ハカセの宇宙一キビしいチェック!!

理解できたものに，☑チェックをつけよう。

- ☐ 電場が存在する空間に電荷を置いたときにはたらく力の向きを判断できる。
- ☐ $F=qE$の関係を用いて，電荷にはたらく力や電場の大きさを求めることができる。
- ☐ 点電荷の作る電場の向きは正の点電荷から湧き出し，負の点電荷へと吸い込まれる方向だとイメージできる。
- ☐ 点電荷が作る電場の式$E=k\dfrac{Q}{r^2}$を覚えた。
- ☐ 電場の重ね合わせにおけるベクトルの計算のしかたを理解した。
- ☐ 電気力線の4つの特徴を理解した。
- ☐ 電場の大きさがE〔N/C〕である面からは，$1\ \mathrm{m}^2$あたりE〔本〕の電気力線が出ている。
- ☐ Q〔C〕の電荷から出る電気力線の本数$N=4\pi kQ$〔本〕を自分で導ける。

Chapter

2

電場

Chapter

2 電場

はじめに

Chapter 2では，電磁気の中でも重要な電場（電界）について勉強します。

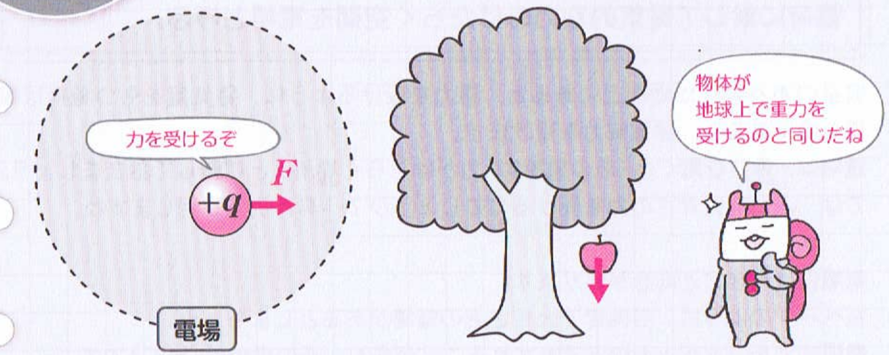
電場というのは，電荷に力がはたらく空間のことと思ってください。
私たちが地球上で重力を受けるように，電荷たちは電場中では静電気力を受けます。

電場には「一様な電場」と，「点電荷の作る電場」の2種類があります。
まずは「一様な電場」について，そのあとに「点電荷の作る電場」についての説明をしていきますよ。
電場には大きさと向きがありますので，それぞれの場合について，大きさと向きがどうなるかを理解しましょう。

頭の中で電場のイメージをふくらませながら勉強してみてください。

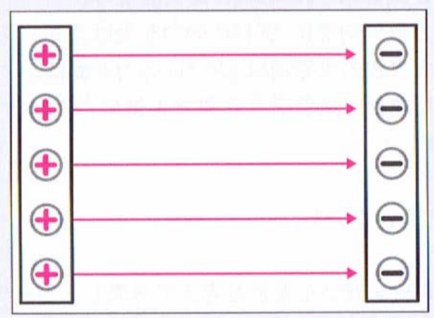
この章で勉強すること

まず電場とは何かを説明し，電場に関する重要な知識を1つずつまとめていきます。
また，ガウスの法則についてもくわしく説明していきます。

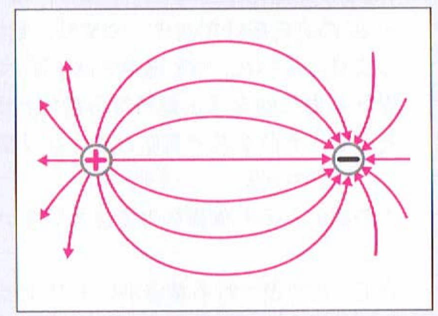


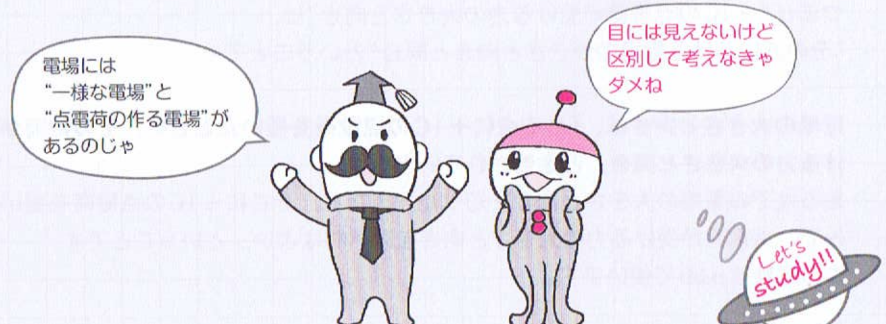
電荷が力を受ける空間を電場という。

【一様な電場】



【点電荷の作る電場】





2-1 電場とは

ココをおさえよう！

電荷に対して電気的な力のはたらく空間を電場と呼ぶ。

質量のある物体が地球上にあると，重力を受けるように，電気量をもつ電荷は電場の中にあると，静電気力を受けます。
電場は，電荷を置くと（その電荷に）力がはたらく場所，と認識しておきましょう。
では，どんな大きさの力を受けるのでしょうか？　具体例で説明しますね。

電場には大きさと向きがあります。
右ページのように，右向きで大きさ E の電場があるとしましょう。
電場はアルファベットの E で表されることが多く，その単位は〔N/C〕です。

この電場に＋5Cの点電荷と，－2Cの点電荷を置いてみましょう。
そうすると，
＋5Cの点電荷は右向き，つまり，電場と同じ向きに $5E$〔N〕の力を受け，
－2Cの点電荷は左向き，つまり，電場と反対向きに $2E$〔N〕の力を受けます。
つまり，E〔N/C〕の電場中では q〔C〕の大きさの点電荷は qE〔N〕の力を受け，
受ける力の向きは正電荷なら電場と同じ向き，負電荷なら電場と逆向きということです。それを式で表すとこうなります。

$F = qE$ ……(＊)

