

# コンテスト用デジタルモードFT4

Joe Taylor, K1JT, Steve Franke, K9AN, and Bill Somerville, G4WJS

2019年4月22日

## はじめに

FT4はコンテスト用の実験的デジタルモードです。FT8と同じように、最小限のQSOに特化した固定長で強力な前方誤り訂正プロトコルを使っています。送受信の切り替えは6秒ごとに行われ、その結果FT8の2.5倍の速度となり、RTTYコンテストと同等のQSOレートを実現しています。FT4はRTTYより10dB弱い信号で、しかもずっと狭い占有周波数幅で交信できます。

## 基本的なパラメータ

FT4のメッセージ形式はFT8と同じように(174,91)低密度パリティ検査符号を用いています。1回の送信はFT8の12.64秒に比べ4.48秒と短くなっています。変調は速度約23.4ボーの4値FSKです。占有周波数帯域（電波エネルギーの99%が含まれる）は90Hzです。50%のデコード率でのスレッシュホールド感度はS/N=-16.4dBになります。APデコーディングを使うことでS/Nを-18dBか、それ以上に上げることが可能です。

## インストールとセットアップ

FT4テストグループに登録し、これから行われる疑似コンテストに参加するには以下の手順でWSJT-X 2.1.0をインストールしてください。

1. インストールパッケージをダウンロード（リンク先は後日提示）
2. OSごとの通常の手順でインストール。既にインストールされているWSJT-Xとぶつからないようにするため、別のディレクトリを作って、そこにインストールするとよいでしょう。
3. FT8のときと同じようにプログラムを起動。
4. Configurationメニューから、 FT8|Clone (or Default)|Clone を選択。
5. 新しいConfigurationをFT4と名前を変える。
6. ModeメニューからFT4を選択。
7. File | Settings | FrequenciesタブのWorking Frequenciesを右クリックし、Resetを押す。
8. Settings | AdvancedタブのSpecial operating activityをチェック。RTTY Roundup messagesを選び、RTTY RU Exchにコンテストメッセージを設定。
9. N1MM Logger+との連携方法については、WSJT-X 2.1 User Guideのセクション4.5に記載。

これで、FT4のセットアップ完了です。FT4のサンプルファイルをダウンロードして試すことをお勧めします。HelpメニューからDownload Samplesを選び、FT4 をクリックします。Wide Graphを図1のように設定し、DecodeメニューのDeepを選択、そしてFileメニューからダウンロードしたファイルを選択します。図1からわかるように、19個の交信がデコードされるでしょう。ほとんどの信号は、聞こえるか聞こえないかくらいの小さな音です。もしRTTYであれば、それらの

