

第三回  
デジタルビジネス拡大に向けた電波政策懇談会

ドローン、空飛ぶクルマ分野における  
電波の利用と課題

ANAホールディングス  
未来創造室  
モビリティ事業創造部



## ANAホールディングス 未来創造室 傘下の3部署にて、新規事業を推進

2016年度より、デジタルデザインラボにて、新たな空の事業として「エアモビリティ」「ドローン」の取組みを実施。  
23年4月より、新設されたモビリティ事業創造部に、体制移管し、企画推進。

### ANAHD 未来創造室

デジタルデザインラボ

モビリティ事業創造部

新規事業開発部



since 2016

新規事業の種  
0 → 1



MaaS  
プラットフォーム



Air Taxi  
(空飛ぶクルマ)



Drone  
(無人航空機)



ANANEIO

avatarin

オープン  
イノベーション

「空飛ぶクルマ」と「ドローン」は、航空法上の分類も、安全レベルも異なる。

## 小型無人機・無人航空機と航空機の分類について

資料1-2

### 小型無人機等飛行禁止法

#### 小型無人機

航空の用に供することができるものであって、**構造上人が乗ることができないもの**のうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの



ドローン(100g未満)



ラジコン機

### 無人航空機

航空の用に供することができるものであって、**構造上人が乗ることができないもの**のうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの(100g以上)



出典: NEDO/KDDI  
ドローン(マルチコプター)



農業散布用ヘリコプター

### 航空法

### 航空機

人が乗って航空の用に供することができるもの

#### 無操縦者航空機

操縦者が乗り組まないで飛行することができる装置を有する航空機



出典: JAXA  
無人の大型飛行船



空飛ぶクルマ (将来的に無操縦者化の可能性あり)



出典: 三菱航空機  
飛行機



出典: 海上保安庁  
回転翼航空機



出典: CARTIVATOR

## 空飛ぶクルマ

小型飛行機/回転翼航空機に分類。

いわば「電動化」した「航空機」



## ドローン

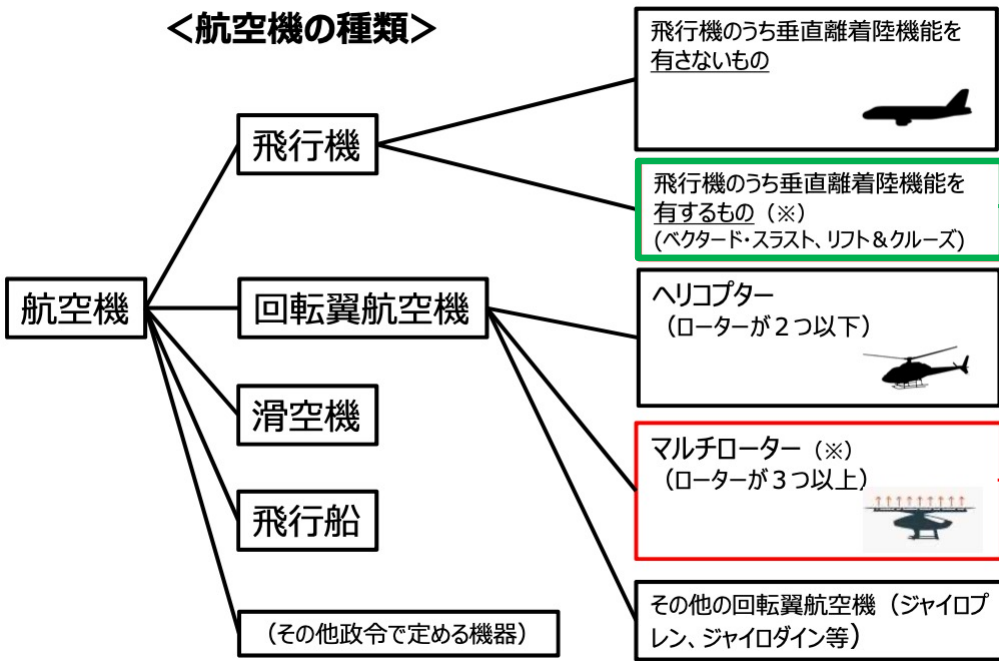
無人航空機に分類される。

構造上、人が乗ることができないもの。



# “空飛ぶクルマ”は、「クルマ」ではなく「電動」の「航空機」

空飛ぶクルマは、大きく2種類に分かれる。  
 「飛行機（翼あり）」と「回転翼航空機（翼なし）」  
 飛行機タイプは、さらに2種類に分かれ、それぞれ特徴がある。



