



## 手の中にある 地上400kmの実験室 「きぼう」

—あなたの事業・研究を  
宇宙で広げてみませんか。

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構  
有人宇宙技術部門

本パンフレットに対するご質問や「きぼう」に関するお問い合わせはこちらへ。  
きぼう利用プロモーション室 Z-KIBO-PROMOTION@jaxa.jp  
きぼうを使ってみませんか? <http://iss.jaxa.jp/user/>

2016年3月発行  
編集代表：有人宇宙技術部門 梅村さや香



「きぼう」利用サマリ

# 未来を拓くために 「きぼう」でできる ことがある





# 「きぼう」を 使ってみませんか？

「きぼう」は、国際宇宙ステーション (International Space Station: ISS) にある日本の実験棟です。ISSは、地上から約400km上空の宇宙空間にあって、地球を1周約90分で回っています。

「きぼう」では、微小重力に代表される宇宙の特殊な環境を利用して、さまざまな活動が行われています。その成果は、医療やものづくりなどに活かされ、すでに私たちの生活で使われているものもあります。

皆さんも、「きぼう」を使ってみませんか？

このパンフレットでは、「きぼう」のこれまでの成果や、利用できる装置など、「きぼう」でできることをご紹介します。

ISSは、長期間にわたって微小重力環境が得られる人類にとって唯一の実験施設です。地上では得られない環境を利用した実験は、企業や大学、研究機関の皆さんが抱えている課題を解決し、事業や研究の拡大につながることでしょう。

「きぼう」を研究開発に使ってみたいと思われたら、ぜひお気軽にご連絡ください。

きぼう利用プロモーション室 Z-KIBO-PROMOTION@jaxa.jp

## 目次

「きぼう」を使ってみませんか？……P.2

これが「きぼう」です。……P.4

「きぼう」ではこんなことができます。……P.6

### 01 健康長寿社会を支えます。……P.8

なぜ宇宙では骨や筋肉が弱くなる？  
その謎から健康寿命を延ばす方法が見えてきます。

重力に邪魔されないからこそできる高品質のタンパク質結晶。  
それは、効果が高く副作用の少ない薬の設計を可能にします。

### 02 豊かで安心・安全な暮らしを実現します。……P.10

地球を一望できる「きぼう」。  
環境変動の予測や広域災害の監視に威力を発揮します。

宇宙で植物を育てると、どうなる？  
その研究から倒れにくいイネが生まれるかもしれません。

宇宙実験の敷居は高い？  
「きぼう」なら手軽に宇宙実験を行うことが可能です。

宇宙飛行士に代わって力仕事も繊細な作業もこなすロボットアーム。  
その技術から手術ロボットが誕生しました。

### 03 ものづくりで企業の競争力を高めます。……P.12

対流も沈降もない静かな環境。  
そこでは、均一で高性能な材料が育まれます。

お酒を宇宙で熟成させると、まろやかに！？

容器不要、静電気力で試料を浮かべて融かします。  
重力に阻まれ到達できなかった物質科学の地平を切り拓きます。

### 04 未踏の宇宙を目指します。……P.14

より長く、より遠くへ。  
宇宙で生きるための方策を探っています。

物資を運ぶだけでもつたいない。  
「こうのとりのつばさ」では実験もできます。

着やすく、動きやすく、涼しい。  
月面でも使える軽量宇宙服を研究しています。

水再生は有人宇宙活動のキーテクノロジー。  
日本の技術でメンテナンスフリーを実現します。

### 05 新たな知的領域を切り拓きます。……P.16

巨大ブラックホールが星を吸い込む現場を目撃。  
激しく変動する宇宙をX線で監視しています。

最も身近な物質だからこそ知りたい。  
氷の結晶ができる理由。

高エネルギー宇宙線、暗黒物質、ガンマ線バースト……  
私たちには見えない、ダイナミックな宇宙を探ります。

地球の大気と宇宙空間のプラズマが混ざり合う場所。  
気象、大気、天文分野の連携で、その姿が見えてきました。

皆さんの“できたらいいな”に「きぼう」が応えます。……P.18

創薬ターゲットである膜タンパク質の高品質な結晶をつくりたい。  
加齢に伴うさまざまな症状を改善・予防する方法を見つけたい。  
再生医療に向け、幹細胞から立体的な臓器をつくりたい。  
高温融体のまだ誰も知らない物性を測りたい。  
宇宙から実験試料を持ち帰りたい。

「きぼう」の実験装置を紹介します。……P.20

さまざまな利用サービスをご用意しています。……P.22



# これが「きぼう」です。

## 国際宇宙ステーションとは

国際宇宙ステーション(ISS)は、日本、米国、ロシア、カナダ、欧州各国の合計15ヶ国が協力して、地上から約400km上空の宇宙空間に建設した有人実験施設です。1998年から建設が始まり、2011年に完成しました。サッカー場ほどの大きさで、1周約90分で地球の周りを回っています。ISSには、常時6人の宇宙飛行士が滞在し、さまざまな実験を行っています。日本は2024年までのISS運用への参加が決定しています。

## 「きぼう」とは

ISSにある日本初の有人実験施設です。「きぼう」では、2008年から実験が行われています。実験スペースには、1気圧の空気で満たされ地上と同じ服装で活動できる船内実験室と、宇宙空間で実験を行う船外実験プラットフォームがあります。

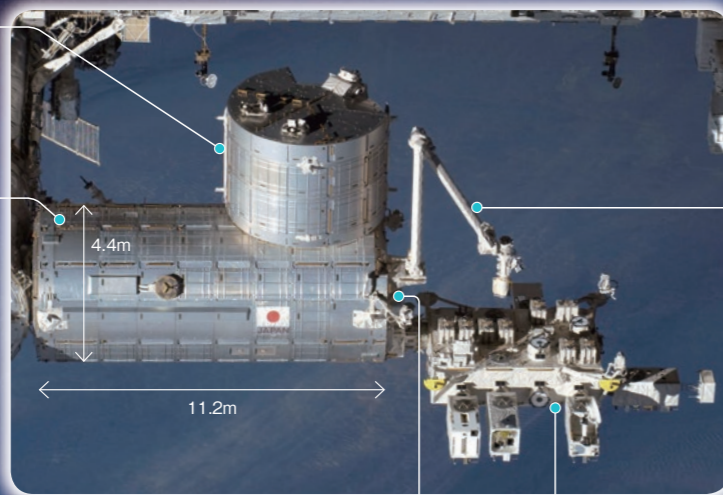
### 船内保管室

実験装置や実験試料、消耗品などを保管する倉庫です。

### 船内実験室

「きぼう」の中心となる実験スペースです。例えば、次のような実験ができます。

- 細胞培養や植物生育、マウス飼育などの生命科学実験
- 結晶成長や燃焼、流体、材料溶解などの物質・物理学実験
- 宇宙飛行士が被験者となる医学的な実験



### ロボットアーム

船外実験用の実験装置の交換などの作業を行います。

### エアロック

圧力差がある船内実験室と宇宙空間の間で実験装置などを移動するときに使用します。

### 船外実験プラットフォーム

実験装置を宇宙空間にさらして実験を行います。例えば、次のような実験ができます。

- 宇宙用機器・センサーなどの実証
- 宇宙用材料の評価
- 地球観測
- 天体観測

### 「こうのとりの

ISSに物資を運ぶ日本の宇宙ステーション補給機。

## 宇宙環境の特徴

### 微小重力

ISSで働いている見掛けの重力はとても小さく、地上の100万分の1から1万分の1です。

### 高真空

ISSが飛行している高度の圧力は $10^{-5}$ パスカルで、地上の100億分の1です。

### 複雑な宇宙放射線

銀河宇宙線、太陽粒子線、バン・アレン帯の粒子線や二次粒子線など、さまざまな宇宙放射線が飛び交っています。

### 広い視野

ISSは約90分で地球を1周し、広い視野を持ちます。地球や宇宙の観測に有効です。

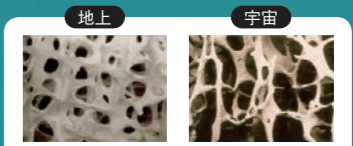
### 閉鎖環境での居住

精神・心理的ストレスや微生物感染などによる健康障害の予防対策が必要です。

## 微小重力の特徴

### 1 生物の体が変わる

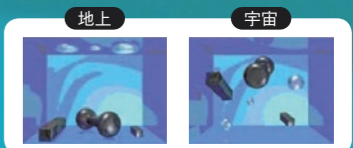
重さの負荷がかからないため、筋肉や骨が弱くなります。また、免疫機能が低下するなど、生命活動に遺伝子発現レベルからのさまざまな変化が見られます。その原因や対策を調べることで、骨粗しょう症や免疫機能低下などに対する治療・予防法の確立につながります。



提供: NIH

### 2 沈降がない

地上では重い物は沈み、軽い物は浮かびます。微小重力環境では、水と油のように比重の違う物でも均一に分散するため、規則性の高い高機能な材料を作製できる可能性があります。



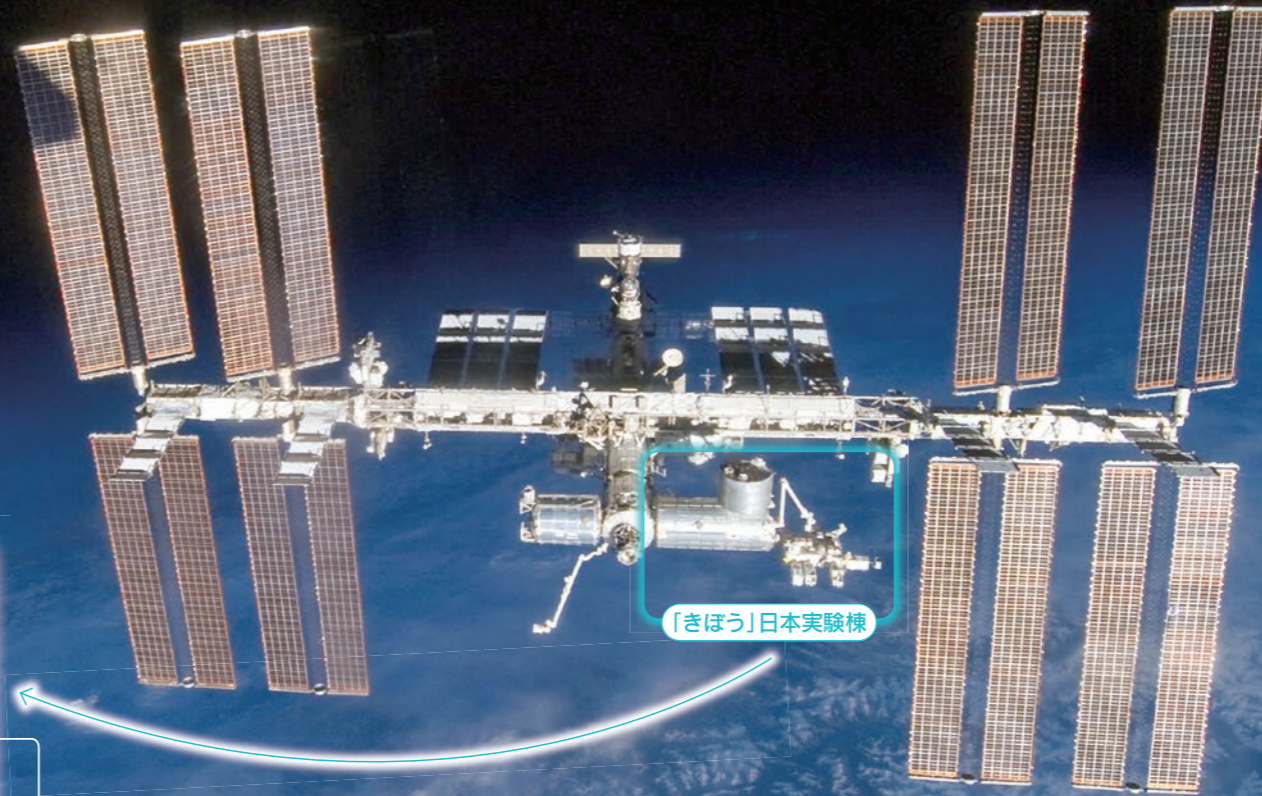
### 3 熱対流がない

地上では熱せられた液体や気体は比重が軽くなり、対流が発生します。微小重力環境では比重差による対流は発生しないため、対流に邪魔されて地上ではできないような高品質なタンパク質結晶や材料組織をつくることができます。



