

## 授業予定(変更されたシラバス)

- ①原子の構造と電気力
- ②クーロンの法則
- ③電場1 (小)
- ④電場2 (小)
- ⑤電位1 (小)
- ⑥電位2
- ⑦電流1 (小)
- ⑧電流2 (＋確認試験1)
- ⑨電流が作る磁場1 (小)
- ⑩電流が作る磁場2
- ⑪ローレンツ力1 (小)
- ⑫ローレンツ力2 (小)
- ⑬電磁誘導 (小)
- ⑭発展 (＋確認試験2)
- ⑮まとめ
- ⑯期末試験

## 基礎物理A ≪ 学習到達目標 ≫

- 1) 電気力と電場の関係を説明できる。
- 2) 電位と静電エネルギーを説明できる。
- 3) ミクロな視点で電流を説明できる。
- 4) ローレンツ力と磁場(磁束密度)の関係を説明できる。
- 5) 直線電流がつくる磁束密度を図を使って説明できる。

## 第3回目 電場1

### 今日の授業の目的

- 電場の定義式より, 電場と電気力の関係を理解する.
- 電荷のまわりの電場.
- 電気力線と電場の対応関係を理解する.
- いろいろな状況での電気力線を描く.

# § 2 電場

# ◇ 電場

(テキスト p.16)

ファラデー(1791~1867 イギリス)

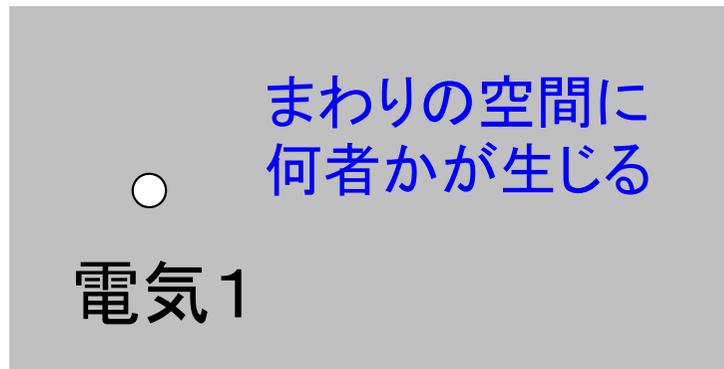
数学ができない大科学者

元製本職人 (職人は大学には行かない時代)

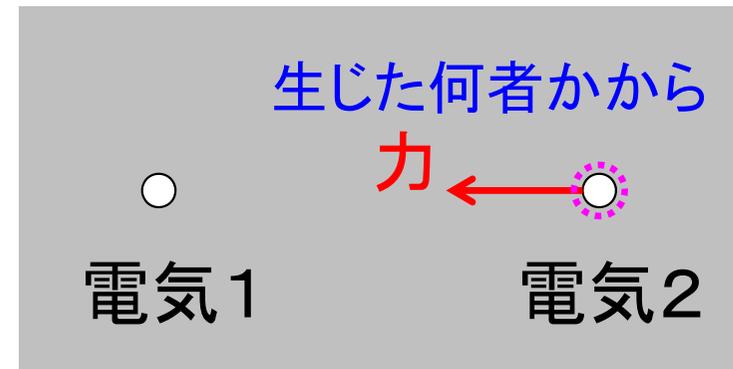
ニュートンに逆らう：近接作用説



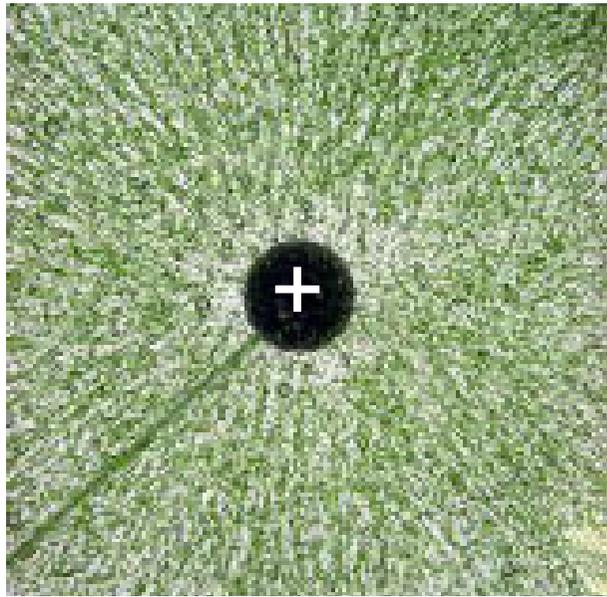
## ① 電気1を置く



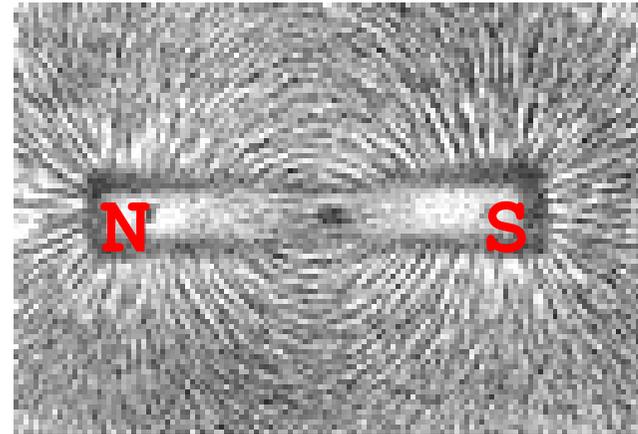
## ② 電気2を置く



なぜそんな発想を思いついたか？



帯電した電極の周りに  
糸状に並ぶ小さな種



磁石のまわりに  
振りかけた砂鉄

→ 種や砂鉄を取り除いても、電荷や磁石のまわりに  
糸状の何かは残る とファラデーは考えた

## ◇ 電場

(テキスト p.16)

