

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構  
2022 年度 業務実績等報告書

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

## 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 2022 年度 業務実績等報告書 目次

### [総括]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構の  
2022 年度業務実績と自己評価について
2. 2022 年度における業務実績評価の実施概要
3. 第 4 期中長期目標期間における業務実績に係る自己評価結果一覧
4. 凡例
5. JAXA 評価項目の相関関係

### [項目別評定]

#### III. 宇宙航空政策の目標達成に向けた具体的取組

3. 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施
  3. 1 準天頂衛星システム等
  3. 2 海洋状況把握・早期警戒機能等
  3. 3 宇宙状況把握
  3. 4 宇宙システム全体の機能保証強化
  3. 5 衛星リモートセンシング
  3. 6 宇宙科学・探査
  3. 7 国際宇宙探査
  3. 8 ISS を含む地球低軌道活動
  3. 9 宇宙輸送システム
  3. 10 衛星通信等の技術実証
  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)

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
  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・
  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)
5. 航空科学技術
6. 宇宙航空政策の目標達成を支えるための取組
  6. 1 国際協力・海外展開の推進及び調査分析
  6. 2 国民の理解増進と次世代を担う人材育成への貢献
  6. 3 プロジェクトマネジメント及び安全・信頼性の確保
  6. 4 情報システムの活用と情報セキュリティの確保
  6. 5 施設及び設備に関する事項
7. 情報収集衛星に係る政府からの受託

#### IV. 業務運営の改善・効率化に関する事項

#### V. 財務内容の改善に関する事項

#### VI. その他業務運営に関する重要事項

1. 内部統制
2. 人事に関する事項
3. 中長期目標期間を超える債務負担
4. 積立金の使途

2021 年度業務実績評価において指摘された課題と改善内容

## 1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の2022年度業務実績と自己評価について

2023年6月

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

国民の皆様へ

最初に、2022年度に発生したイプシロンロケット6号機及びH3ロケット試験機初号機の打上げ失敗は多くの国民の皆様の期待を裏切る結果となり、また、宇宙医学実験において発生した医学系指針への重大な不適合は宇宙医学研究に対する信頼を大きく損ねたものとなりましたことを深くお詫び申し上げます。これらの打上げ失敗や不祥事につきましては、徹底した原因究明と真に実効性のある再発防止を講じることで国民の皆様の信頼に応えられるよう、関係者一丸となって全力で対応いたします。

こうした中でも、第4期中長期目標期間の5年目となる2022年度において、我が国の宇宙航空開発利用を技術で支える中核的実施機関として、各種プロジェクトをはじめとする研究開発とこれを支える業務のあらゆる面で役職員一丸となって挑戦し続けました。

小惑星探査機「はやぶさ2」が持ち帰った小惑星「リュウグウ」の地球汚染のないサンプル(砂礫)から世界で初めてタンパク質の材料となるアミノ酸及び液体の水を確認するとともに、全ての地球生命のRNAに含まれる核酸塩基、ウラシルの検出にも成功しました。

安全保障分野を含む宇宙空間の持続的・安定的な利用の確保に必要な地上からスペースデブリの観測等を行う宇宙状況把握(SSA)システムの整備及び試行運用を確実に完了させ、実運用を開始させました。また、極超音速飛行の実現に向け、観測ロケットS-520-RD初号機により目標を上回る5.8秒間(最大マッハ5.8)のスクラムジェットエンジン燃焼を達成するとともに、風洞試験データから実飛行時のエンジン推力(圧力積分)を予測するツールを世界で初めて獲得しました。

有人宇宙活動の成果としては、国際宇宙ステーション(ISS)に長期滞在した若田宇宙飛行士が、5回目となる宇宙飛行において、日本人としての宇宙滞在記録を更新し、経験豊富な宇宙飛行士として多くの利用成果を上げるとともに、ISSの安全な運用にも貢献し、また、初の船外活動により2030年までISSを運用・利用するために必要な新型太陽電池アレイの架台取り付け等を行いました。こうした実績は

ISS計画の国際パートナーとしての日本に対する国際的信頼をさらに高め、米国が主導するアルテミス計画や月周回有人拠点「ゲートウェイ」における日本のプレゼンスの維持・向上へとつながり、ゲートウェイ実施取決めの締結により、日本人宇宙飛行士として初となる地球低軌道以外での宇宙活動機会(ゲートウェイ搭乗)が確保されるに至りました。また、日本人宇宙飛行士の活動の場が月近傍や月面上に拡がることを想定し、新たに2名の宇宙飛行士候補者を選定しました。宇宙飛行士の募集は13年ぶりであり、過去最多となる4千名以上の応募がありました。

以上のような成果を上げることができたのは、ひとえに国民の皆様をはじめ、関係各位のご理解、ご協力の賜物と考えております。改めてご指導・ご協力頂いた関係各位に深く感謝申し上げます。

中長期目標に掲げられた取組方針ごとの2022年度の主な成果は以下のとおりとなります。

## (1)多様な国益への貢献

### ①宇宙安全保障の確保

国の安全保障関係機関との連携をさらに強化し、宇宙状況把握(SSA)システムの整備完了、スペースデブリの観測・衝突回避及び除去技術の研究開発、人工衛星による船舶検出など海洋状況把握に係る研究開発、大容量のデータ伝送を実現する光衛星間通信技術の研究開発、政府が行う宇宙システム全体の機能保証に係る検討への技術支援、政府からの情報収集衛星及び宇宙状況監視衛星に係る受託事業等を安全保障関係機関のニーズに応じて実施しました。

特に、スペースデブリの増加等を踏まえ、関係政府機関が一体となった SSA 体制によるスペースデブリ観測等の運用が 2023 年から開始されることに向けて、JAXA では SSA システムプロジェクトを立ち上げ、SSA システムの整備を 2016 年度から開始し、防衛省側のシステムと足並みを揃えて進めました。計画どおり 2021 年度までに、レーダー、光学望遠鏡及び解析システムからなる JAXA 側システムの開発を完了し、2022 年度は、当該システムと防衛省の SSA システムを接続した試行運用を実施、完了しました。試行運用においては、同期間に防衛省が実施した技術的追認の評価に対し、JAXA が有する技術や知見、データ提供等により積極的に支援を実施しました。同時に、防衛省による運用試験に対し、JAXA が有する運用経験に基づく意見交換等を行い、防衛省・JAXA 間の今後の運用協力に必要な取決めの確立や運用手順書の整備に貢献しました。これらによって、プロジェクトによるシステム整備に係るフルサクセス、エクストラサクセスを達成しました。なお、2023 年から予定していた SSA 体制による運用は、前倒して 2022 年度から開始されております。

イプシロンロケット 6 号機では、これまで JAXA が主体的に実施してきたペイロードインテグレーションや発射整備作業を民間事業者主体の作業に変更し、宇宙基本計画で定められた民間移管に向けて段階的かつ着実に取組を進めました。2022 年 10 月に打上げを実施しましたが、第 2 段と第 3 段の分離可否判断の時点でロケットが目標姿勢からずれたため、地球を周回する軌道に投入できないとの判断のもと、指令破壊信号を送出し、打上げに失敗しました。また、H-IIA ロケットの後継機として国際競争力の強化を目指す H3 ロケットについては、第 1 段エンジン(LE-9)の技術的課題に対応するため、JAXA、プライムメーカ、部品メーカの開発チームが組織の垣根を越えて一体となる組織「ターボポンプ開発推進室」を設置し、課題に対して迅速な対応がとれる体制を構築するとともに、打上げ遅延のリスクを回避するため、問題解決を目指した設計変更を複数の対応策を同時並行で進め、出来得る限りの対策を実施し、LE-9 エンジンの開発に目途を付けることができました。

た。2023 年 3 月に H3 ロケット試験機初号機の打上げに臨みましたが、第 2 段エンジンが着火しないという不具合により、地球を周回する軌道に投入できないと判断し指令破壊信号を送出し、打上げに失敗しました。それぞれの打上げ失敗を受け、直ちに山川理事長を長とする対策本部を設置し、原因究明を開始し、関係者一丸となって要因分析を進め原因特定のための検証試験等を実施してきました。イプシロンロケット 6 号機の打上げ失敗については原因を特定し、その直接原因及び背後要因を踏まえた対策を行い、信頼性を向上させたロバストなロケットにするようイプシロンSロケットの設計作業を実施しており、実証機打上げに向けて開発を着実に進めています。

一方で、我が国の自立的な宇宙輸送能力の継続的確保及び向上に努めており、特に H-IIA46 号機の打上げ成功により、H-IIA /H-IIIB の打上げ成功率(98.2%)、オンタイム率(86.0%)は、世界トップ水準を維持しました。また、2022 年度後半に集中した基幹ロケットの準備作業・打上げ作業に対し、打上げ関連施設・設備のリスクマネジメント保全(壊れる前に修理する)や、新規整備した種子島宇宙センターの第 3 衛星組立フェアリング組立棟を活用した衛星の退避運用を検討する等の対策により、計画していた基幹ロケットの重要作業を全て遂行することができました。

以上のほか、H3 ロケット試験機 2 号機以降に向けた LE-9 エンジンについては、最適な仕様を選定するためのデータ取得を行う燃焼試験を、種子島宇宙センターにおいて複数回実施しています。今後、そのデータ解析結果も踏まえ、LE-9 エンジンの開発を進めてまいります。イプシロンSロケットについては、事業者の役割・責任範囲を拡大し、宇宙基本計画で定められた民間移管に向けて、段階的かつ着実に取組を進めてまいります。

### ② 災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献

年々激甚化する気候変動などの地球規模課題の解決等に向けて、関係府省やユーザ機関等と連携し、リモートセンシング衛星の研究・開発と運用成果の社会実装化に取り組みました。

気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)のデータは政府系 8 機関等と 14 都道府県に利用されており、サイエンス分野、水産分野、火山・災害分野、農業分野など衛星データの利活用が様々な分野に拡大・浸透・定着し、社会実装に向けて新たな価値を創出しました。今後、当初の GCOM-C の目標である 13 年以上の連続観測の達成を目指して後期利用段階の運用を行い、全球を網羅した 4 次元地球環境変動監視体制の構築や、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)への貢献に向けた科学的知見獲得、現業利用・政策反映を通じたグローバルアジェンダへの

貢献等、更なるアウトカム創出を目指します。

防災・災害対応の分野では、地球観測衛星「だいち 2 号」(ALOS-2)による緊急観測、観測画像からの被害情報の自動抽出及び専門家による判読を行っていたものを、JAXA から国土交通省地方整備局及び地方自治体等の防災ユーザへ観測画像提供を行い、防災ユーザ自ら被害情報の判読を行う体制構築の調整が開始される等、社会実装の取組が進んでいます。

また、水循環シミュレーションシステム Today's Earthをはじめとした最新の洪水予測技術の進展やその評価結果などがきっかけとなり、「気象業務法及び水防法の一部を改正する法律案」が第 211 回通常国会において全会一致で可決成立するに至りました。

なお、H3 ロケットの打上げ失敗を受け、搭載機の地球観測衛星「だいち 3 号」(ALOS-3)を喪失し、当該衛星に係る成果創出には至りませんでした。今後については、ユーザ官庁を含めた関係府省庁や民間事業者等と対話を進めながら、再開発の要否も含め、今後の方針について検討を進めてまいります。

### ③ 宇宙科学・探査による新たな知の創造

宇宙科学研究については、重点的に取り組むべき学術的課題を明らかにし、これを解決するための長期的・戦略的なシナリオを策定し、国内外の研究機関等との連携のもと、世界的に優れた研究成果の創出を目指しています。

2022 年度は、小惑星探査機「はやぶさ2」が回収した小惑星「リュウグウ」のサンプル(砂礫)について、世界で初めて地球汚染のない小惑星サンプルから、タンパク質の材料となる 23 種類のアミノ酸及び液体の水を確認しました。さらに、初期成果論文に続く論文として、全ての地球生命の RNA に含まれる核酸塩基、ウラシルの検出に成功しました。生命が生まれるために必要な水や有機物は、リュウグウのような太陽系の外側から移動してきた小惑星が地球に衝突することによりもたらされたという学説が、実際にリュウグウが有機物や水を保持することでより支持されることとなり、太陽系の進化の解明に向け、人類史において貴重な情報となることが期待されています。

さらに、惑星分光観測衛星「ひさき」のデータに基づく論文、水星磁気圏探査機「みお」のデータに基づく論文、金星探査機「あかつき」のデータに基づく論文が、世界初の成果として Nature Communications 誌及び Scientific Reports 誌に掲載され、JAXA は宇宙科学分野において世界トップクラスの成果を創出しました。

また、米国の新型ロケットである SLS ロケットに搭載された JAXA 開発の超小型探査機 (OMOTENASHI/EQUULEUS) が 2022 年 11 月に打ち上げられました。

OMOTENASHIについては通信を確立したものの、その後の不具合により月面着陸を断念しました。EQUULEUS については月遷移軌道へ投入され、初期チェックアウトを正常に完了させた後、超精密軌道決定・軌道制御により月フライバイを高精度で成功させ、水を推進剤とする推進系による地球低軌道以遠での軌道制御に世界で初めて成功しました。加えて、予定にはない試みとして太陽系に飛来してきた長周期彗星 (ZTF 彗星) を探査機から撮影し、探査機の健全性及び高い姿勢安定度を確認しました。長周期彗星を超小型探査機から撮影したのは EQUULEUS が世界初であり、2 つの世界初を達成しました。

国際的な月探査、特に米国が主導する有人月探査計画「アルテミス計画」へ向けて、我が国が世界に先駆けて推進する有人と圧ローバのシステム概念検討や要素試作・試験を進め米国航空宇宙局 (NASA) とのミッション定義審査を開始するとともに、国際約束である国際居住棟への提供システムやゲートウェイ補給機について、試作試験を進めるとともに、ゲートウェイへのフライト品提供を開始し、各極との技術的な役割分担を確定させました。また、月の測位通信ネットワーク構築の協働技術実証を目指した欧州宇宙機関 (ESA) との協定締結準備を完了させるなど、月面および月周回における日本の参画内容を具体化させました。これらは、技術的成果による信頼と期待を獲得した結果であり、我が国の国際プレゼンス向上に大きく貢献しています。さらに、政府間調整・協議を法務面でも支援することで、世界に先駆けて月面有人活動を想定した日・米宇宙協力に関する枠組み協定及びゲートウェイ実施取決めの締結に至りました。その結果、日本人宇宙飛行士として初となる地球低軌道以外での宇宙活動機会 (ゲートウェイ搭乗) の確保や、その先の月面着陸に向けた取組を前進させるなど、国際的な宇宙協力を推進しています。

また、2016 年度から 2017 年度にかけ実施した長期閉鎖環境でのストレス蓄積評価に関する研究での「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」(以下、医学系指針) への不適合に関し、外部有識者とともに調査を行い 2022 年 11 月 25 日に医学系指針に基づき文部科学大臣、厚生労働大臣に調査結果と再発防止策をとりまとめた報告書を提出しました。適切なデータ取得ができず研究対象者の善意や国民の負託に応えられなかったことを受け、5 種類 22 項目の再発防止策のうち、規範意識の醸成、倫理意識とモラルの向上、査閲不足や不十分な審査手順の改善、審査システムの強化等 15 項目を実施し、次年度も、特にデータの信頼性確保と管理の徹底、支援体制の構築、宇宙医学系研究者の採用・育成、有人宇宙技術部門における研究支援体制の拡充等に取り組めます。

冒頭述べたとおり、若田宇宙飛行士は日本人として 3 年連続、約 5 か月間 ISS

に滞在し、日本人初の宇宙累積滞在期間が1年を超え(計504日)、自身初の船外活動、教育・アウトリーチへの取組等、ISSの安定運用や地球低軌道の持続的発展に貢献しました。また、探査時代を踏まえ、宇宙飛行士の募集については、応募要件の緩和や、民間ノウハウの活用、応募者のケアに取り組み、過去最多となる4,127名の応募者の中から2名の宇宙飛行士候補者を選定しました。

#### ④宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現

地球低軌道の民間利用を促進することを目的として、ISS日本実験棟「きぼう」を軸として量と質の拡大に向けたプラットフォーム化の取組を進めています。「きぼう」でのたんぱく実験サービスの民間パートナー枠活用や船外ポート利用のリモートワーク化等新施策に挑戦し、事業の拡大を進めました。

民間による新たな発想の宇宙利用事業の創出を支援する取組として共創型研究開発プログラム「宇宙イノベーションパートナーシップ(J-SPARC)」を引続き進めており、JAXAの各事業部門(研究開発部門・宇宙科学研究所・第一宇宙技術部門・有人宇宙技術部門等)と連携し、衛星や輸送分野等における民間事業者との共創プログラムも始動しました。J-SPARC共創により、共創相手方の自己投資を誘引するだけでなく、外部から新たな投資、連携を呼び込む効果も生み出し、さらには、スタートアップのみならず、非宇宙分野の大企業の参入機会も促し、海外で本格的に事業展開に踏み出す民間事業者も現れるなど、宇宙産業基盤の強化及び研究開発力の強化に資する結节点的なプログラムとしての一定の機能、役割を果たしました。

#### (2)産業・科学技術基盤をはじめとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化

新たな事業領域の開拓や世界をリードする技術革新により、我が国の宇宙活動の自立的・持続的発展と関連産業の国際競争力強化に貢献すべく、以下の研究開発に取り組まれました。

宇宙活動を支える総合的基盤の強化として、超音速域で動作するエンジンの実燃焼を伴う飛行実証、世界初かつ目標を上回る推力予測精度を有したエンジン推力予測ツールの獲得、将来宇宙輸送システムの低コスト化に繋がるロケット航法センサの飛行実証、新規要素技術や新規事業の創出に繋がる革新的衛星技術実証プログラム及びJAXA発の搭載機器/部品の国内外への販売実績の獲得、宇宙産業及びプロジェクトを支える大規模数値流体解析技術の獲得、実ロケットエンジンの設計と問題解決に貢献しました。また、宇宙開発における新たな価値を創出する

先導的な研究開発として、静止軌道からの高分解能かつ常時観測を可能とする世界初の新規ミッション創出に繋がる世界初・世界トップレベルのキー要素技術を獲得し、探査分野における成果創出として独自の技術による世界最高水準の低消費電力空気再生技術を獲得しました。さらに、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・宇宙活用に係る研究開発を通して新たな企業・研究機関等の参入に寄与し、これまでの成果の企業による事業化・宇宙ミッションへの適用等に関する成果が得られました。

2022年度においては、イプシロンロケット6号機打上げ失敗により小型実証衛星3号機(RAISE-3)とキューブサットを喪失したことを受け、搭載していた各実証テーマ機関と協力し、革新的衛星技術実証4号機の実証テーマとして再チャレンジを実施するための概念検討を速やかに完了しました。また、ロケット1段再使用化に向けた小型実験機(RV-X)は、再使用型ロケットに必要な飛行安全に係る十分な飛行安全性検証を尽くした後に、2023年度に飛行試験を実施します。その他、小型技術刷新衛星研究開発プログラム、商業デブリ除去実証(CRD2)、宇宙太陽光発電(SSPS)の研究開発等を着実に進めました。

#### (3)航空産業の振興・国際競争力強化

我が国産業の振興、国際競争力強化に資するため、既存形態での航空輸送・航空機利用の発展に必要な研究開発、次世代モビリティ・システムによる更なる空の利用に必要な研究開発及び航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発への取組を通じ、我が国の航空科学技術の国際優位性向上や国際基準策定に貢献しました。

2022年度は、既存形態での航空輸送・航空機利用の発展に必要な研究開発に関しては、騒音低減技術、CO2排出低減技術、装備品技術に関する成果を上げました。騒音低減技術では、軽量吸音ライナ技術のエンジン実証試験を行いエンジンメーカーへの技術移転を完了するとともに、空港周辺の航空機騒音の低減に資する航空機騒音の音源測定技術の実用化と騒音予測モデルの構築を行いました。脱炭素社会に向けたCO2排出低減技術では、電動ハイブリッド推進システムの実現に必要なモータ発熱及び不具合時のエンジン保護の課題に対して独自技術による解決の見通しを得るとともに、摩擦抵抗を低減するリブレットの耐久性や複合材構造を軽量化する繊維配向最適設計技術の効果を企業と共同で実証し、社会実装に向けて進展しました。センサやアビオニクス等の装備品技術では、認証活動を通じて飛行に必須なソフトウェアを含むアビオニクスの国内初の認証の目処を立てるとともに、滑走路における積雪の状態や飛行中の被雷の危険性を検知/予測する

技術の開発・実証を進め、民間企業による事業化の見通しを得ました。次世代モビリティ・システムによる更なる空の利用に必要な研究開発に関しては、有人機と無人機の安全・効率的な高密度運航を可能にするために必要な保護空域に関する知見を得ました。基盤技術の研究開発に関しては、航空技術部門がこれまで蓄積してきた試験技術の知見を活かし、実在気体空力性能および実在気体空力加熱を正確に予測可能な地上試験技術の確立に目途を立て、火星大気突入を伴う探査機開発に適用可能な、安定的かつ低コストに実現する試験技術の開発に貢献しました。

以上の JAXA の各事業を支えるための重要な取組として、各種プロジェクト等の国際協力を推進する国際調整業務、国民や社会への説明責任を果たし一層の理解増進を図るための情報発信業務、次世代を担う人材育成業務、プロジェクト活動の安全・確実な遂行とミッション成果の最大化を推進する業務等に努めました。

特に、職員の専門能力をベースとした新しい制度の運用、新しい働き方の推進とともに、「心理的安全性」をキーワードに、安心して働ける職場環境・一人ひとりの能力が生かせる職場環境を整備し、機構全体の業務推進力の向上に寄与するよう自由度の高い先進的な働き方を実現しました。また、健康経営方針を策定し、「組織はひと」という考え方の組織への浸透に努めました。

以上のような成果を上げることができたのは、ひとえに国民の皆様をはじめ、関係各位のご理解、ご協力の賜物と考えております。改めてご指導・ご協力頂いた関係各位に深く感謝申し上げます。一方、イプシロンロケット6号機の打上げ失敗及びH3ロケット試験機初号機の打上げ失敗は多くの国民の皆様の期待を裏切る結果となり、また、宇宙医学実験において発生した医学系指針への重大な不適合は宇宙医学研究に対する信頼を大きく損ねたものとなりましたことを改めて深くお詫び申し上げます。

これらの打上げ失敗や不祥事につきましては、徹底した原因究明と真に実効性のある再発防止を講じることで国民の皆様の信頼に応えられるよう、関係者一丸となって全力で対応いたします。我が国の宇宙航空開発利用を技術で支える中核的実施機関として、引き続き、第4期総仕上げに向けた成果創出に挑み、社会への成果還元を努めてまいります。

2023年6月

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 理事長

2022年度の主な成果等

2022年 4月	・2021年度に行われた宇宙飛行士候補者の募集総数が過去最高の4,127名となった。
6月	・小惑星探査機「はやぶさ2」が取得した小惑星リュウグウ試料分析結果に関して、リュウグウがイヴナ型炭素質隕石と似通った組成を持つことを示した論文が科学誌「Science」、リュウグウ試料からアミノ酸を発見した論文が科学誌「日本学士院紀要」に掲載。
7月	・「極超音速飛行に向けた、流体・燃焼の基盤的研究」の一環として、観測ロケット S-520-RD1 の打上げに成功。
8月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産学官による国内最大の衛星地球観測コミュニティ「衛星地球観測コンソーシアム(CONSEO)」を設立。</li> <li>・「電離圏擾乱発生時の電子密度鉛直・水平構造観測」を目的とした観測ロケット S-520-32 号機の打上げに成功。</li> <li>・小惑星探査機「はやぶさ2」が取得した小惑星リュウグウ試料分析結果に関して、リュウグウ粒子の構成物質が太陽系外縁部で形成されたことを示唆する論文が、科学誌「Nature Astronomy」に掲載。</li> <li>・JAXA と国連宇宙部の連携協力プログラム「KiboCUBE」の第4回公募で選定された、モルドバ工科大学の超小型衛星「TUMnanoSAT」をISS日本実験棟「きぼう」より放出。</li> </ul>
9月	・小惑星探査機「はやぶさ2」が取得した小惑星リュウグウ試料分析結果に関して、リュウグウ試料内に二酸化炭素を含む液体の水を発見したことを示す論文が、科学誌「Science」に掲載。

