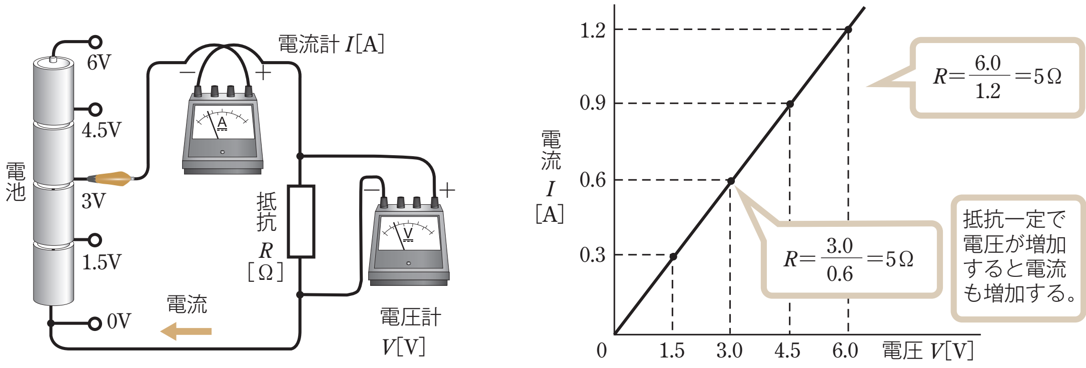
Chapter 1

2節 オームの法則

1 オームの法則

抵抗の両端に電圧を加えると，抵抗に電流が流れる。このとき，電圧・電流・抵抗の間に一定の関係がなりたつ。

図1(a)の回路において，抵抗R[Ω]に加える電池の電圧を0V，1.5V，3.0V，4.5V，6.0Vと段階的に変化させ，そのとき回路に流れる電流の大きさI[A]を調べると，0A，0.3A，0.6A，0.9A，1.2Aであった。この電圧と電流の関係をグラフに表すと，図(b)のような原点を通る直線となる。



(a) 測定回路　　(b) 電圧と電流の関係

図1　オームの法則

このグラフから，値の一定な抵抗R[Ω]に加える電圧V[V]を変えると，**回路に流れる電流I[A]は，電圧V[V]に比例して変化する**ことがわかる。

また，電圧を一定として抵抗の大きさを変え，回路に流れる電流を測定すると，**電流I[A]は抵抗R[Ω][1]に反比例する**。

以上のことから，電流I[A]は式(1)で表される。

この関係を**オームの法則**[2]という。また，式(2)のように表すことができる。

●**オームの法則**

$$I = \frac{V}{R}\ [\mathrm{A}] \qquad (1)$$

$$R = \frac{V}{I}\ [\Omega], \quad V = RI\ [\mathrm{V}] \qquad (2)$$

❶ 抵抗の逆数を$G=\frac{1}{R}$とすると，このGはコンダクタンスとよばれ，電流の流れやすさを表す量である。単位はS(ジーメンス)を用いる。

❷ Ohm's law

参考 オームの法則の覚え方

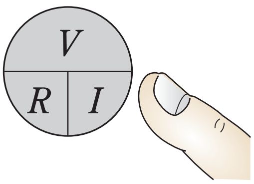


図2

上のように，V，R，Iを三つに分けた円の中に記入し，求めたい量の記号を指で押さえる。

たとえばVを押さえると，

$V=R\times I$[V]

となり，式(2)と同じになる。

例題 1　150 Ω の抵抗に電圧 24 V を加えたとき，抵抗に流れる電流は何アンペアか。

解答…　電流 I [A] は，式(1)から，次のように求められる。

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{150} = 0.16\ \mathrm{A}$$

問 1　ある抵抗に，12 V の電圧を加えると 5 mA の電流が流れた。この抵抗の大きさは何オームか。

問 2　600 Ω の抵抗に 4.5 V の電池を接続すると，何アンペアの電流が流れるか。

問 3　15 Ω の抵抗に 12 A の電流が流れている。抵抗の両端の電圧は何ボルトか。

問 4　ある抵抗に 100 V の電圧を加えたとき，5 A の電流が流れた。この抵抗に 90 V の電圧を加えると，何アンペアの電流が流れるか。

問 5　回路に電流 I [A] が流れている。回路の抵抗の値を 10 % 減少すると，電流は何アンペアになるか。

問 6　200 mA の電流が流れている抵抗の両端の電圧が 6 V である。この抵抗は何オームか。

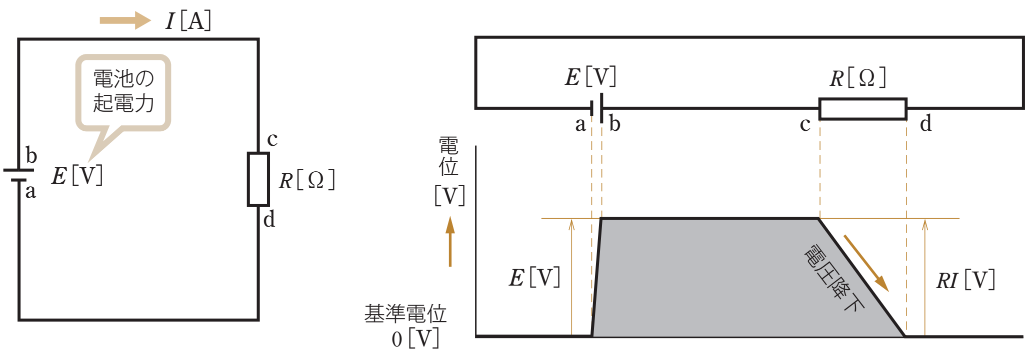
問 7　ある回路において，抵抗の両端の電圧を 3 倍とし，電流を 1.2 倍とするには，抵抗の値を何倍にすればよいか。