電荷のまわりの空間に生じた「何か」 = 電場

一般に, 空間に生じた「何か」 = 場

電場・・・電気力を伝える場

電荷  $Q$  のまわりに生じる電場を考える

⇒ 電荷  $q$  を置く ⇒ 電気力  $\vec{F}$  が働く



## ◇ 電場

(テキスト p.16)

電荷のまわりの空間に生じた「何か」 = 電場

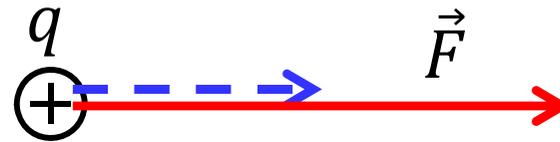
一般に, 空間に生じた「何か」 = 場

電場・・・電気力を伝える場

電荷  $Q$  のまわりに生じる電場を考える

⇒ 電荷  $q$  を置く ⇒ 電気力  $\vec{F}$  が働く

$Q$   
⊕



$q$  を2倍  $\vec{F}$  の大きさも2倍

## ◇ 電場

(テキスト p.16)

電荷のまわりの空間に生じた「何か」 = 電場

一般に, 空間に生じた「何か」 = 場

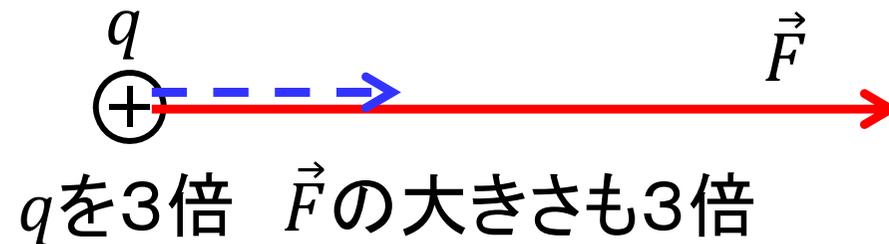
電場...電気力を伝える場

電荷  $Q$  のまわりに生じる電場を考える

⇒ 電荷  $q$  を置く ⇒ 電気力  $\vec{F}$  が働く

$Q$   
⊕

$q$   
⊕



## ◇ 電場

(テキスト p.16)

電荷のまわりの空間に生じた「何か」 = 電場

一般に, 空間に生じた「何か」 = 場

電場・・・電気力を伝える場

電荷  $Q$  のまわりに生じる電場を考える

⇒ 電荷  $q$  を置く ⇒ 電気力  $\vec{F}$  が働く

$Q$   
⊕

$q$   $\vec{F}$   
⊕ → → →

$q$  を 0.5 倍  $\vec{F}$  の大きさも 0.5 倍

## ◇ 電場

(テキスト p.16)

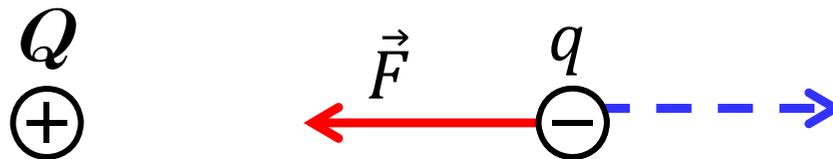
電荷のまわりの空間に生じた「何か」 = 電場

一般に, 空間に生じた「何か」 = 場

電場・・・電気力を伝える場

電荷  $Q$  のまわりに生じる電場を考える

⇒ 電荷  $q$  を置く ⇒ 電気力  $\vec{F}$  が働く



$q < 0$  のときには  $\vec{F}$  の向きが逆になる

# ◇ 電場

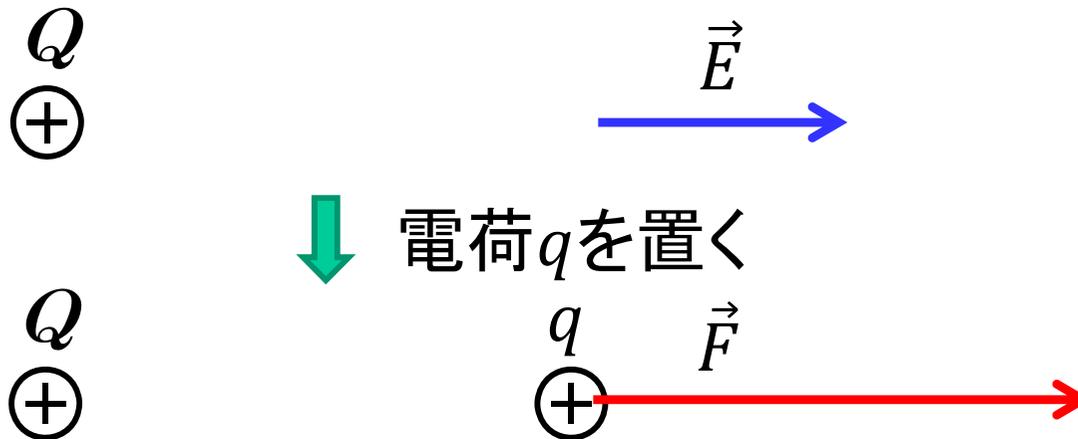
(テキスト p.16)

これらのことを式で表わすと

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

(電場の定義式)

$\vec{E}$  : 電場ベクトル (略して 電場)



