

§2 導体

電磁気学I 8回目 §2.1~2 静電誘導と電場、導体と電荷

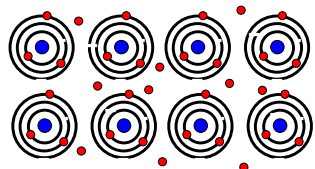
導体とは・・・電気を伝える物質

⇔ 電気を伝えない物質⇒絶縁体

電気を伝える担い手 (担体) :

自由に動き回れる、電荷をもった粒子

主に伝導電子 金属の場合: $n_e \sim 10^{23}/\text{cm}^3$



導体内に電場があると・・・

⇒ 電荷が移動する 誘導電荷

⇒ 新たな電場が生じる 誘導電場

外部電場を打ち消すような電場

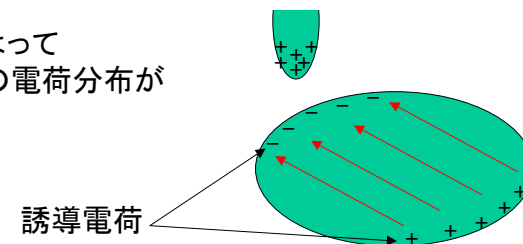
これらの性質を使い、
導体の周りの電場、
電位などを求める

⇒ 導体内の電場がゼロになる。

⇒ 導体の電位はどこでも等しい。

静電誘導

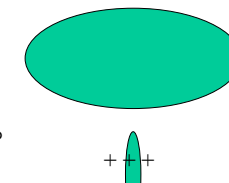
外部電荷によって
導体に正負の電荷分布が
誘導される。



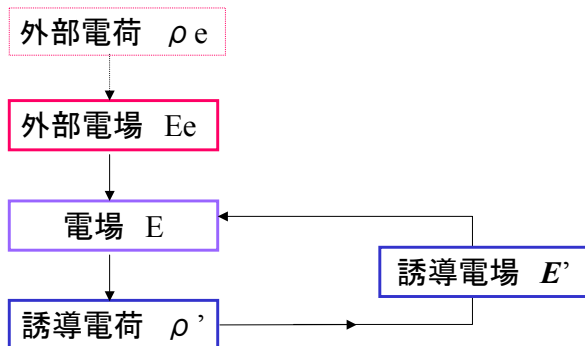
外部電場: 外部の電荷が作る電場

誘導電場: 誘導電荷が作る電場

p38問1 避雷針の先端に正の電荷が集まった。
雷雲下方の電荷は正か負か?



導体の問題の難しさ



電場がかかると中の電荷が動く
→ それによって誘導電場ができる
→ 電場がかわってしまう
→ また電荷が生じる → ...

うまい解き方は?

⇒ 導体内外の
静電場の特徴を
考える。

静電場中の導体 その特徴

静電場=時間的に変動しない電場

→時間的に変動しない電荷分布

もし導体内に電場があれば・・・

→電荷が移動

→時間的に電荷分布が変動

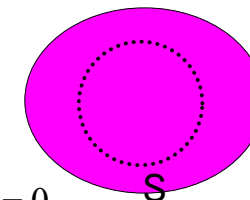
→静電場にならない!!!

→ ①導体内部に電場は無い!

ガウスの法則を適用

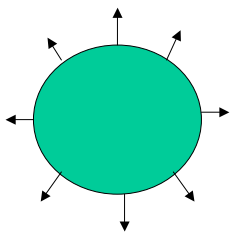
$$\epsilon_0 \int_S E_n dS = (\text{閉曲面}S\text{の内部の電荷}) = 0$$

→ ②導体内部には電荷が無い

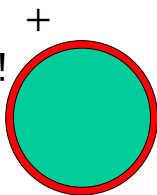


導体の周りの静電場の特徴

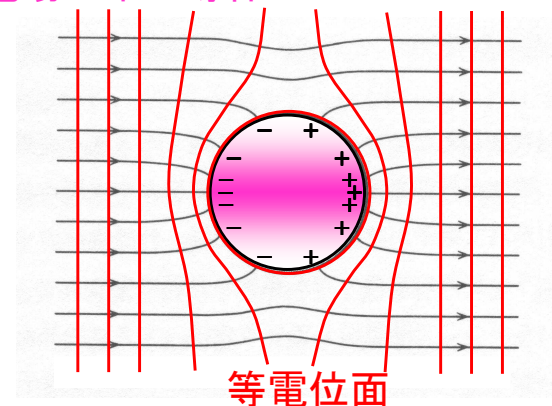
- ・導体表面の電流 なし
(表面の電流の向き//導体表面)
- 電場の導体表面に
平行な成分は無い
- ③導体表面では
電場は面に垂直!



