

**「平成 26 年度における電波資源拡大のための研究開発の基本計画書（案）」
に対する意見と総務省の考え方並びに修正した基本計画書**

| 対象となる研究開発課題 | 意見 | 総務省の考え方 |
|---|---|--|
| <p>ワイヤレス電力伝送による漏えい電波の環境解析技術の研究開発</p> | <p>WPT システムの漏えい電波による干渉影響の評価対象とする被干渉機器は、現状案では、「中波ラジオ受信機、各種無線システム（携帯電話：800MHz、1.5GHz、2GHz、3.5GHz 帯、無線 LAN:2.4GHz、5.2GHz 帯）等とする。」となっています。</p> <p>電波天文業務は極めて高感度の電波望遠鏡で実施されています。国内・国際的に電波天文保護の対象となっている帯域も被干渉の対象として考慮の対象となるよう、ご配慮をお願いいたします。</p> <p>対象帯域：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 322-328.6 MHz (1 次業務) 2) 406.1-410 MHz (1 次業務) 3) 1400-1427 MHz (1 次業務) 4) 1610.6-1613.8 MHz (1 次業務) 5) 1660-1670 MHz (1 次業務) 6) 2690-2700 MHz (1 次業務) 7) 4800-4990 MHz (2 次業務) 8) 4990-5000 MHz (国際分配では 1 次業務、国内分配では 2 次業務) <p align="right">(国立天文台電波天文周波数小委員会)</p> | <p>本件は、ワイヤレス電力伝送システムと一般住宅内に設置された他の無線設備・電子機器との干渉等の関係をシミュレーションする技術の研究開発を実施するものですが、本研究開発の成果として得られる当該シミュレーションを活用することで、電波天文業務への影響評価にも応用できるものと考えております。</p> |

＜基本計画書＞

移動通信システムにおける三次元稠密セル構成及び階層化セル構成技術の研究開発

1. 目的

スマートフォン等の高機能データ通信端末の普及により、2020年までに移動通信システム全体の通信量が急速に増加している。これらは、最近の調査では年率2倍の増加となっている。この増加する通信量を処理するためには、新たな無線伝送方式や高効率無線インターフェース技術による伝送効率の向上、周波数帯アクセス技術による実質利用可能周波数帯の拡張、階層化セル構成技術や極小セルの稠密構成技術による改善などが考えられる。その中で、既に移動通信システムに割り当てられている帯域内での周波数利用効率を大幅に向上させるためには、セルを極小化し干渉を回避しつつ稠密に配置することが非常に有効である。

既存のマクロセル内に膨大な数の極小セルを稠密かつ三次元的に不規則に配置した際、極小セル間の干渉や既存のマクロセルとの間の干渉により周波数利用率は大幅に低下する。このような環境下においては、各セルが独立かつ自律的に干渉を抑圧する方法では限界がある。これを解決する方法として、各セルがネットワーク連携して干渉を抑圧する干渉抑圧技術が有効である。しかし、マクロセル内の極小セル数が増加するに従い、制御の最適化が複雑となり、干渉抑圧効果が得られなくなる。これまでは、屋内極小セルと屋外マクロセルをそれぞれ個別にネットワーク連携させ、セル間の干渉を低減する技術の研究開発は行われてきたが、ここではさらに、制御の複雑さを低減し、より高いネットワーク連携による干渉抑圧効果を得るために、マクロセル層、極小セル層とセル構成を階層化（単純化）し、同一階層内及び異なる階層間の干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層セル構成技術の研究開発を実施し、周波数利用効率の向上を目指す。

2. 政策的位置付け

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

「IV. 利活用の裾野拡大を推進するための基盤の強化 4. 研究開発の推進・研究開発成果との連携」において「世界最高水準の IT 社会を実現し、維持・発展させるために、情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進する」旨の記載あり。

3. 目標

既存のマクロセルエリア内に膨大な数の極小セルを稠密かつ三次元的に不規則に配置した際、極小セル間の干渉や既存のマクロセルとの間の干渉により周波数利用率は大幅に低下する。このような環境下においては、各セルが独立かつ自律的に干渉を抑圧する手法では限界があることから、ネットワーク技術を活用し基地局が

連携して干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層化セル構成技術を平成 28 年度までに確立し、連携しない場合に比べて周波数利用率を 3 倍以上（スループットを 3 倍以上）に改善することを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発では、既存のマクロセル構成に周波数利用率を抜本的に改善できる三次元極小セル構成を独立にオーバーレイして構成する三次元稠密セル構成及び階層化セル構成（以下、「階層化・稠密セル構成」という。）の検討を行う。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

より高いネットワーク連携による干渉抑圧効果を得るために、マクロセル層、極小セル層とセル構成を階層化（単純化）し、同一階層内及び異なる階層間の干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層セル構成技術の研究開発を実施する必要がある。階層化・稠密セル構成では、屋内外に設置する極小セルの数が膨大であり、その配置は三次元かつ非正則であることから、極小セル間の干渉による周波数利用率（スループット）の低下が課題となる。また、マクロセル階層と極小セル階層間の干渉による周波数利用率（スループット）の低下も課題となる。これまでは、屋内極小セルと屋外マクロセルをそれぞれ個別にネットワーク連携させ、セル間の干渉を低減する技術の研究開発は行われてきたが、ここではさらに屋外極小セルにも対応できるようにした上でさらに階層化を行い、以下の技術の研究開発を行う。

(a) マクロセル層と極小セル層の異なる階層間におけるネットワーク連携による周波数の時分割利用を用いた干渉抑圧技術

(b) ネットワーク連携による送信側 MIMO 干渉キャンセラや送信アンテナ指向性制御等による極小セル層内、マクロセル層内の同一階層内干渉抑圧技術

イ 階層間モビリティ制御技術の開発

階層化・稠密セル構成では、極小セルの数が膨大であり、端末が高速で走行した場合、ハンドオーバー処理が間に合わず、携帯電話サービスの連続性を維持できないことが課題となる。そこで、以下の技術の研究開発を行う。

(a) 基地局が連携して端末の走行速度に応じて階層を選択する最適階層選択技術

(b) マクロセルと極小セル間でのハンドオーバーをスムーズに行うための階層間ハンドオーバー制御技術

ウ ネットワーク連携制御技術の開発

基地局が連携して極小セル間、階層間の干渉を抑圧、低減するためには、ネットワークを介した基地局間制御を低遅延時間で高速に実現することが課題となる。これを実現するためには高精度な基地局間同期が必須である。また、任意の基地局間で基地局間連携を実現するために、基地局間インターフェースを用いた分散制御方式が不可欠である。そこで、以下の技術の研究開発を行う。

- (a) 基地局アンテナの光張り出し技術を用いた集中基地局設置方式によるセル間連携制御技術
- (b) 基地局間インターフェースを用いた分散基地局設置方式によるセル間連携制御技術

エ 電波伝搬推定技術の開発

計算機シミュレーションや室内実験で各技術を高精度に且つ効率よく評価するためには、階層化・稠密セル構成を対象として三次元方向からの伝搬損失特性、伝搬遅延時間(時間)特性、電波到来角(空間)特性を同時に推定できる時空間電波伝搬推定技術が不可欠である。また、実証評価を効率よく行うために上記電波伝搬特性を実装したシミュレータ開発が不可欠である。そこで、以下の技術の研究開発を行う。

- (a) 極小セル間、マクロセルと極小セル間、マクロセル間の干渉設計に対応できる三次元“時空間”電波伝搬推定技術。特に屋外基地局から屋内セルへの干渉を評価するための三次元“時空間”電波伝搬推定技術およびそのモデル化
- (b) 上記の三次元電波伝搬モデルを実装したシミュレータの開発

オ 実証評価

開発した技術を計算機シミュレーションにより効果を確認するとともに、実装置による実証評価を行うことが重要である。そこで、以下の研究開発を行う。

- (a) 開発したシステムを評価するための試作装置の開発及び室内実験による実時間での動作の実現
- (b) 実伝搬環境下における動作特性を評価するための小規模の実証システムの構築及びフィールド実証実験の実施

到達目標

ネットワーク技術を活用し基地局が連携して干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層化セル構成技術を実現するための基盤技術である基地局間同期技術を確立し、同期精度 $0.5\mu s$ 以下を目標とする。そして、高密度に極小セルが配置された場合において本技術を適用しない場合に比べて周波数利用率(スループット)を3倍以上に改善することを目標とする。計算機シミュレー

ションにより評価を行うとともに、実証実験による評価を併せて実施し、開発アルゴリズムの実時間での動作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26年度>

ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

- ・同一階層内干渉抑圧技術の機能設計及びそれを評価する計算機シミュレーションソフトウェアの開発

- ・異なる階層間干渉抑圧技術の機能設計及びそれを評価する計算機シミュレーションソフトウェアの開発

イ 階層間モビリティ制御技術の開発

- ・階層選択・ハンドオーバー制御技術の機能設計及びそれを評価する計算機シミュレーションソフトウェアの開発

ウ ネットワーク連携制御技術の開発

- ・ネットワーク連携制御技術（集中基地局設置方式、分散基地局設置方式）の機能設計及びそれを評価するシミュレーション系の構築

エ 電波伝搬推定技術の開発

- ・三次元時空間電波伝搬測定装置の開発

- ・様々な環境における三次元時空間電波伝搬特性のフィールド測定の実施

オ 実証評価

- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置のベースバンド処理部（変復調処理等）の装置設計

- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置のRF部の装置設計

<平成27年度>

ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

- ・同一階層内干渉抑圧技術を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

- ・異なる階層間干渉抑圧技術を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

イ 階層間モビリティ制御技術の開発

- ・階層選択・ハンドオーバー制御技術を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

ウ ネットワーク連携制御技術の開発

- ・ネットワーク連携制御技術（集中基地局設置方式、分散基地局設置方式）を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

エ 電波伝搬推定技術の開発

- ・三次元時空間電波伝搬特性の解析及びモデル化

- ・三次元電波伝搬モデルを実装するシミュレータ（試作装置）の設計及び開発

オ 実証評価

- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置のベースバンド処理部（変復調処理等）の試作装置開発
- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置の RF 部の試作装置開発

<平成28年度>

ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

- ・同一階層内干渉抑圧技術の試作装置への実装
- ・異なる階層間干渉抑圧技術の試作装置への実装

イ 階層間モビリティ制御技術の開発

- ・階層選択・ハンドオーバ制御技術の試作装置への実装

ウ ネットワーク連携制御技術の開発

- ・ネットワーク連携制御技術（集中基地局設置方式、分散基地局設置方式）の試作装置への実装

エ 電波伝搬推定技術の開発

- ・三次元電波伝搬モデルのシミュレータ（試作装置）への実装

オ 実証評価

- ・試作装置を用いた室内テストベッドの構築及び室内実験による評価
- ・試作装置を用いたフィールド実験系の構築、フィールド実験による評価

5. 実施期間

平成26年度から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。

<基本計画書>

ミリ波帯における高度多重化干渉制御技術等に関する研究開発

1. 目的

近年、M2M (Machine-to-Machine)、IoT (Internet-of-Things) の環境整備に伴いクラウドサービスやビックデータを活用したコンテンツサービスなど、ギガバイトを超えるデータ交換がモバイル機器間のみならずモバイル機器とクラウドとの間で頻繁にやり取りされるようになるため、知識情報社会を支えるインフラ整備において、膨大な無線トラフィックを収容可能な無線システムの実現が期待されている。

このような中、ギガバイトを超えるデータ交換用近距離通信での用途に、60GHz 帯 (57GHz～66GHz 4 チャンネル) が国際的に割り当てられている。平成 26 年頃には WiGig/IEEE802.11ad 規格に対応した 60GHz 帯近距離無線システム (以下「近距離システム」) の実用化が予定されており、最大 3Gbps 級の 1 対 1 (P-P) 通信がモバイル機器等においても可能となる見込みである。また、非接触型 IC カードのように数 cm 程度の近接距離でデータの高速転送を行う近接ミリ波無線システム (以下「近接システム」) の技術開発も進められている。今後、これらの技術により、情報家電機器を中心として高速、大容量の無線通信システムが普及していくとみられている。

しかしながら、近距離システムは、単一チャンネルを使用した 1 対 1 (P-P) 通信には適するものの、店舗、駅等の公共エリア (屋外) において利用が想定される大容量の 1 対多 (P-MP) 通信では、チャンネル間の干渉によりスループットが低下し、利用用途が制限される。例えば、店舗などで、複数のユーザが隣り合う座席から同時に異なるコンテンツをダウンロード可能とするためには、1m 程度の最小デバイス間離隔距離を確保しつつ、限られた 4 つのチャンネルを効率的に利用してシステム収容者数を増大する技術が求められる。さらに、近距離システムと近接システムのように、送信電力が大きく異なるシステムが同一エリアに存在する場合における干渉回避技術も必要とされる。

我が国において 60GHz 帯は高出力化について検討段階に入っており、今後、急速に 60GHz 帯を使用するシステムが普及するにつれて、同一システム間及び異システム間の干渉問題が一層顕在化してくるものと予想される。

これらの状況を踏まえ、本研究開発では、60GHz 帯における隣接チャンネルの同時使用や、同一チャンネルを用いたチャンネル多重化、送信電力の大きく異なる異種システムとの共存等を実現する高度多重化干渉制御技術等を確立し、60GHz 帯の利用を促進して 2.4GHz/5GHz 帯周波数のひっ迫緩和を実現するとともに、国際競争力の強化を図ることを目的とする。

2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策 (平成 25 年 1 月 11 日 閣議決定)

「Ⅱ. 1. (2) 研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、(中略) 先端的な情報通信技術の確立など、研

究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。

①研究開発プロジェクトの推進

・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）

・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成 23 年情報通信審議会諮問第 17 号 平成 24 年 7 月 25 日答申）

Active Japan ICT 戦略～新たな ICT 総合戦略の方向性について～において「社会実装と連動した新たな ICT プロジェクト」として「社会実装を加速するための研究開発」及び「アクティブコミュニケーション戦略」として「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。

3. 目標

本研究開発により、3m 以上の通信距離においてデバイス間の離隔距離 1m 以下での 4 チャンルの同時使用、3m 以内の同一エリアにおける近接システムと近距離システムとの共存、同一周波数帯において最大 4 ユーザの多重化を実現することにより、今後ますます利用用途が拡大される 60GHz 帯無線システムを効率よく運用するための共用技術を確立するとともに、Wi-Fi Alliance や IEEE に対する国際標準規格への拡張提案や知財化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、多種多様な用途に対応し得るミリ波システム基盤技術を確立するため、①チャンネル/システム間干渉回避技術、②適応無線チャンネル多重化技術、③干渉抑圧信号処理技術の研究開発を行う。

(2)技術課題および到達目標

技術課題

ア. チャンネル/システム間干渉回避技術の開発

60GHz 帯を用いる近距離システムでは、安価な CMOS プロセス等での実現性を考慮して、送信スペクトルマスクがマイクロ波帯を用いる従来の無線 LAN と比較して緩和されている。そのため、送信信号の隣接チャンネルへの漏洩が大きくなり、チャンネル間干渉により隣接チャンネルの同時使用が困難な状況が発生する。60GHz 帯の普及促進を考えた場合、複数チャンネルの同時使用が制限されることはネットワーク構成上の大きな課題となっている。特に、限られた空間に多数の端末が存在する密環境下では、ユーザ間の干渉を十分考慮できないために使用チャンネル数が限定されるとともに、デバイス間離隔距離を 1m 以下に近接すると隣接チャンネルからの干渉により安定した通信品質を確保できない状況が発生する。

また、60GHz 帯を用いる近接システムが同一エリアで利用される場合において、近接システムの送信電力レベルが小さいために、近距離システムが近接システム

の存在を検出できず、システム同士の共存が困難となっている。

これらの課題を解決するため、チャンネル間の干渉を推定して、最適なアンテナ指向性選択やチャンネル配置を適応的に制御することで 60GHz 帯に割り当てられた 4 チャンネルを有効的に活用するチャンネル間干渉適応制御技術の開発、および近接システムと近距離システムの共存を可能とする無線プロトコル、帯域シェア制御技術の開発を行う。

イ. 適応無線チャンネル多重化技術の開発

60GHz 帯においては、利用可能なチャンネル数が 4 チャンネルと限られている。そのため、多数のユーザが存在する店舗やオフィス等の密環境下においてミリ波通信を行う場合には、限られたチャンネルを時分割共有する必要がある。その結果、スループットが低下し、利用用途が制限される。

この課題解決のため、同一チャンネルにおいて最大 4 ユーザの同時使用を実現する。そのために、従来、小型、低消費電力化が困難であったアンテナ指向性制御機能を小型端末でも搭載可能とするための簡易なアンテナ指向性制御技術を開発する。これには、過去の電波利用料研究開発の成果であるアンテナ指向性制御技術を使用し、平成 24 年度補正予算案件の成果である、互いに近接した結合アンテナを利用した寄生アンテナ制御技術等を適用する。さらに、アクセスポイント側で得られる高いアンテナ指向性を組み合わせることで、チャンネル推定精度を緩和する等により、低消費電力で多重化信号の分離を可能とする適応多重化信号処理技術の開発を行う。

ウ. 干渉抑圧信号処理技術の開発

60GHz 帯システムでは、半導体プロセス上に無線回路を集積化する際に、受動素子の性能(Q 値)が低下傾向にあるため発振器の位相雑音を低減することが難しい。さらに、無線機の受信系においては、広帯域の変調信号を取り扱うため、AD 変換器のオーバーサンプリング比が 2 倍以下と低くなり、隣接チャンネルからの干渉に加えて、サンプリング時の隣接チャンネル成分の折り返しによる干渉が発生する。一方、送信系においても、DA 変換器のオーバーサンプリング比が低いために、歪み補償信号の再現精度が悪く、マイクロ波帯で実用化されているプリディストーション等の送信歪み補償が適用できない。これらの要因により、送信信号および受信信号の品質が劣化するために、多値変調を用いた高速通信の実用化が困難となっている。

