

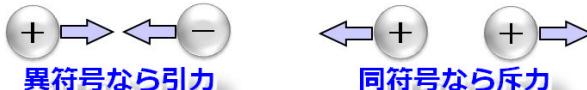
# 1. 電荷とクーロンの法則

**電荷とクーロンの法則**

**電荷**：物体が帯びている**電気**  
正と負の2種類



**電気力**：電荷の間に働く力（クーロン力）



**異符号なら引力**      **同符号なら斥力**

**クーロンの法則**：2つの電荷が及ぼしあう電気力の関係

$$\frac{F}{Q_1 Q_2} \propto \frac{1}{r^2}$$
      **クーロン力**  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$        $\left( k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)$

$$k = 8.9876 \times 10^9 \left[ \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{A}^2 \cdot \text{s}^2 \right]$$
  

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \left[ \text{C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2 \right]$$

1. これから電磁気学の勉強を始めます。
2. 私たちは日常生活の中で、2つの物をこすりあわせると静電気が生まれることを経験しています。
3. このように物体が帯びている電気のことを電荷と呼びます。
4. 電荷には正（プラス）と負（マイナス）の2種類があります。
5. 摩擦によってどちらの物体に正の電荷が生じ、また、負の電荷が生ずるかは、こすり合せる物質の種類によって異なります。
6. 電荷の大きさの単位は、1秒間に1アンペアの電流によって運ばれる電気量で定義され、それはクーロンと呼ばれています。
7. こすり合わせた2つの物体が互いに引き合うことから分かるように、電荷の間には電気的な力が働きます。
1. From now, we study electromagnetism.
2. In our daily life, we often experience that, when two objects are rubbed together, electromagnetic interaction occurs between them.
3. In such a case, we say that the objects have electric charge.
4. There are two kinds of electric charge, that is, positive and negative.
5. Whether the charge is positive or negative depends on the kinds of rubbing materials.
6. The unit of charge is defined as the quantity carried by an electric current of 1 ampere through the cross-section of a conductor within one second. This unit is called coulomb.
7. After two objects are rubbed against each other, they attract each other, namely, an electric force works between electric charges.

8. このような電荷の間に働く引力や斥力を、  
電気力、またはクーロン力といいます。 8. The attractive and repulsive forces working between charges are called electrostatic forces or Coulomb forces.
9. このように2つの電荷が近くにあったとき、  
異符号なら引力に、同符号なら斥力が働き  
ます。 9. When two charges exist in close proximity, charges with different signs creates an attractive force and those with similar signs creates a repulsive force.
10. このような力の大きさを与える法則にクーロンの法則があります。 10. There is a law called Coulomb's law, which gives the magnitude of this force.
11. クーロンの法則は、電荷  $Q_1, Q_2$  [C] の間に働く  
力  $F$  [N] は、2つの電荷の積に比例し、距離  $r$  [m] の2乗に反比例することを示しています。 11. Coulomb's law states that the magnitude of the electrostatic force  $F$  [N] between two electric charges  $Q_1, Q_2$  [C] is proportional to the product of the magnitudes of each of the charges and inversely proportional to the square of the distance  $r$  [m] between two charges.
12. また、比例定数  $k$  は  $1/4\pi\epsilon_0$  であり、これをクーロン定数と呼びます。 12. The proportionality constant  $k$  is  $1/4\pi\epsilon_0$ . This constant is called Coulomb's constant.
13. この中の  $\epsilon_0$  は、真空中の誘電率と呼ばれます。 13. The parameter  $\epsilon_0$  is called the vacuum permittivity.

## キーワード

・静電気, 　・電荷, 　・電流, 　・電気量, 　・斥力, 　・引力, 　・真空, 　・誘電率

## 日本語解説

### 題「荷」

「荷」という漢字は、人が物を肩にかつぐ形を表しています。この字を使った言葉に「負荷、出荷、集荷」などがあります。

### 文4 「正」「負」

数学では、零より大きいことを「正（プラス）」、小さいことを「負（マイナス）」といいます。また、対になる電極のうち電位が高い方を「正（プラス）」の極、低い方を「負（マイナス）」の極といいます。

### 文8 「引」「斥」

「引」という漢字は弓をひくことを表しており、「引力」は引き合う力を意味します。その反対が「斥力」です。「斥」の字は「斥ける」とも読むように、物や人を遠ざけることを意味します。

### 文9 「異」

「異」は二つのものの間に違いや差があるときに使います。「異」という漢字は、人が鬼を追い払うために仮面をかぶって両手をあげている姿を表しています。仮面をかぶると恐ろしい別人になるところから、この意味を表すようになったとされています。この字を使った言葉に「異性、異常、異物、異人、差異、驚異」などがあります。本文の「異符号」のように、「異」の字が語頭につくと、次に続く語が異なるものを内包することを表します。(例:「異次元」「異空間」「異種目」)

### 文9 「同」

「同」は二つのものの間に違いや差がないときに使います。「同」という漢字は、2本の箇の直径があうことを表しています。この字を使った言葉に、「同一、同胞、同行、同伴、同盟、共同、合同」などがあります。

### 文13 「真空」

その空間に物質がないことが認められるような状態を「真空」といいます。

### 文13 「誘」

「誘」という漢字は「誘う」、「誘う」と読み、あることをするように勧めたり、勧めてともに行くこと、また、ある行為をするような気分にさせることを意味します。この字を使った言葉に「誘引、誘因、誘拐、誘発、誘致、勧誘」などがあります。

