

## 1 円形電流のつくる磁場

図 1 のように, 半径  $a$  の 1 回巻きの円形回路を  $xy$  平面におき, 定常電流  $I$  を流した. 円の中心を原点  $O$  とする.

問 1-1. ビオ-サバルの法則を使い,  $z$  軸上の磁場を求めよ.

問 1-2. この回路のつくる磁場がアンペールの法則  $\int_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I$  をみたすことを示せ. ここで,  $z$  軸を経路  $C$  の一部として計算せよ.

円形電流から十分に離れた点  $\mathbf{r}$  における磁場は, 次のように表される.

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = -\frac{\mu_0 I S}{4\pi r^3} \left( \mathbf{n} - \frac{3(\mathbf{n} \cdot \mathbf{r})\mathbf{r}}{r^2} \right).$$

ここで,  $S = \pi a^2$ ,  $\mathbf{n}$  は  $z$  軸正の向きの単位ベクトルである.

問 1-3.  $z$  軸上の点  $\mathbf{r}_1$  における磁場を求めよ. ただし,  $a \ll |z|$  である.

問 1-4.  $xy$  平面の点  $\mathbf{r}_2$  における磁場を求めよ.  $a \ll \sqrt{x^2 + y^2}$  である.

問 1-5.  $yz$  平面内の磁束密度の概略を, 磁束線で表せ.

問 1-6. 磁場の  $z$  成分がゼロになる点のなす曲面を求めよ.

ビオ-サバルの法則

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_C \frac{\mathbf{I}(\mathbf{r}') \times (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} ds$$

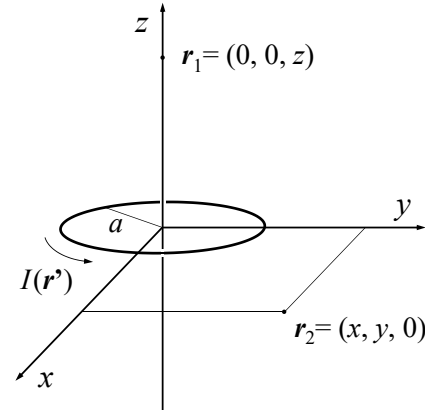


図 1  $xy$  平面内におかれた円形回路に定常電流  $I$  を流した.

## 2 並列交流回路

図 2(a) のように, 交流電源  $\phi(t) = \phi_0 \cos \omega t$  に複素インピーダンス  $\tilde{Z}$  の素子をつないだとき流れる電流  $I(t)$  を考える. 起電力と電流を複素数として, それぞれ,  $\tilde{\phi}(t) = \tilde{\phi}_0 e^{i\omega t}$ ,  $\tilde{I}(t) = \tilde{I}_0 e^{i\omega t}$  と考えたとき, オームの法則は,  $\tilde{\phi}_0 = \tilde{Z} \tilde{I}_0$ , のように表される. ここで, 教科書とは異なり位相を  $\tilde{\phi}_0 = \phi_0$  になるように選んだが, 一般に,  $\tilde{I}_0$  は虚部がゼロでない複素数である.

問 2-1. 素子が電気抵抗  $R$  の抵抗のとき, 複素インピーダンス  $\tilde{Z}_R$  を求めよ.

問 2-2. 素子が静電容量  $C$  のコンデンサのとき, 蓄えられる電気量  $\tilde{Q}(t)$  と電流  $\tilde{I}(t)$  の関係を用いて, 複素インピーダンス  $\tilde{Z}_C$  を求めよ.

問 2-3. 素子が自己インダクタンス  $L$  のコイルのとき, 電磁誘導の法則を用いて, 複素インピーダンス  $\tilde{Z}_L$  を求めよ.

問 2-4. 図 2(b) のように, 電気抵抗  $r$  の抵抗と複素インピーダンス  $\tilde{Z}$  の素子を直列につないだときのオームの法則を答えよ.

問 2-5. 図 2(c) のように, 複素インピーダンス  $\tilde{Z}$  の素子が, 抵抗  $R$ , コンデンサ  $C$ , コイル  $L$  を並列接続したものだったとき,  $\tilde{Z}$  を  $\tilde{Z}_R$ ,  $\tilde{Z}_C$ ,  $\tilde{Z}_L$  で表せ.

問 2-6. 図 2(d) の回路を 1 周したとき電位が元に戻ることを使い, 抵抗  $r$  と  $R$  に流れるそれぞれの電流  $\tilde{I}_r$ ,  $\tilde{I}_R$  と, 起電力  $\tilde{\phi}_0$  の関係式を求めよ.

問 2-7.  $\tilde{I}_R$  を求めたのち, 実際に流れる電流の振幅  $I_R$  を求めよ.

問 2-8. 縦軸  $I_R$ , 横軸  $\omega$  のグラフを描け.

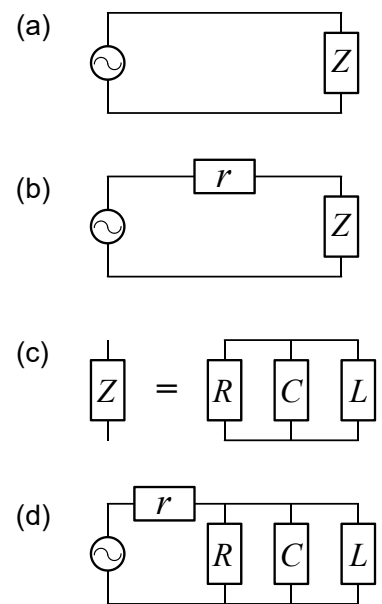


図 2 さまざまな回路に流れる電流を求める.