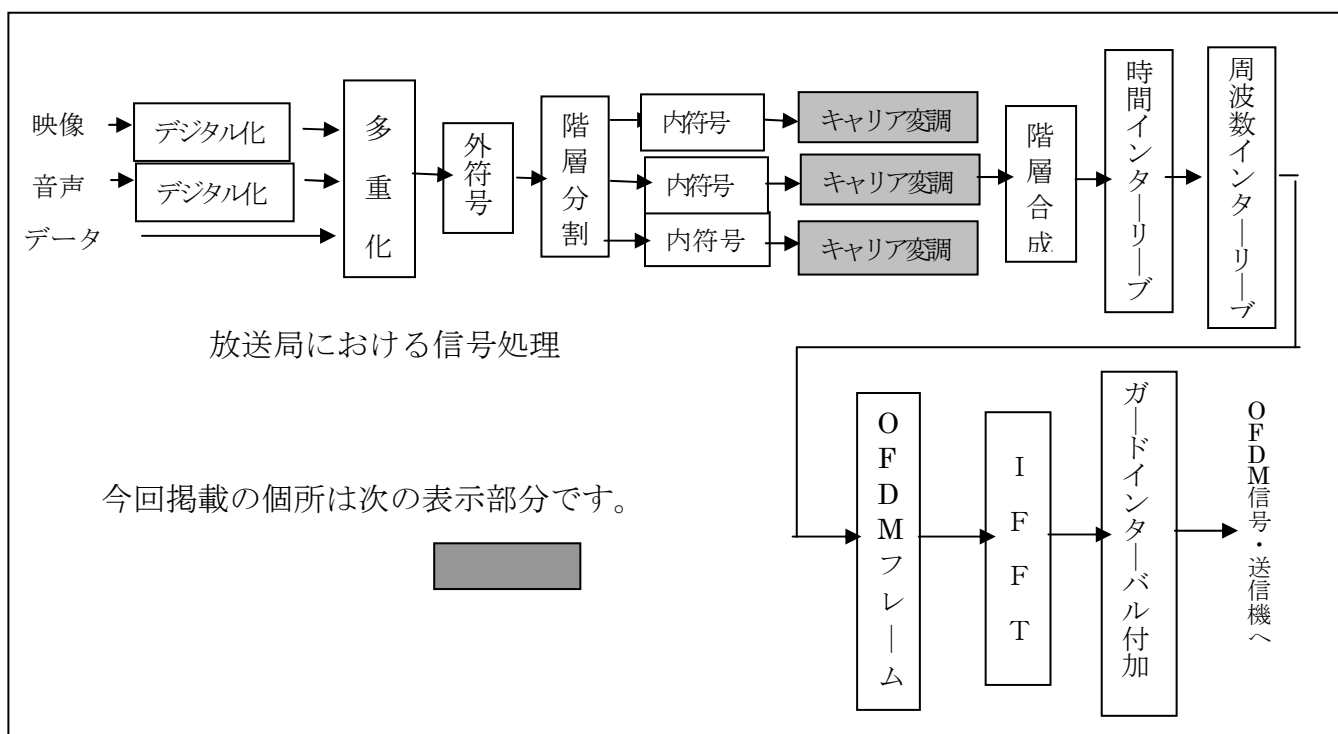




## <テレビ放送電波はどんな形?(その8・キャリア変調)>



### ☆ 地上デジタル放送のデジタル変調の概説

地上デジタル放送では、個別の住宅に設置したアンテナで受信するいわゆる固定受信と走行する自動車等での移動受信や携帯端末での受信が考えられます。固定受信向けサービスは、ハイビジョン放送ができるように情報レートの大きな伝送が必要になります。また、移動受信や携帯端末向けサービスでは、電波が変動しても安定な受信が出来るような伝送方法が必要になります。こうした理由で地上デジタル放送では、情報レートと伝送の安定度の異なる QPSK、16QAM(伊吹かみ)、64QAM と呼ばれる 3 種類の変調方式が使われます。なお、DQPSK もシステム上は用意されていますが運用規定では、当面、使用されないことになっています。

