きなチェンバーは日本にも数えるほどしかありません。

日本国内の大学や研究機関の人々が宇宙に関する様々な実験を行うためにこの設備を使用しています。

◆どうやってオーロラをつくるの？

1. 排気装置を使ってチェンバー内を真空にします。
2. プラズマ発生装置を使って、チェンバー内にプラズマを作ります。
3. 磁場発生装置を使って内部に磁場を作ります。
4. 電気を使ってエネルギーの高い電子を作って、大気に衝突させるとオーロラをつくることができます。

◆オーロラはどうして光る？

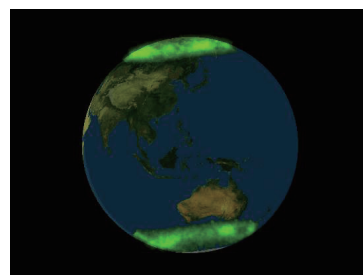
地球上空の高さ数万km位の領域は電気を帯びた粒子であるプラズマに満ちています。このプラズマが下向きに加速されて地球方向に高速で降下してくると、大気中の粒子とぶつかっ

てエネルギーを与える事ができます。

大気の粒子がもらったエネルギーを放出してもとに戻ろうとする時に起こる発光現象がオーロラです。プラズマは磁力線に沿って動きやすいという性質があるために、地球の磁場の向きが地面と垂直に近くなる高緯度地方でしかオーロラは見られません。



ノルウェーで見えるオーロラ



オーロラは北と南の緯度の高い所に発生

◆人工オーロラと本物の違い

イメージでは様々な色のカーテンが揺れていると思われがちですが、実際には多くの場合チェンバー内のオーロラ同様に単色で見えます。この設備ではチェンバー内に入れるガスの種類を変えて、オーロラの発光色を変えることができます。また、本物はゆらゆら揺らめいて見えますが、ここの人工オーロラはほとんど動きません。



◆関係者から一言

太陽系科学研究系の阿部琢美です。

スペースサイエンスチェンバーの中のオーロラは見え方は異なりますが、本物と全く同じ原理で光っています。できるだけ見やすくなるよう、工夫を重ねていますが、見栄えはいかがでしょうか。

オーロラ発生の仕組みを理解すればするほど、自然は我々に素晴らしい贈り物をしてくれていることを実感します。自然は本当に偉大ですね。皆さんも、宇宙の神秘オーロラをお楽しみ下さい。

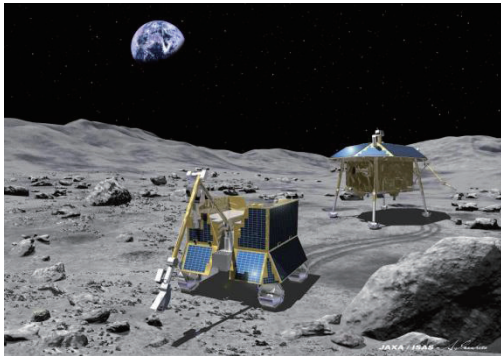
◆設備に関してもっと詳しく知りたい人のために
<http://ssl.tksj.spa.go.jp/pairg/spf/>

(3-2) 人工オーロラ

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、自由自在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？

現在進めている研究テーマを下記に紹介します。

- ロボットビジョンによる環境理解
- 月惑星探査ローバの行動計画
- 探査ロボットの移動メカニズム
- 探査ローバのテレサイエンス

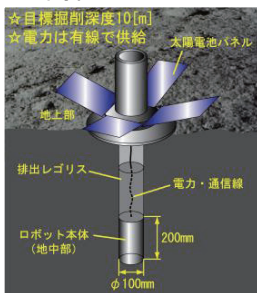
小惑星探査ロボット



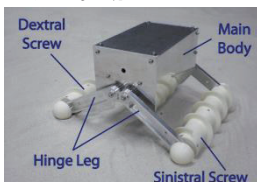
マイクロローバ



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。

◆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

(N-2) 宇宙探査ロボット大集合

極端紫外光で宇宙を見わたす 「ひさき」で見る惑星たち

◆この計画のねらいは？

「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）を使って木星・金星・火星などの太陽系惑星を観測します。

