

＜基本計画書＞

多様なユースケースに対応するための Ka 帯衛星の制御に関する研究開発

1. 目的

近年の社会経済活動のグローバル化・多様化に伴い、空や海における広範な活動領域におけるブロードバンド環境や、地上においても携帯電話網や光ブロードバンドのエリア外におけるネットワークなどへのニーズに基づき、衛星通信への期待が増大しつつある。また、大規模災害時において、陸上移動通信システムが復旧するまでの補完システムや緊急通信システムとしての衛星通信のニーズも高まっている。

一方、使用周波数帯の観点からは、Ku 帯までの比較的低い周波数帯については世界的にも周波数逼迫が懸念されているため、Ka 帯以上の周波数帯において広帯域を使用する衛星通信への関心が高まっている。

欧米では、ブロードバンド環境を提供しつつ上記のひっ迫状況に対応するため、ハイスループット衛星 (High Throughput Satellite : HTS) と呼ばれる通信容量の大容量化を狙った衛星通信システムの開発が進んでいる。HTS は広帯域を確保可能な Ka 帯以上の周波数帯の利用、100 ビーム級のマルチビーム構成による高い周波数利用効率、複数ゲートウェイ地球局の利用によって大容量化を実現する。しかしながら、Ka 帯においては近年、固定通信や移動通信などの地上回線と衛星回線の双方での利用が進み、周波数の効率的な運用や他のシステムとの共用が求められている。

従来の衛星通信においては、ユーザビーム毎に固定的に割り当てられた帯域内で各ユーザ端末に必要な帯域を割り当てており、通信可能なエリアやフィーダリンクなども固定的であった。一方で、技術試験衛星 9 号機 (ETS-9) に代表される次世代の HTS においては、衛星搭載機器の高速大容量化とともに、フレキシビリティ化として、ユーザビームの利用周波数帯域の幅や、ユーザビームの形状・位置、フィーダリンク及びゲートウェイ地球局が変更可能となっている。

しかし、限られた周波数の中でこれらを有効に機能させるためには、衛星通信システムとして、5G 網や IoT 網などへの接続に対応した衛星通信システムであると同時に、ユースケース毎のニーズやその変動、電波伝搬状況などを総合的に考慮して、各ビームの周波数帯域の幅、及び各ユーザ端末への帯域割当、各ビームの形状・位置の制御、フィーダリンク及びゲートウェイ地球局の選択などを最適化し、衛星が使える周波数を有効に利用する必要がある。

そのため本研究開発においては、次世代 HTS を用いた衛星通信システムにおいて、周波数リソースをより効率的に利用するために、5G 網など地上の通信システムと円滑な接続を実現する仕組みを研究するとともに、ユーザリンクにおいて、地理的・

時間的に変動する複数の衛星通信サービス（ユースケース）に対して必要とされる通信容量等に対し、割当てられる周波数リソース量の過不足を最小限に抑え、最適化を行う役割を持つ制御システムの研究開発を行う。さらに、フィーダリンクにおいては、気象状況に応じて、Ka 帯の地球局を変更し、伝送速度を維持/改善することや、気象状況に応じて他の回線を利用することにより、フィーダリンクで利用していた Ka 帯を他のシステムで使えるように解放する役割を持つ制御システムの研究開発を行う。

2. 政策的位置付け

- ・宇宙基本計画（平成 27 年 1 月 9 日 宇宙開発戦略本部決定）

「通信・放送衛星に関する技術革新を進め、最先端の技術を獲得・保有していくことは、我が国の安全保障及び宇宙産業の国際競争力の強化の双方の観点から重要である。このため、今後の情報通信技術の動向やニーズを把握した上で我が国として開発すべきミッション技術や衛星バス技術等を明確化し、技術試験衛星の打ち上げから国際展開に至るロードマップ、国際競争力に関する目標設定や今後の技術開発の在り方について検討を行い、平成 27 年度中に結論を得る。これを踏まえた新たな技術試験衛星を平成 33 年度（令和 3 年）をめどに打ち上げることを目指す」旨が記載されている。

- ・宇宙基本計画工程表（令和元年 12 月 13 日 宇宙開発戦略本部決定）

「技術試験衛星（9号機）の衛星バス及びミッション機器ともに詳細設計やプロトフライトモデル製作・試験、各種試験等を継続し、2022 年度の打上げを目指す。その後、5G・IoT 等の地上システムと連携した次世代ハイスループット衛星の実現のための実証実験等を行う。」旨が記載されている。

