電場

１． 電気について

「電気」というものは見えないということもあり、どういうものかわからないので、ほとんどの受験生はわけもわからず公式を暗記して、どれかの公式に適当に当てはめて答えを出しているのが実情である。なぜそのようになるのかといえば、「電気のイメージ」が頭にないためである。電気を理解するには何としても「電気のイメージ」を頭の中に作らなければならない。そのイメージ形成のために最も重要なのが「電場」である。

電場は**「電場を制するものが電気を制する」**と言ってもよい程のものである。電場のイメージができれば、電気そのものの理解はかなり楽になる。このイメージ部分は入試に出題されないために、多くの受験生がイメージ形成の学習をしないために電気が分からなくなるのである。これからの内容の多くはイメージ形成のためのものである。常に正しい結論が導けるなら、他の異なるイメージでもよいのであるが、先人の苦労の元で形成されたイメージを用いて電気を理解しよう。

２． 電気量について

(1) 電気量とは

電気は見えないものである。その電気がどのような性質を持ってどのような使い方ができるかを知るためには、最初に電気の量を定めなければならない。電気の正体も分からない中でどうやって電気の量を決めればよいのだろうか？

電気を持つ粒子は、陽子と電子である。陽子が＋電気を、電子が－電気をもっている。陽子の数が2倍あれば、電気の量も2倍あるといえるので、陽子の数で電気の量すなわち**電気量**を決めることができる。ただ、陽子の数といっても我々が通常使う陽子の数は、アボガドロ数級の莫大な数である。そのような大きな数を扱うのは不便であるので、化学でいうところの「モル」と同様にある数で持って「１」と決めておけばよい。その数はアボガドロ数（6.02×10^{23}）というのもよいが、これでは通常使う電気の量としては数値が小さくなりすぎるのである。よって、6.3×10^{18}個の陽子が持つ電気量を「＋1C」（クーロン）と決めることにする。アボガドロ数個の陽子が持つ電気量は1Fd（ファラデー）と呼んでいる。

「＋１C」の電気量が6.3×10^{18}個の陽子数なのかというのは定義ではない。正式な定義から計算するとこの数になるということである。正式な定義はこの段階では難しいので、イメージとしてつかむための定義と考えておいてほしい。

負電気は電子が持っている。陽子数と電子数が等しい原子は電気を持っていないことから陽子1個の持つ電気量と電子1個の持つ電気量はその絶対値において等しいといえる。よって、6.3×10^{18}個の電子の持つ電気量を「－1C」とする。

(2) 同数の電気量

6.3×10^{18}個の陽子と6.3×10^{18}個の電子が両方同時に存在する時の電気量はいくらか。水素原子6.3×10^{18}個の電気量と同じである。当然ながら電気を持っていないので、これは、「0C」である。逆も言えるので、

「陽子電子が同数存在⇔0C」

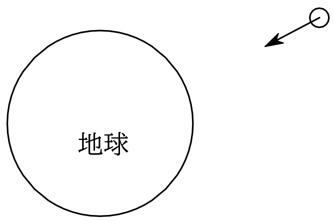
である。

３． 重力のイメージと重ねた電場

電場とは電荷の周りの空間をさすが、電荷の周りの空間を目で見ることができないために頭にイメージをつかむことができにくい。そのため、電場を考えるときは良く知っている何かとイメージを重ねて考えることにすると良い。

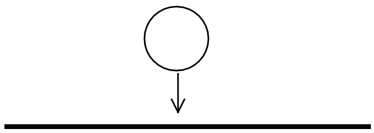
まず、第一のイメージとして重力場のイメージと重ねて考えることにする。

⑴ 重力場とは

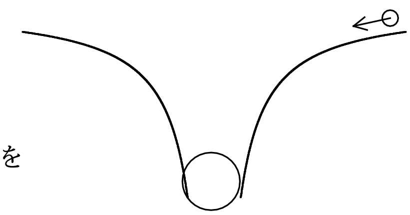


重力場も目に見えないが我々の生活と密着しているので、イメージをつかみやすい。

地球の周辺の空間に物体を静止させると、その物体は地球に向けて落下する。物体の速度が変化したわけであるから、その物体に力が作用したことになる。この力を重力と呼んでいる。地球周辺のどの空間に物体を静止させても同じことである。これは地球周辺の空間が物体に重力を作用させる特殊な空間になっているためであると考えることができる。この空間のことを重力場と呼ぶ。