図 1 は、地上デジタル放送で使われる搬送波の振幅と位相を変化させて信号を送る仕組みを模式的に表したものです。

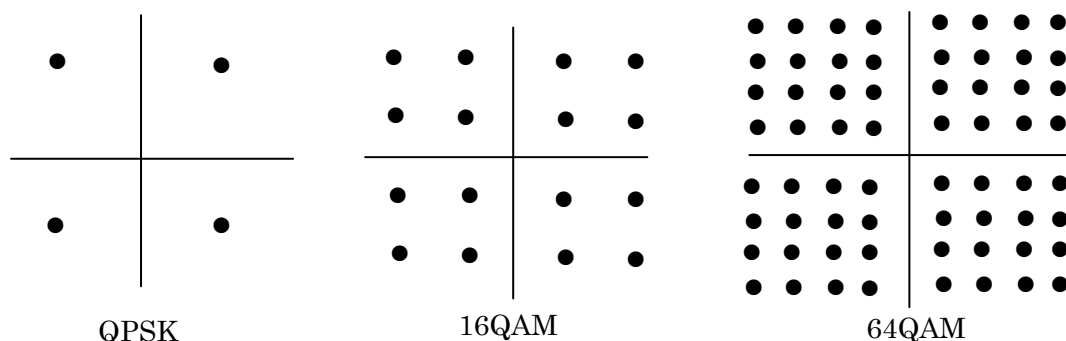


図 1 QPSK、16QAM、64QAM の振幅位相図

#### ☆ デジタル変調の基礎

デジタル変調の種類に関しては、搬送波の振幅を変化させる ASK 変調 (Amplitude Shift Keying)、搬送波の周波数を変化させる FSK 変調 (Frequency Shift Keying)、搬送波の位相を変化させる PSK 変調 (Phase Shift Keying)、搬送波の振幅と位相を変化させる APSK 変調 (Amplitude Phase Shift Keying) があります。

地上デジタル放送には、PSK 変調と APSK 変調が使用され、特に PSK の中で等間隔の搬送波位相に信号点を割り当てる変調の QPSK ならびに APSK のうち特に正方格子状に信号点をとる変調の QAM が変調方式として使用されています。

まず、デジタル放送に使われる PSK 関係の搬送波の振幅と位相の関係の模式図の表示方法を予習しておきましょう。

#### ・ PSK

放送や通信で送りたい信号を電波で伝送するため、搬送波に情報を乗せることを変調といいます。

デジタル変調では、“0”、“1”のデジタル符号列によって、搬送波の位相、振幅、周波数のいずれかあるいはそれらのいくつかの組み合わせを変化させることにより信号を伝送します。

PSK は、デジタル信号列に応じて搬送波の位相を変化させる変調方式です。

## ・ BPSK

PSK のうち最も基本となるのは BPSK(Binary PSK)です。

BPSK は、図 2 に示すように伝送したい“0”または“1”の信号を搬送波の 0 度相(同相)と 180 度(逆相)にそれぞれ対応させて伝送するものです。一つの符号 (1 シンボル) で“0”または“1”の情報を送ります。

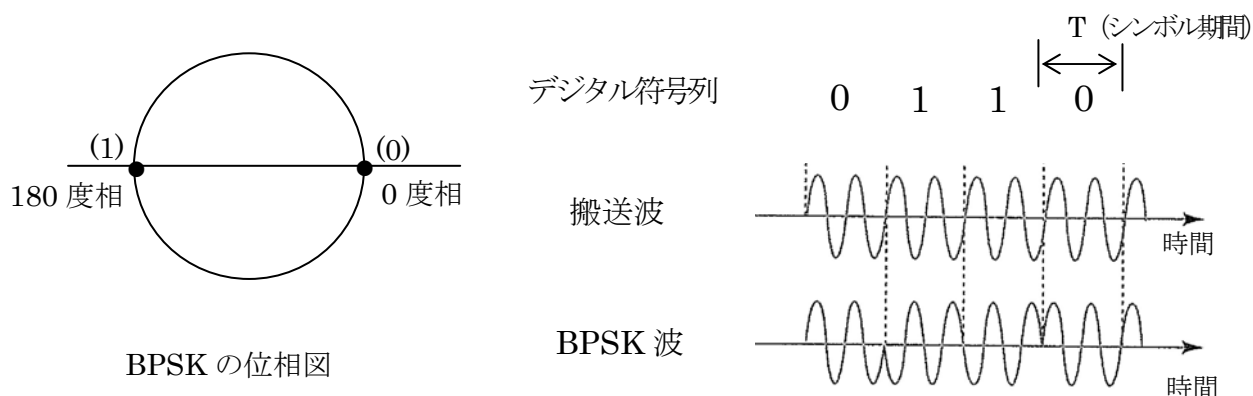


図 2 BPSK 変調波の位相と波形

## ・ QPSK

QPSK (Quadrature PSK) は、搬送波の振幅は一定とし、位相関係をデジタル信号列に応じて 90 度おきにとり、一つの符号 (シンボル) で 2 ビットの情報を送る方法です。

