2　静磁場中の定常電流に働く力

$\boldsymbol{E}=0$ とする．$\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})$ は与えられているとする．
i 番目の電荷に働くローレンツ力は (§ 1. 3),

(1)
$$\boldsymbol{F}_i = q_i\,\dot{\boldsymbol{x}}_i(t)\times\boldsymbol{B}(\boldsymbol{x}_i(t))\,.$$

すべての電荷について和をとると,

(2)
$$\boldsymbol{F} = \sum_i q_i\,\dot{\boldsymbol{x}}_i(t)\times\boldsymbol{B}(\boldsymbol{x}_i(t))\,. \qquad \text{(微視的)}$$

電流密度は (§ 1. 3),

(3)
$$\boldsymbol{i}(\boldsymbol{r}) = \sum_i q_i\,\dot{\boldsymbol{x}}_i(t)\delta^3(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{x}_i(t))\,.$$

よって,

(4) $$\boldsymbol{F} = \int \boldsymbol{i}(\boldsymbol{r}) \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})\, dV \qquad \text{(巨視的にも成り立つ)}$$

と書ける．この式を微視的領域について平均化したものであると考えれば ($\boldsymbol{i}(\boldsymbol{r})$ を連続的な分布と考える)，微小体積 dV に働く力は,

(5) $$d\boldsymbol{F} = \boldsymbol{i}(\boldsymbol{r}) \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})\, dV\,.$$

細い導線を流れる電流 I の場合，$\int_S \boldsymbol{i}(\boldsymbol{r}) = I\, d\boldsymbol{r}$ と書けるから，電流素片 $I\, d\boldsymbol{r}$ に働く力は,

(6) $$d\boldsymbol{F} = I\, d\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})\,. \qquad \text{(アンペールの力)}$$

回路 C 全体に働く力は,

(7) $$\boldsymbol{F} = I \int_C d\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})\,.$$