

機械知能工学科
メカトロニクス総合

MC-04/Rev 16-1.0

第04回

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 **RDE**

今回の到達目標

○オペアンプによる増幅回路: その2

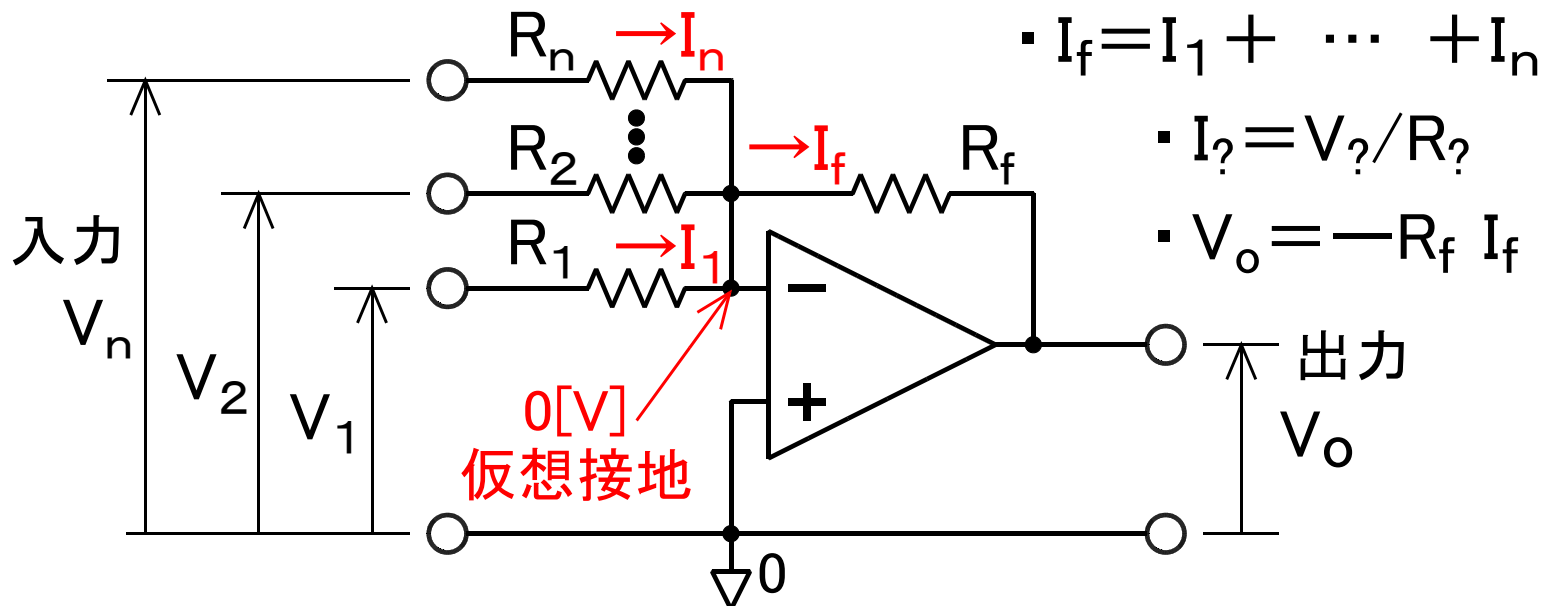
- ◇非反転増幅回路を説明できる。
 - ・反転しない & 入力インピーダンス高
- ◇ボルテージフォロワを説明できる。
 - ・非反転の特殊形
- ◇差動増幅回路を説明できる。
 - ・差を増幅する回路
 - ・差動信号/差動伝送の意義
 - ・インストルメンテーションアンプ

