

次世代空モビリティの協調的運航管理技術の研究開発 —ドローン・空飛ぶクルマ・既存航空機により安全で効率的な航行を目指して—

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門
航空利用拡大イノベーションハブ CONCERTOプロジェクトチーム長
又吉 直樹

1. 背景
 - － ドローンの動向
 - － 空飛ぶクルマの動向
2. 次世代空モビリティに係るJAXAの取り組み
3. CONCERTO
 - － 次世代空モビリティの運航管理上の課題
 - － プロジェクト概要
 - － 研究開発の内容
4. まとめ

1. 背景：ドローンの動向（1/2）

多数のドローンが、有人地帯で目視外飛行を行う世界が近づいている

有人地帯での目視外飛行（レベル4飛行）

法制度が2022年度に整備され、2023年度から試験的なレベル4飛行が始まっている。



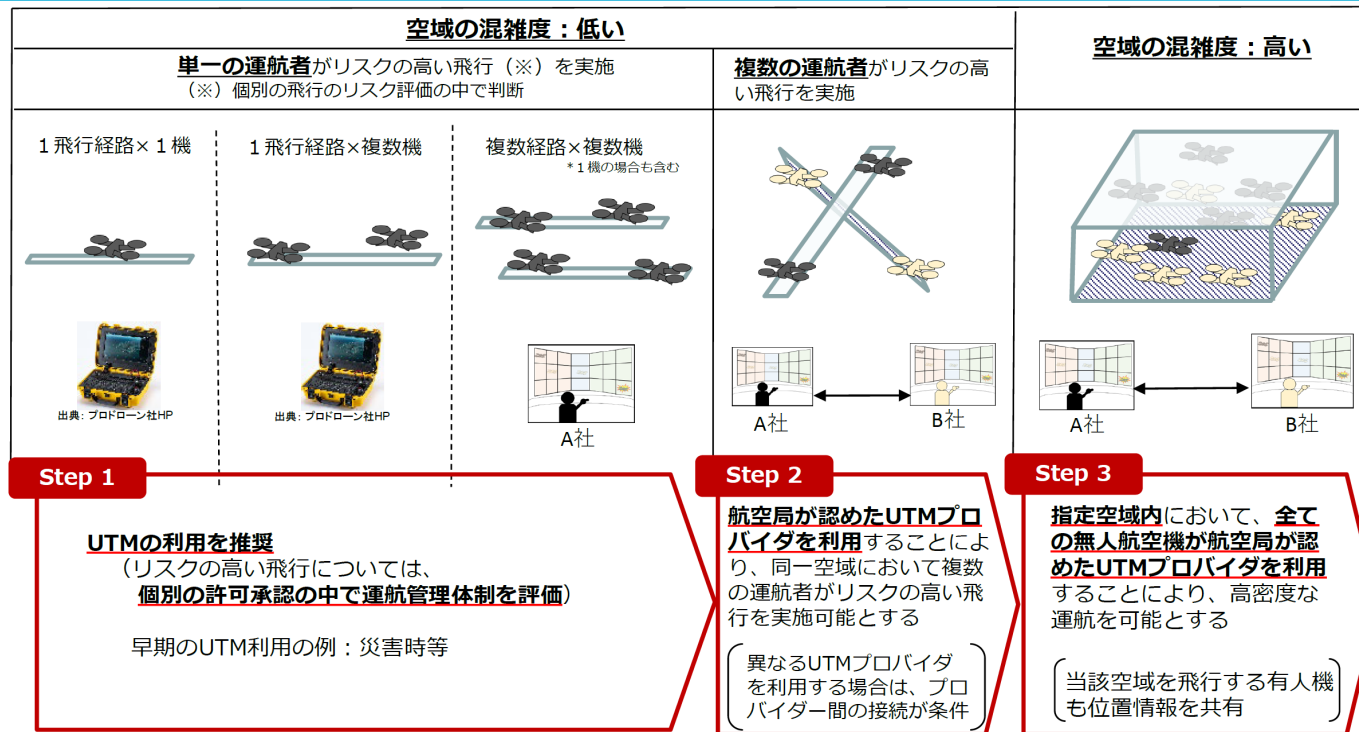
1. 背景：ドローンの動向（2/2）

多数のドローンが、有人地帯で目視外飛行を行う世界が近づいている

運航管理システム（UTM）の導入

複数の運航者によるリスクの高いドローンの飛行や、混雑度が高い空域でのドローンの飛行を行うため、ドローンの**飛行計画・動態情報等の共有・調整**を行うUTMの段階的導入が検討されている。

空域の混雑度や運航形態に応じたUTMの段階的導入



スケジュール

- UTMプロバイダの認定要件の整備を進め、**2025年頃のStep 2の実現を目指す**。また、異なるUTMプロバイダ間の接続について、技術仕様の検討、官民の役割分担等について検討を進める。
- 空飛ぶクルマを含めた有人機と無人機の調和した交通管理に関する技術検証を進めるとともに、Step 3による管理が必要となる程度にドローンが輻輳する時期を見極めつつ、**Step 3の導入時期については引き続き検討**。

