

1. 波の速さ

- 波の速さ: v [m/s], 波長: λ [m], 周期: T [s], 周波数: f [Hz]

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda \quad (1)$$

2. マクスウェル方程式

2.1. 電場に関するガウスの法則

- 湧き出す電束密度 D は電荷 ρ に等しい

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \text{div } \mathbf{D} = \rho \quad (2)$$

2.2. 磁場に関するガウスの法則

- 磁束密度 B は湧き出さない (増減しない)

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = \text{div } \mathbf{B} = 0 \quad (3)$$

2.3. ファラデーの電磁誘導の法則

- 時間変化する磁束密度 B は, 周囲に渦状の電場 E を生成する

$$\nabla \times \mathbf{E} = \text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (4)$$

2.4. アンペール・マクスウェルの法則

- 磁場の強さ H は, 電流密度 J と時間変化する電場 E によって生成される

$$\nabla \times \mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (5)$$

2.5. ポインティングベクトル ($\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$)

- 単位時間, 単位面積あたりに流れる電磁エネルギーを表すベクトル量

$$\begin{aligned} S_n &= -EH, \quad E = RI, \quad H = \frac{I}{2\pi r} \\ P &= \int_{S_1} (-EH) dS = -\frac{RI^2}{2\pi r} \cdot 2\pi r \cdot 1 = -RI^2 \text{ [W]} \end{aligned} \quad (6)$$

3. 波動方程式

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}, \quad \nabla^2 \mathbf{H} = \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} \quad (7)$$

4. 真空の光速度

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} \text{ [m/s]} \quad (8)$$

5. 特性インピーダンス (η)

- 真空: 377Ω

$$\frac{E}{H} = \eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \text{ [\Omega]} \quad (9)$$

6. 境界条件

- $D_{1n} = D_{2n}$: 誘電率の異なる界面では, 電束密度 D の境界面に垂直な成分が保存される
- $E_{1t} = E_{2t}$: 誘電率の異なる界面では, 電場 E の境界面に平行な成分が保存される
- $B_{1n} = B_{2n}$: 透磁率の異なる界面では, 磁束密度 B の境界面に垂直な成分が保存される
- $H_{1t} = H_{2t}$: 透磁率の異なる界面では, 磁場の強さ H の境界面に平行な成分が保存される

7. スネルの法則

反射の法則: $\theta_i = \theta_r$ (平面波の入射角: θ_i , 反射角: θ_r , 透過角: θ_t)

スネルの法則: $k_i \sin \theta_i = k_2 \sin \theta_t$ (入射側波数: k_1 [m^{-1}], 透過側波数: k_2 [m^{-1}])

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t \quad (\text{入射側媒質の屈折率: } n_1, \text{ 透過側媒質の屈折率: } n_2) \quad (10)$$

8. フレネルの公式

$$\begin{aligned} r_s &= \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t} \\ t_s &= \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t} \\ r_p &= \frac{n_2 \cos \theta_i - n_1 \cos \theta_t}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t} \\ t_p &= \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t} \end{aligned} \quad (11)$$

9. 電場反射率と強度反射率

$$\text{強度反射率: } R = r^2$$

$$\text{強度透過率: } T = \frac{n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i} t^2$$

$$R + T = 1 \quad (12)$$

10. エバネッセント波

$$\text{染み出し深さ: } d = \frac{\lambda}{2\pi \sqrt{(n_1 \sin \theta_i)^2 - (n_2)^2}} \quad (\lambda: \text{入射光の波長}) \quad (13)$$