

2. 小型無人機の利用形態と通信ニーズ調査

2.1 調査の目的と概要

2.1.1 調査目的

小型無人機の飛行位置把握システムの利用シーンやニーズを整理することを目的として、以下の調査を実施した。

- 小型無人機の見通し外での長距離飛行、自律飛行の利活用動向等
- 小型無人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

2.1.2 調査概要

国内事業者の取組みと飛行位置把握のニーズについて、文献・インターネット調査等に基づく調査を実施した。加えて、国内事業者に対するヒアリング調査を行い、飛行位置把握システムへのニーズを整理した。ヒアリング対象とした国内事業者を表 2-1 に示す。

また、飛行位置把握を実現する各種手法との比較から、400MHz 帯を使用する飛行位置把握システムのニーズを整理した。

表 2-1 国内事業者ヒアリング対象

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
かもめや	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）

以上の調査結果を踏まえ、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を整理した。

2.2 国内事業者の取組みと飛行位置把握のニーズ

2.2.1 国内事業者の取組み

本調査において、以下の事業者について調査を行った。

- 楽天株式会社
- エアロセンス株式会社
- 株式会社かもめや
- 東京電力ホールディングス株式会社

以降にて各事業者における取組みを示す。

(1) 楽天株式会社

楽天（株）では、一般消費者向けのドローン配送サービス「そら楽」の実証試験及び地域限定サービス等を実施している。

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した。具体的には、LTE 通信網を活用し、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）し、指示を受け取ったドローンが自動飛行で 700m 離れた稲毛海浜公園プールの受取所まで荷物を配送した。本実証実験における飛行ルートを図 2-1 に、無人機による配送の流れを図 2-2 に示す。



図 2-1 飛行ルート

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ラ
ーションの概要



図 2-2 無人機による配送の流れ

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ラーションの概要

2) 南相馬市におけるドローン配送試験運用

楽天(株)と(株)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している。具体的には、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するという取り組みであり、試験運用は半年間程度を予定している。なお、店舗から移動販売先までの距離は約2.7kmで飛行時間は約7分かかるとしており、ドローンは、安全のために主に近くの河川上空を飛行する。また、一度に運べる商品は約2kg程度以内としている。

(2) エアロセンス株式会社

エアロセンス(株)では、固定翼ドローンを用いた離島間飛行及びへき地における宅配実験を行っている。

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、成功している。具体的には、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した。なお、本実証における飛行距離は5167.8m、飛行時間(ホバリング時間を除く)は210.6秒、平均飛行速度は24.5m/秒であった。石垣市における固定翼ドローンの離島間飛行実証の様子を図2-3に示す。



図 2-3 石垣市における固定翼ドローンの離島間飛行実証の様子

出所) エアロセンスプレスリリース

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し、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(消毒液、ガーゼ等)の輸送に成功している。なお、本実験における飛行距離は約1.2km、飛行時間は約7分であった。本実験における飛行ルートを図2-4に、使用した機体イメージを図2-5に示す。



図 2-4 飛行ルート

出所) エアロセンスプレスリリース



図 2-5 機体イメージ

出所) エアロセンスプレスリリース

(3) 株式会社かもめや

(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をアクセス手段として使用した無人機運航管理通信システムの実証実験を開始している。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であり、2020年の無人物流サービスの実現に向けて、今年度中に香川県沖の離島6島に試験基地局を設置する予定である。

具体的なサービス内容としては、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提供予定としている。なお、同社はこれまでに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)等の実証に成功している。

KAZAMIDORIのシステム構成図を図2-6に、試験基地局のサービスエリアを図2-7に示す。



図 2-10 誘導プラットフォームの開発

出所) 東京電力資料「「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて



図 2-11 ドローンポートの開発

出所) 東京電力資料「「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて

2.2.2 小型無人機による目視外飛行の主な利用形態

小型無人機による目視外飛行の主な利用形態としては、「物流用途」、「インフラ・施設点検、監視用途」及び「災害用途」に分けられる。以降では、それぞれの用途について詳述する。

