

資料 7 4 値 F S K 方式

1. 4 値 F S K 方式の概要

4 値 F S K 方式は、システム構成の簡便性や F M 変調方式との共通性など市場導入に向けた利便性があり以下に説明する。

4 値 F S K 方式の送受信機は、従来の F M 変調方式と同様に簡単な構成で実現できる。F M 変調方式と同様に VCO 回路を用いた F M 変調器を使用する。また変調波の包絡線が一定となるため、出力電力増幅器に電力効率の良い飽和形 (C 級) を使用することができる。したがって F M 変調方式と同じ送信電力増幅器を使用できるため、ハイパワー化および長時間の運用が可能となる。

4 値 F S K 方式のデジタル簡易無線機の構成は、F M 無線機に対して高周波の部分はほぼ共通で、ベースバンド部分を DSP で置き換えた回路で構成できるので、F M と 4 値 F S K 方式とのデュアルモード無線機を比較的安価に提供できる。そこで、従来のアナログ簡易からデジタル簡易のシステムへの移行をより円滑に行うことができると考える。

4 値 F S K 方式の伝送速度は 4.8kbps で比較的低い伝送速度ですが、このような低い伝送速度でもクリアな音質を実現できる Vocoder として Digital Voice Systems, Inc. 製の AMBE+2™ があり、海外の業務用無線方式で多くの採用実績がある。ARIB STD-T98 でも AMBE+2™ (音声 2.45kbps と誤り訂正 1.15kbps の合計 3.6kbps) を推奨している。

無線機間の相互接続性 (Interoperability) は、ARIB STD-T98 の第 7 章で規定しており、音声通話、ユーザコードスケルチ (F M の C T C S S に相当) の相互接続性を確保し、さらに秘話通信についても 3 2, 7 6 7 通りの秘話鍵による相互接続性を確保した。

以上により線形変調方式のような直交変調器を用い、送信電力増幅器にリニアライザ回路を必要とする方式に比較して、4 値 F S K 方式はコストが安くでき、クリアな音質で、ハイパワーの小型無線機ができるので、デジタル簡易無線の主流になると考えられる。

2. 4 値 F S K 方式の海外動向

海外のデジタル移動通信システムで実用化されている 4 値 F S K 方式※¹ を下表に示す。北米では TIA が標準規格化したチャンネル間隔が 12.5kHz の APCO Project 25 システムがある。このシステムは北米を中心に警察、消防等の公共安全業務に用いられている。さらに、第二世代の APCO Project 25 Phase2 として、12.5kHz チャンネル間隔の 2 多重 T D M A 方式の規格化が進んでいる。

欧州では ETSI が 6.25kHz チャンネル間隔の S C P C 方式の DMR Tier1 (dPMR) システムを TS102 490 として、また 12.5kHz チャンネル間隔の 2 多重 T D M A 方式の DMR Tier2/3 システムを TS102 361 として標準規格化し、現在、欧州のみならず各国で実用化されている。

※ 1 : 北米では、チャンネル間隔が 6.25kHz で SCPC/FDMA の 4 値 F S K 方式として、NXDN™ システムが一般業務用に導入を開始している。NXDN™ システムはデジタル簡易無線の 4 値 F S K 方式 (ARIB STD-T98 第 3 編) と多くの類似性がある。

地域		欧州・アフリカ		アジア オセアニア	北米・南米		
標準規格		ETSI TS 102 361	ETSI TS 102 490	TIA TIA102	TIA TIA102	ETSI TS 102 361	未規定 (参考)
システム名称		DMR Tier2/3	DMR Tier1 (dPMR)	APCO P25	APCO P25	DMR Tier2/3	NXDN
主な用途		一般業務	簡易業務	公共業務	公共業務	一般業務	一般業務
周波数帯	上り	150MHz帯 400MHz帯	149MHz 446MHz	150MHz帯 400MHz帯 806-825MHz	150MHz帯 400MHz帯 806-825MHz	150MHz帯 400MHz帯	150MHz帯 400MHz帯
	下り	150MHz帯 400MHz帯	149MHz 446MHz	150MHz帯 400MHz帯 851-870MHz	150MHz帯 400MHz帯 851-870MHz	150MHz帯 400MHz帯	150MHz帯 400MHz帯
	間隔	規定無し	-	規定なし 45MHz (800M)	規定無し 45MHz (800M)	規定なし	規定無し
チャンネル間隔		12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz	12.5kHz	12.5kHz	6.25/12.5kHz
変調方式		4値FSK	4値FSK	4値FSK (C4FM)	4値FSK (C4FM)	4値FSK	4値FSK
多重数		2	1	1	1	2	1
伝送速度		9.6kbps	4.8kbps	9.6kbps	9.6kbps	9.6kbps	4.8/9.6kbps
アクセス方式		TDMA	SCPC	SCPC/FDMA	SCPC/FDMA	TDMA	SCPC/FDMA
音声符号化方式		AMBE+2	AMBE+2	IMBE	IMBE	AMBE+2	AMBE+2

