

「空飛ぶクルマ」による 空の移動革命の技術課題

鈴木真二 (s.suzuki@uas-japan.org)

東京大学 名誉教授／未来ビジョン研究センター 特任教授
(一社)航空イノベーション推進協議会 AIDA 代表理事

2021. 1. 27 第140回運輸政策コロキウム

空飛ぶ車の歴史は古い

- Aerocar

- 1946年に設計は開始され、1956年には飛行許可も得た。地上走行時には、主翼を取り外して牽引し、滑走路で主翼を取り付けて空を飛んだ。500台以上の注文が集まれば生産も予定されたが、計画の半分しか顧客は集まらず、市販には至らなかった。

- 最新の開発動向

- Terrafugia社 Transition

- MITの学生らが興したスタートアップ企業 Terrafugiaは、中国に買収され、空飛ぶ自動車「Transition」の開発を続け、飛行にも成功。2019年に、TF-Xを発表(2023実用化目標)

- AEROMOBIL

- スロバキアのエアロモービルが開発中のスカイカー。2018年にAeroMobil 5.0発表



空飛ぶクルマの分類

- 1. 自動車が翼を持って飛行
- 2. 小型パーソナル航空機
- 3. 人が乗れるドローン



AEROMOBIL

<https://www.aeromobil.com/>



Robinson R22

<https://robinsonheli.com/>



Volocopter 2X

<https://www.volocopter.com/>

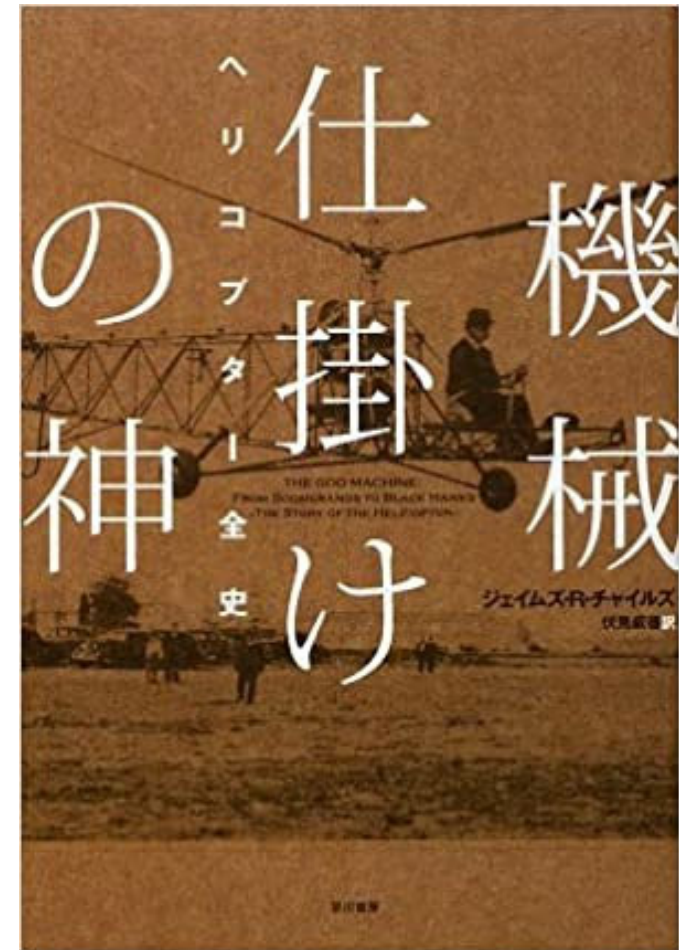
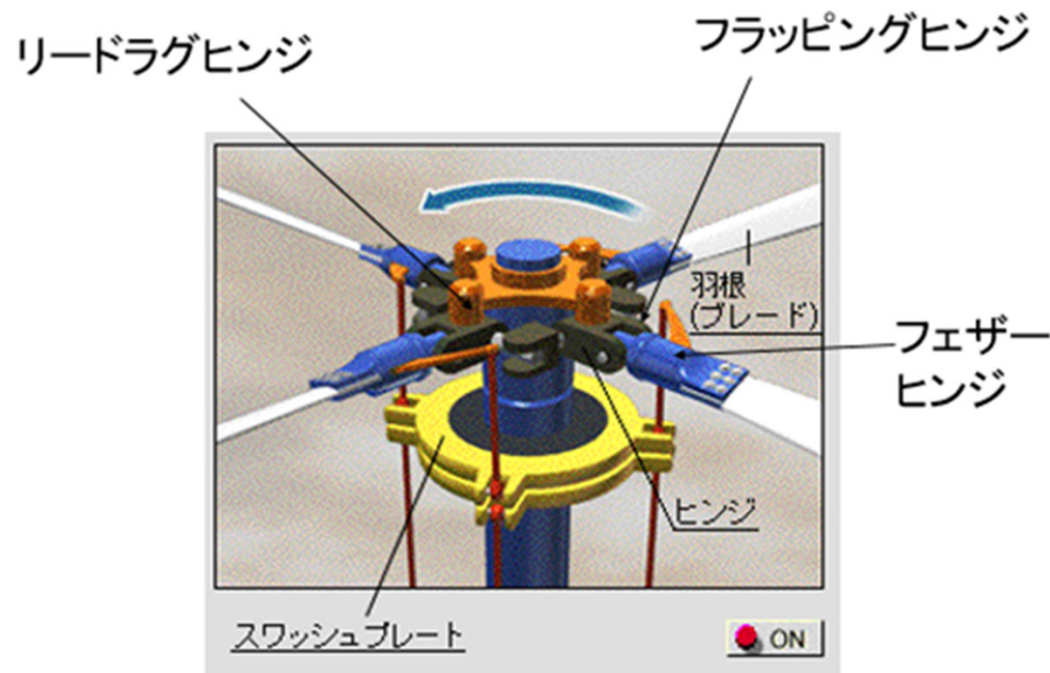
小型パーソナル航空機

