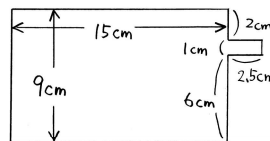


# デジタル容量計を用いたコンデンサーの電気容量測定実験の開発

暁星高校 宮田規夫

## <<実験に必要な品>>

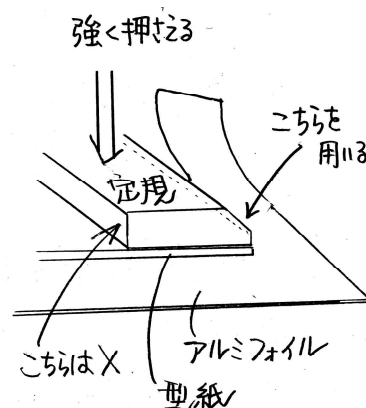
- デジタル容量計 CM7115A を秋葉原の秋月電子から購入する。2017年10月現在、一台約1300円である。インターネットの秋月電子通商のHPからも購入できる。
- 配線に用いるビニール線は、できるだけ軟らかい線が良い。多少太いが、秋月電子の小型クリップ付きコード五色10本入り(350円)を半分に切っても使える。
- OHP用フィルム(コクヨ製 PPC用 A4)を購入する。一班で3枚使用するので、10班として余裕を見て VF-5(20枚入り、約1000円)を二つ購入するとよいと思う。アマゾンの通販でも購入できる。なお、OHPシートの代わりに A4 クリアファイルホルダーでも実験はできる。
- 紙(ケント紙のような少し厚い紙がよい)を右図のように切り電極の型紙を1枚作る。



次にこの型紙を利用して、台所用アルミホイルから、アルミ電極を各班につき2枚ずつ切り出す。実験の失敗を見込んで少し多く切り出して

おくとよい。生徒にアルミホイルを配布して電極を切り出すところから実験を始める方が教育的だと思うが、最近の生徒は手先があまり器用ではなく、実験時間の大半をアルミ電極を切り出すことに使ってしまう恐れがある。よって教員があらかじめ切り出した電極を生徒に配布するか、または台紙や OHP シートに貼り付け、リード線も配線した、完成した電極を配布したほうが実験の成功率が高い。

アルミホイルを切る要領は右図の通りである。紙の箱に入っているアルミホイルを引き出して、箱の刃で切る要領で、型紙の上に 30cm 定規を置いて、定規を強く押さえ、アルミホイルを斜め上に引くと切れる。



- 電極の配線用のビニール線は 20 ~ 30cm 位で、できるだけ細く軟らかい線が良い。両端を 1cm ほど剥いで導線をむき出しにしておく。
- ビニール線と電極の接続は導線を電極にテープで貼っている。電極を何度も動かすと接続がはがれることがあり、測定値がおかしいときは接続部分のテープを指で押して接続を確実にするとよい。
- 誘電体は A4OHP シート(20 × 10cm に切り出す)、または A4 クリアファイルホルダーから切り出したシートのどちらでも使用できる。クリアファイルホルダーから切り出したシートは静電気が強いので扱いに注意が必要である。その点 OHP シートの方が扱いが楽である。
- OHP シートを用いる場合、容量計のレンジは 20nF レンジを使うと時間が短くて済む。ただし、誤差が多くなる。誤差を少なくしたい場合は 2000pF レンジを用いるとよい。この場合、測定時間が長くなる。
- クリアファイルを利用した場合は 2000pF レンジになる。
- 重しの本は 1冊で大丈夫である。ただし、重しを載せないと実験にならない。
- テープはセロテープでもかまわないが、セロテープだと電極を張り直すとき、はがすのに苦労する。色の付いた貼ってはがせるテープだと貼ってある場所もすぐわかり、はがしやすい。

