

第2章

まずは基本の基本「アナログ変復調」

見
本

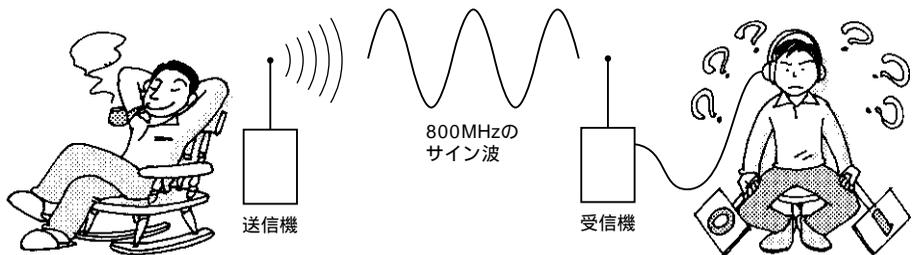
◆
伝えたいデータを電波に乗せる方法と、
電波に含まれるデータを取り出す方法を
キャリアの振幅、キャリアの周波数、キャリアの位相の
それぞれを使った場合の動作の原理を確かめます。
◆

2-1

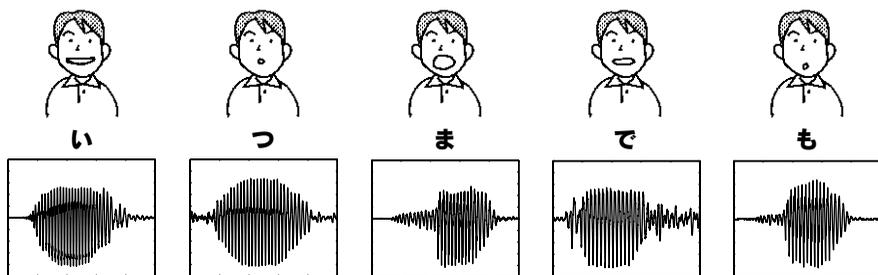
変調/復調するとは

離れた2点間の通信を無線で行うために、送信したいデータをそのまま無線信号として伝送することはできません。例えばE1A232Fのケーブルに流れる1/0のデータがそのまま遠くに伝わるわけがないことは明らかでしょう。

そこで無線周波数を用い、無線通信を行います。しかし、ただ無線周波数(例えば800MHzのサイン波の信号を相手方に送るだけでは、目的とした、送信したいデータを伝送することができません(図2-1)。そのためには、データをこの無線周



[図2-1] 無線周波数のサイン波を伝送するだけではデータは送れない



【図2-2】人の声，音響振動に違いを与えて伝える，受ける．これが変調，復調

波数のサイン波に乗せる必要があります。

このことを人の声で考えてみましょう。図2-2にこれを示します。「あー」と同じ強さで同じ音の，単純な音響振動をずっと続けて出しているとしても，相手は何を言っているのか，わかりません。相手に自分の言いたいことを伝えるには，「いつまでもわすれない」と，強さを変えたり，違う音を使ったり，つまり発音として，単純な音響振動に違いを与えて，言いたいことを伝えています。

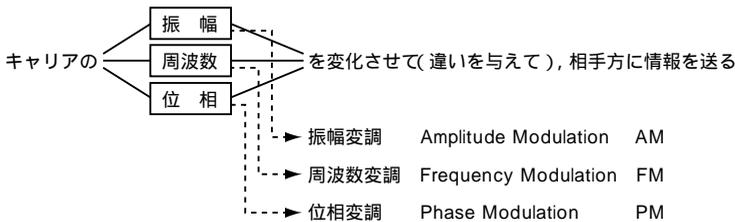
変調は，まったくこれと同じことです。無線周波数のサイン波に対して，送信側で違いを与えて，離れた受信側に対して自分から送りたい内容を伝えます。

もう一度，人の声に戻ってみましょう。違いを与えられた「いつまでもわすれない」という音響振動を耳で受け，音響振動の「い・つ・ま・で・も」を一つずつ，異なる発音ごとの違いを見つけて，その違いの意味を取り出すことにより，相手の言いたいことを理解します。

