# 電気力と電場

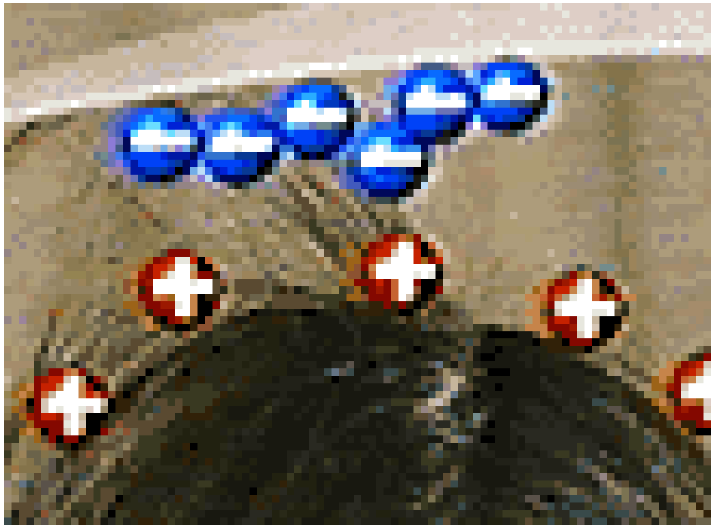
情報物理学A

No. 1

# 本論に入る前に（目標）

- 場（Field）の概念の理解　→　電場、磁場（電界、磁界）
- 最終的な法則　→　Maxwell 方程式

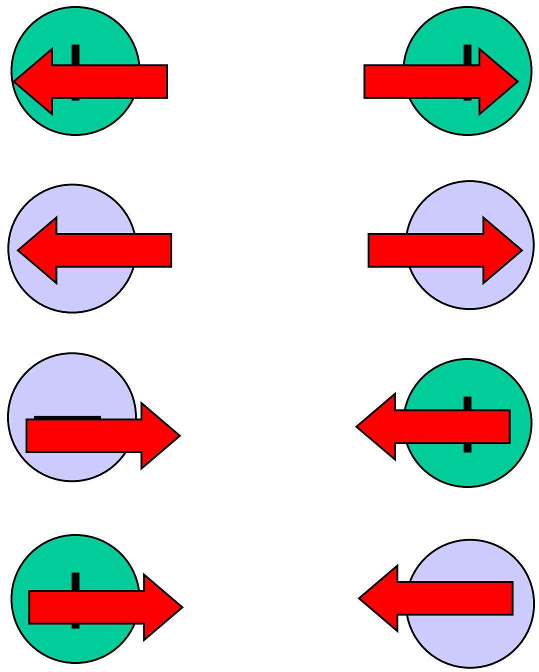

静電気




# クーロンの法則

- 電荷と電荷の間に力が働く
- 電荷　　q　　単位 [C]　クーロン
- 電荷には2種類ある。→　＋と－
- 同符号＝反発力、異符号＝引力。

クーロンの肖像



掛け算の規則
（中学：負の数）

２×３＝６

（－２）×３＝－６

２×（－３）＝－６

（－２）×（－３）＝６

$F$ は $q_1 q_2$ に比例

# 電気的な力の大きさ


近いと力が強い

