

採 択 番 号 01601

研究開発課題名 スマートモビリティプラットフォームの実現に向けたドローン・自動運転車の
協調 制御プラットフォームの研究開発

(1) 研究開発の目的

- 物流の最適化・自動化やヒトの移動の自由化、社会インフラメンテナンスの高度化などあらゆる 領域へのサービスを提供する社会基盤として成立し得るスマートモビリティプラットフォーム の構築を目指す
- 本研究開発期間において、ドローン・自動運転車の遠隔監視・制御システムを統合したプラットフォームを構築し、制御する上での重要なデータ基盤となるドローン・自動運転車向けの三次元 地図の統合を行う。ネットワークの観点では 5G 非地上ネットワーク (NTN) の実現に向けて、セルラー通信と衛星通信を組み合わせた通信アーキテクチャの開発と、電波利用の最適化に向けたセルラーにおける電波伝搬の三次元モデル検証を行う。これら要素技術の開発により協調 制御プラットフォームの基盤を確立する。構築した要素技術をベースに、ドローン・自動運転車 によるヒト/モノの移動・自動配送の実証実験を行い、スマートモビリティプラットフォームの サービス提供の実現性の検証と将来的に Beyond 5G ネットワークによるユースケースを構築 するための要件・課題出しを実施する

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 6 年度 (4 年間)

(3) 受託者

KDDI 株式会社<代表研究者>
アイサンテクノロジー株式会社

(4) 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 987 百万円 (令和 4 年度 492 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 : ドローンと自動運転車の協調制御プラットフォーム化
 - ◇ 研究開発項目 1-a ドローン・自動運転車の遠隔監視・制御システムの連携 (KDDI)
 - ◇ 研究開発項目 1-b セルラーと衛星のハイブリッド通信アーキテクチャ開発 (KDDI)
- 研究開発項目 2 : ドローン・自動運転車用三次元地図の共通化とセルラーにおける電波伝搬システムの三次元モデル検証
 - ◇ 研究開発項目 2-a ドローン・自動運転車の三次元地図の統合 (アイサンテクノロジー)
 - ◇ 研究開発項目 2-b 電波伝搬システムの三次元モデル検証 (KDDI)
- 研究開発項目 3 : ドローン・自動運転車の協調制御プラットフォームによる自動配送・輸送の実証
 - ◇ 研究開発項目 3-a 自動配送・ヒトの移動の実証実験 (KDDI)

(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	6	6
	外国出願	3	3
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	12	12
	標準化提案・採択	2	2
	プレスリリース・報道	2	2
	展示会	1	1
	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：ドローンと自動運転車の協調制御プラットフォーム化

- 研究開発項目 1-a ドローン・自動運転車の遠隔監視・制御システムの連携
 - 自動運転車の停車位置をもとにドローンの着陸場所を算出して、自動運転車両に接続した離発着用牽引車へ離着陸可能な協調制御機能の開発を実施した。また、開発した協調制御機能を用いたドローンの着陸精度評価実験を実施し、着陸目標へ 25cm 程度の誤差での着陸が可能であることを確認した。
 - 長野県塩尻市の中山間地域にて検証を実施し、セルラー通信と衛星通信を切り替えながら飛行を行う必要のあるエリアにおいても、上記協調制御機能を用いて、自動運転車両に接続した離発着用牽引車上にドローンの離発着が可能であることを確認した。
 - 自動運転車とドローンの N 対 N 制御に向けた、配車アルゴリズムの仕様検討を実施した。
- 研究開発項目 1-b セルラーと衛星のハイブリッド通信アーキテクチャ開発
 - セルラー端末及び衛星端末で計測したネットワーク品質をもとに、セルラー通信と衛星通信を切り替える機能を備えたハイブリッドモジュールを開発し、ドローン機体に実装した。
 - ハイブリッドモジュールを搭載したドローンを用いてフィールド検証を実施した。山間部上空にて、セルラー圏外になる前に衛星通信に切り替えることで、協調制御プラットフォームとの接続性を保ったまま自動飛行が出来ることを確認した。
 - その結果、目視外においてもテレメトリ情報を監視しながら飛行を継続できることを確認した。一方、切替時に数秒程度の通信断が発生する等、今後改善すべき課題も見出された。

