

空飛ぶクルマの法規制動向

2024年3月25日

PwCコンサルティング合同会社



目次

1. 空飛ぶクルマの概要
2. 欧米における法規制の全体像
3. 欧米における法規制のロードマップ
4. 欧米における法規制の個別要件

1

空飛ぶクルマの概要

1.1 空飛ぶクルマとは

空飛ぶクルマは、ヘリコプターと比較して騒音が小さい、離着陸場の設置自由度が高いといった特徴がある。

空飛ぶクルマとヘリコプターの違い

	空飛ぶクルマ	ヘリコプター
機体(例)	 <p>2024年のパリ五輪での運航が期待されるVolocopter社のVolocity</p>  <p>2025年の大阪・関西万博で運航が予定されるSkyDrive社のSkyDrive (SD-05型)</p>	
特徴	<ul style="list-style-type: none">• 電動のため、部品点数が少なく、機体コストと整備費用が低い• 電動のため、騒音が小さい• 飛行方法や機体サイズ、重量の小ささから、離着陸場の設置自由度が高く、利便性が向上する• 将来的に操縦者が不要となれば、運航費用が低下する	<ul style="list-style-type: none">• エンジンを動力源とするため、部品点数が多い• 騒音が多い• 専用のヘリポートが必要

1.2 空飛ぶクルマの類型

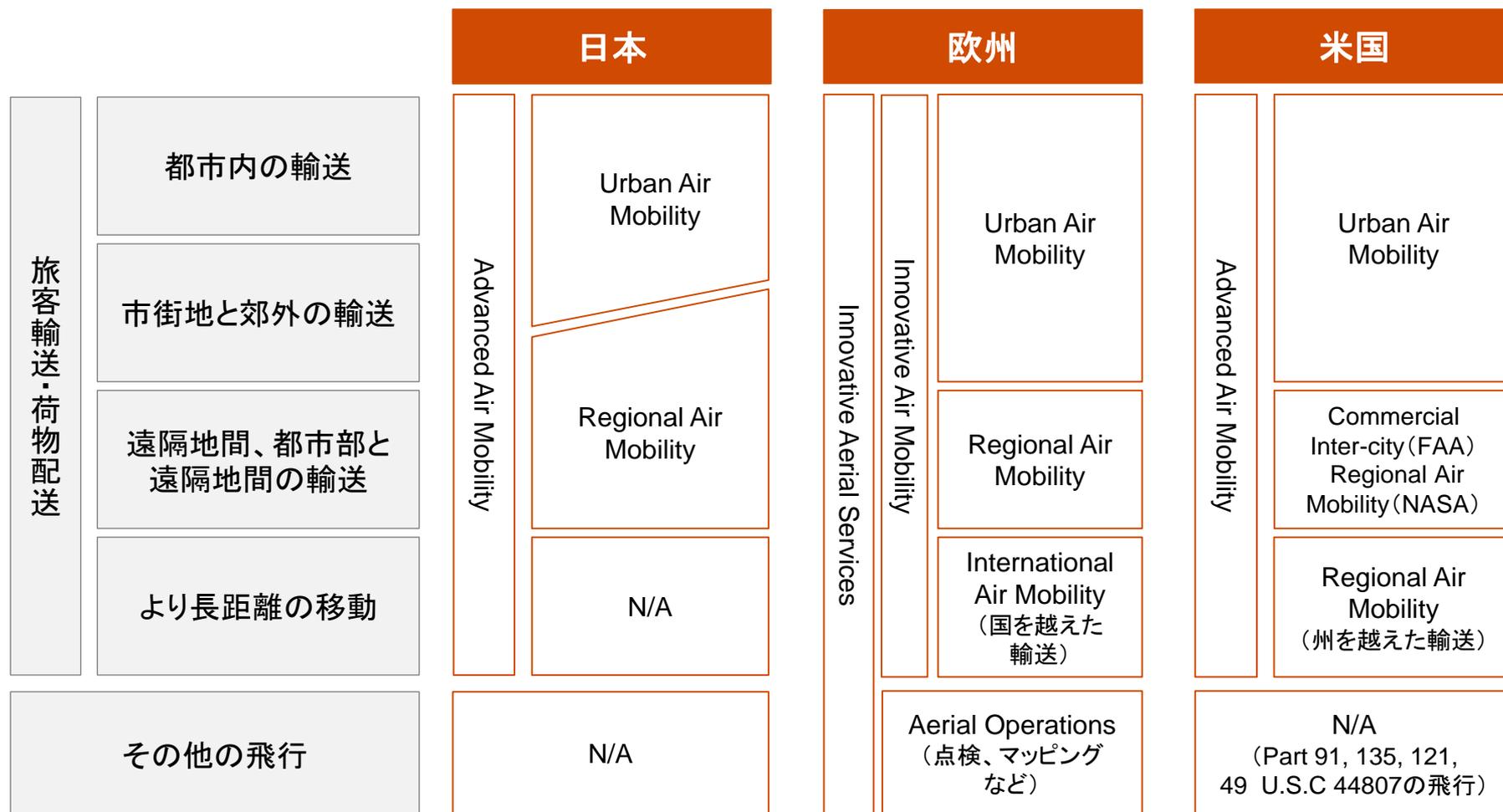
eVTOL(electric vertical take-off and landing)は、ベクタードスラスト、リフト・クルーズ、マルチコプターの3つに分類される。

空飛ぶクルマの特徴

方式	ベクタードスラスト	リフト・クルーズ	マルチコプター
機体	 JAS4-1 (Joby Aviation)	 Generation6 (Wisk Aero)	 Volocity (Volocopter)
特徴	<ul style="list-style-type: none">固定翼垂直離着陸と巡航で同じ推進システムを使用する。長距離飛行に適している。	<ul style="list-style-type: none">固定翼垂直離着陸と巡航で異なる推進システムを使用する。ベクタードスラストよりも短距離飛行に適し、マルチコプターよりも長距離飛行に適している。	<ul style="list-style-type: none">固定翼がない最も短い距離を飛行する。

1.3 空飛ぶクルマのコンセプト

空飛ぶクルマは、日本と米国ではAAM(Advanced Air Mobility)、欧州ではIAM(Innovative Air Mobility)と主に呼称される。AAM・IAMの下位概念として、都市部の運航を指すUAM(Urban Air Mobility)が存在する。



出所:空飛ぶクルマの運用概念Concept of Operations for Advanced Air Mobility (ConOps for AAM)本文(案)、EASA "Notice of Proposed Amendment 2022-06"、FAAウェブサイト、有識者ヒアリングをもとに作成

2

欧米における法規制の全体像

2.1 スコープ

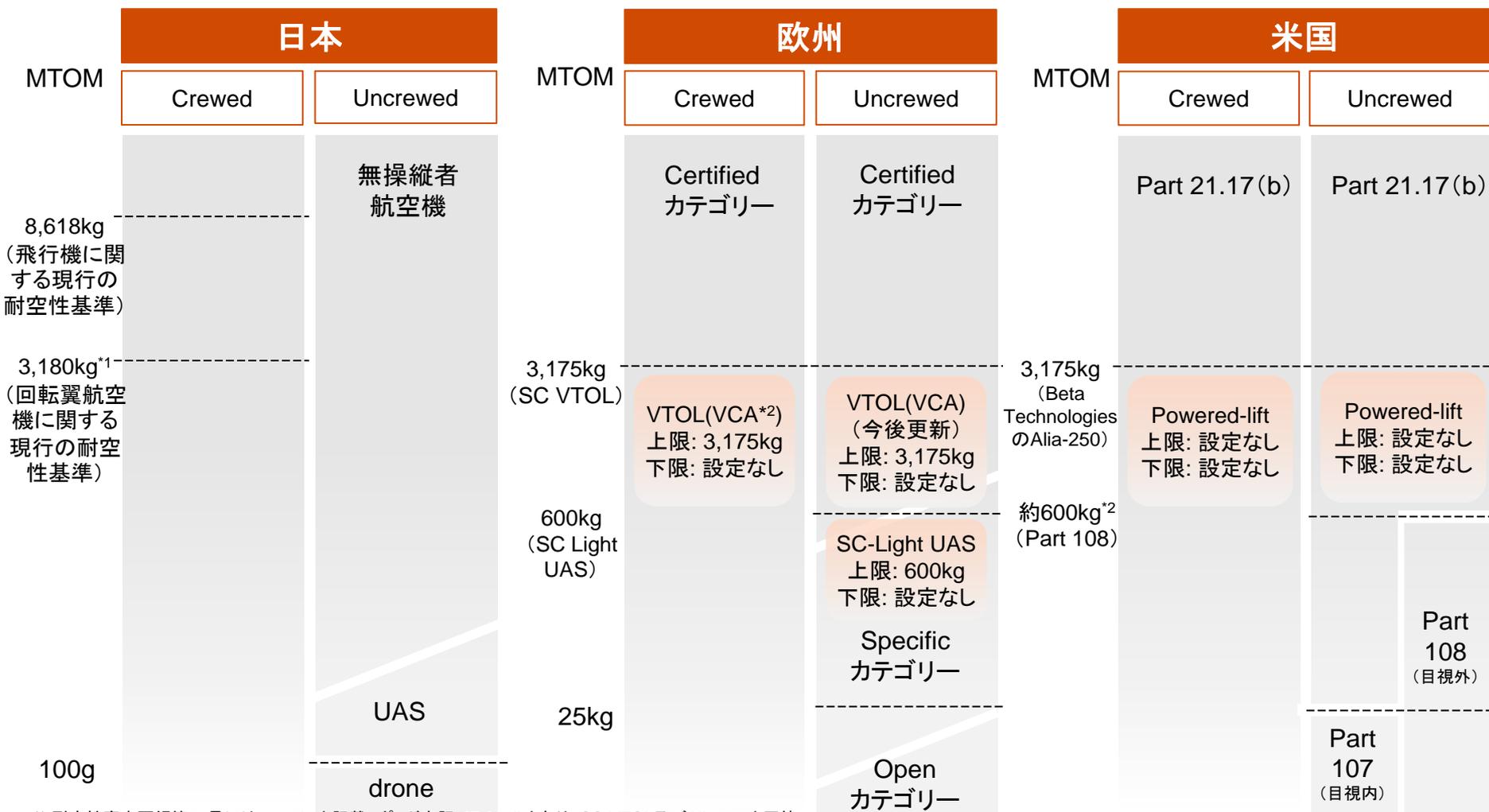
eVTOL/VTOLの耐空・型式証明は、欧州ではCertifiedカテゴリー、米国ではPart 21.17 (b)で審査される。最大離陸重量の上限・下限は設定されていないが、現状、Crewed(有人) eVTOL/VTOLは最大離陸重量3,175kgまでの機体が検討対象となっている。

