

空飛ぶクルマの運用概念

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

概要

1 概要

- 1.1 目的
- 1.2 対象範囲
- 1.3 参照文書

2 AAMの概要

- 2.1 機体
- 2.2 ユースケース
- 2.3 地上のインフラ
- 2.4 空域、交通管理
- 2.5 役割と責任

3 AAM導入のフェーズ

- 3.1 AAMフェーズ
- 3.2 フェーズ0
- 3.3 フェーズ1
- 3.4 フェーズ2
- 3.5 フェーズ3

4 まとめ

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

- (1) AAM旅客の一連の流れの例
- (2) AAM機の一連の流れの例
- (3) イレギュラー時の運航

Appendix 3 略語

Appendix 4 用語

Appendix 5 参照文書

- ▶ 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、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）とする。
- ▶ 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の設計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。
- ▶ 本文書は、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。

*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。

- ▶ 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的な運航に至るまで**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。
- ▶ 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。

初期段階

- 充電式バッテリーを動力源とする eVTOL、ハイブリッド
- 操縦者が搭乗し手動又は自動操縦。荷物輸送を中心に遠隔操縦
- VFRでの運航

将来

- 水素燃料電池などもAAMに使用される可能性
- 自動・自律飛行
- より厳しい気象条件での運航

機体の分類

▶ 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。

ユースケース

旅客輸送	
空港等からの二次交通	空港と目的地を結ぶ旅客輸送
都市内輸送	都市内での旅客輸送
都市間輸送	都市中心部から地方、郊外への旅客輸送
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
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
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
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
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
荷物輸送	
緊急物資輸送	災害発生時に必要な物資の輸送
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
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）
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。

【期待されるメリット】

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）

地上のインフラ（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。
- 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・構成】

- 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。バ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。
- バ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、利用可能なバーティポートが少ないと予想される初期段階では、バ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。

【公共用／非公共用】

- バーティポートには、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。

【充電インフラ】

- 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：バ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。
 - 直接充電：AAM機のターンアラウンド時に急速充電を行うために、各駐機場場に充電ポイントを設置する必要がある。

空域、交通管理

- UAM は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、空港やバ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。
- 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。

UAMルート：空港やバーティポート等を結ぶように設定され、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高める目的で設定される。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が利用できる。

UAMコリドー：空港やバ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。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。

空域、交通管理（つづき）

- 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。
- 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。

UATMサービスの概要

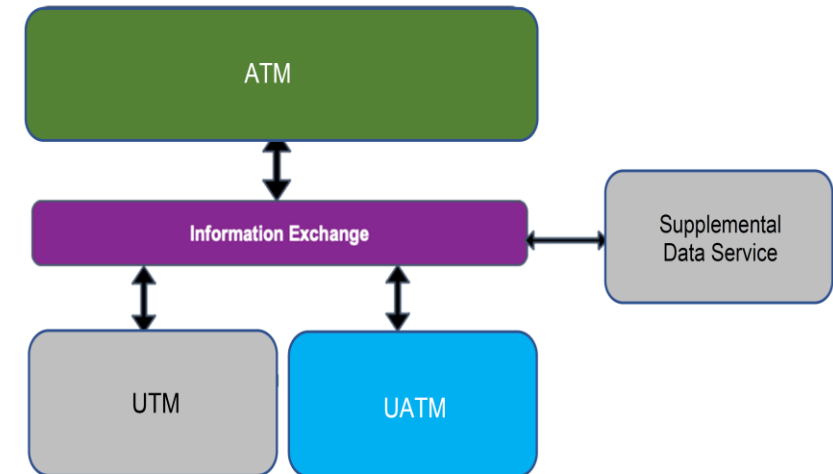
情報交換：AAM 機の安全で効率的な運用をサポートするため、ANSP を含む低高度空域関係者間でタイムリーで正確なデータ交換。

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。



役割と責任

AAM 機体メーカー	安全なAAM 機を設計・製造する。型式証明を取得し、継続的な耐空性を確保する。
AAM 運航者	AAM機の運航を管理する。パイロット・イン・コマンド（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。
バーティポートの運営者	バ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。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。バーティポートの運用状況に関する情報を提供する。
整備及びグラウンドサービス	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ド・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。
航空局（JCAB）	規制当局と ANSP（Air Navigation Service Provider）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。規制当局は安全に関する全ての要素の認証に責任を持つ。 UATMサービスはANSPが提供することを予定しているが、将来においてはAAM機は従来にない高頻度・高密度で運航することが想定されることから、具体的にどのように高い安全性を担保するかについて、引き続き検討。
USS (UAS Service Supplier)	UTM（UAS Traffic Management）システムの下でドローンの運用をサポートする。
SDSP（Supplemental Data Service Provider）	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。
その他の規制当局	騒音、都市計画、環境アセスメント、電力網、通信など、関連法や規制を管理する。

AAM 導入のフェーズ

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	
フェーズ 1	商用運航の開始 <ul style="list-style-type: none">- 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 <ul style="list-style-type: none">- 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 <ul style="list-style-type: none">- 高密度での運航- 自動・自律運航の融合	2030年代以降

