

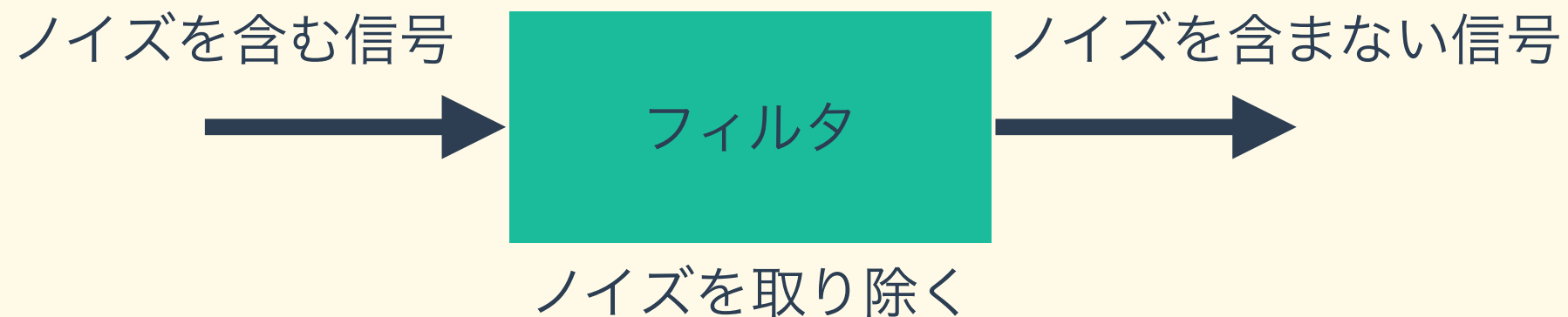
# 電子工学6

藤田 一寿

# パッシブフィルタと周波数特性

# フィルタとは

- ▶ 不要な周波数成分を取り除き，必要な周波数成分のみ濾し取る（フィルタをかける）
- ▶ ノイズの除去
- ▶ 必要な音だけ取る



# フィルタの応用例

- ▶ 電源の平滑化（直流化）
- ▶ ノイズ除去フィルタ

# パッシブフィルタとは

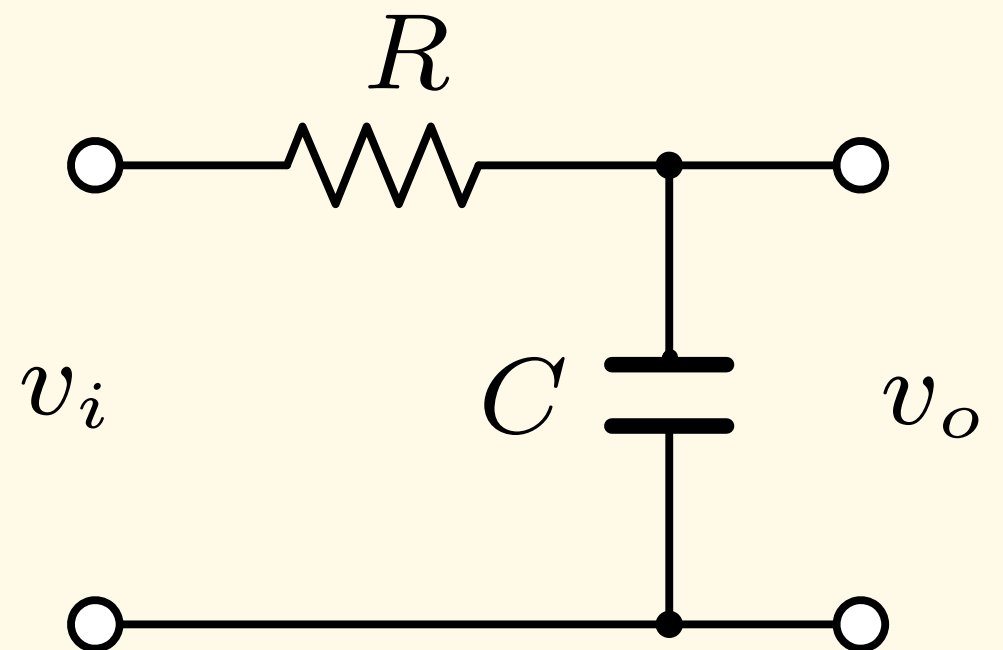
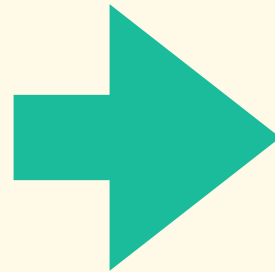
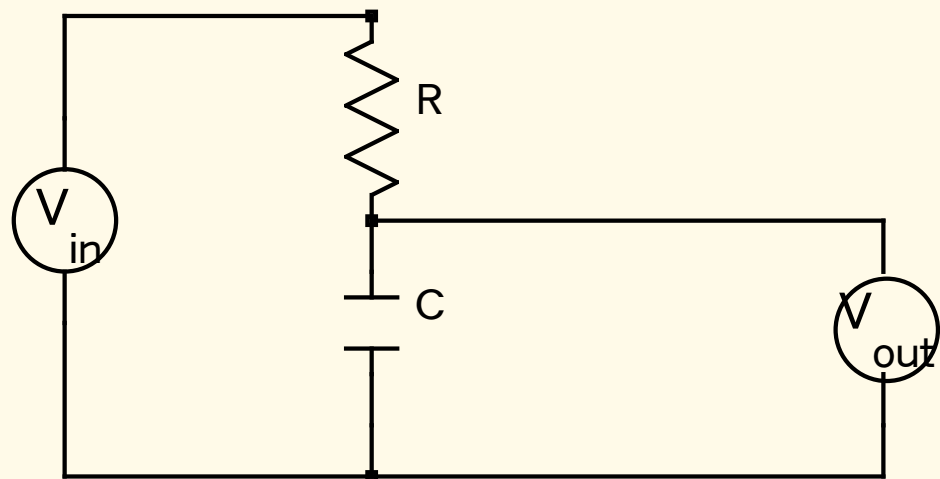
- ▶ 受動素子のみ（抵抗, コンデンサ, インダクタ）で構成されるフィルタ回路（wikipediaより）
  - ▶ 安定
  - ▶ 簡単
  - ▶ 安価
  - ▶ 大電力を扱える
  - ▶ 高周波動作が可能
  - ▶ 電力を消費しない
- ▶ アクティブフィルタに関しては後期で

