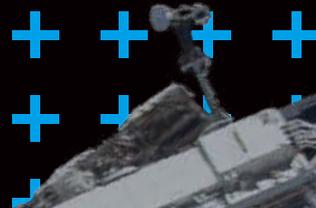




「きぼう」利用サマリ

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@ml.jaxa.jp



問い合わせフォーム

CONTENTS

「きぼう」を使ってみませんか？	1
これが「きぼう」です。	3
「きぼう」ではこんなことができます。	5

01 健康長寿社会の実現を支えます。 7

- 重さ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。
- 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。
- 宇宙は立体的な組織を作るのに理想的な空間。再生医療への貢献を目指します。

02 豊かで安心・安全な暮らしを実現します。 9

- 宇宙での作物生産の実現を目指して地球の植物は宇宙でどのように育つのか。
- 衛星通信における量子暗号技術に関する光通信装置の実証。
- 地球を一望できる「きぼう」。
- 金属資源や石油・ガスの探査、温室効果ガスのモニタリング等が行えます。
- 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。

03 企業の競争力を高めます。 11

- 超高温領域での物性測定と新材料創製を可能にする静電浮遊炉。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、産業応用へ。
- 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。
- 地上と同じ感覚でキャビンエリアを使えるように電源・通信ポートや最新カメラ・タブレット端末などを用意しています。

04 未踏の宇宙を目指します。 13

- 月面有人探査の安全を確保する重要技術低重力での材料燃焼性を正しく予測します。
- 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。
- 「きぼう」の中をスイスイ動く船内ドローン地上からの遠隔化で船内作業をサポートします。
- 進歩著しい自動化・AI、ロボット技術を適用し、宇宙実験・利用の効率化と新たな実験手段獲得によるブレイクスルーを目指します。

05 新たな知的領域を切り拓きます。 15

- 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。
- 微小重力環境が明らかにする半導体結晶成長の基礎と産業への貢献。
- 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。
- 将来の有人宇宙活動の更なる拡大を目指して宇宙環境での生命の経世代の可能性を追究しています。

皆さんの“できたらいいな”に「きぼう」が応えます。 17

- 創業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。
- 「きぼう」を自由に活かしたい。

「きぼう」の実験装置を紹介します。 19

さまざまな利用サービスをご用意しています。 21

きぼう利用戦略とは 23



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 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 2030 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宇宙実験施設です。「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。

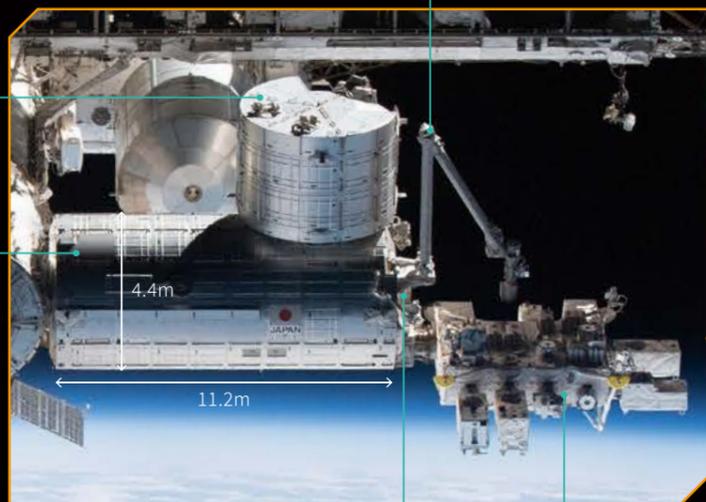
船内保管室

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
- 材料溶融による物性測定、燃焼、結晶成長、流体などの物質・物理学実験
- 宇宙飛行士が研究対象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。

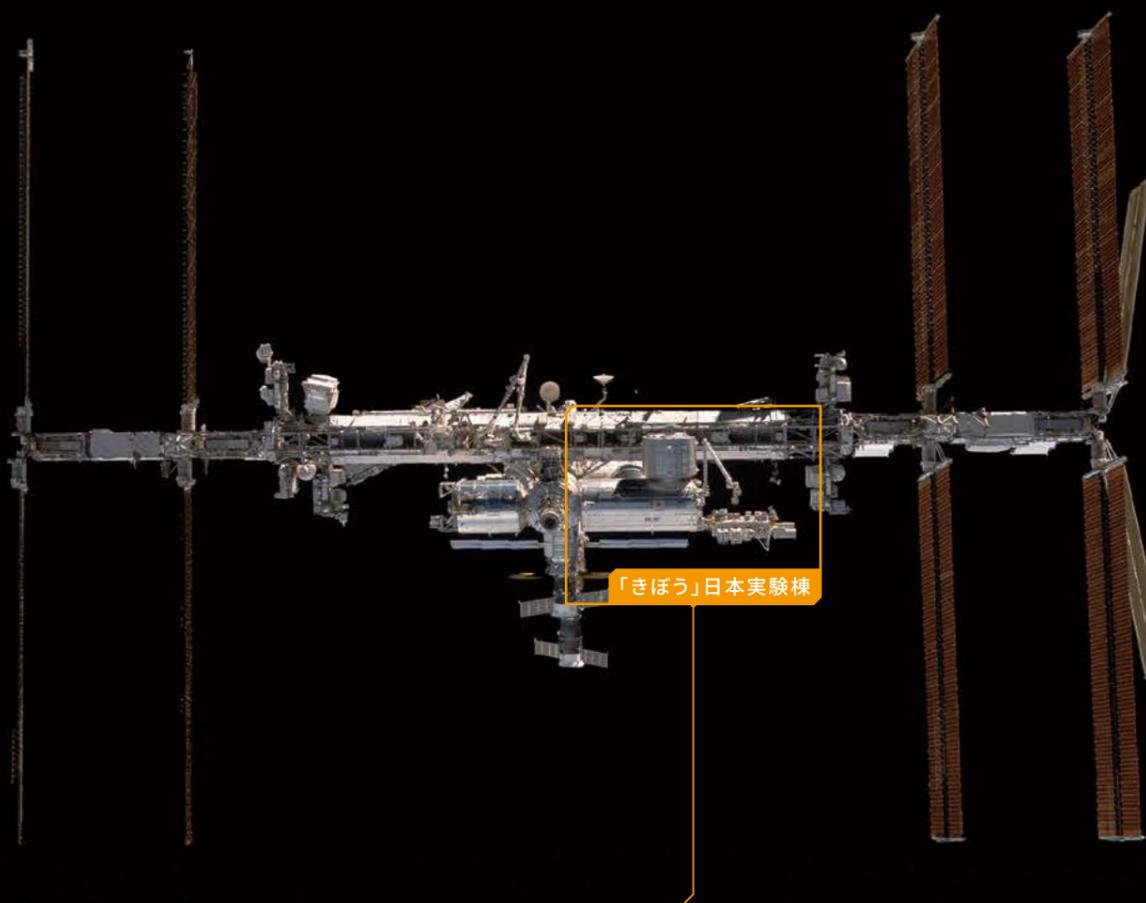
エアロック

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



○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 生物の体が変化

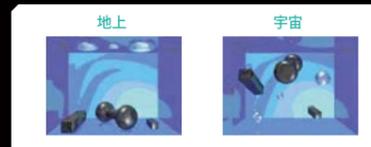
重さの負荷がかからないため、筋肉や骨が弱くなります。また、免疫機能が低下するなど、生命活動に遺伝子発現レベルからのさまざまな変化が見られます。その原因や対策を調べることで、骨粗しょう症や免疫機能低下などに対する治療・予防法の確立につながります。



提供: NIH

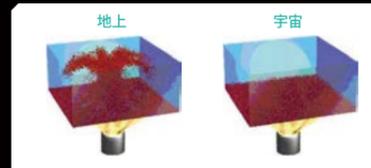
2 沈降がない

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る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」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。

01 健康長寿社会の実現を支えます。

→ P.07-08

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。

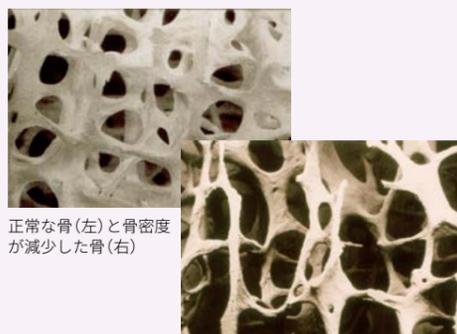
宇宙に滞在すると、健康な宇宙飛行士であっても、骨は骨粗しょう症の患者さんの約10倍、筋肉は寝たきりの人の約2倍の速さで、とても急速に弱っていきます。微小重力環境における加齢変化の加速モデルともいえるこの現象に着目した研究は、骨や筋肉など運動器が衰えるロコモティブ症候群の予防や改善に貢献できると期待されています。

