



フィルタ設計のブレークスルー!

数式なしで分かる デジタル・フィルタ入門

吉澤 清

Kiyoshi Yoshizawa

第6回 アナログ・フィルタでしか除去できない雑音

今回説明するオーバーサンプリングなどのデジタル信号処理に欠かせないのがA-D変換回路とD-A変換回路です。このA-D変換処理やD-A変換処理が行われるときに発生する雑音はFIRフィルタでは除去できません。FIRフィルタはデジタル信号処理回路なので、アナログ信号に直接触れることができないのです。

今回は、A-D変換とD-A変換のときに生じる二つの雑音発生のメカニズムと、雑音を除去するアナログ・フィルタ設計のトレードオフについて説明します。

A-D変換前の周波数 $0.5 f_s$ 以上の雑音

A-D変換処理は、入力されたアナログ信号をサンプリング・クロックのタイミングで抽出(ストロブ)されたデジタル・データ列に変換します。図6-1に示すように、三つの回路で処理されます。図6-2に示すのは各処理ブロックの信号波形です。

■ A-D変換時に行われる 三つの処理と雑音の発生

● 処理1： $0.5 f_s$ 以上の雑音を除去する「アンチエイリアシング・フィルタ」

サンプル&ホールド回路で、入力信号にサンプリング周波数の半分 ($0.5 f_s$) を超える周波数成分が含まれていると、折り返し(エイリアシング)と呼ばれる雑音が信号帯域内に発生します。 $0.5 f_s$ を超える周波数成分は、サンプル&ホールド回路の前で十分に減衰させておく必要があります。

この時点の信号はアナログなので、アナログ・フィルタまたはスイッチト・キャパシタ・フィルタでしか帯域を制限できません。

● 処理2：単位時間ごとの信号にばらす「標本化」

正確な時間間隔のサンプリング周期ごとに、アナログ入力信号の電圧値を保持して、サンプリング・クロックの立ち上がりで(前段で帯域制限された)アナログ信号を取り込みます。サンプル&ホールド回路は、クロック入力の片側エッジでアナログ入力信号を零次ホールドし、次のサンプリング・クロックの立ち上がりまで、振幅値を保持しています。

▶ 折り返し雑音の発生

単位時間ごとの振幅値を保持する処理を標本化(サンプリング)と呼び、この処理が行われるときに雑音が発生します。

図6-3に示すように、サンプリング周波数が f_s のとき、 $f_s/2$ を超える不要な周波数成分 f_x を標本化すると、 $f_x - f_s/2$ の周波数成分が生まれ、信号帯域に紛れ込みます(サンプリング定理)。これを折り返し雑音と呼びます。

この折り返し雑音を除去するためには、サンプル&ホールド回路の前段で、 $f_s/2$ の周波数成分を除去するアンチエイリアシング処理が必要です。サンプリング前の処理ですから、アナログ・フィルタ(LPF)で除去する必要があります。

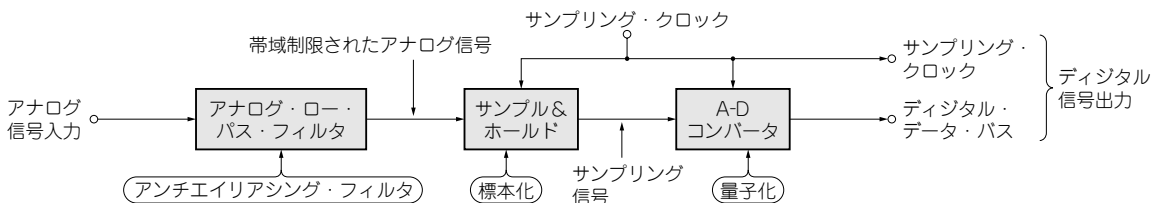


図6-1 A-D変換に必要な三つの処理ブロック