2　電圧降下

図 3 (a)のような回路の抵抗 R [Ω] に，電流 I [A] を流したときの各点 a，b，c，d の電位を調べてみよう。

図(b)は，図(a)の回路について，点 a を電位の基準として，点 a から電流の流れる向きに，各点の電圧❶を調べたものである。

❶　図3において，点aを基準電位としたとき，点aと点b，c，d間との電位差を各点の電圧とする。



(a) 回路図　　(b) 各点の電位分布

図 3　回路の各点における電位分布

点a，bの間で，点bの電圧は，点aの電圧より電池の起電力の大きさE[V]だけ高くなる。点c，d間では，抵抗R[Ω]に流れる電流I[A]によって，RI[V]の電圧の差が生じ，点dの電圧は点cの電圧より低くなる。

このように，抵抗R[Ω]に電流I[A]が流れるときに，電圧がRI[V]だけ低くなることを**電圧降下**[1]という。

[1] voltage drop

3 電池の接続法と内部抵抗

1 電池の接続法

図4(a)のように，起電力1.5Vの電池1個を接続すると，I[A]の電流が流れる。図(b)のように電池3個を**直列接続**[2]にすると，電池全体の起電力は4.5Vとなり，取り出せる電流も，電池1個の電流の3倍となる。

図(c)のような**並列接続**[3]では，起電力は1.5Vであるが，取り出す電流をI[A]とすれば，各電池に流れる電流は，その$\frac{1}{3}I$[A]となる。したがって，原理上は，3個の電池を並列接続すると，1個のときより3倍長い時間使うことができる。

[2] series connection（p.24参照）

[3] parallel connection（p.24参照）

安全 電池を並列接続すると，電池の起電力の差によって電池相互間に電流が流れ，発熱により電池が破損する場合がある。このため，一般に並列接続は好ましくない。

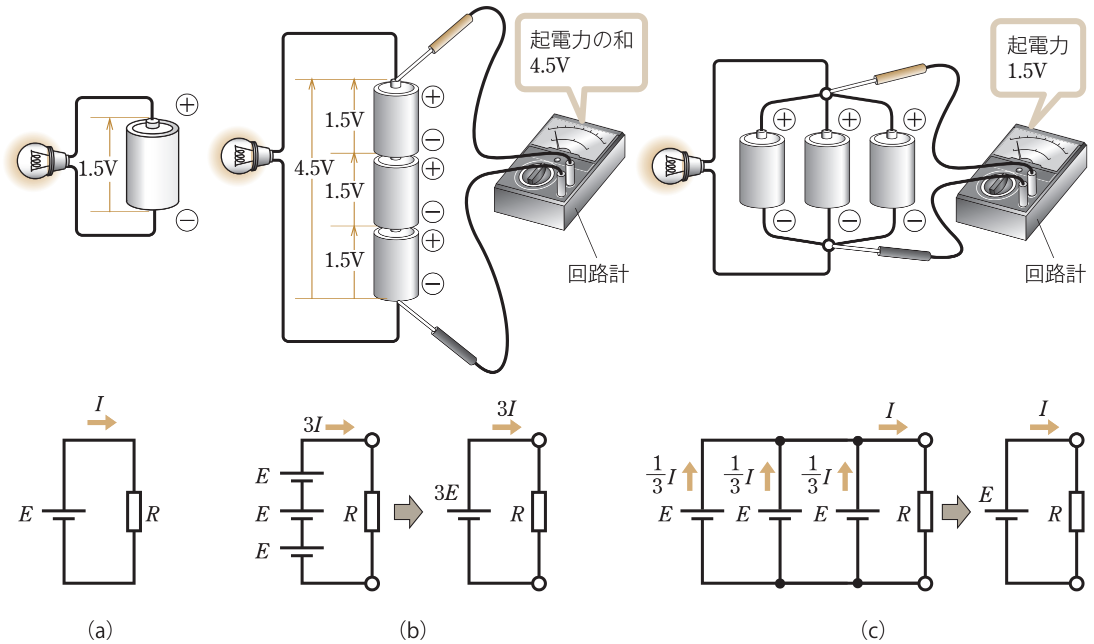


図4 電池の接続

2　電池の内部抵抗

図5の回路において，電池の端子a，b間の電圧を**端子電圧**（たんし）という。懐中電灯を点灯させているときの端子電圧は，点灯していないときの端子電圧より低くなる。これは，電池の内部に抵抗（**内部抵抗**）があるためである。

いま，スイッチを閉じ，豆電球R[Ω]に電流I[A]を流すと，電池の内部抵抗r[Ω]にも同じ大きさの電流I[A]が流れ，内部抵抗r[Ω]による電圧降下rI[V]が生じる。そのために，端子電圧V[V]は，起電力E[V]よりrI[V]だけ低くなり，式(3)のようになる。

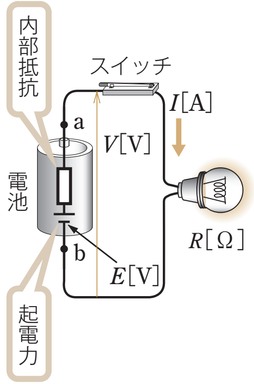


図5　電池の起電力と内部抵抗

●**電池の端子電圧**　　$V = E - rI$ [V]　　(3)

スイッチを開くと，回路に電流I[A]が流れなくなるため，内部抵抗r[Ω]による電圧降下rI[V]は0になる。したがって，端子電圧V[V]と，起電力E[V]とは一致する。

点灯中に懐中電灯の明るさが暗くなることがある。これは，電池の電解液の抵抗の増加によって，内部抵抗r[Ω]がしだいに大きくなり，端子電圧が低くなったためと考えられる。

