

## ReAMoプロジェクト シンポジウム

**実施者名：楽天グループ株式会社**

### **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  
ドローン物流における1対多運航を安全に実現するための遠隔  
監視システム等の研究開発**

2024年5月10日

# 1. テーマ設定に至る背景

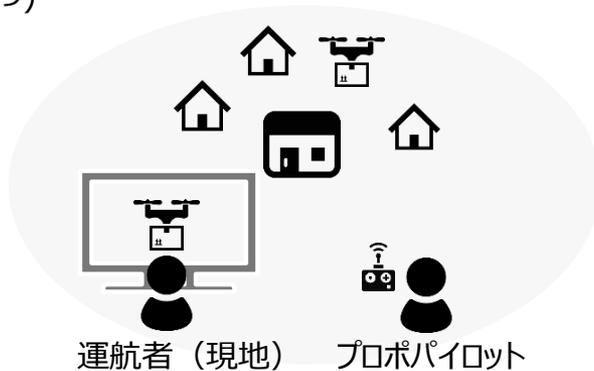
- ドローン物流の社会実装の課題は、運用コストの大部分を占める運用人員の**人件費削減が必須。**
- 人件費削減のために、遠隔からの「1人の操縦者が複数の機体を運用する（1対多運航）」の体制の構築が不可欠である。

## あるべき姿

- 1人の運航者が遠隔から複数機体を同時監視できる体制
- 現地の拠点で必要となるドローンの点検やバッテリー充放電等の作業を地元事業者でも担える体制

### 現在の運用体制

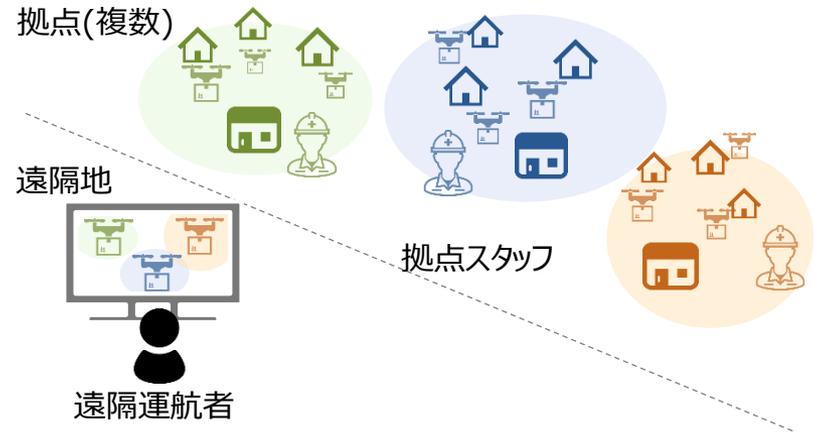
拠点(1つ)



**運航者数 : 機体数  
(最低でも) 現地に 2人 : 1機**

### あるべき姿

拠点(複数)