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。

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働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ます。



「きぼう」で生成された高品質なタンパク質の結晶



正常な骨(左)と骨密度が減少した骨(右)

提供：NIH

02 豊かで安心・安全な暮らしを実現します。

→ P.09-10

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では、従来の衛星をはるかに超える高精度な観測を行い、金属資源や石油・ガスの探査、地球環境のモニタリングに貢献しています。また、微小重力環境でコケやモデル植物を栽培する実験からは、宇宙環境における植物の生育メカニズムを解明し、将来の宇宙での食料生産に向けた基礎データを集めています。

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。



軌道上で培養したコケ。μG環境でコケの生育がどう変化するかを調べ、多面的な解析を行うことで、重力が植物の生育に及ぼす影響を調べた。

03 企業の競争力を高めます。

→ P.11-12

「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。

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。

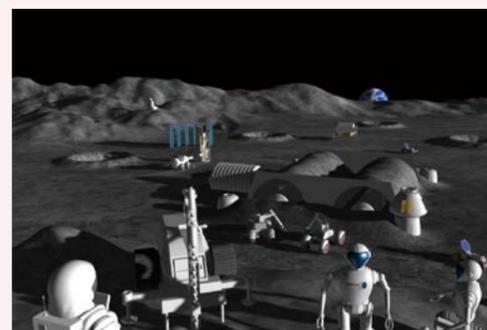
04 未踏の宇宙を目指します。

→ P.13-14

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、空気中から二酸化炭素を除去するシステムや、火災安全の新たな基準作りにつながる実験などです。また、船内作業代替ロボットとの連携や効率化を行い、宇宙実験・利用全体としての遠隔化・自動化・自律化を目指します。

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立するとともに、国際的にも貢献していきます。



月の本格的な利用の想像図

05 新たな知的領域を切り拓きます。

→ P.15-16

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。



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 健康長寿社会の実現を支えます。

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。

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で機能を発揮します。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。

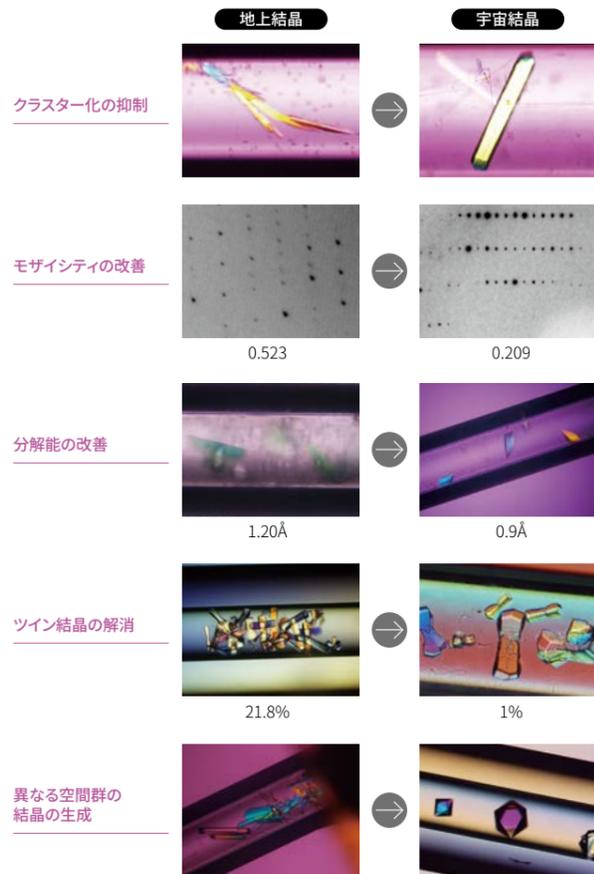
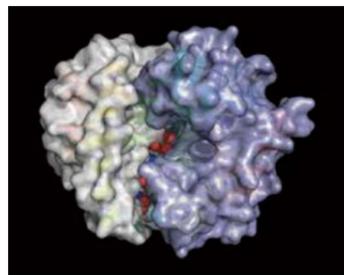
すでに、インフルエンザやがん、筋ジストロフィーなどの治療薬に関連するタンパク質の結晶化実験を実施しており、得られた構造情報は創薬研究に貢献しています。

利用機関 大学、製薬企業など
使用装置 「きぼう」搭載用ポータブル冷凍・冷蔵庫
利用サービス 新薬設計支援プラットフォーム、民間事業者提供

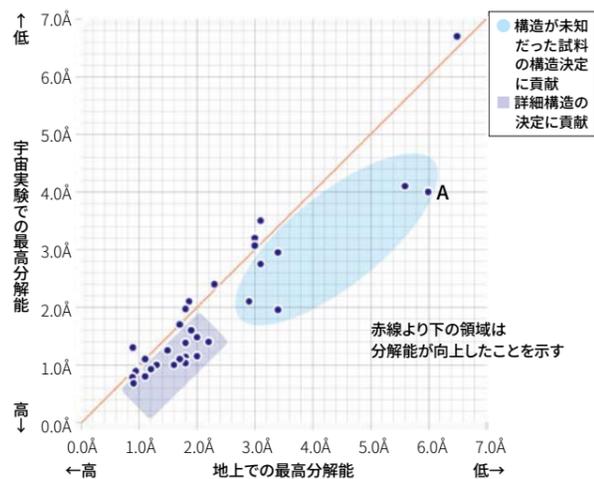
✓ CHECK

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ー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。

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。

超高齢社会である我が国では、医療費や介護問題等様々な問題が起こることが予測されるため、健康長寿への取り組みは我が国にとって重要な施策の一つと考えられています。宇宙環境は、地上の高齢者や寝たきりの状態に類似した生物影響による変化を加速的に研究できる環境であり、ISS・「きぼう」の運用開始以来、JAXA健康長寿研究支援プラットフォームでは宇宙ミッションを通して「きぼう」を使った社会課題解決に貢献する研究等に取り組んでいます(これまで得られたサイエンスデータは図を参照)。

「きぼう」で飼育したマウスを調べることで、加齢性疾患を早期に診断することが可能な因子の特定を通じて、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療法や改善方法を開発し、人々の健康寿命を延ばすことが期待されます。

利用機関 大学など
使用装置 細胞培養装置、小動物飼育装置等
利用サービス 健康長寿研究支援プラットフォーム、宇宙実験個別対応サービス

✓ 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いられません。「きぼう」で一步先を行く健康長寿研究を。



JAXA健康長寿研究支援プラットフォームの小動物飼育装置(MHU、左)。飼育環境制御装置(右)の微小重力区や人工重力区で飼育したマウスからデータを取得し、比較する。

小動物飼育ミッションから得られた科学知見はこちら



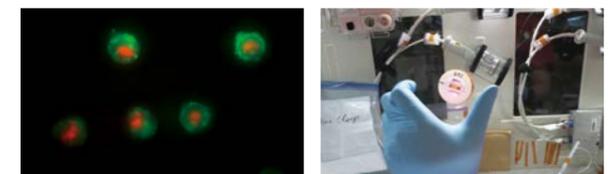
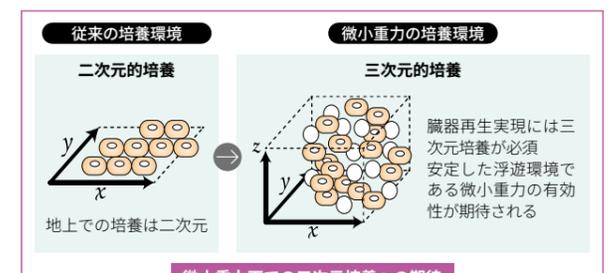
宇宙は立体的な組織を作るのに理想的な空間。再生医療への貢献を目指します。

再生医療では、臓器のもと(原基)が三次元的な組織として成長することが、臓器の機能を発揮するために必要ですが、地上では重力の影響で組織は二次元的に成長します。「きぼう」では、長期間静かな微小重力環境が維持されていることから、組織・臓器を三次元的・立体的に成長させられる可能性があります。

例えば、ヒトのiPS細胞から分化させた肝臓の前駆細胞、血管内皮細胞、間葉系細胞の三種類の細胞を混ぜて肝臓の原基(肝芽)を作り、血管と一緒に宇宙に打ち上げた後に、微小重力環境を利用して血管の周りに肝芽を集合させることで、大血管と肝芽の立体的な臓器を作製するための技術の開発が行われています。この成果は将来の微小重力環境を活用した再生医療への貢献や、地上での再生医療等製品の実用化に必要な立体組織の保存・輸送技術への応用が期待されています。

