

日本発 空飛ぶクルマ'SkyDrive'開発への挑戦

NEW DESIGN
SD-XX



2018.07.3

有志団体CARTIVATOR
R&Dチームリーダー 山本 賢一

1. **CART!**VATOR とは

CART!VATOR

CAR + CULTIVATOR

(クルマ)

(開拓者)

自動車・航空エンジニア、各分野専門家 によるプロボノ有志団体



CART!VATOR 活動拠点



CART!VATOR の ミ ッ シ ョ ン

モビリティを通じて次世代に夢を提供する

2050年までに誰もが自由に空を飛べる時代を創る - 3次元交通システムの確立 -

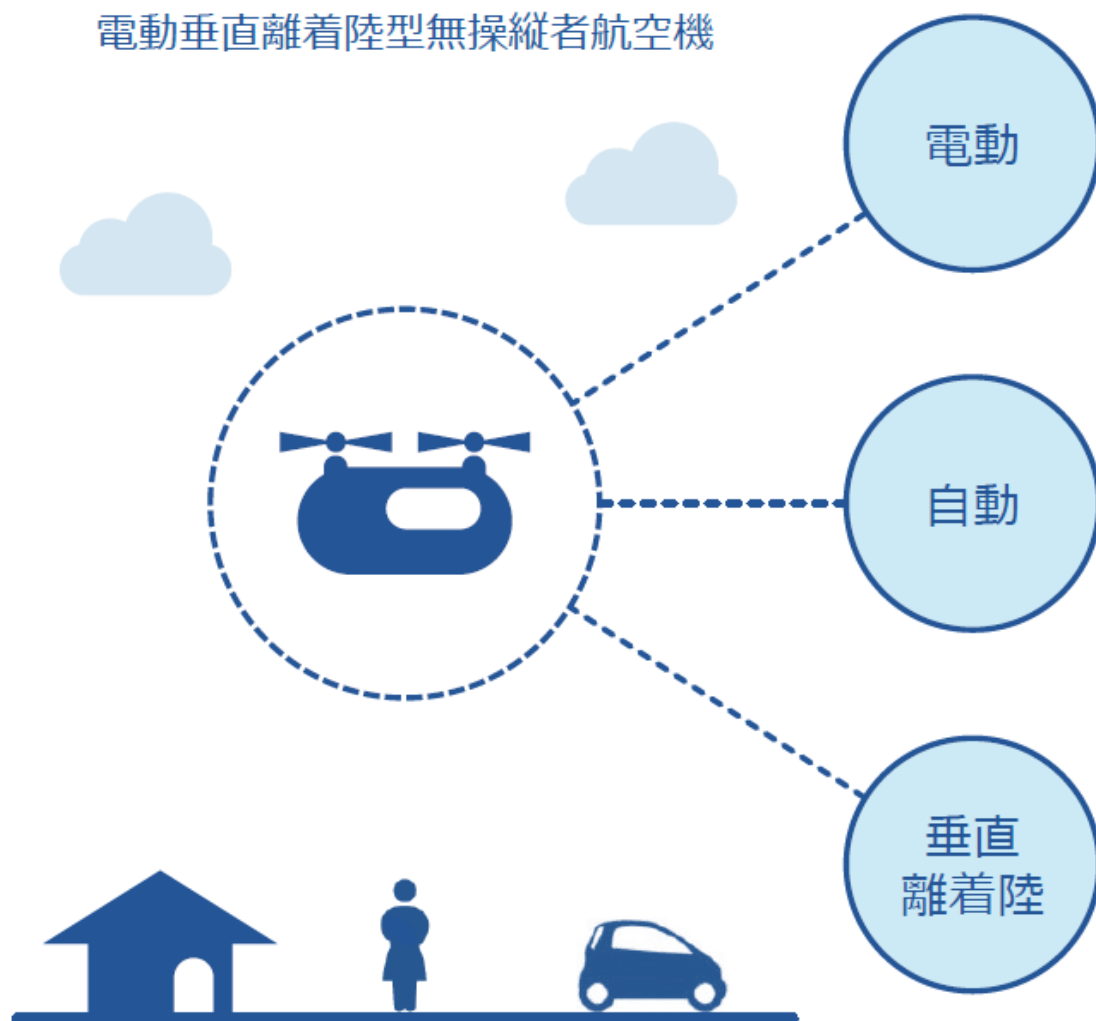


“空飛ぶクルマ”とは

- 明確な定義はないが、「電動」「自動」「垂直離着陸」がひとつのイメージ。機体、運航、インフラにかかるコストが安くなり、“空の移動が大衆化”。速くて安くて便利なヒト、モノの移動が可能に。
- この“空飛ぶクルマ”に乗って「好きなときに」「どこへでも：点から点へ」移動できる高度なモビリティ社会が実現すれば、日本の産業の発展と、国内外の社会課題の解決が期待される。

“空飛ぶクルマ”(※)

電動垂直離着陸型無操縦者航空機



ヘリコプターとの比較

部品点数：少ない → 整備費用：安い

騒音：小さい

自動飛行との親和性：高い



操縦士：なし → 運航費用：安い

移動の概念を変える

線



点から点



“空の移動の大衆化”



