

機械知能工学科
メカトロニクス基礎

MB-04/Rev 17-1.0

第04回

オームの法則と キルヒホッフの法則

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

○ 抵抗と回路に関わる基本法則

◇ オームの法則を説明できる

- ・ オームの法則 と 電圧降下
- ・ 抵抗で消費される電力

◇ キルヒホッフの法則について説明できる

- ・ キルヒホッフ第1の法則
接続点における電流の合計
- ・ キルヒホッフ第2の法則
一周まわるとゼロ[V]

オームの法則

○抵抗に関する法則

◇部品としての抵抗

チップ抵抗(1608)
47k, 5%, 1/10W

酸金抵抗
0.47, 5%, 2W

金皮抵抗
30k, 1%, 1/4W

炭素皮膜抵抗
20k, 5%, 1/4W

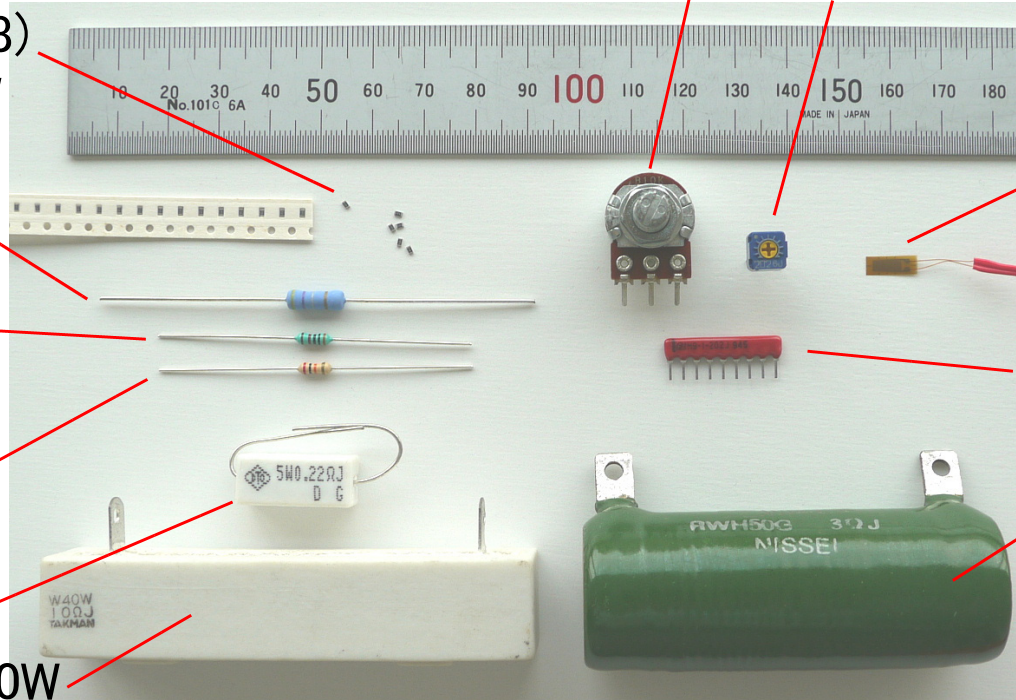
セメント抵抗
0.22, 5W 10, 40W

可変抵抗(つまみをつける)
可変抵抗(ドライバ回し)

ひずみ
ゲージ

集合抵抗

ホーロー
抵抗
30, 50W?

