

電験どうでしょう管理人  
*KWG presents*

# 電験オンライン塾

## 第1回 電磁気学 ~電気力線、電界と電束~

2021.06.19 Sat

# 身の回りのクーロン力とローレンツ力

クーロン力（静電力）	ローレンツ力（電磁力）
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 下敷きで頭をこする</li> <li>・ 電子レンジやテレビの背面についたホコリ</li> <li>・ ブラウン管テレビ → 電子ビームの静電偏向</li> <li>・ 空気清浄機 → 電気集塵式 → 火力発電（排煙脱硝装置）</li> <li>・ インクジェットプリンタ → 静電塗装、電着塗装、電気泳動（溶液中）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 磁石同士がくっつく</li> <li>・ 磁石と金属がくっつく</li> <li>・ コイルに電流を流すと砂鉄が集まる</li> <li>・ 発電機、電動機（直流機、誘導機、同期機）</li> <li>・ ホール効果/素子</li> <li>・ スピーカー</li> <li>・ 粒子加速器</li> </ul>

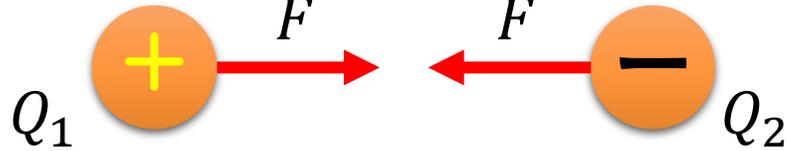
電荷に関する力  
→ 電気の時間変化は関係ない

電流（電荷の動き）に関する力  
→ 電気の時間変化に依存する

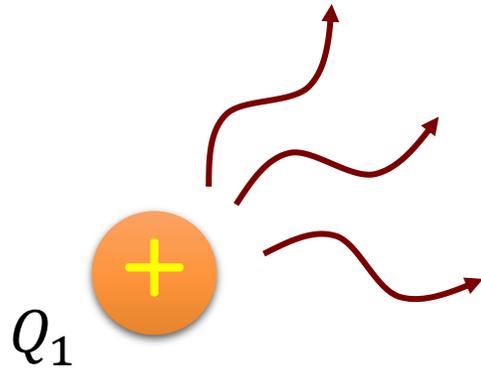
# クーロン力とは

電荷間で働く力  $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$

引力



斥力



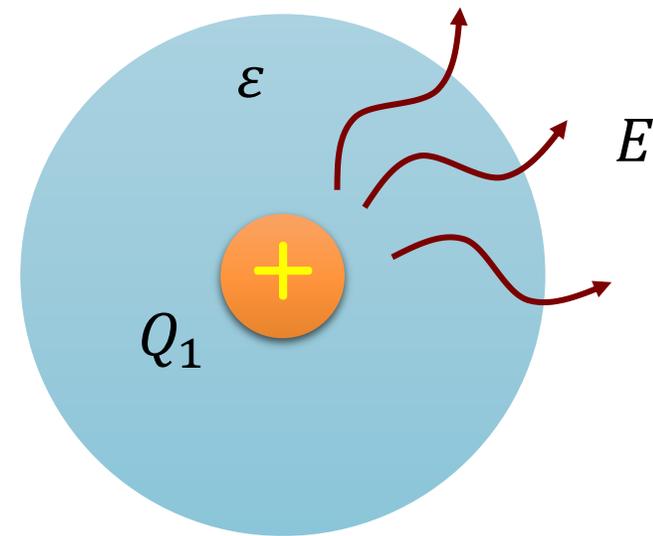
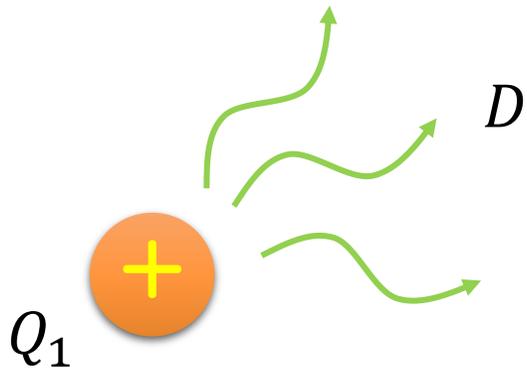
電荷が空間にある雰囲気を出して、  
周りの電荷に相互作用を引き起こす

相互作用：クーロン力  
雰囲気：電界、電束

# 電界と電束の違い

電界  $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$ ,  $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_2 E$   $E$  [V/m]

電束  $D = \epsilon E = \frac{Q_1}{4\pi r^2}$   $D$  [C/m<sup>2</sup>]



