

会報誌「ドローン Magazine」『特別号』 ドローンで安全に楽しく遊ぶには

北海道ドローン研究会

§ 1 はじめに

北海道ドローン研究会は安全にドローンに親しみ活用する事を大前提とした仲間の集いです。楽しく遊ぶ為には、基本的な守り事も含めて、「安心・安全が第一」です、慣れや妥協による甘えは捨ててお互いに注意しながら安全な活動をしていきましょう。

注意：この記事には関係法令基準以外の独自の安全的基準や数値も記載しています。(安全マージン)



<<安全は知識と技能と自己管理>> ・ ・ 貴方がパイロットです! ・ ・

まずは、全国で何が起きているか、何故で何が起きるのかを見て、みんなで注意をしていきます。飛行集会でも、個人的な空撮でも再度の注意をして下さい。

始めたばかりの方からベテランに成る程慣れや妥協は辞めましょう。



§ 2 最近の事故件数をみてみると

管理する国土交通省の最近の集計では

令和2年度（2020年4月から2021年3月）で約71件

令和3年度（2021年4月から2022年3月）で約139件

令和4年度（2022年12月から2023年4月）で約72件となっています、ちょっと分析すると

- ・操縦者の内訳はドローンの普及数に比例する。

個人、事業者、行政機関、地方自治体、空撮事業者、建設事業者、農業関連業者、

- ・事故の概要は基本を守らない（知らない）から起きたものが大半です。

電線への接触、車両への衝突、鉄柱および倉庫の外壁への接触、民家の屋根の雨樋への接触・損傷

電波が途絶えたことによる機体の落下、GPS ロストによる操縦不能、機体等故障等々、





§ 3 事故の原因らしきこと

・基礎的知識不足や操縦技術の未熟

事故が発生する主な原因で、事故の中でも多くを占めるのは、**基礎知識と操縦技術の未熟**です。昨今のドローンは技術の進歩により目を瞑っていても飛ばせる、手を放してよそ見をしても安全に飛行が出来ます。これは**機体の障害、天候変化、電波障害、バッテリーの消耗等**や飛行範囲の障害物が無い場合です、実際はこれらの**内的・外的な要因が複雑に発生**します。これが事故のトリガーと成り**人的な操作ミスや連絡ミス**が重なる事で**重大な事故、「墜落～ロスト」**に繋がっていき、**事故は通常、複数の要因が重なる事により発生**し**重大な事故に繋がって**いきます。

特に車の運転では禁止されている操縦中のスマホ見（映像確認）をしながら運転（操縦）しなければいけません、「ながら スマホ」です。操縦者が自分の目で飛行するドローンを確認出来る範囲が目視内飛行です。

※一般的な目視可能範囲は視力や気象条件に寄りますが**100m～300m程度**が限界でしょう。

注意：目視外飛行は申請と許可が必要で、許可時は少なからず補助者を必須とします。

<<参考>>ちょっと余談、目視内飛行で距離を稼ぎたい方は 機体に高輝度のストロボを付けるとか機体の色を工夫しましょう！ 眼鏡を変えるとか眼鏡の工夫も良いでしょう。

<<視力と深視力>>視力は良いに越したことはありませんが、一般に知られていない**深視力の確認**が重要です。大型自動車では必須の検査ですが、離れた場所の複数の物体の前後を見極めるものです、まさに、ドローンを数十m以上飛行させた時に障害物（樹木、鉄塔、電線等）との距離を立体的に判断する能力であり、これが弱いと障害物に接触や衝突して破損、墜落となっていきます。

3本の棒が並ぶように直前にボタンを押します。

※棒は移動していますので並んだ時点で押すと棒が通りすぎてしまう場合があります

イメージ図

この棒が「奥から手前」に、「手前から奥」に動きます

三神法（さんかんほう）とは

3本の棒を使って奥行きがどれくらい見えているかを測る方法です。

この棒は動かない
前に動いたときの位置
後ろに動いたときの位置
この棒は動かない
この場所に来たときにボタンを押す

- 真ん中の棒は、両側の動かない棒の位置を中心として、前に来たり後ろに行ったりして動きます。
- 真ん中の棒が両側の動かない棒の間を通過したときに、検査者のボタンをすばやく押して棒を止めます。

