

空飛ぶクルマの運用概念

Concept of Operations for Advanced Air Mobility (ConOps for AAM)

本文

第1版	2023年3月31日
-----	------------

空の移動革命に向けた官民協議会

はじめに

我が国では、人口減少・少子高齢化に伴う都市部への人口集中や地域経済の疲弊、グローバル化の進展に伴う厳しい国際競争への対応、大規模地震などの自然災害のリスク、地球規模の気候変動や SDGs への対応といった多くの課題に直面している。また、経済・社会の成熟化、さらにポストコロナ社会に向けて人々の行動様式や価値観が多様化しており、多様なニーズに応える新たな価値やサービスの創出が求められている。

“空飛ぶクルマ”は、上記の様々な社会課題の解決、さらには、人々が日常生活の中で、安全で自由な空の移動という豊かな体験を享受できる未来社会の実現に貢献するものであり、現在、世界中で機体開発や検討が進んでいる。

我が国における“空飛ぶクルマ”の発展と成長を促進するためには、“空飛ぶクルマ”の主要な構成要素や段階的な導入のフェーズについて、関係者に必要な情報を提供するとともに認識の共有を図り、協調することが重要である。そのため、本文書は我が国における“空飛ぶクルマ”の運用概念をまとめたものである。

目次

はじめに	2
目次.....	3
1 概要.....	5
1.1 目的.....	5
1.2 対象範囲	5
1.3 参照文書	6
2 AAM の概要.....	7
2.1 機体.....	7
2.1.1 機体の分類.....	8
2.1.2 従来の航空モビリティとの比較.....	8
2.2 ユースケース.....	9
2.2.1 旅客輸送.....	9
2.2.2 荷物輸送.....	10
2.3 地上のインフラ	10
2.3.1 パーティポート.....	10
2.3.2 非公共用／公共用パーティポート.....	12
2.3.3 既存の航空インフラとの統合.....	12
2.3.4 充電インフラ.....	13
2.4 空域、交通管理	14
2.4.1 現在の空域の状況.....	14
2.4.2 AAM による低高度空域の利用.....	15
2.4.3 交通管理.....	16
2.5 役割と責任.....	19
2.5.1 AAM 機体メーカー	19
2.5.2 AAM 運航者.....	20
2.5.3 パーティポートの運営者.....	20
2.5.4 整備及びグラウンドサービス提供者	20
2.5.5 航空局（JCAB）	20
2.5.6 USS（UAS Service Supplier）	21
2.5.7 SDSP（Supplemental Data Service Provider）	21
2.5.8 その他の規制当局.....	22
3 AAM 導入のフェーズ.....	23
3.1 AAM フェーズ.....	23
3.2 フェーズ0.....	23
3.2.1 フェーズ1 の準備.....	23
3.3 フェーズ1.....	24
3.4 フェーズ2.....	25
3.5 フェーズ3.....	26
4 まとめ.....	27
APPENDIX 1 空の移動革命に向けたロードマップ.....	28
APPENDIX 2 旅客／AAM 機の典型的な一連の流れ.....	29
(1) AAM 旅客の一連の流れの例.....	29

(2) AAM機の一連の流れの例.....	30
(3) イレギュラー時の運航.....	32
APPENDIX 3 略語	34
APPENDIX 4 用語	36
APPENDIX 5 参照文書.....	38

1 概要

1.1 目的

本文書は、次世代の航空モビリティとして期待されている“空飛ぶクルマ”を日本で実現し、さらにその規模や運用を拡大していくため、“空飛ぶクルマ”の運用概念（Concept of Operations：ConOps）を示すものである。そのために必要となる主要な構成要素と関係者について概要を説明するとともに、段階的な導入のフェーズについて説明している。

“空飛ぶクルマ”とは、「電動化、自動化といった航空技術や垂直離着陸などの運航形態によって実現される、利用しやすく持続可能な次世代の空の移動手段」である¹。諸外国では、Advanced Air Mobility（AAM）やUrban Air Mobility（UAM）と呼ばれている。本文書では、国際的な議論とのハーモナイズを図る観点から、空飛ぶクルマのことを“AAM”と呼ぶこととする。また、本文書において、AAMのうち主に都市部で行われる短距離、低高度のAAM運航をUrban Air Mobility（UAM）、より長距離を飛行するAAM運航をRegional Air Mobility（RAM）と区別して述べる場合がある。

AAM運航の発展と成長を可能にするためには、AAM運航に関する規制やシステム的设计及び仕様について関係者間の活発な議論が必要である。そのため本文書では、日本のAAM産業への参入を検討する業界関係者に必要な情報を提供するとともに、認識の共有を図ることを目的としている。

AAM産業は発展途上であり今後更なる進化が期待される。そのため、本文書は、将来のAAM運航に関する現時点での知識と予測に基づいて作成しており、技術進歩や海外動向、関係者からのフィードバック等を踏まえ、常に進化することを想定している。また、社会受容性などAAMを実現するために考慮すべき事項について、次回以降の改訂版で追記していくことも検討する。

1.2 対象範囲

空の移動革命に向けた官民協議会におけるロードマップ（Appendix 1）に掲げる環境整備や技術開発を着実に進め日本のAAM産業の発展を促進するために、本文書では、AAMの主要な構成要素である機体、地上インフラ及び交通管理に焦点を当てつつ、エコシステム全般について説明している。また、電動垂直離着陸機（eVTOL）を使用した旅客輸送や荷物輸送など日本のAAM運航に関連するユースケースや、関係者の役割と責任についても取り上げている。さらに、AAM運航の導入初期から成熟した高密度かつ自律運航に至るまで想定される段階を説明している。

AAM運航の発展を図るためには、このような全体的なアプローチが重要である。初期段階の決定によって後の段階で発生する可能性のある手直しやコストを最小限に抑えるためには、短期的及び長期的な目標を共に考慮することが重要である。

¹日常的な移動手段として利用するイメージで「クルマ」と称しているが、航空法上の航空機に該当し、必ずしも道路を走行する機能を有している訳ではない。なお、空飛ぶクルマに無人航空機であるドローンは含まれない。

また、本文書では、AAM が他の低高度空域の利用者と調和した飛行を実現するために必要となる交通管理の仕組みを考察している。他の低高度空域の利用者には、ドローン、ジェネラルアビエーション機、進入又は出発時の商用運航機などがある。

1.3 参照文書

本文書は、日本の運航環境、法体系に合わせて作成するとともに、国際的な調和と整合性を確保するために、日本の航空法関連法規や空の移動革命に向けた官民協議会の資料の他、海外の ConOps 等を参照して作成している（Appendix 5 参照）。

使用した資料の出典を示すために本文書内に可能な範囲で参照文書を表示している。これらの出版物は、本文書に記載されているいくつかの概念について、さらに詳細な情報を提供しており、開発及び実装活動において適切に考慮する必要がある。

2 AAM の概要

AAM は、人や物の移動も含めて日常生活における航空の役割を変え空の移動革命を実現するための、様々な革新的な航空技術を含んでいる^[4]。AAMの中心となるのは、新しいタイプの航空機の開発、運用そして発展である。eVTOL は、電力を利用して垂直方向に離着陸する航空機であり、従来の航空機と比較して、運航時のゼロエミッション、運用コストの削減、騒音の低減など、多くの潜在的なメリットがある。これらの利点とその影響については、本文書で詳しく説明している。

eVTOL の様々な利点により、旅客輸送と荷物輸送の双方において、新たな航空輸送の活用と拡大が可能になる。初期段階では、操縦者が搭乗する旅客輸送か遠隔操縦による荷物輸送が想定される。しかし、次第に旅客輸送と荷物輸送の両方のユースケースで、遠隔操縦や自律制御による飛行が拡大すると予想される。

AAM の運航には、地上及び空域・交通管理の両面から新たなインフラの構築が必要となる。現時点で、AAM 市場はまだ発展の初期段階にあるがその勢いは増しており、バリューチェーン全体で多くの企業が誕生している。今後様々な分野へのビジネス波及が期待されている。

本章では、eVTOL が実現する新しい AAM の一部を構成する各要素について、詳細に説明する。

2.1 機体

AAM 向けの機体（以下、AAM 機という）は、現在様々な技術レベルで開発が進められている。フェーズ 1（フェーズの定義については 第 3 章参照）で最初に商用運航が開始される可能性が最も高いのは充電式バッテリーを動力源とする eVTOL であるが、ハイブリッド型もフェーズ 1 で導入される可能性はある。水素燃料電池を搭載した航空機も AAM 運航を行う可能性があるが、このタイプの航空機はフェーズ 2 又は 3 以降での導入が見込まれる。また航続距離の目安としては、数 km から数百 km を飛行できる機体が想定されている。

初期の段階では、操縦者が搭乗した手動又は自動操縦による 1~5 人乗り程度の機体と、荷物輸送用を中心に操縦者が搭乗しない遠隔操縦の機体が想定される。将来的には、より多い搭乗人数の機体の出現や、旅客輸送も含めて遠隔からの監視のみで操縦者が搭乗しない自動飛行や自律制御により運航される機体の出現が想定される。

当初、AAM 機は VFR での運航が想定されるものの、将来的には高密度化、自動・自律化への進展を目指すとともに、より厳しい気象条件での飛行も可能とする機体の開発が期待されている。

2.1.1 機体の分類²

AAMに用いられるeVTOLは、主に以下3つのタイプに分類される。

- － マルチロータータイプ (Multi Rotor)
- － リフト・クルーズタイプ (Lift + Cruise)
- － ベクタードスラストタイプ (Vectored Thrust)

マルチロータータイプ

このコンセプトは、ほぼ垂直な軸周りに回転する三つ以上の電動の回転翼によって主な揚力及び推進力を得るものである。これら複数のモーターの「回転速度」を変化させることにより、各回転翼（ローター）からは、その回転数に応じた推力や反トルクが生じ、ローターの位置関係、回転方向、ローターのピッチ順逆といった要素からなる構造的な要因によって様々な方向のトルクとなり、これらの合力が機体姿勢を変化させ、飛行を実現する。巡航時のバッテリーの消耗が激しいため短距離の移動に限定される。

