

# ＜基本計画書(案)＞

## 275GHz 帯中距離大容量無線通信技術の研究開発

### 1. 目的

Society5.0の実現に向け、高精細映像やセンシング情報等の伝送に必要な大容量無線通信技術の開発が求められている。また、AIの利活用の拡大やDX・リモートワークの進展等により、情報通信トラヒックが急速に拡大しており、周波数のひっ迫が懸念されている。これらに対応するため、ひっ迫度の高い周波数帯を使用する無線システムの、より高い周波数への移行を促進することが重要である。現在60GHz帯等のミリ波帯の一般利用が限定的ではあるが行われている。さらに、275GHz帯等のより高い周波数になる程、電波のビーム幅を狭くすることができるため、空間的な分離や空間多重の併用が期待でき、ミリ波帯とは異なる活用やユースケースが考えられる。そのため、本事業では、超広帯域・高周波の特徴を活用できる275GHz帯における多数同時接続かつ大容量の通信技術と、大容量スポットエリア通信技術の研究開発を行うことで、通信トラヒックの将来的な急増に対応する通信システムの実現に寄与するとともに、高い周波数への移行を可能とすることで、周波数資源の拡大に資することを目的とする。

### 2. 政策的位置付け

「AI社会を支える次世代情報通信基盤の実現に向けた戦略 - Beyond 5G 推進戦略2.0 -」(令和6年8月30日 総務省とりまとめ)において、「サブテラヘルツ帯について、諸外国の最新動向を踏まえた上で、将来のニーズに備えて着実に研究開発に取り組むとともに、実証実験を行う際に円滑な電波利用を可能とする方策を検討する。」とされている。

### 3. 目標

本研究開発は、275GHz帯において以下の2つのシステムを実現するための技術を開発することを目指す。①電子ビーム制御により多数同時接続かつ大容量の通信技術を確立し、見通し30～50mの通信距離で最大10端末の同時通信かつ1端末当たり最大10Gbpsの合計100Gbpsの通信速度を可能とする技術を実現する。②大容量スポットエリア通信技術を確立し、2.16GHz当たり数Gbpsの通信速度の実現と周波数チャネルの柔軟な設定及び数ミリ秒未満で安定して確立される瞬時無線リンクを可能とする。また、大容量スポットエリア通信技術においては見通し100m程度の通信距離を実現することを目指す。

### 4. 研究開発内容

## (1) 概要

275GHz 帯を活用するユースケースとして、データセンターでのサーバ筐体間のデータ伝送の無線化、工場内の機器（自動工作機、検査機、搬送機等）の無線接続、運輸業での車両等との無線通信等が想定される。これら将来の情報通信業・製造業・運輸業等で 275GHz 帯を活用するために必要な技術として、①大規模フェーズドアレーアンテナ（下記（2）アー 1 参照）等を用いた多数同時接続（空間分割多重（空間分離）に加え、ユーザー間隔が近接しているケースでは周波数分割多重も想定）かつ大容量の通信技術と、②高出力増幅器や瞬時無線リンク技術等による大容量スポットエリア通信技術の研究開発を行い、具体的な利活用シーンを想定して検証を行う。

## (2) 技術課題及び到達目標

### 技術課題

#### ア 多数同時・大容量通信技術の研究開発

概要で示したユースケースを想定して、見通し 30m～50m の通信距離、最大 10 端末の同時通信かつ 1 端末当たり最大 10Gbps・合計 100Gbps の通信速度を可能とする技術の実現を目指し、フェーズドアレーアンテナ及びトランシーバの技術開発を行う。

#### アー 1 フェーズドアレーアンテナの開発

- ・フェーズドアレーアンテナとは、多数のアンテナ素子を一定間隔で並べ、それぞれの送受信の位相を制御することで、電波の指向性や方向を電子的に制御できるアンテナであり、テラヘルツ帯において多数同時・大容量通信を実現するのに必要な技術である。
- ・このフェーズドアレーアンテナ技術の性能を必要なレベルまで向上する。そのためには、アンテナの配置、アンテナと集積回路の接続、各素子の信号の位相や強度の制御等において従来技術の延長では良好な性能が得られない事項が生じると予想されるため、それらを解決するための技術を確立する。具体的な手法として、1000 素子規模の開口径を有するフェーズドアレー、又はそれと同等の電子的ビーム走査機能を有するアンテナへ拡大することを想定しており、実現難易度や要素技術間の依存関係を踏まえ実現手法を決定する。
- ・また、275GHz 帯のような高い周波数では一般的に放射効率を高め一つのアンテナで広い帯域幅に対応可能とする必要がある。この問題を解決するため、広帯域アンテナの最適設計を行う。また、アンテナと集積回路の接続について課題アー 2 と連携して設計する。

