

ISSを含む地球低軌道活動の在り方について (その2)

2020年10月9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. **大目標の達成に向けたJAXAの新たな取り組み（変革）**
2. **「目指すべき地球低軌道活動の姿」の実現に向けた技術獲得ロードマップ**
3. **2025年以降の「きぼう」利用の取り組み**

1. 大目標の達成に向けたJAXAの新たな取り組み（変革）

1. 大目標の達成に向けたJAXAの新たな取り組み（変革）

（1）【大目標】と【目指すべき姿】

- ① **大目標**：2040年代、低軌道が「持続的な社会・経済活動の場」・「探査活動を支える基盤」となること
- ② **目指すべき姿**：日本の官・民・学の多様なプレイヤーが地球低軌道で、持続的かつ自在に活動する姿
 = 需要に応じた利用サービスが、民間企業により持続的に供給される状態

第37回小委員会資料（37-3-2）抜粋（再掲・一部改変）

2. 2040年代の地球低軌道活動において目指すべき姿

（1）大目標と検討のアプローチ

- 上述1項に示した環境の変化と留意事項を考慮し、将来、日本が地球低軌道活動において創出しているべき価値の想定から、2040年代の【大目標】（別紙4参照）を以下のように設定（下図参照）。
【大目標】2040年代、低軌道が「持続的な社会・経済活動の場」・「探査活動を支える基盤」となること
- この大目標の実現に向けた「きぼう」における各活動の将来展開のイメージを次ページの図に整理。



※拠点の有無、有人/無人等は、2者択一ではなく、各形態で進化・発展したものの複合的な形も想定され得る。イラストはイメージ。

1. 大目標の達成に向けたJAXAの新たな取り組み（変革）（続き）

(2) 2025年以降の活動

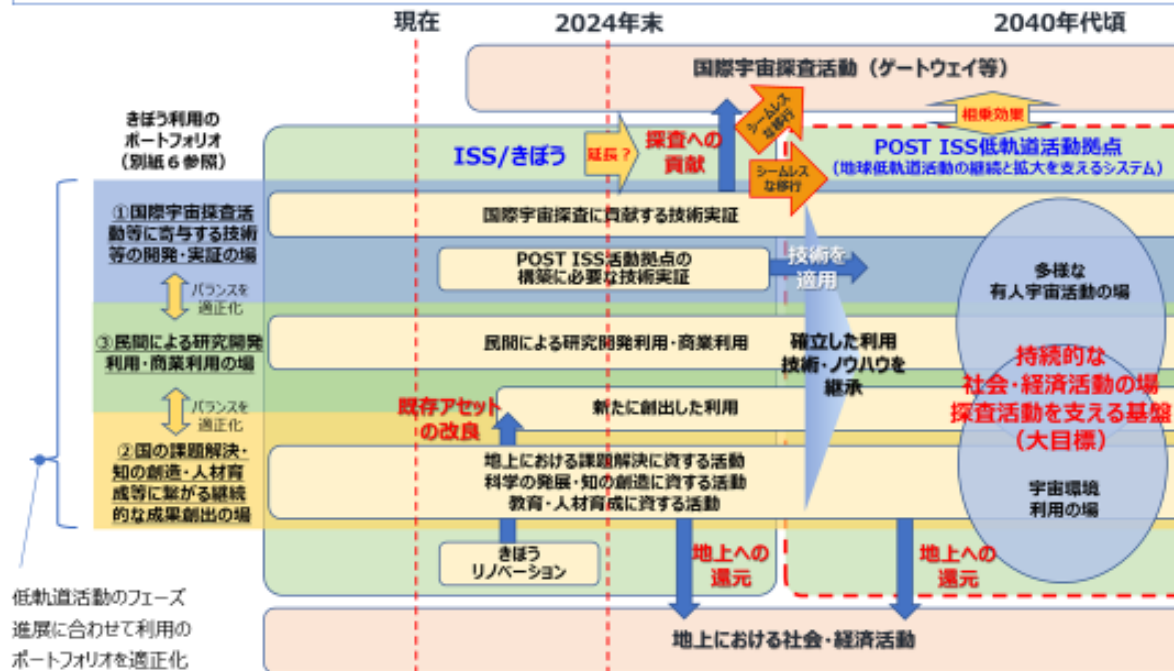
- ISS運用延長により【大目標】と【目指すべき姿】の達成に至る低軌道活動の道筋を構築する
- そのために、ISS運用・利用に係るJAXAの活動を変革する

第37回小委員会資料（37-3-2）抜粋（再掲・一部改変）

2. 2040年代の地球低軌道活動において目指すべき姿

(2) 「きぼう」の各活動の将来展開イメージ

- 「きぼう」は、**国際宇宙探査と将来の低軌道活動をつなぐ現存する唯一の活動拠点、国際協力及び国際プレゼンス発揮の場**
- 2025年以降の「きぼう」における活動を通じ、**国際宇宙探査とPOST ISS活動にシームレスに移行**
- **ISS運用延長により、2040年代の【大目標】達成に至る地球低軌道活動の道筋を構築していくとともに、探査と低軌道活動の相乗効果による日本の宇宙技術の優位性を確保**



1. 大目標の達成に向けたJAXAの新たな取り組み（変革）（続き）

※第37回小委資料37-3-2のP6の「目指すべき姿」の実現に向けたJAXAの大きな方向性より

(3) JAXAの活動の変革

■ 活動方針・立ち位置の変革（※）【P7 図1参照】

(変革A) JAXAは新たな技術開発に注力

(変革B) 定着した実験サービスは民間運営に移行、JAXAは民間から利用サービスを調達

(変革C) JAXAは、民間主体の新たな利用サービス創出を支援

(民間主体の経済活動拡大の支援)

■ JAXAの取り組み内容の変革

■ 探査技術の向上

✓ ISSを探査技術の実証の場として積極活用(変革A)

