

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

2020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	18,810,775				
決算額 (千円)	16,464,106	14,206,832	16,199,543				
経常費用 (千円)	18,563,542	11,473,161	13,151,712				
経常利益 (千円)	△2,603,560	73,668	190,477				
行政コスト (千円) (※1)	18,370,390	15,649,082	13,235,930				
従事人員数 (人)	371	361	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

自己評価

A

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>Ⅲ. 4. 1</p> <p>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、ベンチャー企業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機能を強化する。</p> <p>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・実証を行う他、協業に資する共通技術基盤の高度化を図る。</p> <p>これらを通じて、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。</p>	<p>Ⅰ. 4. 1.</p> <p>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機能を強化する。</p> <p>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他、協業に資する整備・構築を含む共通技術基盤の高度化を図る。</p>	<p>－</p> <p>宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）は、始動から3年目を迎え、27件（前年度26件）のプロジェクト・活動について、14名のプロデューサーと社内共創メンバー約230名超（前年度150名超）と、JAXA研究開発とシナジーを生む民間との共創活動を着実に推進した。</p> <p>特に、2020年度は、多様かつ新たな事業の創出に向け、以下のような顕著な成果創出や将来的に期待を持てる成果を創出した。</p> <p>「小型SAR（レーダ）衛星によるソリューション事業（2019年2月より(株)Synspectiveと共創）」において、小型合成開口レーダ（SAR）衛星の軌道上運用が実現したことで、JAXA研究開発成果でもある小型SAR技術や革新的衛星技術実証1号機で実証済の薄膜太陽電池セル搭載などJAXA技術が初めて、民間宇宙ベンチャーの衛星のキー技術として採用され、軌道上運用にまで繋がった。これにより、Synspective社の独自データを利用したソリューションサービスを開始できるところまで実現できた。</p> <p>商業活動の場としてのISSきぼう利用を進める中、ISSきぼうと地上の双方向ライブ番組配信「KIBO宇宙放送局」事業（2019年8月から(株)バスキュールと共創）と「宇宙飛行士訓練法を活用した次世代教育事業（2018年11月からSpaceBD(株)／(株)増進会HDと共創）」は、実証段階において早くも売上を計上、次年度以降のISS関連初の民間アイデアによる事業化に向け、大幅な進展が認められた。</p> <p>「防災分野における新たな食ビジネス（2018年9月から(株)ワンテーブルと共創）」では、宇宙食と備蓄食の類似性に着目した「BOSAI SPACE FOOD」（備蓄ゼリー）を本格販売した。従来の乾パンに代わる備蓄として、22都道府県の自治体等に導入され社会実装が進んだ。また、食や暮らし・ヘルスケア分野における宇宙と地上双方の課題解決に向けたオープンイノベーションによる研究開発やビジネスを促進する共創プラットフォームも始動した。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p> <p>「KIBO宇宙放送局」（2020年12月・第2回放送）で、Twitter Japan社と連携した初の公開寄付企画により、1,250万以上のツイート反応結果を得て、同社より上限である100万円の寄附が実現。従来にない寄附形態を開拓でき、JAXA外部資金獲得の多様化に繋がる好事例を創出した。</p> <p>福島沖地震（21年2月）や九州水害（20年7月）に、避難所や医療機関などで、水いらずで手軽にカロリーが取れる備蓄ゼリーが提供され、実際の災害の場で活用され貢献した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
Ⅲ. 4. 1	Ⅰ. 4. 1.	-	
(続き)	(続き)	<p>「アバター技術による宇宙関連事業（2018年8月からANA HD株と共創）」では、前年度までのコンソーシアム活動成果として、2020年11月に世界初の宇宙アバター実証を民間資金により実現し関連技術を確立した。コロナ禍で閉館続くJAXA展示施設での地上アバターによる遠隔見学実証も初めて実施し、コロナ禍で医療機関や地方の商店が抱える課題にも貢献できることが明確となり、次年度以降、地上での事業化が期待される。</p>	<p>官民で進めた当「アバター事業」が注目され、本件に関するJ-SPARC活動が世界最高峰の経営学大学院の一つであるハーバード・ビジネス・スクールの教材として採用された。将来の経営者に対するリーダーシップ・イノベーション論の参考として大きな波及が見込まれる成果を創出した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>また、民間の活力の活用を更に促進することを目指し、民間でできるものは民間から調達することを基本とする。民間活力活用の促進に向け、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律（平成20年法律第63号）」に基づき、JAXAの研究開発の成果に係る成果活用事業者等に対して、出資並びに人的及び技術的援助の業務等を行うことで、JAXAの研究開発成果等を活用した新たなベンチャービジネス等を創出するため、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・強化等を行う。</p> <p>加えて、ベンチャー企業や異業種企業を含む宇宙産業への参入促進等のため、宇宙及び地上でのビジネスに有用な技術の研究開発並びに実証機会の提供の多様化及び拡大に取り組む。これらを通じて、宇宙産業の拡大及び宇宙産業を担うJAXA内外の人材の育成にも貢献する。</p>	<p>また、民間の活力の活用を更に促進することを目指し、民間でできるものは民間から調達することを基本とする。民間活力活用の促進に向け、JAXAの研究開発成果等を活用した新たなベンチャービジネス等を創出するため、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・強化等を行う。</p> <p>加えて、ベンチャー企業や異業種企業を含む宇宙産業への参入促進等のため、宇宙及び地上でのビジネスに有用な技術の研究開発並びに実証機会の提供の多様化及び拡大に取り組む。これらを通じて、宇宙産業の拡大及び宇宙産業を担うJAXA内外の人材の育成にも貢献する。</p>	<p>民間活力の活用促進については、「IV.業務運営の改善・効率化に関する事項に係る措置」を参照。</p> <p>JAXA発ベンチャー支援制度において、新たに1件に対して認定を行う等計8社への支援を実施した。8社のうち、JAXA発ベンチャーとして初めて「DATAFLUCT」社がデータ活用の事業性を認められベンチャーキャピタルより3億円の資金調達に成功、また、「天地人」は東京都及びJETRO主催の「X-HUB TOKYO」の「Web Sumimt」コースに採択されるとともに、シードアリー期の日本を代表する技術系ベンチャー企業を表彰する「J-TECH STARTUP 2020」の認定企業に選定された。</p> <p>地域課題解消のためのアイデア創出を支援する「衛星データ活用事例カード」を開発し、20年8～9月に、福岡県と共催による宇宙共創ワークショップを一早くオンラインで初実施。当該ワークショップも契機として、宇宙技術を活用した地方創生に係る検討が進み、21年3月には、地方自治体との包括連携協定は初めてとなる、佐賀県との協定の締結に至り、次年度以降、佐賀県からJAXAへの人材派遣も実現し、今後、具体的な活動の展開が期待される。</p> <p>宇宙業界における人材層の拡大に向けた多様な人材育成プログラムを運用し、そのうちのひとつとして、経産省・宇宙ビジネス専門人材プラットフォーム「S-Expert」と連携し、『SpaceCareer Forum』を計4回開催。宇宙ベンチャー12社が登壇、オンラインで配信し、現時点で視聴回数7.3万回(Youtube配信)を超え、S-Expertの登録者数増にも貢献した。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p> <p>「X-HUB TOKYO」は、東京と世界のイノベーションエコシステムを繋ぎ、新たな時代を切り拓くスタートアップをアクセラレートするプラットフォームである。</p> <p>今回、170か国から10万人が参加する世界最大級のテックイベントである「Web Summit」への参加資格を付与され、宇宙分野として初めて採択されたことで欧州展開を目指す有望ベンチャー企業としてJAXA発ベンチャー企業が好事例を創出した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
(続き)	(続き)	<p>また、2021年4月施行の法改正により「出資」機能が追加されるに伴い、理事長決定による「出資業務検討チーム」を設置し社内横断的検討を実施した上で、出資に係る基本方針、実施計画及び業務フロー等の策定を行うとともに、4月からの出資業務実施に必要な体制の整備を行った。</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>上述の取組を進めるに当たっては、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。</p>	<p>上述の取組を進めるに当たっては、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。</p>	<p>スパークス・イノベーション・フォー・フューチャー(株)が2020年6月に設立した宇宙領域を投資対象とする「宇宙フロンティアファンド」との連携を開始した。JAXAは同社に対して技術的支援を行い、同社ファンドによる宇宙ベンチャーへの投資を促進した。</p> <p>J-SPARC・事業共同実証活動が増えたことにより、同活動における民間自己投資総額(4活動)は4.85億円(JAXA負担総額0.28億円)となり、民間リソースを活用した共創による研究開発を進めた。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p>
<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>「革新的衛星技術実証3号機」に搭載する実証テーマの募集においては、これまでのロケット相乗り公募コミュニティや、過去の問合せ元などへの募集告知の結果、新たな企業や大学からの提案が選定された。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p> <p>単なる対外窓口の一本化のみならず、相乗り公募で選定されたテーマの中にはこれまでにJAXAとの共同研究(オープンラボ)やJ-SPARC共創活動等で実現した提案4件も含まれるなど、これまでの様々なフェーズでの支援活動の成果として実を結び、選定に繋がった。</p>
<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>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H3ロケット試験機2号機への超小型衛星相乗り搭載を想定し、ロケット側とのインタフェース調整や搭載に必要な機材の調達の実施した。</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、「1. 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施」における以下の取組に対して、上記の取組を推進する。</p> <p>1. 1 準天頂衛星システム等 【再掲】我が国の測位技術の維持・高度化を担う人材を育成・確保していくため、JAXA内で高度な専門性を備えた人材の育成に努めることはもとより、技術支援等を通じて大学や民間事業者等の人材育成にも貢献する。</p> <p>加えて測位利用ビジネスの推進に貢献するため、政府や民間事業者等と連携し、上述の取組を通じて得た知見について提供することで、民間事業者による高精度測位情報サービスの事業化の支援等を行う。</p>	<p>(B-12を参照)</p> <p>(1.1の記載を再掲) JAXA内外の実習機会等(ドローンを利用した測位データおよび慣性航法データの取得と事後解析など)を通じて高度な専門性を備えた職員の育成に努め、成果を国際学会・シンポジウム等へ発信した(なお、今年度は、衛星測位に関する企業等からの技術相談はなかった。)</p> <p>MADCOCAの技術を利用した高精度測位情報サービスの事業化を目指す「グローバル測位サービス株式会社(GPAS)」に対し、高精度軌道時刻推定に関する知財提供と運用技術の移転を継続し、商用配信サービス開始を支援した。</p>	<p>(1.1の記載を再掲) JAXA内外の実習等を通じて、我が国の測位技術の維持・高度化を担う人材の育成・確保に寄与した。</p> <p>JAXAの支援を受け、2020年8月にはGPAS社による商用配信サービスが開始された。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
-	<p>1. 5 衛星リモートセンシング</p> <p>【再掲】衛星リモートセンシングデータの高付加価値化や、新たなサービスの創出による産業振興、衛星データの社会実装を進め、さらにそれらが包括されて衛星データが社会活動に不可欠となる状態を目指し、国内外の複数衛星データを複合的に利用したプロダクト及び成果の提供や、観測データと予測モデルを組み合わせる等の利用研究に取り組む。</p> <p>衛星により取得した各種データについて、成長戦略実行計画（令和2年7月17日閣議決定）や政府関係機関移転基本方針（平成28年3月まち・ひと・しごと創生本部決定）、海外の動向、並びにオープン＆フリー化、データ利用環境整備等の政府の方針・取組等を踏まえ、政府衛星データプラットフォーム「Tellus」や民間事業者等と連携し、幅広い産業分野での利用を見据えた適切なデータ管理・提供を行う。</p>	<p>（1.5の記載を再掲）</p> <p>衛星データの高付加価値化、衛星データの社会実装等を進めるため、政府や民間企業等と連携しながら、食料安全保障分野、損害保険分野、電気通信事業分野、監査分野等における衛星データの利用を促進した。</p> <p>衛星リモートセンシング法の施行を踏まえ、衛星データの管理及び配布方針等を適切に設定・運用するとともに、政府関係機関移転基本方針に基づき設置された「西日本衛星防災利用研究センター」にALOS-2等のデータを提供しており、今年度に発生した災害対応等で活用された。</p> <p>また、政府が整備するオープン＆フリーの衛星データプラットフォーム「Tellus(テルース)」を通じたJAXA衛星データの提供も拡充した（GCOM-C等）。</p>	<p>（1.5の記載を再掲）</p> <p>JAXAの研究成果を活用した農林水産省による農業気象情報衛星モニタリングシステム（JASMAI）が構築され、我が国の食料安全保障の確立に寄与した。また、損害保険分野や電気通信事業分野において、災害時の被災地域把握等に衛星データを活用する取り組みが開始された。これにより、災害時の迅速な保険金支払いの実現や早期の設備復旧が期待されている。</p> <p>さらに監査分野でも船舶航行に係る正確な経費検証等に衛星データを活用する取り組みが開始された。</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>1. 7 国際宇宙探査</p> <p>【再掲】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る。具体的には、ゲートウェイ利用のための国際調整や、民間サービスを活用する月周回や月着陸の実証機会について検討する。</p>	<p>(1.7の記載を再掲)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●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、事業自立化による持続的な月周回打ち上げサービスの実現を目指して、「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。 ●民間事業者の月面輸送サービスを活用し、別の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、それぞれ企業との間で契約を締結した。 ●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。 ●有人と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、再生型燃料電池システムの研究を開始した。 ●2019年度に発足した「有人と圧ローバが拓く“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ロードマップを検討した 	<p>(1.7の記載を再掲)</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>1. 8 ISSを含む地球低軌道活動</p> <p>【再掲】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。</p>	<ul style="list-style-type: none"> （1.8の記載を再掲） HTV-X技術実証機からの超小型衛星放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、ココロラ、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画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>1. 9 宇宙輸送システム</p> <p>【再掲】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>(1.9の記載を再掲)</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>(1.9の記載を再掲)</p> <p>・計画に基づき着実に実施</p>

横断的な施策に係る顕著な成果一覧（産業振興）

評価軸として「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」が設定されている以下の項目における成果を列記

3.1 準天頂衛星システム等：

A-4ページ参照 【JAXAの支援を受け、2020年8月には「グローバル測位サービス株式会社(GPAS)」による商用配信サービスが開始】

3.3 宇宙状況把握：

【3.3項において、年度計画で設定した業務を計画どおり実施。】

3.5 衛星リモートセンシング：

A-49ページ参照 【JAXAの研究成果を活用した農林水産省による農業気象情報衛星モニタリングシステム(JASMAI)が構築され、我が国の食料安全保障の確立に寄与】など

3.7 国際宇宙探査：

A-120ページ参照 【有人与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、再生型燃料電池システムの研究を開始】など

3.8 ISSを含む地球低軌道活動：

A-138ページ参照 【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)の技術実証を契約後1年半で実施】など

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：

主に B-15～16ページ参照 【J-SPARCを通じた成果：アバター、食事業など共創中のプロジェクトから地上・社会課題に対応する、時期をとらえた取り組みも展開】など

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）：

B-31ページ参照 【自律飛行安全ソフトウェアの開発において、スタートアップ企業のロケット等への搭載が決定、民間のロケット打上げ事業への参入促進等が期待】など

※ なお、これらの成果は、各評価項目の活動における観点でそれぞれ評価しており、二重に評価しているものではない。

主な評価軸（評価の視点）、指標等

【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】

○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）

（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）
- 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）

- 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

【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）

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

2020年度 自己評価

A

【評定理由・根拠】

我が国の宇宙産業全体の自立的発展への貢献を目的として、様々な企業の事業の成長段階での技術支援のみならず、非宇宙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することにより、年度計画に設定した業務を確実に実施するにとどまらず、コロナ禍で共創相手方の業務遂行の状況が不透明な中、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を上げ、将来の新しい事業やマーケットの創出に向けて確実に進捗した。特筆すべき取組及び成果を以下に示す。

【宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）】<補足1参照>

2018年5月に運用を開始し3年目を迎える2020年度は、27件（前年度26件）のプロジェクト・活動について、14名のプロデューサーと社内共創メンバー約230名（前年度150名超）と、JAXA研究開発とシナジーを生む民間との共創活動を着実に推進した。特に、巣ごもり需要が高まり、リモート化が進むコロナ禍や水害・地震など災害も多かった2020年度は、アバター、食事業など共創中のプロジェクトから地上・社会課題に対応する、時機をとらえた取り組みも展開できた。研究開発成果の最大化の観点も含め、顕著な成果創出や将来的に期待を持てる成果創出について以下に示す。

1. (株)Synspectiveと共創中（2019年2月～）の「小型SAR(レーダ)衛星によるソリューション事業」では、JAXA地球観測プロジェクトで蓄積した技術をベースに、内閣府ImPACTプログラムでJAXA等が開発した小型SAR技術を搭載した衛星の軌道上での運用が始まり、平面スロットアレーアンテナによる世界トップレベルの小型化・高精度化の実現に貢献した。JAXAとして小型SAR技術の小型軽量化技術を確立し、衛星の小型化に欠かせない大電力増幅技術や革新的衛星技術実証1号機で実証済の薄膜太陽電池セルなどJAXA技術が初めて、民間宇宙ベンチャーの衛星のキー技術として採用され、軌道上運用にまで繋がった。
2. (株)バスキュールと共創中（2019年8月～）の「KIBO宇宙放送局事業」では、通信制約・高セキュリティのもと、筑波宇宙センター外部からの遠隔操作による宇宙と地上の双方向ライブ配信システム技術の実証に初めて成功。2020年12月、民間資金により、第2回放送（初日の出）を実施、JAXA長尺動画2位の約555万（50カ国）を超える視聴を達成し、コロナ禍でISSきぼうを軸に世界を繋いだ番組を実現。事業実証パートナー3社（日本コカ・コーラ(株)・(株)ポケモン・Twitter Japan(株)）から売上げも計上し、次年度以降の事業化に向け大きな進展が認められた。さらに、Twitter Japan(株)との連携し、ユーザー反応件数に応じた金額をJAXAに寄附をするという新しい寄附企画を実施し、1,250万以上のツイート結果を得、当初想定上限の100万円の寄附を受けた。また、日本最大級のオープンイノベーションプラットフォーム主催COLLABORATION BATTLE 2021にてオーディエンス賞（最高位）を受賞。

【評定理由・根拠】（続き）

3. SpaceBD(株)／(株)増進会HDと共創中（2018年11月～）の「宇宙飛行士訓練方法を活用した次世代型教育事業」は、経産省事業に採択され、全国15校（計5,000名以上の生徒）の実証が加速。未知で不確実性が高い宇宙に挑む宇宙飛行士の能力を参考に、変化の激しい予測不可能な社会で求められる自己管理能力やコミュニケーション能力などの非認知能力を可視化するツールを民間資金により開発。**教育ソリューションの商品・サービスとして販売を開始し、企業の他、4校（公・私立）で導入決定。**2021年度以降の文科省・新学習指導要領スタートや今秋の日本人宇宙飛行士募集もあり、**将来的な成果創出の期待**が高まっている。
4. ANA HD(株)と共創中（2018年8月～）の「アバター事業」は、**世界初の宇宙アバター実証を民間資金により実現**し、高圧縮視覚伝送技術と高セキュリティ下のコマンド送信のためのエンコーダ技術を確立。閉館続いたJAXA展示施設の地上アバターによる**遠隔見学実証も初めて実施**し、小学校向けサービスによる自己収入増とアフターコロナにおける来場者増（参加者97%が実際に足を運びたい意向を示した）に向けた道筋を確認。コロナ禍に医療機関など100カ所以上1,000人以上のユースケース検証を重ねたことで、離島での遠隔診療、地方の商店での遠隔購買など地方創生やコロナ禍の社会課題にも貢献できることも明確となり、**次年度以降の事業化に向け大きな進展**が認められた。また、官民による本事業が注目され、**ハーバード・ビジネス・スクールの教材化が決定し、共創によるJ-SPARCの取り組みも世界中に発信**されることとなった。
5. (株)ワンテーブルと共創中（2018年8月～）の「防災分野における新たな食ビジネス」は、宇宙食と備蓄食の類似性に着目した「BOSAI SPACE FOOD」(備蓄ゼリー)を本格販売し、これまで課題であった幼児・高齢者向け備蓄や従来の乾パンに代わる備蓄として、**22都道府県の自治体等に導入**。特に、2021年2月に震度6強の地震が発生した福島県国見町では、避難所や初動で駆け回る町職員に、水いらずで手軽にカロリーが取れる備蓄ゼリーが提供され、**実際の災害の場で早速、活用**された。また、宇宙食料マーケット創出に向け、関連取り組みが新たな宇宙基本計画（2020年6月）に反映され、**農水省施策として本格的な議論も始動**。

