

RFワールド

RADIO FREQUENCY

www.rf-world.jp

トランジスタ技術 増刊

特集

ソフトウェアによる無線信号処理の実際をハンズオン形式で学ぶ
らくらく! SDR無線機入門

特設記事 超小型衛星FITSAT-1「にわか」と無線システム

折り込み付録 世界のデジタル携帯電話周波数チャートVI ほか

No.22

見本

SDR SdrStudy

信号処理

- 入力切替
 - ライン入力
 - 発振器
 - ファイル
 - ノイズ
 - I/Qリバース
- 第1ミキサ
 - オン
 - スライダー
 - リバース
 - 局発周波数: 1000 Hz
 - 受信周波数: 0 Hz
- フィルタ
 - オン
 - FIRタップ数: 255
 - 上限周波数: 3000 Hz
 - 下限周波数: 300 Hz
 - 設定反映
- 第2ミキサ
 - オン
 - AGC
 - 局発周波数: -1500 Hz
 - 動作テスト
 - 設定リセット
- 検波
 - SSB
 - AM
 - FM
 - スルー
- 変調
 - オフ
 - AM変調
 - FM変調

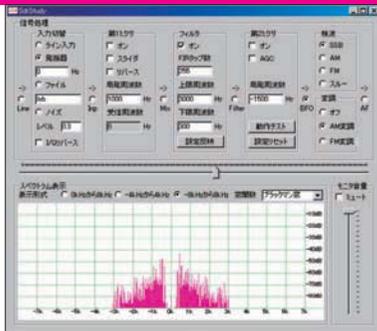
スペクトラム表示

表示形式: 0kHzから8kHz -4kHzから4kHz -8kHzから8kHz

窓関数: ブラックマン窓

モニタ音量: ミュート

RF



第1章 Excelを使ってミクサやFIRフィルタを体験する

ミクサの初歩を徹底的に理解しよう

中本 伸一
Shinichi Nakamoto

Radio Frequency
RF信号のデジタル処理に関する解説は多々ありますが、たいいては複素数を使った数式によるものでした。実はその処理を理解するのに、複素数が必須というわけではありません。SDRではRF信号のデジタル処理をソフトウェア(プログラム)で行います。

そこで本稿は、SDRの内部で行われているデジタル信号処理について、複素数を使わずになるべく平易に解説してみます。今までデジタル信号処理の本質を理解できていなかった読者にも、確実に基本原理を理解してもらえるだろうと思います。

また、新たな試みとして、読者自身が表計算ソフトのExcelを操作して実習する「ハンズオン形式」でRF信号のデジタル信号処理を体験してもらいます。信号処理の結果をグラフ表示することで、SDRのプログラム内部で行われている信号処理の理解を深めることができるはずです。

1.1 SDRは超難解？

1.1.1 SDRの本質はソフトウェアによるデジタル信号処理

ソフトウェア無線“SDR”(Software Defined Radio)の本来の意味は、ソフトウェアを変更すれば、新しい無線通信方式に対応できることを目的とした、無線機器の全体を指します。従来はアナログ回路で構成されていた無線機器をできる限りデジタル回路に置き換えて、RF信号をデジタル処理する技術が、今では当たり前前の時代になりました。

RF信号のデジタル処理は、すでに携帯電話、GPS、地デジ放送、衛星放送、Bluetooth、無線LANなどで普通に使用されています。普段私たちが、とくに意識せずに利用している機器の内部では、黙々とデータをデジタル処理し続けているのです。そのデジタル処理はDSP(Digital Signal Processor)や専用ハードウェア・ロジック回路が担っています。そのデジタル信号処理をソフトウェアで行うのがSDRです。

アナログ世代の無線技術に慣れ親しんでいる方にと

って、SDRは一見するとブラック・ボックスなので、なんとなく近寄りたいたいという方が多いかもしれません。しかしSDRを理解することは、現在の無線技術を理解するための入り口だと思います。

そこで本稿では、アナログ世代の方々にも、SDRを十分に理解してもらえるように、ブラック・ボックスの中身をなるべく平易に解説してみようと思います。

1.1.2 虚数が出てくるといきなり難解になる

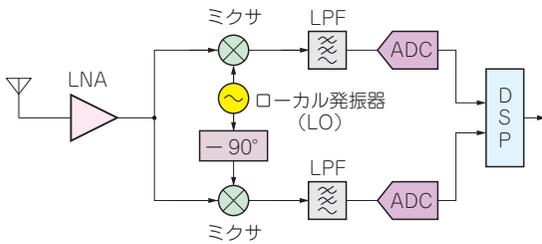
デジタル信号処理に関する解説は、しばしば本誌にも登場していました。しかし、いまいよくわからなかったという方が多いと思います。恐らくその原因の一つは、難解な数式を多用して説明しているからだだと思います。

特に複素数(実数に虚数を加えたもの)は曲者です。虚数は自乗するとマイナスになる数ですが、実際の世の中には、そんなものは存在しないので、余計に難解に感じてしまうかもしれません。多くの著者の方々が、虚数を使ってSDRの動作原理を説明するのは、その方が説明が簡単になるからです。