既存インフラに依存せず、
最速・最短の移動が可能に



※「クルマ」と称するものの、必ずしも道路を走行する機能を有するわけではない。個人が日常の移動のために利用するイメージを表している。

※必ずしも「電動」「自動」「垂直離着陸」だけに限定されず、内燃機関とのハイブリッドや有人操縦、水平離着陸のものも開発されている。

出展：経済産業省

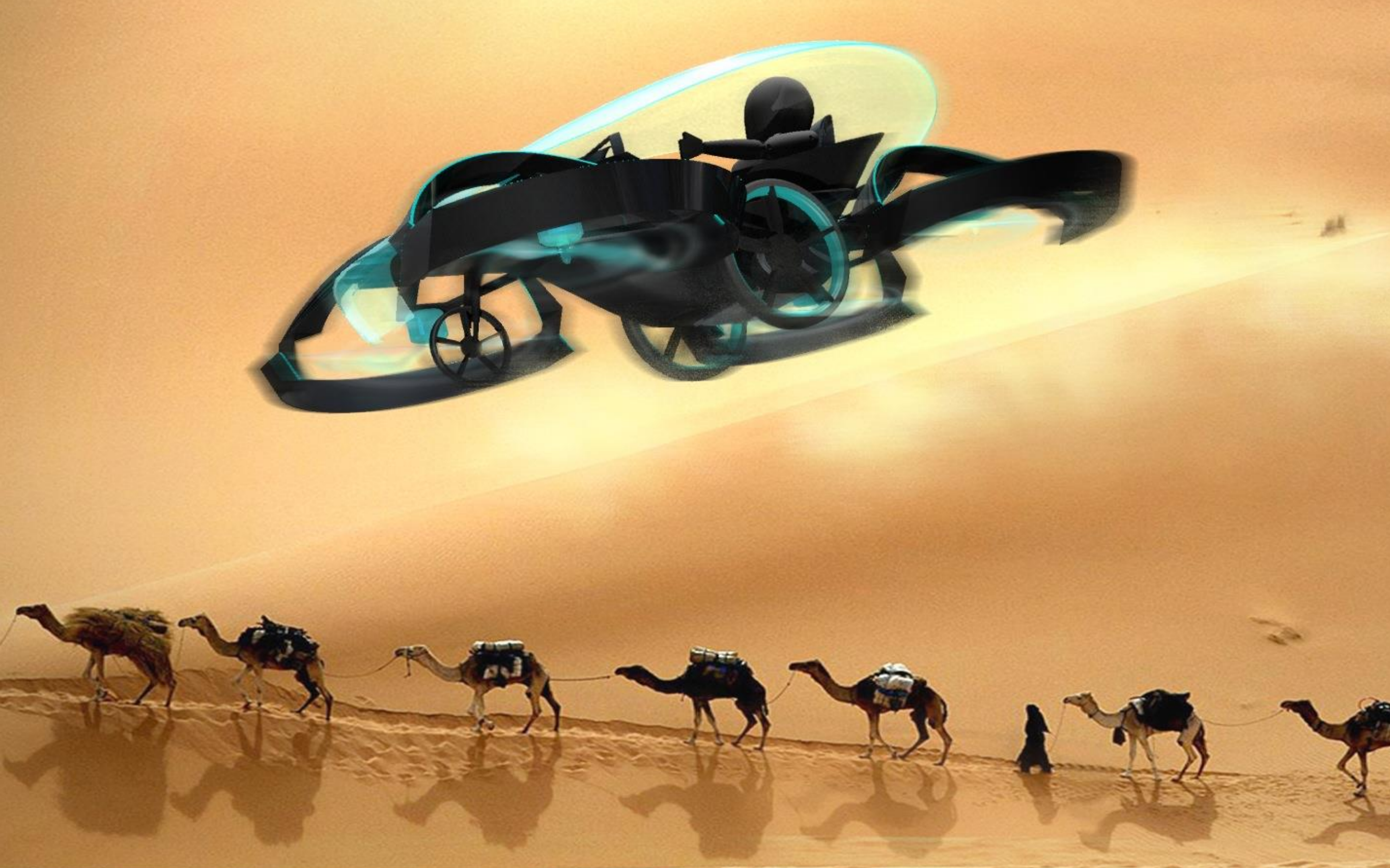
空飛ぶクルマの提供価値



①意のままに移動出来る自由



②1秒でも早く移動出来る自由

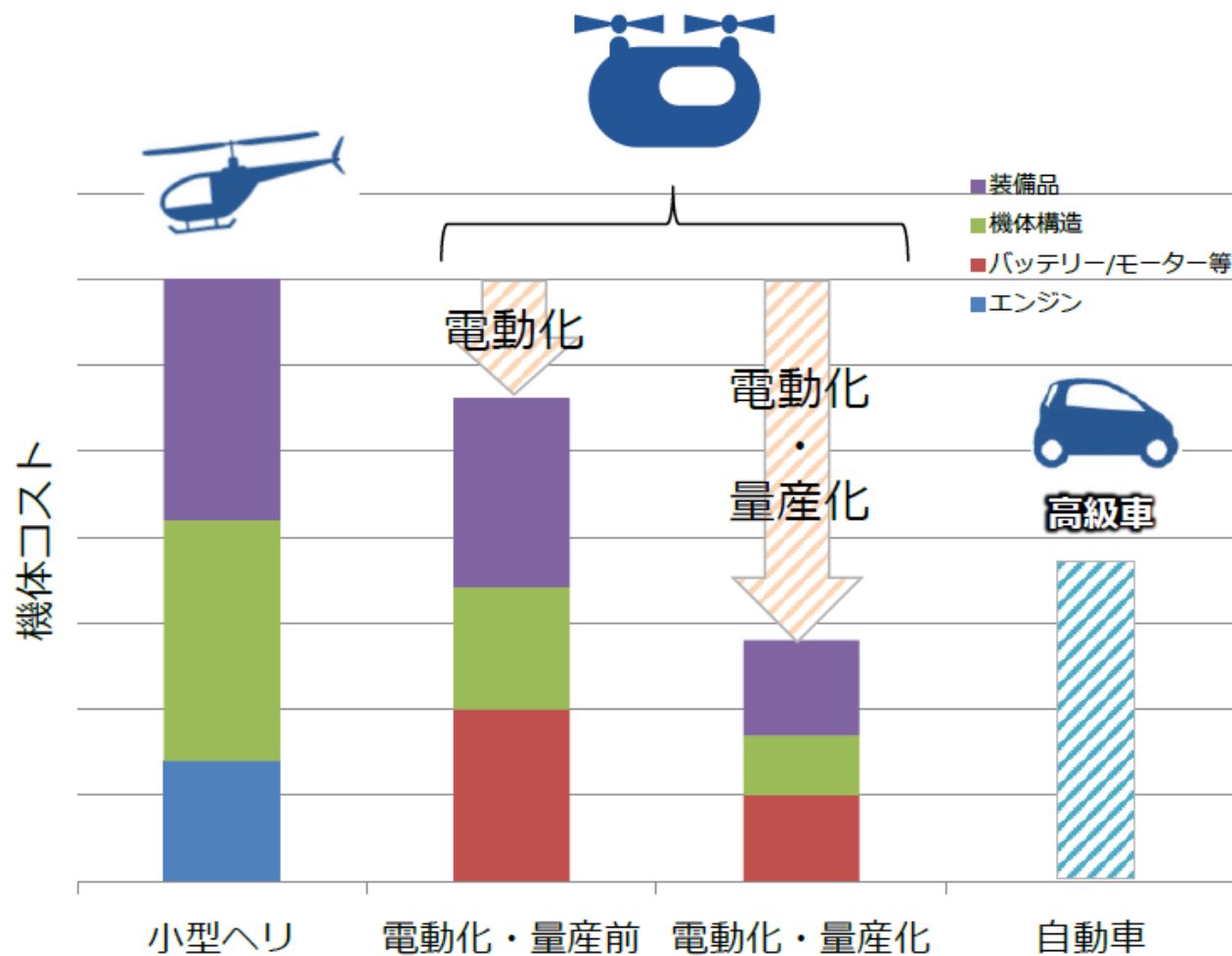


③道路がなくても移動出来る自由

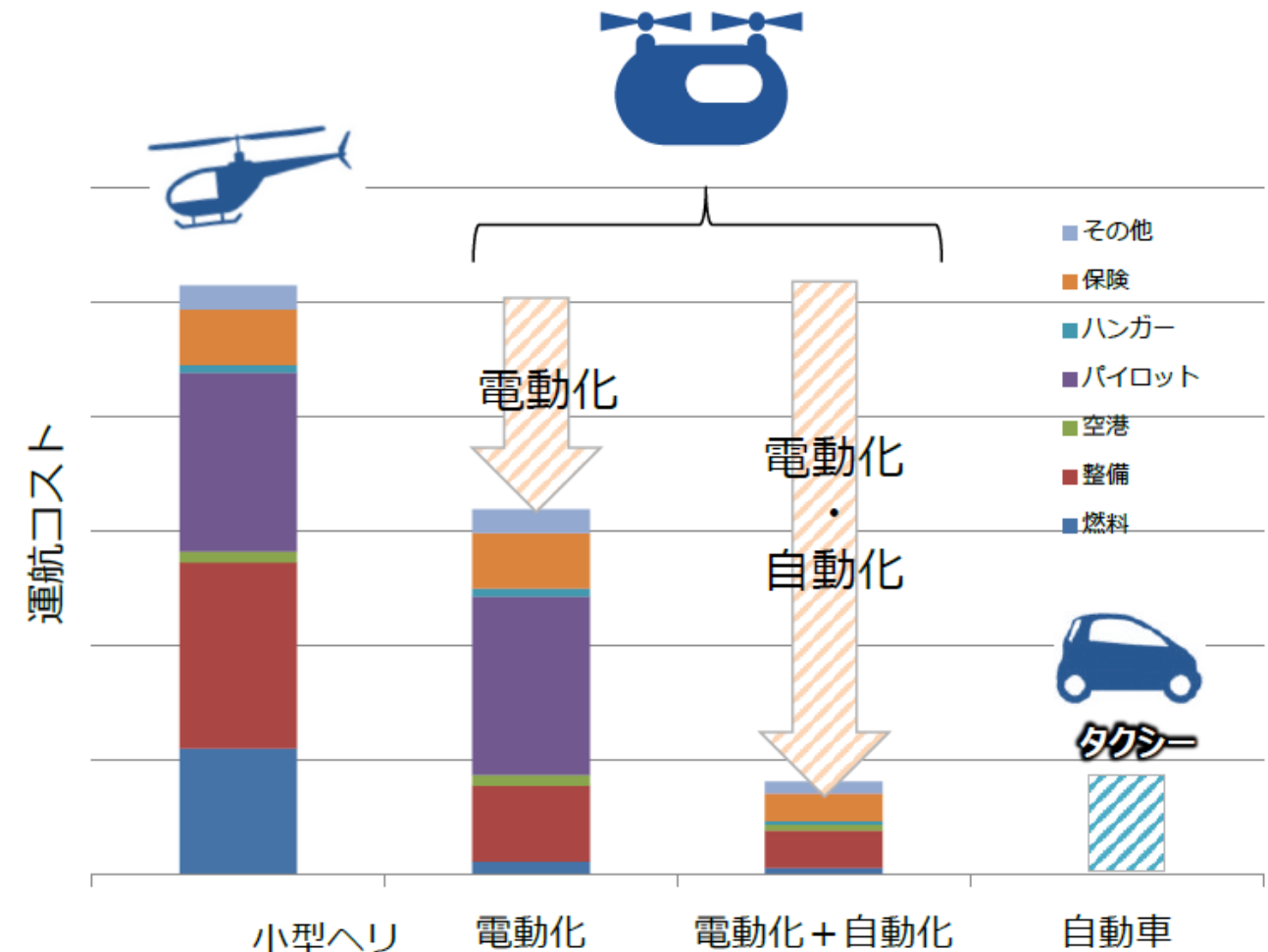
（参考）電動化・自動化によるコスト低減効果

- 機体コスト：電動化すると燃料系統がなくなり、構造が簡素化。さらに、量産化により、コストは高級自動車並みになる可能性。
- 運航コスト：電動化により燃料費・整備費が削減され、また、自動化（＝パイロットレス）により、将来的にはタクシーと同程度の運航コストになる可能性。

＜機体コストのイメージ＞



＜運航コストのイメージ＞



空飛ぶクルマが現実に

世界の空飛ぶクルマメーカー（～2013年）



2006 - 2018
(開発開始 - 販売予定)



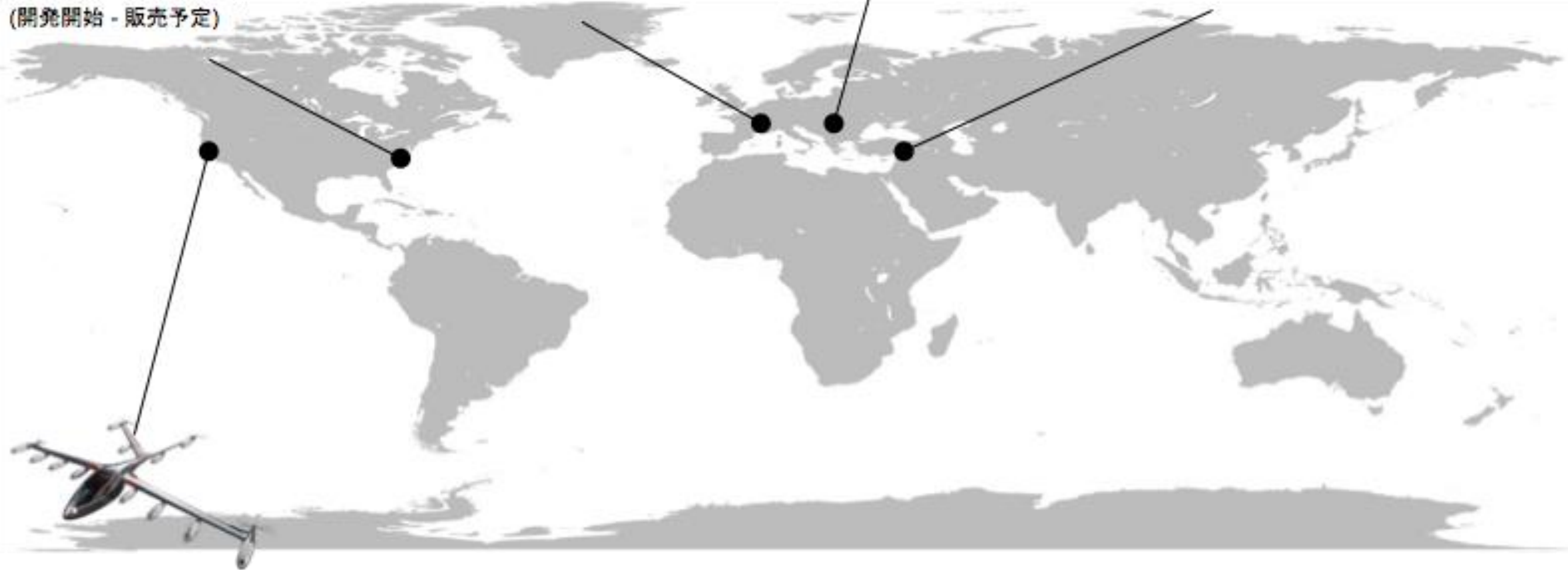
2009 - 2018



1990 - ??

