

国際宇宙ステーション（ISS）における 成果創出活動の状況について

2021年11月12日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）
有人宇宙技術部門

- 1. 2024年までのISS延長と政府計画の決定の経緯**
- 2. ISS計画参加による成果創出活動の状況について**

1. 2024年までのISS延長と政府計画の決定の経緯

(1) 2015年6月 文部科学省

国際宇宙ステーション国際宇宙探査小委員会「2次取りまとめ」

(2) 2015年8月 内閣府

宇宙政策委員会 国際宇宙ステーション (ISS) 計画の検討についての見解

(3) 2015年12月8日 宇宙開発戦略本部

2024年までのISS計画延長を含む宇宙基本計画工程表改訂版が決定

(4) 同12月22日 日本政府 (内閣府・外務省・文部科学省) および米国政府

日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム(US-JP OP3)の
枠組みに合意

(5) 2020年6月30日 宇宙基本計画が閣議決定

2. ISS計画参加による成果創出活動の状況について

1. (5)に示した宇宙基本計画に示されている下記事項について、次ページ以降に、これまでのISS計画への参加による成果創出活動の状況をまとめる。

※ 以下項目の（）内には、各項目に関連する事項として、国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会における「ISSを含む地球低軌道活動の在り方に関する中間とりまとめ」に記載された「2025年以降のISS運用延長の可否判断に当たって必要な検証項目」を参考として示す。

(1)国際宇宙探査で必要となる技術実証（国際宇宙探査で必要となる技術の獲得）

(2)宇宙環境利用を通じた知の創造（社会的課題の解決、科学的知見の獲得）

(3)新たなビジネス・サービスの創出（民間主体の利用へのシームレスな移行）

(4)宇宙活動を支える人材基盤の強化（宇宙活動を担う人材育成）

(5)国際宇宙協力の強化（国際協力のための高い利用価値）

なお、1.（1）、（2）に示した、国際宇宙ステーション国際宇宙探査小委（2015年6月）における「2次取りまとめ」の記載事項、および、宇宙政策委員会がとりまとめた国際宇宙ステーション（ISS）計画の検討についての見解（2015年8月）の記載事項 に対応した成果創出状況については、ISS国際宇宙探査小委員会 第37回（2020年9月）、および第38回（2020年10月）にてご報告しておりますので、ご参照ください。

資料37-3-2 ISSを含む地球低軌道活動の在り方について（その1）

https://www.mext.go.jp/kaigisiryoy/content/20200911-mxt_uchukai01-000009775_5.pdf

資料38-3-1 ISSを含む地球低軌道活動の在り方について（その2）

https://www.mext.go.jp/kaigisiryoy/content/20201009-mxt_uchukai01-000010318_3-2.pdf

2. ISS計画参加による成果創出活動の状況について

(1) 国際宇宙探査で必要となる技術実証

(1) 国際宇宙探査で必要となる技術実証

ISS計画への参加を通じた宇宙活動に関する技術獲得の全体像

- 「きぼう」の建設、運用、利用を通じて、有人・無人宇宙活動に不可欠な多くの技術を獲得
- 将来の低軌道活動、宇宙探査に向け、中長期的な取り組みも含め、更なる技術獲得が進行中

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）

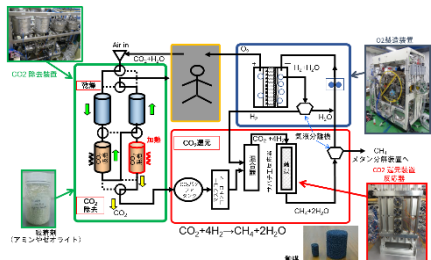
(1) 国際宇宙探査で必要となる技術実証

搭乗員の生命を維持するための技術の獲得

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・水再生技術獲得に向けた研究・実証

将来型空気再生システム地上研究

将来型水再生システム実証実験



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目指す

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

完全再生型 水・空気再生システムへの発展

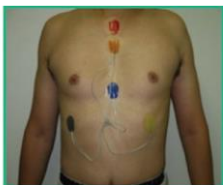
人の長期宇宙滞在に不可欠な 健康管理技術、宇宙医学に関する知見の獲得

飛行士健康管理、宇宙医学実験

- 無重力や宇宙放射線、閉鎖環境が心身に与える影響、**宇宙滞在中に飛行士に現れる様々な症状への対策の研究**を実施
- 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**等を実施



心電モニタリング



放射線線量計測



超長期の健康管理技術への発展

宇宙空間での搭乗員の活動を 支援する遠隔制御技術の獲得

クルー作業支援・代替に向けた自動技術の導入

- ロボットアーム、エアロックで**地上からの遠隔操作技術**を獲得。運用効率化を実現
- 船内ドローンによる船内移動技術等を実証。**クルーによる撮影作業等を支援**
- 地上ロボット技術の宇宙適用し**クルー作業代替する地上実証試験**を推進中



JEM自律移動型船内カメラ



民間企業複7社のロボットによる地上実証試験



クルー作業支援・代替ロボット等への発展

無人宇宙船の安全な飛行・運用、 物資輸送の技術の獲得、新型補給機開発

こうした等の開発・運用を通じた輸送系キー技術の獲得

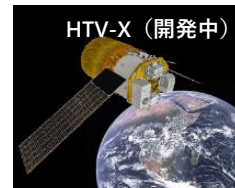
- こうのとりは9機全て成功し、国際約束を完遂
- 自立飛行、ランデブー、物資補給・回収等の**将来の深宇宙補給や有人宇宙船にも繋がる重要技術**を獲得
- **国際宇宙探査への貢献**も見据え、**補給能力向上・発展性確保・低コスト化**を考慮したHTV-X開発、**自動ドッキング実証**を推進中



こうのとり



小型回収カプセル



深宇宙補給技術への発展

(1) 国際宇宙探査で必要となる技術実証

宇宙環境を利用した独自の宇宙実験・技術実証等を実行する技術の獲得

世界唯一のパーシャルG環境の構築と月面模擬実験



JAXAが開発した
人工重力発生装置
(0G~2G)

世界唯一の人工重力発生装置により
**月や火星の重力を模擬した
実験が可能に**

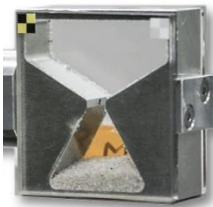
1/6Gでのマウス飼育実験で
眼球への月面重力の影響
に関する**知見を獲得した**



世界で初めて月の重力環境
(1/6G)を模擬した実験

月や火星への長期滞在の
身体への影響に関する
研究開発に活用可能

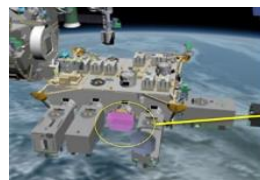
1/6Gで月面の
砂を模擬した粉粒体挙動
に関する**データ取得に成功**



サンプルを入れる砂時計型の
容器(Hourglassミッション)

