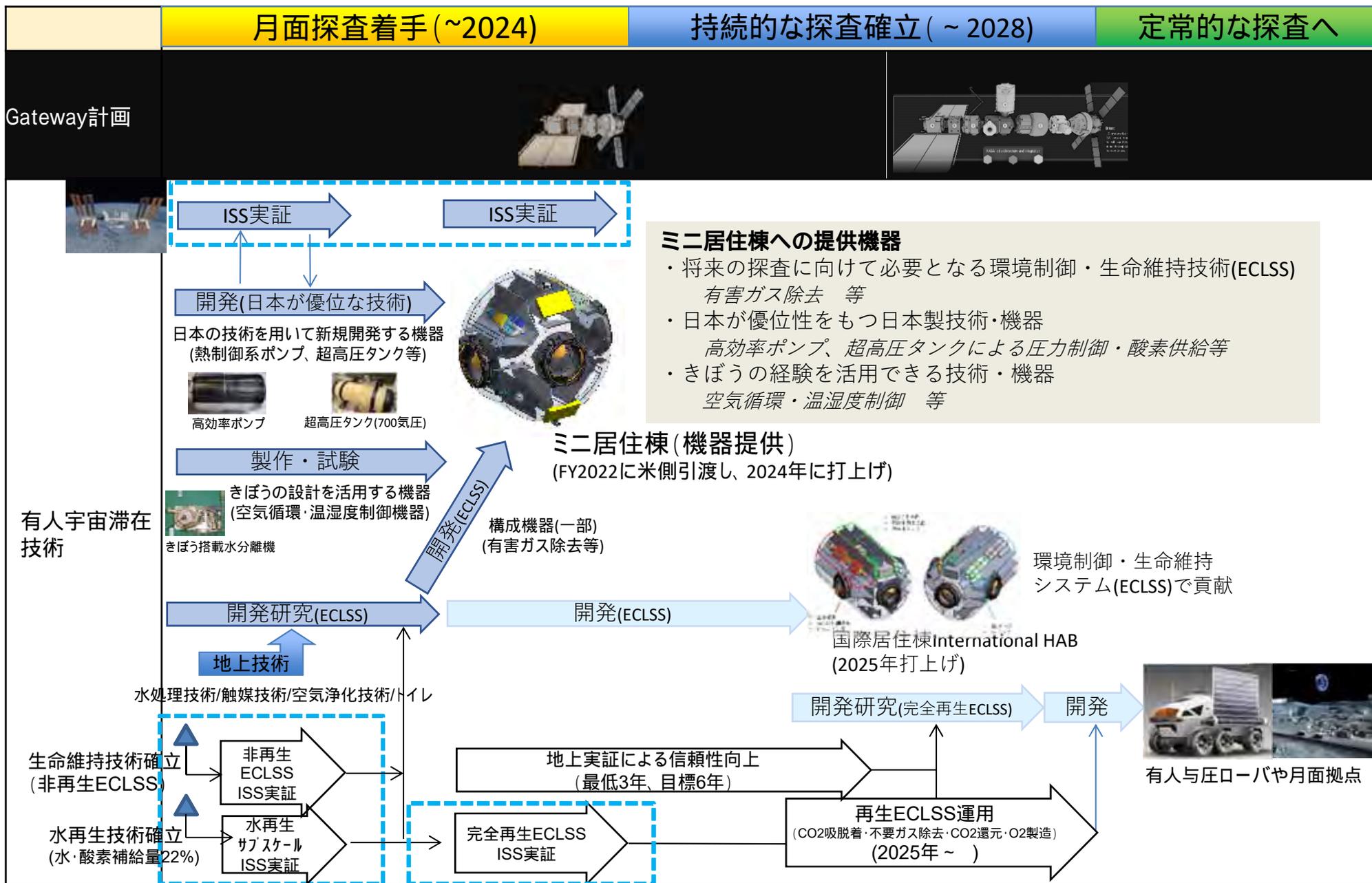