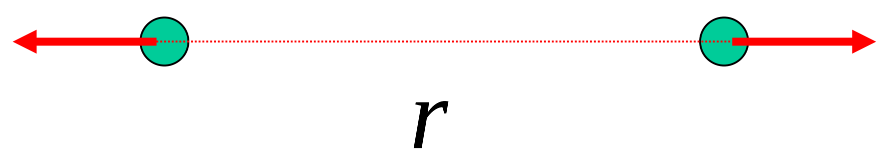

遠いと力が弱い

図 あり

**距離依存性→測定**

図 あり

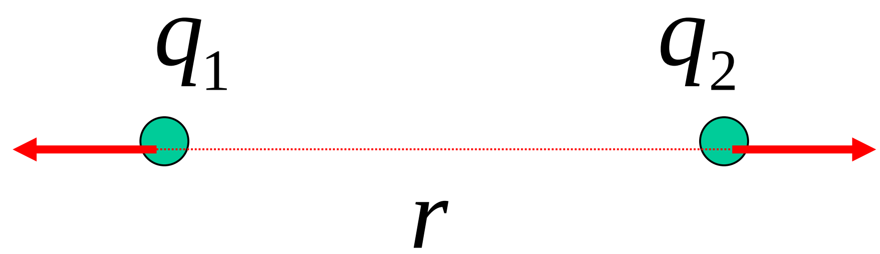
力の大きさ $\dfrac{1}{r^2}$ に比例



# クーロンの法則

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

向きは電荷と
電荷を結ぶ方向




ポテンシャルエネルギー

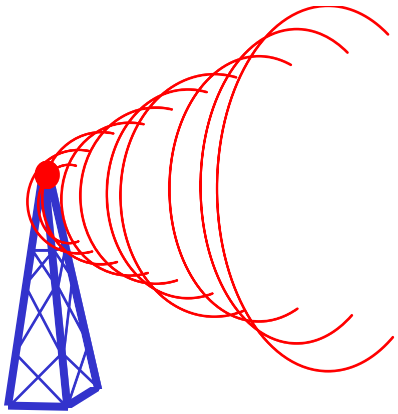
$$U = k\frac{q_1 q_2}{r}$$

比例係数

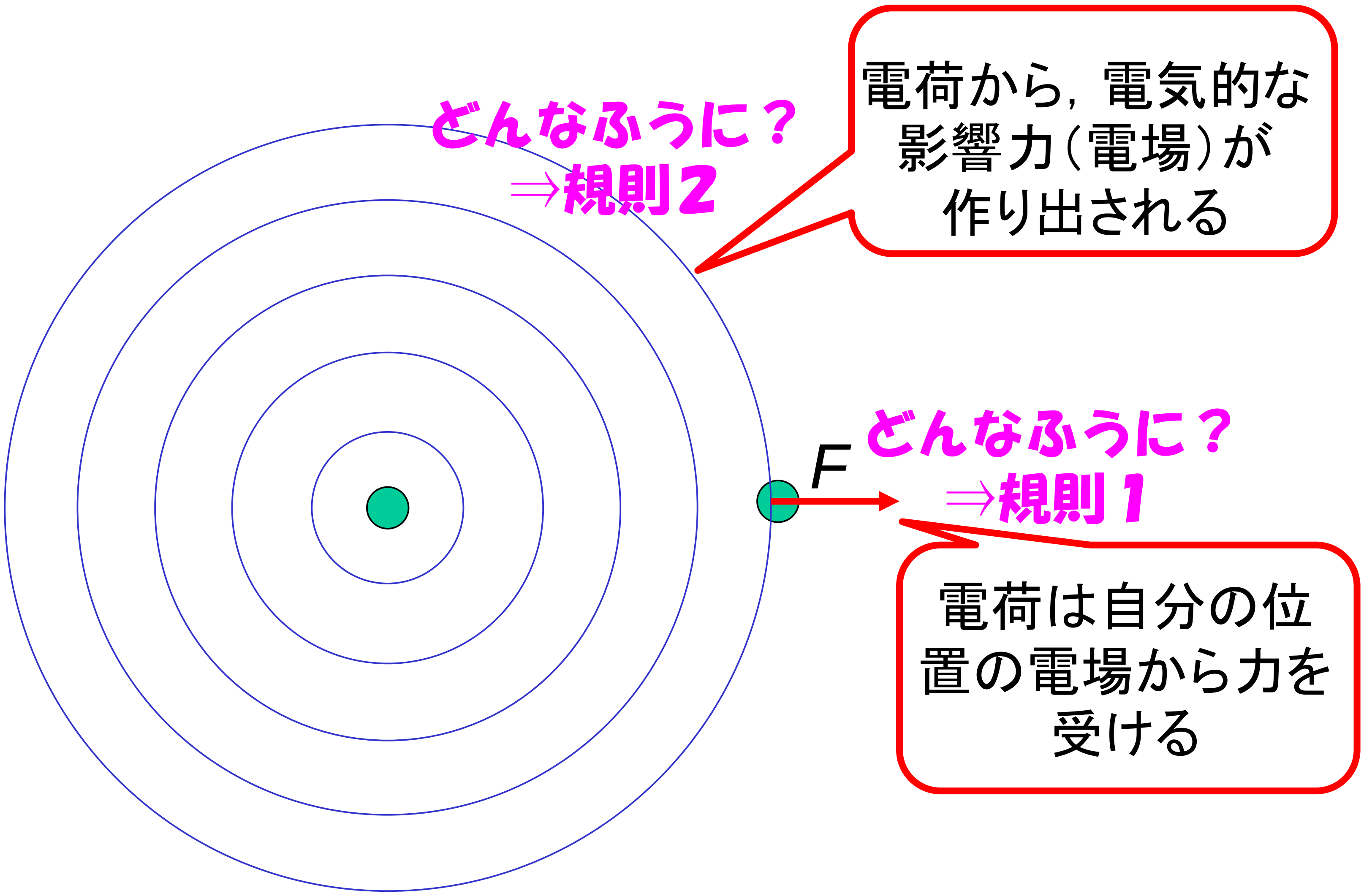
$$k = 9.0 \times 10^9 [\mathrm{Nm}^2 / \mathrm{C}^2]$$

