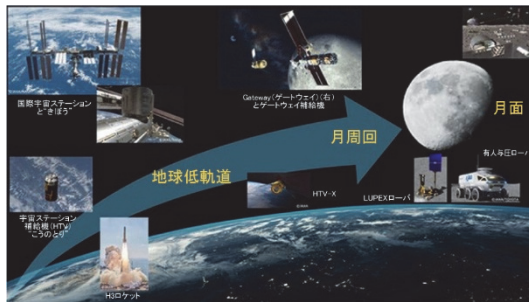


地球低軌道及び月における有人宇宙探査へ向けた 新事業の取組み

New Business Initiatives for Human Space Exploration in Low Earth Orbit and on the Moon



福澤 瞬^{*1}
Shun Fukuzawa

甲斐 毅^{*2}
Takeshi Kai

金澤 良一^{*1}
Ryoichi Kanazawa

藤原 哲^{*3}
Satoshi Fujiwara

三菱重工業株式会社は、ロケット輸送、国際宇宙ステーション (ISS)・国際宇宙探査、衛星・データ利用の 3 分野で多様な宇宙製品の開発を行っている。特に、ISS・国際宇宙探査の分野では、物資補給機の開発や、ISS のきぼう実験棟におけるライフサイエンス実験を支援し、米国の“アルテミス計画”に関連する月面探査に向けた技術開発にも取り組んでいる。ISS 退役後の商業宇宙ステーションや産学官連携を通じて月面拠点の構築に取り組み、宇宙産業の発展に貢献することを目指している。

1. はじめに

三菱重工業株式会社 (以下、当社) は、ロケット輸送、国際宇宙ステーション (以下、ISS)・国際宇宙探査、衛星・データ利用の 3 分野を中心に、国の基幹ロケットや液体ロケットエンジン、ISS のきぼう実験棟、その内部で使用される実験装置、物資補給機など、さまざまな宇宙製品の開発に携わってきた。最近では、これまでの知見や技術力を活用し、新たな事業分野への取組みを検討している。

本報では特に、ISS・国際宇宙探査に焦点を当て、2030 年ごろに計画されている ISS 退役後の商業宇宙ステーション (以下、ポスト ISS) 及び米国航空宇宙局 (以下、NASA) が主導する国際宇宙探査プログラム“アルテミス計画”に関連する当社製品と今後の新事業分野への取組みを紹介する。

2. 宇宙関連機器開発の道筋

2.1 実験棟と実験装置の開発

ISS のきぼう実験棟は、当社が全体インテグレーション支援及び主要構成要素の製造を担当した。また、きぼう実験棟に搭載する実験装置の製造、実験運用支援を担当し、宇宙でのライフサイエンス実験推進と、その貢献に対し評価いただいている。

細胞培養装置 (Cell Biology Experiment Facility 以下、CBEF) (図 1) は、地上一般製品のインキュベータと同様な温度制御・加湿制御・CO₂ 濃度制御機能に加えて、インキュベータ内部に遠心機を搭載して、0~2G の重力模擬ができる実験装置である。本装置は、重力模擬機能により、従来不可能であった実験試料への重力のみの影響を評価できる世界初の装置である。2008 年のきぼう運用開始以来、細胞培養のみならず植物育成など、さまざまな実験研究に使用されている。2020 年には、CBEF と比較して遠心機回転半径を大型化 (2 倍以上) 可能な細胞培養装置追加実験エリア (以下、CBEF-L) の運用を開始しており、実験環境を拡充している。

小動物飼育装置 (Mouse Habitat Unit 以下、MHU) (図 2) は、軌道上で CBEF 若しくは CBEF-

*1 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 技術部 課長

*2 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 技術部

*3 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 技術部 主席プロジェクト統括

L を使用してマウスを飼育するための装置である。主な構成部品は、マウスの居住区となるケージユニット(1 匹/台)、打上げ時及び帰還時にマウスを搭載する打上げ／回収支援装置(12 匹/台)、マウスの移替えやケージユニットの清掃などのような飼育に関わるメンテナンス時に使用するグローブボックスである。CBEF にケージユニットを取り付けてマウスへの重力影響を評価する。

