

当社無線機の安全対策について

2018年11月13日

2020. 8. 25改訂

お 取 引 先 様 各 位

朝 日 音 響 株 式 会 社
外務部営業課 岩佐 J R 5 P X S
T E L 0 8 8 - 6 9 4 - 2 4 1 1
F A X 0 8 8 - 6 9 4 - 5 5 4 4

弊社無線操縦装置に関する安全対策及び特徴について、下記の通りご説明申し上げます。過去に同様のご質問を頂いた際に製作いたしました文章ですので、若干該当しない点も含まれていると思いますが、何卒ご容赦願いますようお願い申し上げます。

本書は特定小電力無線局を中心に解説した書類となっておりますが、使用周波数、電波の強さ、法律で定められた機能以外は微弱無線局も特定小電力無線局も同等の安全対策を施しています。説明時間及びスペースの関係上、本書にてご容赦願います。

本機の使用に際しての免許や届出、資格等一切必要ありません。本機自体に関しては電波法第四条第一号に定める「免許を要しない無線局」若しくは電波法第四条第三号、及び設備規則第49条の14、施行規則第六条に規定する「特定小電力無線局の無線設備」の技術基準適合証明に合格したものです。

但し、本機をクレーンの運転を目的に設置した場合、「5トン未満のクレーンを無線操作方式に変更した場合は、特別教育終了者であれば操作できます」が「5トン以上のクレーンに本機を取り付けした場合は“荷と共に動く”という原則から外れ、クレーン運転士の免許が必要になります」のでご注意ください。

もし、免許保有者不在の場合は、担当者に最寄りの都道府県労働基準局が行う試験を受けて頂く必要があります。ご注意ください。

1. 当社無線操縦装置の使用電波について

当社で製造販売する産業用無線操縦装置は電波法第4条に規定される「免許を要しない無線局」に該当いたします。「免許を要しない無線局」は使用周波数や許可される空中線電力等の最大値により、次の3種類に大別されます。

免許を要しない無線局3種類の違いと、特定小電力無線局の特徴と安全性を中心に下記の通り、ご説明いたします。

(1) 微弱無線局（当社ではNシリーズという）

発射する電波が著しく微弱な無線局で、電波法第四条第一号、施行規則第六条第一号に規定する「免許を要しない無線局」に該当します。Nシリーズは主搬送周波数（メインキャリア）が200～250MHz帯の内の1波を使用し、「3mの地点における電界強度が毎メートル500マイクロボルト以下」に該当するものです。

(2) 特定小電力無線局（当社ではUシリーズ又はGシリーズ、Mシリーズ、Sシリーズという）

電波法第四条第三号、及び設備規則第49条の14、施行規則第六条に規定する「特定小電力無線局の無線設備」です。

空中線電力は主に0.01W以下（使用周波数帯により出力規定が異なります）で技術基準適合証

明を受けた小電力無線設備であることがその条件です。

用途別にテレメータ・テレコントロール用、医療テレメータ用、データ電送用、ラジオマイク用、無線電話用等細かく分類され、各々に使用周波数、電波型式、空中線電力、通信方式、送信時間制限の有無、キャリアセンス機能の有無等が細かく規定されています。

当社が採用しているのは

- ① Uシリーズは主搬送周波数（メインキャリア）が429.2500～429.7375MHz帯の40波の内の1波を使用するテレメータ・テレコントロールに該当します。キャリアセンス機能を装備して連続送信が可能です。出力は10mW以下です。（ARIB STD-T67準拠）

- ② Gシリーズは主搬送周波数（メインキャリア）1216.0375～1216.5000MHz帯の29波の内の1波若しくは1252.0375～1252.0000MHz帯の29波の内の1波を使用するテレメータ・テレコントロールに該当します。キャリアセンス機能を装備して連続送信が可能です。出力は10mW以下です。
出力を1mW以下にすると1216.0375～1216.7000MHz帯の58波若しくは1252.0375～1253.0000MHz帯の58波を使用することが出来ます。キャリアセンス機能を装備して連続送信が可能です。（ARIB STD-T67準拠）。