以上の課題を解決するため、受信系において、位相雑音や干渉信号成分をベースバンド信号処理で抑圧する干渉/ノイズキャンセル技術を開発する。送信系においては、低オーバーサンプリング比においても効果的に歪みを抑圧する超広帯域歪み補償技術の開発を行う。

到達目標

ア. チャンネル/システム間干渉回避技術の開発

多数のユーザが存在する密環境下において、3m 以上の通信距離においてデバイス間の離隔距離 1m 以下で 4 チャンネル同時通信を実現し、さらに、近距離システムと近接システムを 3m 以内の同一エリアで共存可能とすることを目標とする。そのために、以下の個別目標を実現する。

(a) チャンネル間干渉回避技術の開発

受信信号強度に加えて、ユーザ間の干渉量を推定するための干渉推定方式及び推定アルゴリズムを開発し、アンテナ指向性を選択する際に、ユーザ間干渉を含めて SINR(信号対干渉雑音比)の最適化を図ることで、隣接チャンネルの同時利用を可能とし、周波数の利用効率を向上させる。

(b) システム間干渉回避プロトコル、帯域シェア技術の開発

近接システムと近距離システムの混在環境で、近接システムが近距離システムに対して著しいスループット低下を与えないために、近接システムのトラフィック等の通信状態を考慮したチャンネル選択または帯域シェアを行う近接システムを試作し、近距離システムとの共存の技術を確立する。

イ. 適応無線チャンネル多重化技術の開発

同一周波数帯において最大 4 ユーザの多重化を実現し、周波数利用効率を 4 倍に高めることを目標とする。そのために、以下の個別目標を実現する。

(a) 簡易アンテナ指向性制御技術の開発

互いに近接した結合アンテナの負荷など制御することにより、モバイル機器にも搭載可能な小型で低消費電力のアンテナ制御技術を確立する。また、信号対雑音比、信号対干渉比を最大化するためのアンテナ理論を構築する。

(b) 適応多重化信号処理技術の開発

ミリ波帯特有の高いアンテナ指向性を活かし、チャンネル推定のための条件を緩和すること等により、モバイル機器にも搭載可能な多重化信号処理アルゴリズムを開発し、同一チャンネルにおいて最大 4 ユーザの多重化を実現する。

ウ. 干渉抑圧信号処理技術の開発

隣接チャンネル同時使用時に 6Gbps(2.16GHz 帯域幅、16QAM 以上)を超える伝送速度で 3m 以上の通信距離を実現することを目標とする。そのために、以下の個別目標を実現する。

(a) 干渉/ノイズキャンセル技術の開発

複数のアンテナで受信した信号を用いて、ベースバンド信号処理により干渉信号成分をキャンセルすることで、隣接チャネルからの干渉の抑圧を図る干渉キャンセル技術を実現する。

多値変調による高速通信を実用化する際に障害となる位相雑音を低減するため、受信シンボルを利用したベースバンドでの演算処理で位相雑音を抑圧するノイズキャンセル技術を実現する。

(b) 超広帯域歪み補償技術の開発

ミリ波帯特有の2倍以下の低オーバーサンプリング比においても効果的に歪みを補償し得る信号処理アルゴリズムとパワーアンプ回路技術を実現することを目標とする。

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26年度>

ア. チャネル/システム間干渉回避技術の開発

- ・ チャネル間干渉の実測評価系の構築、およびチャネル間干渉詳細データの取得
- ・ ネットワークシミュレータを用いたアンテナ指向性制御およびチャネル間干渉回避アルゴリズムの詳細設計、有効性の検証
- ・ システム間干渉回避の試験機器の設計、試作、実験

イ. 適応無線チャネル多重化技術の開発

- ・ 簡易アンテナ指向性制御の単体アンテナ素子の設計、試作、詳細データの取得
- ・ 多重化信号処理アルゴリズムの実験系の構築、アルゴリズムの詳細設計

ウ. 干渉抑圧信号処理技術の開発

- ・ 干渉キャンセル信号処理の試験機器の設計、試作、アルゴリズムの詳細設計
- ・ ノイズキャンセルアルゴリズムの実験系の構築、アルゴリズムの詳細設計
- ・ 超広帯域歪み補償の実験系の構築、歪み補償アーキテクチャおよびアルゴリズムの詳細設計

<平成27年度>

ア. チャネル/システム間干渉回避技術の開発

- ・ チャネル間干渉回避の実証実験装置の設計、試作、技術実証
- ・ システム間干渉回避の実証実験装置の設計、試作、技術実証
- ・ チャネル間干渉回避とシステム間干渉回避技術を組み合わせた統合実証実験、干渉回避性能の評価

イ. 適応無線チャネル多重化技術の開発

- ・ 簡易アンテナ指向性制御のアンテナ素子アレーの設計、試作
- ・ 適応多重化信号処理技術の実証実験装置の設計、試作
- ・ 屋内環境実験による技術実証

ウ. 干渉抑圧信号処理技術の開発

- ・ 干渉キャンセル信号処理の実証実験装置の設計、試作、技術実証、アンテナ指向性制御機能を備えた CMOS チップと無線モジュールの設計、試作、詳細データの取得
- ・ ノイズキャンセルアルゴリズムの実証実験装置の設計、試作、技術実証
- ・ 超広帯域歪み補償の実証実験装置の設計、試作、技術実証

エ. 総合評価

アからウの複数の技術を組み合わせた統合実験、干渉抑圧と干渉回避性能の総合評価

5. 実施期間

平成 26 年度から平成 27 年度までの 2 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。

計画の策定にあたっては、Wi-Fi Alliance 及び IEEE に対する国際標準規格への拡張提案のためのデータの取得や知財化を通じて、国際協調の維持継続と国際競争力の強化を図る内容が含まれていること。

②実用化への取組

研究開発期間終了後も「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 31 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。

<基本計画書>

超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発

1. 目的

放送分野においては、現行の高精細度テレビジョン放送を超える飛躍的な画質の向上に資する映像関連技術に係る標準化等が進展しており、国際電気通信連合の無線通信部門（ITU-R）では、平成24年8月、4K、8Kのような超高精細度映像（以下「超高精細度映像」という。）によるテレビジョン放送の映像形式に関する国際標準化もなされている。これらにより、4Kに対応したテレビジョン受信機をはじめとして、カメラ、ディスプレイ、プロジェクタなどの製品化等も急速に進んでいる。さらに、超高精細度映像技術の研究開発も加速化されており、これらの超高精細度映像は、その画質の精細さから、医療・建築・教育などの産業分野への応用や美術館での利用など、幅広い用途への展開が期待されている。

これらを受けて、総務省は平成24年11月に「放送サービスの高度化に関する検討会」を開催し、平成25年5月31日、超高精細度映像による放送サービスや受信機の実用化・普及に関するロードマップを策定したところである。また、世界最先端IT国家創造宣言（平成25年6月閣議決定）においては、「8Kに対応した放送については2016年に、衛星放送等における放送開始を目指す」、「2020年には、市販のテレビで4K、8K放送やスマートテレビに対応したサービスを受けられる環境を実現する。」としている。

このような状況を踏まえ、超高精細度映像配信が可能な衛星・地上放送の実現に向けた取組を加速させる必要がある。これらの放送サービスを実現するためには、例えば、現在のBSデジタル放送の伝送方式での超高精細度映像の伝送を想定した場合には、さらなる周波数帯域の確保が必要となる。しかしながら、既に稠密に利用されている現下の周波数利用状況を鑑みると、現在、放送業務に割り当てられている希少な周波数資源のより一層の有効利用を図るとともに、高い周波数帯（21GHz等）における利用を促進する必要がある。

本研究開発では、より伝送効率の高い変調方式や干渉／歪み補償技術等を用いることで伝送容量拡大を可能とする要素技術等を確立するとともに、将来限られた伝送容量内での超高精細度映像配信を目指した、高圧縮・伝送効率向上技術を開発することにより、周波数の有効利用に資することを目的とする。

さらに、本研究開発により得られた成果に基づき、国内における技術基準への反映等を通じた超高精細度映像による放送サービス及び受信機等の普及に加え、国際標準化や放送コンテンツ及び受信機等の海外展開を通じた我が国の国際競争力強化を図る。

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）

第一章 電波利用環境の変化に応じた規律の柔軟な見直し

（3）周波数再編の加速

② 電波有効利用の活用

「電波の有効利用を一層推進する観点から、今後は、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ため、国際標準化、国際展開も含め、成果の実用化に向けた各段階の取組の充実・強化を図ることが必要である。