【評定理由・根拠】（続き）

【JAXA発ベンチャー】<補足 2 参照>

6. JAXAベンチャー支援制度は、機構の知的財産等を利用して職員が出資し設立する会社に機構が支援を行うことで社会課題の解決又は産業の活性化等に寄与する事業の創出を促進することを目的としている。本制度により、**2020年度に新たに認定された1社を含め、認定企業は合計8社となった。**8社のうち、**DATAFLUCTはベンチャーキャピタルより3億円の資金調達に成功、また、天地人は東京都及びJETRO主催の「X-HUB TOKYO」の「Web Summit」への参加資格を付与される**とともに、シードアーリー期の日本を代表する技術系ベンチャー企業を表彰する「J-TECH STARTUP 2020」の認定企業に選定された。

【人材育成】<補足 3 参照>

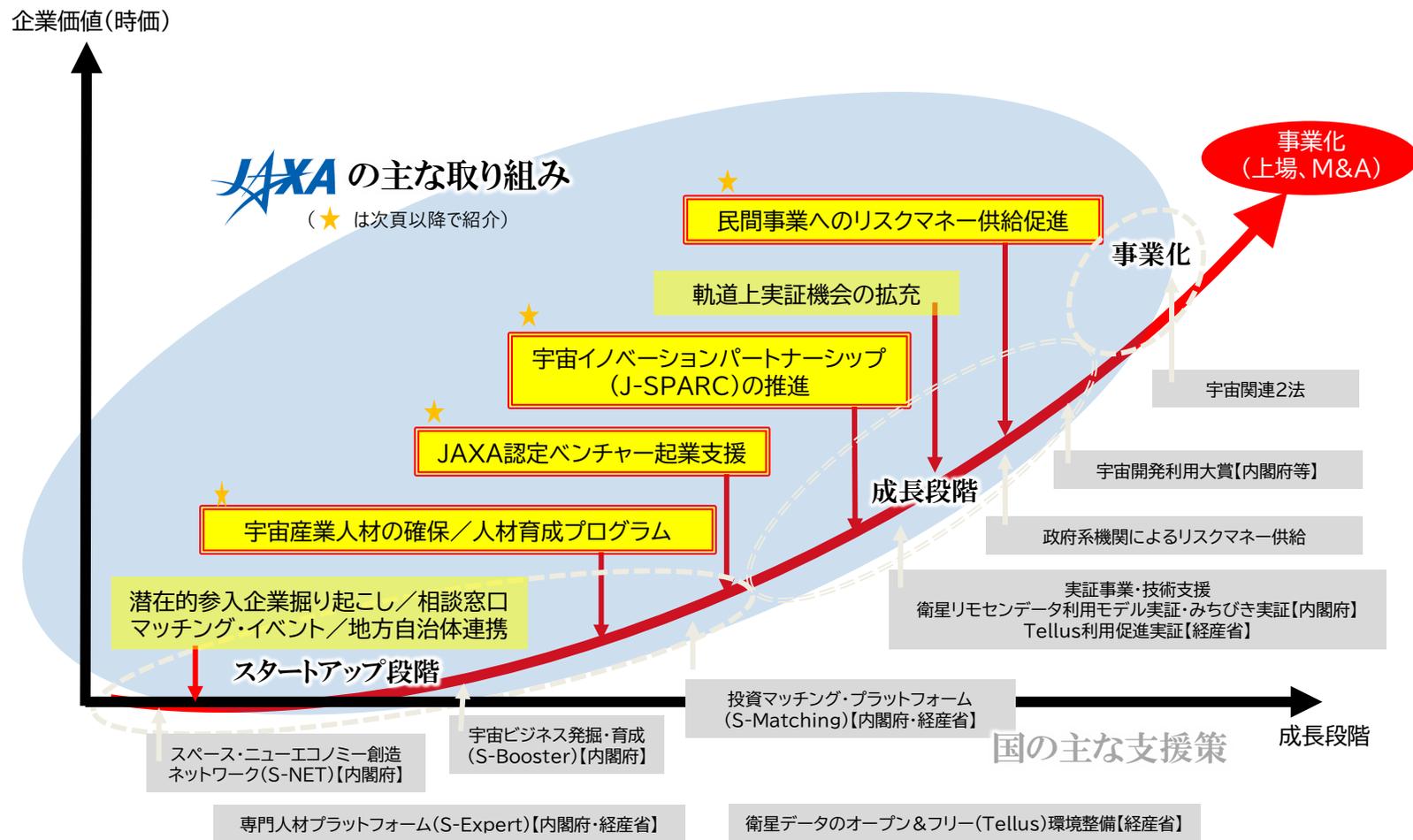
7. 内閣府・経済産業省が主導する「宇宙専門人材プラットフォーム（S-Expert）」と連携・協力し、国内宇宙ベンチャー12社による「Space Career Forum」（経産省との共催・計4回オンライン開催・視聴回数7.3万回超（Youtube））を初めて開催し、**業界への流入を促進**するとともに、S-Expert登録増に貢献した。20年4月には、クロスアポイントメント制度より、JAXAエンジニアがインターステラテクノロジズ(株)へ出向。これにより19年5月に同社エンジニアの受入れと合わせ、ベンチャー企業との双方方向の人材交流が初めて実現し**宇宙産業の人材流動化を推進**した。さらに、提案力の強化も掲げたJAXA人材育成実施方針に則り、「**宇宙ビジネス共創・越境プログラム**」（4名（前年度2名）を民間企業等に一定期間の研修派遣）や事業開発に係る基礎知識を養う「**BIZ道場**」（全10回・今年度より内部（11名）に加え、外部・民間企業(14名)参加）など独自の人材育成プログラムを実施し、プロデューサー人材の育成など**将来の宇宙産業の拡大に必要な人材確保への取り組みも並行して展開**した。

【その他の活動】

8. 地域課題解消のためのアイデア創出を支援する「衛星データ活用事例カード」を開発し、20年8～9月に、福岡県と共催による**宇宙共創ワークショップ(九州各県を中心に8チーム41名参加)を一早くオンラインで実施**。当該ワークショップを機に、宇宙技術を活用した地方創生に係る検討が進み、**21年3月には、地方自治体との包括連携協定は初めてとなる、佐賀県との協定の締結**に至り、次年度以降、佐賀県からJAXAへの人材派遣も実現し、今後、具体的な活動の展開が期待される。
9. 産業基盤強化、産業の裾野拡大に寄与する観点から、民間の月面輸送機会を活用し、JAXAの探査シナリオに資する月面データ取得を行う取り組みを行うプロジェクトに参画(有人部門プロジェクトへの協力)することにより、**月・月面における将来のビジネス展開に資する環境を整備した。**
10. 金融機関等との連携について、スパークス・イノベーション・フォー・フューチャー(株)が20年6月に設立した宇宙領域を投資対象とする「宇宙フロンティアファンド」との連携を開始した。また、官民ファンドである(株)産業革新投資機構との間で連携協定を合意した。これまでに関係を構築している日本政策投資銀行（DBJ）、(株)INCJ等金融機関との連携も含め、JAXAが保有する技術的知見等の提供により金融機関等による投資活動を促進することで、宇宙産業へのリスクマネー供給を促進する活動を展開した。なお、コロナ禍にも、J-SPARC共創先ベンチャー（6社）が総額50億超の追加資金調達を実施した。

なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

[産業振興・宇宙利用拡大策] 国の支援策と連動した具体的な施策展開

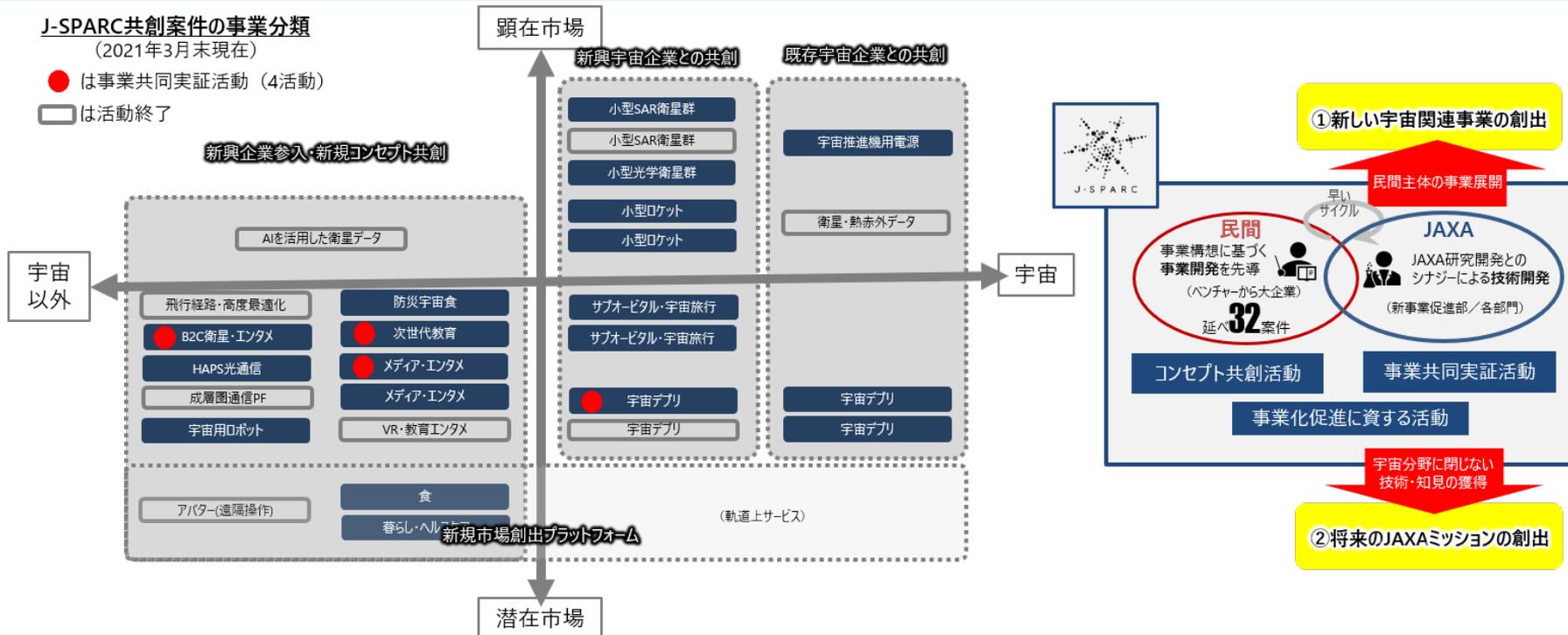


補足 1 : 宇宙イノベーションパートナーシップ (J-SPARC)

※Jaxa Space innovation through PARTnership and Co-creation

概要・目的

- ◆ 宇宙ビジネスを目指す民間事業者等と事業化に向けた双方のコミットメントを得て、双方リソースを持ち寄り、共同で事業コンセプト検討や出口志向の技術開発・実証等を行い、新しい技術を獲得、新しい事業を創出する共創型研究開発プログラム。
- ◆ 2020年度は、事業化等を目指した27 (前年度26) の取り組みについて、14名のプロデューサーと社内共創メンバー約230名 (前年度150名超) とJAXA研究開発とシナジーを生む民間との共創活動を着実に推進した。



- プログラム始動以来、300件以上の問い合わせがあり、宇宙ベンチャー・宇宙以外の大企業などと32の共創活動を推進。宇宙機のみならず、衛星データソリューション、宇宙旅行、衣食住、コンテンツなどB2Cビジネスも視野に入れた活動も特徴的。
- 事業の類型としては、厳しい宇宙環境下の革新技术を獲得し、潜在マーケット開拓を狙う事業、他分野で実績ある自社技術を宇宙分野に持ち込み、顕在マーケットで競争力獲得を狙う事業など様々。J-SPARCのゴールは、民間による事業化と、JAXAとして新しい技術・知見の獲得の2つ。

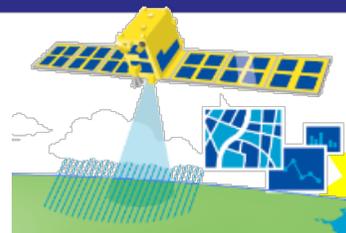
評定理由・根拠 (補足)

2020年度の主な成果 (アウトプット)

- JAXA技術が初めて、民間宇宙ベンチャー衛星のキー技術に採用
- 実証段階で早くも売上計上、事業化に向け大きく進展
- 衣食住分野のB2Cビジネスを目指し研究開発基盤を構築

衛星データソリューション

- (株Synspective・2019.2～共創)
- JAXA小型レーダ技術を活用したSynspectiveの衛星が運用開始 (21年2月～)
 - **世界トップレベルの小型化・高精度化の実現に貢献**



市場投入サービスイン



軌道上・地上実証

各共創活動を通じコロナや災害にも対応

- 宇宙食と備蓄食の類似性に着目したゼリーの**本格販売**
- 従来の乾パンに代わる備蓄として**22都道府県自治体等に導入**
- 九州豪雨 (20年7月)・福島沖地震 (21年2月) には、**実際に避難所・医療機関に提供、活用**



BOSAI SPACE FOOD

(株ワンテール・2018.8～共創)



宇宙アバター

(ANA HD(株)・2018.8～共創)



KIBO宇宙放送局

(株バスキュール・2019.8～共創)

次世代型教育

(SpaceBD(株)/Z会・2018.11～共創)

- 宇宙飛行士訓練法を基に非認知能力可視化ツールを開発
- 全国15校 (5,000名以上) で実証し、**21年3月にZ会が販売開始、企業や4校 (公・私立) 導入が決定**
- 宇宙教育に係る評価技術の獲得



衣食住分野におけるコンソーシアム・プラットフォーム

- 20年4月、初の一般社団法人発足 (約60社)
- 新たな宇宙基本計画に宇宙食料について初めて記載

新規市場形成



プラットフォーム
THINK SPACE LIFE

- 20年7月、暮らし・ヘルスケア分野の初のプラットフォームが発足 (約65社)
- 22年以降のISS生活用品公募で、非宇宙企業が多く採択

- **20年11月、世界初の宇宙アバター実証に成功し関連技術を獲得 (虎ノ門⇄宇宙)**
- 初めてのJAXA展示館との遠隔見学実証成果も踏まえ、地方・コロナ禍の課題解決に向け**地上事業は大きく進展**

- 20年8月、JAXA外からの遠隔操作による**双方向ライブ配信技術実証に初めて成功**、通信基盤を高度化
- **JAXAYoutube長尺動画2位の約555万 (50カ国) を超える視聴** (外出自粛の中、宇宙から初日の出を拝む)
- **3社から売上を計上し、事業化に大きく進展**

アウトカム

- ◆ Twitter Japan社との公開寄付企画で**1,250万以上のツイート反応結果を得て、100万円 (上限) の寄附が実現**
- ◆ 官民共創のアバター事業が、**ハーバード・ビジネス・スクール教材化**
- ◆ **コロナ禍・災害時の課題に、共創中の商品・サービスが対応し貢献**

概要・目的

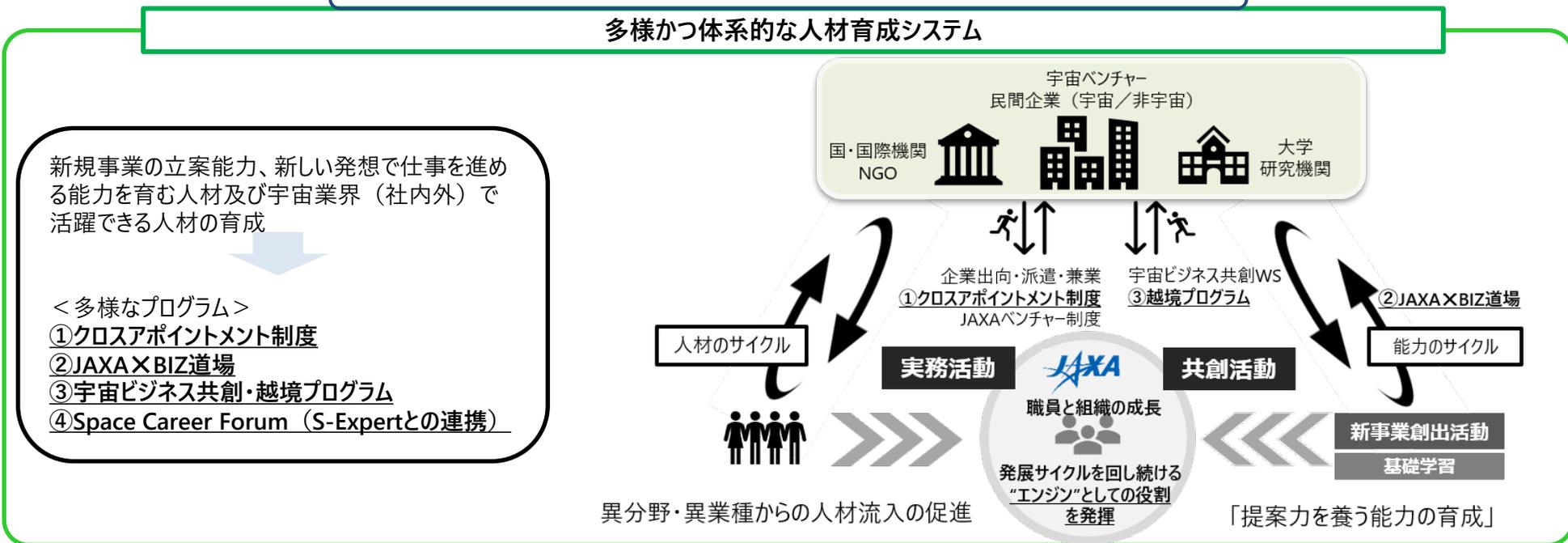
補足 2 : JAXA発ベンチャーによる社会課題解決と産業活性化

JAXAベンチャー支援制度は、機構の知的財産等を利用して職員が出資し設立する会社に機構が支援を行うことで社会課題の解決又は産業の活性化等に寄与する事業の創出を促進することを目的としている。本制度により、2020年度に新たに認定された1社を含め、認定企業は合計8社となった。

