（革新）様式 1-4-2 (2025-1)

令和７年度研究開発成果概要書

採択番号　　07601
研究開発課題名　災害時の応急エリアカバレッジのための無線通信技術の研究開発
研究開発項目１　高速 UAV 等を使った応急エリアカバレッジの研究開発
副題　　高速 UAV 等を使った応急エリアカバレッジの研究開発

（１）研究開発の目的

大規模災害等の被災地で携帯通信が不通となったエリア全体に臨時の移動通信インフラを「迅速に提供」することを目指す。

①携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築
②携帯通信が不通となったエリアでの迅速な臨時移動通信インフラの構築

①に関しては、大規模災害時の移動通信を迅速に復旧させる方法として、被災した地上基地局の代わりに、例えば航空機のような飛行体に無線中継局を搭載し、被災地の上空から電波を送信し、被災地に地上基地局と同様の通信サービスを提供することが有効と考える。

②に関しては、上空無線中継局と通信を行っている地上基地局との間で同一周波数干渉が大きな課題となる。そこで、事前の干渉調整を不要とするために地上基地局と上空無線中継局が連携して、相互に同一周波数干渉を抑圧（キャンセル）する周波数共用技術が極めて有効と考える。

本研究開発では、災害時に携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築および事前の干渉調整を不要とする臨時移動通信インフラの構築を実現するための研究開発及び実証を世界に先駆けて実施する。

（２）研究開発期間

令和５年度から令和９年度（5 年間）

（３）受託者

ソフトバンク株式会社 <代表研究者>

（４）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 4,326 百万円（令和７年度 986 百万円）
※百万円未満切り上げ

（５）研究開発項目と担当

研究開発項目１　高速 UAV 等を使った応急エリアカバレッジの研究開発

研究開発項目 1-a）高速 UAV 等搭載無線中継システム開発及びシステムを構築する要素技術の開発（ソフトバンク株式会社）

研究開発項目 1-b）上空の高速 UAV 等搭載無線中継装置により通信回線を迅速に確保するためのシステム間連携技術（ソフトバンク株式会社）

（6）特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	7	3
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	16	6
	標準化提案・採択	4	4
	プレスリリース・報道	2	1
	展示会	1	0
	受賞・表彰	0	0

（7）具体的な実施内容と成果

研究開発項目1-a：高速 UAV 等搭載無線中継システム開発及びシステムを構築する要素技術の開発

【国内フライト実証実験に向けた準備とシミュレーション評価】 昨年度の米国実証での課題（機体遮蔽、バンク角によるフットプリント不安定化）を解決するため、高度 3,000m からのサービスエリア形成を想定した電波伝搬シミュレーションを実施した 。

- **シミュレーション結果：** 高度 1,000m では旋回位置によってジンバルの可動域上限を超え、十分なカバレッジが形成できない地点が発生した 。一方、高度 3,000m においては、全旋回地点で目標とする半径 2.5km のエリアにおいて所要電力（RSRP≧-105dBm）を充足することを確認した。
- **実証地点の選定：** 無線環境、航空管制調整、自治体協力（高知県黒潮町）の観点から国内実証候補地を選定し、2.1GHz/3.3GHz 帯の実験免許を確保した 。

【2nd POD（国産）の開発と安全認証】 柔軟な設計変更と国内ノウハウ蓄積を目的に、日本国内企業体制で「2nd POD」を設計・開発した 。

- **認証取得：** 米 GA 社による剛性・耐衝撃・電磁放射等の検査を受け、機体への安全性を担保する「Green Tag」を取得完了した 。
- **ジンバル性能：** 1 秒あたり 2 度の角度補正に対応する高応答な機械式ジンバルを実装し、容積・重量制約（SWaP）内での収容設計を完了した 。
- **搭載機体の拡張：**有人固定翼機への搭載を視野に入れた汎用的な設計検討を実施した。

【複数セル対応サービスリンク装置の設計と試作開発】 多数のユーザーへ通信を提供し、かつ既存の地上基地局との重複を避けるため、複数セル・複数周波数に対応したサービスリンク装置の設計および試作を実施した 。

- 通信方式の選定： 災害時の迅速な展開を優先し、高精度な時刻同期を必要としない FDD 方式を採用した 。
- 装置諸元： 900MHz 帯（Band 8）および 2.1GHz 帯（Band 1）の 2 波に対応し、それぞれ 10MHz 幅の帯域で 2x2 MIMO による通信を可能とする設計を行った 。装置は RF 部、Baseband 部、Stack 部（L2/L3 処理）で構成される 。
- 試作状況：RF フロントエンドに求められるフィルタ仕様と通過帯域条件を明確化することを目的として PDP(アンプの歪補償)を活用したアンプを試作し評価を行った。