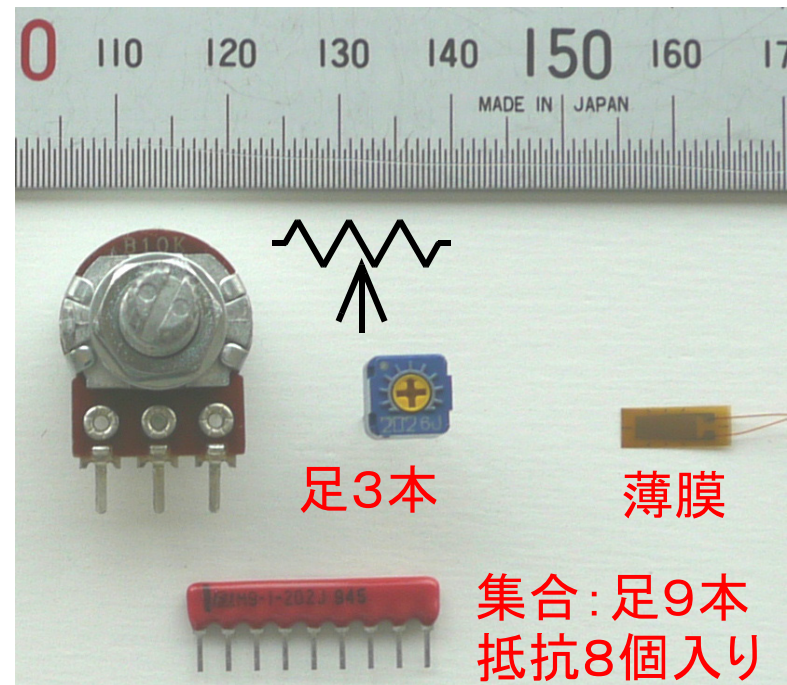
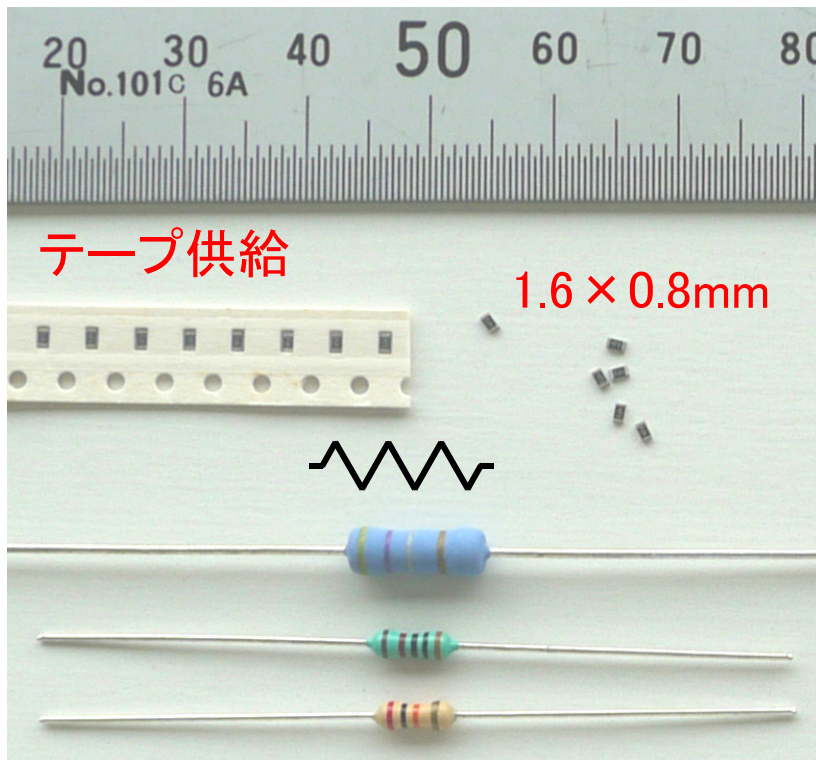


