

＜基本計画書＞

ホワイトスペースにおける新たなブロードバンドアクセスの実現に向けた 周波数高度利用技術の研究開発

1. 目的

現在、我が国においては様々な分野で電波利用が進み、今後もその利用は増加すると想定されている。特に、いつでもどこでもワイヤレスでブロードバンドにアクセスを可能とするブロードバンドワイヤレスシステムへのニーズが高まっている。この実現のためには、新たな周波数を確保する必要があるが、6 GHz 帯以下においては、既に稠密に周波数が割り当てられているため、新たな電波利用を実現していくためには、既に割当て済みの周波数であっても「空間的」、「時間的」、「技術的」に利用可能な周波数帯（いわゆる「ホワイトスペース」）について、既存業務への影響を十分回避しつつ、柔軟に電波を利用していくことが今後必要となってくる。

総務省では、ホワイトスペースの活用など新たな電波の有効利用の促進に向け「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム」において、新たな電波活用の方向性やその実現に向けた制度的・技術的課題等の具体的な検討を行ってきたが、平成 22 年 7 月に取りまとめられた報告書において、「スペクトラムセンシング技術やダイナミックスペクトラムアクセス技術等、複数の周波数帯を動的に使用することを可能とし、既存システム等との混信防止を確立するような技術を開発するための研究開発を促進し、更なる電波の有効利用を図ることが必要」との提言を受けたところであり、周波数有効利用の観点からその実現に向け早期に取り組む必要性がある。

既に米国においては、2008 年（平成 20 年）11 月にホワイトスペースの利用を認める指令（Order）を採択し、FCC において具体的な技術基準の策定やデータベースの構築を含む作業を行っており、2010 年（平成 22 年）3 月の『国家ブロードバンド計画』においても「FCC は、TV ホワイトスペースに係る手続（Proceeding）について、早急に結論を得るべき。」としている。また、欧州では、欧州委員会における研究開発プロジェクトにおいて、コグニティブ無線技術やソフトウェア無線技術を含む未来の無線システムの構想検討や研究開発を重要プロジェクトの 1 つとして位置づけて実施しており、諸外国においても、ホワイトスペースの活用の高度化を目指した新たな無線技術に関する研究開発が行われている。

更に、IEEE SCC41 や IEEE802.22 等においてもホワイトスペースを高度に活用する技術の標準化に関する取組が活発に行われているところであり、周波数が稠密に利用されている我が国の状況を踏まえ、国際標準化に積極的に参画していくことが必要である。

以上の状況を踏まえ、拡大するワイヤレスブロードバンドアクセスの需要に対応する周波数の更なる有効利用の実現と、国際標準化を通じた国際競争力強化の観点

から、本研究開発を実施する必要がある。

2. 政策的位置付け

- ・ ICT 維新ビジョン 2.0（平成 22 年 5 月 総務省）
ホワイトスペース等新たな電波の有効利用により、2020 年時点で新たに 50 兆円規模の電波関連市場を創出
- ・ 新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 IT 戦略本部決定）
Ⅲ 分野別戦略
3. 新市場の創出と国際展開
(2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進
○ 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。
- ・ 「新成長戦略」（平成 22 年 6 月 閣議決定）
成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略～IT 立国・日本～」 「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約 70 兆円の関連新市場の創出を目指す）」
- ・ 「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム」報告書（平成 22 年 8 月 総務省）
第 5 章 ホワイトスペース活用の実現に向けて
4. 制度的課題、技術的課題の解決に向けた取組
(2) 研究開発の促進
① ホワイトスペース活用の高度化に向けた研究開発の促進
我が国においても、スペクトラムセンシング技術やダイナミックスペクトラムアクセス技術等、複数の周波数帯を動的に使用することを可能とし、既存システム等との混信防止を確立するような技術を開発するための研究開発を促進し、更なる電波の有効利用を図ることが必要。
④ 国際標準化活動への貢献
日本におけるホワイトスペースの活用と乖離した標準化が進められた場合、国際展開が困難となり、日本の国際競争力強化の機会を失うため、官民学が連携した国際標準化活動への積極的な参加を推進し、日本における研究開発や実証実験の結果を標準化に適切に反映していくことが必要

- ・次期電波利用料の見直しに関する基本方針（平成 22 年 8 月 総務省）
重点施策

- ・電波の共同利用促進

有限希少な電波を空間的・時間的にさらに稠密に利用するため、ホワイトスペースの活用を図るための環境整備のために必要な施策（研究開発等）を実施

- ・研究開発・実証実験・国際標準化の推進

電波の更なる効率的利用、電波技術の国際競争力確保の観点から、研究開発、実証実験、国際標準化を推進

3. 目標

ワイヤレスブロードバンドアクセスの進展に伴う周波数需要増大に対応するため、UHF 帯を中心とする 6GHz 以下の既に割当て済みの周波数における「空間的」、「時間的」、「技術的」に利用可能な周波数帯であるホワイトスペースを、ワイヤレスブロードバンドに活用するために、既存業務への影響を回避しつつ、柔軟かつ高度に周波数を活用するための技術を確立し、無線 LAN システム等の中近距離無線システム、ルーラル地域向けの遠距離無線システム等への適用を実証すると共に、技術の国際標準化に向けた取組を行うことを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発では、UHF 帯を中心とする 6GHz 以下のホワイトスペースを柔軟かつ高度に活用し、ブロードバンドアクセスへの利用を可能とするための技術として、広帯域に渡り既存業務の電波の利用状況を実時間で把握する「リアルタイムセンシング技術」、当該周波数帯における利用可能周波数及び利用条件などを分析・解析するための「動的周波数管理技術」、周囲の電波環境に応じ動的に周波数を制御し、既存業務への影響を十分回避しつつ、柔軟に電波を利用する「ダイナミックスペクトルアクセス技術」等の周波数高度利用技術の基盤技術の研究開発を行うと共に、これらの技術を統合的に動作させ、ブロードバンドアクセスへの適用実証を行う。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

ア リアルタイムセンシング技術の開発

既存業務の電波の利用状況等の電波環境を把握し、既存業務に影響を与えないようにホワイトスペース利用システムを運用するためには、広帯域で既存業務の使用周波数、電波の強度といった電波の発射情報を把握するだけでなく、そのキャリア情報等の電波の特徴の情報を抽出し、これらの情報を活用するこ

とにより、より高精度なシステム制御を可能とするようなセンシング情報を得る必要がある。また、センシングに要する時間については、既存業務の運用状況を把握し、かつ運用に影響を及ぼさない程度のリアルタイム性が必要である。

さらに、将来のセンシング形態を考慮すると端末等への機能実装も考えられるため、回路の小型化、低消費電力化技術も必要となる。

イ 動的周波数管理技術の開発

既存業務へ影響を与えずホワイトスペース利用システムを運用するためには、ホワイトスペースの利用に必要な情報（既知の無線局情報や、周波数割当て情報、地理的情報）を管理すると共にセンシング情報を蓄積し、これらの情報の分析・解析を行い利用可能な周波数を割り出すと共に、ホワイトスペースとして利用するための条件等を導き出す技術が必要である。また、利用可能周波数や利用条件については、その精度を向上させるため、複数の管理情報から分析して導き出す場合が考えられることから、動的な周波数管理を行う機器間の協調制御を行う技術が必要である。

ウ ダイナミックスペクトルアクセス技術の開発

既存業務に影響を与えずホワイトスペースを利用するためには、利用可能な周波数情報や利用条件の情報に基づき、ダイナミックに周波数を切替える技術、送信電力制御等の無線システム制御技術、マルチバンド利用における干渉抑圧技術と受信時の信号分離技術が必要である。

ブロードバンドアクセスの実現においては、ポイント・ツー・ポイント及びポイント・ツー・マルチポイントで構成されるネットワークに加え、メッシュネットワーク構成による利用も想定されるため、柔軟な経路選択を行うようなネットワーク構成技術についても検討が必要である。また、移動体間の通信やセンサーネットワークへの利用を想定し、マルチホップでの伝送を実現するネットワーク構成技術の検討も必要である。

到達目標

地理的、時間的に利用可能なホワイトスペースを利用した新たなブロードバンドアクセスを実現するために、UHF帯を中心とする400MHz～6GHzまでの広帯域の電波環境をリアルタイムかつ高感度にセンシングする技術、利用可能な周波数の割り出しやホワイトスペースの利用条件を導き出す技術、及びこれらの情報をもとに無線システムの制御を行う技術の確立により、周波数高度利用技術の基盤技術を確立し、既存業務への影響を回避しつつ周波数の共用を可能とすることで周波数の更なる有効利用を図る。また、これらの技術について、無線LAN等の中近距離無線伝送システムや、無線アクセス等の長距離系無線伝送システムへの適用を行い、センシングからシステム運用までの一連の動作を実証する。更に、これらの技術の国際標準化に向けた活動を行う。

個別の技術目標を以下に記す。

ア リアルタイムセンシング技術の開発

- ・400MHz～6GHz の周波数帯域において、周波数帯域毎の実時間の電波の利用情報の特徴抽出を行い、既存システムが存在しないことを示す低い受信レベルの電波のセンシングを可能とするセンシング技術の確立と、1秒未満のセンシング時間を実現する高速処理、データ化技術の確立
- ・複数のセンシング機器を用いた構成において、センシング機器間のセンシング範囲及び時間的整合性を確保するための協調動作技術の確立
- ・端末実装を可能とする1W以下の小型低消費電力センシング回路の実現

