

2.6 導体と静電場

2.6.1 導体とは

“電場がかかると電流が自由に流れるような物質” (金属など)

導体中には 自由な電荷 が存在して，電流の担い手となっている．
この電荷は物体中を自由に動けるが表面から外に出ることはない．

金属の場合: イオンは結晶格子を作っていて，一部の電子はイオンに束縛されない 自由電子 となっている．

2.6.2 導体中の静電場

- 静的な状態では導体中で $\underline{E} = 0$. (電場がない.)
← もし, $E \neq 0$ なら, 電荷の移動が起こり電流が流れるので, 静的な状態でなくなる .

孤立した導体であれば (外部から電流を流しつづけたりしなければ), もし $E \neq 0$ としても, 電荷の移動によりこの電場が “中和” され, ごく短い時間で $E = 0$ となる .

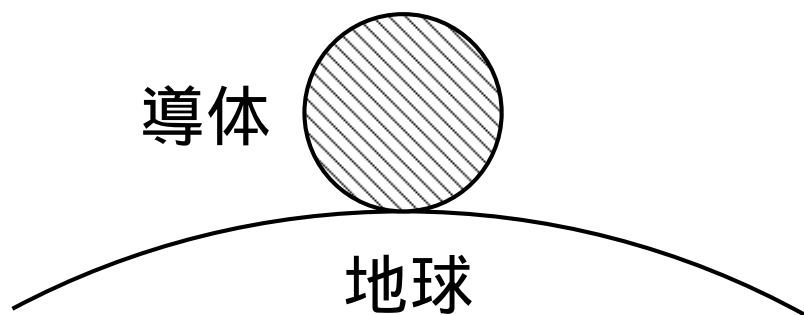
- $E = 0 \Rightarrow \nabla \cdot E = 0$
よって, 静的な状態 (静電場) では導体中に電荷はない . $\underline{\rho} = 0$.
- $E = 0$, $E = -\nabla\phi$ より, $\underline{\phi} = \text{const.}$.

導体は等ポテンシャル .

- 地球は (あまりよい導体ではないが) 導体といえる .
従って , 地球は等ポテンシャル .

導体を地球に接するように置けば (あるいは導体と地球を導線などでつなげば) その導体は地球と同じポテンシャルになる .

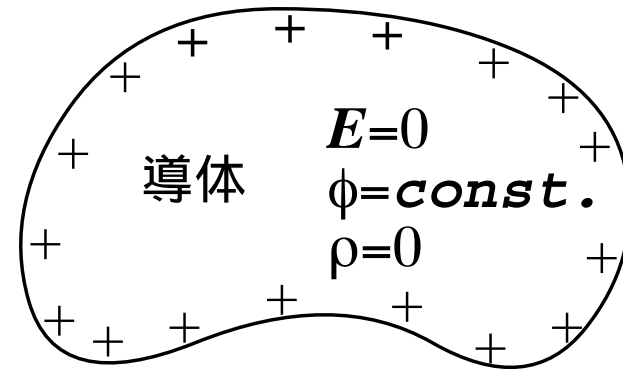
⇒ 接地 (アース)



通常 , 接地された導体について $\phi = 0$ と選ぶ .

2.6.3 帯電した導体

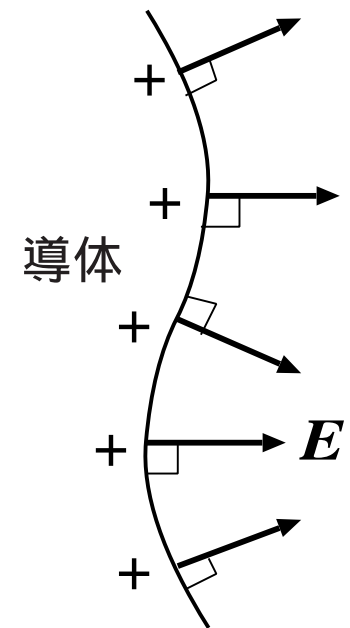
- 導体に電荷を与えると (内部では $\rho = 0$ ゆえ), 電荷は表面に分布する.



- 導体表面のすぐ外側の電場は表面に垂直 . (法線成分のみ .)

← 導体表面は等ポテンシャル面 (等電位面) で , 電場 (電気力線) は等ポテンシャル面に垂直 . (§§2. 4. 6)

もし接線成分があれば , 電荷が表面に沿って移動し電流が流れる . (静的状態でなくなる .)