具体的には、電波の有効利用を図るための研究開発については、従来の国が研究開発課題を設定し、委託する方法に加えて、自由に研究開発課題の提案を受け付ける方法を導入することが適当である」旨を記載。

- ・日本再興戦略（平成 25 年 6 月 閣議決定）

第Ⅱ. 3つのアクションプラン

一. 日本再生再興プラン

4. 世界最高水準の IT 社会の実現

「IT を活用した民間主導のイノベーションの活性化に向けて、世界最高水準の事業環境を実現するため、今般策定される新たな IT 戦略（本年 6 月 14 日閣議決定）を精力的に推進し、規制・制度改革の徹底並びに情報通信、セキュリティ及び人材面での基盤整備を進める」旨を記載。

- ・世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月 閣議決定）

Ⅲ. 目指すべき社会・姿を実現するための取組

1. 革新的な新産業・新サービスの創出と全産業の成長を促進する社会の実現

（5）次世代放送サービスの実現による映像産業分野の新事業創出、国際競争力の強化

「8K に対応した放送については 2016 年に、衛星放送等における放送開始を目指す」及び「2020 年には、市販のテレビで 4K、8K 放送やスマートテレビに対応したサービスを受けられる環境を実現する。」旨を記載。

- ・情報通信審議会答申「知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方」（平成 24 年 7 月 25 日）

「リッチコンテンツ戦略」において、2015 年に向けた目標である「いつでもどこでも誰でもが、デバイスフリー、ワンソース／マルチユースで高精細、高臨場感なリッチコンテンツを製作・利活用できる環境の実現」に関し、「日本が優位性をもつ高精細、高臨場感な映像技術（4K、8K）の確立とこれらが実装された端末・サービスの普及推進ロードマップを早期に策定するための検討体制

を整備」することとされている。

- ・放送サービスの高度化に関する検討会検討結果取りまとめ（平成 25 年 6 月 11 日）
スーパーハイビジョンに関する検討結果について

「3. 時間軸」中「(2)時間軸の設定に関する考え方」において以下の時期を目安として進めていく旨記載。

| | |
|--------|--|
| 2014 年 | （ブラジル（リオデジャネイロ）・ワールドカップの開催年） 〔可能な限り早期に、関心を持つ視聴者が 4K を体験できる環境を整備。〕 |
| 2016 年 | （リオデジャネイロ・オリンピックの開催年） 〔可能な限り早期に、関心を持つ視聴者が 8K を体験できる環境を整備。〕 |
| 2020 年 | （オリンピックの開催年） 〔希望する視聴者が、テレビによって、4K/8K の放送を視聴可能な環境を実現。〕 |

3. 目標

超高精細度映像配信が可能な衛星・地上放送を実現するために、伝送効率の高い変調方式や干渉／歪み補償技術による伝送容量拡大技術と超高画質圧縮伝送技術や次世代多重化技術等による高圧縮・伝送効率向上技術等との組合せにより、十分な伝送容量を確保して映像の高品質を維持することを目標とする。これらにより、放送の高度化というニーズに応えつつ放送用周波数の有効利用に資することを目標とする。

また、これらの技術を世界に先駆けて開発することにより、当該研究開発により得られた成果に基づき、国際標準化を通じた我が国の国際競争力強化に資することを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発においては、現行の高精細度テレビジョン放送に比較して、極めて大容量となる超高精細度映像の伝送を衛星デジタル放送 (BS) により実現するため、衛星中継器で生じる非線形特性の劣化を抑制するとともに、高能率変調方式を適用した場合の受信信号を改善する「衛星伝送歪み補償技術」等を確立する。

また、現行の地上デジタル放送に「偏波 MIMO 伝送技術」や「超多値 OFDM 技術」等を用いることで、限られた地上放送用周波数帯域において周波数利用効率を格段に高めた超高精細度地上放送システムの実現に必要な伝送基盤技術を確立する。

衛星又は地上放送により、解像度の異なる 2 つ以上の超高精細度映像を合わせて伝送する際に、伝送路の負担を極力低減するための新たな高圧縮・伝送効率向上技

術を確立するとともに、伝送路特性に応じてパラメータの最適化を図る技術を確認する。

以上の技術開発を行うことで、現行の 8 倍を超える伝送効率を有する超高精細度衛星・地上放送の伝送基盤技術の確立を早期に実現する。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 伝送容量拡大技術の開発

ア－1 衛星放送に関する干渉／歪み補償技術の開発

超高精細映像を伝送するため、衛星放送における伝送容量拡大が期待されている。平成 24 年度補正予算「周波数有効利用に資する次世代放送基盤技術の研究開発」（以下「次世代放送基盤技術の研究開発」という。）による衛星放送に関する変復調技術の開発を通して、高い伝送効率を有する振幅位相変調方式(16APSK)を用いた実証実験・評価を行った。一方、衛星中継器においては、増幅器で生じる非線形特性により、入出力フィルタの群遅延特性と相まって、振幅と位相の双方を変調する 16APSK で信号が大きく歪む課題が生じている。

現在の放送衛星中継器では、増幅器に TWTA(進行波管増幅器)の非線形性の制約から位相のみを変調する 8PSK を使用しているが、効率の良い 16APSK を利用可能とするには非線形性に起因する歪みを抑えた高い線形性を有する増幅器の開発が課題である。

そのため、放送衛星への適用が可能となる高線形性増幅器および入出力フィルタで生じる群遅延特性を補償する適応等化器を実装した映像評価装置を開発し、16APSK の伝送特性を向上させる。

ア－2 地上放送に関する伝送容量拡大技術の開発

地上放送に関して、超高精細度映像の膨大な情報量を効率良く伝送するためには、周波数利用効率を向上する技術の開発が重要である。地上放送の場合の周波数利用効率向上手段として、直交する 2 つの偏波を同時に使用する偏波 MIMO 伝送技術、変調多値数を現在の地上デジタル放送のハイビジョンサービスに適用されている 64 値(64QAM)から最大 4096 値(4096QAM)に拡大する超多値 OFDM 技術及び単一周波数による放送ネットワークを構築する SFN(単一周波数放送網)技術がある。

現在の地上デジタル放送で使用されている SFN 技術では、複数の SFN 送信局が同じ変調内容の信号を同じ周波数で送信している。そのため、各送信局のサービスエリアが重なる地域では、強いマルチパス妨害が発生し、受信障害が発生したりする場合がある。そこで、送信ダイバーシティ技術の一種である時空間符号化(STC)を応用した偏波 MIMO 伝送向けの次世代 SFN 技術を開発し、野外での実証実験によりその効果と伝送特性を評価・確認する。さらに、これらの技術を地上放

送に適用するに当たり重要となる交差偏波特性を含む伝搬路特性を詳細に把握するため、季節変動を含む通年測定を併せて実施する。

イ 高圧縮・伝送効率向上技術の開発

イー1 超高画質圧縮伝送技術の開発

超高精細度映像の放送を実施するに当たっては、アに述べた伝送容量拡大技術とともに、情報源の高圧縮・伝送効率向上技術が必須となる。超高精細度映像の普及に伴い、将来的には、より限られた容量を有する伝送路を利用したサービス提供も求められる。そこで、HEVC/H.265 など従来方式を超える高効率な映像圧縮伝送技術確立のため、基礎的な技術を検証する。

イー2 次世代多重化技術の開発

超高精細度映像等の伝送では、パケットの大型化や多重化装置と送信装置の同期動作によりオーバーヘッド量を削減し、伝送効率を向上することが期待できる。そこで、映像信号や音声信号などのメディア符号のカプセル化の方法やパケットの形式、さらに、コンテンツの構成を示す制御信号などの具体的な運用仕様に基づいた多重化装置および分離装置を開発し、より伝送効率を向上させる。

到達目標

ア 伝送容量拡大技術の開発

アー1 衛星放送に関する干渉／歪み補償技術の開発

放送衛星への適用が可能となる高線形性増幅器による非線形特性の緩和および適応等化器を実装した受信機による衛星搭載用入出力フィルタで生じる群遅延特性の補償により、16APSK 適用時に所要 C/N が改善可能な衛星伝送歪補償技術を開発する。具体的には、現行 BS と比較して、所要 C/N と出力バックオフの合計値 1.0dB 改善を目標とする。

アー2 地上放送に関する伝送容量拡大技術の開発

地上放送に関しては、大容量化の実現を目指して、時空間符号化を応用した次世代 SFN に対応した偏波 MIMO-超多値 OFDM 変復調装置及び送信装置を開発し、次世代放送基盤技術の研究開発により開設した熊本県人吉地区の実験環境も活用しつつ、同じ地区で電波を放射できる新たな SFN 送信用実験試験局を異なる場所に設置する。これら 2 つの実験試験局を用いて、時空間符号化 SFN 環境における伝搬距離が中・長距離(数 km～数十 km 程度)の見通し及び見通し外の受信点における伝送特性の測定・評価を行うことにより、次世代 SFN 技術を確立することを目指す。また、従来型の SFN 環境での測定も行い、その改善効果を定量的に評価するとともに、課題についても明らかにする。

