

小型無人機の利用形態と通信ニーズ調査結果

2017年12月1日

 株式会社三菱総合研究所

■ 調査内容

- 小型無人航空機の今後の見通し外での長距離飛行、自律飛行の利活用動向
- 小型無人航空機の通信に関する現状と、見通し外での長距離飛行に向けた無線システムの導入動向及び飛行位置情報などのニーズ等
- 小型無人機の飛行位置等を把握するための無線システムに求められる要件

■ 調査概要

- 国内事業者の取組みと飛行位置把握のニーズ
 - 文献・インターネット調査等に基づく事例紹介
 - 国内事業者ヒアリング調査に基づくニーズ整理

ヒアリング対象	小型無人航空機の利用概要
スカイマティクス	農業(画像取得と生育状況等の解析、農薬散布)、インフラ点検、建設現場測量等
エアロセンス	建設現場測量、物流等
アマゾン	物流
楽天	物流
東京電力ホールディングス	小型無人航空機の専用空域提供(ドローンハイウェイ)、インフラ点検(送電線等)

- RemoteIDに関する検討事例
 - FAAの検討状況
 - DJIの取組み事例
- 他システムとの比較

国内事業者の取組みと飛行位置把握のニーズ

楽天の取り組み

一般消費者向けのドローン配送サービス「そら楽」の実証試験、限定サービス等を実施

<事例1: 千葉市におけるドローン配送システム実証>

- 楽天(株)、(株)自律制御システム研究所及び(株)NTTドコモは、国家戦略特区である千葉市にて、LTEを活用したドローンによる配送システムの実証実験を実施。LTE電波を活用し、東京都世田谷区にある楽天本社から飛行指示を送信(楽天本社からドローンまでの距離は約40km)。指示を受け取ったドローンが自律飛行で受取所まで飛行。



出所) 東京圏国家戦略特別区域会議 千葉市ドローン宅配等分科会(第2回)ドローン飛行デモンストレーションの概要

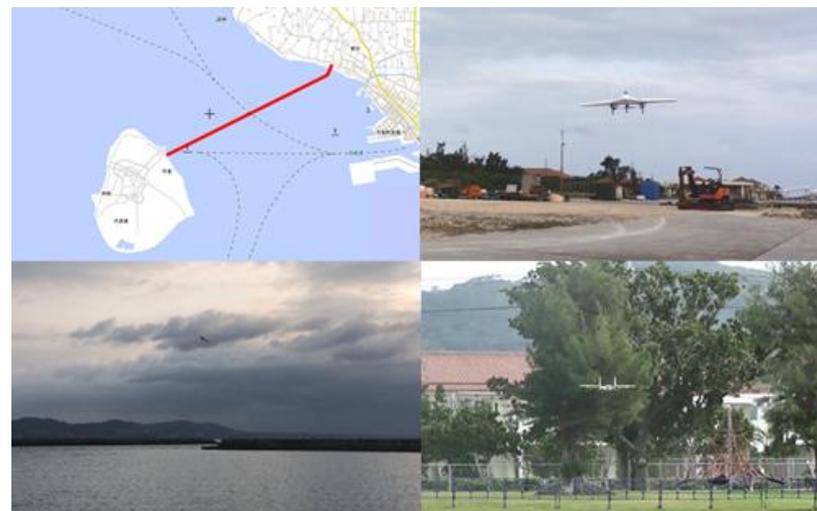
<事例2: 南相馬市におけるドローン配送試験運用>

- 楽天とローソンは、ローソン南相馬小高店を拠点に、専用車両による移動販売とドローンによる商品配送を連携させた取り組みを2017年10月31日から開始すると発表。同店舗を拠点に週1回限定で、移動販売車両では積み込めない温度管理の必要な商品の注文を受けた際、楽天ドローンを用いて店舗から移動販売先へ配送。試験運用は半年間程度を予定。
- 店舗から移動販売先までの距離は約2.7km、飛行時間約7分。ドローンは、安全のために主に近くの河川上空を飛行。一度に運べる商品は約2kg程度以内。

