

## ＜基本計画書＞

### 近接化・稠密化するモバイル通信機器間における 不要電波の解析・抑制技術の研究開発

#### 1. 目的

近年ロボットやドローン等の普及が進んでおり、今後はより狭い空間でそれらが稠密に利用されるシーンが想定される。すでに、各機器に搭載される無線設備の間で電磁干渉が発生することにより機器の受信感度が劣化し、基地局と機器との通信が不安定化する事例が報告されている。これを回避するため、現状では機器間の離隔距離の過剰な確保、自律移動体の順序動作間の待機時間冗長化により対応している。一方、今後の自律移動体の普及において、モバイル通信機器の利用環境が空中・非地上・地上に拡大し、広域・広帯域かつ安定なワイヤレス通信の需要が増々顕在化すると見込まれる。

前述したとおり、特に工場や農場等のプライベートエリアにおいては、数多くの自律移動体を運用するためにローカル 5G 技術の普及が進められている中で、稠密な自律移動体における不要電波の干渉は、5G における低遅延・高速・大容量の通信性能を阻害する要因の一つであり、とりわけ動画像等の情報データの伝送は自律移動体の安全・安定な運用に影響する。

また、近年の国際学会においては、今後の課題として近接するモバイル機器間のノイズ抑制技術の開発の必要性について指摘がなされており、国内外において、稠密なモバイル通信機器間のノイズ抑制技術が着目されている。

加えて、近接範囲においては筐体レベルのノイズ抑制技術が有効であるものの、現状では、自律移動体の部品、回路、及び筐体レベルのノイズ対策が実施されているのみであり、材料の最適化や、不定形の三次元的筐体に対する実装及び評価技術が未開発である。

そのため、近接範囲における無線通信電波の干渉解析技術、不要電波評価技術及び近接領域を対象とした不要電波の抑制技術を新たに構築する必要性が高まっている。

本研究開発では、複数のモバイル通信機器を運用する際に機器間で発生する不要電波や電波環境を解析する技術および近接領域を対象とした不要電波の抑制技術を確立することで、受信感度の向上及びノイズ抑制効果を実現することにより、電波環境の改善やより効率的な周波数共用を実現することを目的とする。

#### 2. 政策的位置付け

周波数再編アクションプラン（令和5年度版）（案）

別紙 新しい電波利用の実現に向けた研究開発等

##### 2 研究開発課題等

##### （7）電波利用環境

- ① 今後、様々な分野においてロボット等の利用拡大が期待される中、自律移動体を制御する無線通信の安定化に向け、電波環境を解析・評価する技術を確立するとともに、自律移動体に実装可能な不要電波を抑制するノイズ抑制体を開発し、電波環境の改善や周波数の効率的な利用を図る。

### 3. 目標

複数のモバイル通信機器を運用する際に機器間で発生する不要電波や電波環境を解析する技術を確立することで、基地局からの受信電力が低い状況においても受信感度の向上を実現するとともに、自律移動体の筐体を対象とした耐環境性能に優れたノイズ抑制体とその設計技術を確立することで、従来と同じ厚みで、三次元的な筐体上で反射成分と直接波成分の全体に対して 10dB 以上のノイズ抑制効果を実現することにより、電波環境の改善や効率的な周波数共用を実現する。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

稠密に配置された自律移動体の安全・安定な運用に影響する情報データを適切に伝送するためには、自律移動体に搭載されたモバイル通信機器間での不要電波の干渉等の解決が不可欠となることから、以下の2技術課題に取り組む。

#### ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

- (a) ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境評価技術
- (b) 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定とモデル化技術

#### イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

- (a) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の開発
- (b) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の測定技術
- (c) 統合試験による性能検証

#### (2) 技術課題及び到達目標

##### 技術課題

#### ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

ローカル 5G フィールドにおいて、不要電波の計測・解析技術、無線通信電波干渉の評価・解析技術、及び自律移動体において移動通信を利用する機能に及ぼす影響の予測技術を確立するとともに、複数の自律移動体がモバイル通信を利用する際の電波干渉対策の指針を構築する。また、技術課題イによるノイズ対策についてモバイル通信の受信感度を指標として評価する。