QPSK では、図 3 に示すように伝送したいデジタル信号列を 2 個ずつの信号列に振り分け、位相が 90 度異なる搬送波でそれぞれ BPSK 変調をして合成します。その結果、信号列 (0,0) (1,0) (1,1) (0,1) に応じて位相の異なる 4 つの信号点となります。

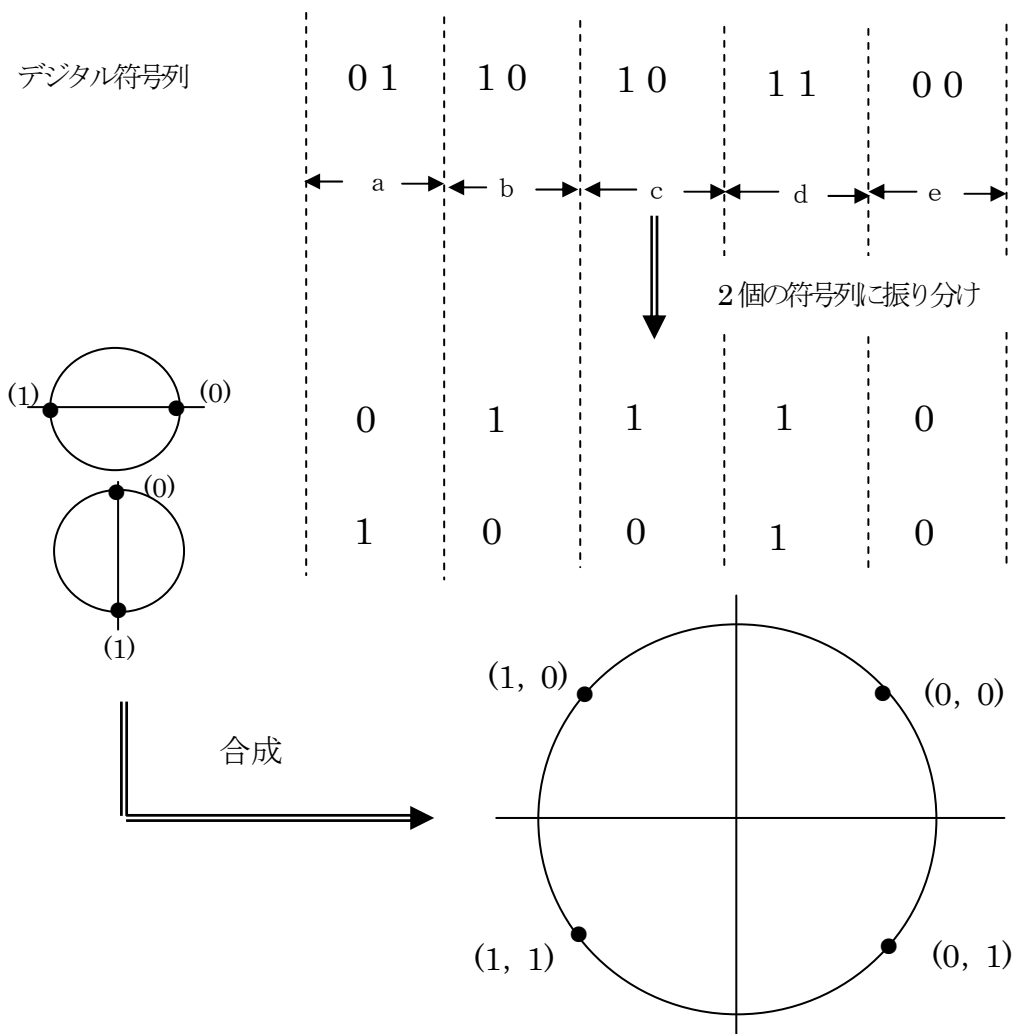


図3 QPSK の位相

• QAM

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) は、図4 に示すように伝送したいデジタル信号列に応じて、90度位相の異なる2つの搬送波の振幅と位相を変化させ、それらを合成することにより、搬送波の振幅と位相の両方の情報を乗せて伝送する方法です。2つの搬送波の位相が90度異なることから直交振幅変調と呼び、2つの搬送波を一般的にはI軸、Q軸と表します。