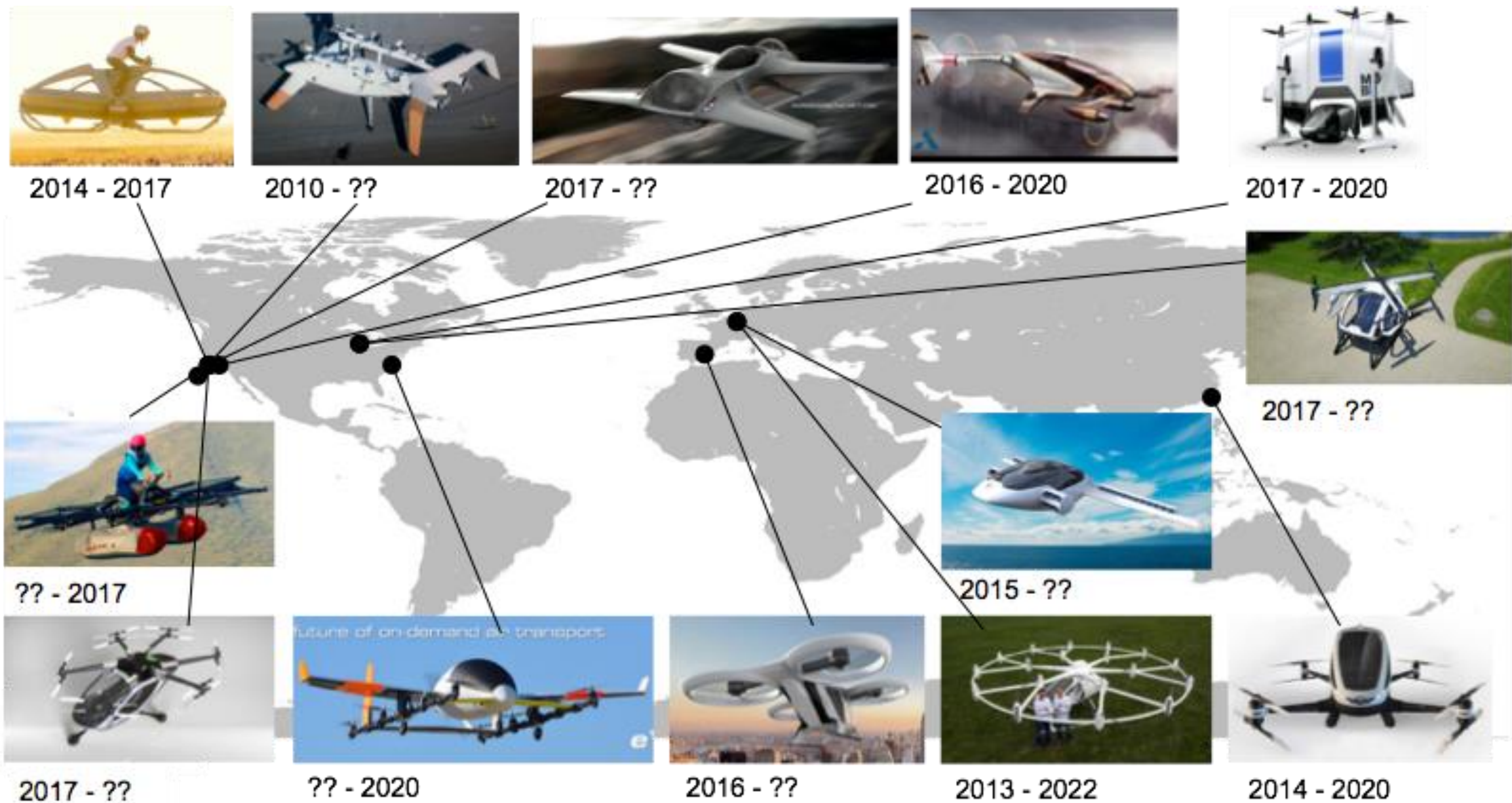


2009 - 2020



2008 - ??

世界の空飛ぶクルマメーカー（現在）



機体設計

- 要求仕様明確化
- 概念・基本・詳細設計

ビジネス設計

- ビジネスモデル
- 実現ロードマップ

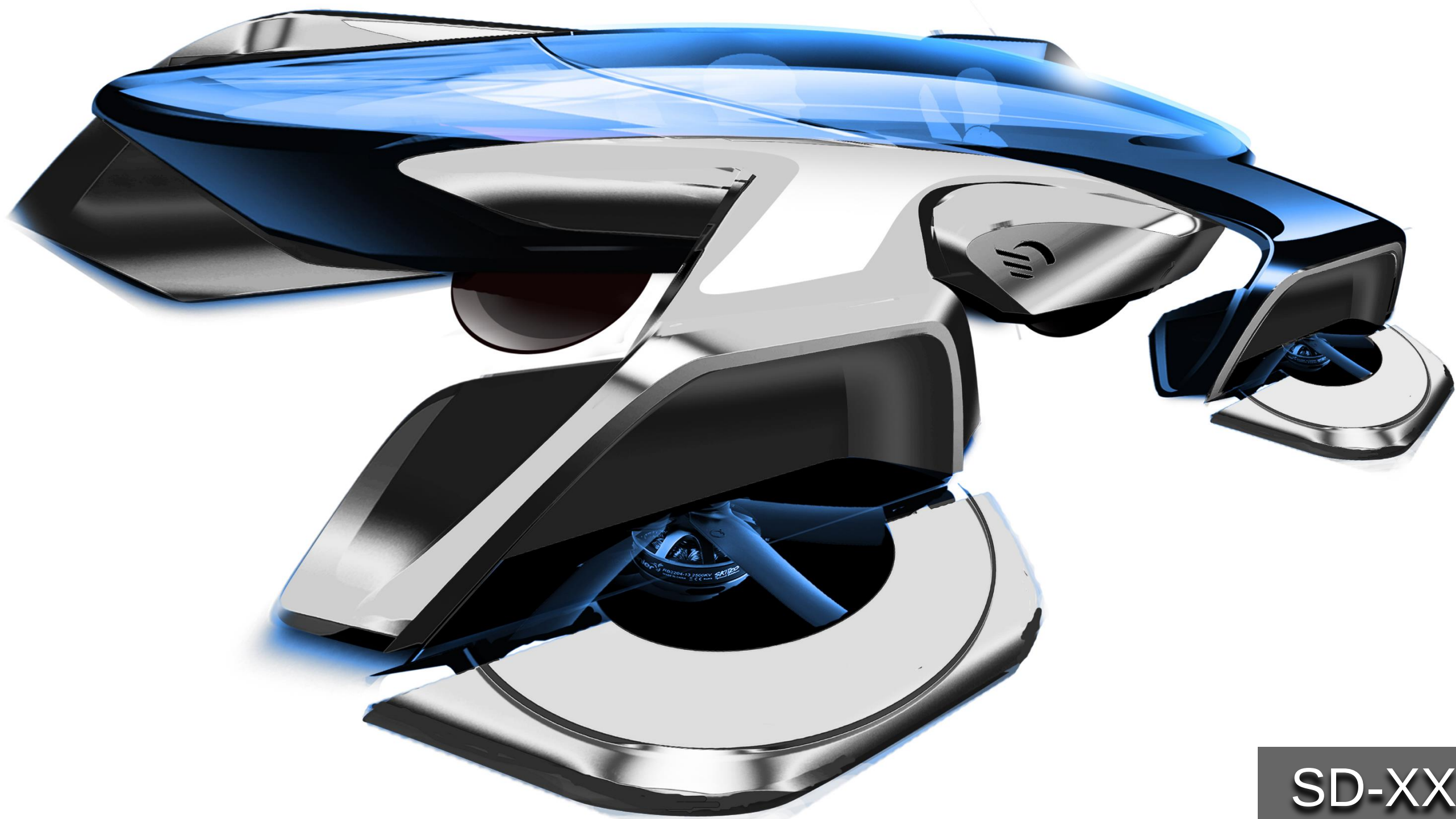
インフラ設計

- 離発着場
- 充電ステーション

法規・ルール

- 法規新設・交通ルール
- 地域住民の受容性考慮





SD-XX

世界最小・ドアtoドアの空飛ぶクルマ

あと1分で救えた命を救う



観光地のエンターテイメント

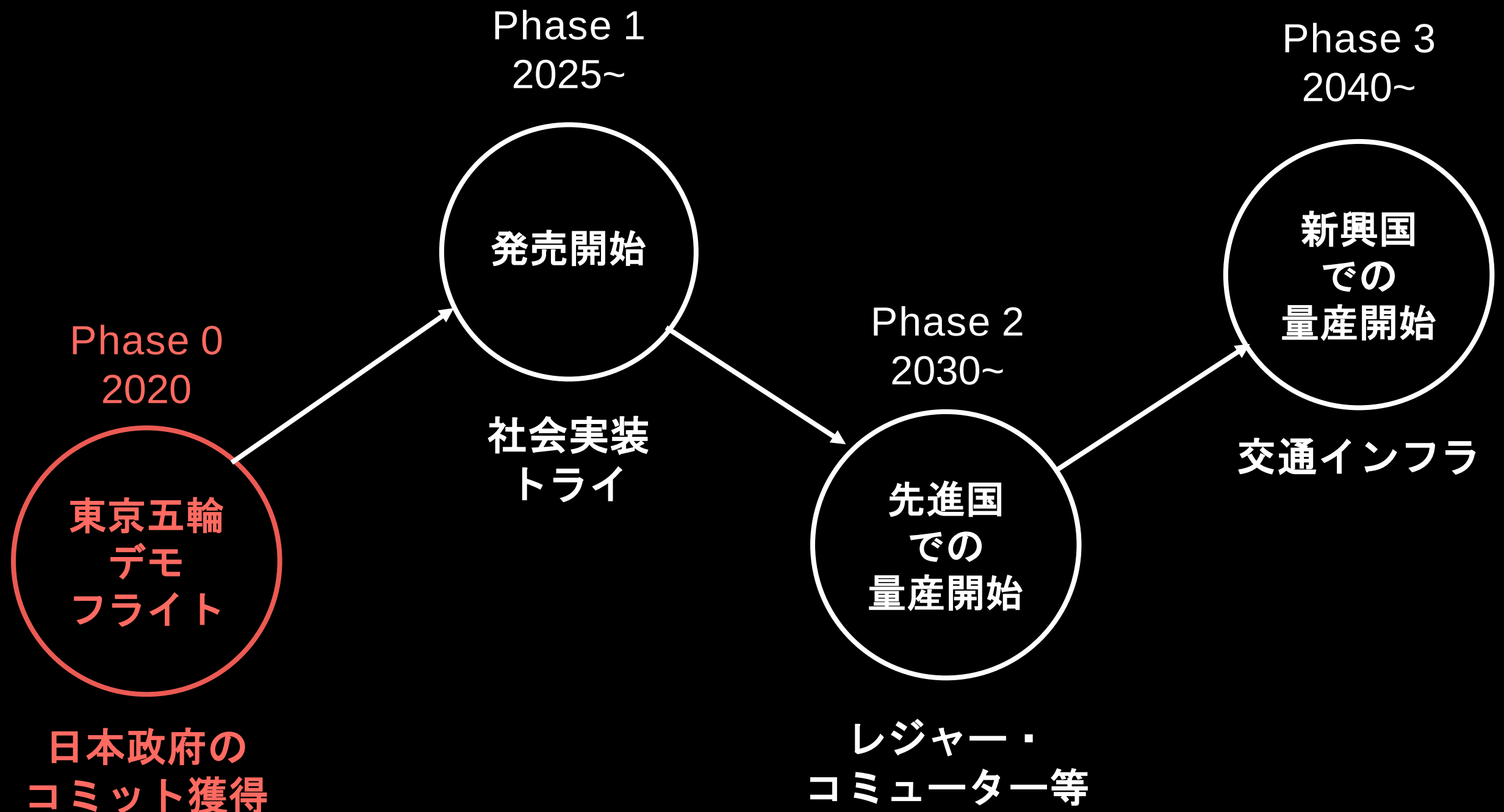


海上都市

離島への輸送



実現ロードマップ





EXPO 2020 DUBAI

Ehang(中国)・Uber(北米)が空飛ぶクルマの試験披露予定('20.10)