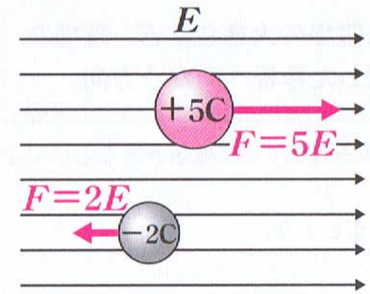
この式はとても重要なので覚えておいてくださいね。

さて，E で表される電場中に＋1Cの点電荷を置いた場合を考えてみましょう。
(＊)の式の q に＋1Cをあてはめると $F = E$ となります。
つまり“＋1Cの点電荷が受ける力の大きさと向き”は，
“その点における電場の大きさと向きと同じ”ということです。

電場の大きさと向きは，「ある点に＋1Cの点電荷を置いたときに，その電荷が受ける力の大きさと向き」と定義されています。
ある点での電場の大きさと向きを知りたかったら，そこに＋1Cの点電荷を置いてみて，点電荷が受ける力の大きさと向きを調べればよい，ということです。
この定義はp.50で使いますよ。

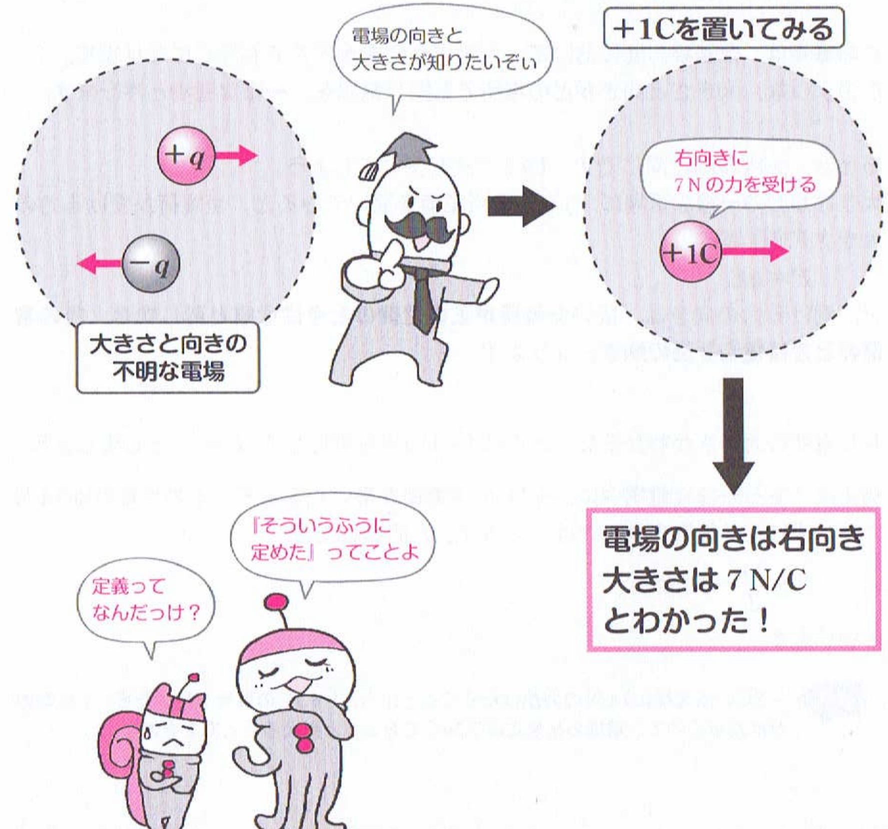
電場とは…電荷に対して電気的な力のはたらく空間。

［右向きで大きさが E〔N/C〕の電場］



正電荷は電場と同じ向き，
負電荷は電場と逆の向きに
$F = qE$
の力を受ける。

電場の大きさと向きの定義…ある点に＋1Cの電荷を置いたときに
その電荷が受ける力の大きさと向き。



2-2 一様な電場

ココをおさえよう！

大きさEの一様な電場では，どこでも電場の大きさはE，電場の向きは正に帯電した極板から負に帯電した極板へ向かう方向。

p.42で電場には「一様な電場」と「点電荷の作る電場」の2種類があるといいました。
まずは「一様な電場」についてお話ししていきましょう。

同じ大きさの2枚の金属板を，片方は正，もう片方を負に，同じ大きさの電気量で帯電させ，平行に向かい合わせます。
このとき，正に帯電した金属板から負に帯電した金属板へ向かって，電気的な流れが発生します。この流れが電場です。

この電場は，金属板の間において，大きさや向きがどこでも同じになります。
このような，大きさと向きがどの場所でも同じ電場を，**一様な電場**と呼びます。

あとは，p.44の話と同じです。(＊)の式を使いましょう。
大きさがEの一様な電場に，q〔C〕の点電荷を置いてみると，点電荷が受ける力の大きさF〔N〕は

$$F=qE$$

で，受ける力の向きは，**置いた電荷が正の電荷のときは電場と同じ向き，負の電荷のときは電場と逆の向き**になります。

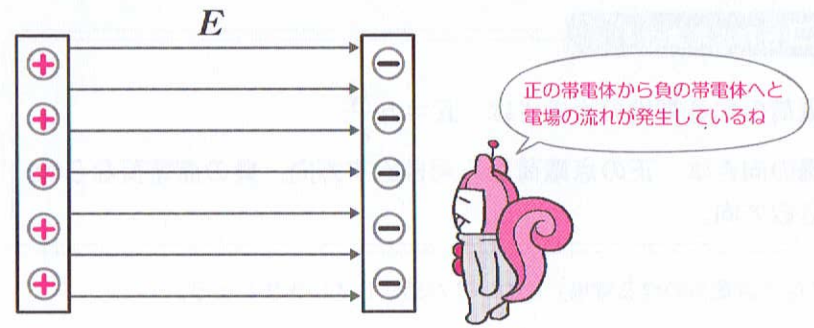
もし電場の大きさがわからないときは(＊)の式を変形して，$E=\dfrac{F}{q}$ としましょう。
例えば「ある一様な電場中に，＋2Cの点電荷を置いたところ，その点電荷は14 Nの力を受けた。電場の大きさはいくらか」と問われたら

