

# デジタル無線通信 1… QPSK 変調信号の生成&送信

藤井 義巳

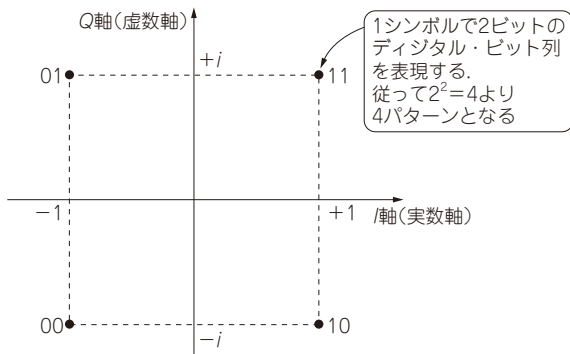


図1 QPSK変調信号をI-Q平面上にプロットしたものがコンスタレーション表示

特集では、デジタル変調の原理を説明した際にQPSK変調方式についても学びました。本章では、前半でQPSK変調信号を生成する過程を説明し、後半は生成したQPSK変調信号をADALM-PLUTOを使って送信し、RTL-SDRで受信します。また、Pythonで作成した簡易的なスペクトラム・アナライザで受信信号の波形を確認してみます。

## ビット列とQPSK変調のコンスタレーション

### ● QPSK変調波をI-Q平面にプロットする

特集で見てきたように、QPSK変調波のベースバンド信号において、1つのシンボルのI-Q表現は図1と表1のようになります。破線で示した正方形の4つの頂点それぞれにデジタル・ビット列の2ビットずつが割り振られることから、1シンボルで2ビットのデジタル・ビット列を表現する能力を持っていることが分かります。

2ビットで表すことができるビット列は、00, 01, 10, 11の4パターンなのですが、それぞれをどの位置に割り当てるかが重要で、一般にはグレイ・コードと呼ばれる方式が使われています。

表1 QPSK変調のシンボル値とビット列の関係

| Q軸の値<br>I軸の値 | -i | +i |
|--------------|----|----|
| -1           | 00 | 01 |
| 1            | 10 | 11 |

### ● QPSK変調波のコンスタレーション表示に欠かせないのがグレイ・コード

グレイ・コードは、簡単に説明するとQPSKシンボルのI-Q値でQ軸(虚数軸)の値を固定しておいてI軸(実数軸)の値だけを変化させたときに、必ず2ビットのうちの1ビットだけが変化し、2ビットは変化しないように決められています。I軸の値を+1から-1に変化させると、2ビットのデジタル・ビット列の1ビット目が1から0に変化しますが、2ビット目の値は変化しません。Q軸についても同様です。Q軸の信号が+1から-1へと変化すると、1ビット目は不変で2ビット目の値だけが変化します。

以降では、このグレイ・コードを使ってデジタル・ビット列をQPSKのI-Qサンプルに変換(つまりQPSK変調)する処理をPythonで記述してみましよう。

## QPSK変調機のPythonプログラム

### ● QPSK送信機の基本設計

サンプリング・レートを $d$ [Sps, サンプル/秒]とします。1サンプルで2ビットを表現できるQPSK変調方式の場合、物理層の能力としてはシンボル・レートの2倍の19,200bps(ビット/秒)を伝送できます。

### ● 処理の流れ

ビット列生成/スクランブルおよびQPSK変調信号を作る流れを以下に示します。

#### ▶ビット列生成とスクランブル

- 1, バイナリ・ファイル(形式は特に見ないで)をメモリに読み込む。