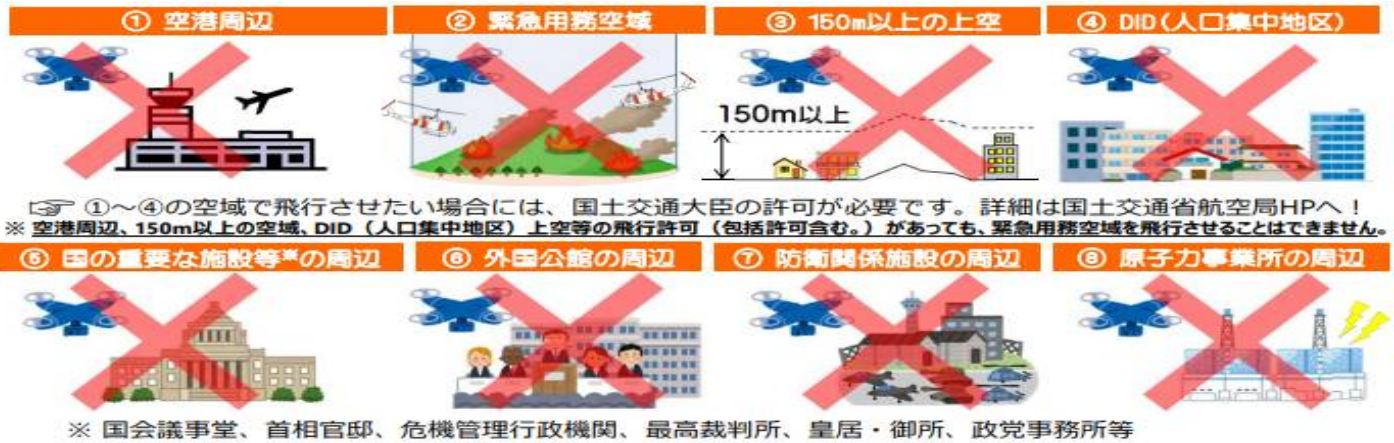
この検査方法で3回ボタンを押して真ん中の棒を止め、3回の平均誤差が±2センチ以内であれば合格です。

※奥行は必ず、補助者やカメラで確認する他、操縦場所を移動し少し斜めから見る等の工夫をしましょう。



具体的に基礎的知識とはなんでしょう

各種の法令で決められた飛行ルールは基より飛行エリアの**地理的条件**である起伏、山岳部、森林、谷間や樹木等（特に枯木や枯れ枝は視覚的に見えづらい）、**各種障害物**である電柱、電線、支線から電話線等、民家の位置・高さ、**電波障害**として、高圧送電線、携帯電話基地局、各種の電波塔（TV、FM、防災無線）、**水面**（湖面、海上、河川）、**天候変化**（雨、風、雪や曇、気温「高温」、「低温」）、**民家や構造物**の壁面や樹木付近、幹線道路、高速道路、線路付近、法的に飛行制限された施設又はその付近等の情報、併せてこれらがドローンに与える影響も理解する事が重要です。



操縦技術とは「\$ 7おまけ」も参照

操縦するドローンの**性能や機能**、特に安全に係わる各種センサー、自動帰還機能、自動動作機能を生かした飛行技術を習得し、**基本的な飛行**である離発着、定置ホバリング、円飛行、8の字飛行、ノーズインサークル、数十mの**深視力飛行**では ATTI モードでの完熟を行い、飛行前・中・後の**機体点検も重要**です。

<<参考>> ATTI (A) モードとは、GPS、障害物検知が無効化され、機体の姿勢制御はジャイロセンサーで行い、水平維持機能、気圧センサー、ビジョンポジショニングが有効状態です、パイロットが操作する部分が多く、細かなドローン制御を必要とします。通常の民間資格試験や国家資格試験で必要な技術です。

・天候については

事故は、操縦技術不足以外にも**自然現象**に大きく左右されます、**突風、濃霧、野鳥**等の発生は通常の操縦技術では回避が難しい外的要因により故障や事故が発生します。可能な範囲で**天気予報等を確認**しましょう。ドローンは一般的に防水処理がされていない高度な電子機器です湿気や雨・雪は避けましょう。



<<参考>> 天候について、雨天での飛行は禁止、風は通常 5m/s が限度ですが、最近のドローンは 8m~10 m/s 程度の風速に耐えられる仕様が多く、機体の諸元を確認しましょう。

上空での風速は地表の 2~3 倍程度が多くなります、周辺の雲の動きも風の参考にしていきます。

<<気温の変化>> 気温の影響は多く、一般に 10 度以下ではバッテリーの**容量が極端に下がり**、当然、飛行時間が低下します、気温が 25 度程度を超えるとバッテリーの発熱も含め**機体内部は高温**になり電子回路に大きく影響を及ぼします、通常、気温 30 度以上での飛行は最新の注意で 1 回の飛行を短時間にしましょう。

・事前点検や整備不良

機体の**点検確認未実施**や**整備不良**の事故も多くあります、特に**バッテリーの確実な装着と保有容量の確認**、プロペラの固定、可動部の緩み確認、機体の設定要領、**補助者や安全管理者**の位置・配置状態と連絡連携の打ち合わせ、**離発着時の周辺への声かけ**も必須です。