重力場のイメージを次のように考えてみよう。宇宙空間は見えないのであるが、何もない宇宙空間をゴムでできた平坦な膜のようなものと考える。この状態でゴム上に物体をおいてもそのまま静止して動かない。そこに地球のような重たいものを乗せると、右図のようにゴムは伸びてその部分がへこんでしまう。このへこんだゴム膜の近くに小物体を置くと、たちまちその物体は重たい物体の方に引きつけられてくっついてしまう。



これは、地球周辺の物体が地球に引きつけられる現象とよく似ている。このとき、地球が存在することにより地球周辺の空間はへこんだ特殊な空間になっていると考えるのである。このへこんだ特殊な空間を**重力場**と呼んでいる。

重力場の大きさはどのようにして決めればよいであろうか？

① 重力場ではないところに物体を静止させると、物体には重力がはたらかないためにずっと静止したままである。

② 弱い重力場で物体を静止させると、その物体はゆっくりと加速する。

③ 強い重力場で物体を静止させると、物体は急激に加速する。

これらを何が異なるかを調べてみると、物体の加速度が異なることに気づく。すなわち重力加速度である。弱い重力場では重力加速度が小さく、強い重力場では重力加速度が大きいといえる。そこで、

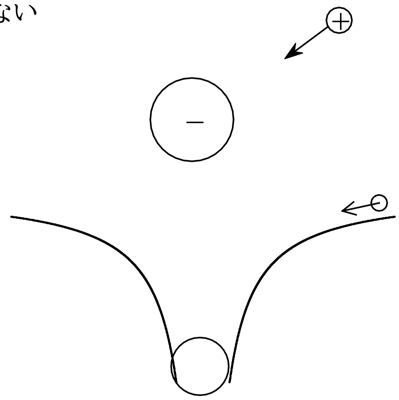
「重力場の強さは重力加速度の大きさで表わすことができる。」

ことが分かる。

⑵　電場の定義

電気の世界も、重力の世界のイメージと同じように考えることにする。同じような考え方で定義しておけば、同じようなイメージで問題が解けるし、公式も同じような使い方ができるのである。電気は公式が多く、単に暗記していたのでは、どの時にどの公式を使うべきなのか分からなくなるのである。そのために、最大限重力と同じイメージで電気を考えることにするのである。

重力場のイメージをそのまま電荷周辺の空間に置き換えて考えてみる。重力場に相当するものをマイナスの中心電荷とする。この電荷は動かないように固定されているものとする。



その周辺に＋電荷を置くと、＋電荷は－電荷の影響を受けて－電荷の方向に動き始める。この現象を空間がゴムであると考えマイナス電荷を置くことにより、そのゴムがへこんだと考えるのである。

－電荷の周辺の空間が、その電荷の影響を受けてへこんだ特殊な空間になっているためと考える。

この空間を**電場（電界）**という。

電場の強さ（大きさ）はどのようにして決めれば良いであろうか？重力場と同じく加速度が使えるであろうか？結論から言うと「否」である。というのは、重力場の場合、同じ位置にどのような物体を置いても物体の質量に関係なく重力加速度は同じである。ところが、電場の場合は同じ位置に異なる電荷どころか同じ電荷を置いても加速度が違うのである。それは、質量が違うと加速度が違うからである。

そこで、発想を少し変えて、重力場において1kgの物体にはたらく力を考えてみよう。重力加速度をg[m/s^2]とすると、重力の大きさはmgであるから、1kgの物体にはたらく力はg[N]、すなわち、重力加速度と同じ大きさとなる。言い換えれば、重力場の大きさを重力加速度の大きさとしたが、1kgの物体にはたらく力と置き換えても良いのである。

重力場の方向を力のはたらく方向と考えて、

「重力場は1kgの物体に作用する力」

といえる。

これをそのまま電場に適用してみると、重力の世界の「1kg」は質量の基準値。言葉を換えれば「物質の量の基準値」なので、これを電気の世界におきかえると「電気の量の基準値」すなわち「電気量の基準値」に該当する。これは「＋1C」である。「物体」は「電荷」と置き換えられるので、そのまま電気の世界に変換すると、

「電場は＋1Cの電荷に作用する力」

といえる。これが電場の定義である。

⑶　電場中の電荷にはたらく力

「電場は＋1Cの電荷に作用する力」、これより、電場の大きさは1Cあたりの力[N]であるから、単位は[N/C]となる。電場の定義より、

「E[N/C]の電場とはその空間に＋1Cの電荷をおいたとき、E[N]の静電気力がはたらく空間」
ということになる。

＋q[C]の電荷をE[N/C]の電場に置いたときに作用する力はいくらになるであろうか？電気量が2倍になると、作用する力も2倍になると考えられるので、電気量がq倍になったとき、作用する力もq倍になるといえる。1Cの電荷に作用する力がE[N]であるから、q[C]に作用する力は、qE[N]といえる。
よって、
「電場Eの空間にqの電荷をおいたときにqEの力が作用する」
公式としては

$$F = qE$$

である。

これは、重力の世界の$F = mg$に該当する。両公式を比較して、重力加速度gと同じイメージで電場Eを考え、質量と同じイメージで電気量qを考えればよいということである。公式の使い方も全く同じである。