○電圧→電流→電流の合計→電圧

◇特性

↓ 係数付き加算: $ax+by+cz$ 型

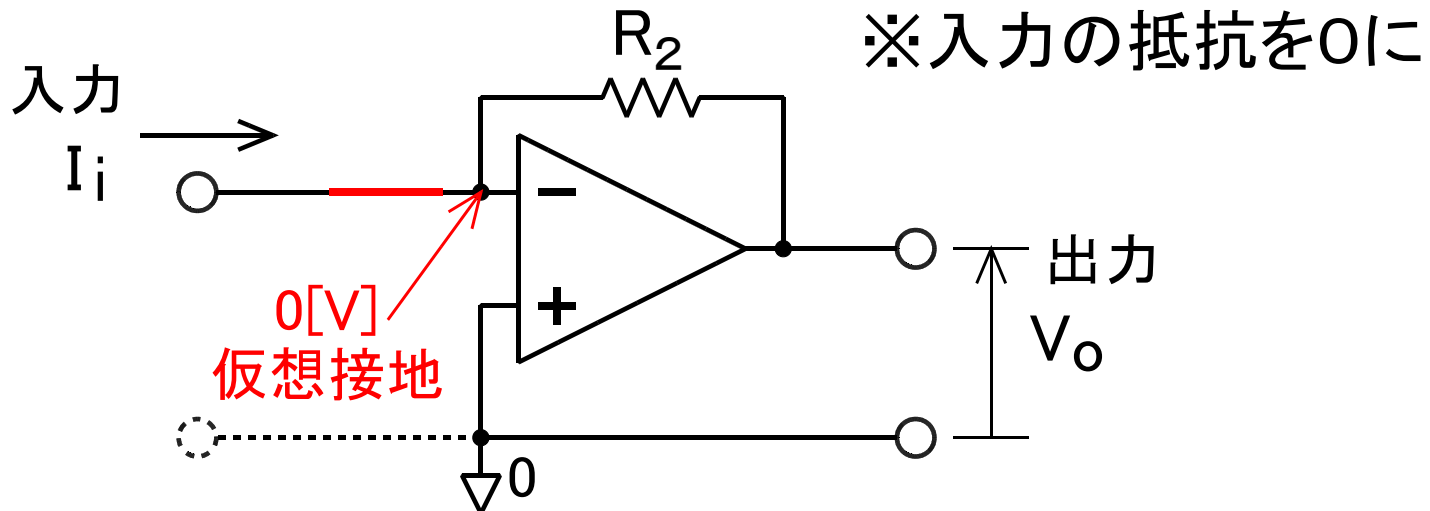
$$\bullet V_o = - \left\{ (R_f/R_1)V_1 + \dots + (R_f/R_n)V_n \right\}$$



○電流信号を電圧に変える → 光センサ等

◇特性

- ・ $V_o = -R_2 I_i$ 電流に比例した電圧
- ・ 0[V]に向かって流れ込む電流を変換

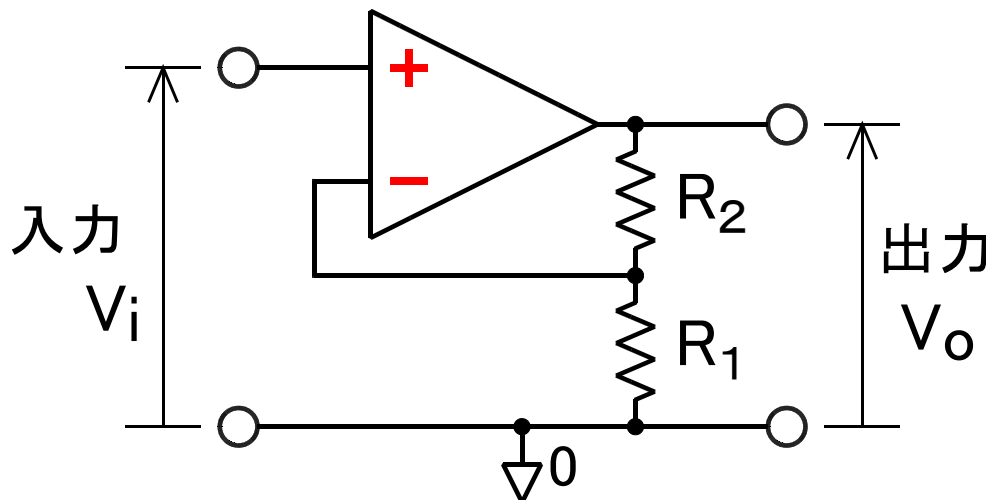


非反転増幅回路

○反転しない & 入力インピーダンス $\doteq \infty$

◇特性

- ・ $V_o = \{1 + (R_2/R_1)\} V_i$
- ・ 入力インピーダンス: オペアンプ入力 ($\doteq \infty$)