10月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ISS 長期滞在クルー若田光一宇宙飛行士搭乗のクルードラゴン宇宙船(Crew-5)が打ち上げられ、長期滞在を開始。</li> <li>・革新的衛星技術実証 3号機、QPS-SAR-3、QPS-SAR-4等を搭載したイプシロンロケット6号機の打上げに失敗。</li> <li>・小惑星探査機「はやぶさ2」が取得した小惑星リュウグウ試料分析結果に関して、採取したガスサンプルを分析したところ、太陽風起源のヘリウム及びネオンが含まれていたことを示す論文が、科学誌「Science Advances」、リュウグウへの第2回タッチダウンで得た試料中に地下物質を確認した論文が、科学誌「Science」に掲載。</li> </ul>
11月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H3 ロケット試験機初号機 1段実機型タンクステージ燃焼試験を実施。</li> <li>・JAXAの超小型探査機 OMOTENASHI 及び EQUULEUS を搭載した、NASA のアルテミス計画初号機「Artemis I」が NASA ケネディ宇宙センターから打上げ。</li> <li>・超小型探査機 OMOTENASHI は、ロケットからの分離当初は通信を確立したものの、その後の不具合により月面着陸を断念。</li> <li>・JAXA の超小型探査機 EQUULEUS の予定していた一連の機能確認作業が完了し、世界初の「水」を推進剤とする推進系による地球低軌道以遠での軌道制御に成功。</li> <li>・人を対象とする研究開発において、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」(医学系指針)に対する不適合があったと判断し、厚生労働大臣及び文部科学大臣に報告書を提出。</li> </ul>
12月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小惑星探査機「はやぶさ2」が取得した小惑星リュウグウ試料分析結果に関して、小惑星リュウグウの表面物質が宇宙風化を受けていることを示した論文が、科学誌「Nature Astronomy」に掲載。</li> </ul>

2023年 1月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・JAXA と国連宇宙部の連携協カプログラム「KiboCUBE」の第3回公募で選定された、インドネシア共和国スーリヤ大学(Surya University)の超小型衛星「Surya Satellite-1 (SS-1)」がISS日本実験棟「きぼう」より放出。</li> <li>・JAXAと国土交通省港湾局が災害発生時の人工衛星画像データの活用に関する協定を締結。</li> </ul>
2月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2名のJAXA宇宙飛行士候補者(2021~2022年度募集・選抜)を決定。</li> <li>・小惑星探査機「はやぶさ2」が取得した小惑星リュウグウ試料分析結果に関して、小惑星リュウグウの試料には太陽系誕生以前の星間雲起源の有機物も残存していることを示した論文が、科学誌「Science」、リュウグウ試料に含まれるアミノ酸について非生物的な合成プロセスが示された論文が、科学誌「Science」に掲載された。</li> <li>・日本航空(株)、JAXA、オーウエル(株)、(株)ニコンが世界初の塗膜にリブレット形状を施工した航空機で飛行実証試験を実施。</li> </ul>
3月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・だいち3号(ALOS-3)を搭載したH3ロケット試験機初号機の打上げ失敗。</li> <li>・国際宇宙ステーション長期滞在クルー 若田光一宇宙飛行士がクルードラゴン宇宙船(Crew-5)に搭乗し帰還。</li> <li>・関係政府機関が一体となった宇宙状況把握(SSA)システムの運用を開始。</li> </ul>



## 2. 2022 年度における業務実績評価の実施概要

### (1) JAXA における業務実績評価の手順等

JAXA では、独立行政法人通則法に基づき実施する業務実績の自己評価について、評価規程を定め、理事長による評価を実施しています。

理事長は、担当理事等からの報告を踏まえ JAXA の自己評価を確定します。理事長は評価確定にあたり、副理事長及び組織全体の経営に関わる一般管理組織を所掌する役員を補助に置くとともに、監事の同席を求め評価の適正性を確保しています。

### (2) 2022 年度業務実績の自己評価の実施時期

2023 年 4 月	理事長による担当理事に対するヒアリング 理事長による評価
2023 年 6 月	業務実績等報告書として主務府省（文部科学省、総務省、内閣府、経済産業省）へ提出

### (3) 評定区分

「独立行政法人の評価に関する指針」(平成 26 年 9 月 2 日総務大臣決定、平成 27 年 5 月 25 日改訂、平成 31 年 3 月 12 日改定、令和 4 年 3 月 2 日改定) 及び当該指針を踏まえ各府省が定める評価の基準を準用し、自己評価を実施しています。

次ページに評定基準および評定区分を示します。

### (4) 本書 業務実績等報告書（自己評価書）の構成

「独立行政法人の評価に関する指針」を踏まえ、中長期目標の項目ごとに評定を記載するとともに、以下の内容で構成しました。

- ①中長期計画・年度計画および年度計画に対応する業務の実績
- ②主な評価軸(評価の視点)、指標等 ③スケジュール
- ④評定と評定理由・根拠(補足含む) ⑤参考情報
- ⑥財務および人員に関する情報 ⑦主な参考指標情報 ⑧特記事項
- ⑨2022 年度自己評価において抽出した抱負・課題と対応方針
- ⑩2021 年度業務実績評価において指摘された課題と改善内容（国会審議、会計検査院、予算状況調査等の指摘事項への取組み状況を含む）

凡例を後述「4. 凡例」に示しますので、ご参照ください。

[評定区分]

「独立行政法人の評価に関する指針」（平成 26 年 9 月 2 日総務大臣決定、平成 27 年 5 月 25 日改訂）より※

(1) 「宇宙航空政策の目標達成に向けた具体的取組」に該当する項目

S	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。
A	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」に向けて顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
B	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、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、着実な業務運営がなされている。
C	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、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けてより一層の工夫、改善等が期待される。
D	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、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる。

(2) 左記(1)以外に該当する項目

S	法人の活動により、中期計画における所期の目標を量的及び質的に上回る顕著な成果が得られていると認められる(定量的指標においては対中期計画値(又は対年度計画値)の120%以上で、かつ質的に顕著な成果が得られていると認められる場合)。
A	法人の活動により、中期計画における所期の目標を上回る成果が得られていると認められる(定量的指標においては対中期計画値(又は対年度計画値)の120%以上とする)。
B	中期計画における所期の目標を達成していると認められる(定量的指標においては対中期計画値(又は対年度計画値)の100%以上120%未満)。
C	中期計画における所期の目標を下回っており、改善を要する(定量的指標においては対中期計画値(又は対年度計画値)の80%以上100%未満)。
D	中期計画における所期の目標を下回っており、業務の廃止を含めた抜本的な改善を求める(定量的指標においては対中期計画値(又は対年度計画値)の80%未満、又は主務大臣が業務運営の改善その他の必要な措置を講ずることを命ずる必要があると認めた場合)。

※ 平成 31 年 3 月 12 日改訂の評定基準に係る規定の適用に関し、目標期間の途中で指針の改定を迎えた法人の残余の目標期間における評価については、改定前の基準により評定を行うとされていることから、平成 27 年 5 月 25 日改定の基準を示している。

### 3. 第4期中長期目標期間における業務実績に係る自己評価結果一覧

項目名	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	項目名	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
III. 宇宙航空政策の目標達成に向けた具体的取組								<b>5. 航空科学技術</b>	S	S	S	S	S		
<b>3. 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施</b>	A	A	A	A	A			<b>6. 宇宙航空政策の目標達成を支えるための取組</b>	A	A	A	A	A		
3.1 準天頂衛星システム等	B	B	B	A	A			6.1 国際協力・海外展開の推進及び調査分析	A	A	A	A	A		
3.2 海洋状況把握・早期警戒機能等	A	A	A	A	A			6.2 国民の理解増進と次世代を担う人材育成への貢献	S	S	A	A	A		
3.3 宇宙状況把握	B	B	A	A	S			6.3 プロジェクトマネジメント及び安全・信頼性	A	A	A	A	B		
3.4 宇宙システム全体の機能保証	B	B	B	B	A			6.4 情報システムの活用と情報セキュリティの確保	A	A	A	B	A		
3.5 衛星リモートセンシング	S	S	S	S	A			6.5 施設及び設備に関する事項	A	A	A	A	A		
3.6 宇宙科学・探査	S	S	S	S	S			<b>7. 情報収集衛星に係る政府からの受託</b>	A	S	A	A	A		
3.7 国際宇宙探査	A	A	A	B	A			IV. 業務運営の改善・効率化に関する事項	B	B	B	A	B		
3.8 ISSを含む地球低軌道活動	A	S	A	S	B			V. 財務内容の改善に関する事項	B	B	B	B	B		
3.9 宇宙輸送システム	A	B	B	C	C			VI. その他業務運営に関する重要事項							
3.10 衛星通信等の技術実証	B	B	A	B	B			1. 内部統制	B	B	B	B	B		
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)	A	S	A	A	A			2. 人事に関する事項	B	A	A	A	A		
<b>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</b>	S	S	S	A	S										
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	S	A	A	A	A										
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）	S	S	S	A	S										

※下線太字は「一定の事業等のまとまり」

## 4. 凡例(1/4)

中長期計画の項目番号 中長期計画の項目名

2022年度 自己評価

評定  
符号

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
当該項目の中長期計画を転載	当該項目の年度計画を転載	左記年度計画に対する業務実績を記入	左記年度計画・実績に対するアウトカムを記入
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>&lt;色分け&gt;            赤: 顕著な成果、灰: 次年度以降に実施(計画)、青/計画通りでなかった(実績)、            無色: 計画どおり</p> </div>			

主な評価軸（評価の視点）、指標等

大臣から示された当該項目の主な評価軸等を転載

スケジュール

当該項目で特記すべき内容を必要に応じて記載(なければ枠を削除)

## 4. 凡例(2/4)

中長期計画の項目番号 中長期計画の項目名	2022年度 自己評価 <b>評価 符号</b>
<p><b>【評定理由・根拠】</b></p> <p>評定理由・根拠を記載</p>	
<p><b>評定理由・根拠（補足）</b></p> <p>評定理由・根拠の補足説明があれば記載</p>	
<p><b>参考情報</b></p> <p>評定理由・根拠のほかに、追加的に示す情報があれば記載</p>	

## 4. 凡例(3/4)

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)								
決算額 (千円)								
経常費用 (千円)	<p style="text-align: center;"><b>当該項目の財務及び 人員に関する情報を記載</b></p> <p style="text-align: center;">(「Ⅲ. 宇宙航空政策の目標達成に向けた具体的取組」のみ記載)</p>							
経常利益 (千円)								
行政コスト (千円)								
従事人員数 (人)								

主な参考指標情報								
項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
	<p><b>当該項目の定量的なモニタリング指標がある場合に記載に記載</b></p> <p>(なければ枠を削除)</p>							

## 4. 凡例(4/4)

### 特記事項

当該項目で特記すべき内容を必要に応じて記載  
(なければ枠を削除)

2022年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
2022年度 自己評価において抽出された抱負・課題を記載	抱負・課題に対する対応方針を記載

# 5. JAXA評価項目の相関関係 (※III.5 航空科学技術、III.7 情報収集衛星にかかる政府からの受託は除く)

宇宙技術で社会に新たな価値を提供→国全体の宇宙航空分野の拡大に一層貢献

宇宙安全保障の確保

災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献

宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現

宇宙科学・探査による新たな知の創造

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

III.6. 宇宙航空政策の目標達成を支えるための取組

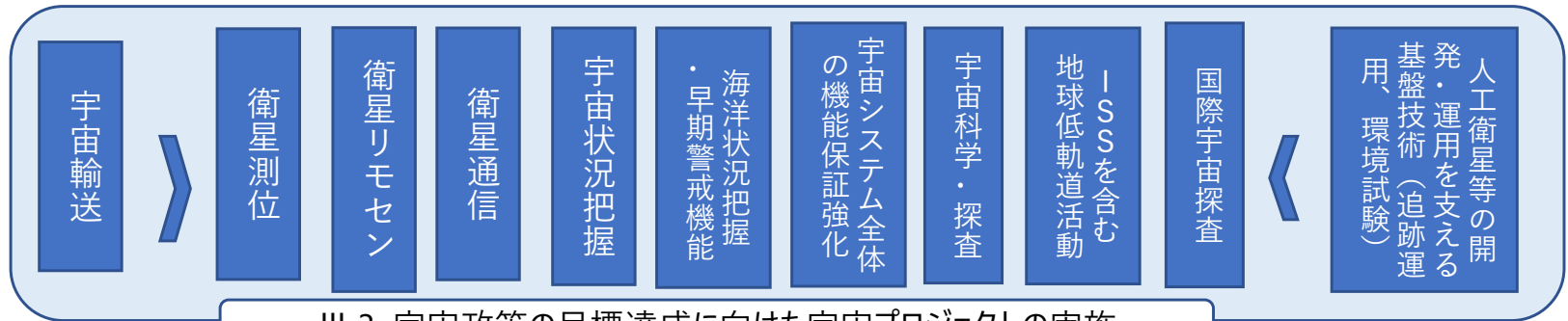
国際協力・調査

理解増進・教育

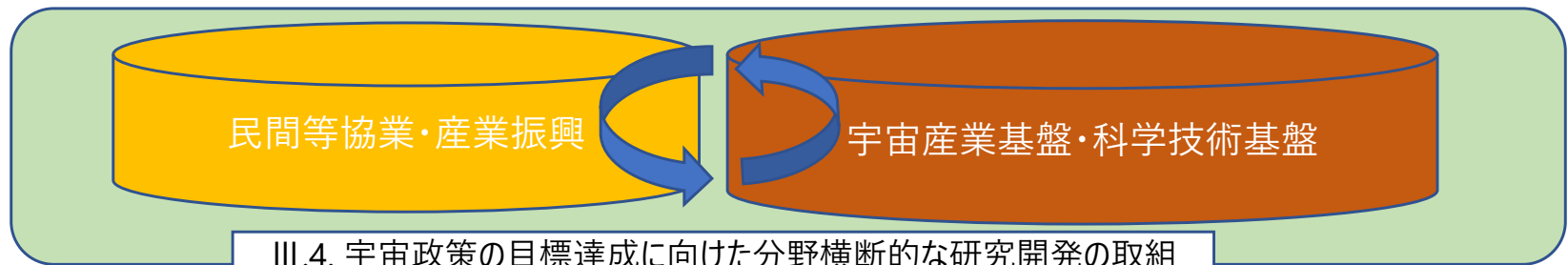
プロジェクトマネジメント/安全・信頼性

情報システム/セキュリティ

地上設備



III.3. 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施



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の取組

IV.V.VI 業務運営関連

業務運営の改善・効率化、財務内容の改善、内部統制、人的資源等



### Ⅲ. 3. 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施

2022年度 自己評価

**A**

**【評定理由・根拠】**

Ⅲ.3.1~3.11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」に向けて顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められるため、評定をA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)	143,277,956	147,135,003	171,005,075	178,041,211	149,434,937		
決算額 (千円)	151,612,672	158,815,150	165,576,401	176,919,348	167,823,190		
経常費用 (千円)	125,107,264	129,612,217	109,843,361	144,413,929	206,463,928		
経常利益 (千円)	22,937,297	3,735,919	19,263,463	△ 14,942,793	△ 41,503,540		
行政コスト (千円) (※1)	104,541,843	145,344,279	125,744,103	149,311,427	211,077,119		
従事人員数 (人)	1,004	1,049	1,065	1,078	1,095		

(※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. 3. 1 準天頂衛星システム等

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p data-bbox="85 252 566 288">Ⅲ. 3. 1</p> <p data-bbox="85 316 566 879">衛星測位に係るこれまでの取組として、準天頂衛星初号機「みちびき」の開発、運用を行い、準天頂軌道を利用した測位システムが、高い精度・品質・信頼性を持って測位信号を提供できることを技術実証した。その結果を受けて、政府による準天頂衛星システムの7機体制の整備が開始され、その中で「みちびき」は、内閣府への移管により、当該システムの一部を担うこととなった。また、チップベンダ・受信機メーカー等の「みちびき」利用者への情報発信に努めた結果、「みちびき」対応製品が継続的に増加しており、「みちびき」の利用が社会に浸透しつつある。</p> <p data-bbox="85 895 566 1273">測位システムは、米国、ロシア、欧州、中国等がそれぞれに整備・運用を行っており、相互利用とともに、今後、技術的な競争の激化が見込まれる。政府が進めている我が国の準天頂衛星システム7機体制の整備以降も我が国が国際的優位性を確保できるよう、将来を見据えて我が国の測位システムを支える研究開発に取り組むことが重要である。</p>	<p data-bbox="611 252 1093 288">Ⅰ. 1. 1.</p> <p data-bbox="611 316 1093 651">衛星測位について、我が国の安全保障の確保、産業の振興、国際競争力強化への貢献の観点から、測位衛星及び地上システムからなる我が国の測位システムの高度化、高精度測位情報配信サービスの実現及び測位衛星技術の利活用拡大を目指し、先進的な技術の研究開発を行う。</p>	<p data-bbox="1140 331 1162 347">-</p>	<p data-bbox="1648 331 1671 347">-</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>このような背景を念頭に、今中長期目標期間においては、実用準天頂衛星システムに関する事業について、政府から受託した場合には、必要な体制を構築し、着実に実施することを通じ、準天頂衛星システムの機能・性能向上に貢献する。また、衛星測位について、我が国の安全保障の確保、産業の振興、国際競争力強化への貢献の観点から、測位衛星及び地上システムからなる我が国の測位システムの高度化、高精度測位情報配信サービスの実現及び測位衛星技術の利活用拡大を目指し、先進的な技術の研究開発を行う。</p> <p>具体的には、我が国の測位技術の自立性強化の観点も意識し、高精度軌道時刻推定、精密軌道制御、測位衛星監視・解析・評価、測位信号欺瞞（スプーフイング）・妨害に対する抗たん性強化、衛星の小型化・低コスト化、指向性向上等の受信機関連高度化などの課題に対して内閣府が関係省庁と協力・連携しつつ、今後の我が国の衛星測位に関する取組方針（ロードマップ）に基づき、内閣府と連携して持続測位能力を維持・向上するための検討、研究開発及び実証を行う。その際、世界的な衛星測位技術の発展や海外展開も含めた政府及び民間のニーズを踏まえつつ、我が国の測位システムを支える技術の向上を図る。</p>	<p>具体的には、準天頂衛星システムに係る内閣府からの受託に基づき、7機体制構築に向けた高精度測位システムの開発（詳細設計およびフライト品の製作試験；令和4年度まで）を実施する。また、軌道時刻推定技術の高度化（精度向上および国際標準への準拠）に取り組み、国際GNSS事業（IGS）解析センターへの参画を目標に、JAXAにて生成したGNSSの精密軌道時刻暦のプログラムをIGSに提供し、プログラムの品質評価を受ける。精密軌道制御に資する高精度加速度計の研究開発に関する活動や、欧州宇宙運用センターやインド宇宙機関などの海外宇宙機関との研究協力などに取り組み、筑波宇宙センター内へのインド宇宙機関の監視局設置完了に向けた作業支援を行う。</p> <p>さらに、衛星測位に関する取組方針（令和3年4月22日内閣府宇宙開発戦略推進事務局）に記載された府省間分担と研究開発課題に基づき、研究開発に取り組む。その際、世界的な衛星測位技術の発展や海外展開も含めた政府及び民間のニーズを踏まえつつ、我が国の測位システムを支える技術の向上を図る。</p>	<p>内閣府からの受託に基づき実施している高精度測位システムの開発については、測位ミッションパイロード（衛星間測距（ISR）、衛星/地上間測距（PRECT）、高安定時刻生成（TKU）等）および地上系について、昨年度の作業に引き続き詳細設計および維持設計を進めた。搭載系については、5号機および6号機の測位ミッションパイロードの開発試験を完了し内閣府に納入した。地上検証システムの構成要素であるミッション管制サブシステムおよび検証用監視局の開発試験を完了した。また、将来測位システムの研究開発については、将来号機に搭載する技術の原理検証を完了し、エンジニアリングモデルの試作試験に移行した。</p> <p>高精度軌道時刻推定技術等に関しては、太陽輻射圧（SRP）や熱輻射以外の高精度な衛星物理モデルのMADOCA（Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis）への実装を進め、準天頂衛星システム、並びにGPS、Galileoの軌道時刻推定精度を改善、国際GNSS事業（IGS: International GNSS Service）の解析センターへの参入の目途を得た。</p> <p>ユーザ測位技術の研究については、オンボードのPPPアルゴリズム研究を進め、将来の地球観測衛星画像処理の迅速な提供につながる「軌道上精密単独測位（PPP in Space）」のスターダスト計画への提案を実施、23年度開始事業に選定された。</p> <p>さらに、高精度加速度計および光周波数基準の実用化に向けた試作モデルに対し環境評価試験を行うとともに、光周波数基準については、スターダスト計画への提案を実施、23年度開始事業に選定された。</p> <p>インド宇宙研究機関（ISRO）の監視局については、JAXA側の支援は完了しているが、ISROと工事事業者間の調整完了に時間を要している。</p>	<p>特に、将来測位システムの検討、MADOCAの性能向上に係る成果により、将来の我が国の測位衛星のサービス可能時間長期化実現の見通しを得た。</p> <p>国際GNSS事業（IGS）解析センター参入の目途を得た。</p> <p>軌道上精密単独測位（PPP in Space）並びに光周波数基準の開発が、23年度開始のスターダスト事業に選定された。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>また、海外宇宙機関との研究協力や、政府による国連等の国際機関における議論に対し研究成果に基づく知見の提供・共有等を行う。</p>	<p>また、政府による国連等の国際機関における議論に対し、必要に応じて研究成果に基づく知見の提供・共有等を行う。</p>	<p>国連の会合は、JAXA職員が宇宙政策委員会専門委員として参加、内閣府を支援した。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p>
<p>さらに、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、上述の取組を通じて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>さらに、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、上述の取組を通じて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、学会への論文投稿・シンポジウム等での発表や衛星測位技術に関する産業界・アカデミアからの要請に応じた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>JAXA内外の実習機会等(自動車走行時の測位データおよび慣性航法データの取得と事後解析実施や、専門家向けセミナー参加など)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。</p>	<p>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>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を提供することで、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>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>国土地理院との協定に基づき、MADOCAの利用、高度化について連携を実施している。 MADOCAの技術を利用した高精度測位情報サービスの推進への貢献については、MADOCA開発事業者（「ライトハウステクノロジー・アンド・コンサルティング株式会社」(LHTC社)）が、内閣府事業を受託し、24年度のサービス開始に向けた開発を実施中である一方、事業化を目指していた「グローバル測位サービス株式会社(GPAS)」が今年度末で事業精算を行うこととなり、出口戦略の一部見直しを実施中。</p>	<p>民間企業や国土地理院、気象庁等で社会実装が進みつつある。 MADOCAを用いた補強配信事業については、LHTC社が内閣府事業を受託、24年度のサービス開始に向けシステムを開発中。</p>

<b>主な評価軸（評価の視点）、指標等</b>	
<p><b>【多様な国益への貢献；安全保障の確保】</b></p> <p>○我が国の安全保障の確保に貢献する取組の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p>&lt;評価指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○安全保障の確保に係る取組の成果 (マネジメント等指標)</li> <li>○研究開発等の実施に係る事前検討の状況</li> <li>○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)</li> <li>○安全保障機関等の外部との連携・協力の状況</li> </ul> <p>&lt;モニタリング指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果 (例：データ提供数・達成解像度等) (マネジメント等指標)</li> <li>○安全保障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)</li> <li>○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）</li> </ul>
<p><b>【多様な国益への貢献；災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献】</b></p> <p>○我が国の災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決に貢献する取組の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p>&lt;評価指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決に係る取組の成果 (マネジメント等指標)</li> <li>○研究開発等の実施に係る事前検討の状況</li> <li>○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)</li> <li>○防災関係機関等の外部との連携・協力の状況</li> </ul> <p>&lt;モニタリング指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果 (例：データ提供数・データ利用自治体数等) (マネジメント等指標)</li> <li>○防災関係機関等の外部との連携・協力の状況 (例：協定・共同研究件数等)</li> <li>○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）</li> </ul>

## 主な評価軸（評価の視点）、指標等

<p>【多様な国益への貢献；宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現】</p> <p>○新たな事業の創出等の宇宙利用の拡大及び産業振興、宇宙産業の国際競争力強化に貢献するための立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p>&lt;評価指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○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)</li> </ul> <p>(マネジメント等指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○研究開発等の実施に係る事前検討の状況</li> <li>○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)</li> <li>○民間事業者等の外部との連携・協力の状況</li> </ul> <p>&lt;モニタリング指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○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)</li> <li>○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)</li> <li>○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)</li> <li>○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)</li> </ul> <p>(マネジメント等指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○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)</li> <li>○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)</li> </ul>
---	--