	機体形態	具体例/特長
ベクター・スラスト		 <p>例:Joby Aviation</p> <p>航続距離：長距離 (Joby 160km)                      スピード：高速 (Joby 320km/h)</p>
リフト & クルーズ		 <p>例:Eve Aviation</p> <p>航続距離：中長距離 (Eve 100km)                      スピード：中程度 (Eve 未定)</p>
マルチコプター		 <p>例:Ehang 216</p> <p>航続距離：短距離 (イーハル 30km)                      スピード：低速 (イーハル 130km/h)</p>

# エアモビリティ（空飛ぶクルマ）とドローンの違い～飛ぶ空域の違い～

エアモビリティはヘリや小型飛行機と同じ高度/空域、ドローンは航空法上 150m以下の高度/空域を飛行する。

高度 ↑

10km



エアライン機

500m~  
1000m



空飛ぶクルマ・ヘリ・小型飛行機

500~  
1000m

150m



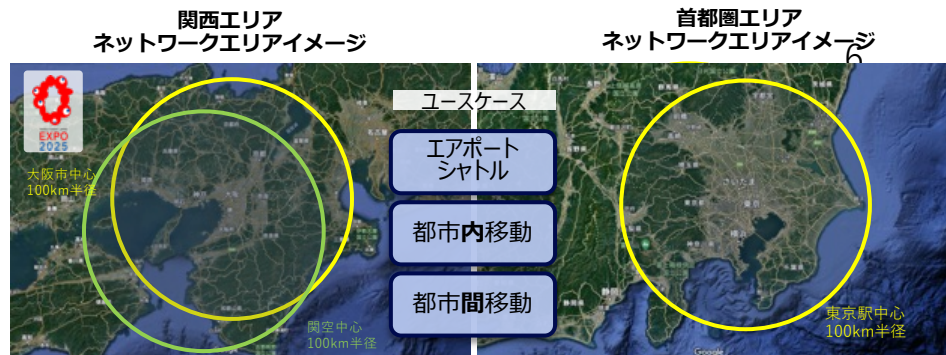
ドローン

原則150m以下



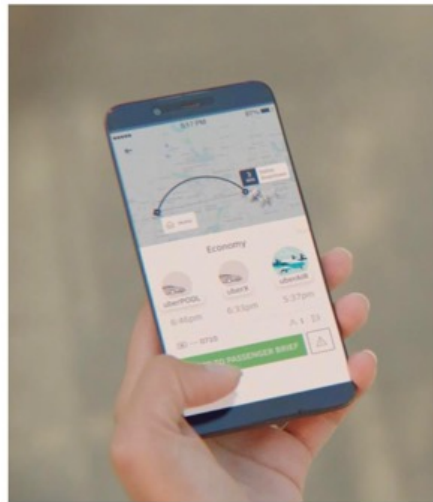
# ANAHD×JOBYは、東京圏/大阪圏で、空飛ぶタクシーサービスへ。

eVTOL（電動 垂直離着陸機）による、東京圏/大阪圏を対象にしたエアタクシーサービスの提供を目指す。  
マルチモーダルな移動を実現し、将来的には全国で数百機規模の可能性も。



## JOBYの米国におけるAerial Ridesharingサービスイメージ

米国 JOBY Aviationは、機体開発にとどまらず、Uberと連携した航空輸送サービス（Aerial Ridesharing）を2025年米国で提供開始を目指す。