- アメリカ合衆国の航空機メーカーであるロビンソン・ヘリコプターが開発・量産している2座席のレスプロエンジン・ヘリコプター。1973年より開発が開始され、初飛行は1975年8月28日。2012年までに4,400機以上が生産された。
- ヘリコプターの歴史
 - 1907年 フランスでの飛行試験
 - 1923年 ファン・デ・ラ・シエルバのオートジャイロ
 - 1936年 フォッケウルフFw61(実質的な初飛行)
 - 1940年 シコルスキーVS-300(本格的な飛行)
 - 1945年 ベル47(本格的な民間ヘリ)
 - 1951年 カマンK-225(ガスタービンエンジン)、HTK-1は双発ガスタービンヘリ



ヘリコプターは「機械仕掛けの神」

- ジェイムズ・R. チャイルズ (著)
- 複雑なローターハブ機構
- 高価で効率が悪い
- 主な用途は軍用、官公庁、報道



早川書房 (2009/1/1)

日本のヘリコプター



Wikipedia

BK117 川崎重工



Wikipedia

UH-60J 三菱重工(シコルスキー)



受け継がれる、信頼の系譜

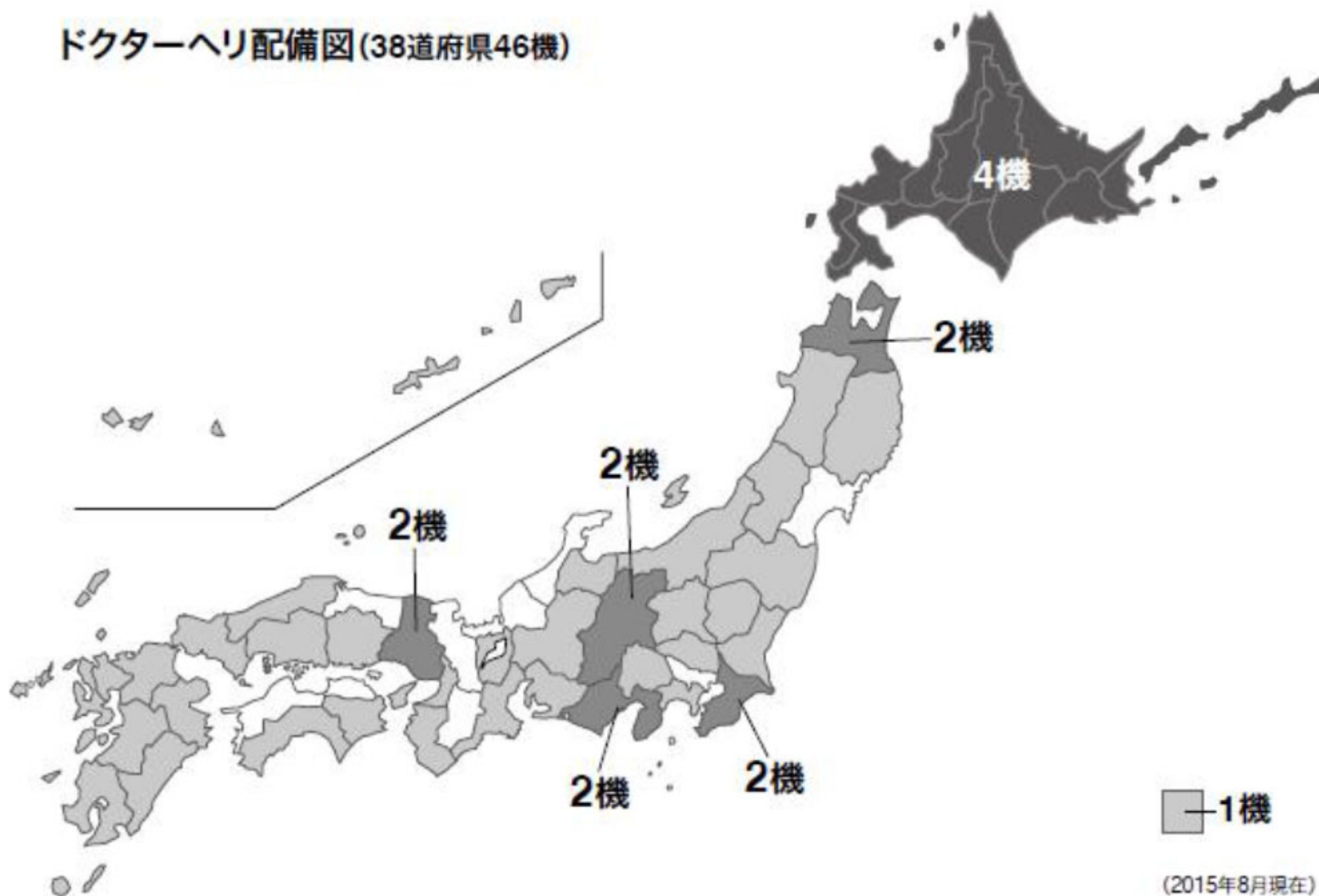
SUBARU BELL 412EPX

SUBARU BELL 412EPX

<https://aerospace.subaru.co.jp/412epx/>

■ドクターヘリ配備状況

ドクターヘリ配備図(38道府県46機)



出典: HEM-Net (<http://www.hemnet.jp/>)

ドクターヘリのカバーエリア

- 15分以内で到達できるカバー率 > 60%
- ドイツ
 - 15分ルール: 15分以内に初期治療
- スイス
 - 15分以内にレスキューヘリが到達 (年間で2700円 / 個人の献金)



資料: JAXA

ドローンからの派生

無操縦者航空機

ターゲット・ドローン



Wikipedia



偵察機

Wikipedia



RPAS CARGO Drone
Astral Aerial

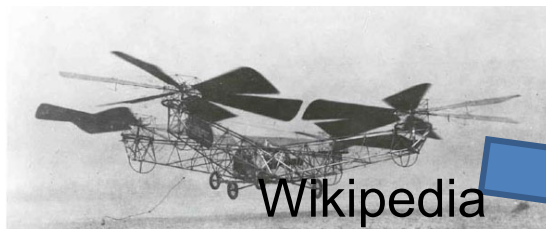
大型無人機

農薬散布ヘリ



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

空飛ぶクルマ



Wikipedia

de Bothezat helicopter

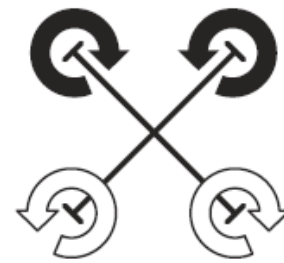
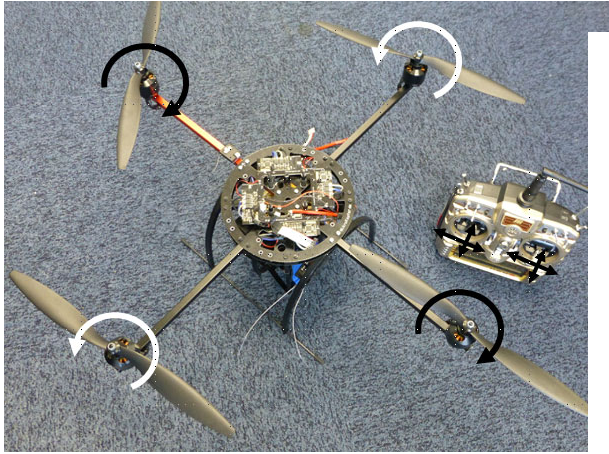
小型無人機



