

ReAMoプロジェクト シンポジウム

実施者名：イームズロボティクス株式会社

委託：アルプスアルパイン株式会社

委託：国立研究開発法人産業技術総合研究所

研究開発項目①(4)

ドローンの1対多運航を実現する機体・システムの要素技術開発

**リモートIDを利用したドローンの1対多運航制御システム及び
要素技術開発**

2024年5月10日

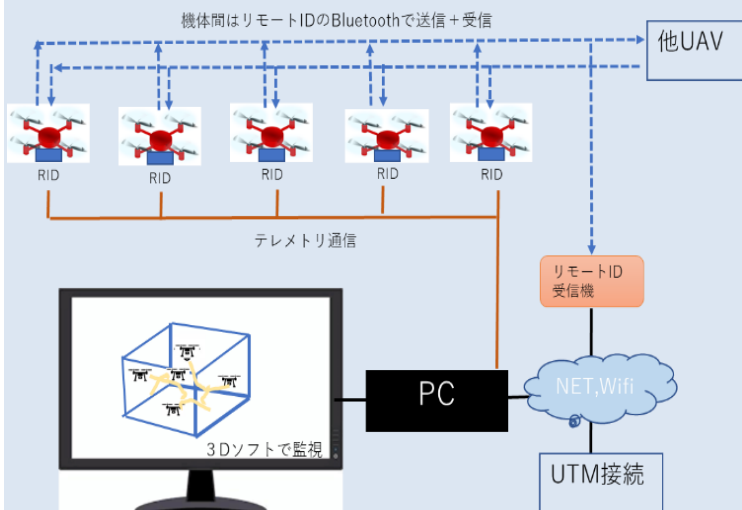
背景・目標

現在、高齢化社会と少子化による人口減による労働力不足が我が国の喫緊の課題となっている。特に近年ドライバー不足が深刻でかつ荷物量の増加や個別配送への対応が求められる物流業界では、次世代モビリティによる省エネ、安全な運航による効率的な運用が期待される。そこで弊社は少ない操縦者による複数の無人航空機運用のためのシステム開発を目標に、機体への搭載が義務付けられているリモートIDに送受信機能を付与し、機体間通信による**自律衝突回避機能を持つ安全な1対多運航システム**を実現する。

物流から点検、警備及び災害対応で複数の無人航空機を同時に運用できれば、作業の効率化とコスト削減によって無人航空機の社会実装を加速し、国内生産性、国民の利便性向上が期待できる。

研究開発内容

1対多運航系統図



1 対多運航システム開発内容

- ・ **リモートID (RID)送受信システムの開発**
送信機能のみの製品版RID機器に対して受信機能を追加するソフト改修を実施し、機体間通信を実現
- ・ **相互自律回避システムの開発**
RIDによる機体間通信で相互の方位、距離の位置情報を取得し、設定距離範囲内になったら、水平面内で反時計周りに回避する機能の開発
- ・ **型式認証機体の開発**
2022年12月の航空法改正による型式制度に対応し、第一種、第二種（2024年4月取得済）の取得
- ・ **実証試験の実施**
自律回避機能試験を1対3、1対5、1対10で実施

ステークホルダーへのアプローチ状況

ドローン物流をすすめる佐川急便様には、2023年度から弊社が採択されたSBIRのコンソーシアムの一員として参加頂いている。今年1月の能登半島地震発災後には、一緒に現地入りし、弊社ドローンを使って、災害時にドローンによるどのような救援活動が可能かを模索した。孤立した集落に物を運ぶ場合、物流関係者が現地にいることはできないため、ドローンには自律かつ安全な着陸方法や荷物の引き渡し手段が重要であることが判明した。さらに、被災地における物流を効率よく安全に行うためには、多運航システムの構築が必須であることを共有した。

最終成果イメージ

ドローン物流を安全に、円滑で効率的に実施するシステムは、主操縦者1人で複数機体を運用し、同じ空域内ではドローン同士が自律的に衝突を回避しながら目標地点への飛行を行う。