(1) 物流用途

物流用途では、拠点間の輸送（離島間、大型物流センターから小型センター、小売店舗から臨時店舗、拠点から指定受取所 等）や配送先への輸送（自宅、マンション 等）が考えられる。小型無人機は、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され、予めプログラムされた飛行経路に沿って自動操縦される。現在実証されている飛行距離は、数 km～10km 程度であるが、将来的には（目視外飛行となることから、別の安全基準等の適用が必要となるが）数 10km もしくは 30～50km 程度飛行することが想定されている。

物流用途における運用イメージを図 2-12 に示す。

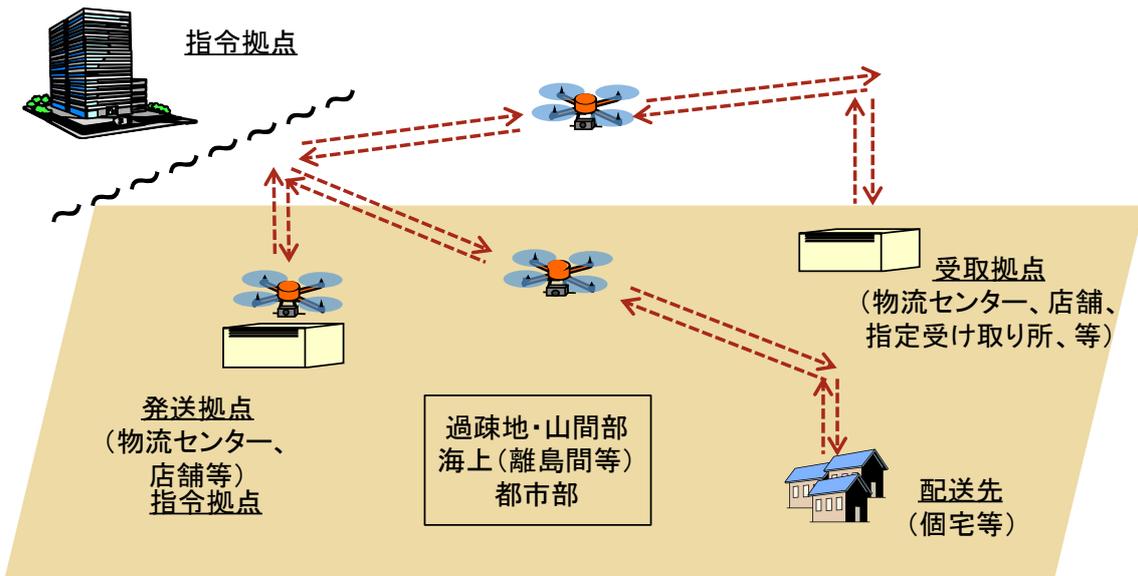


図 2-12 物流用途における運用イメージ

出所) 三菱総合研究所作成

(2) インフラ・施設点検、監視用途

インフラ・施設点検、監視用途では、広域インフラ（送電線、道路等）の点検、山間部や離島、海上等の施設点検を上空からの画像取得等によって行われることが想定される。小型無人機の飛行方法としては、点検対象に応じて経路設定された自動操縦、あるいはプロポによる手動操縦も想定される。現状での飛行距離は、通信距離や飛行性能に依存しているが、可能な限り長距離飛行することが望まれている。