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。この光で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。

極端紫外光は木星に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、大量の硫酸化合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イオンとよばれる状態になり、木星の周りを回り続けます。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、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世界で始めて明らかにし、宇宙空間物理学に新たな知見をもたらします。

◆現状は？

2013年9月14日に、鹿児島県にある内之浦宇宙空間観測所から、イプシロンロケット試験機によって打ち上げられました。打ち上げは大成功で、当初の予定通り地球の上空約1000kmの軌道に投入されました。その後、2013年11月に惑星の観測を開始し、今も観測を続けています。



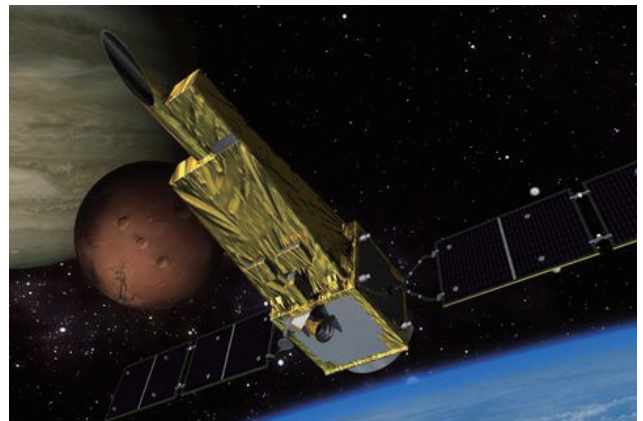
打ち上げ前の「ひさき」
(2013年6月)

◆主な観測装置は？

【極端紫外分光器】

木星や金星、火星が発している極端紫外光（波長50～150nmの光）を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。

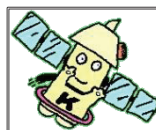
※1nmは1mmの100万分の1の長さです



◆どこがどうスゴイ？

これまで惑星の極端紫外光観測はとても困難で、世界的に見ても、未知の領域でした。しかし、「ひさき」には、JAXAをはじめ、国内の大学やメーカーの技術を結集して開発した高性能な観測装置が搭載されています。

従来よりも格段に高い感度と空間・波長分解能をもつこの装置で惑星を観測すれば、これまで謎だった色々なことを解明することができます。



◆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！！

宇宙には色々な光が飛び交っているんだけど、その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！

「ひさき」の正式な名前は“惑星分光観測衛星”というんだ。それだと長くて難しいから、みんな“きょくたん”って呼んでくれると嬉しいな！

◆もっと詳しく知りたい人のために

http://www.jaxa.jp/projects/sat/sprint_a/index.j.html

(1-2) 「ひさき」で見る惑星たち

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？

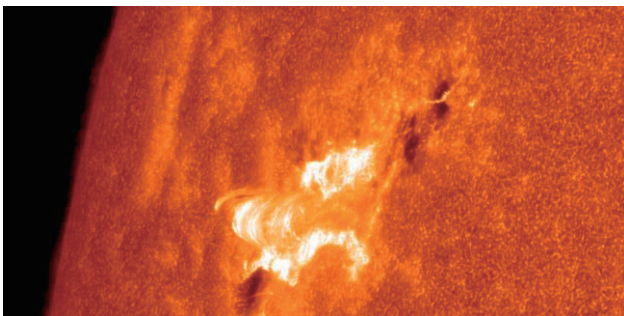
「ひので」(Solar-B)は、2006年9月23日にM-Vロケット7号機によって打ち上げられた、日本で3番目の太陽観測衛星です。「ひので」には、口径50cmの可視光望遠鏡(SOT)、X線望遠鏡(XRT)、極紫外線撮像分光装置(EIS)という3つの望遠鏡が積まれていて、毎日太陽の観測をしています。