$$E=\frac{14}{2}=7\text{〔N/C〕}$$

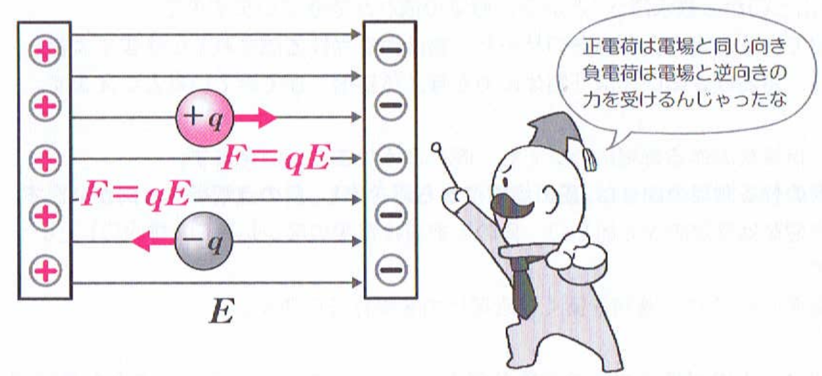
となります。

補足 ＋2Cの点電荷に14 Nの力がはたらくことから，「＋1Cの電荷を置いたら，7 Nの力がはたらくので，電場の大きさは7 N/Cである」と考えることもできます。

一様な電場…大きさと向きが，どの場所でも同じ電場。



一様な電場Eに置かれた電荷にはたらく力は　$F=qE$



例 ある一様な電場に，＋2 Cの電荷を置いたら14 Nの力を受けた。電場の大きさはいくらか？

$F=qE$より　$E=\dfrac{F}{q}$

よって　$E=\dfrac{14}{2}=7$〔N/C〕

$F=qE$は
大事な式ね
覚えるわ

ここまでやったら 別冊 P. 4 へ

2-3 点電荷が作る電場

ココをおさえよう！

点電荷の作る電場の大きさは　$E=k\dfrac{Q}{r^2}$

電場の向きは，正の点電荷なら湧き出す方向，負の点電荷なら吸い込む方向。

続いては「点電荷の作る電場」についてお話ししていきましょう。

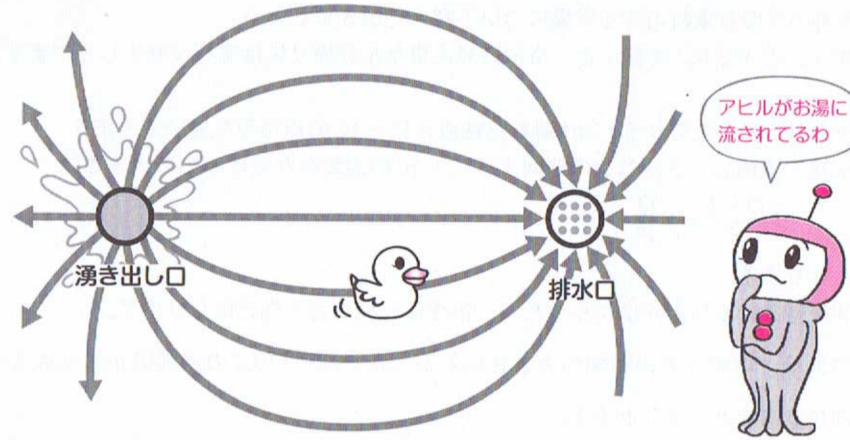
あるところに温泉があり，お湯が湧き出し口から放射状に湧き出ていました。
少し離れたところに排水口があり，お湯が吸い込まれていきます。
“湧き出し口から排水口へ”という，お湯の流れができていますので，
湧き出ているお湯の上に物をのせると，物は力を受けて流されていきますよね。
つまり，おおげさにいえば「物体に力を与える空間」ができているといえます。

実は，点電荷の作る電場についても，同じようなことがいえます。
点電荷の作る電場の向きは，正の点電荷から湧き出し，負の点電荷へと向かいます。
正の点電荷は電場の湧き出し口，負の点電荷は電場の吸い込み口（排水口）ということです。
この電場（流れ）に，電荷を置くと電荷は力を受けるのです。

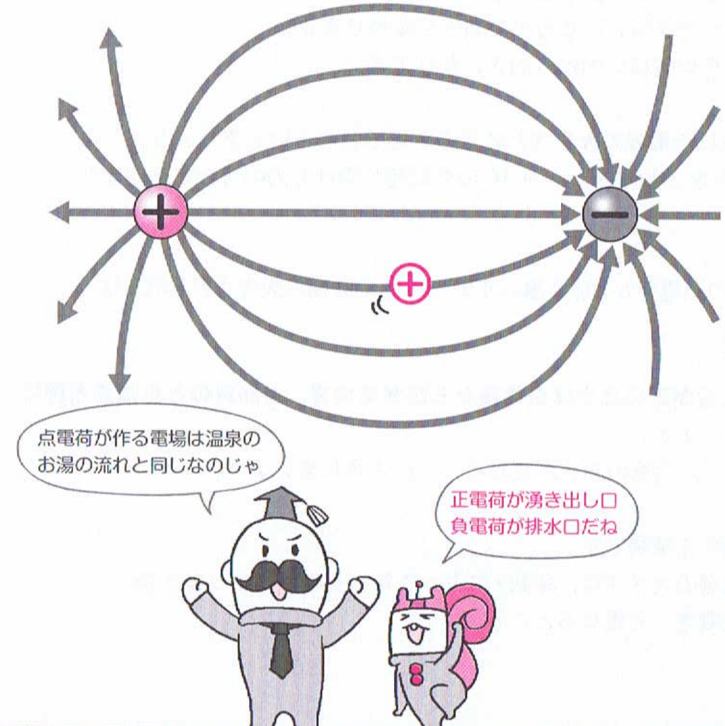
問題では，正の点電荷や負の点電荷がポツンと1つだけ与えられることも多いです。
正の点電荷が与えられたら「電場が湧き出しているな」
負の点電荷が与えられたら「電場が吸い込まれているな」とイメージしましょう。

次のページでは，点電荷の作る電場に関する公式を学んでいきましょう。

温泉



点電荷



＋Q〔C〕の点電荷の作る電場について考えていきましょう。
ポツンと＋Q〔C〕を置くと，目には見えませんが周りには電場が発生しています。

＋Q〔C〕の点電荷からr〔m〕離れた地点Aに＋1Cの点電荷を置いてみます。
p.38で説明したクーロンの法則より，＋1Cの点電荷が受ける力の大きさは

$$k\frac{Q\times 1}{r^2}=k\frac{Q}{r^2}$$

となります。
同符号なので斥力がはたらくため，向きは反発し合う向きになります。
つまり，地点Aでの電場の大きさは$k\frac{Q}{r^2}$，向きは＋Q〔C〕の点電荷から地点Aに向かう向きということです。