日本	Crewed 有人	<ul style="list-style-type: none">耐空性審査要領第II部か第IV部が適用される。eVTOLとしての最大離陸重量の上限は設定されていないが、現行の耐空性基準は8,618kgまでの機体を対象としている。下限の設定はなし。
	Uncrewed 無人	<ul style="list-style-type: none">最大離陸重量100g未満はドローン、100g以上は無人航空機、より重量のある機体は無操縦者航空機(操縦者が乗り組まないで飛行できる装置を有する航空機)に分類される。Uncrewed eVTOLは無操縦者航空機に含まれる。eVTOLとしての最大離陸重量の上限は設定されていない。
欧州	Crewed 有人	<ul style="list-style-type: none">EASAは、<u>CertifiedカテゴリーでVTOLを規制している。</u>最大離陸重量の上限は設定されていないが、<u>SC-VTOL (Special Condition Vertical Takeoff and Landing) は3,175kgまでの機体を対象とするが、上限を5,700kgに引き上げることを計画中。</u>最大離陸重量の下限は設定されていない。
	Uncrewed 無人	<ul style="list-style-type: none">最大離陸重量25kg未満の機体による目視内飛行を前提としたOpenカテゴリー、よりリスクが高く、リスク評価が必要なSpecificカテゴリー、人や危険物の輸送、Specificカテゴリーより高リスクなCertifiedカテゴリーに分類される。上限600kgの機体のSpecial Condition Light UASが存在する。<u>VTOLはSpecific、Certifiedカテゴリーに含まれる。</u>VTOLとしての最大離陸重量の上限及び下限の設定はなし。
米国	Crewed 有人	<ul style="list-style-type: none"><u>特別クラスの機体に関する規定であるPart 21.17(b)の対象となっている。</u>最大離陸重量の上限は設定されていないが、米国で型式証明取得の可能性のあるeVTOLでは、<u>Beta TechnologiesのAlia-250が3,175kgで最大となっている。</u>eVTOLとしての最大離陸重量の下限は設定されていない。
	Uncrewed 無人	<ul style="list-style-type: none">最大離陸重量25kg未満の機体による目視内飛行を前提としたPart 107、Part 107対象外の場合に適用されるPart 21.17(b)、運動エネルギーの上限800,000ft-lbs(約600kg)の機体による目視外飛行を対象としたPart 108が存在する。<u>eVTOLはPart 21.17(b)に含まれる。</u>VTOLとしての最大離陸重量の上限及び下限の設定はなし。

*操縦者が搭乗する機体を有人機、操縦者が搭乗しない機体を無人機と定義する。したがって、操縦者が搭乗したうえで旅客輸送及び荷物配送を行う機体は有人機、操縦者が搭乗しないで旅客輸送及び荷物配送を行う機体は無人機とする。

2.2 本意見交換会で取り上げる空飛ぶクルマ

欧米での規制策定が進められている、操縦者が搭乗するeVTOL/VTOLを中心に規制動向を概説する。



*1 耐空性審査要領第61号には3,180kgと記載。ポンド表記で7,000lbとあり、SC VTOL及びAlia-250と同値

*2 VTOL-capable aircraft

*3 Part 108が対象とする軽量スポーツ航空機の運動エネルギーの上限800,000ft-lbsをkg換算

3

欧米における法規制の
ロードマップ

3.1 欧州における制度化動向(1/2)

Certifiedカテゴリーは、有人航空機に使用されるアプローチとの類似性により、認証を必要とする。

長期的には、遠隔操縦者の介入を必要としない完全自律型ドローンの実現が期待されるが、まずはEASAは、以下の3種類の運航規則策定を進めている。

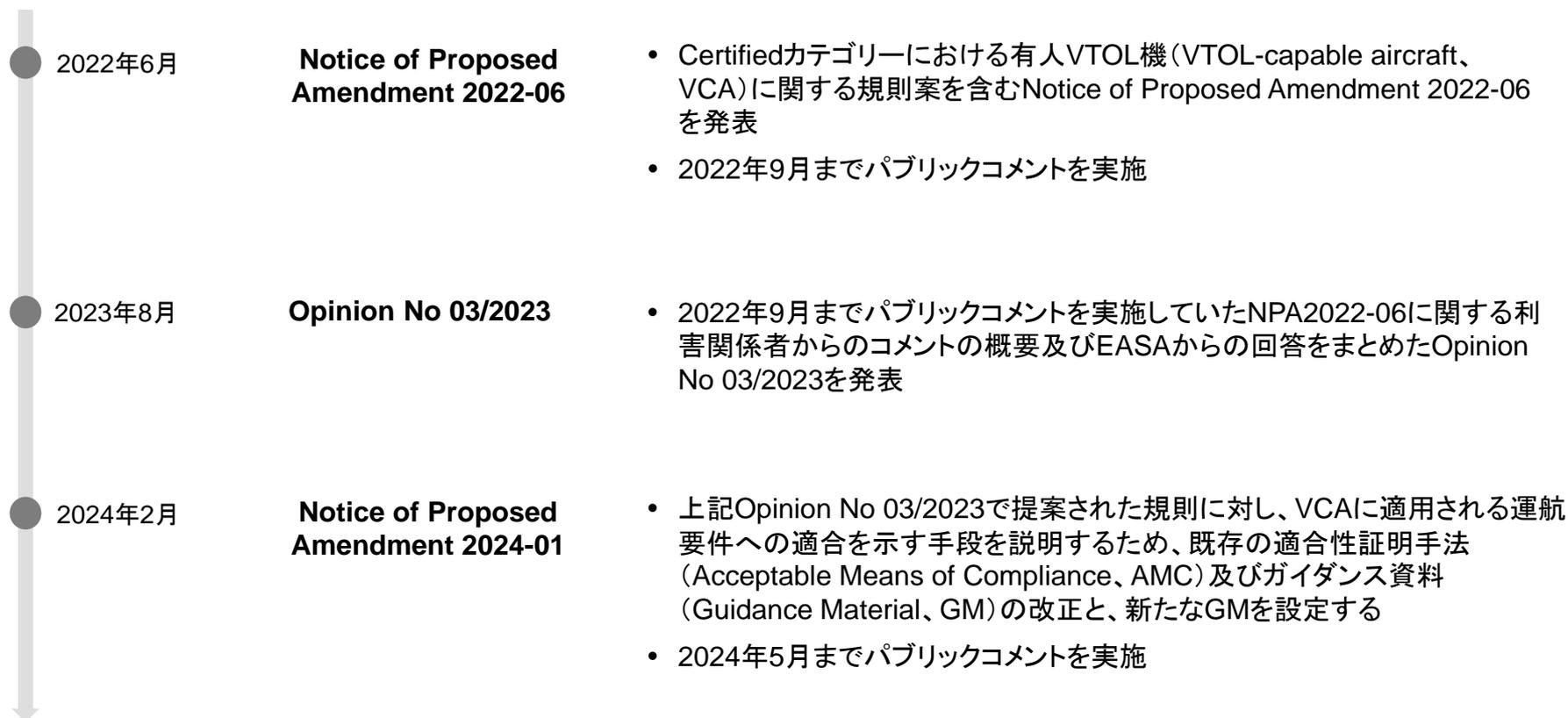
Certifiedカテゴリーの運航タイプ

運航タイプ	①無人貨物輸送機	②無人VTOL	③有人VTOL
機体イメージ			
操縦者の搭乗の有無	<ul style="list-style-type: none"> 搭乗しない 	<ul style="list-style-type: none"> 搭乗しない 	<ul style="list-style-type: none"> 搭乗する
概要	<ul style="list-style-type: none"> 空域クラスA～C(ICAO空域分類)における貨物輸送を目的とした計器飛行(IFR)で、飛行場から離陸及び/又は着陸するもの 	<ul style="list-style-type: none"> U-space空域の予め定められたルートを使用して混雑した環境(例えば都市部)で離着陸するUAS(運用の一部は混雑していない環境(例えば地方)でもよい) 旅客輸送や貨物配送を行う無人VTOL機による運航を含む 	<ul style="list-style-type: none"> タイプ②のうち、操縦者が搭乗する有人VTOL機による運航を行うもの U-space空域外での運航も含む
制度化スケジュール	<ul style="list-style-type: none"> 2024年後半、規則案 2025年後半、意見書 2026年後半、適合手法及び手順書 	<ul style="list-style-type: none"> 2026年前半、規則案 2027年中盤、意見書 2028年後半、適合手法及び手順書 	<ul style="list-style-type: none"> 2022年6月、規則案を発行(2022年9月までパブリックコメントを実施) 2023年9月、意見書 2024年、適合手法及び手順書

3.1 欧州における制度化動向(2/2)

EASAは、有人VTOL機について、2022年6月に規則案、2023年9月に意見書、2024年2月に適合性証明手法とガイダンス資料案を発表した。

有人VTOL機運航に関する規則案を含む制度化動向



出所: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2022-06>
<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/opinions/opinion-no-032023>
<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2024-01>

3.2 米国における制度化動向

FAAは、2023年7月、2028年までにAAM運航を実現する(Innovate 28)ための短期的計画であるAAM Implementation Plan v1.0を発表した。AAMの成熟度レベルは6段階に分類され、各段階を達成するために必要な取り組みが記述されている。

AAM Implementation PlanにおけるAAMの成熟度と必要な取り組み

レベル	概要	必要な取り組み
0	<ul style="list-style-type: none"> 限定された環境下での認証試験 適合するプロトタイプと既存の規則／手順を用いた航空機認証試験 運用評価、業界初期の開発及びプロトタイプ 	—
1	<ul style="list-style-type: none"> 最小限の頻度と複雑さでの空域における、型式証明を取得した航空機、初期のFAA手順開発、UAMの初期サービス提供者(PSU)サービスなどの試験的な運航 	<ul style="list-style-type: none"> 型式証明や、業界の参加者とFAA間のデータ交換をサポートする初期の公的な基準を可能にするためのNPRM及び規則制定の完了
2	<ul style="list-style-type: none"> 都市部や空港周辺では低頻度の定期商業運航が行われる。 複数のPSUや補足データサービスプロバイダー(SDSP)との連携サービスネットワークが確立される。 	<ul style="list-style-type: none"> 運航頻度の向上、新たな運用モード(遠隔操縦等)、協力空域の評価、複数のPSUを運用する連合サービスネットワークの設定
3	<ul style="list-style-type: none"> 中密度の定期及びチャーター運航 PSUと連合サービスネットワークの確立により、自動化レベルが向上 操縦者が搭乗する遠隔操縦航空機の運航 	<ul style="list-style-type: none"> 運航モードの継続的な進化、より多くの地理的地域における指定協力空域の実施、自動操縦及び遠隔操縦向け大型機の認証基準の確立
4	<ul style="list-style-type: none"> 共同空域を広く利用するAAMネットワークにおける中密度の定期及びチャーター運航 完全な遠隔操縦による運航 	<ul style="list-style-type: none"> 完全な遠隔操縦機の認証 長距離・完全な遠隔操縦をサポートするCNS機能の利用 パーティポートの広範な設定 計器気象条件(IMC)での運航をサポートする能力の確立
5	<ul style="list-style-type: none"> 成熟したAAMエコシステム 地理的に分散し、自律運航が可能な航空機が運航する高頻度の定期運航やチャーター運航 	<ul style="list-style-type: none"> 完全自律型航空機の認証

