

【評定理由・根拠】

JAXAが、国際宇宙探査協働グループ(ISECG)が発足した2007年以来続けてきた国際的な枠組み形成と技術調整の成果として、持続的な月探査の実現へ向け2020年代から30年代にかけての国際的な月探査活動の計画（米国が主導するアルテミス計画）において日本がより高い存在感を発揮できるよう役割を明確にし、実施に向けた政府レベルでの基盤的な協力枠組み（「ゲートウェイに関する日米間MOU」「アルテミス合意（多国間政治的宣言）」「JEDI（MEXT-NASA間意向表明）」の形成に貢献した。

特に2020年度は、「政府全体の宇宙開発利用を技術で支える中核的実施機関」として、日本の貢献候補となる各要素のシステム検討、研究開発により、システムの実現性と技術の優位性を示すことで、国際パートナーから高い評価を獲得し、最終的に上記の協力枠組における日本のプレゼンス向上に貢献した。

1. 安定的な国際協力枠組みの構築と我が国の戦略的な参画

(1) 国際協調体制の構築をリード（米側の動向に関する情報収集等を通じた政府への支援については、Ⅲ.6.1項 参照）

国際的な宇宙探査計画を戦略的に推進するためにJAXA独自に探査シナリオを策定し、これに基づき、世界の宇宙機関間の宇宙探査調整メカニズムであるISECGにおいて、議長機関として月・火星のシナリオ・技術検討を主導し、全参加機関の合意を形成して、国際月面探査ロードマップを取りまとめた（2020年8月発表）。共通の原則・ビジョンを共有し、「米国国家宇宙政策2020」をはじめとする各国の宇宙探査計画の策定の参考とされた。さらに議長機関としてISECGをオープンアーキテクチャの原則に基づき運営し、参加機関を大幅に増加させている（15機関→24機関：世界のGDPの80.6%、人口の54.9%に相当）。ISS計画とは異なり、計画段階で多くの国の参画を得つつ、ロードマップにより参加国間で探査に係る共通の原則・ビジョンを共有することで、各国において宇宙探査政策の策定に一定の透明性が確保されるとともに、日本の存在感を高めた。【補足1 参照】

(2) 技術面からの日米協力の推進と国際プレゼンスの向上への貢献

- アルテミス計画に対して、我が国が強みを持つ技術を活用し、戦略的に参画することを目指し、主体的に、政府間合意に取り上げられる日本の協力項目を具体化するための技術面を含めた検討・提案及び研究開発を加速し、NASA等の高い評価を得た。具体的には、①ゲートウェイの中核機能である居住棟生命維持機能、②ゲートウェイへの物資補給機能、③月極域探査ミッションによる米国有着陸地点選定等に資する取得データ提供、④有人と圧ローバについてシステム検討及び研究開発を進め、これらのシステム実現性と研究開発の成果が技術調整や審査会の場においてNASA等の高い評価を得られ、日本の技術の優位性と貢献案に十分な技術実現性があることを示した。（具体的な研究開発成果は2項参照）
- 月探査シナリオを先導するゲートウェイの構築に関し、JAXAは日米間MOU締結（2020年12月）にあたり、上記の技術的な貢献を行うとともに、法務面においても政府を支援することにより、ISS計画に比べ国際調整メカニズムにおけるJAXAの位置付けが明確になるなど、より高い存在感をもって参画することとなった。具体的には、ISS MOU上ではJAXAは政府を支援できる立場以上の責任は明示されていなかったが、ゲートウェイMOUでは、ISS計画での経験や実績に基づくゲートウェイ活動計画策定への貢献を踏まえ、開発、運用、利用の各実務に関する意思決定メカニズム（ゲートウェイ計画管理委員会(GPCB)など）において、JAXAが日本政府の代表となることが国家間取り決めで明確に規定された。
- ISS計画では、利用要素である実験棟機能（「きぼう」）が日本の貢献の中心となっていたが、ゲートウェイでは有人システムの基礎となる要素である生命維持機能（ECLSS）を中心に貢献することとなった。（ECLSSについては、2.①参照）
- さらに、宇宙科学コミュニティとの協力による月極域探査ミッションの研究開発、及び日本が国際的競争力を持つ自動車産業と共同での有人と圧ローバの実現性検討の結果、これらが米国NASAの探査シナリオにおいて月探査計画アーキテクチャの中核システムと評価され、JEDIにおいて、ゲートウェイ以外の月面での日本の貢献要素として位置付けることができた。
- また、月面探査の具体的な協力枠組みの構築に向け、宇宙探査活動等の諸原則を確立するための多国間の政治的宣言である「アルテミス合意」（米、加、英、伊、豪、ルクセンブルク、UAE、日本の8か国）の協議を技術的、法務的に支援し、その締結（2020年10月）に貢献した。

【評定理由・根拠】(続き)

2. 持続的な月探査活動を可能にするインフラと技術の確立

- ① ゲートウェイの基盤システムである居住棟生命維持機能 (ECLSS) については、地上検討により、**CO2除去能力を現行ISS用ECLSSより向上し、ISSより狭い(格段に緩衝容積が少ない)空間においても、GatewayのISSより厳しいCO2要求濃度(現行ISS 5.2mmHg以下→ゲートウェイ 3mmHg)を実現できる技術的な目的を得た。**さらに、将来の月周回・月面における生命維持に必要なとなる物資(空気・水等)の補給を最小限とする「**完全再生ECLSS**」の実現に向けた**水再生の基盤技術の確立に向けて、「きぼう」を活用した軌道上実証を開始するとともに、地上の試作試験では更なる省電力化のキー技術となるダイヤモンド電極の長寿命化に目的を得た。**【補足 2 参照】
- ② HTV-Xによるゲートウェイ補給に向けた自動ドッキングシステムの開発では、**高い信頼性・安全性を確保するソフトドッキングシステムのキー技術**を確立し、開発企業と連名で特許出願した。また、従来の航法センサに比べ**高性能かつ低リソース(非協力物体対応のライダーとして測距頻度、消費電力、質量、サイズで世界最高)**を実現する「**フラッシュ・ライダー**」についても、**コア技術である高感度3D画像センサ(検出器)のEM(エンジニアリング・モデル)評価により性能達成の目的**を付け、さらに**開発企業により地上での民生用途(自動運転分野)への展開の取組み**が始まった。最も重要な機構の質量においても、**ドッキングシステムとして世界最軽量(現在最軽量の欧州のドッキングシステム(IBDM)より軽量)**を実現する**技術的な見込みを得て、国際的にも引き合いが来ている。**【補足 3 参照】
- ③ 月極域探査ミッションにおいては、**宇宙用水資源センサについて、高度な民生用計測器の技術を活用して世界初の月面での水の重量濃度の直接測定**の目的を得た。また、**宇宙用で世界最高密度(従来比40%増)を誇る超高エネルギー密度リチウムイオン電池について、長期間(1年間)の月探査への実用化**の目的を付けた。**同電池はISRO(インド宇宙機関)より着陸機への搭載の引き合いも受けている。**【補足 4 参照】
- ④ 月面探査を支える移動手段である**有人圧ローバ**について、NASAと共同でミッションシナリオと月面走行条件を検討し、アポロミッションと比較して飛躍的に有人探査領域を拡大するミッション(探査期間30日、走行距離600km、越夜5日間)を定義。この定義に基づき、トヨタ自動車との共同研究を進め、試作車による自動運転技術の実証試験や地上車の部品・装置の月面環境への適用性試験を開始した。また月面でローバに電力を供給するシステムについて本田技術研究所と共同研究を開始し、同社の高圧水電解技術を活用したシステムの概念検討を行い、実現に向けた技術課題を識別した。【補足 5 参照】
- ⑤ 持続的な月探査活動の実現に向けて大きな課題である**熱・温度・エネルギー**について、液体水素の蒸発を防ぐ高性能多層断熱材に改良を加え、**世界最高水準の断熱性能を更新し(2019年度の達成性能の30%増/海外類似品に対し質量単位で2倍以上の断熱性能)**、燃費の優れた水素エンジンでの着陸機や持続可能な月面活動を支える**現地水資源利用(水素の液体燃料化)の実現性を向上させるとともに、水素社会の一翼を担う地上における液体水素輸送への応用研究**にもつながった。【補足 6 参照】

3. 産業界・科学コミュニティを巻き込んだ宇宙探査の推進

- ・ 民間企業と共同開発する超小型ロボットを月面に走行させることで月面データを取得するミッションを立上げ、**国内の民間企業が主体的に実施する月面輸送サービスの調達契約を初めて締結した。**さらに大学・民間企業による技術実証等の潜在ニーズの掘り起こしと、持続的な月周回実証機会の提供を目指して、「月周回利用促進プログラム」を企画立案し、民間企業と連携して検討を開始した。いずれも、**民間企業による輸送サービスを活用した事業自立化、継続的な月周回・月面への輸送サービスの構築に向けて具体的な取組みを進めている。**
- ・ ゲートウェイ計画およびアルテミス計画において**国際優位性のある日本発の科学ミッションを創出するべく、宇宙理学委員会/宇宙工学委員会と連携し、日本から提案する科学ミッションの検討を進める枠組みを構築し、フィジビリティスタディ公募の準備を進めた。**
- ・ 月面での推薬生成プラント構築に向けた研究活動への非宇宙系業の新規参入を促すため、宇宙探査イノベーションハブの仕組みを活用して、研究提案を募集し、民間企業等と4つのテーマで4件の共同研究を開始した。また、有人圧ローバシステム検討の一環として、新たに**本田技術研究所との間で共同研究契約を締結し、新たに民間企業との協力を進めた。**
- ・ さらに、2019年度に発足した「有人圧ローバが拓く“月面社会”勉強会」は**非宇宙分野を中心に参加企業は120社に上り、2020年度は月面社会のビジョンを共創するセッション等を開催し、2040年頃の持続的な月面活動の実現に向けて、25の具体的な検討テーマを設定し、目標達成に向けたロードマップを検討した。**これらの取組みにより、**非宇宙分野を含む民間企業・大学等の優れた技術の活用と新規参入に向けた関心の喚起**ができた。

なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

補足 1 : 安定的な国際協力枠組みの構築

背景

政府と協力して、ISSパートナーとの関係の一層の強化及び新しいパートナーとの関係の構築を図り、新たな国際協調体制やルール作りに貢献する。(中長期計画)

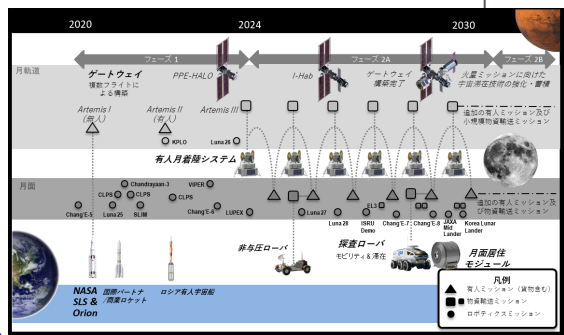
議長機関としてISECGを主導

- ▶ 世界の宇宙機関が参加する国際宇宙探査協働グループ(ISECG)において、**JAXAは議長機関として月・火星のシナリオ・技術検討を主導し、JAXAの探査の目標やシナリオを反映する形で、アルテミス計画の前提となる国際月面探査ロードマップを取りまとめた。(2020年8月発表)**
- ▶ 議長としてIAFのオンラインフォーラム、Lunar Exploration Analysis Group (LEAG)、韓国の月探査シンポジウムでこのロードマップを紹介し、国際的なアピールに努めた。
- ▶ JAXAは議長機関としてISECGをオープンアーキテクチャの原則に基づき運営し、JAXAの呼びかけによりタイ国家地理情報・宇宙技術開発機関(GISTDA)の新規加入を始め、議長期間中に**参加機関を大幅に増加させた。(15機関→24機関)**。



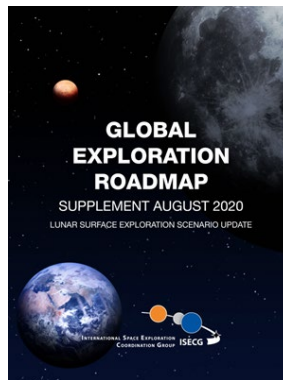
ISECG参加機関(2021年5月時点で26機関まで増加)

ISECG月面探査ミッションシナリオ
(国際宇宙探査ロードマップより)



得られたアウトカム

- ▶ 米国国家宇宙会議(NsPC)において米国国家宇宙政策2020を策定するに当たり、国際月面探査ロードマップの内容がヒアリングされた。その結果、「**科学、月資源開発、有人火星探査を目的として月のインフラやサービスを開発する**」という考え方の**シナリオが同政策に反映された**。
- ▶ 参加機関の大幅増により、ISS計画とは異なり、計画段階に多くの国の参画を得ることで(世界のGDPの80.6%、人口の54.9%に相当)、ISS計画とは異なり、計画段階で多くの国の参画を得つつ、ロードマップにより参加国間で探査に係る共通の原則・ビジョンを共有することで、各国において宇宙探査政策の策定に一定の透明性が確保されるとともに、日本の存在感を高めた。



国際月面探査ロードマップ
(GER3 Supplement)



米国国家宇宙政策2020

補足2：生命維持機能（ECLSS）の開発

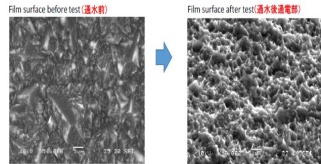
背景・課題

- 国際有人宇宙探査の最初のステップである月周回有人拠点（ゲートウェイ）において、日本がキー技術や強みのある有人宇宙滞在技術を基に国際居住棟（I-HAB）に生命維持機能を提供することにより、長期に継続する国際有人宇宙探査における当該技術の実績と優位性を確保する。
- 将来の持続的な月周回・月面活動における生命維持に必要な空気・水等を完全に再生できる完全再生ECLSSの実現に向けて基盤技術の開発に取り組む。

「きぼう」軌道上実証の開始と再生ECLSSの基盤技術確立の目途付け

①水再生システム

- NASAの水再生技術と比較して尿中の有機物を効率よく分解できる高温高压水電解をベースとして再生率85%以上及び飲料水基準を満足するスケールモデルを開発し、「きぼう」を活用した実証試験により、世界で初めて無重力下における高温高压電気分解による水の浄化再生技術を実証した。
- さらに、同システムの消費電力を大きく削減できるダイヤモンド電極について、成膜条件の変更により表面剥離の防止を実現し、長寿命化に目途を得た。
- また、凝縮水の処理再生について、UV殺菌器の新たな開発により、気泡交じり凝縮水中の細菌を99.999%殺菌することに成功。さらに、有機物を分解する水銀UVランプの代替品として、より安全なエキシマランプの選定及び性能評価を行い、宇宙化の目途を得た。



110時間運転後のダイヤモンド電極表面の損耗状態

②空気再生システム

- 地上検討により、CO2除去能力を現行ISS用ECLSSより向上し、ISSより狭い（格段に緩衝容積が少ない）空間においても、ISSより厳しいGatewayのCO2要求濃度（現行ISS 5.2mmHg以下→Gateway 3mmHg）を実現できる技術的な目途を得た。
- CO2除去システムを構成する小型高压ブロウ、バルブ、真空ポンプについて、試作を実施。除湿剤およびCO2吸着剤についても打上げ環境に耐える粉化対策を施し、振動試験により宇宙用の目途を得た。
- 有害ガス除去装置については、装置の中核プロセスである吸着および酸化触媒を選定し、宇宙船内で問題となる18種類のガス種について、除去できることを確認するとともに、ハニカム化した触媒を開発し、ゲートウェイにてより低消費電力を実現する見込みを得た。



粉化対策の振動試験の様子

得られたアウトカム

- I-HABに係る審査会等においてNASA等に示した仕様・性能が高く評価され、ゲートウェイ計画において有人システムの基礎となる要素である生命維持機能で貢献することで合意した。（ゲートウェイMOU）
- 月周回・月面における生命維持に必要な物資（空気・水等）の補給を最小限とする「完全再生ECLSS」の実現に向けた空気再生、水再生、廃棄物処理等の基盤技術の確立に向けて、宇宙搭載化の目途を得た。

期待されるアウトカム

- 完全再生ECLSSが実現されれば、物資補給量の大幅削減による輸送コストの低減に資するとともに、月面での拠点構築や有人と圧ローバへの展開を図ることで持続的な探査計画に実現に貢献できる。
- 国際宇宙探査計画における日本の技術の優位性を示すことで、国際協力におけるプレゼンスの更なる向上が期待される。

補足3：ゲートウェイ物資補給に向けた自動ドッキングシステムの開発

背景・課題

- HTV-Xを活用してゲートウェイ計画の中核機能である物資補給を提供する。
- 軌道上宇宙飛行士を介することなく、自動で宇宙機をドッキングする技術（国際標準に準拠したドッキング機構を含む）は、ゲートウェイへ補給するために必須の技術である。
- HTV-Xの国際宇宙ステーション（ISS）への物資輸送の機会を利用してISSとの自動ドッキングの事前の軌道上技術実証を行う。

【課題】

- ゲートウェイ輸送における質量価値を踏まえ、輸送における最も重要な国際競争力指標であるシステムの質量低減。
- 深宇宙ミッションにおいて、限られた質量制約の中で、高い自律性と信頼性の確保。
- 将来ミッションに向けたさらなる軽量化や要求へのきめ細かい対応。

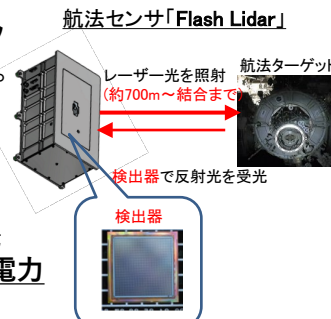
【新規開発】

- ①航法センサ（ISS/ゲートウェイとの相対的な位置・姿勢を測定）
- ②ドッキング機構（国際標準に沿った機械的結合機構）

軽量化・高信頼性を実現するコア技術の確立

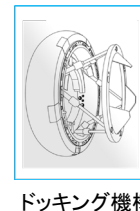
①航法センサ

- 高性能・低リソース（質量、電力、サイズ）かつ将来ミッションへの対応に優れたFlash型のLidarの採用を目指し開発を進めた。
- コア技術である高感度3D画像センサ（検出器）開発において、「フォトンカウンティングレベルの高い感度」と「サブナノ秒（数センチメートル）のTime of Flight分解能」を併せ持った**世界初の検出器として、EM評価によりその実現の目的を得た。**この高感度な検出器を使用することで、計測に必要なレーザー光の出力を抑えることが可能となり、**海外競合品と比較して消費電力を十分低く抑えた（約60～75%）ライダ開発が可能となる。**
- ISS実証に向けて予備設計フェーズに移行し航法センサの開発に着手。



②ドッキングシステム

- ドッキングの再トライを可能とするソフトキャプチャシステムのカギとなる回生電流方式を応用した技術を確立し、民間企業と連名で特許出願。質量制約の中で高い自律性と信頼性を確保することが可能となり、ドッキングシステムの軽量化に貢献する。



得られたアウトカム

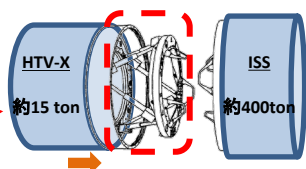
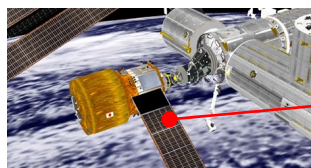
補給システムのキー技術であるドッキングシステムの軽量化及び高機能・高信頼性の実現の目的が立ち、我が国の補給能力の国際優位性と自律性を確保した。結果、ゲートウェイ計画において有人システムの中核機能である物資補給機能で貢献することで合意した。（ゲートウェイMOU）

