

アマチュア無線に於ける新通信技術 新デジタルモード(FT4, JS8, 他)

1.) FT4 (WSJT-X v2.1.0GA)

特徴

2.) JS8 (JS8Call v1.0.0GA)

特徴

3.) インターフェース(COMポート/オーディオ)

4.) 運用周波数(国内交信禁止、オフバンド)

5.) デジタルモード(基礎理論編)

1: デジタル変調方式

2: データ伝送速度の単位

3: MSK(Minimum Shift Keying)、GMSK(Gaussian Filtered MSK)

4: MFSK(Multiple frequency-shift keying)、GMFSK

5: FEC(Forward Error Correction), LDPC(low-density parity-check code)



1.)

FT4 (WSJT-X v2.1.0GA)

1. 特徴

FT4は、無線コンテスト用に設計された実験的なデジタルモードです。

FT8と同様に、最小限のQSO向けに最適化された構造化メッセージ、および強力な前方誤り訂正を使用した固定長型式で送信します。

送受信の切替えは7.5秒で行われるのでFT8の2倍の速度となり、RTTYと同等のスピードを実現しています。

FT4は、RTTYに必要な信号レベルよりも10 dB弱い信号で動作し、帯域幅も大幅に狭帯域です。

2. 送信信号

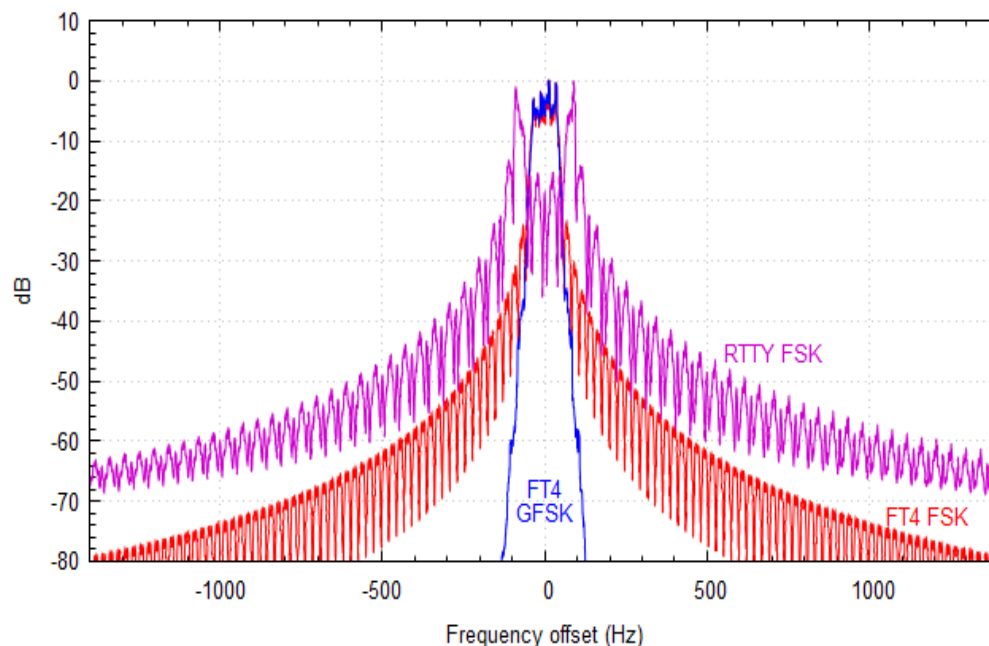
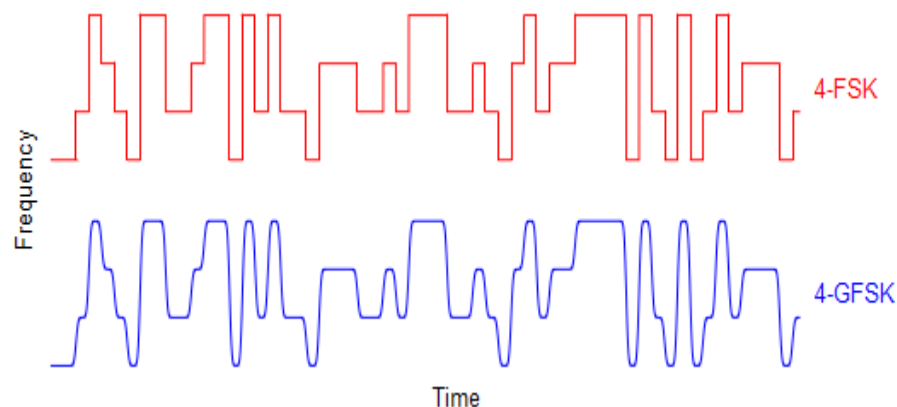
FT4は、ガウス周波数シフトキーイング (GFSK) として知られる変調技術を使用します。