電荷が作る雰囲気→電束

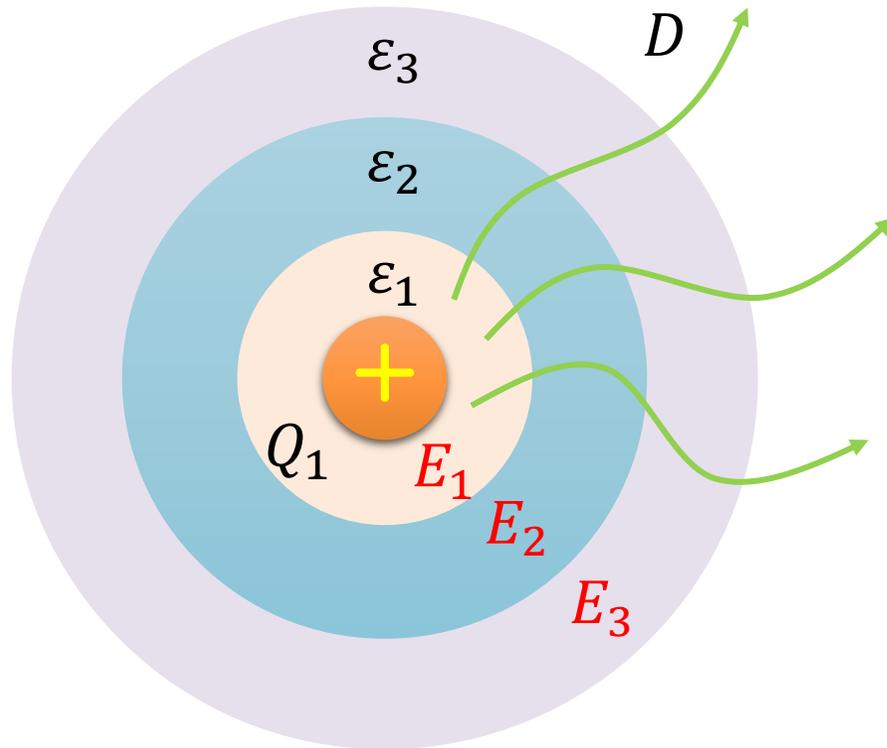
電荷とその周りの誘電体  
が作る雰囲気→電界

クーロン力の程度を把握する  
のに有効

# 電束はどういうときに有効？

電界  $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$ ,  $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_2 E$   $E$  [V/m]

電束  $D = \epsilon E = \frac{Q_1}{4\pi r^2}$   $D$  [C/m<sup>2</sup>]



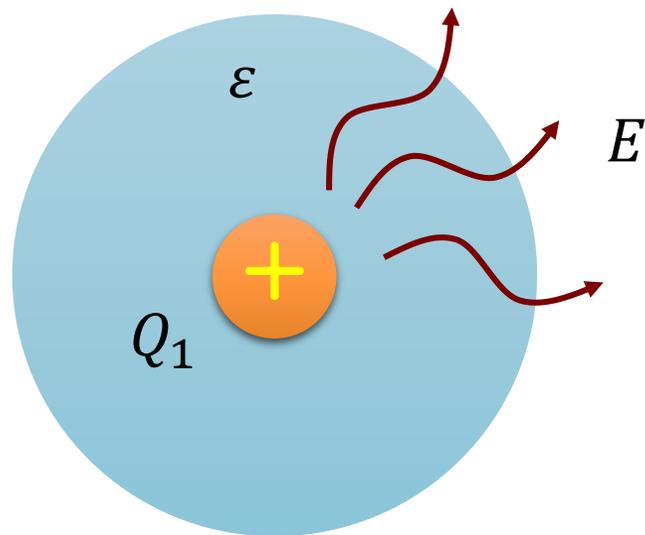
電荷の周りに複数の誘電体が存在する場合、電束→電界の順に考えることができる

$$D = \frac{Q_1}{4\pi r^2} \begin{cases} \rightarrow E_1 = \frac{D}{\epsilon_1} \\ \rightarrow E_2 = \frac{D}{\epsilon_2} \\ \rightarrow E_3 = \frac{D}{\epsilon_3} \end{cases}$$

電荷が作る雰囲気→電束

# 電界と電気力線

電界  $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$ ,  $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_2 E$   $E$  [V/m]



1つの電荷が作る電界  $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$

## 複数の電荷が作る電界

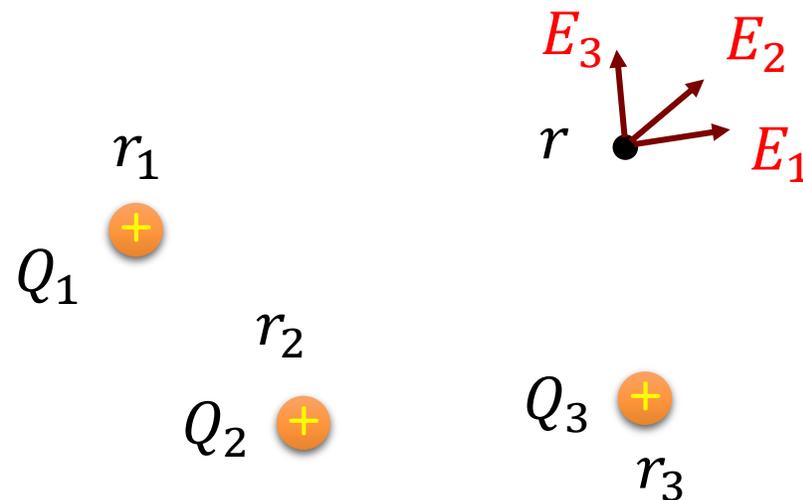
$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

$$= \frac{Q_1}{4\pi\epsilon(\vec{r} - \vec{r}_1)^2} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon(\vec{r} - \vec{r}_2)^2} + \frac{Q_3}{4\pi\epsilon(\vec{r} - \vec{r}_3)^2} + \dots$$