エアロセンスの取組み

<事例1: 石垣市における固定翼ドローンの離島間飛行実証>

- エアロセンス(株)と石垣市は、2017年3月4日に、石垣市において将来的な物資輸送及び広範囲な測量や点検を想定した飛行実験を自社製の自律飛行・垂直離着陸型の固定翼ドローン(VTOL)で実施し、成功。
- VTOL飛行実験は、竹富島の港湾から石垣島の海岸に向け、約5キロの区間で行われ、離陸から着陸まで全行程を自律飛行で行い、検証目的である長距離輸送を見据えた離島間の飛行に問題ないことを確認。
 - 飛行距離: 5167.8m
 - 飛行時間: 210.6秒(ホバリング時間を除く)
 - 平均速度: 24.5m/秒



出所)エアロセンスプレスリリース

<事例2: へき地におけるドローン宅配実験>

- 「へき地等における宅配サービス向上」の可能性を検証するため、佐川急便(株)を始めとする関係者とともにドローンを活用した実証実験を実施。
- 2016年11月16日、福岡県北九州市の山間部において200g程度の物資の輸送に成功。
 - 飛行距離: 約1.2km
 - 飛行時間: 約7分
 - 配送品: 消毒液、ガーゼなど約200g

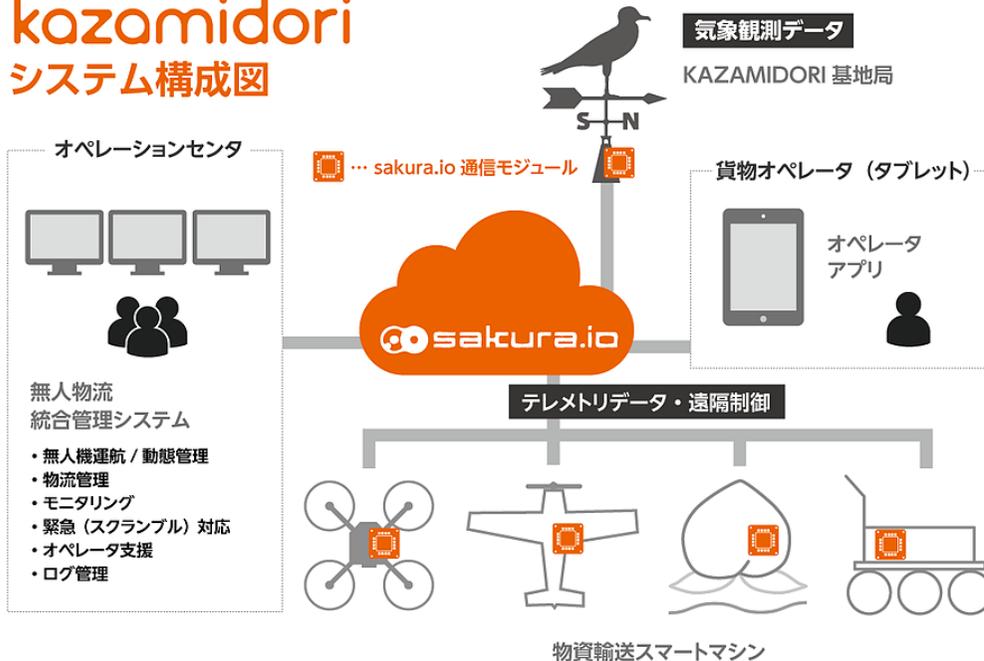


出所)エアロセンスプレスリリース

かもめやの取組み

- (株)かもめやは、さくらインターネット(株)が提供するIoTプラットフォームの920MHz帯通信モジュールテスト版の、無人機運航管理通信システムへの有効性について、実証実験を開始。(2017年9月26日発表)
- この通信インフラは、かもめやが推進する「陸」「海」「空」無人物資輸送機を組み合わせた、次世代「島国型」ハイブリッド無人物流プラットフォーム(「KAZAMIDORI」)における、無人機とオペレーションセンター間の通信を担うもの。
- 2020年の無人物流サービスの実現に向け、今年度中に香川県沖野離島6島に試験基地局を設置。無人機運航に関わる気象観測データ、その他の海上・離島におけるセンサデータ(風速・風向・気温等)の収集から提供まで一貫したサービスを検討。
- かもめやは、これまでに8km離れた離島への1kgの物資輸送、10km離れた離島への500gの物資輸送(往復20km)等の実証に成功。

kazamidori システム構成図



試験基地局サービスエリア (2017.9)



