

# 「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」

## 研究開発項目②「運航管理技術の開発」

ドローン・空飛ぶクルマ・既存航空機の空域共有のあり方の検討・研究開発

## 低高度空域共有に向けた運航管理技術の研究開発

2022年12月

# 研究開発項目② 運航管理技術の開発

## 低高度空域共有に向けた運航管理技術の研究開発

### 事業内容

#### (A) 運航管理システム・衝突回避技術の開発

技術発展と社会実装が一体となって進むように次世代空モビリティを対象とした運航管理システムの総合的な研究開発を行う。

#### (B) エコシステム構築に向けたオペレーション検証

大阪・関西万博で空飛ぶクルマの飛行実現を目指し、オペレーション手法、安全確保手順を確立する。

#### (C) 自動・自律飛行、高密度化に向けた技術開発

成熟度レベル4以上の運航を見据えた高度な要素技術の研究開発を行う。

### 実施体制

日本電気（株）（再委託：NTTコミュニケーションズ（株）、テラドローン（株）、（国研）情報通信研究機構）、KDDI（株）、（株）NTTデータ、（国研）宇宙航空研究開発機構（再委託：東京都立大学、東京工業大学）、BIRD INITIATIVE（株）（再委託：東京大学、NTTコミュニケーションズ（株）、（国研）産業技術総合研究所）、日本航空（株）、オリックス（株）

### 達成目標

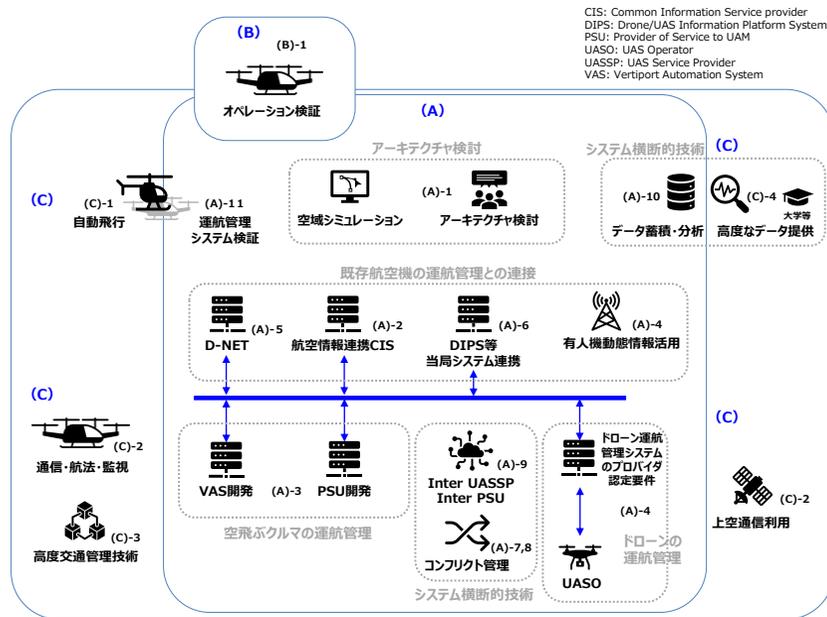
#### 中間目標（2024年度）

- ・成熟度レベル（※）2-3相当の部分検証モデルを作成し、実機＋一部シミュレーションによる統合接続を実証する。
- ・成熟度レベル4を見据えた要素技術の標準化提案の候補案件を具体化する。
- ・実証を通してドローン運航管理システム相互接続に必要な要件を示し、これを含むドローン運航管理システムのプロバイダ認定要件を提案する。

（※）成熟度レベルの定義については、<https://www.nedo.go.jp/content/100944265.pdf>を参照のこと。

#### 最終目標（2026年度）

- ・成熟度レベル4相当を見据えた要素技術／サブシステムの部分検証モデルを構築し、シミュレータ＋一部実機による総合接続を実証する。



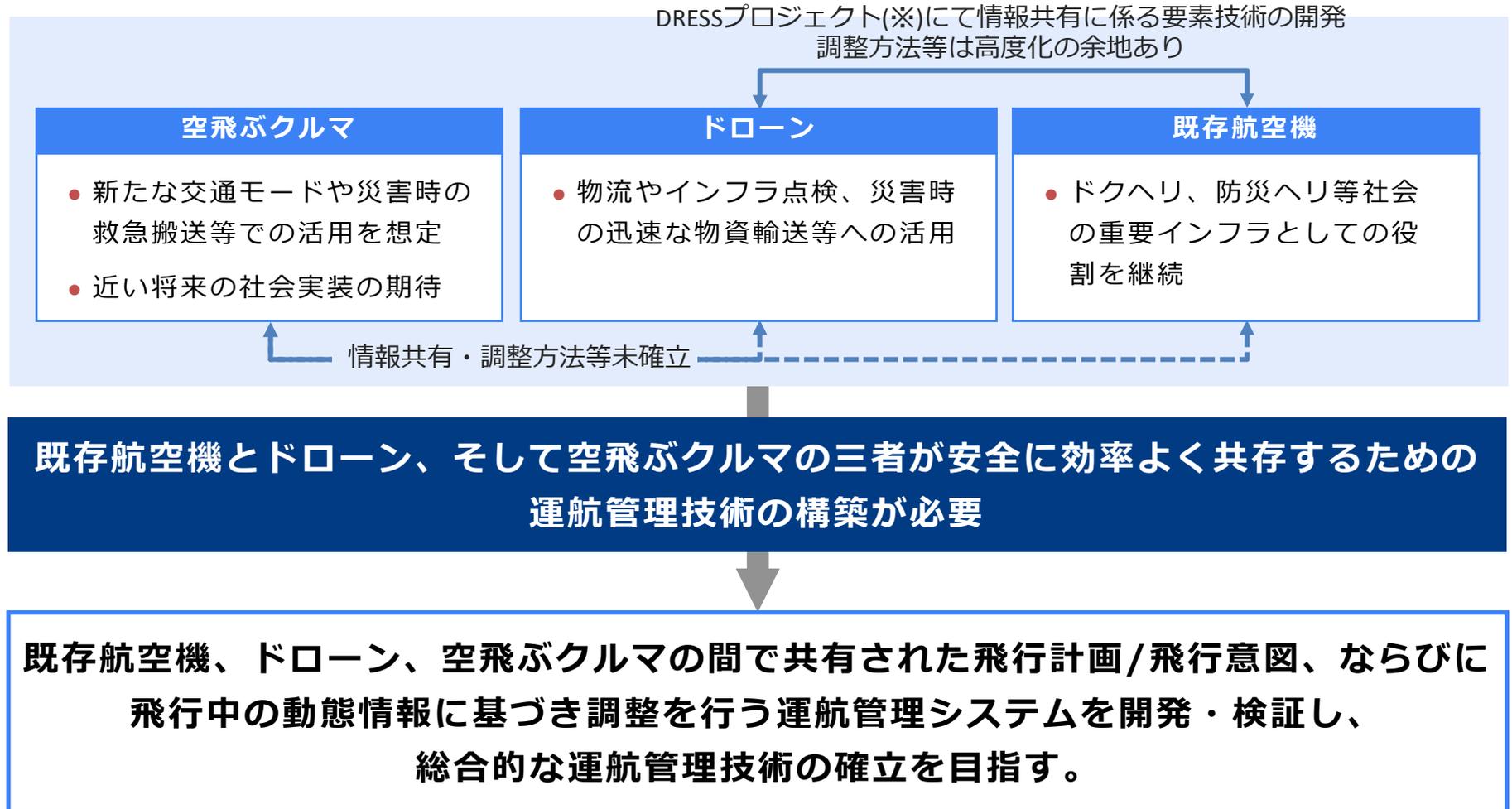
## 目次

1. 背景及び目的
2. 研究開発の概要
3. 研究開発の実施スケジュール
4. 研究開発の目標

付録:各研究開発項目の概要

# 1. 背景及び目的

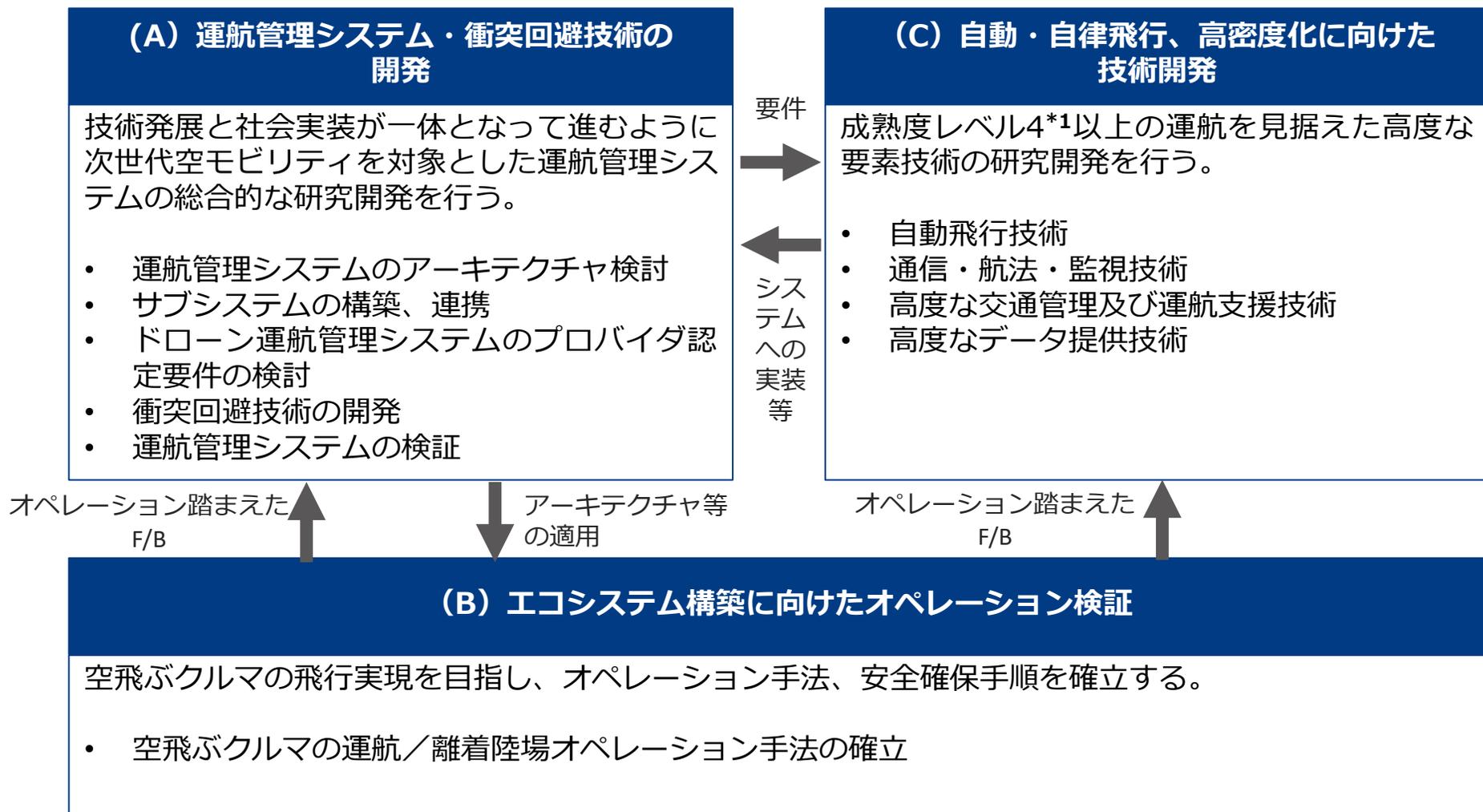
空飛ぶクルマやドローンといった次世代空モビリティの社会実装を目指した取り組みが進められているが、既存航空機を考慮しつつ低高度空域での調和的な運用を実現する方法は未確立。



