

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 次世代の5次元モバイルインフラ技術の研究開発研究
- ◆受託者 日本電気株式会社、国立大学法人電気通信大学、国立大学法人信州大学、NECスペーステクノロジー株式会社
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和6年度(4年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和4年度までの総額494百万円(令和3年度120百万円)

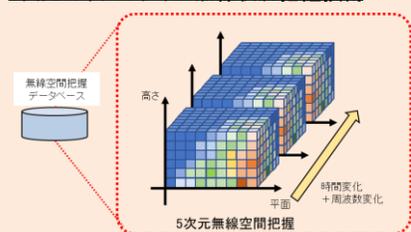
## 2. 研究開発の目標

・NTN(非地上系ネットワーク)と地上ネットワークの連携による超高速のモバイル通信技術を獲得するため、多次元の無線状況把握および干渉推定による無線周波数の更なる活用の研究、地上よりも厳しい環境が求められる人工衛星や成層圏に滞空する無人航空機(HAPS)に搭載可能な、超高速・カバレッジ拡大を両立させる通信機器技術の革新に挑む。

## 3. 研究開発の成果

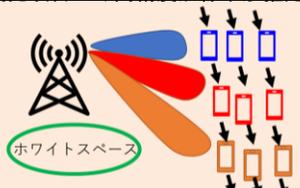
### 研究開発項目1:5次元(周波数、時間、3D空間(X,Y,Z))の無線状況把握及び干渉推定技術

研究開発項目1-a)  
5次元のリアルタイム無線状況把握技術



NTN・地上系ネットワークの混在環境において、3次元空間、時間、周波数の合計5次元の無線空間を観測する手法とその無線環境の状況を把握する手法の確立

研究開発項目1-b)高精度無線干渉推定技術



5次元領域の周波数共用にむけて、他システムへの干渉予測技術の確立と、周波数資源割り当て後に実際のシステム相互の無線通信の運用に支障がないことを管理するための干渉状態推定技術を確立する。

### 研究開発項目1-a)5次元のリアルタイム無線状況把握技術

本年度目標:地上において、6GHz以下の帯域で、平均平方二乗誤差7dBの精度で受信電力推定

●本研究開発では、5次元の無線状態把握のうちの無線空間を扱うデータベースを設計し実装した。加えてNTNを扱うための座標系を検討した。測定実験の結果を用いて、内挿・外挿手法の検証を地上で行いRMSE7dB以内の精度を確認し目標を達成した。

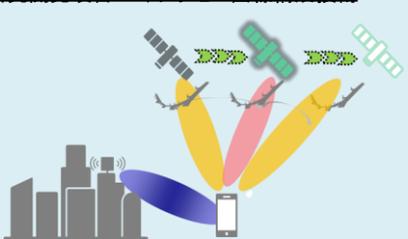
### 研究開発項目1-b)高精度無線干渉推定技術

本年度目標:干渉予測に基づく空き資源の確保を従来の3次元に比べて20%の改善できる効果を簡易化した無線環境シミュレーション上で実現

●本研究開発では、トラヒック群流予測によるトラヒックが少ない方位にビームを抑制する方法を確立し、限定された時間帯では従来法に比べて20%の空き資源の確保を実現。無線システムに機能する適応制御を監視する干渉状態推定法の基本法を確立した。

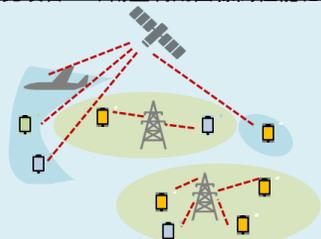
### 研究開発項目2:動的アクセス回線構成技術

研究開発項目2-a)アクセス回線構成技術



制約のあるNTNのダウンリンク通信速度を従来の20倍改善する。

研究開発項目2-b)衛星利用回線高性能化技術



地上系とNTNの周波数共用を可能とするための衛星通信系の技術の確立

### 研究開発項目2-a)アクセス回線構成技術

本年度目標:20倍のダウンリンク通信速度に対する地上系とNTNの実現方式の検証

●NTN基地局と端末を繋ぐアクセス回線技術として、NTN基地局と無線アクセス回線の実現要素を抽出し、要素毎の特性および課題を抽出した。さらに、NTNの軌道(高度)、帯域、送信電力、空中線利得の要素から実現案を絞り込み、3方式以上を選定した。