<<参考>> 事前点検は補助者や安全管理者等による複重確認が有効です、パイロットでは見落としがちな部分も確認できます。

・無理な飛行もだめ

無理な飛行も事故の原因となります。無理な飛行としては、

「必要以上の**高速飛行**」機体の速度に操作が追い付かない

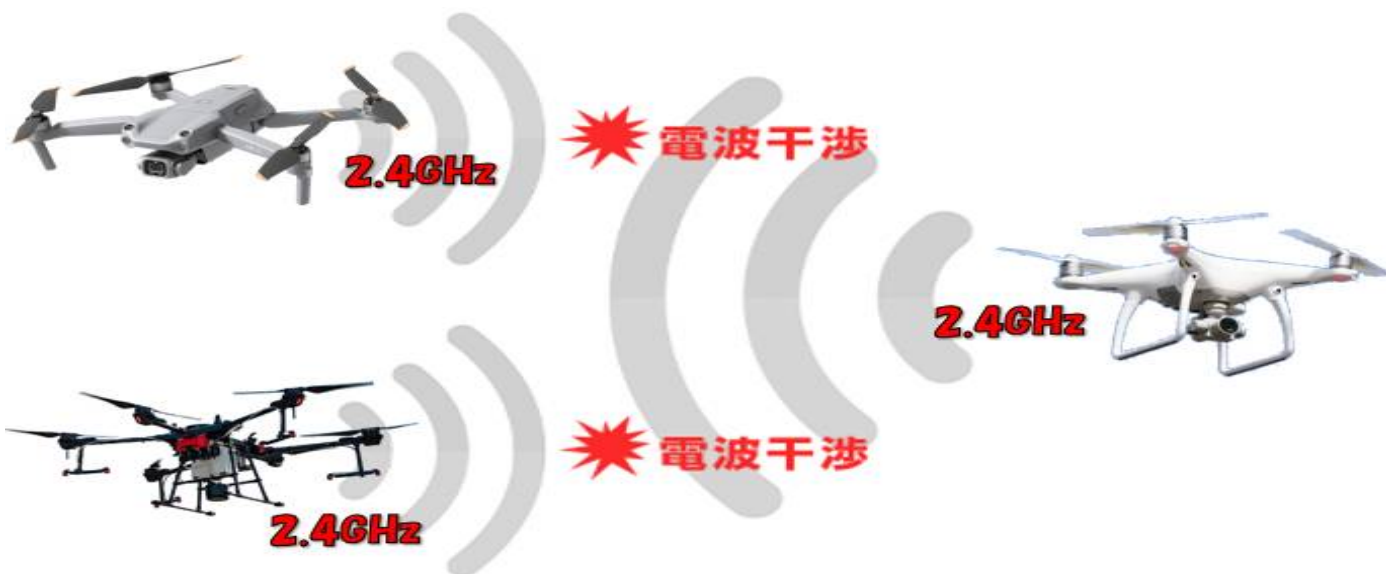
「対象物や工作物への**過度な接近**」プロペラの対流に於ける工作物への引き寄せ

「目視で確認できない飛行」ルールに基づく**目視外飛行**以外に機体を見失う飛行

「森の中、谷間、林間飛行」**電波状態、GPS ロスト**、木の枝等の未確認障害物

・電波干渉するよ

集会等で複数機体の同時飛行に於ける機体相互の電波干渉によって映像が乱れたり操縦が不能になる場合がある、また隣接の場所で他者が飛行の可能性もあり事前の確認が必要です。



※同時飛行は通常**2~3機**を限度とし各通信状況を確認しながら飛行、特に同一機体の場合は注意が必要です。

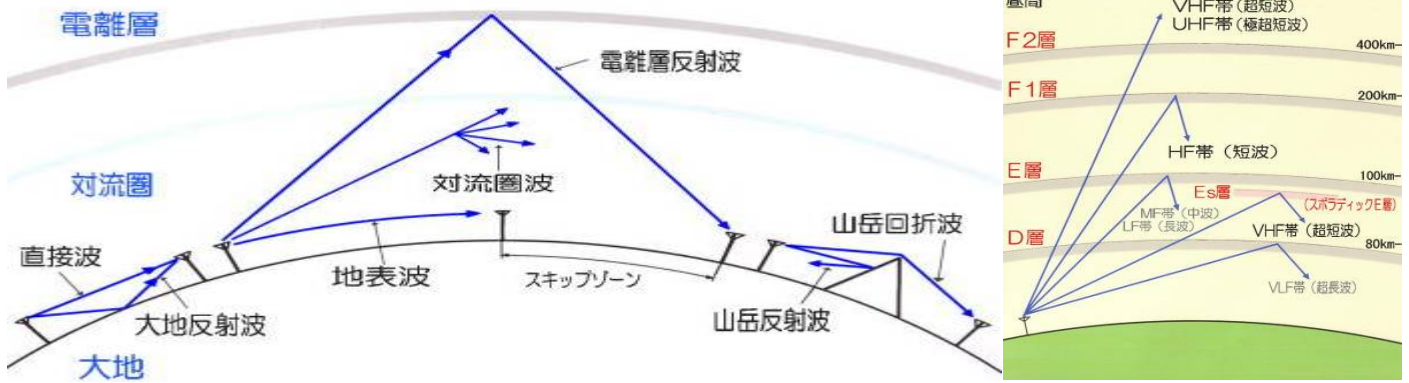
また、高圧送電線、変電所、携帯電話基地局、各種電波塔は**電波**や多くの**スプリアス、電磁波等**を出しており機体の種類によっては影響が多くあります、これらは単に引っ掛からなければ良いと言う単純発想ではなく、出来る範囲で機体を近づけない（隔離）ようにし、高圧送電線の下や上を通過せず、各種電波塔からも隔離して飛行する。