インフラ・施設点検、監視用途における運用イメージを図 2-13 に示す。

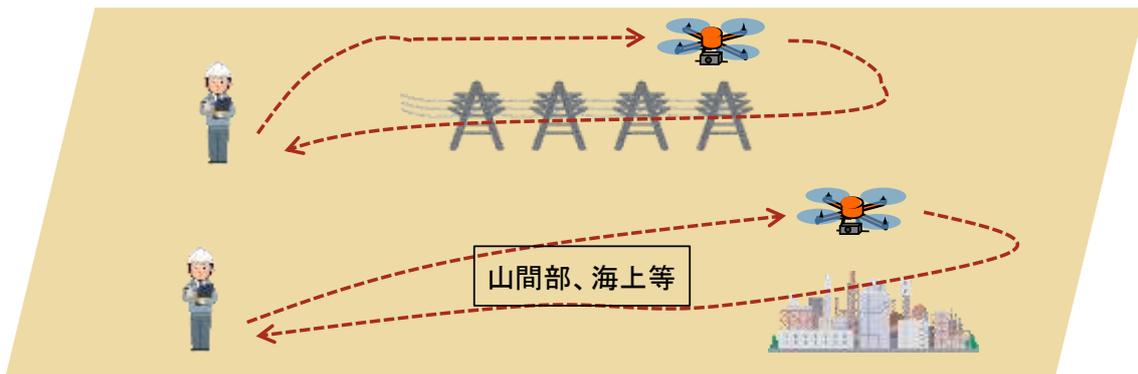


図 2-13 インフラ・施設点検、監視用途における運用イメージ

出所) 三菱総合研究所作成

(3) 災害用途

災害用途では、上空からの画像取得により被災状況把握、捜索・救助支援、報道用映像取得及びインフラ被害把握が可能である。また、被害者向け物資輸送や臨時基地局として携帯電話の中継にも活用されることが想定される。小型無人機の飛行方法及び距離については、災害種類、用途、運用者により様々な飛行経路や方法が想定される。

災害用途における運用イメージを図 2-14 に示す。

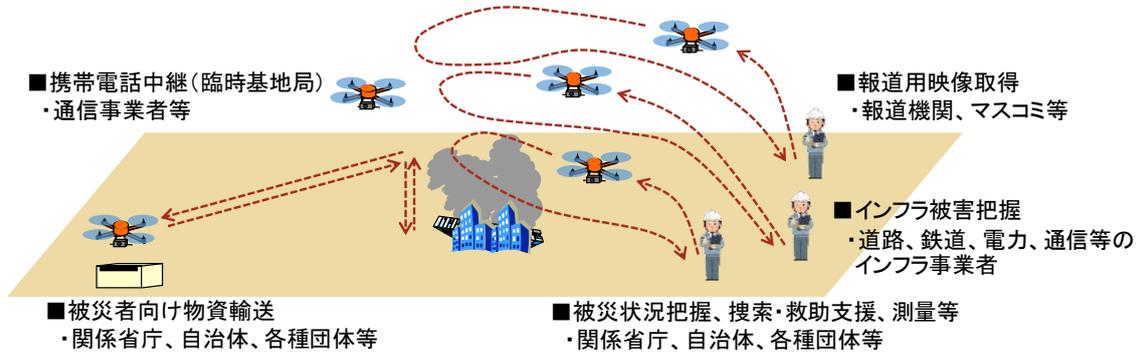


図 2-14 災害用途における運用イメージ

出所) 三菱総合研究所作成

2.2.3 無線通信の利用・検討状況と課題

主な通信手段としては、920MHz 帯(特定小電力)、2.4GHz 帯(特定小電力)及び LTE 通信が挙げられる。

(1) 920 MHz 帯(特定小電力)

920 MHz 帯(特定小電力)は、飛行前のコマンド・経路設定や飛行中の緊急時コマンド等のコマンド送信用途として利用されると共に、位置、モータ出力及び IMU 状態(慣性装置からのデータ)等を把握するためのテレメトリ受信用途として利用されている。通信距離は 3~7km 程度であるため、通信距離の制限があること及び情報伝送量の制限があることが課題となっている。

(2) 2.4GHz 帯(特定小電力)

2.4GHz 帯(特定小電力)は、920MHz 帯よりも伝送量が多く、コマンド送信及びテレメトリ受信用途に加え、機体カメラの撮影映像を受信することが可能である。一方で、通信距離は 2~3km 程度であるため、通信距離の制限が課題となっている。

(3) LTE

LTE は現在、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であり、加えて LTE カバレッジ内における広域利用が検討されている。LTE 通信に対しては、過疎地や海上など LTE カバレッジ外での飛行ニーズがあるものの、現時点ではカバレッジが限定

