

2023年3月11日

**「空飛ぶクルマ」の実用化に向けた
技術開発等の現状と今後の展望**

澤田雅之技術士事務所(電気電子部門)所長
元警察大学校警察情報通信研究センター所長

澤田 雅之

【 目 次 】

- I 空飛ぶクルマとは？【概説】
- II 空飛ぶクルマの特徴と従来型のヘリコプターとの違い
- III 空飛ぶクルマの三形態
- IV マルチコプター型の空飛ぶクルマ
- V 推力偏向型の空飛ぶクルマ
- VI リフト・クルーズ型の空飛ぶクルマ
- VII 空飛ぶクルマの商用運航に欠かせない「型式証明」と「耐空証明」
- VIII 空飛ぶクルマの商用運航に向けた我が国の動向
- IX 空飛ぶクルマの商用運航に向けたインフラ整備
- X 空飛ぶクルマに欠かせなくなる安全対策技術

I

空飛ぶクルマとは？【概説】

空飛ぶクルマとは？

「空飛ぶクルマ」とは、ありふれた自動車のごとくに、誰でも手軽に利用できる「空を飛べる身近な乗り物」を意味しています。我が国では、2025年に開催される大阪・関西万博での商用運航を目指して、世界的にも他に類を見ない「国を挙げての取り組み」をしています。つまり、「空の移動革命に向けた官民協議会」を2018年に立ち上げて、今年の3月には「空の移動革命に向けたロードマップ」の最新版を発表しているのです。我が国のこのような「国を挙げての取り組み」は、世界中の「空飛ぶクルマ」の関係者に注目されていますが、その中身は、「空飛ぶクルマ」自体の技術開発のロードマップの他、「空飛ぶクルマ」の日常的な運航に欠かせない事項、例えば、「空飛ぶクルマ」の離着陸場の整備、航空管制システムの整備、運航事業の制度整備のロードマップなど、多岐に渡っています。その中でも、実用化に向けた鍵を握るのは、何と云っても「空飛ぶクルマ」の技術開発です。



次のページへ

前のページから



マルチコプター型の空飛ぶクルマ
(出典はドイツVolocopter社のLinkedIn掲載画像)



推力偏向型の空飛ぶクルマ
(出典は米国Joby Aviation社のニュースリリース)

「空飛ぶクルマ」を開発する上で、「空飛ぶクルマ」を特徴付けるのは、電動であること、将来的には自律飛行できること、垂直離着陸できること、の三点です。この三点から直ぐにイメージできるのは、ドローンを大型化して人が搭乗できるようにした「マルチコプター型」ですが、これまでに実現できたのは搭乗者が2名程度、航続距離が数十km程度、最高速度が100km/h程度の「空飛ぶクルマ」です。そこで、米軍の垂直離着陸輸送機「オスプレイ」を電動化して小型化したような「推力偏向型」や、離着陸用ローターと推進用ローターを別々に設ける「リフト・クルーズ型」が開発され、搭乗者は4～7名程度、航続距離は100～200km程度、最高速度は200km/h程度の「空飛ぶクルマ」が実現して試験飛行しています。

次のページへ



空飛ぶクルマは、欧米の先行機種では型式証明の取得手続きが終盤に差し掛かっていて、早ければ2024年頃に商用運航が始まる見込みです。中国の先行機種では、操縦者が搭乗しない空飛ぶクルマの自律飛行による遊覧飛行が、2023年にも始まる見込みです。そして、2020年代の後半には、操縦者が搭乗した空飛ぶクルマを、空飛ぶタクシー、観光・レジャー、救急救命、災害対応へ活用することが期待されています。さらに、2030年代には、操縦者が搭乗しない空飛ぶクルマの自律飛行による都市内交通や都市間交通など、MaaS (Mobility as a Service) の中核を担う「空の移動革命」が目に見える形で実現しようとしています。これを見越して、空飛ぶクルマとその関連分野には、航空産業、自動車産業、運送業、不動産業等の大手の参入が相次いでいるところです。

II

空飛ぶクルマの特徴と 従来型のヘリコプターとの違い

Ⅱ-1

空飛ぶクルマの特徴

空飛ぶクルマの特徴

【 電動 】

エンジンと比較して静音性、環境性、整備性に優れる。 ➡ EVの技術開発の成果が空飛ぶクルマにも活かされている。 ➡ 電動化や量産化の技術などで自動車メーカーとの親和性が高い。

【 自律飛行 】

パイロット無しでの飛行は運行コストを低減 ➡ 当面は、搭乗したパイロットが操縦 ➡ いずれは、自動運転車の技術開発の成果が空飛ぶクルマの自律飛行に活かされていく。

【 垂直離着陸 】


狭いスペースでの離着陸やPoint to Pointの移動が可能 ➡ 都心部のビル屋上にも離着陸可能

活用方法は、 次のページへ

前のページから
活用方法は、





【 2020年代半ば以降 】

搭乗したパイロットが操縦する空飛ぶクルマで、空飛ぶタクシー、観光・レジャー、救急救命、災害対応などに活用  従来型のヘリコプターに取って代わり、さらに広範に活用

そして、



【 2030年代以降 】

パイロット無しで自律飛行する空飛ぶクルマが、都市内交通、都市間交通におけるMaaS (Mobility as a Service) の中核として活用  従来型のヘリコプターでは実現不可能な活用方法  空飛ぶクルマは、ありふれた自動車のごとくに、誰でも手軽に利用できる「空を飛べる身近な乗り物」となる。

Ⅱ - 2

ドローンでわかる
空飛ぶクルマ(マルチコプター型)の飛行方法

ドローンの特徴

【電動】 リチウムポリマー電池で、ローターを回転させて飛行

【自律飛行】 GPSに基づく自律飛行（GPSに基づく安定した無線操縦も可能）

【垂直離着陸】 GPSやセンサーの働きにより垂直に離着陸できる。

つまり、

ドローンと空飛ぶクルマ（マルチコプター型）は、特徴が同じ

空飛ぶクルマの飛行方法を理解するには、ドローンの飛行方法を理解することが最も近道

ドローンの飛行方法は、

次のページへ



Matrice 300 RTK
(出典は中国DJI社のHP)

ドローンが飛行する仕組み

** 機体の向き・傾き・動き・周囲監視 **

地磁気・ジャイロ・加速度・イメージ等のセンサー

操縦信号

フライト
コントローラ

** 現在位置 **

GPS

** 目的地 **

各ローターの回転数を制御して飛行

ドローンの操縦は難しくない



ソニー Airpeak S1の無線操縦装置
(出典: ソニーのHP)

右スティックを上倒す → 前進

右スティックを下倒す → 後退

右スティックを左倒す → 左に進行

右スティックを右倒す → 右に進行

左スティックを上倒す → 上昇

左スティックを下倒す → 下降

左スティックを左倒す → 左に回転

左スティックを右倒す → 右に回転

ドローンの操縦(前進と後退)

DJI Matrice 200



前進する時は、前方のローターの回転数が減少して、後方のローターの回転数が増加

【前進】

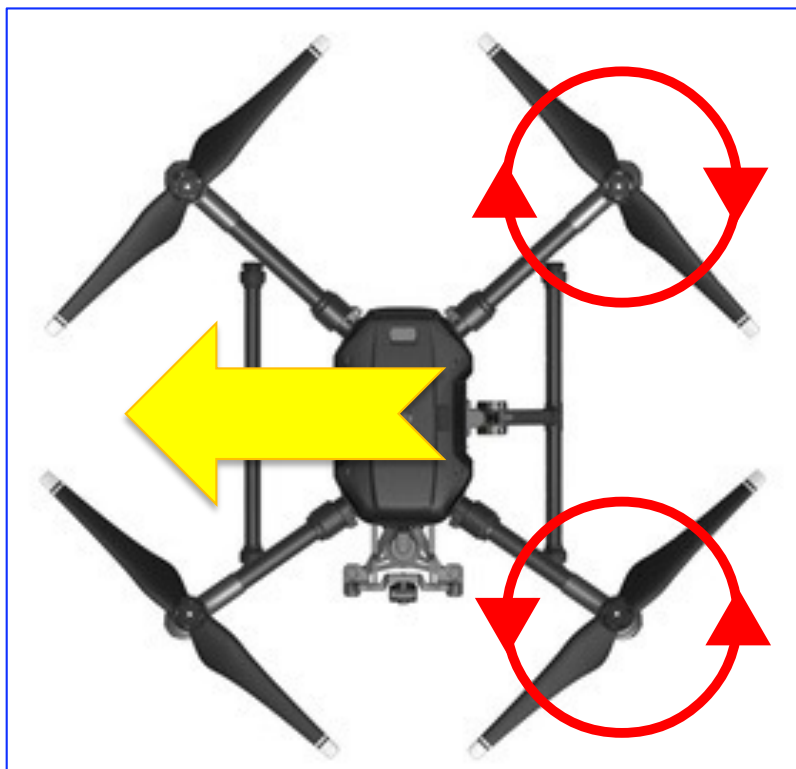
右スティックを上に倒せば、前方のローターの回転数が減少して後方のローターの回転数が増加することにより、ドローンは前のめりになって水平に前進