2項「技術獲得ロードマップ」

3項(2)「想定する
際立った成果例」

3項(3)「低軌道
利用促進施策」

低軌道活動を民間主体の状態
(サービス調達の形態)にするために

供給と需要
の両方を
拡大

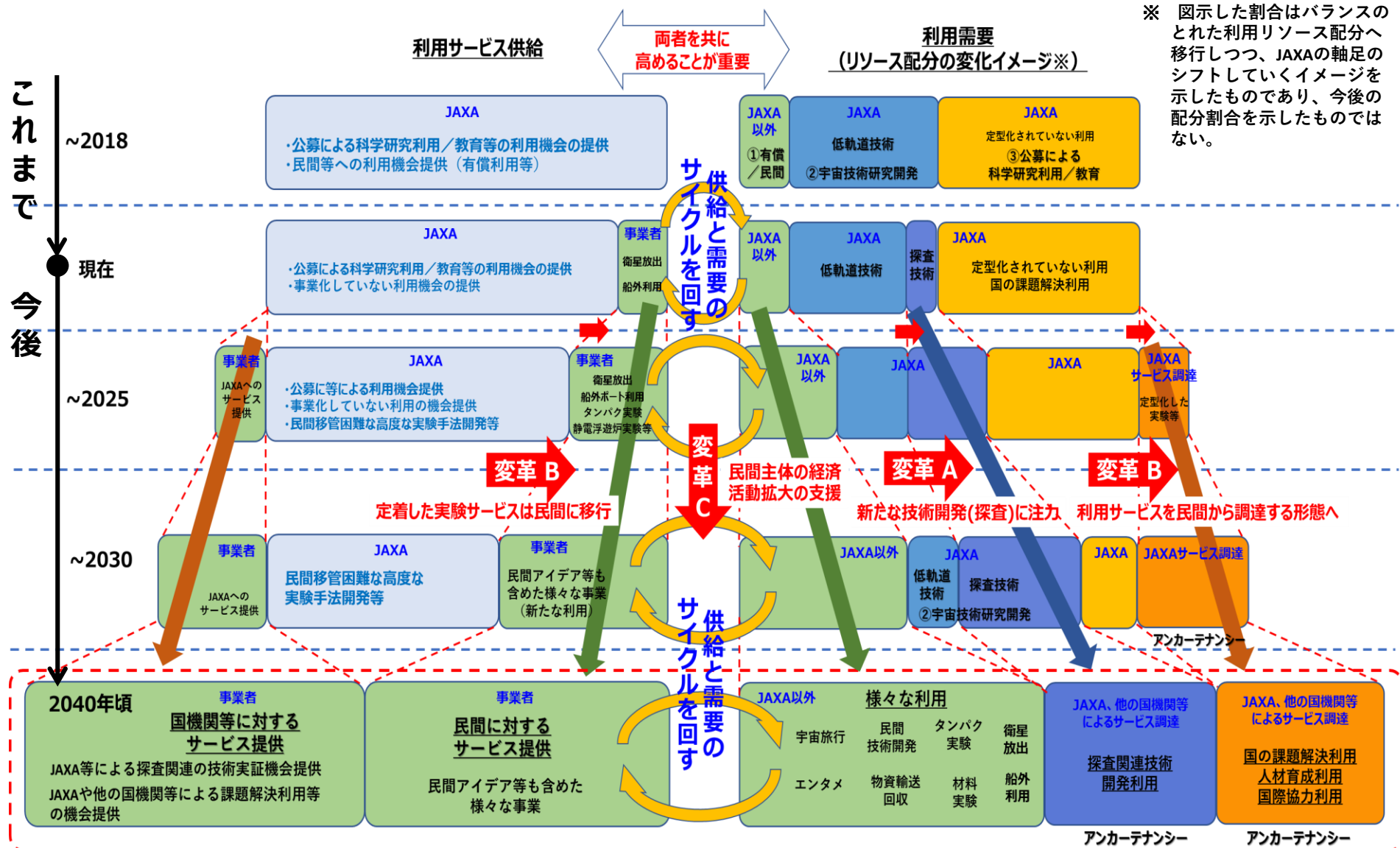
■ 低軌道利用サービス能力の向上

- ✓ 新たなサービス能力の獲得(変革A、B)
 - ・ 有人飛行、ECLSS等 戦略的な技術
 - ・ 新たな利用技術
- ✓ プラットフォーム化を推進(変革B)
 - ・ 実験サービス拡充
 - ・ 利用者のハードルを下げる
 - ・ 事業者の育成
- ✓ 定着した実験サービスは民間運営に移行、JAXAはアンカーテナントに(変革B)

■ 低軌道利用需要の拡大

- ✓ 新たな利用需要の喚起(変革C)
 - ・ 宇宙旅行など
- ✓ 若者など新たな層の参画拡大(変革C)
 - ・ ロボットコンテスト
 - ・ 宇宙を身近に感じる「こと体験」
 - ・ 宇宙放送局(宇宙授業、コンテンツ配信等)
- ✓ ビジネス実証を支援する方策(変革C)
- ✓ 際立った科学的成果の創出(変革C)

1. 大目標の達成に向けたJAXAの新たな取り組み（変革）（続き）



大目標「持続的な社会・経済活動の場」「探査活動を支える基盤」の実現

図1 JAXAの活動方針・立ち位置の変革のイメージ

2. 「目指すべき地球低軌道活動の姿」の実現に向けた技術獲得ロードマップ

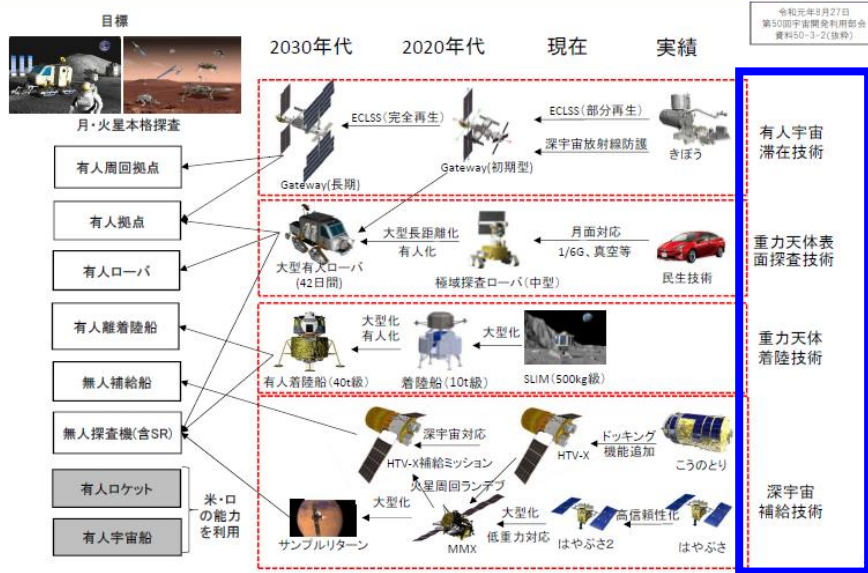
2. 「目指すべき姿」の実現に向けた技術獲得ロードマップ

国際宇宙探査のロードマップ（第50回宇宙開発利用部会（資料50-3-2）で提示）と同様に将来像からのバックキャストのアプローチにて地球低軌道活動のロードマップを策定

国際宇宙探査の技術ロードマップ （オーバービュー）＜参考＞

地球低軌道活動の技術ロードマップ （オーバービュー）

（参考）月・火星本格探査を支える技術のバックキャスト（イメージ）



今回提示

国際宇宙探査における
4つの重要技術
（設定済み）

探査への適用・活用
← 低軌道（ISS）にて技術実証

低軌道活動における
重要技術
↓ ISSにて技術実証

2. 「目指すべき姿」の実現に向けた技術獲得ロードマップ(続き)

- 「国際宇宙探査で必要とされる技術の低軌道における技術実証」及び「将来地球低軌道に向けた4つの重要技術」を識別

LEOを経済活動の場とするために必要な技術のバックキャストのイメージ


国際宇宙探査に必要とされる技術の低軌道における技術実証 ⇒ P11

国際宇宙探査で必要とされる技術への適用

- ① 深宇宙補給技術 ⇒ ランデブ・ドッキング技術、推進充填技術、拠点構築等
- ② 有人宇宙滞在技術 ⇒ 生命維持・環境制御、宇宙飛行士の健康管理・訓練等
- ③ 重力天体離着陸技術 ⇒ 1/6G実験(レゴリス挙動)、距離計測センサの実証等
- ④ 重力天体表面探査技術 ⇒ 1/6G実験(レゴリス挙動)、事前実証(放射線耐性)

LEOから探査につながる技術の矢印

目標 (2040年代)



宇宙旅行を可能とする滞在拠点 (自動化)

宇宙環境利用 (自動化)

低軌道有人滞在拠点

低軌道無人実験拠点

低軌道実験プラットフォーム

有人輸送システム



① 有人宇宙滞在技術

② 拠点技術

③ 運用・利用技術

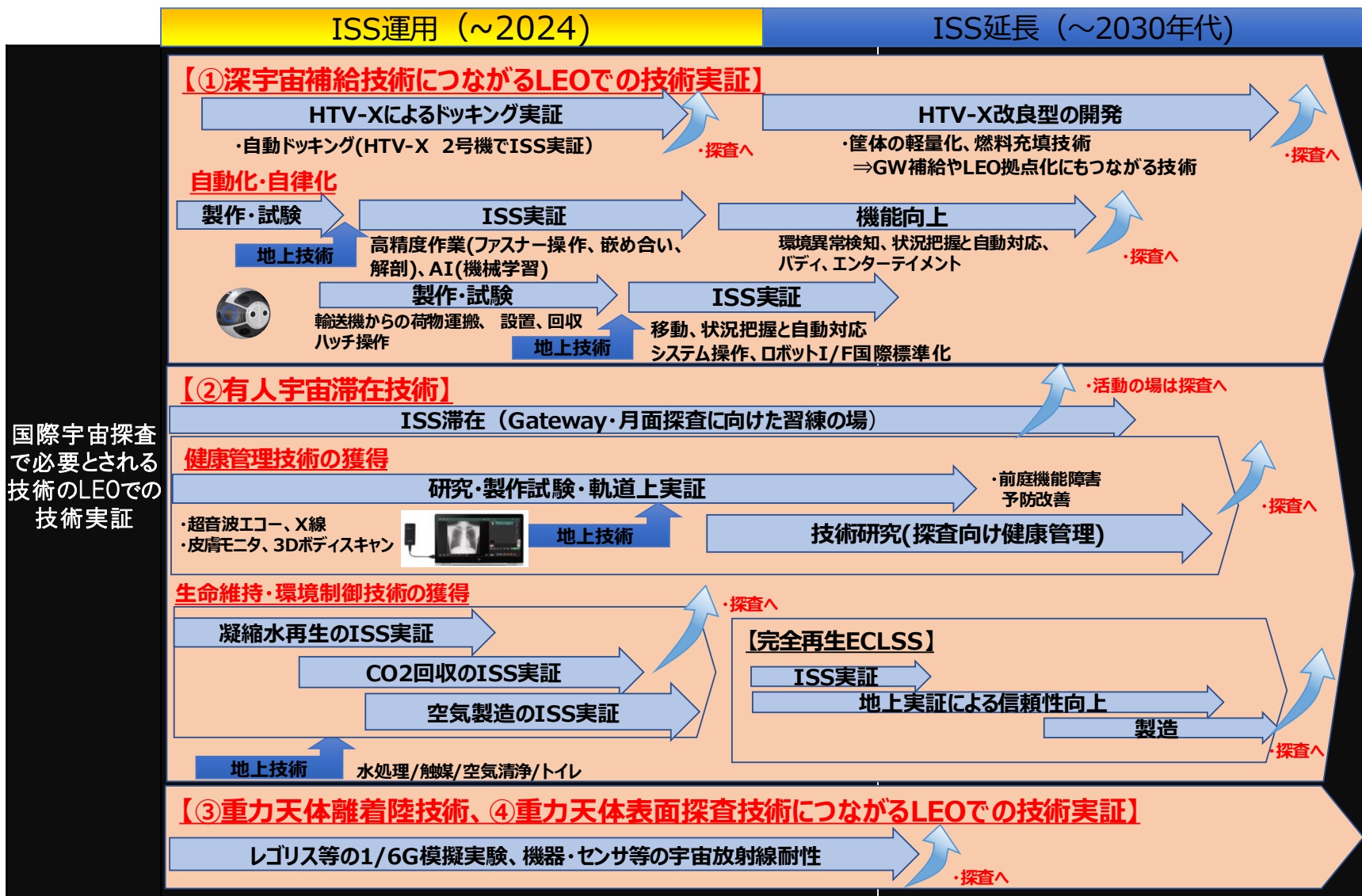
④ 輸送技術

識別した4つの重要技術 (低軌道) ⇒ P12

2. 「目指すべき姿」の実現に向けた技術獲得ロードマップ(続き)