※増幅率は**正**

※増幅率 ≥ 1

非反転増幅回路

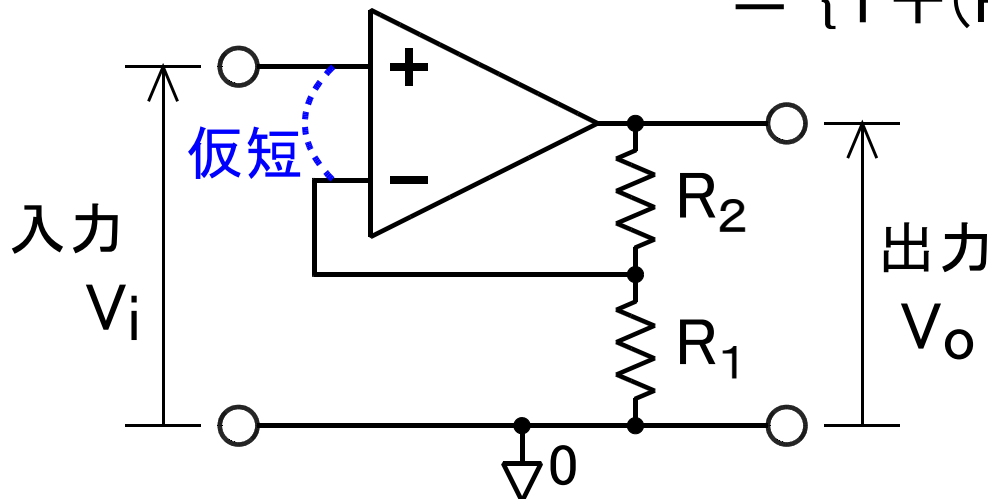
○動作の原理

◇仮想短絡 + 分圧

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

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

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



ボルテージフォロワ (Voltage Follower)

