

I 目的

等電位線と電気力線を実際に描き、相互の関係を理解する。

II 原理

導電性のあるカーボン紙上の 2 点の間にある電圧をかける。テスターで一方の電極からある一定の電圧にある点をプロットしていくことで等電位線を描く。

電気力線とは、等電位線と直角に交わる電流の流れる方向を表すものである。

III 方法

i 実験 1

- 1 カーボン紙の幅 1 の半分を 1 辺とする正方形を切り取った。
- 2 カーボン紙中央付近に円形電極を塗布して図 4.14 のように結線し、等電位線をプロットした。

ii 実験 2

- 1 カーボン紙の上端と下端に電極を、中央に円形電極を塗布して、図 4.15 のように結線した。
- 2 中央の円形電極の電位 V_c を測定した後、等電位線をプロットした。
- 3 上下の電極と中央の円形電極を切り落とし、左右に電極を塗布した後、等電位線をプロットすることで 1 の状態での電気力線を描いた。
- 4 図 4.15 の YY 方向に沿って位置と電位を測定しその変化をグラフに描いた。

IV 実験結果

i 実験 1

等電位線を描いたカーボン紙は資料 1 としてレポート末尾に添付してある。

実験によって得られた各種数値は以下の通りである。

V_0 : 5.98 V

D : 111.2 mm

R : 31.5 mm

実験によって得られた等電位線は白色および瓶覗色の破線、計算によって得られた等電位線はサンセットオレンジの破線で資料 1 に引かれている。また、電気力線の大体の様子はネオングリーンの実線で書きこんである。引いた等電位線の電位は、資料の上から順にそれぞれ 0.50V、1.00V、2.00V、3.00V、4.00V、5.00V、5.50V である。

ii 実験 2

等電位線を描いたカーボン紙は資料 2 としてレポート末尾に添付してある。

実験によって得られた各種数値は以下の通りである。

V_0 : 5.98 V

D : 312.8 mm

D'(電気力線を引くとき) : 317.5 mm

R : 47.71 mm

R'(切り取った円の径) : 50.5 mm

V_e : 3.03 V

実験によって得られた等電位線は白色および瓶覗色の破線、電気力線は黄色および蒲公英色の破線、計算によって導いた電気力線はサンセットオレンジの破線、電気力線はネオングリーンの実線で資料 2 に引かれている。引いた等電位線の電位は、資料の上から順に 0.50V、1.00V、1.50V、2.00V、2.25V、2.50V、2.75V、3.00V、3.25V、3.50V、3.75V、4.00V、4.50V、5.00V、5.50V である。また、電気力線を引くときに用いた電位は資料の左から順にそれぞれ、0.50V、1.00V、1.25V、1.50V、2.00V、2.50V、3.00V、3.50V、4.00V、4.50V、4.75V、5.00V、5.50V である。

また、YY 軸上の V の実測値と計算値のグラフを図 1 として作成しレポート末尾に添付した。

V 考察

i 実験 1

資料 1 をもとに考察を行う。ここでは、実験によって求めた等電位線は白色ならびに瓶覗色の破線で表現されている。また、テキストの指示通りに計算して求めた等電位線はサンセットオレンジの破線で表現されている。また、電気力線の大体の様子はネオングリーンの実線で書きこんである。

この 2 種類の等電位線の違いを述べつつ、それらの原因となっていると思われる要素を想定していく。

まずは、XX 軸上の等電位線が微妙に異なっている。0.50V と 1.00V、5.00V と 5.50V の 4 つの等電位線の計算値が実験値に比べて全体的に外側によってしまっている。これは、D や R の値か銀ペーストの質に起因するのではないか。

次に、1.00V と 5.00V のグラフが実験によって求めた等電位線ではカーボン紙の外に出ているが、計算によって求めた等電位線ではカーボン紙のサイズに収まっている。これは明らかにカーボン紙のサイズが計算の為の仮定である無限大でないことに原因があると考えた。このことは同様に 2.00V と 4.00V のグラフが途中で計算値のグラフから離れていくことの原因にもなっていると類推した。

また、 V_0 が綺麗に 6.00V となっていない($V_0 = 5.98V$)が左半分より右半分で、2 種類の等電位線の間にある違いが目立つようになっている。ここには、左右で円電極のサイズが微妙に異なるという問題も関わっているように思った。

実験 1 の考察は以上である。

ii 実験 2

資料 2 をもとに考察を行っていく。前述の通り、実験によって求めた等電位線は白色ならびに瓶覗色の破線、電気力線は黄色および蒲公英色の破線で表現されている。また、テキストの指示通りに計算して求めた等電位線はサンセットオレンジの破線、電気力線はネオングリーンの実線で表現されている。