リフト・クルーズタイプ

このコンセプトは、マルチローターと巡航のための固定翼及び推進用プロペラを有し、垂直離着陸時と巡航時で異なる電動推進システムを用いるものである。離着陸時はマルチローターで上向きの推力を発生させ、巡航時は上向きのローターが停止し、前向きのプロペラを使用して水平飛行を行うため固定翼により必要な揚力を得ている。マルチロータータイプと比較すると固定翼より揚力を得ることで巡航時のエネルギー効率を高めることができるため、長距離飛行に適している。

ベクタードスラストタイプ

このコンセプトは、巡航用の固定翼を有し、垂直離着陸時と巡航時で同じ電動推進システムを用いるものである。離着陸時は、垂直方向に配置されたプロペラ等により上向きの推力を得ている。巡航時はプロペラ等が傾いて前方への推力を発生させ、固定翼より揚力を得ている。マルチロータータイプよりも長距離飛行に適しているだけでなく、他のコンセプトに比べて、より高い巡航速度と距離を実現できる可能性がある。

2.1.2 従来の航空モビリティとの比較

AAM機は、従来の航空モビリティと比較して、以下のような特徴を有する。

【環境負荷】

- ・ バッテリーを動力源とするため、運用時の排出ガス低減が期待される。
- ・ バッテリー駆動であること、ヘリコプターと比較して小さなサイズのローターを装備していることなどから、離着陸時／巡航時の騒音低減が期待される。

² 本セクションに使用される用語の定義・意味は読みやすさの観点から記載しているものを含んでおり、型式証明の審査において使用される正式な用語については、個々の設計の特徴を考慮して決定されるものである。

【設計・性能】

- 複数のモーター・ローターを装備していることなどにより、高い冗長性が期待される。
- 垂直離着陸等の特徴により、狭いスペースでの離着陸が可能になると期待される。
- 遠隔操縦や自律飛行に適した設計が主流になることが想定され、操縦操作も簡便化されることが期待される。
- 翼による揚力を利用するタイプでは、ヘリコプター等の回転翼機と比べて巡航飛行時の効率が向上することが期待される。

【エネルギー源】

- バッテリー交換や急速充電など、バッテリーを動力源とする運用に必要なインフラや要件が生じる。
- 現在開発されているバッテリーは、液体燃料に比べ、エネルギー密度が低く、航続距離等が制限される可能性がある。
- バッテリーを動力源とするため、起動（パワー・オン）後、短時間で運用に供せる可能性がある。

【コスト】

- 部品交換や整備頻度の減少、簡易化などにより、安全性を維持して整備コストが軽減される可能性がある。
- 部品数の減少などにより、航空機の製造コストや運用コストが長期的に低下する可能性がある。

2.2 ユースケース

このセクションで紹介するユースケースは、空の移動革命に向けた官民協議会のユースケース検討会における検討に基づいている。荷物輸送のユースケースは、ドローンとの共通点も多い。AAM 機を活用することで、従来のヘリコプター運航や他の輸送手段と比較して以下のようなメリットが期待される。

- 旅客：利用可能性の向上（場所と頻度）、時間の節約（他の輸送手段と比較して）、静かで快適な機内空間、潜在的な低コスト化、シンプルな搭乗手続き、多様な輸送手段への接続性の向上
- 地域社会：低騒音、低排出ガス、運航ネットワークの拡大、地域経済の活性化、遠隔地へのアクセス性向上、緊急時対応能力の向上、インフラコストの削減（地上輸送手段と比較して）

2.2.1 旅客輸送

1. 空港等からの二次交通：空港と目的地を結ぶ旅客輸送
2. 都市内輸送：都市内での旅客輸送
3. 都市間輸送：都市中心部から地方、郊外への旅客輸送
4. エンターテインメント：娯楽施設や観光地などでの周遊飛行
5. 観光地へのアクセス：娯楽施設や観光地への観光客などの旅客輸送
6. 離島や山間部を結ぶ路線：離島と本土、離島間、山間部と都市部を結ぶ旅客輸送
7. 緊急医療用輸送（医師用）：災害発生時や急病人発生時等に、都市部、地方を問わず緊急医療目的での医師の輸送

8. 緊急医療用輸送（医師・患者等用）：災害発生時や急病人発生時等に、初期治療を行った医師や患者の緊急搬送

2.2.2 荷物輸送

1. 緊急物資輸送：災害発生時に必要な物資の輸送
2. 施設間輸送：企業・団体が所有する施設間での商品・製品の輸送
3. 荷物輸送（海上・山間部）：海上ルートや山間部での荷物輸送（遠隔医療を含む）
4. 荷物輸送（都市部）：都市部における荷物輸送

上記の他、企業が独自に導入し自社利用するユースケースや、将来的には自家用として個人で所有・利用するユースケースも想定される。

2.3 地上のインフラ

2.3.1 バーティポート

定義・概要

「バーティポート」とは、航空法上の「空港等」にあたり、種類としては、「ヘリポート」のうち空飛ぶクルマ専用のものをいう。AAM の運航環境では、1 つ又は複数の離着陸帯を持つ様々な規模のバーティポートが存在することが想定される。

バーティポートには、旅客の乗継ぎ、荷物搭載、整備に特化したものやこれらの機能が混在したものがある。運用の規模が小さく、必要敷地面積が小さいため、従来の空港等よりも迅速に設置できることが期待されている。

バーティポートが地域にサービスを提供する方法には様々な形態がある。地域の都市部においてバーティポートが 1 つの場合もあれば、異なる組織によって運営される多くのバーティポートが存在する場合もある。

AAM 運航の初期段階では、既存の空港等（ヘリポート含む。以下同じ。）の使用や場外離着陸の許可など既存制度の活用が想定されるが、既存の空港等がない場所での運航を可能にするためには、新しい専用バーティポートが必要となる。また、既存の空港等は、必要な要件を満たせば eVTOL の運航に利用することは可能である。例えば、充電やバッテリー交換用の設備、バッテリー火災に対応した消火設備などの追加の施設整備が必要になる可能性が高い。

設備

バーティポートは、想定される AAM 機の機体サイズ、性能及び運航条件に応じたインフラが必要となる。夜間や悪天候時における安全運航のため、計器飛行方式の設定及び当該方式に付随する航空保安施設等の整備が必要となる可能性がある。安全のためのインフラと設備の要件は、バーティポート間で標準化される必要がある。

パーティポートの中には、AAM 機が運航していない間に駐機する場所を有するものもある。AAM 機の駐機場所については、パーティポート運営者と運航者間で調整される。離着陸帯と駐機場の間の移動は、地上移動（地上牽引装置又は自力によるタキシング）、又は低空でのホバリング（そのパーティポートで可能な場合）で行われる。

構成

パーティポートの構成は様々で、実現可能な運航便数等の処理能力も異なる。特に、利用可能なパーティポートが少ないと予想される初期段階では、パーティポートの処理容量が AAM ネットワーク全体の容量に影響を与えることが予想される。

一部のパーティポートには、AAM 機が離着陸帯から駐機場に移動するための設備があり、他の AAM 機が離着陸帯を使用できるようになっている。駐機場のあるパーティポートと駐機場のないパーティポートが混在することになる。

パーティポートは、AAM 機や他の航空機の異常時や緊急時に使用を求められる場合があると想定されるため、パーティポート又は近隣の別のパーティポートで発生する可能性のある緊急事態への備えを考慮する必要がある。

パーティポートの容量は、離着陸帯の数と処理能力、及び駐機場の数に大きく依存する。この容量は、以下のような事項に影響される。

- － 離着陸帯の占有時間（到着時）
- － 離着陸帯の占有時間（出発時）
- － 出発経路、到着経路
- － 後方乱気流の影響とセパレーション
- － パーティポートで要求される、騒音低減又はその他の当該空域で要求される特別の手順
- － 駐機場でのターンアラウンドタイム（充電時間を含む）

国際的な規制と基準

現時点で、国際的、国内的に、パーティポート専用の統一的な設計基準は存在しない。欧州では、EASA がエンハンスドカテゴリーで認証された VTOL 能力を持つ有人航空機の運航に適した VFR パーティポートの設計に関するプロトタイプ・テクニカル・スペシフィケーション（PTS）を、2022 年初頭に発行している。また、FAA では、2024 年頃にパフォーマンスベースのアドバイザリー・サーキュラーを発行するのに先立ち、2022 年 9 月にパーティポートの暫定的な設計基準であるエンジニアリング・ブリーフが発行された。

ICAO は、パーティポートの国際標準（SARPs）を作成することが期待されているが、完成までには 3～5 年かかると思われる。同様に、旅客輸送 VTOL 飛行で想定されるパーティポート運用基準もまだ存在しない。しかし、EUROCAE をはじめとする標準化団体は、操縦者による VFR VTOL 運航のためのパーティポート運用のためのガイダンスを策定中である。EUROCAE は、2022 年にパーティポート運営者と運用のための包括的なガイダンスを発行しており、様々な特定の側面に関する更なるガイダンスと規格を業界関係者とともに開発している。これらのガイダンス文書は、パーティポート認証制度を開発するための基盤として使用することができると思われる。

空港やヘリポートに関する既存の設計・運用基準は、eVTOL の機体性能が十分に考慮されていない。eVTOL の機体性能を考慮した制限表面の要件をパーティポートに適用することにより、都市部でのパーティポートの設置と AAM 機の導入・普及を促進することが期待される。

規制及び基準は、通常及び異常時の運航条件に対するパーティポートの能力を定義する。特に都市部で安全かつタイムリーにパーティポートを導入し、商用 AAM 機の運航をサポートするために、必要に応じて産業界と連携しながら設計及び運用要件が策定されるべきである。

2.3.2 非公共用／公共用パーティポート

AAM 機のタイプ、仕様、性能は多岐にわたることが予想される。AAM 機の多様性は、長期的には新規市場参入者によって拡大することが見込まれるが、一方業界の統合が進むことによって縮小する可能性もある。パーティポートの設計基準は、AAM 機の機種によらず、あらゆる AAM 機の仕様や能力に対応できる必要がある。

