

複数ユースケースにおける多数機同時運航の事業化に向けた 統合的な研究開発

KDDIコンソーシアム

(KDDI株式会社・イームズロボティクス株式会社)

研究開発項目①(4)

2026年5月13日

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

複数ユースケースにおける多数機同時運航の事業化に向けた統合的な研究開発

1. 事業概要説明
2. 物流ユースケース
 - ① 社会実装イメージ
 - ② これまでの取り組みと成果
 - ③ 今後の取り組み
3. 監視ユースケース
 - ① 社会実装イメージ
 - ② これまでの取り組みと成果
 - ③ 今後の取り組み

1.事業概要説明

事業の目的

これまでのドローンの同時運航数の目安であった5機を超える、6機以上の多数機同時運航に必要な運航、機体、システム、通信の各要件を実証等を通じて明らかにする。

これにより、多くの事業者が多数機同時運航を実施できるようにし、ドローンの遠隔運航にかかるコストを削減する。

ひいては、より多くのユースケースにおけるドローン遠隔運航の社会実装の拡大に寄与する。



ドローンの多数機同時運航のイメージ

1.事業概要説明

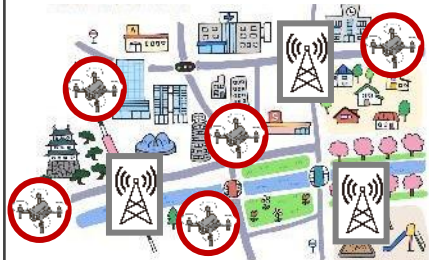
目指す社会実装の姿

操縦者が遠隔から安全に複数機体を同時運航できるようにすることで、普及しやすい価格での監視・点検サービス、物流サービスの社会実装を目指している。