1. 背景：空飛ぶクルマの動向（1/5）

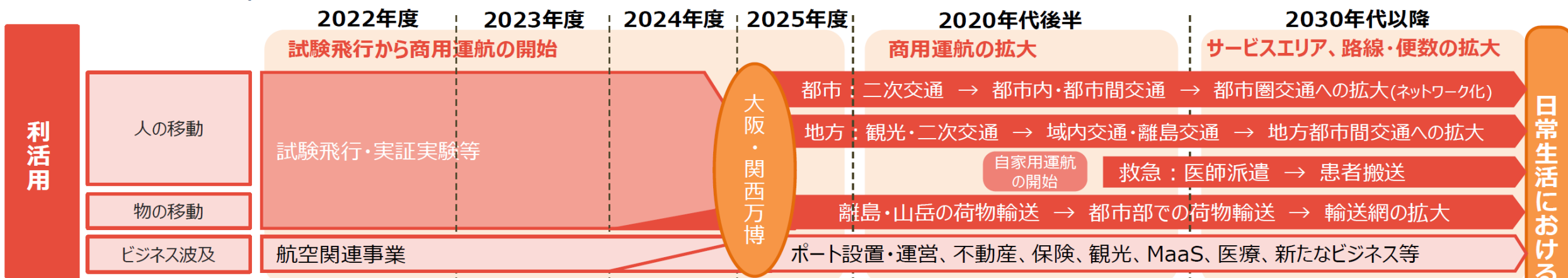
空の移動革命に向けたロードマップ

大阪・関西万博（2025年）を契機に、空飛ぶクルマの商用運航を拡大する方針。

空の移動革命に向けたロードマップ(改訂案)

2022年3月18日 空の移動革命に向けた官民協議会

このロードマップは、いわゆる“空飛ぶクルマ”、電動・垂直離着陸型・自動操縦の航空機などによる身近で手軽な空の移動手段の実現が、都市や地方における課題の解決につながる可能性に着目し、官民が取り組んでいくべき技術開発や制度整備等についてまとめたものである。



出典：第8回 空の移動革命に向けた官民協議会 配付資料、2022年3月
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/008.html

1. 背景：空飛ぶクルマの動向（2/5）

大阪・関西万博での運航

4機種が、会場と会場周辺を結ぶ
2地点間運航を行う予定。

大阪・関西万博における空飛ぶクルマ 2 地点間運航の各社イメージ

2023年8月7日現在

※いずれの情報も関係者間で協議・調整を行っている段階のものであり、今後以下内容を前提に更なる協議・調整を進めるものとする。

運航事業者	ANAホールディングス /Joby Aviation	日本航空	丸紅	SkyDrive
使用予定機体	 <p>©Joby Aviation</p> <p>Joby Aviation(米)</p> <p>〔 航続距離160km 定員 5名 〕</p>	 <p>©Volocopter</p> <p>Volocopter(独)</p> <p>〔 航続距離35km 定員 2名 〕</p>	 <p>©Vertical Aerospace</p> <p>Vertical Aerospace(英)</p> <p>〔 航続距離160km 定員 5名 〕</p>	 <p>©SkyDrive</p> <p>SkyDrive(日)</p> <p>〔 航続距離15km 定員 3名 〕</p>
想定する会場外ポート候補	<p>・会場周辺の湾岸・河川沿いの適地を念頭にANAホールディングス/Joby Aviationにおいて検討・調整中。</p>	<p>【桜島】</p> 	<p>【尼崎フェニックス】</p> 	<p>【大阪港・中央突堤】</p> 
運航イメージ		<p>・桜島-会場間の2地点間運航</p>	<p>・フェニックス地区-会場間の2地点間運航</p>	<p>・中央突堤-会場間の2地点間運航</p>

1. 背景：空飛ぶクルマの動向（3/5）

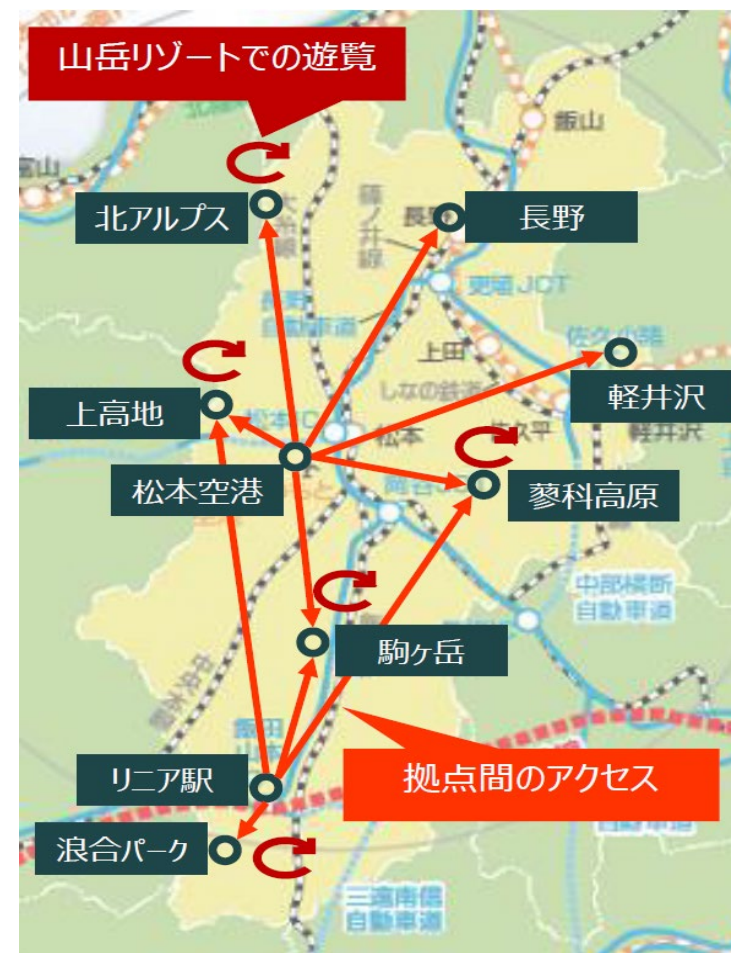
万博後に想定される空飛ぶクルマのユースケース例



都市部におけるユースケース例（大阪府）

空港からの二次交通、通勤、遊覧、観光地への移動、救命救急における医師搬送等

出典：大阪府パンフレット「大阪府における空の移動革命社会実装に向けて」、2022年3月
<https://www.pref.osaka.lg.jp/energy/evtol/>