イ 高圧縮・伝送効率向上技術の開発

イー１ 超高画質圧縮伝送技術の開発

次世代放送基盤技術の研究開発で得られた成果に加え、従来の映像圧縮伝送技術よりも更に伝送効率を高めた新たな高圧縮・伝送効率向上技術を確立し、超高精細映像伝送の実現を目指す。

最終的には、4K 映像の伝送帯域での 8K 映像の受信、すなわち現行の衛星・地上デジタル放送の 4 倍を超える伝送効率となる高圧縮・伝送効率向上技術の開発を目標とする。

イー２ 次世代多重化技術の開発

多重化装置と送信装置が非同期で動作すると、伝送路に情報を適切に多重することができず、結果としてヌルデータ（伝送路を埋めるためのダミーの情報）が増加し、伝送効率が低下してしまうことがあるが、パケットの大型化とあわせ、多重化装置と送信装置を同期動作させることによりヌルデータ量を削減することが期待できる。そのため、ヌルデータを抑えるとともにパケットヘッダを現行の 1 割程度に削減するなどして、伝送路容量の 99%以上を実データの伝送に用いることを目指し、伝送効率を向上することが可能な多重化技術の開発を目標とする。また、開発した次世代多重化技術に対応する多重化装置及び送信装置を試作して性能評価を行う。

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、以下の例を想定している。

<平成 26 年度>

ア 伝送容量拡大技術の開発

アー１ 衛星放送に関する干渉／歪み補償技術の開発

- ・高線形性増幅器の設計
- ・適応等化処理による群遅延補償が可能な補償等化器を実装した映像評価装置の設計

アー２ 地上放送に関する伝送容量拡大技術の開発

- ・時空間符号化 SFN 対応偏波 MIMO-超多値 OFDM 変復調装置および送信装置の開発
- ・SFN 送信用実験局の設置
- ・熊本県人吉地区の実験環境における伝搬特性の長期測定及び評価

イ 高圧縮・伝送効率向上技術の開発

イー１ 超高画質圧縮伝送技術の開発

- ・HEVC/H.265 方式を超える高圧縮・伝送効率向上技術の開発

- ・ 開発した高圧縮・伝送効率向上技術を用いた超高精細度映像符号化装置の開発

イー２ 次世代多重化技術の開発

- ・ パケットの形式、制御信号の仕様などの決定、対応する多重化装置及び送信装置の開発

<平成２７年度>

ア 伝送容量拡大技術の開発

アー１ 衛星放送に関する干渉／歪み補償技術の開発

- ・ 高線形増幅器の試作、評価
- ・ 補償等化器を実装した映像評価装置の試作
- ・ 映像評価装置単体性能を評価

アー２ 地上放送に関する伝送容量拡大技術の開発

- ・ 時空間符号化 SFN 環境及び従来型 SFN 環境における偏波 MIMO-超多値 OFDM 伝送の特性測定及び両環境下の比較評価

イ 高圧縮・伝送効率向上技術の開発

イー１ 超高画質圧縮伝送技術の開発

- ・ 超高精細度映像符号化装置の各種パラメータ調整と評価実験
- ・ 超高精細度映像符号化装置の性能改善

イー２ 次世代多重化技術の開発

- ・ 開発した多重化装置及び送信装置を用いた性能評価
- ・ 同期動作の性能改善

<平成２８年度>

ア 伝送容量拡大技術の開発

アー１ 衛星放送に関する干渉／歪み補償技術の開発

- ・ 高線形増幅器の性能改善
- ・ 高線形増幅器で構成した衛星中継器シミュレータと補償等化器を実装した映像評価装置による 16APSK の伝送特性の評価

アー２ 地上放送に関する伝送容量拡大技術の開発

- ・ 時空間符号化 SFN 環境における偏波 MIMO-超多値 OFDM 伝送の長期間特性測定
- ・ 回線設計パラメータの検討

イ 高圧縮・伝送効率向上技術の開発

イー１ 超高画質圧縮伝送技術の開発

- ・ 超高精細映像符号化装置と送受信装置との接続機能追加と結合実験

イー２ 次世代多重化技術の開発

- ・ 開発した多重化装置及び送信装置を用いた統合接続試験

5. 実施期間

平成26年度から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化機関・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。

＜基本計画書＞

無人航空機を活用した無線中継システムと 地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発

1. 目的

大規模災害時において通信インフラや道路インフラ等が壊滅的な被害を受けた場合の孤立地域との迅速なネットワークの確立、火山、火事、高放射線などの危険地域等でのデータ収集や通信確保、気象、測量等の観測を行う手段として、パイロットが搭乗する必要がなくプログラム通りに自律飛行することが可能な無人航空機システム（UAS）の利用が期待されている。国際的にも、欧米を中心に活発的な研究開発が行われているだけでなく、2012年の世界無線通信会議（WRC-12）において UAS で用いる周波数として 5GHz 帯（5030MHz～5091MHz）の非ペイロード用通信（UAS の制御や状態のモニタのための通信）としての使用が合意され、次回会議（WRC-15）では UAS と衛星を結ぶ周波数を決定するための議題が設定されている。

しかしながら、5GHz 帯や衛星通信用周波数帯（Ku/Ka 帯）は既にひっ迫しており、地上の無線アクセスシステムや航空無線航行システムとの共用が必要となっているほか、衛星とのリンクについても他の衛星回線との干渉を回避する必要がある。これらの課題を解決するため、5GHz 帯における他の地上用無線業務との無線の利用環境に応じた周波数共用技術及び他の衛星通信との共用技術を開発するとともに、地上ネットワークと協調して高速かつ安定した通信を実現し、周波数の共同利用を促進する。

2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策（平成 25 年 1 月 11 日 閣議決定）

「Ⅱ. 1.（2）研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、（中略）先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。

①研究開発プロジェクトの推進

- ・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）
- ・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成 23 年情報通信審議会諮問第 17 号 平成 24 年 7 月 25 日答申）
Active Japan ICT 戦略「アクティブコミュニケーション戦略～堅牢・高性能な重層的ブロードバンドネットワークの展開～」において、「大容量・途切れない高信頼・高品質な通信を可能とする移動通信システム等のブロードバンドワ

イヤレスネットワーク環境の提供」等、「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。

- ・新たな情報通信技術戦略工程表（平成 24 年 7 月 4 日改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

「3.（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」において、「引き続き、新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）の研究開発」を行う旨が記載されている。

- ・電波政策懇談会報告書（平成 21 年 7 月）

「災害に強い国づくりを目的に、災害による被害の発生を防止、軽減するために電波利用システムをアプリケーションとして活用していく」旨が記載されている。

3. 目標

大規模災害等における孤立地域との迅速なネットワーク確立及び平常時における広範囲なデータ収集等を可能にするため、UAS を活用した無線中継システムを既存の他の地上システムと無線の利用環境に応じて周波数を共用しつつ地上のネットワークと協調して迅速に展開できる共用技術並びに高度周波数制御技術を開発し、対象となる 5GHz 帯及び Ku/Ka 帯の共同利用の促進に資する。

無線中継システムを十分に機能させるため、上り回線と下り回線のそれぞれにおいて 5Mbps の伝送容量を満たすことを目指すとともに、最大 15 分程度までの遅延を許容する通信、並びに UAS と地上局が 2 対 2 以上のマルチリンク構成による協調ネットワークを実現し、上記共用技術や高度周波数制御技術とともに、小型 UAS（総重量 10kg 程度以下の固定翼型あるいは回転翼型の UAS）等による実環境（飛行）等での技術実証を行う。本研究開発は、前年度の基礎的な研究成果を踏まえて実施する。

また、他のシステムへの保護基準として、5GHz 帯においては不要輻射制限（-75dBW/MHz）を満たすとともに、Ku/Ka 帯においては固定業務において規定されている電力束密度（PFD）許容値（Ku 帯：-138dBW/4kHz・m²、Ka 帯：-105dBW/1MHz・m²）を固定衛星業務（FSS）にも準用し、これを満たすことを目指す。

4. 研究開発内容

(1) 概要

UAS を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用を実現するため、5GHz 帯における UAS と他の地上用無線業務との周波数共用技術、Ku/Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用技術、複数 UAS を用いた対地上の高速かつ安定した中継技術、及び UAS の利用環境に応じた高度周波数制御技術の

研究開発を行う。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 5GHz 帯における UAS と他の地上用無線システムとの周波数共用技術の開発

WRC-12 において新たに 5GHz 帯 (5030MHz~5091MHz) が UAS の非ペイロード通信用として割り当てられた。こうした状況のもと、UAS を用いた災害用通信を国内でも活用するため、5GHz 帯における UAS 間、UAS-地上間の伝搬データを取得し、地震及び津波等の大規模災害時の通信網補完を想定した気象条件や地上環境、地形条件等、様々な環境での伝搬モデルを確立するとともに、同一あるいは隣接帯域を用いる地上無線アクセスシステム及び航空無線航行システム等の既存業務との干渉・共用評価を行う必要がある。

