

等電位線の実験の導体紙

湘南台高校：山本明利

「電界と電位」の単元では定番の等電位線の実験、本校でも生徒にやらせているのですが（別添資料）、ここで使う導体紙は教材屋から入手すると非常に高いものです。その昔、トーシャフアックスの原紙の裏紙を利用していたころはタダで手に入ったのに・・・

ところで、教材屋さんの導体紙は特殊な加工を施したのですが、市販の普通の「真っ黒い紙」は顔料として炭素粉が練りこんであって、上記の導体紙ほどではないもののけっこう電流を通すので、デジタルテスターを使えば十分実用になるらしい・・・そんな情報入手し、さっそくいろいろな「真っ黒い紙」を買ってきて試してみました。なお、情報源は大阪府立清友高等学校の渡瀬先生（大阪府理化教育研究会で発表）、並びに三省堂の教科書、物理 I B（物 B511） p.146 です。

結果として、黒画面紙、黒ラシャ紙、黒ケント紙、黒模造紙など、真っ黒な紙ならかなりのパーセンテージでこの実験に使用できることがわかりました。抵抗は10センチ離して二つの電極（ボルト&ナットでベニヤ板と共に貫通して締め付ける）を取り付けた場合で数百kΩのオーダーです。教材用の導体紙に比べ百～千倍の抵抗ですから、可動コイル型のメーターを使った電圧計では全く実用になりませんが、デジタルテスター（デジタルパネルメータ、デジタルマルチメータ）なら入力抵抗が極めて高く、これらの紙でも十分に等電位線の実験ができます。黒模造紙なら1枚100円ぐらいでB4の用紙が8枚もとれますから大変経済的です。抵抗が大きくて電流はわずかしかなかったらダメです。

さて、黒い紙なら何でも電気を通すかということ、実はそうでもありません。打率はかなり高いものの、「ハズレ」もあるのです。つやを出すために樹脂を混ぜているものがだめなようですが、見た目では区別できないものもあります。テスターを持ち込んで店頭で測定するのもちょっと大袈裟だし、試しに買って測定してからまた出直すというのも面倒です。

なんとか簡便な判定法はないものかと、あれこれ思案している時に、ふと目にとまったのが同じく文具屋さんや書店で売っている「ぱびちゃんぼむちゃんのスタディプレイ用アクションペン」（永岡書店¥1200）です。シリーズの子供向けのものがあって、問題の答を同じページに印刷されている選択肢から選び、そこにこのペン先を当てると、正解なら「ピロピロ」と鳴って緑ランプがともり、不正解なら「ブー」と音がして赤ランプが光るといったもの。正解の上には透明な導電塗料が印刷されていて、ペン先の導電ラバーの電極を当てて通電すれば「ピロピロ」、電流が流れなければ「ブー」というわけ。簡単な導通チェッカーです。実はこれもかつてYPCのネタでした。そのときは「スーパーマリオ・アクションペン」という商標で、紹介者は小沢さんです。サークルニュースNo.86(95/05/10)に報告されています。「楽しい授業」にも載っていたそうです。

この導通検査のしきい値がけっこう低くてかなりわずかの電流でもOKです。上記の導体紙の判定にちょうどよいくらい。これを紙面にあてて「ピロピロ」なら合格！等電位線の実験に使えます。「ブー」だとダメ。一瞬で判定できます。これなら商品も傷つけないし、小型軽量で店頭で気軽に試せます。音がするのでちょっと恥ずかしいですが、実は私はペンのブザーに通じるリード線を切断し、発光ダイオード表示だけに改造して持ち歩いています(^)。この方が電池も長持ちするし・・・

