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2025

第3版

2020年3月

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

CONTENTS

はじめに 2
本文書の位置づけ 3
第3版制定にあたって 3

1. きぼう利用を取り巻く環境認識 4
1.1日本国内の状況 4
1.2 海外の状況 5
1.3 JAXAの取組状況 6

2. きぼう利用推進の基本的考え方 8
2.1 きぼう利用の目指す姿（2030年頃の姿） 8
2.2 きぼう利用の目指す姿を実現するためのビジョン 9
2.3 目指す姿とビジョンを踏まえた当面の5つの目標 12
（1）国が進める課題解決型研究への貢献（目標1） 12
（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（目標2） 12
（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（目標3） 12
（4）研究者の内在的動機に基づく学術研究による科学技術力向上への貢献（目標4） 13
（5）国際プレゼンス向上への貢献（目標5） 13
2.4 目指す姿とビジョンの実現に向けた取組み 13
2.5 達成状況の確認と更新 15

3. きぼう利用の価値・成果の浸透 17

付録. 具体的な取組み 18
1.1 成果最大化に向けた重点化 18
（1）「きぼう」利用の中核を担う“プラットフォーム” 18
i. タンパク質の立体構造情報に基づく薬剤設計支援 19
（新薬設計支援プラットフォーム）
ii. 小動物の宇宙飼育を通じたヒトの健康長寿に関連する研究への貢献 24
（健康長寿研究支援プラットフォーム）
iii. 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） 28
iv. 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） 31
v. 無容器処理技術を利用した材料研究への貢献 35
（革新的材料研究支援プラットフォーム）
（2）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 39
i. 細胞医療への貢献に向けた立体培養技術の有効性実証 39
ii. 新素材の宇宙実証による信頼性向上への貢献 41
iii. 新たな発想に基づく民間利用の拡大 42
1.2 超長期有人宇宙滞在技術や探査技術の獲得 43
1.3 研究者の内在的動機に基づく学術研究の推進 51
1.4 国際協力の推進 51
1.5 宇宙実験を支える基盤技術の強化 53

（参考）略語集 54

今日の「きぼう」が
未来の「現実」になる

はじめに

2008年に国際宇宙ステーション(ISS)・「きぼう」日本実験棟が打ち上げられ、我が国の地球低軌道(以降、「LEO」という)における宇宙空間利用が本格的に開始されて以来、微小重力が有望な分野の特定と利用方法(技術)を構築してきた。そのような中、政府の宇宙開発利用の司令塔機能強化や宇宙航空研究開発機構(JAXA)の国立研究開発法人化、我が国としての国際宇宙探査への参加表明等「きぼう」利用を取り巻く環境は大きく変化しており、JAXA及び「きぼう」に求められる役割も時代と共に大きく変化してきている。

JAXAは、国立研究開発法人として、我が国の研究開発成果の最大化という使命に向けて、宇宙開発の中核的な実施機関として、社会貢献に直結する成果創出の拡大や得られた成果を我が国の研究開発や産業活動[1]の進展につなげることを「きぼう」利用を通じて実践してきた。

また、産業活動の進展については、国として維持すべき「きぼう」での活動のベースとなる枠組は、従来通りJAXAがその役割を担い、その上で、「きぼう」利用の更なる民間開放、宇宙探査イノベーションハブ[2]における取組み、宇宙イノベーションパートナーシップ(J-SPARC[3])による事業共創等を通じて、LEO(ISS含む)における民間活動の拡大に取組んでいるところである。

今後、ISS退役[4]以降も継続的に宇宙環境利用の取組みを実施していく観点からも、LEO(ISS含む)が民間主体の経済圏になるよう、民間による利用需要を増加させ民間投資を呼び込み、より一層民間による活動を拡大させていく必要がある。

以上の状況を踏まえ、これまで国費を投じて整備・発展させてきた「きぼう」の実験技術[5]の質・量・多様性をニーズに基づき大幅に向上させ、産学官の幅広い利用者に「きぼう」が活用されることにより、我が国としての科学技術の向上や国の統合イノベーション戦略に大きく貢献する。そのため、「きぼう」ならではの成果創出に重点化すると共に、民間企業の研究開発活動に必要な手段の一つとして投資価値が認められた宇宙実験(投資判断済み事業)を重点的に進めていき、宇宙を場として利用し、地上の国民生活に役立つ成果を継続的に生み出す研究開発基盤として「きぼう」を最大限活用することにより、社会の負託に応えていく。

1 「民間活力を取り入れた地球低軌道利用の促進や新たな産業創出を目指すことが重要」(ISS・国際宇宙探査小委員会 国際宇宙探査の在り方(中間とりまとめ):2017年7月)

2 様々な異分野の人材・知識を集め、これまでにない新しい体制や取組んで、「広域未踏峰探査技術」「自動・自律型探査技術」「地産・地消型探査技術」の3つの 研究分野を中心に新技術に取組み、日本発の宇宙探査におけるGame Changing(現状を打破し、根本的にものごとを変えること)が実現可能な技術を開発し、宇宙探査の在り方を変えると同時に地上技術に革命を起こすことを目指す活動

3 JAXA Space Innovation through Partnership and Co-creation:宇宙ビジネスを目指す民間事業者等とJAXAとの対話から始まり、事業化に向けた双方のコミットメントを得て、共同で事業コンセプト検討や出口志向の技術開発・実証等を行い、新事業を創出するプログラム

4 現在、我が国は2024年までISS・「きぼう」を運用継続することとしており、2025年以降については、今後、我が国を含むISS参加国間で議論がなされるものの、いずれはISS・日本実験棟「きぼう」も構造物としての設計寿命を迎えることは避けられず、その運用を終了する

5 「きぼう」利用を支える技術全体を指し、技術に裏付けられた利用サービス(宇宙実験の入口から実験終了までのEnd-to-Endに必要な作業)も含む

本文書の位置づけ

これまでは、宇宙基本計画や科学技術基本計画等の政府文書を踏まえ、JAXAの有人宇宙技術部門事業計画に基づいて、個別目的ごとに「きぼう」を利用する戦略・方針をまとめ、実行計画に具体化し事業を進めてきた。2015年度に国立研究開発法人となってからは、「きぼう」利用が他機関の研究開発事業と相乗効果を生み出し我が国全体として成果を最大化させるために、国の研究開発機関や民間との連携が不可欠となっている。有限である「きぼう」運用期間中に効果的・効率的に成果を創出していくためには、戦略的かつ組織的に「きぼう」利用を推進していくことが重要であることから、これまで様々な文書に分散していた「きぼう」利用の戦略・方針を体系化し、JAXAとしての目指す姿や目標等を加え、JAXA有人宇宙技術部門長の諮問委員会であるきぼう利用推進有識者委員会での討議・審議を経て「きぼう利用戦略」として策定するに至った。

本戦略は、総合事業計画のもと、JAXA経営・事業方針を踏まえて策定される有人宇宙技術部門事業計画に基づき、また、宇宙環境利用が人類にもたらす恩恵を考慮すると、現時点の政府決定である2024年までのISS運用がさらに延長されることを想定し「きぼう」利用がもたらす2030年頃の姿、その上での2024年までの目標とその具体的な取組み等をまとめ、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ことを目的とする。

従って、有人宇宙技術開発や実験装置の具体的な開発方針は本書では定めない。また、本利用戦略は「きぼう」利用を取り巻く状況の変化及び本戦略の進捗状況等を踏まえ定期的に見直しを行うものとし、特に「付録」に示した目指す姿を実現するための個別具体の取組みについては、PDCAサイクルを確実に回し、毎年見直しを行うことを基本とする。本利用戦略を国内外に広く周知し理解を得て、社会課題の解決に向けて「きぼう」利用を強力に推進していく。

第３版制定にあたって

本文書は、「きぼう」利用の目標やその達成に向けた基本方針等の利用戦略の骨格をとりまとめた初版を2016年10月に制定し、2017年8月にその具体化を図り第2版を制定した。第3版では、本利用戦略に基づく「きぼう」利用の進展、LEOの活動及び有人探査計画に関わる状況変化に対応し、更新を行った。本改訂のポイントを以下に示す。

① **宇宙環境利用活動の継続を前提として、ポストISS（2028/2030年以降）につなげる方向性(目指す姿)を明確化**

② **2030年頃のLEOの状態を想定して、そこに向けたビジョン・ロードマップの明確化**

- ▶ ISS運用期間を最大限活用し、探査活動の実施及びISS退役以降の利用継続性確保に向けた準備を積極的に取組む
  - ・超長期有人宇宙滞在・探査技術獲得（JAXA事業として「きぼう」利用）
  - ・国の課題解決型研究・学術研究（公的基盤としての「きぼう」利用）
  - ・民間利用オープンイノベーション（商業活動の場としての「きぼう」利用）

③ **2024年までの取組みの最新化（活動の進展を受けて）**

④ **成果最大化に向けた重点化領域（プラットフォーム）の更新**

- ▶ 加齢研究支援プラットフォームを健康長寿研究支援プラットフォームに名称変更
- ▶ 革新的材料研究支援プラットフォーム（静電浮遊炉利用）及び次期プラットフォーム候補として細胞医療研究支援を明示
- ▶ ExHAMを活用した新素材の宇宙実証はi-SEEPを活用して実施に移行

⑤ **個別の取組みは付録とし、世の中の状況変化や個別施策の進捗状況を踏まえて見直しを行う。（個別の取組みの更新を柔軟に実施できるようにするため）**

1
きぼう利用を取り巻く環境認識

1.1　日本国内の状況（国の政策状況）

» 科学技術基本計画/統合イノベーション戦略

2016年1月に閣議決定された第5期科学技術基本計画において、宇宙は、人類共通の知的資産に貢献し活動領域を広げ得るものであるとともに、近年世界的に安全保障、民生利用面での重要性が高まっていることから、我が国としてもその基盤としての科学技術を、宇宙の開発・利用と一体的に振興していく必要があるとされている。宇宙に関する技術の一つとして有人宇宙活動が挙げられている。

» 宇宙基本計画

第4次宇宙基本計画の改訂議論が行われており、Society 5.0[6]やSustainable Development Goals(SDGs)への貢献等、地球規模の課題解決への貢献が宇宙活動全体に求められている中、ISS計画においても、費用対効果を向上させつつ、国際宇宙探査に向けた技術蓄積や将来のLEO活動の拡大に向けた民間利用を促進することが求められている。

また、宇宙基本計画工程表(2019年度改訂版)においては、新たな日米協力の枠組みである「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[7]）」を含む海外利用の強化、ISS退役以降の宇宙環境利用継続を見据えた民間事業者参画・民間移管の促進、自動化・自律化の促進、国際宇宙探査への貢献等、ISSの成果最大化を図るとされている。

» 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

LEOの長期的展望については、以下の考えの下、「我が国におけるLEO活動の継続的な実施と拡大を支えるシステムの具体的検討および必要な要素技術・システムの研究開発を進める」とされている[8]。

① LEOは、以下の観点から、我が国にとっても引き続き有意義な活動の場であるとともに、その重要性は増大すると考えられる。

6 サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会（Society）のこと

7 Japan-United States Open Platform Partnership Program: ISSにおける成果最大化に向けた日米協力強化の枠組み（2015年12月に日米政府間で締結）

8 「地球低軌道における2025年以降の有人宇宙活動に関するこれまでの議論の整理」より抜粋（第35回ISS・国際宇宙探査小委員会）

- ISSでの有人宇宙活動を含む我が国の国際的なプレゼンスの確保
- 新たな知の創出
- 月・月以遠探査に向けた宇宙実証の場、ならびに軌道間輸送の中継拠点
- ISS等で培った技術の発展的継承、及び宇宙活動に携わる人材の継続的育成
- 新たなビジネス・サービスの創出、産業振興

② 上述の新たなビジネス・サービス創出、産業振興という観点から、ISSで実施されてきた研究・開発（創薬、材料開発等）から新たな経済的な価値が創出され始めてきている状況や、超小型衛星放出や宇宙メディア、宇宙旅行等の宇宙ビジネスの開始と今後の増大の可能性を背景に、今後、民間事業者がより主体性を持ってLEOを活用し、新たな事業が展開される等、民間が果たす役割の拡大が期待されている。

1.2 海外の状況

米国では、議会において2028年もしくは2030年までのISS運用延長に関する法案が提出され、審議が継続されている。また、2019年夏には、米国企業及び民間宇宙飛行士によるISSでの商業活動・マーケティング活動を可能とする新しい枠組みを発表。これにより米国企業の創意工夫により事業革新を図り、ISSでの商業活動・マーケティング活動が可能となる。現状、本活動には米国が有する利用リソースの5%を割り当てるとし、長期的な民間拠点への移行を試行している。そういった中で、2020年1月には、ISS初の商業利用モジュール提供者としてNASAによりAxiom Space社が選定されており、今後さらに商業利用に向けた民間の活動が活発化していくことが予想される。

一方、米国における宇宙環境利用分野において、“ISS National Lab”の位置づけは変わらず、引き続きNASA以外の米国内の国立機関(国立衛生研究所（NIH）、エネルギー省、農務省、国防総省等)や民間等にも利用機会を開放し、米国の有するISS利用リソースの50%を提供し、“Advanced Material Research” 及び “Industrial Biomedicine Research”の両分野を中心とした利用を進める方針としている。

NASAは、米国の残り45%のリソースを使って、探査に向けた技術実証や人類の生存圏拡大に向けた独自の研究活動・知見の蓄積を行っている。また、ISS退役以降の宇宙環境利用活動の継続性の確保についても、民間主体による軌道上施設において、NASAはユーザとして活動(微小重力実験研究や他活動)を継続することを目標としている。

欧州については、2019年11月のESA閣僚級理事会において、2030年までのISS運用継続に向けた方針を示している。ドイツは、居住区、フリーフライヤーモジュール、サービスモジュールから成るLEOプラットフォーム“Orbital Hub”を提案しており、その技術検討を行っている。

ロシアは、2016年3月に承認した「2016-2025年連邦宇宙計画」において、2024年の運用終了後にロシアのモジュールを切り離し、これらを基にロシアの宇宙ステーションを建設する技術検討を行っており、ISS退役後もロシア単体でも宇宙環境利用を継続する意向を示している。

中国は、2022年頃の完成を目指して独自の宇宙ステーション建設を計画しており、国連宇宙部と連携して実験計画を各国から募集し、9件の実験を採択している。

インドは、インド初の有人宇宙船“ガガニャーン計画”の準備を進めており、2022年までに打上げを目指している。また、4名の宇宙飛行士を選抜し、ロシアで訓練を実施している。

1.3 JAXAの取組状況

» 利用の可能性探索（探索・選択フェーズ:2008年～）

「きぼう」利用の初期段階は、我が国が初めて獲得した長期間の微小重力等の環境利用を主体的に計画・実行できる実験室として、それまでのスペースシャトルや「きぼう」利用に先立つ他国のISS設備の利用を踏まえ、「きぼう」初期利用に向け選定されたテーマを実施した。これにより、「きぼう」に搭載した実験装置の初期検証を行うとともに、例えば、細胞レベルでの宇宙放射線や微小重力影響の評価、植物の種子から次の種子を得るまでの1ヵ月以上の長期栽培実験、物質の結晶生成過程や流体現象の観察、微小重力の応用利用としてタンパク質結晶生成における分解能向上の実証、あるいは船外では、X線天体の観測、大気環境観測センサーによる地球観測等を実施し、科学面での成果創出を図るとともに、「きぼう」の有用性確認を通じ、有望な利用領域の探索を進めてきた。

さらに、研究者等の自由な発想に基づく提案を中心に幅広い分野で新たな利用テーマを選定し、宇宙環境下における現象の把握と解明を進め、微小重力が有望な分野や領域を開拓して科学研究利用の裾野を拡大してきた。また、これら多様な利用を支えるため、共通基盤的な実験装置として多目的実験ラック等を新たに開発し、宇宙実験技術やノウハウを蓄積してきた。2012年には、より地上の社会課題に成果を還元できる波及性の高い研究テーマの選定を目的に、JAXAが定めたISS・きぼう利用シナリオに基づく重点戦略目標を達成するための科学研究の募集・選定を行った。

» 利用の社会的・実用的価値の実証（開発・実証フェーズ:2012年頃～）

その後、宇宙基本計画の改訂や文部科学省国際宇宙ステーション・国際宇宙

探査小委員会の取りまとめ等が出され、また、国立研究開発法人化によるJAXA内の変革があり、「きぼう」利用については、国の戦略的な研究開発での利用や民間主体の研究開発利用の拡大等の出口戦略に基づく重点化が求められるようになった。

これを踏まえ、国が戦略的に推進している最先端研究に対して研究手段の一つとして宇宙実験機会を提供するとともに、宇宙実験技術の高度化によって最先端研究利用を技術の側面から支え、国の課題解決への貢献を鮮明に打ち出すこととし、国の戦略的な研究を対象としたテーマの募集制度を新たに整備した。

具体的には、宇宙実験の成果をより明確に地上の超高齢社会の課題等への還元を図るため、実験技術としてより高度な哺乳類（マウス）を用いた研究環境を新たに開発し、世界初となる重力の定量的影響評価等の成果を挙げた。また、「きぼう」での高品質なタンパク質結晶生成により、筋ジストロフィーや歯周病等の具体的な創薬につながる成果を挙げ、実験難易度や実験頻度等の実験環境の質的・量的向上を図った。船外では、超小型衛星放出機構の開発・実証、船外実験装置設置ポートの共用化・簡易化等により、民間等を含む多様な利用を推進することで、「きぼう」の社会的・実用的価値の実証を進めた。

これらにより、民間主体の研究開発利用として、定型サービス設定等利用メニューの見直しと充実を図り、民間企業のニーズに応えうる定型サービスを提供することで民間の研究開発活動への貢献を進めてきた。

» 利用の社会定着・持続継続性のある利用への発展（実装・発展フェーズ：2017年頃～）

「きぼう」日本実験棟は、その完成から10年を経て、上記のマウスを利用した研究や高品質タンパク質結晶生成等の実験、超小型衛星放出や船外利用等の機会を長期間にわたり、継続的かつ安定して提供することにより、宇宙環境利用・技術実証の場として、また、身近で宇宙利用の場“プラットフォーム[9]”としての定着を図っている。また、国が支える利用から、民間企業が自ら投資した利用やアカデミアによる主体的な利用が拡がりつつあり、船外については自ら利用サービス提供を行う民間事業者の選定に至っている。

その様な状況の中、国内外（特に米国）におけるLEO（ISS含む）での民間活動が活発化しており、また、我が国における宇宙政策の議論では、宇宙以外の分野との連携や投資の促進等、宇宙を活用した産業振興が強く求められているため、今後、更なる宇宙産業基盤の強化・民間利用の拡大が求められる。

一方、民間利用の拡大や宇宙産業基盤を強化し、民間企業による自立したサービス提供を確立するには、利用できるリソース（クルータイムや打上げ・回収質量等）や技術面・プロセス面等での課題解決が必要である。「きぼう」を社会インフラの一部として定着させ、ISS退役以降もLEOが人類の経済活動の場として持続的・継続的に発展していくよう、これらの課題解決に向けて民間と連携してシステム開発や技術開発等を進めていく。

9 宇宙実験の実績・成果がある「きぼう」利用のうち、国の科学技術施策の実現や民間企業の研究開発等に貢献でき、JAXA内外から利用ニーズがある利用領域の内、「きぼう」利用の柱として位置づけられた研究開発基盤