監視・点検サービス

単一空域での複数同時運航

複数空域での複数同時運航



物流サービス

拠点間配送

ラストワンマイル配送

離島配送



遠隔操縦拠点

メイン:
UTM

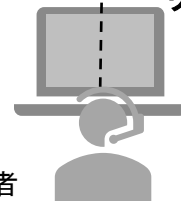


大型モニターに運航中の全機体のテレメトリ情報を投影し、一元管理。



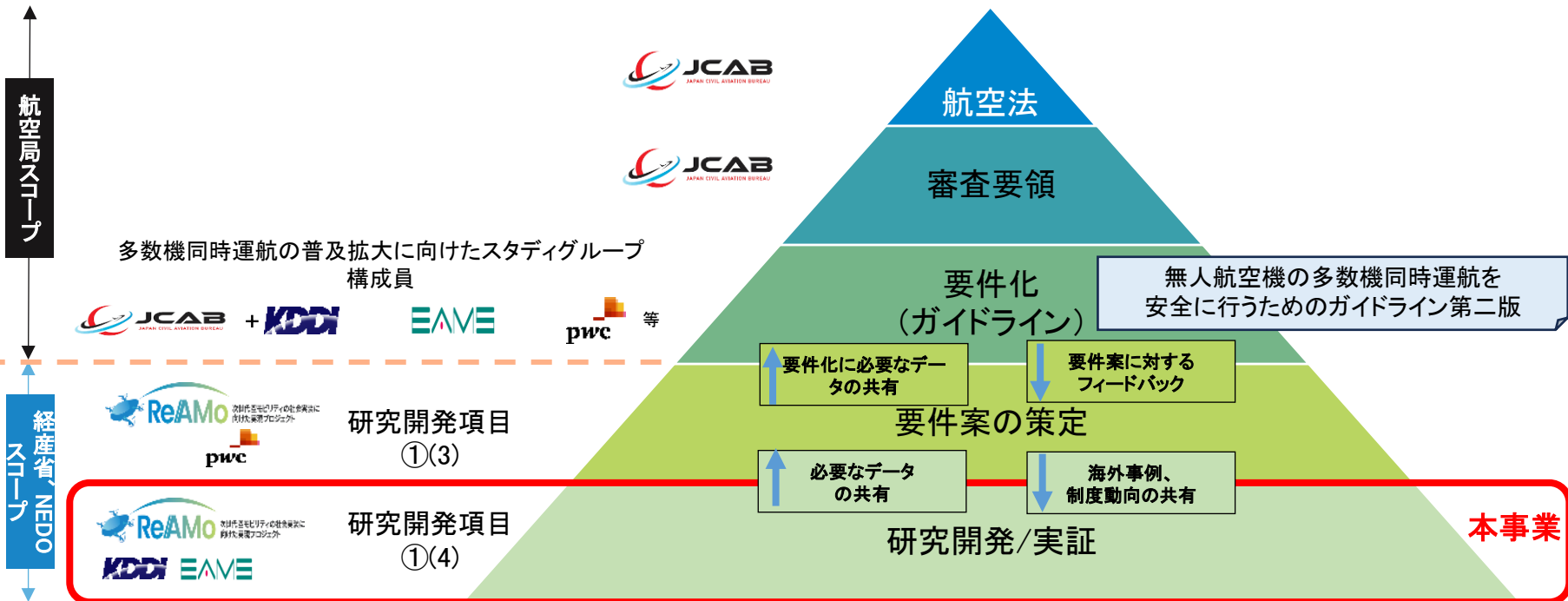
サブ
イレギュラー発生時等は手元PCで確認

操縦者



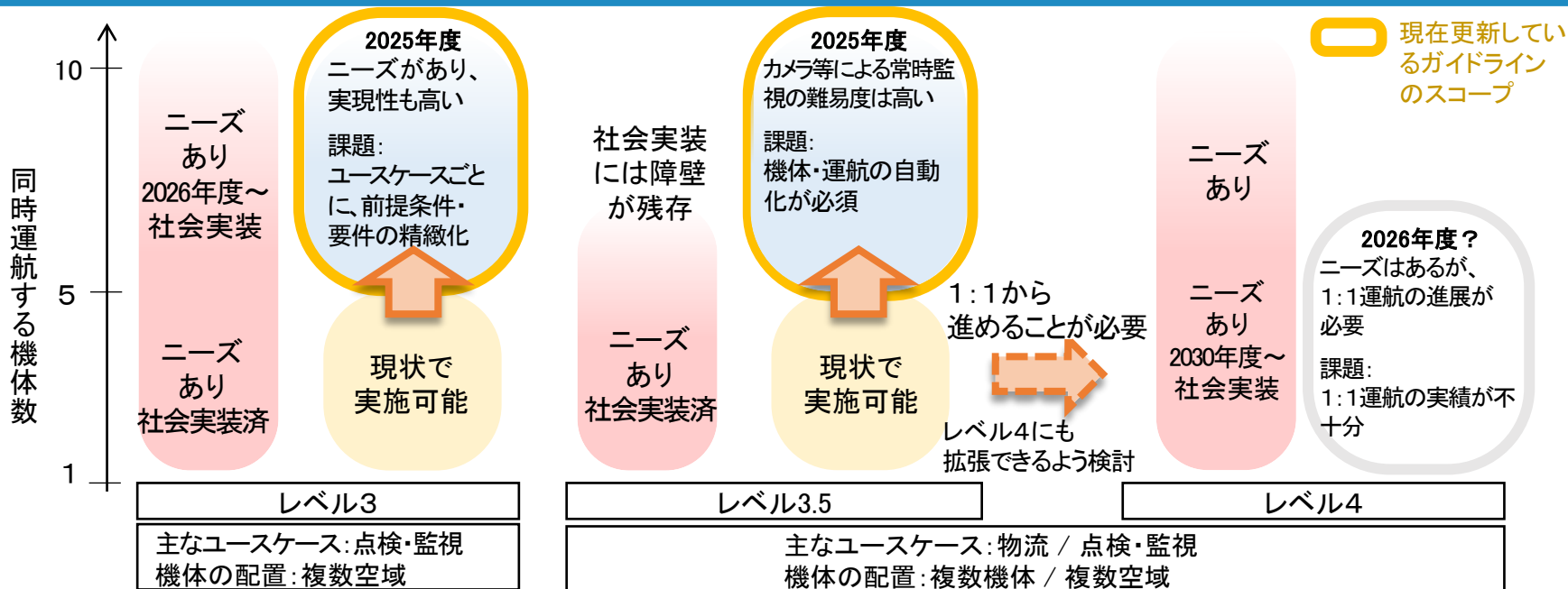
1.事業概要説明 事業の位置づけ

本事業は、実証で得たデータを「多数機同時運航の普及拡大に向けたスタディグループ」に共有することで、要件案策定を推進する。



2025年度は5機を超えるレベル3運航や5機までのレベル3.5運航を想定してガイドラインを更新した。

ガイドラインのスコープ



実証はユースケース別に分担して実施し、要件の策定も運航管理、機体、システム/通信の分野ごとに役割分担している。

適宜開催されるスタディグループに実証結果や要件案を共有



物流ユースケース実証・要件策定
(イームズロボティクス)



監視ユースケース実証・要件策定
(KDDI)



2.物流ユースケース

①社会実装イメージ

物流ユースケース実証・要件策定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件策定