(1) 国際宇宙探査で必要とされる技術の低軌道における技術実証

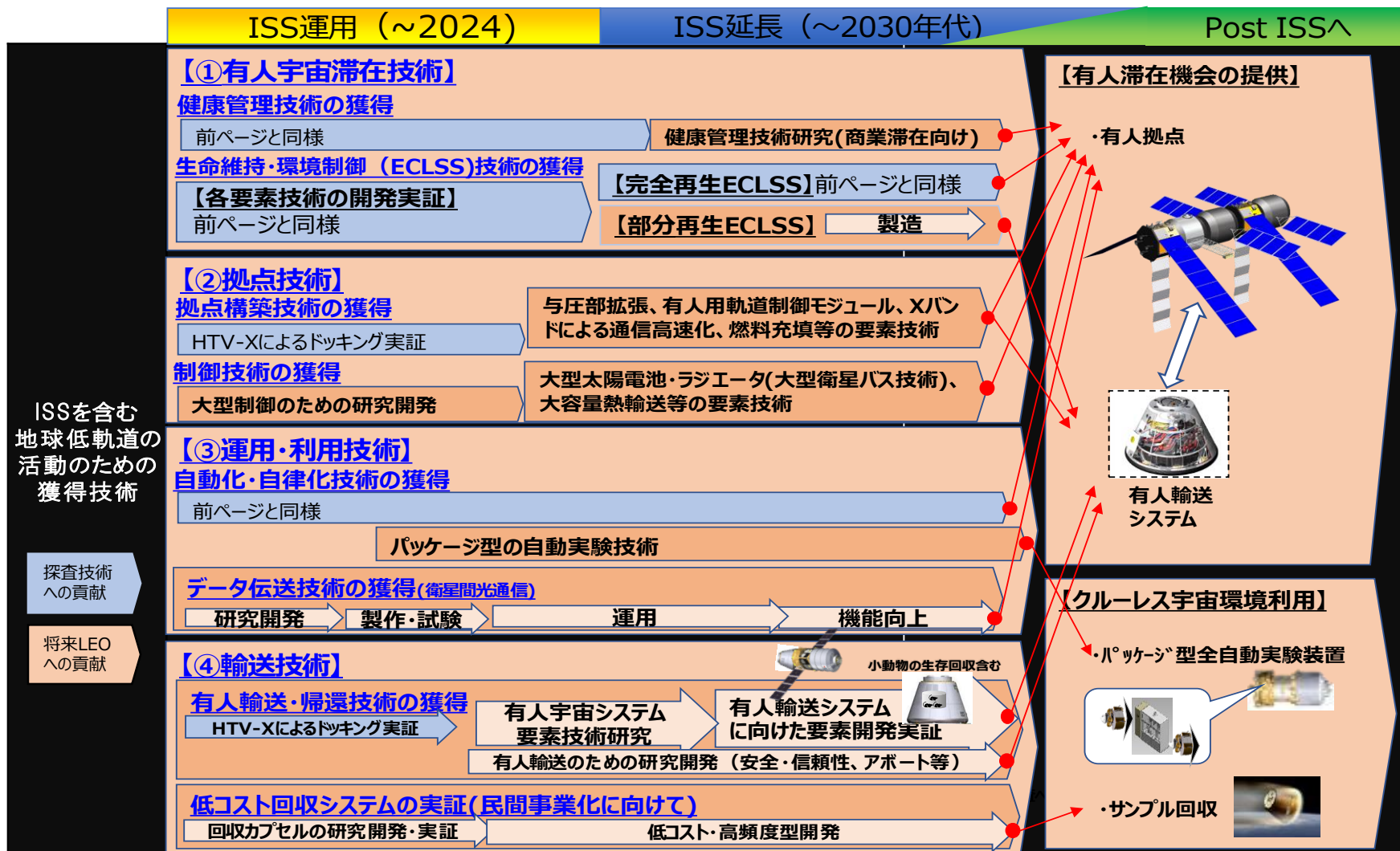
国際宇宙探査に必要な技術を低軌道で先行的にISSにて技術実証を行うことにより、探査における4つの重要技術の獲得につなげる。以下に技術実証のロードマップ(概要)を示す。



2. 「目指すべき姿」の実現に向けた技術獲得ロードマップ(続き)

(2) 将来地球低軌道に向けた4つの重要技術

将来LEOに向けた技術ロードマップでは、民間事業者からの期待が高く地球低軌道の利用拡大に資する有人飛行に繋がる技術や探査にも関係するECLSS技術などを中心に4つの重要技術の獲得を目指す。なお、技術の獲得にあたっては民間技術の積極的な活用や民間リソースを活用しつつ進める。



3. 2025年以降の「きぼう」利用の取り組み ～地球低軌道活動の拡大と国際宇宙探査への継承に向けて～

- (1) ISS運用延長、将来LEO活動に対する行政・研究機関、大学等からの期待・利用ニーズ**
- (2) 2025年以降の「きぼう」利用ミッションと想定される成果事例**
- (3) 持続的な利用需要の獲得と拡大にむけて (JAXA提案)**
 - 1) 地球低軌道活動の拡大と国際宇宙探査への継承に向けた新たな取り組み**
 - 1-1) きぼうの機能・能力向上 (“リノベーション”)**
 - 1-2) 事業性判断のためのビジネス実証**
 - 1-3) 利用リソースの最適化・リソースのパイの増大**

