

第4章

増幅器の特性

1. 理想オペアンプの条件

- ① 増幅度が無有限大である。
- ② CMRR が非常に大きい。
- ③ 入力インピーダンスが無有限大である。
- ④ 出力インピーダンスがゼロである。
- ⑤ 直流から無有限大の周波数まで増幅可能である。
- ⑥ 入力信号が0の時、出力信号が0になる。
- ⑦ 雑音がない。

2. 利得（ゲイン・増幅度・増幅率）

$$\text{電圧利得 } G_v [\text{dB}] = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{\text{出力電圧}}{\text{入力電圧}} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)$$

$$\text{電流利得 } G_i [\text{dB}] = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{\text{出力電圧}}{\text{入力電圧}} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{I_o}{I_i} \right)$$

$$\text{電力利得 } G_p [\text{dB}] = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{\text{出力電圧}}{\text{入力電圧}} \right) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_o}{P_i} \right)$$

3. S/N 比

$$\begin{aligned} \text{S/N 比} &= \frac{\text{生体信号 } S}{\text{雑音 } N} \\ &= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{\text{生体信号 } S}{\text{雑音 } N} \right) [\text{dB}] \end{aligned}$$

4. 同相弁別比（CMRR）

$$\begin{aligned} \text{CMRR} &= \frac{\text{逆相信号の増幅度}}{\text{同相信号の増幅度}} = \frac{\left(\frac{\text{逆相出力電圧}}{\text{逆相入力電圧}} \right)}{\left(\frac{\text{同相出力電圧}}{\text{同相入力電圧}} \right)} \\ &= 20 \cdot \log_{10} \frac{\text{逆相信号の増幅度}}{\text{同相信号の増幅度}} = 20 \cdot \log_{10} \frac{\left(\frac{\text{逆相出力電圧}}{\text{逆相入力電圧}} \right)}{\left(\frac{\text{同相出力電圧}}{\text{同相入力電圧}} \right)} [\text{dB}] \end{aligned}$$

【ピックアップ問題】 第36回 午前の部 問題 34

理想演算増幅器の特徴として正しいのはどれか。

- 1) スルーレートがゼロである。
- 2) 出力インピーダンスが無限大である。
- 3) 入力インピーダンスがゼロである。
- 4) ゲインが無限大である。
- 5) 同相信号除去比がゼロである。

【解説】

正答：4

理想演算増幅器の特徴は以下のとおりである。

- 1) スルーレートは無限大である。
- 2) 出力インピーダンスがゼロである。
- 3) 入力インピーダンスが無限大である。
- 5) 同相信号除去比が非常に大きい。

【ピックアップ問題】 第43回 午後の部 問題 17

弁別比が 100dB の差動増幅器に 1V の同相信号を入力したら 10mV の出力を得た。この増幅器に逆相信号 2mV を入力したときの出力 [V] はどれか。

- 1) 0.1 2) 0.2 3) 2 4) 10 5) 20

【解説】

正答：3

100dB⇒ 10^5 倍

求める逆相出力電圧を x とおくと、

$$10^5 = \frac{\frac{x}{2 \times 10^{-3}}}{\frac{10 \times 10^{-3}}{1}}$$

$$x = 2 \text{ [V]}$$

【ピックアップ問題】 第41回 午前の部 問題 34

同相利得が 0.10 倍、差動利得が 200 倍の差動増幅器がある。この増幅器の CMRR（同相弁別比）は何 dB か。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.30$ とする。

- 1) 6 2) 40 3) 46 4) 60 5) 66

【解説】

正答：5

$$\text{CMRR} = 20 \log_{10} \frac{\text{逆相信号の増幅度}}{\text{同相信号の増幅度}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \log_{10} \frac{200}{0.1} \\
 &= 20 \log_{10} 2000 \\
 &= 20 \log_{10} 10^3 + 20 \log_{10} 2 \\
 &= 20 \times 3 + 20 \times 0.3 \\
 &= 60 + 6 \\
 &= 66 \text{ [dB]}
 \end{aligned}$$

【演習問題】 第 34 回 午前の部 問題 34

差動増幅器の 2 入力端子間に 2mV を入力したら 1V が出力された。次に入力端子を短絡し、アースとの間に 1V を入力したら 0.5V が出力された。この差動増幅器の CMRR は何 dB か。

- 1) 20 2) 40 3) 60 4) 80 5) 100

【解説】

正答：3

$$\begin{aligned}
 \text{CMRR} &= 20 \log_{10} \frac{\text{逆相信号の増幅度}}{\text{同相信号の増幅度}} \\
 &= 20 \log_{10} \frac{1}{\frac{2 \times 10^{-3}}{\frac{0.5}{1}}} \\
 &= 20 \log_{10} 10^3 \\
 &= 20 \times 3 \\
 &= 60 \text{ [dB]}
 \end{aligned}$$

【演習問題】 第 35 回 午前の部 問題 34

電圧増幅度 60dB の増幅器に実効値 100μV の信号を入力したとき、出力における SN 比が 40dB となった。出力における雑音成分の実効値はいくらか。

- 1) 10μV 2) 100μV 3) 1mV 4) 10mV 5) 100mV

【解説】

正答：3

$$\begin{aligned}
 \text{電圧増幅度} &= 20 \log_{10} \frac{\text{出力電圧}}{\text{入力電圧}} \\
 60 &= 20 \log_{10} \frac{\text{出力電圧}}{100 \times 10^{-6}} \\
 10^3 &= \frac{\text{出力電圧}}{100 \times 10^{-6}} \\
 \text{出力電圧} &= 0.1 \text{ [V]}
 \end{aligned}$$

$$S/N \text{ 比} = 20 \log_{10} \frac{\text{生体信号}}{\text{雑音}}$$

$$40 = 20 \log_{10} \frac{0.1}{\text{雑音}}$$

$$10^2 = \frac{0.1}{\text{雑音}}$$

$$\text{雑音} = 10^{-3}$$

$$= 1 \text{ [mV]}$$

【演習問題】 第36回 午前の部 問題36

増幅率 40dB、CMRR 100dB の増幅器に、1.2V の雑音（同相信号）が入力された。出力に現れる雑音の大きさはどれか。

- 1) 48V 2) 30mV 3) 12mV 4) 1.2mV 5) 12μV

【解説】
正答：4

40dB⇒10² 倍、100dB⇒10⁵ 倍

出力に現れる雑音の大きさを x とすると、

$$10^5 = \frac{10^2}{\frac{x}{1.2}}$$

$$x = 1.2 \times 10^{-3}$$

$$= 1.2 \text{ [mV]}$$

【演習問題】 第37回 午前の部 問題33

CMRR（同相信号除去比）が 80dB の差動増幅器がある。差動増幅器の入力端子間に 1mV を入力すると 1V が出力された。差動増幅器の二つの入力端子を短絡し、アースとの間に 1V を入力すると出力電圧は何Vになるか。

- 1) 0.01 2) 0.1 3) 1 4) 10 5) 100

【解説】
正答：2

求める出力電圧を x とすると、

$$80 = 20 \log_{10} \frac{1}{\frac{1 \times 10^{-3}}{\frac{x}{1}}}$$

$$10^4 = \frac{1}{\frac{1 \times 10^{-3}}{\frac{x}{1}}}$$

$$x = 10^{-1}$$

$$= 0.1 \text{ [V]}$$