1.1.2 クーロンの法則、電界

図 1.3 左に示すような、ねじりばかりによる実験から電荷間に働く力 F について次のことが分かった[*5]。

1. 電荷の大きさに比例した。($F \propto Qq$)
2. 電荷間の距離の逆 2 乗に比例した。($F \propto 1/r^2$)
3. 方向は電荷間を結んだ直線の方向であった。
4. 同種の電荷間（$\oplus\oplus$ または $\ominus\ominus$）では斥力、異種の電荷間（$\oplus\ominus$ または $\ominus\oplus$）では引力であった。

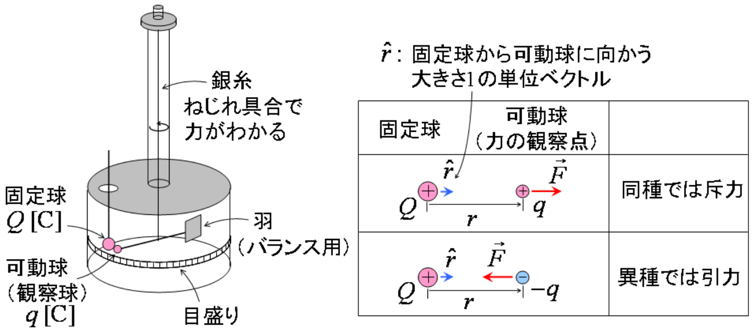

図 1.3 クーロンのねじりばかり（左）と帯電球に働く力（右）。固定球と可動球を接触させた状態で帯電（Q と q）させると両球には斥力が働く。また、両者を離して異種電荷（Q と $-q$）を与えると引力が働く。力の大きさは銀糸のねじれ具合から求められる。

【性質 1】と【性質 2】をまとめると式 (1.1) が得られる。ただし、係数 $1/4\pi\varepsilon_0$ は SI 単位系[*6]で定義された定数である。ニュートンの万有引力の法則[*7]と式の形が同じである。

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r^2} \tag{1.1}$$

しかし、このままでは力の方向を数式で表現できない。そこで図 1.3 右上に示す $\hat{r}$（大きさが 1 で固定球から可動球に向かう単位ベクトル）を導入し、可動球に働く力を方向を含めて表現すると次式となる。

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r^2}\hat{r} \tag{1.2}$$

式 (1.2) は【性質 3】と【性質 4】をうまく表現している。例えば、図 1.3 右下のように可動球の電荷が $-q$[C] なら $\vec{F}$ の方向は $-\hat{r}$ になる。式 (1.2) を**クーロンの法則**と呼ぶ。また、図 1.3 右で可動球（力の観察点）に与える電荷を $q = +1$ C にしたときのクーロンの法則は次式になる。

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r} \tag{1.3}$$

[*5] 1785 年 Coulomb によって発表された。この実験で力の大きさは銀糸のねじれ具合から求められる [12, pp.4-10]。
[*6] 現在の mksA 単位系のこと。1 cm, 1 g, 1 s を基本単位としていた昔の gauss 単位系と cgs 静電単位系ではこの係数が 1 になる [13, pp.6-7]。
[*7] 1684 年 Newton によって発表された。

式 (1.3) は固定点に Q[C]、力の観察点に $+1$ C の電荷を置いたときに働く力 $\vec{F}$ に等しく、これを特別に $\vec{E}$ と表現し**電界**[*8]と呼ぶ。また、式 (1.2) に式 (1.3) を代入すれば、電気力 $\vec{F}$ と電界 $\vec{E}$ の関係を次式のように表すことができる。

$$\vec{F} = q\vec{E} \tag{1.4}$$

[*8] 単位質量 $m = 1$ kg を置いたときに働く重力 $F = g$ が及ぶ空間全体を重力場と呼ぶように、$\vec{E}$ を**電場**とも呼ぶ。