

＜基本計画書＞

ニーズに合わせて通信容量や利用地域を柔軟に変更可能な
ハイスループット衛星通信システム技術の研究開発

1. 目的

近年の社会経済活動のグローバル化に伴い、空や海といったより広範な活動領域におけるブロードバンド環境へのニーズ、陸域におけるトラフィック集中解消のニーズ等といった衛星通信への期待が増大しつつある。また、大規模災害時における衛星通信のニーズも高まりつつあり、被災状況等の高精細映像による情報伝送やフレキシブルで可動性の高い非常通信手段として、きめ細かい災害対応での利活用等が期待されている。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衛星先進国が占有しており、世界的にも周波数逼迫が懸念されているため、Ka 帯以上で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逼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。

一方、現在の HTS では、マルチビームへの周波数割当が固定でありトラフィック要求の時間的変動に対応していないため、例えばトラフィックの少ないビームでは未使用周波数が存在し、一方トラフィックの多いビームでは割当周波数が不足するなど、ビーム当たりの割当帯域を必ずしも有効に利用できていない。加えて、多数のマルチビームを形成するため、搭載品の容積・重量が大規模化することも課題である。このため、限られた衛星リソースで HTS の周波数利用効率を向上させる技術の開発が必要となりつつある。

周波数フレキシビリティ技術(デジタルチャネライザ)は、衛星中継器の帯域幅を実際に使用されている周波数に合わせて可変とすることで、トラフィック変動に対して適応的にリソース割り当ての最適化を可能とし周波数有効利用を図る技術である。周波数利用効率化により、収容ユーザ数の向上及び広帯域の通信の実現が期待されるが、このデジタルチャネライザは、バンド幅が狭く、通信信号自体も比較的狭帯域な信号が多い S/L 帯への適用実績はあるものの、広帯域な信号を用いる Ka 帯 HTS への適用例は世界的にも存在しない。Ka 帯における周波数フレキシビリティを向上させ、周波数利用効率を向上させるためにはデジタルチャネライザの広帯域化が必要である。

また、より周波数利用効率の高いマルチビームシステムを構成するには、衛星当たりの照射ビーム数を多くする必要がある。ビーム数を増やすためには、反射鏡アンテナの給電部を小型化し適切に配置する等が必要であるが、そういった給電部の小型化技術等を適用することで、密配置のビームを実現することが可能である。

本研究開発で Ka 帯の広帯域伝送に対応したデジタルチャネライザ及び小型給電部

等を開発し Ka 帯 HTS に適用することにより、周波数利用効率を向上し、衛星搭載機器の国際競争力の向上に資することを目指す。

2. 政策的位置付け

・新たな情報通信技術戦略の在り方〈平成 26 年 12 月 18 日付け諮問第 22 号〉中間答申(平成 27 年 7 月 28 日情報情報通信審議会)

「海洋・航空域での広域ブロードバンド通信を実現するため、2021 年以降の次期技術試験衛星の打ち上げに向けて衛星搭載機器や衛星通信システム、高機能地球局システム等の基盤技術を確立し、ユーザ当たり 100Mbps 級の宇宙・海洋ブロードバンド通信衛星システムを実現する」旨が記載されている。

・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 年度をめどに打ち上げることを目指す」旨が記載されている。

3. 目標

トラフィックの時間的な変動等により生じる通信リソースの無駄を改善する周波数フレキシビリティ技術を確立し、100Mbps 級の情報伝送を行った場合に、現行の Ka 帯ハイスループット衛星に比べ周波数利用効率を 2 倍程度に改善することで、周波数の有効利用を図る。なお、この研究開発成果について平成 33 年度打上予定の次期技術試験衛星に搭載し静止軌道上で評価を実施することを目的として研究開発を行う。

4. 研究開発内容

(1) 概要

Ka 帯 HTS に適用可能なフレキシビリティを有する衛星搭載通信ペイロードのキー・コンポーネントであるデジタルチャネライザの広帯域化技術の開発を実施する。チャネライザの広帯域化技術の開発に際しては、地上の機器に比べ性能等に制約の大きい衛星搭載可能なデバイスを用い、衛星搭載可能な消費電力で実現する。さらに、マルチビーム高効率化のため、アンテナ給電部の高度化(小型化)等に関する研究開発を実施する。実施に際しては、衛星搭載に求められる環境条件で研究開発を行う。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 全体構成検討・評価

現状の HTS 等を用いた衛星通信システムでは、マルチビームへの周波数割当が固定であり、トラヒックに変動がある場合、例えば特定のビームにトラヒックが集中し、他のビームのトラヒックが少ない場合でも、予め割り当てられた周波数を変更することが出来ないことが課題である。