### 4 容器なしで浮遊

地上では液体をためておくために容器が必要ですが、微小重力環境では容器を用いずに液体を浮遊させることができます。そのため容器からの汚染や影響を受けずに、物質の性質の測定や合成が可能です。



「きぼう」日本実験棟



# 01 健康長寿社会を支えます。

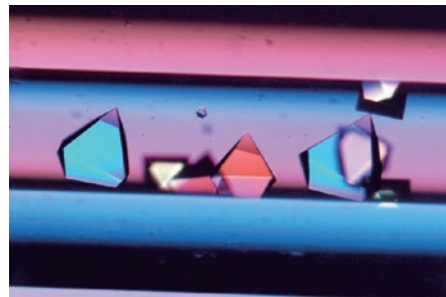
→ P.8~9

4人に1人が65歳以上の高齢者である日本では、できるだけ長く健康に日常生活を送ること、すなわち健康寿命を延ばすことが求められています。

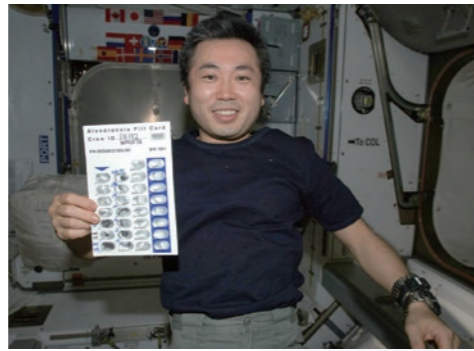
宇宙に滞在すると、健康な宇宙飛行士であっても、骨は骨粗しょう症の患者さんの約10倍、筋肉は寝たきりの人の約2倍の速さで、とても急速に弱っていきます。微小重力環境における加齢変化の加速モデルともいえるこの現象に着目した研究は、骨や筋肉など運動器が衰えるロコモティブ症候群の予防や改善に貢献できると期待されています。

また、対流や沈降が発生しない微小重力環境では、地上より高品質なタンパク質結晶ができます。その高品質な結晶を使うことで、タンパク質のより詳細な構造が分かり、医薬品の開発に役立っています。

今後は、医薬品のターゲットになる膜タンパク質の結晶化や、環境要因によって遺伝子の動きが変化するエピゲノム、組織や臓器の機能を幹細胞などを用いて回復させる再生医療など、新しい実験にも取り組んでいきます。



「きぼう」で生成された高品質なタンパク質の結晶



骨密度減少予防の実験に被験者として参加した若田光一宇宙飛行士。手に持っている骨粗しょう症治療薬を服用して骨密度の変化を調べた。

# 「きぼう」ではこんなことができます。

これまで「きぼう」では、生命科学や宇宙医学、地球惑星科学、天文学、物質・物理科学といった学術分野や、産業技術分野など、さまざまな実験が行われ、画期的な成果を挙げてきました。そして「きぼう」は、もっと多くの発見や問題解決に貢献できる大きな力を持っています。「きぼう」のこれまでの成果と、未来に向けた新しい試みを、5つのテーマに分けてご紹介します。

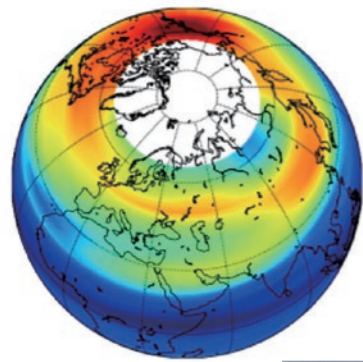
# 02 豊かで安心・安全な暮らしを実現します。

→ P.10~11

地球温暖化、異常気象の頻発、それらに伴う食糧不足……。人類は今、さまざまな問題に直面しています。「きぼう」では、このような問題の解決に貢献し、豊かで安心・安全な暮らしを守るための活動も行っています。例えば、宇宙からの地球観測は、環境変動の予測や広域災害の監視に役立ちます。また、微小重力環境で植物を栽培する実験からは、台風でも倒れにくいイネの誕生などが期待されています。

ISSに搭載されているカナダのロボットアームの技術からは、手術ロボットが生まれ、医療の現場で活躍しています。「きぼう」のロボットアームも遠隔操作で細かい作業が可能な実用ロボットです。その技術は、地上での医療や介護にも応用可能です。

豊かで安心・安全な暮らしの実現への貢献を目指し、もっと多くの方にさまざまな用途や新しいアイデアで「きぼう」を使っていただけるように、手軽に宇宙実験ができる機会を提供する試みも始めています。



「きぼう」から観測したオゾン層の分布。オゾン層破壊のメカニズム解明に貢献した。



「きぼう」で発芽したイネ。体を支える役割を持つ細胞壁を調べた。

# 03 ものづくりで企業の競争力を高めます。

→ P.12~13

「きぼう」では、重力がある地上では困難だった物質の創製や物性データの取得が可能になります。例えば、対流や沈降がない環境を利用することで、次世代高性能半導体材料の大型単結晶の生成に成功しています。お酒を熟成させ、まるやかに寄与すると考えられている高分子構造が変化するメカニズムを明らかにしようという実験も進行中です。

微小重力環境では、材料を容器に入れずに浮かせることもできます。その特徴を活かして、融点が非常に高い材料を浮かせたまま融かし、物性を測るという新しい技術も開発しました。この技術により、容器からの汚染や影響を受けることなく、高精度な物性測定や材料の生成も可能になります。

「きぼう」での実験で得られたデータは、新たなイノベーションや技術を生み出し、日本のものづくりの競争力を高めることに役立っていきます。



地上の静電浮遊炉で高温の試料が浮遊している様子。宇宙では、より帯電しにくい試料での成果が期待されている。

# 05 新たな知的領域を切り拓きます。

→ P.16~17

人類は地球の重力のもとで生まれ、科学技術も“地に足をつけた”研究により発展してきました。ようやく私たちは、地球を飛び出し、重力から解放された宇宙で継続的に実験ができる施設、「きぼう」を手に入れたのです。「きぼう」では、人類の知的好奇心に根差した科学研究も行われています。

例えば、X線による全天の監視、氷の結晶が成長するメカニズムの解明など、いずれも宇宙でしかできない研究です。地表から超高層までの広範囲な大気の観測は、これまでにない新しい学問分野の構築にもつながります。高エネルギー宇宙線の加速のメカニズムや暗黒物質の正体を明らかにする観測も進められます。

「きぼう」では、科学の真理を探究し、宇宙でしかできない新たな領域を切り拓いていきます。

月の本格的な利用の想像図



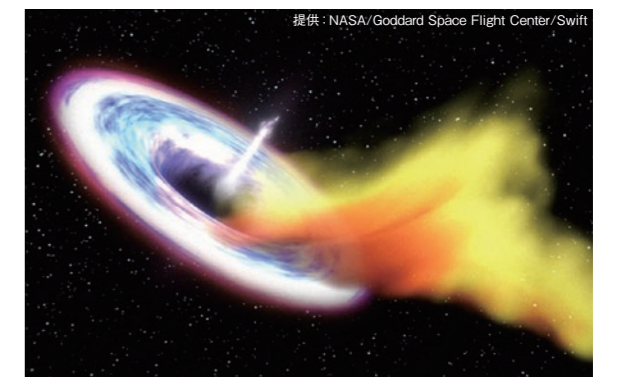
# 04 未踏の宇宙を目指します。

→ P.14~15

月や火星などを目指した、1年を超えるような超長期の有人探査が国際的に検討されています。「きぼう」では、地上の技術を取り入れながら、さらなる長期の宇宙滞在に向けた技術開発が進められています。

例えば、小型で消費電力が少なくフィルター交換も不要な水再生システム、宇宙飛行士の遠隔医療システムや、重力がある天体でも動きやすい軽量な次世代宇宙服などです。

日本には宇宙分野以外にも、たくさんの優れた技術があります。それらの技術をさらに積極的に取り入れることで、有人宇宙探査に必要な技術を確認するとともに、国際的にも貢献していきます。



X線観測の成果をもとに描かれた、隣接する星のガスを吸い込む巨大ブラックホールの想像図



# 01 健康長寿社会を支えます。

なぜ宇宙では骨や筋肉が弱くなる？  
その謎から健康寿命を延ばす方法が見えてきます。

微小重力環境では、健康な宇宙飛行士でも体を支える骨や筋肉が弱くなります。骨密度の減少は骨粗しょう症の患者さんの約10倍、1日のふくらはぎの筋肉の減少は寝たきりの方の2日分、高齢者の約半年分という速さで進行します。

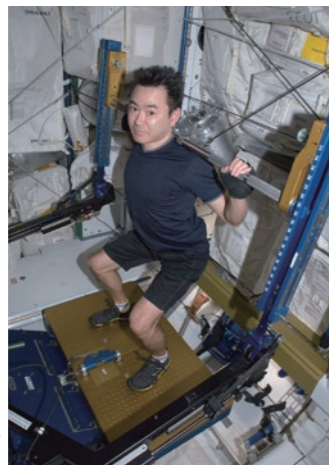
「きぼう」では、このような加齢変化の加速モデルともいえる現象に着目した研究が行われています。その結果、宇宙での骨密度減少が骨を破壊する破骨細胞の活性化によって引き起こされていることや、筋萎縮の原因となっている酵素が明らかにされました。これらの成果をもとに、骨粗しょう症の新たな治療法や、筋萎縮を抑制する機能性食品の開発が行われています。宇宙飛行士自身が被験者となった、筋肉を維持する仕組みを調べる実験や、筋肉の萎縮を抑制する効率的なトレーニング機器の実証なども行われています。

最近、骨や筋肉など運動器が衰えるロコモティブ症候群の増加が問題になっています。「きぼう」では今後、マウスを使った実験などによって、加齢性疾患を早期に診断することが可能な因子の特定や、予防薬・治療薬候補の薬効や安全性を調べる前臨床試験なども進めていく予定です。それらによる成果が、ロコモティブ症候群の予防や改善を通じて、健康寿命を延ばすことが期待されています。

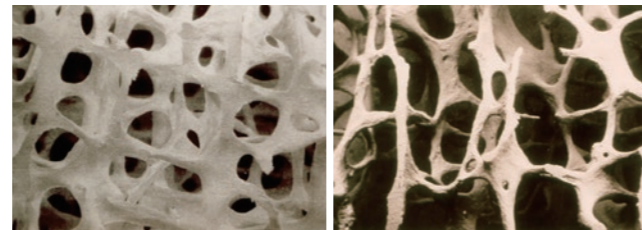
**利用機関** 徳島大学、東京工業大学、金沢大学、東北大学、久留米大学、京都大学  
**使用装置** 細胞培養装置、水棲生物実験装置  
**利用サービス** 宇宙実験個別対応サービス、微小重力環境でのマウス飼育と回収サービス

