

Ⅲ. 4. 宇宙政策の目標達成に向けた分野横断的な研究開発等の取組

2019年度 自己評価

S

【評定理由・根拠】

Ⅲ.4.1~4.2項に示す通り、国立研究開発法人の目的・業務、中長期目標等に照らし、法人の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められるため、評定をSとした。

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)	16,244,244	14,433,486					
決算額 (千円)	16,464,106	14,206,832					
経常費用 (千円)	18,563,542	11,473,161					
経常利益 (千円)	△2,603,560	73,668					
行政コスト (千円) (※1)	18,370,390	15,649,082					
従事人員数 (人)	371	361					

(※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。

Ⅲ. 4. 1 民間事業者との協業等の宇宙利用拡大 及び産業振興に資する取組

2019年度 自己評価

A

中長期計画

国際市場や異分野において競争力を持った新しい事業の創出を目指し、従来の宇宙関連企業だけではなく、ベンチャーから大企業まで多様かつ新たな民間事業者等と対等な立場で事業を推進するパートナーシップ型の協業に取り組む。具体的には、民間事業者等と共に利用・事業シナリオを企画立案し、双方が資金・人的リソース等を提供した上で共同チーム体制等を構築して技術開発・実証を行い、民間事業者等が主体となる事業を創出するとともに、異分野融合等のオープンイノベーションに係る取組を広げ、新たな宇宙利用の創出につながる技術等を獲得する。

また、JAXAの研究開発成果等を利用した新たなベンチャービジネスを創出するため、研究開発成果の積極的な発信や、民間事業者等との連携によるJAXA内外のアイデアの発掘、事業化に向けた検討の促進、職員による積極的な事業化を促進する支援制度等の環境の整備・改善等を行うとともに、これらを通じて、宇宙産業を担うJAXA内外の人材の育成にも貢献する。

上述の取組を進めるに当たっては、JAXAの知的財産の活用による宇宙利用の拡大や民間事業の創出を促進するため、戦略的に知的財産の取扱いルールを柔軟化等の制度改善を行う。

また、民間事業者等からの受託・共同研究への拠出金等の積極的な民間資金等の活用を図るとともに、宇宙産業への投資を促進するために金融機関等との連携を行う。

さらに、民間事業者による宇宙ビジネスの創出や高付加価値化に資する取組として、宇宙用機器の市場投入の促進、民間事業者等の超小型衛星打上げ等の宇宙実証機会に係る対外窓口の一本化、JAXAの有する施設・設備の利用促進、衛星データのアクセス性向上をはじめとした種々の支援を行う。

宇宙実証機会の提供等については、民間事業者等の事業としての自立化を目指し、ロケットの相乗りに係るノウハウ等の移管等を行う。

(空)

主な評価軸（評価の視点）、指標等

< 評価軸 >

【宇宙利用拡大と産業振興】

- 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。

< 評価指標 >

（成果指標）

- 宇宙利用の拡大と産業振興、宇宙産業の国際競争力強化に係る取組の成果（品質・コスト・スケジュール等を考慮した取組を含む）
- （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・運用の状況等）
 - 民間事業者等の外部との連携・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）
- 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）
- （マネジメント等指標）
 - 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）

Ⅲ. 4. 1 民間事業者との協業等の宇宙利用拡大及び産業振興に資する取組

2019年度 自己評価 **A**

【評定理由・根拠】

第4期の2年目を迎え、JAXAは、2018（平成30）年より始動した共創型研究開発プログラム「宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）」に引き続き取り組み、今年度は新規案件を増やし継続案件の充実を図った他、衣食住分野では新たなアプローチでの共創活動に発展させた。この結果、民間主体の事業化やビジネス実証に至る案件が出始め、着実に成果を創出した。

また、JAXA研究開発成果を活用しJAXA職員が出資設立するベンチャー（JAXA発ベンチャー）を支援し、資金調達や黒字化等事業計画を着実に進捗させる企業も出てきた。オープンラボ等の成果を活用し市場投入する製品等を生み出し、海外を含む受注を積み重ねる案件も出ている。更に、これまで多くの宇宙ベンチャー人材を輩出したH-IIAロケット相乗り事業では、蓄積してきた軌道上実証のノウハウの民間移管を実現した。

このようにJAXAは事業の成長段階での技術支援のみならず、非宇宙分野を含むベンチャーから大企業まで、また、ビジネスのアイデア段階から事業化段階の各段階まで、それぞれの段階で必要とされる各種支援・協力を、JAXA保有の知見等を活用して実施できたことは、JAXAの宇宙利用拡大及び産業振興に資する取組として顕著な成果であり、将来的な成果の創出も期待される。特筆すべき取組及び成果を以下に示す。

1. 宇宙食料マーケット創出活動「Space Food X」（約50（前年実績30）の異分野を含む産学官メンバーで構成）では、2040年月面1,000人滞在時代を想定したマーケット創出のためのシナリオを策定・公表した。これを受け同活動を発展させるため、JAXAも中核メンバーとして参加する一般社団法人の発足に向け準備を進めた。国の農業政策とも連動した取組にも発展しつつある。
2. 宇宙食と備蓄食の類似性に着目した防災分野における食ビジネス（㈱ワンテブル）では、2019年5月に宮城県にて製造工場が竣工し、夏にゼリー商品の試験販売を開始するとともに、2019年夏に甚大な被害をもたらした台風15号時の物資救援等において備蓄食として活用され始めた。
3. JAXA科学衛星データ等を活用したバーチャルリアリティ（VR）・教育エンターテインメント事業（グリー㈱）では、複数のイベント開催による試行結果を踏まえた商品パッケージ化が実現し市場投入された。科学・探査データの新しいユースケースを創出するとともに、宇宙教育活動の拡充が図られた。
4. 宇宙デブリ対策含む軌道上サービスについて、宇宙デブリの拡散防止装置事業（㈱ALE）のコンセプト共創結果を踏まえ、事業化を見据えたJ-SPARCプログラム初の事業共同実証活動に着手した。コンセプト共創活動結果が同社の経済産業省SERVIS事業採択を後押しし、早くて2021年度にJAXA研究開発成果である導電性テザー技術を活用した民間事業が実現する見込みとなった。
5. オープンラボ制度で開発した成果を基にしたソニック社の低層風情報提供システム（SOLWIN）を社会実装する取組の支援を継続し、鳥取空港の航空機管制への実装を完了させた他、庄内空港、八丈島空港及びフィリピンの国際空港への整備も開始され、社会実装の取組を広げることができた。
6. H-IIAロケット相乗り事業で蓄積してきたノウハウの民間移管を開始し、民間事業者等の事業としての自立化を目指して、事業者の公募選定を実施し、Space BD㈱と基本協定を締結した。ロケット相乗りについては、これまで32機の小型衛星を放出してきたが、この制度をきっかけに多くの宇宙起業家が育ち、また、小型衛星開発を通して、宇宙活動のすそ野を広げることになった。この制度が事業化されたことで、民間事業者柔軟に打上機会を提供できるようになった。

【評定理由・根拠】（続き）

7. 日本初の宇宙ビジネス拠点・X-NIHONBASHI（クロス・ニホンバシ）では、三井不動産(株)による試行運用から本格運用に発展し、コワーキングスペースでのイベント数は年200回超に上る等**幅広く利用される対話・マッチングの場に成長**した。これを受け、**同社経営戦略の柱の1つに「宇宙」が選定され、大手不動産ディベロッパーによる都市計画構想と一体となった宇宙ビジネスの環境整備の取組に発展**した。
8. JAXA発ベンチャー支援制度において、**新たに2件**（衛星データによる土地評価サービス事業、無人航空機によるデータ取得サービス事業）に対して**認定を行う等計7社への支援を実施した**。これらの中には、**エンジェル投資家からの資金調達、内閣府プロジェクトへの採用、大手企業とパートナーシップを構築した会社もあり、また2社は事業計画どおりの黒字化**を達成した。
9. 宇宙産業へのリスクマネー供給を進める政府系金融機関との連携について、(株)INCJとの連携を開始した他、民間の金融機関との連携も進めた。なお、**共創先企業である宇宙ベンチャーにおいては2019年度で合計150億円超の追加資金調達が実現**された他、非宇宙系の大企業においても複数年で億単位の新規投資案件として新規参入する事例も出てきた。
10. その他
 - ① J-SPARCの宇宙輸送分野の取組の中では、**小型ロケットによる輸送サービス事業（インターステラテクノロジズ(株)）に係る共創においてLNG（メタン）を推進剤として選定したことに貢献した**。具体的には、2019年5月より角田宇宙センターに同社エンジニアを受け入れ、同エンジニアがポンプ試験や燃焼試験を実施しその特性を確認するとともに、設備構築や取扱方法を含めLNG運用方法を習得した。また、**宇宙輸送ビジネスに係る基盤技術整備**として、民間事業者からの要請が高いものをJAXAにも民間にも適用・使用可能な仕様で整備することとし、**ロケットの飛行経路・誘導・飛行安全解析ツールの高度化を実施した**。
 - ② 宇宙産業の裾野拡大が期待される衛星データ利用分野において、小型SAR（レーダ）衛星による準リアルタイムデータ提供サービス（(株)QPS研究所）等の**新規2件を含む計5件のコンセプト共創活動**を実施した。特に、(株)QPS研究所との間でJAXA研究開発成果である軌道上画像化圧縮装置の**同社衛星への搭載に向けた合意**が得られ、**同社に投資する(株)INCJ（2019年4月にJAXAと連携協定を締結）からは同社のビジネス価値向上に資する共創活動であるとの評価を得た**。
 - ③ エンターテインメント事業分野において、宇宙メディア事業（(株)バスキュール・スカパーJSAT(株)）の**新規1件のコンセプト共創活動に着手し、2020年度における民間資金による軌道上での技術・事業実証計画も決定**した。従来にない「きぼう」利用の取組として、地球低軌道を経済活動の場を目指した「**きぼう利用戦略**」に基づく民間事業者等による事業自立化にも貢献した。
 - ④ 遠隔ロボティクス事業分野について、**1件について新たにコンセプト共創活動に着手**したほか、ANA HD(株)とのアバター事業に係る共創活動も含め**2件**を実施した。**2事業とも、事業化に必要な通信遅延下における遠隔操作技術や自律化・自動化技術獲得を目指した2020年度における民間資金による国際宇宙ステーション（ISS）での実証計画も決定**し、JAXAとして必要な技術支援に取り組んだ。
 - ⑤ 軌道上サービス事業分野において、公開軌道情報を基に軌道上物体の推移予測が可能となるよう面積重量比等の情報を追加した、**日本独自のデブリ環境推移予測モデル**を整備した。**従来は研究開発に用途が限定されていたが、民間事業にも資する共通的なモデル**として必要な指標を示せるものを整備した。

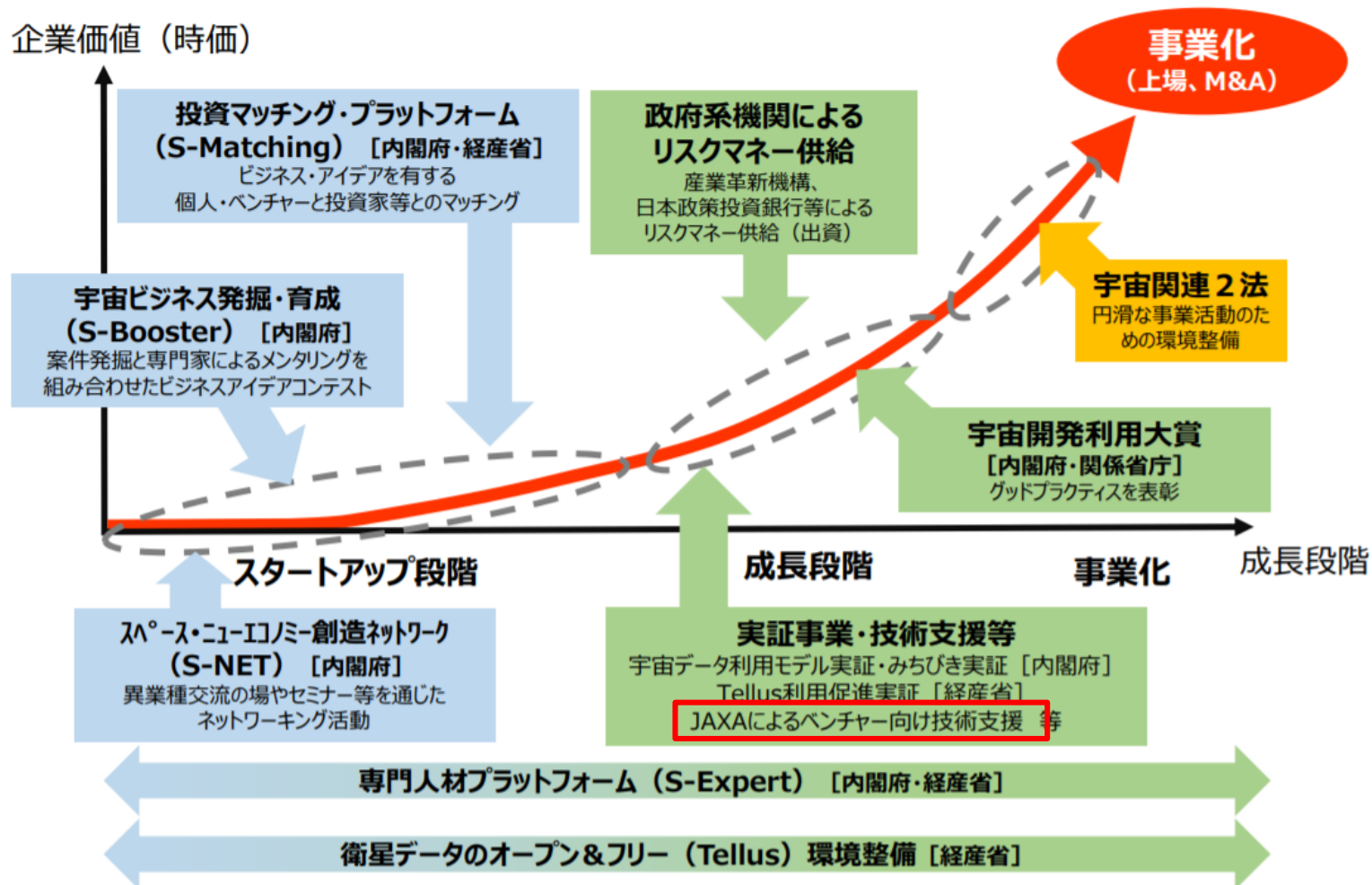
なお、民間事業者とリソースを持ち寄り企画段階から共創に取り組むというJ-SPARCの制度設計や企画運営アプローチが好事例とされ、**他の研究開発法人等におけるイノベーション活動方針策定等の検討に参照された**。特に、日本原子力研究開発機構における長期ビジョン「JAEA 2050 +」、防災科学技術研究所における「防災イノベーションパートナーシップ（BPARC）」及び日本スポーツ振興センターにおけるJSC新戦略プランの立案等に貢献できおり、**他分野へ広く波及する可能性のあるグッドプラクティスとして注目**されている。

11. なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

宇宙ベンチャーの成長過程における支援の全体像

宇宙政策委員会 宇宙民生利用部会 第30回会合
配布資料を基にJAXA作成

- 国内外で宇宙ベンチャーの参入が活発化しており、宇宙産業ビジョン2030を契機として、宇宙ベンチャー支援のための新たな施策を推進。



評定理由・根拠（補足）

1. 共創型研究開発プログラム「宇宙イノベーションパートナーシップ」（J-SPARC）

（株）ワンテابلとの宇宙食と備蓄食の類似性に着目した新たな食ビジネスの共創

- ✓ 2019年5月に「BOSAI SPACE FOOD」の製造拠点を完成、**同年夏より商品の製造・試験販売を開始。**（参照 III. 3. 9項）

宇宙食料マーケットを創出を目指す「Space Food X」(参照 III. 3. 9項)

- ✓ 昨年度30の産学官メンバーで開始後、1年で**約50**に拡大。
- ✓ 「2040年月面1,000人滞在時代」を想定した**シナリオ策定等**を実施。
- ✓ 本活動発展のため、**一般社団法人化の準備、農水省との連携も始動**



◀ 保存期間5年の備蓄ゼリーの試験販売をスタート。

©One Table



▲ Space Food X構成メンバー



©SFX

▲ 2040年の月面の食卓

グリー(株)とのJAXA月科学データを活用した宇宙VR教育企画事業の共創

- ✓ VR体験サイエンスツアー「ありえなLAB」を商品パッケージ化し**市場投入**を実現。1都1県での試験イベントを通じた短期間での商品開発をJAXAも支援。
- ✓ VRという異分野技術を取り入れ、**科学・探査データの新しい活用方法を開拓。****民間主体の宇宙教育活動も促進。**



©GREE



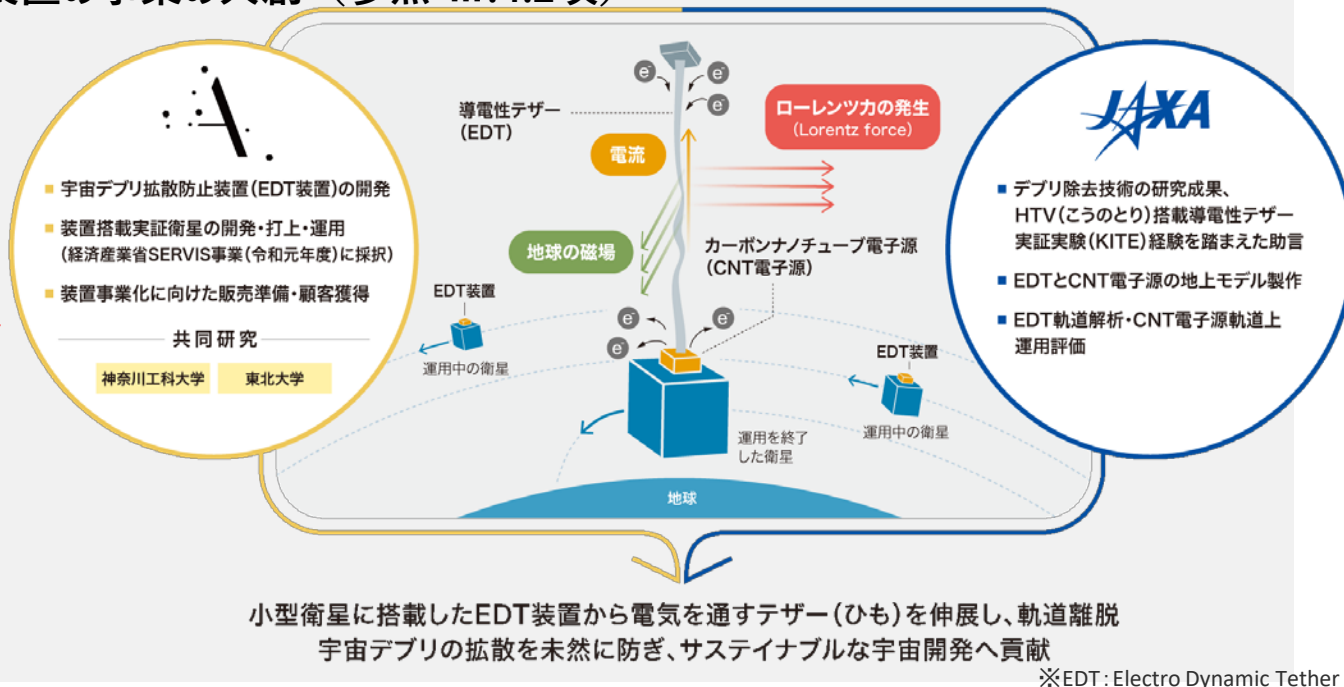
©GREE

▲ JAXAサイエンスデータを教育エンタメ事業に活用。商品化（リースサービス）し販売へ

1. 共創型研究開発プログラム「宇宙イノベーションパートナーシップ」（J-SPARC）

（株）ALEとの宇宙デブリ拡散防止装置の事業の共創（参照 III.4.2項）

- ✓ JAXA研究開発成果である導電性テザー技術を活用した、宇宙デブリ拡散防止装置の事業化を目指す。
- ✓ 同社が経済産業省SERVIS事業に採択されたことを機に、**2021年度に同装置を超小型衛星に搭載し宇宙実証**をJAXAとともに計画。
- ✓ 宇宙実証後は、衛星コンステレーション企業向けに販売予定。



三井不動産(株)との宇宙ビジネス創出に資する対話・マッチングの場の共創

- ✓ 試行を経て、宇宙ビジネス拠点・X-NIHONBASHIの**本格運用**を開始。
- ✓ イベント開催数は**年200回超**、主催団体数は25団体と着実に拡大。
- ✓ 三井不動産(株)の**日本橋再生計画次期構想**（2019年9月）では、**新たに取り組む産業創造の戦略カテゴリーとして「宇宙」が掲げられ、民間による都市計画構想と一体となった宇宙ビジネスの環境整備に発展。**



▲X-NIHONBASHIで、記者会見、セミナー、ワークショップなど様々なイベントを開催

評定理由・根拠（補足）

1. 共創型研究開発プログラム「宇宙イノベーションパートナーシップ」（J-SPARC）

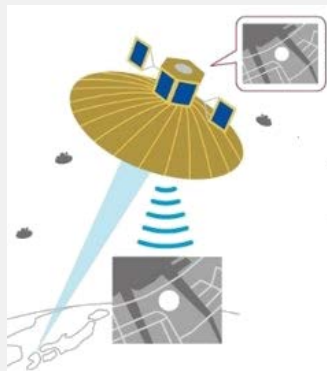
インターステラテクノロジズ(株)との共創

- ✓ 2023年小型衛星用ロケット打上げを目指し、ロケットの低コスト化を実現する基本設計に取り組む。
- ✓ JAXA角田宇宙センターにて、2019年5月に同社エンジニアの受入れを開始した他、2020年1月に同社設計の噴射器の燃焼試験を実施し、ロケット推進剤の選定に貢献した。



(株)QPS研究所との共創（参照 III.4.2項）

- ✓ 2021年度打上予定の同社衛星3号機に、**JAXAの軌道上画像圧縮化技術の研究開発成果を提供予定。**
- ✓ 同社が手掛けるレーダー衛星のデータ処理効率を向上させ、顧客への提供時間短縮を可能とし、同社ビジネスの競争力向上を図る。



▲レーダー衛星のデータを地上局に伝送する前段階で、衛星側でオンボード画像処理を行い、地上側に伝送する。これにより、ユーザーへのデータ提供に要する時間の大幅短縮を可能にする。

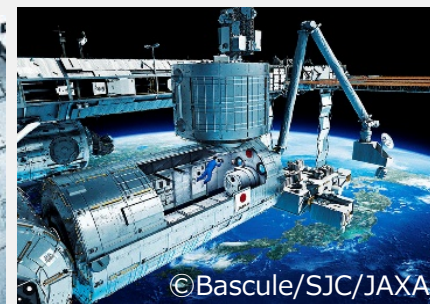
©QPS/JAXA

(株)バスキュール及びスカパーJSAT(株)との共創（参照 III.3.9項）

- ✓ **世界初の宇宙からの双方向ライブ通信放送を核とした「宇宙メディア事業」に取り組む。**
- ✓ 2021年度事業化を目指し、民間資金による軌道上での技術・事業実証を計画（2020年度）



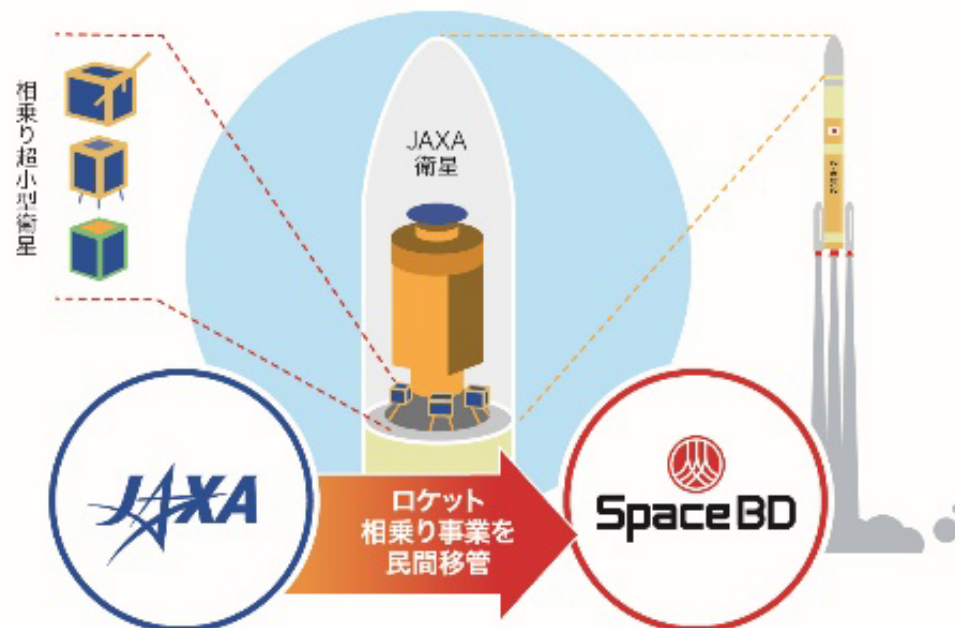
▲「きぼう」の新たな活用方法として、世界初の宇宙からの双方向ライブ通信番組配信を構想



▲2021年以降、「きぼう」船外設置の超高画質放送・配信と新たな通信システム構築を予定

2. H-IIAロケット相乗り事業の民間移管

- ✓ H-IIAロケット相乗り事業のノウハウを活用した民間事業としての自立化を目指し、公募の上、Space BD(株)と基本協定を締結。
- ✓ 日本の基幹ロケットへの相乗り事業（搭載能力：50-100kg級）をベンチャー企業が担うという新たな取組を始動。
- ✓ マーケティング・販売活動等民間ならではの創意工夫により、海外の超小型衛星群ビジネス等JAXA自身が行う場合ではリーチできなかった機関へのアプローチが可能に。
Space BD社が手掛ける他の商材（「きぼう」放出機会等）も含め、柔軟でスピーディな実証機会の提供により宇宙利用の拡大が期待される。
- ✓ なお、本事業により合計32機の小型衛星の放出された。この制度をきっかけとした小型衛星開発・打上げの機会の提供により、企業・大学等の新たな宇宙活動への参画を得るとともに、多くの宇宙起業家が育成された。



