

# 電波の上空利用に関する国際動向

## 本日のご報告事項

- 電波の上空利用に関する国際機関等における標準化の動向
- 電波の上空利用に関する諸外国における制度化動向
  - ✓ 米国における動向
  - ✓ 欧州における動向
  - ✓ 英国における動向
  - ✓ 中国における動向
- 電波の上空利用に係る要素技術の研究開発動向



ポイント

# 電波の上空利用に関する主なポイント

## 1 IFRで国際間飛行を行うRPASで利用可能な周波数は検討途上

- 国連機関であるICAOやITU-R、標準化機関であるRTCAやEUROCAEにてRPASの制御用通信や衝突回避レーダーの周波数に関する議論が進められており、航空移動(R)業務/航空移動衛星(R)業務に割り当てられた周波数の利用が主眼
- 航空無線専用の周波数のみならず、制御用通信として商用セルラーネットワークの周波数の活用も検討も進行

## 2 諸外国では各国独自にUASで利用可能な周波数の特定を実施

- 米国、英国、中国等についてはUASに利用可能な周波数を独自に設定。技術基準を明示的に設定の上で、5GHzについてもUASの制御用通信として一部開放
- 欧州はUASの制御用通信として 5030-5091 MHz帯(航空移動業務)やLTE/5Gなどの利用可能性が示唆されている。一方、周波数割当や免許付与は加盟国当局に委ねられ、EUとして一律の指定は未実施

## 3 UASをはじめとする次世代モビリティ向けの技術開発が加速

- 5GHzにおける制御用通信システムやUAS専用の衝突回避システムACAS Xu等の商用化が進捗中

# 電波の上空利用に関する国際的な動向

---

# 無人機に関連する用語の定義

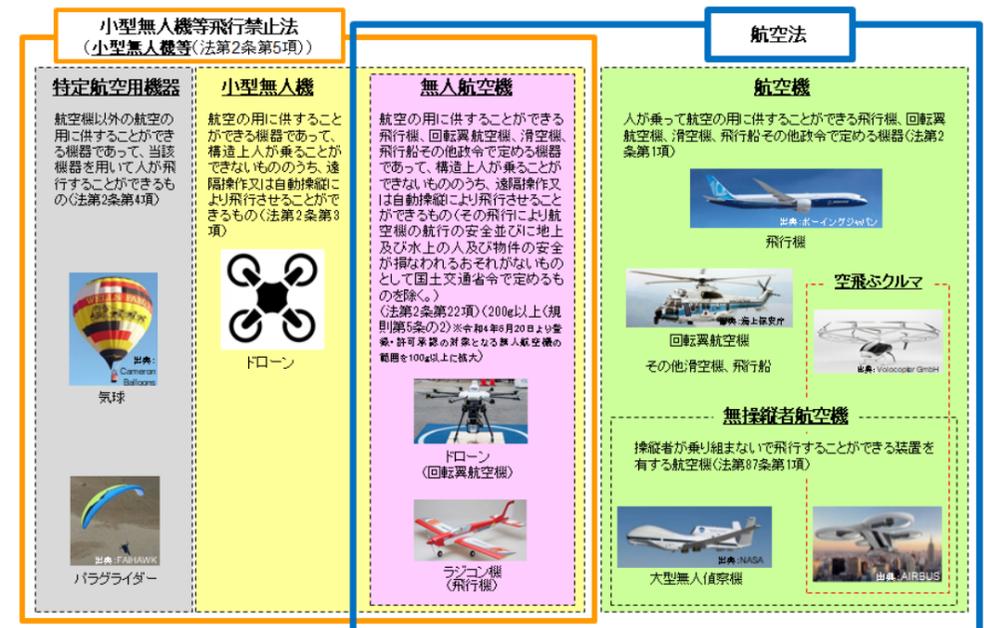
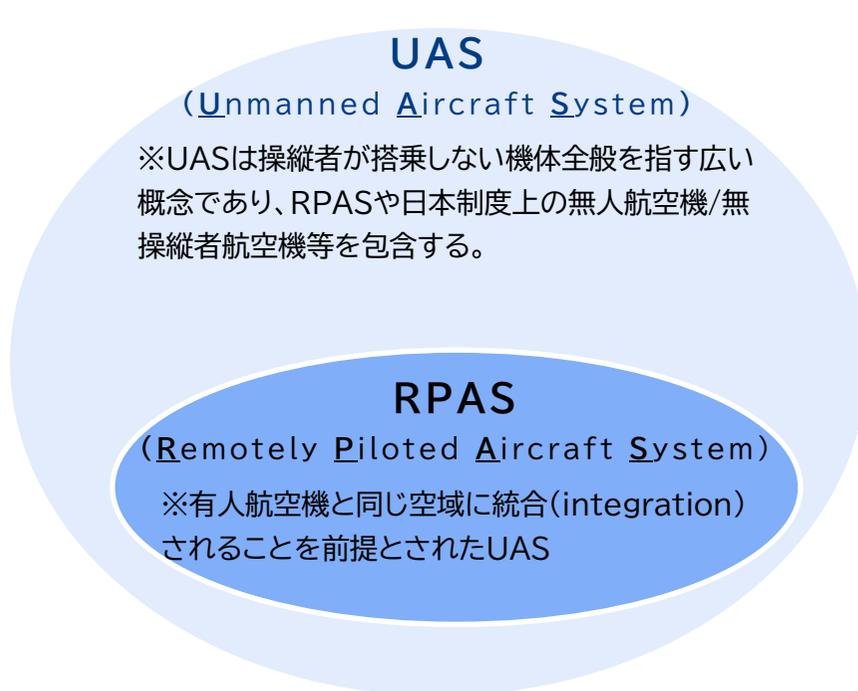
- ICAOでの国際的な無人機の定義と国内における無人機にかかわる用語の定義について以下に整理する。

## ▼ICAOにおける無人機関連の用語の定義

RPAS(Remotely Piloted Aircraft System)は、遠隔操縦で運航される無人航空機でありながら、有人航空機と同様に空域へ統合されることを前提としたUASの一部として定義される。

## ▼我が国における無人機関連の用語の定義

我が国において無操縦者航空機は航空機の枠組みに包含され、さらに遠隔操縦を行う空飛ぶクルマは無操縦者航空機に包含される。無人航空機や小型無人機は航空機の枠組み外として整理される。

