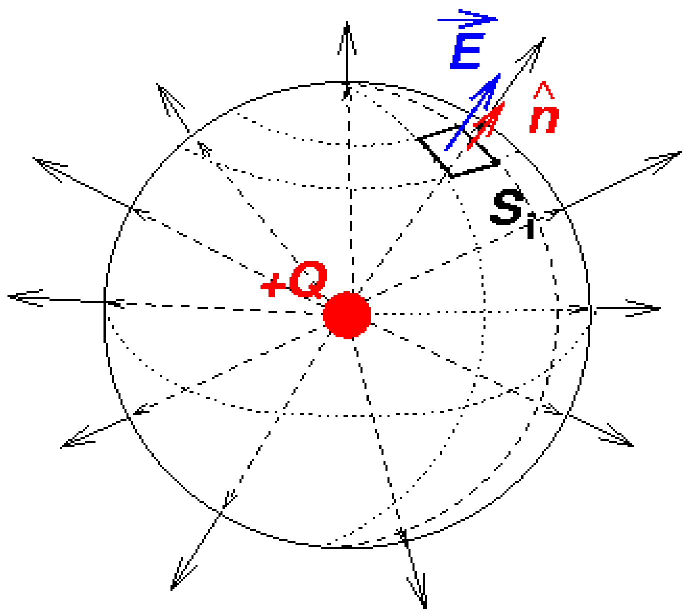
一個の電荷の作る電場　(クーロン場)



電荷を中心とする球面上で

$$\varepsilon_0 \int_S (\vec{E}\cdot\hat{n})dS = Q$$

球面の対称性

$\vec{E}, \vec{r}\,(\hat{r}), \hat{n}$ は全部同じ方向のベクトル

E の大きさは球面上で一定であるから、

$$\varepsilon_0 E \int_S dS = \varepsilon \cdot E \cdot 4\pi r^2 = Q$$

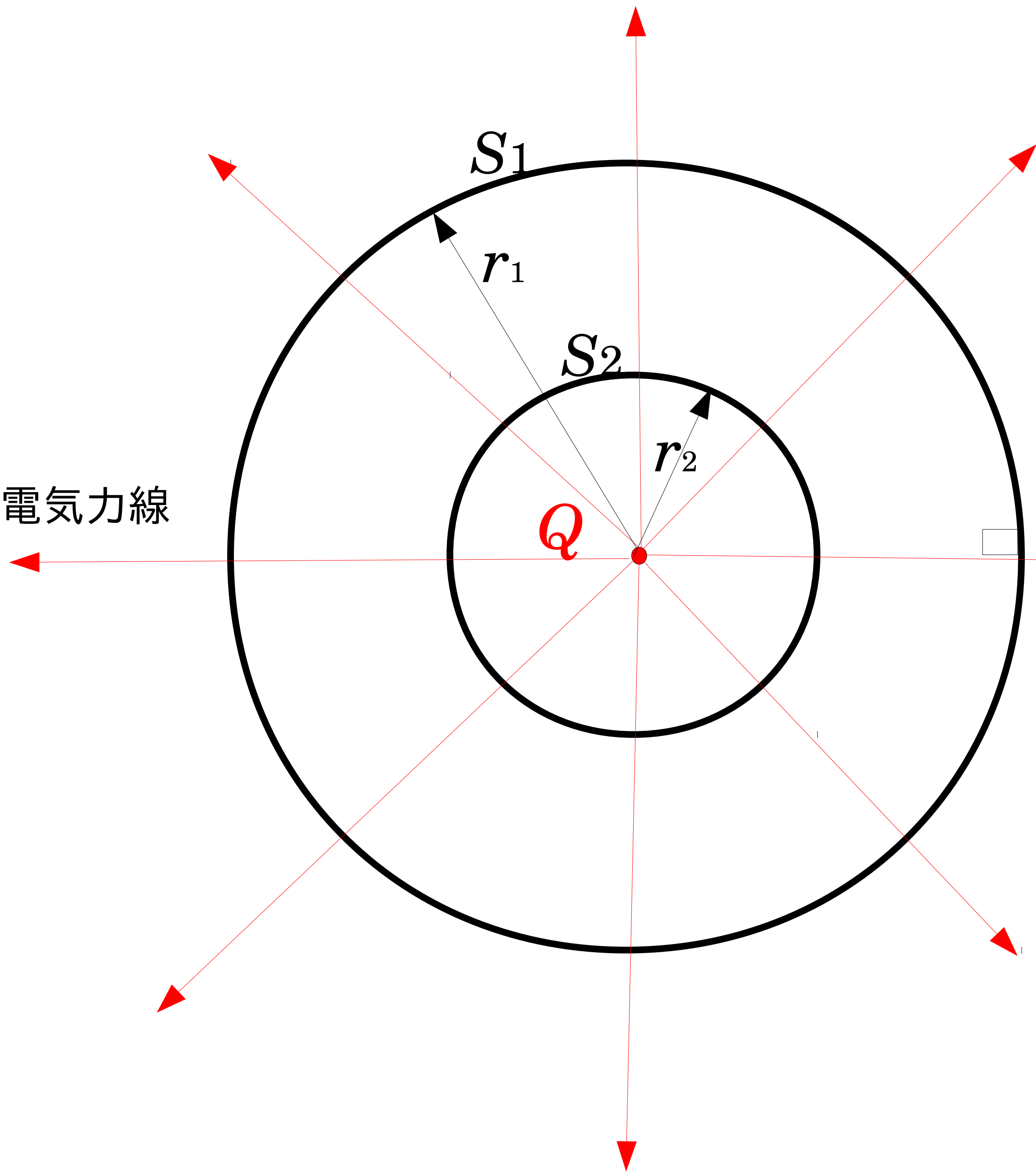
(注意、球の表面積は　$S = 4\pi r^2$)

