3 電磁気

図 3.1 は、直径が無視できるほど細い絶縁体線を xy 平面上で原点を中心とする半径 a の円形にした絶縁体リングである。絶縁体リングは線電荷密度 λ で一様に帯電しているものとして、以下の問いに答えよ。ただし、$\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$ を直角座標系の x, y, z 方向の単位ベクトル、μ_0 および ε_0 を自由空間の透磁率および誘電率とする。

1) リングが静止しているときに z 軸上に生じる電界について、以下の問いに答えよ。

a) リング上の中心角 ϕ [rad] から $\phi+\Delta\phi$ [rad] までの部分がもつ電荷量 ΔQ を求めよ。

b) $\Delta\phi$ が十分小さいと見なせるときに、ΔQ が点 P (0, 0, z) につくる電界ベクトル $\Delta\boldsymbol{E}$ を記号 ΔQ を用いて表せ。

c) b) の電界ベクトル $\Delta\boldsymbol{E}$ が $\boldsymbol{e}\Delta\phi$ で表されるものとして、リング全体の電荷が点 (0, 0, z) につくる電界ベクトル $\boldsymbol{E}$ を ϕ に関する積分形式で表せ。

d) a) および b) の結果を c) に代入し電界ベクトル $\boldsymbol{E}$ を求めよ。ただし、最終結果は記号 ΔQ および $\boldsymbol{e}$ を含んではいけない。

2) リングが z 軸の回りを ϕ の正の方向に単位時間当たり f 回転しているときに z 軸上に生じる誘磁界（磁束密度）について、以下の問いに答えよ。ただし回転によりリング上の電荷分布に変化はないものとする。

a) この帯電した絶縁体リングの回転をループを流れる電流と等価であると見なすことにしたとき、その電流値 I を求めよ。

b) $\Delta\phi$ が十分小さいと見なせるときに、リング上の中心角 ϕ [rad] から $\phi+\Delta\phi$ [rad] までの範囲の電流が点 P (0, 0, z) につくる誘磁界ベクトル $\Delta\boldsymbol{B}$ を記号 I を用いて表せ。

c) b) の誘磁界ベクトル $\Delta\boldsymbol{B}$ が $\boldsymbol{b}\Delta\phi$ で表されるものとして、リング全体の電流が点 (0, 0, z) につくる誘磁界ベクトル $\boldsymbol{B}$ を ϕ に関する積分形式で表せ。

d) a) および b) の結果を c) に代入し誘磁界ベクトル $\boldsymbol{B}$ を求めよ。ただし、最終結果は記号 I および $\boldsymbol{b}$ を含んではいけない。

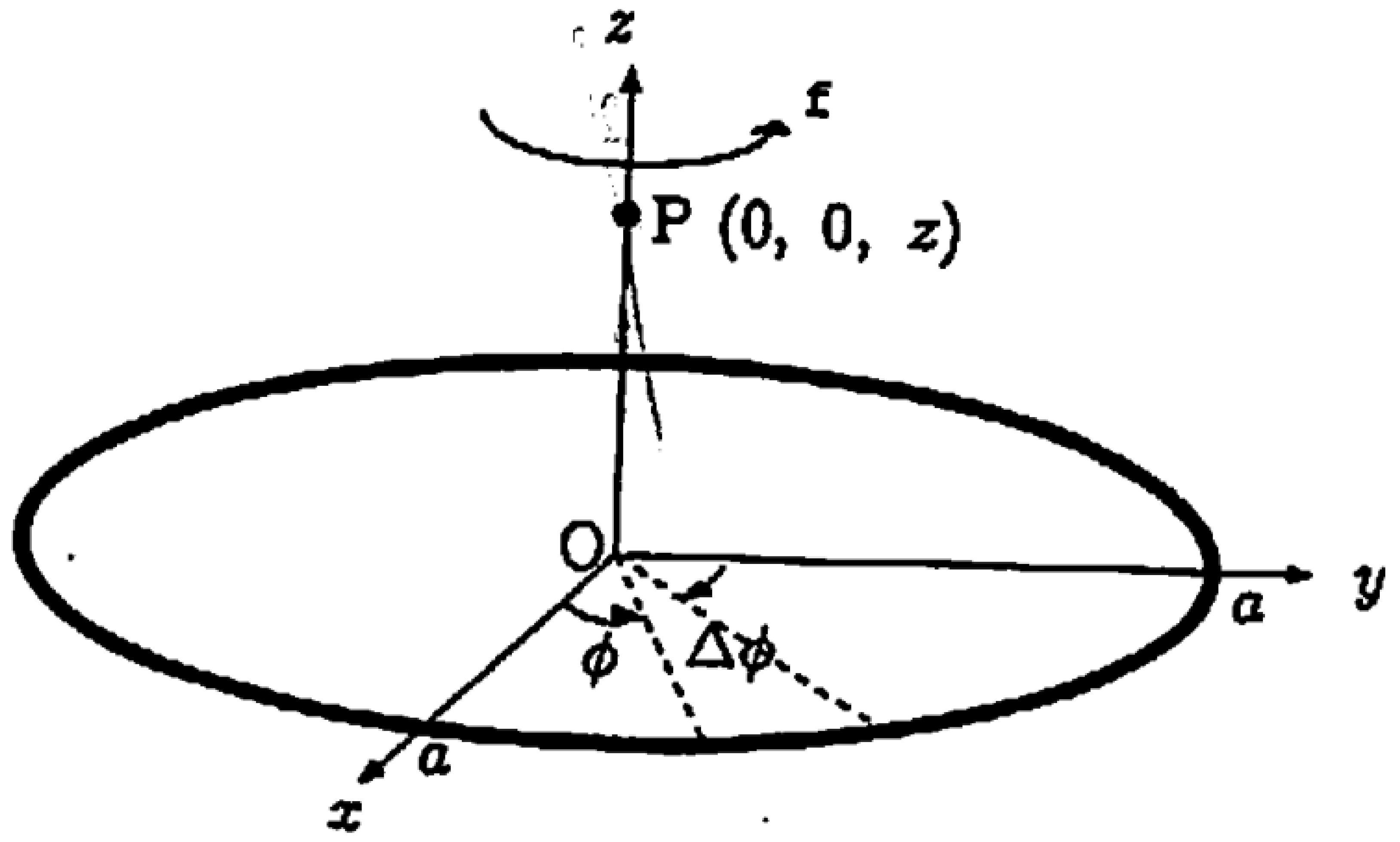

図 3.1