

# ReAMoプロジェクト 有人航空機・無人航空機の運航調和にむけた意見交換会 海外動向・論点整理

2024/2/27

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構  
航空技術部門 航空利用拡大イノベーションハブ  
次世代空モビリティの協調的運航管理技術の研究開発  
(CONCERTO)

久保 大輔

# 海外動向・日本環境の特殊性

- 有人航空機の動態情報共有は海外では既に義務化されている国もあるが、日本では義務化されていない。環境条件として大きな差異である。
- 一方でFoster CoPilotやD-NETという衛星通信を用いた動態管理システムが民間機に広く導入されているのも日本特有の条件。

	米国	欧州	英国	日本
小型航空機への認証 ADS-B搭載義務化	○ レーダー設備縮退（義務化決定時の説明）のため、2020年義務化。ただし対象はトラポンモードSと同様、有人機が混雑する空域と、高高度を飛行する機体のみ※	×	×	×
UAT周波数	○	×	×	×周波数帯が利用不可
FLARM	△	○（ADS-L）	○	×周波数帯が利用不可
ポータブルADS-B	×	×	○搭載推奨、補助金	×現在は制度無し

※空港周辺の管制空域、Class B空港から30NM以内、高度10,000ft MSL以上を飛行する場合

# 【米国動向】 有人航空機と無人航空機の運航ルールに関する制度動向

制度化には至っていないものの、**FAAのARC (Advisory and Rulemaking Committees)** により、無人航空機の目視外飛行を拡大を目的とした連邦航空法の改正提案を含むレポートが発行されており、これまで不明瞭であった、低高度における無人航空機 (UA) と有人機の運用のあり方や進路権を明確化する提案がされている。主な提案内容は以下のとおり。

- 法案改正の提案「対地高度500ft以下において、無人航空機は、ADS-B outまたはTraffic Awareness Beacon Systems (TABS) 対応機器を装備している有人機に進路権を譲らなければならない。」
- 法案改正の提案「42 U.S.C. (Public health and Welfare) の§5195c (Critical infrastructures protection) に定めるシールドエリア内で運航する無人航空機は、有人機に対して進路権を有する。」
  - シールドエリアとは、一般的な物件 (Structure)ならびに米国が定めた重要インフラの縦・横方向の100ftの範囲を指す。重要インフラとは、それが破壊されることにより安全保障、国の経済保障、公衆衛生もしくは安全またはそれらの組み合わせに脆弱性をもたらすような施設を指す。
- 考え方の提案「対地高度500ft以下において、無人航空機は、無人航空機は、ADS-BアウトまたはTraffic Awareness Beacon Systems (TABS) を装備していない有人機に対して、進路権を有する。」
- これらの提言に対してFAAは2023年5月にパブコメを募集。その中では動態情報共有は陽には触れられていない。