イ 動的周波数管理技術の開発

- ・無線局情報や周波数割当て情報、地理的情報、時間情報、センシングにより得られた電波の情報の蓄積・管理技術の確立
- ・これらの情報をもとにホワイトスペース利用システムの利用可能周波数、利用条件の解析・分析を行う周波数情報管理システム技術の確立。
- ・ユーザーデータの伝送スループットを維持した状態でセンシング情報の伝送及び経路選択制御を可能とするネットワーク管理技術の確立
- ・複数の周波数情報管理システムから、ホワイトスペース利用システムの利用可能周波数、利用条件の解析・分析を行う場合の周波数情報管理システム間の相互情報管理技術の確立

ウ ダイナミックスペクトルアクセス技術の開発

- 動的周波数管理技術で得られた利用可能周波数や利用条件の情報を活用した、
- ・ホワイトスペース利用システムの送信電力を既存業務へ影響を及ぼさないように制御（送信電力制御、送信タイミング制御、利用可能な異なる周波数を統合して使用する統合制御、ダイナミックな周波数制御）する技術の確立
 - ・メッシュネットワーク並びにマルチホップ伝送技術を用いたアドホックネットワークなどの、周波数利用状況に合わせたホワイトスペース利用システム間のネットワーク構築技術の確立
 - ・マルチバンド利用時の干渉抑圧技術と受信時の信号分離技術の確立

さらに、リアルタイムセンシング技術、動的周波数管理技術、ダイナミックスペクトルアクセス技術を組合せ、ホワイトスペースにおける遠距離系無線システム及び中近距離系無線システムへ適用についての実証を行うことを目標とする。

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。

(例)

<平成23年度>

ア リアルタイムセンシング技術の開発

400MHz~6GHz までの周波数を広帯域にかつ、他のシステムが存在しないことを示す低い受信レベルまでリアルタイムでセンシングするために必要な次の技術の検討及び基礎開発を行う。

- ・アンテナを含むセンシング技術
- ・複数のセンシング機器が協調動作する分散協調センシング技術
- ・電波の特徴（使用周波数・周波数幅、変調方式、受信強度等）の抽出技術
- ・抽出した電波の情報の高速処理や高速伝送に必要なデータの処理技術

イ 動的周波数管理技術の開発

動的周波数管理システムの構築のための以下の技術の検討及び基礎開発を行う。

- ・各種情報のデータ構造及び検索構造の検討及び所望の周波数割り出しと利用条件を導くためのアルゴリズム
- ・複数の周波数管理システム間の電波利用状況の情報共有を可能とする制御技術
- ・センシング機器からのセンシング情報の伝送を、通常の利用者データの伝送スループットを維持した状態での伝送を実現し、効率的管理を実現するネットワーク技術及び管理システム

ウ ダイナミックスペクトルアクセス技術の開発

- ・複数のシステムに汎用的に利用可能な送信電力の制御技術、電波環境に応じた送信タイミングを制御する技術の検討及び基礎開発・評価
- ・470MHz~710MHz の帯域の範囲において、電波環境に応じて送受信の周波数をダイナミックに切替える技術、分散している利用可能な周波数を仮想的に統合して利用するための分散周波数統合制御技術の検討及び基礎開発・評価
- ・無線アクセス等の遠距離システム及び無線 LAN 等の中近距離システムで利用する場合を想定した、メッシュネットワークやアドホック伝送等のネットワーク構成技術、利用条件の検討

<平成24年度>

ア リアルタイムセンシング技術の開発

- ・端末への実装が可能な小型で消費電力 5W 以下の低消費電力なセンシング回路の基礎開発・評価
- ・平成23年度の検討結果を踏まえた、分散協調センシング技術の開発・評価
- ・特徴抽出及び高速なデータ処理、伝送技術を組み合わせたセンシング技術の開発

イ 動的周波数管理技術の開発

- ・平成23年度に検討したアルゴリズムをもとにプロトコル開発を行い、周波数情報管理システム及びネットワーク管理システムを組合せ、干渉を回避するための利用可能周波数の割り出しと制御条件の分析動作を検証

ウ ダイナミックスペクトルアクセス技術の開発

- ・平成23年度に検討した周波数切替え技術及び分散周波数統合制御技術の周波数範囲の広帯域化（400MHz～6GHz）
- ・平成23年度に検討したダイナミックスペクトルアクセス技術の各技術要素を組み合わせた複合制御技術の開発

<平成25年度>

ア リアルタイムセンシング技術の開発

- ・平成24年度の検討結果を踏まえた、小型センシング回路の更なる低消費電力化（1W以下）及び高感度化

イ 動的周波数管理技術の開発

- ・平成24年度に検討した技術をもとに、複数の周波数情報管理システム間の情報共有により、既存無線業務に加え複数のホワイトスペース利用システム間の共存を可能とする技術の開発・評価

ウ ダイナミックスペクトルアクセス技術の開発

- ・リアルタイムセンシング装置、動的周波数管理装置、これらからの制御情報をもとに制御を行うことが可能な、無線アクセス等の遠距離無線伝送装置や無線LAN等の中近距離無線伝送装置を開発し、400MHz～6GHzの周波数帯の中で選択された周波数で動作するシステムのホワイトスペースにおける動作の実証

5. 実施期間

平成23年度から平成25年度までの3年間

6. その他

(1) 提案及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と共に各技術を適用、実証を行う遠距離系及び中近距離系のホワイトスペース利用システムについて、ネットワーク構成や利用形態も含め具体的に提案すると共に、それらの実用化について将来見込みも含め記載し、提案すること。なお、提案にあたっては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。

また、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。

(2) 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。

(3) その他

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、平成27年までの実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施し、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。

また、本研究開発で得られた成果について、実現、普及のための技術理論、構成等は広く利用可能とするため論文等で公表することを提案書に記載すること。

＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発
～ 79GHz 帯レーダーシステムの高度化に関する研究開発 ～

1. 目的

交通事故対策として、現在、交差点等で使用されている歩行者検知カメラでは悪天候時や夜間においては信頼性のある歩行者検知が困難となっていることから、天候や時間帯に左右されずに歩行者等の小さな対象物を検知可能なレーダーシステムの実用化が望まれている。このため 79GHz 帯を用いた高分解能レーダーの導入検討が国内及び欧州を中心に進められている。

歩行者等の小さな対象物を検知するために必要なレーダーの分解能は 20cm 以下であり、一般に 3GHz 以上の帯域幅があれば実現可能となる。現在 24GHz 帯の UWB（超広帯域無線）において分解能 20cm 以下の高分解能レーダーが制度化されているが、使用期限が平成 28 年に定められており恒常的に利用することが出来ない。

そこで 79GHz 帯(78GHz～81GHz)において高分解能レーダーを実用化することで、ミリ波帯周波数の有効利用を促進し国際標準化を通じた国際競争力の強化に資するとともに、交通事故対策等の安心・安全な社会の実現へと貢献する。

2. 政策的位置付け

「新たな情報通信技術戦略」（平成 22 年 5 月 11 日 IT 戦略本部）及び「新たな情報通信技術戦略 工程表」（平成 22 年 6 月 22 日 IT 戦略本部）において、「交通事故等の削減のため、情報通信技術を活用した安全運転支援システムの導入・整備を推進する。」とされている。

「道路交通安全に関する基本政策等に係る調査報告書」（平成 22 年 4 月 19 日 中央交通安全対策会議専門委員会）において『「平成 30 年を目途に、交通事故死者数を半減し、2,500 人以下とする」という今後の交通安全対策の目標を達成するためには、「高齢者」「歩行者」「自転車利用者」の交通事故死者を減少させることに重点を置く必要がある。』とされている。

3. 目標

高分解能かつ広視野角な 79GHz 帯レーダーシステムを実用化し、交差点における歩行者・二輪車の検知、施設への侵入者検知といったインフラシステム等として活用することで、交通事故対策等の安心・安全な社会の実現へと貢献する。24GHz 帯の UWB レーダーの使用期限が平成 28 年であるため、平成 28 年までの実用化を目指す。

4. 研究開発内容

(1) 概要

高分解能かつ広視野角な 79GHz 帯レーダーシステムを実現するために、システム導入時に課題となる高精度分離技術、干渉低減・回避技術、レーダーシステムの実用化技術を開発する。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

ア 高精度分離技術の開発

歩行者等の小さな対象物を広範囲において検出可能とするには、現状 30 度程度と狭角なレーダーをアダプティブアレイアンテナ等の高速走査により広角化し、また角度分解能も高くする必要がある。加えて複数の対象物が同一距離に位置する場合や、複数の反射波が存在する場合等における検出性能劣化が課題となる。

イ 干渉低減・回避技術の開発

79GHz 帯高分解能レーダーは車載器及びインフラシステムといった複数のシステムでの実用化が検討されているため、特に本研究開発が目標とする広視野角なレーダーシステムを導入する場合には、同一周波数帯を用いたレーダーシステムが相互に干渉の影響を及ぼさないように、干渉低減・回避技術が必要となる。

ウ レーダーシステムの実用化の開発

上記ア、イの研究開発を実施し、高分解能かつ広視野角な 79GHz 帯レーダーシステムを実用化するに当たっては、国際競争力の強化に資するために低コスト化が不可欠である。このためミリ波回路とベースバンド回路の一体的な集積化を可能とする汎用的な半導体製造プロセスを用いて、79GHz 帯のミリ波回路の集積化を実現する必要がある。また、このような半導体製造プロセスによる 79GHz 送受信回路の屋外使用を想定した性能劣化が課題となる。

