

京都大学 機械研究会 新入生教本

松岡 航太郎

29 年度機械研究会同期一同

平成 30 年 3 月 24 日

1 抵抗

回路の基礎中の基礎。電流の制限、分圧やプルアップなど、様々な用途に用いる。この節では用途ではなく抵抗選定のための知識に主眼を置く。

1.1 抵抗値の表記方法

1.2 カラーコード

カーボン抵抗などのリード線のついた抵抗には、カラーコードと呼ばれる色のついた帯が印刷されている。必ずしも暗記する必要はない(暗記しなくても済むように整理しておく方が有意義である)が、よく使う抵抗値についてはばらまく可能性も高いので覚えておくことが好ましい。

各色の意味は以下の通りである。

色	数値	乗率	精度
無	N/A	N/A	±20%
桃	N/A	10^{-3}	N/A
銀	N/A	10^{-2}	±10%
金	N/A	10^{-1}	±5%
黒	0	1	N/A
茶	1	10	±1%
赤	2	10^2	±2%
橙	3	10^3	±3%
黄	4	10^4	±5%
緑	5	10^5	±0.5%
青	6	10^6	±0.25%
紫	7	10^7	±0.1%
灰	8	10^8	±0.05%
白	9	10^9	±0.025%

1.2.1 コード表記

チップ抵抗やセメント抵抗においてはカラーコードではなく、数字とアルファベットによって表記される。

1.3 種類

一口に抵抗といっても、材質や用途によって区別される。ここではそれらの抵抗の種類について述べる。

1.3.1 カーボン抵抗

最も一般的な抵抗。精度は5%程度で温度特性も悪いが安価であるためよく使われる。1/4W程度の定格電力であることが多い。

1.3.2 金属皮膜抵抗

精度は1%以下であることが多く、温度特性もよいが、カーボン抵抗よりは高価である。分圧する場合などに精度が欲しいときは使うことになるだろう。1/8Wなど、カーボン抵抗よりも定格電力が低い傾向がある。

1.3.3 セメント抵抗

W 単位の大電力を流したい場合に使用する。

1.3.4 チップ抵抗

面実装をするための抵抗のことを示す。

1.3.5 ショント抵抗

ショント (shunt) は英語では並列接続のことを意味するが、ショント抵抗といった場合は電流計に用いるための低抵抗、高精度、高定格電力な抵抗のことを言う。

2 コンデンサ

コンデンサは短期的に電気をためることができる素子である。(英語ではキャパシタということが多い)

2.1 用途

2.1.1 パスコン

少なくとも機械研究会において、最も多く用いる用途はパスコンであろう。パスコンとは、IC やモーターのできる限り近くの電源線とグラウンドの間にコンデンサを設置することで、電源線に伝わる高周波のノイズをグラウンドに落とすためのコンデンサのことである。

これはコンデンサのインピーダンスが $1/j\omega C$ であらわされることから、十分に高周波なノイズに対しては短絡しているかのようにふるまうことに基づいている。

2.1.2 電源安定化

急激な消費電力の変化がある場合には、大容量のコンデンサを設置しておくことで、電源が安定するようにする場合がある。

2.1.3 電源

電気二重層コンデンサ (スーパーキャパシタ) などは容量に飽かせて電源として使うこともある。

2.2 種類

2.2.1 アルミ電解コンデンサ

最も一般的なコンデンサ。電子回路に円筒状の物体があったら大体こいつ。低価格大容量高耐圧だが極性があり、逆電圧をかけると劣化する。

昔は多くのアルミ電解コンデンサが電解液を用いていたために、劣化すると膨らんでいた。(俗に妊娠といわれた) 現在は電解質が固体のものも出回っている。見分け方は円筒の上面に十字の切れ込みがあるか否か。電解液の場合には膨らむことができるように十字の切れ込みが入っている。

2.2.2 セラミックコンデンサ

アルミ電解コンデンサに劣らないぐらい一般的なコンデンサ。機械研究会の活動範囲ではこちらの方が使用機会が多いかもしれない。

高周波特性がアルミ電解コンデンサより良く安価で、小型化も容易であることからパソコンとして使われることが多い。容量が小さいものしかないことが難点だったが、積層セラミックコンデンサの登場でその状況も変わりつつあり、セラミックコンデンサオンリーで設計される場合も増えている。

