電流と回路（１）

情報物理学B

No.1

回路

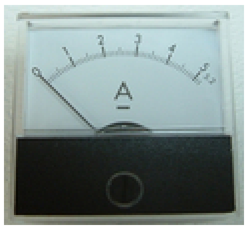
- エレクトロニクスの一般常識としての
  線型回路の初歩
  抵抗、コンデンサー、コイル

- 直流（DC）　・・・ 今回(No.1)
- 交流（AC）　・・・ 次回(No.2)

基本的な量と単位（1）

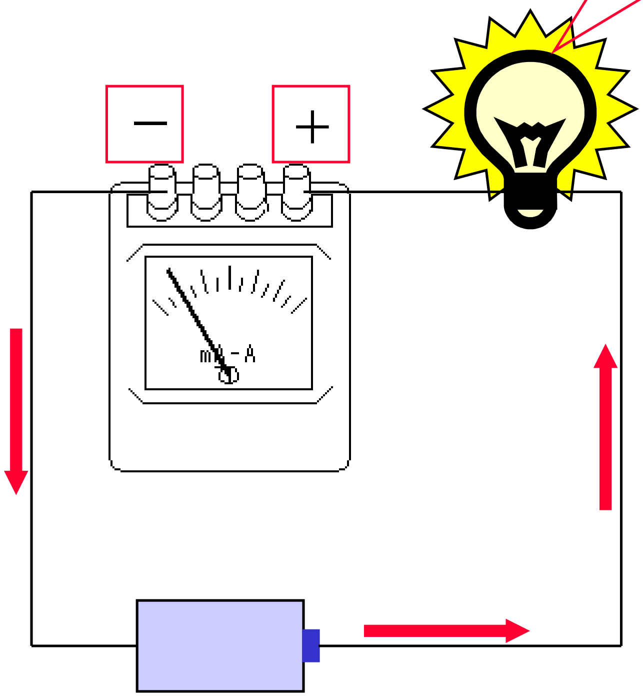
- 電流 I [A]アンペア
- 電位差（電圧） V [V]ボルト
- 抵抗 R [Ω]オーム
- 電流の仕事率（電力） P [W]ワット

電流計



直流電流は極性(プラス，マイナス)がある

電気抵抗を持つ



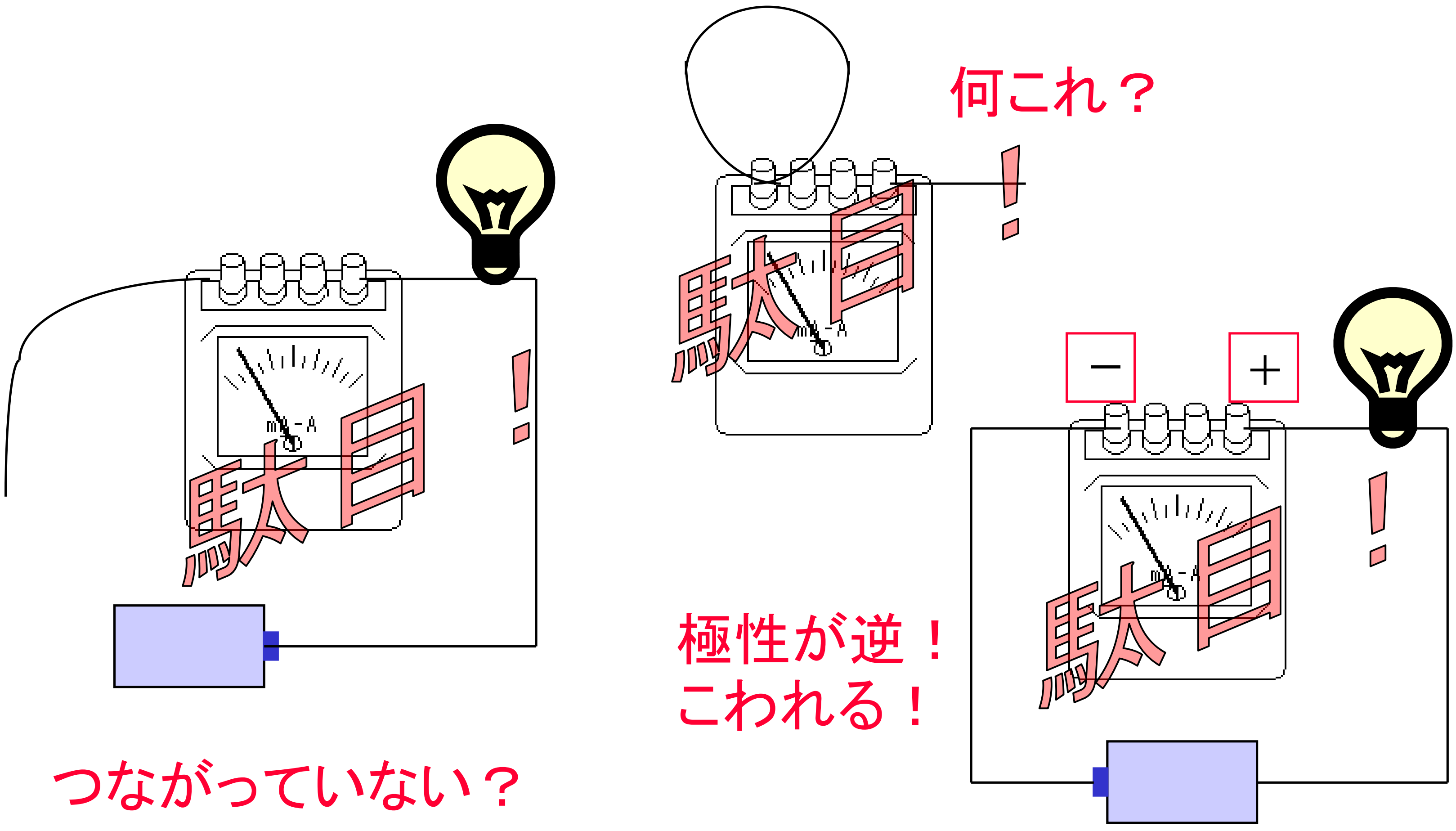
電流が流れて仕事をする(エネルギーを消費する)⇒電力

電流は輪にならないと流れない

電流は導線を流れる電気(電荷)の流れである

電流を流すには「勢い」が必要⇒電圧(電位の差)

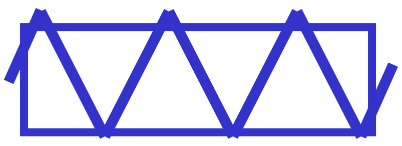
悪い例（実験の先生が泣いていますよ！）



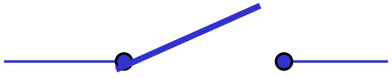
回路記号(1)

- 導線(電気抵抗は0)