例題2　起電力9V，内部抵抗0.1Ωの電池に抵抗を接続したとき，0.2Aの電流が流れた。このときの電池の端子電圧はいくらか。

解答…　式(3)から，電池の端子電圧は次のように表される。

$$V = E - rI = 9 - 0.1 \times 0.2 = 8.98\text{V}$$

問 8　起電力1.6Vの電池に負荷を接続したとき，0.25Aの電流が流れ，端子電圧は1.5Vであった。この電池の内部抵抗は何オームか。

電気抵抗の単位

Ω

［オーム］

オーム［Georg Simon Ohm，1789～1854］

ドイツの物理学者。経済的に恵まれず大学を中退するなど苦労を重ねたが，その間も懸命に物理学の研究を続け，1827年「電気回路の数学的研究」を出版した。これはのちにオームの法則とよばれる内容であった。1841年，ロンドン王立学会で**オームの法則**が認められ，彼の業績に対する評価は不動のものとなった。

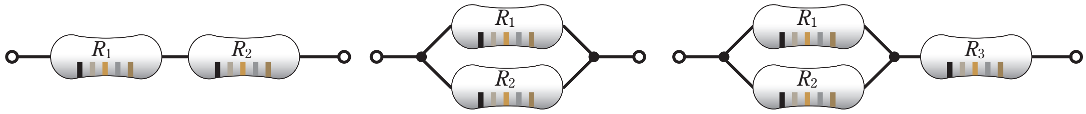
1881年，パリ万国電気会議において，電気抵抗の単位を「オーム」とすることが決められた。

4　抵抗の接続と簡単な直流回路の計算

❶ combined resistance

❷ series-parallel connection

抵抗を任意に接続した場合，全体の抵抗値を**合成抵抗**[1]という。抵抗接続には，図 6 (a)のような**直列接続**，図(b)のような**並列接続**と，図(c)のように，直列と並列を組み合わせて接続する**直並列接続**[2]とがある。



(a) 直列接続　　(b) 並列接続　　(c) 直並列接続

図6

1　直列接続の合成抵抗

抵抗が直列に接続された回路では，図 7 のように，R_1 [Ω] を通った電流は，そのまま R_2 [Ω] にも流れる。すなわち，直列接続の回路に流れる電流の大きさは，どこでも同じ値になる。

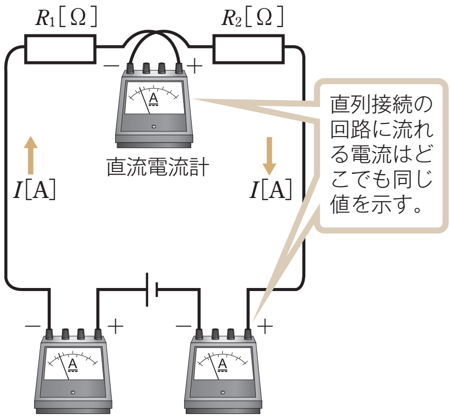


図7　直列接続と各部の電流

図 8 のように，抵抗 R_1, R_2 [Ω] が直列に接続された回路に電流が流れるとき，各抵抗に生じる電圧降下は次のようになる。

抵抗 R_1 [Ω] による電圧降下　$V_1 = R_1 I$ [V]

抵抗 R_2 [Ω] による電圧降下　$V_2 = R_2 I$ [V]

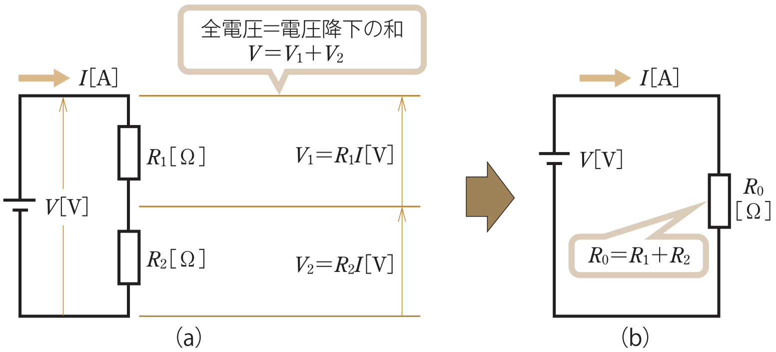


図8　直列合成抵抗 R_0

全電圧 V[V] は，電圧降下の和となるから，次の式で求められる。

$$V = V_1 + V_2 = R_1 I + R_2 I = (R_1 + R_2) I \,[\mathrm{V}] \qquad (4)$$

ここで，

$$R_0 = R_1 + R_2 \,[\Omega] \qquad (5)$$

とすれば，式(4)は，

$$V = (R_1 + R_2) I = R_0 I \,[\mathrm{V}] \qquad (6)$$

となる。このときの R_0[Ω] を直列接続における抵抗 R_1，R_2[Ω] の**合成抵抗**という。

図8(a)の回路の電流は，式(6)から次の式で表される。

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{V}{R_0} \,[\mathrm{A}] \qquad (7)$$

例題3 図9において，$R_1 = 4\,\Omega$，$R_2 = 6\,\Omega$ である。合成抵抗 R_0[Ω] はいくらか。電源電圧 V[V] が 24V のとき，回路に流れる電流 I[A] はいくらか。また，各抵抗の電圧降下 V_1，V_2[V] を求めよ。

