



デジタルビジネス拡大に向けた電波政策懇談会（第5回） （2024年2月29日）

無人移動体画像伝送システムのドローン利用の 将来像と運用調整の在り方

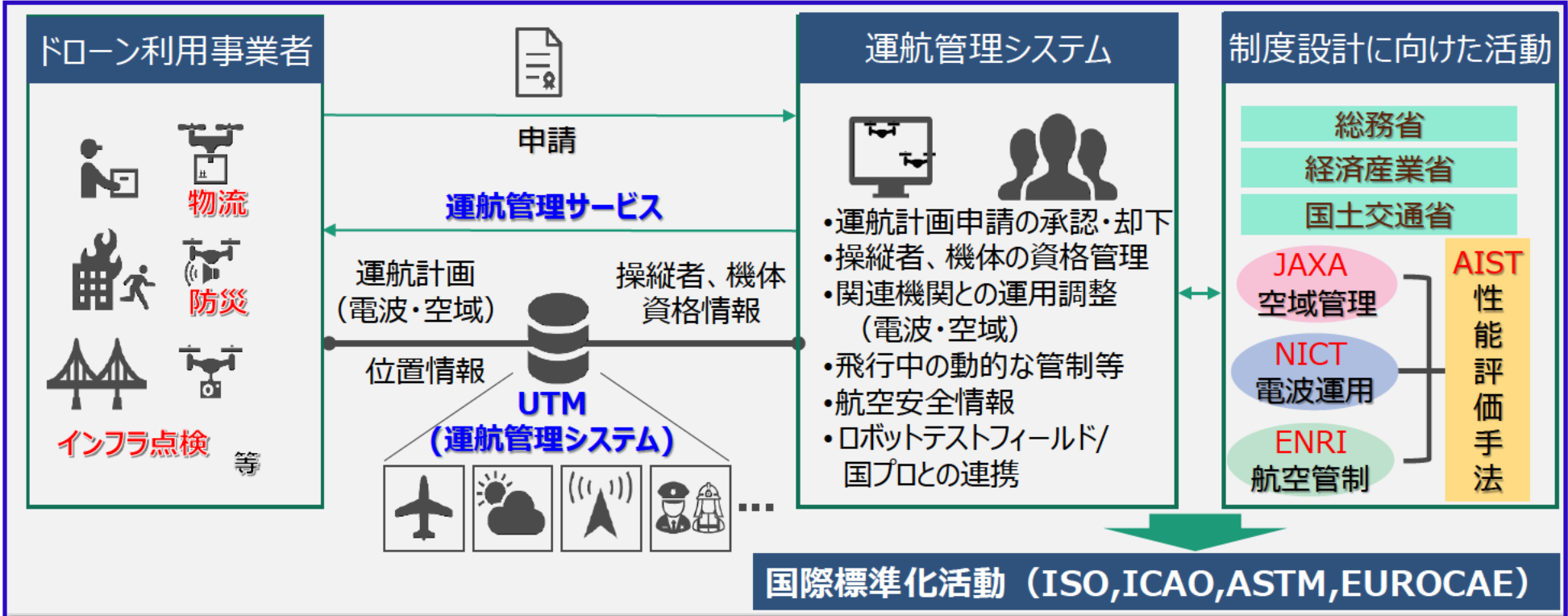
（一財）総合研究奨励会
日本無人機運行管理コンソーシアム（JUTM）

Contents

1. **日本無人機運行管理コンソーシアム・JUTMのご紹介**
2. 無人移動体画像伝送システムの運用調整
3. ドローンの社会実装と電波利用
4. 無人移動体画像伝送システム運用調整の高度化

■代 表：鈴木真二（東京大学名誉教授）
■2016年設立

- JUTMは陸海空無人機の社会実装に必要な施策を検討・情報発信するコンソーシアム
- 「人とドローンが共生する未来社会」を創造して空の産業革命を推進
- **運航管理システムの国際標準化**、DXへの対応、グローバルな産業競争力確立を目標
- **ロボット用電波・無人移動体画像伝送システムの運用調整団体**
- **会員数 824者**（正会員等154者,賛助会員566者,オブザーバ会員等104者）



