機械知能工学科

メカトロニクス総合

MC-04/Rev 15-1.1

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

・インスツルメンテーションアンプ

加算回路

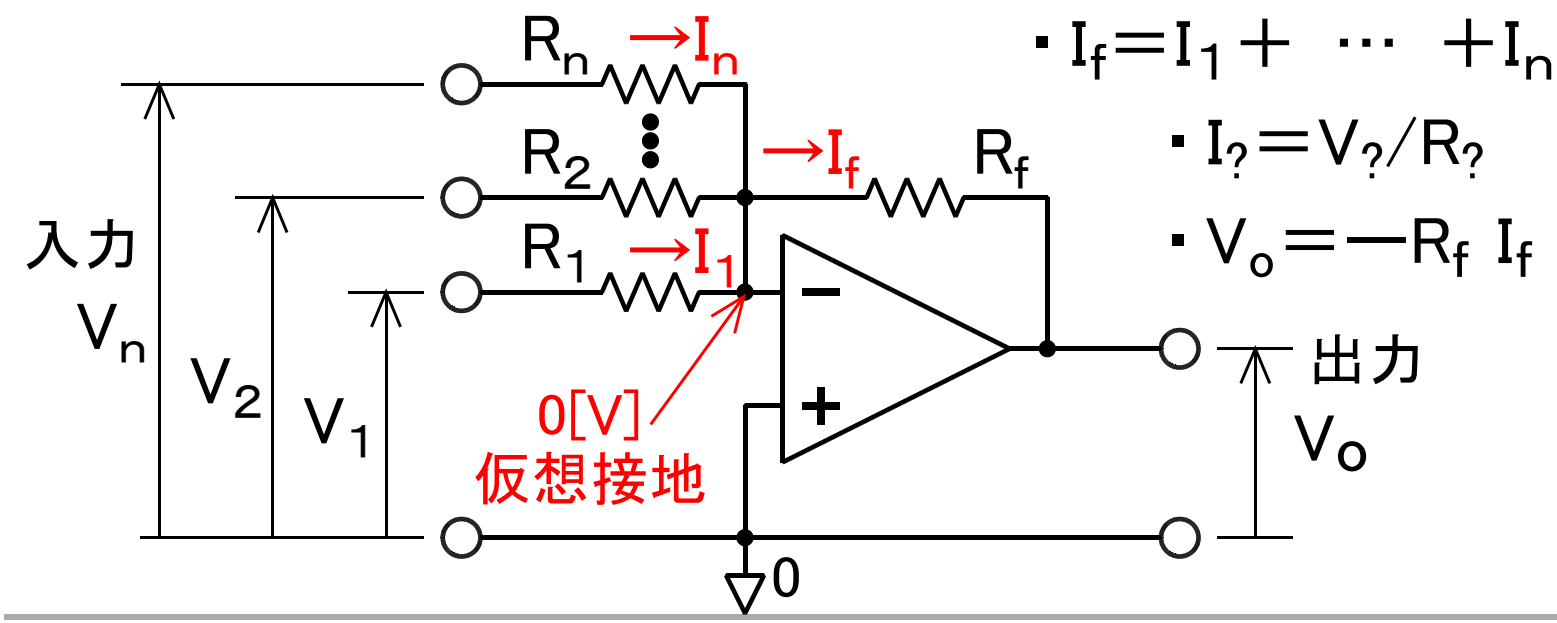
仮想接地のおさらい

○電圧→電流→電流の合計→電圧

◇特性

↓係数付き加算：ax+by+cz型

・$V_o = -\{(R_f/R_1)V_1 + \cdots + (R_f/R_n)V_n\}$



・$I_f = I_1 + \cdots + I_n$

・$I_? = V_? / R_?$

・$V_o = -R_f\ I_f$

電流電圧変換回路