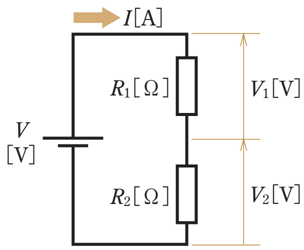


図9

解答… 回路の合成抵抗 R_0[Ω] は，

$R_0 = R_1 + R_2 = 4 + 6 = 10\,\Omega$

したがって，回路に流れる電流 I[A] は，

$I = \frac{V}{R_0} = \frac{24}{10} = 2.4\,\mathrm{A}$

次に，R_1，R_2[Ω] の抵抗によって生じる電圧降下 V_1，V_2 は，

$V_1 = R_1 I = 4 \times 2.4 = 9.6\,\mathrm{V}$

$V_2 = R_2 I = 6 \times 2.4 = 14.4\,\mathrm{V}$

図9において，各抵抗に生じる電圧降下は，次のようになる。

$$V_1 = R_1 I \,[\mathrm{V}],\quad V_2 = R_2 I \,[\mathrm{V}]$$

また，各抵抗 R_1，R_2[Ω] に流れる電流 I[A] は，次のようになる。

$$I = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} \,[\mathrm{A}] \qquad (8)$$

式(8)を，電圧の比で表すと，

$$V_1 : V_2 = R_1 : R_2 \qquad (9)$$

となる。したがって，直列接続された各抵抗の両端の電圧の大きさ

参考 式(9)は，全電圧と合成抵抗についてもなりたつ。

$V_1 : V_2 : V = R_1 : R_2 : R_0$

したがって，各抵抗に加わる電圧 V_1［V］，V_2［V］は次の式で求めることができる。

$$V_1 = \frac{R_1}{R_0} \times V\,[\mathrm{V}]$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_0} \times V\,[\mathrm{V}]$$

は，それぞれの抵抗の大きさに比例することがわかる。

問 9 図９において，$V_1 = 10\,\mathrm{V}$，$R_2 = 4\,\Omega$であるとき，回路に流れる電流を5Aとすると R_1［Ω］，V_2［V］はいくらか。

一般に n 個の抵抗が図10のように直列接続されている場合の合成抵抗 R_0［Ω］は，次の式(10)で表すことができる。

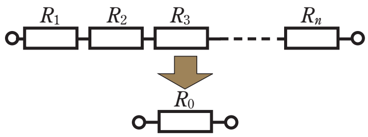


図10　抵抗の合成抵抗（直列）

●**直列接続の合成抵抗**　$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots\cdots + R_n\,[\Omega] \quad (10)$$

例題4　図11において，$R_1 = 20\,\Omega$，$R_2 = 40\,\Omega$，$R_3 = 60\,\Omega$，電源電圧 $V = 24\,\mathrm{V}$ のとき，回路の合成抵抗および回路に流れる電流を求めよ。また，抵抗 R_1，R_2，R_3［Ω］に加わる電圧 V_1，V_2，V_3［V］は何ボルトか。

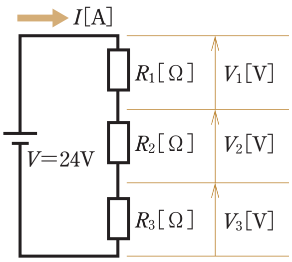


図11

解答…　合成抵抗は，式(10)から，

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 = 20 + 40 + 60 = 120\,\Omega$$

回路に流れる電流 I［A］はオームの法則から，次のように求められる。

$$I = \frac{V}{R_0} = \frac{24}{120} = 0.2\,\mathrm{A}$$

各抵抗 R_1［Ω］，R_2［Ω］，R_3［Ω］には $I = 0.2\,\mathrm{A}$ の電流が流れるから，各抵抗に加わる電圧は，次のようになる。

$$V_1 = R_1 I = 20 \times 0.2 = 4\,\mathrm{V}$$

$$V_2 = R_2 I = 40 \times 0.2 = 8\,\mathrm{V}$$

$$V_3 = R_3 I = 60 \times 0.2 = 12\,\mathrm{V}$$

問 10 図12において，合成抵抗 R_0［Ω］および回路に流れる電流 I［A］を求めよ。また，各抵抗に加わる電圧 V_1，V_2，V_3［V］を求めよ。

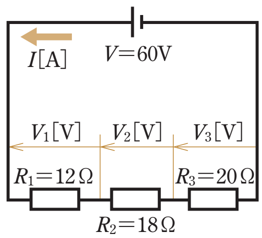


図12

2 並列接続の合成抵抗

図13は，豆電球の並列接続である。このとき豆電球Ⓐ，Ⓑに加わる電圧は同じで，1.5Vである。このように，いくつかの抵抗を並列に接続したときには，各抵抗に同じ電圧が加わる。

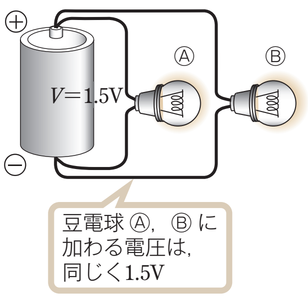


図13　抵抗の並列接続の例

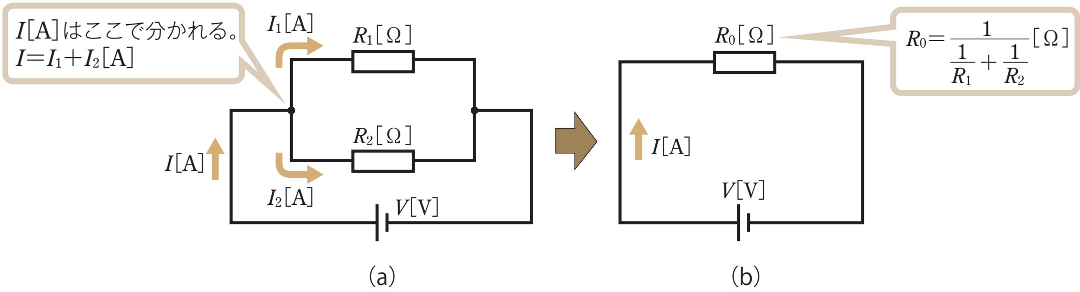


図14　並列合成抵抗 R_0

したがって，図14(a)のように，並列に接続された R_1，R_2[Ω]の両端に電源を接続すると，各抵抗には，同じ大きさの電圧 V[V]が加わり，回路に流れる電流 I[A]は，I_1，I_2[A]に分かれる。