### 研究開発項目2-b)衛星利用回線高性能化技術

本年度目標:従来と比較し通信性能回り電力を大幅に改善する衛星搭載通信機の機能の検討とその構成要素の検討

●本研究開発では、衛星通信機の機能とその実現方法について検討し、トレードオフと共に構成要素への分解を行い、技術課題を明確化した。通信性能あたりの電力について初期的な見積もりを実施し目標とする現行比1/2以下を達成できる見通しを得た。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
9 (9)	0 (0)	0 (0)	7 (7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※ 成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

**(1) 研究開発運営委員会の第一回目を開催**

技術、知財・標準化、事業化、社会科学の有識者計6名から形成される研究開発運営委員会を設置した。研究の進捗や方向性を報告し、本研究成果により生じる社会変化(アウトカム)を見据え、技術的な視点だけではなくビジネス検討、規制・法整備等、社会実装に向けて広範囲の議論を実施した。

**(2) 日本電気株式会社において、6件の国内特許出願**

NTNと地上NWの連携の上で課題となる、システム間の電波干渉対策手法、ビームフォーミング手法、衛星電力の制御手法として、目標としていた5件以上である6件の特許出願を行った。なお、これらの特許について、国内出願の後、海外出願も予定している。(JP2022/009912, JP2022/013079, JP2022/013163, JP2022/013171, JP2022/013943, JP2022/014981)

**(3) 電気通信大学において、1件の国内特許出願および4件の研究発表**

5次元無線空間のうち、高さ方向の受信信号電力について、地上信号と3次元空間から予測する手法を考案し、特許出願を行った(特願2022-53823)。加えて、電子情報通信学会スマート無線研究会で2件、電子情報通信学会総合大会で1件の成果発表を行った上、JST CREST・さがけ複合領域 令和3年度成果報告会・成果展開VRシンポジウムにおいて「Beyond 5Gに向けた端末電波観測による多次元無線環境把握」の題目で招待講演を行った。

**(4) 信州大学において、1件の国内特許出願および3件の研究発表**

トラフィック群流予測に基づくビーム制御法について特許を出願した(特願2022-048759)。加えて、適応変復調符号化と同一周波数干渉の関係性について学術誌で発表した(Osamu Takyu, Akinori Kamio, “Countermeasure to Hidden Terminal Problem Considering Data Rate Shift Algorithm in Wireless LAN”, IEICE Communications Express, Early Published March 9, 2022)。他にも、電子情報通信学会の技術研究報告書にて1件、総合大会にて1件の成果発表を行った。

**(5) NECスペーステクノロジー株式会社において、1件の国内特許出願**

フェーズドアレイアンテナにおいて高EIRP化する際に問題となる消費電力の増大を解決するための発明を特許出願した(特願2022-53355)。デジタルプリディストーション技術を用いて最終段アンプの効率を改善し同じ出力レベルを維持しながら消費電力の改善を求められる。

5. 今後の研究開発計画

**研究開発項目1-a) 5次元のリアルタイム無線状況把握技術:** 6GHz以下の帯域で、地上およびビルなどの建物内において平均平方二乗誤差7dB、上空空間において平均平方二乗誤差10dBの精度での受信電力推定に向け、3次元地図と限定的なビル内および上空の観測情報を基に受信信号電力を推定する手法を確立する。

**研究開発項目1-b) 高精度無線干渉推定技術:** 干渉予測に基づく空き資源の確保を従来の3次元に比べて20%の改善できる効果をシミュレーション上で実現させるため、屋内外測定実験を実施し、電波環境を高い正確性でシミュレータに再現する。そして、干渉予測及び干渉状態推定の簡易化及び精度向上を進める。

**研究開発項目2-a) アクセス回線構成技術:** 20倍のダウンリンク通信速度に対する地上系とNTNの実現方式の妥当性を解析的に検証するため、シミュレータ上に通信可能速度、通信可能時間、必要なビームの指向性を算出可能なモデルを構築し、無線周波数毎にエリア範囲、通信速度、エラー率を検証することで、B5Gのアクセス回線の候補となる3方式を選定する。

**研究開発項目2-b) 衛星利用回線高性能化技術:** 従来と比較し通信性能辺り電力を大幅に改善する衛星通信機の機能・性能を実現するための構成要素への分解と構成要素間のI/Fを定義。また方式設計結果の解析的設計妥当性検証を、シミュレーションや要素部分試作を通して実施する。