

Q65クイックスタートガイド

Joe Taylor, K1JT

2021年2月3日

WSJT-X 2.4.0ではQ65という新らしいモードを搭載しました。Q65は非常に難しい伝搬パスにおいて最小限の2-way QSOを達成するために設計されたデジタルプロトコルです。ドップラースプレッドが数Hzより大きくなる伝搬では、WSJT-Xに搭載されているすべてのモードに比べ、一番よい性能を持っています。Q65は、特に、トロップ、電離層散乱、VHFとそれより高いバンドのEME、そして速いフェージングを持つ信号に威力を発揮します。

Q65は、65トーンの周波数シフトキーイング信号を使っており、2016年にWSJT-Xへ搭載したQRA64をベースに開発されました。Q65は以下の点でQRA64とは異なっています。

- 新しい低レートのQ元反復蓄積前方誤り訂正符号の採用。
- ユーザーメッセージ、及びそのシーケンスはFT4、FT8、FST4、MSK144と同じ。
- 他に類を見ない時間同期と周波数同期のためのトーン。JT65と同じように、この同期トーンはウォーターフォール表示ではっきり見ることができます。それに加え、Q65ではウォーターフォール下部に高感度同期カーブを表示します。JT65とは異なり、流星ピン信号や一瞬強くなる信号があっても、同期とデコードが効果的に行われます。
- 送受信切り替え時間オプションとして15、30、60、120、300秒を指定可能。また、異なったトーン間隔を選択可能です。
- すでに受信したメッセージの断片を使う新しい高信頼リストデコード方式の採用。コールサインデータベースは不使用。
- 信号が弱すぎて一度ではデコードできないような場合も、メッセージ平均化によりデコード。
- 受信バンド内すべてのQ65信号に対してデコードを試みるマルチデコードオプション。

Q65は5通りの送受信切り替え時間があります。それぞれの最短トーン間隔（サブモードA）のパラメータを以下の表に示します。限界感度（2500Hzバンド幅で50%のデコード率を得るSN比）は加算性白色ガウス雑音チャネルのシミュレーションから計算したものです。最近のWSJT-Xで搭載された他のモードと同じく、APデコーディングを使うことでさらに数dB向上します。

T/R Period (s)	Symbol Length (s)	Tone Spacing (Hz)	Occupied Bandwidth (Hz)	Transmission Duration (s)	SNR (dB)	Max AP SNR (dB)
15	0.150	6.667	433	12.8	-22.2	-23.7
30	0.300	3.333	217	25.5	-24.8	-26.6
60	0.600	1.667	108	51.0	-27.6	-30.2
120	1.333	0.750	49	113.3	-30.8	-32.5
300	3.456	0.289	19	293.8	-33.8	-37.4

Q65で用いる前方誤り訂正符号は6ビットシンボルの(65,15)ブロックコードです。全体のコードのうち、2つのシンボルが「パンチアウト」され、n=63チャネルシンボル、k=13の情報シンボルをもった効率的な(63,13)コードを生成します。パンチアウトされたシンボルは13情報シンボルから計算される12ビットのCRCから成ります。CRCはデコード誤り確率を非常に小さな値に抑えます。22シンボルの疑似ランダムシーケンスが「トーン0」として送信メッセージ全般に散りばめられ、同期に使用されます。Q65の送信メッセージの総チャネルシンボル数は63+22=85となります。

A～Eのサブモードでは、上記の表で示される送受信切り替え時間ごとのトーン間隔と占有バンド幅に1、2、4、8、16を掛けたものになります。サブモードの表記はシーケンス長とトーン間隔を含め、たとえば、Q65-15AやQ65-120Cのようになります。トーン間隔と占有バンド幅を下の表にまとめて示します。さらに、必要に応じて、-120F、-300F、-300G も実装されるかもしれません。

T/R Period (s)	B Spacing Width (Hz)		C Spacing Width (Hz)		D Spacing Width (Hz)		E Spacing Width (Hz)	
15	13.33	867	26.67	1733	N/A		N/A	
30	6.67	433	13.33	867	26.67	1733	N/A	
60	3.33	217	6.67	433	13.33	867	26.67	1733
120	1.50	98	3.00	195	6.00	390	12.00	780
300	0.58	38	1.16	75	2.31	150	4.63	301

