

日本で考案されたデジタル変調方式の 開発小史

$\pi/4$ シフトQPSKの誕生から応用まで

関 清三

Seizo Seki

一世を風靡した第2世代携帯電話“PDC”は、第3世代携帯電話へバトンタッチし、その役割を終えつつあります。PDCの変調方式として採用された $\pi/4$ シフトQPSKはその後、PHS電話のほか、消防/救急/タクシーなどのデジタル無線機や新型デジタル警察無線機にも採用され、広がりをを見せています。

そのルーツは1970年代初頭に実証実験が行われた導波管によるミリ波帯の高速伝送方式に遡ります。 $\pi/4$ シフトQPSKも、また世界で使われているGSM携帯電話で採用されているGMSKも、日本で考案された優れたデジタル変調方式です。

本稿では、 $\pi/4$ シフトQPSKの開発者に誕生のいきさつから現在までをご紹介します。〈編集部〉

■ はじめに

日本初のデジタル携帯電話(PDC)では、変調方式として「 $\pi/4$ シフトQPSK」が採用されました。この方式は2 bit/Hzという高能率伝送であるにも拘わらず、振幅変化のダイナミック・レンジが10 dB程度であることから、日本の携帯電話方式として標準化が進められました。

一方、汎欧州携帯電話(GSM)ではGMSKが使われています。GMSKは振幅一定ですが、1 bit/Hzのスループットであり、情報伝送効率では劣ります。

本稿では、この $\pi/4$ シフトQPSK方式が、歴史的には日本で初めて800 Mb/sというミリ波導波管高速伝送方式において実験的に実証されたことを紹介します。

$\pi/4$ シフトQPSK方式は疑似8相PSKであり、当時800 Mb/sという高速伝送で8相PSK回路を実現するのは困難な面がありました。そこで局部発振源は単一周波数の正弦波を発振するものではなく、階段変調という、周期的に一定の波形を発生するものであっても良いことを実証しました。

さらにいうと、クロック周波数をこの局部発振源に乗せて伝送する方式は、スペクトラム上では、クロック信号を伝送帯域の端点に発生させて伝送する方式であり、このような伝送方式もあり得ることを実証した

ものです。このことによって800 Mb/sという高速伝送であるにも拘わらず、各中継器では安定なタイミング波が得られることを実証できました。

これらを含めデジタル携帯電話における $\pi/4$ シフトQPSK方式の歴史的な経緯をここに紹介します。

1 位相変調(PSK)の基本

デジタル信号を無線のような搬送波を使って伝送する場合、位相変調(PSK)という方法がよく知られています。PSKには、一般的に二つの基本的な方式があります。

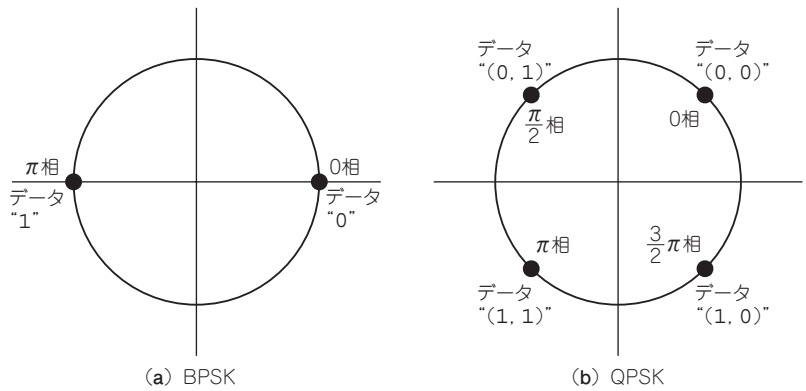
■ 絶対位相変調方式

これは基準位相搬送波の、ある位相を 0° と定めれば、 $\pi/2$ や π 等々は確定的に定まり、データ“1”やデータ“0”をその位相に1対1で対応させる方式です。例えば2相位相変調方式(BPSK)では図1(a)のようにデータ“0”を0相に、データ“1”を π 相にそれぞれ対応させ、4相位相変調方式(QPSK)ではデータの組“(0, 0)”,“(0, 1)”,“(1, 1)”,“(1, 0)”を、それぞれ0相、 $\pi/2$ 相、 π 相、 $3\pi/2$ 相に対応させます。