## 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）

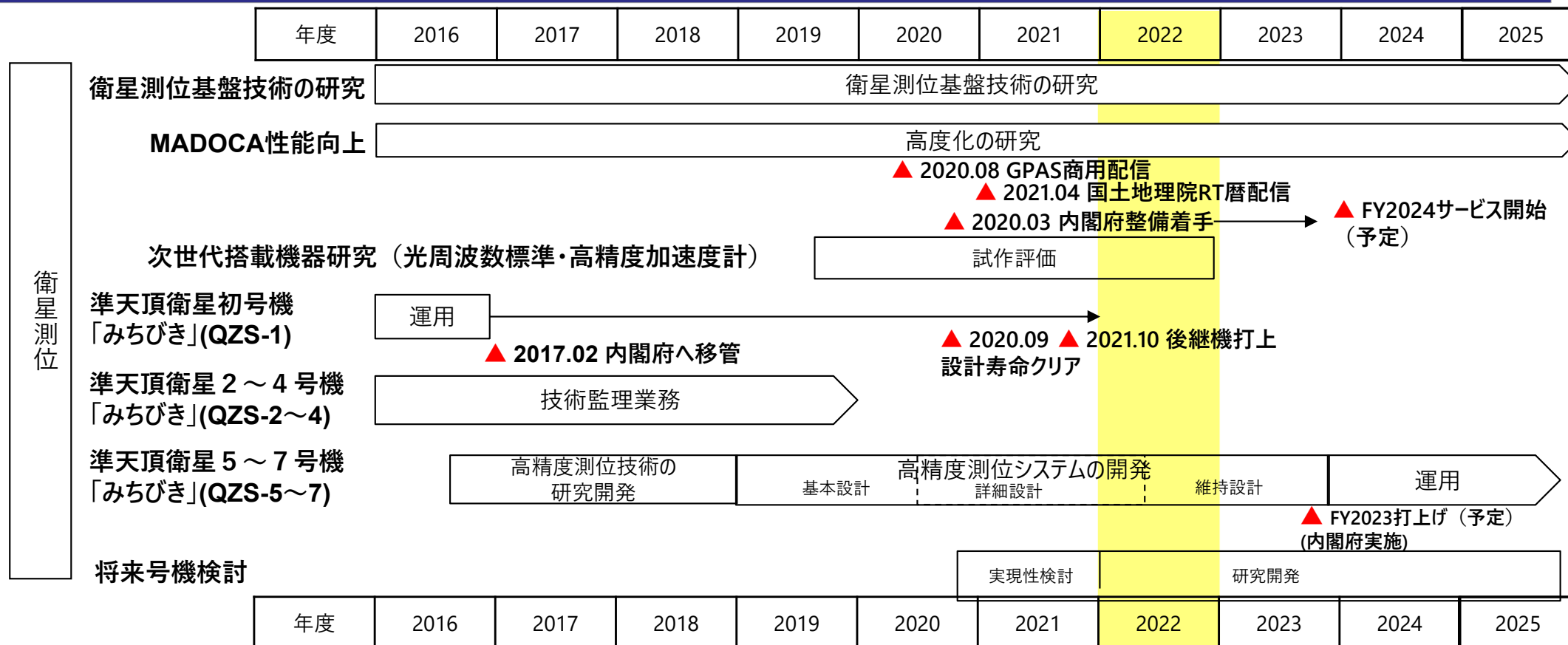
○外部資金等の獲得・活用の状況

（例：外部資金の獲得金額・件数等）

## 特記事項

1. 「実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方」(平成23(2011)年9月30日閣議決定)が閣議決定。「我が国として、実用準天頂衛星システムの整備に可及的速やかに取り組む。実用準天頂衛星システムの開発・整備・運用にあたっては、「みちびき」の成果を利用しつつ、内閣府が実施する。」こととされた。
2. 2015年1月に決定された「宇宙基本計画」において、持続測位が可能となる7機体制の確立のために必要となる追加3機について、2023年度をめどに運用を開始することとされた。2017年に、準天頂衛星みちびき2号機、3号機、4号機が打ち上げられ、4機体制が整備され、2018年11月1日に、内閣府により実用準天頂衛星システムのサービスが開始された。みちびき初号機後継機が2021年10月26日に打ち上げられ、社会インフラとしてサービス提供を継続中である。
3. 国土地理院では、JAXAとの協定のもとJAXAから貸与したMADCOCAを用いてリアルタイム暦を生成、2021年4月より気象庁へ提供しているほか、内閣府が、MADCOCA-PPPのアジア各国での性能評価結果を踏まえ、2024年度から正式サービス開始することを決定、JAXA開発成果を活用し、システム整備を開始、精密軌道時刻推定の利活用が広まりつつある。
4. 国際的にも、米国、欧州、ロシア、中国、インドにおいて、社会インフラとして衛星測位システムの開発整備が進んでいる。

## スケジュール





### Ⅲ. 3. 1 準天頂衛星システム等

#### 【評定理由・根拠】

我が国の安全保障の確保、産業の振興、国際競争力強化への貢献の観点から、関係する政府機関と密接に連携しつつ、我が国の測位システムの高度化、高精度測位情報配信サービスの実現及び測位衛星技術の利活用拡大を目指して、高精度測位システムの開発を計画通り進め、さらに先進的な測位技術の研究開発等の促進に取り組んだことで、「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。

主な業務実績・成果は以下のとおり。

#### 1. 高精度測位システムの開発<補足1参照>

内閣府は、7機体制構築に向け、2017年度から5～7号機の開発・整備に着手、JAXAの初号機開発や次世代測位技術開発を通じた経験・知見による積極的な関与が期待され、**JAXAは5～7号機の開発の一部（測位ミッションパイロード等を含む高精度測位システムの開発）を実施することとなった。**

具体的には、内閣府が実施する準天頂衛星システムの7機体制構築時にユーザ測位精度を向上させるために、JAXAは準天頂衛星5～7号機への搭載を目的とした新たな高精度測位システムの開発を2019年3月に内閣府から受託することとなった。高精度測位システムの開発においては、現状の4機体制で既に送信が始まっている測位信号の生成機器の開発に加え、7機体制構築時にユーザ測位精度を向上させるために、搭載機器として、新たに衛星間測距システムおよび衛星/地上間測距システムを開発し、地上検証システムにより、測位信号精度の大幅な向上に資する技術実証を行うものである。

**今年度は、測位ミッションパイロード(衛星間測距(ISR)、衛星/地上間測距(PRECT)、高安定時刻生成(TKU)等)および地上系の詳細設計を完了し製作試験および維持設計を進めた。搭載系については、5号機および6号機の測位ミッションパイロードの開発試験を完了し内閣府に納入した。**

ISRおよびPRECTの機器開発において、回路内で発生した電磁放射により性能劣化する事象をはじめとして**様々な技術課題が発生したが、設計変更だけでなく5号機から7号機のそれぞれに求められる特性の差を考慮した機器の割り当てや仕様配分の見直しの工夫などにより、測位精度および開発計画に影響のないよう開発を完遂**することができた。

また、地上検証システムの構成要素である**ミッション管制サブシステムおよび検証用監視局の開発試験を完了した。**将来測位システムの研究開発については、後継機の搭載候補である水素メーザ原子時計、及び窒化ガリウム(GaN)を用いた高効率電力増幅器(SSPA)の原理検証を完了し、エンジニアリングモデル(EM)試作試験に移行した(水素メーザ原子時計は、測位精度に影響する衛星時刻の安定度向上を、高効率電力増幅器は、従来の進行波管増幅器(TWTA)に比べて大幅な小型化、軽量化を実現する。)

#### 2. 高精度軌道時刻推定技術等に関する研究開発

(1) MADOCA (Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis) (\*1)高度化<補足2参照>: ユーザの測位精度に直結するGNSSの軌道及び時刻の推定精度を改善するために、昨年度の成果である衛星の物理モデルを取り込んだ初号機後継機の精密軌道推定を、準天頂衛星システム他号機や、他GNSSにも適用を拡げ、下記に示す主要な成果を得た。定常的なプロダクトとして精密暦(\*2)公開を行っている。

a. 欧州宇宙機関(ESA)/欧州宇宙運用センター(ESOC)との共同研究での双方の**太陽光輻射圧、地球輻射、アンテナ放射圧などの衛星物理モデル導入や経験的加速度推定評価結果を比較、モデルの改良を重ねることにより、準天頂衛星の軌道推定値と衛星レーザ測距(SLR)観測値とのの平均値からのバラつき(標準偏差(STD))を、2号機は6.3cmから5.5cm、4号機は6.2cmから5.4cm、静止軌道の3号機が8.7cmから5.3cmまで向上させることに成功した。準天頂衛星を含むGNSSを利用した精密単独測位(PPP: Precise Point Positioning)の精度向上に貢献。**

b. 国土地理院と連携し、国際GNSS事業(IGS: International GNSS Service) (\*3)の解析センター機能の国内設置を目指した活動を継続した。上述の**地球輻射、アンテナ放射圧などの衛星物理モデルの導入や、解析条件の見直しを行った結果、IGS解析センターが提供する精密暦との整合性(3次元位置の差のバラつき(RMS))が、GPSでは2.5cmから2.1cm、Galileoでは5.0cmから3.2cmとなり、各国の解析センターと同程度の性能まで改善したことを確認した。また、基準局座標値のプロダクトについても、IGSの公式プロダクトとして受け入れ可能な性能に近づいているというIGSからの評価を得た。PPPの精度向上に貢献するとともに、IGS解析センターへの参入の目途を得ることが出来た。**

## 【評定理由・根拠】（続き）

- (2) 低周回衛星 + QZSS同時推定による高精度化 <補足3参照> : 低軌道衛星を「動く監視局」として利用することにより、準天頂衛星の軌道時刻推定精度を改善させる検討を行った。FY2022は、より現実的な環境（低軌道衛星が被る大気抵抗モデル誤差やGNSS受信機のノイズ特性）でのシミュレーションを行い、低軌道衛星に対する要求仕様を明らかにした。また、J-SPARC共創で開発されたSONY/東京大学の超小型衛星で取得したGNSS観測データを用いた原理実証の準備を進めており、次年度に実観測データを用いた評価を計画している。
- (3) 軌道上精密単独測位(PPP in Space) <補足4参照> : 低軌道衛星の軌道ダイナミクス及び複数GNSSの観測データ及び搬送波位相のアンビギュイティを解決するPPP-AR (Ambiguity Resolution) (\*4)技術を用いたアルゴリズムの検討を実施。これらの手法及びデータを適用することにより、**低軌道上のPPP-ARにおいてリアルタイム相当の精密暦を用いた場合、6 cm程度（3D-RMS）の測位精度（※最終暦を用いた場合は、4 cm以下）を達成した。内閣府の宇宙開発利用加速化戦略プログラムに文部科学省から提案され、災害発生時の衛星画像提供の短縮につながる技術であることが評価され採択された。**

### 3. 測位利用ビジネス・MADOCAの実利用の推進

空飛ぶクルマでのMADOCA-PPPの利用実現に向け、エアバスとMOU/NDAを締結し、大阪府が進める「**令和4年度 空飛ぶクルマ都市型ビジネス創造都市推進事業補助金**」に応募し採択された。2022年11月に空飛ぶクルマの候補飛行ルートで実験を行い、RTK (Real Time Kinematic) 解をリファレンスとした場合に、20cm (3D-RMS) 程度の精度でMADOCA-PPPに基づく測位が行えることを確認した。次年度は、アンテナを最適な位置に搭載して飛行実験を行うことにより、更なる測位精度向上、収束時間の短縮やインテグリティ（信頼性）向上に向けた検討を進める計画である。

内閣府のMADOCA-PPP事業を受託したライトハウステクノロジー・アンド・コンサルティング（株）（LHTC社）が、24年度のサービス開始に向けて、初期収束時間短縮のための電離層補正情報生成システムを開発中である一方でグローバル測位サービス（株）（GPAS社）が、事業化を断念、出口戦略の一部見直しを検討中である。

### 4. その他

- (1) 光周波数コムを用いた周波数基準の研究開発 <補足5参照>

測位衛星の周波数基準に用いる光周波数コムを用いた周波数基準の試作評価において、研究室モデルで目標精度である安定度 $10^{-15}$ 台の達成見込みを得た。また、内閣府の宇宙開発利用加速化戦略プログラムに文部科学省から提案され、**衛星測位のキー技術の自在性確保、性能向上につながる研究開発として戦略プロジェクトのひとつに選定された。衛星搭載機器として $10^{-15}$ 台の安定性が得られれば、クロック誤差に起因する測距誤差10.8cmを1.08cmに改善することができ、当該周波数基準を搭載した衛星からの信号を用いた測位精度の改善に寄与することとなる。**

太陽放射圧計測用の高精度加速度計地上試作機を完成させ、 $10^{-12}$ m/Hz<sup>1/2</sup>の変位計測精度を確認した。また、**Three-channel correlation analysis法を用いる事で、地上でのノイズを最大1000倍低減できることを実証し、地上でも $10^{-7}$ m/s<sup>2</sup>/Hz<sup>1/2</sup>の環境下であれば、目標精度の $10^{-10}$  m/s<sup>2</sup>/Hz<sup>1/2</sup>台を確認可能であることを示した。衛星搭載機器として同じ性能が得られれば、非重力外乱を直接計測することが可能になり、衛星軌道クロック推定精度の向上に寄与することとなる。**

- (2) 月測位衛星システムの検討と内閣府宇宙開発利用加速化戦略プログラム（月測位・通信技術技術）への採択

国際宇宙探査センターと実施している月測位衛星システム（Lunar Navigation Satellite System, LNSS）の実証ミッションの概念検討を行い、委託先であるアークエッジ社とMELCO社の最終成果報告会をそれぞれ2月末に完了。並行して国際調整を実施し、ESA・NASAと将来の協力に向けたStudy Agreementの締結に着手。

なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

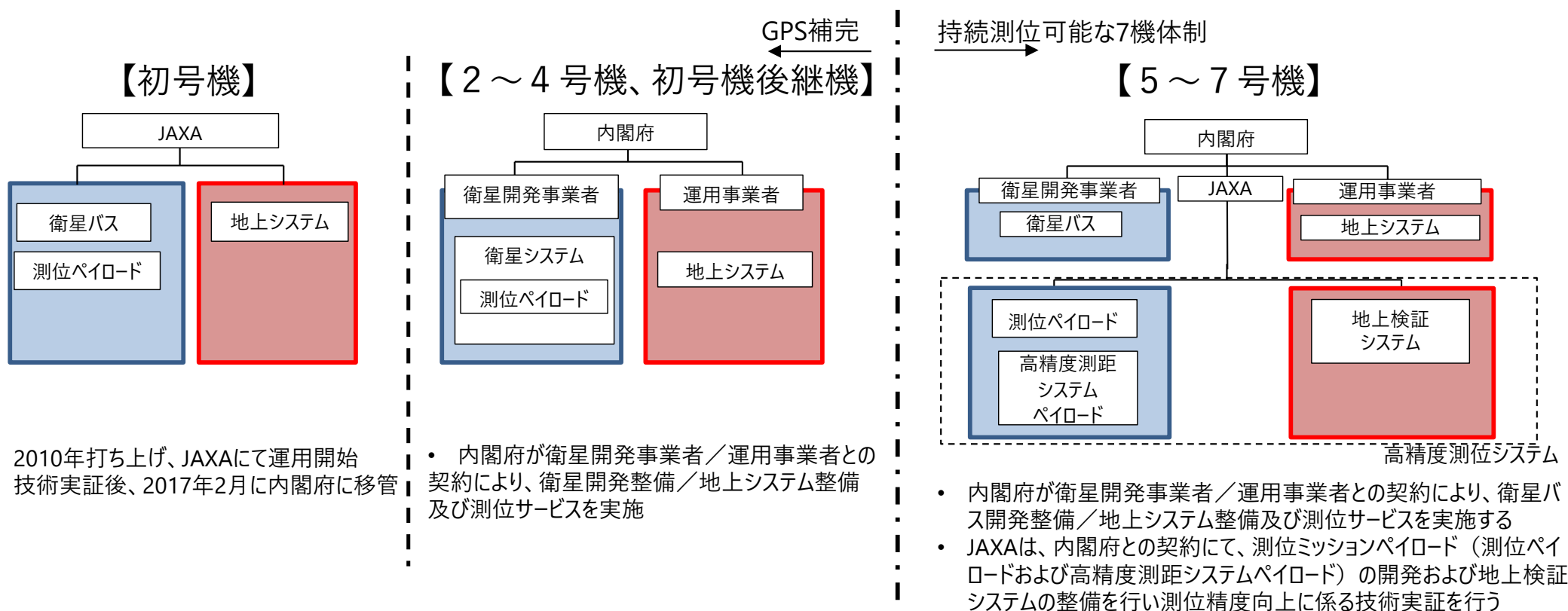
### 【評定理由・根拠】（続き：用語解説）

- (\*1) MADOCA(Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis)：JAXAで開発した測位衛星の軌道等を高精度に推定するツール。「みちびき」、アメリカの「GPS」やロシアの「GLONASS」に対応しており、欧州の「Galileo」等への対応に取り組んでいる。
- (\*2) 精密暦：GNSSにおける暦とは時系列の衛星の位置、搭載原子時計の基準時系からのオフセット（進み遅れ）のデータセットのこと。精密暦とは、世界中に分散配置された100局以上の観測局で受信されたGNSSの観測データを用いて後処理解析によって求められた、数cm（GPS）から数10cm（QZSSなどの新しい衛星群）の精度のデータセットを示し、公開までの時間遅れによって、超速報暦、速報暦、最終暦と呼ばれる暦がある。
- (\*3) IGS：International GNSS Serviceの略。測位衛星の高精度軌道時刻情報を提供することを目的としたボランティアな国際機関。
- (\*4) PPP-AR：Precise Point Positioning- Ambiguity Resolutionの略。アンビグイティとは、搬送波位相（電波の1波長分のサイクル数）の整数解をもとめる単独搬送波位相測位方式のこと。サイクル数の整数解を求めないPPPに比べて精度が向上する（PPPが10cm程度のリアルタイム誤差を有するのに比して、アンビグイティを解くことによって数cmオーダーの精度が得られる）。

## 評定理由・根拠（補足）

### 1. 準天頂衛星システム事業の経緯等について

- ・2010年9月：JAXAが中心となって開発した**初号機が打ち上げられ、JAXAによる運用を開始。**
- ・2011年9月、2017年2月：「**实用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方**」（平成23年9月30日 閣議決定）」により、**4機体制整備以降の開発・整備・運用については、初号機の成果を活用しつつ内閣府が実施することとなり、技術実証完了後の2017年2月に初号機を内閣府に移管。**
- ・2017年度：内閣府は、**2号機～4号機を打ち上げつつ(2017年6～10月)、7機体制構築に向け、5～7号機の開発・整備に着手し、この中で、JAXAの初号機開発や次世代測位技術開発を通じた経験・知見による積極的な関与が期待され、JAXAは5～7号機の開発の一部（測位ミッションペイロード等を含む高精度測位システムの開発）を実施することとなった。**
- ・2018年11月～：**内閣府が4機体制の衛星測位サービスを実施。**
- ・2021年10月：**初号機後継機打上げ。なお、後継機打上げが遅れた中、初号機は設計寿命である10年を超えてサービス提供を継続することで、实用準天頂衛星サービスの安定的提供や事業継続に大きく貢献した。**

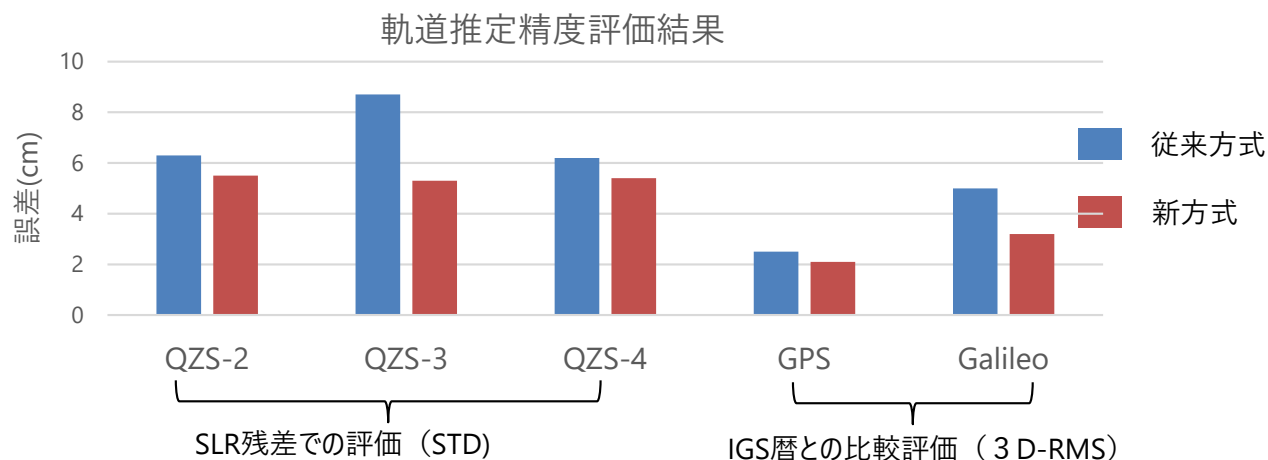
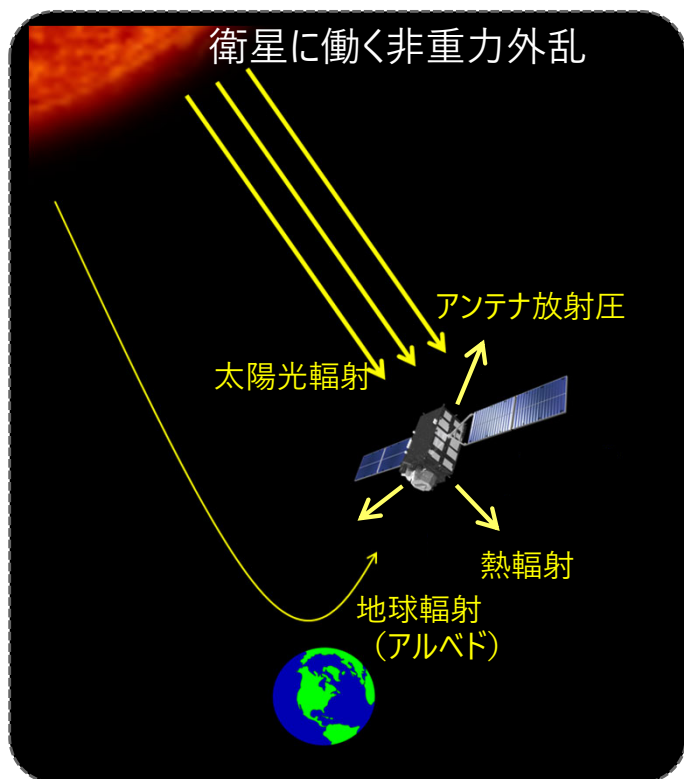


## 評定理由・根拠（補足）

### 2. MADOCA高度化：衛星物理モデル+経験的加速度推定のハイブリッド方式による精密軌道推定精度向上

**背景・課題：**MADOCAによる準天頂衛星の精密軌道推定においては、昨年度物理特性を考慮した太陽輻射圧(SRP)モデルを取り入れた結果、打上げ後早期に高精度な精密推定が可能であることを検証した。新方式の軌道推定手法では、物理モデルによって表現できていない加速度を推定パラメータとして推定している（経験的加速度推定）が、この方式では正確に推定できない加速度成分が系統的な誤差として残っていた。

**アウトプット：**衛星に働く外乱モデルとして、太陽光輻射圧、熱輻射に加えて地球輻射(アルベド)、アンテナ放射圧などの物理モデルを加えることにより、軌道クロック推定精度向上を図った。ESA/ESOCとの共同研究での双方の太陽光輻射圧、地球輻射、アンテナ放射圧などの衛星物理モデル導入や経験的加速度推定評価結果を比較、モデルの改良を重ねることにより、準天頂衛星の軌道推定値と衛星レーザ測距(SLR)観測値との残差の平均値からのバラつき(標準偏差(STD))を、2号機は6.3cmから5.5cm、4号機は6.2cmから5.4cm、静止軌道の3号機が8.7cmから5.3cmまで向上させることに成功した。さらに同様の物理モデル改良をGPS、GLONASS、Galileo衛星群にも適用した結果、国際GNSS事業 (IGS:International GNSS Service)の提供する精密暦との整合性(三次元位置の差のバラつき(3D-RMS))が、GPSでは2.5cmから2.1cm、Galileoでは5.0cmから3.2cmとなり、各国の解析センターと同程度の性能まで改善したことを確認した。