確かにSDRの動作原理を虚数なしで解説するのは骨が折れます。しかし本稿では、あえて虚数を使わずに、多くの誌面を割いて、じっくり説明することに挑戦してみます。こうした理由から、本稿はかなり長いのですが、最後までお付き合いいただければ幸いです。

1.1.3 SDRの内部では虚数など使用していない

図1.1はシンプルなSDR受信機の大まかなブロックです。よく見るブロック図ですよ、アンテナから入った信号がLNAで増幅されて、ミクサに送られます。ミクサの出力はA-Dコンバータでデジタル・データに変換されます。あとはDSPで、その信号を高速に処理して、音声やデジタル・データなどの必要な信号に変換します。図中の“DSP”は計算専用のICであるDigital Signal Processorと考えていただいても、ハードウェア・ロジックまたはソフトウェア(プログ



SDRにはミクサが二つ使われている場合が多い。DSPはデジタル信号プロセッサやSDRのソフトウェアによるデジタル信号処理

〈図1.1〉シンプルなSDR受信機のブロック図

ラム)によるデジタル信号処理(Digital Signal Processing)と考えていただいてもかまいません。

ここで確認しておきたいのは、ミクサの出力は、単に電圧が変化する信号に過ぎないことです。その電圧をA-D変換して得られるデジタル・データは、単なる整数なのです。その整数をDSPで計算処理を行い、必要な信号を取り出します。つまりDSPの内部では虚数など存在しません。単に数字と数字を乗算したり、加減算するだけです。

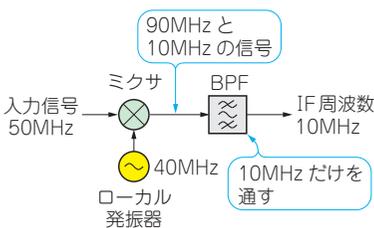
DSPと聞くと、魔法の半導体のように感じますが、実際には計算がバカっ早いだけの、ただのマイコンに過ぎません。また、SDRの処理プログラムといっても、実はずごく単純な演算が行われているだけなのです。

1.1.4 ExcelでSDRの信号処理を体験する

本稿ではマイクロソフト社の表計算ソフトであるExcelを使用して、ユーザ自身がハンズオン形式でSDRの信号処理を行い、その結果をグラフ表示することで、SDRによる信号処理の理解を深めていくことにします。

まずパソコン上でExcelを起動してください。もしExcelをお持ちでない方はOpen Officeでも、Googleドキュメントでも、同様に操作できるはずです。

またExcelの操作が苦手な方、またはExcelをお持ちでない方は、マイクロソフトのサイトから、無料でExcel Viewerがダウンロードできるので、本誌のダウンロード・サービスからダウンロードして、Excel



〈図1.2〉50 MHzの信号を10 MHzに変換する

ワークシートのグラフを眺めるだけでも、十分にSDRの理解の助けになると思います。

1.2 ミクサのおさらい

1.2.1 ミクサってなに？

アナログ受信機でもデジタル受信機でも、実用的な受信機は、必ずミクサ(混合器)を使用します。

スーパーヘテロダイン方式にしる、ダイレクト・コンバージョン方式にしる、必ずミクサを使用して、受信周波数をより低い中間周波数に変換しています。

ではミクサとは、どういう原理で動作しているのでしょうか？一般的に知られているミクサの機能は、周波数変換です。つまりローカル発振器(局部発振器)の信号と混合して、入力信号の周波数を変換する動作です。例えば図1.2のように50 MHzの信号を10 MHzのIF(中間周波数)に変換して受信する例を考えてみます。

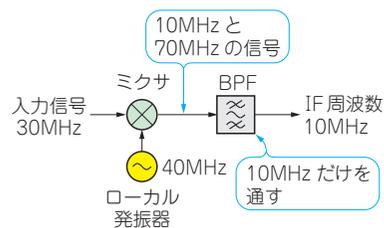
40 MHzのローカル信号を用意して、ミクサで混合すると、ローカル信号の40 MHz分だけ、周波数が低くなった10 MHzに変換されます。実際には40 MHz分だけ、周波数が高くなった90 MHzの信号も生成されますが、10 MHzと90 MHzは、かなり周波数が離れているので、コイルLとコンデンサCによる簡単なBPFで、10 MHzの信号だけを容易に取り出すことができます。またBPFの通過周波数を変えると、90 MHzの成分だけを取り出すこともできます。これは送信機向けのアップ・コンバータとして動作している状態です。

このように、ミクサは周波数を足したり引いたりする仕事をします。

1.2.2 ミクサにはイメージ混信がつきもの

● イメージ混信のおさらい

困ったことに上記の回路で、もしアンテナから30 MHzが入ってくる(図1.3)と、40 MHzのローカル信号と混合されて、やはり10 MHzの信号に変換されます。つまりこのままでは、50 MHzと30 MHzの両



〈図1.3〉30 MHzの信号も10 MHzに変換されてしまうからイメージ混信になる

見本

このPDFは、CQ出版社発売の「RFワールド No.22」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/MTRZ201305.htm>

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