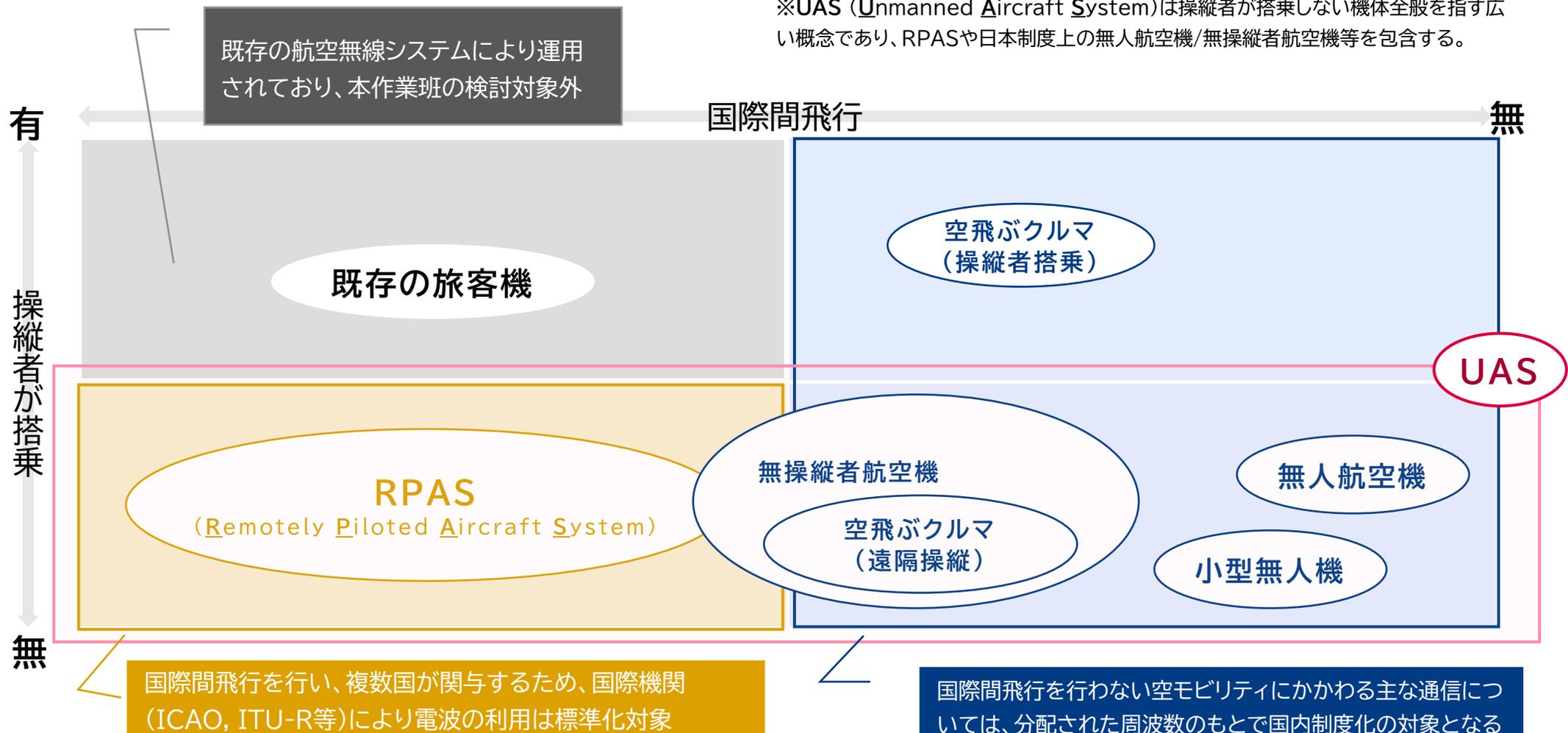


出所)「空飛ぶクルマ」の試験飛行等に係る 航空法の適用関係のガイドライン  
<<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001472777.pdf>>

# 国際標準化機関におけるRPASシステムの位置づけ

- 本資料ではRPASなどの国際間飛行を行う機体の電波通信に関する国際標準の検討状況や小型無人機や空飛ぶクルマなどの国際間飛行を行わない機体に関する諸外国での制度化の動向について整理する。

※UAS (Unmanned Aircraft System)は操縦者が搭乗しない機体全般を指す広い概念であり、RPASや日本制度上の無人航空機/無操縦者航空機等を包含する。



# 今後の諸外国における上空での電波利用に関する主な考え方

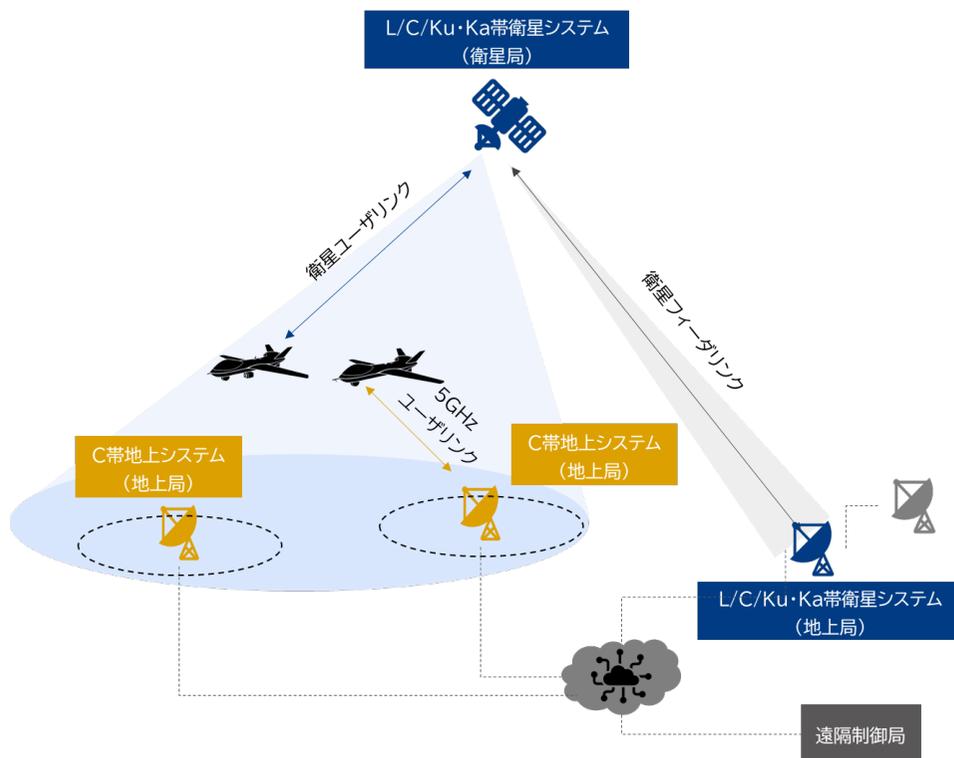
- 機体のサイズやリスクが異なるUASに今後利用可能になると想定される周波数について、国際標準機関及び諸外国主管庁での議論状況について以下に整理する。(米国、欧州における位置づけはイメージ)

 米国における位置づけ	サイズによる分類 <b>小</b> 25kg以下	 25kg以上	<b>大</b> 旅客輸送可能なサイズ
 欧州における位置づけ	運航リスクによる分類 <b>低</b> Open category	 Specific category	<b>高</b> Certified category
国際標準化機関における議論	主に自国内でのみ利用されるため、ICAOやITU-R等の国連機関で議論の対象外(航空法、電波法の両面)	<ul style="list-style-type: none"> <li>IFR下での国際間飛行を行う無人機の標準化を前提とするICAOやITU-Rにて議論対象外</li> <li>RTCA/EUROCAE(※)等の標準化機関において航空バンドに限定されない周波数を用いたシステムを標準化中(セルラー網、UHF帯等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICAOにおいてRPAS運用に向けたSARPsの策定やITU-Rにて制御用通信や衝突回避レーダーの周波数特定について議論中</li> <li>RTCAやEUROCAE等の標準化機関において航空バンドを用いたシステム標準化中(C帯/L帯は完了、衝突回避は策定中)</li> </ul>
諸外国における制度化の議論	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧米各国において、UAS向けの周波数の特定済み</li> <li>特に免許不要帯域(ISM帯域)やセルラー網の利用が主軸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧米はじめ利用可能な周波数を検討している状況(一部制度化済)</li> <li>免許不要帯域は利用困難</li> <li>航空の安全に資するため、SARPs/MOPS等にて航空業界から承認された周波数の利用がベース</li> <li>必要に応じて航空専用の周波数を利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICAO策定中のSARPsの完成後に制度化予定</li> <li>免許不要帯域は利用困難</li> <li>航空専用の周波数の利用がベース(一部の国においてUAS用のCNPCリンクとしてC帯を制度化済の状況)</li> </ul>

※RTCA(米)/EUROCAE(欧):航空分野における技術基準(標準・ガイダンス)を策定する国際的な標準化団体

## ICAOにおけるRPAS向けの制御通信やその他システムの標準化動向

- ICAOでは、遠隔操縦航空機システム(RPAS)を既存の空域へ統合するためのグローバルな規制枠組みの策定が進められており、特に、RPASP(Remotely Piloted Aircraft Systems Panel)において、遠隔操縦航空機システムの制御用通信に関する国際標準・勧告方式(SARPs:Standards and Recommended Practices)及びマニュアルについて検討が進められている。
- 将来的にIFR条件下で国際間飛行を行う無人機的一种であるRPASの制御用通信(C2)については、空域において満たすべき性能要求値が定められる予定であり、SARPsに紐づくマニュアルにおいて当該要求値を満たすことが可能な候補システムが整理されている。(衛星システムと地上システムあり)