※「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」の略であり、目視外飛行実施に向けた運航管理システムの開発等を実施(2017~2021)

## 2. 研究開発の概要 全体概要

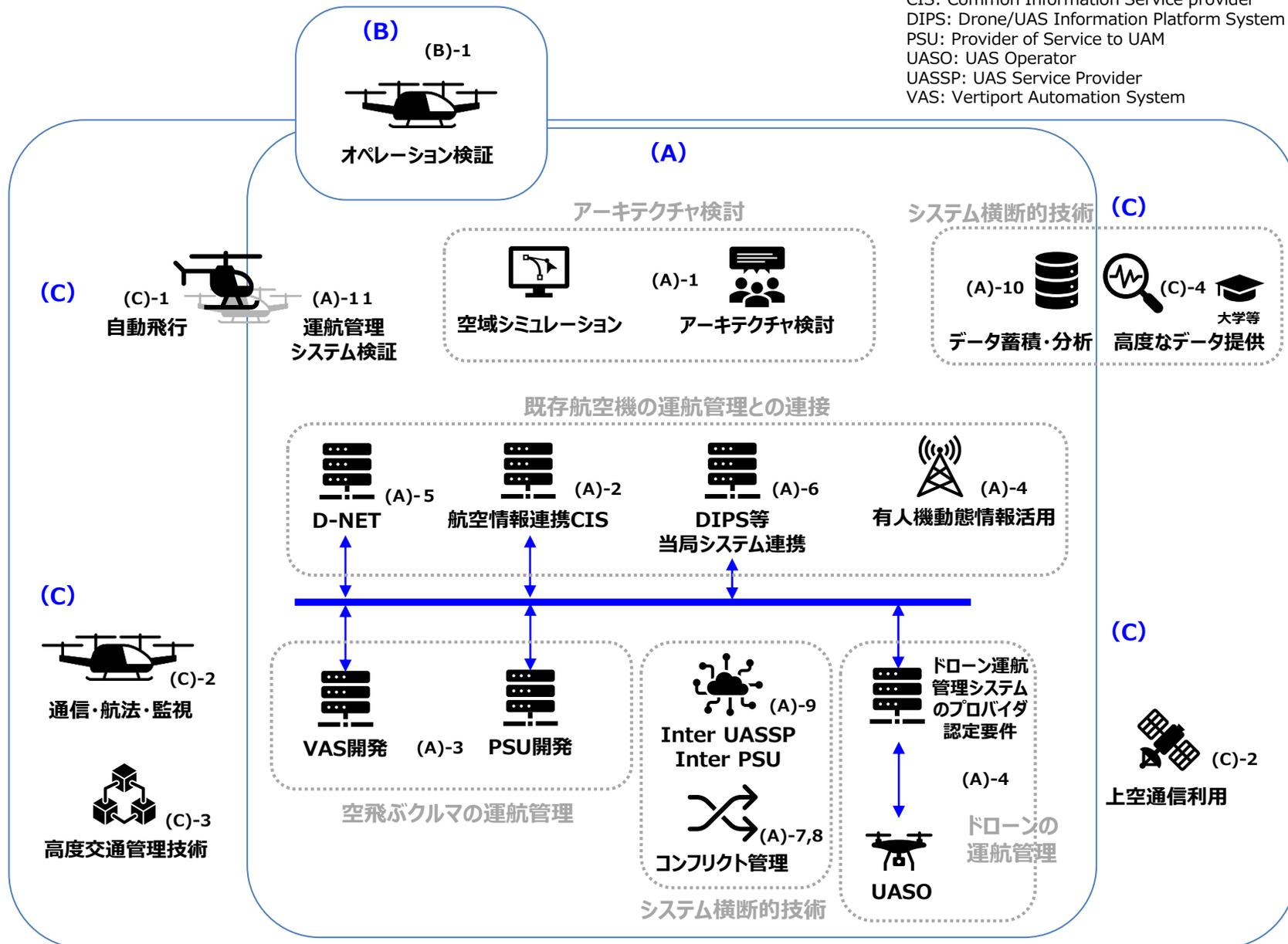
本研究開発は3つのサブパートから構成され、各パートでの成果を相互に活用することにより、効果的なプロジェクト運営を実現する。



\*1：空飛ぶクルマの社会実装に向けて必要な技術の成熟段階を6段階で整理。成熟度レベルの定義については、<https://www.nedo.go.jp/content/100944265.pdf>を参照のこと。

## 2. 研究開発の概要 全体概要

CIS: Common Information Service provider  
 DIPS: Drone/UAS Information Platform System  
 PSU: Provider of Service to UAM  
 UASO: UAS Operator  
 UASSP: UAS Service Provider  
 VAS: Vertiport Automation System



## 2. 研究開発の概要 (A) 運航管理システム・衝突回避技術の開発

概念的なアーキテクチャの検討から実システムの構築、構築したシステムの検証までを行う。

研究開発成果が最大化されるよう、提案者の関連システムの開発知見、研究実績・保有機材等を最大限に活用し、国際標準化に向けた提案も随時実施予定。

### アーキテクチャ検討

- 外部有識者と関係当局を交えた検討体制（WG及び傘下の複数のサブWG）の構築により、スピード感を持った詳細アーキテクチャの検討を実施。
- JAXAの既存技術を活用した空域シミュレーション評価による定量的な検討の実施。
- 万博での技術デモ、プロジェクト最終目標の2つのレベルのアーキテクチャを考慮。

### 運航管理システムの検証

- 開発した運航管理システムにより、既存航空機・ドローン・空飛ぶクルマがより安全で効率的な航行が可能なることを、JAXA実験用ヘリや空域シミュレータ等を活用して実機による飛行とシミュレーションの組み合わせにより検証する。
- 都心での高密度運航シナリオを具体的に設定して、各システムの要件と機能の過不足を検証する。
- 運航データの蓄積・分析技術に関する検討も行い、そこで得られた結果はアーキテクチャや制度化の議論に還元する。

### サブシステムの構築・連携

- PSU、UASSP、CIS等の次世代空モビリティ向けのサブシステムの検討・部分検証モデル作成のほか、D-NET等の関連システムとの連携について検討を行う。

### ドローン運航管理システムのプロバイダ認定要件の検討

- DRESS PJで検討が進んでいるドローン運航管理システムについては、社会実装を促進するため、プロバイダ認定要件の検討、提案を行う。

### 衝突回避技術の開発

- コンフリクト管理技術（アルゴリズム）や運航管理サブシステム間の調整等の複数のサブシステムに関係する横断的な技術の開発を行う。

## 2. 研究開発の概要 (B) エコシステム構築に向けたオペレーション検証

### (B) エコシステム構築に向けたオペレーション検証

空飛ぶクルマの運航・離着陸場  
オペレーション手法を確立する

+

空飛ぶクルマの運航における  
効率的な安全確保手順を確立する

#### 空飛ぶクルマの運航オペレーション手法 の確立に向けた研究開発

- 既存航空機等における運航オペレーションを基に空飛ぶクルマ特有の論点とその対応策を踏まえ、空飛ぶクルマの運航における**運航事業者の観点からオペレーション手法、及び安全確保手順**（各ステークホルダーとその役割及び運航の各フェーズ（飛行前・飛行中・飛行後）の詳細な流れ、運航に必要な情報等）の**あるべき姿**\*1を確立する
- あわせて、当該オペレーション手法の実施に必要な情報システムに対して、運航オペレーションの観点から扱う情報・データを踏まえた要求事項を定義する

#### 空飛ぶクルマの離着陸場オペレーション手法の確立 に向けた研究開発

- 既存航空機等における運航オペレーションを基に空飛ぶクルマ特有の論点とその対応策を踏まえ、空飛ぶクルマの運航における**離着陸場運営者の観点からオペレーション手法、及び安全確保手順**（各ステークホルダーとその役割及び運航の各フェーズ（飛行前・飛行中・飛行後）の詳細な流れ、離着陸に必要な情報等）の**あるべき姿**\*1を確立する
- あわせて、当該オペレーション手法の実施に必要な情報システムに対して、離着陸場オペレーションの観点から扱う情報・データを踏まえた要求事項を定義する

全体システムとして  
運航・離着陸場  
オペレーション手法を開発  
するため特に両オペレーション  
の接続点に係る検討に際して  
は研究開発テーマ間で  
密に連携する

\*1：空飛ぶクルマの運航（飛行前・飛行中・飛行後）の一連のオペレーションについて、特に離着陸場周辺等において既存航空機・ドローンとより安全で効率的な航行を行うことを念頭に、当該論点も考慮の上、効率的な手法の研究開発を実施する

## 2. 研究開発の概要 (C) 自動・自律飛行、高密度化に向けた技術開発

(C) では万博以降のタイムフレームを見据えた将来技術の研究開発を行う。

本プロジェクトの最終段階では、開発成果について実証システムに適用し、機能検証を行うとともに、関連する規格への標準化提案も随時検討する。

### 自動飛行技術

- 空飛ぶクルマが高密度環境下でドローン・既存航空機とより安全で効率的な航行をするため、飛行中の柔軟な経路調整や4D運航に必要な自動飛行技術を開発。
- JAXA実験用ヘリを活用した飛行検証等を行う。

### CNS（通信・航法・監視）技術

- 空飛ぶクルマの動態管理のためのセルラー通信活用やセルラー通信の代替としての衛星通信技術の活用に関する研究開発を実施。
- 併せて、航法、監視、センシング、セキュリティ、監視情報の統合及び監視サービスについて研究し、安全担保に寄与する。

### 高度な交通管理技術

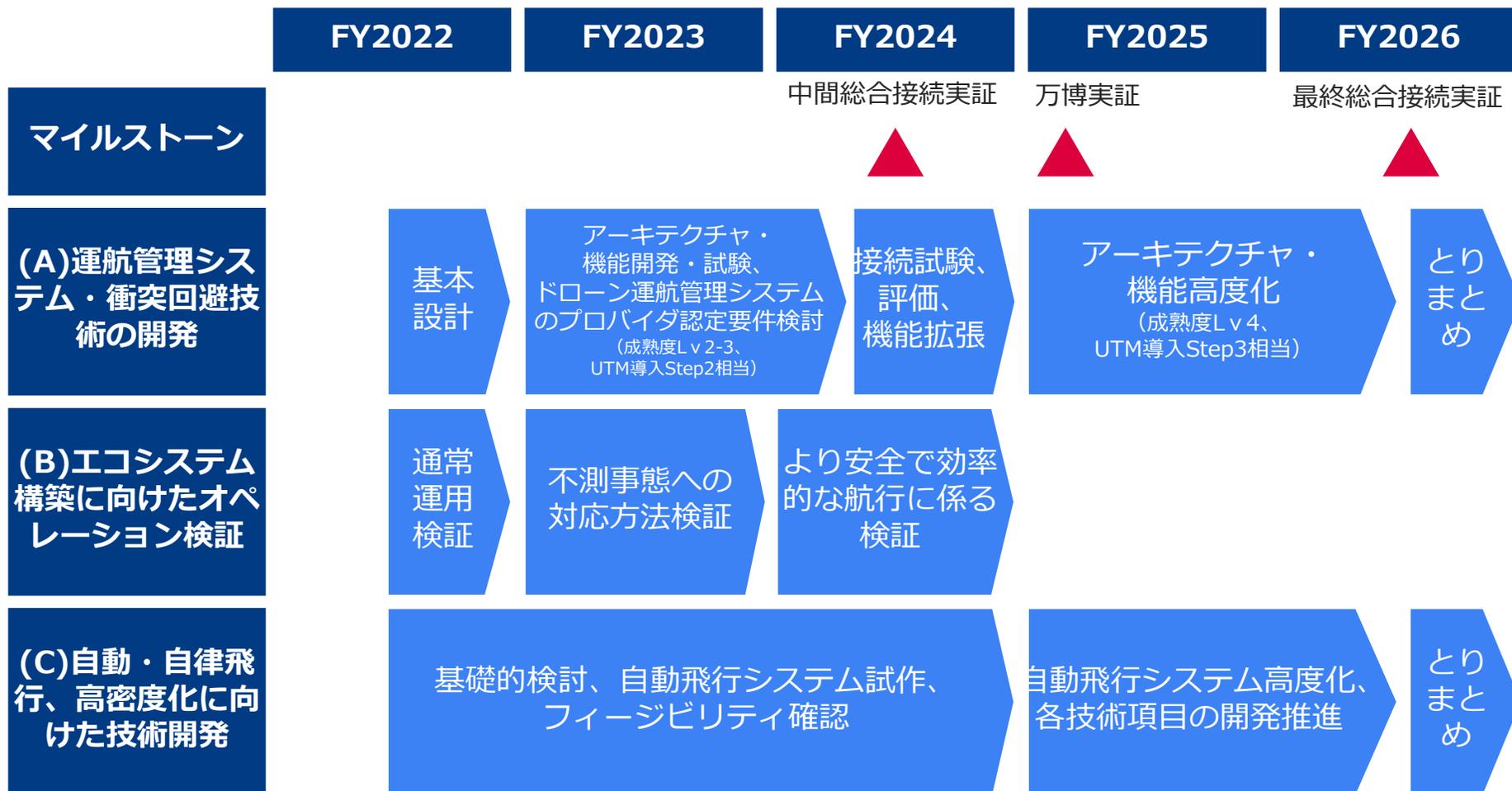
- 空飛ぶクルマの精緻なDCBの管理のため、容量設定の単位や容量設定手法について、渋滞学の手法を用いて交通流視点での設計を行う。
- VFR機とのコンフリクトを回避するため、VFRパイロットが飛行意図を登録できるようにするための研究を行う。