また、これまでの実験で、微小重力下では細胞の成長や老化に影響があることが明らかになっています。宇宙環境の生物への影響とそのメカニズムを理解することにより、細胞レベルで引き起こされる病気を理解し、その対処法を見出すことに取り組んでいます。

多くの人が地球低軌道や月、その先へ活動領域を広げていく中で、生物への宇宙の影響を継続的に評価し、医療や探査への貢献を目指します。



宇宙で観察された肝芽(肝前駆細胞(緑)、血管内皮細胞(赤))
 提供: 横浜市立大学、JAXA

利用機関 大学、企業など
使用装置 細胞培養装置、細胞培養容器、共焦点顕微鏡
利用サービス 細胞医療研究支援プラットフォーム(次期プラットフォーム候補)、宇宙実験個別対応サービス

✓ CHECK

微小重力が創り出す、三次元組織の未来。再生医療の新たな可能性を探ります！

宇宙での作物生産の実現を目指して
地球の植物は宇宙でどのように育つのか。

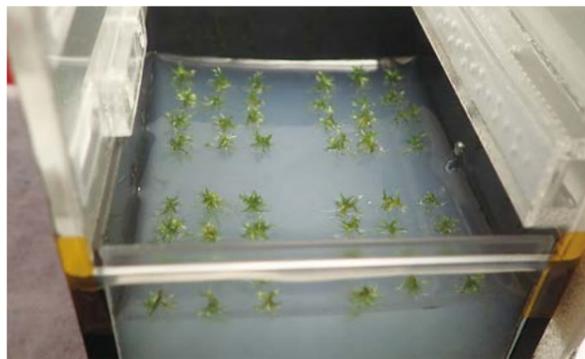
近い将来、長期に渡り人が宇宙に滞在すると、食物の確保が大事になってきます。「きぼう」では、地球で進化を遂げてきた植物が宇宙環境でもしっかりと生育し、食を支えることができるのか、基礎的なデータを取りながら植物の食(作物)としての可能性を追究しています。

「きぼう」で行ったコケを用いた実験では、植物の総質量(生産量)に対して宇宙環境(特に重力)が及ぼす影響について調べ、その結果を宇宙での効率的な作物生産の方法の開発や、地上での作物増産への応用へと繋げます。また、モデル植物を用いた実験では、宇宙環境に特有な高い放射線ストレスに対する植物への影響を評価し、宇宙での作物栽培技術に役立てます。これらの宇宙実験を通じて、将来の宇宙での植物(作物)育成基盤技術の確立を目指します。

利用機関 北海道大学、東北大学
使用装置 細胞培養装置、植物実験ユニット
利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

CHECK

微小重力が植物の成長に与える影響を解明! 「きぼう」でのコケやモデル植物を用いた実験を通じて、宇宙農業の基盤技術の確立を目指します。



飛行前



軌道上 提供: JAXA/NASA

衛星通信における量子暗号技術に関する光通信装置の実証。

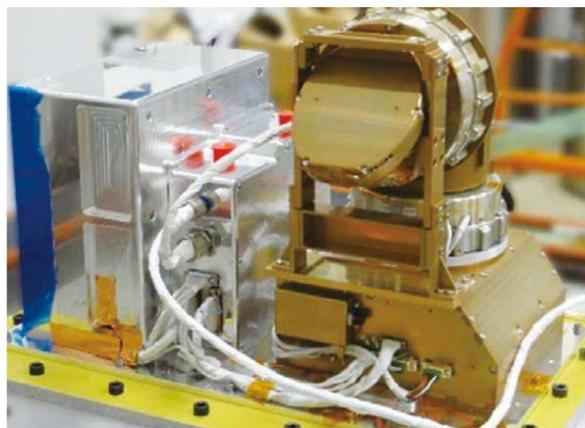
(本実証実験は、民間事業者による船外利用サービスを利用しています)

軌道上・地上間の光通信を利用した物理層暗号プロトコルによる秘密鍵(乱数)共有の実証実験では、宇宙空間からの自由空間光通信により、光ファイバーを用いた鍵配布よりも遠い地点間での鍵共有が可能となりました。本技術が実用化されれば、原理的に地球上のどこでも安全な暗号鍵の共有ができ、通信での漏えいを防ぐことができるため、国家安全保障や外交の分野において不可欠な重要情報の高秘匿通信が可能になります。

利用機関 SeCRETSプロジェクトチーム: スカパーJSAT株式会社(スカパーJSAT)、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)、株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所(Sony CSL)、次世代宇宙システム技術研究組合(NeSTRA)
使用装置 中型曝露実験アダプタ(i-SEEP)
利用サービス 船外ポート利用プラットフォーム、民間事業者提供

CHECK

「きぼう」から地上の可搬型光地上局への光通信により、1回の上空通過で100万ビット以上の秘密鍵を共有し、ISSと地上局との情報理論的に安全な通信の実証に成功しました。



高秘匿光通信の実証(SeCRETS)装置 提供: SeCRETSプロジェクトチーム

地球を一望できる「きぼう」。
金属資源や石油・ガスの探査、温室効果ガスのモニタリング等が行えます。

かけがえのない地球の限りある資源の有効活用や、地球環境のモニタリングなどを行うために、「きぼう」に搭載されたHISUIとよばれる特別なセンサが地表の反射スペクトルを観測しています。

HISUIの特徴は、従来の地球観測衛星が10～20程度の波長しか観測できないのに対して、185の異なる波長を連続して同時に観測することができることです。また、1つ1つの波長幅が細かいので、観測対象の特徴をより詳細に捉えることができます。

HISUIのこのような特徴は、観測対象がどの波長の光をどの程度吸収するかという吸収波長の特徴とその吸収深さを検知するのに役立ちます。例えば、金属や石油・ガスなどの資源が埋蔵されている場所では、特定の鉱物が地表に多く存在することが知られているため、これら鉱物の吸収波長から分布と量を調べることで資源探査を効率的に進めることができます(図1)、そのほかにも、農業や環境などの様々な分野でHISUIの応用が可能です(図2)。

HISUIデータは経済産業省の衛星データプラットフォーム「Tellus(テルース)」で一般公開されています。



利用機関 経済産業省、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
使用装置 宇宙実証用ハイパースペクトルセンサ(HISUI)
利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

CHECK

HISUIは、可視光から短波長赤外域まで、185個のバンドで全球規模の観測を行っています。解像度は20m×31mです。Tellusでデータにアクセスすることができます。

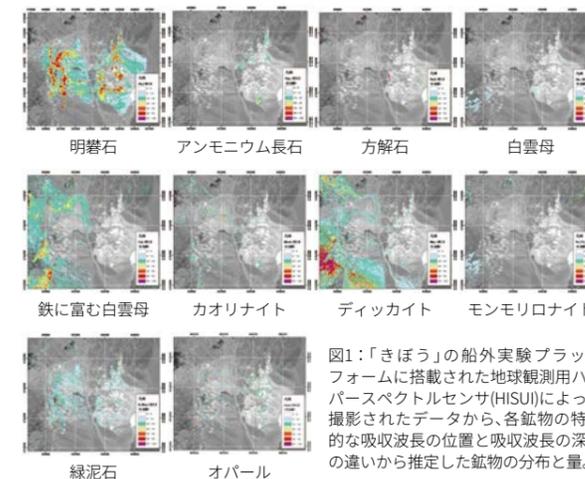


図1: 「きぼう」の船外実験プラットフォームに搭載された地球観測用ハイパースペクトルセンサ(HISUI)によって撮影されたデータから、各鉱物の特徴的な吸収波長の位置と吸収波長の深さの違いから推定した鉱物の分布と量。

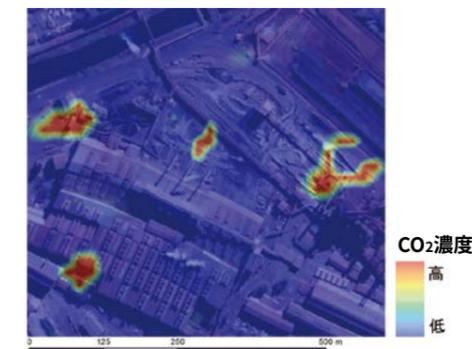


図2: HISUIのデータから、2,000nmの波長付近にあるCO2の細い吸収波長が抽出でき、CO2の濃度が高い場所(工場など)を検出することができます。

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いだのは、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

超高温領域での物性測定と新材料創製を可能にする静電浮遊炉。 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、産業応用へ。

