

すごく長い配線で電球を点けたとき

今回は、電気が専門ではない方でも、少し理解できる内容です。
文体も、「だ・である調」(常体)ではなく、「です・ます調」(敬体)にしています。

1. 電池と電球

小学校の頃、電池と電球の勉強をしました。

電池や電球の直列接続、私はこの頃から電気に目覚めていたので、簡単に理解できましたが、理解できない生徒が大勢いました。先生もかなり苦労していたのを子供ながら記憶しています。嘘を教えていることもありました。

図 1 は、電池とスイッチと電球の配線です。回路といいます。

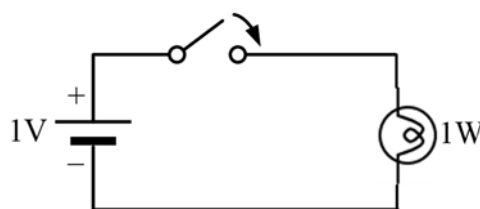


図 1. 電池と電流

乾電池の電圧は、1.5V(ボルト)ですが、計算しやすいように、1V とします。

スイッチをつないだときに、電球に 1A(アンペア)の電流が流れたとします。

その電流は、電池の正極から流れ出て、電球を光らせて、負極に戻ります。電池の正極は、乾電池の突起のある方で、負極はその反対側の平坦な方です。

ここまでは理解できたと思います。

電圧が 1V で電流が 1A なので、これは 1W(ワット)の電球です。

すなわち、電力=電圧×電流

2W の電球とすると、電流は 2A です。

家庭の電球は、ほとんど LED に換わってきましたが、少し前までは、白熱電球でした。フィラメントに電流を流して、その熱でフィラメントが光るといって、エジソンの発明が、延々と 150 年近く使われてきました。

フィラメントは、タングステンという金属を螺旋(らせん)状にしたものですが、エジソンが初期に使ったのは、京都の竹を炭にしたことは有名な話です。

その後、フィラメントの螺旋を二重にした構造や、透明のガラスだとまぶしいので、すりガラスにするなど、東芝の発明が電球の発展に寄与しています。

2. 電気の進む速度

さて、上の赤文字で書いた箇所、電流は、「電池の正極から流れ出て負極に戻る」ことをもう一度考えて見ましょう。

電気の速度は無限に速いわけではありません。有限の値です。

電気と光の速度はほぼ同じです。条件によっては、電気の方が光の半分程度の速度のときもありますが、空中に線を張った場合は、電気と光の速度は同じです。

光の速度が、毎秒 30 万キロ・メートルというのはご存じの方も多いことでしょう。1 秒に、30 万キロ・メートル進

むということですが。

メートルの定義は、地球の北極から赤道までの距離(弧の長さ)の 1 千万分の 1 にしようということでした。これは地球の 1 周の 4 分の 1 なので、1 周は、4 千万メートル、すなわち 4 万キロ・メートルになります。

したがって、光が 1 秒に進む距離は、 $30 \text{ 万} \div 4 \text{ 万} = 7.5$ 、すなわち、地球を 7 回り半するということです。

もし、電気の進む様子を高速に観測できるとすると、電池の正極から電流が流れ出たときに、負極につながった配線から負極にはまだ戻って来ていません。なにかおかしくありませんか？

そんなに高速に観測できないので、配線が地球を 7 回り半するような配線とします。

スイッチを入れると、電池の正極から電流が流れ出て、1 秒後に電球に到達します。その後、もう一方の配線を通して、2 秒後に負極に戻ります。

この 2 秒の間は、正極から電流が流れ出て、負極は電流が戻っていません。何がおかしいでしょう？

もし、この間に、誰かが電球を外したら、電球があると進んだ電流は、そこで終わりになって、戻れなくなります。

また、最初に流れ出る電流は、1A なのでしょう。2W の電球が接続されていると、2A ですよ。この電流はどのように、いつ決まるのでしょうか。

これは、私が、たぶん中学生の頃に疑問に思って、ずっと分からなかった問題でした。

3. 実際の電流の流れ方

実際には、正極から電流が流れ出ると同時に、負極に電流が入っていきます。すなわち、行きと帰りの電流はペアとなって、そのペアが電球に向かって進んでいきます。

その電流値はどのように決まるか？それは電球には無関係に、配線の形状とか周りの物質によって決まります。

もし、この配線が、テレビのアンテナのケーブルとすると、1V の電圧に対して、0.013A の電流となります。配線が抵抗のように見えています。その抵抗に相当するものは、電圧 ÷ 電流なので、 $1 \div 0.013 = 75 \Omega$ (オーム)です。