	周波数	無線業務	標準化状況
衛星システム	①L帯システム	AMS(R)S: 航空移動衛星(R)業務	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来から航空安全用途として各国にて制度化済み</li> <li>RTCA DO262、EUROCAE ED-243等で標準化済み</li> </ul>
	②C帯システム	AMS(R)S: 航空移動衛星(R)業務	<ul style="list-style-type: none"> <li>WRC-12でRPAS向けの制御通信の周波数として特定</li> <li>EUROCAE WG-105でMOPS作成中</li> </ul>
	③Ku/Ka帯システム	FSS: 固定衛星業務	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数特定に向けてWRC-23議題1.8として検討されたが、未合意のまま、議論は中断された状況</li> </ul>
地上システム	④C帯システム	AM(R)S: 航空移動(R)業務	<ul style="list-style-type: none"> <li>WRC-12でRPAS向けの制御通信の周波数として特定</li> <li>RTCAにおいてMOPS作成済(DO-362)</li> </ul>

## 標準化機関におけるRPAS向けの制御用通信(C帯)に関する標準化動向

- ICAOでのRPAS向けのC帯の航空移動衛星(R)業務／航空移動(R)業務を用いた制御用通信の標準化のため、RTCAやEUROCAEにおいて最低運用性能基準(MOPS)の策定が議論されている。
- またITU-R WP5Bにおいて、各種C帯システムのほか無線設備からの保護を目的として送受信機にかかわる技術特性や保護基準などについて取りまとめたITU-R新勧告草案の作成が進められている。

## ICAO



- 国際標準・勧告方式(SARPs: Standards and Recommended Practices)及びマニュアルについて検討を行っている。

送受信機にかかわる  
技術特性や保護基準

## ITU-R



- 周波数の分配に責任を持つ国際機関
- ICAOで議論されているC帯システムに保護基準に関する新ITU-R勧告草案M. [AM(R)S\_AMS(R)S\_CHAR\_5GHZ]を作成中

SARPsを遵守するための最低運用基準の策定

## EUROCAE



- 欧州の標準化機関
- WG-105がUASの安全運用を可能にする標準と指針文書の開発しており、特にSG-02において制御用通信に関する文書の検討を担っている。

## RTCA



- 米国の標準化機関
- SC-228においてC2リンクシステムとしての安全要件を扱っており、UASのC2リンクに関するMOPS DO-362Aを発行済み(A→B改訂予定)

## 文書

## 発行予定日

ED-265:  
RPAS用のデータリンク(C帯  
衛星システム)に係るMOPS

2026年12月31日

## 文書

## 発行予定日

DO-362B:  
(EUROCAEにおけるC帯衛星システムとの  
互換性を含む最新の検討状況の反映が目的)

2026年1月(見込み)

## 【参考】RTCAやEUROCAEにおけるRPAS向けの航空システムに係る標準化文書

- RTCAやEUROCAEではC帯における制御用通信に関するMOPSのみならず、その他の周波数における制御用通信や衝突回避用レーダーの実装に向けたMOPSの作成を進めている。

## ▼RTCAにおけるC帯以外の標準化文書

種別	文書番号	概要	発行予定日
制御用通信	DO-XX(※未決定): Cellular Band C2 Link System MOPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>型式証明済みUAS向けC2リンクにおける商用セルラーネットワーク利用に関するMOPS</li> <li>グローバルに利用されるセルラーサービスに係る共通規格を策定する、EUROCAE WG-105と共同で開発</li> </ul>	2026年1月以降 (当初2025年10月)
	DO-406: UHF Band C2 Link System MOPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>新たなRPAS向けの制御用通信利用のための周波数に関するMOPS</li> <li>具体的には認証されたUASにおけるC2リンク用途としてUHF周波数帯の利用に関する標準を策定</li> <li>2025年にFCCより発行された、UAS用のCNPC利用拡大に関するNPRMにおいて450-470MHzを対象とすることに対応</li> </ul>	未定
衝突回避	DO-365D: DAA MOPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存航空機向けのACASを進化させたAAM機体向けの衝突回避レーダーACAS Xrの規格を追記</li> </ul>	2026年3月以降

## ▼EUROCAEにおけるC帯以外の標準化文書

種別	文書番号	概要	発行予定日
制御用通信	ED-340: MOPS for UAS Communications by Cellular Networks	<ul style="list-style-type: none"> <li>携帯電話網によるUAS通信に係るMOPS、RTCAとの共同で開発中の文書</li> </ul>	2026年6月30日
衝突回避	ED-329: MOPS for Detect Avoid Traffic For RPAS in airspace Class A-G under IFR	<ul style="list-style-type: none"> <li>IFRで飛ぶRPASが、Class A~Gのどの空域でも、他機を検知し衝突を回避できるように“最低限満たすべきDAA性能”を定義した文書</li> </ul>	2026年3月31日

## 【参考】WRC-23議題1.8(Ku/Ka帯を用いたUAS向けCNPC通信)に関する議論

- ICAOでの議論においてRPAS向けの制御用通信Ku/Ka帯システムの利用に向けてWRC-23議題1.8で周波数の特定について議論された。
- 最終的に決議第171は取下げ、決議第155は”Suspend”とした上で、UAS CNPCに関するICAO SARPsの発効を待ってから、将来会合(WRC-27を想定)において、議題6(urgent action)の下で、決議第155の扱いやWRC-31に向けたAMS(R)S周波数帯におけるUAS CNPC利用に係る必要手続を検討することで合意された。(実質的には周波数の特定はなされなかった。)

▪ SUP B31/445/1←

▪

RESOLUTION 171 (WRC-19)←

▪

**Review and possible revision of Resolution 155 (Rev.WRC-19) and  
No. 5.484B in the frequency bands to which they apply←**

- 将来会合において決議第155の扱いを決定するまでは決議第155をSuspendすることや、UAS CNPCとしてAMS(R)Sの利用を促進するため、WRC-31会合に向けて必要な手続きについて、緊急を要する検討(Urgent Studies)として検討する旨をプレナリー議事録として記載することで合意 ※WRC-27会合での本検討課題の立て付け(議題6として明記するか否か)もWRC-23会合中は議論せず、CPM27-1会合(WRC-27の検討計画を議論する会合)もしくはBRに委ねられることとなった。

## 【参考】ITU-RにおけるUAS向けのDAAに関する標準化動向

- ITU-R WP5Bにおいて、国際間飛行を行うRPASを含むUAS向け衝突回避システムの標準化が進められており、特定の周波数を対象としたITU-R新勧告の作成も進められている。
- ITU-R WP5B GMDSSを含む海上移動業務、航空移動業務、無線標定業務等を所掌するWP、特にWG5B-1で議論されている。当該WGでは以下に示す4種の文書の修正及び新規作成が進められている。

## 既存文書の改訂

## ITU-R改訂勧告草案 M.1638-1

- 5,250-5,850MHzで動作するレーダーの技術的特性、保護基準について整理されている。
- 今後空域内での利用の増加が予想されるUASの出現に伴って、5,350-5,460MHzで動作する航空機上DAAレーダーに関する情報の追加が提案され、改訂作業が進められている。

勧告文書関連

勧告文書以外関連

本WGでは現時点で当該範囲に該当する文書の作成作業は行われていない。

## 新規文書の作成

新ITU-R勧告草案  
M.[24.45-24.65 GHz ARNS]

- 24.45-24.65GHzの航空無線航行業務で運用するレーダーの特性、保護基準について整理されている。
- 特に航空機とUASで搭載が可能なレーダーシステムの技術諸元及び保護基準の考え方が示されている。

新ITU-R勧告草案  
M.[M.[15.4-15.7 GHz ARNS]

- 15.4-15.7GHzの航空無線航行業務で運用するレーダーの特性、保護基準について整理されている。
- 特に航空機とUASで搭載が可能なレーダーシステムの技術諸元及び保護基準の考え方が示されている。

## ITU-Rハンドブック[HDBK\_STATUS.SPECTRUM.RPAS\_DAA]

- RPAS向けの衝突回避レーダーの標準化に向けて各周波数の利用可能性の評価が実施されている。
- 特に国際的に統一的な周波数の利用の可能性があると結論づけられているのは15GHzのみであり、その他の周波数の利用にあたっては課題が残るとされている。(15GHzのみと結論づけることについては各国間で未合意)

