

Ⅲ. 3. 10 衛星通信等の技術実証

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>Ⅲ. 3. 10</p> <p>これまでに技術試験衛星Ⅷ型（ETS-Ⅷ）、データ中継衛星(DRTS)、超高速インターネット衛星（WINDS）等の研究開発・運用を通じ、衛星通信に係る技術への高い信頼性を実績として示したことで、我が国の民間事業者による受注が拡大してきた。一方、商用市場で進みつつある静止通信衛星のハイスループット化への対応が課題となっている。</p> <p>また、DRTSにより衛星間通信技術を実証するに至ったが、今後のリモートセンシング衛星は高分解能化・大容量化に向かっており、防災・災害対策をはじめとするユーザから、高速宇宙通信インフラの構築が求められている。</p> <p>このような背景を念頭に、上記の取組を通じて得た技術知見、ユーザーニーズの他、将来の情報通信技術等の動向も踏まえつつ、政府が進める衛星開発・実証プラットフォームとも連携して、小型技術刷新衛星等の開発実証機会の活用も考慮し、今後の衛星通信に関する研究開発を推進する。</p> <p>我が国の宇宙産業の振興の観点から、民間事業者が2020年代に世界の静止軌道における商業通信衛星市場での1割以上のシェアを獲得することに貢献するため、製造事業者のみならず衛星通信サービス事業者とも連携して、世界的な技術開発、ビジネス動向及び利用ニーズの把握に努め、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）をはじめとする官民関係者との適切な役割分担の下、電気推進技術、高排熱技術、静止GPS受信機技術等をはじめとする国際競争力を持った次世代の通信衛星バス技術の研究開発及び実証を行う。さらには、更なる国際競争力の強化や多様化する新たな宇宙利用ニーズへの対応に必要な基盤的衛星技術の獲得を目指し、次期技術試験衛星（10号機）の技術テーマについて、最先端の技術（AI、IoT、光・量子・フレキシブル化、デジタル化等）の動向や我が国が強みを有する技術等を踏まえて産学官と連携して検討し、開発を進める。</p> <p>また、我が国の安全保障への貢献及び産業の振興への貢献を目指し、大容量のデータ伝送を実現するため、データ伝送の秘匿性向上も念頭に光衛星間通信技術の研究開発及び光データ中継衛星、先進光学衛星（ALOS-3）等による軌道上実証を行う。</p>	<p>Ⅰ. 1. 10.</p> <p>我が国の宇宙産業の振興及び安全保障への貢献を目的として、国際競争力を持つ次世代の通信衛星バス技術、光衛星間通信技術の実証に向け、通信衛星の開発を行う。具体的には以下を実施する。</p>	<p>—</p>	<p>—</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>上述の取組の実現のため、以下の衛星等の研究開発・運用を行うとともに、これらを通じて明らかとなった課題を解決するための先進的な研究開発にJAXA全体で連携しつつ取り組む。</p>	<p>－</p>	<p>－</p>	<p>－</p>
<p>(研究開発・運用を行う衛星等) ・光データ中継衛星</p> <p>今後のリモートセンシング衛星の高度化・高分解能化に対応するため、データ中継用衛星間通信機器の大幅な小型化・軽量化・通信大容量化を実現する光衛星間通信技術を用いた静止軌道衛星用ターミナルとしての光データ中継衛星を開発する。</p>	<p>● 光データ中継衛星の開発を完了し、打上げ及び初期機能確認を実施する。</p>	<p><プロジェクト> コロナ禍に伴う国内外の状況を踏まえた十分な対応をしつつ、光ターミナルを搭載した衛星システムのプロトフライト試験(システムPFT)、射場作業を実施し、予定通りの打上げとなった。また、クリティカルフェーズ(太陽電池パドル展開、姿勢制御等)、静止軌道投入も無事予定通り進めることができた。その後の初期機能確認も順調に進めることができた(2021年度前半から定常運用を行う予定。)</p>	<p>打上げ成功等により、光データ中継衛星開発における、日本の先進性を広く示すことができただけでなく、衛星バス定常運用を担当する民間企業による試行運用の準備も進み、民間活用の新たな枠組みの実現に目途がついた。</p> <p>また、光衛星間通信システム(LUCAS)を用いた補足追尾成功により、機器の開発を担当した民間企業の事業展開も進み、我が国の産業振興に貢献した。</p>
<p>・技術試験衛星9号機</p> <p>国際競争力強化の観点から、大電力化技術、高排熱技術、全電化衛星技術、静止GPS受信機による自律軌道制御技術等の新規開発技術を取り入れた次世代静止通信衛星バスを開発する。</p>	<p>● 技術試験衛星9号機の詳細設計及びエンジニアリングモデルの製作・試験を行う。</p>	<p><プロジェクト> 昨年度から実施しているサブシステム及びシステム詳細設計を継続し、エンジニアリングモデルの開発・試験を進め、一部機器については、フライトモデルの製作に着手した。</p> <p>通信衛星市場の急激な動向変化を受けて、多くの関係機関との調整と技術検討を行い、衛星における産業競争力を強化するために、ETS-9において、通信装置のデジタル化技術を実証するよう計画変更を行った。</p>	<p>急激な市場動向変化に対応する効果的かつ迅速な計画変更により、我が国の国際競争力強化に資する実証の道筋を立てることができ、JAXA全体ひいては我が国の宇宙開発技術全体の向上に貢献できる見込みとなった。</p>

主な評価軸（評価の視点）、指標等

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

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

<評価指標>

（成果指標）

○産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化に係る取組の成果

（マネジメント等指標）

○研究開発等の実施に係る事前検討の状況

○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況

（例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況、コスト・予算の管理状況等）

○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況

<モニタリング指標>

（成果指標）

○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果

（例：基幹ロケットの打上げ成功率・オンタイム成功率等）

○宇宙実証機会の提供の状況

（例：民間事業者・大学等への実証機会の提供数等）

○研究開発成果の社会還元・展開状況

（例：知的財産権の出願・権利化・ライセンス供与件数、受託件数、ISS利用件数、施設・設備の供用件数等）

○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果

（例：著名論文誌への掲載状況等）

（マネジメント等指標）

○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況

（例：協定・共同研究件数等）

○人材育成のための制度整備・運用の状況

（例：学生受入数、人材交流の状況等）

○論文数の状況（例：査読付き論文数、高被引用論文数等）

○外部資金等の獲得・活用の状況

（例：外部資金の獲得金額・件数等）

特記事項

光データ中継衛星

1. 光宇宙通信については、次世代の宇宙通信インフラのキー技術として各国が開発にしのぎを削っている。この分野で先行している欧州は、2013年のAlpha-satでの実証を皮切りに、2016年のEDRS-A、2019年のEDRS-Cを打ち上げ、光データ中継ネットワークを着実に構築している。米国においても2021年にLCRD、および2022年のISS搭載LEOターミナルによる光宇宙通信の軌道上実証が計画されている。また、中国においても詳細は不明ではあるが2017年の実践13号による光宇宙通信への取り組みが示されている。
2. 一方、国内においても2018年2月、JAXA、ソニー及びソニーコンピュータサイエンス研究所は、国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟を利用した長距離空間光通信の軌道上実証を実施する契約を締結するなど、国内関係機関が連携した光宇宙通信関連の研究開発が進められている。
3. 軌道上実証により確立された光宇宙通信技術を用いて、商用通信システムとして関心が高まっているLEO衛星コンステレーションへの利用に向けたLEO-LEO間/LEO-地上間高速光通信(数百Gbps)、GEO-航空機間の通信、月・深宇宙探査機用光通信機の開発、そして量子暗号通信に向けた研究・開発に展開が期待される。

技術試験衛星9号機

1. 通信衛星の市場動向については、「次期技術試験衛星に関する検討会報告書(平成28(2016)年5月)」(事務局：総務省)によると、「現在運用中の衛星の50%以上が通信衛星であり、世界の通信衛星市場は今後も安定した成長が見込まれている。更に、今後は高速大容量のHTS衛星が増加することが見込まれており、平成28(2016)年～36(2024)年の間には129機(約15機/年)のHTS衛星が打上げられる」という予測が立てられた。
2. 2017年1月に開催された第2回次期技術試験衛星プロジェクト推進会議での「通信衛星の最新動向調査」においても、「通信業界としては、HTS衛星展開による劇的な供給容量増大を図ることが必須となってきている」とされた。
3. 通信衛星市場は変化が激しく、2016年まではGEO商用衛星の発注数は平均20～25機程度であったが、2017年に7機という急激な受注数減少を経験して以来、2018年は8機^{*1}、2019年は10機^{*2}となり、低発注数傾向が継続している。商業衛星の動向に詳しいユーロコンサルでは、2020年代半ばまで年間平均11～13機程度の発注が続くと予想している^{*3}。また、通信衛星サービスの軸足が、衛星放送から、衛星データ通信へとシフトする中、衛星通信事業者がこれらの需要を取り込むために、ビット単価低減のニーズが高まっている。更に、2019年には、2～3トン級でデジタルパイロードを搭載し、100～200Gbpsのスループットと、サービスのフレキシビリティを両立する Small Flex HTS衛星が出現している^{*4}。
4. 現時点では、Small Flex型衛星の動向に不確定性はあるものの、パイロード効率の向上が見込めるオール電化衛星の重要度は変わっておらず、技術試験衛星9号機で開発する衛星バス技術を活用した次世代静止通信衛星は競争力を有していると評価している。
5. 一方、通信パイロード部に対しては、2019年ごろから、欧州の衛星メーカーにより、通信パイロード部をフルデジタル化することで衛星打ち上げ後でも通信需要の変化に応じて、通信設定を柔軟に変更可能とする衛星の受注が開始され、産業競争力強化のためには、通信パイロード部のフルデジタル化への対応が課題となった。

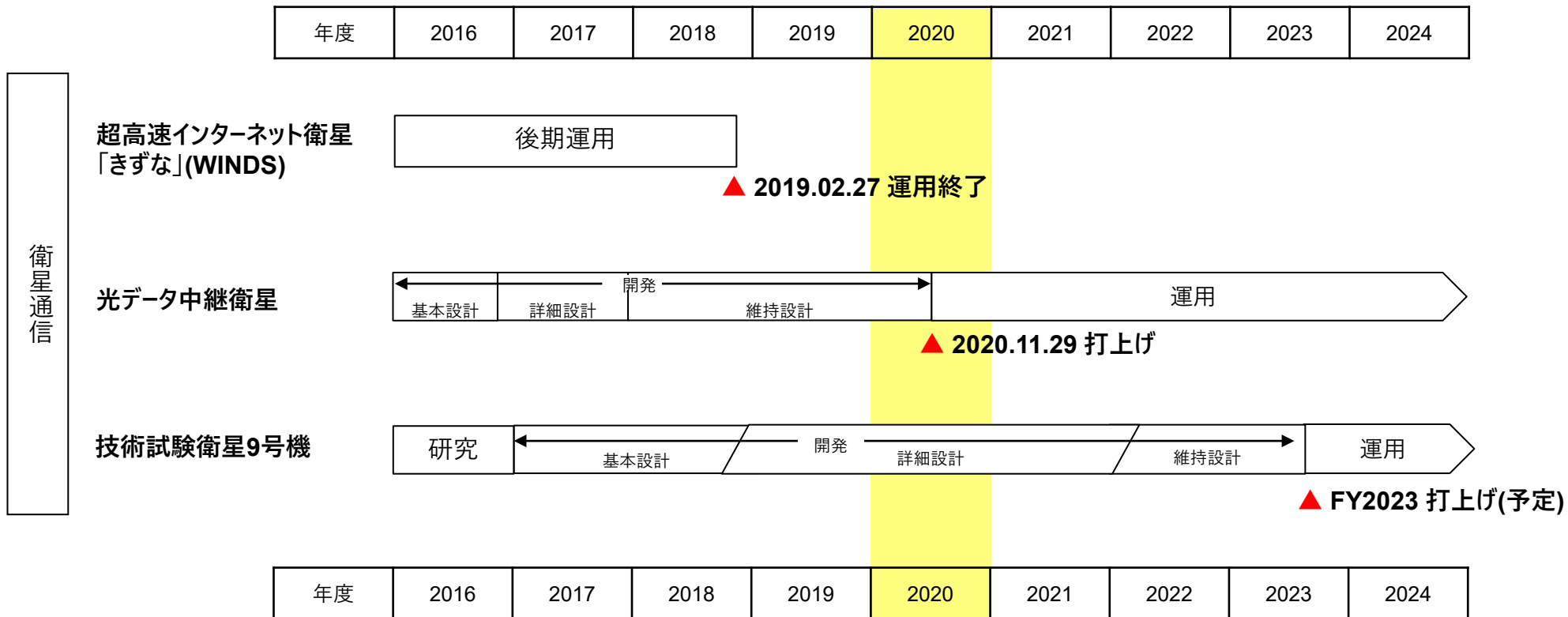
*1 <https://spacenews.com/geo-satellite-orders-continued-to-underwhelm-in-2018/>

*2 <https://spacenews.com/geostationary-satellite-orders-bouncing-back/> (Commercial衛星のみをカウント)

*3 <http://www.euroconsult-ec.com/node/565>

*4: <https://spacenews.com/to-do-business-reprogrammable-satellites-now-the-requirement-for-manufacturers/>

スケジュール



Ⅲ. 3. 10 衛星通信等の技術実証

2020年度 自己評価 **A**

【評定理由・根拠】

我が国の宇宙産業振興及び安全保障への貢献を目的として、国際競争力を持つ次世代の通信衛星バス技術及び光衛星間通信技術の実証に向けた通信衛星の開発に取り組み、「研究開発成果の最大化」に向けて、顕著な成果の創出があったと評価する。