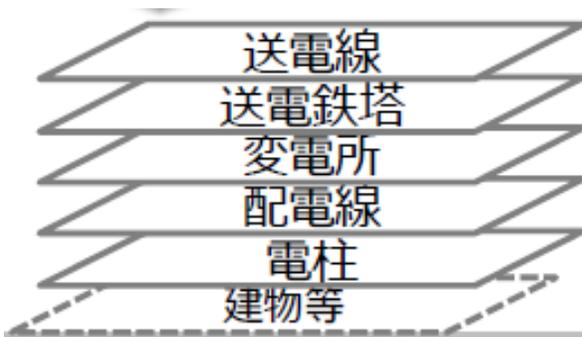
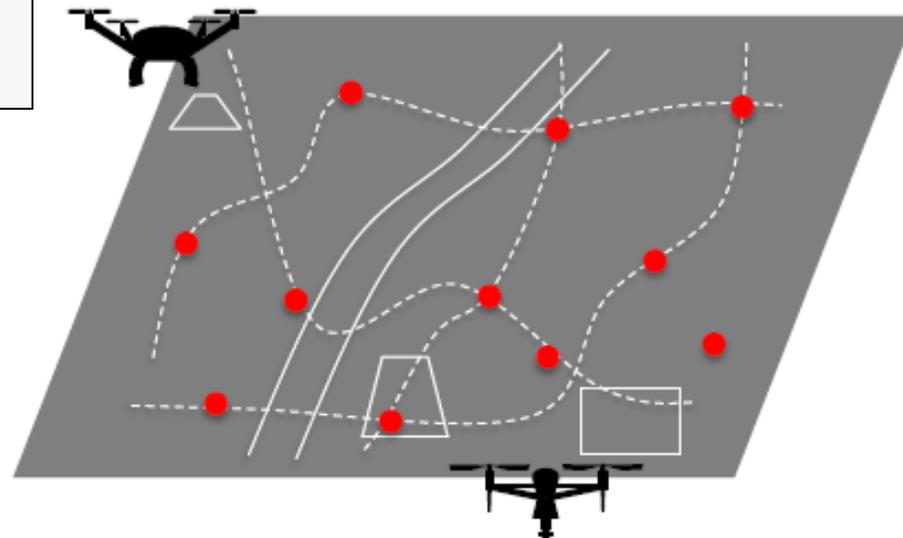
無人機運航エリアに合わせて順次拡張予定

出所)かもめやウェブサイト

東京電力ホールディングスの取組み

東京電力HDとゼンリンは、東京電力グループが保有する変電所、送電鉄塔・電柱、架空送電線などのインフラデータと、ゼンリンが開発を進める空域情報を3次元化した“空の3次元地図”を組み合わせ、2019年度の「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて取組みを開始。

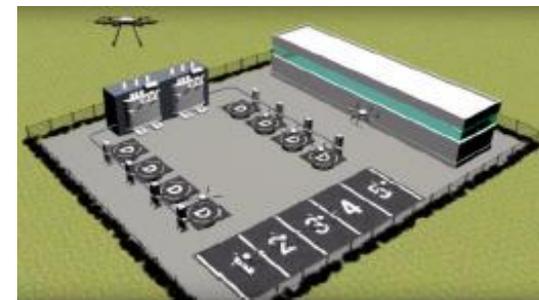
- ① 送電鉄塔・架空送電線といったドローンの飛行における障害物となるインフラ設備の3次元データベースを整備・提供
- ② インフラ設備の3次元データベースを用い、設備点検場所までドローンを誘導する技術を共同開発
- ③ 電力設備との衝突を避けつつも、地上に張り巡らされた電力ネットワークを「空から見える道しるべ」として活用することにより、目的地まで中長距離の安全・安心な自律飛行を支える空域「ドローンハイウェイ」を実現
- ④ 機体の充電や点検・整備・修理サービスを提供する、「ドローンハイウェイ」に付帯する「ドローンポート」を整備