目的地を選び、  
フライトを予約。



ポートまでは、  
ライドシェア等で。

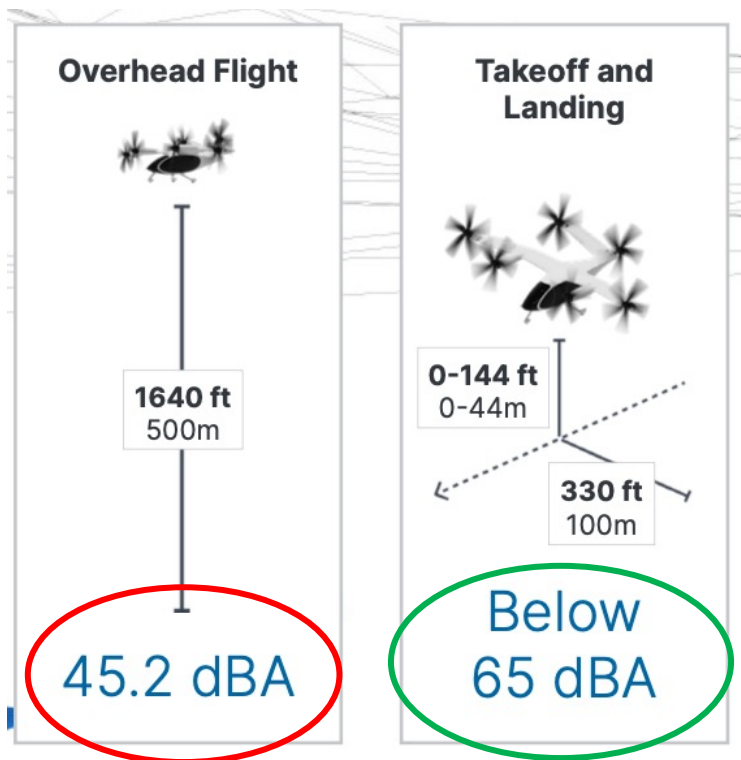


目的地に近いポート  
まで320km/hで  
ひとつ飛び



最終目的地までは、  
ライドシェア等で

# 革新的なのは、圧倒的な静けさ！



全国環境研協議会 騒音調査小委員会



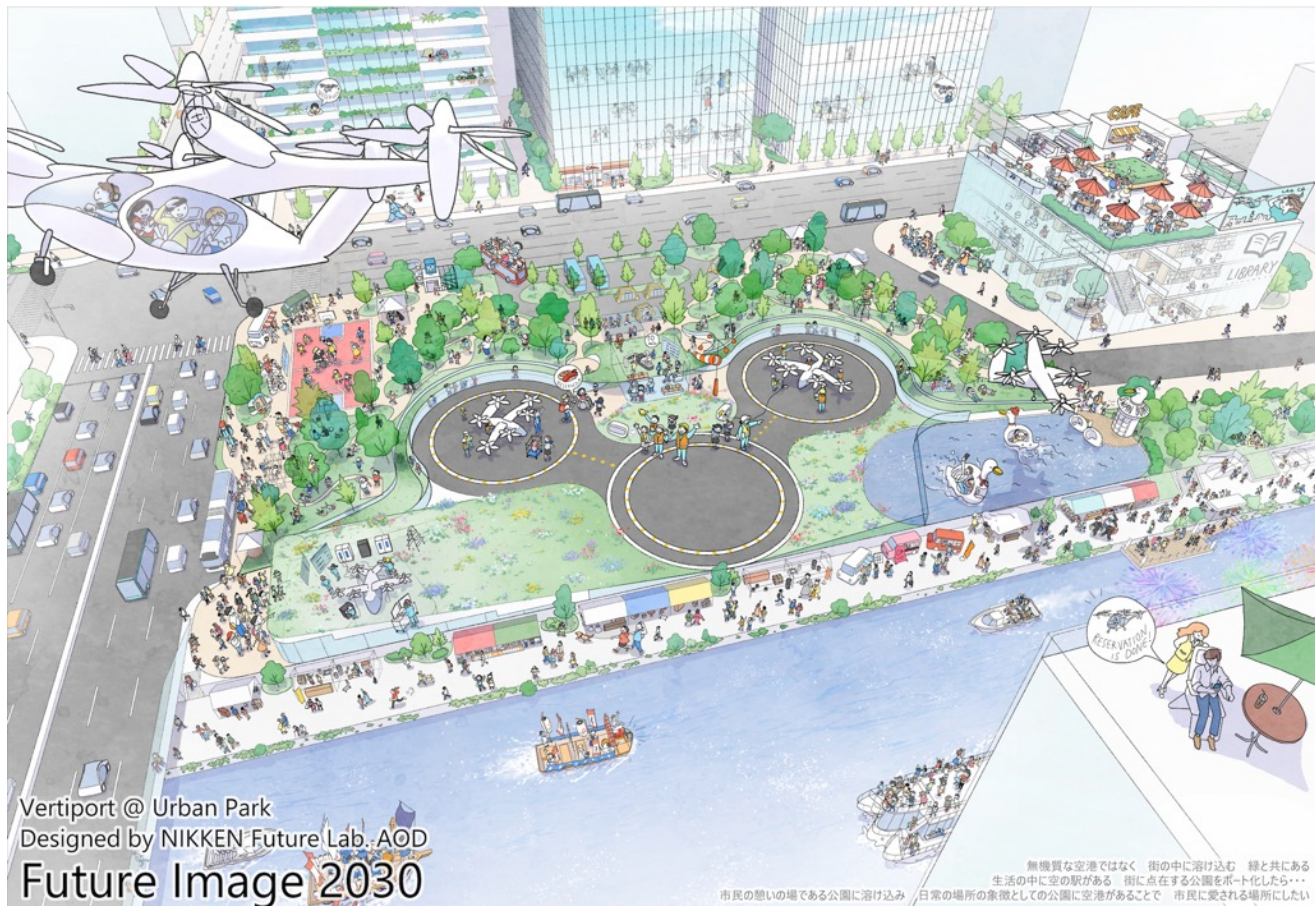
# ヘリコプターに比べて、100倍静か！！！！

JOBY機

小型ヘリコプター



# 街の中に“空港”ができるようになる。



# 空飛ぶクルマ（電動航空機）に搭載される無線機器の短期的/中長期的な見通し

## ■ 短期的な見通し

就航当初は有視界飛行方式（VFR）で運航を行うため、**電波関係の装備品は、既存航空機（ヘリ/小型飛行機）と同様。**  
機体に搭載されるのは、

・無線機器（電波法免許が必要）：

「電波高度計」「VHF2基」「ADS-B/トランスポンダー」「ELT（Emergency Locator Transmitter）」**「LTE」**

・受信器：「VOR/LOC」「GPS」

であり、従来機と大きく変わらない。

→このため、機体のハードウェア状態を地上に連絡する等で必要な**「LTEの上空利用/LTE局の免許」について調整が必要。**

## ■ 中長期的な見通し

将来的には、操縦者なしで、大都市圏空域に数百～数千機が飛行することを目指しており、そのための機体の自動・自律飛行、交通管理システムのための無線通信（地対空、空対空、地対地）が行われるようになる想定。

そのための無線局免許・周波数確保が必要。