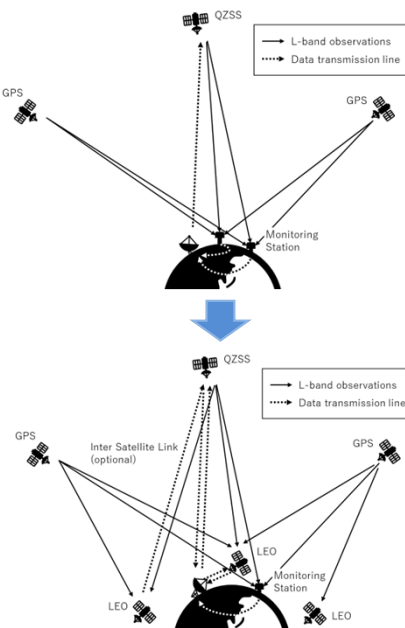
**期待されるアウトカム：**実証された新方式の軌道推定方式を、実用準天頂衛星の軌道推定ソフトウェアに適用すれば、初期の軌道推定ソフトのパラメータチューニング期間を低減し、サービス提供可能期間を拡充することが可能になり、運用性の改善に大きく寄与、精密測位ユーザ利用可能な精度の軌道暦提供が可能となり精密測位利用の拡大に寄与する。また、国土地理院とJAXAが連携してIGS解析センターに参画することにより、海外に依存することなく、みちびきを含むGNSS衛星の軌道情報、基準局の位置情報を日本が自立して安定生成できる体制を確立し、国土のどこでも安定して測位が行える環境が実現する。

## 評定理由・根拠（補足）

### 3. 低周回衛星 + QZSS同時推定による高精度化

**背景・課題：**既存の衛星測位システムでは、測位衛星の軌道とクロックを世界中に広く分散配置した監視局における観測データを基に推定を行っているが、軌道高度が高い準天頂衛星や静止軌道衛星では、地表からの観測では衛星と観測局間の距離や、視線方向の変化が小さいため、衛星の軌道クロック推定精度の劣化が生じやすいという課題がある。

**アウトプット：**低軌道衛星を動く監視局として利用することにより、準天頂衛星の軌道時刻推定精度を改善させる検討を行った。21年度に数値シミュレーションの結果、数機の低軌道衛星搭載QZSS受信データを用いることで、軌道時刻精度に起因する誤差を既存システムに対して半減できることを明らかにした。22年度は、より現実的な環境（低軌道衛星が被る大気抵抗モデル誤差やGNSS受信機のノイズ特性）でのシミュレーションを行い、低軌道衛星に対する要求仕様を明らかにすると共に、地上システム効率化の効果を確認。

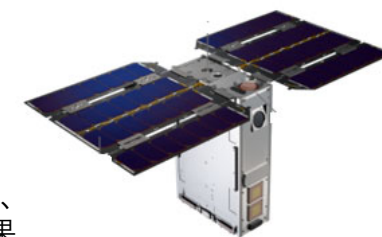
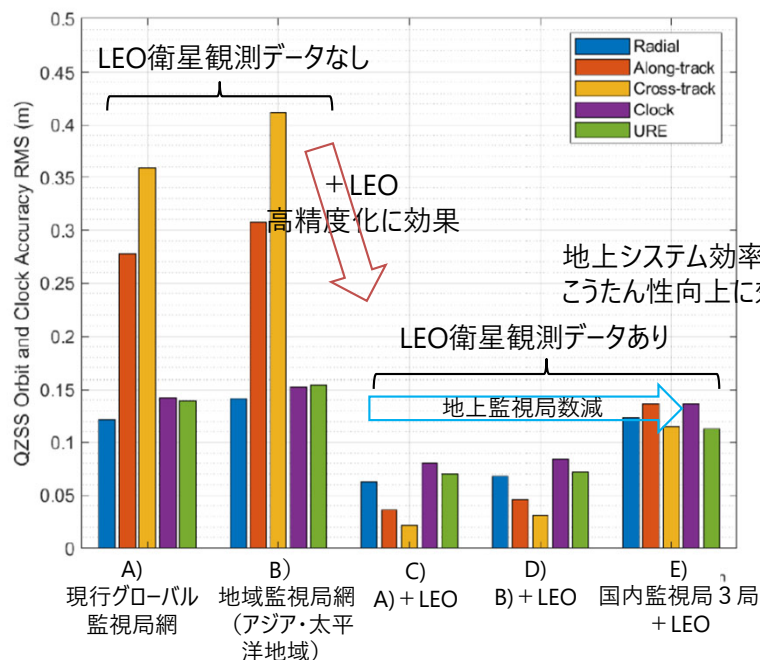


**【従来システム】**  
世界中に分散配置した監視局網で収集した観測データを用いてQZSS・GPSの軌道クロックを推定

解析に用いた低軌道衛星の諸条件  
コンステ：最大6機（3機×2軌道面）  
軌道高度：1,000 km、軌道傾斜角：70度  
搭載GNSS受信機：GPS+QZSS（二周波）

**【提案するシステム】**  
地上の監視局に加えて、低軌道衛星群に搭載したGNSS受信機の観測データを加えてQZSS・GPSの軌道クロックを推定

擬似観測データを用いた数値シミュレーション結果



<https://starsphere.sony.com/ja/artificial-satellite/>

23年度はSony、東京大学との共同研究により、2022年に打ち上げられた“Eye”搭載のGNSS受信機観測データを用いた実データによる評価を実施予定

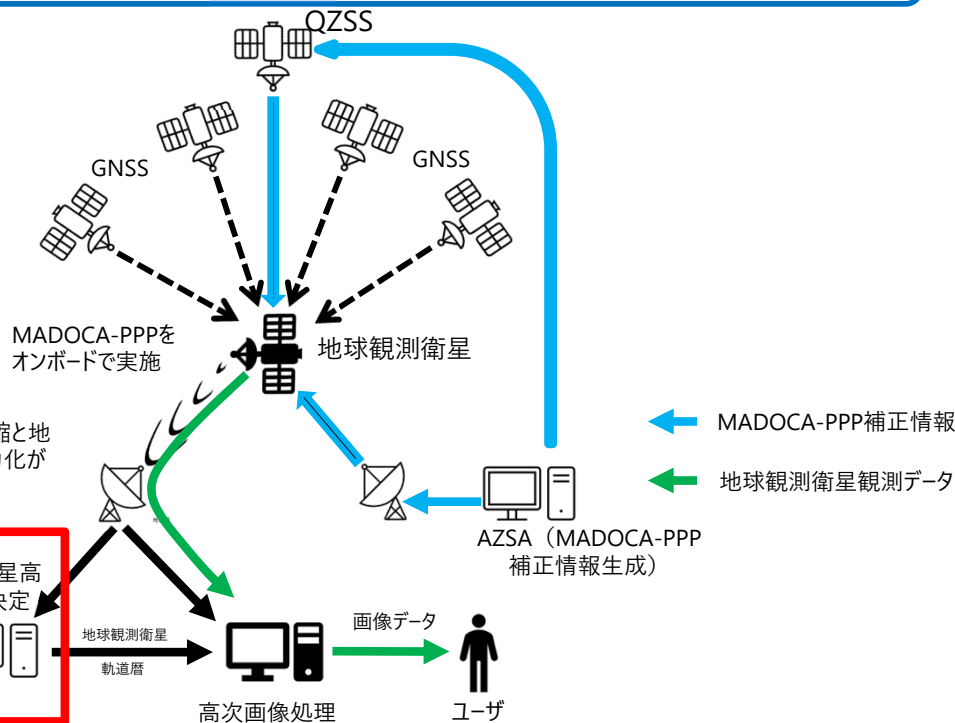
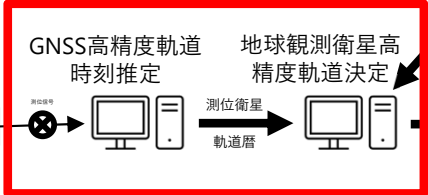
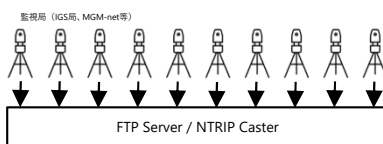
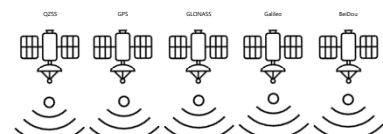
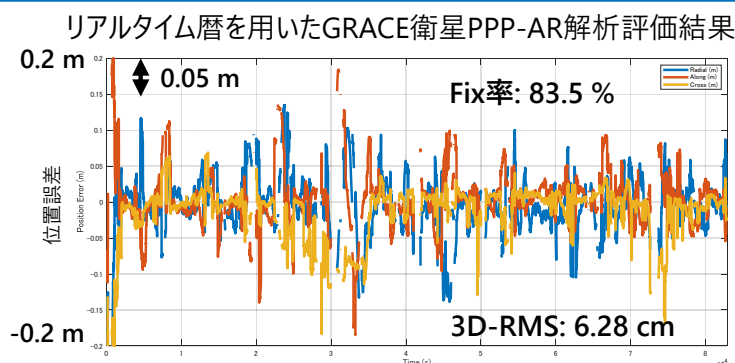
**期待されるアウトカム：**本手法は、準天頂衛星の測位ペイロードに新たな機能を追加することなく、衛星の軌道時刻推定精度を改善できるという特徴がある。本手法を将来の準天頂衛星システムに取り入れることにより、衛星間測距装置や、衛星-地上間測距装置による高精度化と独立した手段で、実用システムの精度向上に貢献できる。また、低軌道衛星を動く監視局として利用することで、海外に設置している監視局の代替が可能になるため、海外の監視局数を削減することができる。海外監視局は、整備・運用費が高いうえ、セキュリティ面や災害時の通信途絶リスクが高いため、本手法は実用システムの運用性やこうたん性の改善に大きく貢献する。

評定理由・根拠 (補足)

### 4. 軌道上精密単独測位(PPP in Space)

**背景・課題：**高分解能センサを搭載している地球観測衛星は、画像処理のために「高精度軌道暦」が必要であるが、「高精度軌道暦」の生成には要求される暦の精度に応じて数時間から数日の処理時間が必要である。搬送波位相を用いた単独測位方式によりセンチメートル級の位置精度を得るPPP(Precise Point Positioning)方式は、近傍に基準点を必要とせず軌道上においてもリアルタイムで高精度な位置決定を実現する方式である。軌道上で常時PPP測位を可能とするには、軌道上での測位衛星の高精度軌道暦受信、軌道ダイナミクスや地上でのPPPと異なる環境下における演算処理アルゴリズムの開発が必要である。

**アウトプット：**低軌道衛星の軌道ダイナミクス、複数GNSSの観測データ及び搬送波位相のアンビグイティを解決するPPP-AR(Ambiguity Resolution)技術を用いたアルゴリズムの検討を実施。これらの手法及びデータを適用することにより、低軌道上のPPP-ARにおいてリアルタイム暦相当の精密暦を用いた場合、6 cm程度(3D-RMS)の測位精度(※最終暦を用いた場合は、4 cm以下)が実現できることを確認した。内閣府の宇宙開発利用加速化戦略プログラムに文部科学省から提案され、災害発生時の衛星画像データをユーザへ提供するまでの時間を短縮することにつながる技術であることが評価され戦略プロジェクトのひとつに選定された。



**期待されるアウトカム：**本技術の実現により、QZSS L6信号対応GNSS受信機を搭載した衛星が、自身の軌道を高精度、かつリアルタイムに計算することが可能になる。高分解能センサを搭載する地球観測衛星の軌道決定を地上システムで行うために必要なGNSS観測データ等のダウンリンクが不要となるため、全体システムの効率化や運用の省力化、プロダクト提供時間の短縮に繋がる。さらに、衛星オンボードで画像処理を行う技術と組み合わせることにより、軌道上でリアルタイムに鮮明な衛星画像データが生成可能となり、減災利用などにおける発災後の画像も直接ダウンリンクしてユーザに提供できるため、迅速な救難支援活動に寄与できる。

## 評定理由・根拠（補足）

### 5. 光周波数コムを用いた周波数基準の研究開発

**背景・課題：**測位誤差の要因の1つである衛星搭載時計の高精度化・高安定化は、各国の衛星測位システムで研究開発が継続して進められており、日本でも測位能力の維持・向上のためには必須の研究開発である。また、衛星搭載時計は現状では海外から調達していることから国産化も進めていく必要がある。

**アウトプット：**電気通信大学との共同研究のもと試作機（地上用モデル）の開発を進めた。ヨウ素安定化レーザーの地上用モデルの安定度測定を行い、目標精度である安定度 $10^{-15}$ 台の達成見込みを得た。また、本研究開発について内閣府の宇宙開発利用加速化戦略プログラムに文部科学省から提案され、衛星測位のキー技術の自在性確保、性能向上につながる研究開発として戦略プロジェクトのひとつに選定された。

測位衛星から送信される航法メッセージの  
時計の周波数安定度に起因する測距誤差（概算）

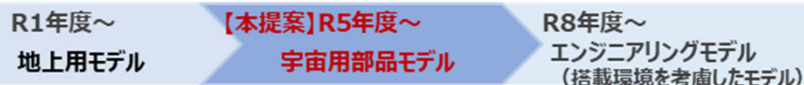
衛星搭載時計	周波数安定度	航法メッセージの更新頻度 (2時間)での測距誤差
Rb原子時計	$10^{-14}$ 台	10.8 cm
光周波数基準システム	$10^{-15}$ 台	1.08 cm

#### 宇宙開発利用加速化戦略プログラム

「高安定レーザーを用いた測位衛星搭載時計の基盤技術開発」

事業内容（初年度）

- ① 地上用モデルの性能評価、宇宙環境耐性評価
- ② 宇宙用部品のサーベイ
- ③ システム開発に向けた企業との協力体制の構築・実現性検討



安定度測定@情報通信研究機構  
赤枠がヨウ素安定化レーザー研究室モデル



**期待されるアウトカム：**衛星搭載機器として $10^{-15}$ 台の安定性が得られれば、クロック誤差に起因する測距誤差10.8cmを1.08cmに改善することができ、ユーザ測位精度の改善に寄与する。準天頂衛星後継機に搭載された場合、ユーザ測位精度・時刻配信精度が向上することにより、自動運転、津波や地殻変動の監視や時刻同期の分野など、様々なサービス・ビジネスへの応用が期待できる。宇宙分野での応用としては、重力波観測衛星や、高精度な地球観測（レーダー測距）衛星、月測位衛星への貢献が期待できるほか、地上の転用先としては、長さや周波数の高精度計量分野、環境モニタリングや産業ラインにおける高速・高精度計測分野などが考えられる。



## 財務及び人員に関する情報

項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	379,305	1,641,202	1,660,830	1,299,314	645,202		
決算額 (千円)	1,124,346	17,127,857	13,197,407	12,371,915	8,676,528		
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)	17	23	26	30	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。

### Ⅲ. 3. 2 海洋状況把握・早期警戒機能等

2022年度 自己評価

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>Ⅲ. 3. 2</p> <p>宇宙基本法の制定（平成20年）及びJAXA法の改正（平成24年）並びに新たな宇宙基本計画の策定（平成27年）を踏まえ、前中長期目標から新たにJAXAの事業の柱として掲げられた安全保障分野に係るこれまでの取組として、情報収集衛星に係る政府からの受託や、防衛装備庁との包括協定締結に基づく宇宙航空分野での研究協力及び双方向での人材交流の開始により、安全保障関係機関との緊密な連携体制を構築するに至った。今中長期目標期間においては、このような取組を更に発展させ、防衛省や海上保安庁をはじめとする政府の安全保障関係機関との連携を一層強化し、以下の取組により我が国の安全保障の確保に貢献する。</p>	<p>Ⅰ. 1. 2.</p> <p>防衛省や海上保安庁をはじめとする政府の安全保障関係機関と連携し、以下の取組により我が国の安全保障の確保に貢献する。</p>	<p>—</p>	<p>—</p>
<p>海洋状況把握について、政府の安全保障関係機関や海洋基本計画及び同計画の工程表の取組と連携し、先進的な地球観測衛星等の知見の提供により政府の検討を支援する。また、先進的な地球観測衛星や船舶に関する情報を衛星から取得するための船舶自動識別装置（AIS）、関連するデータ処理・解析技術について、船舶検出率を向上させる研究開発及び衛星データ利用の推進を行うとともに、先進レーダ衛星（ALOS-4）での協調観測により船舶の航行状況をより正確に把握する技術を実証する。</p>	<p>海洋状況把握について、政府の安全保障関係機関や海洋基本計画及び同計画の工程表の取組と連携し、衛星観測データの迅速かつ安定的な提供を継続するとともに、衛星観測情報が活用されるための技術協力及びこれに必要な技術研究を行う。</p>	<p>政府の安全保障関係機関に対して、JAXAの各種衛星観測データ（合成開口レーダ（SAR）、船舶自動識別装置（AIS）、地球観測データ）を迅速かつ安定的に提供した。2022年度は国際協力による海外衛星観測データのユーザへの提供を開始、衛星観測頻度が向上した。また衛星データ利用に関する研修の実施や、衛星画像解析マニュアルの提供を行うなどの協力を行い、これまで利用のなかった安全保障機関でのSARデータの利用が開始された。</p> <p>日本周辺海域のAIS信号の衛星受信が困難な海域での受信性能を改善するSPAISE3（ALOS-4搭載予定）の開発も着実に進めた。</p>	<p>JAXAの衛星データが日本周辺海域の人為的・自然環境的脅威に対し、日々の安全保障関係機関の業務に貢献した。衛星データの有効性を示すことができ、安全保障関係機関との連携が一層強化され、我が国の海洋状況把握(MDA)能力の向上、安全保障の確保に貢献した。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
	<p>国の海洋状況表示システム（海しる）を運用する海上保安庁に衛星データ提供を継続するとともに、衛星データ（水温、クロロフィル等）の利用に関する知見の提供や、海上保安庁からのフィードバックに対応しつつ、提供データがより有効に海しる利用者に利活用されるための協力を行う。</p>	<p>各種衛星データの提供を着実に継続した他、衛星データの利用、解析手法(複合的なデータ利用等)を研究し、成果を提供した。</p>	<p>JAXAの各種衛星データが海しるに導入されたことで、海洋に係る幅広い利用者に継続的に貢献できる。</p>
	<p>また、先進光学衛星（以下「ALOS-3」という。）や先進レーダ衛星（以下「ALOS-4」という。）の海洋状況把握に関する利活用について、令和3年度での検討において安全保障機関等からのニーズの大きかった利用分野を中心に、事前検証および利用に関する準備を進める。</p>	<p>ALOS-3, ALOS-4のデータ提供及びその利活用案を安全保障機関に提案し、利用協定等の締結準備を行いながら、利用に関する調整を進めている。既存の光学衛星データを用いた活用法について解析結果を提供したことにより、ALOS-3と同等の観測性能を有する光学衛星が有効であるという評価が得られた。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p>
	<p>また、衛星による船舶動静把握に有効なレーダ衛星観測及び船舶自動識別装置（AIS）信号受信の関連技術及びその他の地球観測衛星等データとの複合利用技術の向上を行う。昨年度に抽出したレーダ画像の船舶分析上の課題に対し、具体的な対策を検証する。加えて、機械学習による船舶分析技術を安全保障機関に提供し、同機関と連携した有効性評価を実施する。</p>	<p>これまでに開発を進めてきたSAR、AISを始めとする衛星によるMDAに効果的・効率的に衛星画像を利用するための解析マニュアルを作成し、安全保障関連の政府機関に提供した。また、機械学習技術を用いてレーダ衛星（ALOS-2）画像からタイムリーに船舶分析を行う技術の有効性評価を行った。</p>	<p>日本周辺海域の様々な脅威に対し必要な情報が増える中、衛星データの正確かつ迅速な分析が望まれるところ、解析マニュアルにより継続的及び効率的な衛星画像の利用を行うことが出来、我が国のMDA能力の向上、安全保障確保に貢献している。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
	<p>ALOS-4 に搭載予定の AIS 装置（SPAISE3）について、データ提供開始後の利用計画や観測域等を安全保障機関と調整する。</p>	<p>SPAISE3のデータ提供及びその利活用案を安全保障機関に提案し、利用協定等の締結準備を行いながら、利用に関する調整を進めている。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p>
<p>早期警戒機能等について、政府の安全保障関係機関と連携し、政府が行う赤外線センサの宇宙空間での実証研究を支援するため、先進光学衛星（ALOS-3）への赤外線センサの相乗り搭載に対応するとともに、我が国の早期警戒能力の確保に向けた小型衛星コンステレーションについての米国との連携を含む今後の政府の検討を踏まえ、政府の求めに応じて、将来必要となる要素技術に係る研究開発等を推進する。</p>	<p>早期警戒機能等について、政府の安全保障関係機関と連携し、政府が行う赤外線センサの宇宙空間での実証研究を支援するため、防衛装備庁からの受託により開発した2波長赤外線センサのALOS-3への搭載に対応するとともに、我が国の早期警戒能力の確保に向けた小型衛星コンステレーションについての米国との連携を含む今後の政府の検討を踏まえ、政府の求めに応じて、将来必要となる要素技術に係る研究開発等を推進する。</p>	<p>防衛装備庁からの受託により開発した、衛星搭載型2波長赤外線センサの軌道上チェックアウト計画の策定を含めた打上げ前の準備を完了した。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。ただし衛星喪失によりアウトカム創出に至らなかった。</p>
<p>政府の安全保障関係機関との連携を深め、将来的な安全保障分野での宇宙の利用ニーズを捉えた研究開発を推進する。</p>	<p>政府の安全保障機関との対話を進め、将来必要となる技術について関連機関との調整・検討を行う。</p>	<p>海面高度情報などを用いた海況予報に関して、海中水温・塩分推定のための、新たな機械学習手法を用いたデータ同化手法及びデータ予測手法を研究を実施し、特に、LLE（Locally Linear Embedding）解析を加えることにより、水温・塩分の再構築ができる（解析解が求まる）ようになった。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p>

**主な評価軸（評価の視点）、指標等**

<p><b>【多様な国益への貢献；安全保障の確保】</b></p> <p>○我が国の安全保障の確保に貢献する取組の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p>&lt;評価指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○安全保障の確保に係る取組の成果 (マネジメント等指標)</li> <li>○研究開発等の実施に係る事前検討の状況</li> <li>○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)</li> <li>○安全保障機関等の外部との連携・協力の状況</li> </ul> <p>&lt;モニタリング指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果 (例：データ提供数・達成解像度等)</li> <li>(マネジメント等指標)</li> <li>○安全保障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)</li> <li>○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）</li> </ul>
--	--

## 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）

#### 【評定理由・根拠】

我が国の周辺海域を取り巻く国際情勢が一層厳しさを増し、海洋権益が深刻な脅威・リスクにさらされている状況にあることに加え、海域火山噴火や赤潮の発生、さらに船舶事故による海洋汚染（フィリピン沖事故など）、海洋国家である我が国にとって脅威が増加する中、国の安全保障機関における衛星観測データの社会基盤への定着が進展し、利活用が更に進み、海洋状況把握(MDA)の能力向上が図られたことで、我が国の安全保障の確保に貢献する等、「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。

主な業務実績・成果は以下のとおり。

#### 1. 国の安全保障機関のMDA能力向上への貢献

JAXAの陸域観測技術衛星2号機「だいち2号」(ALOS-2)搭載合成開口レーダ(SAR)の観測データ、船舶自動識別装置(AIS)で取得した船舶情報等をはじめとした衛星データの提供、海洋モデルのデータを複合的に利用したデータの提供等を恒常的に行い、さらに利用技術支援も行うことにより、国の安全保障機関における海洋状況把握への衛星情報の利活用の定着、能力向上に貢献した。**2022年度は国際協力による海外衛星観測データのユーザへの提供を開始、衛星観測頻度が大幅に向上した。**

また衛星データ利用に関する研修の実施や、衛星画像解析マニュアル（3項参照）の提供を行うなどの協力を行ったことにより、**これまで利用のなかった安全保障機関でのSARデータの利用が開始された。**

#### 2. 政府における海洋情報の効果的な集約・共有・提供への貢献

海洋基本計画に基づき、海上保安庁(海洋情報部)が運用する「海洋状況表示システム(海しる)」(海洋に関する情報を一元化的に取り扱うシステム、2019年度から運用中)に対し引き続き地球観測衛星データの提供及び技術支援を実施した。