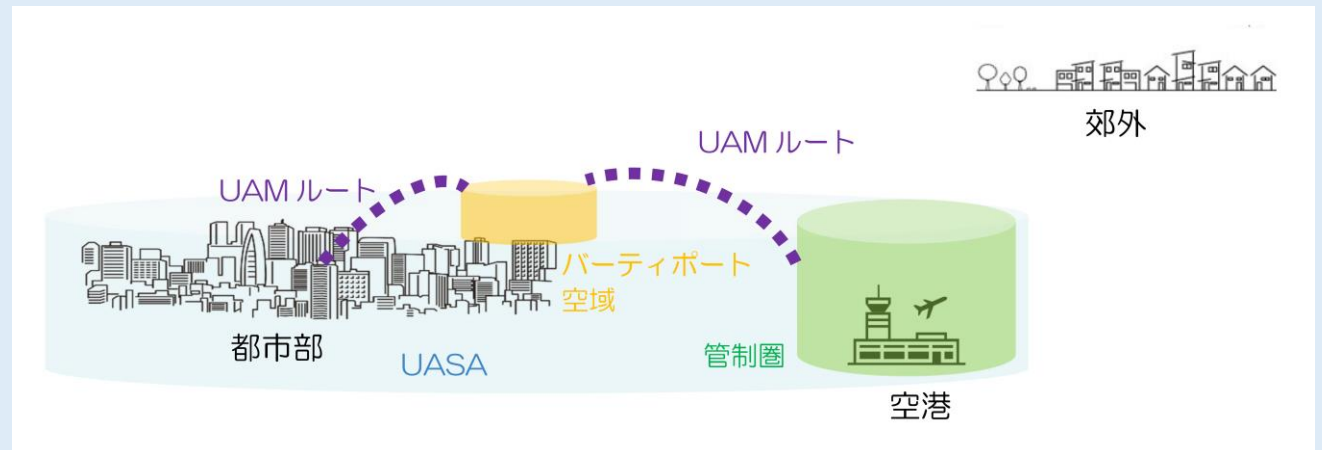
フェーズ0/フェーズ1

フェーズ0:

- 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。

フェーズ1:

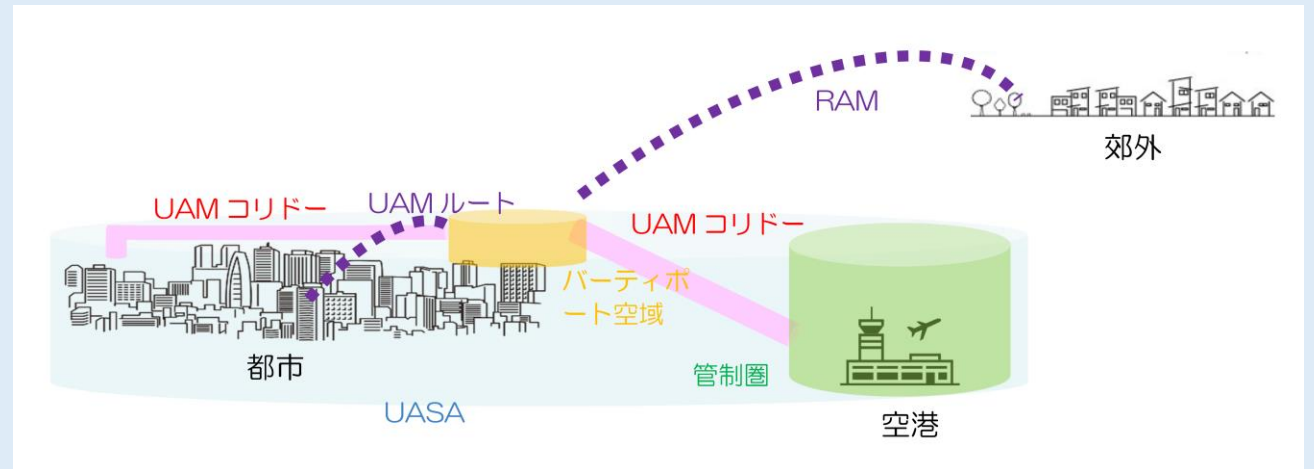
- 日本におけるAAM 商業運航の初期導入が行われる。フェーズ1での旅客輸送AAM 運航では、初期の運航は低密度で行われ、既存の航空機と同様に操縦者が搭乗し、VFR で実施されると予想される。
- 初期的には、既存の空港等や場外離着陸の許可など既存制度の活用が見込まれるが、比較的小規模なバーティポートの開発も想定される。
- 低密度であるため、既存のATM コンセプトに基づいて運用されるが、大幅な制度改正や技術革新が必要ない初期的なUATM サービスの導入が開始される。
- フェーズ1でのUATMサービスは以下の通り。
 - 情報交換（バーティポート空域、UAMルートにおける音声による情報提供）
 - 空域管理（バーティポート空域、UAM ルートの設定等）
 - 運航調整（混雑ポートの容量管理）
 - 飛行計画の確認
 - 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）



フェーズ2/フェーズ3

フェーズ2：

- AAM 運航がスケールアップする。中・高密度の操縦者による運航（遠隔操縦含む）が想定されている。
- ビルの屋上などの複雑な都市環境を含め、より大きく複雑なパーティポートの開発が想定される。
- 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、新しい空域概念と高度なUATM サービスが必要に応じて導入される。
- フェーズ2でのUATMサービスは以下の通り。
 - 情報交換（データによる情報提供・交換）
 - 空域管理（UAM コリドールの設定、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3：

- 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。自律運航による運航の更なる高度化。
- 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。