1. 光データ中継衛星については、今後のリモートセンシング衛星の高度化・高分解能化に対応するため、データ中継用衛星間通信機器の大幅な小型化・軽量化・通信大容量化を実現する光衛星間通信技術を用いた静止軌道衛星用ターミナルとしての開発を進めている。なお、今回使用する波長1.5μmは、今後の宇宙光通信で主流となる将来性を有しており、**米国NASAにも先行する取り組み※1**である。本光データ中継衛星で**実証を目指す光通信の通信速度は1.8Gbpsであり、欧州と並び世界最高速を達成する見込み**である※2。

※1 NASAも波長1.5μmを使用する開発を進めているが、NASAのデータ中継技術実証機打ち上げは2021年の予定で、目指す通信速度は1.24Gbpである。

※2 波長1.5μmはその特性のため（主要な光ファイバ素材(石英ガラス)での伝送損失が最小である）、現在の光ファイバ通信で多く用いられており、これまで地上で蓄積された技術や部品を活用できるメリットがある。そのため、通信速度の向上に容易に対応可能であり将来性が高い。

欧州は衛星間通信としてより技術的に容易である波長1.0μm技術により、2019年に通信速度1.8Gbpsの光通信を用いたデータ中継衛星を打ち上げた。一方で、欧州側も1.5μmの上記メリットを認識しており、1.5μmのデータ中継用光通信機器の開発を進めている。このように各国競争が激化している状況にある。

2020年度は、**光ターミナルを搭載した衛星システムのプロトフライト試験(システムPFT)を完了し、射場作業を実施した後、打ち上げた。その後、初期機能確認を進めている**（2021年度前半から定常運用を行う予定。）。「補足1-1.、補足1-2.、補足1-3.参照」

詳細は以下のとおり。

- (1) データ中継衛星1号機との相乗り（衛星バスが共通）となる衛星システムの開発を完了し、**事前に公表した打上げ予定日（2020年11月29日）どおりにオンタイムで打上げに成功した。コロナ禍に伴う国内外の状況を踏まえた十分な対応（関係職員の感染対策含む）等も求められた中、関係機関との連携を深め協力も得ながら、各種試験、射場への衛星輸送、追跡管制に係る事前作業等を着実に進め予定通りの打上げとなった。また、クリティカルフェーズ（太陽電池パドル展開、姿勢制御等）及び静止軌道への投入も無事予定通りの実施となった。**さらに、衛星バス定常運用を担当するスカパーJSATによる試行運用の準備も進み、**民間活用の新たな枠組みの実現に目途**がついた。

- (2) これまでの初期機能確認の過程で達成した顕著な成果の詳細は以下のとおりである。

- ・開発した光衛星間通信システム（LUCAS）のうち、衛星（高度約36,000km）に搭載した**光通信機器と情報通信研究機構(NICT)の光地上局との間で、高い精度が要求される捕捉追尾に成功した**（光データ中継衛星と低軌道衛星（高度600km～800km等）との光通信を模擬し、NICTと共同で実施）。なお、LUCAS開発を担当した日本電気（NEC）は**宇宙光通信技術を自社の事業戦略に組み込み、事業展開**を図っている。「補足1-4.参照」

- ・GPS信号を利用した衛星の時刻・位置・速度を高精度に決定するGPS航法を静止軌道で国内で初めて実現した。（詳細は、Ⅲ.3.1 準天頂衛星システム等、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）を参照。）

【評定理由・根拠】（続き）

2. 技術試験衛星9号機(ETS-9)の開発開始時点では、ETS-9の成果を反映する次世代通信衛星の通信能力は100Gbps級で産業競争力があると想定していたところ、その後の**世界の通信衛星市場の急激な変動に対応するために、200Gbps級の能力を持ち、かつ柔軟な通信設定を可能とするデジタル化技術を適用した通信ペイロードの開発を追加**することとした。これにより次世代通信衛星の競争力の向上を図ることが可能となり、将来的な成果の創出が期待されると評価する。また、2023年度の打ち上げに向けて、詳細設計及びエンジニアリングモデルの製作・試験並びにフライトモデルの製作など実施した。＜補足2-1.参照＞

詳細は以下のとおり。

(1) 産学官からの有識者により構成された「次期技術試験衛星に関する検討会」(事務局 総務省)の報告書(2016年5月)における将来予測を踏まえ、2017年にETS-9の開発を開始したが、その後**2019年頃から急激な動向変化(欧州の衛星メーカーが相次いで、柔軟な通信設定が可能となるように通信ペイロード部をフルデジタル化した通信衛星の受注を開始する等)が発生した。**＜補足2-2.参照＞

この状況に対応するため、次世代通信衛星において、**開発当初の想定衛星重量(5トン)を維持しつつ、従来の100Gbpsから200Gbpsに通信容量を増大させ、かつデジタル化による柔軟な通信設定に対応可能となるよう、ETS-9において通信装置のデジタル化技術の実証を行うこととした**※。

※市場変化に対応しつつ産業競争力を強化し、これまでの開発で積み上げてきた開発成果を最大限活用して追加コストを最小化するには、通信容量を200Gbpsとすることが最適と判断した。＜補足2-3.参照＞

具体的には**COTS品やソフトウェア化技術を活用した通信ペイロード部のフルデジタル化、及び(これに伴う)CPU等の発熱対応のための熱制御系の高度化(メカニカルポンプを用いた排熱向上等)の静止衛星上での実証を追加することとした**(計画変更)。＜補足2-4.,補足2-5.参照＞(なお、COTS品やソフトウェア化技術を活用した通信ペイロード部のフルデジタル化に係る放射線耐性評価等の詳細については、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)を参照。)

本取り組みは、衛星における産業競争力強化に資する方策として評価され、2020年度に宇宙政策委員会が新設した「**宇宙開発利用加速化戦略プログラム(スターダストプログラム)**」**※の一環として初めて位置づけられた。**

※宇宙活動・利用の規模等が飛躍的に広がる中で、効率的・効果的に宇宙開発を進めていくため、宇宙政策全体を俯瞰し、戦略的に取り組む枠組み。

(2) 本計画変更には、多くの関係機関(関係府省、研究機関、民間事業者等)を巻き込む**極めて複雑な関係者調整と技術検討が求められたが、開発の追加を円滑に進めることができ、国際競争力強化に資する実証の道筋を立てることができた。**なお、本技術の獲得により、打ち上げ後の柔軟な機能変更・ミッションの一部変更等が可能になるだけでなく、通信衛星に限らない汎用的な宇宙技術として、JAXAが特に強みを有する衛星リモートセンシング分野(地球観測衛星の開発)等、**様々な衛星への適用が可能であり、JAXA全体ひいては我が国の宇宙開発技術の向上に貢献できる見込み**である。

3. なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

評定理由・根拠 (補足)

1-1. 光衛星間通信システム (LUCAS) の開発成果

～LUCASの概要～

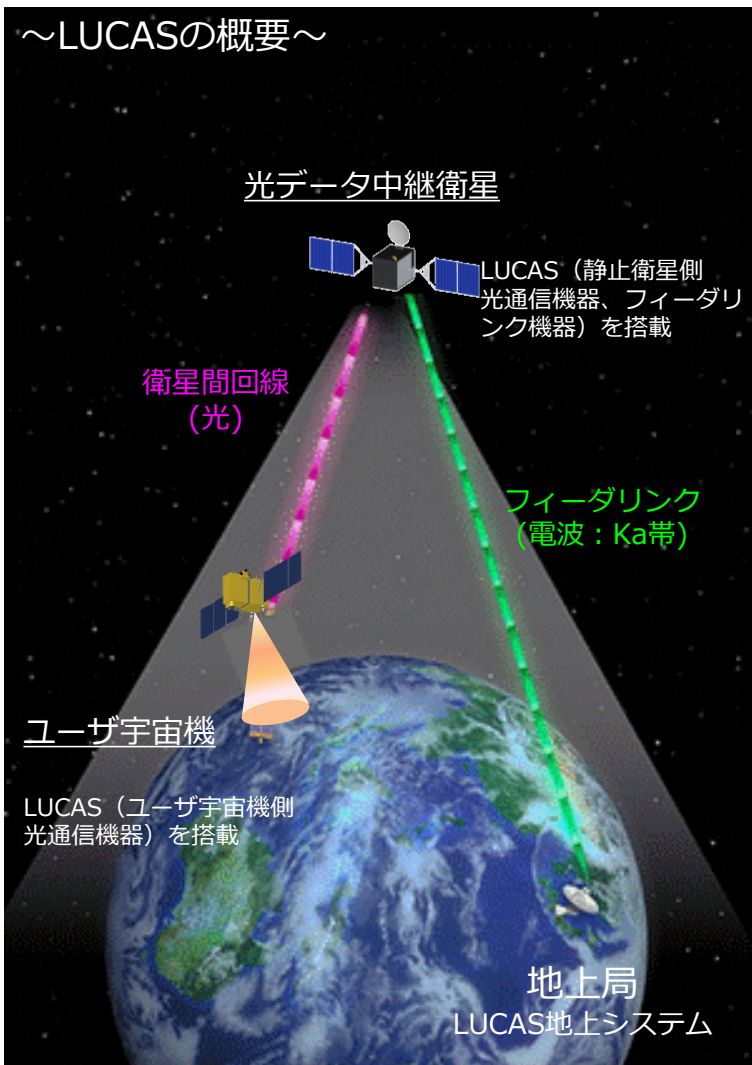


図1: LUCASシステムと光データ中継衛星(軌道上イメージ図)

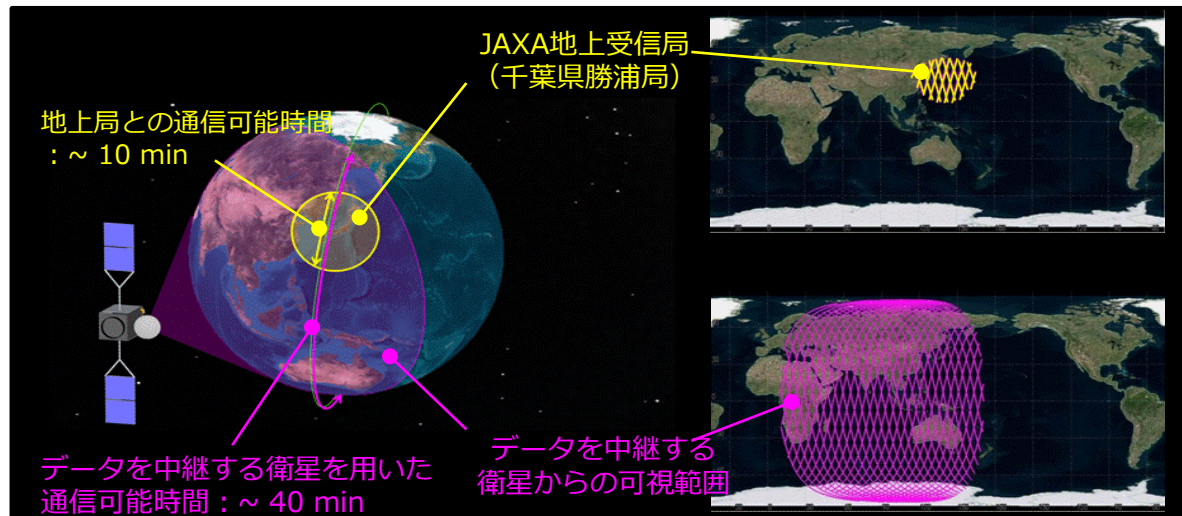


図2: データ中継衛星のメリット: 長い通信可能時間が得られる
リアルタイムでデータを伝送できる可視範囲が広がる
ユーザ衛星にコマンドを送信可能な可視範囲が広がる