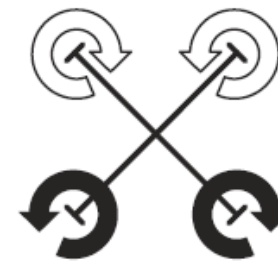
マルチコプター



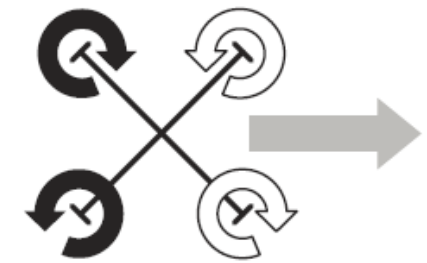
eVTOL, UAM, AAM
Volocopter



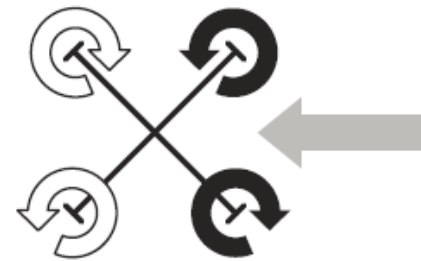
① 後進



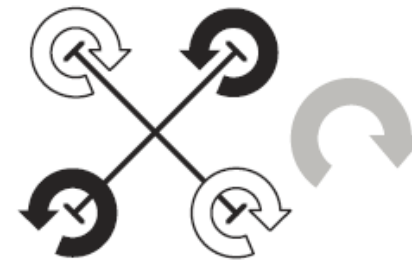
② 前進



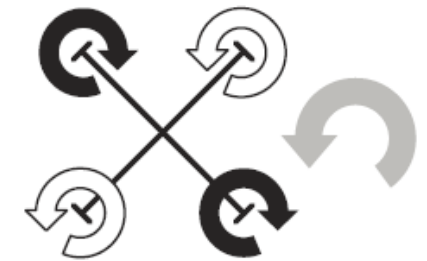
③ 右へ移動



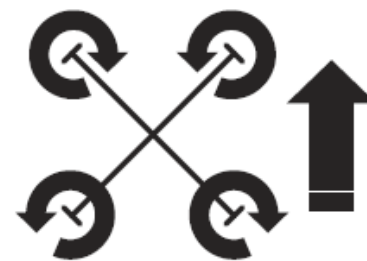
④ 左へ移動



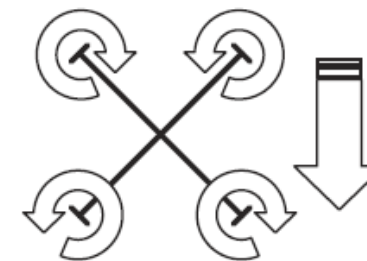
⑤ 右に向きを変える




⑥ 左に向きを変える



⑦ 上昇



⑧ 降下


 回転数を上げる

回転数を下げる

Volocopter 2X

- ドイツの非公開企業
- 2011年にVolocopter VC1が飛行
- 2016年にVolocopter 2Xを有人初飛行
- 2017年にダイムラーから25Mユーロの融資を受け
- アラブ首長国連邦(UAE)のドバイでもすでに行われ、シンガポール政府の協力を得て2019年後半、自動運転式ホバータクシーの試験飛行を実施すると発表した。
(<https://www.jiji.com/jc/article?k=20181025037820a&g=afp>)



Wikipedia



Wikipedia

Volocopter、シンガポールで「空飛ぶタクシー」の有人飛行に成功



https://jidounten-lab.com/x_volocopter-singapore-flyingtaxi

シンガポールを拠点にライドシェアを展開する
Grab社や日本航空と提携

Volocopterが大型貨物輸送用ドローンのVoloDroneを発表
<https://jp.techcrunch.com/2019/10/31/2019-10-31-volocopter-unveils-a-new-evtol-drone-for-heavy-lift-cargo-flights/>

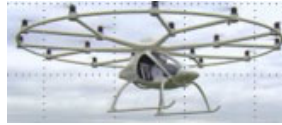


ヘリと車と比較してみる

	Robinson R22	Honda S660
		
搭乗人数	2	2
空虚重量	622 kg	830 kg
エンジン出力	93 kW(125HP)	47 kW(63HP)
燃料	75 L	35 L
航続距離	556 km	525 km
横幅	7.68 m	1.48 m
最高速度	188 km/h	
巡航速度	178 km/h	
価格	約3000万円	約220万円



公開情報より推定



	Volocopter 2X	Robinson R22
乗員	2	2
最大離陸重量[kg]	450	622
ローター数	18	1
ローター径[m]	1.8	7.67
横幅[m]	7.67	7.67
円板荷重[kg/m ²]	9.8	13.47
エンジンパワー[kW]	75.6	93
燃料	77 kg(バッテリー)	75 liters
飛行距離[km]	25.7	556km
最高速度[km/h]	70	178(Cruise)
飛行時間[min]	27	~180