**運航者数 : 機体数  
遠隔地に 1人 : n機**

- ドローン物流において、1対多運航に必要な機能等を検討・開発し、実証を通して得たデータをもとにドローン物流の早期社会実装に貢献すること。

## 遠隔からの1対多運航により 安全なドローン物流を運用するためのシステムを実現

ドローン物流の早期社会実装に貢献

物流課題解決



買い物困難者支援



緊急時インフラ構築



## 2. 事業概要

## ● ドローン物流における、1対多運航を安全に実現するための遠隔監視システム等の研究開発。

### ● 事業内容

遠隔からの1対多運航を実現するために必要な遠隔監視システムと関連技術の仕様検討および要件定義、開発とそれらの検証を行う。

### ● 研究開発項目

#### 遠隔監視システム（Remote Monitoring System）の開発・検証

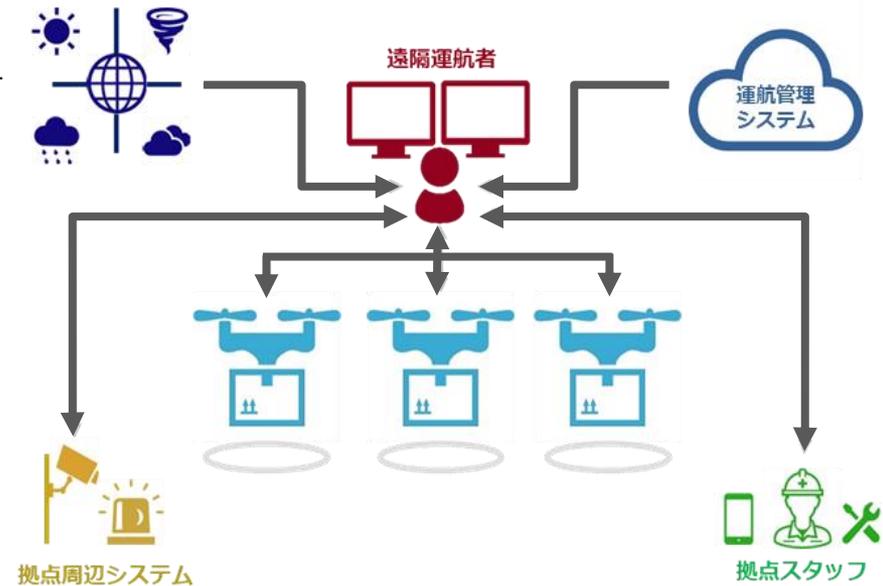
- (1) 複数ドローンとの同時連携機能
- (2) 飛行エリアに関わる情報連携機能
- (3) ドローン拠点と連携する機能

#### GCS（Ground Control Station）に関する検討

- (4) 1対多運航に最適なGCS機能

### ● 実証実験

- (5) 1対多運航による飛行実証



- 遠隔からの1対多運航に必要な機能を要件定義しシステムを設計・開発・検証。



1 対多運航  
オペレーション具体化

## ドローン地上操作装置 (GCS)

- ドローンに自動飛行開始、一時停止、緊急着陸、自動帰還などの飛行コマンドを送信
- 機体の関連情報を表示

## 1 対多運航 遠隔監視システム (Remote Monitoring System)

### ① 複数ドローンとの同時連携機能

- 複数エリアの複数ドローンの情報を集約し必要な情報を表示
- 通常時/異常発生時に、遠隔運航者へ適切にガイダンスを表示/対応指示

### ② 飛行エリアに関わる情報連携機能

- 気象状況の表示と状況に応じたガイダンス表示/対応指示
- 運航管理システムとの連携および他機体の状態に応じたガイダンス表示/対応指示

### ③ ドローン拠点と連携する機能

- 複数ドローン拠点の情報を集約
- ドローン拠点へ必要な情報を共有
- 遠隔運航者やドローン拠点スタッフにガイダンス表示/対応指示

遠隔監視システムと各システムとの連携に関する研究、  
インタフェース設計・開発

機体メーカーシステム  
(GCSサーバー)

気象情報提供  
システム

運航管理  
システム

ドローン拠点  
システム

飛行コマンド  
送信



## 2. 現在までの取り組みや成果

# 2023年度 事業進捗状況



研究開発項目		2022年度	2023年度
遠隔監視システムの開発・検証	(1)複数ドローンとの同時連携機能	要件定義	遠隔監視システム設計・開発 検証
	(2)飛行エリアに関わる情報連携機能	要件定義 運航管理システムの制度動向・機能調査	気象データ連携に向けたインターフェース設計・開発 運航管理システム連携に向けた事業者選定・要件定義 検証
	(3)ドローン拠点と連携する機能	要件定義	拠点スタッフアプリ・拠点周辺システム設計・開発 検証
GCSに関する検討	(4)1対多運航に最適なGCS機能	要件定義	GCS設計・開発 検証
実証実験	(5)1対多運航による飛行実証		実証計画策定 現地視察 許可承認 飛行実証(1対3)

※2022年10月プロジェクト開始

# 2023年度までの成果(1) 複数ドローンとの同時連携機能



- 遠隔監視システムと機体メーカーシステムのインターフェースを開発し、複数ドローンの情報（正常/異常発生時）および1対多運航に必要な情報を集約し、一元管理できるシステムを開発。

