

各国制度動向と「空飛ぶクルマ」から見えるドローンの将来像

鈴木真二(東京大学未来ビジョン研究センター)

2021/10/21 国土交通省ドローンの利活用に係る検討会

自己紹介

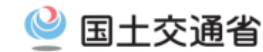


- 1979 東京大学工学系研究科航空宇宙工学専攻修士課程修了
- 1979 (株)豊田中央研究所研究員
- 1986 東京大学工学博士、工学部助教授(航空工学)
- 1996 東京大学大学院教授(航空宇宙工学)
- 2019 東京大学未来ビジョン研究センター特任教授、東京大学名誉教授

- 日本航空宇宙学会会長(第43期)
- International Council of Aeronautical Sciences (ICAS)President(2019-20)等
- ドローン関連
 - (一社)日本UAS産業振興協議会JUIDA理事長
 - (一社)航空イノベーション推進協議会AIDA代表理事
 - 日本無人機運行管理コンソシアムJUTM代表
 - 福島ロボットテストフィールド所長
 - (一社)ドローンサービス推進協議会代表理事
 - Global UTM Association(GUTMA): Special Adviser

レベル4実現に向けた航空法改正

有人地帯(第三者上空)での目視外飛行(レベル4)の実現に向けた制度整備



		新制度	
現行		手続き	要件
① 一定の空域・② 一定の飛行方法 ※に該当する飛行 第三者の立入管理なし	飛行不可 レベル4が該当	新設 飛行毎の許可・承認	①機体認証(一種) ②操縦ライセンス(一等) ③運航管理方法等の個別確認 + 共通運航ルール(飛行計画の通報、事故報告等)
	① 一定の空域・② 一定の飛行方法 ※に該当する飛行 第三者の立入管理あり	飛行毎の許可・承認	新設 手続き不要 (注)
飛行毎の許可・承認 (※) 特定飛行 ①: 人口密集地域上空、空港周辺、高度150m以上 ②: 夜間飛行、人・物件から30m未満の飛行等		飛行毎の許可・承認	飛行毎の許可・承認
上記以外	飛行毎の許可・承認不要	飛行毎の許可・承認不要	

レベル4の実現

許可申請の効率化

許可申請の多用化

登録制度(リモートID含む)による安心の拡大

我が国の新制度

区分	機体	第三者上空	飛行形態	機体認証	操縦	許可承認	登録・リモートID
カテゴリ I	100g以上、25kg未満	×	旧制度にて許可承認不要の飛行	不要	不要	不要	必要
カテゴリ IIB	25kg未満	×	・空港周辺、150m以上、イベント上空は不可	第二種	二等	不要	必要
カテゴリ IIA	制限なし	×	・上記を含む	第二種 (なくても良い)	二等(なくても良い)	必要	必要
カテゴリ III	制限なし	○	・レベル4など	第一種	一等	必要	必要

リスク高い

* カテゴリI以外は完全確保措置を求める

欧州の制度 (EASA: 欧州航空安全機構)

- 2019年、EU規則2019/947、2019/945により、欧州での小型無人航空機の規則をEU加盟国を中心に統合化する枠組みが決定した。
- 機体をCEマークでクラス分け (C0～C6)
- 民間無人航空機のカテゴリーをリスクに応じて「OPEN」、「SPECIFIC」、「CERTIFIED」の3つに分類
 - **OPEN**: CEO～4の機体、パイロットの知識試験と自主トレーニングで許可承認を不要
 - **SPECIFIC**: リスク分析 (SORA) を実施により必要な措置により各国の許可承認を得る (標準的な飛行 STS01,02 では C5, C6 機体でパイロット証明があれば半自動的に許可承認が得られる)
 - **CERTIFIED**: 有人機に近い機体認証、パイロットライセンスを求め、EASA が承認
- 運航管理を U-Space 規則により枠組みを決める (2021. 4 採択)
- 2020年12月31日よりドローンオペレーターは各国当局 (NAA) に登録する (リモートIDを必要とする場合あり)

欧州の制度

区分	飛行形態	機体	第三者上空	目視外	リモートID	操縦技能	飛行承認
Open	A1(軽量機体)	C0, <250g	○	×	—	—	—
		C1, <900g	×	×	必要	オンライン試験	—
	A2(人の近く)	C2, <4kg	×	×	必要	オンライン試験 +国別試験	—
	A3(人を排除)	C3,<25kg C4(ホビー)	×	×		オンライン試験	—
Specific	STS01(都市部の有視界)	C5, <25kg, 3m	×	×	必要	国別試験+技能 訓練	必要
	STS02 (過疎地の目視外)	C6, <25kg,3m, 非電動も可	×	○	必要	国別試験+技能 訓練	必要
	SORAによるリスク評価により、必要な要件を決め、各国から飛行承認を得る(オペレーターが資格を取得すれば手続きは簡略化)、機体は600kg未満						必要
Certified	Specific以上のリスク(人も運べる)	型式証明	○	○		操縦ライセンス	必要