されることが課題である。また、災害時の停波、トラフィック規制、通信障害等の安定性への懸念や通信コストについて懸念される。

(4) その他の課題等

その他の課題として、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であることや、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ことが挙げられる。また、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との要望があった。加えて、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として、無人航空機間で通信を行い、衝突を回避したいとの意見が挙げられている。

2.2.4 飛行位置把握システムの利用形態とニーズ

主な用途としては、制御・テレメトリ通信のバックアップ、運航管理システムへのアクセス、周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握が挙げられる。

(1) 制御・テレメトリ通信のバックアップ

バックアップとして、主の制御・テレメトリ通信装置（LTE、特定小電力等）と併用されており、主の制御・テレメトリ通信装置の途絶時・品質低下時やカバレッジ外において、機体位置等を把握する手段として用いられている。利用者からは、通常のテレメトリに加えてバッテリー情報やユーザーのカスタム情報を送信できることが望まれている。また、通信距離は10km程度以上（数十km）以上必要であり、加えて双方向通信できることが望まれる。

(2) 運航管理システムへのアクセス

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されているほか、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である。通信距離は10km程度以上が必要であり、加えて複数基地局をネットワーク化してカバレッジ拡大することが望まれる。

(3) 周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握

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されている。今後、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、現在位置の次のウェイポイントなども表示されるとさらに有用である。本利用形態として活用するためには、全ての無人航空機への搭載が義務化されることが望まれる。一方で、事業者と飛行位置・経路がセットで開示されることは不利益に繋がるため、他事業者への公開情報の範囲については検討する必要がある。

(4) その他のニーズ等

その他のニーズとして得られた意見を以下に示す。

- 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等において、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だろう。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。
- ユーザー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、ユーザー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。

2.3 400MHz 帯を利用した新たな飛行位置把握システムのニーズ

(1) 類似システムとの比較

2.2 の飛行位置把握システムへのニーズに対し、飛行位置把握を実現する代表的な手法との比較から、400MHz 帯を利用した飛行位置把握システム（以下、「本システム」という。）のニーズを整理する。

小型無人機の飛行位置把握は、機体側の送信装置から同報送信により実現する手法（同報系）と、既設のネットワークを介することで実現する手法（ネットワーク系）の 2 つに分類される。同報系の手法には、本システムの外、小型無人機の制御用通信を利用する方法、LPWA を利用する方法、ADS-B を利用する方法等が挙げられる。ネットワーク系の手法には、携帯電話網を利用する方法、衛星通信網を利用する方法が挙げられる。

各システム等の概要と利点、課題等に関する比較を表 2-2 に示す。

表 2-2 小型無人機の位置把握を実現するシステム等の比較

システム	概要	利点	課題等	
直接 通信 ・ 同報 型	飛行位置把握システム (本システム)	<ul style="list-style-type: none"> • 比較的広域カバレッジを確保可能 • 耐災害性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> • テレメトリ通信以外の専用の送信装置が必要 • 装置の普及が必要 	
	制御用通信 (直接接続)の利用	<ul style="list-style-type: none"> • ドローンの制御用通信のテレメトリ信号に含まれる位置情報を受信 • 電波の到達範囲内で専用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 	
	LPWA の利用	<ul style="list-style-type: none"> • 免許不要バンドを使用する LPWA 規格の送信装置を無人機に搭載し、位置等の情報を同報配信 • 機上送信装置、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"> • 規格により比較的広域カバレッジを確保可能 • デファクト標準として既にデバイスが普及 • 耐災害性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> • テレメトリ通信以外の送信装置が必要 • 送信データ量の制約 • 利用環境により干渉や Ch 衝突等が生じる可能性あり
	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
ネ ット ワー ク 型	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 • 既存の商用網を利用可能 	<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の確保 • 通信コスト
	衛星通信網 の利用	<ul style="list-style-type: none"> • 無人機に衛星通信端末モジュールを搭載し、位置等の情報を送信 • 衛星通信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"> • 全球カバレッジを確保可能 • 既存の商用網を利用可能 • 耐災害性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> • 送信データ量の制約 • サーバへのアクセス性の確保 • 装置重量・導入コスト • 通信コスト

