

電気基礎 I

- 1.電流、電圧、電力
- 2.オームの法則、直流回路
- 3.抵抗の性質
- 4.キルヒホッフの法則
- 5.電力
- 6.磁気の性質
- 7.電流の磁気作用
- 8.鉄の磁化
- 9.磁気と電流の間に働く力
- 10.電磁誘導作用とインダクタンス
- 11.静電気の性質
- 12.静電容量とコンデンサ

参考文献:新編 電気理論 I [東京電機大学出版局]

1.電流、電圧、電力

I. 電荷の電気量

電荷の持っている電気の量を**電荷量**といい、クーロン[C]で表す。(*クーロンの詳しい定義は省く)

II. 電流の大きさ

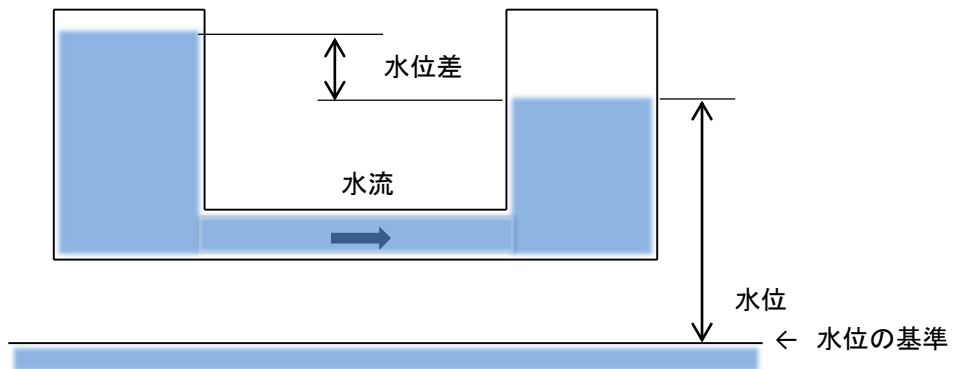
毎秒1クーロン[C]の電気量が通過するときの**電流の大きさを1アンペア[A]**と定める。

従って、導体中のある断面をt秒間にQ[C]の電気量が通過するとき、その電流の大きさは以下で表される。

$$I = \frac{Q}{t} [A]$$

III. 電位と電位差

水の場合を考えてみると、水は水位の高いところから低いところに流れる。



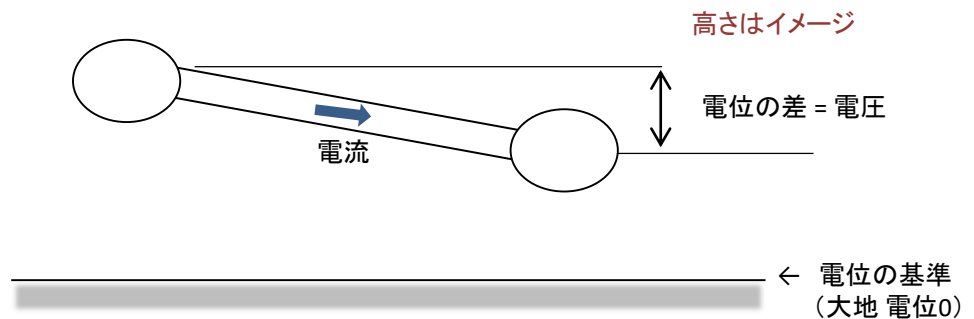
これと同じように、**電位**というものを考え、電流は電位の高いほうから低いほうに流れるとする。

(導体中を電流が流れる場合は、電荷としてのキャリアは電子(-の電荷)なので、電子が電位の低いほうから高いほうに流れる。)

1クーロン[C]の電気量が2点間を移動して1ジュール[J]の仕事をするとき、この2点間の**電位差を1ボルト[V]**と定める。

(*電位についての詳しい説明は省く。)

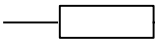

電位の定義に大地と高さは関係ないが、上記の水位と比較してわかりやすいようにするために示した。)



2.オームの法則、直流回路

I. 電気抵抗

電流の通りにくさを**電気抵抗**、あるいは**抵抗**といい、**オーム[Ω]**で表す。
1アンペアの電流を流すのに1ボルトの電圧を要する抵抗を1オームと定める。

記号: R  または(旧) 

