

別紙

国際宇宙ステーション計画への参画を通じて得られた成果

1. 有人・無人宇宙技術の成果（一覧）

宇宙滞在・活動技術

- システム維持機能技術
 - ・構造、電力、通信、熱制御など
- 生命維持技術
 - ・船内の温湿度制御、空気循環技術、気水分離技術（「きぼう」に設置済み）
 - ・宇宙放射線計測技術（積算型）
 - ・空気再生技術
 - ・水再生技術
 - ・宇宙放射線リアルタイム計測、予測、防護技術
- 衛生技術
 - ・トイレ、シャワー、廃棄物処理、汚物処理、臭気・菌・細菌除去技術、衛生管理など
- 活動支援技術
 - ・遠隔制御技術（「きぼう」ロボットアーム）
 - ・自動化・自律化技術（搭乗員支援、無人作業）
 - ・宇宙服技術

運用・利用技術

- 実時間運用管制技術
 - ・地上と搭乗員の連携
 - ・異常事態対応のノウハウ
 - ・宇宙探査での通信遅れと狭通信帯域への対応
- 宇宙施設運用支援・機能維持技術
 - ・点検、交換、予防保全の技術
 - ・予備品や実験機器等補給・回収
 - ・機器性能・環境の長期トレンドデータ取得
 - ・機器換装による最新地上技術の導入
- 管制員の訓練・認定技術
 - 運用管制員の運用技量を高めるための技術
- 宇宙環境利用・実験技術
 - ・船内宇宙実験技術（小動物飼育実験、細胞培養、結晶生成、材料、人工重力発生等）
 - ・船外宇宙実験技術（衛星放出、材料曝露、宇宙・地球観測等）
 - ・定型化・プラットフォーム化
 - ・高機能化、ユーザフレンドリー化（きぼうリノベーション）

搭乗員関連技術

- 搭乗員の選抜・訓練技術
 - ・搭乗員の選抜ノウハウ
 - ・搭乗員の活動能力を高める技術
 - 搭乗員の宇宙活動技術
 - ・宇宙船搭乗、船外活動、危機回避等のノウハウ
 - ・搭乗員管理・指揮（船長）のノウハウ
 - 健康管理技術・宇宙医学
 - ・トレーニングで骨・筋肉を維持する技術
 - ・宇宙放射線被ばく量管理技術
 - ・フライト中の「遠隔」健康診断技術
 - （1年を超える長期滞在向け）
 - ・「自律」健康診断
 - ・骨・筋肉減少、免疫低下の効果的な抑制
- : ISS計画への参加を通じ、習得・実証した技術
 : 引き続き、ISSで習得・実証していく技術
 : 将来習得していきべき技術

輸送技術

- 有人ロケット技術
- 有人宇宙船技術
- 有人施設への無人補給技術
 - ・自立飛行、ランデブー、再突入技術
 - ・物資の搭載・補給技術
 - ・有人施設に結合できる安全性信頼性
 - ・補給能力向上・運用効率化
- 有人施設から無人回収技術
 - ・揚力誘導飛行技術、熱防護技術、物資回収技術
 - ・熱防護材大型化技術
 - ・高精度再突入飛行制御技術
- 深宇宙補給技術
 - ・自動ドッキング技術
- 重力天体表面探査技術
 - ・1/6Gでの砂や液体の挙動データ取得

基盤技術

●開発管理技術

大規模・複雑なシステムを開発するためのマネージメント技術

●大型システム 統合技術

大規模・複雑なシステムを開発するための統合技術

●安全評価・管理技術

設計から運用まで、安全性をより厳密に管理・評価する技術

●信頼性管理技術

宇宙機の信頼性をより厳密に管理する技術（部品・工程管理、検証方法など）

1. 有人・無人宇宙技術の成果（例）

Gateway等次期月探査計画へアジア唯一の参画表明

有人宇宙技術の獲得や米国との統合運用の経験を蓄積。これらの成果は自律的に有人宇宙活動を行うための重要な技術やGatewayへの参画につながった。

安納三三 @AbnShinn - 2019年10月17日
日本から、いよいよ、月探査・宇宙開発に向けて新たなページを開きます。火星など視野に入れ、月を周回する宇宙ステーションの整備、月面での有人探査などが目指す。米国の類なき挑戦に、強い関心と期待は、同盟国として、参画する方針を本日、決定いたしました。



Gateway計画参画を伝える総理ツイート



日月月探査協力に関する共同宣言に署名後のプライデンスタイン長官(左)、萩生田大臣(右)

宇宙滞在・活動技術

宇宙空間で搭乗員の活動を支援するロボット技術

- 宇宙飛行士の作業支援のための撮影ロボットとして、自律移動型船内カメラ(Int-Ball)を開発。
- 「きぼう」船内外実験の自動化・自律化を進めると共に、将来探査ミッション等に利用可能なロボティクス技術の獲得を目指す。



JEM自律移動型船内カメラ

トヨタ等と有人圧ローバ実現に向け共同研究を実施中

JAXAとトヨタ自動車株式会社は、有人宇宙ローバ開発と国際協力による月面探査での活用を目指し、燃料電池車技術を用いた月面有人圧ローバについて、試作車の製作、実験、評価を含む3年間の共同研究協定を締結。

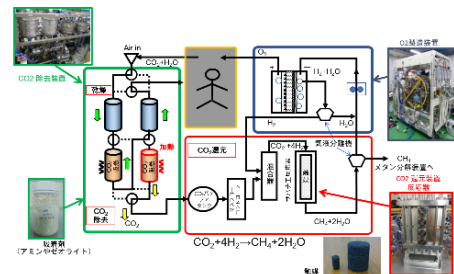
共同研究内容(2019年6月20日～2021年度末)

- 2019年度：技術要素の識別、試作車の仕様定義
- 2020年度：各技術要素の部品試作、試作車製作
- 2021年度：試作、製作した部品や試作車を用いた実験・評価



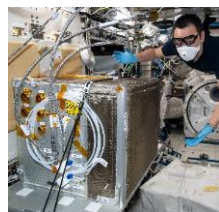
宇宙滞在・活動技術

生命維持技術：日本独自の「将来型空気再生システム」の地上研究



将来の有人宇宙滞在技術につながる完全再生型の空気再生技術の獲得を目指し、不要ガス除去技術、CO2除去・還元技術、O2製造技術について、地上実証装置の製作および地上実証試験を実施中。今後、ISSでの軌道上実証を想定。

生命維持技術：日本独自の「将来型水再生システム」の実証実験



軌道上の水再生実証装置

高性能水再生技術の宇宙実証を行い、小型、軽量、高再生率（85%以上）メンテナンスフリーの技術革新をもたらし、将来の有人宇宙滞在技術につながる環境制御技術の確立を図る。軌道上実証を開始し、独自技術に関する重力影響のデータを取得中。

有人運用関連技術

将来の国際宇宙探査に生かせる有人運用技術

- ISSや「こうのとりの運用に係る地上管制を各極と連携しながら我が国自らが実施した結果として、非常事態の対応も含めた有人宇宙システムの統合的な運用に関するノウハウの蓄積、将来の国際宇宙探査等で必要となる管制員や運用支援員等の育成につながっている。
- 「きぼう」の運用管制員を日本で育成・認定。英語が母国語ではない日本においても国際的な交渉スキルと技術を有する人材を多数輩出。
- ISSのような大規模施設を用するマネジメントの技術は、将来の国際宇宙探査にも活用可能。



1. 有人・無人宇宙技術の成果（例）

搭乗員関連技術

健康管理技術・宇宙医学

- ・宇宙医学の分野では、無重力や宇宙放射線、閉鎖環境が心身に与える影響を調べ、宇宙滞在中に飛行士に現れる様々な症状への対策を確立すべく研究を実施。
- ・技術開発の分野では、宇宙と地球との往還機の中や宇宙で快適に過ごすため、飛行士の活動や宇宙環境を計測、制御するための技術開発などを実施。



心電モニタリング



線量計：日本が開発した、2種類の線量計を組み合わせる高精度に宇宙放射線を検出する手法は、米露欧等ISS参加国の宇宙放射線の線量計測や被ばく管理の手法に採用。

輸送技術

有人施設への無人補給技術（HTV（→HTV-Xへ））



「こうのとりの」(HTV)でISSへランデブーし、物資補給をする技術を確立(2009年から9機全機成功)。

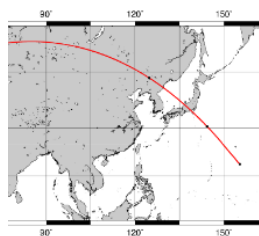
HTV-X（開発中）

輸送効率(搭載効率等)を向上させたHTV-Xを開発中。

輸送技術

有人宇宙施設からの無人回収技術（HTV搭載小型回収カプセル）

揚力誘導制御技術、軽量熱防護技術、ISSからの実験サンプル回収技術を獲得を目指し、HTV7の再突入の機会を利用し、日本が今まで有していなかったISSからの物資回収技術の技術実証を行った。

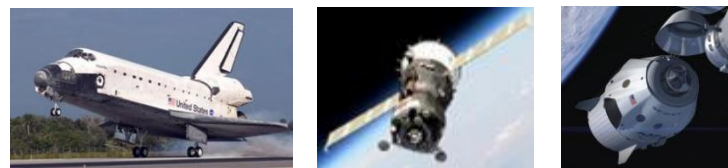


HTV搭載小型回収カプセルによる技術実証

基盤技術

有人宇宙機の設計基準・安全基準の理解と実践、運用

- ・「きぼう」、「こうのとりの」の開発、運用などを通じて獲得した有人宇宙技術、有人安全技術に加え、スペースシャトル及びソユーズへの日本人宇宙飛行士搭乗に伴う安全評価活動を通じた蓄積した知見に基づき、各種審査会等における審査プロセス、結果、課題に対する処置に問題がないかを評価し、安全上の問題の有無を確認する能力を獲得。
- ・搭載実験装置の安全審査権限をNASAから委譲され日本単独で「きぼう」の安全管理責任を担っており、米国や欧州と対等な立場まで高めた。