UML(UAM Maturity Level) 4では、数百機の機体の運航が想定されている。  
また、将来的には、eVTOL/遠隔操縦航空機/ドローン等、数万機レベルも想定されている。



20年12月 NASA発行の「UAM Vision Concept of Operations (ConOps) UAM Maturity Level (UML) 4」



# エアモビリティにおける 電波の課題

## 1. 顧客および運航支援目的での上空LTEの利用

- ・ 平均的な想定飛行高度は、500~1000m程度（航続距離は最大160km）であり、LTE電波が届く。米国では、機体情報を地上側に伝達するために、LTE通信を介した通信（上空機体→地上）を行う。日本でも、同様に実施してまいりたい。具体的には、
  - 運航向け：機体情報を地上側に伝達するために利用すること を行っていきたい、および
  - 顧客向け：搭乗顧客が自分のスマホを利用すること （機体への影響は別途調査必要）。

## 2. 広範囲にわたるLTE通信品質チェック

- ・ LTEは地上1.5mでの通信品質最適化が行われているため、上空における品質は現時点では不明。飛行エリア/経路における通信品質（通信の安定化、速度、円滑な基地局ハンドオーバー）の調査の必要がある。ただし、その調査には、多額の費用がかかりうるため、今後の事業拡大時の課題となる。

## 3. 将来的な遠隔操縦化、自律飛行化時の専用周波数の確保

- ・ しばらくの間、パイロット有りの運航を想定しているが、将来的に、遠隔操縦化、自律飛行化といった技術進化に伴い、安全通信として必要な周波数帯がでてくることが想定されるため、今後議論が必要。