これら課題に対応するため、周波数フレキシビリティを有する衛星の通信ペイロードの基本検討として、衛星に求められるフレキシビリティの要求を検討し、この要求を実現するための衛星搭載通信ペイロードの全体構成や性能を検討する。

検討に際しては現在の商用通信衛星オペレータの周波数フレキシビリティへの要求を考慮する。これら通信ペイロードの構成や性能を実現するためのデジタルチャネライザ、給電部等への要求仕様を決定する。さらに、イ項及びウ項で開発するデジタルチャネライザ及び小型給電部等の評価結果に基づき、これら機器を適用した場合の周波数利用効率等をシミュレーションにより総合評価する。なお、研究開発成果については平成 33 年度に打上予定の次期技術試験衛星に搭載し静止軌道上で評価を実施することを前提とする。このため、研究開発したチャネライザ、給電部等を中心として衛星搭載通信ペイロードシステムを構築し、その性能を実機及びシミュレーションによって評価する。

イ 広帯域デジタルチャネライザの開発

衛星搭載用広帯域デジタルチャネライザを実現するためには、地上の最先端デバイスに比べ処理能力の劣る衛星搭載用デバイスを用いて所望の動作を低消費電力で実現することが課題である。このため、チャネライザを構成するフィルタ(分波部・合波部)/スイッチ(交換部)機能を低消費電力で実現するデジタル信号処理アルゴリズムを開発する。

さらに、広帯域デジタルチャネライザは規模の大きなコンポーネントであり、複数の回路基板から構成する必要がある。このため、複数の基板間でデジタル信号を伝送する必要がある。デジタルチャネライザの広帯域化に伴い基板間の信号伝送も高速化が必要になる。これら基板間的高速伝送について、衛星搭載機器としての信頼性を担保するために、地上機器に比べ制約の大きな衛星搭載機器の設計基準に基づき設計する必要がある。これら制約のもとで、回路基板間的高速伝送技術を実現することが課題である。さらに、衛星搭載機器の開発では、衛星の環境条件に合わせた機械系の開発が課題である。特にデジタルチャネライザでは、広帯域化や入出力ポート(ビーム数)に伴い、上記の低消費電力化アルゴリズムを適用したとしても、コンポーネントとしての発熱は大きな値になると考えられる。こ

のため、チャネライザの電子回路の発熱を高効率に衛星筐体に伝え、電子回路の部品の温度を許容温度以下に保つための高効率排熱技術の開発や、衛星打上げ時の厳しい振動・衝撃を加えた後でもコンポーネントが正常に動作するような筐体の開発が課題となる。これら広帯域デジタルチャネライザ実現のための基盤技術の開発を行う。

また、これら広帯域デジタルチャネライザ実現のための要素技術に基づき、衛星搭載を前提とした広帯域デジタルチャネライザを製作し、性能評価を行う。

ウ 給電部の小型一体化技術等の開発

周波数利用効率の高いマルチビームシステムを構成するには、より高密度なビーム配列を実現し、ビーム数を増やすことが課題となる。より高密度なビーム配列を実現するためには、ビーム配列に対応する給電部の高密度化等が必要となる。

このため、高密度の給電系実装を実現する小型一体型の給電部等の開発を行うとともに、各ビーム間で使用するホーンを共用して複数ホーンでビームを形成する技術等、より高密度なビームを形成するための給電部等の開発を行う。

また、開発した給電部等は、衛星搭載を前提とした性能評価を行う。

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、以下を想定しているが、提案する研究計画に合わせて設定して良い。

(例)

到達目標

<平成28年度>

ア 全体構成検討・評価

周波数フレキシビリティを有する衛星通信システム全体構成を検討し、その衛星通信システムを実現するための衛星搭載通信ペイロードの構成を検討し、チャネライザ、給電部等の要求仕様を策定する。システム検討に際しては、次期技術試験衛星バスへの搭載を前提とし、日本本土の大部分をカバーできるマルチビームにより構成するものとする。

イ 広帯域デジタルチャネライザの開発

課題アで策定した要求仕様に基づき、高速大容量に適したデジタルチャネライザの信号処理アルゴリズム開発、シミュレーションによる信号処理アルゴリズム検証を行う。また、信号処理アルゴリズムを搭載した部分試作による検証を行う。検証においては、所望の高速信号処理が衛星搭載を前提とした回路、素子で実現可能であることを評価する。さらに複数の基板間で高速信号を伝送するための部品および基板の選定、高効率で排熱を行う筐体の構成について基