到達目標

ア 高精度分離技術の開発

交差点等における歩行者・二輪車の検知といったインフラシステムとしての運用を考慮し、レーダーの検知範囲は距離 5m-40m 程度、水平方向 110 度以上をデータ更新周期が 100ms 以下となる高速電子ビームスキャンを可能とし、複数の対象物が同一距離に位置する場合にも分離可能とするために、角度分解能 5 度以下を実現するアダプティブアレイアンテナ技術を開発する。また、距離分解能 20cm 以下の高分解能な検知範囲を距離 5m-40m 程度として、複数の反射波及び干渉波が混在する場合における検出性能劣化を抑圧するための変復調

技術等をあわせて開発する。

イ 干渉低減・回避技術の開発

異種または同一の79GHz帯高分解能レーダーの存在を高速に検出するための干渉検出技術及び送信制御による干渉回避技術、並びに耐干渉性に優れた変復調方式や符号化方式による干渉低減技術を開発する。

ウ レーダーシステムの実用化の開発

屋外での使用を想定したうえで、79GHz高分解能レーダーシステムに必要な、高ピーク電力出力の送信回路の集積回路化、高感度を実現するための低雑音の受信回路の集積化、及びベースバンド信号処理回路との一体的な集積化技術を確立する。

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。

(例)

<平成23年度>

ア 高精度分離技術の開発

- ・ データ更新周期を100ms以下で複数歩行者を検出するための、アレイ信号処理技術、到来方向推定技術、複数対象物分離のための変復調技術等の基本設計を実施し、有効性をシミュレーションで検証。

イ 干渉低減・回避技術の開発

- ・ 車載レーダー等を想定した異種システム間における干渉現象の把握。
- ・ インフラシステムとしての利用を想定したミリ波伝搬環境のモデル構築。
- ・ 耐干渉性の高いレーダー方式のシミュレーション系の構築及び開発。

ウ レーダーシステムの実用化の開発

- ・ 要素回路を試作し、高精度設計のためのパラメータ抽出と設計環境の整備を行うとともに、屋外使用を想定した実用化における課題の抽出。

<平成24年度>

ア 高精度分離技術の開発

- ・ 23年度のシステム検証シミュレーションを用い、広視野角かつ角度分解能5度以下を実現する信号処理アルゴリズムを開発し実証。
- ・ アレイ信号処理、到来方向推定技術及び変復調アルゴリズムを実装した実証試験装置を試作
- ・ 実環境下の伝搬実験により、各アルゴリズムの実環境での有効性を検証。

イ 干渉低減・回避技術の開発

- ・ 他レーダーシステムを高速に検出するための干渉検出技術に関するアルゴリズムの開発・設計。
- ・ 同一システム間における送信制御による干渉回避技術に関するアルゴリズムの開発・設計。
- ・ 干渉検出技術、干渉回避技術及び干渉低減技術のハードウェアへの実装。

ウ レーダーシステムの実用化の開発

- ・ 79GHz 帯送信部、受信部の基本回路の設計及び試作、当該回路を実装したアンテナモジュールの試作により、アダプティブアレイアンテナ技術における高周波回路部の回路方式を実証。
- ・ 79GHz 帯パワーアンプの設計及び試作による回路方式の有効性実証、屋外使用における性能劣化量等の課題の抽出。
- ・ 研究課題アと連携し、広帯域ベースバンド信号処理を実現する高速ベースバンド回路の LSI 設計及び試作により高速動作を実証。

<平成25年度>

ア 高精度分離技術の開発

- ・ 平成24年度までに実証した、広視野角レーダー技術、角度分解能5度以下の高分解能技術を確立。
- ・ 79GHz 帯高分解能レーダーを試作し、実証実験により有効性を実証。

イ 干渉低減・回避技術の開発

- ・ 同一システム間及び異種レーダーシステム間の干渉低減・回避技術の実証試験を実施し、有効性を実証。

ウ レーダーシステムの実用化の開発

- ・ アダプティブアレイアンテナ回路と広帯域ベースバンド信号処理回路を一体集積化した79GHz 帯高分解能レーダモジュールの開発により、一体集積化の実現性及び有効性を実証。
- ・ 開発した79GHz 帯センサモジュールの実環境での性能評価により、耐環境性能を実証。

5. 実施期間

平成23年度から平成25年度までの3年間

6. その他

(1) 提案及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の数値目標を定め、その設定理由を明記すると共に、79GHz 帯高分解能レーダーシステムの実用化について、実用化目標年度、実用化に至るまでの段階を明示した取組計画等を、提案すること。なお、提案に当たってはレーダーシステムの耐環境性、設置性、低コスト化を考慮するとともに、目標を達成するための具体的な研究方法及び年度目標について明記する。

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提案書の中にできるだけ具体的に記載すること。

(2) その他

将来的に、本研究開発の関連技術が国際標準化されることを視野に入れ、国際標準化に係る活動を積極的に行うこと。

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ともに、平成28年度までの実用化に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施し、その活動計画・方策について具体的に提案書に記載すること。

＜基本計画書＞

電波環境適応レーダーの研究開発

1. 目的

マイクロ波帯における移動通信システム等の需要の増大や通信の高速化に伴い、周波数の需要が増大しており、現在よりも広い周波数帯域を確保することが、求められている。そのための対応の一つとして、既存の電波利用システムの周波数利用効率を高める必要がある。レーダーの周波数利用については、現状ではマイクロ波帯において、広帯域を占めていることから、狭帯域化が求められていたため、近年、マグネトロンに代わって半導体を使用した固体化レーダーが開発された。固体化レーダーは、狭帯域化の他に、小型化、メンテナンスフリー等の利点があることから、今後、普及することが想定される。

しかしながら、レーダーの送信波は、マグネトロンによる大電力・短パルス波形から、半導体による小電力・長パルス波形となり、船舶等に搭載された個々の固体化レーダーが利用する周波数帯域の時間占有率は増加する傾向にあるため、干渉が増大し、同一エリアにおけるレーダーの同時利用数の減少が生じることが想定されることから、電波環境改善の必要性が求められる。

こうした問題を解決するため、固体化レーダーにおいて、周囲の電波環境を自律的に検知し、電波環境に最適化するように時間的・空間的・周波数的に制御を行うことにより、長パルスによるレーダー波の干渉を除去・抑止することを可能とする電波環境適応レーダー技術を実現することを目的とする。

本研究開発により、電波の高度有効利用に資するとともに、将来の民生普及のため、低コスト化を視野に入れ開発を行う。

2. 政策的位置付け

電波新産業創出戦略（電波政策懇談会報告（平成 21 年 7 月 13 日））において、推進すべき重要研究課題の一分野のうちのネットワーク技術の一つとして、干渉低減・除去技術を挙げている。こうした分野への一つの課題として、今後、普及が予想される固体素子による船舶レーダーにおける周波数共用のための電波環境適応レーダー技術を開発することにより、安全・安心な海上分野の電波利用実現を目指す。

3. 目標

9 GHz 帯の周波数で使用されている船舶レーダーについて、今後半導体を使用した固体化レーダーが進展した状況において、周囲の電波環境を自律的に検知し、時間・空間・周波数を最適に制御することにより、長パルスによるレーダー波の干渉を除去する性能を可能とし、浦賀水道航路や中ノ瀬航路等を想定した過密海域において、海域内にレーダー干渉源となる船舶が 300 隻存在する環境においても、干渉波の除去を可能とする電波環境適応レーダーを開発することを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

固体化レーダーが普及することによって深刻な電波環境の劣化が生じることが想定される。電波環境改善を目的とし、自律的に電波環境に適応し干渉除去・抑止を実現するために、周囲の電波環境を検知し、その環境を定量的に判断する

ために特徴をパラメータ化する。そのパラメータから時間・空間・周波数を最適に制御することにより、長パルスによるレーダー波の干渉を除去・抑止することが可能な電波環境適応レーダー技術の研究開発を行う。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

ア 環境適応レーダー制御技術

今後固体化レーダーが普及することにより、送信波は小電力、長パルス波形となりレーダーが利用する周波数帯域の個々の船舶による時間占有率が増加する。その結果、時間的に干渉波の出現が多くなり、相関性が強い映像として表現されてしまう。このような相関性の強い干渉の検出、除去は現在の干渉除去方法では難しいため、検出するための新しい技術が必要となる。新しい技術とは、相関性の強い干渉波の特徴量（例として、干渉の発生頻度（時間）等）を数値化し、周囲の電波環境に最適な干渉低減方式（時間、空間、周波数制御等）を決定する（例えば、干渉の発生方位（空間）にはヌルとする等）アルゴリズムを実装した信号処理モデルを決定する技術を意味する。この技術により、人的操作を支援し最適な与／被干渉回避を可能とする制御技術が実現できる。

イ 電子走査アンテナ技術

上記アの干渉低減のための制御技術の実現のためには、任意の時間、空間において希望波にメインビームを向け、干渉波方向にヌル点（指向性パターンの落ち込んだ点）を向け、高速かつ任意の電子走査を可能とするアンテナが不可欠となる。そこで、今までは主に軍用で研究開発が行われていた DBF (DBF: Digital Beam Forming・デジタルビームフォーミング) アンテナのような素子アンテナの振幅、位相を容易に可変できるアレイアンテナを用い、アダプティブ・アンテナ処理等により、空間的な干渉抑圧を行うアレイアンテナの開発が必要となる。