信号の3分の1以下しかデコードできないでしょう。しかも、ずっと広い周波数帯域を占有していても。

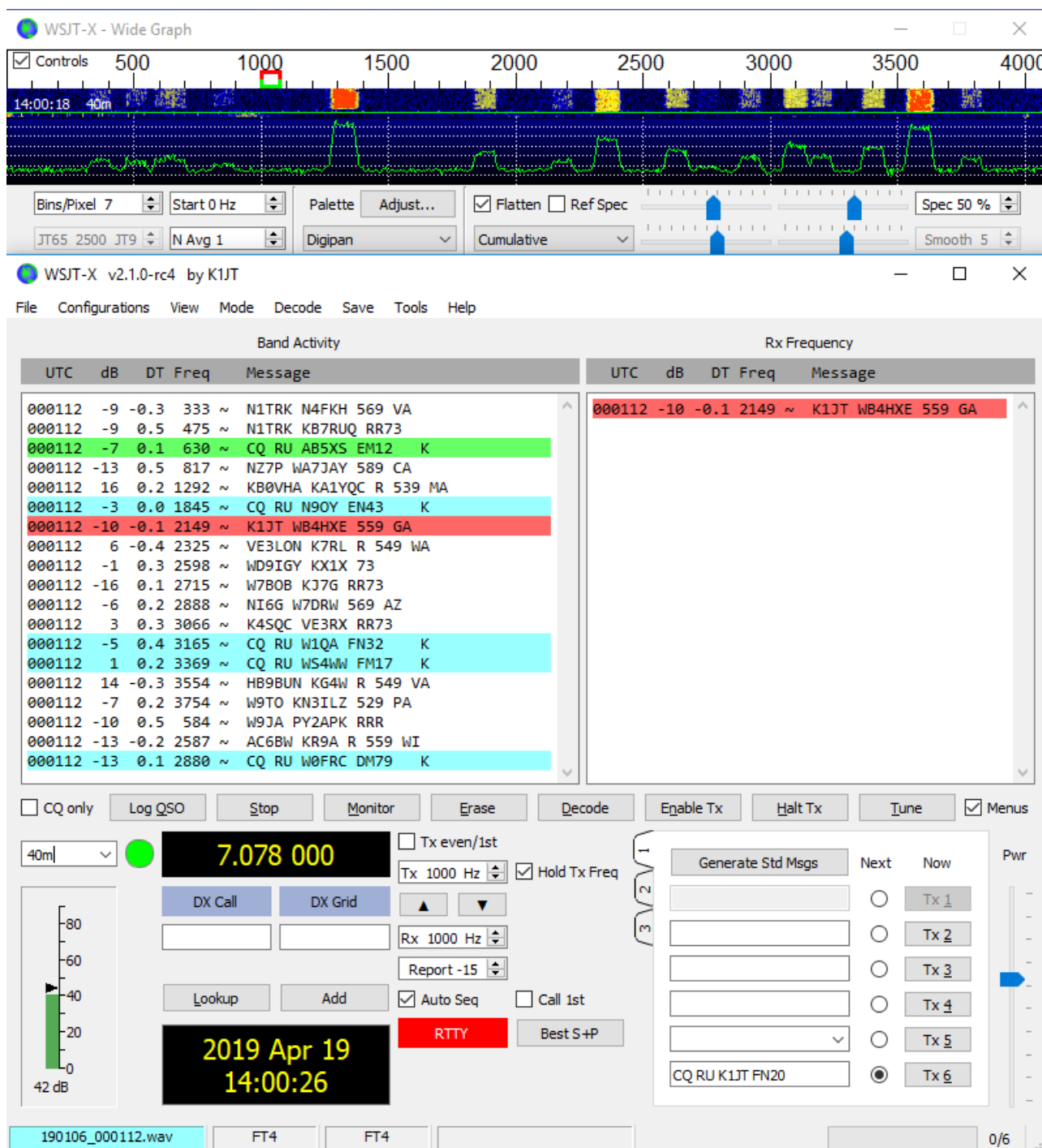


図 1、FT4の信号とデコード例

## 操作

1回の送受信時間が短いだけで、動作はFT8と同じです。新しいBest S+PというボタンがCall 1stボックスの下に追加されています。このボタンを受信中に押すと、6秒の受信中に受けたすべてのCQメッセージを調べます。プログラムはコンテストという観点からベストの交信相手を自動的に選びだし、あたかもその局のメッセージをダブルクリックしたかのように処理します。ここで

ベストの交信相手を選ぶ基準ですが、第一優先度が新しいマルチ、第二優先度が新しい局となります。新しいマルチですが、現状ではDXCCとなります。もっと別の形のマルチは、これから実装されていきます。今後、別の選択基準優先度、たとえば新しいグリッドとか、信号強度なども実装していくことになるでしょう。

キーボード操作の設定については Settings | Generalタブの Alternate F1-F6 bindingsをチェックします。通常のコンテストではF1を押してCQを出します。CQに応答しコンテストナンバーを送るときは受信したメッセージをダブルクリックします。もしくは、Best S+Pを押し、プログラムに応答する局を選ばせることもできます。Auto Seq and Call 1stチェックボックスはFT8と同じ効果を持ち、その後のQSOは自動的に進行します。F2からF5は、それぞれTx2からTx5のフィールドにあるメッセージを送るために使います。F6はCall 1stのチェックをオン・オフするために使えます。Alt+BでBest S+Pを切り替えることができます。

現在のところ、Search-and-Pounce (S+P)局においては、RR73を送ったところで、QSO成立とみなしています。またCQ (Run)局はRR73を受信したところでQSO成立とみなしています。FT8と同様にFT4はS+P局とRun局との区別をほとんどしていません。オペレーターは簡単にS+PとRunを切り替えられますし、周波数も変更できます。コンディション次第では1時間で軽く100 QSOを超えることができるでしょう。