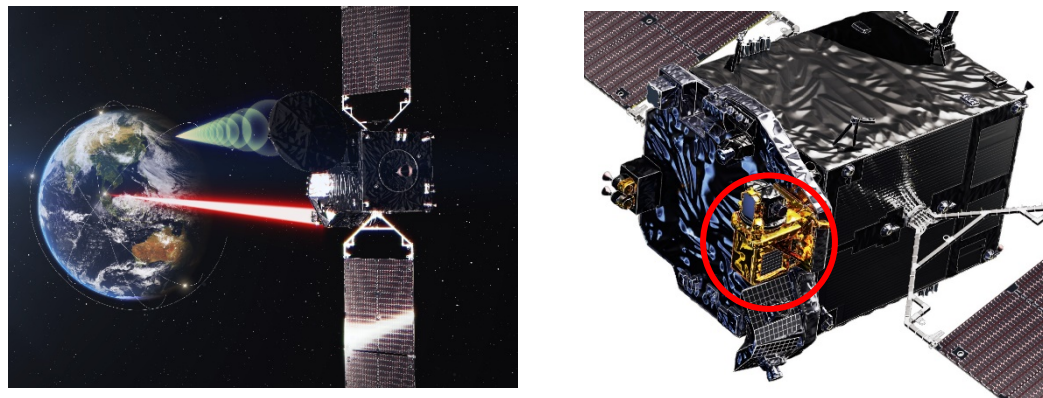
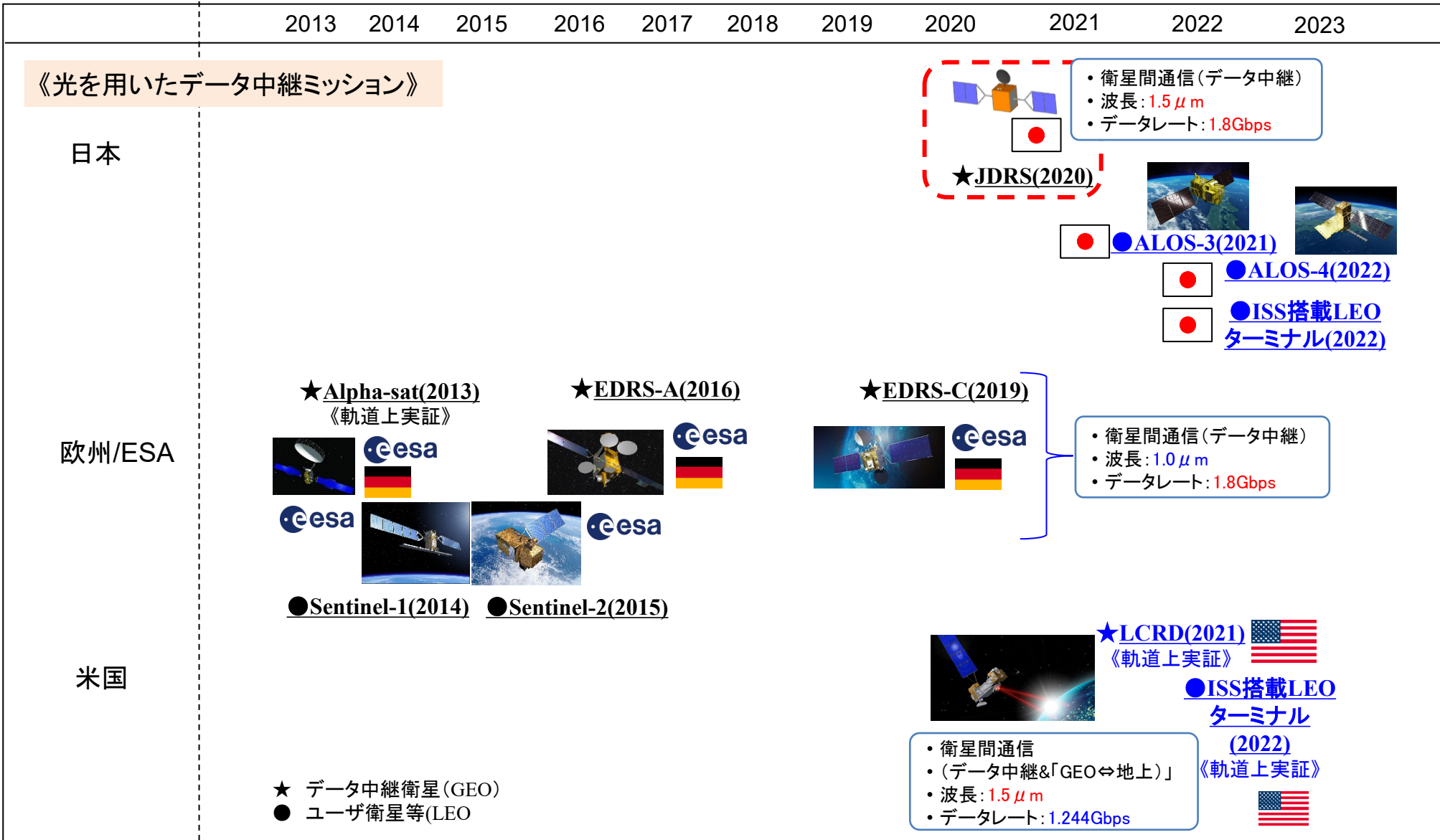


図3: 光データ中継衛星(軌道上イメージ図)
右图中、赤枠で囲んだ部分が静止衛星側光通信機器

評定理由・根拠 (補足)

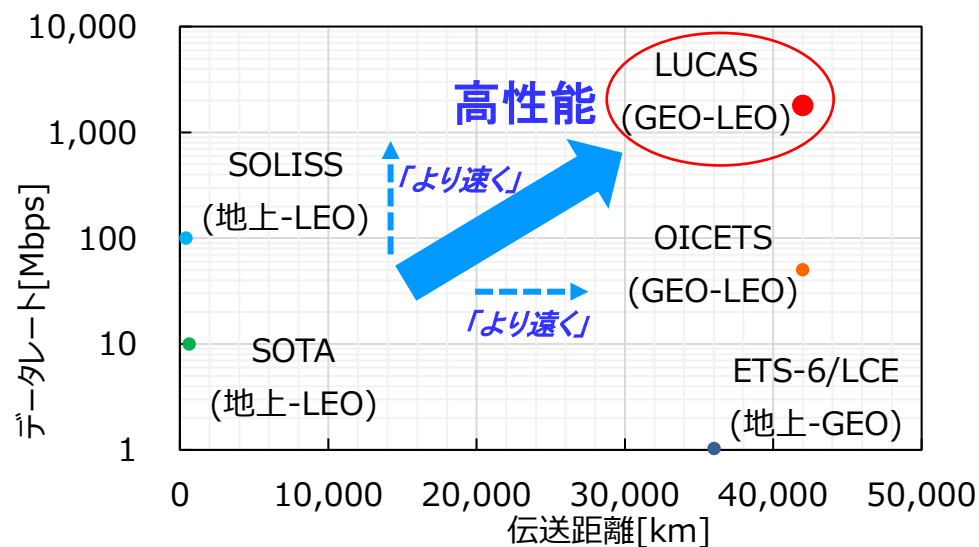
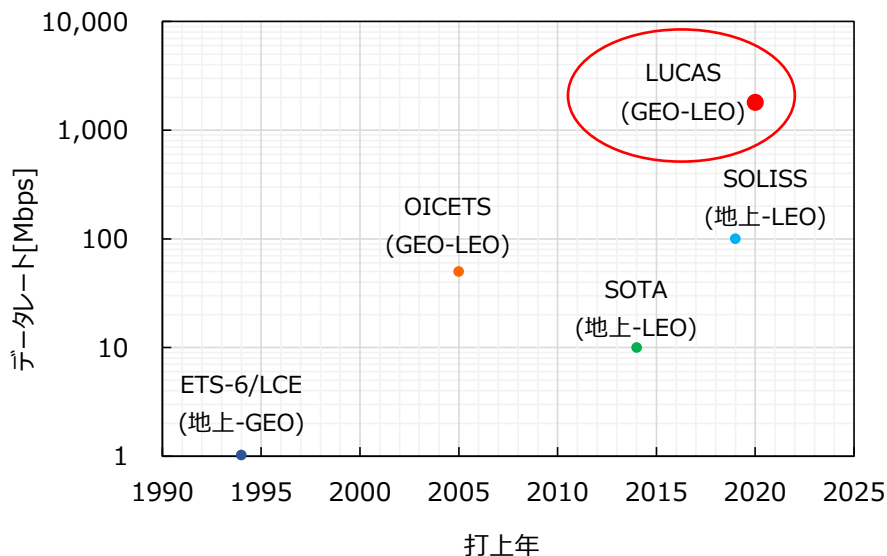
1 - 2. 欧米との比較

○青字の衛星は打上げ予定



評定理由・根拠 (補足)

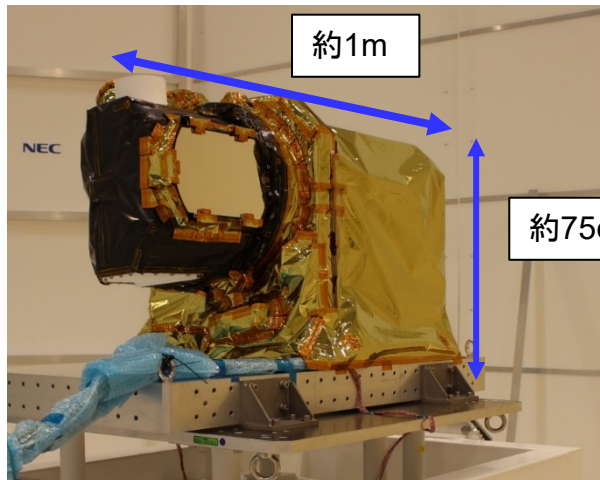
1-3. 我が国の宇宙光通信の流れとその性能 (通信速度 & 通信距離)



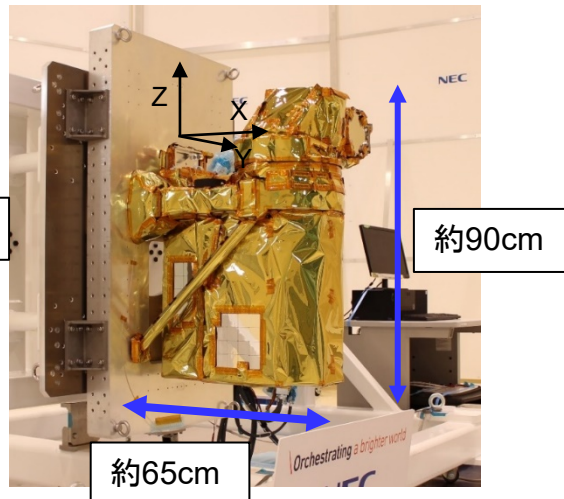
- ETS-6/LCE : NASDA (現 JAXA) が開発したETS-6(技術試験衛星VI型)に搭載された、CRL (現 情報通信研究機構(NICT)) が開発した光通信基礎実験装置 (LCE)。
- OICETS : JAXA が開発した光衛星間通信実験衛星。
- SOTA : エイ・イー・エス社が開発した小型衛星SOCRATESに搭載された、NICTが開発した小型光トランスポンダ。
- SOLISS : 国際宇宙ステーション (ISS) の「きぼう」日本実験棟に搭載された、ソニーコンピュータサイエンス研究所とJAXAが開発した小型光通信実験装置。
- LUCAS : JAXAが開発した光データ中継衛星に搭載された、光衛星間通信システム。

評定理由・根拠 (補足)

1-4. 補足追尾について



静止衛星側光通信機器
【光データ中継衛星搭載】



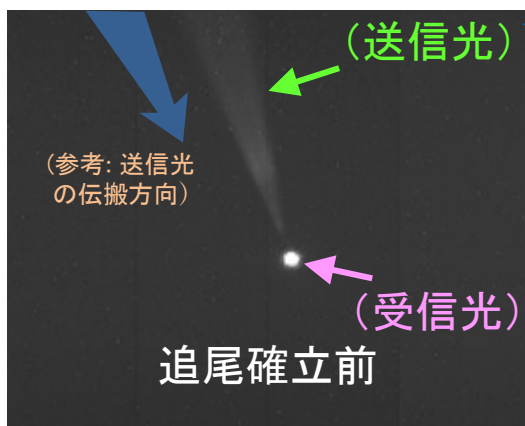
ユーザ宇宙機側光通信機器
【ALOS-3搭載】



NICTの光地上局

図4: 光衛星間通信機器フライトモデル(光学部)

図5: NICT沖縄電磁波技術センターのNICT光地上局に設置したチェックアウト装置(VGE)



光地上局の赤外線カメラで捉えた
光データ中継衛星からの信号光(受信光)
(追尾確立前: 捕捉動作期間)

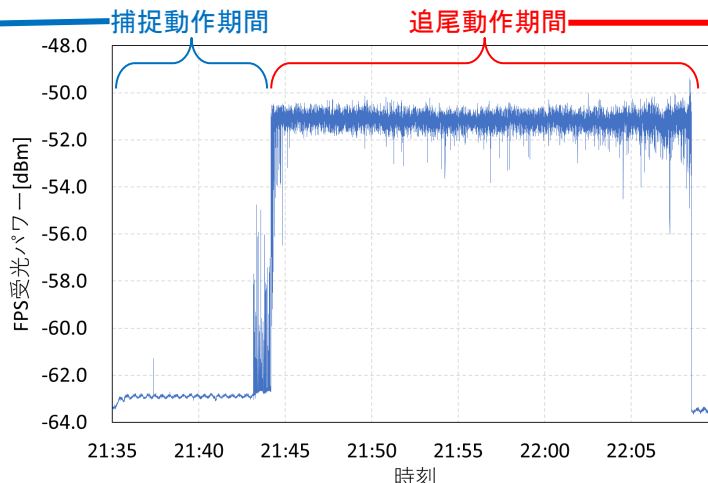
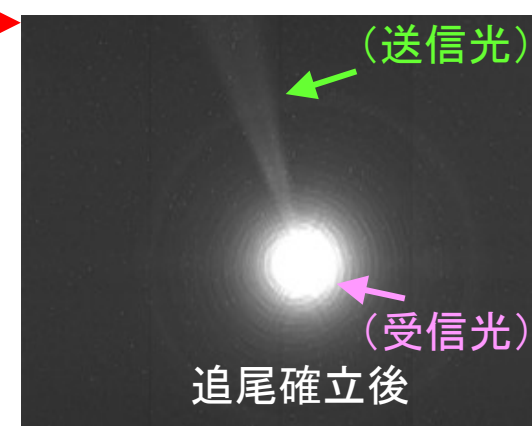


図6: 光地上局で受信した光データ中継衛星からの受信光強度安定したレベルで受信が出来る



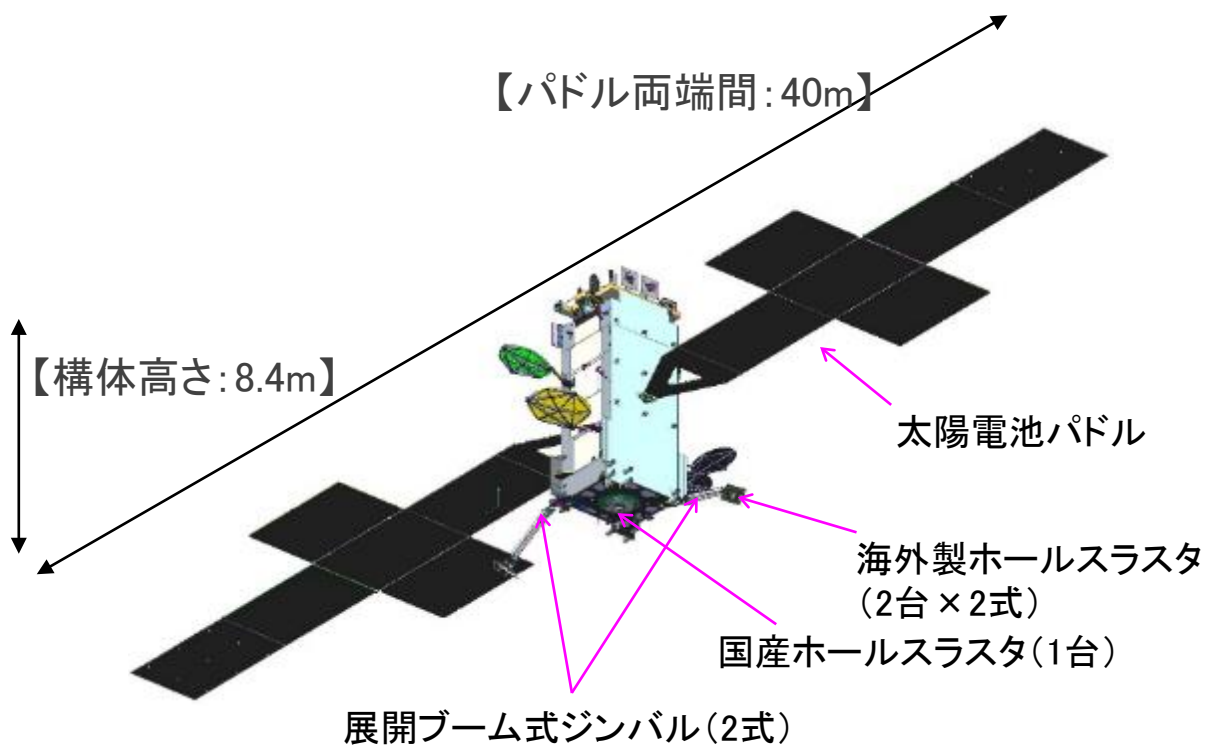
光地上局の赤外線カメラで捉えた
光データ中継衛星からの信号光(受信光)
(追尾確立後: 追尾動作期間)