最初のマウス飼育ミッションを 2016 年に実施し、宇宙環境における長期(30 日以上)飼育でのマウス全匹生還という世界初の成果を出すことができた。以後、現在までに 9 回にわたる飼育ミッションを実施している。

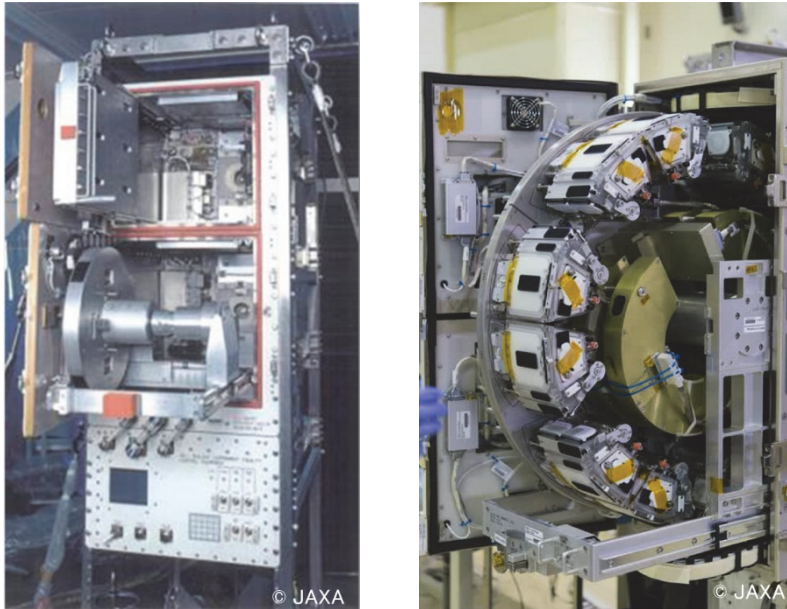


図1 細胞培養装置(CBEF / CBEF-L)



図2 小動物飼育装置(MHU) ケージユニット

2.2 物資補給機の開発

当社は、2020 年までに全 9 号機による ISS への物資輸送を成功裏に導いた“こうのとり (HTV)”，その後継機“新型宇宙ステーション補給機(以下、HTV-X)”の開発に参画している。国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(以下、JAXA)からの開発請負契約の下、当社は HTV-X のシステム設計、カーゴ搭載、射場作業、運用準備及び与圧モジュール(PM)の開発を担当している⁽¹⁾。HTV-X 1 号機は 2025 年度内の打上げに向け、JAXA 種子島宇宙センターで準備作業を実施中である。また、これらの経験を基に、月周回有人拠点ゲートウェイへの物資補給を担う“ゲートウェイ補給機”の JAXA 検討に協力している。

2.3 月探査機器の開発

当社は、宇宙開発の知見と技術を活かし、国内外のプロジェクトに参画して月面探査への挑戦を進めている⁽²⁾。まず、NASA 主導の“アルテミス計画”において、月周回有人拠点“ゲートウェイ”

の国際居住棟(I-Hab)での環境制御・生命維持装置(Environmental Control and Life Support System 以下、ECLSS)の開発を JAXA 主導のもと進めている。ECLSS は、搭乗クルーに対する空気供給や CO₂・有害ガス除去を行い、閉ざされた空間での生活環境を維持するシステムであり、将来の月面社会や火星探査に不可欠な技術である。

次に、JAXA とインド宇宙研究機関(ISRO)が協力する月極域探査ミッション“LUPEX”では、探査ローバーの開発を進めており、月の極域での水の量と質等に関するデータ収集を目指している。探査ローバーは、2020 年代半ばに H3 ロケットで打ち上げられる予定である。また、ECLSS 開発や探査ローバーで得られた技術やデータは、トヨタ自動車株式会社が JAXA のもとで進める“有人と圧ローバー”の開発にも活用されることが期待されている。当社は宇宙機インテグレーション技術や耐宇宙環境技術を活用して協力する。