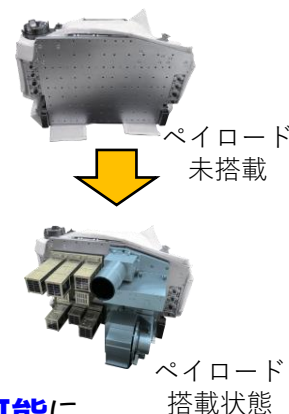
月や火星の探査に使用される
ローバのタイヤや着陸機の脚などの
設計に活用可能

船外環境における柔軟かつスピーディな技術実証



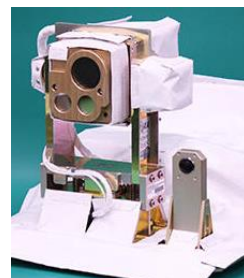
JAXAが開発した中型曝露実験アダプター
(i-SEEP)

i-SEEP上に様々な実験機器
等を搭載しリソースを供給
船外での実証試験を柔軟に実施可能に



ペイロード
未搭載

ペイロード
搭載状態



小型光通信実験装置「SOLISS」の光通信実験を実施
宇宙と地上間の双方向光通信に成功

実証した光通信技術は
今後の宇宙活動に活用される

i-SEEPは、今後も重要技術の
スピーディな技術実証に活用

超長期宇宙滞在時の健康管理技術、重力天体探査技術、探査における通信技術（遅れ低減）などへの発展

(1) 国際宇宙探査で必要となる技術実証（まとめ）

ISS計画への参加により、アルテミス計画や将来の低軌道活動において、日本が重要な役割を担い先導していくために不可欠な高度な技術やノウハウを獲得

- ✓ 有人宇宙システムの機能を長期間維持し、安全に運用・利用する技術 <「きぼう」の維持・運用>
- ✓ 搭乗員の生命を維持するための技術 <船内環境制御や宇宙放射線影響管理>
- ✓ 人の長期宇宙滞在に必要な健康管理技術、宇宙医学 <飛行士健康管理、宇宙医学実験>
- ✓ 無人宇宙船の安全な飛行・運用、物資輸送の技術、将来ミッションに繋がる新型補給機開発 <こうのとり・回収カプセルの開発・運用、HTV-Xの開発（発展性と低コスト化）>
- ✓ 宇宙環境を利用した独自の宇宙実験・技術実証等を実行する技術 <きぼう利用実験機器の開発・運用>
- ✓ 宇宙空間での搭乗員の活動を支援する遠隔制御技術 <「きぼう」ロボットアームの運用等>
- ✓ 宇宙飛行士や宇宙施設・宇宙船管制官を選抜・能力を維持・向上する技術 <訓練・認定制度等>
- ✓ 有人宇宙システムの開発・運用における安全・信頼性を評価・管理する技術 <設計基準・安全基準等>

将来の活動への寄与

- ◆ アルテミス計画に、不可欠なキーププレーヤーとしての参画が可能となった
- ◆ 「きぼう」をアルテミス計画や将来の低軌道活動に向けた先行的な技術実証の場として活用可能となった

⇒ 未獲得の戦略的技術の獲得、更なる先行的技術実証を進める

(2) 宇宙環境利用を通じた知の創造

(2) 宇宙環境利用を通じた知の創造

「社会的課題の解決」や「科学的知見の獲得」は、きぼう利用戦略で3つ柱の一つとして定義

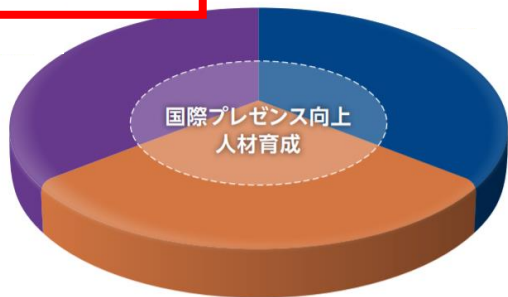


きぼう利用戦略

きぼう利用のポートフォリオ

国の課題解決型研究・
学術研究の推進

超長期有人宇宙滞在技術・
探査技術獲得の推進



民間利用オープンイノベーションの推進

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
- ② 「きぼう」利用の中核を担う5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
 - ①
 - ③
 - ④
 - ⑤

基宇宙
技術
実験
を支える

実験技術の質・量・多様性の改善

(2) 宇宙環境利用を通じた知の創造

①-1 骨、筋量、免疫の低下のメカニズムに関する知見を獲得

<マウスや宇宙飛行士を被験者とした研究>

JAXAのマウス飼育装置は、唯一、無重力と人工重力の比較、個飼い、生存回収を同時に実現可能

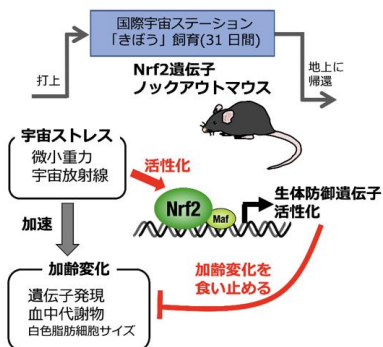
宇宙実験データと地上のビッグデータを活用した健康長寿社会実現への貢献



JAXAと東北メディカル・メガバンク機構で、健康長寿社会実現への貢献を目指し基本協定を締結(2019.2)

JAXAが有するマウス飼育ミッション等で得られたデータと、東北メディカル・メガバンク機構(ToMMo)が有する日本最大規模(15万人)の三世代・地域住民コホートの生体試料、健康情報を蓄積し複合バイオバンクのデータを活用

微小重力のマウス飼育実験が人の加齢の加速試験になることを科学的に検証



宇宙長期滞在によって加齢変化が加速すること、宇宙滞在によるマウス血液代謝物変化は、ヒトの加齢と有意な関連を示すこと等を明らかにした。

加齢研究や高齢者の健康を守る研究等への発展が期待される。

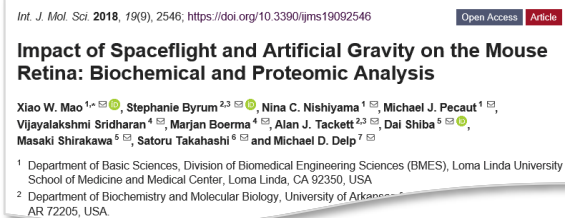
①-2 長期宇宙滞在によるヒトへの健康影響のリスクに関する知見を獲得

<マウスや宇宙飛行士を被験者とした研究>

長期宇宙滞在後の視覚異常を軽減できる可能性の発見

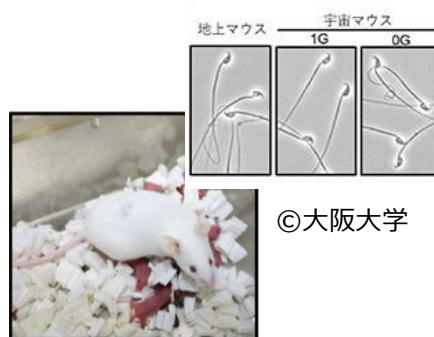
JAXAが取得したマウスの組織(眼球)サンプルの日米共同解析により、微小重力群マウスで見られた網膜組織障害が、人工重力負荷の環境では軽減されることが判明。

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。



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

宇宙滞在が受精能力に及ぼす影響に関する知見の獲得(人類の活動領域の拡大に向けた基礎的知見の獲得)