地方部におけるユースケース（長野県）

空港やリニア駅からの二次交通、観光地での遊覧、山岳救助等

出典：長野県「空の移動革命」勉強会 資料、2023年3月
<https://sites.google.com/union.nagano-map.lg.jp/nagano-dx/airmobi>

1. 背景：空飛ぶクルマの動向（4/5）

空飛ぶクルマの運用概念（ConOps）

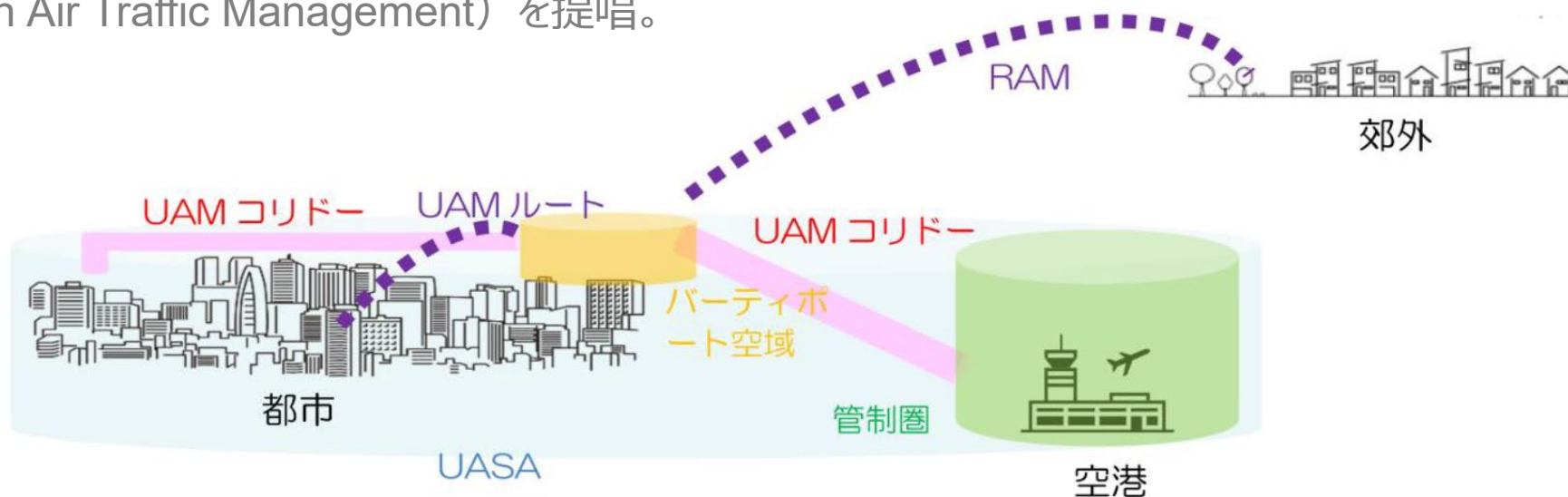
■ 段階的な運航拡大

空飛ぶクルマ（AAM）の導入は**フェーズ1～3の3段階**を想定。**段階的に運航密度を上げる。**

■ UATMサービスの提供

空飛ぶクルマを対象にした交通管理サービスとして、**UATM（Urban Air Traffic Management）**を提唱。

フェーズ	成熟度	想定時期
フェーズ0	商用運航に先立つ 試験飛行・実証飛行	
フェーズ1	商用運航の開始 - 低密度での運航 - 操縦者搭乗、遠隔操縦（荷物輸送のみ）	2025年頃
フェーズ2	運航規模の拡大 - 中～高密度での運航 - 操縦者搭乗、遠隔操縦	2020年代後期以降
フェーズ3	自律制御を含むAAM運航の確立 - 高密度での運航 - 自動・自律運航の融合	2030年代以降