(4)　電場と重力場の違い

電場と重力場は同じイメージで考えると言っても、やはり若干の違いはある。それは、
①　重力の世界では質量は正のみで負の質量はないが、電気の世界では正負両方存在している。
②　重力の世界は引力のみであるが、電気の世界は同符号は反発、異符号は引力である。

ただし、この2点の違いは方向に関するものであり、量に関するものではないので、力のはたらく方向は注意を要する。

電気の世界では異符号が引力である。ここでは負電荷を中心において周辺に正電荷を置くというイメージ形成をしたが、当然ながらこれは逆でもよい。ただし、電場の定義はあくまでも正電荷で定義されるので、中心に置く電荷は負電荷としたのである。

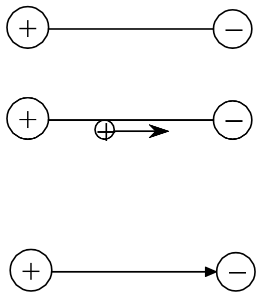
４．電気力線を用いてイメージする電場

電場の第二のイメージとして、引き合う電二つの電荷は目に見えない線でつながっておりその線を互いに引っ張ることによって引き合っているとして、電場をイメージすることを考えてみる。この見えない線を電気力線と呼んでいる。この電気力線は、電場の定義の中で唯一、電場を見えるようにする方法である。そのために電場のイメージ作りには最適なのではあるが、電気力線は実在せず、空想上の産物である。空想上の産物なので、矛盾がない限り細かい性質はイメージ通りに勝手に決めてもよいことになる。電場がらみの問題が出たときは、まず、電気力線を描いてから解き方を考えるようにすると良い。

(1)　電気力線とは

＋電荷と－電荷の間には静電気力がはたらいている。しかし、その間の空間には何もないので力がはたらいていることをイメージしにくい。そこで、二つの電荷の間に目に見えない線がつながっていると考える

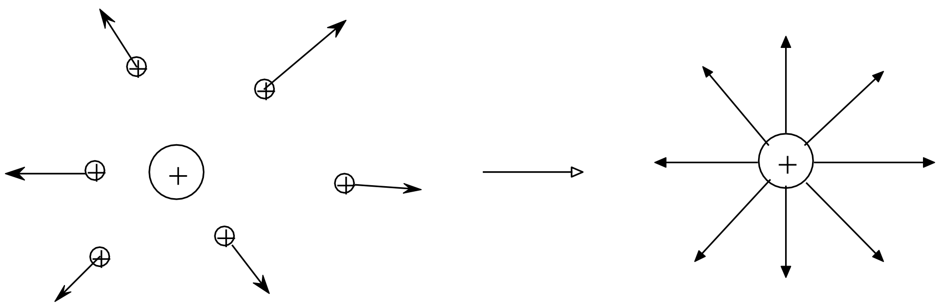
ことにする。そうすると、互いに引き合っているというイメージができあがる。



次に電気力線の向きを定義しよう。電場は+1Cにはたらく力で定義してあるので、この向きに定義しておくと混乱がなくてよい。電気力線上に+1Cの電荷を置くと、マイナスの電荷がある方に力を受ける。よって、電気力線の向きを+→−と定義する。

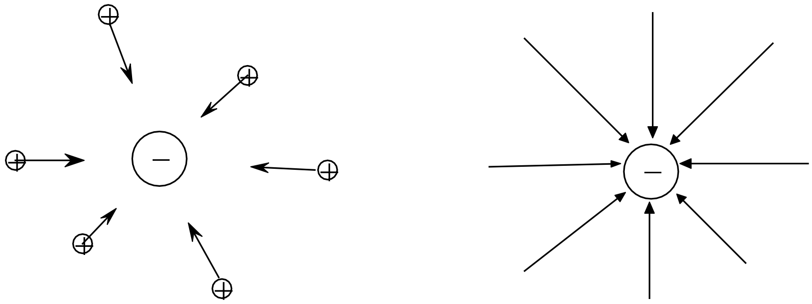
⑵　正電荷の周りの電気力線

電場の定義は+1Cにはたらく力であるから、正電荷の周りに+1Cの電荷を置いてみると、図のように正電荷から反発を受け、放射状に力を受けることが分かる。力のはたらく方向に電気力線が走っているので、正電荷の周りの電気力線は正電荷から放射状に出ていることがわかる。



