令和7年度研究開発成果概要図（目標・成果と今後の研究計画）

採択番号：07701

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：Beyond 5Gにおける超広域・大容量モバイルネットワークを実現するHAPS通信技術の研究開発
◆副題　　：HAPS移動通信の高速大容量化技術の研究開発
◆受託者　　：ソフトバンク株式会社
◆研究開発期間　：令和5年度～令和9年度（5年間）
◆研究開発予算（契約額）：令和5年度から令和7年度までの総額4,257百万円（2025年度1,442百万円）

2．研究開発の目標

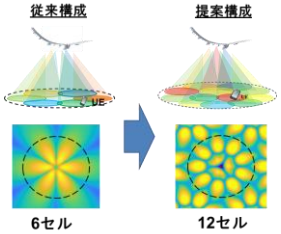
セル高密度化技術によりセル当たり1.2倍以上の周波数利用効率、および、12セル以上のセルの高密度化を実現し、従来技術と比較して2倍以上のサービスリンクの通信容量の達成を目標とする。また、LoS空間多重技術によりフィーダリンクにおいても2倍以上の周波数利用効率の達成を目標とする。さらに、空間軸の干渉抑圧と時間・周波数軸の無線リソース割当の連携制御により、HAPS・地上間の同一周波数共用を実現するとともに、従来技術と比較して1.5倍以上の周波数利用効率の達成を目標とする。

3．研究開発の成果

研究開発目標

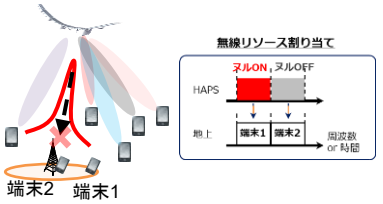
研究開発項目1：HAPS のサービスリンクにおける地上システムとの周波数共用技術の研究開発

セル高密度化技術



セル高密度化により12セル以上、単位セル当たり1.2倍以上の周波数利用効率を達成

HAPS・地上間周波数共用技術



ビームフォーミング及びリソース割当制御により1.5倍以上の周波数利用効率を達成

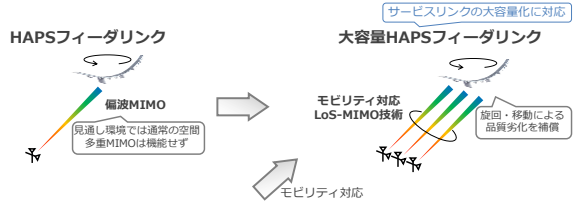
研究開発成果

1-a）セル高密度化技術の開発
⇒12セルを実現するアンテナ素子構成の検討を完了。ニューラルネットワークを用いたフットプリント固定法を考案し、従来より周波数利用効率を20%以上改善。
1-b）HAPS・地上間周波数共用技術の開発
⇒HAPS・地上間干渉を最小化するヌル制御手法を提案し、従来より通信容量を約30%改善。ヌル形成時のHAPSユーザ選択手法を提案し、従来より約21%改善。
1-c）試作装置開発及び実証実験
⇒SL-FL結合構成によるセスナ機での屋外実証に成功、9月にプレスリリースを発表。周波数共用を実現する動的ヌルフォーミング試験の実証に成功。
1-d）HAPS対応電波伝搬推定技術の開発
⇒電波伝搬測定環境の構築を行い、伝搬測定を実施。電波伝搬モデルの開発を推進。
1-e）HAPS対応電波伝搬推定技術の国際標準化
⇒ 5,6月に開催されたITU-R SG3関連会合で開発した電波伝搬モデルの国際標準化提案活動を実施。勧告改定および新報告発行を達成。クラッター損失モデルの承認。

研究開発目標

研究開発項目3：HAPSのフィーダリンクにおけるLoS空間多重技術による高速大容量化の研究開発

HAPSモビリティ対応のミリ波長距離LoS空間多重技術



モビリティ対応のLoS空間多重技術を確立し、偏波多重MIMOと比較して平均2倍以上の周波数有効利用効率を達成

研究開発成果

3-a）LoS空間多重技術の開発
⇒最大4×4 MIMO対応のIP伝送装置を開発し、疑似LoS環境で性能を評価。3×3 UCA構成LoS-MIMOの有効性を確認。非再生中継LoS-MIMO信号処理の簡易検証を完了。
3-b）HAPS対応長距離ミリ波無線伝送技術の開発
⇒ビームトラッキング方式を実装して屋外実証を完了、協調ジンバル制御にも成功。ドップラー補償機能は実環境で2000Hz超を補正可能であることを確認。
3-c）試作装置開発及び実証実験
⇒セスナ機実証試験でSINR20dB以上を確認。26GHz帯PAAMを4タイル化して高利得化。39GHz帯の4タイルPAAMも開発を完了。12セル・3×3LoS-MIMO対応の無線中継装置の設計を完了し、IP伝送装置は最大4×4MIMO対応の装置開発を完了。
3-d）HAPS対応電波伝搬推定技術の開発
⇒1-d）と同様。
3-e）HAPS対応電波伝搬推定技術の国際標準化
⇒1-e）と同様。