また、アンテナの性能向上と共にコストの増大が想定されるが、高価となる要因は、素子数（チャンネル数）の増加に伴う回路規模の増大にある。そのため、少ない素子による構成、複数チャンネルの一体化や RF 多層平面化(高密度化)による回路規模の縮小等を図り、電子走査アンテナの低コスト化設計を実現する必要がある。

到達目標

電波環境適応レーダーの研究開発における目標は以下のとおりである。

ア 環境適応レーダー制御技術

固体化レーダーが普及することによって、時間相関性の強い干渉波の出現が多くなることが想定される。レーダー干渉源が多数存在する過密海域においても、電波環境適応レーダーにより干渉を除去し、従来性能以上の干渉除去性能を実現する。干渉除去性能は、同一エリア内の許容レーダー干渉源数に対応する干渉混在率によって評価を行う。過密海域で想定されるレーダーの干渉源数 300 隻とした干渉状況での干渉混在率を 22%（送信電力 100W、パルス幅 20 μ s、パルス繰り返し周波数 1kHz に相当）とし、その環境における干渉除去を可能とする技術を実現する。なお、干渉除去に関わる信号処理モデルの決定は周囲の環境変化に支障なく追従可能な時間で実行されるものとし、おおむね数分以内とする。

イ 電子走査アンテナ技術

アダプティブ・アンテナ処理等を利用し、空間的な干渉抑圧比を一般的なフェーズドアレイアンテナのシミュレーションから導かれた値である抑圧比 20dB 以上を実際に可能とする電子走査アンテナを実現する。また、将来の民生用普及を視野に入れ、RF 多層平面化により回路規模を縮小や素子数の低減等を行い低コストでの実現を行う。

低コスト化の目標としては、MIMO 技術等を利用し、一般的な 9 GHz 帯船舶用レーダーのビーム幅を実現するための素子数で比較を行い、8 分の 1 以下での実現を目標とする。

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

(例)

<平成 23 年度>

ア 環境適応レーダー制御技術の研究開発

- ・電波環境認識技術において、時間相関性が強いレーダー干渉波の幾何学的性質等に基づく特徴量を利用し、パラメータ化する手法の確立
- ・適応処理構造決定技術において、時間相関性が強いレーダー干渉波のパラメータより適応構造（信号処理モデル）の構築と制御内容の確立

イ 電子走査アンテナ技術の研究開発

- ・アダプティブ・アンテナや MIMO 信号処理による干渉抑圧制御の基本検討
- ・送受信部を組み込んだ DBF を可能とする小規模電子走査アンテナの試作

<平成 24 年度>

ア 環境適応レーダー制御技術の研究開発

- ・平成 23 年度の電波環境認識技術と信号処理モデル決定技術の検討を踏まえた電波環境適応レーダーのシステム設計
- ・電波環境適応レーダー信号処理部の試作
- ・試作した電波適応レーダーにおいて、受信したターゲットデータ、干渉波データの定量的解析と、干渉低減技術の評価を可能とするデータ収録再生装置の製作

イ 電子走査アンテナ技術の研究開発

- ・電子走査アンテナの主要回路であるアレイアンテナ部、送受信部の試作

<平成 25 年度>

ア 環境適応レーダー制御技術の研究開発

- ・平成 24 年度に試作した信号処理部及びアレイアンテナ部、送受信部を組み合わせて、電波環境適応レーダーを試作
- ・試作した電波環境適応レーダーの干渉除去機能を評価するため、複数の干渉源を発生することが可能な疑似干渉発生装置の製作
- ・試作した電波環境適応レーダーの性能について、仕様を満足しているか確認をし、干渉除去性能について評価

- イ 電子走査アンテナ技術の研究開発
 - ・電子走査アンテナの干渉抑圧性能の評価

5. 実施期間

平成 23 年度から平成 25 年度までの 3 年間

6. その他

(1) 提案及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数値目標及びその根拠を提案書に記載すると共に、電波環境適応レーダー技術の実用化について将来見込みを記載し、提案すること。なお、提案に当たっては目標を達成するための具体的な研究方法及び年度目標について明記すること。

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。

また、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。

(2) その他

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ともに、平成 27 年までの実用化に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施し、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。

＜基本計画書＞

次世代無線通信測定技術の研究開発

～ 100GHz 超帯域無線信号の高精度測定技術の研究開発 ～

1. 目的

電波利用ニーズの高まり等による無線システムの高い周波数帯への移行に伴い、家庭内のワイヤレスブロードバンド化を実現する WPAN（ワイヤレスパーソナルエリアネットワーク）や安全・安心な運転をサポートするミリ波レーダーに代表されるミリ波帯無線システムの利用、さらには 100GHz 超の無線システムを実現する取組が急速に進展している。

その一方で、現在、60～70GHz 帯の無線システムの 2 次高調波や 100GHz 超の周波数帯における無線信号については、周波数が高くなるにしたがって、測定器の雑音レベル及び変換損失が増加すること、及び周波数確度が低下すること等の理由から、高感度かつ高精度な測定技術が確立されていない状況にある。さらに、局部発振器の高調波を測定結果から分離することもできず、不要発射等の未知の測定対象についても、厳密な測定が困難となっている。

今後もミリ波帯等の未利用周波数帯の電波利用は飛躍的にそのニーズを増すものと予測される。これら周波数帯における電波の効率的な利用を実現するためには、厳密な技術基準の策定やその適合性確認のための試験方法の導入が必要であり、そのための高精度かつ高効率な測定技術を確立することが不可欠である。また、無線通信規則（RR）の改定により、無線システムの有害な混信を避けるために、100GHz 超帯においても厳密なスプリアス測定が求められている。

本研究開発は、無線システムに使用される周波数資源のミリ波帯への移行促進するための基盤として、100GHz 超帯の微弱スプリアス信号を含めた無線信号を高精度かつ短時間に測定するために必要な技術を実現することを目的とする。

これによりワイヤレスシステムのミリ波帯への移行や周波数の有効利用を促進するとともに、我が国のワイヤレス分野における国際競争力強化に資する。

2. 政策的位置付け

・新成長戦略（閣議決定 平成 22 年 6 月）

成長を支えるプラットフォーム

（5）科学・技術・情報通信立国戦略

～IT 立国・日本～

（情報通信技術は新たなイノベーションを生む基盤）

情報通信技術は、距離や時間を超越して、ヒト、モノ、カネ、情報を結びつける。未来の成長に向け、「コンクリートの道」から「光の道」へと発想を転換し、情報通信技術が国民生活や経済活動の全般に取り組みられることにより、経済社会システムが抜本的に効率化し、新たなイノベーション

を生み出す基盤となる。

同戦略（別表）成長戦略実行計画（工程表）

V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～IT立国・日本～②

戦略分野への技術開発の集中・推進（新世代ネットワーク、・・・等）

- ・情報通信審議会答申 我が国の国際競争力を強化するための ICT 研究開発・標準化戦略

第 1 部 研究開発戦略（UNS 研究開発戦略プログラムⅡ）（平成 20 年 6 月）

3. 4 研究開発分野毎の研究開発推進戦略

・ユビキタスマビリティ

有限である電波資源を効率的に使うためのもっとも基礎的な研究開発であり、既存のアプリケーションの高度化だけでなく新たなアプリケーションの創成にもつながる可能性があり、かつ総じて我が国の研究開発水準が高い「電波資源の研究開発」について、今後とも重点的かつ精力的に取り組んでいく（略）。

・図 3-4-2-2 電波資源の研究開発のロードマップ

未利用周波数帯の利用を促進する機器の小型化、省電力化、低廉化等に資する基盤技術を確立

- ・電波新産業創出戦略～電波政策懇談会報告書～（平成 21 年 7 月）

第 6 章 電波を活用した新産業の創出に向けて

6-2 2020 年に現在の 100 倍の周波数利用効率向上へ

（略）周波数有効利用の観点としては、今後予想される電波利用システムのトラヒック増とそれに伴う周波数需要増に対応するため、周波数配分と連動して、重要課題※の研究開発を包括的に推進する（略）。

6-3-2 家庭内ワイヤレスプロジェクト

家庭内ワイヤレスシステムに適した周波数としては、強い直進性を持ち、特定の方向に向けて、短距離の通信区間において大容量データ情報の伝送に適している準ミリ波及びミリ波帯について検討することが適当である。

（略）電波の特性とシステムの利用形態の関係、国際標準化動向、国際の研究開発動向等を考慮しつつ、準ミリ波帯及びミリ波帯（60GHz 帯、70GHz 帯、120GHz 帯等）を候補として、周波数分配を検討することが適当である。

※図表 6-3 電波新産業創出プロジェクトにおいて推進すべき重要研究開発課題

プラットフォーム技術、ワイヤレス認証技術、コグニティブ無線技術、ネットワーク技術、ソフトウェア無線技術、アプライアンス技術

3. 目標

- ①100GHz 超帯の無線信号の測定において、測定器におけるイメージ応答の抑制と従来方式の高調波ミキサ方式に比較し周波数変換損失の 20dB 以上向上を実現しつつ、数十 GHz の広帯域幅で中間周波数帯に変換する周波数変換技術の確立、及び汎用測定器等へ接続可能とする技術の確立