●永岡書店の連絡先：〒176 練馬区豊玉上1-7-14 Tel.03-3992-5155

生徒実験：等電位線と電気力線

【1】目的

導体紙上を流れる定常電流は静電気と同じ電界を作る。デジタルテスターで導体紙上の電位を測定し、等電位線を描いて電界のようすを観察する。

【2】原理

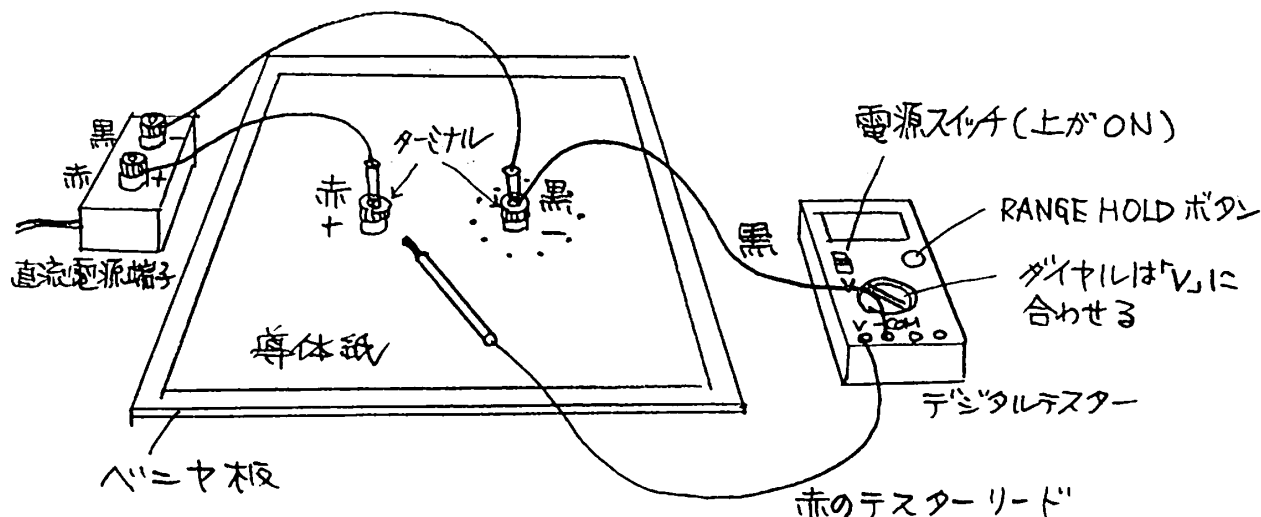
炭素粉を練り込んである黒い紙はわずかに電流を通す。紙の上の2点に電極を置いて電圧を加え、導体紙に定常電流を流すと、正負等量の点電荷が作る電界と同じ形の電界が紙面に作られる。デジタルテスターを電圧計として使い、負側の電極を基準として、導体紙上の各点の電位を測定すると、同じ電位の点を連ねた等電位線が描ける。等電位線と直角するように曲線群を描けば電気力線のようすがわかる。電気力線の向きは各点での電界の向きを示す。一方、電界の強さは電気力線にそった電位勾配すなわち単位長さあたりの電位差で示される。これから、導体紙上の各点での電界ベクトルを知ることができる。

【3】器具

ターミナル付きベニヤ板、導体紙、デジタルテスター（電圧計として使用）、リード線、直流電源端子、カーボン紙

【4】作業

- ①導体紙をベニヤ板の中央にのせ、ターミナルを差し込んで裏側からナットで止める。ナットはゆるみのないようある程度きつく締める。
- ②テスターのダイヤルをVに合わせる。（電圧測定モード）
- ③テスターのV端子（左端）に赤のテスターリードを、-COM端子（左から2番目）に黒のリード線を差し込む。
- ④テスターの電源スイッチを上をスライドしてONにする。
- ⑤テスターの右上の「RANGE HOLD」ボタンを何回か押して、「00.0V」という表示になるようにする。小数点の位置と、単位の表示に注意。
- ⑥下の図をよく見てまちがいのないように配線する。電源プラグは最後に差し込む。

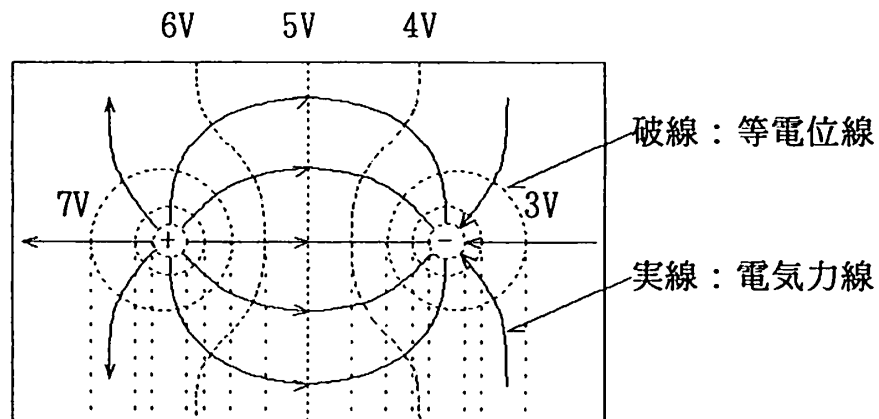


- ⑦赤のテスターリードの先を導体紙に触れ、テスターが電圧2.0[V]を示す点を探し、リードの先を強く押し付けて導体紙に印をつける。電圧が同じ値を示す点をたどって等電位線を描く。
- ⑧作業中導体紙には絶対に手を触れないこと。人体を通して電流が流れると電界が乱れる。
- ⑨電圧を1[V]刻みで8.0[V]ぐらまで変えながら⑦の作業をくり返す。
- ⑩測定が終了したら、電源のコンセントを抜き、テスターの電源スイッチを中央のOFFに戻す。
- ⑪カーボン紙を用い、各自の用紙に等電位線をトレースする。

【5】考察

- ①各自の用紙に正負電荷の位置、1[V]ごとの等電位線を記入せよ。各等電位線には電位の値を明記せよ。
- ②下図にならい、①の図より、正負電荷を通る直線に沿って電位のグラフを完成せよ。
- ③二つの電荷を結ぶ線分の中点では電界の強さは何[V/m]か。工夫して求めよ。
- ④等電位線に直交するように電気力線を描け。等電位線とは色を変えて表すこと。
- ⑤点電荷の作る電界の特徴をまとめよ。

導体紙から複写して作図する。



電位のグラフ