- 2006年度から相乗り衛星の公募を開始
- 2009年H-IIAロケット15号機にて公募によって選定された衛星を初搭載
- これまでに公募によって選定された衛星32基（すべて国内）を打上げ

- 2017年創業の宇宙商社（資金調達額累計約7.8億円）
- 2018～19年「きぼう」衛星放出&船外利用事業者に選定（事業化後1年半で18基受注）
- 国内外の顧客開拓力、拡張性も視野にした実行力と提案力

宇宙実証機会の提供を通じ、宇宙開発利用の裾野拡大・人材育成に貢献

衛星打上げサービス事業で世界トップグループ入りを目指す



海外100kg級衛星の例（左：米民間地球観測衛星、右：仏政府衛星）
100kg級衛星の商用打上げ機会が提供可能に

評定理由・根拠（補足）

3. JAXA発ベンチャーの概要

Origami/ETS



Flow Sensing Lab LLC



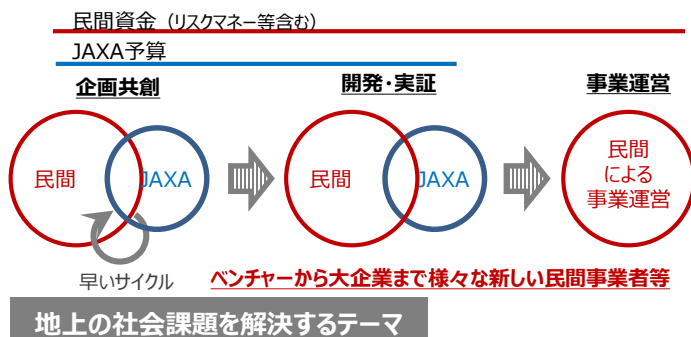
企業名	事業概要	事業進捗
<u>オリガミ・イーティーエス 合同会社</u>	大型展開アンテナが特徴の「さく8号」の設計で開発した 大型展開構造解析プログラムのビジネス活用	順調に進捗
<u>合同会社 パッチドコニックス</u>	「はやぶさ」運用時の電力を最適に制御する技術を活 用した、住宅用エネルギー管理ソリューションを提供	順調に進捗
<u>合同会社 Flow Sensing Lab</u>	液体ロケットエンジンの作動 状態（推進剤の流量状況）を正確に把握するため技 術として培った超音波流量計測技術のビジネス活用	順調に進捗 <u>（計画通り黒字化）</u>
<u>合同会社 Space Cubics</u>	宇宙開発の経験から培った設計検証ノウハウを活用し、 信頼性の高い宇宙用コンピューターを安価に提供	順調に進捗 <u>（計画通り黒字化）</u>
<u>(株)DATAFLUCT</u>	リモートセンシングデータに係る知見を活用し、衛星データ 等による <u>商圈分析、データ活用コンサルティング</u>	- エンジェル投資家からの<u>資金調達</u> <u>大手商社等との連携</u>を 発表
<u>(株)天地人</u> (2019年度新規認定)	リモートセンシングデータに係る知見を活用し、地球観測 衛星の広域かつ高分解能なデータ（気象情報・地形 情報等）による <u>革新的な土地評価サービス</u> の提供	- 内閣府補助金による<u>実証資金を確保</u> <u>大手米卸との連携</u>を 発表
<u>武蔵スカイプラス(株)</u> (2019年度新規認定) (参照 III.5 項)	無人航空機の運用等に係るノウハウを活用 し、固定翼の <u>小型無人航空機</u> と4発ティルトウィングの VTOL機による <u>サービス・ソリューション</u> を提供。	<u>JAXA初の航空ベンチャー</u> と して2019年12月に設立。

参考情報

1. 宇宙イノベーションパートナーシップの実施

2018年5月から、民間事業者等を主体とする事業を出口とした共創型研究開発プログラム「宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC※）」を始動した。同プログラムは、宇宙ビジネスを目指す民間事業者等とJAXAとの対話から始まり、事業化に向けた双方のコミットメントを得て、企画段階から共同で事業コンセプト検討や出口志向の技術開発・実証等を柔軟かつスピーディに行い、新しい事業を創出することを目指している。これまでの同プログラムに対する問合せ等は250社を超え、ほぼ全ての案件につき、プロデューサーが中心となり事前対話を行い、2019年度は**25件の共創活動**（前年度19件）を実施した（内訳：継続12件、新規7件、終了6件）。主な活動内容は、以下のとおり。

※J-SPARC：JAXA Space Innovation through PARTnership and Co-creation



▲分野毎にプロデューサーを配置。事業開発・IT領域・システムデザインの専門家も社外から招聘。各事業に社内共創メンバーも延べ約200名超参加

新しいプレーヤーの宇宙分野への参入
新しい宇宙関連事業の創出
技術革新・イノベーション創出
▶J-SPARCの主なテーマ



(1) 宇宙産業の規模拡大のボトルネックと言われる宇宙輸送ビジネスについては、インターステラテクノロジズ株からJAXA角田宇宙センター（宮城県）にエンジニア1名を受け入れ、小型軽量・低コストエンジンの設計、製作、要素試験を実施。結果、同社は2023年打ち上げ予定の小型衛星用ロケットの推進剤にメタンを主成分にしたLNGの採用を決定した。また、2023年度に有翼サブオービタル事業化を目指す株SPACE WALKERは無人サブオービタル機の基本設計を終え、同じく2020年度に無人サブオービタル事業化を目指すPDエアロスペース株は、JAXA高揚力機体実験機による風洞試験結果を設計に反映した実験機飛行実証準備に取り組み、事業化に向け着々と研究開発を進めた。

(2) 様々な分野での活用が期待される衛星データのビジネスについて、小型レーダ衛星群によるソリューション事業を目指す株Synspectiveと、レーダ観測による砂浜海岸線の抽出に目処がつき、他県や世界への展開含め防災分野における事業化を加速するとともに、同じく小型レーダ衛星群による準リアルタイムデータ提供サービスを目指す株QPS研究所との**コンセプト共創活動にも着手**。2021年度以降、JAXAが有する衛星上で膨大なデータを高速で画像化する技術を活用した事業化検討を始めた。



その他、S-Booster2017大賞であるANA HD株のドップラーライダーによる飛行経路・高度最適化事業は、センサシステムのプロトタイプ設計を経て、JAXAプロジェクト化に向けた社内公募登録までこぎ着けた。さらに、同じく非宇宙分野の企業であるソニー(株)等による衛星を活用した宇宙感動体験事業にも着手。民間の優れた技術・アイデアを糾合した衛星の技術実証計画や事業計画の策定を行い、活動で生まれた発明について、JAXA単独で特許出願することができた。

一方、2018年度から取り組んでいたスカパーJSAT(株)との熱赤外センサ・データ関連事業は事業化の道筋が描くことができなかったが、JAXAとして小型カメラ開発に係る基本設計を完了するとともに、新たに他共創パートナーとの対話を開始した。同じく2018年度から取り組んできた株メルカリのAI活用した衛星データ関連事業は、共創先の事業変化により活動を終了したが、JAXAとして土壌情報という新しい相関特性把握に試み、AI活用した実地データと衛星データの実合分析の有効性を確認することができた。

参考情報

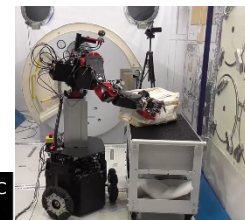
人類の活動領域を広げるテーマ

- (3) 月探査ビジネスやISS民間開放が推進される中、ANA HD(株)が取り組むアバター（遠隔存在）技術の宇宙分野での事業化を目指す約30社で構成されるコンソーシアム「アバター-X」活動を推進。将来の宇宙ミッションにも必要な通信遅延下における遠隔操作技術や自律協調運用技術の実証のため、民間資金による地球低軌道での具体的な技術実証プロジェクトを立ち上げた。
- また、宇宙用ロボットによるサービス提供事業についてGITAI Japan(株)とコンセプト共創活動を着手。2021年度事業化に向け、世界に先駆けた米国商用モジュール内での自律化・自動化に係る実証実験（2020年度）に係る必要な技術支援を開始した。
- (4) 宇宙産業における次期新規ビジネスとして期待される宇宙デブリ（ごみ）除去・軌道上サービス事業を目指す複数の民間事業者向けに、世界初のデブリ捕獲試験設備、民間ニーズ対応型デブリ除去予測解析モデルを新たに整備し、2020年打ち上げ予定の(株)アストロスケール・デブリ除去実証実験機の開発へ貢献。
- また、スカパーJSAT(株)が理化学研究所や大学と取り組むレーザー照射による不要衛星除去事業について、JAXAが衛星システム検討を担い2026年度事業化を目指すコンセプト共創活動に着手した。
- 更に、宇宙デブリ拡散防止装置を超小型衛星に搭載し2021年度に宇宙実証を行う(株)ALEとの間で、J-SPARCとして初めての事業共同実証に着手。コンセプト共創で策定した事業計画のもと、さらに双方のリソースを投入し、2021年度以降、JAXAが有する導電性テザー技術を民間活用した事業化を目指す。

宇宙を楽しむテーマ

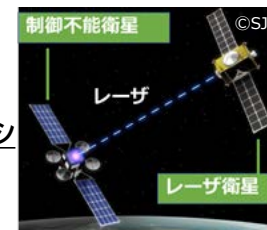
- (5) 宇宙旅行時代も見据える中、宇宙食と備蓄食の類似性に着目した防災分野における新たな食ビジネスは、2019年5月に「BOSAI SPACE FOOD」の製造拠点となる(株)ワンテーブルの工場が東日本大震災の被災地(宮城県多賀城市)に完成し、2019年夏より商品の試験販売を開始した。さらに、宇宙に係る知見も取り入れた防災ソリューション産業の創出を目指し、約40の企業・大学・自治体等で過去の震災の教訓を活かした具体企画を共創した結果、備蓄食に係る新しい基準づくりなど「日本発防災ISO化」を目指す準備会合を立ち上げることができた。
- (6) 教育・コンテンツ分野については、グリー(株)が目指す衛星データを活用した宇宙VR教育企画事業が、2019年度のよみうりランド（東京）及びショッピングモール（愛媛）でのイベント結果を踏まえ、2019年10月以降、商品パッケージ化し販売、共創活動を終了した。VR/AR技術を取り入れた科学・探査データの新しいユースケースを創出し、宇宙教育活動の拡充が図られた。
- また、世界初の宇宙からの対面型リアルタイム双方通信放送を核とした宇宙メディア事業を(株)バスキョール・スカパーJSAT(株)とコンセプト共創活動を着手。2021年度事業化に向け、民間資金により軌道上での技術・事業実証の実施を決定し、今後、低通信回線制約下でのさらなる通信インフラの高度化を進める。
- 更に、SpaceBD(株)との宇宙飛行士訓練方法を活用した次世代型教育事業は、私立海城中学高等学校（東京）でテストマーケティングを行い、(株)増進会HDと共に商材の有効性を確認、2021年度事業化を目指す。

▼これまで人間が行ってきた作業の72%を代替することに成功したGITAIロボット

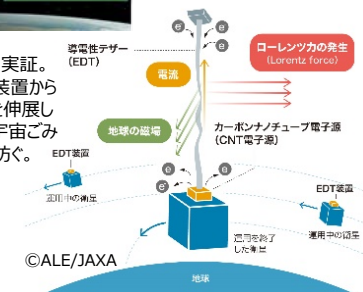


©GITAI Japan

◀「接触せず安全性高い、燃料不要で低コスト」のレーザー方式による宇宙ごみ除去



▶初の事業共同実証。衛星に搭載した装置から電気を通すひもを伸展し軌道離脱させ、宇宙ごみの拡散を未然に防ぐ。



©One Table



◀ 保存期間5年の備蓄ゼリー、ECサイトなどで試行販売スタート。日本橋老舗コラボやスポーツチームとの連携も進む。



©GREE

◀ JAXAサイエンスデータを教育エンタメ事業に活用。商品化（リースサービス）し販売へ

▶ きぼうの新たな使い方。世界初の宇宙からの双方方向ライブ通信番組配信を



©Boskio/SJC/JAXA

参考情報

その他・事業化に資する活動

- (7) 約50の産学官メンバーからなる宇宙食料マーケット創出活動「Space Food X」は、2040年月面1,000人滞在時代を想定したシナリオ策定に加え、必要な食料生産・資源循環技術や食に関するQOL向上技術を識別し、2020年度以降、産学官による当該活動をより具体的に進めていくための一般社団法人化の準備も進めた。併せて、2050年までに、地球規模で持続的な食料供給産業の創出を目指す農林水産省との連携も始動した。
- (8) ライフサイエンス分野等での産業立地実績を有する三井不動産(株)と共創し、宇宙ビジネス創出に資する対話・マッチングの場「宇宙ビジネス拠点・X（クロス）-NIHONBASHI」を2019年4月より本格的な運用を開始した。仮オープン（2018年11月）から1年3ヵ月で30人規模以上のイベント250回（2019年秋以降は平均月20回以上）の開催、主催団体数も約40を越え、着実に利用の裾野を広げた。また、JAXA以外にも宇宙ベンチャー、コンピュータネットワーク機器開発企業及び宇宙関連ビジネス団体など6社も入居し、2019年9月には、三井不動産による日本橋再生計画次期構想で新たな産業創造の戦略カテゴリーとして「宇宙」を掲げ、さらなる拠点追加・拡張を具体的に検討するまでに至った。
- (9) 宇宙ビジネス・事業化を加速するため、宇宙輸送ベンチャー共通に資するJAXAロケット統合解析ツールの高度化を進めたほか、商業有人サブオービタル宇宙輸送に係る技術課題や法制面での論点整理し、宇宙ベンチャーと共に、2019年6月、政府内における官民協議会設立に尽力した。

なお、技術支援にとどまらず、政府系金融機関との連携による資金調達面からの支援、(株)PR TIMESとの連携による情報発信支援のほか、2019年12月始動の政府取組S-Expert（宇宙ビジネス専門人材プラットフォーム）に連動し、宇宙ベンチャー間との人材流動性を高める取組やJAXA職員を宇宙ベンチャー等で一定期間従事させるなど、多面的に宇宙ベンチャー等を支援するメニューの充実に取り組んだ。（次頁参照）




©SFX

企業・運営

REALTECH FUND JAXA SIGMAXYZ

食料生産

eugenia IntegriCulture PLANTIX CHUYOYA WOTA mifa 日本食料品からレストラン 日本食料品からレストラン 日本食料品からレストラン

食品加工/提供

SAPPORO LAWSON ANA tsuji kewpie 村上 裕貴

食空間/文化

OPENMEALS MELTIN 藤田 大悟 米田 達

半官半民

ispace JAMSS dentsu ONE TABLE Space BD-net 佐藤 美希 北宅 青樹 江原 浩

事業創出・事業化促進・モメンタム形成

glocalink 宇留 健 秋山 浩亮 守屋 英 室岡(株山)寛代 石田 美奈

アドバイザー

◀日本発の優れた技術や食文化を最大限に活用し、宇宙と地球の共通課題である「食」の課題解決を目指す共創プログラム「Space Food X」。

2019年度はキュービー(株)や(株)ソニー-CSLも新たに加わり、多種多様な50以上の産学官が集う。



▲X-NIHONBASHIで、記者会見、セミナー、ワークショップなど様々なイベントを開催



参考情報

2. JAXAの研究開発成果等を利用した新たなベンチャービジネスの創出

- ✓ JAXA発ベンチャー支援制度において、**新たに2件の認定**を行った。具体的には、株式会社天地人（衛星データによる土地評価サービス事業）及び武蔵スカイプラス株式会社（無人航空機によるデータ取得サービス事業）に対して認定を行い、既存の5社と合わせ計7社への支援を実施した。そのうち、DATAFLUCTについてはエンジェル投資（4600万円）を、天地人は内閣府モデル実証受託（1000万円）を、Space CubicsはTEP主催J-TECHスタートアップの認定をそれぞれ受ける他、**決算においても黒字化を達成したり、米卸大手や総合商社との連携を実現する社もある。**
- ✓ 政府が推進する宇宙ベンチャー支援として、S-Boosterについては実行委員会メンバーとなり支援を継続し、「JAXA賞」を新設する等にも取り組んだ。2018年度から開始されたS-Matchingについても、自治体主催イベント「いばらき宇宙ビジネスサミット2019」にJAXAより3チームが参加する等を通じて支援を行った。
- ✓ DBJ等の政府系金融機関から投資を受けている宇宙ベンチャーである、グローバル測位サービス(株)、(株)ispace等について、協力を継続した。2019年4月に(株)PR TIMESとの連携により、JAXA及びJAXAと連携するベンチャーによるビジネス関連情報の発信ツールの提供を開始した。



S-Booster 2019では、みちびきを活用した視覚障がい者向け歩行支援ビジネスが最優秀賞を獲得（賞金1000万円）

3. JAXA内外の人材育成

- ✓ 経済産業省の「宇宙産業分野における人的基盤強化のための検討会」の報告（2018年）及びS-Expertの始動（2019年12月）を踏まえ、JAXA職員のさくらインターネット(株)へのクロスアポイントメント制度による出向を開始するとともに、インターステラテクノロジズ(株)のエンジニアをJAXA角田宇宙センターで、また(株)INCJからJAXA新事業促進部にそれぞれ受入を開始する等、**宇宙産業の人材流動化に取り組んだ。**
- ✓ また、民間事業者11社と共に「宇宙ビジネス共創ワークショップ」を初めて開催し、約80名が参加者し、事業化に向けた対話を継続している。
- ✓ さらに、JAXA第4期人材育成実施方針に掲げる「クリエイター・プロデューサー人材の育成」も目指し、約6ヵ月間、新規事業提案に向けた基礎を学ぶ自主学習プログラム・JAXA×BIZ道場2019に17名が参加、また越境学習プログラム・他社留学2019により民間企業（ベンチャー）に2名を週1回・6ヵ月間程度派遣した。



S-Booster 2019で新設した「JAXA賞」には、小型衛星環境試験場のシェアリングサービスを選定。

4. 民間資金等の活用、金融機関等との連携

- ✓ 地方自治体における宇宙産業への取組への支援として、茨城県、大分県、福井県等を支援した。そのうち、茨城県においては、自治体主催イベント「いばらき宇宙ビジネスサミット2019」にJAXAより3チームが参加する等を通じて支援を行った【再掲】他、つくば市のベンチャー支援を目的としたコンソーシアムに参加し、支援を実施した。更に、佐賀県等の意欲ある自治体との新規連携に取り組んだ。支援を続けている福井県民衛星は愛称も「すいせん」に決定し、射場への納入待ちとなっている。
- ✓ 宇宙産業への投資を進める政府系金融機関である(株)日本政策投資銀行（DBJ）及び(株)INCJとの連携を促進した他、民間の金融機関との連携も進めた。



(株)PR TIMESとの連携により、J-SPARC 共創企業の情報発信を支援（1年間・毎月1回発信を無料に）

参考情報

5. 宇宙用機器等の市場投入の促進

- (1) JAXAの研究開発成果を基に、民間事業による社会実装を支援し、以下のとおり受注獲得等の成果を得た。
 - ✓ オープンラボ制度で開発した宇宙用機器の研究開発成果を基に、民間事業による社会実装を支援し、ソニックス社の低層風情報提供システム（SOLWIN）の鳥取空港への実装を実現した。社会実装のラストワンマイルまで伴走した実績を基に、更なる国内地方空港、JICA資金を活用したフィリピン空港への展開にも発展。
 - ✓ 春日電機の「マイクロ波プラズマ除電処理システム」：「はやぶさ2」イオンエンジンに使われる真空中での帯電を制御する技術を活用したスピノフ製品として市場投入。高機能フィルム材の真空蒸着装置など高真空産業機器用の除電器として販売予定。
 - ✓ J-SPARCの一環で進めるワンテブルとの宇宙・防災食料プロジェクトにおいて、保存期間が5年間となる「防災ゼリー」を試験的に市場投入した。J-SPARCの一環で進めたグリーとの共創の結果、JAXA月探査衛星「かぐや」データを活用した「宇宙を題材とした子供向けVR体験サイエンスツアー・ありえなLAB」が商品化された。
 - ✓ 日本電波工業（NDK）の高精度アウトガス計測センサーについて、仏CNES、米Sandia National Laboratories（FY2018実績）に加え、国内でもNECから受注した。
 - ✓ 京セラの液体水素用ハーメチックコネクタについて、技術基準適合に必要なデータを取得し製品信頼性を高める取組を行った。
 - ✓ JAXAと(株)電通が共催した「未来共創会議」をきっかけに2017年より継続してきた異業種材料メーカー・クレハ社との共同研究の結果、JAXAの宇宙用材料評価技術（原子状酸素照射技術）を活用した抗菌性能発現を発見した。（参照 III.4.2項）



地方空港向けの低コスト低層風情報提供システム（SOLWIN）



グリー「VR体験サイエンスツアー・ありえなLAB」



ワンテブル防災ゼリー

(2) 海外受注獲得支援

- ✓ 米国で毎年開催されるスペースシンポジウムに、意欲ある民間企業16社及びNEDOと共同出展を行い、我が国の宇宙技術をアピールした。（ブース来場5438名／約2,800件に対応）また、この機会を捉え、NASA/Ames Research CenterでNASAと産業振興を目的としたワークショップを開催し、B2Bマッチング（計16社）も共催。
- ✓ 日本で開催された第26回アジア太平洋宇宙機関会議（APRSAF）の機会を捉え、SPACETIDE及びADBと連携しIndustrial Forumを開催。約160名の参加者を得た。
- ✓ 米国で開催された国際宇宙会議（IAC）において、企業展示を実施。6社参加、約延べ900名の来場者を得た。また、Space BD社とHyperion社（蘭）の業務提携に関わる調印を支援。



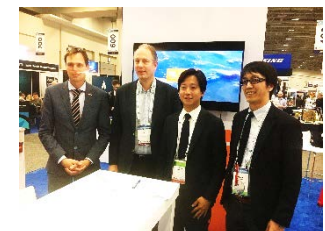
米国スペースシンポジウムでの展示



APRSAF産業フォーラム（日本）

6. その他の民間事業者の宇宙ビジネス創出・高付加価値化に資する取組

- (1) 民間事業者等の超小型衛星打上げ等の宇宙実証機会に係る対外窓口の一本化（革新3号機実証テーマ公募）、JAXAの有する施設・設備の利用促進、衛星データのアクセス性向上をはじめとした種々の支援を行った。



SpaceBD社・Hyperion社の調印式

参考情報

6. その他の民間事業者の宇宙ビジネス創出・高付加価値化に資する取組

(2) 宇宙実証機会の提供等について、民間事業者等の事業としての自立化を目指し、これまでJAXAにて蓄積してきたロケットの相乗りに係るノウハウ等の移管等に取り組んだ。

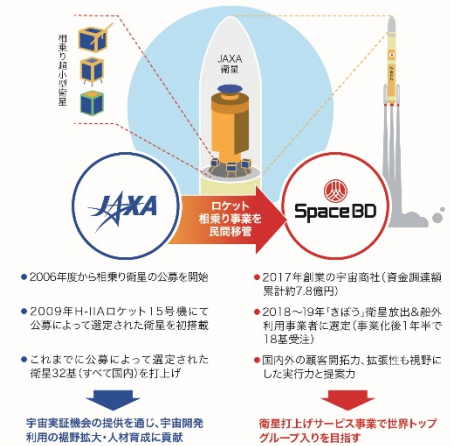
- ✓ 具体的には、JAXA衛星搭載のH-IIA/H3ロケット等余剰能力を活用した超小型衛星相乗り機会提供について、事業者の公募選定を実施し、Space BD社と基本協定を締結した。
- ✓ 日本の基幹ロケットへの相乗り事業をベンチャー企業が担うことは、JAXAとしても新たな取り組みである。Space BD社の顧客獲得活動により、JAXA自身が行う場合ではリーチできなかった衛星開発機関へのアプローチが可能となった。衛星等打上げ仲介を手掛けるSpace BD社としても、本事業により新たな商材を獲得することとなり、「きぼう」放出機会等も含めて同社ビジネスを拡大させる効果がある。
- ✓ なお、同社の顧客開拓については、Space Symposium 及びIAC等海外展示や、JAXAのネットワーク紹介等により支援を行った（前頁参照）。また、この移管によりJAXA職員2人年のリソースを他の業務に振り替えることができた。

< 相乗り制度の中長期的な成果等 >

- ✓ 宇宙の人材育成、すそ野の拡大、新規要素技術の開発のために、実際に軌道に衛星や部品を打ち上げられる機会を確保し、実証することは非常に重要であり、JAXAはこれまで、大学や民間事業者等に、H-IIA/H3ロケットへの相乗り機会や国際宇宙ステーション「きぼう」の利用機会、イプシロンロケットを活用した革新的衛星技術実証プログラムによる、各種実証機会の提供を行っている。
- ✓ その中でも、H-IIAロケットの余剰能力を利用して民間企業や大学が製作した超小型衛星を宇宙へ打ち上げる「相乗り制度」は、2006年に最初の募集が開始されて以来、2018年度までに32機の超小型衛星を打ち上げた実績を蓄積してきた。本制度は打ち上げ費が無償であること（2014年に有償枠を設定）、事前登録制の導入等により、民間企業や大学が超小型衛星開発に新規参入するきっかけを提供した。
- ✓ この制度をきっかけに、「きぼう」からの超小型衛星の放出等の各種制度に発展した。
- ✓ JAXA独自調査によれば、上記制度をきっかけに小型衛星開発に関わった人材は合計520名に上り、関わった学生の就職先を追跡したところ、宇宙関連が占める割合は約6割（88名中50名）という結果を得た。これら学生の中には現在の宇宙ベンチャー事業を牽引する重要なプレーヤーとして活躍している。
- ✓ また、フィリピン/北大/東北大で共同開発した超小型衛星を本制度により打ち上げたことにより、第4回宇宙開発利用大賞2019（JAXA理事長賞）を受賞し、国内のみならず海外の人材育成にも貢献した。
- ✓ このように、ロケットの相乗り機会提供は、宇宙の人材育成、すそ野の拡大、新規要素技術の開発という所期の目的を果たした。

