

無線と高周波の技術解説マガジン

RFワールド

RADIO FREQUENCY

www.rf-world.jp

トランジスタ技術 増刊

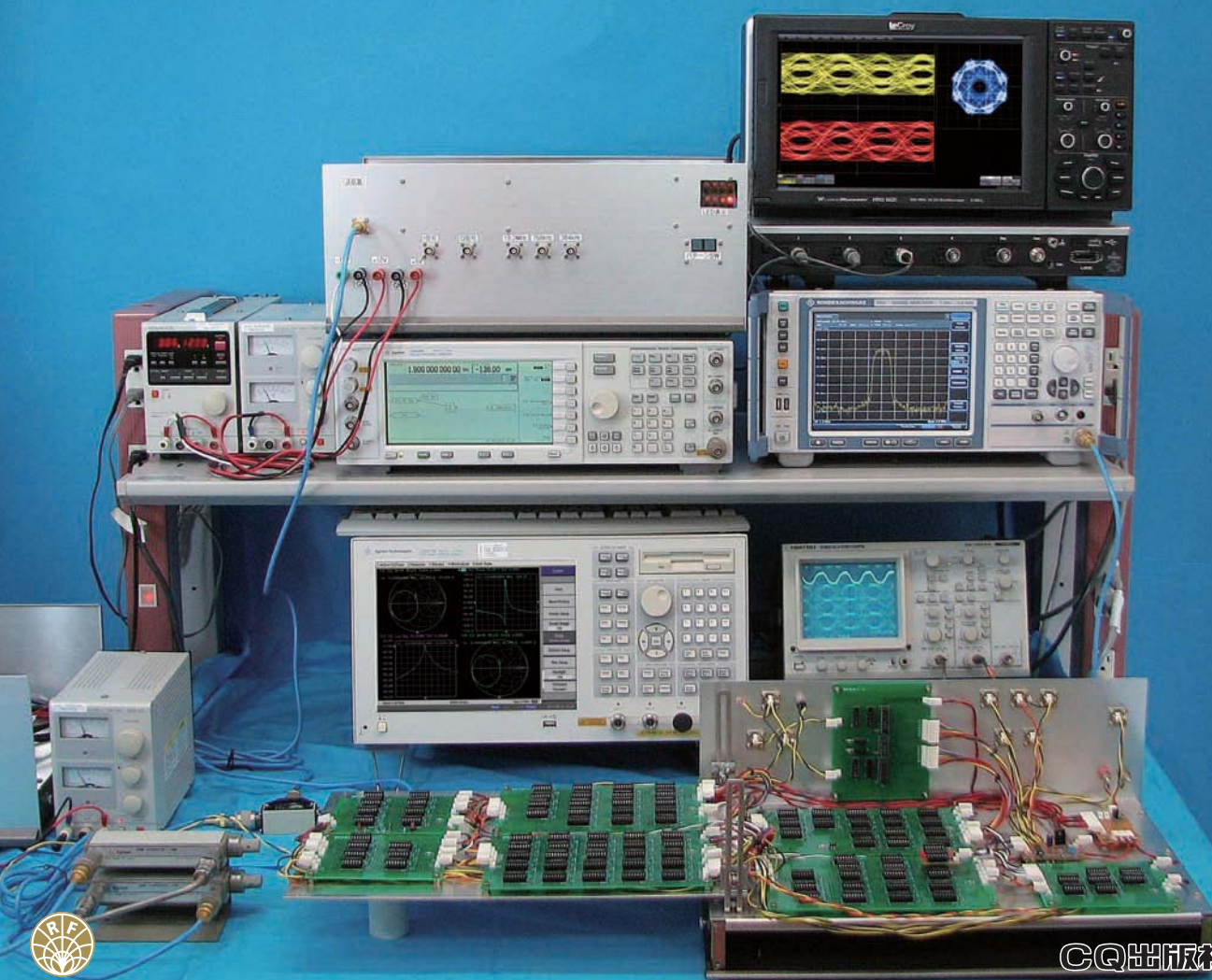
特集 業務用デジタル無線機で主流の変復調方式がわかる！
手作りで学ぶ $\pi/4$ シフトQPSK