企業名	事業概要	アウトプット	アウトカム
 オリガミ・イー ティーエス合同 会社	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 新規事業への取り組み	✓ コロナ不況下においても着実に売り上げている企業もあり、JAXA知財活用によるJAXA発ベンチャーが社会課題解決に貢献していることが立証された。 ✓ 機構の知的財産による社会課題の解決。特にパッチドコニックスのJAXA知財(エネルギーマネジメント技術)に基づく大手自動車メーカーとの連携によるカーボンニュートラルへの貢献が期待される。 ✓ 新規事業への取り組みによる産業の活性化への更なる寄与が想定される。
 合同会社 パッチドコニック ス	「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	
 合同会社 Flow Sensing Lab	液体ロケットエンジンの作動状態を正確に把握するための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	
 合同会社 Space Cubics	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	海外シンクタンク主催のシンポジウムにおける講演、国際展示会への出展、専門誌への寄稿等を実施。	
 (株) DATAFLUCT	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商圏分析、データ活用コンサルティング	<ul style="list-style-type: none"> ベンチャーキャピタルよりシリーズAラウンドで3億円の資金調達を実施した。 	
 (株)天地人	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)による革新的な土地評価サービスの提供	<ul style="list-style-type: none"> 東京都及びJETRO主催の「X-HUB TOKYO」の「Web Sumimt」コースに採択された。 	
 武蔵 スカイプラス(株)	固定翼の小型無人航空機と4発ティルトウィングのVTOL機によるサービス・ソリューションを提供。	順調に進捗 新規事業への取り組み	
 SEESE(株)	環境試験ワンストップサービスを始めた宇宙開発を支援する各種サービスの提供	順調に進捗 (2020年度新規認定)	

補足3：宇宙業界における人材層の拡大に向けた人材育成

多様かつ体系的な人材育成システム



得られたアウトプット

- ①クロスアポイントメント制度による宇宙ベンチャーへの出向
 - ✓ 2020年4月から、クロスアポイントメント制度より、JAXAエンジニアがインターステラテクノロジズ(株)へ出向。ベンチャーとの双方向の人材交流が初めて実現し、**宇宙産業の人材流動化を推進**。
- ②JAXA×BIZ道場
 - ✓ 新規事業の基礎を学ぶ寺子屋的アクティブラーニング型教育機会を提供。初めて外部・民間企業から参加し実施。

- ③宇宙ビジネス共創・越境プログラム
 - ✓ 異分野企業への研修機会を提供する『宇宙ビジネス共創・越境プログラム2020』として越境先企業（下記）に対し、社内公募により選抜された4名を派遣（パナソニック(株)・(株)シンスパクティブ・ユニリーバジャパン(株)・(株)INCJ）
- ④Space Career Forum（S-Expertとの連携）
 - ✓ 『Space Career Forum』を初開催（計4回）。宇宙ベンチャー12社が登壇、オンラインで配信し、視聴回数7.3万回超（Youtube）。S-Expert登録者増に貢献。

期待されるアウトカム

- ✓ **本活動による提案力を有した**
- ✓ **人材が育成され、新たな発想**
- ✓ **の宇宙関連ビジネスの創出、**
- ✓ **新たなプレーヤーの参入への**
- ✓ **貢献が期待。**

参考情報

2020年度 J-SPARC共創プロジェクト・活動の概要

■2020年度は、通年相談窓口を開設し、**新たな事業コンセプト共創活動・4件**（前年度6件）、**新たな事業共同実証活動・3件**（前年度1件）、**新たな事業化促進に資する活動・4件**（前年度2件）の計**11件**（前年度9件）が開始（下記黄色マーカーが新規）、新規案件を増やし継続案件の充実を図った。
 ■事業共同実証活動における民間自己投資総額（4活動）は**4.85億円**（JAXA負担総額**0.28億円**）となり、民間リソースを活用した共創による研究開発を進めた。



①デブリ除去から軌道上サービスへ
 ②光ディスク技術を成層圏・宇宙に
 ③熱赤外線センサーでサブライチチェーン把握
 ④民生用電源を宇宙分野に



FY2020新規

- ①川崎重工(株) (軌道上サービス)
- ②株ソニーコンピュータサイエンス研究所 (光ネットワーク)
- ③株アクセルスペース (衛星群・データソリューション)
- ④古河電工(株) (宇宙推進用電源)

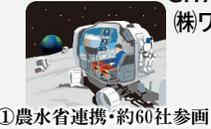
- ①ソニー(株)/東大 (衛星・エンタメ)
- ②株バスキュール (ISSメディア)
- ③SpaceBD(株)/株増進会HD (教育) ※

通年問い合わせ対応
 延べ300件～ (FY2018～)

- (株)SPACE WALKER (宇宙輸送)
- PDエアスペース(株) (宇宙輸送)
- インターステラテクノロジズ(株) (宇宙輸送)
- スペースワン(株) (宇宙輸送)
- スカパーJSAT(株) (デブリ)
- スカパーJSAT(株) (ISSメディア)
- GITAI Japan(株) (宇宙用ロボット)
- (株)ワンテーブル (防災宇宙食)
- (株)QPS研究所 (衛星群・データ提供) 【FY2020終了】
- (株)Synspective (衛星群・データソリューション) 【FY2020終了】
- ANA HD(株)/avatarin(株) (アバター) 【FY2020終了】
- ANA HD(株) (飛行経路・高度最適化) 【FY2020終了】※
- ソフトバンク(株)/HAPSEパイル(株) (HAPS) 【FY2020終了】※
- スカパーJSAT(株) (衛星データ) 【FY2019終了】※
- (株)アストロスケール (宇宙デブリ) 【FY2019終了】※
- (株)メルカリ (衛星データ) 【FY2019終了】※
- A社 (宇宙輸送) 【FY2018終了】※

- (株)ALE (宇宙デブリ)
- グリー(株) (VR教育エンタメ) 【FY2019終了】※

JAXA技術の活用
 2021年度実証予定



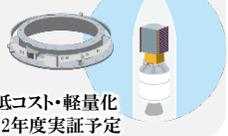
事業化促進に資する活動

- 市場創出に向けた取り組み
 - FY2020新規 ①(一社)SPACE FOODSPHERE (宇宙食料の市場創出)
- 共通基盤の整備
 - 極低温燃料タンク (JAXA角田) 整備
- その他
 - FY2020新規 ③三井不動産 (産業創造促進)

- FY2020新規 ②THINK SPACE LIFE (暮らし・ヘルスケア分野の市場創出)

- FY2020新規 ④ロケット小型衛星分離部の開発

B社 (JAXA技術のスピンオフ) 【FY2020終了】※



参考情報

■ 出資機能

概要・目的

- 科学技術基本法等（科学技術イノベーション活性化法を含む）の一部を改正する法律は2020年6月24日公布となり、JAXAの出資機能導入が決定。2021年4月から施行予定。これにより、JAXAは、JAXAの研究開発成果を活用する事業者に対し出資並びに人的及び技術的援助を行うことが可能となる。
- 2020年度は、理事長決定による「出資業務検討チーム」を設置し社内横断的検討を実施した上で、出資に係る基本方針、実施計画及び業務フロー等の策定を行うとともに、4月からの出資業務実施に必要な体制の整備を行った。具体的には、出資に係る経営方針を明確化した上で、業務の実施方法を識別し、社内規程に反映した。同業務の開始に伴い、制定及び改正が必要となった規程は9種に上った。そのうち意思決定プロセスについては、政府のガイドラインとの整合を取りながら、外部委員会、出資業務を管理する者及び担当部署等を設置するための規程整備を行った。

期待されるアウトカム

- JAXA出資機能を最大限活用することで、以下のアウトカムの創出を想定する。
 - JAXAの研究開発成果等の民間企業による活用・事業化を促進し、研究開発成果等の最大化及び社会実装の実現に貢献
 - 宇宙産業エコシステムの構築や異分野との糾合を図るオープンイノベーションを促進して、我が国の産業競争力並びに産業科学技術基盤の維持及び強化に寄与

	第1号（直接出資）	第2号（間接出資）	第3号（成果活用等支援法人への出資）
目的	JAXA発ベンチャーのヘシードマネー供給	ファンドへのLP出資による宇宙産業エコシステムの構築推進	JAXA業務のアウトソーシング又は専門知見の外部化
イメージ			

※VB：ベンチャービジネス、VC：ベンチャーキャピタル



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	862,578				
決算額 (千円)	879,387	782,314	815,213				
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	27				

(※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	191件 (※4)				
実証機会の提供数	26件 (※1)	7件 (※2)	11件 (※3)				
民間事業者等の外部からの問合せ件数	340件	365件	394件				
民間事業者等との協業件数	30件	41件	50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	4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

※3：11件の内訳：「きぼう」放出11件

※4：件数は契約件数ベース。ただし、2020年度より民間に業務移管した、環境試験運営事業利用件数ベース46件を含む（参照 III.3.11項）

2020年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
<p>民間事業者と事業を推進するパートナーシップ型の協業に取り組み、常に20-30件が進行するなか、これら目標達成に係る評価にあたり、協業等企業の売上高、経常利益等の定量的数値など経営情報に関わる情報に制約があることから、KPI等評価指標の設定には苦慮するところ。開始3年が経過し、異分野企業やベンチャー企業の協業件数は着実に増加していることから、宇宙利用の拡大の効果としての指標となるべく工夫をしていきたい。</p>	<p>協業案件の目標達成確認あたっては、企業の数値情報は非公表を前提としながらも、可能な限りの経営状況等の提供の依頼や協業等企業での経営コミット状況のヒアリング等を行い、事業化・産業化の観点から評価、判断ができるよう努めるとともに、経済効果を意識した指標となるべく更なる工夫を行いたい。</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>○産業育成にむけて、より活動を拡充することを期待する。特に、全体をエコシステムとしてデザインして実施していただきたい。サービス調達、JAXAによるシーズ開発とその民間移転・民間支援、JAXAによるニーズ開拓からの民間巻き込み、定期的な打ち上げ機会・実証機会など多様なエコシステムの形式を検討し、今後のすべてのプロジェクトにおいて、産業育成エコシステムを構築することを目指していただきたい。特に月探査は、これからの産業育成の重要なポイントとなる。月探査と関係する産業育成は重視していただきたい。</p>	<p>産業育成にあたっては、スタートアップ前段階から事業化段階までの成長段階に応じた各種支援施策を講じているところであり(B-7頁参照)、その他実証機会の方策などの検討も進め、機構内横断的に活動を実施してまいりたい。</p> <p>月探査の重要性を認識しているところであり、産業基盤強化、産業の裾野拡大に寄与する観点から、民間の月面輸送機会を活用し、JAXAの探査シナリオに資する月面データ取得を行う取り組みに新事業促進部も参画するなど、月探査と関係する産業育成に資する活動を積極的に実施していく。</p>
<p>○好例の列挙にとどまり、項目全体の達成状況が見えにくくなっている。中長期目標に記載した達成目標を基準に、多年度を見越したロードマップとその中での年度目標及び目標達成に向けた定量的なKPIを明確化すること、その上で達成の可否にかかわらず項目全体の進捗状況を、社会・国民（納税者）への便益という視点も加えて客観的に評価することが不可欠である。特に、案件数のみならず、経済規模や経済価値を含め、可能な限り経済的観点でのKPIを定めるべきである。</p>	<p>評価基準については、企業側の経営情報開示の制約条件等を考慮した上で可能な限り、事業化、社会実装といった出口成果を意識した協業件数、市場投入された製品・サービス数といった経済的観点での指標を設定しているところである。</p>
<p>○産業振興に関して、民間事業の自主的な活動との関係においてJAXAの役割を再定義する必要がある。「プログラムの成果・進捗に相応しい、評価軸基準を設定」し、提示することを強く望む。</p>	<p>評価基準については、企業側の経営情報開示の制約条件等を考慮した上で可能な限り、事業化、社会実装といった出口成果を意識した協業件数、市場投入された製品・サービス数といった経済的観点での指標を設定しているところである。</p>
<p>○今後の民間との協働に関する評価にあたっては、事業化や収益化、社会実装といった出口の成果を主な評価軸の一つに据えていただきたい。その際に、JAXAがどこまで関与し、成果に貢献したかを示すことが肝要である。</p>	<p>評価基準については、企業側の経営情報開示の制約条件等を考慮した上で可能な限り、事業化、社会実装といった出口成果を意識した協業件数、市場投入された製品・サービス数といった経済的観点での指標を設定しているところである。</p>
<p>○民間事業者が宇宙利用を行う際には、JAXA職員の支援や専門的な外部人材の活用は必要不可欠である。こうした人材の育成・配置や各ステージにあった人をフェーズにあわせて入れていくこと、及び、J-SPARCから各部署へのフィードバック、各部署からJ-SPARCへのインプットを循環させることが重要である。宇宙開発の基礎的な要素技術研究はマーケットが見えづらい。クロージングしたものだけでなく、パイプラインにある数も評価指標に加えたらどうか。</p>	<p>人材育成・配置については、限られたリソースの中で最適な配置ができるよう14名のプロデューサーを中心に社内関係部門等の協力を得て社内共創メンバー約230名（前年度150名超）超という体制により、各部署と連携また、JAXA研究開発とシナジーを生む民間との共創活動を着実に推進しているところである。</p> <p>また、指標についてはクロージングしたものだけでなく、相談段階、共創活動中の件数等の状況も把握できるような参考指標を設定しているところである。(B-26参照)</p>

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）

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
Ⅲ. 4. 2	1. 2. 2.	-	-
<p>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。</p> <p>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いた宇宙システムの劇的な機能・性能向上をもたらす革新的技術や、宇宙探査等の宇宙開発利用と地上でのビジネス・社会課題解決の双方に有用（Dual Utilization）な技術等について、オープンイノベーションの仕組みを拡大・発展させて異業種産業等も含め共同で研究開発・技術実証を推進する。これらを通じて、技術革新及び広範な産業の振興に資するとともに、JAXAにおけるプロジェクトの推進、民間企業の競争力強化と事業化の加速及び異業種や中小・ベンチャー企業の宇宙分野への参入を促進する。</p>	<p>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の通り設定し、研究開発の重点課題として取り組む。</p> <p>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いた宇宙システムの劇的な機能・性能向上をもたらす革新的技術や、宇宙探査等の宇宙開発利用と地上でのビジネス・社会課題解決の双方に有用（Dual Utilization）な技術等について、オープンイノベーションの仕組みを拡大・発展させつつ、異業種産業等も含め共同で研究開発・技術実証を推進し、実施するための検討に着手する。これらを通じて、技術革新及び広範な産業の振興に資するとともに、JAXAにおけるプロジェクトの推進、民間企業の競争力強化と事業化の加速及び異業種や中小・ベンチャー企業の宇宙分野への参入を促進する。</p>	<p>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として以下の通り、研究開発に取り組んだ。</p> <p>JST(科学技術振興機構)イノベーションハブ構築支援事業(FY2015～FY2019)により実施してきた宇宙探査イノベーションハブの取り組みをFY2020よりJAXA独自事業として継続し、宇宙探査等の宇宙開発利用と地上でのビジネス・社会課題解決の双方に有用(Dual Utilization)な技術等のオープンイノベーションの仕組みにより、昨年度以前に開始していた共同研究を実施した。</p> <p>また新たに共同研究公募を実施し、33件を採択した。74の企業・研究機関等が参加し、新規参加社のうち約9割がこれまで宇宙分野に関わりなかったもの、企業のうち約6割が中小・ベンチャー企業であり、オープンイノベーションの仕組みの拡大および異業種や中小・ベンチャー企業の宇宙分野への参入促進に寄与した。</p>	<p>●オープンイノベーションを利用した共同研究： 昨年度以前から継続していた共同研究の成果を元に以下のような実装等に至った。特に、製品化、受注実績が発生したことは探査ハブの取り組みが新たな段階に達したと言える。</p> <p>○春日電機： 高真空対応除電処理システム製品化</p> <p>○タグチ工業： 建機用アタッチメント受注</p> <p>○光電製作所： はやぶさ2回収参加(カプセル追跡)</p> <p>○タカラトミー、ソニー： 超小型ロボット月面ミッション採用決定</p> <p>○センテシア： 2次元イメージング水氷センサの月極域探査ミッションへの採用決定</p> <p>○神栄テクノロジー： ガス中微量水分計の月極域探査ミッションへの採用決定</p> <p>○リコー： 全天球カメラ観測ロケット搭載</p> <p>○ミサワホーム、ソニー-CSL・リコー： グッドデザイン賞授賞</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
(続き)	(続き)	(続き) さらに、国際宇宙探査へのさらなる貢献の観点から有人圧ローバー、生命維持、水資源(水素)利用、惑星保護等についても新たに共同研究分野として設定し共同研究に着手した。また、オープンイノベーションの仕組みを社内に展開するため、革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラムについて、次年度共同研究公募を共同で行うべく準備を進めた。	(続き) 計画に基づき着実に実施した。
<p>また、令和2年度に制定した JAXA 知的財産ポリシーを踏まえ、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とともに、知的財産活動の定着を図る。</p> <p>さらに、研究リーダー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。</p>	<p>その際、研究リーダー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。</p> <p>また、令和2年度に制定したJAXA 知的財産ポリシーを踏まえ、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のマネジメント体制と諸規定、ガイドラインを制定する。</p>	<p>クロスアポイントメント制度により企業人材を7名受け入れ人材の糾合を進めた。</p> <p>創造した研究成果を社会で活用可能な知的財産として識別・保護し、効果的・効率的に活用するための知的財産マネジメント体制構築や新たなルール等の策定に向けて、共同研究開始以前に双方保有していた知財の識別、相手方への技術情報提供前の文書化などの試行、共有知財の自己実施及び第三者実施許諾に係る知財条項等の改善、知財ポリシーを踏まえた個別の契約交渉の支援、研究活動への知財活動の浸透に資する・講演・先行技術調査等の各種研修・相談対応等を実施した。</p>	<p>●クロスアポイントメント制度：クロスアポイントメント制度により受け入れた人材を中心に、派遣元会社にて独自に技術の宇宙実証を実施し、さらに次の実施計画を進めた。</p> <p>その他、計画に基づき着実に実施した。</p>
(1) 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	(1) 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	(1) 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	—
研究開発の実施にあたっての方針に従い、以下に示す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を実施する。	研究開発の実施にあたっての方針に従い、以下に示す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を実施する。	研究開発の実施にあたっての方針に従い、以下に示す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を実施した。	—