# フィルタの種類

- ▶ ローパスフィルタ (LPF)
  - ▶ 低周波数成分のみを通過させるフィルタ
- ▶ ハイパスフィルタ (HPF)
  - ▶ 高周波数成分のみを通過させるフィルタ
- ▶ バンドパスフィルタ (BPF)
  - ▶ ある周波数領域の成分のみ通過させるフィルタ

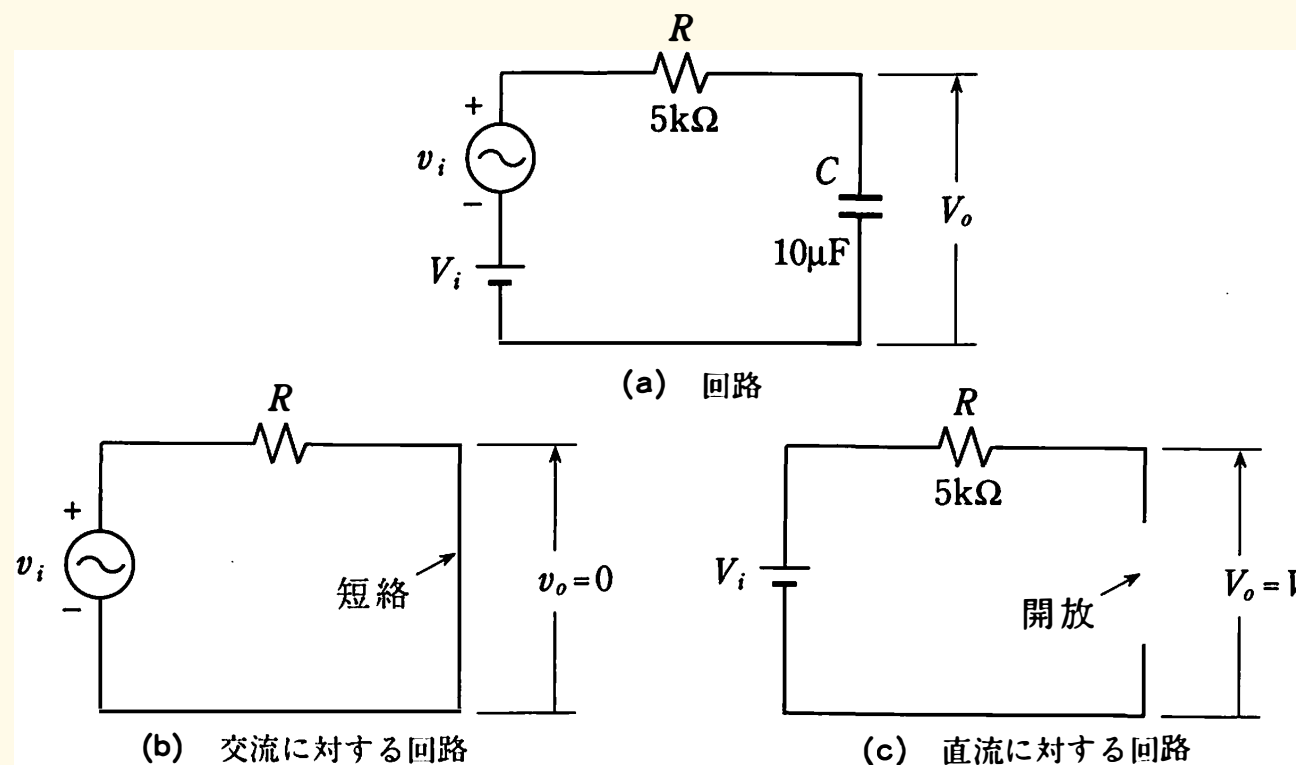
# (一次) CRローパスフィルタ

- 抵抗 $R$ とコンデンサ $C$ で構成されるローパスフィルタ



# 極めて簡単な解釈

- ▶ コンデンサは交流を流しやすいので、交流の場合コンデンサは短絡しているとみなせる。 よって、 $V_O$ には $v_i$ が現れない。
- ▶ 高周波数の成分が $V_O$ に現れない。
- ▶ コンデンサは直流を通さないなので、直流の場合コンデンサは開放とみなせる。 よって $V_O = V_i$ となる。
- ▶ 低周波数成分が $V_O$ に現れる。



(藤井, なっとくする電子回路)



