

# JT65A のチューニング

©2007 JA5FP

WSJT6 は、微弱信号通信が可能になる同期通信の一種です。本稿では、HF トランシーバと PC で簡単にできる JT65A モードを例として、同期通信のポイントを説明します。(WSJT6 by K1JT ソフトウェアの使い方はインターネット上で紹介されていますので、ここでは省略します。)

## 1. 送受間でタイミングを一致させる = 同期技術

送信側と受信側で周波数を一致させるのは当然ですが、同期通信に特有であるタイミングの一致の重要性を、特にとりあげます。

JT65A を実際にモニターしました。図 (a) は正常にデコードされている状態、図 (b) は信号は強く周波数も合っていますが受信不能な状態です。

(a) 同期している状態(周波数も合っている)



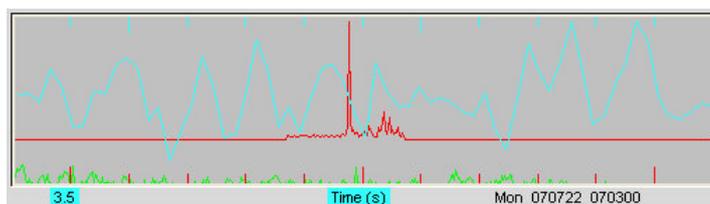
窓に表示される内容

[シアン]: 相関 (-2.0~10.0s)

[赤]: 周波数軸 (-600~600Hz)

[緑]: 時間軸 (0~53s)

(b) 同期していない状態(周波数は合っている)



なぜこの差がでるのかということ、原因は図 (b) の場合には送信側が” 毎分 01 秒から情報を送る ” という JT65A の通信規約を守らないために、受信側で同期がとれないからです。図 (a) の場合の特徴は、シアン色で表示されているグラフの 0.0 秒のあたりに逆 V 字状の鋭いピーク (相関) が見られ、このタイミングを基準にして正しく同期がとれ、デコードに成功していることを示しています。

## 2. PN 符号による同期

JT65A の受信信号に含まれる情報は、おおよそ毎分 01 秒から始まりますが、受信開始時刻は送信開始時刻と必ずしも正確に一致している訳ではありません。そこで、PN 符号の性質を利用して厳密な時刻同期をとる仕組みを用意しています。

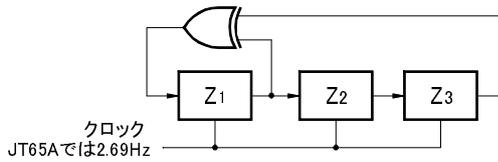
JT65A では、1,200Hz のトーンを PN(Pseudo Noise = 擬似雑音) で ASK(Amplitude Shift Keying) しています。(詳細は本稿末尾の「JT65A の送信シーケンス」を参照のこと)

PN 符号として、実際の JT65A には  $2^7-1=127$  ビット長のものが使われていますが、ここでは  $2^3-1=7$  ビット長に簡素化して説明します。PN 符号の性質はどちらも同じです。

まず、7 ビット長の PN 符号発生器とはどんなものかということ、図 (a) のように 3 個のシフトレジスタ  $Z_1$ 、 $Z_2$  および  $Z_3$  と 1 個の EXOR から構成されます。クロックの立ち上がりで、 $Z_1$  の内容は  $Z_2$  に  $Z_2$  の内容は  $Z_3$  に移ります。 $Z_1$  には  $Z_1$  の内容と  $Z_3$  の内容が EXOR されて書き込まれます。その結果は図 (c) のごとく、”1110100” のパターンを繰り返すこと

になります。

(a) 7符号長PN信号発生器



(b) EXORの真理値表

A	B	Y
1	1	0
0	1	1
1	0	1
0	0	0

(c) 7符号長PN信号の符号系列

	0	1	2	3	4	5	6	7	→ t
Z1	1	0	1	0	0	1	1	1	
Z2	1	1	0	1	0	0	1	1	符号長は $2^3-1$ パターンはどれも同じ
Z3	1	1	1	0	1	0	0	1	

繰り返し

受信側でも、送信側で使われたのと同じ構成のPN符号発生器を用意します。当然そのパターンは”1110100”ですが、タイミング的には”10100111”のようにもなっているかも知れません。そこで、とりあえず両者を比較してみますと、次表のとおりビットごとの一致数  $y$  と不一致数  $n$  の関係は、 $y = n - 1$  となります。