【後退】

右スティックを下に倒せば、前方のローターの回転数が増加して後方のローターの回転数が減少することにより、ドローンは後部を下げて水平に後退

ドローンの操縦(左右への進行)

DJI Matrice 200



左に進む時は、左側のローターの回転数が減少して、右側のローターの回転数が増加

【左への進行】

右スティックを左に倒せば、左側のローターの回転数が減少して右側のローターの回転数が増加するため、ドローンは右側を上げて左方向に水平に進行

【右への進行】

右スティックを右に倒せば、右側のローターの回転数が減少して左側のローターの回転数が増加するため、ドローンは左側を上げて右方向に水平に進行

ドローンの操縦(上昇と下降)

DJI Matrice 200



上昇する時は、全てのローターの回転数が増加

【上昇】

左スティックを上に倒せば、全てのローターの回転数が増加するため、ドローンは垂直に上昇

【下降】

左スティックを下に倒せば、全てのローターの回転数が減少するため、ドローンは垂直に下降

ドローンの操縦(機首の左右への回転)

DJI Matrice 200



機首を左に回転する時は、左に回転するローターを減速して、右に回転するローターを加速

【左に回転】

左スティックを左に倒せば、左に回転するローターを減速し、右に回転するローターを加速するので、その反力によりドローンの機首は左に回転

【右に回転】

左スティックを右に倒せば、右に回転するローターを減速し、左に回転するローターを加速するので、その反力によりドローンの機首は右に回転

Ⅱ－３

従来型のヘリコプターの飛行方法

従来型のヘリコプターの飛行方法

ターボシャフトエンジン(ガスタービンエンジンの一種)で、メインローターとテールローターを回転させて飛行 → 各ローターの回転数はほぼ一定として、各ローターのブレード(一枚一枚の羽根)の迎角(回転面に対するブレード面の角度)を変えることにより、メインローターの揚力の大きさとその分布、テールローターの推力を調整する。

各ローターの役割



中型の消防防災ヘリコプター
(出典は東京消防庁のHP)

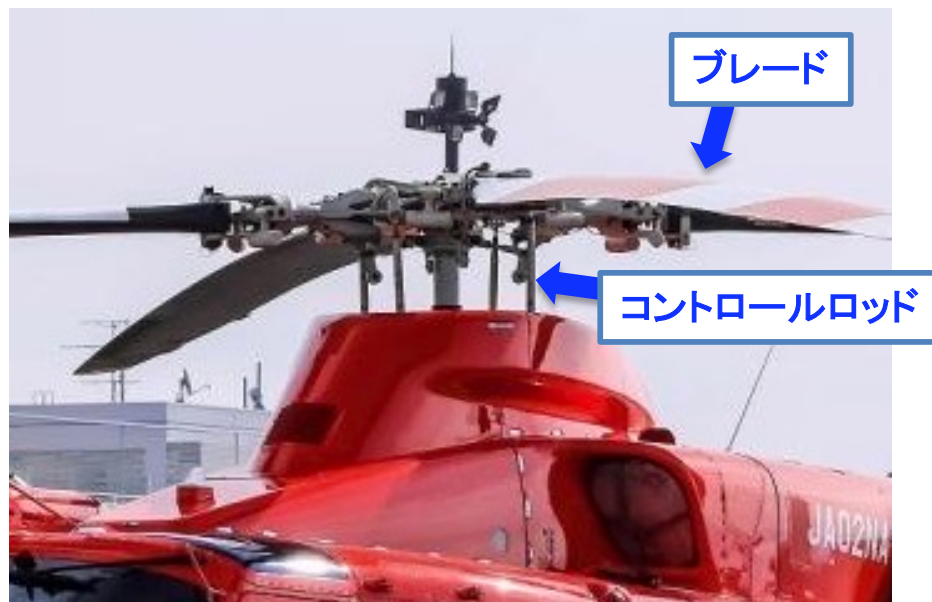
メインローター → 上昇と下降、ピッチ制御(機首が下向きか上向きか)による前進と後退、ロール制御(機体が左転か右転か)による左右への移動の役割を担う。

テールローター → メインローター回転の反力による機体の回転を止めるとともに、機首の向きを左右に振るヨー制御の役割を担う。

ヘリコプターのメインローターの仕組み

メインローターのブレード(一枚一枚の羽根)は、ブレードに取り付けられたコントロールロッドを上下に動かすことにより、ブレードごとにその迎角(回転面に対するブレード面の角度)を変えることができる。 → 操縦席のコレクティブピッチレバーの操作により、コントロールロッドは一律に上下し、操縦席のサイクリックピッチレバーの操作により、コントロールロッドは回転面におけるブレードの位置に応じて自動的に上下する。

つまり、



ヘリコプターのメインローターの付け根部分
(出典は長野県のHP)

サイクリックピッチレバーの操作により、メインローターの回転面における揚力の強弱の分布を生み出すことができる。

→ ヘリコプターは、このような揚力の強弱の分布を利用して、**ピッチ制御**(機首が下向きか上向きか)と**ロール制御**(機体が左転か右転か)を行っている。

ヘリコプターは垂直離着陸が苦手

垂直降下によるヘリコプターの着陸 →
にくいいため、垂直降下による着陸は非常に危険

ヘリコプターの操縦士は真下が見え

垂直上昇によるヘリコプターの離陸 →
するには、非常に大きなパワーが必要となる。

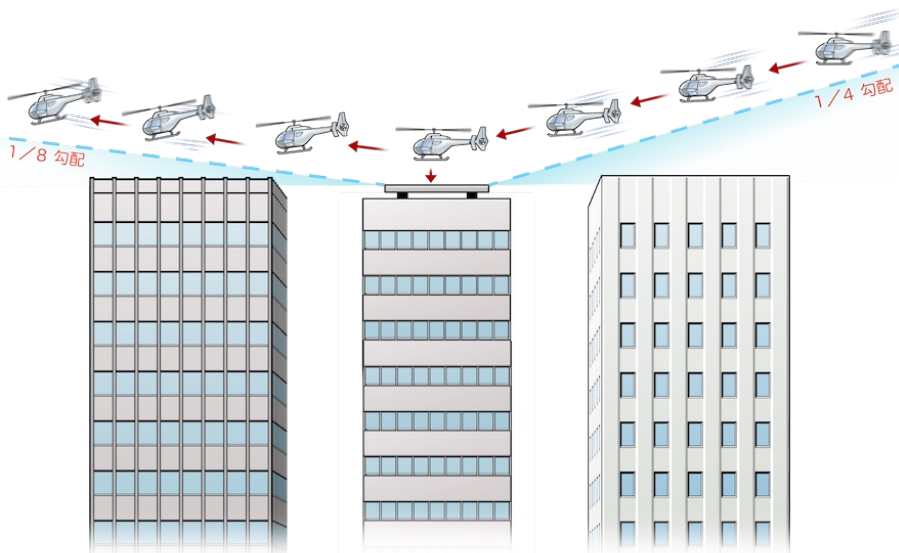
ヘリコプターが垂直に上昇して離陸

このため、



ヘリコプターは、勾配が緩やかな斜め飛行
で離着陸する。

→ ビルの谷間のような場所に離着陸することはできない。また、ビル屋上の緊急離着陸場（“H”のマーク）は、勾配が緩やかな斜め飛行で離着陸できることが、設置の必須条件



ヘリコプターは斜め飛行で離着陸
(出典はエアロファシリティ(株)のHP)

ヘリコプターが飛行する上での制約条件

我が国では、ヘリコプターは、**飛行場(空港とヘリポート)以外の場所での離着陸と、最低安全高度(人口密集地は300m、その他は150m)以下での飛行**が、次の①又は②の場合を除いて禁止されている。

- ① 搜索又は救助の目的で航行するヘリコプター ← 数十機のドクターヘリを含む。
- ② 国土交通大臣の許可を受けて航行するヘリコプター ← 数百機の事業用ヘリコプターの総飛行時間の約半分が最低安全高度以下での活動に伴う飛行



ビル屋上の緊急離着陸場
(出典はエアロファシリティ(株)のHP)