パーティポートには、従来のヘリポートと同様、公共用（不特定の運航者が利用可能）と非公共用とが存在する。公共用については、運航が想定されるあらゆる AAM 機に対応できる仕様が原則であり、AAM 運航者とは別の独立した主体が運営を行うことが想定される。一方、非公共用については、AAM 運航者が直接運営を行うケース、ポート事業者が特定の AAM 運航者と契約を結ぶケースなどが想定される。

AAM の機種に依存せず多数の運航者が利用可能なパーティポートは、RAM と UAM との間にネットワーク効果が生まれるとともに、飛行範囲や便数の増加に伴い、パーティポートと AAM 機の利用率が向上し、ひいては AAM 機の運航コストと旅客のチケット価格の削減につながることを期待される。それを可能にするためには、複数の AAM 運航者が運航するパーティポートには、様々なミッションや離着陸方式が利用できることが期待される。また、空域の制約や都市部にパーティポートが設置可能な場所が不足している課題等を鑑みると、AAM の機体の種類に依存しないパーティポートの必要性がより求められる。

2.3.3 既存の航空インフラとの統合

パーティポートを既存の航空インフラに設置することで、既存の空港施設を最大限に活用し、AAM 機サービスと民間航空輸送サービスをシームレスに接続することができる。乗客に空港と都市間を迅速かつ快適に移動する手段を提供することができ、その結果、AAM は、空港を発着する地上交通機関を補完したり、代替したりすることができる。空港からの二次交通は AAM の初期的なユースケースとして期待されている。

空港は、様々な課題やニーズの変化を伴う複雑な運用環境である。空港にパーティポートを設置する際には、空港への既存機の進入・出発、滑走路の容量、安全対策、その他の地域的な制約事項など、考慮すべき要素が数多くある。パーティポートの位置は、安全性を維持し、既存の滑走路運用の処理能力を維持するために、航空機の進入・出発に影響を与えるエリアを極力避ける必要がある。交通量が多く、新たに使える空域容量が限られている空港では、AAM 機の性能特性も踏まえ、可能な限り他の航空機の運航とは独立して AAM 機の運航を行う等により、全体的な容量を極力減少させない方法を検討する必要がある。

空港の近く、管制空域内でAAM運航を導入する場合、航空管制は、安全性を維持し、交通の流れを最適化するために、パーティポートで使用されているプロセスと手順を明確に理解する必要がある。進入復行や着陸復行をする必要がある場合に、管制機関は常に競合が発生していないことを確認することが不可欠である。

また、パーティポートの位置選定の際は、安全性を確保するために空港の制限表面への影響を考慮し、空港運用や航空機の運航、近隣のコミュニティへの影響を理解する必要がある。

空港内でのパーティポートとAAM運航の統合は、多くの要因に左右され、空港の物理的な大きさ、AAM機が使用するエプロンエリア、他の航空機との近接性、及び既存の交通量に依存する。

AAM機の運航を、既存の航空機の運航とはコンフリクトしないようにしつつ空港のエリア内にとどめ、AAMの乗客がターミナルビルに近い位置にすることが望ましい。乗客は、航空サービスや既存の地上アクセスインフラに接続する必要がある。また、パーティポートを空港内で既存機の運用から離れたエリアに設置することで、AAM運航が地上移動中の既存機や車両等と競合しないようにすることができる。さらに、パーティポートを別の場所に設置することで、乗客はエアサイド（制限区域）のセキュリティ・エリアに入るために必要な保安検査を回避することができる。既存の空港内又は近くにパーティポートを計画する際には、以下の点を考慮する必要がある。

- 既存の航空機とコンフリクトが予想される場合は、既存の航空機の運航に影響を及ぼさないよう、緊急時の対応方法や通信手段を明確にする必要がある。
- パーティポートは、既存の空港の鉄道、地下鉄、道路のネットワークを利用することで、新たな地上アクセスリンクの導入を避け、全ての人にアクセスしやすい環境を整えることが望ましい。
- AAMサービスと既存の航空・地上サービスとの間の接続は、乗客にとって可能な限り障害がなく迅速であることが望ましい。
- 電動AAM機の特長、特にAAM機のエネルギー貯蔵及び推進システムによって引き起こされる火災の特殊性（例：リチウムイオンバッテリーの熱暴走）について考慮する必要がある。
- AAM機が空港のエプロン内で従来の航空機と隣接して運航する場合の危険性を考慮する必要がある。
- パーティポートの安全確保と空港の制限表面への影響を保証する必要がある。
- AAM機及び装備の環境影響と騒音プロファイル、及びパフォーマンスをモニターし管理する必要がある。
- 空港にパーティポートが併設されている場合の管制業務を規定しなければならない。

2.3.4 充電インフラ

充電設備について、特にコネクタについて複数の仕様が想定されるため、各々のパーティポートにおいて利用が想定されるAAM機を踏まえた検討が必要になる。

現時点で、AAM機の充電方法としては、(1) バッテリー交換、(2) 直接充電の2つの方法が知られている。それぞれの方法には長所と短所があり、充電インフラに求められる条件も異なる。

バッテリー交換のためには、パーティポート内にバッテリー充電設備を設置する場所や保管場所を確保するための面積が必要となる可能性がある。また、AAM機の迅速なターンアラウンドを可能にするためには、これらの設備を駐機場の近くに設置して、迅速な交換を行うことが運用上必要となる。

直接充電を行うには、AAM機のターンアラウンド時に急速充電を行うために、各駐機場に充電ポイントを設置する必要がある。これらの直接充電ポイントに電力を供給するために、敷地外に電源トランスや充電ユニットの設置が必要となる可能性がある。AAM機をサポートするために、適切な地上サービス機器が必要となる。

現時点ではAAM機の充電方式等の詳細が明らかとなっていないが、今後、充電・受電設備の設置及び運営の責任分担について、関係者間での調整が必要となる。

2.4 空域、交通管理

2.4.1 現在の空域の状況

現在の空域の状況は下図の通り。

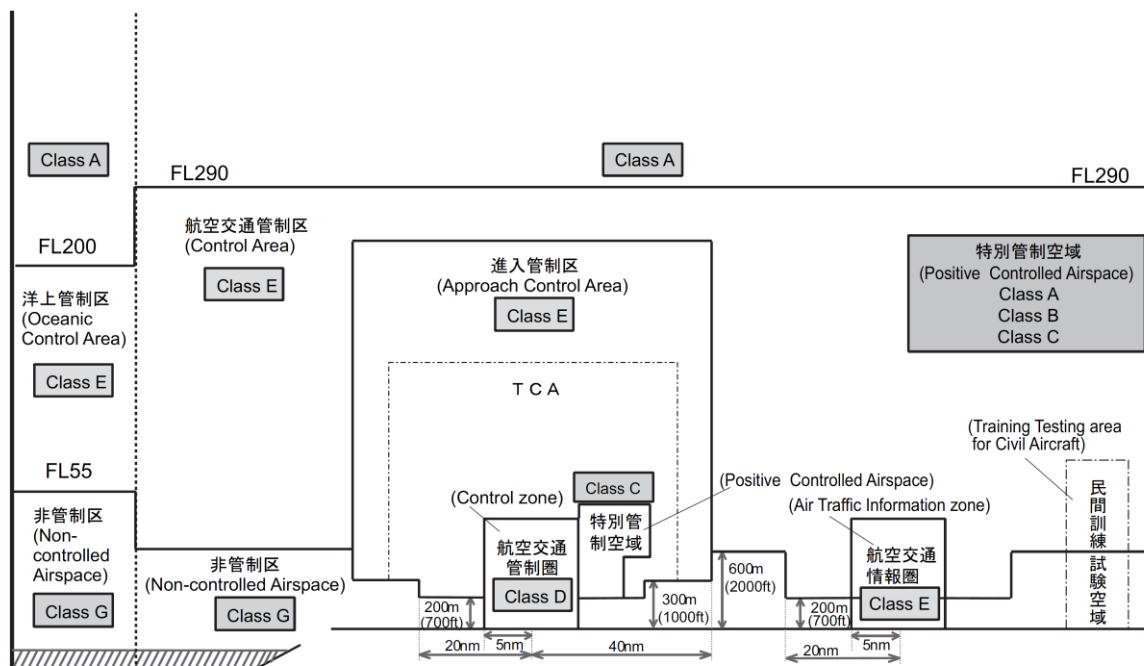


図 2-1 空域の状況 (AIP から引用)

2.4.2 AAMによる低高度空域の利用

このセクションでは、UAMならびにRAMが空域でどのように運用されるかを説明する。

UAMは主に都市部において低高度空域で運用される。ドローンは、地上高500ft（150m）未満での飛行が原則である。一方、UAMは航空法第81条の規定により、離陸又は着陸を行う場合を除き、航空法施行規則で定める最低安全高度以上の高度で飛行する必要があるため、ドローンとUAMが巡航する空域は一定程度分離されていると考えられる。しかし、ドローンが許可を得て500ft（150m）以上で飛行する場合、また、UAMが航空法第81条の2を適用した捜索や救助のための飛行や、航空法第81条但し書きの許可に基づく飛行を行う場合などは最低安全高度を下回った高度で飛行することがある。また、空港やパーティポート周辺などにおいてドローンと同じ空域を飛行する場合もある。このような場合には、UAMとドローンとの間には安全間隔を確保することが必要になると考えられる。

また、飛行経路と目的地に応じて、UAMは管制空域のみならず非管制空域も通過する場合がある。

将来的には、操縦者による運航と自律運航等の混在を含め、低高度空域における航空機の種類、運航者、ミッションはより多様化することが想定される。単一のカテゴリーの運航者が空域を独占的に使用することなく、全ての運航を統合する必要があると想定される。

UAMは、都市内交通等で運航規模が大きく拡大していくことや、遠隔操縦や自動・自律運航が想定されることなどを考慮すると、現在のVFRの目視による安全確保だけではいずれ限界が来ると考えられる。そこで、UAMの運航規模の拡大や運航形態の高度化に対応するため、一定の空域において運航を計画段階から調整することで安全かつ円滑な航空交通を確保する新たな空域・交通管理のコンセプトが必要となる。想定されるUAMの交通状況をもとに新たな交通管理のサービス（次項のUATMサービス参照）が提供される空域を「UASA（UATM Service Area）」と定義する。UASAには、管制空域と非管制空域のどちらも含まれる可能性がある。UASAは、UAMの運航密度や運航頻度、周囲の交通状況に応じて柔軟に航空当局が決定するものであり、都市部に限定されたものではない。