# 電波の上空利用に関する諸外国における制度化動向

---

- 米国における動向
- 欧州における動向
- 英国における動向
- 中国における動向

## 諸外国における制度化動向のサマリ

国	制度化状況概要
米国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>米国では、UASの安全なC2リンク確保に向け、CFR 47 Part 88(2025年1月施行)により 5030-5091 MHz帯を用いたCNPC運用を制度化し、RTCA DO-362A準拠を義務付けるなど、技術基準と周波数利用の明確化を進めている。</li> <li>あわせて、NPRMを通じて 450-470 MHz帯の航空地上通信へのAM(R)S追加や全国免許化、データ通信の許可拡大など、UAS向けCNPC利用の拡張が検討されている。</li> <li>さらに、UAS/AAMの検知用途として 24.45-24.65 GHz帯のレーダーの測位目的での運用拡大も提案されており、既存の航空無線航行レーダーとの共存を前提とした制度設計が議論されている。加えて、従来の 800 MHz帯商業航空地上通信をAAM時代の通信基盤として活用する可能性も示されており、UASからAAMまでを視野に入れた多層的な上空電波利用制度の整備が進展している。</li> </ul>
欧州 	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧州では、EASAが定める (EU) 2019/947 において、リスクの高いspecificおよびcertified カテゴリのUASに対し、事前の運用リスク評価を義務付けている。同規則の適合手法(MoC)では、UASの制御用通信として 5030-5091 MHz帯(航空移動業務)やLTE/5Gなどの利用可能性が示唆されている。一方、周波数割当や免許付与は加盟国当局に委ねられ、EUとして一律の指定は行われていない。</li> <li>また、ETSI が策定した DECT-2020 NR は、高信頼な政府・産業用途向け無線としてUAS分野への適用が想定されている。これを受け、CEPT / ECC は ECC Rec(24)02(2024年)において、政府系UASの制御用通信として1880-1900MHz/1910-1920 MHz帯 の利用を推奨し、技術要件に加え運用密度や離隔距離などの条件を整理している。</li> </ul>
英国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>英国では、従来UASは Wi-Fi(2.4/5.7 GHz) や モデル航空機用(35 MHz) の免許不要周波数での運用が認められてきたが、出力制限により長距離飛行には制約があった。これを受け、Ofcom は2025年に “Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS) license” の最新版を公表し、長距離飛行を伴うUAS運用者向けの新たなライセンス制度の枠組みを整理した。</li> <li>当該ライセンスでは、利用可能な周波数帯や無線機器の種類に加え、機器が遵守すべき具体的な技術要件が明確化されている。多くの対象機器は既に航空機無線ライセンスの下で使用実績があるものであり、制度改正により、これらをUAS用途へ拡張利用することが可能となった。</li> </ul>
中国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国では、2024年3月、中国中央政府は低空経済の振興を国家戦略として位置付けており、「一般航空装備の革新応用実施方針(2024年~2030年)」を発表し、低空経済の構築に向けたロードマップが示されている。当該ロードマップにおいて、無人機を含む次世代航空技術分野について、以下の主要目標を定めている。</li> <li>上記低高度での経済圏の構築のための電波利用に関する制度化も進められており、2024年1月には「民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法」が発行、UASに向けた周波数及びシステムの暫定的な特定が行われている。</li> </ul>

# UAS向け制御用通信に関する新規則(5030-5091MHz)



- 米国ではUASの安全なC2リンク利用に向けた規制整備を進めており、2025年1月8日施行のCFR 47 Part 88において、5030-5091MHz帯の一部にUASの安全航行のための制御用通信(CNPC)を提供することを決定した。
- 当該周波数帯域での電波発射に際して、RTCA DO-362A(TDD方式CNPCリンク)の技術基準準拠が義務付けられ、送信出力・帯域幅・スペクトルマスクなどが規定されている。(※TSO-C2113aでDO-362Aの要件を採用を明記)

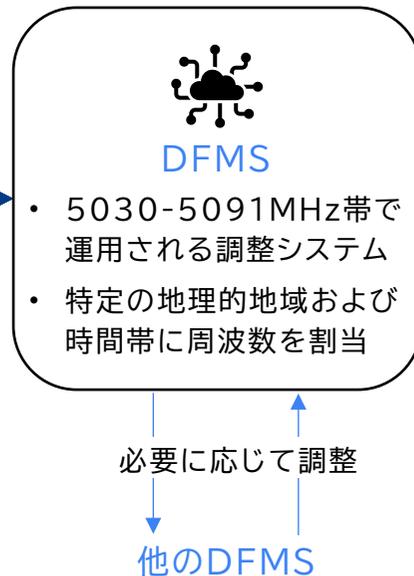
## ①NNA事業者による登録

1回の飛行ごとに飛行期間、地理的範囲、希望周波数等をシステムに登録



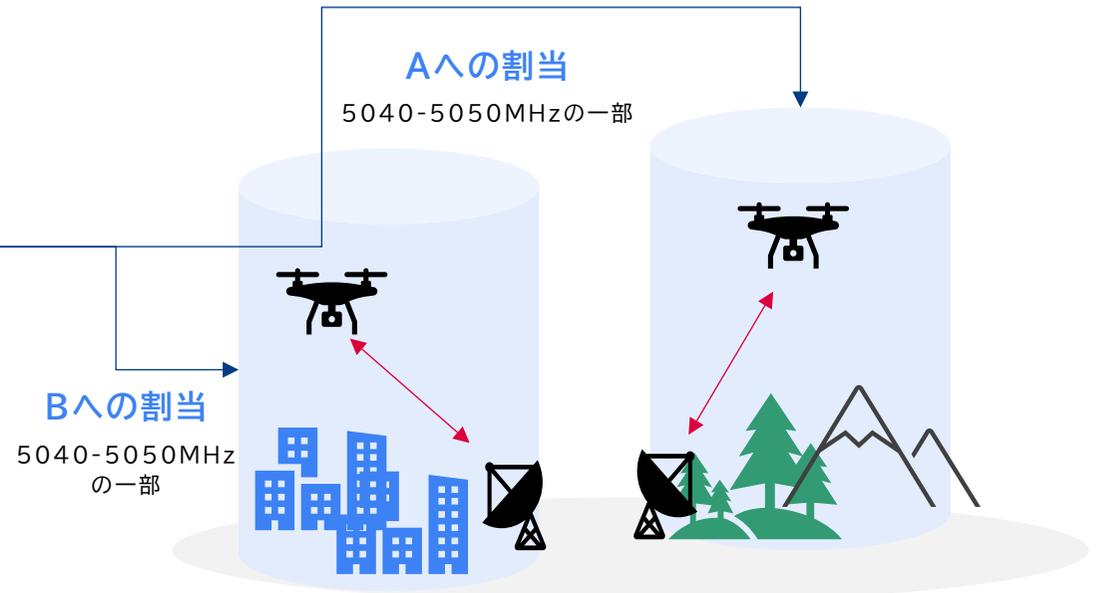
## ②DFMSによる割当発行

申請をもとにDFMS( dynamic frequency management systems )が自動処理で利用可能チャンネルを選定



## ③通信運用・サービス提供

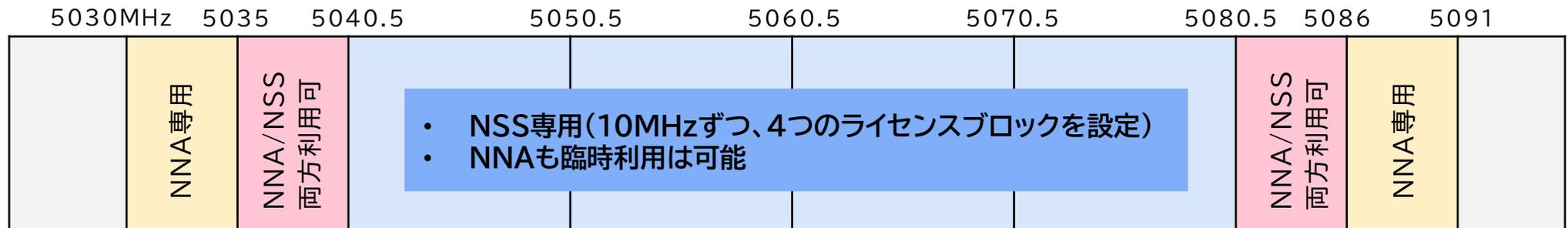
- 各NNA事業に周波数や最大送信出力レベルを割当
- 割り当ての範囲は、提出されたUAS飛行全体において干渉のない通信を確保するために期間および地理的範囲の両方において調整