## 2. 電場

### 電場

**電場E : 電気的に歪んだ空間のこと**

**E**

**Q**  $\rightarrow$  **F**

**E = F/Q** **電場(電界)**

**電場E内で電荷qが受ける電気力**

**F = QE**

→ 単位電荷 (+1[C]) に対して働く力

[例] 電荷Qからrの位置の電場E(クーロンの法則による)

**Q**  $\leftarrow$  **r**  $\rightarrow$  **E**

**I[C]**

**E(r) = k Q r / r^2 = Q / 4πε₀ r^2 r**

1. 電荷があると、その周りにクーロン力を生じる空間が出来ます。
2. このように電気的に歪んだある空間を、電場あるいは電界と呼び、記号**E**で表します。
3. 電磁気学では、電場とは+1[C]の電荷に作用する電気力の大きさをもつベクトルとして定義されます。
4. たとえば、 $Q$  [C]の電荷に $F$  [N]の力が働くような電場の大きさは、 $F/Q$  [N/C]で定義されます。
5. また、クーロンの法則を用いると、電荷 $Q$  の周りに作られる電場が計算できます。
6. 電荷 $Q$  [C]から距離 $r$  の位置に+1[C]の電荷を置いたとすると、クーロンの法則により、これに働く力の大きさは  $Q/4\pi\epsilon_0 r^2$  ( $\mathbf{r}/r$ )となりますから、電場はこの
1. The space surrounding an electric charge exerts Coulomb's force on other electrically charged objects.
- A vector space with such an electrical property is called an electric field and expressed by the notation **E**.
- In electromagnetism, the electric field is defined as an electric force vector which exerts on a charge of +1 [C].
- For example, when a force of  $F$  [N] exerts on a charge of  $Q$  [C], the magnitude of the electric field is defined as  $F/Q$  [N/C].
- We can obtain the electric field around charge  $Q$  using Coulomb's law.
- Suppose that there is a charge of +1[C] at a distance  $r$  from a charge of  $Q$  [C]. From Coulomb's law, the force exerted to this charge is obtained as  $Q/4\pi\epsilon_0 r^2$  ( $\mathbf{r}/r$ ). Therefore,

式で与えられます。

7.  $\mathbf{r}/r$  は  $r$  方向の単位ベクトルで、電場の向きを表しています。

the magnitude of the electric field is given by this expression.

$\mathbf{r}/r$  is a unit vector in the  $r$  direction and represents the direction of the electric field.

## キーワード

・電場, 　・電界

## 日本語解説

### 題「電場」

物理学では、「磁場」や「重力場」のように、英語fieldの訳語として「場」を使います。「場」という漢字は「場」とも読みます。「市場」は「市場」とも読み、「工場」も「工場」とも読みます。この場合、前者は後者に比べて規模の小さいものを指します。また、「稽古場」、「洗い場」、「風呂場」など、古くからある言葉には「場」がつき、「駐車場」、「競馬場」、「野球場」など、明治時代以降の言葉には「じょう」がつく傾向があります。場所を表す漢字には「庭」があり、「学びの庭」(=学校)、「戦の庭」(=戦場)のように、その場所での人間の行動を示す場合に使われました。現在の「場」はこの「庭」の転用です。その場所の広がりを示す場合には「場」が使われるを考えるといいかもしれません。

### 文2 「電界」

「界」も英語 field の訳語です。「界」という漢字は「田」と「介」からなります。「介」は体と体をはつきりと区切る鎧を表し、「界」は田と田をはつきりと区切ることを表しています。そこから、区切られた空間を意味するようになりました。したがって、「電界」という言葉は、電気的な力が働く空間のことを指しています。「界」という字を使った言葉に「限界、世界、境界、外界、界限」などがあります。