ところで、

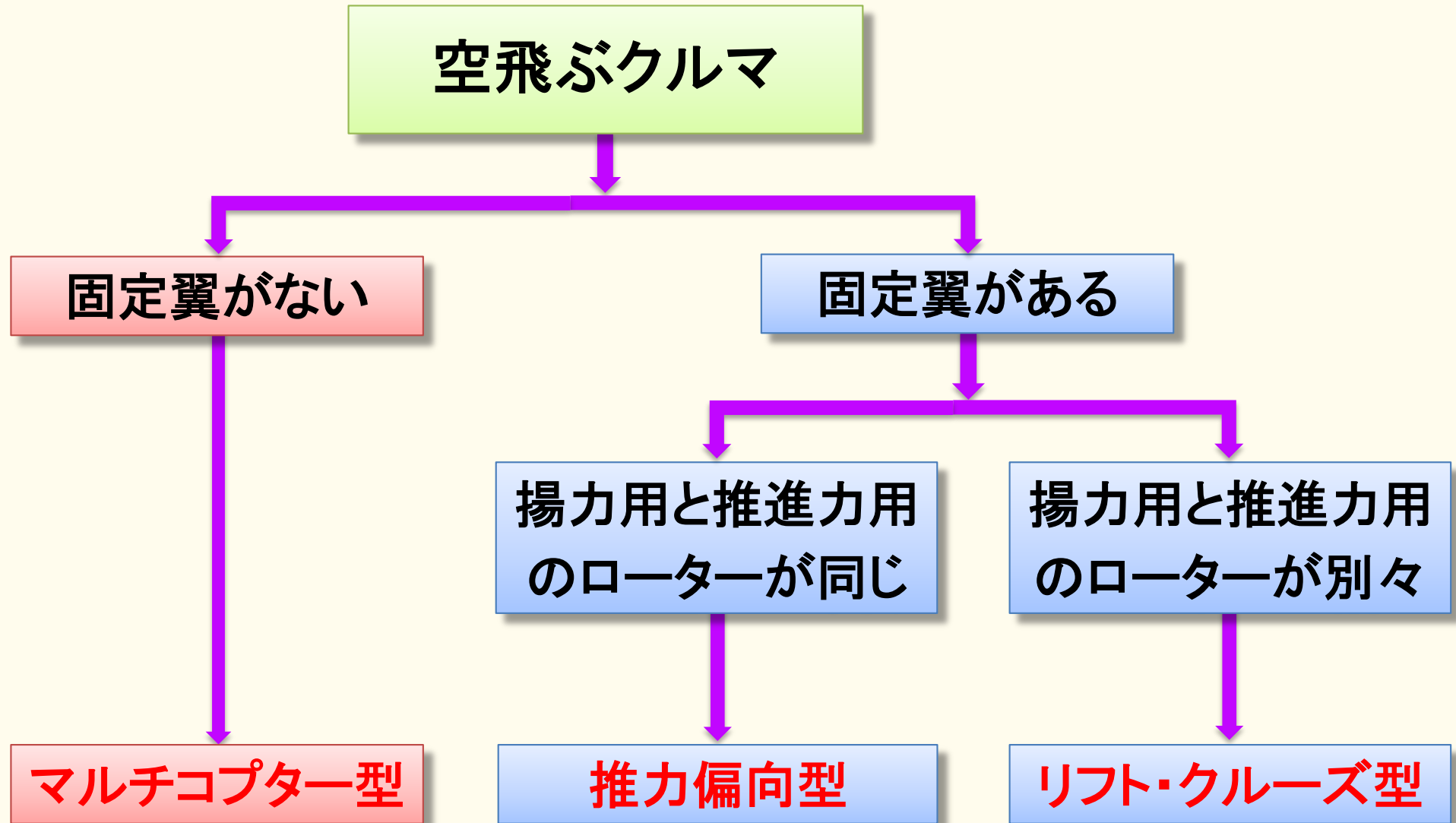
ビル屋上の黄色い“H”のマークは、そのほとんどが「緊急離着陸場」 ← ヘリポートではないため、ビル火災発生時に消防防災ヘリコプターが消火活動や救助活動のために離着陸する場合の他には使用することができない。 ← **頻繁な離着陸に耐える強度が確保されていない。**

III

空飛ぶクルマの三形態

空飛ぶクルマに搭載するリチウムイオン電池の容量は、電池重量1kgあたり200～300Whほどであり、航空機燃料と比べたエネルギー密度は1/40～1/100程度にすぎない。このため、今日の空飛ぶクルマでは、機体重量の半分程度を電池の重量が占めてしまう。

空飛ぶクルマの三形態



空飛ぶクルマの三形態

**** マルチコプター型の特徴 ****



マルチコプター型の空飛ぶクルマ
(出典は中国Ehang社のニュースリリース)

【メリット】

複数のローターの各回転数をフライトコントローラで一元的に制御することにより、機体を自在に飛行させることができる。



マルチコプター型の飛行

制御は容易

【デメリット】

固定翼がないため、飛行中の機体の揚力はローターの回転のみで生み出さなければならない。また、進行したい方向への機体の推進力は、ローターの回転軸を機体ごと傾斜させることにより生み出さなければならない。



マルチコプター型は、長距離飛行

や高速飛行に不適

空飛ぶクルマの三形態

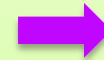
*** 推力偏向型の特徴 ***



推力偏向型の空飛ぶクルマ
(出典はドイツLilium社のメディアキット)

【メリット】

垂直離着陸時やホバリング時の機体の揚力はローターの回転のみで生み出さなければならないが、高速飛行時の機体の揚力は固定翼により生み出されるため、ローターの回転は推進力を効率的に生み出すことができる。



推力偏向型は、長距離飛行や高速飛行に最適

【デメリット】

垂直離陸して高速飛行に移る際には、ローターの回転軸を垂直方向から水平方向にシフトさせ、高速飛行から垂直着陸に移る際には、ローターの回転軸を水平方向から垂直方向にシフトさせる必要があるが、ローターの回転軸をシフトさせる際の機体制御は難しい。

空飛ぶクルマの三形態

**** リフト・クルーズ型の特徴 ****



リフト・クルーズ型の空飛ぶクルマ
(出典は我が国のテトラ・アビエーション社のHP)

【メリット】

リフト時専用のローターとクルーズ時専用のローターを備えているため、ローターの回転軸をシフトさせる推力偏向型と比べて、リフト・クルーズ型の機体制御は難しい。また、クルーズ時の機体の揚力は固定翼により生み出されるため、リフト・クルーズ型は、長距離飛行や高速飛行に適している。

【デメリット】

リフト・クルーズ型では、リフト時専用の多数のローターはクルーズ時の機体には負荷となるばかりであるため、推力偏向型と比べて電力消費効率が劣りがち → リフト・クルーズ型の航続距離は、推力偏向型と比べて劣りがち

IV

マルチコプター型の空飛ぶクルマ

IV-1

マルチコプター型の空飛ぶクルマ
ドイツVolocopter社の「VoloCity」

ドイツVolocopter社の「VoloCity」

* 大都市内での短距離移動用エアタクシーの実現が目標 *



(出典はドイツVolocopter社のHP)



(出典はドイツVolocopter社のLinkedIn記事)

VoloCityは、18個のローターを9系統(9個)のリチウムイオン電池(5分で交換が可能)で駆動するマルチコプター型

【VoloCityの主なスペック】

- 2人乗り(最大積載量は200kg)
- 最高速度は約110km/h
- 巡航速度90km/hでの航続距離は約35km
- 機体サイズは、高さが2.5m、リムの直径が9.3m、ローターの直径が2.3m

VoloCityは、2024年の商用運行開始を目指して、EASA(欧州航空安全機関)の型式証明取得に向けた審査プロセスが進んでいる。 ➡ 大都市内での短距離移動用エアタクシーの実現に向けて、シンガポール等の都市部で試験飛行を行い、電池交換ロボットを備えたVoloPort(VoloCity等の専用離発着場)の整備などを計画

IV-2

マルチコプター型の空飛ぶクルマ
中国EHang社の「Ehang 216」

中国EHang社の「Ehang 216」

*** 指揮統制センターの監視制御下でパイロットが搭乗せずに自律飛行 ***



(出典は中国Ehang社のニュースリリース)



(出典は中国Ehang社のLinkedIn記事)

Ehang 216は、8本のアーム先端の上下に16個のローターを備えるマルチコプター型 **➡** 指揮統制センターの監視制御下での自律飛行を前提とした、操縦席の無い2人乗り **➡** 乗客は、客席前面のディスプレイパネルで航行状況等を確認できる。

【EHang 216の主なスペック】

- 2人乗り(最大積載量は220kg)
- 最高速度は約130km/h
- 航続距離は最大積載時に約30km
- 機体サイズは、高さ1.85m × 幅5.63m
- **垂直離着陸のためのビジュアルポジショニング**

指揮統制センターの役割 **➡** EHang社の複数の機体が同時運行できるように、ルート計画の立案と調整を行う。また、電池残量や飛行状態(位置、高度、速度、姿勢)等を4G/5G回線を用いて監視し、異常事態発生時には遠隔制御により安全に着陸させる措置を講じる。

IV-3

マルチコプター型の空飛ぶクルマ

我が国のSkyDrive社の
「SD-03」と次世代型「SD-05」

我が国のSkyDrive社の「SD-03」と次世代型「SD-05」

*** 「SD-03」は1人乗りで、「SD-05」は2人乗り ***



SD-03 (出典はSkyDrive社のHP)

SD-03は、8つのローター(4箇所につき2つずつ)を備える1人乗りのマルチコプター型 → 機体サイズは、幅4m × 長さ4m × 高さ2mの世界最小クラスであり、40~50km/hの巡航速度で5~10分間の飛行が可能



SD-05 (出典はSkyDrive社のプレス発表資料)

SD-05は、12個のローターを備える2人乗りのマルチコプター型 → 機体サイズは、幅9.4m × 長さ9.4m × 高さ2.7mであり、航続距離は約10km、最高速度は100km/hを予定

→ 2025年の商用運行開始を目指して、2021年10月、型式証明の申請が国土交通省に受理された。

V

推力偏向型の空飛ぶクルマ

V-1

推力偏向型の空飛ぶクルマ
米国Joby Aviation社の「Joby S4」

米国Joby Aviation社の「Joby S4」

*** 6つのローターの全てを推力偏向して高速・長距離飛行 ***



(出典は米国Joby Aviation社のニュースリリース)