# UAS向け制御用通信に関する新規則(5030-5091MHz)

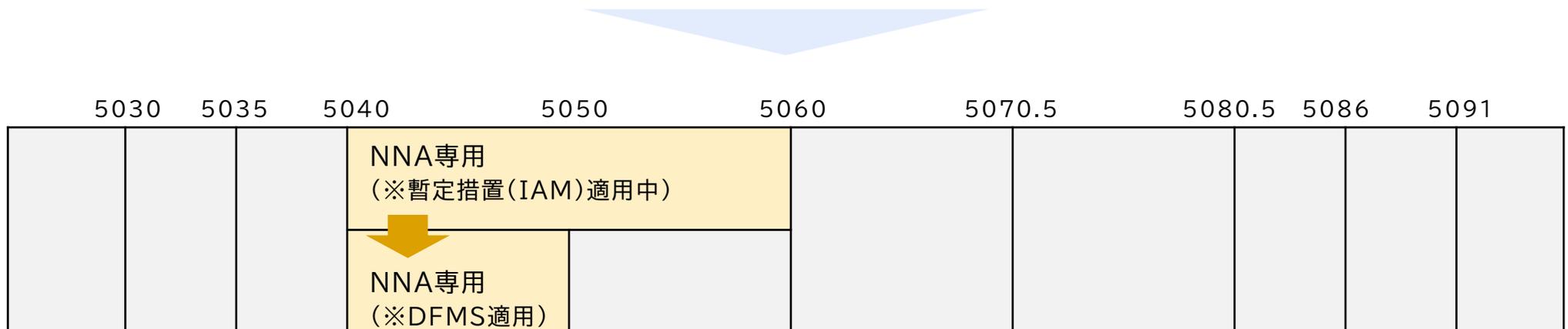


- NPRMに対して寄せられたコメントを踏まえ、短期的にNNAにのみ安全航行を目的とした周波数を割り当てることを決定、NSSを含む最終的なバンドプランは将来的に決定すると判断された。(隣接の他システムへの干渉影響に関する懸念への対処も含む)
- また、DFMS適用までは相当時間が必要と考えられており、経過措置として暫定的な調整手法が適用される。



※Non-Networked Access(NNA):無線見通し線内で発生し、ネットワークインフラを介さない通信

※Network-Supported Service(NSS):無線見通し外への通信で、ネットワークインフラを介して行う通信



# UAS向け制御用通信に関する新規則(450-470MHz)



- 米国では2025年にFCCでUAS用のCNPC利用拡大が議論され、NPRM案で450-470MHz帯(航空地上通信用)にAM(R)Sを追加してUAS向けの通信・ナビゲーション・位置特定などのCNPC運用を認めることが提案されている。
- 具体的には、現行の「航空移動陸上移動(音声)専用」からデータ通信許可への拡大や、全国一括ライセンスによる柔軟運用の導入が検討されている状況である。また、RTCAにおいても規格化の策定が進められている。

## 現状

- 450MHzを用いて高高度での航空機との音声通信(データ通信は禁止)を提供
- 現状AURA社がアメリカ国内および特定の地域に53か所の拠点を有して一般航空の空対地上サービスを提供



航空機局

25000ft  
(=7.5km程度)

地上局



- 全国単一への免許ではなく、サイトベースでの免許付与

## 新制度

- 450 MHz帯においてUAS CNPC運用を可能とするため、非連邦の一次業務としてAM(R)S割当を米国割当表に追加
- Part107と整合させて、400ftの低高度に対して信頼性の高い制御与信号を提供
- AURA社のみ該当する制度設計

航空機局



400ft  
(=120m程度)

地上局



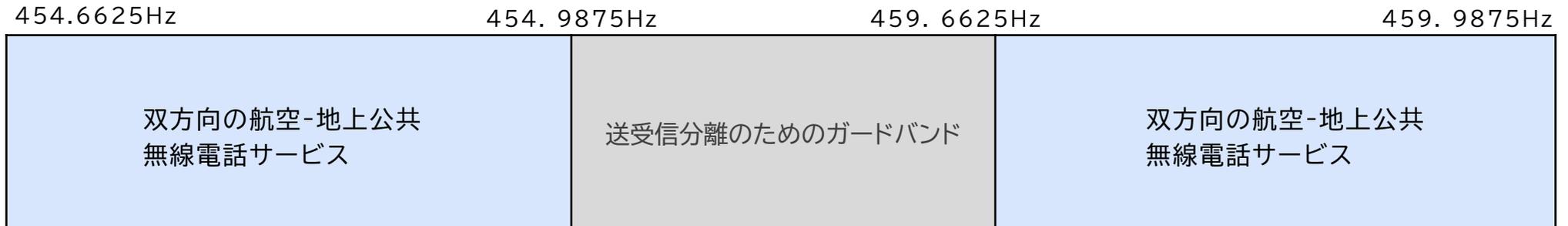
全国単一での免許に移行

# UAS向け制御用通信に関する新規則(450-470MHz)

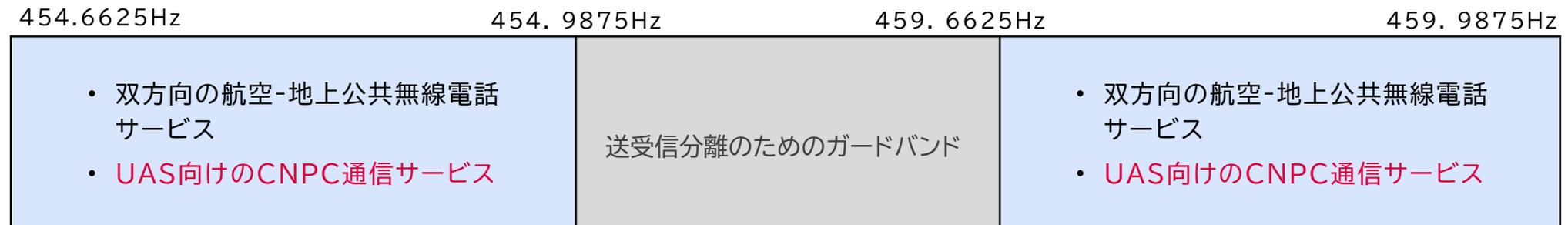


- 現在、米国周波数割当表においては、454.6625-454.9875MHzおよび459.6625-459.9875MHzの各帯域の周波数は、双方向の航空-地上公共無線電話サービスを提供する目的で、公共用陸上局および移動局に割り当て。
- NPRMは454.6625-454.9875 MHzおよび459.6625-459.9875 MHzの650kHzを全国免許へ再構成することを提案している。