1. 有人・無人宇宙技術の成果（例）

新型宇宙ステーション補給機プロジェクト（HTV-X）

2024年までのISS運用延長に伴い、ISSの共通的なシステム運用に必要な経費を担うべく、新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の開発に着手し、2017年度よりプロジェクトチームを発足した。2022年度に実証機（1号機）打上げ予定。

HTV-Xの概要

○ISSへの輸送能力・運用性を向上し、運用コストを低減

■輸送能力の増強

- ・質量：4トン⇒5.85トン（45%増）（棚構造質量を除いたNetの貨物量）
- ・容積：49m³⇒78m³（60%増）

■サービスの向上・改善

- ・「きぼう」利用ユーザへのサービス向上
- ・現行HTVの運用経験に基づく改善

○将来の宇宙技術・宇宙システムへの波及性・発展性を確保

■ISSへの物資輸送機会を活用した技術実証

例：宇宙機器・センサ搭載・実証、自動ドッキング技術実証、物資回収技術実証、デブリ除去技術実証

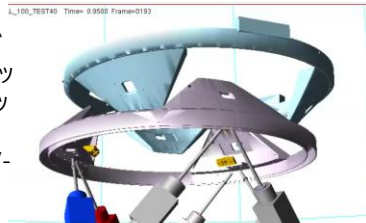
■将来の国際的な宇宙探査にHTV-X発展型で対応すべく、様々なミッションに活用できる技術を獲得

例：将来的にサービスモジュール単独使用に発展可能な設計仕様、居住モジュールに繋がる技術獲得、月補給機への発展性、再利用型補給機

自動ドッキング技術実証プロジェクト

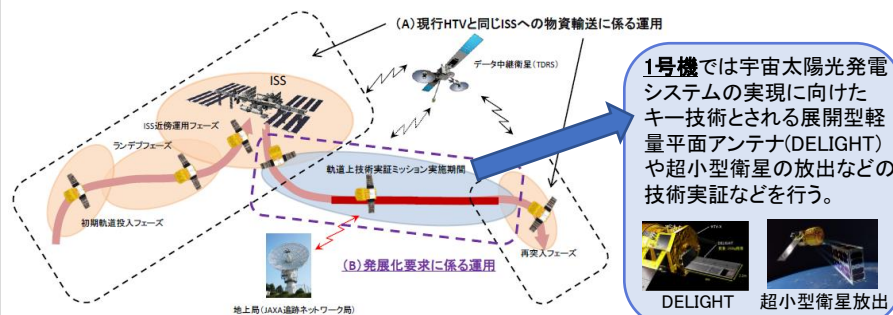
- ・「このとおり」（HTV）で確立した有人施設であるISSへのランデブ（キャプチャ・パーシング方式）・物資補給をする技術を引継ぎ、更に輸送能力を向上させたHTV-Xを開発中。
- ・一方で、国際宇宙探査を含む将来の国際協力ミッションにおける深宇宙補給インフラとして、国際ドッキング標準に準拠したドッキング機構によるランデブドッキングシステムは不可欠な技術となる。

- ・宇宙ステーション等のターゲットに宇宙機をランデブ飛行させ、無人でドッキングする際に必要となるドッキングシステム（誘導制御技術、航法センサ、ドッキング機構等）を開発している。
- ・HTV-Xの実証プラットフォーム機能を活用し、HTV-X2号機の技術実証ミッションとして、物資補給を終えたのちにISSにて自動ドッキングの実証を行う。



主要新規技術のドッキング機構

HTV-Xのミッション要求



(A) ISSへの物資輸送要求

- ・HTVの物資輸送能力と運用性を向上するとともに、機体、運用コストの費用対効果を最大化すること。
- ・これにより、2024年までのISS計画参加のために我が国が義務として分担すべきISS共通システム運用経費(CSOC)の分担に効率よく対応すること。

(B) 発展化要求

a. 技術実証ミッション

ISSへの物資輸送の機会を活用して、HTV-Xを技術実証のためのプラットフォームとして用い、先進的技術の実証を行うこと。

b. 国際宇宙探査/ポストISSへの活用

HTV-X全体もしくは主要部の技術が国際宇宙探査やポストISSにおける有人宇宙活動等の将来ミッションに活用できること。

サービスモジュール

航法・誘導制御、通信・電力・推進系等、衛星バス機能を集約したモジュール。将来はモジュール単体で使用可能。

与圧モジュール

与圧補給物資を搭載するモジュール。HTV与圧部を流用しつつ、搭載能力やサービス能力を向上。

曝露ペイロード搭載部

船外実験装置等を搭載するエリア。HTVよりも大きな装置を搭載できる。

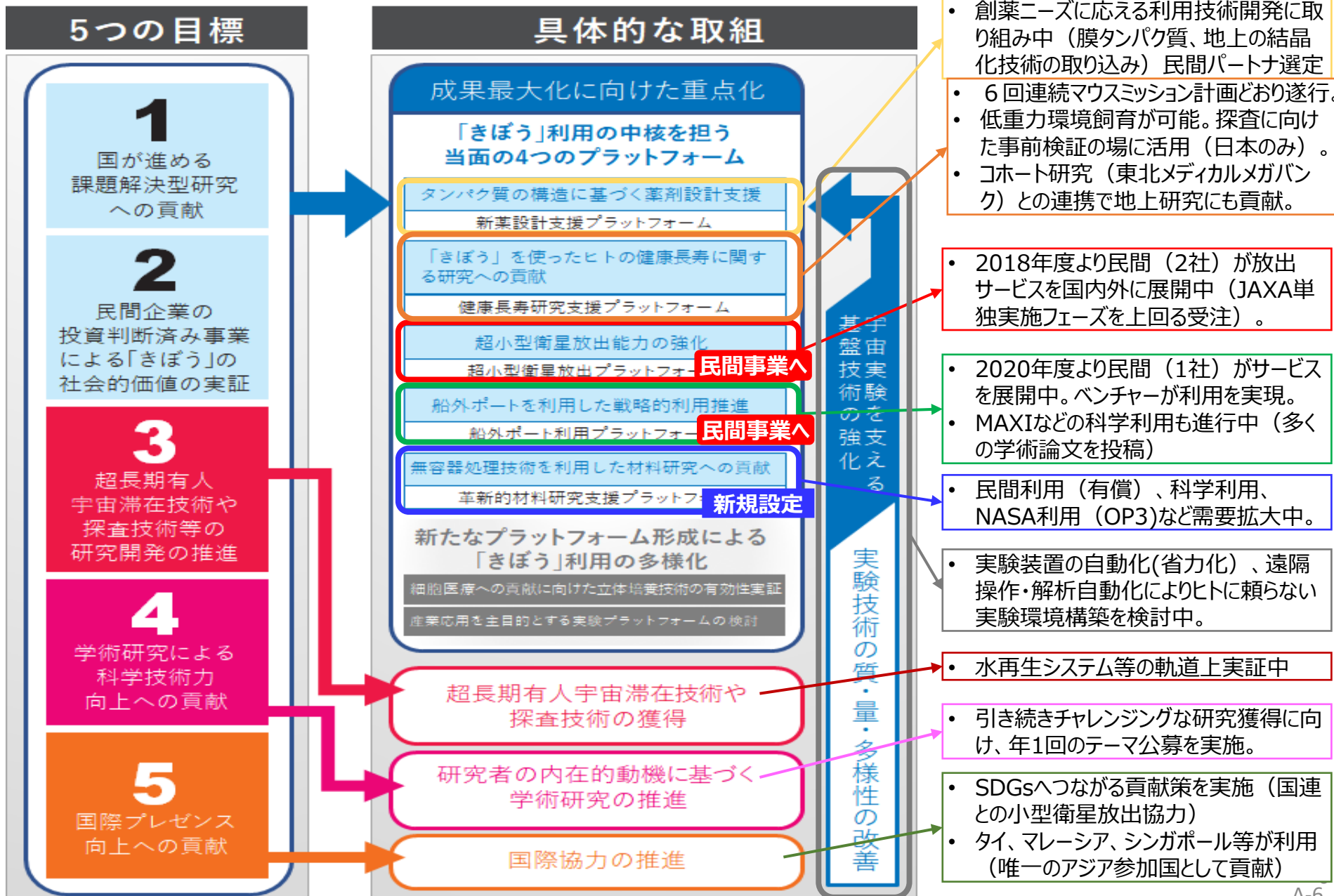


図 HTV-X外観イメージ図

別紙 国際宇宙ステーション計画への参画を通じて得られた成果（つづき）

2021年10月末日時点

2. 宇宙実験の成果:きぼう利用の取組み状況まとめ



2. 宇宙実験の成果（例）

微小重力環境利用

創薬プロセスの加速：高品質タンパク質結晶生成実験

- 地上よりも高品質な結晶が多数得られており、多くのタンパク質で地上より高品質の結晶生成に成功。
- 筋ジストロフィーに関係するタンパク質HPGDSの薬剤候補を多数回打ち上げ（筑波大学 裏出教授、第一薬科大学 有竹教授）。宇宙実験で得られた成果は、やがて新しい薬剤候補の設計につながり、より有効性の高い阻害剤(TAS-205)が創り出された。その後の試験で、TAS-205は筋ジストロフィーモデルマウスやイヌに発症する筋肉壊死の拡大を減少または遅延させることが判明。大鵬薬品工業は、2015年に、TAS-205のヒトでの安全性を確認し、2017年にはDMD患者33名を被験者としてTAS-205の24週間の第II相試験を完了。2021年から第III相を開始。
- タンパク質結晶実験を通じ見出された歯周病菌の増殖を抑制する化合物の有用性を検証し、同じメカニズムで増殖する多剤耐性菌等の抗菌薬開発にもつながる成果として著名な論文に掲載された。（岩手医科大学、昭和大学、長岡技術科学大学、長岡工業高等専門学校）
- イヌ、ネコの人工血液を構成するアルブミンの構造を解明。現在、製品化に向けた検討が進行中。
- ペプチドリーム株式会社は、乳がんに関係するタンパク質と阻害剤候補を打ち上げ、新規な結合様式であることが判明、乳がんの薬づくりが進行中。
- 共同研究開始時には構造が解けていなかったもののうち、11種類について構造解明。
- タンパク質と化合物との結合状態が初めて分かったものは20種類以上。
- この10年で、100本以上の査読付き科学論文を発表。