- 電気抵抗

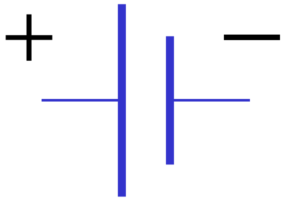


- スイッチ



入／切
閉／開

- 直流電源（電池）



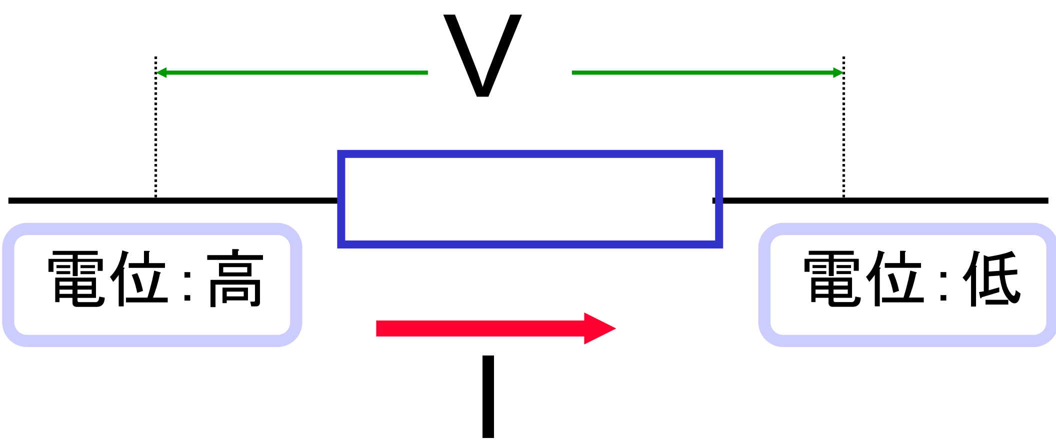
回路

電位差　抵抗　電流

オームの法則

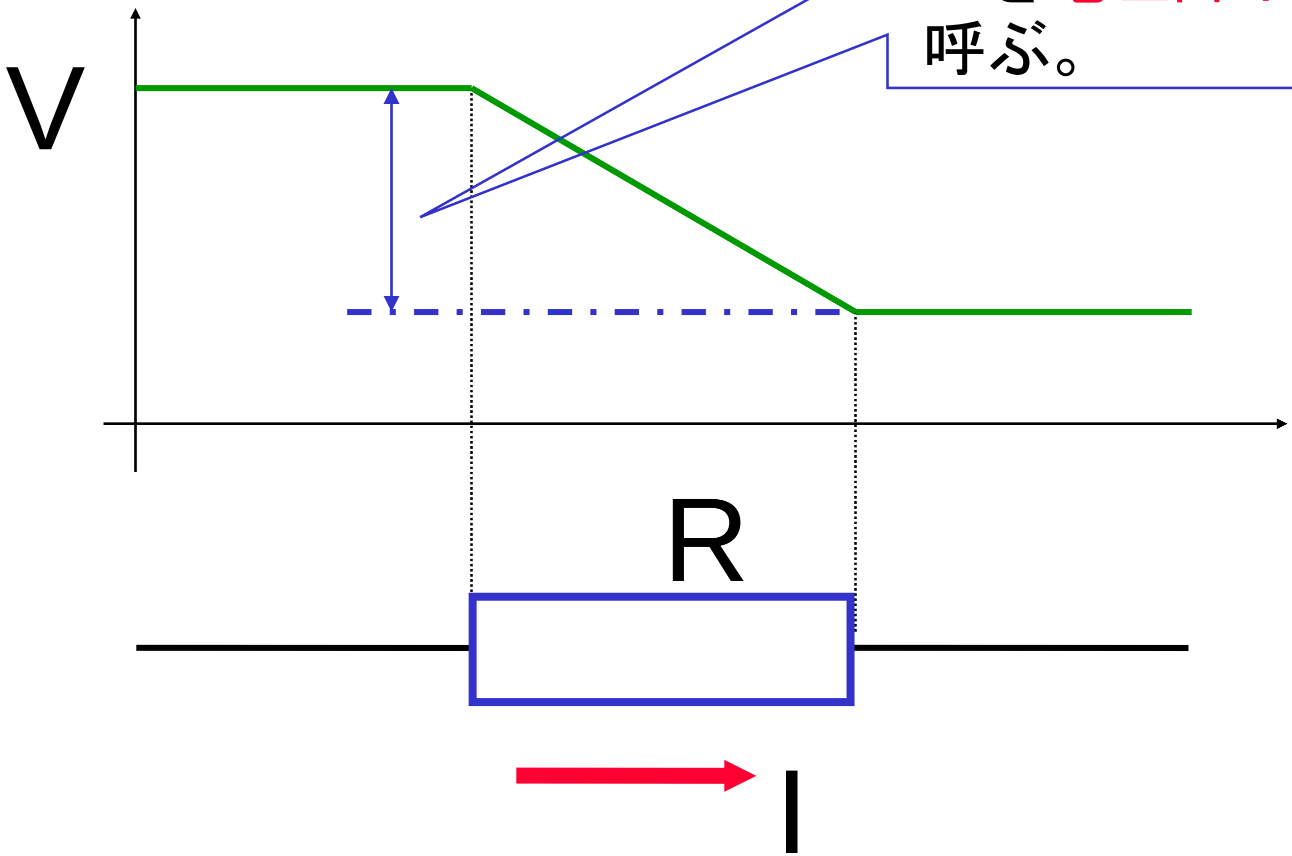
$$V = RI$$

電流は電位の高いところから低いところへ流れる



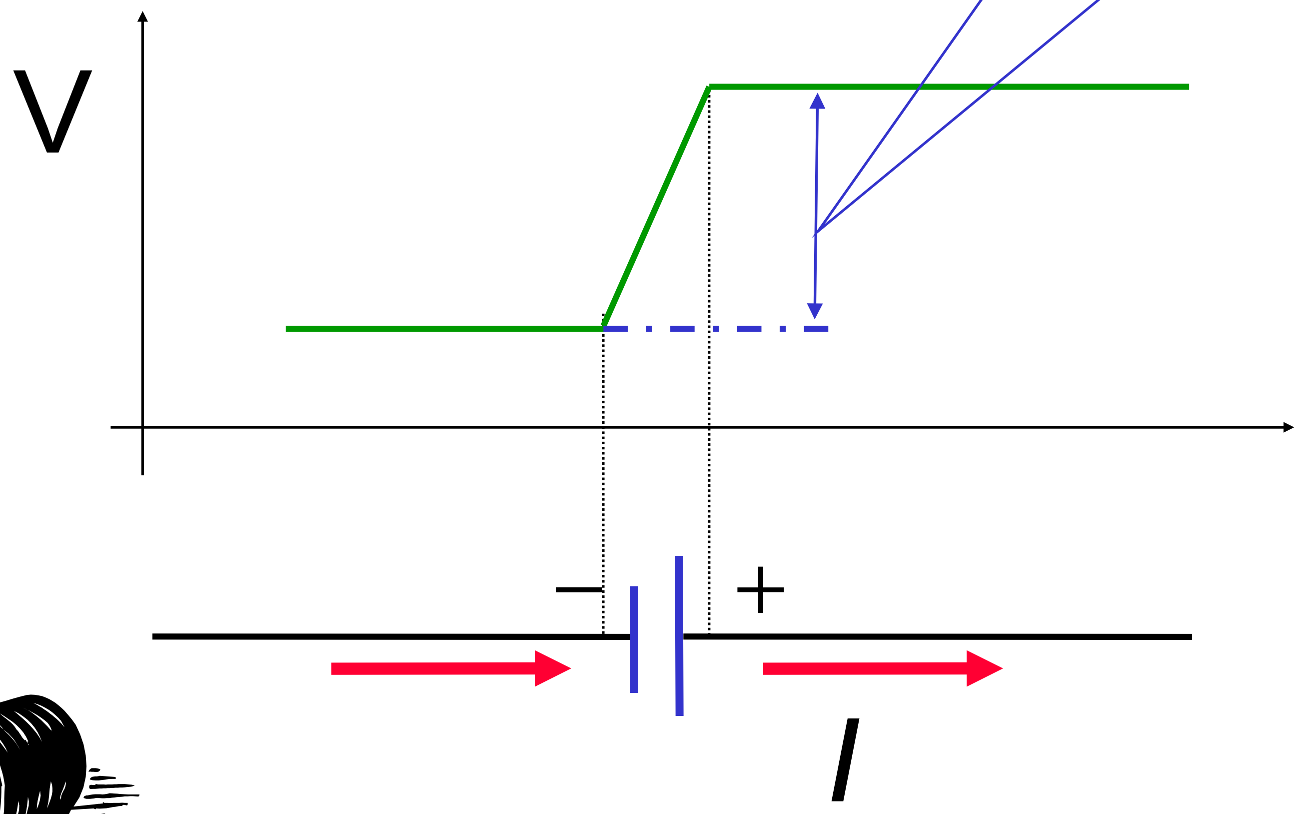
$V = RI$

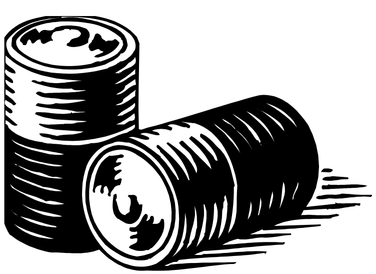
この電圧の差が
RI である。この
RIを電圧降下と
呼ぶ。



電源は，電位差を作り出す「能力」を持つ。
この能力の大きさが起電力である。
単1乾電池の起電力＝1．5[V]