以上を踏まえ、次の課題について特に災害時に容易に配備・利用可能な小型 UAS を想定した研究開発を行う。

- (a) 周波数共用評価のための電波伝搬モデル
- (b) 他の地上用無線業務との周波数共用技術

イ Ku 帯及び Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用技術の開発

地上だけでなく海洋等を含む広い範囲で UAS を活動できるようにするためには、UAS-衛星間通信が必須の技術となる。このための周波数帯として、FSS 用の帯域 (Ku 帯及び Ka 帯) が ITU-R 等で検討されている。しかし、UAS-衛星間通信においては、UAS が広範囲にわたって飛行することによって、同じ帯域を用いる他の衛星や固定地球局への干渉が問題となる。これを回避しつつ、UAS を用いた広域の災害用ネットワークを衛星回線により制御するとともに UAS の飛行状態や周辺環境に関する測定データ等を伝送できるようにする必要がある。

以上を踏まえ、次の課題について特に災害時に容易に配備・利用可能で比較的ペイロードの大きい中型以上の UAS (総重量が 10 kg 程度以上の固定翼型あるいは回転翼型の UAS) を想定した研究開発を行う。

- (a) UAS 搭載用の可変指向性アンテナ技術
- (b) 環境適応型通信技術

ウ 複数 UAS を用いた対地上の高速かつ安定した中継技術の開発

UAS を災害時等の中継路の一つとして活用する場合には、用いる UAS が大型になるほど搭載容量が増え、電力や搭載機器に余裕ができ、結果として通信範囲や通信速度を大きくとることができる。しかしながら、大型の UAS は高コストであり、また運用の難易度も上がるという課題がある。

これを解決するには、UAS による中継方法を工夫したり、複数の小型 UAS (おおむね手投げ発進が可能な総重量 10kg 以下のもの) を連携させたりすることで実質的に通信範囲や通信速度の拡大することが有効である。

具体的には、小型の UAS が一度に見通せない範囲であっても、寸断されたネットワークの先に UAS の移動で物理的にデータを保持して伝送する高度蓄積中継技術、あるいは複数の UAS 局を経由して遠くの範囲へ送り届ける複数ノードリレー構成技術により大きな遅延を許容して通信する技術、複数の小型 UAS と複数の地上ノードを仮想的な MIMO（多入力・多出力）チャネルとして、これらの間の多数の経路にデータを分散して伝送することにより速度を十分に保ったまま安定に伝送したりする技術を開発する必要がある。

以上を踏まえ、次の課題について既存の衛星通信システムとの比較を行いつつ、研究開発を行う。

- (a) 耐遅延中継技術
- (b) 地上・UAS 連携マルチリンク MIMO 符号化中継技術

エ UAS の利用環境に応じた高度周波数制御技術の開発

周波数がひっ迫している中、UAS が地上の無線システムと周波数を共用して災害時等での利用を拡大するためには、今後使用が想定される周波数帯（5GHz 帯）での周波数共用評価に加えて、積極的に地上の無線システムが使用するスペクトルセンシングによる周波数使用状況の把握とその発射源の位置推定を行うとともに、UAS 側でその利用環境に応じて周波数や送信電力等を高度に制御する周波数制御技術が必要である。

以上を踏まえ、次の課題について特に災害時に容易に配備・利用可能な小型 UAS を想定した研究開発を行う。

- (a) UAS 搭載スペクトラムセンシング技術
- (b) 地上発信源の位置推定技術
- (c) UAS 無線システムの高度周波数制御技術

到達目標

ア 5GHz 帯における UAS と他の地上用無線業務との周波数共用技術の開発

- (a) 周波数共用評価のための電波伝搬モデルの確立

5GHz 帯の送受信装置を様々な場所で飛行が可能な有人航空機等に搭載し、災害の種類（地震、津波、豪雨等）、気象条件、地形条件等を UAS が飛行する環境（山間部、都市部、海上等、5 種類以上）と組み合わせて、電波伝搬データの取得数を増やして解析を行い、各環境や条件ごとの電波伝搬モデルの高精度化を図る。

- (b) 他の地上用無線業務との周波数共用技術

UAS に搭載する無線通信システムや制御用地上局の設計に活用するため、様々な環境や飛行パターンにおける他の地上システム（無線アクセスシステム及び航空無線航行システム）を保護し、不要輻射制限基準を満たすことをめざした実環境（飛行）における干渉評価並びに周波数共用評価を行う。

イ Ku 帯及び Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用技術の開発

(a) UAS 搭載用の可変指向性アンテナ技術

電子制御と機械制御のそれぞれの特徴を考慮し、他の衛星回線への干渉基準を満たす、UAS 搭載を想定した可変指向性アンテナの試作開発とその実環境（飛行）での評価を行う。

(b) 環境適応型衛星通信技術

キャリアセンシングによるチャネル制御や送信出力制御による干渉回避のための中型以上の UAS 搭載を想定して送信電力やチャネルの制御を行う環境適応型衛星通信技術の試作開発とその実環境（飛行）での評価を行う。UAS からの上り回線と衛星からの下り回線の両方の信号を対象とする。

ウ 複数 UAS を用いた対地上の高速かつ安定した中継技術の開発

(a) 耐遅延中継技術

UAS に小型のネットワークサーバを搭載し、通信用地上局から送信されたメッセージを機上メモリに蓄積し、目的地の上空まで飛行して携帯端末や車載無線装置などの通信用地上局向けにデータを送信する、大きな通信遅延を許容したメッセージ伝送技術を開発し、実環境（飛行）等での評価を行う。

最大 15 分程度までの遅延を許容し、上り回線と下り回線のそれぞれにおいて、5Mbps 以上のスループットを実現することを想定した地上・上空の高度蓄積中継技術、複数の UAS の連携により中継経路の切り替えや一時途絶などにも対応可能な複数ノードリレー構成技術を開発し、実環境（飛行）等での評価を行う。伝送遅延の代償は伴うが、UAS の物理的な高速移動特性や複数の UAS によるネットワークを利用して、送信電力を増大させることなく、災害等で寸断されたネットワークの先の遠方の携帯端末や車載端末に情報を配信可能とすることを目指す。

(b) 地上・UAS 連携マルチリンク MIMO 符号化中継技術

地上と上空のノードを連携させ、複数の UAS とそれらからカバーできる地上の複数のメッシュノードとの間でマルチリンク MIMO(多入力・多出力)チャネルを構成し、空間的な冗長性を活用して障害への耐性を強化する。

具体的には、地上と上空の複数ノードで構成される巨大 MIMO リンクにより、伝送効率を向上し周波数資源利用効率を改善する巨大 MIMO 時空間符号化中継技術を開発し、実環境（飛行）等での評価を行う。また、ネットワーク符号化技術（ネットワークの多数の経路にデータを分散して伝送し、冗長性を活用してネットワークを安定化するとともに伝送効率を向上する技術）を導入し、複数ノード間の連携・協調により無線の信頼性を向上し、UAS のより安全な運航に資するためのマルチリンクネットワーク符号化中継技術を開発し、実環境（飛行）等での評価を行う。送る情報の要求条件

と性質に合わせたリンク間の合成・配分の最適化、並びにネットワーク符号化によるオーバーヘッドの増加や各ノードの消費電力増加等のマイナス効果を定量的に評価し、これを最小限に抑えることをめざす。また、UAS が長距離移動する場合の制御用地上局のハンドオーバ技術や地上ネットワークの安定性と保守性を強化するためのネットワーク符号化を応用したネットワークの障害特定のためのアルゴリズムの高度化を行う。

エ UAS の利用環境に応じた高度周波数制御技術の開発

(a) UAS 搭載スペクトラムセンシング技術

5GHz 帯での同一帯域での UAS と地上の周波数共用を促進するため、UAS に搭載し、飛行しながら地上の他の無線システムで使用されている信号のチャンネル情報の測定を上空から可能にするスペクトラムセンシング技術を開発し、実環境（飛行）等での評価を行う。

(b) 地上発信源の位置推定技術

UAS から地上の他の無線システム及び地上の他の無線システムから UAS への各同一帯域内干渉を確実に回避することをめざし、5GHz 帯を使う地上の他の無線システムの信号発信源の位置を、飛行する 1 機あるいは複数機の UAS からその飛行軌跡を活用して推定する技術を開発し、実環境（飛行）等での評価を行う。

(c) UAS 無線システムの高度周波数制御技術

UAS 搭載のスペクトラムセンシング技術並びに地上発信源の位置推定技術により特定された地上の他の無線システムとの間の同一帯域内干渉を確実に回避するため、それらの情報を利用して UAS 側で送信する周波数や送信電力等を高度に制御する技術を開発し、実環境（飛行）等での評価を行う。