3. 2025年以降の「きぼう」利用の取組み

第37回小委員会資料（37-3-2）抜粋（再掲・一部改変）

2. 2040年代の地球低軌道活動において目指すべき姿 再掲

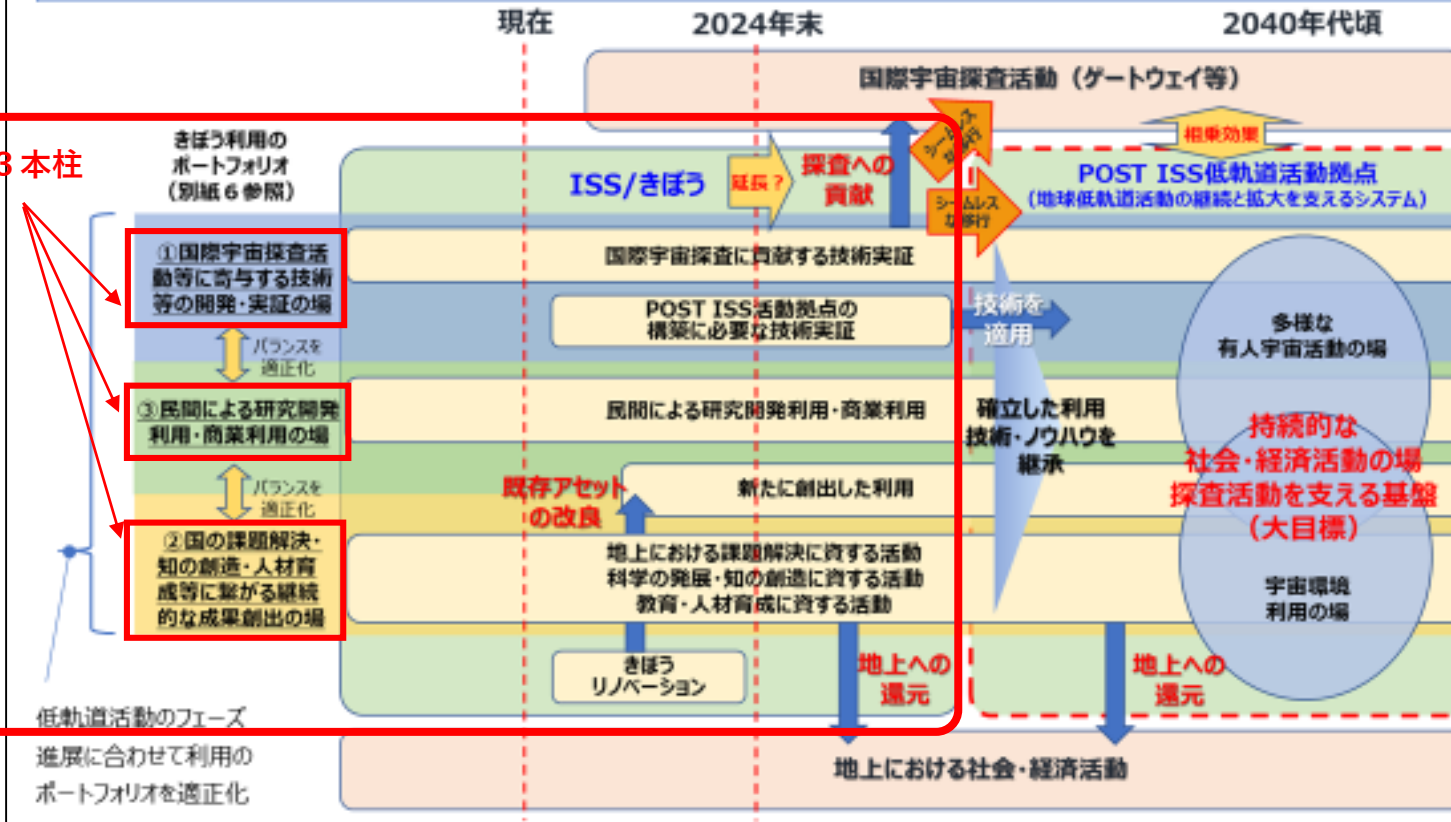
(2) 「きぼう」の各活動の将来展開イメージ

- 「きぼう」は、**国際宇宙探査と将来の低軌道活動をつなぐ現存する唯一の活動拠点、国際協力及び国際プレゼンス発揮の場**
- 2025年以降の「きぼう」における活動を通じ、**国際宇宙探査とPOST ISS活動にシームレスに移行**
- ISS運用延長により、2040年代の【大目標】達成に至る地球低軌道活動の道筋を構築していくとともに、**探査と低軌道活動の相乗効果による日本の宇宙技術の優位性を確保**

「きぼう」の3本柱ポイント

① 2025年以降の「きぼう」における活動にどのように取り組むべきか

② 延長の意義・価値、費用対効果をどのように増大させていくか



3. 2025年以降の「きぼう」利用の取組み(続き)

(1) ISS運用延長、将来LEO活動に対する行政・研究機関、大学等からの期待・利用ニーズ

- これまでの成果(別紙2)を踏まえ、ISS運用延長、将来LEO活動(「きぼう」の3本柱)に対し、以下のような様々な期待・利用ニーズが寄せられている。
- これらの期待や利用ニーズに応え更なる成果拡大を図るために、ISSは欠かせない存在となっている。

① 国際宇宙探査活動等に寄与する技術等の開発・実証の場として

- (1) 軌道上観測プラットフォームとしての期待 東京大学宇宙線研究所長 梶田教授
【資料38-3-2②-1】
- (2) 人と共生するAIロボットの極限環境における実証 【東京大学、JAXAで検討中】
- (3) 宇宙探査関連学術界の期待 宇宙惑星居住科学連合代表 北海道大学 藤田教授
【資料38-3-2②-2】

② 国の課題解決・知の創造・人材育成等に繋がる継続的な成果創出の場として

- (1) 健康長寿社会(加齢研究や臓器連関の解析(認知症研究)等)への貢献
 - (i) 東北大学医学部教授／東北メディカル・メガバンク機構 山本機構長【資料38-3-2 ②-3】
 - (ii) 国立精神・神経医療研究センター神経研究所 武田名誉所長【資料38-3-2 ②-4】
- (2) 創薬プロセスへの貢献 (低分子医薬、中分子医薬開発への期待)
 - (i) ペプチドリーム(株) 舩屋取締役副社長 【資料38-3-2 ②-5】
 - (ii) アステラス製薬(株) 川添主管研究員 【資料38-3-2 ②-5】
- (3) 植生ライダーの実証、高精度の全球森林観測によるバイオマス推定【NICT・JAXA等で検討中】

③ 民間による研究開発利用・商業利用の場として

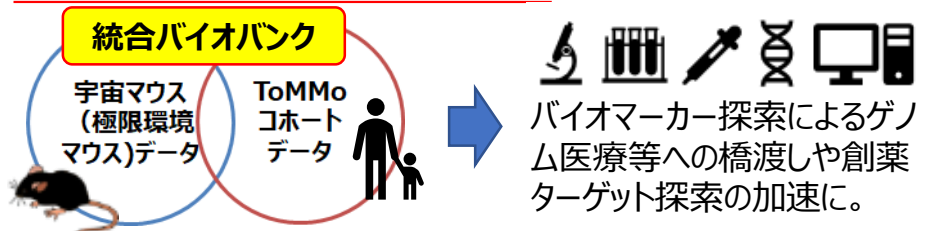
- (1) Space BD【資料38-3-2 ②-6】、JAMSS : 8/7に将来ニーズについて報告済み
- (2) 三井物産 : 事業利用ベースへ移行への期待【資料38-3-2 ②-7】

3. 2025年以降の「きぼう」利用の取組み(続き)

(2) 2025年以降の「きぼう」利用ミッションと想定される成果事例

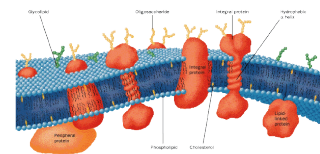
【社会的インパクトの大きい成果創出】

地上コホートデータと宇宙マウスミッションによるデータをつなぐ世界唯一の統合バイオバンクを構築し、**加齢疾患予防や個別化医療に活用**



創薬標的となるタンパク質の約半数を占める“膜タンパク質”(※)をターゲットとした、宇宙での結晶化技術を市場投入

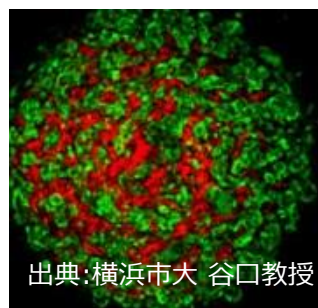
※ 細胞や細胞小器官などの生体膜に付着するタンパク質。取扱いや結晶化が極めて難しく、創薬需要が高い



<https://www3.nd.edu/~aseriann/CHAP12B.html/sld042.htm>



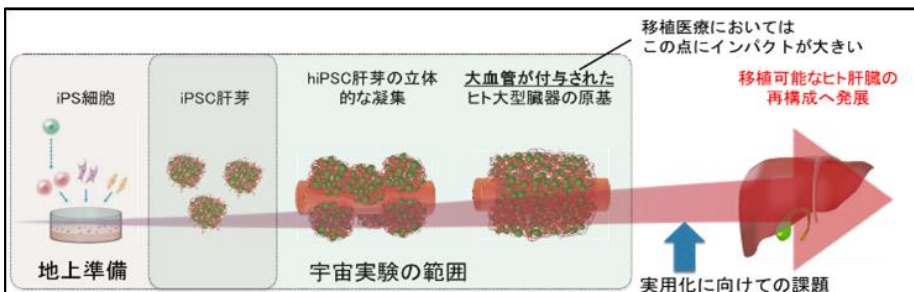
微小重力を活用した立体培養技術の知見からミニ臓器形成につなげ、**個別化医療に貢献 (細胞培養プラットフォームや地上模擬環境を活用)**



出典:横浜市大 谷口教授

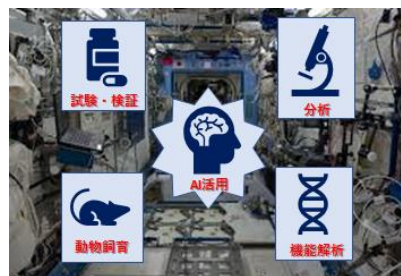
宇宙実験で得た知見などから、地上の模擬環境でのミニ臓器形成や、3Dプリンタなどで軌道上での大型臓器形成を目指す。

出典:横浜市大 谷口教授

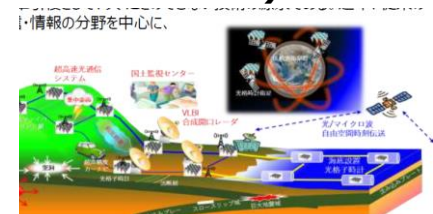


フラッグシップとなるミッションを行い、POC (Proof of Concept) 実証の場として活用

- ・世界最高峰技術(人と共生するAIロボット)の検証
- ・科学仮説の検証(光格子時計のISS実証)
- ・社会解決課題への対応



AIやロボティクスによるクルーレスの小動物飼育システム



出典: JST未来創造事業ウェブサイトより(光格子時計)



