

# 目 次

1. 電気磁気学の基礎	1
1.1 電荷と電流	1
1.2 マクスウェルの式	2
1.2.1 マクスウェルの式	2
1.2.2 有限境界の条件	3
1.3 電磁工学の素材	3
1.3.1 導体・半導体・絶縁体	3
1.3.2 誘電体・磁性体	3
1.3.3 荷電粒子(プラズマ)	4
1.3.4 超伝導体	4
1.4 電磁工学の周波数	5
1.5 電磁工学のオーダー	7
2. 電気現象の基礎	9
2.1 クーロンの法則	9
2.1.1 クーロンの法則	9
2.1.2 電界強度と電束密度	9
2.2 ガウスの法則	10
2.2.1 ガウスの法則	10
2.2.2 ガウスの法則のベクトル表示	11
2.3 ポテンシャル(電位)	11
2.3.1 ポテンシャルと仕事	11
2.3.2 平行2線のポテンシャル分布	12

2.3.3 等ポテンシャル面	13
2.3.4 表面電荷による電界	14
2.3.5 電気影像 (イメージ電荷)	14
2.4 ポアソンの式とラプラスの式	15
2.4.1 ポアソンの式とラプラスの式	15
2.4.2 平行平板内のポテンシャル・電界	16
2.5 キャパシタンス (容量)	18
2.5.1 電気容量	18
2.5.2 平行平板キャパシター	18
2.6 静電エネルギー	19
2.7 電気ダイポール (双極子)	20
2.7.1 ダイポール空間の電位と電界	20
2.7.2 ダイポールからの電磁波放射	21
3. 磁気現象の基礎	22
3.1 磁気誘導とファラデーの法則	22
3.2 磁束密度・磁界強度	23
3.2.1 磁束密度 $B$	23
3.2.2 磁界強度 $H$	24
3.3 アンペアの法則	25
3.3.1 アンペアの法則	25
3.3.2 電流要素に対するアンペアの法則	26
3.4 アンペアの作用の法則	26
3.4.1 アンペアの作用の法則	26
3.4.2 直線電流による磁界	27
3.5 磁気エネルギー	28
3.6 ベクターポテンシャル	29
3.6.1 ベクターポテンシャルの定義	29
3.6.2 長い直線電流近傍の磁界	30
3.6.3 磁気ダイポール	31

3.7	マグネトロン	32
3.7.1	直交電磁界中の電子	32
3.7.2	マグネトロン	33
4.	電磁光波工学	35
4.1	マクスウェルの式の意義	35
4.1.1	マクスウェルの式の特徴	35
4.1.2	変位電流の導入	36
4.1.3	異種媒質境界の電磁的条件	37
4.2	電磁エネルギー (ポインティング・ベクトル)	38
4.2.1	ポインティングベクトルの導出	38
4.2.2	同軸ケーブル中の電磁エネルギー流	39
4.3	電磁波・光波	40
4.3.1	マクスウェルの式よりの電磁波導出	40
4.3.2	電磁波の特徴	41
4.3.3	位相速度・群速度・レイ速度	42
4.4	電磁光波の反射	45
4.4.1	完全導体による反射	45
4.4.2	2層媒質における反射	46
4.4.3	良導体における反射	49
4.5	電磁導波路	49
4.6	光ファイバー	51
4.6.1	光ファイバーとその特徴	51
4.6.2	スネルの法則	52
4.6.3	ファイバー中の光波伝搬	53
4.6.4	集束型光ファイバー	54
4.7	八木アンテナ	55
5.	プラズマ電磁工学	57
5.1	荷電粒子中のマクスウェルの式	57

5.1.1	外部電荷を有する荷電粒子中のマクスウェルの式	57
5.1.2	プラズマの誘電率	58
5.2	プラズマ中の電磁波動	59
5.2.1	電子波・イオン波・電磁波 ( $B=0$ )	59
5.2.2	磁界中静電電子波	61
5.2.3	磁界中静電イオン波	62
5.2.4	磁界中電磁電子波・電磁イオン波 (冷プラズマ)	64
5.2.5	磁界中電磁電子波・電磁イオン波 (熱プラズマ)	67
5.3	プラズマ中の波動放射	68
5.3.1	電子プラズマ波の放射	68
5.3.2	イオン波の放射	70
5.3.3	磁界中の電子波の放射	71
5.4	レゾナンスコーン	73
5.4.1	点波源放射レゾナンスコーン	73
5.4.2	ダイポール放射レゾナンスコーン	75
5.5	プラズマ導波路	76
5.5.1	プラズマ導波路 (冷電子プラズマ)	76
5.5.2	プラズマ導波路 (熱電子プラズマ)	77
5.6	粒子ビームアンテナ	77
5.6.1	粒子ビームアンテナ	79
5.6.2	磁界中の粒子ビームアンテナ	80
5.7	マグネトロン法による超伝導薄膜	81
6.	超伝導電磁工学	83
6.1	高温超伝導	83
6.1.1	ゼロ抵抗とマイスナー効果 (完全導電性, 完全反磁性)	83
6.1.2	臨界温度・臨界磁界・臨界電流密度	85
6.1.3	第1種超伝導・第2種超伝導	87
6.1.4	磁束量子 (フラクソン)・特性長	88
6.1.5	高温超伝導	90

6.2	ロンドンの式	92
6.2.1	ロンドンの式	92
6.2.2	ロンドンの磁界侵入長	93
6.2.3	超伝導電流	94
6.3	高周波電磁現象	95
6.3.1	超伝導の高周波表面抵抗	95
6.3.2	超伝導への高周波電磁界浸透	96
6.4	超伝導の導電率	98
6.4.1	2流体モデルによる超伝導導電率	98
6.4.2	超伝導の表面インピーダンス	99
6.5	ジョセフソン効果・スタイド	99
6.5.1	準粒子トンネル現象	100
6.5.2	直流ジョセフソン効果	100
6.5.3	交流ジョセフソン効果	102
6.5.4	DC スタイド	103
6.5.5	RF スタイド	106
6.6	テラヘルツ電磁波・光波検出	108
6.6.1	SIS ミキサ	108
6.6.2	シャビロステップ	108
6.6.3	超伝導アクティブアンテナ	109
6.6.4	テラヘルツ光波センサ	110
6.7	超伝導の電磁的応用	110
索 引		113