- (a) ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境評価

## 技術

ローカル 5G フィールドにおけるロボットやドローン等の自律移動体群による動的な電波環境評価技術を開発する。ローカル 5G の運用エリアにおいて、自律移動体が利用する複数の通信方式に対応するため、ローカル 5G 通信及びキャリア移動通信、無線 LAN 等に割当てられる周波数帯域を包含する 700 MHz～6 GHz の周波数領域を対象とする。複数の自律移動体が稼働する状況において、機体の内部及び周囲近傍で観測される不要電波を計測し、無線通信電波干渉を解析する手法及び機体の移動通信を利用する機能への影響を予測する手法を開発する。また、技術課題ア(a)(b)の連携により、複数の自律移動体がモバイル通信を利用する際の電波干渉対策の指針を構築する。

### (b) 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定とモデル化技術

ローカル 5G 端末の測定に利用される電波反射箱を不要電波の測定に応用して、不要電波の周波数及び帯域幅に対する電波反射箱の電気的特性の評価を実施し、それら評価に基づいた測定系の最適化による高確度測定のための不要電波計測技術を開発する。さらに、開発した計測技術による自律移動体の不要波測定により、稠密度の変化に対する不要電波の統計的特性の変化を評価できるモデルを確立する。

## イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

稠密に運用されるモバイル通信機器からの不要電波の発生と受信機への混入を抑制するため、三次元的に実装可能な耐環境性能に優れたノイズ抑制体とその測定技術を開発する。これにより、従来と同じ厚みで、三次元的な筐体上で 10dB 以上のノイズ抑制効果を実現する。また、技術課題アによるモバイル通信の受信感度を指標として、ノイズ対策の効果について評価する。

### (a) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の開発

可撓性に優れ多様な筐体への実装性を確保するため従来と同じ厚みで、三次元的な筐体上で 10dB 以上のノイズ抑制効果を実現可能な極薄のノイズ抑制シート、及び 10dB 以上のノイズ抑制効果を実現可能な筐体への塗布型ノイズ抑制体を開発する。塗布型ノイズ抑制体では、塗布厚のばらつきを低減し対象周波数において所期のノイズ抑制性能を確保するための実装技術、及びばらつきを最大限許容できる設計法を開発する。

### (b) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の測定技術

多様な曲率半径を持つ三次元的筐体表面でノイズ抑制体の複素比透磁率と複素比誘電率を計測可能とする技術を開発する。これに基づいて、実装前後における複素比透磁率及び複素比誘電率の相違を明らかにする。これ

らの研究開発の成果に基づき、規格文書発行のための活動を行う。無線通信性能を勘案したノイズ抑制体の測定技術を開発し、技術課題イ(a)で開発するノイズ抑制体の性能を検証する。

(c) 統合試験による性能検証

複数の Wi-Fi 機器等が近接配置された静的な簡易検証環境を構築し、機器筐体へ技術課題イ(a)により開発するノイズ抑制体を実装することにより、性能検証を簡易かつ短サイクルで予備的に実施し、技術課題イ(a)によるノイズ抑制体の性能改善に資するとともに、最終年度には、技術課題アとの連携により、自律移動体に搭載されたモバイル通信機器間での不要電波の干渉等の抑制が可能であることを実証する。

**到達目標**

ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

ローカル 5G を主なターゲットとして、不要電波の解析技術及び電波の干渉解析技術を確立し、多数のモバイル通信機器を運用する際の電波干渉対策の指針を構築する。

(a) ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境評価技術

- ・ ローカル 5G の運用エリアにおいて、ローカル 5G 通信及びキャリア移動通信の利用する周波数帯域を含む 700 MHz～6 GHz の周波数範囲の電磁ノイズを、複数の自律移動体が稼働する状態で、機体の内部及び周囲 1 メートル程度以内の近傍で数分程度の時間長にわたり計測・記録する。
- ・ 電磁ノイズの時間変化と空間分布及び無線通信電波の干渉を通信システムシミュレーションにより解析・可視化する。
- ・ 機体の移動通信を利用する機能への影響を予測する。また、機体への不要電波の対策効果を評価するための試験環境を構築する。
- ・ 技術課題ア(a)(b)の連携により、複数の自律移動体がモバイル通信を利用する際の電波干渉対策の指針を構築する。
- ・ 技術課題ア・イの連携により、28 GHz 以上の高い周波数の電磁ノイズデータを評価・収集する。