計算が大変

電荷とその周りの誘電体  
が作る雰囲気→電界

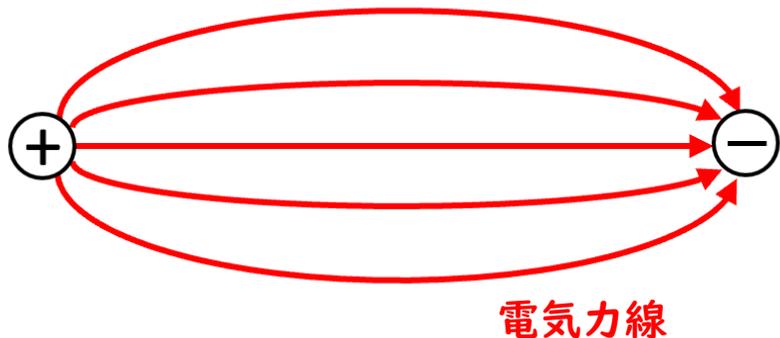
クーロン力の程度を把握する  
のに有効



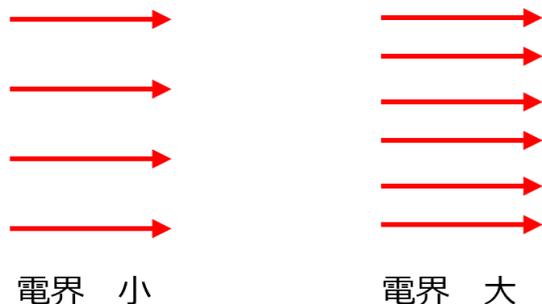
# 電界と電気力線

電気力線：電荷が作る電界を直感的にイメージするための  
仮想的な線

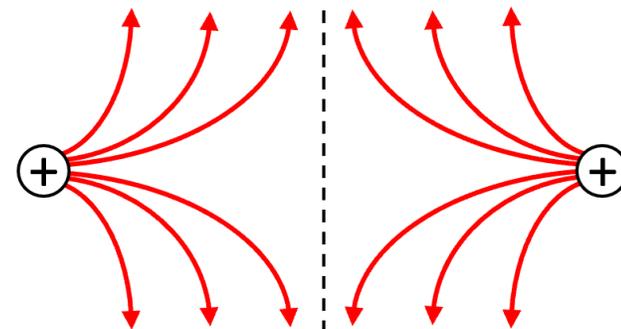
電気力線は正の電荷から出て、負の電荷へ入る。  
途中で増減したり、他の電気力線と交差したりしない。



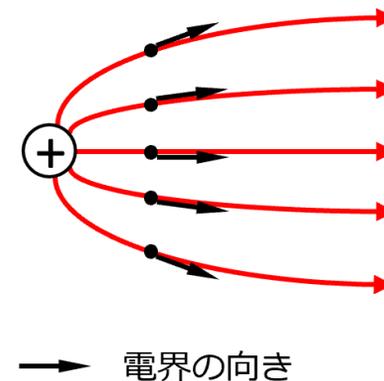
電気力線の密度は電界の強さを表す。



同符号の電荷の電気力線は反発しあう。  
(同じ向きの電気力線は反発し合う)