- ・統合イノベーション戦略 2019（令和元年 6 月 21 日 閣議決定）

「国際競争力強化を目指した H3 ロケットの開発、情報収集衛星の機数増及び機能保証強化、先進光学・レーダ衛星の開発、技術試験衛星の開発等を行う。」旨が記載されている。

- ・デジタル変革時代の ICT グローバル戦略懇談会 報告書（令和元年 5 月 31 日）

「衛星及び地球上のネットワークがシームレスに連携した基盤が実現する」旨が記載されている。

- ・宙を拓くタスクフォース 報告書（令和元年 6 月 7 日）

「衛星通信技術の高度化等」について記載されている。

3. 目標

衛星と各ユーザとの通信に用いる電波（ビーム）の周波数の幅や電波の届く範囲といった衛星の持つリソースの配分を最適化するための制御技術を確立することで、限られた周波数においても多様なサービスへの対応や大容量通信を可能とする。これにより、従来のフレキシビリティを持たないベントパイプ型 HTS 衛星通信システムに比べユーザリンク、フィーダリンクの相乗効果により周波数利用効率を2倍に改善し、周波数の有効利用の一層の向上に繋げる。

4. 研究開発内容

(1) 概要

従来の衛星通信の地上系システムにおいては、複数存在するユーザビーム毎に固定的に割り当てられた帯域内で各ユーザ端末に対して必要な帯域を割り当てていた。また、通信可能なエリアについても固定されていた。

一方、ETS-9 においては、衛星搭載機器の高速大容量化とともに、フレキシビリティ化を図ることにより、ユーザビームの利用周波数帯域や、ユーザビームの形状・位置、Ka 帯や他の回線を利用した複数のフィーダリンク及びゲートウェイ地球局などの選択及び周波数割り当てを変更することが可能な次世代の HTS 衛星の実現を目指している。

本研究開発では、フレキシビリティ化を実現し、衛星通信に対する多様なニーズに対応するため、各ユーザ側が用いている衛星端末システムとフレキシブルな HTS 衛星及びゲートウェイ地球局等の地上系システムからなる衛星通信システムが円滑に接続するとともに、ユーザ側のニーズや天候状況、及びそれらの変動を総合的に考慮して、各ビーム及び各ユーザ端末への帯域割当や、各ビームの形状・位置の変更によるエリアの制御、フィーダリンク及びゲートウェイ地球局の選択を適応的に最適化する技術の研究開発を行う。

本研究開発は、以下に提示する各技術課題の解決に向け、地上にて方式検討・作製・評価を行った後、2022 年度に打上げ予定の ETS-9 を利用して、軌道上実証実験を行うこととする。

そのため、各技術課題の受託者は互いに協力し、合意形成を図りつつ連携を行うこと。

※ 本研究開発は各ユーザビームの利用周波数帯域幅の変更機能（デジタルチャネライザ）や、ユーザビームの形状・位置の変更機能（デジタルビームフォーミング）、Ka 帯通信機能（ユーザリンク、フィーダリンク（アップリンク：27.0-31.0GHz、ダウンリンク：17.7-21.2GHz を想定）、光通信（フィーダリンク）の機能、及び電波通信と光通信の両方で使う共通部（ビーコンなど）の機能を持つ通信用機器（総務省が用意したものを利用可能^(注)。以下ミッションという。）を ETS-9 に搭載した上で研究開発を行うため、本研究開発の受託者はミッションの製作者や ETS-9 のバス部分を担当する宇宙航空研究開発機構（JAXA）と連携することが求

められる。

(注) 昨今の世界的な技術動向等を踏まえ、必要に応じてミッションの改修等を行うことは提案可能。

ただし、当該改修等の提案を行うにあたっては、事前に総務省に相談すること。また、光通信部分、共通部分については改修等を必要としないこと。

※ 本研究開発活動においては、従来の他通信システムにて実施している通信システムの制御に関する各種方式や知見を参考にし、課題ア～ウの活動を効率的に実施し効果的な成果を導出することが求められる。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 衛星通信システムにおける衛星—地上接続技術