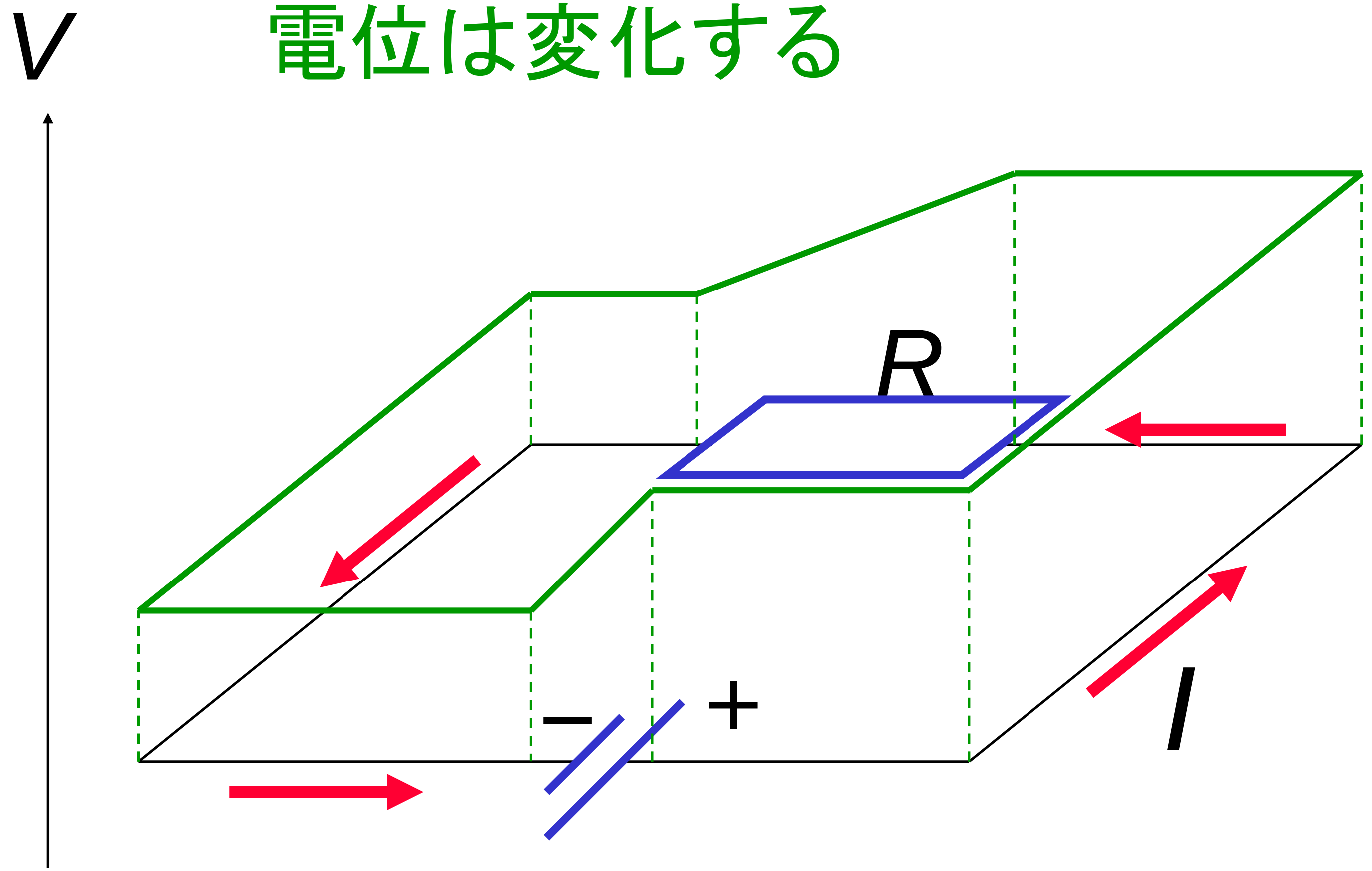
この電圧の差が　電源の起電力である。





電流は一定である

電位は変化する



大山国際
スキー場

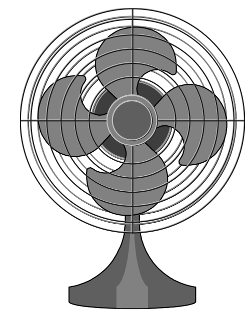
電力

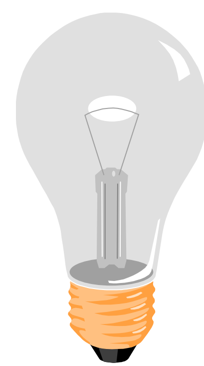
- 電力＝電圧×電流

$$P = VI$$

単位 W（ワット）→ 物理学 I

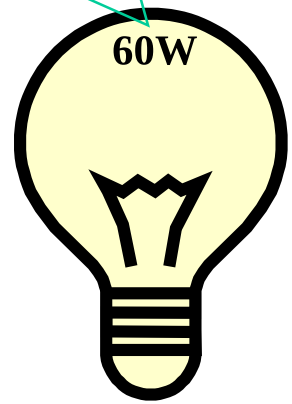
1W＝1J／s･･･ 1秒間に
消費するエネルギー





固有の電気抵抗Rを持つ

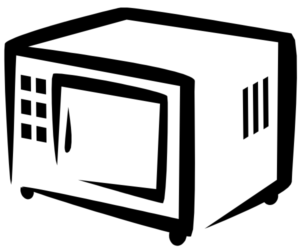
電気器具の性能
・・・W（ワット）
で表示



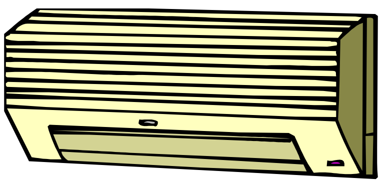
日本：一般家庭：V＝100[V]の交流　（いまのところ）

$$P = VI$$

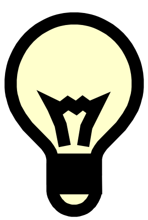
V=100Vとすると



600W ⇒ 6A



1kW ⇒ 10A



100W ⇒ 1A

合計したものが，ブレーカの容量を超えると停電

各国の電圧

- イギリス　240V
- ドイツ，フランス　220V, 230V
- ロシア　220V
- オーストラリア　240V, 250V
- 韓　国，中国　110V, 220V
- アメリカ　120V