4

欧米における法規制の
個別要件

4.1 EASA、FAAの法規制: 項目

EASA及びFAAの法規制について、機体、技能証明、事業制度、地上インフラ、航空交通管理に関する検討状況を整理した。

大項目	中項目
機体	<ul style="list-style-type: none">• 機体の認証• 装備品の認証• 設計組織の承認• 製造組織の承認• 整備組織の承認
技能証明	<ul style="list-style-type: none">• 操縦者• 整備士
事業制度	<ul style="list-style-type: none">• 運航事業者• 機長• 飛行条件• 騒音対策
地上インフラ(バーティポート)	<ul style="list-style-type: none">• バーティポート• バーティポート運営者
航空交通管理	<ul style="list-style-type: none">• 航空交通管理

4.2 機体の認証

eVTOL/VTOLは、欧州ではSpecial Condition Vertical Take-Off and Landing (VTOL)、米国では14 CFR Part 21.17 Designation of applicable regulations (b)の対象となっている。

	欧州	米国
検討状況	<p>【Special Condition VTOL】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2019年7月、VTOLに特化したSpecial ConditionであるSC-VTOL-01を公表した 通常の航空機に関する基準であるCS-23 Amendment 5 (FAA Part23に類似の基準)に基づいている MoCの発行状況は次のとおり <ul style="list-style-type: none"> 2020年5月 MOC SC-VTOL Issue: 1 2021年5月 MOC SC-VTOL Issue: 2 2021年6月 MOC-2 SC-VTOL Issue: 1 2022年6月 MOC-2 SC-VTOL Issue: 2 2022年12月 MOC-2 SC-VTOL Issue: 3 2022年6月 MOC-3 SC-VTOL Issue: 1 2023年6月 MOC-3 SC-VTOL Issue: 2 2023年12月 MOC-4 SC-VTOL Issue: 1 (参考: Special Condition for VTOL and Means of Compliance) 	<p>【14 CFR Part 21.17(b)の適用】</p> <ul style="list-style-type: none"> 14 CFR Part 21.17(a)又はPart 21.17(b)により型式証明、生産認証、耐空証明の審査が進められていた <ul style="list-style-type: none"> 14 CFR Part 21.17(a): 既存の認証基準を適用できる場合に活用され、有翼機の基準(14 CFR Part 23)などに沿った審査が進められていた 14 CFR Part 21.17(b): 既存の基準を適用できない特殊な機体に適用され、Special Classとして、他の既存規制や新たな要件を設定して認証する 2022年5月、FAAは、これまで14 CFR Part 21.17(a)、14 CFR Part 23に基づいて行ってきた有翼機の認証を、マルチコプター型の認証カテゴリーとされてきた「パワードリフト (powered lift) 航空機の Special Class (Part 21.17(b)) に切り替えることを発表 <p>【主要機体メーカーの耐空性基準案】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2022年11月、Joby AviationのJAS4-1に対し、FAAが耐空性基準を、2024年2月に最終版を公表した。 2022年12月、Archer AviationのModel M001に対し、FAAが耐空性基準案を公表した。

* 欧州のニューアプローチ指令は、製品の必須要求への適合評価を行い、必須要求を満たす場合にCEマーキングを貼付する指令である。ドローンの規制の場合、OpenカテゴリーとSpecificカテゴリーの一部でCEマークの貼付が求められているが、空飛ぶクルマの規制ではニューアプローチ指令との関連は見られない。

4.2 機体の認証

欧州のSC-VTOLは、乗客9名以下・最大離陸重量3,175 kg以下の航空機を対象とするが、上限を5,700kgに引き上げることを計画中。

米国のPart 21.17(b)は特別クラスの機体に適用される規定であり、最大離陸重量や最大座席数の制限は設けられていない。

航空機		欧州			米国		
		クラス・規定	最大離陸重量(kg)	最大座席数	クラス・規定	最大離陸重量(kg)	最大座席数
固定翼		CS-23 Normal Category Airplanes	8,618	19	Part 23 Normal Category Airplanes Part 25 Transport Category Airplanes	8,618	19
		CS-VLA Very Light Airplanes	750	2			
		CS-LSA Light Sport Airplanes	600	2			
eVTOL/ VTOL	ベクタード スラスト	Special Condition Vertical Take-Off and Landing (VTOL) Aircraft	3,175	9	Part 21.17(b) special classes of aircraft, including the engines and propellers installed thereon (e.g., gliders, airships, and other nonconventional aircraft)	設定なし	設定なし
	リフト・ クルーズ						
回転翼	マルチ コプター						
	ヘリコプ ター	CS-27 Small Rotorcraft	3,175	設定なし	Part 27 Normal Category Airplanes Part 29 Transport Category Airplanes	3,175	9
	CS-VLR Very Light Rotorcraft	600	設定なし				

4.2 機体の認証(欧州)

欧州では、SC-VTOLに従い、安全な飛行の継続と着陸が可能なEnhancedカテゴリーと、制御された緊急着陸が可能なBasicカテゴリーのいずれか一方又は両方の認証を受ける。
混雑した地域上空の飛行や旅客輸送はEnhancedカテゴリーの認証を必要とする。

VTOL.2000 適用及び定義

- (a) 本Special Condition(SC)は、小型カテゴリーに属する有人垂直離着陸型(VTOL)航空機の型式証明の発行及び型式証明の変更に関する耐空性基準を規定するものである。本SCは、動力による揚力と制御を発生させるために使用される揚力／推力装置を持ち、垂直離着陸時に揚力を提供するために使用される揚力／推力装置が2つ以上ある航空機に適用される
- (b) 本SCは、与圧されていない航空機に適用される
- (c) 本SCは、VNO 又は $VMO \leq 250$ knots calibrated airspeed (KCAS、対気速度) 又は $MMO \leq 0.6$ の航空機に適用される

VTOL.2005 小型カテゴリー のVTOL航空機 の認証

- (a) 本SCは、乗客の座席配置が9人以下、最大認証離陸質量が3,175kg (7,000lb) 以下の航空機に適用される
- (b) 航空機は、以下のカテゴリーのうち1つ又は両方の認証を受けなければならない:
 - (1) **Enhancedカテゴリー: 航空機は、安全な飛行の継続と着陸をすることができ、適用されるすべての要件を満たしている。混雑した地域での飛行や旅客の民間航空輸送を目的とした航空機は、このカテゴリーの認定を受けなければならない**
 - (2) **Basicカテゴリー: 航空機は、制御された緊急着陸が可能であり、適用されるすべての要件を満たしている**

VTOL.2010 受容された適合 性証明手法

- (a) 申請者は、EASAが認めた適合性証明手法(コンセンサス規格を含む場合がある)を用いて本SCを適合しなければならない
- (b) EASAに適合性証明手法の受け入れを要請する申請者は、EASAが適合性証明手法を受け入れ可能な形式及び方法で提供しなければならない

4.2 機体の認証(欧州SC-VTOLのMoC)

2023年12月にSC-VTOLのMoC第4版が公開された。(下線部が追加箇所)

SUBPART A – 一般規定

- VTOL.2000 適用範囲及び定義
- VTOL.2005 小型カテゴリーのVTOL機の認証
- VTOL.2010 受容された適合性証明手法(AMC)

SUBPART B – 飛行

- VTOL.2100 最大及び中心重力
- VTOL.2105 性能データ
- VTOL.2115 離陸性能
- VTOL.2120 上昇要件
- VTOL.2125 上昇情報
- VTOL.2130 着陸
- VTOL.2135 最低受容操縦性レーティング
- VTOL.2160 振動

SUBPART C – 構造

- VTOL.2200 構造設計エンベロップ(包囲線)
- VTOL.2205 システム及び構造の相互作用
- VTOL.2210 構造的設計荷重
- VTOL.2215 飛行荷重条件
- VTOL.2220 陸上及び水上荷重条件
- VTOL.2225 部品荷重条件
- VTOL.2230 制限及び非制限荷重
- VTOL.2235 構造強度
- VTOL.2240 (a) (b) 構造耐久性
- VTOL.2240 (d) 高エネルギーフラグメント - 特定リスク評価
- VTOL.2245 空力弾性
- VTOL.2250 (c) Enhancedカテゴリーにおける構造上単一不具合による致命的影響がないこと
- VTOL.2250 (e) ドア、キャンピー、出口
- VTOL.2250 (f) 鳥の影響を受けた後の航空機の能力
- VTOL.2255 構造の保護
- VTOL.2260 材料及びプロセス
- VTOL.2265 飛行及び着氷気象状態
- VTOL.2270 緊急条件
- VTOL.2270 (a) (c) 緊急着陸条件:一般的な考慮事項
- VTOL.2270 (b) (1) 緊急着陸のダイナミックな条件
- VTOL.2270 (c) 座席、寝台、安全ベルト、ハーネス
- VTOL.2270 (e) 貨物室及び荷物室

SUBPART D – 設計及び製造

- VTOL.2300 フライバイワイヤー制御システム:定義と範囲
- VTOL.2300 フライバイワイヤーのASTM規格F3232/F3232M-20の受容性
- VTOL.2300 (a) (1) フライバイワイヤーの飛行制御システムの機能と運用
- VTOL.2300 (a) (2) フライバイワイヤーの飛行制御システムの危険に対する防護
- VTOL.2300 (a) (3) 制御マージンの認識
- VTOL.2300 フライバイワイヤー飛行制御機能のコンモードの不具合とエラー
- VTOL.2300 フライバイワイヤー飛行制御システムの隠れた不具合
- VTOL.2305 着陸装置システム
- VTOL.2310 (b) 緊急浮揚
- VTOL.2310 (c) 胴体着陸
- VTOL.2315 (a) 出入手段及び非常口
- VTOL.2320 (a) (1) 乗務員と乗客の間の明確なコミュニケーション
- VTOL.2320 (a) (2) 乗員の物理環境
- VTOL.2320 (a) (3) フロントガラス、窓、キャンピーの破損からの乗員保護
- VTOL.2325 (a) (4) 防火 - エネルギー貯蔵所の衝撃への耐性
- VTOL.2325 (b) (1) (2) 防火 - 消火器及び内装の設計
- VTOL.2325 (b) (1) (2) 火災保護:火災伝播の最小
- VTOL.2330 指定された火災区域における防火
- VTOL.2335 雷撃からの防護
- VTOL.2340 設計及び製造情報