空飛ぶクルマの運航イメージ

UATMサービスを提供する空域（UASA）を設定

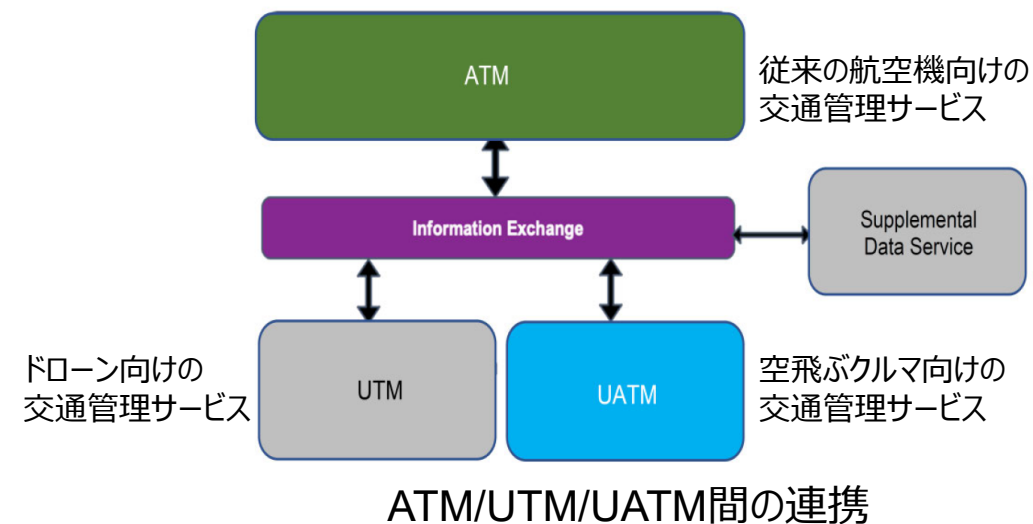
空飛ぶクルマの運用概念（ConOps）

■ 段階的な運航拡大

空飛ぶクルマ（AAM）の導入はフェーズ1～3の3段階を想定。段階的に運航密度を上げる。

■ UATMサービスの提供

空飛ぶクルマを対象にした交通管理サービスとして、**UATM**（Urban Air Traffic Management）を提唱。



UATMサービスの概要

情報交換：AAM機の安全で効率的な運用をサポートするため、ANSPを含む低高度空域関係者間でタイムリーで正確なデータ交換。

空域管理：需要の変化に応じて低高度空域を最大限に利用するものであり、UASA及びルート／コリドーを設定。運航規模の拡大に伴い動的空域管理の導入も検討。

運航調整：限られた空域及びパーティポートの容量の中で、AAMの需要に対して可能な限り応えられるようにする。到着・出発の時間とスロット等の運航調整。

飛行計画の確認/承認：運航規模の拡大に応じて、運航者又は操縦者から提出される飛行計画を確認して必要な調整を行った上で承認。

適合性モニタリング：UASA内のAAM機が確認／承認された飛行計画に適合して飛行していることを確認。UATMサービスの運用に影響を与える不適合機及び当該不適合機により影響を受ける他のAAM機に対して、タイムリーに情報提供と対応を提示。

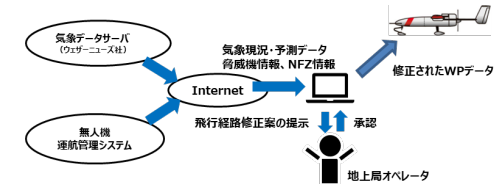
1. 背景
 - － ドローンの動向
 - － 空飛ぶクルマの動向
2. 次世代空モビリティに係るJAXAの取り組み
3. CONCERTO
 - － 次世代空モビリティの運航管理上の課題
 - － プロジェクト概要
 - － 研究開発の内容
4. まとめ

2. 次世代空モビリティに係るJAXAの取り組み

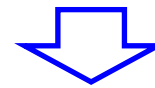
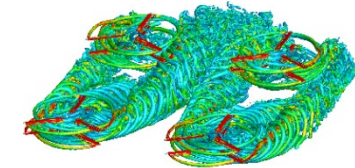
- **有人・無人機の混在運航**や**高密度運航**を実現する**多種・多様運航統合技術**
→ 空飛ぶクルマ、ドローン、ヘリコプタが共存可能な運航管理技術

CONCERTO

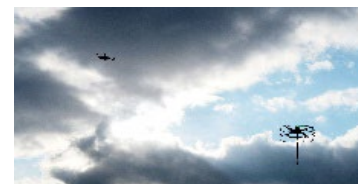
- **高度な自律飛行**を実現する**自律化要素技術**
→ 自動運用可能な小型ドローン



- **空飛ぶクルマの性能向上・運用環境拡大**を実現する**機体特性推定・高度化技術**
→ 空飛ぶクルマの性能予測・改善（低騒音化）



2020年代半ばの**災害対応能力の向上**、2030年代前半の**空の移動革命の実現**に貢献する



災害・危機管理対応時の
有人・無人機連携



一般空域における
次世代空モビリティ運航

1. 背景
 - － ドローンの動向
 - － 空飛ぶクルマの動向
2. 次世代空モビリティに係るJAXAの取り組み
3. CONCERTO
 - － 次世代空モビリティの運航管理上の課題
 - － プロジェクト概要
 - － 研究開発の内容
4. まとめ

3. CONCERTO : 次世代空モビリティの運航管理上の課題

官民協議会が示した空飛ぶクルマの導入フェーズ

フェーズ	成熟度	想定時期
フェーズ0	商用運航に先立つ 試験飛行・実証飛行	2025年頃
フェーズ1	商用運航の開始 - 低密度での運航 - 操縦者搭乗、遠隔操縦（荷物輸送のみ）	
フェーズ2	運航規模の拡大 - 中～高密度での運航 - 操縦者搭乗、遠隔操縦	2020年代後期以降
フェーズ3	自律制御を含むAAM運航の確立 - 高密度での運航 - 自動・自律運航の融合	2030年代以降

JAXAの研究開発のターゲット



フェーズ2以降の空飛ぶクルマの運航の特徴と課題

運航の特徴	運航管理上の課題
多数機が同時飛行 (同一エリアに数十機以上)	ポート、空中での コンフリクト (競合) ※解消 ※空間・時間的に安全な間隔を確保できない状態
短時間の飛行 (10分程度が主)	待機の削減
オンデマンド飛行の増加	短時間での調整
低高度の飛行	ドローンとの共存