# 場（Field）：現代物理学の中核的概念

**力は場である**
**場は実在である**



- 遠隔作用論vs近接作用論
- 近接作用→電磁波




注意：右と左の電荷の役割を
逆にして考えてもよい

# ［規則１］電場による力

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

電荷qに働く力

電場はベクトル場

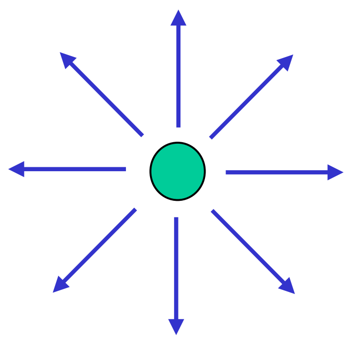
単位　V／m （＝N／C）

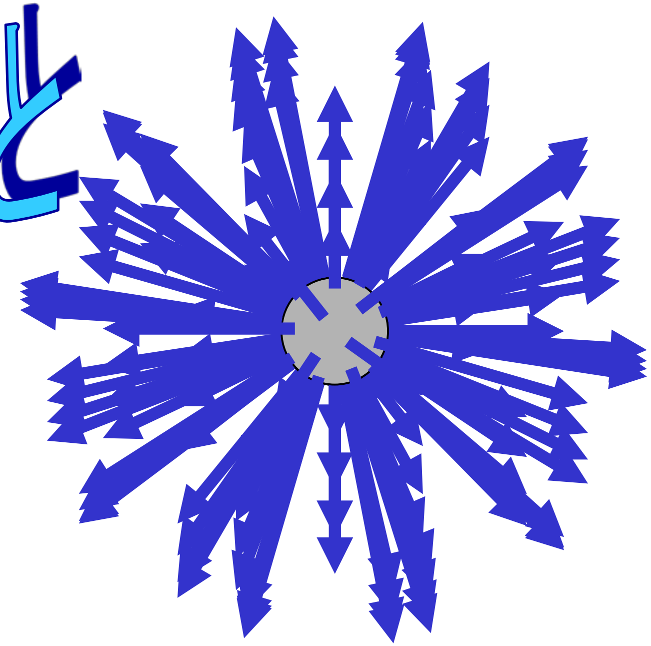
# ［規則2］点電荷の作る電場

電荷 q が原点にあるとき

$$\vec{E} = \begin{cases} \text{大きさ} & k\dfrac{q}{r^2} \\ \text{向き} & \text{電荷から放射状} \end{cases}$$