## CHECK

医療はもちろん、衣食住をはじめ人の活動をターゲットとする事業や研究は、今や老化と無関係ではられません。「きぼう」で一歩先に行く老化研究を。

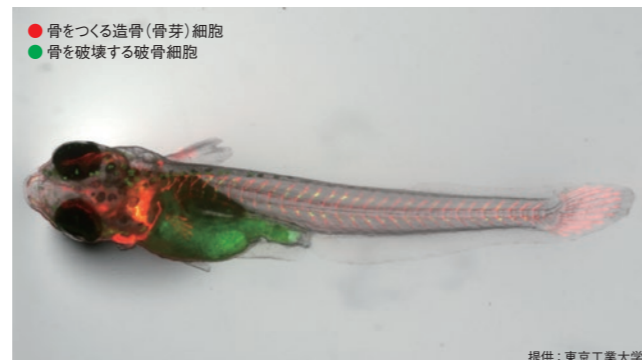


改良型エクササイズ装置で運動をする星出彰彦宇宙飛行士

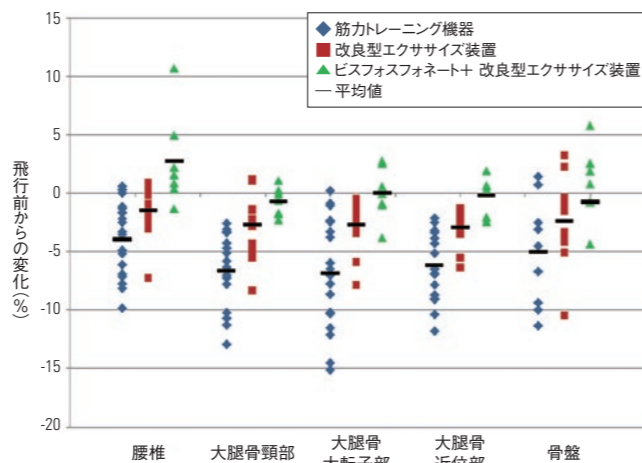


正常な骨(左)と骨密度が減少した骨(右)

提供: NIH

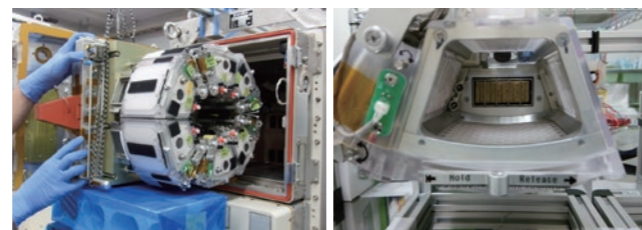


骨に関する2種類の細胞を異なる色の蛍光タンパク質で標識したメダカ。宇宙で飼育したメダカと同種のもの。



宇宙飛行士の飛行前後における骨密度の変化。骨粗しょう症の治療薬ビスフォスフォネートの服用と運動をした宇宙飛行士(緑)は、運動のみの宇宙飛行士(青と赤)より骨密度の低下が防止できている。

Smith S, et al., J Bone Miner Res 2012, LeBlanc A, Matsumoto T, et al., Osteoporos Int 24:2105-14, 2013より改題



「きぼう」の小動物飼育装置(MHU)。マウスを飼育するケージを6個ずつ、飼育環境制御装置の上段(微小重力区)と下段(人工重力区)にセットし、比較する。

重力に邪魔されないからこそできる高品質のタンパク質結晶。  
それは、効果が高く副作用の少ない薬の設計を可能にします。

ヒトの体は10万種類以上のタンパク質でできています。すべてのタンパク質は決まった構造を取ることによって機能を発揮します。病気の原因となるタンパク質の構造が分かれば、その働きを阻害する化合物を設計することも可能で、薬剤の有力な候補になります。このように標的とするタンパク質の構造に基づいて薬剤を設計することをSBDD (Structure Based Drug Design) と呼びます。現在、薬剤の候補化合物を探すには、データベースに登録されているたくさんの化合物を1個ずつ標的タンパク質と反応させるハイスループットスクリーニングという手法が多く使われています。この手法に比べてSBDDでは、より低コストで、副作用の少ない薬剤の候補化合物を提案することができます。

タンパク質の構造解析では、分子がきれいに並んだ高品質の結晶ほど詳細な構造がわかります。品質の高い結晶をつくることは非常に難しいのですが、微小重力環境では地上より高品質なタンパク質結晶が得られます。それは、密度差による対流が発生しないため、乱れの少ない環境で結晶が成長することによります。

これまでに大学や企業と協力して100種類を超えるタンパク質の結晶化を「きぼう」で行っています。地上で適切な結晶化条件を設定してから「きぼう」で結晶を生成したタンパク質の約6割は、地上で生成した結晶を用いた場合と比べて、高い分解能で構造情報を取得できています。

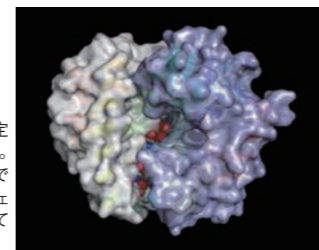
すでに、インフルエンザやがん、筋ジストロフィーなどの治療薬に関連するタンパク質の結晶化実験を実施しており、得られた構造情報は創薬研究に貢献しています。

**利用機関** 大学、製薬企業など  
**使用装置** 蛋白質結晶生成装置、「きぼう」搭載用ポータブル冷凍・冷蔵庫  
**利用サービス** 高品質タンパク質結晶生成・分析サービス

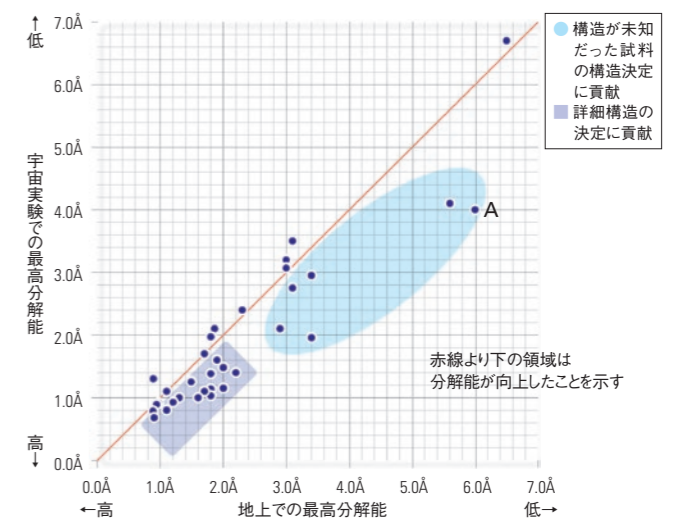
## CHECK

結晶ができない。結晶はできたが品質が低く、構造解析ができない。さらに詳細な構造を知りたい……。そんなタンパク質はありませんか。「きぼう」が結晶化のお手伝いをします。

「きぼう」で生成した結晶を用いて決定されたH-PGDSタンパク質の立体構造。これまで見えなかった水分子の配置まで分かるようになった。H-PGDSはデュシェンヌ型筋ジストロフィーの発症に関連しているタンパク質。



「きぼう」では、小さな結晶が多数集まってしまうクラスタ化が抑制されるなど、地上より品質の高い結晶を生成することができる。



宇宙で生成した高品質なタンパク質結晶による構造解析の分解能改善。例えばタンパク質Aは、地上で生成した結晶での分解能は約6オングストロームだったが、「きぼう」で生成した結晶では約4オングストロームに向上した。



# 02 豊かで安心・安全な暮らしを実現します。

## 地球を一望できる「きぼう」。 環境変動の予測や広域災害の監視に威力を発揮します。

地球温暖化やオゾン層破壊など地球規模の変動をいち早く、正確に捉えることは、環境変動の予測や対策には不可欠です。そのためには、地球全体を宇宙から観測することが有効です。

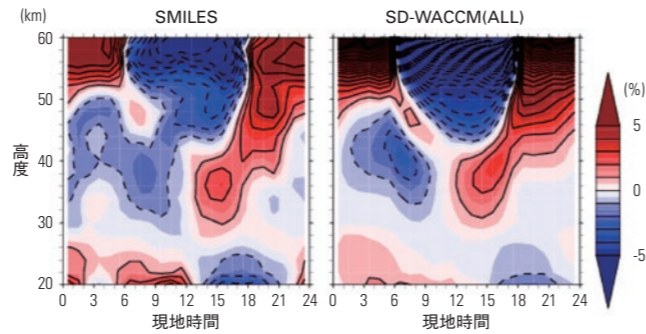
「きぼう」の船外実験プラットフォームに搭載された超伝導サブミリ波リム放射サウンド(SMILES)は、オゾン量が1日周期で増減する様子を初めて高精度に観測しました。この観測結果は非常に注目され、国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)が発行している報告書『オゾンアセスメントレポート2014』にも引用されました。

また、ISSから撮影された地球の画像や映像は、センチネル・アジアや国際災害チャータといった国際的な協力の枠組みを通じて地上の解析チームに提供され、洪水や森林火災など広域災害の状況分析に役立てられています。

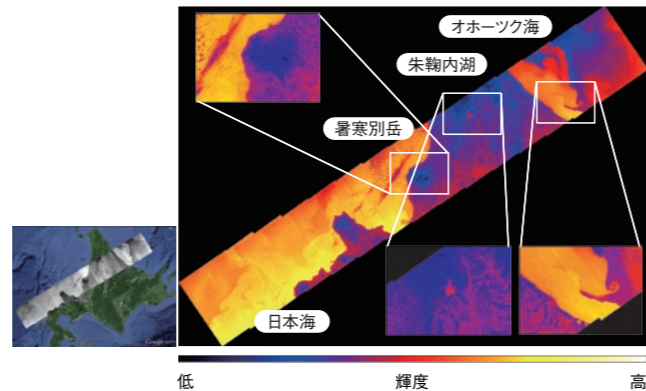
- 利用機関 京都大学、JAXA
- 使用装置 超伝導サブミリ波リム放射サウンド、高精細ビデオ、船外用民生品高精細ビデオカメラシステム、地球観測用小型赤外カメラ
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス、JAXA技術実証

### CHECK

人工衛星でなければ得られなかった広大な視野を手中にできます。しかも観測する電磁波の波長が違えば、地球は別の顔を見せます。人類がまだ見たことがない地球に出会えます。



左はSMILESが熱帯におけるオゾン量を観測した結果で、オゾン量が時間帯によって変化していることが分かる。右は数値シミュレーションの結果で、同様の日周変動が再現されている。



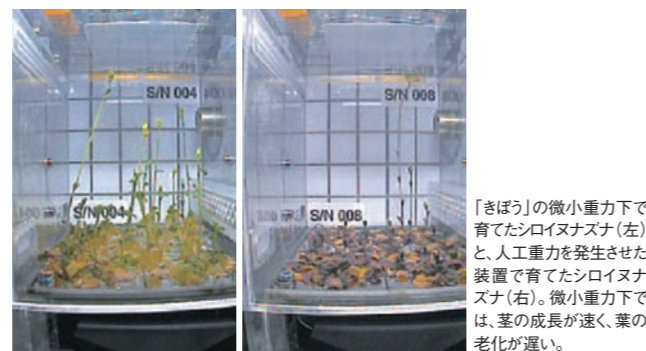
「きぼう」の船外実験プラットフォームに搭載された地球観測用小型赤外カメラ(CIRC)によって撮影された夜間の北海道の赤外線画像。赤外線の放射率の違いから物体の温度が分かり、森林火災の検知や火山観測に用いられる。