評定理由・根拠 (補足)

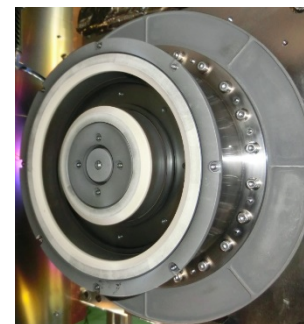
2-1. 技術試験衛星9号機の開発概要

- 基本設計を完了し、詳細設計を実施中。
- 新規開発が必要な衛星バス機器(電源、太陽電池パドル、排熱機器、スラストジンバル 等)については、EM機器の製作・試験を実施中。
- 一部の搭載機器については、フライト品の製造に着手済み。
- 主要な開発機器であるホールスラストについては、EMの試験での打上げ時の振動・衝撃耐性を確認し、PMの製造に着手。
- フルデジタル通信実証システム及びアクティブ熱制御実証システムの概念検討・基本設計を実施中。

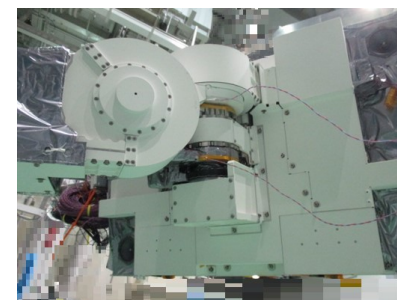
EM (Engineering Model) : 開発試験モデル
 PM (Prototype Model) : 認定モデル



技術試験衛星9号機の概要図



国産ホールスラスト(EM)



展開ブーム式ジンバル関節部(EM)

2-2. 海外の静止通信衛星の動向

2019年4月以降 欧州大手2社及び米国1社より、衛星通信単価を低減したフルデジタルペイロード衛星の発表があった。

Airbus (仏) :

欧州宇宙機関(ESA)、英仏の宇宙機関からの開発援助を受け、フルデジタル静止通信衛星 OneSat を 2019年5月に発表。

既に Inmarsat(英)と3機、Optus(豪)と1機を契約し、いずれも2023年に打上げ予定。複数機を一つのロケットで打上げ可能とする大幅な小型化が図られており、排熱方式に新たな技術を活用する模様。



Thales Alenia Space (仏) :

フルデジタル静止通信衛星 Inspire の開発を 2019年9月に発表。2023年の初号機打上げに向けて、仏宇宙機関(CNES)の援助を得て開発中。



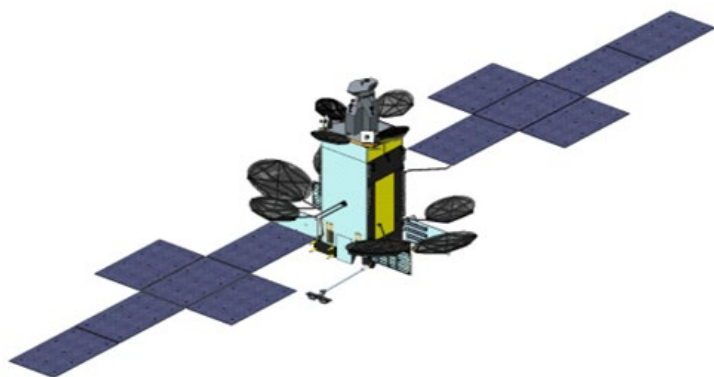
Boeing (米) :

2019年9月にコンパクトなフルデジタル静止通信衛星 702X を発表。開発資金は、2024年打上げ予定の米軍 WGS-11衛星(契約額\$600M)プロジェクトからも拠出されている模様。

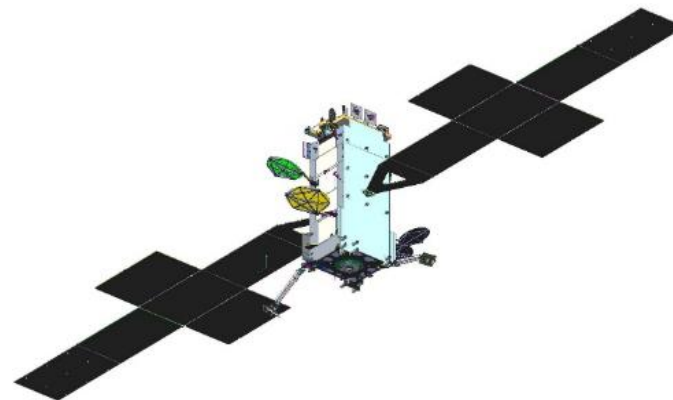


2-3. 競争力のある次世代通信衛星の仕様の変化

開発移行時点での競争力のある次世代通信衛星の想定仕様



現時点での競争力のある次世代通信衛星の仕様



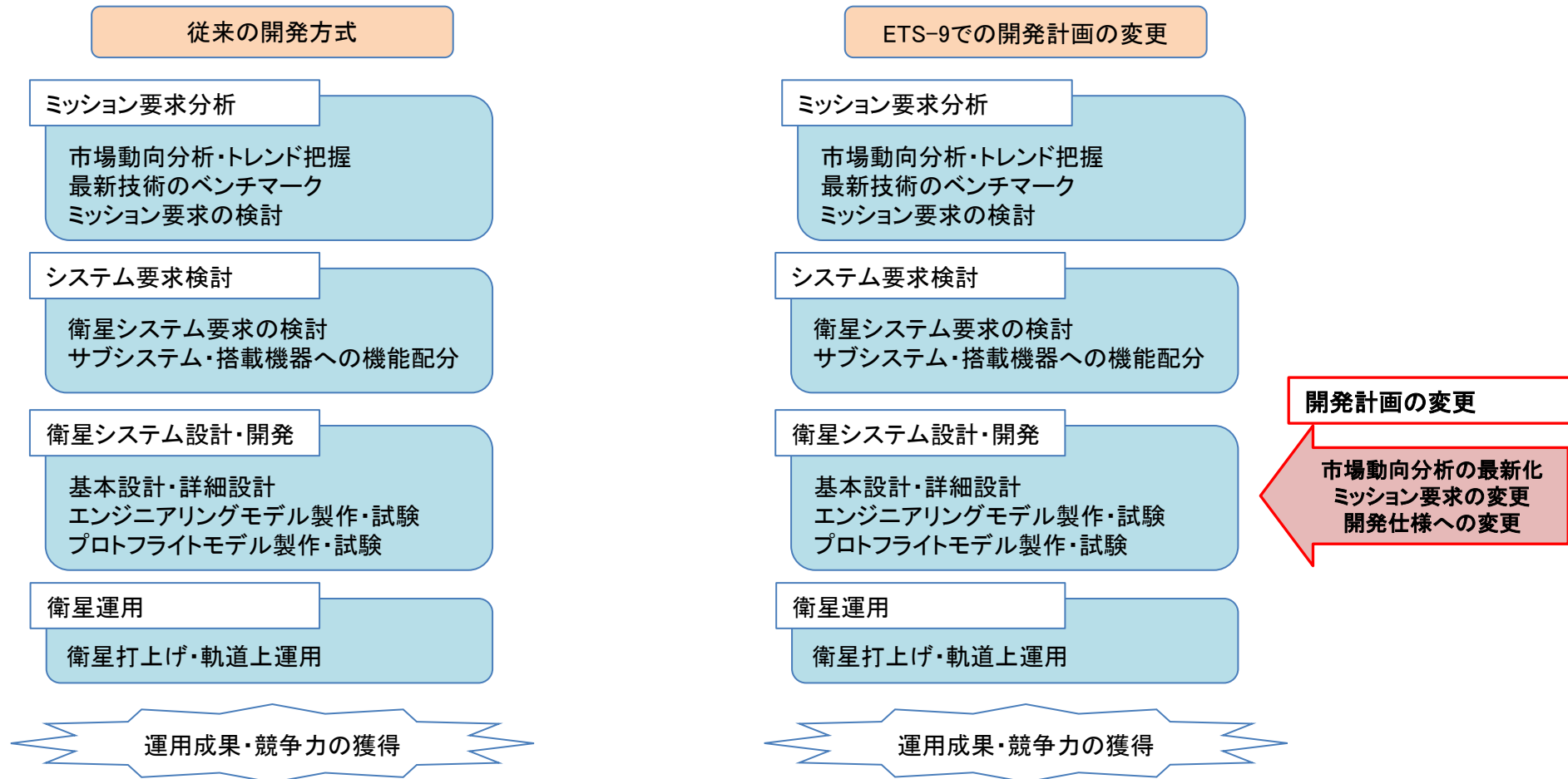
	開発移行時点での競争力のある次世代通信衛星の想定	現時点で競争力のある次世代通信衛星
通信ペイロード電力	20kW程度	15～20kW
通信ペイロードスループット	～100Gbps	200Gbps
ペイロード種別	一部デジタル	フルデジタル
周波数可変機能	有り	有り
ビーム可変機能	受信のみ有り	有り・DAFR
スループット1Gbpsあたりの価格	\$3.0M程度	\$1.0M程度

Gbps (Giga bit / second)

DAFR (Defocused Array Fed Reflector): アレー給電型アンテナ

評定理由・根拠（補足）

2-4. 技術試験衛星9号機における開発計画の見直し



従来のウォーターフォール式の開発方式では、ミッション要求設定から、軌道上運用を行い成果を得られるまで、数年オーダーの時間を要し、特に変化の激しい商用通信衛星市場においては、衛星通信技術の進歩は著しく、当初のミッション要求のままでは競争力を確保することは困難。

技術試験衛星9号機では、開発の途中段階で、最新の市場動向を踏まえ、ミッション要求を見直し、衛星システムの開発仕様の変更を行う計画変更を行った。このことにより、急速に変動する商用衛星市場での競争力を確保することができると評価している。

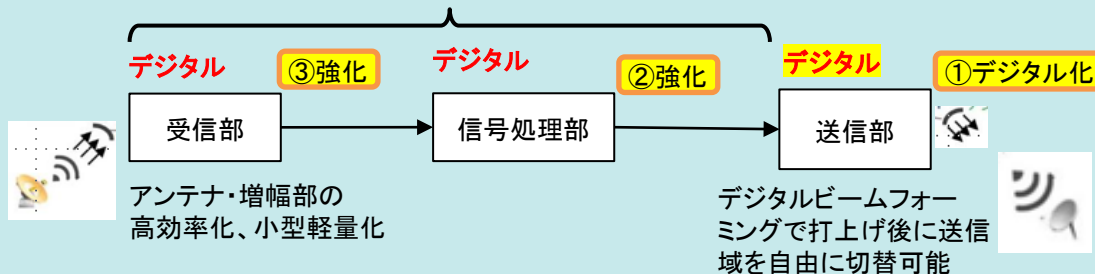
2-5. フルデジタル通信実証システムとアクティブ熱制御実証システムの概要

【フルデジタル通信実証システム】

次世代静止通信衛星の実現に向けた大容量化及び標準化により、世界の最新動向を捉えた競争力の確保、通信容量単価の半減に向けて、総務省の通信ペイロードに加えて、**フルデジタル通信実証ペイロードを導入**

- ①**送信部のデジタル化**によるビーム照射域(送信域)のフレキシブル化
- ②**信号処理部の強化**による**大容量化**、通信容量配分・通信地域の**フレキシビリティ向上**
- ③**受信部**を構成する機器の**高効率化、小型軽量化**