タンパク質結晶生成実験の10年での進化（地上サポート）

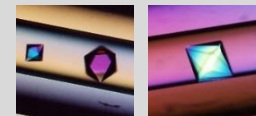
- 単にタンパク質試料を宇宙に持っていきただけでは十分な効果が出ないことが多い。このため、打ち上げ前に地上での試料性状確認・改善、結晶化溶液の最適化などを実施。
- さらに、専門家の配置、専用実験室の整備など、地上でのサポートを強化することにより、試料生産方法への助言から宇宙実験・解析までをトータルサービスパッケージとして提供できるプラットフォームとして進化。結晶を取り扱ったことのない研究者も参入可能となった。



宇宙実験による結晶品質向上事例	宇宙実験前 (Å)	宇宙実験後 (Å)
東京大学	0.90	0.68
筑波大学	1.80	1.00
東北大学	1.80	1.20
大阪府立大学	2.50	1.30
岩手医科大学	3.50	1.49
名城大学	2.30	1.48
兵庫医療大学	2.00	1.48
JIRCAS	3.50	2.06
熊本大学	1.80	0.97
香川大学	1.97	1.35
民間利用	8.00	2.10
民間利用	3.50	2.40
民間利用	3.20	2.60
民間利用	2.70	2.10
民間利用	3.00	2.60

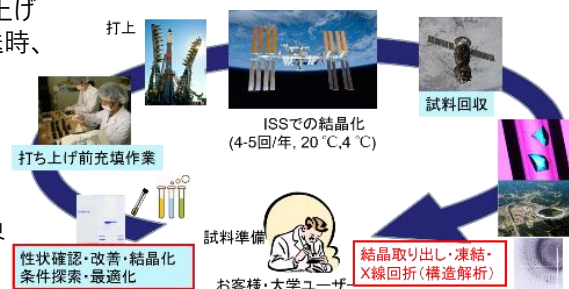
今後の取り組み

- 産業界・学術界へのインパクトの大きなテーマに徐々にフォーカスしていく。
- 結晶化の難易度の高い膜タンパク質について、大阪大学等との共同研究を通して技術蓄積中。2022年度の実利用を目指す。



タンパク質結晶生成実験の10年での進化（宇宙実験）

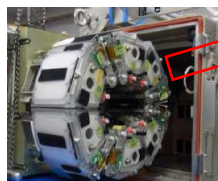
- 「きぼう」運用後、2021年夏までに30回宇宙実験を実施（うち16回はロシアとの協定による）。長年にわたる経験・技術検討をもとに、より難易度の高い試料へと取り扱い範囲を拡張。
- 年1回だった宇宙実験を現在では年4-5回に。研究者が必要とするタイミングで実験が可能。また、様々な試料に対応できるよう、実験温度帯は20°Cと4°Cを準備。（今後は凍結サンプルの打ち上げにも対応予定）。地上輸送時、宇宙への輸送時にも温度を維持可能。
- 試料に適した結晶化方法、結晶化容器を開発。
- 地上と宇宙での実験をフルに使い、産業界・学術界に貢献。



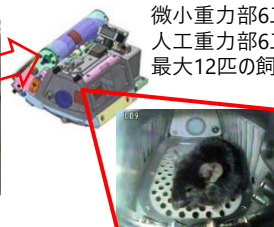
2. 宇宙実験の成果 (例)

微小重力環境利用

健康長寿研究に繋がる成果：マウス、宇宙飛行士の体等を使った実験

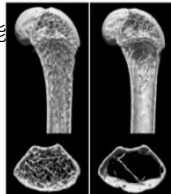


小動物飼育装置



微小重力部6ユニット、人工重力部6ユニット
最大12匹の飼育が可能

35日間のマウス飼育骨組織の変化
(左：1G、右：0G)



宇宙では骨筋量の減少が加速

- 日本のマウス飼育装置は、無重力と人工重力の比較、個飼い、生存回収などを同時に実現できる世界で唯一のもの。
- JAXAは2016年に世界で初めてISSにマウスを搭載。遠心機を利用した人工重力環境や個別ケージ(1ケージ1匹)による飼育環境を実現。同時に100%生存帰還も実現。その後も100%生存帰還などを含め、全6回で成功裏にミッション遂行。
 - ✓ 無重力環境で地上の高齢者や寝たきりの状態に類似した生物影響(骨や筋量減少、免疫低下等)が加速される効果を利用。
 - ✓ 微小重力で筋萎縮を引き起こし、地球重力で防御できるメカニズムの遺伝子レベルでの解明など、地上での筋力低下対策にも応用可能な知見を蓄積中。

JAXA独自の個飼いマウス飼育により、世界初の様々な研究成果を蓄積

- NASAに先駆けオスマウスの長期軌道上飼育(30日以上)に成功した第1回小動物飼育ミッション(2016年)にて、帰還したオスマウスが正常な受精能力を持つこと(Scientific Reports 誌(IF:5.133))、さらに、このマウス(父親)の宇宙滞在の経験が子供のマウスの遺伝子発現にエピジェネティックな影響変化を及ぼすこと(iScience 誌(IF:5.458))等、世界で初めて明らかになった。
- 少数のマウスでも精度の高い遺伝子発現解析が可能であり、重力により筋萎縮を制御する遺伝子の機能解析や新たな遺伝子を発見(Scientific Reports誌)。

宇宙の実験データと地上のビッグデータを活用した健康長寿社会実現への貢献



日本最大規模の三世代コホート複合バイオバンクを構築している東北メディカル・メガバンク機構(ToMMo)と、健康長寿社会実現への貢献を目指し協定締結(2019.2)。その成果として、宇宙生命科学統合バイオバンクを構築(Cell誌(IF:41.582)総説掲載)。さらに、宇宙での加齢変化のコホートデータとの統合解析を実施(Comm.Biology誌(IF:6.268))。

有人探査に向け、JAXAのみが実施可能なマウス低重力環境の活用し、世界初の月の重力環境をISSで実現してマウスを長期飼育

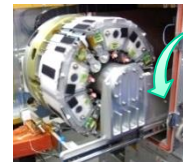
- 世界で初めて月の重力環境(1/6G)を「きぼう」で模擬し、長期間飼育と全数生存帰還に成功。有人宇宙探査に向け哺乳類への長期低重力環境の影響を解析。深宇宙への人類の活動領域拡大に向けた第一歩となった。
- さらにISS最大の遠心機を搭載することで、研究能力が倍増。
- 日米協力枠組み(JP-US OP3)に基づきNASAと共同でのPartial-G(低重力)ミッション実施について合意締結。
- 令和2年度科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞。



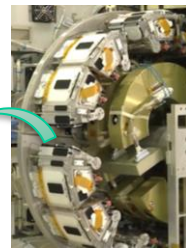
微小重力環境：
ふわふわ浮いた状態



人工1/6G環境：
浮いた状態からケージ
底面に「着地」

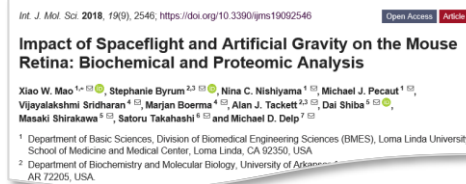


遠心機の回転速度を変えることで月や火星の低重力を実現可能(左:現行遠心機、右:直径を2.3倍に大型化した新型遠心機)



人工重力が長期宇宙滞在時の視覚異常を軽減できる可能性

- 宇宙長期滞在において宇宙飛行士が帰還後に視覚障害に至る眼球組織の障害を受けることが報告されており、ISS長期滞在や将来の有人宇宙探査に向け解決すべき重要な課題とされている。
- JAXAが取得した組織(眼球)サンプルの日米共同解析により、微小重力群マウスで見られた網膜組織障害が、人工重力負荷の環境では軽減されることが判明。
- 長期宇宙滞在における眼球組織障害の軽減に人工重力負荷が有効であることが初めて明らかとなった。
- 本成果はISSにおける貴重な宇宙実験機会をより効率的、効果的に活用し、その成果を最大化することを目的とした日米協力の枠組み(JP-US OP3)のもと進められた初の科学的成果として公表。

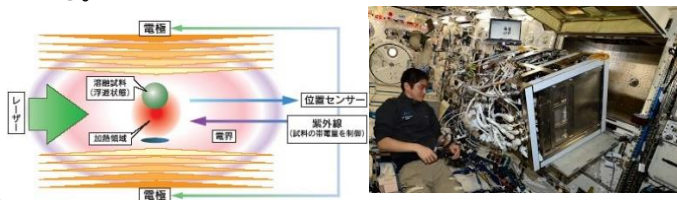


2. 宇宙実験の成果 (例)