## 宇宙で植物を育てると、どうなる？ その研究から倒れにくいイネが生まれるかもしれません。

「きぼう」では、微小重力環境で植物を育てる実験を行っています。例えば、微小重力環境でイネを育てて細胞壁の強度などを調べ、イネが重力に耐えて体を支える仕組みの一端を明らかにしました。その成果は、風に吹かれても倒れにくいイネの開発につながると期待されています。

人類は今、深刻な環境問題や食糧問題に直面しています。微小重力環境で得られた植物実験の結果は、乾燥地での農業や、植物工場での効率的な植物生産技術の開発にも貢献します。

- 利用機関 富山大学、東北大学
- 使用装置 細胞培養装置
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス



「きぼう」の微小重力下で育てたシロイヌナズナ(左)と、人工重力を発生させた装置で育てたシロイヌナズナ(右)。微小重力下では、茎の成長が速く、葉の老化が遅い。

### CHECK

宇宙での植物実験からは、植物が生きる仕組みや品種改良、新しい栽培方法など、さまざまな「タネ」が収穫できます。生命の陸上への進出、そして人類の宇宙への進出のカギを握るのも植物です。

## 宇宙実験の敷居は高い？ 「きぼう」なら手軽に宇宙実験を行うことが可能です。

“宇宙実験は敷居が高い”という印象を持っている方も多くかもしれません。しかし、「きぼう」では、より多く、より多様な使い方をさせていただけるように、エアロックとロボットアームを併せ持つという特徴を活かして、簡易な宇宙実験機会を提供しています。

宇宙用材料などの開発では、実験試料を地上に持ち帰って直接評価できないことが課題でした。簡易曝露実験装置(ExHAM)を用いると、実験試料を「きぼう」の船外に長期間取り付けた後に、地上に持ち帰ることが可能です。専用アダプターがあるので、試料を用意するだけで実験ができます。

「きぼう」の船外で電源や通信などのサービスを提供する汎用プラットフォームもあります。ミッション機器の部分だけを製作すればよいので、地球観測や宇宙観測、技術実証などを、より簡単に行うことができます。

また、「きぼう」からは超小型衛星を放出できます。通信、地球観測、技術実証といったさまざまな目的の国内外の超小型衛星が、2015年までに90機、宇宙に旅立っていきました。

宇宙ビジネス時代に先駆け、今後も、より手軽にかつ高頻度で宇宙実験ができる機会を提供していきます。



↑ ExHAMの実験試料が入ったアダプターの例。10cm角のアダプターの中に試料が並んでいる。  
→ 「きぼう」の小型衛星放出機構(J-SSOD)から放出された超小型衛星

- 利用機関 有人宇宙システム、大林組、潤工社、JAXAなど
- 使用装置 小型衛星放出機構、簡易曝露実験装置、中型曝露実験アダプター
- 利用サービス 超小型衛星放出サービス、中型船外実験・実証サービス、船外材料曝露サービス

### CHECK

「きぼう」は、手軽に宇宙環境を試すことができるテストベッドです。宇宙品質が実証されています——そう言えることは、皆さんの事業や研究を大きく変えます。

## 宇宙飛行士に代わって力仕事も繊細な作業もこなすロボットアーム。 その技術から手術ロボットが誕生しました。

ISSに搭載されているカナダのロボットアームは、ISSの組み立て、保守や実験装置の移動、宇宙飛行士の船外活動の補助など、さまざまな用途で使用されています。この繊細な動きが可能なカナダのロボットアームの技術から、MRI(核磁気共鳴画像法)装置内で外科手術を行うことができる世界初のロボットが生まれました。

日本の「きぼう」のロボットアームも高性能で、船外への実験装置の設置や超小型衛星放出などで活躍しています。この技術も、将来の宇宙探査はもちろん、地上での医療や介護、人が近づけない危険な場所での作業にも応用できると期待されています。

### CHECK

スケールが大きく違う宇宙作業と手術をつなぐのは、繊細な動き。宇宙生まれ、宇宙育ちの技術は、地上の意外な場所で活躍できる可能性があります。



↑ ISSのカナダのロボットアーム  
→ 手術ロボットであるニューロアームの準備をしている様子



提供・University of Calgary



# 03 ものづくりで企業の競争力を高めます。

**対流も沈降もない静かな環境。**  
そこでは、均一で高性能な材料が育まれます。

材料をつくる時、地上では重力によって生じる対流や沈降の影響を受けて、つくろうとする材料の組織の規則性が乱されます。対流や沈降がない微小重力環境では、材料組織にゆがみが生じにくく、規則性の高い材料ができます。

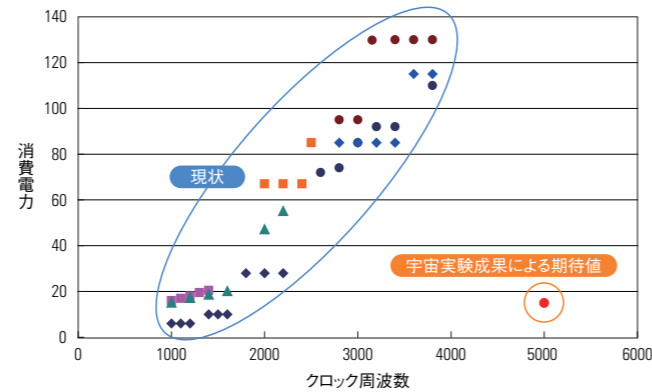
例えば、次世代の高速・低消費電力デバイス用半導体として期待されるシリコンゲルマニウム(Si<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub>)の大型単結晶の作製に世界で初めて成功しました。Si<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub>の大型の単結晶を地上で作製することは極めて困難でしたが、「きぼう」での実験結果から地上でも大型単結晶が得られる可能性が示され、実用化に向けて大きく前進しました。

自己組織化を活用したナノスケールの多孔質材料(ナノスケルトン®)の作製実験では、孔の直径を拡大し、孔の向きをそろえることに成功しました。それによって孔にさまざまな物質を取り込むことが可能となり、高効率の光触媒や太陽電池、環境汚染などの原因となる有害物質の除去装置への応用を検討中です。

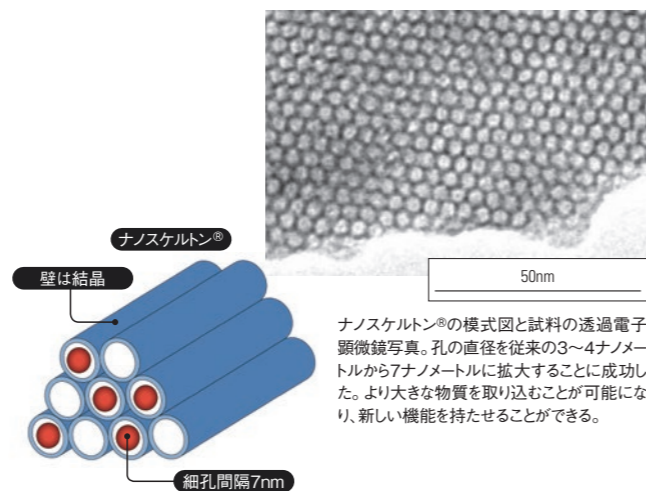
- 利用機関 大学、企業(資生堂など)など
- 使用装置 温度勾配炉、ミキシングバッグ
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

## CHECK

材料の組織を均一にできれば、新機能が実現するはず……。結晶を大型化できれば、もう一段上の性能が出せるはず……。材料開発の壁は、「きぼう」で越えられるかもしれません。



SiGeデバイスの性能の見積もり。「きぼう」の実験で得られた均一組成で大型単結晶のSi<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub>を基板に用いることで、現在のコンピュータと比較して処理能力は数倍、消費電力は7分の1になると見積もられている。



ナノスケルトン®の模式図と試料の透過電子顕微鏡写真。孔の直径を従来の3~4ナノメートルから7ナノメートルに拡大することに成功した。より大きな物質を取り込むことが可能になり、新しい機能を持たせることができる。

## お酒を宇宙で熟成させると、まろやかに!?

多くの種類のお酒は、長期熟成によって、まろやかな香りを形成することが知られています。しかし、そのメカニズムの全容は解明されていません。

お酒に含まれる水とエタノール、そのほかの成分が高分子構造を形成することがお酒のまろやかさに寄与する、という仮説があります。対流がない状態では高分子構造の形成が促進されると考えられることから、対流が発生しない微小重力環境に着目し、対流とお酒をまろやかにする効果の関係を明らかにするため、「きぼう」でお酒を長期保管する実験を行っています。

- 利用機関 サントリーグローバルイノベーションセンター
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

## CHECK

宇宙は食品開発にも利用できます。おいしさの秘密は無重力——そんな斬新な食品は、大きなビジネスチャンスになるはずです。



**容器不要、静電気力で試料を浮かべて融かします。**  
重力に阻まれ到達できなかった物質科学の地平を切り拓きます。

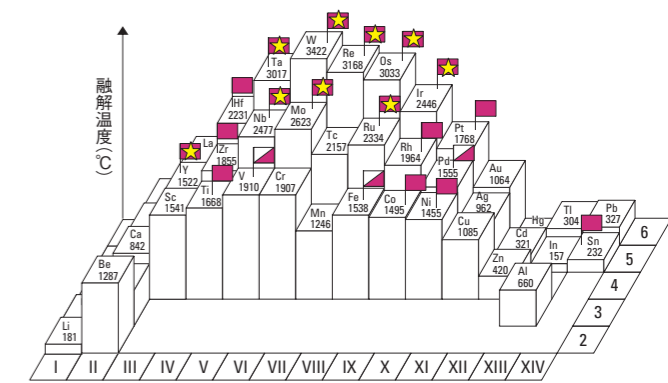
3000℃程度までの超高温での融体の物性を正確に測定することは、地上では困難です。容器が先に融けて、その成分が混入してしまうだけでなく、融体を保持することもできなくなるからです。

微小重力環境では、液体を容器に入れずに浮かせることができます。この特徴を活かし、静電気力で試料の位置を制御しつつレーザーで加熱して融解させ、密度や表面張力、粘度を幅広い温度域で測定する、静電浮遊炉が開発されました。

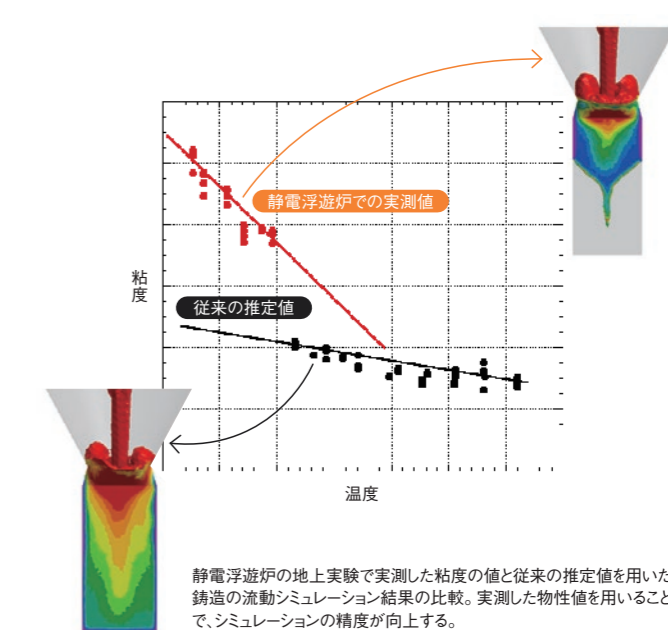
「きぼう」への搭載を目指して開発した静電浮遊炉ですが、すでに開発段階の地上実験でさまざまな成果を挙げています。例えば、3422℃と金属の中で最高の融点を持つタングステンの熔融状態での粘度データを、世界で初めて取得することに成功しました。