2

きぼう利用推進の基本的考え方

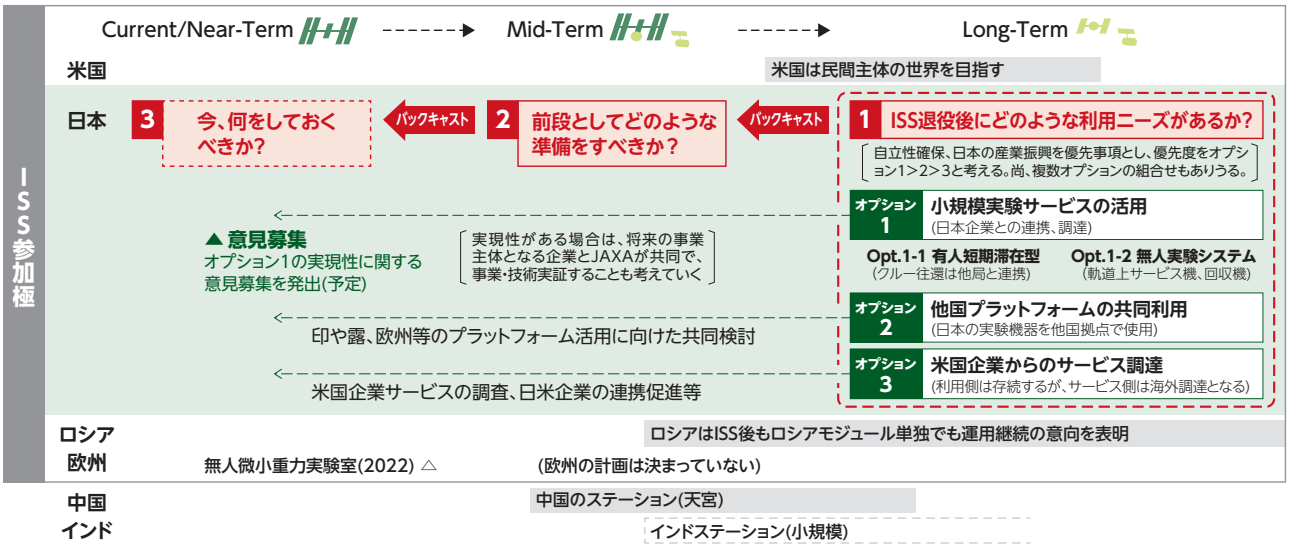
2.1　きぼう利用の目指す姿（2030年頃の姿）

「きぼう」利用を通じて、地球低軌道（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

LEO(ISS含む)における活動が世界規模で拡大している中、米欧においては、2030年頃までISSを継続して運用・利用する方向性が示されており、ロシアや中国、インドにおいても独自のステーションを活用した活動の展開を表明している。

このような状況の中で、JAXAとしては、長期安定した実験環境であり、アクセス性の高い「ISS」の強みを生かして最大限に活用して、「技術実証・技術蓄積の場としての“きぼう”」、「学術・サイエンス利用の場としての“きぼう”」、「商業活動の場としての“きぼう”」として、「きぼう」を引き続き有効利用すると共に、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することで、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退役以降の宇宙環境利用に関する長期計画・オプション



なお、ISS退役以降の宇宙環境利用の継続方法については複数のオプションが考えられるが、LEO(ISS含む)において、長期間の安定した微小重力環境を活用した研究開発・科学利用成果が人類に多大なる恩恵をもたらすこと、また、JAXAにおける探査活動に向けた技術実証の場としても活用できることから、引き続き宇宙環境利用を継続することを想定する。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。

2.2 きぼう利用の目指す姿を実現するためのビジョン

日本政府による、米国が構想する月近傍有人拠点（Gateway）計画への参加表明に伴い、今後、JAXAとしてはLEO以遠に有人宇宙活動領域を拡大させていくことになる。そのため、月面へのアクセスを効率的に実施するための月軌道上の拠点を米国と共に構築し、将来的には月面を科学探査等の多様な活動の場へと発展させることを目指している。

このような状況の中、探査活動とISS活動を両輪で実施していくための有効な策として、民間主体のLEO（ISS含む）活動を拡大することは必要不可欠である。また、ISS退役以降の宇宙環境利用の継続性を考慮すると、限られた資源の下で官主導の新たな有人拠点を構築することは現実的ではなく、民間企業による自立した活動拠点の構築が必要であり、今からその準備についても取組む必要がある。

そのため、ISSという史上最大級のLEO有人施設を最後まで活用し、将来の宇宙環境利用の継続や探査活動に向けた準備を行う。将来的にJAXAとして継続すべき研究領域をさらに重点化・絞り込みを行うとともに、JAXAが確立してきた技術や手段を移管して、民間に任せられるものは民間に任せ、JAXAは一顧客として必要なサービスを調達し、最終的には民間が自立的に活動を展開している世界を実現していく。なお、LEO(ISS含む)における民間活動は、既に米国民間企業が中心となって活発化してきており、今後、LEO(ISS含む)が経済活動の場として飛躍的に発展していくことが予想される。将来、我が国の民間企業がLEO(ISS含む)での経済活動を展開するうえでの優位性を確保するためにも、世界のベンチマーキングやニーズ、民間企業の意見等も踏まえ、優位となる技術を持った利用システム・装置開発を行い、民間移管後も国際的な競争優位性を確保できるようにする。また、LEO(ISS含む)における宇宙環境利用の継続と利用機会確保に向けた方針を示すことで、民間企業の事業予見性を高め、民間が自立的に活動を展開できる状態を早期に実現したい。

そのためにも、2030年頃のLEO活動の状態を想定し、「きぼう利用の目指す姿」（2.1項）の実現に向け、以下3つの領域を今後JAXAが取組むべき活動領域とし、限られたリソースの中で選択と集中を図り今後の「きぼう」利用を進めていく。

【 領域 】

① 超長期有人宇宙滞在技術・探査技術獲得の推進（JAXA事業利用）
② 国の課題解決型研究・学術研究の推進（公的利用）
③ 民間利用オープンイノベーションの推進（商業活動利用）

【 方向性 】

① 超長期有人宇宙滞在技術・探査技術獲得の推進

- 今後、より多くの人類が宇宙に滞在もしくは長期間宇宙空間で生活することを見据え、現在のISSにおける宇宙飛行士の滞在期間を超える超長期有人滞在に必要な技術や知見（宇宙環境が及ぼすヒトへの影響の解明等）を獲得する。

- Gatewayへの日本政府としての参加表明を踏まえ、「きぼう」において、月近傍・月面探査活動・環境利用に向けた技術蓄積と実証を進めると共に、「きぼう」利用で進めてきた研究成果をGateway利用にシームレスにつなげる。

② 国の課題解決型研究・学術研究の推進

- 「きぼう」ならではの環境を活かし、我が国が抱える課題解決への貢献や我が国の基礎・基盤的な科学技術力の向上に貢献可能な利用を拡大し、その領域については重点化・絞り込みを行う。

③ 民間利用オープンイノベーションの推進

- これまで培ってきた有人技術・宇宙環境利用技術について、成熟したものから順次、民間に移管・移譲していき、民間が自立してサービス事業を展開し、国・JAXA・アカデミアが顧客として必要なサービスを調達する状態を構築する。

- ISS退役以降の宇宙環境利用エコシステム[10]構築に向けた準備に積極的に取組む。

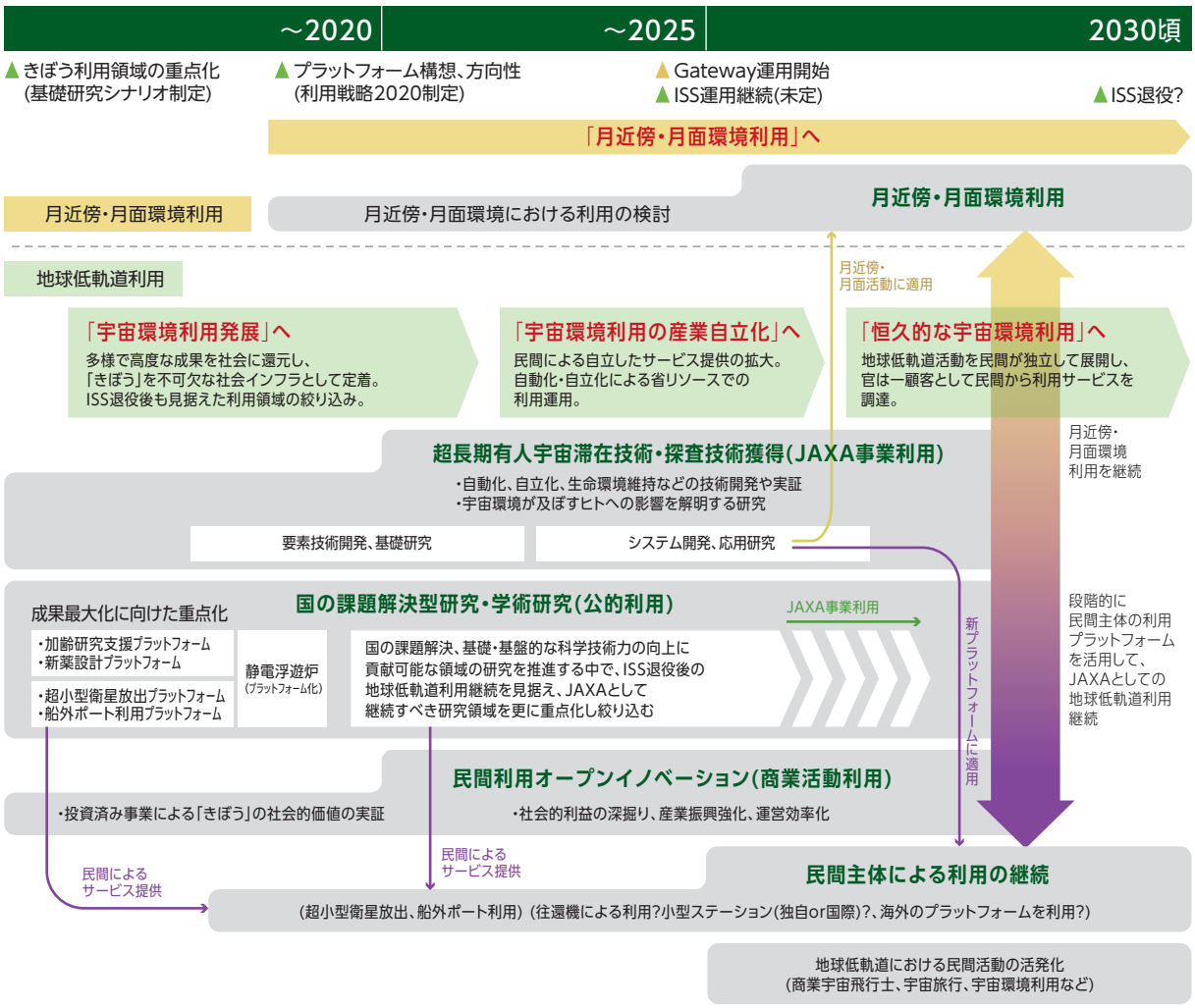
④ 上記①～③の「きぼう」利用を支える基盤技術

- 限られたリソースの中、効率的・効果的に宇宙環境利用を進めるため、人の手を介在しなくても実施可能な作業については、宇宙飛行士が作業しなくても自律的に作業が進められるよう、宇宙

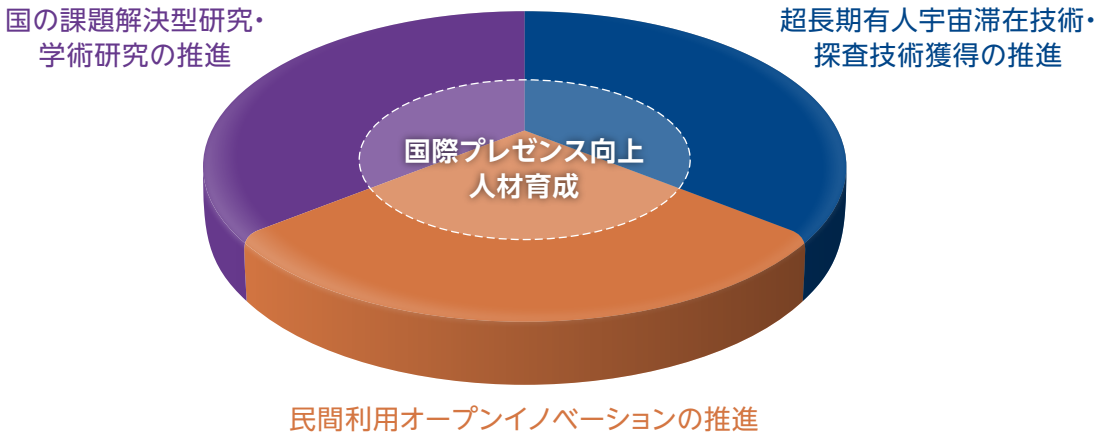
10 国・民間が夫々の役割をもって有機的に繋がることによって実現する持続性のある経済圏

環境利用・運用の自動化・自律化や遠隔操作技術の研究開発（通信遅延への対応、精度が求められるタスク実行時のセンシング機能向上、操作対象側の自動化の推進等）に取組むと共に、蓄積された技術は将来の宇宙探査や地上に還元する。

▼本戦略のベースとなるJAXAとしての宇宙環境利用全体像



▼「きぼう」利用ポートフォリオ



2.3　目指す姿とビジョンを踏まえた当面の5つの目標

（1）国が進める課題解決型研究への貢献（目標1）

科学技術基本計画や統合イノベーション戦略等の下で、国が戦略的に推進している施策に「きぼう」の微小重力環境を活かし、研究成果の価値を高める。

（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（目標2）

民間企業が自らの資金で「きぼう」利用を行い、得られた成果を事業に用いることで、「きぼう」利用の社会的価値を示すと共にLEOにおける商業化を促進するため、利用者独自の目的で「きぼう」を利用し、その利用成果を独占的に取得・使用可能な有償利用制度を設けている。有償利用制度には、タンパク質結晶生成実験や材料の熱物性データ計測のように、既に確立した技術とプロセスを用いて比較的に安価に利用できる定型化された実験利用から、新たに装置開発等を行い打ち上げて利用するまで、幅広い利用形態（ロボット・遠隔操作技術の実証実験、被服素材の実証等）が設けられている。

また、初めて「きぼう」を利用する研究者や技術者が「きぼう」の特性や強みを活かした質の高い研究を実施できるように、科学的専門性や技術相談等の支援を行うコーディネータ[11]を配置して、利用相談や宇宙実験計画の立案をより強力にサポートできるようにしている。

11 コーディネータの果たすべき役割は、単に相手の要望に応じて「きぼう」利用サービスを紹介するだけではなく、相手のニーズや課題を理解し解決方法を提案する

（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（目標3）

日本の民生分野の優位技術を最大限活用し、ロボット技術・遠隔操作技術等を用いた自動・自律運用による宇宙環境利用技術、有人宇宙滞在に必要不可欠な技術である水再生や空気再生等の生命維持・環境制御技術、宇宙放射線計測・防護技術、重力環境に強く依存する材料燃焼性の予測を可能とする宇宙火災安全技術、宇宙医学研究を通じて取得する宇宙環境が人体に及ぼす影響・対策等、ISSを最大限活用した技術実証・知見の獲得を戦略的に進め、LEO(ISS含む)における長期滞在やLEO以遠の有人滞在拠点における長期運用へと発展させ、将来の人類の活動領域の拡大へ寄与する。

（4）研究者の内在的動機に基づく学術研究による科学技術力向上への貢献（目標4）

研究者の内在的動機に基づく学術研究は、「新たな学際的・分野融合的領域を創出するとともに、幅広い分野でのイノベーション創出の可能性を有しており、イノベーションの源泉となっている」（第5期科学技術基本計画:2016年1月22日閣議決定）。また、これまでの学術による「きぼう」利用研究の積み重ねがあったからこそ、現在の戦略的な研究領域を設定することが可能となっている。今後も独創的かつ先導的で、国際的に高い水準の「きぼう」利用を推進し、我が国の基礎・基盤的な科学技術力の向上に貢献するとともに、将来のLEO(ISS含む)における微小重力実験の利用拡大につなげる。

（5）国際プレゼンス向上への貢献（目標5）

ISS計画への日本の参画は、我が国の国際的なプレゼンスの確立及び宇宙分野での国際的な発言力の確保に大きく貢献してきた。アジア・太平洋地域における唯一のISS計画参加国であることの外交的重要性を踏まえ、引き続き、「きぼう」における有人宇宙活動を通じ、国際プレゼンスの向上に努める。

日米協力においては、2015年12月に日米両政府によって表明された新たな日米協力の枠組であるJP-US　OP3の考え方のもと、JAXA-NASAの積極的な相互利用を推進し、戦略的・外交的な側面から日米協力の強化に貢献する。また、JP-US　OP3以外の政府間宇宙協力等に対しても「きぼう」利用による貢献を進め、我が国の更なる国際プレゼンスの向上に寄与する。

2.4　目指す姿とビジョンの実現に向けた取組み

【 2024年までの取組み 】

宇宙環境利用の継続性確保及び超長期宇宙滞在や深宇宙探査に向けた技術開発

ISS退役以降における宇宙環境利用継続の在り方として、他国や民間が運営する軌道上プラットフォームの活用や往還機、フリーフライヤーの活用等、複数のパスが想定されるが、いずれの方式になったとしても、我が国として継続すべき利用領域の分野については、確実に利用が継続できるよう、利用・運用技術を確立する。その際は、地上にあるロボット・

遠隔技術、人工知能(AI)等を最大限活用し、人が介在しなくても利用が継続できるよう自動・自律運用による利用の実現に取組む。なお、利用継続性を確保する一つの考え方として、日本独自の利用技術（小動物飼育・解析技術、タンパク質結晶化・解析技術、静電浮遊技術等）を各国へ展開し、浸透、定着させることでデファクトスタンダード化し、ISS退役以降も我が国として継続すべき宇宙環境利用をシームレスに継続できるようにする方法もある。

超長期宇宙滞在や深宇宙探査に向けた技術開発については、月探査計画参加に伴う日本人宇宙飛行士の月面到達の可能性や米国における商業宇宙飛行士の誕生、ベンチャー企業等を中心とした宇宙旅行の構想等、今後、一般のヒトがLEO(ISS含む)及び以遠に滞在することが想定されるため、ヒトが長期間宇宙空間に滞在するにあたって必要な技術、探査に向けた技術等の研究開発・実証や宇宙滞在中に遭遇する健康リスクとして、宇宙環境が人体に及ぼす影響（無重量の影響、放射線の影響、精神・心理的な影響等）についての研究を中心に進める。

利用ユーザの拡大及び利用サービスの民間移管

日本が獲得してきた宇宙環境利用技術（タンパク質結晶生成、小動物の長期飼育、静電浮遊による無容器凝固等）の重要性・将来的な発展性を十分に検討し、JAXAとして維持・継続すべき研究領域については、プラットフォームという強固な研究開発基盤[12]に発展・定着させる取組みを継続すると共に、将来の新たなLEOプラットフォームの構築も見据え、米国のISS National Labのように、「きぼう」における研究開発利用の推進を目的とした組織等を今から構築し、利用資金の調達を行うと共に、国内における利用の取りまとめ・利用機会の提供（利用者支援、テーマ公募、実験準備等）を行うことで、官（国研等含む）や民間利用の更なる拡大を図っていくことについても検討する。

また、民間企業が国際的な競争優位性を確保できるよう、世界のベンチマーキングやニーズを踏まえつつ、先行している超小型衛星放出事業及び船外実験サービス提供事業の成功例に倣い、利用領域ごとに利用を取りまとめる民間企業（サービス提供事業者[13]）を育成しつつ、利用者が民間事業者からプラットフォームを用いた利用サービスを調達できるよう、段階的に事業移管し、利用サービスの自立化を実現する。

なお、利用サービスを自立化させるためには、プラットフォームが定常的に使用されている姿にする必要があるため、「きぼう」を利用するうえでの手続きやプロセスを簡素化し、参入障壁を軽減すると共に、J-SPARCの活動とも連携することで、将来の事業性を見越したシステム・装置開発を民間と共に共創し、非研究開発目的の利用（映像コンテンツ制作や配信、短期宇宙旅行の付加価値サービス等）についても積極的に促進する。そうすることで、幅広い民間投資を呼び込み、より身近な研究・実証の場と

12 広範かつ多様な研究開発に活用される共通的・基盤的な施設及び設備を用いた、新たな価値を生み出すシステム。システムは、研究開発活動を支えるモノ（ハードウェア及びソフトウェア）及びヒト（人材）からなる

13 自らが利用者開拓を行い、定常的にエンドユーザを獲得し、事業としてエンドユーザに定型化されたサービスを提供する者。

して「きぼう」利用のユーザを拡大する。

また、その領域におけるハブの役割として、ある一定数のエンドユーザの確保や付加価値をもたらしてくれる者を戦略パートナー[14]として指定（パートナーシップ協定を締結）し、エンドユーザの開拓・拡大を実現する。さらに、ユーザ拡大にあたっては、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」（1994年法律第78号）に基づき、ISS/「きぼう」を「特定先端大型研究施設」と位置付け、産学官の研究者等による利用を促進することについても引き続き調整を進める。

並行して、民間企業独自の事業機会の提供や事業基盤の構築に最大限「きぼう」を活用すると共にISS参加国のみならず国内外の利用ユーザを拡大し、「きぼう」利用を浸透させることで、我が国のLEO活動における競争力を確保する。

【 2025年以降の取組み 】

2024年までの取組みを踏まえ、ISS退役以降の利用確保に向けた技術開発や超長期宇宙滞在・深宇宙探査に向けた技術実証の場としてISSが運用し続けるうちはISSを活用する。並行して、民間による独立したLEO活動の実現に向け、JAXAは事業者から利用サービスを調達して宇宙環境利用を継続すると共に月近傍有人拠点（Gateway）での利用についても検討を進める。