航続距離の長いRAM運航は、UAM運航よりも高い高度で飛行することが想定される。運航の特性と規模から、RAM運航では飛行の一部又は全部に既存の空域と交通管理のコンセプトが適用されることが予想される。

パーティポート空域

パーティポート周辺では、航空機が出発・到着と巡航の状態を移行できるように空域を構成する必要がある。パーティポート空域への入域ポイントと出域ポイント、到着及び出発経路、進入復行のための経路が必要となる。また、パーティポートの制限表面の設計には、障害物や空域の保護を考慮する必要がある。

空港や一部のヘリポートと同様に、混雑するパーティポートでは、空域や着陸インフラの容量を最大限に活用するために、積極的な交通管理が必要になる場合がある。パーティポート空域は必要に応じ柔軟に有効化・無効化する。

UAMルートとUAMコリドー ^{[3][5]}

UAMルートとUAMコリドーは、空域を構成し、AAM運航の増加による影響を緩和するための手段である。UAMルートはUAM機の位置の予想可能性を高め他の低高度空域関係者の状況認識を向上させる目的で設定される。UAMコリドーはUAMの高密度な運航を可能とする目的で、UAMの運航が特に高密度で空域の容量を増やす必要がある場合に設定される。UAMルートとUAMコリドーの設定にあたっては、基本的にはUAMの飛行頻度に応じた検討が想定されるが、UAMの飛行頻度のみならず、周辺の交通状況も考慮される必要がある。

UAMルートは、空港やパーティポート等の間を結ぶように設定される。コンセプトとしては、ヘリコプターで使用されている経路やVFRルートと同様の性質を持ち、パーティポート空域の出入口に接続するルートとなるが、経路の一部に設定される場合もある。位置通報ポイントと組み合わせることで、操縦者や航空交通の管理をする者にとってはAAM機の位置を認識しやすくなる。また、経路設計によっては地上の安全リスクや騒音の影響を軽減させることもできる。UAMルートの設定については、UAMコリドーと比較して必ずしも既存制度の大幅な変更を必要としない。

アクセスと公平性を実現するために、UAMルートはUAM以外の航空機も使用することが可能であるが、経路の位置によっては、その使用に一定の要件が必要となる場合もある。都市環境における一連の経路は、経路間及び各パーティポート/空港への複数の接続点を持つ経路ネットワークを形成する。UAMルートを使用する主な利点は、早期に導入できることと、現在の他のタイプの経路や空域ユーザーと一緒に使用できることである。

UAMコリドーは、空港やパーティポート等の間を結ぶ専用の空域であり、航空機が特定の規則、手順、性能要件を遵守して使用する。UAMルートと同様、経路の一部に設定される場合もある。また、二地点間を結ぶUAMコリドーが増えてきた場合、空域の状況を踏まえた形状になる可能性もある。このタイプの空域では、空域の容量を増やすために、UATMサービスを受ける義務があり、特定の性能要件が必要な場合に使用される。例えばUAMコリドーは、空域の容積が限られていて、高い利用率を必要とする空港の近くの経路に有効である。現時点では未定義だが、新しい飛行規則と併用することで、UAMコリドー内では飛行可能な気象条件を拡大できる可能性がある。

UAMコリドー、UAMルート及びパーティポート空域は、航空情報による公示などの手段によりAAMの戦略的及び戦術的なコンフリクション回避をサポートするために使用することができる。UAMコリドーで運航するためには、運航者は適切な装備要件、性能要件を満たす必要がある。特定の手順に従わなければならない。また、UAMコリドーは、必要な要件を満たさない空域利用者の空域へのアクセスを制限する。AAM機が希望する運航をサポートするためにUAMコリドーのネットワークを構築することは、全ての空域利用者間の公平性の観点から困難な場合がある。UAMコリドーを導入するためには、全ての空域利用者による空域の効果的な活用と認識性を確保するために新たな規制と手続きが必要であり、UAMコリドーの使用は、その利点が必要とされる状況に限定されるべきである。

2.4.3 交通管理

従前の航空機の飛行は、機体数の増加に伴って空域の棲み分けや航空機間での適切な離隔距離を取る必要が生じ、その後も利用者の増加や運航の多様化に対応して高度化・精緻化を重ねてきた。

AAM も、初期段階においては既存の手法や手順に従って現行の ATM 運航環境の要件内で行われることが予想される。AAM 産業が成熟するにつれて、様々なレベルの自動・自律化（人による操縦、部分的自動化、完全な自律飛行を含む）を伴う多様な航空機が低高度の空域で運航されることが予想される。UASA 内における運航密度の増加、自動・自律化の進展、空域利用者の多様化などが進むことにより、現行の ATM システムを高度化する必要が出てくると考えられる。

UASA における AAM の運航をサポートするために、新しい「UATM (Urban Air Traffic Management)」システム及びサービスが必要となる。

UATM サービスは、UASA を安全、効率的、かつ確実に利用するための AAM 運航要件を満たすよう、AAM 運航者を支援する^[3]。また、AAM 運航者に付加価値のあるサービスを提供することもある。これらのサービスは、AAM 運航をサポートするために、UASA の多様な空域利用者の運航を最適化し、データへのアクセス認証を提供する。また、UATM サービスには、地形、障害物、空港等の利用可能性、気象情報だけでなく、運航をサポートする様々なデータが提供される。^[3]

UATM サービスは AAM 機の運航をサポートし、UASA のパフォーマンスを最大化することを目指す。そのために、飛行効率、アクセス性、公平性など各項目のバランスを取る必要があるが、安全性は例外なく規制で定められた許容レベルを常に満たさなければならない。初期の AAM 運航で交通密度が低い場合は、現行の ATM サービスに従うことが予想されるが、パフォーマンスを最大化する観点からメリットが得られる場合においては UATM サービスを導入する。

UATM の一連のサービスには以下が含まれる。

- 情報交換
- 空域管理
- 運航調整
- 飛行計画の確認／承認
- 適合性モニタリング

初期の AAM 運航をサポートする段階では、必ずしも全てのサービスが必要になるわけではない。これらのサービスは、AAM 運航の規模の拡大や技術の向上に応じて順次導入されるとともに成熟度を高める必要がある。これらのサービスの成熟度は UASA ごとにその利活用状況に応じて異なる可能性がある。

また、UATM サービスを適用する航空機や空域の範囲は、運航規模に応じて拡大され、適用する航空機については最終的に UASA 内の全ての航空機がこのサービスを受けると想定される。

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、初期的には ANSP による音声の情報提供サービスからはじめ、AAM 運航の成熟度や技術開発の進捗、また運航実態や空域の輻輳状況等に応じ、段階的にサービス拡充を検討する。具体的には、ANSP をはじめとする関係者間で情報共有基盤 (SWIM) を介し、情報管理やセキュリティにも留意して、承認されたデータ交換を行うことが想定され、これら情報には飛行データ、制限事項、航空路情報、アクティブな特

別活動空域（SAA）などが含まれる。将来的には 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を行うことにより、全ての低高度空域関係者が状況認識を共有できるようにする。

空域管理

空域管理は、環境や運用上の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、通常時及びイレギュラー時における交通管理のニーズに対応することを目的としている。運航規模の拡大に伴い動的空域管理の導入も検討する。AAM 運航のための空域及びルート／コリドーの利用可能性は、さまざまな理由で変化し、さらに空域の利用可能性の変化（緊急時・災害発生時は救出救助活動を優先する等）は、予測可能なものから予測不可能なものまで様々である。

運航調整、飛行計画の確認／承認は、計画時点での既知の空域及びルート／コリドーの利用可能性に基づいて行われる必要がある。空域及びルート／コリドーの利用可能性が変更された後は、すでに飛行中のものも含めて既存の飛行許可を見直し、変更が飛行計画にどのように影響するか、既存の飛行承認をキャンセル又は修正する必要があるかどうかを判断しなければならない。

運航調整

運航調整は、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ものである。パーティポートの能力を最大限に引き出すために、運航調整は到着・出発の時間とスロットを管理することが求められる。

パーティポートの発着容量が変更された場合は、以前に計画された飛行を見直し、パーティポートの発着容量を超えないようにする必要がある。

飛行計画の確認／承認

飛行計画の確認／承認は、AAM 運航開始のための飛行計画の提出に対応して行われる。現行の ATM サービスでは VFR 運航の飛行計画は確認のみ行われているが、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することが必要となる。飛行計画は、運航調整も含めて包括的な UATM システムの実行上の目的に沿ったものでなければならない。

適合性モニタリング

適合性モニタリングの目的は、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、タイムリーな情報提供と対応の提示を行うことである。

適合性モニタリングは、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するものであり、これには APPENDIX 2 で掲げるイレギュラー時の運航が発生した場合の当該運航のモニタリングやサポートも含まれる。この飛行計画への適合性確保に関する責任は、操縦者又は AAM 運航者にある。

初期的には主に時間軸による飛行計画の変更調整のサービスを提供する。

AAM 運航の高度化を実現するため、計画された飛行経路、高度、通過予定時刻からの空間的・時間的な逸脱も含むリアルタイムのコンフリクト回避について、具体的に求められるサービス内容を引き続き関係者間で検討する。あわせて、空域・ルートに応じて求められる航法性能や不適合機に対する通信手段など CNS に関する性能や信頼性などの検討を行う。

適合性モニタリングは、不適合機及びそれにより影響を受ける他のAAM機双方の安全性を確保しリスクを軽減するための手段として機能するのみならず、AAMの運用実績の把握等を通じ、将来的な高密度運航や自動・自律化運航などへの進展にも寄与するものである。