他機関との連携

Flash Lidar開発メーカーが検出器の民生用途への展開を本格化。

期待されるアウトカム

- 検出器の自動運転分野への展開が期待される。
- 他の深宇宙探査システムや軌道上の衛星に対する燃料補給、修理、改修等による衛星の寿命向上・デブリ除去等への展開。



補足4：月極域探査機に向けた重力天体表面探査技術の開発

背景・課題

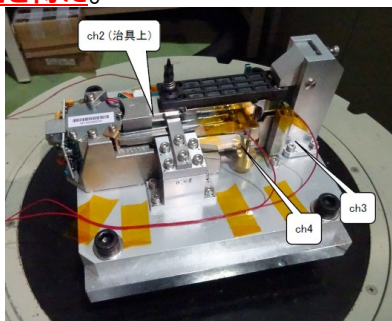
- 月の水資源が将来の宇宙探査活動に利用可能か判断するために水の量と状態を解明するためのデータを取得する月極域探査機において、コア技術である水資源を分析するセンサと長期間の月面運用を可能とするリチウムイオン電池の開発が重要。
- 持続的な月探査活動の実現に向けて大きな課題である熱・温度・エネルギーの観点からも超高エネルギー密度リチウムイオン電池は重要な技術。

【課題①】 高性能で信頼性の高い宇宙用水資源センサ技術の確立

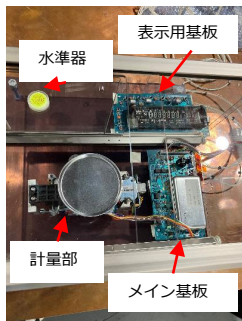
【課題②】 持続的な月探査を実現する超高エネルギー密度リチウムイオン電池の実用化

宇宙用水資源センサ技術の確立

宇宙用水資源センサについて、民間企業の協力を得て、民生用計測器の宇宙搭載化の検討を行い、**世界初の月面での水の重量濃度の直接測定**の目的を得た。



振動試験の様子



電磁適合性試験の様子

地上用の高精度水分計製造メーカーの全面的協力により宇宙化に目的

得られたアウトカム

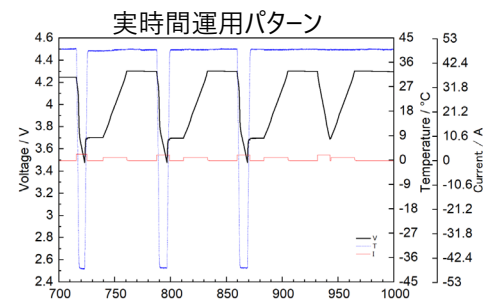
他国の探査は、水の重量濃度測定に間接的な推定を用いているが、本センサにより、地上で幅広く用いられている**信頼性の高い直接測定**が可能となり、**我が国の月資源探査に優位性をもたらす**。

超高エネルギー密度リチウムイオン電池の実用化

世界最高密度 (従来比40%増) を誇る超高エネルギー密度リチウムイオンに対し、昨年度実施した安全性試験に加えて、実用に向けローバの運用を考えた実時間・温度での充放電試験を実施し**1年のミッション適用しても問題ないことを確認**。**月探査への実用化の目的を得た**。



超高エネルギー密度電池



1000時間超の運用を達成

得られたアウトカム

- **原子力を用いない長期間の月探査が実現可能**。
- 無人ローバだけでなく、**ISRO(インド宇宙機関)より着陸機への採用の引き合い**があり、**有人と圧ローバでの採用も検討**が開始された。

補足5：有人と圧ローバに向けた研究開発

背景・課題

- 米国が主導するアルテミス計画において、持続可能な月面探査の構築に向けて必須のシステムである有人と圧ローバを開発して提供する。
- 日本が強みを持つ自動車分野を中心に宇宙産業の枠を超えた技術を糾合して開発を進める。

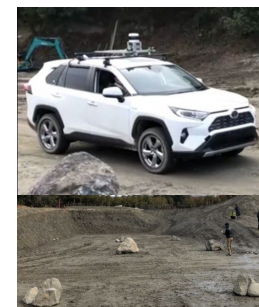
NASA及び宇宙産業の枠を超えた共同研究

①NASAとの共同検討

- 月面探査に関する共同検討において、与圧ローバのミッションシナリオ、月面走行条件等を検討し、アポロミッションと比較して飛躍的に有人探査領域を拡大するミッション（探査期間30日、走行距離600km、越夜5日間）を定義した。

②トヨタ自動車との共同研究

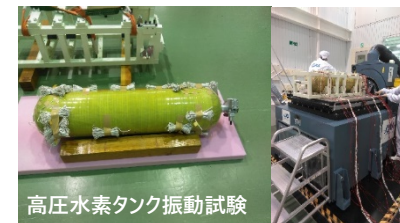
- NASAとのミッション定義に基づき、主なシステム課題である「打上げ質量（目標5トン）の成立性」、「排熱システムの成立性」、「電力システムの成立性」について、実現性検討を実施し、来年度の試作・試験による実現性検討計画を立案した。
- 地上車ベースの試作車による自動運転技術の実証試験を開始した。また、与圧ローバに活用する地上車の部品・装置について、放射線試験や振動試験を実施し、月面環境への適用性の評価を実施した。【再掲】



自動運転実証試験

③本田技術研究所との共同研究

- 月面で有人と圧ローバに電力を供給するシステムについて本田技術研究所との共同研究を開始し、本田技術研究所が有する高圧水電解技術を活用したシステムの概念検討を行い、実現に向けた技術課題を識別した。



高圧水素タンク振動試験

④与圧ローバの研究開発に向けた月面でのデータ取得

- 与圧ローバの航法・誘導技術及び走行技術の実現性、設計精度の向上を目的として、民間事業者による月輸送サービスを活用し、超小型ロボットを月面上で走行させてデータを取得する「民間企業の月着陸ミッションを活用した月面でのデータ取得」を立ち上げた。さらに、月着陸ミッションを計画している民間企業との契約を締結した。

得られたアウトカム

米国NASAの探査シナリオにおいて月探査計画アーキテクチャの中核システムと評価され、政府間(MEXT-NASA)での意向表明（JEDI）において、ゲートウェイ以外の月面での日本の貢献要素として位置付けることができた。

期待されるアウトカム

・有人と圧ローバの開発と提供を通じて月面での日本人宇宙飛行士の活動機会の確保等、我が国の宇宙先進国としてのプレゼンスを格段に向上させる。
 ・有人と圧ローバの開発成果はすそ野が広い自動車産業を中心に地上の幅広い分野への展開と波及効果が期待できる。

補足6：重力天体離着陸技術の開発

背景・課題

◆月着陸探査活動に向けて、キーとなる重力天体着陸技術（高精度航法技術等）の高度化と断熱性能の向上が必須。

◆特に断熱性能は持続的な月探査活動の実現に向けて大きな課題である熱・温度・エネルギーの観点からも重要な技術。

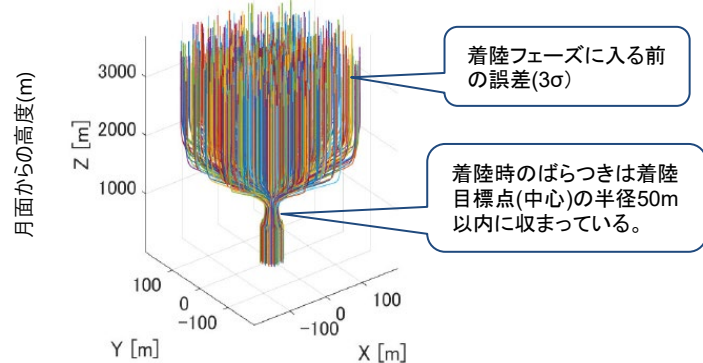
【課題①】 技術的に難度の高い月の南極における高精度の着陸技術

【課題②】 着陸用エンジンとして、従来のヒドラジン系エンジンに比べ、燃費が著しく向上（約1.4倍）する液体水素エンジンを採用するにあたって最大の課題である液体水素の蒸発対策。

着陸技術の精度向上と世界最高の断熱性能の更新

①着陸技術の精度向上

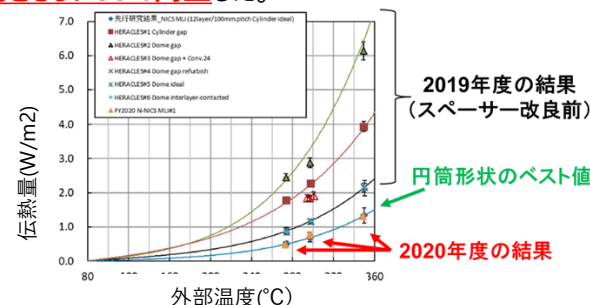
SLIMのキー技術であるピンポイント着陸技術を発展させ、**SLIMの着陸精度(半径100m)をさらに2倍向上させる(半径50m)技術の**目途を得た。



図：着陸精度に関するモンテカルロシミュレーション結果

②断熱性能の向上

JAXAで研究を進めてきた高性能多層断熱材に関して、2019年度の研究を踏まえて**多層断熱材のスペーサーに改良(形状とパネ力の見直し)**を加え、「複雑な形状」に対して「飛行中加速度による自重」や「温度変化による熱歪み」などに対しても輻射フィルムの層間距離を維持できるようにすることにより、**世界最高の断熱性能をさらに30%向上**した。



図：高性能多層断熱材試験結果

得られたアウトカム

燃費の優れた水素エンジンでの着陸機や持続可能な月面活動を支える現地水資源利用(水素の液体燃料化)の実現性を向上させるとともに、水素社会の一翼を担う地上における液体水素輸送への応用研究にもつながった。

財務及び人員に関する情報

項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	385,280	2,619,428	3,811,508				
決算額 (千円)	329,458	909,304	2,161,303				
経常費用 (千円)	-	-					
経常利益 (千円)	-	-					
行政コスト (千円) (※1)	-	-					
従事人員数 (人)	10	26	28				

(※1) 「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」の改訂(平成30年9月改定)に伴い、2018年度は「行政サービス実施コスト」、2019年度以降は「行政コスト」の金額を記載。

主な参考指標情報

項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
JAXAと他極の実施機関との合意文書数(*1)	12	14	57				
JAXAが議長を務めた国際会議及び日本で開催した国際会議の数(*2)	4	7	1				

(*1) JAXAと他極実施機関との合意文書

- ・Gatewayミニ居住棟 (HALO) に関するNASAとの覚書
- ・Gatewayプログラムの参画機関間及びNASA/ESA等との間で、Gateway プログラム計画書、システム要求書、サブシステム要求書等を合意 (全48件)
- ・火星IceMapperに関する意向表明書 (2021/2)
- ・火星衛星探査機計画(MMX)に係る欧州宇宙機関(ESA)との協定(2021/2)
- ・火星衛星探査機 (MMX) に関するNASAとの協定 (LOA) の改訂協定 (2020/10)
- ・月極域探査ミッション共同検討に係るISROとの実施取決め改訂 (2020/12)
- ・ISROとの間で月極域探査ミッションに関する運用コンセプト文書等を合意 (全3件)

(*2) JAXAが議長を務めた国際会議及び日本で開催した国際会議の数

- ・月極域探査ミッション国際ワークショップ (2021/3)

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○当該項目のうち、特に産業振興の側面での成果が求められる衛星測位、衛星リモートセンシング、衛星通信、宇宙輸送システム等の項目においては、創出が予定されている事業規模や海外と比較したコスト競争力など、より金額面でのアウトカムKPIを重視した評価が必要である。また、金銭換算が困難な社会貢献の側面においても、年度計画に対する達成度、前年度（これまで）からの進捗度合い、世界と比較した成果レベルなどといった観点での客観的評価に努める必要がある。</p>	<p>国際的な宇宙探査計画に対し、我が国が強みを持つ技術を活用し、戦略的な参画を目指し技術検討及び研究開発を進めているところ、前年度からの進捗や世界と比較した成果レベルを示すよう努めている（世界最高密度、世界初等）。</p>
<p>○宇宙科学・探査、国際宇宙ステーション、有人宇宙探査等の基礎的な科学に関わる項目において、科学的成果及びその啓蒙普及（広報＝JAXAの視点）以外の側面で、我が国の社会・国民（納税者の視点）に対してどのようなベネフィット/アウトカムを創出できているのかということについて、KPIを設定するとともに、ISSと並行して月ゲートウェイ構想が始まる現行の第4期中長期目標期間においては、資金計画も含めた中長期ロードマップと年度目標及びKPIの明確化、並びにそれらに基づく客観的な進捗評価が必要である。</p>	<p>宇宙基本計画において、国際宇宙探査への参画は将来の経済活動や外交・安全保障等の観点で重視されているところ、①安定的な国際協力枠組みの構築と我が国の戦略的な参画、②持続的な月面活動を可能にするインフラと技術の確立、③産業界と科学コミュニティを巻き込んだ宇宙探査の推進に向けて、各々の観点から客観性をもって成果を具体的に示した。また、2021年度計画より、各プロジェクトの開発の本格化に合わせ、マイルストーンを設定した。</p>
<p>○複数年度にまたがる蓄積した成果を評価する場合にはその観点を明示するとともに、単年度での成果と混在する場合は、当該時期以前はどうであったかを説明することが必要である。</p>	<p>前年度の成果について触れる場合は、今年度分と前年度分を明確に分けて記載するように心がけている。</p>
<p>○全般的に、個別の研究成果に関する記載は充実しており、定量的な指標を用いて説明しようという工夫が見て取れる。他方、成果が如何に社会実装・事業化され、どれだけ社会課題の解決に貢献したかという観点が不足している。SDGsやSociety5.0への貢献の観点を押し出していきたい。</p>	<p>SDGsへの取り組みについては個別分野毎に行っていたところ、2020年度より全社的な枠組みの中での議論を進めているところである。今後はどの目標に貢献できるかの検討を踏まえて、事業の成果がどれだけ社会問題の解決に貢献できたか、評価の場においてもご説明できるように努めたい。同様にSociety5.0の実現に向けた社会実装・事業化の観点からの記載を心掛けたい。</p>
<p>○ウィズコロナ時代の航空宇宙開発や国際連携のあり方について、実施機関のJAXAとしても周辺環境を的確に掌握し、世界や社会の動きを先取りする形で検討し対策を講じていく必要がある。</p>	<p>新型コロナウイルス感染症の拡大防止及びその社会的影響等に係る把握及び解析に資する宇宙システムや航空機運用システムの活用に取り組むなど、ウィズコロナ・ポストコロナ社会といった感染症への対応力を持つ社会の実現への貢献を目指す活動を進めていく。また、航空宇宙開発事業や国際連携を進めるうえでは、デジタル技術を活用しセキュリティ対策を強化しつつ自動化やオンライン化に取り組んでいる</p>
<p>○多額の費用負担が予見される国際有人宇宙探査においては、参画の意義、期待される成果、想定される費用等、国民（納税者）目線でのアウトカムKPIを設定するとともにISSとの関係性及び資源配分の考え方などが十分に説明される必要がある。</p>	<p>アルテミス計画への参画は、科学的成果だけでなく外交・安全保障、経済活動の点からも我が国にとって意義のある取り組みとするべく、ISSで培った技術の活用や実証も含め、効率的・効果的に進める。これを踏まえ、各年度の実績や直接的なアウトプットだけでなく、中長期的に達成を目指すアウトカム目標を示し、これに向けた進捗という形で成果を説明する。</p>

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○アルテミス計画への参画を中心とする月探査においては、民間企業の協力も得ながら、官民連携の下、事業を進める方針となっているが、長期間となり、計画の具体化もこれからである有人宇宙探査において、民間の活動を過度に期待することは一定のリスクがある。民間投資が集まらない事態も考え、計画/予算の早期具体化とモニタリング結果に基づく随時見直しを行い、確実な達成に努めていただきたい。</p>	<p>広範な民間企業や大学等の新規参加を促進するため、産業界等との連携を強化して、ゲートウェイ、月周回軌道、月面等における利用機会構築に向けた取組を進めている。民間企業との連携に当たっては、企業の意見の意見を取り入れつつ、民間輸送サービスを活用しながら、JAXAとして開発リスクを分担するなど必要な支援を通じて、将来的な事業自立化を目指す。</p>
<p>○有人探査は特に国民の強い支持が必要な分野なので、国民の理解と支持を得るための努力と成果について、より具体的かつ定量的に適切な項目にて提示していただきたい</p>	<p>より広く一般層や産業界に対し、持続的な月探査を目指すアルテミス計画を含め月面探査への理解と活動参加を促進するため、国際宇宙探査シンポジウムをオンラインで複数回開催した。シンポジウムでは産学官の登壇者による「目指したい月面社会の将来像」や「実現への道筋」等の議論を展開し、累計で約11万回の視聴数を獲得した。</p>

Ⅲ. 3. 8 ISSを含む地球低軌道活動

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
Ⅲ. 3. 8	Ⅰ. 1. 8.	-	
<p>ISSを含む地球低軌道活動に関して以下の取組を行う。</p> <p>(1) 地球低軌道利用の拡大と事業化及び国際宇宙探査に向けた技術獲得等の取組 我が国の科学技術政策や民間ニーズを踏まえ、重点化した分野の「きぼう」利用サービス（新薬設計支援、健康長寿研究支援、革新的材料研究支援、超小型衛星放出及び船外ポート利用）について、定時化（決まった時間間隔で利用できること）・高頻度化・定型化等を進める（プラットフォーム化）。プラットフォーム化した利用サービスについては、利用能力や技術の量的・質的な機能向上、新たな実験手法の開発及び地上の実験設備との連携により実験技術の適用範囲を広げ、利用機会を大幅に拡大する。</p> <p>さらに、社会的インパクトの大きい研究への協力や支援を通じ、新たな概念・価値を創出する利用サービスを確立し、新たなプラットフォームとして整備する。</p>	<p>ISSを含む地球低軌道活動に関して以下の取組を行う。</p> <p>(1) 地球低軌道利用の拡大と事業化及び国際宇宙探査に向けた技術獲得等の取組 我が国の科学技術政策や民間ニーズを踏まえ、重点化した分野の「きぼう」利用サービス（新薬設計支援、健康長寿研究支援、革新的材料研究支援等）の利用能力や技術の量的・質的な機能向上、新たな実験手法の開発及び地上の実験設備との連携により実験技術の適用範囲を広げ、利用機会の定時化（決まった時間間隔で利用できること）・高頻度化・定型化等を進める。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ISS最大の遠心機(CBEF-L)を新たに搭載。また、超小型衛星放出は増力を増強した放出機構（JSSOD-R）を新たに設置。 iPS細胞由来の細胞塊を用いた立体臓器への大血管付与を目指す三次元培養技術開発や膜タンパク質の結晶化実験等、宇宙で世界初となる取組を実施。 タンパク質結晶化実験は、デュシェ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結果を基にした阻害薬への製薬企業による有効性と安全性が確認され、第3相臨床試験を開始。 静電浮遊炉(ELF)で得られた酸化エルビウム密度データを、NIMSを含む11機関、及び、Spring-8と連携し、ガラスにならない超高温酸化物液体が持つ特異構造を発見。 東北メディカル・メガバンク機構と連携し、宇宙環境で加速する遺伝子を発見。また、同機構と宇宙生命科学統合バイオバンクのデータベース(DB)を公開(11月)。 「きぼう」関連で前年を上回る194件、累計2,000件超の論文を発表。 	<ul style="list-style-type: none"> CBEF-Lの搭載により、実験能力が量的、質的に向上し、実験技術の適用範囲が拡大。また、超小型衛星放出は、市場の広がりを見込み、放出能力を4倍(6U⇒24U)に増強し、民間利用の拡大に貢献。 三次元培養では、肝芽の長期保存や血管様構造体への接着、微小重力下での粒子の集合状態維持等、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を獲得。 DMDは、「きぼう」でのデータを基に選択的かつ強力な阻害薬の理論的分子設計、化学合成が行われ、ヒトでの安全性も確認され、大学等が進める阻害剤候補の創出に貢献。 ELFは、ガラス、セラミックの材料開発だけでなく、マグマから鉱物が形成される地球成立過程解明にもつながる重要な知見であり、英国科学雑誌「NPG Asia Materials (IF: 8.052)」に掲載(6月)。 遺伝子の発見は加齢変化を食い止め健康長寿に、DBは地上のヒトDBとの統合解析が可能になり探査に向けた解析にもつながることが期待。(成果はNASA等と共同で論文(Cell, IF:38.63)に発表)。 限られたリソースの最大活用によりISS参加国中最も効率よく利用成果を創出(5極 topの効率利用)