フェーズ2以降の次世代空モビリティの運航イメージ

課題解決のための**運航管理技術**を
CONCERTOプロジェクトで研究開発
⇒ **航空局が提供するUATMに反映**

3. CONCERTO : プロジェクト概要

※Collaborative Operation management of Next Coming air mobility for Ecosystem RevoluTiOn

【名称】

次世代空モビリティの協調的運航管理技術の研究開発（CONCERTO※）

【目的】

ドローン・空飛ぶクルマ・既存航空機の統合的な運航管理システムのコア技術を開発・実証する。開発した技術は国際標準化や国内企業への技術移転を行い、**次世代空モビリティの発展と国内産業の振興に貢献**する。

【期間】

2022～2026年度（約5年間）
2024～2026年度に**3回の飛行実証を計画**
実証毎に改良を重ね、技術成熟度を高める。



【外部との連携】

CONCERTOは、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「**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（ReAMoプロジェクト）**」における**NEDOからの受託業務を主体**とし、国内企業6社、国内2大学と共に研究開発を進めている。また、関係省庁とも緊密な情報共有を行っている。

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

(Realization of Advanced Air Mobility: ReAMo プロジェクト)



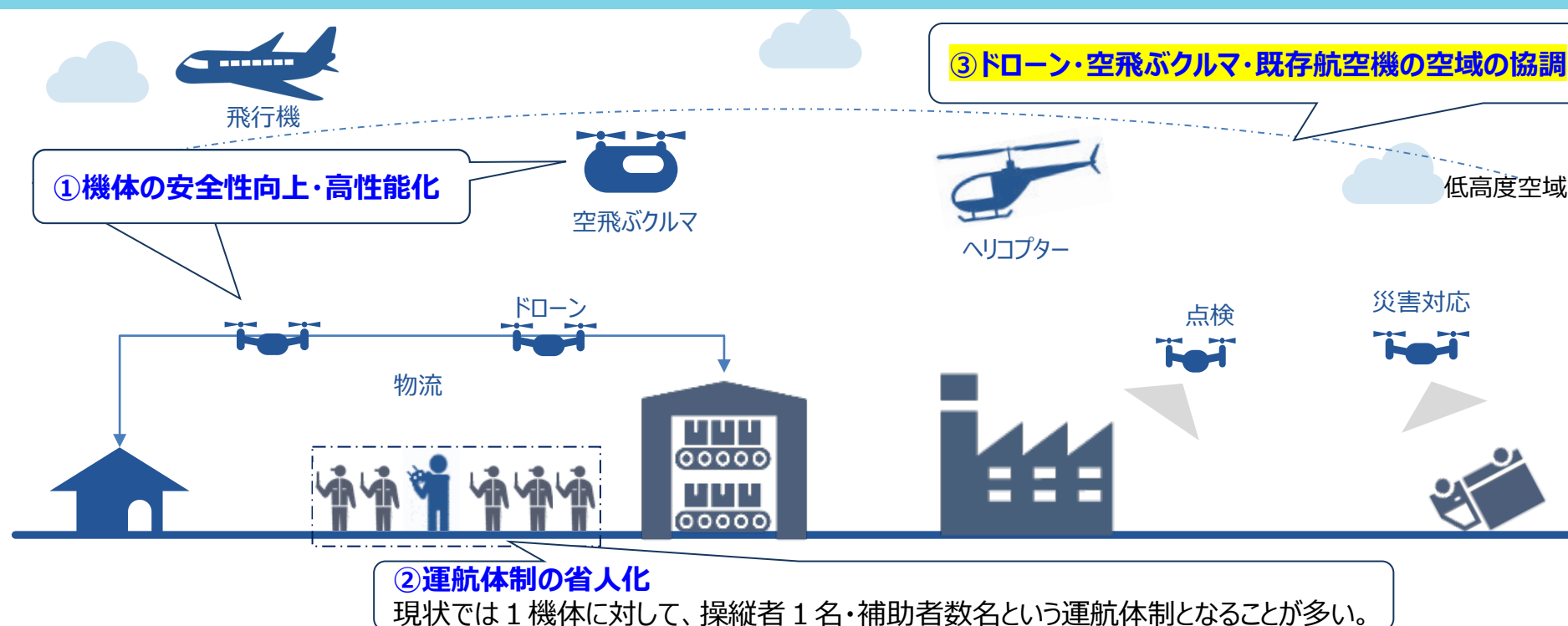
<https://reamo.nedo.go.jp/>



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構
New Energy and Industrial Technology Development Organization

今後の産業拡大を見据え、

- ① 試験方法の標準化や産業規格化により、「機体の安全性向上・高性能化」を進め、ドローン*の活用の幅を拡大し、空飛ぶクルマの市場を創造する。
- ② 「運航体制の省人化」によって1人の操縦者が複数の機体を操縦できるようにし、ドローン利活用のポテンシャルをさらに引き出す。
- ③ また、空飛ぶクルマが登場することも見据え、ドローンと空飛ぶクルマ、既存航空機が空域を協調し、より安全で効率的な航行を行うための技術の確立を目指す。



3. CONCERTO : 研究開発の内容 (1/4)

フェーズ2以降の空飛ぶクルマの運航の特徴と課題

運航の特徴	運航管理上の課題
多数機が同時飛行 (同一エリアに数十機以上)	ポート、空中での コンフリクト (競合) ※解消 ※空間・時間的に安全な間隔を確保できない状態
短時間の飛行 (10分程度が主)	待機の削減
オンデマンド飛行の増加	短時間での調整
低高度の飛行	ドローンとの共存