- 帯電した導体の表面付近の電場の大きさ.

導体表面の小さな薄い円筒にガウスの法則を適用すると,

$$(1) \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\sigma \Delta S}{\epsilon_0}, \quad \sigma = \text{表面の電荷面密度}, \quad \Delta S = \text{底面積}.$$

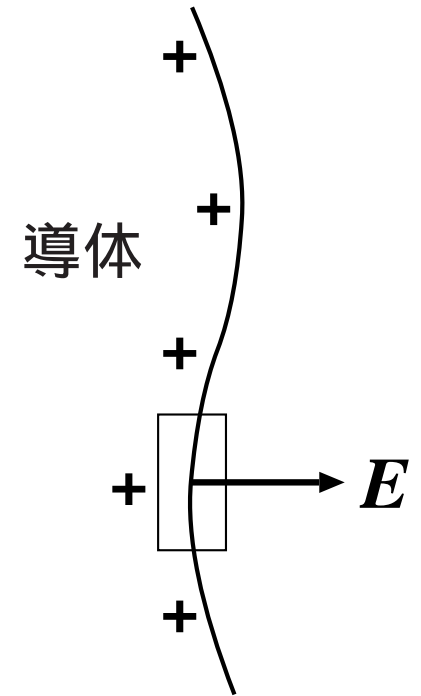
導体内部では $E = 0$ ゆえ,

$$(2) \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = E \Delta S.$$

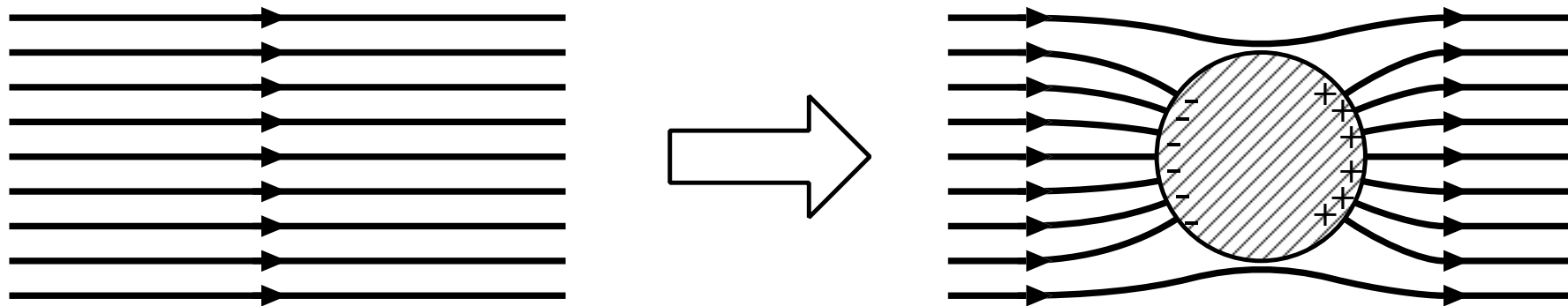
よって, 導体のすぐ外側の電場の大きさ (E) は,

$$(3) \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}.$$

(cf. §§2. 5. 2 例 3, 式 (2. 5. 33))



- 導体の全電荷がゼロでも，導体を電場中に置くと表面に電荷が現われる． \Rightarrow 誘導電荷



上の議論 (式 (3) など) はそのまま使える．

2.6.4 導体中の空洞

導体は等ポテンシャルゆえ、
空洞 V の表面 S は等ポテンシャル面。

§§2.5.2 の釣り合いの議論
「電荷のない領域ではポテンシャルは極小値も極大値もとらない」から、

空洞内に電荷がないとすれば、 S で $\phi = \text{const.}$ で、 V でも $\phi = \text{const.}$. すなわち、 $E = -\nabla\phi = 0$, 空洞中の電場はゼロ.

⇒ 静電遮蔽

これは導体、空洞の形状、導体の電荷、導体外部の電場に依らず成り立つ。逆に、例えば、導体の電荷をゆっくり変化させて、空洞に電場が生じるかどうかを調べれば、ガウスの法則、つまり $1/r^2$ 則の検証ができる。この原理を用いた実験により、 $F \propto 1/r^{2+\delta}$ とすれば、 $|\delta| < 3 \times 10^{-16}$ (1971) と分かっている。