⑶　負電荷の周りの電気力線

正電荷の場合と同じように負電荷の周りに+1Cの電荷を置いてみると、負電荷のほうに引っ張られる。よって、電気力線は負電荷に引き込まれるように存在していることになる。



⑷　正負2電荷の周りの電気力線

正負2電荷の周りの電気力線も今までと同じように+1Cの電荷をおいたときの力で判断すると良い。今までと違って+1Cに力が複数作用するので、その合力で考える。その合力は図1のようになっている。電荷の数か少ないと全体の形が見えないので数多くの矢印を記入すると、図2のようになる。

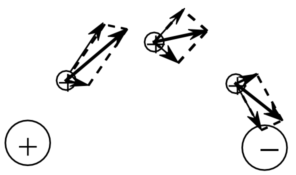


図1

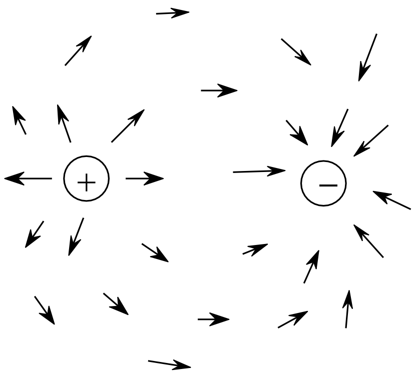


図2

その矢印を滑らかにつないだのが図3である。
これが正負2電荷の周りの電気力線である。

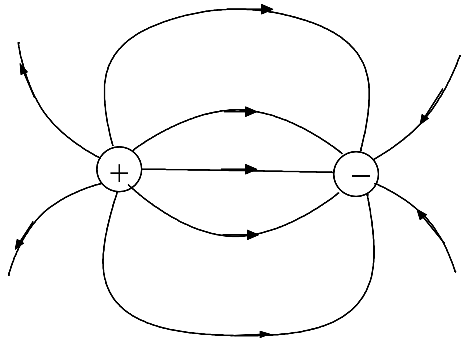


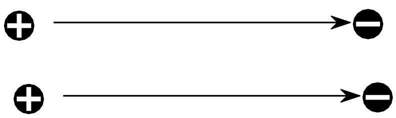
図3

この電気力線が伝わっている空間を電場とイメージするのである。電気力線を見ながら電場を考えていくと、電気力線の配置を見ただけで周辺の様子がイメージできるようになる。

⑸　電気力線と力

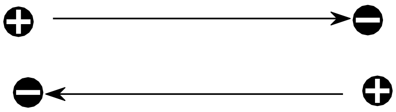
電気力線は互いに引き合うために考えられた線なので電気力線がつながれば二つの電荷は引き合うことになる。それでは、反発の場合はどのようにイメージすればよいのであろうか。

- 電気力線が同じ方向に平行に並んでいる場合



＋どおし、－どおしが並んでいるのと同じになるので、電気力線どおしは反発すると考えることができる。物体でないのに力を受けるのはおかしなことであるが、イメージとして考える分には差し支えない。

- 電気力線が逆方向に並んでいる場合



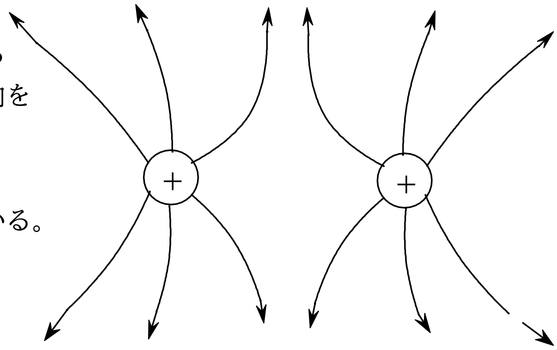
これは、互いに異符号の電荷が並んでいるのと同じなので、引き合うと考えられる。

これを現実の現象と合わせて考えてみよう。

・　正電荷どおしの反発

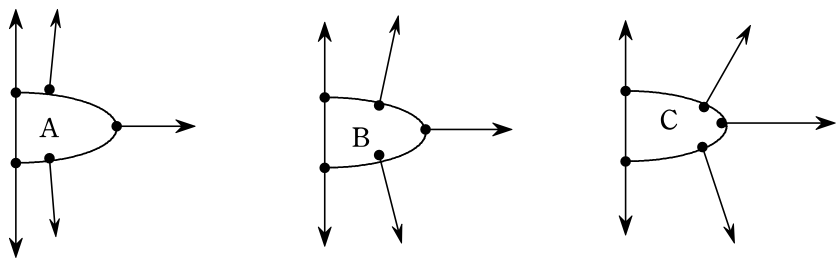
　同符号の電荷は右図のような電気力線の配置をしている＋電荷を置いて力のはたらく方向を探れば確認できる。