3. 地球低軌道における新事業への取組み

3.1 HTV-XC, 日本モジュール

ポスト ISS の地球低軌道では、低軌道利用サービスの主体が官から民へ移行すると見込まれている。米国では、複数の民間事業者によるポスト ISS の構想検討・開発が進んでいる。このような情勢の中、2024 年に JAXA に宇宙戦略基金が設置され、“国際競争力と自立・自在性を有する物資補給システムに係る技術”と“低軌道自律飛行型モジュールシステム技術”の 2 テーマで開発事業者に選定された株式会社日本低軌道社中と協力して、ポスト ISS 物資補給機(以下、HTV-XC)と日本モジュールの検討を進めている。HTV-XC と日本モジュールのイメージを図 3 に示す。

HTV-XC は、HTV-X をベースにポスト ISS への物資補給サービスを実現するため、自動ドッキング化やポスト ISS との近傍通信等を開発する。日本モジュールは、長期運用を考慮し、HTV-XC で挙げた項目に加え、能動的熱制御システム(ATCS)や寿命延長技術等を開発する。

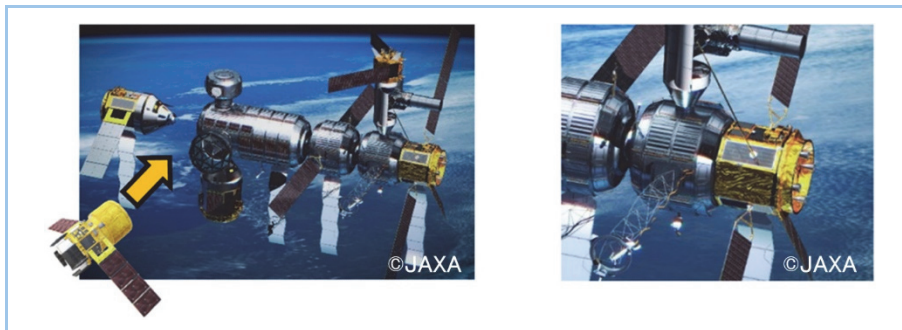


図3 HTV-XC／日本モジュールイメージ

3.2 実験装置

ポスト ISS への搭載を見据えた実験装置の開発を進めている。2.1 節で紹介した MHU はクルーによるメンテナンスを前提とした仕様であったが、クルータイム削減のため、飼育期間中のメンテナンスをなくすことができるように給水タンクや、給餌器を改良、かつ、摂水や摂餌、生体データをモニタする機能を追加した仕様の省力型小動物飼育装置(Single-CTB Mouse Automated Rearing Transporter, SMART)(図 4)を開発中である。

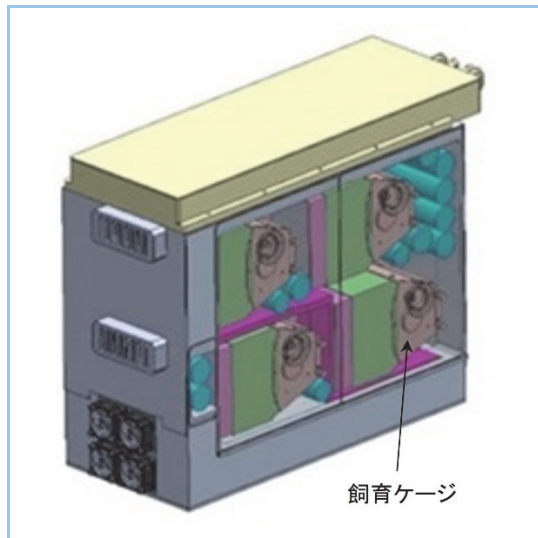


図4 省力型小動物飼育装置 (SMART)