# ゲインの計算

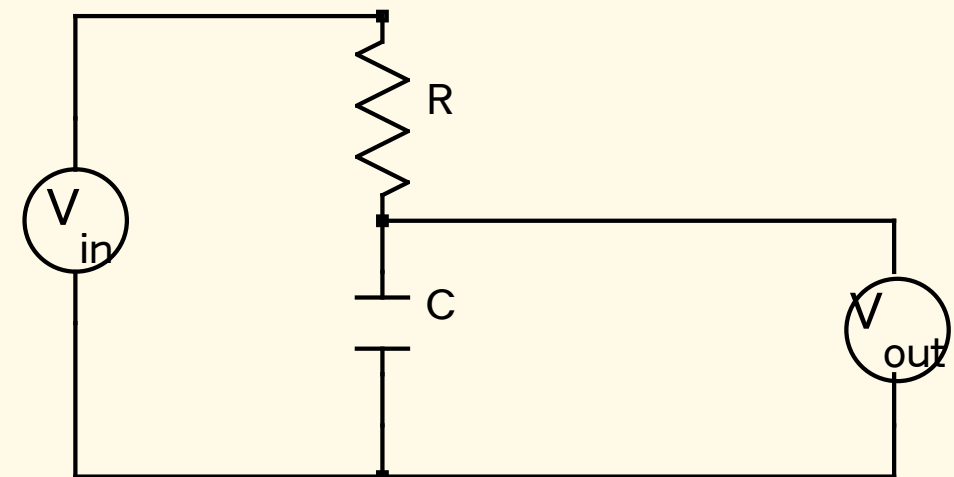
- この回路はRC直列回路となっているので、 $V_{out}$ は

$$V_{out} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_{in}$$

- $V_{out}$ に対する $V_{in}$ の比をゲイン $G$ とすると

$$\begin{aligned} G &= V_{out} / V_{in} \\ &= \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} \\ &= \frac{1}{1 + j\omega RC} \end{aligned}$$

- ゲイン $G$ がフィルタの特性を表す。



# ゲインの計算

- ゲインの大きさは

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$$

- ゲインの位相  $\theta$  は

$$\theta = -\tan^{-1}(\omega RC)$$

ゲインの大きさと位相を求めよ

# デシベル

- ▶ ゲインの大きさは通常デシベル[dB]で表される.
- ▶ デシベルは次のように定義される.