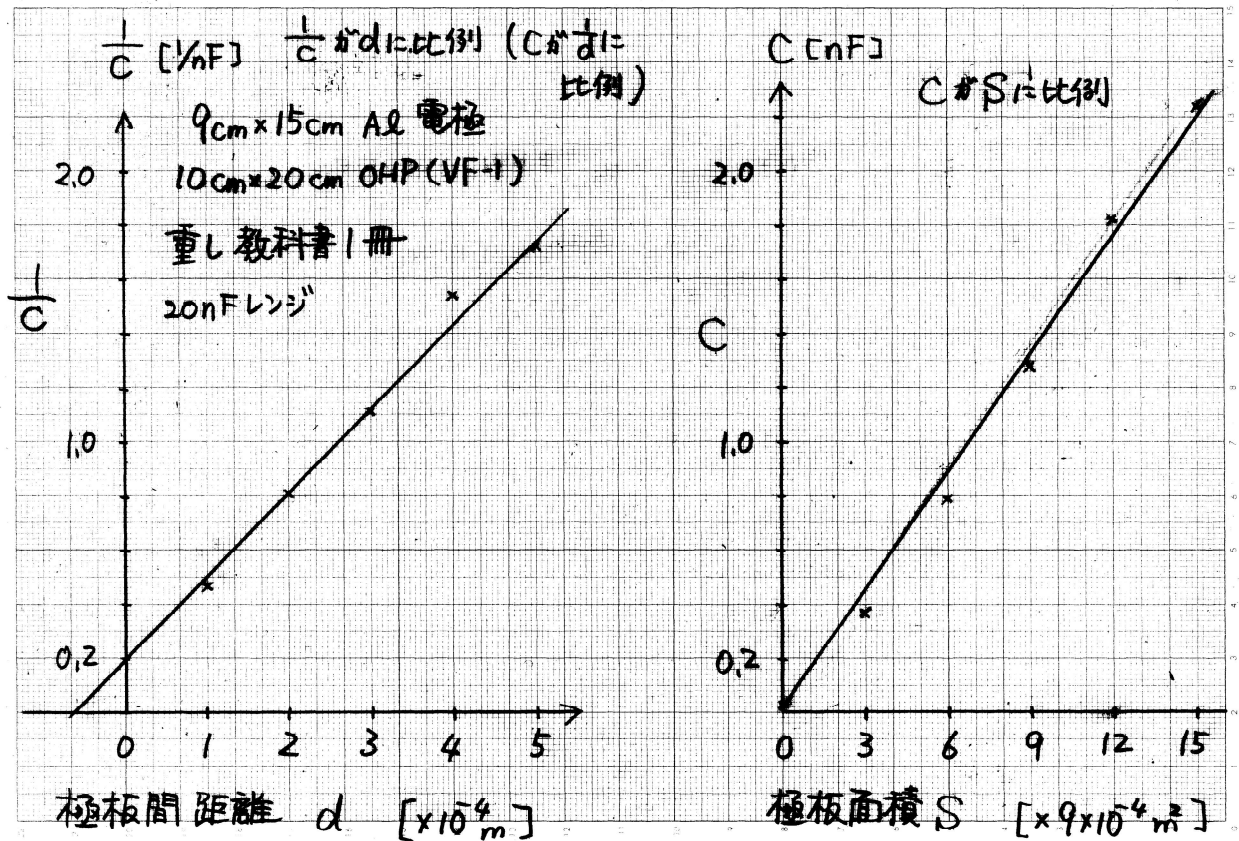
以下に測定例を示す。OHPシートを用いた場合である。

重しの本は電極を覆うものなら何でもよいが、ここでは授業で用いている物理の教科書を用いた。

以下のグラフのうち、左側のグラフ、電気容量  $C$  と極板間隔  $d$  のグラフ、が原点を通らない原因は、各 OHP シート間の空気層と、薄いとはいえアルミホイルが金属なので、箱に入っていたときの丸まりがどうしても平らになりきれず、OHP シートから浮くことによってできる空気層による極板間距離の増加によるものと思われる。

コンデンサーの電気容量  $C$  と極板間距離  $d$  の関係

電気容量  $C$  と極板面積  $S$  の関係



参考文献：村上浩二氏 コンデンサーの電気容量に関する実験方法の検討  
愛知教育センター平成 17 年度紀要

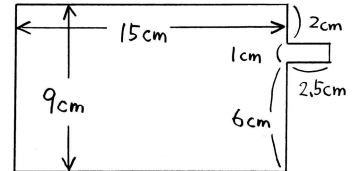
# 物理実験 デジタル容量計を用いたコンデンサーの実験

[目的] コンデンサーの電気容量  $C$  がコンデンサーの極板面積  $S$  に比例し、極板間距離  $d$  に反比例することを確かめる

[準備] デジタル容量計 CM-7115A、両端を 1cm ほどビニールをはがしたビニール線 2 本、OHP シート ( $d = 0.10\text{mm}$  ( $1.0 \times 10^{-4}\text{m}$ ))、比誘電率  $\epsilon_r = 3.0$  (PET 樹脂) 6 枚、アルミホイル極板 2 枚、貼ってはがせるテープ少々、ぞうきんまたはティッシュ、ストップウォッチ、電卓、教科書 1 冊、グラフ用紙各人 1 枚 + 台紙用 1 枚

[方法]

- ぞうきんまたはティッシュで机の上のごみ、ほこりを拭き取り、ほこりの無い平らな面に台紙となるグラフ用紙を 1 枚置く。
- アルミホイルの極板を台紙の上に置き、OHP シートを 1 枚かぶせ、その上から指で極板をよくこすり極板を平らにする。2 枚の極板について 1 枚 1 枚行う。極板を平らに保つことが実験のコツである。