# 3次元的に考えること





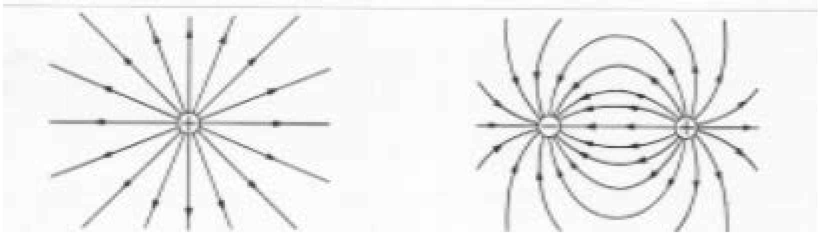
イメージ

栗のイガ

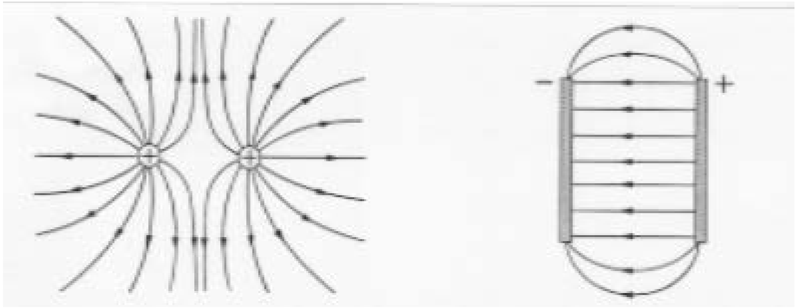
ウニの棘

$$\vec{E} = \begin{cases} \text{大きさ} & k\dfrac{q}{r^2} \\ \text{向き} & \text{電荷から放射状} \end{cases}$$

# 電場の様子



正電荷　　　　正電荷と負電荷




正電荷2個　　　　２つの導体板

# 重ね合わせの原理

電場はベクトル場

複数の電荷の作る電場
⇒ ベクトルとして合成する

電荷は自分が作る電場からは力を受けない

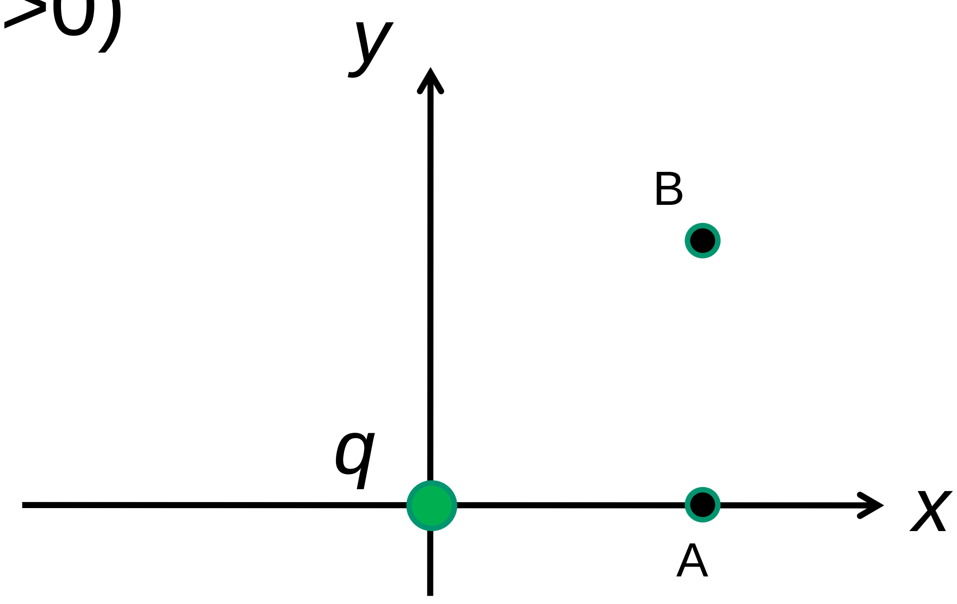
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots$$