## 送信信号

FT4はGaussian Frequency Shift Keying (GFSK)というテクニックを使っています。4つのトーン周波数を使い、105シンボルからなる変調信号を作り出します。オリジナルの変調信号は図2に示すように4つのトーンの組み合わせに見えるでしょう。FT4ではこの4値FSK信号を、ソフトウェア変調器に送り込まれる前にガウシアン関数を使って平滑化し、青色のような波形とします。そして、実際に送信される信号は赤のような飛び飛びの値ではなくなります。

赤と青の信号の差は小さいと思われがちですが、周波数スペクトラムはずいぶん異なってきます。図3は同じデータの4-FSKと4-GFSKの周波数スペクトラムを示したものです。GFSKのスペクトラムの裾は急峻に下がり、75Hzオフセットで-6dB、200Hzで-60dB、260Hzで-80dBになります。他のオーディオフィルタは使っていません。

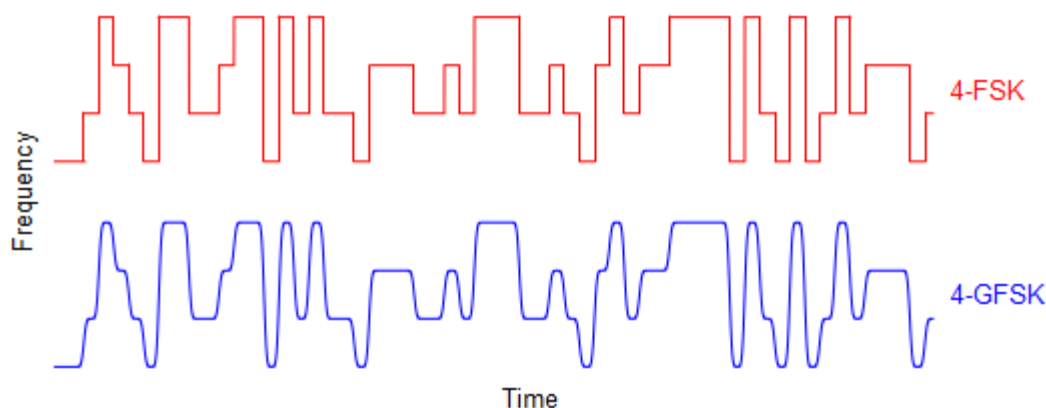


図2 FT4のエンコード信号 (赤) と平滑化された信号 (青)