(KDDI)

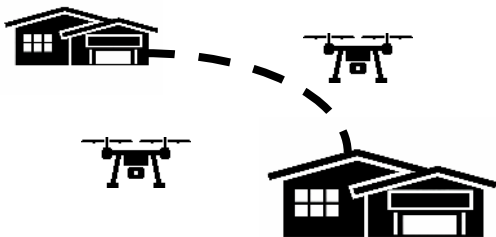


次世代空モビリティの社会実装に
向けた実現プロジェクト

初期的には物流の拠点間配送からはじめ、将来的には個宅配送に近い形でサービスを提供し物流業界における人手不足に対する解決策の一つとする。

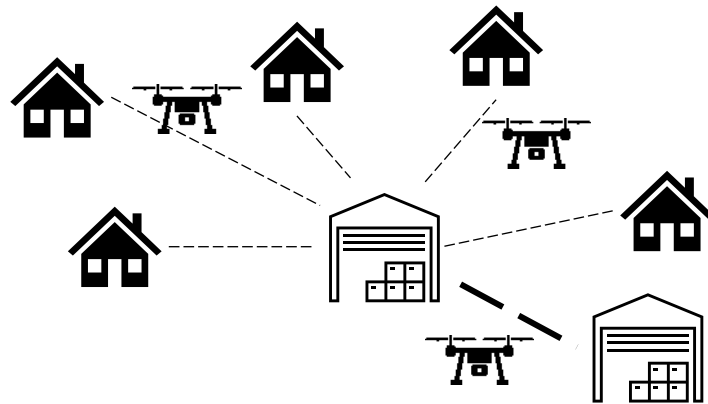
物流ユースケースにおける多数機同時運航によるサービスイメージ

拠点間配送



- ・固定ルートを利用
- ・多数機運航で複数の拠点間配送を同時に実施

個宅配送



- ・ラストワンマイルまでをカバー
- ・多数機運航で運航コストを下げマネタイズを実現

実証の目的

一人の操縦者が扱う機体数を段階的に増加させて、その対応状況の変化を観察。操縦者の対応力の限界を集計・分析し、必要とされる機能要件の抽出と優先順位付けを行う。

実証の仮説

機数の増加に伴う操縦者の余力が不足し、標準手順からの逸脱が発生する。特に人によるカメラ監視が主な確認手段となっている項目で、重大な抜け漏れが発生する。

観察・検証方法

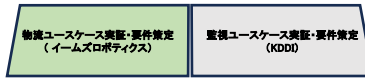
- 複数台のカメラ、画面キャプチャにて操縦の様子を記録
- 操縦者は視線計測装置を装着し、視線の中心視野を計測
- 飛行ごとにNASA-TLX^{*1}を実施し、操縦者の主観的心理負荷を記録