# ◇ 電場

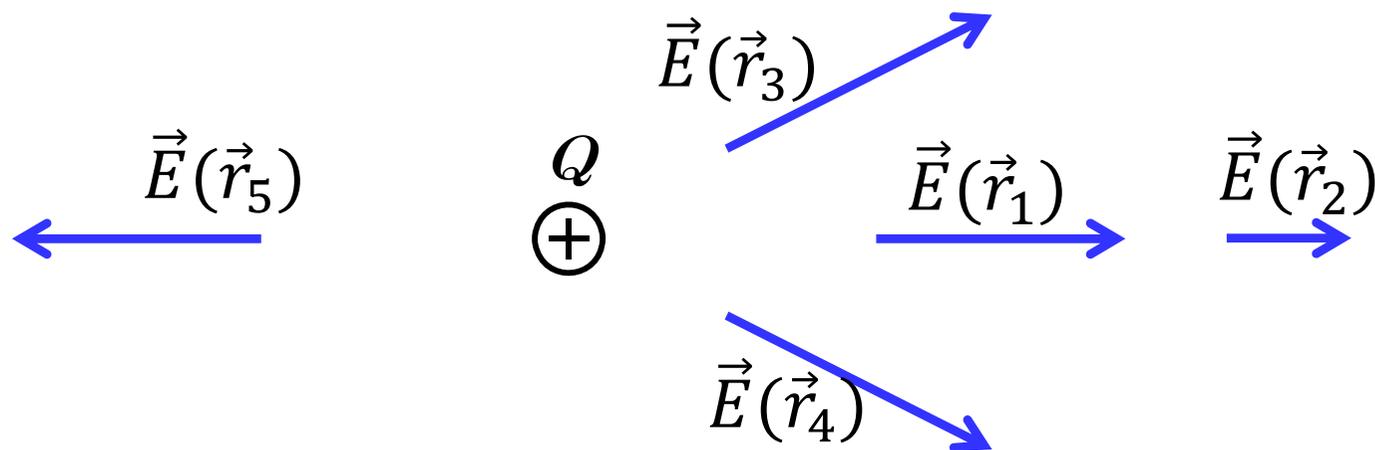
(テキスト p.16)

$\vec{F} = q\vec{E}$  から, 電場  $\vec{E}$  の単位は,

$$[\text{N}] = [\text{C}] \times [\text{電場の単位}]$$

$$\begin{aligned} \therefore [\text{電場の単位}] &= [\text{N}] / [\text{C}] \\ &= [\text{N/C}] \end{aligned}$$

電場  $\vec{E}$  は空間のいたる所に分布している  $\vec{E}(\vec{r})$



## ◇ 電場

(テキスト p.17)

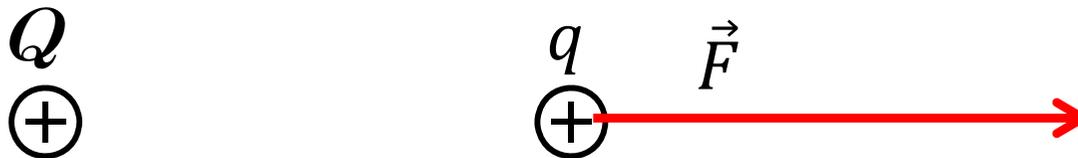
近接作用の観点からの説明

(1) 1個の電荷 $Q$ のまわりには、電場 $\vec{E}$ が生じている。

(電荷 $Q$ が電場 $\vec{E}$ をつくる)



(2) 電場 $\vec{E}$ の場所に電荷 $q$ を置いたとき、電荷 $q$ は電場 $\vec{E}$ から電気力 $\vec{F}$ を受ける。  $\vec{F} = q\vec{E}$

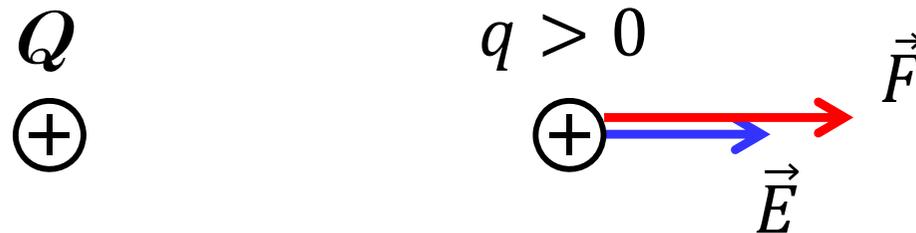


# ◇ 電場 [補足]

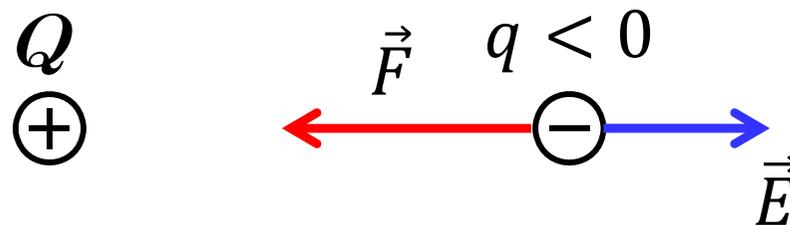
(テキスト p.17)

電場  $\vec{E}$  の向きと電気力  $\vec{F}$  の向きについて  $\vec{F} = q\vec{E}$

(1) 正電荷  $q > 0$  を置いた場合:  $\vec{F}$  は  $\vec{E}$  と同じ向き



(2) 負電荷  $q < 0$  を置いた場合:  $\vec{F}$  は  $\vec{E}$  と逆向き



ベクトルのスカラー倍  
を思い出す

$$\vec{b} = k\vec{a}$$

# ◇ 点電荷のまわりの電場

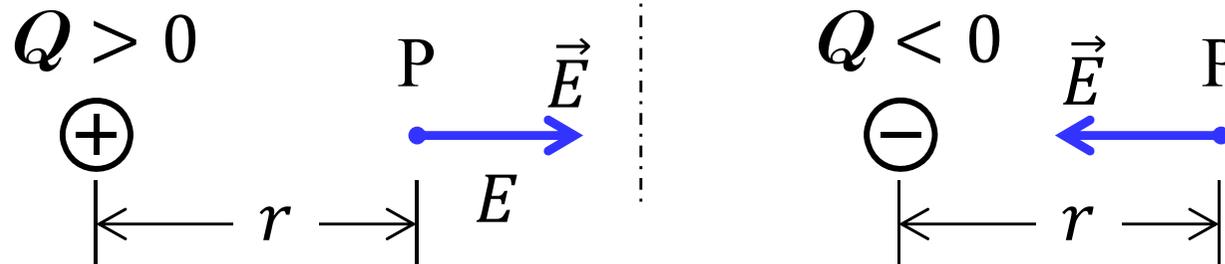
(テキスト p.17)