　この場合二つの電荷の間で電気力線が同じ方向でならんでいる。このことから、正電荷どおしが反発することがイメージできる。



・　先端にたまる電荷

金属の先端にたまる電荷はどのようになると思われるか。図は金属の先端部を意味し、黒点が正電荷と考える。正電荷が太い方に集まっているのがA、均等になっているのがB、先端に集まっているのがCである。Aの先端と太いほうの中間にある電荷は太いほうの電荷と電気力線が近いため反発を受けて先端の方に移動する。均等になっているBでもまだ、太いほうの電気力線に近い。さらに先端に移動し、Cの状態で安定する。よって、電荷は先端に集まりやすいといえる。



　これらは電気力線をみると判断できる内容である。電気力線の配置を見るだけで多くの電気関連事象がイメージできるのである。

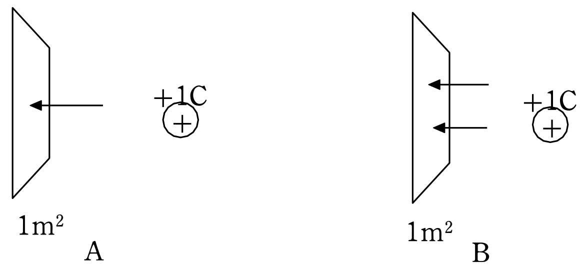
５．　電気力線の性質について

　電気力線はどのような性質をしているのであろうか。電気力線は人が電場のイメージがわきやすいように勝手に決めたものであり、実在はしない。よって、その性質は多くの人が持つイメージの通りに定義すればよい。ただし、実際の現象が正しく説明できるのが大前提である。

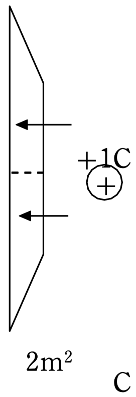
⑴　電場の強さとの関係

　今、下の図のように1m^{2}の断面がA、B二つある。断面Aは電気力線が1本通っていて、断面Bは電気力線が2本通っている。そこに＋1Cの電荷を置いたとき、A,Bどちらの電荷により強い力が作用するであろうか？

　これは、人それぞれが持つイメージの通り考えてよいのである。多くの人が「Bの電荷に作用する力がAの電荷に作用する力の2倍である。」とイメージするはずである。よって、その通りに定義する。



次に、2m²の断面に電気力線が2本ある場合を考えてみよう
この場合、＋1Cに作用する力は上の図のAと等しいと
イメージするか、あるいはBと等しいとイメージするか？
9割の人はAと等しいとイメージし、1割の人がBと等しいと
イメージするようである。Aと等しいとイメージすれば、1m²あたり
の電気力線数、すなわち、電気力線密度が等しければ電場の
強さは同じであるということになる。また、Bと等しいと
イメージすると、電気力線本数が等しいと、電場の強さが
等しいということになる。Bと等しい場合は、2本の電気



力線がどれだけ離れていても同じ力がはたらくことになり、より多くの人がイメージする
はAとCが同じ電場であるということである。そこで、次のように定義する。
「電気力線密度は電場の強さに比例する。」
次は電場の強さである。電気力線密度の基準は1本/m²であるが、これを電場の強さで何
N/Cと定義すればよいか？

　これも、最もイメージしやすいように定義すると良い。それは、

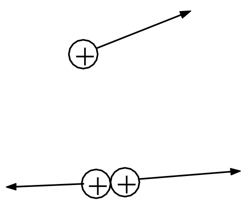
　1本/m²＝1N/C

　である。当然他の数値で定義してもよいが複雑になるだけなので、このように定義する
のである。

「E[N/C]の電場があれば、そこにE[本/m²]、すなわち、1m²あたりE本の電気力線があることになる。」

⑵　電気量と電気力線数の関係

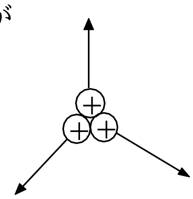
ある電気量から、電気力線が1本出ているとしよう。
その場合、電気量が2倍になったら、その電荷から
出ている電気力線数は何本と考えられるか？
これもイメージの通り定義することにする。
　多くの人は、電気量が2倍になると、電気力線数も
2倍、3倍になると電気力線数も3倍になるとイメージ