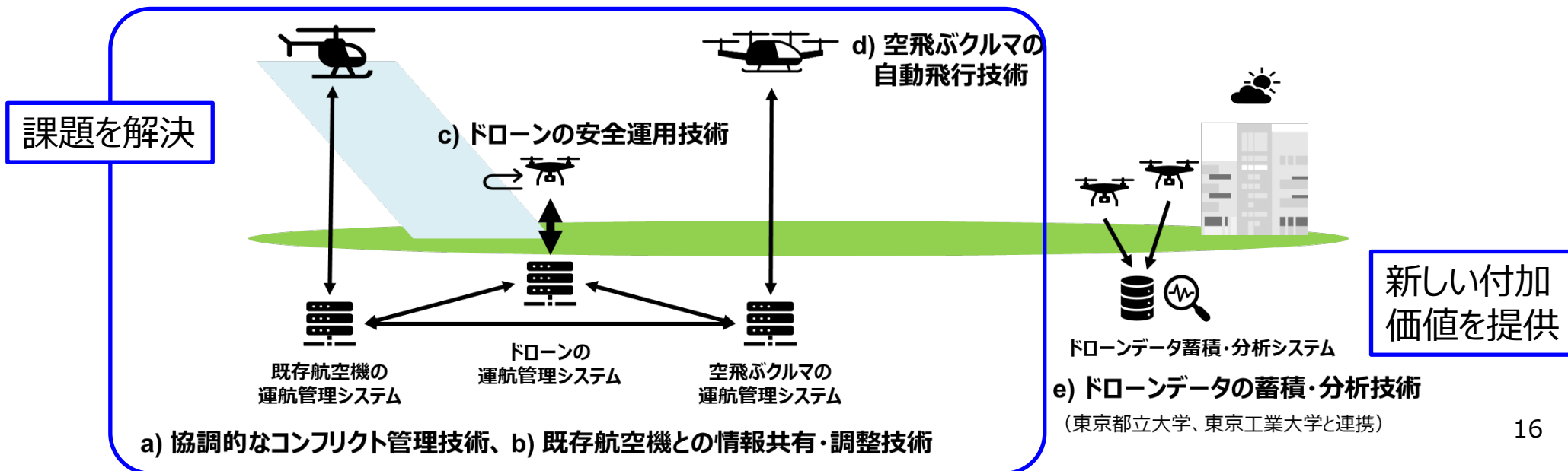
CONCERTOの取り組み

【飛行前】

- 飛行前の計画調整で、**コンフリクトを無くす**
- 多数機の**飛行計画間のコンフリクト解消** (図a)

【飛行中】

- 計画通りに飛行しているかモニタ**
- **動態情報の共有、モニタ** (図b)
- 計画からの「ずれ」に対応**
- **飛行計画のリアルタイム調整** (図a)
- **ドローンの有人機回避手順** (図c)
- 計画に沿った飛行を行う**自動飛行技術** (図d)

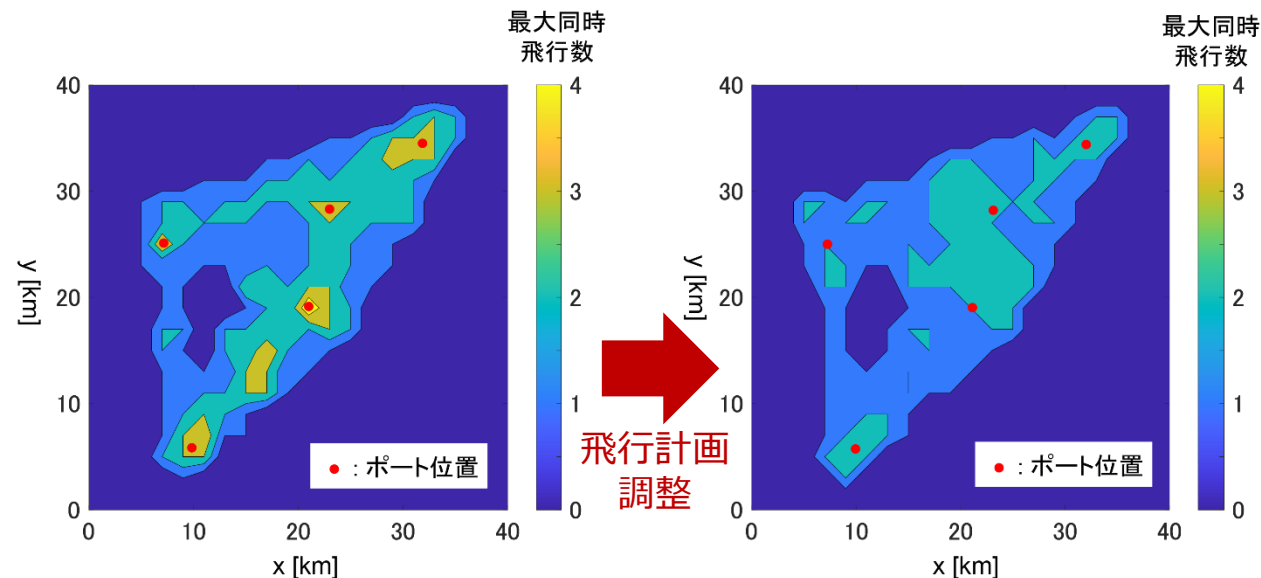


3. CONCERTO : 研究開発の内容 (2/4)

a) 協調的なコンフリクト管理技術

以下の機能を有するアルゴリズムを開発。

- 【飛行前】 時間的・空間的に空域及びポートの混雑度が許容値以下となるよう、飛行計画を調整する DCB (Demand-Capacity Balancing)
- 【飛行中】 計画からの「ずれ」に対応して、飛行計画をリアルタイムに修正する。