微小重力環境利用

物質・材料科学の学術的成果： 無容器処理技術を利用した材料研究への貢献

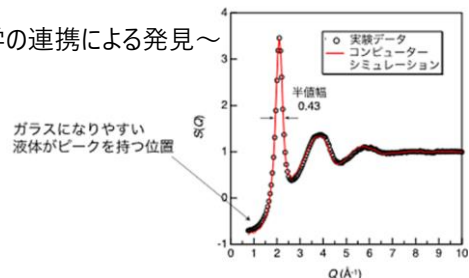
- 「きぼう」搭載の静電浮遊炉(ELF)は、3000°Cの高温融点材料を静電気力で炉の中に浮かせ、擾乱が少なく高純度を保った状態で加熱、熔融、冷却し、熱物性を測定することを可能とする装置。
- casting等の高温融体を扱うプロセスのシミュレーション精度の劇的向上やマテリアルズ・インフォマティクスへの貢献を目指している。



国内外の産学官連携によるELFとSpring-8を通じた世界初の発見

ガラスにならない超高温酸化物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～

- ELFと大型放射光施設Spring-8の高エネルギーX線を利用して、超高温融点(2413°C)の酸化エルビウム(Er_2O_3)液体の原子配列と電子状態を測定することに世界で初めて成功。
- スーパーコンピュータを用いた大規模理論計算と先端数学から、ガラスにならないことが知られている Er_2O_3 液体には、結晶に似た(高い周期性を持つ)構造が存在することが判明。これは、液体は長距離まで続く周期性を持たないという従来の定説を覆す発見。
- 本研究で利用された手法や知見は、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への理解につながることを期待されている。



放射光X線回折およびコンピュータシミュレーションから得られた Er_2O_3 液体の回折パターン
ガラスになる液体に共通する特徴的なピークが現れず、液体としては極めて高い周期性があることを、世界に先駆けて発見。

出典：https://www.jaxa.jp/press/2020/06/20200602-1_j.html

ELFを利用して得られた各種材料の熱物性値 (密度、表面張力、粘性)のデータベース

公開データ数

物質・材料研究機構(NIMS)との共同研究(*)を通じ、ELFの浮遊実験により取得した金属・合金・セラミックスの密度・表面張力・粘性係数のデータベースを公開(2019.9-)。

実験数	密度計測実験	68
	液滴振動実験	62
特性データ数	密度	68
	表面張力	55
	粘性係数	60
サンプル数	純金属	72
	合金	40
	セラミックス	7

2019年3月

*「宇宙及び地上実験による材料物性データの学術・産業分野における活用のためのデータベース化に関する研究」

出典：
<https://thermophys.nims.go.jp/>

大学・研究機関・民間企業等によるELF利用・引き合い例

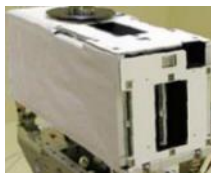
目的	用途例 (*データ取得済、取得中)
物性計測	<ul style="list-style-type: none"> ガスタービンブレード casting シミュレーション * 溶接シミュレーション * ヒータ用等の半導体セラミック素材特性 * 原子炉内炉心熔融時のシミュレーション 車載デバイス材料の製造シミュレーション * 金属の熱物性測定技術開発 * ジェットエンジン部品の開発材料の製造プロセス評価 * 原子力発電使用済燃料の再処理手法の検討 スペースデブリ除去に向けた基礎技術
新素材開発	<ul style="list-style-type: none"> 新素材 (民間企業等による利用) 太陽電池パネル素材開発 宇宙線遮蔽材 * エネルギー貯蔵材
その他	<ul style="list-style-type: none"> 米国 材料ゲノム戦略に基づく酸化物(50種)の物性取得(NASA) 共晶系複合材の物性取得 (フランス国立大学)

2. 宇宙実験の成果 (例)

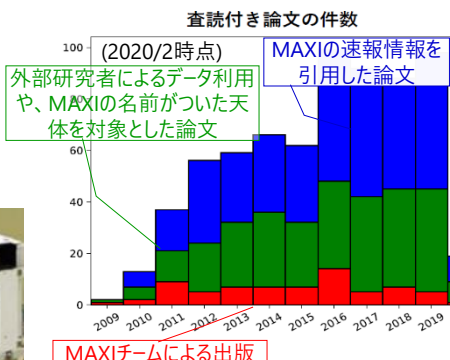
ISS軌道を活かした科学観測

全天X線監視装置(MAXI) (2009年8月～) X線天文学における世界的な新発見とサイエンスコミュニティーの広がり

- MAXIによる数々の観測結果が評価の高い科学誌へ掲載。
- 外部研究者によるデータ利用やMAXIの速報情報(突発的な天体現象などの観測情報)を引用した査読付き論文件数が増加。



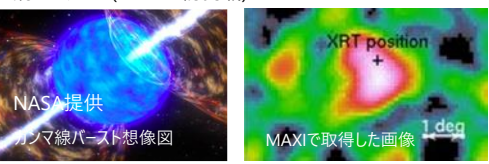
MAXI外観



2011年3月に巨大ブラックホールが星を吸い込む現場を観測(世界初)(Nature誌掲載)

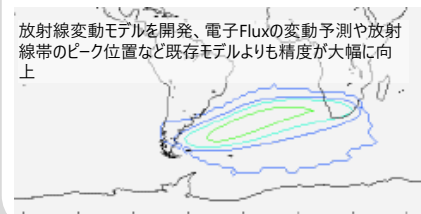


2013年4月にガンマ線バースト(宇宙最大規模の爆発)の観測に成功 (Science誌掲載)



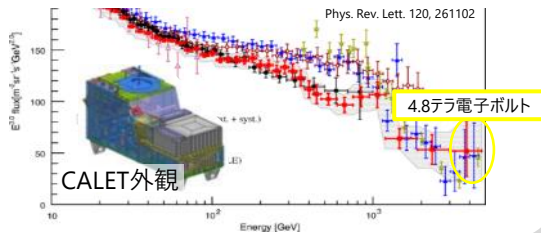
宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP)(2009.8～2018.12)

- 高度400kmの貴重な宇宙環境データを取得
- 宇宙空間から降りそそぐ中性子や原子状酸素、重イオン等を長期間にわたって観測。
 - 今後の宇宙機設計や低軌道活動における重要な知見を得た。



高エネルギー電子・ガンマ線観測装置(CALET) (2015年10月～)

- 「未開拓な高エネルギー領域での宇宙線観測」
- 2015年10月にテラ電子ボルト領域の電子の直接観測に成功(世界初)。2018年には4.8テラ電子ボルトまでの高精度直接観測に成功。
 - 今後、5年間以上の観測データを蓄積し、今回比約3倍の統計量達成、及、系統誤差の削減と合わせて20テラ電子ボルトまでの観測を行う予定。



【既存観測施設間の連携】

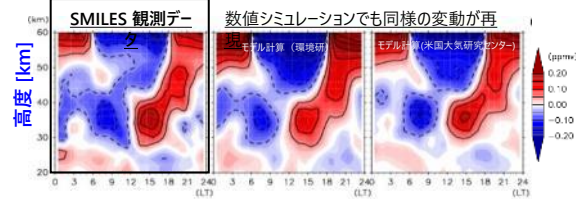
国立極地研究所、早稲田大学など国内外の機関とともに、「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載された3つの観測装置(MAXI、CALET、SEDA-AP)による2年半の同時観測データを用い、電子の集中豪雨(*)による被爆線量の測定に成功し、将来の宇宙天気予報に向けた基礎データを取得。研究成果はアメリカ地球物理学連合のSpace Weather誌(IF:3.69)に掲載された。

MAXIとCALETは、それぞれX線天体、銀河宇宙線観測のために設計され、本研究のような地球低軌道における地磁気捕捉荷電粒子の測定は主目的としていないが、本研究を通じ、各装置の観測データを組み合わせることによる本来の研究分野を超えた新たなデータ活用の可能性が示された。

超伝導サブミリ波リム放射サウンド(SMILES) (2009年10月～2010年4月)

「オゾン層の動きの観測」

- 成層圏でのオゾンの日周変動(一日の時間帯による変化)の観測(世界初)。
- これまでの衛星観測では検出が困難な大気成分の定量的な把握に成功するなど、大気化学研究の進展に貢献。



2. 宇宙実験の成果 (例)

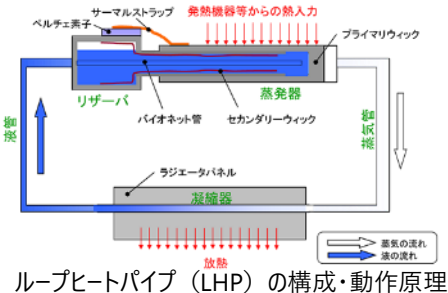
宇宙技術実証の場として利用例

次世代静止衛星通信の実現に必要な、高排熱技術の軌道上実証 (ループヒートパイプ・ラジエター(LHPR))

LHPは、衛星の機器から発生する熱を効率よく放熱部まで輸送するための装置で、JAXAはLHPを搭載した展開ラジエター(LHPR)を技術試験衛星9号機に搭載する予定。

人工衛星の搭載機器が正常に動作しているか確認するためには、衛星が実際に運用される宇宙の無重量空間上で実証することが重要であり、今回の実験では、JAXA研究開発部門が開発したLHPRを「きぼう」のエアロックから船外に運び出し、ロボットアームで保持した状態で行った。

「きぼう」での衛星開発のための実験は今回が初。



ループヒートパイプ (LHP) の構成・動作原理

「きぼう」から放出された超小型衛星による技術実証が次の実衛星に採用～民間による「きぼう」をハブとした利用、社会実装の拡大例～

- ・ (株) 中島鉄工所と東北大学が共同で開発した「DOM」の宇宙空間での確実な駆動を実証するために開発された、膜展開に特化した超小型人工衛星 (FREEDOM) を2017年1月に「きぼう」より放出。
- ・ これにより技術実証された膜展開式軌道離脱装置が、(株)ALEの人工流れ星実証衛星に採用、搭載され膜展開に成功。



打上げ時

ALE-1に搭載されたDOM®の外観(2019年12月に宇宙空間での膜展開に成功)