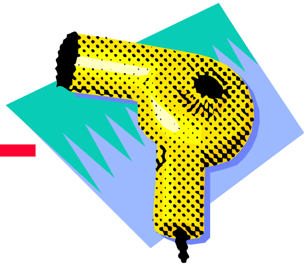
・・・プラグの形も国により違う

$$V = RI$$

$$\mathrm{P} = \mathrm{VI}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

機器に
固有の量



国内の電気器具を国外で利用すると危険。→ Vが大きい
→ Pが大きくなる

回路の基本

（1） 抵抗の合成

複数の抵抗を，等価な，1つの抵抗に置き換える

（2）キルヒホッフの法則

基本的な考え方

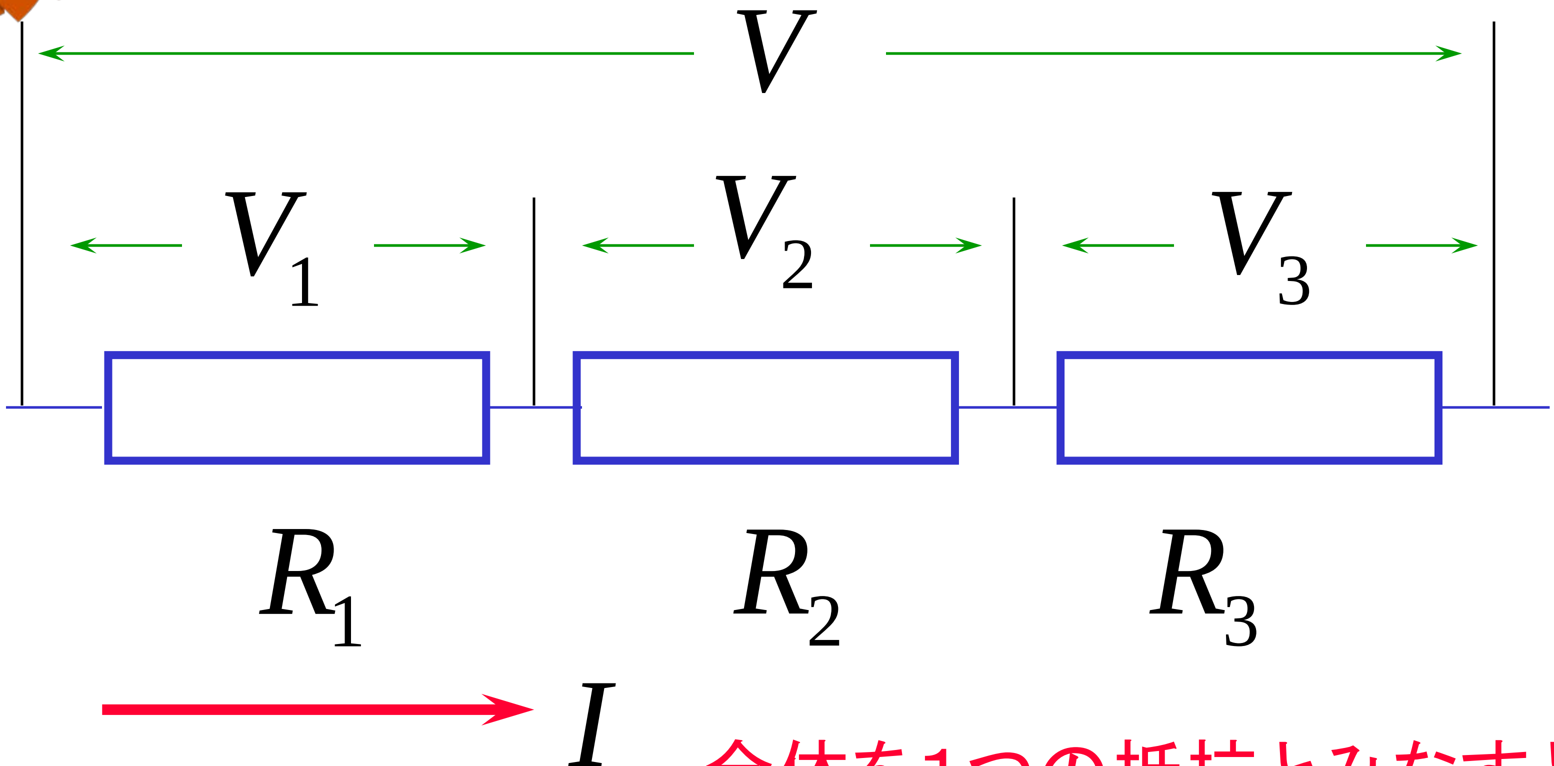
抵抗の合成・直列

R_1 R_2 R_3

全体を1つの抵抗とみなすと（個数は任意）

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

証明

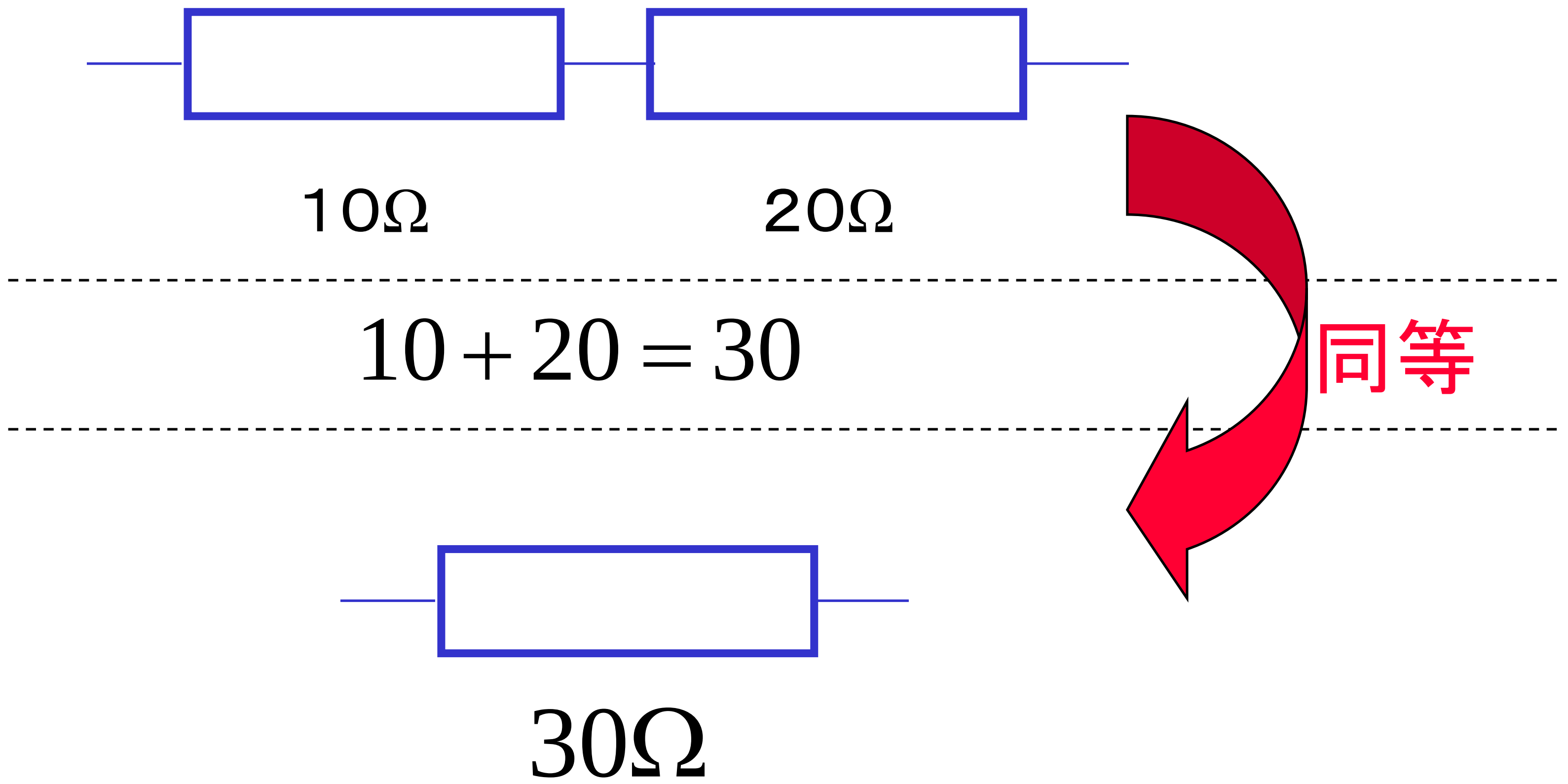


全体を1つの抵抗とみなすと

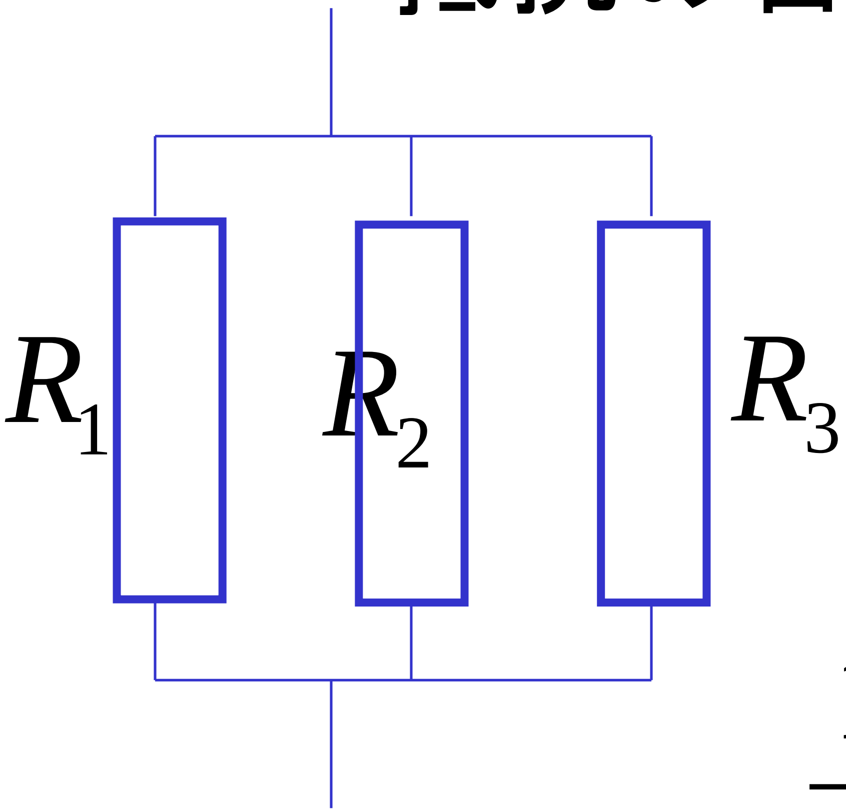
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= IR_1 + IR_2 + IR_3 = I\boxed{(R_1 + R_2 + R_3)}$$