「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。

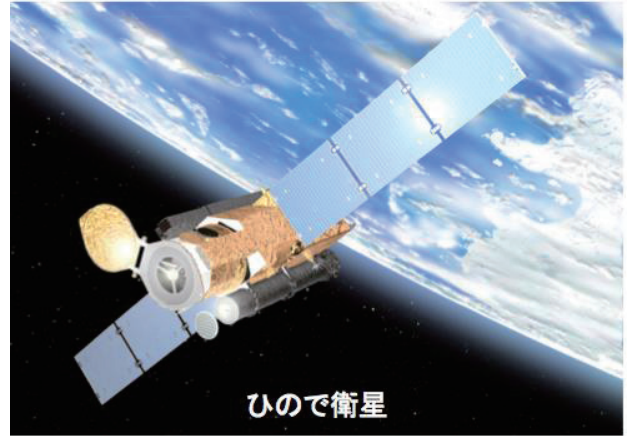
◆宇宙で観測するメリット

「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。

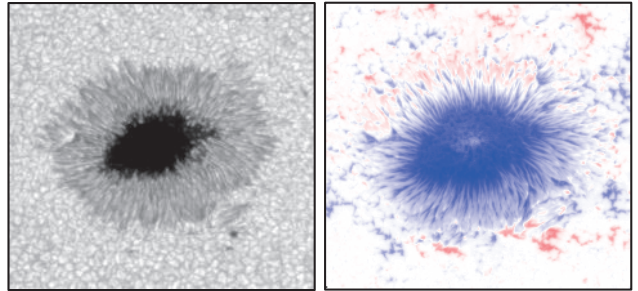
太陽活動の謎に迫るには、時々刻々変化する太陽面の小さな磁場を正確に調べる必要があります。1枚の磁場の図を得るためには、数分から数時間に渡って、ぶれや歪みのない観測をしなければなりません。しかし、地球には大気がありますので、どうしても像が揺らいでしまい、安定した画像を取得できないのです。そのため、口径の大きな望遠鏡を作り、宇宙に運びました。それが「ひので」なのです。地球大気の外で撮る太陽の画像はとても鮮明で、磁場の測定以外にも様々な研究成果をもたらしています。



2013年5月15日、太陽の縁で起きたXクラスフレア
(可視光望遠鏡で撮影)



ひので衛星



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坂尾太郎です。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爆発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>

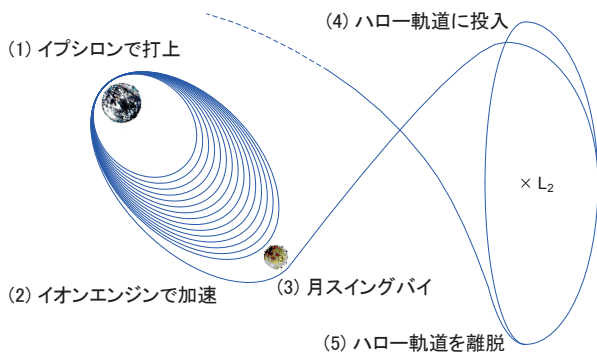
(1-12)「ひので」が見た太陽

◆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3号機として打ち上げられることを提案しています。3号機のミッションとして選ばれれば、2018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。つづいて、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、9つの実験をおこないます。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。