世界に先駆けて日本の空飛ぶクルマを

2020年までの戦略

日本中の知恵・支援を集めたオープンネットワーク体制



実現に向けた歩み



Brain Storming



Experience



Experience



Prototyping



Feedback



1/5スケール試作機 (2014)

Infinity
Ventures
Summit

Infinity
Ventures
Summit



Infinity
Ventures
Summit

誰もが自由に空を飛べる時代を創る



Infinity
Ventures
Summit

Feedback

ホーム

活動報告

パトロン192

サポーター8

コメント

GOAL

Qウォッチする

「ウォッチする」を押して最新価格を受け取りましょう！

サポーター受付中

現在集まった金額は

¥2,563,000

目標金額は¥3,000,000です。2015/01/15 15時までに目標金額を達成するとプロジェクトはGOALとなります。

142%

パトロン サポーター 残り

192人 8人 終了

プロジェクトを友達に共有しよう

いいね！

活動報告

2014/12/14 第1回 活動報告パーティー@東京 開催！

2014/12/03 1/1スケール製作機実現に向けた第一歩！

2014/11/30 11/16 ビジネスコンテスト 優秀賞受賞

パトロン・サポーターを招待されている皆様へ

サポーター継続募集中
(お金以外の支援)

クラウドファンディング (2014)



1/1スケール試作機 (2015)

トヨタ自動車「空飛ぶクルマ」の実用化に向けて、社内
の若手有志が中心になって進めてきたプロジェクトに資金拠
出する方針を固めた。米国の新興企業や航空機会社が相次ぎ

参入を表明するなど、今最も注目を集める分野だ。次世代モ
ビリティ（移動手段）論争が熱を帯びるなか、「空」が有
力な選択肢として浮上している。

空飛ぶクルマは従来、

有志団体「カーティペー
ター」のメンバーが勤務
時間外に開発を進めてき
た。資金はネット上で広
く支援を募るクラウドフ
ンディングなどに頼って
いた。今回、トヨタやグ
ループ会社が4千万円規
模の資金を提供すること
で大助かりした。

今後は複数のプロペラ
を制御し機体を安定させ
る技術を確立し、201
8年末までに有人飛行が
可能な試作機を完成させ
る計画だ。東京五輪が開
催される20年の実用化を
目指す。

クルマは進化を続けて
利便性を高めてきたが、
排ガスによる環境問題や
新興国などの渋滞は深刻
だ。ひずみ解消へ自動車
各社は電気自動車(EV)
や燃料電池車など新たな
動力源のクルマを開発、
自動運転の研究も進めて
いる。

個人の移動手段として
空飛ぶクルマがにわかに
注目を集めるのは、従来
の延長線上ではない形
で、現在の自動車抱え
る問題を解決できると期
待されているからだ。道
路そのものが不要になれ
ば、渋滞はなくなる。垂
直で離着陸できれば滑走
路も不要だ。人の動き、
流れが劇的に変わる可
能性を秘める。

欧米勢も開発

「フライヤー」など呼
び名は様々だが、すでに
米グループ共同創業者、
ラリー・ペイジ氏が出資
する米新興企業、キティ
ホークなどが実用化計画
を示している。欧州航空
機大手エアバスは年内に
試験飛行を始めると公
表。ライドシェア(相乗
り)の米ウーバーテクノ
ロジーズは4月、空飛ぶ
タクシーの開発計画を公
表した。「空飛ぶ」は決
して絵空事ではない。
安全性の確保に加え、

トヨタ支援 「空飛ぶクルマ」離陸

20年実用化目標

免許や交通ルールなどの
法整備といった課題は山
積する。EVや宇宙開発
といった野心的な事業計
画で知られる米起業家イ
ーロン・マスク氏でさえ
「騒音や風といった課題
があり、頭上を飛行する
と不安に思う」と発言し
ている。ただ、トヨタな
ど大手企業が支援して開
発が加速すれば、議論が
厚みを増すのは確実だ。

カーティペーターは12
年、現代表の中村寛氏が
トヨタのビジネスコンテ
ストに参加したのをきっ
かけに発足した。オーガ
ニゼーションという計画
モードのEVという計画
で優勝し、その後、アイ
デアを練り直すなかで空
飛ぶクルマにたどり着い
た。

「未来のクルマは現在
とは全く異なる形になっ
ているかもしれない」。
トヨタ幹部は危機感をあ
らわにする。IT(情報技
術)企業や新興企業など、
異質な考え方や速さを持
つ新たなライバルとの競
争が始まっており、従来
の枠組みを超えた突き抜
けた発想も必要とみる。

カーティペーターは社
員でありながらチームの
組成や資金調達といった
経験を重ね、外部とのつ
ながりを強めていた。一
部には慎重な見方があっ
たものの関係者によると
内山田竹志会長が「技術
の完成を待って資金を出
すやり方では前進しな
い」と判断。草の根の革
新に賭ける。

トヨタはかつて、事業
の柱を自動織機から自動
車へと大胆に変えた経験
を持つ。それからおよそ
80年。再び技術の大転換
期を迎えている。小さな
一歩だが、新たな取り組
みは非連続な変化を乗り
越えるきっかけになるか
もしれない。



「空飛ぶクルマ」(写真右はイメージ)を試作する社員有志(愛知県豊田市)＝小園雅之撮影



トヨタは10日、18年3
月期の研究開発費を過去
最高水準に達する1兆50
0億円とする計画を発表
した。技術革新への備え
は盤石なようにみえるが
実際ははやや異なる。

トヨタグループ様からのご支援(2017)

Orchestrating a brighter world

NEC

Panasonic

NATIONAL
INSTRUMENTS™

MathWorks®

TechShop
BUILD YOUR DREAMS HERE
Powered by FUJITSU

FUJITSU

AISIN

AICHI STEEL

JTEKT

DAIHATSU

DENSO
Crafting the Core

豊田合成

TOYOTA

KYUSHU

トヨタ東日本

豊田自動織機

トヨタ車体
TOYOTA AUTO BODY

株式会社 豊田中央研究所

豊田通商

トヨタ紡織

60社超のスポンサー様からのご支援 (2017)

・3 特許技術概要

3.1 基本仕様

SkyDrive は、超小型電気自動車(EV)のモータースとして用途に4つのプロペラを搭載した電動航空機で、電動モーターを計4基搭載し、最大1名の乗客プロペラと1名の乗客を乗せることができる。図3.1にSkyDriveの外観図を示す。



