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）

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：　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
◆受託者：　ソフトバンク株式会社
◆研究開発期間：　令和5年度から令和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4,326百万円（令和7年度986百万円）

2. 研究開発の目標

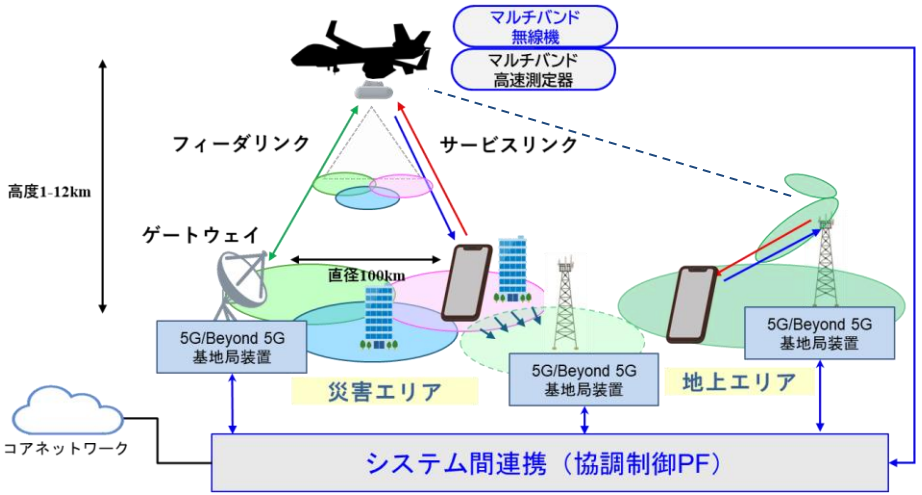
災害時に携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築及び事前の干渉調整を不要とする臨時移動通信インフラの構築を実現するための研究開発及び実証を世界に先駆けて実施する。

3. 研究開発の成果

研究開発目標

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
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

（1） POD開発
（2） フライト実証準備
（3） フィーダリンクの技術・装置開発
（4） サービスリンクの技術・装置開発



研究開発成果

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

2nd POD（国産）の開発と安全認証　米国の安全認証（Green Tag*）を取得し、上空3,000mから安定した通信エリアを維持できる国産UAV搭載型無線中継装置「2nd POD」を開発した。

実証実験準備とシミュレーション解析　3Dシミュレーションで高度3,000mでの安定通信条件を確立し、高知県黒潮町でのフライト実証実験に向けたシステム構築と各種準備を完了した。

国内フライト実証実験とシミュレーション評価　ヘリコプターを用いた実証試験とシミュレーションにより、高度3,000m運用におけるエリア形成の妥当性を確認し、今後の改善課題を抽出した。

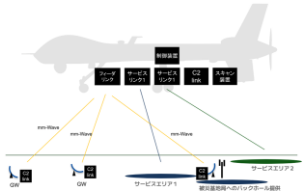
複数ゲートウェイ間干渉抑圧技術の検証　複数ゲートウェイ間で同一周波数を共用するための干渉キャンセラーを検証し、通信品質の大幅な改善と多リンク通信の実用性を実証した。

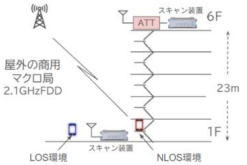
複数セル対応サービスリンク装置の設計と試作　アレイアンテナの波形成型によりエリア外への電波漏洩を抑圧し、既存網との干渉を避けて多数の端末を収容する複数セル対応中継装置を試作した。

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　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。


フライト実証試験の実施


新システムデザイン



上空スキャン検証

*：検査・整備済みで、FAAやEASAが「適航性あり」と認める、搭載・運用可能な部品。

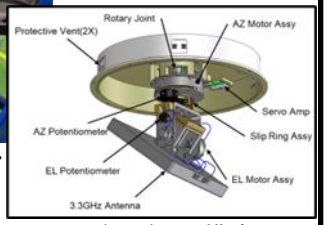
① 2nd POD（国産）の開発と安全認証

災害時の通信復旧や国内ノウハウ蓄積を目的に、日本企業体制で高速UAV搭載型の無線中継装置「2nd POD」を開発した。

本PODは機体の製造元が指定する米MIL規格の基準をクリアし、安全性を示す「Green Tag」を取得。容積・重量制約（SWaP）内に収めた高応答機械式ジンバルにより毎秒2度の姿勢補正を行い、高度3,000mから半径2.5～5kmの安定した通信エリアを維持できる（後述のシミュレーション結果）。