②100GHz 超帯の無線信号の周波数変換を可能とする高安定・高信号純度・高出力な発振信号源の確立

③各要素技術を組み合わせた統合計測システムの 110GHz 以下～140GHz 以上帯における動作の実証

4. 研究開発内容

(1) 概要

一般への普及が想定される 60～70GHz 帯無線機器の 2 次高調波評価及び 100GHz 超帯の無線信号の評価のための 110GHz 以下～140GHz 以上帯高感度測定技術の確立を目指す。従来の高調波ミキサ方式に代えて、広帯域基本波ミキサによる高効率周波数変換装置を開発する。周波数変換に必要となる高安定・高信号純度ミリ波帯局部発振器を開発する。これらを既存の汎用測定器（スペクトラムアナライザ）の外部付加装置として組み合わせることで、110GHz 以下～140GHz 以上の無線信号の高精度測定技術を実現することを目的とする。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

110GHz 以上の帯域に対応した周波数変換器として高調波ミキサが既に市販されており、スペクトル計測は可能であるが、その周波数変換効率は低く、微弱なスプリアス測定には適さない。

また、高調波ミキサ方式には不要イメージが発生するという問題がある。局部発振周波数が低く、不要イメージと所望信号の周波数間隔が大きく取れない。60GHz 帯無線システムでは数 GHz の帯域を活用するものもあり、その 2 次高調波は 10GHz を超える帯域幅を持つ。これが不要イメージとの周波数間隔を超えると正しい信号測定が不可能となる。

これらの課題を解決するため、基本波ミキシング方式による広帯域周波数変換技術の実現が必要である。要素技術として、周波数変換器の低損失化技術と、高安定・高信号純度・高出力なミリ波帯局部発振器の開発が必要となる。また、各要素の開発成果を実証するために、全体を組み合わせでの総合評価やスペクトラムアナライザとしての実用性評価も必要である。

ア 広帯域周波数変換技術の開発

広帯域のスプリアス測定評価に利用できる基本波ミキシング方式による周波数変換器を開発し、被測定信号周波数 110GHz 以下～140GHz 以上、局部発振周波数 100GHz 帯、変換損失 10dB 以下とし、既存の高調波ミキサによる変換損失 31dB @ 110GHz と比較し 20dB 以上改善すること、化合物半導体を使ったモノリシック集積回路化などが課題である。

なお、前置フィルタを設置する場合には、フィルタバンク切替、連続可変同調等の実現手法のうちから目標を達成するための最適な手法を選択し、前置フィルタと周波数変換器との総合損失40dB以下とすることが課題である。

また、プリアンプを設置する場合には、最先端デバイス技術を生かした広帯域低雑音増幅器を開発し、周波数帯域 110GHz 以下～140GHz 以上、利得 20dB 程度、NF 4dB 以下とすることが課題であり、プリアンプを迂回するための機能も必要である。

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

アの周波数変換に必要となる高安定・高信号純度・高出力な 100GHz 帯局部発振器を開発し、年間の周波数精度 10^{-8} 以下、100GHz における SSB 位相ノイズ $-80\text{dBc}/\text{Hz}$ (10kHz offset) 以下とすることが課題である。周波数変換の十分なダイナミックレンジを確保するためには、光信号処理技術を使った周波数逡倍回路を実現するなど高信号純度を保ったままで出力振幅 13dBm 以上とすることが課題である。

なお、OFDM 変調方式のミリ波伝送に対応するためには 100GHz における SSB 位相ノイズ $-110\text{dBc}/\text{Hz}$ (1MHz offset) 以下、マイクロ波帯と同等にちゅう密な周波数配置のミリ波帯無線通信システムを実現するためには 1 秒間の周波数安定度 10^{-12} 以下、年間の周波数変動 10^{-11} 以下の基準信号源を実現することが課題である。

ウ 統合計測システム技術の開発

ア及びイのための超広帯域デバイス及びモジュールの計測評価技術の開発とともに、ア及びイの開発技術を統合し、市販の 50GHz 帯スペクトラムアナライザの外部付加装置として組み合わせた高精度計測システムを構成し、110GHz 以下～140GHz 以上の入力信号帯域における技術的検証を行うことが必要である。

到達目標

要素技術として次の2つを実現する。

- ①帯域幅数十 GHz 以上、変換損失 10dB 以下（前置フィルタを含む場合は 40dB 以下）の周波数変換技術
- ②年間の周波数精度 10^{-8} 以下、100GHz における SSB 位相ノイズ $-80\text{dBc}/\text{Hz}$ (10kHz offset) 以下、出力振幅 13dBm 以上の高安定局部発振技術（選択的目標として、100GHz における SSB 位相ノイズ $-110\text{dBc}/\text{Hz}$ (1MHz offset) 以下の局部発振技術、1 秒間の周波数安定度 10^{-12} 以下、年間の周波数変動 10^{-11} 以下の超高安定基準信号源）

さらに、これらを含む全体として、対象無線信号を高精度に測定するための110GHz以下～140GHz以上の実証システムを実現する。

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。

(選択的目標の超高安定基準信号源を含む場合の例)

<平成23年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発

- ・ミリ波フィルタの設計並びに、設計時のシミュレーションと実機との特性比較検証を目的とした1次試作及び評価実験
- ・周波数変換特性等を把握し、シミュレーションとの差異を明確にするための高周波・広帯域ミキサの1次試作
- ・狭帯域100GHz超周波数変換ミキサを用いた局部発振信号の位相雑音、周波数安定度評価系の構築

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・光電気変換式信号発生器におけるミリ波信号発生原理の確認と問題点明確化のための1次試作
- ・光学部駆動電気回路仕様の検討
- ・25GHz発振器の試作と評価
- ・原子発振器プロトタイプモデルの基本設計

ウ 統合計測システム技術の開発(次年度より着手)

<平成24年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発

- ・十分なイメージ抑圧比を確保するために必要な統合システム用ミリ波フィルタの設計と第2次試作
- ・試作した統合システム用2次試作ミリ波フィルタの評価実験
- ・1次試作における問題点を克服した高周波・広帯域ミキサの2次試作
- ・狭帯域100GHz超周波数変換ミキサを用いた局部発振信号の位相雑音、周波数安定度評価系の調整・評価

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・1次試作光電気変換式信号発生器の位相雑音評価
- ・1次試作の問題点を克服した統合システム用2次試作光電気変換式信号発生器光学部、電気系、制御系の設計と試作評価
- ・原子発振器プロトタイプモデルの詳細設計
- ・原子発振器プロトタイプモデル量子部試作及び基本機能の実証

ウ 統合計測システム技術の開発

- ・総合特性評価及び問題点把握のための2次試作高周波・広帯域ミキサと

前置フィルタを統合したパッシブ系フロントエンドモジュールの1次試作と動作確認

<平成 25 年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発

- ・ 2次試作高周波・広帯域ミキサを用いた局部発振信号の位相雑音、周波数安定度評価系の総合評価

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・ 2次試作光電気変換式信号発生器を用いたミリ波変調信号発生器の構築
- ・ 2次試作光電気変換式信号発生器総合調整
- ・ 原子発振器プロトタイプモデル量子部及び電子制御部試作と基本機能の実証
- ・ 組込用原子発振器（小型モデル）の設計

ウ 統合計測システム技術の開発

- ・ 1次試作における問題点を克服したパッシブ系フロントエンドモジュールの2次試作と動作評価
- ・ 統合計測システムの制御項目の把握を行うためのスペクトラム解析実証実験系の1次試作と評価

<平成 26 年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発（前年度に終了）

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・ 光電力標準から100GHz超ミリ波電力標準へのトレーサビリティ実証実験及び不確かさ評価
- ・ 組込用原子発振器（小型モデル）の試作及び性能評価

ウ 統合計測システム技術の開発

- ・ 統合計測システムとして稼働可能なスペクトラム解析実験系2次試作と性能評価
- ・ 総合調整及び測定精度、スプリアス感度等の諸特性に関する総合評価
- ・ 実測評価実験

5. 実施期間

平成 23 年度から平成 26 年度までの 4 年間

6. その他

(1) 提案及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数値目標及びその根拠（何をもって最適と判断するかなど）を提案書に記載するとともに、「100GHz超帯域無線信号の高精度測定技術」の実用化の将来

見込みを記載し、提案すること。

なお、提案に当たっては目標を達成するための具体的な研究方法及び年度目標について明記すること。

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。

また、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。

(2) 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機関・団体、国際学会等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、これら団体等への提案活動を行うものとする。

なお、提案を想定する団体等及び具体的な提案活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

(3) その他

本研究開発による測定技術について、平成29年度までの実用化を目指すとともに、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施するなど、実用化に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も行い、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。

<基本計画書>

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 ～ 超高周波搬送波による数十ギガビット無線伝送技術の研究開発 ～

1. 目的

無線インターネットやスマートフォン等の普及による情報伝送需要の急増や機器の ICT 化に伴う電波利用の拡大により、既存の無線通信に割り当てられている周波数帯では急速に伝送容量がひっ迫することが予想されている。加えて、今後は ITS や電子タグ等の次世代の ICT サービスにより更なる電波利用の拡大が見込まれることから、通信容量を確保することは喫緊の課題となっており、その解決策として未利用周波数帯の活用が求められている。