3次元インフラ情報の整備



誘導プラットフォームの開発



ドローンポートの開発

出所)「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて、東京電力

小型無人航空機による目視外飛行の主な利用形態

<物流用途>

■ 用途

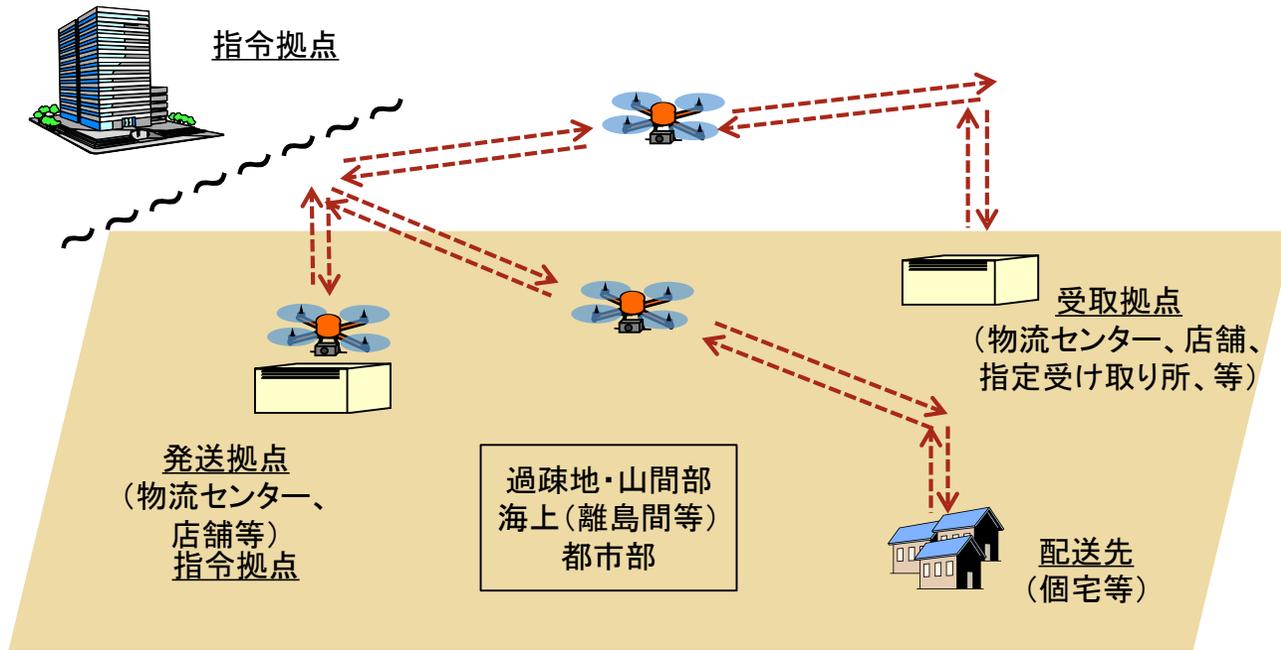
- 拠点間の輸送
 - 離島間
 - 大型物流センター→小型センター
 - 小売店舗→臨時店舗 等
 - 拠点→指定受取所への輸送
- 配送先への輸送
 - 自宅、マンションへの輸送

■ 飛行方法

- 顧客注文を受けて、発送拠点で指示、もしくは遠方の指令拠点で指示
- 自動操縦(飛行経路を予めプログラム)

■ 飛行距離

- 現状の実証: 数km~10km程度
- 将来の想定: 数10km(30-50km)