例



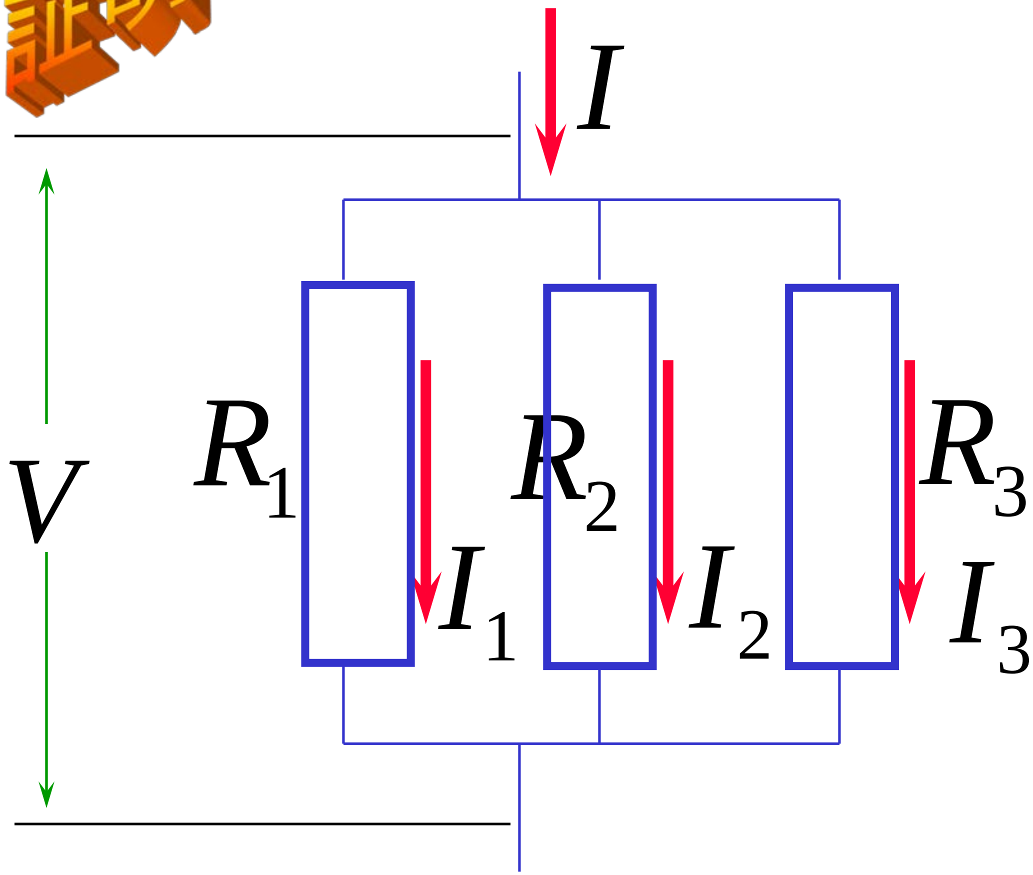
抵抗の合成・並列



全体を1つの抵抗
とみなすと
（個数は任意）

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

証明



全体を1つの抵抗
とみなすと

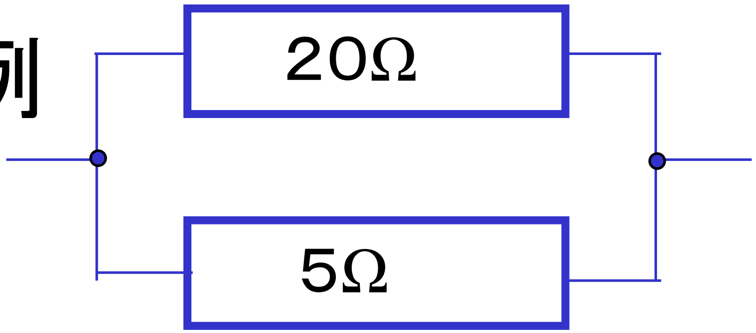
$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\Rightarrow I = \frac{V}{R}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V = I_1 R_1\ ,\ V = I_2 R_2\ ,\ V = I_3 R_3$$

例



$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \quad \Rightarrow \quad R=\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}$$