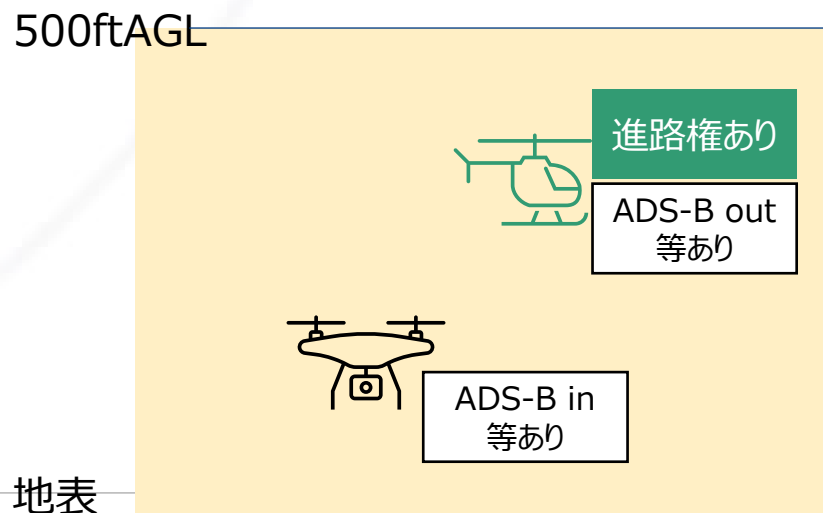
# 【米国動向】

## BVLOS ARCレポートにおける連邦航空法 § 91.113の修正提案



500ftAGL以下におけるBVLOSオペレーションとして以下の条文修正案（有人航空機に進路権あり）が提案されている。

- (1) 最大運動エネルギーが80万フィート重量ポンド以下の無人航空機は、**TABSまたは14 CFR § 91.225に規定されたADS-B outを装備しているすべての航空機に道を譲る必要がある。**
- (2) **無人航空機はADS-BまたはTABS対応機器を搭載した航空機を検知**できる、あるいは14 CFR 108.XXに規定された他の手段を用いてすべての航空機を検知できるよう、**FAAが承認または受理したDAAシステムを搭載**すること。
- (3) 無人航空機運航者は、
  - a. NOTAMまたはFAAが認める他の手段により、他の航空機に運航を通知すること。
  - b. 管制空域での運用は、事前に空域管理施設の許可を得ること。
  - c. 非管制空域での運用の場合、公共空港の場合は3海里以内の運用について空港運営会社と調整すること。
  - d. 非管制空域での運航については、公表されたヘリポートから半海里以内の運航について、ヘリポート運営会社と調整すること



# 【米国動向】 BVLOS ARCレポートにおける連邦航空法 § 91.113の修正提案



目視外飛行でシールドオペレーションを行う無人航空機に対して以下の条文修正案（無人航空機に進路権あり）が提案されている。

- **シールドエリアにて運用を行う無人航空機は全ての航空機に対して進路権を有する。**
  - シールドエリアとは、一般的な物件や障害物（木、ビル、タワー、送電線などを想定）に加え、Critical Infrastructureとして指定される重要インフラ※の垂直方向の範囲から100フィート上方まで、および横方向の範囲から100フィート以内にある空域を指す。



参考) カナダでもシェルタードオペレーションという呼称で同様概念が提案されている

※  
Critical Infrastructure Information Act of 2002  
重要インフラ情報法（CII法）において、重要インフラの所有者や運営者、インフラ保護に責任を持つ政府機関の間で重要インフラ情報の共有を促進し、テロに対する国家の脆弱性を軽減することを目的として定められた。

## 改正提案の背景と意図

- シールド空域に指定される空域において、**有人航空機が飛行する可能性は極めて低いため、遭遇の可能性は小さい。**
- また、そもそも500ftAGL以下で飛行できる航空機が連邦航空法によりかぎられている。

# 【米国動向】 BVLOS運航許可に関するFAAパブコメ（2023/5/25～6/14）



## FAA-2023-1256 の「UAS Beyond Visual Line-of-Sight Operations (UAS Beyond Visual Line-of-Sight Operations)」

- A : DAAを複数の産業界規格の組み合わせで承認すること（ASTM F3442/F3442M-23、RTCA DO-381 GBSS MOPS、RTCA DO-365C、RTCA DO-396）。
- B : DAA基準を満たしていると宣言することで足りる場合と、承認が必要な場合の条件区別。
- C : 小型UASと乗員航空機との間のWell-Clear上限（ASTM F3442/F3442-23）水平距離2,000フィート垂直距離250フィート基準の妥当性。
- D : 第三者サービス（有人機監視等のUTMサービス）を用いるDAAの扱い。UTMサービスの承認と適用除外に基づく運航許可を切り離す。
- E : 戦略的デコンフリクションのためのUTMサービスの利用。FAAは現在2機のUAの衝突リスクの許容レベルを決定出来ていない。適用除外に基づく運航では戦略的デコンフリクトおよびコンフォーマンスモニタリングを使用すること。管制空域とモードCバイル内の運航に義務付けるか、それとも非管制空域を含むすべてのBVLOS運航に義務付けるべきか。適用可能な標準はASTM F3548-21。
- F : 戦略的デコンフリクションとコンフォーマンスモニタリング（FAA UTM ConOps定義）に加え、第3のレイヤとして機体間通信を活用したDAAを要求することを検討している。候補はACAS sXu（RTCA DO-396）。相互運用性のためのパフォーマンス要求ではなくプリスク립ティブ要求にしても良いか。
- G : ARCでは目視外シールド運航が提案された。FAAは、有人航空機を探知・回避できる能力を前提に、安全分析に基づき同様のフレームワークを検討している。目視外シールド運航を行う事業者は、地元の航空コミュニティにどのような手段で運航情報を提供するべきか。電子メール、電話、ウェブポータル、UTM経由。