容器なしで浮遊している試料は、過冷却状態といって、融点以下でも液体の状態を保つことができます。この過冷却状態から急速に凝固させると、通常とは異なる結晶やガラスが形成され、新しい材料ができる可能性があります。JAXAが行った地上実験で、従来の30倍という誘電率を持つ物質が生成されています。

「きぼう」の静電浮遊炉(ELF)は、帯電しにくく地上では浮遊させることが難しい酸化物の物性計測をメインターゲットとしています。得られた物性データは、鋳造や溶接などの数値シミュレーションの精度向上に役立ち、製造プロセスの改善につながります。過冷却状態を利用した新機能材料の創製にも期待が寄せられています。



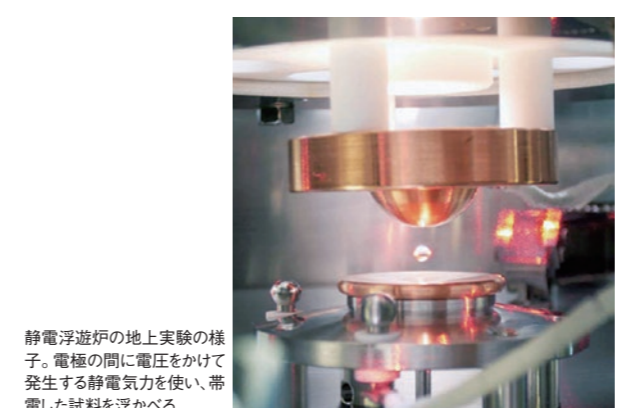
静電浮遊炉の地上実験で取得した、高い融点を持つ金属元素融体の物性データ。融点が超高温の金属の粘度データを世界で初めて取得することができた(星印)。



- 利用機関 JAXAほか
- 使用装置 静電浮遊炉(地上、宇宙)
- 利用サービス 超高温材料物性計測サービス

## CHECK

高融点材料の物性は、類似物質や古い文献値で代用し、材料開発でのパラメータの絞り込みは、いつもトライ＆エラーでした。静電浮遊炉が提供するこれまでにないデータを、新たな研究につなげませんか。





# 04 未踏の宇宙を目指します。

## より長く、より遠くへ。宇宙で生きるための方策を探っています。

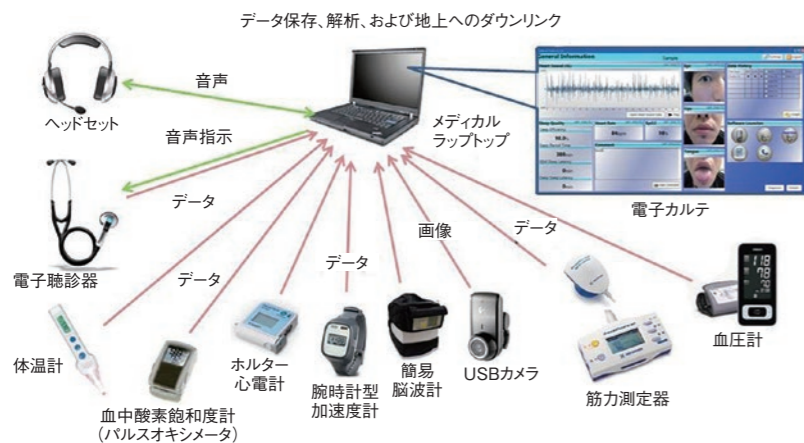
人類が宇宙での活動を持続・発展させるには、閉鎖された微小重力環境で、長期間にわたって健康に生活するための技術が不可欠です。

そのためにはまず、宇宙環境が人体に与える影響を正しく把握することが重要です。これまでに、平衡感覚をつかさどる前庭系や眼圧などに変化が現れることが確認されており、さらに知見を蓄えているところです。免疫機能の低下も長期宇宙滞在のリスクの一つです。プロバイオティクスと呼ばれる微生物には、腸内環境を改善し、免疫機能を調節する働きがあるといわれています。宇宙でもプロバイオティクスの効果があるかどうかを、企業と共同で検証しています。

人類の宇宙活動は、月や火星に広がろうとしています。地球からの支援も難しくなることから、遠隔医療システムや自律的な健康管理手法の検討を行っています。また、ISS滞在中の放射線被曝線量は地上の約150倍にもなりますが、地球磁気圏の外に出るとさらに高くなります。将来の宇宙船などの放射線遮蔽設計に活かすため、ISSで蓄積した被曝線量の予測技術をさらに発展させていきます。

生命は、外界の環境変化に適応して生きる、可塑性という仕組みを持っています。しかし、不可逆的なダメージが重なると生命は破綻します。宇宙の極限環境で、生命の可塑性はどこまで有効なのでしょうか。生命体が持つ可塑性と破綻、既存の研究領域を超えて統合的に理解しようという試みが始まっています。

生命は、外界の環境変化に適応して生きる、可塑性という仕組みを持っています。しかし、不可逆的なダメージが重なると生命は破綻します。宇宙の極限環境で、生命の可塑性はどこまで有効なのでしょうか。生命体が持つ可塑性と破綻、既存の研究領域を超えて統合的に理解しようという試みが始まっています。



遠隔医療システム。医療機器のデータが集約、管理される。

**利用機関** 岐阜大学、ヤクルト本社、JAXA  
**使用装置** 宇宙医学実験支援システム、受動積算型宇宙放射線線量計  
**利用サービス** 宇宙実験個別対応サービス

**CHECK**  **宇宙飛行士の健康障害には、宇宙特有のものもありますが、一部は地上と共通しています。これまでに開発した健康管理のための機器や機能性食品を宇宙に展開できる可能性があります。**

## 物資を運ぶだけではもったいない。「こうのとりの」では実験もできます。

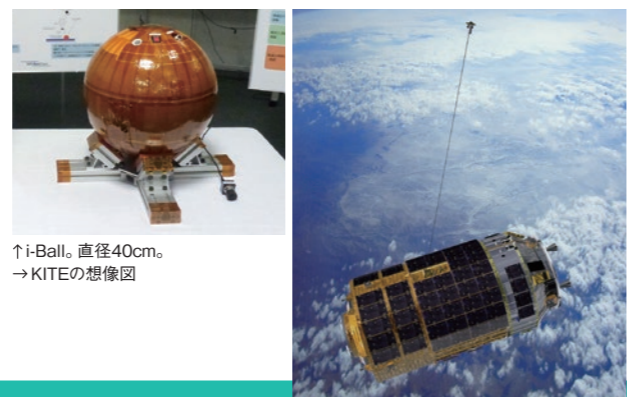
日本の宇宙ステーション補給機「こうのとりの」は、ISSに物資を送り届けた後、使用を終えた実験機器などの廃棄物を積み込み、大気圏に再突入して燃え尽きます。この特徴を活用した実験も行われました。

その一つが、再突入データ収集装置 (i-Ball) です。i-Ballは「こうのとりの」に搭載され、大気圏再突入時の加速度や位置、温度などのデータや画像を取得しました。それらのデータから破片の落下範囲の予測精度が高くなり、安全性の向上に役立ちました。将来、宇宙から大気圏に再突入する宇宙船の開発にも利用できます。

今後、大型のスペースデブリを除去する主要技術の一つとされている導電性テザーの実証実験 (KITE) も行う予定です。

**利用機関** JAXA/IHIエアロスペース **使用装置** こうのとりの  
**実験実施形態** JAXA技術実証/共同研究

**CHECK**  「こうのとりの」を使った実験は始まったばかりです。新しい試みからは、必ず発見があります。使い方は、皆さんのアイデア次第です。



## 着やすく、動きやすく、涼しい。月面でも使える軽量宇宙服を研究しています。

現在、ISSで使用されている米国とロシアの宇宙服は、着用から実際に船外活動を開始するまで、準備に数時間かかります。そこでJAXAでは、より短時間で準備ができ、重力がある月や火星でも動きやすい軽量の宇宙服の研究を進めています。

宇宙服内は、宇宙飛行士が発する熱で温度がどんどん上がることがあります。そこで、宇宙服の下に着て効率的に体を冷やす冷却下着が必要です。その研究成果を活用し商品化されたのが、ベスト型冷却下着です。消防服や化学防護服を着用したり、炎天下で作業する際の熱中症対策に効果があると期待されています。

先端素材や被服設計、縫製、精密加工など、日本のさまざまな優れた技術を集約することで、他国をしのぐ先端宇宙服を実現していきます。

**利用機関** 日本ユニフォームセンター  
**利用サービス** 宇宙実験個別対応サービス



**CHECK**  **皆さんが持っている優れた技術を活かして宇宙服をつくり、宇宙服開発で得られた技術を私たちの服や生活に活かす。そんな循環が始まっています。**

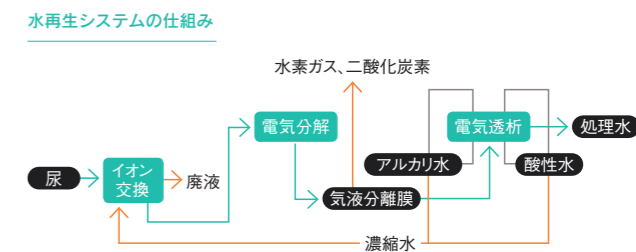
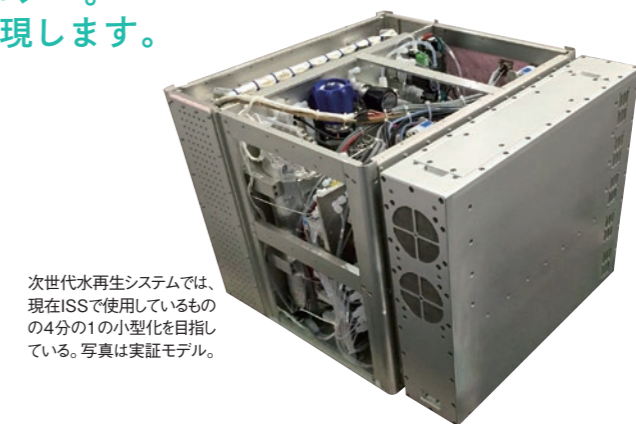
## 水再生は有人宇宙活動のキーテクノロジー。日本の技術でメンテナンスフリーを実現します。

私たちは、水なしに生きていくことはできません。しかし、宇宙に運べる量は限られているので、水はとても貴重です。そこでISSでは、宇宙飛行士の息や汗、尿に含まれる水分も、徹底的に再利用されます。

有人宇宙活動において、水の再生はキーテクノロジーの一つなのです。そこで、再生率が高く、装置の重量やサイズ、消費電力が格段に小さいシステムを、先進的な技術を持つ日本の民間企業と共に開発しています。現在ISSで使用している米国製の装置は、水処理の過程で生成される析出物などを除去するためのフィルターを定期的に交換する必要があります。一方、JAXAが企業と開発中のシステムでは、フィルターを再生利用することが可能で、定期的に交換しなければならない部品や消耗品はありません。

