

## ＜基本計画書＞

### 次世代衛星移動通信システムの構築に向けたダイナミック制御技術の研究開発

#### 1. 目的

産業活動のグローバル化や、大規模震災等の災害対策をはじめとする国民の安心・安全の確保において、衛星通信、とりわけ海外事業者の通信サービスの国内展開を含め、衛星移動通信サービスへのニーズが高まっている。ところが、電波の回り込みや指向性の点から衛星移動通信に適した比較的低い周波数帯の移動体通信用の周波数帯（L帯やS帯等）には新たなサービスに割り当てられる周波数帯はほとんどない。限られた帯域において最大限の回線を収容する技術の開発により災害時の機動的な運用も可能な次世代の衛星移動通信システムを構築し、周波数の利用効率を向上させることが必要である。

収容回線数を大幅に拡充するための有効な手法として、「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」において確立したマルチビーム形成技術による大型アンテナを用いた周波数の繰り返し利用技術があり、当該技術によりスループットを大幅に向上させ、周波数利用効率を大幅に向上させることが可能である。

一方、大型アンテナを搭載した技術試験衛星Ⅷ型（ETS-Ⅷ）「きく8号」による実験において、地球による「食」の時間帯において大型アンテナが受けた熱環境の変化によりアンテナ鏡面に歪みが生じ、ビームの指向方向が東方向に約0.15度変化したことが観測されている。

この現象は、周波数の有効利用の観点から、大型アンテナによる次世代衛星移動通信システムのビーム配置を設計する際に無視できず、現状のままではアンテナ鏡面の歪みを考慮してマージンを大きく見積もった効率の悪いビーム配置を採用することとなり、収容回線数を十分に確保できずに周波数利用効率の低下を招くことが懸念されている。

本研究開発では、衛星搭載の大型アンテナ形状の歪みによる地上のビーム形状の変形等を動的に補償する仕組みを研究開発し、収容回線数を大幅に拡充した次世代の衛星移動通信システムの構築のために必要なビーム形状安定化技術を確立し、周波数有効利用に資することを目的とする。

#### 2. 政策的位置付け

○電波有効利用の促進に関する検討会－報告書－（平成24年12月25日電波有効利用の促進に関する検討会）

第1章 電波利用環境の変化に応じた規律の柔軟な見直し

1. 電波有効利用を促進する柔軟な無線局の運用

(3) 周波数再編の加速

② 電波有効利用技術の活用

「電波の有効利用を一層推進する観点から、センサーネットワーク、M2M、テラヘルツ帯デバイス、無人無線航行関連技術など、新た

なニーズに対応した無線技術をタイムリーに実現するとともに、電波利用環境を保護するための技術について開発をより一層推進することが必要」旨が記載されている。

○宇宙基本計画（平成 25 年 1 月 25 日宇宙開発戦略本部決定）

第 3 章 宇宙開発利用に関し政府が総合的かつ計画的に実施すべき施策

C. 通信・放送衛星

（4）5 年間の開発利用計画

① 国際競争力強化のための技術実証の推進

打ち上げ後の需要の変化に対応可能な技術の開発・実証の必要性について、デジタルビームフォーミング技術およびデジタルチャネライザ技術を例示しつつ記載がされている。

○世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月 14 日閣議決定）

Ⅲ. 目指すべき社会・姿を実現するための取組

2. 健康で安心して快適に生活できる、世界一安全で災害に強い社会

（2）世界一安全で災害に強い社会の実現

① 命を守る災害関連情報の提供等、防災・減災体制の構築

「平時にも活用可能な防災・減災情報を提供する情報通信端末の整備なども含め、多様なメディアを活用した重層的な情報収集・伝達体制を構築」が記載されている。

○大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について 最終取りまとめ

（平成 23 年 12 月 27 日大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会）

第 6 章 アクションプラン

1. 国等が中心となり取り組むべき事項

「地上通信インフラの被災時にニーズに応じた衛星通信の回線確保を円滑に図るための研究開発に取り組む。」が記載されている。

3. 目標

次世代衛星移動通信サービスを実現するために、デジタル中継器による周波数繰返し利用可能なマルチビームシステムを安定かつ効率的に運用できるシステム技術を開発し、ビーム形状安定化技術を確立する。本技術により、隣接するビームの重複エリアを 1 / 2 程度に軽減し、収容可能なユーザ数を従来の 2 倍程度に増加させることで、周波数利用効率を 2 倍程度向上させることを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

次世代衛星移動通信システムを実現するために必要な、衛星搭載の大型アンテナ形状の歪みなどによる地上のビーム形状の変形や不安定化を動的に補償することにより運用の安定性確保と周波数の有効利用を実現するビーム形状安定化技術の確立のために、地上のフットプリント計測システム、アンテナ形状の計測技術、給電部の励振分布制御技術の研究開発を実施する。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

