

第7章 回路のフィルタでふるいにかける

信号から必要な周波数成分を抽出する実験

宮崎 仁
Hitoshi Miyazaki

必要な周波数成分だけを通過させ、不要な周波数成分を阻止する回路を総称して**フィルタ**と呼びます。

フィルタの実現方法は、

- ①受動素子(コイル L , コンデンサ C , 抵抗 R)だけで構成される**パッシブ・フィルタ**
- ②能動素子(OPアンプ)と受動素子(コンデンサ C , 抵抗 R)を組み合わせる**アクティブ・フィルタ**
- ③アナログ素子ではなくデジタル演算で実現される**デジタル・フィルタ**

の三つに大別されます。

ここでは、各種のアクティブ・フィルタ回路を紹介します。

フィルタの基礎知識 —周波数の違いで信号を分離する回路—

第2章5節で解説したCR積分回路や第6章2-2節

で解説した不完全積分回路は、**カットオフ周波数** f_C より低い周波数ではほぼ一定の増幅率を持ち、 f_C より高い周波数では周波数が高くなるとともに増幅率は0倍に向かって小さくなっていきます。

これらは、低い周波数成分だけを通過させ、高い周波数成分を阻止する**ロー・パス・フィルタ**(LPF, 低域通過フィルタ)としての性質を持っています。

一方、第4章で解説した交流結合回路(CR微分回路)や第6章で解説した不完全微分回路は、カットオフ周波数 f_C より高い周波数ではほぼ一定の増幅率を持ち、 f_C より低い周波数では周波数が低くなるとともに増幅率は0倍に向かって小さくなっていきます。これらは、高い周波数成分だけを通過させ、低い周波数成分を阻止する**ハイ・パス・フィルタ**(HPF, 高域通過フィルタ)としての性質を持っています。

このように、周波数の違いで信号を分離する回路を総称して**フィルタ**と呼びます。

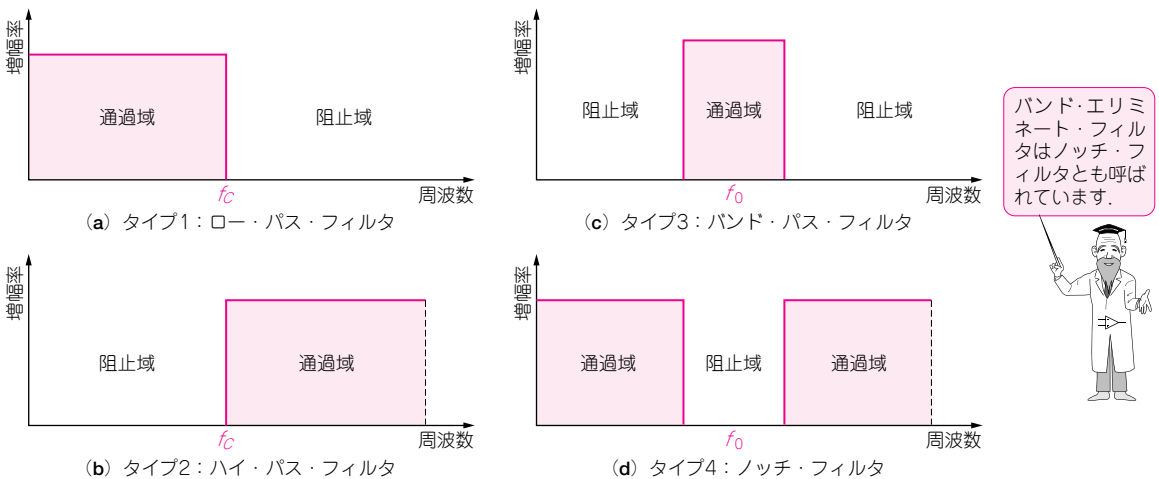


図1 理想的なフィルタの周波数特性

Keywords

フィルタ, アクティブ・フィルタ, 通過域, 阻止域, カットオフ周波数, ロー・パス・フィルタ, ハイ・パス・フィルタ, バンド・パス・フィルタ, バンド・エリミネート・フィルタ, ノッチ・フィルタ, バターワース特性, 多重帰還型

