

RF Short Course II (1: Antenna)

WARE-PRE13-0009_PA7
2013-07-01

Waremo Works: 福田

❖ Basics

- ベクトル場の回転
- 回転を含む方程式
- Maxwell 方程式
- 電磁輻射
- 磁流

❖ 基本的なアンテナ

- 分類
- ダイポールアンテナ
- ループアンテナ
- パッチアンテナ
- スロットアンテナ
- まとめ

❖ アンテナの駆動

- 共振
- 共振の例
- マッチング

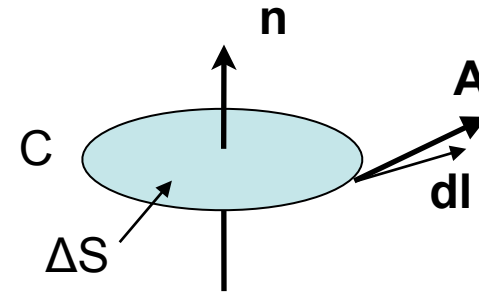
❖ EMI 解析への応用

- 考察の前提条件
- 意図しないアンテナ
- 伝送線路からの輻射
- 電源層からの輻射
- まとめ

- $\nabla \times \mathbf{A}$ (Curl \mathbf{A} , Rot \mathbf{A}) : ベクトル場の回転 (の湧き出し)

- 積分形

$$(\nabla \times \mathbf{A})_n = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\oint_C \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l}}{\Delta S}$$



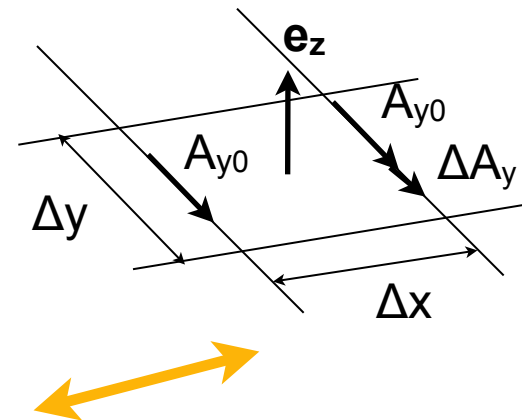
- \mathbf{A} : ベクトル場, \mathbf{n} : 微小平面 ΔS に垂直な向き

- 微分形

$$(\nabla \times \mathbf{A})_z = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}$$

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta A_y}{\Delta x}$$

Yellow arrows point from the boxed $\frac{\partial A_y}{\partial x}$ term in the first equation to the $\frac{\Delta A_y}{\Delta x}$ term in the second equation.



- $\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B}$ の意味 (円柱状の一様な \mathbf{B} の場合)