## 【評定理由・根拠】（続き）

### 3. 海洋状況把握（MDA）強化のための取組み（補足1参照）

- 衛星データの解析を専門としない安全保障機関の担当者が、衛星SARデータを利用できるようにするため、衛星画像解析マニュアル（主に船舶の解析）を作成し、関係する安全保障機関に提供した（衛星SARデータを用いた日々の海洋状況把握業務や、業務引継ぎに有効と評価されている）。
- ALOS-3のMDAへの活用に向けて、海外光学衛星データから作成したALOS-3模擬画像による光学衛星画像の有効性評価をユーザ候補省庁と進めた結果、ALOS-3相当の光学衛星画像が有効・有望であると評価され、ライセンス条件を含め、ALOS-3提供に向けた準備を進めたが、H3ロケットの打上げ失敗により衛星を喪失し、アウトカムの創出には至らなかった。
- GCOM-C等を用いて、我が国周辺で発生している赤潮について、流れ藻モニタ、内湾モニタを通じて、各県水産関係者への案内と要望のフィードバックを実施した。その中で、2021年9月に北海道太平洋沿岸で発生した赤潮について、2022年度に北海道立総合研究機構等によるクロロフィルa濃度を用いた赤潮形成に関する窒素量の評価に利用された。
- 2023年2月末に発生したフィリピン沖での油流出事故に対して、ALOS-2による緊急観測を行い、日本政府の国際緊急援助隊に油流出範囲の情報を提供し、援助隊の現地の活動に貢献した。本対応は、2020年に起きたモーリシャス沖の油流出事故の観測の知見をまとめたガイドラインを活用して、効果的に実施した。また国際災害チャータへもALOS-2画像を提供した。加えて、国際災害チャータに提供された欧州レーダ衛星及び光学衛星データの海上保安庁への提供も実施した。

### 4. 海域火山監視活動に対する衛星情報の提供（補足2参照）

- 我が国の海域火山活動評価のため、主に変色水を対象とした衛星観測データ分析を実施し、随時、気象庁や海上保安庁への情報提供を実施した。また、衛星による変色水解析技術向上のため、大学研究者や海上保安庁を交えた研究会を開始した。（Ⅲ.3.5 衛星リモートセンシングも参照）



評定理由・根拠（補足）

補足1：海洋状況把握（MDA）強化のための取組み

背景

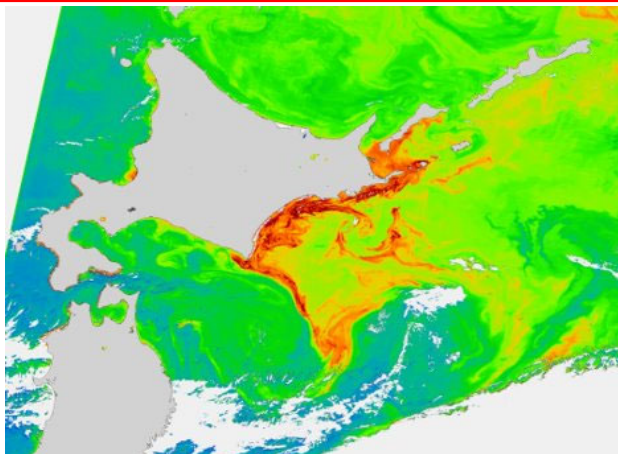
遠方であり他の手段による観測が困難な海域での海洋状況や災害（赤潮発生、油流出事故等）の監視に対し、ALOS-2による船舶や火山活動、新島形成、油流出状況の監視等、またGCOM-C等による発災前からの変色水、推移を観測し、その状況を海上保安庁等の現業機関に提供、連携することによって、海域監視活動に貢献する。

アウトプット：衛星による海域観測情報やその利用法の提供

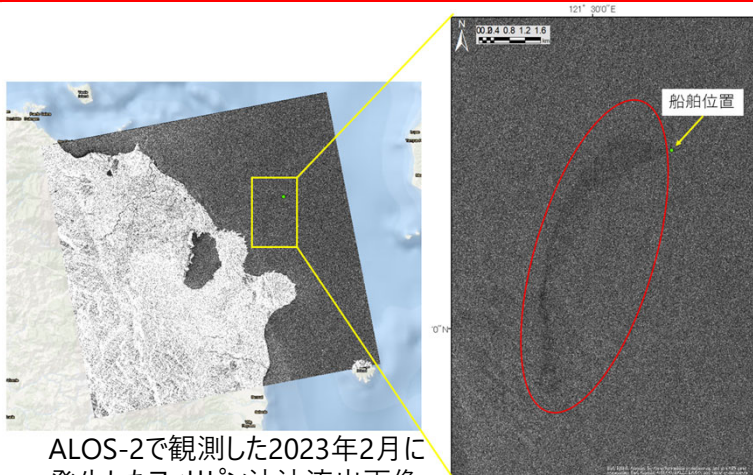
- GCOM-C等を用いて、我が国周辺で発生している赤潮について、流れ藻モニタ、内湾モニタを通じて、各県水産関係者への案内と要望のフィードバックを実施する中で、2021年9月に北海道太平洋沿岸で発生した赤潮について、2022年度に北海道立総合研究機構等によりクロロフィルa濃度を用いた赤潮被害に関する評価に利用された。
- 衛星データの解析を専門としない安全保障機関の担当者が、衛星SARデータを利用できるようにするため、衛星画像解析マニュアル（主に船舶の解析）を作成し、関係する安全保障機関に提供した。
- 2023年2月末に発生したフィリピンでの油流出事故に対して、ALOS-2による緊急観測を行った。日本政府の国際緊急援助隊にALOS-2観測画像による油流出情報を提供し、現地での援助隊による油防除活動に貢献した。本対応は、モーリシャス沖の油流出事故の観測の知見をまとめたガイドラインを活用し、効果的に実施された。本事故対応の結果も振り返り、ガイドラインの更新を行い、関連の事故対応能力の強化をはかる予定。

得られたアウトカム：海域における衛星データの実利用や事故対策への貢献

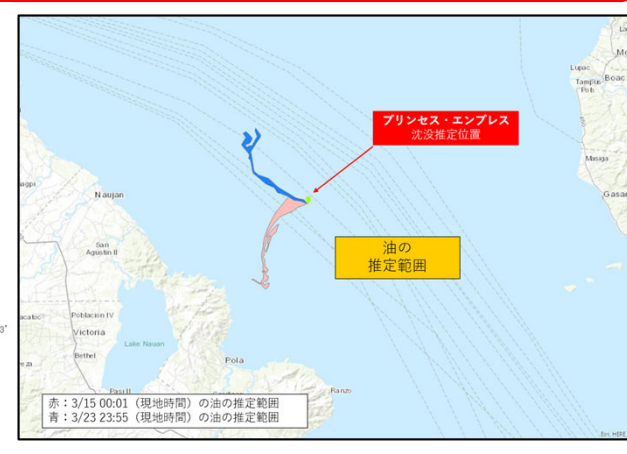
- これまで利用のなかった安全保障機関におけるSARデータの実利用が開始された。
- 油流出事故に対しては、現地の油除去活動等に迅速に活用され、我が国の緊急援助隊が協力するフィリピンの被害対策に貢献した。



GCOM-Cで観測した北海道太平洋沿岸で発生した赤潮



ALOS-2で観測した2023年2月に発生したフィリピン沖油流出画像



ALOS-2で観測したフィリピン沖油流出領域変化

評定理由・根拠 (補足)

補足2：海域火山監視活動に対する衛星情報の提供

背景

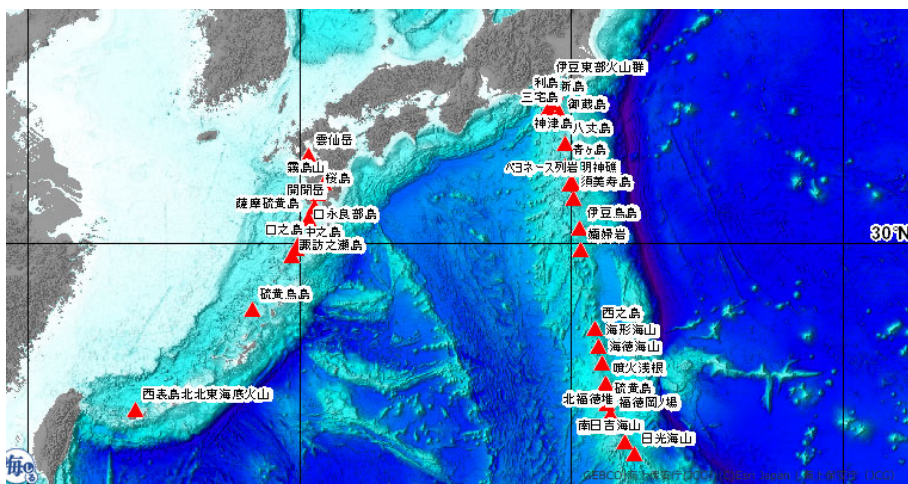
遠方の海域火山では、現地観測機器の設置が難しく、観測手段や頻度が限られる上、山体のほとんどが海面下のため、地殻変動把握の把握は限定的となる。そのため、これまでは海上保安庁による航空機観測にほぼ限られ、海域火山活動の監視や新島形成などの予兆を捉えることが困難であった。これに対し、GCOM-Cの可視赤外線観測により、遠方の海域火山も観測可能であり、連続的な海域火山監視活動が可能となる。

アウトプット：海域火山監視活動へのGCOM-C観測情報の提供

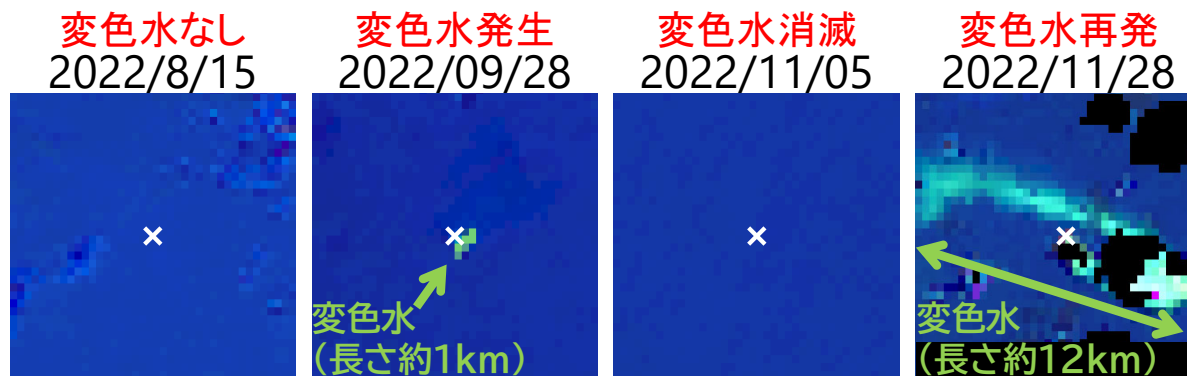
- ・ 気象庁、海上保安庁、および火山噴火予知連絡会衛星解析Gと議論を続け、GCOM-Cの可視赤外線データによる火山活動の監視技術の開発を進めてきた。その結果、気象庁、海上保安庁と火山観測の協力体制を構築でき、相手機関の火山モニタリングでは火山活動評価の一助としてGCOM-Cが活用されている。
- ・ 火山由来の変色水および熱異常について、火山噴火予知連絡会、海保、および気象庁へ継続的に情報提供を行っている。

得られたアウトカム：海域火山監視計画策定や船舶航行安全に貢献

- ・ 従来の温度異常による火山モニタに加えて、変色水による海域火山の予兆モニタを開始したことにより、**2022年度の福徳岡ノ場や西之島における海上保安庁による航空機観測計画策定（海域火山の調査ルート設定に活用）に迅速に活用された。**これにより、我が国の海域火山周辺の船舶航行安全に貢献した。



南方の海域火山の分布 (出典：海上保安庁)



小笠原の海底火山（海徳海山）の変色水の推移

白×印は海徳海山の位置を、緑矢印は変色水の位置または範囲を示す。2022年11月28日には、一度消滅していた変色水が再発したことを確認した。(黒い部分は雲による欠測を示す)

財務及び人員に関する情報 (※2)							
項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	27,580,952	16,334,610	29,425,096	28,005,421	25,332,558		
決算額 (千円)	27,852,134	21,245,487	24,952,566	35,047,445	29,019,706		
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)	191	189	185	190	196		

(※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。

(※2) 予算額、決算額、従事人員数は、それぞれ「III.3.2 海洋状況把握・早期警戒機能等」と「III.3.5 衛星リモートセンシング」の合計数。

### Ⅲ. 3. 3 宇宙状況把握

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
Ⅲ. 3. 3	Ⅰ. 1. 3.	-	
<p>人工衛星の確実な運用を行い、安全保障分野や民生利用分野における宇宙空間の持続的・安定的な利用の確保に貢献するため、宇宙状況把握（SSA）に関する研究開発等に次のとおり取り組む。</p>	<p>人工衛星の確実な運用を行い、安全保障分野や民生利用分野における宇宙空間の持続的・安定的な利用の確保に貢献するため、宇宙状況把握（以下、「SSA」という。）に関する研究開発等に次のとおり取り組む。</p>		
<p>スペース・デブリの増加等を踏まえた関係政府機関が一体となったSSA体制の構築に向け、JAXAのSSA関連施設の整備・運用及びスペース・デブリの観測技術及び接近・衝突回避技術の向上を目指した研究開発、並びに関係機関との人的交流やJAXAが有する技術や知見等の共有を含めた政府への技術支援を行う。また、継続的にスペース・デブリとの衝突を回避する運用を実施する。</p>	<p>スペース・デブリの増加等を踏まえた関係政府機関が一体となったSSA体制によるスペース・デブリ観測等の運用が令和5年度から開始となることに向けて、JAXAはSSAシステムの整備を計画通り令和3年度までに完了した。令和4年度は、当該システムとJAXAのSSAシステムと防衛省のSSAシステムを接続した試行運用を実施する。合わせて、関係機関との人的交流やJAXAが有する技術や知見等の共有を含めた政府への技術支援を行う。具体的には、防衛省システムとのインタフェースや防衛省・JAXA間の運用手順等に係る技術支援を行う。</p>	<p>&lt;プロジェクト&gt;</p> <p>(1) 2016年度から開発に着手し、2021年度に開発完了したJAXAのSSAシステムと、防衛省のSSAシステムと接続した試行運用を計画通り着実に実施した。</p> <p>(2) 2022年内には試行運用における所定の確認項目を全て完了し、当初2023年度開始予定だった実運用を、2023年3月16日から開始した。</p> <p>(3) 追跡ネットワーク技術センター軌道力学チームとの連携により、試行運用期間中に、JAXAとしてのデブリ接近警報、再突入予測情報提供等に関する運用確認を実施。2022年10月には旧システムからSSAシステムに移行し、上記の3月16日実運用開始をサポートした。</p> <p>(4) 防衛省による技術的追認の評価に対し、JAXAが有する技術や知見、データ提供等により積極的に支援を実施した。同時に、防衛省による運用試験に対し、JAXAが有する運用経験に基づく意見交換等を行い、防衛省-JAXA間の今後の運用協力に必要な取り決めの確立や運用手順書の整備に貢献した。</p>	<p>当初の計画通りにシステム整備を完了させ、かつ防衛省-JAXA間のシステムの接続を確立させたことは、並行して防衛省が米国側と実施している今後のSSAに関連する協議の後押しとなり、国際プレゼンスの向上の一役を担った。</p> <p>防衛省が試行運用として実施した技術的追認、運用試験に積極的に取り組み、防衛省側の技術評価や運用手順確立の支援を実施して、今後の政府によるSSA活動を技術で支える枠組みを更に強固なものとした。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
Ⅲ. 3. 3	Ⅰ. 1. 3.	-	
		<p data-bbox="1182 252 1585 284">&lt;プロジェクト&gt; -前頁からの続き</p> <p data-bbox="1182 331 1848 746">(5) 2016年から2022年4月まで、全77回の「防衛省-JAXA間SSA技術連絡会」を開催。両システム間のインタフェースに係る調整の他、多岐にわたる技術調整、JAXAにおけるSSA運用やSSAシステムの説明、意見交換等を実施した。当初数名で始まった会議も、最終回の頃には、毎回40名近い関係者が集った。このコミュニケーションを通じて、防衛省-JAXA間のチームワークは深まり、これ踏襲する形で、2022年4月から「SSA運用調整会」に移行した。今後、将来にわたって政府によるSSA活動を技術で支えるための基盤を構築した。</p>	<p data-bbox="1895 252 2152 555">防衛省SSAシステム整備に対し、JAXAのSSAシステムのアルゴリズムや設計情報、ソフトウェアを共有。防衛省SSAシステムの構築に、技術で貢献した。</p> <p data-bbox="1895 595 2152 1090">2022年12月に改定された防衛力整備計画に、宇宙空間の安全・安定利用等確保のための施策のひとつとして、「JAXA等との交流による人材育成を始めとした連携強化」が示されたように、防衛省からの派遣要員受け入れにより、人材育成にも寄与した。</p> <p data-bbox="1895 1137 2152 1433">JAXAのSSAシステムについては、国連宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）等で既に発表され広く認識されており、国際プレゼンスに貢献している。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
III. 3. 3	I. 1. 3.	-	
(続き)	<p>また、継続的にスペース・デブリとの衝突を回避する運用を実施するとともに、スペース・デブリの観測技術及び接近・衝突回避技術の向上を目指し、要素技術である大気密度研究やデブリ接近回避計画立案支援ツール開発・改良並びに国際的に過渡期にあるSSA分野対応等について政府へ現場実績を生かした支援を行う。</p>	<p>継続的にスペース・デブリの観測、及び衝突回避制御支援を実施した。</p> <p>スペース・デブリの観測技術及び接近・衝突回避技術の向上を目指した研究開発では、</p> <p>(1)JAXAが開発し2021年に公開したデブリ接近回避計画作成ツール「RABBIT」をバージョンアップした(公開は2023年度に実施予定)。現在、国内外44機関が使用しており(昨年度は40機関)、特に、東南アジア諸国、国内民間衛星で利用されている。海外宇宙機関へのオンライン講習を実施し、講師としての出張依頼を受けるようになった。</p> <p>(2)デブリ衝突リスクを正しく把握するために必要となる超高層大気密度モデリングでは、将来の大気密度を予測する研究を進め、従来の軌道システムより最大で57%(2021年度の解析では26%)の精度向上に成功した。実運用に向けたプロトタイプを構築し、日々、現運用システム以上の性能が出る事を確認中。</p> <p>(3) 全天自動サーベイ技術獲得では、2021年度に成功した「天文写真からのデブリ自動識別」の次のステップとして2022年度は「暗い、小さいデブリ」の検出技術を獲得した。その際、レーダ信号処理技術を画像処理に応用した。</p> <p>(4) 危機管理業務として、H2A 28号機(2022年11月2日), H2A 27号機(2022年12月1日)の再突入情報の収集・分析と関係者への連絡業務を実施した。</p>	<p>計画に基づき着実に実施。</p> <p>デブリ接近回避計画作成ツール「RABBIT」が国際的に普及しつつある。</p>

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
Ⅲ. 3. 3	Ⅰ. 1. 3.	-	
(続き)	<p>政府からの宇宙状況監視衛星関連の受託に基づく事業を、先端的な研究開発の能力を活かし、必要な体制を確立して着実に実施する。</p>	<p>政府からの宇宙状況監視衛星関連の受託に基づく事業を、先端的な研究開発の能力を活かし、必要な体制を確立して着実に実施した。</p> <p>2022年度は、我が国初の宇宙状況監視ミッションの実現に向けてプロジェクトを発足するとともに、2026年度までの打上げが重要視される中、防衛省との対話を通じて綿密な要求分析を行い、静止軌道帯における宇宙物体の監視や機動運用等、これまでにないミッションを実現可能な設計解を見出し、高い評価を得て基本設計書の納入を完了した。また、将来の複数機運用に関する調査研究の実施を含め、政府の取組を着実に支援した。</p> <p>加えて、防衛省との宇宙状況把握分野における協定のもと、新たに宇宙状況監視衛星システムに関する付属書を締結し、航空自衛隊から初号機プロジェクトへの要員派遣を受け入れる等、幹部レベルから実務レベルに至る緊密な連携体制を構築した。</p>	<p>宇宙基本計画における「宇宙空間の持続的かつ安定的な利用の確保」、防衛3文書における宇宙の安全保障に関する「JAXAとの連携強化」に貢献。</p>

主な評価軸（評価の視点）、指標等

<p>【多様な国益への貢献；安全保障の確保】</p> <p>○我が国の安全保障の確保に貢献する取組の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p>&lt;評価指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○安全保障の確保に係る取組の成果 (マネジメント等指標)</li> <li>○研究開発等の実施に係る事前検討の状況</li> <li>○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)</li> <li>○安全保障機関等の外部との連携・協力の状況</li> </ul> <p>&lt;モニタリング指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果 (例：データ提供数・達成解像度等)</li> <li>(マネジメント等指標)</li> <li>○安全保障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)</li> <li>○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）</li> </ul>
---	--



## 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

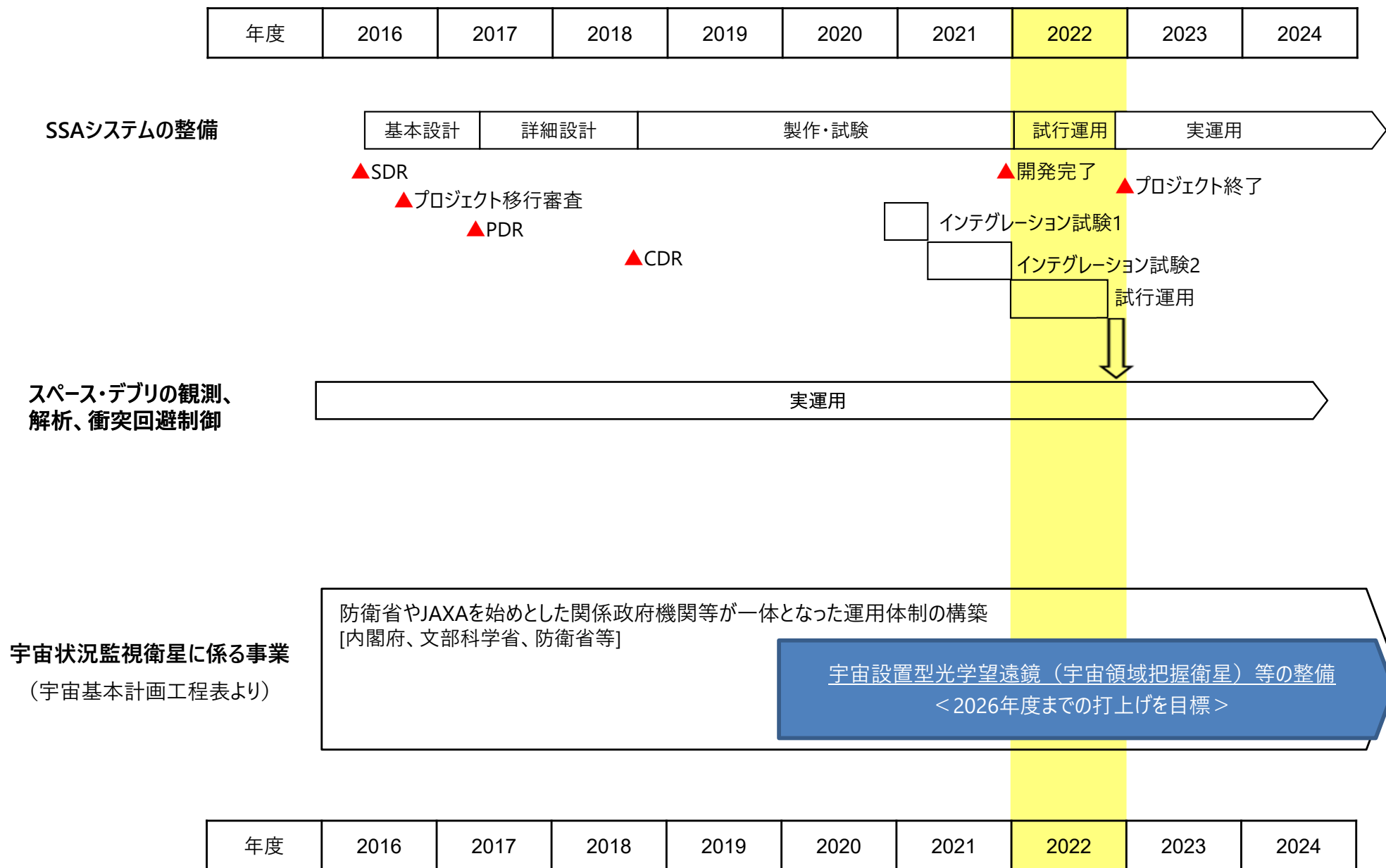
（例：学生受入数、人材交流の状況等）

○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



#### 【評定理由・根拠】

人工衛星の運用を確実にいき、安全保障分野や民生利用分野における宇宙空間の持続的・安定的な利用を確保するための国の政策に対応した組織体制の構築に貢献すべく、地上からスペースデブリの観測等を行う宇宙状況把握（SSA）システムの整備を行い、その試行運用を確実に完了させた。また、我が国初の宇宙状況監視衛星の基本設計を確実に完了させるとともに、航空自衛隊から新たな要員派遣を受け入れて一層の連携強化を図った他、様々なツール等を用いた宇宙状況把握（SSA）に関する研究開発等にも取り組んだ。これらにより政府のSSAシステムの整備に貢献するとともに「研究開発成果の最大化」に向けて特に顕著な成果の創出があったと評価する。主な業務実績・成果は以下のとおり。