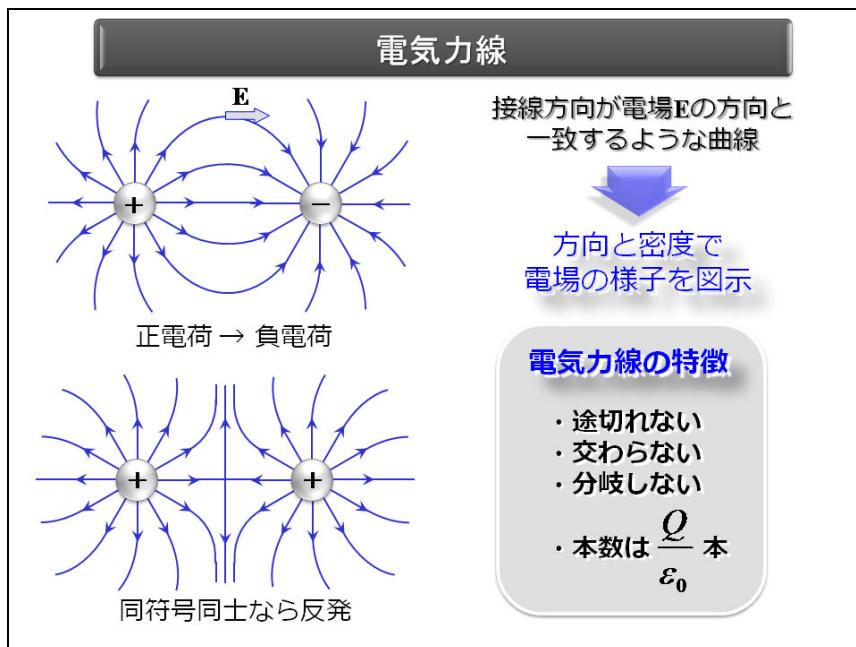
### 文3 「AはBとして定義されます」

### 文4 「AはBで定義されます」

どちらも定義を表す文型です。

☞ 「講義に役立つ日本語」

### 3. 電気力線



1. ここでは、電気力線と呼ばれる仮想的な線を用いて、電気的に歪んだ空間としての電場の様子を、視覚的に表現する方法について説明します。
2. 電気力線を描くには、いくつかのルールがあります。
3. まず電気力線は正の電荷から負の電荷へと向かう線として描きます。
4. 電気力線の接線方向は、その場所での電場の向きを表しています。
5. もし同符号の電荷、例えばこのように2つの正電荷があれば、反発する形で描かれます。
6. 電気力線の特徴として、電荷のないところで途切れたり、2つ以上の電気力線が交わったり、分岐したりすることはありません。
7. 電気力線の本数は電荷量に比例するように
1. I will explain a method how to visualize an electrically distorted field using virtual lines called electric field lines.
2. There are several rules to drawing electric field lines.
3. Lines start from positive charges and end on negative charges.
4. The tangential line of an electric field line shows the direction of the electric field at this point.
5. If two charges of the same sign, for example, two positive charges exist, the electric field line curves showing the repulsive action.
6. Electric field lines never end at the point where there is no charge, never cross each other and never bifurcate.
7. The number of electric field lines is proportional

- 描きます。
8. たとえば、 $Q$  [C] の電荷からは  $Q/\epsilon_0$  本の電気力線がでんきりょくせんで出ます。
9. つまり、電気力線が密な所の電場は強く、逆に疎な所の電場は弱いことを表します。
8. to the quantity of charge.
- For example, the number of lines from a charge of  $Q$  [C] is  $Q/\epsilon_0$ .
- Namely, the electric field is strong at the point where line density is high and weak at the point where line density is low.

## キーワード

- 電気力線

## 日本語解説

### 文1 「仮想的」

仮に考えること、仮に想定することを「仮想」といいます。「假」という漢字は、とりあえずそれと決めること、永久でないこと、本物でないことを表しています。この字を使った言葉に「仮構、仮称、仮説、仮眠、仮免許、仮病」などがあります。

### 文6 「分岐」

鉄道・道などがそこからわかれることを「分岐」といいます。「岐」という漢字は、「山」と「支」からなり、「支」は枝を表します。つまり、山の枝道、分かれ道の意味を表します。「岐」の字を使った言葉に「岐路」があり、「人生の岐路に立つ」のように使います。

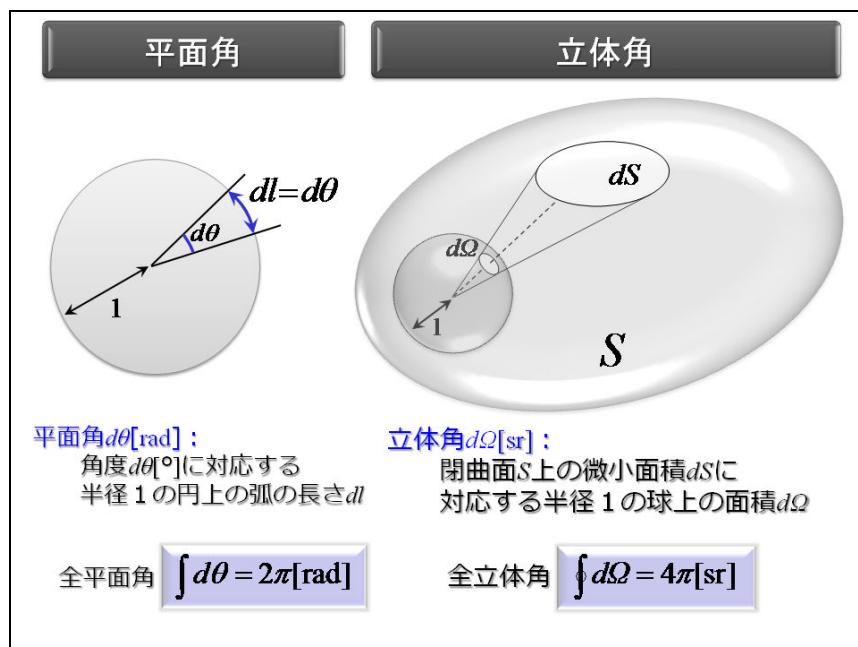
### 文9 「密」

「密」という漢字は、ひっそりしている山を表し、ひそかだという意味を持ちます。また、「必」という部分から、すきまがないことを表しています。(1) ひそかだ、ぴったりと閉ざして外側から見えないという意味でこの字を使う言葉に「密議、密航、秘密、内密、」などがあります。(2) すきまがないこと、関係がちかしいことを表す言葉に「密接、密着、密度、親密」があります。