## 画面構成

- ホーム画面：ドローンリスト、ドローンの離陸判断情報、拠点・機体カメラ映像を表示
- マップ画面：複数ドローンの位置や経路情報、状態を表示
- 通知画面：トラブルの優先度リスト表示（アラート音通知）、アクションガイダンスの表示

## 遠隔運用拠点に配置する遠隔監視システム



# 2023年度までの成果(2) 飛行エリアに関わる情報連携機能

- 遠隔監視システムと気象システム間のインタフェースを開発し、気象状況による運航可否自動判定機能を実装。
- 国内の運航管理システム事業者を調査し、遠隔監視システムと運航管理システムとの連携手法・要件定義を実施。

## 気象システム連携

- 気象状況に基づくドローンの運航判断基準を設定し、各天候項目から運航可否自動判定機能を実装。

### 遠隔監視システム天候画面イメージ



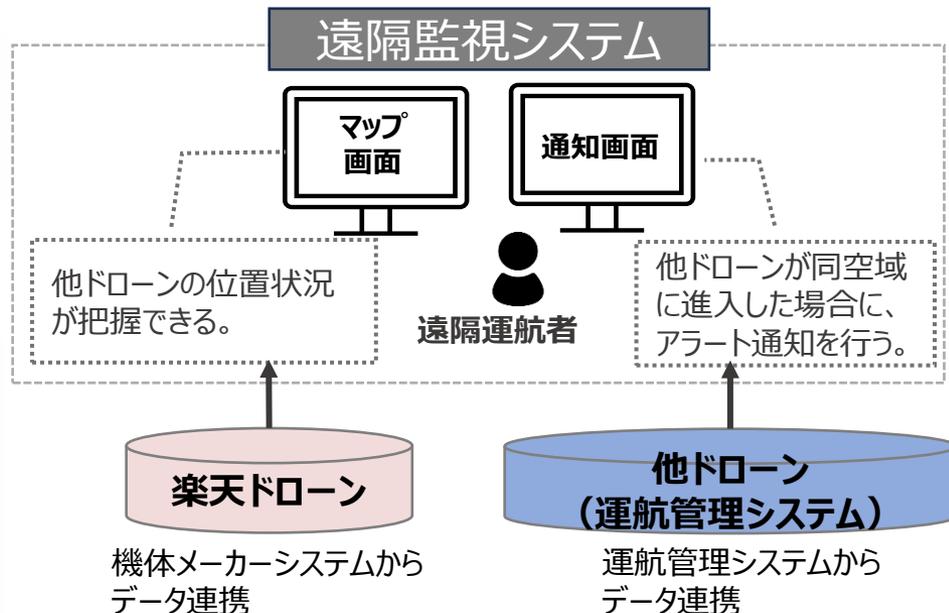
**閾値を設定し、気象情報を基に自動判定**



## 運航管理システム連携

- 遠隔監視システムとの連携手法、運航管理システムから取得すべき情報等について要件定義を実施。

### 運航管理システムとの連携イメージ

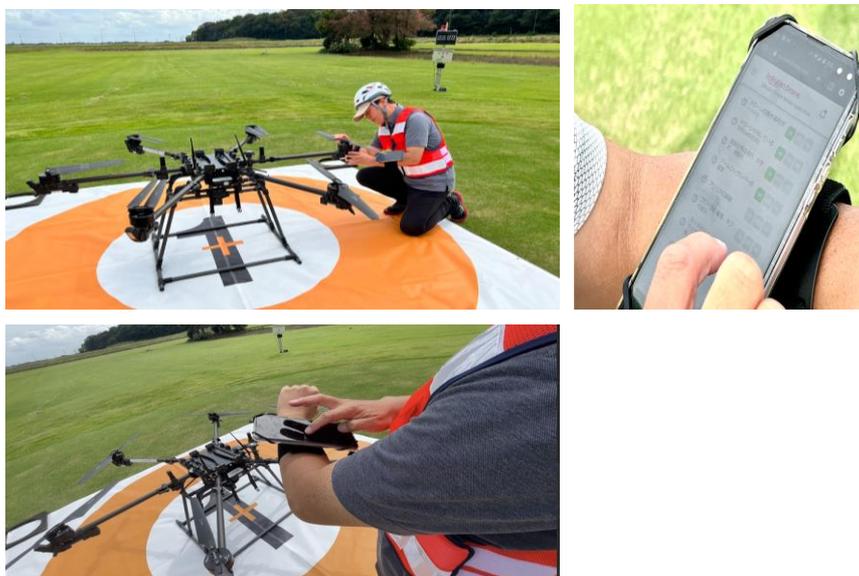


- 拠点での機体点検作業を簡素化・自動化するための拠点スタッフアプリケーションを開発し、ドローン拠点スタッフの作業負担軽減と遠隔運航者との情報連携の効率化を実現。
- ドローンの飛行状況に応じて、カウントダウン、警告ランプ、音声発報などを行うパトランプを開発し、拠点ポート周辺の注意喚起を自動化することを実現。

## 拠点スタッフアプリ

- ドローン拠点スタッフは、拠点スタッフアプリを使用して機体点検を行い、その情報を遠隔運航者と共有する。また、アプリからは運航スケジュールや飛行状況も通知で確認できる。

拠点スタッフによるアプリを使った機体点検の様子



## 拠点ポート周辺システム（パトランプ）

- ドローンの離陸時にはカウントダウンが表示、自動警告ランプが点灯し、警告音が発報される。これにより、拠点スタッフや第三者がポートに近づかないように注意が喚起される。

拠点ポートに配置するパトランプ



- 機体メーカーと1対多運航に最適なGCS機能を具体化・UI画面設計を行い、既存の1対1運用のGCSをベースに、遠隔監視システムを用いた1対多運航に最適なGCSを開発。

## 1対1 GCS



## 1対多運航に適した GCS



## 1対多運航時の課題

- ① 1つのGCSで1機体しか制御できない為、**機体数だけGCSの表示が必要**。