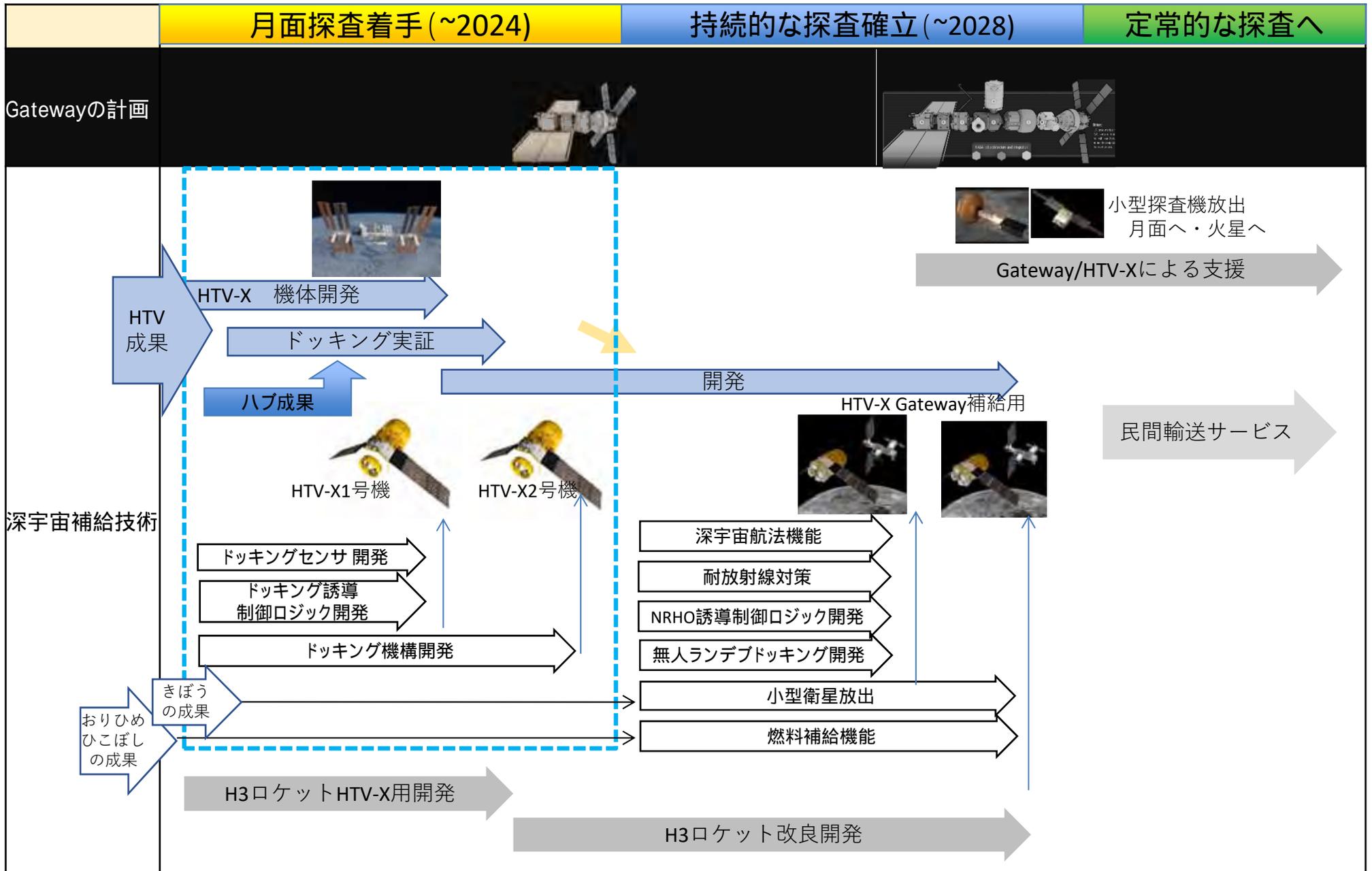


