

2021・11・5 JAXA 航空シンポジウム 2021

次世代エアモビリティの実現に向けた 国内外の状況、課題、将来展望

鈴木真二

東京大学名誉教授

未来ビジョン研究センター特任教授

tshinji@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

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(航空学科)
- 1996 東京大学大学院教授(航空宇宙工学専攻)
- 2019 東京大学未来ビジョン研究センター特任教授、名誉教授
- その他役職
 - (一社)日本UAS産業振興協議会JUIDA理事長
 - (一財)総合研究奨励会—日本無人機運行管理コンソシアムJUTM代表
 - (一社)航空イノベーション推進協議会AIDA代表理事
 - 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(DSPA)代表理事
 - (一社)航空イノベーション推進協議会代表理事 等
- 学会活動
 - 日本航空宇宙学会会長(第43期)
 - 日本機械学会副会長(第95期)
 - International Council of Aeronautical Sciences (ICAS)President (2019-20)
 - 日本学術会議連携会員 等



鈴木真二

無人航空機の進化が拓く次世代エアモビリティ

ターゲット・ドローン



Wikidepia



Wikidepia

無操縦者航空機

大型無人機

農薬散布ヘリ



<https://www.aviationwire.jp/archives/196952>

小型無人機

航空機

マルチコプター



eVTOL, UAM, AAM
Volocopter

内容

小型無人航空機の現状と、新たな制度

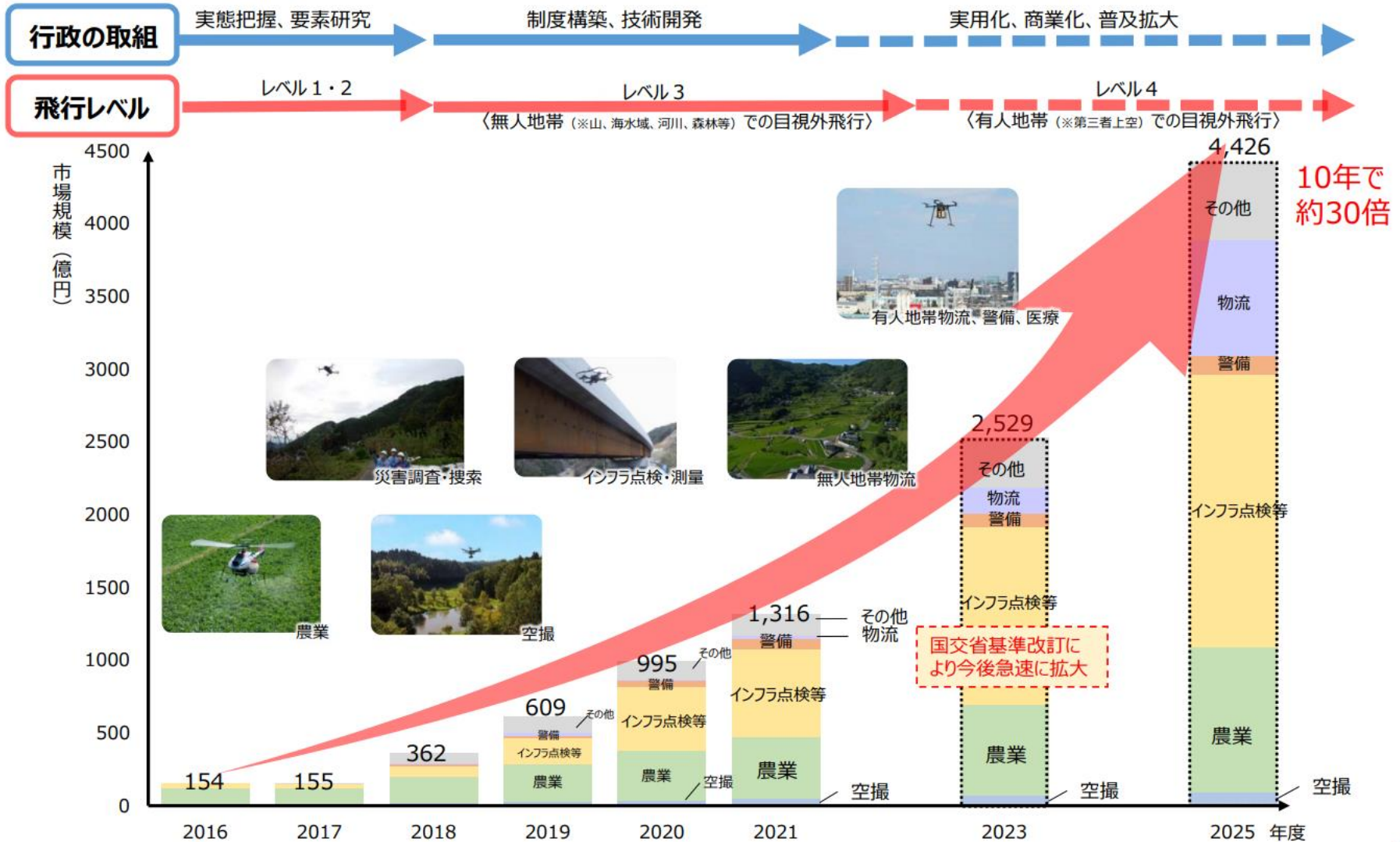
無人航空機の各国の制度比較

空飛ぶクルマの開発状況

空飛ぶクルマの機体認証

エコシステムとしての航空産業

ドローンサービス市場の現状と今後の見通し



(出典：インプレス総合研究所「ドローンビジネス調査報告書2020」をベースに一部修正を加えた)

ドローン活用のためのロードマップ

空の産業革命に向けたロードマップ

小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備

平成29年5月19日

小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会

	現在～	2018年頃～	2020年代頃～
利活用	<p>レベル1 目視内での操縦飛行</p> <p>レベル2 目視内飛行 (操縦なし)</p>	<p>レベル3 無人地帯での目視外飛行</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 離島や山間部への荷物配送 (補助者なし) ● 被災状況調査、捜索 等 	<p>レベル4 有人地帯での目視外飛行</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 都市の物流、警備 (第三者上空) ● 発災直後の避難誘導 等