14 その領域における利用を促進すると共にプラットフォームに対し付加価値をもたらす、又はエンドユーザを取りまとめ、JAXAに付加価値をもたらしてくれるパートナーで、JAXAの人的・資金的負担を増やすことなく、JAXAと共に付加価値（定型化されたサービスの改善、将来の更なるユーザ獲得に向けたプロモーション効果、利用者のハブとしての機能等）を創出する

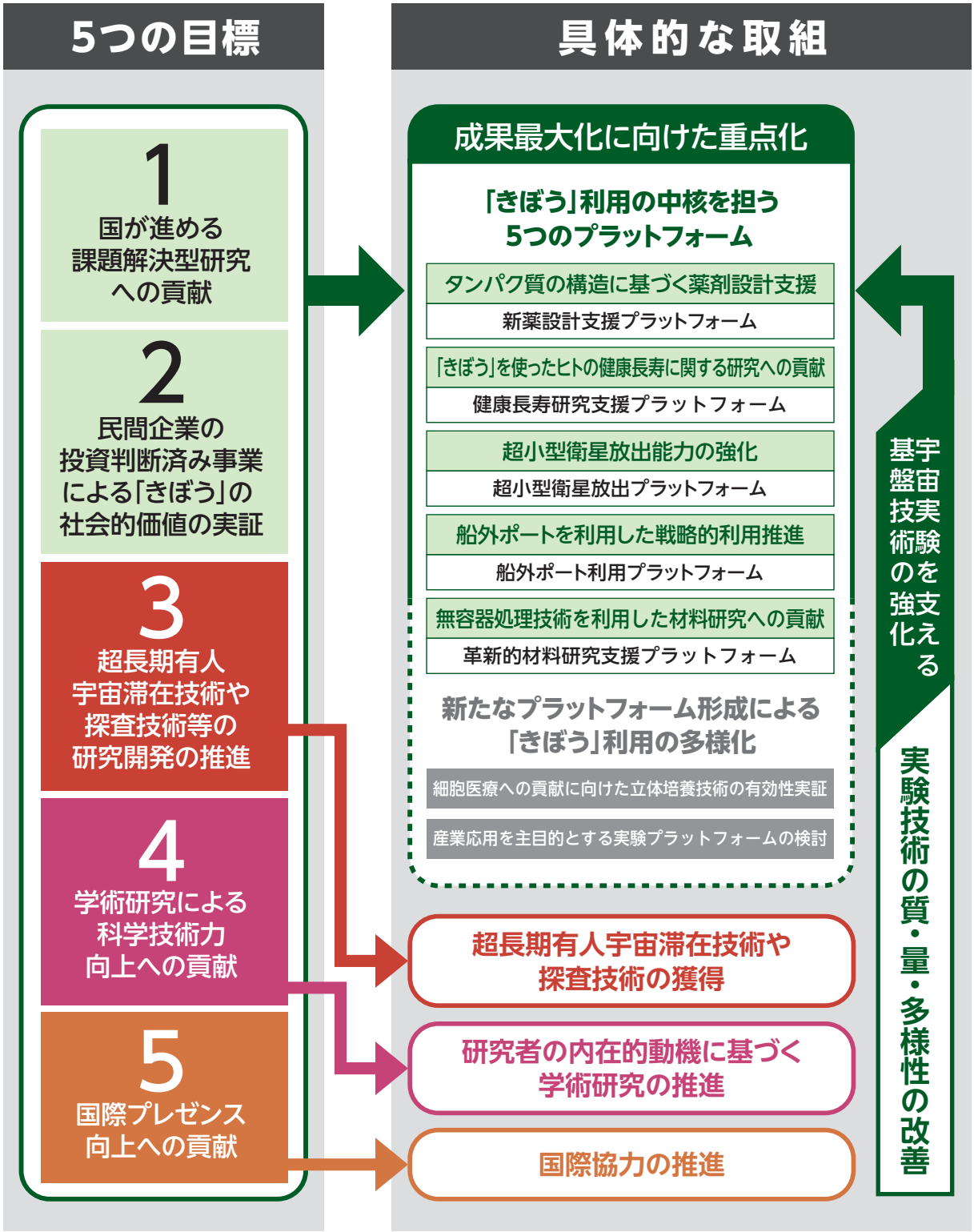
2.5 達成状況の確認と更新

「きぼう」利用戦略を効果的かつ効率的に推進するため、国の研究開発評価に関する大綱的指針（2016年12月21日内閣総理大臣決定）に基づき、「きぼう」利用の目指す姿に関しては効果・効用として現れる価値を計測できるアウトカム指標、5つの目標に関しては活動の成果物又は活動水準・活動量を計測できるアウトプット指標を定める。

具体的な評価指標の設定にあたっては、国内外の研究機関の評価指標を参考にしつつ、「きぼう」利用の特性を踏まえて定性的指標と定量的指標を併用して定める。

また、評価指標を用いて利用戦略の進捗状況を定期的に確認し、その時々の世の中の動向や利用ニーズも踏まえ、目指す姿、5つの目標、目標達成手段（必要となる実験技術や利用推進方策）の見直し等、具体的な取組みへのフィードバックを行う。

5つの目標と具体的な取組



3
きぼう利用の価値・成果の浸透

ISS計画の推進には、国民の理解と協力が必要であり、ISS・きぼうの利用を通じて得られた様々な成果や、その成果によって世の中にどのようなインパクト（波及効果）をもたらしたか等については、利用者コミュニティに発信するだけでなく、国民の理解が得られるよう幅広く一般に分かりやすい形で（映像の活用やメディアの活用なども含め）引き続き情報発信する。そうすることで、きぼう利用の価値を知ってもらい、今まで係わりの少なかった方々にも「きぼう」を利用したい、国民に是非「きぼう」利用を継続・発展して欲しいと思ってもらえるよう「きぼう」の認知度を向上させる。

また、国民の多くが関心を寄せる知的好奇心を満たす研究成果や生活・健康等への波及効果について、「きぼう」を利用した利用者（研究者等）に対しても、専門的・学術的な成果とりまとめに併せて平易でわかりやすい表現での実験結果の整理等について協力を依頼する。こうした情報が教育等の場で使用されることで、人材育成や「きぼう」利用の裾野の拡大につなげていく。

付 録
具体的な取組み

1.1 成果最大化に向けた重点化

(1)「きぼう」利用の中核を担う“プラットフォーム”

宇宙実験の実績・成果がある「きぼう」利用のうち、国の科学技術施策の実現や民間企業の研究開発等に貢献でき、JAXA内外から利用ニーズがある取組みを「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きた。

また、前版で定義した4つのプラットフォームの内、「超小型衛星放出プラットフォーム」と「船外ポート利用プラットフォーム」の一部の機能については、民間企業をサービス提供事業者として選定し、民間ならではのサービス事業の展開を実現した。「新薬設計支援プラットフォーム」と「健康長寿研究支援プラットフォーム[15]」を含めた既存の4つのプラットフォームについては、引き続き我が国にとって重要な研究開発基盤として活用すると共に、民間に任せることのできる部分は民間に任せ、最終的にJAXAは民間企業からサービスを調達し、利用を継続する。これら4つのプラットフォームに加え、「きぼう」だからこその価値を創出できる新たな領域として、「無容器処理技術を利用した革新的な材料研究」を新規プラットフォームとして定義し、既存の4つのプラットフォームと共に重点的に取組んでいく。

また、科学技術イノベーションを支える他の重要な施策・研究施設・設備の動向等を常に注目し、これらとの連携を図るとともに「きぼう」利用に対しても有効と考えられる取組みを積極的に取り入れていく。利用者の参加を促進するために、宇宙実験の入り口から成果創出までを支える一連の実験技術[16]の定型化・定時化・高頻度化・低価格化等を図り、実験ごとにサービスを定型化することにより、「きぼう」利用の需要を喚起する。

15 前版では、「加齢研究支援プラットフォーム」であったが、より総合的に健康長寿に向けた研究を支援するために、名称を変更

16 宇宙実験の成果を引き出す実験準備技術や充実した利用者支援、宇宙実験の成功を導く実験運用準備技術、研究開発基盤としての「きぼう」日本実験棟とその運用技術、宇宙飛行士、打上げ・回収を担う輸送システム、実験後の解析基盤(SPring-8利用技術等)等

i. タンパク質の立体構造情報に基づく薬剤設計支援（新薬設計支援プラットフォーム）

■ 現状と課題

「きぼう」の微小重力環境は、地上よりも高品質なタンパク質結晶を生成することができる特長を有する。JAXAは世界に誇る先鋭的な結晶生成技術を蓄積し、これまでにアカデミア研究者が主体となって筋ジストロフィー治療薬や歯周病治療薬開発、抗がん剤に関する標的タンパク質の結晶生成等、他国に先んじた成果を創出してきた。

また、打上げ前の支援の充実に加え、打上げ機会の増加や実験サイクルの短縮化、結晶化温度の多様化等により、民間による利用が促進し、バイオベンチャー企業や大学との戦略的なパートナーシップ契約の締結や大手製薬企業等によるトライアルユース[17]が拡大したことから、宇宙空間での実験が創薬に向けて大きく貢献（時間とコスト）することが認知され、昨今では民間企業が宇宙環境を利用した独自の有償サービスを展開する等の動きが出てきている。

そのため、JAXAがスペースシャトル時代から培ってきたタンパク質結晶化実験技術・ノウハウを民間企業に移管し、民間による一般サービス事業の展開を促進すると共に、JAXAは、結晶化のハードルが高いが、学術的・産業的なインパクトの大きなテーマを中心に、本領域における利用を促進させる。

タンパク質結晶生成装置（PCRF）からタンパク質結晶生成実験サンプルを取り出す大西宇宙飛行士

なお、海外の状況として、これまでJAXAとロシアは資金授受のないタンパク質結晶生成実験の共同実施をしてきた。ロシアは、自国発の創薬を目指してJAXAとの共同実験を引き続き重要視しており、2024年までのプロジェクト延長を前向きに検討中である。また、米国は水溶性タンパク質の結晶化実験に加えて、従来法を改変した大型結晶生成技術の開発や、抗体医薬品の結晶多形実験技術の開発等を行っている。

17 初めて宇宙実験を実施する方（1法人につき1回だけ）を対象として、経費を全額免除して利用できる制度。本制度は、有償利用制度の一部であり、新薬設計支援プラットフォームにのみ適用される制度

国内のタンパク質立体構造解析に関する周辺状況として、SPring-8に併設されたX線自由電子レーザー実験施設SACLAによる迅速構造解析技術や、極低温電子顕微鏡による構造研究等、従来の結晶を用いた構造解析技術を置き換える、もしくは相補する新規技術の発展が目覚ましいため、それら周辺技術の進展についても注視していく。

本プラットフォームは、主に国が進める課題解決型研究への貢献（目標1）や民間企業による「きぼう」での経済活動への支援（目標2）が可能である。

「きぼう」では、小さな結晶が多数集まるクラスター化が抑制されるなど地上より品質の良い結晶を生成することができる

■ 目標

本プラットフォームは、既に民間企業や国の統合イノベーション戦略に沿った新薬設計に価値ある構造データを提供するプラットフォームとして定着してきており、2024年までにJAXAがこれまで培ってきた世界的優位性のある技術やノウハウを、段階的に民間に移管していく。JAXAは国の課題解決・科学成果最大化に向け、学術的・産業的なインパクトが大きく、結晶化のハードルが高いテーマを対象とした利用を促進し、我が国の健康医療戦略が狙う創薬を構造解析の面から支え、健康長寿社会の形成に貢献する。

また、2020年以降は、実験機会を最適化し多様な需要に応える。

■ 必要となる実験技術等

利用者ニーズの多様性に応えるため、4℃と20℃での結晶化実験機会を定常的に提供し、地上で一般的に利用されている蒸気拡散法を再現できる「浸透チューブ法」を用いた結晶化についても2018年度から定常運用を開始している。

また、世の中のニーズが高く獲得すべき実験技術の一つである膜タンパク質の結晶化技術実証については、軌道上での実証実験の結果も踏まえ、2022年度の定常運用開始を目指して、現在新たな技術を開発中である。中性子回折向けの大型結晶化技術の要素技術開発については、容器や結晶化条件、結晶化セルを改良することでの実現を目指し、2021年度に定常運用を開始する。また、凍結状態で打ち上げて軌道上で結晶化を開始する「凍結融解法」の確立や保温輸送容器の開発を進め、2022年度に定常運用を開始する。

これらのトータルパッケージの結晶生成実験技術によって、科学技術立国に相応しい質の高い科学技術成果を創出する。

■ 利用推進方策

「きぼう」利用におけるタンパク質結晶生成実験は、「技術獲得フェーズ」を第一期とし、「ユーザ開拓、質・量の向上フェーズ」（第二期）、「戦略ユーザによる成果の創出フェーズ」（第三期）と進め、徐々にJAXAの技術蓄積、ユーザの拡大を図ってきた。引き続き、科学的成果創出を目的とするアカデミアのテーマや戦略パートナー等のテーマについては、JAXAとの共同研究（成果共有、無償機会提供）を継続し、特にトップサイエンスとなりうるアカデミアテーマを発掘して密に協力を推進する。また、民間利用の拡大（成果占有、有償利用）については、更なる戦略パートナー獲得に向け大学発ベンチャー等との連携を強化することで実現する。なお、第4期となる2021年以降は、学術的・産業的なインパクトの大きいテーマに絞って、宇宙環境利用の活用でしか創出できない独創的な成果創出を目指して推進する。

短期間での成果創出が見込める有望な分野を中心に、国の戦略的な研究を継続的に進めている大学や研究機関にプロモーションを行い、定期的に利用の公募を行うことで、新たな利用者を取り込んでいく。このような学術利用には搭載試料の45%を目安に割り当てる。

また、戦略パートナーであるペプチドリーム社を始め、産業技術総合研究所や東北大学東北メディカル・メガバンク機構（以降、「ToMMo」という）との取組みを強化していくとともに、その他の国の研究機関や公的な創薬事業に対して継続的にヒアリングやニーズ調査を行い、戦略パートナーとなりうる国の研究機関等の連携に搭載試料数の5%を目安に割り当てる。

さらに企業利用については、短期的には大手製薬企業、バイオベンチャー、酵素メーカー等の化学系企業等を対象に個々の民間利用を目指してプロモー

ション活動を実施し、中期的にはバイオベンチャーとの連携を推進方策の中核に位置づける。このような民間企業等による利用には、搭載試料数の30%を目安に割り当てる。

また、更なる利用ニーズ多様化への対応を図るためのJAXA技術実証には、搭載試料数の20%を目安に割り当てる。

▼新薬設計支援プラットホーム利用枠組み

基盤研究利用コース

- 大学・公的研究機関対象
- 定期公募
- タンパク質種類に制限なし
- 費用は無償
- 構造解析結果は利用者に帰属（但し、一部データは共有）

民間利用促進コース

- 民間企業、企業と連携のある大学・公的研究機関対象
- 準備段階から結晶解析までEnd-to-Endで手厚くサポート
- 常時募集
- タンパク質種類に条件あり
- 構造解析結果は利用者に帰属

トライアルユース制度

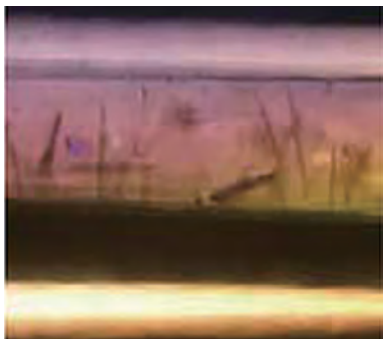
- 初めての利用者に対して原則1回のみ試用
- 費用は無償
- 実験終了後、レポート提出
- JAXAと利用契約（受託契約）締結

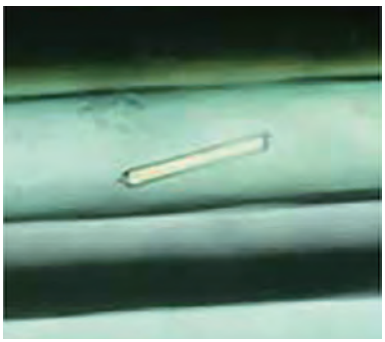
有償利用制度

- 費用は有償
- JAXAと利用契約（受託契約）締結

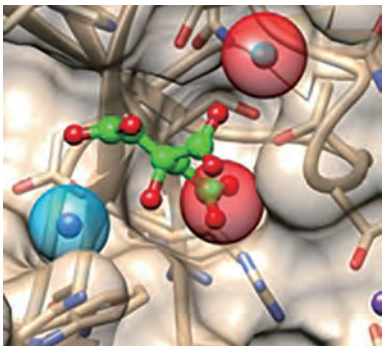
▼宇宙実験による結晶品質向上事例

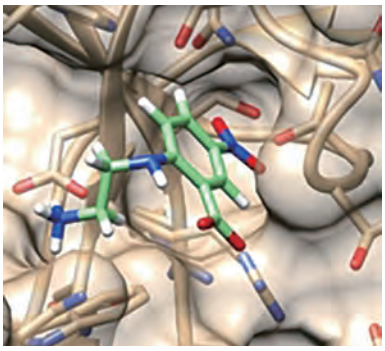
実験実施機関	宇宙実験前	宇宙実験後(Å)
東京大学	0.90	0.68
筑波大学	1.80	1.00
東北大学	1.80	1.20
大阪府立大学	2.50	1.30
岩手医科大学	3.50	1.49
名城大学	2.30	1.48
兵庫医療大学	2.00	1.48
JIRCAS	3.50	2.06
熊本大学	1.80	0.97
香川大学	1.97	1.35
民間利用	8.00	2.10
民間利用	3.50	2.40
民間利用	3.20	2.60
民間利用	2.70	2.10
民間利用	3.00	2.60

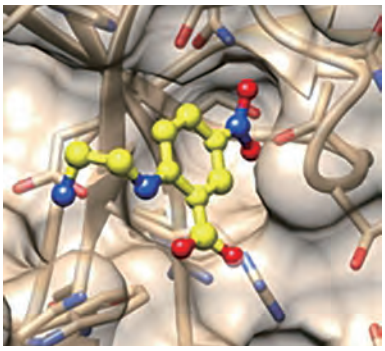




歯周病原因菌の生育に重要な酵素「ジペプチジルアミノペプチダーゼ(DPP)11」と歯周病菌に対して選択的に作用する抗菌効果を有する化合物SH-5の複合体を結晶化:地上(左側)と宇宙(右側)で得られた結晶(出典:岩手医科大学/JAXA)