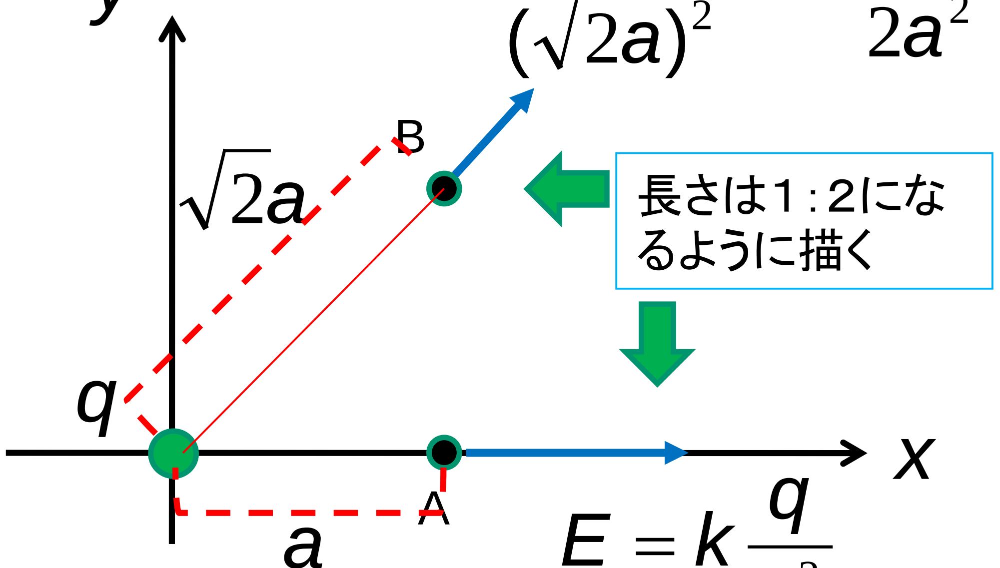
電荷１の作る場　電荷２の作る場　電荷３の作る場

# 練習ー1，ベクトル場

xy平面で，O(0,0)にqがある。A(a,0)および B(a,a)での電場の強さを答え，向きを図中に記入せよ。(a>0, q>0)