➤ 2025年度のUTMサービスプロバイダ認定制度化に向け、電波調整WG、社会実装WG、国際標準・エコシステムWGにより社会実装に必要な協調領域の活動を実施

		2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
政策動向		レベル4に向けた取組み	災害時等のUTM活用推奨	UTMサービスプロバイダ認定の制度化	
J U T M	電波調整	■ 運用調整システムの円滑な運用	■ 狭帯域化検討 ■ 運用調整の高度化検討	■ 運用調整システムの高度化及び無線局の狭帯域化による電波有効利用の促進	
	社会実装	■ 事業化・社会受容について地域コミュニティの観点からの課題抽出 ■ 災害時航空運用調整ガイドライン・リスク評価ガイドラインの普及		■ 地域でのUTM社会実装とドローン・空飛ぶクルマ活用	
	国際標準・エコシステム	■ ISO/TC20/SC16国内審議団体活動 ■ DADC、NEDOと連携したUTM標準化戦略、アーキテクチャ検討		■ UTMサービスプロバイダ認定制度に向けた標準化検討	
連携協定等に基づく標準化、利活用と社会実装の推進					
福島ロボットテストフィールド		<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン・空飛ぶクルマ等、次世代モビリティ開発・実証、制度整備・運用拠点に向けた環境整備 ・ドローンの新技術基準や災害時のガイドライン整備 ・レベル4運行支援（機体認証取得、飛行許可取得、実証運航（南相馬～浪江間の13km）） 			
デジタルアーキテクチャ・デザインセンター		<p>「無人機に関する国際標準化・社会実装に向けた協力に関する覚書」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・無人航空機の運航管理に関する国際標準化推進 ・無人航空機の実装に向けたアーキテクチャの具体化 			

- JUTMは福島ロボットテストフィールドと連携してUTMを活用したビジネスにおけるユースケースを想定した数々の実証実験を実施。
- これらの実証実験を通じて得られた知見を基に、ドローンを安全に運航できる運航管理ルールや利活用推進のためのガイドラインなどの制度設計を推進。

【運航管理システム 基本機能の実証】

2016年度



- ・物流、農業、測量など複数事業者で空域を共有
- ・UTMを活用した災害対応、有人機と空域共有の実証

【運航管理システム の高度な活用】

2017年度



- ・世界初ドローン物流連携
- ・ドローンポート管理
- ・ドローン向け気象情報提供
- ・36者参加、19機のドローンが120フライト

【パブリックセーフティ他 ガイドライン策定】

2019年度



- ・警備分野における無人航空機の安全な運用方法に関するガイドライン策定に参加
- ・ガイドライン策定に当たっての実証実験に参加

【災害時のドローン 航空運用調整】

2021年度



- ・災害発生時にUTMを用いた航空運用調整に関するガイドラインを作成
- ・ガイドラインの検証を目的にUTMを活用した防災訓練を実施

Contents

1. 日本無人機運行管理コンソーシアム・JUTMのご紹介
- 2. 無人移動体画像伝送システムの運用調整**
3. ドローンの社会実装と電波利用
4. 無人移動体画像伝送システム運用調整の高度化

➤ ドローンの利活用推進には電波の有効活用と干渉を防止する電波調整が不可欠

分類	無線局免許	周波数帯	最大送信出力	主な利用形態	備考	無線従事者資格
免許又は登録を要しない無線局	不要	73MHz帯等	※1	操縦用	ラジコン用微弱無線局	不要
	不要※2	920MHz帯	20mW	操縦用	920MHz帯テレメータ用、テレコントロール用特定小電力無線局	
		2.4GHz帯	10mW/MHz ※3	操縦用 画像伝送用 データ伝送用	2.4GHz帯小電力データ通信システム	
携帯局	要	169MHz帯	10mW※4	操縦用 画像伝送用 データ伝送用	無人移動体画像伝送システム（2016年8月に制度整備） ⇒無線局を開設するには他の無線局との混信を防止する運用調整を行うことが条件	第三級陸上特殊無線技士以上の資格
		2.4GHz帯	1W	操縦用 画像伝送用 データ伝送用		
		5.7GHz帯	1W	操縦用 画像伝送用 データ伝送用		