高性能電気推進バス

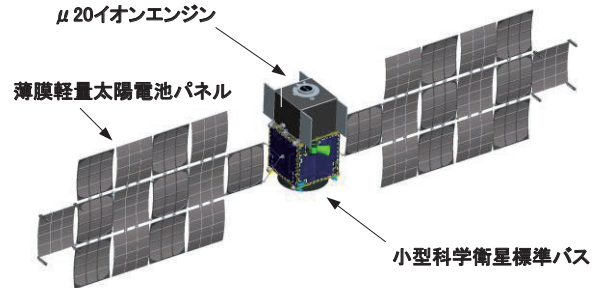
- 薄膜軽量太陽電池パネル
- μ 20イオンエンジン
- 先端的熱制御

運用効率化

- 先端的通信技術
- 運用自律化・効率化
- 軌道決定の高度化

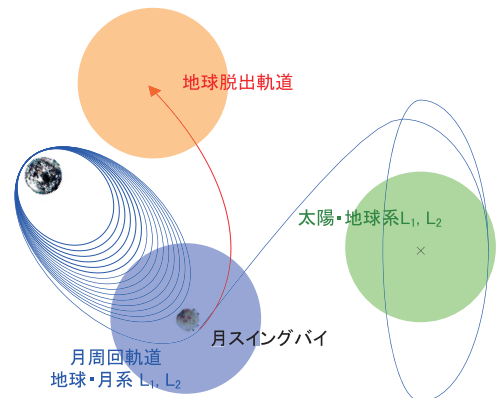
ミッション・軌道設計

- 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遷移
- ハロー軌道遷移・維持



◆DESTINYができるとどうなるの？

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。



◆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

宇宙太陽光発電所と無線エネルギー伝送

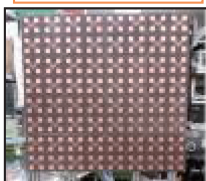
宇宙から地上にエネルギーを届ける

宇宙科学研究所 田中研究室
東洋大学 藤野研究室

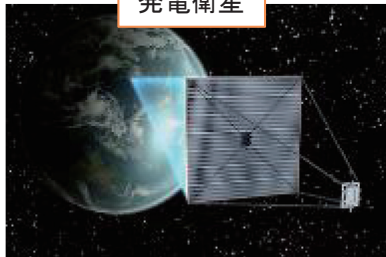
宇宙太陽光発電(SSPS: Space Solar Power Station)とは、将来の実用化を目指して研究開発が進められている新しい発電方式の一つです。人工衛星の軌道の上に広大な太陽電池を展開して、太陽光により電気エネルギーを発電します。従来の人工衛星と異なるのは、軌道上で発電されたエネルギーを**地上に送電**し、既存の電力網と同様に都市等へ供給する、**市民のための発電所**だということです。最大の特徴は、宇宙で発電したエネルギーを**マイクロ波に変換して地上に無線送電**する点です。マイクロ波は太陽光よりも大気を透過しやすい性質を持っているため、天候に影響されず、安定して電力を供給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

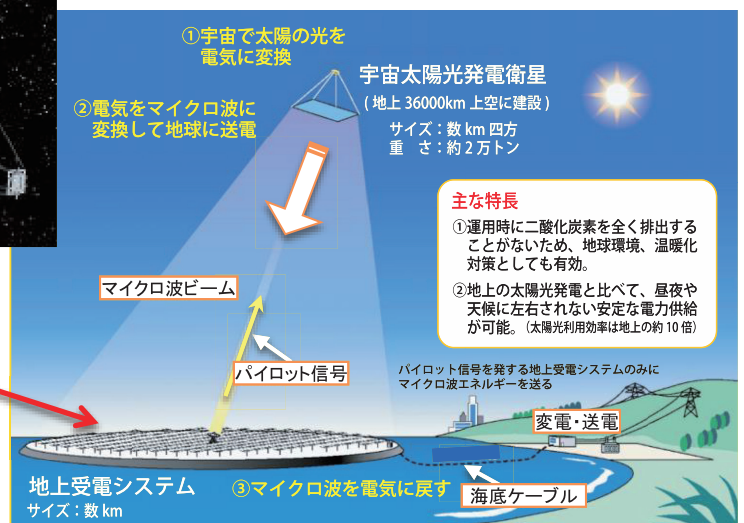


発電衛星



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)

