

【直流回路】

直流回路は1個以上の抵抗と定電圧電源（電池）あるいは定電流電源を導線で接続したものであり、どの抵抗にも時間的に一定の電圧が加わり一定の電流が流れるものである。直流回路は時間的に変動する電流・電圧を扱う交流回路や、能動素子（トランジスタなど）を含む回路の基本となる。直流回路を解析することで、注目する抵抗に加わる電圧や流れる電流値を計算したり（抵抗で消費される電力の設計もできる）、2接点間の電位を比較（電位を測定する装置の設計）することができる。

【回路図】

最も簡単な直流回路は、1個の電池と1個の抵抗を導線で結合したものである。この接続の状況を示す図を回路図という（図1）。回路図は実際の回路を反映するものだが、以下で示すような理想化や記述の簡略化が行われる。

【抵抗】

特に断らないかぎり、抵抗はオームの法則に従って電圧降下が起きるとする。オームの法則は「素子に加わる電圧（抵抗の両端の電位差） V と素子を通る電流 I が比例する」すなわち

$$V = RI$$

というもので、電流は電位が高い方から低い方に流れる。電流の単位をA(アンペア)、電圧の単位をV(ボルト)とするとき抵抗の単位は Ω (オーム)である。環境（たとえば温度）による抵抗値の変化が顕著な物体もあるし、オームの法則に従わない物体もある。

【導線】

素子を結合するときに用いる導線にも抵抗があるが、回路図の導線は抵抗を無視する（抵抗値を考える必要があるときは、「抵抗が無視できる導線」+「導線に由来する抵抗」のように抵抗を分離して扱う）。導線の抵抗を無視するので、電流値によらず導線内部の電圧降下が起きない。したがって一続きの導線はどの部分も同じ電位であるとする。

【電池】

電池は内部抵抗をもつ。電池が消耗してくると内部抵抗が増大し、起電力は変わらないのに、わずかな電流がながれても電池の端子間に現れる電圧が低下する。回路図に示す電池は起電力 E と内部抵抗 r を分離してあつかう図1では電池の内部抵抗を無視した。電池の記号は、細長い線が電池の正（+）極を表す。電池の正極は負極より電位が高い。電池内部では、電位の低い方から高い方に向かって電流が流れる。

【電流】

直流回路の「直流」は、回路のどの部分でもそこを流れる電流の値が時間的に変動しないことを意味する。

直流回路には電荷を蓄える部分がない。したがって電荷の分布にも時間的な変動がない。回路のどの部分も最初に電気的に中性であれば、電流が流れても帯電することはない。どの素子についても、入る電流と出る電流が同じ大きさである。すなわち回路を流れる電流はよどみなく流れ、回路を一巡してもとにもどる。実際の回路には、回路図に描かれていない電流の流れ道があることもある（漏電）。

導線が分岐するとき（図2）その節点においても、入る電流と出る電流が常に等しく、節点が帯電することはないとする。もし節点から出る電流を正とし入る電流を負とする（図2では $I_1 < 0$, $I_2 > 0$, $I_3 > 0$ ）ならば（あるいはその逆でも）、それぞれの枝（節点間を結ぶ導線部分）を流れる電流の総和が0となる：

$$\sum_{k=1, \dots, N} I_k = 0$$

【電位差、電圧】

すでに述べたとおり、一本の導線はどこでも電位が等しいとしている。電池の両極間には起電力に相当する電位差が発生する。抵抗の両端にはオームの法則にしたがう電位差がある。任意の2点間の電位差は、電位差の定義から、2点をつなぐ経路によらず一

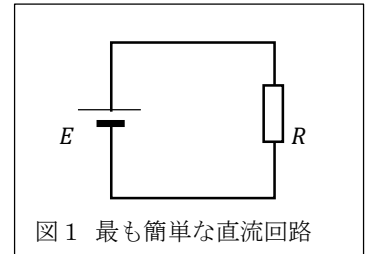


図1 最も簡単な直流回路

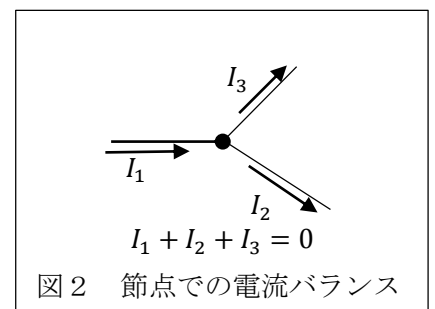


図2 節点での電流バランス

定である．とくに，回路を一巡してもとに戻るとき，電池による電位の上昇と抵抗による電圧降下とが同じ大きさとなる．

回路内の 1 点の電位を決めるとはじめて他の点の電位が決まる．しばしば行われる方法は次のようなものである：回路の 1 点を，回路を収めた金属の箱と導線で結び，その箱を「接地」する．こうすると，地面に立つ人間が箱に触れても感電しない．また，他の回路も同様にして設置すれば，2 つの回路の間で電位の比較ができる．ただし，非常に高い電位で動作する回路では接地することが無理な場合もある．