$$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 4\pi r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r^2}$$

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\hat{r}}{r^2}$$

（ $\vec{E}, \hat{r}$ は全部同じ方向のベクトル ）

(点)電荷Qがつくる電場と電気力線



電荷を中心とする球面と電気力線は垂直

$$N = \varepsilon_0 S \cdot E$$

電荷を中心とする二つの球面があると、
同じ数(N)の電気力線が通る。
なら、二つの球面の上の電場の強さ
E_1 と E_2 には、

$$E_1 \cdot S_1 = E_2 \cdot S_2$$

の関係が成り立つ。つまり、

$$E_1 : E_2 = \frac{1}{S_1} : \frac{1}{S_2} = \frac{1}{4\pi r_1^2} : \frac{1}{4\pi r_2^2}$$

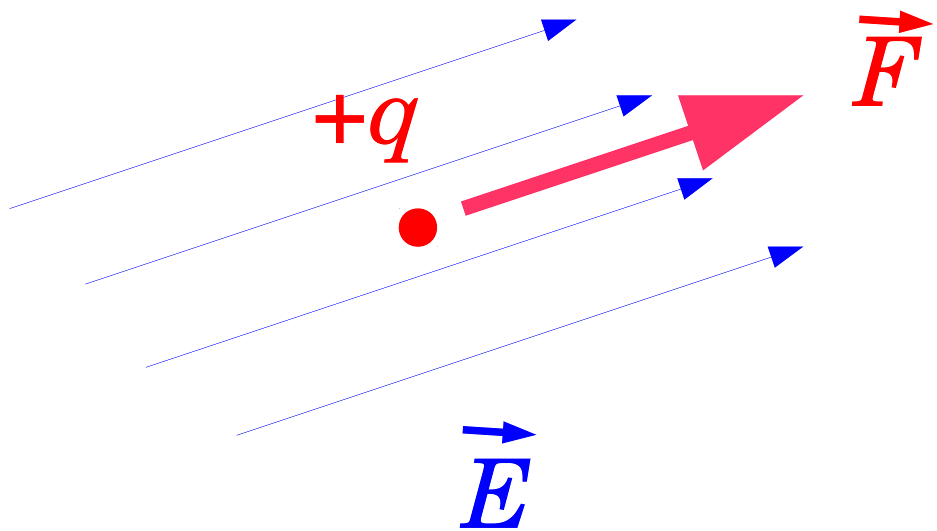
球面上の電場の強さは、表面積と、
そして、半径の2乗に反比例する。

（ $S = 4\pi r^2$ ）

「場」とは、「何か」に、「作用する」空間の性質

「電場」は、「電荷」に、「力」を与える。

(電荷は電場をつくると同時に、電場から力を受ける)



電場 $\vec{E}$ が電荷 q に与える力　　$\vec{F} = q\vec{E}$

クーロンの法則＝二つの電荷に働く力

1, 一つの電荷Qの作る電場（クーロン場）

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\hat{r}}{r^2} \quad \left(= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{r}}{r^3} \right)$$

2, その中で、別の電荷qの受ける力

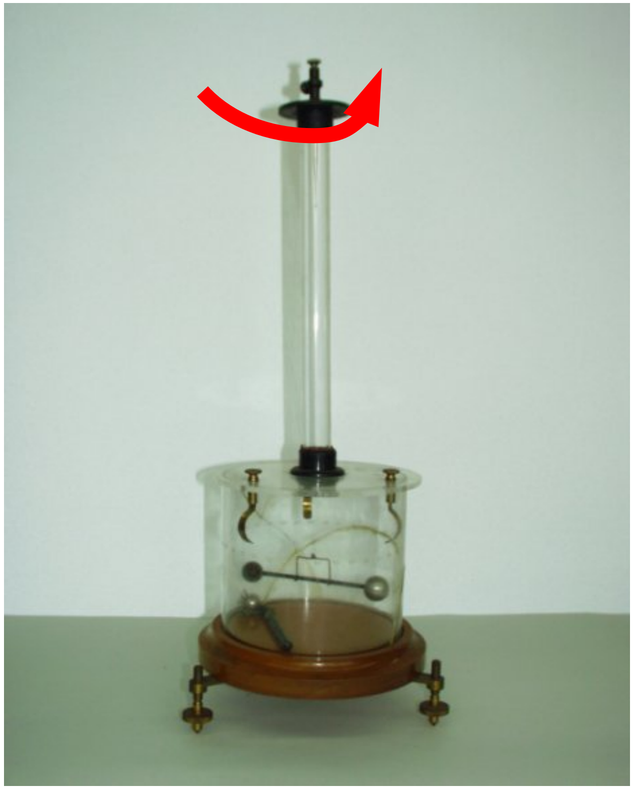
$$\boxed{\vec{F} = q \cdot \vec{E}} = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\hat{r}}{r^2} \quad \left(= \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{r}}{r^3} \right)$$