TIA : Telecommunications Industry Association (電気通信工業会)
 APCO : Association of Public safety Communications Officials
 DMR : Digital Mobile Radio dPMR : Digital Private Mobile Radio
 ETSI : European Telecommunications Standards Institute (欧州電気通信標準化機構)

表 資 7-1 欧州および北米地域における 4 値 F S K 方式の動向

3. 4 値 F S K 方式と FM 方式のフィールドテスト

4 値 F S K 無線機とチャンネル間隔が 12.5kHz の FM 無線機の通話距離に対するメリットの概念図を図 資 7-1 に示す。FM 方式の場合は、通話距離が遠くなり、電界強度が下がると SINAD 値の劣化に従って熱雑音が、さらに電界強度が下がるとスレッシュホールドによるクリック雑音が聞こえることによって音質が劣化する。一方、4 値 F S K 方式の場合は、電界強度が低下してビットエラーが発生しても誤り訂正の効果が有効に機能する範囲では、FM 方式よりもノイズの少ないクリアな音が確保できる。しかし、電界強度がさらに下がり、誤り訂正の能力を超えたビットエラーが発生すると「音飛び」や「音バケ」が発生することによって音質が劣化してくるため、FM 方式とは異なった劣化の仕方を示す。

次に、無線機を用いたフィールドテストの結果の一例を図 資 7-2 に示す。フィールドテストは、東京ビッグサイト前の直線道路の東端を固定点として、道路の西端 (2.7km)、東京湾トンネルを越え東京電力付近 (4.4km)、品川警察署付近 (5.3km) の地点まで移動して、携帯機は両方とも手に持って静止状態で実験した。周波数は 468.95MHz で送信電力が 5W の 4 値 F S K 方式と FM 方式のデュアルモード携帯無線機を使用した。

図 資 7-2 に示したメリット評価は 2 人の被験者によって 5 段階評価にて行った。FM 無線機に対して 4 値 F S K 無線機の方が、通話距離が大きくなって電界強度が下がってもメリットは下がりやすく、図 資 7-1 の傾向と一致した。

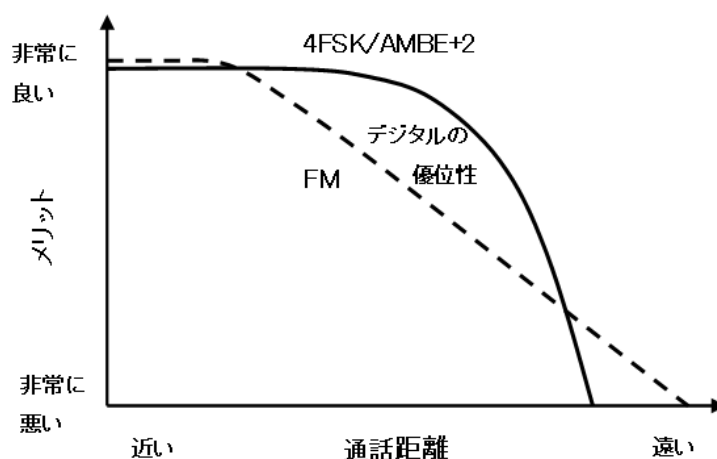


図 資 7-1 通話距離に対する了解度の概念図

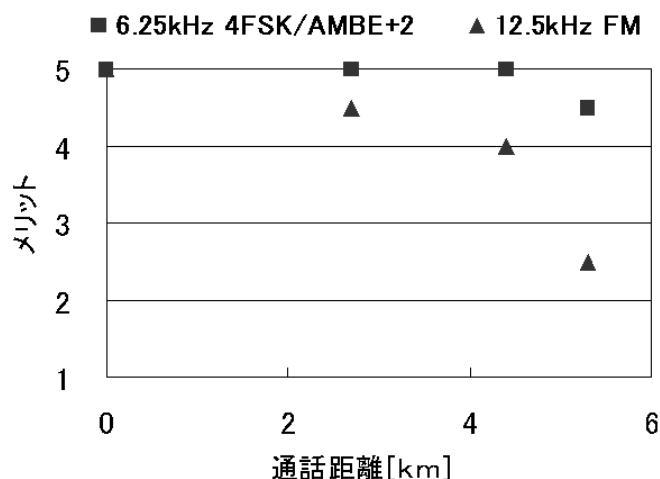


図 資 7-2 4値FSK方式とFM方式のフィールドテスト結果

4. デジタル簡易無線機の製品事例

平成20年(2008年)9月29日に国内初の携帯型デジタル簡易無線機が発表された。

<主な特徴>

- 送信出力は5W
- 4値FSK方式65チャンネルとFM方式35チャンネルの合計100チャンネルを実装したデュアルモード機
- 従来FM方式と同じ大きさで実現
- AMBE+2™ならではのクリア音質を実現
- 32,767通りの秘話鍵による高い秘話性
- 511通りのユーザコードスケルチ
- 防水性能(JIS7)、防塵性能(JIS5)
- 漢字表示に対応した大型フルドットLCD



図 資 7-3 国内初の携帯型デジタル簡易無線機