電気力線の接線の向きは電界の向きを表す。

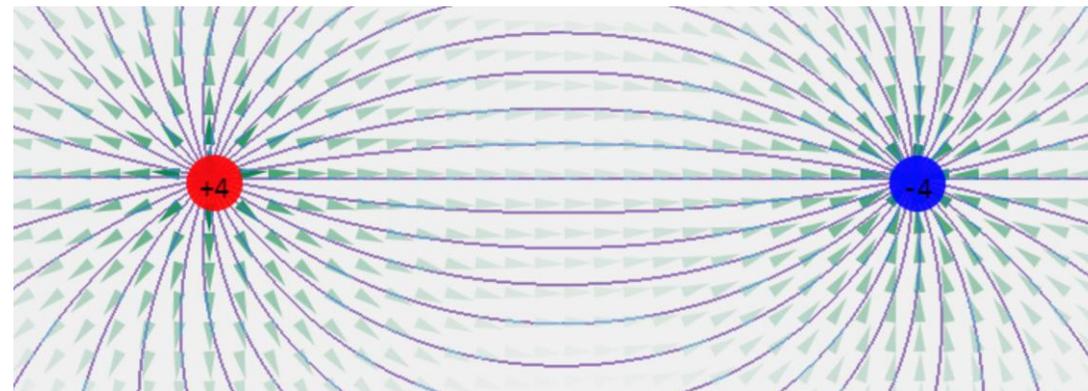
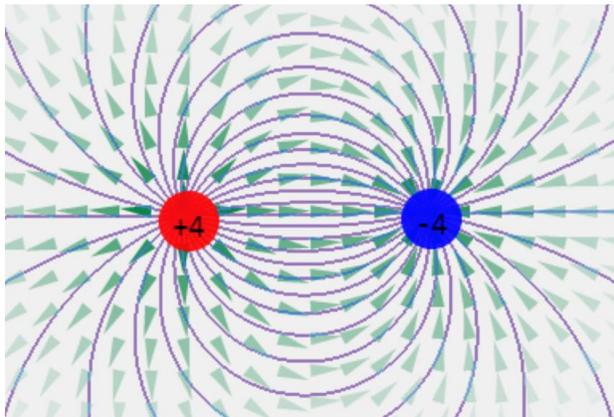
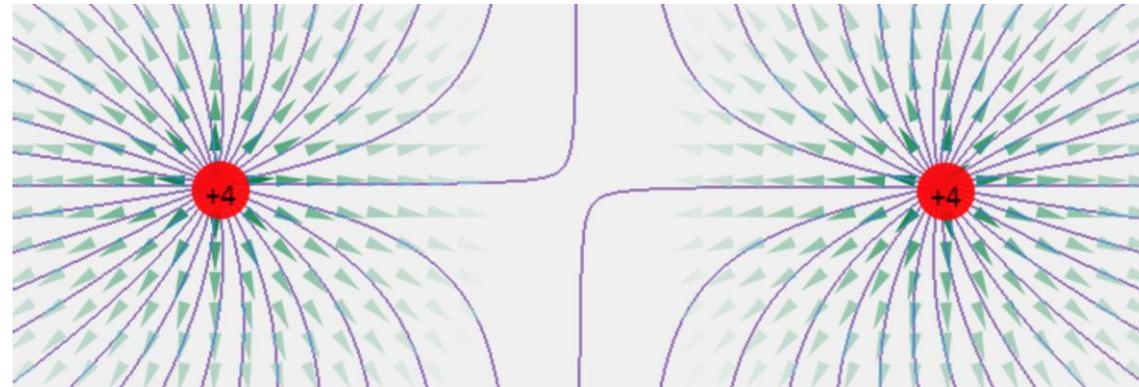
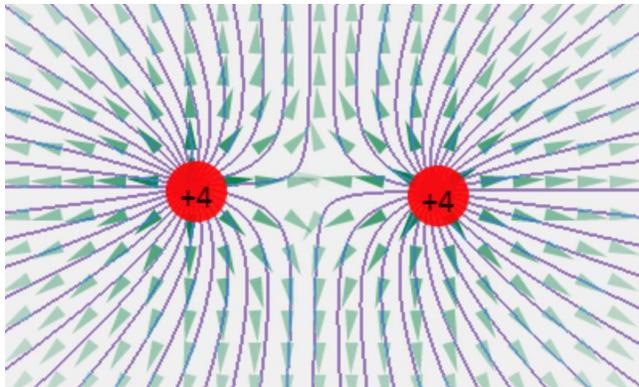