ベクトルで表されているので、力の方向も同時に表現される。

==> 電場を求めると、力は簡単に推察できる

クーロンの実験

クーロンのねじり秤



旧制新潟高等学校の資料

http://museum-eng.eng.niigata-u.ac.jp/physics/p_niigata.html

2つの電荷には、

1. 同種の電荷には、斥力が
2. 異種の電荷には、引力が働く。
3. その大きさは、それぞれの電荷の積と、距離の二乗に反比例する。

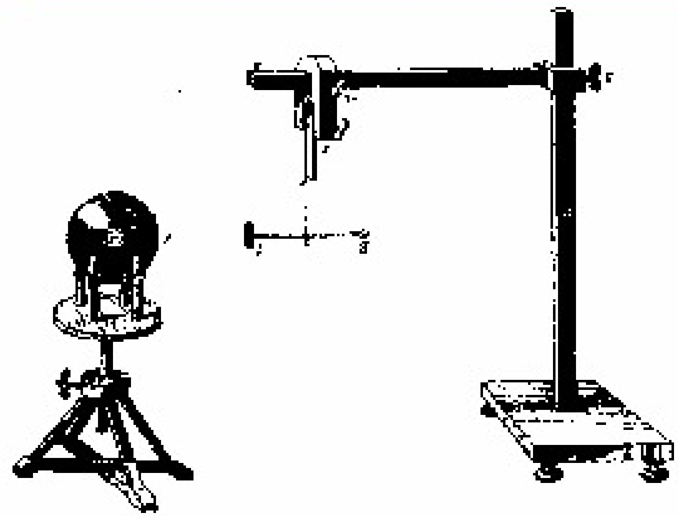
$$F = k \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$$

2 or 2+ε ?