※同一エリアにおける複数機体の通信状況を調査する目的でLTE受信機の受信レベルサンプルの取得も実施。

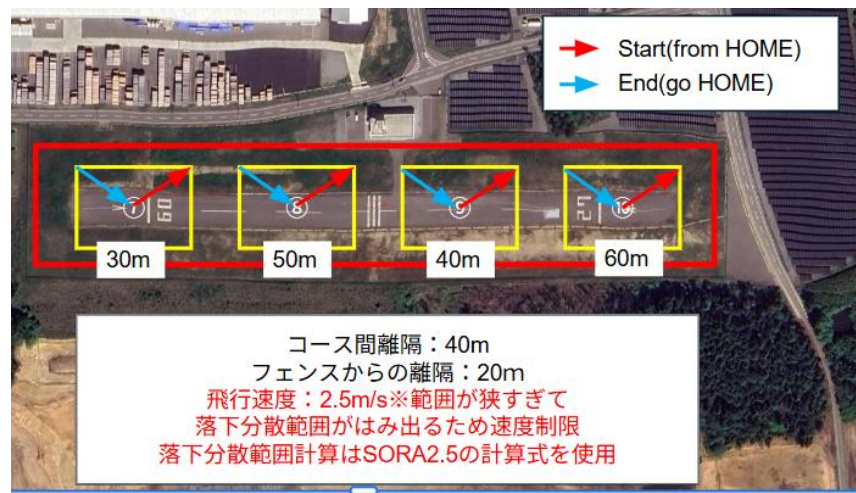
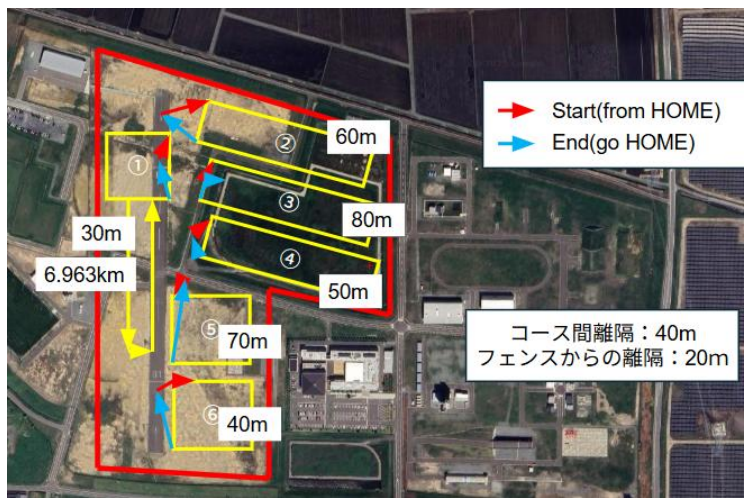


2.物流ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証



- 実施期間: 2025年10月20~23日、12月8~12日 (いずれも福島ロボットテストフィールド内)
- 計測対象: 遠隔操縦者 (RPIC) 3名について計測を実施
- 運行方法: 1対1・5・8機のレベル3飛行に加えて、1機のレベル3.5飛行を含むケースを実施 (1対5機: 4機レベル3飛行+1機レベル3.5飛行)



※10月の実証で、同一地域での10機同時通信は難しいことが判明し、12月実証では飛行エリアを分割して実施した

2.物流ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証

物流ユースケース実証-要件策定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証-要件策定
(KDDI)