<インフラ・施設点検、監視用途>

■ 用途

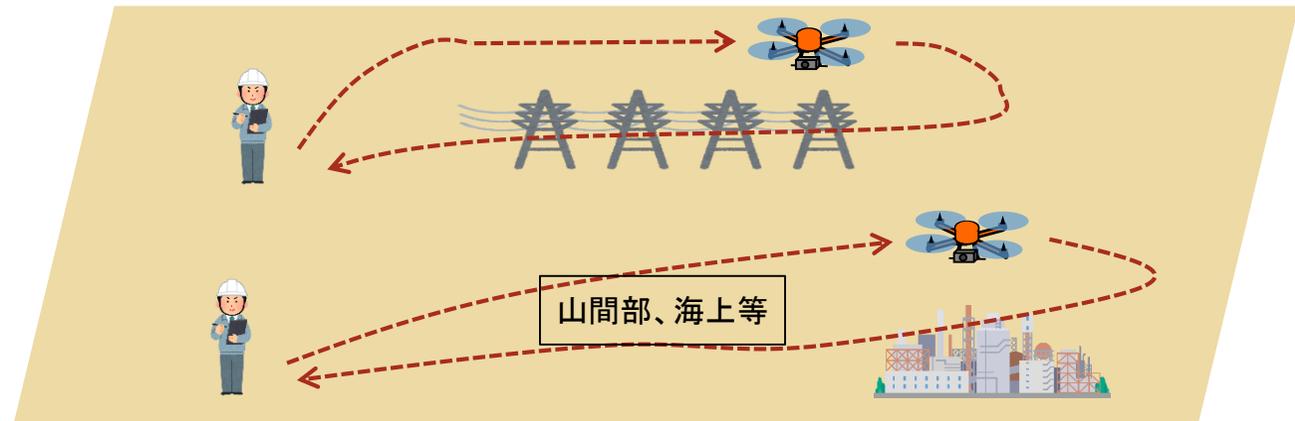
- 広域インフラ(送電線、道路等)の点検
- 山間部や離島、海上等の施設点検
→上空からの画像取得等

■ 飛行方法

- 自動操縦(点検対象に応じた経路設定)
- プロポによる手動操縦も有り

■ 飛行距離

- 現状は通信距離、飛行性能に依存しているが、できるだけ長距離を要望



小型無人航空機による目視外飛行の主な利用形態

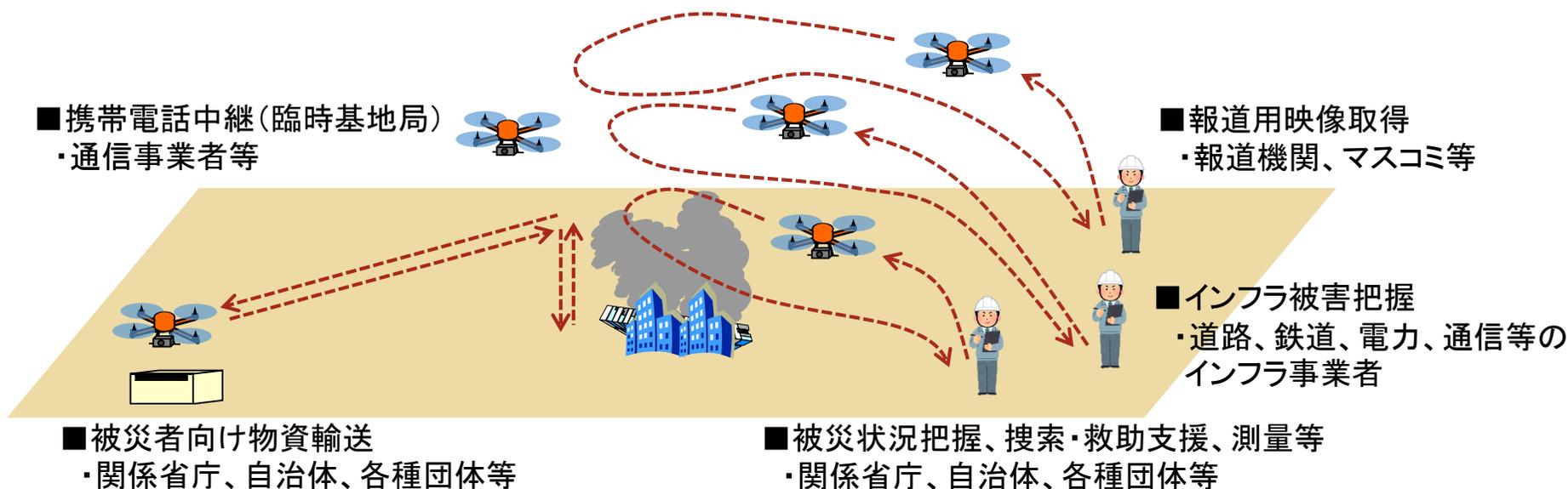
<災害用途>

■ 用途

- 上空からの画像取得等: 被災状況把握、捜索・救助支援、報道用映像取得、インフラ被害把握
- 被災者向け物資輸送
- 携帯電話中継(臨時基地局)

