

第2章

信号処理における“フィルタリング”を知ろう アナログ・フィルタと デジタル・フィルタ

本章では、各種信号解析や信号処理において、もっとも基本的な手法であるフィルタリング (Filtering) に的をしぼり、その物理的な意味を説明したあと、実現するシステムを紹介する。代表的なシステム構成例として、電子回路素子である抵抗とコンデンサを用いた“アナログ・フィルタ”、四則演算を利用する“デジタル・フィルタ”を取り上げ、フィルタリングの考え方について解説する。

通信システムや情報処理システムを実現するうえでの基本操作の一つにフィルタリング (ろ波) とよばれる信号処理があります。これは、電子回路や通信に携わる技術者にとって必要不可欠な基礎知識であるといっても過言ではありません。

フィルタリングを実現する“フィルタ”は、LSI 技術やプロセッサの高機能化のハイテンポな進展にともない、その応用範囲を着実に広げています。そこで、アナログ・フィルタとデジタル・フィルタを対比させて、周波数選択性 (周波数成分ごとの分別処理) を中心に、Scilab や電子回路シミュレータ「サーキット・ビューワ」を動かしながら説明を進めていきましょう。

2.1 フィルタリングと周波数特性 (利得, 位相)

一般に、フィルタリングにおける信号の流れは図 2.1 のように表せます。つまり、信号 $x(t)$ がフィルタに入力されたとき、この入力信号がブラック・ボックスを通過することによって $y(t)$ という信号として出力されるという関係があります。このブラック・ボックスで表されるフィルタの特性を明らかにすることが、「アナログ・フィルタ、およびデジタル・フィルタによる信号処理へのアプローチ」に位置づけられます。

たとえば、オーディオ・アンプは音響信号を変換するシステムで、ボリュームつまみで音量 (増幅度) を調整したり、音質つまみ (たとえば、低音、あるいは高音を強めたり、弱めたりする) で周波数特性を自在に変化させることができます (図 2.2)。つまり、音響信号を周波数範囲ごとに分別した各

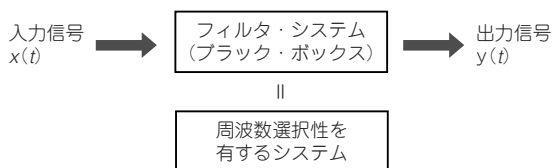


図 2.1 フィルタリングにおける入出力特性

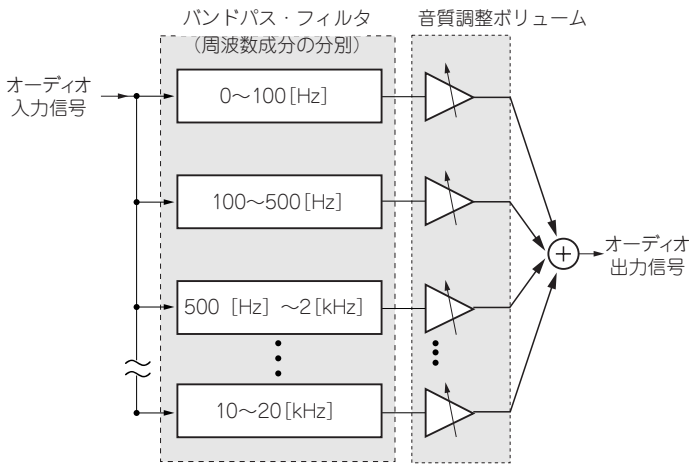


図 2.2 オーディオ・アンプにおける音質調整のしくみ

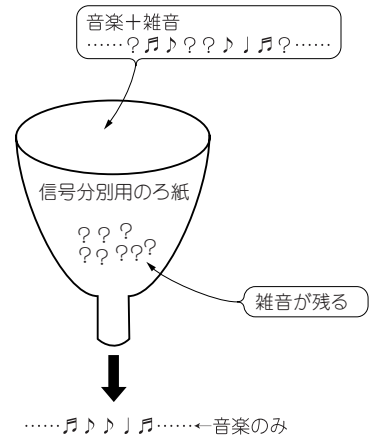


図 2.3 雑音を取り除くフィルタリング

信号に対し、強弱を付けて得られる信号を寄せ集めたものをスピーカから出力します。このうち、周波数ごとに分別するところが**フィルタリング** (信号の切り分け処理) であり、フィルタとして実現できます。

また、雑音を含む場合には、信号を雑音と分別して切り出し、雑音を弱めることにより、信号の抽出が可能となります。このような信号処理のようすは、家庭ゴミの分別処理の作業にたとえることもできます (図 2.3)。たとえば、図 2.4 (a) のデータは雑音を含むデータの例ですが、この図を見ると信号と雑音との変動の激しさの度合い (**周波数**) が違うことに気づきます。この例では、雑音の変動のほうが信号のそれより激しいと仮定できます。つまり、図 2.4 (a) に示す信号と雑音のもつ周波数の高低に着目して、周波数の低いほうが信号、高いほうが雑音と分別することにより、効果的に雑音を除去できることが期待でき、図 2.4 (a) のデータを同図 (c) のフィルタに通すことによって雑音を除去したあとの滑らかに変動する図 2.4 (b) の出力波形が得られます。

一般に、フィルタとは、信号のもつ周波数ごとに、出力をコントロールする機能を有するものであると結論づけられます。その際、フィルタリングの働きを理解するうえで、「入力および出力の信号を測定して、フィルタの周波数に対する応答特性はどう表せるか」、つまりは「入出力信号とフィルタの特性がどのように関係づけられるのか」を知っておく必要があります。

いま、周波数 f [Hz] の入力信号 $x(t)$ として正弦波 (ここでは、 \cos 波とする)、

$$x(t) = X_f \cos(2\pi f t + \theta_f) \dots\dots\dots (2.1)$$

を与えて、

$$y(t) = Y_f \cos(2\pi f t + \varphi_f) \dots\dots\dots (2.2)$$

と表される信号 $y(t)$ が出力され、入出力信号の最大振幅 ($X_f = X(f)$, $Y_f = Y(f)$) と初期位相 ($\theta_f = \theta(f)$, $\varphi_f = \varphi(f)$) の四つのパラメータが得られたとしましょう (図 2.5)。

すると、四つのパラメータから、フィルタの周波数 f における特性が、