その間、すべて自動プログラムで運用され、操縦者はモニターを見ながら遠隔から各機体からの飛行情報をチェックし、荷物が安全、確実に荷受人に配達されたことを確認できる。

ドローン実装の未来像

現状ドローン台数 38万台 → 数百万台に



2023年度までの成果(1)-4 1対多運航制御 システムの検討

ドローンの1対多運航を実現する安全評価手法の開発

回避行動の原理



ドローン同士の接近を事前に感知します。

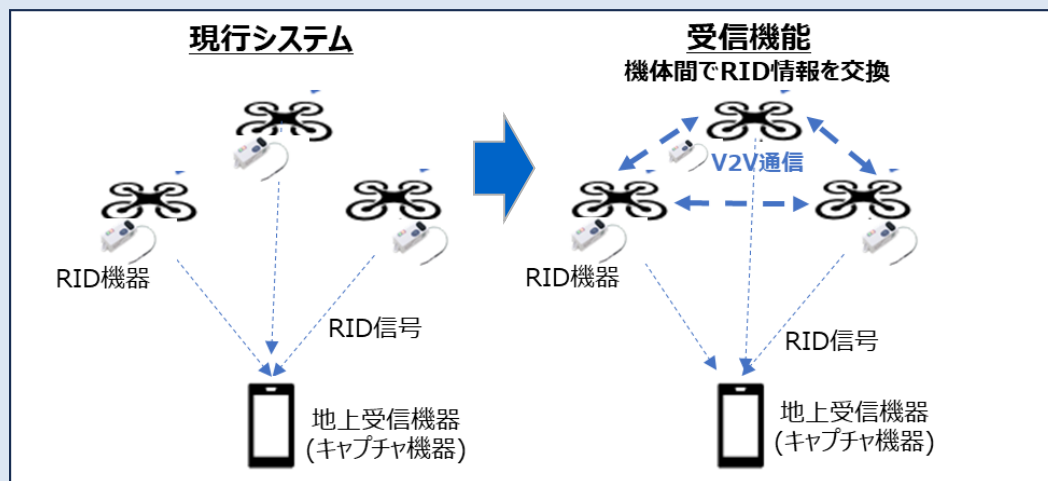
2023年度までの成果 リモートID通信方式応用による、機体間（V2X）通信システムの構築（アルプスアルパイン）

成果

既存のRID機器のソフトを改修し、受信機能を追加。機器間の送受信機能を試験した。

具体的内容

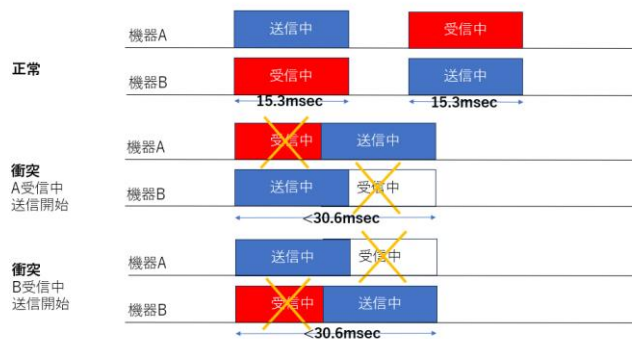
RIDによる機体間(V2V)通信システムイメージ



RID機器 機体搭載状況

- ・ソフトを改修し、受信機能を追加
- ・受信性能の測定・検証・評価を実施
- ・机上で10台までの通信を確認
- ・ドローンに搭載し、実飛行での通信試験を実施

機器2台においての、通信衝突のイメージ



送信受信が重なる可能性のある、最大15.3msec X 2 = 30.6msecの期間情報を受信できない

RIDはBluetoothの性質上送信時に受信ができない（左図、2023年の試験で確認）
RID通信に時分割多重化制御を導入し、マニュアル位相制御を行い多重化に成功。24年度に自動化開発を予定