2.2.3 タンタルコンデンサ

小型かつ大容量で周波数特性もよいことから、オーディオ機器などによく使われるが、高価で極性があり耐圧も低いことが多い。積層セラミックに地位を脅かされつつあるように見える。

3 トランジスタ

トランジスタは端的に言えばシリコンで作られた電氣的に操作可能なスイッチである。

3.1 用途

3.1.1 スイッチ

最もよくある使い道。単純に機械的なスイッチの代わりに用いることでマイコンから操作可能なスイッチとすることができる。

3.1.2 増幅

トランジスタは現実には存在する素子であるから、理想的なスイッチと違ってオンとオフの間の状態が存在する。その部分を利用することで、小さな入力信号を大きな出力信号として増幅することができる。

主にオーディオ機器などのアナログ回路で利用される。

3.2 種類

3.2.1 バイポーラトランジスタ

電流によって制御されるトランジスタ。正孔と電子との両方が動作原理にかかわるのでバイポーラと呼ばれる。歴史的には初期に実用化されたトランジスタであり、かつてはトランジスタといえばこれを指していた。

3.2.2 FET

電圧によって制御されるトランジスタ。正孔と電子のいずれか片方だけが動作原理にかかわるため、ユニポーラトランジスタとも呼ばれる。電界効果トランジスタという名前もある。MOSFET という名称もよく聞かすが、MOS は金属酸化物半導体の意であり、使用している材質に起因する名称であるが、近年の FET はほぼすべて MOSFET であり、近年トランジスタといった場合はほぼ MOSFET のことである。

パワー MOSFET と呼ばれる、大電力用に設計された MOSFET も存在する。

3.2.3 IGBT

FET とバイポーラトランジスタを組み合わせたような特性を持つ素子である。絶縁ゲートバイポーラトランジスタとも呼ばれる。大電力を高速でスイッチングすることができる。パワー MOSFET とは用途の近さから競争関係にある場合がある。

4 バッテリー

機械研究会では電源として商用電源を使わない場合が多いため、バッテリーに関する知識は重要である。

4.1 用途

4.1.1 主電源

特に説明の必要はないだろう。

4.1.2 バックアップ電源

主電源が商用電源など、コードが抜けたりブレーカーが落ちたりして突然寸断したとしても、主電源が復旧するまでの間機器を動かすための電源をバックアップ電源という。

そのような用途で使われるバッテリーは大型の場合 UPS などと呼ばれる。

4.2 種類

4.2.1 単三乾電池

最も安全で安価な選択肢。交差電圧は一本あたり 1.5V、容量は様々である。海外では AA バッテリーともいう。主にアルカリとマンガンの二種類があり、アルカリが大電力向け、マンガンが小電力向けなどといわれているが、とりあえずアルカリにしておけば問題はないだろう。

単三電池で動くなら、単三にしておいた方がいい。もちろん、容量が問題なら単一、サイズが問題なら単四あたりを使ってもよい。

4.2.2 ボタン電池

容量が小さく小電力向けではあるが、サイズが小さいため小型機器の主電源やバックアップ電源として使われる。

4.2.3 9V 形電池

角型をした電池で、容量は小さいが 9V という比較的大きな電圧を取り出すことができる。中身としては直列にボタン電池を重ねたようなものが多い。

4.2.4 NiMH バッテリー

ニッケル水素充電電池ともいう。単三か単四の形をしているものが一般に市販されている。著名なのはエネルーブである。公称電圧は 1.2V。乾電池よりはる大電力に耐える。

安全性が高いため、これで済むならこれがよい。

4.2.5 LiPo バッテリー

最も危険だが最も高性能なバッテリー。1 セル当たり公称電圧 3.7V。軽量で大容量。充電器は専用のものを使わないと発火の危険がある。ショートなどが発生すると爆発することもある。廃棄の際も取扱注意。

バランス充電という言葉があるが、あれは複数セルの LiPo バッテリーは内部的には 1 セルのものが直列に入っただけであり、粗悪なセルの場合直列のまま充電すると個体差からセルごとに充電され具合が変化してしまい、過放電や過充電の恐れがでてくるため、1 セルごとに充電するための仕組みである。高品質なセルであれば直列のまま充電しても問題ないらしいがバランス充電に対応してないものを買うことが少ないので試したことはない。

4.2.6 18650

LiPo バッテリーの中でも、直径 18mm 高さ 65mm の円筒型のパッケージをしている 1 セルのもののことを指す。ほかには 26650 などサイズ違いのものがある。円筒型のモバイルバッテリーはだいたいこれが入っている。最近では電子タバコの電源もこれであるし、初代テスラもののバッテリーもこれをつなげたものである。