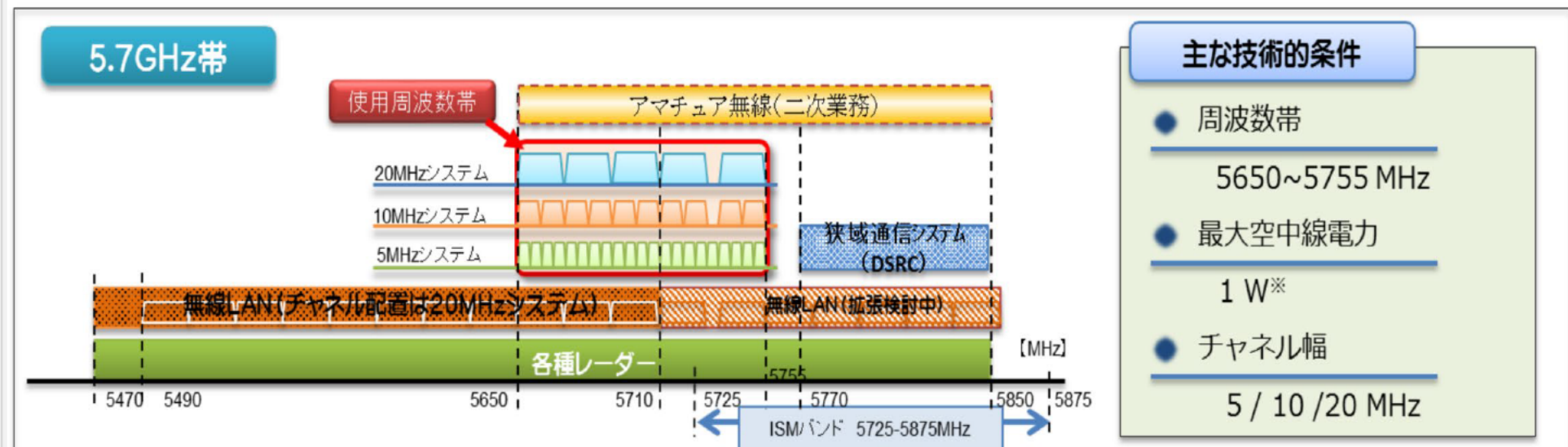
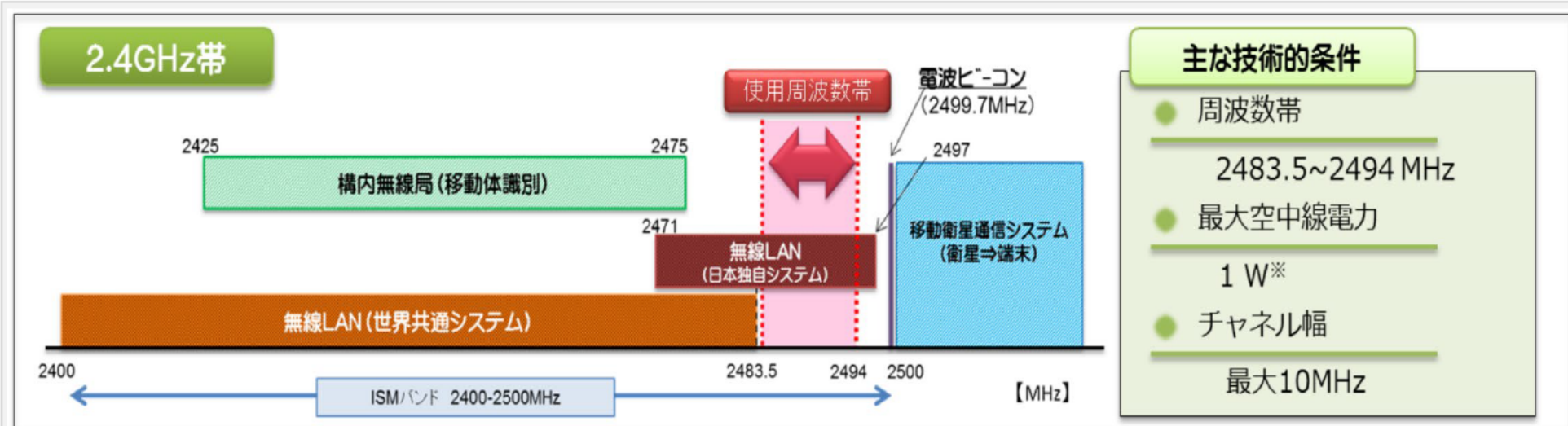
※1：500mの距離において、電界強度が $200\mu\text{V}/\text{m}$ 以下のもの。

※2：技術基準適合証明等（技術基準適合証明及び工事設計認証）を受けた適合表示無線設備であることが必要。

※3：変調方式や占有周波数帯幅によって出力の上限は異なる。

※4：地上から電波発射を行なう無線局の場合は最大1W。

➤ ドローンの利活用推進には電波の有効活用と干渉を防止する電波調整が不可欠



<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/>

➤ 無線局開設の時間・場所・電波諸元等を入力することにより免許人間の電波干渉を防止

1. JUTMのHPから運用調整システムにログイン



2. 利用月と県を指定して他の利用者の状況を確認

ID	申請番号	利用開始日時	利用終了日時	開始時間	終了時間	都道府県	通信エリア1
2530	0000002530	2020/12/21	2020/12/22	0:00	22:00	東京都	江東区
2395	0000002395	2020/12/19	2020/12/19	8:00	18:00	東京都	調布市
2544	0000002544	2020/12/17	2020/12/28	6:00	23:00	東京都	小平市
2554	0000002554	2020/12/17	2020/12/17	12:00	12:00	東京都	小平市
2539	0000002539	2020/12/16	2020/12/16	10:00	17:00	東京都	足立区
2536	0000002536	2020/12/15	2020/12/15	15:00	20:00	東京都	府中市