リスク高い

米国の制度 (FAA: 連邦航空局)

- FAA近代化・改革法(2012年)により商用飛行を許可する方針
- 無人航空機の登録制度(2015年)
- 商用無人機の規則(2016年)
 - Part107による小型無人機の規則(夜間、目視外、人上空、500ft上空飛行禁止など)
 - 例外規定333条
 - ドローン操縦免許(知識試験)
- LAANC(空港周辺のUTM機能導入)(2017年)
- リモートIDに関する規則(2021年)
- 夜間・第三者上空を飛行する場合の規則(2021年)

米国の制度

区分		第三者 上空	400ft 以上	目視外	夜間物 件投下	機体	リモート ID	機体認 証	パイロッ ト資格
小型 <25kg	Baseline	—	×	×	×		—	—	知識試 験
	Waver申 請	個別審査で対応							知識試 験
	カテゴリ 1	○	×	×	×	<250g	必要	—	知識試 験
	カテゴリ 2	○	×	×	×	<11ft-lb	必要	必要	知識試 験
	カテゴリ 3	○	×	×	×	<25ft-lb	必要	必要	知識試 験
上位以 外		○	○	○	○			型式証 明	個別審 査

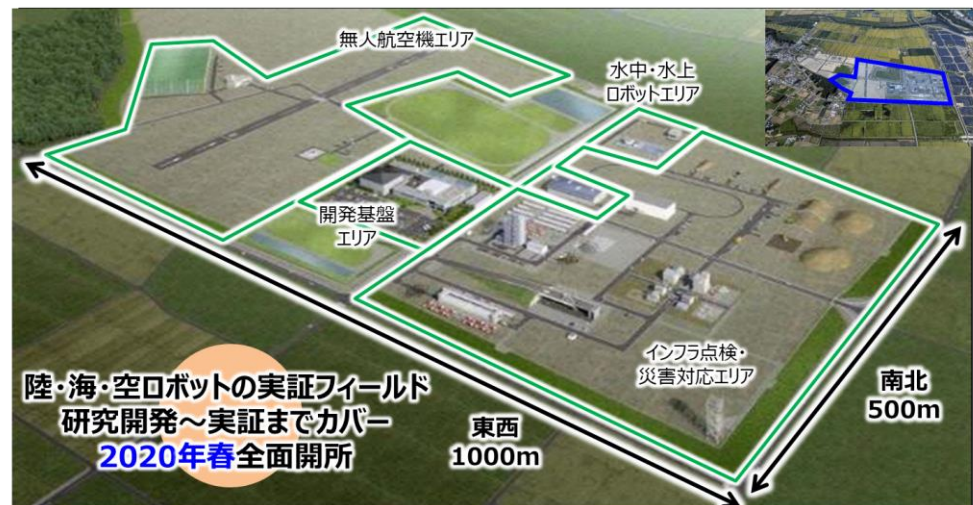
リスク高い

各国制度の比較から分かること

- リスクベースの規制
 - リスク(事故の頻度と程度)により規則を柔軟に設定
 - リスクが低い場合は過度の規制を避ける(利用の拡大)
 - リスクが高い場合は、物理特性やユースケースに合わせたリスク分析を利用
- パフォーマンスベースの機体認証
 - 機体認証規則を性能により指定し、その証明方法には産業界との合意により作成された業界標準規格を引用
 - 米国、小型機(Part23)の技術革新を進めるために採用、我が国のN類耐空性審査要領も改定(2021)
 - 我が国では無人航空機の標準化団体が未成熟であり、NEDOプロ成果を活用したISO国際標準化、JIS国内業界標準化が進んでいる。
- **ルール形成戦略が必要でそのためには関係者の協調が必須**

福島RTFの役割

- 各種要素試験
- 機体認証にむけた飛行試験方法の開発
- 特殊な操縦トレーニングの実施
- 各種ユースケースに対応したガイドライン策定
- 安全確保措置に向けたリスク分析ガイドライン
- サービス品質の向上にむけたドローンサービス規格



「空飛ぶクルマ」の進化

- ドローン(電動マルチコプター)を大型化することで誕生した「空飛ぶクルマ」は、急速な進化を遂げており、ドローンの将来への知見が得られる。

Figure 10: UAM vehicle configurations



Vectored Thrust
Thrusters used for lift and cruise



Hyundai SA1 eVTOL

Example

Benefits

Optimized for both hover and cruise
Lift provided by wings for cruise for highest efficiency
Highest cruising speeds



Lift + Cruise
Independent thrusters used for cruise as for lift



Wisk (Kitty Hawk) Cora

Redundancy benefits of multicopter without collective or cyclic actuation
Wing configuration allows for more speed in cruise