図(a)に接続されている抵抗 R_1[Ω]に流れる電流 I_1[A]を求めるには，抵抗 R_1[Ω]とその抵抗の両端に加わる電圧 V[V]との間にオームの法則を適用すればよい。

同じように，I_2[A]を求めると次のようになる。

$$I_1 = \frac{V}{R_1}\ [\mathrm{A}],\quad I_2 = \frac{V}{R_2}\ [\mathrm{A}] \tag{11}$$

図(a)からわかるように，電源からの全電流 I[A]は，各抵抗に流れる電流の和[1]であるから，次の式がなりたつ。

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)V = \frac{V}{R_0}\ [\mathrm{A}] \tag{12}$$

抵抗の並列接続回路の合成抵抗 R_0[Ω]は，式(12)から次の式で表される。

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

または，

$$R_0 = \frac{1}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}} = \frac{1}{\dfrac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\ [\Omega] \tag{13}$$

[1] p.33で学ぶキルヒホッフの第1法則である。

参考 二つの抵抗の並列接続回路の合成抵抗は，次の式で求められる。

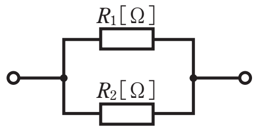


図16

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\,[\Omega]$$

$$= \frac{(2\text{個の抵抗})\text{の積}}{(2\text{個の抵抗})\text{の和}}$$

「和分（ぶん）の積」と覚えるとよい。

一般にn個の抵抗が図15のように並列に接続されている場合の合成抵抗R_0[Ω]は，次の式(14)で表すことができる。

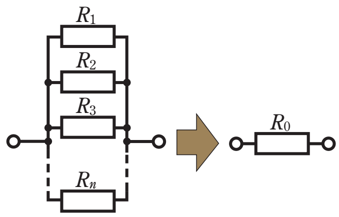


図15　抵抗の合成抵抗（並列）

●**並列接続の合成抵抗**

$$\boldsymbol{R_0} = \frac{\mathbf{1}}{\dfrac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_1}} + \dfrac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_2}} + \dfrac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_3}} + \cdots + \dfrac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_n}}}\,[\Omega] \quad (14)$$

各抵抗に加わる電圧V[V]は一定であるから，

$$V = R_1 I_1 = R_2 I_2\,[\mathrm{V}] \quad (15)$$

となる。また，式(15)は次のように表される。

$$V = \frac{I_1}{\dfrac{1}{R_1}} = \frac{I_2}{\dfrac{1}{R_2}}$$

上式から各抵抗に流れる電流の比は，次の式で表される。

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} \quad (16)$$

式(16)によって，並列接続された各抵抗に流れる電流の比は，それぞれの抵抗の逆数の比に等しいことがわかる。

例題5 図17において，$R_1 = 12\,\Omega$，$R_2 = 6\,\Omega$，$R_3 = 4\,\Omega$，$V = 24\,\mathrm{V}$のとき，この回路の合成抵抗R_0[Ω]および各抵抗に流れる電流I_1，I_2，I_3は何アンペアか。

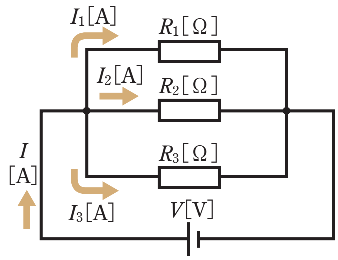


図17

解答… 合成抵抗R_0[Ω]は，式(14)から，

$$R_0 = \frac{1}{\dfrac{1}{12} + \dfrac{1}{6} + \dfrac{1}{4}} = 2\,\Omega$$

回路の全電流I[A]は，オームの法則によって，

$$I = \frac{V}{R_0} = \frac{24}{2} = 12\,\mathrm{A}$$

抵抗R_1，R_2，R_3[Ω]には，同じ電圧24Vが加わるから，各抵抗に流れる電流は，次のようになる。

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24}{12} = 2\,\mathrm{A},\quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{6} = 4\,\mathrm{A},$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{24}{4} = 6\,\mathrm{A}$$

問 11　図18において，$R_1 = 20\,\Omega$，$R_2 = 25\,\Omega$，$R_3 = 100\,\Omega$，$V = 120\,\mathrm{V}$のとき，合成抵抗R_0［Ω］および各抵抗に流れる電流I_1，I_2，I_3［A］を求めよ。

問 12　図19において，$I = 30\,\mathrm{A}$，$R_1 = 2\,\Omega$，$R_2 = 6\,\Omega$，$R_3 = 3\,\Omega$であるとき，電源電圧V［V］および各抵抗に流れる電流I_1，I_2，I_3［A］を求めよ。

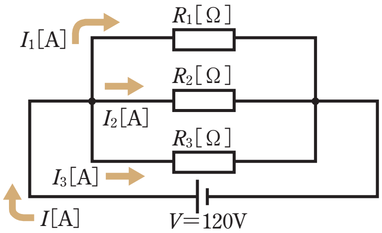


図18

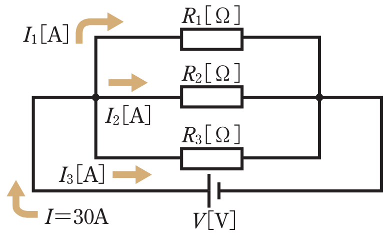


図19

問 13　図20において，回路の全電流をI［A］とすると，抵抗R_1，R_2［Ω］を流れる電流I_1，I_2［A］は，それぞれ次のように表されることを示せ。

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I\,[\mathrm{A}],\quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I\,[\mathrm{A}]$$

