

# 腕時計でコンデンサの容量を測る

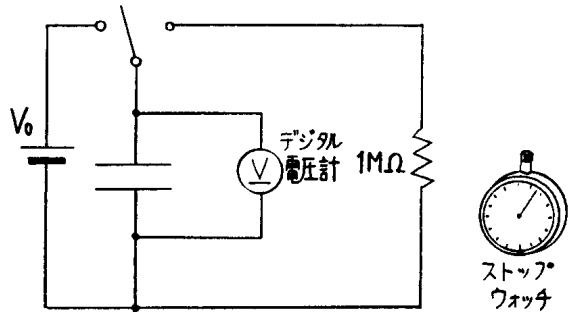
村田憲治 (加納高校)

なんと、腕時計またはストップウォッチを使って電解コンデンサの電気容量を測ることができます。さて、その方法は？

## ■ 電位差が初めの $1/e$ になるまでの時間を計ればOK

方法は実に簡単です。図の回路で、まずスイッチを起電力  $V_0$  ボルトの電池側に入れ、コンデンサを充電します。

次にスイッチを  $1\text{M}\Omega$  の抵抗側に入れると同時にストップウォッチをスタートさせます。コンデンサの両

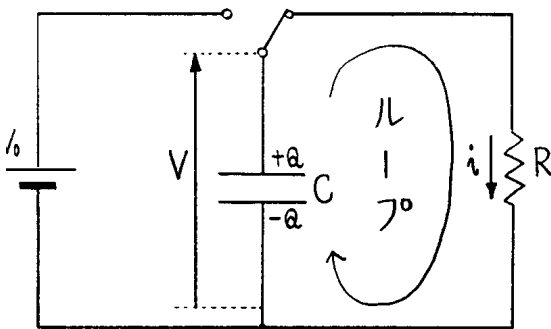


端の電位差が  $V_0$  の  $1/e$  ( $e=2.71828\cdots$  自然数の底) になったらストップウォッチを止め、何秒かかったか読み取ります。その秒数に  $[\mu\text{F}]$  をつけたのがそのコンデンサの電気容量だ、というわけ。(例えば10ボルトの電池で充電して、 $1\text{M}\Omega$  で放電させたとき、10ボルトの  $1/e$ 、つまり3.68ボルトになるのに220秒かかったとしたら、そのコンデンサの容量は220  $\mu\text{F}$  だということになる)

## ■ 時定数 $CR$ の意味がやっと分かった

この実験の理論は以下の通りです。

電気容量  $C[\text{F}]$  のコンデンサを  $V_0[\text{V}]$  で充電する。蓄えられる電気量は  $Q_0(=CV_0)[\text{C}]$  になったとする。  
 $R[\Omega]$  の電気抵抗で放電する。ある瞬間の電気量が  $Q[\text{C}]$ 、電流が  $i[\text{A}]$  であったとする。



ループに沿ってキルヒホッフの法則を適用して、

$$\frac{Q}{C} = Ri \quad \text{ここで } i = -\frac{dQ}{dt} \text{ なので、}$$

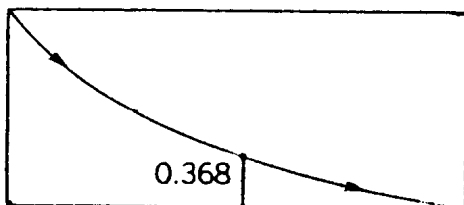
( $dQ < 0$  だからマイナスが要る)

$$\frac{Q}{C} = -R \frac{dQ}{dt} \quad \text{変形して} \quad \frac{1}{Q} dQ = -\frac{1}{CR} dt$$

これを積分して

$$\ln Q = -\frac{t}{CR} + C' \quad (C' \text{ は積分定数})$$

$$Q = e^{C'} \exp\left(-\frac{t}{CR}\right)$$



初期条件  $t=0$  で、 $Q=Q_0$ 。だから、 $Q = Q_0 \exp\left(-\frac{t}{CR}\right)$  となるが、 $Q=CV$ より

$$V = V_0 \exp\left(-\frac{t}{CR}\right) \text{ となり、 } \boxed{t=CR[\text{s}] \text{ のとき、 } V = V_0 e^{-1} = \frac{V_0}{e} \text{ となる。}}$$

つまり、 $CR$ 秒後にコンデンサの両端の電位差は、 $V_0$  の  $\frac{1}{e} = \frac{1}{2.71828} = 0.3678$ 倍 になるってこと。

たとえば、10ボルトで充電してから放電すると、 $CR$ 秒後には 3.678ボルトになるわけね。

実際に、回路を作るときに、 $R$ を何 $\Omega$ にするかっていうと、

- ◎  $R=1\text{M}\Omega (=1\times 10^6\Omega)$  とすると、 $1\mu\text{F}$ あたり1秒の時間を要することになり、
- ◎  $R=100\text{k}\Omega (=1\times 10^5\Omega)$  とすると、 $10\mu\text{F}$ あたり1秒の時間を要することになり、
- ◎  $R=10\text{k}\Omega (=1\times 10^4\Omega)$  とすると、 $100\mu\text{F}$ あたり1秒の時間を要することになりますから、このあたりから適当な値を選べばいいわけです。まあ、 $1\text{M}\Omega$ か $100\text{k}\Omega$ あたりが現実的なところでしょうか。

ちなみに $1\text{M}\Omega$ の抵抗を使って、 $100\mu\text{F}$ の表示のあるコンデンサで実験したところ、105秒後に電位差が $\frac{1}{e}$ になりました。また、使い捨てカメラについていた容量不明のコンデンサで実験したところ、 $160\mu\text{F}$ という測定値が得られました。

とまあ、こういうことなのですが、恥ずかしながらこの歳になるまで時定数 $CR$ の意味が本当のところ、よく分かっていませんでした。(もっともこのごろは知らないことを恥とも思わなくなってきましたがね。ははは)

でも、こうやって実験してみると「あ、そういうことだったのかー」とストンと胸におちるものですね。放電時の電圧の変化を見てても、放電曲線が見えてくるようです。なんでも自分の手を動かしてやってみるってのが大切ですね。

《参考文献》 西村昭義 「作りながら学ぶ初歩の測定術」 CQ出版