点電荷: 大きさのない点状の電荷

問題を簡単にするための理想化

⇒ これを理解してから大きさがある問題に進む

(a) 電場  $\vec{E}$  の向き



(b) 電場  $\vec{E}$  の強さ  $E$  は, 距離  $r$  の関数

$$E(r) = \left| k \frac{Q}{r^2} \right|$$

(点電荷  $Q$  のまわりの電場の強さ)

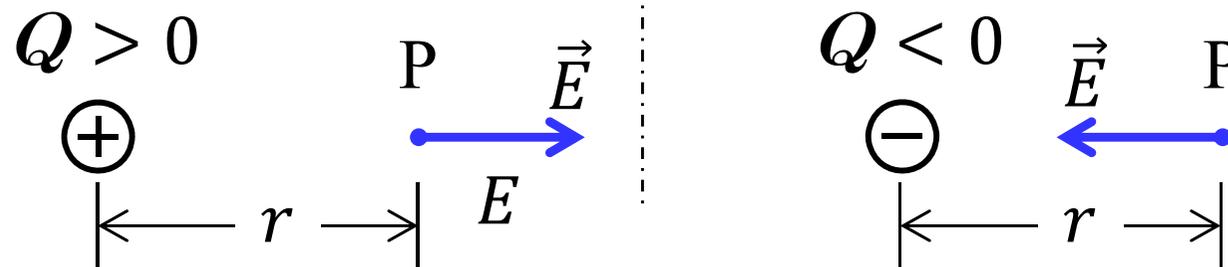
# ◇ 点電荷のまわりの電場

(テキスト p.17~18)

電場の定義式, 電荷の符号と電気力の向き, クーロンの法則, を用いて, (a) (b) が正しいことを説明せよ。

(点Pに別の点電荷 $q$ を置いて考える)

(a) 電場  $\vec{E}$  の向き



(b) 電場  $\vec{E}$  の強さ  $E$  は, 距離  $r$  の関数

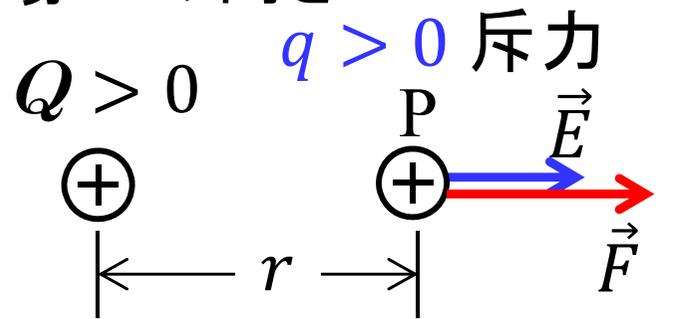
$$E(r) = \left| k \frac{Q}{r^2} \right|$$

9分

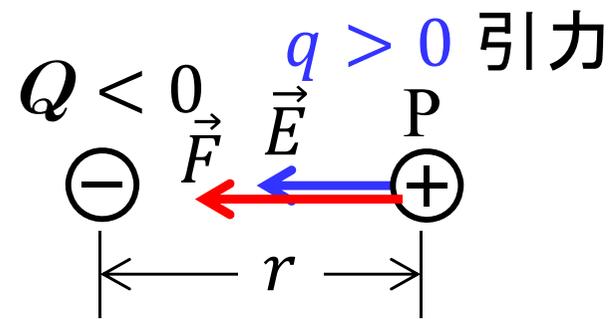
# ◇ 点電荷のまわりの電場

(テキスト p.17~18)