# 【欧州動向】 有人航空機と無人航空機の運航ルールに関する制度動向

**EU規則2021/664、665、666と、それらの適合証明手法・ガイドライン文書（AMC&GM）**において、主に無人航空機（UAS）を運航させることを目的とした「U-space空域」を制度化しており、U-space空域における有人機運航のルールを定めている。

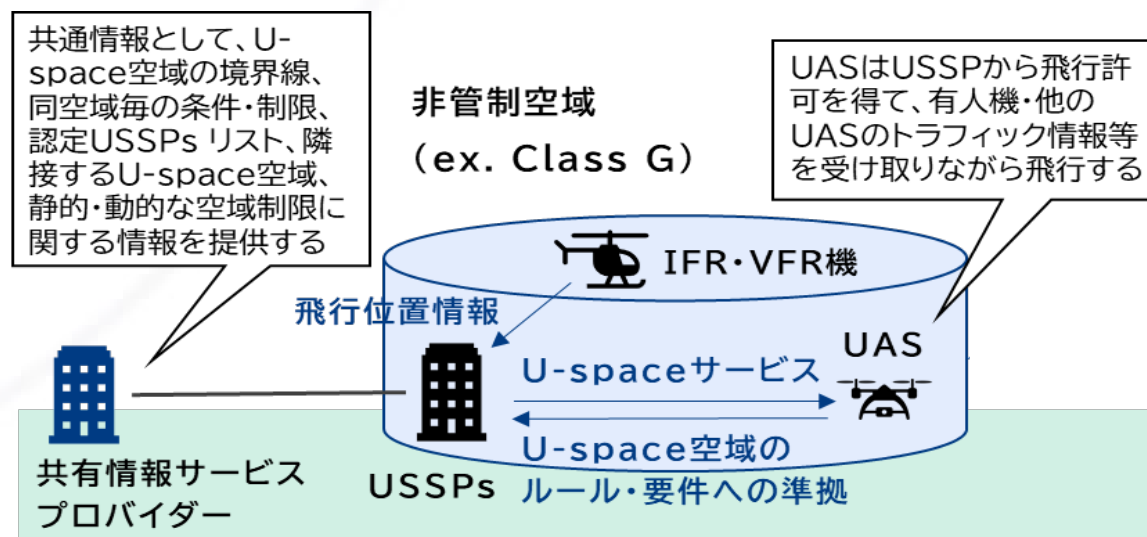
- **EU規則2021/664**は、UAS同士やUAS・有人機間の空域共有・運航調整の在り方についてルールを定めている。
- **EU規則2021/666**では、欧州の航空規則の改訂がなされ、SERA6005(c)では「**ANSPによる航空管制サービスが提供されていない空域を飛行する有人航空機は、U-Spaceサービス提供者に対して、継続的に電子的に自らの存在を示すこと**」を求めている。
- AMC&GMに具体的な有人航空機からUSSPシステムに伝送すべきパラメータが記載されている。航空機に組み込んでトランスミッタとして機能するSRD 860周波数帯を使用するシステムは、FLARMに該当する。