#### 1. SSAプロジェクト

スペース・デブリの増加等を踏まえ、関係政府機関が一体となった SSA 体制によるスペース・デブリ観測等の運用が2023年から開始されることに向けて、JAXAではSSAシステム(地上)の整備を2016年度から開始し、防衛省側のシステムと足並みをそろえて整備してきた。計画通り2021年度までに、レーダー・光学望遠鏡・解析システムからなるJAXA側システムの開発を完了した。これを受け、2022年度は、当該システムと防衛省のSSAシステムを接続した試行運用を実施し、計画通り完了した。

試行運用においては、同期間に防衛省が実施する技術的追認の評価に対し、JAXAが有する技術や知見、データ提供等により積極的に支援を実施した。同時に、防衛省による運用試験に対し、JAXAが有する運用経験に基づく意見交換等を行い、防衛省・JAXA間の今後の運用協力に必要な取り決めの確立や運用手順書の整備に貢献。2023年からの運用開始を確実に迎える準備を整えた。

プロジェクトによるシステム整備に係る**フルサクセス、エクストラサクセス（補足1）の達成**に加え、プロジェクトによる主な成果は以下の通り。

- ① FY2022の試行運用においては、防衛省が実施する運用試験、技術的追認を積極的に支援し、防衛省側の運用手順確立や技術評価の支援を実施して、**今後の政府によるSSA活動を技術で支える枠組みを更に強固なものとした。**
- ② 2022年内には試行運用における所定の確認項目を全て完了した。併せて追跡ネットワーク技術センター軌道力学チームとの連携により、JAXAとしてのデブリ接近警報、再突入予測情報提供等に関する運用試験を実施。**2022年10月には旧システムからSSAシステムに移行し、当初2023年度から開始予定だった実運用を、2023年3月16日から開始させた。**
- ③ 当初の計画通りにシステム整備を完了させ、かつ防衛省-JAXA間のシステムの接続を確立させたことにより、別途**防衛省が米国側と実施している今後のSSAに関連する協議の後押しとなり、国際プレゼンスの向上の一役を担った。**
- ④ 2016年から2022年4月まで、全77回の防衛省-JAXA間SSA技術連絡会を開催。両システム間のインタフェースに係る調整の他、多岐にわたる技術調整、JAXAにおけるSSA運用やSSAシステムの説明、意見交換等を実施した。当初数名で始まった会議も、最終回の頃には、毎回40名近い関係者が集った。このコミュニケーションを通じて、**防衛省-JAXA間のチームワークは深まり**、これを踏襲する形で、2022年4月にSSA運用調整会を立ち上げた。**今後、将来にわたって政府によるSSA活動を技術で支えるための基盤を構築した。**
- ⑤ 防衛省SSAシステム整備に対し、JAXAのSSAシステムのアルゴリズムや設計情報、ソフトウェアを共有し、**防衛省SSAシステムの構築に技術で貢献した。**
- ⑥ 2022年12月に改定された防衛力整備計画に、宇宙空間の安全・安定利用等確保のための施策のひとつとして、**「JAXA等との交流による人材育成をはじめとした連携強化」が示された**ように、防衛省からの派遣要員受け入れにより、**人材育成にも寄与した。**
- ⑦ JAXAのSSAシステムについては、国連宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）や、その他海外機関等が参加するさまざまな場において既にプレゼンされており、その存在は広く認識されている。

【評定理由・根拠】 (続き)

2. 宇宙状況監視衛星に係る事業

政府からの受託に基づく事業を、先端的な研究開発の能力を活かし、必要な体制を確立して着実に実施し、以下の顕著な成果を得た。(補足2)

- ① 我が国初の宇宙状況監視ミッションの実現に向けてプロジェクトを発足するとともに、2026年度までの打上げが重要視される中、防衛省との対話を通じて綿密な要求分析を行い、静止軌道帯における宇宙物体の監視や機動運用等、これまでにないミッションを実現可能な設計解を見出し、高い評価を得て基本設計書の納入を完了した。また、将来の複数機運用に関する調査研究の実施を含め、政府の取組を着実に支援した。
- ② 防衛省との宇宙状況把握分野における協定のもと、新たに衛星システムに関する付属書を締結し、航空自衛隊からプロジェクトへの要員派遣を受け入れる等、幹部レベルから実務レベルに至る緊密な連携体制を構築した。

【評定理由・根拠】 (続き)

3. スペース・デブリの観測技術及び接近・衝突回避技術の向上を目指した研究開発

(1) 軌道上でのスペースデブリ衝突防止に向けた活動 ～ デブリ接近回避計画作成ツール(「RABBIT」)のユーザ拡大～

JAXAが開発した「デブリ接近回避計画作成ツール(「RABBIT」2021年3月公開)をバージョンアップした(計算速度向上、ユーザーインターフェースの改善等)。また希望するユーザへの操作講習を実施し人材育成にも注力した。

現在、国内外44機関(FY2021は40機関)で利用されている。特にインド宇宙研究機関 (ISRO)、タイLearning center for Earth Science and Astronomy (LESA)、フィリピン宇宙庁 (PhilSA) 等アジア諸国の宇宙機関および民間衛星事業者に利用されている。(補足3)

(2) 超高層大気密度モデリング (補足4)

スペースデブリの衝突予測精度等を上げるため、軌道予測の不確定さを生み出す大気抵抗(=大気密度)の予測精度向上を目指し、機械学習、データ同化、システム同定技術を取り入れた大気密度モデリングの研究を引き続き行った。これまでは大気密度を補正するために公開データのみを利用していたが、より高精度で高頻度に更新されるJAXA衛星軌道暦と米国から受信する接近情報を用いた大気密度補正アルゴリズムを構築した。さらに、実運用向け大気密度システムのプロトタイプを作成した。これらは、FY2023に整備完了を目指している次期軌道力学系システムの運用データを用いて評価を実施する予定である。

なお、**前年度(FY2021)に構築した大気密度予測アルゴリズムを太陽活動中間期・極大期に適用することで、現行の軌道力学運用で使用される大気密度モデルよりも5日後の大気密度値の予測誤差を最大57%程度改善することを確認した。**

JAXA衛星へのデブリ接近時に、JAXA内の判断基準で「要監視」とみなされる接近がFY2022(2月期時点)では478件発生したが、予測誤差が小さくなることにより約382件まで減らせた可能性がある(約2割減)。衝突の危険性が高い場合にのみ軌道制御を検討すればよく、衛星運用現場の負荷低減や衛星寿命の延長が期待できる。さらには、数日先の軌道をより正確に予測できるので予報値データの寿命が延び、通信用アンテナへ送付する予報値作成頻度を減らすことが可能となる。

(3) 全天自動サーベイ技術獲得 (補足5)

全天自動サーベイ技術(観測、搜索、位置推定)のうち、搜索法として「線分積分法」に着目し、外部の提案者の協力のもと実データを用いて、有効性の評価を実施した。複数枚の画像の総組み合わせ等の信号処理により、信号対雑音(および不要光)比にして平均40dB程度の改善を達成した。設定した探索画像エリア内に静止軌道物体が存在するか判定する能力は、50cm級望遠鏡にて観測される物体を、10cm級の望遠鏡にて検出することが期待されるものである。これにより、汎用・小型望遠鏡であっても、デブリ観測が十分に可能なことが判明した。既設のつくば望遠鏡に適用中。

4. 上齋原レーダと美星光学望遠鏡によるスペース・デブリの観測 および JAXA運用中の衛星に対するデブリ接近解析を行った。今年度は、日米間の「宇宙状況監視(SSA) 了解覚書」に基づく連合宇宙運用センター(CSpOC)からのデブリ接近スクリーニング結果通知<sup>(\*)1</sup>(150,221件)を踏まえて、衝突リスクがある衛星プロジェクトへの接近警報<sup>(\*)2</sup>を564件行った。更に、その中から、衝突の可能性が高いデブリについては衝突回避判断会議<sup>(\*)3</sup>を36回実施し、スペースデブリとの衝突を回避するための衛星のデブリ衝突回避制御DAM(Debris Avoidance Maneuver)を2回(GOSAT-2: 1回、GCOM-W1: 1回)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。

(\*)1) 低軌道衛星が対象。衛星を中心として0.4 km× 25 km× 25 kmの範囲内に接近するデブリの情報

(\*)2) 衝突リスクレベル1。5日以内に接近かつ衝突確率 $10^{-5}$ 以上のもの

(\*)3) 衝突リスクレベル2。2日～3日以内に接近かつ衝突確率 $10^{-4}$ 以上のもの

## JAXA宇宙状況把握 (SSA) システム整備

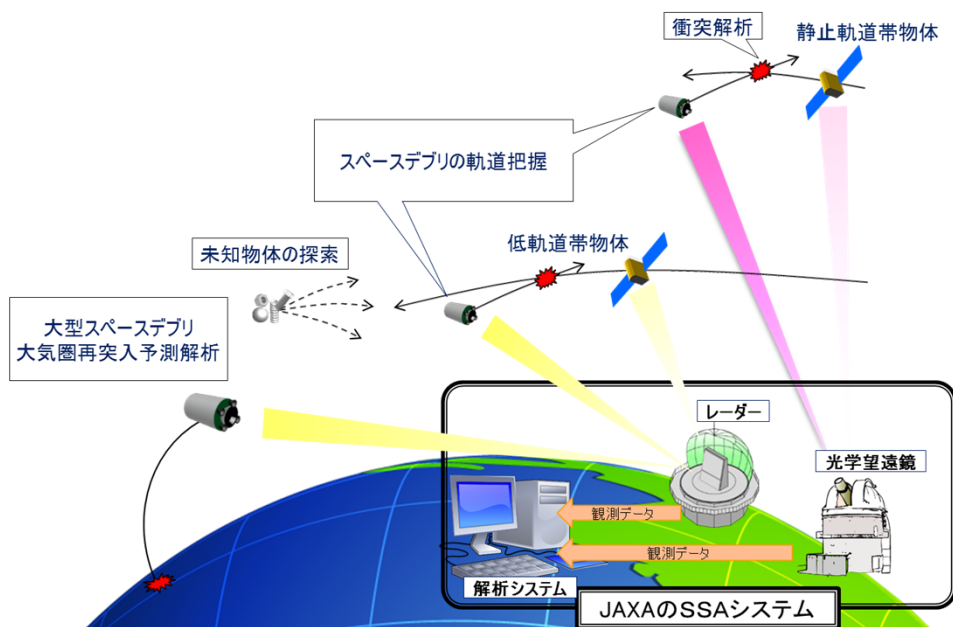
### JAXAのSSAシステムの概要

スペースデブリの増加等を踏まえ、国が実施する関係政府機関が一体となった宇宙状況把握 (Space Situation Awareness : SSA) 体制の構築に対し、JAXAは、SSAシステムを整備し、JAXAの人工衛星等に対するデブリ観測を継続するとともに、国のシステムへの観測データの提供等技術的な観点からこれに貢献する。

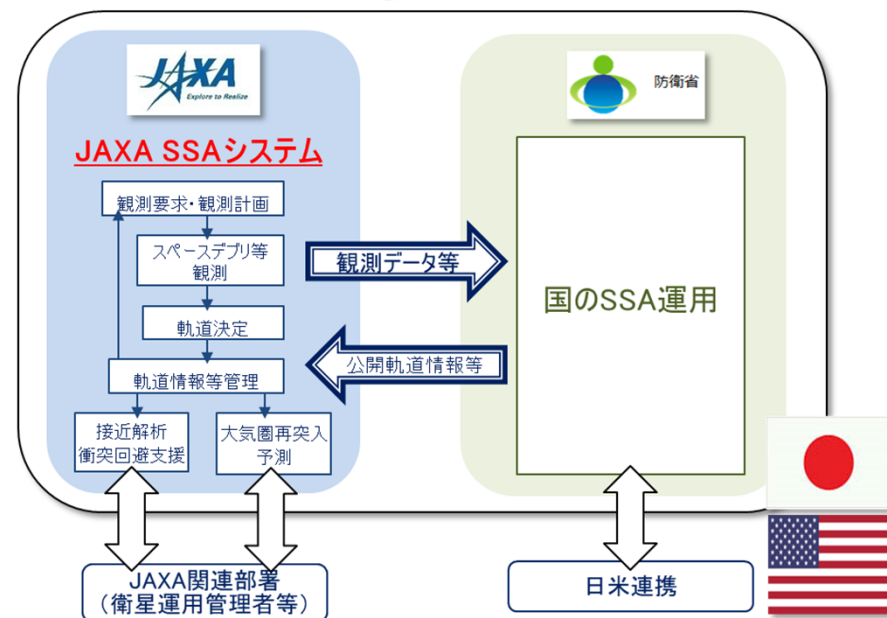
低軌道のスペースデブリを観測するレーダーシステム  
(新規・岡山県鏡野町)

静止軌道帯のスペースデブリを観測する光学望遠鏡システム  
(更新・岡山県井原市)

軌道決定や解析を行う解析システム  
(新規・茨城県つくば市)



宇宙状況把握 (SSA) の概要



宇宙状況把握 (SSA) の体制

評定理由・根拠（補足1-2）

JAXA宇宙状況把握（SSA）システム整備

SSAシステムプロジェクトのミッション

SSAシステム整備により、以下を達成する。

- ① JAXA衛星の衝突リスクの低減：JAXA衛星の多数が活動する低軌道帯及び静止軌道帯における宇宙物体の軌道把握能力の維持・向上を図る。
- ② 大気圏再突入予測情報の発信能力獲得：JAXA由来の再突入物体に関して、JAXA及び協力機関の観測データ等を利用した再突入予測解析を実施することで、再突入予測情報の発信を可能とする。
- ③ 将来の研究開発を見据えたシステムの構築：将来の研究開発を見据えた拡張性を有するシステムを構築する。



ミッション要求項目及びアウトプット目標【すべて達成】

※達成状況の詳細は次ページに記載

<p>1 既知物体の軌道把握</p> <p><b>レーダー</b>：高度650km（1000km）で直径10cm級（30cm級）の既知物体を同時に最大30物体、捕捉・追尾ができること。 <b>光学望遠鏡</b>：静止軌道帯において、1m望遠鏡で18等級、50cm望遠鏡で16.5等級の観測ができること。</p>	<p>2 未知物体の検出と軌道把握</p> <p><b>レーダー</b>：未知物体の探知が出来ること <b>光学望遠鏡</b>：未知物体を検出し、同夜内の追観測、翌日以降の再帰観測ができること。</p>	<p>3 接近解析と衝突回避運用支援</p> <p><b>解析システム</b>：独自の接近警報発信ができること。衝突回避制御計画立案においては、再スクリーニングが自動的に実施できること。</p>	<p>4 大気圏再突入予測解析</p> <p><b>解析システム</b>：独自の大気圏再突入警報発信ができること。</p>	<p>5 SSAによる研究開発</p> <p><b>レーダー</b>：各種パラメータ調整が出来ること。 <b>光学望遠鏡</b>：高度200kmの追尾を可能とする。多色測光観測を可能とする。画像処理を工夫する環境具備。 <b>解析システム</b>：関連パラメータ調整が出来ること。</p>
---	---	---	---	--

2022年度に試行運用を実施、当初2023年度開始予定だったシステムの実運用を2022年度内に開始させた。



他機関との連携

- ① 試行運用において、防衛省が実施する運用試験、技術的追認を積極的に支援し、防衛省側の運用手順確立や技術評価の支援を実施した。
- ② 2016年から2022年4月まで、全77回の防衛省-JAXA間SSA技術連絡会を開催、これを受けて2022年度からはSSA運用調整会を立ち上げた。
- ③ 航空自衛隊からの派遣要員を受け入れた。

得られたアウトカム

- ① 当初の計画通りにシステム整備を完了させ、かつ防J間のシステムの接続を確立させたことにより、別途防衛省が米国側と実施している今後のSSAに関連する協議の後押しとなり、国際プレゼンスの向上の一役を担った。
- ② 今後の政府によるSSA活動をJAXAが技術で支える枠組みを更に強固なものとした。
- ③ SSAシステムにかかる防衛省の人材育成に貢献した。

期待されるアウトカム

- ① 政府のSSA活動への継続的な貢献
- ② 国際プレゼンスの向上
- ③ スペースデブリ接近警報による日本人工衛星の安定的な運用への貢献
- ④ 再突入予測情報提供による我が国の危機管理業務への貢献



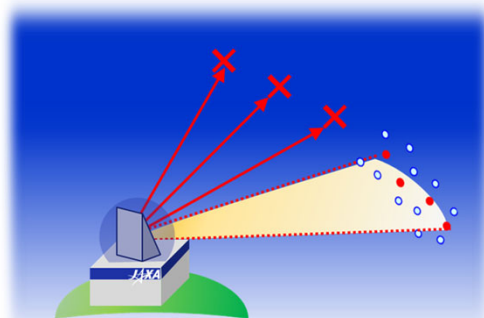
## JAXA宇宙状況把握（SSA）システム整備

#	ミッション		サクセスクラテリア(アウトプット目標) 達成結果	備考
1	既知物体の軌道把握	レーダー	【フルサクセス】 ○ 高度650km（1000km）で直径10cm級（30cm級）の既知物体を同時に最大30物体、捕捉、追尾できるようになったことを確認した。	旧レーダーでは、高度650kmの場合、直径約1.6m以上のものしか観測できなかった。
		光学望遠鏡	【フルサクセス】 ○ 既存望遠鏡と同様、静止軌道帯において18等級（1m望遠鏡）、16.5等級（同50cm）の既知物体を観測できることを確認した。 【エクストラサクセス】 画像処理等により、明るさ約20等級の物体の観測ができることにトライ。19.1等級までは確認ができた。更なる試行錯誤を継続実施中。	望遠鏡の老朽化更新を実施し、これまでと同じ性能が維持されることがフルサクセスのゴールだった。
2	未知物体の検出と軌道把握	レーダー	【フルサクセス】 ○ 未知物体が探知できるようになったことを確認した。 【エクストラサクセス】 ○ 一度探知した未知物体の観測データを基に、繰り返し観測を実施して、既知物体と同等の観測運用ができることが確認できた。	試験では、実際は軌道が分かっている既知物体を、仮想的に未知物体と仕立てて、探知、追尾を確認した。
		光学望遠鏡	【フルサクセス】 ○ これまで通り、未知物体を検出し、追観測、再帰観測ができることを確認した。	-
3	接近解析と衝突回避運用支援	解析システム	【フルサクセス】 ○ 独自の接近警報発信ができること、衝突回避制御計画立案で再スクリーニングが実施できることを確認した。	-
4	大気圏再突入予測解析	解析システム	【フルサクセス】 ○ 独自の大気圏再突入警報発信ができることを確認した。	-
5	SSAによる研究開発	-	【フルサクセス】 ○ レーダー、解析システムについてはパラメータ調整ができること、光学望遠鏡システムについては、多色測光観測等ができることを確認した。	-

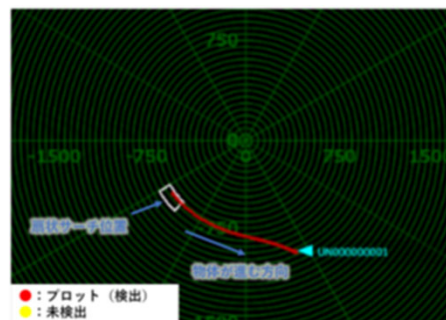
### 【レーダーによる未知物体観測について】

**JAXAの旧レーダーでは実施することができなかった、未知物体観測（通常の既知物体観測に用いる予報値がない観測）を実施できることが確認できた。**

特定の方向・距離に対し扇状サーチを実施し、エリア内で取得したプロットの相関関係から未知物体を判定、その後当該未知物体の追尾に移行する。



未知物体観測モードの初期捕捉（扇状サーチ）と追尾のイメージ



実際に（仮想）未知物体を扇状サーチで捉えて追尾している様子

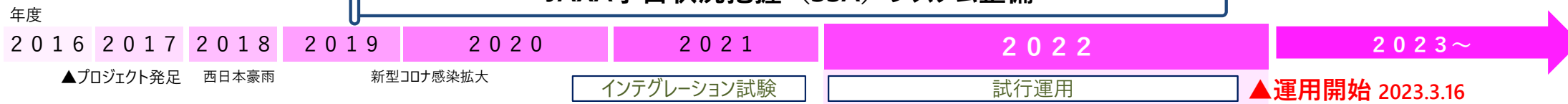
### 【本機能に期待できること】

★何らかの先見情報（観測すべき時刻、方向、距離など）に基づき、未知物体探索をすることができる。

★不測事態により運用衛星が通信を途絶した場合や、米国の連合宇宙運用センターや防衛省等から運用中衛星の破砕検知の一報を受け、当該衛星の死活を確認する場合など、**当該衛星の元々の軌道情報をヒントに、当該衛星の捕捉を独自に試みることができる。**

評定理由・根拠 (補足 1-4)

JAXA宇宙状況把握 (SSA) システム整備



レーダー現地工事



レーダー@岡山・鏡野町



現地試験時の初観測状況 (物体追尾の軌跡)



インテグ試験の様子

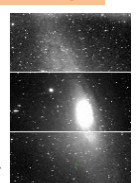
開発完了▲



1m望遠鏡現地工事



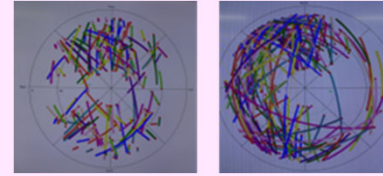
光学望遠鏡@岡山・井原市



現地試験時の、初画像 (望遠鏡で撮影したアンドロメダ星雲)

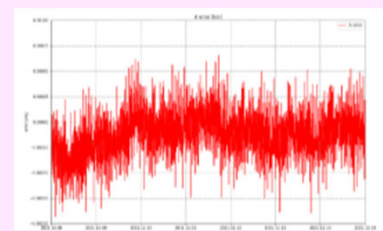
試行運用期間中に実施した評価や試験等の代表例

●レーダー観測計画のパターン評価、把握



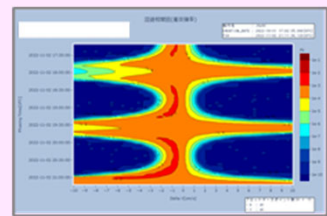
左図は、レーダーによる物体追尾の軌跡。防衛省システムが観測計画した場合、JAXAのシステムが観測計画した場合の比較を行い違いを把握。

●軌道決定値評価



観測データによる軌道決定値 (左図は軌道長半径の例) と、誤差のばらつきによる精度評価。

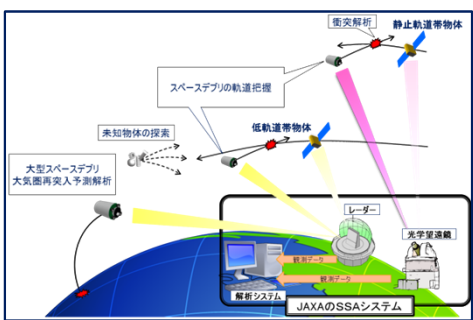
●衝突回避制御に係る運用手順試験



接近を検知した場合の衝突回避に関する手順の検証。防衛省とJAXA間の連携手順も確認。左図は、解析システムが出力する、衝突回避のための軌道制御タイミング、制御量と接近確率のコンター図。

**SSAシステムの構成**

- レーダーシステム：低軌道のスペースデブリを観測
- 光学望遠鏡システム：静止軌道帯のスペースデブリを観測
- 解析システム：軌道決定や解析を行う



解析システム開発・現地試験

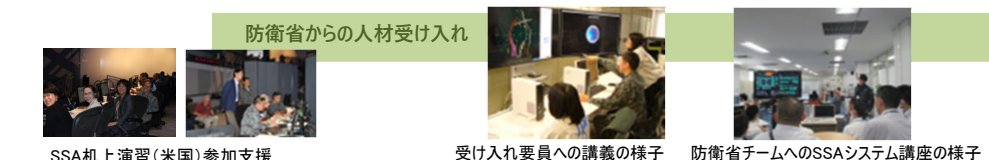


解析システム@筑波

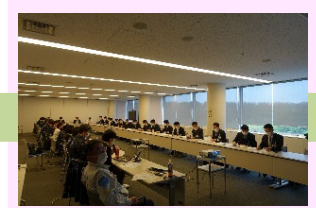
防衛省・JAXA合同チーム 一体感の醸成



JAXA・防衛省SSAシステム間の運用コンセプト、役割分担、インターフェース等の技術調整、JAXA SSAシステムの情報提供、JAXAにおけるSSA運用知見の共有、などなど...