主翼付きeVTOL

- Boeingは2017年にAurora Flight Sciencesを買収し、主翼付きのeVTOLを開発して飛行試験を実施している

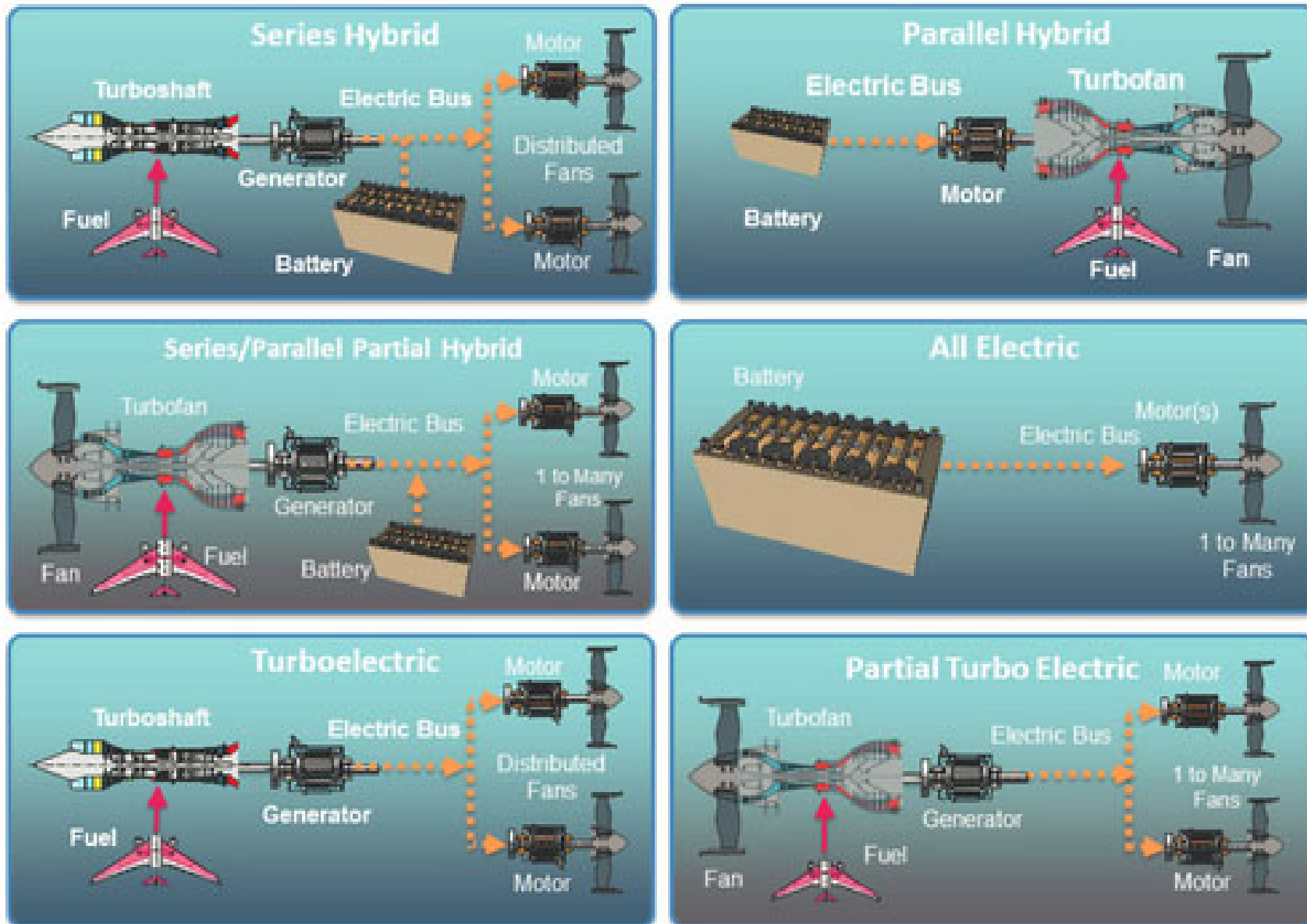


2019 パリエアショー

	Volocopter	Aurora	Robinson R22
PAX	2	2	2
MTOW[kg]	450	800	622
OWE[kg]	290	575	399(Empty)
Number of Rotors	18	8	1
Rotor Diameter[m]	1.8	1.5	7.67
VTIP[Mac]	0,4	0.74	
Disc Loading[kg/m ²]	9.8	56.9	13.47
P Hover[kW]	39.5	160.2	
P Installed	75.6	309.1	93
Specific Energy [Wh/kg]	250	250	~10000
Energy Total[kWh]	19.2	58.5	~750
Battery [kg]	77	233	75 liters
Max Range[km]	25.7	79.5	556km
Vmaxrange[km/h]	70	180	178(Cruise)
Block Time[min]	27	31	~180