SUBPART E – 揚力/推力システムの導入

- VTOL.2400 (b) 電気・ハイブリッドの揚力/推力システムの需要された仕様
- VTOL.2400 (c) (3) 揚力/推進システムの設置-運用時の危険性
- VTOL.2415 リフト/スラスト・システム設置水保護
- VTOL.2425 (b) 飛行中の揚力/推進ユニットの停止及び再起動
- VTOL.2430 (a) (2) 燃料システムの雷撃からの防護
- VTOL.2430 (a) (3) (4) 電気エネルギー貯蔵システムにおける利用可能エネルギー
- VTOL.2430 (a) (6) 緊急着陸時のエネルギー保持能力
- VTOL.2435 (f) 揚力/推進システムへの異物混入防止
- VTOL.2435 (g) 揚力/推進システム構成に関する乗員の認識
- VTOL.2440 推進用バッテリーの熱暴走

SUBPART F – システム及び装備品

- VTOL.2500 (b) システム及び装備品の意図された機能
- VTOL.2500 (b) 電磁的両立性
- VTOL.2500 (b) Enhancedカテゴリーにおける耐空性セキュリティ
- VTOL.2500 (b) シミュレーション及びブリグ試験の認証単位
- VTOL.2500 (b) 飛行ガイダンスシステム
- VTOL.2510 装備品、システム、設置
- VTOL.2510 (a) 航空機パラシュート救助システム
- VTOL.2515 電子的及び電氣的システムの雷撃からの防護
- VTOL.2520 高強度放射電界(HIRF)の防護
- VTOL.2535 安全装置VTOL.2525 システム出力生成、エネルギー貯蔵及び分配
- VTOL.2530 外部及び操縦席の照明
- VTOL.2545 加圧システム要素
- VTOL.2555 レコーダーの設置

SUBPART G – 飛行要員インターフェイス及びその他情報

- VTOL.2600 飛行要員区画
- VTOL.2605 設置及び運用情報
- VTOL.2610 計器マーキング、操縦マーキング、プラカード
- VTOL.2620 航空機飛行マニュアル
- VTOL.2625 継続した耐空性維持の指示

* ハイライト箇所は、BasicカテゴリーとEnhancedカテゴリーで異なる要件が定められている項目

出所: Proposed Means of Compliance with the Special condition VTOL – MOC SC-VTOL Issue 1

Means of Compliance with the Special Condition VTOL - MOC SC-VTOL Issue 2

Second Publication of Proposed Means of Compliance with the Special condition VTOL – MOC-2 SC-VTOL Issue 1, 2, 3

Third Publication of Means of Compliance with the Special Condition VTOL – MOC-3 SC-VTOL Issue 1

4.2 機体の認証(米国)

FAAは、2024年3月にJobyのJAS4-1に対する耐空性基準を発表した。2024年4月から有効。

航空機のレベル要件

Sec.23.1457 コックピットボイスレコーダー
Sec.23.1459 フライトデータレコーダー
JS4.1529 耐空性継続のための指示書

SUBPART A – 一般規定

JS4.2000 適用範囲と定義
Sec.23.2010 受容された適合性証明手法

SUBPART B - 飛行性能

Sec.23.2100 重量及び重心位置
JS4.2105 性能データ
JS4.2110 最低安全速度
JS4.2115 離陸性能
JS4.2120 上昇要件
JS4.2125 上昇情報
JS4.2130 着陸
JS4.2135 コントローラビリティ
JS4.2140 トリム
JS4.2145 安定性
JS4.2150 最低安全速度飛行特性、最低安全速度警告、スピン
Sec.23.2155 地盤と水の取り扱い特性
Sec.23.2160 振動、緩衝、高速度特性
JS4.2165 大気着氷気象状態での飛行性能及び飛特性要件

SUBPART C – 構造

JS4.2200 構造設計エンベロープ
Sec.23.2205 システム及び構造物の相互作用
Sec.23.2210 構造設計荷重
Sec.23.2215 飛行負荷条件
Sec.23.2220 地盤と水の負荷条件
JS4.2225 コンポーネントの積載条件
Sec.23.2230 限界荷重と終局荷重
Sec.23.2235 構造強度
JS4.2240 構造的耐久性
JS4.2241 航空力学的安定性
JS4.2245 空力弾性
JS4.2250 設計及び施工の原則
Sec.23.2255 構造物の保護
Sec.23.2260 素材と工程
Sec.23.2265 安全のための特殊要因
Sec.23.2270 緊急事態

SUBPART D - 設計・組立て

JS4.2300 飛行制御システム
Sec.23.2305 ランディングギアシステム
Sec.23.2310 水上機及び飛行艇の浮力
JS4.2311 バードストライク
JS4.2315 避難経路と非常口
Sec.23.2320 居住者の物理的環境
JS4.2325 火災保護
JS4.2330 防火地域と隣接地域における防火対策
JS4.2335 雷と静電気の対策

SUBPART E – 動力系統

JS4.2400 動力系統の搭載
JS4.2405 パワー又はスラスト制御システム
Sec.23.2410 発電所設置の危険性アセスメント
Sec.23.2415 動力系統水上保護
JS4.2425 動力系統運用特性
JS4.2430 エネルギースystem
JS4.2440 動力系統火災対策

SUBPART F – 装備

Sec.23.2500 航空機レベルシステム要求事項
Sec.23.2505 機能と設置
Sec.23.2510 機器、システム、及び設置物
JS4.2515 電気・電子システム用雷保護装置
JS4.2520 高強度放射場(HIRF)の保護
Sec.23.2525 システム電源の生成、貯蔵及び配電
Sec.23.2530 外部照明とコックピット照明
Sec.23.2535 安全装置
Sec.23.2545 加圧システム要素
Sec.23.2550 高エネルギーローターを含む機器

SUBPART G -航空機乗組員とのインターフェイス及びその他の情報

JS4.2600 乗組員のインターフェイス
Sec.23.2605 設置と操作
Sec.23.2610 計器表示、制御表示、及びブラカード
JS4.2615 フライト、ナビゲーション、動力系統計器
JS4.2620 航空機飛行マニュアル

SUBPART H - 電気エンジンの要件

Sec.33.5 エンジンの取り付けと操作のための取扱説明書
Sec.33.7 エンジンの定格と運転制限
JS4.2702 エンジンの定格と運転限度量
Sec.33.8 エンジンの出力及び推力定格の選択
Sec.33.15 素材
Sec.33.17 火災保護
JS4.2704 火災対策
JS4.2705 耐久性
Sec.33.21 エンジンの冷却
JS4.2706 エンジンクーリング
Sec.33.23 マウントアタッチメントと構造
Sec.33.25 付属のアタッチメント
JS4.2709 速度超過
Sec.23.28 エンジン制御システム
JS4.2710 エンジン制御システム
Sec.33.29 計器接続
JS4.2711 計器接続
JS4.2712 応力解析
Sec.33.70 エンジン有寿命部品
JS4.2713 重要な部品と有寿命部品
JS4.2714 潤滑装置
JS4.2715 パワーレスポンス
JS4.2716 回転の継続
Sec.33.75 安全性解析
JS4.2717 安全性解析
JS4.2718 インジェクション
JS4.2719 リキッド・ガスシステム
JS4.2720 振動デモンストレーション
JS4.2721 オーバートルク
JS4.2722 キャリブレーションアシュアランス
JS4.2723 耐性実証実験
JS4.2724 温度リミット
JS4.2725 動作確認デモ
JS4.2726 耐久性実証実験
JS4.2727 システム・コンポーネント・テスト
JS4.2728 ローターロックングの実証実験
JS4.2729 ティアダウンインスペクション
JS4.2730 コンテインメント
JS4.2731 可変ピッチプロペラを用いた操作方法
JS4.2732 試験の一般的な実施方法
JS4.2733 エンジン電気系統

SUBPART I - プロペラの要件

JS4.2805 プロペラの定格と運転制限について
Sec.35.7 特徴と特性
JS4.2815 安全性解析
JS4.2816 プロペラの重要な部品
Sec.35.17 材料及び製造手法
Sec.35.19 耐久性
JS4.2821 可変・逆ピッチプロペラ
Sec.35.22 フェザリングプロペラ
JS4.2823 プロペラ制御システム
Sec.35.24 強度
Sec.35.33 一般
Sec.35.34 検査、調整及び修理
Sec.35.35 遠心力試験
Sec.35.36 バードインパクト
Sec.35.37 疲労限度及び評価
Sec.35.38 雷撃
Sec.35.39 耐久試験
JS4.2840 機能試験
Sec.35.41 過速度及び過トルク
Sec.35.42 プロペラ制御システムの構成要素

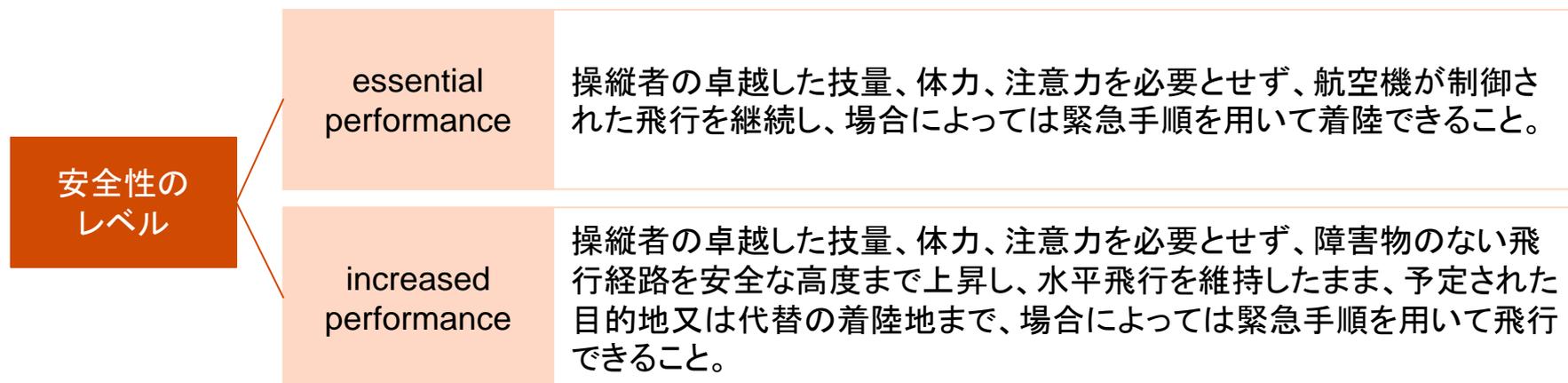
4.2 機体の認証 (Joby JAS4-1に対する耐空性基準)