小型無人機の位置把握を実現する他のシステム等との比較を踏まえた本システムの利点としては、以下が挙げられる。

- ドローンから 10km という比較的広域をカバーすることが可能
- スタンドアローン型システムであり耐災害性に優れる
- 商用網を使用せず通信料金等の運用コストは不要、装置の初期コストを比較的安価に抑えることが可能
- 専用の送信装置・受信装置を用いるため運航者・本装置メーカー間の互換性が確保

また 2.2 に示したとおり、本システムを有人航空機の位置把握に使用したいというニーズが挙げられた。本システムの専用端末は VFR で飛行するヘリコプター等の有人機への搭載も可能である。一方、他システムと比較した本システムの課題としては、以下が挙げられる。

- 制御・テレメトリ用通信以外に本システム専用の送信装置の搭載が必要
- 周辺の小型無人機、VFR で飛行する有人機の位置把握を実現するためには当該装置の普及拡大が必要

(2) 小型無人機の識別

調査検討会の議論の中で、本システムを飛行中の小型無人機の識別に利用できるのではないかと意見が示された。米国では、公衆安全の観点から、規制当局による遠隔からの飛行中の無人航空機の識別や追跡を可能とする無人航空機向け ID が検討されており（7.2 参照）、飛行している小型無人機の安全性や正しい運用がなされているかどうか等を把握するために、識別は重要な考え方である。

本システムは、機体から送信された情報は、専用の受信装置を保有していれば誰でも送信された位置等の情報を確認できるとともに、識別に必要な送信フレームがすでに 32 ビット確保されていることから、本システムを小型無人機の識別に使用することは可能である。他方、運航者の事業性等の観点から、小型無人機の識別情報の公開範囲やセキュリティの確保等、制度面や技術面について今後検討が必要である。

2.4 まとめ

2.2、2.3 の調査結果を踏まえ、本システムの利用シーンと要件を表 2-3 に整理する。

表 2-3 本システムの利用シーンと求められる要件

用途	利用シーン	主な要件
テレメトリ通信のバックアップ	<ul style="list-style-type: none"> テレメトリ通信が届かない距離の目視外飛行時の代替 山間部や海上等、携帯電話網のカバレッジ外での飛行時のテレメトリ代替 	<ul style="list-style-type: none"> 通信距離 10km 以上 毎秒 1 回の安定した通信頻度 送信フレームのカスタマイズ性
運航管理システムへのアクセス	<ul style="list-style-type: none"> GCS 経由でのアクセスに代わり、本システムから必要情報等を取得 無人航空機専用空域を提供するサービス等における空域管理者へのアクセス（対 GCS とは別の通信手段） 都市部／遠隔地等に依らず使用 目視内／目視外に依らず使用 	<ul style="list-style-type: none"> 通信距離 10km 以上 毎秒 1 回の安定した通信頻度 送信フレームのカスタマイズ性 収容数 50 機程度以上（都市部では将来的に不足の可能性）
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"> 目視外飛行時に周辺を飛行する無人航空機・有人航空機の接近を把握、必要に応じ警告 災害時に被災エリアで使用される無人航空機・有人航空機の位置把握や空域調整 都市部／遠隔地に依らず使用 	<ul style="list-style-type: none"> 毎秒 1 回の安定した通信頻度 収容数 50 機程度以上（都市部では将来的に不足の可能性）
周辺を飛行する無人航空機の識別	<ul style="list-style-type: none"> 飛行中の無人航空機の識別情報（所有者、認証情報等）を取得 目視内／目視外に依らず使用 	<ul style="list-style-type: none"> 毎秒 1 回の安定した通信頻度 送信フレームのカスタマイズ性 収容数 50 機程度以上（都市部では将来的に不足の可能性）