### 高度なデータ提供技術

- 次世代空モビリティの高密度化等実現に向け、飛行する空域の状況認識を強化するため、低高度の風や電波環境等の運航を支援する情報の提供を可能とするための研究を行う。

### 3. 研究開発の実施スケジュール

各種実証に向けて研究開発項目間の同期・連携を図ることにより、効率的かつ効果的に研究開発を進める。



## 4. 研究開発の目標

### 中間目標（2024年度）

- **成熟度レベル2-3相当**の部分検証モデルを作成し、実機＋一部シミュレーションによる統合接続を実証する。
  - 空飛ぶクルマを含めた低高度空域の運航環境を実証する。
  - 本成果を踏まえ、2025年大阪・関西万博でのデモンストレーション実施を見据えた準備を完了する。
- **成熟度レベル4を見据えた要素技術**の標準化提案の候補案件を具体化する。
  - 自動自律・高密度運航に向けた運航管理技術について、開発と並行した早期の規格化を図る。
- 実証を通して**ドローン運航管理システム相互接続**に必要な要件を示し、これを含む**ドローン運航管理システムのプロバイダ認定要件**を提案する。

### 最終目標（2026年度）

- **成熟度レベル4相当を見据えた要素技術**／サブシステムの部分検証モデル、シミュレータ＋一部実機による総合接続を実証する。
  - 2030年代の高密度運航を見据え、低高度空域の自動化された運航管理を目指す。
  - 自動自律・高密度運航に向けた運航管理技術について課題を整理し、課題解決に向けたロードマップを作成する。
  - 成熟度レベル4を見据えた要素技術の標準化活動を実施する。

# 付録：各研究開発項目の概要

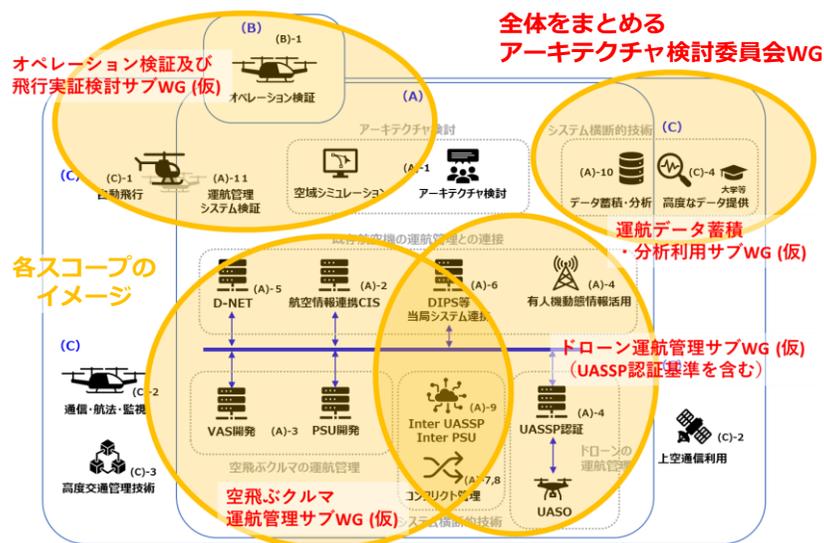
# (A)-1 運航管理システムのアーキテクチャ検討 (担当：JAXA)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 世界的にUTMやUAMのConOps（アーキテクチャを含む）が提案され、研究開発の指針となっている。
- ✓ 本プロジェクトでは無人航空機と従来航空機に加えて、空飛ぶクルマも含めたトータルな低高度の運航管理技術がテーマであり、これら3つが効率良く安全に運航できるための運航管理システムのアーキテクチャ検討議論を主導する。
- ✓ アーキテクチャ議論に定量的な知見を提供するため、次世代空モビリティ空域シミュレーション技術を活用する。

## 実施内容

- ✓ 実際の研究開発スコープを中心とした、具体的で詳細な実装アーキテクチャの検討を行う。議論体はアーキテクチャ検討委員会（仮）およびその下の複数のWGで構成する。
- ✓ 検討活動はスピード感を重視し、本プロジェクト提案メンバーを中心に外部有識者と関係当局者を加えた体制とする。
- ✓ DRESS成果を発展させた次世代空モビリティ空域シミュレータを開発し、アーキテクチャ議論に定量的な知見を提供する。



# (A)-2-1 システム間の情報共有に関する機能の研究開発

(担当 : NEC)

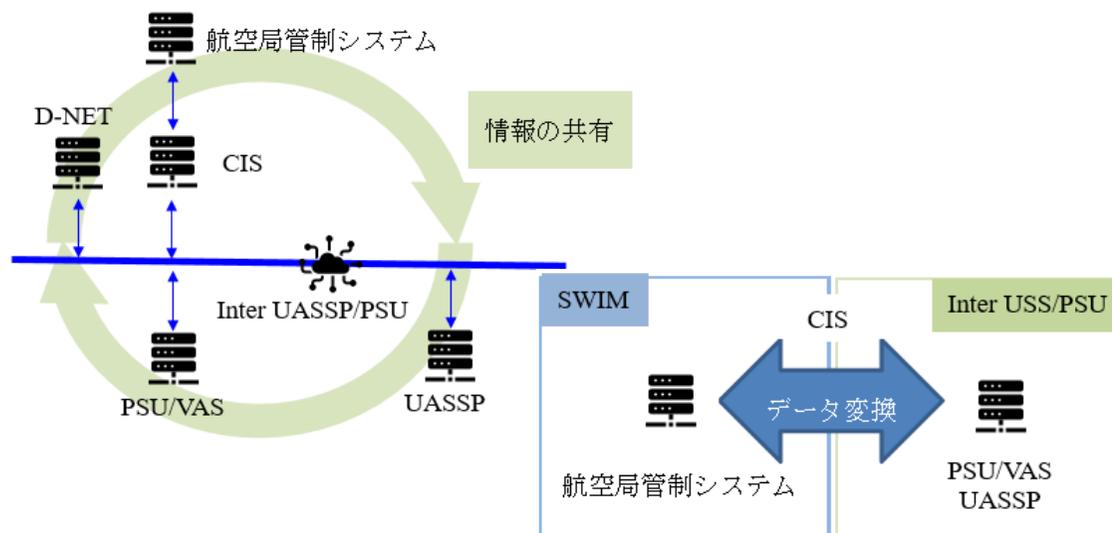
## 研究開発の背景・目的

無人航空機、空飛ぶクルマおよび既存航空機を飛行させるステークホルダーで安全に運航するため情報の共有が必要となる。本研究開発項目では限られた空域を有効に活用できるよう、無人航空機、空飛ぶクルマおよび既存航空機を運航するステークホルダー間で必要となる情報の整理、およびインタフェースの定義を行うとともに、共有情報サブシステムの妥当性評価を行う。

## 実施内容

航空局管制システム、有人機（VFR）向け情報共有システム、無人航空機の運航管理システム(UASSP)、空飛ぶクルマの運航管理システム(PSU/VAS)間で情報を共有するため以下の研究開発を実施する。

- ✓ 運航管理システム内部での情報共有・管理に係る研究開発
- ✓ 航空局管制システムとの情報共有・管理に係る研究開発
- ✓ 有人機（VFR）との情報共有・管理に係る研究開発
- ✓ データモデルの標準化に係る研究開発



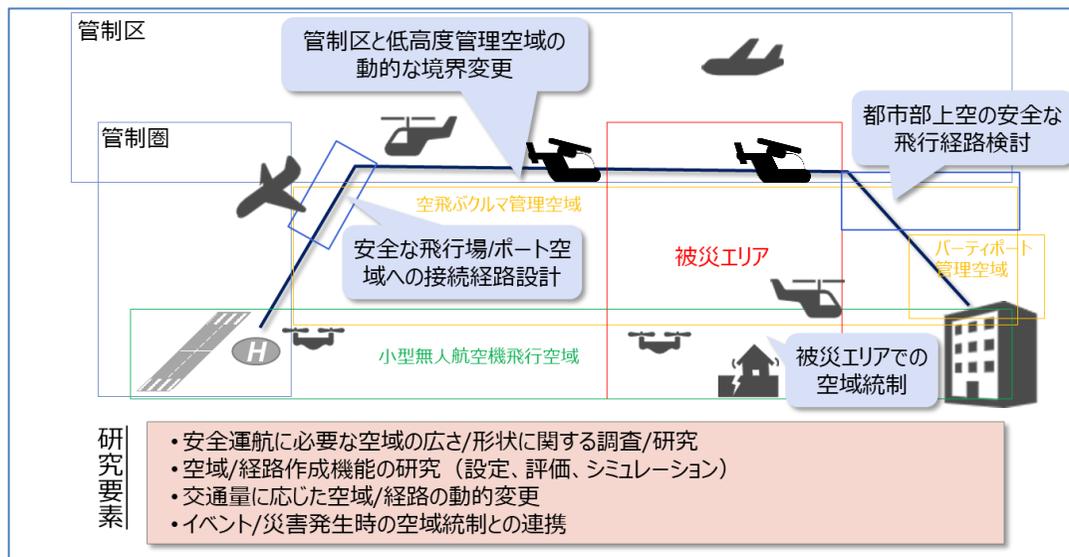
# (A)-2-2 空域設定に関する機能の研究開発（担当：NTTデータ）

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 低高度の空域について、将来的には有人航空機・無人航空機・空飛ぶクルマが空域を共有して空域を有効活用していくことを目指すが、その成熟の途中段階においては機体の種別・性能に応じて飛行する空域・高度を動的に分離して安全を確保する必要も出てくると想定する。また、管制区内を飛行する場合や、都市部上空の安全な飛行経路を事前に定めることも考えられる。
- ✓ 既存の航空機と次世代空モビリティが安全かつ効率的に運航するために、最低限必要な割当空域の設定や、空飛ぶクルマのための飛行経路を設定し、その情報を関連する運航者および管制機関に連携するための技術開発を行う。