Isometric View



Top View



Side View

図3.1

9 OF 25

・3.2 要件

サーキュラー1-007 より Sky Drive はジャイロプレーンの要件をすべて満たす。

サーキュラー1-007 に記載の要件と SKY DRIVE の仕様を表 3.2 にまとめる。

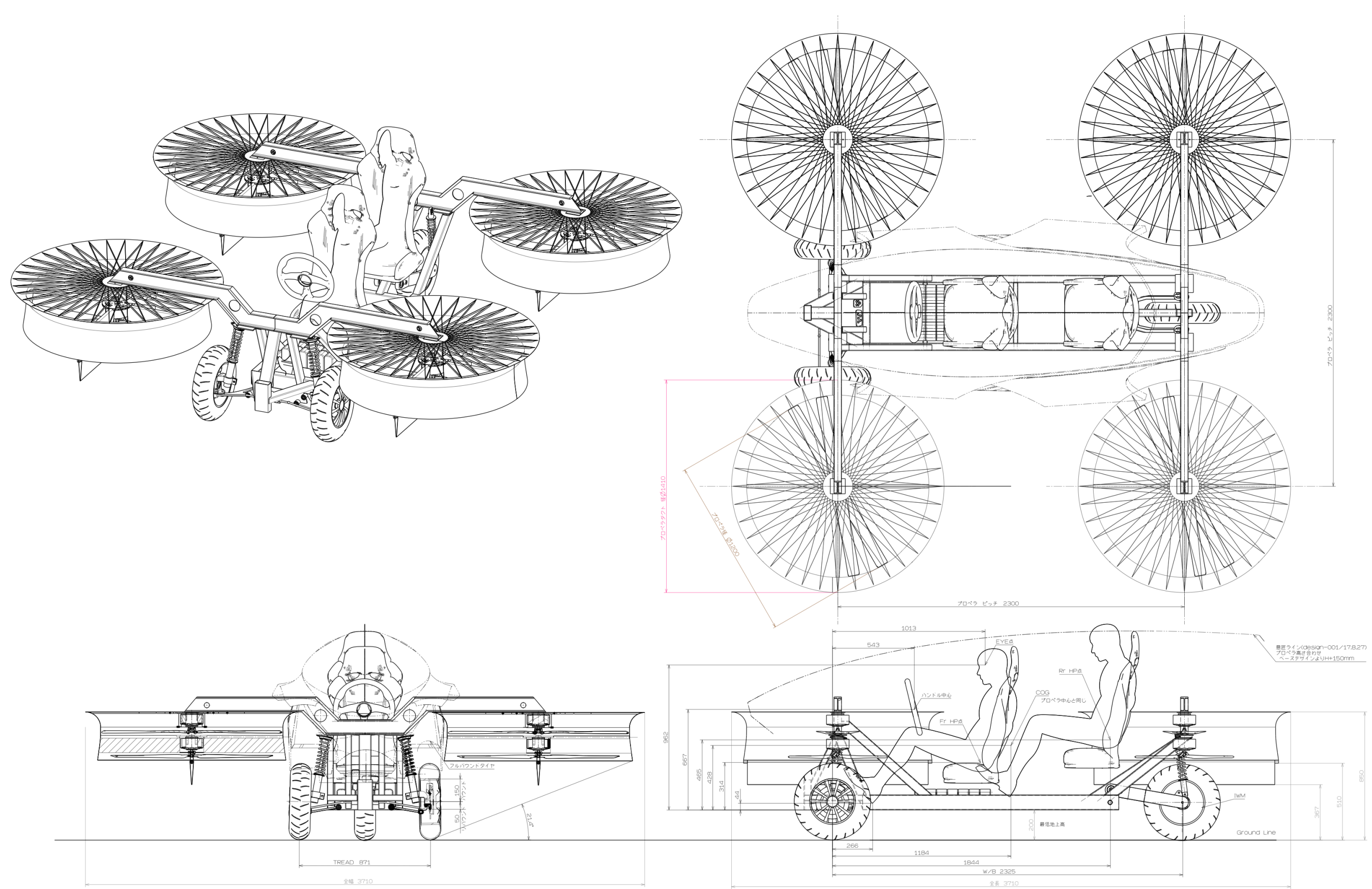
⑤

表 3.2 区分の定義と Sky Drive の仕様

サーキュラー1-007 1-4-1 項 超小型電動力機の要件	サーキュラー1-007 1-4-2 項 ジャイロプレーンの要件	SKY DRIVE の仕様
(1) 区分は、旋回操縦型、林間移動操縦型及びパラシュート型とする。	(1) 区分は、ジャイロプレーンとする。	ジャイロプレーンに区分。
(2) 単座又は乗客は 1 名であること。	(2) 単座又は乗客は 1 名であること。	乗客 1 名 乗客 1 名
(3) 自重は、単座のものは 180kg(397lbs)以下、乗座のものは 225kg(496lbs)以下であること。	(3) 自重は、単座のものは 180kg(397lbs)以下、乗座のものは 225kg(496lbs)以下であること。	自重:225kg
(4) 翼面積は 10m ² (108ft ²)以上であること。	-	(国転翼のための対象外)
(4) プロップの回転速度は、65km/h(35 ノット)以下であること。	-	(国転翼のための対象外)
(5) 最大水平速度は、185km/h(100 ノット)以下であること。	-	最大水平速度:185km/h
(6) 推進力はプロペラによって得るものであること。	-	推進力:プロペラ
(7) 車輪、それ、フロート等の着陸装置又は着水装置を装備したものであること。	(4) 車輪、それ、フロート等の着陸装置又は着水装置を装備したものであること。	着陸装置:車輪を装備
(8) 燃料タンク容量は、80 lit(80.5ga)以下であること。	(5) 燃料タンク容量は、80 lit(80.5ga)以下であること。	燃料タンク容量: 80 lit(動力はモーターのため)
(9) 対気速度を計測できる機器及び高度を計測できる機器を装備したものであること。	(6) 対気速度を計測できる機器及び高度を計測できる機器を装備したものであること。	対気速度を計測できる機器及び高度を計測できる機器を装備

7 OF 25

国交省 航空局様との交渉開始(2018)



SD-01完成・試験開始(2018)