ハイブリッド化



CO₂削減：2050年の目標に向けて

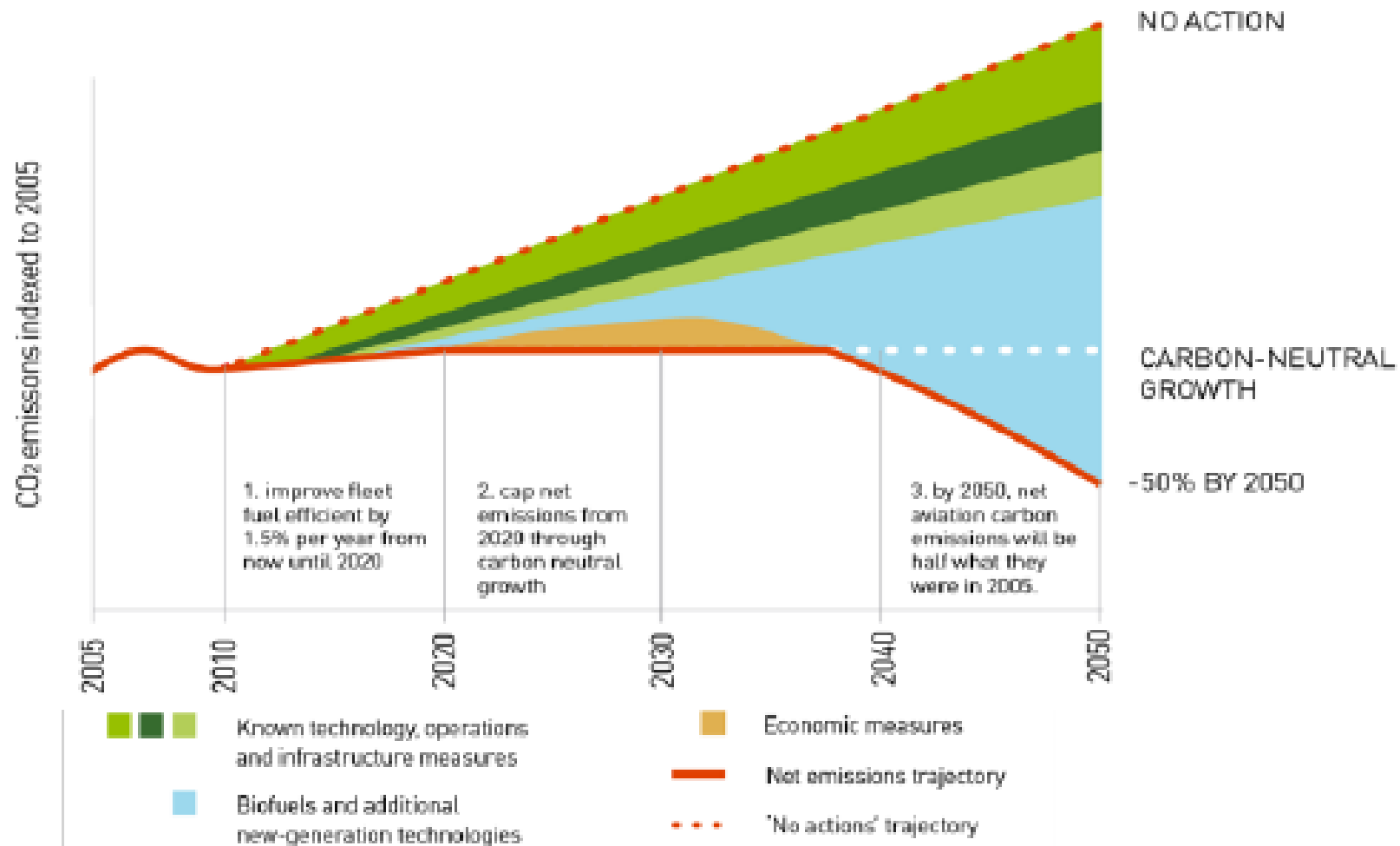


Figure 3: Schematic CO₂ emissions reduction roadmap

水素燃料航空機

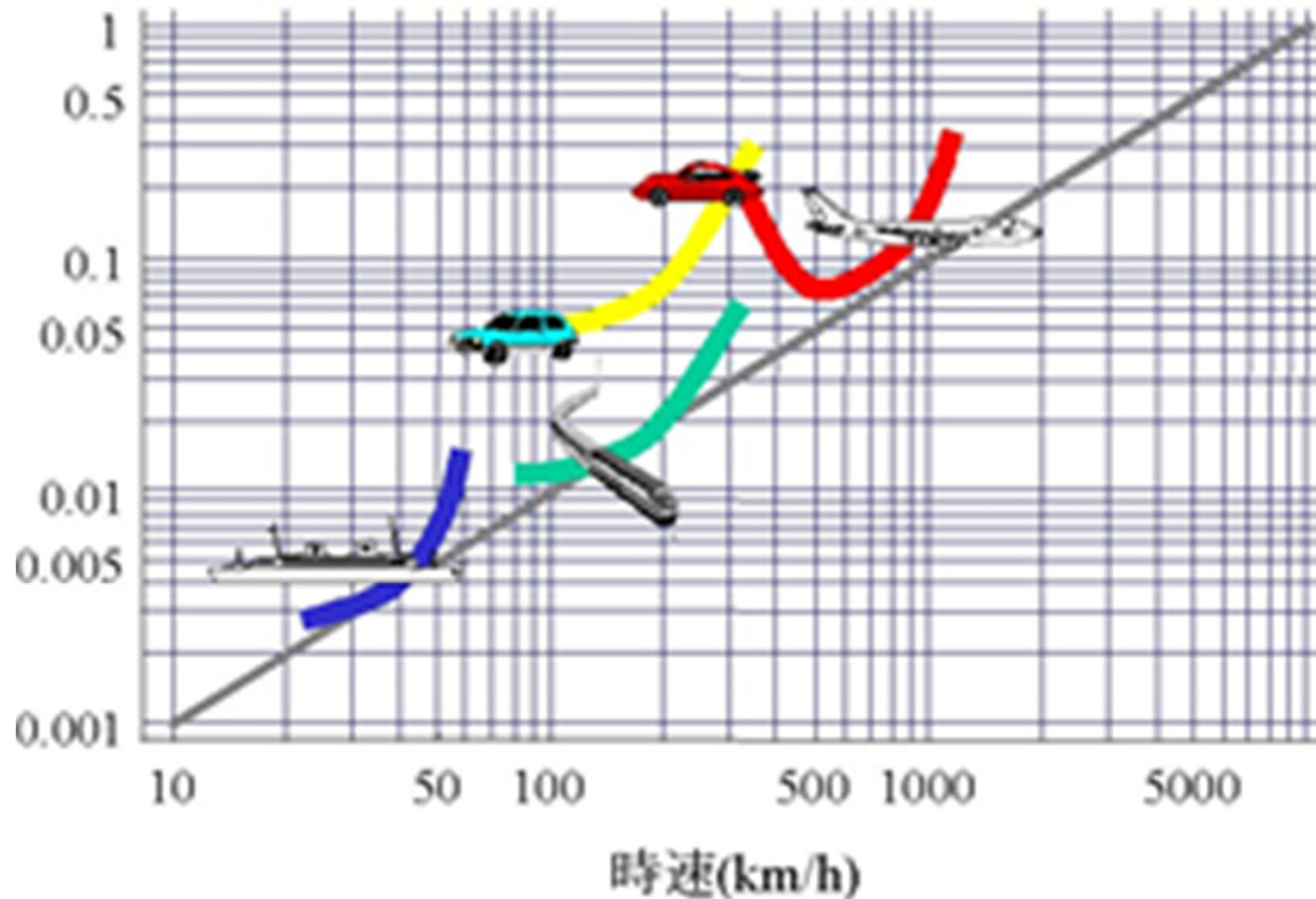
- 水素燃料で飛行する旅客機、2035年までに実用化へ 欧州エアバス



<https://www.cnn.co.jp/business/35159893.html>