通信の高速化・大容量化に向けた要素技術実証など

植生ライダー

3. 2025年以降の「きぼう」利用の取組み(続き)

(3) 持続的な利用需要の獲得と拡大にむけて (JAXA提案)

1) 地球低軌道活動の拡大と国際宇宙探査への継承に向けた新たな取組み

□ : ②③共通

きぼうの3本柱	実現した成果	変革に向けた今後の取組みの方向性		新たな評価軸(効果測定項目)
① 国際探査等での技術実証の“場”	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有人宇宙技術獲得 ・ 探査ハブ連携 (民間の技術実証) 	<p>[a] ISSをテストベッドとして、ECLSS技術、探査ハブ等で抽出された技術を積極的に実証。将来の有人飛行に向けた段階的技術獲得</p>	変革 A	<ul style="list-style-type: none"> ① ISSでの実証による技術成熟度の向上 ② <u>得られた技術知見等の探査ミッションへの反映状況</u>
② 国の課題解決/知の創造/人材育成等の成果創出の“場”	<ul style="list-style-type: none"> ・ 優れた科学成果創出 (トップ10%論文等) ・ 応用研究の実施 (結晶成長など) 	<p>[b] 際立つ科学成果を創出、アウトカムに橋渡し (国プロ連携、国際協力ミッション等)</p>	変革 C	<ul style="list-style-type: none"> ③ 社会的インパクトの高い成果やアウトカム目標(課題解決への寄与)の達成状況 ④ 参加した人材数やその波及成果
③ 民間による研究開発・商業利用の“場”	<p>利用技術の先行開発と定型化・簡素化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 有償利用を実現 (日本が最初) ・ J-SPARCによる民間との事業共創 ・ 当時から民間協働での運用実施 	<p>[c] 超小型衛星放出や簡易実験を通じて、長期的な人材育成(大学教育等との連携想定)</p>	変革 C	
		<p>[d] プラットフォーム化推進による民間への実験サービス移管と、民間による事業展開を促進 (JAXAは利用者として需要を支える)</p>	変革 B	
		<p>[e] ポストISSも見据えた、「きぼう」機能・能力向上【施策例1(P18)参照】</p>	変革 AB	
		<p>[f] 将来需要創出に向けた民間利用の支援 (ビジネス実証【施策例2(P19)参照】を支援する方策)</p>	変革 C	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ 事業者数とその顧客獲得数 ⑥ <u>新たなサービスや利用手段の創出、能力向上状況(例:自動化進捗率など)</u> ⑦ 民間利用件数の拡大状況、<u>新たなサービスや利用の定着状況</u> ⑧ <u>潜在利用需要の取り込みや将来需要の創出状況(地上アクティビティも含めた関連利用数増加、拡がり)</u>

3本柱の強化により寄与を拡大

LEOでのガバナンス確保	<ul style="list-style-type: none"> ・ 成功を積み重ねて米露に比肩するパートナーへ 	<p>[g] システム基盤の確実な維持</p> <p>[h] 米国との協力深化、他極(露、印等)との協力強化</p> <p>[i] SDGsへの貢献</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⑨ Post ISS時代に向けて日本がLEO拠点においてプレゼンスを維持しているか。 ⑩ 他国との協力や自動化により利用可能なクルータイム等を増やし、民間への配分を増やしているか。 ⑪ プレーヤーの拡がり状況 など
費用対効果向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ HTV-X開発 	<p>[j] 利用リソースの最適化、最大化【施策例3(P20)】</p> <p>[k] 他省庁など多様なプレーヤーの参入促進</p> <p>[l] HTV-Xの更なる活用、発展</p>	

3. 2025年以降の「きぼう」利用の取組み(続き)

(3) 持続的な利用需要の獲得と拡大にむけて (JAXA提案) (つづき)

1-1) 2024年までの取組み施策(実施中): きぼうの機能・能力向上("リノベーション")

① 遠隔操作による自動化、自律化(クルー代替ロボ、他) ② 民間需要に応じた能力向上や実験機器の入替

~クルータイムの大幅な削減~

(現状)

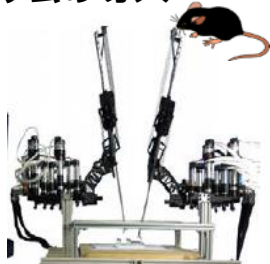
遠隔操作にエアロック制御盤とバルブボックスを取り付け (2020年度)



使用頻度の高いエアロックの遠隔操作化 ~クルータイムを大幅削減~

(将来)

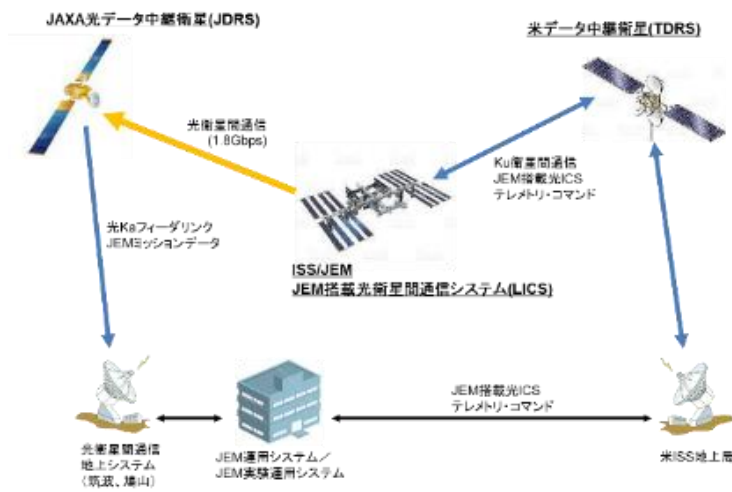
小動物飼育に関する清掃・給餌の自動化や遠隔解剖システムの導入



クルー代替(モニタ機能) Int-Ball2開発中

通信容量の大幅拡大

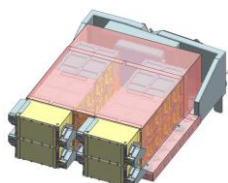
~映像配信コンテンツなどの利用需要拡大が期待される~



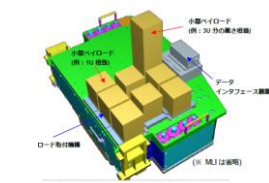
JEM光衛星間通信システム (データレート1.8GbpsのJDRSとの光衛星間通信を1日1時間使用する想定)

③ 試料数、機器搭載量の向上~同じクルータイムでも実験能力が倍増~

(現状)

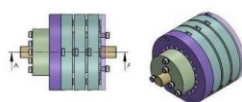


衛星放出 12U⇒48Uへ (2020年度予定)



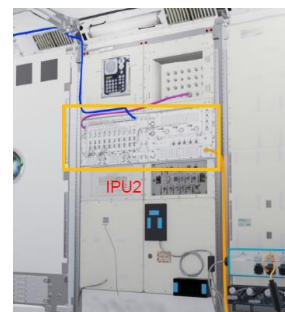
船外実証PF 複数の小型PLを混載可能に (2021年度予定)

(将来)



静電浮遊炉 試料数 3倍へ (検討中)

画像処理機能の向上



次期画像取得処理装置 (2020年から運用予定)

3. 2025年以降の「きぼう」利用の取組み(続き)

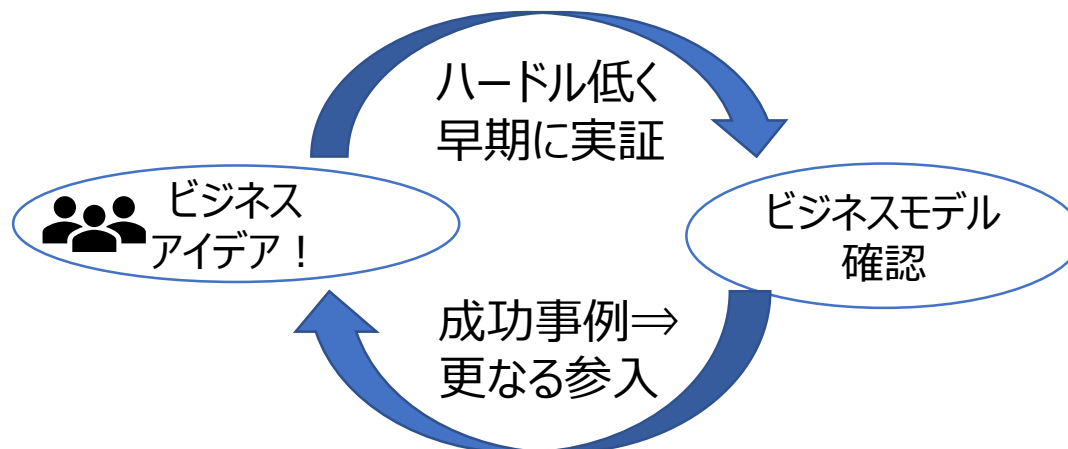
(3) 持続的な利用需要の獲得と拡大にむけて (JAXA提案) (つづき)