上記の技術を確立し、ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境の評価を実現する。

(b) 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定とモデル化技術

- ・ 技術課題ア(a)と連携し、実際の環境データとの比較によって、複数の自律移動体における不要電波評価法の有効性を明らかにし、700 MHz～6 GHz における不要電波測定技術を確立する。

- ・ 不要電波の統計情報に基づき、無線保護のための不要電波許容値を定めるための確率モデルを開発し、国際標準となるような関連会合において提案する。

上記の技術を確立し、近接化・稠密化するモバイル通信機器間における不要電波の精密測定技術を実現する。また、例えば、技術課題ア(a)の実フィールド評価と連携して得られた電波環境データ等の研究成果を公開する等、広く成果展開することを目指す。

## イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

稠密に運用されるモバイル通信機器からの不要電波を抑制するため、三次元的に実装可能な耐環境性能に優れたノイズ抑制体とその測定技術を開発する。

### (a) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の開発

- ・ 可撓性に優れ多様な筐体への実装性を確保するため従来と同じ厚みで、三次元的な筐体上で反射成分と直接波成分の全体に対して 10dB 以上のノイズ抑制効果を実現可能な極薄のノイズ抑制シートを開発する。
- ・ 前項と同一条件において 10dB 以上のノイズ抑制効果を実現可能な筐体への塗布型ノイズ抑制体を開発する。
- ・ 塗布型ノイズ抑制体の塗布厚のばらつきを $\pm 30\%$ 以内とする実装技術、及びばらつきを最大限許容できる実装設計法を開発する。

### (b) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の測定技術

#### ・ 材料計測技術

多様な曲率半径を持つ三次元的筐体表面での測定を可能とする技術を開発する。その研究開発の成果に基づき、規格文書の発行に寄与する。・ 近接空間におけるノイズ抑制性能の測定技術

新しいノイズ抑制体による機器間ノイズ抑制性能を検証するため、無線通信性能を勘案した測定技術を開発する。

所期のノイズ抑制性能を得るために必要な複素比誘電率、複素比透磁率の実部、虚部のそれぞれの大きさを、周波数に対応した設計指針として誤差範囲を含めて明らかにする。

### (c) 統合試験による性能検証

技術課題イ(a)により開発された各種ノイズ抑制体の中から、近接範囲における機器間ノイズを 10 dB 以上抑制可能なノイズ抑制体を選定するための静的な簡易検証環境を構築する。

技術課題アとの連携により、ローカル 5G システムを対象として、自律移動体に搭載されたモバイル通信機器間での不要電波の干渉等の抑制が可能であることを検証する。

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。

<令和6年度>

ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

(a) ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境評価技術

- ・ローカル 5G フィールドにおける機体の内部及び機体の周囲 1メートル以内程度の近傍の電磁ノイズを長時間計測する技術の検討及び試行
- ・電磁ノイズ計測データの解析・可視化技術及び無線通信電波干渉シミュレーションの検討及び試行

(b) 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定とモデル化技術

- ・電波反射箱の基本特性評価及び不要電波測定環境の構築
- ・近接 EMC の国際標準化に関する基礎検討

イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

(a) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の開発

シート及び塗布体の候補材料抽出・実装技術基礎検討

- ・極薄ノイズ抑制シート及び塗布型ノイズ抑制体の候補材料の抽出
- ・塗布型ノイズ抑制体の実装技術の基礎検討及び試行

(b) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の測定技術材料測定法・機器間ノイズ評価環境の基礎検討と IEC 規格化活動