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>加えて、人材育成機能及び超小型衛星開発能力・経験、並びに国の科学技術・イノベーション政策に基づく活動や海外との共同研究等の経験が豊富な大学や国の研究機関等との戦略パートナーとしての連携を強化し成果の最大化を図るとともに、長期的な市場が見込まれるプラットフォームの利用サービスを事業としてエンドユーザーに提供する民間事業者を選定し、ノウハウ等を含む技術移転を行うことで、国内のみならず海外のユーザーを開拓し、ISS及び将来の地球低軌道における利用の拡大を図る。</p> <p>これらの活動により、2020年までに「きぼう」が科学技術イノベーションを支える研究開発基盤として産学官で幅広く利用される姿を実現する。その実績を基に、我が国の課題解決や科学技術の発展に資する宇宙環境利用研究の拡大と、持続可能な利用を見据えた自動・自律運用の実現に取り組むとともに、民間事業者主体による「きぼう」利用事業を開始し、2024年を目標に「きぼう」利用の一部について事業の自立化を目指す。</p> <p>また、「きぼう」を将来の地球低軌道活動や国際宇宙探査に必要な技術獲得の場として最大限活用するため、民間企業による利用も含め軌道上技術実証を積極的に推進する。</p>	<p>加えて、人材育成機能及び超小型衛星開発能力・経験、並びに国の科学技術・イノベーション政策に基づく活動や海外との連携の経験が豊富な大学や国の研究機関等との戦略パートナーとしての連携を強化し成果の最大化を図るとともに、超小型衛星放出及び船外ポート利用の事業化を踏まえて、長期的・国際的な市場需要が見込まれる分野や成熟した利用領域のプラットフォーム化およびノウハウ等を含む技術の移転により民間活用や事業化をさらに推し進めることで、海外も含めたユーザーの開拓、ISS及び将来の地球低軌道における利用の拡大を図る。これらの活動により、2020年までに「きぼう」が科学技術イノベーションを支える研究開発基盤として産学官で幅広く利用される姿を実現する。</p> <p>また、「きぼう」を将来の地球低軌道活動や国際宇宙探査に必要な技術獲得の場として最大限活用するため、民間企業による利用も含め軌道上技術実証を積極的に推進する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> HTV-X技術実証機からの超小型衛星放出への協力企業を募集。 高品質タンパク質結晶化実験に関し、JAXAの技術を活用し民間独自のサービスを展開する新たな形態として、事業化に向けた民間パートナーを募集し、SpaceBD社を選定。 スペインベンチャーSatlantis社の「iSIM」(超小型衛星搭載用地球観測カメラ)やJ-SPARCの枠組みを通じた新たな技術実証を実施。 KIBO宇宙放送局は、ポケモン、ココロア、Twitter Japan等と連携し、「きぼう」との双方向ライブ配信を実施。AVATAR-Xは、JAXA外から一般人が「きぼう」のカメラを操作する初の技術実証に成功。 中型曝露実験アダプタ(i-SEEP)、宇宙日本食に対し、民間利用や企業の参画促進に向けた改良や制度の見直しを実施。 	<ul style="list-style-type: none"> HTV-Xからの放出は、SpaceBD社を選定し、民間との相乗効果による新たな利用機会を提供。 高品質タンパク質結晶化実験事業化は、JAXAの実験を請け負いつつ、請負を通じノウハウを獲得しながら独自の実験サービスを展開し、国内外の顧客を獲得することで将来の自立的な事業運営を目指す。 「iSIM」は、HTV9で打ち上げ、契約後約1年半で実証機会を実現する等海外ユーザーのビジネス需要にもタイムリーに対応。スペイン国王を含め高い評価を得た。 宇宙放送局やスペースアバター等、「きぼう」を軸に、宇宙の垣根を超えたエンターテインメント含む新たな事業実証の場としても進展。 「i-SEEP」は海外への販路や民間利用の拡大、宇宙日本食は自治体の参入促進や普及啓発が評価され、文科大臣表彰を受賞。

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>上述の取組及び国際的動向を踏まえ、2025年以降のISSを含む地球低軌道における宇宙活動の在り方について検討を進めるとともに、地球低軌道利用に関するニーズや需要喚起策調査の結果等を踏まえ、我が国の地球低軌道における経済活動等の継続的な実施と拡大を支えるシステムの具体的検討及び必要な要素技術・システムの研究開発を進める。</p>	<p>上述の取組及び国際的動向を踏まえ、2025年以降のISSを含む地球低軌道における宇宙活動の在り方について検討を進めるとともに、地球低軌道利用に関するニーズや需要喚起策調査の結果等を踏まえ、我が国の地球低軌道における経済活動等の継続的な実施と拡大を支えるシステムの具体的検討及び必要な要素技術・システムの研究開発を進める。</p>	<p>地球低軌道有人宇宙活動の2025年以降に向けた在り方や可能性の検討については、技術的な検討を含めJAXAとしての案を提示。</p>	<p>提示した案については、宇宙開発利用部会の国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会において中間とりまとめ（案）に供される（12月）等、政府の検討を支援。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>(2) ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に資する取組</p> <p>ISS計画における国際約束に基づく基幹的な役割を果たすとともに、我が国を通じたISS利用機会の提供を海外に広げることで、ISS参加各極のみならず、アジア・アフリカ諸国等の「きぼう」利用国、国連等との関係を強化する。</p>	<p>(2) ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に資する取組</p>		
<p>具体的には、日米関係の強化に貢献するため、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)に基づいた、国際宇宙探査等に資する技術の共同研究、ISSやHTV-X等を用いた実証、日米研究者による共同実験の実施、実験装置の相互利用、実験試料の交換等の協力を通じて新たに得られた知見により、ISS計画への両国の貢献から生み出される成果を最大化する。</p>	<p>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)に基づいた、日米研究者による共同実験の実施、実験装置の相互利用、実験試料の交換等の協力を通じて新たに得られた知見により、ISS計画への両国の貢献から生み出される成果の最大化を図ることで、日米協力関係の強化に貢献する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • JAXAのみが有する2000°C以上の高融点材料を非接触で浮遊、溶融可能な静電浮遊炉(ELF)を用い、各国のリソース（宇宙飛行士の作業時間等）がひっ迫する中、NASAが自らのリソースを供出する形で米国実験（Round Robin、タフツ大）を実施。 • JAXAのみが有する月や火星の重力環境を模擬できる小動物宇宙飼育システム（MHU）を活かし、低重力環境での長期生物影響評価等を目的にNASA-JAXA Partial-G共同ミッションを発表(4月)。 	<ul style="list-style-type: none"> • ELF実験では、CMSX（ニッケル基単結晶超合金。タービンブレード等の耐熱性資材に活用）のデータを世界で初めて取得（12月）し、次世代超合金分野での活用に向け進展。ESAの装置では得られなかった金のデータ取得について、NASAから高く評価された。 • JAXA-NASA Partial-G締結により、JAXAの低重力環境とNASAの実験装置、機会との相互利用により、探査につながる成果の創出に向け前進。 • 日米の相乗効果によるデータ取得や日本の実験装置への知見獲得等、「日本のやりたいこと」も実現。

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>また、「きぼう」、宇宙ステーション補給機（HTV）「こうのとりの」を安定的かつ効率的に運用するとともに、日本人宇宙飛行士の活動を安全・着実に進行。さらに「こうのとりの」を高度化させ、将来への波及性の高いHTV-Xを開発し、着実な運用をすることで、ISSへの輸送能力の向上と運用コストの低減を実現するとともに、ISS物資輸送機会を活用した技術実証機会の提供を実現することで、我が国の効率的な有人宇宙活動の実現及び産業の振興等に貢献する。加えて、アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）等を通じた活動、国連及び人材育成等で海外と連携している大学等との協力の枠組みの活用を推進し、アジア・アフリカ等の新興国等による「きぼう」利用を更に拡大する。</p>	<p>また、「きぼう」、宇宙ステーション補給機（以下、HTVという）「こうのとりの」を安定的かつ効率的に運用するため、HTV 9号機の打上げ及び運用に取り組むとともに、日本人宇宙飛行士の活動を安全・着実に進行。さらに、新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の詳細設計及び1号機、2号機の製作等を行う。また、国連宇宙部との協力によるKiboCUBEプログラムやAPRSAFを通じた取組、及び人材育成等で海外と連携している大学等との協力の枠組みの活用等を推進し、アジア・アフリカ等の新興国等による「きぼう」利用をさらに拡大し、国際的プレゼンスの発揮に貢献する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> HTVは、最終号機である9号機を5/21に打ち上げ、ISS用の大型バッテリー等を輸送、8/20に大気圏へ再突入し、全号機の運用を終了。運用に際しては、要員配置を含む3密回避の徹底等最大限のコロナ感染症予防策を実施し、成功を支えた。 野口飛行士を載せたCrew-1は、11/17に打ち上げが成功。ISS長期滞在を開始。野口飛行士にとっては3回目の宇宙飛行。「きぼう」、「こうのとりの」の開発、運用を通じ獲得した有人宇宙技術、安全技術に加え、スペースシャトルやソユーズへの日本人搭乗に伴う安全評価で蓄積した知見等に基づき、Crew-1への安全確認にも貢献。打ち上げに際しては、現地への派遣要員を最小化する等、コロナ対策を徹底。 船外活動（EVA）では、太陽電池アレイの架台取付け等を実施。 <プロジェクト> HTV-Xは詳細設計、1号機、2号機の製作等を実施。 「きぼう」からの超小型衛星の放出は、グアテマラ、パラグアイ、フィリピン、イスラエル等について行い、放出数は海外累計で22か国、31機（米国分と併せると276機）に。 日米協力による「きぼう」ロボットプログラミング競技会は、オブザーバを含め世界中から361チーム、1340名が参加。 「きぼう」からの放出経験国ルワンダでは、宇宙庁発足の国会承認が下り、発足に向けた動きが加速。 	<ul style="list-style-type: none"> ISS補給船中唯一のISS用大型バッテリー輸送を含め、コロナ禍でのISSの安定運用に貢献し、の全機打上げ成功を達成。我が国の技術力と安定した運用により、国際パートナーからのさらなる信頼を獲得。HTV-Xの自動ドッキング技術獲得に向け、無線LAN経由のリアルタイム映像伝送技術実証も実施。 米国民間宇宙船の運用初号機へ他極に先駆け初の国際パートナーとして野口飛行士が搭乗し、日本の国際プレゼンスを向上。初号機で得た知見を基に、今後の星出、若田、古川飛行士へ経験を繋ぎ、新たな飛行士募集を含め、安定的な打ち上げへ、運用に向けた足掛かりを獲得。 HTV-Xは計画に基づき着実に実施。 超小型衛星放出は、グアテマラでは初衛星となり、放出の様子は10万人以上が見守り多数の報道（新聞14社、テレビ4社）される等、日本のプレゼンス向上にも貢献。 ロボットプログラミング競技会には世界中から多数の参加を得ると主に、これをきっかけに6機関のKibo-ABC新規加盟、過去最多となる12か国・地域のアジアンハープ実験参加等に発展する等、「きぼう」を軸としたさらなる広がりを実現。 ルワンダでは宇宙庁発足に関連し貢献事例として「きぼう」からの放出（2019年11月）が取り上げられるなど、一連の取り組みを通じ途上国の宇宙参加や人材育成を実現し、SDGsにも貢献。

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>さらに、有人宇宙活動も含めた国際宇宙探査や将来の地球低軌道宇宙活動等に資するため、水・空気補給量の大幅な削減を目指した再生型環境制御等の有人滞在技術、定型的なクルー作業を代替する自動化・自律化技術、超長期や地球低軌道以遠でのクルー滞在に必要となる宇宙医学・健康管理技術、地球低軌道利用拡大に向けた技術について研究開発を進めるとともに、ISSを最大限活用した実証を行う。</p>	<p>さらに、有人宇宙活動も含めた国際宇宙探査や将来の地球低軌道宇宙活動等に資するため、水・空気補給量の大幅な削減を目指した再生型環境制御等の有人滞在技術、定型的なクルー作業を代替する自動化・自律化技術、超長期や地球低軌道以遠でのクルー滞在に必要となる宇宙医学・健康管理技術、地球低軌道利用拡大に向けた技術等の研究開発を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 空気再生システムの主要装置であるCO2除去システムの開発を実施中。 • ISASとの連携による、MMX等探査機の着陸機設計に資する地盤特性（レゴリス）の重力依存性研究を完了（6月）。 • 与圧ローバについて、トヨタとシミュレーションを通じた走行中の動力や放熱性能の確認、タイヤの試作、走行評価、VR（仮想現実）や原寸大模型を活用した有人与圧ローバ内部の機器配置検討等、各技術要素の部品試作、試作車の製作を実施。 • ホンダとの有人探査に向けたロボット技術獲得のための共同研究（5月）、酸素製造技術獲得のための共同研究（11月）を開始。 	<ul style="list-style-type: none"> • CO2除去システムは、ゲートウェイの国際居住棟（I-HAB）における主要な生命維持機能等を担う予定。ゲートウェイでの長期滞在を支援するなど重要な役割を果たし、その先の火星有人探査も視野に技術開発が進展。 • 重力依存性研究では、月・火星の重力を模擬可能な実験環境を活かし、レゴリスの挙動解明等短期間で探査につながる技術実証を実現し成果を獲得。 • 与圧ローバは、NASAが月面探査の主要要素としても期待している重要な要素であり、有人与圧ローバを出発点に月面社会のビジョンや課題を業種横断で検討する「有人与圧ローバが拓く”月面社会”勉強会（通称、チームジャパン勉強会）の取り組みも交え“チームジャパン”として企業の技術力や知見を結集し、持続的な月面活動の実現に向け取り組みが進展。 • ホンダとの共同研究では、課題の一つである通信遅延環境下での遠隔操作技術や高圧水電解による酸素製造技術について双方の技術融合を促進。

主な評価軸（評価の視点）、指標等

<p>【多様な国益への貢献；宇宙科学・探査による新たな知の創造】</p> <p>○世界最高水準の科学成果の創出や我が国の国際的プレゼンス維持・向上等に貢献する宇宙科学研究、宇宙探査活動、有人宇宙活動等の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p><評価指標> (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○宇宙科学・探査による新たな知の創造に係る取組の成果 <p>(マネジメント等指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○研究開発等の実施に係る事前検討の状況 ○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況 (例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況、コスト・予算の管理状況等) ○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況 <p><モニタリング指標> (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果 (例：著名論文誌への掲載状況等) ○人材育成のための制度整備・運用の成果 (例：受入学生の進路等) <p>(マネジメント等指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況 (例：協定・共同研究件数等) ○人材育成のための制度整備・運用の状況 (例：学生受入数、人材交流の状況等) ○論文数の状況 (例：査読付き論文数、高被引用論文数等) ○外部資金等の獲得・活用の状況 (例：科研費等の外部資金の獲得金額・件数等)
---	--

主な評価軸（評価の視点）、指標等

<p>【多様な国益への貢献；宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現】</p> <p>○新たな事業の創出等の宇宙利用の拡大及び産業振興、宇宙産業の国際競争力強化に貢献するための立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p><評価指標> (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現に係る取組の成果 (品質・コスト・スケジュール等を考慮した取組を含む) <p>(マネジメント等指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○研究開発等の実施に係る事前検討の状況 ○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況 (例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況、コスト・予算の管理状況等) ○民間事業者等の外部との連携・協力の状況 <p><モニタリング指標> (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○宇宙実証機会の提供の状況 (例：民間事業者・大学等への実証機会の提供数等) ○研究開発成果の社会還元・展開状況 (例：知的財産権の出願・権利化・ライセンス供与件数、受託件数、ISS利用件数、施設・設備の供用件数等) ○新たな事業の創出の状況 (例：JAXAが関与した民間事業者等による事業等の創出数等) ○外部へのデータ提供の状況 (例：国内外の関係機関等への衛星データ提供数等) <p>(マネジメント等指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○民間事業者等の外部との連携・協力の状況 (例：協定・共同研究件数、技術支援件数、JAXAの施策・制度等への民間事業者・大学等の参入数又は参加者数等) ○外部資金等の獲得・活用の状況 (例：民間資金等を活用した事業数等)
--	--

主な評価軸（評価の視点）、指標等

【多様な国益への貢献；産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化】

○産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化に貢献する研究開発活動の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。

- <評価指標>
 - (成果指標)
 - 産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化に係る取組の成果
 - (マネジメント等指標)
 - 研究開発等の実施に係る事前検討の状況
 - 研究開発等の実施に係るマネジメントの状況
 - (例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況、コスト・予算の管理状況等)
 - 大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況
- <モニタリング指標>
 - (成果指標)
 - 国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果
 - (例：基幹ロケットの打上げ成功率・オンタイム成功率等)
 - 宇宙実証機会の提供の状況
 - (例：民間事業者・大学等への実証機会の提供数等)
 - 研究開発成果の社会還元・展開状況
 - (例：知的財産権の出願・権利化・ライセンス供与件数、受託件数、ISS利用件数、施設・設備の供用件数等)
 - 国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果
 - (例：著名論文誌への掲載状況等)
 - (マネジメント等指標)
 - 大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況
 - (例：協定・共同研究件数等)
 - 人材育成のための制度整備・運用の状況
 - (例：学生受入数、人材交流の状況等)
 - 論文数の状況 (例：査読付き論文数、高被引用論文数等)
 - 外部資金等の獲得・活用の状況
 - (例：外部資金の獲得金額・件数等)

スケジュール



【評定理由・根拠】

コロナ禍の中、徹底した感染対策により、筑波での「きぼう」、「こうのとり」の運用だけでなく、宇宙飛行士を含め国内外の移動を伴う訓練や打ち上げ、実験成果の回収を行い、国内外でのプレゼンスを發揮した。特に、「こうのとり」は、ISS補給船で唯一ISS用大型バッテリーを輸送するなど、11年にわたる運用において全9機連続成功を達成。コロナ禍の影響で海外の補給船が遅れる状況でも着実に打ち上げ、運用を遂行し、ISS係留延長にも対応する等ISSの確実な運用を支えた。また、「こうのとり」の開発・運用には国内企業約400社の参画があり、国内の産業基盤や人的資産の維持、向上に寄与するとともに、ランデブ・キャプチャーやスラスタ技術は海外展開にも成功し、我が国宇宙技術の国際競争力強化にも貢献した。野口飛行士も、米国有機打ち上げ再開の運用初号機に国際パートナーとして唯一搭乗し、様々な軌道上実験や船外活動を通じISSの運用をけん引した。