<<電波伝搬>>ちょっと難しいが電波の特徴

ドローンが利用している電波は一般的に極超短波（UHF）と言われ携帯電話から TV 放送等々、膨大な種類の機器に利用されています、この電波の特性は、波長、10cm~1mであり電離層に於ける反射波は考慮されず、主な伝搬モードは対流圏での**直接波、反射波、回折波**ですがドローンの制御等の利用に於いては連続安定した通信が要求される為に**直接波での伝搬のみ**を目標とする事が多い。

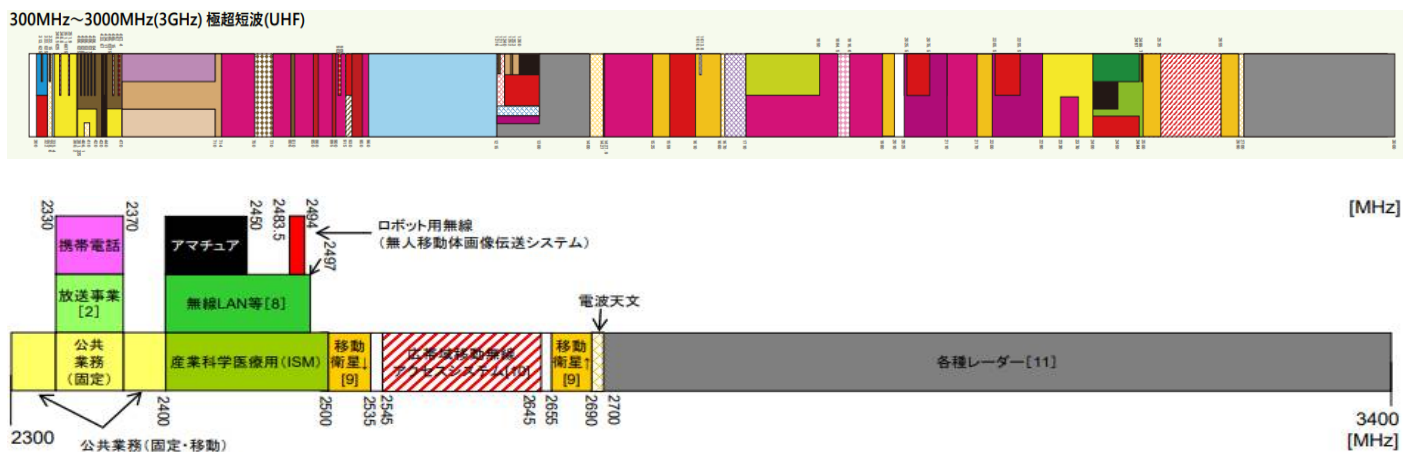
要するに真っすぐにしか飛んでくれないのです、多少の回り込み・・・は「旨くいけば・・・」であり期待しての飛行はあり得ません。そんな飛行は綱渡り飛行であり**電波障害=制御不能=画像停止=>墜落**となる可能性が極端に大きくなります。**<<猪突猛進の電波>>**



※何故この周波数を使うのか

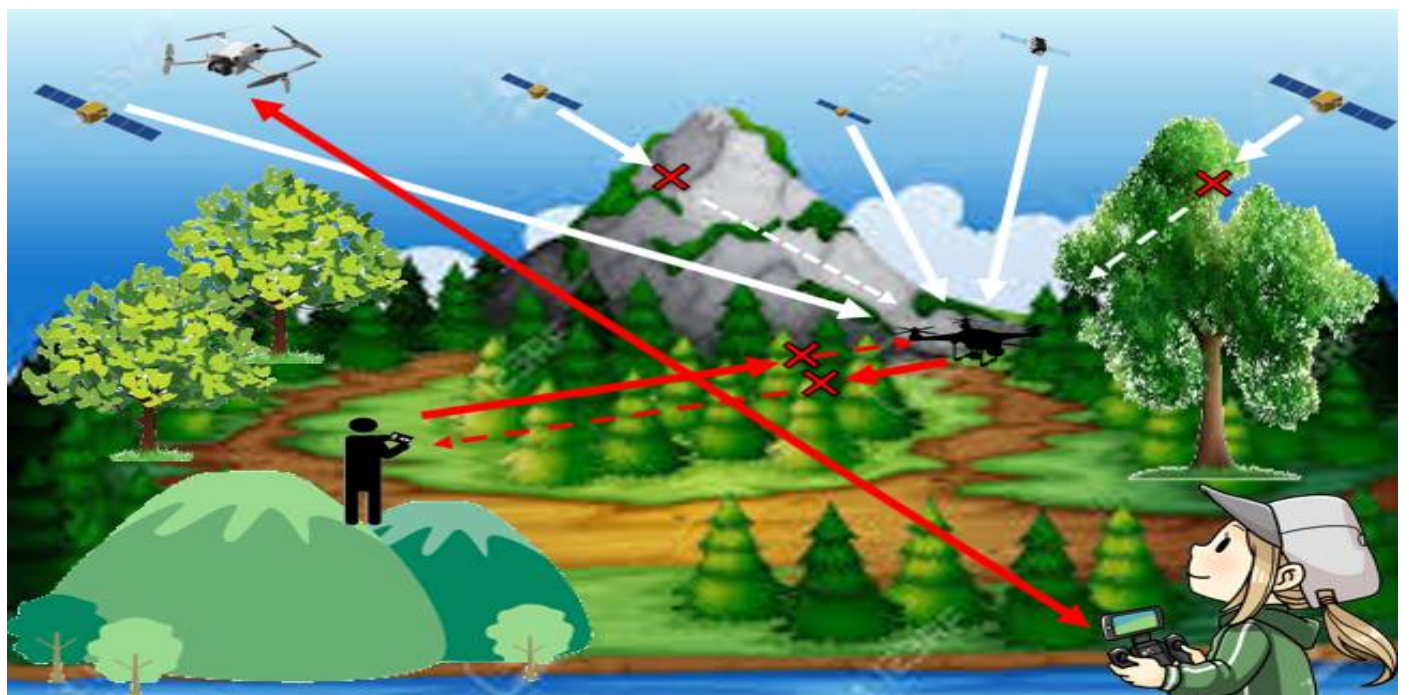
この電波は、伝送できる情報量が大きく、小型のアンテナと送受信設備で通信ができる為、携帯電話や業務用無線を初めとした多種多様な移動通信システムを中心に、地上デジタルTV放送、空港監視レーダーや電子タグ、電子レンジ等に幅広く利用されています。