フルデジタル通信実証ペイロード

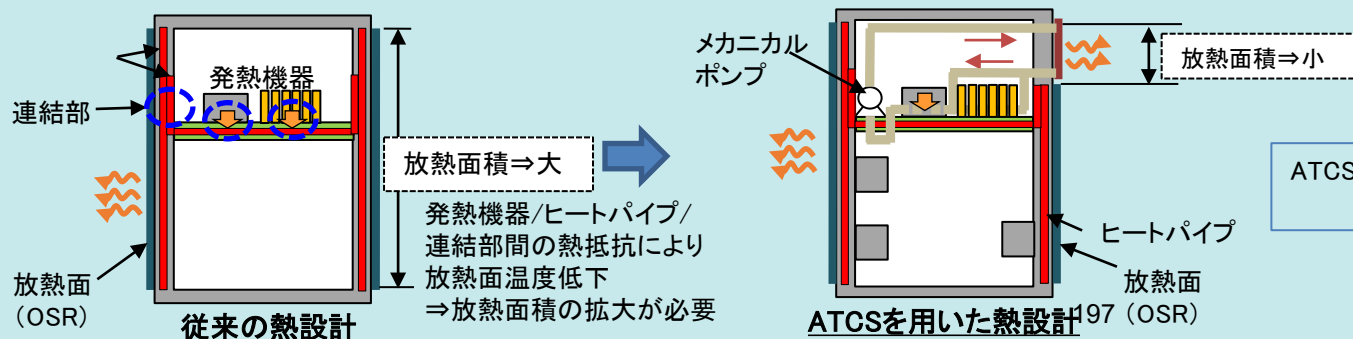


デジタルビームフォーミングによる送受信地域のフレキシブル化の効果

- ・衛星の軌道変更や地上の人口分布の変化に合わせた通信
- ・被災時のビーム集中
- ・移動体(航空機、船舶等)の追尾等が可能となる。

【アクティブ熱制御実証システム】

フルデジタル通信ペイロードは、従来の通信ペイロードよりも高い排熱要求に加え、高熱流束を伴う発熱機器からの排熱を衛星構体内で熱輸送する必要があるが、毛細管力を用いたヒートパイプ等の従来のパッシブ熱制御方式では限界がある。そのため、静止衛星ではこれまでに軌道上の実績がほとんどないメカニカルポンプを用いた二相流ポンプルーブによるアクティブ熱制御の実証を行う。



ATCS (Active Thermal Control System)
: 能動型熱制御システム

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)	11,850,050	6,683,068	6,669,254					
決算額 (千円)	14,266,992	8,265,342	12,535,363					
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	27	32					

(※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。

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○当該項目のうち、特に産業振興の側面での成果が求められる衛星測位、衛星リモートセンシング、衛星通信、宇宙輸送システム等の項目においては、創出が予定されている事業規模や海外と比較したコスト競争力など、より金額面でのアウトカムKPIを重視した評価が必要である（①）。また、金銭換算が困難な社会貢献の側面においても、年度計画に対する達成度、前年度（これまで）からの進捗度合い、世界と比較した成果レベルなどといった観点での客観的評価に努める必要がある（②）。</p>	<p>産学官の有識者を含めた検討やステークホルダーとの調整を踏まえ、事業規模、国際競争力等を意識し設定したミッション要求（達成目標）の範囲内かつ、コスト削減等を意識しながら、経営推進部、評価・監査部、調査国際部、新事業促進部等のJAXA内関係部署等との幅広い連携や支援を受けながら、研究開発を進めている。評価に際しても、関係部署と連携して実施しており、年度計画に対する実績の明確化、世界との比較、定量的記載の拡充等適切な評価に努めたい。</p>
<p>○複数年度にまたがる蓄積した成果を評価する場合にはその観点を明示するとともに、単年度での成果と混在する場合は、当該時期以前はどうであったかを説明することが必要である。</p>	<p>従前の取り組みとの違いなどが分かりやすくなるような記載をしており、説明に努めたい。</p>
<p>○全般的に、個別の研究成果に関する記載は充実しており、定量的な指標を用いて説明しようという工夫が見て取れる。（①）他方、成果が如何に社会実装・事業化され、どれだけ社会課題の解決に貢献したかという観点が不足している。SDGsやSociety5.0への貢献の観点を押し出していきたい。（②）</p>	<p>社会実装・事業化の観点的記載の充実も意識して記載した。</p>
<p>○ウィズコロナ時代の航空宇宙開発や国際連携のあり方について、実施機関のJAXAとしても周辺環境を的確に掌握し、世界や社会の動きを先取りする形で検討し対策を講じていく必要がある。</p>	<p>新型コロナウイルス感染症の拡大防止及びその社会的影響等に係る把握及び解析に資する宇宙システムや航空機運用システムの活用に取り組むなど、ウィズコロナ・ポストコロナ社会といった感染症への対応力を持つ社会の実現への貢献を目指す活動を進めていく。また、宇宙航空開発事業や国際連携を進めるうえでは、デジタル技術を活用しセキュリティ対策を強化しつつ自動化やオンライン化に取り組んでいる。</p>
<p>○通信衛星は既に商業化が進んでいる分野であるため、法人と民間企業との役割分担及び法人による研究開発の意義、諸外国の技術や事業との優位比較を明確にした上で、目標及び定量的なKPIを設定し、その成果を評価することが重要である。</p>	<p>民間企業との連携、諸外国との優位性も重視した開発を進めており、KPIなども意識しながら、着実に開発を進め、適切な評価に努めたい。</p>
<p>○測位・地球観測・通信等は、安全保障・産業振興・環境保護・災害時支援等において、国際的に不可欠な社会インフラとなっており、さらにこれらの衛星が取得したビッグデータを活用し、新たなビジネスの創出と積極的な海外展開により、各国が国際的な影響力を高める時代に突入している。我が国の産業振興・経済発展・国際貢献を実現するためには、宇宙空間における「社会インフラ」・「プラットフォーム」・「商品・サービス」を一気通貫で構築する戦略を民間企業と共同で策定し、推進することが急務である。</p>	<p>我が国の産業振興・経済発展・国際貢献を実現するには、政府や民間企業と連携を密にして、取り組みを進めることが重要であり、ご指摘の観点も踏まえて、JAXAの強みを生かしながら、必要な研究開発等に取り組む。</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>○通信技術はデジタル社会を構築・発展させるための要の技術である一方、今後の人工衛星の発展においても、センサの高度化・高分解能化が見込まれる中、衛星通信技術は、国民生活・社会経済活動において不可欠な存在となっており、超高速、大容量、低消費電力、低遅延など国際競争は一段と激化している。早急に我が国の衛星通信技術の国際水準に対するポジションを明確にし、キャッチアップからさらにトップランナーになるまでの計画を策定・実行し、着実な技術開発を推進していただきたい。</p>	<p>ご指摘のとおり、国際競争が激化しており、2020年度には急激な市場変化を踏まえた計画変更を実施した。国際競争力に貢献できるよう着実に研究開発を進めていく。</p>
<p>○衛星通信は様々な観点から、今後ますます重要性が増すことが予想される一方、我が国の衛星通信技術は、国際的には遅れが目立つ現状である。この一因として、「2～3トン級の衛星規模でありながら、デジタルパイロードを搭載し、100～200Gbpsのスループットと、サービスのフレキシビリティを両立するSmall Flex HTS」という世界的なトレンドに対する解を十分に持ち合わせていないことがあると考えられる。2～3トン級のSmall Flex HTSに搭載可能で、高速かつフレキシブルな通信サービスを実現するデジタルパイロードに対する解をETS-9で示してもらい、衛星通信分野における我が国の産業競争力の強化という目標が維持できていることを明らかにしてもらいたい。また、産業化に向け、技術のみならずコスト目標を設定するとともに、ETS-9開発後の改良、経済化に向け、通信衛星の市場動向や時間軸という視点も重視しながら今後の開発ロードマップを検討していただきたい。</p>	<p>急激な市場変化を踏まえ、国際競争力に貢献するような計画変更を2020年度に実施した。政府、研究機関、民間企業等と連携しながら、JAXAの強みを生かしつつ、適切に研究開発を進めていく。</p>
<p>○市場動向やスピードをとらえ、ETSプログラムの技術実証ペースを上げるためにも、ETSの小型化により開発・実証期間を短縮して、低コストで頻度を上げていただきたい。ワンサイクル早いスピード感のスキームに変えていくべきである。</p>	<p>急激な市場変化を踏まえ、国際競争力に貢献するような計画変更を2020年度に実施した。政府、研究機関、民間企業等と連携しながら、JAXAの強みを生かしつつ、適切に研究開発を進めていく。</p>
<p>○将来の衛星通信の方向性の一つとして、低軌道小型通信衛星コンステレーションが世界で推進されており、安全保障分野でも、商用小型通信衛星コンステレーションの活用が検討されている。JAXAにおいても、小型通信衛星についての研究を更に推進していただきたい。</p>	<p>小型通信衛星コンステレーションだけでなく、静止衛星や地上通信網を含めた検討が国内外でされており、政府、研究機関、民間事業者と連携しながら、JAXAの強みを生かしつつ、適切な研究開発に取り組む。</p>
<p>○研究開発に過度に徹しており、商用での利活用の促進についての側面が弱いところがあるのではないかと。経済産業省と連携して、市場動向も加味し、社会実装が進むように進めていただきたい。また、低軌道衛星は、衛星コンステレーションが主戦場になっており、OneWebのような民間企業を中心に展開している領域である。ここで研究開発を行っている技術をどのように社会実装していくのか、各府省と連携してプランを作成し、実行する必要があるのではないかと。</p>	<p>例えば、ETS-9の開発は、経済産業省も参加した「次期技術試験衛星に関する検討会」を踏まえ、政府（衛星通信を含む情報通信行政を所管する総務省等含む）、研究機関、民間事業者と密に連携しながら商用での利活用も意識して進めてきた。小型通信衛星コンステレーションだけでなく、静止衛星や地上通信網を含めた検討が国内外でされており、JAXAの強みを生かしつつ、適切な研究開発に取り組む。</p>

Ⅲ. 3. 11 人工衛星等の開発・運用を支える基盤技術 (追跡運用技術、環境試験技術等)

2020年度 自己評価

A

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>Ⅲ. 3. 11 人工衛星等の開発・運用を支える基盤技術（追跡運用技術、環境試験技術等）</p> <p>人工衛星等の安定的な運用や確実な開発に必要な基盤技術である追跡運用技術及び環境試験技術等について、次の取組を行う。</p> <p>（1）環境試験技術 確実なミッション達成に貢献するため、保有する環境試験設備による環境試験を着実に遂行するとともに、環境試験技術の向上を目指した研究開発等を行う。具体的には、老朽化対策を含む確実かつ効率的な環境試験設備の維持・運用を行うとともに、振動や熱真空の試験条件緩和及び試験効率化に関する技術開発に取り組む。さらに、他産業との交流により、培った環境試験技術と設備の利用拡大を進める。</p>	<p>1. 11. 人工衛星等の開発・運用を支える基盤技術（追跡運用技術、環境試験技術等）</p> <p>人工衛星等の安定的な運用や確実な開発に必要な基盤技術である追跡運用技術及び環境試験技術等について、次の取組を行う。</p> <p>（1）環境試験技術 確実なミッション達成に貢献するため、保有する環境試験設備による環境試験を着実に遂行するとともに、環境試験技術の向上を目指した研究開発等を行う。具体的には、老朽化対策を含む確実かつ効率的な環境試験設備の維持・運用を行うとともに、振動や熱真空の試験条件緩和及び試験効率化に関する技術開発に取り組む。さらに、他産業との交流により、培った環境試験技術と設備の利用拡大を進める。</p>	<p>—</p> <p>下記のとおり、環境試験設備の適切な維持・運用及び老朽化対策、並びに試験技術研究を着実に遂行した。</p> <p>1) 試験設備の維持・運用と設備利用の拡大に関しては、環境試験設備の保全効率化やベンチャー企業／つくば市との協働による利用拡大活動を推進しつつ、試験設備運営を実施し、JAXAプロジェクト及び外部利用者からの試験実施要求を満足できた。 また設備の老朽化更新についても計画通り実施した。</p> <p>2) 試験技術研究に関しては、各種研究成果を創出し、環境試験及び関連解析技術の有効化（条件緩和、効率化）、標準化、及び開発を推進した（①、②、③については予定より先行）。</p> <p>①熱真空試験要求の緩和・効率化 ②音響試験技術の改善（累積疲労管理の緩和・効率化） ③試験要求の国際標準への反映 ④新方式磁力計の開発と利用拡大 ⑤次世代熱真空試験設備に関する研究</p>	<p>—</p> <p>計画に基づき着実に実施。</p> <p>JAXA共通技術文書（試験標準類）の改定によるプロジェクト開発試験の効率化(リソース削減等)が期待される。(①②ともに2021年4月改定)</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>(2) 追跡運用技術等人工衛星の確実なミッション達成のため、追跡管制及びデータ取得のためのアンテナ等の施設・設備の維持・運用を実施する。また、設備維持・運用の効率化及び低コスト化を踏まえた追跡ネットワークシステムの整備を行う。さらに、ネットワーク機能におけるサービスの高性能化及び高付加価値化により宇宙探査等の将来ミッションを実現可能とするシステムの研究開発を行う。</p>	<p>(2) 追跡運用技術等人工衛星の確実なミッション達成のため、追跡管制及びデータ取得のためのアンテナ等の施設・設備の維持・運用を実施する。また、設備維持・運用の効率化及び低コスト化を踏まえた追跡ネットワークシステムの整備を行う。さらに、ネットワーク機能におけるサービスの高性能化及び高付加価値化により宇宙探査等の将来ミッションを実現可能とするシステムの研究開発を行う。</p>	<p>追跡管制及びデータ取得のためのアンテナ等の維持・運用を年間を通じ着実にを行い、人工衛星等の運用を支えた。</p> <p>DTN（遅延途絶耐性ネットワーク）の国際標準を策定するため、要素技術の試作評価を行い、先端的な技術獲得を推進しつつ、その成果を国際標準規格の策定活動へ提案・反映を継続して行った。さらに、主要宇宙機関で構成する宇宙データ諮問委員会(CCSDS)の作業グループの副議長として、当該技術に係る国際標準策定活動の推進を引き続き主導した。また、国際宇宙探査等の将来ミッションで実用化に向けて、DTN技術の宇宙機への搭載化検討や民間企業との通信実験を推進した。</p> <p>精密軌道決定の技術開発では、軌道決定に必要なSLR設備の整備を計画とおり進め、工場出荷前試験で要求を大幅に上回る性能を達成したことを確認できた。AJISAI衛星、準天頂衛星の精密軌道決定に十分な性能を有する事を確認した。ALOS3の搭載GPS校正、ALOS4,ETS-9の精密軌道決定に利用する。2021年度中に開局予定。</p>	<p>はやぶさ2プロジェクトにおいては、臼田・内之浦局や追跡ネットワーク設備を最大限運用に供することができ、地球帰還・回収運用の面から、重要ミッションの成功に寄与した。</p> <p>計画に基づき着実に実施。</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>ミッション達成に貢献するため、JAXAが必要とする新設・既設の無線局の周波数を新規に又は継続して確保するべく、国際及び国内における規則策定検討への参画や他無線局との使用周波数の調整等を通じて宇宙航空利用分野への周波数帯の割り当てを維持・促進し、当該周波数帯での無線局の許認可を確実に取得する。</p>	<p>ミッション達成に貢献するため、JAXAが必要とする新設・既設の無線局の周波数を新規に又は継続して確保するべく、国際及び国内における規則策定検討への参画や他無線局との使用周波数の調整等を通じて宇宙航空利用分野への周波数帯の割り当てを維持・促進し、当該周波数帯での無線局の許認可を確実に取得する。</p>	<p>5G等の新しい無線システムの増加に伴い、周波数共用の必要性が大幅に高まっており、JAXAの既存のミッションに係る周波数の保護も非常に厳しい状況となっている中、主に以下の業務を重点的に推進した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 9月に開催された国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）作業部会に、地球観測衛星（AMSR2/3）の周波数保護の観点から、2021年度以降の早期導入を目指す空港異物検知レーダーとの干渉検討手法を提示する日本寄書を提出。また、9月～1月にメール審議された海外宇宙機関との宇宙用周波数調整会議（SFCG）、11月に開催されたSFCG内の月・火星周波数調整会議（LMSG）、3月に開催されたNASA/ESAとの周波数調整会議（FCM）に参加し、宇宙探査・地球観測衛星の共用検討勧告、月・火星ミッションの周波数割当決議等にJAXAの意見を反映。 2. 総務省の会合に参加し、AMSR2/3保護の観点から、非静止衛星コンステレーションの導入に向けた技術検討に協力。また、総務省の依頼で、JAXA無線局と他の無線局間の干渉回避のための検討を26件実施。 3. 5月に打上げられたHTV9号機とJEMとの通信に用いた無線LANの無線局、11月に打上げられたJDRSの無線局、2021年度に打上げが予定されるALOS-3に関し、関連無線局の免許、予備免許を取得。2023年度の運用開始を目指すSSAレーダーに関し、現地無線局の予備免許を取得。また、12月のはやぶさ2のカプセルの地球帰還に関して、関係部門と連携し干渉状況を把握、関係方面に働きかける等、混信対策を実施した結果、干渉がなかった旨確認。 4. 新事業促進部に対し、JAXAが支援しているベンチャー企業等の無線局とJAXA無線局との干渉回避のための協力、SFCG勧告に関する助言、有人宇宙技術部門に対し、「きぼう」日本実験棟からの超小型衛星放出事業の衛星受領に関する技術資料作成を支援、国際宇宙探査センターに対し、今後の月関係ミッションの周波数調整に向けた検討への協力及び助言を実施。 	<p>計画に基づき着実に実施。</p> <p>ミッション達成に不可欠で、有限希少な周波数の国内外での確保・調整、必要な許認可取得、はやぶさ2の混信対策等を通じ、周波数管理の観点からミッション達成に貢献した。</p>