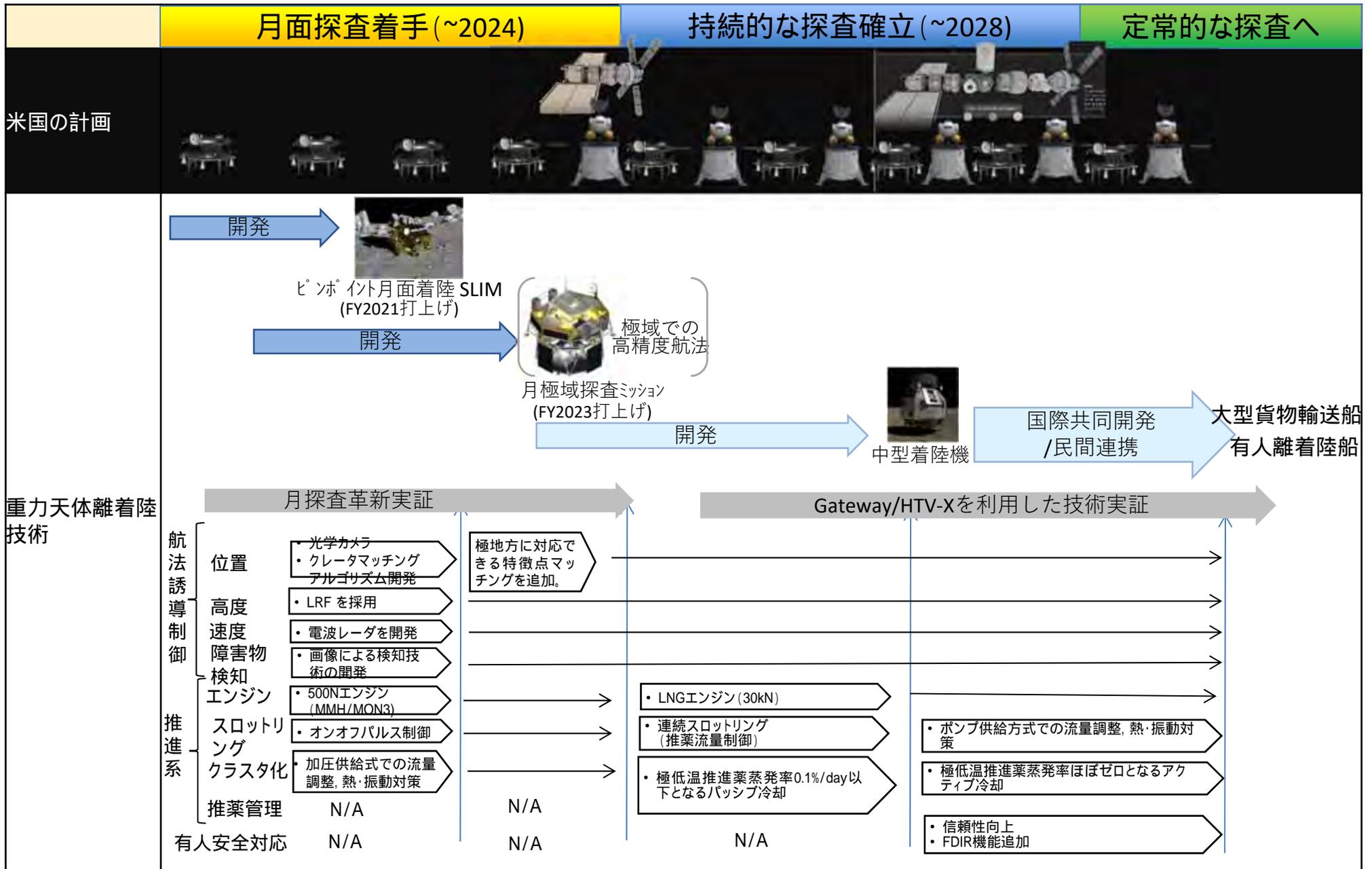
技術ロードマップ: 有人宇宙滞在技術(P12の、のキー技術)