【アレイアンテナによるフットプリント固定・干渉抑圧技術】 高度 3km から半径 2.5km のセルを安定形成する際、旋回飛行に伴う「電波漏洩による地上局への干渉」が課題となる 。これを解決するため、フルデジタル制御のアレイアンテナ技術を導入した 。

- 指向性制御： 縦横 8 素子ずつ（計 64 素子）のアレイ構成を用い、各素子の位相と電力を個別に制御することで、ターゲットエリア外への電波漏洩を抑制しつつ、主ビームを目的地点へ集中させる手法を提案した 。

- 検証結果： 計算機シミュレーションにより、単純な最大比合成（位相制御のみ）よりも、波形成型（波形整形）を行うことでサービスエリア外への漏洩電力を低減できる見通しを得た 。

【高知県黒潮町における国内フライト実証実験】
- **定点と移動試験における測定：** 複数のヘリコプターの高度や飛行パターン（旋回、ホバリング）の条件において、地上側の複数定点と走行試験による受信レベルやスループットを測定。
- **成果：**概ね想定通りのエリア形成されていることを実測できたが、今回のヘリコプターによる実証のフライトパターンや POD のぶら下げ環境依存の課題も明確になり、今後の活動で改善する。

研究開発項目 1-b：上空の高速 UAV 等搭載無線中継装置により通信回線を迅速に確保するためのシステム間連携技術の研究開発

【上空からの周波数利用状況把握技術（スキャン技術）】 災害発生直後に最適な通信エリアを動的に決定するため、UAV から地上の電波環境や通信需要を把握するスキャン装置の設計・基礎検証を行った 。
- **基礎検討結果：** 建物吹抜けを用いた模擬実験により、高度 300m 相当で屋外ユーザーのアップリンク信号（UL DMRS）および変調方式を観測可能であることを確認した 。一方、高度 1,000m や屋内ユーザーの精度向上には 10dB 程度の SNR 改善が必要という課題を特定し、アレイアンテナ適用等の対策案を策定した 。

（8）今後の研究開発計画
（1）最終目標の設定
当初計画通り、下記に示すように大規模災害等の被災地で携帯通信が不通となったエリア全体に臨時の移動通信インフラを「迅速に提供」することを目指す 。

1. **携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築**
2. **携帯通信が不通となったエリアでの迅速な臨時移動通信インフラの構築**

特に、全ての地上基地局が不通となることは基本的になく、通信できる地上基地局と不通となる地上基地局が混在するのが一般的である。そのため、同一周波数で構築する地上臨時移動通信インフラとの干渉調整が不可欠であり、その調整に多くの時間を費やす課題がある。そこで、事前の干渉調整を不要とする地上臨時移動通信インフラの構築を実現するための研究開発および実証（システム間連携干渉抑圧技術等）を世界に先駆けて実施する 。

（2）今後の研究開発計画
研究開発項目 1-a） 高速 UAV 等搭載無線中継システム開発及びシステムを構築する要素技術の開発
- **2026 年度（令和 8 年度）：** 複数セル対応のサービスリンク機能を有する高速 UAV 等搭載無線中継装置、およびフィーダリンク装置の試作装置を開発する 。また、複数 GW 対応のフィーダリンク間の同一周波数干渉を抑圧する技術を実装した試作装置を開発し、プロトタイプ開発に着手することで、通信の大容量化を推進する 。
- **2027 年度（令和 9 年度）：** 前年までの研究成果を踏まえ、災害対策用モバイル通信システムのプロトタイプを完成させる。

研究開発項目 1-b） 上空の高速 UAV 等搭載無線中継装置により通信回線を迅速に確保するためのシステム間連携技術

- **2026 年度（令和８年度）：** 地上基地局と上空の装置が連携し、相互に干渉を抑圧する技術を実装した試作装置を開発、プロトタイプ開発に着手する 。あわせて、複数セル対応サービスリンク機能を有するシステムを用いた実証実験を実施し、FDD 方式での動作評価等を行う 。
- **2027 年度（令和９年度）：** 前年までの研究成果を踏まえ、災害対策用モバイル通信システムのプロトタイプを完成させる。

（3）研究開発成果の展開・普及等に向けた計画

本研究の標準化活動として、3GPP、ITU、IEEE、HAPS アライアンス等の標準化団体を対象に動向を調査・分析する 。その上で、本研究開発活動を通じて得られた知見・取得した特許等について、提案を行うべきかどうかの適宜判断を行う 。また、本災害対応ソリューションの国際的普及を促進するために、白書・レポート等を通じた啓蒙活動に取り組む。

- **対象分野の検討：** 標準規格関係のほか、UAV 等の機体と通信機器間の接続インターフェース等のシステムアーキテクチャを白書に提案するなど、幅広く検討を行い、本研究開発成果の展開・普及を促進する 。
- **社会実装への取り組み：** 官民協力スキームの実現に向けて、自社内のみならず、社外パートナーや関係省庁との検討を継続し、社会実装を目指す。