開発した日本産POD


搭載したジンバル



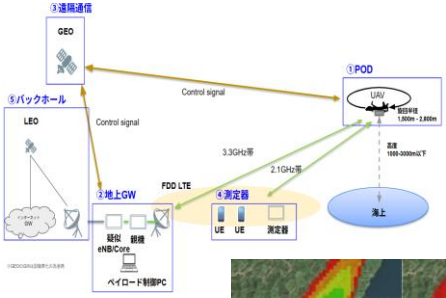
ジンバルの構造

② 実証実験準備とシミュレーション解析

昨年度の米国実証での課題（機体遮蔽や姿勢による通信不安定化）を解決するため、高速UAVと地上GWによるFDD方式の無線中継システムを構築した。

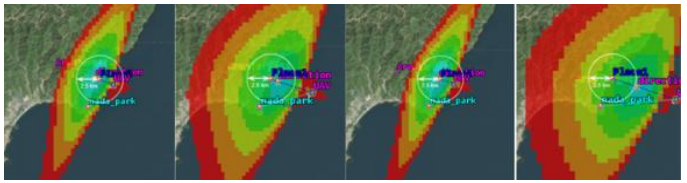
高度3,000m・旋回半径2,800mを想定した3D電波伝搬解析の結果、3次元ジンバル制御により機体の姿勢変動下でも半径2.5km以上（RSRP≧−105dBm）の安定した通信エリアを確保できる条件を定量化した。

これを受け、2.1/3.3GHz帯の実験免許を取得し高知県黒潮町を実証地に選定。衛星バックホールを用いた公衆網接続や飛行ルート設計を行った。



システム全体図


システム実環境


三次元シミュレーション

③ 国内フライト実証実験とシミュレーション評価

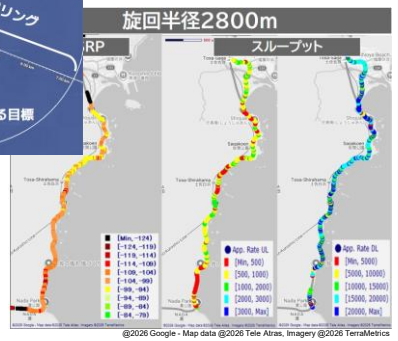
ヘリコプターを用いた定点・移動試験では、様々な高度や飛行パターン（旋回・ホバリング）の下で地上の受信レベルやスループットを測定した。結果として概ね想定通りのエリア形成を実測できた一方、独自のフライトパターンやPOD吊り下げ環境に依存する課題も浮き彫りになり、今後の改善点が明確化された。

並行して高知県黒潮町をモデルにシミュレーションを実施し、機械式ジンバル搭載PODの運用高度とエリア形成の妥当性を検証した。高度1,000mでは旋回時の姿勢変化がジンバル可動域の上限を超え、十分なカバレッジを形成できない地点が生じた。一方、高度3,000mでは全旋回地点で目標の半径2.5kmエリア内で所要電力（RSRP≧−105dBm）を安定して充足できることが確認された。


測定の様子



フライト計画図



エリアカバレッジ確認

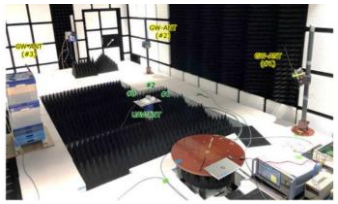
④ 複数ゲートウェイ間干渉抑圧技術の検証

フィーダリンクの大容量化に向け、複数GW・複数セル構成で同一周波数を共用するための干渉抑制技術を開発した。ゼロフォーシング（ZF）アルゴリズムを適用した干渉キャンセラー試作機で評価試験を実施した結果、干渉環境下におけるEVM（エラーベクトル振幅）が17.33%から3.77%へと大幅に改善し、干渉がない状態（2.76%）に迫る通信品質を実測した。

これにより、同一周波数多リンク通信の実用性が実証された。また、地上基地局と協調した動的出力制御や、RRCネゴシエーション制御によるリソースの最適割当もあわせて提案し、包括的な干渉抑圧構成を体系化した。



同一周波数多リンク通信実証構成

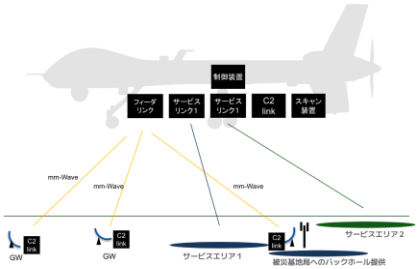

同一周波数多リンク通信実証


試作装置

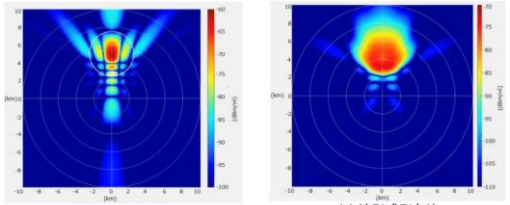
⑤ 複数セル対応サービスリンク装置の設計と試作

災害時の迅速展開に向け、既存基地局との干渉を避けて多数のユーザーに通信を提供する、FDD方式の複数セル対応サービスリンク装置を試作した。900MHz帯と2.1GHz帯（各10MHz幅・2x2 MIMO）に対応し、アンテナとRFフロントエンドを一体化した構成で開発を進めている。