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>①革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラム</p> <p>我が国の宇宙輸送システムの自立性の継続的な確保や将来の市場における競争力強化のため、抜本的な低コスト化等を目指した革新的な「将来宇宙輸送システム研究開発」として、再使用技術、革新的材料技術、革新的推進系技術(液化天然ガス(LNG)、エアブリージング)、革新的生産技術、有人輸送に資する信頼性・安全性技術等について、基幹ロケットの高度化等も踏まえながら JAXA 全体で連携し、総合的な研究開発プログラムとして革新的な技術の研究開発を進める。本研究開発を推進するに当たって、文部科学省が2021 年中に定める「革新的将来宇宙輸送システム実現に向けたロードマップ」(仮称)に基づき、革新的な技術に係る技術ロードマップを策定するとともに、ユーザーを含む産学官の幅広い実施主体が参画するオープンイノベーションでの共創体制を構築する。</p>	<p>①革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラム</p> <p>我が国の宇宙輸送システムの自立性の継続的な確保や将来の市場における競争力強化のため、抜本的な低コスト化等を目指した革新的な「将来宇宙輸送システム研究開発」として、再使用技術、革新的材料技術、革新的推進系技術(液化天然ガス(LNG)、エアブリージング)、革新的生産技術、有人輸送に資する信頼性・安全性技術等について、基幹ロケットの高度化等も踏まえながら JAXA 全体で連携し、総合的な研究開発プログラムとして革新的な技術の研究開発を進め、このためにユーザーを含む産学官の幅広い実施主体が参画するオープンイノベーションでの共創体制を構築する準備を進める。</p>	<p>①革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラム</p> <p>抜本的な低コスト化等を目指した革新的な「将来宇宙輸送システム研究開発」として、再使用技術、革新的材料技術、革新的推進系技術(液化天然ガス(LNG)、エアブリージング)、革新的生産技術、有人輸送に資する信頼性・安全性技術等を実施した。</p> <p>特に、革新的材料技術として実施した炭素複合材(CFRP)ラティス構造技術の研究では、CFRPの繊維方向の圧縮引張に強い特性を生かせるラティス構造について、形状が複雑で従来の積層方法では製造工数が増え高コストとなる課題や、交差部で局所座屈が発生し、構造全体としての座屈強度を低下させる課題に対して、再使用可能な円筒型に『置き型』を用いた低コストな製造方法、CFRPと『置き型』の熱膨張を考慮して局所座屈を抑制する設計製造方法を確立し、アルミ合金構造と比較し製品コストと質量で50%削減可能なことを実証した。</p> <p>また、非火工品小型衛星分離機構の研究では、低衝撃・低コストさらにITARや火取法の制約がない小型衛星用分離機構が求められる中、汎用的なアルミ合金の採用や分離衝撃を緩和するリンク機構を考案し、海外製より価格を50%以上低減可能な非火工品低衝撃型小型衛星用分離機構を開発。低コスト化(目標500万円以下)及び分離衝撃1000Gs以下の目標を達成する火工品不要な低衝撃小型衛星分離機構の実現の見込みを得た。</p>	<p>—</p> <p>●炭素複合材(CFRP)ラティス構造技術の研究： CFRPの繊維方向の圧縮引張に強い特性を生かせるラティス構造の製造・設計手法を確立し、実機大の供試体を試作・検証することで、実プロジェクト適用に必要な技術課題を解決。質量・コストとも従来金属構造の1/2以下にでき、DESTINY+のキックステージ構造への採用が決定した。また、ラティス構造への外板装着方法等を確立することにより、基幹ロケット等の大型構造等への適用が期待され、現行ロケットの競争力強化および将来の輸送システムの 実現に必要な構造効率の改善に寄与する。</p> <p>●非火工品小型衛星分離機構の研究： 汎用性の高いアルミ合金の採用や分離衝撃を緩和するリンク機構の考案により、海外と比較し価格を50%以上低減可能な非火工品低衝撃型小型衛星用分離機構を開発。スタートアップ企業のロケットに搭載することを合意した。競合製品を凌駕する衛星分離機構の実現に見込みを得た。事業化検討も実施中。低衝撃かつ低コスト、火工品不要な特徴は、急速に拡大しつつある小型ロケット/衛星事業者の導入を容易にし、国内外市場での大きなシェア獲得が見込まれる。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
(続き)	(続き)	<p>(続き)</p> <p>さらに、自律飛行安全ソフトウェアの開発では、従来の飛行安全管理では、地上とロケットの双方向通信確保の為、信頼性の高い地上局が複数必要となり、地上設備の維持や民間打上事業者の新規参入時に必要となる初期投資を高額にしている中、経済産業省委託事業「宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(民生部品等を活用した宇宙機器の軌道上等実証)」(本委託事業については、III.3.6項参照)の自律飛行安全システムの研究開発で、ロケットの搭載計算機でも対応可能な飛行安全管理アルゴリズムを考案し、自律飛行安全ソフトウェアを開発。射場運用費（初期投資/維持費）の低減、ロケットの打上げ能力向上等に資する基盤技術が獲得できた。</p> <p>今後ユーザーを含む産学官の幅広い実施主体が参画するオープンイノベーションでの共創体制を構築するためにも、革新的な技術に係る技術ロードマップ策定のための情報を整理すると共に、革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラムを新たな事業として立ち上げ、次年度共同研究公募を通じてオープンイノベーションの仕組みを取り入れる準備をおこなった。</p>	<p>(続き)</p> <p>●自律飛行安全ソフトウェアの開発： スタートアップ企業等に開発成果を提供し、2021年度にフライトを実施予定。民間航法センサ会社と小型ロケットへの適用に向け共同研究開始。その他、複数ロケットにて適用が検討されている。また、今後の基幹ロケットや将来の輸送システムにおける運用性改善や維持費低減、再使用帰還時や再突入時の管制への適用、将来の民間ロケット打上げ事業参入の促進が期待され、搭載計算機の高速化により、ヘルスマネジメント管制等の高度な技術への発展することが期待される。</p> <p>その他に関しては、計画に基づき着実に実施した。</p>
	<p>なお、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。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。</p>	<p>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、高性能化の研究や利用促進にかかわる研究等の研究開発を行った。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、炭化水素による高効率エンジンや軽量・高耐熱機体に関する研究等を行った。</p>	<p>計画に基づき着実に実施した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>②小型技術刷新衛星研究開発プログラム</p> <p>衛星開発・実証プラットフォームの下、各府省庁、大学・研究機関、ベンチャー企業を含む民間事業者等と連携し、官民で活用可能な挑戦的で革新的な衛星技術、我が国が維持すべき基幹的部品及び新たな開発・製造方式（デジタルイゼーション等）等の研究開発・実証を推進する。</p> <p>実施に当たっては、進展の早い先端技術や開発期間の短縮、省エネや低コストにつながる新たな開発方式を官民双方の衛星に適時取り入れられるよう、小型・超小型衛星によるアジャイル開発・実証を行う技術刷新衛星プログラムを構築し、技術の規模や成熟度に応じて適切に実証機会の取組と分担連携しながら、今中長期目標期間中に本プログラムの下で技術実証を行う。また、このプログラムを支える基盤技術（AI、ロボティクス、蓄電技術、半導体技術、デジタルイゼーションに関する技術等）の開発を、官民連携の下で着実に実施する。</p>	<p>②小型技術刷新衛星研究開発プログラム</p> <p>衛星開発・実証プラットフォームの下、各府省庁、大学・研究機関、ベンチャー企業を含む民間事業者等と連携し、官民で活用可能な挑戦的で革新的な衛星技術、我が国が維持すべき基幹的部品及び新たな開発・製造方式（デジタルイゼーション等）等の研究開発・実証の具体化を図る。</p> <p>実施に当たっては、進展の早い先端技術や開発期間の短縮、省エネや低コストにつながる新たな開発方式を官民双方の衛星に適時取り入れられるよう、小型・超小型衛星によるアジャイル開発・実証を行う技術刷新衛星プログラムを構築に向けた準備を進める。また、このプログラムを支える基盤技術（AI、ロボティクス、蓄電技術、半導体技術、デジタルイゼーションに関する技術等）の開発を、官民連携の下で着実に実施するよう検討を進める。</p>	<p>②小型技術刷新衛星研究開発プログラム</p> <p>衛星開発・実証プラットフォームの下、各府省庁、大学・研究機関、ベンチャー企業を含む民間事業者等と連携し、官民で活用可能な挑戦的で革新的な衛星技術、我が国が維持すべき基幹的部品及び新たな開発・製造方式（デジタルイゼーション等）等の研究開発・実証の具体化を図った。</p> <p>衛星開発・運用手法の刷新（デジタルイゼーション等）については、革新的衛星技術実証3号機の公募にも反映してテーマ募集を実施し、5件の実証テーマを選定した。</p> <p>実施に当たっては、進展の早い先端技術や開発期間の短縮、省エネや低コストにつながる新たな開発方式を官民双方の衛星に適時取り入れられるよう、小型・超小型衛星によるアジャイル開発・実証を行う技術刷新衛星プログラムを構築に向けた準備を進め、小型技術刷新衛星研究開発プログラムを新たな事業として立ち上げた。また、このプログラムを支える基盤技術（AI、ロボティクス、蓄電技術、半導体技術、デジタルイゼーションに関する技術等）の開発を、官民連携の下で着実に実施するよう検討を進めた。</p>	<p>—</p> <p>計画に基づき着実に実施した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>③革新的衛星技術実証プログラム</p> <p>衛星開発・実証プラットフォームの下、大学や研究機関等に対し、新規要素技術や新規事業につながる技術、我が国の優れた民生部品・技術の実証機会を提供する。</p>	<p>③革新的衛星技術実証プログラム</p> <p>大学や研究機関等に対し、新規要素技術や新規事業につながる技術、我が国の優れた民生部品・技術の実証機会を提供し、技術的な支援を着実に行う。</p> <p>このため、革新的衛星技術実証2号機のうち、小型実証衛星2号機の開発を着実に進めるとともに、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。</p> <p>革新的衛星技術実証3号機については、成果が官民で活用可能であり、政府衛星・政府関連衛星の短期開発・低コスト化・高度化、宇宙産業ビジョン2030の推進等に資する革新的なミッションテーマを選定し、小型実証衛星3号機の開発に着手する。</p>	<p>③革新的衛星技術実証プログラム</p> <p><プロジェクト> 革新的衛星技術実証2号機では、実証テーマ提案機関が開発する超小型衛星4機、キューブサット4機のインターフェース調整支援等を行いつつ、部品・コンポーネントに関する6件の実証テーマを搭載予定の小型実証衛星2号機の詳細設計を着実に進めた。</p> <p><プロジェクト> 革新的衛星技術実証3号機は、成果が官民で活用可能であり、政府衛星・政府関連衛星の短期開発・低コスト化・高度化、宇宙産業ビジョン2030の推進等に資する革新的なミッションテーマを選定した。</p> <p>2022年度の打上げに向けて小型実証衛星3号機の開発に着手し、その開発プロセスに、Model Based-Systems Engineering(MBSE)を部分的に適用して進めている。また、小型実証衛星2号機の開発で得た知見を活用・発展させる等により、実証テーマ選定～RFP評価・業者選定までの開発期間を2号機と比べ3.6ヶ月短縮させた。</p>	<p>—</p> <p>計画に基づき着実に実施した。</p>
<p>④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</p> <p>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。</p>	<p>④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</p> <p>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。</p>	<p>④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</p> <p>科学技術基盤の強化としてシミュレーション、部品等の分野の研究開発として、革新設計・ミッション創出に向けた数値シミュレーション技術、システムレベル設計・検証技術等の研究、液体ロケットエンジン燃焼器のフルスケール解析、宇宙機自律ドッキングシステムの実現に向けた機体姿勢制御系及びドッキング機構をシステムとして統合したモデル構築等を進め、JAXAで検討を進めてきたMBSEによる開発手法を革新的衛星技術実証3号機の実証テーマに適用し、実証を進めた。</p>	<p>—</p> <p>計画に基づき着実に実施した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
(続き)	(続き)	<p>(続き)</p> <p>特に、静止衛星搭載用GPS受信機の開発では、静止軌道上で受信が困難とされた微弱(低軌道の1/10)かつ変動(最大50dB程度)のあるGPS信号を高利得アンテナを用いなくとも受信するため、合成波から微弱な信号の捕捉/追尾/復号を行うアルゴリズム等を低軌道用GPSRと同じハードウェアに導入した静止衛星用GPS受信機を開発。光データ中継衛星(JDRS)に搭載し、2020年11月29日H-IIAロケット43号機で打ち上げられた。(III.3.1項参照)静止軌道上で安定したGPS航法に必要なGPS捕獲数(4機以上)を継続できることを確認し、目標航法精度(100m以下)を達成した。</p> <p>また、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では、ミニマルファブ(産総研が開発した新しい少量多品種半導体生産方式)について、JAXAの宇宙用半導体設計技術を適用し、トランジスタ1個から1000個レベルのロジック回路まで段階的に製造実証を行い、宇宙部品に求められる耐環境性能(熱、機械環境)を持つ集積回路(IC)が製造可能なことを確認。微細プロセスにより製造可能なMEMS(微小機械システム)についても、過去のJAXAの開発で得られた知見を反映することにより、宇宙機で使用が想定される特殊な機能を有するICとMEMS(微小電気機械システム)の一体化デバイスが少量(数個単位)かつ短期間(3～5日)で製造できることを世界で初めて実証。</p> <p>さらに、人工衛星の長寿命化を実現する基盤技術では、地球を周回する人工衛星の設計寿命が長寿命化(現状7年→10年)される中、課題となっていたバッテリーの搭載容量の削減及び試験期間の短縮、リアクションホイールの長寿命化に関する研究を実施。バッテリーは、劣化メカニズムを解明し設計に反映することで寿命予測精度向上の効果で容量・質量を約20%削減可能、加速試験法構築で試験を1年以内に短縮可能とした。軸受の保持器形状を変更し真空中での高速安定性を増した軸受を使った新型国産RWは、2009年以降、従来型RWと同程度の台数が打ち上げられ不具合は皆無でRWの寿命の課題を解決した。</p>	<p>(続き)</p> <p>●静止衛星搭載用GPS受信機： JDRSでの宇宙実証の実績により、海外衛星メーカからRFIを受けるなど注目を得ており、メーカを主体とした国内外市場への製品投入が決定した。また、この成果は技術試験衛星9号機(ETS-9)のトランスファー軌道(静止軌道に電気推進を用いて向かう軌道)での航法自動化の実現に反映される予定。さらに、このアルゴリズムを拡張すれば静止軌道以遠の、月近傍での航法をGPSで実現することが期待される。</p> <p>●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： MEMS RF-SW(高周波スイッチ)の試作に成功(世界初)し、ICとMEMSが一体化製造可能である技術目途を得た。今後、IC+MEMSのような従来のファブで製作できない特殊機能のデバイスを製造することが可能になる。また、デバイス製造能力の技術実証が出来た。宇宙実証による耐環境性確認や、新しい品質保証方式の検証と最適化、試験規格化を進める他、宇宙用途向けコンソーシアム(スペースユーザー会)を立ち上げ、関連企業で将来のユースケースや事業化に向けた議論を進めており、搭載コンポ開発で特殊な機能を持つデバイスの試作をスピーディに繰り返すことが可能になり、コンポ開発期間短縮化が期待される。宇宙用高信頼性用途で先導して技術実証してみせたことで本技術が宇宙のみならず広く産業界への波及が期待される。</p> <p>●人工衛星の長寿命化を実現する基盤技術(バッテリー・軸受技術)： 国産バッテリーでは、設計段階での性能保証も可能となり、Gatewayの米国モジュールHaloへ採用。真空・高速対応の軸受技術を確立することで、将来の地球周回衛星で必要となる設計寿命10年を超えて12年寿命を達成し、軌道上の数十台以上の実機においても不具合発生ゼロを実現。引き続き、バッテリー、RWの20年までの寿命実証を目指し、衛星の寿命制約であった主要機器の長寿命化及び加速試験実現により、衛星の二次利用の市場開拓に貢献できると期待される。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>(続き) 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。</p>	<p>(続き) 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。</p>	<p>(続き) 上記活動を行うにあたり、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。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た。</p>	<p>(続き) 計画に基づき着実に実施した。</p>
<p>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は、宇宙開発の長期的な展望を踏まえつつ、ワイヤレス給電等の地上技術への波及効果の創出に留意し、要素技術の宇宙実証を行い、着実に研究開発を行う。 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。</p>	<p>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。 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なかつ老朽化したインフラについては対策を進める。</p>	<p>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研究開発を進め、トンネル内でのレーザ無線電力伝送実験を実施する他、展開型軽量平面アンテナ軌道上実証の準備や、長距離マイクロ波無線電力伝送実験(地上試験)に向けた検討を行った。 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なかつ老朽化したインフラについては対策を進めた。また、筑波宇宙センター事業所管理業務を実施した。事業所管理業務を通じ、新たな宇宙開発利用を生み出す研究開発環境を実現するため、筑波宇宙センター所在の主要部門等の定型事務業務を統合・一括請負化し、職員がより専門性の高い業務に注力できる環境構築とその運用の道筋をつけた。</p>	<p>計画に基づき着実に実施した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
(2) 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	(2) 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	(2) 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) で実施する革新的な将来輸送システムに関する技術の研究開発プログラムや、産学官が連携して実施する革新的な衛星技術の実証に関する研究開発プログラム等の研究開発成果を踏まえつつ、我が国の宇宙システムの国際競争力の強化を目指し、以下の各分野の技術の統合化、システム化の研究開発を行う。	(1) で実施する革新的な将来輸送システムに関する技術の研究開発プログラムや、産学官が連携して実施する革新的な衛星技術の実証に関する研究開発プログラム等の研究開発成果を踏まえつつ、我が国の宇宙システムの国際競争力の強化を目指し、以下の各分野の技術の統合化、システム化の研究開発を行う。	(1) で実施する革新的な将来輸送システムに関する技術の研究開発プログラムや、産学官が連携して実施する革新的な衛星技術の実証に関する研究開発プログラム等の研究開発成果を踏まえつつ、我が国の宇宙システムの国際競争力の強化を目指し、以下の各分野の技術の統合化、システム化の研究開発を行った。	—
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	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、新たな市場を創出するとともに、デブリ除去技術を着実に獲得することで、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実施する。	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、民間事業者に裁量を持たせた新たなマネジメント方式で低コストデブリ除去サービスの技術実証に向けた第一歩である軌道上デブリ状況把握ミッションの基本設計を進める。	<プロジェクト>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、民間事業者に裁量を持たせた新たなマネジメント方式で低コストデブリ除去サービスの技術実証に向けた第一歩である軌道上デブリ状況把握ミッションの基本設計を進め、マイルストーン審査1(民間事業者に裁量を持たせ実施した基本設計結果をJAXAで評価)を実施中。	計画に基づき着実に実施した。