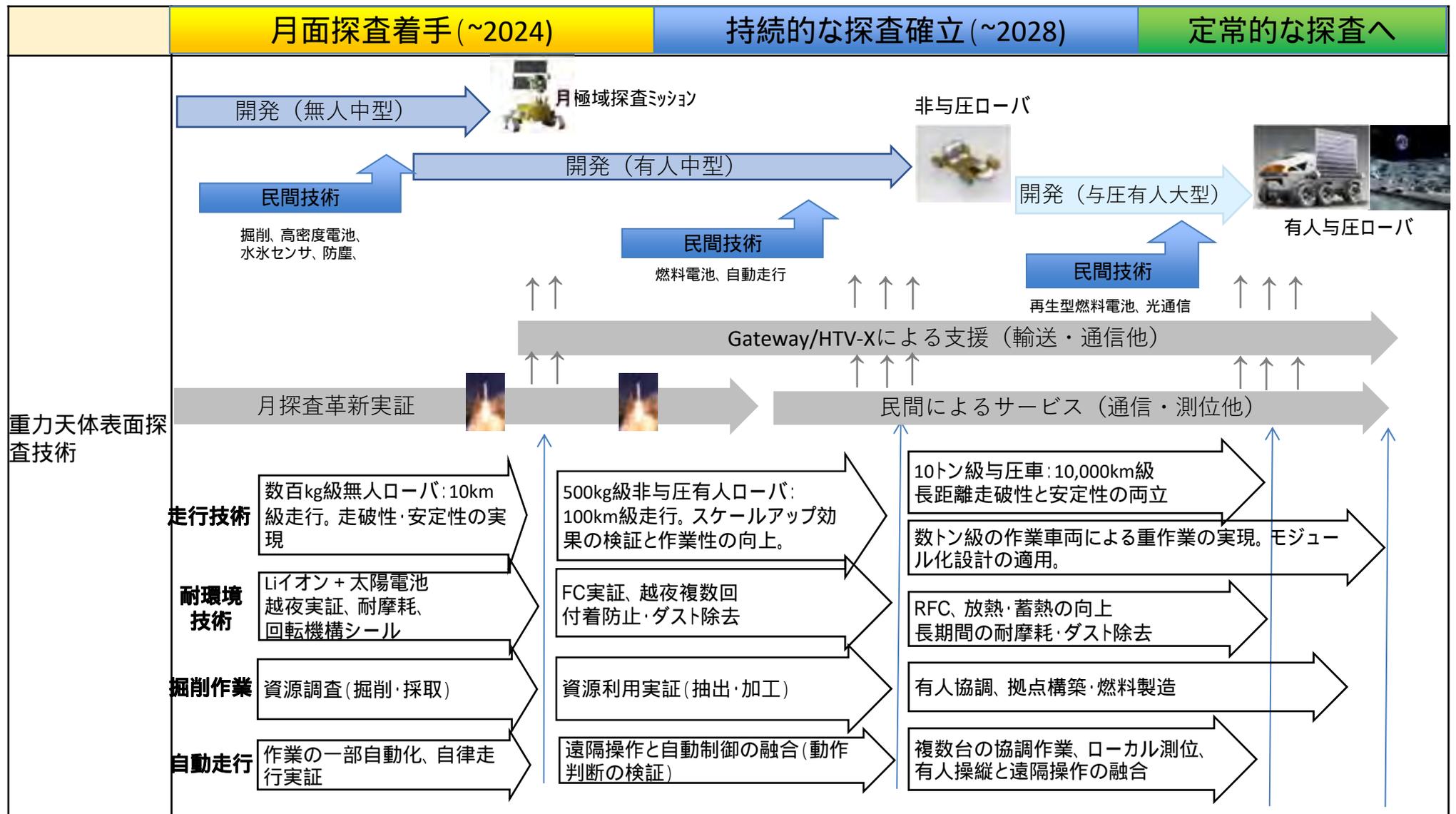
技術ロードマップ: 深宇宙補給技術 (P12の のキー技術)