するのではないだろうか？　これは、電気量と電気力線数が比例することを意味している。そこで、

「電気量とそこから出ている電気力線数は比例する。」

と定義することにする。



何Cより1本出るとか決めればよいのだろうか。

今までの考え方に沿って1C＝1本と決めたいところであるが、

以前に1本/m²＝1N/Cと定義している。この定義との間に矛盾があってはならない。

（1C＝1本と定義したものを電束線というが、これは、高等学校では扱わない）

何Cより電気力線が1本出るといえるのか？1本/m²＝1N/Cと定義と矛盾が生じないように計算でこれを求めなければならない。

⑶　電気力線1本あたりの電気量

電気力線1本あたりの電気量は不明なので、ε_0[C]より1本出ると決める。

1本/m²＝1N/Cの定義と矛盾しないようにε_0の値を求めてみよう。

Q[C]よりn本出るとすると、次の式が成り立つ。

$$\varepsilon_0 : 1 = Q : n$$

これより、　$n = \dfrac{Q}{\varepsilon_0}$

となる。これが電気力線総数を表わしている。

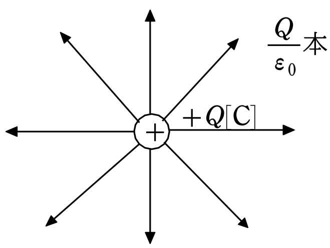
「電気量Qの電荷から出る電気力線総数は$\dfrac{Q}{\varepsilon_0}$本である。」

といえる。

1本/m²＝1N/Cとの照合を図るには、電気力線密度を計算しなければならない。

電気力線密度は1m²あたりの電気力線数であるから、

電気力線総数$\dfrac{Q}{\varepsilon_0}$をどこかの面積で割ればよいことになる。



どの部分の面積で割ればよいのであろうか？

小学校に戻って割り算の復習をしてみよう。

例題

「おにぎりが50個あります。10人で分けます。あなたは何個取りますか。」

という問題である。即座に頭の中で50÷10＝5と計算し、5個と答えるであろう。しかし、よく問題を見てほしい。「全員同じ数を取る」と言っていないのである。いくらとっても良い。すなわち、早い者勝ちである。

この場合、割り算は意味がなく、単に平均値を出しているわけである。つまり、割り算をするということは、全員同じ数を取るという大前提があって初めて可能なことである。この電気力線の場合もそうである。1m²あたりの電気力線本数がすべて同じところの面積でないと割り算ができないのである。1m²あたりの電気力線本数が同じということは、1本/m²＝1N/Cより、電場の強さが同じということである。つまり、電気力線総本数$\dfrac{Q}{\varepsilon_0}$

を、電場の強さが同じところの面積で割れば、電気力線密度、すなわち、電場の強さを求めることができる。

電場の強さが同じところといえば、電荷からの距離が同じところである。すなわち、電荷を中心とする球の表面である。そこで、半径rの球の表面積で電気力線総本数を割れば、電荷からr離れた点の電場の強さが求められることになる。

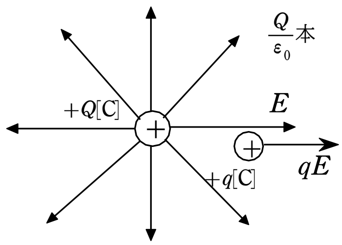
半径rの球の表面積をSとすると、

$S=4\pi r^2$

であるから、

電場の強さEは

$$E=\frac{\text{電気力線総本数}}{\text{断面積}}=\frac{Q}{\varepsilon_0 S}=\frac{Q}{4\pi r^2\varepsilon_0}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$



となる。

これは、点電荷からr離れた点の電場の強さEが$E=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q}{r^2}$であることを意味している。

次に、点電荷からr離れた点に点電荷q[C]を置いてみる。電場の定義によりE[N/C]の電場にq[C]の電荷をおいたときに作用するクーロン力の大きさFは$F=qE$であった。

この式を用いると、

$$F=qE=q\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r^2}$$

ここで、$\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}=k_0$とおく、この$k_0$をクーロン定数という。

クーロン定数を用いると、

$$F=k_0\frac{Qq}{r^2}$$

が成立する。これを**クーロンの法則**という。

k_0の値は、電気量の判明した2電荷をある距離おいて、はたらく力の大きさを測定すれば求められる。このようにして測定した値は

$k_0=9.0\times10^9$[Nm^2/C^2]

となる。

これより、$\varepsilon_0=\dfrac{1}{4\pi k_0}=8.85\times10^{-12}$[C/本]