3000℃を超える超高温領域で融体の物性を正確に測定することは、地上では極めて困難です。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、そもそも融体を保持すること自体ができなくなるからです。

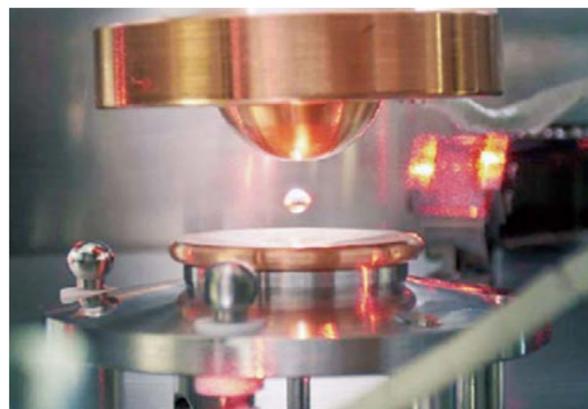
微小重力環境では、液体を容器に入れずに浮かせることができます。この特性を活かし、静電気力で試料の位置を制御しつつレーザーで加熱して融解させ、密度や表面張力、粘度を幅広い温度域で測定する、静電浮遊炉(ELF)が開発されました。(左下及び右上図参照)

ELFが「きぼう」に搭載されて運用が開始されたことで、地上では実現不可能な実験が可能になり、新たな知見を得ることに成功しています。例えば、物理学において未解明であるガラス化を妨げる因子の特定や、太古の地球に存在されていたとするマグマオーシャンの性質の解明、鉄鋼精錬や熱貯蔵材料、次世代半導体基板の製造に必要とされる物性の測定に成功しました。さらには、金属3Dプリンティングにおける組織制御に必要な高速凝固過程データの取得にも成功しました。またELFは、微小重力環境下において無容器で材料生成が可能のため、通常は結晶になる物質をガラス化させたり、平衡状態に存在しない準安定の結晶相を生成できたりする等、産業に応用可能な新材料の創成を行える可能性を秘めています。(右下図参照)

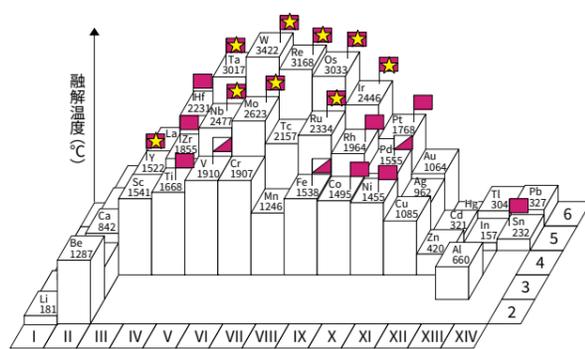
利用機関 国内外の大学、企業など
使用装置 静電浮遊炉(地上、宇宙)
利用サービス 革新的材料研究支援プラットフォーム

✓ CHECK

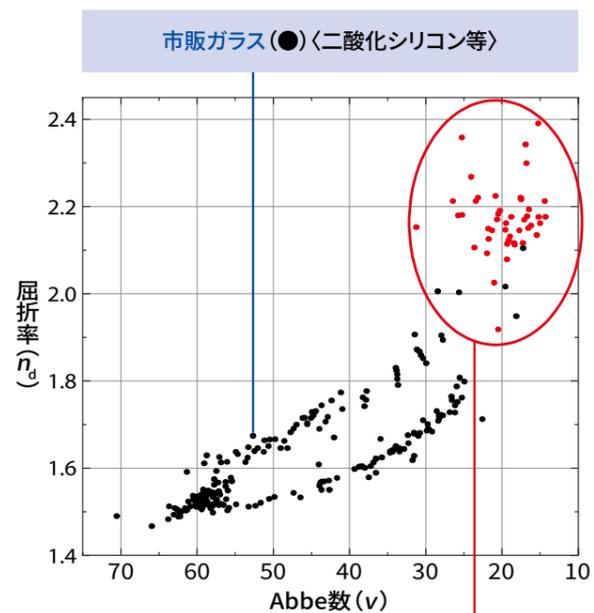
高融点材料の物性は、類似物質や古い文献値で代用し、材料開発でのパラメータの絞り込みは、いつもトライ&エラーでした。静電浮遊炉が提供するこれまでにないデータを、新たな研究につなげませんか。



静電浮遊炉の地上実験の様子。電極の間に電圧をかけて発生する静電気力を使い、帯電した試料を浮かせる。



■ 密度 ■ 密度・表面張力・粘度
★ 地上静電浮遊炉でしか取得できていない世界初の粘度データ
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)。



浮遊炉により従来のガラスの性能を超える工業的価値の高い材料生成が実現。図は浮遊炉ガラスと市販のガラスにおける屈折率の比較。

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。

「きぼう」の船外で電源や通信などのサービスを提供する中型曝露実験アダプタ(i-SEEP)があります。利用者は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、小型パイロード搭載支援装置(SPySE)と簡易材料曝露実験ブラケット(ExBAS)を組み合わせることで、小さな装置や、実験試料なども搭載できます。

また、「きぼう」からは小型衛星放出機構(J-SSOD)を利用して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、2024年12月までに91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。

利用機関 JAXA、国内外の大学や企業など
使用装置 小型衛星放出機構、中型曝露実験アダプタなど
利用サービス 超小型衛星放出プラットフォーム、船外ポート利用プラットフォーム、民間事業者提供

✓ 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。

地上と同じ感覚でキャビンエリアを使えるように

電源・通信ポートや最新カメラ・タブレット端末などを用意しています。

ユーザは打ち上げた機器をUSB電源やLANポートに接続するだけで気軽に船内実験室のキャビンエリアを利用できます。また、宇宙実験や技術実証のみならず、近年多様化する商業利用ニーズにも対応できるように、大型タブレット端末、ウェアラブル小型カメラ、地上からリモート操作が可能な高精細ビデオカメラなど、ユーザの利便性を高めるマルチメディア機器を用意しています。

ユーザ要望が高い最新のマルチメディア機器を誰でも使えるように用意することで、「きぼう」でエンターテインメント利用も含む新たな宇宙利用の可能性にトライできるようしていきます。

利用機関 JAXA、国内外の大学や企業など
使用装置 タブレット端末、ウェアラブルカメラ、高精細リモートビデオカメラ、高性能PC、キャビンエリア用USB電源やEthernetハブなど
利用サービス 宇宙実験個別対応サービス



「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
提供：JAXA/NASA



モニタカメラから撮影された簡易材料曝露実験ブラケット(ExBAS)
提供：JAXA/NASA

JUSE (JEM commercial user support equipment)として軌道上に打ち上げられるマルチメディア機器。



使用イメージ

✓ CHECK

「きぼう」で最新マルチメディア機器を使って新たな商業利用のアイデアにトライしてみませんか。

04 未踏の宇宙を目指します。

月面有人探査の安全を確保する重要技術 低重力での材料燃焼性を正しく予測します。

微小重力(μG)環境では材料は地上の通常重力環境(1G)に比べて燃えにくいと考えられており、1Gにおける所定の燃焼試験に合格すれば宇宙船内での使用が認められてきました。しかし、材料の燃焼が維持される酸素濃度は1GよりμGにおいて低くなる場合も多い(すなわち、μGの方が燃焼が維持されやすいことも多い)ことがわかってきました。

これは、材料の燃焼が維持される最低酸素濃度が周囲の気流速によって変化するためです。1Gでは火炎の周囲に40 cm/s程度の浮力対流が必ず生じます。一方、宇宙船内では換気等のため人工的に対流を起していますが、その典型的な気流速は10 cm/s以下です。材料によっては低気流速条件下で最も燃えやすくなるため、1Gでの試験結果のみではμGでの燃焼性を正しく評価できません。

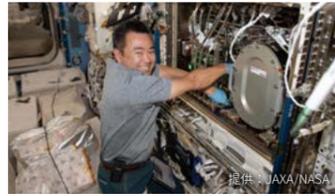
固体燃焼実験装置(SCEM)は燃焼容器内の気流速を高精度に制御し、そこに設置した材料の燃焼挙動を詳しく調べることができます。このような実験により、燃焼限界条件に与える重力の影響を考慮した材料の燃焼性評価手法の開発・実証が進められています。その成果は、月面重力(約1/6G)での材料燃焼性評価につながり、月面有人探査への貢献も期待されています。

今後は、企業による材料難燃性の軌道上実証などを含め、多くのユーザーが利用し易い定型化した実験プロトコルによる「きぼう」利用プラットフォームを構築することで、火災安全性の向上に加え、宇宙で安全に使える材料の選択肢拡大にも貢献することが期待されます。