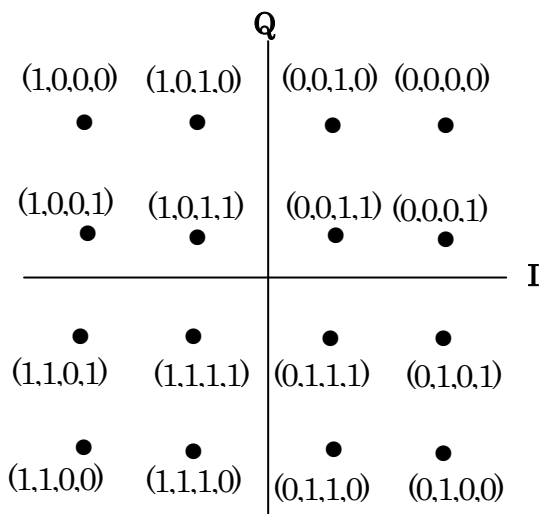


図4 16QAMの振幅位相図

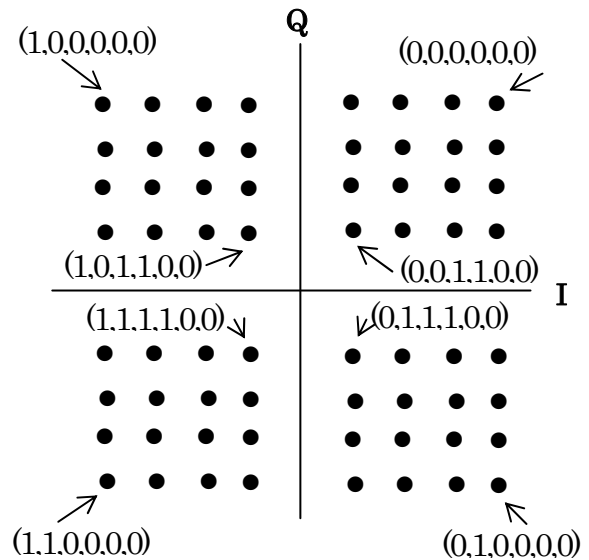


図5 64QAMの振幅位相図

16QAMは、図4の振幅位相図に示すように搬送波を振幅と位相が異なる16種類の状態に変化させて信号を伝送する方法で、一つの符号(1シンボル)で4ビットの情報を送ることができます。

64QAMは、図5の振幅位相図に示すように搬送波を振幅と位相が異なる64種類の状態に変化させて信号を伝送する方法で、一つの符号(1シンボル)で6ビットの情報を送ることができます。