- ② GCS毎にエラーが表示されるため、**GCS画面が多くなると、エラー自体に気づきにくい**。
- ③ マップ画面に表示される飛行経路は1機体のみのため、**同じ空域を飛行する他の機体との位置関係が分かりにくい**。

## 改修点

- ① 機体リスト上で瞬時に機体の接続を切り替えられるようにし、**1つのGCSで複数機体制御できるように改修**。
- ② 機体毎にエラーの表示、機体毎のステータス状況を色分けすることで、**1つのGCSでもどの機体のエラーが瞬時に判断できるように改修**。
- ③ **複数機のルート同時作成・マップ表示を行い、他機体との位置関係を可視化**。

# 2023年度までの成果(5) 1対多運航による飛行実証

- 開発した遠隔監視システム等を使用して、東京都を遠隔運用拠点、福島県をドローン拠点とした、遠隔からの1対3運航の飛行実証を実現。また、実証見学会を開催し、関係者の方々に向けて説明会を実施。

## ● 実証内容

東京にある遠隔運用拠点から、福島ロボットテストフィールドに配置されたドローンを用いて、物流ユースケース（小口配送）を想定した3機体同時飛行を実施。

遠隔運用拠点@東京都（銀座）

約250km

ドローン実証拠点@福島県（福島RTF）



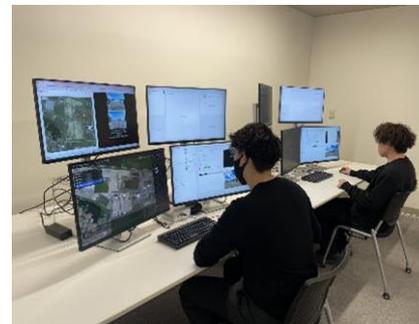
## 1対3運航時の人員体制

項目	条件
飛行方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>飛行カテゴリー：カテゴリー II (レベル2)<sup>※</sup></li> <li>特定飛行：目視外飛行、物件投下、人又は物件から 30m以上の距離が確保できない飛行</li> </ul>
機体	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用機体：プロドローン社製 (PD6B-Type3)</li> <li>機体数：3機体 (同一機種)</li> </ul>
運航体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔運航者 1名</li> <li>副遠隔運航者 1名</li> <li>拠点スタッフ 1名</li> <li>補助者 (プロポ操縦者) 3名</li> </ul>
配送物	<ul style="list-style-type: none"> <li>飲料 (1kg)</li> </ul>