今後の課題

空飛ぶクルマ 業界全体の課題

- ・ 騒音
- ・ バッテリー容量
- ・ 100%の安全性
- ・ ルール・インフラづくり など

各分野の技術発展・業界全体の協調により、
課題解決を図る

CARTIVATORとしての課題

下記技術開発の加速が必要

- 操縦のHuman Interface
- 飛行ユニット(モータ, プロペラなど)
- 安全性設計
- 冗長設計

専門家・専門会社様との連携により、
課題解決を図る

空飛ぶクルマのMBD

SKY DRIVE 飛行の3大要素

- ・ ピッチコントロール翼
揚力変化の応答性向上
- ・ 2重反転翼
プロペラ効率UP↑モーメントキャンセル
- ・ ダクテッドファン
プロペラ効率UP↑

なぜMBD？

空飛ぶクルマ/社外活動故の制約

- ・ 実験の危険性/コストが高い
- ・ メンバーの物理的距離
- ・ 技術領域が広い
- ・ 資金に限りがある

実験の危険性/コストが高い

- ・ 広い場所
最低半径20m以上
- ・ バッテリ充電
10分の実験のために2時間以上充電
- ・ プロペラ破損したら大けが



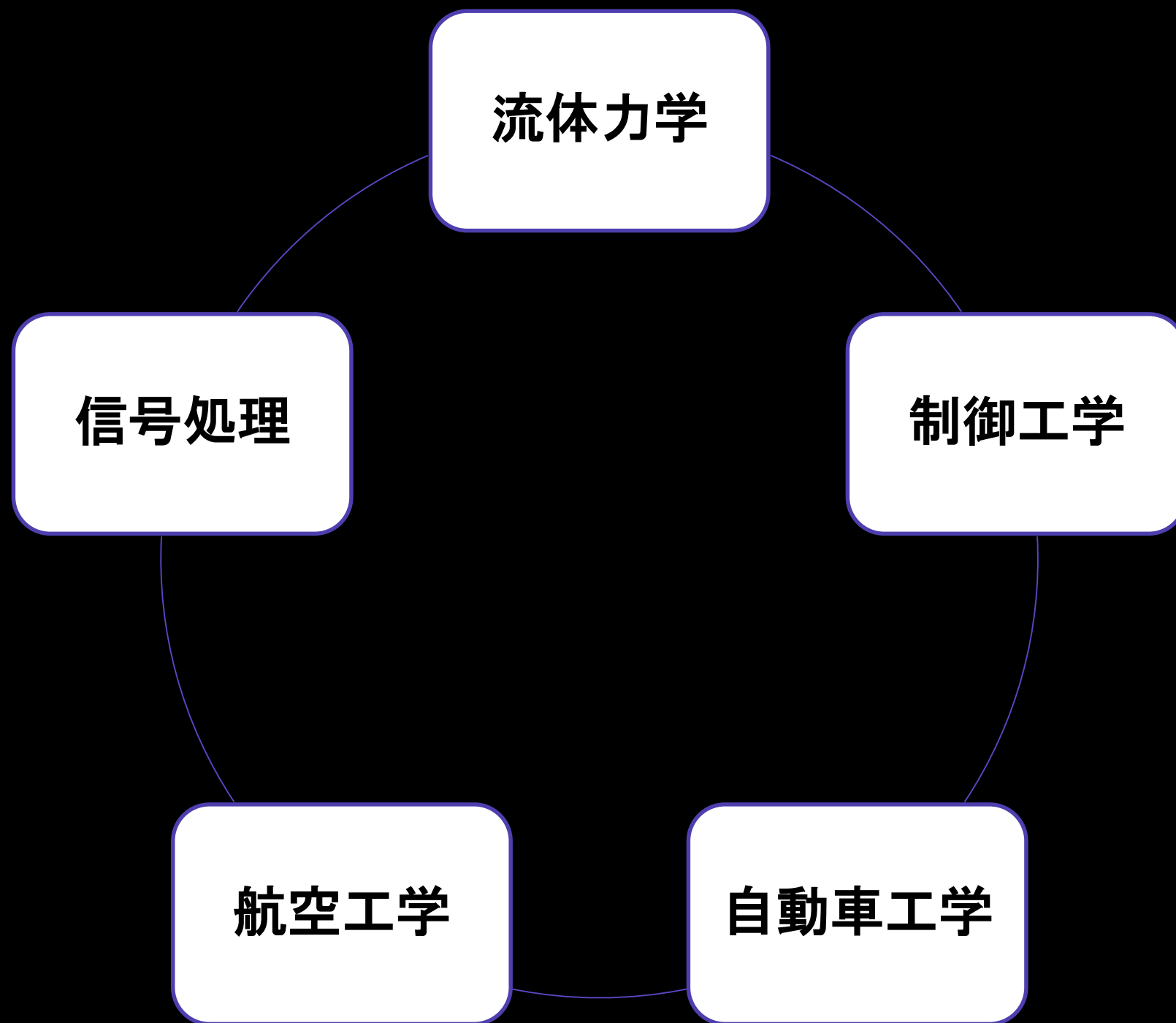
メンバーの物理的距離

- ・メンバーは東京/静岡/愛知を中心に
日本全国に点在



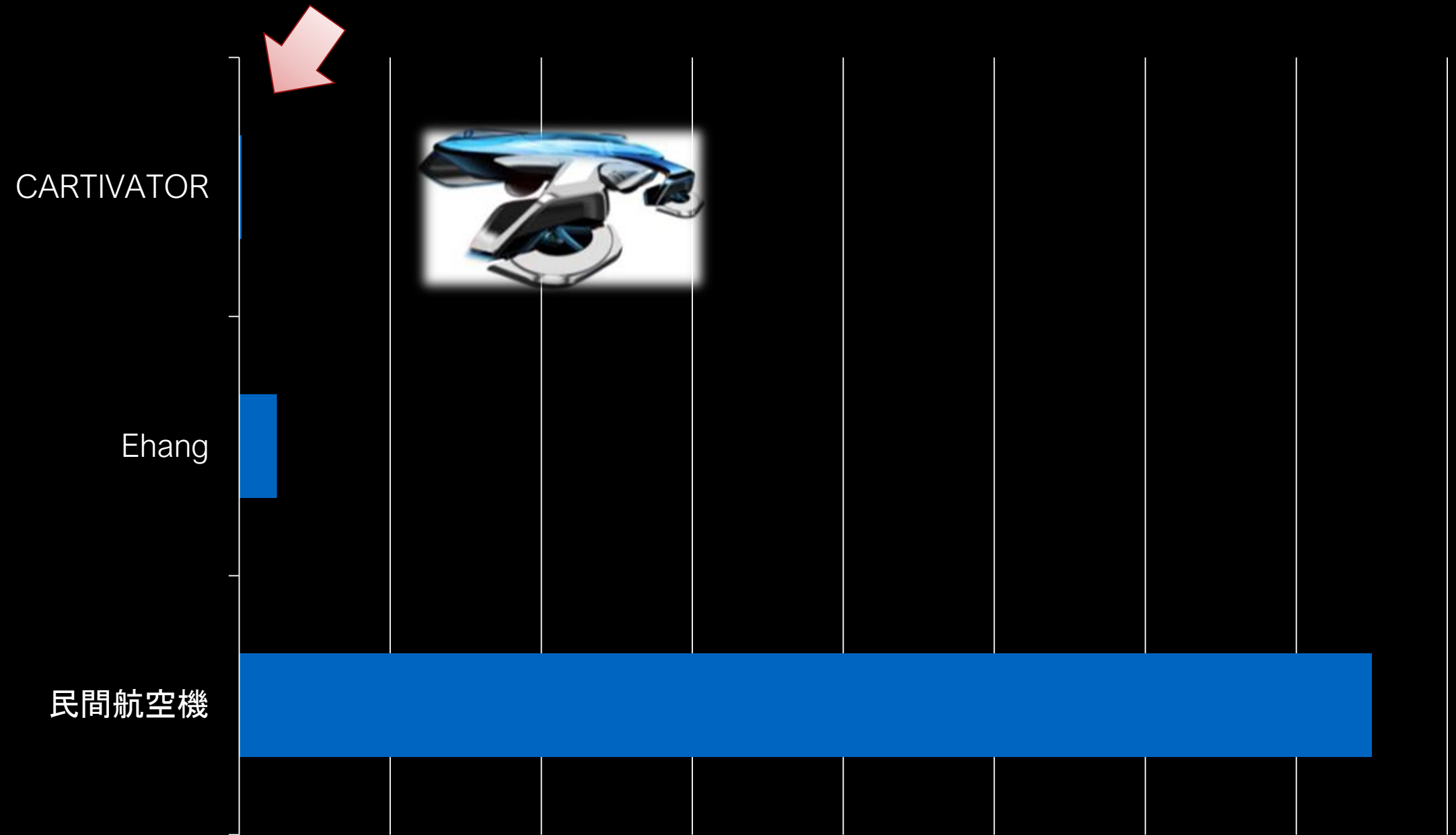
SkypeでのMTGが基本

技術領域が広い



⇒ 共通言語が必要

資金に限りがある



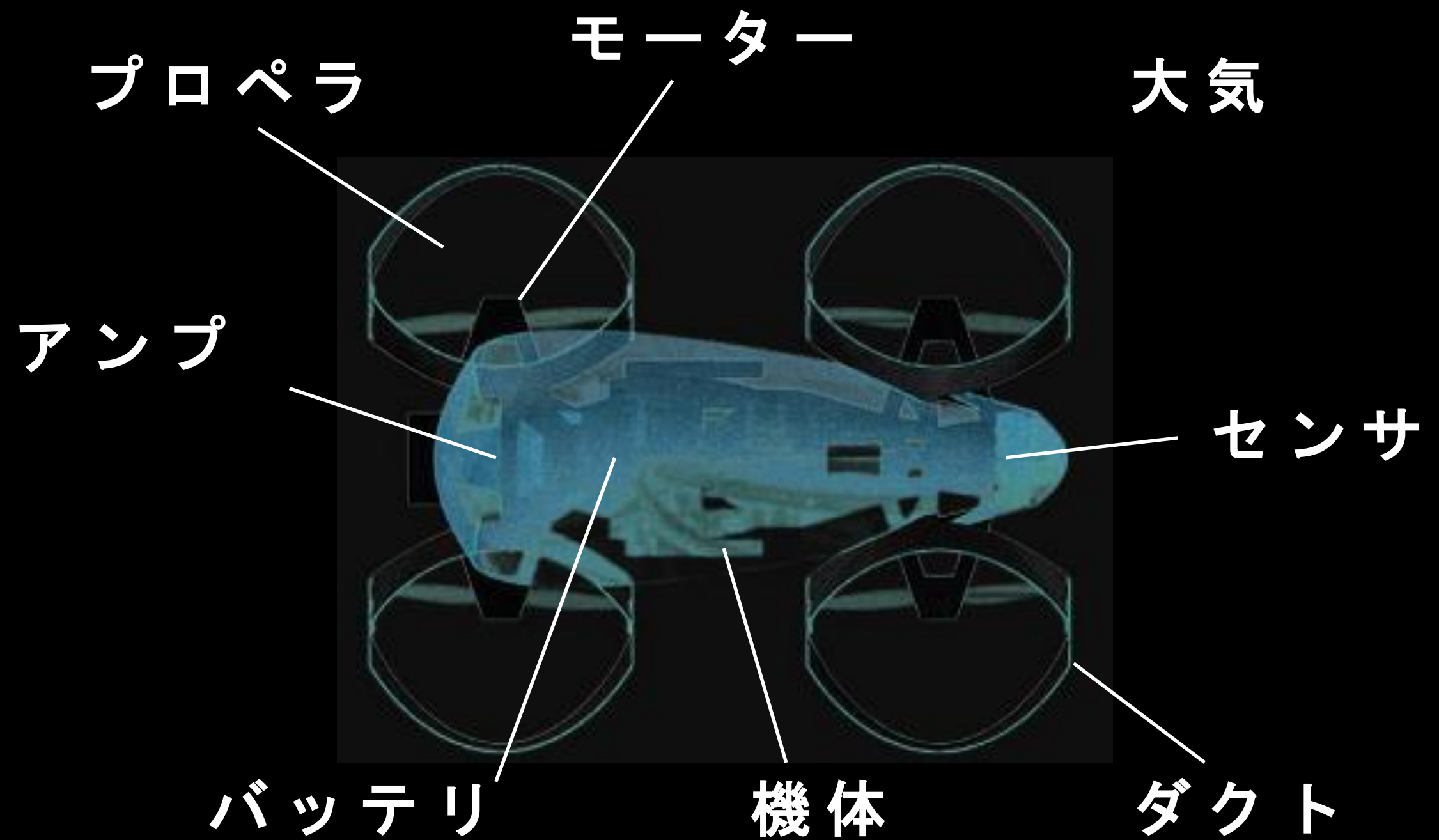
開発費の比較

MBD × ベンチャー × 空飛ぶクルマ

- 実験の危険性/コストが高い
設計上流工程での検証削減
- メンバーの物理的距離
オンラインでの検証可能
- 技術領域が広い
複数技術領域の共通言語に
- 資金に限りがある
試作を極限まで削減