# 【欧州動向】

## U-spaceに係るEU規則2021/664の詳細ー他の機体との運航調整



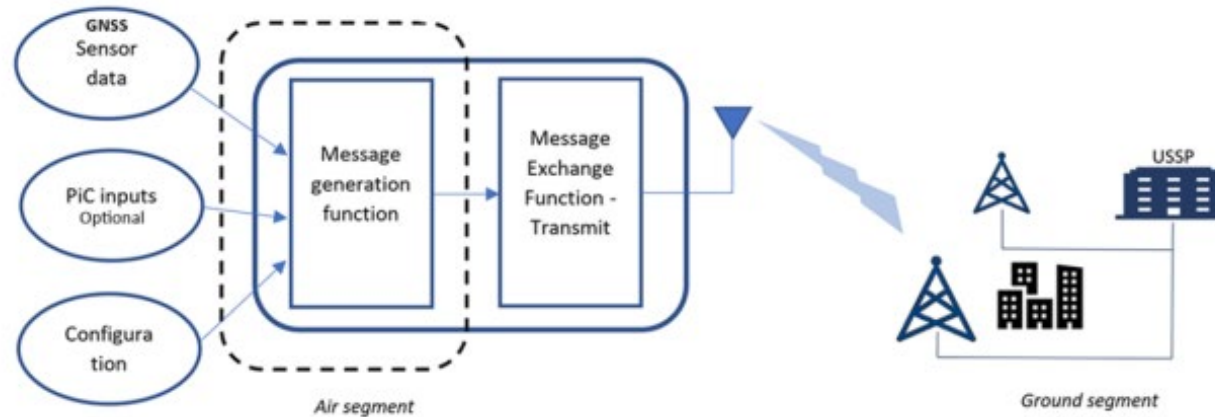
- **EU規則2021/664は、UAS同士やUAS・有人機間の空域共有・運航調整の在り方についてルールを定めている。**
  - 航空管制サービスプロバイダー（ANSP）は有人機向けに航空管制サービスを提供し、主管庁の認定を受けたU-spaceサービスプロバイダー（USSPs）がUAS向けにU-spaceサービスを提供する。
  - 主管庁は、規定の空域リスクアセスメントを実施した後、「U-space空域」を指定し、本空域を飛行するUASに対してU-spaceサービスの利用を義務付けることができる。
  - 非管制空域では有人航空機は管制を受けずに飛行をするが、**U-Space空域を飛行する際には、USSPsへの飛行位置情報の報告が義務付けられる。→技術的な手段としてADS-Liteの概念が提案されている。**
  - U-space空域を管制空域内に設定する場合は、航空管制サービスを受ける有人機とUASが確実に分離されるよう、有人航空機と無人航空機の空域を動的に分離できなければならない。





# 【欧州動向】 U-Spaceに関する欧州規則/SERAのAMC&GM文書、ADS-L

- 位置情報共有の技術的な手段としてADS-Lの概念が提案された。FLARMや携帯電話網を使った通信装置が相当。
- Appendix1 AMC1 to SERA6005(c)では送信パラメータに関して規定している（必須と任意パラメータを含む）