展開時



「FREEDOM」

2017年1月に「きぼう」より放出し、ミッション成功

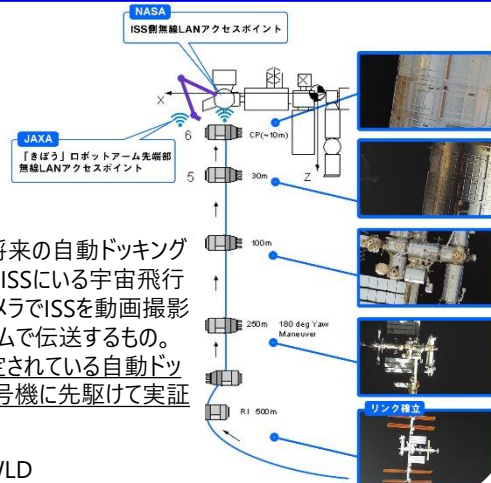
出典：
<http://www.nakashimada.co.jp/news/press2020001.html>

将来探査につながる技術開発事例：

ドッキングモニタ映像のWLAN伝送軌道上実証ミッション成功(世界初)

- ・ 2020年5月、HTV9がキャプチャに向けてISS下方よりISSに接近するフェーズにおいて、HTV9に搭載したカメラの映像を、WLAN(無線LAN)を用いてISSに伝送することに成功。宇宙機間での無線LANでの伝送の成功は世界初。

- ・ この実証実験ワイルド(WLD*)は、将来の自動ドッキング技術獲得に向け、宇宙機の状況をISSにいる宇宙飛行士が把握するため、宇宙機搭載カメラでISSを動画撮影し、無線LANを用いISSにリアルタイムで伝送するもの。
- ・ 本システムは、HTV-X 2号機で予定されている自動ドッキング実験に必要な技術であり、2号機に先駆けて実証に成功。



*Wireless LAN Demonstration:WLD

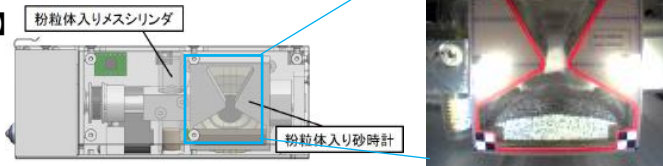
将来探査につながる技術開発事例：

惑星表面の重力依存性調査(Hourglass)

- ・ 「きぼう」の人工重力発生装置上に惑星の模擬砂等粉粒体が入った砂時計型、及び、メスシリンダ型の実験装置を搭載し、低重力が粉粒体の特性に及ぼす影響を調査(2019年度に軌道上実験を開始)。
- ・ 天体成長過程に対する理解への貢献、月・惑星の土質力学やTerramechanics (*)構築に向けた基礎データの提供、将来の着陸機や探査ローバ、月面拠点の自動建設機械などの設計に必要なシミュレーションパラメータの取得等が期待される。

*：オフロード、不整地面における機械性能と地表との力学的な相互関係の研究。

【実験装置】

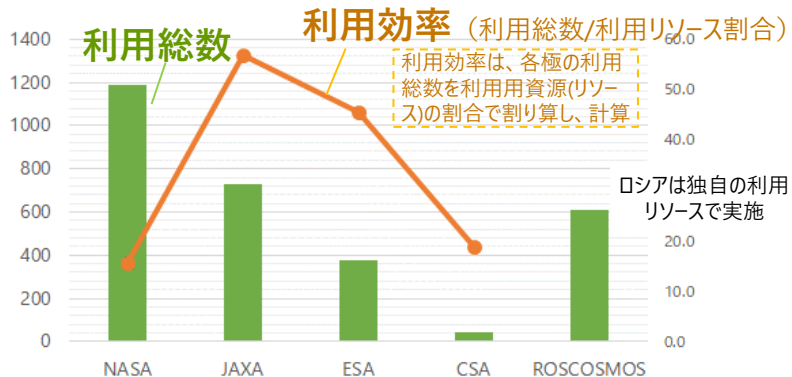


2. 宇宙実験の成果（例）

上記の利用成果をISS参加国で最も効率よく創出

ISS利用統計情報を分析した利用総数と利用効率の分析結果

日本はISSパートナー中最も効率よく利用を創出。利用総数はNASAに次ぐ2位であり、多くの利用を創出しているとともに、利用効率（利用リソースあたりの総利用数）は5極中1位。



(※イタリア宇宙機関 (ASI) による件数は、NASAに67件、ESAに3件、ROSCOSMOSに1件含まれる。)

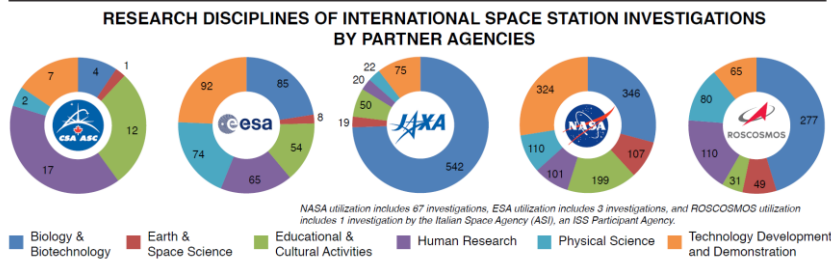
(参考) 利用用資源（リソース）

	米	日	欧	加	露
米側リソース	76.6%	12.8%	8.3%	2.3%	0.0%
露側リソース	0%	0%	0%	0%	100%

- 参加各極は、下図割合で利用用資源（電力、クルータイム）の配分を受ける(MOU第8条3.b, 3.c)
- 同様に、下図割合で利用用の輸送能力・通信能力を取得する権利を有する(MOU第8条3.d)

(参考) 利用総数(各極比較)

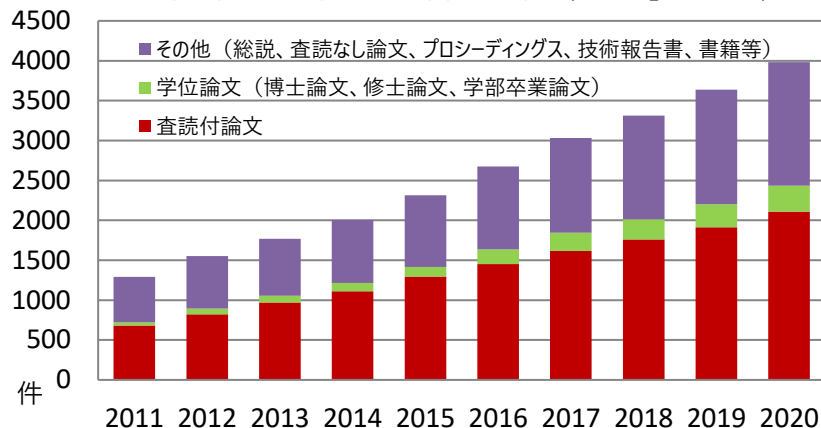
出典：ISS Utilization Statistics Expeditions 0-60, Oct., 2019



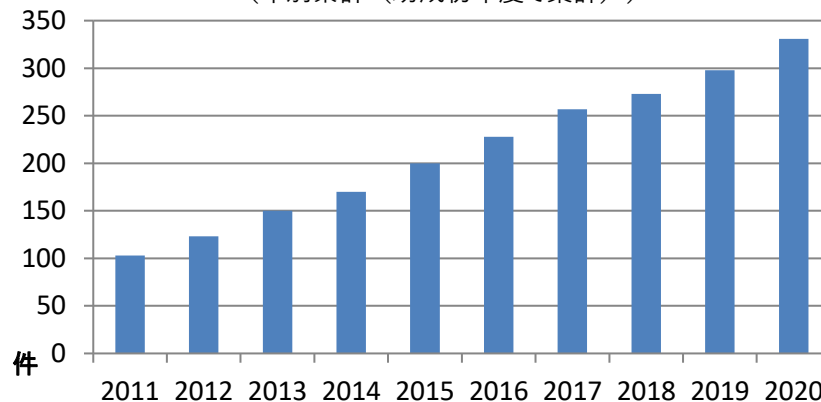
「きぼう」に関連する学術的成果

2020年までの累計で、2,000件を超える査読付き論文が発表されている。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）)



3. 産業振興の成果（例）

ISS計画で習得した技術が海外受注につながった例

● ソフトウェアの安全評価技術（IV&V）が航空機や自動車開発に活用～安心・信頼性向上への貢献～

➢ 宇宙産業：

JAXAは、IV&V技術をH-IIA/H-IIB/イプシロンのロケット及び衛星のソフトウェアにも適用し、開発手戻りの低減、運用段階での高い信頼性・安全性の確保を実現した。



➢ 地上産業：

宇宙分野で培ったIV&V技術が、航空機業界や自動車業界に展開され活用されている。また、JAXAのIV&V技術解説書は、ガイドブック及びハンドブックとして産業界に配付され、多くの業界で使用されている。更に、経済産業省の「製品・システムにおけるソフトウェアの信頼性・安全性等に関する品質説明力強化のための制度構築ガイドライン」に繋がり、産業界における高信頼ソフトウェアの検証・評価のルール作りに貢献。

● 国際宇宙ステーション用リチウムイオン電池

- 株式会社GSユアサの100%出資会社GSユアサリチウムパワー社は国際宇宙ステーション用のリチウムイオン電池を受注した。
- 同電池は、H-IIBロケットや人工衛星、HTVで開発された宇宙用リチウムイオン電池の同等品で、現在ISSに使用されているニッケル水素電池と比べ質量・体積ともに約3倍の高エネルギー密度を実現している。
- 高い信頼性とISSの厳しい安全要求を満たした大容量(200Ah)リチウムイオン電池の「このとり」での実証実績は、本電池を受注することにつながった。