問 14　図21において，R_1［Ω］に流れる電流I_1は4Aである。$I_1 : I_2 = 2 : 3$であるとき，抵抗R_1，R_2［Ω］の値を求めよ。

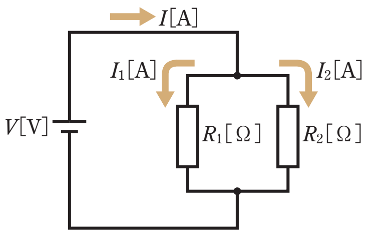


図20

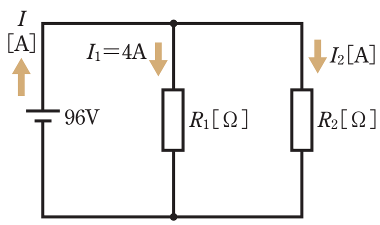


図21

3　直並列接続

直並列接続の回路計算は，直列接続の部分と，並列接続の部分との抵抗をそれぞれ計算してから，合成抵抗を求めればよい。

例題 6　図22の回路の合成抵抗R_{ac}［Ω］，電流I，I_1，I_2［A］，電圧V_1，V_2［V］を求めよ。

解答…　bc間の並列接続の合成抵抗R_{bc}は，式(14)から次のように求められる。

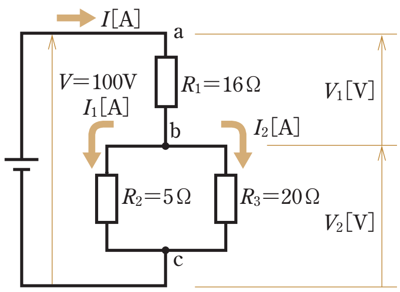


図22　抵抗の直並列接続

$$R_{bc} = \frac{1}{\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}} = \frac{1}{\dfrac{R_2 + R_3}{R_2 R_3}} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{5 \times 20}{5 + 20} = 4\,\Omega$$

参考　抵抗を直並列接続したときの合成抵抗の計算手順

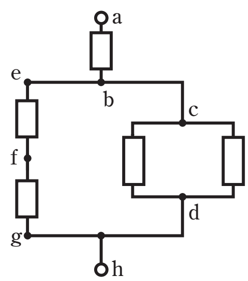


図23

① cd間の合成抵抗を計算する。
② eg間の合成抵抗を計算する。
③ bh間の合成抵抗を計算する。
④ ah間の合成抵抗を計算する。

ac間の合成抵抗R_{ac}は，次のようになる。

$$R_{ac} = R_1 + R_{bc} = 16 + 4 = 20\,\Omega$$

電源電圧Vは100Vであるから，回路に流れる電流I[A]は，オームの法則から，

$$I = \frac{V}{R_{ac}} = \frac{100}{20} = 5\,\mathrm{A}$$

V_1，V_2[V]は，次の式で求められる。

$$V_1 = R_1 I = 16 \times 5 = 80\,\mathrm{V},\quad V_2 = R_{bc} I = 4 \times 5 = 20\,\mathrm{V}$$

bc間の電圧V_2は20Vであるから，I_1，I_2[A]は次のようになる。

$$I_1 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{20}{5} = 4\,\mathrm{A},\quad I_2 = \frac{V_2}{R_3} = \frac{20}{20} = 1\,\mathrm{A}$$

問 15　図24において，$R_1 = 20\,\Omega$，$R_2 = 60\,\Omega$，$R_3 = 120\,\Omega$であるという。ac間の合成抵抗を求めよ。

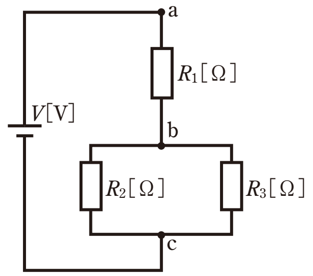


図24

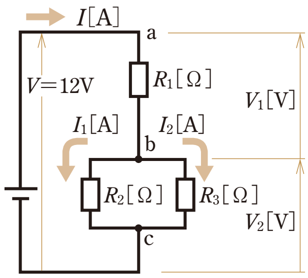


図25

問 16　図25の回路において，$R_1 = 0.8\,\Omega$，$R_2 = 3\,\Omega$，$R_3 = 2\,\Omega$である。$V = 12$Vのとき，I，I_1，I_2[A]およびV_1，V_2[V]を求めよ。

問 17　図26の回路において，電圧V[V]を一定とし，スイッチを閉じると，閉じる前と比べて回路に流れる電流I[A]は2倍になるという。抵抗R_3[Ω]は何オームか。

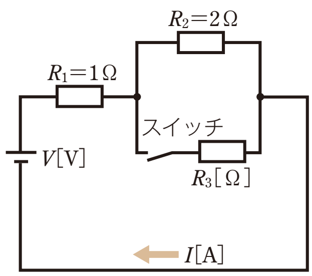


図26

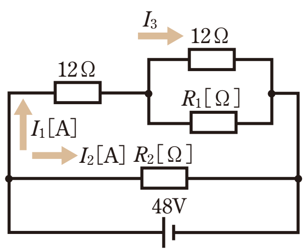


図27

問 18　図27の回路において，電流I_1は3Aで，$I_1 : I_2 = 3 : 2$であるとき，次の問いに答えよ。

(1)　電流I_2，I_3[A]を求めよ。

(2)　R_1[Ω]はいくらか。また，回路の合成抵抗R_0[Ω]を求めよ。

4　ブリッジ回路

図28(a)のように，4個の抵抗 R_1, R_2, R_3, R_4 [Ω] を接続し，bc間に検流計Gを接続して，ad間に電源 V [V] をつないだ回路を**ブリッジ回路**[1]という。