FAAは、JS4.2000 (適用性及び定義) を変更し、安全性のレベルとして "essential performance" と "increased performance" を採用している。

認証はどちらか一方の基準に適合することで達成されるが、"increased performance" を必要とする条件は言及されていないため、どのような運航規則となるかを見る必要がある。

JS4.2000 (適用性及び定義) で言及された安全性のレベル

- この耐空性基準は、Joby Aero, JAS4-1 パワードリフト機の型式証明の発行及び変更に関する耐空性基準を定めるものである。
- この航空機は、**耐空性基準の "essential performance" 又は "increased performance" のいずれかに従って認証を受けなければならない。**
- この航空機は、それぞれの承認に適切かつ異なる運用制限を伴う "essential performance" と "increased performance" の両方として型式証明を取得することも可能。



4.2 機体の認証 (Joby JAS4-1に対する耐空性基準)

FAAが発表した耐空性基準のJS4.2115離陸性能、JS4.2120上昇性能、JS4.2130着陸性能には、“essential performance”と“increased performance”の基準を使用したより厳しい性能要件が盛り込まれている。

EASA SC-VTOLとFAA耐空性基準との違い

	EASA SC-VTOL.2115	FAA 耐空性基準 JS4.2115
離陸性能	<p>(a) 申請者は、以下を考慮して離陸性能を決定しなければならない:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 運用飛行範囲 (2) 予約 (3) 障害物の安全マージン <p>(b) 留保</p> <p>(c) 留保</p>	<p>(a) 申請者は、以下を考慮して離陸性能を決定しなければならない:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 認証を受けようとする各離陸飛行経路における全ての揚力源 (2) 最低安全速度安全マージン (3) 最低制御速度 (4) 上昇要件 <p>(b) “essential performance”で承認された航空機の場合、申請者は、離陸飛行経路のどの地点においても、推力の重要な変化後、安全な停止又は着陸をもたらす離陸拒否ができるように、離陸面から50フィート上空までの離陸性能を決定しなければならない</p> <p>(c) “increased performance”で承認された航空機の場合、申請者は以下のように離陸性能を決定しなければならない</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 離陸決定点に達する前の推力の臨界変化の後、安全な停止又は着陸をもたらす離陸を拒否することができる。離陸決定点は、速度、高度、又はその両方である (2) 離陸決定点を通じた後、推力がクリティカルに変化した場合、航空機は以下のことが可能である <ul style="list-style-type: none"> (i) 離陸を継続し、離陸面上空50フィートまで上昇する (ii) その後、JS4.2120に準拠したコンフィギュレーションと対気速度を達成する

4.2 機体の認証 (Joby JAS4-1に対する耐空性基準)

前頁続き

EASA SC-VTOLとFAA耐空性基準との違い

EASA SC-VTOL.2120

- 設計は、対地効果外での最低上昇性能に適合していなければならない:
- (a) 通常の飛行範囲内
 - (b) Enhancedカテゴリーの場合:
 - (1) 飛行エンベロープ内;
 - (2) 留保
 - (c) 留保

FAA 耐空性基準 JS4.2120

- (a) 申請者は、各重量、高度、周囲温度において、運航マニュアルに掲載されている手順を用いて、運航制限内で最低限の上昇性能を証明しなければならない
- (b) “essential performance”と“increased performance”で承認された航空機の場合、申請者は以下の全エンジン作動 (AEO) 上昇性能の必要条件を決定しなければならない:
 - (1) 最初の離陸形態において、海面での安定した上昇勾配が8.3%以上であり、申請者又はVyが選択した上昇速度であること
 - (2) ボーク着陸の場合、ランディングギアを伸ばし、フラップをつけた状態で、操縦者に過度の負担をかけずに3%の上昇勾配があること
- (c) “essential performance”で承認された航空機の場合、推力の重要な変化後の上昇性能は、以下のように決定されなければならない
 - (1) 申請者が選択した速度とコンフィギュレーションで、認証を受けようとする離陸飛行経路に沿って、該当する揚力源を使用する
 - (2) 離陸から経路設定への移行。水平飛行が維持できない重量、高度、周囲温度に対して、総高度損失を決定しなければならない
- (d) “increased performance”で承認された航空機の場合、推力臨界変化後の上昇性能は以下のとおり。
 - (1) 推力飛行及び半推力飛行の場合:
 - (i) 離陸面から200フィート上空で、対地効果を受けない場合の定常上昇率が毎分100フィート以上である
 - (ii) 離陸面から1,000フィート上空での定常上昇率(対地効果なし)は、毎分150フィート以上であること
 - (iii) 航程中の定常上昇率(又は降下率)は、認証が要求される航空機が飛行すると予想される各重量、高度、温度において、フィート毎分で決定される
 - (2) 有翼飛行では、定常上昇勾配:
 - (i) 離陸面において、離陸形態で少なくとも0.5%の上昇率
 - (ii) 離陸面より400フィート上空での離陸時、航空機が第2セグメント構成で少なくとも2.6%
 - (iii) 離陸面又は着陸面の上空1,500フィート(適切な場合)において、航空機が巡航姿勢の場合、エンルート中、少なくとも1.7%
 - (iv) 着陸面より400フィート上空でのディスコンシャスアプローチ中は2.7%以上
- (e) 申請者は、JS4.2105(g)に基づいて設定された滑空、オートローテーション、又は同等の手段に対して、適切な揚力源に応じた性能を決定しなければならない。

上昇要件

4.2 機体の認証 (Joby JAS4-1に対する耐空性基準)

前頁続き

EASA SC-VTOLとFAA耐空性基準との違い

EASA SC-VTOL.2130

申請者は、運航制限内の飛行パラメータの重要な組み合わせにおいて、以下を決定しなければならない:

- (a) 当該航空機に適用される進入経路を想定し、着陸及び停止に必要な面積
- (b) 平均的な技量を持つ乗務員が、公表されている着陸区域内に、損傷や怪我をすることなく、安定して着陸することができる、かつ、ポーク着陸状態に安全に移行することができる、進入・着陸速度、着陸形態、着陸手順

FAA 耐空性基準 JS4.2130

申請者は、運航制限内の重要な重量と高度の組み合わせにおける標準的な温度について、以下を決定しなければならない:

- (a) 平均的な技量を持つ操縦者が、損害や怪我をすることなく、公表されている着陸距離内に安定して着陸することができ、かつ、この耐空性基準に定められているポーク着陸条件に安全に移行することができる、進入及び着陸の速度と手順:
 - (1) 認証を受けようとする各アプローチ及び着陸飛行経路の全ての揚力源
 - (2) 最低速度又は最高速度の安全マージン
 - (3) 最低制御速度
- (b) "essential performance"で承認された航空機の場合、申請者は着陸面から50フィートの高さから着陸性能を決定しなければならない。また、推力変更後の進入飛行経路のどの地点でも安全な着陸が可能でなければならない
- (c) "increased performance"で承認された航空機の場合、申請者は着陸面より50フィート上空から着陸性能を決定しなければならない
 - (1) 着陸面に安全に着陸し、停止する
 - (2) JS4.2120で定められたポーク着地条件と性能に移行する

着陸

4.2 機体の認証 (Jobyの型式証明取得プロセス)

Jobyは、2024年2月時点で、型式証明の取得プロセスにおいて第4段階の試験・分析まで進んでいる。

Jobyの定義する型式証明取得プロセスと進捗状況 (2024年2月15日時点)

		①認証基盤	②適合性証明手法	③認証計画	④試験・分析	⑤証明・検証
概要		<ul style="list-style-type: none"> どのようなタイプの航空機を製造するのか、そのためにどの一連の規則と規制が適用されるのかについて合意する 	<ul style="list-style-type: none"> 安全規則をより詳細に検討し、その遵守を実証する手段を特定する 	<ul style="list-style-type: none"> 適合手段を満たすためにシステム分野ごとにどの試験を実施する必要があるかを規定した、幅広い詳細な認証計画を策定する 	<ul style="list-style-type: none"> 第3段階で事前に作成した認証計画に従って、検査、試験、分析を計画、文書化し、完了させる 	<ul style="list-style-type: none"> 試験結果がFAAによって検証される。 この段階を終了すると、型式証明が発行される
進捗率	Joby側	100%	97%	100%	24%	1%
	FAA側	100%	97%	100%	9%	0%
Joby社の進捗状況		<ul style="list-style-type: none"> 2020年に完了し、FAAとG-1*適用基準を締結 2022年7月に21.17bの枠組みを使用した改訂版の文書に署名 	<ul style="list-style-type: none"> 2023年、適合性証明手法の75%以上がすでにFAAに受け入れられた ほぼすべてが審査と承認のために提出されている(参考) 	<ul style="list-style-type: none"> 分野別の認証計画のうち3つが受理されている 残りの大部分は、関連する適合性証明手法が完全に受理され次第、提出予定(参考) 	<ul style="list-style-type: none"> 2024年初めに炭素複合材サンプルの最初の「信用」適合試験を実施した(参考) 	—

*基本的な適用基準(耐空性及び環境基準等)について検討するもので、型式証明作業のごく初期の段階で(案)を作成し適用基準の基礎とする。

出所: <https://www.jobyaviation.com/files/Joby+Aviation+Q2+2022+Shareholder+Letter.pdf>

https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/_c3b7e3e9d4593bec02559deb0939d23a/jobaviation/db/1086/9825/pdf/Joby-Q4-2023-Report-Final.pdf

4.2 機体の認証(主要メーカーの認証状況)

現在JobyやArcher等の企業がFAAやEASAに対して機体の認証手続きを実行中であり、最短で25年からの商業運転の開始が予定されている。

製造企業	機体	最大離陸重量・乗員数	機体の認証状況	運航予定
Joby Aviation  米国	 JAS4-1	<ul style="list-style-type: none"> • 2,200kg • 5名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年11月にFAAが耐空証明審査基準を公表し、2024年3月に最終版を公表 • 2024年に型式証明取得を予定 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年より商用運航を開始予定
Wisk Aero  米国	 Generation 6	<ul style="list-style-type: none"> • 1,300kg • 4名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年10月に機体を発表し、FAAにおける型式証明手続きを申請 • 2023年5月時点でG-1を作業中 	<ul style="list-style-type: none"> • 明言はされていないが、10年以内の運用を想定
Archer Aviation  米国	 Model M001	<ul style="list-style-type: none"> • 3,000kg • 5名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年12月にFAAが耐空証明審査基準を公表し、パブリックコメントを募集 • 2024年に型式証明取得を予定 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年より商用運航を開始予定
Beta Technologies  米国	 Alia-250	<ul style="list-style-type: none"> • 3,175kg • 6名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2021年に米空軍の耐空証明を取得 • 2024年にFAAの型式証明取得を予定 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年より商用運航を開始予定