このような水再生システムは、ISSはもちろん、将来の月や火星への有人探査でのメリットがとて大きく、国際的にも注目されています。

**利用機関** JAXA、栗田工業 **使用装置** 水再生装置  
**実験実施形態** JAXA技術実証/共同研究



**CHECK**  **日本企業の優れた技術が「宇宙」標準に。水再生システムのほかにも、日本の技術が活躍できるフィールドがあります。**



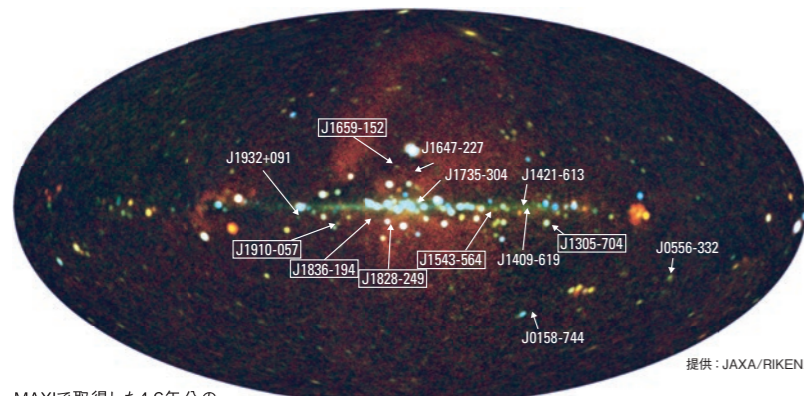
# 05 新たな知的領域を切り拓きます。

## 巨大ブラックホールが星を吸い込む現場を目撃。激しく変動する宇宙をX線で監視しています。

「きぼう」の船外実験プラットフォームに搭載されている全天X線監視装置 (MAXI) は、その名前の通り、全天をX線で監視しています。X線で宇宙を見ると、天体が突然出現したり、天体の明るさが変わったり、目まぐるしく変化します。MAXIが新天体やガンマ線バーストなど突発的な天体現象を観測すると、世界中の天文学者などに知らされます。すると、多くの望遠鏡

や天文観測衛星がその天体に向けられて詳しい観測が行われ、天体の正体が明らかにされるのです。

MAXIはこれまでに、巨大ブラックホールが星を吸い込む現場を世界で初めて観測したり、世界で発見されるブラックホール候補天体のうちの半分以上を発見したり、X線天文学の発展に大きく貢献してきました。

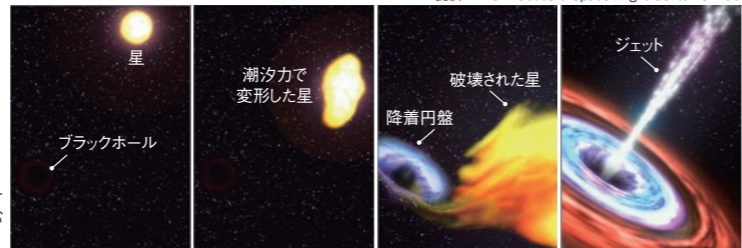


MAXIで取得した4.6年分のデータから作成した全天のX線画像。MAXIが発見した13個の新天体を示している。四角枠はブラックホール候補天体。

提供: JAXA/RIKEN/MAXI team

- 利用機関 理化学研究所など
- 使用装置 全天X線監視装置
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

**CHECK**  地球を周回するISSの特徴を利用して、可動部なしで全天観測を実現しました。ISSは天体観測には適さないとさえいわれていましたが、それを覆す成果を挙げ続けています。

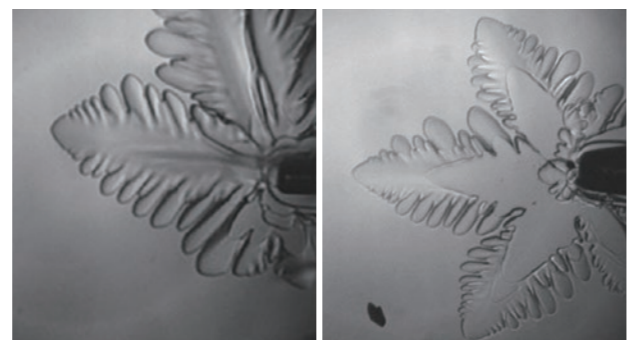


巨大ブラックホールが星をのみ込む様子の想像図

提供: NASA/Goddard Space Flight Center/CI Lab

## 最も身近な物質だからこそ知りたい。氷の結晶ができる理由。

水、そしてそれが凍った氷は、私たちにとってとても身近な物質です。にもかかわらず、氷の結晶がどのようなメカニズムで成長していくかは、よく分かっていませんでした。対流のない微小重力環境で、温度などの条件を変えながら何度も実験を繰り返すことで、氷の結晶成長に関する精密なデータを初めて取得することができました。その結果、地上より宇宙の方が氷の成長が遅いことを確認したほか、氷の結晶成長に関する新しい理論を構築できました。得られた知見は、生物の生体反応の理解につながり、移植のための臓器の保存や冷凍食品の品質維持・向上にも役立ちます。また、氷は惑星空間から地球まで広く普遍的に存在することから、惑星科学、地球科学、環境科学など広い分野にも関連する成果です。



左は地上で得られた水結晶。右は「きぼう」で得られた水結晶で、地上の水結晶より形が対称的になっている。

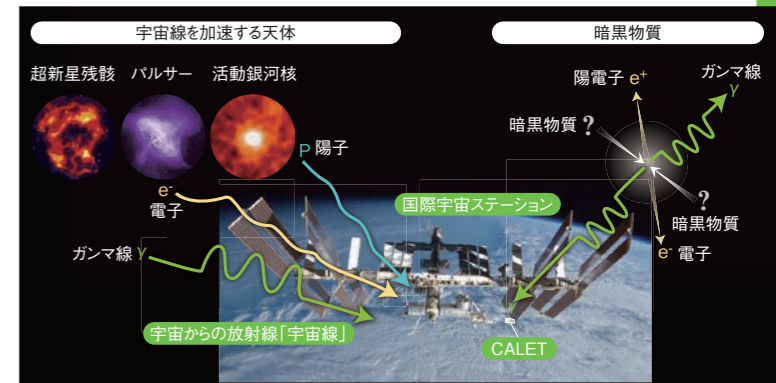
**CHECK**  氷の結晶成長の研究は、ほかの物質の結晶成長、気象現象、氷点下でも凍らずにくらす生物、冷凍食品の品質保持、メタンハイドレートの生成など、さまざまな事柄の理解に役立ちます。

- 利用機関 北海道大学、東北大学
- 使用装置 溶液結晶化観察装置
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

## 高エネルギー宇宙線、暗黒物質、ガンマ線バースト…… 私たちには見えない、ダイナミックな宇宙を探ります。

宇宙は、私たちの目にはとても穏やかに見えますが、実は、私たちの目には見えないX線やガンマ線などの高いエネルギーを持った宇宙線が激しく飛び交う、とてもダイナミックな空間なのです。

「きぼう」の船外実験プラットフォームに搭載されている高エネルギー電子、ガンマ線観測装置 (CALET) は、最新の検出・電子技術で、宇宙を飛び交う粒子のエネルギー量、粒子の種類、到来方向を測定します。CALETの観測によって、宇宙線の発見以来100年を経た現在でも未解明のまま残されている、高エネルギー宇宙線の加速・伝播のメカニズムが明らかになると期待されています。暗黒物質の探索や、ガンマ線バーストの正体の解明も、CALETの大きな目的です。



CALETが目指す成果

- 利用機関 早稲田大学
- 使用装置 高エネルギー電子、ガンマ線観測装置
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

**CHECK**  宇宙の約95%は正体不明の暗黒物質と暗黒エネルギーで占められていると考えられています。それらの正体を明らかにするカギとして期待されているのが、宇宙線です。

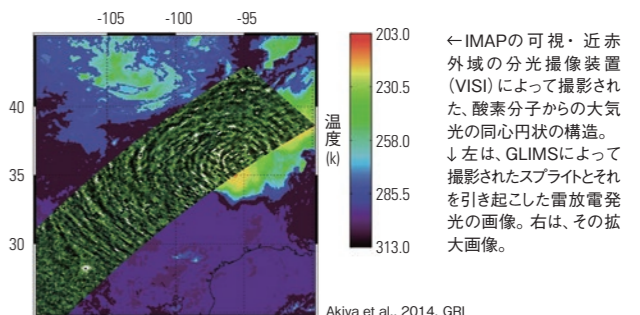
## 地球の大気と宇宙空間のプラズマが混ざり合う場所。気象、大気、天文分野の連携で、その姿が見えてきました。

地球を取り巻く大気圏から宇宙空間へ移り変わっていく領域では、地球の大気と宇宙空間のプラズマが混ざり合い、さまざまな現象が起きています。しかし、それを地上から捉えることは、雲などに遮られて困難です。

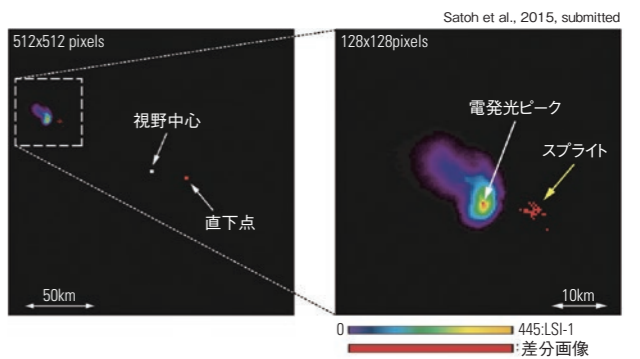
地球超高層大気撮像観測機器 (IMAP) とスプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ (GLIMS) は、「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載されています。IMAPは、大気光を撮影することで大気の乱れを観測します。竜巻によって超高層大気が激しく揺さぶられる様子を広い範囲で捉えることに成功しました。これによって、超高層大気と下層大気の結び付きが明らかになりました。GLIMSは、雷放電に伴って雷雲上空で宇宙に向かって発生するスプライトと呼ばれる発光現象を観測することで、これまでに分かっていた雷の全体像を明らかにしつつあります。

IMAPとGLIMSの観測結果は共に、地表付近から超高層まで広範囲な大気を一つの系として取り扱う「全大気 (Whole Atmosphere)」というこれまでにない概念の重要性を示しており、新たな学問分野の構築に向けた貴重な成果です。

- 利用機関 京都大学、大阪大学
- 使用装置 地球超高層大気撮像観測機器、スプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ
- 利用サービス 宇宙実験個別対応サービス



Akiya et al., 2014, GRL



Sato et al., 2015, submitted

**CHECK**  超高層大気に大きな乱れが発生すると、人工衛星から地上に送られてくる電波が乱され、GPSが使えないなど私たちの生活にも影響が出ます。遠くても身近な、重要な場所です。



# 皆さんの“できたらいいな”に「きぼう」が応えます。

2008年の利用開始以降、「きぼう」ではさまざまな実験が行われ、宇宙実験に必要となる高度な技術や知見が蓄積されてきました。「きぼう」でできることも増え、進化を続けています。「きぼう」利用の新しいステージへ向けて、皆さんからの要望に応え、またこれまでは困難とされていた実験にもチャレンジしていきます。“こんな実験ができたらいいのに……”と欲していることはありませんか。その声に、「きぼう」が応えます。

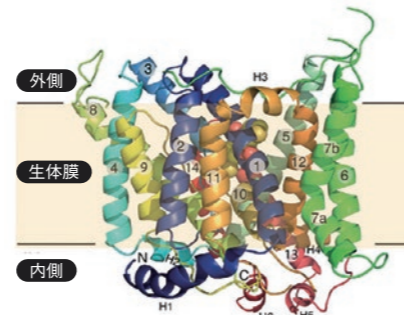
## 創薬ターゲットである膜タンパク質の高品質な結晶をつくりたい。

近年、創薬のターゲットとして、細胞の生体膜に存在している膜タンパク質が注目されています。しかし、膜タンパク質は結晶化することが非常に難しく、それが創薬の大きな壁の一つとなっていました。そこで、これまで「きぼう」で培ってきた水溶性タンパク質の結晶生成技術を基盤として、膜タンパク質の高品質な結晶生成を実現するための技術開発を目指しています。