**まず図を描く！**





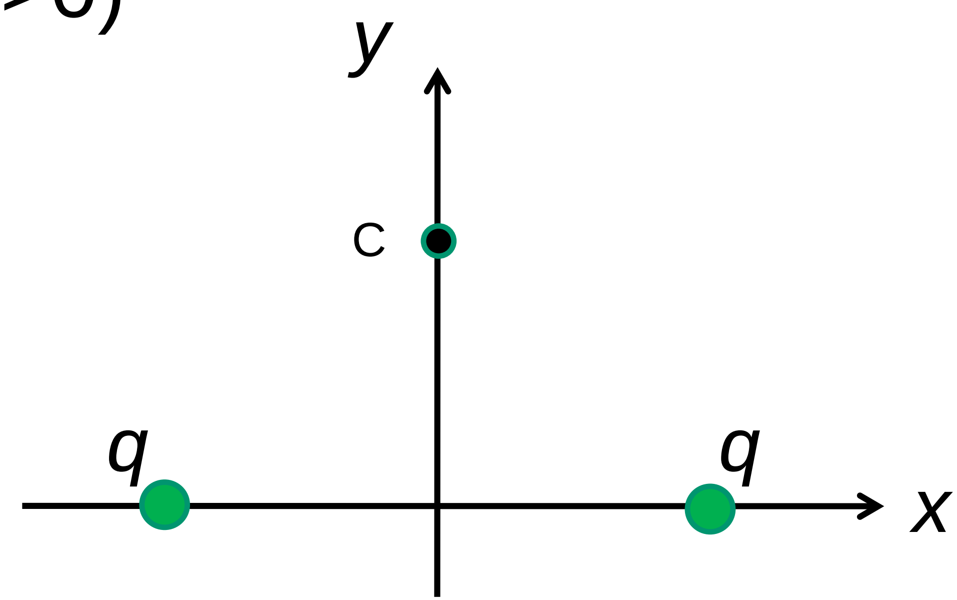

$$E = k\frac{q}{(\sqrt{2}a)^2} = k\frac{q}{2a^2}$$

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

# 練習—2，重ね合わせ

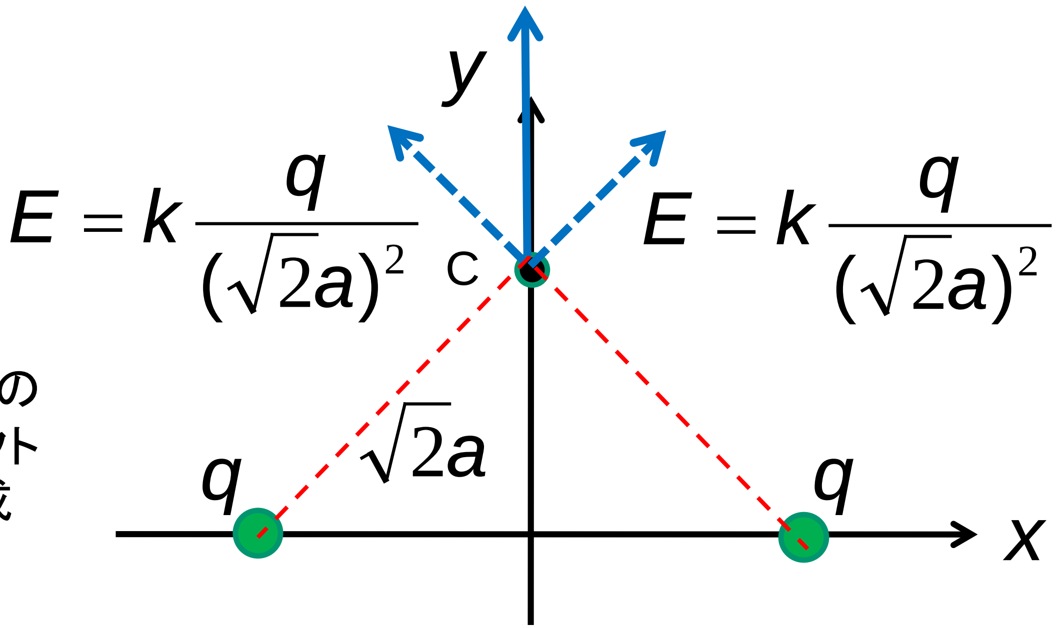
xy平面で，(a,0)および(-a,0)に電荷qがある。C(0,a)での電場の強さを答え，向きを図中に記入せよ。(a>0, q>0)

**まず図を描く！**



C点での電場の強さ

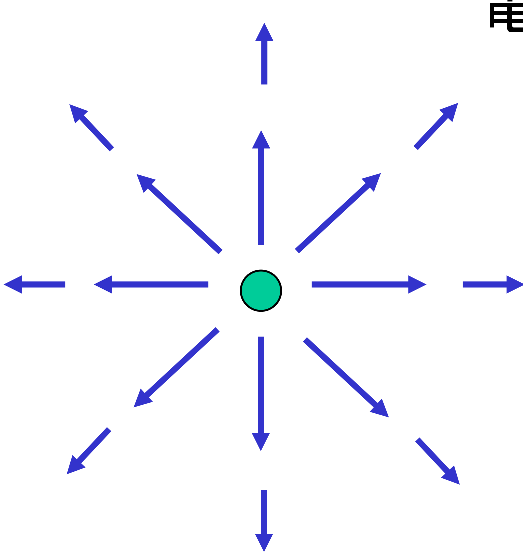
$$E = k\frac{q}{(\sqrt{2}a)^2}\times\sqrt{2} = k\frac{q}{\sqrt{2}a^2}$$