「きぼう」利用は、新たな技術獲得や民間需要の創出、利用の広がりを実現し、ISS参加5極中最も効率よく利用成果を創出した。具体的には、臓器創出を 目指したiPS細胞を用いた立体培養技術の開発、創薬分野のニーズが高い膜タンパク質の結晶化技術の開発、宇宙放送局やアバターなどの民間の事業展開に向けた取組み、アジアンハブやロボットプログラムチャレンジといった新興国の宇宙参画の実現や人材育成への貢献、さらには探査に向けた月、火星の重力模擬環境による実験等を行うなど、新たな地球低軌道利用の可能性を拓いた。

1. 地球低軌道利用の拡大と事業化及び国際宇宙探査に向けた技術獲得等の取組（例）

(1) 民間需要を創出しつつ民間との協力を広げ、事業化を含めた利用を拡大

- 新たな衛星放出機会の創出：「きぼう」では困難な高度500kmからの放出に向け、HTV-X実証機からの放出機会への協力企業にSpaceBDを選定（10月）。
- 事業化の取組み(高品質タンパク質結晶化実験サービス)：JAXAの技術を活用し民間独自のサービスを展開すべく、事業化に向けたパートナーにSpaceBDを選定（3月）。
- スピード重視のベンチャー需要への対応：ベンチャー商品の早期市場投入に必要な軌道上実証の早期実現に向け、事業者（SpaceBD）と一体となり、安全・技術評価プロセスの効率化を図りつつ、厳しい有人安全要求に対する受け入れ可能な安全設計や検証方法に対する技術支援を実施。船外ポート利用事業では、スペインベンチャーSatlantis社の「iSIM」による超小型衛星搭載用地球観測カメラの技術実証を契約後約1年半で達成。
- エンタメ分野の事業創出：構想段階から運用、安全面を含め様々な視点からアドバイスをを行い、契約締結を後押しし、運用に至るまで事業実現に向け一体となり実施。KIBO宇宙放送局（J-SPARC案件、バスキール）は、ポケモン、コカコーラ、Twitter Japan、三井不動産、テレビ東京等と連携し、「きぼう」との双方向ライブ配信を実施（8月、12月）。JAXAのシンポジウムでもJAXA・NASA・ISSの通信を実施し、民間の実証を後押し。AVATAR-X（同、JAMSS/ANA アバターイン）も、JAXA外から一般の方々が「きぼう」の宇宙機器(カメラ)操作を行う初の技術実証を成功（11月）。（参照：Ⅲ.4.1項）

【評定理由・根拠】（続き）

1. 地球低軌道利用の拡大と事業化に関する取組（例）（続き）

- (2) 日本独自の利用技術開発や部門、機関横断による世界初の科学研究成果など、地球低軌道の持続的な利用需要の拡大につながる成果を獲得
- 利用拡大に向けた機能向上：従来に比べ重力勾配が小さく、試料をより多く搭載可能な大型人工重力発生器(CBEF-L)を整備。遠心機の回転を変えることで月や火星の低重力を実現出来、探査に向けた事前検証を可能とするISS唯一の実験環境が完成。また、超小型衛星市場の広がりを見込み、放出能力を4倍（6U⇒24U）に増強した放出機構（JSSOD-R）を設置。
 - 医療、創薬ニーズへの貢献：iPS細胞由来の細胞塊を用いた立体臓器への大血管付与を目指す三次元培養技術開発やLCP法による膜タンパク質の結晶化実験等、宇宙で世界初の取組みを開始（12月-）。三次元培養では、肝芽の長期保存や血管様構造体への接着等、将来の技術開発につながる知見を獲得
 - 当初目的を超える成果と技術の継承：静電浮遊炉(ELF)は、NIMS等11機関と共同で酸化エルビウムの密度データとSPring-8の分析等を組合せ、当初目的の材料開発だけでなく惑星物理にも寄与するガラスにならない超高温酸化物液体が持つ特異構造を発見（6月）。また、HTV7の回収カプセル真空断熱容器技術を応用し、タンパク質等ライフ系サンプルのISS向け小型運搬容器を開発。米国の冷蔵、冷凍システムを使用せず単体で温度維持が可能になった。
 - 著名誌への掲載：マウス研究では、東北メディカルメガバンク機構と連携の上、健康長寿につながる宇宙環境で加速する加齢変化を食い止める遺伝子を発見し、Nature 関連のCommunications Biology（IF4.049）で発表(9月)。同機構とは宇宙生命科学統合バイオバンクのデータベースも公開(11月)し、地上のヒトデータベースとの統合解析が可能になり探査に向けた解析にもつながるとともに、成果はNASA等と共同で論文（Cell、IF:38.63）発表も行った。

【評定理由・根拠】（続き）

2. ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に向けた取組（例）

- (1) コロナ禍での「このとり」9号機の確実な打ち上げ、野口飛行士のISS長期滞在を通じたISSの安定運用への貢献とHTV-Xに向けた取組み
 - ・ 9号機の成功と国際的評価、HTV-Xに向けたデータ取得：8月の再突入をもって全ミッションを成功裏に終了。コロナ禍のなか射場作業を含め徹底した対策を講じ、NASAのプロマネを含め基幹的役割を果たしたことに高い評価を得るとともに、無線LANを経由したリアルタイム映像伝送の技術実証（WLD）等HTV-Xでの自動ドッキング技術獲得に向けたデータも取得。
 - ・ 野口飛行士によるISS運用への貢献：コロナを踏まえ訓練を含め細心の注意を払いつつ、世界中から注目の集まる民間有人輸送船運用初号機打ち上げ（11月）を通じ国際プレゼンスを示した。船外活動では、新規システムとなる新型太陽電池アレイの架台取付けを行うなどISSのアップグレードにも貢献。
 - ・ 後続の飛行士への取組：星出飛行士のコマンダー就任、若田、古川両飛行士の搭乗が決定し、新たな飛行士募集に向けRFI、パブコメも実施。
- (2) 「きぼう」利用を通じたアジア太平洋諸国・地域の宇宙参画による人材育成とSDGs等への貢献
 - ・ 新興国の人材育成、SDGsへの貢献：衛星技術を有する国内大学と連携し、開発から打ち上げ、運用までをパッケージに各国のレベルやニーズに合わせ参画機会や実験プログラムを設定、提供する細やかな戦略と持続的サポートにより新興国を含むアジア太平洋諸国・地域の宇宙参加、「きぼう」利用を推進。
 - グアテマラ、パラグアイ、フィリピン、イスラエル等の小型衛星を放出し、放出数は海外累計で23か国、32機（米国分と併せると276機）に。
 - 2019年11月に「きぼう」から衛星放出したルワンダで宇宙庁発足の国会承認が下り、貢献事例として「きぼう」からの放出が取り上げられた。
 - ISSドローンロボットを用いた第1回「きぼう」ロボットプログラミング競技会に、アジア太平洋から313チーム／1168名の学生が参加（10月に決勝を実施）。
 - アジアンハープ実験プロジェクトを12か国・地域（過去最多）参加のもと開始し、野口宇宙飛行士が軌道上栽培実験を実施（2月）。
- (3) 日米協力（JP-US OP3）による成果の最大化と日米協力関係の強化
 - ・ 静電浮遊炉（ELF）による米国のデータ取得：NASAが自国リソース（飛行士の作業時間等）を提供する形でJAXAのELFを使った材料実験（PI: 米タフツ大）を実施し、鋳造や溶接などのプロセス改善につなげるデータを取得（1月）。ISSにおいて、米国が日本の実験装置を単独で使う初の事例となった。
 - ・ 探査に向けた小動物飼育システムでの協力：JP-US OP3の下、JAXAの小動物宇宙飼育システムを用いた低重力ミッションの共同実施についてNASAと合意（4月）。JAXAのみが有する月や火星の重力環境を模擬できる実験環境が高く評価された結果。
- (4) 探査に向けた技術開発
 - ・ 「きぼう」ならではの環境を活かした早期実証：MMX等探査機の着陸機設計に資する地盤特性(レゴリス)の重力依存性研究に関し、月、火星の重力を模擬可能な環境を生かし、レゴリスの挙動解明等「きぼう」での実証実験を完了（6月）。フィジビリティ検討から約1年半の短期間で探査につながる技術実証利用を実現。
 - ・ ゲートウェイ向け開発：ゲートウェイ国際居住棟(I-HAB)の主要な生命維持機能等を担う、CO2除去システム(空気再生システムの主要装置)の研究開発を実施。

3. なお、年度計画で設定した業務は計画通り実施した。

評定理由・根拠：補足（総論）

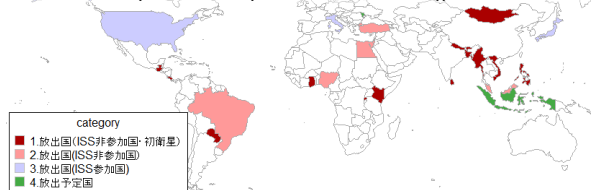
コロナ禍でのHTV打ち上げ・運用完遂、野口飛行士の活躍（①）



- ・コロナ禍の中「こうのとりのり」9号機を成功させ、100%打上げ成功を達成。ISS用大型バッテリーの輸送を含めISSの基幹的役割を果たす。
- ・野口飛行士がスペースXのクルードラゴン宇宙船に初の国際パートナーとして選定され、船外活動では新規システムとなる新型太陽電池アレイの架台取付けを行う等ISSのアップグレードにも貢献。

新興国の人材育成、SDGsへの貢献（④）

日本の協力による「きぼう」からの衛星放出国
(23か国、32機(米国分と併せると276機))



- ・国内の大学とも連携し、各国の状況に応じたきめ細やかな「きぼう」利用の機会とサービス提供による宇宙参加を実現し、「きぼう」を軸としたさらなる広がりを獲得。
- ・アジア太平洋諸国・地域との協力取組みも踏まえ、**新興国の宇宙参加や人材育成を促し、SDGsにも貢献。**

新たな利用機会の創出と非宇宙を含む利用拡大（②）



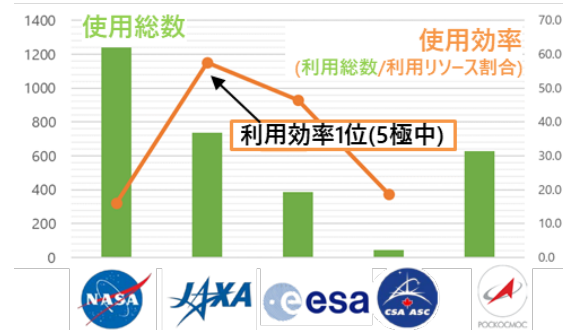
- ・HTV-X技術実証機からの超小型衛星放出の協力企業及び高品質タンパク質結晶化実験サービスの事業化に向けたパートナーに、SpaceBDを選定（10月）。
- ・船外ポート利用事業は、スペインのベンチャーへ短期間で実証機会を提供する等海外需要にもタイムリーに対応。
- ・宇宙放送局やスペースアバター等エンタメを含め、**民間による利用が拡大。**

日本の協力による成果獲得（JP-US-OP3）（⑤）



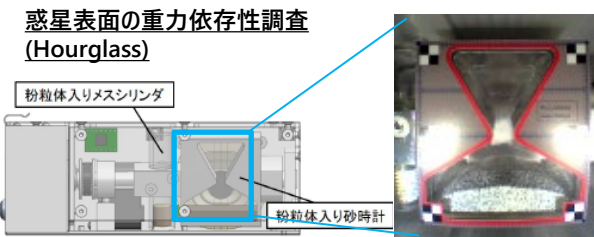
- ・我が国のみが持つ静電浮遊炉や可変重力環境下での小動物飼育装置を活かし、**米側クルータイム**（飛行士の作業時間等）**活用を含む日米相乗効果でのデータ取得等を実施し、NASAからも高評価を獲得。**
- ・データ取得のみならず、日本の実験装置への知見獲得を含め、「日本のやりたいこと」も実現。

自らの能力向上と組織、分野を超えた成果の創出（③）



- ・自らも能力を向上しつつ、iPS細胞由来の細胞塊を用いた三次元培養技術の開発等、**部門、機関横断により世界初の科学研究成果を獲得。**
- ・これら地球低軌道の持続的な利用需要の拡大につながる成果を**ISS参加国中最も効率よく創出。**

将来低軌道、探査につながる技術開発（⑥）



- ・ゲートウェイ国際居住棟における主要な生命維持機能等を担うCO2除去システムやISASとの連携による月・火星の重力を模擬可能な環境を活かしたMMX等の着陸機設計に資する研究開発等、**「きぼう」の強みを最大限に活かし組織横断で将来につながる技術開発が進展。**

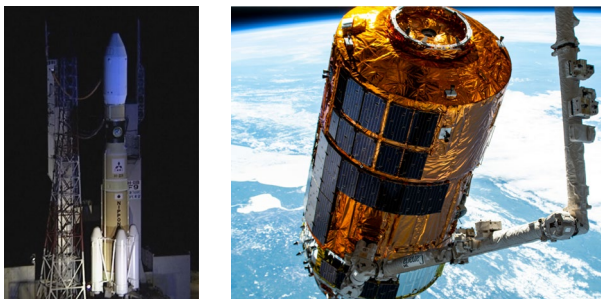
コロナ禍での「こうのとりのり」9号機打ち上げ、全9機連続でのHTVミッション達成によりISS安定運用をけん引

背景（年度計画との関係等）

- 「きぼう」、「こうのとりのり」を安定的かつ効率的に運用するため、9号機の打ち上げ及び運用に取り組むとともに、日本人宇宙飛行士の活動を安全、着実に進行。

アウトプット

- 最終号機である9号機を5/21に打ち上げ、ISS用の大型バッテリー等を輸送、8/20に大気圏へ再突入し、全号機の運用を終了。
- 運用に際しては、要員配置を含む3密回避の徹底等最大限のコロナ感染症予防策を実施し、成功を支えた。

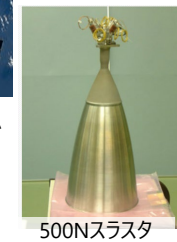


アウトカム

- 世界最大級の補給能力を基に、ISS補給船中唯一となるISS用大型バッテリーの輸送を含め、コロナ禍のなかISSの安定運用に貢献。
- 2009年の初号機以降、11年にわたり9機全てを成功させ、全機打ち上げ成功を達成。我が国の技術力と安定した運用により、国際パートナーからのさらなる信頼を獲得。
- 「こうのとりのり」を通じて獲得した軌道間輸送や有人システムに関する運用基盤技術は、将来の国際宇宙探査にも繋がるHTV-Xに継承。
- 高度かつ幅広い有人宇宙技術の習得を通じ、産業基盤や人的資産の維持、向上に貢献。（「こうのとりのり」の開発・運用には約400社の日本企業が参画。）
- 「こうのとりのり」で開発したランデブ・キャプチャー技術は、従来の方式と比べISSへの衝突危険性が低く、米国民間輸送機「シグナス」にも採用され、約60億円（6,600万米ドル）を受注。
- 「こうのとりのり」のスラスタ開発を基に開発した静止軌道投入用の500Nの推力を有するスラスタは、世界最高性能の燃費を誇り、80台の輸出と72台の打ち上げ実績を持つなど、海外からも高い評価を獲得。



「こうのとりのり」で開発したランデブ・キャプチャー技術を採用した、シグナス補給船運用1号機



スペースシャトル退役後の米国有機打ち上げ再開運用初号機に、国際パートナーとして唯一野口飛行士が搭乗

背景（年度計画との関係等）

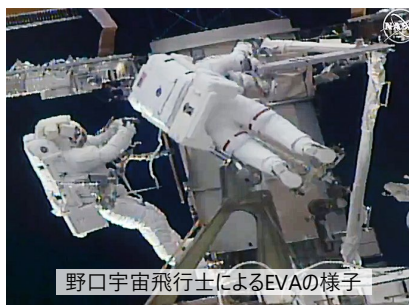
「きぼう」、「こうのとり」を安定的かつ効率的に運用するため、9号機の打ち上げ及び運用に取り組むとともに、日本人宇宙飛行士の活動を安全、着実に進行。

アウトプット

- 11/17に打ち上げが成功。ISS長期滞在を開始。野口飛行士にとっては3回目の宇宙飛行となる。
- 「きぼう」、「こうのとり」の開発、運用を通じ獲得した有人宇宙技術、安全技術に加え、スペースシャトルやソユーズへの日本人搭乗に伴う安全評価で蓄積した知見等に基づき、Crew-1への安全確認にも貢献。
- 打ち上げに際しては、現地への派遣要員を最小化する等、コロナ対策を徹底。
- 船外活動（EVA）では、太陽電池アレイの架台取付け等を実施。



Crew-1船内の様子



野口宇宙飛行士によるEVAの様子

アウトカム

- 米国民間宇宙船クルードラゴン運用初号機(Crew-1)へ他極に先駆け初の国際パートナーとして野口飛行士が搭乗し、国際プレゼンスを向上。
- 運用初号機で得た知見を基に、今後の星出、若田、古川飛行士へ経験を繋ぎ、新たな飛行士募集を含め、安定的な打ち上げへ、運用に向けた足掛りを獲得。
- EVAで取り付けした架台は今後設置予定の新規システムとなる新型の太陽電池アレイ用であり、高い技術力を活かしISSのアップグレード等にも貢献。



Crew-1ドッキング後の会見の様子



ISS滞在中の野口宇宙飛行士の様子



星出宇宙飛行士



若田宇宙飛行士



古川宇宙飛行士

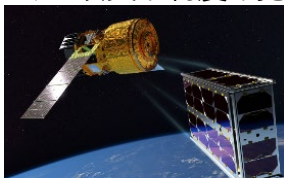
新たな利用機会の創出と分野を超えた国内外での利用、民間による事業実証の場としての進展

背景（年度計画との関係等）

- 民間活用や事業化をさらに推し進め、海外を含むユーザーの開拓、ISS及び将来の地球低軌道における利用の拡大を図る。
- 「きぼう」を将来の地球低軌道活動に必要な技術獲得の場として最大限活用するため、民間企業による利用も含め軌道上技術実証を積極的に推進する。

アウトプット

- HTV-X技術実証機からの超小型衛星放に関し、協力企業を募集し、協力会社を選定。
- 高品質タンパク質結晶化実験に関し、JAXAの技術を活用し民間独自のサービスを展開する新たな形態として、事業化に向けた民間パートナーを募集し、SpaceBD社を選定。
- スペインベンチャーSatlantis社の「iSIM」（超小型衛星搭載用地球観測カメラ）やJ-SPARCの枠組みを通じた新たな技術実証を実施。ベンチャー商品の早期市場投入に必要な軌道上実証の早期実現に向け、安全・技術評価プロセスの効率化を図りつつ、厳しい有人安全要求に対する受け入れ可能な安全設計や検証方法に対する技術支援を実施する等、事業者と一体となって実施。
- 中型曝露実験アダプタ（i-SEEP）、宇宙日本食について、民間利用や企業の参画促進に向けた改良や制度の見直しを実施。



「HTV-X技術実証機からの超小型衛星放出に係る協力企業の選定」



「KIBO宇宙放送局」
バスキュール×スカパーJSAT×JAXA



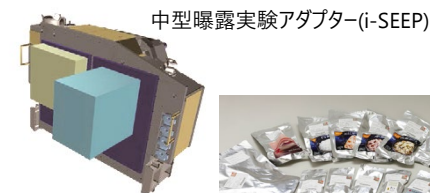
体験イメージ©avatarin株式会社

アウトカム

- 「iSIM」は、HTV9で打ち上げ、契約後約1年半で実証機会を実現する等スピード重視のベンチャー需要にもタイムリーに対応。スペイン国王を含め高い評価を得た。
- HTV-X技術実証機からの超小型衛星放出は、SpaceBD社を選定し、民間との相乗効果による新たな利用機会を提供。
- 高品質タンパク質結晶化実験事業化は、JAXAの実験を請け負いつつ、請負を通じノウハウを獲得しながら独自の実験サービスを展開し、国内外の顧客を獲得することで将来の自立的な事業運営を目指す。
- 宇宙放送局やスペースアバター等、「きぼう」を軸に、宇宙の垣根を超えたエンターテインメントを含む新たな事業実証の場としても進展。
- i-SEEPは海外への販路や民間利用の拡大、宇宙日本食は自治体の参入促進や普及啓発が評価され、文科大臣表彰を受賞。



iSIM軌道上実証開始前のスペイン国王からISSへのVIPコールの様子



中型曝露実験アダプター(i-SEEP)