また、従来からの水溶性タンパク質については、結晶の大型化を目指し

ます。大型で高品質な結晶ができると、タンパク質が機能する上で非常に重要な役割を持つ水素原子の配置まで分かる中性子線による解析が可能になります。その結果、より正確に薬剤の候補化合物をデザインできるようになります。

創薬ターゲットとなる膜タンパク質をはじめ、重要な機能を持ちながら結晶化が難しいために取り残されていたタンパク質について、精密な構造情報の取得を目指します。



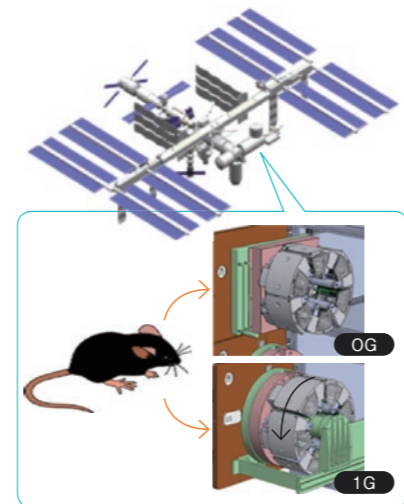
提供：長崎国際大学 / 京都大学  
膜タンパク質であるバンド3タンパク質と、その機能を阻害する化合物の複合体の構造。

## 加齢に伴うさまざまな症状を改善・予防する方法を見つけたい。

高齢者は、骨密度の減少や筋肉の萎縮、免疫機能の低下など、さまざまな加齢性疾患に悩まされています。その治療法や改善・予防法の確立は、高齢化社会を迎える日本にとって喫緊の課題です。微小重力環境に滞在する健康な宇宙飛行士にも同様の現象が見られ、しかも、はるかに急速に進行します。そこで、「きぼう」を加齢研究のプラットフォームにして実験を進めていこうとしています。

遺伝子から転写産物、タンパク質、代謝物、表現型に至る各階層を網羅的に調

べて情報を結び付けるオミックス解析を駆使して、またエピゲノムと呼ばれる環境要因によって変化する遺伝子の動きも解析することで、微小重力環境で過ごす宇宙飛行士の体にどのような変化が起きているのかを、まずは明らかにします。さらには、加齢性疾患を早期に診断できる因子を特定するなど、ゲノム医療を通じて加齢性疾患の予防や改善に貢献していきます。



「きぼう」で微小重力環境と1Gの環境で育てたマウスを比較する(イメージ図)

## 再生医療に向け、幹細胞から立体的な臓器をつくりたい。

幹細胞は、さまざまな細胞に変化することができます。けがや病気で失われた組織や臓器を、幹細胞を用いて回復させる再生医療が注目されています。しかし、幹細胞を培養して複雑な形をした立体的な臓器を作製するのは難しいとされています。地上では重力が働いているため、培養液中の細胞が沈んでしまうからです。

細胞を浮遊した状態で培養することができれば、立体的な臓器をつくれる可能性があります。「きぼう」の微小重力環境を活かして臓器の立体培養の実現につながる知見を獲得し、将来の再生医療に役立てていきます。



実験台の向きをランダムに変えることで地上で微小重力環境を模擬する装置

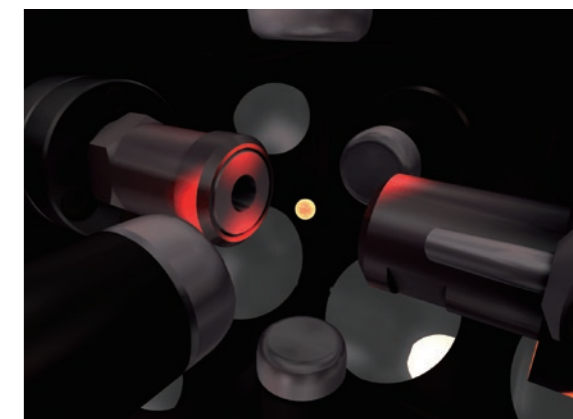
## 高温融体のまだ誰も知らない物性を測りたい。

高融点の材料を利用しようとするとき、その密度や表面張力、粘度など物性のデータを知ることは非常に重要です。しかし、これまで3000℃にも及ぶような高温では、試料を入れた容器が先に融けてしまっ、その成分が試料に混じり、正確な測定ができませんでした。

高温融体の物性を測りたい。その声に応えるのが、「きぼう」の静電浮遊炉(ELF)です。試料を浮遊させて保持しつつレーザーで加熱して融解させるこ

とで、容器からの汚染がない状態で融体の物性値を高精度に測ることが可能です。金属から絶縁体まで幅広く高温融体の物性値を計測できるのは、世界で唯一、「きぼう」のELFだけです。

得られた高温融体の物性値は、鋳造や溶接などのシミュレーションを高度化し、製造プロセスの改良に貢献します。ほかにも、容易に過冷却凝固が可能なことから、これまでになかった機能を持つ新材料の開発も期待されます。



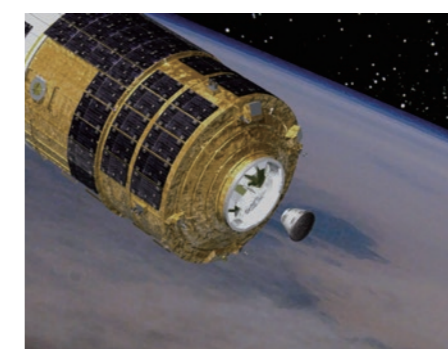
「きぼう」のELFで試料を浮遊させて融解させている想像図

## 宇宙から実験試料を持ち帰りたい。

「きぼう」の実験で得られた試料は、とても貴重です。そのため、地上に持ち帰ってほしい、という声がありました。特に生命科学実験では、試料を地上で解析したいという要望がとても強くあります。しかし、実験試料を持ち帰る手段は現在、米国とロシアの宇宙船の一部に限られていて、とてもすべての実験の試料を持ち帰ることはできません。

実験試料を持ち帰りたいという声に応えていくためには、日本として独自に回収手段を持つことが不可欠です。そ

こで、回収技術という難関に挑み、実験試料の回収が可能な小型回収カプセルの研究開発を進めています。



↑模擬小型回収カプセルを用いた高空落下試験を実施した。着水したカプセルを回収している様子。  
←「こうのとりのり」から放出される回収カプセルの想像図



# 「きぼう」の実験装置を紹介します。

## 船内実験室

宇宙飛行士が普段着で滞在し、主に微小重力環境を利用した実験を行います。日本の実験ラック5台のほかに米国の実験ラックや冷凍庫、物品保管庫などが設置されています。日本の2台の多目的実験ラックには、実験装置を交代で搭載します。

**細胞実験ラック**

**小動物飼育装置 (MHU)**  
12匹のマウスを飼育  
利用サービス 微小重力環境でのマウス飼育と回収サービス

**クリーンベンチ (CB)**  
顕微鏡観察が可能

**細胞培養装置 (CBEF)**  
細胞や微生物、小型植物などを培養

**温度勾配炉ラック**

**温度勾配炉 (GHF)**  
最高1600℃のさまざまな温度プロファイルで半導体材料の結晶成長などを行う真空加熱炉



**流体実験ラック**

**流体物理実験装置 (FPEF)**  
赤外線や超音波で流れの現象を観測

**画像取得処理装置 (IPU)**  
実験画像の録画や地上への送信を行う

**蛋白質結晶生成装置 (PCRF)**  
タンパク質の結晶条件を整える  
利用サービス 高品質タンパク質結晶生成・分析サービス

**溶液結晶化観察装置 (SCOF)**  
結晶成長の様子を調べる

**多目的実験ラック**

**燃焼実験チャンバ (CCE)**  
燃焼実験を行う

**水棲生物実験装置 (AQH)**  
小型魚類を飼育

**静電浮遊炉 (ELF)**  
3000℃までの加熱でセラミックスなどの材料を浮かして融かす  
利用サービス 超高温材料物性計測サービス

## 船外実験プラットフォーム

船外実験プラットフォームは、微小重力や高真空などの宇宙環境を利用して、天文観測や地球観測、通信、ロボット実験、材料実験などを行う多目的実験スペースです。船外実験装置を取り付ける場所(ポート)が10ヶ所あり、実験装置を交換することでいろいろな実験を行うことができます。

**全天X線監視装置 (MAXI)**

世界最大の広視野X線カメラによって銀河系内外のブラックホールなどの活動天体を観測します。

提供: Takuya Ohkawa

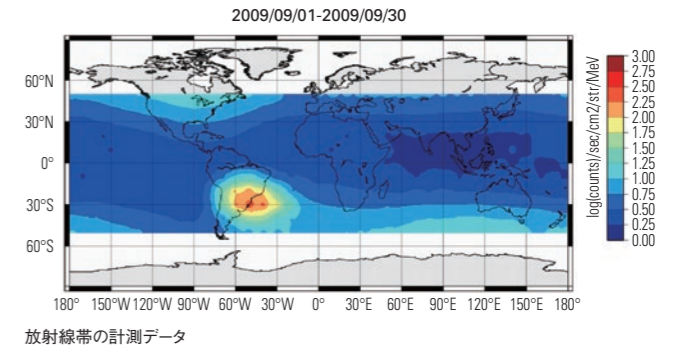
MAXIが新星爆発の瞬間の観測に成功したMAXI J0158-744の想像図。ガス円盤を伴う大質量の青白い恒星(右)と白色矮星(左)が連星系をつくっている。

**高エネルギー電子、ガンマ線観測装置 (CALET)**

宇宙線を加速する天体の一つと考えられているパルサー

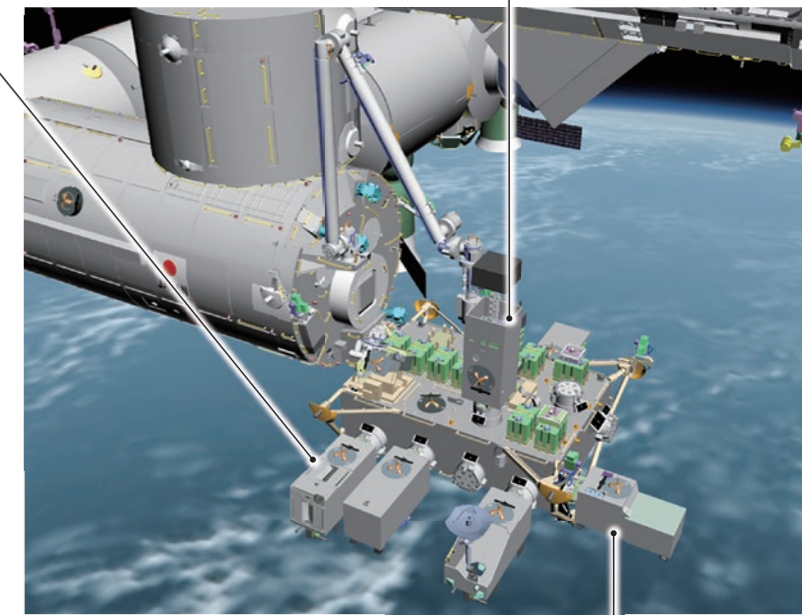
提供: NASA/CXC/ASU/J.Hester et al.