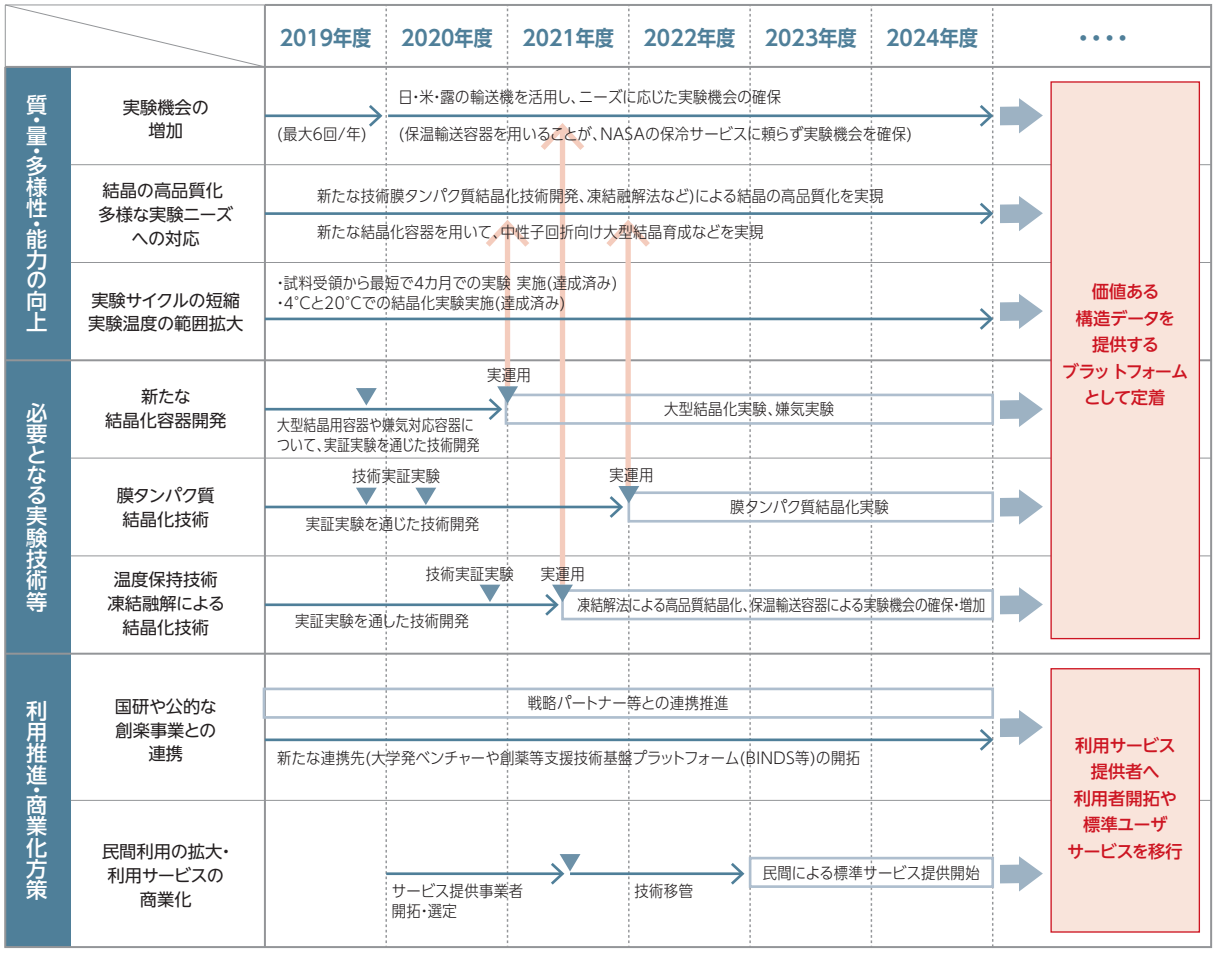






研究の各プロセスにおいて、宇宙実験から得られた情報を活用した(出典:岩手医科大学/昭和大学)
左　:「きぼう」育ちのDPP11の高品質結晶から得られた立体構造をもとに、DPP11に結合しうる化合物の化学的情報を絞り込んだ。
中央:市販化合物データベースを利用した、コンピュータ上での阻害剤探索及び結合様式解析の一例。
右　:DPP11と、ヒット化合物SH-5との複合体の高品質結晶を宇宙で生成し、その結合様式を検証することができた。

▼新薬設計支援プラットフォーム　ロードマップ



ii. 小動物の宇宙飼育を通じたヒトの健康長寿に関連する研究への貢献（健康長寿研究支援プラットフォーム）

■ 現状と課題

超高齢社会である我が国は、2025年には全人口に対する高齢者の割合が30%を超えることが予測されており、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、健康長寿への取組みは我が国にとって重要な施策の一つである。

宇宙環境は、骨量減少、筋萎縮、内耳機能（バランス感覚）低下等、地上の高齢者や寝たきりの状態に類似した生物影響の加速的な変化を提供できる環境であり、生物が重力を感知する仕組みは寝たきり等による筋萎縮化等のスイッチとも考えられるため、「きぼう」ではこれまでに、生物の重力感知機構、骨代謝制御、筋再生・筋萎縮機構、老化や環境適応に伴うエピジェネティックな変化に関する研究等を様々なモデル生物を用いて行い、新たな骨粗しょう症治療薬候補の効果実証や筋萎縮原因酵素の特定等の成果を創出してきた。

また、「きぼう」利用フィージビリティスタディテーマ募集では、健康医療に関わる国の戦略的な研究を推進している研究者から、「きぼう」を使ったヒトの健康長寿に関する研究に対する応募があり、国が進める健康医療戦略における「きぼう」利用の可能性が確実に拡がってきている。これらの利用テーマでは、特に小動物（マウス）飼育装置へのニーズが高く、2016年度から開始したマウス飼育ミッションでは、遺伝子組換え（ノックアウト）マウス搭載や全数生存帰還等、安定した実験系としてサイエンスデータを持続的に獲得してきており、健康長寿研究支援プラットフォームを支える中心的な技術基盤として同装置が定着しつつある。また、2018年度からは、過去のマウス飼育ミッションにおける未解析サンプルの有効活用及び「きぼう」利用ユーザの裾野拡大を目的にマウスサンプルシェアテーマ募集を開始した。一方、マウスを生存帰還することで、帰還後のタイムラグに起因する課題も出つつあり、軌道上での処置やデータ取得等より先進的で多様な研究要求への対応が必要になっている。また、筋肉活動の低下と神経・脳への二次的な影響との関連等、重力という物理的な影響から臓器間に及ぶ影響も示唆され、脳高次機能と微小重力影響に新しい関連性の解明が期待されることから、重力に対する脳機能にかかる基礎データを取得するため、マウスの利用やより高次機能が発達したモデル生物の利用も想定される。

海外においては、米国も国の研究機関や民間によるマウス利用実験に多くのリソースを割いて重点的に（年2回以上）実施しており、ロシアやイタリアにおいても、過去にラットやマウスを活用した研究を実施している。そのような状況も踏まえ、日本ならではの戦略的な研究推進や、国際協力による相補的な利用を今後も推進する必要がある。

本プラットフォームは、主に国が進める課題解決型研究への貢献（目標1）が可能であり、我が国の有力な研究者の宇宙実験への参画を図り、今後も引き続き健康寿命の延伸にかかる様々なテーマに取組む。

■ 目標

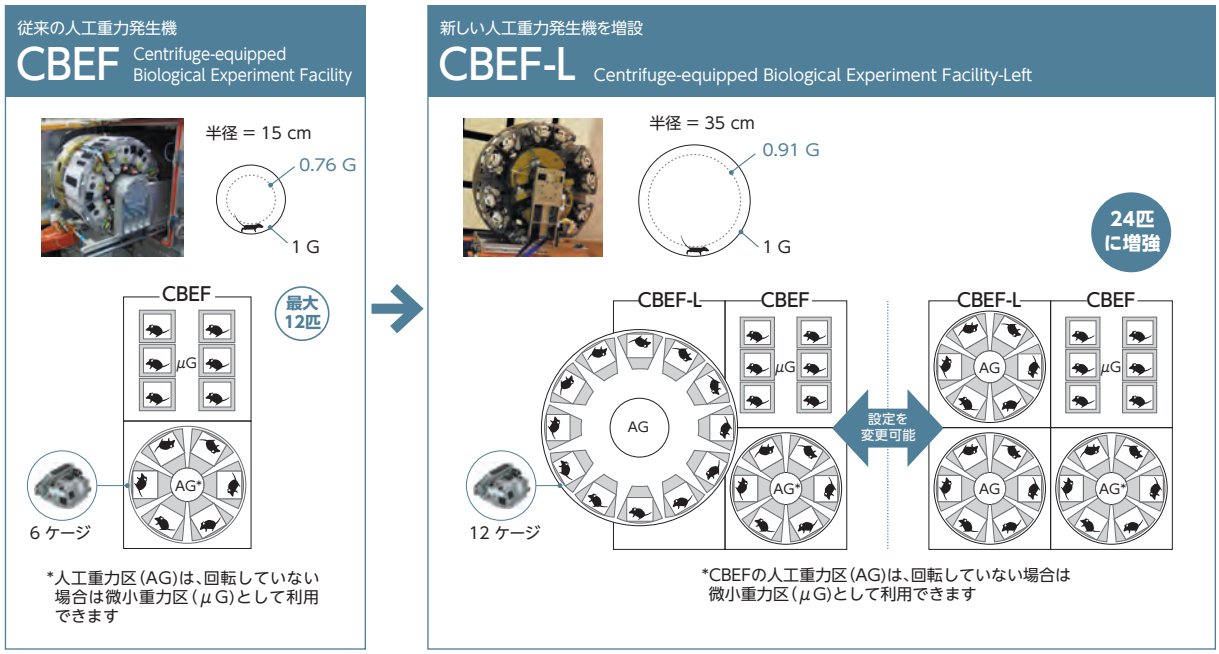
JAXAでは、2016年度からマウス飼育ミッションを開始し、世界初の遺伝子ノックアウトマウス、中枢神経系の炎症疾患モデルマウス等のマウス長期飼育後の全匹生存帰還等に成功し、加齢様疾患等の対策法の検証や疾患関連因子の同定等の研究を促進することで、ヒトの加齢に伴う生体変化の仕組みの解明や疾患対策等へ貢献可能なプラットフォームとしての有効性を示すことができた。

引き続き、ヒトへの還元を第一の目標と掲げ、科学研究としての条件統一やサンプル数確保、遺伝子・組織レベルの詳細な解析が可能な哺乳類のモデル生物（小動物）を用いた実験を中心に行うと共に、重力の応答性に関するデータの蓄積、更にISS退役以降も持続的にマウス飼育ミッションを継続させるため、現行のマウス飼育装置を使ったミッション形態のみならず、コンパクトかつ宇宙飛行士の介在なしにマウスミッションが遂行可能な自動化・自律化システムの構築を目指す。

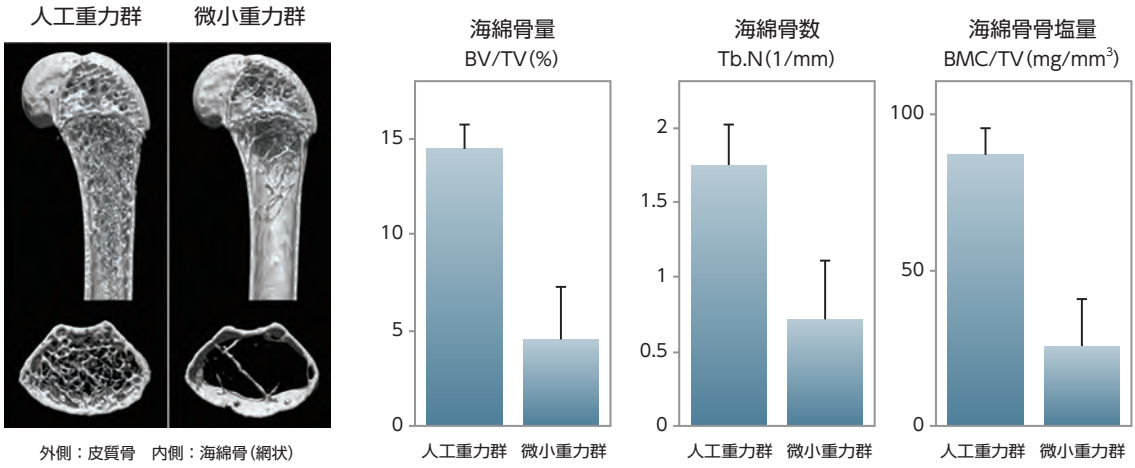
■ 必要となる実験技術等

我が国は、軌道上の人工重力発生機（遠心機能つき）を利用することにより、地上の重力に相当する1Gと微小重力の影響を宇宙空間で同時に比較することができる装置を有している。小動物飼育装置を軌道上の遠心機に取り付けることにより、同じ宇宙放射線量等の下で微小重力のみの影響を比較できるようになり、世界で初めて哺乳類に対する重力の影響を評価できる実験環境を整備した。米国も小動物の軌道上人工重力環境の整備に取組んでいる中、我が国の優位性を活かし、より多くの研究成果を創出するために実験能力をさらに向上させていく。

▼異なる人工重力環境を「きぼう」で実現



▼「きぼう」において長期飼育したマウスの骨組織変化



（出典：JAXA/筑波大学/東京医科歯科大学）

具体的には、2022年度、我が国の最先端技術を導入した光マーカによる体内の遺伝子等の挙動を生きたままモニタできるシステムや、サンプル凍結技術を確立し、生存帰還後のタイムラグに起因する課題解決に対応する。また、ISS退役以降のマウス飼育ミッション継続や宇宙飛行士の介在しないマウス飼育ミッション遂行のためのマウス飼育・飼育装置メンテナンスの自動化や遠隔解剖システム、サンプル自動凍結システム等、2024年度までに高度な実験技術の開発を進める。

マウス飼育ミッション以外に関しては、実際にヒトで生じる課題の検証やデータ蓄積を進めるため、ヒト（宇宙飛行士）を対象とした実験を含め、多様な実験に対応していく。

■ 利用推進方策

日本ならではの戦略的な研究推進方策として、まずは「基本機能の開発・検証」を第一フェーズとし軌道上における小動物の個別飼育に関するシステム構築やベースラインとなる解析手法の構築等を行った。第二フェーズでは、「新たな進化領域探索・実証、キラーコンテツの提示」を目標に、遺伝子組換えマウスや中枢神経病態マウス等を使った軌道上実験を実施し、健康長寿の延伸にかかる様々な科学テーマに取組んでいる。2020年度以降は、第三フェーズとして、「深化・研究機関や民間利用による利用拡大・常態化」を目標に、マウス飼育ミッションで得られた遺伝子データを活用し、筋・骨維持にかかる重要因子を見出す等、健康長寿にかかる研究活動を加速すると共に、筋骨格系の機能低下による他臓器の疾患が誘発されることが広く知られる、認知症等の脳高次機能研究への宇宙環境利用の可能性について追求する。また、ISS退役以降も持続的に健康長寿に向けたミッションを継続していくための自動化・自律化にかかる技術実証等を推進し、また、研究機関や民間と連携して民間主体の定型化ミッションを推進する。

さらに、マウス飼育ミッションで得られた成果をヒトの健康長寿につなげるため、地上で蓄えられているビックデータと宇宙での実験で得られたデータを統合解析し、小動物とヒトを繋ぐオンリーワン・ストレスデータセットを構築する。これを実現するため、疾患発症リスク予測研究としてのコホート研究[18]として、日本最大規模のヒト生体試料と網羅的な生体分子（オミックス解析）情報を併せ持つ東北大学東北メディカル・メガバンク機構（ToMMo）と締結した戦略パートナー協定を活用し、宇宙と地上をつないだ信頼性の高いデータセット・データシェアリングの仕組みを構築する。

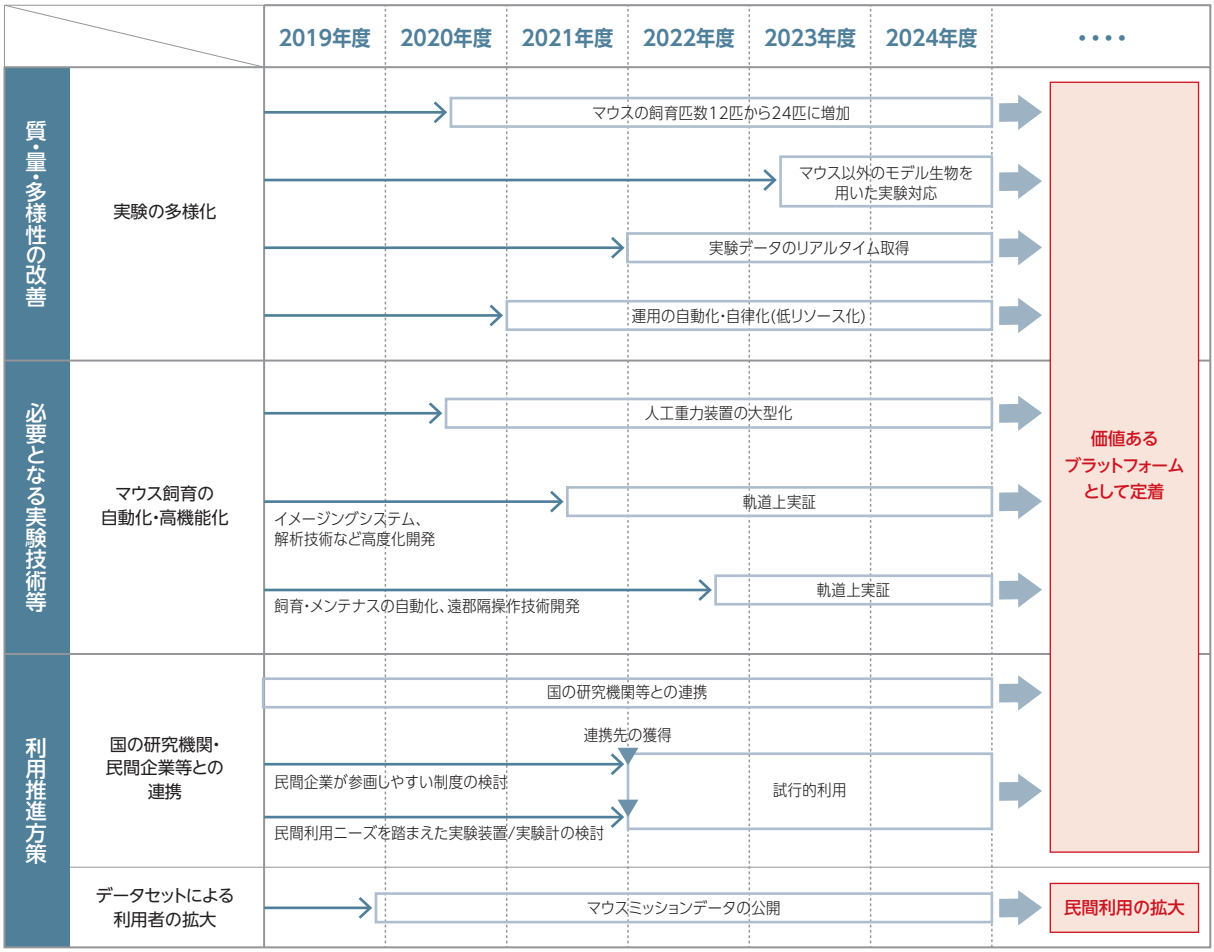
これにより、限られた小動物組織等の代替となりえる高品質なデータセットとして、創薬や産業利用等へ幅広く適用する。

本プラットフォームを活用し、マウス飼育ミッションを中心としたJAXAの生命科学・宇宙医学実験技術等による個別化予防、先制医療等の次世代医療研究を推進し、地上での健康維持や高齢化社会への対応等の健康長寿社会形成に貢献する。

本プラットフォームにおいては、民間企業による利用創出を目指しつつ、引き続き、公募テーマと国の研究機関等との連携による利用に100%を割り当てるものとし、民間企業等からの利用要求が生じたときには民間利用へリソースを割り当てる。

18 特定の人々の集団を一定期間にわたって追跡し、生活習慣等の環境要因・遺伝的要因等と疾病発症の関係を解明する研究

▼健康長寿研究支援プラットフォーム　ロードマップ



iii. 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)

■ 現状と課題

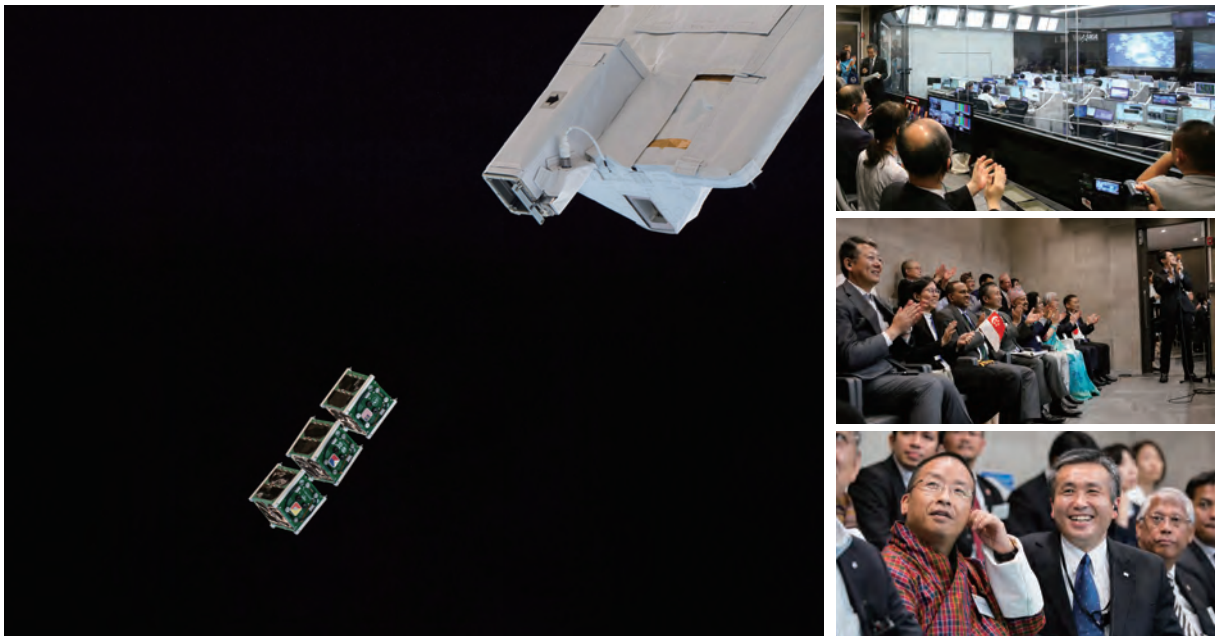
ISSからの超小型衛星の放出は、エアロックとロボットアームを併せ持つ「きぼう」でのみ実現可能な世界で唯一のシステムである。「きぼう」から放出される超小型衛星は、打上げ時の振動環境が緩和されるとともに、高頻度の輸送が可能であり、利用者にとって利便性も高く、技術実証や教育機会の場を提供するプラットフォームとして、国内のみならず海外からの期待も高い。また、ロケットからの衛星放出のように主衛星のスケジュールに依存しないため、発案から打上げまで短期間で実施可能である。