交通機関における消費エネルギーの比較

E 単位距離あたり単位質量あたりのエネルギー



参考: G. Gabrielli, and TH. von Karman, What Price Speed? Specific Power Required for Propulsion of Vehicles, Mechanical Engineering 72:775(1950)

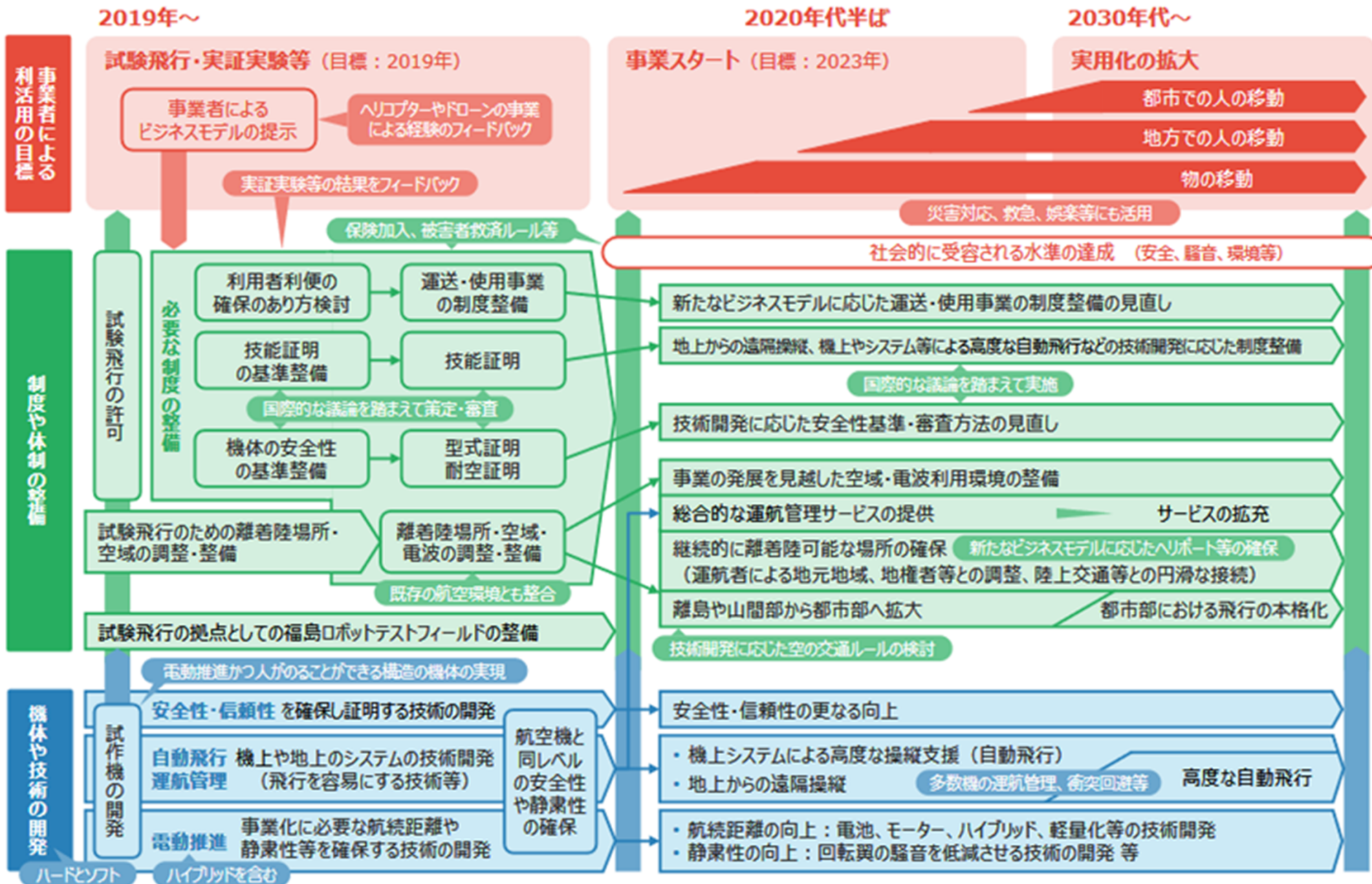
空飛ぶクルマの社会実装の課題



空の移動革命に向けたロードマップ

2018年12月20日 空の移動革命に向けた官民協議会

このロードマップは、いわゆる“空飛ぶクルマ”、電動・垂直離着陸型・無操縦者航空機などによる身近で手軽な空の移動手段の実現が、都市や地方における課題の解決につながる可能性に着目し、官民が取り組んでいくべき技術開発や制度整備等についてまとめたものである。
 (注)今後、他の輸送機器・機関の開発動向を踏まえ、空の利用に関するグランドデザインが必要になることを留意。