各種ニーズに対応した HTS 衛星通信システムと地上網といった他のシステムとの接続において、衛星通信ネットワーク区間の遅延（約 500msec）や、衛星通信と地上網との伝送速度差（約 100 倍）、衛星通信と地上網（5G、IoT 等）との通信規約（通信プロトコル）等の大幅な違い（TCP と UDP 等）によって、衛星通信と地上網との接続における TCP/IP 通信における実効伝送速度（実効スループット）の低下や、最悪の場合通信切断が発生し、エンド to エンドの適切な通信が出来ないという課題がある。

これらの課題に対応するため、各種ニーズに対応した衛星通信システムにおける通信方式に関し、特にサービス品質において重要な、衛星回線と地上網の遅延時間の差や回線速度の差、衛星／地上（5G、IoT 等）間の通信プロトコルの違いを考慮した QoS 対策に資する衛星—地上接続方式（衛星システムと地上システムを途切れずに接続するための方式）の検討を行う。

その上で、衛星—地上接続方式の検討結果に基づき、衛星—地上接続システムの詳細設計を行い、その実証のために必要となるハード及びソフトからなるシステムを製作し、単体評価を実施する。

また、課題ウによる ETS-9 の打ち上げ前の評価の結果、及び打ち上げ後の総合評価の結果を踏まえ、衛星—地上接続システムの最適化を行う。

さらに、課題アは課題ウによる評価の対象の一部になるため、課題ウの評価のために必要なインターフェイス（ソフトウェアのみでなくハードウェアや総合評価に必要な接続用の回線を含む）等を作成・準備し、評価における他システムへの接続、評価への協力を行う。

※ 衛星—地上接続における検討内容の例（提案はこれに縛られるものではない）：ネットワークスライシングの方式、タイマー値の見直し

イ 予測技術を活用した衛星通信システムの運用計画作成技術

本研究開発で目指すユーザリンク、フィーダリンクに関する衛星リソースの制御においてユーザを適切に收容するためには、フレキシビリティを有する衛星リソースを適切なタイミングで割り当てていくことが必要である。そのためには、従来のリソースが固定的な衛星通信と異なり、運用計画において衛星リソースを時間軸上で適切に割り当てる計画立案が必要である。

その際、時々刻々と変化する通信需要及び回線条件、並びに衛星リソースの制御周期を考慮して適切に運用計画を立案しなければ、呼損の発生や、衛星リソースの余剰が発生し、ユーザに適切な通信サービスを提供できない可能性がある。そのため、通信需要や天候などによる回線条件の変化をデータ解析に基づき予測を行い、ユーザリンク、フィーダリンクに関する衛星リソースを適切に割り当てる運用計画方式を検討する。

さらに、フィーダリンクにおいては、気象状況に応じてKa帯以外の回線を利用することにより、フィーダリンクで利用していたKa帯を他のシステムで使えるように解放する役割を持つ制御方式を検討し、上記の運用計画方式に反映する。

また、運用計画方式の検討結果に基づき、データベースを構築し、データを解析した上でリソース割当計画を作成する機能を持つ運用計画作成システムの詳細設計を行い、その実証のために必要となるハード及びソフトからなるシステムを製作し、単体評価を実施する。

また、ETS-9の打ち上げ前に実施する課題ウの評価の結果、及び打ち上げ後に実施する課題ウの総合評価結果を踏まえ、当該運用計画作成システムの最適化を行う。

ここで作成された運用計画に基づき課題ウにおけるリソース制御を行うため、研究開発においては課題ウの受託者と連携を行うこと。

さらに、課題イは課題ウによる評価の対象の一部になるため、課題ウの評価のために必要なインターフェイス（ソフトウェアのみでなくハードウェアや総合評価に必要な接続用の回線を含む）等を作成・準備し、評価における他システムへの接続、評価への協力を行う。

ウ 衛星リソース制御技術及び総合評価

本研究で技術開発を目指している使用周波数や通信エリアを柔軟に変更する衛星においては、それらが固定である従来の衛星とは異なり、ビーム毎の周波数幅やエリアなどを変更する運用計画を実行する際には、周波数の干渉を考慮した物理層等の制御が必要となる。

そのため、マルチビーム間の干渉や、ビーム内に複数いるユーザが通信に用いるそれぞれの通信キャリアの周波数間の干渉を考慮した周波数配列の最適化が必要である。

本研究開発においては、課題イの受託者と連携し、各種干渉を考慮した周

波数配列の最適化を実現するデジタルチャネライザ及びデジタルビームフォーミング、フィーダリンクのリソース制御のための方式を検討し、リソース制御システムについて詳細設計を行い、その実証のために必要となるハード及びソフトからなるシステムを製作し、単体評価を実施する。リソース制御システムには、デジタルビームフォーミングを適切に機能させるための励振係数の補正（キャリブレーション）技術、衛星ゲートウェイ局の詳細設計、製作、単体試験も含まれる。