次世代衛星移動通信システムは、衛星端末の小型化・低消費電力化が必要で、衛星側のアンテナ利得を大きく確保できる大型アンテナが必要である。

一方、太陽からの熱や構造的な変形の影響による大型アンテナの歪みは、地上のビーム形状の変形や不安定化を招くことが確認されている。この歪みを見込んでマルチビームの配列を設計しようとする、本来1ビームでサービスしたいエリアより相当大きなビームを互いに重なるように配置してマージンを取るなどの必要が生じ、周波数の利用効率を低下させるという問題がある。そこで、劣化した地上のビーム形状をダイナミックに補正し、常に安定した形状のビームを維持するビーム形状安定化技術の確立が必要である。

大型アンテナの歪み等による鏡面形状の変形に伴うビームの劣化等を常に補償・制御することが可能なビーム形状安定化技術を確立するため、以下の研究開発を行う。

- ア 地上のフットプリント計測システムの開発
- イ アンテナ形状の計測技術の開発
- ウ 給電部の励振分布制御技術の開発

### 到達目標

大型アンテナは熱変形等を受けると歪みが生じ、形成されるビームの特性に影響する事がわかっている。大型アンテナを搭載し、30ビーム程度またはそれ以上のマルチビームにより日本国内及び排他的経済水域をサービスエリアとする運用が想定される次世代衛星移動通信システムにおいて、海洋である排他的経済水域よりも日本国内の陸上における所望のビーム特性を高い精度で維持する技術が必要となる。

特に本研究開発では、静止軌道上にある衛星が地球による食によって生じるアンテナの熱変形等を想定して取組むものとし、ビーム変形の主要因である鏡面形状の変形を10分の1波長（2ギガヘルツの場合1.5センチメートル程度）の精度でモニターし、その影響をダイナミックに補償する給電システムを実現することにより、常に安定な地上のビーム形状を維持する技術を確立する。

#### ア 地上のフットプリント計測システムの開発

衛星からのビームを地上で受信し、当該地点の受信状態を測定する計測器を開発し、基本的な機能・性能の確認を行う。さらに、ネットワークを介してメッシュ状に設置（概ねビーム直径の1/10以内の誤差でフットプリントを計測できるよう、適切な設置箇所を検討して設置すること）された各計測器を統合制御し、各計測器からの計測データを集約・解析することで地上のビーム形状（フットプリント）をリアルタイムで明らかにするシステムを開発し、30ビ

ーム程度又はそれ以上のマルチビームを日本国内の陸上で計測する実用システムに求められる機能・諸元を検証する。

#### イ アンテナ形状の計測技術の開発

大型建造物の画像等による3次元計測アルゴリズムの試作と最適化を実施するとともに、大型アンテナ（30m級を想定）に対応した大型鏡面形状計測システムの試作と遠隔計測試験を行い、S帯のマルチビーム衛星のビーム補正のために必要な鏡面形状の計測精度（10分の1波長。2ギガヘルツの場合1.5センチメートル程度）を確保するための計測技術を確立する。

#### ウ 給電部の励振分布制御技術の開発

最適化された地上のビーム形状、及び、励振分布制御に適した給電素子の個数並びに構成を踏まえるとともに、鏡面形状の計測データに基づき、かつ、消費電力の増大を招かないように配慮し、ダイナミック制御のためのアルゴリズム検討を行い、デジタルビーム形成およびチャネライジング機能を有するデジタル中継器で動作する励振制御機能の試作を行うとともに、形成されるビームの形状等を評価するためのビーム形成シミュレータの試作を行う。

#### エ 総合評価

アンテナ形状の計測、給電部の励振分布制御及び地上のフットプリント計測の3処理をまとめて順次実行する統合的な鏡面計測・補償実験システムを試作し、鏡面形状の計測データに基づく地上のビーム形状制御実験を行い、春と秋の地球食の期間中（1～2か月程度）において定期的に毎日繰り返して発生する大型アンテナの熱変形の過程に追従できるかどうか等の総合的な検証を行う。

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、以下の例を想定している。

（例）

<平成26年度>

#### ア 地上のフットプリント計測システムの開発

地上のビーム形状（フットプリント）計測システムおよび収集・解析システムプロトタイプを開発する。

#### イ アンテナ形状の計測技術の開発

大型建造物の画像等による3次元計測システムの試作を行い、鏡面形状の計測アルゴリズムの試作と最適化を実施する。

#### ウ 給電部の励振分布制御技術の開発

地上のビーム形状最適化の方式検討を行うとともに、鏡面計測データに基づく給電部のダイナミック制御のためのアルゴリズム検討・試作を行う。

<平成27年度>

#### ア 地上のフットプリント計測システムの開発

地上のビーム形状（フットプリント）計測システムを開発し、計測ネットワークとして設置、展開を行い、計測実験を行う。

イ アンテナ形状の計測技術の開発

鏡面形状計測システムの試作を行い、計測試験を行う。

ウ 給電部の励振分布制御技術の研究

励振分布を最適化したビーム形成を模擬するビーム形成シミュレータを試作するとともに、デジタルビーム形成およびチャネライジング機能を有するデジタル中継器に実装するロジックを試作する。

<平成28年度>

エ 総合評価

鏡面計測・補償実験システムを製作し、鏡面形状計測データに基づく地上のビーム形状制御実験を行い、制御性能の評価を行うとともに総合評価を行う。

5. 実施期間

平成26年度から平成28年度までの3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

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」及び平成33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

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。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。

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。