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、以下の例を想定している。

<平成 26 年度>

ア 5GHz 帯における UAS と他の地上用無線業務との周波数共用技術の開発

有人航空機等を使った伝搬測定（環境条件を変えて継続）およびその評価と伝搬モデルの改良（適用範囲の拡大や精度の改善等）を実施する。また、構築した共用評価システムを有人航空機上等に実装し、試験用に設置した他の地上システム（無線アクセスシステム）との間の実環境（飛行）での周波数共用評価実験の実施と解析を行う。

イ Ku 帯及び Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用技術の開発

可変指向性アンテナと環境適応通信装置の詳細設計と開発、並びに地上での

予備実験の実施と解析を行う。

ウ 複数 UAS を用いた対地上の高速かつ安定した中継技術の開発

高度蓄積中継装置、複数ノードリレー構成装置、巨大 MIMO 時空間符号化中継装置およびネットワーク符号化中継装置（無人航空機搭載局および地上ネットワークノードを含む）の詳細設計と開発、並びに地上での予備実験の実施と解析を行う。

エ UAS の利用環境に応じた高度周波数制御技術の開発

スペクトラムセンシング装置の試作および位置推定アルゴリズムのシミュレーションでの評価を行うとともに、小型 UAS 等による実環境（飛行）等での予備実験と解析を行う。

<平成 27 年度>

ア 5GHz 帯における UAS と他の地上用無線業務との周波数共用技術の開発

電波伝搬モデルと実測定データに基づく干渉回避基準の試案を検討し、有人航空機を使用した実環境（飛行）等での検証実験を行う。

イ Ku 帯及び Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用技術の開発

可変指向性アンテナと環境適応通信装置の改修・追加開発と、それを有人航空機を使用した実環境（飛行）等での評価実験の実施と解析を行う。

ウ 複数 UAS を用いた対地上の高速かつ安定した中継技術の開発

高度蓄積中継装置、複数ノードリレー構成装置、巨大 MIMO 時空間符号化中継装置およびネットワーク符号化中継装置（無人航空機搭載局および地上ネットワークノードを含む）の改修・追加開発、並びに小型 UAS による実環境（飛行）等での評価実験の実施と解析を行う。

エ UAS の利用環境に応じた高度周波数制御技術の開発

UAS 上で測定されたスペクトラム情報や地上発信源の位置情報に基づいて使用チャネルや送信電力の高度制御を行う制御装置を試作し、小型 UAS による実環境（飛行）等での評価実験の実施と解析を行う。

5. 実施期間

平成 26 年度から平成 27 年度までの 2 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機関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、国際機関（ITU-R、ICAO、AWG 等）において関連動向を調査し、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化機関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。

② 実用化への取組

平成32年度までの実用化・製品展開等を実現するために、「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」や利用協議会の設立など、必要な取組を実施することとし、その活動計画や実施方策等について、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、学識経験者、有識者、想定される利用者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催することにより、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受けること。

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、研究計画書の中に具体的かつ詳細に記載すること。

＜基本計画書＞

ワイヤレス電力伝送による漏えい電波の環境解析技術の研究開発

1. 目的

近年、電波の利用方法としては、通信だけではなく、電力伝送技術が注目されている。2015年以降の実用化が予定されているワイヤレス電力伝送(以下「WPT」という。)システムとして、電気自動車用の大電力(数kW)を伝送するものや、家電機器用の中電力(数百W)を伝送するものなど、多種多様な方式開発が進められている。

WPTシステムは、一般家庭や集合住宅への普及が見込まれており、使用範囲として住宅内に限らず屋外の駐車場も含めた広い空間が想定されている。また、使用空間内で複数のWPTシステムが密接かつ同時に動作する可能性が想定されている。

そのような環境でWPTシステムを実現するには、WPTシステムから発生する漏えい電波が、近接する機器に与える影響を分析することが必須であるが、数十kHz～数GHzの周波数領域における漏えい電波の強度分布をシミュレーションにより評価する技術は確立されていない。

そこで、本研究開発では、WPTシステムをはじめとする各種電子機器等が密集して設置された環境における漏えい電波の発生源及び設置環境をモデル化して、漏えい電波の状況を分析できるシミュレーション技術を確立する。この技術は、今後実用化が進む様々な方式のWPTシステムの性能や品質の向上に役立つとともに、製品設計の効率化にも有効である。さらに、WPTシステムの法令規制値の策定検討において有効なデータを提供することができる。

このように、漏えい電波の状況を解析するためのシミュレーション技術の研究開発により、電波環境の保全を確保し、国際標準等国際的な調和を図りながら通信機器、電力伝送システム等の周波数の共同利用を促し、もって電波利用ビジネスの活性化に資することを目的とする。

2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策(平成25年1月11日閣議決定)

「Ⅱ. 1. (2) 研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、(中略)先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。

①研究開発プロジェクトの推進

- ・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備(総

務省)

- ・ 知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成 23年情報通信審議会諮問第17号平成24年7月25日答申）
Active Japan ICT戦略「アクティブコミュニケーション戦略～堅牢・高性能な重層的ブロードバンドネットワークの展開～」において、「ホワイトスペースの周波数高度利用技術」等、「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。
- ・ 新たな情報通信技術戦略工程表（平成 24年 7月 4日改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）
「3.（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」において、「引き続き、新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）の研究開発」を行う旨が記載されている。
- ・ デジタル新時代に向けた新たな戦略～三カ年緊急プラン～（平成 21年 4月 9日 IT戦略本部）
第2章Ⅱ. 2.（4）デジタル技術を活用した新産業創出において、「コードのいない快適生活環境等を早期実現」する旨が記載されている。
- ・ 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13日 電波政策懇談会）
「4-2-2 ユビキタスフロンティア【ワイヤレス電源供給】」において、「電源コードが不要となることにより、コンセントのない住宅や家電の自由な配置の実現以外にも、ユーザーのライフスタイルにも大きな変革をもたらすと考えられる。
さらに、電気自動車の給電インフラとして、無線給電スタンドや無線給電駐車場の整備も期待される。また、カプセル内視鏡型ロボット／センサーやインプラント機器に搭載される電池の代替としても、ワイヤレス電源供給の利用が期待される。」旨が記載されている。

3. 目標

一般住宅の屋内外において今後設置が進むことが見込まれているWPTシステムから発生する漏えい電波が、各種無線システムに影響を与える可能性が考えられ、様々なWPT方式及び設置環境を想定した場合の漏えい電波の状況とそれによる干渉影響を正確に把握するための技術を開発する。

出力電力数十W～数kWの様々な方式のWPTシステムからの漏えい電波を模擬する技術と共に、漏えい電波の発生源と屋内外の空間をモデル化し、計算機上のシミュレーションを用いて漏えい電波の状況を可視化して分析する技術の確立を目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究では、平成25年度に実施された「ワイヤレス電力伝送システム等における漏えい電波の影響評価技術に関する研究開発」において明らかにされたWPTシステムから発生する漏えい電波の測定評価結果を踏まえ、WPTシステムから発生する漏えい電波の状況を可視化するための電磁界シミュレーション技術を開発する。実際の住宅環境における漏えい電波の発生源や、被干渉システムの配置や組み合わせ等、個々の住宅毎に異なるため、まず住宅環境に、WPTエミュレーターを設置して、実環境における漏えい電波の影響を把握する。ここで、WPTエミュレーターの基本波及び高調波の各周波数における漏えいレベルは、法令規制値を基準とした定量的な相対値で設定できるものとする。

また、実際の住宅環境をモデル化して、WPTエミュレーターから発生する漏えい電波の電磁界強度分布の結果を計算機上のシミュレーションを用いて可視化する技術を開発する。実際の屋内外の設置環境における漏えい電波の評価結果と、シミュレーション技術を用いた分析結果を比較することで、本技術の妥当性について検証を行う。加えて、住宅毎に異なる環境への適用など、一般的な設置環境及び動作条件において分析を可能とするため、シミュレーションモデルの計算精度向上と、並列計算機を活用した大規模化に関する技術を開発する。これによって、シミュレーション上で、WPTシステムをモデル化した上で、屋内外の空間において漏えい電波の状況を可視化して分析する技術を確立する。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

ア 漏えい電波の可視化技術の開発

WPTシステムは、住宅全体と駐車場を含む環境において複数設置される可能性があり、それぞれのシステムが個別の動作条件で運用される。WPTシステムに近接して使用される被干渉システムとして、電波時計、ラジオ放送、携帯電話及び無線LAN等の無線機器が想定され、これらの無線機器の使用周波数帯域は30kHz～6GHzの広範囲となる。また、MHz帯を用いる磁界共鳴方式WPTシステムにおいては高い周波数帯域までの高調波が想定され、国際無線障害特別委員会(CISPR)等における漏えい電波の測定規格の上限周波数は6GHzである。すなわち、WPTシステムから発生する漏えい電波の評価では、駐車場を含めた住宅全体の大きな空間ならびに広範囲の周波数帯域が解析対象となることを