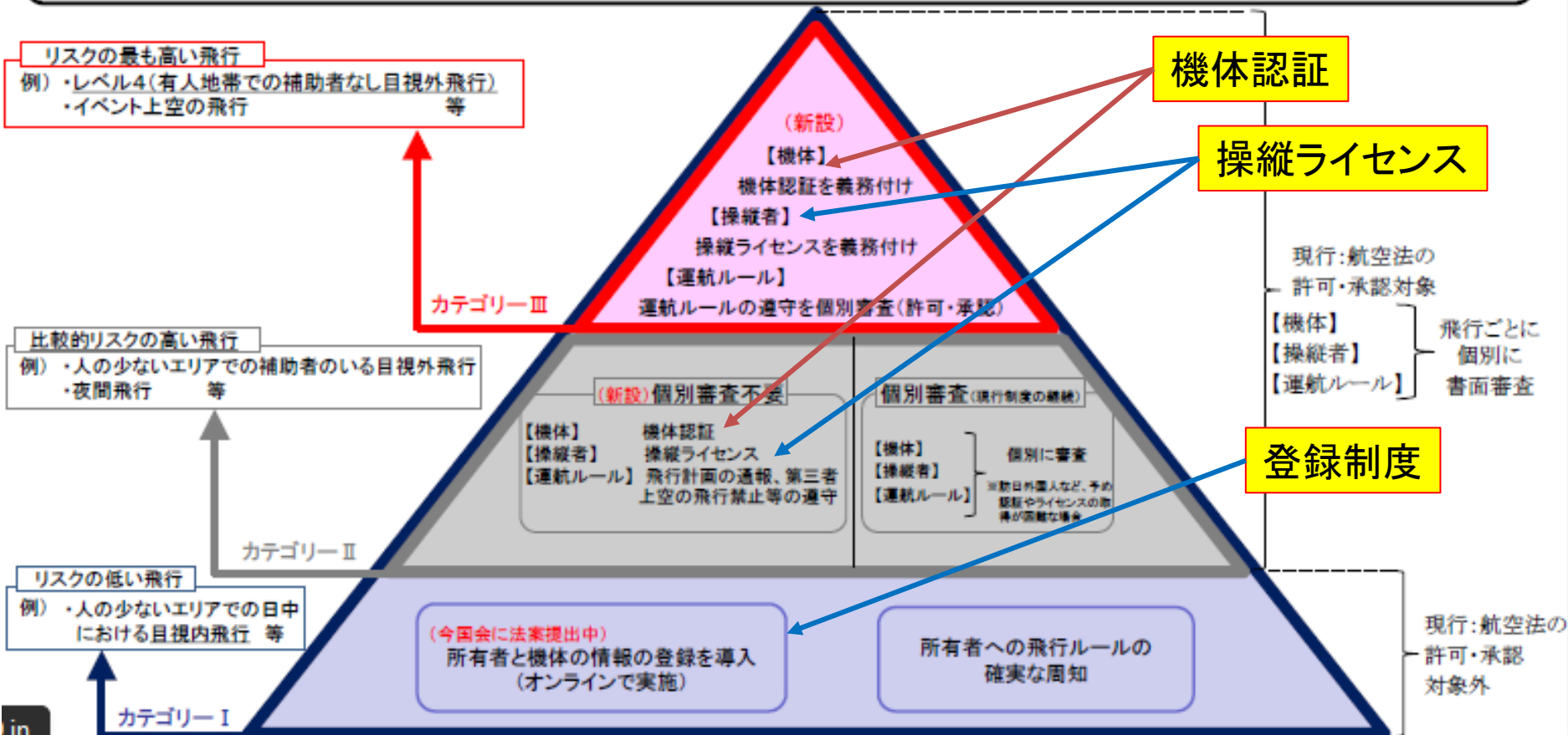


経済産業省HPをもとに加工

有人地帯の目視外飛行（レベル4）の実現等に向けた制度の全体のイメージ

ポイント

- ① レベル4の実現にあたり、リスクの最も高い飛行についてはこれまで以上に厳格に安全を担保するため、機体の信頼性を確保するための機体認証、操縦する者の技能を確保するための操縦ライセンスの取得を必須とするとともに、運航管理体制については個別に安全体制を審査
- ② 比較的高いリスクの飛行については、機体認証、操縦ライセンスの取得、運航管理規則の遵守前提に、個別の許可承認を省略し、更なる安全かつ円滑な飛行環境を構築
- ③ 機体認証、操縦ライセンスの審査については、民間の審査能力を活用



機体・所有者登録

ドローンの所有者等の把握のための制度

資料2

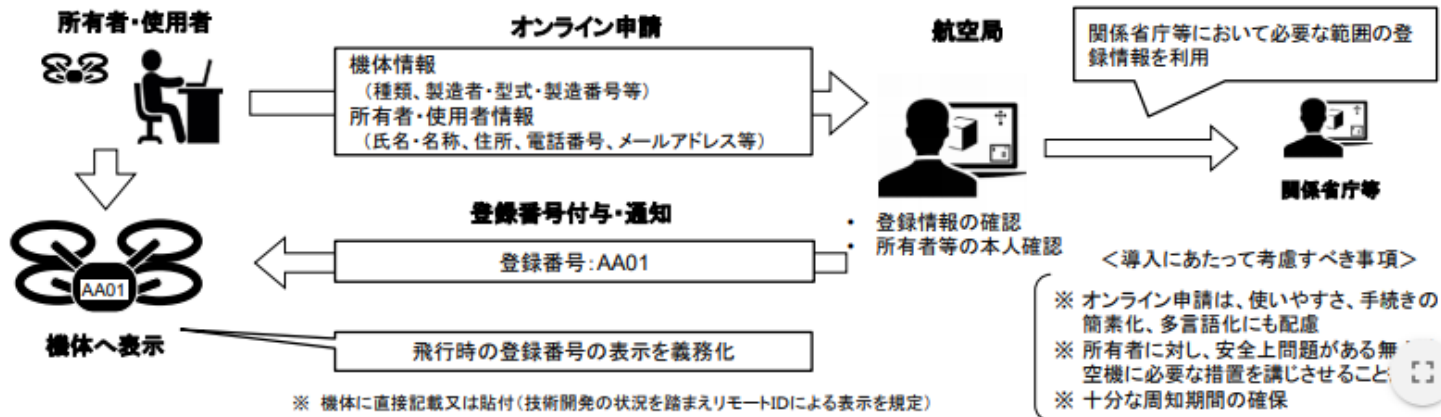
- 機体の墜落や所在不明等の事案が発生しているところ、墜落等により所有者等から機体が分離した場合、我が国においては所有者情報と機体情報を登録し、機体に個別の番号を付与させる制度がないため、その飛行が不適切な事案であったとしても機体の所有者等を特定することができない。
- また、今後より一層の利活用の拡大に伴い、安全上必要な措置を所有者等に講じさせる必要が生じた場合にも、無人航空機の機体情報と所有者等を把握する手段がないため、適切な対策をとることができない。

	平成28年度	平成30年度
航空局に報告のあった事故等	55件	79件
航空法違反で検挙された事案	36件	82件

安全を損なう飛行や不適切な飛行事案があった場合に適切に対処するためには、無人航空機の所有者等を把握するための制度の速やかな創設が必要

制度のイメージ

- 機体墜落時等の所有者の把握、安全上の措置を所有者等に講じさせる等の必要性に鑑み、**早期に登録制度を創設**



内容

小型無人航空機の現状と、新たな制度

無人航空機の各国の制度比較

空飛ぶクルマの開発状況

空飛ぶクルマの機体認証

エコシステムとしての航空産業

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る、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)