Wingless (Multicopter)
Thrusters only for lift, cruise via rotor pitch



Volocopter 2X

High redundancy and simple controls
Significantly quieter than helicopters
Lower maintenance and lightweight

<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/uam-full-report.pdf>



Volocopter社の例



Wikipedia

2011年にVolocopter VC1を初飛行



Wikipedia

- ・2016年にVolocopter 2Xを有人初飛行
- ・2人乗り
- ・飛行時間 27分
- ・飛行距離 25.7km
- ・最高速度 70km/h
- ・2022年型式証明取得予定

- ・2021、発表、2026年実用化計画
- ・自動飛行、3～4人乗り
- ・飛行距離 100km
- ・最高速度 250km/h



巡航用に主翼と水平尾翼追加

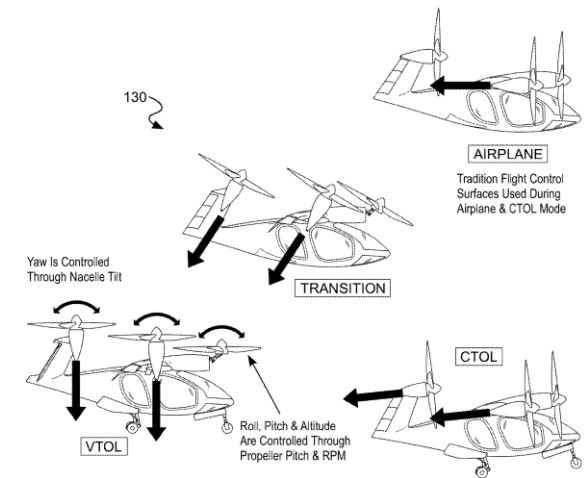
推進用のダクトファン

Wikipedia

推力軸偏向型が最新動向

- Joby Aviation
 - 米国カリフォルニア州
 - 機体諸元:
 - 5人乗り(乗員1+乗客4)
 - 最高時速200マイル 320km/h
 - 航続距離150マイル 240km
 - 2020年初飛行、2023年型式証明取得計画
- 他の企業との関係:
 - TOYOTA(約4億ドル)やIntelが出資
 - Uberと提携
- USAFはAgility ProgramによりeVTOL耐空証明を与えた(2020年)

United States		Patent Application Publication		(10) Pub. No.: US 2020/0333805 A1
English et al.		(43) Pub. Date:		Oct. 22, 2020
(54) AIRCRAFT CONTROL SYSTEM AND METHOD	B64C 13/04 (2006.01) B64C 27/54 (2006.01)			
(71) Applicant: Joby Aero, Inc., Santa Cruz, CA (US)	(52) U.S. CL. CPC	G05D 1/102 (2013.01); B64C 27/54 (2013.01); B64C 13/04 (2013.01); B64C 29/0031 (2013.01)		
(72) Inventors: Blake English, Santa Cruz, CA (US); Joe Ben Bevirt, Santa Cruz, CA (US)				
(21) Appl. No.: 16/708,367	(57) ABSTRACT			
(22) Filed: Dec. 9, 2019	The unified command system and/or method includes an input mechanism, a flight processor that receives input from the input mechanism and translates the input into control output, and effectors that are actuated according to the control output. The system can optionally include: one or more sensors, a vehicle navigation system which determines a vehicle state and/or flight regime based on data from the one or more sensors, and a vehicle guidance system which determines a flightpath for the aircraft.			
Related U.S. Application Data				
(60) Provisional application No. 62/776,870, filed on Dec. 7, 2018.				
Publication Classification				
(51) Int. Cl.	G05D 1/10 (2006.01) B64C 29/00 (2006.01)			



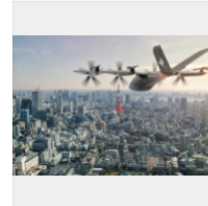
受注への動き

- 英国Vertical Aerospace社の推力軸偏向型eVTOL
- 機体性能
 - 乗員5名(1名パイロット)
 - 最高速度 200mph
 - 航続距離 100mile
- 1000機以上のpre-orderがあると発表(2021.6)

東京駅ー成田空港を約14分で移動。丸紅が英社と共同で「空飛ぶクルマ」運航開始へ

9/28(火) 16:10 配信 580  

ニューズイッチ
日経工業新聞



英バーティカルエアロスペース製 eVTOL (イメージ)

丸紅は電動垂直離着陸機 (eVTOL) を手がける英バーティカルエアロスペースと業務提携契約を結んだ。「空飛ぶクルマ」に代表されるエアモビリティ分野の新規事業創出を目指し、国内市場や機体認証、離発着に必要なインフラなどを調査する。両社共同で日本におけるエアモビリティの活用を推進し、2025年頃の運航開始を目指す。