生存回収したマウスの生殖器官や精子受精能力等を評価

宇宙に滞在したマウスの精子が正常な受精能力を維持し、

次の世代のマウスが、成育・繁殖能力においても親世代の宇宙滞在の影響は見られないことを世界で初めて発見

(2) 宇宙環境利用を通じた知の創造

② 多数の創薬関連物質の構造を解明、 地上の創薬プロセスを加速

＜高品質タンパク質結晶生成実験＞

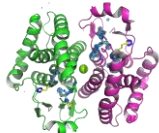
タンパク質結晶生成実験は、JAXAが
ノウハウを有し世界をリードする固有の技術

デュシェンヌ型 筋ジストロフィー治療 薬開発への貢献

宇宙実験成果か
らより有効性の高
い阻害剤を創出



臨床第3相試験
が進行中

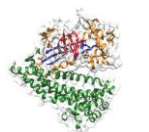


歯周病の治療薬 開発に向けた貢献

宇宙実験成果を基
にした特許を出願



アカデミア発創薬を
目指し大学にて動
物実験が進行中



イヌ・ネコ用人工血液の 製品化に向けた貢献

人工血液を構成
するアルブミンの
構造を解明



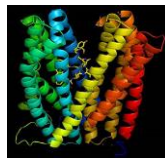
大学と企業が製
品化に向け開発
を推進中



乳がん治療薬の 開発への貢献

乳がんに関連する
タンパク質と阻害薬候補の
結合構造を解明

創薬ベンチャー
企業において研
究が進行中



成熟した技術領域は民間に事業移管
JAXAはより付加価値の高い技術開発に注力

③ 革新的新素材の創出・実用化 に繋がる知見・重要データを提供

＜静電力による無容器での材料実験＞

ガラス、セラミックス等高融点材料の
熱物性取得できるのはJAXAの静電浮遊炉のみ

高温液体から生成されるガラスやセラミックス材料の 開発に資する知見を獲得

ガラスにならない超高音酸化物液体（酸化エルビウム）の
特異な原子配列と電子状態と世界で初めて解明

NPG Asia Materials誌
(IF: 8.052) にFeatured
Articleとして掲載



各種材料の熱物性値の データベースを構築・公開

学術・産業分野での活用を資する金
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

物質・材料研究機構
(NIMS)との共同研究

公開データ数

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
	純金属	72
サンプル数	合金	40
	セラミックス	7

2019年3月

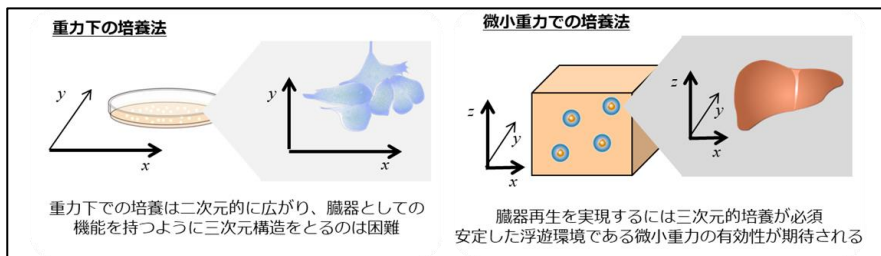
企業産業的価値の高い熱物性データ取得に関し
民間企業からの有償計測の引き合い多数

(2) 宇宙環境利用を通じた知の創造

④ ヒト臓器原基創出・3次元培養にかかる 基礎的知見を獲得

＜立体臓器創出技術の検証実験＞

- 宇宙環境を利用した「機能性のある」立体培養の可能性の検討の実証実験を2020年12月から開始。
- 米国も、今後のISS利用の重点分野の一つとして、立体培養に積極的に取り組んでいる。



- 微小重力環境下での地上とは異なる粒子の集合状態の維持など、**将来の地上・宇宙での三次元培養技術開発につながる知見が得られた**ところ。
- 機能な臓器原基創出への宇宙環境の有効性の世界に先駆けた実証実験、その先には細胞医療への貢献に向けた実験システム開発を推進中。



⑤ X線天文学における世界的発見、 世界初の高エネルギー領域での宇宙線観測等、 科学的知見を獲得

＜天体・宇宙環境観測、地球環境・災害観測等＞

**MAXIによる数々の観測結果が評価の高い科学誌へ掲載
(2018年にはこれまで最多の5個のブラックホールを発見)**

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)

星を吸い込んだ後

MAXI画像 (2009/9/1-2010/3/31)

MAXI画像 (2011/3/28-4/3)

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)

NASA提供
ガンマ線バースト想像図

MAXIで取得した画像 1 deg

2011年 8月25日

2014年 1月3日

2016年1月7日

「きぼう」日本実験棟とジオスペース探査衛星「あらせ」での同時観測により、「電子の豪雨」現象の原因を解明

ISS飛行士の船外活動や人工衛星保護のための宇宙天気予報の精度向上等につながることを期待される。

地球環境・災害観測等に資する観測技術実証の場を提供

- 資源探査・植生モニタリングを可能とするハイパースペクトルセンサ等
- 「きぼう」船外に搭載されたハイパースペクトルセンサ

(2) 宇宙環境利用を通じた知の創造（まとめ）

「きぼう」利用により、「健康長寿の延伸」「革新的材料創出」等の国の課題解決に繋がる成果を創出、また、「知の創造」に繋がる様々な科学的知見を獲得

- ①-1 骨、筋量、免疫の低下のメカニズムに関する知見を獲得 <マウスや宇宙飛行士を被験者とした研究>
- ①-2 長期宇宙滞在によるヒトへの健康影響のリスクに関する知見を獲得 <同上>
- ② 多数の創薬関連物質の構造を解明、地上の創薬プロセスを加速 <高品質タンパク質結晶生成実験>
- ③ 革新的新素材の創出・実用化に繋がる知見・重要データを提供 <静電力による無容器での材料実験>
- ④ ヒト臓器原基創出・3次元培養にかかる基礎的知見を獲得 <立体臓器創出技術の検証実験>
- ⑤ X線天文学における世界的発見、世界初の高エネルギー領域での宇宙線観測等による知見獲得 <天体・宇宙環境観測、地球環境・災害観測等>

将来の活動への寄与

- ◆ 「きぼう」利用を通じ、日本は、独自の実験技術により世界をリードする成果を創出し、恒常的に利用できる国の重要なアセットとして確立
 - ◆ 国の研究開発拠点として、社会課題解決や科学的知見獲得への更なる活用が可能
- ⇒ 機能・性能、利便性の向上により、更なる知の創造等の成果拡大を図る

(3) 新たなビジネス・サービスの創出

(3) 新たなビジネス・サービスの創出

「きぼう」利用プラットフォーム(PF)の構築

- JAXAが構築した宇宙実験手法を定型化し利用しやすい形態として整備 (PF化)
- 「きぼう」を研究開発基盤として重点的に利用促進するため利用技術・サービスを提供


新薬設計支援PF
(高品質タンパク質結晶生成実験)
【民間への事業移管開始】



超小型衛星放出PF
【民間サービスに移行済】



健康長寿研究支援PF
(マウス宇宙飼育ミッション)




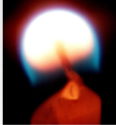
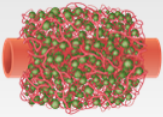
船外ポート利用PF
【民間サービスに移行済】



革新的材料研究支援PF
(静電浮遊炉利用)



新たなプラットフォーム構築
細胞医療、燃焼研究、民間利用/技術実証等



定時化
(タイミングがわかる)

OR/
AND

高頻度化
(何度でもトライ)

OR/
AND

定型化
(プロセスを型式化)