- ・平面状ノイズ抑制シート及び塗布型ノイズ抑制体の複素比透磁率及び複素比誘電率の測定に関する基礎検討及び試行
- ・ノイズ抑制シートの複素比透磁率及び複素比誘電率の測定法の規格文書化に関する検討
- ・機器間ノイズ評価環境の設計と基本性能確認

(c) 統合試験による性能検証

一次性能簡易検証

- ・複数の Wi-Fi 機器等を近接配置した機器間の通信性能及びノイズ低減効果等を評価するための静的な簡易検証環境の一次設計と基本性能確認

<令和7年度>

ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

(a) ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境評価技術

- ・ローカル 5G フィールドにおける 700 MHz～6 GHz の周波数範囲で機体の内部及び機体の周囲 1m 程度の近傍における電磁ノイズを長時間計測する技術の構築及び 2 機以上の自律移動体における電磁ノイズのデータ収集
- ・電磁ノイズ計測データの解析・可視化技術及びローカル 5G 無線通信における電波干渉シミュレーションの実装及びデータ収集

(b) 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定とモデル化技術

- ・自律移動体を対象とした電波反射箱を用いた不要電波測定最適条件の究明
- ・自律移動体の不要電波モデルの基本検討

イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

(a) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の開発

シート及び塗布体の一次試作・実装指針の抽出

- ・三次元筐体を模擬した円筒及び球面上において以下を実施（一次試作）  
厚さ 50  $\mu\text{m}$  以下の薄手ノイズ抑制シートにおける微粒子の種類及びシート厚とノイズ抑制性能との関係を明確化
- ・塗布型ノイズ抑制体の塗布厚のばらつきを低減する実装指針の抽出

(b) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の測定技術

材料測定法・機器間ノイズ評価環境の開発（一次試作）と IEC 規格化活動

- ・模擬的三次元筐体上に実装したノイズ抑制体の複素比透磁率及び複素比誘電率を誤差 60 %以内で計測可能な設計指針を明確化
- ・無線機またはそのモジュールに実装されたノイズ抑制シート及び塗布型ノイズ抑制体の複素比透磁率及び複素比誘電率を計測可能であることを実証
- ・平面型ノイズ抑制シートの複素比透磁率及び複素比誘電率の測定法の規格文書化活動

(c) 統合試験による性能検証

二次性能簡易検証

- ・複数の Wi-Fi 機器等を近接配置した機器間の通信性能及びノイズ低減効果の静的な簡易検証環境の二次構築と既存ノイズ抑制体による性能検証。

<令和 8 年度>

ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

(a) ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境評価技術

- ・ローカル 5G フィールドにおける 700 MHz～6 GHz の周波数範囲で機体内部・機体近傍の電磁ノイズを計測する技術による電磁ノイズのデータ収集
- ・ローカル 5G フィールドにおける電磁ノイズが機体の移動通信を利用する機

能に及ぼす影響の予測手法の検討と実機による評価データ収集

- ・技術課題イとの連携により、機体内部で 1 GHz 以上の高い周波数で動作する電子機器による 26 GHz～30 GHz の電磁ノイズを計測する技術の構築および電磁ノイズのデータ収集

(b) 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定とモデル化技術

- ・複数の自律移動体における電波反射箱を用いた不要電波評価法の確立
- ・自律移動体の不要電波強度の確率分布モデルの構築

イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

(a) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の開発

シート及び塗布体の二次試作・実装精度基礎検証

- ・三次元筐体を模擬した円筒及び球面上において以下を実施（二次試作）
  - 厚さ 50  $\mu\text{m}$  以下のノイズ抑制シートによる電磁ノイズの 5dB 以上の低減
  - 塗布型ノイズ抑制体による 5dB 以上の電磁ノイズの低減
- ・塗布型ノイズ抑制体について、単層の場合は塗布厚のばらつきを $\pm 30\%$ 以内に制御可能であることを実証。複数層の場合は塗布厚のばらつきを $\pm 30\%$ 以内に制御するための要件の明確化