現実のフィルタの特性は通過域から阻止域にかけてゲインがなだらかに変化します。

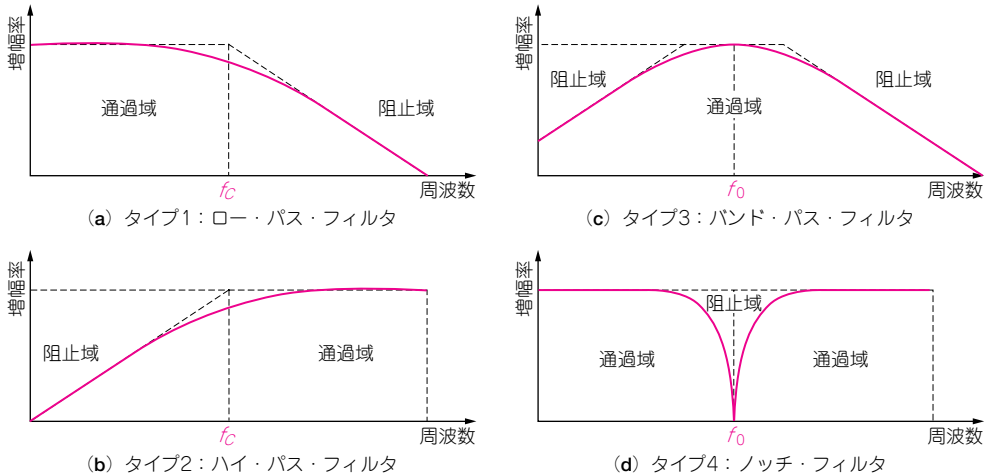


図2 現実のフィルタの周波数特性

● 周波数特性で分けると4タイプある

図1のように、ロー・パスとハイ・パスのほかに、**バンド・パス・フィルタ**(BPF, 帯域通過フィルタ)と**バンド・エリミネート・フィルタ**(BEF, 帯域阻止フィルタ)があります。

バンド・パス・フィルタは特定の帯域だけを通過させ、それ以外の周波数成分を阻止します。逆に、特定の帯域だけを阻止し、それ以外の周波数成分を通過させるのが**バンド・エリミネート・フィルタ**です。バンド・エリミネートだけちょっと名前が長いので、一般には**ノッチ・フィルタ**(ノッチは「切り込み」の意味)とも呼ばれています。

● フィルタの特性を表すためのキー・ワード

▶ 阻止域と通過域

いずれのフィルタも、信号を通過させる帯域を**通過域**、阻止する帯域を**阻止域**または**減衰域**、通過域と阻止域の境界を**カットオフ周波数**(**遮断周波数**)と呼びます。

図1のように、カットオフ周波数をはさんで通過域では増幅率1倍、阻止域では増幅率0倍というのが理想ですが、現実にはそのようなフィルタは作れません。現実のフィルタの特性は、図2のように通過域から阻止域にかけて連続的に変化します。通過域でも増幅率は徐々に下がり、阻止域では一定の傾斜で増幅率が減衰します。

▶ 阻止域のゲイン傾斜特性を表す「次数」

フィルタの阻止域のゲイン傾斜は急にすることもなだらかにすることもできます。傾斜が周波数変化に比例するものを**1次フィルタ**、周波数変化の2乗に比例するものを**2次フィルタ**、周波数変化の3乗に比例するものを**3次フィルタ**というように、フィルタの次数が定義されます。

次数が高いほど、カットオフ周波数から阻止域側での減衰が急激になり、不要な信号を阻止する能力が高くなります。ただし、次数が高くなるほど回路は複雑になり、素子にも高精度が要求されるので実現が難しくなります。

OPアンプとコンデンサ C 、抵抗 R を組み合わせることによって、1~2次のアクティブ・フィルタを作れます。また、3次以上のアクティブ・フィルタは、1~2次のアクティブ・フィルタの直列接続によって作れます。OPアンプを用いないパッシブ・フィルタでは、直列接続すると相互に干渉して特性が変わってしまうので、この方法は使えません。

基本的には、コンデンサ1個(またはコイル1個)が1次の傾斜を作り出します。0.5次とか半端な傾斜は作れません。バンド・パス・フィルタは通過域の両側、ノッチ・フィルタは阻止域の両側に傾斜ができますから、少なくとも2次フィルタになります。

実際のフィルタ回路

● 回路構成がシンプルな1次のフィルタ

1次ロー・パス・フィルタは、図3のように、 CR 積分回路または不完全積分回路で実現できます。増幅率は直流ではほぼ1倍で、ゆるやかに低下してカットオフ周波数 f_c で -3 dB ($1/\sqrt{2}$ 倍)となり、高周波ではほぼ -20 dB/dec (周波数10倍ごとに増幅率は10分の1)となります。動作例を図4に示します。

1次ハイ・パス・フィルタは、図5のように、 CR 微分回路または不完全微分回路で実現できます。増幅率は、低周波ではほぼ 20 dB/dec (周波数10倍ごとに増幅率は10倍)で上昇し、カットオフ周波数 f_c で -3 dB ($1/\sqrt{2}$ 倍)となります。さらにゆるやかに上昇して高周波ではほぼ1倍となります。動作例を図6に