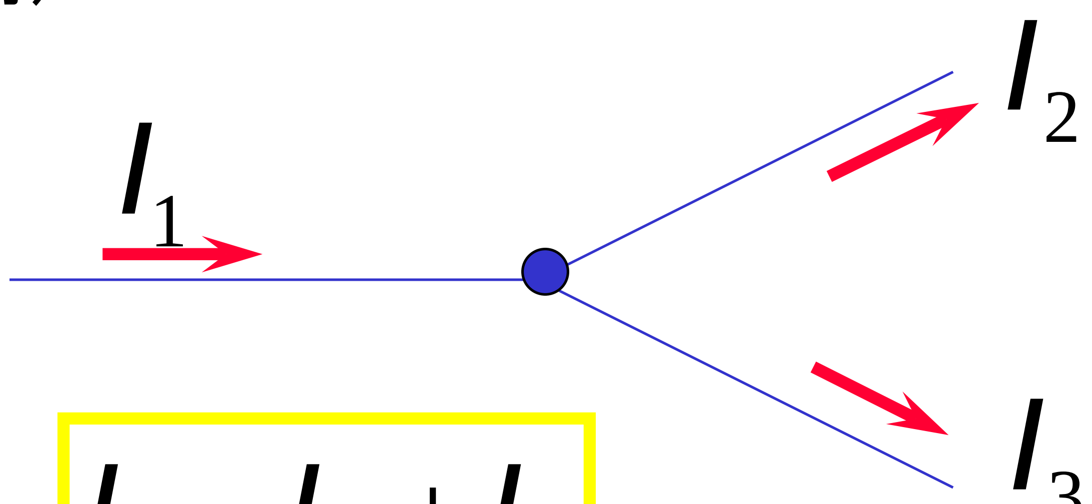
$$\frac{20\times 5}{20+5}=4$$

同等

4Ω

キルヒホッフ−1（電流の保存）

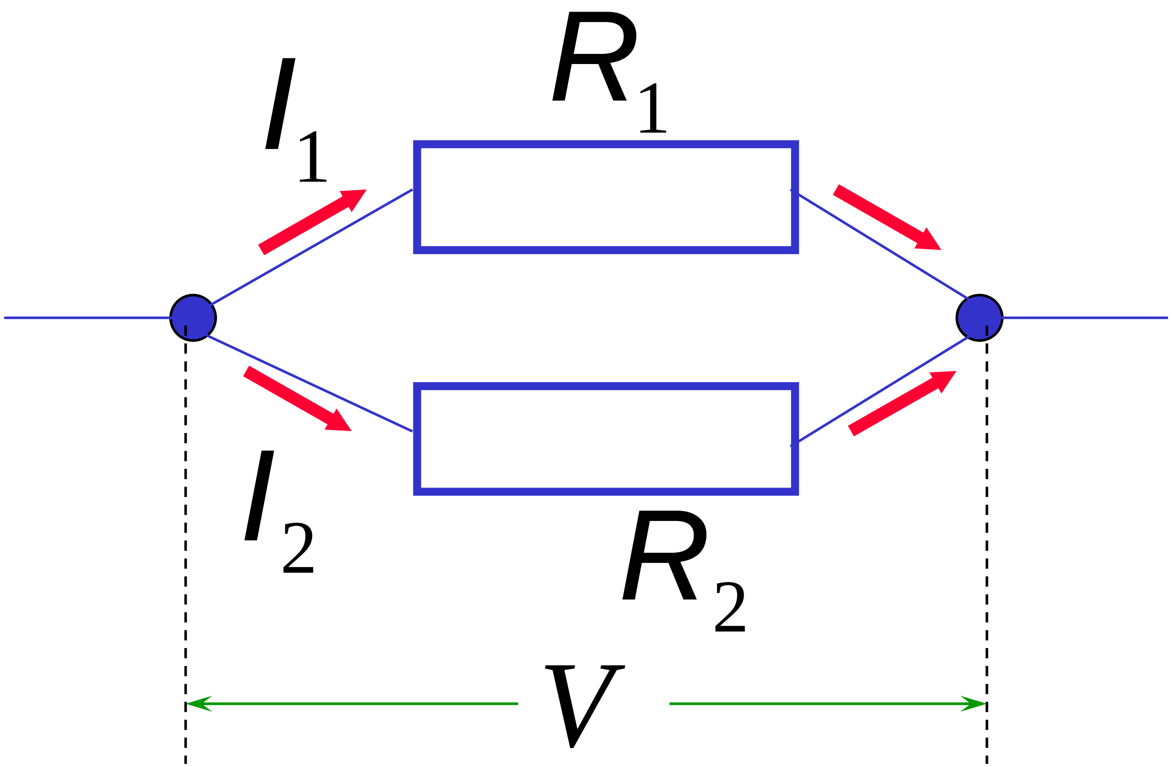
（例）



$$\boxed{I_1 = I_2 + I_3}$$

キルヒホッフ2（電位の一意性）

（例）



$$\boxed{R_1 I_1 = R_2 I_2}$$

回路を考えるときの常識的注意

- 導線の電気抵抗は0と考える。（実際は微小な大きさを持つが）
- すると，電圧降下（IR）は0
- 従って，導線でつながれた回路の箇所のはすべて等電位