高エネルギー電子やガンマ線を観測し、高エネルギー宇宙線の加速・伝播メカニズムの解明、暗黒物質の探索などを行います。



**宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP)**

ISSの周回軌道における宇宙環境(中性子、プラズマ、原子状酸素、ダストなど)を計測します。



**簡易な曝露実験**

**簡易曝露実験装置 (ExHAM)**

10cm角の実験試料を最大20個取り付け、希望の期間宇宙環境にさらし、その後、地上に回収できます。  
利用サービス 船外材料曝露サービス

**小型衛星放出機構 (J-SSOD)**

「きぼう」のロボットアームを使い、10cm角の超小型衛星を一度に最大6個放出して軌道に乗せることができます。打ち上げ・放出の時期をご希望いただけます。  
利用サービス 超小型衛星放出サービス

**中型曝露実験アダプター (i-SEEP)**

「きぼう」の外に実験装置を設置して実験できます。  
利用サービス 中型船外実験・実証サービス



# さまざまな利用サービスをご用意しています。

手軽にお使いいただけるものから、専用の実験装置を準備することから始めるものまで、各種利用サービスをご用意いたしております。宇宙実験のアイデアが浮かんだら、まずはお気軽にご相談ください。

## 4 超小型衛星放出サービス

お預かりした超小型衛星をISSまで運び、「きぼう」から放出します。衛星のサイズは10cm角から50cm角まで。

関連実験 →p.11  
使用装置 小型衛星放出機構  
協力・連携の類型 ①受託実験

## 1 高品質タンパク質結晶生成・分析サービス

高品質なタンパク質結晶を生成し、地上に回収します。打ち上げ前の試料精製や回収後の回折データ取得もサポート。

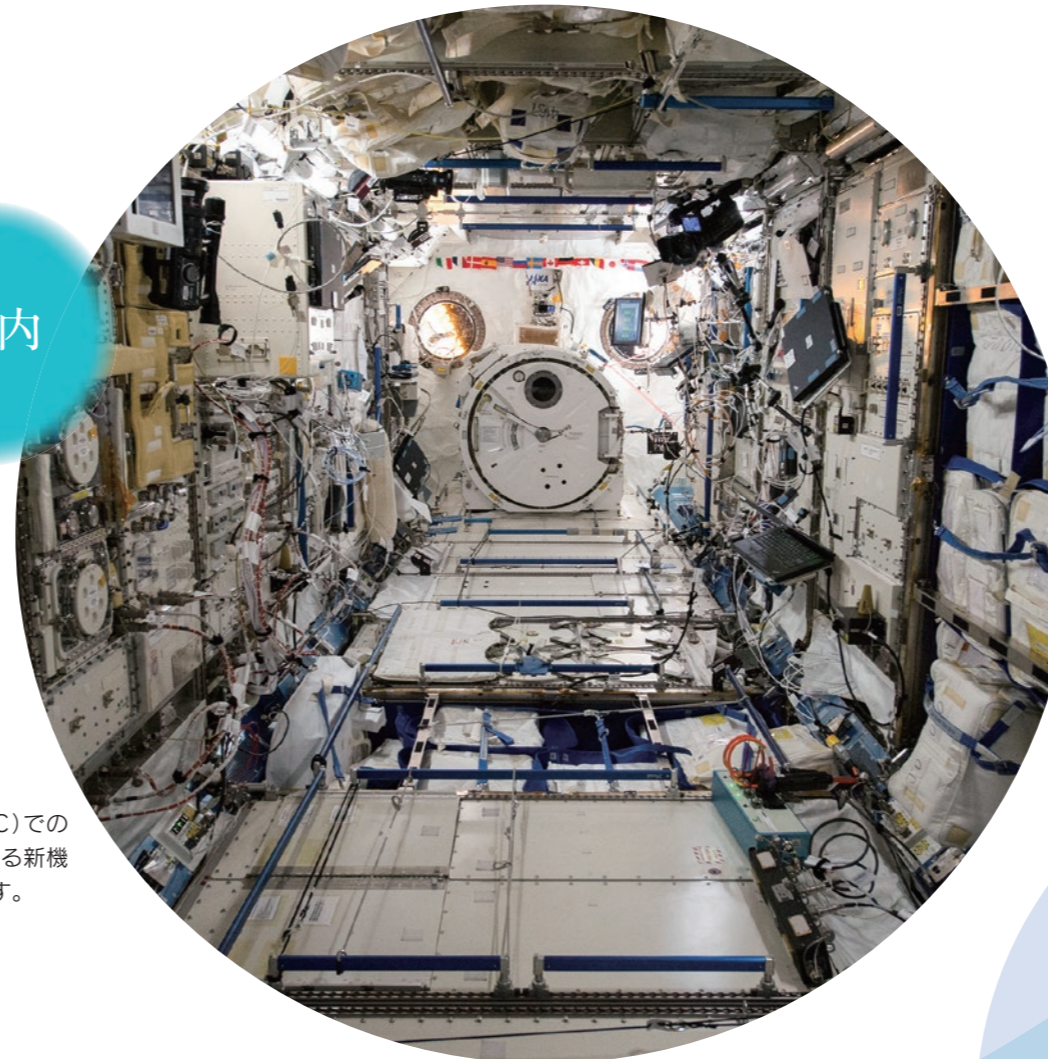
関連実験 →p.9、18  
使用装置 蛋白質結晶生成装置、「きぼう」搭載用ポータブル冷凍・冷蔵庫  
協力・連携の類型 ①受託実験、②共同研究

## 2 超高温材料物性計測サービス

金属から絶縁体まで、超高温(3000℃)での物性値を測定します。過冷却凝固による新機能材料の探索にもお使いいただけます。

関連実験 →p.13、19  
使用装置 静電浮遊炉  
協力・連携の類型 ①受託実験、②共同研究

### 船内



## 3 微小重力環境でのマウス飼育と回収サービス

宇宙でマウスを飼育して地上に返します。微小重力区と人工重力区の2つの飼育環境をご用意しました。

関連実験 →p.8、18  
使用装置 小動物飼育装置  
協力・連携の類型 ①受託実験、②共同研究

### 船内・船外

## 7 宇宙実験個別対応サービス

①～⑥のサービス以外で、個別に宇宙実験のご要望にお応えします。また、JAXAの知財やノウハウをご活用いただくこともできます。

関連実験 →p.8、10、12、14、15、16、17  
使用装置 船内実験室・船外実験プラットフォームのすべての装置が対象  
協力・連携の類型 ①受託実験、②共同研究

## 5 中型船外実験・実証サービス

50cm×70cm×35cm、200kgまでの大きさの実験装置で船外実験や宇宙用機器の実証機会を提供します(電源・通信・排熱サービスあり)。

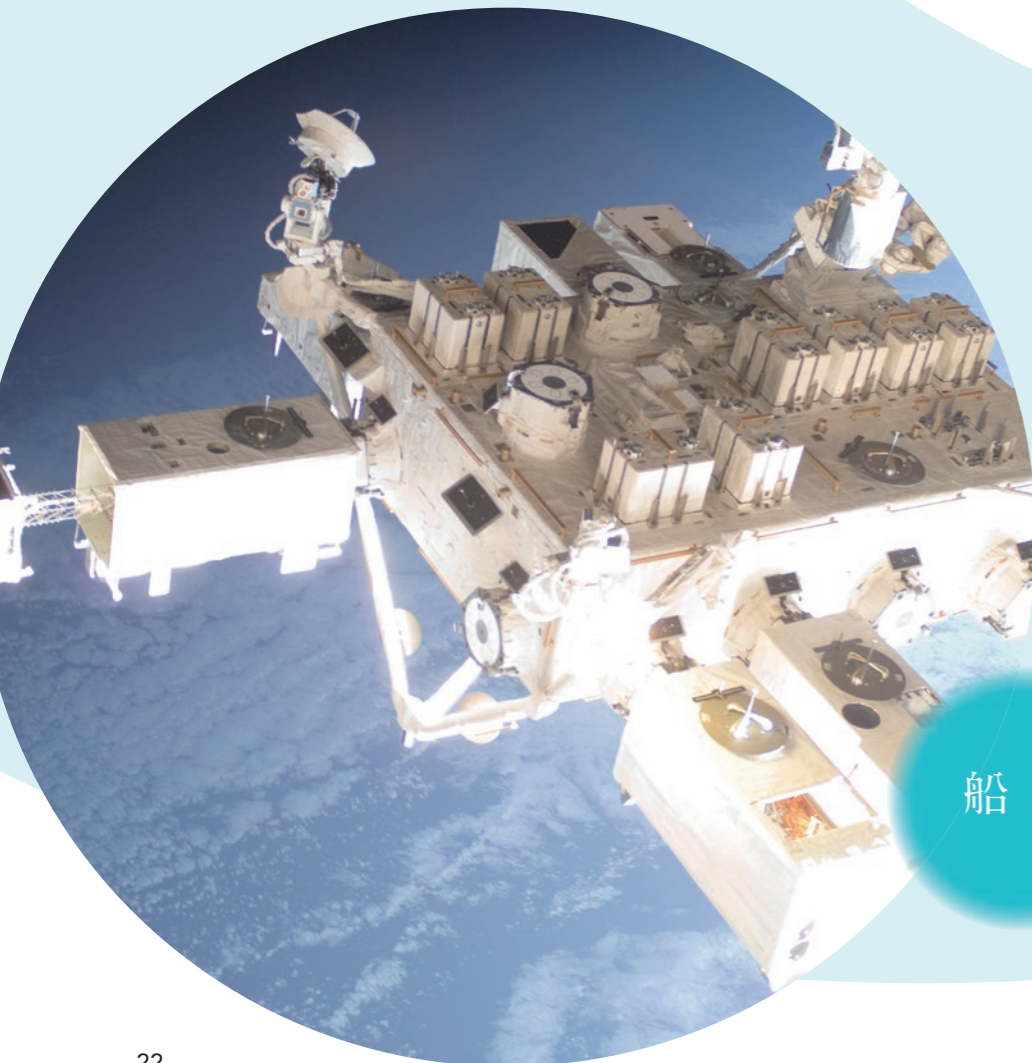
関連実験 →p.11  
使用装置 中型曝露実験アダプター  
協力・連携の類型 ①受託実験、②共同研究

## 6 船外材料曝露サービス

10cm×10cmもしくは10cm×20cmの大きさのアダプターに試料を載せ、簡易曝露実験装置に取り付けて宇宙空間へ長期曝露し、試料を地上に回収します。

関連実験 →p.11  
使用装置 簡易曝露実験装置  
協力・連携の類型 ①受託実験、②共同研究

### 船外



#### 協力・連携の類型

①受託実験：利用者の研究開発にご利用いただけます。実施に当たっては必要な経費をご負担いただき、成果を利用者が占有できます。  
②共同研究：JAXAの事業に資する研究開発については、JAXAと共同で利用課題を設定し、一緒に研究開発を行うことができます。そのほか、「きぼう」の利用領域を広げるなどのため、期日を設定して募集する公募による共同研究があります。費用の分担については、それぞれのケースに応じて設定します。成果は利用者とJAXAの貢献度に応じた共有となり、原則公開です。詳しくは、きぼう利用プロモーション室(Z-KIBO-PROMOTION@jaxa.jp)へお問い合わせください。

もっと詳しく知りたい方には……

- 利用サービスごとの応募方法や費用が知りたい。▶ ユーザーハンドブック
- 個別の宇宙実験の成果について詳しく知りたい。▶ 「きぼう」利用成果レポート
- 個別の装置について詳しく知りたい。▶ 各パンフレット、船内実験室利用ハンドブック、船外実験プラットフォーム利用ハンドブック

<http://iss.jaxa.jp/user/2-5.html>