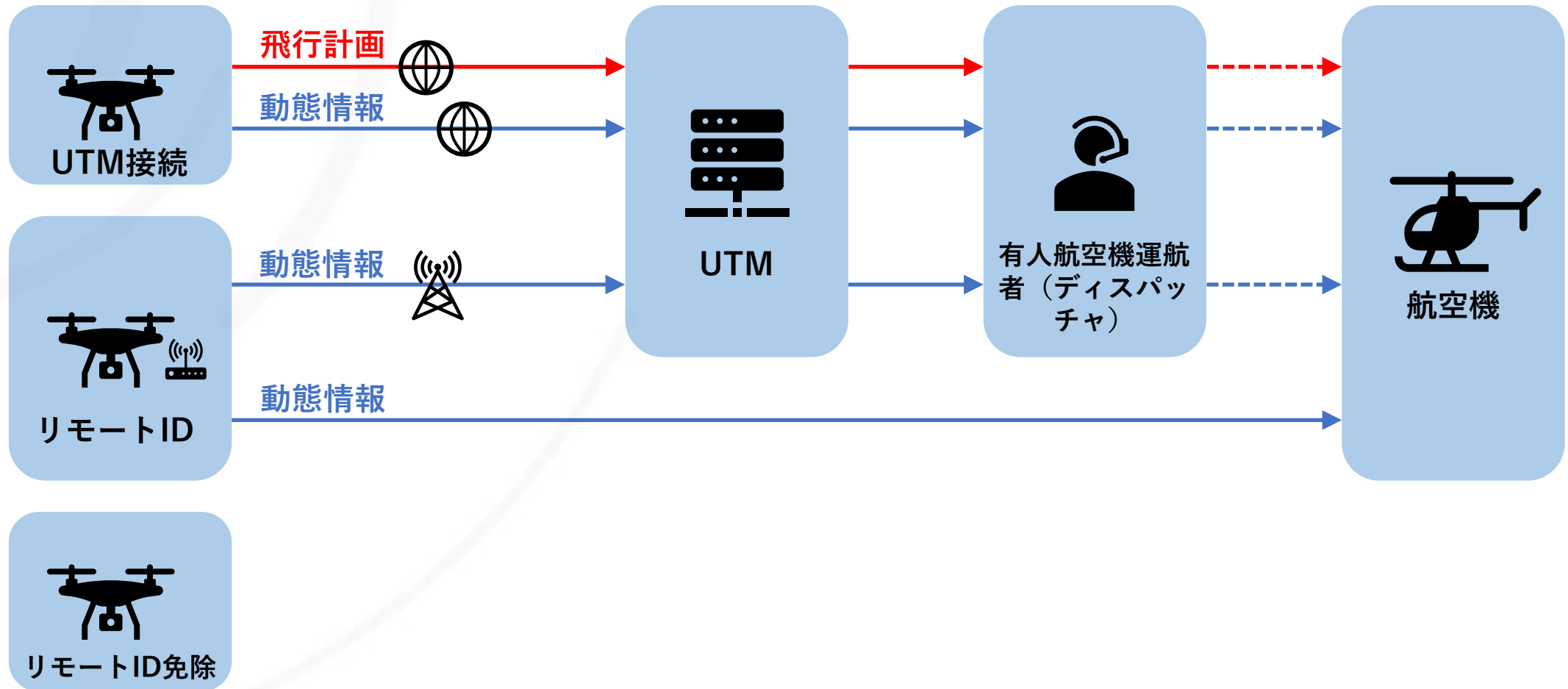
メッセージの生成と送信の概念図を上記に示す。実線の範囲がメッセージの生成と送信の概念を示し、点線の範囲が入力の概念を示す。入力されたパラメータは、上記のADS-Lメッセージ生成機能から地上にいるUSSPの処理セグメントに通知される。