## 現状のバンドプラン



## NPRM案

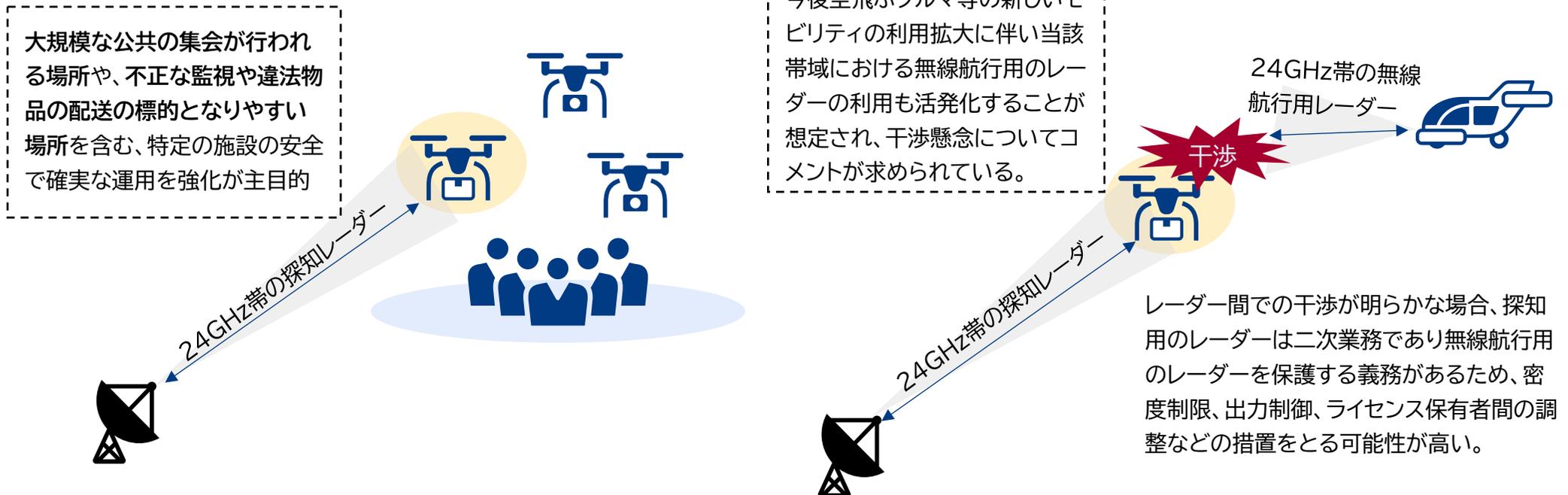


# UAS探知レーダーに関する新規則(24GHz)



- UASやAAMの今後の拡大を見据え、同規則においてFCCは24.45-24.65 GHz 帯を用いて、UASやAAM機の検知のためのレーダー測位運用を拡大するための規則変更案を提案している。
- これらのUAS等の検知が目的の無線測位業務のためのレーダーは、航空機や地上の検知回避(DAA)システムで使用する既存の無線航行用のレーダーに対して、二次業務的な位置づけとなる。
- 特に今後AAM等の利用促進により当該帯域での無線航行用のレーダーの利用が増加することは並行して検討されており、無線測位業務のためのレーダーの導入に向けて懸念についてもコメントが求められている。

## ▼24GHz帯における無線測位業務レーダーの利用イメージ



## 800MHzの空飛ぶクルマ向けの機内通信向けのサービス提供



- 米国では従来から、商業航空の地上通信システムが800MHz(849-851 MHzおよび894-896 MHz帯)で運用されており、FCC規則Part 22で規制されている状況であった。
- 今後、空飛ぶクルマ(操縦者搭乗)等の発展により、地域間を結ぶ新たな空路移動の拡大が見込まれており、商業航空向け地上通信システムは、空飛ぶクルマ(操縦者搭乗)を利用する乗客に対しても有益な通信基盤となる可能性があるとしてFCCは考えている。
- ユースケース例として、飛行中における通信接続性の確保により、乗客は接続便の運航状況の確認、到着後の地上交通手段の調整などが想定される。

## 欧州におけるUASの制御用通信に関する動向



- EASAが発行しているUASの運用に関する実施規則(EU)2019/947においてリスクの高い運航を行う”specific”及び”certified”カテゴリのUASについては事前に運用リスク評価を実施する必要がある。
- 同規則に係る適合手法(MoC)において、リスク評価の手法について詳述されており、特にUASの制御用通信で利用されるシステムとして航空移動業務に割り当てられた5030-5091MHzや携帯電話網(LTE/5G)等の活用が選択肢となりうる可能性が示唆されているが、**具体的な周波数の割当や免許の付与は、加盟国の規制当局にゆだねられるものとし、周波数を一律に規定していない状況である。**

### ▼適合手法におけるAnnex E to AMC1 to Article 11におけるOSO #06 C3 link characteristics

完全性 (level of integrity)	完全性が低レベル (=許容される途絶等の要件が比較的緩い)	完全性が中レベル (=許容される途絶等の要件が中立)	完全性が高レベル (=許容される途絶等の要件が比較的厳しい)
閾値	申請者は、C3リンクの性能、無線周波数スペクトル使用および環境条件が、意図された運用を安全に実施するのに十分であると判断する。	低レベルと同等	C2リンクには免許対象の周波数帯の使用が必須。
利用される無線システムの候補に関する記述	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特定の条件下で<b>免許不要周波数帯の使用</b>が許容される場合がある。 (例: 申請者が、UAS機器が他の無線周波数スペクトル使用要件に準拠していることを示すことにより、当該要件への適合性を実証すること)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運用内容によっては、<b>非航空用周波数帯(例:携帯電話ネットワーク用免許取得済み帯域)の使用</b>が許容されることもある。</li> <li>● 運用内容によっては、<b>免許取得済み周波数帯の使用</b>が必要となる場合がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最低限の性能が確保される場合、<b>航空用免許周波数帯域(例:携帯電話ネットワーク用免許帯域)に限定されない。</b></li> <li>● ただし、C2リンク使用のため<b>航空移動通信業務に割り当てられた帯域(例: 5030~5091MHz)の使用</b>を必要とする運用もある。いずれの場合も、免許周波数帯域の使用には認可が必要である。</li> </ul>

## 欧州でのDECTの航空利用に関する動向



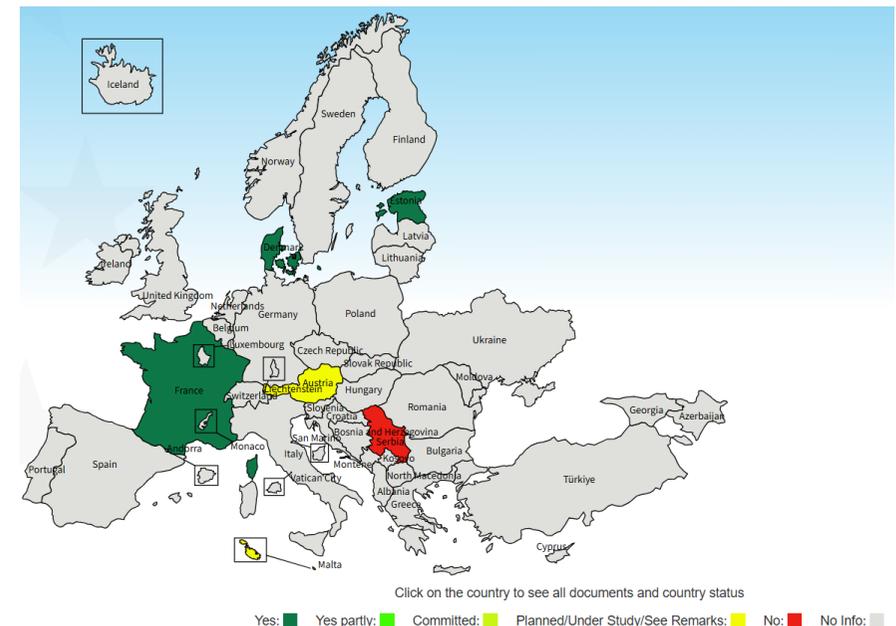
- DECT-2020NRはETSI(欧州電気通信標準化機構)のTC DECTが策定した無線インタフェース規格で、従来のコードレス電話向けDECTをベースに、IoT/産業用途やプライベート(自営)系の高信頼通信を狙って拡張したもの。
- 欧州電気通信委員会(CEPT/ECC)がECC Rec(24)02(2024年発行)を発行しており、当該文書において緊急対応、警察運用といった政府系のUASの制御用通信として1880-1900 MHz/1910-1920 MHz帯の利用が推奨されている。
- 当該勧告において技術的要件のほか、最小の離隔距離や運用密度などの運用条件が整理されている。