ドローンでの利用にもコントローラーからの膨大なコントロール信号やドローンからの映像をリアルタイムに送受しています。



※遮蔽物とは、でんぱをさえぎるもの

特に UHF 帯の電波に対して電波を遮る (遮蔽) 物質は、金属類やコンクリート (ビルや建物)、山、森林、樹木であり特に水分の多い春先からの広葉樹も遮蔽や減衰があり注意が必要です。



<<参考>> 電波障害ってこれ

- ① コントローラーと機体相互通信：各種制御信号、映像信号、他 主に 2.4GHz 帯
- ② GPS 衛星から機体：GPS 信号の受信 1.2GHz / 1.5GHz 帯
- ③ 機体（コントローラー）相互の干渉
- ④ 電波塔（基地局、TV塔、高圧送電線、変電所、他）からの電波や電磁波

<<安全には>>

高圧送電線：法的 30m、電力会社基準 3m程度近づけない事 =>50-100m以上離隔、上下を通過しない

携帯電話基地局：敷地内上空に入らない事 =>50-100m以上離隔、上空を通過しない

各種電波塔：敷地内上空に入らない事 =>50-100m以上離隔、上空を通過しない

電線・電話線・通信線・電柱・支線：架線に引っ掛けない事 =>30m以上離隔

壁面・葉の多い樹木：対流による乱気流 =>5m以上離隔

水面上（河川、海上等）：相当の高度を保つ =>水面から 5~10m程度以上離隔

・水面上（河川、海上等）

水面は非常に流動的であり各種のセンサーが誤った反応をする場合が多い、川面は水の移動に於ける誤作動、海面は波の高低や移動に於ける誤作動、水面での反射が考えられ、併せて水面との対流等の影響や近接センサーの影響等が重なると機体は間違った反応をする場合があります水面から 5~10m程度以上離隔飛行が望ましい。



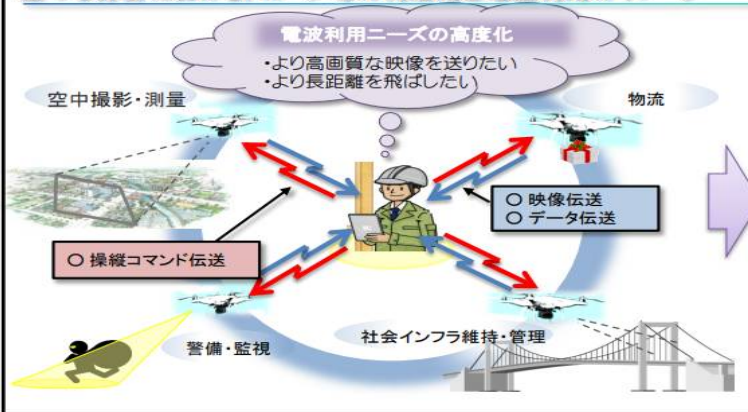
<<ドローン等ロボットにおける電波利用の高度化について>> 総務省から引用

総務省ではドローンを含むロボットの電波利用の高度化を検討し無線設備規則等の省令を改正（2023,8）

<<トピックス>>需要とニーズに対応し 2.4GHz の拡充と 5.7GHz の割り当てが始まります。

- ドローンの遠隔操作や、ドローンからの画像・データ伝送には電波を利用。
- 現在市販されているドローンは、無線局免許を必要としないWi-Fi機器等が用いられているものが多く、より高画質で長距離の映像伝送等、電波利用の高度化・多様化に関するニーズが高まっている。
- 総務省では、ドローンを含むロボットの電波利用の高度化のため、情報通信審議会において、**使用可能周波数の拡大や最大空中線電力の増力等**に向けた技術的検討を実施し、本年3月に技術的条件をとりまとめ（答申）。
- 情報通信審議会の答申に基づき、本年7月に無線設備規則等の省令改正案について電波監理審議会から適当である旨答申を受け、**本年8月に無線設備規則等の省令を改正。**

