

# 電気回路第一 － 直流回路 －

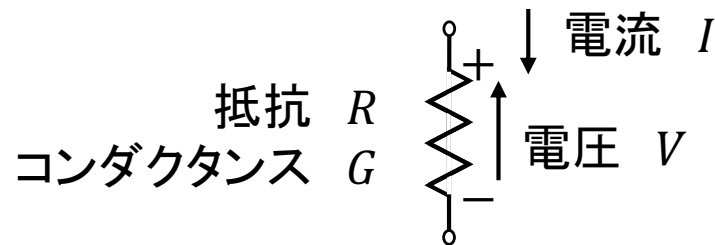
電気電子系 エネルギーコース

山田 明

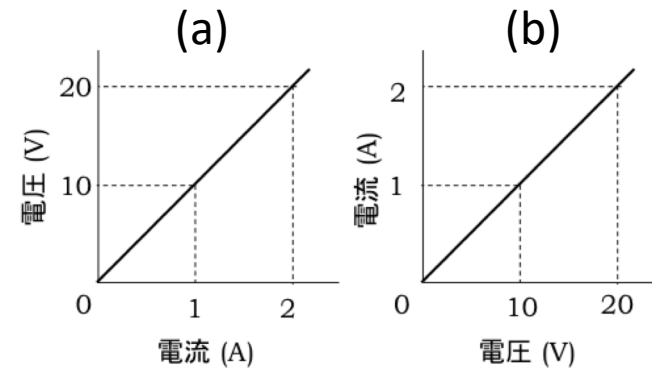
# 内容

- 抵抗とオームの法則
- 抵抗の直列接続, 並列接続
  - 合成抵抗, 合成コンダクタンス
- 電圧源, 電流源
- 電圧源と電流源の等価性
- キルヒホッフの法則

# 抵抗とオームの法則



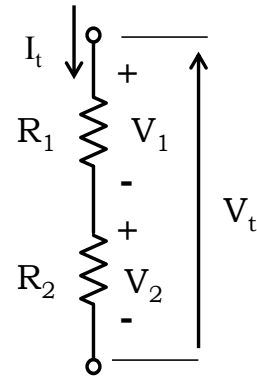
抵抗とコンダクタンス



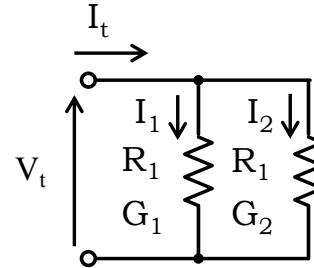
電流と電圧との関係

- 抵抗 $R$ の両端に電流 $I$ を流すと、図の方向に電圧 $V$ が生じる素子。電流と電圧の関係は、 $V = RI$  (オームの法則) となる。電流と電圧の方向に注意。
- 電流をA(アンペア)、電圧をV(ボルト)の単位で表すと抵抗の単位は $\Omega$ (オーム)となる。
- 上記(a)のグラフの抵抗値は、 $10\Omega$  である。
- オームの法則の逆数を取り、抵抗の両端に電圧を加えた時、素子に流れる電流を議論することができる。この時の電圧と電流の関係式は、 $I = GV \left( = \frac{1}{R} V \right)$  となる。
- この時の $G$ をコンダクタンスと呼ぶ。単位として、A, Vを用いるとコンダクタンスの単位はS(ジーメンズ)となる。
- 上記(b)のグラフのコンダクタンスは、 $0.1S$  である。

# 抵抗の直列接続，並列接続



直列接続



並列接続

- 直列接続

- 流れる電流値は，素子1と素子2で共通。(いくつあっても)
- 素子全体の両端の電圧は，素子1と素子2の電圧値の和。(いくつあっても)
- 素子1に流れる電流を $I_1$ ，素子1の両端の電圧を $V_1$ とすると，