この2つの電場ベクトルを合成

# 電気力線

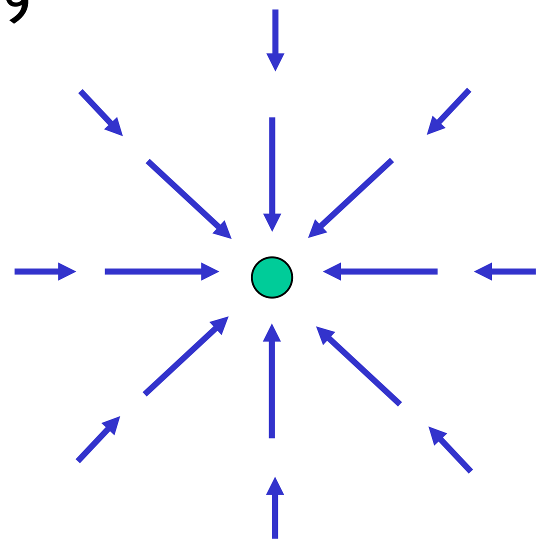
電場ベクトルのようす



正電荷

水の流れ
のよう
（正，負で
向きは逆）

電気力線



負電荷

# 電束密度→ガウスの法則

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

真空誘電率

電気力線の量を表す・・・電束密度ベクトル $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$

点電荷と
半径***r***の球面

$$DS = \left( \varepsilon_0 \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \right) \times \left( 4\pi r^2 \right) = q$$