続いては－Q〔C〕の点電荷が作る電場を考えます。
地点Aに＋1Cの点電荷を置いたとすると，＋1Cの点電荷の受ける力の大きさは，＋Q〔C〕の点電荷が作る電場の場合と同じです。
ですが，はたらく力が引力になるので向きが変わります。
向きは地点Aから点電荷に向かう向きになります。

ここでp.44で触れた電場の大きさと向きの定義をおさらいしましょう。
　“電場の大きさと向き”＝“＋1Cの点電荷が受ける力の大きさと向き”
でしたね。

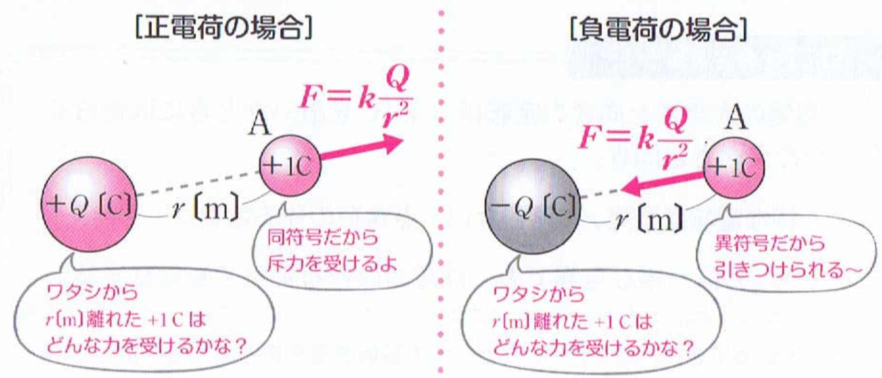
よって，Q〔C〕の点電荷がr〔m〕離れた地点に作る電場の大きさE〔N/C〕は

$$E=k\frac{Q}{r^2}$$

となり，向きは**Qが正のときは点電荷から広がる向き，Qが負のときは点電荷に向かう向き**になります。
Qの符号によって，電場の向きが変わることに注意しましょう。

これが点電荷の作る電場です。
点電荷の作る電場の大きさは，距離rによって変わるのがわかりますね。
これが「一様な電場」と異なるところです。

点電荷の作る電場



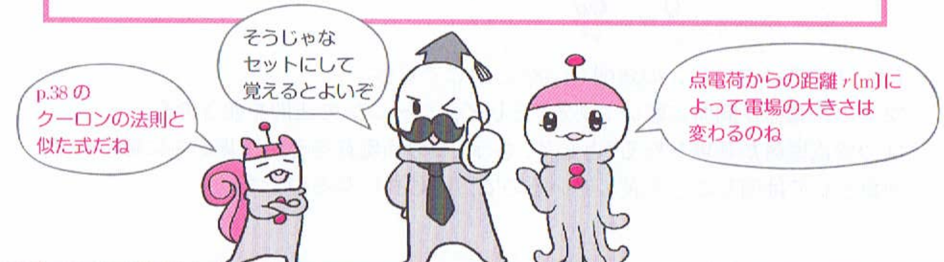
電場の大きさと向きの定義：
“電場の大きさと向き”＝“＋1Cの電荷が受ける力の大きさと向き”

〈点電荷の作る電場〉

電場の大きさ：$E=k\frac{Q}{r^2}$〔N/C〕

（k：比例定数〔N·m²/C²〕，r：距離〔m〕，
Q：電荷の大きさ〔C〕）

電場の向き：正電荷の場合，点電荷から広がる向き
　　　　　　負電荷の場合，点電荷に向かう向き



2-4 電場についての基礎事項のまとめ

ココをおさえよう！

・電場の大きさと向きの定義は，＋1Cを置いたときにはたらく力の大きさと向き。

・一様な電場は距離rに関係ない。点電荷の作る電場は　$E=k\dfrac{Q}{r^2}$

・$F=qE$は一様な電場でも，点電荷の作る電場でも成立する。

ここまでに出てきた，電場についての3つの基礎事項をまとめておきましょう。
まず，電場の大きさと向きの定義は“＋1Cにはたらく力の大きさと向き”です。
＋1Cを置いてみると，その場所での電場の大きさと向きがわかるのでしたね(p.44，p.50)。

そして「一様な電場」と，「点電荷の作る電場」の違いです。
「一様な電場」は，その空間内で同じ大きさと向きの電場になります。
点電荷と違い，一様な電場を求める式はありません。

「点電荷の作る電場」は，置かれた点電荷Q〔C〕から$E=k\dfrac{Q}{r^2}$の式で求めます。
式にある通り，点電荷からの距離rによって，電場の大きさが変わります。

「一様な電場」であっても「点電荷の作る電場」であっても

$F=qE$　……(＊)

の関係式は成り立ちます。一様な電場ではF，q，Eの3つのうち，どれか2つが与えられて，$F=qE$から残りの1つを求めることが多いです。

点電荷の作る電場では，まず点電荷が与えられて，$E=k\dfrac{Q}{r^2}$の式で電場を求めます。
このEを$F=qE$にあてはめると次のようになります。

$F=qE=q\cdot k\dfrac{Q}{r^2}=k\dfrac{Qq}{r^2}$　……(＊＊)

(＊＊)の式はクーロンの法則(p.38)と同じですね。
“2つの点電荷が同時に置いてある”として，クーロンの法則を使うのも，
“1つの点電荷が電場を作る”として，もう1つの点電荷をその電場の中に置くのも，
現象としては同じことを表しているので，同じ式になるのです。

電場の基礎事項

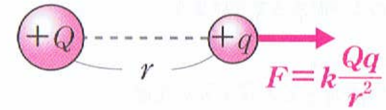
❶ 電場の大きさと向きの定義は
“＋1Cにはたらく力の大きさと向き”