近年、ミリ波帯を利用するための研究開発が実施されているが、伝送速度は毎秒数ギガビット級であり、超高精細画像の非圧縮リアルタイム無線伝送や大容量データの瞬時転送を実現するための毎秒数十ギガビット級の伝送速度を実現するには、更に周波数の高いテラヘルツ波帯を用いる必要がある。テラヘルツ波帯は、ミリ波と光波の中間の周波数帯に位置し、ミリ波帯に比べ周波数が高いため、簡易な変調方式や広帯域幅を用いて超高速伝送が可能になるとともに、ミリ波帯に比べ波長が短いため、通信機器をより小型化できる可能性が高い。一方、光波の場合、レーザーでは高指向性により位置決めにかかる時間がかかる、LED では高速変調が難しい、といった問題点があるが、テラヘルツ波帯はこれらの問題を同時に克服しうる。しかし、現時点では未利用周波数帯であるテラヘルツ帯について、送受信技術、アンテナ技術などは確立しておらず、当該周波数帯における技術の確立が期待されている。

そのため、本研究開発では、世界的に周波数分配が行われていない 275 - 370GHz のテラヘルツ帯を用いて、毎秒数十 (20 - 40) ギガビット (Gbps) 級の超高速伝送を可能とする無線通信基盤技術を確立する。当該技術により新たな電波資源を開拓し、周波数の有効利用や既存業務の高い周波数への移行を促進するとともに、国際標準化を通じて無線通信分野における我が国の国際競争力の強化を図る。

2. 政策的位置付け

- ・新成長戦略（閣議決定（平成 22 年 6 月））

同成長戦略において、次のとおり、我が国の情報通信技術の国際展開等が示されている。

（3）アジア経済戦略

（日本の「安全・安心」等の技術のアジアそして世界への普及）

「その上で、環境技術において日本が強みを持つインフラ整備をパッケージでアジア地域に展開・浸透させるとともに、アジア諸国の経済成長に伴う地球環境への負荷を軽減し、日本の技術・経験をアジアの持続可能な成長

のエンジンとして活用する。」

(5) 科学・技術・情報通信立国戦略

(情報通信技術は新たなイノベーションを生む基盤)

「情報通信技術は、距離や時間を超越して、ヒト、モノ、カネ、情報を結びつける。未来への成長に向け、「コンクリートの道」から「光の道」へと発想を転換し、情報通信技術が国民生活や経済活動の全般に組み込まれることにより、経済社会システムが抜本的に効率化し、新たなイノベーションを生み出す基盤となる。」

成長戦略実行計画（工程表）

「V 科学・技術・情報通信立国戦略～IT立国・日本②」

「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」により「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約70兆円の新市場の創出を目指す）」

・ 新たな情報通信技術戦略（IT戦略本部決定（平成22年5月））

3. 新市場の創出と国際展開

(2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

「今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、・・・等）を特定して集中的に研究開発を行う・・・。」

・ ICT維新ビジョン2.0（総務省決定（平成22年5月））

地球的課題の解決に向けた国際貢献

新たな電波の有効利用の促進

「ホワイトスペース等新たな電波の有効利用により、2020年時点で新たに50兆円規模の電波関連市場の創出」

「2020年時点で、コードのいらぬワイヤレスブロードバンド家電の世帯普及率80%を実現」

・ 総務省アクションプラン2011（総務省決定（平成22年8月））

「ICT維新ビジョン2.0」の推進による「強い経済」の実現④

ホワイトスペース等新たな電波の有効利用の促進

「ホワイトスペース特区」において地域の特性に応じたサービスやシステムの実現を目指した実証実験を行うとともに、電波資源のより一層の拡大を可能とする技術の研究開発等を推進

・ 「グローバル時代におけるICT政策に関するタスクフォース 国際競争力強化検討部会 中間取りまとめ」（平成22年5月17日 国際競争力強化検討部会）

ICT研究開発重点プロジェクトとして、「いつでもどこでも接続可能なプロ

ードバンドワイヤレスプロジェクト」が記載されており、その中で「モバイルネットワークをさらに高速化するブロードバンドワイヤレス技術や、家電間でのコンテンツ超高速伝送や電力供給のコードレス化を実現する家庭内ワイヤレス技術等を 2015 年までに確立。」との言及がある。本目的達成のために「テラヘルツ技術」の活用が期待される。

3. 目標

世界的に周波数分配が行われていない 275 - 370 GHz のテラヘルツ帯を用いて、数 m 程度の距離を数十 (20 - 40) Gbps で伝送する無線通信システムを実現するための基盤技術を確認する。本周波数帯は未開拓周波数帯域であるため、アンテナをはじめ多くの要素技術を新たに開発する必要がある。したがって、高速化については段階を踏み、まず 10Gbps 用の基盤技術を確認し、その知見を反映して数十 (20 - 40) Gbps 用の基盤技術確認及び無線通信システム試作を行う。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発では、未利用の超高周波帯である 275 - 370 GHz のテラヘルツ帯を用い、大容量のデータを瞬時に伝送することを可能とする無線通信の基盤技術を確認する。

具体的には、275 - 370 GHz のテラヘルツ波帯に対応する超高周波帯送受信技術や超高周波アンテナ技術、復調された超高速データを処理する超広帯域データ受信技術等の要素技術を確認する。また、機器の小型化が可能であるというテラヘルツ帯の特長を利用し、これらを一体化して送受信器をモジュール化するシステム化技術を順次開発する。さらに、超高周波電磁波を高精度に観測する超高周波帯計測技術を開発することで伝搬・干渉等のデータを取得する。

(2) 技術課題及び到達目標

目標を達成するにあたり、いくつかの異なる技術的アプローチが考えられる。以下では現時点で想定される方法、技術課題について述べる。

技術課題

ア 超高周波帯送受信技術の開発

データ信号を超高周波搬送波に載せて送受信するための技術を開発する。送信側では、光技術を応用した光領域での超高速信号変調を想定している。その場合、多くの光技術が流用できるが、超高速変調された光波を超高周波の電波に変換する光-超高周波変換技術が未だ確認されておらず、その技術開発が課題となる。受信側では、超高周波の電波を直接に超高速電子回路により受信するか、電光変換によって光波帯に変換したうえで受信することが想定される。前者では 300GHz 帯で数十 (20 - 40) Gbps に対応する超広帯域にわたりノイズ

フィギュア 2～5dB 程度を達成する増幅器等の超高速電子デバイスの開発、後者では電波－光の高効率周波数変換技術が新たに確立すべき技術課題となる（以下では前者の開発を想定する）。

イ 超広帯域データ送受信技術の開発

受信した数十 Gbps の超広帯域（超高速）のデータ信号を処理し、比較的低速なメモリ等の記憶素子に格納する技術（シリアルーパラレル変換）を確立する。シリアルーパラレル変換技術自体は光通信等の分野で実現しているが、超高周波の電波とのインターフェースや、携帯機器への搭載を想定した 3D 実装、省電力化は未開発の技術であり、最終的には 5cm×5cm 程度の小型化を実現する。また、データ送受信に必要な誤り訂正符号を搭載し、必要に応じて通信路特性に合わせた改良を行う。

ウ 超高周波アンテナ技術の開発

275 - 370GHz の超高周波に対応し、かつ小型化されたアンテナ技術はまだ確立されていない。従来の電波による伝送と比較すると、伝搬損失、広帯域化による感度劣化等から、高周波に最適化されたアンテナ形状の設計及びより高いアンテナ利得を持つ回路設計が新たに必要となる。小型化の観点からは、平面アンテナ方式が有力と考えられる。電波の有効利用や干渉を防ぐ観点から電磁波をビーム状にするアレイ化等の実装を行い、最終的に 10dBi 以上の利得を持つ送受信アンテナ技術を確立する。また、アンテナと送受信デバイスを一体化し、給電線長 1mm 以下の低損失デバイスを実現する。

エ システム化技術（モジュール化技術、伝送実験）の開発

超高周波帯に対応したアンテナや発振器、送受信器等のモジュール化技術を開発する。また、開発した送受信モジュールを用いて超高周波送受信システムを試作し、伝送に必要な電波伝搬や干渉等のデータを取得する。

オ 超高周波帯計測技術の開発

ア～エの技術を実現するためには、超高周波帯における電波そのものの波形を実時間で高精度に計測する技術が必須であるが、40Gbps 級の超高速波形の計測は、既存の電波計測システムではほぼ不可能である。本課題では、光技術等を利用して、300GHz の超高周波帯における 40Gbps 級の超高速変調受信波形の計測・再生を、光波計測と同程度の高信号雑音比、高ダイナミックレンジで可能とする計測技術（超高周波オシロスコープ）を開発する。

到達目標

275 - 370GHz の超高周波搬送波を用いて数 m 程度の距離を数十（20 - 40）Gbps で伝送する無線伝送システムを実現するための基盤技術を確立することを最終

目標とする。当該周波数帯においては、送受信器やアンテナ等の新しい要素技術開発を含むことから、段階を踏んだ開発を考え、実施期間前半においては 10Gbps の通信を実現するための要素技術の確立を行い、その技術及び知見を活用して実施期間後半において数十（20 - 40）Gbps の通信を実現する要素技術の確立とシステム試作を実施する。

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。

（例）

<平成 23 年度>

ア 超高周波帯送受信技術の開発

10Gbps のデータを送受信するために十分な帯域を持った以下の開発を行う。

- ・アレイ導波路型回折格子や超高速フォトダイオード等を用いた光-超高周波変換技術の開発
- ・（最終的に数十（20 - 40）Gbps を見据えた）300GHz 帯における超広帯域増幅器の設計