この 75Ω が、テレビのアンテナのケーブルの性質なのです。この他にも、この値が 50Ω になる配線もあります。空中に浮かんだ 2 本の配線だと 300Ω くらいになります。

これは、電磁気学という学問で詳しく学びます。単に電流だけでなく電気と磁気が絡み合って性質が決まります。

0.013A は、電球の電流とは異なりますが、1 秒後に電球に到達した電流は、「足りない」という情報をもって電池に戻ります。その後は、少し難しくなるので、ここまでに留めますが、最終的には 1A に漸近していきます。

私がこのコラムで書いていることは、この辺りを深く掘り下げて理論立てしています。

なお、配線自体にも抵抗があります。この例では、この抵抗は無視(ゼロ)しています。

4. 車のブレーキランプ(蛇足その 1)

これからは蛇足です。

車のブレーキランプは、少し前までは白熱電球でした。

白熱電球は、電流を流して、 2000°C 以上の高温になり、光を發します。ほとんどが熱となって、そのおまけで光を出しているようなものです。

家庭の電球も、LED に換えると低消費電力化が図れるということで、今ではほとんどの照明は LED になりました。

白熱電球は、熱から光というプロセスを経るので、時間がかかります。熱くならないと光らないからです。

白熱電球のブレーキランプが光るまでの時間は、たぶん 0.5 秒程度(あまり正確ではない)だと思います。LED のブレーキランプは、瞬時に(1 億分の 1 秒のオーダーで)光ります。

車の速度が時速 60 キロとすると、1 秒間に 17 メートル進みます。

$60,000 \text{ メートル/時間} \div 3,600 \text{ 秒/時間} = 17 \text{ メートル}$

前の車がブレーキを踏んで、ブレーキランプが光るまでの時間が、白熱電球と LED とで 0.5 秒違うと、その間に、車は 17 メートルの半分の 8.5 メートル分だけ空走距離が増えるわけです。小さな車の 2 台分です。ブレーキランプの LED 化によって、ほんのわずかですが、追突事故が減っているはずですよ。

5. 昔のコンピュータのランプ(蛇足その 2)

昔の SF 映画のコンピュータは、いろんなランプがピカピカと光っていました。

あのランプは、当然ながら白熱電球でした。

白熱電球のフィラメントは、光る前は抵抗が小さくて、光って高い温度になると抵抗値が大きくなります。

これは、タングステンの抵抗の温度特性からきています。

抵抗が小さいということは、電流は電圧 ÷ 抵抗なので、光る前の電球には、大きな電流が流れます。その後、光ったら、最終的なワットに対する電流に落ち着きます。例えば、0.05 ワットの電球に 5V の電源なら 0.01A の電流が流れます。この電球を光らせたり消したりするのは半導体で、せいぜい 0.03A くらいしか電流を流せません。その程度に弱い部品なのです。

この電流は、光った後なので、光る前にはその 10 倍くらい(例えば 0.1A)の電流が流れます。

制御する半導体を 4 個並列につなぐと 0.12A まで制御できますが、経済的ではありません。

この課題をどのように解決したでしょう？

それは、回路を工夫して、電球が消えた状態では、ほんのりと光る程度に電流を流しておきます。そうすると、フィラメントの温度が上がって、抵抗値が大きくなり、瞬時に大きな電流が流れなくてすむわけです。

これを電球の半点灯といいます。光らない程度に、あるいは光っても目立たない程度に電流を流しておく技術です。

現在は、ランプの数もずっと少なくなっていますが、LED なので、このように瞬時に大きな電流が流れる心配もありません。小さな電流で明るい光を発することができるので、省エネにもなります。