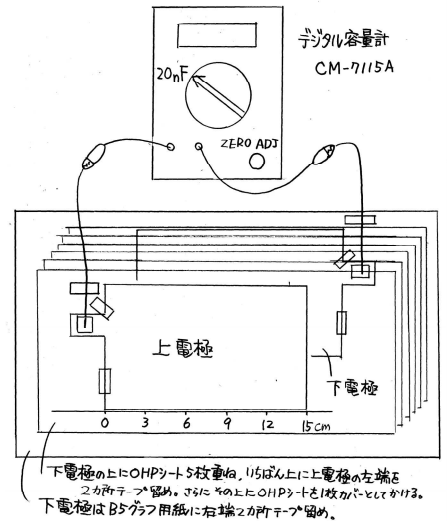


## [A] 電気容量と極板間距離の実験

- 図のように、台紙に、下の極板（電極は右）を置き、電極の右側を 2 カ所  $7 \times 15\text{mm}$  くらいの貼ってはがせるテープで留める。電極にビニール線をテープで留める。台紙にもビニール線をテープで留める。電極の右下端から 3cm ごとに図のように、15cm、12、9、6、3、0 と目盛りを書く。

その上に、OHP シート 5 枚（極板間隔を一定に保ち、誘電体の役目も兼ねる）を重ねる。シートは極板全体をおおい、かつ上下に極板から 5mm ほどはみ出させる。

その上に上の極板（電極は左）を重ねる。図では配置がわかるように極板やシートをずらして描いているが実際は全部をぴたりときれいに重ねる。そして、上の電極の左を 2 カ所  $7 \times 15\text{mm}$  くらいの貼ってはがせるテープでシートに留め、ビニール線も電極とシートに図のようにテープで留める。さらに上の電極のカバーとして OHP シート 1 枚をかぶせて、平行平板コンデンサーが完成する。



- カバーの OHP シートの上から、人差し指の腹で極板全体を軽くこすり、シート間の空気を追い出し、かつ、極板を平らにする。
- その上から重しとして教科書を 1 冊、上の極板がずれないように、プレパラートにカバーガラスをかける要領で、全体をおおうようにそっと載せる。本を載せる位置はいつも同じにする。
- 容量計のロータリーセレクターは 20nF の位置にする。右下のボリュームを回して表示が 000 になるようにする。シートや極板を動かすとき、電極部が動かないよう、なるべく電極にストレスをかけないように気をつける。
- まず、右側のビニール線のみを容量計に接続し、容量計の値を読む。下側の極板と机と左側のビニール線で望まないコンデンサーが形成され、その容量が表示される。→浮遊容量  $C_0$  として記録する。0.00 ~ 0.01nF 程度のはずである。
- 左側のビニール線を容量計に接続して表示を読む。表示は値が変わるので、値が 10 秒経っても変わらないときの値を記録する。ストップウォッチを適宜使用せよ。

9. 上に載せた本を外し、シートを1枚抜き取り、また、シートを重ね、上の電極を下の電極と重ね、全体を指で軽くこすって空気を抜き、本を載せる。表示を読む。10秒経っても値が変わらない値を記録する。これをシートが上の電極が貼ってある1枚になるまで繰り返す。そのまま次の実験に移行する。

**[B] 電気容量と極板面積の実験、極板面積を狭くしていく**

10. シートは上の電極が貼ってあるシート1枚を使用する。左側ミノムシを外し、本を外し、上のシートを台紙に書いてある12cmのところまで平行移動させる。こうすることで、重なっている極板の面積を少なくする。カバーのOHPシートの上から、極板を軽くこすり、本を重ねている電極部分の中央に置き、左側ミノムシをつなぎ10秒経っても値が変わらない値を記録する。
11. さらに3cm左に移動させ、同様の操作の後、値を記録。これを0cmのところまで行う。0cmのときの値は机と容量計のリード線の間の容量である。→浮遊容量Csとして記録する。

**[考察]**

コンデンサーの理論では、 $C = \epsilon_r \times \epsilon_0 \times S / d$ である。従って、逆数をとれば、 $1/C = \{1/(\epsilon_r \times \epsilon_0 \times S)\} \times d$ となり、容量の逆数 $1/C$ と極板間距離 $d$ は比例する。グラフの見本を参考に、容量の逆数と極板間距離のグラフを描け。グラフは理論と合致しているか考察せよ。グラフの原点からのずれは極板とシート間のすき間である。

また、グラフから極板間距離を補正して、シートが1枚のときのこのコンデンサーの容量の理論値を計算せよ。なお、真空の誘電率は、 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} [F/m]$ である。

同じく、理論によれば、コンデンサーの容量 $C$ と極板面積 $S$ は比例する。グラフの見本を参考に容量と極板面積のグラフを描け。グラフは理論と合致しているか考察せよ。

**[測定値記録欄]**

実験手順 7. 電気容量と極板間距離の実験の浮遊容量  $C_0 =$  \_\_\_\_\_ [nF]

シート枚数	容量計の値C[nF]	$C - C_0$	$1 \div (C - C_0)$
5			
4			
3			
2			
1			

極板の幅[cm]	容量計の値C[nF]	$C - C_s$
15		
12		
9		
6		
3		
0	浮遊容量Cs =	