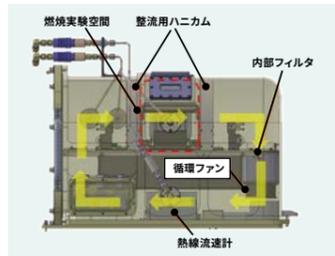
利用機関 JAXA、北海道大学
使用装置 固体燃焼実験装置
利用サービス 先進的燃焼研究支援プラットフォーム(次期プラットフォーム候補)、宇宙実験個別対応サービス

✓ CHECK

長時間微小重力環境での燃焼実験は軌道上実験だからこそできる事です。材料や燃料の燃焼特性データの取得を通し、有人宇宙環境での多様な材料の利用拡大や、地上での燃焼技術の向上が期待されます。



SCEMに関する作業を行う星出宇宙飛行士



固体燃焼実験装置(SCEM)の燃焼容器内部には、循環ファンや整流用ハニカムが搭載されており、循環式の風洞とすることができる。

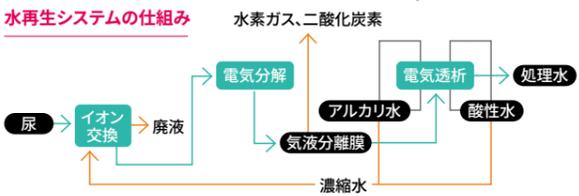
水再生は有人宇宙活動のキーテクノロジー 日本の技術でメンテナンスフリーを実現します。

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も大きく、国際的にも注目されています。

次世代水再生システムでは、現在ISSで使用しているものの4分の1の小型化を目指している。写真は実証モデル。



利用機関 JAXA、栗田工業
使用装置 水再生装置
利用サービス JAXA技術実証

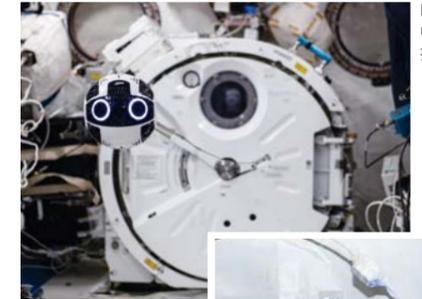
✓ CHECK

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。

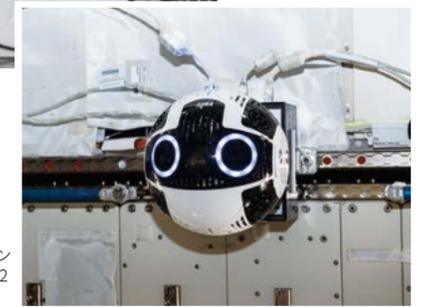
「きぼう」の中をスイスイ動く船内ドローン 地上からの遠隔操作で船内作業をサポートします。

Int-Ballプロジェクトは、撮影に係る宇宙飛行士の負担削減と地上管制運用員が自由自在に運用状況を確認できるミッションとして立ち上がりました。Int-Ball2は、「きぼう」の中の気流外乱のなかでも発散することなく自由に飛行でき、4K高精細カメラの搭載、給電ステーションへのドッキング&リリースによる自動給電機能、Visual SLAMにより画像から飛行している場所を認識できます。ROSとよばれる地上のロボット開発でも広く用いられるツールセットでユーザーが拡張できるプラットフォーム機能もあり、一般の方が制作したプログラムを軌道上のInt-Ball2で動かすことができます。古川宇宙飛行士と運用チームとの連携により、打上げから1年以内でチェックアウトを完了し、2024年に定常運用へ移行しました。国際協力ミッション、「きぼう」ロボットプログラミング競技会(Kibo-RPC)等、撮像カメラロボット以上の可能性を活かすミッションを計画しています。

利用機関 JAXA
使用装置 Int-Ball2
利用サービス JAXA技術実証、宇宙実験個別対応サービス



ISSで飛行チェックアウト中のInt-Ball2
提供: JAXA/NASA



ドッキングステーションにドッキング中のInt-Ball2
提供: JAXA/NASA

✓ CHECK

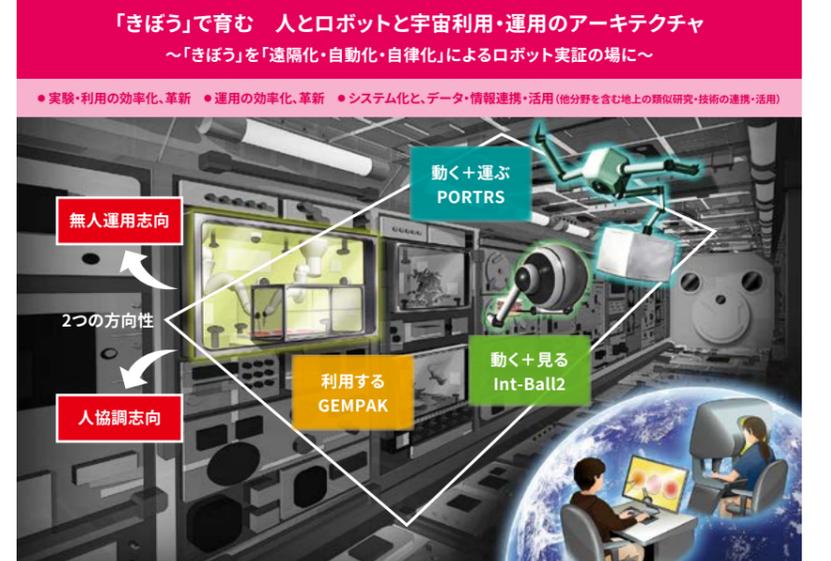
カメラとしての利用はもちろん、ユーザーが作成したプログラムを実行する環境や、外部デバイスを取り付けられる拡張性などロボティクス分野での利用ポテンシャルを持つInt-Ball2。ユーザーの発想で夢が広がります!

進歩著しい自動化・AI、ロボット技術を適用し、 宇宙実験・利用の効率化と新たな実験手段獲得によるブレイクスルーを目指します。

ユーザーにとって現状の宇宙利用・宇宙実験は、有人安全要求による実験への制約(高濃度の薬品が使えない等)、実験品質の均一性確保、実験サンプル数を多く得るための単純繰返し作業の困難、ユーザーが構築した実験プロトコルが再現しにくいなどの課題があります。

このため、昨今、地上実験でも適用が進んでいる利用・実験の遠隔化・自動化・自律化(AI活用)等により、効率的かつ効果的な宇宙環境利用・実験を推進します。

この手段の1つとして、汎用型のロボットアームを宇宙飛行士の手に置き換え、更に宇宙飛行士への安全確保をするために封入環境において実現できる「きぼう」自動実験システム(GEMPAK)の検討・開発を進めています。GEMPAKの開発においては、既に地上にある技術製品等を最大限活用することで、開発の効率化や、地上での実験技術装置を持つ企業研究者の参入を促進しています。



「遠隔化・自動化・自律化」による効率的・効果的で持続性の高い宇宙環境利用の実現

✓ CHECK

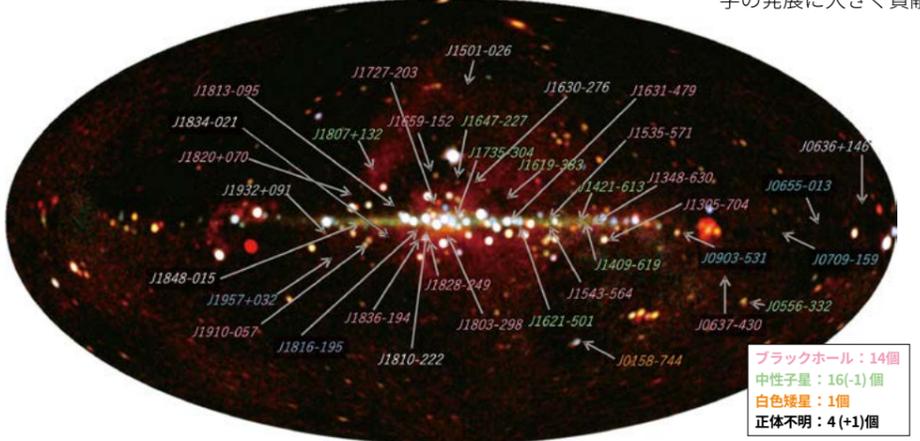
遠隔化・自動化・自律化により、宇宙実験・利用を、ユーザーの手で出来る機会構築を目指します。皆さんが比較的容易に、地上での技術・製品をもって宇宙に参入できる機会となればと考えています。