- ・導体内の電荷の分布
- ②'電荷はすべて導体表面に存在!!
- ・導体内の電位
- 導体内は電場は無い
- ④どこでも電位は等しい



一様な静電場の中の導体



- ①導体内部に電場はない
 - ②電荷は導体表面のみ、内部にはない
 - ③導体表面では電場は面に垂直
 - ④導体表面は等電位面
- 次週、鏡像法で解く

外部電場を E_e 、誘導電場を E' とすると、

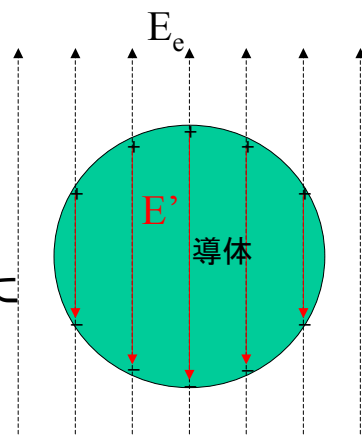
全電場: $E = E_e + E'$

導体内では $E = 0$

→ $E' = -E_e$

こうなるように導体表面に誘導電荷が発生

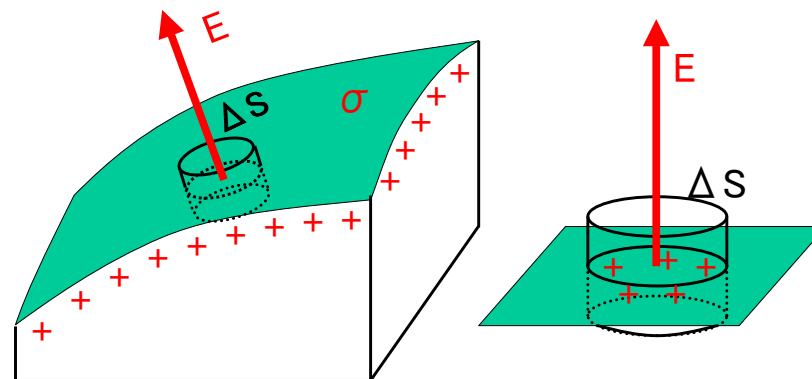
導体外部の電場が求まる



金属表面の電場

導体表面にガウスの法則を適用する。

$$\epsilon_0 \int_{\Delta S} E_n dS = \epsilon_0 E \Delta S = \Delta Q = \sigma \Delta S$$



ガウスの法則

$$\epsilon_0 E \Delta S = \Delta Q = \sigma \Delta S$$

$$\sigma = \epsilon_0 E$$

σ : 面電荷密度

E : 電場

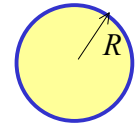
ϵ_0 : 真空の誘電率

電場は導体表面から外向き垂直

例題1 半径 R の導体球に電荷 Q が与えられている。
電場と導体球の電位を求めよ。教科書P42

電荷は表面に分布 その密度 σ は？

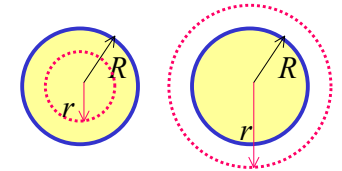
$$\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$



ガウスの法則

$$\epsilon_0 \int_{(\text{半径 } r \text{ の球面})} E_n dS = \text{半径 } r \text{ の球の内部の電荷} = \begin{cases} 0 & (r < R) \\ Q & (r > R) \end{cases}$$

$$\longrightarrow E(r) = \begin{cases} 0 & (r < R) \\ \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} & (r > R) \end{cases}$$



導体球の電位

$$\phi = \phi(R) = \int_R^\infty E(r) dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

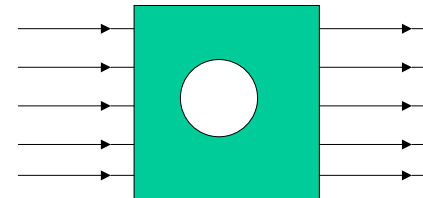
導体球付近の電場: $E(r=R) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$
 導体球の電位: $\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

$$\longrightarrow E = \frac{\phi}{R}$$

半径が小さいほど電場が強い！！

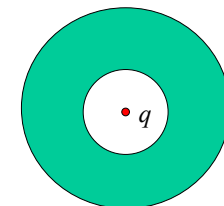
→ とがった所から放電が始まる
雷はとがった所へ落ちる

静電遮蔽



導体内に空洞があるとき、導体外部から電場をかけても、内部の空洞にも電荷が無い限り電場は無い。

導体内に空洞に電荷があるときは???



導体の空洞内部に電荷 q

→ 空洞の内面に誘導電荷 q'_I
導体表面に誘導電荷 q'_O

$$\text{中性条件: } q'_I + q'_O = 0$$

空洞内の電場

$$\varepsilon_0 \int_{S_1} E_n dS = q$$

導体中 (電場は常にゼロ)

$$\varepsilon_0 \int_{S_2} E_n dS = q + q'_I = 0 \longrightarrow q'_I = -q$$

導体外

$$\varepsilon_0 \int_{S_3} E_n dS = q + q'_I + q'_O = q + (-q) + q = q$$

導体外の電場は q の大きさのみに依存。位置は関係なし！

