

# 処理1：高速A-Dコンバータ によるFM信号の取り込み

高橋 知宏

いよいよ信号処理の過程を、順を追って解説していきます。最初はアンテナから入力された信号をA-Dコンバータでサンプリング(取り込み)してみます。

## A-Dコンバータによる信号の取り込み

### ● A-D変換の基本…取得したい信号の2倍以上の周波数でサンプリングしないとイケない

信号をソフトウェアで数値処理するためには、信号のもつ周波数に対して、2倍以上のサンプリング周波数でA-D変換して取り込む必要があります。これをサンプリング定理といいます。理論の確立に携わったハリー・ナイキストの名前からナイキスト定理ともいいます。サンプリング周波数 $f_s$ に対して、表現できる周波数の上限をナイキスト周波数といいます(図1)。

サンプリングのようすを図2に示します。通常のサンプリングであれば、入力信号の周期に比べて、十分短い周期でサンプリングを行います。この十分短いというのが入力信号に比べて2倍以上の速さのサンプリング周波数が必要というのがサンプリング定理の意味です。

入力信号がナイキスト周波数 $f_s/2$ 未満であれば、サンプリングした結果も入力と同じ周波数に信号が得られます。これが通常のA-Dコンバータのサンプリングです。

今回の目的であるFM放送のRF信号は、80MHz近辺の周波数の信号です。この原理に素直に従えば、80MHz付近の信号を取り込むためには、サンプリング周波数が160MHz以上である必要があります。このように高速なA-Dコンバータは、非常に高価であることに加え、生成される大量のデータを受信し、処理するためにも特別なハードウェアを必要とします。

### ● 低いサンプリング周波数で高い周波数信号を取り込む方法…アンダーサンプリング

ところが、このように高速なA-Dコンバータを使用しなくても、高い周波数の信号を取り込む方法があり、アンダーサンプリングといいます(図3)。アン

ダーサンプリングは、高速に変化する信号を遅い周期でサンプリングします。周期は遅いのですが、サンプリングはごく短時間に完了していることがポイントです。

サンプリングのようすを図4に示します。

ナイキスト周波数を越えた場合は、入力した信号よりも遅いサンプリングを行うと、元の波形が再現されていません。しかし、見た目には再現されてはいるのですが入力と出力は関連していません。例えば、入力が正弦波であれば、出力は周期の長い正弦波となります。実は、入力信号の周波数と、サンプリング周波数の差の周波数をもつ信号が出力されています。

図3に示すように、スペクトラムで見ると、入力信号が $0 \sim f_s/2$ の範囲に移ってきています。

### ● A-D変換(サンプリング時)の課題…エイリアス

普通A-Dコンバータでアナログ信号を取り込む場合には、ナイキスト・フィルタを置くことにより、 $f_s/2$ 以上の信号が入らないようにします。

もし $f_s/2$ を越える信号があった場合には、 $f_s/2$ の整数倍を周期として折り返されて、 $f_s/2$ 未満の信号と重なってしまいます。これがエイリアスというひずみです(図5)。

逆にいえば、入力信号が $f_s/2$ を超えていたとしても、その範囲が、

$$\frac{n}{2}f_s \sim \frac{n+1}{2}f_s$$

の範囲に限定されているのであれば、 $f_s$ でサンプリングすることにより、出力の周波数範囲が $0 \sim f_s/2$ に移されるものの、重なり合うことはありません。元の情報はすべて保持されており、ひずみを発生せずに取り込めることとなります(図6)。

### ● 実際にアンダーサンプリングを実現するには

通常の使い方では、不要な信号成分が入らないよう、A-Dコンバータの手前にローパス・フィルタを置きます。アンチエイリアス・フィルタともいいます(図7)。