

# フィルタ回路

2020 年度版

本実験では、抵抗  $R$  とコンデンサ  $C$  で構成したフィルタの周波数応答を調べ、フィルタの動作を理解する。

## 1 概要

### 1.1 フィルタとは

フィルタとは、もともとは「濾過する」という意味で、不純物をとりのぞき目的とするものを抽出することを指す。工学における「フィルタ」とは、様々な周波数成分を含む信号から、目的の周波数帯域の信号を取り出すことをいう。その例として、電話がある。電話は音声を電気信号に変えて送るが、人間の声の周波数だけ送ればよいので  $300\text{Hz} \sim 3.4\text{kHz}$  の周波数帯だけを送り、その他の周波数はカットしている。

### 1.2 フィルタの種類

フィルタでは、入力された信号の周波数によって信号を通すかカットするかが決まる。理想的には、信号を通すということはフィルタの利得が 1 ということで、カットするとはフィルタの利得が 0 ということである。

フィルタの種類は周波数の通過帯域により次の 4 つに分類できる。図 1 は各種フィルタの特性を示したグラフで、横軸は周波数、縦軸に利得をとってある。

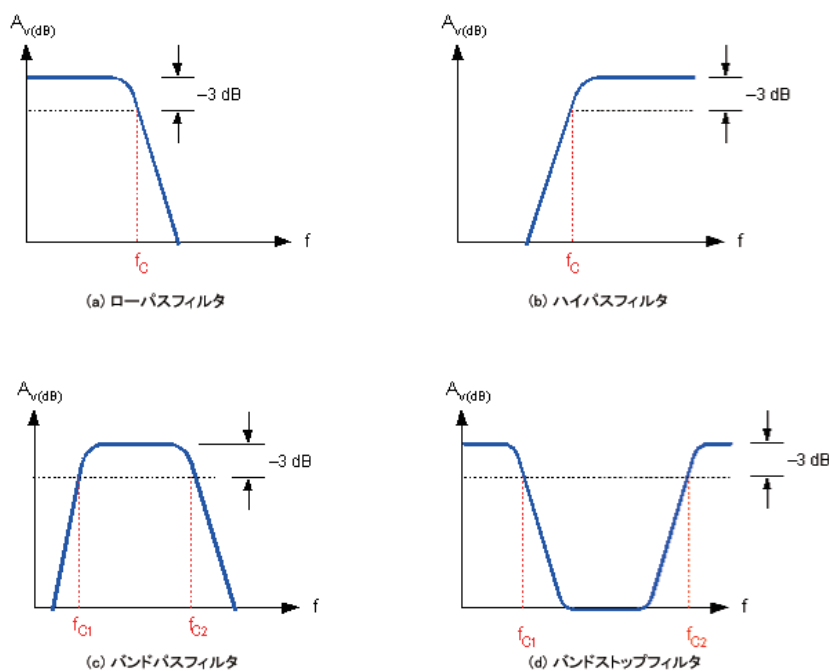


図 1 各種のフィルタ

- ローパスフィルタ（低域通過型フィルタ，LPF）

ある周波数  $f_c$  よりも低い周波数帯域の信号のみを通すフィルタである。 $f_c$  のことをカットオフ周波数と呼び、抵抗やコンデンサなどの回路素子の値から決まる。

- ハイパスフィルタ（高域通過型フィルタ，HPF）

カットオフ周波数  $f_c$  よりも高い周波数のみを通すフィルタである。

- バンドパスフィルタ（帯域通過型フィルタ，BPF）

2 つのカットオフ周波数  $f_{c1}$  と  $f_{c2}$  を持ち、それらに挟まれた帯域の信号のみを通すフィルタである。中心周波数 ( $f_0$ ) 付近の周波数の信号のみを取り出す目的でも用いられる。

- バンドストップフィルタ（帯域阻止フィルタ，BSF）

バンドパスフィルタとは反対に、特定の周波数帯域の信号を阻止するフィルタである。バンドリジェクションフィルタとも呼ばれる。また、阻止帯域が狭いバンドストップフィルタはノッチフィルタ (notch filter) である。

## 2 原理

### 2.1 RC ローパスフィルタ

図 2 が RC 型ローパスフィルタの回路である。この回路の入力電圧  $V_i$  と出力電圧  $V_o$  の関係は次の式で表される。

$$V_o = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_i = \frac{1}{1 + j\omega RC} V_i \quad (1)$$