技術ロードマップ: 重力天体離着陸技術 (P12の キー技術)



技術ロードマップ: 重力天体表面探査技術 (P12の、のキー技術)



インドとの共同検討中の月極域探査機（ローバ・着陸機）の概要

構想

- 各国に遅れることなく、**月極域における水の存在量や資源としての利用可能性を確認**することを主目的としながら、重力天体表面探査技術の確立を目指した探査ミッションを国際協力を進める。
- 世界初の再生可能エネルギーによる月面での長期活動の実現や、SLIMで獲得するピンポイント着陸技術の極域への適用・発展を目指す。

獲得できる重力天体表面探査技術

重力天体表面を自在に探査する移動・作業手段として、世界の主流である数百kg級ローバによる探査技術を獲得。月面有人ローバ等に向けた技術ロードマップを推進。

熱制御技術
越夜技術

移動・走行技術

防塵技術

掘削技術

電源（エネルギー）技術
（電池、パネル展開）

資源探査技術

中長期的展開

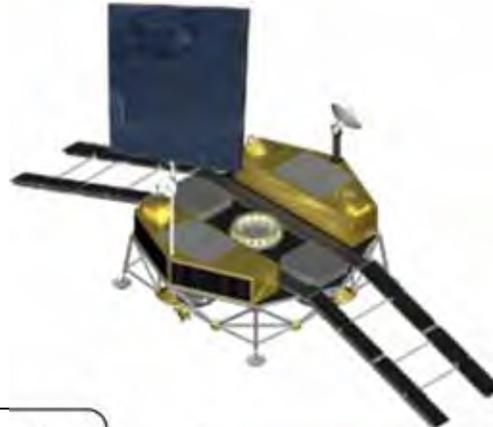


月面有人ローバ
（長距離移動全球探査）

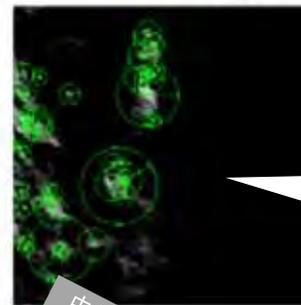


月面拠点構築
（無人での拠点建設、
推進プラントの実現等）

獲得できる重力天体着陸技術



SLIMのピンポイント着陸技術をさらに発展させ、影の多い極域へのピンポイント着陸可能な影画像航法を実現し月面の全域に到達可能にする。



影画像を用いた高精度画像航法等で極域を含む月の全域に到達可能に。

中長期的展開



中型月着陸機

- ・エンジン技術（大型化等）
- ・高精度着陸（極域含む全球対応）
- ・障害物回避

月極域探査における着陸地点について

- 着陸地点の条件

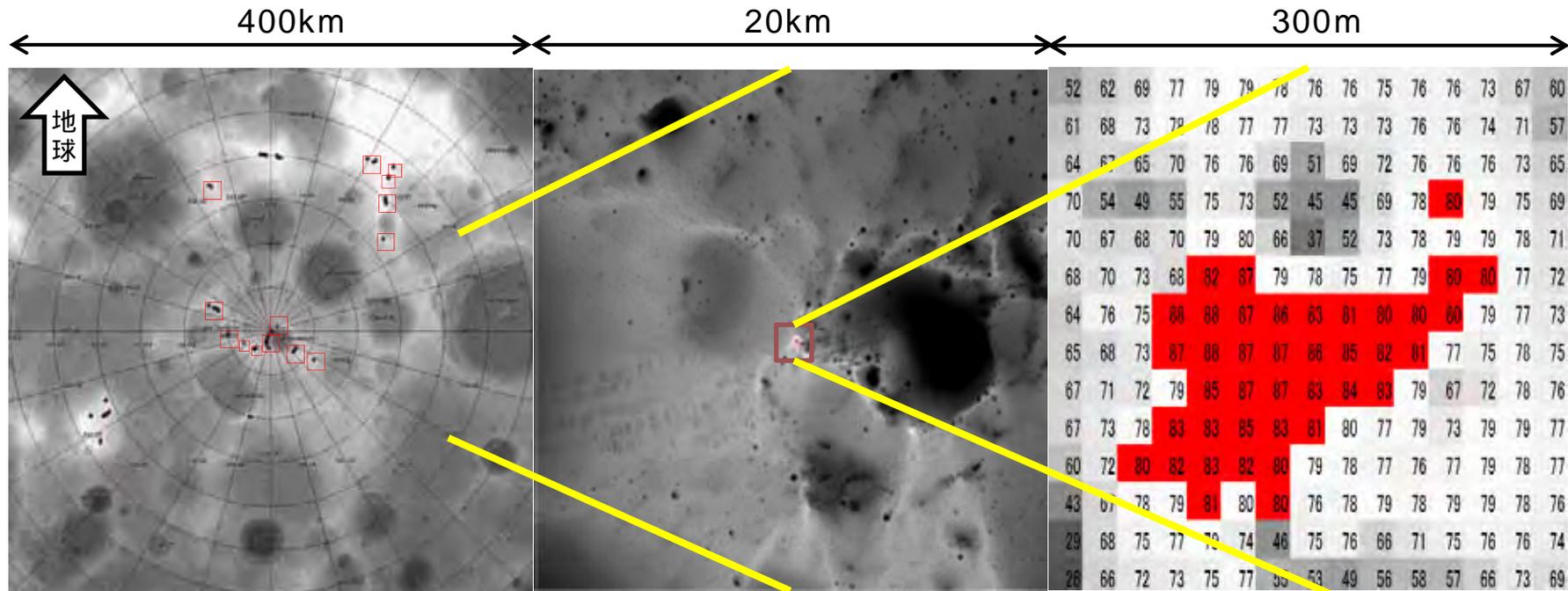
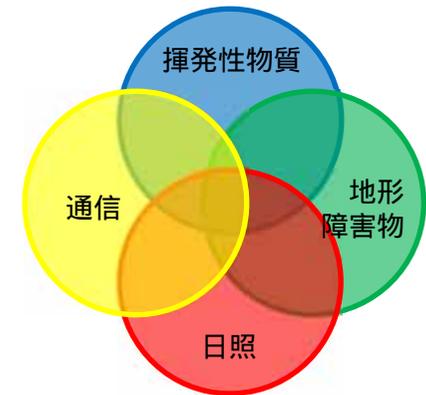
揮発性物質の存在可能性、長期運用が実現可能な日照条件・通信条件、着陸可能な地形(傾斜)、クレータやボルダ等の障害物が少ない 等