II. コンダクタンス

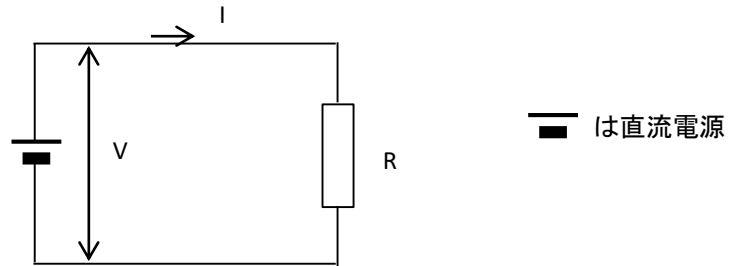
抵抗と反対に、電気の通りやすさを表すため、抵抗Rの逆数の**コンダクタンス**(ジーメンズ[S](^{*}1))がある。

$$G = \frac{1}{R} \quad [\text{S}]$$

III. オームの法則

電気回路に流れる電流は電圧に比例し、抵抗に反比例する。
抵抗R[Ω]に電圧V[V]を与えたとき、流れる電流をI[A]とすれば、

$$I = \frac{V}{R} \quad [\text{A}] \quad \text{あるいは変形して} \quad V = IR \quad [\text{V}]$$



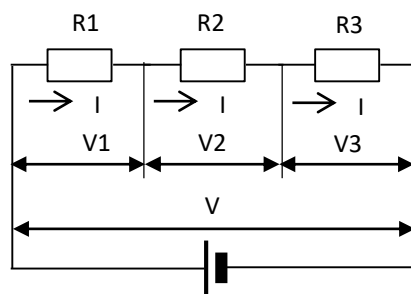
IV. 抵抗の直列接続

下図(a)のように、R1~R3の抵抗を直列に接続し、電圧Vを加えたとき、電流Iが流れたとする。
電流が流れることにより、各抵抗の両端には電圧が生じる。各電圧をV1~V3とすれば、

$$V_1 = IR_1, V_2 = IR_2, V_3 = IR_3 \quad (1)$$

よって、

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (2)$$



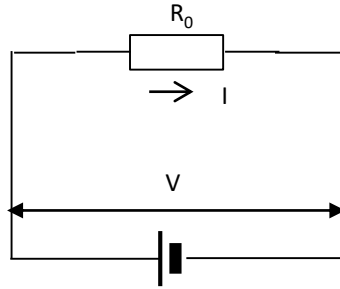
(図a)

*1) 昔はモー[Ω]といった

2.オームの法則、直流回路

次に、同じ電圧 V を加え、同じ電流 I が流れる抵抗 R_0 を考えると、

$$V = IR_0 \quad (3)$$



上記2式から、 R_1, R_2, R_3 を直列に接続した全体の抵抗(合成抵抗) R_0 は、

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3$$

従って、 n 個の抵抗を直列接続した場合の合成抵抗は、各抵抗の和に等しく、

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

次に、前記図(a)で、各抵抗の電圧分布をみると、式(1),(3)から

$$V_1:V_2:V_3:V = IR_1:IR_2:IR_3:IR_0$$

$$\therefore V_1:V_2:V_3:V = R_1:R_2:R_3:R_0$$

となり、抵抗を直列に接続したときの電圧は、夫々の抵抗に比例して分布する。よって

$$V_1 = \frac{R_1}{R_0} V, V_2 = \frac{R_2}{R_0} V, V_3 = \frac{R_3}{R_0} V$$

V. 並列回路

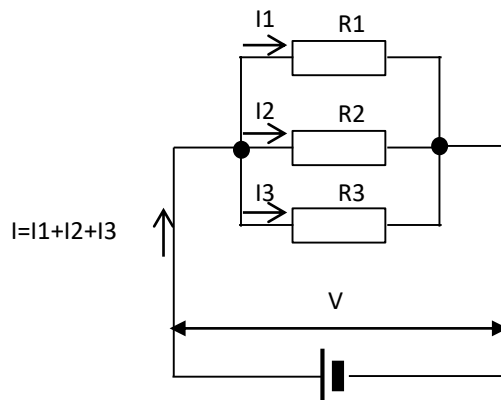
下図のように、抵抗 $R_1 \sim R_3$ を並列に接続した場合を考えてみる。