生成されたオーディオ波形は、4つの周波数のいずれかで順番に送信される105個のシンボル（トーン）で構成されます。

元の変調信号は左図の赤曲線のような4つの周波数の組み合わせに見えます。

FT4ではこの4値FSK信号を、変調器に送り込まれる前にガウス関数による畳み込みによって、平滑化します。（帯域制限）

青い曲線は、実際に変調器に送られた対応する平滑化された周波数のシーケンスを示しています。



2.) JS8 (JS8Call v1.0.0GA)

*) 特徴

JS8Callは、FT8の堅牢性を備えた微弱信号でフリー形式のメッセージ交換を行うことができます。
14文字以上のメッセージは13文字を1フレームとして複数フレームを連続送信します。
15秒のウィンドウに対して12.6秒のフレームを送信する一定包絡線のフルデューティ変調です。
マルチフレームメッセージのデューティサイクルは84%になります。(12.6 / 15 = 0.84)
デジタルモードの実現可能性をテストする実験です。そして、JS8Callの背後にある考え方は、
自然災害時における状況報告通信等において、他のモードでは通信不能な微弱信号でも
メッセージの受け渡しを可能にするために移動局での使用を想定しています。
(JS8はデジタルモードの名称であり、アプリケーションソフトの名称はJS8Callです)