3. 開局する無線局の運用調整に必要なデータ入力

(1) 利用する無線機を登録/選定

運用周波数、送信出力、等価等方輻射電力、アンテナタイプ、利得、最低受信感度等の入力

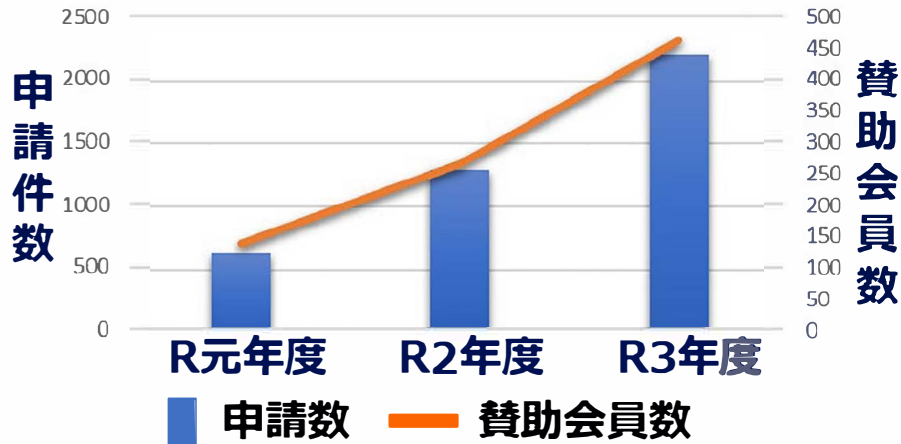
(2) 利用局パターンの入力

- 利用時間
- 利用目的
- 利用形態 (空中、陸上、海上等)
- 利用場所 (都道府県、市町村)
- 運航ルート (KLMファイル添付)
- 運航範囲 (地上局からの半径を入力)

4. 利用周波数が重複した場合は運用調整を実施
運用調整システムでは無線局出力に関係なく干渉距離を一律10kmとして干渉有無を判断

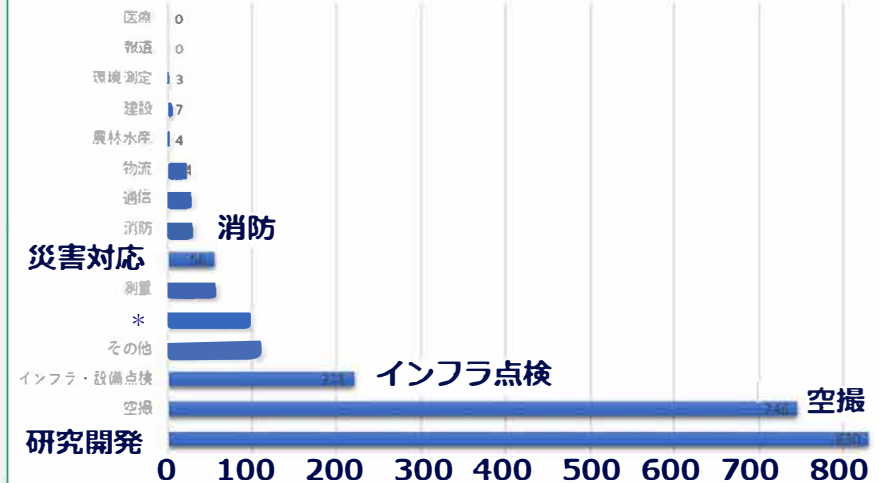
2-4 無人移動体画像伝送システムの利用状況

会員数と運用調整システム申請件数の推移



利用目的別の申請件数

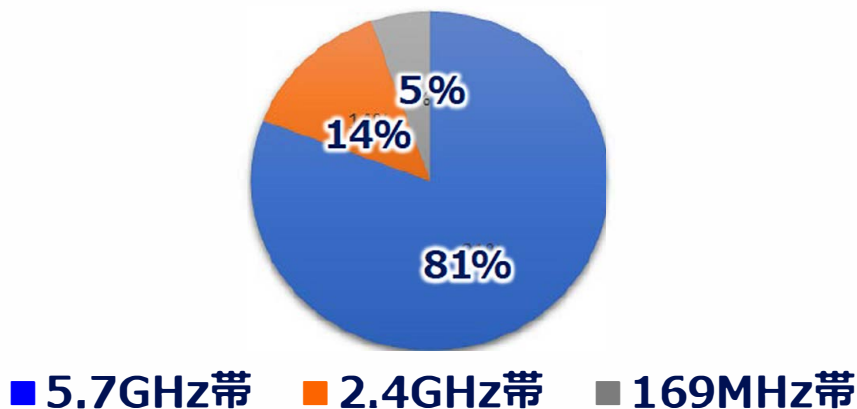
R3年度



R5年4月~12月の競願件数/申請件数：115件/1917件

周波数帯ごとの申請件数

R3年度



- 5.7GHz帯
 - 帯域幅20MHzの場合 ⇒ 5Ch
 - 帯域幅10MHzの場合 ⇒ 10Ch
 - 帯域幅5MHzの場合 ⇒ 21Ch
- 2.4GHz帯
 - 帯域幅10MHzの場合 ⇒ 1Ch
 - 帯域幅5MHzの場合 ⇒ 2Ch
- 169MHz帯
 - 帯域幅300KHzの場合 ⇒ 1Ch
 - 帯域幅200KHzの場合 ⇒ 1Ch
 - 帯域幅100KHzの場合 ⇒ 4Ch