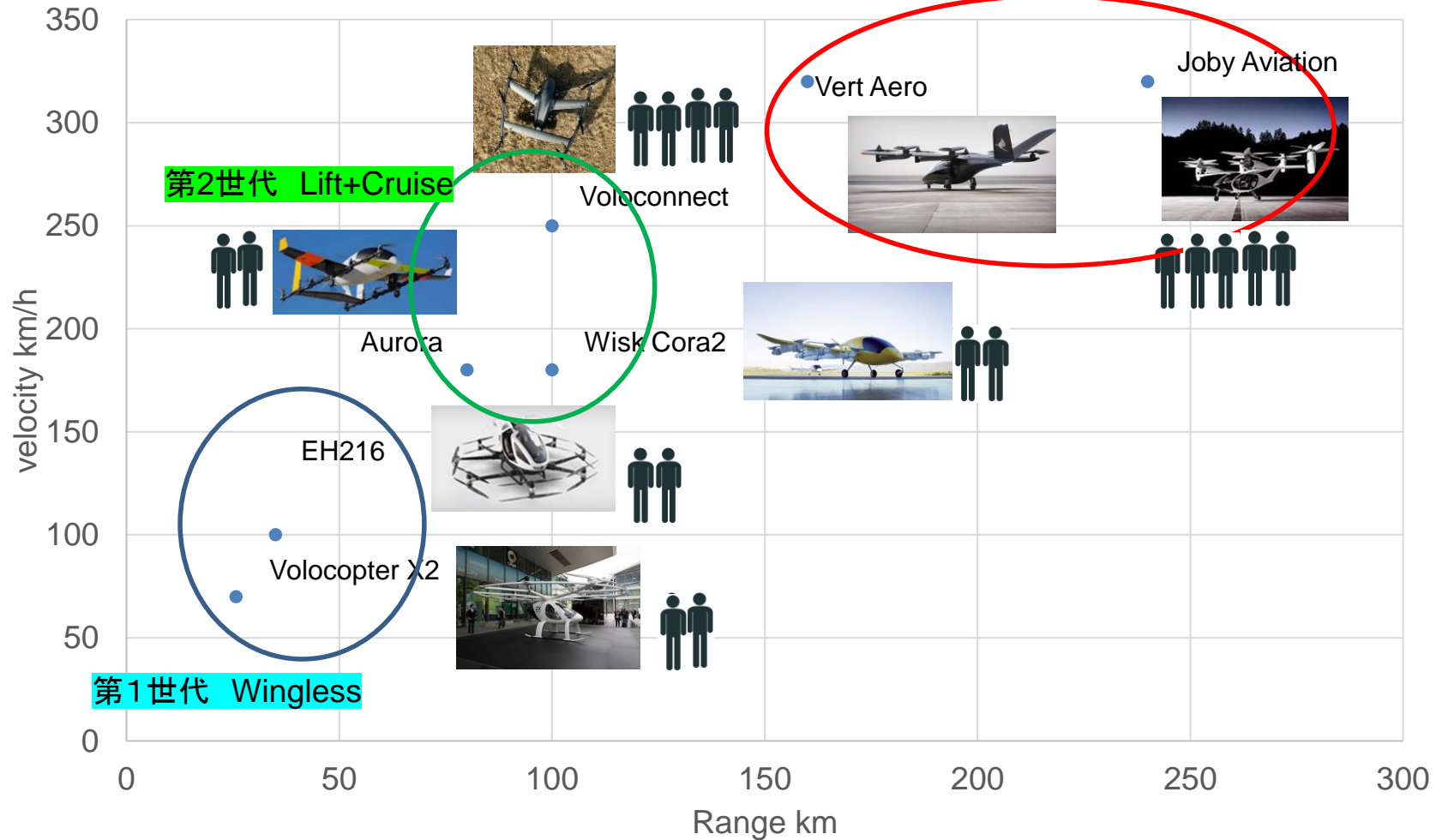
30秒でわかる「空飛ぶクルマ」



Wikipedia

進化する空飛ぶクルマ：課題は型式証明

第3世代 Vectored Thrust



eVTOLの安全認証(案)

- 米国 (FAA)
- Part23 (小型機)、Part27 (回転翼) をベースに申請毎に審査



- 欧州 (EASA)
- CS23 (小型機)、CS27 (回転翼) をベースに eVTOL用の Special Condition を事前に用意し、不足部分を個別の審査



日本での方式を機体の安全基準WGで検討中

FAA 小型航空機Part23の近代化

- 2017年8月 FAAは小型機の耐空性基準Part23の改正
- 革新的で安全性の高い技術を効率よく小型航空機に適用可能とする63の手法
- **Performance Baseの規定**は、ASTMなどが定めたAMC標準を採用する



航空法のN類(小型機)の耐空性審査要領も改定

To Go From This



To This