# ドローンについて



# ドローン事業概要：対象エリア、特徴、運航体制

ドローンの「対象エリア」「特徴」「運航体制」の概要を示す。

## 対象エリア

初期的には物流課題の多い離島/山間の  
**地域社会のインフラ**としてのポジションを目指す。  
徐々に難易度の高く、マーケットの大きな都市部に展開。

難易度：大

都心

市街地

郊外

離島山間

初期 地域セグメント

郊外

離島

都心

## 特徴

ドローンは**無人配送**、**即時(オンデマンド)配送**、**高速配送**が特徴。  
将来的には自動化によりコストも下がる事が予想される。



無人配送

労働力不足の解決



即時発送

新たな価値の提供

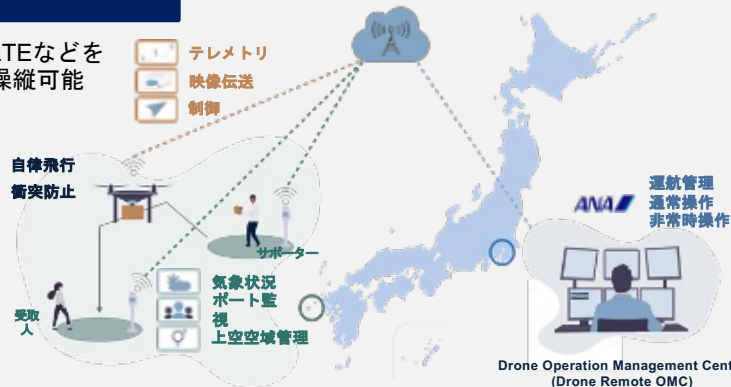


高速配送

## 運航体制

ドローンはLTEなどを用いて遠隔操縦可能

- テレメトリ
- 映像伝送
- 制御



## ドローンに利用されている無線システムについて

国内で利用される無線システムは以下のとおり。

ANAHDで運用する物流用ドローンでは、オレンジ枠で示した無線システムを用いている。

携帯電話のエリア外では利用不可であること。物流ドローンは地方や洋上での使用が主であり、エリア外になることが度々発生している。

無線システム名称	周波数帯	最大送信出力	伝送速度	通信距離	利用形態	無線局免許	特徴、利用用途
ラジコン操縦用微弱無線	73MHz帯	※ 1	5kbps	1Km程度	操縦	不要	ホビー用途などで手軽に利用可能 産業では農業散布での利用が主体
無人移動体画像伝送システム	169MHz帯	10mW	～数百kbps	5 Km程度	操縦 画像伝送 データ伝送	要	主に空撮、インフラ点検、測量などで利用（操縦、制御のバックアップ等に使用）
特定小電力無線局	920MHz帯	20mW	～ 1 Mbps	500m程度	操縦	不要※ 2	操縦用として利用
2.4GHz帯無線LAN （小電力データ通信システム）	2.4GHz帯	10mW/MHz	～ 5 4 Mbps	1Km程度	操縦 画像伝送 データ伝送	不要※ 2	操縦・画像伝送の用途で最も普及。利用者が多いため混雑。
無人移動体画像伝送システム	2.4GHz帯	1W	～数十Mbps	10Km程度	操縦 画像伝送 データ伝送	要	主に空撮、インフラ点検、測量などで利用
無人移動体画像伝送システム	5.7GHz帯	1W	数十Mbps	5 Km程度	操縦 画像伝送 データ伝送	要	主に空撮、インフラ点検、測量などで利用
携帯電話（4 G/5 G）	800MHz帯等	200mW	数十Mbps	携帯電話のエリア内	操縦 画像伝送 データ伝送	※ 3	見通し外通信や遠隔運用が可能であり、インフラ点検、物流、映像配信などで利用。ただし、 <b>携帯電話のエリア外では利用不可</b> 。

※ 1：500mの距離において、電界強度が200 $\mu$ V/m以下

※ 2：免許を要しない無線局については、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する「技術基準適合証明又は工事設計認証」を受けた無線設備を使用する場合に限る。