宇宙日本食

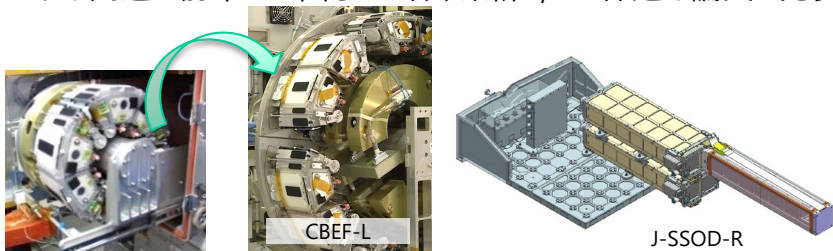
「きぼう」のさらなる能力向上と戦略パートナーとの連携強化による地球低軌道の持続的な利用需要拡大につながる成果

背景（年度計画との関係等）

- 「きぼう」利用サービスの利用能力、技術の量的、質的向上、実験手法の開発、地上の実験設備との連携により、実験技術の適用範囲を広げ、利用機会の定時化、高頻度化、定型化等を進める。
- 大学や国の研究機関等との戦略パートナーとしての連携を強化し、成果の最大化を図る。
- 「きぼう」が科学技術イノベーションを支える研究開発基盤として産学官で幅広く利用される姿を実現する。

アウトプット

- ISS最大の遠心機(CBEF-L)を新たに搭載。また、超小型衛星放出は増力を増強した放出機構（JSSOD-R）を新たに設置。
- iPS細胞由来の細胞塊を用いた立体臓器への大血管付与を目指す三次元培養技術開発や膜タンパク質の結晶化実験等、宇宙で世界初となる取組みを実施。
- タンパク質結晶化実験は、デュシェ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結果を基にした阻害薬への製薬企業による有効性と安全性が確認され、第3相臨床試験を開始。
- 静電浮遊炉(ELF)で得られた酸化エルビウムの密度データを、NIMSを含む11機関、及び、Spring-8と連携し、ガラスにならない超高温酸化物液体が持つ特異構造を発見。
- 東北メディカル・メガバンク機構と連携し、宇宙環境で加速する遺伝子を発見。また、同機構と宇宙生命科学統合バイオバンクのデータベース（DB）を公開（11月）。
- 「きぼう」関連で前年を上回る194件、累計2,000件超の論文を発表。



アウトカム

- CBEF-Lの搭載により、実験能力が量的、質的に向上し、実験技術の適用範囲が拡大。また、超小型衛星放出は、市場の広がりを見込み、放出能力を4倍（6U⇒24U）に増強し、民間利用の拡大に貢献。
- 三次元培養では、肝芽の長期保存や血管様構造体への接着、微小重力下での粒子の集合状態維持等、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を獲得。
- DMDは、「きぼう」でのデータを基に選択的かつ強力な阻害薬の理論的分子設計、化学合成が行われ、ヒトでの安全性も確認され、大学等が進める阻害剤候補の創出に貢献。
- ELFは、ガラス、セラミックの材料開発だけでなく、マグマから鉱物が形成される地球成立過程解明にもつながる重要な知見であり、英国科学雑誌「NPG Asia Materials (IF: 8.052)」に掲載（6月）。
- 遺伝子発見は加齢変化を食い止め健康長寿に、DBは地上のヒトDBとの統合解析が可能になり探査に向けた解析にもつながることが期待。（成果はNASA等と共同で論文（Cell、IF:38.63）に発表）
- 限られたリソースの最大活用によりISS参加国中最も効率よく利用成果を創出(5極 topの効率利用)



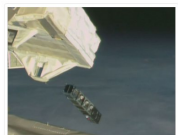
「きぼう」の強みときめ細やかなサービスを活かした新興国の宇宙参加、人材育成の実現による国際プレゼンスの向上

背景（年度計画との関係等）

国連宇宙部との協力によるKiboCUBE プログラム、APRSAF を通じた取り組み、人材育成等で海外と連携している大学等との協力の枠組みの活用等を推進し、アジア・アフリカ等の新興国等 による「きぼう」利用をさらに拡大し、国際的プレゼンスの発揮に貢献する。

アウトプット

- 「きぼう」からの超小型衛星の放出は、グアテマラ、パラグアイ、フィリピン、イスラエル等について行い、放出数は海外累計で23か国、32機（米国分と併せると276機）に。
- 「きぼう」からの放出経験国ルワンダでは、宇宙庁発足の国会承認が下り、発足に向けた動きが加速。
- 日米協力により開催した第1回「きぼう」ロボットプログラミング競技会に、アジア太平洋の7か国・地域から313チーム／1168名の学生が参加。
- アジアハープ実験プロジェクト（第3回簡易植物実験）にアジア太平洋の12か国・地域（過去最多）が参加し、軌道上実験を実施。
- 「きぼう」利用に係る2国間協力ミッションとして、タイとの第2回タンパク質結晶生成実験(4月に回収)、マレーシアとの放射線計測実験(1月に回収)を実施。



超小型衛星放出



インターネットロボット競技会



アジアハープ実験



タイのタンパク質実験



マレーシア放射線計測

アウトカム

- 超小型衛星放出は、グアテマラ（4月）で初衛星となり、放出の様子は10万人以上が見守り、多数の報道（新聞14社、テレビ4社）される等、日本のプレゼンス向上にも貢献。
- ルワンダでは宇宙庁発足に関連し貢献事例として「きぼう」からの放出（2019年11月）が取り上げられるなど、一連の取り組みを通じ途上国の宇宙参加や人材育成を実現し、SDGsにも貢献。
- 「きぼう」ロボットプログラミング競技会やアジアハープ実験プロジェクトの実施をきっかけに、アジア太平洋地域の6機関が新たにKibo-ABCイニシアチブ（APRSAF）に加盟。今回の追加で14か国/18機関による活動体に拡大。
- 「きぼう」利用を軸とした諸外国・地域との協力関係を拡大・深化した。



安倍総理とモラレス・グアテマラ大統領との会談



Kibo-ABC加盟機関

日本ならではの技術による日米協力を通じた成果の最大化と日米関係の強化

背景（年度計画との関係等）

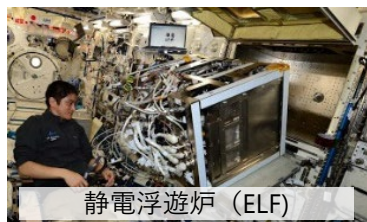
日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム(JP US OP3) に基づいた、日米研究者による共同実験の実施、実験装置の相互利用、実験試料の交換等の協力を通じて新たに得られた知見により、ISS 計画への両国の貢献から生み出される成果の最大化を図ることで、日米協力関係の強化に貢献する。



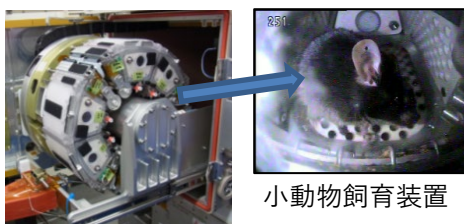
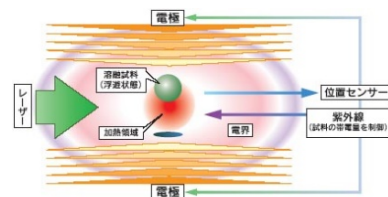
日米合意文書に関する署名式 2015.12

アウトプット

- JAXAのみが有する2000°C以上の高融点材料を非接触で浮遊、溶融可能な静電浮遊炉(ELF)を用い、各国のリソース（宇宙飛行士の作業時間等）がひっ迫する中、NASAが自らのリソースを供出する形で米国実験（Round Robin、タフツ大）を実施。
- JAXAのみが有する月や火星の重力環境を模擬できる小動物宇宙飼育システム（MHU）を活かし、低重力環境での長期生物影響評価等を目的にNASA-JAXA Partial-G共同ミッションを発表(4月)。



静電浮遊炉（ELF）



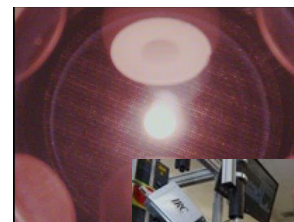
小動物飼育装置

【参考】

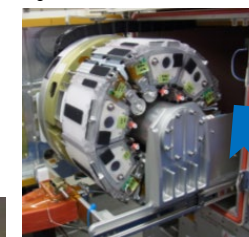
- ・NASAはJAXAより30年以上先行し宇宙でのマウス飼育を実施しているが、人工重力環境の利用は初。
- ・JAXAのみが持つ可変重力機能と世界初の1/6 G環境下での飼育実現や重力影響評価の成果に対しNASAから高い評価、期待が寄せられ実現。
- ・当分野での日本のプレゼンス発揮にも貢献。

アウトカム

- ELF実験では、CMSX（ニッケル基単結晶超合金。タービンブレード等の耐熱性資材に活用）のデータを世界で初めて取得（12月）し、次世代超合金分野での活用に向け進展。ESAの装置では得られなかった金のデータ取得について、NASAから高く評価された。
- JAXA-NASA Partial-G締結により、JAXAの低重力環境とNASAの実験装置、機会との相互利用により、探査につながる成果の創出に向け前進。
- 日米の相乗効果によるデータ取得や日本の実験装置への知見獲得等、「日本のやりたいこと」も実現。



代表研究者DOUGLAS MATSON准教授



JAXA

相互利用促進



小動物飼育装置
NASA

「きぼう」の強みを最大限活かした将来低軌道、探査につながる技術開発

背景（年度計画との関係等）

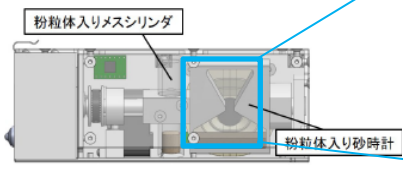
有人宇宙活動も含めた国際宇宙探査や将来の地球低軌道宇宙活動等に資するため、水・空気補給量の大幅な削減を目指した再生型環境制御等の有人滞在技術、定型的なクルー作業を代替する自動化・自律化技術、超長期や地球低軌道以遠でのクルー滞在に必要となる宇宙医学・健康管理技術、地球低軌道利用拡大に向けた技術等の研究開発を行う。

アウトプット

- 空気再生システムの主要装置であるCO2除去システムの開発を実施中。
- ISASとの連携による、MMX等探査機の着陸機設計に資する地盤特性（レゴリス）の重力依存性研究を完了（6月）。
- 与圧ローバについて、トヨタとシミュレーションを通じた走行中の動力や放熱性能の確認、タイヤの試作、走行評価、VR（仮想現実）や原寸大模型を活用した有人与圧ローバ内部の機器配置検討等、各技術要素の部品試作、試作車の製作を実施。
- ホンダとの有人探査に向けたロボット技術獲得のための共同研究（5月）、酸素製造技術獲得のための共同研究（11月）を開始。

惑星表面の重力依存性調査(Hourglass)

「きぼう」の人工重力発生装置上に惑星の模擬砂等粉粒体が入った砂時計型、及び、メスシリング型の実験装置を搭載し、低重力が粉粒体の特性に及ぼす影響を調査。



【実験装置】



アウトカム

- CO2除去システムは、ゲートウェイの国際居住棟（I-HAB）における主要な生命維持機能等を担う予定。ゲートウェイでの長期滞在を支援するなど重要な役割を果たし、その先の火星有人探査も視野に技術開発が進展。
- 重力依存性研究では、月・火星の重力を模擬可能な実験環境を活かし、レゴリスの挙動解明等短期間で探査につながる技術実証を実現し成果を獲得。
- 与圧ローバは、NASAが月面探査の主要要素としても期待している重要な要素であり、有人与圧ローバを出発点に月面社会のビジョンや課題を業種横断で検討する「有人与圧ローバが拓く“月面社会”勉強会（通称、チームジャパン勉強会）の取り組みも交え“チームジャパン”として企業の技術力や知見を結集し、持続的な月面活動の実現に向け取り組みが進展。
- ホンダとの共同研究では、課題の一つである通信遅延環境下での遠隔操作技術や高圧水電解による酸素製造技術について双方の技術融合を促進。

財務及び人員に関する情報							
項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	32,218,425	38,278,780	50,959,165				
決算額 (千円)	37,140,172	38,426,964	42,621,270				
経常費用 (千円)	-	-	-				
経常利益 (千円)	-	-	-				
行政コスト (千円) (※1)	-	-	-				
従事人員数 (人)	228	226	219				

(※1) 「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」の改訂(平成30年9月改定)に伴い、2018年度は「行政サービス実施コスト」、2019年度以降は「行政コスト」の金額を記載。

主な参考指標情報							
項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
HTVのミッション成功率	100%	100%	100%				

2020年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
米国や民間の動きが活発化する中、諸外国の状況も見据え、引き続きプレゼンスの維持、向上等に努めたい。	関係機関・関係者との連携を深め、適時、適切に対応してISS計画をさらに推進することで、我が国の国際的プレゼンスの維持・向上等に努めることとしたい。

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○金銭換算が困難な社会貢献の側面においても、年度計画に対する達成度、前年度（これまで）からの進捗度合い、世界と比較した成果レベルなどといった観点での客観的評価に努める必要がある。</p>	<p>ご意見を踏まえ、検討させていただきたく存じます。</p>
<p>○複数年度にまたがる蓄積した成果を評価する場合にはその観点を明示するとともに、単年度での成果と混在する場合は、当該時期以前はどうであったかを説明することが必要である。</p>	<p>ご意見を踏まえ、検討させていただきたく存じます。</p>
<p>○宇宙科学・探査、国際宇宙ステーション、有人宇宙探査等の基礎的な科学に関わる項目において、科学的成果及びその啓蒙普及(広報＝JAXAの視点)以外の側面で、我が国の社会・国民（納税者の視点）に対してどのようなベネフィット/アウトカムを創出できているのかということについて、KPIを設定するとともに、ISSと並行して月ゲートウェイ構想が始まる現行の第4期中長期目標期間においては、資金計画も含めた中長期ロードマップと年度目標及びKPIの明確化、並びにそれらに基づく客観的な進捗評価が必要である。</p>	<p>成果は、大きく①国際プレゼンスの維持・向上、②有人宇宙開発基盤技術の獲得、③実験利用成果、④商業利用拡大の成果があり、定量化できるものと困難なものがございます。例えば、①、②の観点では、アジア唯一ISS計画に参画し、有人宇宙技術を獲得し、ISS全体への貢献によるISS参加各極からの信頼獲得によって国際宇宙探査計画に米欧露加と並び主体的な立場で議論に参加することができておりますが、このコスト換算を含む定量化は困難です。このように定量化が困難なものにつきましては、引き続きその意義を国民に広く情報発信を行いご説明に努めて参ります。一方、定量化が可能なものは出来るだけお示しするよう心がけており、引き続き努力いたします。</p>
<p>○我が国の国際的プレゼンスの維持・向上及び途上国のSDGs達成への貢献は大いに評価すべき点であるが、定量的に評価することが非常に困難である。これら国際的な貢献に対する評価の基準について、政府の外交方針への寄与、途上国の宇宙利用の支援等その観点を含め、検討が必要である。</p>	
<p>○H II -B、HTVが全て成功という有終の美を飾ったことは記憶に新しく、評価されるべき部分である一方、費用対効果の観点、及び有人宇宙技術の獲得という観点からはさらなる成果の創出が望まれる。</p>	
<p>○ウィズコロナ時代の航空宇宙開発や国際連携のあり方について、実施機関のJAXAとしても周辺環境を的確に掌握し、世界や社会の動きを先取りする形で検討し対策を講じていく必要がある。</p>	<p>新型コロナウイルス感染症の拡大防止及びその社会的影響等に係る把握及び解析に資する宇宙システムや航空機運用システムの活用に取り組むなど、ウィズコロナ・ポストコロナ社会といった感染症への対応力を持つ社会の実現への貢献を目指す活動を進めて参ります。また、航空宇宙開発事業や国際連携を進めるうえでは、デジタル技術を活用しセキュリティ対策を強化しつつ自動化やオンライン化に取り組んでおります。</p>
<p>○成果が如何に社会実装・事業化され、どれだけ社会課題の解決に貢献したかという観点が不足している。SDGsやSociety5.0への貢献の観点を押し出していきたい。</p>	<p>SDGsへの取り組みについては個別分野毎に行っていたところ、2020年度より全社的な枠組みの中での議論を進めているところです。今後はどの目標に貢献できるかの検討を踏まえて、事業の成果がどれだけ社会課題の解決に貢献できたか、評価の場においてもご説明できるように努めたいと思います。同様にSociety5.0の実現に向けた社会実装・事業化の観点からの記載を心掛けてまいります。</p>

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○ISS利用についてNASA、ESA、カナダとの定量的な比較が事業化・有償利用の年増加率も含め明示されており、信頼のおける評価指標となっている。これらについて、目標にない指標を設定して、独自の基準で評価していることは評価でき、今後の成果創出が期待できる。一方、これらの指標について他の参加国が認識していないのであれば、不要な誤解を招く恐れがある。同指標以外に、例えば実験設備や観測装置の稼働率や不具合件数など、他の参加国と比較しやすい指標も検討してはどうか。</p>	<p>ご指摘を踏まえ、引き続き適切なベンチマーキングに基づきご説明に努めて参ります。</p>