# いろいろな電気力線

電気力線シミュレータ <http://www2.kobe-u.ac.jp/~wakasugi/mats/elecflux/>

電荷の距離と電気力線

→ 電気力線      ▲ 電界

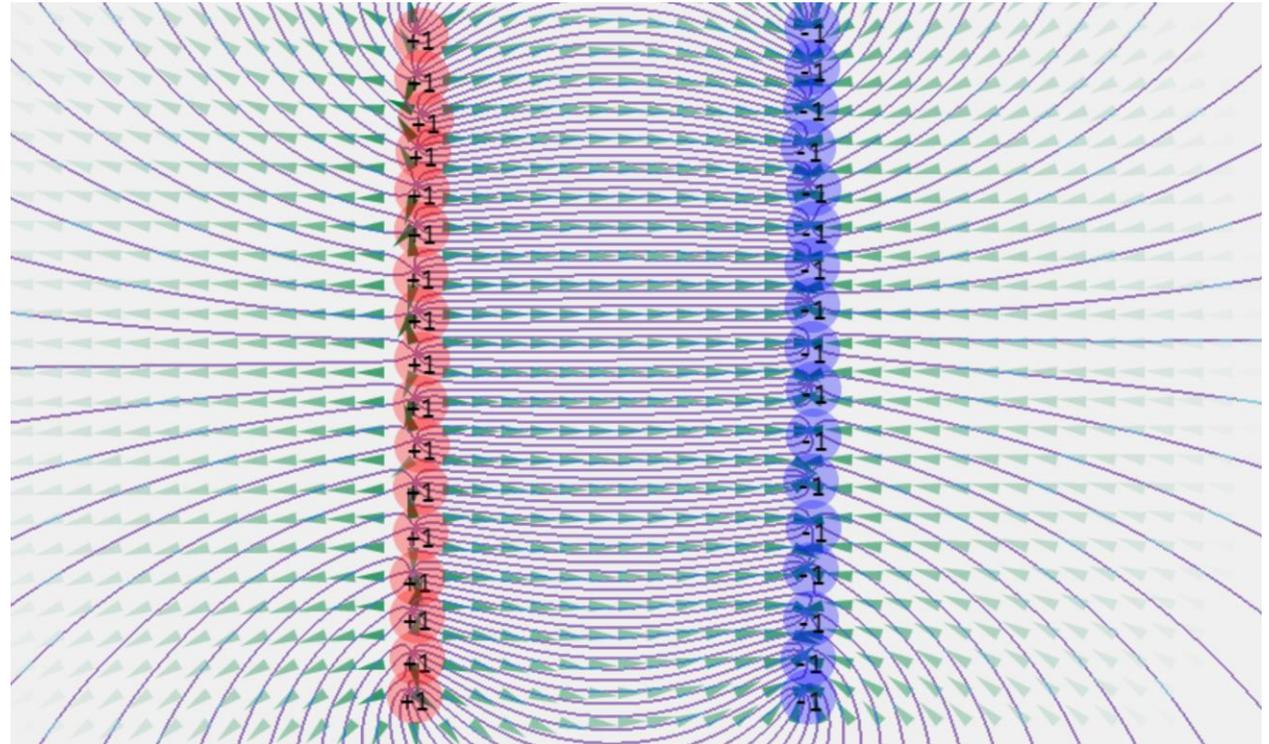
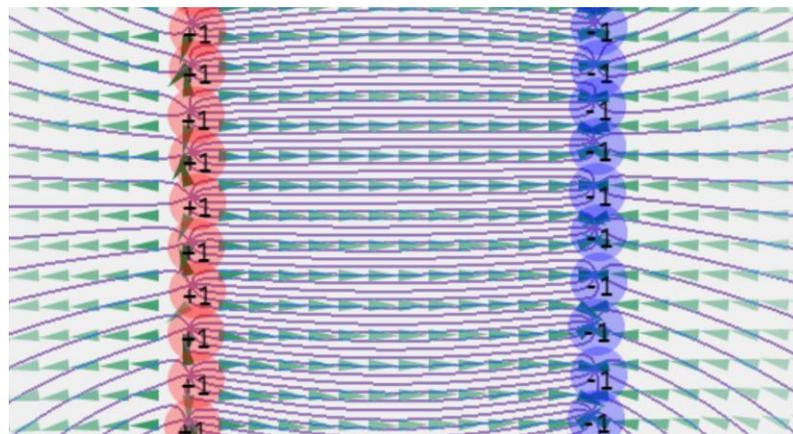
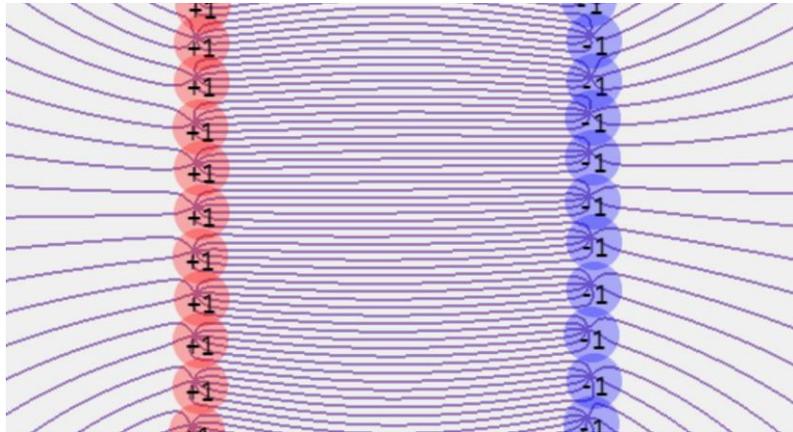