6ヶ月にわたる初期実験では、ドップラースプレッドが2～3Hzを上回る電波伝搬において、Q65はWSJT-Xに搭載されている他のモードよりも良い感度が得られました。たとえば、6mバンドの電離層散乱通信で大変良い結果が得られています。1150km離れたK1JTとK9AN間で行った広範な実験によると、300W出力で、ほぼすべてのQ65-30Aのメッセージが相手に伝わりました。コンディションが死んでいる6mバンドでも、100W出力に中程度の八木アンテナを使えば、1600kmまでの距離で、ほとんどのケースで交信ができるでしょう。電離層散乱は夏の日中がベストコンディションとなりますが、じつは年中発生しています。

EMEやトロップ、雨散乱、その他の興味深い電波伝搬テストも6ヶ月間行いました。さまざまな条件下でも、適切なサブモードを選ぶことで、Q65がたいへんよく動作することが確認できました。トーン間隔の10倍以上のドップラースプレッドがあっても、良好に動作します。

おすすめサブモードは以下のとおりです。もちろん他のモードも試して、ぜひ報告してください！

- 50MHz電離層散乱 30A
- 50MHzQRP電離層散乱 120E
- 144MHz電離層散乱 60C
- 10GHzトロップと雨散乱 60D
- 10、24GHzの小さなディッシュアンテナを使ったEME 120E
- 他のEME 50/144MHz 60A、432MHz 60B、1296MHz 60C、10GHz 60D

感度のシミュレーション結果例を図1と図2に示します。

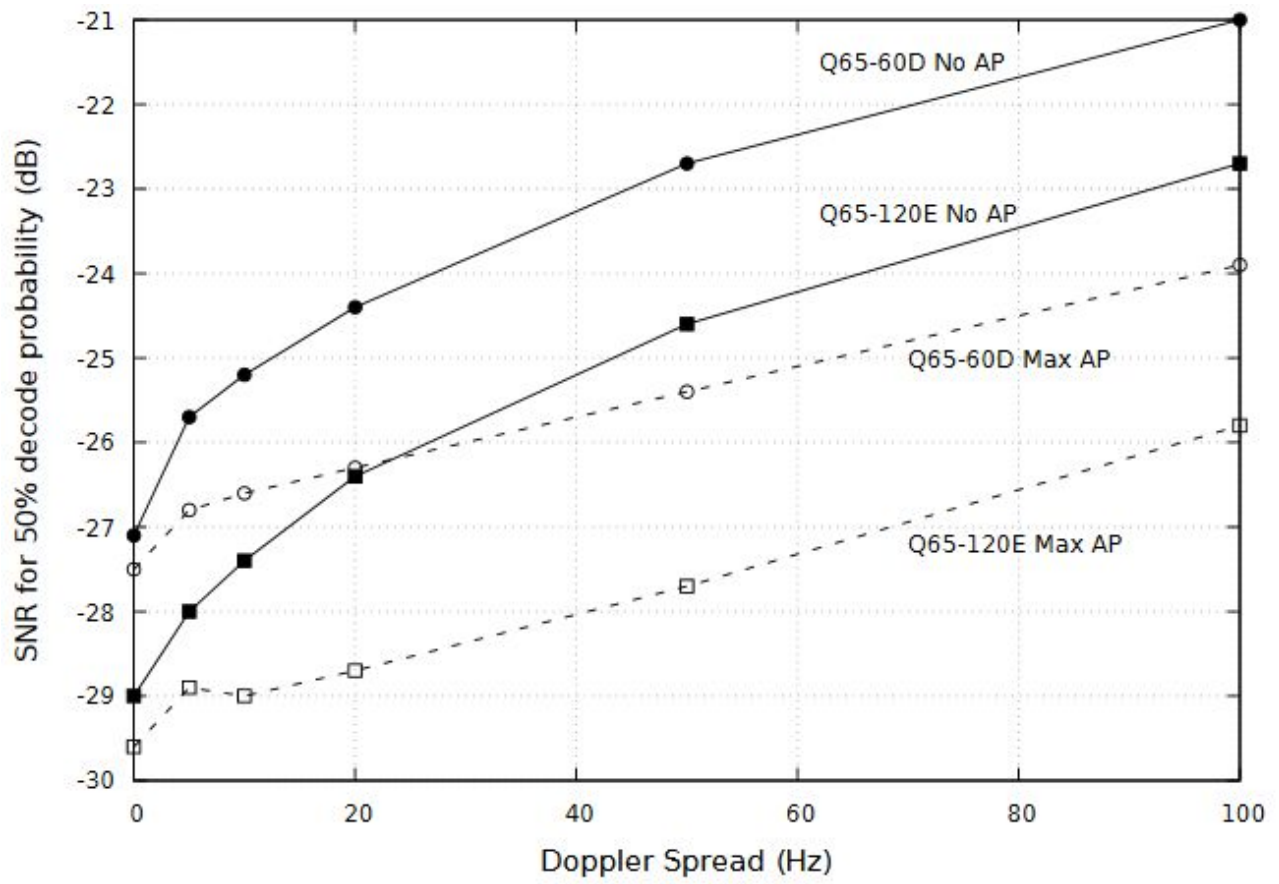


Figure 1. – Threshold sensitivities for Q65-60D and Q65-120E as a function of frequency spread.