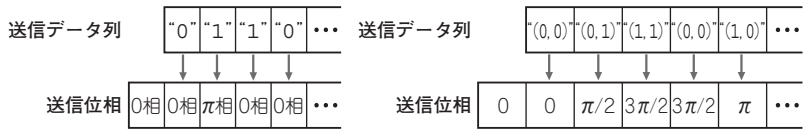
この方式は固定マイクロ波通信や衛星通信など、一般的に広く使われています。位相の絶対値にデータが対応していますので、復調方法としては同期検波が適しています。

■ 差動位相変調方式(DCPSK : Differentially Coherent Phase Shift Keying)

送りたいデータを位相変調するのに、絶対位相に対応させるのではなく、隣り合うタイム・スロットの位相変化に対応させる方法もあります。例えば送りたいデータが“0”であれば「隣り合うタイム・スロットの間では位相の変化なし」とし、データが“1”であれば「隣り合うタイム・スロットの間に π の位相変化を与えて送信する」という方法です。図2に2相(DCBPSK)と4相(DCQPSK)の場合をそれぞれ示します。



〈図1〉
絶対位相変調におけるBPSKおよびQPSKの信号点配置



“0”を送信するときは前のタイム・スロットと同じ位相, “1”を送信するときは前に対し位相を π 加える

送信データが“(0, 0)”の場合には前の位相を変えない, “(0, 1)”では $+\pi/2$, “(1, 1)”では $+\pi$, “(1, 0)”では $+3\pi/2$, それぞれ変化させる

〈図2〉
DCPSKにおける時系列データと位相推移

(a) DC BPSK

(b) DC QPSK

復調に際しては「位相がどう変化するか」にデータが乗っているので、前の位相を基準として位相検波する遅延検波が適しています。1タイム・スロットの位相の変化だけが関心事ですから、フェージングなどで位相変化が激しい移動通信などの分野に適した変調方式です。

2 $\pi/2$ シフトBPSK, $\pi/4$ シフトQPSKの特徴

■ $\pi/2$ シフトBPSK

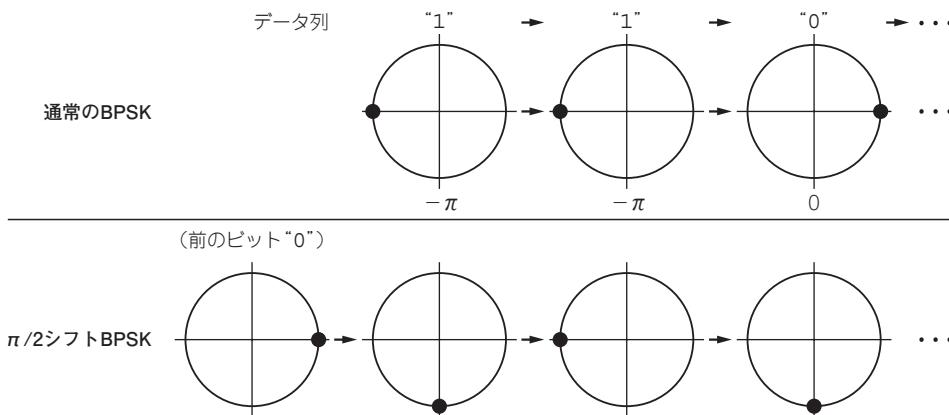
BPSKでは、位相シフトは通常0か π の2相ですが、隣り合うタイム・スロットの位相差を $\pi/2$ とする変

調方法があります。これが「 $\pi/2$ シフトBPSK」です。

通常のBPSKでは図3に示すように、例えばデータ“0”に0相、データ“1”に π 相が常に対応します。

一方、 $\pi/2$ シフトBPSKでは、データ“0”には前のビットの位相を $\pi/2$ 進ませる、つまり $\pi/2$ を加える、データの1には前のビットの位相を $\pi/2$ 遅らせるか、あるいは $-\pi/2$ を加えるように各ビットの位相が設定されます。

図3の例では、前のビットの位相が0相だったとして、送信データが“1”だと $-\pi/2$ を加えるので $-\pi/2$ となり、次にまたデータ“1”を送信するにはさらに $-\pi/2$ を加えるので $-\pi$ となります。つぎにデータ0を送信するには $\pi/2$ を加えるので、送信位相



〈図3〉通常のBPSKと $\pi/2$ シフトBPSKの時系列データと位相推移