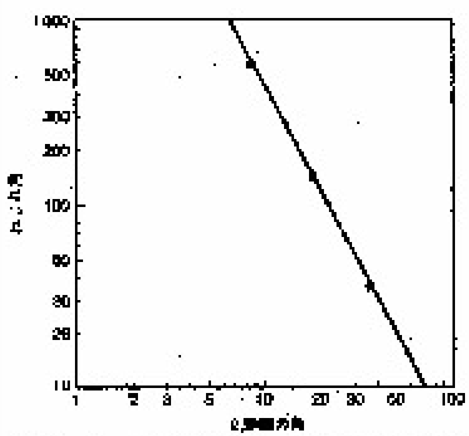
クーロンは、精度の低いの実験と万有引力との類似から結論

精密実験はキャベンディッシュによる。

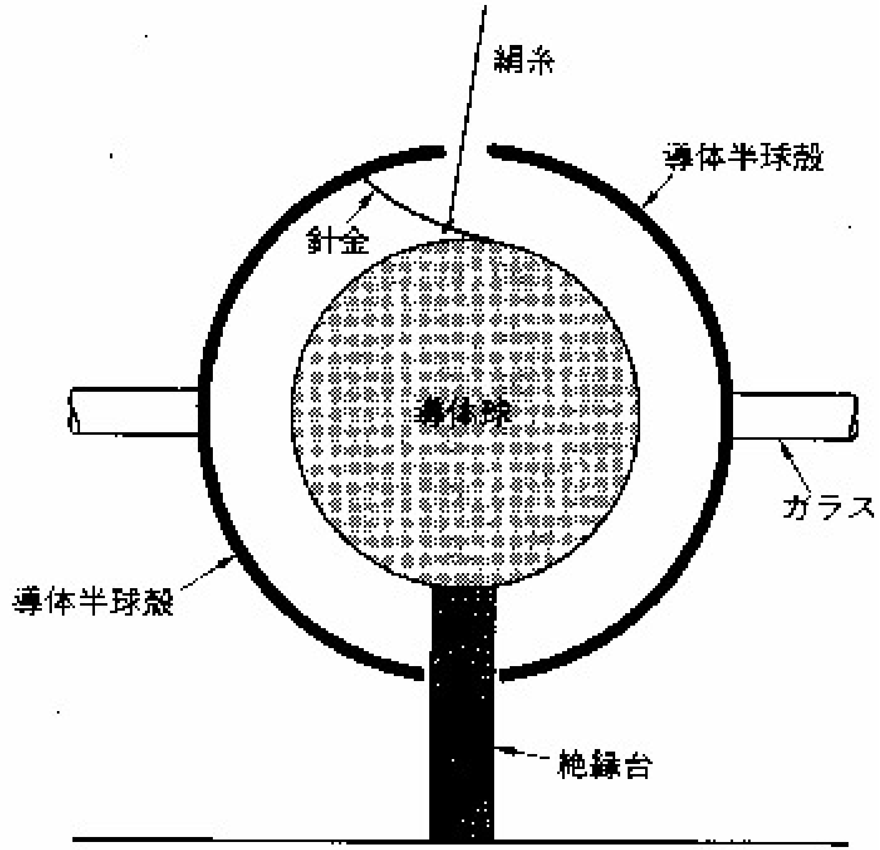
クーロンの実験の問題点とキャベンディッシュの実験



▲図2　クーロンが電気引力の実験に用いた装置



▲図3　クーロンが報告している測定値を対数-対数グラフにプロットした図

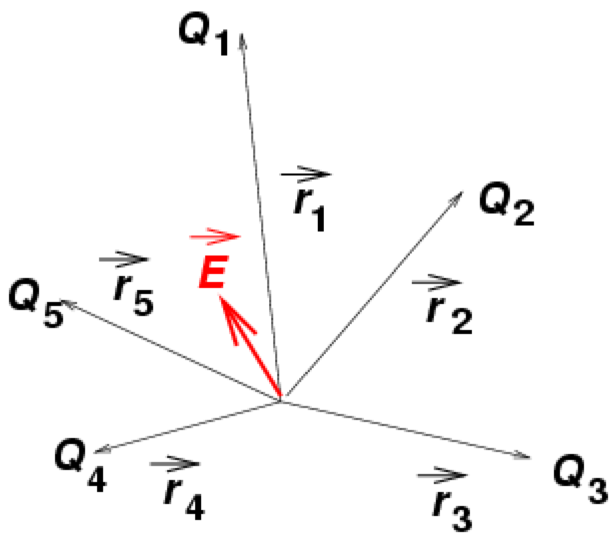


▲図４　キャベンディッシュの実験の略図

内部導体球上の電荷の有無を測定

図の出典：歴史を変えた物理実験」(霜田光一著(丸善))

多数の電荷の作る電場 (重ね合わせの原理)

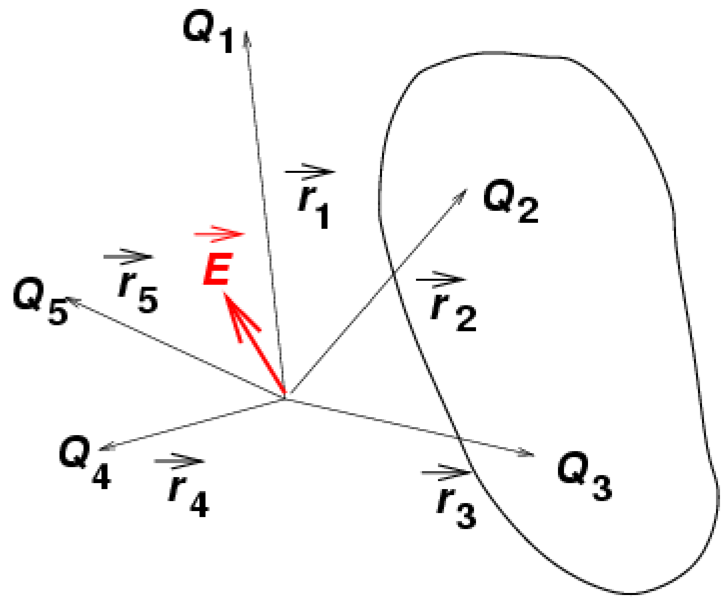


$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i = -\sum_i \frac{Q_i}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\hat{r}_i}{r_i^2}$$

つまり、原理的には、どんな電荷分布でも、(メチャクチャ時間は掛かるが)
計算できる。

でも、ガウスの法則を使うと、あっという間に計算できる場合がある。

多数の電荷がある場合の、ガウスの法則



$$\varepsilon_0 \int_S (\vec{E}\cdot\hat{n})\,dS = Q \qquad\qquad \int_S (\vec{E}\cdot\hat{n})\,dS = 0$$

閉曲面の内側　　　　閉曲面の外側

それぞれ和をとれば、

$$\varepsilon_0 \int_S (\vec{E}\cdot\hat{n})\,dS = \sum_{\text{内側にある電荷}} Q$$