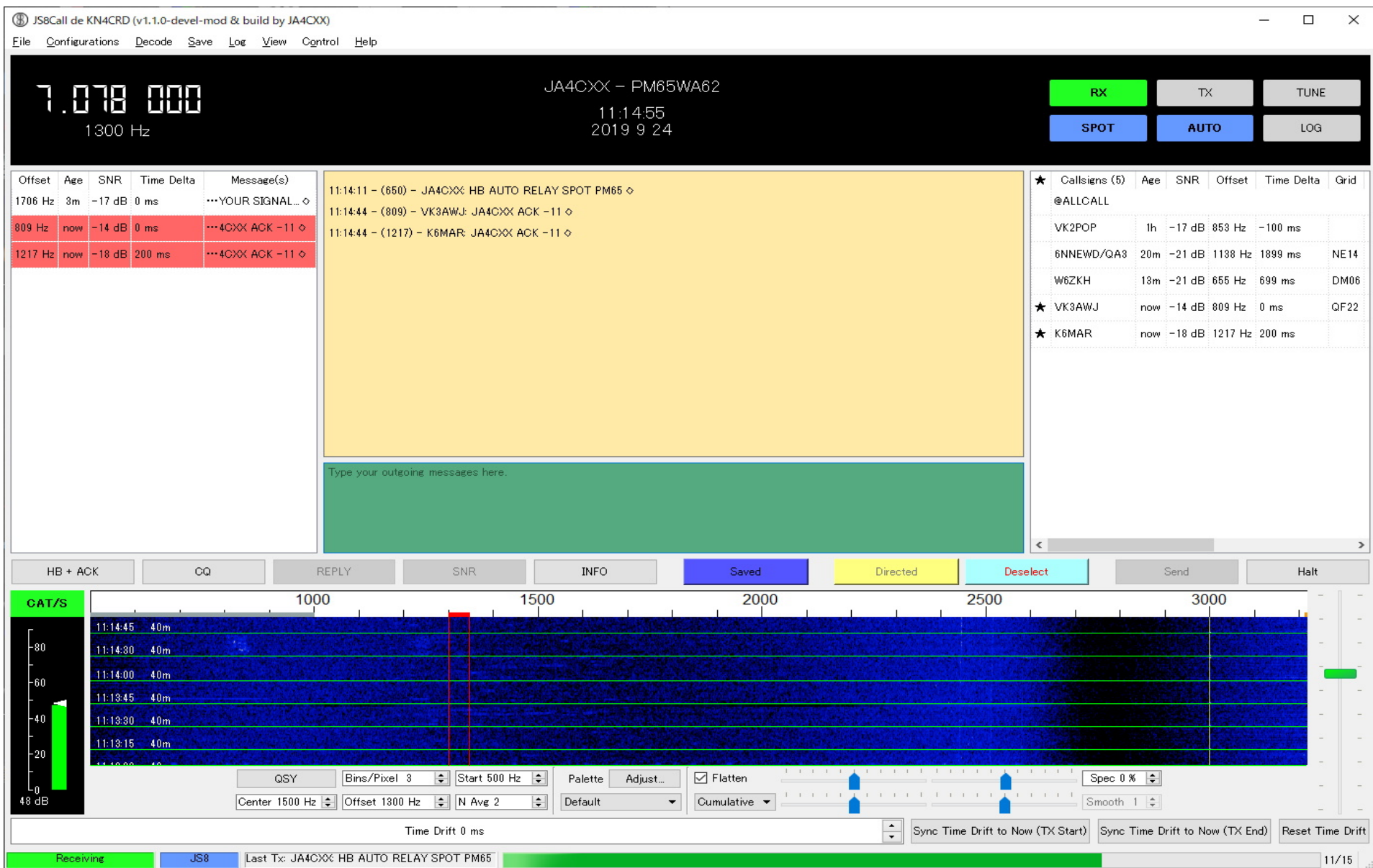
1. メッセージには3つの形式があります。
 - ・ 標準のJS8Callフリーテキストメッセージ
これは、Olivia、RTTY、PSKなどのキーボードからキーボードへメッセージ交換を行う他のデジタルモードと同様な操作です。
 - ・ JS8Call無指示メッセージ
特別にフォーマットされたJS8Call送信で、CQまたはハートビート (HB) 。
 - ・ JS8Call指示メッセージ
特別なJS8Call送信です。それらは[CALLSIGN] [COMMAND]の形式で構成されています。
2. GROUPCALL機能
グループコール機能を使用すると、グループに参加したユーザにメッセージを送信できます。
3. HBモードのときに自動返答機能” HB+ACK” という機能があります。、HB+ACKのときは、自動的に相手が信号強度を返す機能
4. AUTO” モード： 受信した指示コマンドに対して自動的に応答します。
5. メッセージボックス機能： メッセージを保存および取得できます。
6. メッセージリレー： Relayコマンドを使用して「リレー」メッセージを送信出来ます。

*) ダウンロード先URL

最新プログラム : <http://files.js8call.com/latest.html>

ユーザーガイド :

<https://docs.google.com/document/d/159S4wqMUVdMA7qBgaSWmU-iDI4C9wd4CuWnetN6809U/edit?usp=sharing>



JS8Call [HB+ACK] 応答画面

JS8Callプログラム開発者 jordan sherer / KN4CRD 氏



諸元表(参考)

FT4	
電波形式	F1D
方式	4GFSK
変調速度	20.833ボー
周波数帯域幅	83.4Hz
トーン数	4
符号構成	FT4
前方誤り訂正	LDPC(174,91)
LDPC情報ビット	91ビット (77ビット+14ビット(CRC))
同期方式	コスタス法 (4x4コスタス配列、2回)
ソフトウェア	WSJT-X バージョン2.1.0GA以降