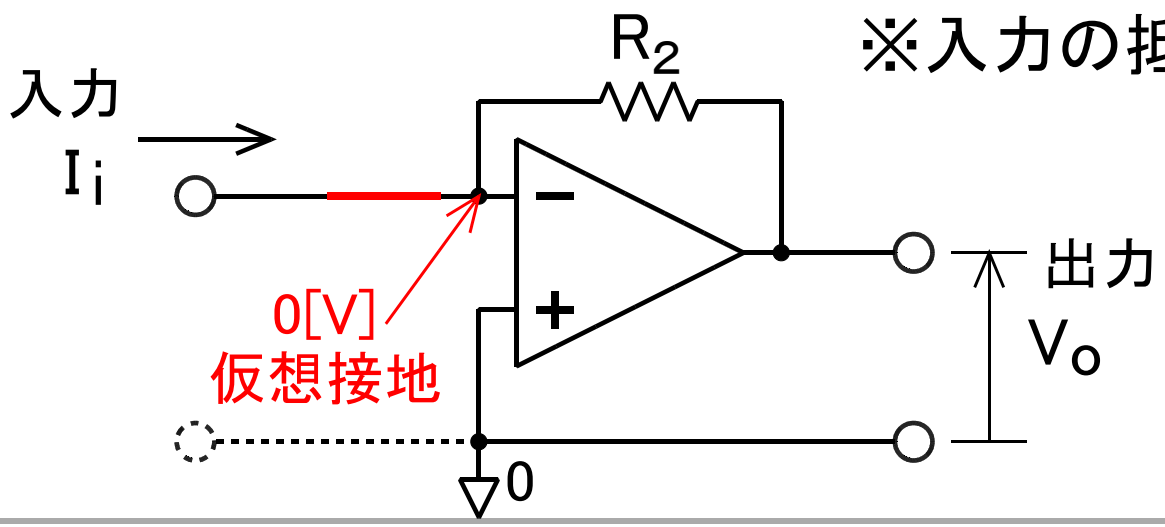
○電流信号を電圧に変える　→光センサ等

◇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

※入力の抵抗を0に



非反転増幅回路

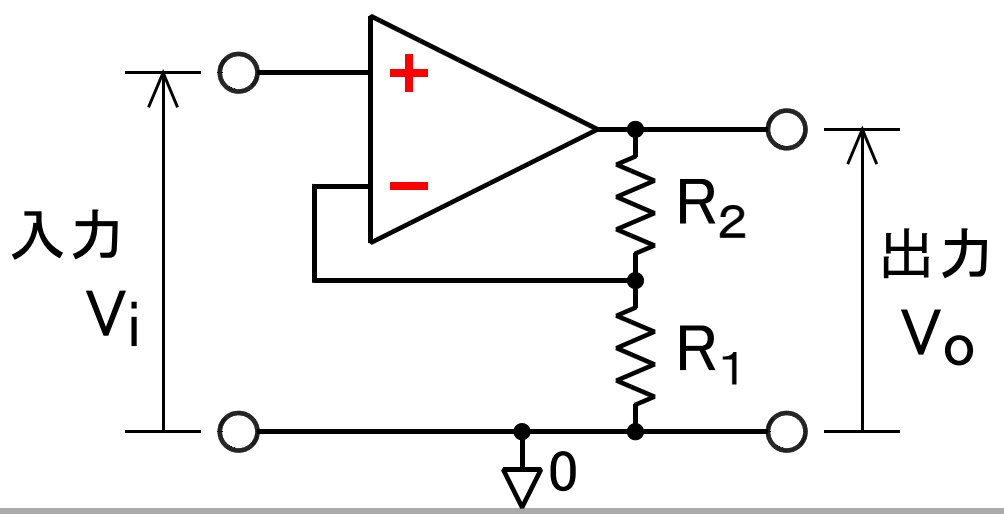
○反転しない＆入力インピーダンス≒∞

◇特性

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

※増幅率は正

※増幅率≧1



非反転増幅回路

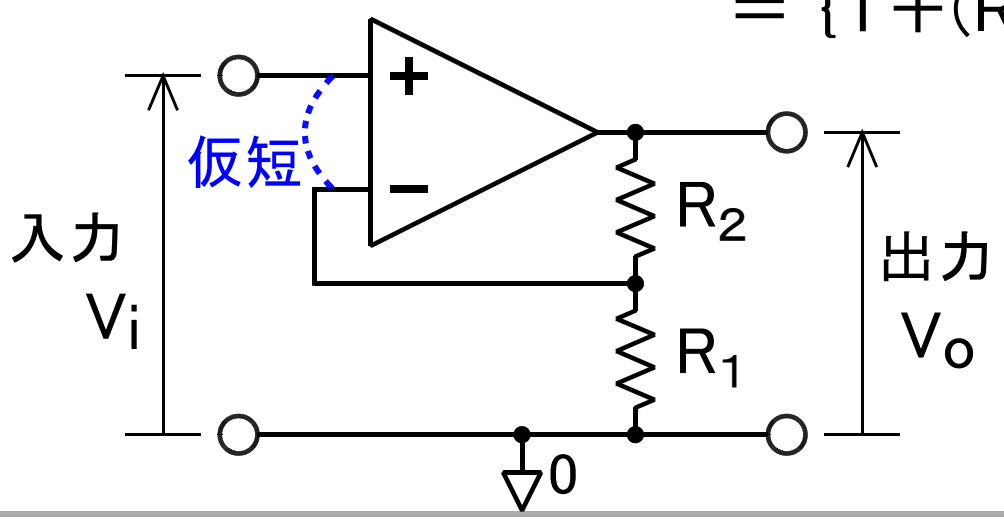
○動作の原理

◇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）