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>(続き) 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研究開発を行うとともに、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、デブリ状況の正確な把握のための地上観測技術や、宇宙環境モデル（軌道高度に対する密度分布等）等のモデリングに関する研究開発を行う。さらに、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。</p> <p>また、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。</p>	<p>(続き) デブリ発生を未然に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研究開発に着手す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を進める。</p> <p>また、デブリ状況の正確な把握のための地上観測技術や、宇宙環境モデル（軌道高度に対する密度分布等）等のモデリングに関する研究開発を行う。さらに、事業化に向けて、政府や国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。</p>	<p>(続き) デブリ発生を未然に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研究開発を行い、軌道変更や大気圏への安全投棄の技術についての研究を進めた。</p> <p>また、デブリ状況の正確な把握のための地上観測技術として地上からリフレクタのないデブリに対する運動を観測・推定するために、対象を直接撮影しライトカーブ(対象の光度変化)から運動を推定する手法の研究開発を実施した。開発した補償光学系を利用し、高度600kmの物体に対し1mの分解能を目指した撮像試験や、CGより作成した模擬したライトカーブによる姿勢推定の検証準備等を着実に進めた。宇宙環境モデル(軌道高度に対する密度分布)等のモデリングに関する研究開発を実施し、国内独自のデータベースを整備することで、独自のモデルを構築した。</p> <p>さらに、事業化に向けて、政府や国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として、JAXA独自のデータベースを用いて除去対象Top50の国際研究チームに参加し、参加11チームの中で最も他との合意率が高い妥当な結果を示した。また、内閣府からの要請に応じ、軌道上サービスに関するサブワーキンググループの活動に参加している。</p>	<p>(続き) 計画に基づき着実に実施した。</p>
<p>②宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発</p>	<p>②宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発</p>	<p>②宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発</p>	<p>—</p>
<p>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。</p> <p>・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</p>	<p>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、飛行試験を実施するとともに、その成果をもとにCNES、DLRと1段再使用飛行実験（CALLISTO）の基本設計・詳細設計を進める。</p>	<p>再使用型宇宙輸送システム技術の研究開発として実施しているロケット1段再使用化に向けた小型実験機(RV-X)は10月に燃焼試験を再開したが、搭載機器同士の通信ノイズや未燃燃料のデータに追加の評価が必要となる項目が見出され、再び中断。飛行試験は行えなかったが、3月に再び燃焼試験を再開し、CALLISTOで当面必要なデータを取得することができた。</p> <p><プロジェクト> CNES、DLRと1段再使用飛行実験(CALLISTO)の検討を進め、開発段階へ移行した。</p>	<p>RV-Xを除き計画に基づき着実に実施した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>(続き)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 ・宇宙機システム開発のライフサイクルを見通した新たな開発方式（デジタルライゼーション等）による短期開発・低コスト化技術 <p>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、衛星機器の超小型化、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、潜在的なユーザーニーズや事業化アイデアの取り込み活動を推進する。</p>	<p>(続き)</p> <p>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。</p> <p>宇宙機システム開発のライフサイクルを見通した短期開発・低コスト化技術として、新たな開発方式（デジタルライゼーション等）を実現する技術に係る研究開発を推進するための調査・検討を行う。</p> <p>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。</p>	<p>(続き)</p> <p>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して、5GやBeyond5Gを背景とした低コスト・大容量な高速衛星通信ネットワークを実現する為の研究として、光HPA (Hi Power Amp)の研究等の研究開発を行った。また、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システムの概念設計や、1.3m級セラミックス製分割鏡の製造と光学性能実証、構造・熱・光学の連成解析モデル構築等を進めた。</p> <p>特に、低コスト・大容量な高速衛星通信実現に向けた研究として実施した高性能民生部品の耐放射線評価・設計技術の獲得では、商用静止通信衛星の世界においてユーザーニーズの高度化が急速に進み、高速・大容量・低ビット単価、高いフレキシビリティを有する通信ペイロードが必須となっている中、民間企業との共同研究により、競争力を有する通信ペイロードのデジタル化コンセプトを定義し、その実現のキーとなる高速・高機能な民生FPGAの放射線耐性評価について、従来の放射線耐性評価技術であるイオンビーム方式では評価が難しかった課題をJAXAの持つレーザパルス照射技術により解決した。これにより、チップ内の脆弱性をピンポイントで把握し、JAXAが持つ耐放射線設計(RHBD、Radiation Hardened By Design)技術の一つである影響緩和回路を適用することで、当該民生FPGAが宇宙環境で使用可能であることを示すことができた。</p> <p>また、静止軌道からの常時観測に関する研究では、CNN(畳み込みニューラルネットワーク)による船形識別アルゴリズム開発で衛星画像を対象にAIによる画像解析技術を用いて特定港湾における固有船舶の同定(船舶の位置、領域、船型の識別)を実現し、我が国保有の衛星画像から固有の船舶を同定できることを示し、その精度が専門家と同等以上であったことがユーザーから評価された。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、要素技術の宇宙実証の準備を開始する段階となった。</p> <p>宇宙機システム開発のライフサイクルを見通した短期開発・低コスト化技術として、新たな開発方式（デジタルライゼーション等）を実現する技術に係る研究開発を推進するための調査・検討を行い、革新的衛星技術実証3号機の小型実証衛星3号機に適用する方針とする等の成果を創出した。</p> <p>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応用等の、新たな宇宙利用を生み出す研究開発を着実に実施。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した。</p>	<p>(続き)</p> <p>●高性能民生部品の耐放射線評価・設計技術の獲得：</p> <p>高性能なCOTS FPGAの宇宙での活用可能性を示したことにより、本成果を活用した通信ペイロードが技術試験衛星9号機に搭載されることとなった。(III.3.10項参照)本成果をベースに5ton級の衛星で200Gbps級の信号処理能力を有する通信ペイロードの実現を目指すことが民間企業から示された。今後、200Gbps級商用通信衛星への適用による国際通信衛星市場におけるシェア獲得や、観測衛星への適用による観測機能の高度化などが期待される。</p> <p>その他に関しては、計画に基づき着実に実施した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>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</p>	<p>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</p>	<p>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</p>	<p>—</p>
<p>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・分析技術等の基盤的な研究開発を行う。</p>	<p>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・生命維持等の基盤的な研究開発を行う。</p>	<p>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・生命維持等の基盤的な研究開発を行った。</p> <p>環境制御・生命維持システム(ECLSS)では無重力環境での実現性確認や小型省エネ化の課題に対して、①水(H₂O)再生システムにおいて、蒸留をベースとしたNASAの水再生技術に対して、尿中の有機物を効率よく分解できる高温高圧水電解をベースとし、イオン交換と電気透析を組合せた新たな水再生方法により、尿を効率良く浄化して飲料水にする処理プロセス技術を確立する為、再生率85%以上および飲料水基準を満足するスケールモデルを開発。ISS宇宙実証実験で宇宙環境での尿の高温高圧電気分解による水の浄化再生技術を実証(世界初)した。(Gateway計画等国际宇宙探査計画におけるECLSS開発に係る貢献等については、3.7項参照) また、②二酸化炭素(CO₂)還元システムでは、水電解による酸素(O₂)生成システムを、その過程で生成される水素(H₂)とCO₂の還元でメタンと水を得るサバチエ反応システムと一体化することにより、サバチエ反応で発生する熱を水電解で利用する小型省エネシステムを確立(世界初)した。</p> <p>有人宇宙探査ミッションにおける宇宙放射線計測技術として実施した、JAXA D-Space / PADLES 線量計では、産総研との共同研究により超小型ポータブルアラームメータD-Spaceと、JAXAが開発したスペースシャトル・ISSに20年以上搭載実績を持つ受動・積算型線量計PADLESを組み合わせた超小型線量計(D-Space / PADELS 線量計)を開発。</p>	<p>●環境制御・生命維持システム(ECLSS)：</p> <p>①H₂O再生システムの研究：再生率85%以上および飲料水基準を満足するスケールモデルを開発。ISS宇宙実証実験で宇宙環境での尿の高温高圧電気分解による水の浄化再生技術を実証(世界初)。</p> <p>②CO₂還元システムの研究：世界で初めて「200°C近傍の低温サバチエ反応触媒」と「サバチエ反応の発熱を利用した水電解」の融合による一体化装置を開発し、1L/min水素処理(実用サブスケール)を達成。これまでの既存検討システムより、小型省エネシステムが実現可能な見込みを得た。</p> <p>ポストISS有人ミッション、Gatewayや月探査等、有人宇宙探査へ向けたECLSSの技術発展に貢献や社会実装を視野にいたる産学官連携とSDGsへの貢献が期待される。</p> <p>●JAXA D-Space/PADLES 線量計(放射線防護技術)：Gateway Payloadとして、D-Space/PADELS 線量計のGateway Phase 1:宇宙放射線計測国際共同ミッション Internal Dosimeter Array (IDA) への搭載が決定した。OMOTENASHIやIDAの参加により他国データとの共有や、船外・船内環境比較やシミュレーション解析を通じたGateway等の遮蔽効果に関する知見の獲得、宇宙旅行者、民間月面開発での産業利用にも期待できる。</p> <p>その他に関しては、計画に基づき着実に実施した。</p>

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) ○宇宙科学・探査による新たな知の創造に係る取組の成果 (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</p> <p><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)</p>

主な評価軸（評価の視点）、指標等

【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】

○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)
 - (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)
 - 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)
 - 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

【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）

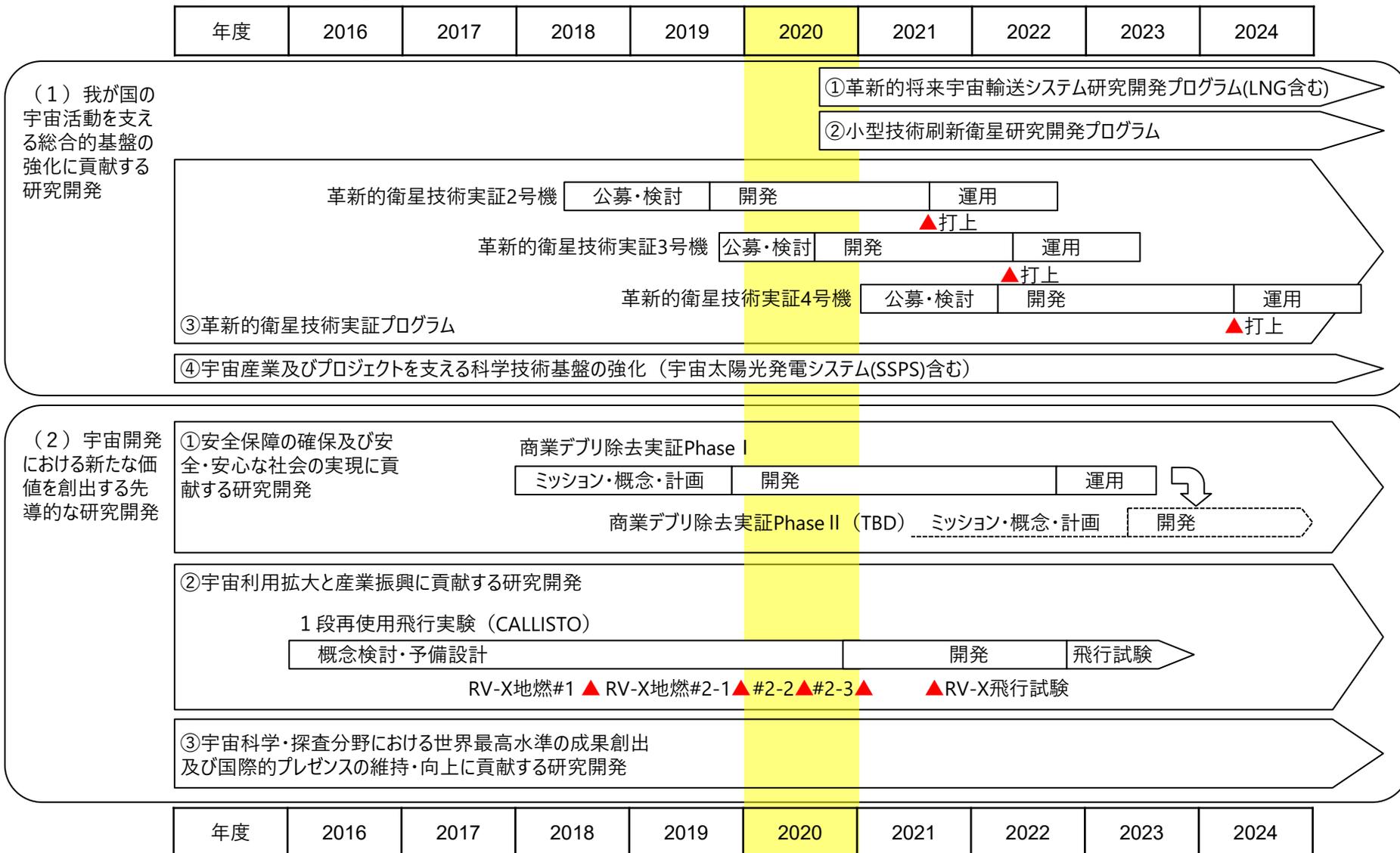
○論文数の状況（例：査読付き論文数、高被引用論文数等）

○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

【宇宙基本計画工程表(令和2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)

2020年度 自己評価

S

【評定理由・根拠】

宇宙の産業構造が大きく変化する中で我が国の宇宙事業の国際競争力を強化するためには、将来の事業動向や技術動向の先を読み、事業やシステムの構造を一新するコンセプトとキーとなる技術課題を識別する能力、様々な技術課題を解決する新たな発想と民間企業等が引き取れるまで磨き上げる技術力が重要との考えに基づき、宇宙産業基盤・科学技術基盤に係る研究開発を進め、特に、(1)我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化として、**宇宙輸送系の低コスト化**に繋がる成果(自律飛行安全ソフトウェアの開発、CFRPラティス構造技術・非火工品小型衛星分離機構)や**人工衛星の高性能化**(静止衛星搭載用GPS受信機)・**高信頼性化**(長寿命化を実現する基盤技術)、**宇宙活動の自在性の確保**(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)に繋がる成果; (2)宇宙開発における新たな価値の創出として、通信衛星の**デジタルライゼーション**に関する成果(高性能民生部品の耐放射線評価・設計技術の獲得); (3)**異分野連携と人材糾合、オープンイノベーション**による共同研究成果の民間事業化・新たな企業・研究機関等の参入に寄与し、企業による商品化や企業独自の技術実証、宇宙ミッションへの適用等に関する成果が得られた。これらの成果は、民間の宇宙産業参入促進・国際競争力強化・社会実装等に繋がっており、特に顕著な成果を創出したと評価する。

また、再使用型宇宙輸送システム技術の研究開発として実施しているRV-X[参考1]やCALLISTO[参考2]、デブリ除去実証[参考3]、やSSPS*1の研究開発[参考4]等、プロジェクト業務を着実に進めつつ、2020年6月に宇宙基本計画で示された新たな開発方式(デジタルライゼーション等)の適用に向けて、先んじて研究を実施してきたMBSE*2やシミュレーション等を活用した開発手法を小型実証衛星3号機に適用を開始するなど、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

(1)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

- ロケットの地上飛行安全管理では双方向通信を確保する為、可視領域内に信頼性の高い地上局が複数必要となり、設備初期投資や維持コスト等が課題。自律飛行安全は飛行安全管理をロケットの搭載計算機で自律化するシステム。経済産業省委託事業「宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(民生部品等を活用した宇宙機器の軌道上等実証)」(本委託事業については、Ⅲ.3.6項参照)の自律飛行安全システムの研究開発で、**ロケットの搭載計算機でも対応可能な飛行安全管理アルゴリズム(コリト-方式及びIIP/DL方式)を考案し、自律飛行安全ソフトウェアを開発。地上管制と同等の安全性を確保できることを確認。スタートアップ企業のロケット等への搭載が決定。**今後、民間のロケット打上げ事業への参入促進や搭載計算機の高速化によりヘルスマネジメント管制等の高度な技術への発展が期待される。**[補足1]**
- 炭素複合材(CFRP*3)の繊維方向の圧縮引張に強い特性を生かせるラティス構造について、**再使用可能な円筒型に『置き型』を用いた低コストな製造方法、CFRPと『置き型』の熱膨張を考慮して局所座屈を抑制する設計製造方法を確立し、アルミ合金構造と比較し製品コストと質量で50%削減可能なことを実証。質量・コスト要求を満足し、DESTINY+のキックステージ機器搭載構造に採用。**今後は大型機体構造への適用も期待される。**[補足2-1]**低衝撃・低コストさらにITAR*4や火取法の制約がない小型衛星用分離機構が求められる中、汎用的なアルミ合金の採用や分離衝撃を緩和するリンク機構を考案し、海外製より価格を50%以上低減可能な非火工品低衝撃型**小型衛星用分離機構を開発。スタートアップ企業のロケットに搭載することを合意。**今後、小型ロケット/衛星事業者からの採用も期待される。**[補足2-2]**
- 静止軌道上で受信が困難とされていた微弱(低軌道の1/10)なGPS信号を高利得アンテナを用いなくとも受信するため、**合成波から微弱な信号の捕捉/追尾/復号を行うアルゴリズム等を低軌道用GPS受信機と同じハードウェアに導入した静止衛星用GPS受信機を開発。**光データ中継衛星(JDRS*5)に搭載し、2020年11月29日H-IIAロケット43号機で打ち上げられた。(Ⅲ.3.1項参照) **静止軌道上で安定したGPS航法に必要なGPS捕獲数(4機以上)を継続できることを確認し、目標航法精度(100m以下)を達成した。海外衛星メーカーからRFIを受けるなど注目を得ており、メーカーを主体とした国内外市場への製品投入が決定。**また、この成果は技術試験衛星9号機(ETS-9)のトランスファー軌道(静止軌道に電気推進を用いて向かう軌道)での航法自動化の実現に反映される予定。さらに、このアルゴリズムを拡張すれば静止軌道以遠の、月近傍での航法をGPS受信機で実現することが期待される。**[補足3]**

*1 SSPS : Space Solar Power System (宇宙太陽光発電), *2 MBSE : Model Based Systems Engineering, *3 CFRP : Carbon Fiber Reinforced Plastics, *4 ITAR : International Traffic in Arms Regulations (国際武器取引規則), *5 JDRS : Japanese Data Relay System

【評定理由・根拠】（続き）

- **ミニマルファブ(産総研が開発した新しい少量多品種半導体生産方式)の製造工程にJAXAの宇宙用半導体設計技術を適用し、トランジスタ1000レベルのロジック回路まで製造実証**を行い、宇宙部品に求められる耐環境性能(熱、機械環境)を持つ集積回路(IC)が製造可能なことを確認。微細プロセスにより製造可能なMEMS*6 RF-SW(高周波スイッチ)の試作に成功(世界初)し、ICとMEMSが一体化製造可能である技術を得た。今後、**少量多品種のIC+MEMSのような従来のファブで製作できない特殊機能のデバイスを製造することが可能になる**他、本技術が宇宙分野外の産業界へ広く波及されることが期待される。[補足4]
- 地球を周回する人工衛星の設計寿命が長寿命化(現状7年→10年)される中、課題となっていたバッテリーの搭載容量の削減及び試験期間の短縮、リアクションホイールの長寿命化に対し、バッテリーについては**劣化メカニズムを解明し設計に反映することで寿命予測の精度向上によりバッテリー容量を約20%削減、加速試験法の確立により試験期間を従来比1/10以下に短縮可能とした**。リアクションホイールについては、**軸受の保持器形状を変更し真空中での高速安定性を増すことで機構部品では難しかった設計寿命10年を超えて12年寿命を達成し、2009年以降に打ち上げられた軌道上の数十台以上の実機においても不具合発生ゼロを実現**。衛星の寿命制約であった主要機器の長寿命化及び加速試験実現により、**衛星の二次利用の市場開拓に貢献**できると期待される。[補足5]

(2)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

- 5G、Beyond5Gを背景に、商用静止通信衛星の世界においてユーザーニーズの高度化が急速に進み、高速・大容量・低ビット単価、高いフレキシビリティを有する通信ペイロードが必須となっている。民間企業との共同研究により、競争力を有する通信ペイロードのデジタル化コンセプトを定義し、その実現のキーとなる高速・高機能な民生FPGA*7の放射線耐性評価について、**微細回路機能への影響把握をJAXAが持つ極細のパルスレーザ照射技術により行い、民生FPGAチップ内の回路ごとのSEL*8の継続時間や発生回数に対する耐性を把握し、回路ごとに適切な耐放射線設計RHBD*9技術を適用することでデバイス破壊に至らずに宇宙環境で当該民生FPGAが使用可能であることを示した**。宇宙での活用可能性を示したことにより、**本成果を活用した通信ペイロードが技術試験衛星9号機(ETS-9)に搭載されることが決定**。(III.3.10項参照) 今後、200Gbps級商用通信衛星への適用による国際通信衛星市場におけるシェア獲得や、観測衛星への適用による観測機能の高度化などが期待される。[補足6]

(3)異分野連携と人材糾合、オープンイノベーションによる共同研究成果の民間事業化・宇宙活用

- 宇宙探査等と地上でのビジネスの双方に有用な技術(Dual Utilization)等について共同研究公募をおこない、**新たに33件の共同研究を開始し、74の企業・研究機関等が参加**した。また、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。建機のアタッチメント着脱作業の『無人化・自動化』等の成果から**アタッチメント着脱装置の商品化・量産体制への移行**、はやぶさ2の中和器技術を応用した**高真空対応の除電処理システムの商品化**等、複数の共同研究成果が社会実装へ繋がった。さらに、探査用超小型ロボット研究成果による**世界最小・最軽量かつ超低コストのロボットが、国際宇宙探査の有人と圧ローバー開発のための月面走行に必要な走行性能評価データ取得ミッションに採用**される等の成果を創出した。[補足7]

なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

*6 MEMS : Micro Electro Mechanical Systems (微小機械システム), *7 FPGA : Field Programmable Gate Array, *8 SEL : Single Event Latch-up *9 RHBD : Radiation Hardened By Design