「きぼう」では、2019年12月末時点で244機の超小型衛星を放出している。また、超小型衛星の市場は今後も世界的な拡大が見込まれており、超小型衛星放出事業として確立しつつあることから、「きぼう」からの超小型衛星放出サービスを提供する事業者を2社選定し、民間事業者ならではのアイデアにより、国内外に広く独自のサービスの提供を開始した。

さらに、JAXAは、戦略パートナーと連携し、東南アジアやアフリカ等、当事国の人材育成、SDGs等への貢献を目的に超小型衛星を開発し、有償利用やKiboCUBE[19]の枠組みを活用して、当該国・地域初となる衛星の打上げ・放出に貢献している。現状、50 kg級の超小型衛星の放出や、12U[20](最大3Uサイズの衛星)の超小型衛星同時放出が可能である。今後、国内外の大学や民間企業等、更に多くの利用者需要が見込まれるため、2020年度までに24U(最大6Uサイズの衛星)の超小型衛星同時放出及び超小型衛星放出機構の再使用(軌道上での衛星詰め込み)を実現する。

19 JAXAと国連宇宙部(UNOOSA)との協力による「きぼう」からの超小型衛星放出の機会提供に関する連携協力

20 CubeSat規格衛星:縦10cm x横10cm 1U:長さ10cm、2U:長さ20cm、3U:長さ30cm



左:「きぼう」から放出される超小型衛星の様子　右上:超小型衛星の放出を喜ぶ関係者(バングラデシュ、ナイジェリア)
右中央:超小型衛星の放出を喜ぶ関係者(シンガポール)　右下:超小型衛星の放出を喜ぶ関係者(ブータン、フィリピン、マレーシア)

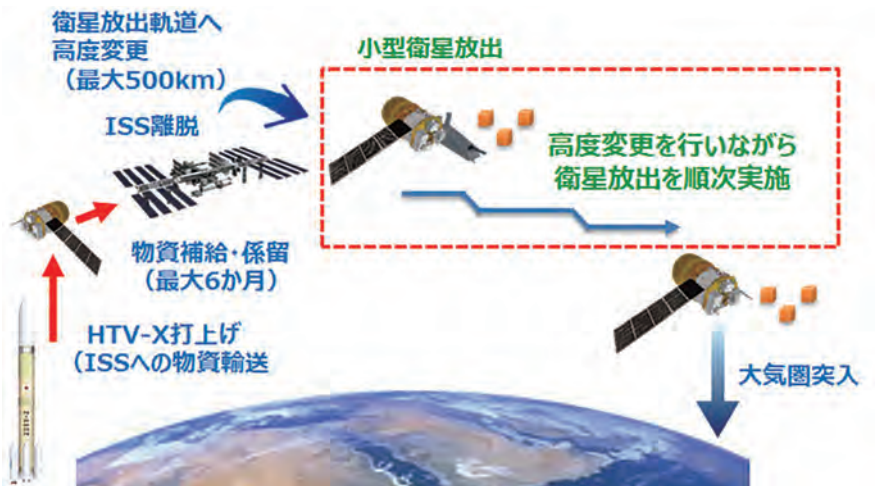
一方、「きぼう」から放出される超小型衛星は、ISSの高度や傾斜角の制約から、衛星の寿命や実用的な利用ミッションへの適応性等の課題があり、より長期の技術実証や観測のために、放出技術の向上が望まれている。

本プラットフォームは、主に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（目標2）や国際プレゼンスの向上への貢献（目標5）が可能である。

■ 目標

2018年に選定した超小型衛星放出サービス事業者自らが、顧客の受注から打上げに至るまでの作業をJAXAの支援なく独立して完遂できるようにJAXAの技術・ノウハウの移管を2020年度中に完了する。

また、ISS退役以降も超小型衛星放出事業を継続することを考慮し、放出された超小型衛星の延命や実用的な利用ミッションへの適用が可能となるよう、放出技術の向上を図る。



新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）を用いた超小型衛星放出

▼SDGsへの貢献に向け、大学との戦略パートナー連携や国連との連携を重視

超小型衛星放出プラットフォームの連携実績（2020年2月時点）

■ 必要となる実験技術等

超小型衛星放出利用需要に対応するため、顧客獲得状況や衛星サイズ等に係る市場動向を見て、2022年度頃までに最大48Uでの衛星放出が可能となるように段階的に超小型衛星放出機構の機能向上を図る。

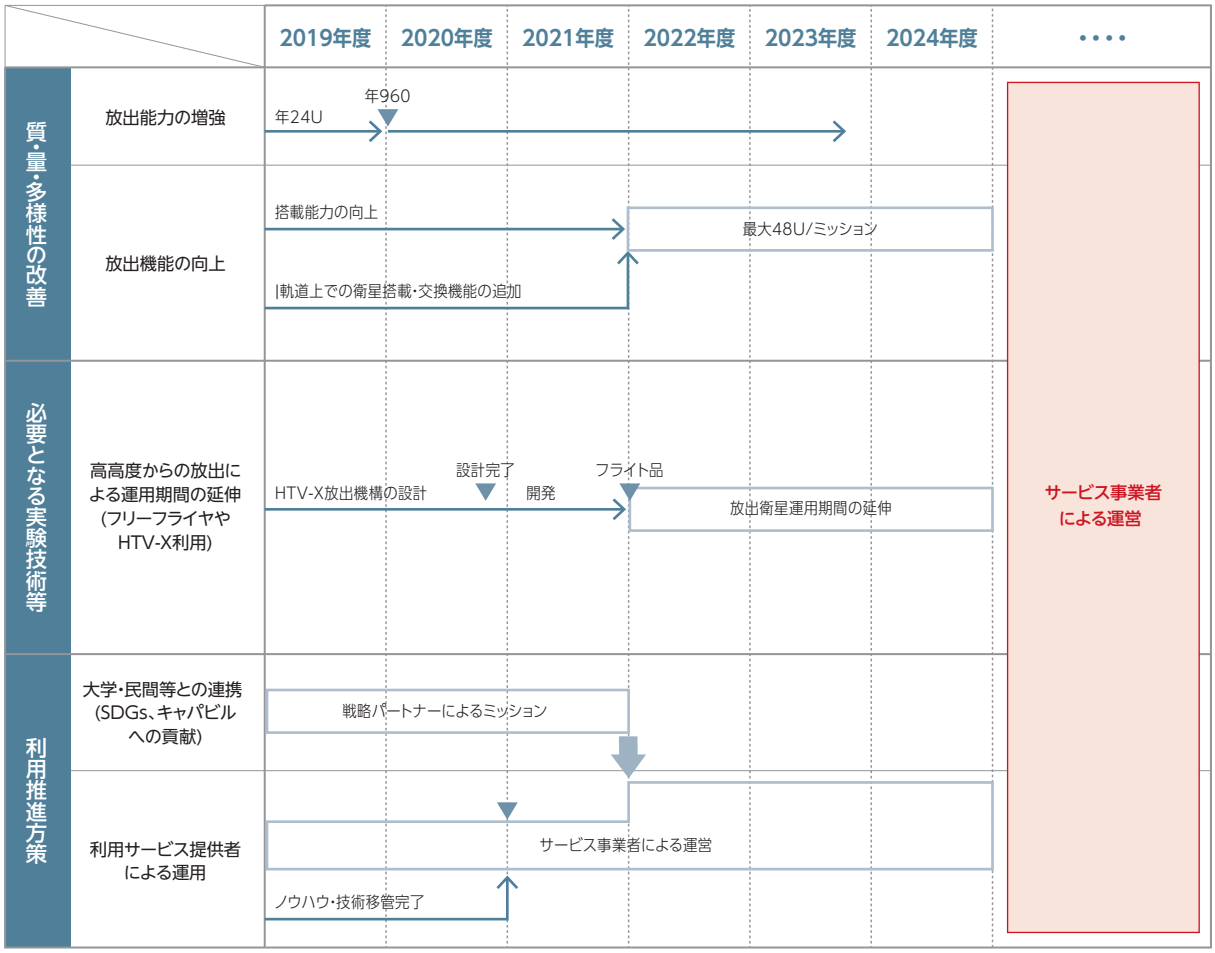
さらに、放出衛星の長寿命化のために、例えば「きぼう」を発着起点とするフリーフライヤーで高い軌道に衛星を輸送して放出する等の検討を進め、2024年までに実用化する。

■ 利用推進方策

JAXAは、戦略パートナーと連携し、SDGsへの貢献や宇宙新興国に対するキャパシティビルディングを推進するとともに、世の中の動向にタイムリーに対応できるよう超小型衛星放出の機能向上を図る。

2021年度までは、サービス事業者による利用に70%、キャパシティビルディング等の国際協力及びJAXAの技術開発に30%の搭載機数を目安に割り当て、段階的に事業者による利用割合を上げていき、2024年度までに100%にする。

▼超小型衛星放出プラットフォーム　ロードマップ



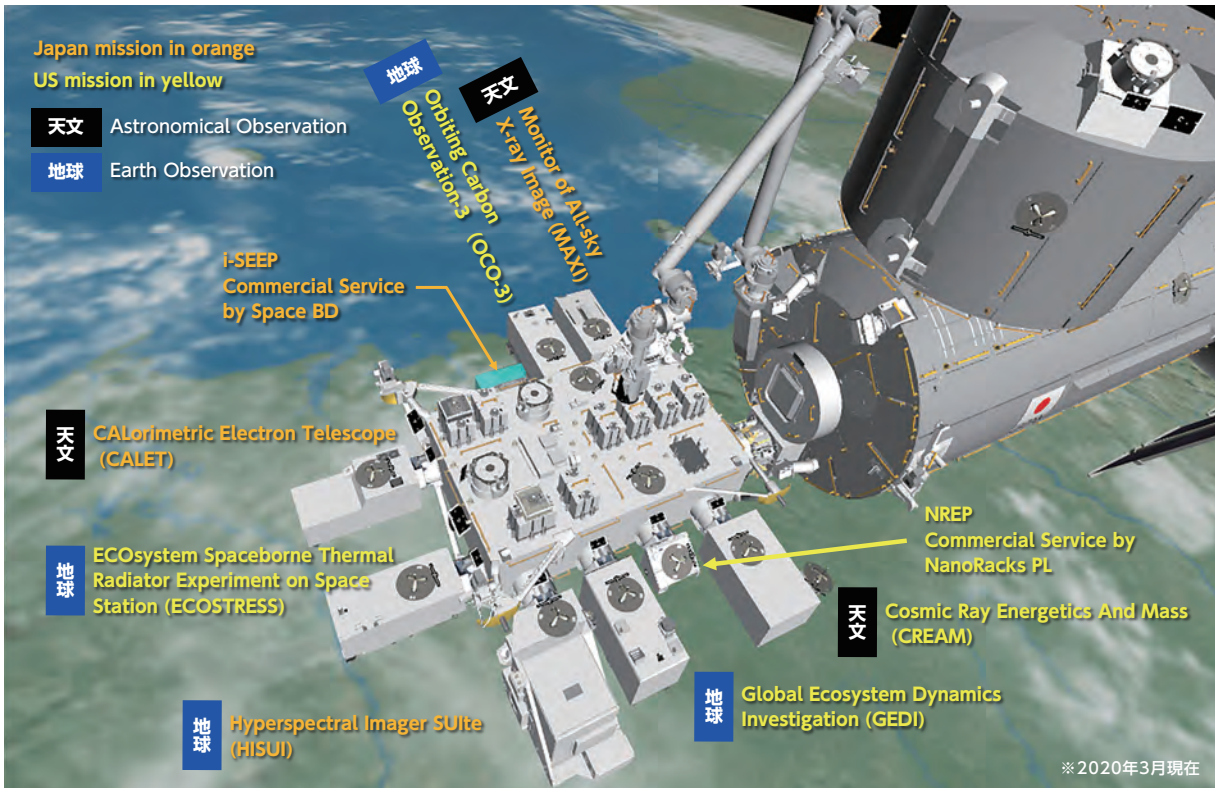
iv. 船外ポートを利用した戦略的利用推進（船外ポート利用プラットフォーム）

■ 現状と課題

「きぼう」の船外環境利用は、オゾン層破壊物質の観測（SMILES）や超高層大気及び雷放電の観測（IMAP/GLIMS）、宇宙環境計測ミッション（SEDA-AP）等において、一定の科学的成果を創出してきた。また、全天X線天体の観測（MAXI）及び高エネルギー電子・ガンマ線観測（CALET）の運用を継続し、インパクトの高い科学的成果を創出している。これらは、船外ポート[21]を専有利用した大型の装置（500kg級）であるが、観測機器を大型にできる一方で、開発には多額の開発資金や開発期間も数年程度を要し、かつ、船外貨物として打ち上げる必要があるため、船外環境利用の活性化が進まないという課題があった。この課題を解決して成果創出の速度を上げるため、小型・中型（200kg以下）の実験装置を船内貨物として打ち上げ、「きぼう」の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、運用を始めた。2019年度には、i-SEEPのユーザエリアの半分を活用したサービス提供を行う事業者1社を選定し、民間事業者ならではのアイデアにより、国内外に広く独自のサービス提供を開始した。

一方、民間利用需要として多い映像コンテンツ等を活用したエンターテイメントサービス等については、ISS・「きぼう」における通信速度が制約となり、必ずしも需要に応えられていない状況がある。そのため、i-SEEPによる船外ポート利用を中心とした船外環境利用を活性化していくにあたり、通信速度の

21 「きぼう」船外に設けられた実験装置等を設置するポート。ポートを介して実験装置等に電力や通信等のリソースを提供できる。実験利用としてJAXAが使用できるポート数は、5ポート



高速化や電力・排熱機能が提供できるよう機能向上を図る必要がある。

本プラットフォームは、主に国が進める課題解決型研究への貢献（目標①）、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（目標②）、国際プレゼンスの向上への貢献（目標⑤）が可能である。

■ 目標

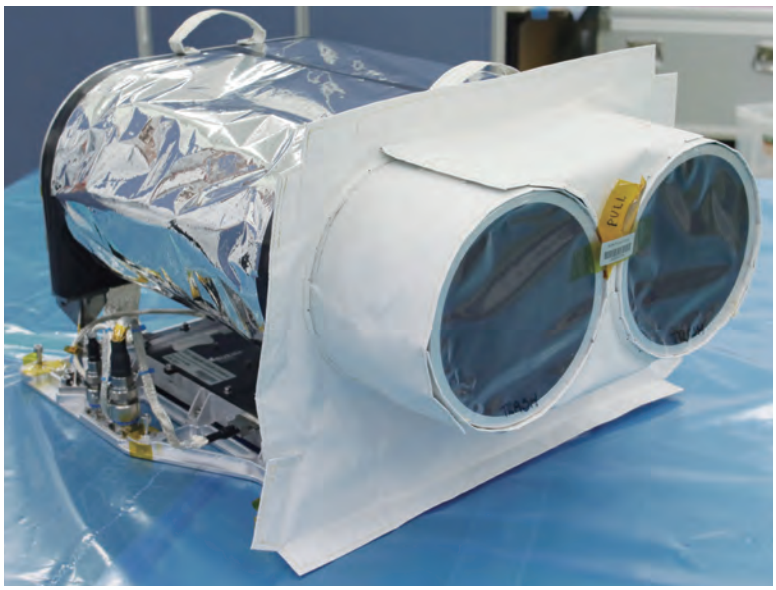
2019年度に選定したi-SEEPによる船外ポート利用サービス提供事業者自らが、顧客の受注から打上げに至るまでの作業をJAXAの支援なく独立して完遂できるようにJAXAの技術・ノウハウの移管を2021年度中に完了する。

また、利用コストを抑え民間利用需要に応えるため、超小型衛星クラスの小型ペイロード（最大3Uサイズのペイロードを8式）の搭載を可能とする共通的なペイロード支援装置を整備し、2020年度内に実運用に供し、i-SEEPの利用拡大を図る。

「きぼう」利用では、年間複数回あるISSへの定期的な物資輸送便が利用でき、高頻度の打上機会を活用できる。また、ソフトバックに梱包する船内貨物として装置を搭載することにより、ロケットで衛星等を打ち上げる場合に比べて打上時の機械環境を緩和できるため、民生品や開発初期段階[22]の装置を機能実証のために打ち上げることができる。さらに、i-SEEPを用いた曝露環境利用では、「きぼう」のみが有するロボットアームとエアロックを活用して、

22 試験試作用モデル（BBM）、エンジニアリングモデル（EM）相当

▼超小型衛星搭載用地球観測カメラ（iSIM）



スペインの宇宙ベンチャー Satlantis社が開発した超小型衛星搭載用地球観測カメラ『Integrated Standard Imager for Microsatellites（iSIM）』。"iSIM"の技術実証は、Satlantis社が、日本のSpace BD株式会社を通じ、JAXAが「きぼう」船外利用として有償受託したものであり、船外利用における初の海外ユーザとなる。

宇宙飛行士による船外活動を実施することなく、曝露実験を実施できる。特に、実験実施後に試料を地上に持ち帰ることができるという大きな利点がある。これらは、他の宇宙機はもちろん、ISSの他国のモジュールでは実現できない「きぼう」が世界で唯一成し得る最大の強みである。

この様な船外環境の活用としては、地球観測や宇宙観測をはじめとした実利用から、衛星に搭載するセンサーやデブリ捕獲、材料実験等の要素技術実証等の利用方法が考えられる。上述した「きぼう」ならではの強みを活かすと共に民間事業者ならではのアイデアによるサービス提供により、将来の地球観測センサー等の革新的な技術実証や斬新かつチャレンジングな宇宙技術実証等の研究開発利用から、エンターテイメント等を含めた民間利用までを幅広く推進し、「船外ポート利用プラットフォーム」としての価値を高めていく。

■ 必要となる実験技術や装置

下記利用推進方策での利用ニーズの状況を踏まえ、i-SEEPから実験装置への冷媒供給機能の付加、i-SEEPから「きぼう」船内への通信速度の向上（1Gbps以上）、エアロックのサイズに縛られない船外で装置を結合させるための装置結合機能の付加について、2023年度からの運用を目指す。

■ 利用推進方策

将来の革新的な技術等の技術実証や実利用、事業者によるサービス提供やエンターテイメント利用まで、日本が有する船外ポートの強みを最大限活用し、サービス提供事業者と連携して、大型装置でしか実施できないミッションにも配慮しつつ、i-SEEPの利用を中心とした利用の拡大を図る。

● 大型船外ペイロードによる利用

X線を使った宇宙観測を行う全天X線監視装置（MAXI）、精密に地表の物質を特定し、将来的に石油や金属・鉱物等の資源調査等への活用が期待される経済産業省が開発・運用を担当する宇宙実証用ハイパースペクトルセンサー（HISUI）、暗黒物質の存在を確かめるための高エネルギー電子・ガンマ線観測装置（CALET）のために利用する。（3ポート（60%）程度の利用を想定）

● i-SEEPを活用したJAXA技術実証利用

将来の先鋭的・最先端の宇宙機を高い信頼性で運用していくためには、研究開発段階での技術実証が欠かせない。また、有人宇宙技術実証をはじめ、有人宇宙技術以外の宇宙実証や観測ミッション等の利用を