- キルヒホッフの法則が回路の基本

回路の一般的解法

- 回路にループ（環状の部分）がないとき
  → キルヒホッフ第１のみで解ける

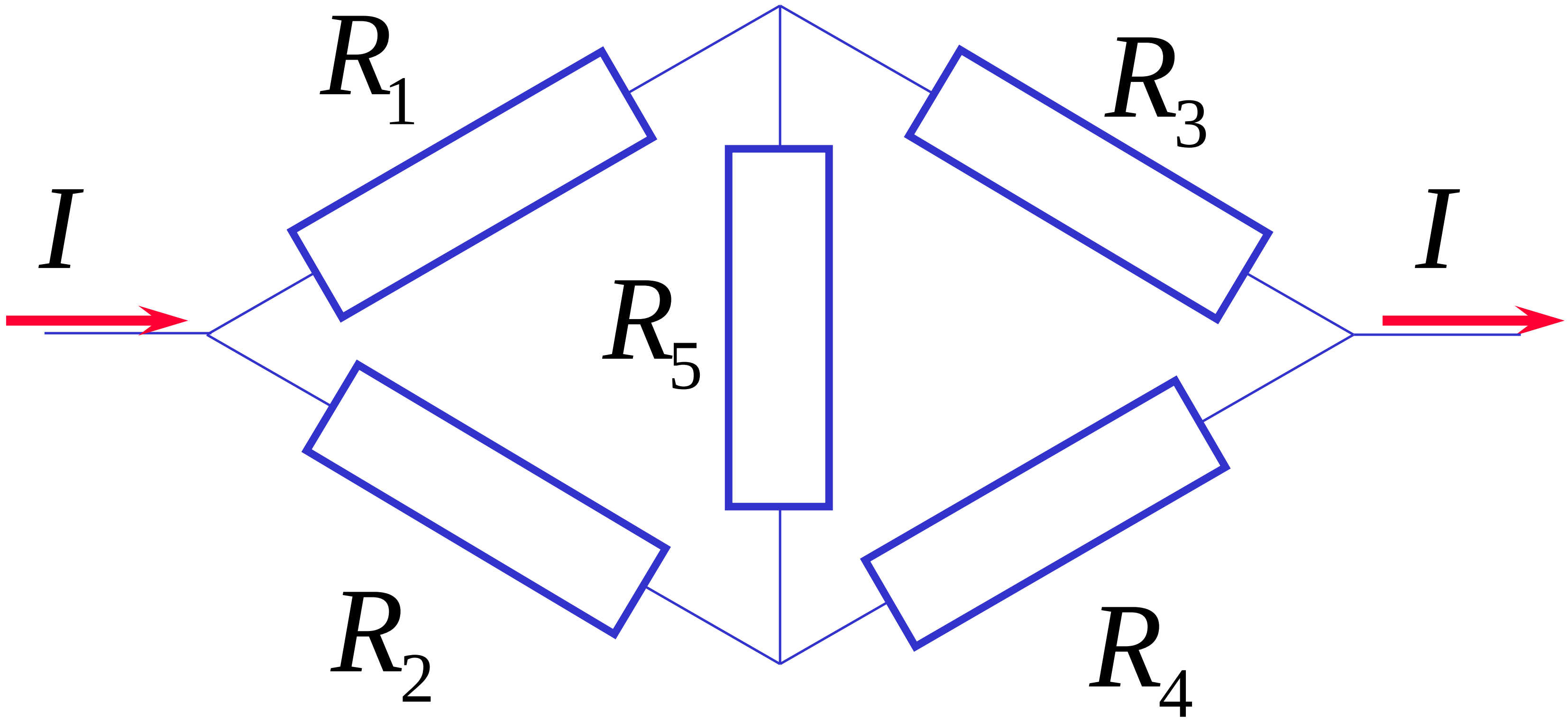
- ループのあるとき → （次へ）

回路の一般的解法（ループあり）

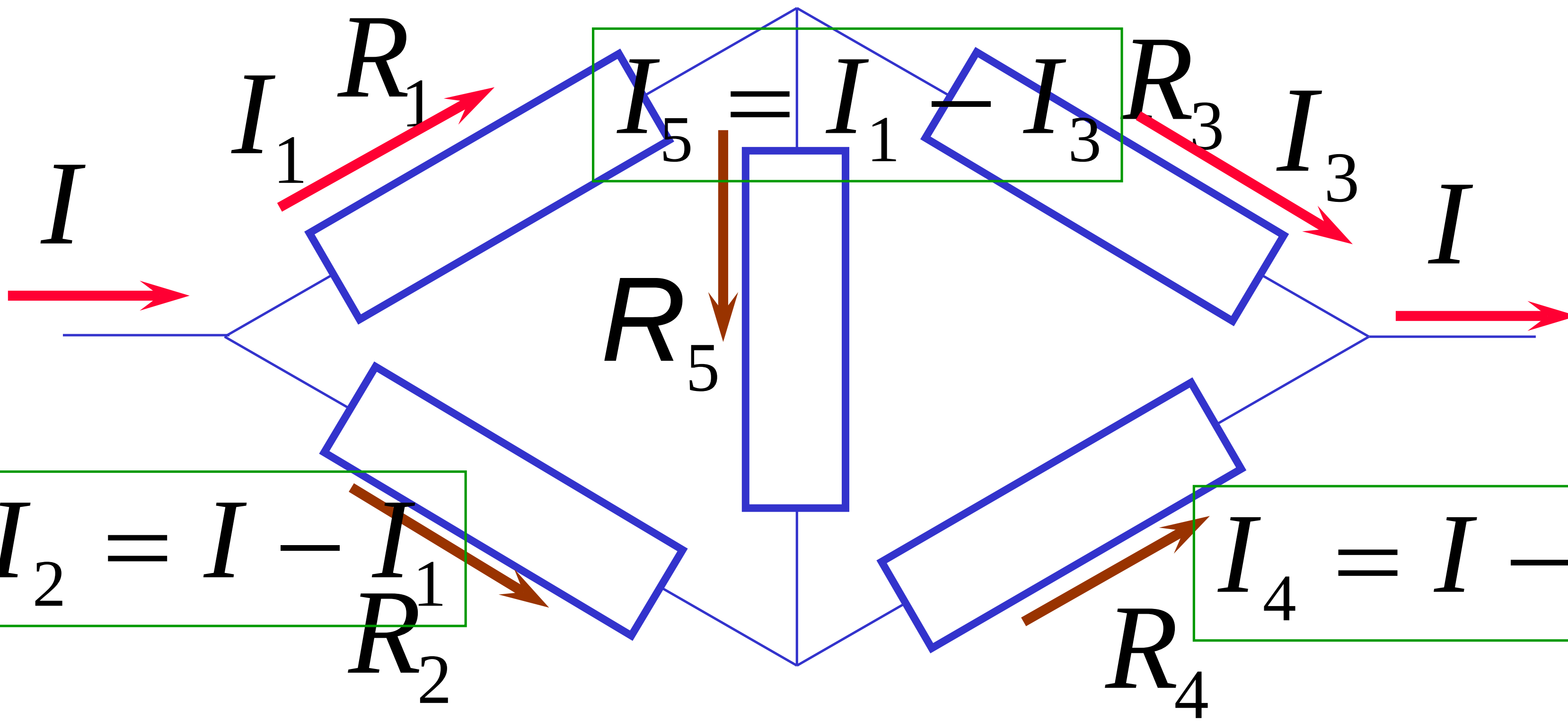
- 独立なループの数をLとする。
- 各ループから変数とする電流を選ぶ。
- 変数とする電流と外部電流で、それ以外の電流を表す。（第１法則）
- 各ループに第２法則を適用する。L個の式ができる
- これらを連立方程式として解く。