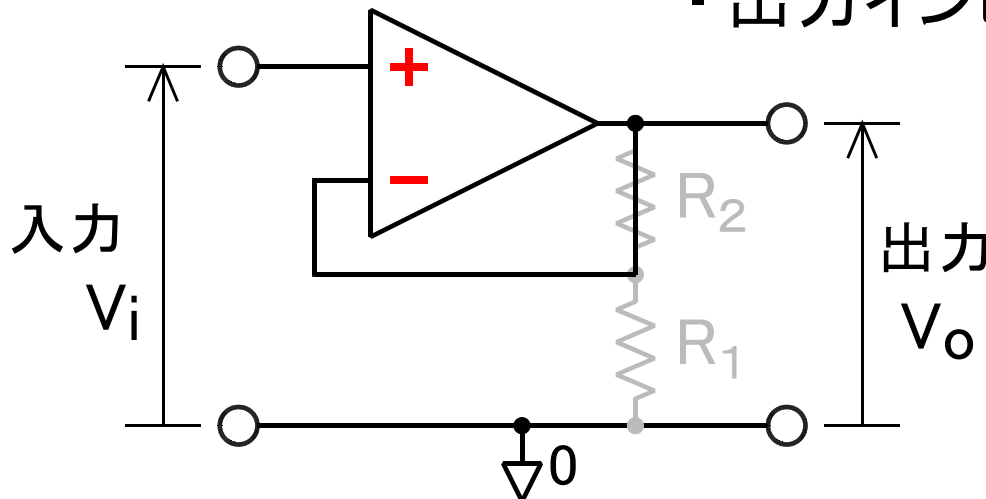
○増幅率1、電流の増強、バッファ

◇非反転増幅で、 $R_1 = \infty$ 、 $R_2 = 0$

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

・ 入力インピーダンス: オペアンプ

・ 出力インピ: 低



※高出カインピ
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

◇特性

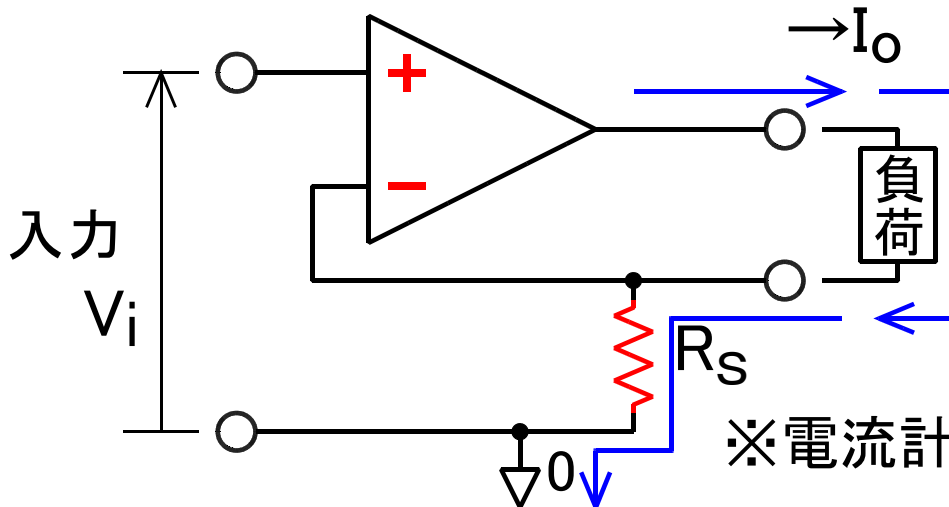
モータ駆動などの基本系

・ $I_o = (1/R_S) V_i$

※仮短: $R_S I_o = V_i$

・ 負荷によっては仮想短絡成立せず

= 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)

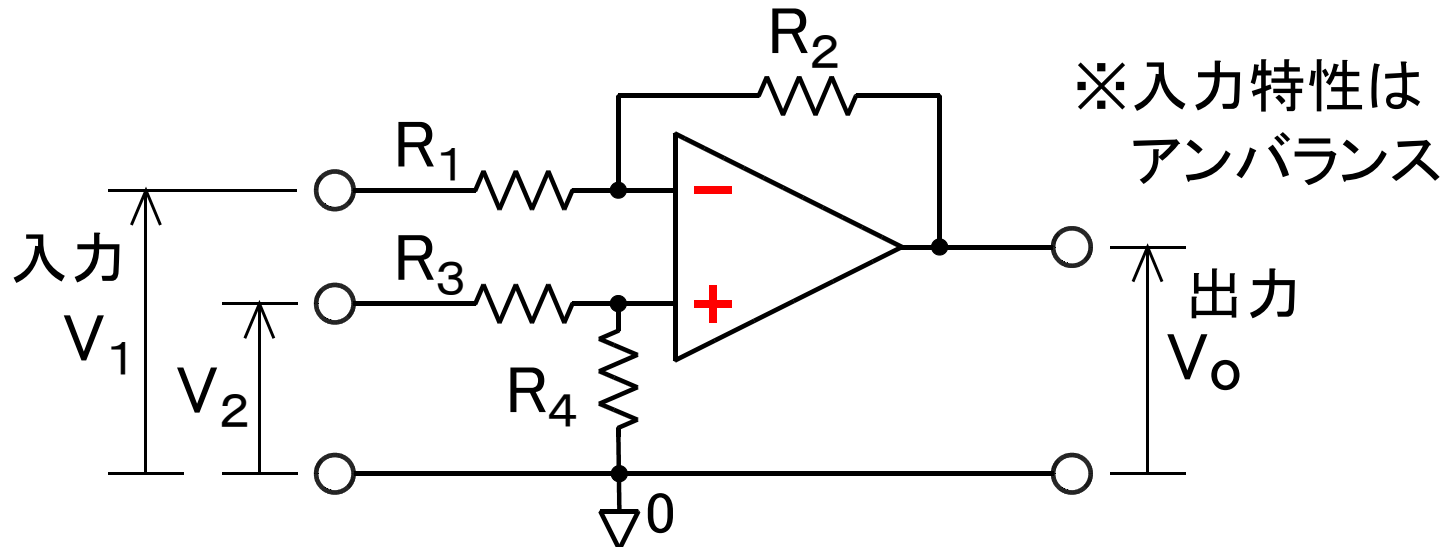
※電流計測抵抗(小さめ)