(出典は米国Joby Aviation社のLinkedIn記事)

Joby S4は、6つのローターの内の4つのローターがモーターナセルごとチルトして、残りの2つのローターはリンク機構でローター部分だけがチルトする推力偏向型



【Joby S4の主なスペック】

- パイロットを含めた5人乗り
- 最高速度は約320km/h
- 航続距離は約240km
- 機体サイズは翼幅10.7m × 長さ7.3m



Joby S4は、2024年の商用運行開始を目指して、FAA(米連邦航空局)の型式証明取得に向けた審査プロセスが進んでいる。 ➡ 2022年10月、Joby S4は、我が国の航空法における型式証明取得に向けた国土交通省への申請が受理された。

V-2

推力偏向型の空飛ぶクルマ
英国Vertical Aerospace社の「VX4」

英国Vertical Aerospace社の「VX4」

** 8つのローターの内の4つを推力偏向して巡航 **



(出典は英国Vertical Aerospace社のLinkedIn記事)



(出典は英国Vertical Aerospace社のHP)

VX4は、主翼前部の4つのローターを推力偏向して、垂直離着陸時と巡航時に用いるが、主翼後部の4つのローターは推力偏向せず、垂直離着陸時のみに用いる推力偏向型

【VX4の主なスペック】

- パイロットを含めた5人乗り
- 巡航速度は約240km/h
- 航続距離は約160km
- 機体サイズは翼幅15m × 長さ13m × 高さ4m
- 引き込み式の三輪車輪式着陸装置

VX4は、2024年の商用運行開始を目指して、EASA(欧州航空安全機関)の型式証明取得に向けた審査プロセスを進めている。

V-3

推力偏向型の空飛ぶクルマ
ドイツLilium社の「Lilium Jet」

ドイツLilium社の「Lilium Jet」

*** 推力偏向できる36個の電動ジェットエンジンを搭載 ***



(出典はドイツLilium社のニュースリリース)

Lilium Jetは、36個の電動ジェットエンジン(小型のダクトファン)を、前翼のフラップに12個備え、主翼のフラップに24個備えた推力偏向型 **➡** フラップの角度制御により、離着陸時には全ての推力を垂直下方向とし、巡航時には全ての推力を水平方向とする。 **➡** 巡航時の揚力は、主翼で6割、前翼で2割、胴体で2割の割合で確保



(出典はドイツLilium社のニュースリリース)

【Lilium Jetの主なスペック】

- パイロットを含めた7人乗り
- 航続距離は250km以上
- 機体サイズは翼幅13.9m × 長さ8.5m **➡** 既存のヘリポート(米国では約14000箇所)を利用できる14m未満の翼幅

Lilium Jetは、2025年の型式証明[EASA(欧州航空安全機関)とFAA(米連邦航空局)の両方]の取得を目指している。

VI

リフト・クルーズ型の空飛ぶクルマ

VI-1

リフト・クルーズ型の空飛ぶクルマ
我が国のテトラ・アビエーション社の「Mk-5」

我が国のテトラ・アビエーション社の「Mk-5」

* 1人乗りの自家用航空機として予約販売受付中(2022年度中に納品) *



(出典はテトラ・アビエーション社のHP)

【テトラ・アビエーション株式会社】

2018年に設立した東京大学発のベンチャー企業 → ボーイングが主催する個人用飛行装置の国際コンテスト「GoFly」において、2020年に「Mk-3」(4つのローターで飛行する1人乗り)がプラットアンドホイットニー・ディスラプター賞を受賞し、10万ドルの賞金を獲得

Mk-5は、固定翼に設置した32個のローターを垂直離着陸に用いて、垂直尾翼後部に設置した1個のローターと固定翼を巡航に用いるリフト・クルーズ型 →
パイロットのみの1人乗りで、最新バージョンでの航続距離は160km、巡航速度は160km/h。機体の大きさは、幅8.62m × 長さ6.15m × 高さ2.51m



Mk-5は、米国で飛行試験等を行うための認証(特別対空証明証および飛行許可証)を、2021年8月に取得
→ 2021年7月に、40万米ドル(約6千万円)で予約販売開始 → 2023年3月までに組み立てキットとして納品予定

VI-2

リフト・クルーズ型の空飛ぶクルマ
ドイツVolocopter社の次世代型「VoloRegion」

ドイツVolocopter社の次世代型「VoloRegion」

* 2022年10月、VoloConnectはVoloRegionに名称変更 *



(出典はドイツVolocopter社のニュースリリース)



(出典はドイツVolocopter社のニュースリリース)

VoloRegionは、垂直離着陸用として6つのローターを備え、推進用に2つの電動ダクトファンを備えるリフト・クルーズ型 ➡ 2022年5月、プロトタイプの初の試験飛行に成功 ➡ 2026年の運用開始を目指している。



【VoloRegionの主なスペック】

- 4人乗り
- 最高速度は250km/h
- 巡航速度約180km/hで約100kmの飛行が可能

VI-3

リフト・クルーズ型の空飛ぶクルマ
中国EHang社の次世代型「VT-30」

中国EHang社の次世代型「VT-30」



*** 指揮統制センターの監視制御下でパイロットが搭乗せずに自律飛行 ***



(出典は中国Ehang社のニュースリリース)




(出典は中国Ehang社のニュースリリース)

VT-30は、垂直離着陸用として4ヶ所に8つのローターを備え、推進用に1つのローターを備えるリフト・クルーズ型 
指揮統制センターの監視制御下での自律飛行を前提とした、操縦席の無い2人乗り  乗客は、客席前面のディスプレイパネルで航行状況等を確認できる。

【VT-30の主なスペック】

- 最高速度は200km/h
- 最大ペイロードでの航続距離は300km
- 機体重量は700kg
- 固定式三輪車輪式着陸装置を備えているため、飛行機のように着陸可能

指揮統制センターの役割  EHang社の複数の機体が同時運行できるよう、ルート計画の立案と調整を行う。また、電池残量や飛行状態(位置、高度、速度、姿勢)等を4G/5G回線を用いて監視し、異常事態発生時には遠隔制御により安全に着陸させる措置を講じる。

VI-4

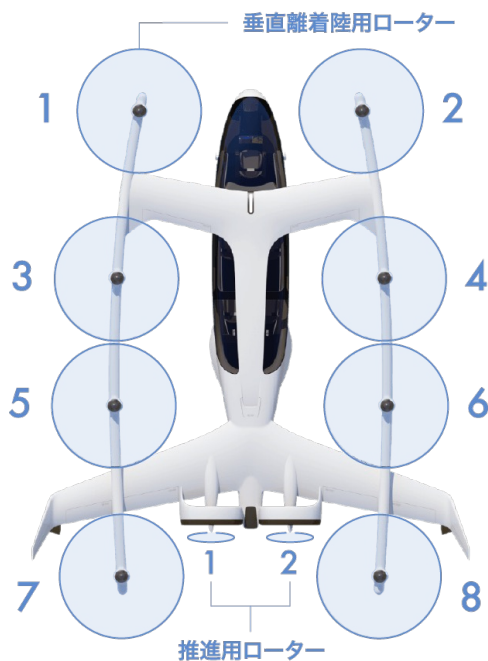
リフト・クルーズ型の空飛ぶクルマ
ホンダが開発に着手した「Honda eVTOL」

ホンダが開発に着手した「Honda eVTOL」

* ガスタービン発電機と蓄電池のハイブリッドシステムで長距離飛行 *



(出典は本田技研工業のニュースリリース)



(出典は本田技研工業のHP)

Honda eVTOLは、垂直離着陸用に8つのローターと、推進用に2つのローターを備えるリフト・クルーズ型 **→** パイロットを含めた5人乗りで、400kmの航続距離を目指す。

【ガスタービン発電機と蓄電池のハイブリッドシステム】

8つのローターを回転させるために大出力が必要となる**垂直離着陸時には、ガスタービン発電機からの電力と蓄電池からの電力を共に利用** **→** 2つのローターを回転させるクルーズ時には、ガスタービン発電機からの電力を蓄電池に蓄えながら**モーターを駆動して飛行** **→** 長距離飛行が可能となり、急速充電設備や充電にかかる時間も不要

2030年を事業化の目標時期として、2025年に米国でハイブリッドシステムの機体を飛行させる計画

VII

空飛ぶクルマの商用運航に欠かせない
「型式証明」と「耐空証明」

有人航空機の「耐空証明」と「型式証明」

* 空飛ぶクルマの商用運航には、国土交通大臣の耐空証明が必要 *

【耐空証明】

国土交通大臣の「耐空証明」とは、有人航空機が下記の基準に適合するかどうかを設計、製造過程、現状について1機ごとに検査し、適合が認められた機体であることの証 → 「耐空証明」
を受けていない有人航空機は、航行させることができない。(航空法第11条)

- 有人航空機の安全性を確保するための強度、構造及び性能についての基準（安全基準）
- 有人航空機の騒音についての基準（環境基準）
- 有人航空機の発動機の排出物についての基準（環境基準）

