

CDフォーマット“44.1kHz、16ビット”が秘めた可能性を
100パーセント引き出す——STAX CDPは
この難題をみごとに解決しました。

サンプリングとデジタルフィルター

帯域がサンプリング周波数 $f_s = \frac{1}{T}$ (Hz) の $\frac{1}{2}$ 以下の $\frac{1}{4}$ (Hz) に制限された信号 $x(t)$ は、サンプリングされた時系列 $x(nT)$ により次のように表わされます。

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) \times \frac{\sin \pi \left(\frac{t-nT}{T} \right)}{\pi \left(\frac{t-nT}{T} \right)} \dots \dots (1)$$

ここで(a)は、前記のサンプリングされた時系列そのものですが(b)は、帯域 $\frac{1}{4}$ (Hz) の理想LPFのインパルスレスポンスです。ところで(1)式の意味するところを直感的に理解するため、グラフで説明してみましょう。

fig ①

このようにサンプルされた離散値である各時系列がそれぞれ理想LPFの連続値インパルスレスポンス関数で補間され、それらがすべて加算されて元の信号 $x(t)$ に戻るわけです。

ところで、この理想LPFの実現に求められる諸機能としては、まずパスバンドでは、振幅特性においては、可能な限りフラットかつ各周波数コンポーネントの時間軸での分散をふせぐため、すなわち一定の群遅延特性を得るため線形位相特性であること。そしてリジューションバンドでは、できるだけアッテネーションの大きいことがのぞまれます。これらの諸機能を通常のアナログ回路で実現すは、本質的にかなり難かしいため最近、これをデジタル値のままで行なう方法が一般的になりつつあります。

LPFの必要性は、前記したように本来のサンプルされた離散値の間を補間するためのものです。前図のようにサンプル周期の間をすべて連続的に補間せずに、周期の $\frac{1}{2}$ ないし $\frac{1}{4}$ の時点での値のみを、デジタル値のまま補間するのが、2倍ないし4倍オーバーサンプリングデジタルフィルターといわれているものです。2倍オーバーサンプリングデジタルフィルターの実現は、図から容易に推察できるように、本来のサンプルされた各離散値時系列パルスのウェイトをもったインパルスレスポンス群のサンプル周期より $\frac{1}{2}$ 周期ずれた時点での値を総和を、本来のサンプル値と交互に2倍の周期で出力することにより作られています。また、この操作を2回操作することにより、4倍オーバーサンプリングデジタルフィルターが実現され

ます。すなわち、2倍オーバーサンプリングデジタルフィルターの出力を、再度サンプリング周期を $\frac{1}{2}$ にして補間を行なうわけです。このようにある時点での補間値は、本来のサンプル値の過去及び未来のデータを多数使用して計算されるわけですが、この時何点のサンプル値をベースにするかが問題になります。この点数をフィルターの次数といいます。

スタックスCDPに使用されている4倍オーバーサンプリングデジタルフィルターでは、まず最初の2倍オーバーサンプリングが80次、あとの2倍オーバーサンプリングが15次で行なわれています。これは、最終的にある1つの補間値出力が、等化的に173次の4倍オーバーサンプリングデジタルフィルターされたことに等しいわけです ($80 + 79 + 2 \times 7 = 173$)。

デジタルフィルター出力の周波数スペクトルがどのようなものかを、図示します。この図から、時間軸上での時系列データが密になってくるほど、元の原信号のスペクトルパターンに近づいてくるのがお解りいただけると思います。

fig ②

ところで、サンプリングされた信号をDAコンバータによりアナログ信号に戻した場合、その周波数スペクトルの説明に②図がいきなり引用されている間違った解説がしばしばみうけられますが、②図は、各時系列データの保持巾が無限少のパルスの時のスペクトルであり、現実のものではありません。実際には、DAコンバータの出力は、サンプルアンドホールド回路(デグリッチャー回路)により、サンプリング周期の間現在値を保持しますので次のようになります。

これは、巾 $\frac{1}{4}$ のパルスの周波数スペクトルが $\frac{\sin(\pi f T)}{\pi f T}$ であるため、この作用をサンプルアンドホールドによるアパーチャ効果といい、自動的に一種のLPF(Sinc フィルター)を形成することになります。

この効果のため、4倍オーバーサンプリングデジタルフィルターを使用した場合には、サンプルアンドホールド回路の後にさらに特別のLPFを附加しなくとも、充分に実用上さしつかえのないばかりか、よりビューアでトランスペアレントなCDの素顔が体験できるようになったわけです。

fig ③

fig ①

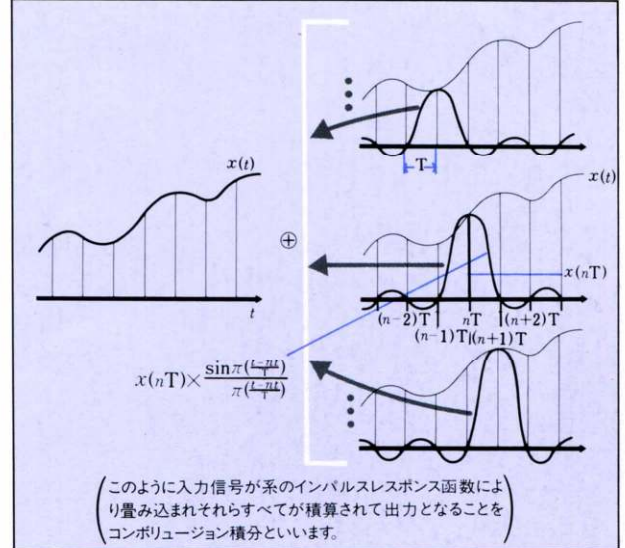


fig ②

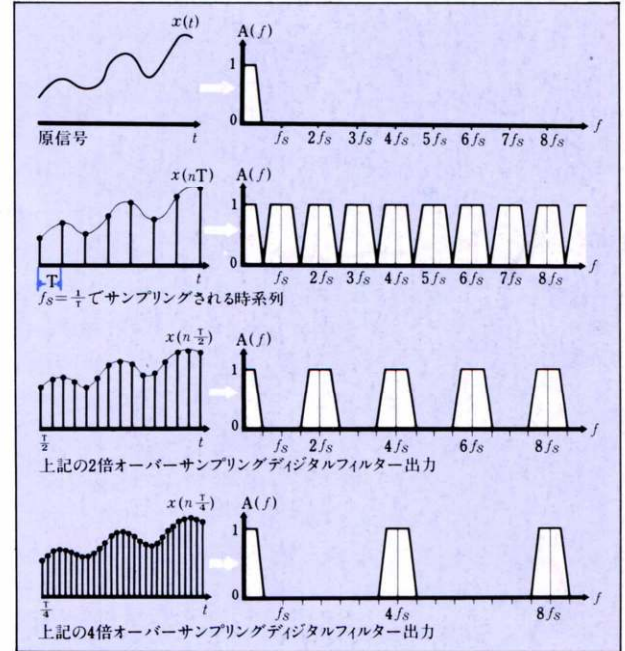


fig ③