主な評価軸（評価の視点）、指標等

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

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

< 評価指標 >

（成果指標）

○産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化に係る取組の成果

（マネジメント等指標）

○研究開発等の実施に係る事前検討の状況

○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況

（例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況、コスト・予算の管理状況等）

○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況

< モニタリング指標 >

（成果指標）

○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果

（例：基幹ロケットの打上げ成功率・オンタイム成功率等）

○宇宙実証機会の提供の状況

（例：民間事業者・大学等への実証機会の提供数等）

○研究開発成果の社会還元・展開状況

（例：知的財産権の出願・権利化・ライセンス供与件数、受託件数、ISS利用件数、施設・設備の供用件数等）

○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果

（例：著名論文誌への掲載状況等）

（マネジメント等指標）

○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況

（例：協定・共同研究件数等）

○人材育成のための制度整備・運用の状況

（例：学生受入数、人材交流の状況等）

○論文数の状況（例：査読付き論文数、高被引用論文数等）

○外部資金等の獲得・活用の状況

（例：外部資金の獲得金額・件数等）

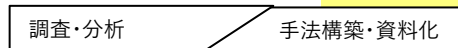
スケジュール

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

1. 環境試験技術

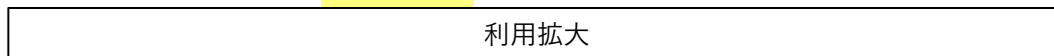
< 設備運営効率化と利用拡大への取り組み >

1) 環境試験設備の保全効率化

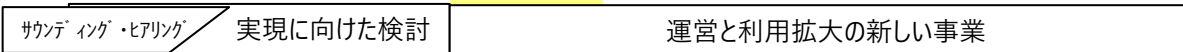


▼発行

2) 環境試験設備の利用拡大



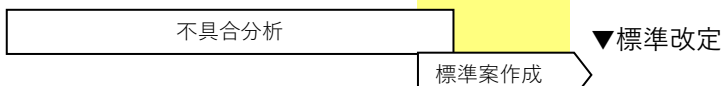
(参考) PPP的手法による新しい運営事業(継続中)



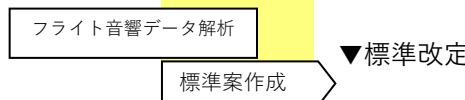
< 環境試験技術の研究開発への取り組み >

3) 試験条件の緩和や試験の効率化

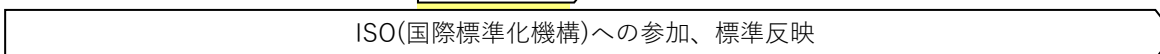
① 熱真空試験要求の緩和・効率化



② 音響試験技術の改善 (累積疲労管理の緩和・効率化)

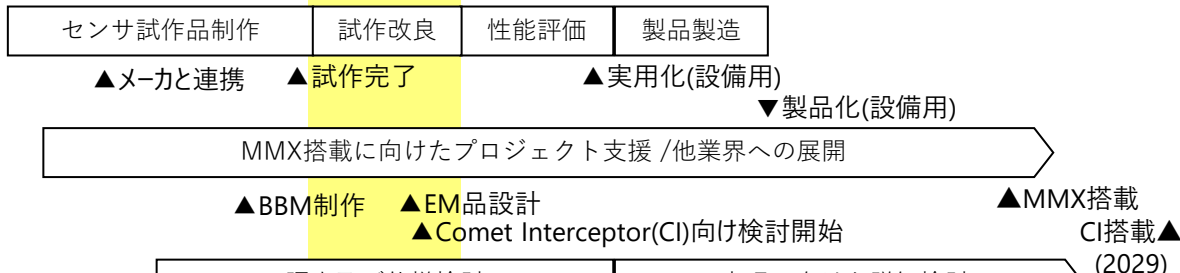


③ 試験要求の国際標準への反映

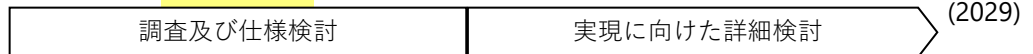


4) 試験技術の向上

④ 新方式磁力計の開発と利用拡大



⑤ 次世代熱真空試験設備に関する研究



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

スケジュール

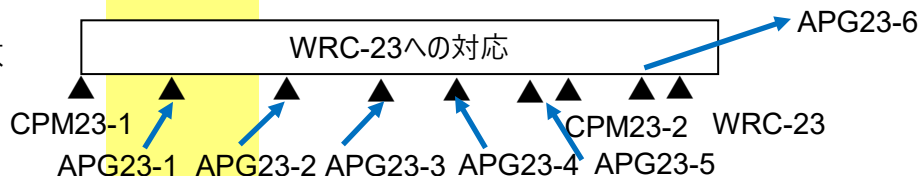
年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

2. 追跡運用技術等

人工衛星等の開発・運用を支える 追跡運用設備・環境試験設備 の 維持・運用

DTNの国際標準化への貢献/DTNシステムの利用拡大の取り組み

宇宙航空利用分野への周波数帯の割り当ての維持・促進



WRC-23： 2023世界無線通信会議
 CPM： ITU-RにおけるWRC-23の準備会合
 APG： アジア・太平洋電気通信共同体におけるWRC-23の準備会合

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

Ⅲ. 3. 1 1 人工衛星等の開発・運用を支える基盤技術 (追跡運用技術、環境試験技術等)

2020年度 自己評価

A

【評定理由・根拠】

中長期計画で定められた確実なミッション達成に貢献するため、人工衛星等の開発・運用を支える基盤として施設・設備を着実に維持・運用するとともに、技術の向上を目指した研究開発や技術と設備の利用拡大に取り組み、年度計画で設定した業務を計画通り実施した（補足、参考情報を参照）。

特に環境試験技術に係る標準類への反映や手法構築については計画より進んでおり、JAXA内外ユーザーへの試験技術の早期利用拡大を推進した。

1. 環境試験技術

<設備運営効率化と利用拡大への取り組み>

- 1) 環境試験設備の保全効率化（設備の保全・稼働データの統計分析により保全項目/周期を効率化。射場設備等への適用のため一般公開）
- 2) 環境試験設備の利用拡大（補足1参照）
 - ①利用拡大に係るベンチャー育成・コンテンツ提供（**JAXA試験技術コンテンツをJAXA発のベンチャー企業に提供し、試験技術の利用発信を拡大**）
 - ②つくば市との協定に基づく利用拡大活動（つくば市スタートアップ推進室との協力による試験設備紹介を通じ、**設備利用拡大の意義共有**）

<環境試験技術の研究開発への取り組み>

- 3) 試験条件の緩和や試験の効率化（補足2参照）
 - ①【熱真空試験要求の緩和・効率化】（システム熱真空試験における**時間規定を見直し、海外宇宙機関(NASA,ESA)と同等かつ試験効率化**）
 - ②【音響試験に関する累積疲労管理の緩和・効率化】**（フライト中に受ける累積疲労が従来想定1/30程度であることを世界で初めて明らかにするとともに、その結果を用いた新しい累積疲労管理手法を確立し、開発期間の短縮及びコスト低減を促進）**
 - ③【試験要求の国際標準への反映】ISO15864 – General test methodsのプロジェクトリーダーとして、**JAXA試験標準の最新改定内容（静加重条件、熱真空試験・熱サイクル試験の選択など）を国際標準に反映した**。また、中国・ドイツとの共同提案であるISO23670 – Vibration testingの検討において**JAXA振動試験ハンドブックの一部内容（試験条件解析手法）を取り込んだ**。これら反映により、**国内産業の利用拡大**を推進）
- 4) 試験技術の向上（④新方式磁力計の開発と利用拡大、⑤次世代熱真空試験設備に関する研究（補足3参照））

2. 追跡運用技術等

長距離通信の課題を克服し、宇宙機群の相互協調（情報や資源の共有）を可能とする遅延・途絶耐性ネットワーク**DTN（Delay/Disruption Tolerant Networking）**技術で、将来の実用化に向け、**ソフトウェアプログラムの一部をFPGA論理回路へ置き換える要素部分試作を行い、機器化に向けた実装可能性について目途を得た**。（補足4,5参照）また、高精度軌道決定技術研究のインフラであるレーザ測距設備（SLR; Satellite Laser Ranging）の整備で、工場出荷前試験で要求を大幅に上回る性能を達成したことを確認した。今後、ALOS3の搭載GPS校正、ALOS4,ETS-9の精密軌道決定に利用する。2021年度中に開局予定。（補足6参照）

また、ミッション達成に不可欠で、有限希少な周波数の国内外での確保・調整、必要な許認可取得を計画に基づき着実に実施するとともに、**はやぶさ2の混信対策等**を通じ、周波数管理の観点からミッション達成に貢献した。

評定理由・根拠（補足1）

1. 環境試験技術

< 設備運営効率化と利用拡大への取り組み >

2) 環境試験設備の利用拡大

① 利用拡大に係るベンチャ育成・コンテンツ提供

JAXAベンチャとして立ち上がったSEESE(右記参照)への支援として、試験ユニットが持つ知財である「RRS（ランダム応答スペクトラム）解析プログラム」および「SRS（衝撃応答スペクトラム）解析プログラム」をSEESEに提供し、**試験技術のベンチャ企業利用拡大に向けた発信**を進めた。



「いばらき宇宙ビジネス資源活用促進モデル事業」委託
(2021年2月9日)

(SEESE：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を行う、JAXA職員出資によるベンチャー企業)

② つくば市との協定に基づく利用拡大活動

つくば市との相互協力の促進に関する基本協定
(2020年6月25日)

市内企業がJAXAの設備を使いやすくなるよう、**産業振興に関する連携も強化**



つくば市スタートアップ推進室との協力による**地元企業に対する試験設備紹介および運営説明**
(2020年11月20日)