### 文9 「疎」

「疎」という漢字は、あらいこと、まばらなことを表し、「密」の(2)の意味と反対になります。したがって、「疎密」という言葉は、密度があらいことと細かいことを意味します。また、「疎」という漢字には、おろそかなこと、うとんじることを表す意味もあり、この字を使った「疎遠、疎外、疎隔」などという言葉もあります。

## 4. 平面角と立体角



- さきほど電場を求めるときに、クーロンの法則を用いました。
- しかしクーロンの法則は、あくまでも2つの電荷間の電気力を表すものです。
- そのため、電荷の分布が複雑になってくると、クーロンの法則は使いにくくなってきます。
- それに対し、数学的に使いやすい一般的な理論に、ガウスの法則というものがあります。
- このガウスの法則は、空間中の適当な閉曲面内にある電荷と、その閉曲面上の電場を結びつける法則です。
- 閉曲面とは、空間の中で閉じた曲面ですから、卵のようなものを想像してみてください。
- この法則を説明する準備として、ここでは立体角を説明します。
- We used Coulomb's law to find an electric field.
- Coulomb's law gives an electric force between two charges.
- Therefore, it becomes difficult to apply Coulomb's law to a field with a complicated distribution of charges.
- On the other hand, there is a general law called Gauss's law which is easy to apply mathematically.
- This Gauss's law relates the distributed electric charge in a closed surface to the electric field on the closed surface.
- A closed surface means a curved surface in space like an egg.
- In preparation for explaining this law, I will explain a solid angle.

8. 立体角とは、2次元における角度の概念を、3次元に拡張したものです。 8. The solid angle is a concept which is an extension of an angle in a two dimensional plane.
9. そこで、まずは平面上における角度を復習してみましょう。 9. First, let's review an angle in a plane.
10. 平面での角度とは、平面上の同一の点から出る2つの半直線の開き具合で表します。 10. An angle in a plane is the figure formed by two rays (half-lines) sharing a common end point.
11. この図でいえば、 $d\theta$  が角度です。 11. In this figure,  $d\theta$  is an angle.
12. この角度は、角の頂点を中心とする半径1の円から、2半直線が切り取った円弧の長さで表すこともできます。 12. This angle can be represented by an arc length in between these two rays, which is a part of a circle with radius of 1.
13. 弧度法を使うと、この円弧の長さ  $dl$  が  $d\theta$  [rad]になります。 13. In a circular measure, the arc length  $dl$  represents  $d\theta$  [rad].
14. また、全平面角は全円周に対応し、 $2\pi$  [rad]となります。 14. The total plane angle corresponds to the circle's circumference and it is  $2\pi$  [rad].
15. これに対して閉曲面  $S$  上の面積  $dS$  が作る立体角とは、空間上のある点から出る半直線が  $dS$  の境界上を動いて作る錐面により切り取られた、半径1の球面上の面積  $d\Omega$  のことをいいます。 15. The solid angle of area  $dS$  on a closed surface  $S$  is equal to the corresponding area on the surface of a sphere with radius 1. This corresponding area is made on the unit surface when a ray passes the boundary of area  $dS$ .
16. 立体角の単位にはステラジアン[sr]が使われます。 16. The unit of solid angle is steradian [sr].
17. また、全立体角は半径1の球の面積に等しいので、 $4\pi$  [sr]となります。 17. The total solid angle is  $4\pi$  [sr] which is equal to the surface area of a sphere of radius 1.

## キーワード

- ・立体角, 　・半直線, 　・弧度法

## 日本語解説

### 題「平面」

「平面」とは、平らな面あるいは表面が平らであるという意味です。数学では、面上のどの2点をとっ

ても、これを結ぶ直線が常にその上にあるような面を「平面」といい、「平面図、平面幾何学、座標平面」などという言葉を使います。一般に、「<sup>へいめんてき</sup>平面的」というと、物事の表面だけで済まし、内部まで深く立ち入らないことを指します。(⇒「立体的」)

### 題「立体」

「立体」とは、3次元空間の一部を占め、幅・奥行・高さを持ち、ひとつのまとまりを形作っているものを指します。一般に、「立体的」というと、物事をさまざまな観点から全体的にとらえることを指します。(⇒「平面的」)

### 文5 「閉」

「閉」という漢字の「才」は木材を表し、門を木のかんぬきでしめる事を表しています。反対に、「開」という漢字の「升」は両手を表し、両手をかけて門をひらくことを表しています。

### 文8 「拡張」

範囲または勢力をひろげて大きくすることを「拡張」といいます。(例:「道路を\_\_\_\_\_する」「領土の\_\_\_\_\_」「軍備\_\_\_\_\_」) (⇒「縮小」)

### 文10 「具合」

物事の仕組みや働きの状態、調子、また、物事のやり方、方法、できあがった様子を「具合」という言葉で表します。本文の「開き具合で表す」とは、どれくらい開いているのかによってその状態を表す、という意味になります。(例:「機械の\_\_\_\_\_が悪い」「病気の\_\_\_\_\_はいかがですか」「勉強の進み\_\_\_\_\_」)