- ③ Mシリーズは312.04～315.00MHz帯の20kHz間隔の1波を使用するテレメータ・テレコントロールに該当します。キャリアセンス機能の装備は不要です。送信時間に最大90秒の送信時間制限付きです。出力は等価等方輻射電力250μWeirp以下です。（ARIB STD-T93準拠）。

- ④ Sシリーズは922.400MHz～928.000MHz帯の200kHz間隔の29波の内の1波を使用するテレメータ・テレコントロールに該当します。キャリアセンス機能を装備が必要です。送信時間制限があります。出力は10mW以下です。（ARIB STD-T108準拠）。

先ず、微弱無線局について、その特徴や機能解説を中心に行います。

- 微弱無線局の一般的特徴について

特定小電力局が電波法第4条第3項に規定する特定無線設備の技術基準適合証明を取得しなければならぬのに対し、微弱無線局や産業ラジコン用無線局は技術基準適合証明等の検定は不要です。

使用するユーザー様での諸手続きや届け出、免許、資格等一切必要ありませんし、電波利用税も不要です。

特定小電力局の場合は用途、電波型式、送信出力、使用周波数等が電波法施行規則

（1950年電波監理委員会規則第14号）第6条第3項第2号に細かく規定されているのに対し、微弱無線局は3mの地点における電界強度規定のみです。

当社が採用しているテレメータ・テレコントロール用特定小電力局はUシリーズの400MHz帯及びGシリーズの1200MHz帯の単方向通信方式で連続送信が可能なタイプとMシリーズの310MHz帯、単方向通信方式で90秒の送信時間制限付きがあります。Sシリーズは920MHz帯の間欠送信による時分割双方向通信方式です。

Uシリーズの400MHz帯の例でいうと、主搬送周波数（メインキャリア）が429.2500～429.7375MHz帯（Uシリーズ）の12.5kHz間隔の40波に限定されているのに対し、

微弱無線局は電界強度が「3mの地点における電界強度が毎メートル500マイクロボルト以下」の規定値以内ならば322MHz以下及び150GHzを超えるどの周波数帯を使用することも自由です。

従って、一定のエリア内で同時に多数の無線操縦装置を使用する場合には微弱無線局と特定小電力局とのバランスを考慮した設置が必要です。

以下に微弱無線局の具体的特徴を列記いたします。

- 前段の一般的な特徴欄でも説明いたしましたように、同一場所で多数設置する場合は使用周波数に制限が無い微弱無線局が有利であるが、特定小電力局に比べると送信出力が小さいので設置に際しては設備（インバーター、放電加工機等）や照明（粗悪LED照明）等の環境に配慮が必要となります。
- 特定小電力局は400MHz帯のUシリーズで全メーカー共用の40波、1200MHz帯のGシリーズでも使用出来る周波数が全メーカー共用となっていますので、特定小電力局の特徴が生かされる用途や全納入メーカーからの納入実績を考慮する必要があります。その点、微弱無線局は他社製品に対する配慮は不要です。
- 特定小電力局とは異なり、ユーザー様及び納入業者様による送信機の簡易な分解修理も可能ですので、メンテナンスが容易です。

次に、特定小電力局（Uシリーズ）の特徴や機能解説を中心に行います（GシリーズやMシリーズ他についての詳細解説は割愛しています。必要な場合は別途お申し付け下さい）。

- 特定小電力無線局の一般的特徴について

特定小電力局は電波法第四条第三項に規定する特定無線設備の「技術基準適合証明」を取得しなければなりません。使用するユーザーでは微弱無線局やラジコン用無線局と同様、諸手続きや届け出、免許、資格等一切必要ありませんし、電波利用税も不要です。

特定小電力局の用途、電波型式、送信出力、使用周波数等は電波法施行規則

（1950年電波監理委員会規則第14号）第六条第三項第2号に細かく規定されています。

前述のように、特定小電力局はその使用目的により電波型式、使用周波数、通信方式、キャリアセンスの有無、空中線電力（微弱の電界強度規定に対し特小は出力規定）、送信時間制限の有無が細かく規定されています。