イ 超広帯域データ送受信技術の開発

受信した 10Gbps データを処理しメモリに格納するまでの以下の技術を検討・開発する。

- ・シリアル-パラレル変換、メモリ構成、超高周波の電波とのインターフェース等の基本設計
- ・携帯機器への実装上の制約（体積、消費電力等）を満たすための、3D実装、Through-Silicon via、LTCC の可能性を検討
- ・回路間の干渉の低減化（メタマテリアル吸収体等の開発）

ウ 超高周波アンテナ技術の開発

できるだけ簡素な変調方式により 10Gbps を送受信するために必要な帯域を持ったアンテナの検討、設計を行う。

- ・送信側アンテナ、受信側アンテナとしての必要条件を規定
- ・アンテナ方式（アンテナ構造、ビーム制御機構、マルチパス伝搬等）の検討

オ 超高周波帯計測技術の開発

超高周波搬送波自体とそれに載っている 10Gbps データ信号を計測するための以下の計測や整備を実施する。

- ・各種計測機器による超高周波信号の基礎特性を計測
- ・超高周波信号計測環境（暗室、探針、テストフィクスチャ）の整備

<平成24年度>

ア 超高周波帯送受信技術の開発

10Gbps のデータを送受信するために十分な帯域を持った以下の開発を行う。

- ・ 300GHz 帯で増幅器を構成するに足る性能を持つ InP-HEMT 素子の開発
- ・ 上記増幅器を含む、10Gbps 変調超高周波搬送波の受信回路の開発
- ・ 結晶成長技術に基づく高品位の 2D 電子系チャネルの実現のため結晶成長等を含めた素子開発

イ 超広帯域データ送受信技術の開発

- ・ 平成23年度に検討した受信器実装方式とメモリ方式の実際のデバイスとしての 10Gbps 動作原理確認
- ・ FEC 等の既存技術に基づく誤り訂正符号方式の検討

ウ 超高周波アンテナ技術の開発

- ・ 平成23年度に開発したアンテナ方式に従ってのアンテナ作成及び動作確認を行い、10Gbps に対応した帯域を持つことを確認

エ システム化技術（モジュール化技術、伝送実験）の開発

- ・ 10Gbps 変調された超高周波の伝搬特性評価

オ 超高周波帯計測技術の開発

- ・ 10Gbps 変調された超高周波信号を計測可能な超高周波オシロスコープの原理確認

<平成25年度>

ア 超高周波帯送受信技術の開発

- ・ 前年度までに開発された光-超高周波変換器の広帯域化
- ・ 前年度までに開発された増幅器の広帯域化に向けた素子の改良、回路の最適化

イ 超広帯域データ送受信技術の開発

受信した数十（20 - 40）Gbps のデータを遅延なく処理しメモリに格納するため以下の技術を検討・開発する。

- ・ 10Gbps 用小型シリアル-パラレル変換デバイスの高速化に向けた再設計と各素子の低消費電力化
- ・ 誤り訂正符号の実装

ウ 超高周波アンテナ技術の開発

前年度までに開発した 10Gbps 用アンテナを広帯域化に向けた再設計と試作

エ システム化技術（モジュール化技術、伝送実験）の開発

- ・平成24年度までに得られた成果に基づき、数十（20 - 40）Gbps 対応システム設計を再検討

オ 超高周波帯計測技術の開発

超高周波搬送波自体とそれに載っている 40Gbps 級のデータ信号を計測するための以下の計測や整備を実施する。

- ・各種計測機器による超高周波信号の基礎特性を計測
- ・超高周波信号計測環境（暗室、探針、テストフィクスチャ）の整備
- ・光技術に基づいた超高速オシロスコープの 10Gbps 対応の試作、測定実証

<平成26年度>

ア 超高周波帯送受信技術の開発

超広帯域増幅器を含む数十（20 - 40）Gbps 変調搬送波の受信回路の実現

イ 超広帯域データ送受信技術の開発

- ・平成25年度に検討に基づくシリアル-パラレル変換デバイスのモジュール化と数十（20 - 40）Gbps の動作原理確認
- ・実装された符号の性能評価と、必要に応じた改良

ウ 超高周波アンテナ技術の開発

- ・平成25年度に開発したアンテナ方式に従ってのアンテナ作成及び動作確認を行い、数十（20 - 40）Gbps に対応した帯域において 10dBi 以上の利得を持つことを確認

エ システム化技術（モジュール化技術、伝送実験）の開発

- ・数十（20 - 40）Gbps に対応したモジュールの開発と動作確認
- ・数十（20 - 40）Gbps に変調された超高周波の伝搬特性評価

オ 超高周波帯計測技術の開発

- ・40Gbps 変調レベルの超高周波信号を計測可能な超高周波オシロスコープの原理確認

<平成27年度>

イ 超広帯域データ送受信技術の開発

- ・伝搬実験等で得られた伝搬特性を考慮し、符号の最適化に向けた指針を検討

エ システム化技術（モジュール化技術、伝送実験）の開発

- ・平成26年度までに得られた成果に基づいたモジュールの改良を施した数十（20 - 40）Gbps 対応の試作
- ・伝搬実験から得られた成果に基づいた数十（20 - 40）Gbps 対応の超高速伝送実験

オ 超高周波帯計測技術の開発

- ・光技術に基づいた超高速オシロスコープの40Gbps 対応の試作、実測評価

5. 実施期間

平成23年度から平成27年度までの5年間

6. その他

(1) 提案及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数値目標及びその根拠を提案書に記載するとともに、超高周波帯送受信技術、超広帯域データ受信技術、超高周波アンテナ技術、システム化技術、超高周波帯計測技術の実用化の将来見込みを記載し、提案すること。なお、提案に当たっては目標を達成するための具体的な研究方法及び年度目標について明記すること。

研究開発に実施に当たっては、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受けるとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を受けるため、学識経験者、有識者を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者や有識者等を参加させること。

また、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。

(2) 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開発期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体への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。

(3) その他

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ともに、平成32年頃の実用化に向けて必要と思われる研究開発課題への取り組みも実施し、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。

<基本計画書>

周波数有効利用に資する次世代宇宙通信技術の研究開発
～ 動的偏波・周波数制御による衛星通信の大容量化技術の研究開発 ～

1. 目的

衛星通信は広域をカバーすることのできる情報通信インフラであり、衛星中継器の使用率は高い傾向にある。近年、船舶上において、Ku 帯衛星通信を利用したブロードバンド通信が可能となり、今後更なるトラフィックの増加が見込めることから、通信容量増加への対応が必要となっている。

通信容量を増加させるためには、新規通信衛星を追加することや周波数利用効率を向上させる等の手段があるが、静止衛星の軌道位置と周波数は有限であるため、新規通信衛星の追加は容易ではない。また、周波数効率の向上についても、通信衛星での対応が必要な場合には、新規の人工衛星が必要となるため、中・長期的な対応が必要となる。

そのため、本研究開発では、近年における船舶など移動体向けのブロードバンド衛星通信の需要増加への対応、更には機器更新が容易であり比較的短期間での対応が可能な地球局への導入を目指し、高い周波数利用効率化を実現することを目的とする。

本研究開発により、電波の高度有効利用に資するとともに、当該技術の国際標準化を通じて、我が国のワイヤレス分野における国際競争力強化を図る。

2. 政策的位置付け

- ・「新成長戦略」（平成22年6月 閣議決定）

同戦略において、次のとおり、我が国の情報通信技術について示されている。

V. 科学・技術・情報通信立国における国家戦略プロジェクト

我が国の最大の強みである科学・技術・情報通信分野で、今後も世界をリードする。新しい知の創造とイノベーション創出を両輪として制度改革や基盤整備に果敢に取り組むとともに、科学・技術人材の育成を進め、彼らが活躍する道を社会に広げていく。

3. 目標

地域衛星通信ネットワーク (LASCOM STD-303) など、現在稼働しているシングルキャリア変調かつ直交偏波多重を用いる Ku 帯の VSAT システム (以下「従来システム」という。) に比べて、偏波及び周波数を動的に制御する事により、1.5 倍以上の周波数利用効率を達成することを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

衛星通信における近年のブロードバンド化の要望に対し、衛星中継器の周波数の枯渇が問題となっており、新たな高効率周波数利用の基盤となる技術が必要とされている。そこで、帯域分解・圧縮伝送等を用いた新たな「スペクトラム制御技術」及び複数の偏波面を新たな空間軸として利用する「多偏波空間多重伝送技術」、これら基盤技術を統合する「動的回線運用技術」の研究開発を行う。

本研究開発によれば、衛星中継器の空き帯域の形状に合わせ、回線を柔軟に配置して運用できるため、システム伝送容量を増大する。また地球局の比較的簡単な機器更新のみで技術導入できるため、短期間かつ低コストにシステム構築が可能である。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