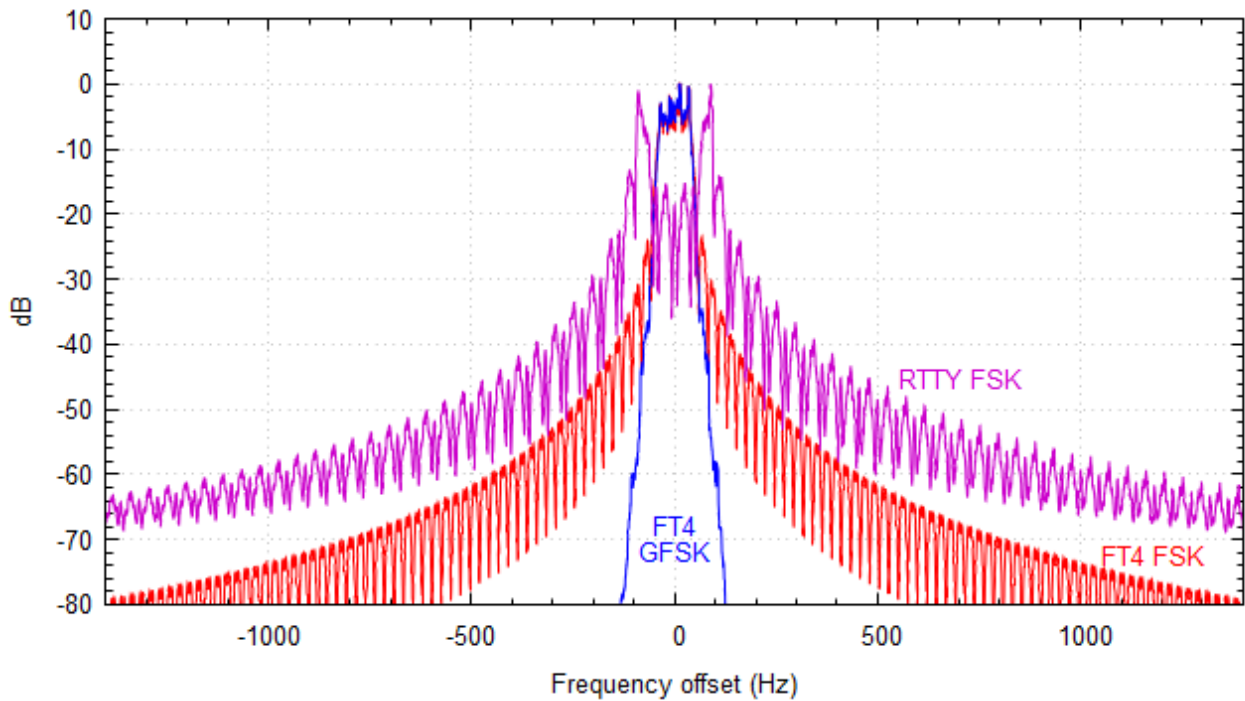


図3 RTTY、FT4 FSK、FT4 GFSK信号の周波数スペクトラム

図3では、RTTYの信号も表示していて、-60dBの領域は2000Hzを超えることがわかります。RTTYのAFSK信号を発生するアプリには、占有周波数を狭くするオーディオフィルタを具備するものもあります。しかし、そのようなフィルタは連続位相FSK信号の定包絡性を崩すものです。一方、FT4のGFSKは相互変調歪を持ちません。

## デコードと運用周波数

WSJT-X 2.1のFT4デコーダは最大5kHz幅における信号をデコードします。WSJ-Xの他のモードと同様、メッセージのデコードは「1か0か」です。すなわち、部分的にデコードできたというようなことは無く、デコード間違いも滅多にありません。複数の信号が重なっても、強い信号をデコードし、その結果を受信信号から引き算することで、裏に隠れた弱い信号も同時にデコードすることができます。図1のBand Activityウィンドウに示された最後の3つのメッセージはそのような例です。3ないし4kHzのバンドの中に120-150Hz間隔で信号が並べば信号強度が60dBも違う50局がお互いにほとんど干渉すること無くそれぞれQSOすることができます。

これからいろいろテストを重ねることにより、コンテストに最適な周波数や、いくつの3kHz周波数バンドをそれぞれの周波数帯で設けるのがよいのか、ということが、だんだんわかってくるでしょう。最初のお勧めとして、次のダイヤル周波数を挙げておきます。 3.595, 7.090, 10.140, 14.140, 18.104, 21.140, 24.919, 28.180, 50.318, 144.170MHz。もっとよい候補があれば提案してください。

## 感度

図4は、いろいろな電波伝搬状況におけるFT4デコーダの感度をシミュレーションした結果です。右側の数字組はドップラー拡散とITU標準条件の2パス遅延差を意味します。一番左の実線は中緯度付近における伝搬を表します。破線はa priori情報を最大限活用した場合の結果を示します。RTTYとの比較で言えば、中緯度の通常のコンディション下でRTTYは、SN比が-1から+4dBあれば文字誤り率が10%以下になります。FT4はRTTYに比べ10dBの利得があります。