Ⅲ. 3. 9 宇宙輸送システム

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>Ⅲ. 3. 9</p> <p>我が国が宇宙活動の自立性確保のため宇宙輸送能力を切れ目なく保持することを目的に、次のとおり基幹ロケット及び産業基盤の維持・発展に資する開発・高度化等を行う。さらに、将来にわたって、商業的に我が国の宇宙輸送サービスが一定の需要を獲得し、我が国の自立的な宇宙輸送能力が民間事業者を主体として継続的に確保できるよう、次のとおり宇宙輸送システムの国際競争力強化に向けた開発・高度化等を行う。この際には、複数衛星の打上げなど、将来の打上げ需要に柔軟に対応できるように取り組む。</p>	<p>Ⅰ. 1. 9</p>	<p>—</p>	
<p>(1) 液体燃料ロケットシステム</p> <p>現行のH-IIA/H-IIBロケットについては、H3ロケットに円滑に移行するまでの間、国際競争力を強化しつつ、世界最高水準の打上げ成功率とオンタイム打上げ率を維持し、国内外の衛星打上げ計画に確実に対応する。</p> <p>H3ロケットについては、低コスト化やユーザーの利便性向上等を図ることで、我が国の自立的な打上げ能力の拡大及び打上げサービスの国際競争力強化に資するよう、打上げサービス事業を行う民間事業者と連携しつつ、ロケットの機体と地上システムを一体とした総合システムとして着実に開発し、低コスト化を早期に実現するとともに、打上げサービス事業への移行を完了し、基幹ロケット技術の継承を着実にを行う。</p>	<p>(1) 液体燃料ロケットシステム</p> <p>H3ロケットについては、我が国の自立的な打上げ能力の拡大及び打上げサービスの国際競争力強化に資するため、システムの簡素化等を講じつつ、令和3年度の試験機初号機の打上げを目指し、第1段エンジンの追加試験等を実施するとともに、ロケットの機体と地上システムを一体とした総合システム試験に着手する。また、試験機初号機・試験機2号機の実機製作及び打上げ関連施設・設備の整備を進める。</p> <p>H-IIA/H-IIBロケットについては、一層の信頼性の向上を図るとともに、部品枯渇に伴う機器等の再開発を引続き進め、開発した機器を飛行実証する。</p>	<p><プロジェクト> H3ロケットは、第1段エンジン（LE-9）の認定試験時に発生した不適合への対応のため、当初2020年度に試験機初号機の打上げを目指していたが、2021年度打上げに見直した。第1段エンジンに発生した不適合の原因究明及びその対策の妥当性を評価するために追加試験を実施するとともに、ロケットと設備を組み合わせた総合システム試験（極低温試験）を第1段エンジン開発と並行して実施し、2021年度の試験機初号機打上げに向けて着実な開発を進めた。</p> <p>部品枯渇に関しては、飛行安全システムに使用する部品をH-IIBロケット9号機で飛行実証を行い、この結果を受けて2021年度にはH-IIAロケットで実運用を行う。</p>	<p>部品枯渇対応： ・H-IIBロケット9号機で飛行実証</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>(2) 固体燃料ロケットシステム 戦略的技術として重要な固体燃料ロケットシステムであるイプシロンロケットについて、政府が定める衛星打上げ計画に確実に対応する。また、H-IIA/H-IIBロケットからH3ロケットへの移行の際のイプシロンロケットの切れ目のない運用と国際競争力強化を目的とし、H3ロケットとのシナジー効果を発揮するために、イプシロンSロケットの開発と飛行実証を着実に実施する。これらを通じて、地球観測や宇宙科学・探査等の官需のほか、商業衛星等、国内外の多様な需要に柔軟かつ効率的に対応できるシステムを確立し、民間事業者を主体とした打上げサービス事業への移行を完了し、基幹ロケット技術の継承を着実に進行。</p>	<p>(2) 固体燃料ロケットシステム 戦略的技術として重要な固体燃料ロケットシステムであるイプシロンロケットについて、5号機に向けた搭載検討および機体製造を継続する。 また、イプシロンロケットとH3ロケットとのシナジー対応開発について、H-IIA/H-IIBロケットからH3ロケットへの移行の際のイプシロンロケットの切れ目のない運用を可能とし、民間事業者主体の打上げサービス事業化を見据えたイプシロンロケットの国際競争力強化を実現するため、イプシロンSロケットの基本設計を進める。</p>	<p>イプシロンロケットは、2021年度の5号機の打上げに向け準備を進めるとともに、H3への移行時の切れ目のない運用と国際競争力強化を目的として開発を進めているイプシロンロケットは、事業者主体の打上げサービスを見据え事業者との輸送サービス事業の実施に関する基本協定を締結し、基本設計を進めた。また、イプシロンSロケット実証機によるベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1（ロータスサット・ワン）」の打上げ受託契約を締結し、打上げ市場への本格参入に弾みをつけた。</p>	<p>イプシロン5号機： ・計画に基づき着実に実施</p> <p>イプシロンSロケット： ・計画に基づき着実に実施</p> <p>・事業者との基本協定締結 ・ベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1（ロータスサット・ワン）」の打上げを受託</p>
<p>民間事業者を主体とした衛星打上げサービスとして基幹ロケットの運用が安定するまでの間、初期運用段階として成熟度向上等の対応を図るとともに、革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラムとも連携して、更なるコスト効率化を図り、国際競争力強化に向けた研究開発を行う。</p>	<p>また、上記(1)及び(2)の取組と並行して、以下を行う。 基幹ロケットの成熟度向上のための取組みとして、初期運用段階における対応計画等の具体化を進めるとともに、革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラムとも連携して、基幹ロケットの更なるコスト効率化や能力向上等を図り、国際競争力強化に向けた基幹ロケット高度化の検討を行う。</p>	<p>2021年度のH3ロケットの成熟度向上に必要なコンステレーション対応開発等を抽出した。また、基幹ロケット高度化戦略検討チームを立ち上げ、国際競争力強化に必要な能力拡大、低コスト化、信頼性向上、利便性向上を軸に、輸送シナリオの実現に向けた技術課題の識別を行い、研究計画策定を進め、並行して革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラムと共通技術の抽出を行っている。</p>	<p>・計画に基づき着実に実施</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>また、H3ロケット及びイプシロンロケットの開発完了後も、政府衛星を始めとした国内外の衛星打上げ計画に確実に対応していくため、継続的な信頼性向上の取組及び射場設備への老朽化対策等の必要な措置を含め、効率的かつ効果的に基盤技術を維持する。</p>	<p>打上げ関連施設・設備については、輸送系の事業基盤を支える重要インフラであることから、引き続き、効率的かつ効果的な維持・老朽化更新を行うとともに、追尾局のリモート運用等を含む運用性改善を行う。</p> <p>また、令和元年度の打上げ時の設備不具合等を踏まえ、設備点検においては網羅的なリスク識別・評価を行い必要な措置を講じることに加え、他の類似施設管理の最新手法や知見を有効活用すること等により更なる強化を図る。</p>	<p>打上げ関連施設・設備については、引き続き老朽化更新を実施するとともに、設備保全については、前年度に打上げ延期の原因となった設備不適合を踏まえ、他産業の施設管理の最新手法や知見を取り入れ、不具合が発生して重要機能を喪失する前に予防する保全により、打上げ延期のリスクを継続的に低減・管理する仕組みに見直し、打上げ延期につながる設備の不適合を発生させることなく全ての打上げをオンタイムで成功させた。追尾局リモート運用に関しては、H-IIAロケット43号機打上の際、国境封鎖が続くクリスマス局の運用にあたってH3用専用設備をH-IIA用に改修し、運用者を現地に送り込むことなくリモートで運用し、コロナ禍に影響されることなく確実な打上げを行った。</p>	<p>打上げ関連施設・設備の老朽化更新： ・ヘリウムガス貯気槽の更新 ・VAB（大型ロケット組立棟）空調設備更新 ・種子島宇宙センター吉信大型ロケット整備組立棟エレベータ設備更新</p> <p>設備予防保全策： ・打上げ延期のリスクを継続的に低減・管理する仕組みの見直しを実施 ・打上げ延期につながる設備の不適合を発生させることなくオンタイム打上げを実施</p> <p>追尾局リモート運用： ・コロナ禍でのリモート運用によりH-IIAロケット43号機の確実な打上げを実施</p>
<p>さらに、上記(1)及び(2)の取組と並行して、産業振興の観点から、自律飛行安全システム等も含めたロケット開発とその事業化に独自に取り組む民間事業者等への支援を行う。</p>	<p>さらに、産業振興の観点から、自律飛行安全システム等も含めたロケット開発とその事業化に独自に取り組む民間事業者等への支援を行う。</p>	<p>(株)JHIエアロスペースにあるH-IIA、イプシロンロケット、H3専用治工具について、スペースワン(株)の依頼により「超小型衛星打上げ用ロケットの開発および製造運用」を目的として貸出を行った。</p>	<p>・計画に基づき着実に実施</p>

主な評価軸（評価の視点）、指標等

【多様な国益への貢献；産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化】

○産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化に貢献する研究開発活動の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。

- <評価指標>
 - (成果指標)
 - 産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化に係る取組の成果
 - (マネジメント等指標)
 - 研究開発等の実施に係る事前検討の状況
 - 研究開発等の実施に係るマネジメントの状況
 - (例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況、コスト・予算の管理状況等)
 - 大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況

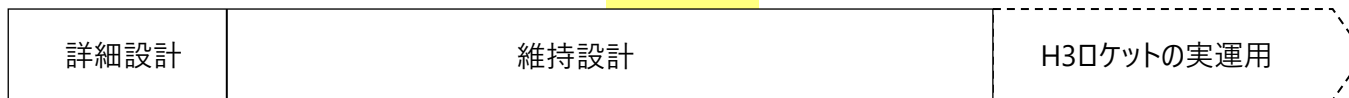
- <モニタリング指標>
 - (成果指標)
 - 国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果
 - (例：基幹ロケットの打上げ成功率・オンタイム成功率等)
 - 宇宙実証機会の提供の状況
 - (例：民間事業者・大学等への実証機会の提供数等)
 - 研究開発成果の社会還元・展開状況
 - (例：知的財産権の出願・権利化・ライセンス供与件数、受託件数、ISS利用件数、施設・設備の供用件数等)
 - 国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果
 - (例：著名論文誌への掲載状況等)
 - (マネジメント等指標)
 - 大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況
 - (例：協定・共同研究件数等)
 - 人材育成のための制度整備・運用の状況
 - (例：学生受入数、人材交流の状況等)
 - 論文数の状況 (例：査読付き論文数、高被引用論文数等)
 - 外部資金等の獲得・活用の状況
 - (例：外部資金の獲得金額・件数等)

スケジュール

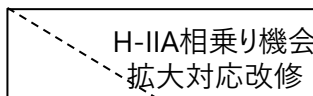
● 宇宙輸送システム

(1) 液体燃料ロケットシステム

新型基幹ロケット(H3)



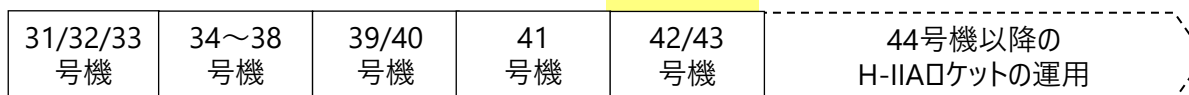
基幹ロケット高度化



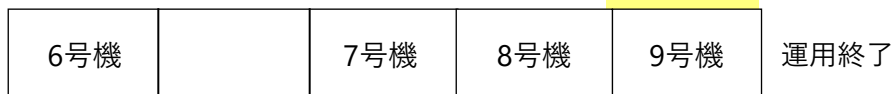
H3試験機初号機▲
打上げ予定

▲H3試験機2号機
打上げ予定

H-IIAロケットの運用



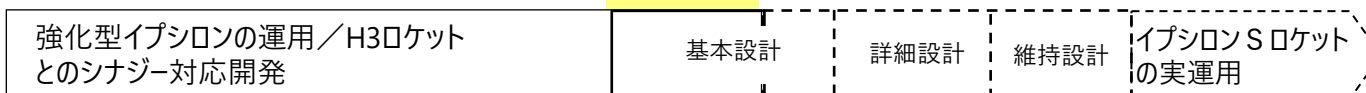
H-IIBロケットの運用



(2) 固体燃料ロケットシステム

イプシロンSロケットの開発

イプシロンロケット



2号機打上▲ 3号機打上▲ 4号機打上▲

▲5号機 打上げ予定 ▲6号機 打上げ予定 ▲イプシロンS試験機 打上げ予定

年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

2021年度以降は線表は、
宇宙基本計画工程表に
基づく

Ⅲ. 3. 9 宇宙輸送システム

2020年度 自己評価 **B**

【評定理由・根拠】

H3ロケットは、第1段エンジン（LE-9）の認定試験時に発生した不適合への対応のため、当初2020年度に試験機初号機の打上げを目指していたが、2021年度打上げに見直した。第1段エンジンに発生した不適合の原因究明及びその対策の妥当性を評価するために追加試験を実施するとともに、ロケットと設備を組み合わせた総合システム試験（極低温試験）を第1段エンジン開発と並行して実施し、2021年度の試験機初号機打上げに向けて着実な開発を進めた。

イプシロンロケットは、2021年度の5号機の打上げに向け準備を進めるとともに、H3への移行時の切れ目ない運用と国際競争力強化を目的として開発を進めているイプシロンロケットは、事業者主体の打上げ輸送サービスを見据え事業者との輸送サービス事業の実施に関する基本協定を締結し、基本設計を進めた。また、イプシロンロケット実証機によるベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1（ロータスサット・ワン）」の打上げ受託契約を締結し、打上げ市場への本格参入に弾みをつけた。

2020年度は、新型コロナウイルスが蔓延する中、打上げ期間制約が厳しく、遅延することが許されない打上げであったが、徹底したコロナ感染防止対策を実施するとともに、国境封鎖が続くクリスマス局の運用にあたっては、H3用専用設備をH-IIA用に改修し、運用者を現地に送り込むことなくリモートで運用するなどの工夫を凝らし、コロナ禍に影響されることなく確実な打上げを行った。また、設備保全については、前年度に打上げ延期の原因となった設備不適合を踏まえ、他産業の施設管理の最新手法や知見を取り入れ、不具合が発生して重要機能を喪失する前に予防する保全により、打上げ延期のリスクを継続的に低減・管理する仕組みに見直し、打上げ延期につながる設備の不適合を発生させることなく全ての打上げをオンタイムで成功させた。

コロナ禍の状況で、かつ打上げ期間制約が厳しい中で、政府の安全保障衛星等を搭載した基幹ロケット（H-IIA/B）3機の打上げを確実に成功させ、世界トップ水準の成功率98.1%、オンタイム率85.0%を維持する等年度計画を上回る顕著な成果をあげたが、H3ロケット試験機初号機の打上げ時期を、2021年度に見直したことから、自己評価としてB評価とした。

主な業務実績・成果は以下のとおり。

【自立的な宇宙輸送能力の拡大】

1. H3ロケットの開発

H3ロケットについては、当初2020年度に試験機初号機の打上げを目指していたが、第1段エンジン（LE-9）の認定試験時に発生した不適合への対策措置検討を踏まえて、2021年度打上げとする開発計画に見直した。第1段エンジンに発生した燃焼室内壁の開口及び液体水素ターボポンプのタービン疲労のそれぞれの原因究明及びその水平展開も含めた対策の妥当性を検証するため、追加試験として、ターボポンプの翼振動試験ならびに第1段エンジンの技術データ取得試験を実施し、段階的かつ着実にリスク低減を行った結果、2021年度初号機打上げに向け不適合の対応策を確定することができ、今後認定試験により開発仕様を確定予定である。また、第1段エンジン開発と並行して、ロケットと地上システムを組み合わせた総合システム試験（極低温試験含む）を早期に実施し、打上げ当日の推進薬充填含めた一連の作業を行い、極低温環境下でのロケットの機能確認、作業性や手順の確認、及びロケットとの電波リンク等の地上設備とのインタフェースの確認を行った。これにより、第1段エンジン完成後に実施する第1段実機型ステージ燃焼試験(1段CFT)で初めて確認する項目の多くを先行して検証し、1段CFT以降のスケジュール遅延のリスクを大幅に低減することができ、2021年度打上げに向けて着実に開発を進めた。<補足1参照>

【自立的な宇宙輸送能力の拡大】（続き）

2. イプシロンロケットとH3ロケットシナジー対応開発

①イプシロンロケット初号機～4号機では、世界トップレベル衛星搭載環境、高い軌道投入精度、複数衛星の搭載等の技術獲得を行い市場参入の基盤を築いてきた。5号機では革新的衛星技術実証2号機（合計9機の衛星で構成）の搭載に向けて、4号機で実現した衛星多数機打上げの技術をさらに改良し、200kg級衛星1機の搭載部を100kg級衛星2機を搭載可能となる構造とし、衛星搭載機数を増やすとともにイプシロンSロケットにも適用できるよう設計を行い、2021年度打上げに向けて機体製造を進め、機能確認試験を実施した。

②イプシロンSロケットはH3ロケットとの部品の共通化等のシナジー効果を発揮することにより国際競争力を向上することを目的としており、2020年度は自立的にイプシロンSロケットを用いた打上げ輸送サービス事業を展開できる体制、および産業基盤を維持・発展させて宇宙輸送システムを自立的かつ持続可能な事業構造の転換に向けた枠組みの構築を目的として（株）IHIEアロスペースと「イプシロンSロケットの開発及び打上げ輸送サービス事業の実施に関する基本協定」を締結し、基本設計を進めている。また、初めての海外衛星となるベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1（ロータスサット・ワン）」をイプシロンSロケット実証機に搭載して内之浦宇宙空間観測所から打ち上げることについて、衛星の開発・製造を行う日本電気(株)との間で受託契約を締結し、打上げ市場への本格参入に向け、今後の海外からの受注に弾みをつけた。 <補足2参照>

【継続的な信頼性、運用性向上による確実な打上げ】

1. 基幹ロケットの確実な打上げ

2020年度は、新型コロナウイルスが蔓延する中、打上げ期間制約が厳しく（下表参照）遅延することが許されない打上げであったが、次ページの対策を実施し、いずれもオンタイムで打上げ、安全保障、国際協力ミッションの達成に貢献するとともに、世界トップ水準の成功率98.1%、オンタイム率85.0%を維持した。 <補足3参照>

打上げロケット	搭載衛星	打上げ期間制約
H-IIBロケット9号機	こうのとりのり9号機	ISS交換用大型バッテリーを令和2年5月までに輸送する必要あり
H-IIAロケット42号機	UAE火星探査機（HOPE）	火星への軌道投入に限られた期間内に行う必要あり（期間を逃すと再打上げが2年後）
H-IIAロケット43号機	データ中継衛星1号機・光データ中継衛星（JDRS）	安全保障ミッションの観点から令和2年11月までに打ち上げる必要あり

【評定理由・根拠】

【継続的な信頼性、運用性向上による確実な打上げ】（続き）

1) 徹底したコロナ感染防止対策

離島で、医療設備が充実していない種子島に、島外から大勢の関係者が入島することから、感染者を出さないよう、種子島センターに出入りするすべての関係者に対し感染防止対策の徹底、地元の役場及び関連企業と緊密に連携した情報共有、情報発信を行うとともに、可能な限りのリモート対応、現地メディアセンターの閉鎖等により入島者の削減に努めた。また、H-IIBの打上げに必須のゴム局の運用にあたっては、入国制限がされていたが、NASA等の協力も受け粘り強く交渉を行なった結果、入国が許され、チャータ便の運用、宿舎での完全隔離、JAXA産業医の同行等運用者に対する万全な感染対策を講じて運用者を現地に送り込み運用を行った。これらの取り組みにより、地元住民の不安を払拭し、地元理解のもと、3回打上げを通じ、一人の感染者も出さずに打上げを完了した。（参照：III.6.1項）

2) H3用設備を用いたH-IIA遠隔運用

H-IIAロケット43号機/データ中継衛星1号機・光データ中継衛星の打上げに当たっては、キリバス共和国クリスマス島局の運用が必須であったが、3月以降同国の国境封鎖が継続しており、打上げ時の運用要員がキリバス共和国に入国できない状況であった。このため急遽、種子島からリモート運用が可能なH3用専用設備をリモートにより改修しH-IIA用に切替える方針に変更し、新たにネットワーク構築し、システム検証を重ねて実現性を確認したうえで対応し、現地に運用者を送り込むことなく種子島からリモート運用を実施し、予定日に打上げを完了した。<補足4参照>

3) 設備保全の抜本的見直し

2019年度に打上げ延期の原因となった設備不適合を踏まえ、保全方法を、原子力等の他産業の施設管理の最新手法や知見を取り入れ、全設備網羅的に打上げ延期に直結する設備の重要度を識別し、劣化メカニズムに応じた予防保全に抜本的に見直し、不具合が発生して重要機能を喪失する前に、劣化状態を定期的に診断し点検・整備周期を適正化させ、打上げ延期のリスクを継続的に低減・管理する保全の仕組みを2020年度の打上げより試行し、打上げ延期につながる設備不適合を発生させることなく、すべてオンタイムで打上げを完了した。今後、前年度の保全結果を評価、改善するPDCAを回すことにより、新たな保全の定着を図る。<補足5参照>