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。

最近では、狭域の詳細観測を得意とするNASAのNICER望遠鏡との軌道上連携(OHMAN)を開始し、MAXIが突発的な天体現象を検知してから最速で2分以内の追観測にも成功しました。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だけでなく、2024年までの15年間に35個のX線新星を発見しています。うちブラックホール天体発見数は14個となり、これは世界で発見されるブラックホール候補天体数においては歴代2位を誇っており、X線天文学の発展に大きく貢献しています。



2024年までの15年間に、MAXIは35個のX線新星を発見。そのうちブラックホール天体の発見数は14個であり、RXTE衛星に次いで歴代2位と迫っている。提供：RIKEN, JAXA, MAXI team



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

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

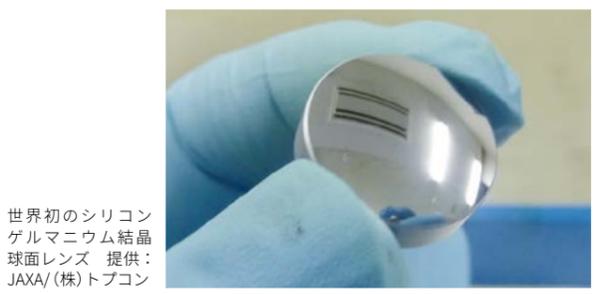
CHECK 地球を周回するISSの特徴を利用して、可動部なしで全天観測を実現しました。2009年から観測を開始し、長きにわたりISSで成果を挙げ続けています。

微小重力環境が明らかにする半導体結晶成長の基礎と産業への貢献。

半導体は、1000°C超の融液から結晶成長させたシリコンやゲルマニウムの結晶が超複雑に加工された製品です。これらの結晶は日本が技術的優位性を保つ部材であり、半導体以外にも、曲面加工により赤外線レンズとして活躍しています。

ISSでは、基礎的な実験として、半導体シリコンゲルマニウム合金の結晶成長実験等が実施され、半導体合金結晶の課題であった合金組成の均一化条件や、結晶成長速度の増加等、実用的にも重要な新しい知識が得られました。

これらの宇宙実験で得られた知識の産業応用として、JAXAから民間企業への半導体結晶成長技術の移転を進めており、赤外線レンズの小型軽量化への貢献が期待されています。



世界初のシリコンゲルマニウム結晶球面レンズ 提供：JAXA/(株)トプコン

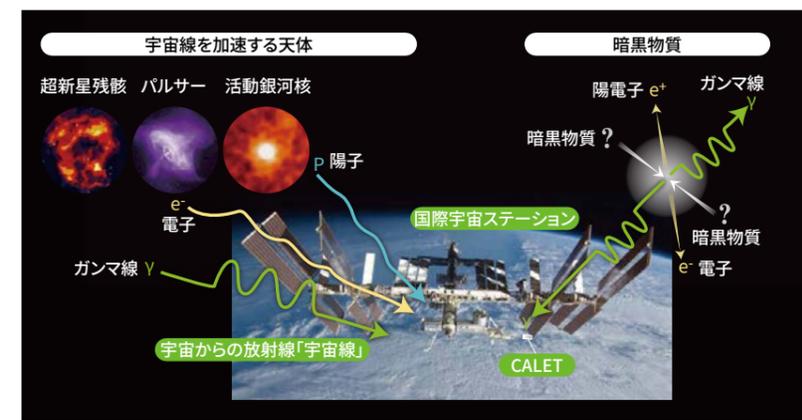
利用機関 JAXAなど
使用装置 温度勾配炉
利用サービス 宇宙実験個別対応サービス

CHECK 結晶製造の基礎研究は、宇宙環境と地上研究を両輪として実施することが重要です。

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はこれまで数年にわたる観測結果から多数の論文が出版され国際的にも高く評価されています。



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。

将来の有人宇宙活動の更なる拡大を目指して宇宙環境での生命の経世代の可能性を追究しています。

長期に渡る宇宙飛行士の宇宙滞在が実現し、将来、人類が宇宙へ進出し、そこで繁栄していくことが考えられます。ヒトをはじめとする哺乳類が地球とは異なる宇宙環境で子孫を残していくことが可能なのか、科学的には多くの謎が残されています。これまでの宇宙実験では、マウスの凍結精子を宇宙環境で長期保管した後の繁殖機能や、受精後の初期胚の宇宙での发育速度や遺伝子発現について、地上との違いはあるのか、あるならばどのように異なるのか、様々な観点から検証が進められてきました。

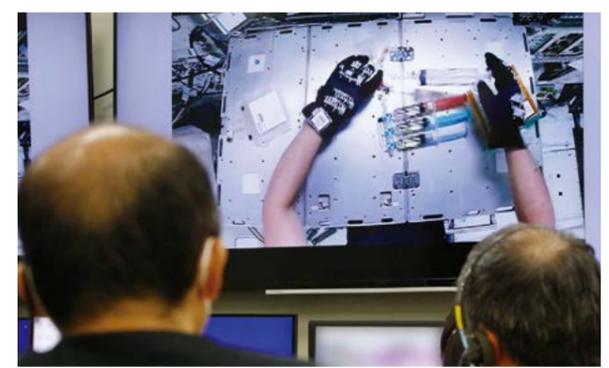
哺乳類の発生の初期段階には、その後、動物が正常に生育するための重要な過程が多く含まれており、地上とは異なる微小重力や高い放射線レベルの環境から受ける影響を知ることは、宇宙で子孫を残すという点では極めて重要なことです。また、発生・生殖分野の研究は、単に子孫を残すという点だけではなく、宇宙での動物の繁殖や畜産技術の確立など、宇宙での人の活動領域の拡大においても重要な知見の蓄積に繋がります。

利用機関 山梨大学
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

CHECK 宇宙での繁殖は、人類の未来を左右する大きなテーマです。これからも、宇宙での生命誕生の謎に迫る研究が期待されます。



Space Embryo実験の作業を行う星出宇宙飛行士 提供：JAXA/NASA



軌道上でのSpace Embryo実験を見守る関係者の様子

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、宇宙実験に必要な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。

“こんな実験ができたらいいのに……”とまっていることはありませんか。その声に、「きぼう」が応えます。

皆さんからの要望に応え、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。

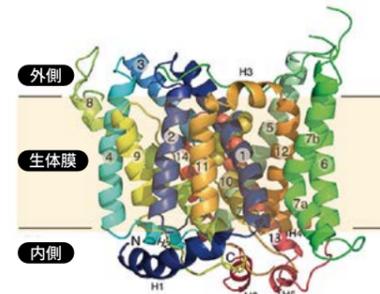
創薬ターゲットである膜タンパク質の高品質な結晶をつくりたい。

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、分子量の小さな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実施してきました。

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。



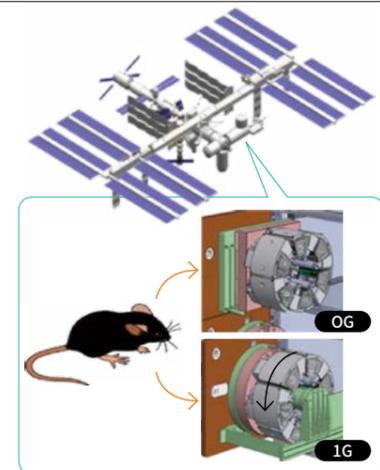
提供：長崎国際大学/京都大学
膜タンパク質であるバンド3タンパク質と、その機能を阻害する化合物の複合体の構造。

加齢に伴うさまざまな症状を改善・予防する方法をみつけない。

健康な人も年をとると、骨密度の減少や筋肉の萎縮、免疫機能の低下など、さまざまな身体の変化に悩まされます。超高齢社会の日本にとって、加齢に伴う症状の治療法や改善・予防法の確立は、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」を健康長寿研究のプラットフォームとして実験を進めています。

微小重力環境で過ごす宇宙飛行士の身体にどのような変化が起きているの

か？「きぼう」で微小重力環境や人工低重力環境で飼育したマウスを詳細に解析し、遺伝子転写産物、タンパク質、代謝物といった分子レベルの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行います。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働きも解析することで、宇宙環境で身体に起こる変化を明らかにします。さらには、加齢に伴う変化を制御する因子を特定するなど、ゲノム医療を通じて加齢に伴うさまざまな症状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い平面的に成長するからです。