## 実施内容

- ✓ 無人航空機および空飛ぶクルマの性能や交通需要を考慮した空域構成の設計検討
- ✓ D-NETと連携した低高度の空域統制機能の実装/評価
- ✓ UASSP/PSUと連携した空域設定運用および空域情報連携の評価
- ✓ 多頻度高密度運航を見据えた、飛行経路/管制空域の事前設定の手法および技術の研究
- ✓ 低高度の空域設計/運用手法の海外動向調査と方式の検討



# (A)-3 空飛ぶクルマ向け運航管理サブシステムの研究開発

(担当：NEC)

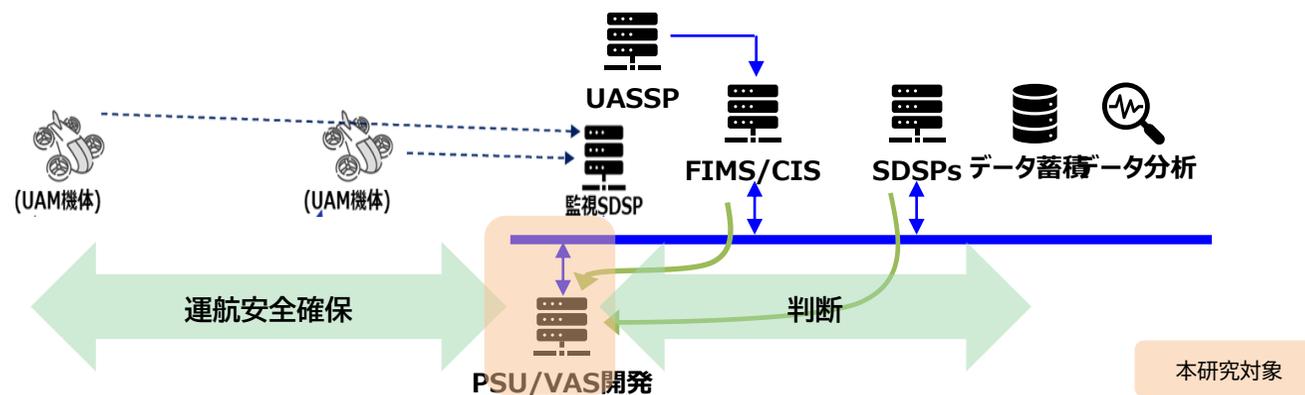
## 研究開発の背景・目的

近い将来、多様なエアモビリティによる空域の共有および高密度・高頻度運航に対応すべく安全で効率的な運航管理手法の確立が必要とされる。本研究では、国際標準との調和性を重視し、国内既存の航空運送業務との連携を実現し、他の運航管理システムと連動した空飛ぶクルマ向け運航管理サブシステムの構築を目指す。

## 実施内容

安全で効率的な運航の実現には、他機とのコンフリクトがない状態等、安全に飛行出来る状態の確立が求められる。さらに、成熟度レベル4の定期運航やエアタクシーや緊急機体対応などオンデマンド運航に適合する運航管理手法が求められる。従って、以下の研究項目に取り組む。

- ✓ 空飛ぶクルマの運航フェーズ毎に運航安全確保手順を明確化
- ✓ 飛行許可条件を満たすためにPSU、VASなどが協調的に判断を行う機構の実現
- ✓ 全飛行フェーズでの計画と実績の予実管理、コンフリクト管理、飛行許可条件の充足状態管理を行い、運航支援をする機能の実現
- ✓ ポート周辺空域の混雑状況監視、離着陸管理、場面管理、時間管理などのVAS機能の実現



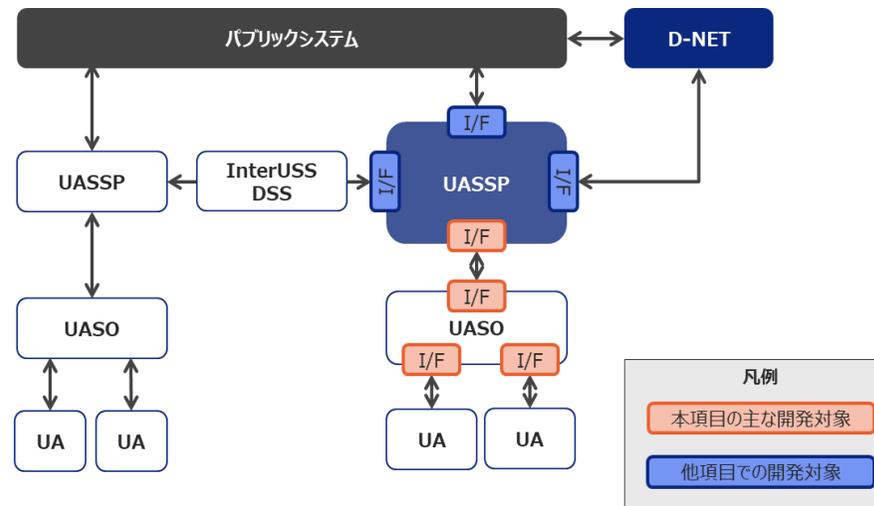
# (A)-4-1 オペレータ・機体との接続方式やドローン運航管理システムの プロバイダ認定要件に係る研究開発（担当：KDDI）

## 研究開発の背景・目的

- ✓ DRESSプロジェクトでは、ドローン運航管理システムの研究開発を行い、全国13地域の同時飛行実証に成功した。
- ✓ 本成果を受け、航空局の認定を受けたプロバイダが提供するドローン運航管理システムへの接続が義務付けられる方向であり、具体的な制度要件の検討が急務である。
- ✓ 社会実装に向け、ドローン運航管理システムのプロバイダ認定要件検討と実証データに基づくシステム設計、オペレーション検証を実施する。

## 実施内容

- ✓ 諸外国の動向や国内関係者との協議を踏まえ、ドローンの運航コンセプトをまとめた上で、ドローン運航管理システムのプロバイダ要件案を作成する。
- ✓ 各運航フェーズにおける安全なオペレーション手順を踏まえた運航管理サブシステムの機能要件を整理する。
- ✓ 干渉回避アルゴリズムの開発等に必要となる、安全離隔要件等のシステム性能要件を検討する。
- ✓ 運航管理サブシステムの対向システムとの標準I/Fの設計および実装を推進する。



# (A)-4-2 運航管理サブシステム接続エリア拡大に向けた通信技術の開発 (担当 : KDDI)

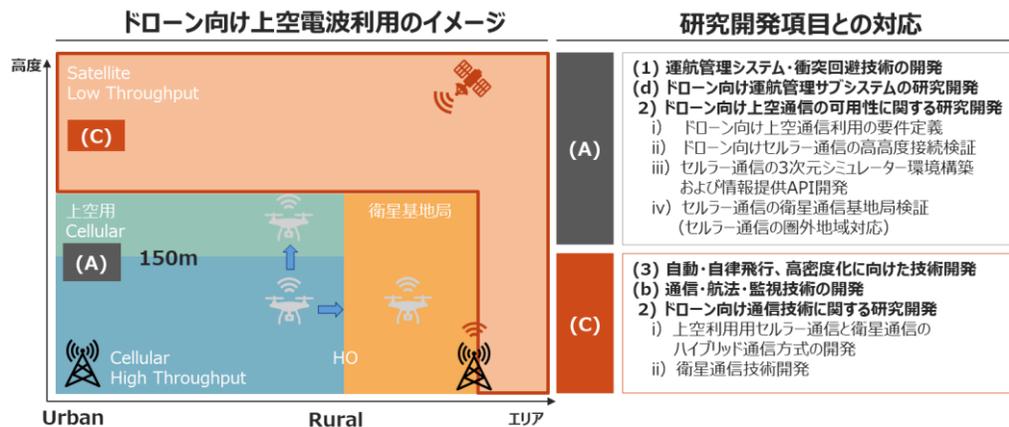
## (C)-2-2 衛星通信技術に関する研究開発 (担当 : KDDI)

### 研究開発の背景・目的

- ✓ 現在、高度150m未満且つ周波数、方式を限定した上空でのセルラー利用サービスが提供されているが、地上通信への干渉回避のため、高度の制限や通信品質の事前確認、地理的な利用制約等が課題となっている。
- ✓ これらの課題解決による、ドローン向け上空通信の可用性向上および通信品質改善を目的とする。

### 実施内容

- ✓ セルラー通信、衛星通信の特性比較を行うとともに、上空通信利用の要件定義を行う。
- ✓ 既存の地上向け基地局、上空専用基地局について、利用範囲、通信品質のカバレッジ検証を行う。
- ✓ エリア拡大の観点から、バックホール通信への衛星通信（Starlink等）活用時の品質検証を行う。
- ✓ 上空の電波情報を活用した実測値ベースでの3次元シミュレータを構築する。
- ✓ ドローン、空飛ぶクルマにおける衛星通信技術の要件定義を実施する。



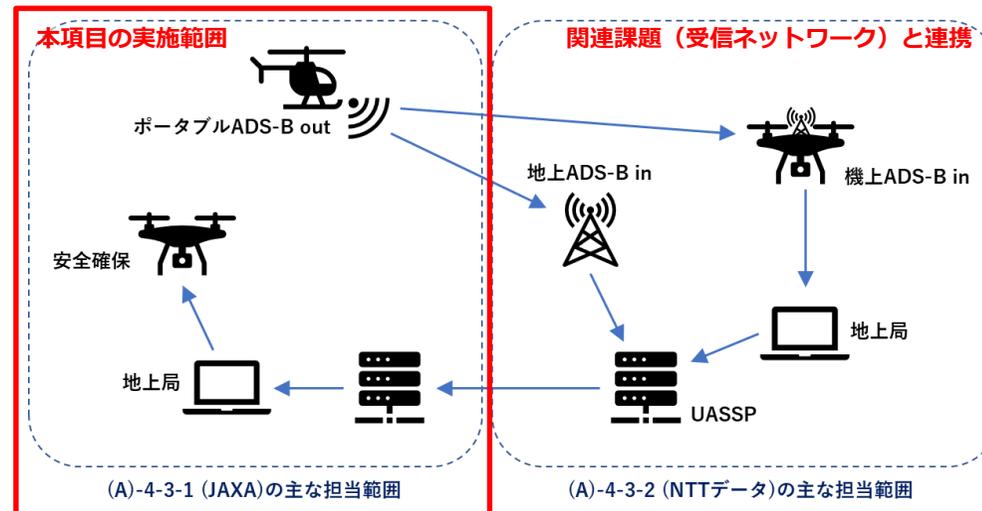
# (A)-4-3-1 有人航空機の位置情報による無人航空機の安全確保に関する研究開発（担当：JAXA）

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 欧米では、多数のドローンが飛行する低高度空域に進入する有人航空機に、飛行位置情報提供を義務付ける方向で進んでいる。日本でも航空局から同様の方針が示されている（2022年4月 空の産業革命官民協議会）。
- ✓ 各国の航空・電波制度に適合した位置情報共有手段が必要。日本ではポータブルADS-Bや携帯回線等が候補と考えられる。
- ✓ 位置情報共有に加え、その情報を用いて無人航空機が効率的退避・安全確保する運航手順のベストプラクティスが必要。

## 実施内容

- ✓ JAXAが無線実験局免許人となっているポータブルADS-B無線実験局を使用し、評価データの取得と、社会実装のための詳細技術課題を抽出する。
- ✓ ポータブルADS-B等を由来とする有人機動態情報を取得した際に、無人航空機の運航者がとるべき安全手段（安全空域への退避等）に関する運航手順の設計と、その検証を行い、ベストプラクティスとして提案する。
- ✓ 位置情報共有から安全確保までを一部システム的に実証する。



