

第9章 低雑音! 低ひずみ! 切れ味鋭い!

デジタル-アナログ 変換用アナログ・ フィルタの作り方

加東 宗 Takashi Kato

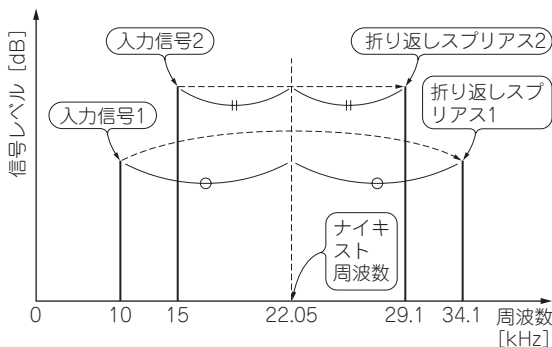
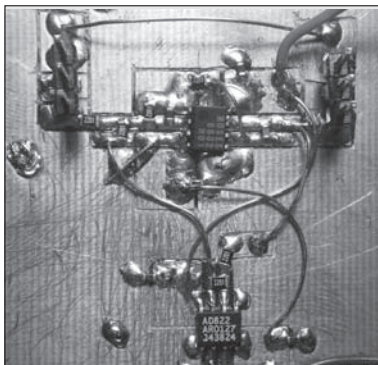


図1 A-D変換後(D-A変換前)のデジタル信号には入力のアナログ信号(入力信号1と入力信号2)にはない雑音信号(スプリアス)が含まれている

ナイキスト周波数に対して折り返しスペクトルが出る周波数軸上のイメージ信号のことを折り返しスプリアスと呼ぶ。またこの折り返しスプリアスが生じる現象をエイリアシングと呼ぶ。デジタル・オーディオ信号をアナログ信号に戻すときは折り返しスプリアスを除去するフィルタが必要である

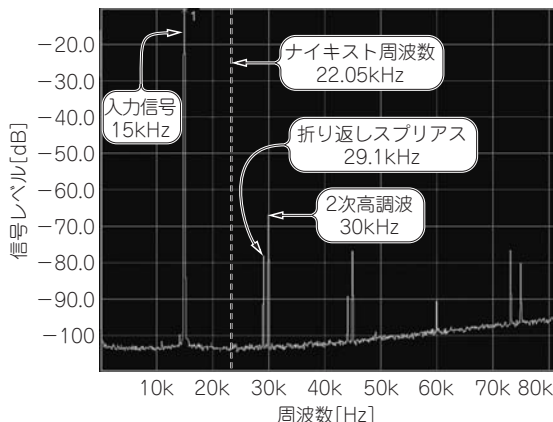


図2 PCM2704のエイリアシングを実測したスペクトラム
測定器: N9020 MXAシグナル・アナライザ(キーサイト・テクノロジー)
ナイキスト周波数は22.05 kHz。折り返しスプリアスと2次高調波が接近している

本稿では、D-Aコンバータ出力に置くローパス・フィルタを解説します。オーディオでもよく使われる7種類のフィルタ回路の特徴と応用例、注意点を解説します。

フィルタ回路はカットオフ周波数などの性能を、設計者自身がシステムに合わせてカスタマイズするため、伝達関数を使って周波数特性を求める必要があります。本稿では、その方法を説明します。

アナログ・フィルタの必要性和要件

■ 必要性

- 折り返しスプリアスを取り除く…アンチ・エイリアシング・フィルタ

要点①ローパス・フィルタがないとスプリアスやノイズが残留する

デジタル・オーディオではD-AコンバータにしてA-Dコンバータにして、ナイキスト周波数を境界にした雑音(イメージ・スプリアス)の発生が問題になります。ナイキスト周波数とは、サンプリング周波数の半分の周波数です。この周波数がD-Aコンバータで信号を再現できる上限です。図1はそのようすです。サンプリング周波数44.1 kHzの場合、ナイキスト周波数は22.05 kHzです。15 kHzのデジタル・オーディオ信号をD-Aコンバータから出力すると29.1 kHzにその折り返し雑音が見えます。この折り返し雑音は、デジタル化される前のアナログ信号に存在しない信号です。この現象をエイリアシングと呼びます。ΔΣ型D-AコンバータPCM2704のエイリアシングを実測したスペクトラムを図2に示します。

「この雑音は可聴周波数以上だから」と放置すると他の信号と混じり合って可聴周波数の信号をひずませます。これを相互変調ひずみといいます。不要な信号はできるだけ減衰させる必要があります。この折り返しスプリアスの影響を除去するためにD-Aコンバータ出力にはナイキスト周波数以上をカットするローパ