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。



微小重力下で浮く培養容器を見守る研究者

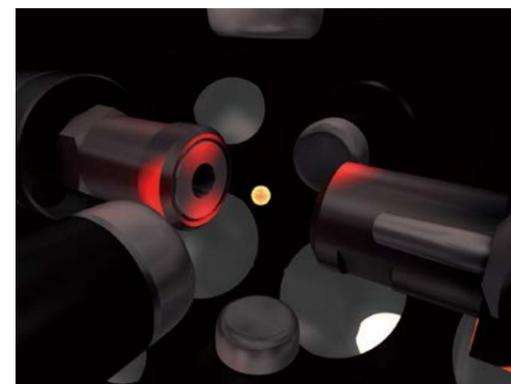
高温融体のまだ誰も知らない物性を測りたい。

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°C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て、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、積層造形や鋳造、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ることから、これまでない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・融解させているイメージ図

「きぼう」を自由に活かしたい。

地上では得られない宇宙特有の環境を、みなさまの研究開発や広報活動、自社事業に活かしてみませんか。

有償利用制度(非定型サービス)では、「きぼう」船内の空間利用やCM素材の撮影、みなさまの実験装置を使った宇宙実験など、個別のご要望に応じた様々なミッションをサポートしています。

これまでに、月面での居住に向けた植物の栽培実証、「きぼう」からの番組配信、地域振興のための物品打上、船外カメラで撮影した4K映像の活用、等様々な事業にご利用いただいています。



きぼう船内に浮遊する製品の撮影の様子(CM撮影案件)
提供：大阪ラセン管工業株式会社



宇宙の天気は?そらジロー

コーポレートメッセージ映像撮影の様子(CM撮影案件)
提供：日本テレビ放送網株式会社

「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



細胞培養装置 (CBEF)
細胞培養装置追加実験エリア (CBEF-L)
細胞や微生物などを培養

小動物飼育装置 (MHU)
マウスを飼育



流体実験ラック

- 流体物理実験装置 (FPEF)
- 溶液結晶化観察装置 (SCOF)
- タンパク質結晶生成装置 (PCRF)
- 画像取得処理装置 (IPU)

※今後、別ラックに移行予定

温度勾配炉ラック

- 温度勾配炉 (GHF)

※今後、別ラックに移行予定

エアロック

冷凍・冷蔵庫 (MELFI2)

多目的実験ラック



固体燃焼実験装置 (SCEM)
燃焼実験を行う

静電浮遊炉 (ELF)

3000°C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



その他



「きぼう」搭載用ポータブル冷凍・冷蔵庫 (FROST, FROST2)

タンパク質の結晶条件を整える



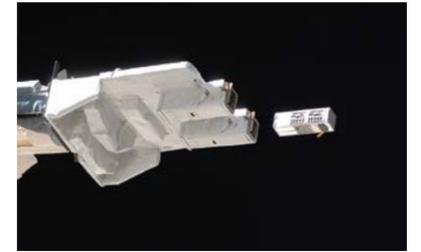
ライブイメージングシステム (COSMIC)

細胞の内部で起きる反応の瞬間を捉える。二波長同時観察・高解像画像取得も可能。

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12か所あり、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。



小型衛星放出機構 (J-SSOD)

「きぼう」のロボットアームを使い、CubeSat規格(1~6U、W6U)および50kg級の超小型衛星を放出して軌道に乗せることができます。年に複数回の打ち上げ・放出を行いますので、時期をご希望いただけます。

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。

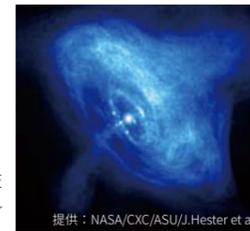


提供: Takuya Ohkawa

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)

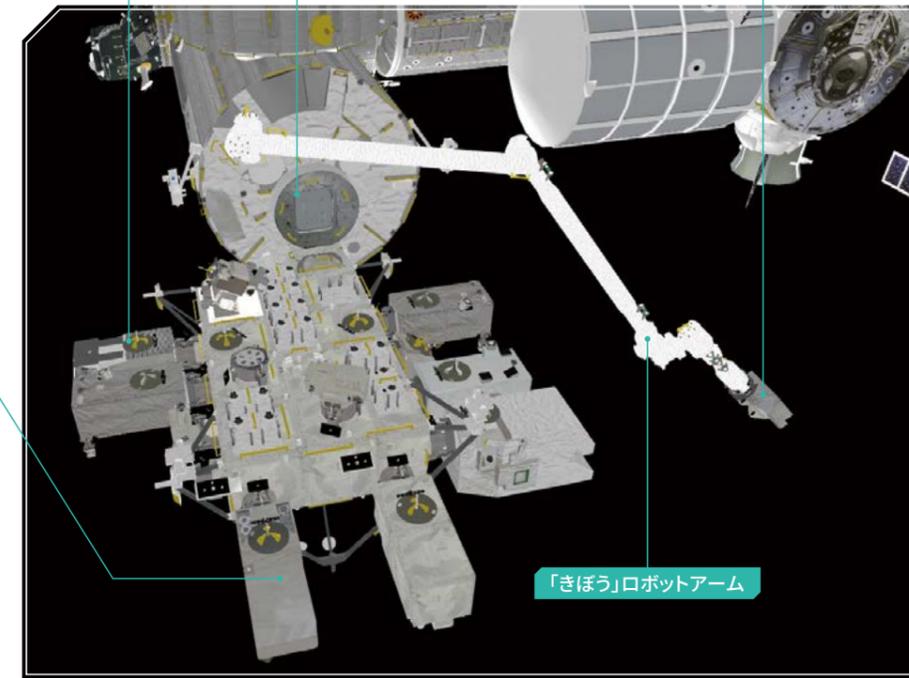
高エネルギー電子やガンマ線を観測し、高エネルギー宇宙線の加速・伝播メカニズムの解明、暗黒物質の探索などを行います。



提供: NASA/CXC/ASU/J.Hester et al.

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

エアロック



「きぼう」ロボットアーム

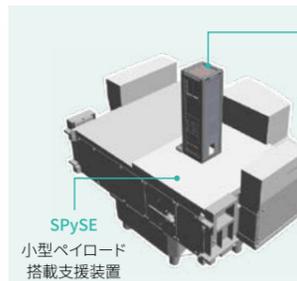
中型曝露実験アダプタ (i-SEEP)

「きぼう」の船外に実験装置を設置して船外実験や宇宙用機器の実証機会を提供します。小型ペイロード搭載支援装置 (SPySE) と簡易材料曝露実験プラットフォーム (ExBAS) を組み合わせることで、小さな装置や、実験試料なども搭載できます。



小型ペイロード搭載支援装置 (SPySE)

i-SEEPに取り付け、小型実験装置に電力や通信を提供します。最大5つのペイロードを搭載可能で、搭載機器は宇宙実験後に地上へ回収可能です。



SPySE
小型ペイロード
搭載支援装置

簡易材料曝露実験プラットフォーム (ExBAS)

ExBASはSPySEに搭載する装置の一つで、一度に最大16個の試料を宇宙環境に曝露可能です。温度測定機能を持ち、半年程度「きぼう」船外で実験します。



ExBAS
簡易材料
曝露実験
プラットフォーム

さまざまな利用サービスをご用意しています。

「きぼう」を利用しやすいようにJAXA内外から利用ニーズがある取り組みをきぼう利用の柱と位置付け、その領域の研究を支える研究開発基盤を「プラットフォーム」と定義し、それぞれの業界・分野・コミュニティの中での定着及び利用の拡大を推進しています。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、ご用意しておりますので、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。

船内

1 新薬設計支援プラットフォーム

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.7, 17
使用装置 「きぼう」搭載用ポータブル冷凍・冷蔵庫
参加方法 受託実験、共同研究、民間事業者提供