❷ 一様な電場は距離rによらない。
点電荷の作る電場は距離rによる。$E=k\dfrac{Q}{r^2}$

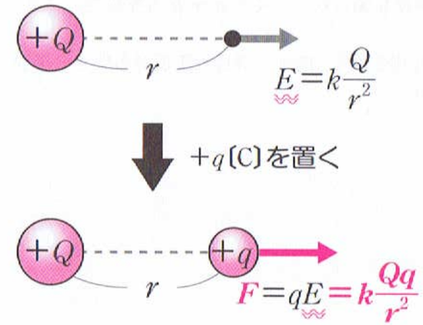
❸ $F=qE$は，一様な電場でも点電荷の作る電場でも成立。

クーロンの法則と，点電荷の作る電場

［クーロンの法則］



［点電荷の作る電場］



ここまでやったら
別冊 P. 5へ

2-5 電場の重ね合わせ

ココをおさえよう！

複数の点電荷が作る電場は，各点電荷が作る電場を足し合わせたものである。
これを電場の重ね合わせの原理と呼ぶ。

ここでは点電荷が複数になった場合に，できる電場を考えていきましょう。

右ページのように，点Aと点Bにそれぞれ電気量が$+Q_1$〔C〕，$+Q_2$〔C〕の正の点電荷があります（$Q_1 > Q_2$）。
このとき，点Pにはどのような電場ができるのでしょうか。

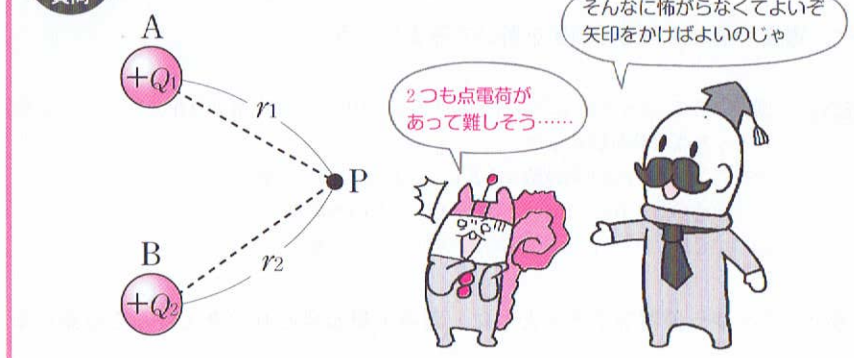
点A，Bの電荷が，右ページの図のようにそれぞれ$\overrightarrow{E_A}$，$\overrightarrow{E_B}$という電場を作ったとします。
このとき，**実際にできる電場は，これらの電場を足し合わせたものなのです。**
（ここでいう「足し合わせる」とは，ベクトルの足し算のことです）
図のようにベクトル$\overrightarrow{E_A}$と$\overrightarrow{E_B}$を足し合わせた$\overrightarrow{E_P}$が点Pの電場になります。

これを，**電場の重ね合わせの原理**と呼びます。

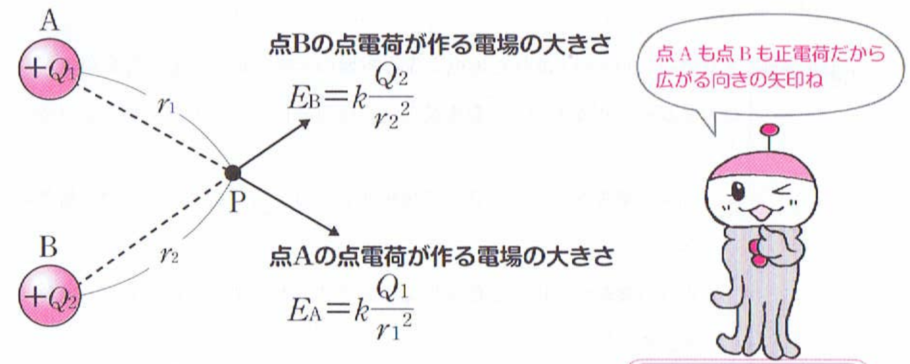
補足 ベクトル（矢印）の足し算について確認しておきましょう。
2つのベクトル$\vec{a}$，$\vec{b}$の足し算$\vec{a}+\vec{b}$は次の2つの方法でかけます。
［方法①］
$\vec{a}$の終点（矢先）に，矢印$\vec{b}$の始点を合わせてかく。
$\vec{a}$の始点から$\vec{b}$の終点（矢先）に向かって矢印をかくと$\vec{a}+\vec{b}$の完成！
［方法②］
$\vec{a}$，$\vec{b}$の始点を合わせてかく。
$\vec{a}$，$\vec{b}$を2辺とする平行四辺形の対角線を始点からかくと$\vec{a}+\vec{b}$の完成！

また，足し合わせる矢印の向きが平行な場合（同じ向きの場合や正反対の向きの場合）は，ただ足し算や引き算をするだけです。

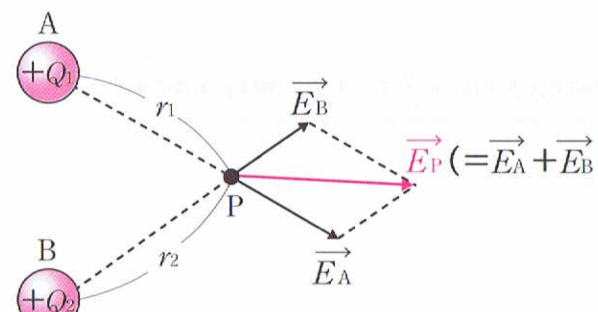
質問 点Pの電場は？



まずは，それぞれの点電荷が作る電場をかく。

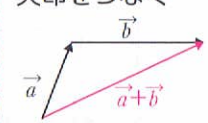


矢印（ベクトル）を足すと完成！

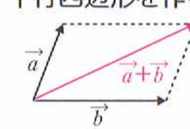


ベクトルの足し算

［方法①］
矢印をつなぐ



［方法②］
平行四辺形を作る



では，電場の重ね合わせの問題を解いてみましょう。

問 2-1 図のように，x-y 平面上の点A$(0, a)$と点B$(0, -a)$に，電気量がそれぞれ$q\ (>0)$と$-q$の点電荷を固定した。
クーロンの法則の比例定数をkとして，以下の問いに答えよ。
(1) 原点O$(0,\ 0)$における電場の大きさと向きを答えよ。
(2) 点C$(a,\ 0)$における電場の大きさと向きを答えよ。

電場の公式を使う練習をするとともに，電場の重ね合わせの考えかたを確認しましょう。
この問題では座標が与えられているので，電場をx軸とy軸の方向に分解して考えていきましょう。