$$x = 20 \log_{10} |G|$$

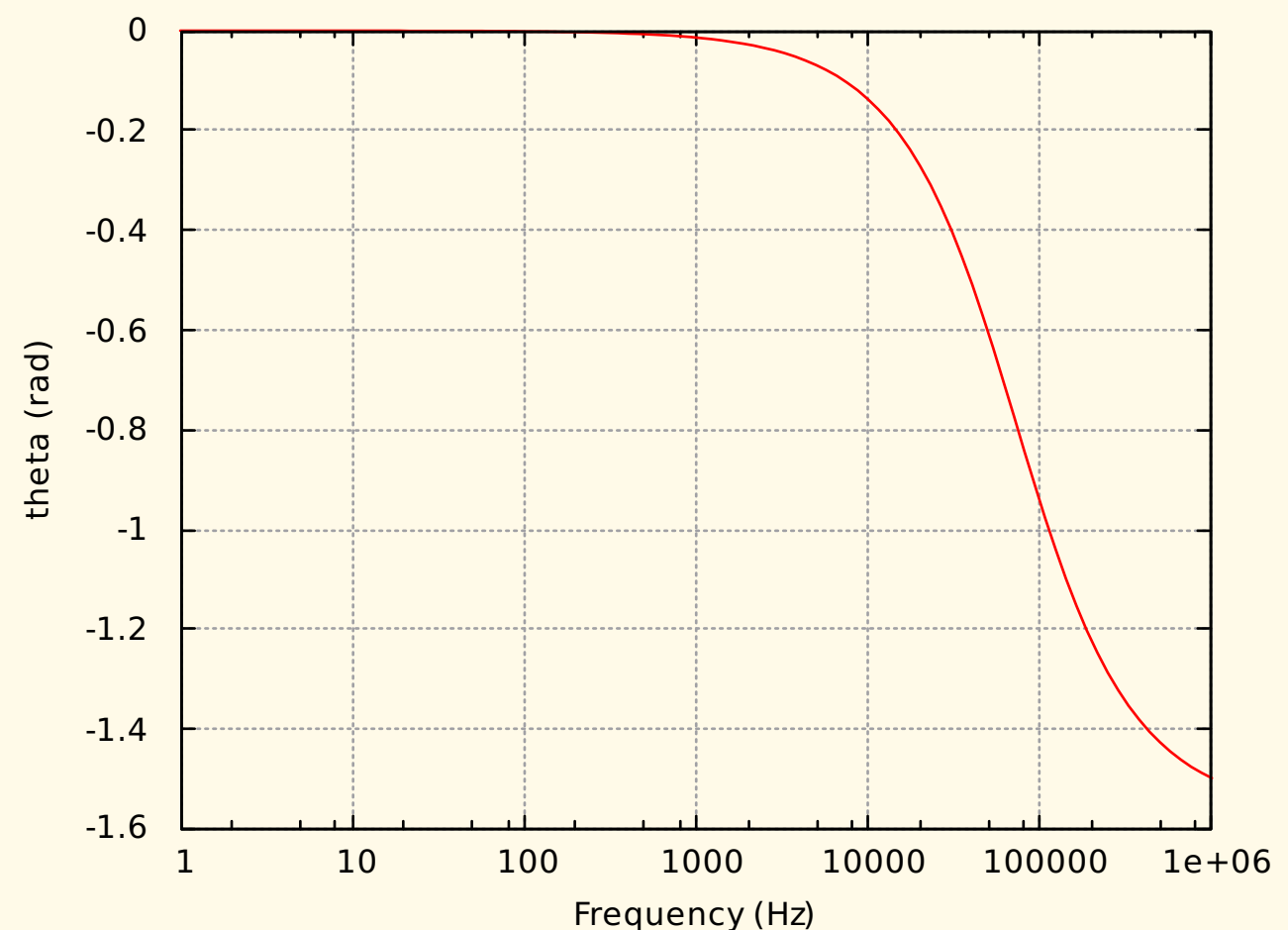
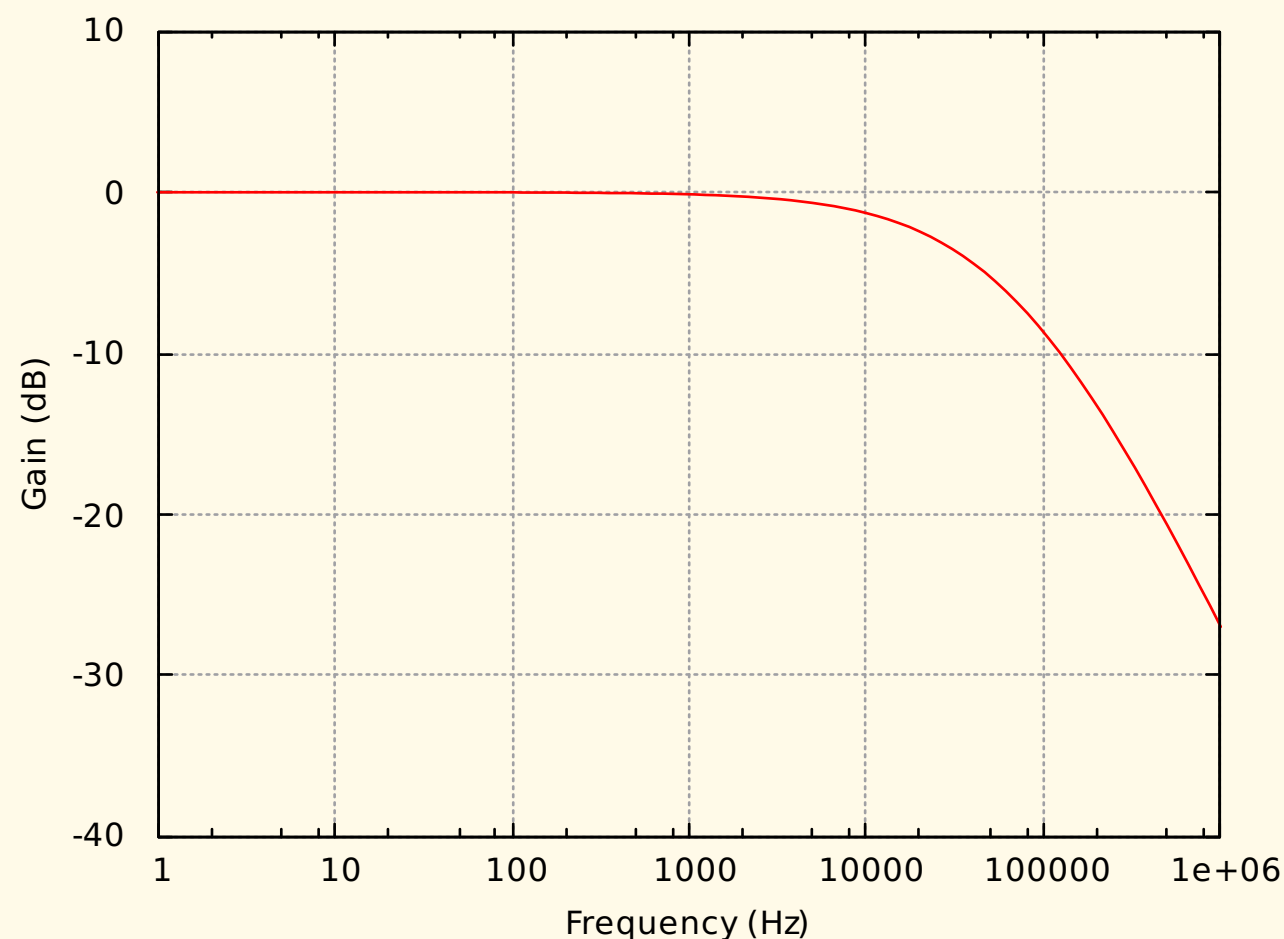
- ▶ RCローパスフィルタではデシベルで表されるゲイン $g$ は

$$g = -10 \log_{10}(1 + \omega^2 R^2 C^2)$$

- ▶ となる.

# CRローパスフィルタの周波数特性

- ▶ 周波数に対するゲインの変化の特性を周波数特性と言う。周波数特性はフィルタの特性を知る上で重要なものである。



$$R=100\Omega, \quad C=0.022\mu F$$

# カットオフ周波数

- ▶ ゲインが $1/\sqrt{2}$ のときの周波数 $f$ をカットオフ周波数 $f_c$ と言う. ゲインが $1/\sqrt{2}$ のとき

$$\omega RC = 1$$

- ▶ となる. より

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

- ▶ となる.