ATM, UTM, UATM の連携

AAM、ドローン、従来の航空機の交通管理システムは、衝突回避や状況認識の共有、協調的な意思決定をサポートするために、相互に作用したり、統合したりする必要がある。交通密度がさらに高まり、航空機の自律性が向上すると、全ての交通管理システムで高度に統合された統一的な空域管理が必要になると考えられる。そのためには緯度・経度及び高度の3次元の座標系を共通化することが有効な手段となり得る。

ATM、UATM、UTM サービス間の連携及び情報管理のためのフレームワークを定義することが重要となり、ATM、UATM、UTM システム間の情報共有には、共通の情報交換システムが使用される必要がある。

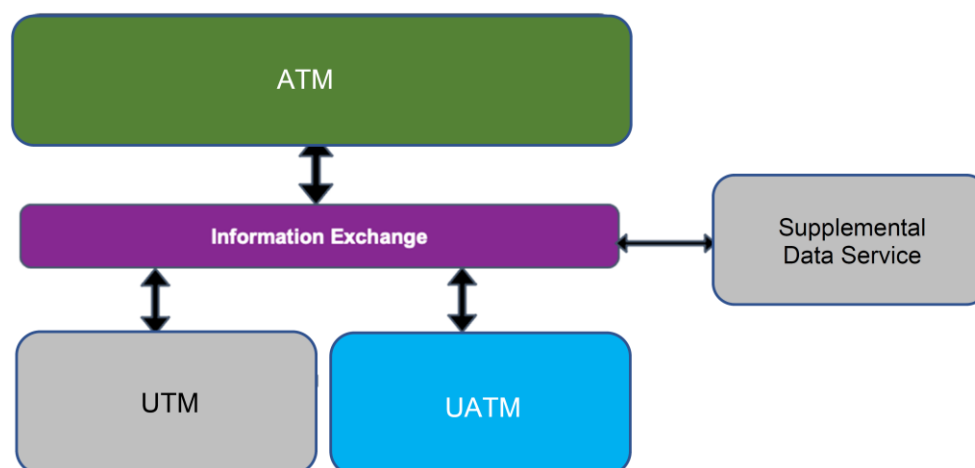


図 2-2 UATM、ATM、UTM 間の連携

2.5 役割と責任

主要な関係者の役割と責任を以下に示す。AAM のユースケースによっては、他の関係者が重要な役割を担う場合もある。(例：地域の消防組織)。

2.5.1 AAM 機体メーカー

AAM 機体メーカーは、安全な AAM 機を設計・製造する責任がある。機体メーカーは、それぞれの AAM 機の型式証明を取得し、継続的な耐空性を確保する必要がある。

2.5.2 AAM 運航者

AAM 運航管理 ^{[3][4][5]}

AAM 運航者は、それぞれの AAM 機の運航を管理する。AAM 運航者は、受領した搭乗需要に対して、航空機と操縦者を選択する責任がある。操縦者と連携して、飛行計画を提出する。

AAM 運航者は、定期便又はオンデマンド便として運航を行う。また、航空運送事業許可/航空機使用事業許可を保有し、運航管理の責任を負う。さらに、規制要件や認証に適合し、飛行を計画し、UASA においては航空機の飛行計画や現在の位置情報を共有する責任を負う。また、操縦者の訓練と機体整備体制及び旅客の保安検査と搭乗手続きに責任を負う。

パイロット・イン・コマンド (PIC) ^[4]

PIC は、AAM 機の「運航と飛行安全に関する最終的な権限と責任」を持つ者である。AAM 機に搭乗している場合もあれば、遠隔で操作している場合もある。

運航中の航空機に搭乗していない PIC は、リモート PIC (RPIC) と呼ばれる。PIC は、運航上の役割に応じて、JCAB が適切と判断するレベルの訓練を受け、技能証明等を取得する。

2.5.3 パーティポートの運営者 ^[5]

パーティポート運営者は、規制当局と協議の上、そのパーティポートが提供するサービスの内容と、提供する相手を定義する。パーティポート運営者は、パーティポートのグラウンドオペレーションに責任を持つ。また、地上の安全と出入管理等のセキュリティ及び充電・給油の監督にも責任を負うが、これらの責任は AAM 運航者や他の第三者が負う場合もある。パーティポート運営者は、離着陸帯、駐機場（該当する場合）、人員、充電施設の利用可否など、パーティポートの運用状況に関する情報を提供する。

2.5.4 整備及びグラウンドサービス提供者 ^[4]

充電、機体点検・整備、機体サービシング（食事・飲料）、除氷、旅客誘導と安全の確保、保安検査など、現在の空港等やフィクスト・ベース・オペレーター（FBO、運航支援事業者）によるサービスと同様となる。これらのサービスは、パーティポート運営者、AAM 運航者、又はパーティポート運営者や AAM 運航者のいずれかが契約した第三者が雇用する、適切な資格と訓練を受けた人員によって提供されるが、機体の整備体制及び旅客の保安検査の責任は AAM 運航者が負う。また、eVTOL の再充電を担当する人員は必要な訓練を受ける必要がある。

2.5.5 航空局 (JCAB)

JCAB は、規制当局と ANSP の両方の役割を担っているが、両者の役割は明確に区別されている。

規制当局

規制当局は、航空機、乗員、パーティポートを含む、安全に関連する全ての要素の認証に責任を負う。規制当局は、全ての空域における航空機の運航に関する権限を持ち、民間の運航に

関する規制及び監督を行う機関である。規制当局は、空域利用者が特定の運航目的を達成するために必要なリソースにアクセスでき、空域の共有利用が安全かつ公平に達成できるような運用環境を維持する。

規制当局は、AAM の運航をサポートするための規制を策定又は改正する。また、規制当局は、規制当局の権限を確実に維持するためのガイドラインを提供することがある。

ANSP

ANSP は、管制空域における航空機の動きを調整し、衝突を防ぎ、効率的な航空交通の流れを確保する。ANSP は、その任務に応じて、以下のようなサービスを空域利用者に提供する。

- ATM サービス
- 航空情報管理 (AIM)
- 通信・航法・監視 (CNS)
- 航行のための気象 (MET) サービス
- 捜索・救助 (SAR) サービス

一部の国では、ANSPはATM及び／又はその他のサービスを通じてAAM運航に対応する。また、AAM 運航環境のための交通管理 (UATM) の役割と責任は、ANSP によって実行されるか、又は単独か複数の団体に委ねられる。サービスを集中化するか分散化するかの決定は、国によって異なり、各国の空域の状況や法的枠組みによって決定される。日本においては、UATM サービスはANSP が提供することを予定しているが、AAM 機の運航は従来のATM 環境下での運航と同等の安全性が求められる中で、将来においては様々な速度や飛行特性をもつAAM 機が従来にない高頻度・高密度での運航を行うことが想定されることから、具体的にどのよう高い安全性を担保するかについて、引き続き検討する。(UASA 以外においては、既存ATM サービス等が提供される。)

2.5.6 USS (UAS Service Supplier) [3][5]

USS は、UTM システムの下でドローンの運用をサポートする組織である。AAM は、ドローンが運用される低高度空域においても運航が予想される。USS が提供するいくつかのサービスは、UATM サービスと以下のように相互関係を持つ。

1. UTM の運用でUATM サービスを利用できるようにする
2. 必要に応じて、AAM のイレギュラー時運航をサポートする

また、UATM に使用されるシステムは、UTM で重要な役割を負うUSS と情報を交換する必要がある。

2.5.7 SDSP (Supplemental Data Service Provider) [3][4]

AAM 運航者及びUATM サービスは、SDSP を利用して、地形、障害物、空港等の利用可否、特殊な天候情報などを含む (ただしこれらに限定されない) 補助データにアクセスできる。SDSP は、AAM 運航者がUATM サービスを介して、又は直接アクセスすることができる。複数のサービス・プロバイダーが同様の情報を提供し、利用者が任意に選択することができる。SDSP が提供するサービスには、生データ、付加価値データ、1 つ又は一連の意思決定支援ツールがある。

2.5.8 その他の規制当局 [4][5]

AAM が都市環境の騒音に与える影響を考えると、航空機の騒音管理に関する役割が明確に定義されていることが重要となる。

都市計画は、バーティポートに関して重要な役割を持つことになる。AAM の運航は主に地域社会や都市部で行われるため、地方自治体は AAM においてより大きな役割を担っている。都市計画、騒音、インフラ等に関連する制度は、バーティポートの場所の選定、AAM の飛行回数や経路に影響を与える可能性がある。

環境アセスメント、電力網、通信など、その他の関連法や規制を管理する規制機関/当局を考慮する必要がある。

3 AAM 導入のフェーズ

この章では、AAM の段階的な導入のフェーズについて説明する。

3.1 AAM フェーズ^[5]

AAM 運航の導入と発展は、いくつかのフェーズに沿って行われる。

- 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

本文書では、操縦者の搭乗有無、自動化・自律化の進展、交通管理の複雑度等の定性的観点からフェーズを切り分けている。各フェーズにおける運航密度等の定量的な数字を定義するには更なる知識・経験の蓄積と検証等が必要である^[9]。

より高度な技術の試行と実証は、全てのフェーズを通じて継続的に行われると想定され、これらのフェーズにおける機体、パーティポート、空域・交通管理について以下に記載する。

3.2 フェーズ 0

フェーズ 0 では、商業運航に先立ち、試験飛行や実証飛行が行われる。試験飛行や実証飛行は、航空法の安全基準に従い、航空局による適切な許可を得る必要がある。運航は、関連する安全リスクを軽減する方法で行われる。例えば、運航は地上の人々から離れた隔離された空域で行われる可能性がある。試験飛行や実証飛行は、「空飛ぶクルマの試験飛行等に係る航空法の適用関係のガイドライン」に沿って実施される。

3.2.1 フェーズ 1 の準備

フェーズ 0 の間に、一部の AAM 機が日本の型式証明プロセスに従って型式証明を取得する。

初期の商業運航に必要な空域の設計、計画、導入はフェーズ 0 の間に開始される。フェーズ 2 に先立ち フェーズ 1 で実現可能な空域容量を把握するための分析が行われる。