補足1：自律飛行安全ソフトウェアの開発

自律飛行安全ソフトウェア開発の背景・目的

- 現在の飛行安全管理は、ロケットからのテレメータをもとに、地上の高性能な計算機により破片落下域をリアルタイムで予測し(図1)、その結果をもとに人が判断して飛行中断信号をロケットにコマンド送信する。(図4)
- この管制は動力飛行(エンジン燃焼飛行)中に必須であり、その間のロケットとの双方向通信を確保する為、可視領域内に**飛行安全用の信頼性の高い地上局が複数必要**、または、地上局からの可視制約で動力飛行経路が自由に設定できず、**ロケットの打上げ能力が十分発揮できない**。
- また、民間打上げ事業者にとっては、**信頼性の高い地上設備への初期投資(数十億規模)と運用維持コストが負担になる**。
- これらの課題解決の為、飛行安全の自律化(図4)が期待されているが、**処理能力の低いロケット搭載計算機でも対応可能な飛行安全管理アルゴリズムの開発が必要**とされている。

【目標】我が国の飛行安全要求に適合した自律飛行安全ソフトウェアの実現による射場運用費の低減、打上げ能力の向上

課題

- ① 搭載計算機で処理可能な飛行安全管理アルゴリズムの構築
- ② 飛行安全要求への適合性

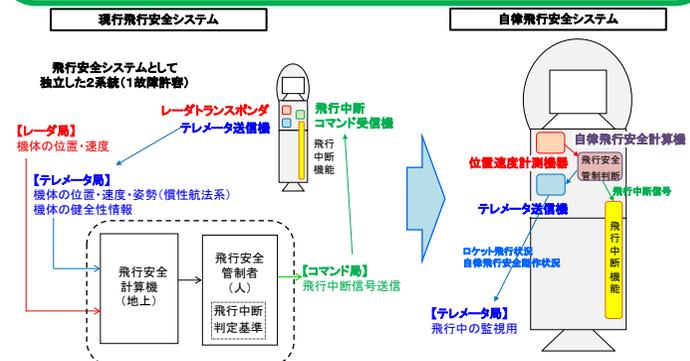


図4 現行システムと自律飛行安全システム

自律飛行安全ソフトウェアの開発完了

自律飛行安全ソフトウェア(自律飛行安全管理ソフトウェア/地上解析ソフトウェア)の開発*を完了し、**射場運用費(初期投資/維持費)の低減、ロケットの打上げ能力向上等に資する基盤技術が獲得できた。**

① 搭載計算機で処理可能な飛行安全管理アルゴリズムの構築

地上での飛行安全管理の方式(図1)では、既存搭載計算機の数十倍の処理能力が必要で、適用することは困難。そこで、飛行安全要求への適合性を確保しつつ、**打ち上げ前の事前解析と計算負荷の低いアルゴリズム**(下記、A、B参照)を組み合わせることで、**ロケット搭載計算機による自律飛行安全を実現する方法を考案した。**

A) IIP/DL方式：ロケット飛行中断時の破片が落下限界線に干渉しない限界線をIIPで判定するDLを事前に解析・設定(破片落下域と落下限界線の関係性をIIPとDLの関係性に置き換え)。ロケットが異常飛行し、IIPがDLに接触した際に飛行中断を行う。(図2)

B) コリドー方式：IIP/DL方式が適用できない射点近傍で使用する(*)。ロケット打上後、時々刻々において許容される(指令破壊しても破片が落下限界線を越えない)位置速度の正常飛行範囲を事前に解析し、コリドー(状態変数のトンネル)として設定。コリドーから機体が逸脱した時点で飛行中断を行う。(図3)

(*) 打上直後、異常が発生し垂直上昇を継続する場合には飛行中断する必要があるが、A) IIP/DL方式ではIIPが変化しないため、飛行中断判断ができない。

② 飛行安全要求への適合性

基幹ロケットの過去のフライトデータ及び様々な異常飛行シミュレーションデータを用いて、アルゴリズムを含むソフトウェアとしての検証を実施。本検証の中でロケット飛行中に上記アルゴリズムで確実に飛行中断を行えることを確認し、**JAXA飛行安全基準に対して適合する見込みを得た。**

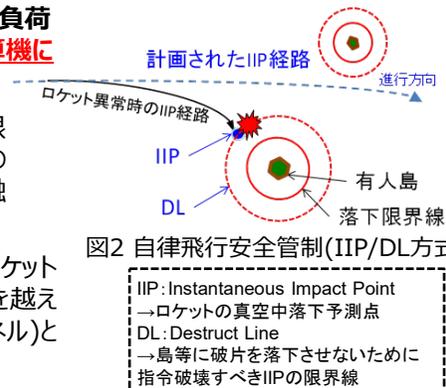


図2 自律飛行安全管理(IIP/DL方式)

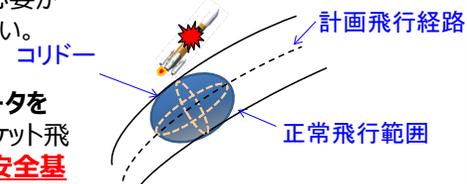


図3 自律飛行安全管理(コリドー方式)

期待されるアウトカム

- ◆ 基幹ロケットや将来の輸送システムにおける**運用性改善や維持費低減、再使用帰還時や再突入時の管制への適用**。
 - ◆ 将来の民間ロケット打上げ事業参入を促進。
- 更に、搭載計算機の高速化により、**ヘルスマネジメント管制等の高度な技術への発展**することが期待される。

得られたアウトカム

- ・**スタートアップ企業等に開発成果を提供し、2021年度にフライトを実施予定。**
- ・民間航法センサ会社と小型ロケットへの適用に向け共同研究開始
- ・他、複数ロケットにて適用が検討されている。

※本研究開発は経済産業省委託事業「宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(民生部品等を活用した宇宙機器の軌道上等実証)」の自律飛行安全システムの研究開発(III.3.6参照)で実施。

評定理由・根拠 (補足)

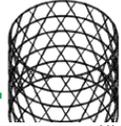
補足2-1：炭素複合材(CFRP^{*1})ラティス構造技術の研究

背景と課題

^{*1} CFRP : Carbon Fiber Reinforced Plastics

ラティス構造は、繊維方向の圧縮引張に強いCFRPの特性を生かせる網目状の構造様式。従来のCFRP構造技術では困難だった、ロケット胴体断間部等耐圧縮性能が求められる構造質量の50%低減(金属と比べ)が可能とされている。一方、**形状が複雑で従来の積層方法では製造工数が増え高コストと評価**。また、交差部で**局所座屈が発生し、構造全体としての座屈強度を低下させる**ことが課題。《【目標】金属(アルミ合金)より重量・コスト50%減》

- 課題**
- ①生産性の飛躍的向上・低コスト化を実現する成形手法の確立
 - ②交差部の不連続性と積層の非対称性を考慮した設計評価手法の構築



CFRPラティス構造設計評価サイクルの確立

CFRPラティス構造

実機大の供試体を試作・検証し、**実プロジェクト適用に必要な技術課題を解決**。

①硬化後脱型を考慮し、**再使用可能な円筒型に六角形等の『置き型』(図1)を配置**する方法を考案。**成型治具のコスト削減(φ1m構造で1/10以下)を実現**。炭素繊維の巻き付けに、フィラメントワインディングによる**一筆書き積層(図2)を採用**。従来と比較して**50%程度の構造コスト減を実現**した。

図1『置き型』

『置き型』

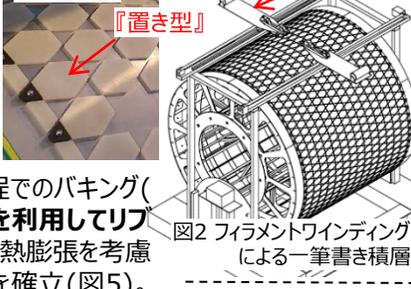


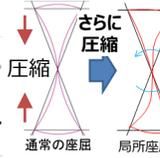
図2 フィラメントワインディングによる一筆書き積層

②局所座屈(図3)の原因を抑制する為、熱硬化工程でのバッキング(膜内部を真空加圧)に加え、『置き型』の熱膨張を利用して**リブ幅方向にも加圧(図4)**。CFRPと『置き型』の両方の熱膨張を考慮し、溝の深さや幅等を最適化する設計製造方法を確立(図5)。**金属と比較して50%以上の質量低減を確認**した。

図3 局所座屈

図5 段差なく正常に製造された交差部

図4 熱膨張を利用した加圧



得られたアウトカム/期待されるアウトカム

- ・質量・コスト要求を満足し、**DESTINY+のキックステージ構造へ採用が決定**した。
- ・ラティス構造への外板装着方法等を確立することにより、基幹ロケット等の大型構造等への適用が期待され、**現行ロケットの競争力強化および将来の輸送システムの 実現に必要な構造効率の改善に寄与**する。

補足2-2：非火工品小型衛星分離機構の研究

背景と課題

- ・小型衛星用分離部(火工品)は、**マイクロ秒オーダーで締付力(歪エネルギー)が解放されるため分離衝撃が大きい**等の課題があり、現在の世界市場では競争力がない。
- ・海外既成品もコストが高く、法的制約(ITARや火取法)で運用性も課題。

【目標】

- ①低コスト化(目標500万円以下)
- ②分離衝撃1000Gsrs以下 (ITAR^{*2} Free/非火工品)

海外競合製品：
 価格：約2000万円
 衝撃：1000Gsrs以下
 運用性：ITAR/火取法対象

図1 火工品小型衛星分離機構(マルマンクランプバンド型)→



- 課題** ①脱特殊材料 ②発生衝撃

価格競争力、低衝撃性、運用性、信頼性を有するPAF仕様の設定

目標を達成する火工品不要な低衝撃小型衛星分離機構の実現。

①マルマンクランプバンド(図1)に汎用性の高いアルミ材を適用(従来はチタン等)。アルミ材適用時の課題であった**クリープ**に対し、応力比の低い領域内となるよう断面形状と張力を設定し**低コスト化(500万円以下)の目的**を得た。

②分離ボルトを拘束するサポート(図2**緑○部**)が解放される仕組みで**張力解放時間を確保(2ミリ秒程度)でき、かつ分離時外乱を生じさせないリンク機構設計を考案**。(図2) **1000Gsrs以下を達成可能な目的**を得た。さらに火工品に代わる作動素子として、ワイヤを電気溶断することで作動し、冗長性も有する素子(図3**青○部**、共同研究相手の技術)をピンブラーに採用。**火工品と同等の信頼性を、汎用的材料で実現可能な分離機構を開発**した。

^{*2} ITAR : International Traffic in Arms Regulations(国際武器取引規則)

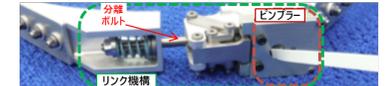
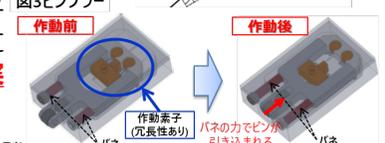
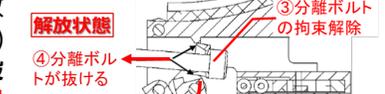
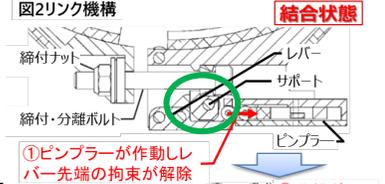


図2リンク機構



得られたアウトカム/期待されるアウトカム

- ・**スタートアップ企業のロケットへ採用する方針が決定**した。
- ・競合製品を凌駕する衛星分離機構の実現に見込みを得た。事業化検討も実施中。低衝撃かつ低コスト、火工品不要な特徴は、**急速に拡大しつつある小型ロケット/衛星事業者の導入を容易にし、国内外市場での大きなシェア獲得が見込まれる**。

補足3：静止衛星搭載用GPS受信機

静止衛星搭載用GPS受信機の背景

低軌道衛星での活用が進むGPSを静止軌道やトランスファー軌道で利用できれば、自律的な軌道制御による運用の効率化(コスト低減)や衛星画像の幾何補正精度向上、衛星システムの時刻基準の高精度化が可能となり、競争力向上が期待される。

一方、上記軌道でGPSを利用するためには衛星間の幾何学的な関係に起因する**GPS信号強度の低下(約1/10)と変動(最大50dB程度)があり、この信号を受信・処理できるかが課題**となる(図1)。

【目標】 静止軌道上で安定してGPS衛星からの信号を受信する(継続的にGPS 4機以上の信号を受信)ことにより静止軌道におけるオンボード航法(航法精度100m以下)を達成するコスト競争力のあるGPSRの実現。

- 課題**
- ① 微弱なGPS信号の捕捉・追尾・メッセージ復号を可能とする技術
 - ② 捕捉衛星数が少なくなっても航法精度の劣化を抑制する技術

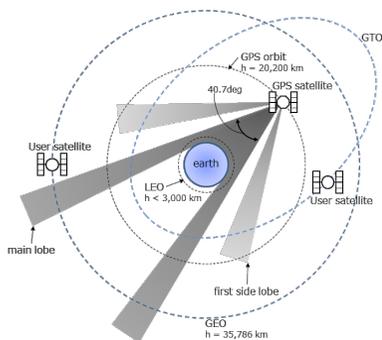


図1 GPS信号の放射域と衛星の位置関係

静止軌道オンボードGPS航法の達成

- ① 高利得アンテナを用いなくともGPS信号を受信するため(図1)、静止軌道から見たGPS衛星の運動が視野内をゆっくり動くことに着目して限られた数の相関器からの出力を合成し、**合成波から微弱な信号の捕捉/追尾/復号を行うアルゴリズムを搭載した。**
- ② 捕捉衛星数減少時の航法精度の劣化を最小限に抑えるため、**時定数が長く安定性の高い航法フィルタ技術を採用した。**

➤ 2020年11月29日H-IIAロケット43号機で打ち上げられた光データ中継衛星(JDRS^{*1})に搭載され(Ⅲ.3.1参照)、**静止軌道上でGPS信号を4機以上のGPS衛星から受信して、安定したGPS航法を継続できることを確認した(図3)。**^{*1} JDRS : Japanese Data Relay System

➤ **航法精度は、従来の地上局を用いたレンジング航法精度(1km前後)に対して100m以下と高精度な航法を達成した(図4)。**



本開発アンテナ
高さ0.03m、
底面積0.2×0.2m

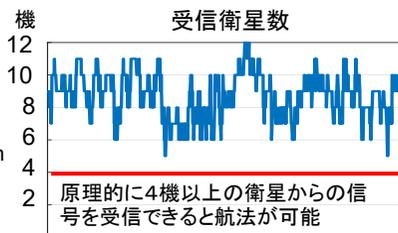


図2 米国製高利得アンテナと本受信機のアンテナ

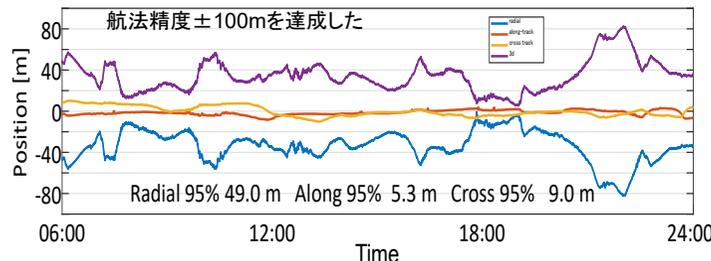


図4 航法精度(地上局処理と比較)

得られたアウトカム：市場投入に目途

- 本GPS受信機は過去開発した**低軌道用受信機と部品の共通化が図られており、高利得アンテナも必要なく低コスト化が達成されている。**
- **海外衛星メーカーからRFIを受けるなど、注目を得ている。**
- メーカーを主体とした**国内外市場への製品投入が決定した。**

※静止軌道においてオンボード航法を実現したのは世界でも米国以外に例がなく、また一部の静止衛星に搭載されるだけで商用衛星では普及していない。

期待されるアウトカム：月近傍等による航法

- 技術試験衛星9号機(ETS-9)にも本GPS受信機の搭載が予定されており、**世界で初めてトランスファー軌道(静止軌道に電気推進を用いて向かう軌道)での衛星の自律運用実現を目指している。**
- またこのアルゴリズムを拡張すれば静止軌道以遠の、**月近傍での航法をGPS受信機で実現することが期待される(図5)**

現在、Gateway計画が進んでおり、今後月軌道やその往還機運用が増加すると予想され、月近傍の自律航法需要は高まると予想される。

^{*2} NRHO : Near Rectilinear Halo Orbit
^{*3} GNSS : global navigation satellite system



月近傍ではGPS信号は更に微弱だが、幾何的に信号は受信可能でありGPS航法技術が期待される。

図5 NRHO^{*2} 軌道でのGNSS^{*3} 信号受信

補足4：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

宇宙用半導体の迅速な少量多品種生産の必要性

- 従来半導体生産では、**1回の生産において最低でも数万個オーダーの製造を必要**とするが、宇宙機はほぼ1点ものであり、**宇宙用途の特性にあった少量多品種製造という新しい生産方式が必要**。
- 現状半導体試作サービスを利用する方法では**1回のプロトタイプ製造だけで数カ月単位の期間**を要し、**宇宙用途の半導体部品の開発を迅速に行う上で期間短縮が課題**となっている。
- 産総研が開発したミニマルファブは、大規模半導体プロセスを小規模な装置群で置き換え、少量多品種・短期開発(最低1個から数日以内)を実現できるが、**安定的な製品製造は、材料選定、パラメータ設定、行程処理順の確立などが必要であり、宇宙製品の製造実績がない**。
- また、微細プロセスにより製造可能な微小機械システム(MEMS: Micro Electro Mechanical Systems)についても、MEMS基本構造の要素試作の実績はあったが、**機械的動作を行うスイッチ等の具体的な製品開発の実績はなかった**。

【目標】新しい少量生産方式の宇宙用機能部品への適用

- 産総研が開発した少量多品種・短期開発可能な生産方式であるミニマルファブを宇宙用機能部品開発プロセスとして確立する(宇宙用カスタムIC1個を数日で開発可能とする)

課題

- ICとMEMSを融合した機能デバイスの製造プロセス構築と製造実証

今後の展開と期待されるアウトカム

デバイス製造能力の技術実証が出来た。今後は宇宙実証による耐環境性確認や、新しい品質保証方式の検証と最適化、試験規格化を進める。また、**宇宙用途向けコンソーシアム(スペースユーザー会)**を立ち上げ、関連企業で将来のユースケースや事業化に向けた議論を進めている。

搭載コンポ開発で特殊な機能を持つデバイスの試作をスピーディに繰り返すことが可能になり、コンポ開発期間短縮化が期待される。宇宙用高信頼性用途で先導して技術実証してみせたことで**本技術が宇宙のみならず広く産業界への波及が期待される**。

ミニマルファブ少量生産システムでカスタム設計デバイスの製造実証に成功

宇宙機で使用が想定される特殊な機能を有するICとMEMS(微小電気機械システム)の一体化デバイスが少量(数個単位)かつ短期間(3~5日)で製造できることを世界で初めて実証。

- 宇宙の特殊な技術要求に適合するためのIC回路設計のノウハウをミニマルファブプロセスに適用した。例えば、ミニマルファブプロセスではトランジスタ間接続にTiNを用いており断線が発生しやすかったが、宇宙用トランジスタを確実に接続するための配線工夫(図2)をプロセスに組み込み、断線問題を解決した。
- 上記確立したプロセスにて1トランジスタレベルから**1000トランジスタレベルのロジック回路まで段階的に製造実証を行い、宇宙部品に求められる耐環境性能(熱、機械環境)を持つことを確認**した。
- JAXAが過去メガファブ(従来の生産方法)にて試作したRF-SWの仕様(電気特性、構造)及びJAXAの開発経験から**MEMS RF-SW(高周波スイッチ)で動作不良となる条件(スイッチ動作時の溶断による接着、湿度によるスイッチ部の吸着)を抽出し対策を施すことでミニマルファブプロセスでも所望の電気特性・構造特性が実現できることを産総研とともに確認**した。
- RF-SWを試作し、ON/OFF動作が適切に行われ、立体構造が構築できていることを確認**した。