[1] bridge circuit

参考　図28の検流計 (galvanometer) は，微小な電流が検出できる電流計である。

図29　検流計の例

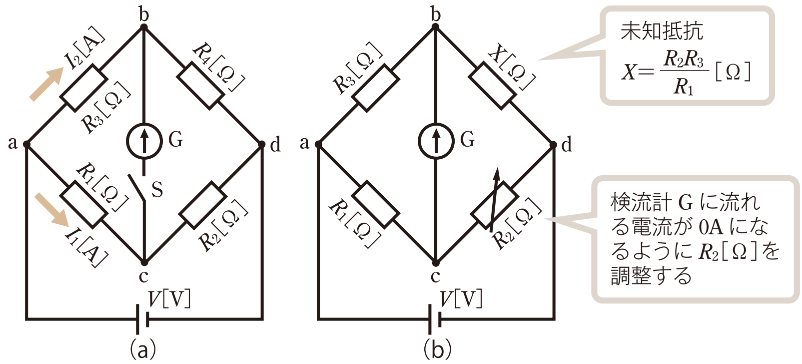


図28　ブリッジ回路

参考　図28(a)の回路は，下図のようにも表せる。

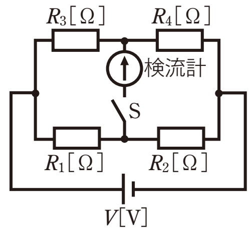


図30

図(a)において，bc間の電位差が0の場合，次の式がなりたつ。

$$R_1 I_1 = R_3 I_2,\quad R_2 I_1 = R_4 I_2 \tag{17}$$

このようなとき，スイッチSを閉じても，検流計に電流は流れない。このとき，ブリッジは平衡しているという。式(17)から，

●ブリッジの平衡条件	$\dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{R_3}{R_1} = \dfrac{R_4}{R_2}$　ゆえに，$R_1 R_4 = R_2 R_3$　(18)

式(18)の関係を**ブリッジの平衡**(へいこう)**条件**という。

この原理を利用した抵抗測定器を**ホイートストンブリッジ**[2]という。いま，図(b)において，未知抵抗 X [Ω] を求めるには，検流計の値が0になるように R_2 [Ω] を調整すればよい。R_1, R_3 [Ω] の値は決められているので，式(18)より，未知抵抗 X [Ω] の値を求めることができる。

[2] Wheatstone bridge
　ホイートストンブリッジは，抵抗線ひずみ計（ワイヤストレンゲージ）や自動制御装置などに応用されている。

図31　ホイートストンブリッジの例

例題7　図28(b)において，$R_1 = 100$ Ω，$R_3 = 10$ Ω とし，$R_2 = 260$ Ω のとき，検流計に電流が流れないとすると，未知抵抗 X [Ω] の大きさはいくらか。

解答…　ブリッジの平衡条件の式(18)によって未知抵抗を求める。

$$X = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{260 \times 10}{100} = 26\ \Omega$$

問 19　図28(b)において，ブリッジが平衡したとき，$R_1 = 100$ Ω，$R_2 = 1372$ Ω，$R_3 = 10$ Ω であった。未知抵抗 X [Ω] はいくらか。

問 20　図32の回路において，スイッチSを閉じても検流計Gの振れが0であった。R_1，R_2，R_3［Ω］がそれぞれ次の値のとき，未知抵抗X［Ω］の値を求めよ。

(1)　$R_1 = 200\ \Omega$，$R_2 = 20\ \Omega$，
　$R_3 = 15\ 000\ \Omega$

(2)　$R_1 = 1\ \Omega$，$R_2 = 100\ \Omega$，
　$R_3 = 2\ 525\ \Omega$

(3)　$R_1 = 50\ \Omega$，$R_2 = 100\ \Omega$，
　$R_3 = 350\ \Omega$

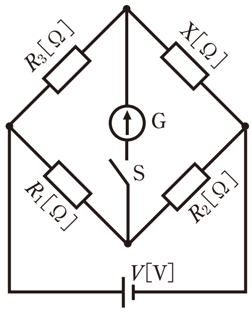


図32

問 21　図33の回路において，次の問いに答えよ。

(1)　点aの電位V_a［V］を求めよ。

(2)　$R_x = 6\ \Omega$のとき，電圧V_{ab}［V］を求めよ。

(3)　V_{ab}を測定したら1Vであった。このとき抵抗R_x［Ω］を求めよ。

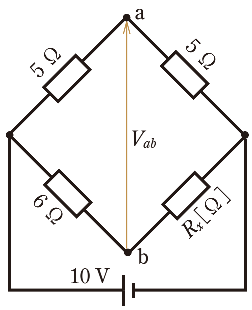
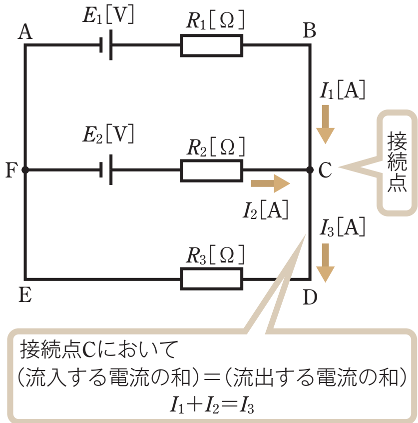


図33

5 キルヒホッフの法則

電気回路が複雑になると，回路が網の目のようになる。このような回路を**回路網**という。

図34のような回路は，複雑であるため，オームの法則だけでは各部に流れる電流を求めることができない。このような場合は，オームの法則を発展させた**キルヒホッフの法則**[1]を用いて計算する。