【型式証明】

国土交通大臣の「型式証明」とは、有人航空機の設計が前記の基準に適合するかどうかを設計と製造過程について検査し、適合が認められた設計であることの証 → 「型式証明」を受けた機体については、「耐空証明」における設計と製造過程の検査の一部が省略される。

そこで、





次のページへ

そこで、 前のページから

空飛ぶクルマも有人航空機の一つとして、商用運航に向けて「耐空証明」を取得しなければならぬため、**空飛ぶクルマに適用する基準の策定が我が国でも進められている。**

しかし、

ドイツのVolocopter社と、米国のJoby Aviation社の空飛ぶクルマは、それぞれ、**欧州航空安全機関(EASA)や米連邦航空局(FAA)の型式証明取得に向けた最終段階**にある。2024年頃には、耐空証明を取得した機体を使った商用運航が始まる見込みである。

 我が国での型式証明は、EASAやFAAで決められたものを参考とするのが通例であるので、空飛ぶクルマの商用運航は欧米が先行する。  我が国では、**2025年の大阪・関西万博での空飛ぶクルマの商用運航開始を目指している。**


【 型式証明のプロセス 】

型式証明の申請者と航空当局との間で、申請された機体の安全性を確保するための要件を確定した上で、その要件への適合性を証明するための手法(Means of Compliance: MoC)について合意し、MoCに従って適合性の審査を進める。

「耐空証明」無しの試験飛行には「許可」が必要

* 「空飛ぶクルマ」の試験飛行等に係る航空法の適用関係のガイドライン *

空飛ぶクルマの開発に欠かせない試験飛行については、航空法第11条但し書の規定に基づき、国土交通大臣の許可を受けることにより「耐空証明」無しで飛行させることができる。しかし、この許可を受ける手続きは、これまでかなり煩雑であった。

そこで、



【「空飛ぶクルマ」の試験飛行等に係る航空法の適用関係のガイドライン】

国土交通省が、2022年3月に公表したガイドラインである。

このガイドラインの目的は、空飛ぶクルマの試験飛行を後押しすることにより、試験飛行を行うための申請書のひな型を用意するとともに、試験飛行の申請窓口を国土交通省航空局次世代航空モビリティ企画室に一元化して、ガイドラインに沿った申請を行えば国土交通大臣の許可を速やかに受けられるようにしている。


VIII

空飛ぶクルマの商用運行に向けた 我が国の動向

VIII-1


空の移動革命に向けた官民協議会

空の移動革命に向けた官民協議会(2018年設立)

空飛ぶクルマの実現に向けて、我が国として取り組んでいくべき技術開発や制度整備について官民の関係者が一堂に介して協議する場として、2018年8月に設立  空の移動革命に向けたロードマップ(2018年12月の初版以来4年振りとなる改訂版が2022年3月に公表)を策定して、技術開発や制度整備などについての行程を示している。

2022年3月に公表 

空の移動革命に向けたロードマップ改訂版

空の移動革命に向けたロードマップ改訂版(2022.3.18)では、大阪・関西万博が重要な目標の一つとして設定された。  空飛ぶクルマの社会実装に向けた課題として、機体の電動化、自律飛行、安全性確保に向けた技術開発の他、離着陸管理や航空管制に関する技術開発が必要としている。また、離着陸場や周辺インフラの整備、並びに事業環境の構築に向けた法規制などの制度整備が必要としている。

空の移動革命に向けたロードマップ改訂版

具体的には、




- 利活用については、**2025年の大阪・関西万博までを実証期間**とし、その後の2020年代後半に商用運航を拡大する事業として、都市交通、地方交通、救急医療、荷物輸送の4つがあげられた。
- 機体の安全性の基準整備については、座席数9席以下の機体とし、操縦者がいる場合といない場合で基準を整備していくとした。
- 技能証明の基準整備については、遠隔操縦を含む操縦者と機体の整備者の基準を整備していくとした。
- 空域・運航に係る環境整備については、大阪・関西万博に向けて、空飛ぶクルマの空域管理体制や、旅客輸送と荷物輸送を想定したガイドラインなどを整備していくとした。
- 離着陸場の整備については、既存の空港に加え、建物の屋上に離着陸場を整備していくとした。
- 技術開発については、空飛ぶクルマの安全性・信頼性を確保するため、機体や部品の性能評価手法等の開発を進めていくとした。

VIII-2

空の移動革命社会実装大阪ラウンドテーブル


空の移動革命社会実装大阪ラウンドテーブル(2020年設立)

** 2025年大阪・関西万博での空飛ぶクルマの商用運航実現を目指す **

大阪府では、2020年11月、産官学が協力・連携する場として「**空の移動革命社会実装大阪ラウンドテーブル**」を設立  当面の目標として、**2025年大阪・関西万博での空飛ぶクルマの商用運航実現を目指し、実務的協議や実証実験等を進める**ことにより、国における制度設計やルール作りに資する具体的な課題の抽出や提案を行う。

具体的には、 

大阪でのビジネスプラン実現をめざす事業者を中心に、産官学が協力・連携して、国や公益財団法人2025年日本国際博覧会協会とも情報共有しながら取組みを進めている。

 4つのワーキンググループを設置して議論を重ねながら、実地での実証実験等を実施してきた結果に基づき、2022年3月、「**空の移動革命社会実装に向けた大阪版ロードマップ**」を策定して公表

大阪版ロードマップを 

2022年3月に公表

次のページへ

空の移動革命社会実装に向けた大阪版ロードマップ

* 大阪における空飛ぶクルマの実現に向けた取組指針 *

「空の移動革命社会実装に向けた大阪版ロードマップ」(2022年3月に公表)は、国の官民協議会が策定した「空の移動革命に向けたロードマップ」が示す行程を踏まえ、大阪における空飛ぶクルマの実現に向けた今後の取組指針を示すもの

➡ 「空飛ぶクルマ都市型ビジネス創造都市」の実現に向けた事業展開について、「立ち上げ期」(2025年頃)、「拡大期」(2030年頃)、「成熟期」(2035年頃)として整理

➡ 2025年大阪・関西万博までの各年度ごとの具体的な取組みについて、①実証実験に向けた環境整備、②離発着場の整備、③事業環境の整備、④社会受容性の確保に向けた取組の促進、⑤国との連携、⑥府内外の自治体との連携、⑦在阪・大阪RT Green/Orange Table参画事業者との連携、の7つの領域に分けてそれぞれのアクションプランを整理

