

1.1 静電気

1.1.1 電荷

主に 17~18 世紀に行われた実験^{*1}より、物体を擦り合わせることで発生する摩擦電気の性質について次のことが分かった。

1. 電気には正負 2 種類がある^{*2}。
2. 異なる物質を擦り合わせると一方に正、他方に負の電気が生じる。
3. 異種の電気には引力、同種の電気には斥力が生じる。

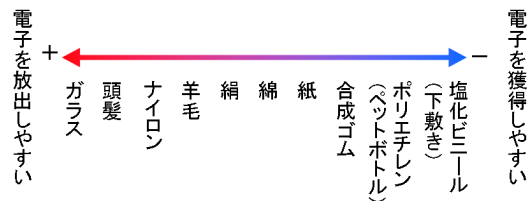


図 1.1 帯電列の一例。左の物質ほど相対的に正に帯電しやすく、右の物質ほど負に帯電しやすい。帯電列上で遠い物質同士を擦り合わせるとより大きな帯電が得られる。

【性質 1】は 2 種類の電気が（水と油のように）互いに相容れないものではなく、電子の過（-）不足（+）によるものとして説明できる。しかし、電子が発見されていなかった当時としては電気の本質を見抜いた優れた命名である。【性質 2】は物質を構成する原子に摩擦エネルギーが与えられ、最外殻の電子が相手の物質に移ることとして説明できる [6, pp.2-4]。このとき電子がどちらの物質に移るかはおよそ図 1.1 の順序で決まる [7, p.82][8, pp.44-45]。【性質 3】の力は後に説明するクーロンの法則（式 (1.2)）として定式化されている。

これらの現象を科学的に評価するには、物質が帯びる電気の量（電子の過不足）を定量化する必要がある。ここで使うのが電荷（単位を [C] で表しクーロンと読む）である。電荷については 19~20 世紀前半に行われた実験より次のことが分かった。

1. 電子の電荷と質量の比は $e/m = 1.75882 \times 10^{11}$ C/kg である^{*3}。
2. 電荷の最小単位（電気素量と呼ぶ）は $e = 1.60217733 \times 10^{-19}$ C であり、その整数倍の値しか取り得ない^{*4}。

【実験 1】は図 1.2 左に示すような陰極線を観察すると、その曲がり方は陰極線を構成する電荷 e に比例し、質量 m に反比例する。穴の開いた陽極の後段で加える磁界または

^{*1} 「電磁気学の年表」や「粒子発見の年表」でインターネット検索すると、歴史的背景が時系列で分かる [4]。

^{*2} 当時ガラス電気と樹脂電気として知られていた 2 種類の電気を、1750 年 Franklin がそれぞれ正電気と負電気と名付けた。もしもこのとき、ガラス電気を負電気、樹脂電気を正電気と決めていたら、後に発見された電子の電荷は正と定義されていた [5, pp.6-7]。

^{*3} 1897 年 Thomson によって発表された。トムソンの実験として知られている。

^{*4} 1912 年 Millikan によって発表された。ミリカンの油滴実験として知られている。現在では電荷の最小単位はクォーク $e/3$ であることが理論的に分かっている [1, p.167]。ただし、現科学でクォークを単独で取り出すことには成功していないため、 e が電磁気学で扱う電荷の最小単位であることに変わりはない。

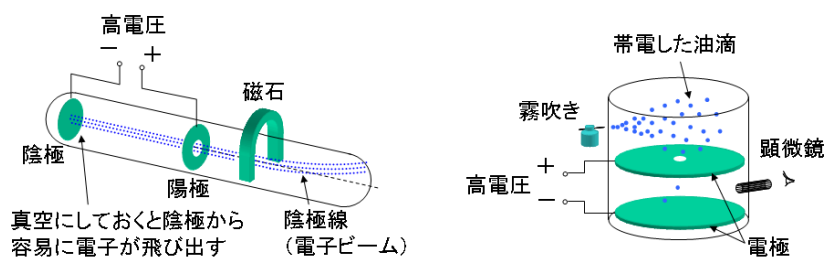


図 1.2 トムソンの実験(左)とミリカンの油滴実験(右)。左図で陰極線に磁界または電界を与えると陰極線は曲げられる。また、右図でイオン化された油滴に電界を加えると重力とのつり合いから油滴は電極の中で静止したり等速運動したりする。

電界の大きさを変えて陰極線の曲がり方を観察することで e/m の比率を求められる [9, pp.42-47]。【実験 2】は図 1.2 右に示すように、霧吹きで生成される油滴が摩擦によってイオン化する性質を利用する。電極の中でイオン化された油滴にはたらく重力と電気力とのつり合いにより、等速運動する油滴の速度を観察することで油滴の電荷を求められる [10, pp.716-717][11, pp.408-409]。