特定小電力局全てに共通して「電波法に規定される技術基準適合証明を取得すること」と「郵政大臣が指定する呼出符号を自動的に送信すること」が義務づけられています。

当社製品に関連するテレメータ・テレコントロール分野では、法的制約が義務づけられるのは電波を発射する送信機についてのみで、受信機の技術基準適合証明等は不要です。

- 当社特定小電力無線局の仕様及び安全性について（Uシリーズ例）

- ①使用周波数は429.2500～429.7375MHz帯の内の1波を使用しています。
- ②標準的には、送信機の出力は10mWを採用していますので、通達範囲は無障害で100m以上を確保しています（微弱機は30m程度）。
- ③微弱機と異なり、送・受信機共に指定された429MHz帯の40波であれば周波数を任意

且つ容易に切り換えられる仕様になっています。

- ④受信機は5波8グループ/20波2グループ/全40波の周波数自動追尾方式が選択出来る機能を装備しています。送信機には、加えて1波固定に設定出来る機能を備えています。送受信機共に、標準の周波数設定は5波若しくは20波自動追尾式のグループオートを標準的に採用しています。
- ⑤送信機にはアドレス下位4ビットを任意に切り換えられるディップスイッチを装備している点。
- ⑥送信機ケースは容易に分解できない構造にするよう法律で義務付けられている（特殊ビス使用）。
- ⑦送信機のアンテナは着脱及び改造不可の構造としています。
- ⑧送信機には、他の無線局から送信された同一周波数の電波を受信した場合、電波の送信を開始しないキャリアセンス機構が装備されています。

以上の特徴を纏めてみますと、使用する周波数429MHz帯（Uシリーズ）は法的に守られており、送信出力は10mWと高い出力が出せる。その結果、通達範囲は100m以上で安定しており、ノイズ等の影響も受けにくい。

周波数は指定されたものに限られるが、周波数やアドレスの変更が容易に出来るので、予備送信機の共用が可能である。

万が一、現場で周波数のバッティングや妨害波が有っても、別の周波数に切り換えて、トラブルを回避できる機能が装備されているので安心である等の特徴があります。

次に2台以上の無線操縦装置を使用した場合に起こりうる問題点とその対策についてご説明いたします。

1. 同一敷地内で、同じ周波数帯（例えばUシリーズの429MHz帯）の無線装置を使用した場合について

(1) 搬送波の周波数が違っている場合は相互に影響はありません。合法的に製造販売されたものをご使用いただいている限り、混信とかの影響は考えなくてもよいと思います。特定小電力局が使用する周波数429MHz帯は法的に守られているからです。

(2) 他社の特定小電力局等で搬送波の周波数が同じであった場合の動きについて

① 1台の送信機のみ電源を入れた場合

受信した電波で正常なデータ（エラーチェックで正常と判断されたデータ）を受け取った場合、アドレス、機種認識コード、拡張アドレス、周波数情報の4つがすべて一致しないとペアの送信機からの電波では無いと判断して、受信機ではこれを無視しますので搬送波が一致しただけでは動きません。