➤ Ch数の少ない周波数は利用頻度も少ない⇒電波の有効利用のためにはCh数増加が有効ではないか？

Contents

1. 日本無人機運行管理コンソーシアム・JUTMのご紹介
2. 無人移動体画像伝送システムの運用調整
- 3. ドローンの社会実装と電波利用**
4. 無人移動体画像伝送システム運用調整の高度化

3-1 航空局の飛行許可承認申請と電波利用

- ◆ 飛行中は操縦者が機体の状況を把握するための通信を確保することが必須
- ◆ 自律飛行であっても非常時には強制的に機体制御を行う制御信号を送信する通信が必要

【航空局の目視外飛行飛行承認申請】⇒**無人航空機の機能・性能に関する基準適合確認書**

- 「一般」：無人航空機を飛行させる者が**燃料又はバッテリーの状態を確認**できること。
- 「遠隔操作の機体」：緊急時に機体が暴走しないよう、**操縦装置の主電源の切断又は同等な手段により、モーター又は発動機を停止**できること。
- 「自動操縦の機体」：常時、**不具合発生時等において**、無人航空機を飛行させる者が機体を安全に着陸させられるよう、**強制的に操作介入ができる設計**であること

- ◆ 飛行前の飛行エリアの飛行に影響のある電波環境に関する情報取得が必要
- ◆ 飛行中に目視確認できないドローンとの電波干渉が発生した場合の干渉回避方法も必要

【航空局の許可承認を要する飛行⇒**「航空局標準マニュアル」に示す手順で飛行**

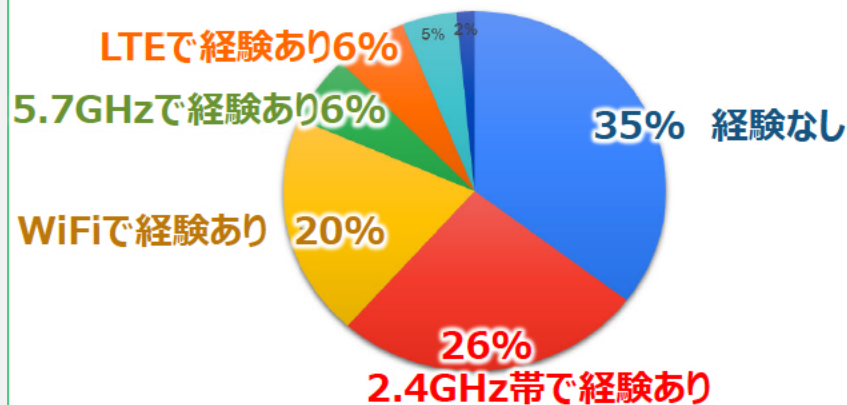
- **電波障害等による操縦不能を回避**するために高圧線、変電所、電波塔及び無線施設等の上空やその付近での飛行を禁止
- 飛行中に、他の**無人航空機を確認した場合**、着陸させるなど接近又は**衝突を回避**させ、飛行日時、飛行経路、飛行高度等について、他の無人航空機を飛行させる者と調整を行う。