ア スペクトラム制御技術

衛星中継器内に存在する大小様々な空き帯域の状況に合わせ、送信スペクトラムの形状を制御するスペクトラム制御技術の研究開発を実施する。具体的には、①送信側で送信スペクトラムを複数のサブスペクトラムに分解・配置し、受信側でこれを復元するスペクトラム分解/合成、②送信側で一部のサブスペクトラムを削除するスペクトラム削除あるいは一部のサブスペクトラムを同一時間・同一周波数で伝送しスペクトラム重畳を行い、受信側でこれを復元するスペクトラム圧縮/復元、の2つの技術について開発を実施する。①サブスペクトラム分解/合成では、分解された各サブスペクトラムは異なる帯域幅や中心周波数を持ち、サブスペクトラム毎に異なる振幅位相歪みを持つ等の劣化要因があるため、これら劣化要因を補償する周波数同期及び振幅位相歪み補償アルゴリズムの確立が必要である。また②スペクトラム圧縮/復元では、圧縮率（スペクトラム圧縮適用前後の占有帯域幅の比率）に応じて、信号の部分欠落や重畳による干渉が発生するため、これらの影響による劣化を補償する圧縮/復元補償アルゴリズムの確立が必要である。

イ 多偏波空間多重伝送技術

衛星中継器、地球局間の電波伝搬は見通し内伝搬となり、送受信信号の偏波面がほぼ安定していることを利用して、従来実現されている直交偏波多重伝送に新たな偏波面を追加して空間軸として利用し、伝送情報量を増加させる多偏波伝送技術の研究開発を実施する。多偏波空間多重伝送技術では、直交している偏波信号に対して更に非直交偏波信号を多重すれば偏波信号間の干渉により復調信号に誤りが生じるため、復調時の非直交偏波キャンセルや誤り訂正アルゴリズムの確立が必要である。さらに、偏波信号間の干渉を軽減するため、偏波信号の変調信号点配置を考慮した変調制御アルゴリズム、既存の直交偏波アンテナを用いて

偏波面を制御する偏波制御アルゴリズム、既存の衛星中継器による偏波間誤差を補償する補償アルゴリズムの確立が必要である。

ウ 動的回線運用技術

ア又はイ、あるいはア、イを連携した伝送技術を用いる地球局において、衛星中継器の周波数を有効に利用することを目的とし、時々刻々と変化する衛星中継器の周波数の利用状況に応じて、周波数、偏波面、帯域幅、所要電力、圧縮率などの回線要素を各地球局に適切に設定する動的回線運用技術を検討する。ア又はイの技術を適用した地球局においては、従来システムに比べて、必要となる周波数分解能が高くなると共に、新たに圧縮率などの回線要素が加わるため、従来の回線割当アルゴリズムを利用できない。そこで、新たな回線利用の制約条件を考慮しつつ、単一の衛星中継器のみならず複数の衛星中継器に跨る周波数を余すことなく最大限に有効利用することができる高効率な回線割当アルゴリズムの確立が必要である。

到達目標

衛星通信の周波数利用効率を高めるための重要な要素技術である、ア（スペクトラム制御技術）、イ（多偏波空間多重伝送技術）及びウ（動的回線運用技術）に関する各アルゴリズムを開発する。

また、ア、イを搭載した伝送装置と、伝送装置間を回線接続することができるウを搭載した回線制御装置を開発し、商用通信衛星を利用した通信実験を実施する。実験では、衛星の軌道変動や衛星中継器特性によるドップラー、遅延ゆらぎ、位相雑音、ユーザ環境差異による装置特性変動等の不確定要因があるが、このような状況下でも、通信が正常に行なわれると共に、従来システムと比較して周波数利用効率が1.5倍以上向上することを確認する。

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。

（例）

<平成23年度>

ア スペクトラム制御技術

・送信スペクトラムを衛星中継器帯域幅に対し1/500程度以上の分解能で複数のサブスペクトラムに分解・配置・復元するスペクトラム分解/合成、及び同等の分解能で圧縮率を制御可能なスペクトラム圧縮/復元を検討する。同程度の分解能受信サブスペクトラムにおける周波数誤差、位相雑音、圧縮による干渉等の劣化要因を考慮しスペクトラム合成を行うための周波数同期、振幅位相歪み補償、圧縮補償のアルゴリズムを確立する。各々のアルゴリズムを用いて、計算機シミュレーション等により誤り率特性、同期特性等の基本伝送特性の評価を行い、各々のアルゴリズム単独での周波数利用効率の向上を確認する。

イ 多偏波空間多重伝送技術

- ・ 偏波信号間の干渉を除去する非直交偏波キャンセル、及び誤り訂正アルゴリズムの検討を行う。また、偏波信号の変調信号点配置を制御する変調制御、及び偏波面を正確に制御する偏波制御、既存の衛星中継器に対する偏波間誤差補償のアルゴリズムを確立する。各々のアルゴリズムを用いて、計算機シミュレーション等により誤り率特性、同期特性等の基本伝送特性の評価を行い、各々のアルゴリズム単独での周波数利用効率の向上を確認する。

ウ 動的回線運用技術

- ・ スペクトラム制御技術及び多偏波空間多重伝送技術のそれぞれの回線利用形態に関する制約条件の明確化を行う。
- ・ これらの制約条件を考慮しつつ、衛星中継器の周波数の範囲内でスペクトラム制御技術を用いる地球局に対し、周波数、帯域幅、所要電力、圧縮率等の回線要素の割当を実施する回線割当基本アルゴリズム、及び多偏波空間多重伝送技術を用いる地球局に対し、周波数、偏波面、帯域幅、所要電力等の回線要素の割当を実施する回線割当基本アルゴリズムの検討を行う。
- ・ 各々の検討アルゴリズムを用いた計算機シミュレーションにより制約条件に則った回線割当が行われることを確認する。

<平成24年度>

ア スペクトラム制御技術

- ・ 平成23年度にシミュレーション検討を行った周波数同期、振幅位相歪み補償、圧縮補償アルゴリズムを結合させ、衛星中継器帯域に対し1/1000程度以上の分解能でスペクトル分解を可能とするスペクトラム分解/合成、及び同等の分解能で圧縮率を制御可能なスペクトラム圧縮を実現しスペクトラム制御技術を確立する。本アルゴリズムを実装したスペクトラム制御伝送装置を試作し、回線が確立できることを確認する。
- ・ 計算機シミュレーション又は室内実験により、従来システムと比較して、周波数利用効率が目標値以上向上することを確認する。

イ 多偏波空間多重伝送技術

- ・ 平成23年度にシミュレーション検討を行った非直交偏波キャンセル、誤り訂正、変調制御、偏波制御、偏波間誤差補償の各アルゴリズムを結合させ、多偏波空間多重伝送技術を確立する。各アルゴリズムを実装した多偏波空間多重伝送装置を試作し、回線が確立できることを確認する。
- ・ 計算機シミュレーション又は室内実験により、従来システムと比較して、周波数利用効率が目標値以上向上することを確認する。

ウ 動的回線運用技術

- ・平成 23 年度にシミュレーション検討を行ったアルゴリズムを活用し、スペクトラム制御技術と多偏波空間多重伝送技術を連携して用いる地球局に対し、周波数、偏波面、帯域幅、所要電力、圧縮率等の回線要素の割当・解放を、各地球局からの回線割当要求・回線開放要求に応じて動的に実施する回線割当アルゴリズムを確立する。
- ・上記アルゴリズムを用いた計算機シミュレーションにより、非同期に回線割当要求・回線開放要求を行う 100 局以上の地球局に対し、回線割当が行われることを確認する。

<平成 25 年度>

ア スペクトラム制御技術

- ・平成 24 年度に試作したスペクトラム制御伝送装置にウの回線制御装置とのインタフェース機能として回線要求信号・回線解放信号の送信機能、回線割当信号の受信機能等を実装する。
- ・ウの回線制御装置にてスペクトラム制御伝送装置間を回線接続できることを確認する。

イ 多偏波空間多重伝送技術

- ・平成 24 年度に試作したスペクトラム制御伝送装置にウの回線制御装置とのインタフェース機能として回線要求信号・回線解放信号の送信機能、回線割当信号の受信機能等を実装する。
- ・ウの回線制御装置にて多偏波空間多重伝送装置間を回線接続できることを確認する。

ウ 動的回線運用技術

- ・平成 24 年度に確立した回線割当アルゴリズムを実装した回線制御装置を試作する。
- ・回線制御装置にてアのスペクトラム制御伝送装置間又はイの多偏波空間多重伝送装置間を回線接続できることを確認する。
- ・平成 24 年度に確立したスペクトラム制御技術と多偏波空間多重伝送技術と動的な回線運用技術を組合せ、計算機シミュレーション又は室内実験により、従来システムと比較して、周波数利用効率が 1.5 倍以上向上することを確認する。

<平成 26 年度>

- ・平成 25 年度に試作した各装置に対して衛星アンテナや RF (Radio Frequency) 送受信装置など実証実験に必要な要素を実装する。
- ・上記実証実験装置を用い、商用通信衛星を介し衛星回線を確立できることを確認する。またこのとき、従来システムを用いる衛星通信と比較して、衛星通信回

線上における周波数利用効率が1.5倍以上向上することを確認する。

5. 実施期間

平成23年度から平成26年度までの4年間

6. その他

(1) 提案及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数値目標及びその根拠を提案書に記載すると共に、動的偏波・周波数制御による衛星通信の大容量化技術の実用化について将来見込みを記載し、提案すること。なお、提案に当たっては目標を達成するための具体的な研究方法及び年度目標について明記すること。

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。

また、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。

(2) 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開発期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準規格、機関、団体等への提案を積極的に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、団体等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。

(3) その他

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ともに、平成28年度頃までの実用化に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施し、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。