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、 $R_3 = R_1$ 、 $R_4 = R_2$

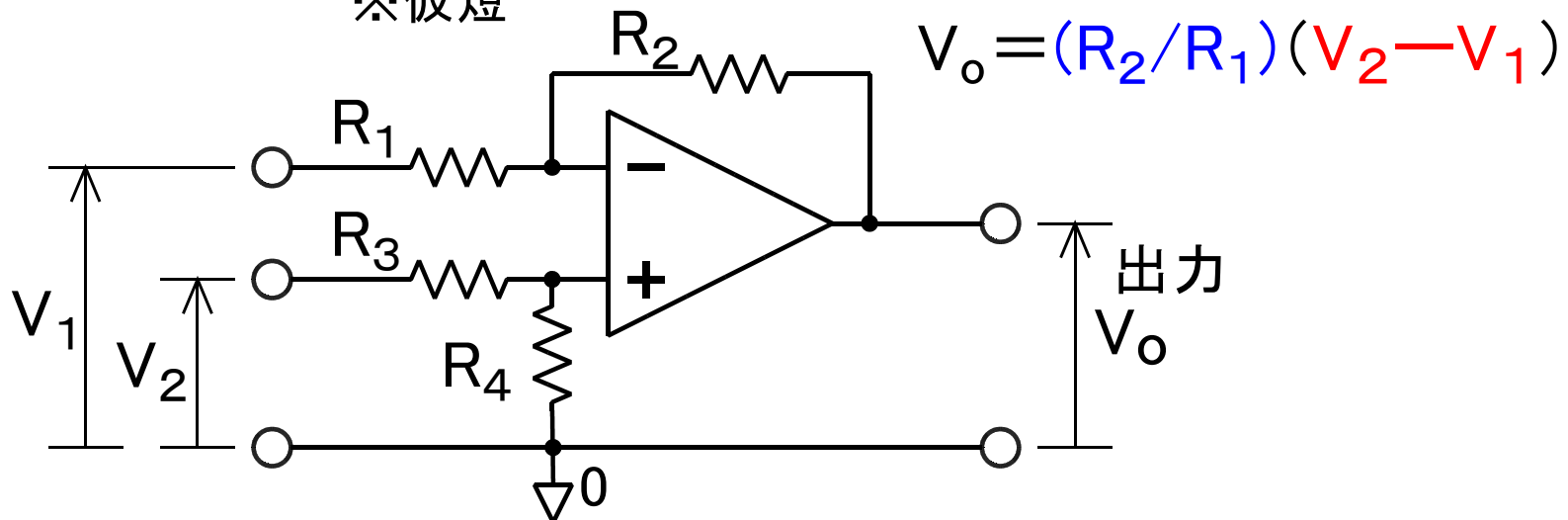


差動増幅回路

○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

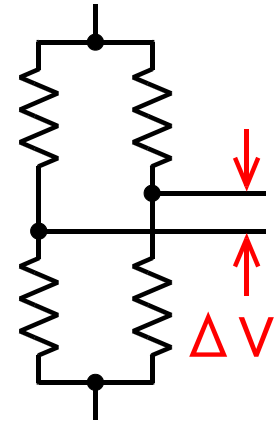
- ・出力が電圧差で出てくるセンサ

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)



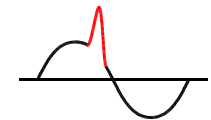
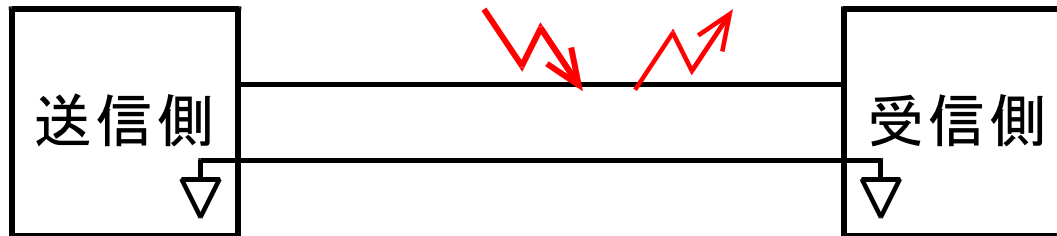
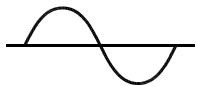
差動増幅回路

○差動伝送 または 平衡伝送

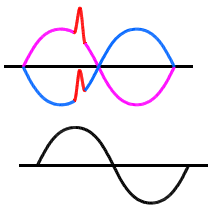
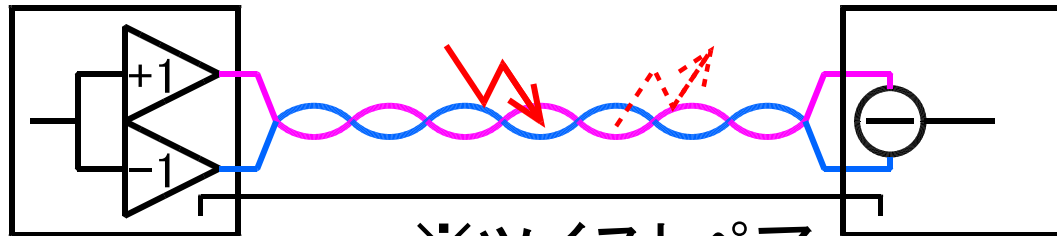
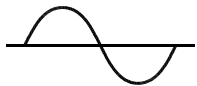
◇±の信号を送る → 受信時に差を取る