この段階でフェーズ 1 をサポートするために開発される空域と関連手順は、主に既存の空域と ATM コンセプトに基づいている。

フェーズ 1 では、既存の空域と ATM の概念を使用することで、AAM の円滑な初期導入を実現することができる。より複雑な、あるいは新しいコンセプトの導入については、フェーズ 2 以降において更なる高度化を図るようにする。

パーティポートの建設を開始するためには、パーティポートの設計及び運用要件と、関連する承認プロセスを確立する必要がある。パーティポートの計画及び承認の枠組みは、社会受容性及び地域社会の関わりの要件を考慮する必要がある。

AAM 運航の準備もまた、AAM 機が飛行する場所での適切な社会受容性と地域社会との関わりを考慮する必要がある。手順とルート構造の計画は、他の空域利用者への影響と同様に地域社会への影響を考慮する必要がある。

地域社会や空域の利用者が、パーティポートの設置場所や空域の利用方法を検討する際には、初期導入以降の将来的な運航規模について考慮する必要がある。

3.3 フェーズ 1

フェーズ 1 では、日本における AAM 商業運航の初期導入が行われる。フェーズ 2 の準備はフェーズ 1 の間に行う必要がある。

フェーズ 1 での旅客輸送 AAM 運航では、初期の運航は低密度で行われ、既存の航空機と同様に操縦者が搭乗し、VFR で実施されると予想される。

操縦者が搭乗しない遠隔操縦による荷物輸送の AAM 運航には、適切な安全基準の設定が必要である。

認証済の機体に加えて、AAM 運航者には運航承認と関連する操作手順の安全基準が必要になる場合がある。

初期的には、既存の空港等や場外離着陸の許可など既存制度の活用が見込まれるが、比較的小規模なパーティポートの開発も想定される。

パーティポート周辺の空域や、空港及びパーティポートで AAM 機を運航するために、新規又は既存のものを修正した ATM の枠組みが必要となる。この段階で使用される空域と関連手順は、主に既存の空域と既存の ATM の枠組みの中で行われることが必要となる。

フェーズ 1 の段階では低密度であるため、既存の ATM コンセプトに基づいて運用されるが、大幅な制度改正や技術革新が必要ない初期的な UATM サービスの導入が開始される。パーティポートの容量の使用可否が AAM システム全体のパフォーマンスの制約となる可能性があるため、フェーズ 1 では、基本的な UATM サービスがパーティポートのネットワーク管理を可能にするために使用される。このサービスは主に、状況認識やパーティポートの需要と容量のバランスをとるために使用される。UATM サービスは、AAM 機及びパーティポート運営者が使用する可能性が高い。

フェーズ 1 での UATM サービスには以下のものがある。

- － 情報交換（パーティポート空域、UAM ルートにおける音声による情報提供）
- － 空域管理（パーティポート空域、UAM ルートの設定等）
- － 運航調整（混雑ポートの容量管理）

- ー 飛行計画の確認
- ー 適合性モニタリング（ADS-Bによる位置情報の把握、音声による情報提供等）

ANSP を含む UATM 関係者間の情報交換システムが利用可能となり、UASA 内の全ての空域利用者が当該システムによるサービスを利用できるようになるフェーズ 2 の開始までは、動的空域管理などの高度な UATM サービスの利用は行われないと考えられる。

フェーズ 1 では、新しいパーティポートやルートが設置/設計されると、地域社会や他の空域利用者への影響をさらに考慮する必要がある。

フェーズ 1 の間までに、フェーズ 2 以降に備えて、UATM 等のより高度なコンセプトの研究・開発・試行を行うことが重要である。

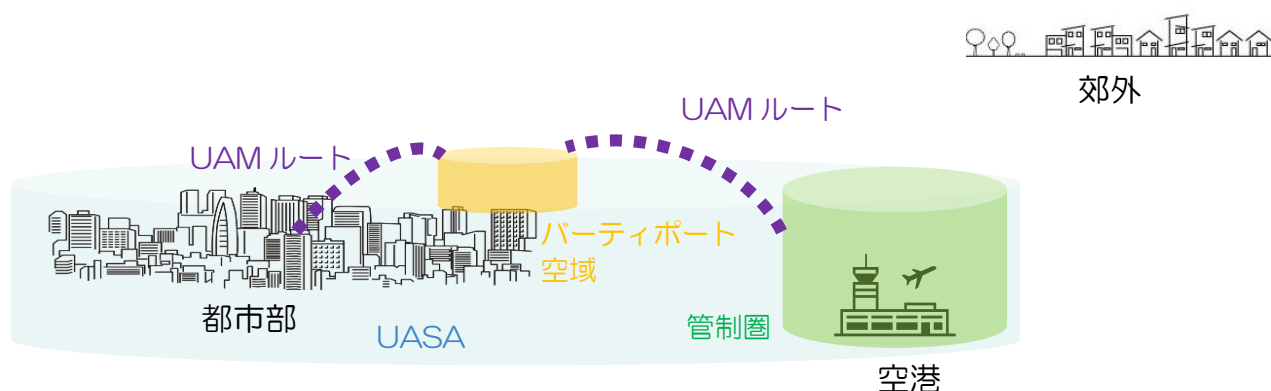


図 3-1 フェーズ 1

3.4 フェーズ 2

フェーズ 2 では、日本の AAM 運航がスケールアップする。フェーズ 2 では、中・高密度の操縦者による運航が想定されている。一部の都市環境では、従来の航空機運航よりも高密度で AAM 運航が行われると想定される。AAM 機の操縦には、地上からの旅客輸送機の遠隔操縦も含まれる可能性がある。運航は気象条件が悪い中でも行われることが予想される。

フェーズ 3 の準備は、自律運航の統合を可能にするための重要な研究開発を含め、フェーズ 2 で行う必要がある。

より多くの、より大きく複雑なパーティポートが開発され、より大きな容量の発着が可能になる。ビルの屋上などの複雑な都市環境を含め、より高度なパーティポートをサポートするためには、設計や運用要件の進化が必要になる可能性がある。

AAM 運航の規模と性質（遠隔操縦や IMC など）をサポートするために、交通管理の手法と手順の高度化が必要となる。新しい空域概念と高度な UATM サービスは、必要に応じてフェーズ 2 で導入される。これらの新しい概念やサービスは、参入する航空機に新しい装備や性能を必要とする場合がある。UAM ルートや UAM コリドー、UASA が必要に応じて使用される。

フェーズ2のUATMサービスには以下のものがある。

- 情報交換（データによる情報提供・交換）
- 空域管理（UAM コリドール設定、動的空域管理を含む）
- 運航調整（空域の容量管理、フロー管理を含む高度な調整）
- 飛行計画の承認
- 適合性モニタリング（リアルタイムなコンフリクト回避についても検討）

フェーズ 2 では、AAM 機やパーティポート運営者に加え、UASA 内の他の空域利用者も AAM 機と同様に UATM サービスを利用することが予想される。

ATM と従来の空域利用者を含む UATM 関係者間の情報交換システムが必要となる。

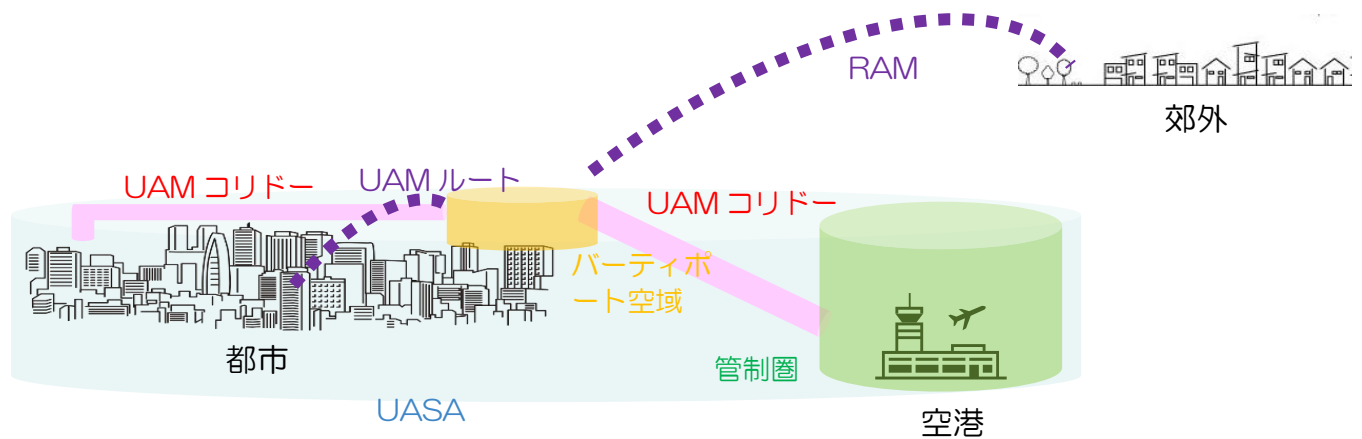


図 3-2 フェーズ 2

3.5 フェーズ 3

フェーズ 3 では、日本の AAM 運航は高密度での運航を含めてスケールアップする。UASA 内の運航には、操縦者搭乗による運航、遠隔操縦による運航が混在することが想定される。

ある時点から、UASA 内の全ての空域ユーザーが UATM サービスを利用することになると予想される。UATM の概念は、UASA 外の他の空域にも拡大され、ATM や UTM と統合される可能性がある。