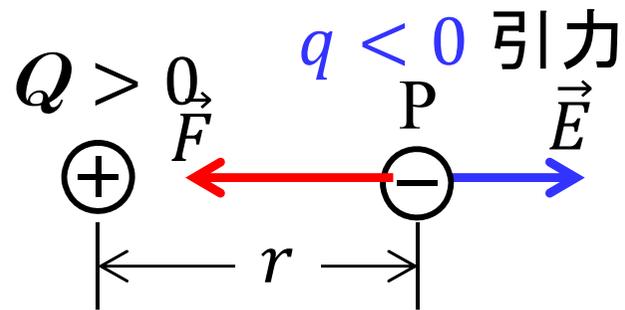
(a) 電場  $\vec{E}$  の向き



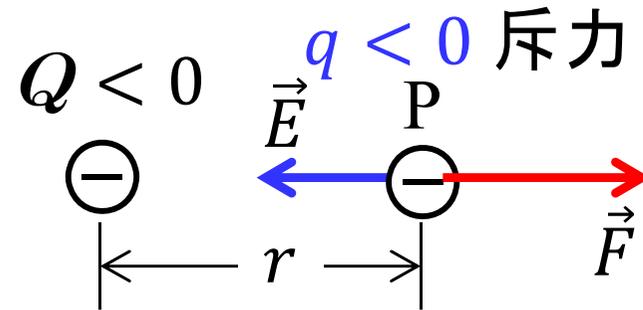
$\vec{F}$  は  $\vec{E}$  と同じ向き



$\vec{F}$  は  $\vec{E}$  と同じ向き



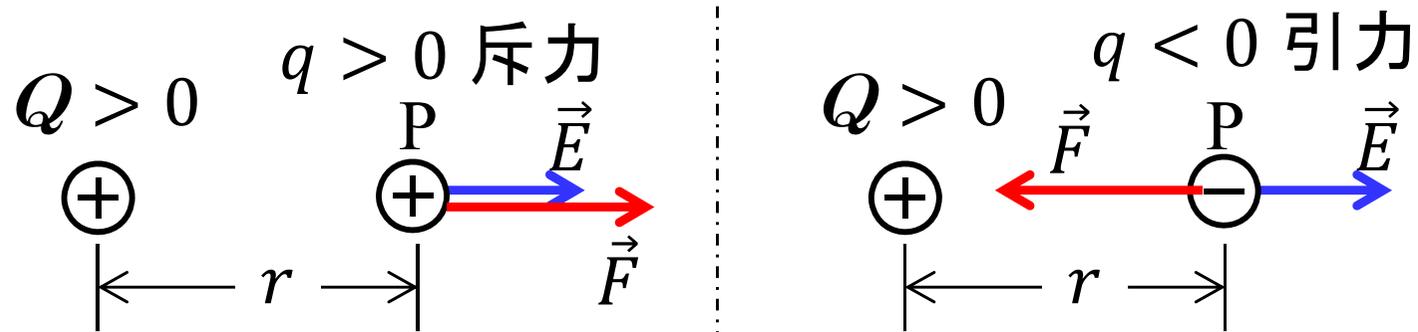
$\vec{F}$  は  $\vec{E}$  と逆向き



$\vec{F}$  は  $\vec{E}$  と逆向き

# ◇ 点電荷のまわりの電場

(テキスト p.17~18)



(b) クーロンの法則  $F = \left| k \frac{qQ}{r^2} \right|$  と,

$F = |qE|$  ( $\vec{F} = q\vec{E}$  の大きさの関係)より

$$|qE| = \left| k \frac{qQ}{r^2} \right|$$

両辺から  $|q|$  を消去して,  $E = \left| k \frac{Q}{r^2} \right|$

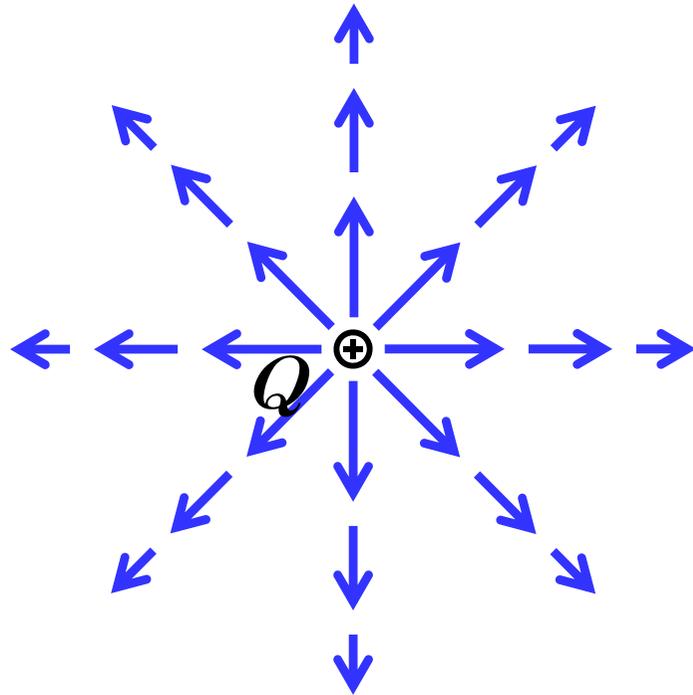
# ◇ 電気力線

(テキスト p.18~19)