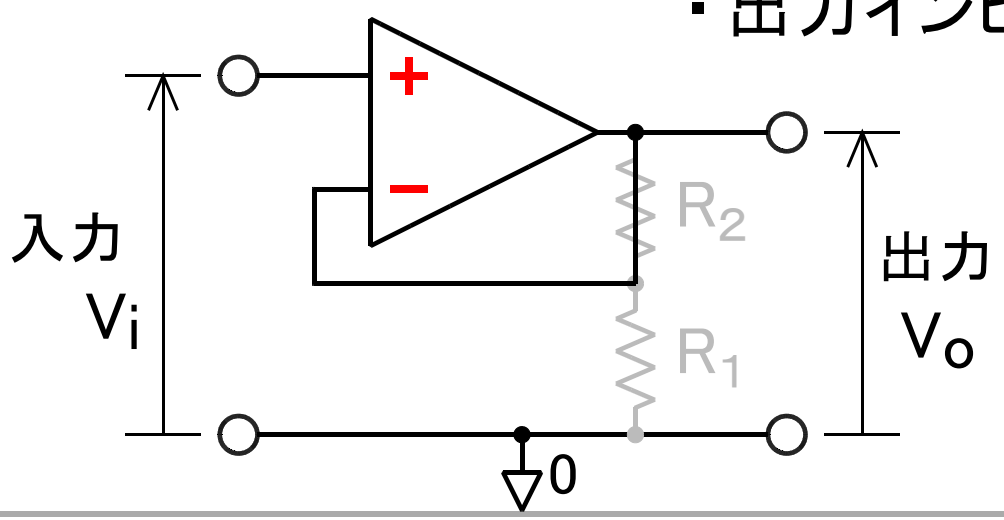
○増幅率１、電流の増強、バッファ

◇非反転増幅で、$R_1 = \infty$、$R_2 = 0$

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

・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

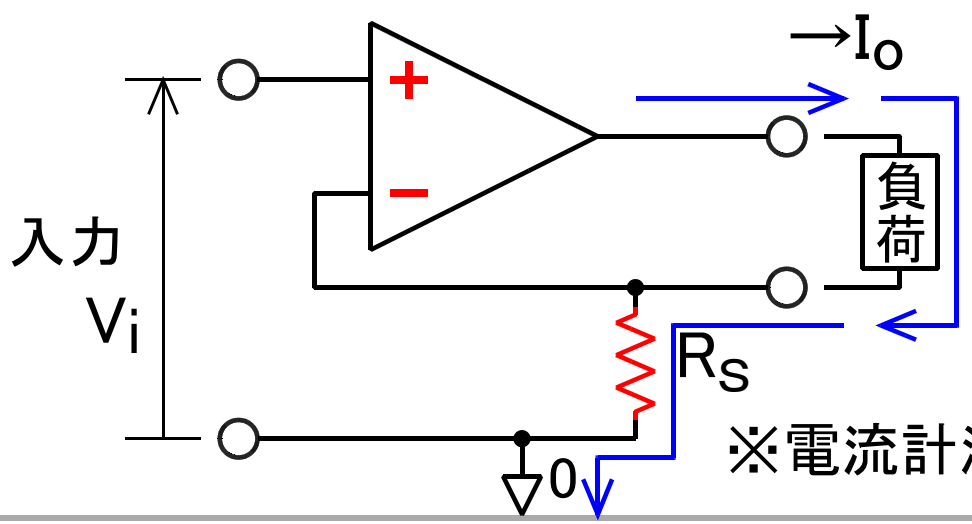
モータ駆動などの基本系

◇特性

・$I_o = (1/R_S)\, V_i$　　※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）