2023年度までの成果 グローバル位置情報とローカル位置情報の相互補完 による自律群制御システムの開発（国立研究開発法人 産業技術総合研究所）

成果

開発実装した自律分散衝突回避アルゴリズムにより、5台までの機体による自律衝突回避、及び同一地点への衝突を避けた自動着陸を実現

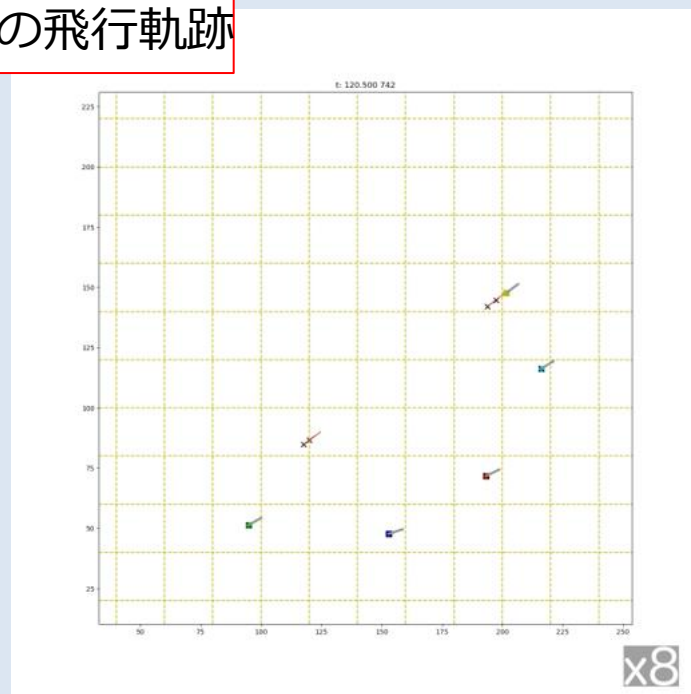
具体的内容

- 2023年11月に福島RTFで、2台から5台までの機体を用いて自律衝突回避の飛行試験を実施した。機体に搭載されたリモートIDによる位置・速度情報の交換により、3台の機体が互いに交差する直線経路を飛行中に、交差点付近での自律的な衝突回避機能を実現した。
- 副次的な成果として、複数の機体が同一地点に着陸を行うケースにおいて、先着順で互いに一定距離を保って待機して、1台ずつ順次降下着陸を行うための制御手法を開発し実証した。

福島RTFでの実際の飛行軌跡



3台の機体による相互自律回避



5台の機体による整列自動着陸

成果

2022年12月に航空法改正により始まった型式認証制度（第一種、第二種）を申請し、第二種については2024年4月に取得。

具体的内容

- ・ 第二種型式認証を2023年3月に、イームズ式E6150TCで申請。設計概念書（CONOPS）、製造管理要領、設計計画書を提出。2023年12月から2024年3月までに飛行試験を済ませ、2024年4月に第二種型式認証書第4号が発行された。



イームズ式E6150TC

- ・ 第一種型式認証は2023年5月に、イームズ式E6150TCで申請。9月に初回審査会を終えたが、社内で第二種取得を優先する方針となり、2024年4月より改めて取得へ向けて進んでいる。

2024年度試験計画

2024年度	実証試験1	実証試験2	実証試験3	実証試験4	実証試験5
日時	7月	8月	9月	10月	12月
場所	産総研(地上試験)	RTF滑走路(飛行試験)	産総研(地上試験)	RTF滑走路(飛行試験)	RTF滑走路(飛行試験)
目的	他社機体を含めた衝突回避	・他社機体を含めた衝突回避 ・新RID(送受信の改善)を搭載した衝突回避試験	・10機での衝突回避試験 ・LoRaの通信機能の確認	・10機での衝突回避試験 ・1対5多運航自動ルート生成機能を使った運航試験	・10機での衝突回避試験 ・1対10多運航自動ルート生成機能を使った運航試験
試験内容	1対5地上試験 5台機体間通信 第三者機体通信	1対5飛行試験 5台機体間通信での回避 第三者機体通信での回避 2機、3機Gの時差離陸試験	1対10地上試験 10台機体間通信での回避	1対10飛行試験 多運航自動ルート生成プログラム試験	1対10飛行試験 多運航自動ルート生成プログラム試験
運航		1対2機G + 3機G 目視内		1対10目視内	1対10目視内
装備	E6150TC JetsonNano 新型リモートID 920MHzLoRa	E6150TC JetsonNano 新型リモートID 920MHzLoRa	E6150TC JetsonNano 新型リモートID 920MHzLoRa	E6150TC、E600 -100 JetsonNano 新型リモートID 920MHzLoRa	E6150TC、E600-100 JetsonNano 新型リモートID 920MHzLoRa
操縦者		主1+副4 補助員 2名		主1+副9 補助員 3名	主1+副9 補助員3名
飛行ルート		ランダム2ルート		ランダムルート	ランダムルート
確認内容	通信機改善による通信成功率確認 第三者機体との通信確認	通信機改善による回避精度確認 第三者機体との回避確認 2グループの時差離陸対応	通信機改善による10機の送受信確認 LoRa通信の通信確認	10機での衝突回避確認 5機での多運航自動ルート生成プログラムの確認	10機での衝突回避確認 10機での多運航自動ルート生成プログラム確認