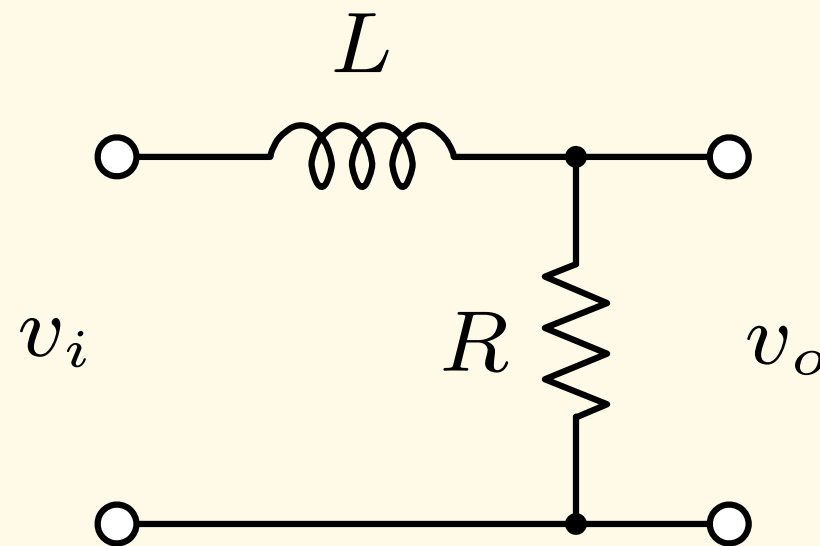
# カットオフ周波数とゲイン

- ▶ ゲインが $1/\sqrt{2}$ のときの周波数 $f$ をカットオフ周波数 $f_c$ と言う.
- ▶ カットオフ周波数が $f_c$ のとき, ゲイン[dB]は約-3[dB]となる.

カットオフ周波数のときゲインが約-3[dB]となることを確認せよ.

# LRローパスフィルタ

- ▶ ローパスフィルタはコンデンサを用いたCRローパスフィルタのみではなく、コイルを用いたLRローパスフィルタも存在する.