# (A)-4-3-2 有人航空機動態情報共有機能の研究開発

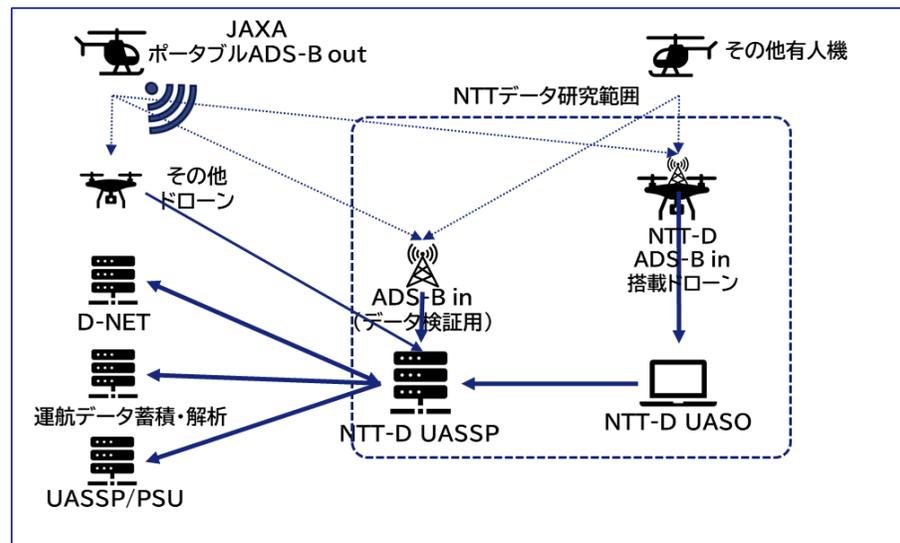
(担当：NTTデータ)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 低高度でのより安全で効率的な航行のためには有人航空機の動態情報の確実な把握が必要だが、都市部の建物等の障害物の陰や低高度の山間部については既存のインフラでは測位できない範囲が残されると想定する。このような不感地帯においても動態情報を取得するため、他の無人航空機運航者やUASSPが無人航空機の運航の中で測位した周辺の有人航空機動態情報を利用して低高度帯での状況認識を補完する仕組みが有効と考える。
- ✓ 本研究では、UASSPやUASOがより簡易な仕組みで独自に測位した周辺の有人航空機動態情報の活用により、低高度における有人航空機の被視認性向上・状況認識の向上に繋がる技術検証とその有効性を検証する。

## 実施内容

- ✓ 飛行中のドローンで観測した有人航空機動態情報をUASOを介してUASSPで取得するプロトタイプを構築する。
- ✓ ドローンで観測した有人航空機動態情報を解析し、取得可能な情報項目や受信性能の調査、データの受信遅延などの性能を検証する。
- ✓ 複数手法（ドローン機上装置、地上観測装置など）で測位した動態情報の統合管理および活用に向けた技術課題抽出と対策検討を行う。
- ✓ 他のUASSP/UASOと有人航空機の存在に関する情報を共有する仕組みを実装し、有効性を検証する。



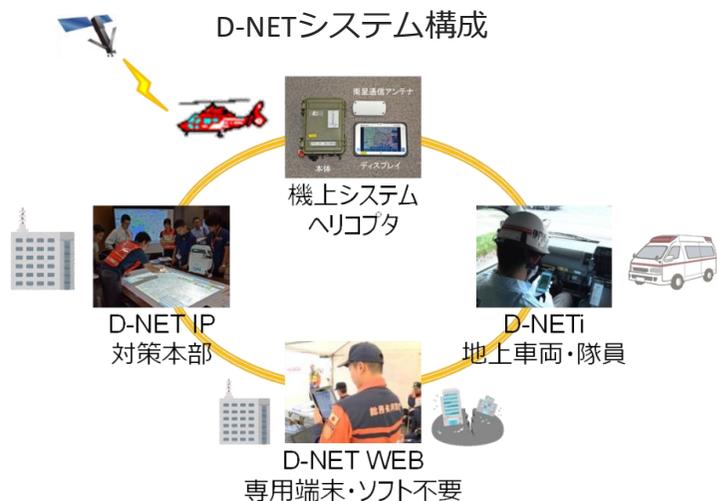
# (A)-5 有人機 (VFR) 向け情報共有システムの高度化に向けた 研究開発 (担当: JAXA)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 日本では衛星通信を介したヘリコプタの運航管理システム (D-NET等) が既存航空機に広く導入されており、2021年に開催された国家的イベントにおいて政府機と民間機の動態情報と運航計画が共有化された。
- ✓ 既存航空機で活用されているD-NET技術を高度化して、民間が運用する空飛ぶクルマやドローンと既存航空機とのより安全で効率的な航行を実現する情報共有・連携技術を研究開発し、その有効性を検証する。

## 実施内容

- ✓ 公的機関や事業系のヘリコプタで運用されている、D-NETに対応したヘリコプタ運航管理システムの機能を基にして、既存航空機がドローンや空飛ぶクルマと情報共有・連携するためのシステムを構築する。
- ✓ 大阪・関西万博において既存航空機を運用する公的機関・運航会社と連携し、空飛ぶクルマやドローンと既存航空機との情報共有・連携の実証実験を行うことを目指す。



### D-NET 災害救援航空機 情報共有ネットワーク

災害情報や航空機の運航情報等をデータ化・オンライン化して共有し、航空機による救援活動をより効率的かつ安全に行うための運航管理システム

# (A)-6-1 次期DIPSとの情報共有・管理に係る研究開発

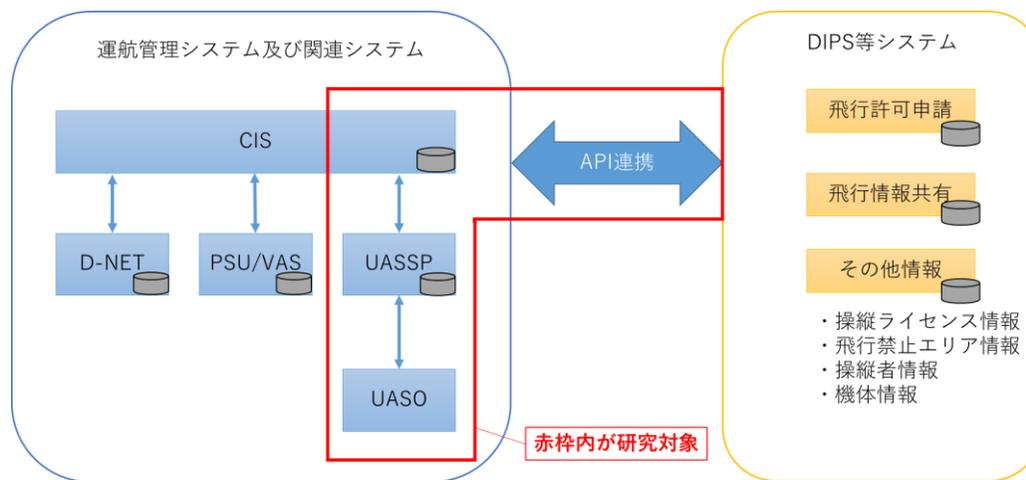
(担当：NTTデータ)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 無人航空機をより多頻度で運航するためには、各種登録手続きや許可申請手続きを自動化・効率化や、公的機関等で保持している機体や操縦者など各種の登録情報・申請情報を民間側とも共有することで、飛行前に係る諸作業の負荷を軽減することが重要。
- ✓ 本研究においては、主に無人機に関するDIPS等を中心とした航空当局との情報共有について、海外制度や標準化との調和性を考慮して、多頻度運航の実現に必要な官と民の機能分担と連携のあるべき姿と必要な機能構成・連携インターフェース検証を行う。

## 実施内容

- ✓ 国内外の制度化動向の調査
- ✓ 現状および将来における課題想定と解決策の検討
- ✓ 全体アーキテクチャの検討において官・民それぞれで実装すべき機能を定義
- ✓ 定義した機能およびAPIの実証システムへの実装
- ✓ 官側システムの模擬機能とUASSPを連携させた運用および技術検証



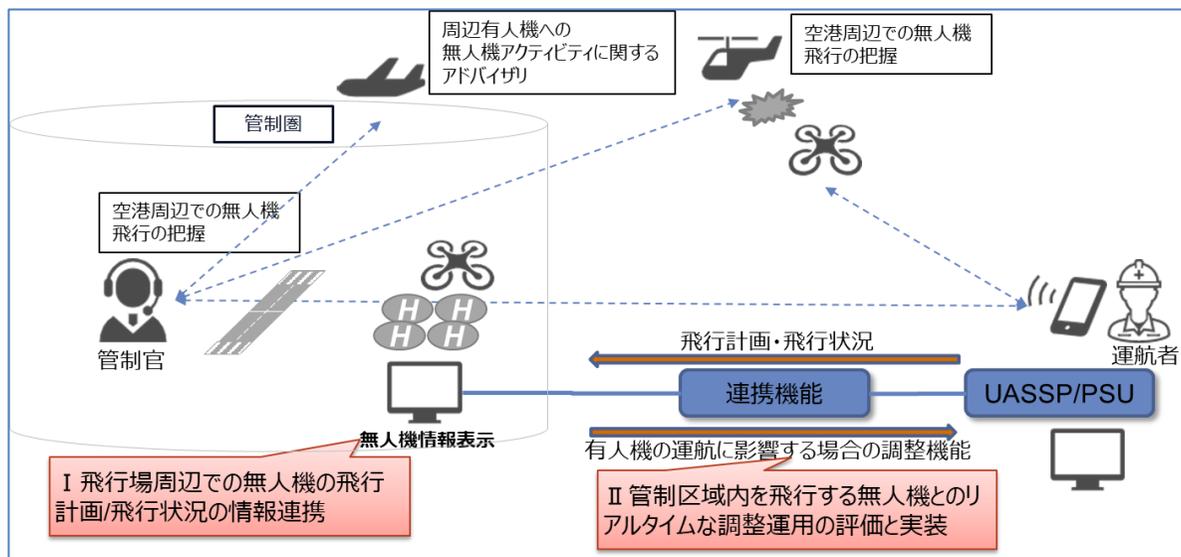
# (A)-6-2 その他当局システムとの情報共有・管理に係る研究開発 (担当：NTTデータ)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 無人航空機が飛行場周辺で離着陸するにあたり、既存の有人航空機の運航との共存が必要となる。その実現には飛行場管理者が無人機・空飛ぶクルマの情報を取得し、必要に応じてUASSP/PSUとの調整を行うことで、安全かつ効率的な運航が可能となるため、飛行場管理者向け機能の開発提供を行う。

## 実施内容

- ✓ 飛行場管理者とUASSP/PSUとの間での管制圏/情報圏における無人航空機の飛行調整に係る全体アーキテクチャの検討
- ✓ 運用想定を設定しシナリオによる運用の机上検証に基づく運用フローと必要なシステムおよび機能の決定
- ✓ 機能およびシステム間インターフェースの決定
- ✓ 評価システムの実装および運用評価の実施



# (A)-7 協調的なコンフリクト管理（衝突回避）アルゴリズムの研究開発 (担当：JAXA)

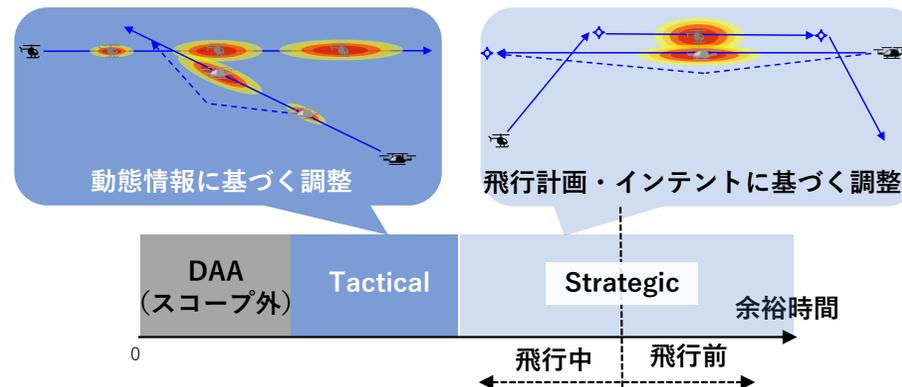
## 研究開発の背景・目的

- ✓ コンフリクト管理は、安全性・公益性を考慮した協調的領域と、空域ユーザに便益（経路の経済性や定時性）を提供する競争的領域に分けることができる。ここでは協調的領域を対象とし、飛行前における経路の事前計画調整や、飛行中の状況から予測されるコンフリクト発生までの余裕時間の大きさに応じた Strategic 及び Tactical な飛行経路の調整機能によって構成される、多層的なコンフリクト管理アルゴリズムの開発を行う。