本設計を実施する。

ウ 給電部の小型一体化技術等の開発

課題アで策定した要求仕様に基づき、周波数利用効率の高いビーム形成技術の実現検討を実施する。さらに、給電部の導波管給電系の小型化等を実現する方法をシミュレーションにより評価し、平成 29 年度に部分試作する給電部等の基本設計を行う。

<平成29年度>

ア 全体構成検討・評価

平成 28 年度に検討した通信ペイロード構成及び課題イ、ウでの検討結果より、次期技術試験衛星への搭載を前提とした衛星搭載通信ペイロードの全体構成や性能等に関する仕様の見直しを行う。さらに、平成 31 年度に実施する通信ペイロードの総合試験の評価内容(案)を策定する。

イ 広帯域デジタルチャネライザの開発

平成 28 年度に開発した高速信号処理アルゴリズムの検証用部分試作機の性能評価を実施後、本評価結果を反映した試作モデルの設計を行う。具体的には、信号処理回路や制御回路の設計及び基板設計を行う。さらに、高速な基板間伝送回路の設計及び高効率で排熱を行う筐体の設計を行い、これら要素技術の設計・検証結果に基づき、衛星搭載用部品等を使用して広帯域チャネライザ試作モデルを設計・製作する。

ウ 給電部の小型一体化技術等の開発

前年度に検討した給電部等の具体的な実装検討を実施し、部分試作を行い、平成 28 年度に課題ア、ウで検討した要求性能が得られていることを確認する。

<平成30年度>

ア 全体構成検討・評価

平成 29 年度及び 30 年度に課題イ、ウで実施するチャネライザの試作モデルの製作・評価の結果及び給電部の部分試作・評価の結果より、次期技術試験衛星への搭載を前提とした衛星搭載通信ペイロードの全体構成や性能等に関する仕様の見直しを行う。この見直し結果に基づき、衛星搭載通信ペイロードシステムの構築に着手する。さらに、平成 31 年度に実施する通信ペイロードの総合試験の評価内容について見直しを行い、評価用シミュレータを開発する。

イ 広帯域デジタルチャネライザの開発

平成 29 年度に開発した広帯域チャネライザ試作モデルを用いて、ア項で検討した要求を満たしているかについて評価を行う。また、評価結果に基づき、改良設計及び試作モデルの改修等を行い、衛星搭載可能なプロトタイプを製作する。

ウ 給電部の小型一体化技術等の開発

部分試作・評価結果に基づき、給電部と反射鏡からなるアンテナ全体モデル(プロトタイプ)の設計・製作を実施するとともに、平成 31 年度に実施する試験・評価の方法について検討し評価条件を決定する。

<平成31年度>

ア 全体構成検討・シミュレーション評価

研究開発したチャネライザ、給電部等を中心としてマルチビームにより日本本土の大部分をカバーできる衛星搭載通信ペイロードシステムを構築し、その性能を評価する総合試験を実機及びシミュレーションによって評価する。

イ 広帯域デジタルチャネライザの開発

衛星搭載用プロトタイプを用いて広帯域チャネライザの単体試験を行い性能評価する。さらに、衛星搭載に向け広帯域チャネライザ単体で軌道上環境を模擬した熱真空試験等を実施し、衛星搭載可能な品質を有していることを評価する。

ウ 給電部の小型一体化技術等の開発

アンテナ全体モデルの単体試験・評価を行い、性能を評価する。さらに、本研究で開発した給電部等は、軌道上環境を模擬した熱真空試験等を実施し、衛星搭載可能な品質を有していることを評価する。

5. 実施期間

平成 28 年度から平成 31 年度までの4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み

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

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」及び実用化等を実現するために必要な取組を図ること。

特に本研究開発では、前述の宇宙基本計画における記載事項を踏まえ、本研究開発の成果による軌道上評価の終了後も、国内での高速な衛星通信による災害対策の手段又は様々な用途での衛星通信テストベッドとして機能するものとする。また、軌道上評価後に本研究開発の成果を国内外の通信衛星へ搭載し、当該技術の普及を図る計画を策定すること。なお、提案書に当該計画を記載するに当たっては、具体的な活動内容及びその実施方策についても示すこと。

③研究開発成果の情報発信

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に、総務省が別途指定する成果発表会等の場において研究開発の進捗状況や成果について説明等を行うこと。

(2)提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、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。周波数利用効率の評価に際して使用するシステムモデルを決定する際には、その妥当性の検討を実施すること。また、従来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。

研究開発の実施に当たっては、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。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。

なお、本研究開発成果は次期技術試験衛星への搭載を想定することから、本研究開発の共同研究体制は次期技術試験衛星の衛星バス開発と密接に協力できるように考慮すること。また、宇宙環境に適合するための環境条件の目標値とその根拠を提案すること。