(b) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の測定技術

材料測定法・機器間ノイズ評価環境の開発（二次試作）と IEC 規格化活動

- ・不定形の三次元的筐体を実装したノイズ抑制体について、複素比透磁率及び複素比誘電率を誤差 60%以内で計測可能であることを実証。誤差を 30 %以内に低減するための設計指針の明確化
- ・技術課題イ(a)で開発するノイズ抑制体を組み込んだ三次元筐体からの電磁ノイズ低減効果を評価可能であることを検証

(c) 統合試験による性能検証

統合試験の準備

- ・複数の Wi-Fi 機器等を近接配置した機器間の通信性能及びノイズ低減効果の静的な簡易検証環境により、技術課題イ(a)で開発したノイズ抑制体による電磁ノイズ抑制効果の評価
- ・ノイズ抑制体に必要な設計要件を技術課題イ(a)へフィードバック。この際、可能であれば、病院の Wi-Fi システム等に適用可能な実用的な設計要件として纏める。

<令和 9 年度>

ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

(a) ローカル 5G フィールドにおける自律移動体群による動的な電波環境評価



## 技術

- ・ ローカル 5G フィールドにおける複数の自律移動体における電波環境を評価する試験環境の構築と総合試験の実施
- ・ 技術課題ア (a) (b) の連携による複数の自律移動体がモバイル通信を利用する際の電波干渉対策指針の構築
- ・ 技術課題イの電磁ノイズ対策による移動通信受信性能の改善効果の評価及び機体の移動通信を利用する機能に及ぼす影響の改善効果の予測と実証

### (b) 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定とモデル化技術

- ・ 自律移動体の不要電波における電波反射箱を用いたローカル 5G への干渉影響の解明
- ・ ローカル 5G の保護を目的とした複数の自律移動体の不要電波許容値設定モデルの構築

## イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

### (a) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の開発

#### シート及び塗布体の目標性能検証

- ・ 三次元筐体を模擬した円筒及び球面上において以下を実施  
厚さ 50  $\mu\text{m}$  以下のノイズ抑制シートにより電磁ノイズを 10dB 以上低減可能であることを検証  
塗布型ノイズ抑制体により電磁ノイズを 10dB 以上低減可能であることを検証
- ・ 塗布型ノイズ抑制体複数層の場合に、塗布厚のばらつきを $\pm 30\%$ 以内に制御可能であることを検証

### (b) 機器間ノイズ抑制のための新しいノイズ抑制体の測定技術

#### 測定法の目標性能検証

- ・ 三次元筐体を実装したノイズ抑制体について、複素比透磁率及び複素比誘電率を誤差 30 %以内で計測可能であることを実証
- ・ ノイズ抑制体の適用により三次元筐体からの電磁ノイズを 10dB 以上低減可能であることを実証
- ・ ノイズ抑制体材料の透磁率、誘電率等の物性定数と三次元筐体からのノイズの関係を明確化。これにより、複素比誘電率、複素比透磁率の実部、虚部のそれぞれの大きさを、周波数に対応した設計指針として誤差範囲を含めて明らかにする。

### (c) 統合試験による性能検証

#### 統合試験の実施

- ・ 複数の Wi-Fi 機器等を近接配置した機器間の通信性能及びノイズ低減効果の

静的な簡易検証環境により、技術課題イ(a)で開発したノイズ抑制体により10dB以上のノイズ抑制効果が得られることを検証

- ・ 技術課題イ(a)で得られたノイズ抑制体によるノイズ低減及びモバイル機器間通信性能向上の知見を、技術課題アで開発する自律移動体の電波環境評価技術と統合し、複数の自律移動体間の電波干渉対策の設計指針を明確化
- ・ 技術課題アとイによる研究開発成果を総合的に公開し、通信事業者や関連企業等からのフィードバックを得て、最終段階の研究開発に反映させる。

## 5. 実施期間

令和6年度から9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」及び研究開発終了から5年後までの実用化・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ともに、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。