様々な分野におけるドローン等の利活用と電波利用のイメージ



ドローンを含むロボットの電波利用の高度化

➡ 情報通信審議会での技術的条件に係る答申に基づき、本年8月に制度整備（関係省令の改正）

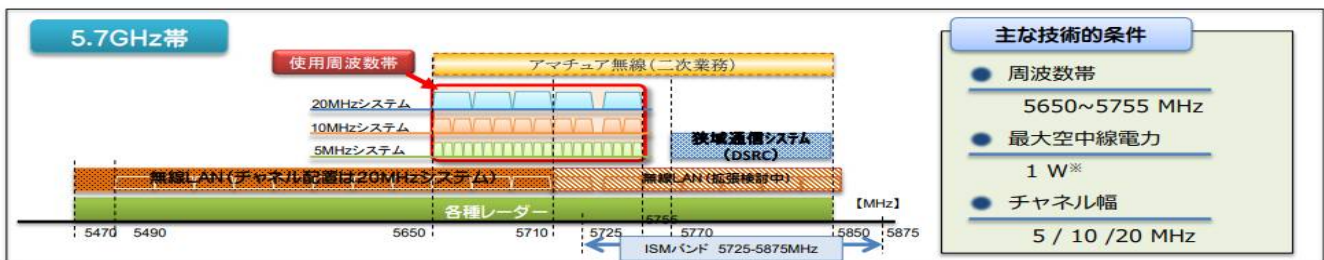
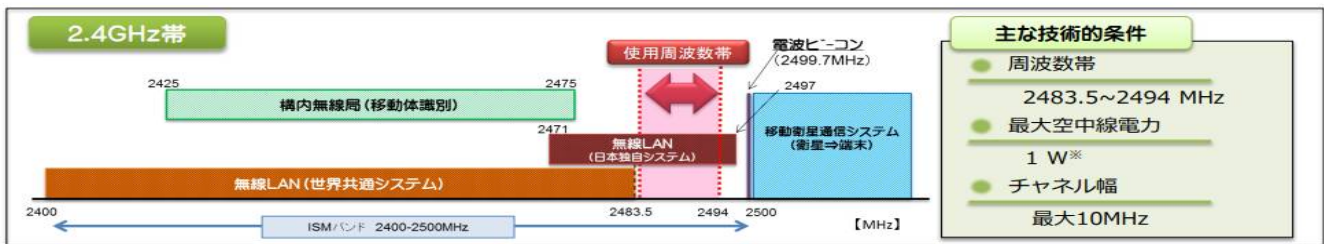
<<技術的条件とりまとめ概要>>

- 5GHz帯（5.7GHz帯）を、新たにドローン等による高品質な映像伝送等に使用可能とする
- この他、高品質な映像伝送等に利用可能な周波数（2.4GHz帯）や、ドローン操作に利用可能な周波数（1.3MHz帯等）を拡大※1
- 最大空中線電力を増力（既存の2.4GHz帯の無線LAN機器と比較すると約10倍）することにより、5km程度の長距離通信※2を可能とする

※1 その他、低速伝送用（200kbps程度）に169MHz帯を拡張予定

※2 現在市販されているドローンは、映像伝送の通信距離は 300m程度

- ▶ 高画質で長距離な映像伝送を可能とするメイン回線用周波数として、無線LANデバイスの活用による低コスト化も期待し、2.4GHz帯及び5.7GHz帯の周波数を新たに確保。
- ▶ この他、バックアップ回線用周波数(169MHz帯)及び無線操縦用周波数の増波(73MHz帯)も措置。
- ▶ 同一周波数帯を使用する無線局同士の混信回避のため、業界による運用調整の枠組みを整備。



※既存の無線LANシステムと比較すると約4倍(EIRP比較では約10倍)の増力

携帯電話の上空利用のイメージ

携帯電話の上空利用に関するニーズの高まり

- ・ドローンに携帯電話モジュールを搭載して広域で機体の制御や映像伝送をしたい

携帯電話の上空利用に関する検討

- ▶ 携帯電話の上空での利用に関する受信環境調査を実施し、技術上・運用上の課題等を整理。
- ▶ ドローンの通信品質の確保や地上の携帯電話利用への影響などの課題があり、引き続き検証する必要があることから、試験的に携帯電話の上空利用の導入を図る。

※既設の無線局等の運用等に支障を与えない範囲で運用することが条件

携帯電話網は陸上(地上)での利用を前提にシステム設計
(基地局は下方向に電波を放射し、基地局間及び他システムとの干渉を抑え、電波の利用効率を高めている。)

・GPSのロストとは 受からないところに行く
 GPSが受からない原因は天候や遮蔽物(森林・林・山影・谷間・大木・工作物等)があると電波が届かなくなることであり、機体は位置情報が得られず事故に直結します。
 天候(曇りや濃霧、雪、雨等)が大きく左右するが飛行前の確認で確実にチェックする。
 樹木については春先には葉が青々として水分が多く遮蔽物となる事が多いので注意が必要です。
<<GPSとは>>米軍の軍事用に開発された位置情報等を地球上で補足する衛星システムであり、高度20,200Kmに位置する複数の衛星(通常は3機以上)を同時に受信する事で位置を計算することが出来る、米軍からは民生用のコードのみを公開し、軍事用については高精度のデータで運用中です、周波数が1.2GHz/1.5GHz帯の微弱な電波から高度な位置情報演算処理をリアルタイムで行っており気象条件や遮蔽物の影響は大きい事を良く理解しておきましょう。
 一般的に解放された土地では10数個の衛星が受信可能、専用の演算処理チップで超高速に計算をされています。