データフィールドは無線機の機種認識コード（モード）、拡張アドレス、周波数情報、操作データ（機種によって数は変化）で構成されています。

機種認識コードは上位4ビットがA/Dコンバータの変換したデータの個数、下位4ビットはスイッチデータの個数（8ビット*n組）を表します。

拡張アドレスは、無線機のディップスイッチで設定された値をアドレスとして使用します。

周波数情報は、送信機で設定されているチャンネルの情報を送ります、チャンネルの情報と

受信した周波数が一致しないときは混信と見なされます。

操作データは機種認識コードで表された個数のデータがスイッチデータ、A/Dコンバータの変換したデータの順に送信されます

Uシリーズの伝送コード及び伝送方法は下記の通りです。

| | | | |
|-------------------|--------------------------------|-----------------|-----------|
| オープンフラグ | 0 1 1 1 1 1 1 0 | | データの始まり |
| アドレス0 (固定アドレス) | 0 0 0 0 0 0 0 1 | 無線機の固定アドレス | アドレスフィールド |
| モード (機種認識コード) | 0 0 0 0 0 0 1 0 | モード 接点2回路 | データフィールド |
| アドレス1 (拡張アドレス) | X X X X X X X X | アドレス設定スイッチのデータ | データフィールド |
| 周波数情報 | X X X X X X X X | チャンネル設定スイッチのデータ | データフィールド |
| データ1バイト目 | 08, 07, 06, 05, 04, 03, 02, 01 | 接点1回路目データ | データフィールド |
| データ2バイト目 | 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11 | 接点2回路目データ | データフィールド |
| CRC 1 | X X X X X X X X | | CRCデータ |
| CRC 2 | X X X X X X X X | | CRCデータ |
| クローズフラグ | 0 1 1 1 1 1 1 0 | | データの終わり |

送信機では最初にオープンフラグ0 1 1 1 1 1 1 0を送信します、アドレスフィールド、データフィールド、CRC 1、CRC 2の各データはオープンフラグに続いて下位ビットから順に送信されます。そして、CRC 2の次にクローズフラグ0 1 1 1 1 1 1 0が送信されて1フレーム終了となります。尚、データの並びが0 1 1 1 1 1 1 0になる場合はフラグと区別が出来なくなる為、0 1 1 1 1 1の次に0を1個送り、その後続きの10を送り0 1 1 1 1 1 0 1 0となります。0 1 1 1 1 1 1 1になる場合は0 1 1 1 1 1 0 1 1となります、これを0インサートといいます。

受信機はシリアルポートの入力をチェックしていてデータの並びが0 1 1 1 1 1 1 0と成るとオープンフラグと判断してデータの取り込みを開始します。取り込んだデータが0 1 1 1 1 1 0 1 0と成った場合、送信機で0インサートされているので0 1 1 1 1 1の次の0を取り除いて0 1 1 1 1 1 1 0とします。

また、0 1 1 1 1 1 0 1 1の場合は0 1 1 1 1 1 1 1と成ります。これを0リジェクトといいます。取り込んだデータが0 1 1 1 1 1 1 0の場合はクローズフラグと判断して1フレーム受信終了となります。

1フレーム終了したらクローズフラグの前16ビットがCRC 1、CRC 2なのでアドレスフィールド、データフィールドのCRC計算結果と比較して通信エラーの有無をチェックします。

文中のCRCコードについて補足説明いたします。

送信機、受信機間でデータの伝送途中でのエラーの有無を検出するためのコードです。デジタルデータ伝送ではデータの誤りを検出する為に、サイクリック・リダンダンシー・チェック(Cyclic Redundancy Check: CRC)が多く使用されています。CRCは2進数のデータ系列を定められた多項式で割算し、余りをデータ系列の最後にCRCC (Cyclic Redundancy Check Character)として付加し、送信しています。受信機ではこのデータを同じ多項式で割算し、データが正しければ余りとなるCRCCが送信機から送られてきたものと一致します。

送信機から送られてきたCRCと、受信機で計算したCRCが一致しない場合は伝送途中でエラーがあったこととなります。

エラーチェックにはパリティチェックとかいろいろ方法がありますが、それらに比べると、格段に信頼性の高いものです。

多項式は $(X^{16} + X^{12} + X^5 + 1)$ を使っており、CCITT（国際電信電話諮問委員会）の推奨する方式です。

② 同じ周波数の2台の無線機から同時に電波が出された場合について

電波の変調方式がAMであれば、夜間 中波のラジオ放送を聞いていると中国や朝鮮の放送と混信して2つの放送局の放送が同時に聞こえる場合があります。これに対し、変調方式がFMになると、電波が強い方の放送しか聞こえません。

本機ではFM変調方式を使っているため、通常は受信機により近いところで使っている送信機の電波しか受信しません（より強い電波しか受信できないため「弱肉強食」と言えます）。ペアの送信機が近ければ操作することが出来ますが、別の送信機が近い場合には操作できないことがあります。

● 誤動作について考えられる例及びその対策について

誤動作という定義は、操作をしていないのに勝手に動いてしまうとか、意図した操作とは異なった動きをすることを指します。自己防御の為に動作を停止してしまうことは安全回路が働いて能動的に動作を停止させているわけですから、これを誤動作とは言わないことをご承知おき下さい。