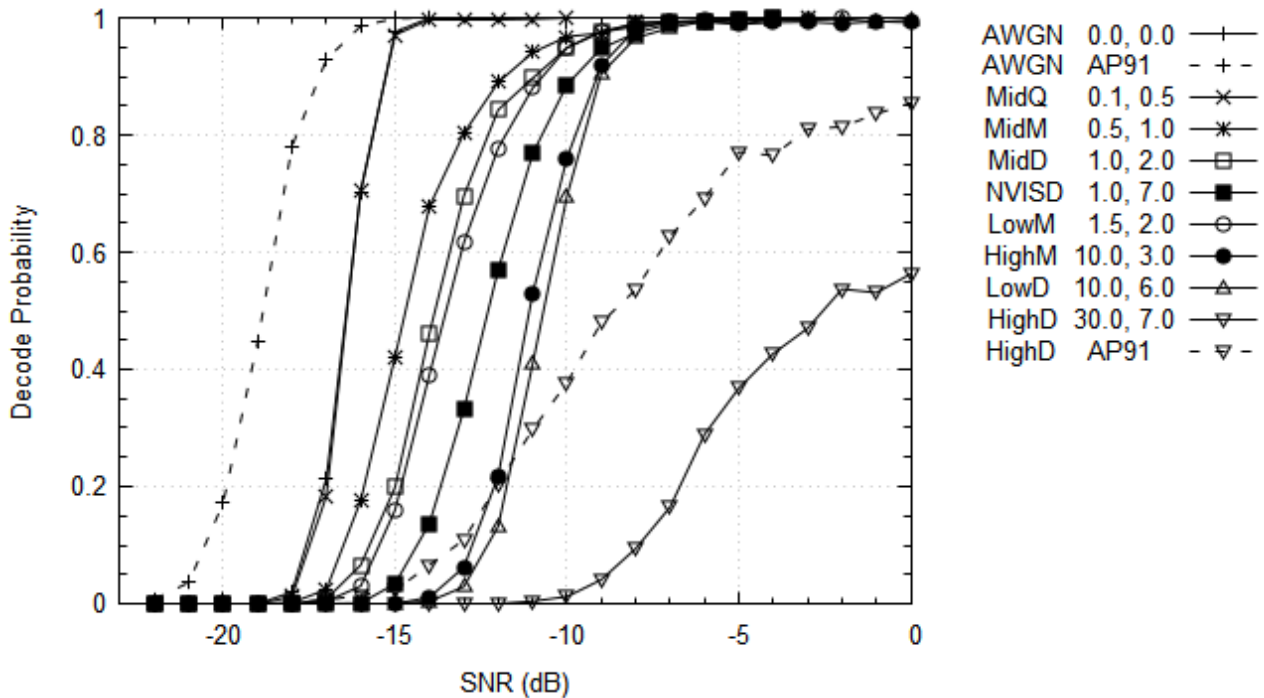


図4 SN比を変化させたときのデコード率。AWGNはAdditive White Gaussian Noise。Low、Mid、Highは地磁気的な緯度。Q、M、Dは電離層のQuiet, Moderate, Disturbedを示す。NVISはNear Vertical Incidence Skywaveのこと。AP91は標準的なコンテストQSOにおけるRR73メッセージのa prioriデコード。

## 事前テスト

WSJT-X 2.1.0のベータ版を使って、決められた時刻で送信受信を開始しない非同期方式について、その適否をテストしました。テストの結果、同期方式が極めて有利であることを確認しました。送信を規定時刻に開始し終了することによって、ずっと多くの受信信号をデコードできることがわかりました。特に、それぞれの局が半分送信半分受信になるようなコンテスト時に、有効であることがわかりました。通信工学的観点からも同期式を採用することで、チャンネル容量を増やすことができます。

## スケジュール

FT4のいくつかのパラメータと動作についてまだテスト中です。さらに数回、多くの参加者で疑似コンテストを開催することでテストと改良を重ねる予定です。もし、致命的なバグや問題が見つからなくても、FT4をARRL VHFコンテスト（6月8～10日）、及びARRL Field Dayコンテスト（6月22～23日）に使うのは時期尚早と考えます。したがって、WSJT-X 2.1.0-rc5は2019年6月7日に期限が切れるように設定します。可能な限り次のようなスケジュールで進めようと思います。

- 4月22日： FT4の一般公開。このドキュメントへのリンク公開。
- 4月29日： WSJT-X 2.1.0-rc5の公開。ダウンロードファイル提供開始。
- 5月9日： 0000-0100UTC FT4疑似コンテスト 7.090MHz
- 5月14日： 0000-0100UTC FT4疑似コンテスト 7.090MHz
- 6月5日： 0000-0100UTC FT4疑似コンテスト 7.090MHz（必要な場合）
- 6月15日： WSJT-X 2.1.0正式版公開

## その他気づくこと

FT4は速射コンテストQSOのために特化したモードです。この目的には効果的ですが、通常の会話的QSOには不適です。RTTYに比べ、はるかに狭い占有周波数幅で、微弱な信号でも交信可能です。Super Check、Partial Checkや、それらと似たような補助を必要としません。FT4を使いこなしていれば、DXクラスタや、その他の手助けを使う必要を感じないでしょう。高得点をあげるための情報はコンテスト開催中に自分のアンテナと無線機を使って電波から得ることができるでしょう。FT4では、CQとS+Pのオペレーションにほとんど差がなくなりますので、周波数を適宜変えていくことによって、交信相手をたくさん見つけることができるでしょう。ローパワーや小さなアンテナでも効率よくコンテストに参加できると期待されます。

日本語訳 大庭 JA7UDE (2019年4月25日)