優位性のある独自の利用技術

一定の利用ニーズ・ユーザ

(3) 新たなビジネス・サービスの創出

「きぼう」利用プラットフォームの民間移管・事業化

構築した利用プラットフォームのうち2つを民間移管、民間によるサービス実施中。3つ目について移管を実施中。

超小型衛星放出事業

2018年にSpace BD(株)、三井物産エアロスペース(株)がJAXAが開発した超小型衛星放出システムを活用し事業化。

JAXAの支援と民間ならではのネットワーク・営業活動等により、3年で43機(2021年9月時点)の受注、利用を拡大。



超小型放出の様子

三井物産エアロスペース(株)

静岡大学、テルアビブ大学(イスラエル)等からの衛星放出サービスを受注

Space BD(株)

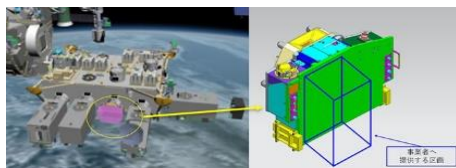
東京大学、北海道大学、リーマンサットスペースズ、ワープスペース社等から受注



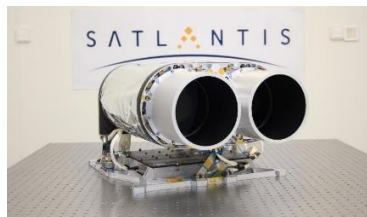
船外実験プラットフォーム利用事業

Space BD(株)

- 2019年度にJAXAが開発した中型曝露実験アダプター(i-SEEP)の利用を事業化。Space BD社は、2年で13件(2021年9月時点)の受注を獲得
- 更に、新たなサービスとして、CubeSatサイズの船外実験サービスの提供を目指した軌道上技術実証も準備中。



ペイロード搭載状態の例



スペインベンチャーSatlantis社の超小型衛星搭載用地球観測カメラ(iSIM)(実施済み)

タンパク質結晶生成事業

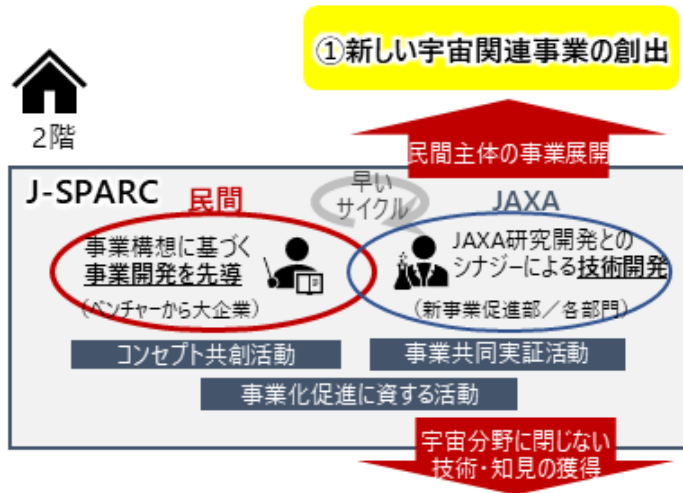
Space BD(株)

- 2021年度に「きぼう」の高品質タンパク質結晶化実験サービス事業化のパートナーとしてSpaceBDを選定。
- 同社は、JAXAから実験ノウハウ等を継承し、実験システムの利便性向上・効率化を図りつつ、JAXA技術を活用した民間独自のサービス展開を目指す。

(3) 新たなビジネス・サービスの創出

J-SPARC（宇宙イノベーション・パートナーシップ）制度を活用した新事業の創出のアプローチ

- JAXAは、非宇宙業界も含めた**宇宙ビジネスを目指す企業との事業共創活動を幅広く展開** 企画段階から共同で事業コンセプト検討や出口志向の**技術開発・実証等を柔軟かつスピーディに実施**
- 2018年に「**地球低軌道(LEO)有人活動における事業共創**」機会のお知らせ（AO: Announcement of Opportunity）を発出。のべ40件以上の提案があり、**対話、コンセプト共創等の活動を実施**



J-SPARC制度のイメージ

低軌道活動に対象を絞った募集を行い事業共創を実施

▲ 着実なJAXAプロジェクトと民間との共創プロジェクト両方を同時に進める「2階建て」構造

(3) 新たなビジネス・サービスの創出

J-SPARCを通じた低軌道活動に関する新事業の創出活動の状況

コンセプト共創の結果有望と見込まれた事業案について、軌道上実証等に向けた技術開発等を実施。**民間の宇宙放送局事業等、新たな事業が創出**されている

市場投入
サービスイン



軌道上・地上実証

次世代型教育

(SpaceBD(株)/Z会・2018.11～共創)

- 宇宙飛行士訓練法を基に非認知能力可視化ツールを開発
- 全国15校(5,000名以上)で実証し、21年3月にZ会が販売開始、企業や4校(公・私立)導入が決定
- 宇宙教育に係る評価技術の獲得

各共創活動を通じコロナや災害にも対応

BOSAI SPACE FOOD
(株)ワンテール・2018.8～共創

宇宙アバター
(ANA HD(株)・2018.8～共創)

KIBO宇宙放送局
(株)バスキュール・2019.8～共創

＜2020年度の主な成果＞

- 実証段階で早くも売上計上、事業化に向け大きく進展
- 衣食住分野のB2Cビジネスを目指し研究開発基盤を構築

- 宇宙食と備蓄食の類似性に着目したゼリーの本格販売
- 従来の乾パンに代わる備蓄として22都道府県自治体等に導入
- 九州豪雨(20年7月)・福島沖地震(21年2月)には、**実際に避難所・医療機関に提供、活用**



事業コンセプト検討

衣食住分野におけるコンソーシアム・プラットフォーム

- 20年4月、初の一般社団法人発足(約60社)
- 新たな宇宙基本計画に宇宙食料について初めて記載



- 20年7月、暮らし・ヘルスケア分野の初のプラットフォームが発足(約65社)
- 22年以降のISS生活品公募で、非宇宙企業が多く採択

新規市場形成

- 20年11月、**世界初の宇宙アバター実証に成功**し関連技術を獲得(虎ノ門⇄宇宙)
- 初めてのJAXA展示館との遠隔見学実証成果も踏まえ、地方・コロナ禍の課題解決に向け**地上事業は大きく進展**
- 20年8月、JAXA外からの遠隔操作による**双方向ライブ配信技術実証に初めて成功**、通信基盤を高度化
- JAXA YouTube長尺動画2位の約555万(50カ国)を超える視聴(外出自粛の中、宇宙から初日の出を拝む)
- 3社から売上を計上し、**事業化に大きく進展**

アウトカム

- ◆ Twitter Japan社との公開寄付企画で**1,250万以上のツイート反応結果を得て、100万円(上限)の寄附が実現**
- ◆ 官民共創のアバター事業が、**ハーバード・ビジネス・スクール教材化**
- ◆ **コロナ禍・災害時の課題に、共創中の商品・サービスが対応し貢献**

(3) 新たなビジネス・サービスの創出

各種取り組みを通じ、民間企業の低軌道活動への参入が拡大している

将来の宇宙利用に向けた技術実証利用

宇宙ロボットによる
自動化技術の実証



GITAI Japan (株)

アバター技術の実証



地上からのリアルタイム
遠隔カメラ操作

ANAホールディングス(株)
avatarin(株)

免疫機能の研究
(プロバイオティクス)