立ち上げ期・拡大期・成熟期の

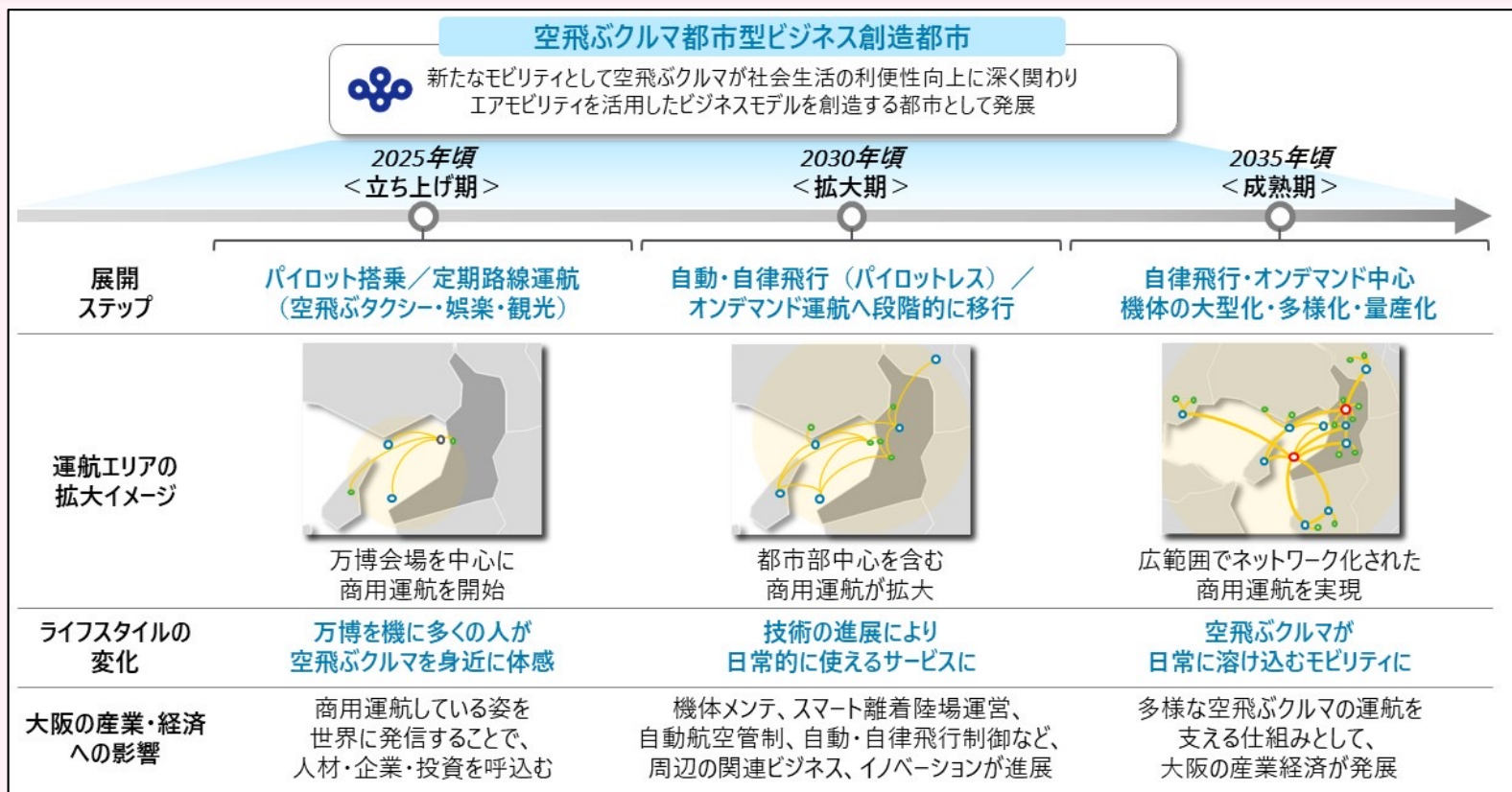
事業展開は、

次のページへ

「空飛ぶクルマ都市型ビジネス創造都市」の実現に向けた事業展開



- 「立ち上げ期」(2025年頃)** ➡ 万博を当面の目標に据え、パイロット搭乗による定期路線の商業運航を実現し、多くの人々が空飛ぶクルマを身近に体験し、その姿の世界への発信を目指す。
- 「拡大期」(2030年頃)** ➡ パイロットが搭乗しない自律飛行やオンデマンド運航への移行により、日常的な利用拡大とともに、サービスを支える関連ビジネスやイノベーションの進展を目指す。
- 「成熟期」(2035年頃)** ➡ 機体の大型化・多様化・量産化、サービスの広域化により、日常的な移動利用の浸透、府民生活の質の向上、大阪の産業経済の発展につなげていくことを目指す。



(出典は「空の移動革命社会実装に向けた大阪版ロードマップ/アクションプラン」)

IX

空飛ぶクルマの商用運航に向けた インフラ整備

IX-1

空飛ぶクルマの商用運航に欠かせない
専用の離発着場(Vポート)

空飛ぶクルマ専用の離発着場(Vポート)

*** 都市部でのエアタクシーの成否はVポート次第 ***

Vポートには、空飛ぶクルマが垂直に離着陸するスペースの他に、機体の待機スペース、充電設備 (or 電池交換設備)、チェックインや待合などの乗客用施設が必要

しかし、

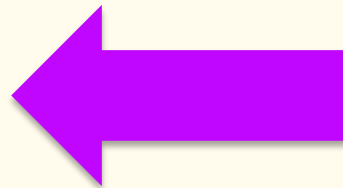


高層ビル屋上のヘリコプター緊急離着陸場(Hマーク)や緊急救助用スペース(Rマーク、着陸できずホバリングで救助)は、Vポートへの転換は難しい。 ← 頻繁な離着陸に耐える強度が確保されておらず、機体の待機スペース、充電設備、乗客用施設を設置できる場所の確保も容易ではない。



Vポートのイメージ画像
(出典はドイツVolocopter社のニュースリリース)

転換は難しい



ビル屋上の緊急離着陸場
(出典はエアロファシリティ(株)のHP)

Vポートの設計基準策定の動き

** 都市部への設置を前提とした安全性等を担保するための設計基準 **

【 FAA(米連邦航空局) 】

FAAは、2022年3月、Vポートの暫定的な設計ガイダンスを発表
までに、Vポートの設計に関する基準を策定する予定



2024年9月頃

【 EASA(欧州航空安全機関) 】

EASAは、2022年3月、Vポートの技術仕様のプロトタイプ文書を発表

【 我が国 】

我が国では、2022年、「空の移動革命に向けた官民協議会」の中に、空飛ぶクルマの離着陸場(Vポート)を検討する「離着陸場ワーキンググループ」を設置して、以下の5項目について検討を進めている。

- ① 既存制度の活用可否、② 社会実装のための環境整備(緊急離着陸場などの活用)、
- ③ Vポートの動向や要件の調査、④ Vポート周辺における飛行方式、⑤ 運航形態に合わせたセキュリティーの確保

Vポートの設置に向けた動き


【英国Vertical Aerospace社】

Vertical Aerospace社は、2021年10月、空港設備管理会社のFerrovial社と提携し、英国内の25ヶ所にVポートを建設してVポート・ネットワークを構築する計画を発表

【英国Urban-Air Port社】

Urban-Air Port社は、2027年頃までに、米国や欧州、アジア太平洋の主要な地域200ヶ所以上に独自のVポートを設置していく計画

【英国Skyports社】

Skyports社は、2022年1月、ロンドン市内のヘリポートを買収して、Vポート向けに開発したシステムの実証を開始  2022年2月、シンガポール政府及びドイツVolocopter社との提携を発表し、シンガポールでの商用運航開始に向けた取組みを推進中

IX-2

空飛ぶクルマの高密度運航に欠かせない
専用の航空路(コリドー)

FAA(米連邦航空局)が予見する空飛ぶクルマの飛行方法

** 将来的には専用航空路をパイロット無しで自律飛行 **

【 初期段階 】

これまでの有人航空機と同様に、有人航空機の飛行ルールに従って、搭乗したパイロットが操縦して飛行



【 発展段階 】

専用コリドー(固定して設定)を、専用のルールに従って、パイロットが搭乗して計器飛行
➡ 専用コリドーを外れる場合には、有人航空機の飛行ルールに従って飛行



【 最終段階 】

専用コリドー(柔軟に設定)を、専用のルールに従って、パイロット無しで自律飛行

EASA(欧州航空安全機関)では、無人航空機(Unmanned Aircraft System : UAS)専用指定した空域(U-Space空域)を、空飛ぶクルマも飛行

X

空飛ぶクルマに欠かせなくなる
安全対策技術

X-1

初期段階の空飛ぶクルマ(パイロットが操縦)
ヘリコプターと共存するためのADS-B

空飛ぶクルマがヘリコプターと共存するには


*** 空飛ぶクルマとヘリコプターの飛行空域の完全分離は困難 ***

航空法が対象とする航空機は、有人航空機と無人航空機に二大別されている。このため、現状の航空法の枠組みのままであれば、**空飛ぶクルマは、垂直に離着陸できる有人航空機（つまり、ヘリコプター）の範疇**となる。

ところが、ヘリコプターでは、

我が国では、ヘリコプターは、飛行場（空港とヘリポート）以外の場所での離着陸と、最低安全高度（人口密集地は300m、その他は150m）以下での飛行が、次の①又は②の場合を除いて禁止されている。

- ① 搜索又は救助の目的で航行するヘリコプター（ドクターヘリを含む。）
- ② 国土交通大臣の許可を受けて航行するヘリコプター（事業用ヘリコプターの総飛行時間の約半分が最低安全高度以下での活動に伴う飛行）

 つまり、**空飛ぶクルマとヘリコプターの飛行空域を完全に分離することは困難**

安全に共存するには、

 次のページへ

前のページから

安全に共存するには、



欧米等では、有人航空機にADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)の搭載の義務付けが進められているが、我が国では未だ義務付けられていない。そこで、**空飛ぶクルマを含めた有人航空機へのADS-Bの搭載を義務付けて、ADS-B信号電波の受信により近傍を飛行する有人航空機の動向をリアルタイムに把握する仕組みが必要**



【 ADS-B 】

ADS-Bとは、有人航空機に搭載した送信機から、当該機の運行情報やGPS等の衛星測位システムに基づく位置、速度、進行方向等に関する120ビットの情報を、1090MHz帯の電波を用いて0.4~0.6秒のランダムな間隔で広範囲(半径数百km)に無指向で送信する航空交通監視技術

X-2

専用航空路を自律飛行する空飛ぶクルマ

FAA(米連邦航空局)が予見する空飛ぶクルマの飛行方法

** 将来的には専用航空路をパイロット無しで自律飛行 **

【 初期段階 】

これまでの有人航空機と同様に、有人航空機の飛行ルールに従って、搭乗したパイロットが操縦して飛行



【 発展段階 】

専用コリドー(固定して設定)を、専用のルールに従って、パイロットが搭乗して計器飛行
➡ 専用コリドーを外れる場合には、有人航空機の飛行ルールに従って飛行



【 最終段階 】

専用コリドー(柔軟に設定)を、専用のルールに従って、パイロット無しで自律飛行

これには、



次のページへ

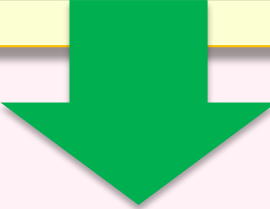
前のページから

これには、



パイロット無しで自律飛行する空飛ぶクルマには、パイロットの目と頭脳を代替できる「高度な外界センシング技術」を備える必要 → ドライバー無しの自動運転車搭載の「外界センシング技術」などがモデル