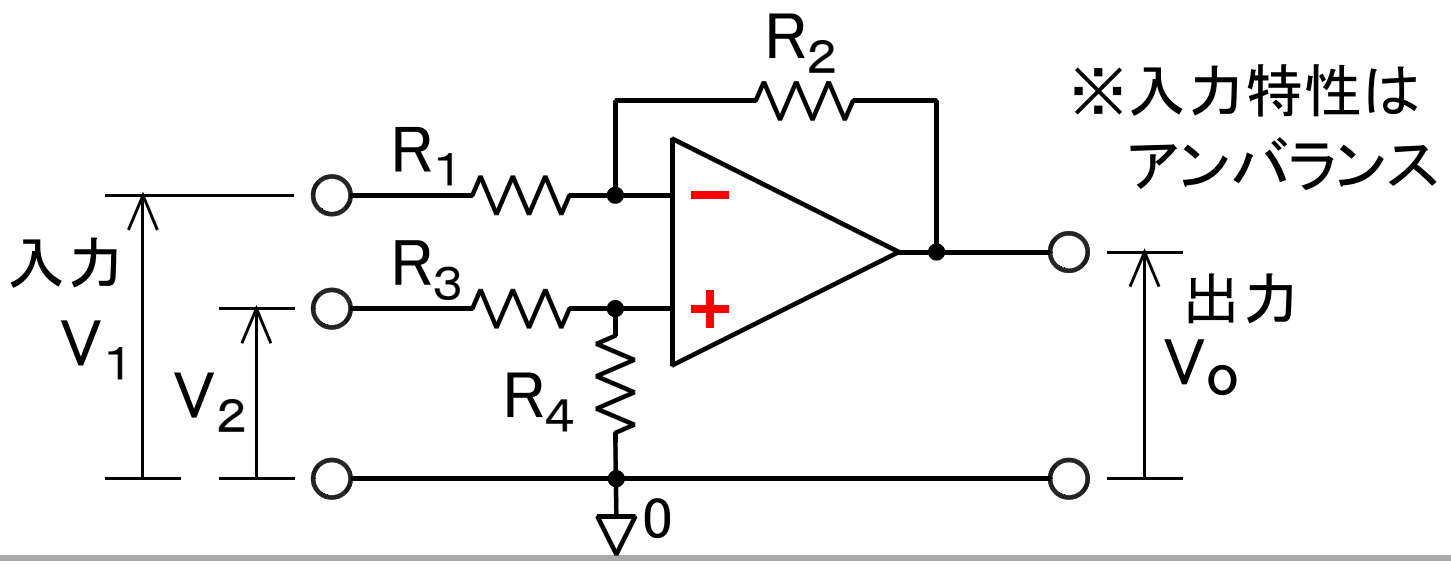
差動増幅回路

○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

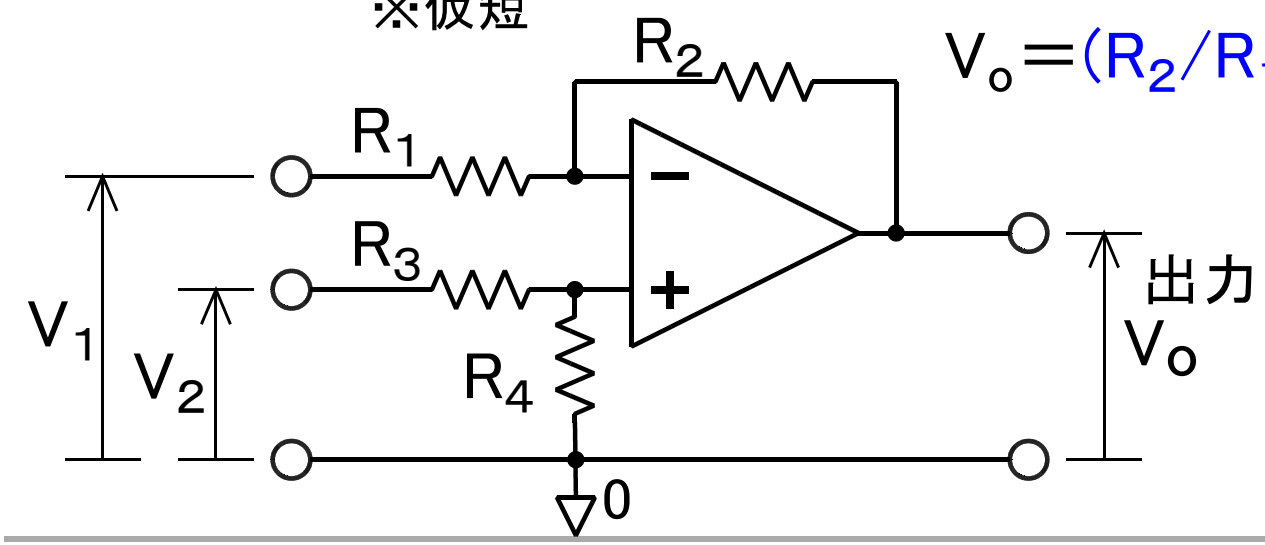
○動作の原理

※$R_3=R_1$、$R_4=R_2$

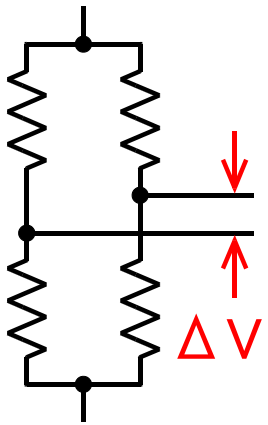
- $V_-=(R_2V_1+R_1V_o)/(R_1+R_2)$　※前回より
- $V_+=R_4V_2/(R_3+R_4)=R_2V_2/(R_1+R_2)$
- $V_-=V_+ \rightarrow R_2V_1+R_1V_o=R_2V_2 \rightarrow$　※分圧