§ 4 事故を防ぐための対策

事故防止はどうか？今まで、ある程度の原因を具体的に説明したのでそれを取り除いていきましょう。

・基礎知識や技術の習得

基本的な安全対策であり、ドローンを操縦する場合に不可欠です、ドローンに関する基礎知識や基礎的な技術の習得は必須です。<<通常の飛行には資格や免許は要りませんが知識は必要です>>

関連するネット等で積極的に情報収集しながら仲間と意見交換、情報交換も大きなヒントになります、お金の余裕があればドローンスクール等でまずは民間資格を学ぶと手っ取り早いです。

・事前の点検と整備

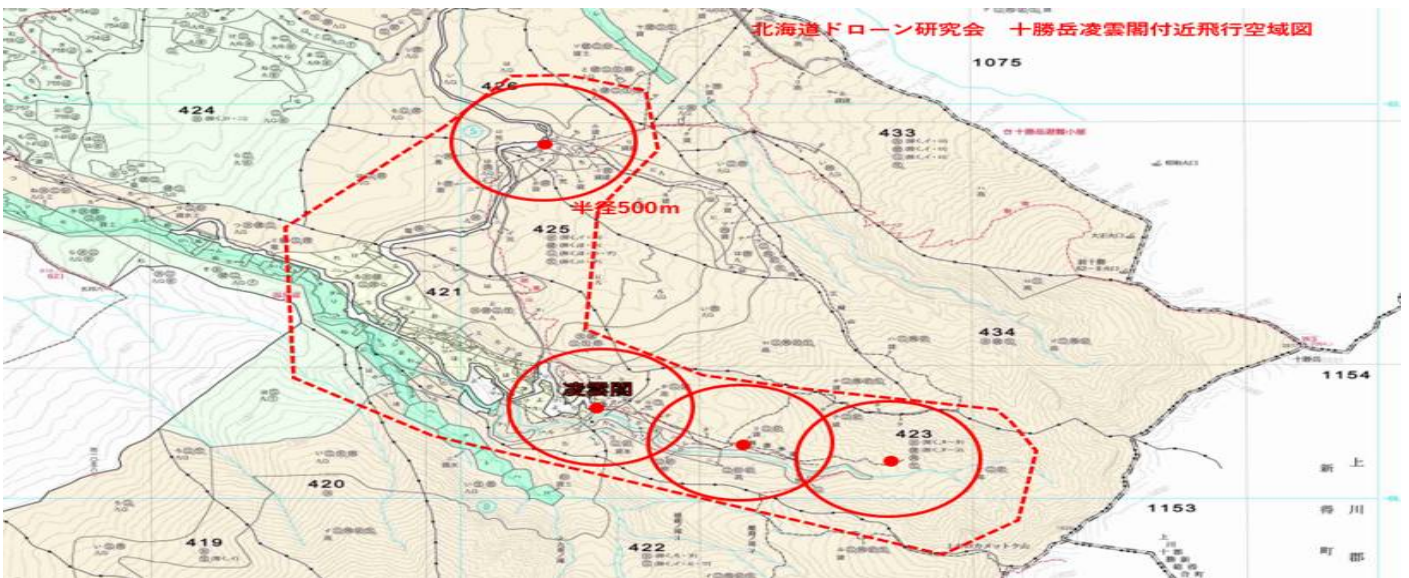
ドローンの事故原因としては機体不良や操作不能及び操作ミスが多くなっています。これは、事前点検や整備をする事で防げます。ここでは特に確認が重要な項目は、プロペラ、バッテリーの取り付けと残量、GPS 受信状況、周辺の他の機体飛行状況です。

・天候や飛行場所の把握

飛行範囲は、その飛行経路上に第三者を含み遮蔽物や障害物がないかを確認します。第三者の立ち入りや往来場所では必ず補助者を配置し連携しながら飛行しましょう。

・適正な飛行ルート

飛行ルートは電波干渉、GPS ロスト、障害物の近くや遮蔽物に隠れるコースは避けて、且つ水上（河川、海上等は相当の高度を保って飛行する。



・補助者・安全管理者について

単独での飛行に於いては事故の場合の対応にも限界があります、法令で定められた補助者や安全管理者以外にも複数での協力による確認は非常に安全性が向上します。

法的に許可を得た目視外飛行やD I D地区内での飛行、夜間飛行等は当然ですがそれ以外でも可能な範囲において複数で協力しながら楽しい飛行や空撮を安全にしましょう。

§ 5 ドローンの墜落・事故が発生した時にやるべき事。対応方法と手順

ドローンは空を飛んでくれます、飛行中の事故によっては地球上の引力に逆らえず落下するでしょう。

最大限の安全管理を行いながらも、「もしもの時」を考えておきましょう。

・負傷者の救護

最も優先順位が高いのは負傷者の救助です。負傷者がいれば状況により安全な場所に移動させ、負傷の度合いにより即、救急車（119番）を呼ぶ等、応急処置が必要な場合は躊躇せず行う。

