電磁気学（国際開発）
(5) 電磁誘導，変位電流，マクスウェルの方程式

高田潤一
takada@ide.titech.ac.jp

2010 年 1 月 14 日

概 要

本日は磁界の変化によって電界が発生する電磁誘導，電界の変化によって磁界が発生する変位電流について説明する．時間があればマクスウェルの方程式とそこから導かれる波動方程式についても説明する．

1 電磁誘導（教科書 9 章「電磁誘導とインダクタンス」）

- 磁束変化により発生する起電力：ファラデーの電磁誘導の法則 (9.1)
- 起電力と誘導電界：保存界にはならない (9.2)
- 誘導電界と磁束密度の関係 (9.4, 9.5)
- 実用例：変圧器，渦電流，発電機 (p. 197-199) (7.18-19)

2 変位電流（教科書 11 章「電磁界の法則と電磁波」）

- 電磁界の基本方程式にみられる数学的矛盾 (11.1)
  $\nabla \times \boldsymbol{H} = \boldsymbol{i} \Rightarrow \nabla \cdot \nabla \times \boldsymbol{H} = \nabla \cdot \boldsymbol{i}$
  左辺は数学的に 0 となるが右辺は $-\frac{\partial \rho}{\partial t}$ となり矛盾
- 数学的矛盾を解消するアンペアの法則の拡張 (11.2)
- 平行平板キャパシタにおけるアンペアの法則：変位電流により説明 (図 11.1)

3 マクスウェルの方程式（教科書 11 章「電磁界の法則と電磁波」）

- マクスウェルの方程式：4 つの電磁界に関する基本方程式の総称 (p. 233)
- スカラ波動方程式と平面波：真空中，源なし，1 次元を仮定 (11.7)
- 横波：マクスウェルの方程式の成分表示より，進行方向成分は時間・場所により変化しない (11.15)-(11.18)

- 周波数領域表示：フーリエ変換の利用式 (11.7) の t に関するフーリエ変換

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2}F(z,\omega) + \frac{\omega^2}{c^2}F(z,\omega) = 0 \tag{1}$$

解

$$F(z,\omega) = A\exp(-\mathrm{j}kz) + B\exp(\mathrm{j}kz) \tag{2}$$

ただし

$$k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda} \quad : \quad \text{波数（伝搬定数）} \tag{3}$$

$$c = \frac{1}{\epsilon_0\mu_0} \quad : \quad \text{光速} \tag{4}$$

$$\lambda = \frac{2\pi c}{\omega} \quad : \quad \text{波長} \tag{5}$$

注：特に電気電子工学では虚数単位に i ではなく j を使用