※仮短

$V_o=(R_2/R_1)(V_2-V_1)$



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）

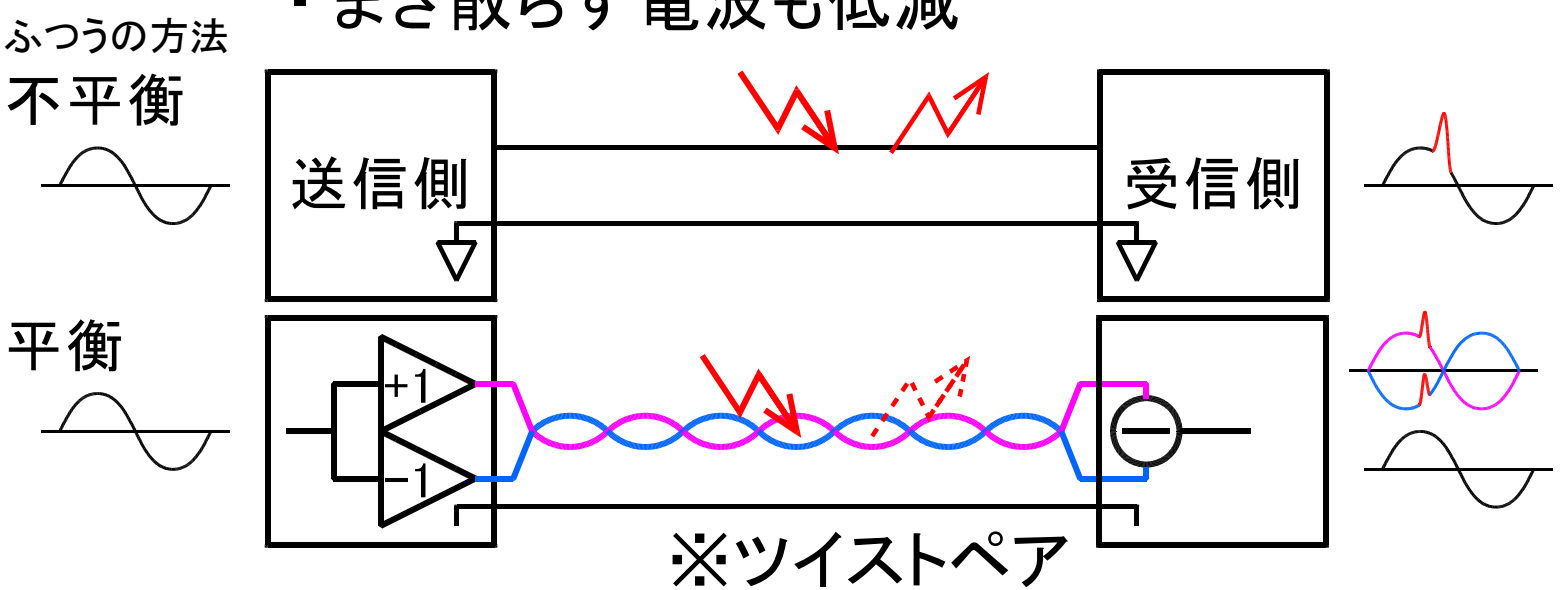
差動増幅回路

○差動伝送　または　平衡伝送

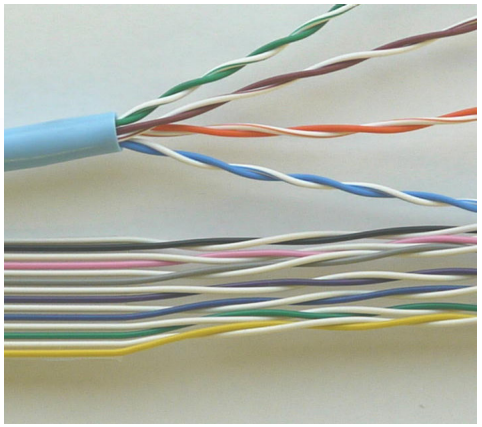
◇±の信号を送る　→　受信時に差を取る

・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

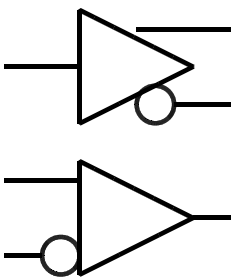


差動増幅回路