4.2 機体の認証(主要メーカーの認証状況)

製造企業	機体	最大離陸重量・乗員数	機体の認証状況	運航予定
Lilium  ドイツ	 Lilium Jet   4 seat config 6 seat config	<ul style="list-style-type: none"> • 3,100kg • 5～7名で可変 (操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年3月に、EASA及びFAAにおいて型式証明手続きを申請 • 2023年6月にFAAがG-1を発行 • 2025年に型式証明を取得予定 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年頃に商用運航を開始予定
Volocopter  ドイツ	 Volocity	<ul style="list-style-type: none"> • 700kg • 2名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2023年2月にEASAにおいて、型式証明手続きを申請 • 2023年8月にFAAがG-1を発行 • 2024年に型式証明を取得予定 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年に商用運航を開始予定
Airbus  フランス	 CityAirbus NextGen	<ul style="list-style-type: none"> • 2,200kg • 5名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年にEASAでの型式証明完了を予定 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年の就航を目指す

4.2 機体の認証(主要メーカーの認証状況)

製造企業	機体	最大離陸重量・乗員数	機体の認証状況	運航予定
Vertical Aerospace  英国	 VX4	<ul style="list-style-type: none"> • 3,000kg • 5名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年4月にEASA・CAAが共同で型式証明実施に合意 • 2022年4月にFAAにおいて耐空証明審査手続きを申請 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年に型式証明を取得、英国及びEU地域での商用運航を開始予定
Urban Aeronautics  イスラエル	 CityHawk	<ul style="list-style-type: none"> • 2,700kg • 6名(操縦者込) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年までのFAAでの型式証明完了を予定 	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年に製造を開始予定

4.3 装備品の認証

EASAは、2021年にハイブリッド航空機用動力システムの認証基準であるSpecial Conditionを公表した。FAAは、2021年にmagniXの電動エンジンに対する耐空性基準を公表した。

項目	欧州	米国
重要装備品 (エンジン、プロペラ、バッテリー等)	<ul style="list-style-type: none"> CS-23 (Normal-Category Aeroplanes)、CS-25 (Large Aeroplanes)、CS-27 (Small Rotorcraft)、CS-29 (Large Rotorcraft)、飛行船専用の航空機用エンジンに通常適用される認証仕様は、CS-E amendment 6 (Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Engines)に含まれるが、電気推進システムやハイブリッド推進システム、VTOLに対応するエンジンは考慮されていない このため、2021年4月にSpecial Conditionとして <u>Final Special Condition E 19 Electric / Hybrid Propulsion System Issue 01</u>を公表した 	<ul style="list-style-type: none"> FAAにおける航空機エンジンの耐空性基準である14 CFR Part 33 (Airworthiness Standards: Aircraft Engines) は、1964年に制定されている これは、航空燃料を使用して動作する航空機エンジンを想定したもので、航空燃料の代わりに電気をエネルギー源とするmagni350及びmagni650に適用する基準としては、十分ではなかった そのため、2021年10月にASTM F3338-18 Standard Specification for Design of Electric Propulsion Units for General Aviation AircraftやmagniX社が提供する情報等を参考に、14 CFR Part 33とSpecial Conditionを併用した基準として、<u>magniX社の電動エンジン magni350とmagni650に対する耐空性基準を公表した</u>
重要装備品以外 (座席、タイヤ等)	<ul style="list-style-type: none"> 規則(EU)748/2012 Annex 1 (Part 21 Certification of aircraft and related products, parts and appliances, and of design and production organisations)に従い、欧州技術標準指令 (European Technical Standard Order、ETSO)、欧州部品承認(European Parts Approval、EPA)が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 製品や品目の認証手続きに関する基準である14 CFR Part 21 (Certification Procedures for Products and Articles)に従い、部品製造承認が必要

* 欧州のニューアプローチ指令は、製品の必須要求への適合評価を行い、必須要求を満たす場合にCEマーキングを貼付する指令である。ドローンの規制の場合、OpenカテゴリーとSpecificカテゴリーの一部でCEマークの貼付が求められているが、空飛ぶクルマの規制ではニューアプローチ指令との関連は見られない。

4.4 設計・製造・整備組織の承認

欧米いずれにおいても、通常の航空機に適用される規則にもとづき、設計組織、製造組織、整備組織の承認を受ける必要がある。

項目	欧州	米国
設計組織	<ul style="list-style-type: none"> 通常の航空機及び関連部品の耐空性基準に関する規則である、規則(EU)748/2012のAnnex 1(Part 21 Certification of aircraft and related products, parts and appliances, and of design and production organisations)において、<u>設計組織の承認手続き、及び承認申請者並びに承認保有者の権利と義務に関する規則が定められている</u> Part 21に基づく能力の証明方法は以下の3つ <ul style="list-style-type: none"> - 設計機関承認(Design Organisation Approval、DOA)の取得 - DOAの代替手続き - 特定のプロジェクトに対する認証プログラム(CP)を機関の提供 	<ul style="list-style-type: none"> 通常の航空機と同様に設計機関承認が必要 申請者が製品の型式証明又は設計承認を申請し、CFR 14 Part 21(Certification Procedures for Products and Articles)に沿ってFAAが<u>製品又は製品の主要な設計変更の承認を発行する</u>
製造組織	<ul style="list-style-type: none"> 通常の航空機及び関連部品の耐空性基準に関する規則である、規則(EU)748/2012 Annex 1(Part 21 Certification of aircraft and related products, parts and appliances, and of design and production organisations)において、航空機的设计、航空機の変更、航空機の修理、及び部品や器具を製造する機関の規則が定められている 	<ul style="list-style-type: none"> 通常の航空機と同様に製造組織承認が必要 製造者が申請書を提出後、FAAが14 CFR Part 21に沿って品質システムを評価、製造承認を発行する
整備組織	<ul style="list-style-type: none"> 通常の航空機及び関連部品の耐空性基準に関する規則である、規則(EU)1321/2014において、航空機的设计、航空機の変更、航空機の修理、及び部品や器具を整備する機関は、Annex II (Part 145)に定義される要件を満たす必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 航空機整備組織の申請、認証及び運営についてPart 145で規定されている 14 CFR Part 145 Subpart B Certificationでは、申請要件と整備組織に発行されるレーティングの概要を説明している FAAは、整備組織の認証と必要なマニュアルの作成に関連するアドバイザリーサーキュラーを発行している

4.5 操縦者

欧州では、通常の航空機の操縦資格保有者がVTOLを操縦できるよう規定の改訂が提案されている。米国では、通常の航空機に関する規定に、パワードリフト機に関連する要件の追加が検討されている。

	欧州	米国
検討状況	<ul style="list-style-type: none">• Commission Regulation (EU) 1178/2011において、乗組員 (Aircrew) に関する規定が置かれ、その中で操縦者免許 (Pilot Licensing) に関する規則 (Implementing Rules) が存在する• 他方で、2022年6月に公表されたNPA 2022-06において、Commission Regulation (EU) 1178/2011にVTOL機に対応する条文を追加することが提案された• Notification of a Proposal to issue a Certification Memorandumにおいて、操縦者訓練用のシラバスの提案が記述されている	<ul style="list-style-type: none">• パワードリフト機の型式証明は、現行規則14 CFR 21.17(b)の下で特別クラスの航空機として行われている。操縦者の要件は、現行規則14 CFR Part 61は新しいカテゴリの航空機に十分に対応していない。• そのため、2023年6月、パワードリフト機用の操縦者認定要件案が公表された(8月までコメント募集)。• パワードリフト機によって設計、飛行、操縦特性が大きく異なるため、現時点では等級を設けることは現実的ではなく、型式限定の設定が提案されている。• 飛行機やヘリコプターを含む型式証明を必要とする航空機の実技試験、訓練センターの回転翼機教官の資格、訓練、試験要件、訓練センターでの回転翼機の飛行指導への使用に関する変更も提案されている。(参考: Integration of Powered-Lift: Pilot Certification and Operations; Miscellaneous Amendments Related to Rotorcraft and Airplanes)

4.5 操縦者(欧州)

商用運航の初期段階では、通常の航空機の操縦者要件を規定したEU規則No 1178/2011にVTOLに対応した規定を挿入することが検討されている。

検討の背景

- 有人VTOL機用の操縦者資格要件は、今後のNPAで公表される予定である。
- しかし、一部の有人VTOL対応航空機の製造者／運航者は、対象となる実施法及び委任法の草案の採択及び適用前に、既に運航を開始する準備が整っていることが予想される。
- そのため、2022年6月のNPA 2022-06と2023年8月のOpinion No 03-2023において、規則(EU) 1178/2011*の第4条に、規則(EU) 965/2012及び規則(EU) 923/2012で同じ目的で挿入された定義と整合的に「VTOL-capable aircraft」の定義を挿入することが提案されていた。
- これにより、既に通常の航空機の資格を保有している操縦者のみが有人VTOLに携わることができるようになる。
- 運用の初期段階では、経験豊富な操縦者のみがVTOL対応の機体を操縦することを意図している。この段階で得られた経験は、RMT.0230に基づく将来のNPAで、有人VTOL用の操縦者資格の枠組み策定につなげることが想定されている。

規則(EU) 1178/2011に おける操縦者 資格の規定

- Article 4 – Existing national pilots' licences
- Article 4a – Performance-based navigation instrument rating privileges
- Article 4b – Upset prevention and recovery training
- Article 4c – Transitional measures for holders of an en route instrument rating
- Article 4d – Transitional measures for single-engine instrument rating privileges for helicopters
- Article 4e – Transitional measures for training, testing and checking related to multi-pilot operations in single-pilot helicopters
- (Article 4f として、VTOLに対応する規定の挿入を検討中)

* COMMISSION REGULATION (EU) No 1178/2011 of 3 November 2011 laying down technical requirements and administrative procedures related to civil aviation aircrew pursuant to Regulation (EC) No 216/2008 of the European Parliament and of the Council

出所: Notice of Proposed Amendment 2022-06、有識者ヒアリング

4.5 操縦者(米国)

2023年6月、FAAはパワードリフト機の操縦者の技能証明や運航基準について、一時的に現行規則に変更を加える特別連邦航空規則(Special Federal Aviation Regulation、SFAR)を提案する規則案(Notice of Proposed Rulemaking、NPRM)を発表した。