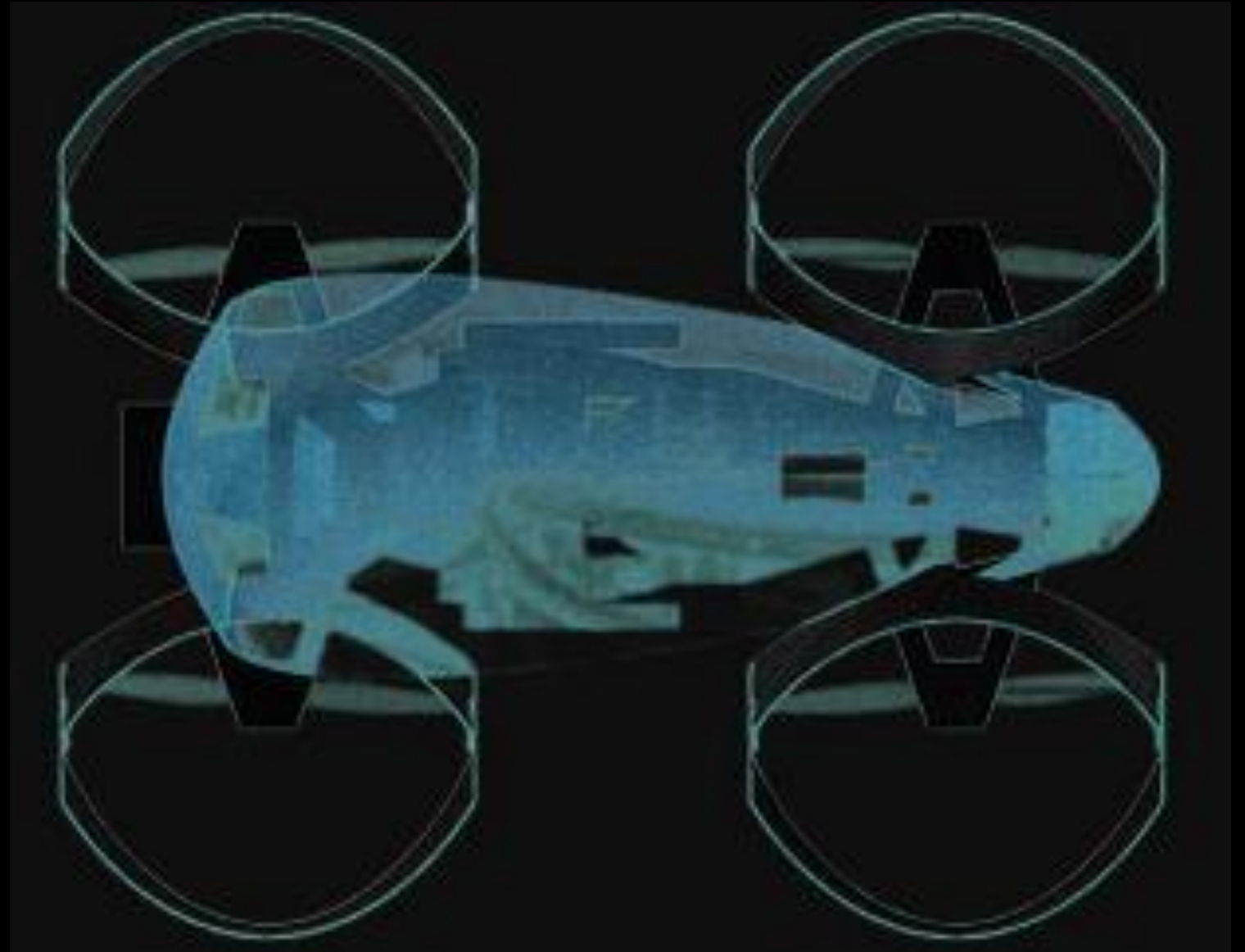
空飛ぶクルマのモデル

プラントモデル



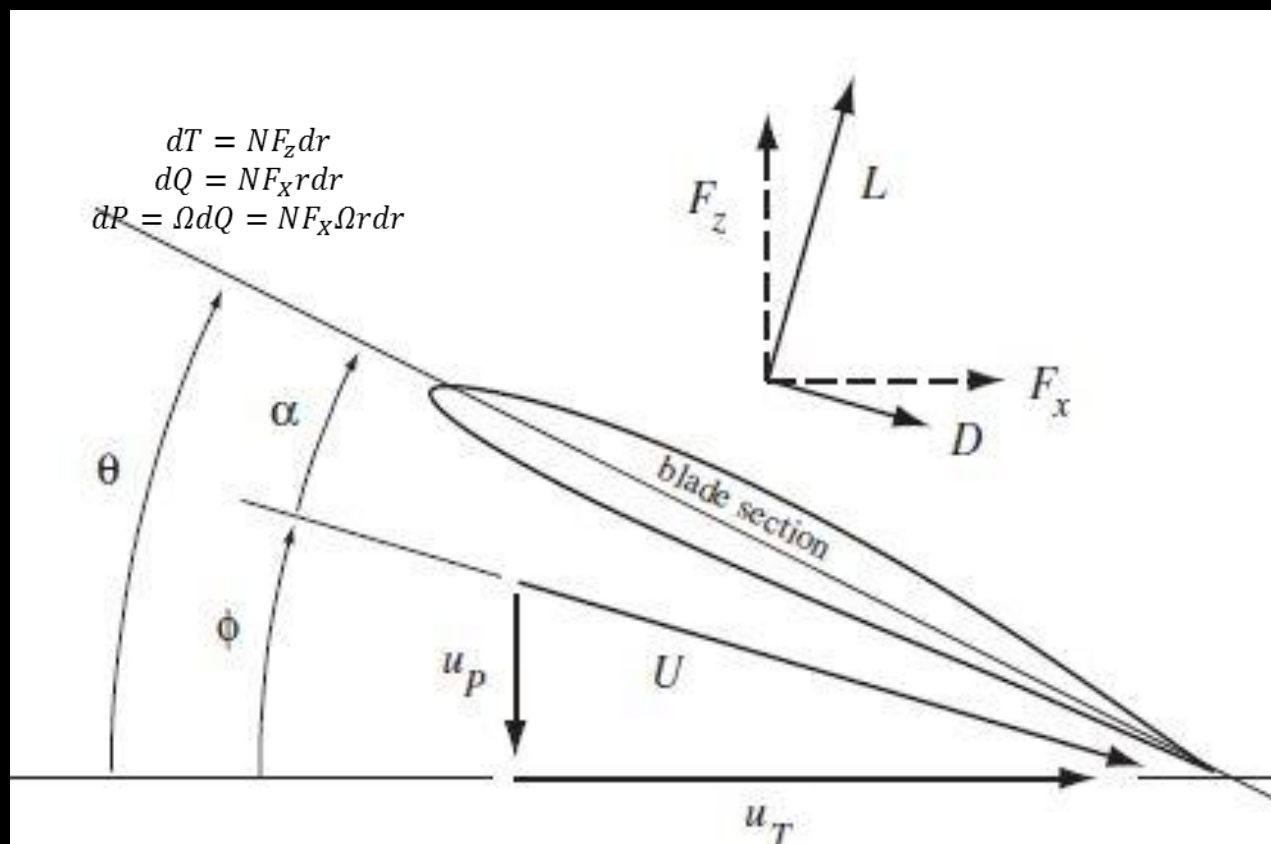
制御モデル

- ・ 回転数
- ・ ピッチ角
- ・ アンプ出力
- ・ システム



翼素理論

翼の微小領域(翼素)に発生する力(推力・トルク)の計算理論



出展 : Rotorcraft Aeromechanics
Book by Wayne Johnson

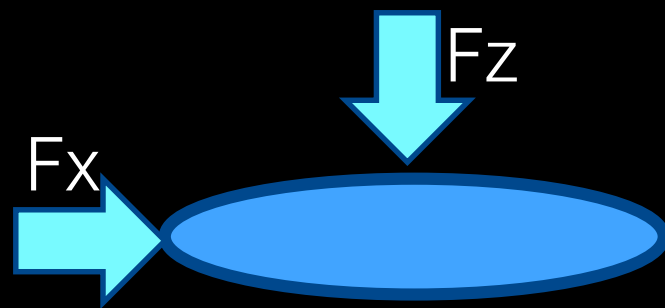
$$dT = NF_z dr$$
$$dQ = NF_x r dr$$
$$dP = \Omega dQ = NF_x \Omega r dr$$