■ 飛行方法、飛行距離

- 災害種類、用途により様々な飛行経路・方法が想定
- 運用者により様々な飛行経路・方法が想定



出所)MRI作成

無線通信の利用状況(検討状況)と課題

主な通信手段	利用現状	課題
920MHz帯 (特定小電力)	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>コマンド送信</u>: 飛行前のコマンド・経路設定、飛行中の緊急時コマンド等 ・ <u>テレメトリ受信</u>: 位置、モータ出力、IMU状態等 ・ <u>通信距離</u>: 3~7km程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通信距離の制限 ・ 情報伝送量の制限
2.4GHz帯 (特定小電力)	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>コマンド送信・テレメトリ受信</u>: 920MHz帯よりも伝送情報量が増加 ・ <u>映像受信</u>: 機体カメラの撮影映像 ・ <u>通信距離</u>: 2-3km程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通信距離の制限
LTE	<ul style="list-style-type: none"> ・ コマンド送信・テレメトリ受信、映像受信等の実証試験を実施中 ・ LTEカバレッジ内における広域利用を検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・ カバレッジが限定(過疎地や海上などLTEカバレッジ外での飛行ニーズ) ・ 安定性への懸念(災害時の停波、トラヒック規制、通信障害等) ・ 通信コストへの懸念

その他の課題等

- 現在利用可能な通信手段による通信範囲を超えて利用可能な長距離通信手段が必要。現状の目視外飛行では、(通信が届かないため)機体に戻ってくるまでミッションが完了したかどうか分からない。
- 安全運航の観点から、周辺を飛行する他の無人航空機や有人航空機(ヘリ等)の位置情報を把握したい。
- 無人航空機間で通信を行い、衝突を回避したい(特定空域内で多くの無人航空機を飛行させる場合のニーズ)。

飛行位置把握システムの利用形態と要件

主な用途	概要	課題・要件
制御・テレメトリ通信のバックアップ	<ul style="list-style-type: none"> 主の制御・テレメトリ通信装置(LTE、特定小電力等)と併用(二重化) 主の制御・テレメトリ通信の途絶時・品質低下時やカバレッジ外において、機体位置等を把握 通常のテレメトリに加えて追加情報を送信できると良い(バッテリー情報など、ユーザのカスタム情報送信) 	<ul style="list-style-type: none"> 通信距離は10km程度以上(数十km)が必要 双方向通信ができることが望ましい
運航管理システムへのアクセス	<ul style="list-style-type: none"> 機体位置や運航状況を集約するシステムへのアクセス手段として使用 制御・テレメトリ通信のカバレッジ外でもアクセス可能な通信手段として有効 	<ul style="list-style-type: none"> 通信距離は10km程度以上が必要／複数基地局をネットワーク化してカバレッジ拡大
周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握	<ul style="list-style-type: none"> 周辺を飛行する他事業者の無人航空機や有人ヘリの位置情報を把握し、飛行計画策定や運航中の安全対策に使用 他の機体接近時にアラート機能等を付加することも想定される 現在位置の次のウェイポイントなども表示されると有用 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての無人航空機への搭載が義務化されることが望ましい 他事業者への公開情報の範囲は要検討(事業者と飛行位置・経路がセットで開示されるのは不可)

その他の要件等

- 墜落時の位置送信機能や航空機の“ブラックボックス”機能との組合せにより、搭載義務化を図ることが望ましい。
- 無人航空機専用空域を提供するサービスにおいて、複数事業者の機体管理に使用することも想定される。この場合、事業者同士の情報開示が困難との課題はクリアできる。
- 収容数については、過疎地では50機／10km圏内で問題ないが、都市部では今後数年で飽和する。長距離用と短距離用を分けて運用することも想定される(短距離用では基地局を増やしてトータル収容数を増加)。
- 送信間隔・表示時間は、1秒程度で妥当であるが、衝突回避等の緊急対応を前提とした場合は短縮が必要。
- ユーザのカスタマイズの自由度が上がると良い。特に、地上局の受信性能については、表示速度の高速化やアンテナ受信利得の増大などのカスタマイズが想定される。また、ユーザが自由に利用可能なフレームが欲しい。変調方式やフレームフォーマットを公開して欲しい。