# いろいろな電気力線

電気力線シミュレータ <http://www2.kobe-u.ac.jp/~wakasugi/mats/elecflux/>

電荷を一直線に並べる

—————▶ 電気力線      ▶ 電界

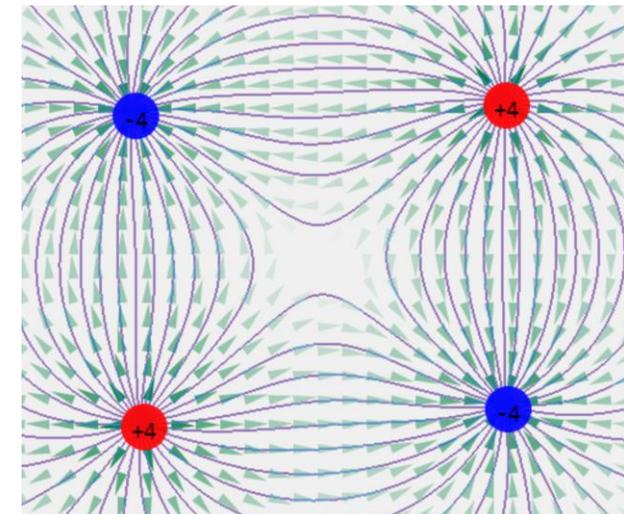
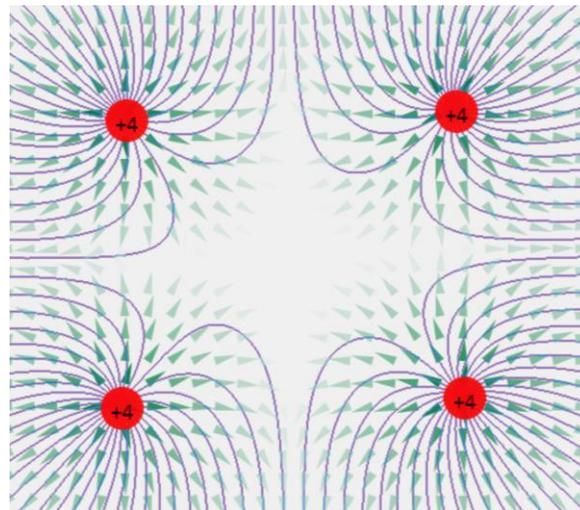
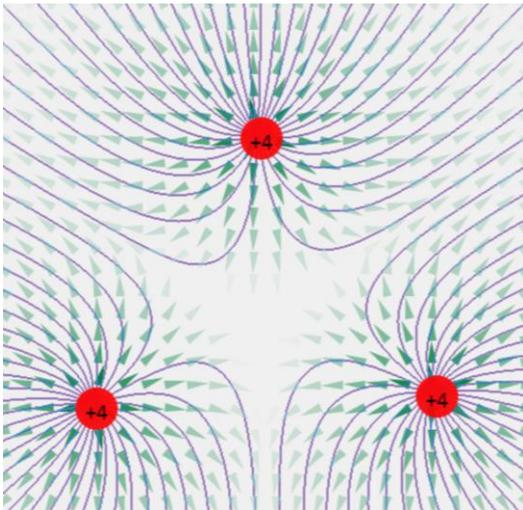
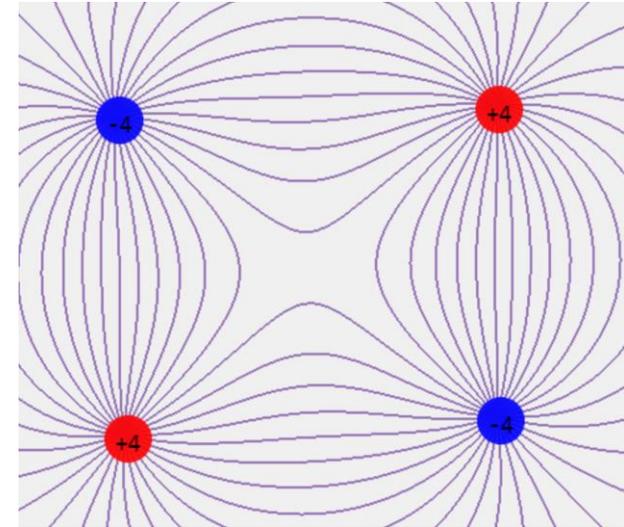
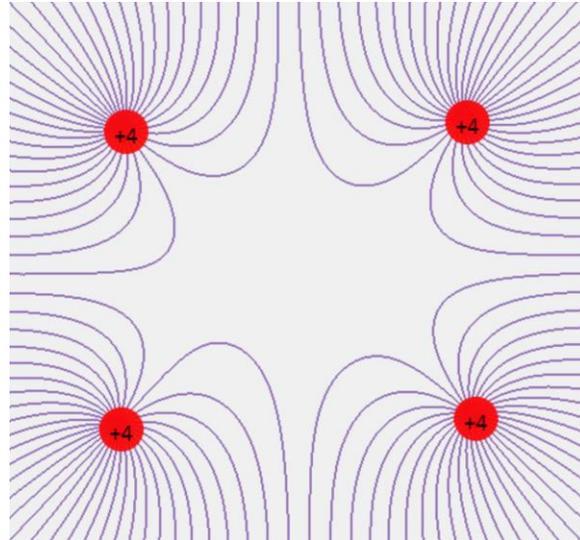
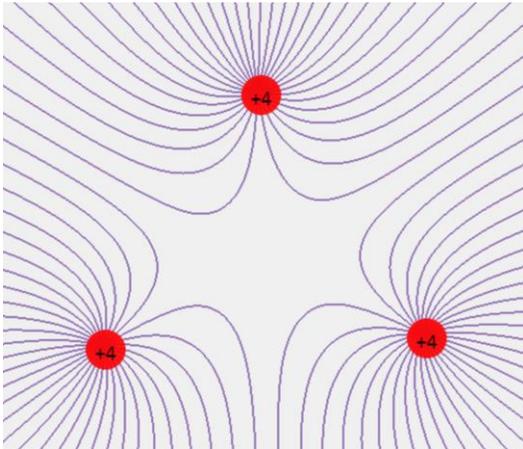