- これらの条件を満たす着陸地点は非常に限られるとともに狭い領域である。

水資源に加え、半年以上の連続日照や、80% (年間300日) 以上の日照率が得られ、有人無人に関わらず持続的な活動に有利な領域は非常に希少。

このような希少領域に先に日本が着陸して、活動を開始することは、国際競争、権益の確保の面でも有益。

ピンポイント着陸技術も必須となる。



南極400km四方の地形

20km四方の中心の赤い点が80% (年間300日)以上の日照域

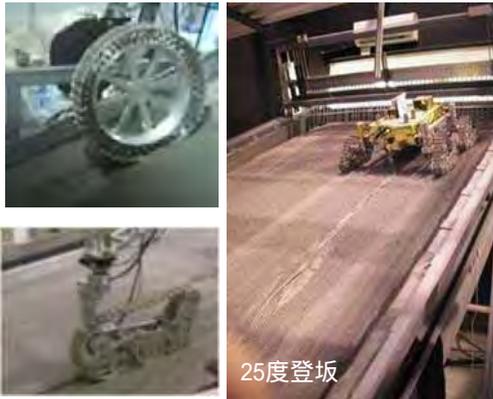
300m四方の赤い領域 (1辺20m) が80% (年間300日)以上の日照域

移動・走行技術の研究開発状況

長期・広域探査のための耐久性(寿命)の確保を最優先とし効率化も検討。

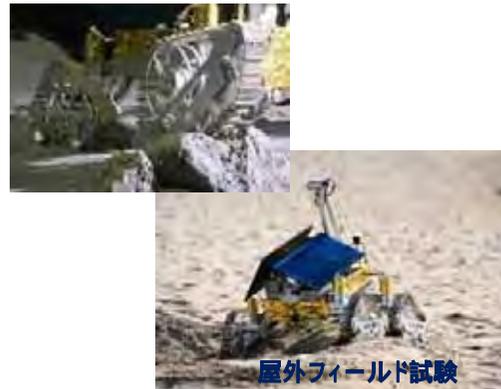
・登坂性能評価

模擬砂上で斜度25度までの登坂試験を単輪及び車体で実施。



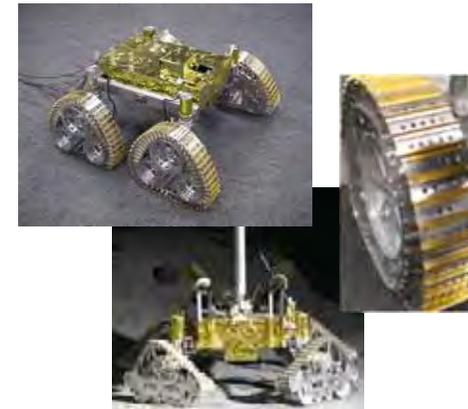
・乗り越え性能評価

段差・岩石の乗り越え、クレータリム乗り越えなどを実施。



・操舵性能等評価

4輪操舵や定点回転機能等の各種走行モードの試験を実施。



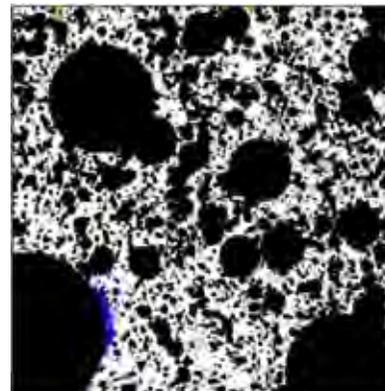
・長距離走行試験

模擬砂上の真空環境で走行機構の長距離連続走行(10km走行)を検証。



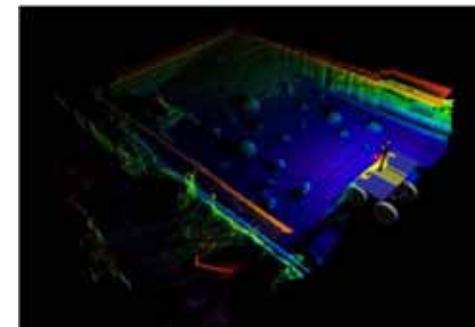
・広域経路計画

日照・通信の時間変化を考慮した広域経路計画を事前に実施。



・その場経路計画

ローバサイズのローカルな地形は事前に得られないため、その場で地図作成・経路計画を実施。



JAXAとISROとの協力・分担についての検討状況

分担の考え方	備考(JAXAとしての狙い)
JAXAがローバとロケット、ISROが着陸機を担当し、重力天体表面探査技術を実証・獲得する。なお、着陸機にも電源(太陽電池、バッテリー)を提供する。	SLIMで獲得できない本格的な重力天体表面探査技術(走行技術、掘削技術、越夜技術など)を早期に実証する。
JAXAが着陸機の航法誘導センサと誘導アルゴリズムを担当し、ピンポイント技術を発展させる。	SLIMのピンポイント着陸技術を極域に発展させ、月面の全域にピンポイントで到達可能にする。