DCBによる混雑度 (同時飛行数) の調整イメージ

b) 既存航空機との情報共有・調整技術

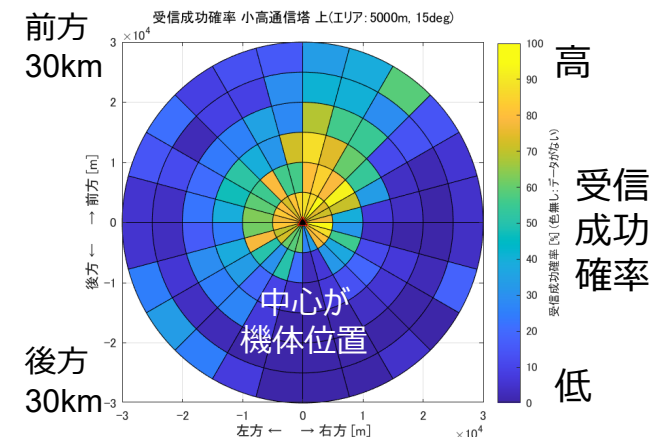
- 防災機関が導入している、D-NET※ベースの有人航空機の運航管理システムとの、飛行計画・動態情報の共有・調整インターフェースを開発。
- 既存航空機にレトロフィット可能な、持込型のポータブルADS-Bの導入・運用手順を開発。



ポータブルADS-B

<https://uavionix.com/products/skyecho/>

英国では、状況認識向上のため、既存航空機への導入が進む



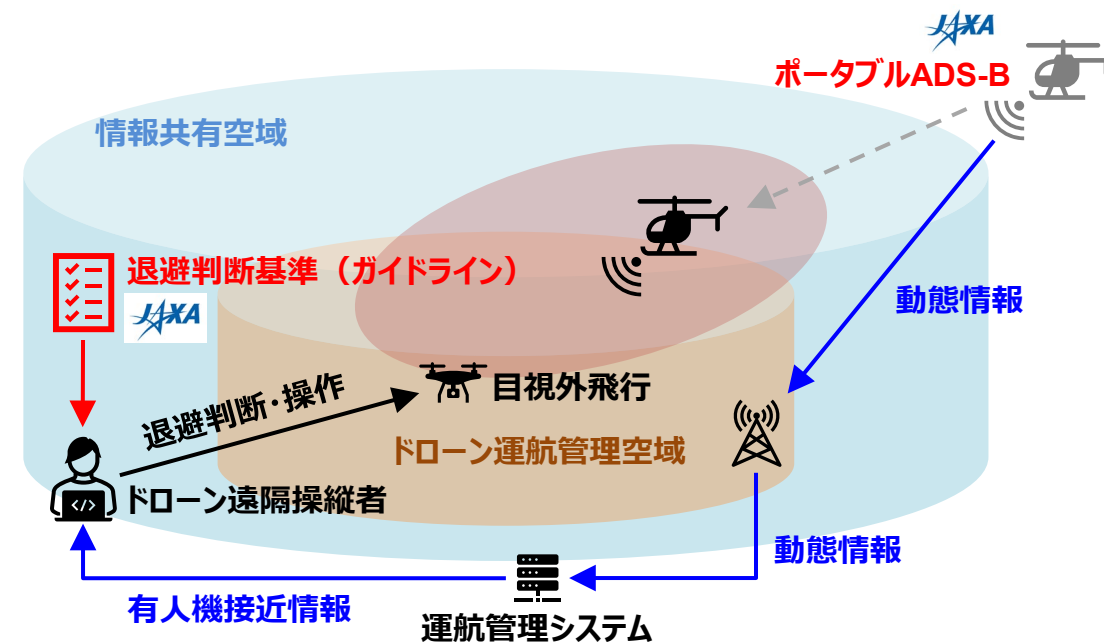
左30km 右30km
ポータブルADS-Bの電波到達範囲の飛行評価例
機内での搭載状況により、指向性がある

※災害・危機管理対応統合運用システム。空地間で災害情報・運航情報を共有するプラットフォームであり、JAXAが開発した。

3. CONCERTO : 研究開発の内容 (3/4)

c) ドローンの安全運用技術

- 【前提】 有人機がドローンに対して動態情報を提供し、ドローンが安全距離を保つための対応をする。
(欧米では制度化が進んでおり、日本でも関係者の理解が進みつつある)
- 有人機の動態情報の精度・信頼性や、ドローンの退避行動（着陸等）に要する時間を考慮して、**有人機接近時のドローンの退避判断基準（ガイドライン）**を策定。



d) 自動飛行技術

- コンフリクト管理で必要となる、**飛行中の柔軟な経路調整**や**4D運航能力**（指定された地点を指定された時刻に通過する能力）を実現する**自動飛行技術を飛行実証**する。
- JAXAの実験用ヘリコプタを改修し、**地上からの指示により飛行中に経路・速度の調整・変更**が可能な、自動飛行技術の**飛行実証プラットフォーム**を構築。
⇒ **共同研究等によりJAXA外にも実証機会を提供。**