### 文13 「円弧」

連続した円周の一部分を「円弧」または「弧」といいます。「弧」という漢字は、木の弓を表し、弓なりに曲がった線や物を指します。

## 5. ガウスの法則 ほうそく

**ガウスの法則**

**ガウスの法則**

$$\int_S \mathbf{E}_n dS = \frac{\sum Q_i}{\epsilon_0}$$

1. さて、電荷と電場の関係を表すガウスの法則ですが、これには積分形式と微分形式の2つの表し方があります。
2. ここでは、積分形式について説明します。
3. まず静電場中において、ある適当な閉曲面  $S$  を考えます。
4. ここで、 $\mathbf{E}$  は閉曲面上のある点における電場で、 $\mathbf{E}_n$  はその電場  $\mathbf{E}$  の外向き法線方向の成分を表します。
5. ガウスの法則を積分形で表すと、この式のようになります。
6. 左辺は電場の法線方向成分  $\mathbf{E}_n$  を、閉曲面上で全て集めたもので、右辺は閉曲面上に含まれる全電荷を真空中の誘電率で割ったものです。
7. この法則を使えば、電荷分布の対称性がよ
1. There are two ways of expressing Gauss's law showing the relationship between charges and electric fields : an integral form and a differential form.
2. Here, I will explain about the integral form.
3. First, we consider a closed surface  $S$  in a static electric field.
4. Let the electric field at a point on a closed surface be  $\mathbf{E}$  and its outward component be  $\mathbf{E}_n$ .
5. Gauss's law in an integral form is expressed by this expression.
6. The left-hand side is the total sum of the normal component  $\mathbf{E}_n$  of the electric field on the closed surface and the right-hand side is the total charge in the closed surface divided by the vacuum permittivity.
7. If the charge is distributed symmetrically in the

い場合には、電場を簡単に求められます。

space, we can easily obtain the electric field using Gauss's law.

8. 次に、その1つの例題を考えてみましょう。 8.

Next, I will show an example problem.

## キーワード

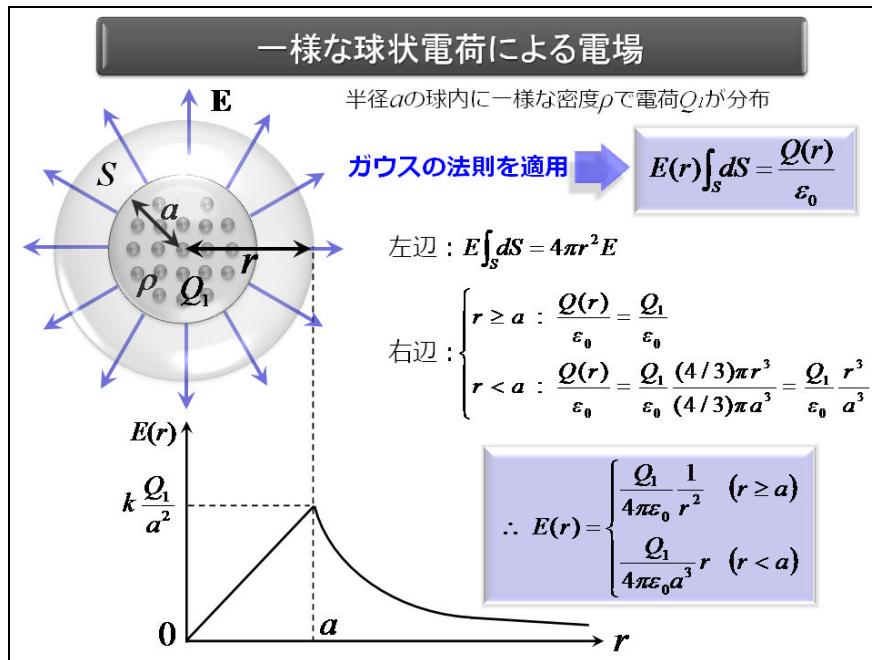
- ・積分形式,
- ・微分形式,
- ・対称性

## 日本語解説

### 文7 「対称性」

ある変換に関して不変である性質のことを「対称性」といいます。「対称」とは、二つの図形がひとつ  
の直線（点・面）をはさんで向き合う位置にあり、その直線を折り目として折り返す（点を中心として  
反回転する・平面に関して鏡像を作る）ことにより、両者が完全に重なり合うことを意味します。（⇒  
「線対称」・「点対称」・「面对称」）

## 6. 一様な球状電荷による電場



1. 半径  $a$  の球 内部に、電荷  $Q_1$  が 一様な密度  $\rho$  で 分布しているとき、この電荷が作る電場を 求めます。

2. ここで閉曲面  $S$  として、半径  $a$  の球と 中心 を等しくする半径  $r$  の球を考えます。

3. この閉曲面  $S$  にガウスの法則を適用すると、 このようになります。

4. まず、左辺を計算すると、閉曲面  $S$  の表面積 と 電場  $E$  を掛けたものになります。

5. 次に、右辺を計算すると、 $r$  が  $a$  より 大きいときは、閉曲面  $S$  内の全電荷は  $Q_1$  なので、  $Q_1/\epsilon_0$  となります。

6.  $r$  が  $a$  より 小さいときは、閉曲面  $S$  内の 全電荷は、半径  $a$  の球と閉曲面  $S$  の体積比  $r^3/a^3$  を  $Q_1/\epsilon_0$  に掛けたものになるので、このようになります。

1. Suppose that charge  $Q_1$  is distributed with a uniform density in a sphere with radius  $a$ . We derive the electric field made by this charge.

As a closed surface, we consider a sphere with radius  $r$  which has the center at the center of the sphere with radius  $a$ .

Gauss's law is written like this for this closed surface.