研究開発項目 2：ドローン・自動運転車用三次元地図の共通化とセルラーにおける電波伝搬システムの三次元モデル検証

- 研究開発項目 2-a ドローン・自動運転車の三次元地図の統合
 - ドローン、自動運転車のそれぞれが持つ地図基盤に対し、三次元地図基盤プラットフォームで共通の位置情報を扱えるよう、変換、補正機能を開発、実装を行った。その成果を用いて、九州工業大学に構築された NICT 高信頼・高可塑 Beyond 5G/IoT テストベッド及び、長野県塩尻市の実証実験でドローンと自動運転車との協調制御を実施し、地図基盤上で指定した位置に自動運転車を動かし、ドローンを着陸させることを確認した。
 - 三次元地図基盤プラットフォームの元になる三次元点群データの位置正確度を保つための、点群の合成手法について検討を行い、試作プログラムの開発と実データを用いた検証を実施した。
- 研究開発項目 2-b 電波伝搬システムの三次元モデル検証
 - 上空電波の可視化要件を整理し、既存の電波伝搬システムから各高度毎のモデル検証方針の立案を行った。
 - 三次元モデルの高度化には、実測データおよび都市モデルデータ・各種点群データを活

- 用・蓄積する基盤システムの検討を行った。
- モデルチューニングにあたってアルゴリズムも概ね整理ができたため、2-c 項目の地図のリアルタイム更新と連携した評価を実施する。
(実施は 3-a 項目の自動配送・ヒトの移動の実証実験の中で実施する)
- 研究開発項目 3：ドローン・自動運転車の協調制御プラットフォームによる自動配送・輸送の実証
 - 塩尻市と協議の上、塩尻クリーンセンターを実証エリアとして選定した。また、塩尻クリーンセンターには、実証に関する説明を実施し合意を得た。実証する上で、自動運転車とドローンの経路を確定させるために必要な測量を実施し、実証時の経路を確定した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目 2：ドローン・自動運転車用三次元地図の共通化とセルラーにおける電波伝搬システムの三次元モデル検証

- 研究開発項目 2-c) 三次元地図のリアルタイム更新
 - 三次元地図における統合点群データベースと各モビリティが取得したデータから差分を検出し、データベースの更新を行う技術の開発と、三次元地図基盤プラットフォームから更新したデータの配信手法の確立を目指す。
 - 具体的には、三次元地図基盤に反映された更新箇所を協調制御プラットフォームに配信する手法を開発し、更新情報が各モビリティプラットフォーム上で機能することの検証をする。

研究開発項目 3：ドローン・自動運転車の協調制御プラットフォームによる自動配送・輸送の実証

- 【A：年度別実施計画書】研究開発項目 3-a) 自動配送・ヒトの移動の実証実験
 - 22 年度に開発を行ったドローン・自動運転車の遠隔監視・制御システムの連携に加え、複数のモビリティプラットフォームと接続可能なアーキテクチャ・インターフェースの検討および三次元地図モデルを用いた動的な配送経路の計算システムの開発と配車スケジューリングを可能にする運行管理システムの開発および検証をする。
 - 22 年度に開発したハイブリッド通信において通信帯域・遅延・ジッタを最適化するために衛星通信を活用したネットワークアーキテクチャを検討する。
また、協調制御プラットフォームにおける処理の要件を明確にし、MEC 拠点の設計およびテストベッドを活用した検証を行う。
 - 電波伝搬システムに活用するアルゴリズム・パラメーターを最適化し、研究開発項目 2-c において得られた三次元地図、ドローン配送経路と連携することで、電波伝搬モデルに基づいた最適な遠隔制御・経路選択・ネットワーク接続が実現することを目指す。具体的には、三次元地図基盤プラットフォームとデータ連携のインターフェース策定及び、実飛行データを電波伝搬シミュレータに反映させる。
モデルチューニング手法の研究として、電波伝搬シミュレータ結果の評価、計算手法の検討・評価を実施し、研究開発で活用可能な電波伝搬シミュレータ研究基盤の構築を行う。
 - 2024 年度実証に向け、選定した自治体と協議の上、実証エリア、ルートを決定し、周辺住民からの合意を得る。
- 【B：実施計画書】研究開発項目 3-a) 自動配送・ヒトの移動の実証実験
 - 研究開発 1、2 で得られた協調制御プラットフォームの基盤を軸にドローン・自動運転車の協調制御によるヒトの自由な移動、ドローンによる自動配送といったサービスにつながる実証実験を 2023 年度に実施する。