# LRローパスフィルタのゲイン

- ▶ ゲイン

$$G = \frac{R}{R + j\omega L}$$

- ▶ ゲインの大きさ

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2 L^2}{R^2}}}$$

- ▶ 位相

$$\theta = -\tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$$

ゲインを求めよ



# デシベル値とカットオフ周波数

- ▶ ゲイン[db]は

$$g = -10 \log_{10} \left( 1 + \frac{\omega^2 L^2}{R^2} \right)$$

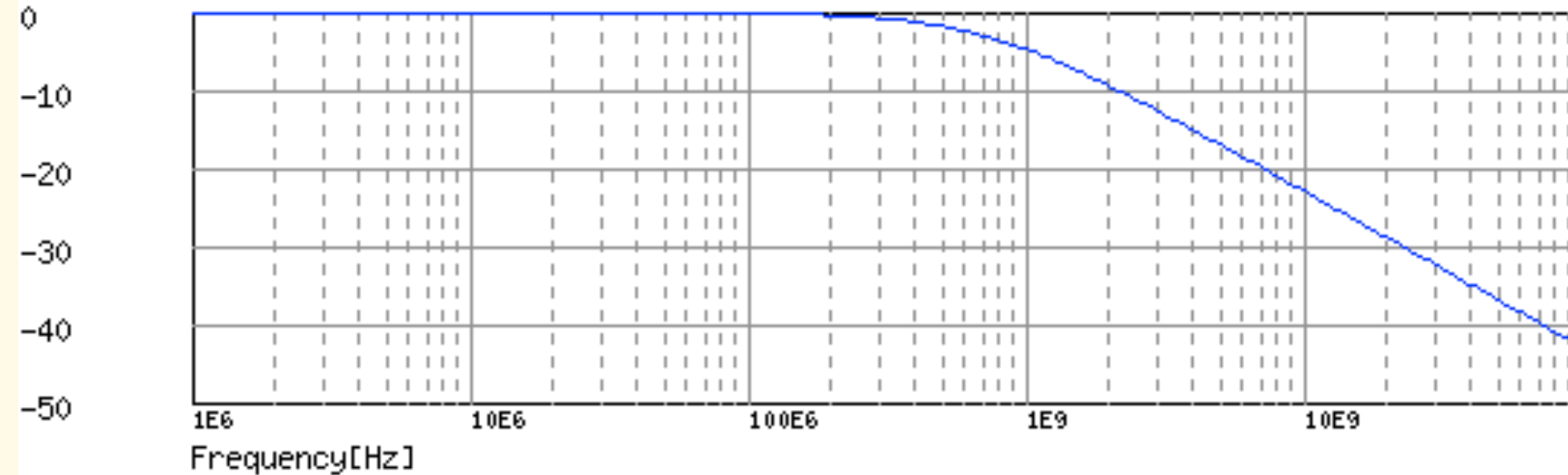
- ▶ カットオフ周波数は

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

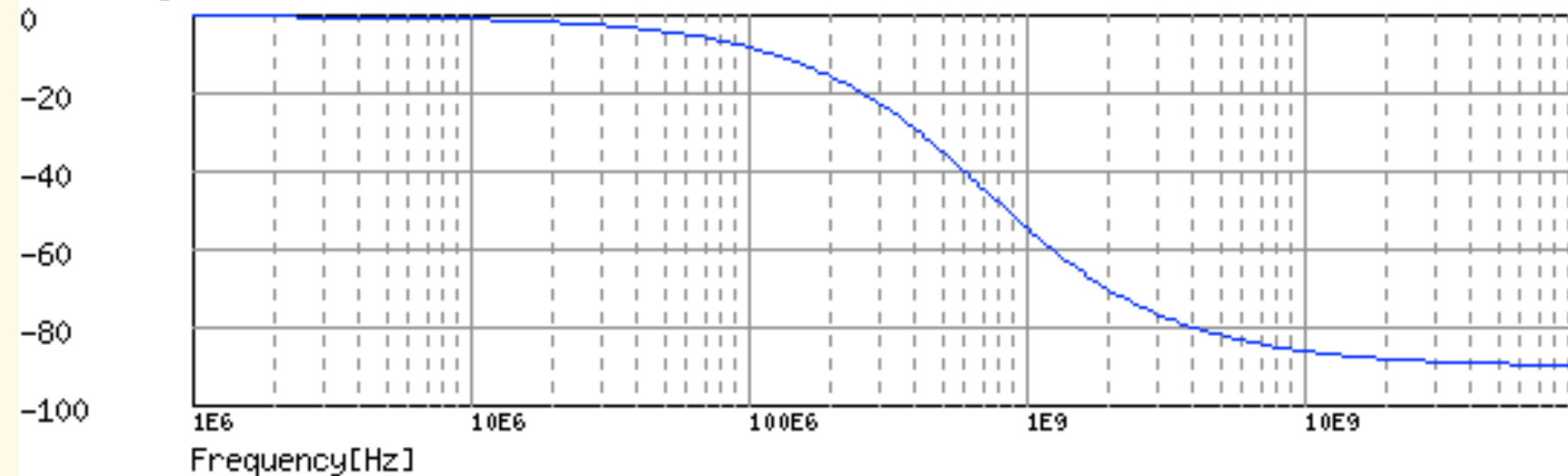
# LRローパスフィルタの周波数特性

BodeDiagram

Magnitude[dB]



Phase[deg]

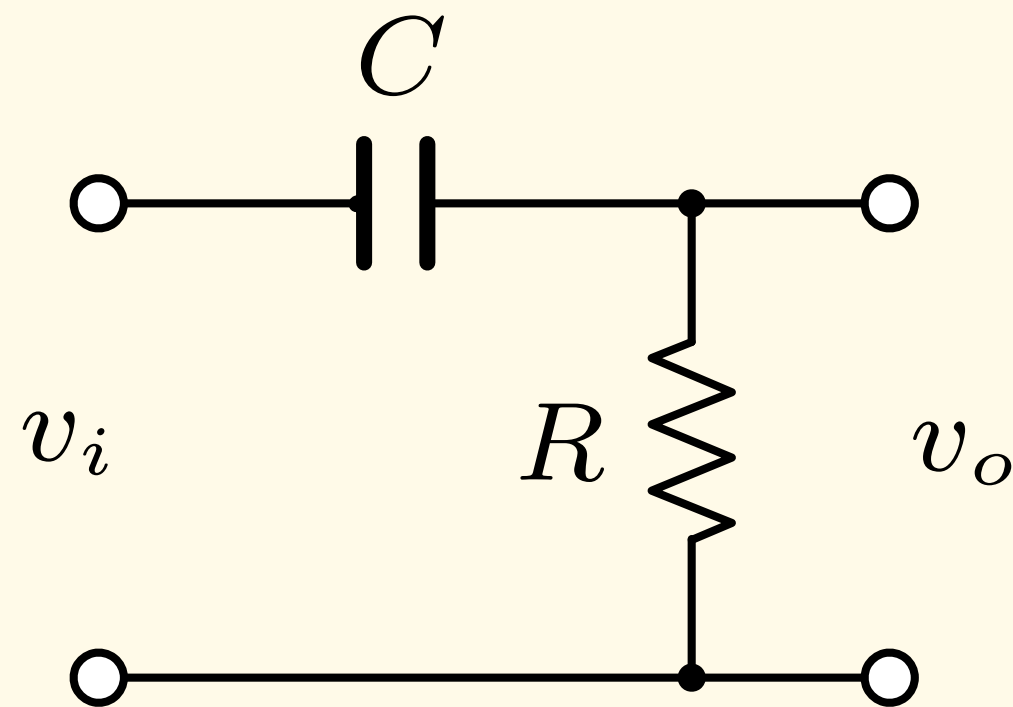


(c)okawa-denshi.jp

$$R=100\Omega, \quad L=0.022\mu\text{H}$$

# CRハイパスフィルタ

- ▶ コンデンサを用いることでハイパスフィルタを作ることができる. 回路図を見てみると分かる通り, ローパスフィルタのCとRを入れ替えた回路になっている.