JS8	
電波形式	F1D
方式	8FSK
変調速度	6.25ボー
周波数帯域幅	50Hz
トーン数	8
符号構成	JS8
前方誤り訂正	LDPC(174,87)
LDPC情報ビット	87ビット (75ビット+12ビット(CRC))
同期方式	コスタス法 (7x7コスタス配列、3回)
ソフトウェア	JS8Call バージョン1.0.0以降

3.) インターフェース(WindowsパソコンのCOMポート/オーディオデバイス)

- 1: 通常、無線機はインターフェース(USBシリアル変換)を使用してパソコンに接続します。通信ソフト(WSJT-X)側では無線機と通信するために、どのCOMポート(シリアルポート)に接続したのかを指定する必要があります。そのため、**COMポート番号**を確認する必要があります。また、USBケーブルで直接接続できる無線機でも、内部で仮想的にUSBシリアル変換アダプタを作成して使用しており どのポートに接続しているのかを同様に確認する必要があります
- 2: COMポート番号はWindowsデバイスマネージャを使用して確認します。
- 3: COMポートは早い者勝ちで若い番号から割り振られるため、事情でCOMポート番号を変更する必要性が生じた場合もデバイスマネージャで変更することが出来ます。
- 4: シリアル通信(COMポート)規格としてRS-232Cが用いられており、パラメータとして **Baud rate, Data Bits, Parity Bits, Stop Bits, Handshake** を設定します。また、制御ラインの**DTR, RTS**の設定が必要です。
設定値は無線機側の設定値に合わせる必要が有ります。
- 5: 無線機からのオーディオ信号(マイク、スピーカ)はインターフェース装置を通じてパソコン上のサウンドカードの入出力に導かれます(**PC出力レベルに注意**)。複数の**オーディオデバイス**(サウンドカード・USBオーディオ等)が存在する場合、通信ソフト(WSJT-X)側では、どのデバイスに接続したのかを指定する必要があります。
- 6: オーディオデバイスもWindowsデバイスマネージャを使用して確認します。
- 7: また、インターフェース装置あるいは無線機によって、事前に**デバイスドライバ**{パソコンに接続された装置(デバイス)を駆動(ドライブ)し制御するソフトウェアのうち、OSの一部として動作するもの}をインストールしておく必要があります。
- 8: **COMポート番号、オーディオデバイス名は勝手に変更されることがあるので、トラブル時は最初に確認する！**

4.) 運用周波数(国内交信禁止、オフバンドに注意する必要があります)

バンド	モード	QRG	デジタルモード バンドプラン	バンド	モード	QRG	デジタルモード バンドプラン
160m	FT4		1.9075 - 1.9125	20m	FT4	14.080MHz	14.070-14.112 海外データ通信 14.112-14.150
	JS8	1.842MHz			JS8	14.078MHz	
80m	FT4	3.531MHz	国内QS0 3.520 - 3.535	17m	FT4	18.104MHz	18.100 - 18.110
	JS8	3.531MHz			JS8	18.104MHz	
	FT4	3.575MHz	海外データ通信 3.535 - 3.575	15m	FT4	21.140MHz	21.070 - 21.125
	JS8	3.578MHz			JS8	21.078MHz	
40m	FT4	7.041MHz	国内QS0 7.030 - 7.045	12m	FT4	24.919MHz	24.910 - 24.930
	JS8	7.041MHz			JS8	24.922MHz	
	FT4	7.0475MHz	海外データ通信 7.045 - 7.100	10m	FT4	28.180MHz	28.070 - 28.150
	JS8	7.078MHz			JS8	28.078MHz	
30m	FT4	10.140MHz	10.130 - 10.150	6m	FT4	50.318MHz	50.20 - 51.00 海外データ通信 50.00 - 50.100
	JS8	10.130MHz			JS8	50.318MHz	