**試験設備
利用の拡大、
産業振興の
継続的推進**

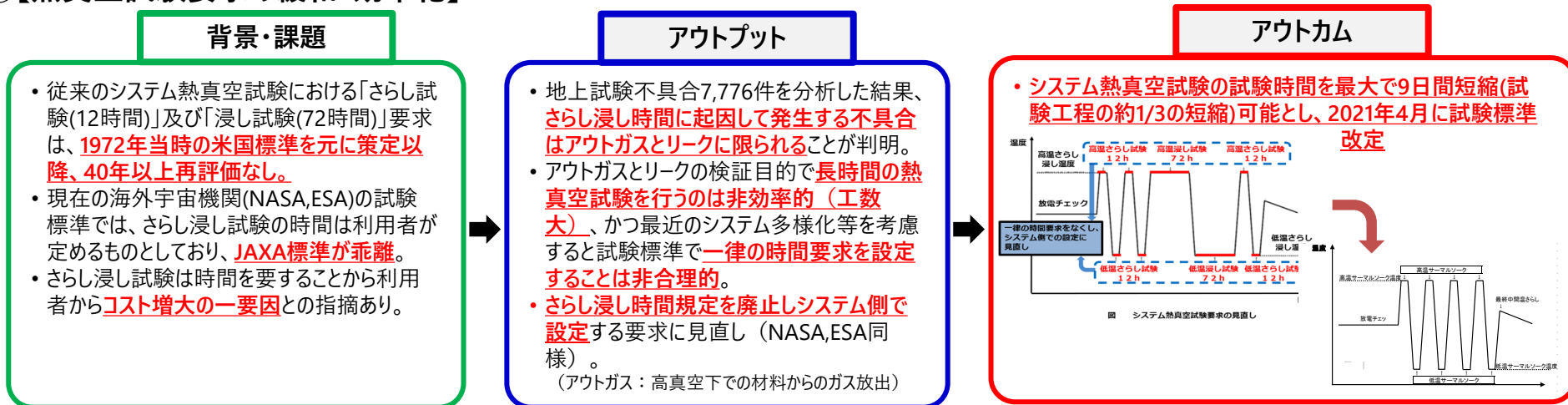


1. 環境試験技術 (続き)

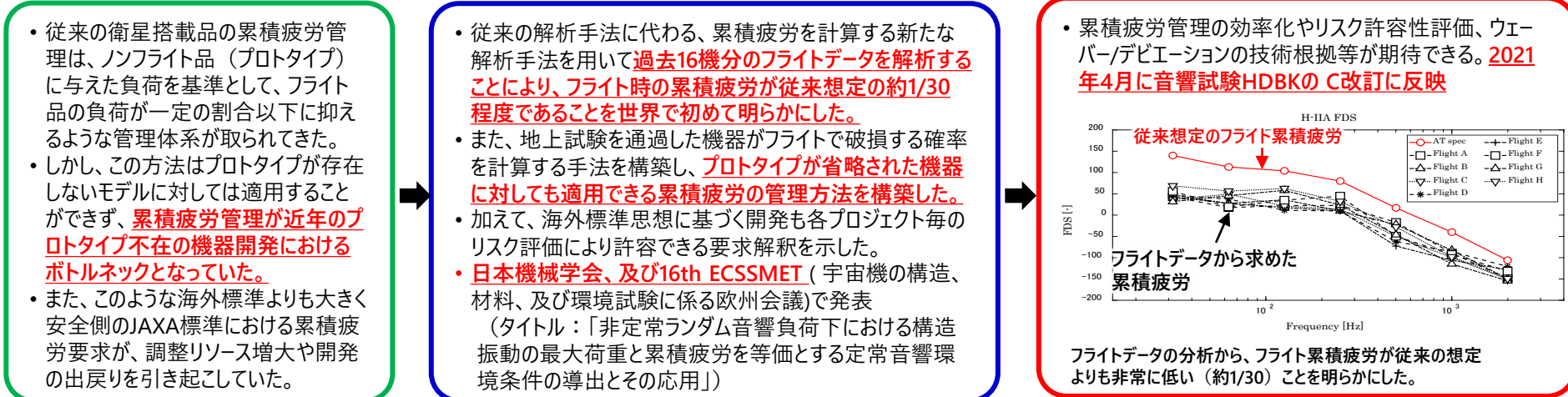
< 環境試験技術の研究開発への取り組み >

3) 試験条件の緩和や試験の効率化 (当初2021年度完了予定であったが、データ解析や調整を効率的に進めることで2020年度内に達成)

①【熱真空試験要求の緩和・効率化】



②【音響試験技術の改善 (累積疲労管理の緩和・効率化)】



評定理由・根拠（補足3）

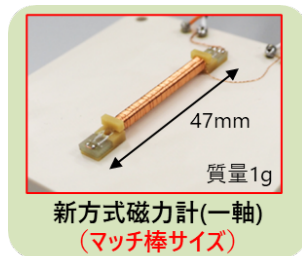
1. 環境試験技術（続き）

< 環境試験技術の研究開発への取り組み >（続き）

4) 試験技術の向上

④【新方式磁力計の開発と利用拡大】

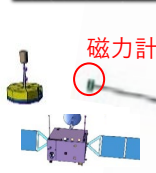
小型高精度な新方式磁力計の実用化開発を2018年度より開始し、地上設備用途から宇宙機搭載用途(火星圏探査機MMXのPDR(基本設計審査)終了、さらに彗星探査)へと新技術の展開を推進。MMXに続き将来のJAXA/ESA国際共同ミッションComet Interceptorからも本磁力計搭載を打診され、超小型探査機による磁場計測を新たなアウトカム先として推進。



Comet Interceptorミッションへの搭載



飛来する彗星を3機の探査機で待構えて探査
超小型探査機の1つを日本が担当



超小型探査機による磁場探査は本ミッションが初
新方式磁力計が搭載候補として打診され、超小型探査機による新しい磁場探査を実現すべく、MMXでの成果をさらに発展させる検討を実施

⑤【次世代熱真空試験設備に関する研究】

(背景)

- ・大型熱真空試験設備が設置後30年以上経過し（直径13mスペースチャンバー：31年、直径8mスペースチャンバー：45年）、設備の老朽化、及び性能劣化（旧式化、維持運用コスト増）が進行
- ・将来システム（静止常時観測衛星）から新たな熱真空試験設備仕様（徐震）の要望



(アウトプット)

- ・以下の目標仕様を設定し、実現性検討を実施。
 - ① 設備常設の20K冷却系を具備することで、深宇宙・惑星探査ミッションに対応、またソーラシミュレータ用コリメーションミラーの分割数を削減することで、均一度を向上。
 - ② シュラウドの冷却方式を現行設備の強制循環方式から自然循環方式に変更することで、試験効率を維持しつつ窒素消費量や電力消費量を削減。
 - ③ ソーラシミュレータと同時に除震装置をスペースチャンバに具備することで、高精度な光学ミッションの要求に対応。
- ・仕様検討の結果、成熟した機器の組み合わせ、実証済み技術の応用により実現可能であることを確認し、仕様案及びリソース案をまとめた。



(将来期待されるアウトカム)

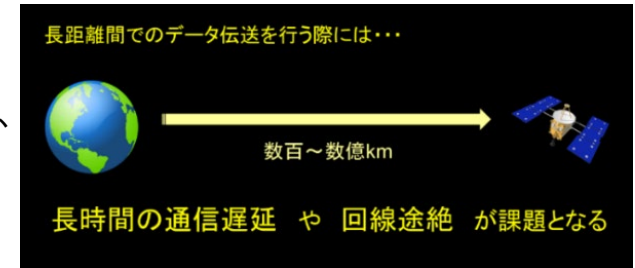
- ・将来システムからの熱真空試験要望に合致した試験の実施によるプロジェクトの確実な実施への貢献。
- ・大型熱真空試験技術の向上及び普及。

2. 追跡運用技術等

1) DTN（Delay/Disruption Tolerant Networking：遅延・途絶耐性ネットワーク）の研究開発 ～「国際標準化への貢献」、「利用拡大への取り組み」～

DTN技術とは

- ・長距離通信で課題となる物理的な距離の壁（通信の遅延時間、通信切断）を克服し、宇宙機群の相互協調(情報や資源の共有)を可能とする宇宙空間でのインターネットワーキング技術で、将来の国際月探査プログラムへの適用を目指している。



- ・地球近傍衛星（LEO/GEO）～地表間の高速度通信（電波通信、光無線通信等）において課題となる大気減衰・散乱による回線品質劣化（データ欠損）に対しても、当該技術が具備する自動再送機能の有効性が認識されつつあり、応用検討が活発化している。
- ・非宇宙分野においても、災害時ICTやセンサ（アドホック）ネットワークへの応用が検討され、波及効果が望める。

<DTNの国際標準化への貢献>

- ・DTNの国際標準規格の策定にむけ、主要宇宙機関で構成する宇宙データ諮問委員会(CCSDS)の作業グループの副議長として、当該技術に係る国際標準策定活動の推進を引き続き主導した。なお、宇宙データ諮問委員会には作業グループが23グループ設置されているが、日本の人材が正・副議長へ選出されているのはDTNのみである。
- ・当該技術の実現可能性の検証、規格への適合性を検証するため、プロトタイプ製作に着手し、先端的な技術獲得を推進しつつ、その成果を策定中である当該技術の国際標準規格へ提案・反映を引き続き行った。

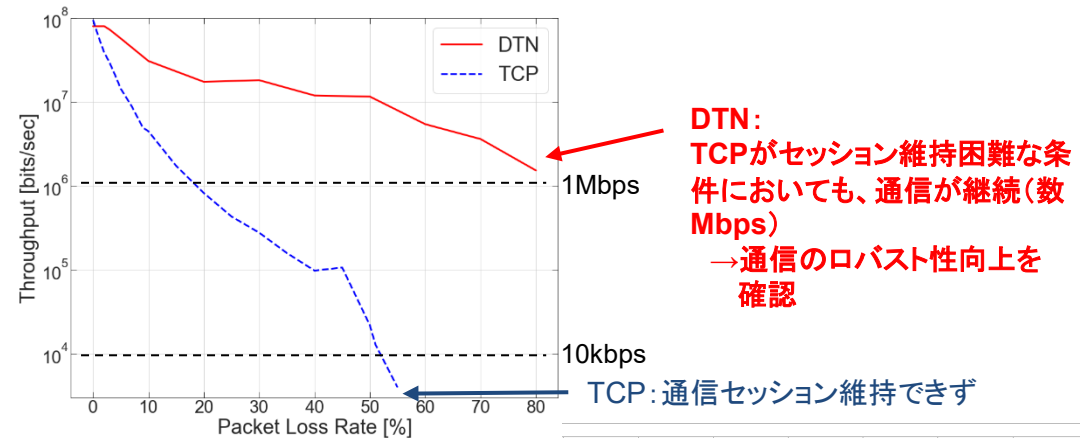
2. 追跡運用技術等 (続き)

< DTNシステムの利用拡大の取り組み >

JAXAは、民間企業（ソニーコンピュータサイエンス研究所）が検討している成層圏/低軌道 光ネットワークサービスについて、通信のロバスト性向上を目的としたDTN技術の活用をJ-SPARC（JAXA宇宙イノベーションパートナーシップ）事業として共同で検討した。FY2020は、共同実験に向けた準備として、JAXAにて大気中で光通信を行う際に想定されるパケットロス率を有線（LANケーブル）上で模擬する模擬実験系を構築し試行を行った結果、通常のインターネット(TCP/IP)では通信継続が困難となるパケットロス率においても、**DTN技術を用いることにより通信が継続され、ロバスト性が向上することが確認できた**。これにより今後の企業側実験治具・光通信デバイスを組み入れた共同通信実験の計画策定に向け目途を付けた。

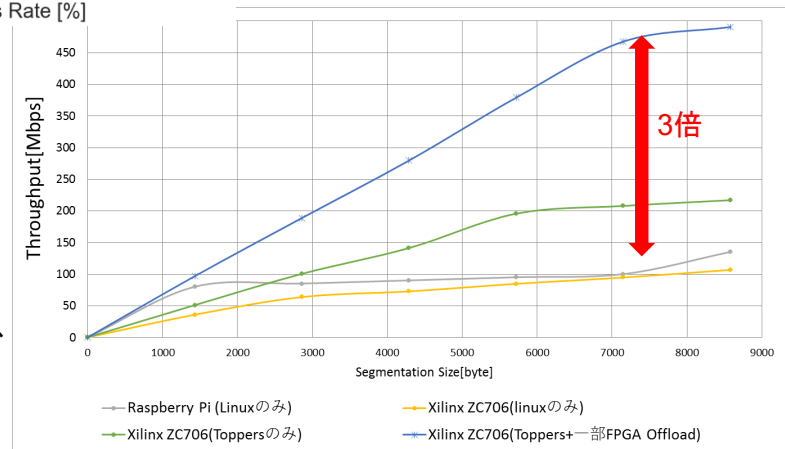


<https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/j-sparc/projects/sonyCSL/>



< DTN技術の宇宙機への搭載化検討 >

JAXAは、DTN技術の実用化に向けた一環として、PC/汎用OS上で動作するソフトウェアプログラムとして実装してきたDTN技術を、SoC (System-on-Chip)/リアルタイムOS上に実装するとともに、高速処理を要する機能のFPGA回路化を果たすことで、将来の宇宙機搭載機器としての実装可能性及び通信性能向上の可能性を検討した。FY2020は、**宇宙機でも実績のあるリアルタイムOSであるToppers上への実装に成功し、要素部分試作として一部機能（通信プロトコルフォーマット及びエンコード処理）のFPGA論理回路化を果たした結果、従来の3倍に相当する平均通信性能を得ることができた**。これにより、**機器化した場合の実装可能性、及び今後のFPGA論理回路の範囲拡大による通信性能向上へ目途を付けた**。



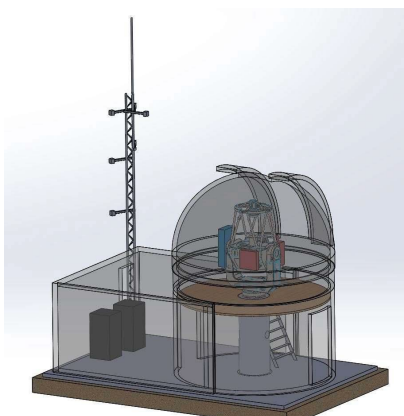
2. 追跡運用技術等（続き）

2) 高精度軌道決定の技術

○技術開発の目的、アウトカム 観測衛星で得られるメリット

ALOS4, ETS9の精密軌道決定、ALOS3のGPS受信機精度検証（SLRを標準原器として利用）、AJISAI衛星運用（測地学貢献）
準天頂衛星測距（内閣府が軌道校正している）