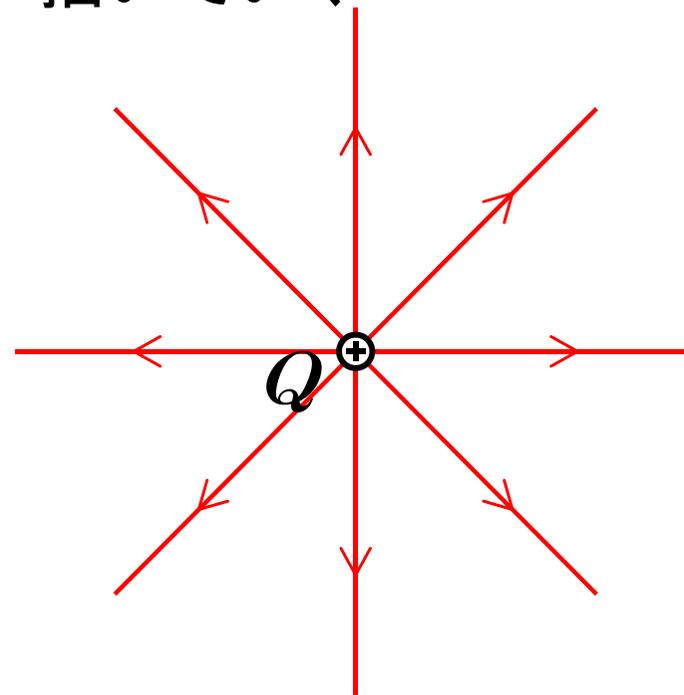
正電荷  $Q > 0$  の周りを埋め尽くす電場ベクトル



各点での電場の矢印に沿って向き付きの曲線を描いていく



矢印をたくさん描く必要がある



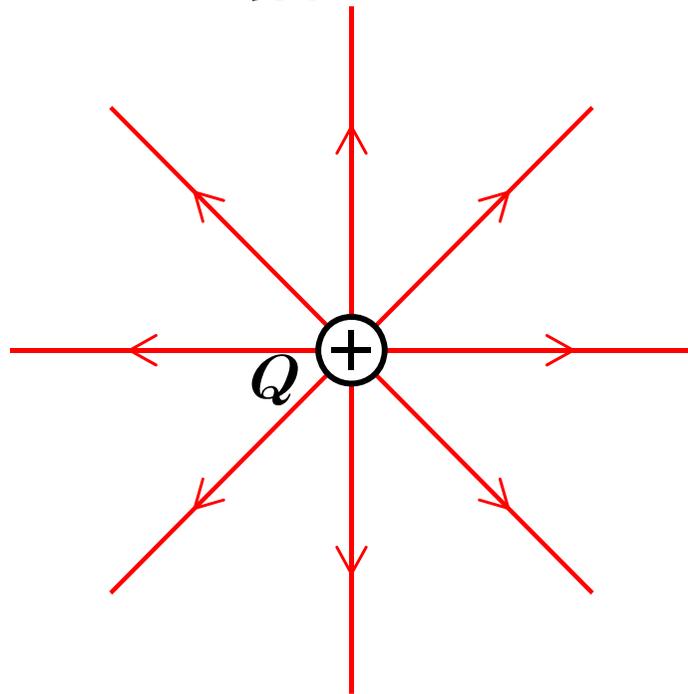
電場の様子を見やすく表せる  
⇒ **電気力線**

# ◇ 電気力線

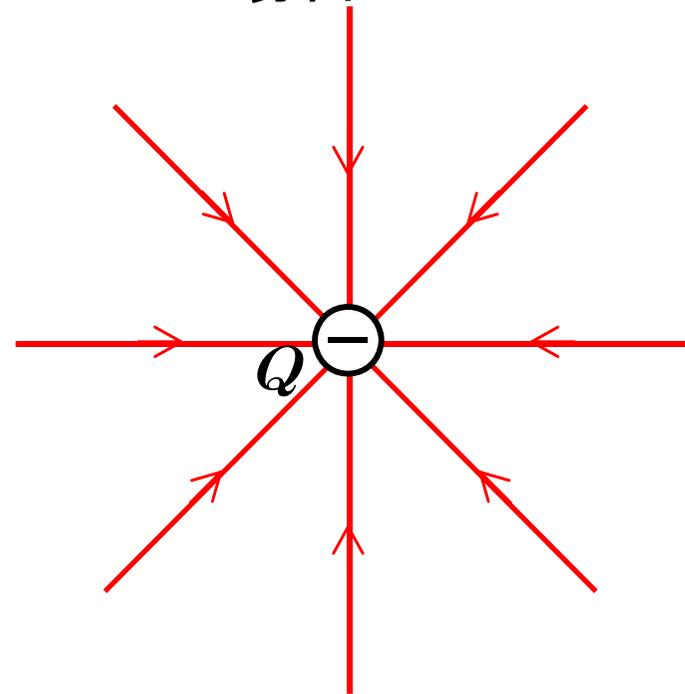
(テキスト p.19)

[練習] 1個の点電荷  $Q$  のまわりの電気力線の描き方

$Q > 0$  の場合



$Q < 0$  の場合



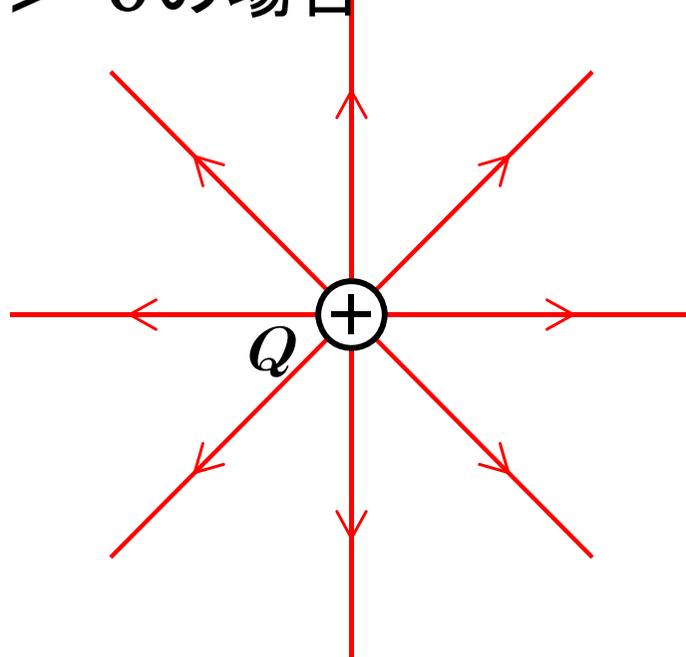
放射状に広がる直線の束

向きに注意

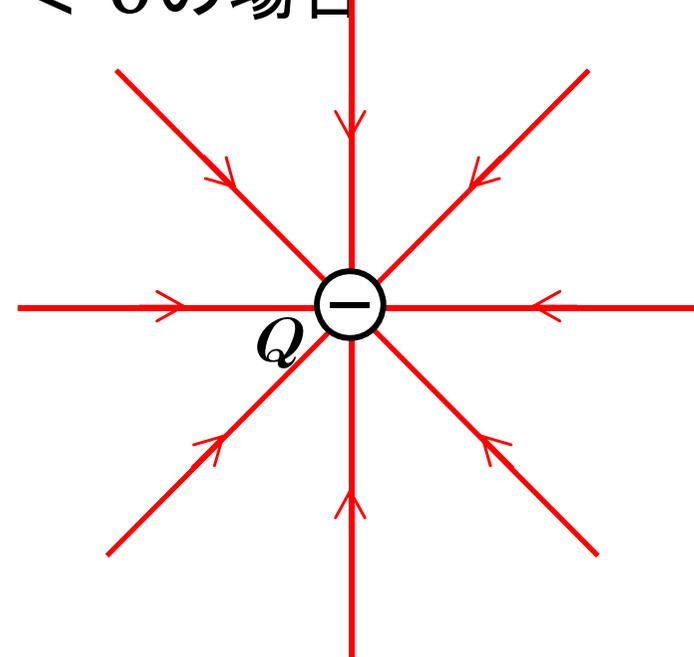
# ◇ 電気力線

(テキスト p.19)

$Q > 0$ の場合



$Q < 0$ の場合



電気力線は正電荷から湧き出し(出現し), 負電荷に吸い込まれる(消滅する)ように見える(描く)

