

キーはシン
ブルな高速
フィルタ

第6章

電波の数十Mpsps超をCPUが扱える
データ速度にスローダウン！

無線の基礎信号処理⑥ 「サンプリング・レート変換」

西村 芳一 Yoshikazu Nishimura



サンプリング・レートを上げたり 下げたりする理由

● SSB受信の場合

▶電波を直サンプリングした数十Mpspsの高速データを間引いて計算時間を稼ぎたい

今回製作したデジタル信号処理メイン・ボード基板 (TRX-305MB) の場合、信号は65 Mpsps (sps ; samples per second) でサンプリングされています。そのまま65 Mpspsで処理を続ければ、いたるところで超高速な処理を行わなければなりません。いくら高速に処理できるFPGAでも、回路資源が限られているので簡単な処理しかできません。

▶最終的にほしいのは8 kpsps程度の音声データだったり

SSBの信号を復調しようとした場合、最終的に必要な帯域は音声信号のわずか3 kHzです。3 kHzを処理するために、65 Mpspsのサンプリングは無駄に速すぎます。3 kHzの帯域であれば、サンプリング速度は8 kpspsもあれば十分ですから、65 Mpspsのサンプリングを数kpspsに落とすのが最適です。

このようにサンプリング・レートを落とすことを、**ダウンサンプリング (down-sampling)** や **サブサンプリング (sub-sampling)** と呼んでいます。

● SSB送信の場合

▶8 kpspsの音声データを1 Gpspsの変調波に変えて送信
逆に、送信側のデジタル信号処理の場合、マイククロホンなどの3 kHz幅のオーディオ信号を最終的に1 Gpspsなどの高いサンプリング・レートに変換する必要があります。このサンプリング・レート変換を**オーバーサンプリング (over-sampling)** と言います。

サンプリング・レート変換の作法

● サンプリング後もアナログと同じ連続信号

デジタル化は、連続のアナログ量を等間隔に並んだインパルス列に変換する作業ですから、インパルスとイ

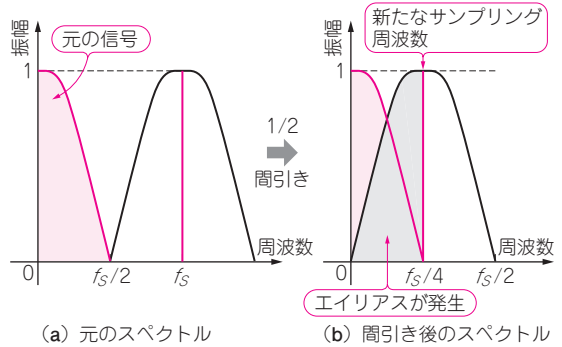


図1 データを抜き取るだけのサンプリング・レート・ダウンをすると雑音スペクトルが発生して元の信号に混じって大きく歪む
デシメーション・フィルタ(後述のハードウェア実装に向くCIC型がいい)による前処理が欠かせない

ンパルスの間は不連続ではなく連続につながっています。インパルス列のいたるところで微分可能なので、とびとびではなくいたるところで連続です。要するに、サンプリングする前のアナログ信号が、連続ナインパルス列波形に形を変えただけです。これをサンプリングと呼びますが、そのアナログと同じ連続量であることを忘れてはいけません。インパルスとインパルスの間はほとんどゼロなので、省略してピークのところだけをサンプル値として信号処理では扱いますがゼロを忘れてはなりません。

● 間引いてデータ数を減らすだけでは元の信号が歪んでしまう

ダウンサンプリングでサンプリング周波数を落とすには、単にサンプル間のゼロを間引けばOKです。

これは、元の信号の帯域が必ず3 kHz以下しかないとわかっている場合だけに成り立ちます。現実には、65 Mpspsでサンプリングすると帯域外のノイズやその他の信号成分が含まれ、間引きによってそれらが本来の信号と混合して歪みが発生します。

● サンプリング・レートを下げるときの作法

▶間引く前に、間引きによって生じる周波数成分を取

イントロダクション

1

2

3

4

5

6

7

8