SFARの内容をまとめた新しいPart 194の導入を提案し、有効期間を改正後10年間としている。

変更が提案されている規則

Part 60	飛行シミュレーション訓練装置の初回及び継続的な認定と使用
Part 61	認証、操縦者、飛行教官、地上教官
Part 91	一般運航規則及び飛行規則
Part 97	IFR運航における標準計器手順
Part 111	操縦者の記録データベース
Part 135	運航要件：定期運航及びチャーター運航、当該運航を行う運航事業者
Part 136	商業航空ツアーと国立公園航空ツアー管理
Part 141	操縦者向け教育機関
Part 142	訓練センター
Part 43	整備、予防整備、再組立て、改造

4.5 操縦者(米国)

FAAは、パワードリフト機については等級限定を設定せず、型式限定を設定するためにPart 61の恒久的な改正を提案している。

また、Part 61、135、142にパワードリフト機 という文言を組み込むために形式上の変更を提案している。

操縦者の技能証明に関する変更の概要

型式限定の設定	<ul style="list-style-type: none">パワードリフト機のカテゴリに等級を設けることは不可能であるため、操縦するパワードリフト機の型式限定取得を義務付ける。操縦者は、パワードリフト機別の訓練を受け、実技試験で技能を証明する必要がある。
SIC資格のパワードリフト機への適用	<ul style="list-style-type: none">SIC(副機長)を務める者が、該当するパワードリフト機で要求されるすべてのタスクを実行できるパワードリフト機の実技試験に合格していれば、現行のPart 61.55のSIC資格要件で満足する。
操縦者認定の代替要件の設定	<ul style="list-style-type: none">通常、操縦者になろうとする者は、教官による訓練、飛行経験、実技試験の合格を経て操縦技術を身に付けていく。学生操縦者として開始し、自家用操縦者資格、事業用操縦者資格、Part 121の運航でPIC(機長)又はSICとして、また特定のPart 135の運航でPICを務めるために必要なATP資格を取得する流れとなっている。パワードリフト機の場合、訓練を提供できる教官の数が今後の需要を満たすには不十分である可能性が高い。また、FAAは、パワードリフト機が自家用操縦者レベルで広く利用可能になるとは予想せず、機体メーカーが商用目的を意図していることから、少なくとも事業用操縦者資格の保有が要求されることになる。このため、パワードリフト機カテゴリ及び計器飛行を行うパワードリフト機等級を取得するための航空経験及び記録の代替要件を、特定の航空機カテゴリ及び等級の事業用操縦者資格保有者に限定する。
Part 135、141、142の承認されたプログラムの訓練	<ul style="list-style-type: none">上記の代替要件を踏まえ、Part 135、141、142の承認された訓練プログラムにおいて、パワードリフト機の資格に適用されるカリキュラムを十分に修了しなければならない。
実技試験	<ul style="list-style-type: none">パワードリフト機のPICを務める操縦者は、操縦しようとする型式のパワードリフト機の型式限定を保有することを要求するため、操縦するパワードリフト機の型式に関する実技試験の合格を要求する。
Part 135の操縦者資格の変更	<ul style="list-style-type: none">2022年12月、Part 135におけるパワードリフト機運航を許可するNPRM “Update to Air Carrier Definitions”が発表されたことに伴い、Part 135における操縦者要件と整合させるために、操縦者の訓練及び資格要件を変更する。
Part 142の訓練センターのパワードリフト機への適用	<ul style="list-style-type: none">航空機、パワードリフト機、回転翼機の要件を調和させるために、訓練センターに関するPart 142の要件をパワードリフト機に対応するよう変更する。

4.5 操縦者(米国)

Part 91、97、135には、航空機全般に係る規則と特定の種類の航空機(飛行機、回転翼航空機、パワードリフト機等)に係る規則が含まれ、SFARでは、これらの規則をパワードリフト機に適用することが提案されている。

運航基準に関する変更の概要

	現行規則	SFARでの提案内容
Part 91 (一般運航規則 及び飛行規則)	<ul style="list-style-type: none"> • 次のSubpartで構成される <ul style="list-style-type: none"> ➢ A: 一般要件 ➢ B: 飛行規則Subpart I: 運行騒音基準 ➢ C: 装備、計器、認証要件 ➢ D: 特別飛行の運航 ➢ E: 整備、予防整備、修理 ➢ F: 大型ターボ式マルチエンジン飛行機及び分割所有プログラムの航空機 ➢ G: 大型運送カテゴリ航空機のための追加的装備・運航要件 ➢ H: 外国籍航空機の運航及び米国籍民間航空機の国外での運航 ➢ I: 運行騒音基準 ➢ J: Waiver ➢ K: 分割所有運航 ➢ L: 継続耐空性証明及び安全性向上 ➢ M: 特別連邦航空規則 ➢ N: Mitsubishi MU-2Bシリーズの特別訓練、経験、運航要件 	<ul style="list-style-type: none"> • 左記のSubpartのうち、A～H、Kにおける特定の機体(飛行機や回転翼機)に係る運航規則をパワードリフト機へ適用することが検討されている。 • 飛行機に関する規則を広くパワードリフト機にも適用しつつ、垂直離着陸を行う際には、回転翼機に関する規則である91.126(b)(2)及び91.129(f)(2)を適用することを提案している。
Part 97 (IFR運航における標準計器手順)	<ul style="list-style-type: none"> • Copter Procedures: Part 97.35に規定された適用最低高度を持つヘリコプターの手順 • Part 27 App B: 9席以下かつ離陸重量7,000ポンド以下の通常カテゴリの回転翼機にかかるヘリコプター計器飛行の耐空性基準 • Part 29 App B: 10席以上かつ離陸重量7,000ポンド以上の輸送カテゴリの回転翼機にかかるヘリコプター計器飛行の耐空性基準 	<ul style="list-style-type: none"> • パワードリフト機の運航に対してPart 97.3を適用可能とするために、Part 27及びPart 29のApp Bの耐空性基準に基づき、計器飛行のために現在型式証明を受けているヘリコプターと同等のシステム設計及び安全性を要求している。

4.5 操縦者(米国)

前頁続き

運航基準に関する変更の概要

	現行規則	SFARでの提案内容
Part 135 (運航要件: 定期運航及び チャーター運航、 当該運航を行う 運航事業者)	<ul style="list-style-type: none">飛行機に関する規則<ul style="list-style-type: none">➢ 装備要件全般➢ VFR/IFR飛行要件全般(特に最低安全高度及び有視界条件等)➢ 飛行機の性能要件等回転翼に関する規則<ul style="list-style-type: none">➢ 水上飛行の際の運航要件や装備要件➢ 一部の装備要件及びVFR/IFR飛行要件➢ 着氷気象状態下の運航要件➢ 空港要件➢ 救命救急用途の運航の際の運航要件	<ul style="list-style-type: none">固定翼を用いた離着陸能力や、運航範囲、運航環境、操作性等の特徴が飛行機と類似することから、飛行機に係る規則を広くパワードリフト機にも適用する水上飛行の際の運航要件や装備要件、一部の装備要件及びVFR/IFR飛行要件、着氷気象状態下の運航要件、空港要件、救命救急用途の運航の際の運航要件等については回転翼に係る規則を適用する

4.6 整備士

欧米いずれにおいても、通常の航空機に適用される整備士の要件が適用される。
 米国では、2023年6月に発表されたパワードリフト機の操縦者の技能証明や運航基準等に関する NPRM において、Part 43の規定をパワードリフト機にも適用することが提案されている。

	欧州	米国
検討状況	<ul style="list-style-type: none"> 通常の航空機及び関連部品の耐空性基準に関する規則である、規則(EU)1321/2014において、航空機的设计、航空機の変更、航空機の修理、及び部品や器具を整備する機関は、<u>Annex II (Part 145)に定義される要件を満たす必要がある</u> 	<ul style="list-style-type: none"> 短期的には、通常の航空機に適用される要件から変更予定はないが、エンジンやバッテリーの整備に関する要件は変更される可能性がある(有識者ヒアリングによる) 航空機整備組織の申請、認証、及び運営について Part 145で規定されている FAR 145 Subpart B Certificationでは、申請要件と整備組織に発行されるレーティングの概要を説明している AC 145-10 - Repair Station Training Program w/ Change 1で、14 CFR Part 145における訓練のカテゴリー、訓練プログラムの構成要素、及び訓練プログラムのサンプルに基づき要求される整備士訓練プログラムの開発に関する情報を提供する <u>2023年6月に発表された、パワードリフト機の操縦士の技能証明や運航基準等に関するNPRMにおいて、Part 43(整備、予防整備、再組立て、改造)における以下の規定をパワードリフト機にも適用することが提案されている</u> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Part 43.3(h) 整備、予防整備、改造、改造を行う権限を有する者 ➢ Part 43.15(b) 検査員に対する追加のパフォーマンス規則

4.7 運航事業者、機長、飛行条件

欧州では、2022年のNPA 2022-06や2024年のNPA 2024-01で規則が検討されている。FAAは、Airline Transport Pilot(定期運送操縦者)の簡易版を設定すると見られる。

	欧州	米国
運航事業者	<ul style="list-style-type: none"> • 商業用又は非商業用のUAS/VTOL対応航空機の運航者は、航空運航を開始する前に、認証手続きを受け、航空運航者認証(Air Operator Certificate)を取得する必要がある • 認証要件及び認証手続きは、規則(EU) 965/2012のAnnex II(Part-ARO)及びAnnex III(Part-ORO)において、航空機及びヘリコプターの運航者が利用できるものと同じである 	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年12月、FAAが運航事業者の定義を改正する案(Notice of proposed rulemaking)を公表し、14 CFR Part 91、121、125、135、136にpowered-lift aircraftを追加する方針を示した。
機長	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年6月のNPA 2022-06 EASA's Introduction of a regulatory framework for the operation of dronesにおいて、機長要件の案が記述された ORO.FC.105 Designation as pilot-in-command/ commander • 2024年2月のNPA 2024-01でAMC及びGMが提案された 	<ul style="list-style-type: none"> • 操縦者の要件と同じ(有識者ヒアリングによる)
飛行条件	<ul style="list-style-type: none"> • 2022年6月のNPA 2022-06 EASA's Introduction of a regulatory framework for the operation of dronesにおいて、航空航法におけるサービスや手続きに関する運航規則を定めるStandardised European Rules of the Air(SERA)の改訂が提案された • 2024年2月のNPA 2024-01でAMC及びGMが提案された 	<ul style="list-style-type: none"> • 検討中(有識者ヒアリングによる)