利用の段階的な拡大



物の移動



地方での人の移動



都市での人の移動

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/index.html

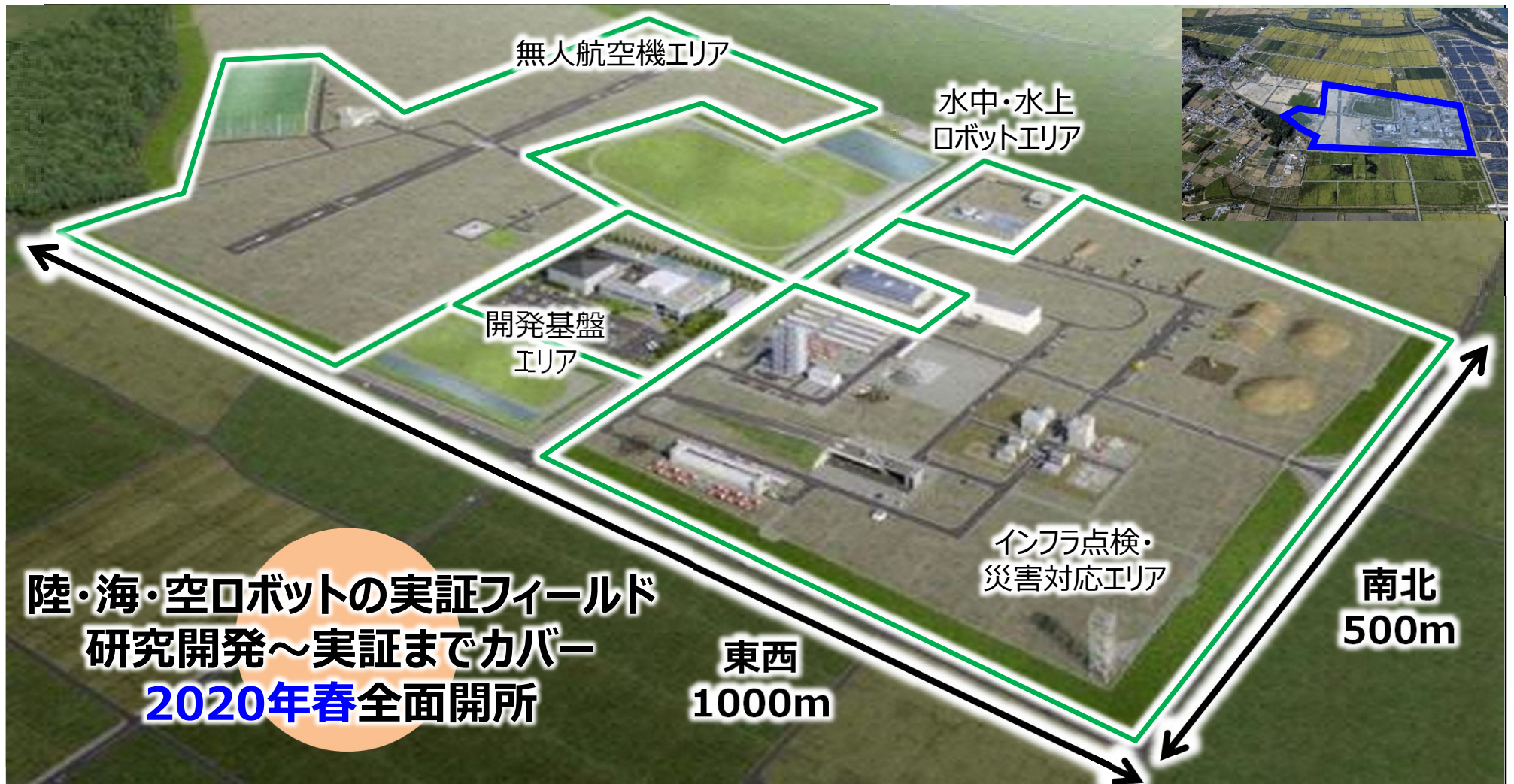
- 実務者レベルWG(2020～)
 - ユースケース検討WG
 - 機体の安全基準WG
 - 操縦技能証明WG
 - 運航安全基準WG

空飛ぶクルマ社会実装の課題

- 安全
- ニーズ
- 導入コスト
- 環境課題（騒音、CO2）
- エネルギー問題
- ポート、管制、通信などのインフラ
- 開発環境、飛行試験環境
- 実証試験

福島ロボットテストフィールドの概観

- 浜通り地域等の産業復興を目的とする、ロボット産業集積実現のための拠点
- 陸・海・空フィールドロボットの総合試験環境を提供する世界に類を見ない一大研究開発拠点



ご清聴ありがとうございました