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)
 - 第三者上空に関しては運動エネルギーをもとにカテゴリー分け

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**

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
- リスクの高い小型無人機、空飛ぶクルマに関して、Performance Baseの方針が採用される方向

内容

小型無人航空機の現状と、新たな制度

無人航空機の各国の制度比較

空飛ぶクルマの開発状況

空飛ぶクルマの機体認証

エコシステムとしての航空産業

空飛ぶクルマの進化: Volocopter社の例



2011年にVolocopter VC1を初飛行

Wikipedia



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

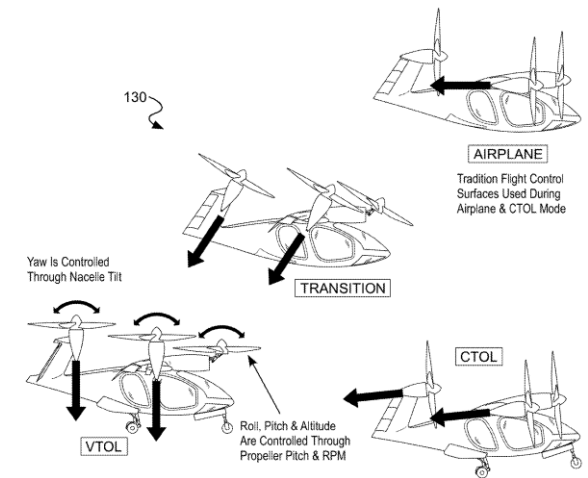
推進用のダクトファン

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)

(19) United States		(10) Pub. No.: US 2020/0333805 A1	
(12) Patent Application Publication		(43) Pub. Date: Oct. 22, 2020	
English et al.			
(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)		



米国特許

受注への動き

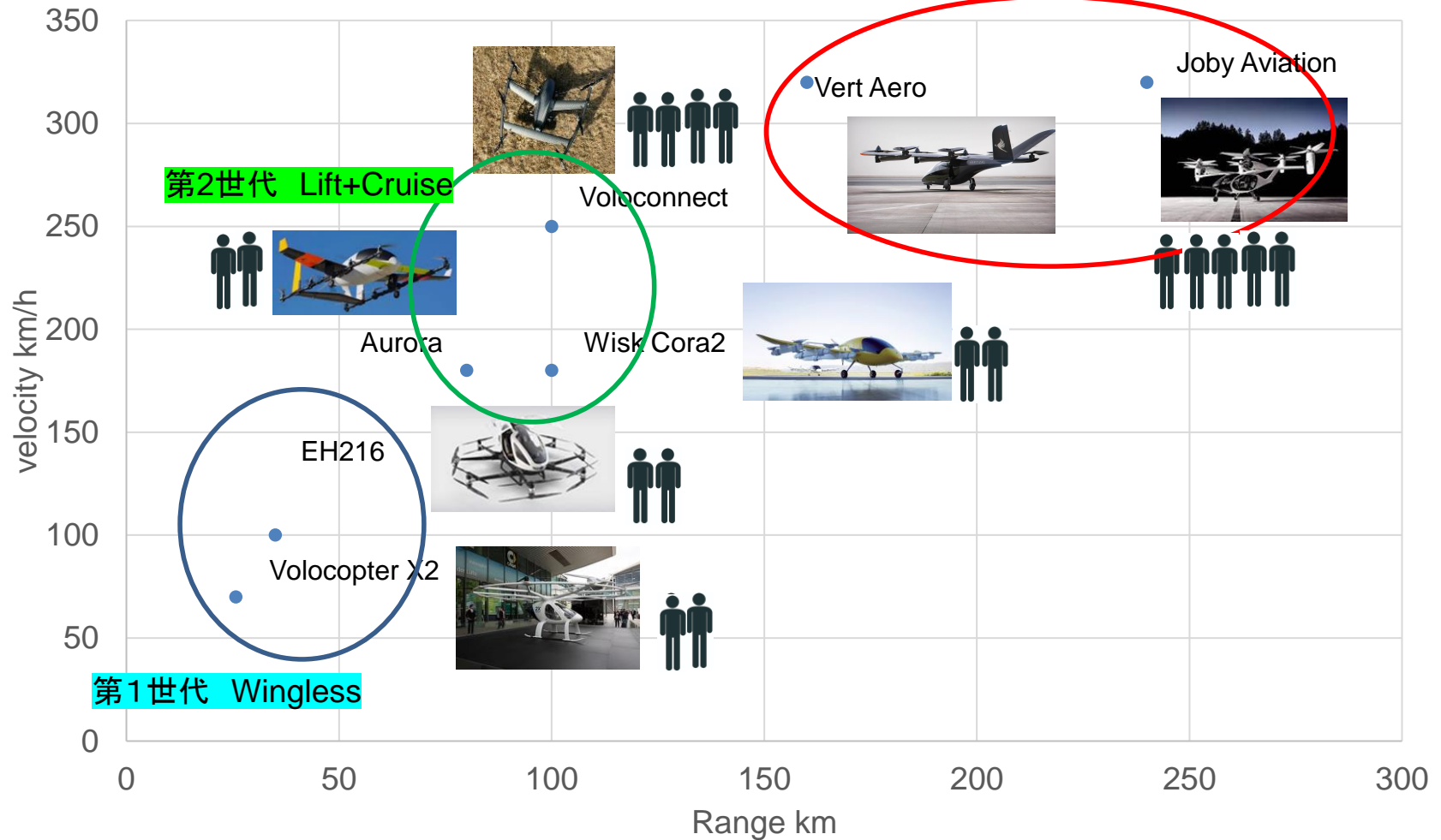
- 英国Vertical Aerospace社
- 推力軸偏向型eVTOL
- 機体性能
 - 乗員5名(1名パイロット)
 - 最高速度 200mph
 - 航続距離 100mile
- 1000機以上のpre-orderがあると発表(2021.6)
- 丸紅、eVTOL「VA-X4」200機予約 日本に空飛ぶクルマ本格導入 (<https://flyteam.jp/news/article/134254> 20201.9.23)
- JAL、空飛ぶクルマ最大100機導入へ 大阪万博視野にeVTOL機VA-X4 2021.10.20
<https://www.aviationwire.jp/archives/236993>



