



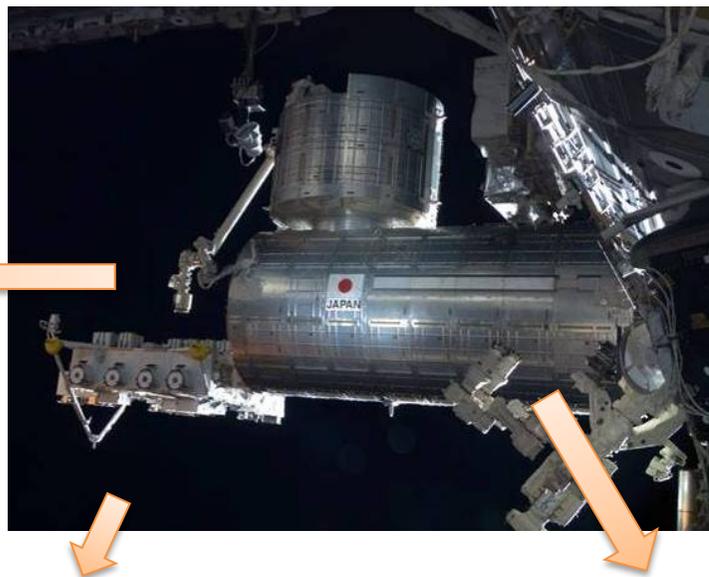
2020年9月4日

国際宇宙ステーション

「きぼう」日本実験棟の利用について

宇宙航空研究開発機構 有人宇宙技術部門  
きぼう利用センター 小川 志保

# 宇宙実験棟「きぼう」



(c) NASA/JAXA



ISS最大の船外実験プラットフォーム



ISS最大の船内実験室

# 宇宙実験棟「きぼう」の環境

## 1. 微小重力 ( $10^{-4} \sim 10^{-6}$ G)

- 物が浮く
- 地上とは異なる体の変化  
(骨、筋肉、前庭系)

## 2. 高真空 ( $10^{-5}$ パスカル)

(地上の100億分の1)

## 3. 複合宇宙放射線

(銀河宇宙線、太陽粒子線、バン・アレン帯)

## 4. 広い視野

(地球観測や天体観測)

## 5. 閉鎖環境での居住

- 心身の変化、環境予防対策 (微生物等)
- 空気・水再生技術



**“宇宙”でしかできない  
ことがある**

◆骨量や筋肉の加速的な  
減少(地上の10倍以上)

◆微小重力など宇宙環境  
の影響評価

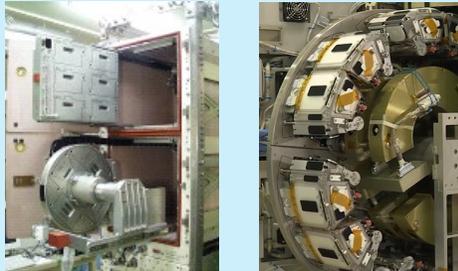
◆微小重力環境での物理  
現象の観察、均質な構  
造の結晶生成

◆いつでも宇宙からの観  
測が可能

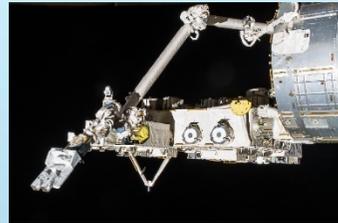
# なぜ、「きぼう」?

## 「きぼう」でしかできないことがある

- ◆ 哺乳類(マウス)に対する1G下の可変重力環境
- ◆ 船外環境の多様な利用(小型衛星放出、簡便な機器設置・ポート利用、材料曝露)

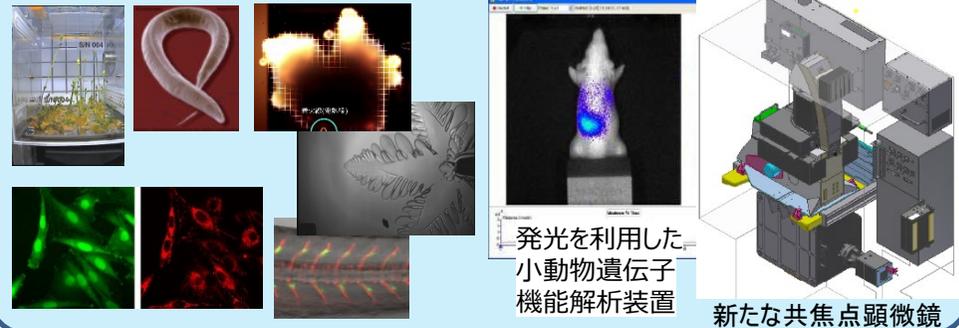


遠心機付き生物実験装置(左)と遠心機の直径を2.3倍に大型化した新型遠心機(右)