○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

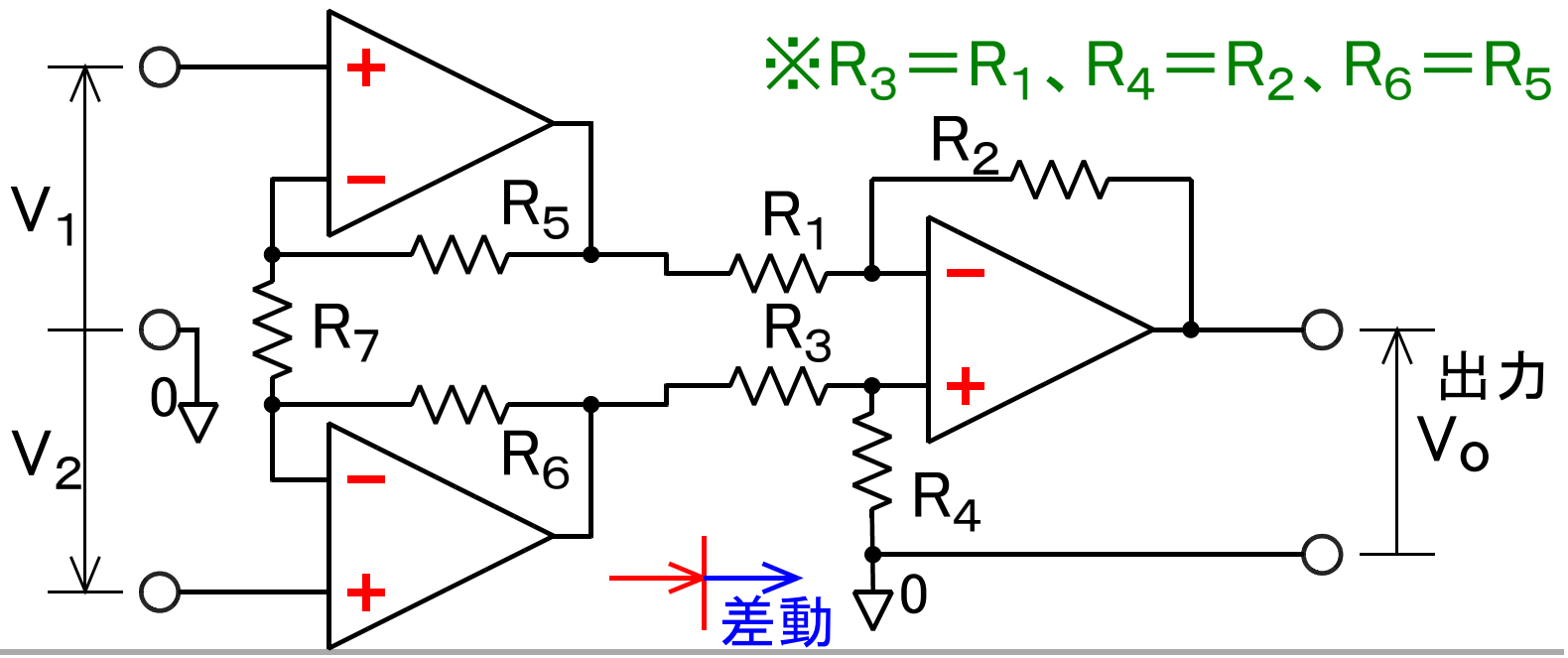
インスツルメンテーションアンプ（計装アンプ）

○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

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

※$R_3=R_1$、$R_4=R_2$、$R_6=R_5$



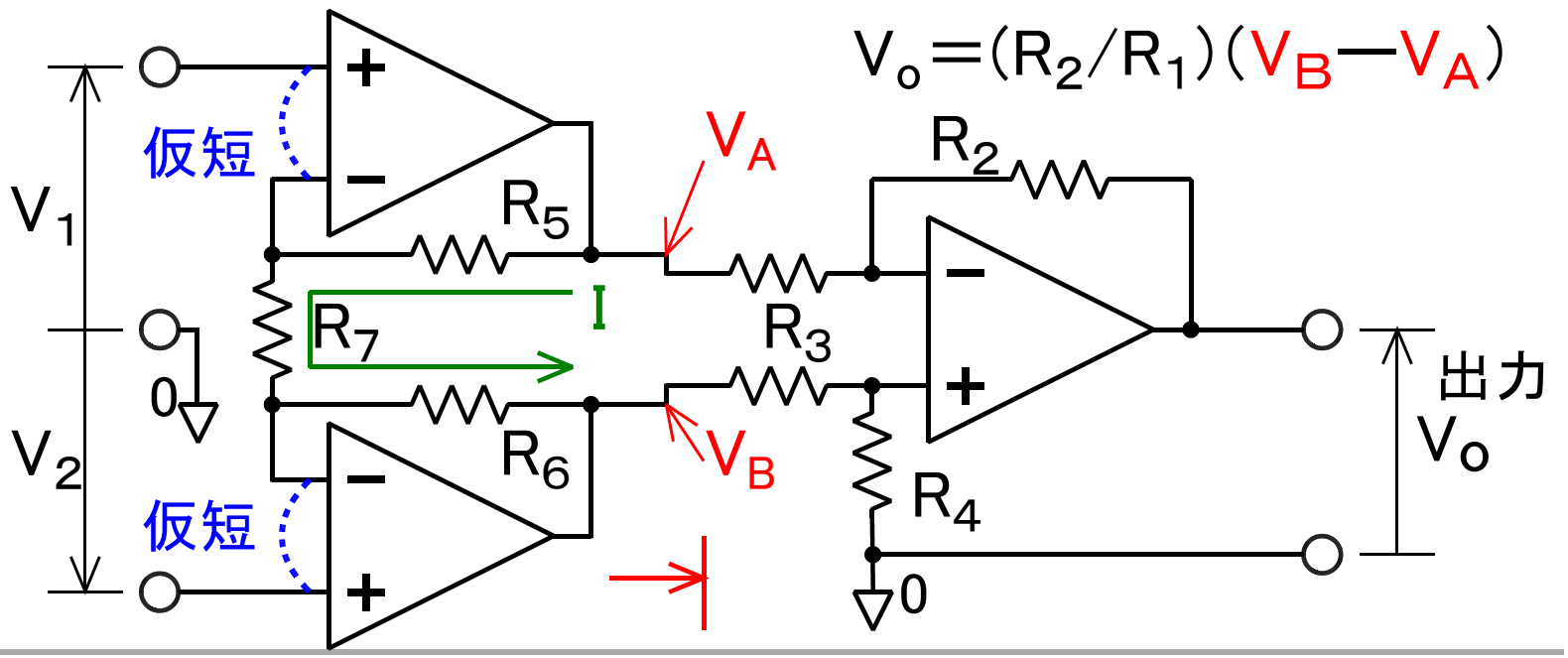
インスツルメンテーションアンプ（計装アンプ）

○動作の原理　前段ブースター＋後段差動増幅

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

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

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



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

- $E_R = (R_2V_i + R_1V_o)/(R_1 + R_2)$
- $R_1(V_o - E_R) = -R_2(V_i - E_R)$
- $(V_o - E_R) = -(R_2/R_1)(V_i - E_R)$

※$E_R = R_3E/(R_3 + R_4)$