1つの穴から水が湧き出したり吸い込まれたりする様子をイメージする

## ◇ 電気力線

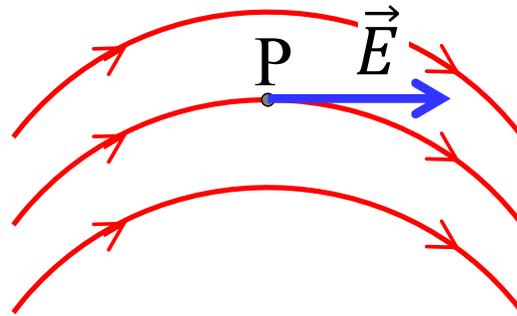
(テキスト p.19)

電気力線と電場(ベクトル)の対応関係

一般に電気力線は曲線となる。

電気力線が描かれているとき、

電場 $\vec{E}$ はどのようなベクトルになるか



電気力線は、その線上の各点で  
電場  $\vec{E}$  に接するように描かれている

## ◇ いろいろな状況での電気力線

(テキスト p.20)

電気力線には以下の性質がある

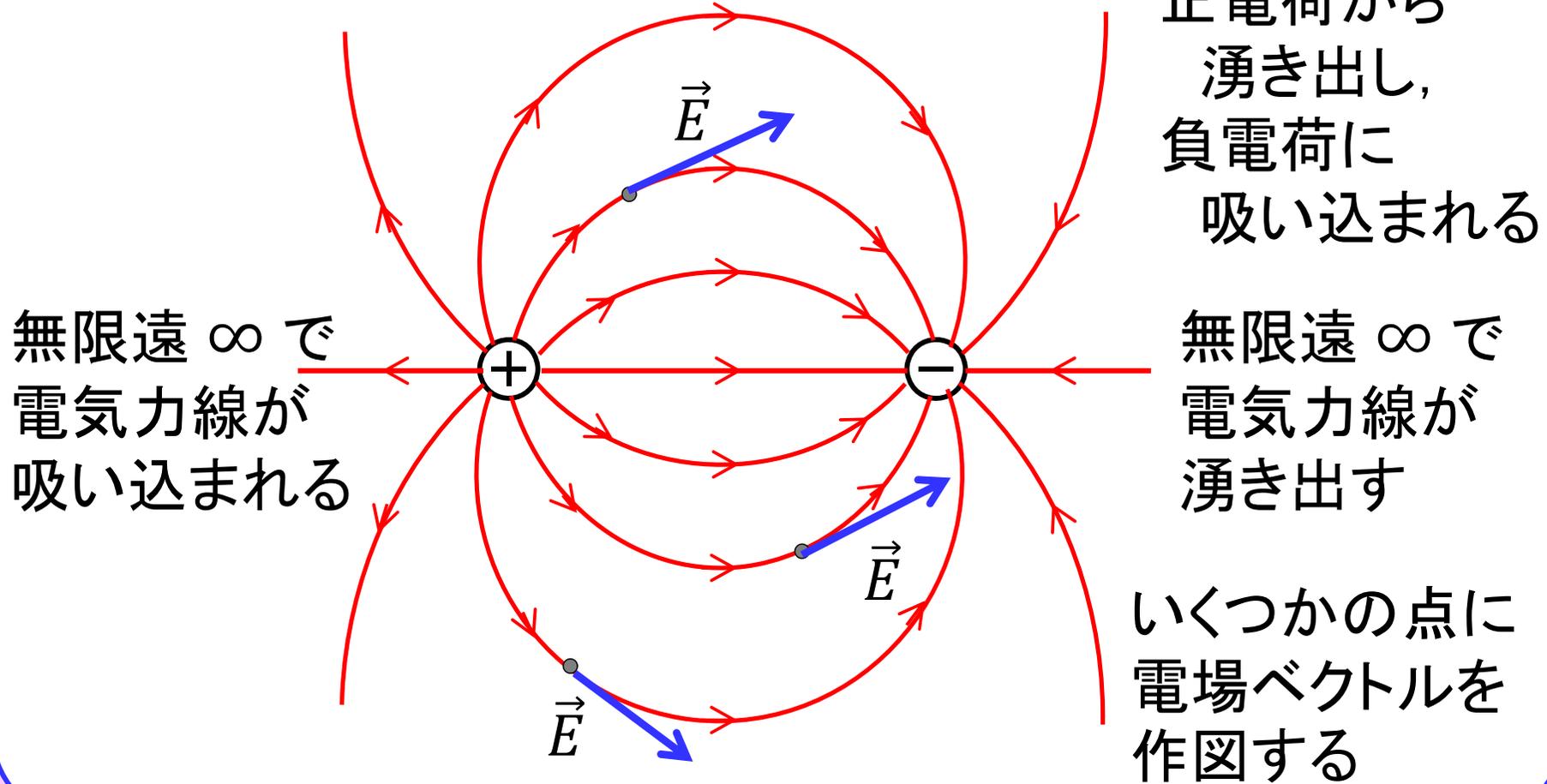
- ★ 電気力線の接線方向は、その点での電場の方向である。
- ★ 電気力線は正電荷から湧き出し、負電荷に吸い込まれる。  
また、無限遠  $\infty$  で電気力線が湧き出したり、吸い込まれたりすることがある。
- ★ 電気力線は、電荷のあるところと電場がゼロのところ以外では、決して交わらないし、出現も消滅もしない。  
(電場がゼロのところでは、電気力線が交差することある。)

電気力線を描くときのコツは水の流れをイメージして  
電気力線を引いていくこと

# ◇ いろいろな状況での電気力線

(テキスト p.20)