データは双方のデータの共有と一定期間後に公開(双方が合意したもののみ、PDS4形式)する。	PDS4: Planetary Data System Version4 (惑星探査データアーカイブの標準)

打上時期	2023 年頃を目標
打上ロケット	H3 ロケット
打上げ軌道	月遷移軌道
打上時質量	6トン以上
ペイロード質量	500kg以上 (ローバ含む)
運用期間	半年以上
着陸地点	月の南極域
主要ミッション機器	水氷探査機器、科学探査機器、環境計測機器 他



ロケット

ローバ

着陸機

JAXA主担当

ISRO主担当

(国際協力)

- 成果** 最大規模の国際プログラムにおいて、必要不可欠なメンバーとしての立ち位置を確保。
- 成果** 「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」(2015年)において、ISSにおける日米協力は、政治的・戦略的・外交的重要性を踏まえた二国間協力の目に見える象徴であり、互恵的なパートナーシップを実証し続けていることを確認。
- 教訓** 国際宇宙探査に参画するに当たり、日本が構築・運用等に欠かせない重要な役割を担うなど存在感を持って参画することが重要であり、必要な技術の実証の場として、「きぼう」や「こうのとり」の利用・運用機会も活用するなど、ISSでの取り組みから国際宇宙探査に係る取組をシームレスで効率的に進めていくことが重要。

(技術獲得、実験利用)

- 成果** 有人輸送を除き、自律的に有人宇宙活動を行うための重要技術・基盤技術を獲得。
- 成果** 創意工夫による新たな「きぼう」利用の拡がり(超小型衛星放出等)。また、民間参入や事業化が進みつつある。
- 成果** 「きぼう」「こうのとり」の運用により国際的な信頼構築と同時に国内の技術力向上・産業振興等にも貢献。
- 教訓** 民間企業が参画・活用しやすい枠組み・制度とするためには、計画の早期段階から民間企業とともに検討を行うことが重要。
- 教訓** 国際宇宙探査に向けた技術実証の場としてISSを活用するなど、国際宇宙探査に係る取組をシームレスで効率的に進めていくことが重要。

(マネジメント(運営))

- 成果** ISS計画初期に設定された資金計画に沿った資金管理がなされてきている。
- 教訓** 費用対効果向上のためのコスト負担の更なる効率化(HTV-X開発、長期的計画を示すことによるコスト減、ISS全体の運用経費の削減等)
- 教訓** ISSでは、シャトル事故等によりISS組立・運用スケジュールに影響が生じた。国際協力プロジェクトでは、不測の事態が生じる可能性も念頭に全体計画を立案する必要。