場合によっては止血処理や心臓マッサージ、人工呼吸など、AEDも必要でしょう、最小限の救急法等の基本的知識はもっている事も大事です。

・安全の確保

事故や故障の状況に於いては機体が動作中の可能性があります、怪我人や自分を含めて周囲の安全を確保する為、電源を切る、第三者を近づけない、火災の発生を確認し現場保存をしながら協力者を求めましょう。

・警察や消防への通報・通知

怪我人発生で救急車を呼んだ場合は消防から自動的に警察へ通報が入る、救急車を呼ばなかった場合で物損や軽度の人身事故の場合は警察（110番）に通報し指示を待ちましょう。

バッテリーからの発火や発火が予測される場合は消防（119番）への連絡や可能な範囲で初期消火を行います。



・事故の現場保存と画像

事故の状況や、墜落機体の破損、対物損傷の状況写真など、事故証拠となる写真を撮影しておく必要があります。関係機関への事故報告やドローン保険の請求にも有効でしょう。

・国土交通省、地方航空局及び空港事務所への事故報告 義務ですよ

国土交通省「無人航空機の事故及び重大インシデントの報告要領」に基づき報告します。

報告の概要

国土交通省によれば、もしもドローン（無人航空機）の飛行によって事故（機体の衝突や物件の損傷、人の致傷など）が発生した場合は、国土交通省・地方航空局および空港事務所への情報提供を呼びかけています。また、報告の対象は航空法等法令違反の有無にかかわらずとされており、いわば「ドローンによる事故」全般となっています。情報提供の方法は、国土交通省のサイトから確認することができます。

「無人航空機を飛行させる者に対し、事故（人の死傷、物件の損壊、航空機との衝突・接触等）発生時の国への報告を義務付けるとともに、運輸安全委員会が調査対象とする航空事故に無人航空機に係る事故のうち重大なものを追加」とあります。どの程度の事故であれば報告が必要であるかで迷う場合には、管轄の省庁に問い合わせるようにしましょう。

§ 6 事故防止策まとめ

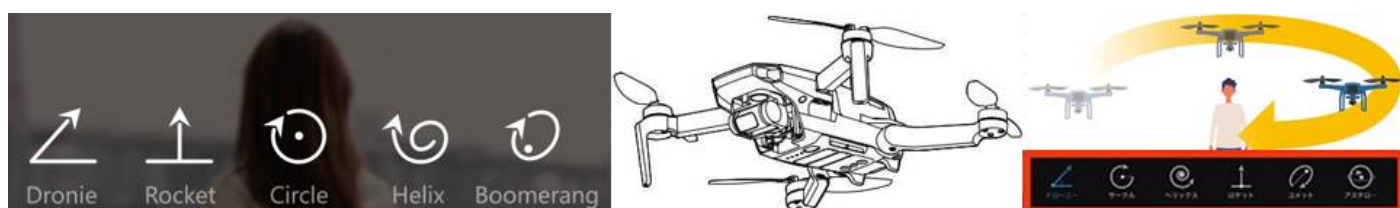
ドローンでの事故を起こすと自分の保有する大事なドローンを損傷したり紛失する事は当然ですが、他のパイロットへの影響や人身、物損事故では大きなダメージになります。車の運転と同じように関係法令を厳守し「だろろ操縦」、「飲酒操縦」、「飛行可能エリア外飛行」等のご法度です。

§ 7 (おまけ) 基本的練習の例

簡単な練習はコーン等を使って約5m程度の四方形を作ります、高度は目の高さより高い3m程度にし、最初は室内で充分練習を行い徐々に屋外で四方形を20m程度、高度を5-20m程度にして練習します。慣れてきたらドローンの持っている各種クイックショットを確認し動きをしっかりと身に付けていきます。



- ・ 離着陸：自動離陸と着陸、手動離着陸
- ・ ハンドキャッチ：周囲の安全を確認し個別に行う、離発着場が確保できない時に利用
- ・ ホバリング：前後、左右での安定したホバリング
- ・ 上下移動：高度の適当な目測を確認
- ・ 前後移動：方向を変えて行う
- ・ 左右移動：方向を変えて行う
- ・ 四角移動：前後移動、左右移動、斜め移動と方向を変えての移動
- ・ 二重操作：複数の操作（前進しながら上昇等）
- ・ ノーズインサークル：一点を向いたまま円を描く
- ・ テールインサークル：一点を背にして円を描く
- ・ クイックショット：ドローンの種類によって事前に確認し試験飛行をする
ドローニー、ロケット、サークル、ヘリックス、ブーメラン、アステロイド、自動追尾機能、他



札幌市西区西野4条10丁目12番12号
 北海道ドローン研究会事務局 ドローン Magazine 編集部 高橋
 JR8YQH 事務局 (JA5KTF/8)
 Clubhouse CLUB:「北海道ドローン研究会」
com@forest.ocn.ne.jp
<http://www.hds.comdrone.net/>