汎用画面

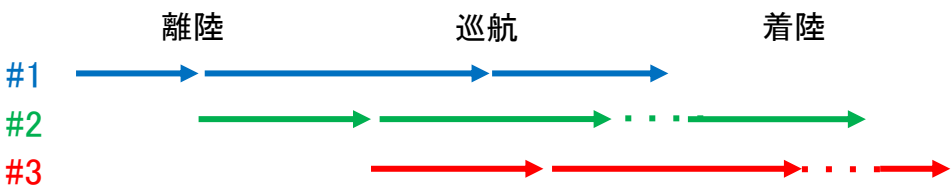
機体カメラと地図情報



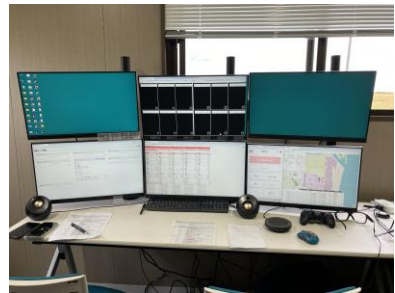
外部情報

テレメトリ情報

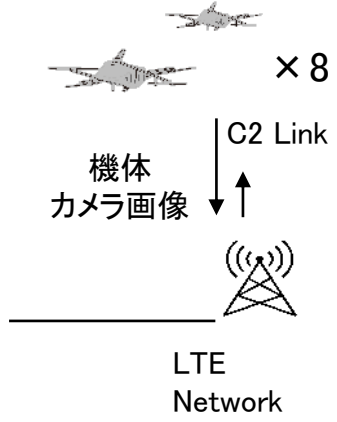
操作パネル



↑ 着陸が輻輳した場合は一時停止にて調整



操縦環境

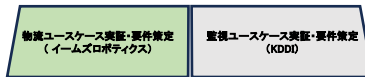


運航手順の概要

- 各機体は1機ずつ離陸させる(同時離陸は実施せず)
- 巡航中に他の機体の離着陸の対応を実施する
- 着陸は基本的に自動で行われる。安全確認手順のため、同時着陸は行わず、1機ずつの順次着陸とした
(輻輳した場合は他の機体はホバリングにて待機)

2.物流ユースケース

②これまでの取り組みと成果

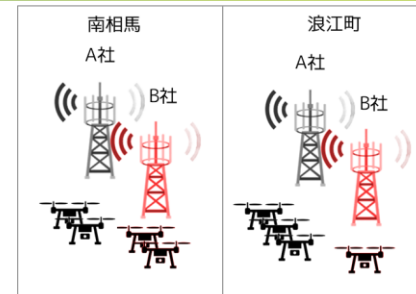


① 多数機同時運航に係る電波状況

各通信キャリアとも4機以上の接続時に通信が不安定となった

→1つの基地局カバーエリアで接続できる機体の上限数の課題

→常時の映像監視(配信)を伴う運航形態に対する解決策が必要



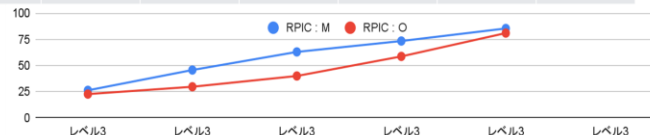
② 多数機運航の要件定義に係るデータ集計結果

機数が増加するに従い、標準手順の抜け漏れが発生した

NASA-TLXスコアは増加の傾向が見られた

→操縦装置の改良項目や運航手順の改善の優先順位付けに活用
(重要かつ抜け漏れが頻発する項目から)

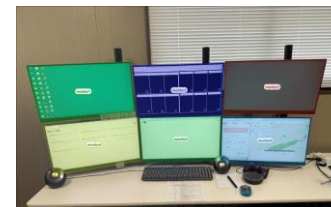
	1 to 1		1 to 5		1 to 8	
	レベル3	レベル3.5	レベル3	レベル3 レベル3.5	レベル3	レベル3 レベル3.5
RPIC : M	26.3	45.7	63.0	73.4	85.4	-
RPIC : O	22.7	29.7	40.0	58.7	81.0	-



③視線計測の結果

機数が増えるにつれて、1機あたりのカメラ監視時間が短くなる傾向が見られた

→注視した時間割合に加えて、質的時間の観点で、
運航および機体要件の定義と自動化・自律化を可能とする機能開発が必要。



2. 物流ユースケース

③ 今後の取り組み

物流ユースケース実証・要件確定
(イムズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件確定
(KDDI)



- ・操縦装置や運航手順の改良により、少ない心理的・身体的負荷での多数機運航を実現
- ・実環境での飛行実証により、多数機運航の実装に向けた最終課題の洗い出しを実施
- ・多数機運航シミュレーターの繰り返し実証により、各試験データを蓄積
- ・レベル4飛行相当の実証により社会実装に向けた機体要件・運航要件の検討を加速
- ・地上リスク自動検知手段を導入し、操縦者負荷軽減策の実効性を検証