< 民間移管に至るまでの経緯、今後の拡張可能性 >

- ✓ 2018年のいぶき2号(GOSAT-2)/Khalifasat打上げにおいて、従来の5-6名の職員による専門チーム体制ではなく、外注比率を高めるなどにより少人数(2人)で本事業を完遂できる目処を立て、本事業の民間移管の見通しを得たことから、JAXAが蓄積してきた知見とともに民間移管を実施することとした。
- ✓ なお、同打ち上げにおいて、初めて他機関(UAE)の人工衛星と相乗り超小型衛星の同一フェアリング内搭載実績ができたことから、準天頂衛星を始めとするJAXA以外の人工衛星打上げにおける余剰能力の活用可能性も見出した。



基本協定締結



年度計画	実績
Ⅰ. 2. 1. 民間事業者との協業等の宇宙利用拡大及び産業振興に資する取組 国際市場や異分野において競争力を持った新しい事業の創出を目指し、従来の宇宙関連企業だけではなく、ベンチャーから大企業まで多様かつ新たな民間事業者等と対等な立場で事業を推進するパートナーシップ型の協業に取り組む。具体的には、民間事業者等と共に利用・事業シナリオを企画立案し、双方が資金・人的リソース等を提供した上で共同チーム体制等を構築して技術開発・実証を行うことを目的とした宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）等の活動を実施する。	民間事業者等を主体とする事業を出口とした共創型研究開発プログラムとして「宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）」を継続した。2018年5月の始動以降、これまでの、26件（同19件）の共創活動を実施した。<u>2019年度において</u>は計25件の共創活動を実施した（内訳：継続12件、新規7件、終了6件）。
また、JAXA の研究開発成果等を利用した新たなベンチャービジネスを創出するため、研究開発成果の積極的な発信や、民間事業者等との連携による JAXA 内外のアイデアの発掘、事業化に向けた検討の促進、職員による積極的な事業化を促進する支援制度等の環境の整備・改善等を行うとともに、これらを通じて、宇宙産業を担う JAXA 内外の人材の育成にも貢献する。	新たなベンチャービジネス創出に資する情報発信、アイデア発掘及び事業化検討の促進として、(株)PR TIMESとの連携による情報発信ツール提供の開始、茨城県主催の宇宙ビジネス関連イベントの支援、民間事業者11社と共に事業化を促進するワークショップを初めて開催する等の取組を実施した。 <u>JAXA発ベンチャー支援制度において、新たに2件（衛星データによる土地評価サービス事業、無人航空機によるデータ取得サービス事業）に対して認定を行う等</u>計7社への支援を実施した。これらの中にはエンジェル投資家からの資金調達、内閣府プロジェクトへの採用、大手企業とパートナーシップを構築した会社もあり、また2社は黒字化を達成した。 地方自治体における宇宙産業への取組への支援として、茨城県では宇宙ベンチャー支援を目的とした「いばらき宇宙ビジネス創造拠点プロジェクト」発足の支援を行った。福井県民衛星プロジェクトについては、技術研究組合に顧問として参加及び衛星データの提供等で支援を継続し、同衛星フライトモデルが完成し2020年度上期に打上げ予定。 <u>S-Expertの着手等を踏まえ、宇宙ベンチャーにJAXA人材を派遣する等宇宙産業の人材流動化に取り組んだ。</u>
上述の取組を進めるに当たっては、JAXA の知的財産の活用による宇宙利用の拡大や民間事業の創出を促進するため、戦略的に知的財産の取扱いルールを柔軟化等の制度改善を継続する。	（参照 Ⅲ. 4. 2 項）

年度計画	実績
また、民間事業者等からの受託・共同研究への拠出金等の積極的な民間資金等の活用を図るとともに、宇宙産業への投資を促進するために金融機関等との連携を行う。	宇宙産業へのリスクマネー供給を進める政府系金融機関である(株)日本政策投資銀行(DBJ)及び(株)INCJとの連携を促進した他、民間の金融機関との連携も進めた。
さらに、民間事業者による宇宙ビジネスの創出や高付加価値化に資する取組として、宇宙用機器の市場投入の促進、民間事業者等の超小型衛星打上げ等の宇宙実証機会に係る対外窓口の一本化、JAXAの有する施設・設備の利用促進、衛星データのアクセス性向上をはじめとした種々の支援を行う。	オープンラボ制度で開発した航空宇宙用機器の研究開発成果を基に、民間事業による社会実装を支援し、<u>ソニック社の低層風情報提供システム（SOLWIN）の鳥取空港への実装を実現する等、宇宙用機器等の市場投入の促進に取り込んだ。</u> 民間事業者等の超小型衛星打上げ等の宇宙実証機会に係る対外窓口の一本化（革新3号機実証テーマ公募）、JAXAの有する施設・設備の利用促進、衛星データのアクセス性向上をはじめとした種々の支援を行った。
宇宙実証機会の提供等については、民間事業者等の事業としての自立化を目指し、ロケットの相乗りに係るノウハウ等の移管等に向けて取り組む。	民間事業者等の事業としての自立化を目指し、これまでJAXAにて蓄積してきたロケットの相乗りに係るノウハウ等の移管等に取り組んだ。具体的には、JAXA衛星搭載のH3ロケット等余剰能力を活用した超小型衛星相乗り機会提供について、事業者の公募選定を実施し、Space BD社と基本協定を締結した。

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)	880,128	813,404					
決算額 (千円)	879,387	782,314					
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)	29	22					

(※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
施設・設備の供用件数	104件	138件					
実証機会の提供数	26件 (※1)	7件 (※2)					
民間事業者等の外部からの問合せ件数	340件	365件					
民間事業者等との協業件数	30件	41件					
民間事業者との協業等の取組により市場投入された製品・サービス等の件数	5件	5件					

※1：26件の内訳：H-IIAロケット相乗り4件、「きぼう」放出 9 件、革新的衛星技術実証プログラム1号機 13件

※2：7件の内訳：「きぼう」放出 7件

2018年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
○産業振興分野においては、研究開発機関として民間に技術支援を行うことは極めて重要ではあるが、国立研究開発法人の事業としてどのようなアウトカムを成果とし、そのための評価軸・指標をどのように設定するかについては、整理が必要である。民間企業の利益創出まで国立研究開発法人の事業成果として責任を負うことは困難であるものの、法人の支援した技術がどのように企業のアウトカムに寄与したかという点については、社会実装や事業化の観点からも積極的かつ主体的な関与が求められ、法人として適切にフォローをするべきである。法人からの視点だけでなく、参入事業者やユーザーの視点も考慮しつつ各プロジェクトを進め、個々の成否のみならず、政府が目標として掲げる宇宙産業全体の振興、ひいてはSDGs等への貢献を図っていくことを期待する。	FY2018の評価においては、J-SPARCを開始した初年度であったことを踏まえ、JAXAとしての成果・アウトカムの評価基準として協業件数等を示すことで、呼び水効果・モメンタム形成効果が認められたことを取り上げた。 今後は、宇宙産業全体の振興（宇宙産業規模の拡大）にJAXAとして適切な役割を発揮し成果を獲得しているか、JAXAの研究開発成果が活用されているか、将来のJAXA基幹事業・新しい研究開発テーマの創出に貢献できるか等を、中長期的なゴールに見据えつつ、今後、プログラムの成果・進捗に相応しい、評価軸基準を設定し、成果や進捗の計測・整理に取り組む。
○協業件数の多さなどのプロセスではなく、国際的に影響力の高いテーマかどうかという点や、どれだけのアウトカム（事業）・リターンを創出できたか、という点をもって成果を評価すべきである。そのためにも、今後を見越したロードマップと概算でも数値を提示した事業計画の明確化、それに基づく進捗評価を提示することを求める。JAXAには事業化に向けて関係機関と連携し、より主体的な役割を担うことを期待する。	
○それぞれの共創活動の結果としては、実際の利益につながる段階には至っておらず、多産多死が現実であるベンチャー・イノベーションの世界で19件の共創活動で十分と言えるかどうか、現時点では評価が難しい。今後、本取組を通じ、どれだけ産業に拡大するかに期待する。	
○将来の民間利用拡大を念頭に置き、どこまでがJAXAとしてなすべき支援策か、その評価の在り方とともに、JAXAの活動のブランディング戦略についても検討をお願いしたい。	
○世界の宇宙開発・利用が、急速に民間主導、商業利用中心の体制へと移行しつつある中で、J-SPARCの活動を立ち上げ、民間事業者との協業を推進する枠組を構築したことは、高く評価できる。今後、「協業」を真に有意義なものとしていくためには、民間事業者とJAXAの役割分担をよく見極めていく必要がある。	
○民間事業者との協業等の推進について、関係者の意識改革やマネジメント改革などの取組が成果につながっているようなので、工夫したことなどについて、さらに説明いただくと他法人の参考になるのではないかと。	他法人の参考にもなるよう、好事例の創出に取組、適切に对外説明を実施する。

2018年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
○知的財産権について、海外の企業においては日本の法律が適用されないケースもあるため、海外的な視点での整理を行うことを望む。	国内法のみならず、海外も見据えた国際特許の出願等も実施することとしている。
○ J A X A 設立以来、大きく事業領域が変化した分野である。民間連携においては、民間が前面に出ることで、法人の取組・努力が外部から見えにくくなる傾向があるので、法人としてのプレゼンスを発揮できるような仕組みや、適切に評価するための仕組みを構築することを期待する。	民間が前面に出ることで、JAXAの取組・努力が外部から見えにくくなる傾向を踏まえ、民間の了解も得ながらJAXAの貢献等をPRするとともに、独法評価の場を活用してJAXA成果を整理・評価いただく。企業秘密に関わる案件が出てきた場合は、非公開の場を設けることも検討する。
○将来の民間利用拡大を念頭に置き、どこまでが J A X A としてなすべき支援策か、その評価の在り方とともに、J A X A の活動のブランディング戦略についても検討をお願いしたい。	
○産業振興に対する J A X A の役割は極めて重要であり、益々期待が高まってきたが、「世界初、世界トップの研究開発成果を創出すること」のプライオリティを最も高くして取り組んでいただきたい。	宇宙産業規模を拡大していくためには、世界市場でシェアを伸ばしていく必要があり、そのために世界に先駆けたビジネスモデル・先端技術を採用しようとする民間に、JAXA技術アセットを提供することで支援する。技術アセットの民転は研究開発成果の最大化につながるため、これを推進する。
○投資回収・効率性も意識しつつ、研究開発の成果を民間に展開し、宇宙産業へつなげることは J A X A の役割の一つであり、これまでの技術的観点からの支援だけでなく、社会実装や事業化の観点からも積極的・主体的関与が求められる。	JAXAの研究開発成果の最大化を目指し、技術支援のみならず、社会実装や事業化の観点も踏まえながら出口主導型アプローチで取り組む。具体的には、事業会社や投資機関との協業、異分野を含むコンソーシアムの運営等を通じ、ビジネス面と一体となった積極的・主体的な関与に取り組む。
○立上げという点では申し分ない成果であるが、継続し、人材やモチベーションを維持し続けることが重要である。きっかけづくりだけに終わらないよう、民間との柔軟な連携を期待する。	人材やモチベーションを継続して維持できるよう、JAXA・民間それぞれにメリットや魅力のある施策となるよう、具体の成果を創出し対外発信を進めるとともに、失敗からも学んで柔軟に見直しを行う。
○新たなパートナーシップの協業は、一時的なものでなく、継続拡大できるように、J A X A の努力を期待しているとともに、政府からの支援も期待したい。	
○ J A X A の事業戦略、我が国の宇宙技術開発に加え、民間企業を巻き込んだ宇宙ビジネス拡大に向けた戦略立案機能の強化が必要であり、J-SPARCのような取組みのさらなる拡大を期待する。	次期宇宙基本計画等も踏まえつつ、オープンイノベーション及びDual Utilization等の取組を更に推進していく。
○新たなパートナーシップの協業は、一時的なものでなく、継続拡大できるように、J A X A の努力を期待しているとともに、政府からの支援も期待したい。	

2018年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
○色々なアプローチで産業育成を行ってきたことは高く評価される。引き続き産業育成に向けて活動を継続することとともに、今後は、J-SPARCや探査イノベーションハブのように既存のプロジェクトと分離したものではなくJAXAのあらゆるプロジェクトにおいて計画当初から商用化へつなげていくことを促すようなエコシステムを構築することを期待する。	出口主導型の研究開発に取り組み、従来のプロジェクトも含めJAXA全体として産業振興を推進していく。
○海外への事業展開支援がさらに活性化される事を期待する。	宇宙産業規模を拡大していくためには、世界市場でシェアを伸ばしていく必要があり、JAXAとして果たしうる支援を推進する。具体的には、従来の政府活動の支援、海外イベントでの民間との共同出展及び海外宇宙機関とJAXAが主催するビジネスマッチングイベントの開催に加え、海外駐在員事務所を活用したビジネス拠点の構築等を進める。

2019年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）に着手して2年目になるため、今年度は、数多く立ち上げることも、それぞれの質の向上を図り、事業が確実に出口に向かうこと、スピード感ある対応をすることを目指した。その結果、派手さこそないものの、幾つか事業化するとともに、それぞれの線を太くすることができた。今後の課題としては、市場そのものを大きくするためのボリューム感ある仕掛けが重要と考えている。	民間事業者主体の探査ビジネスシナリオ及びプラットフォーム構築、衣食住に係るプラットフォームの構築及びJAXA知財のオープン戦略の策定等、個々の取引だけでなく、大きな事業としてビジネスを育てられる方策に取り組む。
宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）をはじめ民間事業者との連携においては、案件が事業化に近かったり企業戦略に関わるものほど、当該企業の秘密に関わることとなり、結果としてJAXAの貢献を対外的にアピールしづらい案件もある。	民間協業におけるJAXA貢献を積極的にアピールできるよう、民間側との丁寧な調整等に取り組む。
民間企業からJAXAとの共創活動に多くの期待が寄せられた。一方、JAXAの人的リソースにも限りがあり十分な対応が難しい案件も幾つか見られた。	事業開発・社会実装の知見を有したJAXA人材の育成を強化すると共に、これらの知見を有する外部人材を積極的に登用したり、JAXA外でも育成できる枠組みを検討する。そのために、J-SPARC制度のPDCA、民間事業者との人材交流などに取り組む。
JAXAの調達制度や各種規則等がこれまでの委託事業や請負事業、従来型の官民関係に即したものとなっており、新しい企業等の活動を促進するために十分でない点が幾つかあった。	ベンチャー支援方策を策定するとともに、出資、サービス調達、中小企業技術革新制度（SBIR制度）等の新しい枠組みを取り入れられよう検討するとともに取り組む。
J-SPARCで協業する企業は、ベンチャーから大企業までを対象とするが、これまでの取組の中から日本の宇宙産業の特徴として見えてくるのは、非宇宙系事業会社の参入が多いことである。 これら企業は、ベンチャーとは異なり、元々の産業領域で培った技術基盤等があるため、日本の宇宙産業競争力の源泉となる可能性がある。	引き続き、ベンチャーから大企業まで多様なプレイヤーとの協業を進め、各社の強みを糾合せながら、日本の宇宙産業の競争力を向上させていく。

Ⅲ. 4. 2 新たな価値を実現する宇宙産業基盤・科学技術基盤 の維持・強化（スペース・デブリ対策、宇宙太陽光発電含む）

2019年度 自己評価

S

中長期計画

新たな事業領域の開拓や世界をリードする技術革新により、我が国の宇宙活動の自立的・持続的発展と関連産業の国際競争力強化に貢献するため、今中長期目標期間において確立を目指す重要技術を以下に示すとおり設定し、研究開発の重点課題として取り組む。

研究開発の実施に当たっては、国際的な技術動向の分析に基づき、宇宙システムに与えるインパクト、出口目標、産業界との役割分担及び責任関係を明確化して産業界と認識を共有する。研究リードに優れた人材を登用するため、クロスアポイントメント制度やイノベーションフェロー制度等を活用し、宇宙航空分野に限らず我が国が強みを有する分野との間で、人材の流動化を進める。

また、国際競争力の鍵となる技術の知的財産化を進め、産業界による活用が促進される知的財産制度を整備する。

（１）宇宙開発における新たな価値を創出する先導的な研究開発

①安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に貢献する研究開発

スペース・デブリ対策の事業化を目指す民間事業者等と連携し、新たな市場の創出と我が国の国際競争力確保に貢献する取組を行う。重点課題として、大型のロケットデブリを対象とした世界初の低コストデブリ除去サービスの技術実証を目指す。デブリ発生を未然防止する技術については、JAXAの強みである高信頼の衛星・ロケット技術を基に民間企業が当該技術の導入をし易いように利便性を高めるとともに、軌道変更や大気圏への安全投棄の技術についての研究開発を行い、拡大する民間の宇宙利用活動に広く活用されることを目指す。また、政府や内外関係機関と連携し、技術実証成果を基に、国連等の場におけるスペース・デブリ対策の国際ルール化の早期実現に貢献する取組を行う。

さらに、観測センサの時間・空間分解能向上、通信のセキュリティ技術、宇宙環境計測、ロケット推進技術の極超音速飛行への応用等、社会価値の高い技術を中心に関係機関との連携を深めてニーズを発掘しつつ、研究開発を行う。

②宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発

通信や地球観測等の分野では、世界に先駆けた利用サービスや高い国際競争力を持つ宇宙システムの創出を目指し、民間事業者と協力し、市場ニーズを先読みした研究開発と技術実証を行う。具体的には、以下を重点課題とし、実現性の高い宇宙システム構想を明らかにするとともに、そのキーとなる技術を確立する。

- ・高い信頼性と経済性を有する宇宙輸送サービスを実現する再使用型宇宙輸送システム技術
- ・低コスト・大容量な高速衛星通信ネットワークを実現する光・デジタル通信技術
- ・静止軌道からの常時観測を可能とする超高精度な大型光学センサ技術

さらに10年先を展望し、宇宙開発利用に新たなイノベーションを起こす革新的な技術として、衛星システム内のワイヤレス化、ロボットによる軌道上での機器交換や補給・回収サービス、衛星データ活用へのAI応用等、新たな宇宙利用を生み出す研究開発と要素技術実証を行う。並行して、これらの技術を基にした新たなミッションを考案・発信し、潜在的なユーザニーズや事業化アイデアの取り込み活動を推進する。

③宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上に貢献する研究開発

国際宇宙探査において、我が国が高い技術と構想を持って戦略的に参画するため、重点課題として、独自の技術で優位性を発揮できる環境制御・生命維持、放射線防護、重力天体等へのアクセス技術、重力天体上での観測・分析技術等の研究開発を行う。

研究開発の実施に当たっては、宇宙探査における技術の国際優位性や他産業への技術波及性を高めるため、オープンイノベーションの場を活用して人材・知の糾合を促進し、異分野も含めた最先端技術を広く取り込む。

中長期計画（２／２）

（２）宇宙産業及びプロジェクトを支える科学技術基盤の強化

我が国全体としての成果の最大化と波及拡大に貢献するため、JAXAの強みであるシミュレーション技術、高信頼性ソフトウェア技術、システム開発手法、高い国際競争力を有する搭載機器や部品等の分野において、競争的資金や民間資金を導入しつつ、産・官・学の連携を強化して研究開発等を行う。今後、宇宙利用の拡大に向けて、より拡充・強化すべき分野については、人材の流動化促進や公募型研究制度の活用により、宇宙分野と異分野やJAXA外の先端知との糾合を図り、科学技術基盤の裾野の拡大に努める。

中長期的に取り組む宇宙太陽光発電システムに係るエネルギー送受電技術及び液化天然ガス（LNG）推進技術については、宇宙開発の長期的な展望を踏まえつつ、要素技術実証による波及成果の創出に留意した研究開発を行う。

新技術・民生品及び超小型衛星の利用拡大等に向けた取組としては、基幹的部品や新規要素技術の軌道上実証、我が国の優れた民生部品・技術の宇宙機器への転用を効果的に行うとともに、宇宙技術の民生利用を促進する。

研究開発環境の維持・向上に不可欠な研究開発インフラの老朽化対策等を進めるとともに、将来にわたり国際競争力を発揮する分野に関わる研究開発設備を強化する。

（空欄）

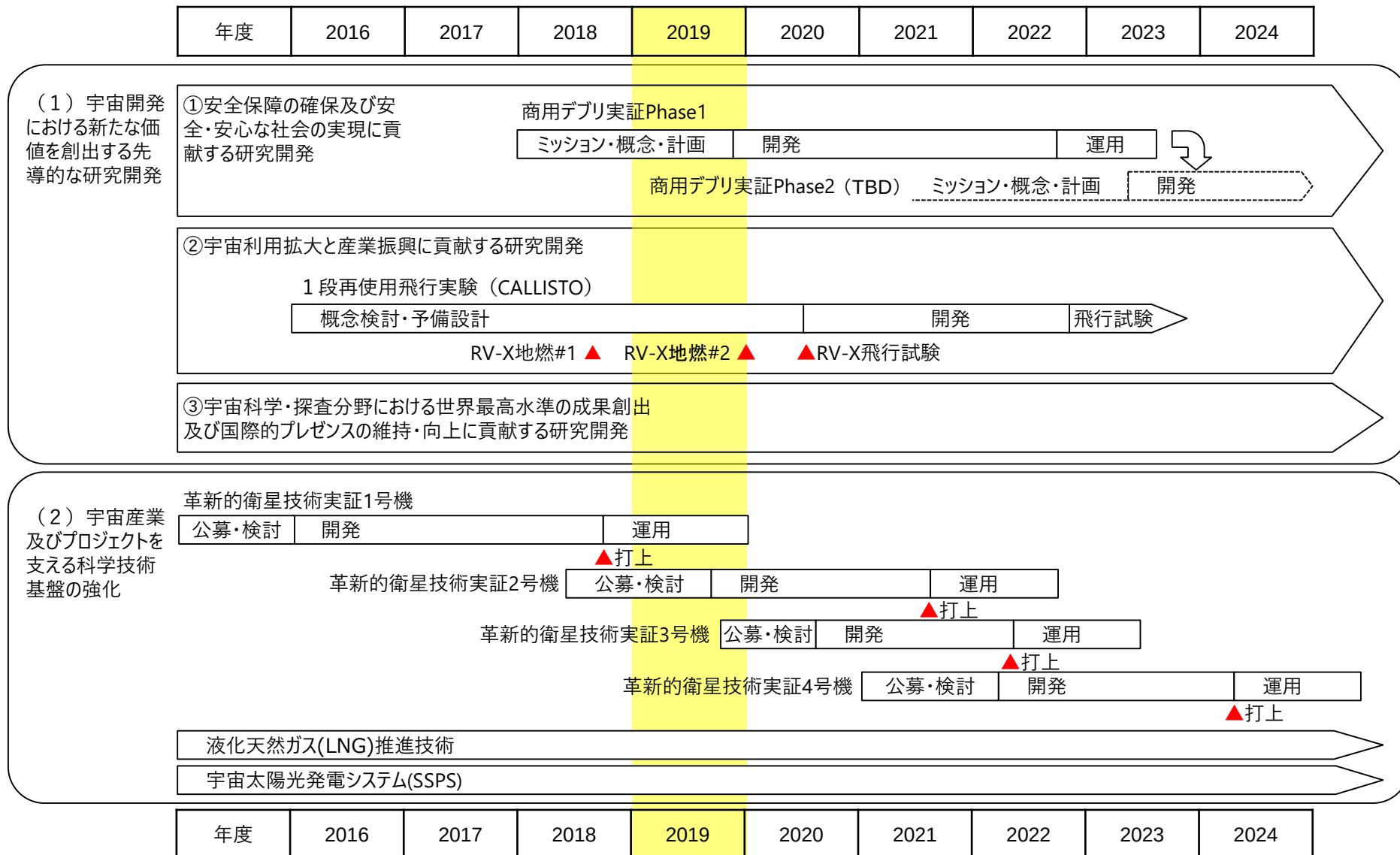
主な評価軸（評価の視点）、指標等（1／2）	
<評価軸> 【安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現】 ○我が国の安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に貢献する取組の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。	<評価指標> （成果指標） ○安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に係る取組の成果 （マネジメント等指標） ○研究開発等の実施に係る事前検討の状況 ○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況（例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況等） ○安全保障・防災関係機関等の外部との連携・協力の状況 <モニタリング指標> （成果指標） ○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） （マネジメント等指標） ○安全保障・防災関係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） ○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）
【宇宙利用拡大と産業振興】 ○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。	<評価指標> （成果指標） ○宇宙利用の拡大と産業振興、宇宙産業の国際競争力強化に係る取組の成果（品質・コスト・スケジュール等を考慮した取組を含む） （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・運用の状況等） ○民間事業者等の外部との連携・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） ○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） （マネジメント等指標） ○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（2 / 2）

【宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上等】 ○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。	<評価指標> （成果指標） ○宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上等に係る取組の成果 （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：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） （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：科研費等の外部資金の獲得金額・件数等）
--	---

スケジュール

【宇宙基本計画工程表(令和元年度改訂)記載部分のみを掲載】



Ⅲ. 4. 2 新たな価値を実現する宇宙産業基盤・科学技術基盤の維持・強化 (スペース・デブリ対策、宇宙太陽光発電含む)

2019年度 自己評価

S

【評定理由・根拠】

我が国の宇宙活動の自立的・持続的発展と関連産業の国際競争力強化に貢献するため、宇宙産業及びプロジェクトを支える科学技術基盤の強化に取り組みつつ、宇宙開発における新たな価値を創出する先導的な研究開発を進め、以下の特に顕著な成果を挙げた。なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