4.8 騒音基準

EASAは、2023年5月、垂直離着陸機の型式証明申請時に適用される騒音技術仕様のコンサルテーションペーパーを作成し、12月に最終版を発表した。

米国は基準を検討中。

	欧州	米国
検討状況	<p>【環境保護技術仕様(EPTS)】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2023年5月、環境保護技術仕様(EPTS)のコンサルテーションペーパーを発表した。(6月15日までコメント募集) <ul style="list-style-type: none"> EASAは、環境適合性を確保するための基準(騒音、エンジン排気ガス、CO2排出量)がシカゴ条約付属書16第3巻のいずれにも規定されていない製品の認証申請を受けているため、規則(EU)2018/1139のAnnex IIIに含まれ、製品設計の認証に関連する環境適合性の必須要件の規定に沿った新たな規制枠組みを策定する必要があった。 このEPTSには、複数の垂直、非傾斜、均等に配置されたティルトローター以外を動力源とする垂直離着陸機の型式証明を申請する際に申請者が使用すべき、適用される騒音技術仕様と手順が含まれている。 2023年12月12日、上記の基準の最終版を発表した。(参考:Consultation paper: Environmental protection technical Specification (EPTS) for VTOL-capable aircraft powered by non-tilting rotors) 2023年12月12日、電動ローターを動力源とする垂直離着陸機のEPTSコンサルテーションペーパーを発表した。(参考:Consultation Paper: Environmental Protection Technical Specifications (EPTS) applicable to VTOL-capable aircraft powered by tilting rotors) 	<ul style="list-style-type: none"> 検討中(有識者ヒアリングによる) FAAは、航空機に一定の騒音規制値を遵守させることで、個々の民間航空機が発することができる最大騒音レベルを規制している。制限値及び関連する試験基準は、14 CFR Part 36 Aircraft Type and Airworthiness Certificationに記載されている。 騒音認証基準を設定する際、FAAは各申請書を審査し、既存のPart 36の要求事項が騒音認証基準として適切かどうかを判断する。 現行の基準が適切に適用できない場合、FAAは、申請者の航空機の機種に特別に適用可能な規則を公布し、騒音証明の根拠とすることができる。この場合、国家環境政策法(NEPA)に基づく環境レビューを必要とする。 現在までに、騒音認証のために提出された1機の航空機について、FAAはPart 36の既存の試験手順と要求事項が適用可能であると判断している。現在、他の申請を評価中であり、それらに対する騒音認証の根拠を決定する予定。(参考:Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan)

4.8 騒音基準(欧州)

EASAはVTOL機向けに騒音規制値を修正せず、最大離陸重量80,000kgの一般航空機の騒音規制値の上限をVTOL機に適用している。

欧州で規定されている航空機別の騒音基準

	UAS	VTOL		
機体のタイプ	<ul style="list-style-type: none"> 回転翼、固定翼 	<ul style="list-style-type: none"> 回転翼、固定翼、ヘリコプター、パワードリフト等 	<ul style="list-style-type: none"> ティルトローター (Lilium Jet等) 	<ul style="list-style-type: none"> ティルトローター以外 (Volocity等)
EU規則のカテゴリ	<ul style="list-style-type: none"> Openカテゴリ Specificカテゴリの一部 	<ul style="list-style-type: none"> Specificカテゴリ 	<ul style="list-style-type: none"> Certifiedカテゴリ 	<ul style="list-style-type: none"> Certifiedカテゴリ
要件	<ul style="list-style-type: none"> CEマーキング 	<p><u>Specificカテゴリ(低リスク及び中リスク)で運用される600kg未満の無人航空機システムの騒音測定に関するガイドライン</u></p>	<p><u>ティルトローターを動力源とするVTOL機に適用される環境保護技術仕様(騒音)</u></p>	<p><u>ティルトローター以外を動力源とするVTOL機に適用される環境保護技術仕様(騒音)</u></p>
最大離陸重量	<ul style="list-style-type: none"> 25kg 	<ul style="list-style-type: none"> 600kg 	<ul style="list-style-type: none"> 制限なし 	<ul style="list-style-type: none"> 制限なし
騒音の上限	<ul style="list-style-type: none"> EU規則2019/945の以下の規定に準拠する <ul style="list-style-type: none"> Part 13 騒音テストコード Part 14保証音響パワーレベルの表示 Part 15 UAクラスごとの最大音響パワーレベル(移行期間を含む) 	<ul style="list-style-type: none"> 留保 	<ul style="list-style-type: none"> 騒音の最大許容値は、最大離陸重量80,000kgの航空機に対して設定され、重量788kgまで対数的に減少し、その後は一定となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 騒音の最大許容値は、最大離陸重量80,000kgの航空機に対して設定され、重量788kgまで対数的に減少し、その後は一定となる。

*ティルトローターは、機体に対してローターの角度を変えることにより垂直離陸時の揚力に使ったり、水平飛行時の推力に使ったりする構造を持つ機体。ローターの角度を離陸時には上向きに、水平飛行では前向きに変化させる。

出所: <https://www.aero.jaxa.jp/spsite/helicopter/002.html>

4.8 騒音基準(欧州)

ティルトローターとティルトローター以外のいずれも、離陸時は86-106EPNdB*、上空飛行時は84-104EPNdB、進入時は89-109EPNdBの最大騒音レベルが設定されている。

ティルトローターについてはナセル角度で騒音を測定することが提案されている。

騒音レベル

- ティルトローターとティルトローター両方に対して同じ基準が設定されている。

M = Maximum take-off mass in 1 000 kg	0	0.788	80.0
Take-off noise level (EPNdB)	86	$87.0314 + 9.9673 \log_{10} M$	106
Overflight noise level (EPNdB)	84	$85.0314 + 9.9673 \log_{10} M$	104
Approach noise level (EPNdB)	89	$90.0314 + 9.9673 \log_{10} M$	109

最大許容騒音レベル

ティルトローターとティルトローター以外の違い

- ティルトローターについては、最高上昇速度に対応するナセル(エンジン取り付けユニット)の角度で離陸時とアプローチ時の騒音を測定することを提案
- 上空飛行の騒音測定は、VTOL/Conversionモードと飛行機モードに分けられる
 - VTOL/Conversionモードでは、ナセルは0対気速度で認証された最低角度に維持される
 - 飛行機モードでは、ナセル角度は0度に近い

* Effective Perceived Noise Level: 実効感覚騒音レベル。航空機が1機通り過ぎる騒音のうるさを評価する尺度で、航空機騒音の特異性や継続時間の違いを考慮したもの。

出所: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/product-certification-consultations/consultation-paper-environmental-protection-0>

<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/product-certification-consultations/consultation-paper-environmental-protection>

<https://www.mlit.go.jp/yougo/e->

[e.html#:~:text=Effective%20Perceived%20Noise%20Level%EF%BC%9A%E5%AE%9F%E5%8A%B9,%E8%80%83%E6%85%AE%E3%81%97%E3%81%9F%E3%82%82%E3%81%AE%E3%81%A7%E3%81%82%E3%82%8B%E3%80%82](https://www.mlit.go.jp/yougo/e-)

4.9 バーティポート・バーティポート運営者

EASAは、2022年3月にバーティポートと部品に関する技術仕様を公開し、それに基づきバーティポート設計の認証仕様(CS-VPT-DSN)の作成と、飛行場設計の認証仕様(CS-ADR-DSN)の改訂を行う予定。

FAAは、2022年9月にバーティポートの設計に関するガイドラインを発表している。

検討状況	欧州	米国
バーティポート	<ul style="list-style-type: none"> 2022年3月、バーティポートと部品のプロトタイプ技術仕様(Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category (PTS-VPT-DSN))を非規制資料として公開した <ul style="list-style-type: none"> この資料では、バーティポートの物理的特性、障害物環境、視覚補助、ライト、マーキング、及び安全な飛行と着陸を継続するための途中の代替ポートの概念を記載している EASAは、「バーティポートのプロトタイプ技術設計仕様」に基づくバーティポート設計の認証仕様(CS-VPT-DSN)の作成と、飛行場設計の認証仕様(CS-ADR-DSN)の改訂を決定する予定 	<ul style="list-style-type: none"> 2022年9月、バーティポートの設計に関するエンジニアリングブリーフ(EB)No.105を公表した <ul style="list-style-type: none"> 既存のヘリコプターや飛行機の着陸施設の変更、及び新しい場所の設置を含む、公共及び民間のバーティポート及びバーティストップの設計ガイドラインとなっている。 2023年7月に発表されたAAM実施計画v1.0においては、2025年から2028年の初期のAAMの運航では既存の空港やヘリポートを使用することが想定されている。 2023年10月、FAAはアレンC. パーキンソン・ブラックストーン陸軍飛行場(KBKT) (バージニア州ブラックストーン)にバーティポートを設置する条件付き承認を発行した。同飛行場は、州内及び全米で初めて認可された公共用バーティポートとなる。(参考:FAA Approves Nation's First Public-Use Vertiport)
バーティポート運営者	<ul style="list-style-type: none"> 飛行場と見なされるため認証が必要(有識者ヒアリングによる) 	<ul style="list-style-type: none"> バーティポートの運営者には、一般的な空港の要件が適用されるとみられる(有識者ヒアリングによる)

4.10 航空交通管理

欧州では、EASAの今後の作業計画に空域統合に関する規則の改訂が含まれている。

米国では、2020年6月発表のConOps v1.0に対する追加のインプット等を踏まえ、2023年5月にv2.0が発表された。

	欧州	米国
検討状況	<ul style="list-style-type: none">• EASAは、空域統合に関する規則(EU)No 1332/2011及びその他のATM/ANS相互運用規則(該当する場合)の改訂を提案し、AMC及びGMとの関連決定を公表する予定• 「空中通信・航法・監視のための認証仕様と許容される遵守手段(CS-ACNS)」を改訂する決定も行う方針。• 規則(EU)2017/373及び(EU)2015/340の改訂の必要性(前述の規則の改正に由来する関連する運用手順と訓練要件を実施するかどうか)は、後の段階で評価される	<ul style="list-style-type: none">• 2020年6月、UAMのConOps v1.0を公表し、ATMとUTMの連携を検討中。 (参考: Concepts of Operations v1.0)• 2023年4月、ConOps v1.0を踏まえた利害関係者の参加、調査、検証活動の結果を反映した ConOps v2.0 を発表。コンセプトの要素とサービス環境(Air Traffic Services(ATS)とExtensible Traffic Management(xTM))内のUAMの関係をより詳細に説明するとともに、用語の使用を調整している。(参考: Concepts of Operations v2.0)

Thank you

[pwc.com](https://www.pwc.com)

© 2024 PwC Consulting LLC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network member firms and/or their specified subsidiaries in Japan, and may sometimes refer to the PwC network. Each of such firms and subsidiaries is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.