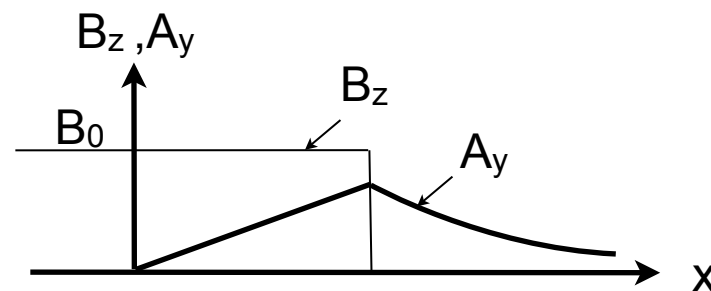
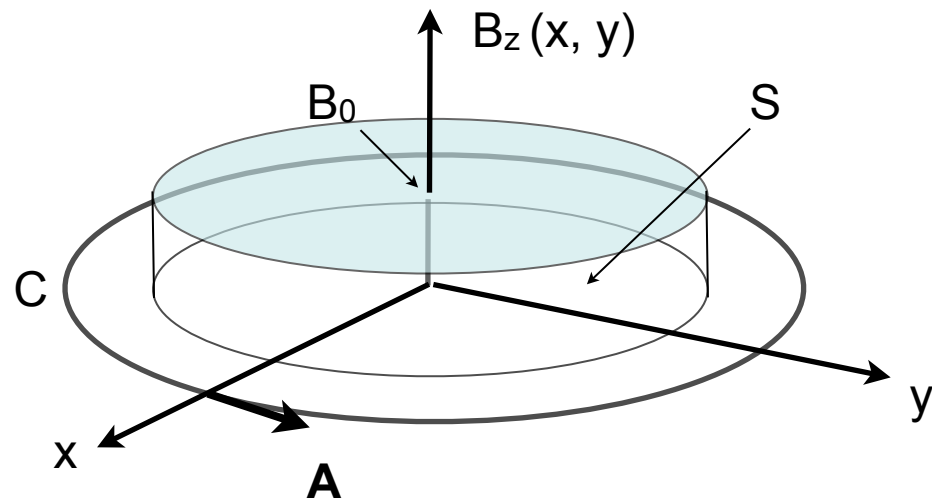
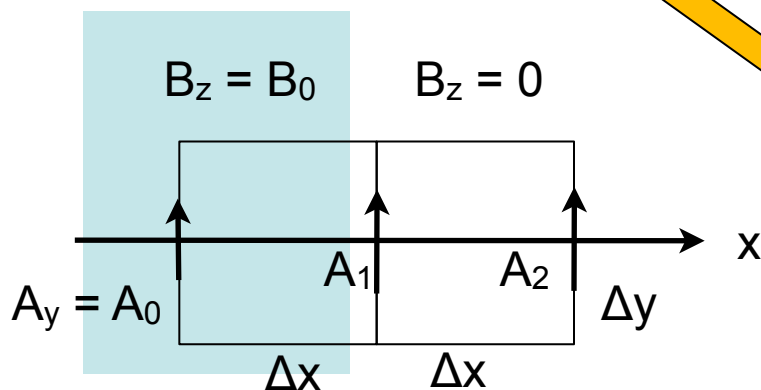
- 積分形

$$\oint_C \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l} = \iint_S \{B\}_n dS = I$$

➡ $2\pi r A = B_0 S$

- 微分形

$$(\nabla \times \mathbf{A})_z = B_z(x, y)$$



$$\frac{(A_1 - A_0)}{\Delta x} = B_0 > 0$$

$$\Leftrightarrow (A_1 - A_0)\Delta y = B_0 \Delta x \Delta y$$

- Maxwell's Equations

- Eq-1 (Ampere's Law)

$$\nabla \times H = I + \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

- Eq-2 (Faraday's Law)