## 「きぼう」でしか見れないものがある

- ◆ 植物、細胞、線虫、水棲生物等のモデル生物や物理現象の軌道上での動態観察
  - 微小重力環境(その場)でのデータ取得
  - 生命や物理現象の本質的な機能・原理解明。



## 「きぼう」でしか測れないものがある

- ◆ 静電浮遊炉を利用した無容器処理技術による高精度熱物性等の測定



- ガラス、セラミックス等高融点材料の熱物性取得(融点2000~3000°C以上の試料)
- 高純度のまま融液を維持

# 「きぼう」利用の大きな流れ～

2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 …

▲「きぼう」利用開始

▲領域の重点化

▲「国立研究開発法人」化

▲きぼう利用戦略改訂

▲国際宇宙探査への参加方針を決定

## 「利用の探索・開拓」

- 科学実験を中心に、宇宙環境下における現象の把握と解明を実施。



- 社会貢献につながる有望な利用分野を識別し、その利用方法(技術)」を整備。

## 「利用成果の最大化」

- 国の科学技術戦略や社会課題への貢献を重視し、領域を強化。
- 国際競争力と需要に対応する利用サービスを“プラットフォーム”として提供。
- 「きぼう」利用の社会的な実用価値を実証。

「地球低軌道利用の発展」と「国際宇宙探査に向けた事前検証」

としての活用

# 「きぼう」利用の進捗状況

2020年6月末現在

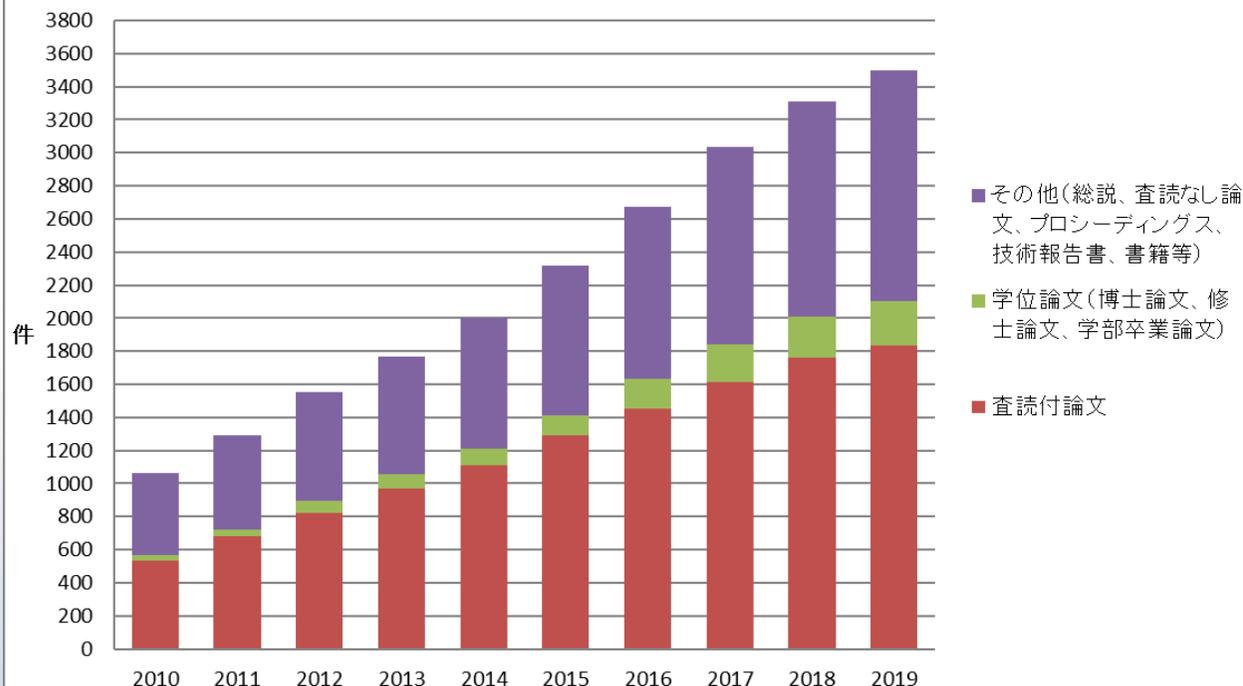
		宇宙実験終了	実験実施中	万全実験 準備フェーズ	検討フェーズ (FS段階)	
船内	科学研究 テーマ(*)	生命科学／宇宙医学	43	3	10	8
		物質・物理科学	13	4	6	10
		タンパク質結晶生成 (右記は実験サイクル数。1回に複数ユーザの試料を搭載) (有償利用も含まれる)	27	0	-	-
		応用利用研究テーマ	2	0	0	0
		アジア協力、文化人文社会科学、教育等	26	0	0	0
		有償利用（上記以外の有償利用）	17	3	5	-
船外		船外実験ホート利用(大型・中型ミッション)	8	6	0	0
		小型衛星放出(有償利用含む)	43	-	19	-
		材料曝露・微粒子捕獲(有償利用含む)	11	8	0	-
	上記合計	190	23	41	18	
	有人宇宙技術開発 (宇宙医学研究、技術実証等)	21	2	4	-	
	合計(技術実証含めた)	211	26	44	18	