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 \dots$$

$$V_t = \sum_i V_i \quad t \text{は, totalの} t$$

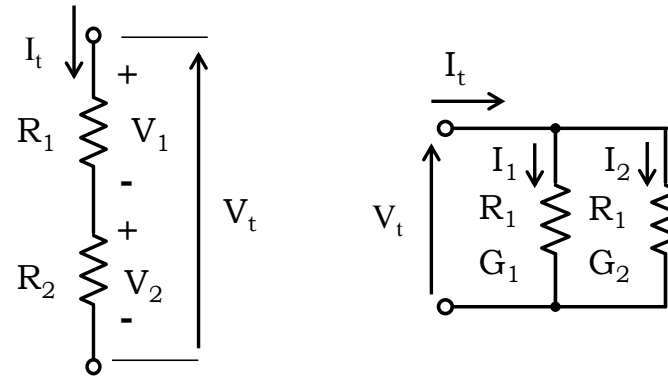
- 並列接続

- 両端の電圧値は，素子1と素子2で共通。(いくつあっても)
- 素子全体を流れる電流は，素子1と素子2の電流値の和。(いくつあっても)
- 素子1に流れる電流を $I_1$ ，素子1の両端の電圧を $V_1$ とすると，

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 \dots$$

$$I_t = \sum_i I_i$$

# 合成抵抗, 合成コンダクタンス



- 直列接続の合成抵抗

- オームの法則より,  $V_1 = R_1 I_1$  が成立する。従って, 回路全体の電圧  $V_t$  と電流  $I_t$  との関係は,

$$V_t = \sum_i V_i = \sum_i R_i I_i = \left( \sum_i R_i \right) I_t \quad I_t = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 \dots \text{より。}$$

これより, 直列接続時の合成抵抗  $R$  は,  $R = \sum_i R_i$  により与えられる。

- 並列接続の合成コンダクタンス

- オームの法則より,  $I_1 = G_1 V_1$  が成立する。従って, 回路全体の電圧  $V_t$  と電流  $I_t$  との関係は,

$$I_t = \sum_i I_i = \sum_i G_i V_i = \left( \sum_i G_i \right) V_t \quad V_t = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 \dots \text{より。}$$

これより, 並列接続時の合成コンダクタンス  $G$  は,  $G = \sum_i G_i$  により与えられる。

# 並列接続の合成抵抗 $R_t$

$$I_t = \sum_i I_i = \sum_i G_i V_i = \left( \sum_i G_i \right) V_t$$

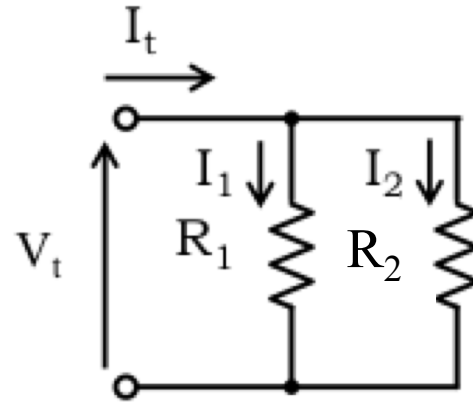
$$V_t = \frac{1}{\sum_i G_i} I_t = R_t I_t \quad \text{tは, totalのt}$$

- これより, 並列接続時の抵抗がコンダクタンスではなく抵抗で与えられた場合の合成抵抗 $R_t$ は,

$$R_t = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{R_i}} \quad G_i = \frac{1}{R_i} \text{より}$$