消防庁「消防防災分野におけるドローン活用の手引き」における電波運用の留意事項

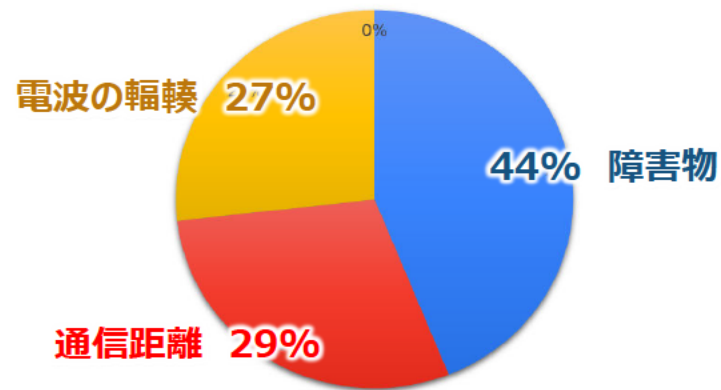
項目	内容（抜粋）
電波運用に関して留意すべき事項	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 飛行前に飛行させるエリアの障害物や電波状況の確認，ホームポイントの設定位置，飛行プランについて，部隊内で共通認識を形成することが重要である。 ➤ 事前準備として送電線等の周辺では，飛行障害や通信障害が懸念されるため，管内の電波状況に関して事前の調査や情報収集は必須である。 ➤ 火災等において対象が中高層建物の場合，ビル風（剥離風，逆風，吹き上げ，吹き下ろし）や，付近の電波塔や5Gアンテナによる電波干渉への注意が必要である。
GPS，電波不感などのアクシデント事例	<p>これまでに蓄積された消防本部における活用から以下の事例があり，注意が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 屋内訓練時，GPSモードが不能となり，壁に衝突 ➤ 屋外で遠距離飛行中，GPS不感となり立木と接触，墜落 ➤ 操縦用の無線と近い周波数帯の電波（例：トラック無線，Wi-Fiなど）や，送電線近傍で発生する電磁波の発生により制御困難 ➤ 山間部や高層ビル等が多い環境でGPS信号の捕捉ができなくなり，一時的な制御不能（意図せず大きく旋回するなどの挙動）

◆ 飛行に影響のある電波環境に関する情報取得が必要⇒電波環境情報の提供の仕組等が必要

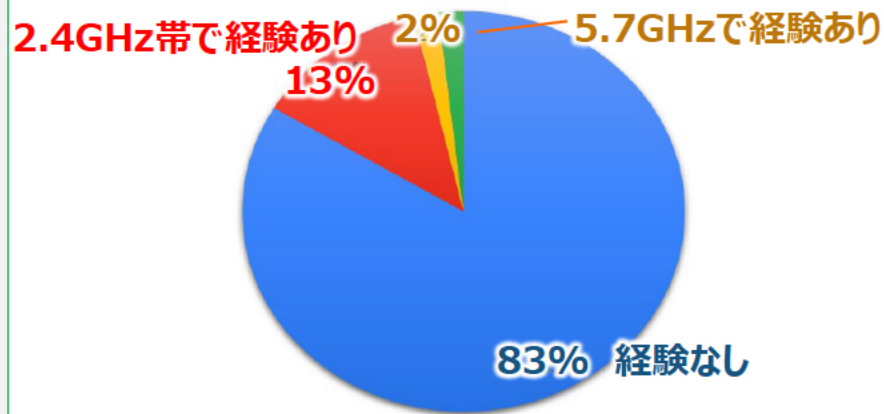
Q1 通信の途絶・制御不能の経験はあるか？



Q2 通信の途絶・制御不能の推定原因は？



Q3 無人移動体画像伝送システムの運用調整システムで申請・運用した際の混信経験は？



アンケート実施時期：令和4年1月
アンケート回答数：55

➤ 通信の途絶・制御不能はドローンの紛失、墜落につながる恐れあり⇒回避するための施策が必要

Contents

1. 日本無人機運行管理コンソーシアム・JUTMのご紹介
2. 無人移動体画像伝送システムの運用調整
3. ドローンの社会実装と電波利用
4. **無人移動体画像伝送システム運用調整の高度化**

4-1 周波数の利用効率向上（狭帯域化によるCh数増加）

JUTM会員への狭帯域化に関する調査結果

区分	主な用途	帯域幅	Ch数	備考
169MHz帯	C	現状 300KHz、200KHz、100KHz 狭帯域化 50KHzを追加	最大8Ch化	画像伝送は困難
2.4GHz帯	AまたはB	現状 5MHz、10MHz 狭帯域化 1MHzを追加	最大10Ch化	活性化にはCh数増加が必要
5.7GHz帯	AまたはB	現状 5MHz、10MHz、20MHz	最大21Ch	画像伝送に適する