上記には、「きぼう」を利用するNASAの実験（J-SSOD除く）、「きぼう」以前に他国のモジュール等で実施した実験は、含まない。  
(\*)応募者からの実験要求に合わせて個別に実験計画を立てて行う船内環境利用の科学研究テーマ

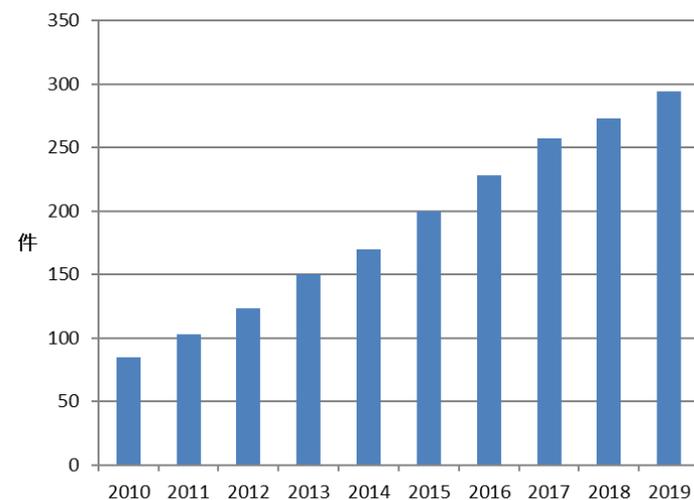
# 「きぼう」の学術的成果

「きぼう」に関連する学術的成果は、船外のX線天文観測における科学誌Natureへの掲載をはじめ、1,800件を超える査読付き論文として発表されている。また、関連する外部資金獲得件数も伸びている。