実際に送信される周波数はQRG+DF+帯域幅になりますのでオフバンドに注意してください！

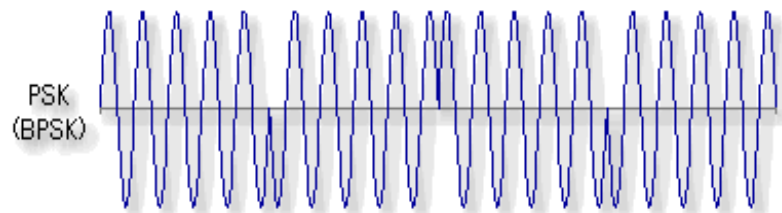
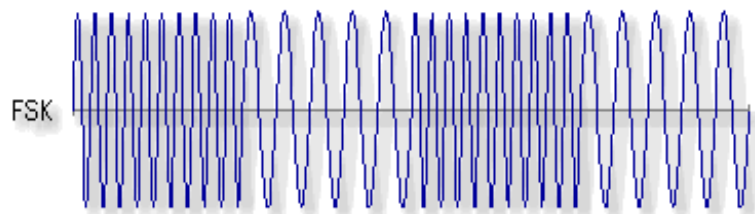
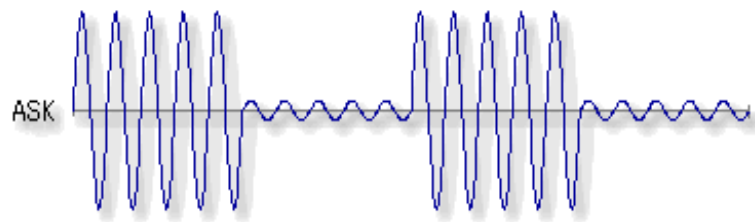
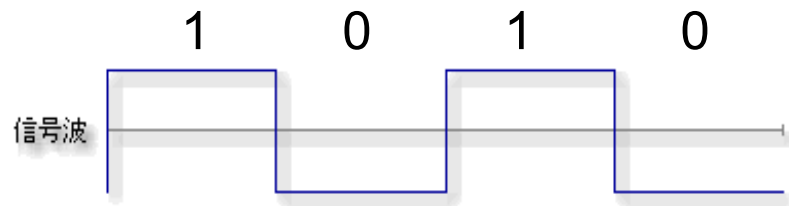
80mのFT4はオフバンドなので、FT8モードでQRG周波数3.573MHzでの例を示します。

$3.573\text{MHz} + \text{DF} + 50\text{Hz} < 3.575\text{MHz}$ なので DFは1950Hz以下で運用する。

(誤差を考慮すると1900Hz以下が無難です)

5.) – 1: デジタル変調方式とは？

- デジタル変調方式は、デジタル化した音声やデータを"1"と"0"の二値信号として伝送する方式です。



- 振幅変調
ASK (Amplitude Shift Keying) といい、振幅の
大小でビットの状態を表わす。
- 周波数変調
FSK (Frequency Shift Keying) といい、ビットの
状態を周波数の高低で表わす。
- 位相変調
PSK (Phase Shift Keying) といい、ビットの状態
に応じて搬送波の位相を、例えば180度反転さ
せるという方法で伝送する。
これは2相PSKあるいはBPSK (Binary Phase
Shift Key) と呼ばれる。