1. 安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に貢献する研究開発

- 大型デブリ除去サービス実現に向け **JAXA初のパートナーシップ型契約を実現**させ、JAXAだけでなく事業者が企画するミッションも衛星に搭載することで、**投資を大幅に引き出した**。導電性テザーによる軌道降下技術でカーボンナノチューブ電子源の放出性能を向上(海外製の約10倍、特許出願4件)させ、**民間企業と事業化を目指す共同実証を開始**した。**[補1]** IADCの国際議論で低軌道廃棄25年ルールとPMD確率90%の効果等を示し、低減ガイドラインの12年ぶりの改訂に貢献した。
- 防衛装備庁の大型外部資金「安全保障技術研究推進制度」に引き続き4件の研究が採択されている。今年度終了した埋設物の電波による立体形状測定の研究は、地中の不均質土に対応可能な手法を実証し、社会価値の高い基礎研究として防衛装備庁から期待されている。

2. 宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発

- 世界最軽量(53kg/m²)で低熱膨張、耐放射線性のある**コーディエライト製分割鏡のセグメント母材(Φ1.4m級)を製造**し、世界初の大型静止光学衛星(地表面分解能7m)の実現可能性を高めた。気象観測で重要な波長帯(~15μm)までの検出を目指した**世界トップレベルの大フォーマット(1kx1k)のType-II 超格子チップを試作**し、国際競争力になるキー技術を確認した。これらの成果は、地球観測の時間・空間分解能向上だけでなく、深宇宙探査の大容量光通信にも資する成果である。**[補2]**
- 低軌道衛星からの電波伝播モデル化技術を活かし、**同一周波数でアンテナ数に応じて通信容量を増加出来るMIMO技術を衛星通信に適用する解析方式を導き、民間企業が世界初の低軌道衛星MIMO通信技術実証の開発を開始**した。観測衛星の伝送システムだけでなく、通信衛星への応用も期待される。**[補3]**
- SARデータ通信量の大幅な圧縮(約1/4,000)を可能にする**軌道上でSARデータを画像化する装置を民間企業と共同で開発**した。データ通信量が限られる小型衛星にも適用可能となり、小型SAR衛星コンステレーションによる**準リアルタイムSAR画像提供サービス事業を目指すスタートアップ企業に採用**された。**[補4]**
- 部品開発の低コスト化と短期化(開発期間1/30)に期待される少量多品種生産方式(ミニマルファブ)において、**JAXAの高信頼性回路設計技術を活用して算術論理演算(マイコン)チップの試作を成功**させた。非宇宙分野を含む複数企業が合併事業を準備中で、今後宇宙・民生両分野での普及が期待される。**[補5]**
- 革新的衛星技術実証1号機は、打ち上げ後1年で革新的FPGAとスタートラッカの新事業立上げ(計2件)、超小型・省電力GNSS受信機の販売実績(41台)、軽量電池パドルの探査機への採用、X帯高速通信機器の民間企業での活用等、**国際競争力を有する宇宙機器と宇宙産業への新規参入拡大を実現**した。**[補6]**

3. 宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上に貢献する研究開発

- SLATS搭載用センサを開発し、**世界初の超低高度での原子状酸素計測・材料劣化観測を成功**させ、将来利用拡大が期待される超低高度衛星の設計に資するデータを取得した。別途共同研究で地上の原子状酸素照射技術を用い、**抗菌剤添加なく材料の抗菌活性発現を発見**し、非宇宙分野の成果も創出した。**[補7]**
- ランデブとドッキング用の高感度(フォトンレベル)かつ高時間分解能(サブナノ秒)な世界初の3Dセンサチップを開発し、**従来の相対航法センサに比べ信頼性向上と計測距離向上を同時に実現**させた。**新型宇宙ステーション補給機の自動ドッキングセンサ候補に選定**され、汎用技術として我が国の宇宙探査自在性を向上させた。**[補8]**
- 民間の光ディスク技術を応用し、数千キロ規模で光通信を行う世界初の小型光通信を実証**し、大容量リアルタイム通信や電波チャンネル不足解消に資する成果として**内閣総理大臣賞を受賞**した。オープンイノベーションの場を活用し、5年間のJSTイノベーションハブ構築支援事業の**最終総合評価で最高のSを獲得**した。**[補9]** オープンイノベーションの取組では政府予算以上の民間企業の投資を引き出し、パートナーシップ型契約の取組と共に、**民間企業の自己投資の促進を実現**した。

IADC:国際機関間スペースデブリ調整委員会、PMD:宇宙機運用後の軌道離脱、MIMO:複数アンテナで通信容量を増やす技術、SAR:合成開口レーダ、GNSS:衛星測位システム

評定理由・根拠（補足）

1. スペース・デブリ対策における新たな取組の確立 及び デブリ拡散防止装置の事業化に向けた事業共同実証の開始

【世界初の低コストな大型デブリ除去サービスの技術実証を促す新たな取組の確立】

実績／効果・評価：

スペース・デブリ対策分野は市場創出の期待があり参入意欲ある事業者もいるがクリティカル技術が確立しておらず、JAXAが研究開発を進め『世界初の大型デブリ除去』により技術優位性を獲得するとともにデブリ対策の国際議論を先導し、デブリ除去を新規宇宙事業として拓き民間事業者の自立とビジネス化に繋げることが必要である。

除去効果が大きく技術的に高度な『世界初の大型デブリ除去』において、Space-X社を育てたNASAの商業軌道輸送サービスをモデルとし、民間事業者が事業戦略に基づき主体的に宇宙機開発・技術実証を行うための**JAXAによる総合的マネジメントおよび技術的支援の取組を、パートナーシップ型の契約として実現**させた。

「商業デブリ除去実証」の二段階での実証のうち、第一段階であるフェーズⅠ（軌道上に長期間放置されたわが国由来のロケット上段デブリにランデブし映像取得し、世界的にも知見の少ない軌道上デブリの状況把握と共に非協力ランデブ技術を獲得するフェーズ）のパートナーとしてスタートアップ企業の株式会社アストロスケールを選定して、フェーズⅠのプロジェクトを立ち上げ、新たな取組である**官民パートナーシップの効果により、事業者の投資を大幅に引き出した**。

（パートナーシップ型契約で適用した、新たな軌道上サービスミッションに係る安全基準については、III.6.3項を参照。）

【デブリ拡散防止装置の事業化に向けた民間企業との事業共同実証の開始】

実績／効果・評価：

人工衛星のミッション終了後に速やかに軌道離脱させ、デブリの拡散を防止する技術として、JAXAがこれまで蓄積してきた導電性デザー（地球磁場を使って宇宙機の軌道を変更する軽量の装置）の研究成果を基に、各必須技術の能力を向上した。

具体例として、カーボンナノチューブ成膜技術向上や新設計の電極構造等によって、**カーボンナノチューブ電子源の特性の大幅向上（JAXAの従来素子に対して40倍、先行する海外製品に対して10倍程度の電流密度）**を達成し、**カーボンナノチューブ電子源と導電性デザーを組み合わせた世界初の装置を実現する技術**を確立した。

民間企業が当該技術の導入をし易くなるよう、技術のツール化と知財化（特許出願：国内2件、海外2件）を進め、JAXA宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）の下、スタートアップ企業の株式会社ALEが本技術を導入し、技術技術実証を行い、**装置の製造・販売の事業化を目指す事業共同実証を開始した**。

民間事業者の自立・国際競争力確保を促す新たな取組

① JAXAは衛星ではなく、サービスと研究開発成果を調達

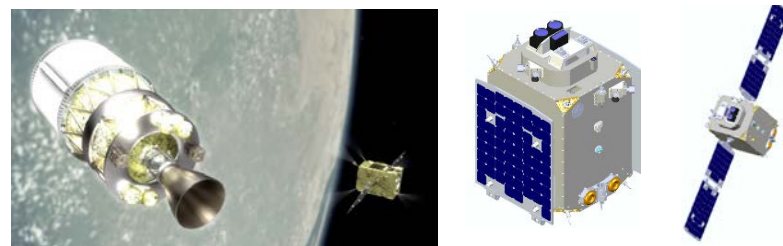
JAXAは「目標デブリに接近し、映像を取得する」サービスへの要求を提示し、民間事業者がサービス要求に応える衛星開発仕様決定、製造、運用を実施。

② マイルストーン・ペイメント方式で支払い

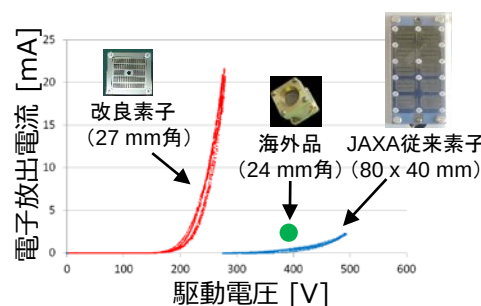
当初契約時にサービス要求を確定し全額を契約し、契約時に複数のマイルストーン（その開発段階の達成基準）を設定、マイルストーン審査結果による支払いを実施。

③ 民間事業者と資金を出し合うパートナーシップ事業

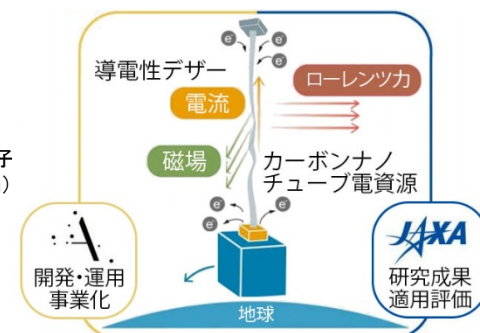
JAXAは民間事業者に対して技術アドバイスの提供と試験設備の供与を行う。JAXAはサービスと研究開発成果を得て、民間事業者は事業化へ向けた技術開発成果、事業開発成果を得る。



民間事業者が検討するフェーズⅠ 実証イメージ



カーボンナノチューブ電子源の電子放出能力の向上



宇宙デブリ拡散防止装置の事業化に向けた事業共同実証

評定理由・根拠（補足）

3. 世界初の低軌道衛星MIMO通信技術の実証実験

実績：

観測センサの高性能化により観測画像データが大容量化し、従来の多値化や広帯域化だけでない「空間多重化」による通信大容量化が求められている。同一周波数の空間多重伝送によって通信路容量を飛躍的に増すMIMO（Multiple-Input Multiple-Output）通信技術は、5G等の地上無線通信で適用されているが、地上の無線環境と異なり超長距離伝送で直接波が支配的となる衛星通信路では、地上無線通信の技術をそのまま適用することが困難であった。

JAXAは低軌道（LEO：Low Earth Orbit）衛星の軌道を考慮してMIMO通信路をモデル化することで、衛星通信路であっても送信アンテナ間／受信アンテナ間距離に応じて通信路容量を制御可能であることを解析的に導いた（下図①）。また、国内の民間企業との共同研究により、衛星MIMO通信技術を安定的に使用する方法として、複数のアンテナを適切に選択・切り替える運用手法を考案した（下図②）。これらの成果を企業が持つ受信信号から干渉信号を分離・補償する技術（下図③）と併用することで、世界初の低軌道衛星MIMO技術として、実際の衛星の軌道を模擬した条件で、アンテナ数に応じた通信路容量を得られる検討結果（例、送信アンテナ数2x受信アンテナ数2のMIMO通信で、通信路容量が2倍）を得た。

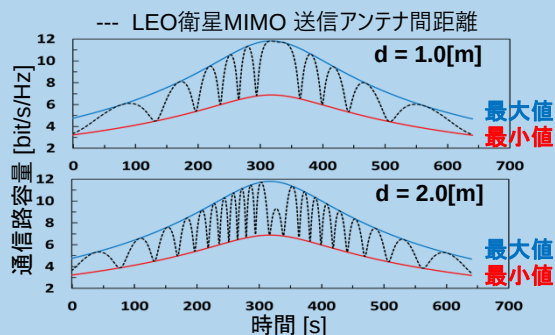
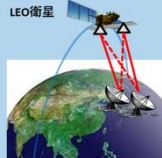
効果・評価：

本技術は、アンテナ数に応じて通信路容量を増加可能であり、2030年頃を想定する20Gbps以上（陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)の伝送速度は800Mbps)の超大容量伝送を必要とする次世代地球観測衛星直接伝送システムの基盤技術となるだけでなく、通信衛星等における利用も期待される。

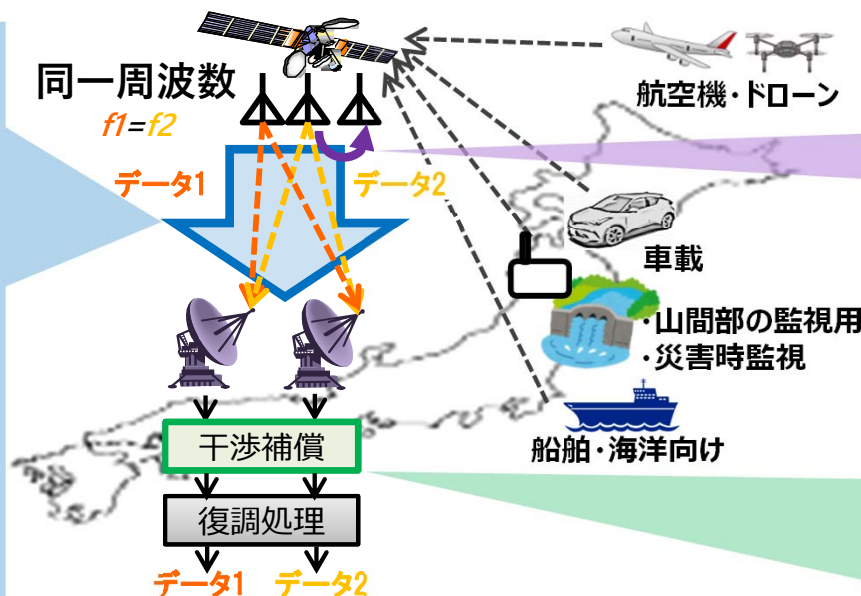
共同研究相手の民間企業は、本成果を活用し、新規事業化も目指した世界初の低軌道衛星MIMO通信技術の実証として、革新的衛星技術実証3号機ミッションの技術実証テーマに提案し、製造を開始した。

①衛星通信路モデル化技術(JAXA)

LEO衛星特有の通信環境（見通し内・通信路が時間変動する環境）での通信路のモデルを確立。



経過時間毎に通信路容量特性が周期的に変動する様子を、衛星軌道を考慮したシミュレーションにより確認。



【通信大容量化の実現】

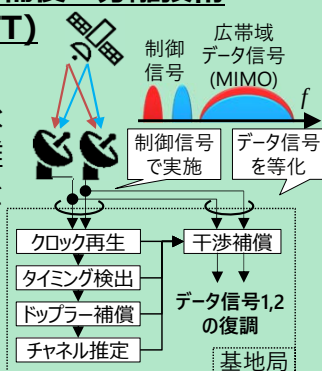
低軌道衛星MIMO通信システムの技術実証

②衛星MIMOアンテナ切り替え技術 (JAXA-民間企業共同研究)

軌道情報を元に、複数のアンテナを適切に選択・切り替える運用手法を考案。

③複数信号の干渉補償・分離技術 (民間企業：NTT)

受信タイミング・周波数誤差が異なる複数信号を分離・補償する技術を確認。



評定理由・根拠（補足）

4. 世界初の軌道上SAR画像化装置の開発完了と小型衛星ベンチャーのソリューション開発への貢献

実績：

SAR（合成開口レーダ）衛星の技術進歩に伴い観測データが肥大化しているという問題に対し、JAXAはアルウェットテクノロジー株式会社と共同で、**軌道上でSARデータを画像化できる、世界初となる軌道上SAR画像化装置を開発**した。

従来は地上の計算機で行っていたSARデータ画像化処理を、衛星搭載が可能なFPGA（Field Programmable Gate Array）に適したアルゴリズムに書き換えてファームウェア化し、SAR観測データを軌道上の衛星内で準リアルタイム処理を行う衛星搭載装置として実現した。

さらに、船舶等の人工物検出といったAI技術と組み合わせることにより、衛星からのダウンリンク量の大幅な圧縮を可能とした。

（1シーン400MBの画像から、船舶を10隻検出する場合、約100kB程度となるため、**約4,000分の1のデータサイズへ圧縮が可能**である。）



軌道上SAR画像化装置

【世界初の搭載用軌道上SAR画像化装置の開発】

衛星搭載が可能なFPGAに適したSARデータ画像化処理アルゴリズムを構築・ファームウェア化し、FPGAに実装した。試作した軌道上SAR画像化装置の環境試験を実施し、**衛星搭載装置としての開発を完了**した。

- ① **高速なCPU及びGPUを使用した計算機の8倍以上の処理速度**が得られた。
- ② 解像度10m、観測幅70kmのSARデータに対し、リアルタイム比55%の処理速度が得られ、FPGAを2つ並列で使用するにより、**リアルタイム処理が可能であることを実証**した。

【AIによる船舶検出と特徴認識】

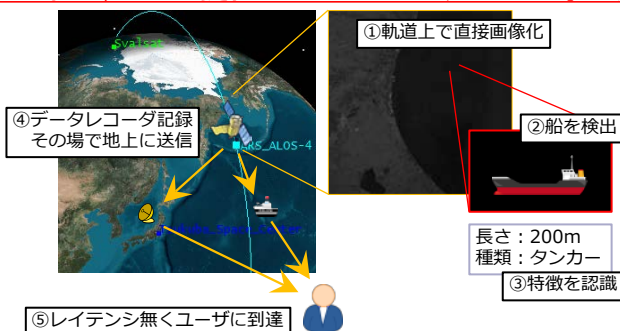
AI技術の一つであるCNN（Convolutional Neural Network）を用い、**SAR画像から、船舶検出と船種や船長等の特徴量を抽出するアルゴリズムを開発**し、かつ、処理の一部はFPGAで実行可能であることを確認した。

- ① 船長は誤差分散13%程度（既存システムは誤差100%）、船種は正解率66%程度であり、専門家による識別を超える結果が得られた。
- ② **CPU/GPUによる処理と比較し、136倍の処理速度**が得られた。

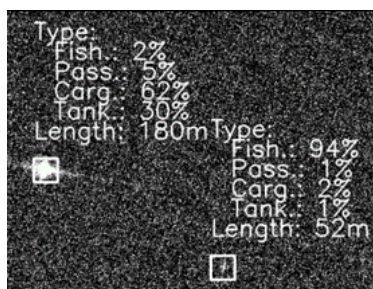
効果・評価：

本技術は、データ通信量が限られる小型衛星にも適用可能であることから、**国内及び海外の複数の小型SAR衛星のベンチャー企業から協力の打診があった。日本初の小型SAR衛星開発・運用スタートアップ企業である株式会社QPS研究所からは本技術を利用した事業コンセプト検討の要望があり**、JAXAは搭載可能な装置を準備し搭載に向けた技術検討を行うこと、QPS研究所は自社の衛星3号機に本装置を搭載することで、**JAXAとQPS研究所が共同で軌道上実証を行うことを合意**した。

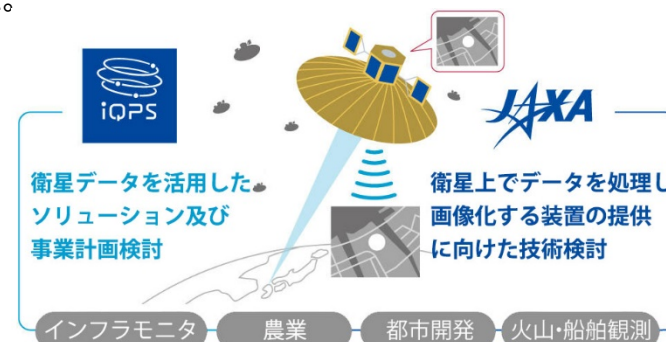
同時に、JAXA宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）の下、**QPS研究所が実施する小型SAR衛星コンステレーションによる準リアルタイム（10分毎に観測したデータを利用）データ提供サービスについて、JAXAとQPS研究所が協力し、事業コンセプトの検討を開始**した。



本装置によるデータ圧縮とレイテンシの改善



AI技術による船舶検出と特徴認識



株式会社QPS研究所との協力体制

評定理由・根拠（補足）

5. 宇宙用半導体デバイスの新しい少量多品種生産方式の技術実証と産業界への利用促進

実績：

半導体デバイスの生産方式は、民生分野では大口径ウェハを用いた100万チップオーダーの大量生産が主流で、製造期間に3～6ヶ月要するのが標準的である。宇宙用部品の製造でも民生と同じ生産方式が採用されてきたが、必要数量が衛星1機あたり数チップ～数100チップオーダーの宇宙用部品の場合、**従来の方式では製品コストの高騰を招くこと、また、製造期間が長期であるがゆえに、回路設計・動作確認・機能修正の一連のサイクルを複数回まわすことが極めて困難であり、衛星システムの開発自由度を阻害することが課題**になっている。これを解消する少量多品種・短期間の半導体デバイス生産方式実現が必要である。

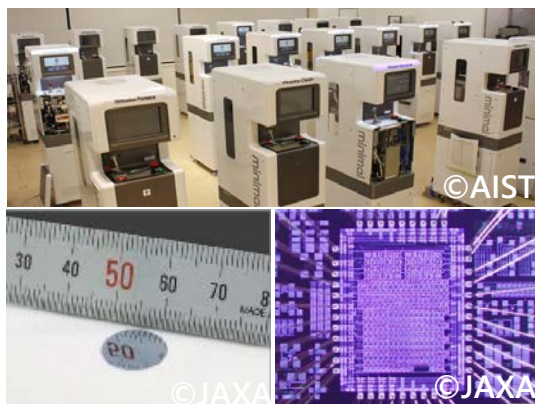
JAXAでは、**産総研（産業技術総合研究所）が開発中の新しい少量多品種生産技術であるミニマルファブに着目し、産総研と共同で試作実証を実施した。**これまでミニマルファブでは単体トランジスタや小規模な発振回路の製造実績しかなく、数百トランジスタ規模を超える集積回路の開発とその製造実証が課題であったが、**JAXAが研究開発で培った高信頼性回路設計技術と産総研の製造技術を融合し、0.5インチサイズのウェハを用いて1000トランジスタ回路規模のデジタル素子、マイクロ波・直流信号変換素子の製造と動作確認を行い、数チップの半導体デバイスを3～5日程度で製造出来ることを世界で初めて実証した。**さらに、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems：微小電気機械システム）の要素試作を実施し、**民間事業者と小型通信機器の冗長系との切替スイッチへの適応に向けた検証を開始した。**

また、本技術の産業界への利用を促すべく、**ミニマルファブの事業化検討中の企業と衛星システムメーカー一堂に会する“ミニマルファブ・スペースユーザ会”を設立した。**この中で、宇宙機システムでミニマルファブ適用が効果的であるアプリケーションの具体化、品質保証方法等の技術課題をまとめ、今後の研究活動計画へ反映した。また、実証機会について議論しており、**FY2021以降に革新的衛星技術実証等への応募を検討している。**

効果・評価：

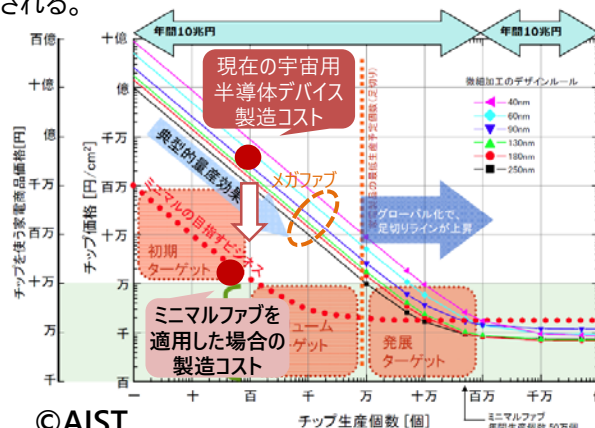
本技術は世界に類がなく、**これまで数ヶ月を必要としていたIC製造期間を3～5日と劇的（約30分の1）に短縮化し、部品製造を低コスト化することが可能**になる。また、“MEMS等センサ素子＋制御ロジック”を1チップ化し少量を製造するという**従来方式では製造が難しい複合機能デバイスも実現が可能になり、将来の探査ミッション用小型センサへの適用等、宇宙機ミッションの高機能化加速**につながる。

半導体技術に関する国際ロードマップの中でも注目技術として記載され、非宇宙分野を含む**複数企業が宇宙・民生両方を視野に入れたジョイント・ベンチャー事業の立ち上げを準備中**で、近い将来の産業界への普及が期待される。



ミニマルファブ装置（上）

0.5インチウェハ（下左）デジタル素子試作チップ（下右）



©AIST

ベンチマーク～従来技術との比較～
＜部品製造コストの比較＞

“ミニマルファブ・スペースユーザ会”

コアメンバー：

- ✓ JAXA / AIST
- ✓ NEC / NEC Space
- ✓ Melco
- ✓ HIREC
- ✓ ロジックリサーチ
- ✓ 横河ソリューションサービス
- ✓ ピーエムティー
- ✓ 産総研ファブシステム研究会

※各社保有の知財は尊重保護。
この分野の発展のため将来を見据えた活動集団とする。

FY2019活動実績：
2019/10 JAXA 御茶ノ水
- Kick Off / 要望集約
2019/12 産総研 つくば
- ミニマルファブ理解促進
2020/3
- 課題整理と今後の方針



ミニマルファブ・スペースユーザ会のメンバー構成と
FY2019活動実績

評定理由・根拠（補足）

6. 革新的衛星技術実証1号機の運用成果及び新たな産業化・新規参入企業拡大の実現

実績／効果・評価：

小型・超小型の人工衛星を活用した基幹部品や新規要素技術の軌道上実証を適時かつ安価に実施するため、2019年1月18日に革新的衛星技術実証1号機を打ち上げた。その後、小型実証衛星1号機は、約1年間の軌道上運用を行い、**国際競争力を有する宇宙機器の産業化及び宇宙産業への新規参入の拡大を実現**した。また、本活動は革新的衛星技術実証プログラムで計画されている4回のプロジェクトの1号機であり、実証テーマ選定から技術支援及び実証機会提供といった産業振興に資する一連の**実証プラットフォームを確立**し、**本プログラムにおける後続号機に資する成果**を挙げた。

※革新的衛星技術実証1号機は、部品・機器の実証テーマを搭載する小型実証衛星1号機（RAPIS-1）1機、超小型衛星及びキューブサットの実証テーマ各3機からなる合計7機の衛星群であり、全13テーマを搭載。