宇宙用リチウムイオン電池

● 「このとり」の近傍接近システム（通信装置）

- 三菱電機が「このとり」用に開発した安全にISSにドッキングさせるための近傍通信システムが、米オービタルサイエンス社の宇宙貨物輸送機「シグナス」に採用。

- 受注総額は約60億円（6,600万米国ドル）で、2010年から2017年にかけて9機分を順次納入した。



ISS下方に接近したシグナス補給船運用1号機
(出典: JAXA/NASA)

● 米国民間輸送機（シグナス）のランデブー運用支援

- HTVで開発したランデブー・キャプチャー技術は、ISSに併進しながら徐々に接近し、距離10mの真下からゆっくりと上昇し、ISSのロボットアームによって捕獲する技術。従来の方式と比べてISSへの衝突の危険性が低く、安全性が高い。
- 「このとり」1号機の成果を受け、米国の民間ISS補給機「シグナス」や「ドラゴン」のドッキング方式に採用され、JAXAはシグナス運用の訓練やオペレーション支援を受託。また、安全評価の支援作業を行った（2017年で完了）

● 「このとり」のスラスタ

- IHIエアロスペースは、HTV3号機以降に搭載する500Nスラスタ(HBT-5)と120N RCSスラスタ(HBT-1)を開発。国産初のモノメチルヒドラジン燃料とするスラスタで、従来の輸入スラスタと比較し幅広い作動範囲で熱安定性を達成するなど、運用性を向上させた。
- JAXAとのスラスタ開発をもとに開発した静止軌道投入用の500Nの推力を有するスラスタは、世界最高性能の燃費を誇り、80台の輸出実績と72台の打上げ実績を持つ。海外顧客からも高い評価を得ている。

3. 産業振興の成果（例）

利用サービスの定型化を進め、民間が低価格で研究開発に参加できる仕組みを設定



「きぼう」利用成果最大化を目指した「きぼう」利用戦略策定(2017.1)

4つの分野に重点化するとともに、「きぼう」利用が目指す2024年までの姿、2020年までの目標とその具体的な取組等をまとめ、成果最大化に向けた利用拡大・プロモーション、実験装置・機器の開発要求、募集方針等の指針を示す。



九工大との超小型衛星放出に係る連携協定(2017.4)

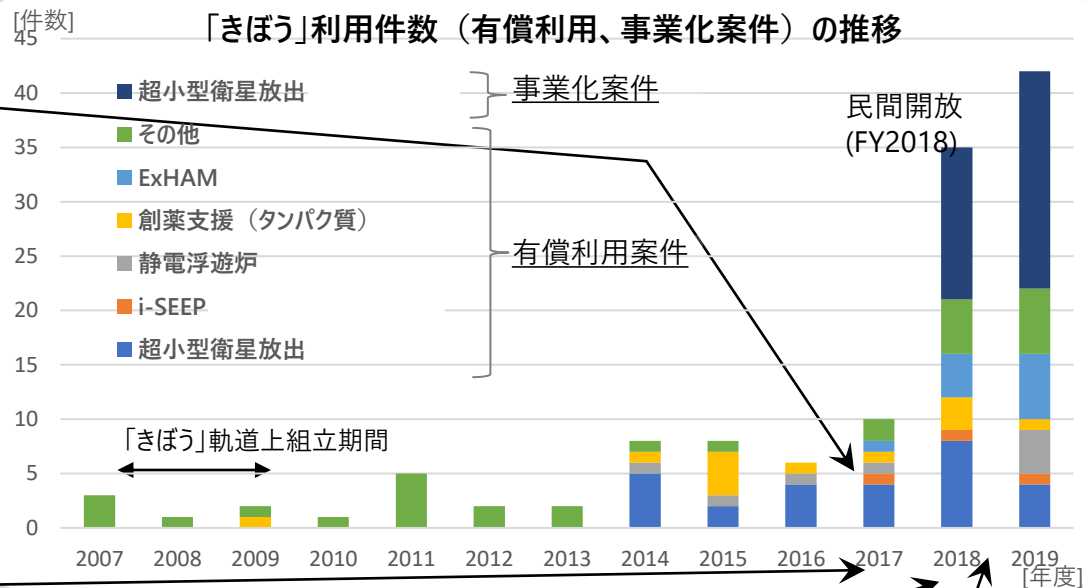
人材育成能力と、超小型衛星開発能力・経験を持つ大学と、JAXAの持つユニークな超小型衛星放出能力、安価・定期的な放出機会を組み合わせた連携協定を締結。海外ニーズを取り込む。



大学の人材育成も組み合わせた衛星開発



「きぼう」利用件数（有償利用、事業化案件）の推移



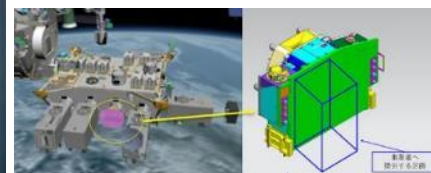
市場形成が見込める利用事業の民間移管を実施

- 「きぼう」からの超小型衛星放出サービス事業者として、Space BD株式会社、三井物産株式会社を選定。
- 「きぼう」の船外プラットフォームにおける軌道上利用サービスを提供する事業者について、Space BD株式会社を選定。

超小型衛星放出事業の民間開放(2018.5)



「きぼう」軌道上利用サービス提供事業者との基本協定書の締結(2019.3)



- 船外ポート利用事業（Space BD(株)）：スペインのベンチャー企業に契約後約1年で実証機会を提供、実現し、早期実証へのビジネス需要に貢献。
- 超小型衛星放出事業（Space BD(株)、三井物産エアロスペース(株)）：2018年度の事業化から2年で当初計画の3倍を超える34機の受注を獲得し、JAXAの支援と民間ならではのネットワーク、フットワークがシナジーを発揮し事業が定着化。

3. 産業振興の成果（例）

有償利用の仕組みを構築し、民間による事業化を促進

創薬ベンチャー企業（ペプチドリーム社）との有償利用契約

創薬ベンチャーのペプチドリーム社(※)との間で、戦略的なパートナーシップ契約(複数年、複数回)を締結し、微小重力環境を利用して、地上では得られない高品質のタンパク質結成を生成。地上にてX線結晶構造解析した結果、がんに関わる標的タンパク質と阻害剤の化合物とが極めてユニークな結合様式であることが判明するなど創薬開発に役立っている。日本発・世界初の医薬品創成の早期実現が期待される。



※ペプチドリーム社：社会的インパクトのある新事業を創出したベンチャー経営者を表彰する第2回ベンチャー大賞（内閣総理大臣省：経産省主催）を受賞した有力創薬ベンチャー企業



ヤクルト社との免疫機能及び腸内環境に及ぼす効果に係る共同研究

- 免疫機能維持のメカニズムを応用して、地上での乳酸菌商品の改良・効果改善し、人々の健康増進に貢献。
- 宇宙用の乳酸菌長期保存技術により、地上のストレス環境下（災害時、高山、深海等）向けの商品を開発。
- 宇宙飛行士の健康（腸内環境・免疫機能等）やパフォーマンスを維持・向上する機能性宇宙食の開発



船外実験プラットフォームでの有償利用契約

- 「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載されるiSIM(*)のSpace BD社からJAXAへの引渡しを実施。iSIMはスペインの宇宙ベンチャー（Satlantis社）が開発した超小型衛星用地球観測カメラで、船外実験プラットフォームで技術実証を行う。*：Integrated Standard Imager for Microsatellites
- 契約後約1年の短期間でHTV9での打上げ準備を整え、早期実証へのビジネス需要に貢献している。
- カメラ実証実験開始にあたっては、スペイン国王からメッセージが寄せられた。



SATLANTIS社
小型衛星向け双眼カメラ

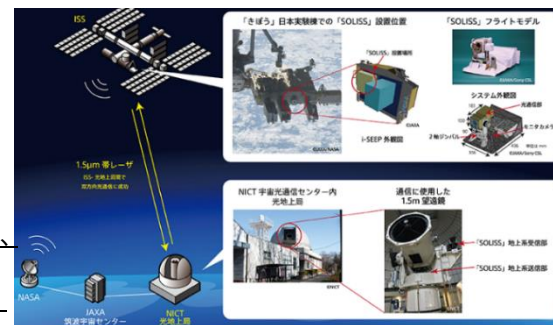


軌道上実証開始前のスペイン国王からISSへのVIPコールの様子

JAXA・NICT・ソニー-CSLによる長距離空間光通信軌道上実証

NICTと(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所(CSL)は、「きぼう」に設置した小型光通信実験装置「SOLISS」(Small Optical Link for International Space Station)は、情報通信研究機構（NICT）の宇宙光通信地上局との間で双方向光通信リンクを確立し、Ethernet経由での高精細度(HD)画像データ伝送に成功。小型衛星搭載用の光通信機器としてEthernetによる通信を実現した世界初の事例。

JAXAの有償利用制度を通じ、「こうのとりのり」8号機で打ち上げ、「きぼう」の中型曝露実験アダプター(i-SEEP)に設置。JAXAの迅速な対応に加え、「きぼう」利用の機会があったことで、より短期、低廉に実証が出来たことに高い評価が示され、令和元年度の宇宙開発利用大賞（総理大臣賞）を受賞。



3. 産業振興の成果（例）

宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）における地球低軌道事業共創（J-SPARC/LEO）ISS計画参画で培った技術や人材・ノウハウを活用し、新たな民間事業を共創する。

- 宇宙産業ビジョン2030や、パートナーシップ型による宇宙ベンチャー育成に対する政府の期待に対し、2018年5月に、J-SPARCを始動。
- LEO有人分野では、同年6月8日に事業共創機会のお知らせを发出。各事業アイデア提案に対し、対話を通じ事業性・共創性を評価し、一部次ステップへの移行を推進。
- 本活動では、JAXAの幅広い技術と人脈を活用し、新たなアイデア、技術を保有する人・企業をつなげ、「きぼう」を利用した今までにない新たな利用価値・事業価値の創出を目指している。
- JAXA新事業促進部が、JAXA外に対するワンストップ窓口・プロデューサーとなり、ISS計画で培った有人宇宙技術部門の知識・経験・技術・人材等を活用し、事業性の実現性を高める。