さらに、高度3kmからのセル形成で課題となる旋回飛行時の電波漏洩を防ぐため、64素子のフルデジタル制御アレイアンテナ技術を導入した。シミュレーションの結果、各素子の位相と電力を個別に制御する波形成型により、エリア外への漏洩を効果的に抑制しつつ、主ビームを目的地点へ集中できる見通しを得た。



新システムデザイン



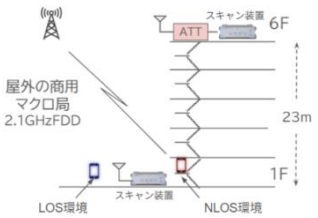
波形成形時の電力比較

⑥ 上空からの周波数利用状況把握技術

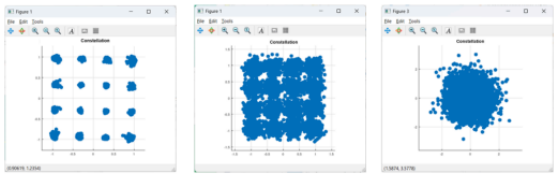
災害直後に最適な通信エリアを動的構築するため、UAVから地上の電波利用状況や端末分布を把握し、EMS（エレメント管理システム）と連携して干渉回避を行う技術の確立を目指している。

FPGAと4素子アレイ構成のスキャン装置を用いた模擬実験では、高度300m相当で屋外ユーザーの上り信号（UL DMRS等）やRSSIを観測することに成功した。一方で、高度1,000mや屋内端末の観測には約10dBのSNR改善が必要という課題も特定された。

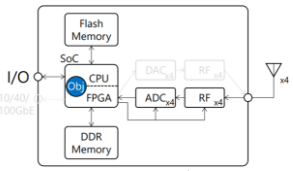
今後はアレイアンテナの適用等で精度を向上させ、UAVの観測データと地上EMS情報を連携して動的エリア制御と出力最適化を行う統合プラットフォームの構築を目指す。



試験環境



上空から地上の電波を解析した結果



スキャナ装置のブロック図

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	プレスリリース報道	展示会	受賞・表彰
7 (3)	0 (0)	0 (0)	16 (6)	4 (4)	2 (1)	1 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

(1) Asia-Pacific Telecommunity のWireless Group (9/8, Bangkok)にて2件の標準化提案および2件の承認

① HAPS INDUSTRY AND ECOSYSTEM FOR BROADBAND CONNECTIVITY(REP-151)
② TECHNICAL AND OPERATIONAL ANALYSIS FOR USING HIGH ALTITUDE PLATFORM STATION AS IMT BASE STATIONS (HIBS) IN THE FREQUENCY BANDS BELOW 2.7 GHZ IDENTIFIED FOR IMT(REP-92)

(2) Japan Drone 2025(6/5, 幕張)にて国際コンファレンス講演を開催

タイトル:RPAS(無操縦者航空機)の日本での運用

(3) 研究成果として論文投稿および発表を実施

① 第63回飛行機シンポジウム (10/17発表)
② APISAT2025 (10/28発表)
③ Aircraft Engineering and Aerospace Technology (査読中)
④ International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS) 2026 2026発表予定(査読中)
⑤ 電子情報通信学会 総合大会にて3件の口頭発表を実施 (3月発表)

(4) メディア掲載

① パブリックオウンドメディアであるソフトバンクニュースにて、フライト実証の取り組み記事を掲載 (3/27公開)
② 4月発行の産経新聞にて、高知県黒潮町で行ったフライト実証の取り組みを掲載予定 (4月予定)

5. 今後の研究開発計画

研究開発計画

2026年度(令和8年度):プロトタイプ開発と実証のフェーズ

ハードウェア試作: 複数セル対応のサービスリンク装置、およびフィーダリンク装置の開発に着手する。
干渉抑圧技術の実装:「複数GW間の同一周波数干渉(フィーダリンク)」および「地上基地局と上空装置間の干渉」を抑圧する技術を試作機に実装し、通信の大容量化を図る。
実証実験: 複数セル対応システムを用いた実証実験を行い、FDD方式での動作評価などを実施する。

2027年度(令和9年度):システムの完成フェーズ

前年度までの研究成果や実証結果を集約し、最終的な「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。

社会実装計画

標準化活動と国際的な啓蒙:
3GPP、ITU、IEEE、HAPSアライアンスなどの標準化団体の動向を調査・分析し、本研究で得た知見や特許の提案を戦略的に行う。また、白書(ホワイトペーパー)やレポートを発行し、国際的な普及を促進する。

アーキテクチャの提案(対象分野の拡大):
無線通信の標準規格にとどまらず、UAV機体と通信機器間の「接続インターフェース」といったシステムアーキテクチャ全体についても検討し、白書等を通じて広く提案していく。

社会実装に向けた連携(官民協力):
災害対応ソリューションとしての実用化を目指し、自社だけでなく社外パートナーや関係省庁との協議を継続し、官民協力スキームの構築を目指す。