☆ 地上デジタル放送で使われる変調方式

- ・ 移動受信や携帯端末向けサービスのための変調方式

QPSK(直交位相変調)は、図6に示すように4角信号点に(0,0) (1,0) (1,1) (0,1)を対応させ、一度に2ビットずつ情報を伝送します。

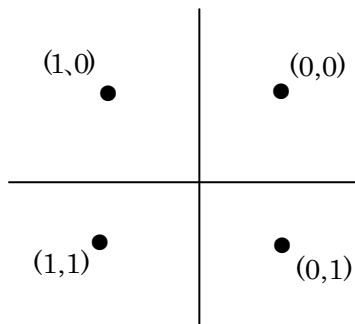


図6 QPSKの位相

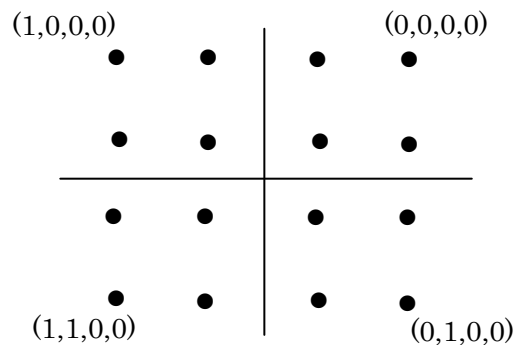


図7 16QAMの振幅位相

また、16QAM（16 値直交振幅変調）は、図 7 に示すように搬送波の振幅、位相の異なる 16 個の信号点を使って 4 ビットずつ信号を伝送します。

これらの変調方式は、信号点の間隔が大きく、雑音や妨害に強いので、主に移動受信向けや携帯端末向けサービスに使われます。

QPSK 変調波の作り方を示す回路構成例を 図 8 に示します。

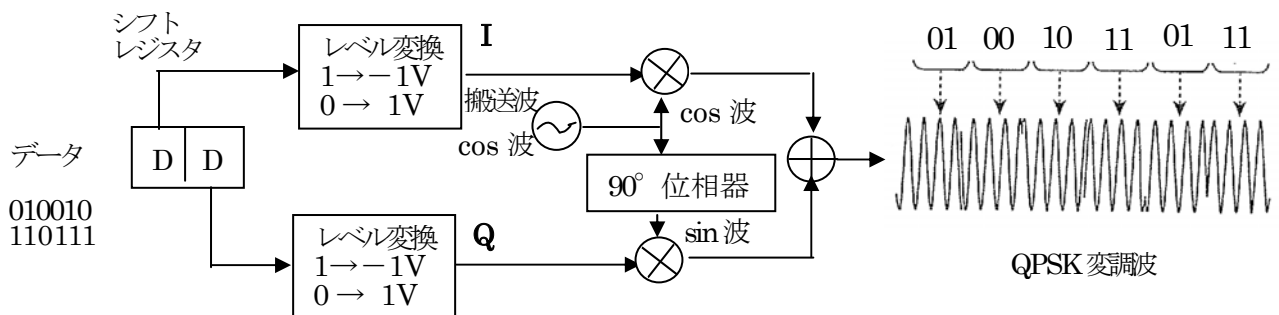


図 8 QPSK 変調波の作り方

図では伝送するビット情報をシフトレジスタで 2 系統のデータに振り分け、それぞれ、データ 0 および 1 を 1V および -1V にレベル変換を行い、直交変調を行っています。直交変調は搬送波のコサイン成分およびサイン成分にそれぞれ I 軸成分および Q 軸成分を乗算することで 図 6 の位相をもつ搬送波を作るのです。

16QAM 変調波を作り出す変調器の原理を 図 9 に示します。

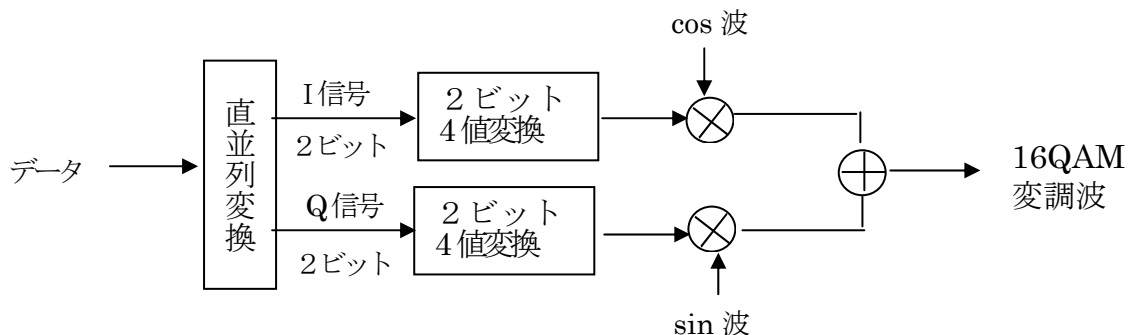


図 9 16QAM 変調器の原理

変調波の作り方は、図8に示す QPSK を作る回路において、シュフトレジスタの段数と信号点テーブルの内容を変更するだけで構成されます。

- ・ 固定受信向けサービスのための変調方式

64QAM は、図 10 に示すように 64 個の信号点を使って 6 ビットずつ伝送します。この方式は最も情報レートが大きいいため、もっぱら、固定受信向けサービスに使われます。

実際の伝送では、この情報のほか誤り訂正符号やインターリーブの技術を組み合わせて、それぞれのサービスに適した伝送性能を確保しています。

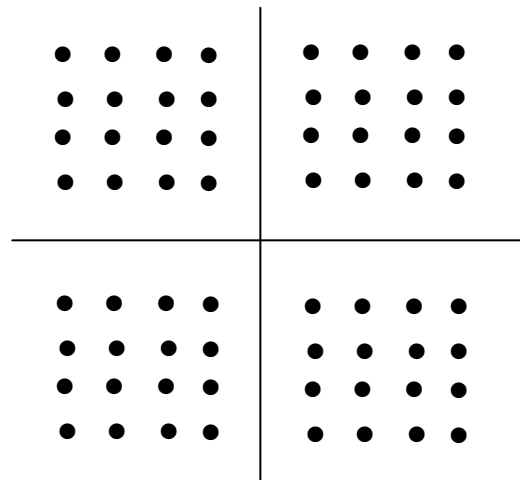


図 10 64QAM の振幅位相