

非反転増幅と差動増幅

工学部 機械知能工学科

熊谷 正朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部
ロボット開発工学研究室



今回の到達目標

○オペアンプによる増幅回路: その2

- ◇非反転増幅回路を説明できる。
 - ・反転しない&入力インピーダンス高
- ◇ボルテージフォロワを説明できる。
 - ・非反転の特殊形
- ◇差動増幅回路を説明できる。
 - ・差を増幅する回路
 - ・差動信号/差動伝送の意義
 - ・インストゥルメンテーションアンプ

加算回路

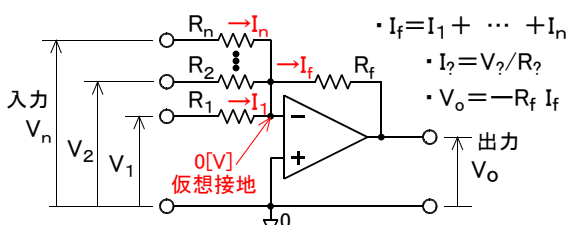
仮想接地のおさらい

○電圧→電流→電流の合計→電圧

◇特性

↓係数付き加算: $ax+by+cz$ 型

$$V_o = -\left\{(R_f/R_1)V_1 + \dots + (R_f/R_n)V_n\right\}$$



電流電圧変換回路

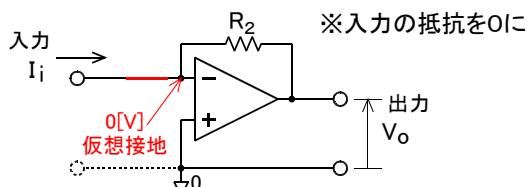
仮想接地のおさらい

○電流信号を電圧に変える → 光センサ等

◇特性

$$V_o = -R_2 I_i \quad \text{電流に比例した電圧}$$

$$0[V] \text{ に向かって流れ込む電流を変換}$$



非反転増幅回路

○反転しない&入力インピーダンス ∞

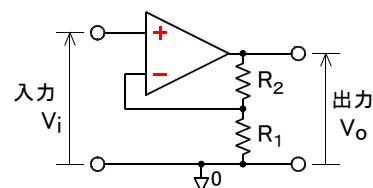
◇特性

$$V_o = \{1 + (R_2/R_1)\} V_i$$

$$\text{入力インピーダンス: オペアンプ入力} (\infty)$$

※増幅率は正

※増幅率 ≥ 1



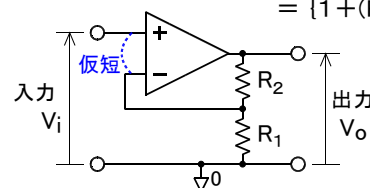
非反転増幅回路

○動作の原理

◇仮想短絡+分圧

$$V_i = V_- = R_1 / (R_1 + R_2) V_o$$

$$V_o = \{(R_1 + R_2) / R_1\} V_i = \{1 + (R_2 / R_1)\} V_i$$



ボルテージフォロワ (Voltage Follower)

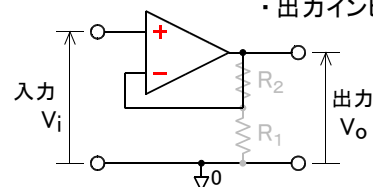
○増幅率1、電流の増強、バッファ

◇非反転増幅で、 $R_1 = \infty$ 、 $R_2 = 0$

$$V_o = V_i \quad \text{※} = \{1 + (0 / \infty)\} V_i$$

$$\text{入力インピーダンス: オペアンプ}$$

$$\text{出力インピ: 低}$$



※高出力インピ
を低インピ化

※オペアンプが
発振しやすい
といわれる

電圧電流変換・電流アンプ回路

似てるけど別物

○電圧に比例した電流を流す回路

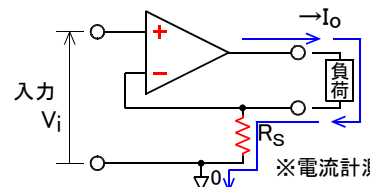
モータ駆動などの基本系

◇特性

$$I_o = (1/R_s) V_i \quad \text{※仮短: } R_s I_o = V_i$$

$$\text{負荷によっては仮想短絡成立せず}$$

$$= \text{正常動作せず}$$



※フローティング負荷
(電源にもGNDにも
直結されず)

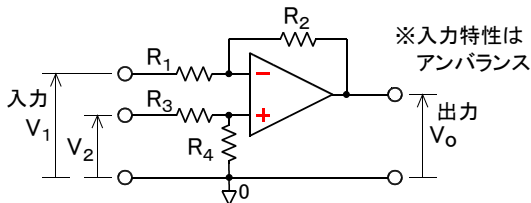
※電流計測抵抗(小さめ)