- ・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

ふつうの方法
不平衡

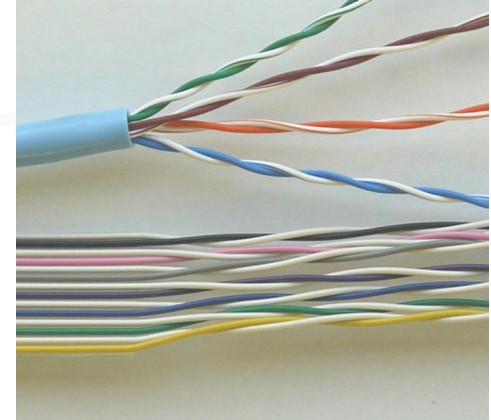


平衡



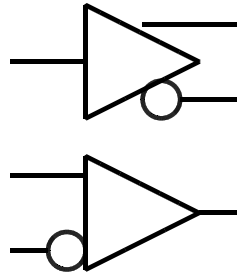
※ツイストペア

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

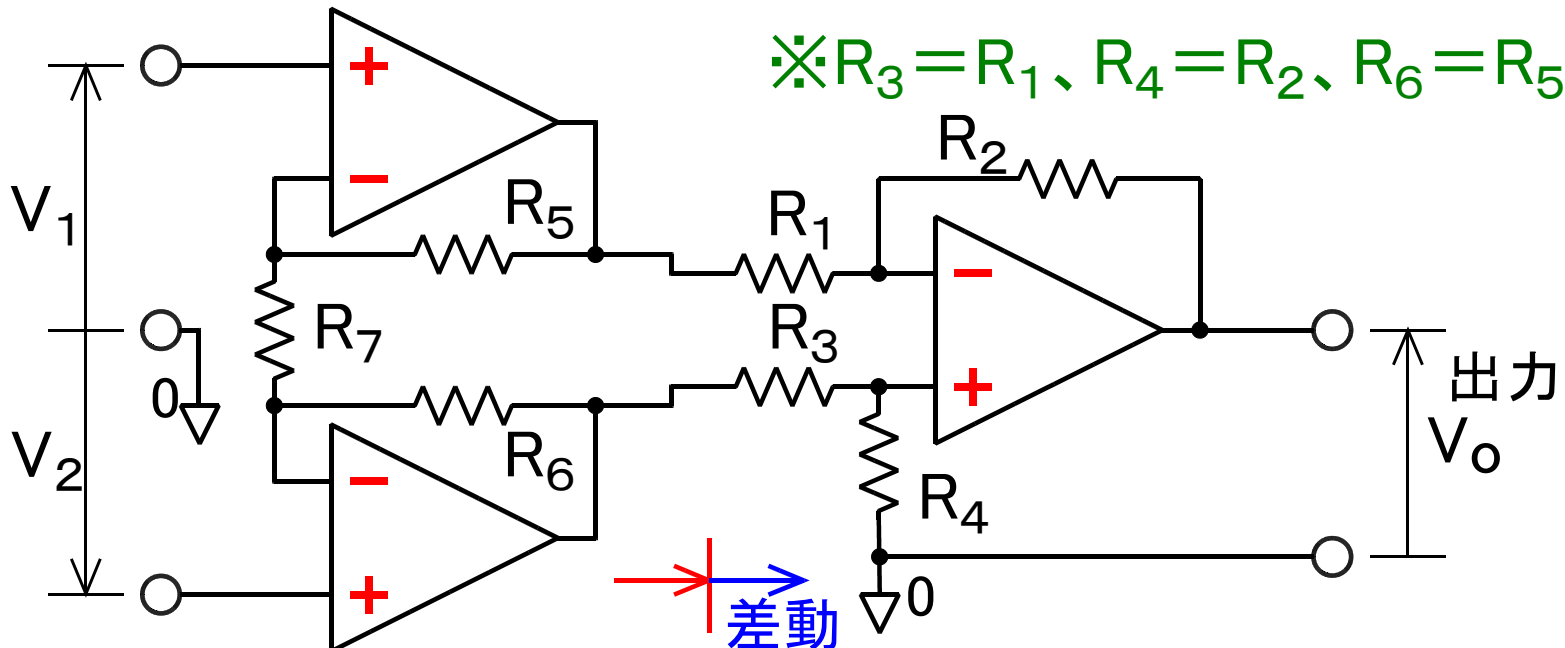
インスツルメンテーションアンプ (計装アンプ)