例:ブリッジ回路

独立なループ＝2つ



例:ブリッジ回路(電流)



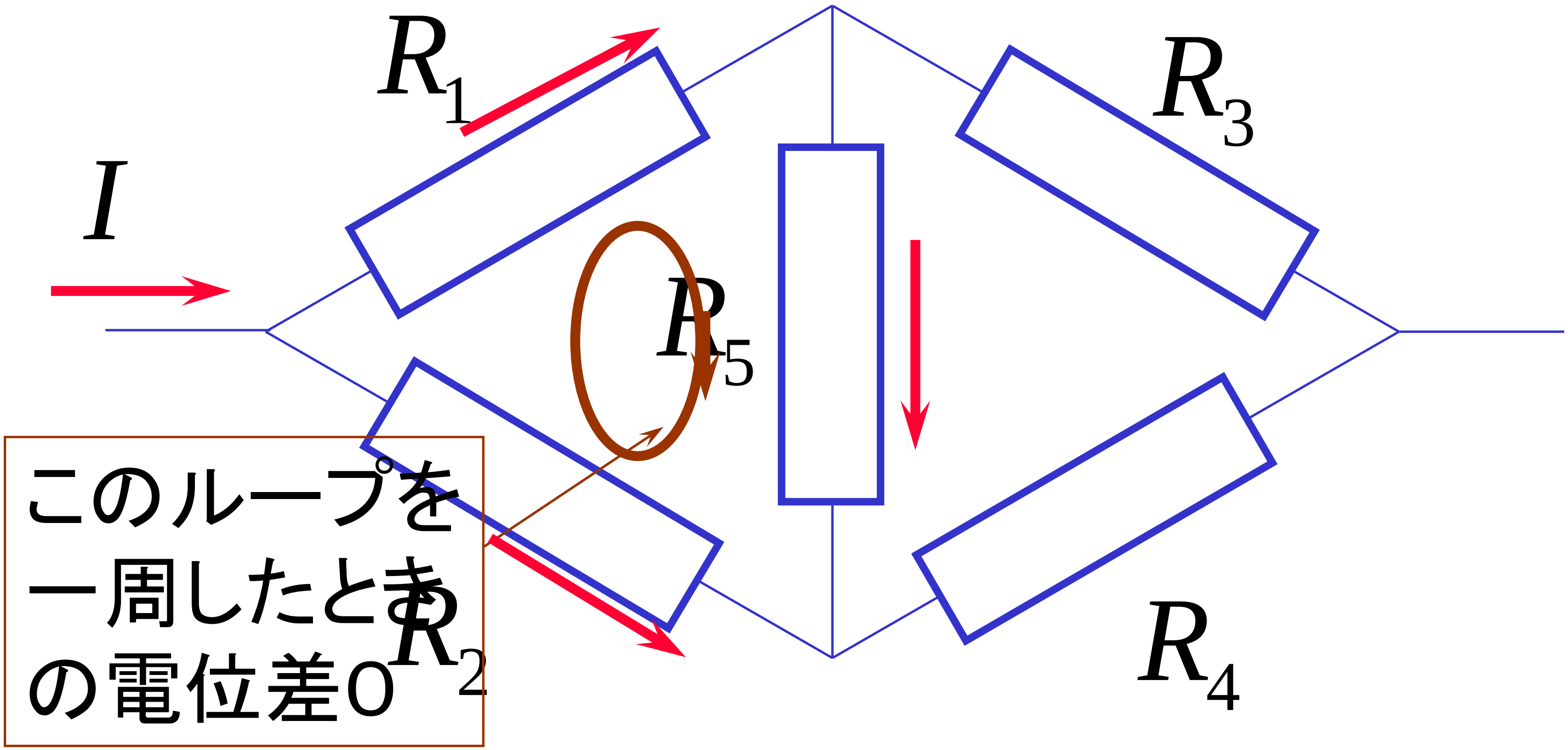
$$I_5 = I_1 - I_3$$

$$I_2 = I - I_1$$

$$I_4 = I - I_3$$

I_1, I_3を変数とする

例：ブリッジ回路(ループの電位）



$$I_1R_1 + I_5R_5 + (-I_2)R_2 = 0$$

例：ブリッジ回路(10.31)

もう1つのループについて同様の式を作り、電流を代入

$$I_1R_1+\left(I_1-I_3\right)R_5+\left(-(I-I_1)\right)R_2=0$$

$$I_3R_3+\left(-(I-I_3)\right)R_4+\left(-(I_1-I_3)\right)R_5=0$$

この連立方程式を解けばよい。

例:ブリッジ回路(10.32)

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_5)I_1 - R_5 I_3 = R_2 I \\ -R_5 I_1 + (R_3 + R_4 + R_5)I_3 = R_4 I \end{cases}$$

解

$$I_1 = \frac{R_2(R_3 + R_4 + R_5) + R_4 R_5}{(R_1 + R_2 + R_5)(R_3 + R_4 + R_5) - R_5{}^2} I$$

$$I_3 = \frac{R_4(R_1 + R_2 + R_5) + R_2 R_5}{(R_1 + R_2 + R_5)(R_3 + R_4 + R_5) - R_5{}^2} I$$

なお、 $I_5 (= I_1 - I_3) = 0$ とおくと

$R_1 R_4 = R_2 R_3$ を得る。