#### アー 2 フェーズドアレー用トランシーバ技術の開発

- ・課題アー 1 の手法として挙げたアンテナに対応可能な、集積回路内の 2 次元

配置回路を用いて位相を個別に制御する技術を開発する。具体的には、サイドローブを抑制するため半波長程度のピッチで2次元配置されたアンテナモジュールに接続可能なRFフロントエンド集積回路において、半波長ピッチであるがゆえに起こる干渉を抑えつつ、低損失・高効率な信号伝送を実現し、広帯域で安定した位相精度を確保することが考えられる。

- ・あわせて、電子的な位相制御によるビームステアリングを行うためには、1000素子規模のフェーズドアレーを代表とする電子的ビーム走査アンテナ構成を制御する際の位相ズレを最小化できる高精度な同期技術も必要だが、275GHz帯のような高い周波数ではこの規模まで拡大可能な技術が開発された前例はない。そのため本研究開発では、1000素子規模への拡張を想定し、アンテナ間の全体にわたって位相差を制御することで広帯域かつ高利得なアンテナ特性を維持する技術を開発する。

## イ 大容量スポットエリア無線通信技術の研究開発

概要で示したユースケースを想定して、2.16GHz 当たり数 Gbps の通信速度の実現と周波数チャネルの柔軟な設定及び数ミリ秒未満で安定して確立される瞬時無線リンクを可能とする。また、見通し 100m 程度の通信距離を実現する技術を開発する。

### イー 1 瞬時無線リンクの技術等の開発

- ・IEEE802.15.3e 規格に準拠したコアベースモジュールとRFフロントエンドを組み合わせることで、IEEE802.15.3d 規格 (252GHz~450GHz) に適応させ、テラヘルツ帯域において、周波数チャネルの柔軟な設定及び数ミリ秒未満で安定して確立される瞬時無線リンクが可能な小型モジュールを実現する。IEEE802.15.3e に準拠したシステム・オン・チップの豊富なインターフェースを用いて、様々なアプリケーションのテラヘルツ帯の電波での検証を可能とする技術を確認する。また次世代の更なる高速化のためのベースバンド評価システムを構築し、基礎データを取得することにより、信号処理方式の検討を行う。

### イー 2 高出力増幅器技術の開発

- ・275GHz 帯において実用的な中距離伝送を実現するため、1W 超を確実に達成し、将来的に 10W 以上の出力も視野に入れた高出力増幅器技術を確認するため、高出力増幅器のコアとなる遅波回路での電子ビームと電磁波の相互作用を、3次元過渡解析などのシミュレーションで明らかにし、コンポーネントの設計技術を開発する。これを基に、高出力増幅器を試作・評価し、実用化に向けた安定化検証等を行う。

## 到達目標

ア 多数同時・大容量通信技術の研究開発

見通し 30m~50m の通信距離、最大 10 端末の同時通信、1 端末当たり最大 10Gbps (計 100Gbps) の通信速度を実現する。

イ 大容量スポットエリア無線通信技術の研究開発

2. 16GHz 幅あたり数 Gbps の通信速度の実現と周波数チャネルの柔軟な設定及び数ミリ秒未満で安定して確立される瞬時無線リンクを可能とする。また、見通し 100m 程度の通信距離を実現する。

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、以下を想定している。

<令和 8 年度>

ア 多数同時・大容量通信技術の研究開発

アー 1 フェーズドアレーアンテナの開発

- ・マルチチップ対応アレーアンテナにおけるサイドローブ抑制に向けたアンテナ構成の基礎検討を完了させる。
- ・アンテナの広帯域低実装損失設計の基礎検討を完了させる。低損失な基板材料を用いた広帯域アンテナの設計及び課題アー 2 と連携して、アンテナと集積回路の接続時の整合回路損失等を低減させるための設計を実施し、シミュレーションにより検証する。

アー 2 フェーズドアレー用トランシーバ技術の開発

- ・2次元ビーム制御を実現するための位相制御の基礎検討を完了させる。位相シフタ回路を設計し、シミュレーションで性能を確認するとともに、回路配置の方針を決める。
- ・複数の集積回路チップにわたって位相を制御する場合の、チップ間の位相同期とビームステアリングの基礎検討を完了させる。

イ 大容量スポットエリア無線通信技術の研究開発

イー 1 瞬時無線リンクの技術等の開発

- ・瞬時無線リンク及び柔軟な周波数チャネル設定等について、コア集積回路を製造し、評価に必要な一定量の試料を確保する。
- ・検証プラットフォームの要件（端末数、基地局／端末の構成、観測項目、時刻同期等）を決定する。
- ・検証プラットフォームの要件と整合するように、小型モジュールの要求仕様（外形、インタフェース、電力等）を決定する。
- ・小型モジュールに搭載するアンテナの選定又は開発の方針を定める。
- ・代表的ユースケース候補を抽出し、検証プラットフォームの受入れ基準・評価シナリオ・サイト条件を定め、全体検証の枠組みを決定する。

## イー２ 高出力増幅器技術の開発

- ・高出力増幅器の各要素（遅波回路、遅波回路の周辺部分等）に関し、実際の構造設計に資するシミュレーション技術の開発を行い、併せて高出力増幅器の各要素についての設計・検討を行う。また、上記要素の実現に必要な製造プロセス技術の検討を行う。