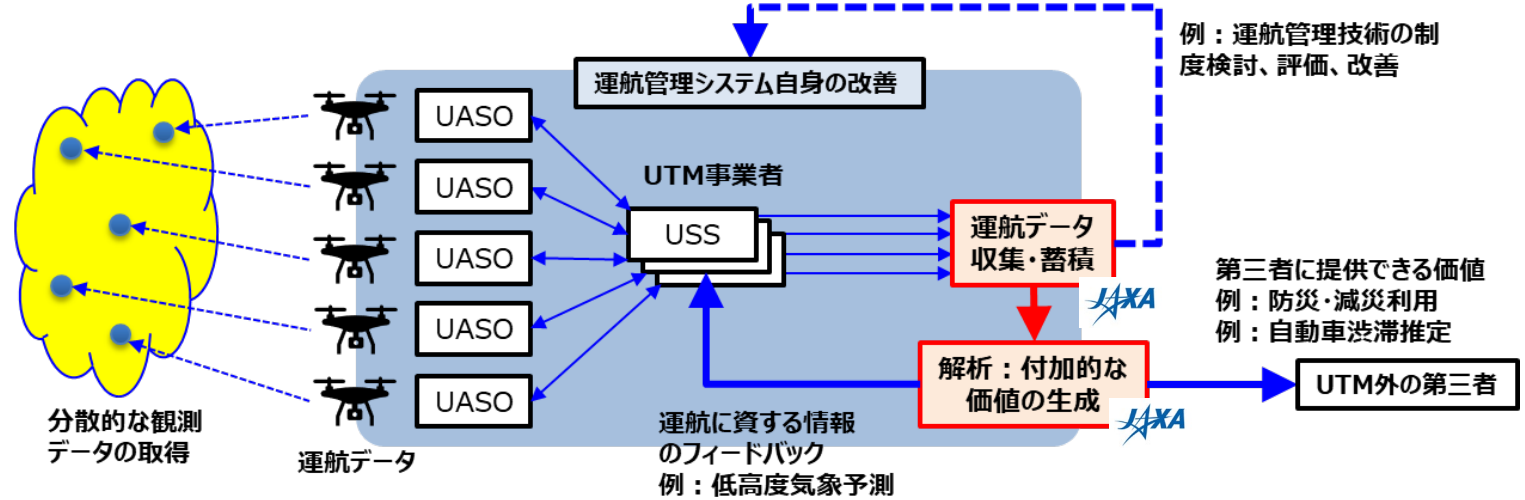


JAXA実験用ヘリコプタ
川崎式BK117C-2型

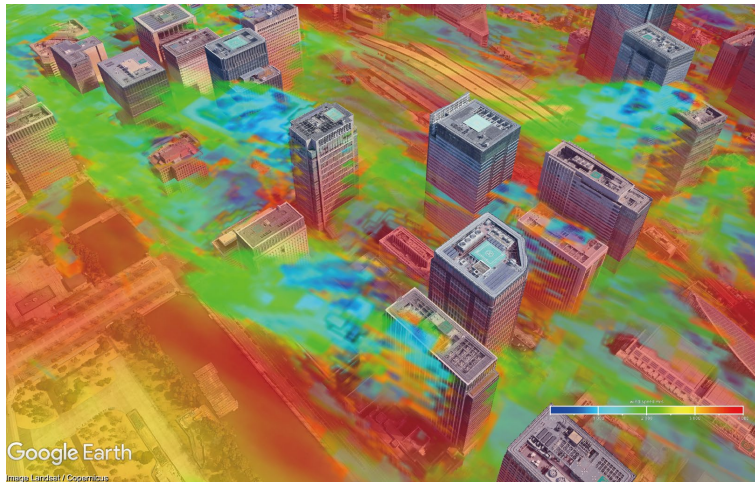
3. CONCERTO : 研究開発の内容 (4/4)

e) ドローンデータの蓄積・分析技術

- ドローンが収集したデータを分析し、ドローン自身の安全性向上だけでなく、都市部の気象予測精度向上など、ドローン以外の用途に活用する。
⇒ ドローンの新たな価値を創造し、市場拡大に繋げる。



UTMのアーキテクチャを応用したドローンデータの収集と統合されたビッグデータの活用概念



- ドローン運航データのデータ同化による予測精度向上
- ドローン運航安全向上へのフィードバック



都市部の低高度気象予測への応用例 (東京工業大学との共同研究)

1. 背景
 - － ドローンの動向
 - － 空飛ぶクルマの動向
2. 次世代空モビリティに係るJAXAの取り組み
3. CONCERTO
 - － 次世代空モビリティの運航管理上の課題
 - － プロジェクト概要
 - － 研究開発の内容
4. まとめ

- **ドローンの利用拡大、空飛ぶクルマの運航実現に向けた動きが加速している。**
- **JAXAの次世代空モビリティの協調的運航管理技術の研究開発（CONCERTO）では、ドローン・空飛ぶクルマ・既存航空機の統合的な運航管理システムの開発**を目指し、協調的なコンフリクト管理（衝突回避）技術、空飛ぶクルマの自動飛行技術や、ドローンデータの蓄積・分析技術等のコア技術を開発している。
- **CONCERTOは、NEDOのReAMoプロジェクトの枠組みを用いて、国内企業や関係省庁と緊密に連携して研究開発を進めている。開発した技術は国際標準化や国内企業への技術移転を行い、次世代空モビリティの発展と国内産業の振興に貢献する。**

ご清聴ありがとうございました