考慮する必要がある。しかしながら、従来のシミュレーションにおいて、大きな空間ならびに広範囲の周波数帯域を解析対象とする場合、電磁界数値解析において空間を分割するメッシュ数が数十億を超えることから、一般的なサーバ型計算機の能力では計算が不可能となる。したがって、本研究では、周波数毎に最適な解析手法を適用するとともに、大規模計算を伴うシミュレーションに並列計算手法を用いることによって、WPT システムにおける漏えい電波の可視化を実現する。

イ 漏えい電波の環境評価技術の開発

実際の WPT システムは、用途に応じて、屋内外の様々な環境に設置され、動作周波数や出力電力などの動作状態もそれぞれ個別の条件で運用される。WPT システムから様々な漏えい電波が発生しているが、それぞれの設置状態や動作条件などの様々な因子によって、他の機器に与える干渉影響が大きく異なることが想定される。したがって、各機器の様々な動作状態や設置状態を正確に制御、把握した条件において漏えい電波が他の機器に及ぼす影響を評価する必要がある。

そのため、本研究では、様々な WPT システムから発生する漏えい電波の発生源として、WPT エミュレーターを設置した実験環境を構築し、動作周波数や出力電力などの動作状態における漏えい電波を模擬すると共に、他の機器に及ぼす干渉影響を定量的に把握する。また、WPT エミュレーターを設置した実験環境において、漏えい電波の電磁界強度の分布を測定することで、「ア 漏えい電波の可視化技術の開発」におけるシミュレーションモデルの精度向上のための基礎データとして活用する。

ウ 漏えい電波の環境構築技術の開発

電気自動車や家電機器などの各種用途で用いられる様々な WPT システムの漏えい電波を評価するために、それぞれの WPT システムの実験装置を開発し評価することは、一般性に乏しく、かつ設計・製造の費用や期間が膨大となる。

そこで、漏えい電波の環境構築技術の開発では、漏えい電波の強度や電源系統への影響など様々なパラメータを変化しながら電波暗室内で再現性が高い定量的評価を可能とする実験環境を実現する。WPT システムから発生する漏えい電波の発生源から漏えい電波が空間に放射されることを模擬した WPT エミュレーターを構築する。WPT エミュレーターでは、漏えい電波の発生源を高精度に模擬するため、WPT システムの広帯域に広がる信号源や、バースト状の信号源などを模擬できるようにする。WPT システムの動作によって電力線などの配線への影響を模擬する電力線エミュレーターを構築する。これらにより、動作周波数、出力電力といった条件を変えながら干渉影響を再現することで、被干渉システムにおける影響の度合いを定量的に評価し、その結果を踏まえ改善や妥当性の確認を行うことができる環境を構築する。

到達目標

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 漏えい電波の可視化技術の開発

WPT システムによる漏えい電波の可視化については、全周波数帯域（30kHz～6GHz）を低周波帯域、中～高周波帯域、高周波数帯域に分けて、それぞれの周波数帯域毎に最適な異なる電磁界解析手法を適用し、並列計算機を用いた大規模計算に対応するシミュレーションシステムを構築する。

電磁界シミュレーションの解析空間は、WPT システムの設置利用が想定される戸建て住宅内とし、漏えい電波による基本波、高調波成分による電磁界分布を導出する。本シミュレーションの導出結果と、実際の設置環境における測定結果との比較を行うことにより、本技術の妥当性を検証する。

WPT システムが発生する漏えい電波の波源は、伝送方式（電磁誘導方式、磁界共鳴方式）、出力電力（数十W～数百W）、屋内空間における位置をそれぞれ設定する。

広い周波数帯域及び戸建て住宅全体の広い解析空間において、大規模計算によるシミュレーションを12時間程度の計算時間で完了することができる並列計算システムを活用し、そのシステム上に分散処理プログラムを実装したシミュレーションシステムを実現する。

また、「イ 漏えい電波の環境評価技術の開発」による評価結果とシミュレーション結果の差分を電磁界強度の1m区間の平均値で5dB程度以内に低減する検討を行うとともに、その差分に対する考察を行う。

イ 漏えい電波の環境評価技術の開発

漏えい電波の環境評価の実験環境は、戸建て住宅とする。実験環境に設置するWPT エミュレーターは、屋内に設置される複数の伝送方式に対応したWPT システムを想定し、数十W～数百Wの出力電力に対応する。なお、WPT エミュレーターが発生する漏えい電波の強度を任意に設定変更できるようにする。

漏えい電磁界強度の測定においては、WPT エミュレーターから発生する漏えい電波の基本波、高調波の各周波数成分と、被干渉システムの使用周波数帯の対応づけを可能とするため100kHz～6GHzの電界成分と、30kHz～30MHzの磁界成分を測定する。

また、実験環境において測定した電磁界強度分布のデータは、「ア 漏えい電波の可視化技術の開発」におけるシミュレーションの分析結果と比較する際の基準データとして利用する。

WPT システムの漏えい電波による干渉影響の評価対象とする被干渉機器は、中波ラジオ受信機、各種無線システム（携帯電話：800MHz, 1.5GHz, 2GHz, 3.5GHz 帯, 無線 LAN：2.4GHz, 5.2GHz 帯）等とする。WPT システムの動作周波数や出力電力などの動作条件を変えながら、漏えい電波による上記被干渉機器への干渉影響を分析する。さらに各種 WPT システムの動作周波数や出力電力などの動作条件と対応付ける形で、被干渉機器の通信品質（アンテナ端子における受信電磁界強度、ビットエラーレート等）を定量的に評価する。

ウ 漏えい電波の環境構築技術の開発

本研究において開発する WPT エミュレーターでは、屋内に設置される家電機器で用いられる様々な方式の WPT システム（電磁誘導方式及び磁界共鳴方式）について、最新標準化動向を考慮した上で、漏えい電波の基本波及び高調波の電磁界強度を模擬的に発生させる。

電力線エミュレーターでは、家庭内の電力線等の各種配線を模擬した電源系統を構築し、その電源系統において、実環境分析技術で把握した太陽光発電系統連系パワーコンバータ（GCPC）の動作や電源系統への影響を再現する。

WPT エミュレーター及び電力線エミュレーターで再現する漏えい電波の発生源は、広帯域信号源やバースト状ノイズの再現に対応する。さらに、再現する発生源は、電磁界放射及び伝導妨害に関するイミュニティ関連規格や法令規制値と対応させて制御できるようにする。

<平成 27 年度>

ア 漏えい電波の可視化技術の開発

平成 26 年度に構築した漏えい電波の可視化技術を基本として、実際の電気自動車や家電機器等に搭載された WPT システムにおいて、搭載される機器等が設置される状態や場所の違いによる漏えい電磁界の変動等、実使用条件を考慮したシミュレーションモデルを構築することとし、商業施設や店舗駐車場などの大規模な空間をその対象として拡張するとともに、複数の異なる WPT システムが同時に設置される場合を考慮し、合計で 3 以上の波源をモデル化する。漏えい電波の波源は、屋外に設置される電気自動車用 WPT システムを想定して最大数 kW の出力電力に対応する。

また、シミュレーションの結果得られた電磁界強度分布を様々な設定条件において 3 次元で可視化するシステムを開発する。大規模空間かつ全周波数帯域（30k~6GHz）を含む電磁界強度分布データから特徴量を抽出し、さらにリアルタイムで 3 次元可視化を実現するために、並列計算システム等を活用した高速レンダリング技術を開発する。

また、「イ 漏えい電波の環境評価技術の開発」による評価結果とシミュレーション結果の差分を電磁界強度の 1 m 区間の平均値で 5 dB 程度以内に低減する検討を行うとともに、その差分に対する考察を行う。

イ 漏えい電波の環境評価技術の開発

平成26年度に構築した漏えい電波の環境評価技術を基本として、漏えい電波の環境評価の実験環境として屋外の駐車場を加えた上で、屋外に設置される電気自動車用 WPT システムを想定した最大数 kW の出力電力に対応する。

さらに、実際の家電機器等に搭載された WPT システムにおいて、搭載される家電機器等が設置される状態や場所の違いによる漏えい電磁界の変動等、実使用条件を考慮した評価を行う。

ウ 漏えい電波の環境構築技術の開発

平成26年度に構築した漏えい電波の環境構築技術を基本として、屋外に設置される電気自動車用 WPT システムを想定した最大数 kW の出力電力に対応することにより、数十 W～数 kW の広範囲にわたる出力電力に応じて漏えい電磁界を制御できる WPT エミュレーターを構築する。

また、実際の家電機器等に搭載された WPT システムにおいて、搭載される家電機器等が設置される状態や場所の違いによる漏えい電磁界の変動等、実使用条件を考慮した漏えい電磁界を模擬する技術を構築する。

5. 実施期間

平成26年度から平成27年度までの2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32年度までの実用化・製品展開等を実現するための活動計画・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) 提案及び研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、情報通信審議会電波利用環境委員会ワイヤレス電力伝送作業班の検討状況を考慮するとともに、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。