### ▼DECT-2020NR利用時の技術/運用条件

技術/運用条件	具体内容
送信電力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 送信電力(e.i.r.p) ≤ <b>24 dBm</b></li> <li>• ETSI TS 103 636-2に記載されている送信機出力制御(TPC)、または同等の方法</li> </ul>
チャネルアクセス	DECT インスタント動的チャネル選択(iDCS)、ETSI TS 103 636-4に記載されている方法、または同等の方法
定期任務時の運用範囲	<p>政府のUASの最大運用範囲は以下に制限されるべき出る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 都市部で<b>500 m</b></li> <li>• 農村部で<b>1 km</b></li> </ul>
重要任務時の運用密度	特定の地理的区域(1 km <sup>2</sup> )内で同時に <b>最大3機</b> の政府UASを使用でき、この場合、政府UASの最大運用範囲は <b>500 m</b> に制限されるべきである。

### ▼ ECC Rec(24)02の欧州での適用状況

(※フランス、デンマーク、エストニア等で実装済み)



## 英国でのUAS向け通信システム利用に関する動向



- 現在英国におけるUASの利用にあたっては、Wi-Fi(2.4GHz/5.7GHz)またはモデル航空機用(35MHz)に指定された周波数を使用しており、既に英国当局の免許不要規制の下で許可されている。(但し、免許不要機器の出力制限により必要な飛行距離を提供できないため、長距離飛行には適していない。)
- 英国Ofcomは2025年において、“Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS) licence”の最新版を発行し、長距離飛行でサービスを行うUAS運用者が取得可能なライセンス制度の概要及び、取得に伴い利用可能な無線機器に関する情報が整理されている。

▼UAS運用者に係る無線免許は、以下を含むさまざまな無線機器の使用許可を提供

- 1** コマンド&コントロール: 遠隔操縦者が機体を制御し、航行コマンドを送信し、機体の発進、飛行、回収を制御可能となる通信
- 2** データ中継: UASが映像やデータなどのペイロード通信を遠隔操縦者に送信可能とするための通信
- 3** 電子的位置通知: 他の利用者がUASの位置や飛行経路を確認可能とするための通信
- 4** 衝突回避(DAA): UASが回避行動を取り、危険な物体(他のUASなど)を避けるための通信

## 【参考】UAS向けに利用可能な具体システム



- UAS運用者向けのライセンスでは、利用可能な無線機器と周波数、使用するために機器が遵守すべき具体的な技術要件が記載されている。UAS運用者のライセンスでカバーされるほとんどの機器は、既に航空機無線ライセンスに基づき航空機での使用が認可されており、本規則修正により、当該機器をUASで使用することが可能となる。

### ▼UAS運用者ライセンスにより利用が許可される無線機器

システム	周波数	遵守すべき要件
HF帯通信システム	2.85-22MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 航空無線通信士(FRTOL)のライセンスが必要</li> </ul>
VHF音声通信システム	117.975-137MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• アナログ音声通信端末は、8.33 kHzおよび25 kHzのチャンネル化に対応し、VHFデータリンクモード2および4は25 kHzチャンネル化に対応</li> <li>• 航空無線通信士(FRTOL)のライセンスが必要</li> </ul>
携帯移動端末	700MHz/800MHz/900MHz/1.8GHz/2.1GHz/2.3GHz/3.4-3.8GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 申請者は、ユーザー機器(UE)が接続するモバイルネットワークから、飛行中の使用について書面で許可を得る必要あり。</li> <li>• 2500～2690 MHz(2.6 GHz帯)におけるすべての飛行中UEの送信は禁止。</li> </ul>
ATCトランスポンダ	1030/1090MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• トランスポンダの操作に関して、オン・オフの切り替え以外にオペレーターが操作を制御できない場合、FRTOLは不要</li> </ul>
TCAS/ACAS	1030/1090MHz	—
ADS-B	1090MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAAが発行した最新バージョンのCAP 1391に従って操作する必要あり</li> </ul>
DME (Distance Measurement Equipment)	960-1215MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 航空無線通信士(FRTOL)のライセンスが必要</li> </ul>
UAT (Universal Access Transceiver)	978MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAAが発行した最新バージョンのCAP 1391に従って操作する必要あり</li> </ul>

## 【参考】UAS向けに利用可能な具体システム



- UAS運用者向けのライセンスでは、利用可能な無線機器と周波数、使用するために機器が遵守すべき具体的な技術要件が記載されている。UAS運用者のライセンスでカバーされるほとんどの機器は、既に航空機無線ライセンスに基づき航空機での使用が認可されており、本規則修正により、当該機器をUASで使用することが可能となる。

### ▼UAS運用者ライセンスにより利用が許可される無線機器

システム	周波数	遵守すべき要件
衛星通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14-14.47GHz (Ku帯)</li> <li>• 1525-1660.5MHz (L帯)</li> <li>• 1980-2010MHz (S帯)</li> <li>• 27.5-27.8185GHz, 28.4545-28.8265GHz, 29.4625-30GHz (Ka帯)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ku帯について、衛星地上局は、Ofcomが発行する「衛星(地球局ネットワーク)」ライセンスの下でのみ使用でき、地球局からの送信電力は e.i.r.p. 55 dBW を超えてはならないなどの技術的制約あり</li> <li>• Ka帯について、非静止衛星との通信は許可されていない。また、ライセンシーは、そのユーザー機器(UE)が接続する衛星ネットワークから空中での使用について書面による許可を得ている必要あり。</li> </ul>
2 GHz Complementary Ground Component (CGC)	1980-2010MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmarsat またはEchostarが運用する衛星またはCGCに接続することのみに認可。</li> <li>• 1つ以上のCGCに送信する際の送信電力について <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 高度1000メートル以上で運用する場合は、40 dBm e.i.r.p.が上限値</li> <li>✓ 高度1000メートル未満で運用する場合は、24 dBm e.i.r.p.が上限値</li> </ul> </li> </ul>
電波高度計	4200-4400MHz	-
気象レーダー	9300-9500MHz	-

# 中国でのUAS向け通信システム利用に関する動向



- 2024年3月、中国中央政府は低空経済の振興を国家戦略として位置付けており、「一般航空装備の革新応用実施方針（2024年～2030年）」を公表し、低空経済の構築に向けたロードマップが示されている。当該ロードマップにおいて、無人機を含む次世代航空技術分野について、以下の主要目標を定めている。
- 上記低高度での経済圏の構築のための電波利用に関する制度化も進められており、2024年1月にはUAS向けの周波数及びシステムの暫定的な特定を行った「民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法」が発行されている。

## ▼一般航空装備の革新応用実施方針（2024年～2030年）

### ～2027年

無人化・自動化・知能化を技術的特徴とする新しい航空機が登場

- UAS・自動運航機の実用化が進展
- 都市空輸、物流配送、緊急救援等の分野で商業応用を開始
- 実証段階から限定的な事業化フェーズへ移行

### ～2030年

知能化・グリーン化を特徴とする新しい航空モデルが確立

- 電動化・低炭素技術を前提とした産業構造が定着
- 短距離輸送、eVTOLによる旅客輸送ネットワークが形成
- 無人機配送NW、農業生産分野への本格的な利活用を実現
- 都市・地域インフラとしての定着段階

## ▼中国にてUAS向けに利用可能な周波数

周波数	電波の用途	補足情報
1430-1438MHz	映像・テレメトリの伝送用	公共用UASやヘリコプター専用
1438-1444MHz	映像・テレメトリの伝送用	民間のUAS用
2400-2476MHz (2.4GHz帯)	制御用(C2)	ISM(Wi-Fi帯域)に該当し、使用に際して免許料等は不要
5725-5829MHz (5.8GHz帯)	制御用(C2)	
5040-5050MHz	制御用(C2)	航空管制・無線航法用として保護
24-24.25GHz	衝突回避	—
衛星通信用の周波数帯	制御用、映像・テレメトリの伝送用	一般の衛星通信規則に従う
LTE・5G帯(例: 700MHz、2GHz等)	制御用、映像・テレメトリの伝送用	正規のSIMを用い基地局に接続する形式