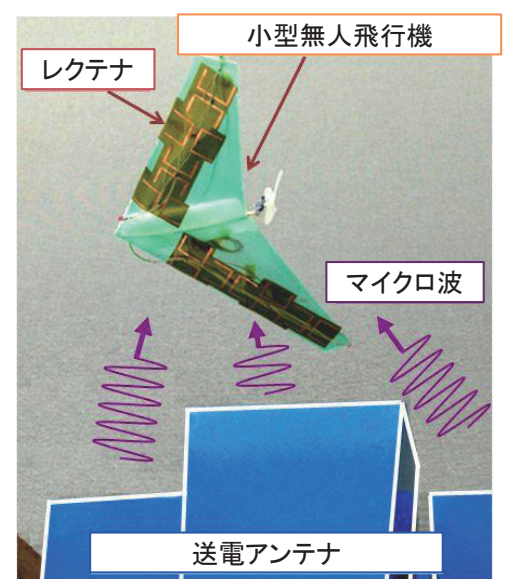
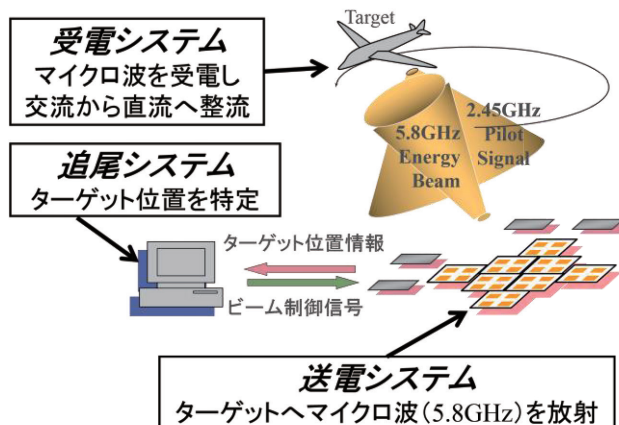


地上から無人飛行機にエネルギーを送る

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。

ホームページQRコード



はるかなる宇宙と会話する宇宙通信

◆ ここでは何をしているの？

川崎研究室では、将来宇宙に飛び立つ人工衛星に搭載するアンテナなど、宇宙通信に関連する無線機器の研究開発を行っています。さらに、宇宙通信だけでなく無線で電力を送るための装置の研究も行っています。

設計から試作、評価まで一貫してできることを強みとし、無線通信・電力伝送分野において世界をリードする研究室として研究成果を挙げています。

◆ 最新研究内容の紹介1

JAXA では臼田町（長野県佐久市）にある観測所と協力して64[m]の超大型アンテナで、地球から遠く離れたところへ向かう探査機からの電波の受信や地上から探査機への電波の送信を行います。川崎研究室では、弱い電波を強くするための増幅器を研究をしています。

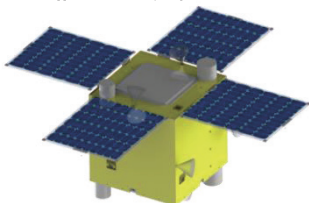


図1 探査機の増幅器
(川崎研開発)



図2 直径64 [m]の
パラボラアンテナ

この増幅器を搭載した探査機PROCYONが2014年度にはやぶさ2と一緒に打ち上げられます。深宇宙から超大型アンテナに電波を送り地上と交信します。



探査機イメージ図

◆ 最新研究内容の紹介2

■ 再使用ロケット用ワイヤレスヘルスマニタリングシステムの研究

再使用ロケットの実現のためには機体の軽量化、省スペース化は必須です。

配電および通信用の電線を無線にすることで重量・体積・コスト・メンテナンスの問題を改善することができます。現在は無線を用いて情報と電力を同時に送る研究を行っています。