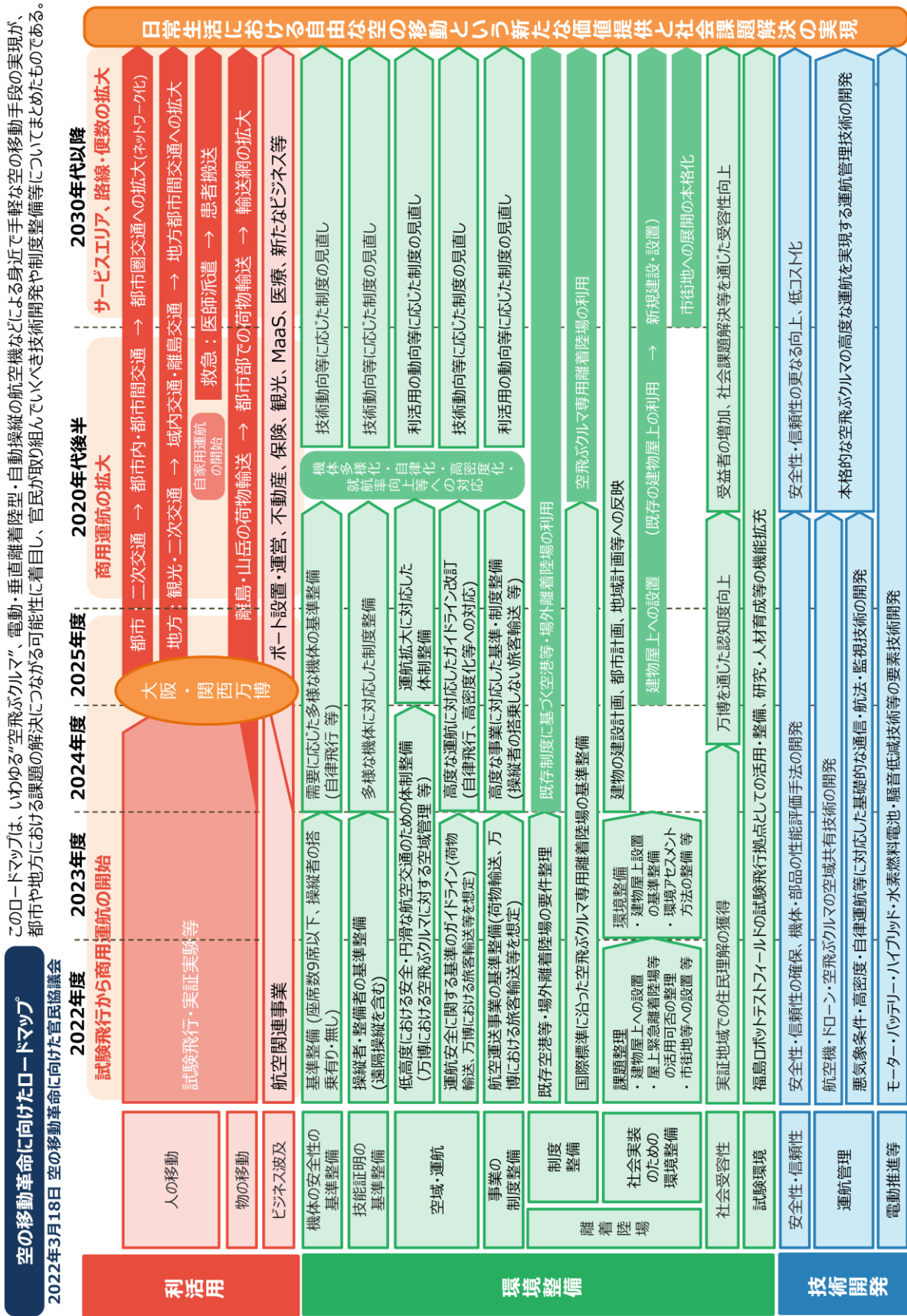
また、自律運航が開始されることに伴い運用が高度化される可能性がある。

4 まとめ

空の移動革命に関する官民協議会実務者会合での議論を経て、AAM の主要な構成要素である機体、地上インフラ及び交通管理を含むエコシステム全般の概要や段階的な導入のフェーズについて記載した「空飛ぶクルマの運用概念（ConOps）」をとりまとめた。

しかし、本文書に記載した内容は、現時点での知識と予測に基づいたものであり、今後の技術進歩や海外動向、関係者からのフィードバック等を踏まえて内容を常にアップデートしていくことが重要である。そのため、引き続き、空の移動革命に向けた官民協議会においても議論を継続し、改訂版を発行していくことを想定している。

APPENDIX 1 空の移動革命に向けたロードマップ



APPENDIX 2 旅客／AAM 機の典型的な一連の流れ

典型的な AAM 飛行において、(1) 旅客、(2) AAM 機に着目した一連の流れを記述する。これらの目的は、関係者がどのように相互作用するかを明らかにし、運用上の役割を説明し、AAM インフラストラクチャに必要なリソースを定義することである。

この旅客及びAAM機の一連の流れは、成熟した AAM 環境において、操縦者が搭乗する中・高密度のオペレーションを反映したものである（自律的なオペレーションではない）。また、記載されている一連の流れはあくまで一例であり、シナリオによっては別の機能や要素が追加される可能性もある。

(1) AAM 旅客の一連の流れの例

■飛行前

○ AAM の飛行を予約する

乗客はアプリを使用して AAM 便の座席を予約し、乗客や手荷物の推定重量を入力する。

- ・ 関係者・組織：AAM 運航者/予約プラットフォーム提供者
- ・ ツール：モバイル機器でのアプリ、デスクトップでの予約、又は対面での予約

○ パーティポートに移動し、チェックインをする

乗客は鉄道や車などでパーティポートに向かう。途中、予約プラットフォームや AAM 運航者の提供するアプリを使用して、搭乗便のチェックインを行う。

- ・ 関係者・組織：地上交通機関、パーティポート運営者、AAM 運航者/予約プラットフォーム提供者
- ・ ツール：携帯端末のアプリやチェックイン・キオスク

○ 全ての手荷物と乗客の重量を測定する

乗客はパーティポートで体重計を使って自身と手荷物の重量を計測し、チェックイン時に見積もった重さを確認して更新する。この情報は AAM 運航者に共有され、AAM ウェイト&バランスを確認する。このプロセスは、パーティポートに到着する前に行うこともできる。

- ・ 関係者・組織：AAM 運航者、パーティポート運営者
- ・ ツール：手荷物や乗客の重量を計測する機器

○ 安全に関する説明を受け、保安検査を受け、飛行を待つ

乗客は、携帯端末で簡単に安全に関する説明を受け、保安検査を受け、搭乗手続きが始まるのを待つ。搭乗の呼び出しが開始され、搭乗者が正しい便に搭乗するように最終確認が行われる。

- ・ 関係者・組織：AAM 運航者、パーティポート運営者
- ・ ツール：携帯端末上のアプリ、待合室/ラウンジ

■搭乗・出発

○ 手荷物を地上作業員に渡す

乗客は地上作業員のサポートの下で搭乗し、手荷物を地上作業員に渡して積み込む。

- ・ 関係者・組織：地上作業員

- ツール：AAM 機

○ AAM に搭乗し、安全に関する指示に従う

乗客は AAM に乗り込み、シートベルトを装着し、機体は離陸する。

- 関係者・組織：地上作業員、操縦者
- ツール：AAM 機

■ 巡航

○ 乗客は飛行中にリラックスしている。

- 関係者・組織：_ _ _ _
- ツール：_ _ _ _

■ 目的地への進入・着陸

○ 降機する

AAM 機はパーティポートに着陸し、タキシング又は駐機場までトーイングされる。乗客は駐機場で降機し、旅客ターミナルに移動する。

- 関係者・組織：地上作業員
- ツール：AAM 機

○ 手荷物を受け取り、パーティポートを出る

地上作業員が荷物を降ろす。乗客が指定された場所で荷物を受け取り、パーティポートを出る。

- 関係者・組織：AAM 運航者、地上作業員、パーティポート運営者
- ツール：_ _ _ _

(2) AAM機の一連の流れの例

■ 飛行前

○ 飛行を計画し、パーティポートの使用を調整する

AAM 運航者は、飛行を計画し、UATM に共有する。AAM 運航者は飛行計画の承認を得て、パーティポートのスロットを予約し、天候や航空に関する情報、その他運航に関わる各種情報を収集する。

- 関係者・組織：ANSP、AAM 運航者、パーティポート運営者
- ツール：UATM サービス

○ AAM の飛行前点検を行い、機体情報を送信する

地上作業員が AAM 機の飛行前点検を行う。AAM 機からシステムの健全性に関するデータが AAM 運航者に送信される。

- 関係者・組織：地上作業員、AAM 運航者
- ツール：クラウドプラットフォーム

○ 格納庫からパーティポートへ移動する

機体をパーティポートで夜間駐機できない場合は、初便のために AAM 機を格納庫からパーティポート・駐機場まで移動させる必要がある。

- ・ 関係者・組織：操縦者、ANSP、パーティポート運営者
- ・ ツール：AAM 機、UATM サービス

○ 飛行計画情報を AAM 機に登録する

AAM 運航者が承認された飛行計画を操縦者に送信し、操縦者からの合意を得る。操縦者は機上のアビオニクスシステムに飛行計画情報を登録する。

- ・ 関係者・組織：操縦者、AAM 運航者、ANSP
- ・ ツール：UATM サービス、AAM アビオニクス

■ 搭乗・出発

○ 乗客が搭乗する

地上作業員は、機体のウエイト&バランスを確認する。乗客がチェックインを済ませ、搭乗を開始する。地上作業員が荷物を機内に積み込む。

- ・ 関係者・組織：地上作業員、乗客
- ・ ツール：UATM サービス、予約プラットフォーム

○ モーターを起動し出発する

乗客の搭乗が完了し、地上作業員がドアを閉める。操縦者は出発の準備が整ったことを確認し、飛行許可を受け、モーターを起動してタキシング（又はトーイング）を行い、パーティポートを出発する。

- ・ 関係者・組織：操縦者、ANSP、AAM 運航者、地上作業員
- ・ ツール：UATM サービス、パーティポート運営者

■ 巡航

○ 機体の位置情報、システムヘルスデータの送信

AAM 機は、飛行中、位置情報、システムヘルスデータを ANSP、AAM 運航者に継続的に送信する。

- ・ 関係者・組織：操縦者、ANSP、AAM 運航者
- ・ ツール：AAM 機、UATM サービス

○ 飛行計画通りに飛行しつつ周囲の監視を行う

AAM 機は、飛行計画に従って飛行しつつ継続的に自機の状態及び他機と衝突の可能性がないよう周囲を監視する。

- ・ 関係者・組織：その他の AAM 機
- ・ ツール：AAM 機

■ 目的地への進入・着陸

○ 降下、着陸し、駐機場までタキシング

操縦者はパーティポートに降下し、UATM サービスの確認を受け着陸した後、駐機場までタキシング（又はトーイング）を行う。

- ・ 関係者・組織：ANSP、パーティポート運営者、操縦者
- ・ ツール：AAM 機

○ モーター電源を切る

駐機場では、操縦者がモーター電源を切る（TLOF からのトーイングの場合はその前）。ローターやトーイングが停止すると、ドアが開いて乗客の降機が始まる。地上作業員が機体から荷物を降ろす。