5.) - 2: データ伝送速度の単位

変調速度(ボーレート)・通信速度(bps: bits per second)
“bps”の意味で“ボー”を使う人がいますが、これは間違いです

- “ボー”は変調速度

1秒間に変復調できる回数を表す単位。1秒間に1回変復調をすると「1ボー」となります。

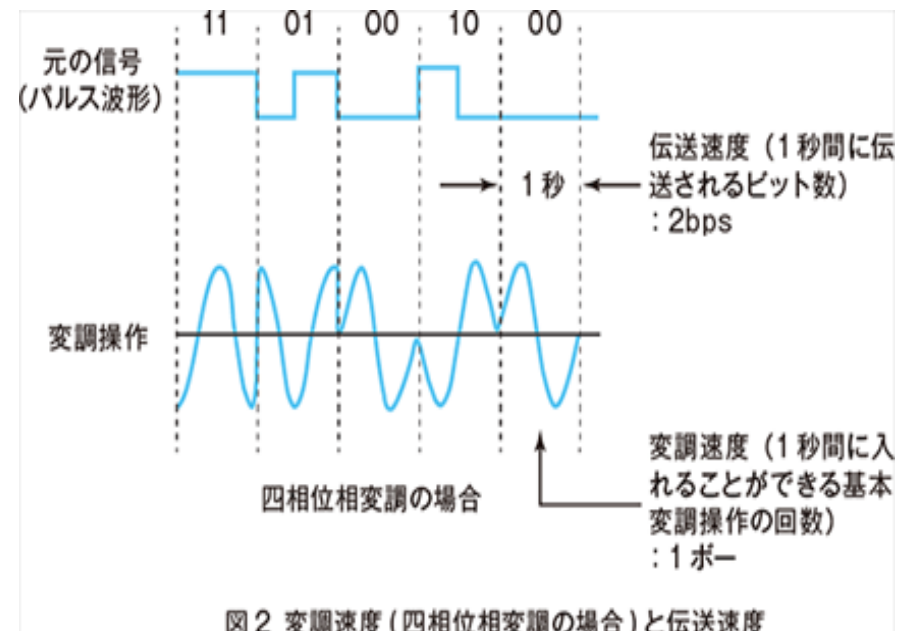
- “bps”はデータ信号速度

1秒間に伝送できるビット数で、単位はビット／秒で表します。

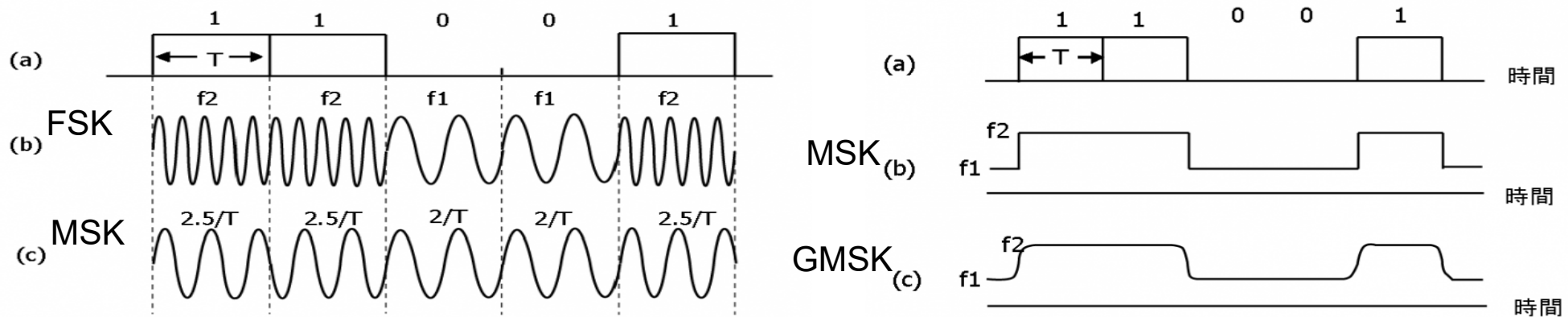
初期のコンピュータシステムに使われた当時の300bps用モデムは、コンピュータ側のデータ通信速度の表現も、モデム回線側の変調速度の表現も、たまたま同じ数値だったので混用しても問題になりませんでした。

- 1ボーが2bpsになる例

4相PSKあるいはQPSK(Quadrature PSK):
位相のシフト量を90度単位にすると、
0、90、180、270度の4種類の遷移が
選べるようになる。
「00」「01」「10」「11」の4種類のビット列
(シンボル)をこれに割り当てれば、
1回の変調で2ビットの伝送が行なえる