The left-hand side is the product of the area of the closed surface and the electric field  $E$ .

Next, the right-hand side is obtained as follows.

When  $r$  is greater than  $a$ , it is  $Q_1/\epsilon_0$  because the total charge in the closed surface  $S$  is  $Q_1$ .

When  $r$  is smaller than  $a$ , the total charge in the closed surface  $S$  is shown by this which is the product of  $Q_1/\epsilon_0$  and the volume ratio  $r^3/a^3$  between the closed surface  $S$  and sphere

7. これらをガウスの法則の式に代入すると、電場が求められます。
8. グラフで表せば、 $r$  が  $a$  より小さいときに、電場は  $r$  に比例して大きくなっています。 $r$  が  $a$  より大きくなると、電場は  $r$  に反比例して小さくなっています。

with radius  $a$ .

Substituting this into the Gauss's law, we can obtain the electric field.

It is shown by this graph. The electric field increases in proportion to  $r$  when  $r$  is smaller than  $a$  and decreases in inverse proportion to  $r$  when  $r$  is greater than  $a$ .

## 日本語解説

### 題「一様」

(比較・観察の対象が) どれを見てもよく似ており、変わった点がほとんど見られないこと、同一であること、同じさまであることを「一様」といいます。「\_\_\_\_\_に分布する」「\_\_\_\_\_に扱う」などと使います。「同様」もほとんど同じ意味です。

### 文3「適用」

法律・規則などを当てはめて用いることを「適用」といいます。「適」という漢字の「適」は、中心の一点に寄ることを表し、「適」という字は、ある事柄が目的とする一点に寄って行くこと、かなうことを表しています。「適」という字を使った言葉に「適格、適応、適合、適切、適當、快適」などがあります。

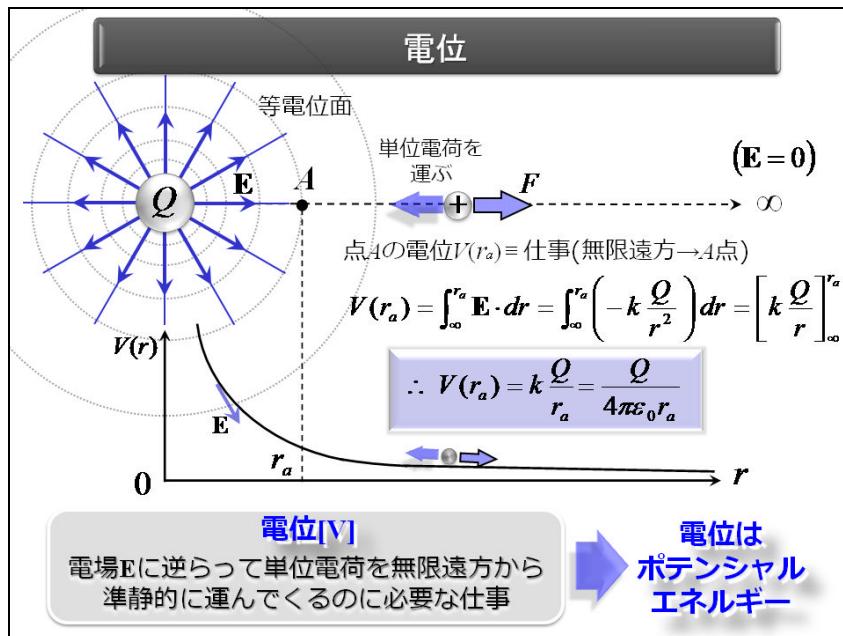
### 文5、文6「全」

「全」が語頭につくと、次に続く語のすべてという意味になります。(例:「全日本」、「全団体」、「全種目」、「全速力」) また、「全」という字には、欠けたところがないという意味もあります。その意味で「全」の字を使った言葉に「完全、安全、保全、健全、万全」などがあります。

### 文7「代入する」

代数式において、ある文字を他の文字・式または数値で置き換えることを「代入する」といいます。「代」の字を使った言葉に「代理、代弁、代償」などがあります。ただし、「代」の字には、「代わる」「代謝」「身の代」と、さまざまな読み方があるので注意してください。

## 7. 電位



1. 次に、電位について説明します。
  2. いま、この図に示すように、正電荷  $Q$  があるとします。
  3. すると、先ほど説明したように、この電荷が作る電場内にある電荷には力が働きます。
  4. たとえば、 $+1[\text{C}]$  の試験電荷を置くと、これには斥力が働きます。
  5. 今、無限遠方からこの斥力に逆らって、試験電荷を A 点まで準静的に運ぶとすると、それには正の仕事をしなければなりません。
  6. このときの仕事量が電位になります。
  7. すなわち、電位とはクーロン力によるポテンシャルエネルギーを表しています。
  8. よって、この場合なら、無限遠方に対して A 点の電位が高いということになります。
  9. 無限遠方の電位を 0 とすると、電位の大きさはこの式のような積分計算をすることで求められます。
1. Next, I will explain about electric potential.
  2. Suppose that there is positive charge  $Q$  as shown in this figure.
  3. Then a force exerts to another charge put in this electric field as explained before.
  4. For example, if we put a trial charge of  $+1 [\text{C}]$ , a repulsive force works to this.
  5. In order to bring this trial charge from the infinity to point A quasi-statically, a positive work is necessary.
  6. This amount of work is the electric potential.
  7. Namely, the electric potential is the potential energy made by Coulomb's force.
  8. Therefore, in this case, the electric potential at point A is higher than the infinity.
  9. If we assume that the electric potential at the infinity is zero, the magnitude of the electric potential is obtained by this integration.