オームの法則

○抵抗に関する法則

◇部品としての抵抗

※1608型は今では
わりと大きい部類



回路検討のための状態量設定

○回路のどこの量に注目するか

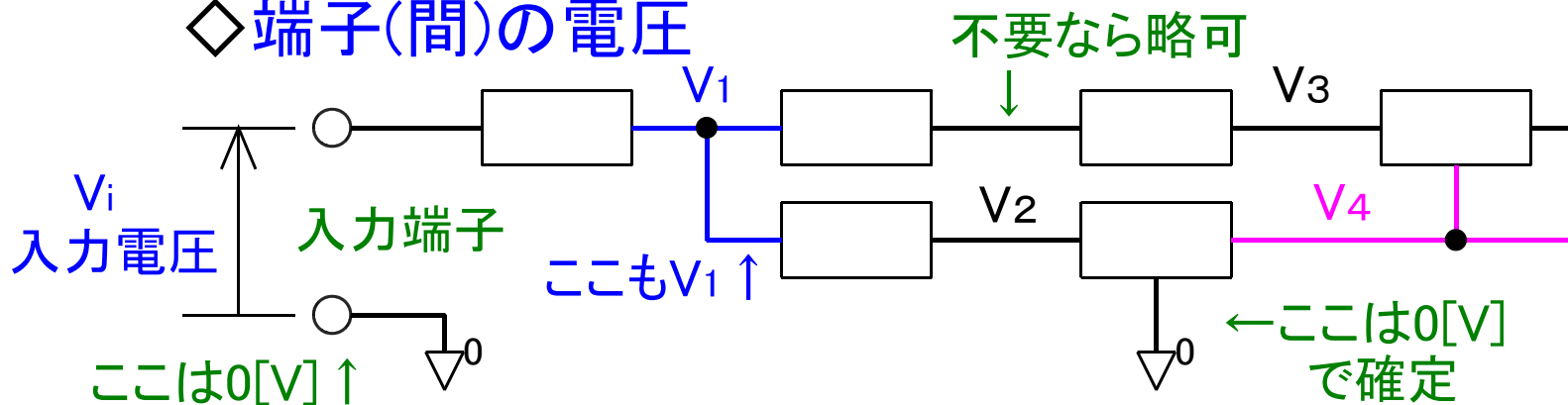
◇配線の電圧

※回路全般に

- ・配線ごとに電圧を表す変数を設定(V, v, E, e)。
- ・同じ線でつながっている→同じ電圧とみる。

※ v_s コモン($\nabla 0$)、●を介して全部、正負有

◇端子(間)の電圧



回路検討のための状態量設定

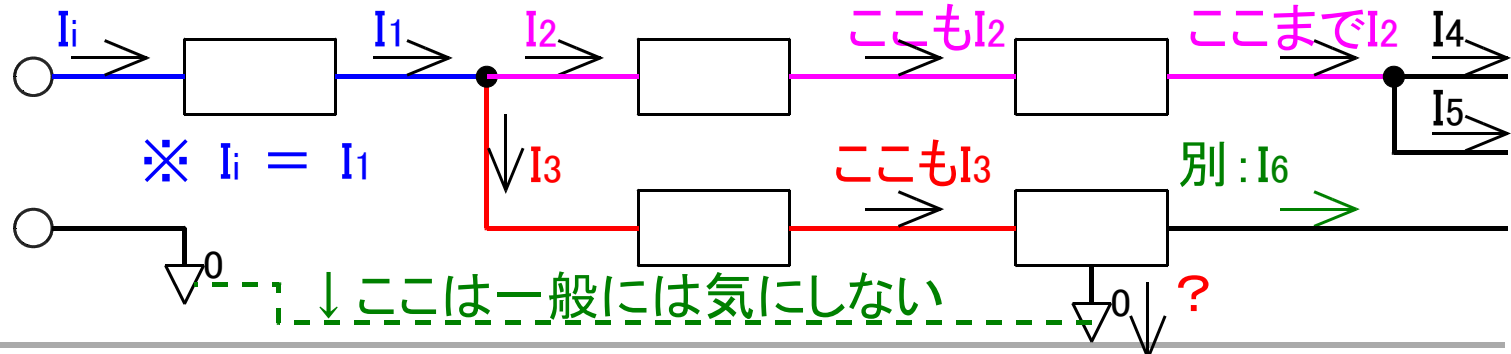
○回路のどこの量に注目するか

◇配線の電流

※主にアナログ回路で

- ・分岐(●)～分岐の1本線を流れる電流に変数を設定(I_i)。
- ・分岐しない限り、部品を通っても同じ電流。
- ・設定した向きに流れる: 正 逆向き: 負