# RCハイパスフィルタのゲイン

- ▶ ゲイン

$$G = \frac{R}{R + 1/(j\omega C)}$$

- ▶ ゲインの大きさ

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C^2 R^2}}}$$

- ▶ 位相

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\omega C R}\right)$$

ゲインを求めよ

# デシベル値とカットオフ周波数

- ▶ ゲイン[db]は

$$g = -10 \log_{10} \left( 1 + \frac{1}{\omega^2 C^2 R^2} \right)$$

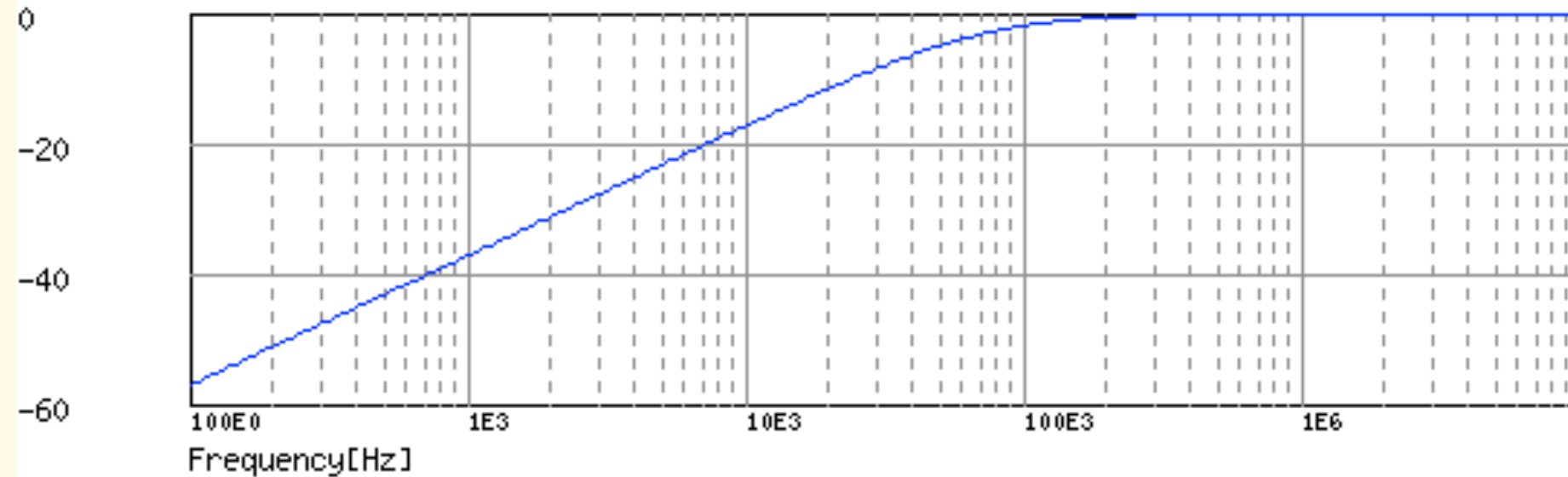
- ▶ カットオフ周波数は

$$f_c = \frac{1}{2\pi CR}$$

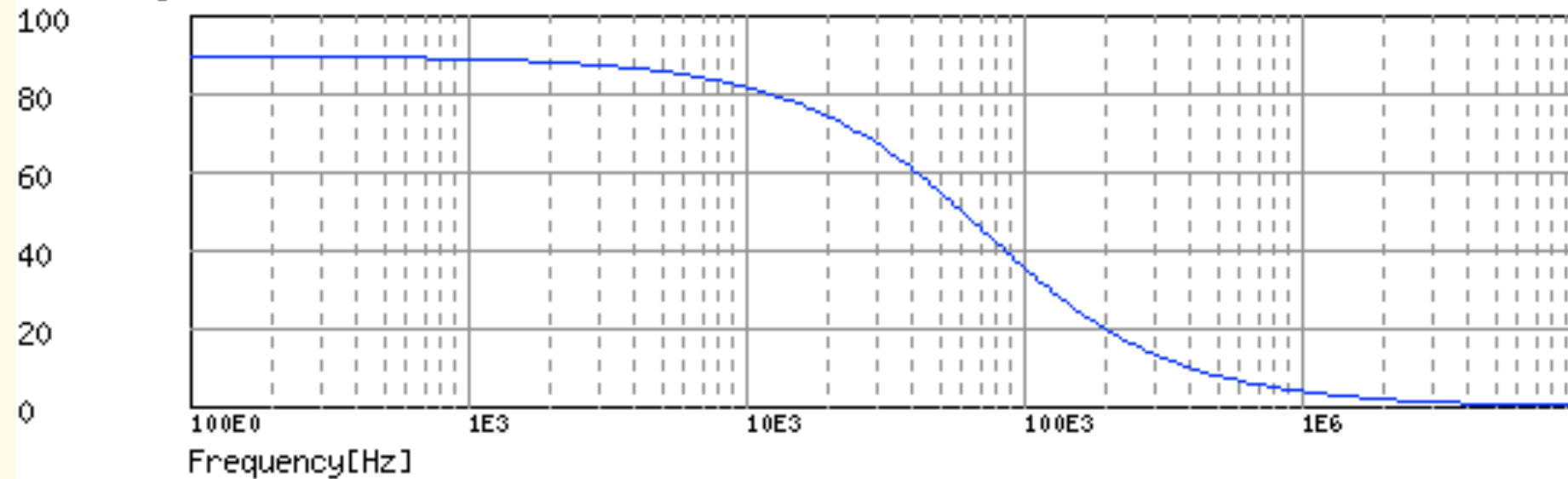
# CRハイパスフィルタの周波数特性

BodeDiagram

Magnitude[dB]



Phase[deg]