また、下記の ETS-9 の打ち上げ前に実施する評価結果、及び打ち上げ後に実施する総合評価結果を踏まえ、当該リソース制御システムの最適化を行う。

さらに、上記の研究開発（リソース制御）は下記の総合評価の対象の一部になるため、総合評価のために必要なインターフェイス（ソフトウェアのみでなくハードウェアや総合評価に必要な接続用の回線を含む）等を作成・準備し、評価における他システムへの接続、評価への協力を行う。

課題ア、課題イ及び上記の研究開発（リソース制御）の有効性検証を実施し、更なる最適化を進めるためには、開発の前提となる衛星通信システム全体のネットワークアーキテクチャの設計及びその有効性検証のための実証環境の構築が必須である。さらにその前提として、実証環境の構築のためには、総合実証を行う際の評価方式の確立が必要である。

そのため、令和元年までの ETS-9 の開発成果と、上記の課題ア、課題イ及び上記の研究開発（リソース制御）を連携した、衛星そのもののシステム及び衛星通信のための地上系のシステム、一部の地上網を統合した総合実証環境の構築に資するための、総合評価の方式検討を行う。なお総合評価には、キャリブレーション技術（励振係数の補正技術）の評価も含まれる。

その上で、衛星そのもののシステム及び衛星通信のための地上系のシステム、一部の地上網を統合した全体を総合的に評価するための環境（計測器レンタル、機材設置、回線レンタル、通信用機器（ミッション）の別途用意される ETS-9 バスへの搭載）を構築し、評価を行い、研究開発成果の妥当性を確認する（例：地上網におけるコア網からユーザ端末（5G や IoT、航空機など）までのエンド to エンド通信による総合実証）。

評価としては、まず ETS-9 の打ち上げ前段階において必要な、衛星／地上系システムに関する評価（打ち上げ前評価）を実施し、課題ア、課題イ及び上記の研究開発（リソース制御）の妥当性を検証する。

さらに、上記に記載したように ETS-9 の打ち上げ後において、ETS-9 及び地上系の開発成果を併せた衛星通信システム全体の総合評価として、無線特性等の基礎実験及び、ユースケース観点からの応用実証を実施し、課題ア、課題イ及び上記の研究開発（リソース制御）の衛星通信システム全体としての妥当性を確認する（応用実証に関しては、多様なユースケースの検討を元にした実証が出来るよう、幅広い分野の人々が入った検討会を行うこと）。

※ ETS-9 のバス部分は JAXA が作成するため、JAXA と連携することが求められる。

到達目標

課題アについては、各種ニーズに対応した HTS 衛星通信システムと地上網といった他のシステムとの接続において、サービス品質において重要な、衛星回線と地上網の遅延時間の差や回線速度の差、通信プロトコルの違いを考慮した QoS 対策に資する新たな衛星—地上接続方式を確立する。

課題イについてはフレキシビリティを有する衛星リソースを適切なタイミングで割り当てていくための、衛星リソースを時間軸上で適切に割り当てる計画立案、すなわち、通信需要や回線条件の変化をデータ解析に基づき予測を行い、衛星リソースを適切に割り当てる運用計画方式を確立し、その成果に基づき、データベース構築、解析、運用計画機能の詳細設計、製作、システム単体評価を実施することで、運用計画作成システムの開発を実施する。これにより、周波数利用効率を理論的に2倍に改善できる方式を確立する。

課題ウについてはマルチビーム間の干渉や、ビーム内に複数いるユーザが通信に用いるそれぞれの通信キャリアの周波数間の干渉を考慮した周波数配列、複数のフィーダリンク及びゲートウェイ地球局などの選択及び周波数割り当ての最適化のために、課題イと連携し、各種干渉を考慮した周波数配列の最適化を実現するデジタルチャネライザ及びデジタルビームフォーミング、フィーダリンクのリソース制御技術を開発するための制御方式を確立し、その成果に基づき、リソース制御の詳細設計、製作、単体評価を実施することで、衛星リソース制御システムの開発を実施する。また、課題イで理論的に示す周波数利用効率2倍の改善効果の目標が技術的に実現できることを検証する。また、ETS-9 の打ち上げ後において、課題ア、イの成果を含め、ETS-9 及び地上系の開発成果を併せた衛星通信システム全体の総合評価として、無線特性等の基礎実験及び、ユースケース観点からの応用実験を実施し、衛星通信システム全体としての妥当性を確認する。また、周波数利用効率2倍の改善効果を実証環境における評価及びシミュレーション評価で検証する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

