

多様な周波数特性のアナログ・フィルタを設計しよう

第8章

アナログ・フィルタの伝達関数設計

本章では、第6章と第7章の解説に基づき、設計仕様を満たすフィルタの伝達関数を見出すまでの処理の流れを示し、Scilabの力を借りてアナログ・フィルタの設計プロセスを体験してもらう。具体的には、ローパス、ハイパス、バンドパス、バンド・エリミネートの各種フィルタについて、バターワース形、チェビシェフ形、逆チェビシェフ形、連立チェビシェフ(楕円関数)形の多様なフィルタ特性を実現する伝達関数が容易に設計できることを示す。

8.1 ローパス・フィルタ(LPF)の伝達関数設計

いよいよ、図8.1に示すローパス・フィルタ(LPF)の設計仕様を与えて、所望の周波数特性(利得)を満たす伝達関数を算出することに挑戦です。

8.1.1 バタワース形LPF(ローパス・フィルタ)

バターワース特性を有するローパス・フィルタの伝達関数 $G(s)$ に対する利得 $|G(j\omega)|$ は、式(6.2)を再掲して、

$$|G(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2N}}} \dots\dots\dots (8.1)$$

で与えられます。

図8.1より、

$$1 - \delta_p \leq |G(j\omega)| \leq 1 \dots\dots\dots (8.2)$$

となる周波数範囲 ($0 \leq \omega \leq \omega_p$) を **通過域** といい、

$$|G(j\omega)| \leq \delta_s \dots\dots\dots (8.3)$$

となる周波数範囲 ($\omega \geq \omega_s$) を **阻止域** といい、通過域と阻止域の間の周波数範囲を **遷移域**、あるいは **過渡域** と呼びます。ここで、 $\delta_p (> 0)$ は **通過域偏差**、 $\delta_s (> 0)$ は **阻止域偏差** と呼ばれ、設計時の許容量に相当し、 ω_p は通過域のエッジ周波数、 ω_s は阻止域のエッジ周波数と呼ばれます。

また、フィルタの特性を言うのにしばしば使われるデシベル [dB] を用いた利得表示 $20\log_{10}|G(j\omega)|$ では、式(8.2)と式(8.3)の設計仕様は、以下のように言い換えられます(図8.2)。なお、利得と減衰量については、**コラム4「dB(デジベル)の定義」**(p.66)を参考にしてください。

通過域 ($0 \leq \omega \leq \omega_p$)

図 8.1
ローパス・フィルタの設計仕様
(リニア表示)

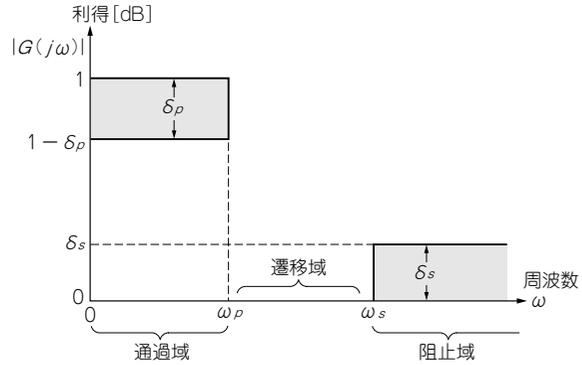
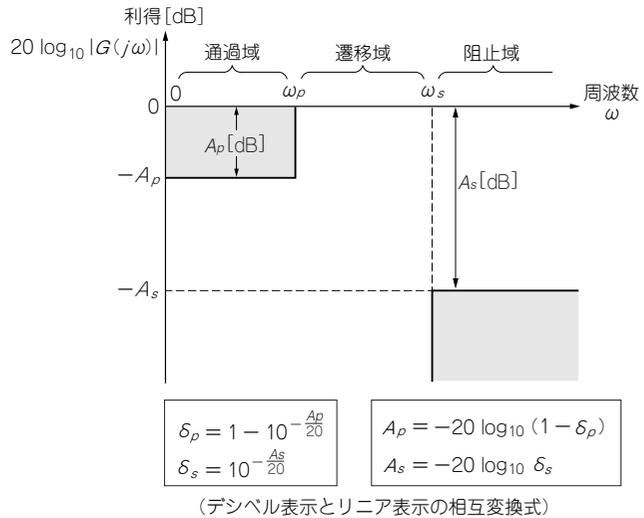


図 8.2
ローパス・フィルタの設計仕様
(デシベル表示)



利得は、 $(-A_p)$ [dB] より大きくします。ここで、 $A_p (> 0)$ は**通過域最大損失量**といい、通過域条件は、

$$-A_p \leq 20 \log_{10} |G(j\omega)| \leq 0 \quad \dots\dots\dots (8.4)$$

と表されます。

阻止域 ($\omega \geq \omega_s$)

利得は $-A_s$ [dB] 以下にします。ここで、 $A_s (> 0)$ は**阻止域最小減衰量**といい、阻止域条件は、

$$20 \log_{10} |G(j\omega)| \leq -A_s \quad \dots\dots\dots (8.5)$$

と表されます。

このとき、通過域最大損失量 A_p [dB] と通過域偏差 δ_p の間には、

$$20 \log_{10} (1 - \delta_p) = -A_p$$

となる関係が成立するので、