

物理学ノート 2

pinspro

2025 年 2 月 23 日

電磁気学

2025 年 2 月 21 日の訂正

セクション「長岡電磁気の 10 章についてのメモ 1」において、注釈の 2 で「誘電体として扱っているものは…」とあるが、プラズマは金属中の話なので誘電体に当てはまらない。

長岡電磁気の 10 章についてのメモ 2

長岡電磁気 [1] の第 10 章についてメモしておく。

物質中のマクスウェル方程式

長岡電磁気では、物質中の静電場において、誘電体中の位置ベクトル \mathbf{r} における分極ベクトル $\mathbf{P}(\mathbf{r})$ を位置ベクトル \mathbf{r} における電気双極子モーメントの体積密度として定義した。そして、誘電体中での電束密度を

$$\mathbf{D}(\mathbf{r}) := \varepsilon_0 \mathbf{E}(\mathbf{r}) + \mathbf{P}(\mathbf{r}) \quad (1)$$

として定義した。また、物質中の静磁場において、磁性体中の位置ベクトル \mathbf{r} における磁化ベクトル $\mathbf{M}(\mathbf{r})$ を位置ベクトル \mathbf{r} における磁気双極子モーメントの体積密度として定義した。そして、磁性体中での補助的な場（磁場の強さ）を

$$\mathbf{H}(\mathbf{r}) := \frac{1}{\mu_0} \{\mathbf{B}(\mathbf{r}) - \mathbf{M}(\mathbf{r})\} \quad (2)$$

と定義した。以上により、絶縁体に分類される物質について、静電場の基礎方程式は

$$\nabla \cdot \mathbf{D}(\mathbf{r}) = \rho_e \quad (3)$$

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{0} \quad (4)$$

であり、静磁場の基礎方程式は

$$\nabla \cdot \mathbf{B}(\mathbf{r}) = 0 \quad (5)$$

$$\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}) = \mathbf{i}_e \quad (6)$$

となった。真空中の静電場の基礎方程式は

$$\nabla \cdot \mathbf{D}(\mathbf{r}) = \rho_e \quad (7)$$

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{0} \quad (8)$$

であるから、誘電体中の静電場の基礎方程式と同じ形をしている。真空中の場合、電束密度は誘電体による分極がないので

$$\boldsymbol{D}(\boldsymbol{r}) = \varepsilon_0 \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) \quad (9)$$

と表される。真空中の静磁場の基礎方程式は

$$\boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) = 0 \quad (10)$$

$$\boldsymbol{\nabla} \times \boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}) = \boldsymbol{i}_e \quad (11)$$

であるから、磁性体中の静磁場の基礎方程式と同じ形をしている。真空中の場合、補助的な場（磁場の強さ）は磁性体による磁化がないので

$$\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}) = \frac{1}{\mu_0} \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) \quad (12)$$

と表される。いままでの流れから、時間変化のない電場および磁場でのそれぞれの基礎方程式は、真空中でも物質中でも同じ形で表すことができることがわかった¹⁾。

1) 導体については、電荷分布の広がりが真空中のあるきまった領域に制限されたものとして考える。

Bibliography

- [1]長岡洋介 (2017) 『電磁気学Ⅱ－変動する電磁場』, 岩波書店.