そこで、



- * 【参考1】として、「自動運転車の外界センシング技術」を掲載 *
- * 【参考2】として、「AIの目で障害物回避飛行ができるドローン」を掲載 *

X-3

【参考1】

自動運転車の外界センシング技術

車の自動運転の仕組み

* 周辺監視 *

ビデオカメラ ・ ライダー(LiDAR) ・ ミリ波レーダー

センサーフュージョン
やSLAMの技術

* 位置確認 *

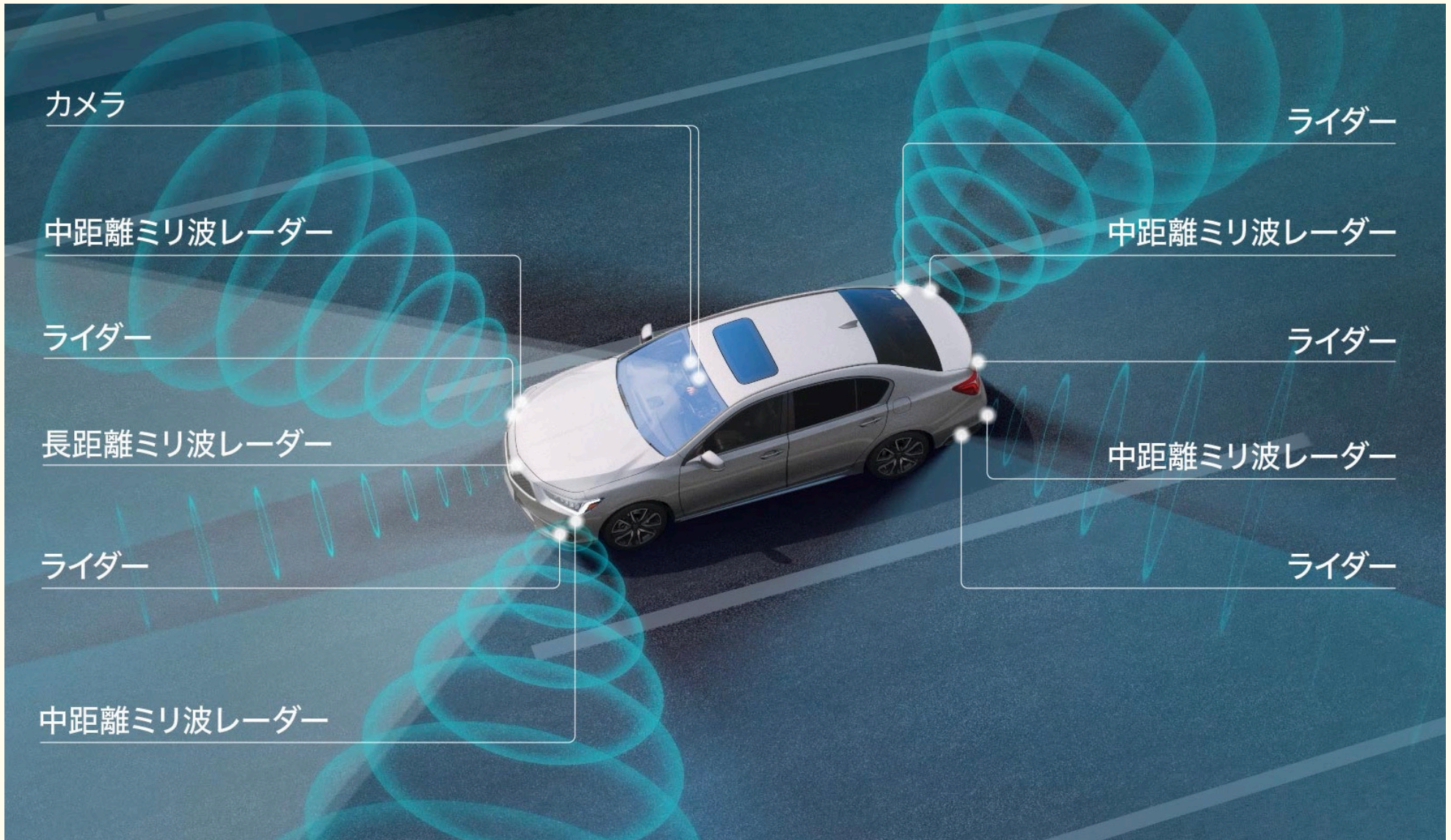
AI(人の認知・予測・
判断・操作を代行)

高精度衛星測位
3次元デジタル地図

* 運転操作 *

ハンドル ・ アクセル ・ ブレーキを自動制御

自動運転車に搭載された外界センサー



(出典はHondaのHP)

車の自動運転の仕組み

周辺監視機能・位置確認機能・運転操作機能が
人の運転を代行

具体的には、



周辺監視機能：ビデオカメラ・ライダー(LiDAR)・ミリ波レーダー等を用いて、道路の状況(車線・交通信号・交通標識等)、周囲の状況(建物・樹木・電柱等)、周辺交通(他の車・オートバイ・自転車・歩行者等)をリアルタイムに認識

位置確認機能：高精度衛星測位と3次元デジタル地図により、自車の現在位置をリアルタイムに把握

運転操作機能：周辺監視結果と位置確認結果に基づき、AIが中核を成すコントローラにより、ハンドル・アクセル・ブレーキを自動制御



自動制御で最も難しいのは、周辺交通(他の車・オートバイ・自転車・歩行者等)の行動予測 ← ディープラーニングによるAIが威力を発揮するところ

自動運転のキーテクノロジー 1/6

***** ビデオカメラ *****

ビデオカメラは、自動運転車がカラー画像で外界を捉えるセンサーとして使用



「ディープラーニングによるAI」が、カラー画像としてリアルタイムに捉えた外界の「有様」、例えば、道路の形状や白線、交通標識、交通信号機、他の車や歩行者、自転車などを見分けて、距離も算出



「人の目」では両眼の視差から距離感を掴んでいるが、ビデオカメラによる距離の測定方法は次のとおり

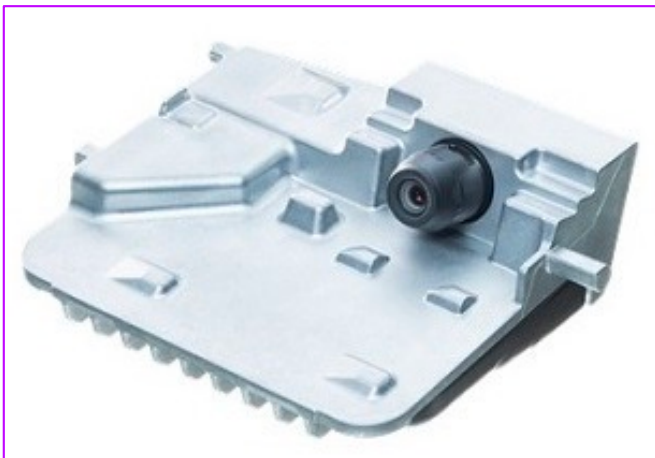


【ステレオカメラの場合】

「人の目」と同じく、2台のビデオカメラの視差から距離を計測

【単眼カメラの場合】

遠くにある物体ほど画面のより上方により小さく見える「遠近法の原理」を利用して距離を推測、走行中の移動に伴って生じる視差から距離を推測、正確な距離をラベリングした大量の学習用画像を用いたディープラーニングにより距離を推測



車載用単眼カメラ（出典はデンソーのニュースリリース）

自動運転のキーテクノロジー 2/6

*** ライダー(LiDAR) ***

ライダー(LiDAR : Light Detection And Ranging)は、赤外線レーザーを電波の代わりに用いたレーザー。レーザー光を発射し物体からの反射光を受信するまでの時間計測により、物体までの距離を精密に測定 → 3次元LiDARはレーザー光を立体的に発射し、2次元LiDARは平面的に発射



車載用3次元ライダー ((出典はデンソーのニュースリリース))

【 3次元LiDAR 】

レーザー光の発射を水平方向と垂直方向に走査して、レーザー光の反射地点の方位・高度・距離を測定することにより、物体の形状まで捉えた3次元空間情報を取得できる。

【 2次元LiDAR 】

レーザー光の発射を水平方向に走査して、レーザー光の反射地点の方位と距離を測定することにより、物体の横幅・距離・方位に関する情報を取得できる。

自動運転のキーテクノロジー 3/6

***** ミリ波レーダー *****

ミリ波レーダーは、波長がmmの単位である76GHz帯や79GHz帯の電波(ミリ波)を用いたレーダー。

➡ FMCW方式(一定の時間間隔で周波数の増減を繰り返す変調波で周波数変調した電波を連続送信する方式)でミリ波を連続送信して、複数のアンテナで受信した反射波をDSP(Digital Signal Processor)でリアルタイムに解析することにより、多数の反射物それぞれの距離や方位、相対速度を精密に測定できる。



車載用ミリ波レーダー (出典はデンソーのニュースリリース)



【長所】

天候に左右されにくく、遠方の物体の検知性能に優れる。

【短所】

物体の形や大きさなどの識別は苦手であり、また、電波の反射率が低い物体や近距離の物体は検知しづらい。

自動運転のキーテクノロジー 4/6

*** センサーフュージョン ***

センサーフュージョンとは、長所と短所が異なる外界センサーからのデータを上手く組み合わせ、
諸々の環境条件下で外界の状況を的確に把握するための技術

自動運転車では、

- ビデオカメラは、交通標識や交通信号灯火を識別できるが、「人の目」に視界不良と映る場合にはうまく機能しない。
- 3次元LiDARは、周囲の3次元空間状況を物体形状も含めてリアルタイムに把握し、道路上の白線も判別できるが、色の識別はできない。
- ミリ波レーダーは、「人の目」に視界不良と映る場合でも機能し、物体の距離や方位、相対速度を精度よく測定できるが、物体の形や大きさの識別は苦手