実証の目的

本実証を通じて、多数機(6機以上)同時運航におけるテレメトリー監視の有効性と、必要な運用・要件を明確化する。

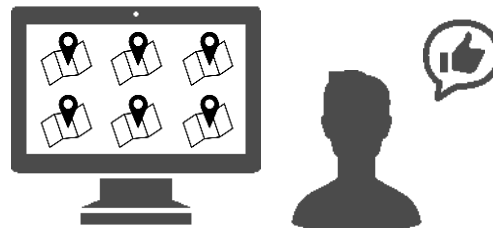
検証観点

- ① 多数機同時運航を成立させる運用手順・体制要件(監視・指示・緊急対応・役割分担)の妥当性
- ② 多数機同時運航に必要な機体要件／通信要件／システム要件(監視情報、遅延、冗長性、アラート設計等)の整理と妥当性
- ③ 監視方式別(映像監視あり／なし)のオペレーター負荷の差(監視工数・認知負荷・判断時間等)
- ④ イレギュラーが同時多発した場合の対応可能範囲(同時処理可能件数、復旧時間、優先順位付けの限界)

映像常時注視ありイメージ



映像常時注視なしイメージ



3.監視ユースケース

①社会実装イメージ

物流ユースケース実証・要件決定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件決定
(KDDI)



全国の複数ドローンの運航に係る業務全般を担い、ドローンが取得する映像等を警備会社や施設管理者に提供することで、人手不足に対する解決策の一つとする。

監視ユースケースにおける多数機同時運航によるサービスイメージ



リアルタイム監視映像
録画監視映像、写真など



3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証内容

物流ユースケース実証・要件検証
(イムズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件検証
(KDDI)

東京の運航管理室から全国の最大10機のドローンの遠隔同時運航を複数のシナリオで実施。

複数地域での遠隔目視外飛行による多数機同時運航

■操縦者: 東京 (GAT)



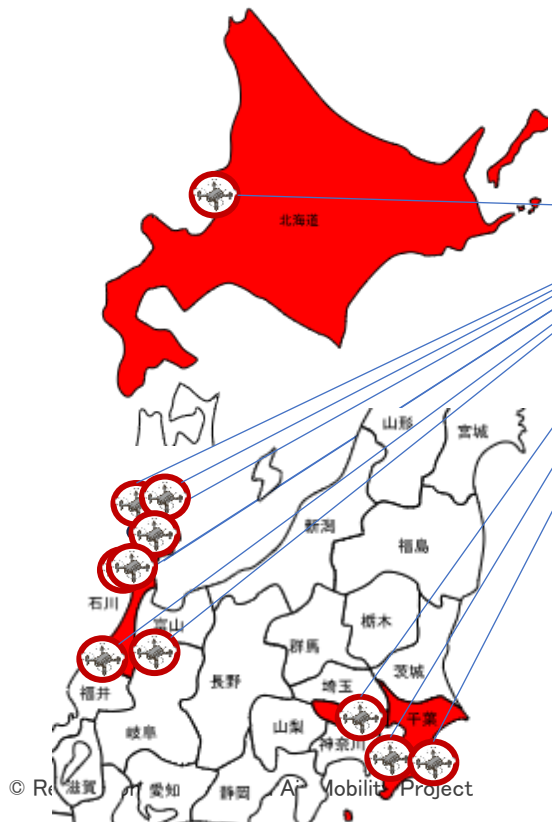
映像常時注視無し運航



映像常時注視運航



- 1対多同時運航でのテレメトリーと映像による安全確認の有効性を比較検証
- 操縦者の負荷を視線計測装置による可視化やNASA TLXで定量化する



3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-運航エリア

物流ユースケース実証・要件策定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件策定
(KDDI)



運航はすべて第三者の立ち入り管理措置がされたエリア内でのみ実施。



輪島(石川県)



七尾(石川県)



七尾(石川県)



穴水(石川県)



日置ハウス(石川県)



珠洲(石川県)



宇出津(石川県)



新十津川(北海道)



板橋(東京都)



君津(千葉県)

3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証の様子

物流ユースケース実証-要件策定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証-要件策定
(KDDI)

映像常時注視なし1:10運航の様子



視線計測装置も活用し
負荷を計測

- UTMを活用し、全機の運航を1画面で一括して管理
- イレギュラー発生時の映像注視をサブ画面にて適宜実施

映像常時注視あり1:10運航の様子



- 複数のモニターに各機体の運航管理画面をそれぞれ投影(1モニター当たり2, 3機分の画面を投影)
- 全てのモニターを均等に注視し運航を監視

3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-システム画面

物流ユースケース実証-要件検証
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証-要件検証
(KDDI)