○差動増幅の入力特性の改善

◇入力インピ[°]→∞、対称性、抵抗1本で増幅可変

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

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

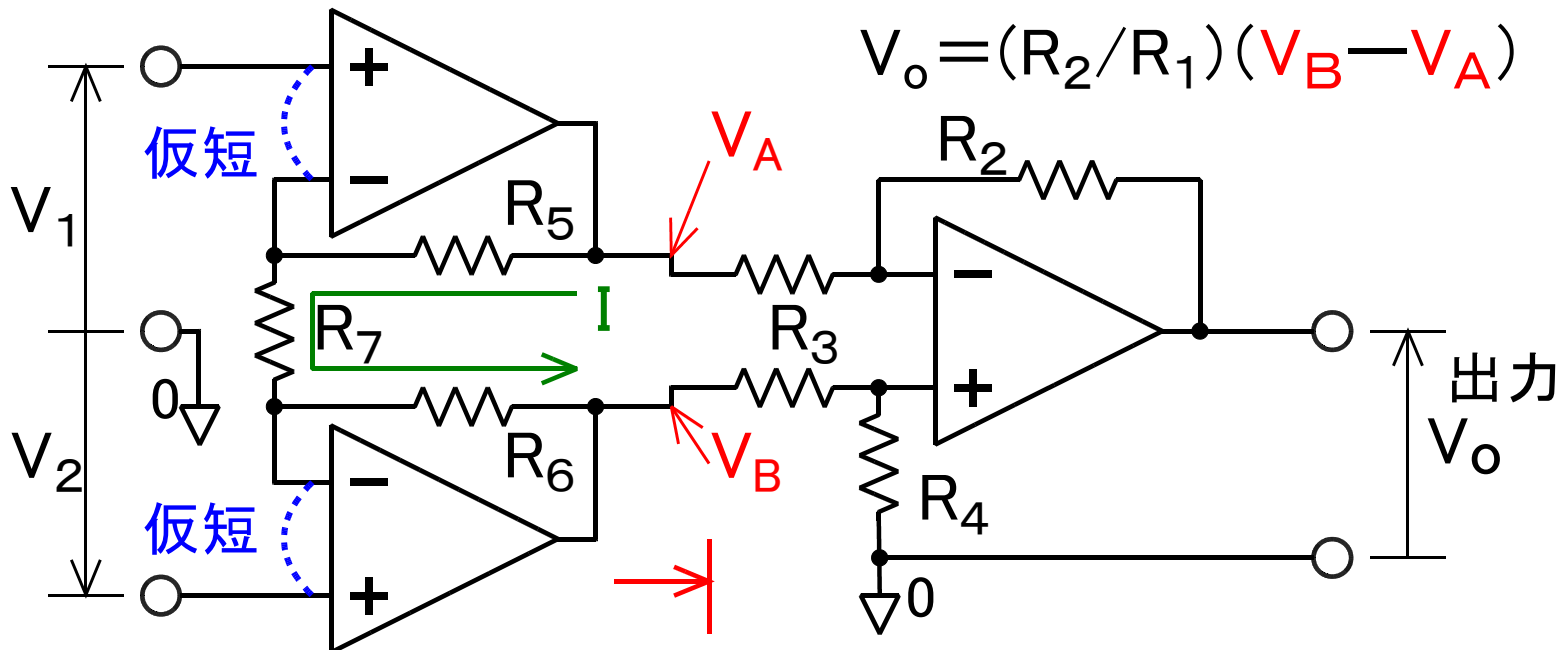


インスツルメンテーションアンプ (計装アンプ)

○動作の原理 前段ブースター＋後段差動増幅

$$\bullet V_A - V_B = (R_5 + R_7 + R_6) I, \quad V_1 - V_2 = R_7 I$$

$$\rightarrow V_A - V_B = (R_5 + R_7 + R_6) (1/R_7) (V_1 - V_2)$$



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

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

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

