

UAVに使用される無線の留意点について(1)

1. UAVで使用される無線

UAVは地上からの無線システムで制御監視されていますが、小さな機体の中に多くの電子回路とともに複数の無線機器を配置しており、機体内部で発生しているノイズや外部からの干渉等の影響を受けることもあり、技術的難易度の高い無線機器と言えます。

測量や点検等で使用されるUAVには、一般的に図-1のような無線機が搭載され、次のような周波数が使用されています。

- ① 操縦制御, カメラ制御 2.4GHz帯
- ② データテレメトリ 920MHz帯
- ③ 映像伝送 1.2GHz帯(アナログ), 2.4GHz帯(デジタル), 5GHz帯(デジタル/アナログ)
- ④ GNSS受信 1575.42MHz(GPS), 1601MHz(GLONASS)等

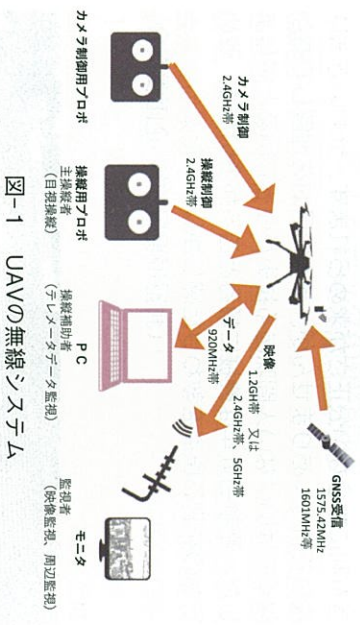


図-1 UAVの無線システム

操縦やデータテレメトリングに使用される電波法で規定された小電力データ通信システムや特定小電力システムを使う場合は無資格無申請で使用できますが、映像を伝送する無人移動体画像伝送システムのような出力の大きい無線機の場合は免許が必要な場合もあります。操縦用には2.4GHzで周波数拡散方式の一つであるFHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)方式が多く採用されています。FHSS方式は2.4GHz帯を1ミリ秒以下の短い時間で周波数をランダムに変更しながら通信する方式であり、混信に強いのが特長です。

2.4GHz帯に操縦信号(テレメトリック)と映像信号(ビデオ)

シリシク)を混在させるときにはTDD(Time Division Duplex: 時分割複信)を使って、機体を送ってくるデータ量の多い映像信号の隙間についてデータ量の少ない操縦信号を地上から機体へ送り、互いに干渉しない工夫がされています(図-2)。

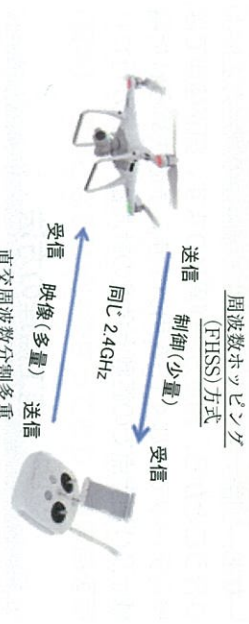


図-2 時分割複信による通信

2. 混雑する2.4GHz帯

2.4GHz帯(2400-2500MHz)は国際的にISM Band(Industry Scientific Medical Band)と呼ばれ、わが国では基本的にメーカーや販売店が技適を取得した無線機器であれば資格も届も不要で使える無線周波数帯です。このために用途は多岐に及んでいます。現在2.4GHz帯で使用されている主な無線(高周波システム)は下記のとおりです。

2.4GHz無線LAN、構内無線局(移動体識別)、電波ビームコン(VICS)、移動衛星システム(DL)、電子レンジ、アマチュア無線、工業用RF発生器、ドローン映像DL、データ通信機器、ラジコンプロポ、他特定小電力機器、etc.