<令和2年度>

ア 衛星通信システムにおける衛星—地上接続技術

・衛星回線と地上網の遅延時間の差や回線速度の差、通信プロトコルの違い

を考慮した QoS 対策に資する衛星—地上接続方式の検討

- ・ HTS 衛星通信システムと地上網といった他のシステムとの接続に関わる衛星通信システムの基本設計、詳細設計

イ 予測技術を活用した衛星通信システムの運用計画作成技術

- ・ 通信需要や回線条件の変化をデータ解析に基づき予測を行い、衛星リソースを適切に割り当てる運用計画の基本方式の検討
- ・ 衛星リソースを適切に割り当てる運用計画の基本設計

ウ 衛星リソース制御技術及び総合評価

- ・ 各種干渉を考慮した周波数配列の最適化を実現するデジタルチャネライザ及びデジタルビームフォーミング、フィーダリンクのリソース制御方式の検討
- ・ リソース制御システムの基本設計
- ・ アーキテクチャの構築や個々の機能設計など、衛星通信システム全体の基本設計
- ・ 課題ア、課題イ、および衛星リソース制御に関する研究開発の成果物に対する地上での検証方式の検討、衛星打ち上げ後の実証実験の総合評価方式の検討
- ・ 衛星システム及び衛星地上系システムを併せた衛星通信システム全体を総合的に評価するための評価環境の構築（試験治具製作、通信用機器（ミッション）を別途用意される ETS-9 バスへ搭載）

<令和3年度>

ア 衛星通信システムにおける衛星—地上接続技術

- ・ 衛星回線と地上網の遅延時間の差や回線速度の差、通信プロトコルの違いを考慮した QoS 対策に資する衛星—地上接続方式を実現するための基本設計、詳細設計、製作
- ・ HTS 衛星通信システムと地上網といった他のシステムとの接続に関わる衛星通信システムの製作

イ 予測技術を活用した衛星通信システムの運用計画作成技術

- ・ 衛星リソースを適切に割り当てる運用計画機能の詳細設計・製作
- ・ 通信需要等の予測を行うためのデータベース用装置の製作及びデータベースの構築

ウ 衛星リソース制御技術及び総合評価

- ・ 各種干渉を考慮した周波数配列の最適化を実現するデジタルチャネライザ及びデジタルビームフォーミング、フィーダリンクのリソース制御システム

の詳細設計、製作の実施

- ・衛星システム及び衛星地上系システムを併せた衛星通信システム全体を総合的に評価するための評価環境の構築（令和2年度の続き）

<令和4年度>

ア 衛星通信システムにおける衛星—地上接続技術

- ・衛星回線と地上網の遅延時間の差や回線速度の差、通信プロトコルの違いを考慮したQos対策に資する衛星—地上接続方式の製作（令和3年度の続き）、単体評価
- ・HTS衛星通信システムと地上網といった他のシステムとの接続に関わる衛星通信システムの製作（令和3年度の続き）、単体評価

イ 予測技術を活用した衛星通信システムの運用計画作成技術

- ・衛星リソースを適切に割り当てる運用計画作成システムの製作（令和3年度の続き）、単体評価
- ・通信需要等の予測を行うためのデータベース構築（令和3年度の続き）、単体評価

ウ 衛星リソース制御技術及び総合評価

- ・リソース制御システムにおけるゲートウェイ局の制御方式検討
- ・各種干渉を考慮した周波数配列の最適化を実現するデジタルチャネライザ及びデジタルビームフォーミング、フィードリンクの衛星リソース制御システムの製作（令和3年度の続き）、単体評価
- ・衛星システム及び衛星地上系システムを併せた衛星通信システム全体の総合評価環境構築
- ・実証環境の構築
- ・ユースケースを想定した応用実験環境の検討（ESIM対応衛星端末の設計等）
- ・課題ア、課題イ、および衛星リソース制御に関する研究開発の成果物に対する打上げ前の総合評価作業を実施し、課題ア、課題イ、および衛星リソース制御に関する研究開発の成果の妥当性を検証