入力電流



回路検討のための状態量設定

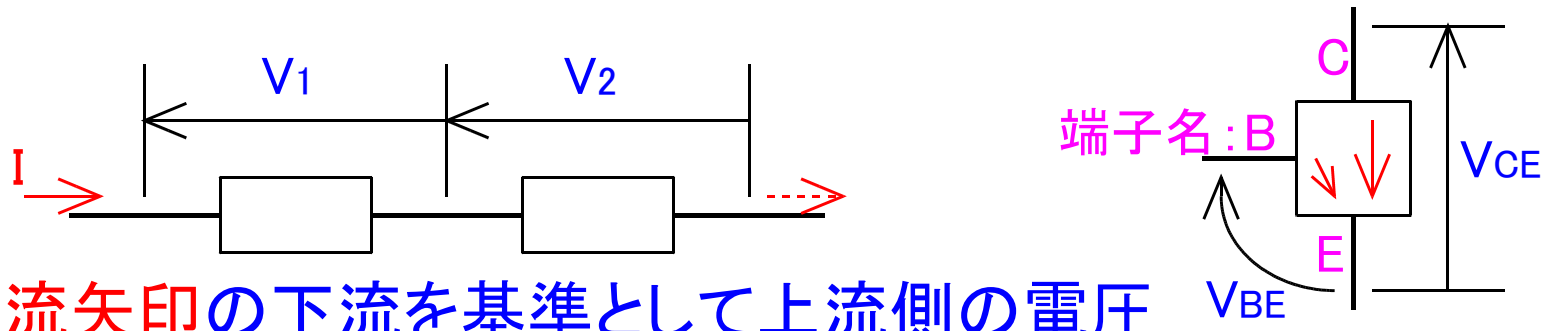
○回路のどの量に注目するか

◇部品両端の電圧 ※主にアナログ回路で

- ・ 部品(2端子のもの)に流れる電流に対応する電圧を、部品ごとに検討する。

抵抗・コンデンサ・コイルなど(後日)

※3端子以上の場合は、うち2端子を選択



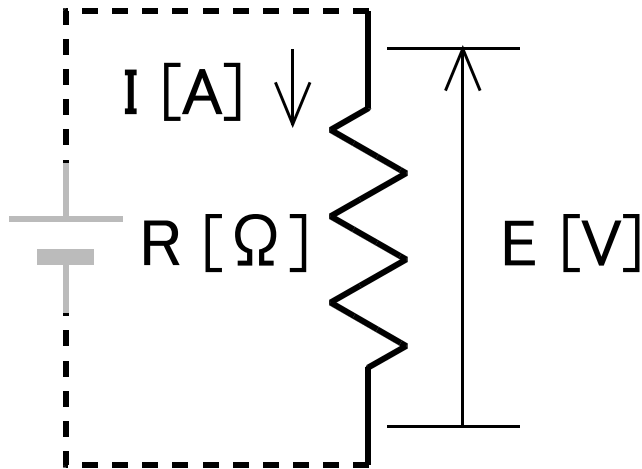
電流矢印の下流を基準として上流側の電圧

オームの法則

○抵抗に関する法則

◇電気抵抗という部品、モデル

- ・ 流れる電流に比例した電圧が両端に生じる。
- ・ 両端にかけた電圧に比例した電流が流れる。



- ・ $E[V] = R[\Omega] I[A]$
- ・ $I[A] = (1/R[\Omega]) E[V]$
- ・ $R[\Omega] = E[V] / I[A]$
- ・ 回路中の任意の抵抗それぞれに対して