解きかた 大きさQの電荷がr離れた地点に作る電場の大きさは$k\dfrac{Q}{r^2}$で，正電荷の場合は自分から広がる方向に，負電荷の場合は自分に向かう方向に作るということでしたね。

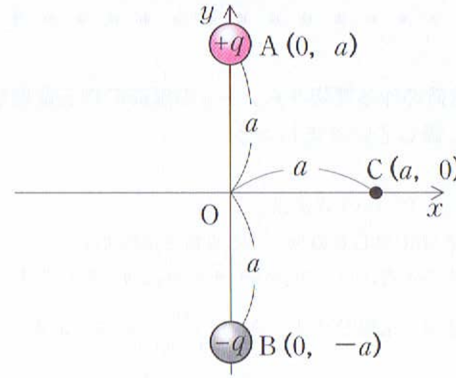
(1) 点Aの電荷が原点Oに作る電場の大きさは$k\dfrac{q}{a^2}$で，その向きはy軸負の向きです。
点Bの電荷が原点Oに作る電場の大きさも$k\dfrac{q}{a^2}$で，その向きもy軸負の向きですね。
2つの電場は同じ向きなので，求める電場の大きさは重ね合わせの原理より

$$k\frac{q}{a^2}+k\frac{q}{a^2}=2k\frac{q}{a^2}$$

よって，**電場の大きさは$2k\dfrac{q}{a^2}$で，その方向はy軸負の向き** …答

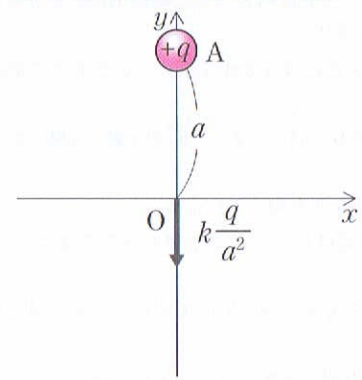
(2)は，p.58でくわしくお教えしますね。

問 2-1

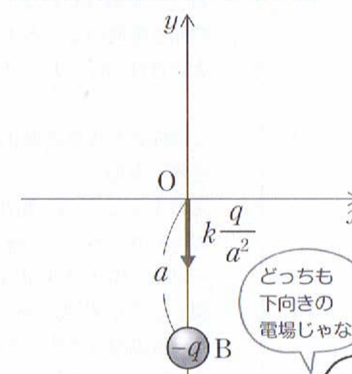


(1)

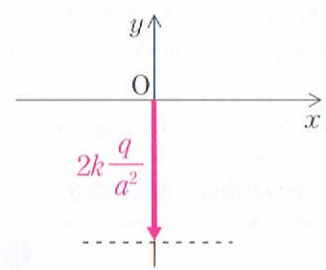
〈点Aの電荷が点Oに作る電場〉



〈点Bの電荷が点Oに作る電場〉



2つの電場を重ね合わせると…



大きさ：$2k\dfrac{q}{a^2}$

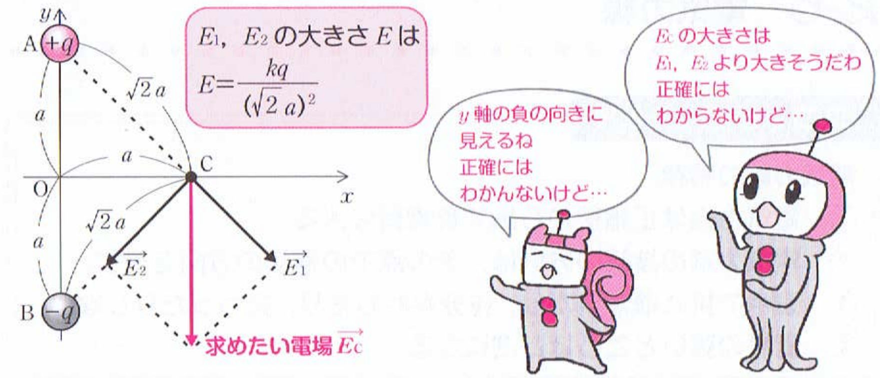
向き：y 軸負の向き …答

点C(a, 0)に，$+q$の電荷の作る電場をE_1，$-q$の電荷の作る電場をE_2としてベクトル（矢印）をかいて足し算していきましょう。

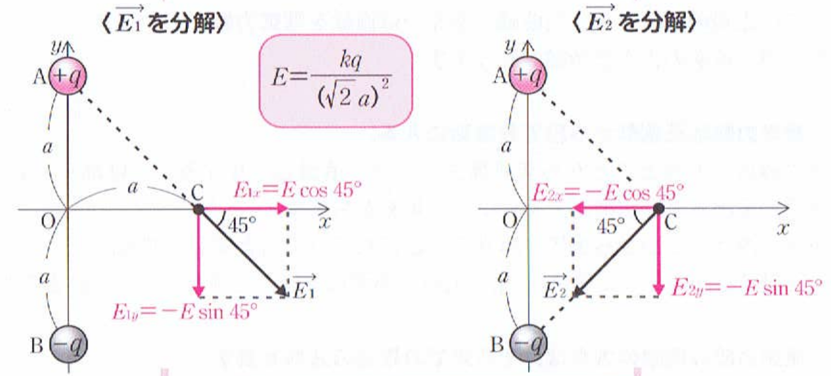
解きかた (2) まず，E_1について考えましょう。
三角形OACはOを直角とする直角三角形です。
三平方の定理より，AC$=\sqrt{a^2+a^2}=\sqrt{2}\,a$になります。
これより，電場E_1の大きさは $\dfrac{kq}{(\sqrt{2}\,a)^2}$ となります。
同じようにして電場E_2の大きさも $\dfrac{kq}{(\sqrt{2}\,a)^2}$ とわかりますね。
計算しやすいように，この大きさをEと置いておきましょう。
右ページの図をみると，$\overrightarrow{E_1}$と$\overrightarrow{E_2}$を重ね合わせた電場の向きはy軸の負の向きを向いているように見えます。
大きさは $\overrightarrow{E_1}$，$\overrightarrow{E_2}$それぞれの大きさより大きくなっているようです。