復調も，まったくこれと同じことです。違いを与えられた無線周波数の信号に対して，受信側がそれぞれの違いを見つけて，送信側の送った内容を理解します。

このように純粋なサイン波（スプインの信号とも言える）に違いを与え，意味付けすることが変調であるといえます。このスプイン信号のことを専門用語として搬送波とか，その英語表現としてキャリア（carrier）と呼びます。本書では，これ以降は統一してキャリアと呼びます。

最初に，ここでは導入として，従来方式であるアナログ変調について説明していきます。アナログ変調とデジタル変調は異なり，新旧のものとも考えることもできますが，本質からすると，それぞれ単にアナログ情報をキャリアに乗せるか，デジタル情報をキャリアに乗せるかの違いだけであり，変調の原理として



[図2-3] キャリアに対して変調をする方法

は同じであるといえます。キャリアに対してアナログ変調するには、**図2-3**に示す3種類があります。

昔から用いられてきたアナログ変調は、このうち、振幅変調(これ以降AMと呼ぶ)と周波数変調(これ以降FMと呼ぶ)が主流で、位相変調(これ以降PMと呼ぶ)はあまり用いられません。しかし、デジタル変復調においてPMは主流の変調方式であり、とても重要な概念です。

これ以降では、AM、FM、PMそれぞれの変調と復調のしかたについて説明していきます。なお、PMについては場合によると、いま一つ理解できないかもしれませんが、以降のデジタル変復調の章でよりわかりやすく、詳しく説明しますので、あまり心配しないでください。

2-2 振幅を変えるAM(Amplitude Modulation), 振幅変調

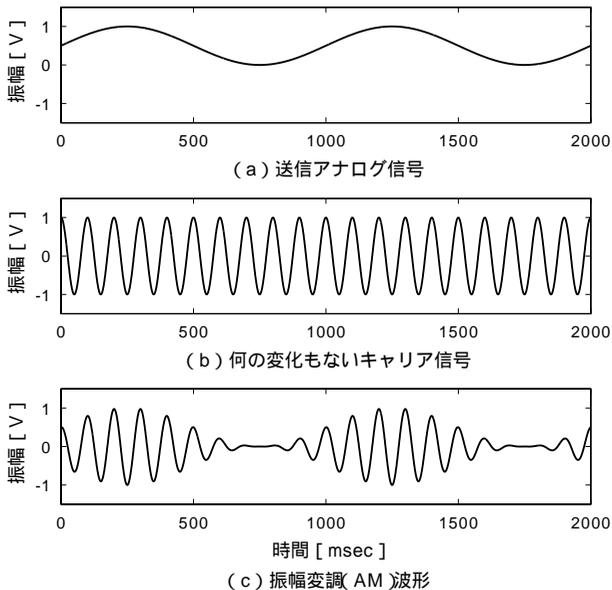
AMは、中波のAM放送が一例、そしてTVの映像信号もAMの仲間です。

● AMはどうやって変調するか

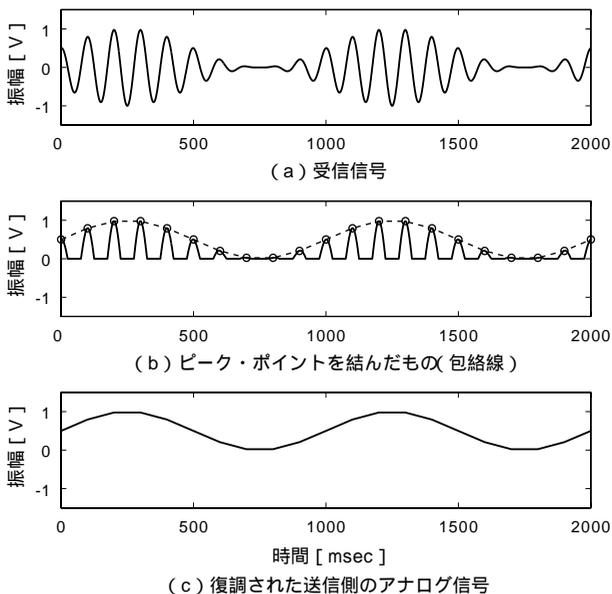
図2-4はAMの変調をする過程を示しています。**図2-4(a)**のアナログ信号で、(b)のなんの変化もないスッピンなキャリア信号の振幅を変化させ、(c)の変調波形のように、キャリアの振幅を変化させることで振幅変調(AM)します。この変調された信号を無線で受信側に伝送(送信)します。