<令和5年度>

ア 衛星通信システムにおける衛星—地上接続技術

- ・令和4年度における課題ウの評価結果を踏まえた接続システムの課題抽出及び最適化

イ 予測技術を活用した衛星通信システムの運用計画作成技術

- ・令和4年度における課題ウの評価結果を踏まえた運用計画作成システムの課

題抽出及び最適化

ウ 衛星リソース制御技術及び総合評価

- ・令和4年度における課題ウの評価結果を踏まえた衛星リソース制御システムの課題抽出及び最適化
- ・実証環境の構築（令和4年度の続き）
- ・通信用機器（ミッション）に関わる IOT
- ・ユースケースを想定した応用実験環境の構築（ESIM 対応衛星端末の作製等）
- ・本制御システムの基本特性の確認
- ・無線特性等の基礎実験の実施

<令和6年度>

ア 衛星通信システムにおける衛星—地上接続技術

- ・課題ウでの総合評価に対する接続システムの有効性の検証

イ 予測技術を活用した衛星通信システムの運用計画作成技術

- ・課題ウでの総合評価に対する運用計画作成システムの有効性の検証

ウ 衛星リソース制御技術及び総合評価

- ・総合評価に対する衛星リソース制御システムの有効性の検証
- ・実証環境の構築（令和5年度の続き）
- ・本制御システムの基本特性の確認（令和5年度の続き）
- ・無線特性等の基礎実験の実施（令和5年度の続き）
- ・ユースケースを想定した応用実験
- ・本制御システムの総合的な特性及び周波数利用効率の確認

5. 実施期間

令和2年度から6年度までの5年間

6. その他

(1) 成果の普及展開に向けた取組等

①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

②実用化への取組

実際に衛星を打ち上げ、軌道上実証実験を行う本研究開発は、新技術の有効性や実用性を実証できる貴重な機会であり、その後の実用化への取組につながる強力なステップである。

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び令和6年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

(2) 提案および研究開発に当たっての留意点

本研究開発課題への提案にあたっては、各技術課題のいずれか一つ又は複数に提案することが可能。また、各技術課題に対して共同研究による提案も可能。ただし、各技術課題のうち一部の技術のみの提案は不可（例：課題イのうちデータベース構築技術のみでの提案は不可）。

提案にあたっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来の技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施にあたっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。

(3) ETS-9 を用いた実証に係る注意点

本研究開発は ETS-9 を用いる研究開発・実証を行うために、以下の作業や設備の作成・設置を受託者は行うこと。

なお、検討にあたっての ETS-9 自体の仕様の詳細、及び ETS-9 のミッション部や地球局の仕様（ユーザリンク・フィーダリンクの無線性能諸元、使用可能帯域、ビーム数、衛星ゲートウェイ局の諸元等）の詳細について必要な場合は、担当課（宇宙通信政策課）に問い合わせること。

(課題ウ)

衛星ゲートウェイ局：フィーダリンクの制御の実証（フィーダリンクの切り替えの実証）のために必要となる Ka 帯の衛星ゲートウェイ地球局（2 局以上）、光通信等のその他の周波数の通信用のゲートウェイ地球局（1 局以上）及びそれらの制御局

衛星通信管制局：衛星リソース制御の有効性の検証に必要となる、衛星バス側の管制局が有するコマンド／テレメトリ無線送受信機能を経由したミッション機器の監視制御、及び衛星通信システム全体を監視制御する管制局
ミッション部分の衛星バスへの組み込み・テスト（試験治具製作、AIT/PFTの実施）
衛星の射場への搬入後のミッション機器動作確認（射場試験）
軌道上実証（OR）
静止軌道後動作確認（IOT）
確認及び評価の際に必要な各種地上系設備の維持管理
総合実証に必要となる地上系システムの準備（ESIM 対応衛星端末、実証に必要な移動体など）
総合実証に必要な計測器
ミッション部分の運用管理
軌道上実証を行うための軌道・周波数確保のための調整

なお、ETS-9 のバスの作成・テスト（システムAIT、PFT）、静止軌道までの打ち上げ・軌道位置への移動（OR）、衛星静止化後の試験（IOT）、バスの制御は別のプロジェクト（4(1)※を参照）が担当するため、その担当者と連携をすること。