## 印刷物での成果発表 年代別累計(「きぼう」関連のみ)



## 「きぼう」利用研究者による競争的資金の獲得件数(年別累計(助成初年度で集計))



# 「きぼう」の学術的成果

公開日	件名	掲載情報等	備考
2019/5/13	高エネルギー電子・ガンマ線観測装置(CALET):宇宙線の直接観測により、テラ電子ボルト領域に至る漸次的な陽子スペクトル硬化を高精度に検出(早稲田大学 他)	Physical Review Letters	CALETを用いて、銀河宇宙線の主成分である陽子のテラ電子ボルト領域に至る漸次的なスペクトル硬化を観測。50GeVから10TeVの広いエネルギー範囲における、単一測定器による初の高精度測定。
2019/5/17	平成27年度選定「きぼう」利用フィジビリティスタディ(FS)テーマ「新規な質量分析イメージングによる筋・骨格系疾患の発症機構解明」のFSフェーズ(地上実験及びサンプルシニア)での成果発表	Scientific Reports	東京農工大学チームがFSの一環として、宇宙(MHU-2のサンプルシニア)と地上加重力環境でマウス飼育を実施した結果が論文掲載。ロコモティブシンドロームの予防・治療法の開発へつながることが期待される成果。
2019/7/11	第2回小動物飼育ミッション(MHU-2)のミッション概要として、餌介入試験の成功とJAXA小動物飼育装置の改良の結果を報告	npj Microgravity	●2回目マウスミッションの結果として、MHU-1で生じた軌道上飼育ケージからの水漏れ対策、フラクトオリゴ糖入り餌使用によるマウス体重の変化等が、Nature姉妹誌であるnpj Microgravity誌に掲載された。
2019/7/22	2010年の魚のウロコを利用した宇宙実験の成果発表:宇宙空間で引き起こされる骨吸収がメラトニンによって抑制!	Journal of Pineal Research	●CBEF利用「宇宙空間における骨代謝制御:キンギョの培養ウロコを骨のモデルとした解析」(PI:金沢大学 鈴木信雄)の成果。 ●今後、メラトニンが宇宙飛行士の骨量低下の予防・治療薬に活用されることが期待される。
2019/9/19	タンパク質結晶生成実験成果:多剤耐性菌による感染症克服を目指した新しいタイプの抗菌薬の創出に向けて	Scientific Reports	岩手医科大・阪本准教授らのグループが、2015年に発表した歯周病菌DPP11の立体構造の解明に続き、DPP11と化合物複合体の立体構造に基づくドッキングシミュレーションによって、歯周病菌の増殖を抑制する化合物を見出した。
2019/9/24	第1回小動物飼育ミッション(MHU-1)成果:マウス宇宙滞在が精子受精能力に及ぼす影響を解析—将来人類が宇宙へ活動領域を広げるにあたっての基礎的な知見の蓄積に—	Scientific Reports	阪大・伊川教授らのMHU-1ミッションチームによる解析結果:宇宙に滞在したマウスの精子産生能力には顕著な異常は見られず、健康な次世代マウスが誕生したことを発表。
2019/10/18	簡易曝露実験装置(ExHAM)の2015年採択テーマである、カーボンナノチューブ曝露実験(CNTテーマ)【代表提案企業:株式会社大林組】の成果が、国際宇宙航行アカデミー(IAA)の論文誌に掲載	Acta Astronautica	高い軽量性、高機械強度、高弾力性、高熱伝導性等の優れた特性を持ち、将来の宇宙応用が期待されるカーボンナノチューブ(CNT)の宇宙曝露環境における耐久性の検証を目的とした実験。2015年5月~2016年6月の約1年間曝露。

# 「きぼう」の学術的成果

公開日	件名	掲載情報等	備考
2019/12/26	「きぼう」の船外実験装置SEDA-AP、MAXI、CALETの連携により「電子の集中豪雨」による被ばく線量を測定～将来の宇宙天気予報に向けた基礎データを取得	Space Weather	●「きぼう」船外に搭載された3つの観測装置:宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP)、全天X線監視装置(MAXI)、高エネルギー電子・ガンマ線観測装置(CALET)の観測データを組み合わせることで、本来の研究分野を超えた新たなデータ活用の可能性を示した成果。
2019/12/27	宇宙滞在による免疫機能低下の機構を解明 – 無重力環境が引き起こす胸腺の萎縮と人工重力による軽減 –	Scientific Reports	●理研・秋山チームリーダーらによる第1回、第2回小動物ミッションの解析結果。宇宙の無重力環境によりリンパ器官である「胸腺」が萎縮すること、その萎縮は人工的な重力負荷で軽減されること等を発見。 ●将来の有人探査や、免疫系異常の予防への貢献が期待される。
2020/4/30	全天X線監視装置 (MAXI) 搭載のソリッドステートスリットカメラにより世界で初めてX線CCDによる全天マップの取得に成功	Publication of Astronomical Society of Japan	「きぼう」船外の全天X線監視装置(Monitor of All-sky X-ray Image : MAXI)は、観測装置ソリッドステートスリットカメラ(SSC)を用いた全天マップを作成。X線CCDを用いた軟X線帯域の全天マップとしては、世界初の結果。
2020/6/2	ガラスにならない超高温酸化液体が持つ特異構造 – 宇宙・地上での実験と大規模理論計算・先端数学の連携による発見 – (JAXA、琉球大学、物質・材料研究機構他)	NPG Asia Materials	「きぼう」静電浮遊炉と大型放射光施設Spring-8を利用し、超高融点(2413℃)の酸化エルビウム(Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )液体の原子配列と電子状態の測定に世界初の成功。本手法・知見は、新たな材料開発や高温液体から生成される物質の成り立ち理解につながることを期待される。
2020/6/12	国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟でのアミロイド実験 – 微小重力環境では独特なかたちのアミロイド線維ができることを発見 – (自然科学研究機構 生命創成探究センター)	Npj Microgravity	「きぼう」で作成アミロイド線維の“かたち”を調べたところ、地上とは異なる独特な“かたち”のアミロイド線維が形成されることを世界で初めて見出した。アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症機構を理解する研究への貢献が期待される。
2020/8/26	微生物は紫外線下で長期間生存可能：国際宇宙ステーション曝露実験 (東京薬科大学、JAXAらの研究チーム)	Frontiers of Microbiology	紫外線が降りそそぐISS軌道で3年間曝露した結果、微生物は生存しており、その解析結果から紫外線が当たる環境では数年、当たらない環境では数十年、微生物が生存可能であることを初めて検証しました。