実験 1 と同じく、等電位線ならびに電気力線それぞれについて、実験値と計算値の違いとそれらの原因となっていると考えた要素を書いていく。

先に、等電位線について考察を行う。

まず、0.50V と 1.00V において計算図が実験図に比べて全体的に外側に寄っているのが気になった。だが、反対側の 5.50V と 5.00V は両者の位置がほぼ一致しているので、R や D の値などが不正確で違いが生じているのかそれとも他の要素が存在するのか判断がつかなかった。だが、下半分つまり 0V から 3.03V の間において、計算図が実験図の外側に寄る傾向が存在するため、必ず何かがあると思う。単に V_0 が綺麗に 6.00V ではなく 5.98V であるうえ、 V_c が 3.03V であるということが影響しているだけなのかもしれない。つまり、上下端の電極と中央の円形電極が均一の距離にないために等電位線が荒れているという可能性を考えた。

それ以外の等電位線は実に綺麗に出ていると判断した。中央の円形電極を綺麗に避けて上下に別れるところなど、円形電極の電位が端から端まで一定であり、3 つの電極との距離の比で電位が決まっていることが直感的に分かる図になっている。

次に、電気力線について考察を行う。

まず、0.50V と 1.00V、5.50V と 5.00V において実験図と計算図が明らかに異なっていることが挙げられる。正直、計算図があまりにもおかしいため計算ミスを疑った。私の理解が間違っている可能性もあるが、テキスト通りに立式し計算を行った筈だ。何度式を点検しても計算をやり直しても同じ数値が出てしまったため、そのまま計算図を作成した。

さて、明らかに計算図が中心によっている。1.00V と 5.00V の計算図が 1.25V と 4.75V の実験図と一致してしまうほどだ。無限に広いという仮定が約 300mm となるだけでここまで大きな誤差が生じるものな

のか判断がつかないがそれ以外に原因となる事を思いつくことができなかった。

次に、1.25V と 4.75V のグラフについて考える。実験図では中心の絶縁体に突入せずに戻ってくるグラフだったのだが、計算図では中心円に突入してしまっている。無限の広さの仮定が影響しているとも考えられるが、手元の結果では確かに回避しているが、測定の仕方によっては 1.25V と 4.75V の実験図も中心円に突入していたのかもしれない。考察を行なっている今思いついたところで後の祭りなのだが、そのような可能性に気付かなかったことが残念でならない。

この他の電気力線は綺麗に出ていると考えた。2.50V と 4.50V のあたりにも若干の誤差が見受けられるが、他ほど顕著でないので省略する。3.00 ± 1.00V で得た電気力線は完璧といえよう。あまりにも完全に重なってしまったためわざわざ少しずらして書かなければならなかったほどだ。よって、2 種類の電気力線に違いが生じるのは無限の仮定が絡んでしまう、カーボン紙の中央付近以外であり、それらの原因はほぼ全て仮定において無限の広さを持っていたカーボン紙が実験では 300mm しか存在しないということにある結論づけることができるだろう。

最後に、YY 軸上の V の実測値と計算値をグラフに示した図 1 について考察を行う。このグラフでは実測値を黒でプロットし、計算値を赤の実線で引いた。計算値の仮定は 5.98V から始まり、中央の円形電極が 3.03V で一定、最後に 0.00V となるというものである。

黒の点と赤の線を比較して考察を行う。

比較してはじめに思ったことは、実測値が計算値とほぼ同じということである。間にある伝導性物質が均一であれば、2 つの電極間の電位は、その間の距離に単純に比例する。今回用いたカーボン紙は均一と言えるのでこの関係は綺麗にでははずである。よって、おおよそこれらの関係は正しい。だが、中央の円形電極の前後で若干違いが生じている。円形電極の前では実測値が計算値を僅かに上回り、後では若干下回っている。銀ペーストの不均一や縁取りがなめらかでないなどが原因として考えられるが実際の原因と言えるかは不明である。また、ほぼ関係ないと思うが、カーボン紙を折り曲げたことなども関与した可能性があると考えた。

実験 2 の考察は以上である。

VI 感想

まず、測定しすぎたと思う。

実験 1 で、1.00V 間隔、そして 0.50V と 5.50V を測定したのは非常に妥当だったと考える。一瞬、0.25V と 0.75V、5.25V や 5.75V あたりも測定しておきたいという欲求に駆られたが、後のことを考えてそれらの測定は行わなかった。

だが、実験 2 で 0.50V 間隔で測定したのは間違いだった。資料 2 を参照するとすぐに理解できることだが、結果が雑然としてしまった。テキスト通りに計算して計算図を書き込む段階で減らしても良かったのだが、どうせ測定したのであればしっかり活用すべきだと意味のわからない正義心のようなものを発揮した私の心理に文句をつけたい。実線に破線が激しく入り混じる酷い結果だが、何卒ご容赦願いたい。

銀ペーストを塗りたくる作業が面倒だった以外は非常に単調な実験であった。測定する電位の間隔やプロットする点の数によっては早々と終わるものだったのだろう。だが、こう無駄に数多くしたために 5 時限目の終わりまでかかる長大な実験となってしまった。最後の実験は時間通り気分良く終わりたいと思っていただけに、自分の無駄な好奇心を呪う今この時である。

難易度の差がかなり存在するのが、基礎科学実験 B と違って基礎科学実験 A の悪いところだ。指導の内容を改善するなど、他教科の履修の妨げにならないような運営を来年度から行って頂きたいと切に願う。