A : 画像伝送 B : 画像伝送+コマンド、データ、テレメトリ、認識ID等 C : コマンド、データ、テレメトリ、認識ID等

狭帯域化に関する検討例（2.4GHz帯の場合）

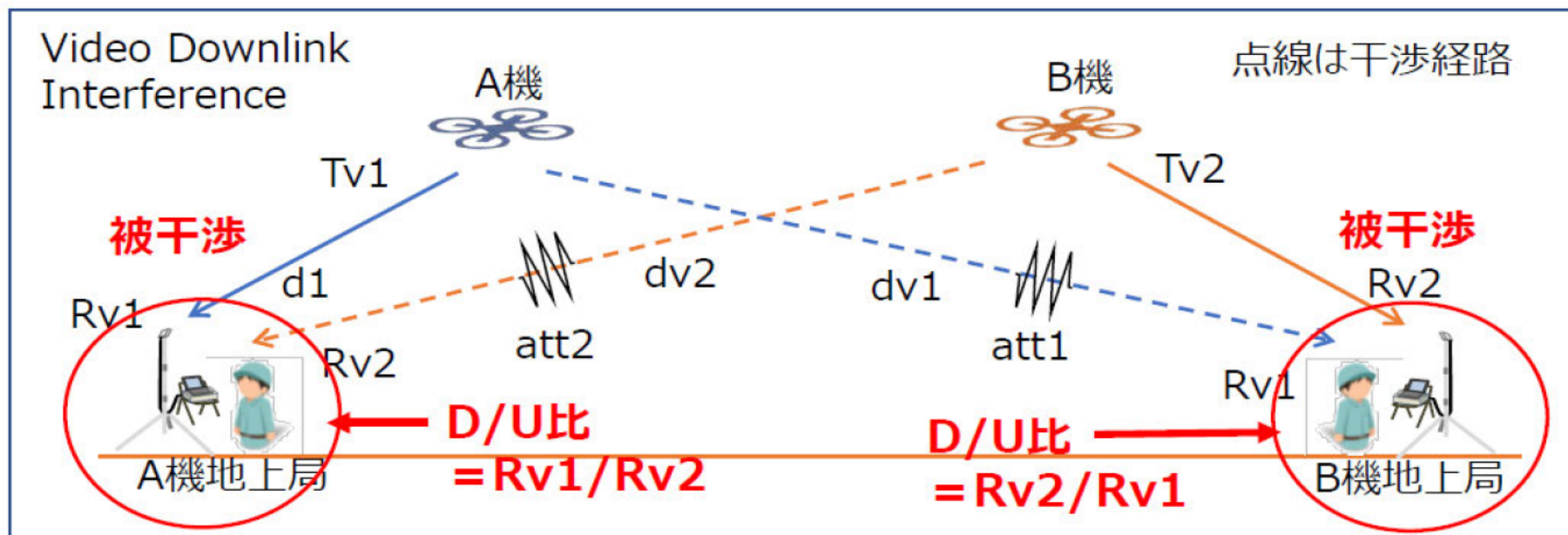
Ch間隔	周波数（中心周波数）	占有周波数帯幅許容値	Ch数
—	2489MHz	9MHz	1
5MHz	2486MHz, 2491MHz	4.5MHz	2
1MHz	2484MHz, 2485MHz, 2486MHz, 2487MHz, 2488MHz 2489MHz, 2490MHz, 2491MHz, 2492MHz, 2493MHz	900kHz	10
500kHz	2483.75MHz, 2484.25MHz, 2484.75MHz, 2485.25MHz, 2485.75MHz 2486.25MHz, 2486.75MHz, 2487.25MHz, 2487.75MHz, 2488.25MHz 2488.75MHz, 2489.25MHz, 2489.75MHz, 2490.25MHz, 2490.75MHz 2491.25MHz, 2491.75MHz, 2492.25MHz, 2492.75MHz, 2493.25MHz	450kHz	20

