

電磁気学基礎テキスト

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{i} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$



東海大学理学部物理学科

遠藤雅守, 櫛田淳子, 北林照幸
2010年度版

る金属は、自由に動ける電子(-)と、動かない原子核(+)よりなる。ここに外部から電場 E を加えると、金属内部にも電場は浸透する。すると電子は電場と逆方向に移動し、そこには正電荷(正孔と呼ばれる)が残される。すると、導体内部に正と負の電荷が現れることになる。電荷はどんどん分離していくが、この分離した電荷は外部の電場を打ち消すように内部電場 E' を発する。結局、電荷の動きが止まるのは、分離した電荷が発する電場が外部電場をちょうど打ち消し、導体内部の電荷が動けなくなったときである。だから、導体内部には電場が無い。

事実(2)について考えよう。いま、導体に余計なプラスの電荷を少し与えたとする*1。これらの電荷も自由に動くことができるが、一体どのような力を受けるだろうか。考え方としては、与えられた電荷はそれぞれクーロン力により他の電荷と反発するので、なるべく遠ざかろうとするだろう。どこまで行けるかと言えば、導体表面だ。だから、導体に与えられた電荷は表面に分布する。もし、導体中央に新たに電荷を一つ置くと、それはまわりにある電荷から反発力を受ける。この場合、新たな電荷は、反発力が釣り合って中央に静止する、ということはあるえない。これは、ちょうどバスケットボールの上にテニスボールを置いたときの様子を例えられる。ボールがわずかに真上からずれると転がり落ちてしまうだろう？導体中央の電荷も同じ事で、他の電荷からのクーロン力の釣り合いが少しでも崩れると導体端まで押しやられてしまう。

事実(3)の性質を厳密に証明することはかなり難しい。サーウェイの p713 にそれらしい説明が書いてあるが、実は証明にはなっていない。厳密な証明はこの授業の範囲を超えるため、ここは直感的、定性的に理解することでよしとしよう。電荷が導体の表面に分布する、という性質は、例えるなら幾つかの小球をおわんのような凹面に置く問題と考えられる(図 5.3)。ここで小球同士には弱い反発力がはたらいているとしよう。凹面がゆるやかなときは小球は互いに反発してまばらにちらばるが、凹面が急だと球は反発力に打ち勝って密集する。したがって、導体においても同様に電荷はとがった先端に集中する性質があるのだ。避雷針がとがっているのはなるべく多くの電荷を地面から吸い上げて雷を呼び込むため、図 5.4 のような高電圧器機は電荷の集中をさけるため丸い。

5.2 導体表面の電荷密度と電場の関係

ガウスの法則を使うと、帯電した導体から出る電気力線の密度(電束)と表面の電荷密度の関係を求めることができる。図 5.5 のような帯電した導体の表面を貫く筒状のガウス面を考えよう。このとき、静電平衡にある導体の性質(4)として次の事実が言える。

*1 金属の場合は、電子を少し取り去ると正電荷を与えたのと等価の効果が得られる。

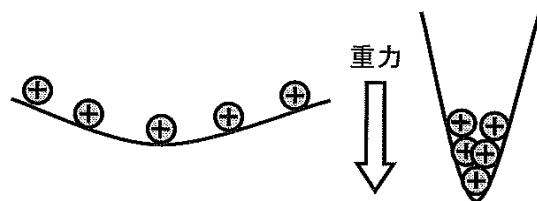


図 5.3 緩やかに曲る導体と鋭い導体における電荷のふるまい

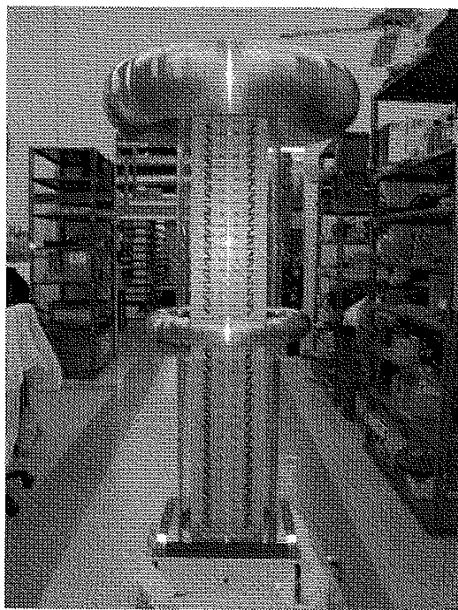


図 5.4 高電圧試験装置 (定格出力電圧 DC400kV).
(大阪府豊中市 治部電機株式会社 豊中工場設置)