【評定理由・根拠】

【継続的な信頼性、運用性向上による確実な打上げ】（続き）

2. GTO軌道への確率COLA解析の適用（運用性の改善）

ロケットの打上げに際しては、ロケット機体と有人宇宙物体（ISS）との衝突回避解析（COLA解析）を実施し、安全を確保した上で打上げを実施している。従来の距離判別方式では、安全側過ぎて、干渉リスクを過大に見積もる傾向があり適切な打上げ機会の確保の観点で難点があり、順次衝突確率に基づく評価方法（確率COLA解析）への切替えを実施してきているが、2020年度はH-IIAロケット43号機打上げに向けて、GTO軌道への確率COLA解析の適用手法を確立した。これにより、すべての軌道に対し確率COLA解析が適用可能となり、適切な打上げ機会の確保が可能となり、運用性の向上が期待される。＜補足6参照＞

3. H-IIBロケット運用終了（国際貢献、H3への人材育成・技術継承）

H-IIBロケットは、2009年の初号機から、2020年の最終号機まで合計9機が打ち上げられ、打上げ成功率「100%」を達成し、日本の基幹ロケットの高い信頼性を示すとともに、国際宇宙ステーションの維持・運用に不可欠な「こうのとりの（HTV）」の確実な打上げにより国際宇宙ステーション計画へ大きく貢献した。特に、2015年の5号機の打上げは、米露のロケットが3機連続し、失敗の許されない打上げとなったが、確実な打上げを行い、ISSの維持・運用に大きく貢献するとともに、日本の基幹ロケットの信頼性が高く評価された。一方、我が国の大型ロケットとして初めて第1段エンジンを2基クラスタにする技術や、HTVに対応するために国内最大の内容積を持つフェアリングの技術は、H3ロケットの第1段エンジンを3基にしたH3-30形態や、更なるコスト低減や能力向上を図った大型フェアリングの開発に繋がった。また、HTVミッションの第2段機体を事前に設定した海域に制御して落下させるデブリ化防止技術は、H3ロケットではこれに加えて太陽同期（SSO）ミッションまで適用範囲の拡大を図ることに繋げることができた。さらに、H-IIAロケットの開発からH3ロケットの開発までの空白期間を埋めるように、若手技術者が既存ロケットの維持のみではなくロケット開発の実経験を積めたことにより、多くの人材がその経験を活かしつつH3ロケット開発に引き継がれており、技術と人材継承の両面で我が国の基幹ロケットの維持・発展に重要な役割を果たした。＜補足7参照＞

補足 1 : H3ロケットの開発(1/2)

■ H3ロケット開発の進捗

本年度は、以下の主な試験等を実施し、次年度打上げに向け順調に開発を行った。

【2020年度作業】

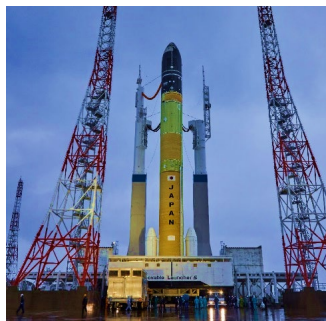
- 電気系最終システム試験
- SRB-3分離試験 (その2)
- 第2段実機型タンクステージ燃焼試験 (CFT)
- 射場系・飛行安全系設備インテグレーション試験
- 第1段エンジン技術データ取得試験
- 総合システム試験 (射場作業、極低温点検)

【2021年度実施予定】

- 第1段実機型タンクステージ燃焼試験 (CFT)
- **打上げ**



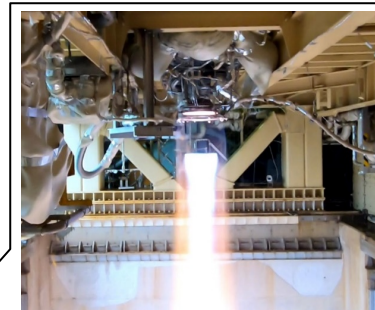
組立の様子



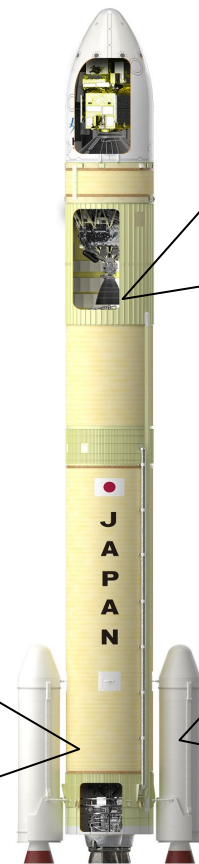
極低温点検



技術データ取得試験



第2段実機型タンク
ステージ燃焼試験

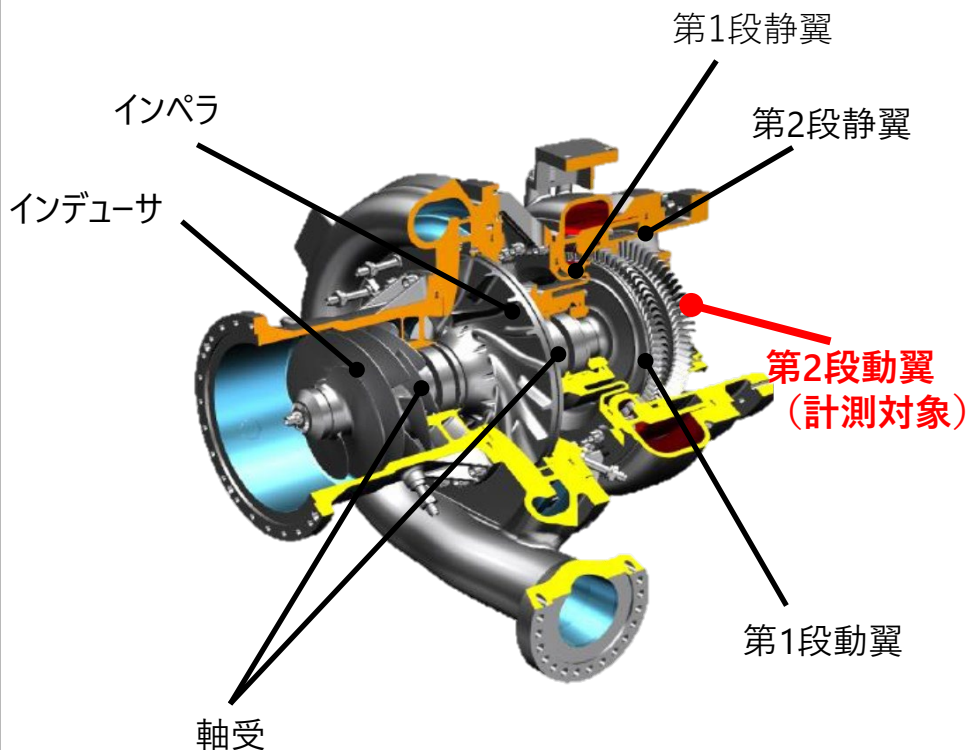


SRB-3分離試験

補足 1 : H3ロケットの開発(2/2)

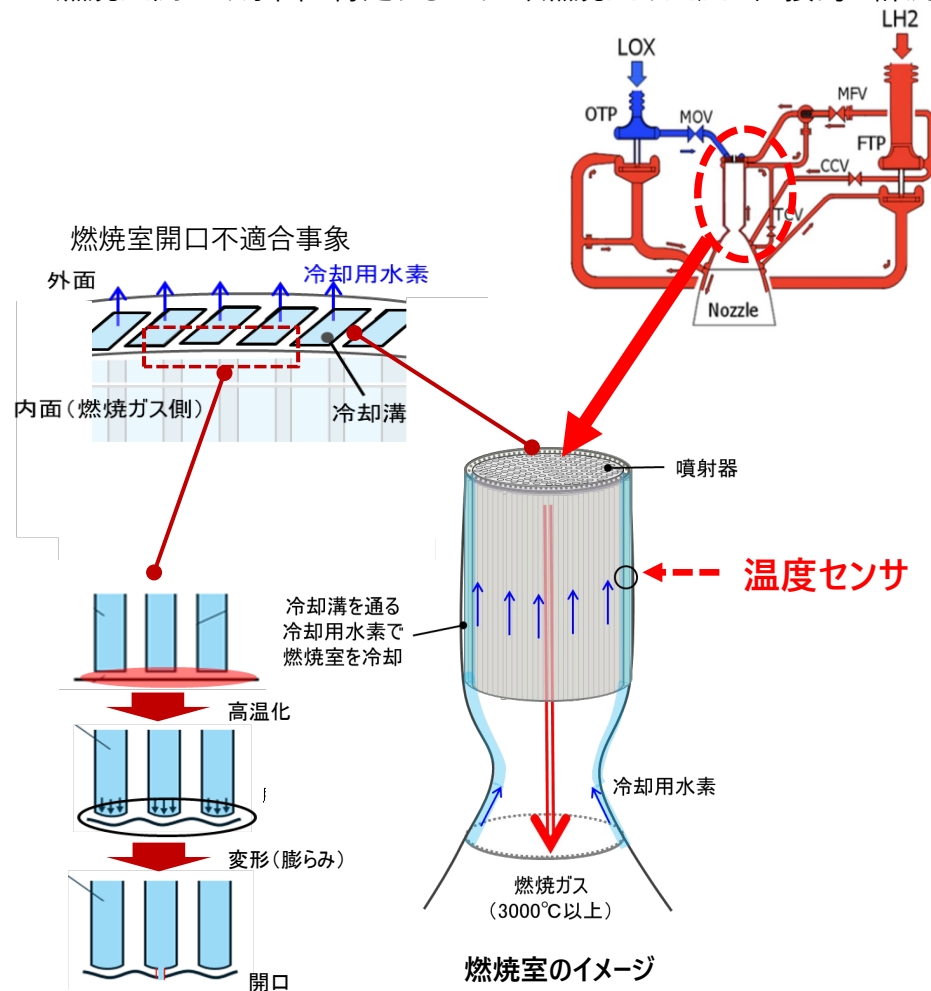
【翼振動試験計測】

- 回転する第2段動翼に歪センサを貼り付け、ターボポンプを実作動
- 高速回転 (700回転/秒) する動翼の歪を直接計測し、高周波で送信
- 受信データを解析し、共振現象を把握



【技術データ取得試験燃焼室温度計測】

- 燃焼室開口の原因を特定するために、燃焼室の壁温を直接的に計測



補足2：イプシロンロケットとH3ロケットのシナジー対応開発 (1/2)

H-IIA
運用終了

■ イプシロンロケット開発スケジュール (段階的開発)

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

第1段階 (打上能力早期獲得/向上)



第2段階 (シナジー開発/国際競争力強化)

シナジー対応開発 (イプシロンS ロケット)

△プロジェクト移行 (2020年3月)

△民間企業と協定締結 (2020年6月)

- ・ロケットシステム開発
- ・打上げ輸送サービス事業

△LOTUSat-1打上げ受託 (2020年6月)

5号機 (予定)
革新的衛星技術実証2号機

6号機 (予定)
革新的衛星技術実証3号機

<宇宙基本計画> ④H3ロケットとのシナジー効果を発揮し、切れ目ない運用開始 (～FY2023)

<第1段階の達成成果>

- コンパクトな打上げ運用
- 世界トップレベルの衛星搭載環境 (音響、振動、衝撃)
- 需要の高い太陽同期軌道への投入 及び 高い軌道投入精度 (3号機で実証)
- 複数衛星同時打上げ (4号機で実証)

<宇宙基本計画>

- ① 即応性に寄与
- ② 様々な打上げニーズに寄与
- ③ 新規技術の軌道上実証

市場参入の技術獲得

【国際競争力の強化 (ミッション定義)】

- 高信頼性の維持
- コンパクトな打上げ運用
- 世界トップレベルの衛星搭載環境
- 高い軌道投入精度
- 複数同時打上げ
- フェアリングのカプセル化による運用性向上 (衛星搭載後、10日以内打上げ)
- 3段推力方向制御 (TVC) 方式による衛星制約の緩和 (環境、重心位置)

アウトプット

補足 2 : イプシロンロケットとH3ロケットのシナジー対応開発(2/2)

「イプシロンSロケットの開発及び打上げ輸送サービス事業の実施に関する基本協定」の締結
2020年6月11日

基本協定は、自立的にイプシロンSロケットを用いた打上げ輸送サービス事業を展開できる体制を構築し、産業基盤を維持および発展させて宇宙輸送システムを自立的かつ持続可能な事業構造に転換することを目的として、JAXAとIAが開発段階および運用段階で担う役割などの基本的事項を定めたもの。

イプシロンSロケットの総合システム（ロケットシステムと射場施設設備システム）の開発はJAXAがとりまとめ一方で、民間事業者がイプシロンSロケットを用いて自立的に打上げ輸送サービス事業を担う観点から、総合システムのうちロケットシステムの開発は民間事業者が主体的に進める役割分担としている。

	JAXA	民間事業者
開発段階	ロケットシステム、及び射場施設設備システムを統合した「総合システム」を担当し、我が国の自立的な宇宙輸送システムを確保し、既存技術や射場設備におけるロケット技術基盤を保持し、活用する。	運用段階における自立的な打上げ輸送サービス事業展開のことを考え、主体的にロケットシステムを開発する。
運用段階	我が国の固体ロケット技術基盤及びキー技術を維持するとともに研究開発を推進しその成果を民間事業者に移転すること等により、民間事業者の打上げ輸送サービス事業の発展に貢献する。	ロケットの品質向上、設計改善、不適合対策、枯渇対応等の処置について自らの判断により対応する方針とし、我が国の産業基盤の維持・向上に資するよう、打上げ輸送サービス事業を展開する。

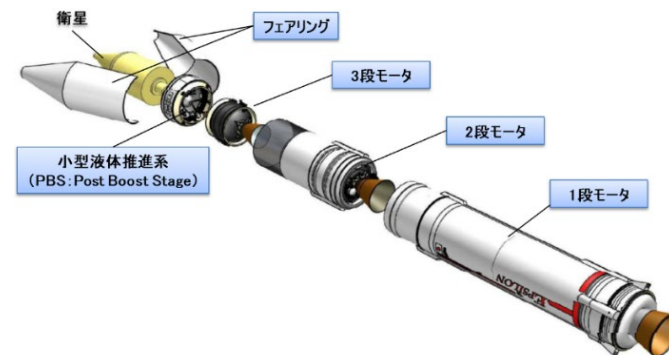


ベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1」の
イプシロンロケットによる打上げ受託について

2020年6月11日
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、日本電気株式会社（NEC）が開発・製造するベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1（ロータスサット・ワン）」をイプシロンロケットに搭載して内之浦宇宙空間観測所から打ち上げることにNECとの間で受託契約を締結しました。本打上げは2023年を予定しており、イプシロンロケットとして海外衛星ペイロードの打上げを受託したのは初めてです。

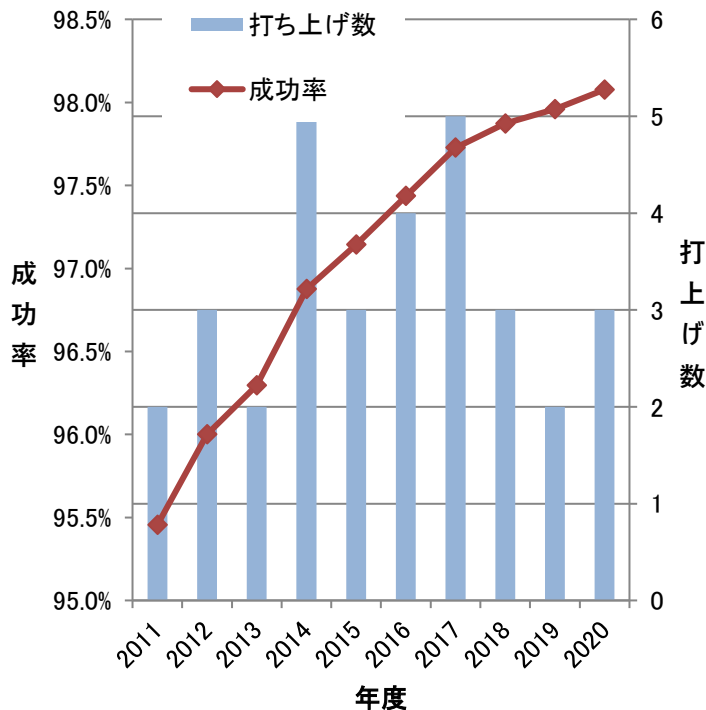
イプシロンロケットは、我が国がペンシルロケットから60年以上にわたり蓄積してきた固体燃料ロケット技術を結集させたロケットであり、現在JAXAではH3ロケットとのシナジー効果を発揮させて国際競争力を強化することを目的に「イプシロンSロケット」プロジェクトを進めています。「LOTUSat-1」はこのイプシロンSロケットプロジェクトの実証機で打ち上げる予定です。



アウトプット

補足 3 : 打上げ成功率とオンタイム率

■H-IIA/Bロケットの各年度打上げ数と通算成功率



■各国との打上げベンチマーク (2021.3時点)

各国ロケット	打上げ成功率	オンタイム率※1
H-IIA/B (日)	98.1% (51/52)	85.0%(34/40)
デルタ4 (米)	97.6% (40/41)	42.4%(14/33)
アトラス5 (米)	98.8% (85/86)	64.5%(49/76)
ファルコン9 (米)	98.2% (109/111)	52.3%(58/111)
アリアン5 (欧)	96.3% (105/109)	70.7%(53/75)
プロトンM (露)	89.9% (98/109)	
ゼニット3 (露)	91.3% (42/46)	
長征3 (中)	94.7% (124/131)	

※1：H-IIA民間移管（2007年9月14日打上げ）13号機からの値。天候等外部要因による延期を除く。

※2：H-IIBロケットは9機すべての打上げを成功した。



打上げ成功率は、衛星ユーザーが打上げ事業者を選定する指標になっており、打上げ事業者の顧客獲得に貢献した。

【H-IIA42号機（UAE火星探査機）打上げ時のムハンマド・ビン・ラシード宇宙センター 長官の記者会見コメント】

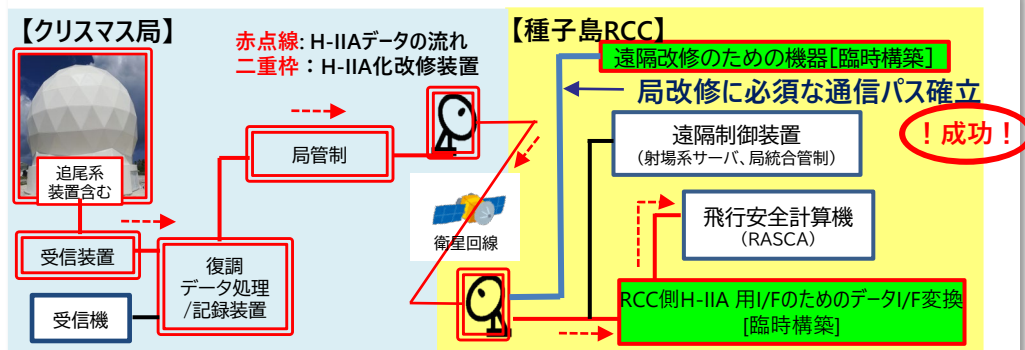
打上げサービスのプロバイダーを選ぶときに色々なオプションを考えた。色々な基準があり、技術的な要件など様々な要件を評価した。打上げの能力、そしてもちろん価格、成功率を確認し、いくつかのオプションを考えた結果、世界から見た中で三菱重工業（株）(MHI)が一番だと考えた。海外の会社や海外の顧客が選ぶ理由になるのがこの成功率だと思う。これが強みだと思う。