(株)ヤクルト本社

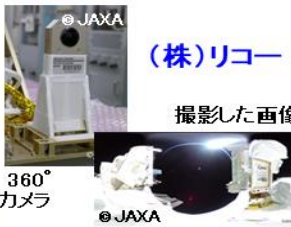
地上との間の
双方向光通信実証



© JAXA/
SONY CSL

(株)ソニーコンピュータ
サイエンス研究所

360° カメラの
軌道上技術実証



360°
カメラ

(株)リコー

撮影した画像

© JAXA

対話ロボット
技術実証

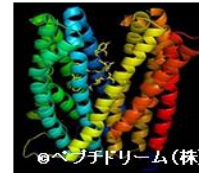


© トヨタ自動車(株)

トヨタ自動車(株)他

地上事業のための宇宙実験、 インフラ・データの利用

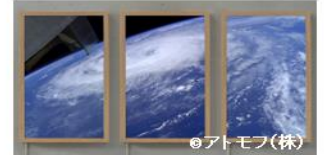
創薬研究(タンパク質実験)



© ペプチドリーム(株)

高品質結晶生成/分子構造解析
ペプチドリーム(株)他多数

宇宙映像利用



デジタル窓コンテンツ

アトモフ(株)

遠隔操作・双方向通信
技術の実証・事業化



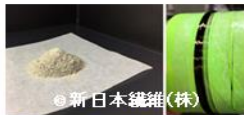
© バスキュール/スカパーJSAT/JAXA

(株)バスキュール

各放送におけるパートナー企業

(株)スカパーJSAT
ホールディングス
Twitter Japan (株)
日本コカ・コーラ(株)
(株)ポケモン
(株)集英社

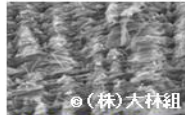
船外材料
曝露実験



© 新日本繊維(株)

新日本繊維(株)

カーボンナノチューブ
耐久性検証実験



© (株)大林組

(株)大林組他

袋培養
野菜栽培
技術実証



(株)竹中工務店
キリンホールディングス(株)他

静電浮遊炉実験
(熔融状態の熱物性取得)

静電浮遊炉
実験装置



浮遊状態で溶融
させた材料

© 新日本繊維(株)

新日本繊維(株)
AGC(株)

宇宙日本食



民間企業他多数

宇宙活動の成果を地上で活用

宇宙食ノウハウの
防災食への利用

© (株)ワンテール



(株)ワンテール

宇宙飛行士訓練
ノウハウの教育利用



Space BD(株)
(株)増進会ホールディングス

(3) 新たなビジネス・サービスの創出（まとめ）

他極に先駆けた有償利用制度の導入、技術支援、事業移管、事業共創活動等により、「きぼう」という低軌道活動の場を提供、多くの民間企業の参入を実現。

- ✓ 研究開発以外の多様な利用目的にも対応、民間企業や公共団体等の低軌道利用に門戸を開いた
〈有償利用：宇宙CM撮影、教育利用、東北復興ミッション等〉
- ✓ バイオベンチャーや創薬企業等がタンパク質結晶生成実験に参入。創薬の鍵となる重要データを提供
〈有償利用〉
- ✓ 民間企業との共同宇宙実験により、民間技術の宇宙活動への活用に向けた成果を獲得
〈共同研究：宇宙環境が免疫機能に及ぼす効果の研究等〉
- ✓ 宇宙環境利用技術をプラットフォーム(PF)化し、順次民間移管・事業化。企業によるユーザー開拓により民間利用者が拡大
〈超小型衛星放出PF、船外ポート利用PF、新薬設計支援PF〉
- ✓ 非宇宙も含む企業との事業共創活動を幅広く展開。民間の宇宙放送局事業等、新たな事業を創出
〈J-SPARC（宇宙イノベーションパートナーシップ）制度〉
- ✓ 民間企業の地上技術を宇宙で活用するため、「きぼう」で効率的な軌道上技術実証を実施
〈宇宙探査イノベーションハブ制度：光通信技術実証など〉

将来の活動への寄与

- ◆ トライアル利用⇒有償利用、事業民間移管⇒サービス化と 民間参画は着実に進展
 - ◆ 今後の民間利用の更なる拡大を図るための基盤が構築
- ⇒ 利便性の向上・支援制度の充実等により、持続的な経済活動の場へ

(4) 宇宙活動を支える人材基盤の強化

(4) 宇宙活動を支える人材基盤の強化

きぼう利用の公募研究テーマについて、各分野ともこれまでに多くの大学が参画

大学の利用テーマ選定件数(2010年~2019年)

科学利用	のべ45大学
タンパク質結晶生成実験	のべ193大学
材料曝露実験	のべ5大学
超小型衛星放出	のべ15大学

計258大学

※上記大学数は、各研究テーマの研究主宰者（PI）の所属組織が大学である件数をカウントしたものであり、研究分担者（CI）の所属大学は含んでいない。

公募テーマに選定された大学・研究室では、**選定テーマに関する研究・開発が推進され**

機器開発やデータ解析等の実践的取り組みを通じ**多くの学生・若手研究者が学ぶ機会を得た**

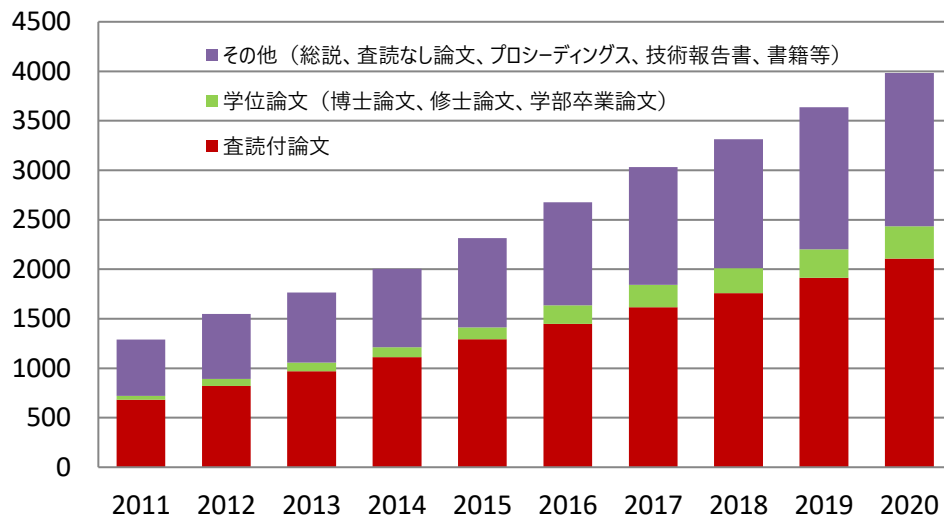
我が国における宇宙開発利用や学術研究を支える人材の育成に寄与

「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。

多くの学位論文が執筆されており、**査読付き論文においても、多くの場合、学生が著者や共著者となっている**

(宇宙実験関連研究が学生の育成機会となっている)



きぼう利用実験の実施が大学における学生・若手研究者の育成に貢献

(4) 宇宙活動を支える人材基盤の強化

超小型衛星放出

持続的な超小型衛星の放出機会の提供により、国内外の大学生らへの能力開発の機会を拡大

- 超小型衛星では開発から運用まで**宇宙機ミッションをコンパクトに経験**、大学生から若手技術者・研究者の人材育成に有効
- **高頻度かつ定期的な放出機会を提供**できる「きぼう」の強みが、学生の意欲向上や学内での知識伝承などにも寄与
- 国内大学等が開発した衛星の放出は15機(全体は58機)。**各大学は、将来の宇宙開発利用を担う人材を育成**。
(東京大学、九州工業大学、東北大学、北海道大学、静岡大学、千葉工業大、早稲田大学、筑波大学、和歌山大学、福岡工業大学、大阪府立大)
- JAXAは、衛星開発実績が豊富な4つの国内大学との戦略パートナーシップ協定を締結し、**海外の人材育成や小型衛星開発の普及で連携**。現在は、UNISEC連携に拡大。