# 利用成果の最大化～きぼう利用戦略のビジョン～

## □ 2030年頃のビジョン：「きぼう」利用を通じて、LEO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姿を目指す』

- 民間企業自らが「きぼう」の運用・利用を担い、軌道上サービスを展開し、JAXAはそのサービスを調達することで宇宙環境利用を継続する手段を獲得し、民間独自の活動と併せて我が国における宇宙環境利用の活動規模が拡大している姿を目指す。
- ISS退役以降も引き続き宇宙環境利用を継続することを想定し、その際、「きぼう」運用・利用にて確立された軌道上サービスが、ISS退役以降の宇宙環境利用に継承され、JAXAと産業界が共に宇宙環境利用を発展・拡大させている姿を目指す。

## □ 2024年のビジョン：宇宙環境利用の社会定着。利用サービスのプラットフォーム化や、民間による自立したサービス提供を実現

- 地上では実証できないことや地上で捉えられない現象を宇宙実験で解明し、新たな概念や価値を創出できる利用サービスを確立。
- 民間がプロバイダとなって、ユーザへの利用サービス提供や自己利用を行い、安定的な利用需要を創出している。



アジェンダ2025  
2020年3月B改訂

# 「きぼう」利用の取り組み状況

## 5つの目標

1

国が進める  
課題解決型研究  
への貢献

2

民間企業の  
投資判断済み事業  
による「きぼう」の  
社会的価値の実証

3

超長期有人  
宇宙滞在技術や  
探査技術等の  
研究開発の推進

4

学術研究による  
科学技術力  
向上への貢献

5

国際プレゼンス  
向上への貢献

## 具体的な取組

成果最大化に向けた重点化

「きぼう」利用の中核を担う  
当面の4つのプラットフォーム

タンパク質の構造に基づく薬剤設計支援

新薬設計支援プラットフォーム

「きぼう」を使ったヒトの健康長寿に関する研究への貢献

健康長寿研究支援プラットフォーム

超小型衛星放出能力の強化

超小型衛星放出プラットフォーム

船外ポートを利用した戦略的利用推進

船外ポート利用プラットフォーム

無容器処理技術を利用した材料研究への貢献

革新的材料研究支援プラットフォーム

新たなプラットフォーム形成による  
「きぼう」利用の多様化

細胞医療への貢献に向けた立体培養技術の有効性実証

産業応用を主目的とする実験プラットフォームの検討

超長期有人宇宙滞在技術や  
探査技術の獲得

研究者の内在的動機に基づく  
学術研究の推進

国際協力の推進

宇宙  
実験の  
強化  
を支える  
基礎  
技術

実験  
技術の  
質・量・  
多様性  
の改善

- 創薬ニーズに応える利用技術開発に取り組み中（膜タンパク質、地上の結晶化技術の取り込み）

- 5回連続のマウス生存帰還を達成。
- 低重力環境飼育が可能。探査に向けた事前検証の場に活用（日本のみ）。
- コホート研究（東北メディカルメガバンク）との連携で地上研究にも貢献。