## <令和９年度>

### ア 多数同時・大容量通信技術の研究開発

#### アー１ フェーズドアレーアンテナの開発

- ・マルチチップ対応アレーアンテナの要素技術の試作を実施し、サイドローブ抑制効果について測定し、評価・検証する。
- ・アンテナの広帯域低実装損失設計の要素技術の試作を完了させ、低損失基板材料を用いたアンテナ特性の広帯域低損失化について検証する。

#### アー２ フェーズドアレー用トランシーバ技術の開発

- ・２次元ビーム制御を実現するための位相制御の機能ブロックについて、集積回路による試作を完了させ、性能を測定評価する。
- ・複数集積回路チップにわたる位相制御について、２チップ間の位相同期とビームステアリングの機能ブロックの設計を完了させ、シミュレーションで性能を確認する。

## イ 大容量スポットエリア無線通信技術の研究開発

### イー１ 瞬時無線リンクの技術等の開発

- ・コア集積回路とアンテナとを組み合わせた小型モジュールの設計を完了し、試作を行う。
- ・当該小型モジュールの無線リンク確立時間や実効スループット等の基礎評価を行う。
- ・代表的なユースケースを選定し、その評価シナリオ等を検証プラットフォームの全体仕様に反映する。

### イー２ 高出力増幅器技術の開発

- ・高出力増幅器の各要素（遅波回路、遅波回路の周辺部分等）の設計・シミュレーション技術の研究開発を行う。
- ・上記シミュレーション技術（増幅率、電子ビームと電磁波の相互作用の度合等）から得られる知見を活かしながら、高出力増幅器の設計・検討を行う。
- ・高出力増幅器要素の製造プロセスの技術開発を進め、その成果を高出力増幅器要素の設計・シミュレーションの研究開発に再統合する。

## <令和１０年度>

### ア 多数同時・大容量通信技術の研究開発

#### アー１ フェーズドアレーアンテナの開発

- ・マルチチップ対応アレーアンテナの要素技術とアンテナの広帯域低実装損失設計の要素技術を組み合わせたアンテナの試作を実施し、サイドローブを抑制した広帯域低損失アンテナの試作・検証を完了させる。

#### アー２ フェーズドアレー用トランシーバ技術の開発

- ・２次元ビーム制御を実現するための集積回路と周辺部品を実装したトランシーバを試作し、全体的な動作検証を完了させる。

### イ 大容量スポットエリア無線通信技術の研究開発

#### イー１ 瞬時無線リンクの技術等の開発

- ・代表的ユースケースの検証を行うための小型モジュールの増産を行う。
- ・小型モジュールを用いて、検証プラットフォームの性能評価（無線接続性、安定性、ログ取得と監視、設置誤差に対する許容度等）を実施する。
- ・将来的な高速化検証（並列動作等）に資するベースバンド評価システムを構築して一次評価を実施、課題抽出と改善方針の検討を行う。

#### イー２ 高出力増幅器技術の開発

- ・高出力増幅器の研究開発を進めると共に、得られた知見を高出力増幅器の設計・シミュレーション技術に反映し、特性改善（増幅率の向上、帯域幅の拡大等）へ向けた研究開発を進める。

### <令和 11 年度>

#### ア 多数同時・大容量通信技術の研究開発

##### アー１、

##### アー２ 共通

- ・２次元ビーム制御を実現するためのアンテナ部とトランシーバ部を結合し、統合検証を完了させる。

### イ 大容量スポットエリア無線通信技術の研究開発

#### イー１ 瞬時無線リンクの技術等の開発

- ・代表的ユースケースを検証プラットフォーム上で評価するための事前検証を実施し、運用・保守の手順及び試験計画を具体化する。
- ・ベースバンド評価システムを用いて、並列チャネル動作等の現行の実効性能の向上を可能とする方式についての基礎データを得るとともに、100Gbps以上のスループットを実現するための、段階的なロードマップを提示する。

#### イー２ 高出力増幅器技術の開発

- ・高出力増幅器の設計・シミュレーション技術の研究開発を進め、得られた知見を製造プロセス技術などに反映し、安定動作へ向けた研究開発を進める。

#### ア、イ共通

- ・ア及びイで得られた知見・内容を統合して、選定された代表的なユースケースを想定した検証プラットフォーム上で評価を行い、想定したデータが得られることを確認する。

#### 5. 実施期間

令和8年度から令和11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

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・団体へ提案することが重要である。例えば、ITU-R（国際電気通信連合 無線通信部門）では2031年に開催予定の世界無線会議(WRC-31)において275GHzから450GHzまでの周波数割り当てについて議論される予定となっており、それに向けて技術レポートの作成や国際的な調整が行われる。このような機会を捉え、研究開発の進捗に合わせて、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」及び令和16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いただくと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導をいただくため、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、各主体の役割及び責務を含め、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。