大学との戦略パートナーシップ協定の締結(九工大)

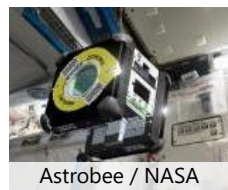


「きぼう」からの衛星放出実績のある大学の指導者ら

ロボットプログラミング競技会

「きぼう」船内でのロボットプログラミング競技会により日本・アジアの学生に挑戦・学ぶ機会を提供

日米の船内ドローンを用いて、日本を含むアジア太平洋地域の学生を対象にしたロボットプログラミング競技会を開催



第1回：日本を含む 7の国・地域 313チーム 1168人が参加
第2回：日本を含む11の国・地域 286チーム 905人が参加



(4) 宇宙活動を支える人材基盤の強化

植物栽培実験教育プログラム

参加型宇宙実験の教育プログラムで多数の日本・アジアの中高生らが参加

第2回4万人、第3回30万人以上が参加
第3回では日本含む12の国・地域が参加

軌道上：宇宙飛行士が栽培等を実施



第1回 アジア各国の植物種子を保管



第2回 アズキを種子から栽培・観察



第3回 アジアのハーブを栽培・観察・回収



地上：中高生が栽培・分析等を実施



第1回 学生が回収した種子を栽培



第2回 地上比較実験結果の分析

公募型簡易宇宙実験

中高生が提案した簡易宇宙実験をISSの日本人飛行士が実演・解説

全6回開催し11ヶ国が参加

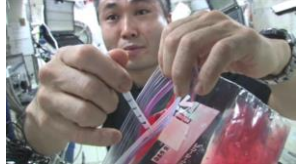
軌道上実験



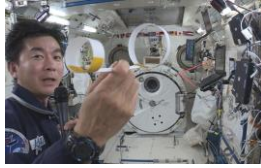
第1回実験



第2回実験



第3回実験



第4回実験



第5回実験



第6回実験



実験の様子をモニタ



実験結果を議論

飛行士講演・リアルタイム交信 教育コンテンツ提供

飛行士・管制官の講演等

軌道上との交信イベント



全国小学生（高学年）対象のISS交信を含むGIGAスクール特別講座（文科省連携）



宇宙飛行士・管制官らの講演会

全国で多数開催

教科書、図鑑、専門書、科学番組などへのコンテンツ提供



宇宙飛行士の教科書

A Textbook for Astronauts

(4) 宇宙活動を支える人材基盤の強化（まとめ）

宇宙飛行士の講演や各種コンテンツ提供等により青少年の宇宙・科学技術への関心を喚起。また、国内外の学生・若手技術者等の人材育成・能力開発にも貢献

- ✓ きぼう利用の公募研究テーマ等を通して、日本の宇宙開発利用や学術研究を支える人材の育成に貢献
＜きぼう利用テーマに関連する各大学等における学生・若手研究者・技術者の育成＞
- ✓ 持続的な超小型衛星の放出機会の提供により、国内外の若手技術者らへの能力開発の機会を拡大
＜国内有力大学との連携（戦略パートナーシップ協定）、国連宇宙部との協力（Kibo-CUBEプログラム）等＞
- ✓ 「きぼう」船内でのロボットプログラミング競技会により、日本・アジアの学生に挑戦・学ぶ機会を提供
＜第1回：7の国・地域 313チーム 1168人が参加、第2回：11の国・地域 286チーム 905人が参加＞
- ✓ 参加型の植物栽培教育実験プログラムにより、日本・アジアの中高生らの宇宙や科学への関心を喚起
＜直近の第3回は12の国・地域が参加。第2回4万人、第3回30万人以上が参加＞
- ✓ 中高生が提案した簡易宇宙実験をISSの日本人飛行士が実演・解説するプログラムにより、宇宙や科学への関心を効果的に喚起
＜これまでに6回開催。日本人宇宙飛行士がISSにて実演・解説＞
- ✓ 宇宙飛行士・管制官の講演、教科書・図鑑等の教育媒体へのコンテンツ提供により人材育成に貢献
＜文科省との協力による全国小学生（高学年）対象としたISS交信を含むGIGAスクール特別講座など＞

将来の活動への寄与

- ◆ 幅広い層の宇宙や科学技術等への関心や知識・能力を高める場として定着
- ◆ 文科省・学校等との連携、大学生対象の実践的プログラム等により、国が進める宇宙活動を支える次世代人材の育成の場として更なる貢献が見込める

⇒ 効果的なプログラムの充実で宇宙分野で活躍する人材を育成・輩出

(5) 国際宇宙協力の強化

(5) 国際宇宙協力の強化

ISS計画参加各極との国際協力

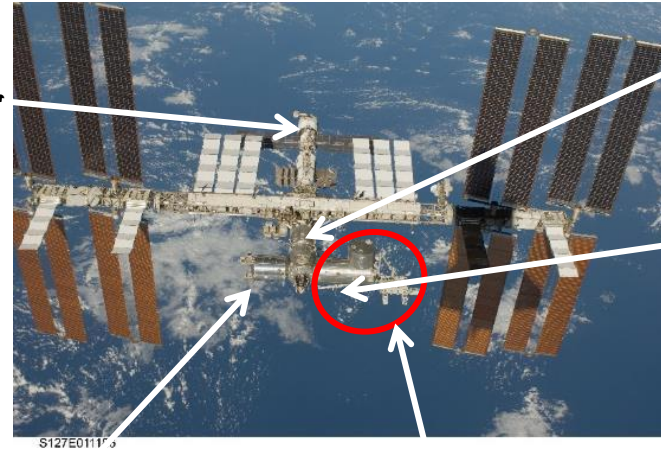
- ISSプログラムを通して国際協力による相互信頼と扶助の有効性を参加機関間で確認



