

第8章

信号の変復調

8-1 アナログ変調とデジタル変調

● アナログ変調

音声や映像を無線で送るアナログ変調方式は、現在でも重要な位置を占めています。技術的にはすでに確立された分野です。主な変調方式を図8-1に示しました。AM、DSB、VSB、SSBなどの振幅変調系とFM、PMの位相変調系に分類されます。そのほか、DSBの特殊な形として、直交変調多重伝送があり、テレビの色信号多重の際に使われています。また同じ帯域幅で2チャンネルの信号が送れるため、ケーブル多重伝送のときに使われることがあります。とくにAM系では、いかに狭い帯域で送れるかということに、技術的な主眼が置かれるため、同じ帯域で2チャンネルの情報を送れることは大きな魅力となります。

1本のケーブルを使い、複数の音声チャンネルを送る要求はよくあります。その場合、アナログ変調では、図8-2のように周波数多重技術を使うのが一般的です。それぞれのチャンネルの分離には、バンドパス・フィルタが使われます。しかし回路のひずみや、ケーブルやフィルタの周波数特性の劣化などにより発生するクロストークは、ある程度避けられません。またチャンネルが増えるに従って、それぞれのキャリアの周波数の高調波による混変調の妨害関係は複雑を極め、妨害が少ない適切なキャリア周波数配置を決めるのはとても難しい作業です。

● デジタル変調

デジタル変調といっても、変調方法自体はアナログとあまり変わるものではありません。ただ伝送する情報が、1と-1のように限られたレベルだけなので、アナログで問題になったダイナミック・レンジの問題は少なくなります(ただし、OFDMやCDMAを使った場合、ダイナミック・レンジは依然大きな問題)。また、クロックに同期してデータが送られるので、信号の時間的な波形の変化を忠実に送る必要はありません。シンボル・データのサンプル位相のところで、ひずみが少ない伝送さえできればよいのです。

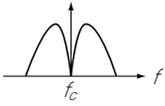
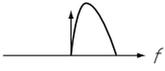
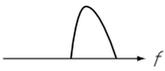
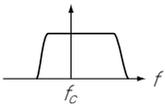
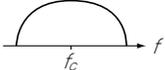
変調方式	スペクトル	特 徴	応用例
AM		<ul style="list-style-type: none"> ●エンベロープ検波が使い受信機が簡単 ●電力効率が悪い ●帯域が倍に広がる 	<ul style="list-style-type: none"> ●中波, 短波ラジオ放送 〔デジタル変調では〕ASK
DSB		<ul style="list-style-type: none"> ●キャリアを送らない分電力効率が良い ●検波のためのキャリア情報を別に送る必要がある ●帯域が倍に広がる 	<ul style="list-style-type: none"> ●NTSCの色信号多重 ●FMステレオ放送 〔デジタル変調では〕BPSK, QPSK, QAMなど
RZSSB		<ul style="list-style-type: none"> ●半分の帯域で送れる ●FM検波が使ってフェージングに強い ●リニア・アナライザなど受信機が複雑 ●電力効率は比較的良好 	<ul style="list-style-type: none"> ●移動体無線 〔デジタル変調では〕ASK
SSB		<ul style="list-style-type: none"> ●電力効率が良く, 同じパワーで遠くまで良く飛ぶ ●帯域が狭い ●キャリアを送らないので周波数オフセットが問題 ●送受信機とも回路が複雑 	<ul style="list-style-type: none"> ●HF帯での無線機 〔デジタル変調では〕なし
VSB		<ul style="list-style-type: none"> ●狭い帯域で送れる ●SSBのような急しゅんなフィルタが不要 ●高域の特性が劣化 ●SSBより帯域が広がる 	<ul style="list-style-type: none"> ●テレビ(アナログ)の変調方式 〔デジタル変調では〕USAの地上波デジタル・テレビ放送(8値VSB)
FM		<ul style="list-style-type: none"> ●送信波形が一定振幅なため電力効率が良い ●リミッタが使える →フェージングに強い ●広い伝送帯域を必要とする 	<ul style="list-style-type: none"> ●FMラジオ放送 ●簡易無線機など UHF/VHFトランシーバ 〔デジタル変調では〕FSK, GMSK
PM		<ul style="list-style-type: none"> ●安定したキャリア発振器が使える ●広い伝送帯域を必要とする 	<ul style="list-style-type: none"> ●FM変調器として使われる 〔デジタル変調では〕なし

図8-1 従来のアナログ無線変調方式

またデジタルを使うと、表8-1のように高度な信号処理を施すことが可能です。たとえば狭帯域化を考えたとき、データの圧縮、信号の多重、自動エラー補正などのデジタル信号処理技術を使い、今やアナログ変調以上の性能を出すことが可能となっています。ですから、電波の有効利用を考えるとデジタル化の方向に向かう以外にありません。それから、アナログで問題になった多重化に伴うクロストークの問題は、デジタル信号処理によりデジタル・データとしてばらつきなく多重化しますから、大きく改善することが可能です。

図8-3にデジタル変調の種類をまとめてみました。GMSKは周波数変調ですが、直交変調でも発生できるのでQPSKとの中間的な性質を示します。位相変調は本来振幅が一定になり、とても広い伝送帯域を必要とします。しかし、通常は帯域制限を施しますから振幅は一定になりません。そのた

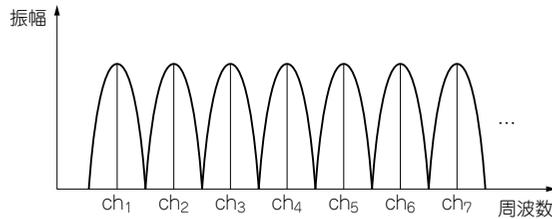


図8-2 周波数多重通信

表8-1 デジタル信号処理の例

信号処理	項目
信号の複素化, 複素信号処理	ヒルベルト変換器
デジタル・フィルタ	リニアフェーズFIRフィルタ IIRフィルタ 複素係数フィルタ アダプティブ・フィルタ QMF
直交変換	コサイン変換 DCT アダマール変換 スミア変換 フーリエ変換 (FFT) ウェーブレット変換
デジタル・データ圧縮	音声圧縮 映像圧縮 コーディング圧縮 (ハフマン・コーディング) データ圧縮
データ変復調	トレリス・コーディング ビタビ復調 BCH符号化 CDMA OFDM QAM, PSK, FSK, GMSK

め一般的な位相変調の発生方法は、振幅変調と同じ直交変調を基本としています。

基本はアナログ変調と同じです。ただレベルが量子化されていることだけが異なります。また、信号の多重技術で考えてみれば、アナログでは一般的に周波数多重の技術を使います。一方、同じ周波数多重といっても、デジタルでは、直交キャリアを使うOFDMという形でより洗練された形になっています。また、周波数拡散を基本とするCDMAの変調方式や、時分割で多重化するTDMA方式などは、デジタル変調ならではの信号多重方式といえるでしょう。

● それぞれの特徴

デジタル変調では、 S/N が悪くなってくると突然伝送ができなくなります。アナログでは、 S/N が悪くてもそれなりの品位で受信が可能で、突然途切れることはありません。とくに音声連絡用のトランシーバは、その意味でアナログ変調のほうがサービス・エリアが広く、周波数の有効利