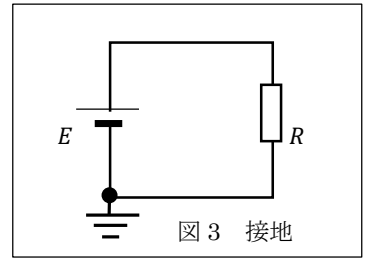


図 3 接地

【抵抗の合成】

複数の抵抗が接続しているとき，等価な 1 個の抵抗で置き換え，回路解析を容易にすることができる．

図 4 の 2 個の抵抗に対して

- ・直列接続： $R = R_1 + R_2$
- ・並列接続： $R = (R_1^{-1} + R_2^{-1})^{-1}$

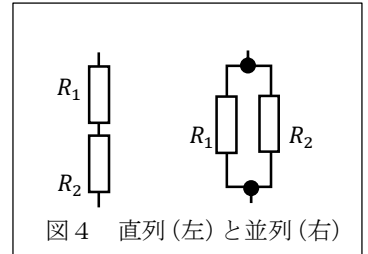


図 4 直列(左)と並列(右)

2 個以上は，2 個ずつ順に組み合わせることで，どのような場合も計算することができる．

【キルヒホッフの法則】

複雑な回路網についても，各枝を流れる電流もしくは節点間の電位差を求めることができる．その基礎となる関係式は

- (1) 各節点は帯電しない（電荷保存則）：

$$\sum_{k=1, \dots, N} I_k = 0$$

- (2) どのループ（網目のひとつ）についても電圧降下と起電力の和が 0（電位が決まる）：

$$\sum_{j=1, \dots, m} R_j I_j + E_\lambda = 0$$

ただし， I_j は注目するループの j 番目の枝を流れる電流， R_j はその枝に属する抵抗， E_λ はこのループに属する起電力．本来は，ここで電流と起電力の符号について注意を払うべきだが，次に述べる網目法により再定義する．

【網目法による回路解析】

キルヒホッフの法則(1)を自動的に満たす電流の設定方法が網目法である．

図 5 の回路を例に説明する．

- 回路網をループの集合とみなす．図左の $\lambda=1, 2, 3$ が 3 つのループである．
- 各ループを 1 巡する電流を仮定しループ電流と呼ぶ．図右の I_1, I_2, I_3 である．ループ電流の向きは自由に考えるが，計算の結果電流の値が負となれば，仮定した向きと逆に流れることを意味する．
- ループ 1 と 2 が接する枝（中央・上の縦線）には $I_1 + I_2$ が流れる．
- ある節点を通過するどのループ電流についても，節点に入った量と出ていく量が等しいことは自明である．ループ電流の和についても同じ結論となるので，キルヒホッフの(1)が自動的に成立する．
- 各ループについて法則(2)を書き下して連立方程式をつくる．このとき，あるループについて電圧降下の式を書いているとき，他のループと接する枝で起きる電圧降下についてはループ電流の合計に対してオームの法則を適用する．注目しているループを流れる電流の向き（最初に仮定したもの）を基準にして他の電流（これも最初に仮定したもの）の符号を定める（同じ向きなら正）．また電池の起電力も，注目するループの電流の向きに電位が上昇する起電力を正とする．

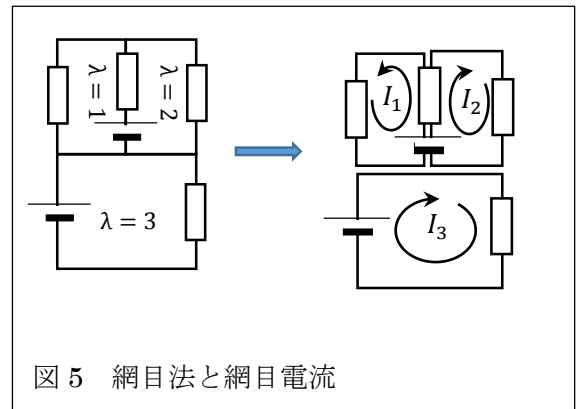


図 5 網目法と網目電流