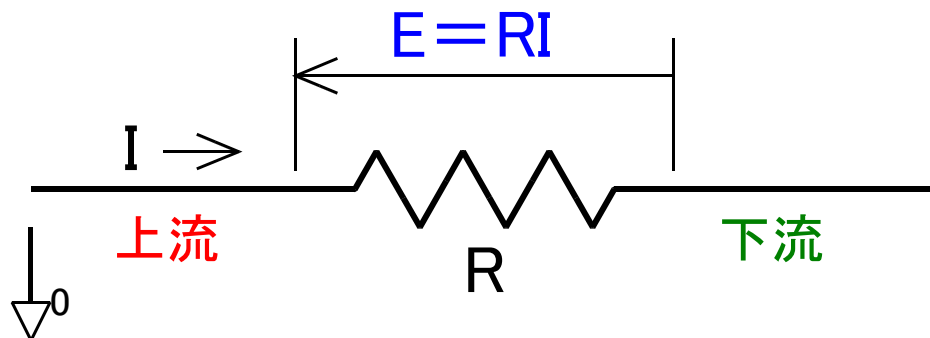
オームの法則

○電圧降下

◇抵抗に電流を流すと電圧が下がる

- ・回路中の抵抗1本を見たときに、
- ・電流の**上流**側と**下流**側の電圧を見ると、
- ・抵抗の**両端間の電圧**だけ差がある(下がる)。

→ **電圧降下** その電圧を**降下電圧**という



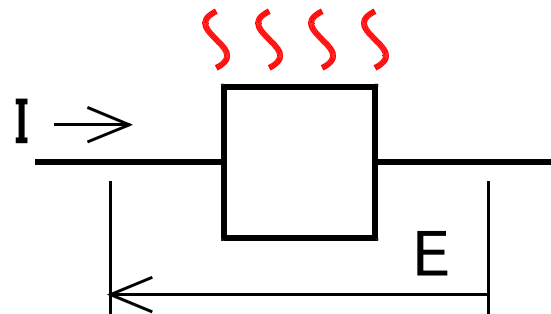
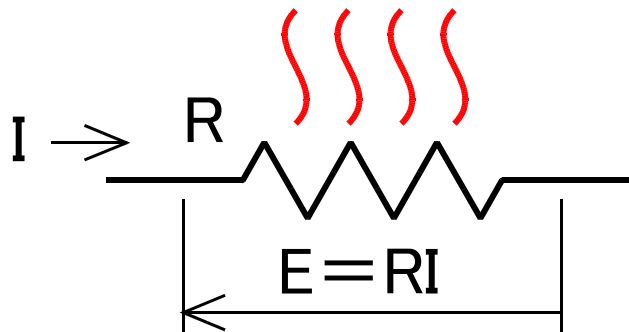
- ・下流からみた上流の電圧が $E = RI$ 高い。
- ・流れたことで、下流で電圧が $E = RI$ 下がった。

オームの法則

○抵抗の消費電力 一般部品の消費電力

◇消費電力[W]＝電圧[V]×電流[A]

- ・ 部品や装置で、電圧 E [V]がかかっていて電流 I [A]流れていると、 $P[W] = EI$ の電力が消費される。→ 一般に熱になる（光・動力他）
- ・ 抵抗： $P = (RI)I = RI^2 = E(E/R) = E^2/R$



補足：
時変の場合：
 $p(t) = e(t)i(t)$

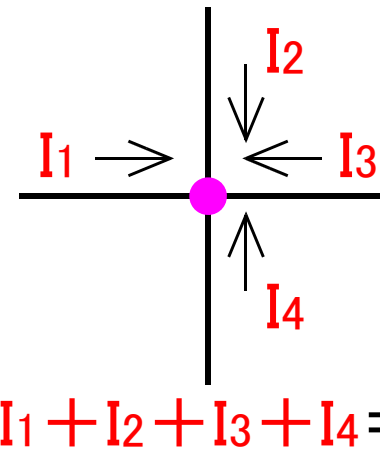
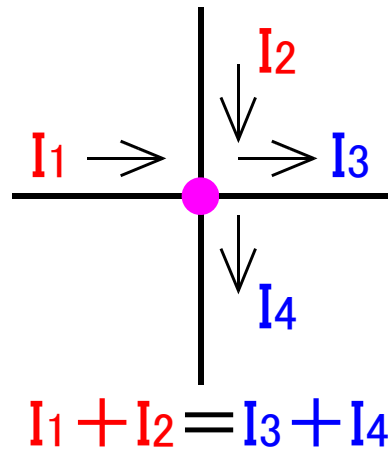
キルヒホッフの法則（第1）