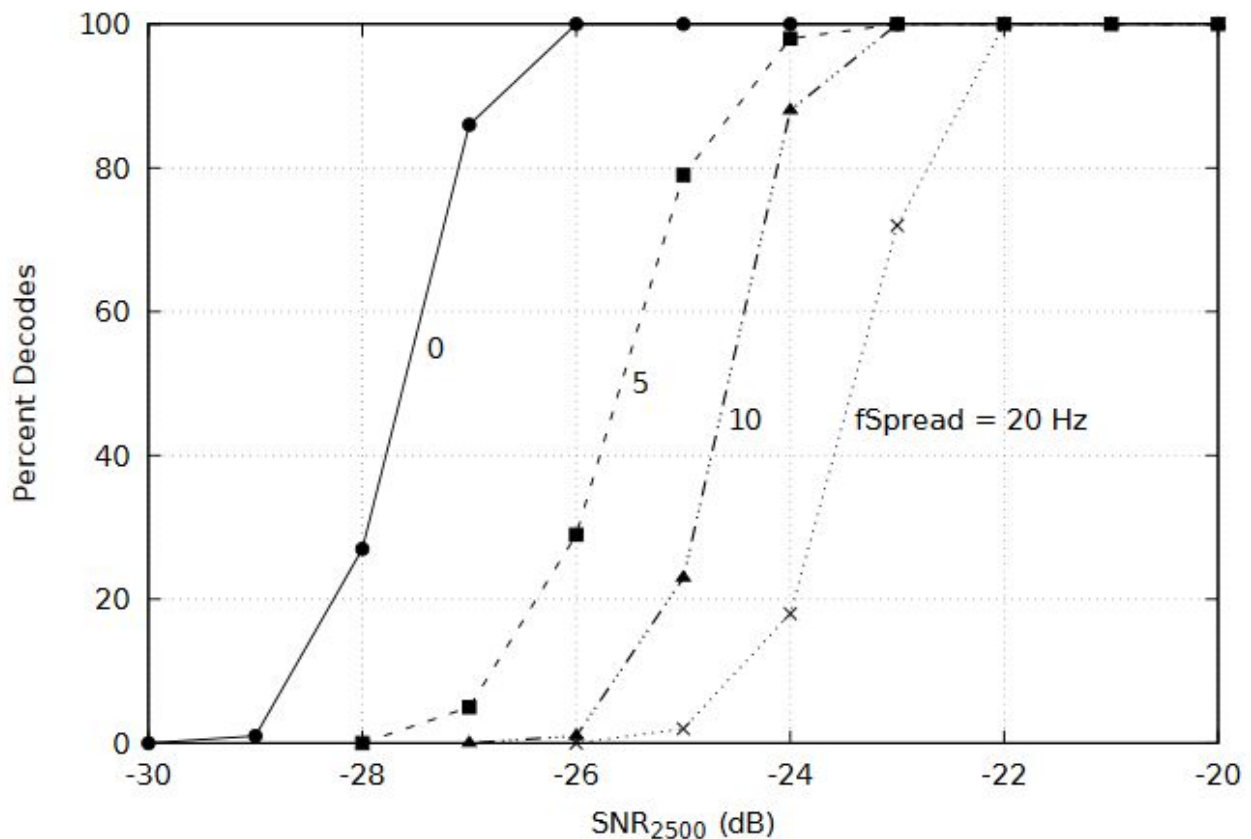