特設記事 エネルギーハーベスティング無線スイッチ&無線センサ EnOcean

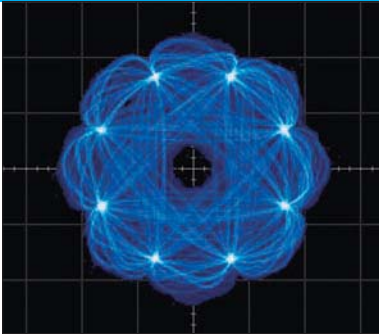
折り込み付録 無線LANや無線PANなどの周波数チャート ほか

No.23

見本



©CQ出版社



第1章 PETボトル・モデルを作って周波数、位相、負の周波数などを理解しよう

正弦波のおさらい

小池 清之
Kiyoyuki Koike

変調に使われる搬送波は、高い周波数の交流電気信号、すなわち高周波信号です。そしてその信号波形は、単一の周波数成分しか持たない正弦波です。ここでは、その正弦波信号の成り立ちや性質について復習しておきましょう。変調の基礎やここで取り上げるπ/4シフトQPSK、そしてその先にあるさまざまな変調を理解するうえで、どうしても正弦波に関連した数式が必要となるので、その数式の意味するところのイメージにも触れたいと思います。

1.1 正弦波のグラフを体感する

オシロスコープで交流信号を観測したときに見られるあのウネウネしたカーブは高校の教科書に出ている三角関数のグラフそのものです。ところが日頃、計測をしているのに、それと学校で習ったことが乖離していることはよくあります。実務では「理解を待っている暇はない」という状況がしばしばあります。ですが、それに甘んじていると、問題が起きたとき完全にお手上げになりかねません。高校レベルの数学を復習して、理論と実践の対応付けをしっかりと行えば、これだけでもかなり多くの事柄を理解できます。

1.1.1 三角関数を復習

図1.1は高校の数学の教科書に記されている三角比の説明図です。今改めて見ると、信号空間配置図にそ

っくりです。教科書によれば、

$$\sin \theta = \frac{y}{r} \dots\dots (1.1) \quad \cos \theta = \frac{x}{r} \dots\dots (1.2)$$

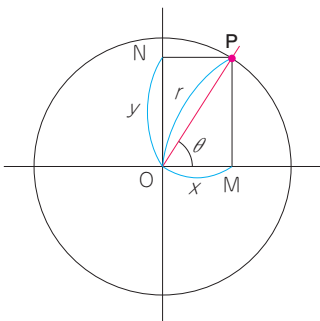
$$\tan \theta = \frac{y}{x} \dots\dots (1.3)$$

と定義されています。これらは、直角三角形の各辺の長さの比で、数学的な決めごとなので、ここに関してはそういうものだと思うしかありません。

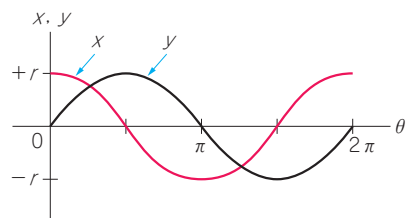
図1.1において、*r*を一定の値に固定し、*θ*を変えると点Pの軌跡は円を描き、*x*や*y*の値も変わります。このような*θ*と*x*や*y*の関係を「関数」といって、図1.2のようなグラフを描くことができます。そういえば高校の数学ではこの辺からさつくなったなという方もいらっしゃるでしょう。変調の諸々の理論はこの高校数学の復習でかなり事足ります。少し我慢してお付き合いください。sin *θ*を例に図1.1と図1.2の関係を説明します。式(1.1)は次のように書き直すことができます。

$$y = r \sin \theta \dots\dots\dots (1.4)$$

これは図1.1の*y*のことですから、くどいようですが言葉で書けば、まず原点Oを中心に半径*r*の円を描き、次に角度*θ*を決めて原点Oから線分OPを引き、それを縦軸に投影した線分ONの長さが*y*になります。この状況に対して角度*θ*を変えて*y*の値がどうなるかを調べ、*θ*を横軸、*y*を縦軸にしてグラフを描くと見慣れた図1.2になるのですが、ここでもうすでに嫌になってしまいますね。今回の特集は作って学ぼうという主旨なので、この部分も製作を取り入れたいと思います。