近年では2.4GHzWi-Fiは携帯電話にも内蔵されていますから、市街地では2.4GHzは飽和状態になっています。Wi-Fiの電波は操縦用のFHSSの電波に比べて強度はありますが、2.4GHz帯のバンド内を埋め尽くされると雑音強度の上昇になり、S/N(信号対雑音比)の低下を招き、映像伝送の2.4GHzではスループットが低下して映像伝送がスムーズに伝送できなくなるなどの現象が発生します。

3. UAV無線の電波伝播(マルチパスフェージング)

UAVの無線は波長の短い周波数を使っており、空中を飛行する機体と地上では三次元空間の移動体通信ですからマルチパスフェージングが発生します。マルチパスフェージングとは地上とUAVとの電波の伝送路が一つではなく、地面や構造物に反射して遅延した複数の電波も到達するため、これらが互いに干渉して電波が強くなったり弱くなったりすることを言います。UAVが移動するたびにマルチパスが変化するため無線通信が不安定になりま

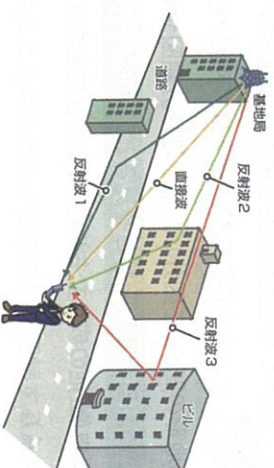


図-3 マルチパスフェージング

4. UAV無線の電波伝播(フレネルゾーン)

波長の短い無線は見通し内通信が原則ですが、電波は線で結んだようにつながるのではなく、フレネルゾーン(図-4)という回転楕円体をした空間でエネルギー伝達が行われます。UAVは空中にいますから高度がありま

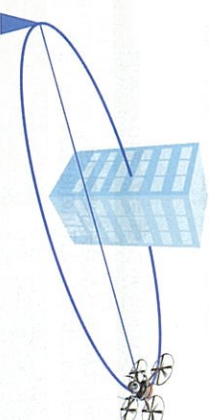


図-4 フレネルゾーン

5. UAVのアンテナ

UAVの無線機器のアンテナは一般的にVertical Whipアンテナが使われています。形状は様々で基本的に水平面は無指向性ですが、垂直面のビームは全方向には出ていません(図-5)。

このためWhipアンテナを垂直に立てた状態では上方向の通信が死角となります。地上側ではUAVが頭上にあるときにはアンテナのビームを上方に向けた必要があります。一方、機体のアンテナは長距離通信目的のため通常水平方向にビームが出るように取り付けられているため、真下の通信は不利になります。したがって、UAVが地上局の真上にある場合は通信不良になることもあるので留意が必要です。

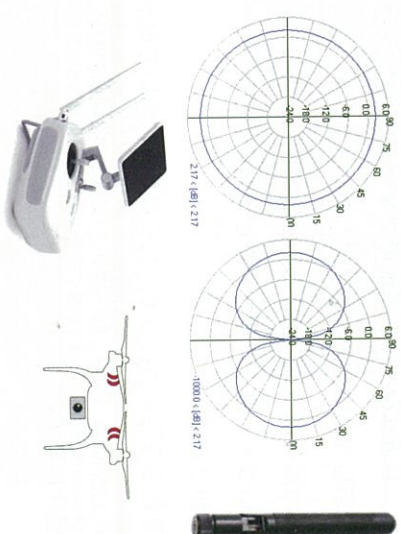


図-5 アンテナの放射特性

6. GNSSは不安定

UAVはGNSS(Global Navigation Satellite System)に依存して航行する場合が殆どであり、姿勢を制御するジャイロセンサーとの組み合わせにより自機位置を確認しながら飛行しますが、GPS等は衛星無線機であり、宇宙からの微弱電波を受けている精細な無線機ですから機体内で発生する雑音にも敏感であり、GPSアンテナの配置には考慮が必要です。また、市街地や山間部など、電波を遮蔽するものがあるとGPS衛星の捕捉数は一気に減少する場合がありますので常にGPS衛星からの受信状態は監視しておかなければなりません。また、市街地での運用ではGPS衛星からの電波がビルなどで反射して、マルチパスフェージングが発生させることにより測定精度が劣化する場合もありますので留意が必要です。

7. まとめ

UAVは無線で制御監視されていますが、無線は不安定な通信回線であり干渉も受けますから機器システムを過信してはいけません。常に無線の状態を監視しておくことが肝要であり、無線や電波伝搬の基礎を知っておくことは重要です。一般社団法人日本ドローン無線協会では定期的にドローンの電波セミナーを開催しています。
<http://jdai.or.jp/>
次回には市街地における2.4GHz帯の操縦電波の問題について説明します。