波動工学講義 2009 年（５学期）

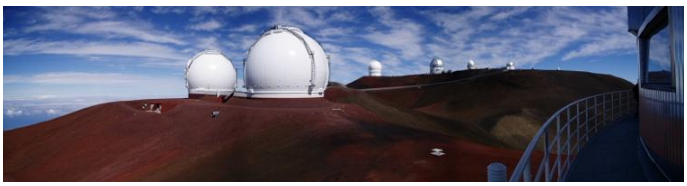
波動工学

$$\nabla \times E + j\omega B = 0$$
$$\nabla \times H - j\omega D = J$$
$$\nabla \cdot D = \rho$$
$$\nabla \cdot B = 0$$

東京工業大学 電気電子工学専攻

安藤 真

2009 年（５学期）



波動工学

2009 年（５学期）

安藤真

波動工学 2009 年（５学期） 安藤真

波動工学講義内容

2009-4-16

安藤真　mando@antenna.ee.titech.ac.jp, 南3号館９階909号室
教科書＆CGアニメーション担当：平野拓一 hira@antenna.ee.titech.ac.jp
宿題担当：山口武測 yamaguchi@antenna.ee.titech.ac.jp

講義、演習…毎週木曜3,4限 S633講義室
4/16(宿題説明), 23, 30, 5/07, 14, 21, 6/4(中間試験１), 11, 18, 25(休講), 7/2, 7/9, 16, 23, 30(補講)
変更に注意!! 連絡は南3号館玄関掲示板。
出欠はとらぬ。中間、期末試験により評価。宿題は評価。試験は練習問題、宿題を中心に。

1. Maxwellの方程式　4/16

アンペアの法則
ファラデーの法則
変位電流
Maxwellの方程式（積分形）　4/23

2. ベクトル演算子

回転
発散
回転成分と発散成分への分解
Maxwellの方程式（微分形）　4/30

3. 平面波

波動方程式の解
E,H,β,λ,kの関係　5/07
平面波の性質
視覚化　5/14
（シミュレーションデモ＋演習）
偏波、定在波　5/21

4. 境界条件

接線成分の連続
垂直成分の連続　← ー ー　**中間試験 1 ー6/4**
完全導体の境界条件　6/11

5. 平面波の反射、屈折

E波、H波
フェルマーの原理、定在波　6/18
全反射、ブリュスター角
損失のある（導体に近い）媒質の透過、反射、表面電流　7 /2

6. TEM線路

電信方程式の導出　7 /2
進行波と特性インピーダンス
定在波、負荷が接続された線路　7/9

7. 放射界

スカラー波動方程式　7/16
　Greenの定理　（面積分と体積積分の解釈）
自由空間における波源からの放射界　7/23
　ベクトルポテンシャル
　ローレンツ条件、放射条件
　遠方放射界

8. ポインチングベクトルおよびUniqueness定理　7 /30(補講)

ポインチングベクトルの解釈
Uniqueness定理

ーーー期末試験（全範囲）ーーー 8月

目次（Contents）

電磁波発展の歴史 p.1
０．電磁気学の復習 p.7
１．Maxwell の方程式 p.10
２．ベクトル公式と Maxwell の方程式の微分形 p.18
３．平面波 p.26
3.1 平面波の性質 p.26
3.2 定在波 p.35
3.3 偏波 p.41
４．境界条件 p.43
4.1 表面電流がない場合 p.43
4.2 表面電流がある場合 p.45
５．平面波の反射、屈折 p.49
5.1 垂直入射の透過・反射 p.50
5.2 一般的な斜入射 p.54
5.2.1 直交偏波 p.55
導電性媒質 p.60
完全導体(PEC)による反射 p.62
全反射 p.65
5.2.2 平行偏波 p.69
Brewster 角 p.71
６．TEM 線路 p.76
6.1 Maxwell の方程式から電信方程式を導出 p.77
6.2 電磁界断面成分のポテンシャルによる表現 p.81
6.3 進行波と特性インピーダンス p.83
6.4 電信方程式 p.91
７．波源からの放射界 p.100
7.1 波源からの放射 p.102
7.2 ヘルムホルツ方程式の解 p.108
7.3 微小ダイポールからの放射 p.120
7.4 電流素子と磁流素子からの放射 p.128
波源から遠方の界 p.129
線状波源分布からの放射計算例（遠方界） p.132
半波長ダイポール p.135
アンテナの諸特性 p.137
８．電磁波における諸原理 p.142
8.1 Poynting ベクトル p.142
8.2 Uniqueness 定理 p.148

A．付録

A.1 物理定数 p.150
A.2 電磁波スペクトルの分類と名称 p.151
A.3 補助単位 p.153
A.4 電気媒質定数 p.154
A.5 三角関数の公式 p.155
A.6 フーリエ変換の公式 p.157
A.7 ベクトル公式 p.159
A.8 座標、ベクトルの座標変換 p.162

■ 練習問題

波動工学ホームページ:

http://www-antenna.ee.titech.ac.jp/lecture/contents/hadou/index.html

電磁波アニメーション:

http://www-antenna.ee.titech.ac.jp/~hira/hobby/edu/em/em-j.html