差動増幅回路

○入力電圧の差を増幅する回路

◇特性

- ・ $V_o = (R_2/R_1)(V_2 - V_1)$
- ・ ただし、 $R_3 = R_1, R_4 = R_2$

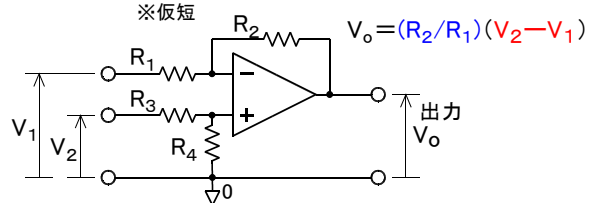


差動増幅回路

○動作の原理

$$\text{※} R_3 = R_1, R_4 = R_2$$

- ・ $V_- = (R_2 V_1 + R_1 V_o) / (R_1 + R_2)$ ※前回より
- ・ $V_+ = R_4 V_2 / (R_3 + R_4) = R_2 V_2 / (R_1 + R_2)$
- ・ $V_- = V_+ \rightarrow R_2 V_1 + R_1 V_o = R_2 V_2 \rightarrow$ ※分圧
- ※仮短



差動増幅回路

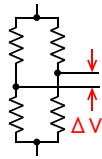
○差動増幅回路の使い道

◇センサ信号などの処理

- ・ 出力が電圧差で出てくるセンサ
例) ひずみゲージブリッジ、ホール素子
- ・ 二つの信号の差をとりたい 例) 温度差など

◇差動伝送信号の受信

- ・ 信号を送る手段の一つ
- ・ 耐ノイズ性 (& 電波を出さない)
- ・ デジタル回路の分野でも一般的 (含メカトロ)

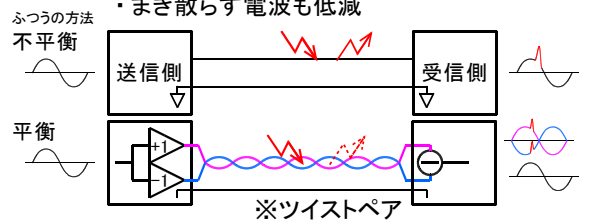


差動増幅回路

○差動伝送 または 平衡伝送

◇±の信号を送る → 受信時に差を取る

- ・ ノイズは同じように線に乗る → 差で消える
- ・ まき散らす電波も低減



差動増幅回路

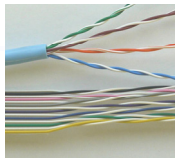
○差動伝送の実用的事例

◇メカトロ関連

- ・ センサ信号等アナログ信号を長距離に
- ・ エンコーダ配線・指令信号配線
- ※「ラインドライバ型」と記載、ツイストペア

◇身の回りのデジタル機器

- ・ ネットワークの線 (Cat5~ ツイストペア×4)
- ・ USB (電源、GND、差動信号)
- ・ HDMI、SATA、PCI Express、など



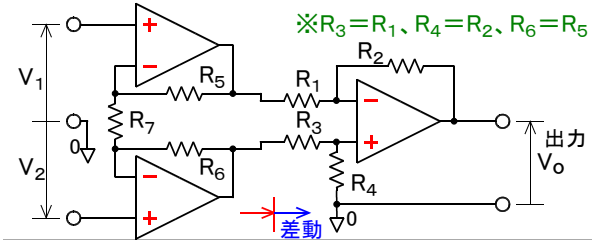
インストルメンテーションアンプ (計装アンプ)

○差動増幅の入力特性の改善

◇入力インピー→∞, 対称性、抵抗1本で増幅可変

$$\text{◇} V_o = \{1 + (R_5 + R_6)/R_7\} (R_2/R_1)(V_2 - V_1)$$

$$\text{※} R_3 = R_1, R_4 = R_2, R_6 = R_5$$

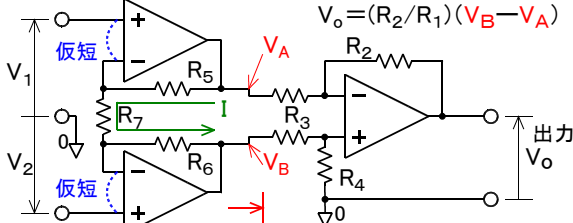


インストルメンテーションアンプ (計装アンプ)

○動作の原理 前段ブースター+後段差動増幅

$$\begin{aligned} \cdot V_A - V_B &= (R_5 + R_7 + R_6) I, \quad V_1 - V_2 = R_7 I \\ \rightarrow V_A - V_B &= \{(R_5/R_7) + 1 + (R_6/R_7)\} (V_1 - V_2) \end{aligned}$$

$$V_o = (R_2/R_1)(V_B - V_A)$$



オフセット付き反転増幅

形は差動増幅に類似
機能は反転増幅

○単電源 (片電源=プラスのみ) で動作する

$$\cdot E_R = (R_2 V_i + R_1 V_o) / (R_1 + R_2)$$

$$\cdot R_1(V_o - E_R) = -R_2(V_i - E_R)$$

$$\cdot (V_o - E_R) = -(R_2/R_1)(V_i - E_R)$$

$$\text{※} E_R = R_3 E / (R_3 + R_4)$$