SSA机上演習(米国)参加支援 受け入れ要員への講義の様子 防衛省チームへのSSAシステム講座の様子



技術連絡会：最終回の様子

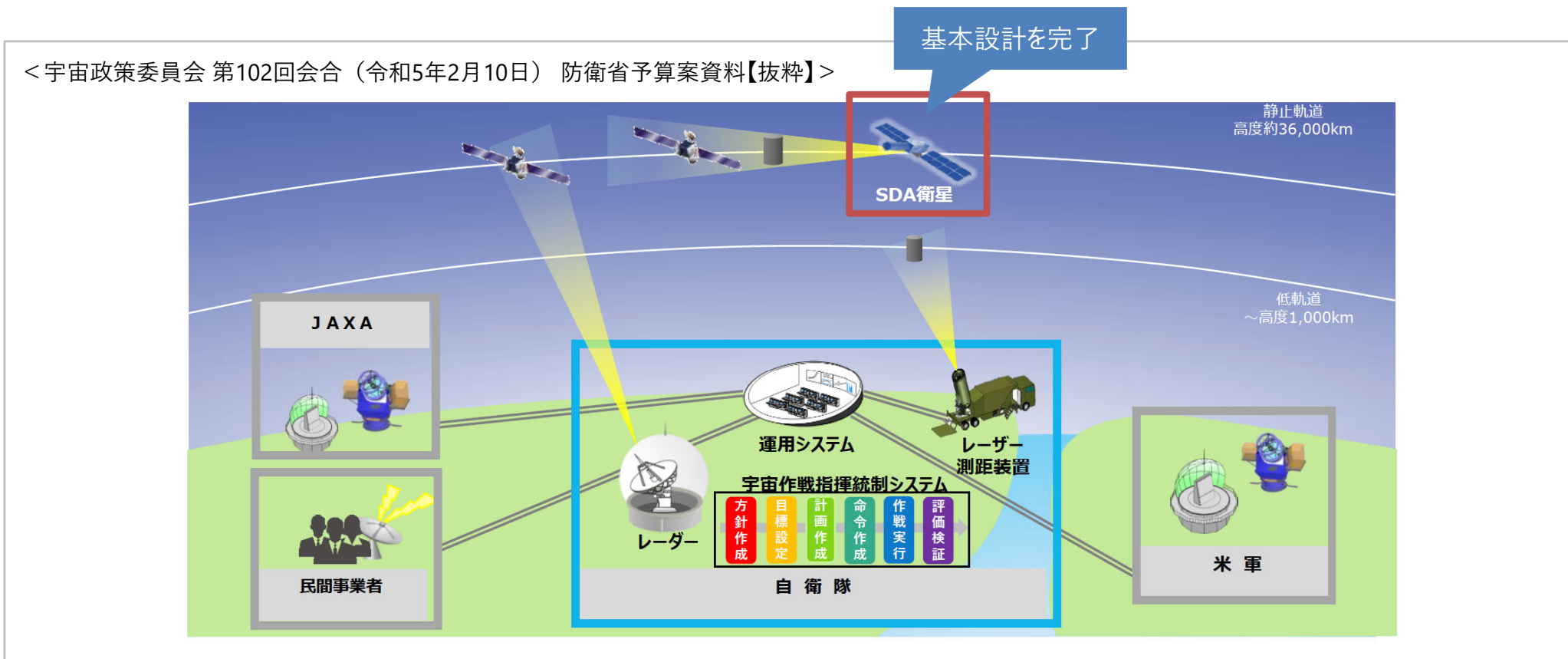


運用調整会：FY2022の試行運用実施結果の確認の様子

宇宙状況監視衛星に係る事業

- 我が国初の宇宙状況監視ミッションの実現に向けてプロジェクトを発足するとともに、2026年度までの打上げが重要視される中、防衛省との対話を通じて綿密な要求分析を行い、静止軌道帯における宇宙物体の監視や機動運用等、これまでにないミッションを実現可能な設計解を見出し、高い評価を得て基本設計書の納入を完了した。また、新たに宇宙状況監視衛星システムに関する協定付属書を締結し、航空自衛隊からプロジェクトへの要員派遣を受け入れる等、幹部レベルから実務レベルに至る緊密な連携体制を構築した。

【2022年度受託（1件）】 ① 宇宙状況監視（SSA）衛星システム（地上その2）：約36億円



## 評定理由・根拠（補足3）

### 軌道上でのスペースデブリ衝突防止に向けたRABBITのユーザ拡大

RABBITは、防衛省と米国から提供されるスペースデブリ接近情報を用いて、スペースデブリ衝突回避制御計画立案を支援するツールである。

#### 課題：

ひとりでも多くの衛星運用者にRABBITを使ってもらうために、RABBITを用いることで、高性能な計算機や軌道力学の専門家がおらずとも、**誰でもJAXAと同水準でスペースデブリ回避計画を立案できる**という利便性等を認知してもらう必要がある。

また、衛星運用者のみならず、多くの人にスペースデブリ問題を認知してもらう必要がある。RABBITをリリースしたら終わりではなく、RABBITユーザへのサポートを継続する必要がある。

### 2022年度実施内容

2021年3月に一般公開を開始したRABBITのユーザ拡大に向けた広報活動を実施。

#### 解決策：

- ① アカデミックな学会等や国際連携の場でRABBITの発表
- ② アルゴリズム改良を行いRABBITのバージョンアップ（公開は2023年度）
- ③ 配布ホームページのセキュリティ対策の強化



### 2022年度アウトプット

- ① 学会等での発表を通し、RABBITの利便性等を知ってもらうことができ、国内外合わせてRABBITのユーザを**44機関（昨年度は40機関）**まで拡大することができた。国際学会での発表により、海外ユーザも獲得しており、現在9カ国15機関が利用している。また、国内商用機関の利用も多い。
- ② 個別ユーザ対応：海外宇宙機関から操作講習依頼に対応。インドISROで操作講習を実施した結果、インドでのダウンロード数が伸びた（実施後1か月で9件増）。フィリピン宇宙庁から操作講習実施の招待を受けており、オンライン講習を実施予定。JAXA以外の現場要望を聞くなど双方向コミュニケーションを行っている。
- ③ 商用衛星での利用：アンケートや質問、コメント受付を通じて、国内企業が利用している、または利用するとの実績が聞こえてくるようになった。

#### RABBITの利用機関数

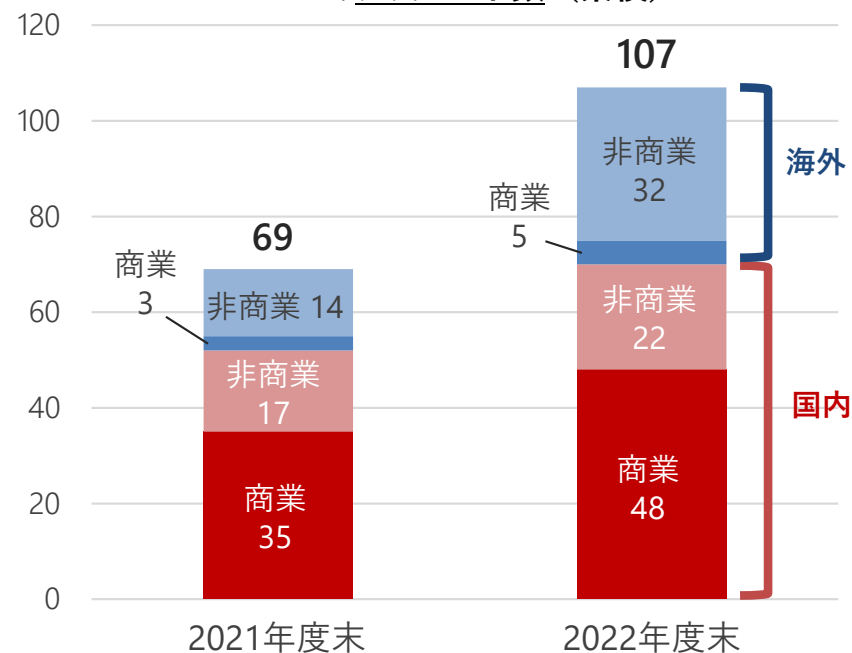
2022年度末時点

※9カ国：フィリピン、シンガポール、タイ、バーレーン、モロッコ、インド、中国、アメリカ、イギリス

政府系：省庁、宇宙機関  
学術：大学、研究機関

	利用 組織数	内訳		
		政府機関	学術	商業
<b>国内</b>	<b>29</b>	10	4	<b>19</b>
<b>海外(9カ国※)</b>	<b>15</b>	12	6	<b>3</b>
計	<b>44</b>	22	10	22

#### RABBITのダウンロード数（累積）



評定理由・根拠 (補足4-1)

超高層大気密度モデリングについて

課題：デブリ衝突リスクを正しく把握するためには高精度な大気密度予測が必要不可欠。これまで、「過去の大気密度分布の補正(FY2020成果)」と「未来の大気密度分布の予測(FY2021成果)」のアルゴリズム構築を実現したが、評価対象期間が限られており(2002年~2004年)、①異なる太陽活動期間での評価は未実施であった。また、精度・更新頻度の低いTLEを入力とするため②大気密度補正・予測アルゴリズムに改善の余地がある。さらに、次期軌道力学系システム(FY2023に整備完了予定)との連携に備えるため③早期に実運用データとの比較評価を実現する必要がある。

2022年度実施内容

解決策：

- ① 評価対象期間拡張：これまで構築した大気密度予測アルゴリズムを異なる太陽活動期（参考：右下図）に適用する。
- ② 大気密度予測アルゴリズム改良：高精度かつ高頻度に更新されるデータを使った大気密度補正アルゴリズムを構築する。
- ③ 実運用に向けた評価に着手：実運用システムプロトタイプを作成し、次期軌道力学系システムとの連携に備える。

期待されるアウトカム

- ◆ 本本当に危険な接近の抽出  
接近する双方の物体の誤差共分散が半分になれば衝突確率を4桁低下できる
- ◆ 衛星運用負荷軽減  
今年度(2月期時点)は478件(衝突リスクレベル1)に対応したが382件程度にまで減らすことができ、衛星運用者の運用負荷（休日・夜間対応含む）を軽減できる
- ◆ 衛星寿命の延長  
本本当に危険な時だけ軌道制御を実施することで推薬量を節約できる
- ◆ 地上システム運用者の負荷軽減  
アンテナ予報値の更新頻度を下げることができ、運用負荷と運用費を減らすことができる

2022年度アウトプット

- ① 太陽活動第24期\*においても、現行の軌道力学系システムよりも5日後でも大気密度予測誤差が最大で57%改善した
- ② 新たな大気密度補正アルゴリズムを2つ構築した（今後、アルゴリズムをマージする予定）：
  - 1. 大気密度モデル内パラメータを球面調和関数で展開し、JAXA軌道暦を使って推定する大気密度補正アルゴリズム
  - 2. 接近情報に格納された軌道エネルギー-散逸率を用いた大気密度補正アルゴリズム
- ③ 大気密度補正係数を算出・予測する実運用システムプロトタイプを作成し、現運用システム以上の精度が出ているか実績を積み上げ中。

対外発表：口頭発表2件、査読論文1件

\*2008年12月~2019年12月

大気抵抗が大きい太陽活動極大期を評価対象期間に含めたい！

FY2021評価対象期間：  
評価用レファレンス大気密度として  
CHAMPミッションデータ(公開情報)を利用

FY2022評価対象期間：  
評価用レファレンス大気密度として  
Swarmミッションデータ(公開情報)を利用

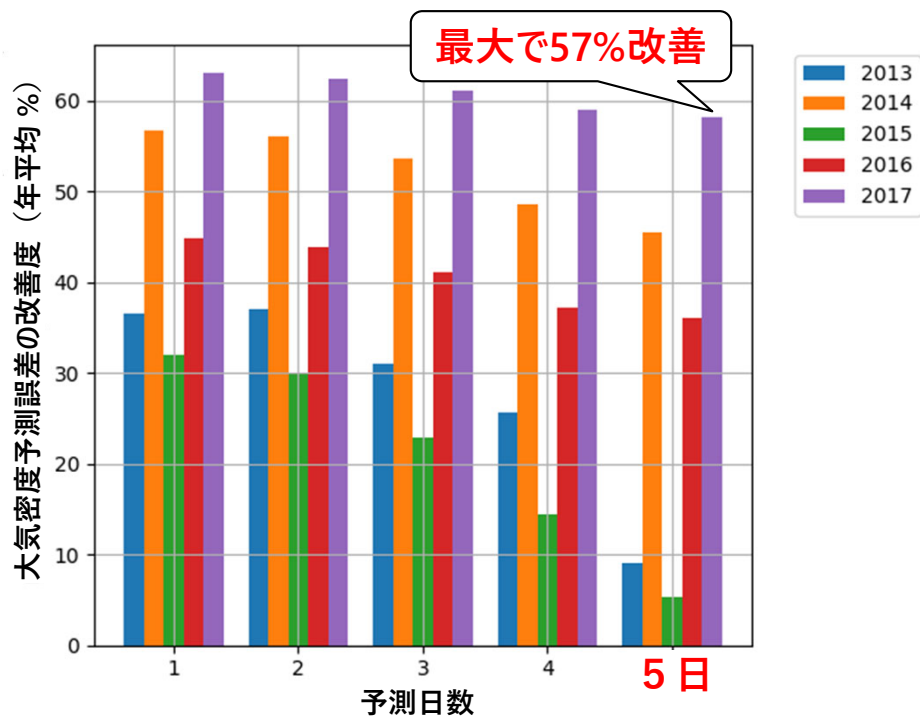


Image credit: Space Weather Prediction Center

超高層大気密度モデリング 2022年度アウトプットの詳細

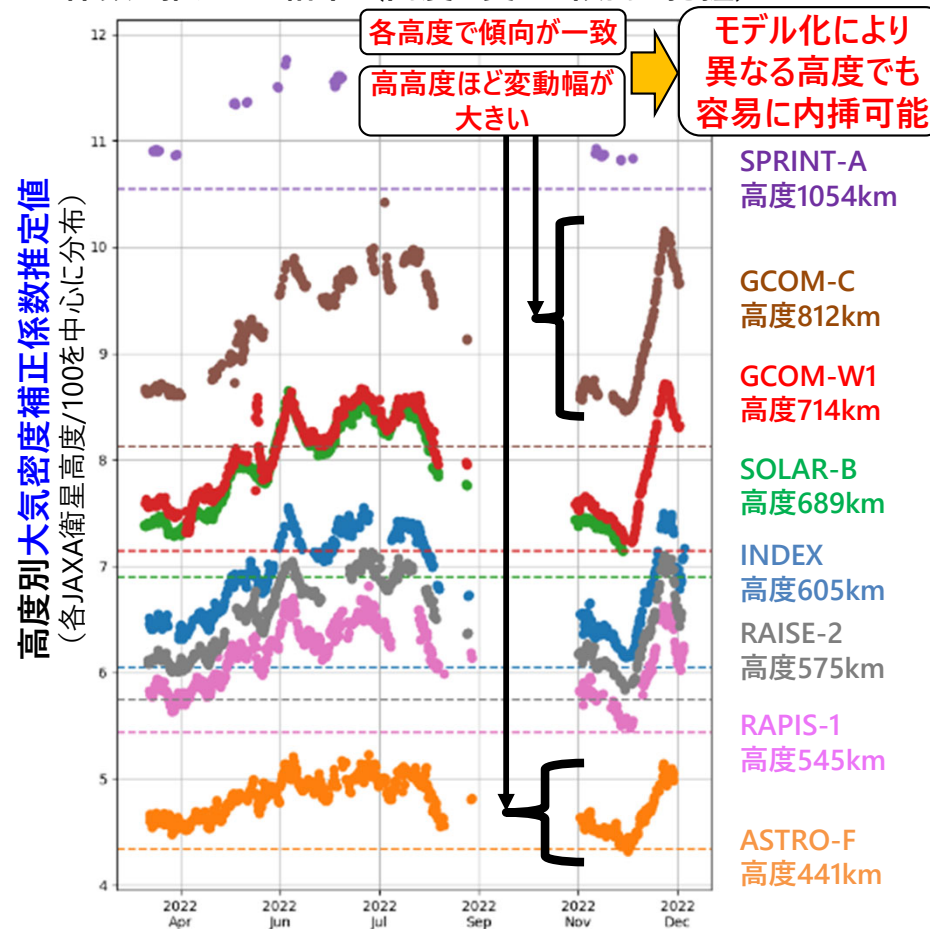
数日先の軌道予測精度を上げるには、いかに精度良く **大気密度補正係数 (Density Ratio) =  $\frac{\text{現実的な大気密度値}}{\text{既存の大気密度値}}$**  を補正・予測するかが重要

成果① 太陽活動24期における現行の軌道力学系システムのモデルに対する大気密度予測誤差の改善度(%)



- ESA衛星Swarmミッション(高度460km,530km)が公開している大気密度値を真値として、昨年度までに構築した大気密度予測手法による改善度 (現行の軌道力学系システム比) を評価した結果、**太陽活動第24期において5～57%の改善** (昨年度は第23期に対して26～30%)となった。
- 今年度の改善度が大きく幅を持つのは、第24期太陽活動が過去の活動と比べ異なる傾向であったこと、**予測アルゴリズムへの入力データ期間の違い**、太陽活動に対する地磁気活動の遅れ、大気密度補正に用いた軌道情報自体の精度が影響していた。**実運用での利用を見据えて知見を蓄積している。**

成果② 米国から発信される接近情報から大気密度補正係数を推定した結果 (高度を変えて傾向を把握)



- 各高度における推定値に**相関**が明らかになった。→太陽フラックス・地磁気指数等と紐づけることで高度の違いを考慮する**モデル化が可能**となる。
- 低軌道ならば過去に経験のない高度でも、モデルで対応できる可能性がある。

## 評定理由・根拠 (補足5)

### 全天自動サーベイ技術獲得

課題：限られた予算で簡便に整備した光学観測設備は小口径望遠鏡である。→必然的に大物（明るい）デブリしか観測できないという課題。そこでスペースデブリ捜索法には、

- ・スペースデブリ(暗い目標)を小型の望遠鏡でも観測可能とするため、高い検知能力獲得を目指す
- ・自動で捜索(リアルタイム処理)を実現するために、装置規模や計算処理負荷が小さいこと
- ・恒星追尾観測（星が点で映る一般的観測）で得られた画像からデブリを検出すること（デブリ観測専用装置はデブリ追尾＝星が線になる）が求められる。

### 2022年度実施内容

#### 解決策：

- ①数枚の画像からデブリ線分を有効かつ効率的に捜索する新手法として、「線分積分法」を適用した。この手法はレーダ分野の信号処理技術を望遠鏡画像に応用したものであり、点状の星の中に線状に映り込むデブリを検出し信号対雑音比を改善できる。
- ②「線分積分法」の有効性を確認するため、比較的光害の少ない環境で10cm直径望遠鏡による実データ（通常のアストロ写真）を用いて評価した。静止軌道の人工衛星(Himawari8,9など、入力信号レベルが既知の物体)を対象に、信号対雑音比を評価した。

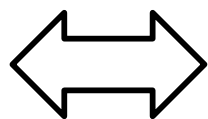
### 2022年度アウトプット

成果：全天サーベイ技術（観測、捜索、位置推定）のうち、画像処理による捜索能力を向上させた。

複数枚の画像に線分積分法を適用した結果、信号対雑音比について平均40dB程度の改善を達成し、10cm級の望遠鏡であっても観測条件が整えば50cm級望遠鏡と同等の検出能力が得られることがわかった。市販の望遠鏡であっても、光害の少ない環境であれば、適切なゲイン設定と画像処理（線分積分法）により、スペースデブリ観測専用望遠鏡同等の成果が期待される。



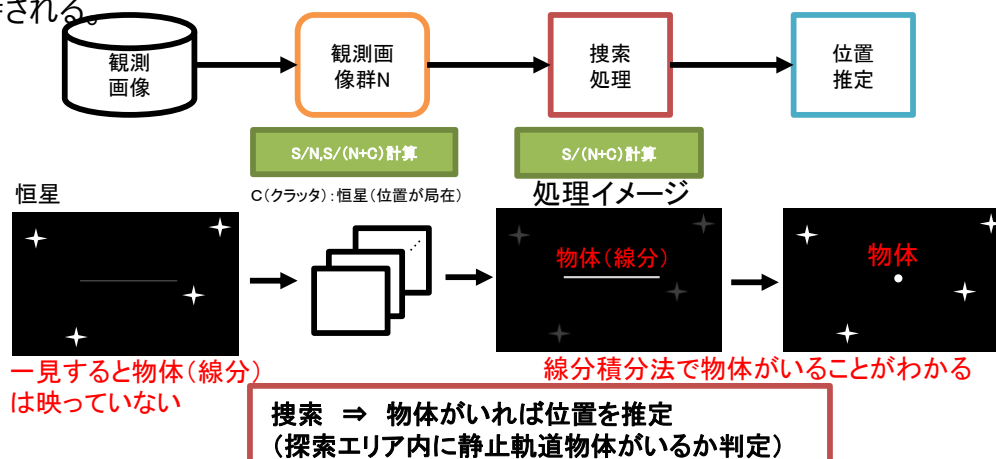
10cm級望遠鏡



光害の少ない環境で試験したところ画像処理能力により同等の性能が得られた



美星スペースガードセンタ  
50cm級望遠鏡



### 財務及び人員に関する情報 (※2)

項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	2,227,890	1,277,755	2,013,433	4,083,243	839,421		
決算額 (千円)	1,882,437	1,319,479	2,485,956	4,359,134	5,977,629		
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)	9	9	13	19	24		