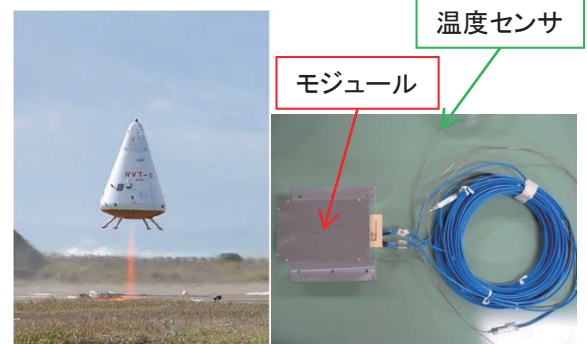


図3 再使用ロケットワイヤレスヘルスマニタリングシステム

左: RVT機体, 右: ワイヤレス温度センサ



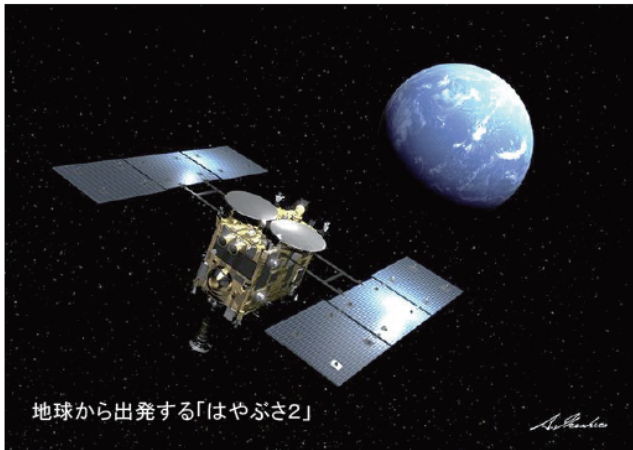
図4 ロケットの内部

ロケット内の配線は複雑です。ヘルスマニタリングの技術を用いてこのような配線を無線にすることを目指します。

◆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/>

2014年度打ち上げ予定 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微小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」が動き出しました。打ち上げは、2014年度の予定で、現在、探査機の製作が行われています。

「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」の経験を生かしつつ、さらに発展させていきます。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。