UTM運航管理画面(1画面で多数機の情報を確認可能)

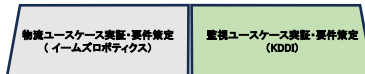
The screenshot displays a complex interface for UTM flight management. On the left, there is a vertical list of aircraft with their IDs and status indicators. The main area is a grid of satellite maps, each showing a different aircraft's position and flight path. On the right, there is an 'Alerts' window displaying several warnings, such as 'バッテリー残量危険' (Battery level danger) and 'バッテリー残量低下' (Battery level low), with associated aircraft IDs and timestamps. A callout box points to this alerts window, and another callout box points to the grid of maps.

アラート
ウィンドウ

テレメトリ情報
※複数エリアでの運航を
前提にして分割表示を
可能に

3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証結果



シナリオ No.	飛行プラン	イレギュラー		結果	考察
		介入不要	介入要		
シナリオ①	1対6 レギュラー飛行	—	—	○	5機を超える多数機同時運航でもテレメトリー監視で運航管理が可能であることを確認
シナリオ②	1対6 介入不要イレギュラー1件発生	●	—	○	多数機同時運航に則したUTMシステムを利用することでイレギュラーの即時検知は可能
シナリオ③	1対6 介入要イレギュラー1件発生	—	●	○	特に時間を要する緊急介入着陸が必要なイレギュラーであっても、検知から3分以内に対処可能
シナリオ④	1対6 介入要イレギュラー2件併発	—	●	○	緊急介入着陸の場合、対処時間的に2件程度が上限と考えられる
シナリオ⑤	1対6 介入要イレギュラー3件併発	—	●	△	本検証においては(安全が確保されていることもあり)対応可能だったものの、上記の通り2件を上限と考えるのが望ましい
追加実証①	1対10 レギュラー飛行	—	—	○	シナリオ①と同様にテレメトリー監視であれば可能であることを確認。但し、機体が増える分、全機運航の開始完了までに時間を要する
追加実証②	1対10 介入要イレギュラー2件併発	—	●	○	シナリオ④と同様に対応は可能

3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証結果

物流ユースケース実証・要件策定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件策定
(KDDI)



次世代空モビリティの社会実装に
向けた実現プロジェクト

NASA-TLX※結果

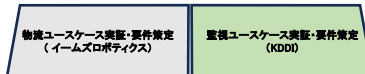
イレギュラーのありなし双方で映像の常時注視なしの方が負荷が低いという結果が見られた

パターン分類		総合スコア	内訳
イレギュラー なし	映像常時注視 なし	51.0	知的知覚的要求45/身体的要求55/タイムプレッシャー55/作 業成績55/努力55/フラストレーション55
	映像常時注視 あり	55.0	知的知覚的要求55/身体的要求55/タイムプレッシャー55/作 業成績55/努力55/フラストレーション55
イレギュラー あり	映像常時注視 なし	59.7	知的知覚的要求45/身体的要求70/タイムプレッシャー65/作 業成績55/努力65/フラストレーション65
	映像常時注視 あり	66.0	知的知覚的要求70/身体的要求65/タイムプレッシャー65/作 業成績65/努力65/フラストレーション65

※当該計測手法の概要は物流ユースケースの実証説明スライド(P8)に記載

3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証成果



実証期間、計5名の操縦者が映像の注視ありなしでの多数機運航を実施し、その後ヒアリングを実施。

操縦者の所感

映像注視なし運航の所感

映像注視あり運航の所感



UTMではイレギュラーは即検知可能、遅延なく対処可能であった



映像が見れない分僅かな状況変化に過敏に反応してしまう



1対6以上でもイレギュラーが発生しない監視は可能だが、隈なく映像を見続ける必要があり負荷が高い



テレメトリ情報の変化はアラート等で気付けるものの、映像から読み取れる気象などの変化には気付きづらい



UTMでテレメトリのみを監視しているだけだと、機体が着陸態勢に入ったかなどわからない

イレギュラー発生時はどうしても視線が特定の機体に固定されてしまい、他機体の監視が疎かになる

3.監視ユースケース

②これまでの取り組みと成果-実証結果

物流ユースケース実証・要件策定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件策定
(KDDI)