# いろいろな電気力線

電荷を対象的に並べる

—————▶ 電気力線

▶ 電界



# H29 問1

---

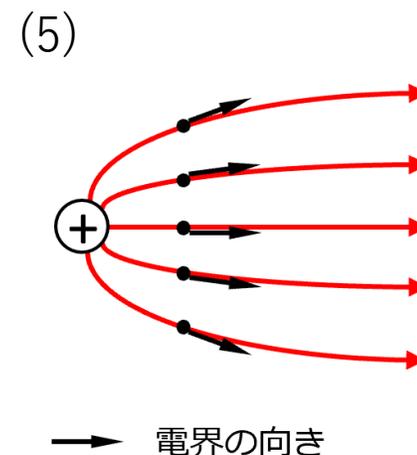
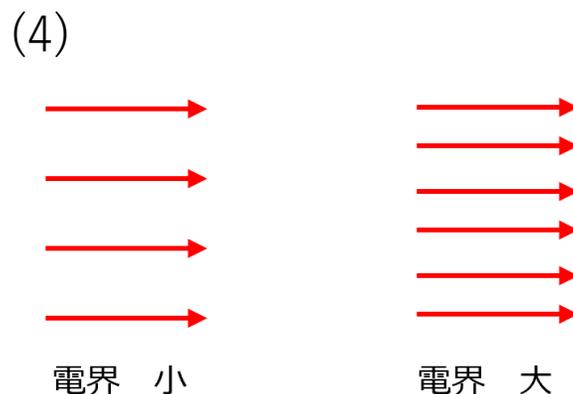
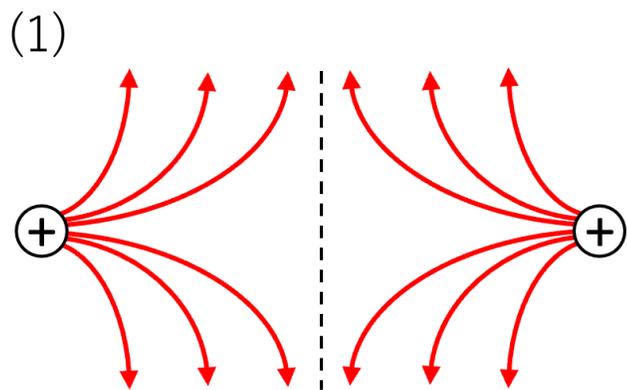
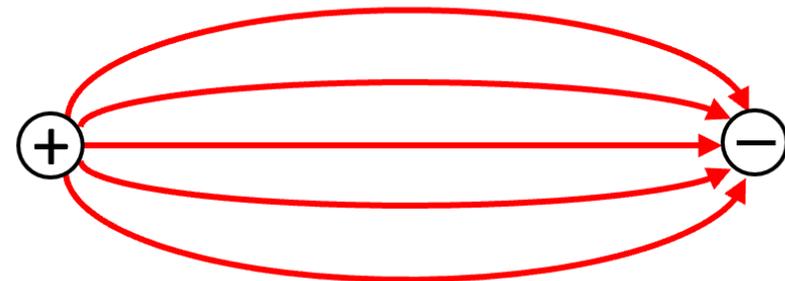
問1 電界の状態を仮想的な線で表したものを電気力線という。この電気力線に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 同じ向きの電気力線同士は反発し合う。
- (2) 電気力線は負の電荷から出て、正の電荷へ入る。
- (3) 電気力線は途中で分岐したり、他の電気力線と交差したりしない。
- (4) 任意の点における電気力線の密度は、その点の電界の強さを表す。
- (5) 任意の点における電界の向きは、電気力線の接線の向きと一致する。

# H29 問1

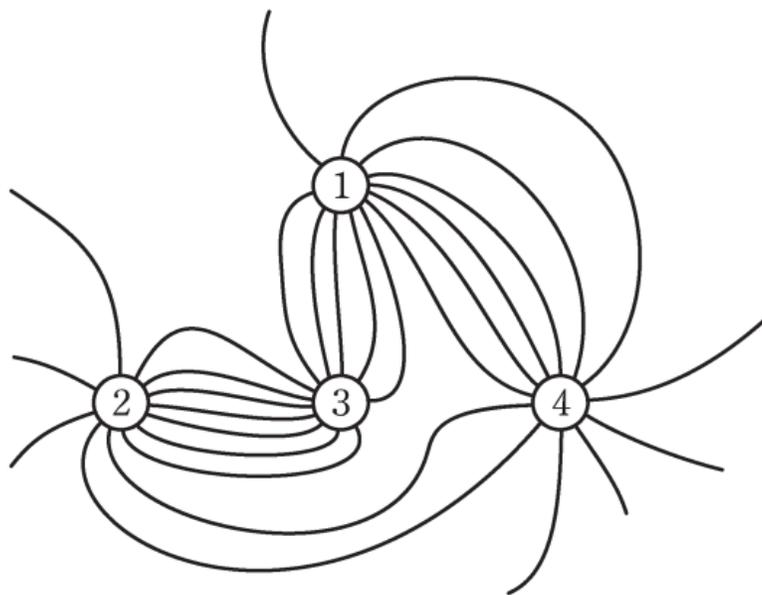
問1 電界の状態を仮想的な線で表したものを電気力線という。この電気力線に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 同じ向きの電気力線同士は反発し合う。
- (2) 電気力線は負の電荷から出て、正の電荷へ入る。**
- (3) 電気力線は途中で分岐したり、他の電気力線と交差したりしない。
- (4) 任意の点における電気力線の密度は、その点の電界の強さを表す。
- (5) 任意の点における電界の向きは、電気力線の接線の向きと一致する。