dT : 翼素推力
 dQ : 翼素トルク
 dP : 翼素パワー
 N : ブレード枚数

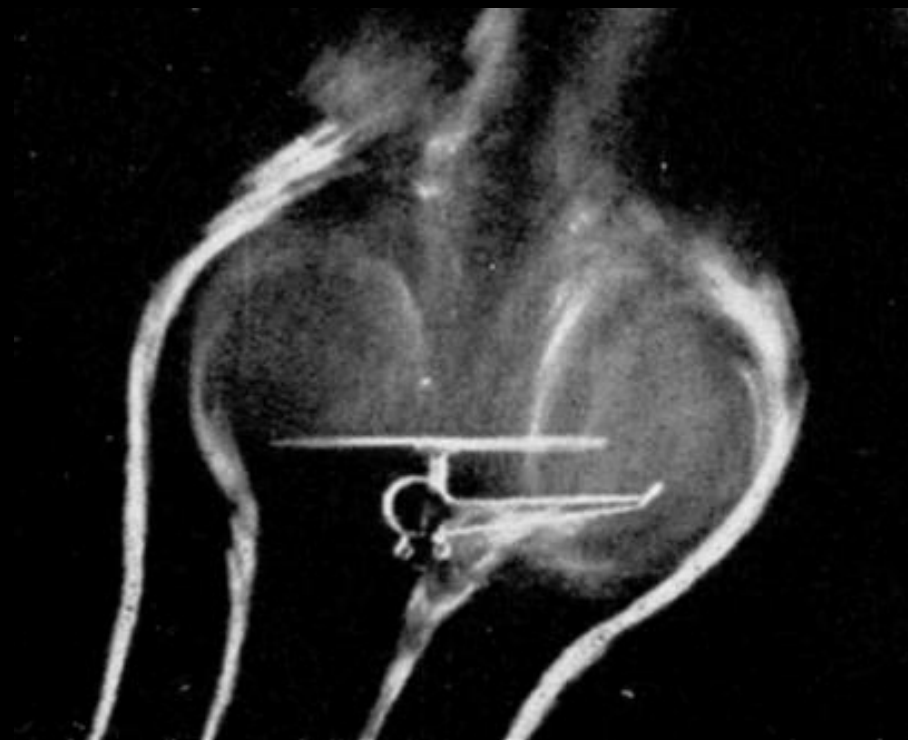
上記の値をプロペラ半径方向に積分し、
最終的な発生力を算出する。

翼の状態

翼に流入する大気の流れ場毎に適用される式が異なる

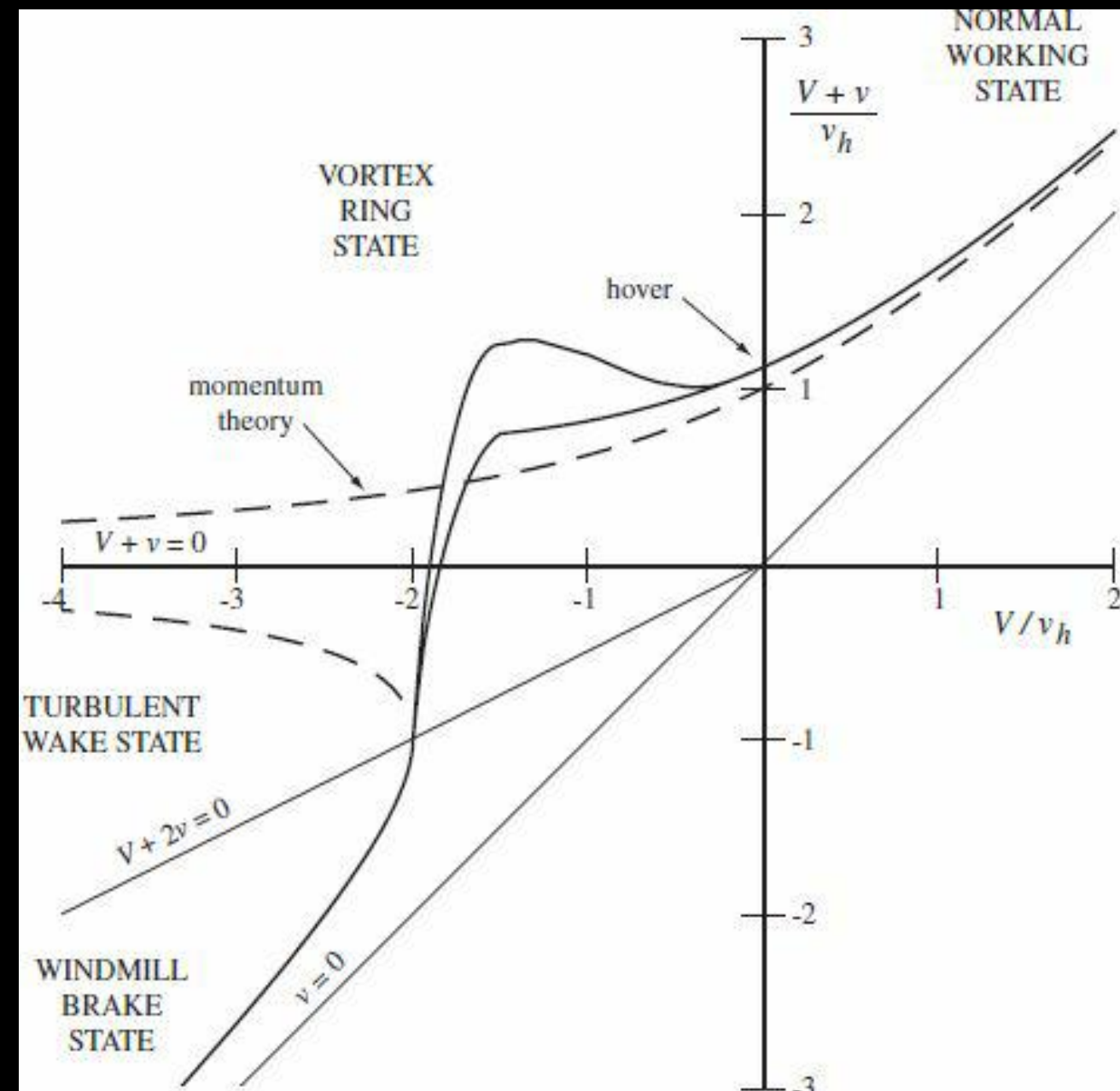


出展 : Rotorcraft Aeromechanics
Book by Wayne Johnson

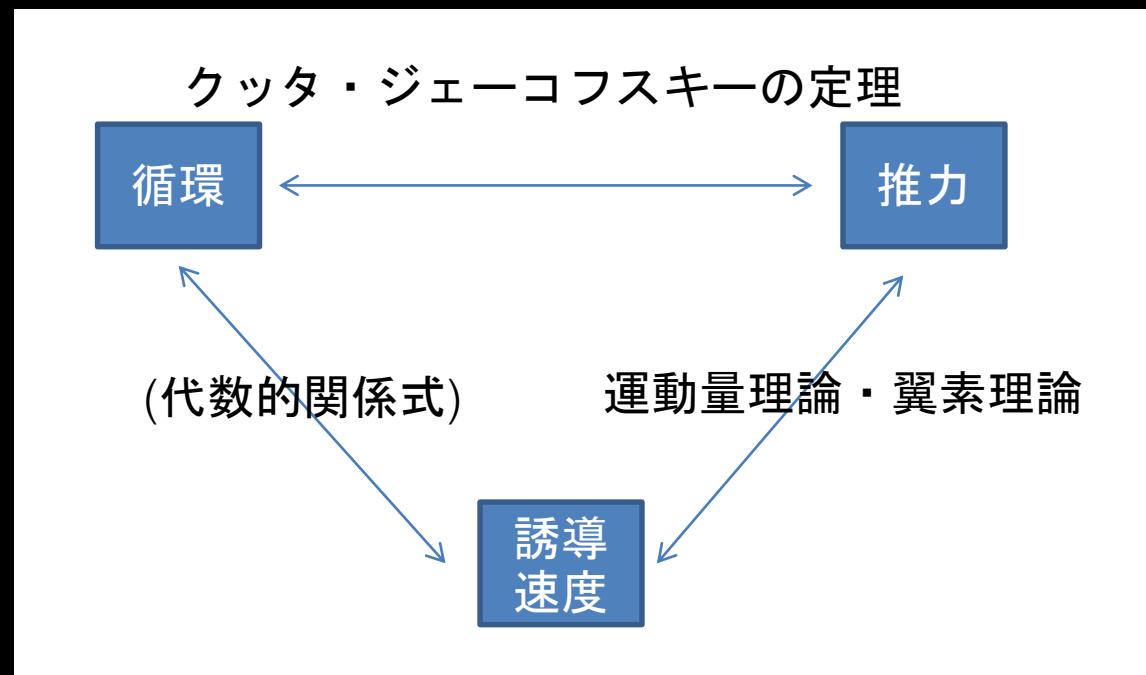


Vortex Ring State

出展 : Rotorcraft Aeromechanics
Book by Wayne Johnson

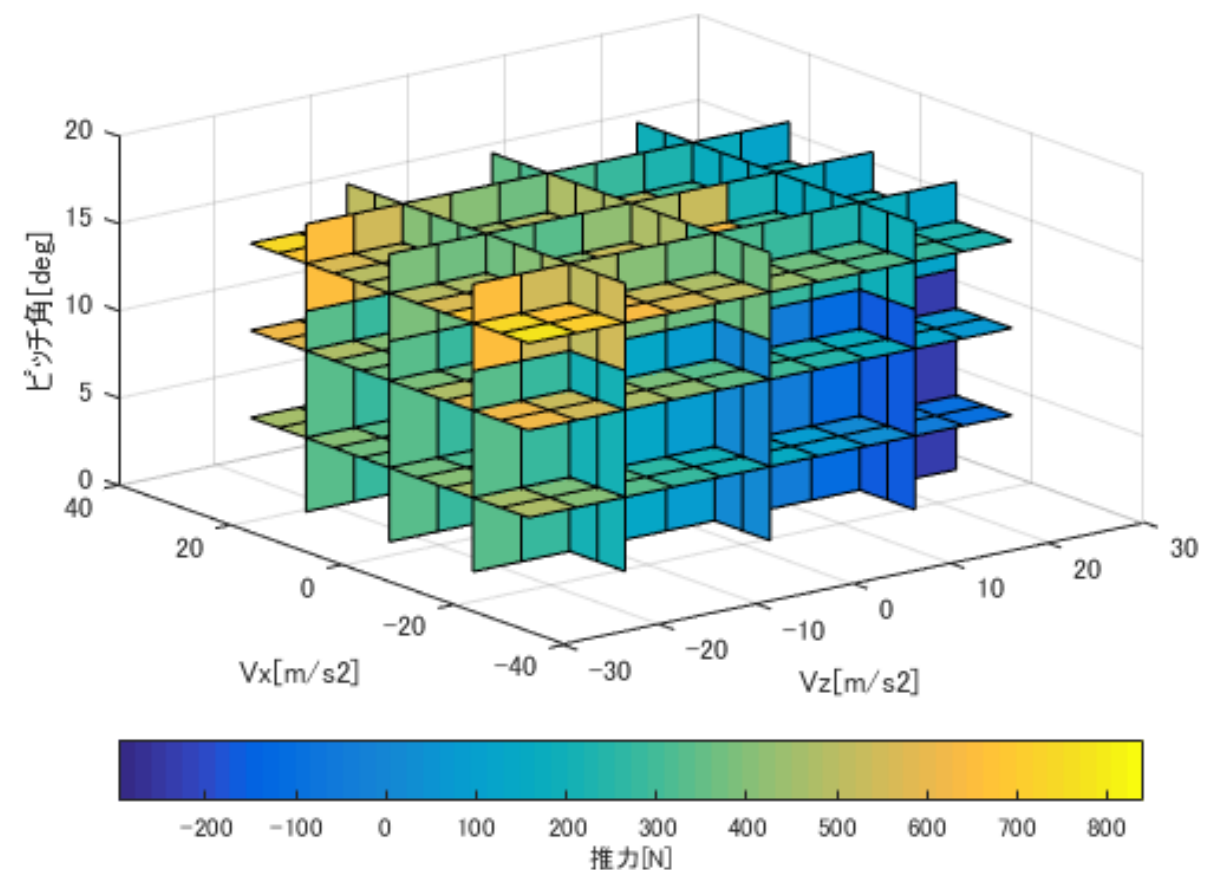


翼の発生力



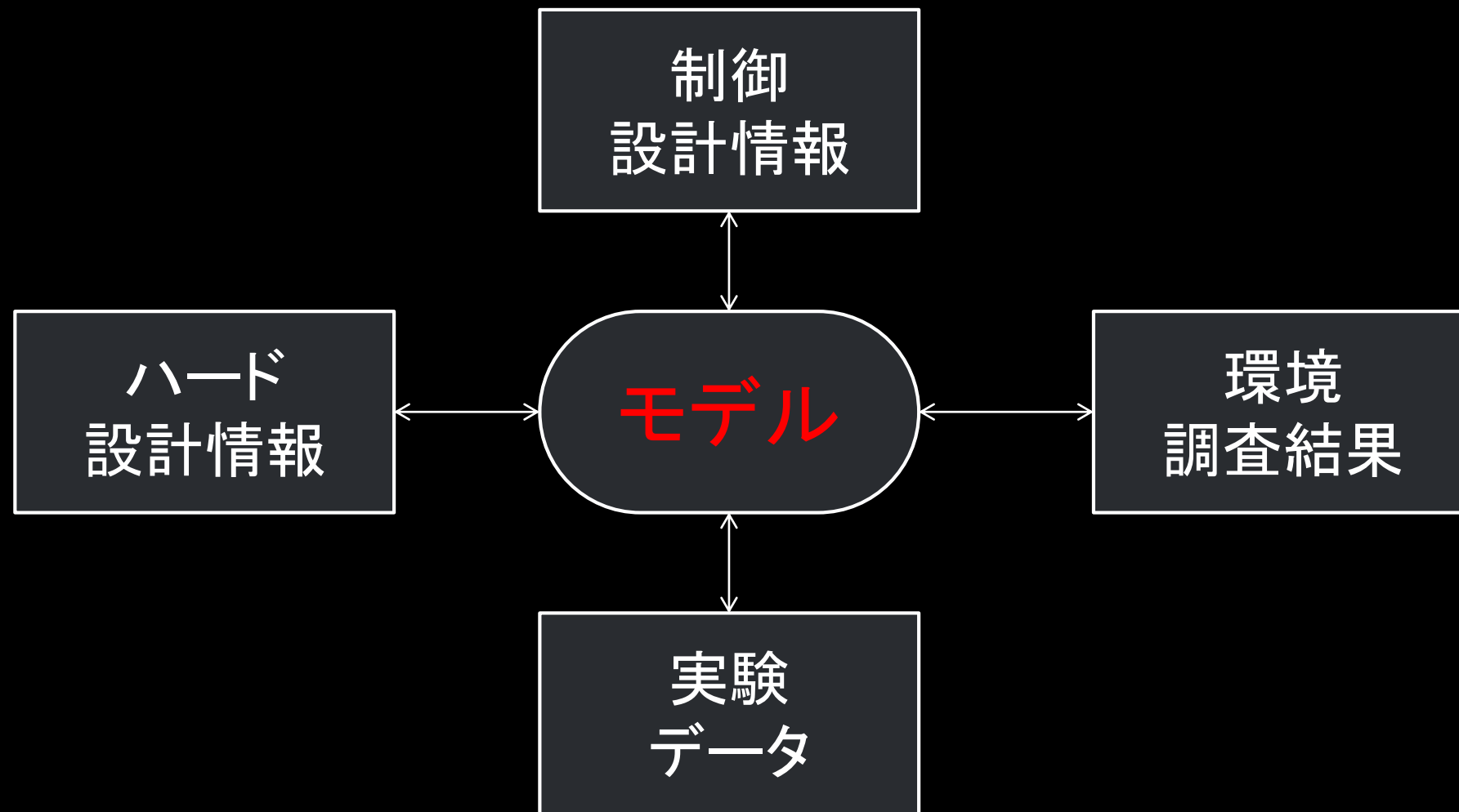
実際は左の関係を満たす値を
反復計算で算出

Hils、シミュレータ向けに
演算が間に合わないので
マップを作製



FUTURE PLAN

モデルを各情報と繋ぎ、設計のインフラに育て上げる



FUTURE PLAN

★バッテリー残量

★異常時制御シミュレーション

⇒ローター破損時など

★姿勢推定ロジック/精度検証

★フェールセーフ検証

★強度要件検証

etc...

SUMMARY

SUMMARY

★MBDの採用根拠

- ・コスト/実験リスク制約による開発手法変革
- ・複合技術領域での共通言語

★モデリング

- ・理論式と実験式の良い所どり
- ・知見の実行可能なモデル化による再利用性UP

★実装

- ・リアルタイム性向上のためのマッパ実装
- ・制御やUIなどの検討環境の統合

ご清聴ありがとうございました

お問い合わせは

CARTIVATOR

検索