○接続点で電流の総和は等しい／ゼロ

◇接続点●において

◇流入する電流の和 = 流出する電流の和

※電流の矢印、実際の流れに注意



※実は流出→ $I < 0$ もある

キルヒホッフの法則（第2）

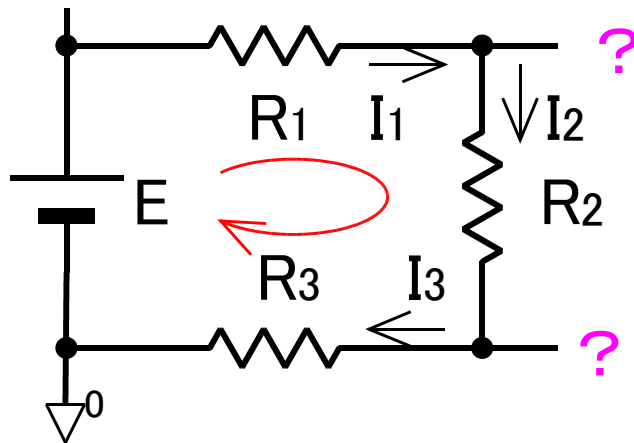
○回路のループを一周すると電圧ゼロ

◇回路内の任意の輪になっている部分について

※途中で分岐があっても構わない

◇一周してくると、トータルで電圧がゼロ

◇ループ中の電圧源の和 = 電圧降下の和



$$\bullet E - R_1 I_1 - R_2 I_2 - R_3 I_3 = 0$$

・ **輪の方向**を決める。

・ 方向に沿う電圧源：+ 逆：-

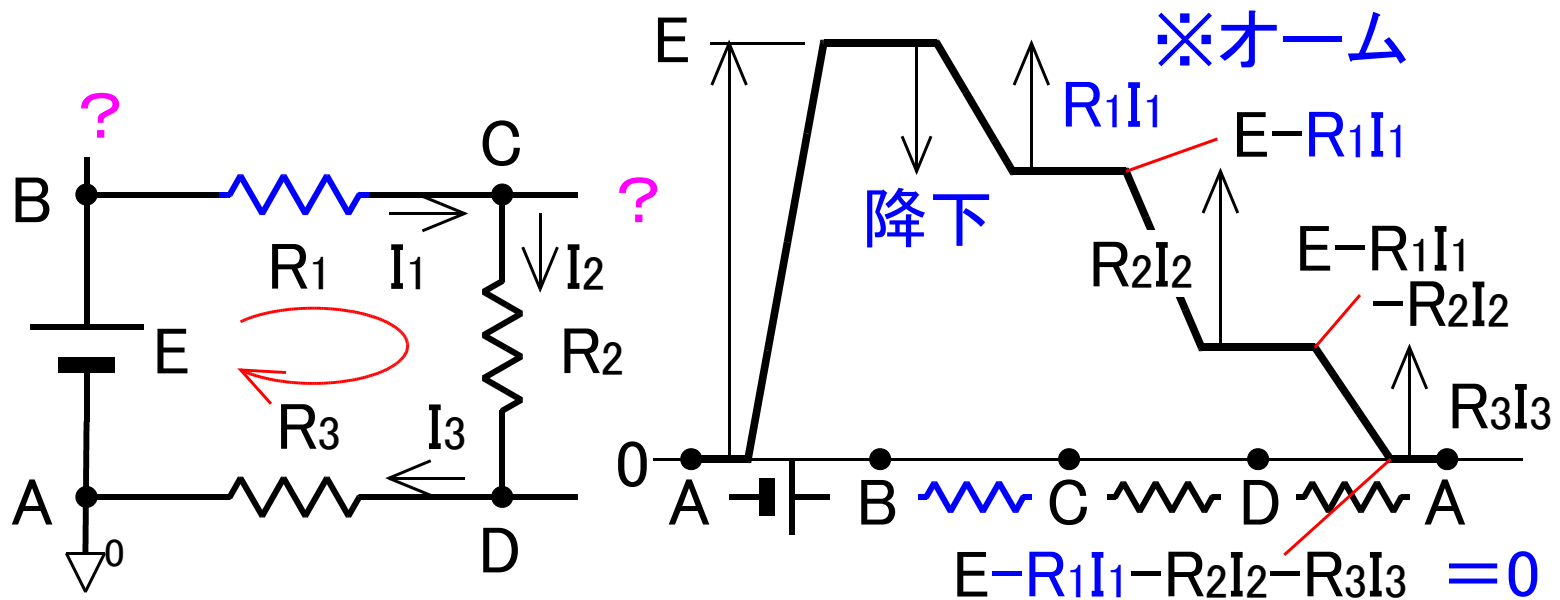
・ 方向に沿う電流：-RI 逆：+RI

キルヒホッフの法則（第2）

○回路のループを一周すると電圧ゼロ

◇電圧のグラフで考える

・ 正電圧源：電圧up 抵抗：電圧降下



キルヒホッフの法則（第1と第2）

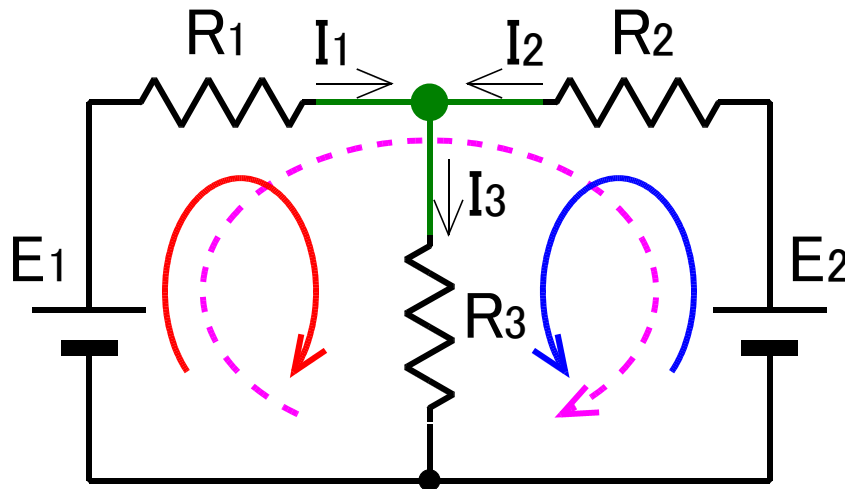
○補足

- ◇言われてみれば当たり前のような法則。
- ◇これらの連立方程式で回路を解析できる。
- ◇キルヒホッフ第1の法則は電流の分岐・合流をはっきり意識する上で重要。
- ◇キルヒホッフ第2の法則は、電圧降下と電圧の上下イメージがあればあまり使わず。