# R02 問2

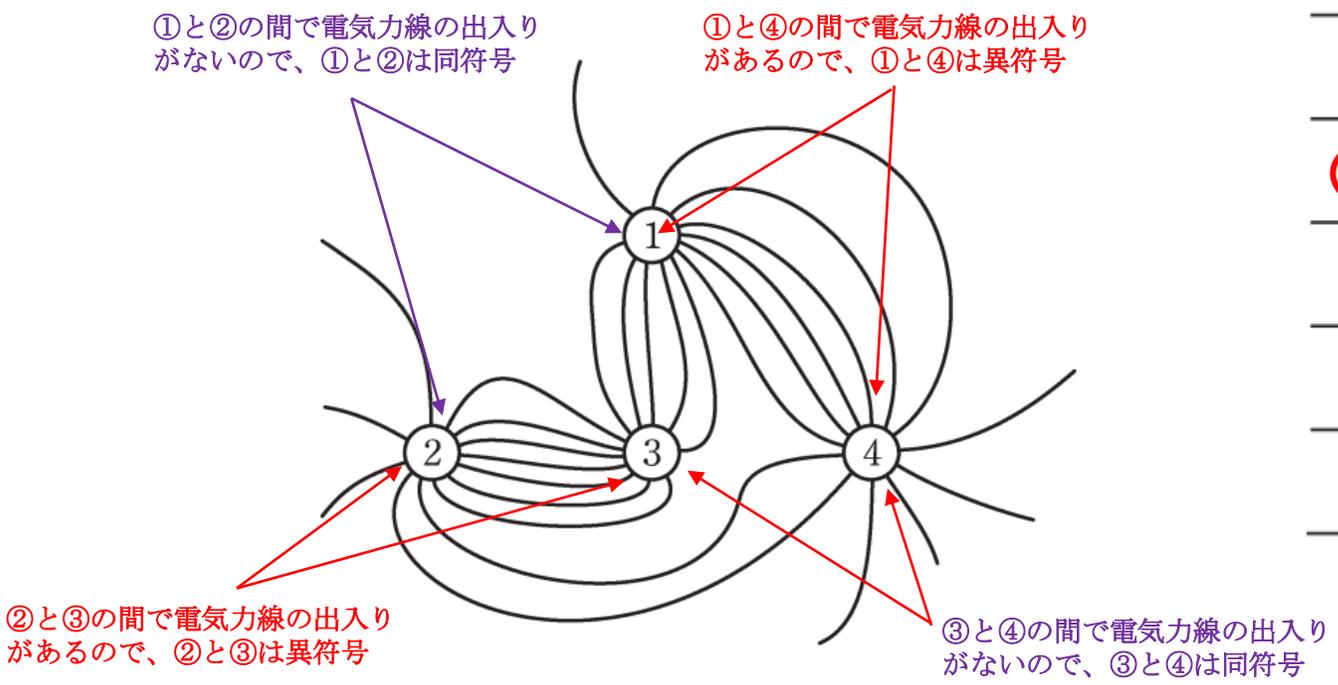
問2 四本の十分に長い導体円柱①～④が互いに平行に保持されている。①～④は等しい直径を持ち、図の紙面を貫く方向に単位長さあたりの電気量 $+Q$ [C/m]又は $-Q$ [C/m]で均一に帯電している。ただし、 $Q > 0$ とし、①の帯電電荷は正電荷とする。円柱の中心軸と垂直な面内の電気力線の様子を図に示す。ただし、電気力線の向きは示していない。このとき、①～④が帯びている単位長さあたりの電気量の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	①	②	③	④
(1)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$+Q$
(2)	$+Q$	$+Q$	$-Q$	$-Q$
(3)	$+Q$	$-Q$	$+Q$	$+Q$
(4)	$+Q$	$-Q$	$-Q$	$-Q$
(5)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$-Q$

# R02 問2

問2 四本の十分に長い導体円柱①～④が互いに平行に保持されている。①～④は等しい直径を持ち、図の紙面を貫く方向に単位長さあたりの電気量 $+Q$ [C/m]又は $-Q$ [C/m]で均一に帯電している。ただし、 $Q > 0$ とし、①の帯電電荷は正電荷とする。円柱の中心軸と垂直な面内の電気力線の様子を図に示す。ただし、電気力線の向きは示していない。このとき、①～④が帯びている単位長さあたりの電気量の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	①	②	③	④
(1)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$+Q$
<b>(2)</b>	$+Q$	$+Q$	$-Q$	$-Q$
(3)	$+Q$	$-Q$	$+Q$	$+Q$
(4)	$+Q$	$-Q$	$-Q$	$-Q$
(5)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$-Q$

ご聴講ありがとうございました  
ございました!!