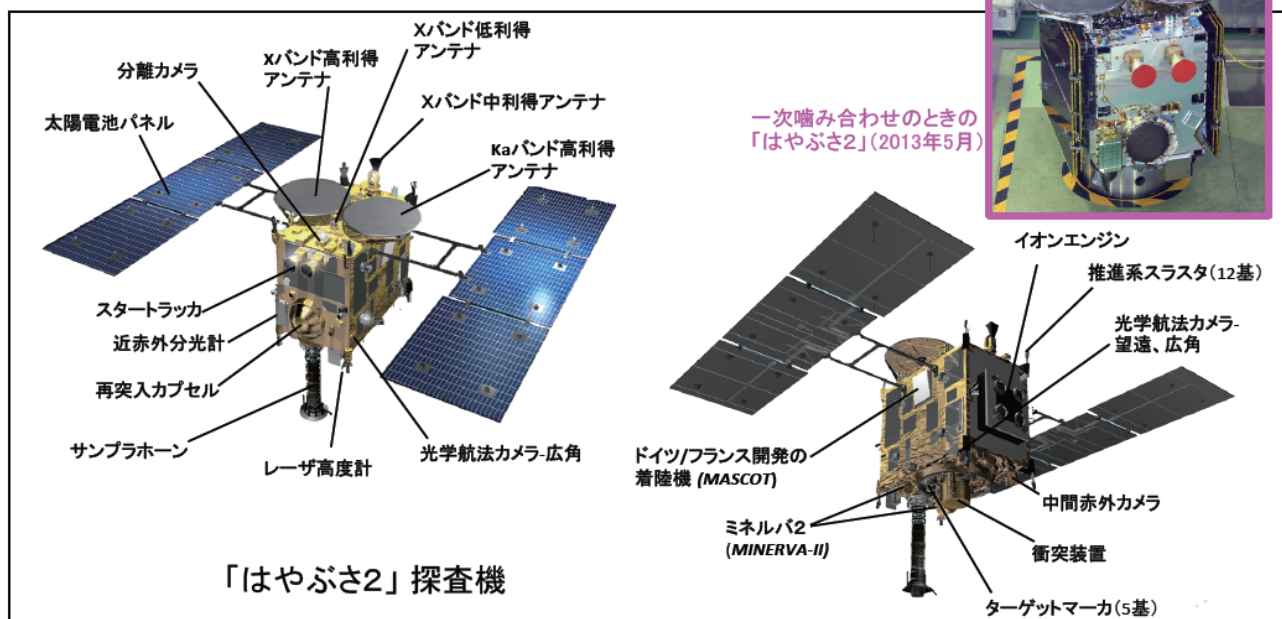
◆「はやぶさ2」探査機

「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二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込むのです。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。このことで地下にあった物質も手に入れることができます。

この他、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）も搭載します。また、着陸のときに目印となるターゲットマークは5個持って行きます。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。



「はやぶさ2」探査機

一次噛み合わせのときの「はやぶさ2」(2013年5月)

「はやぶさ2」の科学的意義 小惑星探査で調べること

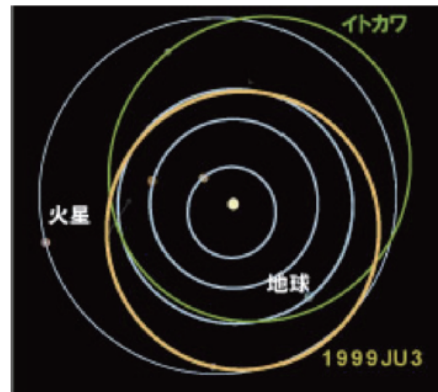
◆地球の誕生を知る旅へ

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て、周りの円盤から地球などの惑星が生まれたのです。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ったことになります。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46億年前に地球を作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中にあっ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、生命になった物質が分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」の探査対象天体 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。



1999 JU₃の軌道

これまでの観測で、1999 JU₃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時間で自転をしており、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。



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.jspec.jaxa.jp>

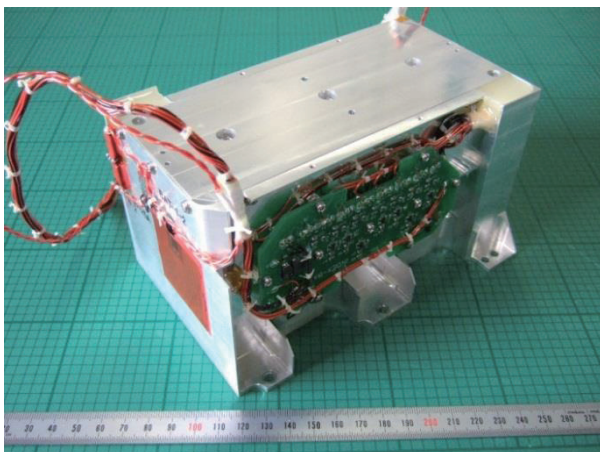
電気がなければ始まらない 電池が広げる宇宙探査

◆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充電可能な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。エネルギーをためるデバイスを、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。

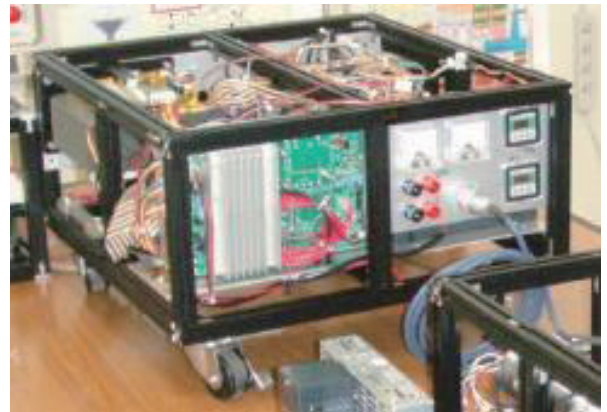
◆主な研究テーマは？

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年に打ち上げられた「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9年近い年月にわたり、探査機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、何が本当にできることで、何が出来ないことなのかを判断できることが重要です。それは、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、どういう設計が特に宇宙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。