※ 3：携帯電話事業者の免許で運用

表：国内で利用可能なドローン用無線システム

出処：総務省



## ドローンの電波利用に際しての対応 事前の電波調査

ANAHDではブルーストーンリンクアンドサークルと提携し、物流ドローンを運航する際に、事前に飛行エリアの電波調査を行ない、通信品質、通信強度などを確認している。

これにより、電波の状況を確認した上での安全な飛行ルートの実現している。

下図は2023年11月にLv4飛行の実証実験を行った際の飛行ルートと、事前の電波調査したエリアを示す。



Lv4飛行を実施したルート



事前に電波調査を行ったエリア



共同リリース

2022年8月8日  
ANAホールディングス株式会社  
株式会社ブルーストーンリンクアンドサークル

**物流ドローン運航の安定した通信環境担保に向け、基本合意書を締結**  
～上空の通信環境に関するデータ解析を行い、安全・安心な飛行ルート開拓を目指します～



ANAホールディングス株式会社(本社:東京都港区、代表取締役:芝田浩二、以下「ANAHD」)と株式会社ブルーストーンリンクアンドサークル(本社:東京都港区、代表取締役:石澤宗貴、以下「ブルーストーン」)は、ドローン物流社会の実現に向けて、飛行ルートの実現に必要な通信環境の品質レベルを可視化するサービスの共同開発に関する基本合意書を締結いたしました。

◆LTE通信網を介した飛行ルートのイメージ

LTE通信網を考慮しない飛行ルート



LTE通信網を考慮した3次元飛行ルート



■通信品質の基準を下回る低品質エリア    ■通信品質の基準を満たすエリア

プレスリリース (2022年8月8日)

<https://www.anahd.co.jp/group/pr/202208/20220808.html>



# ドローンの電波利用に関する現状、課題

## 概要

遠隔運航を前提とする**物流用ドローン**は**LTE通信を利用して、機体からテレメトリを受信し、コマンド操作を行う事が主流**であり、LTE通信が使用不可な状況では運航の状況把握、コマンドの送受信ができず、運航に支障をきたす。その為、**レベル3以上の運航では、事前のLTE通信の電波調査が求められている**。  
以下の「課題」が顕在化しており、ドローンの社会実装に向けては対応が求められる。考えられる「対策」にも以下で触れる。

## 課題

- **離島や地方での電波状況**
  - 離島や地方では、LTE通信環境の整備が不十分な地域が多く、基地局付近から離れると、通信環境が急激に悪化する場合がある。
  - 離島や地方では、特定の通信事業者しか使用することができない場合がある。
- **時間帯により通信品質が変動**
  - 周辺の通信利用状況によっては、通信品質が著しく低下する場合がある。（特に正午頃や帰宅時間帯に低下する傾向にある。）
  - GCSや機体周辺に、運航に使用している通信キャリアの端末を所持した方が複数人集った場合、通信が混線し通信品質が低下する場合がある。
- **洋上での電波状況**
  - 離島間では、洋上のLTE通信環境が確立されていない場合が多い。（ただし、洋上に航路が存在する場合は、微弱の通信環境がある場合がある。）
  - 飛行距離が10km以上超える場合は、事前の電波調査を行うことができる機体が少なく、電波調査自体を行うことが困難である。
  - 衛星通信を活用するには、通信料、機体側に設置が求められるモジュールにより搭載貨物重量・容積に制限が発生してしまう

## 対策

- **基地局の増設・調整**
  - 上空利用の為の基地局・中継局の増設、またはアンテナの向きを調整することで上空利用に適した環境の整備。
  - 地上利用と上空利用で使用する周波数帯を分け、上空利用専用周波数帯の検討
- **衛星通信の利用促進**
  - 場所や環境に左右されない、衛星通信の活用をすすめる。ただし、現状では衛星通信費が高額であり導入にはコスト構造として見合わない。そのため、衛星通信を安価に使用できる仕組みの検討が必要である。  
（現状の航空法では目視外飛行の際にFPVカメラでの常時監視が求められており、衛星通信の通信容量では映像伝送には十分ではない。）
  - スターリンクなどの低軌道衛星の活用の検討（遅延・通信容量の面で課題解決が期待できる）  
（ただし、現状は通信モジュールが大きく、ドローンに搭載することが出来ない為、モジュールの小型化を進める必要がある。）