

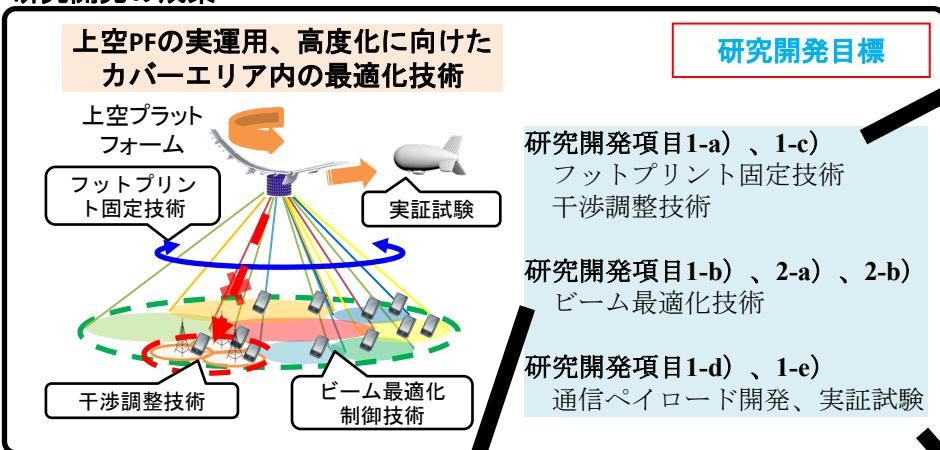
1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 上空プラットフォームにおけるCPSを活用した動的エリア最適化技術
- ◆受託者 ソフトバンク株式会社、学校法人慶應義塾
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和6年度 (3年間)
- ◆研究開発予算 (契約額) 令和4年度から令和5年度までの総額194百万円 (令和5年度97百万円)

2. 研究開発の目標

HAPS等の上空プラットフォームの実運用及び高度化に向けて、2023年度までに通信エリアの安定化を実現するフットプリント固定技術、エリア全体の通信容量を最大化させるビーム最適化制御技術、地上システムとの周波数共存等を実現する干渉調整技術を確立するとともに、2024年度までに実際の上空プラットフォームを用いて各要素技術の実証を目指す。

3. 研究開発の成果



研究開発項目1-a)、1-c) 成果

- 実アンテナの素子パターンを考慮したフットプリント固定性能についてシミュレーション評価を完了し、所定の移動・回転に対して $\pm 3\text{dB}$ 以内のレベル変位を確認
- シリンダアンテナを構成する実際の素子の振幅および位相パターンを考慮したウェイト制御アルゴリズムを検討し、実機におけるヌルフォーミングの精度向上を実現
- シリンダアンテナを用いた屋外実証試験を先行的に実施し、ヌルフォーミング制御により任意の方角方向に対して当初目標であった 20dB 以上(最大で約 30dB)の干渉抑圧効果を実現することに成功

フィールド実験系構成

ヌルフォーミング制御の測定結果例

研究開発項目1-b)、2-a) 成果

- 共進化アルゴリズムと探索範囲削減手法の2段階動的エリア最適化アルゴリズムの評価結果より、当初目標であった同じ改善効果に対して**最大約1/2の演算量削減**を達成
- シリンダアンテナを用いた屋外実証試験を先行的に実施し、外部制御によるビーム制御機能を実証すると共に、**端末の位置情報に基づいたビーム制御機能の動的制御の実証に成功**
- 実際のアンテナ素子配置を考慮したビーム最適化制御法の検討を実施
- K-Means支援粒子群最適化を用いたアンテナパラメータ制御法やTransformerに基づく強化学習を用いたアンテナパラメータ制御法を開発
- スループットヒートマップに基づく**HAPS軌道最適化を新たに検討**

エリア最適化の実験構成

エリア最適化制御の測定結果例

提案法によるSINR分布評価結果例

研究開発項目1-d)、1-e) 成果

- 親機装置 (地上側装置)、子機装置 (上空側装置) の**開発を完了**
- フィールドでの試験実施に向けてBand3 (1.7GHz帯) の実験試験局免許を取得
- 高所作業車 (バケット車) を用いた**フィールド試験**及びそれに向けた**電波暗室での事前評価試験を実施**
- 係留気球を運用させるための航空法に係る各種申請、届出書類等の提出、及び空域利用の為の調整を実施

装置の外観

電波暗室での試験の様子

親機装置

子機装置

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
6 (3)	1 (1)	1 (0)	37 (27)	0 (0)	1 (1)	1 (1)	1 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 産業財産権出願

- ・星野兼次, 柴田洋平, 高島航, “通信中継装置、遠隔制御装置、システム、エリア制御方法及びプログラム,” 日本, 2023/10/12.
- ・田代晃司, 星野 兼次, 長手 厚史, “広域セル基地局、システム、並びに、アンテナ指向性のヌルを形成する方法及びプログラム,” PCT, 2024/2/27.
- ・星野兼次, 柴田洋平, 高島航, “地上基地局、通信中継装置、遠隔制御装置、システム、エリア制御方法及びプログラム,” 日本, 2024/2/29. 他1件

(2) 国際学会での発表

- ・W. Takabatake, Y. Shibata, and K. Hoshino, “Neural-Network-based Dynamic Area Optimization Algorithm for High-Altitude Platform Station,” VTC2023-Fall, Hong Kong, China, Oct. 2023.
- ・Wei Dai , Siyuan Yang, Mondher ,and Tomoaki Ohtsuki), “K-Means Clustering-Aided Dynamic Multi-Cell Optimization Algorithm for HAPS,” IEEE Global Communications Conference, クアラルンプール/The Kuala Lumpur Convention Centre, Dec. 2023.
- ・T. Mori , and T. Ohtsuki , “HAPS Trajectory Optimization Based on Throughput Heat Map,” IEEE Global Communications Conference, クアラルンプール/The Kuala Lumpur Convention Centre, Dec. 2023.

(3) 受賞 : A3WorkshopにてBest Presentation Awardを受賞(Wei Dai)

(4) 展示会での展示実施 : シリンダアンテナの展示(インターネット・ガバナンス・フォーラム京都2023)

(5) プレスリリースの発表

HAPSの通信容量の最大化を実現するエリア最適化技術の実証実験に成功～商用化に向けて、通信ネットワークの高度化技術の研究開発を加速～
https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2023/20231220_01/?sbpr=info

5. 今後の研究開発計画

【研究開発項目1】上空プラットフォーム(係留気球)の調達を完了し、今年度開発を完了したペイロードを搭載して屋外での総合実証試験を行う。総合実証試験では、これまでに検討した要素技術の機能実証試験を行う。フットプリント固定機能試験では機体の移動や傾きに対しても同じ場所で常に同じ通信品質が維持できることを実証する。エリア最適化制御試験では任意のビーム方向、ビーム幅の外部制御及びフットプリント固定制御との同時利用ができることを実証する。また、ヌルフォーミング制御試験では模擬地上基地局に対して所望の干渉低減が得られることを確認し、地上局在圏端末の通信品質の改善効果等を評価する。

【研究開発項目2】地上システムとの周波数共用を想定した上空プラットフォームにおけるモバイル通信のシステムスループット向上に向けて、ビーム間並びに上空プラットフォーム-地上システム間の干渉を考慮したMassive MIMO技術を用いたビームフォーミング技術を開発する。その際、軽量なアルゴリズムを開発することで計算時間を短縮する。開発するアルゴリズムを、実際のメッシュ型人工流動データを用いたユーザ分布に対して計算機シミュレーションにより評価する。