〈図1.1〉三角比の説明



〈図1.2〉三角関数のグラフ

1.1.2 三角関数をもの作りで理解しよう

用意するものは写真1.1に示す円筒形のPETボトルとヘアゴムです。PETボトルの円筒部分を切り出してから、錐で2か所ヘアゴムを通す穴をあけます。ヘアゴムの一端を片方の穴に外から挿し込み、内側で結び目を作ります。ヘアゴムを反時計方向にぐるりと回転させて反対側の穴まで導き、同様に穴をくぐらせて内側に結び目を作ります。これで完成です。

写真1.2(a)のようにPETボトルを覗くように見れば図1.1のイメージです。これに対し写真1.2(b)のようにPETボトルを横から見れば図1.2のグラフと同じ波形が現れます。写真1.3(a)のような円形のボール紙を用意して線分 \overline{OP} (動径という)を引いて、適当な棒にくくりつけ、点Pがヘアゴムに沿うように棒を回転させ前後に移動してみる〔写真1.3(b)〕とより理解が深まると思います。

1.2 角度について

このPETボトルの円筒に 90° ずつ印をつけましょう。図1.3にその方法を示しました。まず適当な紙をテープ状に切ってPETボトルに巻きつけます。1周になるところに印をつけ、いったん取り外し、印の位置で切断します。紙テープの端と端を合わせて半分に折

ります。さらに半分に折って、紙に折れ目をつけましょう。この紙テープをもう一度PETボトルに巻きつければ、1周 360° が4等分された位置に折り目が来るので 90° の位置がわかります。そんな当たり前のことを読ませるな!と怒らないでください。これはまさに弧度法による角度の定義なのです。

1.2.1 弧度法とは、度数法とは

上の操作はPETボトルの外周に描いた弧の長さで角度を測ることができることを意味しています。今、図1.4のように、ある角度に対する弧の長さを ℓ mとすると、同じ角度でもPETボトルの半径 r mによって ℓ は変わってしまいます。それでは角度の定義としてふさわしくないので、半径 r で割った $\theta = \ell/r$ を採用します。この量なら、半径 r が変わっても同じ角度は同じ値となります。これを「弧度法」といい、その単位はラジアン(radian)で表します。弧度法と図1.1の関係を改めて描き直したのが図1.5です。弧度法に対し、日頃使い慣れた1周を 360° で表す方法は「度数法」といいます。単位はご存じのように度や $^\circ$ が使われますが、deg(degree)で表すこともあります。

図1.3に示した紙テープの長さはPETボトルの半径を r cmとすれば、PETボトル1周の長さですから $2\pi r$ cmです。ですから1周到る角度は弧度法では $\theta = 2\pi r/r = 2\pi$ radなのです。



(a) 材料

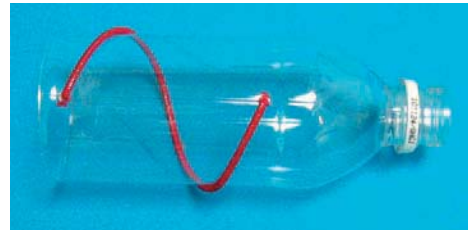


(b) 完成イメージ

〈写真1.1〉正弦波を理解するための教材(PETボトル・モデル)



(a) PETボトルを正面から覗いてみる



(b) PETボトルを横から眺める

〈写真1.2〉教材の使い方



(a) 補助具(プラスチックの編み棒とボール紙)



(b) 動径の動きを確認

〈写真1.3〉動径の動きを確認するための補助具

見本

このPDFは、CQ出版社発売の「RFワールド No.23」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MTR/MTRZ201308.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

雑誌 06664-08

Ⓒ-2013.9/29



4910066640835

01800