- 2018年度より民間（2社）が放出サービスを国内外に展開中（JAXA単独実施フェーズを上回る受注）。

- 2020年度より民間（1社）がサービスを展開中。ベンチャーが利用を実現。
- MAXIなどの科学利用も進行中（多くの学術論文を投稿）

- 民間利用（有償）、科学利用、NASA利用（OP3）など需要拡大中。

- 実験装置の自動化（省力化）、遠隔操作・解析自動化によりヒトに頼らない実験環境構築を検討中。

- 水再生システム等の軌道上実証中

- 引き続きチャレンジングな研究獲得に向け、年1回のテーマ公募を実施。

- SDGsへつながる貢献策を実施（国連との小型衛星放出協力）
- タイ、マレーシア、シンガポール等が利用（唯一のアジア参加国として貢献）

# 「きぼう」利用をご検討される場合のフロー

宇宙環境や空間ならではの技術開発や  
学術研究をしたい（研究開発利用）

船内での利用

宇宙環境利用  
(船内・船外)

無償利用機会を使える  
テーマ募集に応募

(成果共有・公開)  
(公募時期の条件)  
(科学評価で選考)

有償利用機会を使  
っての利用

(成果占有・非公開)  
(原則通年申し込み)  
(科学評価は無し)

非定型サービス利用

⑩ 個々のご要望に合わせたご利用  
(内容毎に料金見積もり)

- ① フィジビリティスタディ(FS)テーマ募集
- ② 静電浮遊炉利用研究テーマ募集
- ③ マウスサンプルシェアテーマ募集
- ④ マウス特定解析課題募集
- ④ 高品質タンパク質結晶生成実験サンプル募集

定型サービス利用(定額価格)

- ⑤ 静電浮遊炉高精度熱物性測定
- ⑥ 高品質タンパク質結晶生成
- ⑦ 宇宙曝露環境での簡易実験

JAXA指定の  
事業者サービスを利用

- ⑧ 超小型衛星放出
- ⑨ 中型曝露実験アダプタによる船外利用

## ◆ 無償利用 (公募)

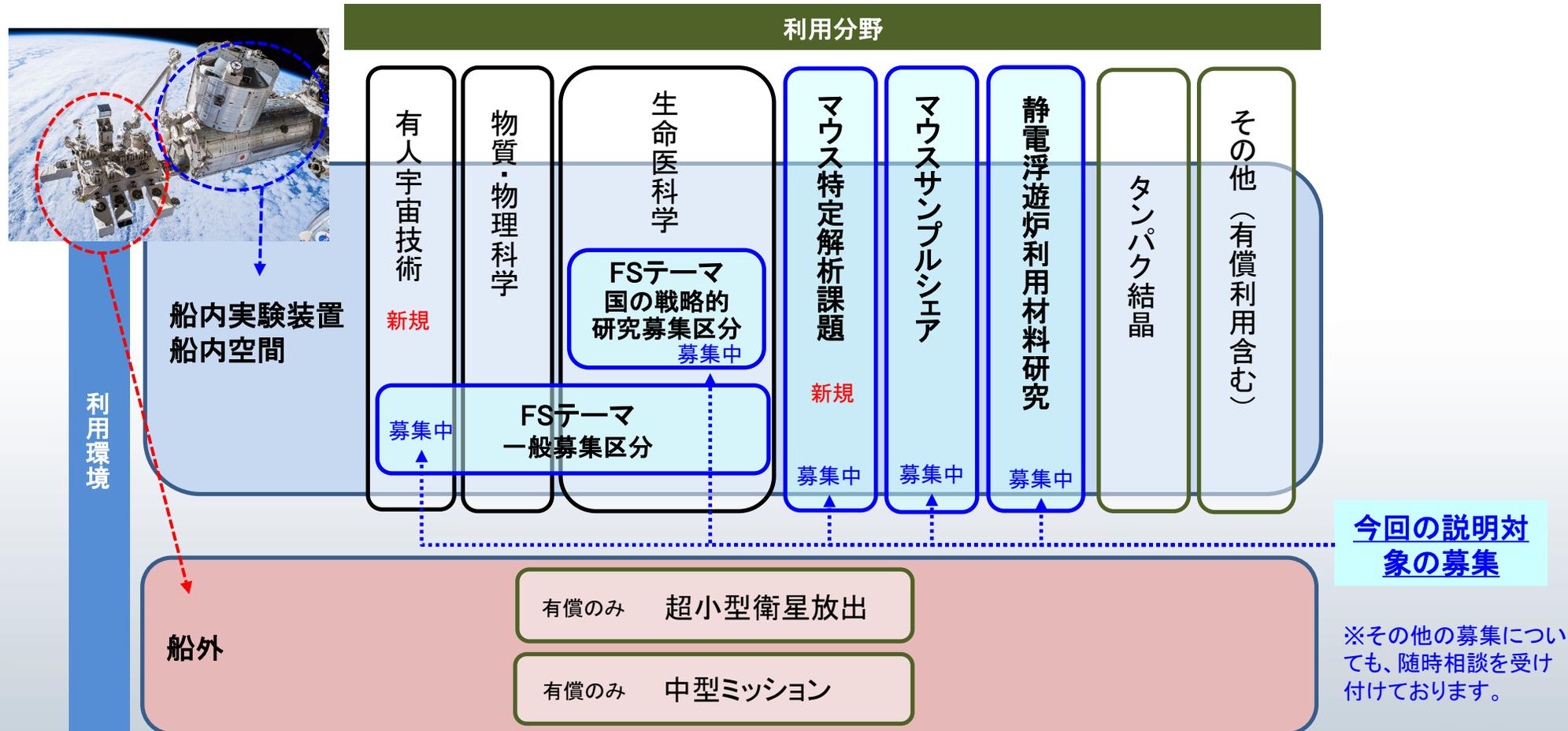
- ✓ 役割分担に応じて、それぞれの持ち分を資金分担。
- ✓ 成果は共有。論文等による公開が必要。