この向きや大きさを正確に求めるために，$\overrightarrow{E_1}$，$\overrightarrow{E_2}$をx軸，y軸の方向に分解しましょう。
図のように$\overrightarrow{E_1}$はx軸から45°の向きを向いています。
符号も考えると，x軸方向の電場は$E\cos 45°$，y軸方向の電場は$-E\sin 45°$になります。
同じように$\overrightarrow{E_2}$もx軸から45°の向きを向いていますが，こちらはx軸方向が負の向きを向いています。
つまり，x軸方向，y軸方向の電場はそれぞれ，$-E\cos 45°$，$-E\sin 45°$になります。
x軸方向の電場を重ね合わせると，$E\cos 45°-E\cos 45°=0$です。
y軸方向の電場を重ね合わせると，$-E\sin 45°-E\sin 45°$
$=-2E\sin 45°=-\sqrt{2}\,E$ですね。
合わせると電場はy軸方向に，$-\sqrt{2}\times\dfrac{kq}{(\sqrt{2}\,a)^2}=-\dfrac{kq}{\sqrt{2}\,a^2}$ となります。

よって，**電場の大きさは $\dfrac{kq}{\sqrt{2}\,a^2}$ で，その方向はy軸負の向き** …答



$\overrightarrow{E_C}$を正確に求めるため，$\overrightarrow{E_1}$，$\overrightarrow{E_2}$をx，yの2方向に分解



x，yの2方向について足し合わせて$\overrightarrow{E_C}$を求める

$$E_{Cx}=E_{1x}+E_{2x}=E\cos 45°+(-E\cos 45°)=0$$
$$E_{Cy}=E_{1y}+E_{2y}=-E\sin 45°+(-E\sin 45°)=-\sqrt{2}\,E$$

$E=\dfrac{kq}{(\sqrt{2}\,a)^2}$ より $-\sqrt{2}\,E=-\sqrt{2}\times\dfrac{kq}{(\sqrt{2}\,a)^2}=-\dfrac{kq}{\sqrt{2}\,a^2}$

よって，点Cの電場は

大きさ：$\dfrac{kq}{\sqrt{2}\,a^2}$，向き：$y$軸負の向き …答

ここまでやったら 別冊 P.5へ

2-6 電気力線

ココをおさえよう！

電気力線の特徴
① 電気力線は正電荷から出て負電荷に入る。
② 電気力線の接線の方向は，その点での電場の方向を表す。
③ 途中で折れ曲がったり，枝分かれしたり，交わったりしない。
④ 電場の強いところほど密になる。

温泉水の流れる方向を図にかくと，流れがわかりやすいですよね（p.49でやりましたね）。
目には見えない電場も，同じように図でかけば性質がわかりやすくなります。
各点での電場の様子を表した曲線，あるいは直線を**電気力線**といいます。
電気力線には次のような特徴があります。

① 電気力線は正電荷から出て負電荷に入る。
電気力線は，あるところから突然発生したり，消滅したりすることはなく，必ず正電荷から出て，負電荷に入るという性質をもちます。
温泉水が湧き出し口から出て，排水口へと流れていくのと同じですね。
もし正電荷しかなかった場合は，電気力線は無限に遠いところまで伸びていきます。

② 電気力線の接線の方向は，その点での電場の方向を表す。
例えば，右ページの図の点Aにおける電場の方向は，点Aにおける接線の向きと一致するということですね。

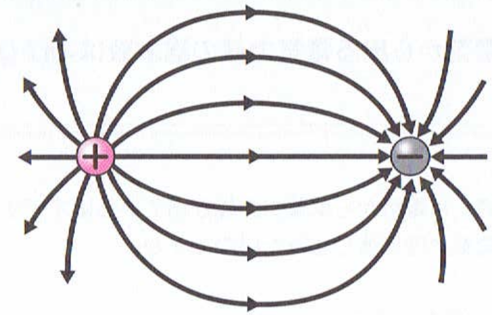
③ 途中で折れ曲がったり，枝分かれしたり，交わったりしない。

④ 電場の強いところほど密になる。
電気力線が密集しているところほど電場が強くなります。
逆に，スカスカのところは電場が弱いということですね。

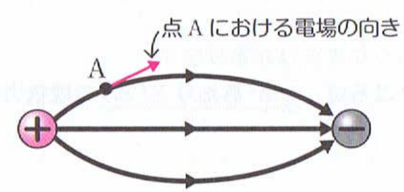
次のページからは，ガウスの法則について学びます。そこでは，これらの電気力線の特徴を使います。
このページを確認しながら進めてくださいね。

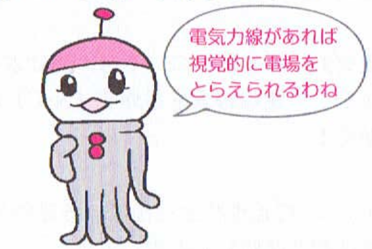
電気力線の特徴

① 電気力線は正電荷から出て負電荷に入る。

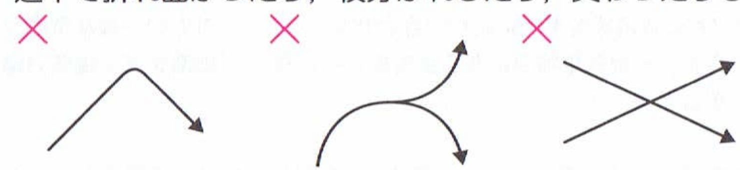


② 電気力線の接線の方向は，その点での電場の方向を表す。

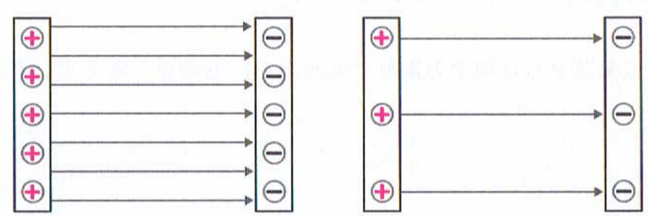




③ 途中で折れ曲がったり，枝分かれしたり，交わったりしない。



④ 電場の強いところほど密になる。



密 ⇒ 電場が強い　　スカスカ ⇒ 電場が弱い

2-7 ガウスの法則

ココをおさえよう！

> **ガウスの法則：Q〔C〕の電荷から出る電気力線の総本数は$4\pi kQ$本である**

$+Q$〔C〕の点電荷があります。
点電荷は電場を発生させますので，点電荷からは電気力線が出ているはずです。
この点電荷が発生させる電場を電気力線で表してみたいのですが……。
ここで疑問がありますよね。
「電気力線って，かく本数にきまりはないの？」
たしかにかく本数にきまりがないと，何本の電気力線をかいたらよいかわかりませんね。