このとき、 $V_o$  と  $V_i$  の比の絶対値（ゲイン、利得）は次のようになる。

$$G = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \quad (2)$$

$\omega$  が小さいときは  $G$  が 1 となり、 $\omega$  が大きいときは  $G$  が  $1/(\omega RC)$  となるため、高周波の入力信号に対して抑制する効果がある。電圧利得はよくデシベル dB 表示が用いられる。

$$A = 20 \log G \quad (3)$$

電圧利得が  $A = -3$  dB となる周波数はカットオフ周波数と呼ばれ、 $f_c$  で表される。RC 型ローパスフィルタのカットオフ周波数は次の式となる。

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

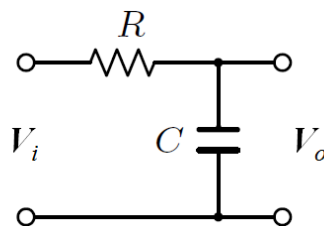


図 2 RC ローパスフィルタ

## 2.2 RC ハイパスフィルタ

図 3 が RC 型ハイパスフィルタの回路である。この回路において、入出力電圧の関係は次の式で表される。

$$V_o = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_i = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} V_i \quad (5)$$

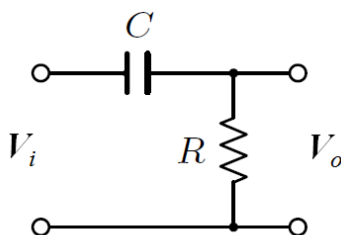


図 3 RC ハイパスフィルタ

このときの入出力ゲインが次のようになる。

$$G = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \quad (6)$$

この式は  $\omega$  が大きいときは 1 となり、 $\omega$  が小さいときは  $\omega RC$  となるため、低周波の入力信号を抑制する。同様に、カットオフ周波数は電圧利得  $A = -3$  dB となるもので、

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (7)$$

## 3 使用器具

- 低周波発信器（ファンクション・ジェネレータ） 1 台
- オシロスコープ 1 台
- 定抵抗 1 k $\Omega$
- コンデンサ 0.47 $\mu$ F
- ブレッドボード
- 配線ケーブル

## 4 実験方法

注）測定点は低周波発信機の出力周波数範囲とフィルタのカットオフ周波数を考慮して設定してください。

### 4.1 ローパスフィルタの周波数特性測定

RC ローパスフィルタについて、入力信号の周波数を変化させながら出力信号の振幅を測定し、電圧利得の周波数特性を調べ、その働きについて理解する。

1. 抵抗  $1\text{ k}\Omega$ 、コンデンサ  $0.47\mu\text{F}$  を使用し、図 2 の RC ローパスフィルタ回路を作成する。
2. ファンクションジェネレータの振幅を  $5[\text{V}]$  に調整し、フィルタ回路の入力に接続する。
3. オシロスコープの CH1 で入力信号を CH2 で出力信号を測定するように接続する。
4. 入力信号の周波数を変更しながら、CH1 と CH2 の信号を同時に観測し、振幅を計測する。
5. 入出力電圧の振幅より、電圧利得 (dB) を計算し、グラフで表す。

## 4.2 ハイパスフィルタの周波数特性測定

RC ハイパスフィルタについて、入力信号の周波数を変化させながら出力信号の振幅を測定し、電圧利得の周波数特性を調べ、その働きについて理解する。

1. 抵抗  $1\text{ k}\Omega$ 、コンデンサ  $0.47\mu\text{F}$  を使用し、図 3 の RC ハイパスフィルタ回路を作成する。
2. ファンクションジェネレータの振幅を  $5[\text{V}]$  に調整し、フィルタ回路の入力に接続する。
3. オシロスコープの CH1 で入力信号を CH2 で出力信号を測定するように接続する。
4. 入力信号の周波数を変更しながら、CH1 と CH2 の信号を同時に観測し、振幅を計測する。
5. 入出力電圧の振幅より、電圧利得 (dB) を計算し、グラフで表す。

## 5 研究事項

1. 理論上のカットオフ周波数と測定結果のカットオフ周波数を比較せよ。値が違えばその理由を考えよ。
2. 実験で作成した回路以外のフィルタ回路について調べ、特徴や動作原理などを説明せよ。