ISS/「きぼう」における国際宇宙探査に向けた技術実証(例)

宇宙滞在・活動技術

活動支援技術:宇宙空間で搭乗員の活動を支援するロボット技術

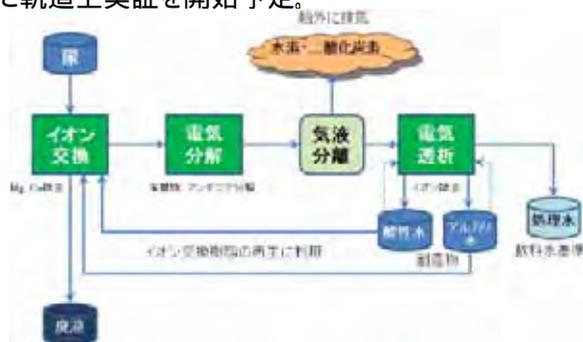
「JEM自律移動型船内カメラ(Int-Ball)」

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



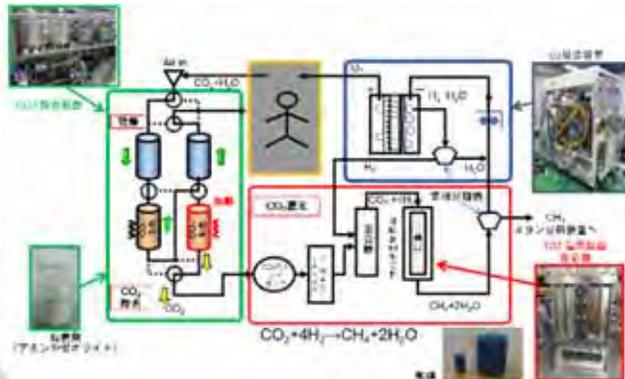
生命維持技術:日本独自の「将来型水再生システム」の実証実験

高性能水再生技術の宇宙での実証を行い、高再生率(85%以上)、メンテナンスフリーの技術革新をもたらし、将来の有人宇宙滞在技術につながる環境制御技術の確立を図る。2019年内に軌道上実証を開始予定。



水再生技術実証装置の外観

生命維持技術:日本独自の「将来型空気再生システム」の地上研究



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

輸送技術

無人補給技術(HTV-Xの開発、無人ドッキングに向けた実証)

HTV-X(開発中)



「こうのとり」(HTV)で、有人施設であるISSへランデブーし、物資補給をする技術を確立(2009年-7機連続成功中)。この技術を引継ぎ、更に輸送効率(搭載効率等)を向上させたHTV-Xを開発中。

宇宙ステーション等のターゲットに、宇宙機をランデブー飛行させ、無人で直接ドッキングする際に必要となるドッキングシステム(誘導制御技術、航法センサ、ドッキング機構等)について要素試作や解析モデルを整備し、地上研究を進めている。HTV-X2号機で軌道上実証を予定。



主要新規技術のドッキング機構

深宇宙におけるヒトの健康リスク対策検

世界初!月の重力環境をISSで実現し、マウスを長期飼育 ~深宇宙への人類の活動領域拡大に向けた第一歩~

- 長期間、地球よりも低重力環境で哺乳類(マウス)を飼育できるのはJAXAのみ。
- 2019年5月、世界で初めて月の重力環境(1/6G)を「きぼう」で模擬し、長期間飼育と全数生存帰還に成功。有人宇宙探査に向け、哺乳類への長期低重力環境の影響を解析可能。
- 更にISS最大の遠心機を追加搭載。研究能力が格段に増強。



微小重力環境:ふわふわ浮いた状態



人工1/6G環境:浮いた状態からケージ底面に"着地"



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

ISS運用終了後や地球低軌道の利用ニーズや市場を見据えた検討の加速

長期的なISS退役後の地球低軌道活動の姿(利用ニーズ、形態等)について、国際動向や商業活動の成熟具合等の不確実な情勢を踏まえ、複数のオプションを考える。この中で、日本の民間企業が主体となって、日本の産業界、学术界及び国・JAXAが一定の存在感を示し、効率的に活動している姿を目指す(LEOにおける日本のプレゼンスの維持)。その前段としてどのような準備をすべきかを考える。更に、今、何をしていくべきか、将来のLEO活動を担う民間企業、学术界等と共同で検討していく。