そこで、

センサーフュージョンの技術により、外界センサーごとの長所と短所を補い合い、外界認識の信頼性を高めるとともに、外界センサーの誤作動に伴うリスクを軽減

自動運転のキーテクノロジー 5/6

** SLAM(3次元地図作成と自己位置推定) **

SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)とは、3次元LiDAR又はステレオカメラで取得したデータを用いて、外界の3次元空間地図をリアルタイムに作成・更新し、同時に、その空間地図内における「自己位置」を推定する技術

SLAMは2種類



【 LiDAR SLAM 】

3次元LiDARを用いたSLAMであり、昼夜の別なく機能するが、濃霧、豪雨、豪雪に弱い。



自動運転車などに用いられる。

【 Visual SLAM 】

ステレオカメラを用いたSLAMであり、「人の目」に視界不良と映る環境条件(暗がり、霧、降雨、降雪など)ではうまく機能しない。



日中のみ飛行するドローンや室内掃除用ロボットなどに用いられる。

自動運転のキーテクノロジー 6/6

*** AI(ディープラーニング) ***

ディープラーニングとは、人の脳内の神経回路網の働きをコンピュータ上で数学的に模した「ニューラルネットワーク」を用いて、入力とそれに対する望ましい出力の組み合わせについての学習を繰り返すことにより、未学習の入力に対しても望ましい出力を創り出せる「アルゴリズム」を、ネットワーク全体に渡って暗示的に生成する手法のこと

2種類のニューラル ネットワーク

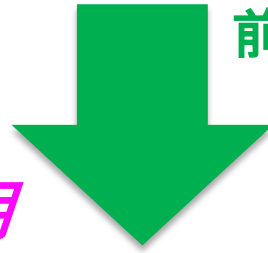
ニューラルネットワークは、その構成の仕方により、CNN(Convolutional Neural Network : 畳み込みニューラルネットワーク)と、RNN(Recurrent Neural Network : 再帰型ニューラルネットワーク)に大別

➡ CNNは、2次元静止画像を入力として、画像の中から学習済みの事物の検出や分類などができる。(CNNは、事物の検出と同時にその存在領域を示すことができるFaster R-CNNやYOLOなどの基盤)

➡ RNNは、時系列のベクトルデータを入力として、その時系列の延長線上での予測などができる。(RNNは、今日ではLSTMやTransformerに進化)

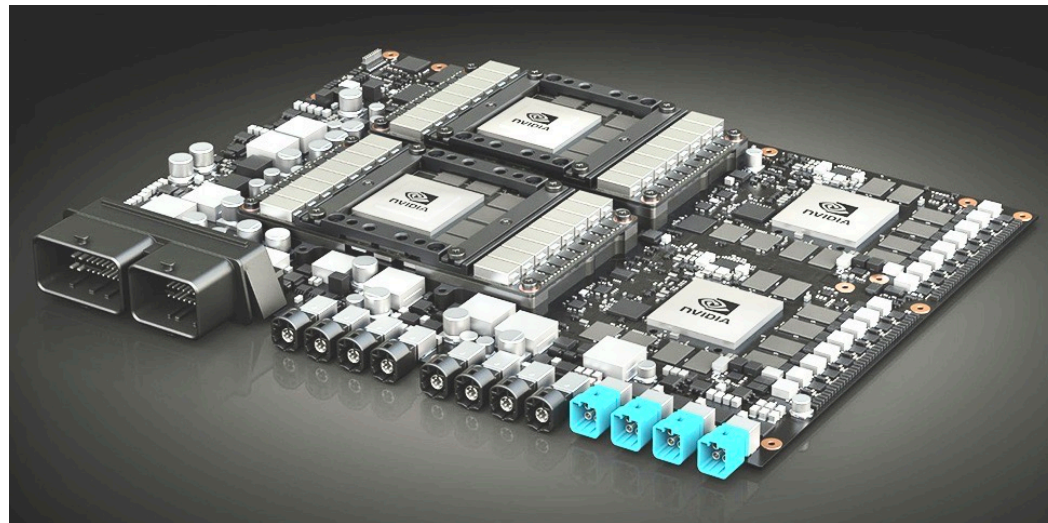
自動運転での活用  次のページへ

前のページから



自動運転での活用

自動運転車では、ビデオカメラなどによる外界状況の把握にCNNが用いられ、他車や歩行者、自転車等の行動予測にはRNNが用いられる。 → 自動運転車では、車両に搭載した組み込みAIコンピュータの上で、数十本のニューラルネットワークが同時に稼働する必要がある。



組み込みAIコンピュータ NVIDIA DRIVE AGX Pegasus (出典はNVIDIA社のHP)

X-4

【参考2】

「AIの目」で障害物回避飛行ができるドローン

「AIの目」で危険を予測・回避できるドローン

“空の産業革命のレベル4”では、有人地帯でのドローンの墜落事故は、**重大な人身事故に繋がりがねない。**

そこで、



建物や送電線などへの衝突を自律的に予測・回避する機能に加えて、近傍を飛行する他のドローンなどの位置特定とその進路予測に基づく高度な衝突回避機能が、ドローンに欠かせなくなる。

これには、



このような機能を備えたフライトコントローラのアルゴリズムは、車の自動運転のアルゴリズムと同様に、AI(ディープラーニング)を用いてニューラルネットワークの中に暗示的に生成する手法を用いなければ実現は困難である。

「AIの目」で危険を予測・回避できるドローン

＊ ＊ 既に画期的な障害物回避飛行が実現 ＊ ＊



Skydio 2 (出典：米国Skydio社のHP)

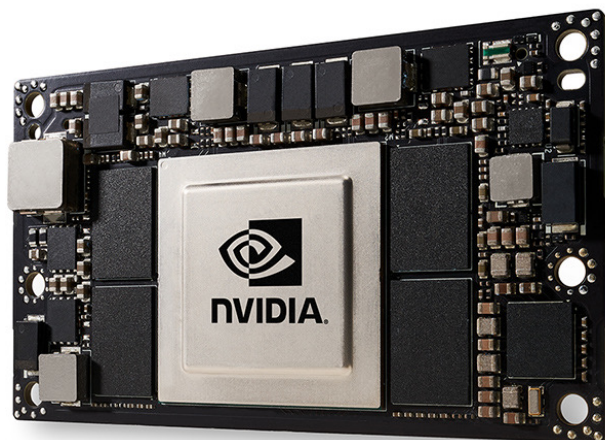
【機体重量800g弱の小型ドローン】
機体の上面と下面に3個ずつ計6個搭載したナビゲーション専用4Kカメラに基づくVisual-SLAMにより、**機体の360度全方位の三次元空間状況を把握し、障害物を回避する飛行ルートをリアルタイムに算出して、最高速度58km/hで飛行**

【キーテクノロジーはAI(ディープラーニング)】

ドローン前面の撮影用4Kカメラを用いて、その映像の中から追尾対象(人や自動車)を識別して、森の中を疾走する対象であっても、Visual-SLAMにより木立との衝突を避けつつ、対象を見失わないように追尾撮影できる。 ← **全て、ディープラーニングの手法で実現**している。具体的には、ドローンのAIプラットフォーム(組み込みAIコンピュータ)上で、9つのディープニューラルネットワークを同時に稼働させている。

ドローンのAIプラットフォーム(組み込みAIコンピュータ)

* GPUで複数のディープニューラルネットワークを高速処理 *



NVIDIA Jetson TX2 (出典: 米国NVIDIA社のHP)

【Skydio 2に搭載された組み込みAIコンピュータ】

- ・ AIプラットフォームとして必要なGPU、CPU、メモリ、入出力インターフェースなどで構成
- ・ 256個の演算器(コア)を持つGPUを搭載
 - ※ GPUとはGraphics Processing Unitの略称
- ・ サイズは50mm × 87mm(クレジットカード大)
- ・ 消費電力は7.5W

ディープニューラルネットワーク(DNN)とは、人の頭脳での神経回路網の仕組みと働きを、コンピュータ上で数学的に模したものであり、人のニューロン(神経細胞)に相当する多数のノードが、人のシナプス(神経細胞間を結ぶ接合部)に相当する信号回路でネットワーク化されている。このため、コンピュータ上でDNNを働かせるには、多数のノードの各々における信号の入出力について、大規模な行列の積和演算を行う必要がある。このような演算では、多くの演算器(コア)を用いて一斉に並列処理した方が効率的であり高速化できるため、演算器(コア)が多くても数個のCPU(Central Processing Unit)よりも、演算器(コア)が数百個から数千個に及ぶGPUの方が断然に適している。

2023年3月11日

「空飛ぶクルマ」の実用化に向けた
技術開発等の現状と今後の展望

終

澤田雅之技術士事務所(電気電子部門)所長
元警察大学校警察情報通信研究センター所長

澤田 雅之