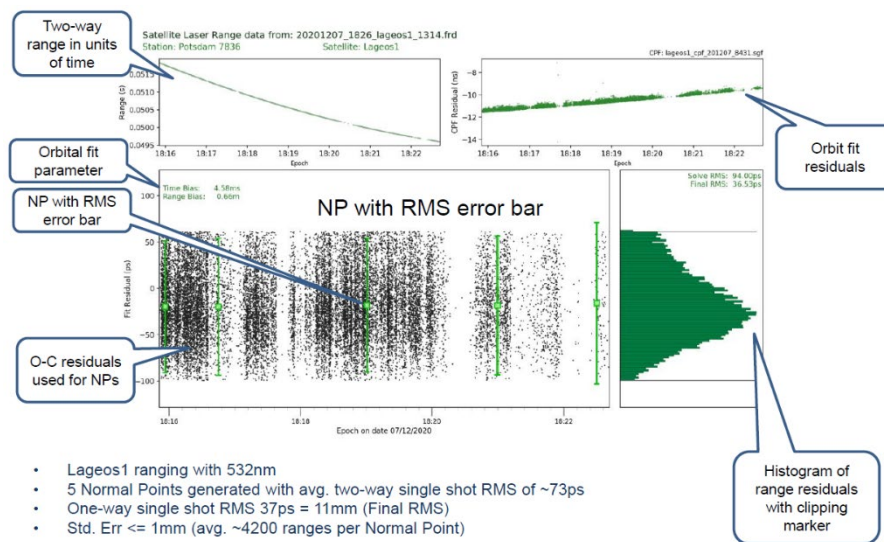
○SLR設備の概要、利用イメージ



○特徴

・532nm(緑色)、1064nm(赤外線)での衛星測距が可能。
(参考 種子島局は532nmのみ)

・レーザ、タイミング機器、光学機器の要求仕様は、JAXAがSLRモックアップを行い、SLR技術を蓄積したうえで策定した。



工場出荷前試験で要求を大幅に上回る性能を達成したことを確認

	要求	結果
LAGEOS衛星	1 return/sec	70 return/sec
測距精度	20mm(RMS)	6mm(RMS)
静止軌道衛星	1 return/sec	5 return/sec
測距精度	100mm(RMS)	14.5mm(RMS)

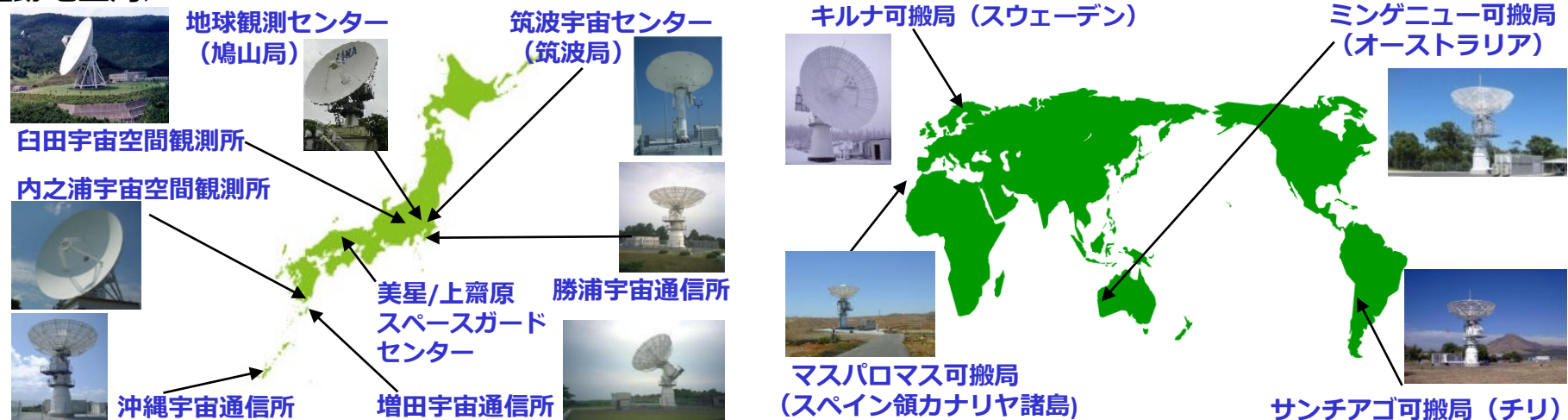
JAXAの衛星・探査機と追跡ネットワーク

以下に示す衛星・探査機の確実なミッション達成のため、17基の国内外のアンテナを用いて追跡管制運用を行った。

<主な運用対象 (予定含む)>

惑星探査	天文観測	通信・測位・技術試験・実証	地球観測
BepiColombo (MMO:みお) PLANET-C (あかつき) IKAROS はやぶさ2 SLIM 【開発中】 MMX 【開発中】	SPRINT-A (ひさき) SOLAR-B (ひので) ASTRO-E2 (すざく) ERG (あらせ) XRISM 【開発中】	EGS (あじさい) 革新実証衛星 技術試験衛星9号機 【開発中】	ALOS-2 (だいち2号) INDEX (れいめい) ALOS-3 【開発中】 ALOS-4 【開発中】 GCOM-W1 (しずく) GCOM-C (しきさい) GOSAT (いぶき) GOSAT-2 (いぶき2号) GOSAT-GW 【開発中】 GEOTAIL EarthCARE 【開発中】

<追跡地上局>



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)	4,341,607	5,889,869	4,213,084				
決算額 (千円)	4,470,199	4,637,989	4,916,177				
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)	63	74	61				

(※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
研究開発成果の 社会還元・展開状況							
知的財産権 出願・権利化 ライセンス供与件数	8件	9件	3件				
外部からの受託件数、 施設・設備の供与件数	44件	50件	47件				

2020年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針																				
<p>5G等地上用周波数ニーズ増大を背景とする、宇宙ミッション用周波数の減少・干渉懸念</p> <p>【想定される影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 5G等周波数追加に伴い宇宙ミッション用周波数が減少すれば、その中での周波数調整が難航し、ミッションのスケジュール遅延、設計・開発の手戻りコスト増加、希望の周波数が使用できなくなれば、ミッション達成に影響する。 5G等（実用局）周波数追加に伴い宇宙ミッション用周波数（多くは実験局）と共用することとなれば、実験局は実用局に干渉を与えてはならないことから運用が制約され、干渉を受けても容認せざるを得ず、ミッション達成に影響する。 	<ol style="list-style-type: none"> 周波数使用・共用に関するルール策定段階において、関係する国際会議、国内会議に参画し、ルール策定にJAXAの意見・知見を反映しつつ貢献する。 ルール運用段階において、国際的な周波数調整や国内免許申請手続きに早めに着手するとともに、ミッション毎に電波利用料額も踏まえ局種を適切に選択する。 1及び2を適切に遂行するための周波数管理リソース（主にJAXAの将来に責任を持って中長期的な企画が可能な国際経験・他部門経験のある内部人材）の維持・確保、ミッション担当部門との適切な連携・キャリアパスの構築。 																				
<p>アルテミス計画・民間進出を背景とする、宇宙機関間のミッション用周波数調整案件の急増・複雑化</p> <p>【想定される影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 急増・複雑化に対応できずこれ以上の遅延等の問題が生じれば調整が後手に回り、JAXAミッションが運用制約・干渉を受けるなど不利な立場となり、ミッション達成に影響する。 NASA/ESA等宇宙機関間の信頼関係を損ない、JAXAミッションの調整全般に支障が生じ、ミッション達成に影響する。 <p style="text-align: center;">周波数調整件数の推移</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>周波数調整件数の推移 (推定値)</caption> <thead> <tr> <th>年</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2013</td><td>1</td></tr> <tr><td>2014</td><td>2</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>5</td></tr> <tr><td>2017</td><td>6</td></tr> <tr><td>2018</td><td>3</td></tr> <tr><td>2019</td><td>12</td></tr> <tr><td>2020</td><td>10</td></tr> <tr><td>2021</td><td>20</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">— NASA/ESA等調整件数 (※期未定の0件は2021年と予測)</p>	年	件数	2013	1	2014	2	2015	1	2016	5	2017	6	2018	3	2019	12	2020	10	2021	20	<ol style="list-style-type: none"> ミッション計画段階において、調整案件の情報収集・予測を行い、周波数調整に必要なリソース（主に外注予算及び業者の人的リソース、外注管理が可能な内部人材）を確保する。また、予測にずれが生じた場合は機動的な対応を図る。 ミッション調整段階において、業者を含めた進捗管理を適切に行い、ミッション担当部門にも状況を共有し協力を得る。 1及び2を円滑に遂行するため、宇宙機関間の過去の類似する周波数調整の経験を活用する、内部人材の円滑な世代交代を視野に入れ知見の共有・継承を図る。
年	件数																				
2013	1																				
2014	2																				
2015	1																				
2016	5																				
2017	6																				
2018	3																				
2019	12																				
2020	10																				
2021	20																				

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>○筑波宇宙センターのすべての試験設備などを対象に、民間事業者による主体的な維持・管理を開始したことによって、どれぐらいの効率化を成し遂げたのか。具体的に示すとともに、そのプラス・マイナスについても分析する必要がある。</p>	<p>環境試験技術ユニット業務としては、試験設備運営に係る工程管理、セキュリティ管理、安全管理、品質管理、環境管理等を事業者業務とし業務負荷を大幅に減らせた（18名→6名（内部併任者含む））ことで、研究業務に集中できるようになった点は効率化といえる。またコロナ禍の中でもテレワークによる状況確認により事業者の作業状況を問題なく把握でき、従来どおり利用者の要求を満足する試験運用ができた。</p>
<p>○当該項目のうち、特に産業振興の側面での成果が求められる衛星測位、衛星リモートセンシング、衛星通信、宇宙輸送システム等の項目においては、創出が予定されている事業規模や海外と比較したコスト競争力など、より金額面でのアウトカムKPIを重視した評価が必要である。また、金銭換算が困難な社会貢献の側面においても、年度計画に対する達成度、前年度（これまで）からの進捗度合い、世界と比較した成果レベルなどといった観点での客観的評価に努める必要がある。</p>	<p>環境試験要求の効率化において、JAXA自身による分析評価結果を踏まえた新たな標準・手法の確立を行っており、従来のNASA等の海外標準の引用から、自主技術による標準の確立、さらにはJAXA標準の国際標準化活動も推進しており、世界と肩を並べる立場で継続的に活動している。2020年度は2件のJAXA標準の見直し、2件のJAXA標準の国際標準(ISO)への反映を行いJAXA外部（ユーザー、海外宇宙機関等）に対する貢献も果たした。</p>
<p>○複数年度にまたがる蓄積した成果を評価する場合にはその観点を明示するとともに、単年度での成果と混在する場合は、当該時期以前はどうかを説明することが必要である。</p>	<p>「新磁力計の開発と利用拡大」のように、プロジェクトと連動して推進する業務については、スケジュール線表で全体像を示し、成果記述は2020年度のみとすることで記述混在を避けた。</p>
<p>○一般的に、個別の研究成果に関する記載は充実しており、定量的な指標を用いて説明しようという工夫が見て取れる。他方、成果が如何に社会実装・事業化され、どれだけ社会課題の解決に貢献したかという観点が不足している。SDGsやSociety5.0への貢献の観点を押し出していきたい。</p>	<p>環境試験技術の研究を通じて国際標準の維持・活用、JAXA標準の国際化を進めており、日本の試験標準に世界標準との互換性を持たせることで、国内産業界の世界進出の促進に貢献している。 IoTによる新たな価値の創造については、まだこれからではあるが、解析/シミュレーション技術と試験技術を相互補完する形で、機械学習などIoT技術を活用した試験条件の緩和を志向しており、従来の解析限界を超えた新たな知見や手法等の獲得が期待される。</p>
<p>○ウィズコロナ時代の航空宇宙開発や国際連携のあり方について、実施機関のJAXAとしても周辺環境を的確に掌握し、世界や社会の動きを先取りする形で検討し対策を講じていく必要がある。</p>	<p>環境試験に係る学会や国際会議の多くがリモートで開催された。欧州での会議では専用の会議ツールを用いた展示紹介等も行われており、積極的な参加／発言とともにリモートイベントの目的に適合した新たな会議ツールの活用も進める必要があると認識。</p>
<p>○法人の観点やJAXA/国内にとどまった観点の目線ではなく、世界国際標準や、あるいは納税者である国民の目線など、法人外の観点からの目線からの客観的な評価を心掛ける必要がある。</p>	<p>環境試験技術の研究を通じて国際標準の維持・活用、JAXA標準の国際化を進めており、日本の試験標準に世界標準との互換性を持たせることで、国内産業界の世界進出の促進に貢献している。</p>

2019年度 業務実績評価において指摘された課題	改善内容
<p>○PPP的手法による業務効率化は高く評価できるが、PPPあるいはPFIといった手法は手段であり目的ではなく、当手法によるリソース配分の結果、どのような研究開発成果が創出されたかが本質的に評価すべき点である。</p>	<p>リソース再配分による研究開発成果の創出効果については、人員リソースを試験技術研究や将来設備検討に集中し、学術論文発表(3件)に加え、JAXA設計標準反映(2件)及び国際標準(ISO)への反映(2件)を計画より前倒して達成した。</p>
<p>○PPP的手法による業務効率化は高く評価できるが、PPPあるいはPFIといった手法は手段であり目的ではなく、当手法によるリソース配分の結果、どのような研究開発成果が創出されたかが本質的に評価すべき点である。施設運営の効率化、いわゆるFM（ファシリティマネジメント）の向上が果たすべきアウトカムとした場合、維持費がどの程度削減され、効率的になったのか、財務諸表等を活用した客観的かつ具体的な効果とともに、事前に設定した目標値に照らし合わせた達成度の評価を期待する。</p>	
<p>○研究開発テーマが、既存技術の応用や発展型なのか、または全くの新規技術なのか、技術そのものの位置付けについても記載していただきたい。</p>	<p>環境試験技術は基本的には既存技術の応用（実用化）研究が主体であるが、新規技術研究開発に相当する場合は明記する。</p>