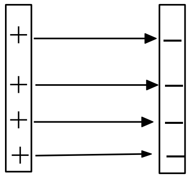
つまり、8.85×10^{-12}Cの電気量から1本の電気力線が出ていることになる。

その半分の電気量では電気力線数が$\dfrac{1}{2}$本となり、+1Cより1.1×10^{11}本（１１００億本）、陽子１個より電気力線は1.8×10^{-8}本（5500万分の1本）となり、そのような本数を実際に描くことは不可能である。電気力線はイメージを作るうえで便利であるということから考え出されたものなので、実際上は適当な本数を描いておけばよい。この数値はあくまで

も計算上で使うのみである。

６． 誘電率について

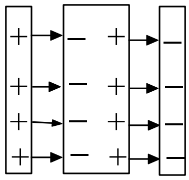
電気力線１本あたりの電気量は$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$C/本（C/本は正しい単位ではない。正式な単位は後で紹介）であることが分かった。次に、この数値の意味するところを考えてみよう。電気力線1本通す電気量を**誘電率**という。とくに、真空中での誘電率を**真空誘電率**という。ε_0は真空誘電率である。



図のように、2枚の金属板を平行にならべて、それぞれ、$+4\varepsilon_0$[C]、$-4\varepsilon_0$[C]の電荷を帯電させた。電気力線１本あたりε_0[C]であるから、この金属板間には4本の電気力線が通っていることになる。

これを見れば、金属板間のみ電気力線が通っている。このことより、電場が存在しているのは金属板間のみであることが分かる。

⑴ 静電誘導

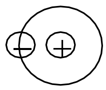


いまこの金属板間に同じ断面積を持つ金属板を挿入した。この場合、最初金属内に電気力線が入り、自由電子を引っ張る。そのため、金属表面に電極ができる。この現象を**静電誘導**という。

静電誘導で発生した電気量と、元あった電気量は同じ電気量である。そのため、金属内の電気力線はなくなり、もう電子を引っ張ることはない。電子を引く力が0であるから、電場＝0といえる。これを**静電遮蔽**という。金属内に電気力線がないことから金属内に電場がないことが読み取れる。

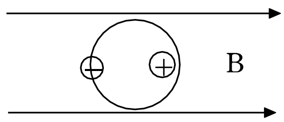
「静電誘導は元の電気量と同数の電気量を誘導し、導体内部の電場は０となる。」

⑵ 誘電分極



A

金属板間に不導体を入れた場合、不導体には自由電子がないので、静電誘導は起きない。不導体内の原子は、図Aのように原子核の周りを電子が回っている。この場合原子核が中心にあるために、原子に電極はできていない。

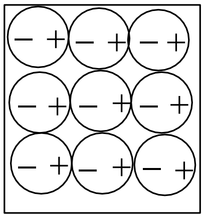


B

しかし、電場が加わった場合は、右図Bのように原子の電子軌道が＋極のほうにずれる。そのため、原子に電極が生じるのである。

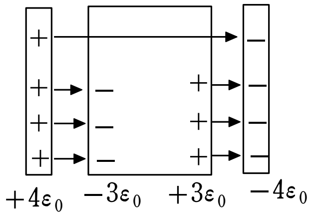
不導体内の原子は図Cのように一斉に電極を持つ。この場合、不導体の左側には－電極が整列し、

右側には＋電極が整列している。すなわち、
不導体の左側が負極に、右側が正極になっているのである。これは静電誘導ではないが、原子に電極ができることにより不導体自体に電極ができている。
この現象を誘電分極という。



不導体
C

誘電分極は、自由電子が動かない分だけ、静電誘導よりも電極は弱い。静電誘導の場合は元の電気量と同数（100％誘導）であるが、誘電分極はそれより弱い。すなわち、100％未満の電気量が誘導される。
今、仮に75％誘導されたとする。右の図Dである。
この場合もとの金属板の電気量は$4\varepsilon_0$[C]であるから、
75％誘導されると、$3\varepsilon_0$[C]誘導されたことになる。
図のように電気力線3本は不導体表面で断ち切られるが、1本分足りず、足りない1本は不導体内部に入り込む。
よって、不導体内の電場は弱くなるが、決して０にはならない。



D

⑶　誘電率

この不導体内の電気力線1本あたりの電気量を求めるてみよう。この場合、$4\varepsilon_0$[C]の電気量があって初めて不導体内に電気力線1本通すことができるので、この場合電気力線1本通す電気量は$4\varepsilon_0$[C]ということになる。つまり、この不導体の誘電率は$4\varepsilon_0$となる。まとめると、誘電分極を起こす割合が75％のときは誘電率が$4\varepsilon_0$、同じようにして、いろいろな割合のときの誘電率が求められる。