2 健康長寿研究支援プラットフォーム

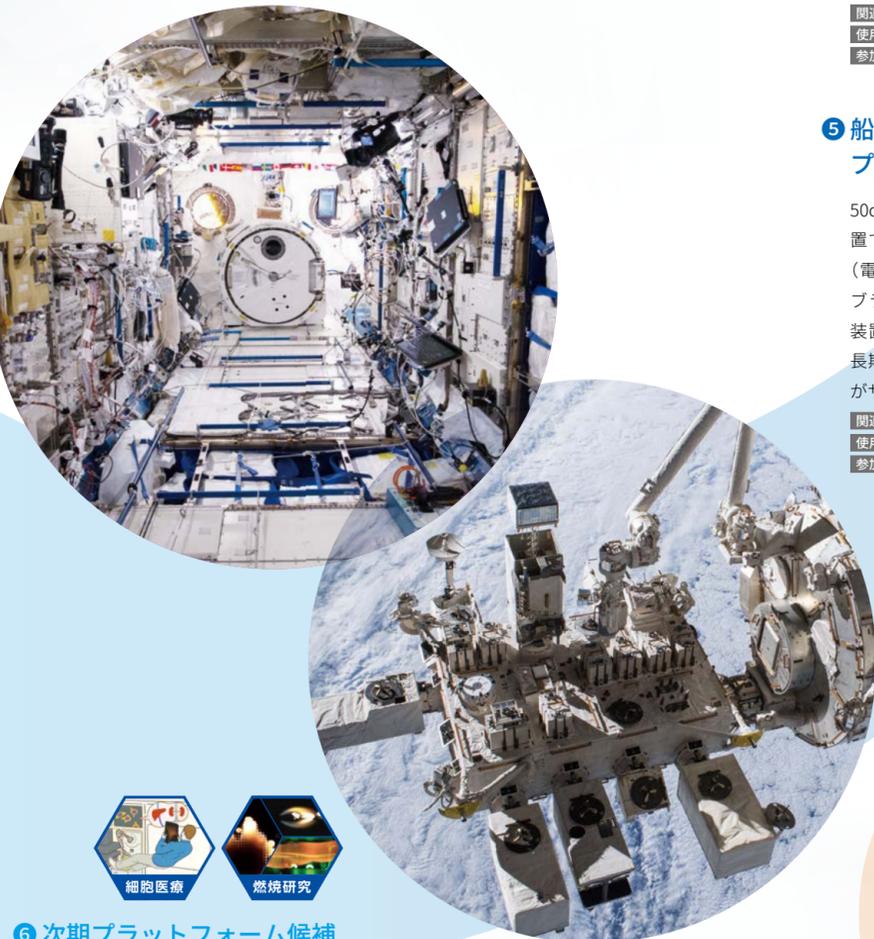
宇宙でマウスを長期間飼育して、加齢に伴うさまざまな症状を改善・予防する方法の検証やこれらの変化に関連する因子の同定の研究推進などを行います。微小重力区と人工重力区との2つの飼育環境を利用できます。

関連実験 P.8, 17
使用装置 小動物飼育装置、細胞培養装置、細胞培養装置追加実験エリア
参加方法 受託実験、共同研究

3 革新的材料研究支援プラットフォーム

金属から絶縁体まで、超高温(3000°C)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.11, 18
使用装置 静電浮遊炉
参加方法 受託実験、共同研究



6 次期プラットフォーム候補

- 細胞医療研究支援プラットフォーム
- 先進的燃焼研究支援プラットフォーム

関連実験 P.8, 13, 18
使用装置 細胞培養装置、細胞培養容器、共焦点顕微鏡、固体燃焼実験装置
参加方法 共同研究

船外

4 超小型衛星放出プラットフォーム

CubeSat規格(1U～6U、W6U)および50kg級の超小型衛星をISSまで運び、「きぼう」から放出します。JAXAが選定した民間事業者がサービスを担っています。

関連実験 P.12
使用装置 小型衛星放出機構
参加方法 受託実験、共同研究、民間事業者提供

5 船外ポート利用プラットフォーム

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)。また、支援装置やブラケットを利用することで1U～3Uサイズの小型装置の搭載や、10cm角試料プレートの宇宙空間での長期間曝露が可能です。JAXAが選定した民間事業者がサービスを担っています。

関連実験 P.9, 12
使用装置 中型曝露実験アダプタ、小型ペイロード搭載支援装置
参加方法 民間事業者提供

船内/船外

7 宇宙実験個別対応サービス

①～⑤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.9, 10, 12, 14, 15, 16, 18
使用装置 船内実験室のすべての装置が対象
参加方法 受託実験、共同研究

きぼう利用戦略とは

きぼう利用戦略
「きぼう」利用成果最大化に向けて
アジェンダ2030 第4版制定



近年の我が国における宇宙政策の転換やJAXAの国立研究開発法人化、ISS運用延長への我が国の参加決定等、「きぼう」を取り巻く環境は大きく変化しています。このような環境変化に対応した我が国の研究開発成果の最大化に向け、戦略的かつ組織的に「きぼう」利用を推進していくため、2016年10月に「きぼう利用戦略」を策定しました。本戦略は、「きぼう」を取り巻く状況の変化やきぼう利用の進捗状況等に応じて随時見直すものとしており、2024年3月に第4版として改訂しました。第4版では2030年までのISSの運用延長を踏まえ、2030年以降の商業宇宙ステーションへの移行や今後継続される地球低軌道環境利用活動を前提としたポストISS(2030年頃以降)につなげる方向性を明確化しています。

政府方針・動向

2030年までのISS運用延長参加表明(2022年11月) 有人宇宙探査計画(アルテミス計画/Gateway)への参画具体化

宇宙基本計画改訂(2023年6月) 地球低軌道活動
①「きぼう」の利用拡大と成果の創出・最大化
②ポストISS時代の事業展開を目指す企業やエンドユーザーの拡大
③技術獲得、技術実証、要素技術・システムの研究開発

ポストISS動向 米国・欧州でのポストISSにおける商業宇宙ステーション計画の具体化

ISSを最大限に活用しつつ地球低軌道活動への取り組みにシームレスにつなげる



きぼう利用戦略第4版改訂

2035年頃の目指す姿 きぼう利用を通じて、地球低軌道における宇宙環境利用が人類の社会・経済活動の一部として定着している

2035年頃の状態想定のご具体化
・民間事業者(企業)自らが商業宇宙ステーションの一部の運用・利用を担い、事業者が生み出した船内・船外の独自軌道上サービスが展開されている
・「きぼう」運用・利用で培われた軌道上サービスがISS退役以降も継承され、日本の公的利用が継続している

3つの活動領域の推進とバランスのとれたポートフォリオ形成
自動化等による効率化により、科学利用等の規模は維持しつつ、商業活動利用を拡大



- きぼう利用の5つの目標
1. 国の課題解決型研究への貢献
 2. 民間利用拡大・「きぼう」の社会的価値の実証
 3. 有人宇宙・探査技術等の研究開発
 4. 学術研究による科学技術力向上
 5. 国際プレゼンス向上・人材育成への貢献

3つの活動領域の具体的な取り組み

公的利用 国の課題解決型研究・学術研究の推進

～2030年のビジョン:極めてインパクトの高い歴史に残る成果が創出されている

- ・資源集中投入、有望領域設定等を行ったフラッグシップミッション等の着実な実施
- ・宇宙技術戦略に基づく大学等すそ野拡大、先端実験装置開発、国際競争力確保
- ・きぼう利用プラットフォーム(PF)の高度化、拡充(新規PF候補:細胞医療、燃焼研究)

JAXA事業利用 超長期有人宇宙滞在技術・探査技術の獲得

- ・宇宙技術戦略(宇宙環境利用・宇宙実験技術、有人宇宙滞在・拠点システム技術等が重要)に基づき、実験技術の高度化、実験の遠隔化・自動化・自律化、高効率環境制御・生命維持技術等の獲得を目指す
- ・我が国独自の技術実証の場として「きぼう」を最大限活用し、国際競争力確保やポストISS、探査に向けた技術開発・実証を進める

共通基盤技術強化

遠隔化・自動化・自律化等の機能向上による効率・効果・持続性向上

国際協力・人材育成

アジア利用拡大、国連協力、日米協力推進
学生等参加継続・拡大

商業活動利用 民間利用オープンイノベーションの推進

～2030年のビジョン:ポストISSに向けて、民間事業者が低軌道利用をリードする

- 民間需要増大・事業育成・事業者自立への取り組み:
- ・非定型有償利用の拡大(CM素材撮影等新たな利用分野開拓)、JAXA知見の提供
 - ・利便性向上の環境整備(マルチメディア機器、気軽に機器搭載可能なエリア整備)
 - ・事業化を目指す非定型有償利用のリソース100%減免拡大
 - ・事業化されたPFの利用支援(衛星放出、船外小型機器搭載の大学等支援)
 - ・宇宙技術戦略に基づく民間活動の支援強化



きぼう利用への参加方法

- 受託実験**

実施に必要な経費をご負担いただき、JAXAが受託して利用者の研究開発にご利用いただけます。成果を利用者が占有・非公開とすることができます。
- 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、期日を設け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。
- 民間事業者提供**

JAXAが選定した民間事業者がサービスを提供します。
- お問い合わせ**

詳しくは、きぼう利用プロモーション室 (Z-KIBO-PROMOTION@ml.jaxa.jp) へお問い合わせください。



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利用へのお問い合わせはこちらまで。

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



きぼう利用のご案内
<https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/>



2025年2月発行