JAXA-AIST共同研究で技術実証レベルを上げ、小規模FPGAやロジックICの製造に対応できるレベルへ成熟度を高めることを目指す。

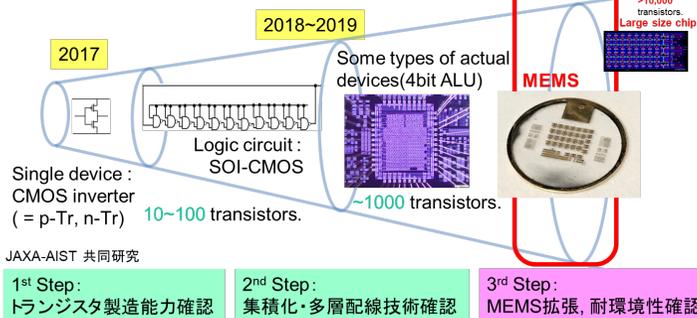


図1 ステップバイステップによる製造実証の実績全体像

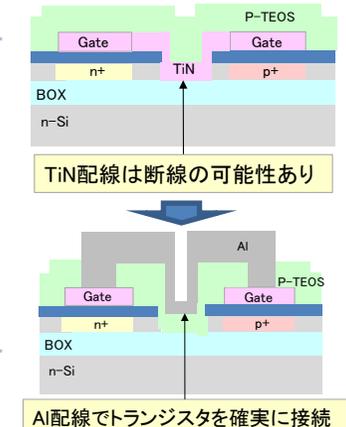


図2 確実な配線の工夫

- ICとMEMSが同一環境で一体化製造可能である技術目途を得た。
→これにより、**従来のファブでは製造できない特殊な機能*を持つデバイスが実現出来る**ようになる。

*RFスイッチ+アンプのワンチップ化によるフェーズドアレイアンテナ位相器の損失低減と低消費電力化、加速度センサやMEMSジャイロ+ワイヤレス伝送ICのワンチップ化による探査ミッション機器の小型高機能化 など。

補足5：人工衛星の長寿命化を実現する基盤技術

衛星の長寿命化の課題

・低軌道衛星の設計寿命は現状の7年から10年へ。**寿命制約となる機器は、劣化の観点でバッテリー** (図1)、**不具合の観点で姿勢制御用リアクションホイール** (RW、図2)。

▶バッテリーの寿命予測誤差は±5%と大きく、要求寿命が長いほど設計マージン過剰で容量・質量増加。また、現状、寿命試験に実時間(7年以上)を要し、これを1年以内に短縮することが求められている。そこで、**寿命予測誤差±3%、寿命試験10倍加速を目標**に設定。

▶従来の国産RWは約70台中4台、海外調達品も4台と軌道上で不具合を頻発(～2017)。多くが打上げ後数年で発生し、主原因は軸受。そこで、軸受を一新し、**10年寿命を持つRWの実現を目標**に設定。



図1 バッテリー



図2 RW

課題	バッテリー	①寿命劣化メカニズムの解明
		②加速試験法の構築
	RW	③軸受の真空・高速条件での長寿命化

得られたアウトカム/期待されるアウトカム

・国産バッテリーでは、設計段階での性能保証も可能となり、**Gatewayの米国モジュールHaloへ採用**。

・当該軸受を使った新型国産RWは、2009年以降、従来型RWと同程度の台数が打ち上げられ**不具合は皆無**。**RWの寿命の課題を解決**。

・バッテリー、RWの**20年までの寿命実証が期待される**。
 ・衛星の寿命制約であった主要機器の長寿命化及び加速試験実現により、**衛星の二次利用の市場開拓に貢献**。

フルサクセスを超える、バッテリーで12倍加速の試験法を確立、RWで12年寿命を達成

バッテリーは、寿命予測精度向上の効果で**容量・質量を約20%削減可能**、加速試験法構築で**試験を1年以内に短縮可能**に。RWは、軸受の保持器設計変更により、真空・高速条件下で長期に亘り低摩擦を維持できるようになり、将来の地球周回衛星で必要となる設計寿命10年を超えて**12年寿命を達成**。

①寿命劣化メカニズムの解明

【バッテリー】

・バッテリーの劣化(=リチウムイオンの消失による容量低下)は温度の上昇とともに加速されるため、劣化推定には発熱挙動の把握が重要。電池構造を変えずに内部にデバイス挿入するための**シール技術、内部絶縁対策の工夫により長期間内部温度計測を可能にするセルを設計・試作**。バッテリーメーカーも知見を持っていなかった、**想定(5～7℃程度)より内部温度が高いこと、運用継続によりバッテリー内外の温度差が拡大することを突き止めた**(図3)。

・上記結果とこれまでに得た寿命試験データを寿命予測に反映させることで、**公差を従来の±5%から±3%へ削減でき目標達成**。マージン削減効果により、**バッテリー容量20%削減(≒質量20%減)**が可能に。

②加速試験法の構築

・上述の寿命予測モデルを活用し、同一の劣化メカニズムが成立する加速条件(温度、放電レート)の上限を見出し、結果、目標を上回る**12倍加速を実現**し、衛星ごとに異なる運用条件であっても**1年以内での寿命試験が可能**に。

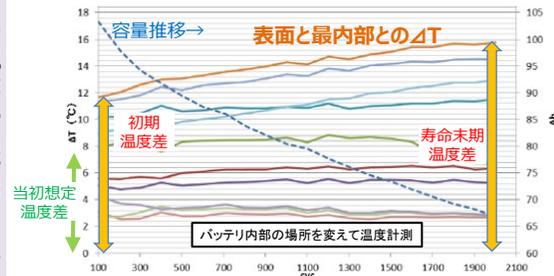


図3 バッテリー表面-内部の温度差推移

③軸受の真空・高速条件での長寿命化

【RW】

・キーは運動安定性に優れた保持器の創製。保持器は玉と常に摩擦する部品で摩擦低減が重要。玉が収まる**穴形状を丸から四角**に変えて玉との接触面積を減らし、さらに摩擦変動が小さくなるよう玉とのすきま値を最適化(図4)。その結果、2008年までに**DN値※9万の高速軸受を実現し、RWへ適用**。寿命試験も継続し**2020年に12年寿命を実証**。

[※DN値 = 軸受内径D[mm]×速度N[rpm] : 高速の過酷さの指標]

・現在までにさらなる軸受の高速化を進め、その実現には保持器の一層の摩擦低減が必要で、長寿命も両立するために、**できるだけ少量の油を継続的に保持器しゅう動部に供給する構造を考案**し(図5: JAXA・軸受メーカー特許)、**世界トップレベルのDN値30万の高速軸受技術を獲得**。これにより、RWの大型化が可能となり、大きなトルクを長時間発生させることにより、**衛星の敏捷性を高めて即時応答性の高い観測が実現**できる。

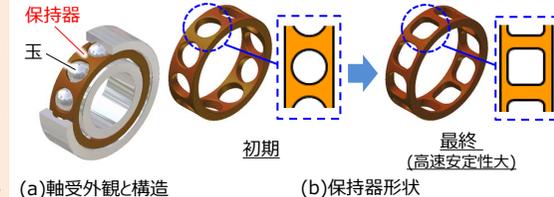


図4 RW用軸受の保持器設計の変遷

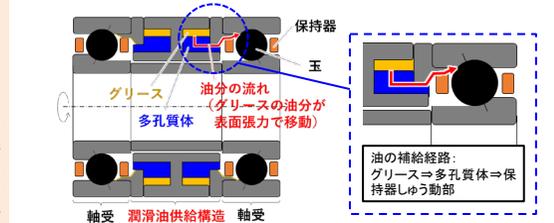


図5 油を補給する構造 (JAXA・軸受メーカー特許)

補足6：高性能民生部品の耐放射線評価・設計技術の獲得

背景：商用通信衛星市場の急速な変化とデジタル化への対応

- 5G, Beyond5Gを背景に、商用静止通信衛星の世界においてユーザーニーズの高度化が急速に進んでいる。これに対応できない場合、我が国の商用通信衛星はシェアを獲得できなくなる恐れが顕在化してきている。
- ユーザーニーズの高度化に応えるには、高速・大容量・低ビット単価、高いフレキシビリティを有する通信ペイロードが必須である。この実現には、**従来アナログ処理されていた通信処理を高速のデジタル処理に置き換えることが必要**である。
- このコンセプトを実現するためには、**高速に処理を行う高速デジタル処理部がキー技術となるが、入手可能な宇宙用部品では価格、機能、性能全てで満足いく製品はなく、放射線耐性の低い高性能民生部品の使用が必須**な状況。

<将来の商用通信衛星への能力目標>

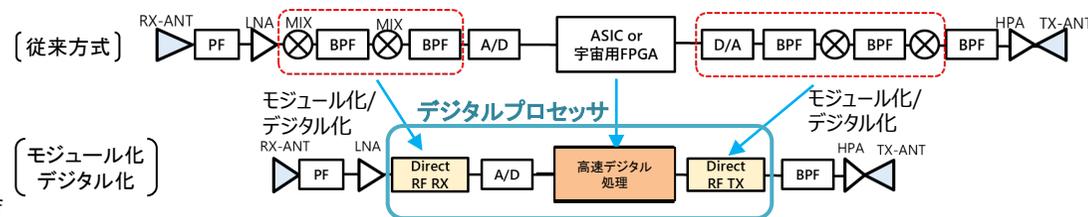
- 数百Gbps級以上の高速・大容量信号処理
- 1M \$ /Gbps以下の低ビット単価
- ユーザー要求に柔軟に対応できる高いフレキシビリティ性

【目標】2020年代の商用通信衛星市場に対応できるデジタル通信ペイロードを実現するキーとなる技術を民間事業者と連携し実証する。

課題 高性能な民生FPGA *1 (COTS*2 FPGA)の放射線影響把握と耐放射線設計方策の策定 (JAXA)

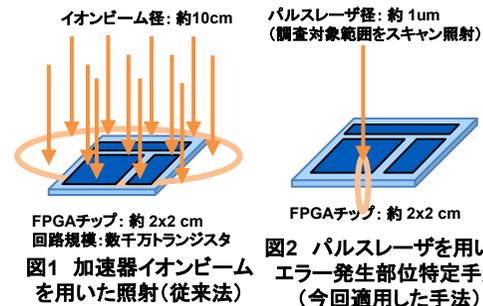
民生FPGAを用いたソフトウェア定義無線回路設計 (民間事業者)

*1 FPGA : Field Programmable Gate Array , *2 COTS : Commercial Off-The-Shelf



デジタル化を支える高性能民生FPGA(COTS FPGA)の耐放射線設計方策を確立

- 従来の加速イオンビームを用いた照射方法では直径約10cmのイオンビーム照射範囲内でランダムに荷電粒子が照射されるため(図1)、微細化が進み狭い範囲に多種類の回路機能が搭載されているFPGAでは、静止軌道上15年分の放射線環境下での影響を評価するため多量の放射線を短時間で照射(高レート照射)する必要がある。
- 上記手法では複数回路で過電流が同時発生することによりデバイスが破壊され、個別回路ごとのシングルイベントラッチアップ(Single Event Latch-up : SEL)影響を評価できず、COTS FPGAのSELに対する脆弱性をピンポイントで把握することが出来なかった。
- そこで、COTS FPGAを構成する**微細回路機能への影響把握をJAXAが持つ極細のパルスレーザ照射技術により行い(図2)、民生FPGAチップ内の回路ごとのSELの継続時間や発生回数に対する耐性を把握し、回路ごとに適切な耐放射線設計(RHBD、Radiation Hardened By Design)技術を適用することでデバイス破壊に至らずに宇宙環境で当該民生FPGAが使用可能であることを示した。**



得られたアウトカム：民間事業者の商用通信衛星開発への成果活用

- 高性能なCOTS FPGAの宇宙での活用可能性を示したことにより、本成果を活用した通信ペイロードが**技術試験衛星9号機(ETS-9)に搭載されることとなった。**(III.3.10参照)
- 本成果をベースに5ton級の衛星で**200Gbps級の信号処理能力を有する通信ペイロードを実現を目指すことが民間企業から示された。**

期待されるアウトカム：様々な将来衛星への貢献

- 200Gbps級商用通信衛星への適用による国際通信衛星市場におけるシェア獲得が期待される。
- 通信ペイロードに限らず、エッジコンピューティングとして軌道上での画像処理に適用する等、観測衛星の高度化にも期待される。

補足7：宇宙探査ハブ成果の実装

宇宙探査イノベーションハブの背景

日本発の宇宙探査におけるGame Changing 技術を開発し、宇宙探査の在り方を変えると同時に地上技術に革命を起こすことを目指し、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て幅広い異分野(非宇宙分野含む)連携・人材糾合の促進してきた。

得られたアウトプット：異分野連携と人材糾合の達成

幅広い異分野連携や人材糾合を生み、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。コロナ禍下において、これまでのような新規参画促進のための活動に大きな制約が生じたところ、リモートによる説明会の開催や金融機関との連携による顧客面談会の開催、マッチング支援会社を通じた研究募集分に特化した周知活動などにより、例年以上の採択に至った。

- FY2020に新たに**33件の共同研究を開始**した。このうち、**国際宇宙探査に関連する共同研究が11件**含まれる。
- FY2020は**74の企業・研究機関等が共同研究に参加**し、新規参加社のうち約**9割が宇宙分野に関わり**のなかったもの、企業のうち約**6割が中小・ベンチャー企業**であった。
- 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。



図1 資金状況

得られたアウトカム：成果の民間事業化、宇宙活用

共同研究の成果が、事業としての実装、宇宙分野での活用の決定につながった。特に**製品化や受注に至った点で、探査ハブの取り組みが新たな段階に達した**と言える。

事業化：

- 月面での拠点建設自動化への適用を目指した、建機のアタッチメント着脱作業の『無人化・自動化』『作業効率向上』『安全性向上』等の成果から、これまで市場になかった**アタッチメント着脱装置(図2)の受注**および商品化に向けた量産体制への移行。(タグチ工業)
- 月面での除塵にも適用可能性がある、はやぶさ2の中和器技術を応用した**高真空対応の除電処理システムを製品化**。(春日電機)

宇宙活用：

- 小型船用レーダーの周波数有効利用、維持費低減を目指した増幅器の固体化研究の成果から、**はやぶさ2カプセル回収での追跡に参加し、着地位置特定に貢献**。(光電製作所)
- 玩具市場への展開も考慮した宇宙探査用超小型ロボット研究の成果による**世界最小・最軽量かつ超低コストのロボット**が、国際宇宙探査の有人と圧ローバー開発のための**月面走行に必要な走行性能評価データ取得ミッションに採用**。(タカラトミー、ソニー)
- 路面氷結状況の把握を目指した2次元イメージング**水氷センサ**(神栄テクノロジー)および半導体製造装置への適用も考慮したガス中**微量水分計**(センテナシア)が**月極域探査ミッションに採用決定**。



安全ロック作動状態

図2 建機用アタッチメント着脱装置



図3 追跡に供した固体化マリンレーダー

参考情報

[参考1] 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が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。

2018年度には機体推進系・エンジン系の運用方法の確立を目的とし、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。一方で、機体が地上に安全・確実に離着陸するためには、搭載機器がロケットにすべて搭載された状態で、ロケットエンジンの詳細な特性データや、機体の姿勢制御に必要なエンジンバル機構（TVC）のデータ取得が必要となる。そこで、昨年度末に「地上燃焼試験#2」を計画し、40%、60%推力レベルでの各系におけるデータ取得を行った。試験後に取得したデータ評価を行ったところ詳細な評価が必要な項目が見いだされたことから、「地上燃焼試験#2」シリーズを一旦中断。データの詳細評価・機体点検等を実施後、「地上燃焼試験#2（その2）」シリーズとして試験を再開した。現在「地上燃焼試験#2（その2）」シリーズで抽出された課題を解決し、「地上燃焼試験#2（その3）」シリーズを実施中である。

実績：

2020年度夏期～秋期に「地上燃焼試験#2（その2）」を実施し、40,60,70,90%の各エンジン特性把握試験を実施した。一方で、搭載機器同士の通信ノイズや未燃燃料のデータに追加の評価が必要となる項目が見出された。そのため、再度試験シリーズを中断し、ノイズの低減対策や未燃燃料の取扱いの改善を目的として、再点検活動を実施。抽出された課題についての対策を行い、改善効果を確認しうえて、「地上燃焼試験#2（その3）」試験シリーズを実施した。TVCにかかわるデータや100%推力レベルを含めたエンジンの特性データを取得できた。あわせて同一エンジンを用いるCALLISTO設計に必要な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音響データの取得を行いCALLISTOプロジェクトに提供した。なお未燃燃料についてのデータ取得はさらに追加が必要と判断した。



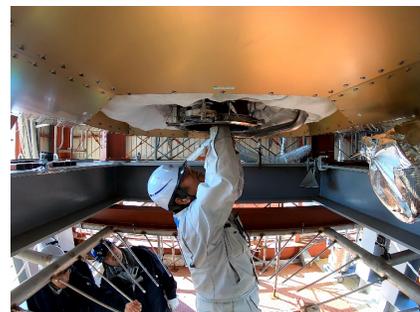
機体組み立て



エンジン燃焼試験



100%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：

第1四半期中にまでの「地上燃焼試験#2(その3)」試験シリーズで、TVCにかかわる追加データやエンジンの高度制御特性にかかわるデータを取得予定。

「地上燃焼試験#2」シリーズ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。

参考情報

[参考2] ロケット再使用に向けた飛行実験(CALLISTO※)の研究開発状況

※CALLISTO : Cooperative Action Leading to Launcher Innovation for Stage Tossback Operation

CALLISTOでは、基幹ロケット再使用1段も含め再使用型輸送システムに共通的に必要となる技術獲得を目指している。その実現のために、本ミッションではシステムレベルのキーとなる技術（図1）に関して、小型実験機による飛行実験により、技術成熟度の向上のためのデータ取得、および再使用による経済的な効果の評価に必要なデータの蓄積を行う。また、独（DLR）仏（CNES）の宇宙機関と共同で開発・実験を行うことで参加機関の知見を活かし、効率的により優れた技術を獲得するとともに、フロントローディング活動として1段再使用化に向けた小型実験機（RV-X）により、着陸段階に飛行範囲を限定し、早期にCALLISTOのキーとなる要素技術の部分的な検証・基礎データの取得を能代試験場で行う。

2017年にプロジェクト計画検討のための3機関協定を締結し、3機関の役割分担（図2）やミッション要求およびそれを実現するための機体・地上システム仕様や飛行プロファイル（図3）などのプロジェクト計画を検討してきた。2019年には、3機関の有識者による独立評価を実施し、そこでの提言に対応するために、3機関共同作業として、システム設計・サブシステム要求の調整を追加した。

実績：

- 2020年9月：予備設計完了（JAXA担当の主な開発品・作業に関する成立性確認を行い、開発計画を設定）
- 2020年12月：3機関開発計画確認会（DLR/CNES/JAXA合同で、設計状況を踏まえた開発計画を確認）
- 2021年2月：システム定義審査会（JAXAのミッション要求を実現できる開発計画であるか、有識者を交えた審査を実施）
- 2021年3月：プロジェクト移行審査会（プロジェクト移行可否をJAXAとして審査し、移行可能との判断を行った）