日本は、信頼される
国際パートナーとして地位を確立

- 国際協力により進められているアルテミス計画において、日本は主要な参加国として参画している

ロシア実験棟・
居住棟



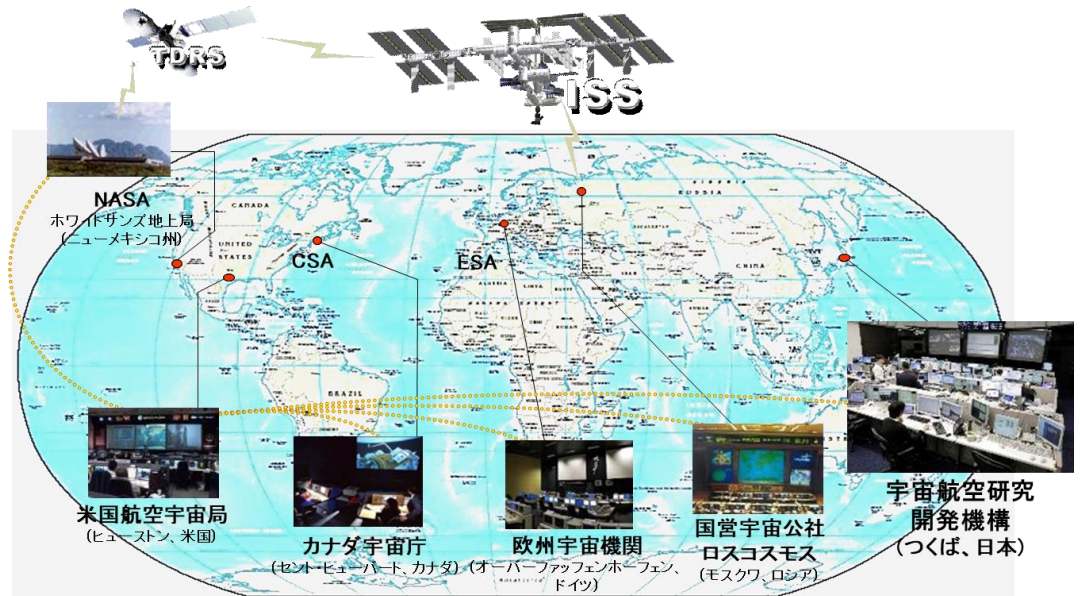
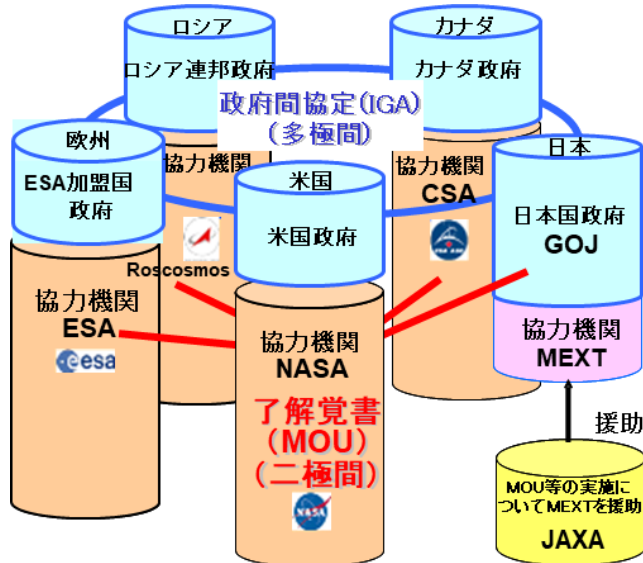
米国実験棟

ロボットアーム
(カナダ)

欧州実験棟

日本実験棟「きぼう」(JEM)

ISSの形態と各極が提供するモジュール等



(5) 国際宇宙協力の強化

ISS計画参加を通じた日本の貢献と日本人宇宙飛行士の活躍（国際プレゼンスの発揮）

「こうのとり」の物資補給によるISSの安定運用への貢献

100%の成功率と大型貨物輸送
(ISSバッテリー換装でも重要な役割)

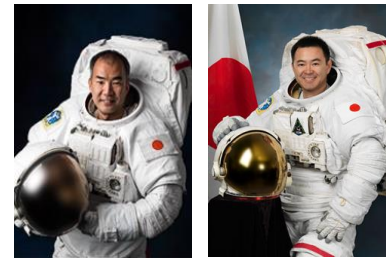
(2021/10/28時点)

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%



宇宙飛行士の活躍によるISSへの貢献

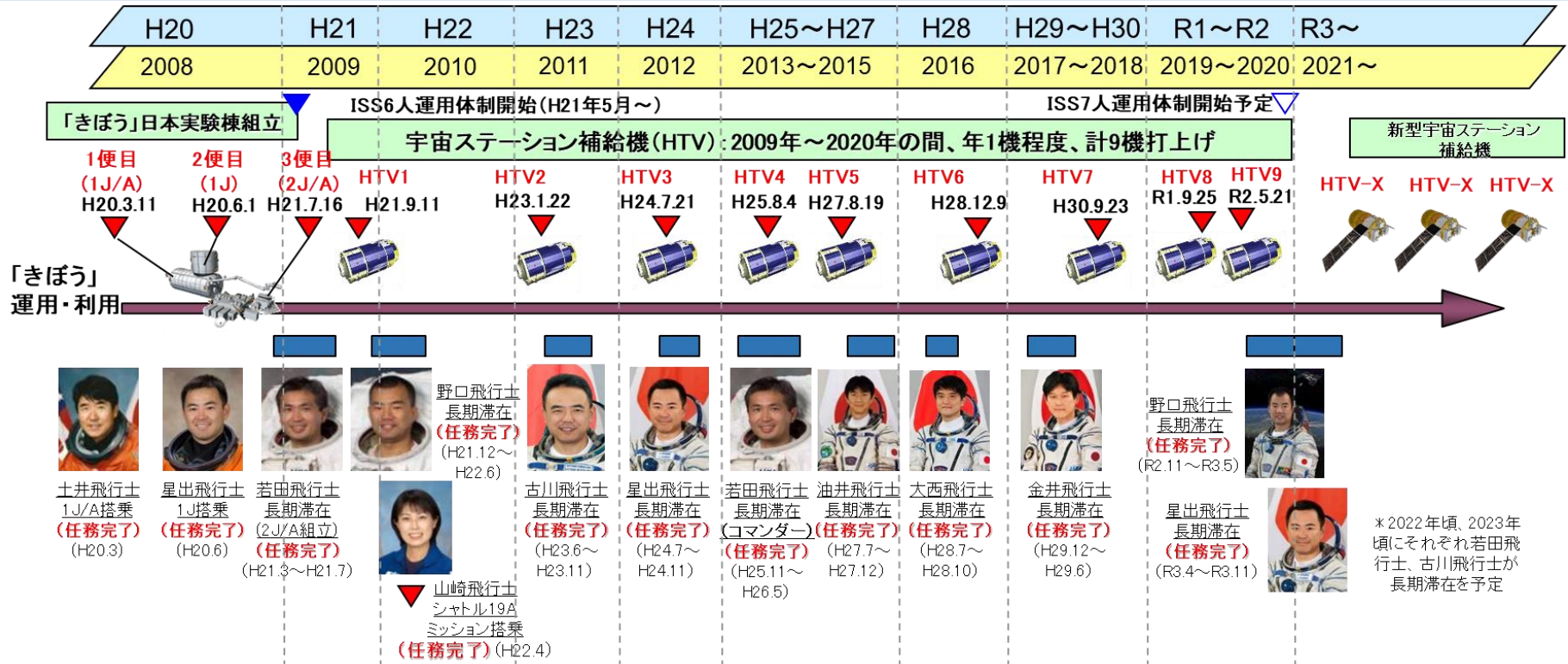
2名のISS船長輩出、米国人以外での米民間宇宙船初搭乗等



世界第3位の宇宙滞在実績

各国のISS滞在累積日数(2021/9時点)

	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



(5) 国際宇宙協力の強化

日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム (JP-US OP3)

2015年12月22日、我が国のISSの2021～2024年の運用延長に関し、新たな日米協力の枠組として、「日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム (JP-US OP3)」を構築することを主たる内容とする文書に署名

- ◆ ISSの実験設備・機器等の相互活用・共同研究、新しい宇宙技術の開発に関する運用
- ◆ アジア太平洋地域の宇宙途上国との協力
- ◆ ISSの新たな活用
- ◆ 効果的・効率的な宇宙関連技術の活用



島尻宇宙政策担当大臣・岸田外務大臣及び
馳文部科学大臣とケネディ駐日米国大使（署名時）

JP-US OP3に基づく日米共同ワークショップを2016年から日本・米国にて年2回開催
(目的：日米協力の強化及びISS利用の促進・成果最大化)