# 有人航空機の動態情報共有技術のトレードオフ



	地上主体			機上主体				
	一次レーダー	トランスポンダ応用	搭載品認証有り	搭載品認証無し				
有人航空機の位置把握の主要なソリューション比較	カウンタードローン技術	MLAT	認証ADS-B	Foster CoPilot/D-NET	ポータブルADS-B	Power FLARM	携帯回線	非地上系ネットワーク
	 <a href="https://fortemtech.com/products/trueview-r30/">https://fortemtech.com/products/trueview-r30/</a>		 <a href="https://www.garmin.com/en-US/p/140939">https://www.garmin.com/en-US/p/140939</a>	 写真はD-NET	 <a href="https://uavionix.com/products/skyecho/">https://uavionix.com/products/skyecho/</a>	 <a href="https://www.flarm.com/products/powerflarm/">https://www.flarm.com/products/powerflarm/</a>		 <a href="https://www.starlink.com/business/direct-to-cell">https://www.starlink.com/business/direct-to-cell</a>
主要課題	地上整備コスト	地上整備コスト	機上搭載コスト	分オーダーの遅延、通信コスト	制度的な整理が必要	日本での周波数割り当て困難	通信カバレッジ	航空機適用の実証、通信コスト
技術と特徴	フェイズドアレー方式の固定式小型一次レーダーを複数配置してその情報を統合（ソフトウェア処理）して低高度を監視する仕組み。 <b>Counter UAS目的で研究開発が進んでいる。</b> 空港等の重要拠点での利用が進んでいる。広い面積をカバーするためには多数の配置が必要。	トランスポンダの信号を複数地点で受信することで、その到達時間差から発信源の位置を決定する方式。 <b>既存の小型航空機の90%以上を感知可能。空港レーダーの覆域以外では、質問信号を送信する必要。</b> 応答信号の数を増やすため、1090MHzの電波環境への影響。	<b>GPSで取得した位置情報を周囲に送信する仕組み。</b> 航空機のトランスポンダの追加機能。新型機は最初から搭載されている率が高いが、旧型機ではほぼ搭載されておらず、 <b>追加搭載は修理改造検査扱いとなるため、工賃と認証再取得費用が極めて高価。</b>	イリジウム衛星のショートバースト通信を使った動態管理システム。持ち込み品であり修理改造検査不要。 <b>衛星通信を用いるため、地上インフラに依存せず、全ての場所で通信可能。</b> 通信コストが高額な衛星通信において <b>最小限の情報を低頻度で送信する仕組み。</b> 分オーダーの遅延が発生。	現在利用可能な製品はuAvionix社のSkyecho2。 <b>従来のADS-Bと互換性がある位置情報を送信可能。持ち込み品なので、搭載（修理改造）コストが不要。</b> 航空認証品でない装置から航空周波数1090MHzを送信することに関する国内の法的な整理が必要（英国や豪州ですすでに制度化）。	FLARM（FlightとAlarmの混成語）はFLARM社の製品であり、欧州でグライダーから利用が広がった。 <b>世界で5万台以上が普及しており、ジェネアビ、グライダー、気球等で広く利用実績。</b> 特にグライダーではデファクト。 <b>860MHz帯は日本では携帯電話（プラチナバンド）で使われており、周波数取得が困難。</b>	通信速度が速く双方向であるため、動態情報の送信のみならず、任務情報の送受信も可能。運航者からの期待度が高い。検証実験が進んでいるが、通信可能なエリアは広くない可能性があり、 <b>安全手段としての通信として検証が必要。</b>	<b>通信衛星コンステレーション等による広範囲への携帯通信サービス。</b> スマートフォンからの直接接続に近い将来に開始される。ショートメッセージからサービスが開始され、音声、IoT、データ通信とサービスが拡大されていく。 <b>衛星側の方式等、キャリア間の競争が行われている段階。</b>
コスト	機上装備は不要だが、地上が <b>大きなコスト。</b> 数千万円/100km <sup>2</sup> オーダー。	機上追加装備は不要、地上が <b>大きなコスト。</b> 億円/100km <sup>2</sup> オーダー。	追加搭載は修理改造検査扱いとなり、 <b>搭載に千円オーダーのコスト。</b>	装置のコストと通信費を合わせて <b>年間約数十万円オーダー。</b>	装置は安価。無線局免許のコストが必要。初期費用 <b>数十万円オーダー。</b>	装置は安価。 <b>数十万円オーダー。</b>	装置は安価。 <b>数十万円オーダー。</b>	装置は安価。 <b>数十万円オーダー。</b> 通信コストが課題。
カバレッジ	10km程度	15km程度	数百km	無限	数十km、機体遮蔽が影響する方位は短くなる。	10km、機体遮蔽が影響する方位は短くなる。	無限（ただし圏外がある）	無限（ただし衛星数が増うまで時間帯制限）
制度面	実用局周波数の割り当て	質問信号送信局の実用局許可	無し（実用化済）	無し（実用化済）	航空周波数の持ち込み品の制度上の位置づけ。	プラチナバンドの利用許可取得が困難。	上空利用の制度が進む。	航空機利用の制度上の位置づけ。

# 無人航空機の飛行計画と動態情報の共有



- 無人航空機から有人航空機へはどのような情報を共有すべきか？（静的情報、動的情報）
  - 静的情報：NOTAM、DIPS、事前調整
  - 動的情報：UTM、リモートID
- 有人航空機から無人航空機へはどのような情報を共有すべきか？（静的情報、動的情報）
  - 静的情報：場外離着陸場、フライトプラン、低高度申請
  - 動的情報：DIPSによるドクヘリ動態、ADS-B等の動態情報共有
- その他の論点：
  - 進路権の整理（シールド空域・シェルター空域）
  - 自衛隊機・米軍機との間の安全性
  - 両業界が合意可能で、安全で効率的な空を実現するためには、議論をどのように進めるべきか。