アウトプット

補足4：コロナ禍でのダウンレンジ局の遠隔運用

・世界的な新型コロナ蔓延によってキリバス共和国は2020年3月から国境封鎖を続けており、H-IIAロケット43号機/データ中継衛星1号機・光データ中継衛星の打上げに当たっては、同国クリスマス島局の運用が必須であったものの運用要員が派遣できない状況であった。このため、打上げ実施の目的が得られない状況となったが、要員を派遣することなく遠隔運用できるH3専用局を種子島宇宙センターとクリスマス局を結ぶデータ伝送回線を使いH-IIA用に改修する案を立案。

・本改修のために、急遽米国企業の技術者を種子島で作業可能となるよう防疫計画立案含む諸調整を短期間で完了し、隔離環境下で遠隔での作業環境を構築した。最も難関であったH3専用局各装置に種子島から改修をかけるための通信パス構築に成功し、その後、受信装置、復調装置等のH-IIA化対応、アンテナ追尾系のH-IIA信号捕捉対応、遠隔でシステム検証するための試験環境構築を全て達成し、結果、計画上の最短日程で、打上げ作業への準備完了状態を整えた。打上げ当日の運用は、計画通りロケットの追尾とデータ受信に成功し、また、技術的難易度が高く対応困難ながらもチャレンジした技術テレメータのデータ取得にも成功した。



米国企業要員の来日、受入にかかった調整

水際対策として日本入国の複雑な要件が課せられていた状況下、入国・滞在に際して防疫のため“**本邦活動計画書**”を作成、**政府機関 (文科省・外務省・厚労省・検疫所) / 地元自治体/保健所/旅館組合等への説明を経て、最短での作業開始に至った。**

(関係機関と調整した、防疫計画)

【渡航時】

- ・米国ロサンゼルス総領事館での迅速な査証手配
- ・羽田-種子島間専用航空機の手配

【入国後】

- 14日間日本人との接触を完全回避できるように、
- ・専用宿舎の確保(一棟借り上げ、食事等の手配)
 - ・種子島宇宙センター内受入体制の構築
→ 専用作業場所の確保、ネットワーク環境整備、作業場所の清掃、マスク等の物資手配



改修作業の様子

アウトプット

補足5：打上げ関連施設・設備の予防保全

設備保全については、従来、機能損失しないと識別していた設備で劣化が進行し打上げ遅延を引き起こしたことを受け、原子力等の他産業の施設管理の最新手法や知見を取り入れ、打上げ延期に直結する設備の重要度識別と劣化メカニズムに応じた保全を全設備網羅的に行い、不具合が発生して重要機能を喪失することを予防するべく劣化状態を定期的に診断し点検・整備周期を適正化させ、打上げ延期のリスクを継続的に低減・管理する保全の仕組みを構築し、毎年度の保全結果を評価して次年度の保全内容・周期に反映することとした。**2020年度はこの仕組みを使用して打上げ延期につながる設備の不適合を発生させることなく全ての打上げを成功させた。**

【他産業からの知見の導入】

以下のような広く産官学に亘る知見を調査

相手先	主要な知見
日本原電 (原子力発電プラント)	保全の仕組み(原子力における保全プログラムの考え方、保全技術)
三菱重工業 (原子力、化学プラント)	渦流探傷診断技術
日本プラントメンテナンス協会 (計画保全手法普及)	保全の仕組み(設備リスト、重要度設定、保全評価指標)
九州大学	腐食の原因究明、防食手法
⋮	

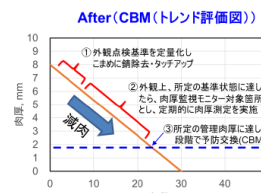
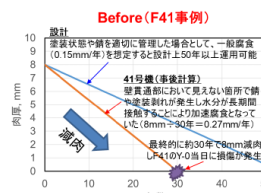


【JAXA 予防保全の取り組み】

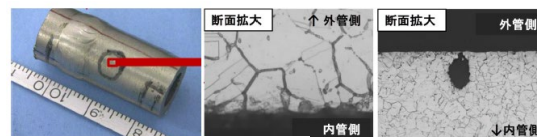
配管肉厚減少の予防保全

配管の外観や肉厚を定量的に監視することによる状態基準予防保全 (CBM※) を適用し、全箇所劣化状態を把握し予防交換

※CBM：設備の劣化状態を定期的に診断し、診断結果に基づき故障停止に至る前に、計画的に修理・整備を行う保全。



設備の劣化把握 (例：渦流探傷による配管欠陥検出)

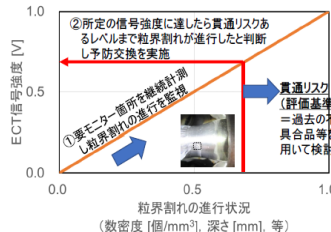


配管内面や断熱材下の配管は直接点検できないが、X線や渦流探傷検査等の非破壊検査技術を適用し劣化状況を直接定量的に確認。

最新の防食技術による鋼構造物の耐久性向上研究



射場設備では海塩／噴煙の影響により腐食が著しく、各設備の部位に応じた防蝕対策ができるよう、射場における環境を把握し、腐食メカニズム(要因や経時性)を定量的に評価するための九州大学との共同研究について実施中



設備の改善更新 (例：水配管のライナ配管化)



重要配管は、更新時に、内面ライニング配管(塩ビ等)に改善更新し長寿命化

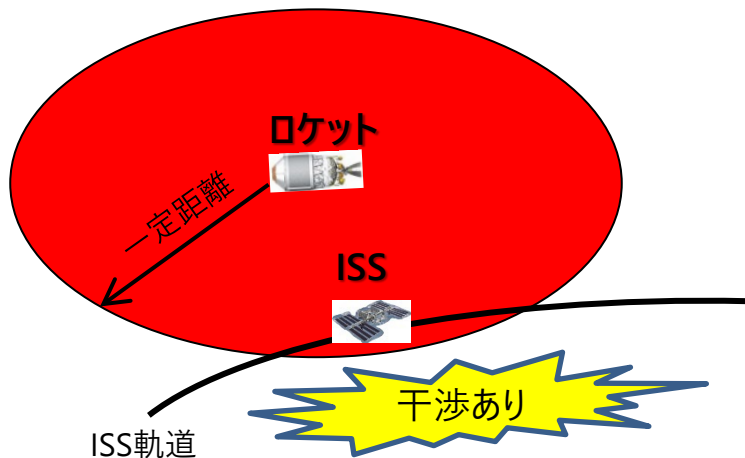
H-IIB9号機、H-IIA42号機及び43号機の打上げを遅延させず着実に実施した。

補足 6：両物体の衝突確率に基づく評価手法

■ H-IIAロケット飛行中の安全確保

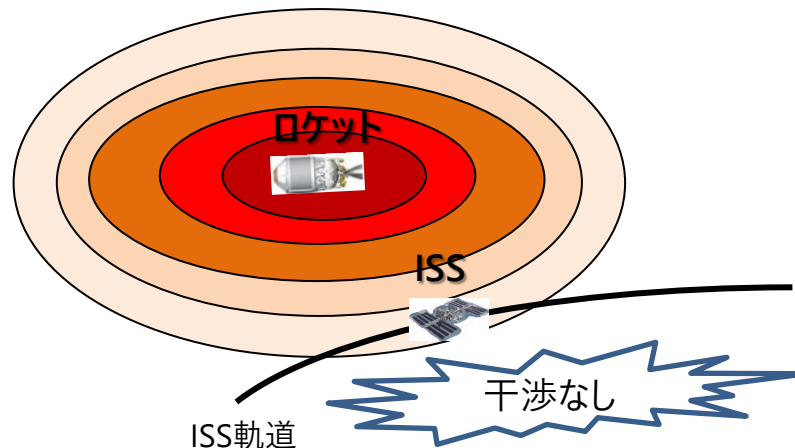
①距離評価方式

ロケットが存在しうる一定距離の領域に国際宇宙ステーション（ISS）が進入する場合に「干渉あり」と評価



②確率評価方式

ロケットと国際宇宙ステーション（ISS）の存在確率を考慮し、その衝突確率が一定値以上になる場合に「干渉あり」と評価



<p>従来の打上げで採用している評価方式であり、評価ツール/手順も確立されており、実績も豊富。</p>	<p>特 徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実際にはロケットは計画位置に存在する可能性が高く、計画位置から離れた位置に存在する可能性は低いことを考慮し、衝突確率により評価する比較的新しい評価方式。 ・確率に基づく評価のため、現実的な干渉リスク評価が可能となる
<p>安全を確保できる一方で、干渉リスクを過大に見積もる傾向がある。</p>	<p>課 題</p>	<p>評価難易度が高く、評価ツール/手順の確立から取り組むことが必要。</p>

補足7：H-IIBロケットの運用終了

【安定したH-II Bの運用によるISS国際協力への貢献】

国際標準ペイロードラック (ISPR) や、ISSの運用に欠かせないバッテリーのような大型貨物はスペースシャトルの引退後は「こうのとりの」でしか運べず、**高いオンタイム率 (78%)** で打ち上げることにより、**ISSの安定的な運用に大きく貢献**してきた。中でも、2015年8月19日に打ち上げられたH-II B5号機は、米露によるISSへの補給の失敗が続く中での打上げとなった、**失敗が許されない状況の中での打上げとなったが無事にオンタイムでの打上げに成功した。**



NASAの輸送機から物資を運搬する様子@種子島



NASA ISSプロジェクトマネージャのメッセージ

これまで11年間ISSに40トン以上の補給物資、実験機器や装置をISSへ送り届け、そのうちの新たな電力システムにより世界中の国々へ利益をもたらす世界レベルの研究所のアップグレードに役立っている。

【H3ロケット開発への技術の継承】

① 第1段エンジンクラスを2基から3基にしたH3-30形態を開発

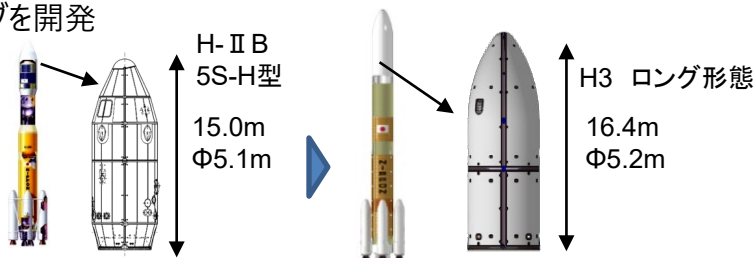
LE-7Aエンジン×2基 (H-II B)



LE-9エンジン×2基または3基 (H3)



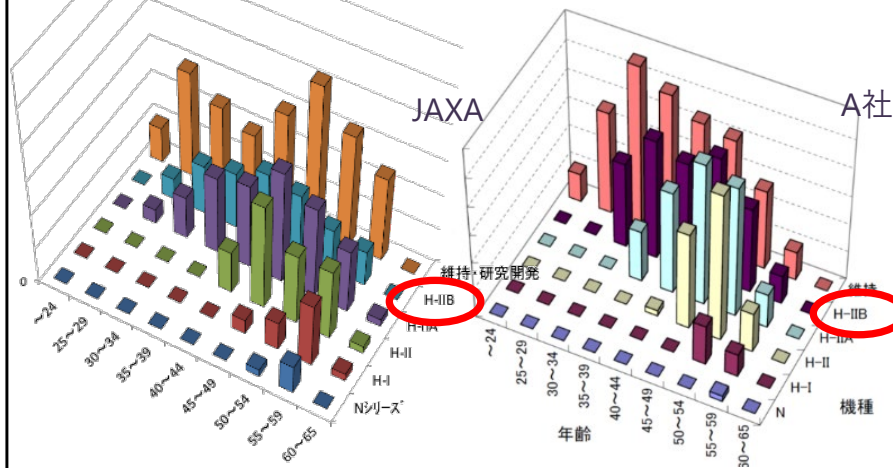
② 様々な衛星需要への対応のため、コスト低減や打上げ能力向上を図ったより大型のフェアリングを開発



③ HTV軌道やSSO軌道からの制御再突入等、第2段機体のデブリ化防止範囲を拡大

【H3ロケット人材育成への貢献】

H-II Bの開発により、多くの若手技術者が既存ロケットの維持ではなく、ロケット開発の実経験を積むことができた。現在H-II Bの開発を経験した多くの者が、その経験を活かしつつH3ロケット開発に携わっている。



財務及び人員に関する情報							
項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	47,187,546	53,937,016	51,344,407				
決算額 (千円)	47,111,693	45,481,274	42,842,000				
経常費用 (千円)	-	-	-				
経常利益 (千円)	-	-	-				
行政コスト (千円) (※1)	-	-	-				
従事人員数 (人)	150	157	164				

(※1) 「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」の改訂(平成30年9月改定)に伴い、2018年度は「行政サービス実施コスト」、2019年度以降は「行政コスト」の金額を記載。

主な参考指標情報							
項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
H-IIA/Bロケット打上成功率 (通算)	97.9%	98.0%	98.1%				
イプシロンロケット打上成功率 (通算)	100%	100%	100%				

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○当該項目のうち、特に産業振興の側面での成果が求められる衛星測位、衛星リモートセンシング、衛星通信、宇宙輸送システム等の項目においては、創出が予定されている事業規模や海外と比較したコスト競争力など、より金額面でのアウトカムKPIを重視した評価が必要である。また、金銭換算が困難な社会貢献の側面においても、年度計画に対する達成度、前年度（これまで）からの進捗度合い、世界と比較した成果レベルなどといった観点での客観的評価に努める必要がある。</p>	<p>イプシロンロケットに関しては、国際競争力の強化を目指したシナジー開発の中で、競合ロケット（インドのPSLVやヨーロッパのVega、あるいはベンチャーであるエレクトロン等）とのベンチマークを進め、事業者の戦略とも擦り合わせつつ基本設計を進めております。H3に関しても、同様に競合ロケット（Falcon9やAliane6等）とのベンチマークを継続的に進め、事業者の戦略ともすり合わせつつ競争力の評価を進めております。コストに関しては、競合ロケットに対する商業戦略を見据えて設定されますので、民間事業者の商業受注等の影響がないように、具体的な数値等については公表を控えております。</p>
<p>○国際的な競争力のベンチマークとして、打上げ価格は、国民への説明責任という観点からも重要なものである。海外の輸送システムとコスト競争を含めた数値データが提示されないと適切な評価を行うことができない部分があるため、民間事業者のサービス事業拡大を阻害しない範囲で、単位重量当たりの目標値や国際比較など、提示できる指標を再考することを求める。</p>	<p>打上げ成功率およびオンタイム率は世界トップ水準を維持しており、日本のロケットの強みです。H-IIAロケット42号機に搭載した火星探査機のユーザーであるUAEからは、H-IIAの打上げ成功率を評価しH-IIAでの打上げを決めて頂いており、またH-IIBロケットは他国のロケットが連続で失敗している中でも確実な打上げを行い、ISSの維持・運用に貢献しているなど、日本のロケットの信頼性が高く評価されています。</p>
<p>○イプシロンスの開発を着実に進めるとともに、開発目標である「国際競争力の強化」の実現に向けた取組を進める必要がある。</p>	<p>イプシロンスロケット開発で国際競争力の強化を進め、自立的に打上げ輸送サービス事業を展開できる体制、および産業基盤を維持・発展させて宇宙輸送システムを自立的かつ持続可能な事業構造の転換に向けた枠組みの構築を目的として（株）IHIEアロスペースと「イプシロンスロケットの開発及び打上げ輸送サービス事業の実施に関する基本協定」を締結し、基本設計を進めております。</p>
<p>○アルテミス計画における月への宇宙輸送に貢献するため、日本が有するH3ロケットやHTV-X、全電化衛星などの各種輸送技術を使った地上から月へのトータルな宇宙ロジスティックスの検討を深めることが重要ではないか。そのためには、基幹ロケット開発と衛星開発、惑星探査の各部署の連携が重要で不可欠に思われる。</p>	<p>ゲートウェイ、アルテミス、さらには日本独自の宇宙科学・探査への活用を視野に入れて、日本の戦略としての輸送技術を持つべく、国際宇宙探査センターや研究開発部門含めてJAXA全体で連携して検討を進めております。</p>
<p>○複数年度にまたがる蓄積した成果を評価する場合にはその観点を明示するとともに、単年度での成果と混在する場合は、当該時期以前はどうかを説明することが必要である。</p>	<p>複数年度の蓄積による成果の代表的な記載例を以下に示します。 ・イプシロンロケットの初号機～4号機で技術獲得を行い、市場参入の基盤を築いてきました。この成果を活用することで、イプシロンスロケット開発で国際競争力の強化を進め、自立的に打上げ輸送サービス事業を展開できる体制等の事業構造の転換に向けた枠組み構築を目的に、民間事業者と「イプシロンスロケットの開発及び打上げ輸送サービス事業の実施に関する基本協定」の締結に至り、基本設計を進めております。 ・H-IIBロケットは初号機から9機全機の打上げ成功によりISS物資輸送活動に貢献し、日本の基幹ロケットの高い信頼性を示し国際的な地位を確立しました。また、開発で獲得した技術や開発に携わった人材は、現在開発中の新型基幹ロケットであるH3ロケットに引き継がれており、我が国の基幹ロケットの維持・発展に重要な役割を果たしております。</p>

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○全般的に、個別の研究成果に関する記載は充実しており、定量的な指標を用いて説明しようという工夫が見て取れる。他方、成果が如何に社会実装・事業化され、どれだけ社会課題の解決に貢献したかという観点も不足している。SDGsやSociety5.0への貢献の観点を押し出していきたい。</p>	<p>SDGsへの取り組みについては個別分野毎に行っていたところ、2020年度より全社的な枠組みの中での議論を進めているところです。 今後はどの目標に貢献できるかの検討を踏まえて、事業の成果がどれだけ社会問題の解決に貢献できたか、評価の場においてもご説明できるように努めたいと思います。同様にSociety5.0の実現に向けた社会実装・事業化の観点からの記載を心掛けてまいります。</p>
<p>○ウィズコロナ時代の航空宇宙開発や国際連携のあり方について、実施機関のJAXAとしても周辺環境を的確に掌握し、世界や社会の動きを先取りする形で検討し対策を講じていく必要がある。</p>	<p>新型コロナウイルス感染症の拡大防止及びその社会的影響等に係る把握及び解析に資する宇宙システムや航空機運用システムの活用に取り組むなど、ウィズコロナ・ポストコロナ社会といった感染症への対応力を持つ社会の実現への貢献を目指す活動を進めてまいります。また、航空宇宙開発事業や国際連携を進めるうえでは、デジタル技術を活用しセキュリティ対策を強化しつつ自動化やオンライン化に取り組んでおります。</p>
<p>○打上げ延期に繋がる設備不具合が発生したことを踏まえ、打上げに係る射場設備等インフラが事業の遂行には欠くことのできない重要なインフラであることを再認識した上で、再発防止に向けた保全・設備更新の抜本的な見直しを長期的な視点で行う必要がある。</p>	<p>射場設備等インフラは打上げ事業の遂行に欠くことのできない重要なインフラであることはご指摘の通りです。 2019年度に打上げ延期の原因となった設備不適合を踏まえ、他産業の施設管理の最新手法や知見を取り入れ、全設備網羅的に打上げ延期に直結する設備の重要度を識別し、劣化メカニズムに応じた予防保全に抜本的に見直し、打上げ延期リスクを継続的に低減・管理する保全の仕組みを2020年度より試行しております。今後、前年度の保全結果を評価、改善するPDCAを回し、継続して新たな保全の定着を図ってまいります。</p>