2019年2月12、13日 第5回を東京日本橋にて開催した時の様子



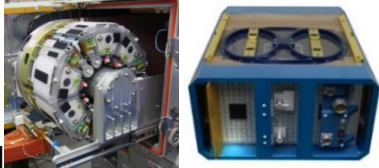
2019年7月29日 第6回を米国アトランタ開催時の様子

(5) 国際宇宙協力の強化

ISSにおける日米協力の枠組み JP-US OP3を通じた協力

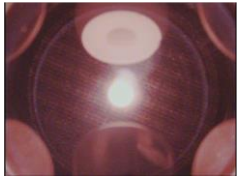
月面相当重力環境のマウス長期飼育ミッション

- NASAとの間でマウスのサンブルシェアやマウス飼育共同実験の実施、実験装置の相互利用等の合意
- 長期宇宙滞在での眼球組織障害軽減の知見を獲得
- 次回は、JAXA-NASA共同で月面活動の影響評価に向けたJAXA装置による低重力飼育共同実験を実施予定



JAXAの飼育装置 NASAの飼育装置

静電浮遊炉実験



- NASAの4つの実験テーマをJAXAの静電浮遊炉で実施することを合意。
- 1テーマ目の実験を実施し高機能材料の低コスト化に繋がるデータ取得に成功
- 2テーマ目の準備を実施中

学生ロボット プログラミング競技会

日米の船内ドローンを用いて、アジア太平洋地域の学生を対象にしたロボットプログラミング競技会を開催



- 第1回：日本を含む 7の国・地域 313チーム 1168人が参加
- 第2回：日本を含む11の国・地域 286チーム 905人が参加

OP3に記載された強固な日米協力による
ISS成果拡大やアジア地域への貢献を着実に推進

日米同盟の更なる強化

ロシアとの相補的宇宙実験協力 (効率的成果獲得)

小型魚類飼育実験

ロシアの科学研究プログラムにも合致する形で、JAXAの水棲生物実験装置を共同利用。日本の実験試料を露が打ち上げ

タンパク質結晶生成実験

JAXAがロシアテーマの高品質結晶を生成、JAXA分の実験サンプルの打ち上げはロシアが担当する形で全17回実施



良好な関係の維持・発展

2国間の協力・連携

アジア唯一のISS参加国 としてプレゼンス発揮

タイ タンパク質結晶 生成実験



マラリア治療薬に向けた実験

マレーシア 材料の宇宙放射線 影響評価実験



トルコ 船外曝露実験 (政府間協力)



UAE 船内ロボット利用 教育ミッション

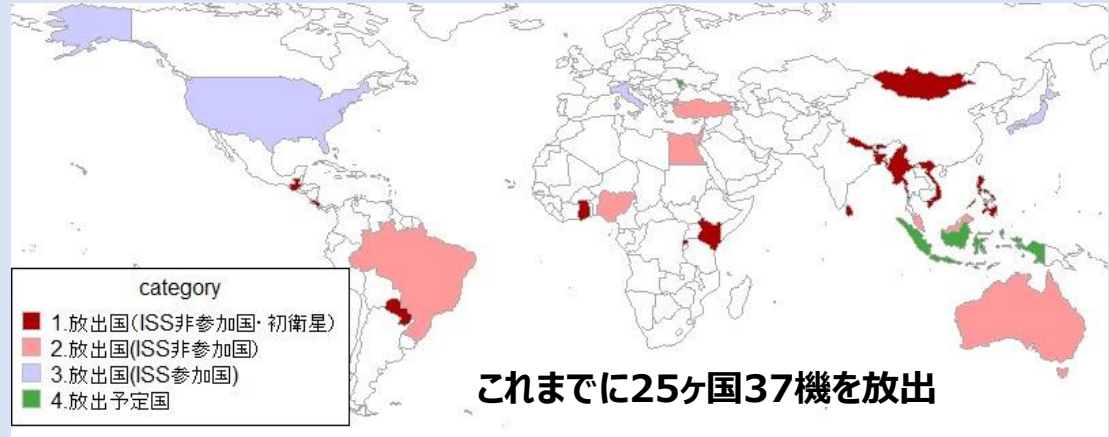


(5) 国際宇宙協力の強化

発展途上国・新興国の 超小型衛星を多数放出



- 国連宇宙部と連携によるKiboCUBEプログラム
- 衛星開発にかかる教育講座の実施



「きぼう」を通じアジア・アフリカ・ラテンアメリカ等の15の途上国・新興国が衛星保有国となり宇宙活動への参入を果たした重要な一歩を日本が支援し各国とのパートナーシップを構築

アジア太平洋地域の多国間協力枠組み Kibo-ABCによるISS利用促進



中高生向け
公募型簡易宇宙実験

学生ロボット
プログラミング競技会

植物栽培
教育ミッション

各国が重視する人材育成を支援するプログラムを展開し、各国とのパートナーシップを強化

14の国地域
18機関が参加



(5) 国際宇宙協力の強化（まとめ）

日米・日露共同実験、アジア諸国・新興国に対する日本を通じた低軌道活動への参加機会の提供等により、各国との関係強化、日本の国際プレゼンス向上に貢献

- ✓ ISS計画への参加と貢献により、宇宙活動において信頼される国際パートナーとしての地位を確立
＜「こうのとりのり」による安定的な物資補給、日本人宇宙飛行士の活躍等＞
- ✓ ISSにおける日米協力の枠組みを通じた共同実験等により、日米同盟の更なる強化に貢献
＜例：月面相当重力環境のマウス長期飼育ミッション、静電浮遊炉実験、学生ロボットプログラミング競技会等＞
- ✓ ロシアとの相補的な宇宙実験協力により、効率的に成果を獲得。良好な日露関係維持・発展に寄与
＜例：小型魚類飼育実験、タンパク質結晶生成実験等を実施＞
- ✓ タイ・マレーシア初の本格的宇宙実験、船内ロボットを用いたUAEの教育ミッション、トルコの船外実験等の実現により、友好国との関係を更に強化
＜タイ：タンパク質結晶生成実験、マレーシア：船外材料曝露実験等、UAE：宇宙教育ミッション等＞
- ✓ 発展途上国・新興国の超小型衛星を多数放出。15ヶ国の衛星保有国化（宇宙活動参入）を支援
＜国連宇宙部と連携したKiboCUBEプログラム、衛星開発にかかる教育講座の実施＞
- ✓ アジア各国のISS利用を促進する枠組みに、14の国地域の18機関が参加。各国が重視する人材育成を支援するプログラムを展開し、各国とのパートナーシップを強化
＜植物栽培教育ミッション、学生ロボットプログラミング競技会、子供・学生向け公募型簡易宇宙実験等＞

将来の活動への寄与

◆ 我が国の強みを活かした戦略的な国際宇宙協力により、各国との関係強化に貢献しつつ、日本の国際プレゼンスの向上に貢献している

⇒ 将来低軌道活動や国際宇宙探査等において、更なる協力強化を図る

宇宙基本計画（2020年6月30日決定）の記述に対応する形で、ISS計画における成果創出活動の状況について報告した。

各項目に関して、日本の強みを活かした形で、将来の地球低軌道活動や国際宇宙探査にも資する様々な成果の創出活動が順調に進展している。

今後も、更なる成果創出に向け活動を継続する。