4.2.7 LiFe バッテリー

LiFe よりは重いが、比較的安全で、性能はそこまで損なわれない。しかし高価である。

予算が許すのであれば LiFe を採用するのがよいだろう。

4.2.8 鉛蓄電池

鉛蓄電池は広く産業用に用いられており、安全性と実績がある。重量はあるが、LiPo に比して容量当たりの単価が安いいため、大容量大電力の用途に向いている。

5 モーター

モーターは電動機ともよばれ、電気を力学的動力へと変換するための装置の総称である。電源のが直流か交流か、ブラシがあるか否か、フィードバック機能があるか否かなどで分類される。

5.1 用途

5.1.1 動力

最も一般的な使い方。ほとんどの場合は回転エネルギーとして取り出されるため、モーターの配置やギヤの組み合わせなどによって目的の方向の運動へと変換する必要がある。

5.1.2 電源

モーターは可逆的に機能するため、回転エネルギーを電気エネルギーとして取り出すこともできるが、機械研究会で使用することはないだろう。どちらかという回転エネルギーが電気エネルギーとして取り出されることで回路が焼損するなどの故障原因として直面することになるだろう。

5.2 ブラシ付き DC モーター

最も一般的で安価なモーター。かつてはブラシレスモーターが一般的でなかったため、DC モーターといえばこれのことを指していた。単にブラシモーターということも多い。直流電源を整流子とブラシによって切り替えるようなモーターである。義務教育の範囲であるからここでは機構について詳しく述べずにおく。乾電池二本 3V で動作するものからはじまり、24V など動作するような大出力のものもある。一般的にブラシレスのものよりブラシの摩耗がある分短寿命であるといわれているが、機械研究会の活動の範囲程度では大した問題ではないだろう。入手性の良さと電源をつなげば回る単純な構造のため、最初に扱うモーターとしてはよいだろう。

5.2.1 ブラシレスモーター

ブラシレスモーターといった場合、文字通りの意味ではブラシのないモーターのことであるが、少なくとも機械研究会の文脈の範囲では、ステッピングモーターを除いた、用途的に上記のブラシ付き DC モーターの上位互換となりうるようなモーター群を指す。DC モーターという言葉だけではブラシ付き DC モーターがあらわされなくなったことから直流電源で動くのだと思われるかもしれないが、正確にはモーター自身は交流 (主に三相交流) で動作する。しかし、ブラシレスモーターは ESC と呼ばれる、制御用のドライバとセットで運用されることが多く、この ESC が直流電源を交流に変えるのも同時に請け負ってくれるため、直流電源で動作するものとして扱われることも多い。

産業的には軽量大出力であることから、ドローンなどでよく採用されている。

5.2.2 ステッピングモーター

ステッピングモーターの特徴はオープンループでの高精度な位置決め動作が可能であることである。ブラシレスモーターはサイン波の周波数を変えることによって速度制御のみを行うが、ステッピングモーターではパルス波を入力することで、パルスの回数によって角度を制御し、パルスの間隔によって速度を制御する。ブラシレスモーターと同じくドライバーとセットで使うことが多く、ドライバーがパルス波を生成してくれるため、直流電源で動作するとみなして問題ない。

CNC には一般的にこのモーターが使われる。機械研究会の 3D プリンタもこれを使っている。

サーボモーターに比した欠点として、フィードフォワードであるために脱調した場合には原点復帰動作が必要である。

角型のステッピングモーターは NEMA 規格という一辺の長さを基準とした規格によって形状が定められていることが多い。

5.2.3 サーボモーター

サーボモーターはエンコーダーを搭載しており、フィードバック制御によって位置決め動作を行う。エンコーダーを搭載していればよいと、動力源となるモーターがブラシ付きかブラシレスかは問わない。

機械研究会で使うサーボは基本的にホビーサーボと呼ばれる、そのサーボモーター用のフィードバック制御用専用 IC を内蔵しているサーボを用いるため、位置の指令値さえ与えてやれば動作するものである。速度などのチューニングは基本的に不可能である。

産業用の大出力なものなどは PLC 側でフィードバック制御しなければいけないこともある。

位置決め動作について学習するのであれば、SG-90 などの 9g サーボと呼ばれるサーボモーターから始めるとよいだろう。