< 実証テーマの軌道上実証に伴う、産業化と新規参入企業の拡大 >

RAPIS-1での1年間の軌道上実証の結果、**各実証テーマは優れた成果を挙げ、産業化や新規参入企業の拡大を実現**した。

① 革新的FPGA < NB-FPGA >

【成果】 低消費電力（1/10）、小型化（1/3）、低エラー率（1/100）が可能で、1年間を通じて正常に動作した。ソフトウェアと識別される事象は一度も発生せず、FPGAの書換え実験も成功した。

【アウトカム】 FPGAを製造・販売する等**革新的FPGAを広く普及させる事業に向けて活動を開始**した。

② 軽量太陽電池パドル < TMSAP >

【成果】 世界最高の出力・質量比 150 W/kg（従来は、50W/kg程度）を1年間の運用中で確認した。

【アウトカム】 薄膜太陽電池パネルのパネル枚数を増やした太陽電池パドルが**深宇宙探査機DESTINY+に採用**された。

③ X帯高速通信機器 < HXTX >

【成果】 64APSK（Amplitude Phase Shift Keying）変調にてエラーフリーの世界最高通信速度2.65Gbpsを達成した。

【アウトカム】 この成果は民間スタートアップ企業にも活用されており、今後の小型SAR衛星コンステレーションへの利用が期待される。

④ 超小型・省電力GNSS（Global Navigation Satellite System：全地球航法衛星システム）受信機 < Fireant >

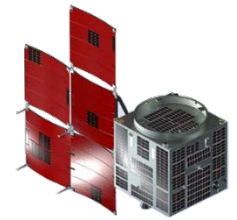
【成果】 測位精度、起動時間、放射線耐性において想定以上の性能を確認し、サイズ・消費電力・価格において市場競争力の高いGNSS受信機の実証に成功した。

【アウトカム】 **大学及び研究機関向けに4機関21台**（革新2号機搭載の「ひばり」「KOSEN-1」を含む）、**企業向けに1企業20台を販売**した（小型実証衛星2号機システムメーカーである三菱電機でも採用を検討中）。

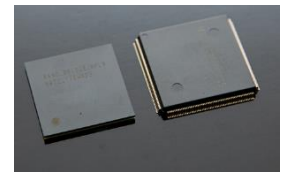
⑤ 深層学習を応用した革新的地球センサ・スタートラッカ < DLAS >

【成果】 世界で初めて深層学習による可視光画像認識を応用した3軸姿勢決推定を軌道上で実証した。

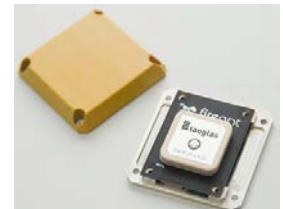
【アウトカム】 スタートラッカー製作と深層学習を用いた画像解析を行う**新会社 株式会社「天の技」を設立**した。キューブサット用のスタートラッカを開発し、小型実証衛星2号機での軌道上実証後、市販を開始する予定。



RAPIS-1軌道上外観
(TMSAP展開の様子)



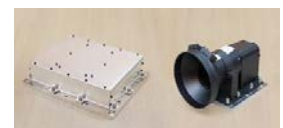
NBFPGAの外観



Fireantの外観



HXTXの外観



DLASの外観

評定理由・根拠（補足）

7. 世界初の超低高度環境での原子状酸素計測と材料劣化観測 及び 原子状酸素照射による材料の抗菌活性発現の発見

【世界初の超低高度環境での原子状酸素計測と材料劣化観測の成功】

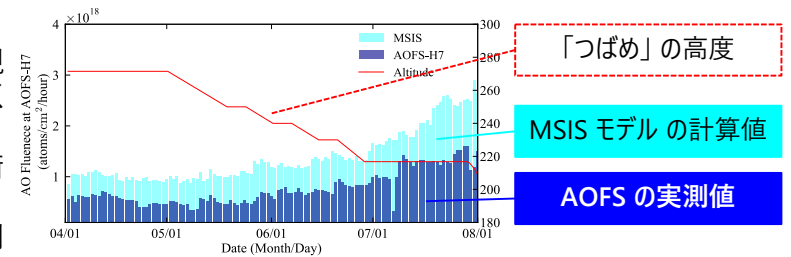
実績：

高度300km以下の超低高度軌道の利用は、宇宙技術の現場にさまざまなメリットが生まれる観点で近年注目されている。しかしながら、従来衛星高度と比較し原子状酸素（AO）密度が著しく高い環境であるため、AOとの衝突による宇宙機用材料の深刻な劣化が懸念されている。

JAXA は、超低高度環境のAOによる宇宙用材料の劣化現象を明らかにするために、超低高度衛星技術試験機「つばめ」において原子状酸素モニタ（AMO）ミッションを実施した。本ミッションでは、水晶振動子微小天秤（QCM）センサを内蔵したAOフルエンスセンサ（AOFS）にて、これまで実測経験の限られていた**超低高度環境でのAO衝突量（フルエンス）の長時間計測に世界で初めて成功**した。また、宇宙環境に曝露した宇宙用材料のCCD観測装置である材料劣化モニタ（MDM）にて、**超低高度環境でのAOフルエンスに応じた材料変化挙動の光学観測に世界で初めて成功**した。

効果・評価：

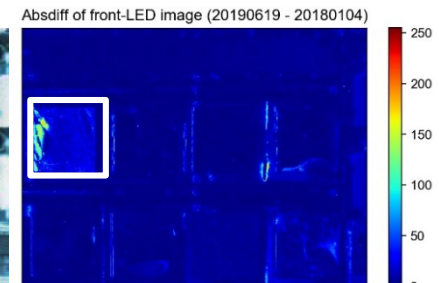
AOFSにて実測したAOフルエンスは、既存の大気密度高度分布モデル（MSISモデル）から算出したAOフルエンスの約40～70%であり、**MSISモデルがAO密度を過大評価している可能性を持つことが分かった**。MDMの光学画像を解析することで、**耐AO性コーティング付きポリイミドフィルム（JAXA開発耐AO性材料）について、材料により大きなAOフルエンスが当たると表面変化が急激に進行する現象を見出した**。また、超低高度衛星での適用が期待される**複数の材料について、実超低高度環境での優れた耐久性を実証**した。これらの知見により、超低高度のAO環境や超低高度ならではの材料劣化についての理解を着実に前進させ、小型衛星のメガコンステレーション等に対応する**将来の超低高度衛星のための設計標準・材料選定指針へ反映させ、新規耐AO性材料開発や地上試験技術の高度化の足掛かりを得た**。



AOFSにて観測したAOフルエンス（2019年4月～7月末）



MDMの光学観測像
（2019年6月19日）



初期取得画像との差分解析結果
（2019年6月19日）

【原子状酸素照射による材料の抗菌活性発現の発見】

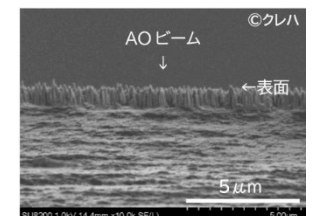
実績／評価・効果：

新たなビジネスアイデアを創出するためのビジネスマッチングの枠組み「未来共創会議」（JAXA／株式会社電通 共催）を端緒としてスタートした株式会社クレハとの共同研究で、JAXAが地上において宇宙用材料の耐AO性を評価するために確立してきた、AO環境を再現するAO照射技術を活用し、**AOをプラスチック材料表面に照射することにより生じる微細な形状変化により、抗菌性能を発現することを発見**した。

本手法では、本来は材料自体に含まれない抗菌剤などを添加することなく、材料表面形状を変化させることで抗菌性を付与することができ、抗菌持続性や耐性菌対策など安全性の観点で**幅広い産業での応用が期待でき、産業振興に貢献する成果も創出**した。



12時間AO照射品に対する
抗菌活性評価結果
（JIS Z 2801準拠、黄色ブドウ球菌）



AO照射プラスチックフィルム
電子顕微鏡画像（断面）

評定理由・根拠（補足）

8. ランデブ・ドッキングセンサ Flash LIDARの技術的実現性の確立

実績：

国際宇宙ステーション（ISS）や月周回有人拠点（Gateway）をはじめとする将来の国際宇宙探査プラットフォームの運用においては、宇宙機とプラットフォームのランデブ・ドッキングミッションが生じ、その際に宇宙機の目の役割を担うLIDAR（Light Detection and Ranging）を含む相対航法センサが必要である（左図）。相対航法センサに課せられる主な要求は、数百メートルにわたる長い計測範囲、数センチメートルの高い測距精度、一辺数十度の広い視野角、その視野に太陽が入った場合でも正常に機能するロバスト性などが挙げられる。

LIDARには、①「スキャン方式における駆動部に起因する信頼性の低下」と②「フラッシュ方式における光の拡散投射に起因する反射光強度・計測可能距離範囲の不足」の課題があった。そこで、JAXAでは、宇宙探査イノベーションハブの枠組みで国内企業との共同研究の成果に基づき、キー技術となる3Dイメージセンサチップ（中央図）を新たに開発した。開発したセンサチップは、**フォトンカウンティング※可能な高感度センサMPPC (Multi Pixel Photon Counter) を用い、高感度（フォトンレベルの感度）かつ高時間分解能（サブナノ秒）の世界初のセンサ**で、1回の撮像で強度画像（モノクロ画像）と距離画像を同時生成することを可能とした。

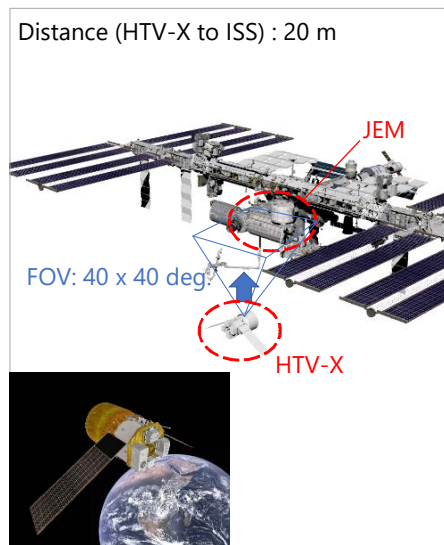
また、**3Dイメージセンサチップの試作をFlash LIDARのBBM（Breadboard Model）に実装、評価・解析を実施**（右図）し、**両課題を解決し、将来ミッションの機能・性能の要求を満足するFlash LIDARの技術的実現性を確立**した。

※フォトンカウンティング：光子の数を計数して光の量を測定する方法

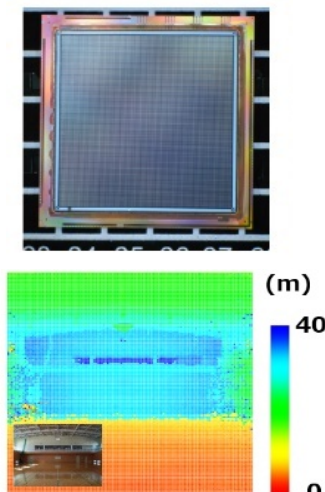
効果・評価：

新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）のバーシング用センサおよびHTV-Xを使った自動ドッキング技術実証におけるドッキング用センサの候補の一つに選定された。遠距離からドッキング時の近距離まで一貫して対応できるランデブセンサとして、今後の宇宙探査における国際的プレゼンスの維持・向上に資する成果である。

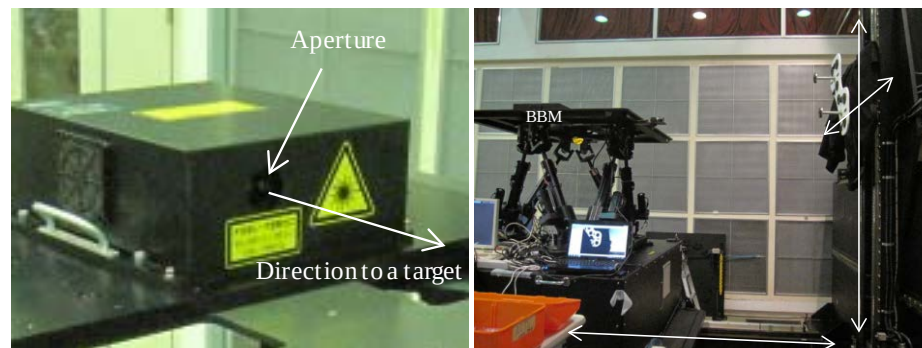
（III.3.10項 参照）



ISS補給ミッションと
Flash LIDAR視野のCGイメージ



センサチップの試作品の写真（上）
距離画像の例／体育館の屋内（下）
（提供：浜松ホトニクス株式会社）



BBMの外観（左）と評価試験の様子（右）

評定理由・根拠（補足）

9. オープンイノベーションによる宇宙分野の研究システム改革及び研究成果創出と社会実装実現（1/2）

【オープンイノベーションによる宇宙分野の研究システム改革】

実績／効果・評価：

宇宙探査イノベーションハブにおいて、異分野糾合を促進するための研究システム改革を2015年度から行ってきた。宇宙探査と地上の社会実装双方に展開する“Dual Utilization”という新しいコンセプトを導入したことにより、宇宙探査本ハブの共同研究における民間企業等の自己投資額が年々増加し、4年目には**民間企業等の自己投資額が国費（JST支援資金及びJAXA交付金）を上回った**。これまで政府の予算規模が我が国の宇宙機器産業とほぼ同規模であり、官需主体傾向の宇宙分野における研究では実現が難しかった民間の自己投資を実現した。

このように多くの自己投資を引き出したこと等が評価され、**JST（科学技術振興機構）イノベーションハブ構築支援事業（2015年度～2019年度）の事後評価結果として、総合評価で5段階中最高評価のS評価を獲得した**（4法人中、2法人がS評価、2法人がA評価）。下記のイノベーションハブ構築支援事業評価委員会の評価の通り、今後のJAXAの機能強化に資する成果である。

- “Dual Utilization”という新しいコンセプトを導入し、その実現に向けたイノベーションハブの組織運営体制等の整備を行った。
- その結果として、人材糾合や幅広い異分野連携を生み、**企業から多くのリソース提供を引き出し**、多数の研究開発成果を挙げ、さらにJAXA内の他部門へ同様のスキームを波及させたことで、法人の機能強化にも寄与した。

<5年間の成果例>

①異分野連携・人材糾合の促進

- 154機関が共同研究に参画（9割が非宇宙分野）**。建設、住宅、玩具、農業、化粧品等。**中小・ベンチャー企業から47社参加**。“Dual Utilization”のコンセプトにより、宇宙探査に資する研究への非宇宙企業の関心・参加が年々増加した。
- JAXA内外で**総勢約650名が参加**。クロスアポイントメントにより、**異分野企業から7名が参加**。研究から宇宙実証へと一気通貫で参加したクロスアポイントもあり、企業との連携を促進し迅速な研究成果の創出に貢献。

②研究開発成果・社会実装（詳細は次頁参照）

- 95の共同研究テーマ**により、宇宙/地上双方に展開可能な成果を数多く創出し、社会実装も進展。探査ハブにおける共同研究を通じ、実用化に向けて進展したものは以下の通り。

○社会実装

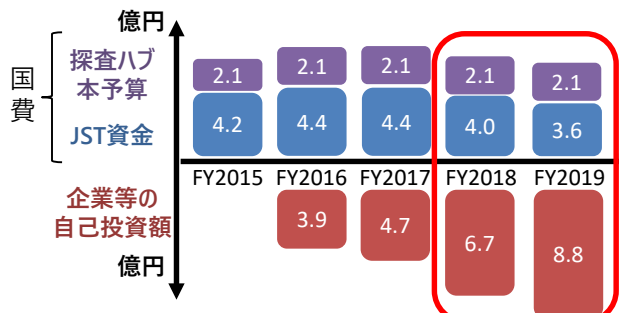
研究開始時点から、**開発段階に進んだもの45%**（22件）、更に**製品化段階に進んだもの14%**（7件）

○宇宙化

研究開始時点から、**宇宙展開に向け調整を開始したもの22%**（11件）、**宇宙展開がほぼ決定/展開済のもの14%**（7件）

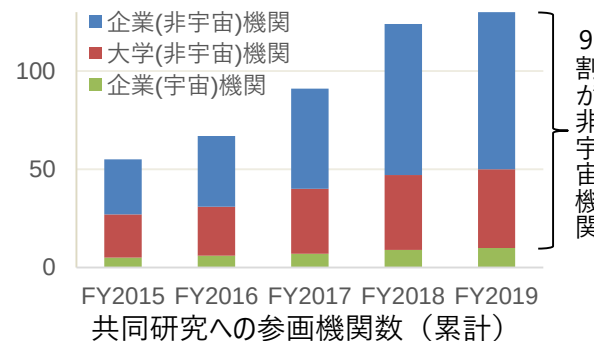


“Dual Utilization”のコンセプト図



国費 < 企業等の自己投資額

資金状況



評定理由・根拠（補足）

9. オープンイノベーションによる宇宙分野の研究システム改革及び研究成果創出と社会実装実現（2/2）

【世界初の小型光通信装置の実証による宇宙通信インフラ構築への貢献】

実績／効果・評価：

1970年代より培われた**量産可能・小型軽量・低消費電力**という我が国が強みを持つ**光ディスク技術**を応用し、精密指向制御技術による長距離光通信を可能とする小型光通信装置「SOLISS（Small Optical Link for International Space Station）」を株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所と共同開発した。

国際宇宙ステーション（ISS）上の「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに設置し、**世界初の小型（光通信関連部のみで約5.1kg）の双方向光通信の軌道上実証**を実施し、**エクストラサクセス（100Mbpsイーサネット経由でのデータ転送確立）**を達成した。

< 他実証例 > NASAのOpals（ISS）：質量159kg/50Mbpsの一方方向通信

NICTのSOTA（小型衛星）：質量6kg/10Mbpsの一方方向通信

本共同研究は、宇宙空間における大容量リアルタイムデータ通信の実現や電波チャンネル不足等への対応に寄与するものと評価され、**第4回宇宙開発利用大賞の最高賞、内閣総理大臣賞を受賞**した。

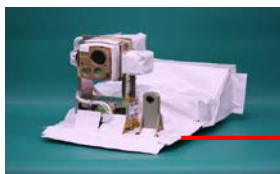
さらに、「SOLISS」の動作確認用モニタカメラとして、JAXAと株式会社リコーが共同開発した小型全天球カメラも搭載し、民生品ベース開発の宇宙で使われた**世界最小となる360°カメラの軌道上実証を実施**した。

SOLISSの成果は、**衛星メガコンステレーションによるインターネット網構築**をはじめとした衛星通信の大容量化、衛星通信機器の小型化等の基盤技術として広く利用される可能性がある。また、将来は探査の分野の通信手段として利用できる技術で、ISSや月、火星圏と地球との通信手段、更には月面ローバの通信手段など幅広い利用が期待される。360°カメラは、カメラのサイズ・重量を抑えながら多くの視覚情報を得ることが可能であり、宇宙探査機や人工衛星での利用が期待される。



光ディスク技術

特徴：数ミリ先のディスクを約100nmの精度で狙う



小型光通信装置「SOLISS」

特徴：約千キロ先のアンテナを約100mの精度で狙う



株式会社リコーと共同開発

した360°カメラによりISSから撮影した画像

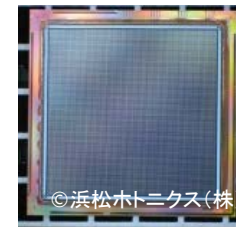
【可動部のない小型軽量な超高感度二次元同時距離計測センサ（Flash LIDAR）】 ※補足8に詳細を詳述

実績／効果・評価：

- ①時刻同時性に優れている。
（現在の主流であるビームスキャンが不要）
- ②単一光子の検出も可能な高感度特性。
（既搭載品と比べ、2桁以上感度が高い）

地上：車両自動運転の中核技術としての適用を期待。

宇宙：月惑星への着陸、軌道上ランデブへの展開が可能。



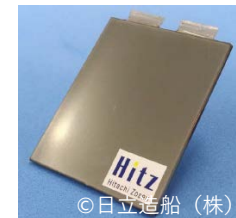
【厳しい高低温環境や真空環境で動作可能な全固体リチウムイオン二次電池】

実績／効果・評価：

- ①幅広い使用温度範囲（**全固体電池の中でも動作範囲が広く、-40℃～+120℃で充放電が可能。一般的な全固体の動作範囲は平均-30℃～+80℃**）
- ②電池の大型化・高容量化が可能（**積層構造改良により、実用的な容量の5Ah級電池を実現**）

地上：極限環境や車両等の電源への適用を期待。

宇宙：月面・月周回拠点、超小型衛星等への展開が可能。



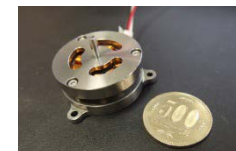
【小型で発熱が極めて少ない世界最高性能のモータ】

実績／効果・評価：

- ①質量が質量が25g、出力50Wで連続運転が可能、かつ、低・高出力の広範囲での80%以上の効率。
（同定格の従来品の効率は50%程度）
- ②発熱が極めて少ない。**（同定格の従来品の1/4）**

地上：モータ電力消費量減少により、エネルギー問題解決に貢献。

宇宙：月・火星表面探査ローバ、火星飛行機・ドローン等への展開が可能。



参考情報

宇宙太陽光発電システム（SSPS）の研究開発状況

JAXAでは、SSPSの研究者/技術者が自ら手がけなければ進展しない技術（他分野では研究開発の動機のない技術）として、「マイクロ波無線電力伝送技術」、「レーザ無線電力伝送技術」および「大型宇宙構造物技術」を識別し、これらの研究開発を最優先で進めている。以下に、各研究の2019年度の主な成果を示す。

実績／効果・評価：

(1) マイクロ波無線電力伝送技術の研究開発

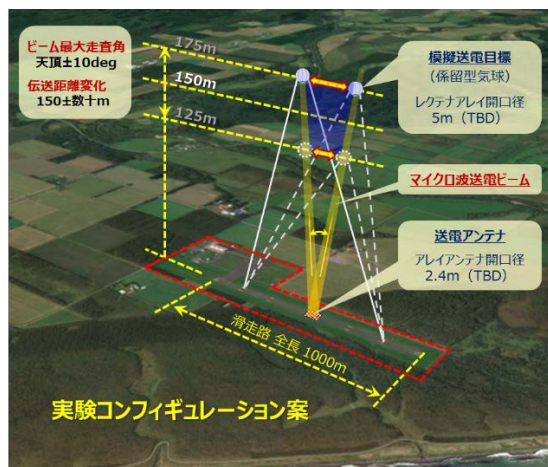
飛翔体への長距離マイクロ波無線電力伝送技術の高精度化・高度化として、送受間の相対的位置関係（距離や方角）が変化する状況下で高効率な無線電力伝送を行う高精度ビーム指向・追従制御技術（リアルタイム位相制御技術）を実証するため、飛翔体（高度150m）を用いた無線電力伝送実験計画案をまとめた。また、当該実証実験の共同実施を念頭に、経産省SSPS研究開発事業の委託を受けた（一財）宇宙システム開発利用推進機構との共同研究として、高精度マイクロ波ビーム制御装置の概念検討に着手した。

(2) レーザ無線電力伝送技術の研究開発

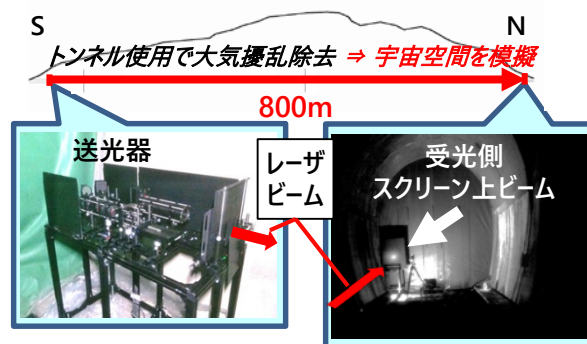
マイクロ波型よりもコンパクトな無線電力伝送システムの実現に向け、技術確立と実証を進行中。2019年度も引き続き、月面上のkm級電力伝送（太陽光発電機（@日照域）⇒探査ローバ（@永久影域））を一つの間目標とし、宇宙用100W級レーザの内部構成検討（特に排熱）、30cm角InGaAs光電変換パネルの設計・試作、ビーム制御方式の検討等を実施した。また、本要素技術の転活用候補先として、配管/トンネル内インフラ検査ロボット（@地上）や小型衛星/フリーフライヤ（@宇宙）等を見出すと共に、産学官連携コミュニティの形成を進めた。

(3) 大型宇宙構造物技術の研究開発

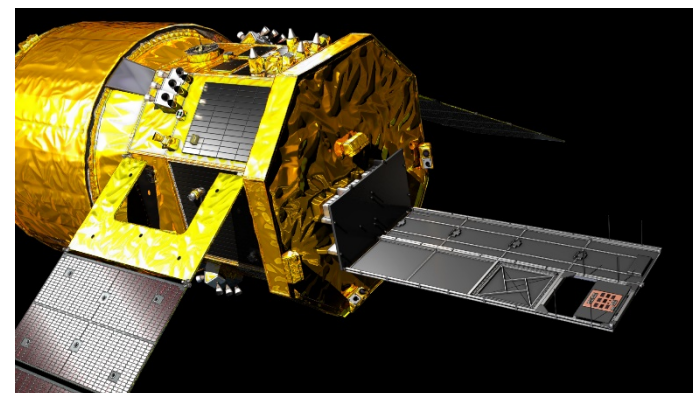
SSPSは数百m～数kmの大型宇宙構造物を必要とする。このような大型宇宙構造物を軌道上で自動的に構築する技術の確立に向けて、静止軌道降水レーダへの適用を見据えた30m級大型平面アンテナの実現を当面の目標とし、当該技術に関する実験装置の設計、試作、試験等を実施してきた。2019年度は、30m級大型平面アンテナの実現に向けた事前検証として、HTV-X1号機を用いた、当該技術に関する軌道上実証計画を策定し、当該実証システムの予備設計を完了した。