微弱な電波を使用する無線制御機器メーカーとしては、強力な妨害波やノイズに対抗する手段として、如何に安全に動作を停止させるかということを最優先に考えた設計思想に基づいて、製品の開発に取り組んでいます。

FM電波の本質的特徴としては「弱肉強食」的性格を有していますので、自分の電波より強い同じ周波数の電波を受けた場合は、自分の電波はかき消されてしまいます。

自分の電波が無くなれば動作を停止するようになっています。

当社無線機の誤動作防止対策は下記の通りです（一部前項と重複説明になりますが…）。

(1) 誤動作防止対策-1 アドレス、機種認識コード、拡張アドレス等について

シリアル伝送されるデータの中にアドレス、機種認識コード、拡張アドレスと呼ばれるデータを持っています。送信機から送られてきた3つのデータと受信機で設定されている3つのデータが同じでないと、受信機は動作をしないようになっています。

つまり、受信機を動作させるための”キー”の役目をしています。このうち、拡張アドレスはディップスイッチで設定ができるようにしてあります。

(2) 誤動作防止対策-2 エラー検出（CRC-CCITT）について

デジタルデータ伝送ではデータの誤りを検出するために、サイクリックリダンダンシーチェック（Cyclic Redundancy Check :CRC）が多く使用されています。

CRCは2進数のデータ系列を定められた多項式で割算し、余りをデータ系列の最後にCRCC (Cyclic Redundancy Check Character)として付加し、送信します。

受信側ではこのデータを同じ多項式で割算し、データが正しければ余りとなるCRCCが一致して、2進数の加算原理 ($1+1=0$ 、 $0+0=0$)により演算結果はゼロになります。本機では、多項式 $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ を使用しています。

CCITTは国際電信電話諮問委員会のことで、ここが推奨している方式です。

(3) 誤動作防止対策-3 ウォッチ・ドッグ タイマについて

CPUが正常に作動しているかどうか監視する回路で、CPCが暴走等で制御不能になった時、強制的にCPUをリセットしてCPUの初期化を行います。

CPUの動作ステップやシステムの状態をモニターし、プログラムされた通り正常動作しているかをチェックするのがウォッチ・ドッグ タイマです。

(4) 潔白検証回路について

電源リレー強制OFF回路のことです。電波受信時に作動するノイズスケルチ回路を利用して、受信電波が無くなると強制的に電源リレーをOFFにします。

通常、誤動作防止のために送るデータにアドレスや機種認識コード、拡張アドレス等のデータを付加しています。送られてきたデータに誤りがないかどうか、ペアとなる送信機から送られてきたデータかどうかを検証するためのCRCC-CCITTという検定回路やCPU自体が正常に作動しているかを監視するウォッチ・ドッグ タイマ回路が組み込まれています。

これらがソフト的安全回路だとすれば、潔白検証回路はハード的安全回路です。

電源リレーに対する配線が当社の指示通りなら、送信機の電源切で電源リレーを強制的にOFFする訳ですから、クレーンが異常動作した時に、送信機の電源を切りにしてクレーンが止まったかどうか？でどちらに問題があるのかを簡単に見極められます。

送信機の電源を切ってクレーンが止まればクレーン側に問題があるのか、無線機側に問題があるのかを容易に見極めが付けられるという意味で「潔白検証回路」という呼称を与えたのです。これは当社独自のものです。

● オペレータの意志に反した操作状況の発生例と対応について

前項でも述べましたように、自分の電波が無くなれば動作を停止するようになっていきますので、非常時には無線機の電源を切ることが最優先です。

そして、無線機の電源入信号を受信している間ONし続けている、電源入りレーで装置の主回路を入/切するような回路を組んでいただくことも重要です。当社受信機の負荷側以降で発生した不具合に付きましては、無線機側での対応は出来ません。