● AMはどうやって復調するか

変調され、無線伝送された信号を受信側で受信し、その内容を取り出すことを復調と呼びます。**図2-5**に示すように、受信信号(a)の上半分を切り出し、そのピ



【 図 2-4 】 AM の変調をする過程



【 図 2-5 】 AM 信号を復調する方法

ーク・ポイントを(b)のように結んでいくようにすれば(包絡線), 図2-4(a)の送信側のアナログ信号, 図2-5(c)を取り出すことができます。

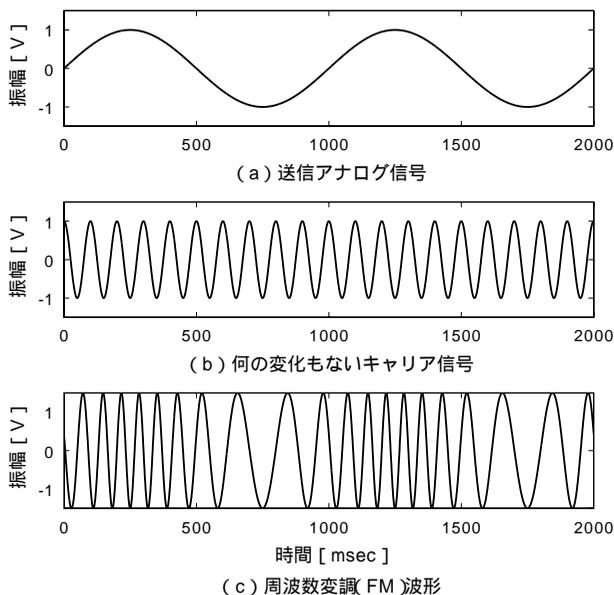
2-3 周波数を変えるFM(Frequency Modulation), 周波数変調

FMは, FM放送, TVの音声信号などが例として挙げられます。

● FMはどうやって変調するか

図2-6は, FMの変調する過程を示しています。図2-6(a)のアナログ信号で, (b)のなんの変化もないスッピンなキャリア信号の周波数を変化させ, (c)の変調波形のように, キャリアの周波数を変化させることで周波数変調(FM)します。この変調された信号を無線で受信側に伝送(送信)します。

変調には, いくつかの方法があります。もっとも単純なのは, 周波数発振器の発振周波数を振らせる, つまり外部から強制的に周波数を変える方法です。



[図2-6] FMの変調をする過程



[図2-7] FM 信号を復調する方法

● FMはどうやって復調するか

FMの場合は、図2-7に示すように、振幅制限器(リミッティング・アンプとも呼ぶ)を通して、周波数を電圧に変換する回路(クワドラチャ検波回路、レシオ検波回路、フォスターシーレ検波回路など)に振幅を一定にした受信信号を与えることで、その出力電圧として周波数変調された送信側のアナログ信号を復調します。

振幅制限器とは、受信信号の電圧振幅を一定にするものです。FMでは必要な変調要素は周波数成分として含まれているので、不要な振幅変動を避ける点からも、この回路が周波数から電圧への変換回路の前に置かれています。