10. この例では、電位はこの曲線のような形で与えられ、電荷に近づいていくと電位は無限大になります。

11. 電位の大きさはボルト[V]で表します。

12. なお、電荷  $Q$  は空間中に存在するため、破線で表された等電位面は、実際には球になります。

10. In this example, the electric potential is expressed by this curve graphically. As the position approached to the charge, the magnitude becomes infinity.

11. The unit of electric potential is volt [V].

12. Since charge  $Q$  exists in space, the equi-potential lines shown by broken lines are spheres.

## キーワード

・電位, 　・試験電荷, 　・準静的, 　・等電位面

## 日本語解説

### 題「電位」

電気的な観点から見たときのその点の高さを「電位」といいます。「電気的な高さ」は、単位電荷を基準となる点からその点まで運ぶのに要するエネルギー量に基づいて定めます。水が水位の差に従って流れるように、電流も電位の高いところから低いところに流れます。

### 文5「無限」、文10「無限大」

「無限」とは、限りがないこと、どこまでもつづることを意味します。(⇒「有限」)

また、「無限大」とは、限りなく大きなことを意味します。数学では、変数の絶対値がどんな正数よりも大きくなることを「無限大」といいます。(⇒「無限小」)

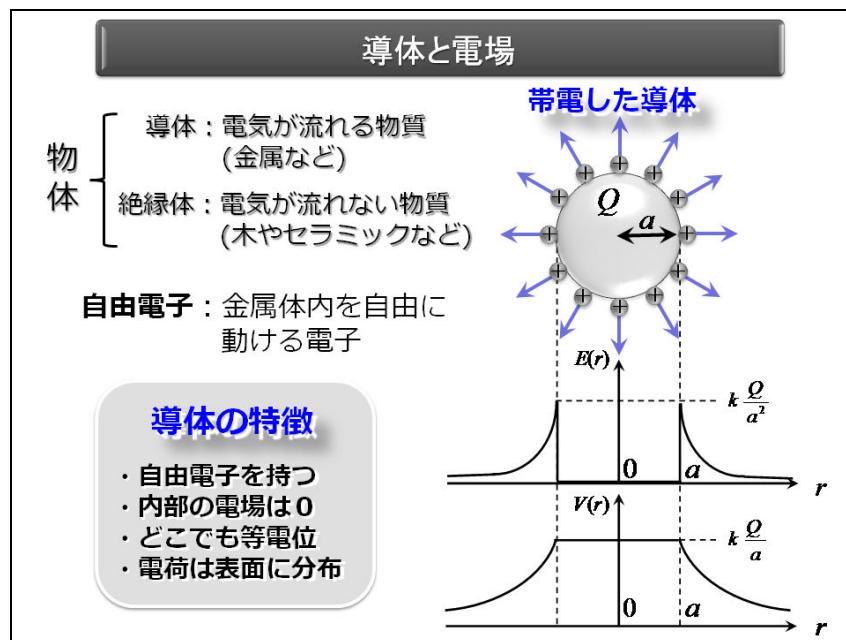
### 文5「準」

「準」という字を前につけて、主ではないが、その次に位することを「準」(「准」)で表します。例えば、「準決勝、準社員、準会員、准教授」などです。本文の「準静的」とは、完全に静的ではないが、それに準じる状況という意味です。また、「準」という漢字には、自當てや依りどころとなるもの、自當てや依りどころとなるものに比べ、それに合わせることという意味があります。この意味の言葉に「基準、標準、準拠、準備」があります。

### 文12「等」

「等」という字を語頭につけて、同じであることを表します。本文の「等電位面」とは、面の中ではどこも同じ電位であるという意味です。他に、「等間隔、等距離、等質、等速度」などがあります。

## 8. 導体と電場



1. ここまででは、電荷、すなわち電気自体について説明してきました。
2. ここからは、その電荷を持った物体について考えていきます。
3. 物体は2つの種類に分けられます。
4. それは、導体と絶縁体です。
5. 導体とは電気が流れる物体の総称で、主に金属があります。
6. 逆に、絶縁体は、電気を通さない物体の総称で、木やセラミックなどが挙げられます。
7. 金属が電気を通すのは、その内部に自由電子を持つからです。
8. 自由電子とは、金属体内を自由に動ける電子のことです。
1. Until now, I explained about charge.
2. From now, I will explain about materials which have charge.
3. Materials are classified into two groups.
4. They are conductors and insulators.
5. A conductor is a collective term for all materials in which electric current flows. Metal is a representative example.
6. On the contrary, an insulator is a collective term for all materials that resist the flow of electric current. Wood and ceramics are examples.
7. Electric current flows because metal has free electrons inside it,
8. A free electron is an electron which can move freely inside metals.