スイッチの故障等についてはニュートラルインターロック機能が作動します。

電源OFFの時に、

① 操作ボタンを一つでも押した状態

② スwitchの故障などで操作をしているのと同様な状態

①②どちらかの状態で「電源入」を押すと、ニュートラルインターロック機能が作動します。

この時、操作信号及び「電源入」信号共に発信せず、「電源」表示発光ダイオードが明暗交互に変化して警告表示します。

(これは機械が急に動き出さないようにする為の安全機能です。他の無線妨害または電波の途切れが発生し、受信機がペアの送信機の信号を認識できなくなった場合には、その後認識可能になった時点で送信機側が操作中の場合に限り、受信機側でニュートラルインターロック機能が作動します。)そこでこれらが発生した時には、送信機の全ての操作から手を放して下さい。

原因が継続していない限り、ニュートラルインターロックが解除され受信機の電源リレーがONし、通常の操作が出来るようになります。

- その他

- データベースの充実

- 当社では製品一台一台の仕様及び最終使用場所が把握出来ている為、後日の部品注文や修理問い合わせ時の対応がスムーズに処理できる体制になっています。

- また、周波数管理が充実している為、お客様でのユーザー別周波数管理等面倒なフォローは当社が引き受けます。

- 当然、周波数管理が充実している為、混信等の心配は不要です。

- 故障と対応について

- 送信機のプラスチックケースの割れ、操作スイッチの接点不良、落下等による基板の損傷、電池の劣化が当社での主要修理内容です。

- 修理の発生頻度につきましては、ご使用いただくユーザー様の使い方や使用環境により大幅に異なって参りますので何とも申し上げられません。

- 当社のメンテナンス体制は

- 日々メンテ体制・・・常時、メンテナンス専任社員を配置している為、修理対応が早い。(内容によっては翌日の修理返却可能、通常5日程度。)

- 基本は返却修理です。急ぎであれば、返却頂いた翌日には、修理返却する事が可能です。

- 当社には、貸し出し制度があり、修理返却頂く間ユーザー様で無線機が使用できず、不便を感じる事が無いよう修理返却頂く前に、貸出機をお出しすることも可能です。

- 受信機の取り替え等手間がかかる場合は、取外し・再度の取付けの手間を省く為に新古品受信機での交換処理での対応もいたします。お客様が一回の現地訪問で修理を終わらせる事が出来るよう配慮しています(費用等については、その都度ご相談下さい)。

- 勿論、有償による出張修理の対応も可能です。取付工事及び不具合があり土・日に現地へ行く場合、携帯電話による電話対応サービスが可能です。

最後に、当社製品の特徴につきまして少し説明させていただきます。

フルラインアップの品揃えでありながら、基板・シャーシ等の共用化を図っている為、

「小ロットのフルオーダーでも、安価に対応可能」。

また、設計時点から仕様変更が容易に出来るよう配慮されている為、安価なオーダー対応

(オーダー内容は製品カタログを参照下さい) 可能。

日々製造体制・・・注文が入れば、即日製作に掛かれる体制を常に維持している為、
オーダー品でも短納期で対応可能。

量産品においても改良点等発生した場合は即対応可能。

他社メーカーのような外注一括生産方式では、少量のオーダー品製作や製品改良等に対する
敏速な対応は不可能です。

- 用語説明

- (1) MSK信号の意味

- 操作信号を送信する場合、デジタル信号を直接無線で送ることが出来ないため本機では
データ”H”を1200Hz、データ”L”を2400Hzの2つの異なる周波数の信号に
変換しています。この変換された信号を副搬送波と呼びます。

- この変換で、データが”H”から”L”に変化するときに”L”から”H”に変化するときに
副搬送波の波形がなめらかに変化するようにしたのがMSK (Minimum
Shift Keying) 方式です

- (2) 伝送信号のフォーマット

- 送信データはSDLCモードで順番に送信されます。

- SDLCモードでは1つのデータブロックをフレームと呼び、これらのメッセージはオープン
フラグ、およびクローズフラグと呼ばれるフラグで挟まれています。

- メッセージはアドレスフィールド、データフィールド、CRC1、CRC2で構成されています。
CRCはアドレスフィールド、データフィールドのデータをCRC-CCITT多項式
($X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$) を使って計算された結果が使われます。

- アドレスフィールドは無線機の固定アドレスを与えています。