夫々の抵抗には、同じ電圧 V がかかっているのので、夫々の抵抗に流れる電流を I_1, I_2, I_3 とすれば

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3} \quad (1)$$

全電流 I は、この電流の和になるので

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) V \quad (2)$$



2.オームの法則、直流回路

この場合の合成抵抗Rを考えると、

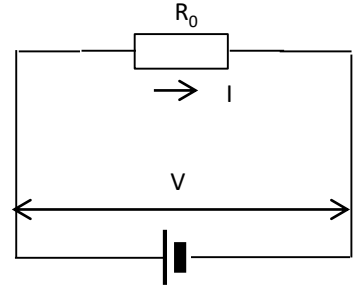
$$R_0 = \frac{V}{I}$$

であるから

$$R_0 = \frac{V}{I} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (3)$$

つまり、n個の抵抗を並列接続したときの合成抵抗 R_0 は、
夫々の抵抗の逆数の和の逆数となる。

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \quad (4)$$

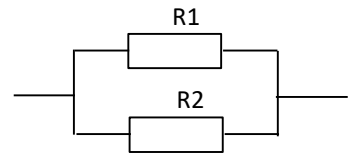


もし、n個の抵抗がすべて同じ抵抗値 R_a なら、合成抵抗値 R_0 は

$$R_0 = \frac{R_a}{n} \quad (5)$$

また、2つの抵抗の合成抵抗値は、

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$



次に、前頁の回路において、各抵抗に流れる電流の分布をみる。

式(1)(3)から、

$$I_1 : I_2 : I_3 : I = \frac{V}{R_1} : \frac{V}{R_2} : \frac{V}{R_3} : \frac{V}{R_0}$$

$$\therefore I_1 : I_2 : I_3 : I = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \frac{1}{R_0}$$

つまり、抵抗の並列回路の各分路に流れる電流は、夫々の抵抗値に反比例する。

従って、各分路に流れる電流は、上式の関係より、 $I_1 : I = 1/R_1 : 1/R_0$ なので、それぞれ、

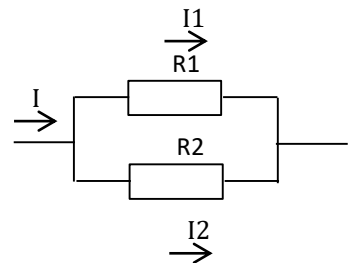
$$I_1 = \frac{R_0}{R_1} I, \quad I_2 = \frac{R_0}{R_2} I, \quad I_3 = \frac{R_0}{R_3} I$$

なお、右図のように、電流Iが R_1, R_2 の2個の抵抗に分流する場合は

式(6)を用いて

$$I_1 = \frac{R_0}{R_1} I = \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{R_1} I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

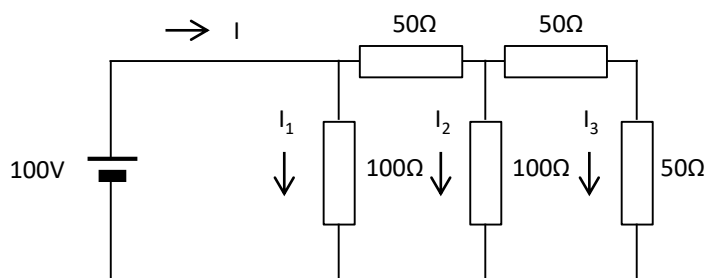
$$I_2 = \frac{R_0}{R_2} I = \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{R_2} I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$



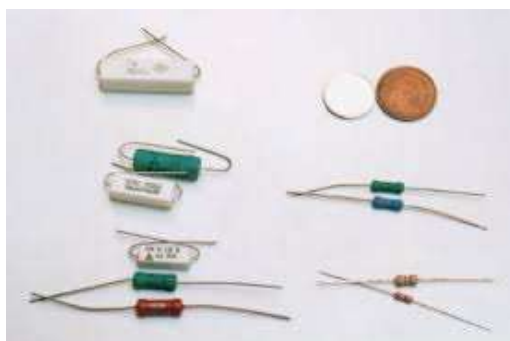
2.オームの法則、直流回路

VI. 練習問題

下図の回路で流れる電流、 I, I_1, I_2, I_3 を求めよ。



VII. 抵抗器の一例



写真は

左 大人の自由空間 <http://www.op316.com/tubes/myamp/r.htm> より

右 不明

付録

- べき乗倍の接頭語

接頭語	記号	10^n	十進数表記	漢数字表記
ペタ(peta)	P	10^{15}	1000000000000000	千兆
テラ(tera)	T	10^{12}	1000000000000	一兆
ギガ(giga)	G	10^9	1000000000	十億
メガ(mega)	M	10^6	1000000	百万
キロ(kilo)	k	10^3	1000	千
		10^0	1	一
センチ(centi)	c	10^{-2}	0.01	一厘
ミリ(milli)	m	10^{-3}	0.001	一毛
マイクロ(micro)	μ	10^{-6}	0.000001	一微
ナノ(nano)	n	10^{-9}	0.000000001	一塵
ピコ(pico)	p	10^{-12}	0.000000000001	一漠
フェムト(femto)	f	10^{-15}	0.000000000000001	一須臾