- ◇電気の教科書には他にもいくつか法則あるが、キルヒあれば、メカトロではほぼ足りる。

キルヒホッフの法則（第1と第2）

○法則の適用例

◇直流電圧源 × 2 + 抵抗 × 3



◇キルヒホッフ第1

(1) $I_1 + I_2 = I_3$

◇キルヒホッフ第2

(2) $E_1 - R_1 I_1 - R_3 I_3 = 0$

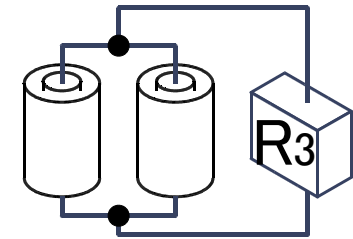
(3) $E_2 - R_2 I_2 - R_3 I_3 = 0$

(4) $E_1 - R_1 I_1 - R_2 (-I_2)$

※ループ○に逆向き → $+(-E_2) = 0$

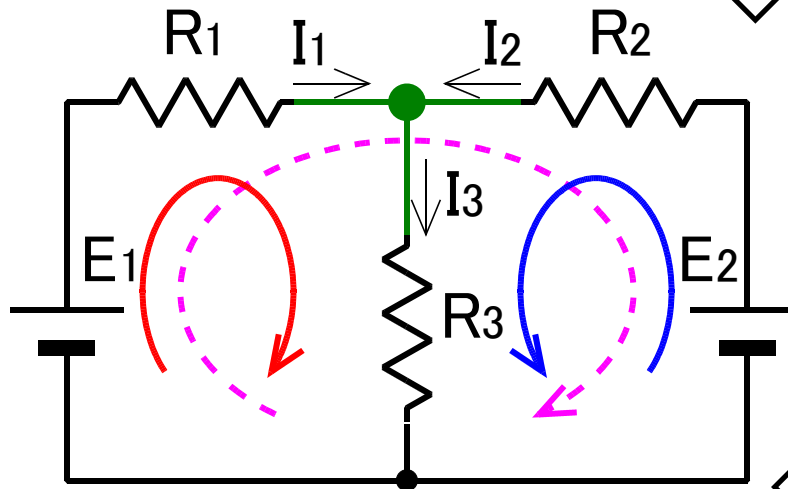
キルヒホッフの法則（第1と第2）

※実在例



○法則の適用例

◇直流電圧源 × 2 + 抵抗 × 3



◇(1)(2)(3)を解くと:

- ・ $I_1 = \{(R_2 + R_3)E_1 - R_3E_2\} / \{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1\}$
- ・ $I_2 = \{(R_1 + R_3)E_2 - R_3E_1\} / \text{同}$
- ・ $I_3 = \{R_2E_1 + R_1E_2\} / \text{同}$

◇(4)は(2)－(3)

- ・ 輪の選択によっては冗長。