9. 帯電した導体の中で自由電子は互いに反発 9. In a charged conductor, free electrons repulse each other, therefore, they distribute only on the surface.
- しあい、導体の表面にのみ分布します。
10. よって、導体内部の電場は 0 になります。 10. Therefore, the electric field inside the conductor is zero.
11. というのも、もし導体内に電場があれば、その向きに電荷が流れて打ち消してしまうからです。
12. 言い換えれば、導体内部の電場が 0 になるように、電荷が導体表面に分布するわけです。
13. 内部に電場がないわけですから、導体内はどこも等電位になります。
14. 以上の説明をグラフに表すと、このようになります。
11. This is because, if there is an electric field inside a conductor, charges move and they cancel the field.
12. In other words, charges distribute on the surface to make the electric field inside zero.
13. Since there is no electric field inside, the inside of the conductor is equi-potential.
14. This explanation can be shown graphically like this.

## キーワード

- ・金属,
- ・導体,
- ・絶縁体

## 日本語解説

### 文4 「絶縁」

「絶縁体」は電気を伝えない物体のことをいいますが、一般に「絶縁」とは、人と人との関係を断ち切ることを指します。「縁」とは、関係やつきあい、肉親や夫婦のつながりを指します。例えば、「お金に縁がない」とか、「縁あってめぐり会う」、「親子の縁」というように使います。「縁」の字を使った言葉に「縁起、縁談、血縁、地縁、因縁」などがあります。

## 9. 平行板コンデンサ

### 平行板コンデンサ

**コンデンサ：2枚の導体極板で電荷を蓄える装置**

**電荷量**

$$Q = CV$$

面積 $A$ の2枚の極板に電荷 $\pm Q$ が分布

電荷分布の面密度  $\sigma = \frac{Q}{A}$

静電容量 $C$ ：大  $\rightarrow$  電気量 $Q$ ：大

面積 $A$

+Q

V

-Q

$E$

$d$

極板間電場の強さ  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$

極板間電位  $V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$

$\therefore Q = \frac{\epsilon_0 A}{d} V$

**平行板コンデンサの静電容量**

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

1. 最後に、コンデンサについて考えてみましょう。
  2. コンデンサとは2個の導体を向かい合わせて近づけておき、それぞれに正負の電荷を与えることで、その電荷間の引力を利用して電荷を蓄える装置です。
  3. その中でも、2枚の金属の板を平行に向かい合わせたものを、特に平行板コンデンサといいます。
  4. 平行板コンデンサに蓄えられる電荷量は、静電容量 $C$ と極板間電位差 $V$ に比例します。
  5. ここでは、その静電容量を求めてみましょう。
  6. 図のように、面積 $A$ の極板2枚に、それぞれ電荷を $+Q$ と $-Q$ だけ与え、これらを距離 $d$ だけ離して置いたとします。
1. Finally, I will explain about capacitors.
  2. A capacitor is an electronic component consisting of a pair of conductors separated in close proximity. It can store charges by keeping positive and negative charges in plates because these charges attract each other. A capacitor with two parallel metal plates is called a parallel-plate capacitor.
  3. The amount of charges stored in a parallel-plate capacitor is proportional to electrostatic capacity (or capacitance)  $C$  and voltage  $V$  between two plates.
  4. Let's derive the electrostatic capacity.
  - As shown in the figure, two parallel conductive plates with area  $A$  and separated by  $d$  have charges  $+Q$  and  $-Q$ , respectively.

7. 電荷は極板に一様な面密度で分布します。 7. The charges are distributed uniformly in the plates.
8. ですから、面密度 $\sigma$ は $Q/A$ と求められます。 8. Therefore, the area density  $\sigma$  is  $Q/A$ .
9. ガウスの法則より、極板間の電場の強さ $E$ は、単位面積あたりの電荷を真空の誘電率で割ったものに等しいため、 $\sigma/\epsilon_0$ で求められます。 9. The intensity  $E$  of the electric field derived from Gauss's law as  $\sigma/\epsilon_0$  is obtained by dividing charge per unit area by the vacuum permittivity.
10. ここから極板間電位 $V$ を求めるとき、これは試験電荷を電場 $E$ に逆らって距離 $d$ だけ運動する仕事に等しいので、これらの積になります。 10. Now we know this, we can obtain the voltage  $V$  between two conductive plate. It is equal to the work necessary to bring a trial charge by the distance  $d$  under the resistance of  $E$ .
11. これを変形した式の係数が、求めるべき静電容量 $C$ となります。 11. Rearranging this expression, we can obtain the electrostatic capacity  $C$ .
12. 静電容量は、極板面積 $A$ に比例し、極板間距離 $d$ に反比例することが分かります。 12. From this, we see that the electrostatic capacity is proportional to the area  $A$  of the plates and inversely proportional to the distance  $d$  between two plates.
13. ここまで電磁気学の知識があれば、コンデンサという実際の工業製品の設計が出来るようになります。 13. Like this, you could design a capacitor, a practical product, with the knowledge of electromagnetism.

## キーワード

- ・コンデンサ,      ④ 静電容量,      ⑤ 平行板,      ⑥ 極板,      ⑦ 面密度,      ⑧ 工業製品,      ⑨ 設計

## 日本語解説

### 文2 「蓄えられる」

「蓄えられる」は「蓄える」の受身形です。金銭・物・体力などを後に役立てるためにためておくことを「蓄える」といいます。「貯える」とも書きます。「蓄」という漢字は、「艸」(草)を「畜」(かばつておく)こと、つまり、越冬のために野菜をためておくことを表しています。「蓄」の字を使った言葉に「蓄積、蓄財、蓄蔵、貯蓄」などがあります。