1-2) 2024年までの取組み施策(案) : 事業性判断のためのビジネス実証

成功事例を生み、追隨する企業の増加、好循環を呼ぶ成長期へ

ビジネス実証施策(例示案)

- 事業展開の早期判断を目的とした、トライアル実証などの方策の実施
(期間限定で、“利用リソースを上限付き割り当て”、“利用料の軽減策”など)
- 利用リソースの利用料を1/10程度に軽減 (キャンペーン策)
- 継続的な施策として、事業者制度を設けるなど



(参考) 商業利用のNASA事例

Upmassで総計175kg/年(1企業50kgまで)、クルータイムは総計で90時間(1企業25時間まで)を割り当て
利用料は日本の約1/10

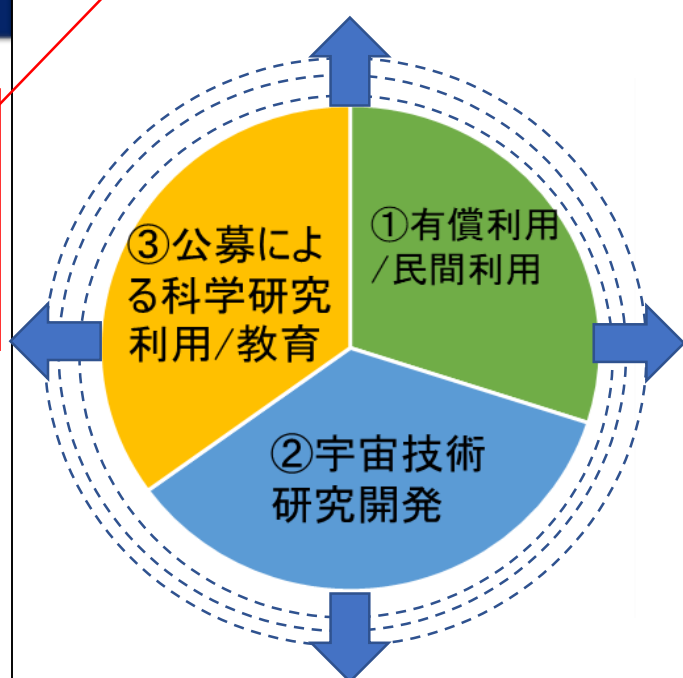
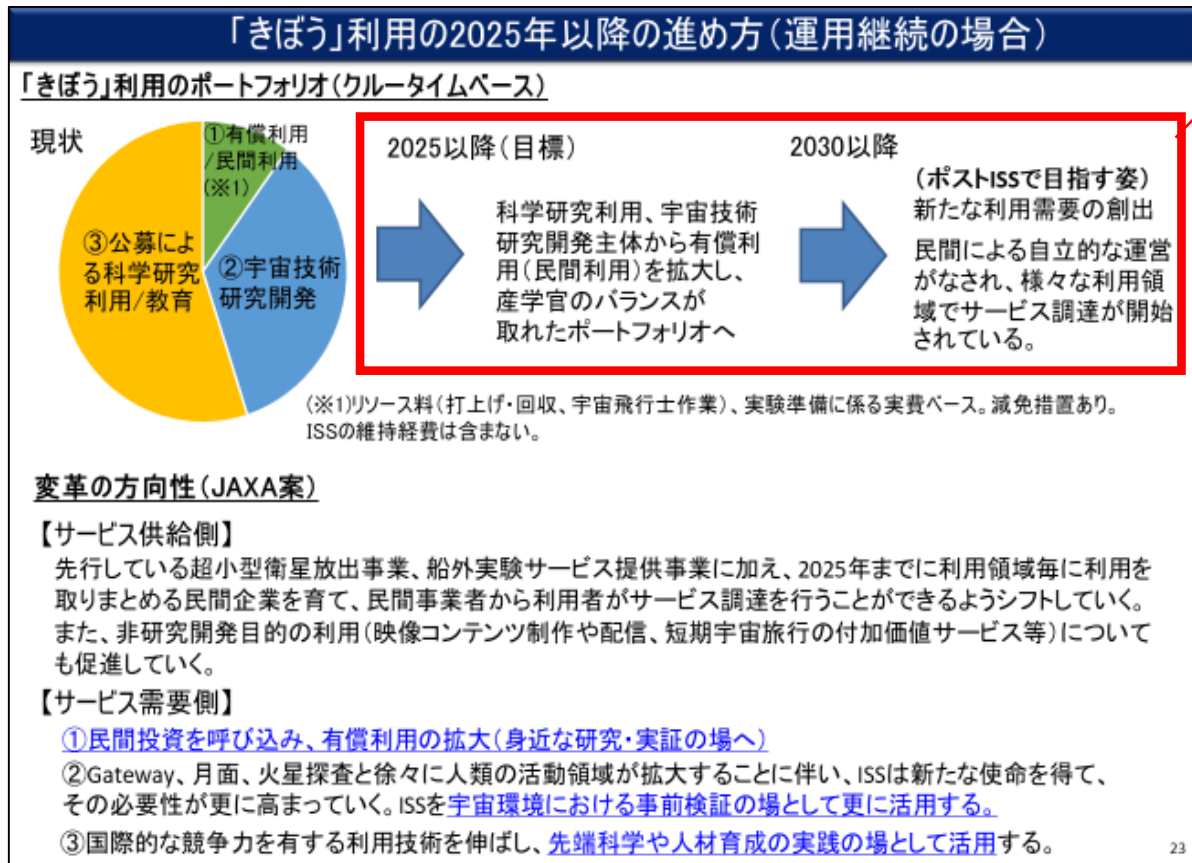
3. 2025年以降の「きぼう」利用の取組み(続き)

(3) 持続的な利用需要の獲得と拡大にむけて (JAXA提案) (つづき)