- ・ 関係者・組織：操縦者、地上作業員、バーティポート運営者
- ・ ツール：AAM 機

■ 運航後もしくは運航間

○ 飛行終了通知の送信

操縦者は UATM サービスに飛行終了の通知を行い、AAM 運航者と共有される。

- ・ 関係者・組織：操縦者、ANSP、AAM 運航者
- ・ ツール：UATM サービス、クラウドプラットフォーム

○ バッテリーの充電・交換、飛行間点検を行い、次の飛行に備える

地上作業員は、必要に応じて AAM 機のバッテリーを充電又は交換する。機内の清掃、機体の点検を行い、次の運航に向けて準備を整える。地上作業員は、操縦者、AAM 運航者と機体の状態を共有する。

- ・ 関係者・組織：地上作業員、操縦者、AAM 運航者、ANSP
- ・ ツール：充電設備、クラウドプラットフォーム、UATM サービス

■ 一日の運航終了

○ 格納庫まで移動させる

最終飛行の後、操縦者又は地上作業員は AAM 機を格納庫まで移動させ夜間駐機させる（バーティポート上で駐機させない場合）。

- ・ 関係者・組織：操縦者、地上作業員
- ・ ツール：AAM 機

○ モーターの電源を切り、整備を受ける

格納庫では、操縦者が機体の電源を切る。その後、地上作業員が整備を行い、次の日に備えてバッテリーを完全に充電する。この作業は、バーティポートでも行われる。

- ・ 関係者・組織：操縦者、地上作業員
- ・ ツール：充電設備、クラウドプラットフォーム、UATM サービス

○ システムヘルスデータの送信

整備が完了すると、AAM 機は自動的にシステムの状態や健全性に関する最新情報を AAM 運航者に送信する。このプロセスは運用中も継続して使用することができる。

- ・ 関係者・組織：AAM 運航者、ANSP
- ・ ツール：AAM 機、クラウドプラットフォーム

(3) イレギュラー時の運航^[5]

AAM 機は、技術的なシステム障害、急病人の発生や操縦者の意識障害、その他様々な理由により空港等やバーティポートの目的地を変更する場合がある。また、バーティポートを使用できない、又は悪天候などの外的要因により通常とは異なる状況が発生することもある。

AAM 機が目的地に向かっている途中で着陸地点への着陸に疑義が生じた場合には、着陸地を変更し別の代替空港等へ経路を変更する必要がある。

代替の空港等及び適切な離着陸場は、不測の事態を想定して目的地以外に 1 つ、もしくは場合によっては複数、出発前にあらかじめ定義しておく必要がある。

また、急な制限空域の設定等により一時的に飛行制限が課せられる可能性もある。空域へのアクセスに問題が生じた場合は、AAM 機は目的地へのルートを変更する必要がある。

APPENDIX 3 略語

本文書では、以下の略語を使用している。

AAM	: Advanced Air Mobility
AIM	: Aeronautical Information Management
AIP	: Aeronautical Information Publication
ANSP	: Air Navigation Service Provider
ATM	: Air Traffic Management
ConOps	: Concept of Operations
CNS	: Communication, navigation and surveillance
EASA	: European Aviation Safety Agency
EUROCAE	: European Organisation for Civil Aviation Equipment
eVTOL	: Electric Vertical Take-off and Landing
FAA	: Federal Aviation Administration
FBO	: Fixed Base Operator
ICAO	: International Civil Aviation Organization
IMC	: Instrument Meteorological Conditions
JCAB	: Japan Civil Aviation Bureau
MET	: Meteorological
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
PIC	: Pilot in Command
PTS	: Prototype Technical Specifications
RAM	: Regional Air Mobility
RPIC	: Remote PIC
SAA	: Special Activity Airspace
SAR	: Search and Rescue
SARPs	: Standards and Recommended Practices
SDSP	: Supplemental Data Service Provider
TLOF	: Touchdown and Lift-off Area
UAM	: Urban Air Mobility
UATM	: Urban Air Traffic Management
UAS	: Unmanned Aircraft Systems
UASA	: UATM Service Area
USS	: UAS Service Supplier

UTM : UAS Traffic Management
VFR : Visual Flight Rules
VTOL : Vertical Take-off and Landing

APPENDIX 4 用語

本文書で使用した用語は以下の通り。

空飛ぶクルマ

電動化、自動化といった航空技術や垂直離着陸などの運航形態によって実現される、利用しやすく持続可能な次世代の空の移動手段。本文書では AAM (Advanced Air Mobility) と呼ぶ。

ドローン

航空の用に供することができる機器であって、構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操縦又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができるもの。（重量が 100 グラム未満のものは除く。）

パーティポート（参考：2.3.1 章）

航空法上の「空港等」にあたり、種類としては、「ヘリポート」のうち空飛ぶクルマ専用のものをいう。

フェーズ 0（参考：3.1 章）

商業運航に先立つ AAM 運航の試験飛行と実証飛行段階。

フェーズ 1（参考：3.1 章）

日本における商業 AAM 運航の初期導入段階 - 低密度、操縦者搭乗又は遠隔操縦（荷物輸送）。

フェーズ 2（参考：3.1 章）

日本の AAM 運航の規模拡大段階 - 中～高密度、操縦者搭乗又は遠隔操縦。

フェーズ 3（参考：3.1 章）

自律制御を含む AAM 運航の確立段階 - 高密度、自動・自律運航の融合。

eVTOL（electric Vertical Take-off and Landing：電動垂直離着陸機）

電力を利用して垂直方向に離着陸する航空機。

RAM（Regional Air Mobility：地域型航空交通）（参考：1.1 章、2.4.2 章）

RAM は、UAM と対比して使われる。RAM は、航続距離の長い AAM 機が飛行する長距離飛行を指す。航路上での飛行は UAM よりも高高度で行われ、その運航特性と規模から、RAM 機の飛行の一部又は全部について、既存の空域と交通管理のコンセプトが適用と想定される。UASA 内又は UAM 機と同様の方法で運航する RAM 機は、UAM 機と同様の考慮事項が適用される。

UAM（Urban Air Mobility：都市型航空交通）（参考：1.1 章、2.4.2 章）

UAM は、AAM の中のある範囲の運航モードを指す。UAM の運航は、RAM よりも短距離、低高度で行われることが多い。低高度空域には、都市環境の内外の空域が含まれる。

UAM コリドー^[3]（参考：2.4.2 章）

空港やパーティポート等の間を結ぶ、特定の規則、手順及び性能要件を満たす航空機専用の空域ルート。ディメンションを定義された空域であって、UAM の運航が特に高密度で空域の容量を増やす必要がある場合に設定される。

UAM ルート（参考：2.4.2 章）

空港やバーティポート等を結ぶように設定され、運航経路を体系づけることができる。UAM ルートの導入には、UAM コリドーと比較して必ずしも既存制度の大幅な規制変更を必要としない。アクセスと公平性を確保するために、UAM ルートは他の空域利用者も利用することができる。

UATM (Urban Air Traffic Management : 都市型航空交通管理)

(参考：2.4.3 章)

UASA における AAM 機の統合運航をサポートするためには、新しい都市型航空交通管理システム (UATM) 及びサービスが必要となる。UATM は AAM の運航をサポートし、AAM 及び UASA の性能を最大化する。

UASA (UATM Service Area : UATM サービスエリア) (参考：2.4.2 章)

UAM の交通状況をもとに新たな交通管理のサービス (UATM サービス) が提供される空域。管制空域と非管制空域のどちらも含まれる可能性がある。UASA は、UAM の運航密度や運航頻度、周囲の交通状況に応じて柔軟に航空当局が決定するものであり、都市部に限定されたものではない。

UTM (UAS Traffic Management : UAS 交通管理) (参考：2.4.3 章)

UAS 交通管理 (UTM) は、ATM のサブセットとして構想されており、全ての関係者と協力して、航空機と地上の機能を含む施設とシームレスなサービスを提供することで、UAS の運用を安全に、経済的に、効率的に管理することを目的としている。

APPENDIX 5 参照文書

1. 日本の航空法、航空法施行規則及び関連通達
2. 空の移動革命に向けた官民協議会のロードマップ及びその他資料
3. Urban Air Mobility (UAM) Concept of Operations v1.0、FAA、2020
https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/UAM_ConOps_v1.0.pdf
4. UAM Vision Concept of Operations (ConOps) UAM Maturity Level (UML) 4 Version 1.0、NASA、2020
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205011091/downloads/UAM%20Vision%20Concept%20of%20Operations%20UML-4%20v1.0.pdf>
5. Urban Air Traffic Management Concept of Operations VERSION 1、Airservices Australia and EmbraerX、2020
<https://engage.airservicesaustralia.com/62089/widgets/318861/documents/188636>
6. Urban Air Mobility Concept Of Operations for The London Environment、UK Air Mobility Consortium、2022
https://eveairmobility.com/wp-content/uploads/2022/03/UK_Air_Mobility_Consortium_CONOPS.pdf
7. Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe、EASA、2021
<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/uam-full-report.pdf>
8. CAP 2272 Key Considerations for Airspace Integration within an Urban Air Mobility Landscape. UK CAA 19 October 2021.
[https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP2272%20with%20dates%20Key%20Considerations%20for%20Airspace%20Integration%20within%20an%20Urban%20Air%20Mobility%20Landscape%20\(1\).pdf](https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP2272%20with%20dates%20Key%20Considerations%20for%20Airspace%20Integration%20within%20an%20Urban%20Air%20Mobility%20Landscape%20(1).pdf)
9. 「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／空飛ぶクルマの先導調査研究」成果報告会資料、テーマ③ 空飛ぶクルマの社会実装に向けた要素技術調査、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構調査委託事業、2022
<https://www.nedo.go.jp/content/100944265.pdf>