Wikipedia

進化する空飛ぶクルマ：課題は型式証明

第3世代 Vectored Thrust



内容

小型無人航空機の現状と、新たな制度

無人航空機の各国の制度比較

空飛ぶクルマの開発状況

空飛ぶクルマの機体認証

エコシステムとしての航空産業

eVTOLの安全認証の方針

- 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

国際的な制度制定と協調領域の連携



ICAS2022

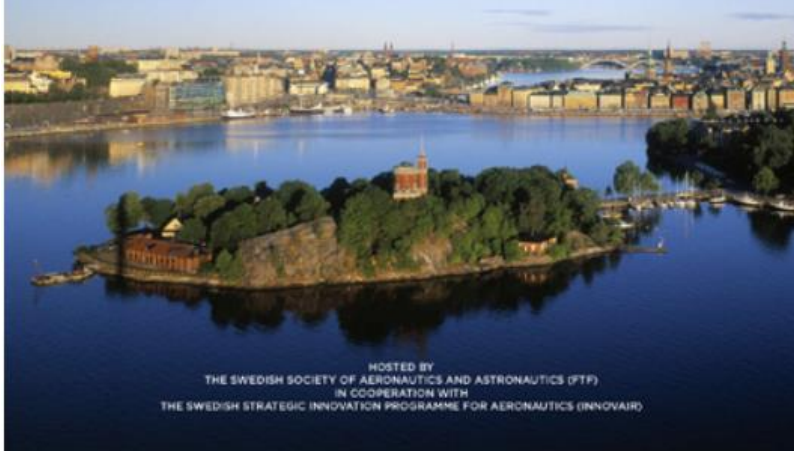
33RD CONGRESS
OF THE INTERNATIONAL COUNCIL
OF THE AERONAUTICAL SCIENCES
STOCKHOLM, SWEDEN, 4-9 SEPTEMBER, 2022

ICAS
2022
SWEDEN 

After four years, the ICAS community
will meet again to discuss
Aeronautics Research and Innovation
for Future Generations.

CALL FOR PAPERS

Please submit your abstract online at
www.icas.org
before 10 Feb 2022.



HOSTED BY
THE SWEDISH SOCIETY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS (PTF)
IN COOPERATION WITH
THE SWEDISH STRATEGIC INNOVATION PROGRAMME FOR AERONAUTICS (INNOVAIR)



THE SWEDISH AERONAUTICS COMMUNITY
WELCOMES ICAS 2022 TO STOCKHOLM

Photo: H. Trygg/Visit Stockholm

For more information about Stockholm please download the [Stockholm official guide](#)

Plan to attend ICAS 2022 Congress in Stockholm, Sweden 4-9 September 2022 and upload your abstract on www.icas.org before 10 February 2022.