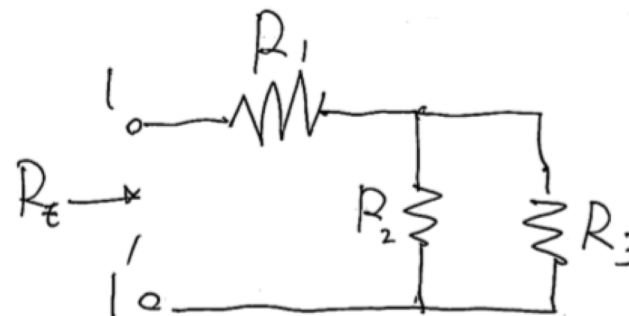
と与えられる。

例) 抵抗が2つ



# 練習

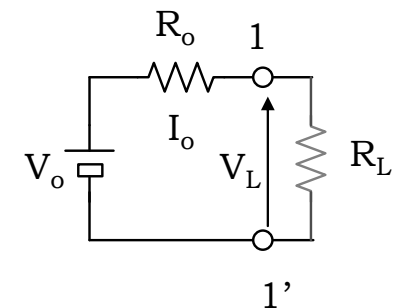
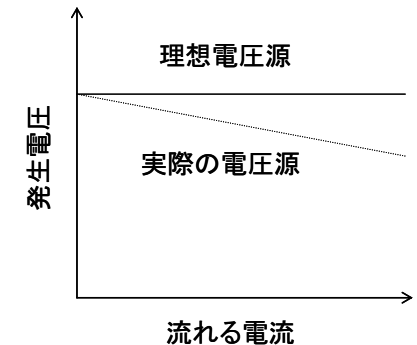
- 右図の端子1-1'から見た,  
合成抵抗 $R_t$ を求めよ。





# 電圧源

- 電池のように、流れる電流に関わらず、ほぼ一定の電圧を発生する素子を電圧源と呼ぶ。
- 電圧源には、直流電圧源、交流電圧源がある。
- 実際の電圧源は流れ出る電流が多くなると右図のように電圧が低下する。
- 一般にはこの効果を入れて、右図の回路(等価回路)を用いて、電圧源を表す。
- $V_o$ は端子1, 1'間を開放して回路系に電流が流れないときの電圧で、開放電圧と呼ぶ。 $R_o$ は電流が流れて出力電圧 $V_L$ が低下することを表し、内部抵抗という。
- 流れる電流 $I_o$ と出力電圧 $V_L$ には下記の関係が成り立つ。



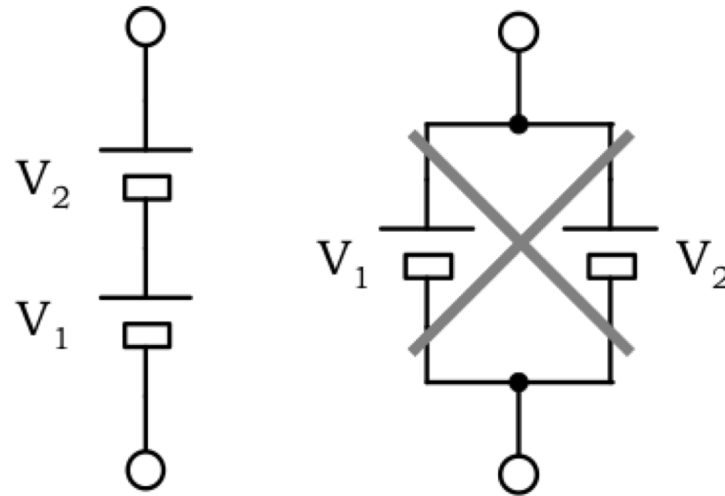
$$V_L = V_o - R_o I_o \quad \leftarrow \text{右のグラフが再現されることを確認せよ。}$$