3.抵抗の性質

I. 電気抵抗と抵抗率

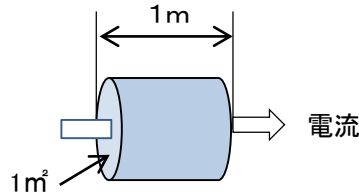
抵抗は、電流の流れる方向に対して、断面積に比例し、長さに反比例する。
断面積をA,長さをl,抵抗をRとすれば、

$$R \propto \frac{l}{A}$$

ここで、比例定数を ρ (*1)とおけば

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

ρ は単位面積、単位長さ当たりの抵抗を表し、**抵抗率**といい、オーム・メートル[$\Omega \cdot m$]で表される。



抵抗率に対して、物質の電流の通りやすさを表すのに、抵抗率の逆数を用い、これを**導電率**という。
これを σ (*1)とし、ジーメンズ毎メートル[S/m](*)2で表される。

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad [S/m]$$

II. 温度係数

電気抵抗は物質の種類や形によって変わるばかりでなく、温度によっても変化するが、一般に金属は温度が上昇すると抵抗が増加する。その変化の割合を**温度係数**といい、 α とおけば以下のように求められる。

$$\alpha = \frac{(R - R_a)/R_a}{T - T_a}$$

Ra:基準温度における抵抗値

Ta:基準温度

R:任意温度における抵抗値

T:任意温度

III. 各金属の抵抗率、温度係数の例

	種別	抵抗率 [$\times 10^{-8} \Omega \cdot m$]	温度係数 [$\times 10^{-3}$]
金属	銀(Ag)	1.62	3.8
	銅(Cu)	1.69	3.93
	金(Au)	2.40	3.4
	アルミニウム(Al)	2.62	3.9
	鉄(Fe)	10.0	5
合金	けい素鋼板(Fe,Si(4.5%))	62.5	0.75
	ニクロム(Ni,Cr,(Fe))	100~110	0.03~0.4

*1) ρ は「ロー」、 σ は「シグマ」、 α は「アルファ」と読む。

*2)昔はモー毎メートル[Ω/m]といった。

3.抵抗の性質

IV. 絶縁抵抗

絶縁物であっても、全く電流が流れないわけではなく、絶縁物の内部や表面を伝わってわずかな電流が流れる、これを**漏れ電流**という。

従って、電圧 $V[V]$ を印加して、漏れ電流 I_l が流れたとすれば、絶縁物の抵抗 R_i は

$$R_i = \frac{V}{I_l} \quad [\Omega]$$

で計算される。この R_i を**絶縁抵抗**といい、通常はメガオーム $[M\Omega]$ の単位で表す。

絶縁抵抗を測定するには**絶縁抵抗計**が用いられ、**メガ**という名称で呼ばれる。

絶縁物の抵抗率の例

名称	抵抗率 [$\Omega \cdot m$]
いおう	$10^{14} \sim 10^{15}$
白雲母	$10^{12} \sim 10^{15}$
石綿	$10^8 \sim 10^{11}$
ガラス	$>10^{11}$
ナイロン	1.3×10^5
塩化ビニル	$>10^9$

絶縁物の絶縁抵抗の性質

- ・温度が上昇すると絶縁抵抗が減少する。(温度係数が負)
- ・電圧が増加すると絶縁抵抗が低下する。
- ・電線の絶縁抵抗は長さに反比例する。(長さが増すと漏れ電流が増加するため)

3.抵抗の性質

V. 接地抵抗

一般に、電気回路の一端に銅板などを接続して、これを大地に埋設することを接地という。

これは、電子機器の電磁波の影響を受けないようにする為や、図のようにモータなどの鉄台を接地し、漏電による感電を防止する目的で用いられる。

このとき、接地してある銅板を接地電極と呼び、大地との間の抵抗を**接地抵抗**と呼ぶ。

接地抵抗は接地電極が大きく、地中に水分が多いほど小さくなるが、土壌の種類などにも影響される。