【J-SPARCにおける共創的プロセス】

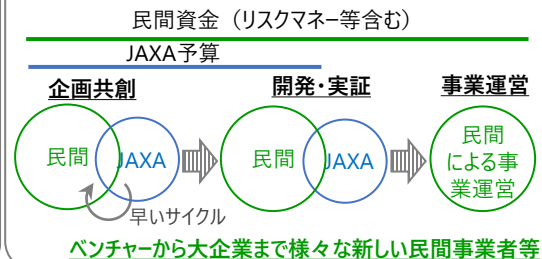


表 進行中の案件例

(本分野だけで、50件以上の事業提案あり。対話を通して、複数の事業アイデアを検討中)

		利用する場所	
		地上	宇宙
創出する場所	地上	カテゴリ I 次世代教育 SpaceBD/Z会 ★事業化移行 デジタル窓 Atmos ★製品販売中	カテゴリ II 防災スペースフード ワンテーブル 暮らし・ヘルスケア分野のマーケット創出 THINK SPACE LIFE
	宇宙	カテゴリ III KIBO宇宙放送局 Basculo社 ★事業共同実証移行(3回放送済)	カテゴリ IV 宇宙食糧マーケット創出 一社SPACE FOODSPHERE 軌道上製造(研発と共同研究移行) FUDOW 宇宙用作業ロボット事業 GITA ★船内実証(2021年10月予定)

「KIBO宇宙放送局」バスキュール×スカパーJSAT×JAXA

(株)バスキュールが、「宇宙メディア事業」の創出に向けて活動開始。軌道上の「きぼう」にスタジオを開設し、東京の地上スタジオから軌道上機器を遠隔操作し、世界初の対面型リアルタイム双方向通信放送システムを構築し、2020年8月に第1回放送に成功。その後、2回の放送を実施。

「次世代型教育」Space BD×Z会グループ×JAXA

非認知スキルを一層重視する2021年度以降の文部科学省学習指導要領への改訂を見据え、Space BD(株)、(株)増進会ホールディングス(Z会グループ)と、本分野における学校・企業における育成市場確立を目指す。

「防災スペースフード」ワンテーブル×JAXA

被災地と宇宙に共通する食の課題やニーズを抽出し、双方のノウハウを組み合わせ災害時でも宇宙でも活用できる食の新カテゴリー「BOSAI SPACE FOOD」(BSF)の開発、事業化を目指す。

「宇宙用作業ロボット」GITA Japan社×JAXA

民間ロボット技術による自律化・自動化事業向け、早期に技術実証を実施を目指す。そして、ISS及びその先の活動を見据え、宇宙用ロボットが提供する新たなサービスの検討を進める。

4. 青少年育成、アウトリーチ（例）

将来の我が国を支える科学技術人材の育成に貢献

- 「大人になったらなりたいたいもの」に宇宙飛行士が9位にランクイン（2015第一生命保険調べ）
- 小中学校の理科・国語教科書への掲載
- 写真・映像の利用申請：約2500件（R2）
- TV放映：約650件、Web・新聞への掲載：約1745件（R2）
- 地上と軌道上宇宙飛行士とを繋いだ交信イベント：80回（H21～R2）
- 宇宙飛行士講演活動：332回、約22万人参加（H21～R2）



「きぼう」完成、「こうのとりのり」初号機打ち上げ10周年 ～10年間の成果を振り返る～

「きぼう」完成と「こうのとりのり」初号機打ち上げ10周年の機会を活用し、これまでの成果と今後における地球低軌道利用の方向性についてシンポジウム（有楽町ヒューリックホール）を開催。675名のお客様に来場いただくとともに、YouTube、Twitterでの配信には100万件以上のアクセスを頂いた。

（【参考】HTV9打上げ中継のアクセス数は約13万件）。

ISS全極参加による式典（筑波宇宙センター）も実施。NHK等テレビ、新聞、Webにおいて、地球低軌道での利用継続の必要性を扱う話題が多数取り上げられた。



一般向けシンポジウムの様子

日本人宇宙飛行士との交流



アジア諸国を対象とした公募型簡易実験（Asian Try Zero-G）の様子



日本人宇宙飛行士との交信イベントの様子



ISS各主要関係機関の代表者全員による記念撮影



第60次長期滞在クルーからのメッセージ

5. 国際協力の成果（例）

宇宙最大規模の国際プログラムにおける必要不可欠なメンバーとしての立ち位置を確保

他の国際パートナーに無い技術、能力の提供及び成果の創出により、5極内での存在感を発揮

安定的運用への貢献（「きぼう」の安定的運用・維持）

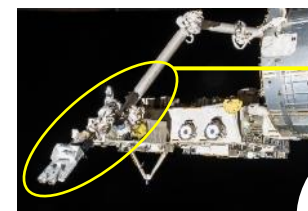


2009年7月、船外実験プラットフォームの取付けを終え「きぼう」が完成。2019年、当初システム設計寿命の(10年)を超え安定運用を達成。



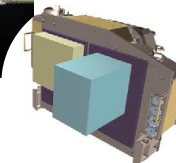
「きぼう」のユニークな機能（曝露部、エアロック、ロボットアーム）の活用

- ISSからの超小型衛星放出は、エアロックとロボットアームを併せ持つ「きぼう」でのみ実現可能な世界で唯一のシステム。米国分と併せ放出総数は280機(2021.10時点)あり、アジア、アフリカの宇宙参加を促す等国際貢献にもつながっている。
- エアロックを介して船外で利用・実験を可能とした中型曝露実験アダプター(i-SEEP)を開発し、運用を開始。ロボットアームを活用して、宇宙飛行士による船外活動なく曝露実験を実施できる。
- エアロック・ロボットアーム、NASA及び米国企業の実験装置を船外搬出する際も定常的に利用。ESA/エアバス社のバルトロメオ(曝露モジュール)に搭載される実験装置の船外搬出も予定。



「きぼう」ロボットアームに把持された小型衛星放出機構

「中型曝露実験アダプター (i-SEEP)」



「こうのとり」(HTV)での物資補給によるISSの安定的運用への貢献

補給船	成功数	打上げ数	成功率(%)
HTV(日)	9	9	100%
プログレス補給船(露)	76	79	96.2%
ドラゴン補給船(米)	22	23	95.7%
シグナス補給(米)	15	16	93.8%

(2021/10/28時点)

- 約6トンという世界最大の補給能力と、「こうのとり」のみが行える大型装置（例：ISS用バッテリー）の搭載能力を有し、物資補給を着実にを行い、ISSの安定した運用に貢献。
- 2020年5月、9号機成功により、「こうのとり」はISS現役輸送船唯一の100%成功を達成。他極にはない大型貨物輸送機としてISSの安定運用を牽引した。



ISSに接近した「こうのとり」6号機



HTV6号機の曝露パレットからISS新型バッテリーを取り外す宇宙飛行士

日本人宇宙飛行士の活躍：世界第3位の宇宙滞在実績



	国名	日数
1	米国	約14875日
2	ロシア	約14276日
3	日本	約1404日
4	イタリア	約907日
5	カナダ	約588日

各国のISS滞在累積日数(2021/9時点)

- ISS計画への参加により、宇宙飛行士の搭乗実績、船外活動実績等の国別順位は、米露に続く世界第3位まで上昇。我が国が有人宇宙活動における技術やノウハウの蓄積が進んでいることの表れ。
- こうした実績などが国内外で高く評価され、スペースX社の運用初号機に野口飛行士が初の国際パートナー搭乗員として決定。
- また、星出飛行士は2号機へ搭乗し、日本人として若田宇宙飛行士に次ぎ2人目となるISS船長を務めた。

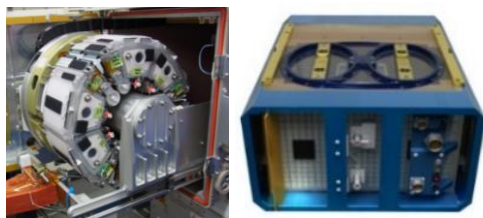
5. 国際協力の成果（例）

新たな日米協力の構築

マウスミッションでの協力

JAXA – NASA共同のPartial-G(低重力)ミッションに向けた合意

月・火星等への有人宇宙探査を見据えた低重力下の長期生物影響評価等を目的に、JAXAの小動物飼育装置によるJAXA-NASA Partial-G（1G以下の低重力）共同ミッション実施の技術合意を締結。2022年頃の実施に向け準備中。併せて、研究成果最大化のため、NASA実験装置の相互利用も推進中。



JAXA

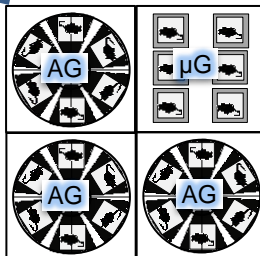
NASA

【参考】

NASAは、JAXAよりも30年以上先行し宇宙でのマウス飼育を実施しているが、人工重力環境の利用は初。JAXAのみが持つ可変重力機能と世界初の1/6 G環境下での飼育実現や重力影響評価の成果に対しNASAから高い評価、期待が寄せられ本共同ミッションが実現。当分野での日本のプレゼンス発揮にも貢献。



JAXAは世界に先駆け人工1/6 G環境下でのマウス長期飼育に成功(2019.6)



4つの重力条件を同時設定可能

静電浮遊炉(ELF) ミッションでの協力

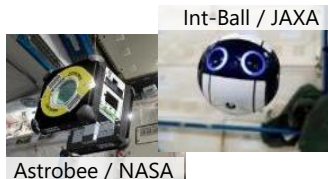
Round Robin (代表研究者 米国Tufts大学 Matson教授)