## ◆ 有償利用 (通年受付)

- ✓ 実費に係る経費を利用者が負担。
- ✓ 成果を利用者が占有。企業名の公表が必要だが、成果の公表は必須ではない。
- ✓ 民間企業の参入を促すために受託契約としてサービス提供するような形態に変更しつつあります。

# 「きぼう」利用テーマ募集（科学・研究開発利用）

国際宇宙ステーション(ISS)「きぼう」日本実験棟の船内環境の特徴を最大限に活用して、国の科学技術イノベーション政策への貢献や自由な発想に基づく独創的かつ先導的で国際的に高い水準の研究を推進するため、テーマを募集いたします。



(注) 必ず、当該募集の募集案内及び共同研究契約書一式をご確認ください。

FS: フィジビリティスタディ

## 「きぼう」利用テーマ募集の全体像

# 法令・倫理などの点で注意いただきたい事項

## ■ 宇宙飛行士を対象とした宇宙実験について

- ✓ 宇宙飛行士を対象とした宇宙実験を行う場合には、JAXAの「人間を対象とする研究開発倫理審査委員会」のほか、必要に応じて、米航空宇宙局（NASA）、欧州宇宙機関（ESA）の倫理委員会、多極間倫理委員会の審査が必要となります。
- ✓ また、被験者へのインフォームドコンセントが必要であり、被験者の同意が得られた場合にのみ、実験が実施できることとなります。
- ✓ 上記の対応にあたり、研究代表者/分担者に資料を作成していただくとともに、必要に応じて、委員会での説明を求めることがあります。

## ■ 動物実験等について

- ✓ 動物実験や遺伝子組換え実験を行う場合には、JAXAの「動物実験委員会」や「遺伝子組換え実験管理委員会」等における審査が必要となります。
- ✓ 上記の対応にあたり、研究代表者/分担者に資料を作成していただくとともに、必要に応じて、委員会での説明を求めることがあります。

# 貴方の研究を宇宙で広げてみませんか？

宇宙の特殊な環境が、貴方の研究課題・お悩みの解決にお役に立てるかもしれません。



<https://iss.jaxa.jp/kibouser/community/>

## 活動内容

- きぼう利用や宇宙実験に関する最新情報をメルマガでお届けします。
- 宇宙実験の提案に向けてJAXAが助言などを行います。

登録はこちら→



## Twitter

宇宙実験の舞台裏や  
実験にこめる思いを  
ゆるめにつぶやきます。

@JAXA\_Kiboriyo

お問い合わせ：きぼう利用プロモーション室  
z-kibo-promotion@ml.jaxa.jp