飛翔体（係留気球）を用いた
長距離マイクロ波無線電力伝送実験のイメージ



トンネル内でのレーザ無線電力伝送実験



HTV-X1号機を用いた平面アンテナ展開実験のイメージ

参考情報

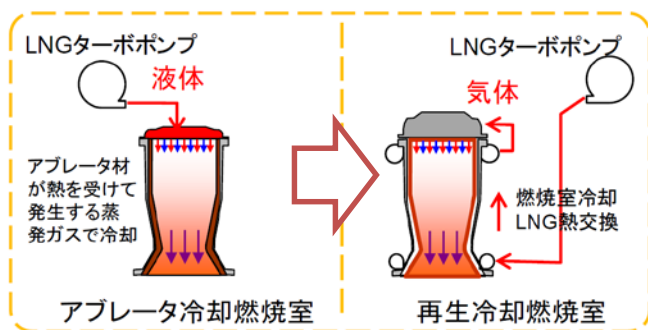
LNG推進系関連技術の研究開発状況

LNG（Liquefied Natural Gas：液化天然ガス）推進系に用いる液化天然ガスは、液体水素と比して宇宙空間での貯蔵性に優れる他、漏洩や爆発の危険性が低いことから安全性などの面で優れており、LNG推進系は将来のロケットや軌道間輸送機などでの利用が見込まれる。

JAXAは、2012年度までに獲得した基盤技術（システム設計、解析、アブレタ冷却方式燃焼室、等）を踏まえ、2013年度からは世界トップレベルの燃費性能を目指し、「再生冷却方式燃焼室の研究開発」に取り組んでいる。以下に2019年度の主な成果を示す。

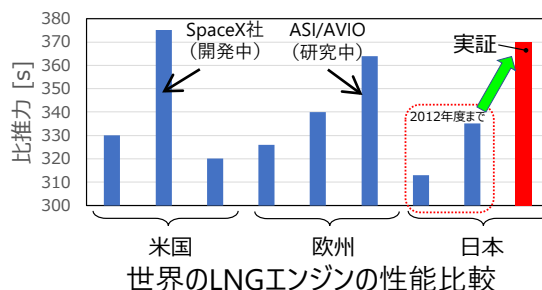
実績：

エンジンの燃焼室内へ燃料と酸素を噴射する噴射器、再生冷却方式燃焼室及びターボポンプ等を組合せてエンジンに近い形態での燃焼試験を実施した。その結果、研究目標である世界トップレベルの性能（燃費に相当する比推力約370秒）を実現する燃焼効率97%を実証した。これにより、LNGエンジンの主要コンポーネント（噴射器、燃焼室、ターボポンプ）について世界トップレベルの性能を発揮できる設計技術を実証できた。実証された設計技術は、液体水素エンジンと同レベルに達しており、基幹ロケットにおける液体水素エンジンと同様に速やかに開発に移行できるレベル（TRL=4）にある。

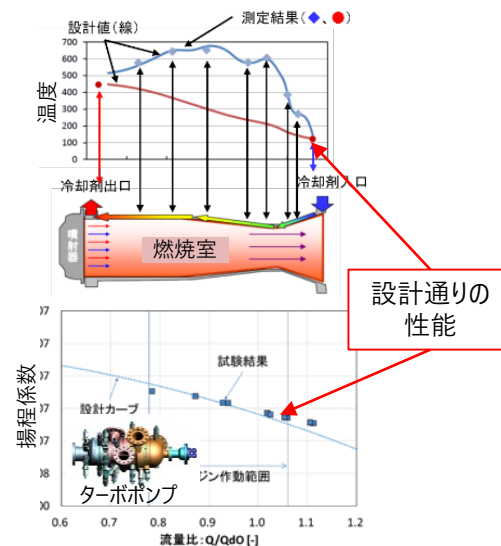


	アブレタ冷却燃焼室	再生冷却燃焼室
構造	シンプル(材料のみの構成)	複雑(熱交換機能をもつ)
性能(Isp)	低い(燃料を液体噴射)	高い(燃料を気体噴射)
寿命	比較的短い	比較的長い

燃焼室冷却方式の比較



燃焼試験の様子



設計技術の実証の例

効果・評価：

JAXA宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）の下、宇宙機にLNGエンジンを採用した民間ベンチャー2社に対し、JAXA知財を活用した技術支援を実施している。

また、大学等と連携してLNG推進系の飛行実験を計画中であり、飛行実験用エンジンの総合燃焼試験（2020年度）の準備を実施している。



民間によるLNGエンジンを搭載した宇宙機システム

参考情報

ロケット1段再使用化に向けた小型実験機(RV-X)の研究開発状況

RV-Xは、CNES（仏）およびDLR（独）と協力して検討が進められている1段再使用飛行実験（CALLISTO）プリプロジェクトのフロントローディングの位置づけで研究が進められており、CALLISTOで採用が決まっているJAXAで開発した高性能なスロットリング機能を持つ液酸液水再使用ロケットエンジンを搭載し、特に低高度領域の繰り返し飛行実証を目的とした研究である。

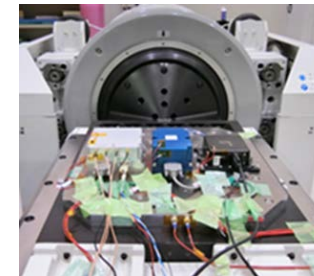
機体が地上に安全・確実に離着陸するためには、ロケットエンジンの詳細な特性データや、搭載する電子機器の離着陸時の耐環境性を確認する必要があり、2018年度には搭載電子機器を機側に配置し、6回の地上燃焼試験「地上燃焼試験#1」を実施した。電子機器搭載位置での振動環境データの取得、およびスロットリング状態下でのエンジン作動点データの取得を行った。2019年度には「地上燃焼試験#1」の実績を反映するとともに、全機器を機体に搭載したフライト形態での動作確認を目的とした「地上燃焼試験#2」を計画した。また、CALLISTOの機体設計に反映することを目的とした各種データ取得も併せて計画することとした。

実績：

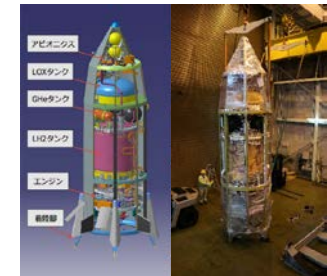
2019年度夏期～秋期に「地上燃焼試験#1」で取得した機体各部の振動レベルをそれぞれの搭載機器に印加した振動試験を実施し、全搭載電子機器に振動耐性があることを確認した。その後、機器を機体に搭載し機体全体組み立てを実施した。

冬期には、能代ロケット実験場にて推進系の低温環境下でのバルブ作動特性やタンク加圧特性データの取得を目的とした推進系機能確認試験を実施し、各機器が低温環境下でも正常に作動することを確認した。

その後、フライト形態で「地上燃焼試験#2」を実施した。2回の燃焼試験を行い40%および60%推力レベルでの各系におけるデータ取得を行った。また、CALLISTO向けにエンジン予冷データ、機体底部熱流束データおよびエンジン噴煙環境下における航法センサの性能データ取得を行った。



搭載機器振動環境試験



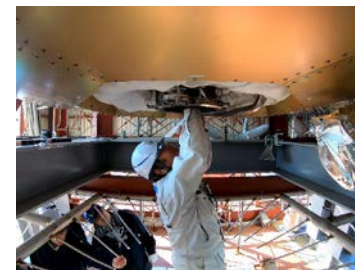
機体組み立て



エンジン燃焼試験



40%推力レベルの燃焼状況



試験間点検



燃焼試験管制

現在及び今後の取組：

「地上燃焼試験#2」項目実施中にエンジンバルブの取得データに詳細な評価が必要な項目が見いだされたことから、現在は「地上燃焼試験#2」シリーズを中断しているところである。データの詳細評価の上、エンジンバルブの点検等を実施後、「地上燃焼試験#2」シリーズを再開する計画である。

「地上燃焼試験#2」実施後には飛行試験に向けた全機落下試験や航法誘導制御系にかかわる各種試験を実施し、確実な飛行試験の実施に向けて試験を行っていく方針である。

年度計画	実績
1. 2. 2. 新たな価値を実現する宇宙産業基盤・科学技術基盤の維持・強化 新たな事業領域の開拓や世界をリードする技術革新により、我が国の宇宙活動の自立的・持続的発展と関連産業の国際競争力強化に貢献するため、今中長期目標期間において確立を目指す重要技術に対し、以下に示すとおり研究開発の重点課題として取り組む。	新たな事業領域の開拓や世界をリードする技術革新により、我が国の宇宙活動の自立的・持続的発展と関連産業の国際競争力強化に貢献するため、今中長期目標期間において確立を目指す重要技術に対し、年度計画で設定した重点課題に対して、以下の実績を得た。
その際、研究リーダに優れた人材を登用するため、クロスアポイントメント制度やイノベーションフェロー制度等を活用し、人材糾合を進める。	その際、研究リーダに優れた人材を登用するため、クロスアポイントメント制度やイノベーションフェロー制度等を活用し、人材糾合を進めた。 <u>オープンイノベーションの取組では、共同研究に参画する154機関のうち9割が建設、住宅、玩具、農業、化粧品等の非宇宙分野の企業であり、また、クロスアポイントメント制度により非宇宙分野企業において7名（清水建設1名、ソニー2名、ミサワホーム1名、タグチ工業1名、光電製作所1名、ソラリス1名）参加するなど、異分野糾合を実現した。研究から宇宙実証へと一気通貫で参加したクローポもあり、企業との連携を促進することで、迅速な研究成果の創出に貢献した。</u>
また、国際競争力の鍵となる技術の知的財産化に関し、産業界による活用が促進されるよう知的財産に係る JAXA の対応方針を取りまとめる。	我が国の産業・科学技術基盤の強化を図り、安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現、宇宙利用拡大と産業振興、宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上及び航空産業の振興・国際競争力強化を知的財産活動を通じて効果的・効率的に実施するため、 1. 基本的な考え方 2. 知的財産マネジメント体制 3. 知的財産の識別・保護 4. 知的財産の産業活用 5. 知的財産の教育 <u>の5項目についてJAXAの知的財産に関する業務の方針を明示した知財ポリシーを策定した。</u>

年度計画	実績
(1) 宇宙開発における新たな価値を創出する先導的な研究開発	(1) 宇宙開発における新たな価値を創出する先導的な研究開発
① 安全保障の確保、安全・安心な社会の実現に貢献する研究開発	① 安全保障の確保、安全・安心な社会の実現に貢献する研究開発
スペース・デブリ対策の事業化を目指す民間事業者等と連携し、低コストデブリ除去サービスのミッション実現に向けたシステム設計に着手する。デブリ発生を未然に防止する技術については、大気圏への安全投棄の技術についての研究を進める。また、事業化に向けて、政府や内外関係機関と連携し、宇宙デブリ対策の国際ルール化に向けた国際的な議論を進める。	<u>低コストな大型デブリ除去サービスの実現に向け、JAXA初のパートナーシップ型の契約を実現させ、JAXAだけでなく事業者が企画するミッションも衛星に搭載することで、投資を大幅に引き出した。また、導電性テザーによる軌道降下技術として、カーボンナノチューブ電子源の性能向上（海外製の約10倍、特許出願4件）を果たし、技術導入を容易とするツール化を進め、民間企業と事業化を目指す共同実証を開始した。国際的な議論としては、IADCで廃棄の25年ルール、PMD確率90%の効果等を示し、低減ガイドラインの12年ぶりの改訂に貢献した。</u>
また、ロケット推進技術の極超音速飛行への応用については、関係機関と連携しつつ研究を進める。	防衛装備庁の大型外部資金である「安全保障技術研究推進制度」に採択され、2021年度に飛行試験を計画している超音速燃焼飛行試験について、システムの開発に着手した。

年度計画	実績
② 宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発 高い信頼性と経済性を有する宇宙輸送サービスを実現することを目指し、再使用型宇宙輸送システム技術の研究開発を進める。また、CNES、DLRと協力して1段再使用飛行実験（CALLISTO）に向けた検討を進める。	② 宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発 1 段再使用飛行実験（CALLISTO）のフロントローディングとして進めている小型実験機（RV-X）の飛行実験に向けた「地上燃焼試験#2」を実施した。一部試験に関しては機器の調整を行ったうえで2020年度に実施することとした。 CALLISTOについては、CNES、DLRと協力して検討を進め、宇宙基本計画工程表に明記された。
通信や地球観測等の分野では、世界に先駆けた利用サービスや高い国際競争力を持つ宇宙システムの創出を目指し、民間事業者と協力し、低コスト・大容量な高速衛星通信ネットワークを実現する光・デジタル通信技術及び静止軌道からの常時観測を可能とする超高精度な大型光学センサ技術について市場ニーズを先読みした研究開発を進める。また、ライダー観測技術について、開発を見据えて着実に研究を進める。	世界に先駆けた利用サービスや高い国際競争力を持つ宇宙システムの創出を目指し、民間事業者と協力し、低コスト・大容量な高速衛星通信ネットワークを実現する光・デジタル通信技術及び静止軌道からの常時観測を可能とする超高精度な大型光学センサ技術について研究開発を進めた。 特に、静止軌道からの常時観測を可能とする超高精度な大型光学センサ技術については、関係機関、有識者と市場ニーズを踏まえた議論を重ねながら研究を進めており、<u>世界最軽量（53kg/m²）で低熱膨張かつ耐放射線性を有するコーディエライト製分割鏡の母材（1.4m級）を製造し、世界初の静止軌道から地表面分解能7mを可能とする大型光学衛星の実現可能性を高めた。また、気象観測で重要な波長帯（～15μm）まで検出する世界トップレベルの大フォーマット（1kx1k）の赤外検出器Type- II 超格子チップの試作を進め、国際競争力になるキー技術実現性を大きく向上した。</u> さらに、JAXAの低軌道衛星に係る知見として低軌道衛星からの電波伝播モデル化技術を活かし、同一周波数でアンテナ数に応じて通信容量を増加出来るMIMO技術を衛星通信に適用する解析方式を導き、民間企業が世界初の低軌道衛星MIMO通信技術実証の開発を開始した。 また、ライダー観測技術はプロジェクト化に向けた検討を行いつつ、次世代の風観測ミッション提案につながる積極的な研究を進めた。
さらに10年先を展望し、宇宙開発利用に新たなイノベーションを起こす革新的な技術として、ロボットによる軌道上での機器交換や補給・回収サービス、衛星データ活用へのAI応用等の、新たな宇宙利用を生み出す研究開発を行う。並行して、これらの技術を基にした新たなミッションを考案・発信し、事業化アイデアの取り込み活動を推進する。	宇宙開発利用に新たなイノベーションを起こす革新的な技術として、ロボットによる軌道上での機器交換や補給・回収サービス、衛星データ活用へのAI応用等の、新たな宇宙利用を生み出す研究開発を行った。 特に、<u>SARデータ通信量の大幅な圧縮（約1/4000）を可能にする、軌道上でSARデータを画像化する装置を民間企業と共同で開発した。データ通信量が限られる小型衛星にも適用可能となり、小型SAR衛星のコンステレーションによる準リアルタイムSAR画像提供サービス事業を目指すスタートアップ企業に採用された。</u>

年度計画	実績
③宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上に貢献する研究開発	③宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上に貢献する研究開発
国際宇宙探査において、我が国が高い技術と構想を持って戦略的に参画するため、重点課題として、独自の技術で優位性を発揮できる環境制御・生命維持等の研究開発を行う。	環境制御・生命維持技術の研究開発として、空気再生システム、破棄物処理システムおよび水再生システムの研究開発を実施しており、酸素製造技術では目標といていた電力（3.6kW、NASAは目標3.9kW）で、3/4ラックより小型で実現できる見込みを得る等の結果を得た。また、その他国際宇宙探査に係る成果として、<u>ランデブとドッキングミッション用の高感度（フォトンレベル感度）かつ高時間分解能（サブナノ秒）な世界初の3Dセンサチップを開発し、従来の相対航法センサに比べ、信頼性向上と計測距離向上を同時に実現する技術確立した。新型宇宙ステーション補給機の自動ドッキングセンサ候補に選定された。</u>
国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の支援を受け、オープンイノベーションの場である宇宙探査イノベーションハブにより、我が国が世界をリードする将来の宇宙探査に関するシステム研究及び技術課題に対応した研究を進めるとともに、地上ビジネスへの展開も含めたイノベーションの創出に向けた検討を行う。	将来の宇宙探査に関するシステム研究及び技術課題に対応した研究を進めるとともに、地上ビジネスへの展開も含めたイノベーションの創出に向けた検討を行った。 特に、民間の光ディスク技術を応用し、<u>世界初の小型の双方向イーサネット光通信の軌道上実証し、大容量リアルタイム通信や電波チャンネル不足解消に資する成果として第4回宇宙開発利用大賞内閣総理大臣賞を受賞した。また、宇宙探査と地上の社会実装に展開する“Dual Utilization”という新しいコンセプトを導入し、人材糾合や幅広い異分野連携を生み、企業から多くのリソース提供を引き出したこと等を踏まえ、優れたイノベーションハブが構築されたとして、5年間のJSTイノベーションハブ構築支援事業の事後総合評価で最高のSを獲得した。</u>

年度計画	実績
（２）宇宙産業及びプロジェクトを支える科学技術基盤の強化 我が国全体としての成果の最大化と波及拡大に貢献するため、JAXA の強みであるシミュレーション技術、高信頼性ソフトウェア技術、システム開発手法、高い国際競争力を有する搭載機器や部品等の分野において、競争的資金や民間資金の獲得に向けた提案を行いつつ、産・官・学の連携を強化して研究開発を進める。今後、宇宙利用の拡大に向けて、より拡充・強化すべき分野については、人材の流動化促進や公募型研究制度の活用等により、宇宙分野と異分野や JAXA 外の先端知との糾合を図り、科学技術基盤の裾野の拡大に努める。	（２）宇宙産業及びプロジェクトを支える科学技術基盤の強化 我が国全体としての成果の最大化と波及拡大に貢献するため、JAXA の強みである技術・手法、高い国際競争力を有する搭載機器や部品等の分野において、競争的資金や民間資金の獲得に向けた提案を行いつつ、産・官・学の連携を強化して研究開発を進めた。また、宇宙利用の拡大に向けて、より拡充・強化すべき分野については、人材の流動化促進や公募型研究制度の活用等により、宇宙分野と異分野や JAXA 外の先端知との糾合を図り、科学技術基盤の裾野の拡大に努めた。 特に、<u>SLATS搭載用センサを開発し、世界初の超低高度での原子状酸素計測・材料劣化観測を成功させ、将来利用拡大が期待される超低高度衛星の設計に資するデータを取得した。別途共同研究で地上の原子状酸素照射技術を用い、抗菌剤添加なく材料の抗菌活性発現を発見し、非宇宙分野の成果も創出した。</u> また、<u>部品開発の低コスト化と短期化（約1/30）に期待される少量多品種生産方式（ミニマルファブ）にJAXAの高信頼性回路設計技術を活用して算術論理演算（マイコン）チップの試作を成功させた。本方式は半導体に関する国際ロードマップの中でも注目されており、非宇宙分野を含む複数企業が合併事業を準備中で、今後宇宙・民生両分野での普及が期待される。</u>
中長期的に取り組む宇宙太陽光発電システムに係るエネルギー送受電技術について、関連する研究開発に取り組む機関や宇宙分野以外の研究開発状況をも把握しつつ、それらを踏まえて要素技術実証を視野に入れた研究開発を進める。	JAXAで実施すべき技術として、「マイクロ波無線電力伝送技術」、「レーザ無線電力伝送技術」および「大型宇宙構造物技術」を識別して研究を推進している。「大型宇宙構造物技術」においては、30m級大型平面アンテナの実現に向けた事前検証として、HTV-X1号機を用いた軌道上実証計画を開始した。
中長期的に取り組む液化天然ガス（LNG）推進技術については、軌道間輸送等の将来構想への適用検討を深めつつ、要素技術実証を視野に入れた研究開発を進める。	エンジンに近い形態での燃焼試験によりLNGエンジンの主要コンポーネントについて世界トップレベルの性能を実証し、基幹ロケットにおける液体水素エンジンと同様に速やかに開発に移行できるレベルであることを確認した。LNG推進系の飛行実験に向け、飛行実験用エンジンの総合燃焼試験の準備を進めた。また、宇宙機にLNGエンジンを採用したスタートアップ企業2社に対し、JAXA知財を活用した技術支援を実施した。

年度計画	実績
新技術・民生品及び超小型衛星の利用拡大等に向けた取組としては、基幹的部品や新規要素技術の軌道上実証を効果的に行うために、民間に対する技術的な支援を着実に行う。	革新的衛星技術実証 1 号機では、軌道上実証を効果的に行うために、民間に対する技術的な支援を着実に行った。打ち上げ後1年で革新的FPGAやスタートラッカの新事業立上げ（計2件）や、超小型・省電力GNSS受信機の販売実績（41台）、軽量電池パドルの他探査機への採用、X帯高速通信機器の民間企業での活用等、国際競争力を有する宇宙機器の創出や宇宙産業への新規参入拡大を実現した。また、革新的衛星技術実証 2 号機においても、実証テーマの選考を完了し、JAXAコーディネートミッション等、技術的な支援を着実に実施した。
革新的衛星技術実証 1 号機のうち、小型実証衛星 1 号機については定常運用を行い、軌道上実証を進める。革新的衛星技術実証 2 号機のうち、小型実証衛星 2 号機の開発に着手するとともに、他機関が開発する超小型衛星等のインターフェースの調整支援等を行う。革新的衛星技術実証 3 号機については、革新的ミッション創出に向けた検討を始める。	小型実証衛星 1 号機は、予定されていた約1年間の軌道上運用を終了した。小型実証衛星 2 号機は、11月に開発に着手した。なお打上げ年度は、工程表改定で2021年度に変更された。革新的衛星技術実証 3 号機は、2022年度打上げを想定し、政府衛星ミッション高度化、宇宙産業ビジョン推進に資するテーマを含む実証テーマ公募を完了し選定作業に移行した。
研究開発インフラについては運用の効率化を進めるとともに、外部と連携した研究課題に必要かつ老朽化したインフラについては対策を進める。	研究開発に使用する施設・設備に関して、移管、共用化及び整備・維持・運用の一元化の効率的運用を継続して進めた。環境試験技術における設備運営効率化と利用拡大への取組と協力し、一部の研究開発インフラを民間事業者主体の運営に移管した。また、筑波宇宙センター事業所管理業務を実施した。

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)	15,364,116	13,620,082					
決算額 (千円)	15,584,719	13,424,518					
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)	342	339					

(※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
知的財産権の出願・権利化	出願: 57件 (うち海外15件) 権利化: 22件 (うち海外9件)	出願: 68件 (うち海外32件) 権利化: 17件 (うち海外6件)					
査読付き論文数	39件	38件					
技術移転 (ライセンス供与) 件数*1 (全JAXA)	372件	335件					
受託件数、金額 *2	16件 10,497千円	22件 45,379千円					
外部資金の獲得件数・金額 *2	55件 607,123千円	42件 909,306千円					
共同研究相手先の 自己投資額	670,032千円	875,028千円					
共同研究参加企業・大学数	累計124機関 (うち9割の企業 が非宇宙)	累計154機関 (うち9割の企業 等が非宇宙)					

*1 2019年度評価より、Ⅲ.4.1に掲載されていた「技術移転（ライセンス供与）件数」をⅢ.4.2に掲載。

*2 受託と外部資金については、以下の分類として件数・金額を計上している。

受託：外部の資金を利用して相手方の研究課題を解決する研究を行うもの

外部資金：外部の資金を利用してJAXAの研究課題を解決する研究を行うもの

2018年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
○オープンイノベーションの取組を引き続き進めてほしい。イノベーションにつながる研究開発の成功率は低いかもしれないが、色々なチャレンジがイノベーションを生み出す。失敗を恐れずに、新たな取組を継続して生み出して欲しい。平成30年度の取組も高く評価しているが、試行錯誤を繰り返すことが重要である。 ○この分野は、宇宙航空分野だけでなく、他分野の優れた技術が協同して取組まれることが重要である。JSTイノベーションハブ構築支援事業が令和2年に終了するが、その後のオープンイノベーション戦略についてもしっかり検討していただきたい。	JST支援終了後も宇宙探査イノベーションハブを中核として、宇宙探査と親和性のある分野を中心に、Dual Utilization（成果を宇宙と地上双方に展開）のコンセプト及びRFI（情報提供要請）/RFP（研究提案募集）等の仕組みについて更にJAXA内外へ適用・浸透・発展させる
○横断的項目においては、研究成果が他のプロジェクトへの貢献にもつながっており、ともすると成果をそれぞれ二重に評価しているように見受けられる。ダブルカウントとならないように、整理した記載を求めるとともに、横断的項目として評価されるべき点のより一層の明確化を求める。	横断的な研究が、他のプロジェクトにも貢献している点と、プロジェクトの成果そのものと視点を明確に整理したうえで記載するよう留意しているが、より明確に示すように留意する。
○研究開発については、国際水準との比較の中で、成果を示すことを求める。	次回評価以降、国際水準とのベンチマークをより明確に示せる資料構成となるよう留意する。
○研究開発については、多数の項目の中で成果があがっている項目を評価する都合上、すべての項目について成果が創出されているように見えてしまう。正当な評価のためには中長期計画との整合を取った上で、特段の成果が創出されていないもの（計画通り実施しているもの）や計画通りに進んでいないものについても情報として提示をするべきである。	複数の項目に関連する成果については、中長期計画・年度計画に照らして、適切な項目で評価するよう、改めて留意する。また、業務実績等報告書へ、計画通り実施しているもの、計画通りに進んでいないものについても情報を提示する。
○低コスト、短期間、小型など量的な目標を設定している項目については、中長期計画及び年度計画時に、ベンチマークとともに、現状の値と計画時の目標数値を示した上で、それと比較してどうであったかを示すべきである。	中長期計画や年度計画で定量的な目標が示されている項目に対して、評価時には計画時のベンチマークと目標値を示すとともに、それと比較した結果がわかりやすく示すように留意する。
○年度計画に明確なアウトプットが規定されていないもの（例えば、「クロスアポイントメント制度やイノベーションフェロー制度等を活用し、人材糾合を進める。」といった点）や、まだ成果が結実していないもの（例えば、デブリ除去では、「事業者の自立を協力で後押しするサービス調達制度設計を具体化した。」だけで、実際にサービス調達を開始したわけではない。）など、評価が困難であるものも多く含まれる。	年度計画に対する実績には、評価が明確に可能となるよう、ベンチマークや過去との比較等、評価の根拠を示すとともに、具体的な実績を示すよう留意する。また、プロジェクト等の途中段階において成果として挙げられる事項には、具体的な評価理由を明記するよう留意する。
○この分野は、宇宙航空分野だけでなく、他分野の優れた技術が協同して取組まれることが重要である。JSTイノベーションハブ構築支援事業が令和2年に終了するが、その後のオープンイノベーション戦略についてもしっかり検討していただきたい。	JST支援終了後も宇宙探査イノベーションハブを中核として、宇宙探査と親和性のある分野を中心に、Dual Utilization（成果を宇宙と地上双方に展開）のコンセプト及びRFI（情報提供要請）/RFP（研究提案募集）等の仕組みについて更にJAXA内外へ適用・浸透・発展させる