$R_o = 0$ が理想的な電圧源。

- 内部抵抗は、1-1'を短絡( $V_L = 0$ )して、流れる電流 $I_o$ を測定することにより、下記から求められる。

# 電圧源同士の接続

- 電圧源同士の並列接続は無い。電圧共通のため。
- 電圧源同士の直列接続は，理想的の場合，電圧の和となる。

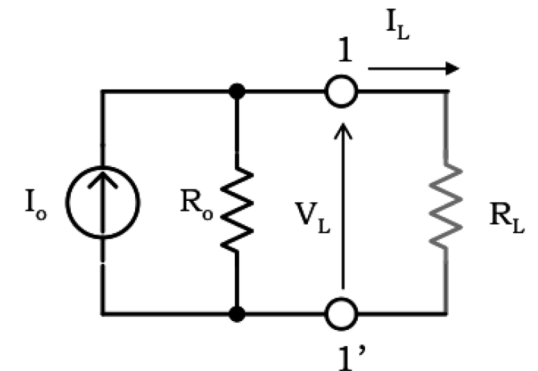
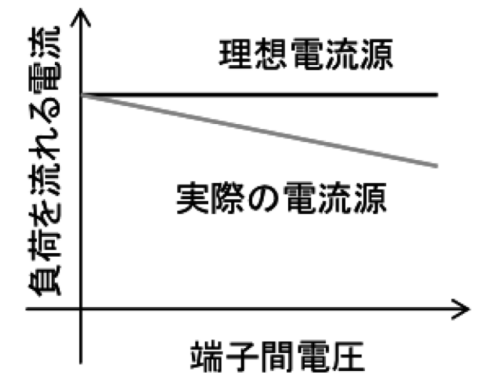


理想的な場合， $V_t = V_1 + V_2$

原則，接続しない。

# 電流源

- 端子間の電圧に関わらず、ほぼ一定の電流を発生する素子を電流源と呼ぶ。
- 電流源には、直流電流源、交流電流源がある。
- 実際の電流源は端子間の電圧が高くなると右図のように電流が低下する。
- 一般にはこの効果を入れて、右図の回路(等価回路)を用いて、電流源を表す。
- $I_o$ は端子1, 1'間を短絡して回路系に電圧が生じないときの電流で、短絡電流と呼ぶ。 $R_o$ は端子間電圧が生じて出力電流 $I_L$ が低下することを表し、内部抵抗という。
- 出力電流 $I_L$ と端子間電圧 $V_L$ には下記の関係が成り立つ。



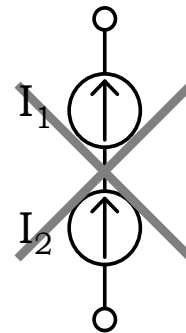
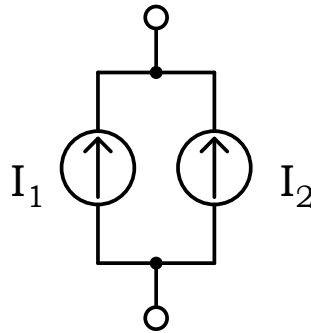
← 右のグラフが再現されることを確認せよ。

$R_o = \infty$ が理想的な電流源。

- 内部抵抗は、1-1'を開放( $I_L = 0$ )して、端子間電圧 $V_L$ を測定することにより、下記から求められる。

# 電流源同士の接続

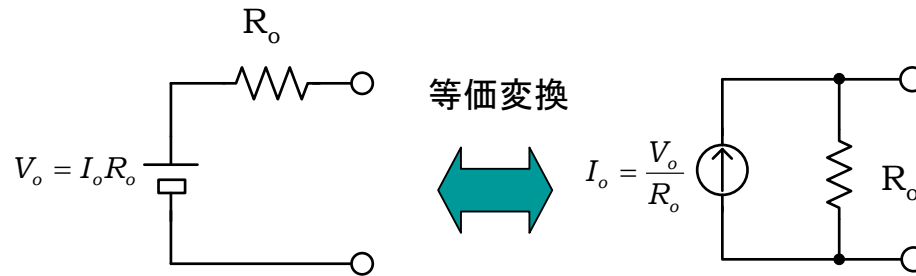
- 電流源同士の直列接続は無い。電流共通のため。
- 電流源同士の並列接続は、理想的の場合、電流の和となる。