## 実施内容

下記を考慮したアルゴリズムを開発・検証する。

- ✓ 各機の飛行計画・\_intent・動態等の不確かさに応じた保護ボリュームの設定
- ✓ 無人機・空飛ぶクルマ・既存VFR機の非対称性や\_intent等を反映した機体の優先度付け
- ✓ 飛行計画や\_intentに基づく、飛行前および飛行中の Strategic な経路調整
- ✓ 動態情報に基づく Tactical な経路調整



# (A)-8 多者間のコンフリクト管理（衝突回避）アルゴリズムの研究開発 (担当：BIRD)

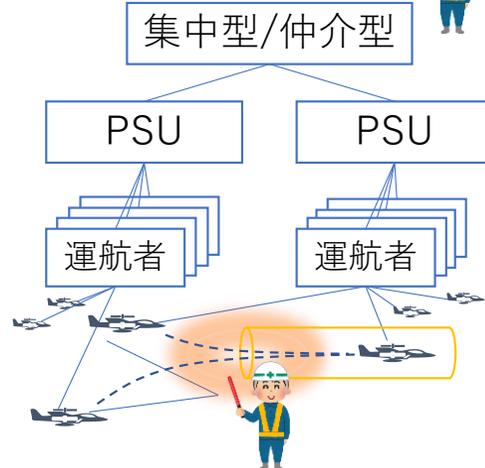
## 研究開発の背景・目的

- ✓ ASTMでは、交渉による衝突回避が議論されているが、急な天候変化などではN対Nの調整が発生し得て、調整が一定時間に終わらないリスクがあり得る。
- ✓ 空飛ぶクルマでは、構造的にコリドーやポートなどが存在し、局所的に密度が高くなるため、局所的に集中型の仕組みを設けることが望ましい。

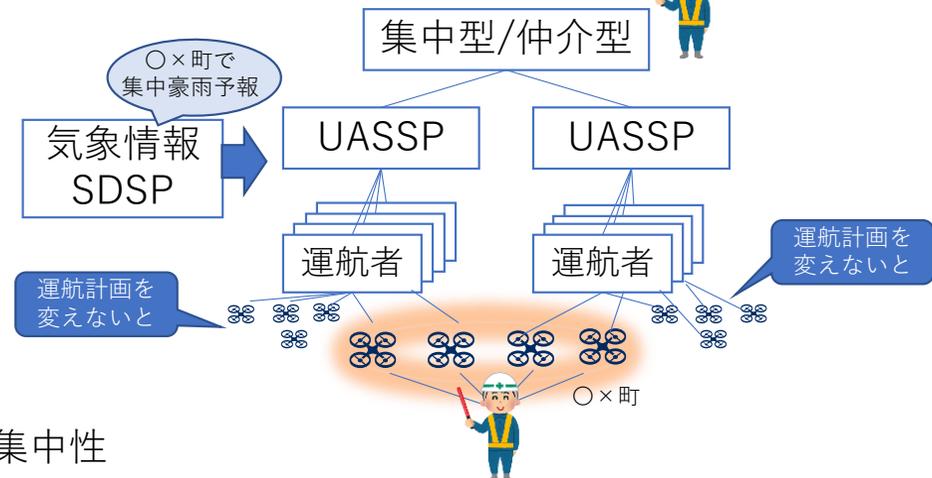
## 実施内容

- ✓ 多者間の調整が発生する場合に、局所的に第3者がコンフリクト解消に貢献するアルゴリズムを研究開発する。
- ✓ ASTMでは、空飛ぶクルマのStrategicフェーズを、一つの時空間あたり複数オペレーションまでを認める容量管理を検討しているため、容量管理を含めた集中型アルゴリズムを検討する。

### 構造的な集中



### 天候変化



# (A)-9 運航管理サブシステム間の情報共有に係る研究開発

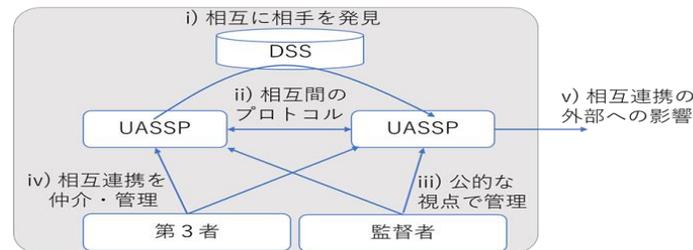
(担当 : BIRD)

## 研究開発の背景・目的

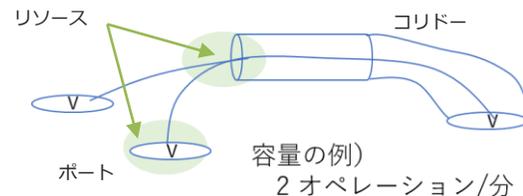
- ✓ ドローンや空飛ぶクルマの運航管理は、サブシステム間のプロトコル、それらを包含するアーキテクチャが重要
- ✓ 海外への事業展開も視野に入れるには、国際標準アーキテクチャに即している必要がある。(A)-1 全体アーキテクチャ検討と連携しつつ、サブシステム間の機能に注目して研究開発を行う。

## 実施内容

- ✓ UASSP間の連携に必要なDSS運用、交渉プロトコル・アルゴリズム考案、交渉結果のGCS反映や制約との交渉、交渉に対する監督機能、仲介型の交渉などを開発する。



- ✓ 空飛ぶクルマについては、非定期運航と複数PSUの存在、UAMコリドーを前提として、コリドーの出入り口やポートといったリソースに関する **Demand Capacity Balancing (DCB)** に関連するPSUやポート管理の機能、インタフェースを開発・評価する。
- ✓ FY25/26は、海外事業者との接続検証を行う



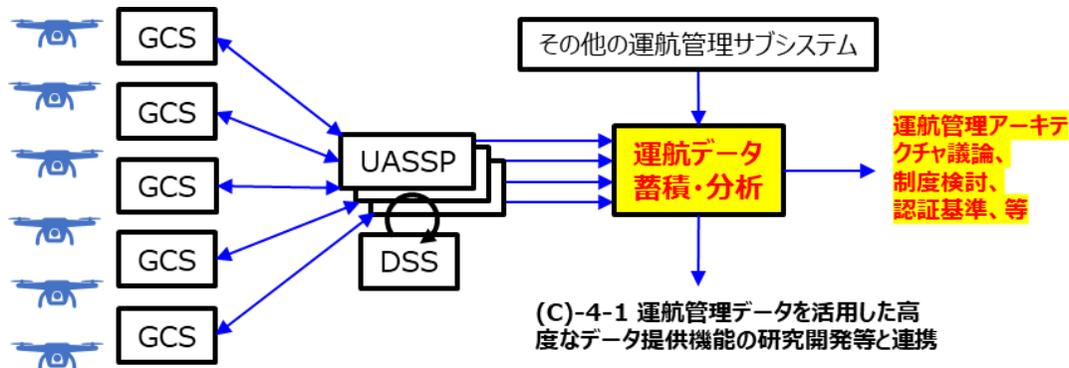
# (A)-10 運航データ蓄積・分析技術の研究開発（担当：JAXA）

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 運航管理システムのアーキテクチャ検討や、制度化に必要な要件整理のためには技術エビデンスが必要である。海外では大規模な実証プログラムでデータを蓄積し議論に反映されている（FAA UTM Pilot Program、Field Test等）。
- ✓ 本プロジェクトでも、運航実績データを用いて定量的な議論を行えるための大規模データの蓄積が必要である。
- ✓ 運航データを収集・蓄積・分析し、プロジェクト自体の実証アーキテクチャ議論へのフィードバックと、制度化議論へ貢献する。

## 実施内容

- ✓ プロジェクト関係者と外部の有識者により蓄積すべき共有データ項目の検討を行う。各運航管理サブシステムとの接続のためのプロトコル、APIの仕様設計を行う。
- ✓ データ蓄積機能のプロトタイプを実装し、プロジェクト内の飛行実証における運航データ蓄積を行う。アーキテクチャ検討に反映するため、蓄積したデータを分析により安全性等を評価する。
- ✓ 運航データ分析の一部を東京都立大学に再委託する。
- ✓ 収集された飛行実績データの分析により理論的にも定量的にも正確な運航ばらつきモデルを開発する。実運航データを用いて、そのばらつきモデルの精度・汎用性を高める。四次元航法等の高度な運航管理技術導入による性能向上を評価する。



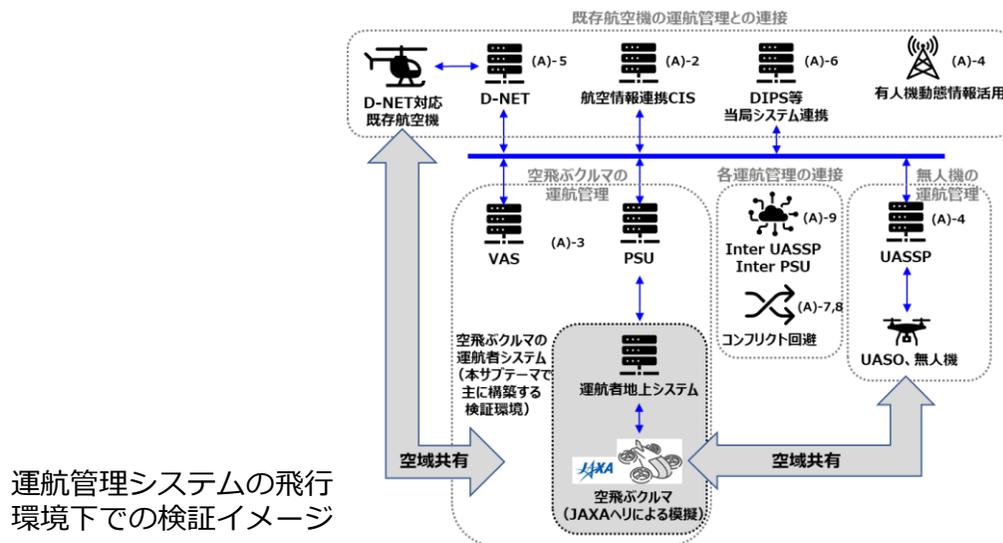
# (A)-11-1より安全で効率的な航行を可能とする運航管理システムの検証 (担当：JAXA)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 各サブテーマで研究開発した運航管理システム及び衝突回避に係る技術を用いた飛行前の飛行計画調整や飛行中の動態情報共有・飛行経路調整等によりドローン・空飛ぶクルマ・既存航空機により安全で効率的な航行が可能なることを、実機による飛行とシミュレーションの組み合わせにより検証する。

## 実施内容

- ✓ **検証項目・シナリオの策定**：アーキテクチャ検討、オペレーション検証の結果を踏まえ策定。
- ✓ **検証環境の開発**：運航管理システムのプロトタイプを構築。極力、他のテーマで開発するシステムを活用。
- ✓ **飛行検証の実施**：中間評価段階での成熟度レベル2-3相当の運航の検証（中間総合接続実証）と、最終評価段階での成熟度レベル4相当を目指した運航の検証（最終総合接続実証）を実施。大阪・関西万博では中間総合接続実証の成果をデモンストレーション。