2019年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
スペース・デブリ対策においてはJAXA初のパートナーシップ型の契約を実現させ、オープンイノベーションの取組においては企業から多くのリソース提供を引き出すスキームを構築した。また、事業化を目指す民間事業者と連携して共同研究を行う意識改革を促進するとともに、実証機会を提供して宇宙産業への新規参入拡大を実現した。一方で、各取り組みの連携は不十分であると認識し、今後更なる好循環を実現することを目指す。	我が国の宇宙活動の自立的・持続的発展と関連産業の国際競争力強化のために、産・官・学の連携を強化して市場ニーズを先読みした研究開発と技術実証が必要であり、事業化支援→共同研究→実証機会提供→事業拡大支援→社会実装支援といったシームレスな取り組みの好循環・ライフサイクルを実現させる。 具体的には、事業化を目指す民間事業者との共同研究成果を育成し、革新的衛星技術実証プログラムを用いて軌道上実証していく検討を進めている。
デブリ除去の技術的な優位を国際標準化（日本は標準化への積極性が足りない）での主導権に繋げるなどの工夫を積極的にやる必要があるのではないか。技術の開発と外交への貢献を具体的に結びつける方策を検討することも課題である。	デブリ除去は環境を改善する有効な手段ではあるものの、IADCやISOにおいては「デブリを作らないことが最も重要」との認識の下、大規模コンストレーションミッションへの対策や要求適合率の改善等、喫緊の課題に対するルール化等の議論を継続しており、JAXAも独自の環境予測や提案等を行ってそれらの議論に深く関与している。 COPUOS（国連宇宙空間平和利用委員会）においてもLTS（Long-Term Sustainability：宇宙活動の長期的持続可能性）ガイドライン締結後の検討WGの共同議長を推薦し、外務省―国連宇宙部との協力覚書締結についても支援を継続する。 日本が本件でイニシアチブをとることを目指し、JAXAでの研究開発と連携した安全技術基準等を国際標準に提案できるようにJAXA内外の有識者を集めた検討ワーキンググループを組織してを検討を進めている。

Ⅲ. 5 航空科学技術

2019年度 自己評価

S

中長期計画

航空科学技術については、我が国産業の振興、国際競争力強化に資するため、社会からの要請に応える研究開発、次世代を切り開く先進技術の研究開発及び航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発を行う。また、オープンイノベーションを推進する仕組み等も活用し、国内外の関係機関との連携や民間事業者への技術移転及び成果展開を推進するとともに、公正中立な立場から航空分野の技術の標準化、基準の高度化等に貢献する取組を行う。

（１）社会からの要請に応える研究開発

環境適合性、経済性及び安全性の向上など国際競争力の強化につながる技術の実証及びその技術移転等の実現に向け、次世代エンジン技術、低騒音化等の機体技術、センサやアビオニクス等の装備品技術及び航空機利用の拡大に資する技術等の研究開発を民間事業者等との連携の下に進める。具体的には、我が国のエンジン低圧系部位の技術優位性を維持・向上させることに加え、新たに高圧系部位として、コアエンジン向け低NOx燃焼器及び高温高効率タービン等の技術実証を中心とした研究開発への取組を強化する。併せて、技術実証用エンジンとしてF7エンジンを整備し、これを活用して各種エンジン技術の成熟度を向上させる。また、飛行実証等を通じ、次世代旅客機の騒音低減技術や機体抵抗低減技術等の研究開発、航空機事故の防止や気象影響の低減並びにパイロットの支援等を行う新たな装備品及びその高機能化技術の研究開発、災害対応航空技術及び無人機技術等による航空利用拡大技術等の研究開発を関係機関と協力して進める。これらを通じ、我が国の民間事業者の取り組む国際共同開発における分担の拡大、完成機事業の発展及び装備品産業の育成・発展等に貢献する。

（２）次世代を切り開く先進技術の研究開発

低ソニックブーム設計技術等を核とする静粛超音速機統合設計技術や、航空機起源のCO2排出量を抜本的に削減するための革新的技術等の獲得に取り組む。具体的には、低ソニックブーム／低抵抗／低騒音／軽量化に対する技術目標を同時に満たす機体統合設計技術について、国際協力の枠組みを構築しつつ国内の民間事業者の参画を図ることで、技術実証を視野に入れた研究開発を行う。また、我が国の優位技術の糾合を通じた電動航空機技術等の革新的技術の研究

開発を行う。これらを通じ、我が国の航空科学技術の国際優位性の向上や国際基準策定に貢献すること等により、社会の飛躍的な変革に向けた技術革新を目指す。

（３）航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発

数値流体力学（CFD）等の数値シミュレーション技術を飛躍的に高めるとともに、試験・計測技術、材料評価技術等の基盤技術の維持・強化に取り組む。具体的には、非定常CFD解析技術をベースに試験計測を含めた多くの分野を連携させた統合シミュレーション技術等の研究開発を行う。また、風洞試験設備や実験用航空機等、航空技術研究開発における基盤的な施設・設備の整備及び試験技術開発について、老朽化等も踏まえ、我が国の航空活動に支障を来さないようJAXA内外の利用需要に適切に応える。これらを通じ、航空機開発の迅速化、効率化等を実現する航空機設計技術の確立を目指し、我が国の航空産業の持続的な発展に貢献する。

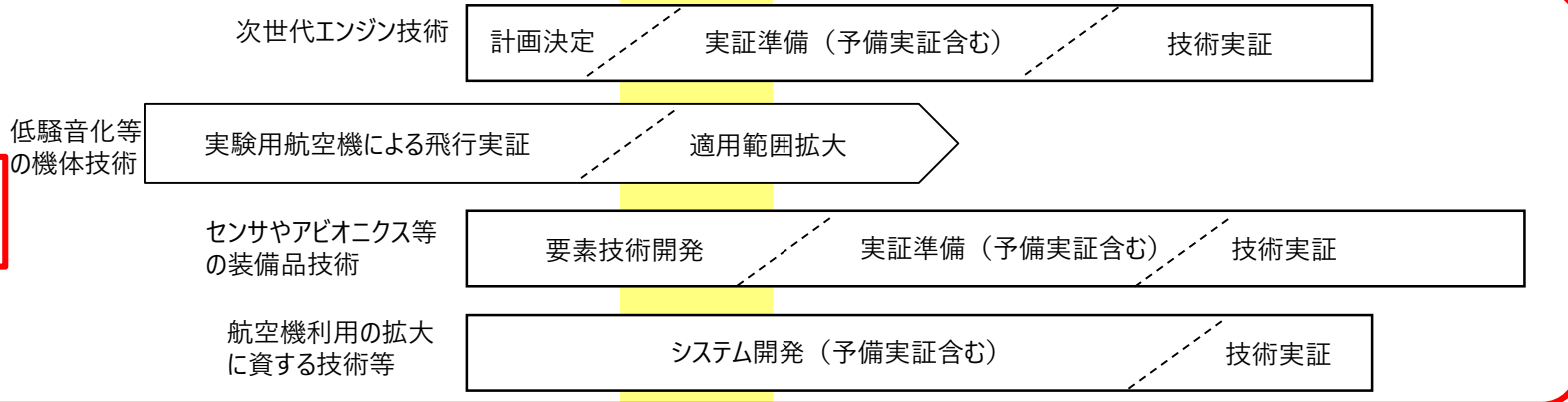
主な評価軸（評価の視点）、指標等	
<評価軸> 【航空産業の振興・国際競争力強化】 ○我が国の航空産業の振興、国際競争力の強化に貢献するための立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。	<評価指標> （成果指標） ○航空産業の振興・国際競争力強化に係る取組の成果 （マネジメント等指標） ○研究開発等の実施に係る事前検討の状況 ○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況（例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況等） ○大学・民間事業者等の外部との連携・協力の状況 <モニタリング指標> （成果指標） ○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果 ○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、施設・設備の供用件数等） （マネジメント等指標） ○大学・民間事業者等の外部との連携・協力の状況 （例：協定・共同研究件数等） ○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）

スケジュール

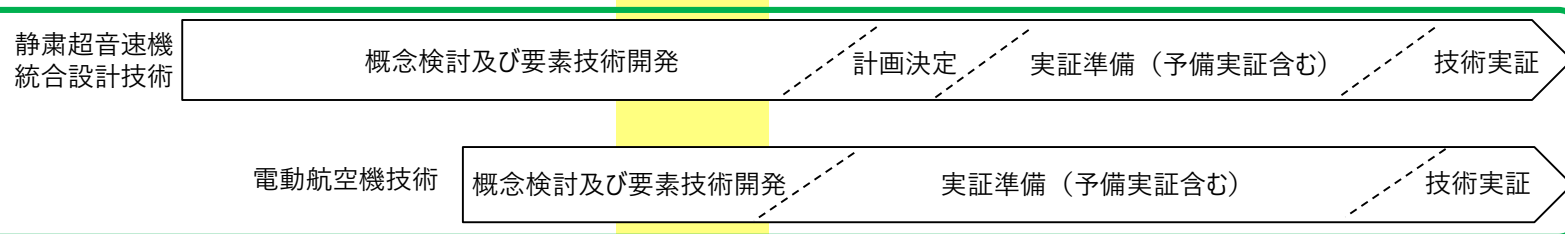
主要課題のスケジュール

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

社会からの要請に応える研究開発



次世代を切り開く先進技術の研究開発



航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発



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

Ⅲ. 5 航空科学技術

2019年度 自己評価

S

【評定理由・根拠】

航空機による安全・安心な社会の実現に向けて防災や警備・警戒に関する航空技術の開発と社会実装を進めるとともに、首都圏空港の効率的運用への貢献、超音速機騒音の国際基準策定への貢献及び国内メーカの新製品開発への技術協力といった航空輸送及び産業活性化への社会貢献を進め、「研究開発成果の最大化」に向けて特に顕著な成果を創出したと評価する。また、次世代エンジン技術について、技術実証用エンジン（F7エンジン）を導入し、コアエンジン技術の開発において低NOx燃焼器及び高温高効率タービンに関する研究開発に着手する等、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

1. 社会からの要請に応える研究開発

- ・高圧系部位のコアエンジン技術については、予備試験の結果を受けて低NOx燃焼器及び高温高効率タービンに関する装置の製作・評価や数値解析による予測を行う等の研究開発に着手した。また、**技術実証用エンジン（F7エンジン）を導入し、地上運転試験設備での確認試験を開始した。**
- ・災害・危機管理対応統合運用システム（D-NET）に多機関・多数機の飛行計画調整機能等を追加し、**飛行計画調整に要する時間が従来手法に比べて56%短縮**される効果等を運用評価で確認した。**G20大阪サミットでは、この新機能を含むD-NETが消防庁、大阪市消防局で運用され、大阪市消防局から感謝状を受領した。**さらに、これらの活動を評価した**警察庁から協力依頼を受け、即位礼関連行事の警備・警戒への技術協力を実施した。**加えて**台風19号の災害救援活動でも複数機関のヘリコプタの動態情報を一元管理する環境を提供し、消防庁から感謝状を受領した。**<補足1 参照>
- ・離着陸経路に海上を含む首都圏空港において離着陸間隔の短縮運用（RECAT）を導入するため、安全上の課題であった**海上での後方乱気流の減衰特性を明らかにする（世界初）等、RECAT導入における安全性の定量的な評価（後方乱気流遭遇時の航空機の姿勢変化の評価）を可能とした。**この結果を受けて、**国際的なRECAT基準適用（2020年秋）に先んじて航空局が2020年3月からその導入を開始し、首都圏空港の効率的な運用に貢献した。**これにより**混雑時の離着陸の遅延低減が期待される。**<補足2 参照>
- ・ヘリコプタのパイロット視覚情報支援システムにおいて、**目標点までの進入・減速操作を支援する誘導表示等の技術開発**によって、昨年度まで実現できなかった**ヘリポート外における夜間の低高度(50ft)ホバリングが可能であることを飛行試験により確認した。****本成果に防衛装備庁が関心を持ち、共同で飛行評価を行う技術協力協定を締結した。**<補足3 参照>

2. 次世代を切り開く先進技術の研究開発

- ・超音速機の研究連携について、国内外メーカ等との共同研究のスコープを拡大し、将来的な共同技術実証の可能性を見出した。また、**国際民間航空機関（ICAO）での超音速機騒音の国際基準策定に向けた活動において、騒音モデルに関する検証活動（小型ターボジェットを用いたジェット騒音計測試験等）を踏まえてJAXAが選定・提案した予測モデルが、NASA提案に比べて同等以上の性能を有し、かつ取り扱いやすく実用性が高いことを評価され、採用された。**さらに、**大気乱流の影響を考慮したソニックブーム（衝撃波に起因する超音速飛行中の爆音）の解析結果をICAOが妥当と評価し、JAXA解析ツールを活用してソニックブーム認証手法の検討が進められる見込み**となった。これらの成果により、本分野におけるJAXAの国際的なプレゼンス向上に大きく寄与した。<補足4 参照>
- ・JAXAが主導する航空機電動化コンソーシアム（ECLAIR）内に「技術開発グループ」を設立し、他分野を含む関係機関（三菱電機、デンソー、中部大等）との産学官連携を通じて国内優位技術を活用した要素研究を実施した。その結果、燃料電池、電力変換器、モータ等の主要な電動要素について、国際競争力となるレベルでの高性能化の見通しを得た。

3. 航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発

- ・統合シミュレーション技術について、風洞試験データにより検証された数値シミュレーションコードで生成された**大規模非定常CFDデータから、機械学習モデルによりバフェット（機体振動）現象の特徴量を抽出する知識抽出ツールを完成**させた。これにより、設計段階で用いられる典型的な2次元翼型に対して、バフェット発生境界（迎角）の迅速な推定を可能にした。
- ・航空機的主要材料である複合材の修理スキルを有する高技能整備士の不足を補うため、**国内メーカと共同で複合材損傷部を自動で修復するロボットを開発し、加工常識を覆すドライ切削方法による高速化やJAXAが有する強度試験データベース等を活用した軽量化設計によって、市場投入に向けた実用化を促進した。**その結果、**世界最軽量・最速・低価格という十分な国際競争力を有するロボットが実現できたことから、2021年の市場投入に目途を付けた。**<補足5 参照>

4. 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）

補足1：災害・危機管理対応統合運用システム（D-NET）の開発と社会実装

D-NETシステム構成と社会実装の状況

持込型機上システム：ヘリコプタ



D-NET WEB：
現地指揮所等



消防庁が実運用開始
（2019年4月）



D-NETi：
地上車両・隊員



大阪市消防局・消防庁が実運用（2019年6月）

D-NET IP：対策本部



大阪市消防局で実運用
開始（2019年4月）

2019年度に地上端末3種類が実運用開始（G20で実運用）

技術移転先を通じてD-NETの全4種類の地上・機上端末が実運用開始

技術移転先 D-NET IP：三菱スペース・ソフトウェア、
機上システム/D-NETi/D-NET WEB：ナビコムアビエーション

得られたアウトプット：警備・警戒の支援機能の強化

警備・警戒における課題：①多機関間の飛行計画の調整：各機関からFAX等で送られる飛行計画の調整を手作業で行っており、多機関連携での大きな負担となっていた。

②D-NETに対応していない航空機の監視：警備・警戒では、D-NETの機上システムを搭載していない航空機の動態情報も把握する必要がある。

課題に対応する飛行計画調整／航空機監視の機能を開発：

①飛行計画調整機能：飛行計画を電子情報として送受信するための共通の規格を策定。多機関・多数機の飛行計画を時系列に可視化し、経路の干渉の判別等を支援する機能。飛行中も機上、地上の双方で飛行計画の修正が可能。

②航空機監視機能：D-NETの機上システムを搭載していない航空機の位置情報を既存レーダ技術（PSSR）を活用して取得し、D-NET上で一元管理する機能。

PSSR：Passive Secondary Surveillance Radar
（受動型二次監視レーダ）

1日あたり100～
150件の飛行計画
を調整可能
任意の時刻の
飛行計画を表示



飛行経路の干渉を可視化
飛行計画調整機能の画面例

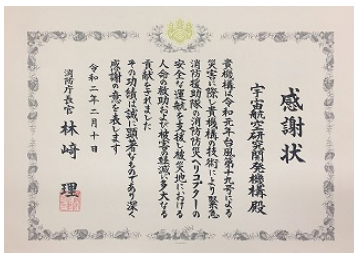
運用評価結果：①飛行計画調整作業の所用時間が、従来に比べて56%（8時間→3.5時間）短縮できることを確認した。これにより、作業に関わる職員のワークロードやヒューマンエラー（飛行経路干渉の見落とし等）を低減できることが明らかとなった。

②平野部では、低高度を飛行するD-NET非搭載ヘリコプタも監視できることを確認した。

得られたアウトカム：災害救援への貢献

台風19号災害救援において、D-NETシステムを搭載した消防防災ヘリと他機関が運用するドクターヘリの動態情報を一元管理する環境を提供した。

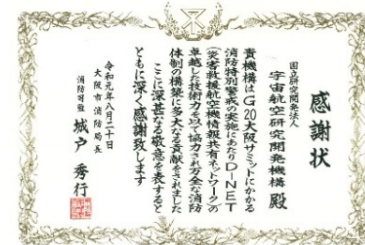
「消防防災ヘリコプタの安全な運航を支援し被災地における人命の救助及び被害の軽減に多大なる貢献をした」事由で消防庁から感謝状を受領した。



得られたアウトカム：国家的イベントの警備・警戒での高評価

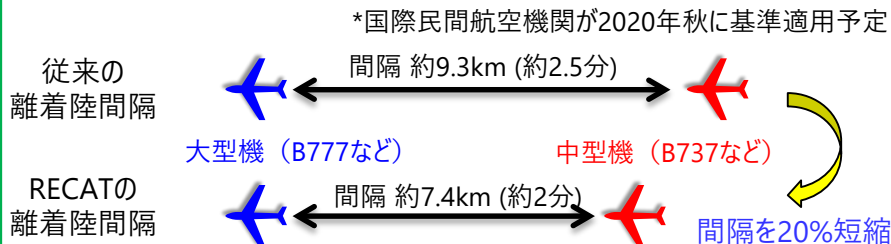
・多機関が参加したG20大阪サミットでの警備・警戒へ技術協力をし、開発した警備・警戒の支援機能や実運用されたD-NET端末により、一元的な多機関間の情報共有、多数機の動態管理等を可能とした。「万全な消防体制の構築に多大なる貢献をした」事由で、ユーザである大阪市消防局から感謝状を受領した。

・G20での成果を評価した警察庁からの依頼で即位礼関連行事の警備・警戒へ技術協力を実施した。警察庁からは、飛行制限空域の動的管理等において、「D-NETが多機関の共通言語になった」とのコメントをいただく等、高い評価を得た。



補足2：世界初の成果を活用して首都圏空港の効率的な運用に貢献

RECAT：航空機の離着陸間隔を短縮する新しい運用方法*



RECATによる間隔短縮の一例（航空機の場合は毎時約220kmを想定）

首都圏空港の運用効率化のため、航空局はRECAT導入を検討
⇒以下の安全上の課題があるため、JAXAに安全性評価を依頼

RECAT導入における安全上の主な課題：

- ・ 先行機の後方乱気流**が、後続機が来る前に十分弱くなるか？
- ・ 羽田空港は海上に離着陸経路があるが、海上での後方乱気流の減衰特性が不明（従来データは陸上での減衰特性のみ）



**航空機自身が作り出す渦流

得られたアウトカム：航空局によるRECATの導入開始

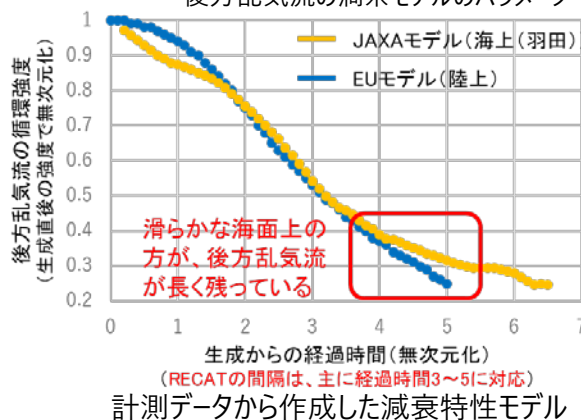
- ・ JAXAの安全性評価結果に基づき、航空局は首都圏空港でのRECAT安全性を確認し、国際的なRECAT基準適用に先んじて、2020年3月に首都圏空港へRECAT導入を開始した。
- ・ 間隔短縮により空港容量が増大し、混雑時における出発便／到着便の遅延早期解消等の効果が期待される。

得られたアウトプット：JAXAによるRECATの安全性評価

海上での後方乱気流の減衰特性の解明（世界初）

ライダ（レーザレーダ）による長期観測とJAXA独自のデータ処理技術（分解能が粗い（数十mオーダー）ライダのデータから小さい後方乱気流（数mオーダー）を検出する技術*）により、海上の後方乱気流の減衰特性を世界で初めてモデル化した。（下図）

*ライダ受信信号のスペクトルデータに含まれる風速分布情報を用いて、後方乱気流の渦糸モデルのパラメータ（循環強度、位置等）を推定

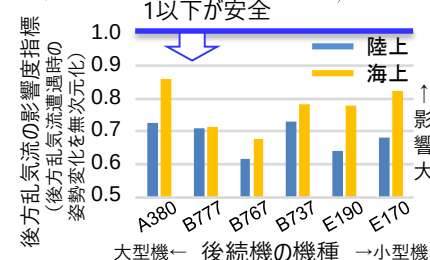


JAXAライダ
羽田空港でのライダによる後方乱気流の観測
（13ヶ月間で13,265機を観測）

定量的な安全性評価

海上の後方乱気流の減衰特性モデルにより、海上の離着陸経路を含めてRECATの安全性を定量的に評価*し（右図）、結果を航空局に提供。

*先行機40機種×後続機40機種種の1600通りの組み合わせで、後続機が先行機の後方乱気流に遭遇してしまった時の姿勢変化が許容範囲内に収まるかを評価



A380の後方乱気流の安全性評価例
後方乱気流が残りやすい海上で大型機のA380の後方乱気流に遭遇しても、姿勢変化が許容範囲内に収まることを確認

補足3：ヘリコプタの安全な夜間運用を実現する視覚情報支援システム

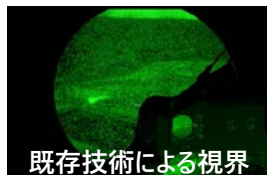
パイロット視覚情報支援システム（SAVERH：Situational Awareness and Visual Enhancer for Rescue Helicopter）

背景：ヘリコプタの夜間運用の課題

我が国ではヘリコプタの夜間運用は自衛隊のみが実施しているが、事故が複数回発生している。特に救援活動等に必要な低高度(50ft)ホバリングは非常に困難な状況。

既存技術（パイロット用暗視装置）の課題

- ・センサ画像以外の周辺視野が制限される
- ・単一のセンサ（微光暗視）を用いており、闇夜では視認性が低下



パイロット視覚情報支援システム（SAVERH）の開発

胴体下に搭載した複数の暗視センサの画像とJAXAが開発した計器・誘導表示を統合し、Helmet Mounted Display（HMD）に表示するシステム（右図）を企業（NEC、島津製作所）と共同で開発。

以下の通り既存技術の課題を解決。

- ・センサ画像に計器・誘導表示を重畳し、操縦性等が向上
- ・HMDにより周辺視野を改善
- ・微光暗視、赤外線センサ等複数のセンサを用いて闇夜での視認性を向上

夜間運用の安全性向上（2018年度までの成果）

飛行試験により、以下の運用の安全性向上を確認。

- ・夜間のヘリポートへの離着陸
- ・夜間の低高度（200ft）での地形追従飛行

特許取得2件：

- ・赤外線画像処理による視認性向上技術(島津製作所、NECと共同、2016年)
- ・ヘリ機外センサのHMDへの表示画像と窓外視界の画像のズレを補償する技術(JAXA単独、2018年)



得られたアウトプット：夜間の低高度ホバリング

実用化に向けた課題：低高度ホバリング

夜間救助の実現には、ヘリポート外での夜間の低高度(50ft)ホバリングが必要。
→昨年度までのSAVERHシステムを用いてもパイロットが視認可能な目印が不足し、困難な状況。

システムの改良と低高度ホバリングの達成（2019年度成果）

以下の技術を開発し、SAVERHシステムを改良。（島津製作所と共同）
飛行試験でヘリポート外での夜間の低高度(50ft)ホバリングを達成。

システム改良内容：

- ①飛行状態に合わせて目標点上空の仮想ヘリポート・目標点までの距離・対地高度やヘリコプタの進行方向等の最適な誘導情報を自動表示
→パイロットに視認可能な目印が提供され、目標点までの進入・減速操作が容易になった
- ②複数の温度域を識別する多点画像強調技術等を用いて赤外線センサ画像を補正処理
→距離にかかわらず必要な物標の視認性を向上した