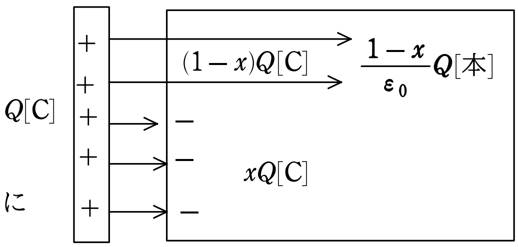
誘電分極を起こす割合	0％	50％	75％	80％	90％	99％	100％
分極率	0	0.5	0.75	0.8	0.9	0.99	1
誘電率	ε_0	$2\varepsilon_0$	$4\varepsilon_0$	$5\varepsilon_0$	$10\varepsilon_0$	$100\varepsilon_0$	∞
比誘電率	1	2	4	5	10	100	∞

誘電分極100％は静電誘導のときである。静電誘導は誘電率が無限に大きい誘電分極とも考えられる。このように誘電分極を起こす割合と誘電率は1:1の対応をしている。誘電率が分かれば誘電分極を起こす割合が分かり、誘電分極を起こす割合が分かれば誘電率が分かるのである。

「誘電率とは誘電分極を起こす能力をあらわしている。」

分極率（誘電分極を起こしている割合）がxのときの誘電率を求めてみよう。

ある不導体にQ[C]の電荷を帯びた金属板を接近させると、この不導体に分極率xの電荷が生じるので、生じた電気量はxQ[C]である。この電気量の分だけ電気力線が不導体内に入るのを食い止められている。よって、不導体内に入り込む電気力線は残り$(1-x)Q$[C]の



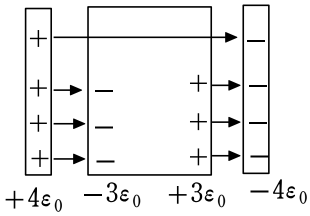
電荷が出した電気力線である。これは、$\dfrac{1-x}{\varepsilon_0}Q$[本]の電気力線数に該当する。よって、不導体内に入り込んだ電気力線数は$\dfrac{1-x}{\varepsilon_0}Q$[本]である。誘電率は電気力線1本当たりの電気量であり、$\dfrac{1-x}{\varepsilon_0}Q$[本]が$Q$[C]の電荷から入り込んでいることになるので、電気力線1本当たり、$\dfrac{Q}{\dfrac{(1-x)}{\varepsilon_0}Q}=\dfrac{\varepsilon_0}{1-x}$[C]の電気量となる。この

$$\frac{\varepsilon_0}{1-x}[\mathrm{C}]$$

が分極率xの誘電分極をしている不導体の誘電率である。

(4)　比誘電率とは

上の表の誘電率はいずれも真空誘電率の何倍になるかで表わしている。真空誘電率に対する比で表わせば、より簡単に誘電分極を起こす能力を表わすことができる。これを**比誘電率**という。



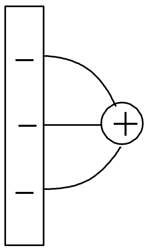
右図は比誘電率4の誘電体を2枚の極板間に挿入した場合であるが、誘電体内部の電気力線数は誘電体外部の電気力線数（同じ面積であるから電気力線密度と考えても良い）の$\dfrac{1}{4}$となっている。電気力線密度は電場の強さを表わしているので、誘電体内の電場の強さは外部の$\dfrac{1}{4}$になるということになる。比誘電率4の場合は電場の強さが$\dfrac{1}{4}$、同様にして、比誘電率5の誘電体内の電場の強さは$\dfrac{1}{5}$となる。

「比誘電率ε_rの誘電体内の電場の強さは$\dfrac{1}{\varepsilon_r}$である。」

これは、電場を考える時によく使う。不導体のイメージには大変好都合である。

７．金属板と電荷の間にはたらく力

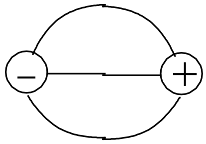
電気量Qの電荷を金属板からd離れた位置に設置したとき，この金属板からこの電荷が受ける力の大きさを求めてみよう。



金属板の表面は，導体なので同電位である。そのため電気力線は金属面に直角となっている。

このときの電気力線は，金属面を対称軸として，電荷を対称移動した位置に負電荷を置いたときのものとまったく同じである。

電気力線がまったく同じということは，はたらいている力もまったく同じなので，電荷が金属板から受ける力は$+Q$と$-Q$の電荷を距離$2d$離して置いたときにはたらく静電気力と同じとなる。



よって，

$$F=k\frac{Q^2}{4d^2}$$