## 練習 2個の点電荷のまわりの電気力線



電気力線を描くときのコツは水の流れをイメージして  
電気力線を引いていくこと

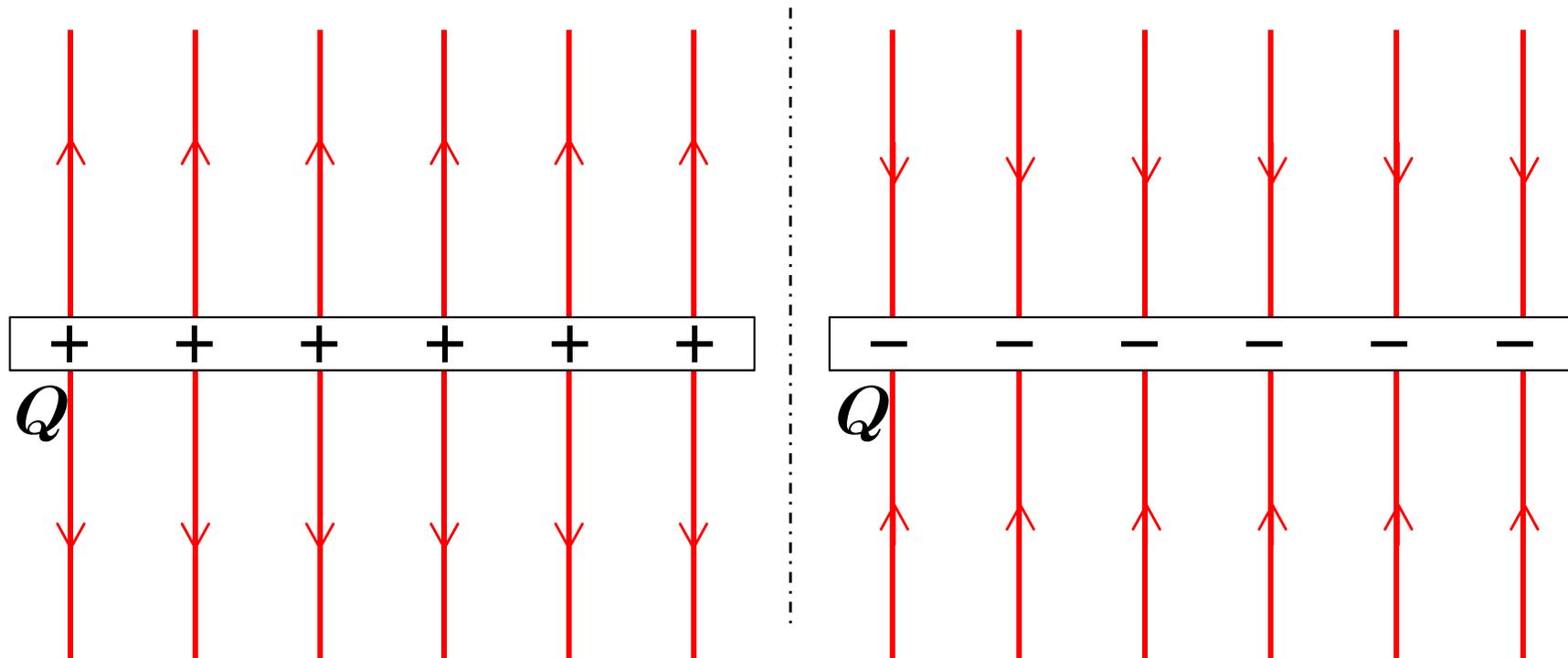
# ◇ 電気力線

(テキスト p.21)

[練習] 無限に広い平板上に電荷が一様に分布している  
場合の電気力線の描き方

$Q > 0$  の場合

$Q < 0$  の場合

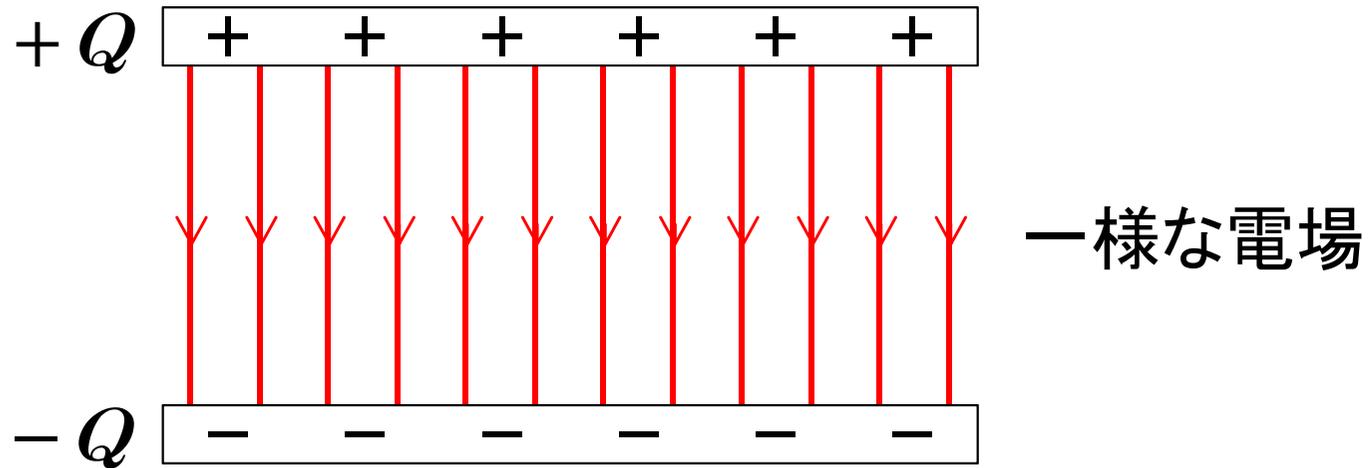


平板に垂直に等間隔で並んでいる。  
水が無限に長いすき間から湧き出しているよう。

# ◇ 電気力線

(テキスト p.21)

[練習] 2枚の平板の場合の電気力線の描き方



正電荷の平板から負電荷の平板に向かって、  
平板と垂直に等間隔で電気力線が並んでいる。  
平板の間にのみ電気力線ができる。

・レポート問題（解答用紙付き）  
を必ず持って帰ること