Photo: J. Wikström/Visit Stockholm (below and front page)



AAMの課題

- 技術的成立性
 - 電動垂直離着陸機(eVTOL)、バッテリー、ハイブリッド
- 安全性・信頼性
 - 航空機の重要な部品は10の9乗時間に1回の故障確率を要求
- 環境性能
 - 騒音
 - Co2、燃料消費
- 経済性
 - 製造コスト、運用コスト
- 社会的受容性
 - 社会が何を求めるのか？



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

空飛ぶクルマはエネルギー的にどうか

- VTOL飛行はエネルギー的には不利
- 主翼を付ければ巡航時のエネルギー効率は改善できるか？
- 重いバッテリーを搭載するのはエネルギー的には不利
- 電機駆動はCO2排出に有利か不利か？
- ハイブリッド駆動はCO2排出に有利か不利か？
- 渋滞に巻き込まれないので無駄なエネルギーを消費しないは本当か？

最後に

- 次世代エアモビリティが実現するカギは？



技術

ルール

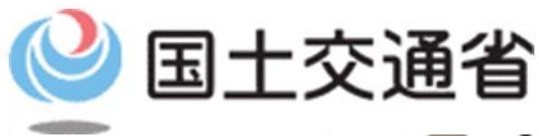
環境

- ・機体の耐空証明
- ・型式証明
- ・事業認可

- ・離発着施設
- ・航空管制
- ・管制施設



ICAO



- ・社会受容性
- ・社会のニーズ



内容

小型無人航空機の現状と、新たな制度

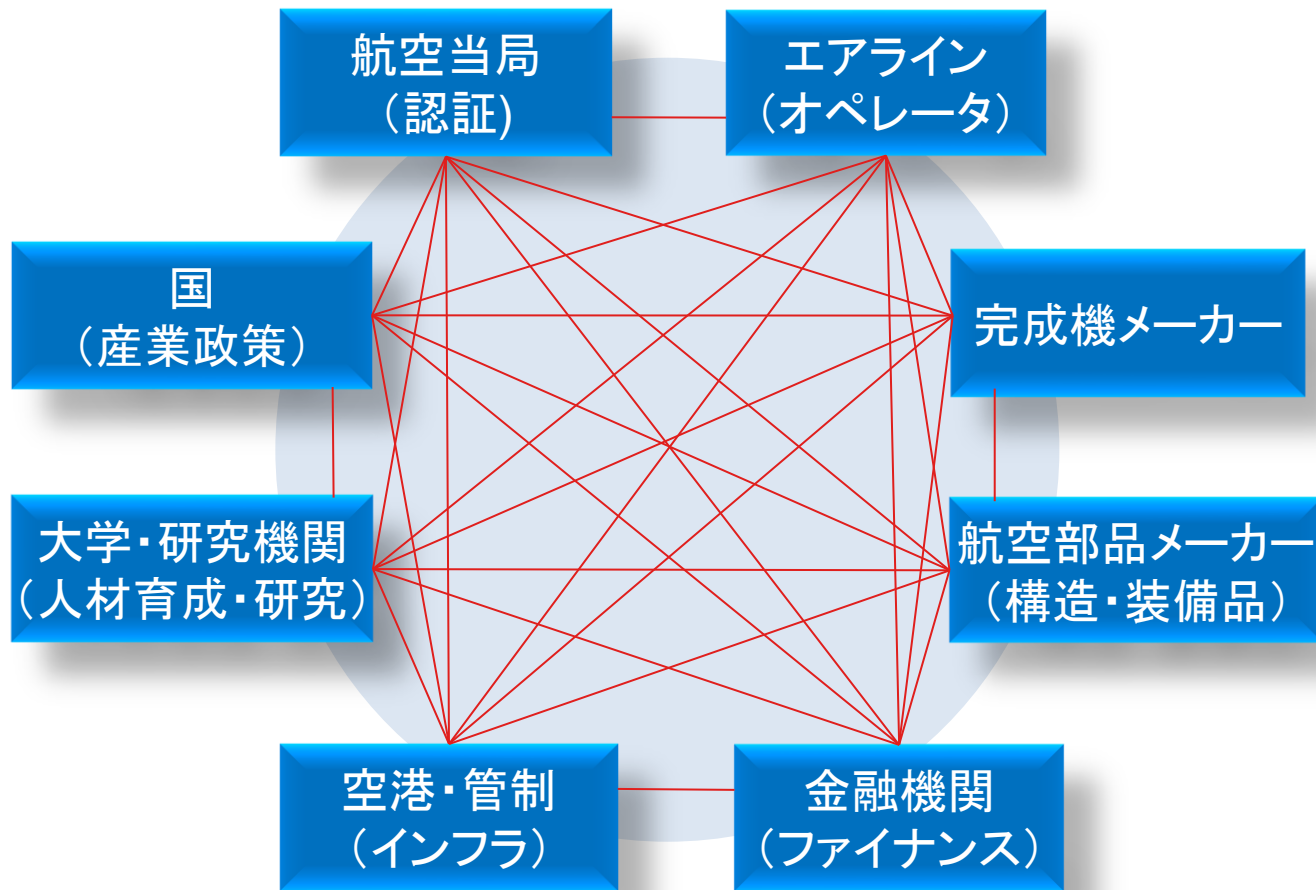
無人航空機の各国の制度比較

空飛ぶクルマの開発状況

空飛ぶクルマの機体認証

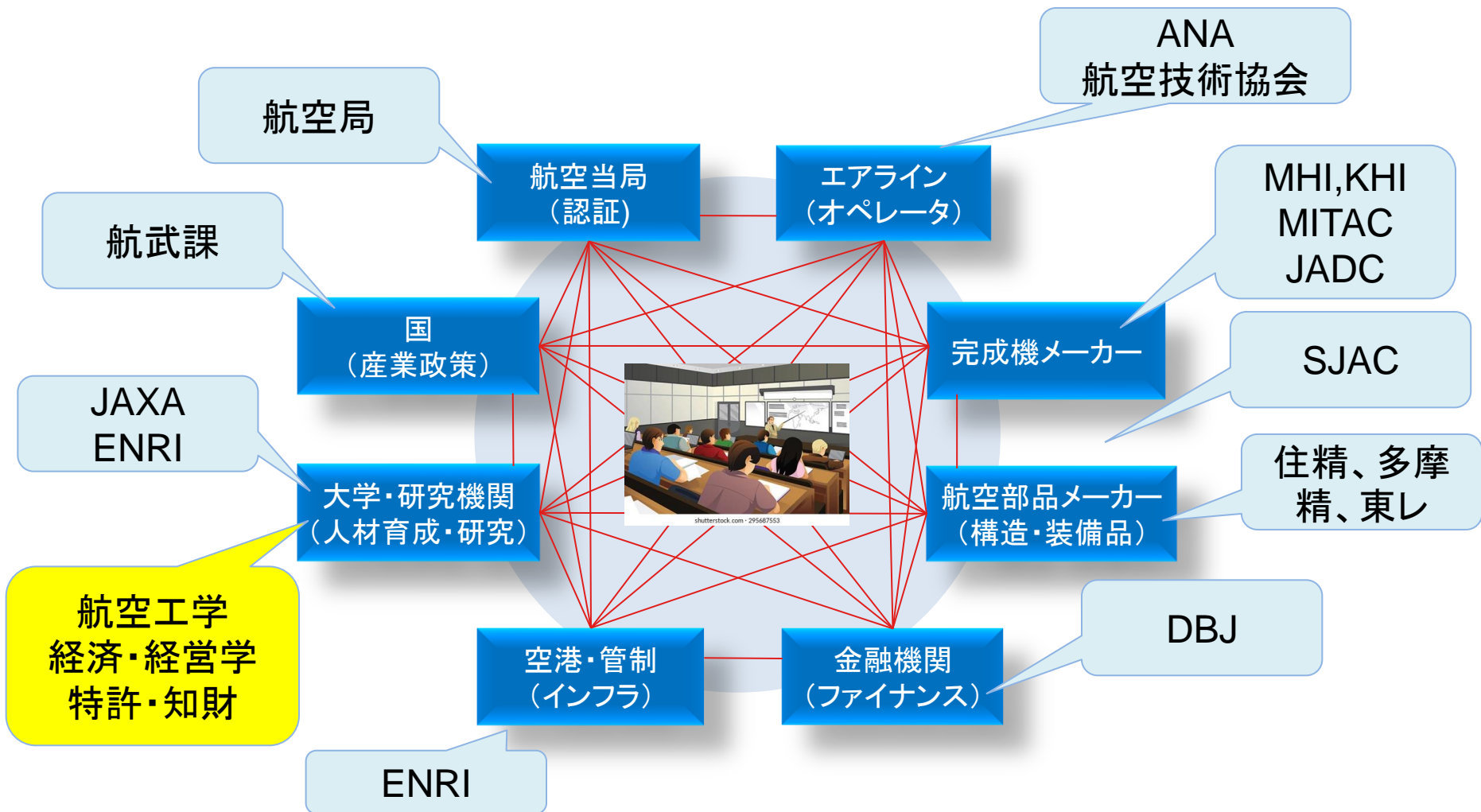
エコシステムとしての航空産業

航空機産業はエコシステム



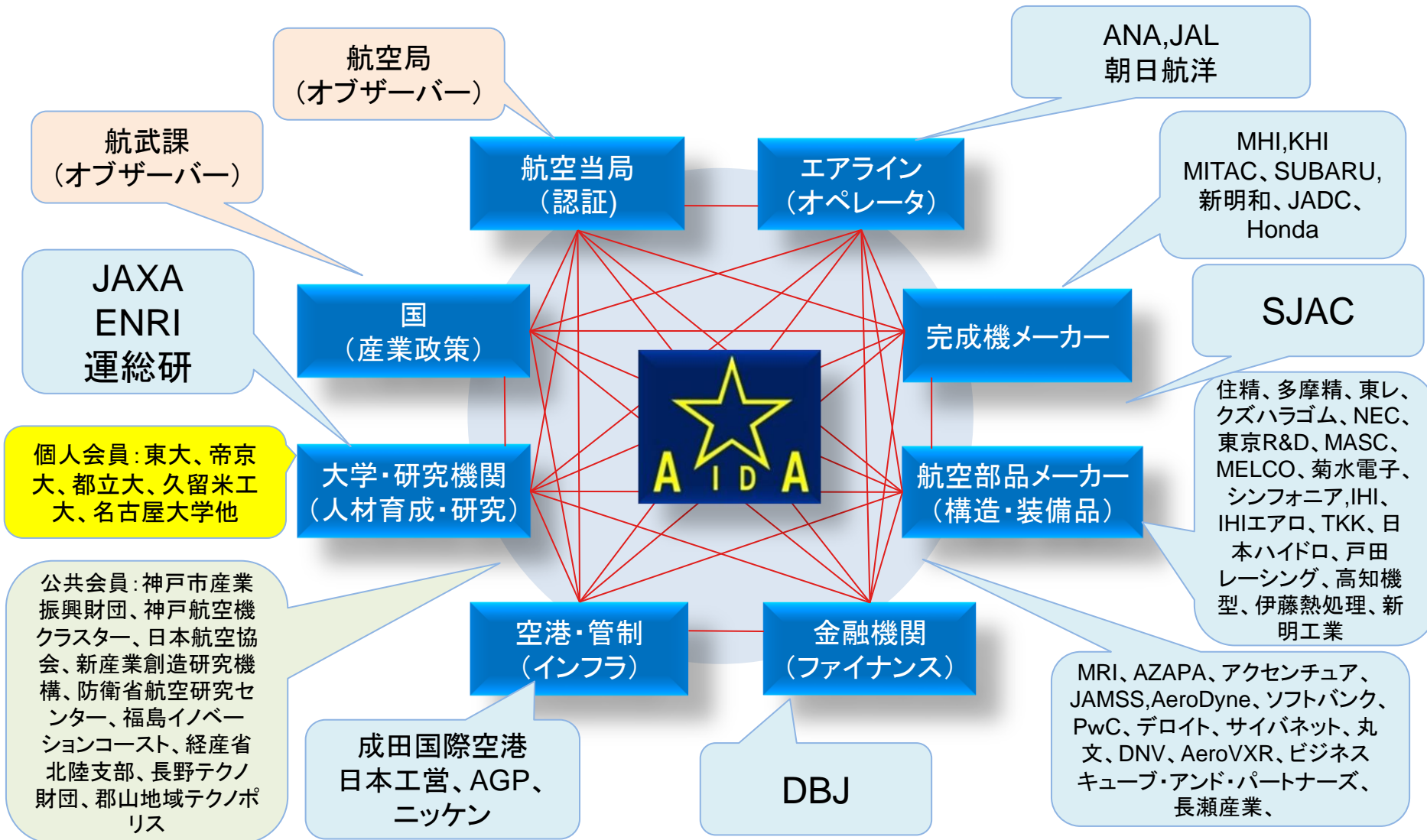
*エコシステムとは生物や植物がお互いに依存しながら生態を維持するようなシステム

エコシステムを理解させる東京大学における大学院講義「航空技術・政策・産業特論」



* 2008年から毎年実施の大学院通年講義、各界エキスパートからのオムニバス

エコシステムを醸成する (一社)航空イノベーション推進協議会AIDA



AIDA研究分科会活動

- 航空イノベーション研究会
- 航空自動化・自律化研究会
- 航空人材育成研究会
- 地域航空検討委員会
- 航空機システム分科会
- 日本無操縦者航空機委員会
- CerTCAS 航空機装備品認証技術コンソーシアム
- その他、シンポジウム、セミナー開催
- **会員を募集しています**

「AIDA 航空」で検索できます

A I D A 航空



ご清聴ありがとうございました

THANK YOU FOR YOUR
LISTENING