2019年度の特許出願3件（島津製作所との共同出願）：
左記の①②に加えて、SAVERHシステムの全体的な構成・機能に関する技術の3件

他機関との連携

本成果に防衛装備庁が関心を持ち、共同で飛行評価を行う技術協力協定を締結した。（警察庁、消防庁とも本技術の開発に関して協力協定を締結済）

期待されるアウトカム

本システムが実用化されれば、ヘリコプタの夜間における安全な運用が可能になり、夜間の警戒活動のほか、災害救援等にも活用が期待される。

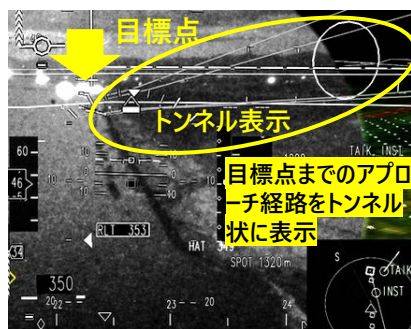
補足3の技術的詳細：視覚情報支援システムの2019年度の改良内容

① 最適な誘導情報の自動表示

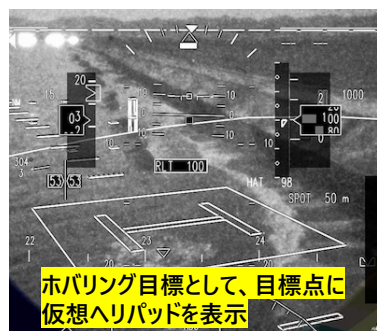
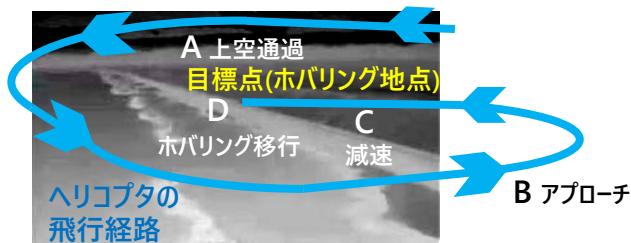
目標点の上空通過から目標点でのホバリングまで、各飛行フェーズに対応した最適な誘導情報を自動表示することにより、夜間でもパイロットに視認可能な目印を常に提供し、スムーズなホバリング移行を新たに実現



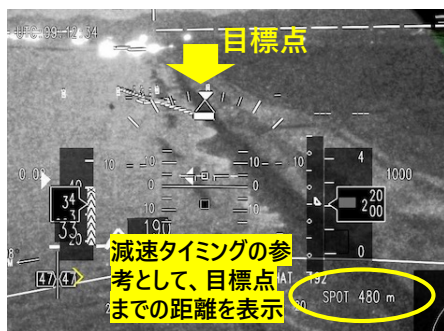
A 上空通過時の表示



B アプローチ時の表示



D ホバリング移行時の表示



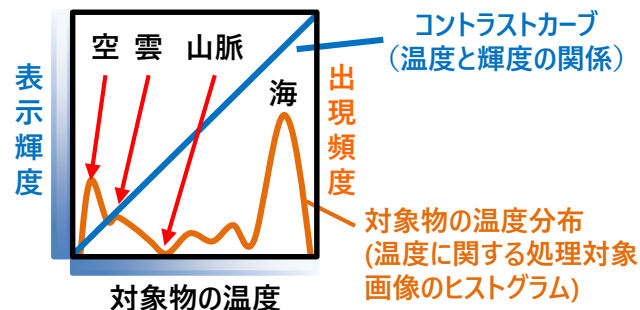
C 減速時の表示

② 多点画像強調技術による赤外線センサ画像補正処理

既存技術：通常の赤外線カメラ画像の自動処理

通常、赤外線カメラによる画像の自動処理では、画面内の対象物の温度範囲をそのまま輝度に置き換える（温度が高いものほど輝度が高くなる）

このため、温度範囲が広いと、全体にコントラストが低く見える



通常の自動処理画像
コントラストが低い

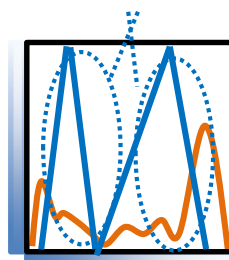
JAXA技術：多点画像強調技術

地形データに基づき、高いコントラストを得たい着目点を設定（本例では空、雲、山脈、海）

設定した複数の着目点でコントラストが高くなるようにコントラストカーブを設定

⇒ 温度範囲が広い広域の画像でも、画像全体を鮮明に認識可能になる

複数の着目点を強調するようにコントラストカーブを設定



多点画像強調処理結果

画像全体を鮮明に認識可能

評定理由・根拠（補足）

補足4：民間超音速機の国際騒音基準策定への貢献

民間超音速機の開発に向けた騒音基準策定

- ・旅客機開発における前提条件の一つである騒音基準に関して、超音速機開発においては離着陸時の空港騒音と巡航中のソニックブーム*に関する2つの基準が必要である。特に米国において民間超音速機開発の機運が高まっている状況（右図）にあり、国際民間航空機関（ICAO）を中心として基準策定の議論が加速している。*ソニックブーム：航空機が超音速で飛行する際に発生する衝撃波に起因する爆音
- ・現実的な基準策定のためには、まだ存在していない民間超音速機の騒音レベルを予測・評価できる技術が必要となる。

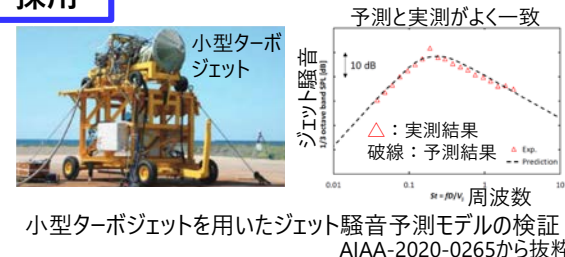


得られたアウトプット：ジェット騒音、ソニックブームの予測技術の提案・採用

基準策定に向けた課題

空港騒音予測：超音速機の離着陸時の主な騒音源となるジェット騒音は、超音速機で想定されるエンジンの排気条件（ノズル形状、排気温度、排気マッハ数）が亜音速機と異なるため、亜音速機に使用される従来の騒音予測ツールをそのまま適用できない。→超音速機に適したジェット騒音の予測が課題

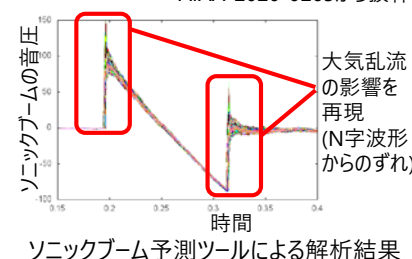
ソニックブーム予測：ICAOで計測と推算を組み合わせたソニックブーム認証手順の確立に向けた検討が進められているが、地上に到達するソニックブーム強度に大気乱流が大きく影響を及ぼすことが、JAXA、NASAの飛行試験で認知されており、その影響を考慮した認証手順が求められている。→大気乱流効果を考慮したソニックブームの予測方法が課題



課題解決への貢献

空港騒音予測：JAXA独自の検証試験結果（小型ターボジェットを用いたジェット騒音計測（右上図）等）を基に、超音速機のエンジン排気条件において精度の高いジェット騒音予測モデルを選定し、ICAOに提案した。NASAが提案した予測モデルに比べ、同等以上の性能を有し、かつ取り扱いやすく実用性が高いことが評価され、JAXA案が採用された。

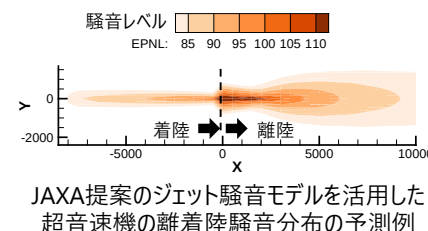
ソニックブーム予測：飛行試験で検証済みの大気乱流の影響を考慮したソニックブーム伝搬モデルを組み込んだソニックブーム予測ツールの解析結果（右下図）をICAOに提供し、大気乱流効果を模擬して飛行試験データを再現できることから、その妥当性が確認された。



期待されるアウトカム：民間超音速機開発への貢献

空港騒音予測：JAXAが選定・提案したジェット騒音モデルは、今後開発される超音速旅客機の離着陸騒音を評価する際の標準となることが期待される。既に、同モデルは米国FAAが公表した最新の超音速機用離着陸騒音基準（14CFR Part36、2020.4.公表）の策定においても活用されている。

ソニックブーム予測：ソニックブーム強度に大きく影響する大気乱流を忠実に考慮した独自モデルを含み、なおかつ飛行試験により検証されたJAXAのソニックブーム予測ツールを活用してソニックブーム認証手法の検討が進められることが期待される。



補足4の技術的詳細：ジェット騒音、ソニックブームの予測技術の研究開発

■ 空港騒音予測のためのジェット騒音予測モデルの選定

- ✓ **課題**：超音速機で想定されるエンジンの排気条件（ノズル形状、排気温度、排気マッハ数）に適した騒音予測モデルがない。
- ✓ **JAXA技術**：これまでにない将来超音速旅客機のエンジン排気騒音を模擬し得る高亜音速ジェット気流*を小型エンジンや高圧ガスジェットを用いて実験室で再現し、計測データを根拠に騒音予測モデルを選定。（図1）最終的に、実エンジンにより近い条件を設定可能な小型ターボジェットエンジンの屋外騒音計測データを用い、選定した騒音モデルが実騒音を予測できることを高精度に検証

*コンコルドとも戦闘機とも亜音速旅客機とも異なる排気流条件

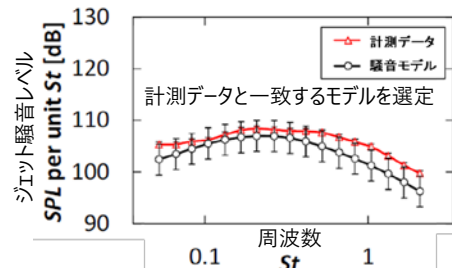
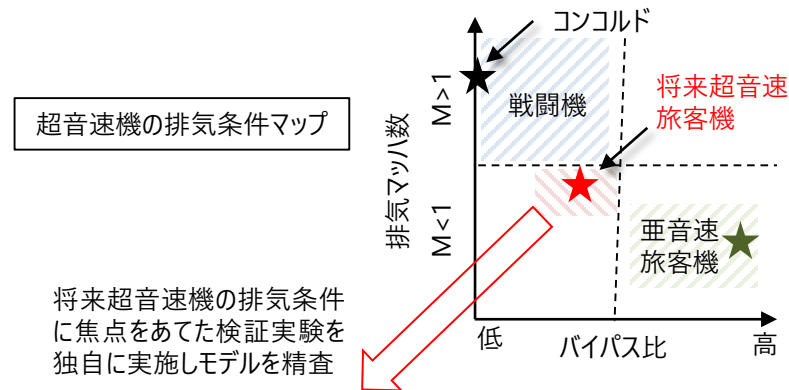


図1 小型エンジンを用いた低騒音風洞試験

■ ソニックブーム予測ツールの開発と飛行試験結果による妥当性確認

- ✓ **課題**：ソニックブームは伝搬過程で大気乱流の影響を受けて波形が変化するため、その影響を定量的に評価する必要がある（図2）
- ✓ **JAXA技術**：JAXAが保有する航空・宇宙領域における大音響場予測のための非線形伝播解析技術をソニックブーム現象に拡張し、ソニックブーム伝播過程における大気乱流の影響の評価を可能とする2次元伝播解析ツールを開発。JAXA飛行試験（D-SEND#2）時に観測された大気乱流の影響を受けた実際のソニックブーム波形との比較により妥当性を確認（図3）

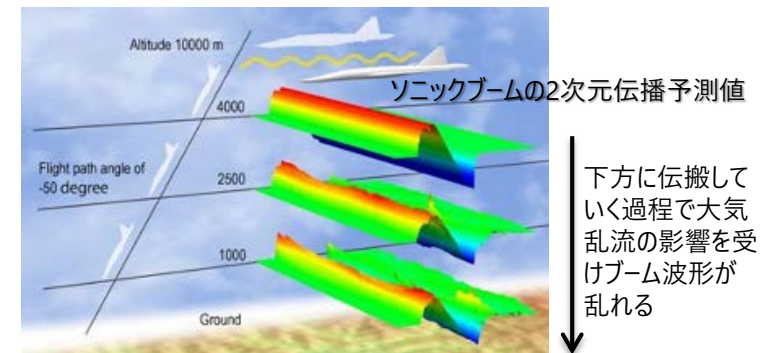
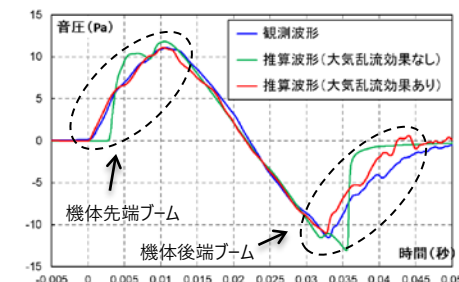


図2 ソニックブームに対する大気乱流の影響



大気乱流を考慮した結果(赤)は、考慮しない結果(緑)よりもソニックブームの観測波形(青)を忠実に再現可能

図3 D-SEND#2飛行試験条件での大気乱流の影響評価結果

補足5：世界最軽量・最速・低価格の複合材自動修理ロボットの開発

複合材自動修理ロボット開発の背景

- 世界的な航空輸送需要拡大
- 主要材料として複合材の多用化
→ 今後飛躍的に増加する複合材修理に必須の特殊技能を有する整備士が絶対的に不足

整備技術革新により我が国の航空機整備ビジネス競争力強化を狙う、またとない機会

修理技術内容の変化にともなう問題

金属修理の作業
・一般スキル対応
・単一工程（板金）
・技術者多数



複合材構造修理
・特殊スキル必要
・複数の工程要求
・技術者不足

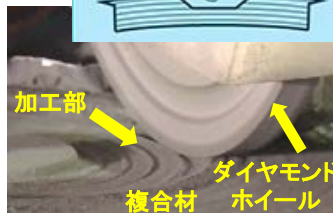


得られたアウトプット：JAXAの基盤技術を用いメカと共同開発

JAXAの複合材設計・修理の研究成果を活用し、メカ(新明工業、新明東北マシナリ)と共同で**自動修理ロボットを開発**し、複合材損傷部の切削方法、軽量化等の実用化に向けた課題を解決

加工常識を覆すドライ切削方法を開発

- 接着構造研究にて得られた吸湿と強度に関する知見から、後工程での加熱接着時における吸湿強度低下を考慮して、競合機のウォータージェット方式を排し、ドライ方式を採用して接着強度低下を防止。
- さらに、加工速度と摩擦熱に関する知見を活用したダイヤモンドホイールの回転数制御により、熱損傷を防止し、かつ最適加工条件探索により高速化を実現。



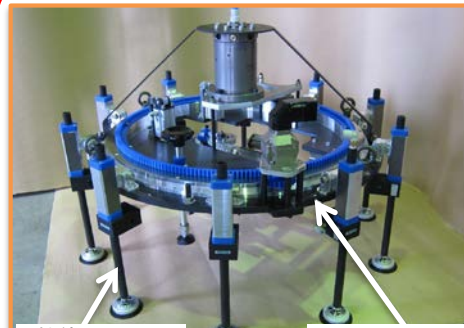
修理のため、
複合材損傷部をドライ切削

強度試験データベース等に基づく軽量化設計

- JAXAの強度試験データベースとコスト・成形性・量産性を考慮した設計ノウハウを適用し、主フレームと脚構造に関して強度と剛性のバランスを考慮した積層設計を行い、従来の金属構造から大幅に軽量化。

公募型研究*によりマッチングさせたJAXAとメカ双方の技術をインテグレートし、製品実用化に至ったモデル的な研究開発 *JAXA航空技術イノベーションチャレンジ

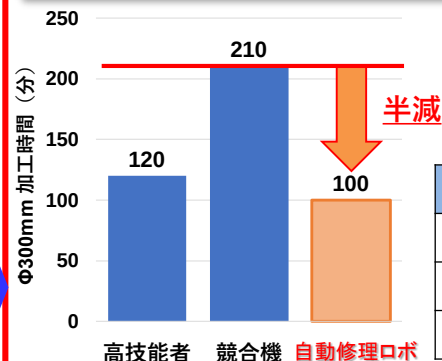
得られたアウトカム：メカによる市場投入に目途



機体取付用脚 主フレーム
開発した複合材自動修理ロボット
(主フレーム等を複合材化し軽量化)



複合材自動修理ロボットの
機体取付試験



装置	重量	加工時間	価格
自動修理ロボ	40kg	100分	¥20M*
競合機(仏)	50kg	210分	¥40M
(優位性)	(-20%)	(-50%)	(-50%)

*: 本体予定価格

加工時間を大幅に短縮

競合機より軽量・高速・低価格

十分な国際競争力をもつことから、メカによる2021年の市場投入に目途
→ 国内外の大手航空機メカから情報提供要求を受けている

年度計画	実績
Ⅰ. 3. 航空科学技術 (1) 社会からの要請に応える研究開発	—
次世代エンジン技術については、技術実証用エンジン（F7エンジン）を導入し、地上運転試験設備での確認試験を進める。エンジン低圧系では樹脂製吸音ライナのエンジン搭載試験用供試体について技術検討結果を踏まえた試作を行う。また、高圧系部位のコアエンジン技術については予備試験を受けて低 NOx 燃焼器及び高温高効率タービンに関する研究開発に着手する。	次世代エンジン技術については、技術実証用エンジン（F7エンジン）を導入した後、艀装品の設備への組み付けを始めとする作業を実施し、<u>地上運転試験設備での確認試験を開始した</u>。エンジン低圧系では樹脂製吸音ライナのエンジン搭載試験用供試体について技術検討結果を踏まえて設計や成形法の改良を行い、試作・評価を行った。また、高圧系部位のコアエンジン技術については予備試験の結果を受けて低NOx燃焼器及び高温高効率タービンに関する装置の製作・評価や数値解析による予測を行う等の研究開発に着手した。
低騒音化等の機体技術については、実験用航空機を用いた飛行実証の成果を基に旅客機低騒音化のための技術研究を行うとともに、機体抵抗低減に資する要素研究に取り組む。	低騒音化等の機体技術については、実験用航空機を用いた飛行実証の成果を基に、旅客機の低騒音化と空力性能を両立する技術を確立する等、実用化に向けた技術研究を行うとともに、世界トップレベルの層流翼設計手法の獲得、抵抗低減デバイス（リブレット）の全機抵抗推算手法構築や産業界との連携体制構築等、機体抵抗低減に資する要素研究に取り組んだ。
気象影響防御技術については関係機関と連携して要素研究を進めるとともに、空港等におけるフィールド実証の計画立案を進める。また、装備品技術については、パイロット等の運航判断を支援する技術等の研究を進める。これらに加え、関係機関との連携のもと、装備品の実用化に向けた事業者による安全認証に資する取り組みを進める。	気象影響防御技術については滑走路雪氷検知技術や被雷危険性予測アルゴリズムの高度化等、関係機関と連携して要素研究を進めるとともに、空港におけるフィールド実証の計画立案を進めた。また、装備品技術については、ヘリコプタのパイロット視覚情報支援システムに、<u>目標点までの進入・減速操作を支援する誘導表示を追加する等の改良を施し、昨年度まで実現できなかったヘリポート外における夜間の低高度(50ft)ホバリングが可能であることを飛行試験により確認する等</u>、パイロット等の運航判断を支援する技術等の研究・実用化支援を進めた。さらに、<u>JAXAが開発した海上での後方乱気流の減衰特性モデル（世界初）による安全性評価（後方乱気流遭遇時の航空機の姿勢変化の評価）の結果を受け、RECAT導入を航空局が早期に開始したこと等</u>、JAXA技術の社会実装を着実に進めた。これらに加え、装備品産業界の国際競争力向上にとって重要である認証制度の知見やノウハウを共有するための持続可能な体制構築について見通しを得る等、関係機関との連携のもと、装備品の実用化に向けた事業者による安全認証に資する取り組みを進めた。

年度計画	実績
航空機利用の拡大に向けて、無人機利用拡大への取り組みを行うとともに、災害時に航空宇宙機器を統合的に運用する機能に危機管理機能等も加えた災害・危機管理対応統合運用システムの構築に向けた基本設計等を進める。	航空機利用の拡大に向けて、無人機利用拡大を加速する取り組みとして、災害時の情報収集等の無人機運用を行うJAXA発のベンチャー企業「武蔵スカイプラス」を立ち上げた（参照 III.4.1項）。また、災害時に航空宇宙機器を統合的に運用する機能に危機管理機能等も加えた災害・危機管理対応統合運用システムの構築に向けて、<u>多機関・多数機の飛行計画調整機能を追加する等、基本設計等を進めた。この機能を運用評価し、飛行計画調整に要する時間が従来手法に比べて56%短縮される結果を得た。</u>さらに、G20及び即位礼関連行事の警備・警戒への技術協力や災害救援での活用を通じて、ユーザーである消防庁や大阪市消防局から感謝状を受領する等、複数の機関から本システムが高く評価された。
(2) 次世代を切り開く先進技術の研究開発	－
静粛超音速機統合設計技術について、技術参照機体として小型超音速旅客機の概念設計をまとめるとともに、技術実証手法に関して技術検討を実施する。加えて、NASA 等関係機関と連携しつつ国際基準策定に貢献する。また、航空機電動化技術等の革新的技術については、他分野を含む関係機関との連携を通じて国内優位技術を活用した要素研究を実施する。	静粛超音速機統合設計技術について、要素技術研究成果の適用により低抵抗/低ソニックブーム/低離着陸騒音/構造軽量化の技術目標を達成しうる小型超音速旅客機概念の設計をまとめるとともに、技術実証手法に関して優先的に実証すべき技術の選定、実証システムの概念設計等、技術検討を実施した。加えて、<u>国際民間航空機関（ICAO）での超音速機騒音の国際基準策定に向けた活動において、騒音モデルに関する検証活動を踏まえてJAXAが選定・提案した予測モデルが、NASA提案に比べて同等以上の性能を有し、かつ取り扱いやすく実用性が高いことを評価され、採用されるとともに、大気乱流の影響を考慮したソニックブームの解析結果をICAOが妥当と評価し、JAXA解析ツールを活用してソニックブーム認証手法の検討が進められる見込みとなる等、国際基準策定に貢献した。</u>また、航空機電動化技術等の革新的技術については、JAXAが主導する航空機電動化コンソーシアム（ECLAIR）内に研究開発の枠組みである「技術開発グループ」を設立し、他分野を含む関係機関（三菱電機、デンソー、中部大等）との産学官連携を通じて、燃料電池、電力変換器、モータについて国際競争力を有するレベルでの高性能化の見通しを得る等、国内優位技術を活用した要素研究を実施した。

年度計画	実績
(3) 航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発 非定常CFD解析技術をベースに試験計測を含めた多くの分野を連携させた統合シミュレーション技術について、風洞試験で取得したパフェット（機体振動）に関するデータにより検証された数値シミュレーションコード及び知識抽出ツールを完成させるとともに、萌芽的研究から実用を促進する研究まで、幅広い範囲の基盤研究を計画・推進する。また、利用者ニーズに応える試験設備の整備・改修を進め、利用需要に応えた設備供用及び試験技術開発を実施する。	－ 非定常CFD解析技術をベースに試験計測を含めた多くの分野を連携させた統合シミュレーション技術について、<u>風洞試験データにより検証された数値シミュレーションコードで生成された大規模非定常CFDデータから、機械学習モデルによりパフェット（機体振動）現象の特徴量を抽出する知識抽出ツールを完成させたことにより、設計段階で用いられる典型的な2次元翼型に対して、パフェット発生境界（迎角）の迅速な推定を可能にする</u>とともに、萌芽的研究から実用を促進する研究まで、幅広い範囲の基盤研究を計画・推進し、それぞれ価値のある成果を創出した。特に航空機の主要材料である複合材の修理スキルを有する高技能整備士の不足を補うために<u>国内メーカと共同で開発した複合材損傷部を自動で修復するロボット</u>については、加工常識に反するドライ切削方法開発による高速化やJAXAが有する強度試験データベース等を活用した軽量化設計によって市場投入に向けた実用化を促進し、結果として<u>世界最軽量・最速・低価格という十分な国際競争力を実現できたことから、2021年の市場投入に目途を付けた</u>。また、利用者ニーズに応じて高空性能試験設備等の整備・改修を進め、遷音速風洞のデータ生産性向上等、利用需要に応えた設備供用及び試験技術開発を実施した。

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)	9,053,830	9,999,540					
決算額 (千円)	9,349,850	9,371,642					
経常費用 (千円)	9,679,777	10,784,622					
経常利益 (千円)	△261,584	38,584					
行政コスト (千円) (※1)	10,770,273	15,242,081					
従事人員数 (人)	221	229					

(※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
共同研究数	128件	132件					
受託研究数	5件	6件					
ライセンスの供与の件数	8件	7件					
知的財産権の出願	42件	50件					
知的財産権の権利化	28件	14件					
研究設備の供用件数	25件	40件					

2018年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
○産業振興及び国際競争力強化の面での成果を示すには、ある程度事業面でのアウトカム提示が必要である。	メーカーや外部機関の事業面でのアウトカムについて記載したが、産業振興及び国際競争力強化の面での成果についても幅広く記載した。
○基幹設備である風洞試験装置の整備・維持もしくは更新について、J A X A 施設の整備・更新等の長期戦略・展望の中での位置づけを示すことを期待する。	風洞は航空技術部門の最重要設備であるため、研究開発の中長期的な戦略を踏まえた整備方針を設備マスタープランとして技術文書化し、それに基づいて計画的・効率的に設備の維持・機能向上等を実施している。
○数値シミュレーション技術レベルを国際比較で高い水準に保つための長期的な方策を示すことを望む。	国際的に認知されたワークショップやベンチマークに参加して技術レベルを高水準に保っているが、これに加えて、長期的な方策を示すことを目的に数値シミュレーション技術に関する諮問委員会を開催し、数値解析に関する将来ビジョン策定についての活動を開始した。

2019年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
静粛超音速機の研究開発事業終了後に移行すべき技術実証の構想について、意義価値向上の観点から海外メーカとの連携も視野に入れた検討継続が必要となったため、ミッション定義フェーズ活動を1年延長した。国際的な動向を踏まえた意義価値の高い技術実証計画の策定が望まれる。	国内の産学官を一体化した研究開発体制に加えて、海外メーカとの連携を強化して技術実証構想を共同で策定・推進することで、意義価値の高い技術実証計画を策定する。