RemoteIDに関する検討事例

FAAにおける無人航空機向けRemote IDの検討

■ FAAにおける無人航空機の法制度の概要

U.S. Code Title 49 (TRANSPORTATION) の修正提案として、次の2つの規則が整備

■ FAA Modernization and Reform Act (FMRA) of 2012

- 用途・重量別の無人航空機の法規則を整備

(25kg未満の小型無人航空機／25kg以上の無人航空機／公用無人航空機／モデル航空機)

■ FAA Extension, Safety, and Security Act of 2016

- 最新の研究開発や議論動向を踏まえたFAAの権限拡充が規定

- Title II Aviation Safety Critical Reforms／**Sec.2202 Identification standards**において、無人航空機向けRemoteIDに関する検討を指示



■ UAS Identification and Tracking Aviation Rulemaking Committee (ARC)

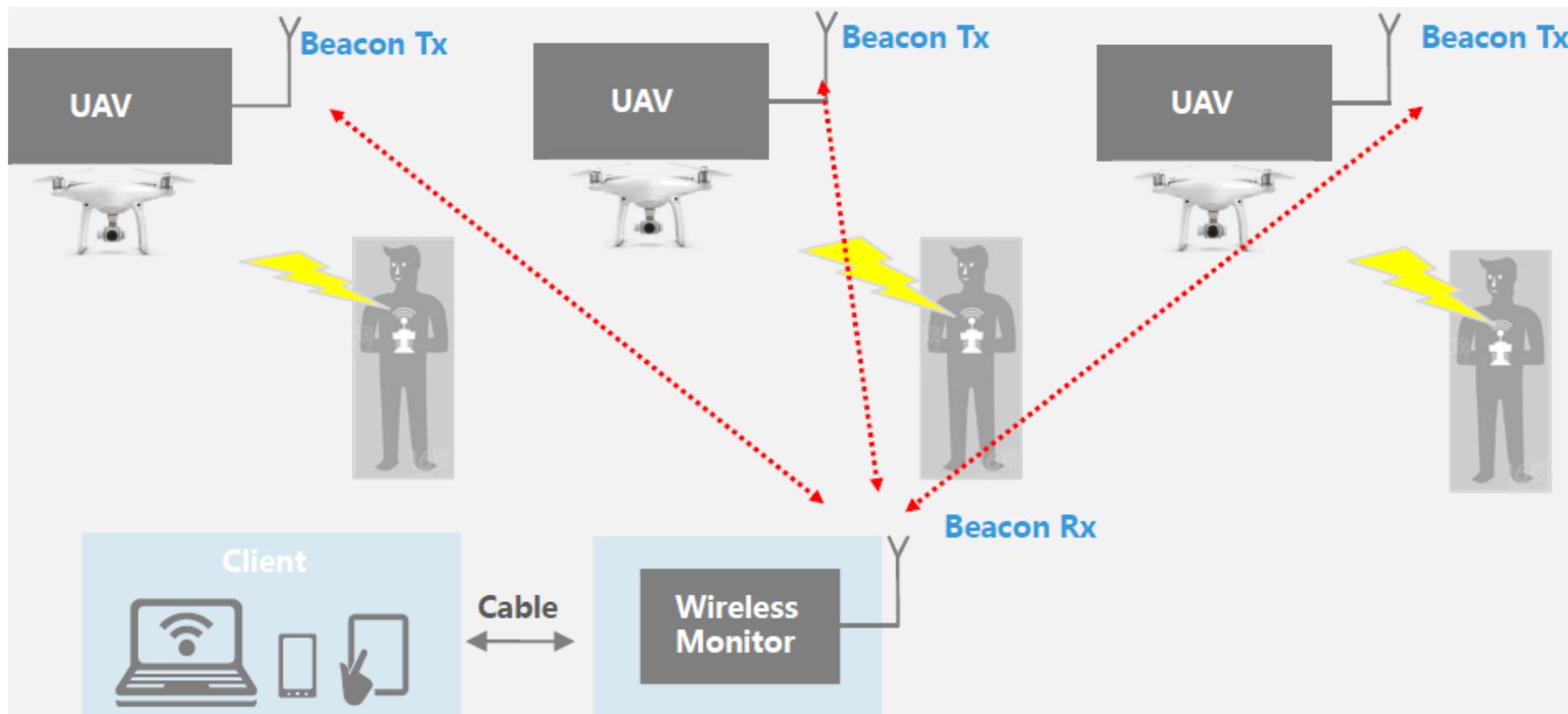
- 遠隔からの飛行中の無人航空機の識別や追尾を可能とする無人航空機向けIDの規格を検討する諮問委員会として、2017年6月に設立。参加機関は、標準化機関(IEEE、RTCA等)、通信キャリア(AT&T、Verizon等)、ドローン企業(AirMap、DJI、Precision Hawk、Amazon等)、通信機メーカー(Intel、Qualcomm、uAvionics)、アビオニクス企業、業界団体、研究機関等、70機関以上。
- セキュリティや公衆安全のニーズや技術・コスト面でのフィージビリティの検討や、法制度の施行や航空管制の要求に合致するかの分析を実施。ARCの報告は、FAAによる目視外飛行や第三者上空飛行の検討に資することを想定。
- 無人航空機の特特定・追跡に使用可能な技術として、ADS-B、ISM帯通信による直接送信、制御用通信による送信、照明の点滅変調、携帯電話網による送信、衛星通信の利用、LAANC (FAAのシステム) の利用、等が提案。
- 当初9/30までに最終報告を取りまとめる予定であったが、ARC内で議論のコンセンサスが得られていない状況。