推進するため、JAXA全社的な利用の仕組みを構築し、研究段階やプロジェクトの初期段階に「きぼう」で技術実証を行う利用を推進する。

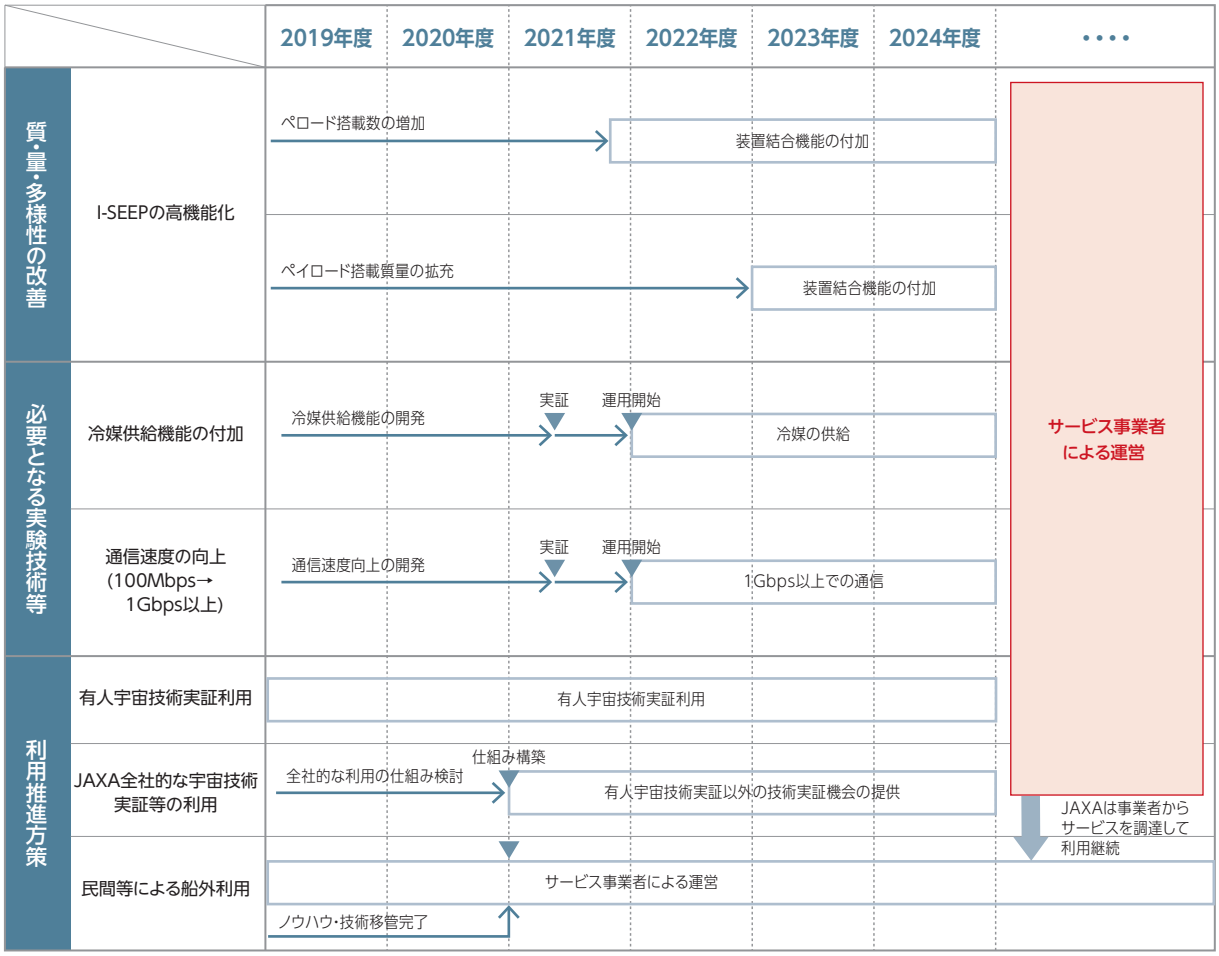
また、日本政府のミッションや日本政府等から外国政府や外国機関への協力案件としてJAXAに協力要請された案件で、JAXAが協力を決定したミッションを搭載する。

これらの利用にまずは1ポート（20%）を割り当て、2024年にむけて段階的にポート利用の割り当てを増加する。

● i-SEEPを活用した船外ポート利用サービス提供事業者利用

センサー開発や画像提供・エンターテイメント等、民間事業者が提供する利用サービスに対し、まずは1ポート（20%）を割り当て、2024年度にむけて段階的にポート利用の割り当てを増加し、最終的には5ポート（100%）すべてを割り当てる。

▼船外ポート利用プラットフォーム　ロードマップ



v. 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）

■ 現状と課題

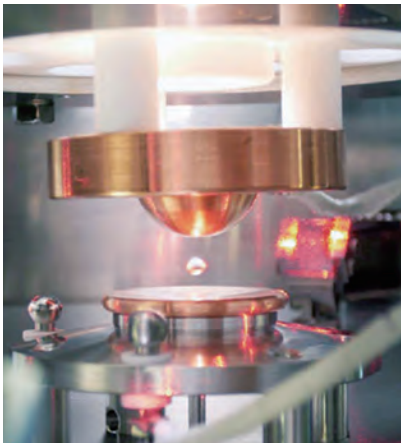
地上では、液体を保つためには容器が必要であるが、微小重力環境では、容器を用いることなく非接触で液体を保持することができる。我が国は、これまでに小型ロケットを用いた短時間微小重力実験で、世界で初めて微小重力下でのセラミックス試料の溶融・凝固実験に成功すると共に、地上研究では測定が困難であった3000℃を超える融点を持つ純金属の熱物性データを世界に先駆けて取得し、静電浮遊法が有望であることを実証してきた。この成果を踏まえ、「きぼう」に搭載する静電浮遊炉を開発した。

一方、海外では、欧州宇宙機関（ESA）が大手航空エンジンメーカー、原子炉メーカー、自動車メーカーとの共同により、ISSの欧州実験棟「コロンバス」に設置された電磁浮遊炉(EML)[23]を使って合金系材料の実験を2016年度より開始した。また、NASAはEMLを使った実験に参加し、マテリアルインフォマティクスプロセス（情報統合型材料開発）に宇宙実験結果を取り込むことにより、製造シミュレーションの精度向上や新材料の発掘(微細組織合金の製造)を目指しており、無容器処理技術成果の製造プロセスへの取り込みを行っている。

我が国が搭載する静電浮遊炉は、EMLと比べて、金属から絶縁体まで幅広く融点が3000℃になるような材料の熱物性データを計測できる特徴を有している。また、大過冷却により新たな物性の材料を生み出す可能性を秘めている。この機能・性能を徹底的に活かして、民間ニーズが高い酸化物やセラミックス等の絶縁体を中心に、地上では取得できない熱物性データや新材料を探索し、「きぼう」でしか実現できない材料研究を実施するべく、2018年度より静電浮遊炉の定常運用を開始し、地上では得ることのできない酸化物の高温融体の熱物性データ（密度、表面張力、粘性）を取得している。

23 Electromagnetic Levitator: 欧州が整備を進めている電磁波を利用した浮遊実験装置

微小重力の影響による容器無しでの浮遊


静電浮遊路（地上実験）の様子。
電極の間に電圧をかけ発生した静電気力を用い、帯電した試料を浮かべる。

6つの電極間で浮遊する溶融酸化アルミニウム（中央）
（2017年7月取得）

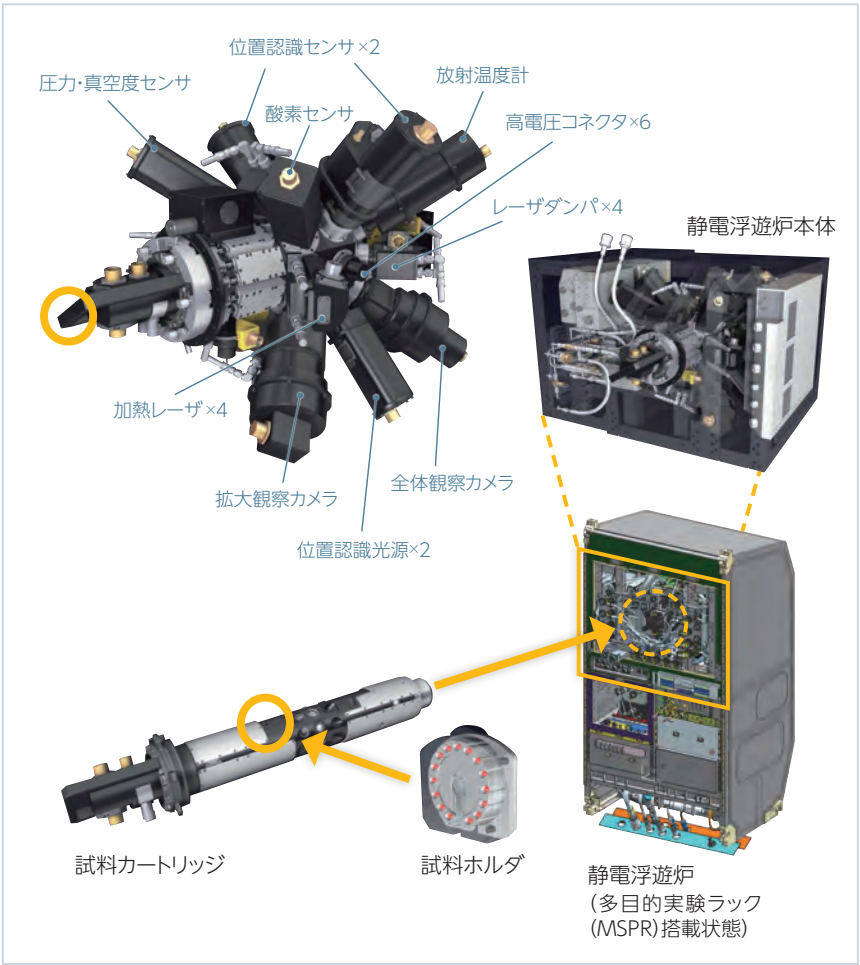
静電浮遊炉は、地上や他国の取組みとの差別化を図ることができ、また、「きぼう」での静電浮遊実験により地上における科学的成果を飛躍的に向上させることができると共に産学官からの継続的な利用が認められることから、2020年度より、5つ目のプラットフォームとして更なる成果創出を目指す。

静電浮遊炉の利用は、タンパク質結晶生成実験と同様に実験手順を容易に定型化できることから、2017年度から有望なシーズ・研究者を探索するサンプル募集制度を整備し、募集を開始しており、徐々に応募数が増加してきている。また、ガラス、セラミックス、金属メーカー等による利用を推進するため、有償利用制度を整備し、幅広くユーザの拡大を図っている。また、NASAは、JP-US OP3の協力に基づく静電浮遊炉の利用を促進しており、2020年以降、継続的な実験を計画している。更には米国以外の国からも利用希望が出されており、協力関係の構築を進めている。

一方、微小重力環境においても、試料の浮遊・溶融は容易ではないという課題が判明した。国内の産業界、研究機関、また海外からの利用要望に応えるため、静電浮遊技術の更なる向上への取組みを引き続き進める。

本プラットフォームは、主に国が進める課題解決型研究への貢献（目標1）や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（目標2）が可能である。

▼静電浮遊炉の構成



■ 目標

「きぼう」ならではの環境を活用することで、地上では得ることのできない成果を創出し、静電浮遊炉による材料実験の意義・価値を高めると共に、更なる利用の拡大を図るため、二元系酸化物の熱物性データを世界で初めて取得し、無容器処理技術の優位性、有効性を広く示す。これにより、産業界で利用されている多元系酸化物等を含む幅広い材料研究のためのデータ取得ニーズを呼び込み、「きぼう」・静電浮遊炉の社会的価値を実証する。

また、サンプル募集制度や有償利用制度を活用し、ユーザをさらに拡大すると共に2024年までに本プラットフォームを使ったサービスを提供する事業者を開拓する。

■ 必要となる実験技術や装置

宇宙飛行士の作業時間の制約がある中で、更なる利用ニーズを拡大すると共に、ISS退役後も静電浮遊技術を活用した材料の熱物性データ取得を継続させるため、より効率的に実験が実施できるよう自動化・自律化を進める。また、高温材料を取り扱う民間企業をはじめとしたユーザ需要を収集・分析した結果として、静電浮遊炉の利用拡大につながる以下の機能追加を2024年度に向けて段階的に実現していく。

- **高速度カメラの追加:**
  新材料創製メカニズムの解明、相変化過程のその場観察を可能とする

- **CO_2レーザーの追加:**
  現在の半導体レーザーの波長の吸収率が悪い素材も扱えるようにし、静電浮遊炉でデータ取得可能な試料の種類を更に広範囲とする

これらにより、科学技術立国に相応しい質の高い成果創出が可能なプラットフォームとして成熟させる。

■ 利用推進方策

軌道上での二元系酸化物の浮遊、溶融、熱物性計測技術の獲得を2018年までに実施した（第一フェーズ）。2019年以降は、第二フェーズとして利用ニーズの拡大に応えるため、実験成功率向上を実現する技術開発に取り組んでいる（2021年度まで）。また、ISS退役後の利用継続も見据えた自動化・自律化及びニーズの多様化に対応するための機能追加についても今後取組む（2024年度まで）。

金属から絶縁体まで幅広く融点が3000℃になるような材料の熱物性データ計測が可能な「きぼう」のみが有する静電浮遊炉の強みを活かし、地上では

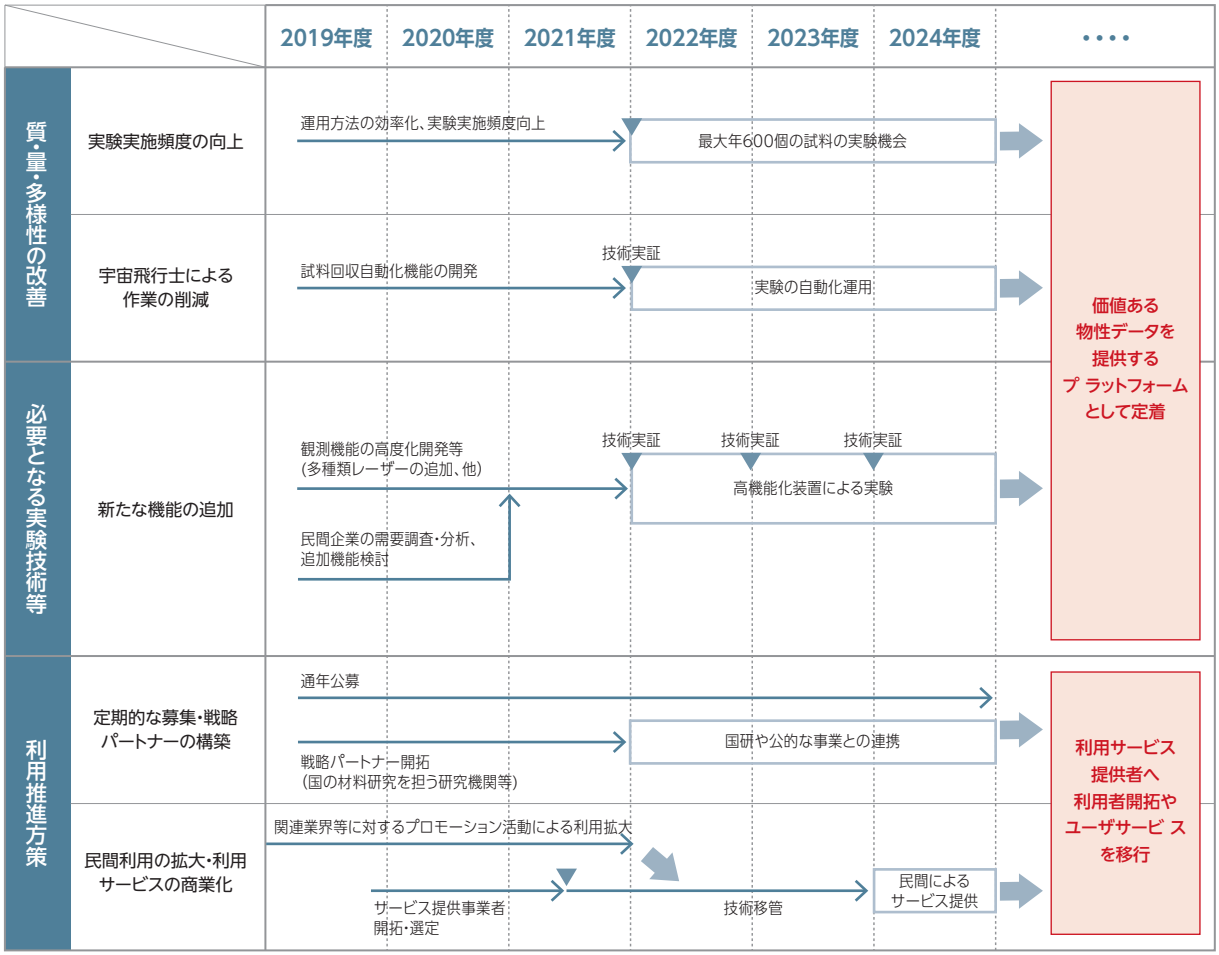
取得困難な高融点材料の熱物性データの取得を通じて、酸化物やセラミックス等の絶縁体を中心とした新材料を探索する。

また、更なるユーザ拡大のため、材料開発・加工、溶接、溶射、半導体プロセス等に関連する学会や業界団体に対して、積極的なプロモーション活動を実施すると共に静電浮遊炉の利用価値・社会的価値を高めるため、国の材料研究を担う研究機関等と戦略パートナーとしての連携を構築（パートナーシップ協定を締結）し、研究機関や民間企業による利用の拡大を図り、産学官で幅広く利用される姿を実現する。このような戦略パートナーによる利用には、搭載試料数の40%を目安に割り当て、企業による有償利用には搭載試料数の30%を目安に割り当てる（2022年度目標）。

また、米国、ロシア、欧州による静電浮遊炉利用の要望に応えるとともに、アジア地域にも利用を広げ、静電浮遊による日本の宇宙利用技術を世界に定着させる。このような海外の利用ニーズには、搭載試料数の20%を目安に割り当てる（2024年度目標）。さらに、静電浮遊炉が生み出す価値の量的・質的向上を目的とした技術実証・軌道上実験のために、搭載試料数の10%を割り当てる。

これらの活動を通じ、民間企業による利用サービス提供の自立化を実現する（2024年度目標）。

▼革新的材料研究支援プラットフォーム　ロードマップ



(2) 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

ISS退役後の宇宙環境利用継続を見据え、JAXAとして継続すべき研究領域をさらに重点化し絞り込みを行う中で、我が国の強みとなりかつ他国の取組みとの差別化を図ることができる利用、あるいは「きぼう」ならではの環境を活かすことで、その分野における研究成果が飛躍的に発展することが期待される利用については、引き続きこれらがもたらす価値及び技術的な実現性・継続性を追求し、新たなプラットフォームとして位置づけることを検討する。

i. 細胞医療への貢献に向けた立体培養技術の有効性実証

再生医療分野においては、組織形成や臓器原基が三次元的に成長することが、その組織・臓器の機能を発揮するのに必要とされている。地上の研究では、細胞に負荷される重力の方向を、回転により分散させることで浮遊状態が維持され、三次元的な成長や内部構造形成に有効であることが示されているが、完全な立体培養の確立には至っていない。理由として、回転による細胞成長環境の不安定さや、物理的なストレス等が想定されている。

「きぼう」では、長期間の静的な微小重力環境が維持されていることから、組織・臓器の立体的な拡大に潜む諸課題を解決できる可能性がある。また、これまでのISSでの実験において、微小重力下では細胞成長・分化や老化に影響があることが明らかになりつつあり、影響のメカニズムを知ることで、細胞レベルで引き起こされる疾患の現象の理解と、対処法への貢献が期待できる。

そのため、2020年度以降順次細胞医療に関する実験を行い、生体における重力感受メカニズム（重力入力の機構と機能への変換）を体系的に理解し、再生する臓器の拡大及び高機能化に対する「きぼう」の微小重力環境の有効性について理論に裏打ちされた実証を行う。

並行して、これまでの細胞培養等を対象とした宇宙での実験装置の開発実績を踏まえ、細胞培養実験のダウンサイジング、簡便化、定型化を進め、研究分野の裾野拡大と国内外の利用・市場の拡大を目指す。再生医療の現場で求められている確実性の担保及び技術の標準化という点においても、この定型化技術が大いに貢献できる可能性がある。

また、細胞間の相互作用に係る微細な影響を評価するためには、軌道上の「その場」で細胞組織の内部構造等の立体的な観察が不可欠であるため、地上研究で広く使用されている共焦点顕微鏡の「きぼう」搭載化を進めており、2020年度の「きぼう」での実証を目指している。本共焦点顕微鏡は以下の特徴を有し、軌道上での高度な細胞・組織のライブイメージングを効率良く実施でき、微小重力下の様々な実験課題に対応可能である。

