

目次

1. 電磁界の基本法則と基本的概念	1
1.1 ベクトル場	1
1.2 真空中の電磁界	5
1.2.1 電荷と電界	5
1.2.2 電流と磁束密度	8
1.2.3 電磁誘導	11
1.2.4 マックスウェルの方程式	13
1.3 物質中の電磁界	14
1.3.1 誘電体	15
電気双極子／双極子モーメントの体分布／電気変位／偶力のモーメント／双極子のポテンシャルエネルギー	
1.3.2 磁性体	18
環電流と磁気モーメント／環電流の作る磁束密度／磁化と磁化電流／磁界／環電流に働く偶力のモーメント／磁氣的位置エネルギー／磁気モーメントと角運動量の関係／磁気モーメントの歳差運動／電子の磁気モーメント	
1.3.3 導電体	24
1.3.4 物質中のマックスウェルの方程式	25
1.3.5 境界条件	27
1.4 電磁界のエネルギー保存則	28
1.4.1 電磁エネルギー密度	28
1.4.2 電磁界のエネルギー保存則	30
1.5 電磁界の運動量保存則	31
1.5.1 体積力と応力	31
1.5.2 運動量の保存則	33
1.6 ポテンシャルの方程式	34
1.6.1 クーロングージ	35
1.6.2 ローレンツゲージ	36
1.6.3 遅延ポテンシャル	36
演習問題	40

2. 平 面 波	41
2.1 波動方程式と平面波	41
2.2 偏 光	45
2.3 反射と屈折	46
2.3.1 s 偏光平面波	47
2.3.2 p 偏光平面波	48
2.3.3 全反射と臨界角	50
2.3.4 ブルースタ角	51
2.4 多重反射による多くの波の干渉	51
2.4.1 平行平面構造の透過特性	51
2.4.2 平行平面構造の導波機構	54
2.5 2つの平面波の干渉	55
2.6 干渉とコヒーレンス	57
2.7 周期構造中の平面波	61
2.7.1 1次元周期構造中の平面波	61
2.7.2 3次元周期構造とブラッグの条件	66
2.8 幾何光学	68
2.9 導電性媒質中の平面波	71
演習問題	73
3. 電磁波の放射および回折	75
3.1 マックスウェル方程式の一般積分式	75
3.2 電流源、磁流源による放射電磁界	78
3.2.1 放射電磁界の表現	78
3.2.2 電流素片による電磁界	80
3.2.3 電流分布が与えられた場合の放射電磁界	82
3.2.4 アンテナの配列	84
3.3 開口面からの放射電磁界	85
3.3.1 ベクトル表示	85
3.3.2 スカラー近似	87
3.3.3 フレネル回折とフラウンホーファー回折	87
フレネル回折／フラウンホーファー回折	
3.3.4 2次元の場合の回折	89
フレネル回折／フラウンホーファー回折	
3.3.5 回折像の例	91
横 a 縦 b の矩形開口の回折／円形開口の回折／周期的スリットの回折	

3.4 レンズによる回折	95
3.4.1 レンズの位相変換作用	95
3.4.2 レンズによるフーリエ変換	98
3.5 運動電荷による放射	100
3.5.1 加速された電荷による放射電磁界	100
3.5.2 加速度が速度と平行の場合の放射	103
3.5.3 加速度が速度と垂直の場合の放射 (シンクロトン放射)	104
3.5.4 運動電荷による電磁波の散乱	107
演習問題	109

4. 分散性媒質中の電磁波 113

4.1 電磁界と物質との相互作用	113
4.1.1 電子分極	113
4.1.2 イオン分極	117
4.1.3 配向分極	117
4.1.4 導電体の分散	119
4.2 複素感受率の一般的性質	121
4.3 分散性媒質中の平面波	124
4.3.1 分散式	124
4.3.2 群速度	127
4.3.3 分散性媒質中の平面波のエネルギー密度、伝送電力	128
演習問題	130

5. 異方性媒質中の電磁波 131

5.1 異方性媒質の一般的性質	131
5.1.1 無損失媒質	131
5.1.2 可逆媒質	132
5.2 異方性媒質中の平面波	133
5.3 誘電体結晶	135
5.3.1 屈折率楕円体	137
5.3.2 単軸結晶	139
5.3.3 外力による誘電率の変化	140
ポッケルス効果／光弾性効果	
5.4 ジャイロ性媒質	146
5.4.1 静磁界を加えたプラズマ	146

5.4.2 静磁界を加えたフェライト	148
5.4.3 ジャイロ性媒質中の平面波	149
ファラデー効果／横磁界効果／フェライト中の電磁波	
演習問題	154

6. 電磁波の伝送 155

6.1 伝送波の基本的取り扱い	155
6.2 伝送波の基本的性質	158
6.2.1 モードの直交性	158
6.2.2 エネルギー保存則	159
6.2.3 導波路中の位相速度と群速度の関係	160
6.2.4 伝送損失	161
6.3 金属導波路	161
6.3.1 主に TEM 波を利用する導波路	161
同軸線路／平行 2 線	
6.3.2 導波管	165
方形導波管／円形導波管	
6.4 誘電体導波路	171
6.4.1 薄膜導波路	171
6.4.2 光ファイバ	174
6.4.3 不均一誘電体導波路	180
伝送波のベクトル波動方程式／スカラー近似／幾何光学近似	
6.5 電磁波ビーム	187
6.5.1 基本モード	188
6.5.2 高次モード	190
6.5.3 電磁波ビーム共振器	191
スポットサイズ／共振波長／共振器の損失	
演習問題	194

7. 電気力学 195

7.1 粒子の運動方程式のラグランジュ関数, ハミルトン関数	195
7.1.1 1次元調和振動子	196
7.1.2 電磁界内で運動する電荷	197
7.2 電磁界のラグランジュ関数とハミルトン関数	199
7.3 電磁界の平面波による展開	201
演習問題	203

8. 電磁界の数値解析 205

8.1 有限要素法	205
8.1.1 変分原理	206
8.1.2 離散化	208
8.1.3 座標変換	212
8.2 境界要素法	216
8.2.1 積分方程式	216
マックスウェル方程式／ラプラス方程式／ヘルムホルツ方程式	
8.2.2 離散化	220
8.3 無限空間内の電磁界問題	223
8.3.1 無限要素を用いた有限要素法	223
8.3.2 有限要素法と境界要素法の結合	224
演習問題	225

9. 電磁界の量子化 227

9.1 シュレディンガー方程式と交換関係	227
9.2 調和振動子の量子化	230
9.3 最小不確定性とコヒーレント状態	232
9.4 電磁界の量子的性質	235
9.4.1 電磁界の量子化	235
9.4.2 コヒーレント状態での電磁界	236
9.4.3 熱平衡状態での電磁界	237
演習問題	240

10. 電磁界と物質中の電子との相互作用 241

10.1 電界と誘起双極子モーメントとの相互作用	242
10.1.1 密度行列	242
10.1.2 2準位原子	244
10.1.3 定常状態における非線形分極	245
10.1.4 コヒーレント相互作用	247
10.1.5 レーザー発振の理論との関係	248
10.2 電子スピンと磁界との相互作用	249
10.2.1 角運動量演算子	249
10.2.2 スピン演算子	251
10.2.3 スピンと磁界との相互作用	252
歳差運動／電子スピン共鳴	
演習問題	254

付 録	255
A ベクトル公式	255
B 直交曲線座標のベクトル演算	256
C ルジャンドル関数	257
D エルミートの多項式	258
E 円柱関数	258
F ローレンツ変換	262
G 基本定数	264
参 考 文 献	265
問 題 解 答	267
索 引	285