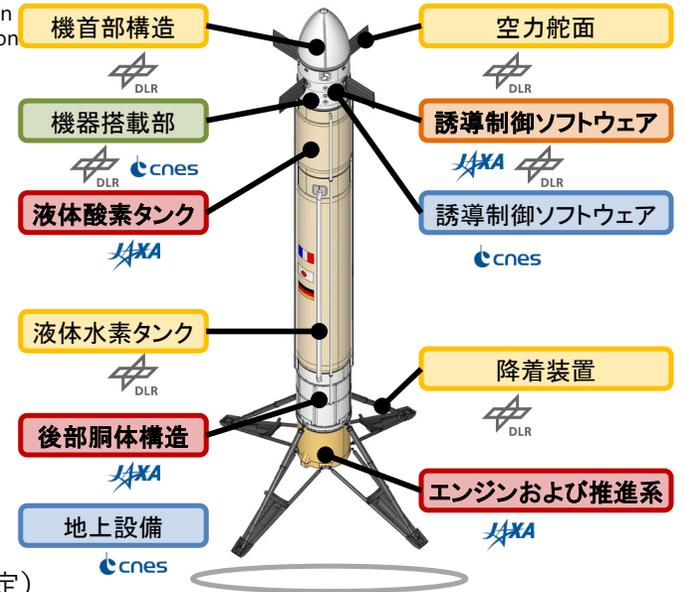


図2 各機関の主な分担

A. 安全で確実な帰還・着陸
（誘導制御技術）

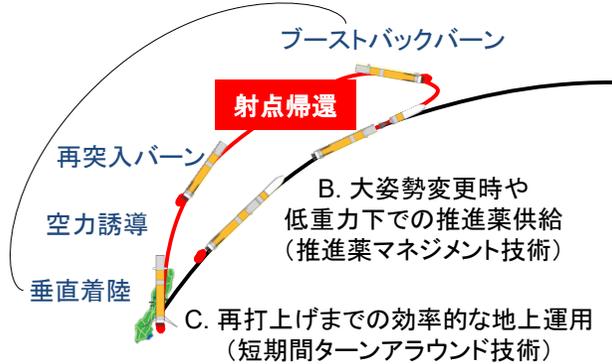


図3 飛行プロファイル

B. 大姿勢変更時や低重力下での推進薬供給
（推進薬マネジメント技術）

C. 再打上げまでの効率的な地上運用
（短期間ターンアラウンド技術）

①誘導制御技術	②推進薬マネジメント技術	③ヘルスマネジメント技術
<p>風耐性のある誘導制御アルゴリズム(ブーストバック、空力誘導、着陸)の実証等</p> <p>JAXA開発の着陸誘導の検討結果(ギアナ宇宙センターの2月の実測風548ケース)</p>	<p>加圧と揺動を制御し極低温推進薬を確実に供給できることの実証等</p> <p>JAXA開発の液面保持デバイス</p>	<p>非破壊検査技術を用いたオンサイトエンジン再整備の実証、故障予知・診断技術のためのデータ取得等</p> <p>システム/センサ異常の識別</p>

図1キー技術例

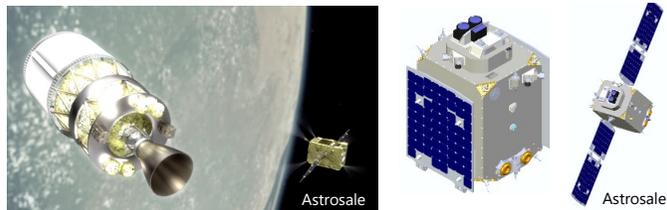
参考情報

[参考3] 商業デブリ除去実証プロジェクトおよびスペース・デブリ対策

① 商業デブリ除去実証フェーズ I (プロジェクト)

スペース・デブリ対策分野の市場創出期待を背景として、『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を目的として、「商業デブリ除去実証」を進めている。

「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)について、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、プロジェクトを開始した。民間事業者に裁量を持たせた新たなマネジメント方式を適用している。FY2020は衛星システムの基本設計を実施した。現在、マイルストーン審査 1 (民間事業者に裁量を持たせ実施した基本設計結果をJAXAと共に評価)を実施中。



民間事業者が検討するフェーズ I 実証イメージ



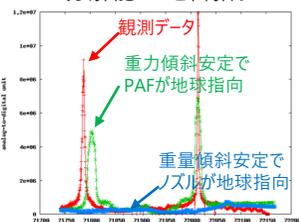
入笠山60cm望遠鏡

③ デブリ状況の正確な把握のための地上観測技術

地上からリフレクタのないデブリに対する運動を観測・推定するために、対象の直接撮像、及びライトカーブ (対象の光度変化) から運動を推定する手法の研究開発を実施した。開発した補償光学系を利用し、高度600kmの物体に対し1mの分解能を目指した撮像試験や、CGにより作成した模擬ライトカーブによる姿勢推定の検証準備等を着実に進めた。



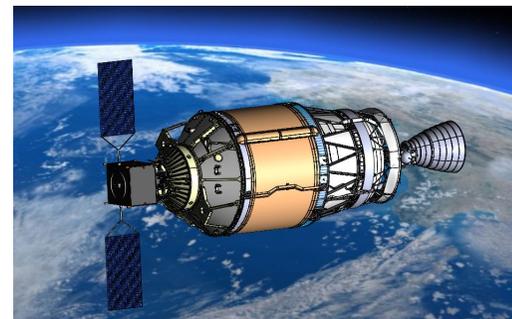
分解能1mを目指す



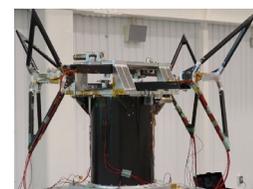
ライトカーブによる姿勢推定

② 商業デブリ除去実証フェーズ II に向けて

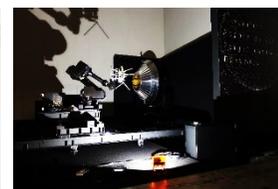
「商業デブリ除去実証」の二段階での実証のうち、第二段階であるフェーズ II (軌道上に遺棄されたわが国由来のロケット上段デブリに対し、接近し、近傍制御を行い、撮像、除去、安全なリエントリーを行う)のプロジェクト立ち上げを目指し、デブリ除去を低コストで実現するシステム技術の成否性を示すため、デブリ除去を行う衛星システムの概念検討および要素技術研究を実施した。



500kg級衛星による大型デブリ除去のイメージ



大型デブリ捕獲機構 (試作品)

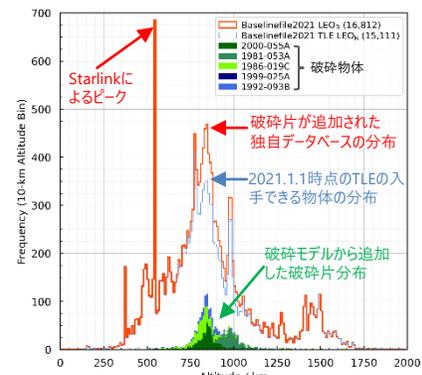


デブリ捕獲地上試験装置 (SATDyn)

④ 宇宙環境モデル構築および宇宙デブリ対策の国際ルール化に向けた国際的な議論

宇宙環境モデル(軌道高度に対する密度分布)等のモデリングに関する研究開発を実施し、国内独自の物体データベースを整備することで、独自のモデルを構築した。

政府や国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として、JAXA独自のデータベースを用いて除去対象Top50の国際研究に参加し、参加11チームの中で最も他との合意率が高い結果を示した。また、内閣府からの要請に応じ、軌道上サービスのルールに関するサブワーキンググループの活動に参加している。



最新版JAXA独自データベース開発

[参考4] 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2020年度の主な成果を示す。

(1) マイクロ波無線電力伝送技術の研究開発

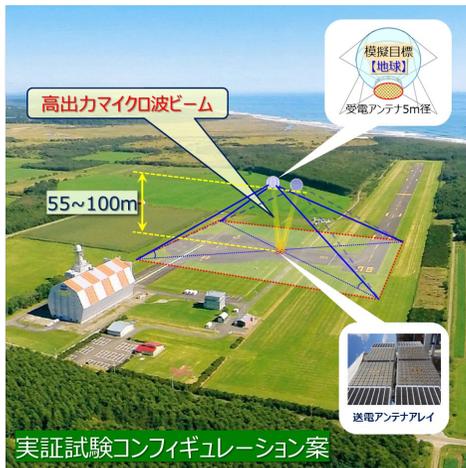
マイクロ波方式SSPSの実用化に向けた長距離マイクロ波無線電力伝送の高精度化・高度化技術として、送受間の相対的位置関係が変化する状況下で高効率な無線電力伝送を行う高精度ビーム指向・追従制御技術（リアルタイム位相制御技術）を実証するため、飛翔体（高度55～100m）を用いた無線電力伝送実験計画案（実験コンフィギュレーション等）を具体化した。また、当該実証実験の共同実施を念頭に、経産省SSPS研究開発事業の委託を受けた（一財）宇宙システム開発利用推進機構との共同研究として、実証実験システム、及び高精度マイクロ波ビーム制御装置の概念検討を実施した。

(2) レーザ無線電力伝送技術の研究開発

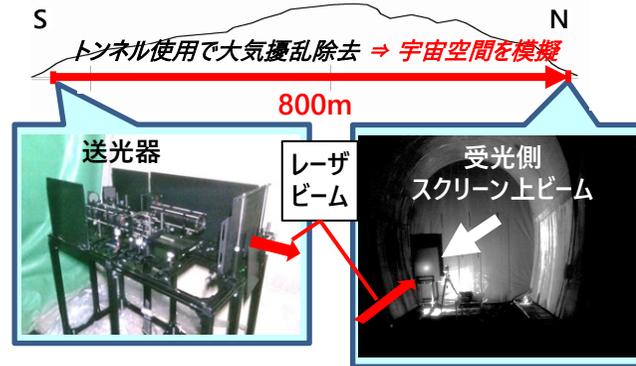
小型軽量化/スモールスタートがし易く、既設太陽光発電パネルでの受電も可能なレーザ方式SSPSの実現に向け、中間目標である月極域永久影領域内ローバへの給電（1km先、>20W）の研究を遂行中。本年度はトンネル内800m伝送実験を行い、送光側ビームシェイパのみでの伝送先照射強度均一化（円形&矩形）や、望遠画像を用いた誤差≦数cmの照射位置制御等と共に、30cm角の光電変換パネルを用いた9W強の給電を実証。照射最適化等により、小型軽量システムでローバへ27W以上給電できる見込み。白色光のみ対応の汎用太陽電池への給電や遠隔分光等に向けた白色レーザ光800m伝送も実証。

(3) 大型宇宙構造物技術の研究開発

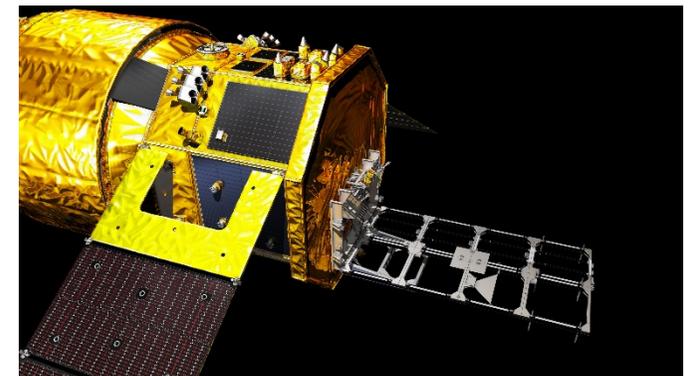
SSPSは数百m～数kmの大型宇宙構造物を必要とする。このような大型宇宙構造物を軌道上で自動的に構築する技術の確立に向けて、静止軌道降水レーダへの適用を見据えた30m級大型平面アンテナの実現を当面の目標とし、HTV-X1号機に搭載する展開型軽量平面アンテナ軌道上実証システム（DELIGHT）の開発を進めている。2020年度は、航空機を用いた微小重力環境下での展開試験等を実施し、その結果を踏まえてDELIGHTの基本設計をほぼ完了した。



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号機に搭載したDELIGHTのイメージ

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	17,948,197				
決算額 (千円)	15,584,719	13,424,518	15,384,330				
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	334				

(※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)	出願: 44件 (うち海外14件) 権利化: 20件 (うち海外4件)				
査読付き論文数	39件	38件	55件				
技術移転 (ライセンス供与) 件数*1 (全JAXA)	372件	335件	334件				
受託件数、金額 *2	16件 10,497千円	22件 45,379千円	25件 107,483千円				
外部資金の獲得件数・金額 *2	55件 607,123千円	42件 909,306千円	51件 914,939千円				
共同研究相手先の 自己投資額	670,032千円	875,028千円	863,093千円				
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)	累計201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

2020年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
<p>【課題】再使用型宇宙輸送システム技術の研究開発として実施しているロケット1段再使用化に向けた小型実験機(RV-X)においては、搭載機器同士の通信ノイズや未燃燃料のデータに追加の評価が必要となる項目が見出され、年度内の飛行試験には至らなかった。</p>	<p>現在、JAXA内外の有識者を含めた再点検活動を実施中。試験の実施体制を強化する。抽出された課題についての対策を行い、改善効果を確認しうで「地上燃焼試験#2(その3)」試験シリーズを実施中。地上燃焼試験終了後、航法誘導制御系にかかわる各種試験を実施し、2021年度中に飛行試験を実施する。</p>
<p>【抱負】2020年6月に宇宙基本計画改定にて示された衛星システム搭載機器のデジタル化・ソフトウェア化や、開発・製造・運用におけるプロセス革新などのデジタル化の流れに基盤技術研究としても速やかに対応していく必要がある。</p>	<p>2020年度に立ち上げた革新的衛星技術実証3号機の小型実証衛星3号機搭載ミッションの公募テーマとして選定されたデジタル化関連テーマ(GPUソフトウェアのモデルベース開発、ソフトウェア受信機のフレキシブルな開発手法)の2022年度の軌道上実証に向けて開発を進める。また、これまでJAXAで検討してきたMBSE (Model Based Systems Engineering)技術を適用し、開発プロセスのデジタル化への取り組みを着実に進める。加えて、2021年度より新たな取り組みとして推進する小型衛星技術刷新研究開発プログラムにおいて、官民連携のもと、衛星システムのデジタル化、衛星開発プロセスのデジタル化に資する研究開発に取り組む。</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>○オープンイノベーションの取組みを引き続き推進することが重要である。色々なチャレンジがイノベーションを生み出すため、失敗を恐れずに、新たな取組を継続して生み出す仕組み作りを期待する。</p>	<p>国際宇宙探査へのさらなる貢献の観点から有人圧ローバー、生命維持、水資源(水素)利用、惑星保護等についても新たに共同研究分野として設定し共同研究に着手しました。また、オープンイノベーションの仕組みを社内に展開するため、革新的将来宇宙輸送システム研究開発プログラムについて、次年度共同研究公募を共同で行うべく準備を進めました。</p>
<p>○民間活力の活用や大学アカデミアとの連携による共同研究の推進は望ましいが、共同研究成果を評価する場合には、各機関の役割分担を明確にし、法人がどの部分にどの範囲で貢献し、成果を創出したのか、を明確にする必要がある。また、その場合に創出される成果については、既存技術を応用、発展させた成果か、あるいは完全に新規の技術なのかについても言及が必要である。</p>	<p>FY2020の成果報告書において、共同研究におけるJAXAの役割、工夫点を明確にし、成果創出への貢献度がわかるように記述を行いました。また、ベースとなっている技術とその解決策を明示し、既存技術の応用・発展か、新規技術なのかについて記述しました。</p>
<p>○宇宙産業において市場を創出するマーケットドリブンの流れの中、これまでのハードウェアの調達に加えてJAXAが民間のサービスを購入するというas a serviceの調達を行うことによる市場を創る政策が求められる。スピード感や低コストといったことがJAXAにも求められる中、持続可能な取組が求められる。</p>	<p>商業デブリ実証(CRD2)フェーズ1では、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(衛星ではなくサービスと成果の調達)として実現し、事業者の投資を大幅に引き出すことができました。今後も、同様な取組を行い、新たな市場の創出に貢献します。</p>
<p>○持続可能な宇宙開発のため、宇宙の安定利用のためにも宇宙デブリの軽減や除去は喫緊の課題であり、日本がこの分野をリードする一国としての取組は期待されている。そのため、スペース・デブリ対策に関しては、多様な観点で重要な取組である。技術実証を迅速に行い、宇宙安全保障の観点からは、内閣府・防衛省等関係省庁との連携を進めるとともに、産業の観点からは、技術としてもビジネスとしても成り立つことを示していただきたい。</p>	<p>技術実証として、FY2024の商業デブリ実証(CRD2)フェーズ1の実証に向けプロジェクトを進めています。関係府省との検討会等にも参加し、技術的な助言を行っています。ビジネスの成立性については、民間企業が積極的に取り組んでおり、JAXAとしてはその実現に向けたキー技術の研究開発で貢献します。</p>
<p>○再使用型ロケットの研究では、スペースXとの違いを明確にする必要があると考えられる。安価なコストで、再使、別の用途にも利用できる用ではなく、限りなくピンポイントに落下させることが出来れば。</p>	<p>CALLISTO等、再使用型ロケットの研究では、スペースX社も完全に解決できていない着陸誘導における課題を分析したうえ、基幹ロケットの再使用1段を含め再使用型輸送システムに共通的に必要となるキー技術(誘導制御技術、推進薬マネジメント技術、ヘルスマネジメント技術、等)の獲得を目的としており、キー技術に関わるデータを取得すると共に、プロジェクト後に活用できるツールやモデル等を整備することもアウトプット目標として掲げ、これらの成果が革新的将来輸送システムの研究開発などで活用されることをアウトカム目標としているところが違いとなります。</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>○こうした裾野を広げる活動は非常に重要だが、例えば、イノベーションハブについてはJAXAが支出している状況である。民間と共同で成果が上がっている反面、JAXA内の他案件を資金的に圧迫する可能性があるため、資金面を含めJAXAのすぐれた民間技術発掘機能と協業機能を活かす方策を見つけるべきである（①）。また、JST評価で優秀な評価を得たとのことであるが、それを示す事例の提示が必要である（②）。D-NETに関してはJAXAの先導的な取組から防災目的で実運用が始まった好事例であるとする。（③）</p>	<p>①イノベーションハブの共同研究において、2019年度までに民間からJAXAの支出の1.5倍を超えるリソース提供(自己投資)を引き出すことができました(2020年度分は調査中)。また、新事業促進部の協力を得て、民間技術発掘につながるイノベーションハブを民間に紹介するイベントを3件設定し、参加した企業にのうち35社と意見交換を実施しました。</p> <p>②JSTから特に評価された点は、宇宙応用と地上での社会実装の双方が進みつつあること（具体的には、2019年9月までに共同研究を終了した49テーマのうち、宇宙応用では展開済み或いは展開がほぼ決定したものが計5件、JAXAと展開のための調整を開始したものが13件、地上で製品化段階に進んだものが7件）、および企業からのリソース提供の換算金額が年度ごとに増え、2018年度ではJSTの委託費とJAXAの運営費交付金充当額の合計額を上回ったことの2点です。</p>
<p>○低軌道衛星でのMIMO実験に関しては、JAXAの中長期計画に全く示されていない。計画に記された衛星光通信技術の開発だけでなく、このような衛星と地上とつなぐ電波を使った大容量通信技術にも中長期計画に明記し、積極的に取り組み、トータルとしての通信システム構築ができるようにしていく必要があると思われる。</p>	<p>低軌道衛星でのMIMO実験に関しては、第4期中長期計画(令和3年3月26日変更認可版)において、「1.2.2(2)②宇宙利用拡大と産業振興に貢献する研究開発」に記載される、「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・デジタル技術」の内、「デジタル技術」の部分に相当しており、第4期中長期計画初版（平成30年3月30日認可）より変更はありません。ご指摘の通り、衛星光通信技術の開発だけでなく衛星と地上とをつなぐ電波を使った大容量通信技術も重要な技術であり、トータルとしての通信システム構築ができるよう研究開発を進めてまいります。</p>