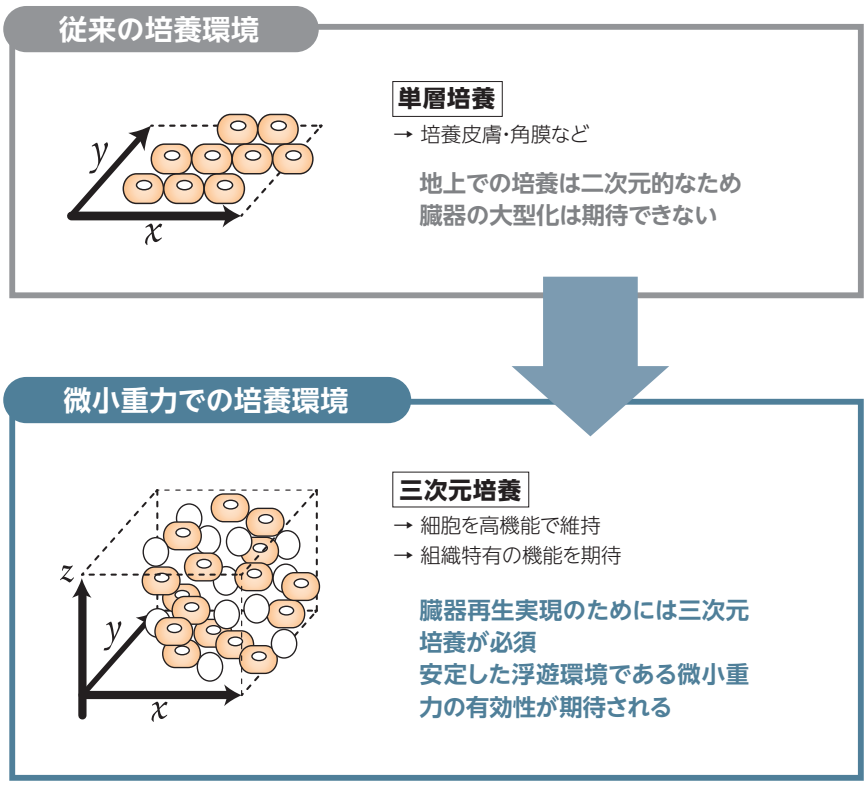
- 広視野蛍光顕微鏡に比べボケのない高精細な画像で、細胞・組織等の三次元構造を可視化、詳細な構造・機能解析が可能。

- 細胞内シグナルや分子動態の測定・解析を、高速かつ高精度に実施でき、生体内で起きる短時間の事象の理解が可能。

- 温度変化等による観察位置の変位を補正できることで、安定的な測定・運用時間の短縮化を可能にすると共に、実験試料の劣化を緩和する。

- 量子効率が向上した高感度sCMOSカメラを搭載することにより、高感度・高精細なライブイメージングが可能。

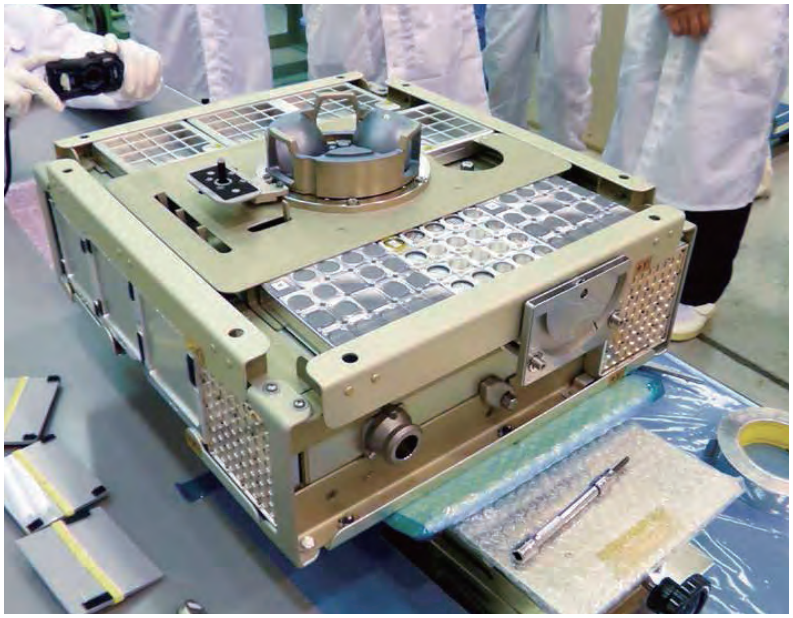
「きぼう」での実験技術を確立し、微小重力の有効性を実証できた場合には、他の臓器立体培養研究への適用を拡げるため、テーマ募集において戦略の一つとして設定すると共に、有望な研究者の参画を図り、2024年度までのプラットフォーム化を目指す。細胞医療を通じて国が進める課題解決型研究への貢献（目標1）を目指す。



ii. 新素材の宇宙実証による信頼性向上への貢献

2015年度から開始した「きぼう」の簡易曝露実験装置（ExHAM）を活用した曝露実験では、JAXA内の他、大学や宇宙用材料メーカー、建築業界等から、部品・材料の品質・信頼性向上、有機物・微生物の宇宙曝露等を目的とした宇宙実験ニーズがあり、それらに関する有償利用による宇宙実験を推進してきた。

▼簡易曝露実験装置（ExHAM）



ExHAM実験試料の入ったアダプタ例

一方で、宇宙用材料メーカー等の民間企業を中心としたプロモーションに加え、アジア諸国等の国際的なプロモーションを通じて利用者の拡大を図っている中で、受動的な曝露実験のみならず電源や通信リソースを使った実験の要望が多々見受けられている。そのような状況と「きぼう」エアロックの運用サイクルの制約等を考慮し、2020年度内を目途に、ExHAMを活用した曝露実験をi-SEEPを活用した曝露実験に移行する。

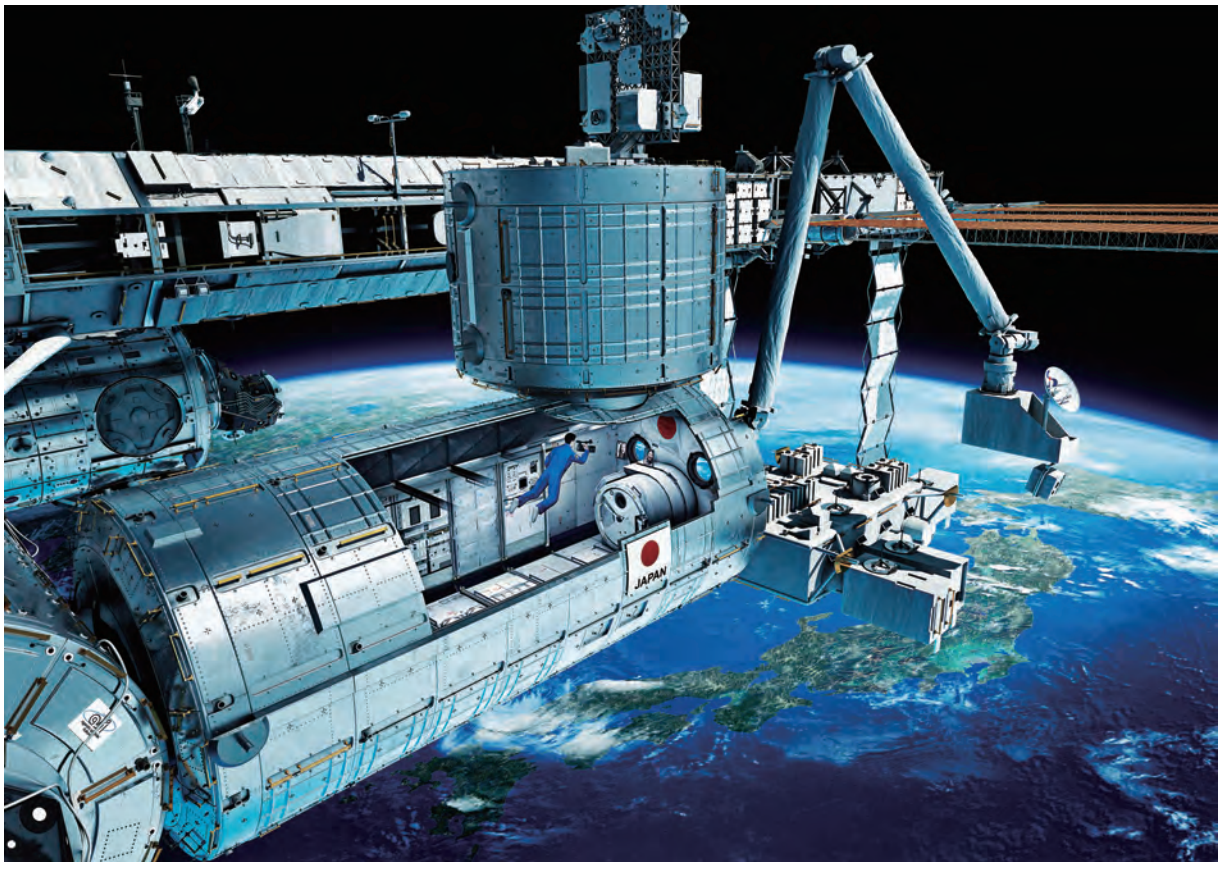
iii. 新たな発想に基づく民間利用の拡大

5つのプラットフォーム及び次期プラットフォーム候補である細胞医療への貢献に向けた立体培養技術の有効性実証を目指した取組みは、これまでの学術研究による「きぼう」利用の成果を発展させたものである。

一方、今後、米国を中心としたLEO(ISS含む)における民間活動の拡大が予測される中で、我が国の民間利用発展に向けて、「きぼう」を活用した宇宙環境利用の価値や有用性を他国に先んじて実証すると共に、民間による「きぼう」利用の拡大を図り、ISS退役後の民間主体とした宇宙環境利用の継続に備える必要がある。

そのため、J-SPARCによる「きぼう」を活用した新たな発想の宇宙関連事業の実証及び事業運営、宇宙探査イノベーションハブによる新たな技術の「きぼう」での事前実証等を推進すると共に、2025年までに利用領域毎に利用を取りまとめる民間企業を選定し、民間事業者から利用者がサービスを調達できるようにする。さらに、非研究開発目的の利用（映像コンテンツ制作や配信、短期宇宙旅行の付加価値サービス等）についても促進する。

また、民間投資を呼び込み、需要の拡大・民間利用の増加を実現することで、LEO(ISS含む)がより身近な研究・実証の場となるよう経済活動を活発化していく。



国際宇宙ステーション宇宙メディア事業イメージ図（提供:バスキュール/スカパーJSAT/JAXA）

1.2 超長期有人宇宙滞在技術や探査技術の獲得

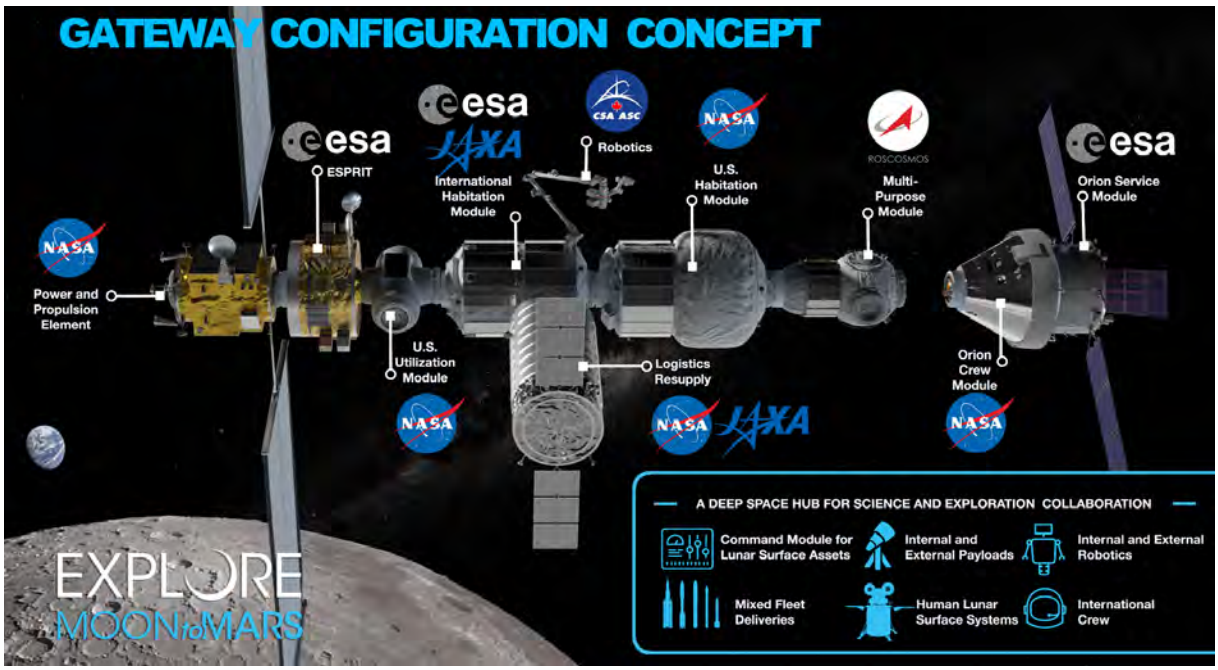
超長期有人宇宙滞在や探査活動の実現に向けて、日本の民生分野の優位技術を基に我が国独自の技術実証の場として「きぼう」を最大限活用し、超長期有人宇宙滞在や探査活動に必要な以下の技術を獲得する。

（1）月近傍・月面環境利用に向けた技術開発
（2）国の統合イノベーション戦略に応えるロボット利用・応用技術及びISS退役後の宇宙環境利用継続を見据えた宇宙実験自動化・自律化技術の推進
（3）補給量の削減により、ミッションコストを大きく低減する完全再生型環境制御／生命維持技術
（4）放射線計測及び防護技術

（1）月近傍・月面環境利用に向けた技術開発

■ 現状と課題

我が国の有人宇宙活動は、LEO（ISS含む）における宇宙環境利用から人類の活動領域を拡大する月近傍・月面等の国際宇宙探査活動へとその活動領域を拡大してきており、2019年10月に政府決定された「国際宇宙探査への参画方針」も踏まえ、「ISSで培った我が国の強みを活かしながら、月近傍有人拠点（Gateway）への提供機器や補給機及び月極域表面移動探査機の開発を進める」とされている。



Gateway構成コンセプト（提供:NASA）

このような状況を踏まえ、我が国の国際宇宙探査活動を推進するため、我が国独自技術による国際競争力を持った探査技術の獲得に向け、「きぼう」をテストベッドとして最大限活用する。

■ 目標

国際宇宙探査における当面の目標である月面探査は、月極域の水氷の存在や活動に適した長期日照地点が存在することが前提となっているが、特に水氷の埋蔵量や着陸地点等の詳細データは今後取得する必要があるため、「きぼう」を最大限活用してそれらのデータを取得するにあたっての技術開発・実証を推進する。

また、LEOとは異なる月面や月近傍ステーション特有の宇宙環境を活用した利用についても検討し、月探査初期の段階から宇宙環境利用を促進する。

月面での有人探査活動に必要なモビリティ『有人与圧ローバ』イメージ図（提供:トヨタ自動車）

■ 必要となる実験技術等

国際宇宙探査への参画に向けた現時点での具体的な取組みとしては、費用対効果及び国際プレゼンスの観点で、「我が国として優位性・波及効果が見込まれる4つの技術」を念頭に、以下の4点が考えられている。

- 2024 年の有人月面着陸に向けて建設される初期型Gatewayの組立要素（ミニ居住棟）に、我が国が強みや「きぼう」等での実績を有する生命環境を制御する熱制御系や空調系の機器の技術・機器（例えば熱制御系ポンプやバッテリー等）の提供。
- 物資・燃料補給ニーズの増大に対応するため、新型補給機（HTV-X）とH3 ロケットを用いたGatewayへの物資・燃料補給。
- 有人月面着陸・探査の着陸地点選定等に資する月面の各種データの共有。
- 月面での持続的な有人探査活動にも資する、米国からも期待の高い月面の移動手段の開発。

■ 利用推進方策

上述の探査に必要な技術について、「きぼう」をテストベッドとして最大限活用し、必要な技術の獲得に貢献する。以下に、想定される取組み例を記す。

- 月近傍・月面環境利用に向けた月面の地質学データや資源分布等に関するデータ取得のための大型衛星の開発・打上げには多大な費用が必要となるため、小型衛星等を活用し効率的・効果的に調査等を実施することが望ましい。そのため、ISSで培った超小型衛星放出の知見を最大限活用し、Gatewayからの小型衛星放出システムの開発に取組み、費用対効果の高い探査活動を実現する。

- 惑星表面の柔軟地盤の重力依存性調査のため、「きぼう」日本実験棟のみが有する人工重力発生機である遠心機付き生物実験装置（CBEF）を活用し、月面の砂をはじめとした惑星の模擬砂等の粉粒体を用いた低重力下における粉粒体の特性が及ぼす影響を調査し、将来の宇宙探査に必要な基礎データ等を取得する。

(2) 国の統合イノベーション戦略に応えるロボット利用・応用技術及びISS退役後の宇宙環境利用や月探査を見据えた宇宙実験自動化・自律化技術の推進

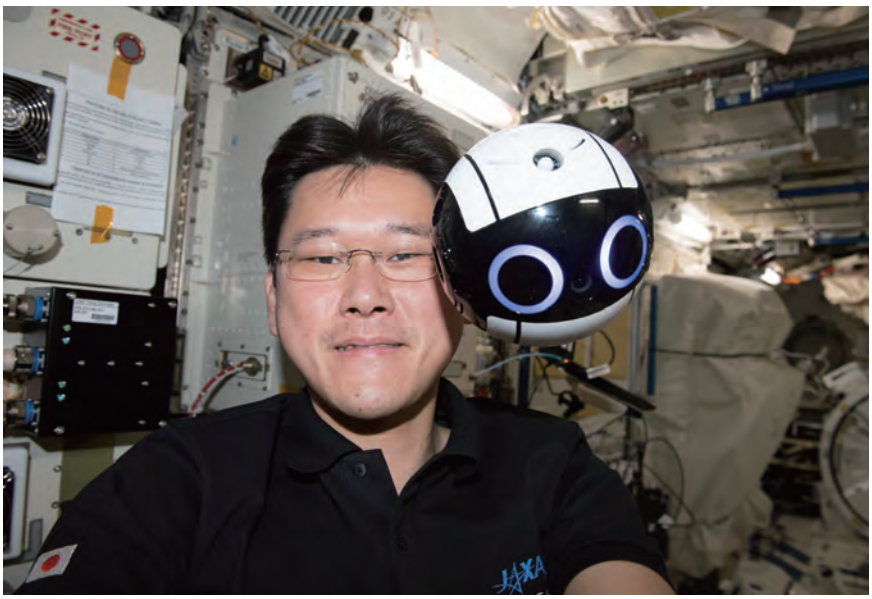
■ 現状と課題

現在のISS運用はクルー作業を前提としているため、運用の計画的な実行や実験頻度の向上にはクルータイムの確保が必須となり、「きぼう」利用成果の拡大に向けての制約となっている。

一方、「きぼう」でのロボット利用は、開発当初の目的であるペイロードや補用品（R-ORU）の着脱作業から、超小型衛星放出ミッションやロボットアームを用いた船外での技術実証等、その用途と利用頻度が年々拡大しており、既存のシステムでは今後想定される多様なミッションの要望に応えられない可能性がある。ISS退役後の宇宙環境利用継続も考えると、クルータイムを必要としない宇宙実験の自動化・自律化の推進は急務である。

さらに、宇宙実験の自動化・自律化は、Gatewayや月面探査においても、拠点が無人となる期間におけるシステムのメンテナンスや危険作業の代替等、期待される場面は広く存在する。

ロボット・自動化で高い技術力を有する我が国のロボット利用戦略に応えるためにも、微小重力環境下での貴重な実験環境を有する「きぼう」において、運用の自動化や将来ロボット技術の実証を進め、「きぼう」の利用成果の最大化と産業界への新規技術のフィードバックを図ることが求められる。



Int-Ballと金井宇宙飛行士

■ 目標

国の統合イノベーション戦略に応えるロボット応用技術（地上技術の宇宙応用、宇宙技術の地上応用を含む）、宇宙実験の自動化・自律化技術（完全無人化を含む）、「きぼう」等の微小重力下や月・惑星等の重力天体上で宇宙飛行士の活動を代替・支援できるロボット利用技術について、その研究開発を他機関や企業と協働して進める。

■ 必要となる実験技術等

実験装置の自動化や有人活動を支援するロボットの実現には、i）自己位置・姿勢を推定する技術、ii）多腕・多指を制御する技術、iii）通信遅れ環境下での遠隔制御技術、iv）「きぼう」船内外を移動する技術、そして、v）自律的に制御する技術（視覚情報やテレメトリデータに基づく状況判断、障害物を回避しての経路生成、音声認識等を介したクルー協調動作等）といった鍵となる技術が必要となる。研究機関やメーカーとの連携を通して、これら最新技術を利用・統合し、「きぼう」や月・惑星等の拠点で利用可能な自動システムを実現させる。