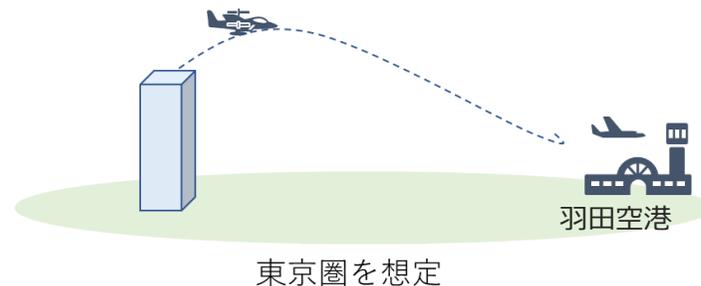
# (A)-11-2 具体的な運航シナリオにおける運航管理システムの検証 (担当：BIRD)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 空飛ぶクルマの高密度運航は成熟度レベル4が必要だが、具体的に運航者やポート運用者の運用を定める必要
- ✓ 具体的には、ポート進入面や、航路、UAMコリドー、ユースケースや運航頻度などを設定するのが望ましい。

## 実施内容

- ✓ 都市部での航路を想定した**運用検討委員会**を設定し、各運航者等のステークホルダーからの意見を吸い上げる。
  - ✓ **東京圏での航路**として、東京圏で建築・設置計画中の高層ビル（2029年頃竣工）のVertiportと羽田空港との間など
  - ✓ その他、候補を列挙し、比較する
- ✓ PSUやVAS、その他の情報システムの要件としての運用を明確化を目的し、本研究開発プロジェクトで**実現できる範囲**と**将来の課題**とする範囲とを明確化する。
  - ✓ シミュレーションで課題を具体化する



# (B)-1 大阪・関西万博を見据えた空飛ぶクルマの運航オペレーション手法の確立に向けた研究開発（担当：JAL）

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 空飛ぶクルマの社会実装に向けた取組が進みつつあるものの、我が国においては空飛ぶクルマの運航に際しての標準的な運航オペレーション手法が明確化されていない状態と認識している。
- ✓ 上記背景を踏まえ本研究開発項目においては空飛ぶクルマの運航オペレーション手法を検討するとともに、空飛ぶクルマ等を用いた実証実験を通じて検討内容の実現性及び安全確保手順を検証・担保した上で、当該手法を確立する。



## 実施内容

- ✓ 22年度から24年度までの3ヶ年にて、有視界飛行方式（VFR）による空飛ぶクルマの運航オペレーション手法を対象とした研究開発を実施する。
- ✓ 3ヶ年の内、22年度は空飛ぶクルマの基本的な運航オペレーション手法の確立に取り組み、23年度以降、空飛ぶクルマや既存航空機・ドローンとのより安全で効率的な航行に係る運航オペレーションの確立に取り組む。
  - 【2022年度】：空飛ぶクルマの運航に際して実施する基本的なオペレーション手法を確立
  - 【2023年度】：空飛ぶクルマの運航における、ルート上でのイレギュラー（機体同士の進路のコンフリクト等）事態も想定したオペレーション手法を確立
  - 【2024年度】：既存航空機・ドローンとのより安全で効率的な航行が必要な場所での空飛ぶクルマの運航におけるオペレーション手法を確立

# (B)-2 空飛ぶクルマの離着陸場オペレーション手法の確立に向けた 研究開発（担当：オリックス）

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 空飛ぶクルマの社会実装に向けた取組が進みつつあるものの、我が国においては空飛ぶクルマの運航に際しての標準的な離着陸場オペレーション手法が明確化されていない状態と認識している。
- ✓ 上記背景を踏まえ本研究開発項目においては空飛ぶクルマの離着陸場オペレーション手法を検討するとともに、空飛ぶクルマ等を用いた実証実験を通じて検討内容の実現性及び安全確保手順を検証・担保した上で、当該手法を確立する。



## 実施内容

- ✓ 22年度から24年度までの3ヶ年にて、有視界飛行方式（VFR）による空飛ぶクルマの離着陸場オペレーション手法を対象とした研究開発を実施する。
- ✓ 3ヶ年の内、22年度は空飛ぶクルマの基本的な離着陸場オペレーション手法の確立に取り組み、23年度以降、空飛ぶクルマや既存航空機・ドローンとのより安全で効率的な航行に係る離着陸場オペレーションの確立に取り組む。
  - 【2022年度】：空飛ぶクルマの運航に際して実施する基本的な離着陸場オペレーション手法を確立
  - 【2023年度】：空飛ぶクルマの運航における、ルート上でのイレギュラー（機体同士の進路のコンフリクト等）事態も想定したオペレーション手法を確立
  - 【2024年度】：既存航空機・ドローンとのより安全で効率的な航行が必要な場所での空飛ぶクルマの離着陸場オペレーション手法を確立

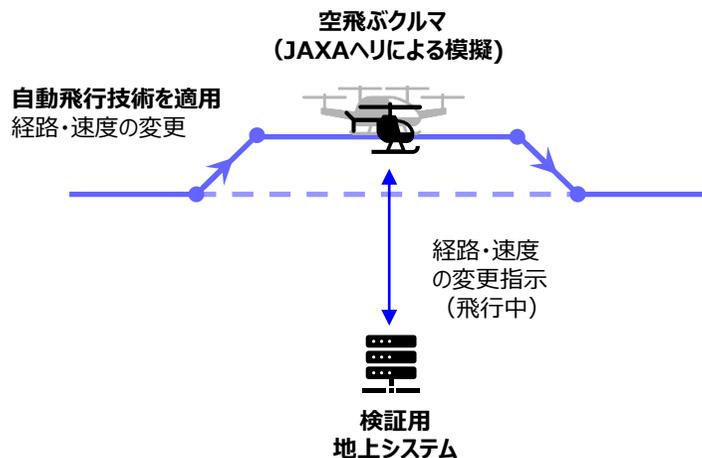
# (C)-1 自動飛行技術に関する研究開発（担当：JAXA）

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 空飛ぶクルマが高密度環境下でドローン・既存航空機とより安全で効率的な航行するために必要な、飛行中の柔軟な経路・速度調整を実現する自動飛行技術を研究開発し、その有効性を飛行環境下で検証する。

## 実施内容

- ✓ **自動飛行技術の開発**：地上からの指示に基づいて飛行中に経路・速度を自動的に変更する機能（一部はパイロットへの操作指示を生成）を開発。
- ✓ **検証環境の開発**：JAXAが保有する実験用ヘリコプタを改修し、自動飛行技術の飛行実証環境を構築。
- ✓ **飛行検証の実施**：飛行中の柔軟な経路・速度調整に必要な自動飛行技術の成立性を飛行検証。



自動飛行技術の飛行環境下での検証イメージ

# (C)-2-1 空飛ぶクルマ向け通信技術に関する研究開発（担当：NEC）

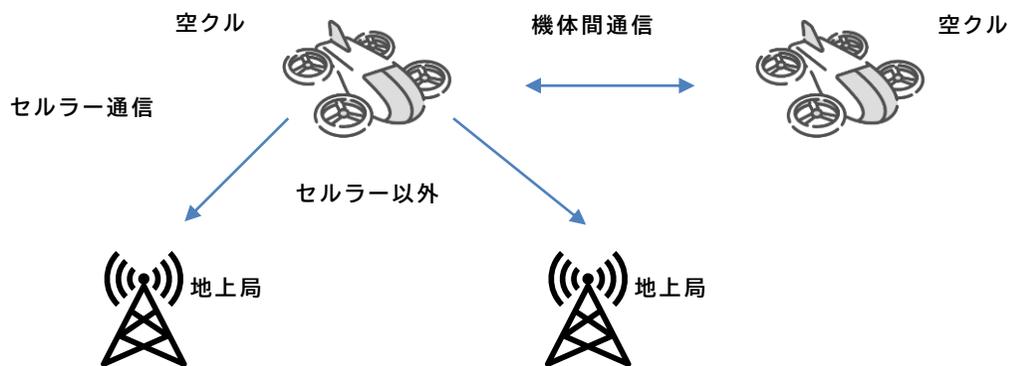
## 研究開発の背景・目的

空飛ぶクルマの動態管理において、伝達インフラとしてセルラー通信に期待される役割は大きくなってきている。そのため、上空におけるセルラー通信の適応性についての設計検討及び実証実験を実施する。また、セルラー通信の補強用通信技術及び機体間通信についても設計検討及び実証実験を実施する。

## 実施内容

空飛ぶクルマに関する通信技術は、まだ確立されていない。セルラー通信の技術の適用並びにセルラー通信を補強する通信に関して検討及び実証実験を実施する。

- ✓ 動態管理へのセルラー通信の適応
- ✓ GNSSに依存しない機体位置情報システムのフェージビリティスタディ
- ✓ 高密度運航を可能とするアプリケーションレイヤの検討
- ✓ 5GHz帯を利用した長距離C2リンク通信技術
- ✓ サブギガ帯の機体間通信による異種空モビリティ間を含む安全性の向上



# (C)-2-3 次世代モビリティ向けCNSサービスを可能とする インフラストラクチャーの研究開発（担当：NEC）

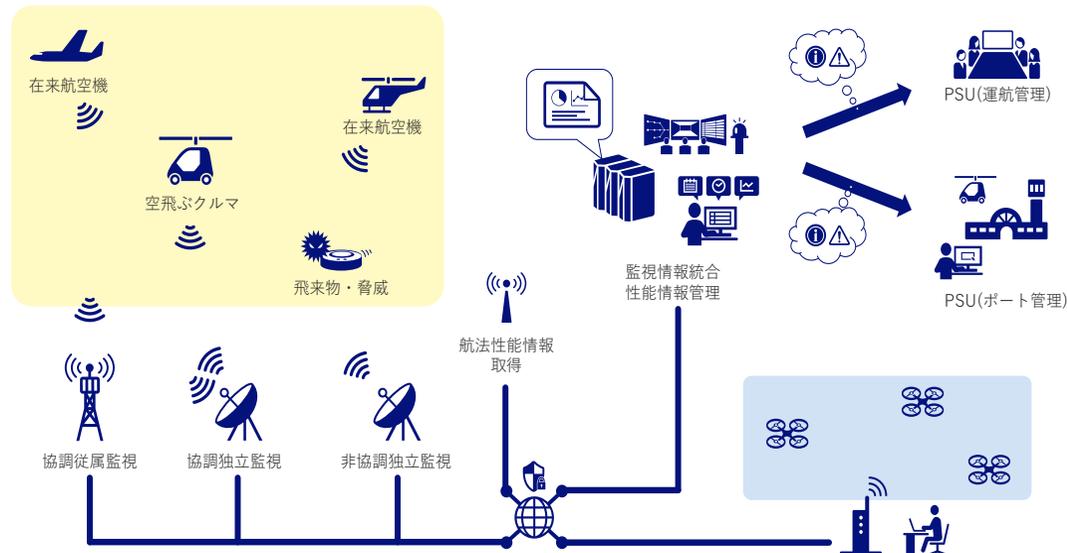
## 研究開発の背景・目的

低高度でのより安全で効率的な航行における運航管理技術の高度化に必要な自動・自律飛行、高密度化等を実現するために、次世代空モビリティ性能とインフラ技術を最適化したCNSサービスの調査・研究を実施する。具体的には、航法、監視、センシング、セキュリティ、監視情報の統合及び共有の方式に関して調査・研究を行い、監視情報サービス、及び空飛ぶクルマの運航管理等における安全担保、適切な運航管理に寄与することを目標とする。

## 実施内容

空飛ぶクルマの適切な運航管理、安全担保を実現するため、航法・監視技術に関する下記の研究開発を実施する。

- ✓ 協調従属監視等、複数の監視方式の情報を統合した検証を実施するための調査。
- ✓ 通信、航法、監視の各性能分析に関する調査。
- ✓ 従属監視方式に係わるセキュリティに関する技術開発。
- ✓ RID情報を安全かつ効率的に管理および共有するための研究開発