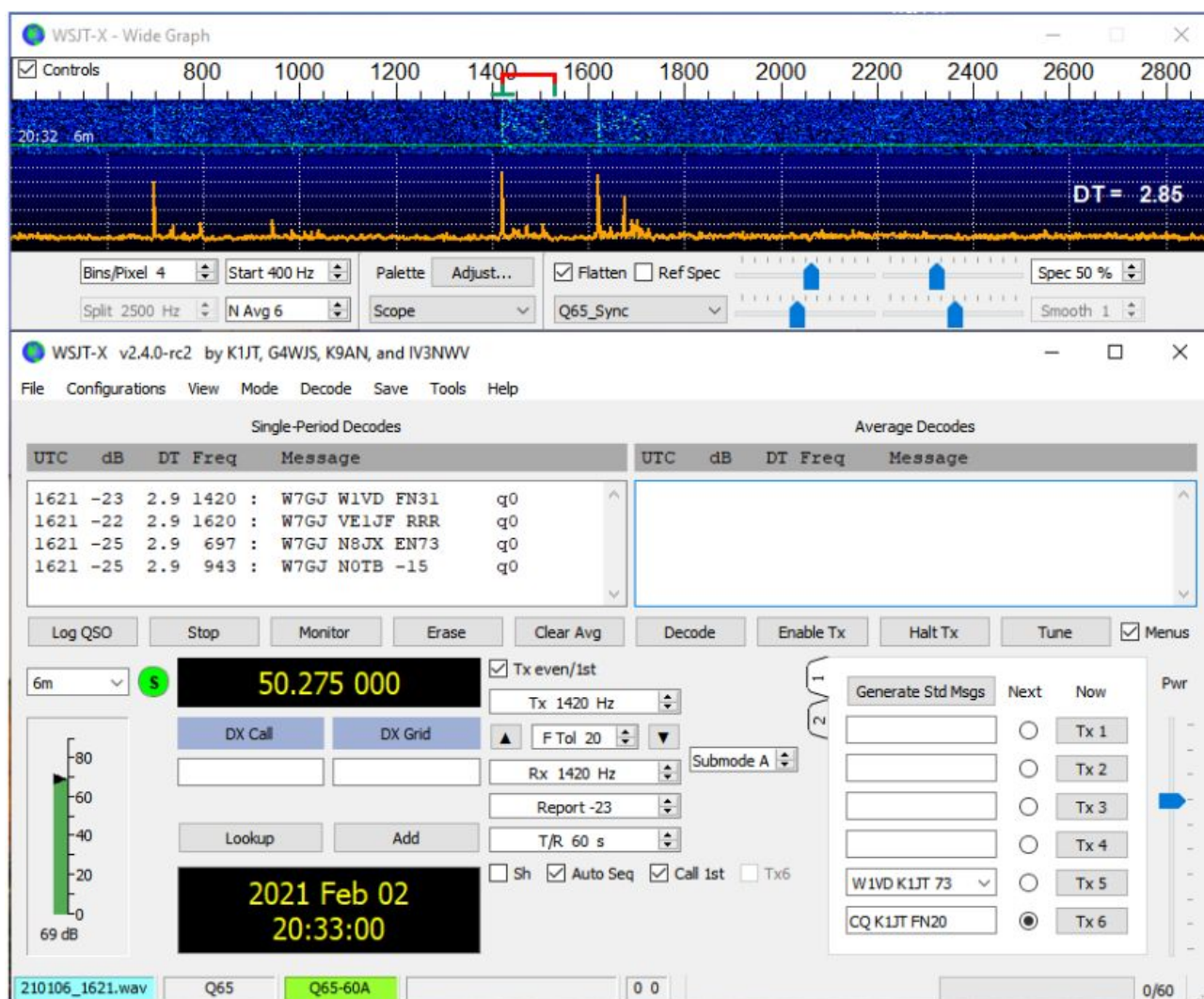