4. 月面における新事業への取組み

4.1 月面拠点の全体構想

当社は、月面拠点の全体構想の策定に取り組んでいる。この構想は、月面に人類の活動を支える基盤を築くことを目的としており、輸送系と拠点系の両方を考慮に入れたアーキテクチャを構築している。月面拠点インフラは、居住空間、エネルギー供給、資源利用、輸送サービスなど、多岐にわたる要素から成り立つ。多種多様な構成要素から、輸送と拠点、及びその統合運用をキー要素として識別し、“宇宙ロジスティクス”“有人拠点・活動支援”“デジタル統合運用”の3つを軸とした全体アーキテクチャを構築している。月面拠点の全体構想を図5に示す。



図5 月面拠点全体構想

4.2 月面拠点の実現に向けた取組み

月面拠点全体の実現には、当社を含め単一の企業・団体のみで完結することは不可能である。そのため、産学官連携や非宇宙企業の参入など、業界及び企業の壁を乗り越える必要がある。宇宙技術と幅広いインフラシステム技術を併せ持つ当社は、自社内の異なる事業ドメインの連携に加え、技術的に製品・事業エリアを跨いで横串を通す総合研究所を含む組織を構築しており、当社が結節点（ハブ）となって、具体的な全体構想検討を進めることが可能である。

また、社内外を巻き込み、オープンイノベーションを基に技術検証や事業仮説検証活動を進めるべく、当社本牧工場にある YHH (Yokohama Hardtech Hub) に研究開発の成果をデモするエリアを整備中である。これは、Lunar Park Yokohama 構想として月面開発の意義・目的からビジョン・

システム・構成要素までを一つのシステムとして動かす姿を描くことを目的としている。Lunar Park Yokohama 構想を図 6 に示す。社内外の研究開発の成果を結集し、月面拠点の構想・システムの成熟度を高めることに貢献する。

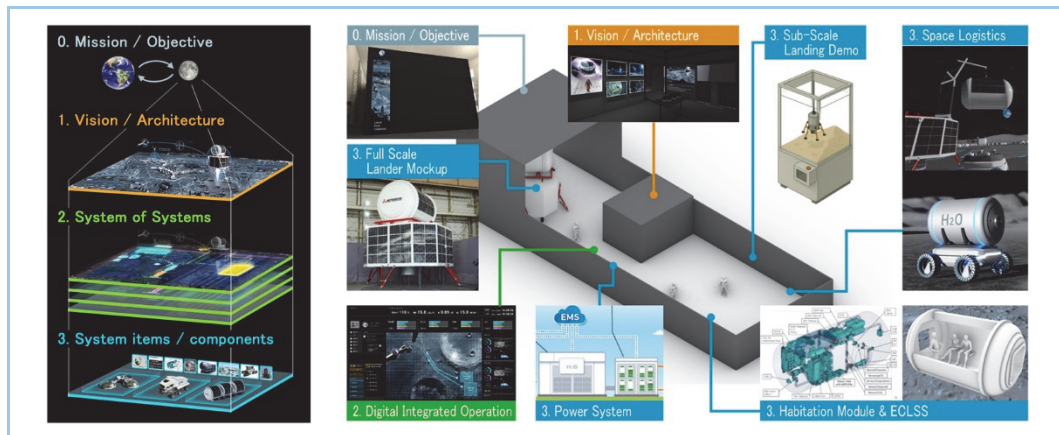


図6 Lunar Park Yokohama 構想

5. まとめ

当社の ISS・国際宇宙探査に係る宇宙事業への取組みを、これまでの製品開発の道筋とともに示した。着実に実績を積み、技術の獲得・蓄積を進めている。引き続きポスト ISS やアルテミス計画における月探査関連の活動に対して、開発製品及び技術を最大限活用し、社内外との連携を促進する結節点(ハブ)となることを目指し、新事業への挑戦を継続することで宇宙産業の発展に貢献していく。

参考文献

- (1) 辻田大輔ほか, HTV-X の開発状況と今後の展望, 三菱重工技報, Vol.58, No.4(2021)
- (2) 再び月へ, 月面探査や有人探査の拠点整備に挑戦 人類の活動領域の拡大に向け, 宇宙機開発で培った技術力を活用, 三菱重工プレスリリース, 2023 年 9 月 14 日,
<https://www.mhi.com/jp/news/23091401.html>