# (C)-3-1 交通流と空域利用の公平性に関する研究開発 (担当：BIRD, 再委託先：東大)

## 研究開発の背景・目的

DCB: デマンド・キャパシティ・バランシング

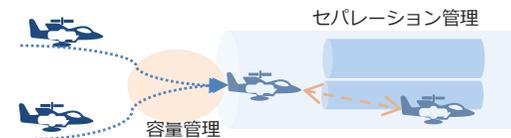
- ✓ 空飛ぶクルマの高密度環境下においては、精緻なDCBの管理が求められるが、現在は、コリドーの出入口の容量のみを管理するというアプローチであり、将来の運航を想定すると現実的ではない。
- ✓ ドローンでは、交渉プロトコルが標準化される方向にあるが、他の運航者に空域を譲るインセンティブがない。空の利用の公平性が次の重要トピックとしてGUTMAなどで挙がっているが、課題提起レベルでしかない。

## 実施内容

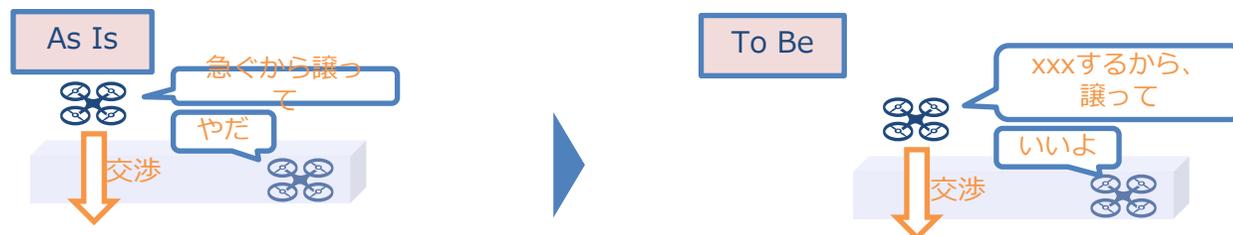
- ✓ ASTMでは、空飛ぶクルマのコリドーにて、入出力の**容量管理**と、複数トラック化などが議論されているが、**容量設定や間隔管理**はこれから。渋滞学など**交通流視点**で設計・解析を行う。
  - ✓ 主に、東大が解析・評価を担当



適用検討



- ✓ 空の利用の**公平性の観点**で、マーケットメカニズムの研究開発を行う。調整に応じるインセンティブを設けるため、仮想的な貨幣の導入や、当局による予算管理など、発展的な課題に取り組む。



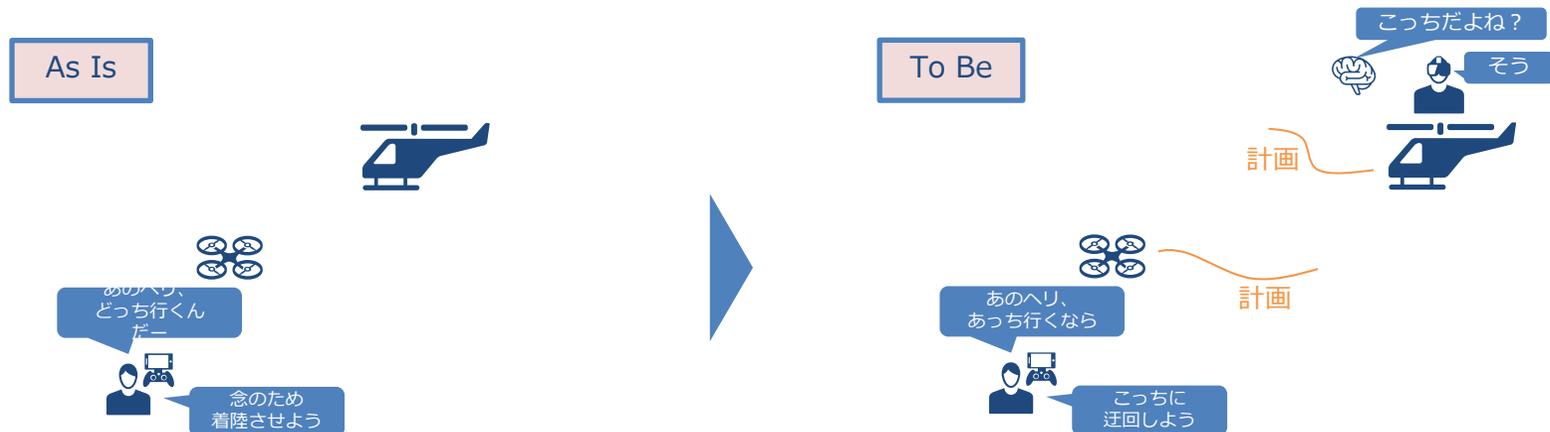
# (C)-3-2 VFR機とUTMとのコンフリクト解消に向けた意図抽出 (担当：BIRD, 再委託先：産総研)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ ドローン運航管理の国際標準では、細粒度の飛行計画を4次元の時空間で表される運航意図として管理するが、VFR機では、この粒度の飛行計画を登録する義務はなく、また、飛行中にパイロットがこの意図をシステムに登録することは、運用上も困難である。
- ✓ ドローンや空飛ぶクルマの運航者にとって、パイロット側が運航意図を登録しないと、どちらに移動するのか分からず、計画を立てることが出来ない。安全サイドに倒すならば、停止/着陸などをせざるを得なく、非効率。

## 実施内容

- ✓ **機械学習技術**などを用い、パイロットが飛行の意図を登録しやすくする技術の研究開発を行う。
  - ✓ 主に、産総研が機械学習を担当
- ✓ **HMI（ヒューマンマシンインターフェース）技術**などと融合させ、パイロットとのインタラクションを行いながら、意図を登録できるようにすることを想定するが、これに関しては詳細検討・検証は行わない。



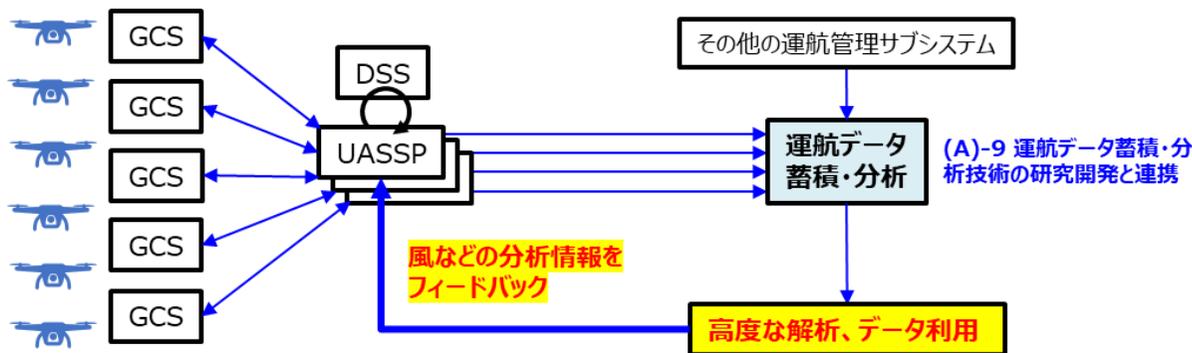
# (C)-4-1 運航管理データを活用した高度なデータ提供機能の研究開発 (担当：JAXA)

## 研究開発の背景・目的

- ✓ 次世代空モビリティの自動・自律化、高密度化等のためには、運航管理システムが提供する情報によって低高度空域の状況認識を強化する必要がある。特に低高度の風に関する情報は重要な要素である。
- ✓ 運航者が個別に取得する運航データやセンサデータを収集・統合して分析し、それをフィードバック利用する仕組みを提案する。
- ✓ 従来航空機運航におけるパイロット・レポート（PIREP）のアナロジーであり、これをUTMシステム的に実現、発展させる。

## 実施内容

- ✓ 運航データを元にした高度なデータ提供機能の検討を進めるための具体的なアプリケーション例として、無人航空機が飛行中に計測した風向風速情報を共有、分析してフィードバックすることを検討する。
- ✓ 解析技術に関しては同分野で学術実績を有する東京工業大学の大西准教授に再委託する。
- ✓ ドローン運航管理システムに提供される現状のSDSP情報には含まれていないビル風などの突風情報は、将来の高密度なドローンの安全運航に欠かせない。ドローン運航上の取得情報を活用した詳細分析技術を開発し、その有用性を確認する。また、その分析におけるドローン運航情報フィードバックの有用性を明らかにする。
- ✓ 研究開発した解析技術をSDSPサービスへ組み込むためのアーキテクチャの検討を行う。



# (C)-4-2 運航管理データを活用した電波環境マップ構築技術の研究開発 (担当：BIRD、再委託先：NTT COM)

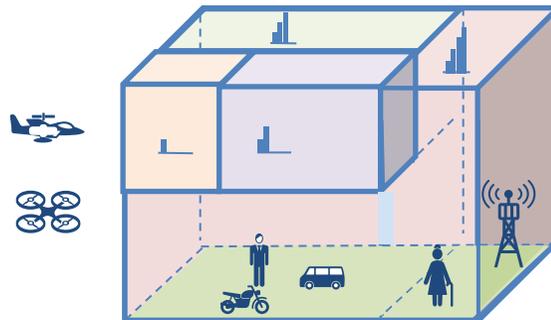
## 研究開発の背景・目的

- ✓ ドローンや空飛ぶクルマの運航を行う上で、上空のLTE電波状況把握は重要である。
- ✓ 国際的には電波環境マップAPIが規定されているが、シミュレータの精度・範囲・実行速度の観点で改善の余地がある。

## 実施内容

- ✓ 本プロジェクトで想定する低空域等も含めたシミュレーション範囲でシミュレータを開発。天候や地上での電波利用状況といった外部環境情報も加味し、予報的な電波環境マップ構築を行う。
  - ✓ 主に、NTT COMがシミュレータ開発
- ✓ 国際標準に基づくAPI開発と、UTMへの取り込み、運航計画への活用を行う。

電波環境マップのイメージ



# 用語集

---

## （委託先等の略称）

NEC :	日本電気株式会社
JAXA :	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
BIRD :	BIRD INITIATIVE株式会社
JAL :	日本航空株式会社

## （本資料で使用されている略語等）

ADS-B :	Automatic Dependent Surveillance–Broadcast（放送型自動従属監視）
API :	Application Programming Interface
CIS :	Common Information Service（共有情報サブシステム）
CNS :	Communication, Navigation and Surveillance（通信・航法・監視）
ConOps :	Concept of Operations（運用コンセプト）
DCB :	Demand Capacity Balancing
DIPS :	Drone/UAS Information Platform System（ドローン情報基盤システム）
D-NET :	災害救援航空機情報共有ネットワーク
DRESS :	Drones and Robots for Ecologically Sustainable Societies project （ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト）
DSS :	Discovery and Synchronization Service（空間情報検索同期システム）
FIMS :	Flight Information Management System（運航管理統合サブシステム）
GCS :	Ground Control Station（グラウンドコントロールステーション）
GNSS :	Global Navigation Satellite System（全球測位衛星システム）
HMI :	Human Machine Interface
OPA :	Optionally Piloted Aircraft
PSU :	Provider of Services for UAM
RID :	Remote ID（リモートID）
SDSP :	Supplemental Data Service Provider（情報提供サービスプロバイダ）
TCA :	Terminal Control Area（ターミナルコントロールエリア）
UA :	Unmanned Aircraft（無人航空機）
UAM :	Urban Air Mobility（空飛ぶクルマ）
UASO :	Unmanned Aircraft System Operator（無人航空機オペレータ）
UASSP :	Unmanned Aircraft System Service Provider（無人航空機運航管理サービスプロバイダ）
UTM :	Unmanned Aircraft System Traffic Management（無人航空機運航管理）
VAS :	Vertiport Automation System
VFR :	Visual Flight Rules（有視界飛行方式）