# 電波の上空利用に係る要素技術の研究開発動向

---

## UASで利用される無線システムに関する諸外国での新技術開発の動向

- UAS向けの通信システムとして、諸外国における新技術開発の動向を以下に整理する。

用途	企業名(国)	周波数	システム種別	実証・開発概要
制御用通信	uAvionix社(米)	C帯(5030-5091MHz)	地上システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>同帯域で複数ドローンの同時運用を可能にする周波数動的割当システム(Frequency Assignment Manager, FAM)を開発・実証している。</li> <li>当該実証では、北部平原UAS試験場(ノースダコタ州)の協力のもと4機のドローンを同時に飛行させ、同社開発のSkyLink5060(機上局)/SkyStation5060(地上局)からなるC帯通信リンクと、クラウド型のSkyLine C2管理システムによって、安全に周波数チャンネルを自動割当して干渉なく制御用通信を提供可能なことを確認した。</li> </ul>
	AURA Network Systems(米)	450MHz	地上システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>450 MHz帯の全国免許を取得し、450MHz帯域の長距離通信を生かしたUAS管制専用ネットワークを構築中である。</li> </ul>
	Gotonomi(英)	LTE	地上+衛星	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルラー(LTE/5G)を基本にしつつ、圏外・海上・山間・災害時などで途切れやすい区間を衛星でバックアップする「ハイブリッド接続」を前提としたUAS向け端末である。</li> <li>欧州宇宙庁(ESA)主導、ViasatのELERA衛星ネットワークへの接続を可能とする。</li> </ul>
テレメトリ伝送	Droniq(独)	LTE(4G)	地上システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>SIM+GPS搭載「HOD」により、LTE経由で位置情報を常時送信。ADS-B受信情報も地上集約し、U-space実証を実施している。</li> </ul>
	Swisscom(スイス)	LTE(4G)	地上システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matternet医療ドローンで、セルラー通信による監視下BVLOS運航を実証。電波強度・ハンドオーバー評価を実施している。</li> </ul>
衝突回避	Sagetech Avionics(米国)	1090 MHz (ADS-B)等	地上+機載	<ul style="list-style-type: none"> <li>ACAS Xu(DO-386)対応装置を開発中であり、ADS-B等を入力に、自律回避ロジックの標準化・評価を実施している(通信そのものより航空電子系が主)。</li> </ul>
	Thales(仏)	レーダー系(周波数非公開)	地上	<ul style="list-style-type: none"> <li>パリ近郊UAM実証で、Detect-and-Avoidレーダー+クラウドUTMを提供。Vertiport運用・管制連携を含む統合実証を実施している。</li> </ul>

## NASAにおけるUAM向けのCNS技術検討

- 2020年、NASAより“*Reliable, Secure, and Scalable Communications, Navigation, and Surveillance (CNS) Options for Urban Air Mobility (UAM)*”との文書が発行されており、将来的な高度な運航を行うUAM (Urban Air Mobility)向けに信頼性が高く安全な通信・航法・監視(CNS)サービスを提供するための技術的アプローチについて情報を提供することを目的としている。
- 特定の運航を行うUAMについて、AMの運航を前提として、現在の技術として利用可能、もしくは将来のCNS技術について、容量、可用性/信頼性、精度、更新速度、航続距離、全天候型、およびUAMの利用が想定されるユースケースの観点から、UAM CNSの機能要件を満たす能力について評価を実施している。
- 評価の結果、CNSそれぞれの項目について、有望なシステムの可能性について整理されている。(※通信用の無線システムとして有望な無線システムの評価結果を以下に示す。)

### ▼本文書において評価対象としているCNS技術

COMM	NAVIGATION	SURVEILLANCE - AIR	SURVEILLANCE - GROUND
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 5G Cellular</li> <li>● 5G Satellite Integration</li> <li>● Bluetooth</li> <li>● C Band</li> <li>● DME Whitespace</li> <li>● Laser Communications</li> <li>● LEO (Commercial)</li> <li>● VDL Mode 2</li> <li>● VDL Mode 3</li> <li>● UWB MIMO</li> <li>● Frequency Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Barometric Pressure Altitude</li> <li>● Radar Altimetry</li> <li>● Altimetry with Broadcast References</li> <li>● GNSS only</li> <li>● GNSS + INS/IRS (FOG/MEMs)</li> <li>● GNSS + PNT Nav</li> <li>● GNSS + eLoran</li> <li>● GNSS + GBAS (LAAS)</li> <li>● GNSS + WAAS</li> <li>● GNSS + RF mapping</li> <li>● GNSS + SAR/ISAR</li> <li>● LIDAR</li> <li>● Machine Vision</li> <li>● IR</li> <li>● RF Beacon</li> <li>● Sensor Fusion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ACAS-X, TCAS</li> <li>● ADS-B (current)</li> <li>● UAT2</li> <li>● Dedicated Short Range Communications</li> <li>● FLARM (European)</li> <li>● LIDAR</li> <li>● FMCW RADAR in GHz Range</li> <li>● K Band RADAR</li> <li>● Acoustic Detection</li> <li>● RF Detection</li> <li>● 5G Cellular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Advanced Doppler Range Gating Radar</li> <li>● Bistatic Radar</li> <li>● Army Ground Based Sense and Avoid</li> <li>● IR Sensing</li> <li>● Lasergate Monitoring</li> <li>● Machine Vision</li> <li>● Holographic RADAR</li> <li>● K Band FMCW RADAR</li> <li>● UWB MIMO</li> <li>● Mode C/S Multi-Lateration</li> <li>● Acoustic Detection</li> <li>● RF Detection</li> <li>● 5G Cellular</li> </ul>

### ▼評価の結果有望と考えられる技術(C:音声通信)

TECHNOLOGY	RESEARCH NEEDS, DISADVANTAGES
<b>VDL Mode 3</b>	Appropriate bandwidth and FAA acceptance.
<b>5G, Satellite Integration</b>	Latency is a concern and may be inappropriate for some functions.
<b>LEO (commercial)</b>	May have dual function (communication and navigation enhancement).
<b>C Band for C2</b>	Consider but investigate whether bandwidth is sufficient for both UAS and UAM.
<b>5G, Cellular</b>	Prioritization, market case, and antenna pointing issues must be resolved. Capacity claims may be overstated.
<b>VDL Mode 2</b>	Not recommended. Cost, capacity, and latency were concerns.
<b>DME Whitespace</b>	Not recommended. Capacity is insufficient in largest U.S. urban environments.
<b>Laser Communications</b>	Not recommended. Not mature for UML-4. Suitable alternative for UML-6.
<b>Bluetooth 5</b>	Not recommended. Short range requires too many ground stations for viability; interference from nearby emitters limits the usability for flight-critical applications; a consideration for cooperative surveillance only if UAM speeds are low, e.g., 25 mph.

※VDL Mode 2については導入コスト、容量、遅延時間を勘案し、推奨されない。また、Bluetooth5について、導入には多くの地上局の解説が必要な他、干渉懸念を考慮し、推奨されない結果となっている。



ポイント

# 電波の上空利用に関する主なポイント

## 1 IFRで国際間飛行を行うRPASで利用可能な周波数は検討途上

- 国連機関であるICAOやITU-R、標準化機関であるRTCAやEUROCAEにてRPASの制御用通信や衝突回避レーダーの周波数に関する議論が進められており、航空移動(R)業務/航空移動衛星(R)業務に割り当てられた周波数の利用が主眼
- 航空無線専用の周波数のみならず、制御用通信として商用セルラーネットワークの周波数の活用も検討も進行

## 2 諸外国では各国独自にUASで利用可能な周波数の特定を実施

- 米国、英国、中国等についてはUASに利用可能な周波数を独自に設定。技術基準を明示的に設定の上で、5GHzについてもUASの制御用通信として一部開放
- 欧州はUASの制御用通信として 5030-5091 MHz帯(航空移動業務)やLTE/5Gなどの利用可能性が示唆されている。一方、周波数割当や免許付与は加盟国当局に委ねられ、EUとして一律の指定は行われていない。

## 3 UASをはじめとする次世代モビリティ向けの技術開発が加速

- 5GHzにおける制御用通信システムやUAS専用の衝突回避システムACAS Xu等の商用化が進捗中