1.目的

　静電界の様子を理解すること。

　実験になれ、電源装置とデジタルメーターの使用法になれること。

2．実験原理

　実験書にあるとおり、電位勾配から、電界は

　E=-gradφ

　であり、φ=一定　で与えられる点の集合を等電位面と言い、等電位面の間隔と電界の大きさが反比例することから、電気力線は等電位面に垂直であることがわかる。この二つを実際測定し、作図することから、静電界の様子を理解することができる。

　電界の様子を知るために、電位計を用いて等電位面を描くわけだが、大気中のような場所では場所によって温度が違ったり、その結果対流が起こっていたりと、測定を不確かにする要素が多いので、今回の実験では一様な導電性を持つ媒質の中の電位を測定する。媒質に比べて、電極の抵抗が低いなら、電極の電位は等しいとみなすことができるので、空間の各点がその位置で決まる電位を持つことを、静電界の中と同じように考えることができる。今回の実験では導電紙をもちいて電界を測定した。

3．方法

（1）準備

　導電紙、ベークライト盤、電源装置、クッション、クリップ、ワニ口＆バナナソケット、電極板、電位計、導電ペイント、ドライヤー

（2）操作

1．ベークライト盤、クッション、導電紙の順に重ね、両端に電極を平行になる様にクリップでそれぞれ4箇所留めた。これを電源装置に接続し、電位計ではかって、両端の電位差を10Vにした。ここで1Vごとの等電位線を調べた。

図1：配線図

Ω

V

COM

デジタルマルチメーター

導電紙

－　＋

電源

2．導電ペイントで図形を書き、ドライヤーでよく乾燥させ、その図形の中での電位を測定した。そこで、電位がほぼ等しくなったところで導電紙全体の等電位面の測定を行った。

3．今度はその図形部分を切り抜き、電極を90度回転させて、再び同じように10Vの電圧をかけ、等電位面の測定を行った。

図2：描いた図形

4．結果

1.図形を描く前は、1Vごとの等電位線はほぼ等間隔で極板に平行となった。

2.トレーシングペーパーによる転写は添付する。また、中心部をとおる等電位線の電位は4.57Vで一本左は4.35V、右は5.34Vとなっている。等電位線は図形を避けるように描かれた。

3.等電位線はくり貫いた部分へ集まるように描かれた。

0.実験2､3､における等電位線は､直行していて､等電位線と電気力線の関係のようになっていた。

導電紙の端から1cmの導体ペイントに影響を受けない線1、端から10.5cmの導体ペイントを通る線2でスライスしたときの電位0を基準に取った距離と電位の値の関係を測定すると、表1の様になった。

　　　　表1:各切断面での電位の変化

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 距離 (cm) | 線1[V] | 線2[V] |
| 1 | 0.67 | 0.84 |
| 2 | 1.23 | 1.61 |
| 3 | 1.79 | 2.40 |
| 4 | 2.31 | 3.30 |
| 5 | 2.82 | 4.35 |
| 6 | 3.27 | 4.55 |
| 7 | 3.68 | 4.55 |
| 8 | 4.06 | 4.56 |
| 9 | 4.42 | 4.57 |
| 10 | 4.77 | 4.57 |
| 11 | 5.14 | 4.58 |
| 12 | 5.54 | 4.58 |
| 13 | 5.94 | 4.58 |
| 14 | 6.44 | 5.34 |
| 15 | 6.94 | 6.13 |
| 16 | 7.44 | 6.87 |
| 17 | 7.97 | 7.58 |
| 18 | 8.55 | 8.29 |
| 19 | 9.11 | 8.96 |
| 20 | 9.71 | 9.69 |
| 21 | 10.00 | 10.00 |