＊接続点における電流の方向 I_1～I_3 の方向は，問題を解く者が仮定する。

図34　複雑な回路の例

キルヒホッフの法則には，電流に関する法則（第1法則）と電圧に関する法則（第2法則）がある。

[1] Kirchhoff's law

1 キルヒホッフの第1法則

キルヒホッフの第1法則は，電流に関する法則である。図35に示すように，電流を水の流れにたとえると，1か所に流れ込む水の量は，そこから流れ出る水の量に等しい。電流の場合も同様に，1点に流入する電流と，そこから流出する電流が等しく，その関係は式(19)で表すことができる。

●キルヒホッフの第1法則　$\boldsymbol{I_1+I_2+I_3}=\boldsymbol{I_4+I_5}$　(19)

（流入電流）　（流出電流）

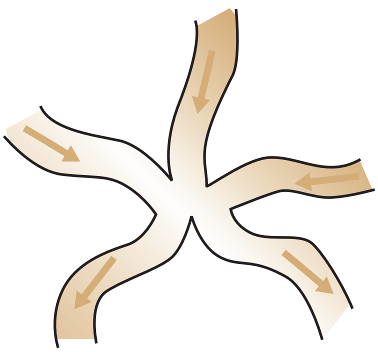


図35　1か所に集まる水の流れ

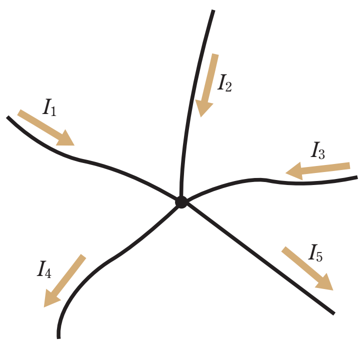


図36　1点に集まる電流の流れ

また，電流の流れる向きを考慮し，ある１点に流入する電流を＋，流出する電流を－として考えると，式(20)のように表すこともできる。

●キルヒホッフの第１法則	$I_1 + I_2 + I_3 = (-I_4) + (-I_5)$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$[1]	(20)

[1] 流れ込む電流の和は０である。

2 キルヒホッフの第２法則

キルヒホッフの第２法則は，電圧に関する法則である。回路網中の一つの閉じられた回路（閉回路）において，起電力の和と抵抗による電圧降下の和は等しい。

図37の閉回路について考えると，表１のように表すことができる。

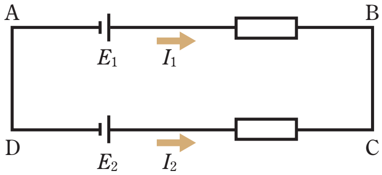
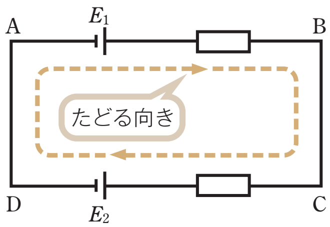
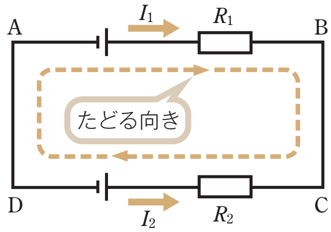


図37

表１

起電力	電圧降下
 起電力の向きと，たどる向きが同じときは（＋）とし，逆のときは（－）とする。したがって， $E_1+(-E_2)$	 抵抗に流れる電流の向きと，たどる向きが同じときは（＋）とし，逆のときは（－）とする。したがって， $R_1I_1+(-R_2I_2)$

したがって，キルヒホッフの第２法則から，起電力と電圧降下の関係は，式(21)として表すことができる。

●キルヒホッフの第２法則	$E_1 + (-E_2) = R_1I_1 + (-R_2I_2)$	(21)
	$E_1 - E_2 = R_1I_1 - R_2I_2$	(22)
	（起電力の和）　（電圧降下の和）	

複雑な電気回路では，回路網中のある１点に関する第１法則（電流の法則）の式を立てる。次に各閉回路における第２法則による式を立てる。そして，これらを組み合わせた連立方程式を解くことにより，各部の電流を求めることができる。

問 22　次の文の（　）に，下記の語群から適切な語句を入れよ。

(1)　キルヒホッフの第1法則は，（　①　）に関する法則で，回路の任意の接続点に（　②　）する電流の和は，流出する電流の（　③　）に等しい。

(2)　キルヒホッフの第2法則は，（　④　）に関する法則で，回路中の任意の（　⑤　）回路を一方向にたどるとき，回路の（　⑥　）の和は，抵抗による電圧降下の（　⑦　）に等しい。

語群	**ア**	起電力	**イ**	電圧	**ウ**	流入	**エ**	電流	**オ**	閉	**カ**	和

例題 8　図38の回路について，次の関係式をつくれ。

(1)　点aにおける電流の関係式

(2)　閉回路Ⅰにおける起電力と電圧降下の関係式

(3)　閉回路Ⅱにおける起電力と電圧降下の関係式

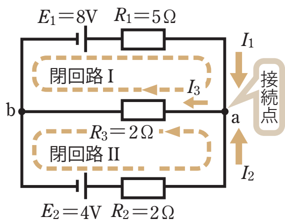


図38

解答…　(1)　キルヒホッフの第1法則から，

$$I_3 = I_1 + I_2$$

（流出電流の和）　（流入電流の和）

(2)　キルヒホッフの第2法則から，

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

（電圧降下の和）　（起電力の和）

ゆえに　$5I_1 + 2I_3 = 8$

(3)　キルヒホッフの第2法則から，

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

（電圧降下の和）　（起電力の和）

ゆえに　$2I_2 + 2I_3 = 4$

問 23　図38の回路について，例題8(1)〜(3)の関係式を用いて，I_1，I_2，I_3[A]を求めよ。

問 24　図38の回路について，I_3を用いてa-b間の電圧を求めよ。また，I_1，I_2を用いてab間の電圧を求め，同じ値になることを確かめよ。