2-4 位相を変えるPM(Phase Modulation), 位相変調

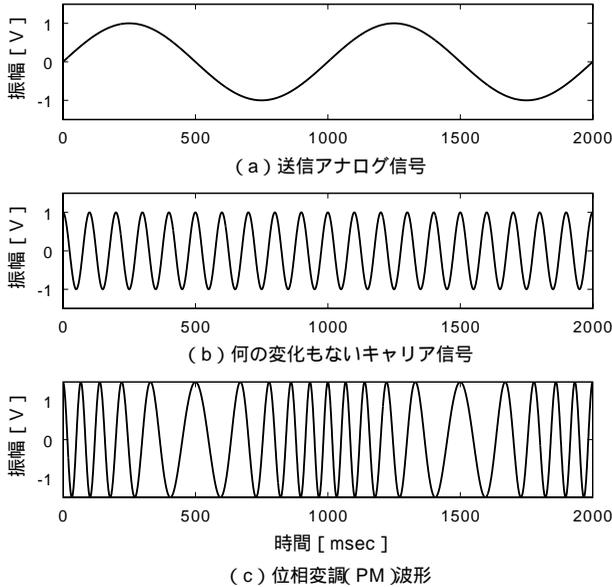
一方でPMは、一般的に使われる例といえるものはほとんどないかもしれませんが。それでいて、デジタル変復調方式ではかなりの重要な位置を占めているのは興味深いものです。以下では**位相**の概念を簡単に説明していますが、第3章でより詳しく説明します。なお、PMの変復調方法はかなり複雑であり、詳細を確認されたい場合は、参考文献(25),(30),(31)が参考になると思います。

● PMはどうやって変調するか

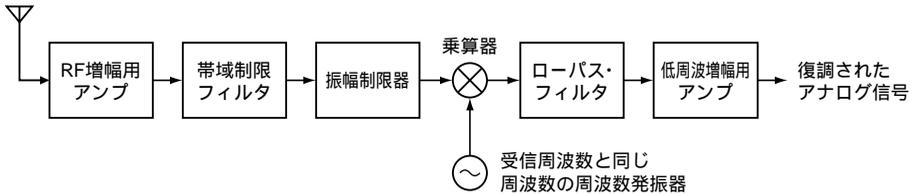
PMには、**位相**という概念が使われます。位相は二つのサイン波の時間差ともいえます。図2-8(a)のアナログ信号の電圧レベルに比例するように、(b)の何の変化もない**スピン**なキャリア信号の時間的タイミングを変化させ、元々のキャリアから時間差を作り出し、(c)の変調波形のように位相変調(PM)されます。

電圧レベルが変化するようにして、時間的タイミング(時間差と位相)が徐々に変化することから、結果的に周波数も変化していることになります。この変調された信号を無線で受信側に伝送(送信)します。

PM変調回路は、アームストロング(Armstrong)方式、ベクトル合成方式などがあります。



[図2-8] PMの変調をする過程



[図2-9] PM信号を復調する方法

● PMはどうやって復調するか

図2-9は、PMを復調する復調回路の例です。これはアナログ回路方式のプロダクト(乗算)型位相検波回路です。

FMの場合と同様、振幅の変動はPMの復調には不要なので、ここでも前段に振幅制限器が用いられます。一方でこの回路およびPM自体の問題として、検出できる位相変化量が、図2-9のアナログ方式で $\pm 90^\circ$ まで、デジタル回路型位相検波回路でも $\pm 180^\circ$ の位相変化までしか正しく復調できません。

これは、位相の概念自体が 0° から $\pm 180^\circ$ しかないのだからです。

回路が複雑なことで、この理由でアナログ変復調ではPMがほとんど使われていないのだろうと考えられます。

2-5

デジタル変復調への「かけはし」として

この章では、アナログ変復調について概略を説明してきました。従来から行われているアナログ変調方式で、キャリアに変調をかけるのは、基本的にここまで説明した**振幅**、**周波数**、**位相**の3方式しかありません。

ここで、次の章から具体的な説明をしていくデジタル変復調が、アナログ変復調と何が違うかという点を明確にしておくとして、単に**アナログ信号で変調をかけるか1/0のデータ**、**デジタル値によって変調をかけるだけ**の違いです。そういう意味からすれば、概念としてはデジタル変復調のほうが単純であるといえます。付加される技術は多岐にわたりますが、基本概念としてはそれだけであり、なにも恐れる必要がないわけです。

逆にいうと、デジタル変復調も基本的には、アナログ変復調と同じ**振幅**、**周波数**、**位相**の3方式しかありません。それらが複雑に融合して複雑な変調方式が成立しているだけなのです。