電気力線の本数については，実は次のようなきまりがあります。
きまり：**電場の大きさがE〔N/C〕のところは，1 m^{2}あたりE〔本〕の電気力線をかく！**

$+Q$〔C〕の点電荷から出ている電気力線の本数を調べる前に，このきまりについて具体例で確認してみましょう。

帯電した2枚の金属板を平行に向かい合わせたときに，5 N/Cの一様な電場が作られたとします。一様な電場中にある金属板と平行な3 m^{2}の面を貫く電気力線の本数を調べましょう。

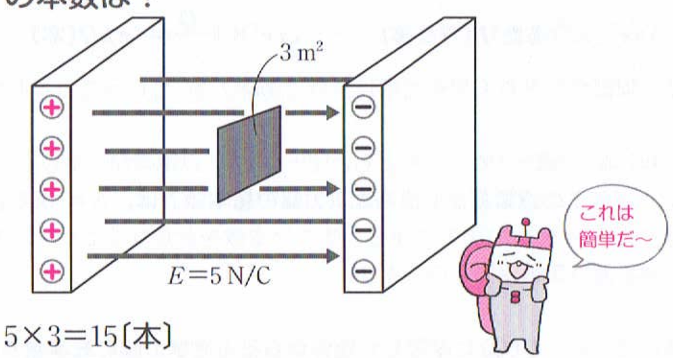
まず正に帯電した金属板から，負に帯電した金属板へ向かって電場が生じますから，電気力線は正の金属板から出て，負の金属板に到達することになります。
電場の大きさは5 N/Cですから，1 m^{2}あたり5本の電気力線をかきます。
3 m^{2}の面を貫く電気力線は，3×5＝15本になります。

p.64では$+Q$〔C〕の点電荷からは何本の電気力線が出ているのか，考えていきましょう。

2

きまり：電場の大きさがE〔N/C〕のところは1 m^{2}あたりE〔本〕の電気力線をかく！

質問 5 N/Cの電場中にある3 m^{2}の面を貫く電気力線の本数は？



答え 5×3＝15〔本〕

p.62の電気力線の本数のきまりを守って，$+Q$〔C〕の点電荷からは何本の電気力線が出ているのかを調べてみましょう。

点電荷を半径r〔m〕の球で囲うと，この球面上の点はすべて，電荷から距離r〔m〕の位置にありますから，この球面上の電場の大きさはどこも$E=k\dfrac{Q}{r^2}$〔N/C〕ですよね (p.50)。
ということは先ほどの「きまり」から，**この点電荷を囲った球面の1 m²あたりには$E=k\dfrac{Q}{r^2}$〔本〕の電気力線が出ている**ことになります。

球面の表面積は中学の数学で習ったとおり，$4\pi r^2$〔m²〕ですから

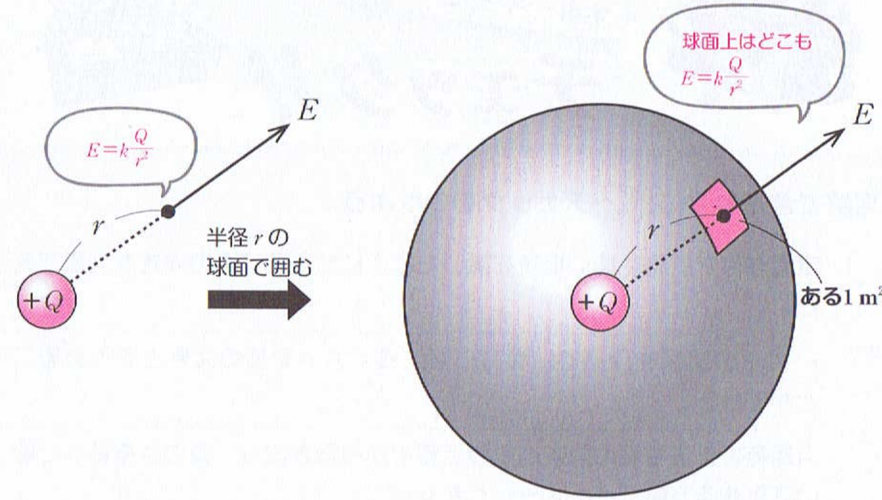
1 m²あたり → $k\dfrac{Q}{r^2}$〔本〕

$4\pi r^2$〔m²〕あたり（球全体） → $4\pi r^2\times k\dfrac{Q}{r^2}=4\pi kQ$〔本〕

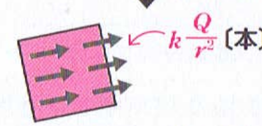
となり，球面全体を貫く電気力線は合計で$4\pi kQ$〔本〕ということがわかりました。

この$4\pi kQ$〔本〕の電気力線は，もともとは$+Q$〔C〕の点電荷から生じているものです。
つまり，**Q〔C〕の点電荷から出る電気力線の総本数Nは，$N=4\pi kQ$〔本〕**ということですね ($k=9.0\times10^9$ですから，すごい本数をかかなくてはいけません)。
この法則を**ガウスの法則**と呼びます。

点電荷に限らず，**Q〔C〕に帯電した物体から出る電気力線の総本数Nは，$N=4\pi kQ$〔本〕**となりますので覚えておきましょう。
すなわち，「1 m²あたり，E〔本〕の電気力線が出ている」ということは
「Q〔C〕からは$4\pi kQ$〔本〕の電気力線が出ている」ということなのです。
この電場や電荷と電気力線の関係はアタマに入れておいてくださいね。
あとあとコンデンサーを学ぶときに役立ちますよ。



球面の
ある1 m²に着目



球面全体で
考える

球の表面積は$4\pi r^2$〔m²〕
よって，球面全体を貫く
電気力線の本数は
$4\pi r^2\times k\dfrac{Q}{r^2}=4\pi kQ$〔本〕

電気力線のきまりより
1 m²あたり$E=k\dfrac{Q}{r^2}$〔本〕の
電気力線をかく

$+Q$〔C〕の点電荷からは
$4\pi kQ$〔本〕の電気力線が
出ている！

ここまでやったら
別冊 P. 7へ