これをそれぞれグラフにすると、添付の表2の様になった。

5.考察

1. いろいろな誤差について

　今回の実験では電位計の先を押し付ける形でマークしていったが、当然このマークにも長さが生じてしまっているので、誤差が最大～最小までで１～2mmはある。それを家にあった、何の保証も無い物差しで測定したのだから、最小メモリも1mmであったし、系統誤差を考えると、それすらも危ないと思われる。さらに、導電ペイントの厚さもおそらく一定していなかっただろうし、導電紙の本当に端の方では、電界は歪んでいなかったという保証は何処にも無い。電位計は4桁までの精度で測定することが可能だが、そのほかの精度があまりにも悪いと思われたので、ここでは測定精度については深く考えない様にするのが妥当だと思う。

1. 等電位線と電気力線が直交したことについて。

　原理のところでも書いたことを電位の定義から考えれば、2点A,B間の電位は2点間を電気力線に沿って1Cの電荷を移動する仕事によって求められる。等電位面に沿っての移動は仕事を生じないことと考え合わせると、等電位線が電気力線に直交することがわかる。これを式によって表すと以下のようになる。

*E*

　　　　θ

*ｄx*

　右図に於いて等電位線上にある直線ABという微小区間

における単位電荷の移動について考える。AからBの方

向への変位を*dx*とする。電界Eの単位電荷に対する仕

事は

*dx=Ecosθ・dx*

で求められる。ここで直線ABが等電位線上であるこ

とから

*dw=0*である。

*Ecosθ・dx=0　　dx≠0　　E≠0*より

*cosθ=0 ∴θ=nπ+π/2*

よって電界と等電位線は直交する。電界は電気力線の接線方向と等しく､微小区間を直線とみなせば､電気力線と等電位線は直交することが言える。

1. 導電ペイントで描いた図の内部も等電位となった理由について。

導電ペイントは伝導性粒子の銅やニッケルを含み､描かれた線は導体となる。導体は､静電状態では「表面は等電位であるため､電気力線が表面から垂直に伸び､内部に電界は存在しない」という性質を有する。このために導電ペイントで描いた図の内部に電気力線は入り込まず電界が生じない。この現象を静電遮蔽という。よって､図の内部も等電位となる。

1. 回転後の等電位線が回転前の等電位線と直交した理由について。

導電ペイントで描いた図形上では電位は等しいので､これは等電位線とみなせる。そして電流は導体内に多く流れる。又､図形をくり貫き､電極を90°回転するとその部分には電流は流れずくり貫いた部分に沿って通ることになる。そのため二つの等電位線はお互いに他方の電気力線になる。

1. グラフに関する考察

二つのグラフを見比べてみる。線1については導体の影響を受けていないと部分であったため等電位線の間隔がほぼ等しいままであったと予想できた。現にトレーシングペーパーを見てもよく分かる。そのためグラフはほぼ距離と電圧は比例関係になっていた。線2は初め線1よりも急な勾配で電圧が上がり導体の部分で電位が一様になっている。そして導体を通り過ぎるとまた始めと同じ傾きで電圧が上がる。これは考察(3)の通り導体内は等電位であるという性質があり本実験では、ほぼ一様に4.57Vであった。この導体を避ける形で等電位線が走っていたので導体の左右では等電位線が詰まった形で存在している。

1. 導体を切り抜た前後に於ける電流の流れ方の変化について。

切り抜く前（図3左図）の実験では電流は導体内を通過することができたが、実験3（図3右図）に於いては導伝紙が切り抜かれていたので、電流はこの部分を通ることができない。つまり導電ペイント内の導体部分の抵抗は他の部分と比べて極めて低く電流は導体内に集中して伝わったと考えられる。そして導体を切り抜いた後には逆に電流が流れにくくなり電流は切り抜かれた部分を避けるように流れる。

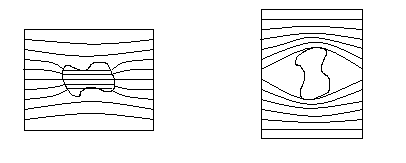


図3　　電流の流れる様子

6.参考文献

「実験書物理編」　2000年　慶應義塾大学理工学部　学術図書出版

「電磁気学Ⅰ」　　宮崎　泰著　　　　　　朝倉書店