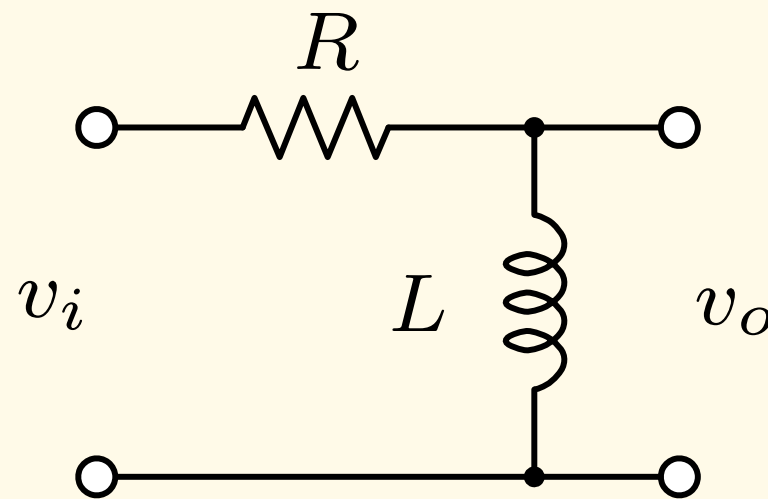


(c)okawa-denshi.jp

$$R=100\Omega, \quad C=0.022\mu F$$

# LRハイパスフィルタ

- ▶ コイルを用いることでハイパスフィルタを作ることができる。回路図を見てみると分かる通り、ローパスフィルタのLとRを入れ替えた回路になっている。



# RCハイパスフィルタのゲイン

- ▶ ゲイン

$$G = \frac{1}{1 + R/(j\omega L)}$$

- ▶ ゲインの大きさ

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{\omega^2 C^2}}}$$

- ▶ 位相

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R}{\omega L}\right)$$

ゲインを求めよ



# デシベル値とカットオフ周波数

- ▶ ゲイン[db]は

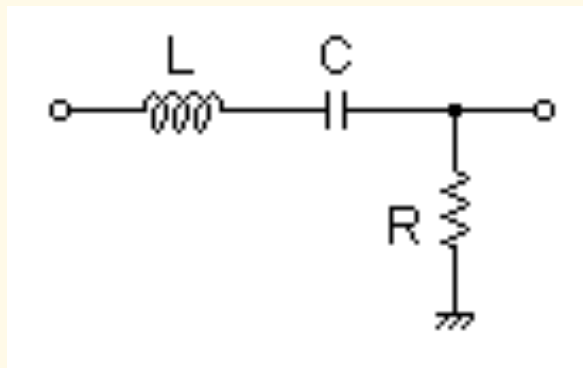
$$g = -10 \log_{10} \left( 1 + \frac{R^2}{\omega^2 L^2} \right)$$

- ▶ カットオフ周波数は

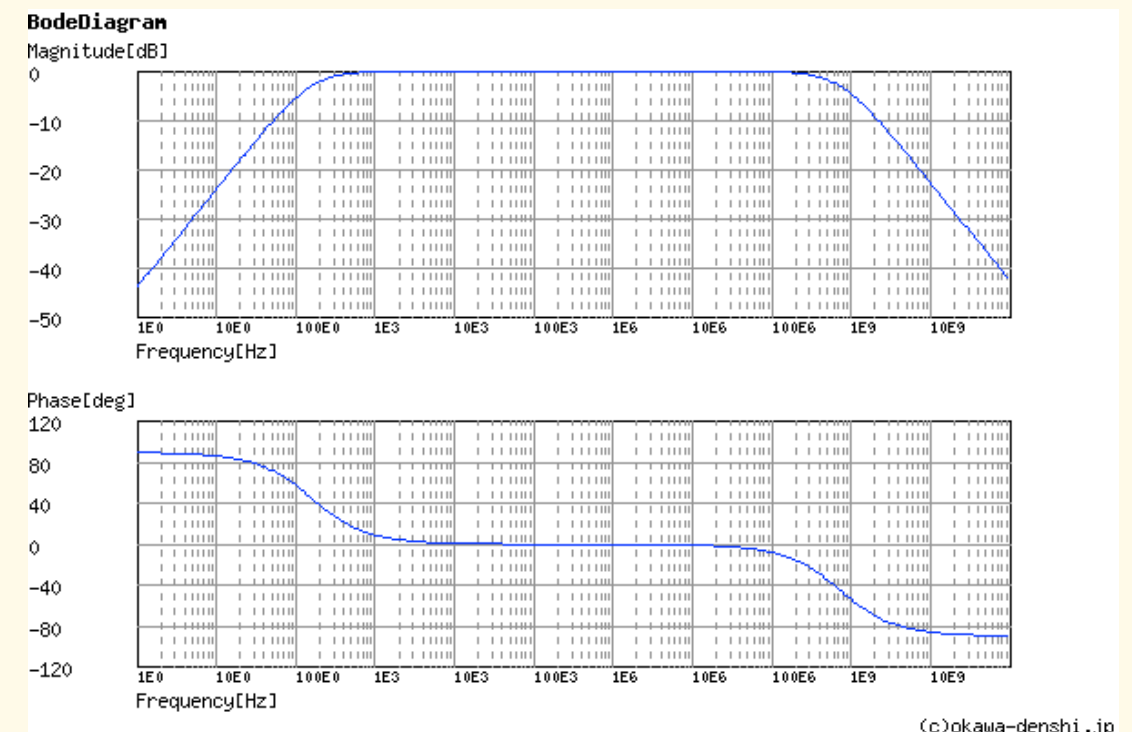
$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

# RLCフィルタ

- ▶ RLCフィルタは抵抗, コイル, コンデンサを一つずつ用いたフィルタである.
- ▶ RLCフィルタは, 回路の構成によりローパスフィルタ, ハイパスフィルタ, バンドパスフィルタを実現できる.



$$R=100\Omega, \quad C=10\mu\text{F}, \quad L=0.022\mu\text{H}$$



# 2次フィルタ

- ▶ CRフィルタ, LRフィルタ 2段で構成されるフィルタを2次フィルタという.
- ▶ 2次フィルタでは, 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を実現できる.