■ 利用推進方策

上述の新たに獲得すべき技術については、段階を追って実証を進める。具体的な進め方は以下のとおり:

i）位置・姿勢推定技術の実証

船内の飛行移動型カメラロボット（Int-Ball）で実証

ii）多腕／多指制御技術の実証
船内実験装置の自動化で実証

iii）遠隔制御技術の実証
船内実験装置の自動化で実証

iv）移動技術
飛行移動型カメラロボットや有人活動支援ロボットで段階的に実証

v）自律制御技術
有人活動支援ロボット、実験装置の自動化等で段階的に実証

実証が完了した技術については適宜、運用に供することで「きぼう」の運用効率化と将来探査に向けた技術データ取得につなげる。

(3) 補給量の削減により、ミッションコストを大きく低減する完全再生型環境制御／生命維持技進

■ 現状と課題

現行の「きぼう」は、空気循環、温度調節といった基本的な環境制御機能を有するものの、二酸化炭素除去、酸素製造等、宇宙飛行士の生命維持に係る

▼次世代水再生システム（実証モデル）

次世代水再生システムは、現行のISSで使用されているNASA装置の1/4に小型化する。図は実証モデル。

機能はなく、それらはISS本体に依存している。また、現行ISSの環境制御・生命維持機能の維持は、輸送機による地球からの物資補給を前提としており、水が補給物資の多くを占めている。

超長期有人滞在が必要となる有人宇宙探査は、ミッション期間が長く、ISSと比べて補給が極めて困難となるため、水・空気の完全再生利用による物資補給量の低減が不可欠である。

■ 目標

物資輸送量を低減するためには、ミッション開始時に搭載した水・空気を宇宙飛行士が飲用・呼吸することで発生する尿や汗、二酸化炭素、微量代謝ガス(アンモニア等)を浄化し、再び水・空気として供給可能な、補給を一切必要としない完全再生型システムが必要である。

また、いくら高性能で完全再生が可能であっても、運転のために多くの消耗品が必要なシステムや機器の寿命が短く交換部品が多数必要なシステムでは補給量の削減にはつながらない。さらに、有人宇宙探査の宇宙船や滞在拠点は小型化が必要であり、コンパクトで省電力なシステムが強く望まれる。

そこで、コンパクト・省電力で、水・酸素補給ゼロ、消耗品ゼロ、高信頼性を実現する完全再生型環境制御・生命維持技術を確立して、国際宇宙探査に提供することで、システム基幹部分での日本の貢献や物資補給量低減によるミッションコスト大幅削減により、日本のプレゼンス向上につなげる。

■ 必要となる実験技術等

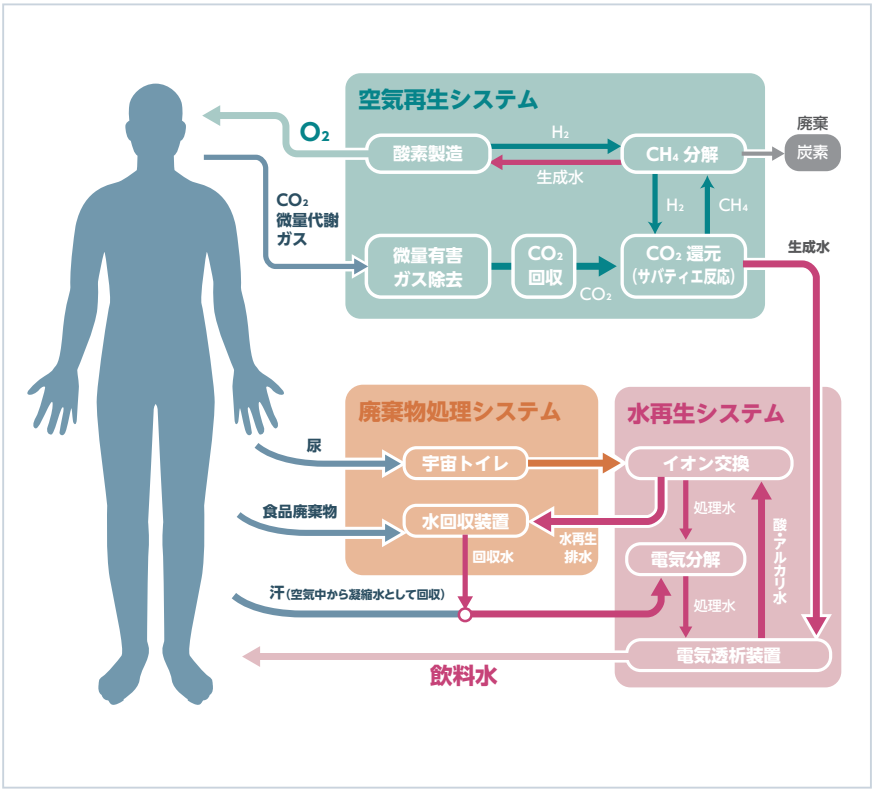
以下の技術を研究開発し、それらを統合して完全再生型環境制御・生命維持技術を確立する。

- 呼気CO_2回収やO_2製造だけでなく水を生成する空気再生技術（人が代謝する微量有害ガスを除去、呼気CO_2を回収、CO_2をH_2で還元し水とCH_4を生成（サバティエ反応）、水を電気分解しH_2とO_2を製造、CH_4を分解してH_2を生成）
- 尿や空気中水分の凝縮水から飲料水を生成する水再生技術
- 食品廃棄物や水再生排水から水分を回収する廃棄物処理技術

■ 利用推進方策

閉鎖空間・微小重力といった環境の下で、将来の有人宇宙探査を想定した実証ができるISSの利点を活用して各種軌道上実証を行う。まずは、技術確立を

▼完全再生型環境制御・生命維持システムの仕組み



目的として、水再生に関するサブスケールモデルの実証を2019年度に開始した。その後、順次空気再生・廃棄物処理の各サブスケールモデルの実証を行い、その結果を設計に反映した上で、最終的には4人、3年間のミッションを想定したフルスケールモデルの実証を行う。

(4)宇宙放射線計測及び防護技術

■ 現状と課題

将来の有人宇宙探査では、ISSよりもはるかに長期間のミッションを地磁気圏外の過酷な宇宙放射線環境下で行うため、宇宙飛行士の放射線被ばくによる生体影響が大きなリスクとなる。そのため、有人探査に参加する宇宙飛行士の被ばく線量を適切に管理するため、線量制限値を設定し、当該線量を精度よく算定する技術、並びに制限値を超えないよう宇宙放射線を防護する技術が必要となる。

■ 目標

被ばく線量が大きくなる長期ミッションにおいて、緊急退避や帰還の判断のため、ミッション中の被ばく線量評価をリアルタイムで正確にできるよう、宇宙飛行士の被ばく線量算定の精度を向上させる。

また、生涯被ばく線量制限値が小さい若手の宇宙飛行士、制限値まで残りが少ないISSフライト経験の豊富な宇宙飛行士でも有人宇宙探査に参加できるレベルまで放射線防護能力を向上させる。

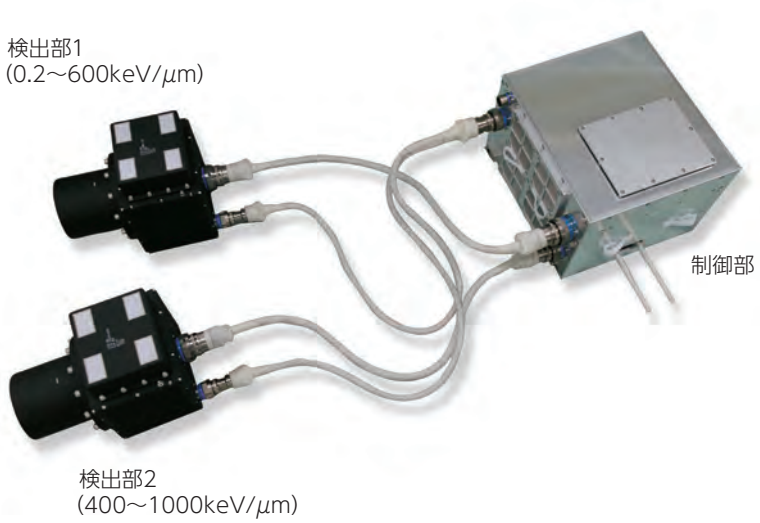
■ 必要となる実験技術等

- 被ばく線量を精度よく算定するために必要な各種データ（リアルタイム環境線量、宇宙飛行士滞在場所の時間分布）の計測技術（遮蔽材料の遮蔽効果や二次粒子を測定／評価できる被ばく線量計を含む）
- 上記データ及び最新の環境モデル、詳細な遮蔽モデルを取り込んで高精度な被ばく線量算定を行うための計算解析ツール
- 効果の高い遮蔽技術（材料、配置等）

■ 利用推進方策

リアルタイム線量計、宇宙飛行士滞在場所の時間分布を把握するICタグのISS実証を行い、ISS運用機会を通じて精度の高い宇宙飛行士の被ばく線量算定方策を実用化する。また、必要に応じて、ISS船外環境を用いた遮蔽材料実験等を行う。

▼ISS実証を行うリアルタイム線量計（PS-TEPC）



PS-TEPC は、組織等価ガスを封入した 2 種類の検出部と、データ収集機能及び電源機能等を持つ制御部から構成される。幅広いエネルギーや線種から構成される宇宙放射線のうち、船外から飛来する一次宇宙線（太陽粒子線及び銀河宇宙線から構成される荷電粒子線）並びに、それが船壁や搭載物質との相互作用で発生させる二次宇宙線（中性子線）からの全ての被ばく量を高精度で測定することができるリアルタイム線量計である。

1.3 研究者の内在的動機に基づく学術研究の推進

国の統合イノベーション戦略に沿った研究や新たな学際的・分野融合的領域の創出、イノベーションの源泉創出等に向け、引き続き定期的に「きぼう」利用テーマの公募を行う。テーマの選定にあたっては、国の戦略的研究や科学技術の進展への「きぼう」利用成果の活用、及びそれを通じた産業や社会への貢献に対する見通し・ビジョン等を重視する。

なお、「きぼう」利用に係る予算事情を踏まえ、学術研究で利用する実験装置・機器や必要な技術開発については、個別の研究テーマを超えた共通性・応用性のある開発を行い、実験装置・機器・技術の有効利用を図っていく。

1.4 国際協力の推進

これまで米国、欧州、ロシア等の海外宇宙機関と国際的な協力関係を構築し研究協力を進めるとともに、実験装置の協同利用、宇宙実験の同時実施、実験データの共有、実験試料のサンプルシェア等、利用手段等の多様化を図り、国際協力のもと効果的に成果を創出してきた。また、ロシアとのタンパク質結晶生成実験の共同実施、発展途上国向けの超小型衛星放出に関するUNOOSAとの協力や国際災害チャータの枠組みを通じて国際協力を推進してきた。

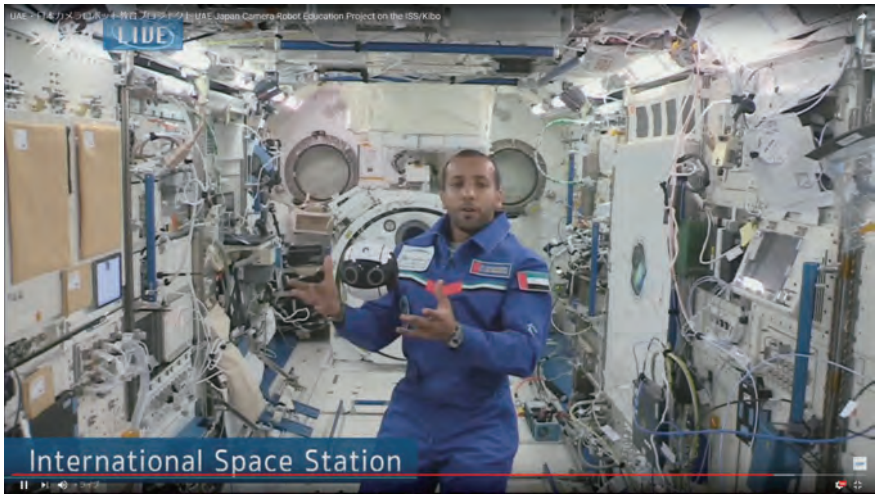
アジア協力に関しては、これまで相手国の宇宙機関における経験の蓄積、宇宙環境利用への理解促進、潜在的研究者・利用テーマの掘り起こし等を目的に、タイ、マレーシア、ベトナム、フィリピン等のアジア諸国とタンパク質結晶生成実験や材料曝露実験、超小型衛星放出等において段階的な協力を実施してきた。また、複数の国に跨る協力としては、アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）等の枠組みを活用し、アジア諸国に対する我が国の貢献が世界から見える形となるように取組んできた。

IAC2018のメディアブリーフィングに登壇したKiboCUBE第2回、第3回の選定機関の関係者

2015年12月に締結された新たな日米協力の枠組であるJP-US　OP3では、マウス実験サンプルシェアによる宇宙飛行士の眼球への影響評価、軌道上の微生物サンプルシェアによるシステム機器の評価等、今まで想定されなかった相互連携による成果が出始めている。今後も引き続き、静電浮遊炉の利用や低重力環境を模擬できる小動物飼育技術を用いた共同ミッションの実施、アジア太平洋地域及び日米の学生等を対象としたISS船内ドローンを使用したプログラミング競技会の実施、天体観測の連携（MAXI/NICER）による短時間で起こる天体現象の解明等を実施する予定であり、更なる成果創出が期待される。今後も引き続きJAXA-NASAの積極的な相互利用等を推進し、JP-US　OP3の枠組を効果的に活用することで、ISS・「きぼう」利用成果の最大化を図り、戦略的・外交的な側面から日米協力の強化に貢献する。なお、相互活用の協力分野としては、生命科学研究、タンパク質結晶生成、材料研究、超小型衛星放出、観測装置等を利用した「きぼう」船外利用等を推進していく。そのため、まずはJAXAのマウス飼育ミッションにおけるNASAとの協力をJP-US　OP3に貢献するパイロット的な協力として位置付け、今後は船内外の他の分野においても更なる協力拡大に向け継続的に情報共有・調整を図る。

また、アジア唯一のISS計画参加国としての外交的重要性を踏まえ、これまでの宇宙実験の経験を通じて利用ニーズが明確になってきた国を中心に、自ら価値を判断し成果創出のために主体的にミッションに参加する形態（有償利用を含む）での「きぼう」利用を推進し、我が国の国際プレゼンスの向上に貢献する。なお、アジア利用に関しては、別途策定したアジア戦略に基づき活動を推進する。

JP-US　OP3のもとでの積極的な「きぼう」利用の推進に加え、他の政府間協力や国連との協力等においても「きぼう」利用で貢献する。例えば、政府における海外展開タスクフォースの活動も踏まえ、UAEやアフリカ等、今後「きぼう」のポテンシャルユーザとなり得る国に対するアウトリーチ活動を積極的に進める。



アラブ首長国連邦（UAE）初の宇宙飛行士ハッザ・アル・マンスーリー氏は、JAXAの「きぼう」船内ドローン（Int-Ball）を用いた教育イベントを2019年9月30日に実施（出典:JAXA/NASA）

1.5 宇宙実験を支える基盤技術の強化

各々のプラットフォームや学術研究等の宇宙実験を支える基盤的な技術の向上に向けて、実験期間の短縮化等の「質的向上」、実験試料数・実験頻度・実験数の増大等の「量的向上」、実験装置・機器の高度化・自動化・最適化等の「多様性向上」の3つの視点から、実験技術に関わる主要能力を強化する。その際、利用の拡大や利用推進を第一に考えて技術開発を進める。

質的向上としては、これまで通常3年～5年[24]を要していた宇宙実験計画立案・準備期間を短縮するとともに、宇宙実験用の試料受取りから実験後の試料引渡しまでの期間を短縮し、地上の研究開発スピードに近づけ、成果創出のスピードアップを図る。また、実験の一部を先行検証するプリカーサ実験の実施や実験装置・機器の地上品等を用いた地上予備実験を十分に実施できる実験環境を整備し、質の高い成果の早期創出を図る。

量的向上としては、一度に実験できる実験試料数を増やすために実験装置・機器の改良・機能拡張を推進する。また、実験試料を地上へ回収する小型回収カプセルの開発等、実験試料の輸送・回収能力を向上させる。加えて、実験試料の相乗りやサンプルシェア実験等により、全体として実験数を増加させる。

多様性向上としては、特に「きぼう」のみが有する世界唯一の機能・性能を徹底的に拡大し活用する。従来、実験装置や技術の制約で実現できなかった実験や対象とする実験試料の多様化に対応すべく実験技術の向上を図る。

具体的には、高度化する宇宙実験に対応するため、顕微鏡等の試料観察システム、実験試料・画像の自動解析システム、生体内構造を視覚化するイメージングシステム等の実験支援機器の開発を推進する。また、既存の実験装置について、小動物飼育装置の搭載匹数を増やすために人工重力負荷装置を大型化する等、幅広い利用ニーズに対応するための装置の改良を進めると共に、実験データの大量・高速伝送技術等、「きぼう」での実験を支える共通的な宇宙実験技術の性能向上を図る。

宇宙飛行士の作業時間を有効活用するため、要する開発費、開発期間と削減されるクルータイム等を考慮しつつ実験装置・機器の自動化を進める。今後、第5期科学技術基本計画で新たに掲げられた概念である「Society 5.0」（超スマート社会）の実現に向けて、AI等の利活用が様々な分野で進むことが見込まれるため、実験装置・機器の自動化にあたってはAI等を活用した新しい技術を取り込んだ検討を進める。

24 タンパク質結晶生成実験では、通常10ヵ月を要する

参考 略語集

略　語	英　語	日本語
AI	Artificial Intelligence	人工知能
APRSAF	Asia-Pacific Regional Space Agency Forum	アジア・太平洋地域宇宙機関会議
BBM	Bread Board Model	試験試作用モデル
CALET	CALorimetric Electron Telescope	高エネルギー電子・ガンマ線観測装置
CBEF	Cell Biology Experiment Facility Centrifuge-equipped Biological Experiment Facility	細胞培養装置 遠心機付き生物実験装置
ExHAM	Exposed Experiment Handrail Attachment Mechanism	簡易曝露実験装置
EM	Engineering Model	エンジニアリングモデル
EML	Electromagnetic Levitator	電磁浮遊炉
ESA	European Space Agency	欧州宇宙機関
HISUI	Hyperspectral Imager SUIte	宇宙実証用ハイパースペクトルセンサー
IMAP/GLIMS	Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere/Global Lightning and Sprite Measurement Mission	地球超高層大気撮像観測 / スプライトおよび雷放電の高速測光撮像ミッション
i-SEEP	IVA-replaceable Small Exposed Experiment Platform	中型曝露実験アダプター
ISS	International Space Station	国際宇宙ステーション
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JP-US OP3	Japan-United States Open Platform Partnership Program	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
J-SPARC	JAXA Space Innovation through Partnership and Co-creation	宇宙イノベーションパートナーシップ
LEO	Low Earth Orbit	地球低軌道
MAXI	Monitor of All-sky X-ray Image	全天 X 線監視装置
NASA	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NICER	Neutron star Interior Composition Explorer	中性子星内部組成観測装置
PDCA	Plan-Do-Check-Act	計画 - 実行 - 評価 - 改善
R-ORU	Robotics-compatible Orbital Replacement Unit	軌道上交換ユニット
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SEDA-AP	Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload	宇宙環境計測ミッション装置
SMILES	Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder	JEM 搭載超伝導サブミリ波リム放射サウンダ
ToMMo	Tohoku Medical Megabank Organization	東北メディカル・メガバンク機構
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs	国際連合宇宙局

キューポラ（観測窓）から撮影された「きぼう」日本実験棟と地球の夜景

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
有人宇宙技術部門

本パンフレットに対するご質問や
「きぼう」に関するお問い合わせはこちらへ。
きぼう利用プロモーション室｜Z-KIBO-PROMOTION@ml.jaxa.jp

きぼう利用戦略
https://iss.jaxa.jp/kibouser/information/scheme/

コミュニティ活動
きぼう利用ネットワーク　｜https://iss.jaxa.jp/kibouser/community/
ツイッター公式アカウント｜@JAXA_Kiboriyo

2020年６月　パンフレット第３版発行
編集代表｜有人宇宙技術部門

VEGETABLE OIL INK
リサイクル適性Ⓑ
この印刷物は、板紙へ
リサイクルできます。