- JP-US OP3の枠組みの中で、NASAの実験テーマをNASAが自国リソース(宇宙飛行士の作業時間等)を提供する形でJAXAの静電浮遊炉(ELF)で実施する技術合意の下、JAXAの利用も加速して推進中。
- 最初のNASA実験を2021年に完了し、「実験前の予想を超えた成功を達成できた。地上における商業的な製造プロセスのモデル化や高機能材料の低コスト化につながる」との評価を得ている。



「きぼう」ロボットプログラミングチャレンジ(Kibo-RPC)での協力

- アジア・太平洋地域の学生を対象にした、JAXAのInt-BallとNASAのAstrobeeを用いたロボットプログラミング競技会を開催。
- 2020年に第1回競技会を開催し、7か国・地域の313チーム(1,168名)が参加。2021年に第2回競技会を開催し、11か国・地域の286チーム(905名)が参加。JP-US OP3(アジア諸国との協力増進)の推進に貢献している。



Astrobee / NASA



星出飛行士による第2回競技会

【参考】JP-US OP3の概要

- 日米協力を強化する以下のもの等によるISS運用の新たなイニシアティブの進展
 - ISS（きぼう）船内・船外での実験設備・機器（実験データを含む）の相互活用、共同研究等の促進
 - 新しい宇宙技術の開発に焦点を当てた運用。これには、アメリカ合衆国政府が有用だと認める場合には、ISSの共通システム運用経費(CSOC)の相殺のための将来的な調整の一部として相互に有用な方法で小型回収カプセルを使用する可能性について議論することを含む。
- ISS資源を活用したアジア太平洋地域の宇宙途上国との協力の増進
- ISSの新たな活用の推進
 - 日本の非機能物体捕捉技術実証の支援等のISSの技術実証プラットフォームとしての活用
 - 宇宙ステーション補給機(HTV)やHTV-Xの運用機会の活用
- 効果的・効率的な宇宙関連技術の活用の促進



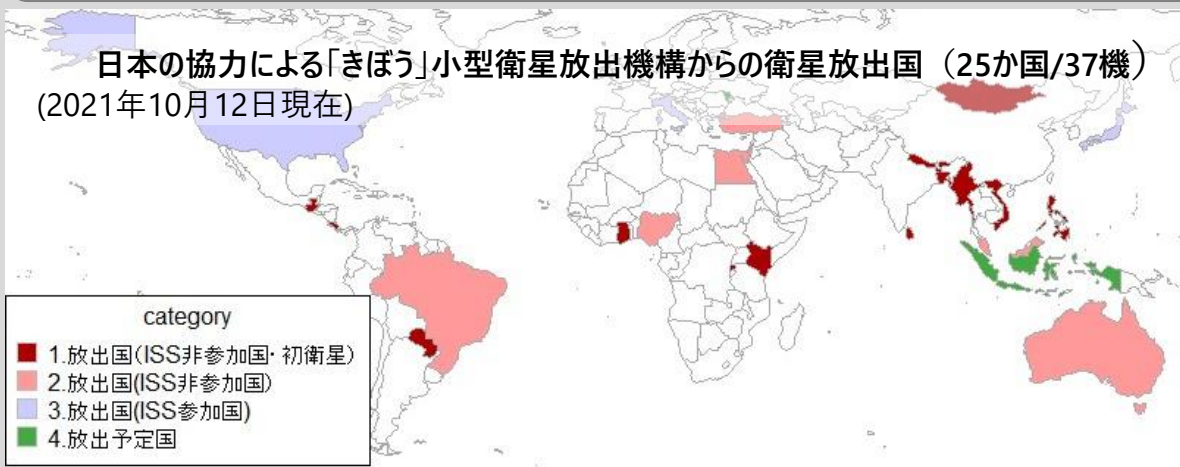
日米合意文書に関する署名式 2015.12

5. 国際協力の成果（例）

発展途上国や宇宙新興国の宇宙アクセスに貢献

- 「きぼう」ならではのユニークな放出機構と日本ならではのきめ細やかなサービスを活かし、発展途上国や宇宙新興国に超小型衛星を通じた宇宙参加を実現。各国のSDGs推進にも貢献。
- これまで25か国37機を打ち上げ、うち15か国では当該国の初衛星となった。打ち上げの様子はライブ中継等がなされ、多数の政府要人等が参加、報道がなされるなど「きぼう」のプレゼンス向上に大きく貢献。
- 国連宇宙部（UNOOSA）との超小型衛星放出の機会提供に関する連携協力（KiboCUBE）については、2023年度末まで協定を延長。

日本の協力による「きぼう」小型衛星放出機構からの衛星放出国（25か国/37機）
（2021年10月12日現在）



FY2018



ケニア

ケニア衛星の「きぼう」からの放出



マレーシア



ブータン

ブータン、フィリピン、マレーシアの超小型衛星の放出と各国関係者

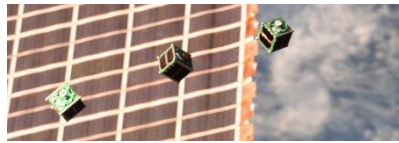


フィリピン

FY2019



エジプト（左）、ルワンダ（右）の超小型衛星放出



スリランカ、ネパールの超小型衛星放出



シンガポールの超小型衛星放出



1.放出国 (ISS非参加国・当該国初衛星)

国名(数)	放出年(FY)
バングラディシュ(1)	2017
ブータン(1)	2018
コスタリカ(1)	2018
ガーナ(1)	2017
ケニア(1)	2018
モンゴル(1)	2017
ネパール(1)	2019
フィリピン(3)	2016, 2018, 2020
ルワンダ(1)	2019
スリランカ(1)	2019
ベトナム(2)	2012, 2013
グアテマラ(1)	2020
パラグアイ(1)	2020
ミャンマー(1)	2020
モリシャス(1)	2021

2.放出国 (ISS非参加国)

国名(数)	放出年(FY)
ブラジル(2)	2014, 2015
エジプト(1)	2019
マレーシア(1)	2018
ナイジェリア(1)	2017
シンガポール(3)	2016, 2018, 2019
トルコ(1)	2018
イスラエル(1)	2020
オーストラリア(2)	2021

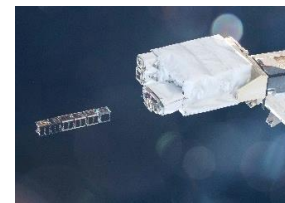
3.放出国 (ISS参加国)

国名(数)	放出年(FY)
アメリカ(4)	2012, 2013
イタリア(1)	2016

FY2020



グアテマラの超小型衛星の放出



フィリピン、パラグアイの超小型衛星の放出

FY2021



モリシャスの超小型衛星の放出



衛星放出後のジャグナット・モリシャス首相によるスピーチの様子

5. 国際協力の成果（例）

ISS非参加国へも日本の存在感をアピール

UAE宇宙飛行士による教育ミッションの実施

- UAE宇宙飛行士の搭乗機会を捉え、Int-Ballを利用した教育ミッションを実施（2019年度）。UAE大使や学生が筑波宇宙センターで見守ったほか、本国ではパブリックビューイングが実施され、約400人が参加。



UAE宇宙飛行士とのミッション



UAEでのパブリックビューイング

タイによる創薬研究や地上への応用

- 初の本格的宇宙実験となる「きぼう」でのタンパク質結晶生成実験について、タイ地理情報・宇宙技術開発機関(GISTDA)と協定を締結、宇宙実験を2回実施。（2019年度）
- 本実験は、抗マalaria薬開発に重要な酵素の精細な構造解析を行うため、JAXAの高品質タンパク質結晶生成技術を用い酵素の高品質な結晶生成を目指すもの。



GISTDA長官と協定締結



Kibo-ABCの加盟国増加と多国参加型プロジェクトの実施

- アジア・太平洋地域の「きぼう」利用推進を目指すAPRSAFのKibo-ABCイニシアチブ（Asian Beneficial Collaboration through “Kibo” Utilization）に、2019-20年度に6か国・地域の8機関が加盟し、現在14か国・地域の18機関が加盟。
- Kibo-ABCの枠組みで、日本が主導し加盟機関と共に、ロボットプログラミング競技会や簡易植物実験など多国参加型プロジェクトを実施。

第7回アフリカ開発会議（TICAD 7）への参画

- TICAD7にて、サイドイベント「アフリカ宇宙フォーラム」が開催され、若田理事が登壇した他、事業者や戦略パートナーと連携しブースを出展。
- TICAD成果文書の中で初めて宇宙が盛り込まれるとともに、安倍首相による開会式の基調講演で東大とルワンダが共同開発した衛星について紹介された。



開会式で基調講演を行う安倍首相

TICAD成果文書「横浜宣言 2019 アフリカに躍進を！ひと、技術、イノベーションで。」
（令和元年8月30日）より抜粋

「世界中において、各国は、技術の進歩が職業社会を変化させていることを考慮し、若者と女性のための働きがいのある人間らしい仕事を創出する必要がある。我々は、人間中心のアプローチの重要性に留意しつつ、デジタル化が雇用に与える影響に備え、新しい情報技術への人々のアクセスの改善を促す環境を形成し、これらの変化を活用するための人的・制度的能力を強化する必要性を認識する。我々は、アフリカの持続可能な開発のための科学技術イノベーション(STI)を促進することを意図するアフリカ宇宙機関を歓迎する。」

マレーシア初となるExHAM有償利用

- ExHAM初の海外有償利用案件としてマレーシア（プトラ大学）による光ファイバ線量計の船外計測実験と船内計測実験を実施。（2019-20年度）。マレーシアではサンプル設置時のライブ中継が行われた。