◆どこがどうスゴイ？

宇宙では真空と微小重力が電池にとっても影響します。例えば、電池で使用する電解液という物質が、真空中に曝されて外に抜け出してしまうことがあります。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になります。最後に、電池からの派生技術として、炭酸ガスと水素を反応させるリアクターも研究しています。炭酸ガスを除去し有益な化合物を作り続けることができれば、きっと宇宙にも地球にも優しい技術になりますよね。



◆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%」。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、宇宙探査でもなくてはならない存在です。常に「縁の下での力持ち」、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。

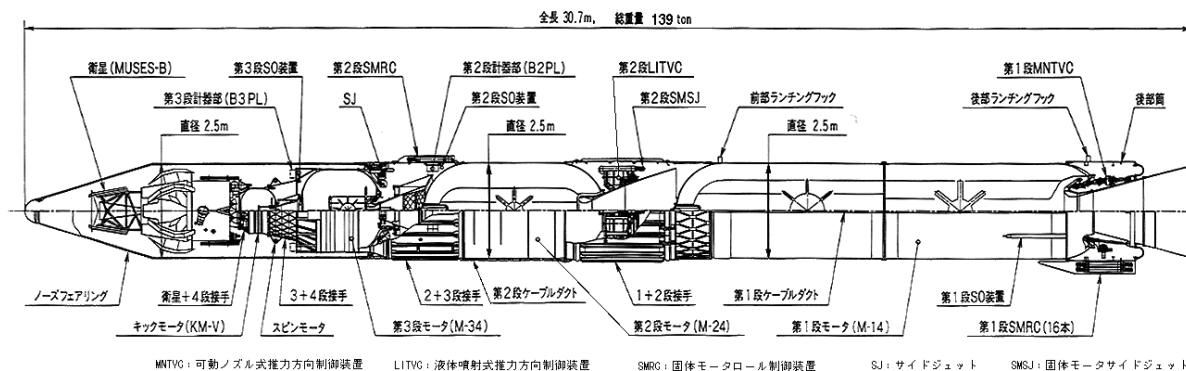
◆もっと詳しく知りたい人のために

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

(5-5) 電池が広げる宇宙探査の可能性

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。



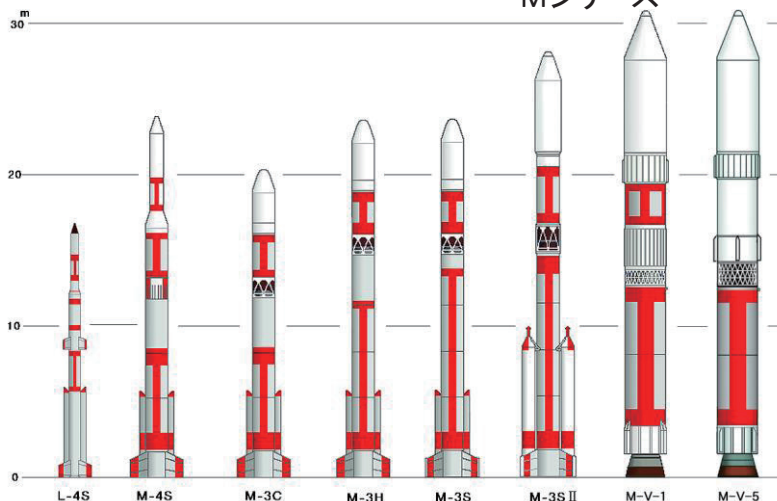
M-V-1号機断面図



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