1-3) 2024年までの取組み施策(案) : 利用リソースの最適化・リソースのパイの増大

2024年までに限られたクルータイム等の利用リソースを最適化、最大化していき、2025年以降の新たな利用需要に備えることが肝要

バランスの取れたポートフォリオに徐々にシフト



更に自動化等の取組により個々の分野で利用可能なクルータイムのパイを増やす

国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会 (第32回) 資料32-2の抜粋に一部追記

注：図示した割合はバランスの取れた利用配分の一例であり、今後の配分割合を示したものではない。

同じリソースで実施できる活動の規模を拡大することにより、費用対効果の「効果」を高める

別紙 1

**LEOにおいて我が国が優位性を発揮できる技術や
波及効果の大きい技術（まとめ）**

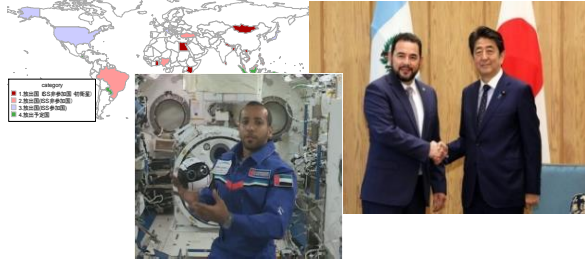
技術	意義・必要性	優位性	宇宙/非宇宙分野との糾合・地上技術への波及効果	他国との比較
① 有人宇宙滞在技術(環境制御技術、健康管理技術等(訓練・リハビリを含む)、船外活動技術)	<ul style="list-style-type: none"> ●宇宙空間において、人の生命を安全に維持するキーテクノロジーであり、有人宇宙活動における根幹的・共通的な技術。特に水・空気の高再生率は運用コスト削減の鍵。 ●有人宇宙活動において、軌道上での運用・利用作業を円滑・広範囲に行うため、また地上帰還後の重力環境への復帰のために必須の技術。 	<ul style="list-style-type: none"> ●「きぼう」の開発・運用を通じて獲得した技術や、地上における環境浄化技術等を発展させ活用することが可能。 ●日本人宇宙飛行士の活動を通じて取得した有人宇宙活動技術(訓練を含む)を発展させ活用することが可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ●GWや有人月探査の環境はLEOよりもさらに遠い場(補給量が一段と減少)であることから必要とされ、探査・LEOで効率的に進めることが期待される技術 ●環境制御技術←→(地上)環境浄化技術 ●健康管理(骨・筋減少、免疫低下等への対策技術、放射線防護、遠隔医療)技術 → (地上)高齢者医療、国民の健康向上・福祉、介護問題解決など 	<ul style="list-style-type: none"> ●米・露・中はISS等で軌道上実績有。 ●欧は、空気再生技術を実証予定。 ●日本は、水再生について実証中、来年以降順次機能向上(空気製造等)ISSで軌道上実証予定(独自方式で大幅なリソース削減を実現) ●日本は、宇宙服について地上研究段階。
② 拠点技術(拠点制御、拠点構築、整備技術)	<ul style="list-style-type: none"> ●宇宙空間での利用の場を構築・整備し、利用および外界環境への耐性に必要な熱・電力・通信といったリソースを提供・管理するための基本的・共通的な技術。 	<ul style="list-style-type: none"> ●「きぼう」・衛星等の開発・運用で培った、軌道上での宇宙機・拠点制御技術の活用が可能。 ●GWへの深宇宙補給技術を対象としてHTVXによるドッキング技術の実証が計画されており、構築技術獲得への展開が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ●GWや有人月探査においても宇宙機・拠点を対象として必要とされ、探査・LEOで効率的に進めることが期待される技術 ●構築技術(ドッキング・結合) ←→(地上)住居施工・組立 	<ul style="list-style-type: none"> ●米・欧はISS等で軌道上実績有。日本は「きぼう」で液体冷却の実績有。
③ 運用・利用技術(運用管制、自動化、保全、保存、データ伝送等(地上情報基盤等の支援設備を含む)、実験利用)	<ul style="list-style-type: none"> ●宇宙空間での利用の場を適切に運用・管理・維持・運営(地上支援設備を含む)し、より一層の利用効率化・拡大につなげるための基本的・共通的な技術。 ●宇宙空間環境をの持つ特徴を最大限に活用し、他手段に代えがたい(地上では実施不可または宇宙で実施する以上のリソースを必要とする)実験を遂行するための利用技術。 	<ul style="list-style-type: none"> ●「きぼう」の開発・運用を通じて獲得した運用管制技術・保存の活用が可能。 ●「きぼう」上で光通信技術の実証が行われており、データ伝送技術獲得への展開が可能。 ●宇宙探査イノベーションハブで開発が進められているものも含め、我が国が世界をリードする非宇宙分野の運用・利用・自動化技術(建設、資源抽出、センシング、ロボット、自動運転等)、地上の情報技術(IT等)を発展させ活用することが可能。 ●「きぼう」利用は継続中であり、その環境を利用した探査向け実験も開始(部分重力利用等)しており発展・活用が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ●GWや有人月探査の環境はLEOよりもさらに遠い場(通信遅延、低容量伝送)であり、また無人期間への対応のためにも必要とされ、探査・LEOで効率的に進めることが期待される技術 ●自動化技術←→(地上) Factory Automation、地上建設機械、その場分析、自動運転、IoT ●データ伝送技術←→(地上) 光回線・5G通信 	<ul style="list-style-type: none"> ●米・露・欧・中は運用・利用実績有。日本は、「きぼう」での実績有。 ●米・露はクルー作業代替のためのロボットを軌道上実証中。日本は「IntBall」で一部(監視機能)を実証中。 ●米・露・中・欧は深宇宙での無人探査機の運用において自動化実績有。日本は「はやぶさ」で実績有。 ●米・欧は衛星で光通信の軌道上実績有。日本は「OICETS」で光通信の軌道上実績有。
④ 輸送技術(打上げ、軌道間輸送、回収/帰還、廃棄、アポルト等)	<ul style="list-style-type: none"> ●地上から宇宙空間にアクセスし、また宇宙空間から地上への帰還・回収、不要となったものを宇宙空間から安全に廃棄するために必要な基本的・共通的な技術。 ●有人輸送においては不具合時にクルーの命を守るためのアポルト機能・緊急帰還用の地上設備が必須。現状、技術ギャップが大きい。自立的な有人宇宙開発には肝となる技術。 	<ul style="list-style-type: none"> ●HTVおよびHTV小型回収カプセルの開発・運用を通じて獲得した回収・廃棄技術の活用が可能。 ●実験品を対象とした小規模の打ち上げは、これまでの科学利用または民間事業者を主体とした打ち上げサービスの開拓が進められており、これの活用が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ●GWや有人月探査においても、ヒト・試料の往來において必要とされ、探査・LEOで効率的に進めることが期待される技術 ●RVD画像センサ技術←→(地上)自動運転車・自動建設機械、ドローンなど ●回収(カプセル温度維持)技術←→(地上)地上保温物品への応用・活用 	<ul style="list-style-type: none"> ●ランデブ・ドッキング技術：日本は、有人ドッキング方式を現在開発中。米・露・欧・中は実績有。 ●軌道間輸送技術：日本は、HTVので実績有。米・露・欧・中と同等レベル。 ●回収・廃棄技術：日本は、HTVおよびHTV小型回収カプセルで少量回収実績は有るもの部分の実証。米・露・中は、大型有人帰還実績有。 ●アポルト技術：日本は実績無。米・露・中は実績有。

別紙 2 前回延長以降の成果概要

別紙2 前回延長以降の成果創出活動の状況（まとめ）

前回延長時以降の成果概要（個別の内容は次ページ以降を参照）

宇宙の初参加を促す取組みや人材育成を通じ、アジア唯一のISS参加国として国際的なプレゼンスを確立



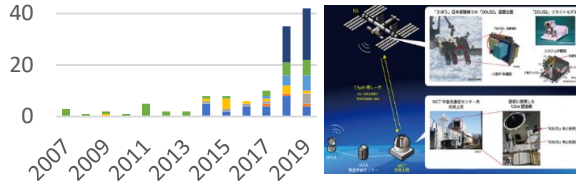
ISS唯一のエアロック、ロボットアームの組合せによる超小型衛星放出（20か国28機）等を通じ、アジア・アフリカ等の新興国に打上げや実験機会を提供。国内外から高評価を獲得し、アジア唯一のISS参加国としてプレゼンスを確立。

JP-US-OP3の枠組みと日本独自の最先端技術による日米協力の強化



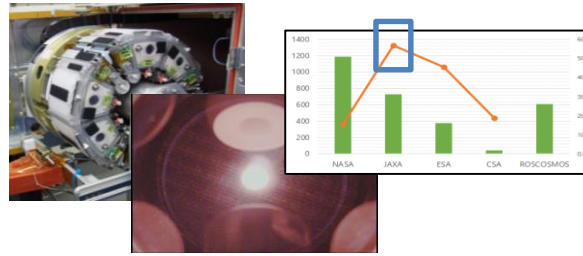
JAXAのみが有する月や火星を模擬する可変重力環境を活かした小動物飼育実験、高融点材料を非接触で浮遊、溶融可能な静電浮遊炉（ELF）による材料実験など、NASAがリソースを提供する形で探査等将来につながる共同ミッションを他極にないアセットを用いて実現。

「きぼう」をプラットフォームとすることで宇宙へのアクセス性を向上させ、産業の発展と新たな価値を提供



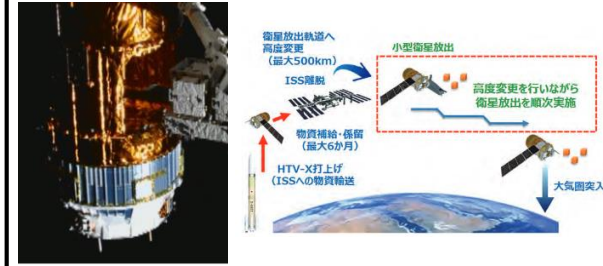
大型衛星にはない宇宙へのアクセス性と自由度により、非宇宙を含め新たな事業、社会実装を実現。一部利用事業を民間開放したほか、世界初の成果や総理大臣賞の受賞等高い評価を獲得した。

社会課題解決のための科学利用と、これらの利用をISS参加国中最も効率よく創出



日本が誇る世界最先端のタンパク質結晶生成実験や可変重力環境下でのマウス飼育、ELFでの材料実験等、日本独自の技術を活かし、歯周病や筋ジストロフィー等の社会課題に向け企業とも連携し利用を促進。限られたリソースを最大限活用することでこれらの成果をISS参加国中最も効率よく創出。

100%成功を誇るHTVによるISS安定運用への貢献と、HTV-Xによる費用対効果向上等への取組



全9機成功により、HTVはISS現役輸送船唯一の100%成功を達成。他極にない大型貨物輸送機としてISS運用を牽引。HTV-Xではシステム効率化や作業期間短縮によりコストの大幅減や探査への貢献を目指す。

宇宙先進国としての地位が認められ、新型有人輸送船への搭乗や次期月探査計画へアジア唯一の参画を実現



これまでの実績が評価され、スペースX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選ばれ、月周回有人拠点（Gateway）を含む月探査計画にアジア唯一となる参画表明につながった。

別紙2 前回延長以降の成果創出活動の状況（再掲）

1) 前回延長前の藤崎小委（2015年6月）による2次取りまとめ（今後の国際宇宙ステーション計画における我が国の取組：以下の項目）を踏まえ事業を実施し、対応した成果を創出（継続実施中）