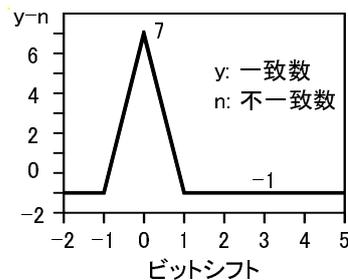
送信パターン	1	1	1	0	1	0	0	相関関係
受信側パターン	1	0	1	0	0	1	1	
一致するか？	y	n	y	y	n	n	n	$y-n = -1$

受信側で1ビットずらしてみますと、結果はやはり  $y = n - 1$  という一定の値になります。ところが、ビットタイミングが送信と受信側で一致すると、次表のようになり、明らかに他のビットタイミングとは異なる結果が現われます。

送信パターン	1	1	1	0	1	0	0	相関関係
受信側パターン	1	1	1	0	1	0	0	
一致するか？	y	y	y	y	y	y	y	$y-n = 7$

この性質は、数学では相関 (correlation) と呼んで、ある現象と他の現象との密接度を表すために用いられます。

相関の特徴は、次図のグラフにしてみると一層明瞭になります。つまり、ビットタイミングが一致した場合は、 $2^3 - 1 = 7$  というピークとなり、それ以外のビットタイミングでは常に  $-1$  になり平坦であるのが特徴です。



この急峻なピークとなるタイミングは電子的に容易に見分けられますので、PN符号を用いた同期技術は広く採用されています。前頁の最初の図で見たJT65Aの同期タイミングも同じ形をしており、相関技術の応用に他なりません。

### 3. 運用時の留意

JT65A のメイン画面のシアン色で表示される関連タイミングと前項で説明した PN 符号の性質は変わりませんから、実際の運用においても逆 V 字型のピークが見られるはずですが、これが出るように意識して、受信操作をします。

JT65A のタイミング同期は PN 符号のパターンを全て受信しておいて受信機内部のクロックタイミングと関連同期しますから、送信情報の始まりから完全に受け取らなければなりません。つまり、JT65A 信号を途中から受信しても正しくデコードしないことになります。ただし、同期を利用しない「短縮メッセージ」この限りではありません。

そのためには、受信側が UTC の正 00 秒から受信を始めていると想定して、情報送信は正 01 秒から開始する規約を確実に守ることが大切です。

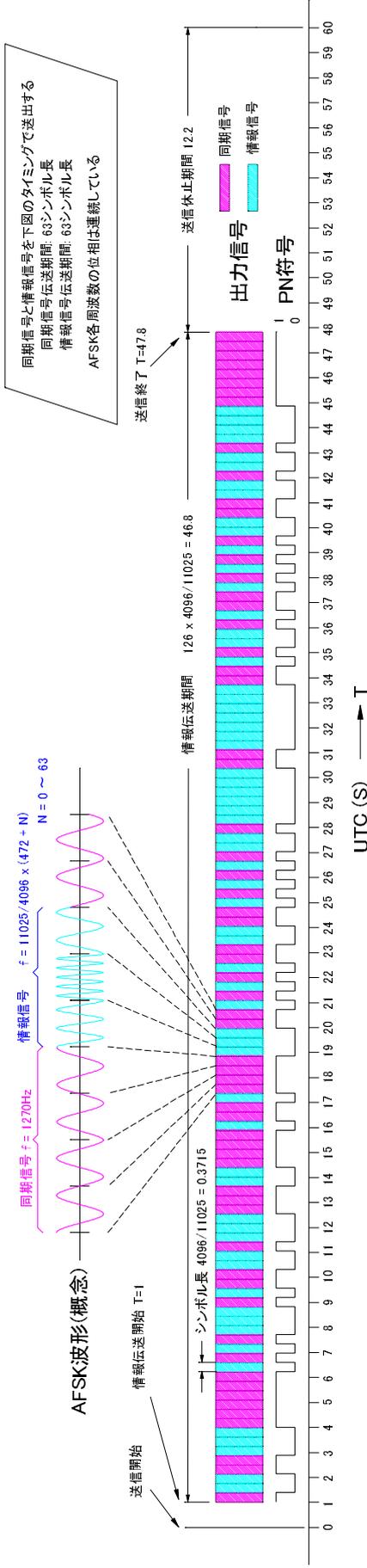
具体的には、次を推奨します。

- PC 時計をタイムサーバで校正すること
- なるべく「Auto is On」ボタンで送信すること

# JT65Aの送信シーケンス

(c) 2007 JA5FP

## (1) ノーマルメッセージの場合



## (1) 短縮メッセージの場合