理想的な場合， 原則， 接続しない。

$$I_t = I_1 + I_2$$

# 電圧源と電流源の等価性

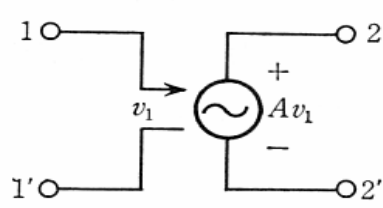
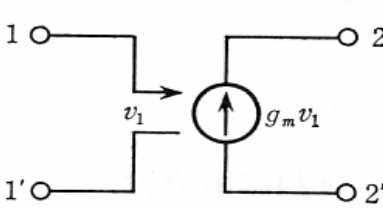
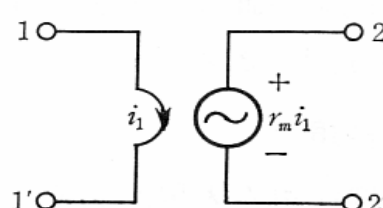
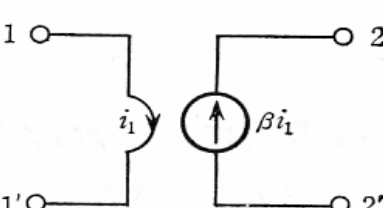


- 電圧源(電流源)は, 内部抵抗と開放電圧(短絡電流)で特性が決まる。
- 電流源(電圧源)を用いても, 同じ内部抵抗と同じ開放電圧(短絡電流)を示す回路を作ることができる。
- この時, 両者は電気回路的に区別がつかない。(等価回路)
- 電圧源の電圧 $V_o$ と, 電流源の電流 $I_o$ が下記の関係を示す時, 両者は等価となる。内部抵抗は, 両者とも $R_o$ 。

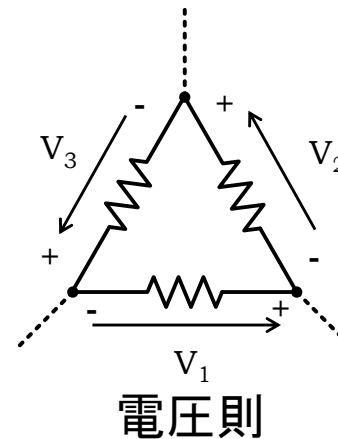
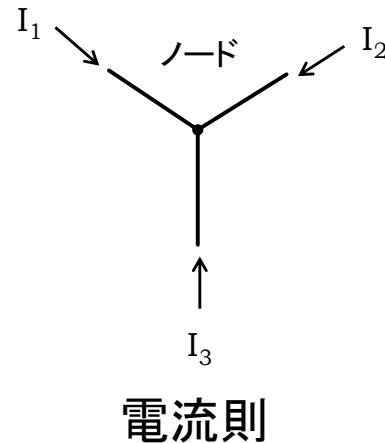
$$V_o = I_o R_o$$

# 従属電源

- 1-1'端子間の電圧(電流)により, 2-2'端子間の電圧(電流)が決まる電源。
- 組み合わせで4種類ある。
- トランジスタを解析する時に使う。今は, そのような素子があるんだ, 位で良い。

|                       |        | 電 源 の 種 別                                                                                           |                                                                                                      |
|-----------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |        | 電 圧 源                                                                                               | 電 流 源                                                                                                |
| 制<br>御<br>す<br>る<br>量 | 電<br>圧 | <p>電圧制御電圧源</p>   | <p>電圧制御電流源</p>   |
|                       | 電<br>流 | <p>電流制御電圧源</p>  | <p>電流制御電流源</p>  |

# キルヒホッフの法則



- キルヒホッフの電流則

- 電流は、電荷の流れ。電荷保存則の回路的表現。
- あるノードに流れ込む電流の和は、0である。

$$\sum_i I_i = 0$$

- キルヒホッフの電圧則

- 電圧は、ポテンシャル。エネルギー保存則の回路的表現。
- あるループに沿った電圧の和は、0である。

$$\sum_i V_i = 0$$

- 基本的に回路は、電流、電圧の向きを考慮しながら電流、電圧を未知変数とし、キルヒホッフの法則を適応させながら連立方程式を作り、それを解くことになる。

# 練習

- 内部抵抗 $R_1, R_2$ を持つ理想的でない電圧源を直列接続した。この時、この電圧源を1つの電圧、1つの内部抵抗をもつ等価な電圧源で表現せよ。