Figure 2. – Decoding probability of Q65-60A (no AP) as a function of SNR and frequency spread.

Q65の使い方は他のWSJT-Xのモードとほとんど同じです。すこし違う点がありますが、以下に説明しますので、Q65を使って実際にQSOする前に、次のチュートリアルを試してください。

1. Q65のサンプルファイルを https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/Q65_Samples.zip からダウンロードし、unzip解凍します。たとえば、C:\WSJT-X\Q65_Samplesに解凍します。
2. WSJT-X 2.4.0を起動し、Q65モードを選択します。他のパラメータを下のスクリーンショットを参考に設定します。File→Settings→Generalタブから、Enable VHF and submode featuresとDecode after EME delayにチェックを入れます。Single decodeのチェックを外します。DecodeメニューのFast、Enable averaging、そしてAuto Clear Avg after decodeを選択します。
3. File→Openから、先程解凍したサンプルファイル... \Q65_Samples\60A_EME_6m\210106_1621.wavを開きます。すると、このスクリーンショットのような動作が行われるはずです。これは、2021年1月6日にW7GJが6m EMEで受信した4つの信号です。デコードはRx Freqで設定された周波数で始まり、次に他の周波

数で行われることに注意してください。



- ワイドグラフウィンドウ下部で、Q65 Syncが選択されていることに注目してください。Q65の同期トン位置の感度をオレンジ色の同期曲線で表示しています。697、943、1420、1620Hzに鋭いスパイクが見て取れます。Single-period Decodes画面でそれらの周波数でのデコード結果が表示されています。強いQ65信号では、オレンジ同期曲線上の同期トンの右側に「草」が見えますが、通常デコーダはこれらを無視します。
- Q65のメッセージの右側に必ずqプラス1桁か2桁の数字が表示されます。最初の数字は、使われたAP情報タイプを示します。後ろの数字がある場合は、それは平均化デコードに使われた受信回数を意味します。
- これらの特徴を説明します。サブモードをQ65-30Aに変更します。そして、RxFreqを1000Hzにしたあと、別のファイル...\\Q65_Samples\\30A_Ionoscatteer_6mを開きましょう。このファイルはデコードされませんが、File→Open next in directory を2回行い（またはF6キーを2回叩く）、2個のファイルを読み込むとAverage Decodesパネルに次の行が表示されます。

022900 -19 0.4 1010 : K1JT K9AN R-16 q03

なお、F6を叩く前に、青のDecodeインジケータが消えるのを確認してください。022700、022800、022900 UTCファイルのそれぞれ単独ではデコードできませんが、それらを平均化することでデコード可能になります。

- File→Settings→Generalと進んで、MyCallを一時的にK1JTにします。Eraseボタンをダブルクリックし、両方のパネル内のデコードしたメッセージを消去します。30A_Ionoscatteer_6mディレクトリに入っている最初の2つのサンプルファイルを順次開きます。するとAverage Decodesパネルにつぎのメッセージが表示されます。

022900 -20 0.4 1010 : K1JT K9AN R-16 q22

q22フラグは、最初のコールサインがAP情報に含まれており、2回の受信シーケンスの平均化によりメッセージがデコードされたということを意味しています。

8. F6を2回叩いて3番目、4番目のファイルを順次読み込みます。022900 UTCファイルはデコードできませんが、024000はSingle-Period Decodeパネル上にデコードされます。

024000 -21 0.3 1010 : K1JT K9AN R-16 q2

繰り返しになりますが、最初のコールサインのAP情報によりデコード可能となるものです。

9. デコードされたテキストをダブルクリックし、K9ANをDX Callフィールドへコピーします。30A_Ionoscatter_6mディレクトリ内の4つのファイルのうち、最初の2つのファイルがq3フラグを伴ってデコードされることが確認できます。これは、両方のコールサインがAP情報に含まれているためです。赤い同期曲線がオレンジの曲線に出現したことがわかるはずですが、q3デコードでは、赤い曲線がもっとも高感度な同期を示しています。
10. ここまでチュートリアルが進めば、他のディレクトリにあるサンプル信号についてもいろいろ試してみることができるはずです。これらのファイルに含まれる信号は弱く、すぐにデコードできないかもしれません。サブディレクトリの名前を参考にサブモードを設定し、次の表に示す周波数を参考にRxFreqを設定してみてください。すべてのサンプルファイルは、Q65テストグループメンバーによって実際のQSO時に録音されたものです。いろいろなパスで、たくさんの良いサンプルを提供していただきました。

Subdirectory	Rx Freq	Message
60B_1296_Troposcatter	1000	VK7MO VK7PD QE38
60D_EME_10GHz	1000	VK7MO K6QPV DM12
12D_Rainscatter_10GHz	1000	VK3WE VK7MO QE37
120E_Ionoscatter_6m	1800	KB7IJ N0AN 73
300A_OpticalScatter	1000	VK7MO VK7PD QE38

11. Single decode、Enable averaging、Auto Clear Avg after decodeをオンにしたりオフにしたりして、サンプルファイルをデコードしてみるとよいでしょう。60A_EME_6mディレクトリに入っているファイルを使い、ウォータフォールの特定の信号をダブルクリックしてデコードしてみましょう。受信した信号のSNRには、あまり気を取られないでください。SNRのもっと正確な計算方法について検討中です。
12. VHF帯のEMEにおいて、Q65がどのように動作するか、もっと知りたい場合は
https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/60A_EME_6m_2.zip
 からたくさんの追加ファイルがダウンロードできます。W7GJによって録音された、すくなくとも2つのデコード可能なEME信号が含まれています。信号をフルにデコードするためにはMyCallにW7GJをセットする必要があります。
13. 最後に、q#フラグの意味をまとめておきます。

q0	?	?	?
q1	CQ	?	?
q2	MyCall	?	?
q3	MyCall	DxCall	?
q4	MyCall	DxCall	[<blank> RRR RR73 73]