

研究開発構想(個別研究型)  
空域利用の安全性を高める複数の小型無人機等の自律制御・分散制  
御技術及び検知技術

「協調・デジタルツイン技術の革新による小型無人機群システム  
の構築」

研究開発実施報告書(年次)  
令和6(2024)年度

研究代表者  
末岡 裕一郎  
大阪大学大学院工学研究科・助教

## 1. 当該年度における研究開発の実施概要

### (1) 研究開発概要

限定のない環境での小型無人機群による自律的かつ様々な協調・協動作業の実現に向けて、個と群での革新的な自律飛行制御技術、雨や風で動く環境の協調計測とデジタルツインとしての活用技術、排水ホースなどの柔軟な対象物の協調搬送技術、鳥などの外敵を避けながらのフォーメーション飛行技術、想定外の事象が発生しても協調・協動作業を続行可能なチームの動的組織化技術の構築を行います。

### (2) 実施内容と成果の概要（研究開発開始から当該年度末まで）

令和 6(2024) 年度

**成果の概要:** 本年度は、限定のない環境での自律的かつ様々な協調・協動作業の実現に向けて、以下の要素技術の研究開発を行いました。具体的には、1. UWB (Ultra-Wide Band) 測位に基づく耐候性が高い自己位置・姿勢推定手法の開発、2. 魚眼カメラ搭載機体による SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) システムの開発、3. Gaussian Splatting を用いた 3 次元環境再構成の基礎検証、4. 実際の施設に対応したデジタルツイン空間の試作開発、5. ドローン群のシミュレーション環境構築、6. 協調搬送制御アルゴリズムの開発と検証、7. 単一チームの動的なチーム組織化アルゴリズムの開発、さらに 8. Visual SLAM における量子化手法を用いたメモリ使用量の削減検証を行いました。

**実施内容:**

1. UWB の双方向到來角情報と拡張カルマンフィルタを統合し、視覚情報に依存しない耐候性が高い自己位置・姿勢推定手法を開発し、屋内の降雨環境下で自律飛行の検証を行いました。
2. ドローン周囲の 3D 空間を全方向にカバーできるよう、複数の魚眼カメラを機体に取り付け、SLAM システムのキャリブレーション手法を改良し、性能向上を実現しました。
3. ドローンで撮影した静的環境データに基づき、静的環境の Gaussian Splatting を用いた 3 次元モデル再構成の基礎検証を行いました。
4. 複数の空間生成手法の比較検討を行い、実在のドローンラボ・ドローンフィールドをモデルとして 3D 環境を開発し、デジタルツインとして再現しました。
5. シミュレータに CoppeliaSim を用い、5 機のドローン群の群制御シミュレーションが可能であることを確認しました。
6. 原理検証用の機体を用い、牽引・離着陸の各フェーズに対応した制御アルゴリズムを開発しました。さらに、モーションキャプチャ環境下での協調搬送の検証を行いました。
7. オペレータから与えられたタスクに対し、チームを自己組織するアルゴリズムを開発し、1 つのチームを自己組織する検証を屋内環境にて実施しました。
8. ORB-SLAM3 と呼ばれる Visual SLAM を対象とし、2 つの静的量子化手法と動的量子化手法「誤差拡散法」による画像量子化が SLAM 性能に与える影響を比較検討しました。

## 2. 主たる研究分担者一覧

丸田 一郎 (京都大学 大学院工学系研究科 准教授)

関口 和真 (東京都市大学 理工学部 教授)

本仲 君子 (関西大学 システム理工学部 准教授)  
Niklas Bergström (株式会社 ACSL R&D ディレクター)  
原田 和樹 (株式会社理経 次世代事業開発部)