(A) 「きぼう」利用の成果最大化に向けた方策

◆ 国際プレゼンスの維持・向上への貢献

（「きぼう」の国際的な利用機会の拡充、国際宇宙探査における重点化技術の技術実証）

JP-US OP3による日米協力により関係強化。超小型衛星等の機会提供や大学との連携による人材育成を通して、発展途上国や宇宙新興国の宇宙アクセスに貢献（別紙-3 A3-2~A3-4参照）

◆ 宇宙開発利用の発展と産業競争力の強化への貢献

（超小型衛星放出機会の拡充、材料曝露実験装置による宇宙機器材料等の品質保証への貢献、宇宙科学観測・地球観測プラットフォームによる宇宙利用機会の提供）

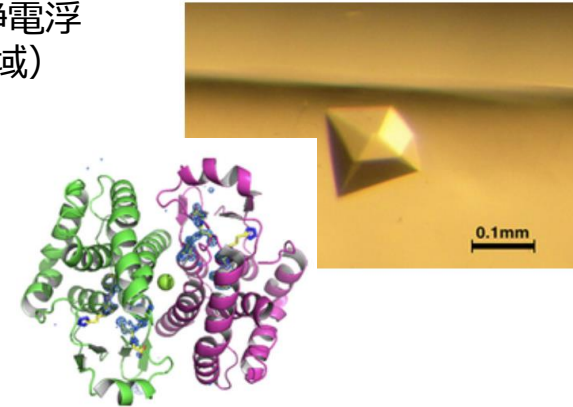
高い打上げ頻度やインターフェースの簡易化により、早期に軌道上実証可能なPFを提供。例えば、小型衛星用の膜展開式軌道離脱装置は「きぼう」での実証後にALEの実証衛星に搭載され、実用化された（別紙-3 A3-14参照）。



◆ 国の科学技術戦略・施策への貢献

（革新的な新薬創製に貢献する高品質なタンパク質結晶技術の高度化、加齢疾患とエピゲノム情報等との相関性の解析、再生医療における立体培養・組織形成、静電浮遊炉による高温融体材料の研究、その他ブレークスルーが図れる可能性のある領域）

人類史上最大の感染症である歯周病の菌の増殖を抑制する化合物の有用性の検証や国の指定難病であるデュシエンヌ型筋ジストロフィー(DMD) に有効性の高い阻害剤候補の創出に貢献。また、創薬ニーズが高いターゲットである膜タンパク質の結晶化技術にも取り組んでいる（別紙-3 A3-10参照）。



筋ジストロフィーの進行に関与するタンパク質の結晶

（出典：筑波大学/第一薬科大学/丸和栄養食品/JAXA）

◆ より利用者の立場に立った「きぼう」利用の機会提供の推進

新たに「きぼう利用戦略」を設定し、戦略的な利用機会の場として複数の利用プラットフォーム（利用の高頻度化やプロセスの標準化等）を構築した。そのうち、ある程度の市場が見込まれる一部の利用事業を民間移管し、民間企業のネットワークや営業力により、より多くの利用者への利用機会提供につなげた（別紙-3 A3-17参照）。



きぼう利用戦略
（第2版）

(B) 費用対効果向上のためのコスト負担の方策（改良型HTVの活用） 別紙-3 A3-8参照

◆ 運用経費の低減

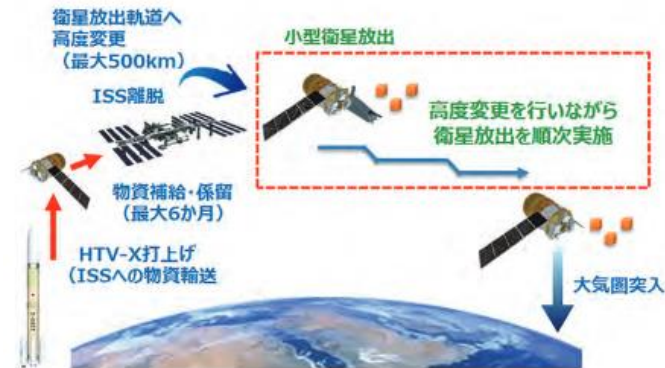
（システムの効率化、簡素化、軽量化、作業期間短縮等により、製造コストの大幅軽減することを目指す。HTVによる輸送継続に比べコスト負担の低減につながる。「費用」の削減により費用対効果向上に大きく寄与）

HTV-Xでは打上げロケットも含め輸送単価をHTVに比べて半減させることを目標に開発中。

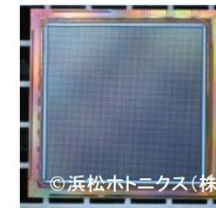
◆ 将来のミッションへの貢献

（HTVを将来の宇宙利用に必要な技術獲得に利用。HTV-Xにて重要な基盤技術を獲得。国際宇宙探査の取組への寄与、軌道上サービス機への応用、先進的技術実証の場としての活用等）

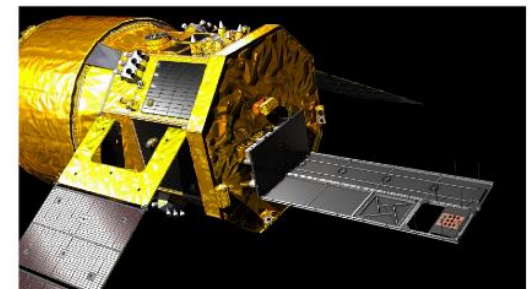
HTV-Xの開発にあたっては、ISSへの物資輸送完了後の軌道上技術実証プラットフォームとしての活用、宇宙施設へのドッキング技術の実証、国際宇宙探査への対応を可能とする発展型に繋がる考慮など、将来の宇宙技術・宇宙システムへの波及性・発展性を確保しながら進めている。軌道上技術実証プラットフォームでは超小型衛星の放出や宇宙太陽光発電向けのアンテナ展開実証などが予定されている。



軌道上技術実証プラットフォーム(例)
HTV-Xを用いた超小型衛星の放出



超高感度二次元同時距離計測センサ
(車両自動運転適用への期待や、月惑星への着陸、軌道上ランデブへの展開が可能)。



HTV-X1号機を用いた平面アンテナ展開実験のイメージ

別紙2 前回延長以降の成果創出活動の状況（つづき）（再掲）

2) 前回延長前に宇宙政策委員会（2015年8月）にて取りまとめられた、延長に向けて検討・調整すべき4つの見解（※）を踏まえ事業を実施し、対応した成果を創出（継続実施中）

※ <https://www8.cao.go.jp/space/comittee/kettei/27-iss-kenkai.pdf>

① 新たな日米協力の構築

JP-US OP3によるマウス飼育実験の成果創出により日米の関係強化に貢献。

2020年度からは静電浮遊炉(ELF)の利用機会を米国の研究者に提供し(NASAはクルータイムを日本側に提供)、更なる協力を推進。（別紙-3 A3-2, A3-11参照）

また、USCV搭乗クルーとして米国以外で**日本人宇宙飛行士が他極に先駆けて選定**された。



野口宇宙飛行士(2020年秋頃の打上げを予定)と米国の新型商業宇宙船(実証機：(右上)ISSドッキング時の様子、(右下)大気圏再突入(イメージ図))

② アジア諸国との連携強化

KIBO-ABC等による連携強化(加盟国の大幅増)。

人材育成や機会提供を通じて、アジア地域以外の発途上国にも国際協力は拡大。

(別紙-3 A3-3, A3-4参照)



衛星放出を喜ぶ関係者



ISSにおける日米協力深化を政府レベルで合意

UAE宇宙飛行士による「きぼう」での教育ミッション

日米協力と超小型衛星放出や教育ミッションを通じたアジア・アフリカ等の発展途上国・宇宙新興国への国際貢献

③ 宇宙政策の推進（費用対効果を考慮したISS及びHTV-Xの利活用）

超小型衛星放出や高品質たんぱく質結晶生成実験等を**高頻度、定型化した新たな実験プラットフォーム（PF）として確立**。
一部のPFは民間企業に利用枠を開放し、事業化を展開するとともに新たなPF構築や既存PFを更なる事業化につなげられるよう推進中（別紙-3 A3-9, A3-17参照）。

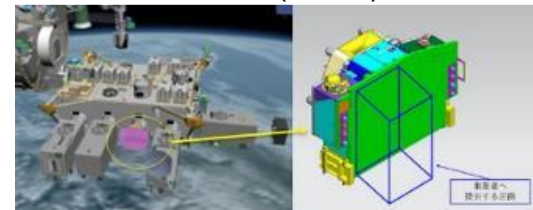
また、HTV-X実証機ではISS補給後に技術実証プラットフォームとして利用すべく準備中。



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)



④ 国際競争力の強化（我が国の宇宙機器及び関連技術が米国等宇宙開発での採用）

ISS用日本製新型バッテリー採用・ISSでの運用実績の蓄積、HTV用に開発した500Nスラストの静止衛星用としての輸出実績の増加がみられた（別紙-3 A3-16参照）。



500Nスラスト