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
20 (5)	14 (6)	4 (2)	58 (26)	19 (8)	32 (31)	1 (1)	1 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

(1)産業財産権
- 特許の国内出願は、当初目標としていた12件(2023年度に2件、2024年度に5件、2025年度に5件)に対し、2023年度に4件出願完了、2024年に11件出願完了、2025年度に5件出願の計20件の出願を行い、当初目標の約2倍と目標を大幅に上回った。
- 特許の外国出願は、2024年度に8件、2025年度に6件と、計14件の出願を行い、当初計画にない成果を達成した。

(2)外部発表
- 研究論文は、当初目標の4件(2024年度に2件、2025年に2件)に対し、2024年度に2件掲載完了、2025年度に2件掲載完了で計4件掲載完了した。また、当初計画にない小論文も2025年度に1件掲載完了した。
- 査読付き収録論文は、当初目標としていた8件(2024年度に4件、2025年度に4件)に対し、2023年度に1件発表、2024年度に6件発表、2025年度に6件発表し、計13件発表を行い、当初目標の約1.5倍と目標を大幅に上回る成果を達成した。
- 収録論文は、当初目標の7件(2023年度に1件、2024年度に3件、2025年に3件)に対し、2023年度に4件発表、2024年度に5件発表、2025年度に5件発表し、計14件の発表を行い、当初目標の約2倍と目標を大幅に上回る成果を達成した。
- 一般口頭発表は、当初目標としていた13件(2023年度に3件、2024年度に5件、2025年度5件)に対し、2023年度に6件発表、2024年度に10件、2025年度に15件し、計31件の発表を行い、当初目標の約2倍と目標を大幅に上回る成果を達成した。

(3)標準化提案
- 国際標準化提案は、ITU-RのSG3関連会合において電波伝搬モデルの標準化提案を2023年1件完了、2024年に10件完了、2025年は9月時点で6件完了し、累計17件を完了しており、当初計画にない大きな成果を達成した。これらの標準化提案の結果、2025年9月時点で2件の国際標準化が採択された。さらにWRC-27 アジェンダアイテムほぼ全てに関わるクラッター損失モデルが承認され、卓越した成果を達成した。

5. 今後の研究開発計画

研究開発項目1: 研究開発項目1-a)では、多数セル構成において、大容量化に向けて必要となるサイドローブ低減を実現するセル設計技術、アンテナ構成技術、アンテナウェイト制御技術を確立する。研究開発項目1-b)では、HAPSと地上システムとを同一周波数でオーバーレイさせる場合を想定し、HAPS・地上間の周波数共用を実現するビームフォーミング技術、無線リソース割り当て制御技術を確立する。研究開発項目1-c)では試作装置開発を行い、研究開発項目3で開発予定のフィーダリンクと結合した装置構成で上空プラットフォームを用いた飛行試験により1-a)、1-b)の各要素技術の実証を行う。

研究開発項目1-d)では、これまでに開発した電波伝搬モデルの妥当性を確認するとともに、残る環境に対する電波伝搬モデルの開発及び電波伝搬シミュレータへの実装を行い、他の研究開発項目の提案技術を評価する。研究開発項目1-e)では、これまでに提案している電波伝搬モデルの国際標準化活動を進めるともに、残る環境に対する電波伝搬モデルの国際標準化活動を推進する。

研究開発項目3: 研究開発項目3-a)では、モビリティ対応のLoS空間多重技術を確立し、偏波多重MIMOと比較して平均2倍以上の周波数有効利用効率を達成する。研究開発項目3-b)では、長距離ミリ波伝送とHAPSのモビリティに対応したビームトラッキング技術を確立する。狭ビーム化を進めるため、ビームトラッキング精度のさらなる向上にも取り組む。研究開発項目3-c)では、試作装置を開発し、試験により所望の無線特性が得られること、および成層圏環境での動作を実証する。あわせてセスナ機へのLoS-MIMOアンテナ搭載検討を進め、最終的に上空プラットフォームを用いた実証試験により提案技術を確立する。
研究開発項目3-d)、3-e)は、研究開発項目1-d)、1-e)と同様である。