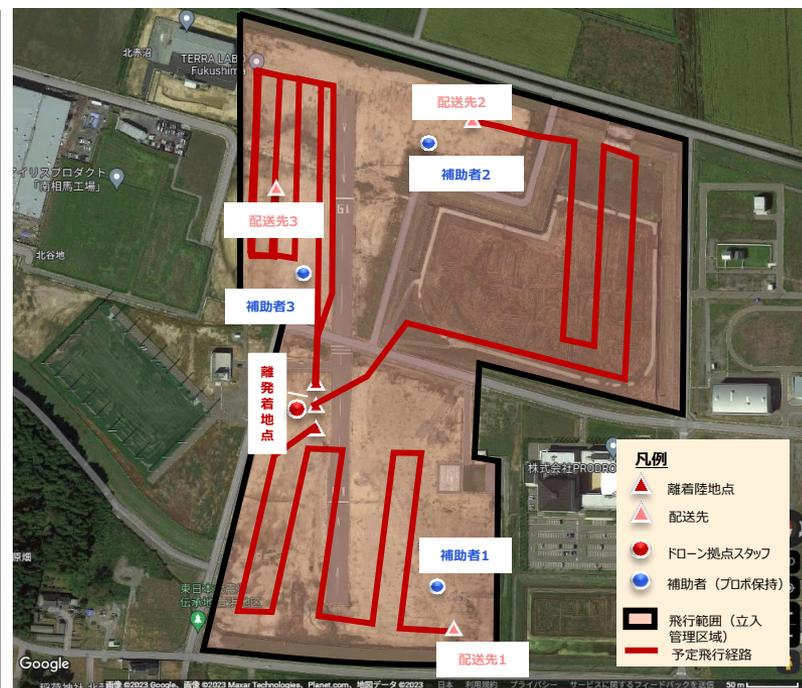
- ※
- カテゴリー II  
特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行。(= 第三者の上空を飛行しない)
  - レベル 2  
目視内飛行 (自動/自律飛行)

## 配置

@銀座貸会議室  
遠隔運用拠点

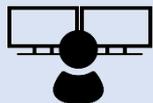


@福島ロボットテストフィールド  
ドローン拠点



1対多運航の実証を通して得られた知見について、下記に示す。

## 実証を通して得られた知見



### 運用

- 運航体制において、**緊急性の高い異常が複数機同時に発生した場合、遠隔運航者1人では対応できない可能性がある**。体制全体として複数の遠隔運航者が複数機体を運航すること（遠隔運航者数<機体数）で、**1人の遠隔運航者が異常を同時に対応しなければならない可能性を減らす体制の検討が必要**である。



### 機体

- **人間の対応能力には限界があるため、トラブルが発生しても自律的に対応できるような機体を目指す必要がある**。
- 機体の信頼性上、現地にプロポ操縦者を配置しているため、**1対多運航の場合に機体の数に応じてプロポ操縦者を配置する必要があり、コスト面で持続可能なビジネス構築が困難**。プロポレス前提で設計されている機体が少ないため、**1対多運航が普及するにはプロポレス機体が必要**である。



### システム

- **極力1人の遠隔運航者が1つの機体に関する作業を最小限に抑える必要がある**。そのためには、**人間の判断に依存することを可能な限り減らし、自動化されたシステムが必要**である。



### 申請要件

- 1対多運航の場合、遠隔運航者は監視項目やタスクも多くなる。そのため、**機体カメラ映像の「常時監視」の要件を満たすことが困難な場合が発生**する。特に1対多運航においては人的での常時監視ではなく、**画像認識等の技術で検知したタイミングのみ監視を行う方法**でも、常時監視と同等以上の安全性を確保できるのではないかと考えられる。