結果サマリ

- 1対5機以上の多数機同時運航で、映像常時注視なし運航で操縦者の負荷が軽減され、テレメトリ情報による運航監視でも適切に危険を検知し、安全な運航を実施出来ることが確認された
- イレギュラー時の介入対応は特に時間、注意力が必要な緊急介入着陸対応の場合2件程度が上限と考えられる
- ただし、実際の運用に載せて事業として運用していくに際しては以下に挙げるような改善が必要

改善事項

- 映像がないと飛行の細かいステータスや進捗状況が直感的に把握しづらいため、UTM上の飛行ステータス(待機中/離陸/飛行中/着陸/RTH)やフライトプラン進捗(インジケータでプランの進捗を可視化)と残りの飛行時間の追加が必要
- 同じアラートが複数回表示されると見逃しが起きやすくなるため同じアラートは上書き表示とする
- アラート発報の通知方法については、現行のテキストと色に加え、「音」でも気付けるようにすること
- テレメトリ情報に、天気情報と通信状況を追加
- アラートが同時に複数発報した場合、どの機体にどのアラートが発生したかまで判別できるようなUIが必要

3.監視ユースケース

③今後の取り組み-実証内容

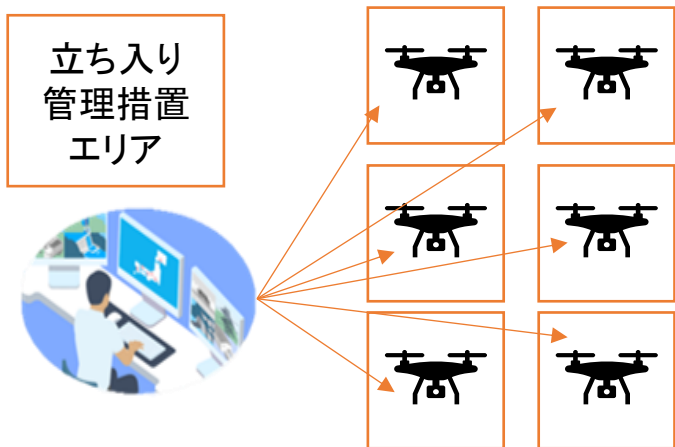
物流ユースケース実証・要件策定
(イームズロボティクス)

監視ユースケース実証・要件策定
(KDDI)

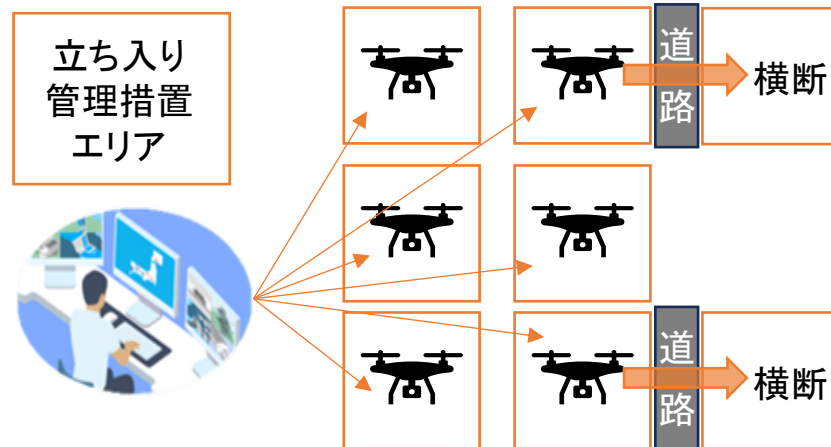
2026年度実施予定実証内容

- 6機以上の多数機同時運航の一部において、立ち入り管理措置エリア間の移動を実施。移動の際、道路を横断するようなレベル3.5運航での実証を予定。

2025年度実証



2026年度実証





Tomorrow, Together