5.) – 3: MSK(Minimum Shift Keying), GMSK



- 限られた周波数帯をいかに有効に使うかが重要で、「1」と「0」の符号を誤ることなく、 $f_2 - f_1$ がどれだけ小さくできるかが問題です。符号の1周期を T で表せば、最も小さい周波数差は $(f_2 - f_1) \cdot T = 0.5$ で与えられます{変調指数(周波数偏移幅／変調ビットレート)=0.5}。このような条件を満たす f_1 と f_2 を使ってFSKを行った場合を、特にMSK (Minimum Shift Keying) と呼びます。
- GMSK (Gaussian Filtered Minimum Shift Keying)
MSKの場合は $0 \rightarrow 1$ あるいは $1 \rightarrow 0$ の変化に際して、周波数も $f_1 \rightarrow f_2$ あるいは $f_2 \rightarrow f_1$ と急激に変化していますが、GMSKでは符号の変化に対して周波数はなだらかに変化させて、周波数帯域を狭くします。
- 周波数をなだらかに変化させるフィルタが研究された結果、ガウシアンフィルタ(フィルタ係数の重みをガウス分布に近づけた加重平均フィルタ)が良いことが判りました。このフィルタを通してMSK変調する方式がGMSKです。

5.) – 4: MFSK(Multiple frequency-shift keying) 多重周波数偏移変調、GMFSK(GFSK)

- MFSK(Multiple frequency-shift keying)

MFSKは周波数シフトキーイング(FSK)に似ていますが、3つ以上の周波数が使用されます。MFSKの最も一般的な形式は16の周波数のトーンを使い、MFSK16と呼ばれます。トーンは一度に1つずつ送信されます。各トーンはほんの一瞬続きます。ボー(1秒あたりの遷移数)と1秒あたりのビット数(bps)の比率は、バイナリデジタルモードよりもMFSKの方が低くなります。これにより、ノイズによるエラーの発生が低減されます。さらに高い精度を提供するために、前方誤り訂正(FEC)が使用されます。

MFSKは数十年前の方法の変種ですが、エンジニアによっては最先端のものに見なされています。最近では、主にアマチュア無線実験者によって使用されています。

MFSKはマルチ周波数シフトキーイングを意味し、MSK(最小シフトキーイング)と混同しないようにしてください。

- GMFSK(Gaussian Filtered MFSK)

MFSK信号にGMSKと同様に符号の変化に対してガウシアンフィルタを利用して、周波数はなだらかに変化させて、周波数帯域を狭くしたものがGMFSKと呼ばれています。

5.) – 5: FEC(前方誤り訂正 Forward Error Correction), LDPC(低密度パリティ検査符号 low-density parity-check code)

- FEC は、データの一部がノイズによって破壊されても、データを復元することができます。前方誤り訂正の利点は、誤り検出時にデータの再送を行わないことです。
- LDPC符号とは、通信媒体を通る信号が雑音の中にほとんど埋もれてしまうような状況で出来る限り正しい送信データを取り出す誤り訂正符号のひとつです。

ギャラガーにより1963年に開発され、その後50年あまりにわたり色々な誤り訂正符号が提案されましたが、LDPC符号は今日においても最も効率的な誤り訂正符号となっています。

- コスタス法(Costas配列)

John P.Costasにより考案された配列です。

次数Nのコスタス配列は、2つの制約を満たす”1”と”0”の $N \times N$ 配列です。最初に、配列には正確にN個の”1”と $N \times (N-1)$ の”0”が必要であり、各行と列に正確に1つ必要です。 第二に、これらの配列の各行と列にある”1”は1つのポイントしか持たないという制約があるため、置換行列でもあるという特性があります。

コスタス配列の関心は2つの制約によって課される非対称性のため、コスタスアレイは特定のセンサーアプリケーションに理想的な波形を作成し、レーダーとソナーのリターンの解釈のあいまいさを軽減する点にあります。

FT4モードでは、2つの4行4列のコスタス配列を使用した同期機構を持っています。