FAAが無人航空機を制御用通信経由、もしくは携帯電話網経由でモニタすることを検討したが、**FAAによるモニタリング対象**について、次の3つの方向性を指示する派閥に分かれており、合意に至らない状況。

- ① **全ての無人航空機を対象**
- ② **ホビー用モデル航空機は対象外**
- ③ 当初は長距離飛行、自動操縦、高度な撮像を行う比較的大型の機体を対象とし、**小型の機体は対象外**

DJIによるRemote IDの取組み

- DJIは、制御用通信電波を使用して、IDを放送する技術を提案。地上基地局で制御用通信電波を受信することで、無人航空機の所有者や位置、進行方向、機体種類等を把握することが可能。
- DJI Mavic Proの制御用通信電波の到達距離は7km。
- 機体の購入と同時に搭載され、追加コストが不要であり、新たなネットワーク・インフラ等が不要であること等がメリット。



出所)DRONE ENABLE, ICAO's Unmanned Aircraft Systems (UAS) Industry Symposium, DJI発表資料

他システムとの比較

小型無人機の位置把握における他システムとの比較(案)

システム	概要	利点	課題等
飛行位置把握システム (本システム)	<ul style="list-style-type: none"> 本システムの送信モジュールを無人機に搭載し、位置等の情報を同報配信。 機上送信モジュール、地上受信装置により独立のネットワークを構築。 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的広域カバレッジを確保可能。 耐災害性、安定性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 専用装置の搭載が必要。 装置の普及が必要。
制御用通信の利用	<ul style="list-style-type: none"> ドローンの制御用通信の下り電波に位置等の情報を追加して送信。 操縦者以外の受信装置により位置等の情報を受信可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 耐災害性、安定性に優れる。 新たな装置の搭載が不要。 	<ul style="list-style-type: none"> カバレッジが制御用通信の伝搬範囲に限定。 メーカー間の相互運用性の確保が必要。
携帯電話網の利用	<ul style="list-style-type: none"> 無人機に携帯電話端末モジュールを搭載し、位置等の情報を送信。 携帯電話網に接続されたサーバを介して位置等を把握可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的広域カバレッジを確保可能。 携帯電話網を制御用通信に使用する場合は、新たな装置の搭載が不要。 	<ul style="list-style-type: none"> キャリア網のカバレッジに限定。 サーバへのアクセス性やキャリア間の相互運用性の確保が必要。
ADS-B	<ul style="list-style-type: none"> 無人機にADS-B送信装置を搭載し、位置等の情報を同報配信。 ADS-B受信装置により、送信された位置等の情報を把握可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 広域カバレッジを確保可能。 耐災害性、安定性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 航空移動業務の周波数であり、小型無人機で使用する場合は制度変更が必要。