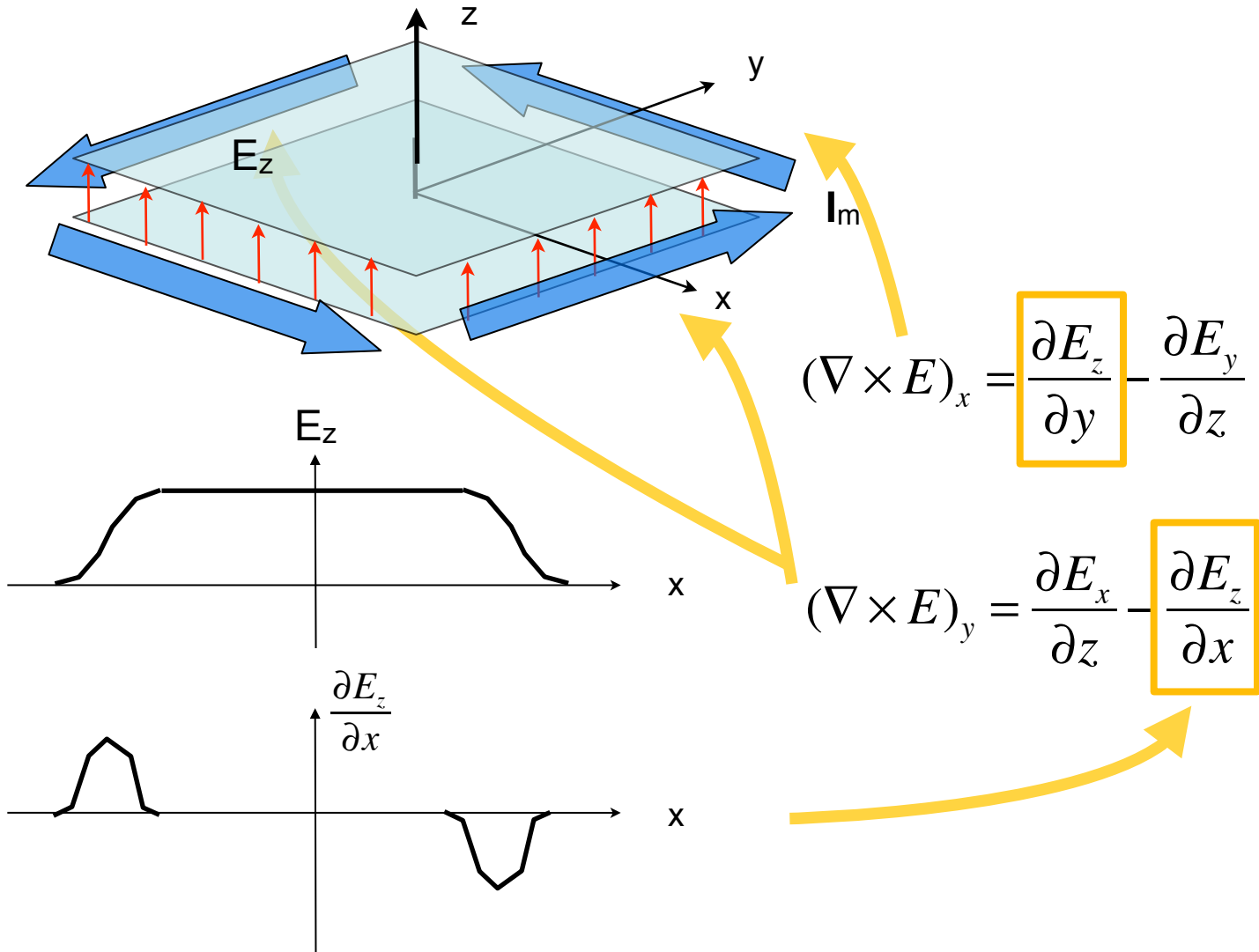
$$\nabla \times E = -\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t}$$

- H: 磁場 (A/m), E: 電場 (V/m) (いずれもベクトル場)
- μ_0 : 透磁率 ($4\pi \times 10^{-7}$), ϵ_0 : 誘電率 (8.854×10^{-23})

- 電波の発生・伝播（波源が電流・電気双極子の場合）
 - （交流）電流が存在すれば、（交流）磁場が発生する（Eq-1）
 - 磁場の時間的变化により、電場が湧き出す（Eq-2）
 - その電場の時間的变化により、磁場が湧き出す（Eq-1）
- これらより、
 - 最初に誘起される場が磁場 ⇒ 遠方界では垂直偏波
 - 水平面内では指向性無し
 - z 方向には電磁波は出て行かない

- 波源が磁場（微小コイル=磁気ダイポール）の場合も、
 - Eq-2 から出発して、 $E \Leftrightarrow H$ として、全く同様の議論ができ、
 - ゲイン分布、偏波面等を直感的に理解できる
- 波源が然程明確に記述できない場合、「磁流」を考える.....
 - Eq-2 を
$$\nabla \times E = I_m$$
 - と書ける量 I_m を想定できれば、上と同様の議論が可能
 - 磁気ダイポールの場合は対応は自明
 - そうでない場合、むしろ、 E の分布から I_m の向き・大きさを推定する