E6150TC

受信
可能

RID
標準方式



各種メーカー
既存機体

RIDは搭載が義務化され、標準規格であることから、既存の機体でも、更にメーカーが異なっても通信が可能。
例えばDJI機のRIDも受信でき、衝突回避が可能。
7, 8月に試験予定

2024年度実施内容 グローバル位置情報とローカル位置情報の相互補完による自律群制御システムの開発

2024年度目標

開発実装した自律分散衝突回避アルゴリズムにより、10台までの機体による自律衝突回避と安全着陸の実現

具体的内容

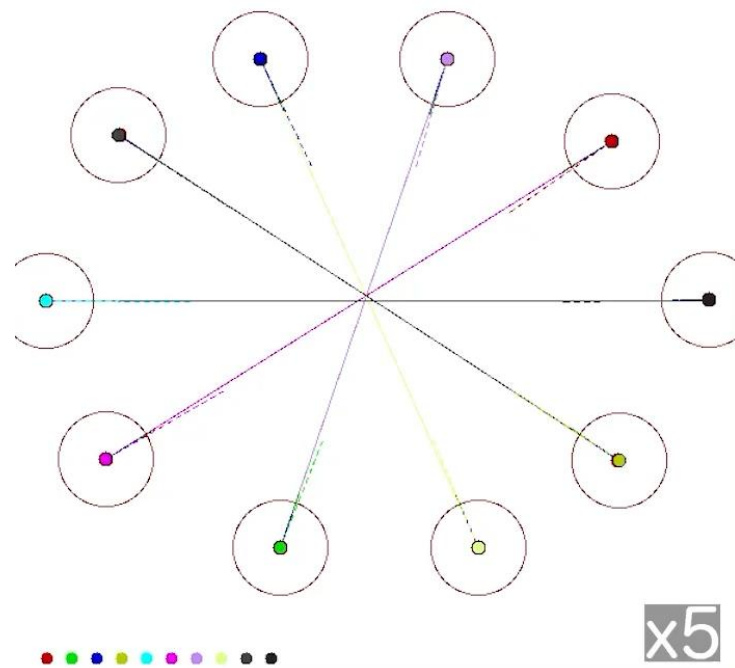
2024年度はリモートID情報を活用した自律分散的な衝突回避技術、安全着陸技術を完成させるため、下記試験を行う。

- ・2023年度実証において課題となっていた通信欠落を許容する飛行制御手法の開発
- ・リモートID送信タイミングの調停機構の改良・実装
- ・機体10台の運航速度や回避半径などのパラメータを変更し自律衝突回避の性能評価

事前検証として、機体10台が一点に向かって飛行し交差するケース（最も難易度が高い）について、シミュレーション実験を行った（右図）。

各ドローンを囲む円は、衝突回避半径を表しており、リモートID情報が欠落した場合、衝突回避半径を大きくして安全を担保する。

課題として、10台の機体に搭載されるリモートIDの送信が干渉しないための通信多重（調停）機構の開発がある。リモートIDによる、機体間通信システムの構築と連携しながら、システムの完成を目指す。



10台ドローンの自律衝突回避飛行シミュレーション