（169MHz帯については25KHz幅の狭帯域化により20Ch確保が可能か検討中）

年間2000件以上の運用調整システムへの申請に伴い運用調整を実施する頻度が増加 電波資源の公平かつ効率的な配分を目的に、運用調整システムの改善を検討。

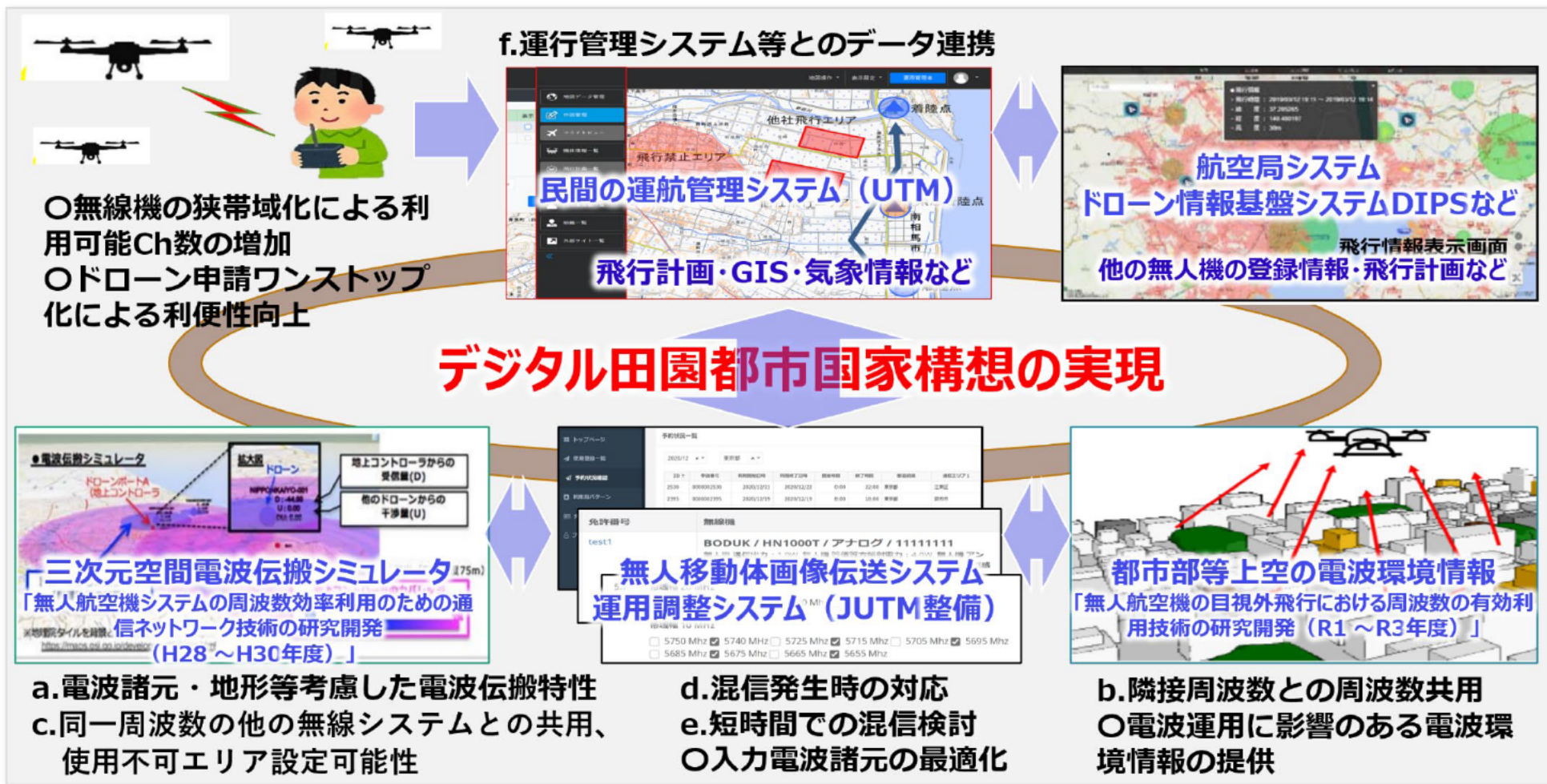
- 電波資源の公平な配分のためのシステム変更 (一度に申請する周波数の制限等)
- 無線局運用位置の精緻化
- 無線局の出力に応じた電波伝搬範囲の評価 (現状は出力に関係なく一律10kmで設定)

A・Bともに画像ダウンリンクの場合



受信したい電波 (希望波 = Desired Signal) に対して邪魔をする電波 (妨害波 = Undesired. Signal) がどれだけのレベル (D/U 比) であれば受信できるかを把握

- 高度運用調整技術の実現により同一エリアで使用可能な無線局を倍増
- 高度運用調整・電波環境情報技術により電波が原因のドローンの墜落等事故を防止
- 各種システムとのデータ接続・デジタル活用によりデジタル田園都市構想実現に寄与



◆ ドローンが激増して周波数がひっ迫する場合は5.8GHz帯等への周波数活用の検討も必要

- ◆ 内閣官房「デジタル田園都市国家構想」に基づく関係省庁の各種計画等を実現するためには「**信頼性の高い通信の実現**」、「**電波に起因する事故の防止**」など、総合的な電波運用に関する将来課題への対応が必要。
 - 総務省「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」
 - 経産省「デジタルライフライン全国総合整備計画」
 - 国交省・経産省「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」

【将来課題】

1. ドローン用電波5.7GHz帯（U57）がひっ迫した場合は、海外での利用状況に合わせ、**国際調和・国際競争力の観点から、5.8GHz帯などへの周波数活用の検討**
2. **運用調整システムの整備及び運用組織、費用負担などの在り方検討**
3. **通信途絶、制御不能など、電波に起因する事故の原因究明と対策案の検討**
4. レベル4飛行に求められる第1種機体認証に必要な**電波の信頼性、電磁両立性（EMC）、高強度放射電磁界（HIRF）試験など、試験方法の標準化**
5. 将来ビジョンに応じた周波数帯・Ch確保など、**高密度運航に向けた通信アーキテクチャの検討**
6. 高密度運航における混信・輻輳防止等の**総合的な電波管理の在り方検討**



**ドローンの社会実装には制御用通信として
「遅延が少なく切れない信頼性の高い通信」が不可欠です。**

**JUTMは将来のドローンの高密度運航を実現できるよう
電波運用の諸課題に取り組みますので、
引き続き高所からのご指導を賜りますようお願いいたします。**

(一財) 総合研究奨励会 日本無人機運行管理コンソーシアム (JUTM)
<https://iuttm.org/>