(※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。

(※2) 予算額、決算額、従事人員数は、それぞれ「III.3.5 宇宙状況把握」と「III.3.7 宇宙システム全体の機能保証」の合計数。

### 主な参考指標情報

項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
デブリ衝突回避制御回数	6	3	4	2	2		



### Ⅲ. 3. 4 宇宙システム全体の機能保証強化

中長期計画	年度計画	実績	アウトカム
<p>Ⅲ. 3. 4</p> <p>我が国の人工衛星や地上設備などの宇宙システム全体の機能保証の強化の必要性を踏まえ、政府において、「宇宙システム全体の機能保証 (Mission Assurance)の強化に関する基本的考え方」(平成29年4月20日、宇宙システムの安定性強化に関する関係府省庁連絡会議)が策定され、宇宙システムの機能保証強化に関連する施策について具体化に向けた検討が進められている。これらを踏まえ、宇宙システム全体の機能保証について、内閣府や防衛省をはじめとする政府の安全保障関係機関と連携し、政府の機能保証強化策の検討や宇宙システム全体の脆弱性評価、機能保証強化のための机上演習等の政府の取組に対し、機能保証の観点から宇宙システムの開発や運用に関する知見を提供するなどの技術的な支援を行い、我が国の宇宙システム全体の機能保証に貢献する。また、機能保証と密接な関係にある我が国の将来の射場や即応型小型衛星等の在り方に関する政府の検討についても技術的な支援を行う。</p>	<p>Ⅰ. 1. 4.</p> <p>内閣府や防衛省をはじめとする政府の安全保障関係機関と連携し、政府の機能保証強化策の検討や宇宙システム全体の脆弱性評価、機能保証強化のための机上演習等に向けた政府の取組に対し、機能保証の観点から宇宙システムの開発や運用に関する知見を提供するなどの技術的な支援を行い、我が国の宇宙システム全体の機能保証に貢献する。</p> <p>また、機能保証と密接な関係にある我が国の将来の射場や即応型小型衛星等の在り方に関する政府の検討に対して、必要となる技術的な支援を行う。</p>	<p>－</p> <p>・ミッションアシュアランス（機能保証）強化に資するため、昨年引き続き、内閣府主催の宇宙システム機能保証強化机上演習に有識者1名参加し、機能保証演習に対する講評を行った。</p> <p>ミッションアシュアランス強化を視野に、以下の通り防衛省/防衛装備庁との連携強化を進めている。</p> <p>・宇宙安全保障の確保に向けた取組として、宇宙状況監視 (SSA) (Ⅲ.3.3参照) という重要プロジェクトを着実に遂行し政府のSSAシステムの2023年度からの実運用に向けて、JAXAのSSAシステムの構築を完了した。</p> <p>・新たに策定された国家防衛戦略・防衛力整備計画に明示されている宇宙領域把握 (SDA) 衛星について、関係府省との緊密な連携の下、事業化に向けた機構横断的な総合調整、実現に向けた提案活動等を通じ、「宇宙状況監視 (SSA) 衛星システム (衛星その1)」(衛星の基本設計・詳細設計並びに構成品の一部製造)、「宇宙状況監視 (SSA) 衛星システム (地上その1)」(サービス設計) 及び「宇宙状況監視(SSA)衛星の複数機運用に係る調査研究」の昨年受託開始した3件について継続検討を実施した。</p> <p>・2022年度も、防衛省へJAXA講演対応として講師派遣を実施した(合計8回、各回100人程度参加)。また、航空自衛隊幹部学校、防衛研究所一般課程、情報本部上級研修等のJAXA事業所における研修も実施した。</p> <p>・極超音速飛翔体観測衛星コンステレーションシステムに係る調査研究(受託：FY2021-FY2022)の検討を完了した。</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、上記政府の基本的考え方に基づき、我が国の安全保障や国民の経済活動等に重要な役割を果たすJAXAが保有する宇宙システムの脆弱性評価を行うとともに、その結果を踏まえた必要な取組を進める。</p>	<p>JAXA が新規に開発する衛星システムについては、宇宙システム向けセキュリティ標準の適用（セキュリティ脅威分析の実施、ライフサイクルを通じたセキュリティ管理プロセスの適用等）を継続する。また、本標準を活用し、宇宙システムの管理者・担当者向けの教育や宇宙システムに対する自己点検を継続的に行う。</p> <p>政府全体で実施する宇宙システムの機能保証強化に資する取組の検討について、政府の求めに応じた支援を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内閣府の求めに応じて2021年度に示された軌道利用のルール作りに関する中長期的な取組方針で掲げられている4テーマについて、JAXAが持つ技術的知見からの支援を実施。2つのテーマにおいては下記の点で成果に大いに貢献。</li> <li>・航行時の衝突防止：2022年度の活動目標の一つであるJAXA技術標準「人工衛星の衝突リスク管理標準（JMR-016）」を2022年12月27日に制定。</li> <li>・SSAの構築・活用：活動拡大の下支えとなる政府のSSAシステムの2023年度からの実運用に向けて、JAXAのSSAシステムの構築を完了した。</li> <li>・衛星システムの開発において「宇宙システムセキュリティ管理標準」「セキュリティ対策標準」を適用し、脅威分析・リスク評価により適切なセキュリティ要件設定を実施している。</li> <li>・開発・運用中の宇宙システム・制御システムに対し宇宙システム対策標準をベースとした自己点検（脆弱性評価）を継続実施。</li> <li>・JAXA職員のみならず、JAXAの関連企業に対しても、セキュリティスキル向上のため、宇宙機関連システム特有の脅威情報などの共有や標準の活用に関する講習を開催(182名参加)。</li> <li>・産業サイバーセキュリティ研究会内の宇宙産業サブワーキンググループへのJAXA標準作成における教訓やノウハウを共有し、ガイドライン作成維持を支援。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画に基づき着実に実施</li> <li>・宇宙システム開発・運用においてフェーズ毎に脅威分析・リスク評価を踏まえた追加対策を実施する等、セキュリティ堅牢性を体系的に確保。</li> <li>・セキュリティ脅威情報等の共有に必要な信頼関係の醸成・人脈形成を促進。</li> <li>・宇宙産業業界全体のセキュリティ対策の水準向上への貢献が期待される。</li> </ul>

**主な評価軸（評価の視点）、指標等**

<p><b>【多様な国益への貢献；安全保障の確保】</b></p> <p>○我が国の安全保障の確保に貢献する取組の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p>	<p>&lt;評価指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○安全保障の確保に係る取組の成果 (マネジメント等指標)</li> <li>○研究開発等の実施に係る事前検討の状況</li> <li>○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)</li> <li>○安全保障機関等の外部との連携・協力の状況</li> </ul> <p>&lt;モニタリング指標&gt; (成果指標)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果 (例：データ提供数・達成解像度等)</li> <li>(マネジメント等指標)</li> <li>○安全保障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)</li> <li>○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）</li> </ul>
--	--

## 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）

#### 【評定理由・根拠】

内閣府や防衛省をはじめとする政府の安全保障関係機関と連携し、計画に基づき着実な業務運営が行われたと評価する。

特に、2022年度は、これまでのJAXA宇宙システムの脆弱性評価実施や2020年度に策定した宇宙システムセキュリティ標準を活用し、JAXA宇宙システムの開発から運用の各フェーズにおいてセキュリティ堅牢性を体系的に確保するよう導いたこと、また、JAXA内に留まらず、JAXA関連企業、国内外他組織との情報共有促進・人脈形成を強化したことにより宇宙業界全体のセキュリティ対策の水準向上への貢献という顕著な成果があった。

主な業務実績・成果は以下のとおり。

#### 1.機能保証強化への取組

以下のとおり安全保障及び機能保証に係る取組を実施した。

- (1) ミッションアシュアランス（機能保証）強化に資するため、昨年に引き続き、内閣府主催の宇宙システム機能保証強化机上演習に有識者1名参加し、機能保証演習に対する講評を行った。
- (2) ミッションアシュアランス強化を視野に、以下の通り防衛省/防衛装備庁との連携強化を進めている。
  - 宇宙安全保障の確保に向けた取組として、宇宙状況監視（SSA）（Ⅲ.3.3参照）という重要プロジェクトを着実に遂行し政府のSSAシステムの2023年度からの実運用に向けて、JAXAのSSAシステムの構築を完了した。
  - 新たに策定された国家防衛戦略・防衛力整備計画に明示されている宇宙領域把握（SDA）衛星について、関係府省との緊密な連携の下、事業化に向けた機構横断的な総合調整、実現に向けた提案活動等を通じ、「宇宙状況監視（SSA）衛星システム（衛星その1）」（衛星の基本設計・詳細設計並びに構成品の一部製造）、「宇宙状況監視（SSA）衛星システム（地上その1）」（サービス設計）及び「宇宙状況監視(SSA)衛星の複数機運用に係る調査研究」の昨年受託開始した3件について継続検討を実施した。（本受託の詳細については、Ⅲ.3.3項参照）
  - 2022年度も、防衛省へJAXA講演対応として講師派遣を実施した（合計8回、各回100人程度参加）。また、航空自衛隊幹部学校、防衛研究所一般課程、情報本部上級研修等のJAXA事業所における研修も実施した。
  - 極超音速飛翔体観測衛星コンステレーションシステムに係る調査研究（受託：FY2021-FY2022）の検討を完了した。

（次頁へ続く）

## 【評定理由・根拠】（続き）

### 2. 宇宙システムの脆弱性評価を行うとともに、その結果を踏まえた必要な取組

- (1) 内閣府の求めに応じて2021年度に示された軌道利用のルール作りに関する中長期的な取組方針で掲げられている4テーマ（①航行時の衝突防止、②SSAの構築・活用、③デブリ抑制の推進、④ラージコンステレーション）について、JAXAが持つ技術的知見からの支援を実施。

2つのテーマにおいては下記の点で成果に大いに貢献。

航行時の衝突防止：：2022年度の活動目標の一つであるJAXA技術標準「人工衛星の衝突リスク管理標準（JMR-016）」を2022年12月27日に制定。

SSAの構築・活用：活動拡大の下支えとなる政府のSSAシステムの2023年度からの実運用に向けて、JAXAのSSAシステムの構築完了した。

- (2) 2020年度に制定した「宇宙システムセキュリティ管理標準（JMR-015）」「宇宙システムセキュリティ対策標準（JERG-0-058）」の活用・維持

- 複数の新規衛星システムでセキュリティ標準を適用開始し、各プロジェクトでセキュリティ脅威分析・リスク評価を実施し、審査会でセキュリティに知見のある者による第三者レビューを行い、適切な追加対策を各宇宙システムの設計に反映している。⇒**開発する衛星システムのセキュリティ堅牢性を体系的に確保。**
- JAXAが開発・運用中の宇宙システム・制御システムに対し宇宙システム対策標準をベースとした**自己点検（脆弱性評価）**を継続的に実施した（対象システム数：85システム）。⇒宇宙システムのセキュリティ対策の向上・維持を確認。
- サイバー攻撃の流れと手法を体系化した**国際的なフレームワークで「MITRE ATT&CK」の宇宙システム版**が米国で発行されたのを受け、JAXAのセキュリティ対策標準においても**宇宙システムのサイバー脅威シナリオを拡充した改定案を作成した。**⇒セキュリティ標準を適用するプロジェクトにおいて**高度化・複雑化するサイバー攻撃への対応策の確実な取り込みへの貢献**が期待。

- (3) 宇宙システムの開発・運用に携わるJAXA職員及び関連企業のセキュリティ意識醸成・ネットワーキング

- 宇宙システム・制御システムの管理者向けセキュリティ講習を開催（3回開催、**JAXA職員74名＋関連企業108名**＝計182名が参加、昨年度より参加者倍増）し、宇宙システム特有の脅威の共有や宇宙システムセキュリティ管理標準・セキュリティ対策標準の活用に関する研修を実施した。⇒**「宇宙 x セキュリティ」の講習はオリジナル教材であり、JAXAに加え、関連企業も参加し、意識醸成を図ることにより、セキュアなJAXA宇宙システムの開発・運用に寄与。**
- JAXAと協力関係のある宇宙関連企業や制御系セキュリティ専門組織を含む関係機関を参集するセキュリティWGを運営し、**国内外の最新動向（宇宙関連のセキュリティ対策ガイドライン整備状況、脅威・事案例等）**を共有した。
- 海外からの情報収集をより一層タイムリーなものにするために、FY2021加入した宇宙分野におけるセキュリティ脅威情報共有組織であるSpace ISACより情報収集を開始するとともに、年次会合へも参加し、**人脈形成・信頼関係の構築を推し進めた。**

- (4) JAXAの宇宙システムセキュリティ管理標準・対策標準の活用において得られた知見や教訓、及び米国主体のSpace ISAC活動状況を、経産省の産業サイバーセキュリティ研究会内の宇宙産業サブワーキンググループにインプットし、産業分野での衛星開発運用のセキュリティ対策やガイドライン作成・更新や国内情報共有組織検討にも協力・支援を行った。

⇒これら活動により、**JAXAの宇宙システムのみならず、幅広く、国内の宇宙業界全体のセキュリティ対策の水準向上及び機能保証に貢献。**

なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

評定理由・根拠（補足）

補足：宇宙システムの脆弱性評価実施と結果を踏まえた必要な取り組み

宇宙システム全体の脆弱性評価が必要な背景

- 宇宙システムは専用機、専用プロトコル、クローズド環境が基本の「独自仕様で安心」から、「汎用的な仕様の利用による脆弱性の露呈」に変化。
  - 民間企業、大学等の参入によるオープンな宇宙利用や産業化が進み、宇宙システム分野に対しても攻撃を受ける機会が増加。
    - 例：2022年2月、ウクライナ・欧州では衛星通信サービス(Viasat)へのサイバー攻撃に見舞われた。
- ⇒地上局や衛星通信インフラをはじめとする宇宙システム全体に対するサイバー脅威はより現実味を増している。

JAXAが保有する宇宙システムの脆弱性評価等これまでの取り組み

- 宇宙システムの管制システムや電力・水・空調等の共通インフラに対するセキュリティアセスメントを実施（FY2017、FY2018、FY2019）
  - ⇒点検項目の追加、対策強化を実施（FY2020）
- 宇宙システムの全体像やミッション専用ネットワークの実態把握(FY2018)
  - ⇒管理台帳を整備（FY2019～）
  - ⇒運用点検/脆弱性評価対象に宇宙システムを追加（FY2020～）
- 宇宙システムセキュリティ管理標準・対策標準を策定（FY2020）

得られたアウトプット：セキュリティ管理標準・対策標準の活用促進、セキュリティ意識醸成

①新規衛星システムの開発（JAXA内評価まで：4プロジェクト）でセキュリティ管理標準・対策標準を適用。

- シナリオベースで脅威分析・リスク評価を実施
  - セキュリティに知見のある者によるレビューや支援を実施
- ⇒適切な追加対策を各衛星システムの設計に反映。

②開発・運用中の宇宙システム・制御システム（85システム）に対しセキュリティ対策標準をベースとした自己点検を継続実施。

- 情報システム台帳の最新化により、セキュリティインシデント発生時の被害拡大防止に備えた連絡体制を維持管理
  - 制御系特有の要対策項目を点検・是正
- ⇒宇宙システムのセキュリティ対策の向上・維持を確認。

③宇宙システムに携わる者(182名)への国内唯一の「宇宙 x サイバー」講習

- 宇宙システム・制御セキュリティ脅威情報の共有
  - セキュリティ標準のプロジェクトでの活用を促進
- ⇒JAXA職員のみならず、宇宙関連企業含め、セキュリティ意識を醸成。

④セキュリティ標準の改善活動(PDCA)と人脈形成

- ①～③の活動を通じたセキュリティ標準へのフィードバック
  - 海外宇宙機関、米国主体のSpace ISAC等と連携強化により情報収集
  - サイバー攻撃を体系化した国際的なフレームワークで「MITRE ATT&CK」の宇宙システム版を活用し、JAXAのセキュリティ対策標準の改定案を作成
  - 経産省産業サイバーセキュリティ研究会宇宙産業SWGへの参加・支援
- ⇒セキュリティ標準を適用するプロジェクトにおいて高度化・複雑化するサイバー攻撃への対応策の確実な取り込みへの見通しを獲得。

得られたアウトカム

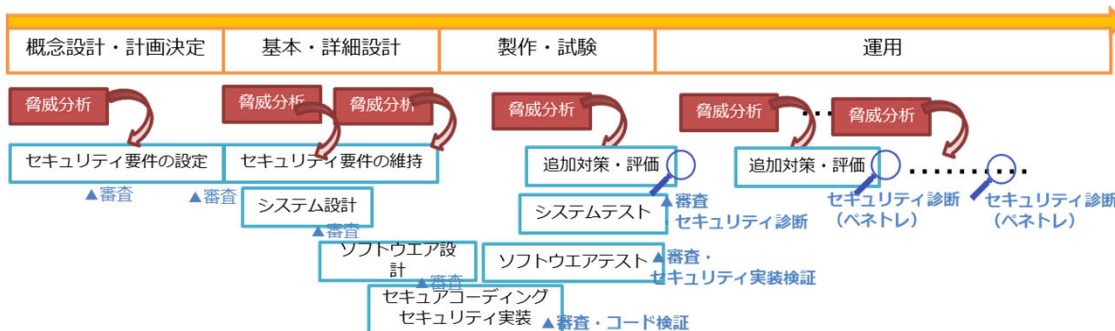
- 宇宙システム開発・運用においてセキュリティ堅牢性を体系的に確保。
- セキュリティ脅威情報等の共有に必要な信頼関係の醸成・人脈形成を促進。

期待されるアウトカム

宇宙業界全体のセキュリティ対策の水準向上及び機能保証に貢献

## 参考情報

### ①セキュリティ標準を適用しライフサイクルを通じたセキュリティ管理を実現 (フェーズ毎のプロセスイメージ)



### ②セキュリティ標準と情報システム台帳\*を活用し定期的な運用点検を実施 (システム毎の点検イメージ：制御システム特有の点検項目を設定)

\* 情報システム台帳：JAXA内HP上に、システム管理者、システム所在、機密性・完全性・可用性重要度、公関係フラグ等の情報システム概要、及び定期的な運用点検結果を蓄積し、各部署で可視化したデータベースを整備し運用している。

JAXA 情報システム・情報システムセキュリティ責任者 (ITSSEC)

2022年度運用点検対象システム一覧 | **情報システムの運用点検** | プロジェクトネットワークの運用点検 | グループネットワークの運用点検

2022年度 情報システムの運用点検

情報システム名: ○○○○○○○○システム (セキュリティ・情報化推進部セキュリティ統括課)

所属単位	接続ネットワーク	公開レベル	制御システム	ITSSEC	前年(2021)点検
		<input type="radio"/> 機外へ公開(一部の組織・利用者限定を含む) <input type="radio"/> 機内・利用者限定 <input checked="" type="radio"/> 公開しない	<input checked="" type="checkbox"/> 制御系		参照: 2021年度の部答を表示する コピー: 2021年度の部答をコピーする

0. アクセス制御 | 1. 脆弱性管理 | 2. ログ管理 | 2-1. ログ管理 | 2-2. インシデント対応 | 3. 公開Web | 4. 業務委託 | 5. 例外措置申請 | 6. ネットワーク | **7. 制御システム** | 8. 外部サービス

宇宙システム・制御システム

回答対象: 宇宙システム・制御システムが対象です。

### ③「宇宙 x セキュリティ」講習実施により人のスキルアップ (宇宙システム・制御システムのセキュリティ講習より)

「宇宙システム」の構成要素別の脅威

宇宙システムにおけるサイバー攻撃脅威は「地上システム」が最も多く、次いで「無線通信」を悪用した攻撃。

1997年～2019年 人工衛星におけるリバイ攻撃 (セグメント別、総数131件)

地上システム | 宇宙 | 無線通信

システム」の構成要素

通信を担う「情報システム」だけでなく、主に物理I/Fを「制御システム」が主要な構成要素。

情報システム(IT): ※JAXAnet・研究系NW PC・サーバ・ネットワーク機器

制御システム(OT): ※プロジェクトNW 宇宙機・輸送機、アンテナ、射点、発電機、空調等のセンサ・アクチュエータ・シーケンサ・コントローラ それら制御機器を管理する端末・サーバ群

制御システムのセキュリティについて理解・対応が必要。

海外の動向 ～脆弱性検出～

- 宇宙防衛分野におけるバグバンディやペネトレ等による脆弱性検出の活動も盛ん。
- バグバンディプログラムを通じた脆弱性検出
  - 米国ではDoD中心に2016年から、「DEFCON」イベント活用。
  - Hack the Pentagon, Hack the Army, Hack the Air Force etc.
  - 2019年F15戦闘機データシステムを対象。https://www.hackasat.com/blog/hack-the-air-force
  - 2020年は「Hack-A-Sat」でFlatSATを対象。https://www.hackasat.com/
  - 実際に毎回100以上の脆弱性を発見し対策措置を行っている。
  - 2022.4 欧州で小型衛星を用いたコンテスト「Hack A Sat」開催
  - 2022.8 SpaceXのStarlinkのバグバンディも話題に。https://hackasat.com/

宇宙システムや制御システム特有のセキュリティ脅威、実際にあった事案、海外での施策等を紹介。そのうえで、JAXAの宇宙システムに必要な対策をセキュリティ標準を用いた具体的な活用法を説明。

### ④①～③活動のフィードバック、他組織と連携し、国際的なフレームワークを活用しセキュリティ標準を更に進化

連携・情報共有組織  
 JAXA宇宙機設計標準セキュリティWG、  
 Space ISAC(米国中心)、CCSDS、  
 宇宙機関CIOフォーラム、経産省宇宙産業SWG等

SPARTA

Space Attack Research & Tactic Analysis (SPARTA)

MITRE ATT&CK宇宙システム版

©Aerospace Corp.



## 参考情報

### 防衛省とJAXAの協力（2022年3月時点）

（FY2022分は赤字）

#### 【協定関連】

- 防衛省との宇宙状況監視(SSA)に関する協定（FY2017～）や衛星データの提供・利用等に関する協定（FY2015～）を締結・推進中
- 防衛装備庁との航空宇宙分野での研究協力に関する協定を締結、**現在、極超音速技術、衛星観測に関する技術等、8項目について協力を推進中**（FY2014～）

#### 【受託関連】

- 防衛装備庁より、先進光学衛星に相乗り搭載する衛星搭載型2波長赤外線センサの研究試作を受託（FY2015～FY2019）
- 防衛装備庁より、宇宙設置型光学望遠鏡衛星へ適用する技術に関する調査検討を受託（FY2019）
- 防衛省航空幕僚監部より、宇宙状況把握衛星システム（仮称）の調査研究を受託（FY2020～FY2021）
- 防衛省航空幕僚監部より、宇宙状況把握衛星姿勢制御用ソフトウェアを受託（FY2020～）
- 宇宙状況把握衛星用試験評価用装置を受託（FY2020～）
- 宇宙状況監視（SSA）衛星システム（衛星その1）を受託（FY2021～）
- 宇宙状況監視（SSA）衛星システム（地上その1）を受託（FY2021～）
- 宇宙状況監視（SSA）衛星の複数機運用に係る調査研究（FY2021～）
- 極超音速飛翔体観測衛星コンステレーションシステムに係る調査研究（FY2021）

#### 【安全保障技術研究推進制度（実施中のもの）】

- FY2017採択：1件（極超音速飛行に向けた流体・燃焼の基盤的研究）  
⇒ **観測ロケットによる国内初の超音速燃焼飛行試験(2022.7)**
- FY2020採択：2件（超熱AOによるソフトマテリアル表面へのナノ構造付加と機能制御、合成開口レーダによる埋設物探査におけるクラッタ分離技術の研究）
- **FY2022採択：4件（マルチマテリアル接着接合を用いた航空機実現のための基礎研究、新たなデータ同化手法を使った海中水温・塩分推定／予測手法研究、小型衛星用マルチ加速モード同軸スラストの基礎研究等）**

#### 【人事交流関連】

- 防衛装備庁との相互の人事交流を実施中（FY2014～）
- 防衛省（航空幕僚監部）から追跡ネットワーク技術センターへの要員の派遣を受け、SSAシステムの設計・整備における協力を実施中（FY2017～）
- 防衛省との相互の人事交流を実施中（FY2020～）

#### 【視察・講師派遣（FY2022分）】

- **防衛技監の角田宇宙センター訪問や自衛隊サイバー防衛隊指令の筑波宇宙センター訪問をはじめ、各事業所への視察に対応し、業務状況の説明や意見交換を実施**
- **防衛大学校や防衛省職員へのJAXA講演をはじめ、各種の講師派遣・講演を実施。**
- **航空自衛隊幹部学校、防衛研究所一般課程、情報本部上級研修等のJAXA事業所における研修も実施。**

#### 【その他の各種取組】

- 防衛装備庁が開発したF7-10エンジンを導入し、JAXAや産業界が有するエンジン技術のテストベッドとして活用（FY2016～）
- 防衛省をはじめとする関係府省とともに、米空軍主催の多国籍机上演習「シュリーバー演習」に初参加（FY2018）

**財務及び人員に関する情報 (※2)**

項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	2,227,890	1,277,755	2,013,433	4,083,243	839,421		
決算額 (千円)	1,882,437	1,319,479	2,485,956	4,359,134	5,977,629		
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)	9	9	13	19	24		

(※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。

(※2) 予算額、決算額、従事人員数は、それぞれ「Ⅲ.3.3 宇宙状況把握」と「Ⅲ.3.4 宇宙システム全体の機能保証」の合計数。

2022年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
<p>我が国の宇宙システム全体の機能保証に貢献するため、関係機関との意見交換の結果や海外の対応状況も踏まえながら着実に実施していく必要がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①宇宙システム機能保証強化机上演習の活動等を通じて、次年度より関係機関との意見交換の場を増やし、多面的なアプローチで引き続き検討を続けていく。</li> <li>②昨年度の検討から引き続き、軌道利用のルール作りに関する4テーマの検討に対して、課題及びその対策を関係機関と検討することにより、宇宙交通管理（STM）に係る共通理解を促進していく。</li> </ul>