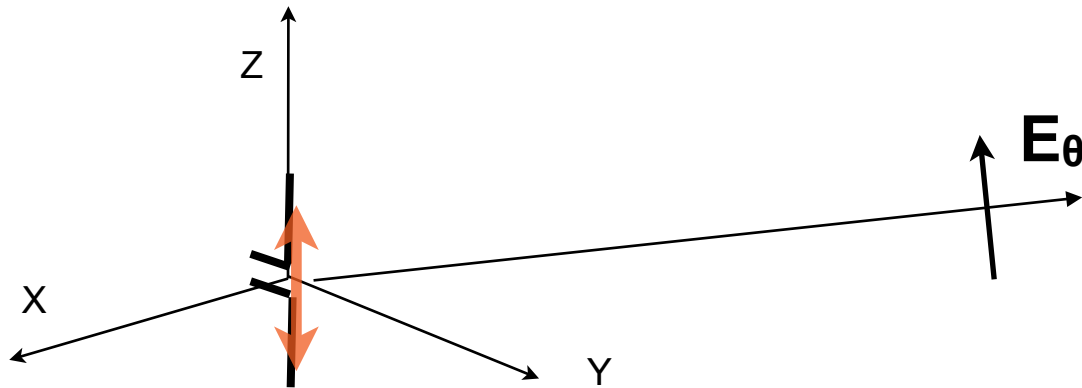
- 平行平板が作る電場と磁流



❖ 波源の種類・数から見た分類

- 電気双極子 ⇒ 半波長ダイポール
- 磁気双極子 ⇒ 微小ループアンテナ
- 電気双極子 (複数) ⇒ 一波長ループアンテナ
- 磁流 (複数) ⇒ パッチアンテナ
- 磁流 ⇒ スロットアンテナ

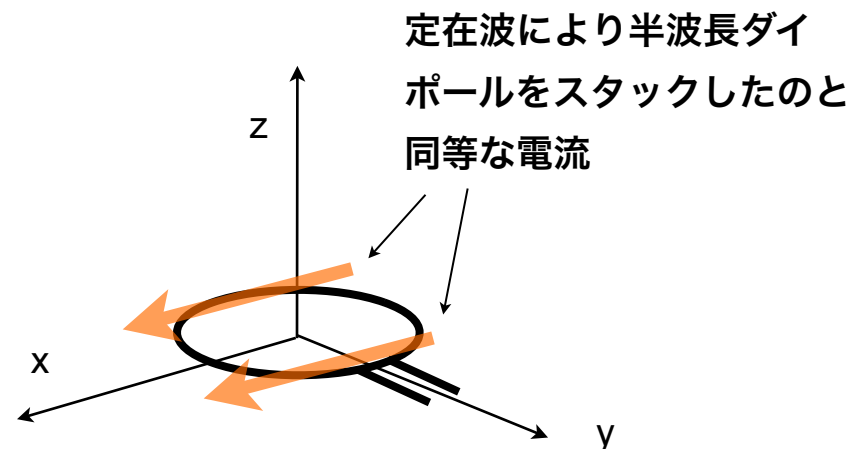
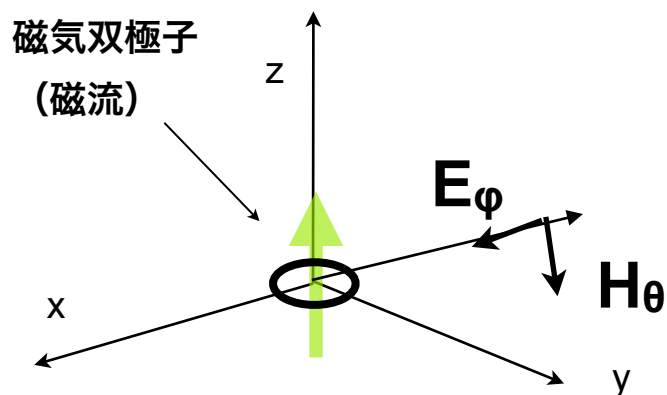
❖ 半波長ダイポールが典型



- アンテナの長さが変わっても、指向性、偏波面は殆んど変化が無い
- 双極子の場合も、電荷の「振動」を電流が担うと考えれば等価
- 水平面 (x-y 面) 内で指向性無し (ドーナツ/トーラス)
- 偏波面は、z軸を含む面 (E_θ のみ)

基本的なアンテナ (3) - ループアンテナ

❖ 微小ループから、一波長ループまで



- 円周長 $\ll \lambda$
- 波源: 磁気双極子
- z軸を中心にしたドーナツ型指向性
- 水平偏波
- 類似のアンテナ: Rod antenna

- 円周長 $\sim \lambda$
- 波源: 並行ダイポールアンテナ
(ダイポールの向きは、給電点の位置で決まる。)
- この座標系では、指向性を単純に表現できない (→ まとめ)
- 類似: Quad antenna