点電荷***q***の作る電束の量は***q***

**これから電磁気の基本法則の１つである「ガウスの法則」が導かれる**

# ガウスの法則

電場　　←関係→　　電荷

電気現象の基本量　　　　電場の源

任意の電荷分布，任意の閉曲面について

閉曲面の表面を横切る電束 ＝ 閉曲面の内部の電荷から生じる電束

# ガウスの法則

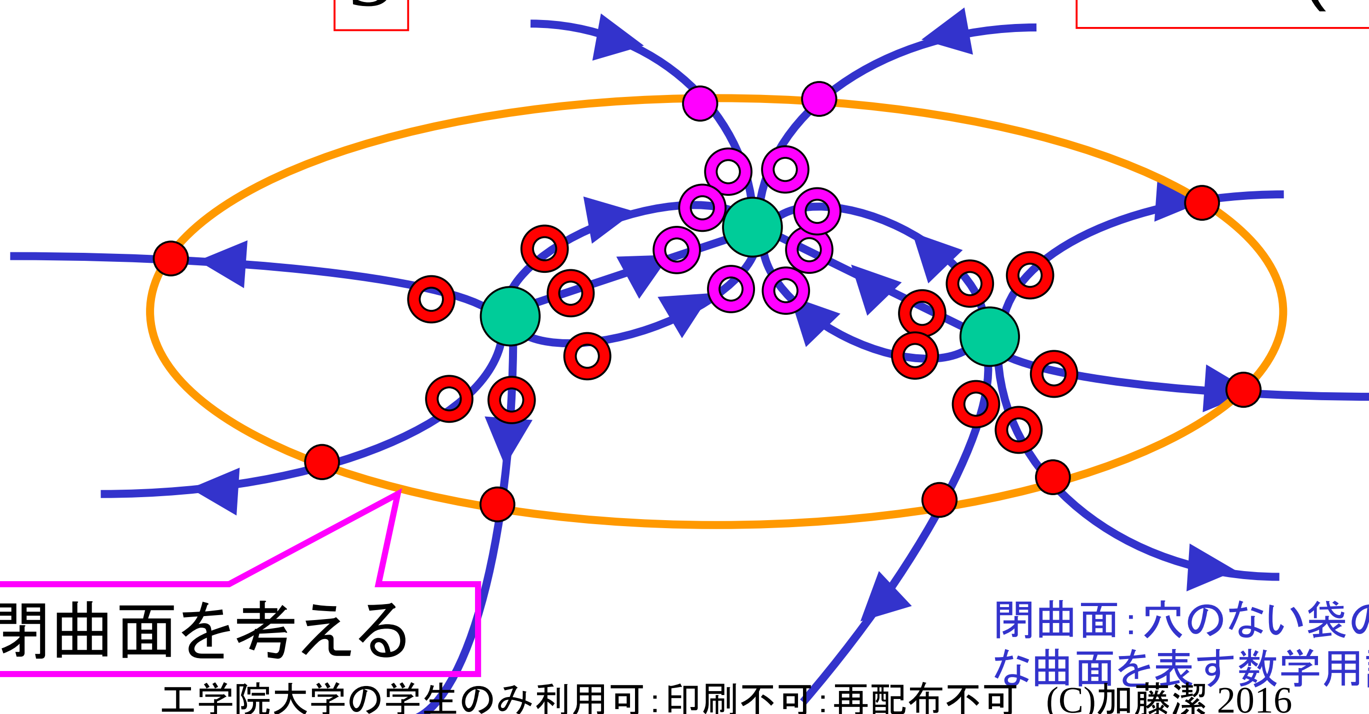
閉曲面を外向きに通り抜ける電束の数

等しい

電荷から生じる電束の数

$\boxed{5}$

$$\boxed{6+7+(-8)=5}$$



ある閉曲面を考える

閉曲面:穴のない袋のような曲面を表す数学用語

# ガウスの法則（まとめ）

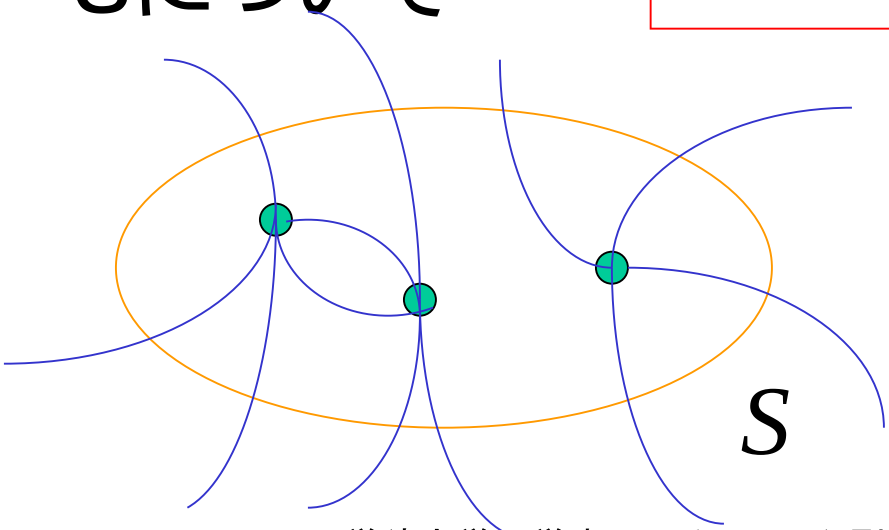
電磁気学の基本的法則
Maxwellの方程式の4つの柱の1つ

任意の閉曲面

Sについて

$$\sum D \quad \sum q$$

$$DS = q$$




左辺は閉曲面Sを適宜分割した和

右辺は閉曲面Sの内部の電荷の和