

通 信 講 習 用
船 舶 電 気 装 備 技 術 講 座
(レーダー)
基 礎 理 論 編

社団法人 日本船舶電装協会

はしがき

近年、電子素子及び電子部品の高度化、デジタル技術の発展等にもない、船舶に備えられる船舶用無線通信機器及び航海用レーダー等の電子機器は、高機能化が図られている。

これらの電子機器に用いられる電子回路、電子工学及び情報通信工学の基礎を始めとして、レーダーの基礎、人工衛星を利用した無線通信等について分かり易くまとめたのが本書である。

船舶用無線通信機器及び航海用レーダー等の装備・整備業務等に携わる者は、これらの技術の基礎をしっかりと学習され、より深く機器を理解することにより、個々の技能を高めていただきたい。

なお、本書は競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて作成したものである。

基 礎 理 論 編
電気・電子・電波・情報通信工学の基礎

目 次

第 1 章 電磁気学と電子工学の基礎	1
1.1 電気とはなにか	1
1.1.1 電気の歴史と電気力線（電気力のクーロンの法則） — 電気の極性と電気力線，誘電率	1
1.1.2 波形と電圧（直流，交流，高周波，パルス波，実効値，波 高値，平均値）	2
1.1.3 周期と周波数—周波数の定義と単位	6
1.1.4 電気（直流）回路—オームの法則，合成抵抗，電力の計算	6
1.1.5 電気（交流）回路—コンデンサ，コイル，リアクタンス， インピーダンス	8
1.1.6 電気（同調）回路（直列共振と並列共振）	12
1.2 磁気とはなにか	15
1.2.1 磁気の極性と磁力線—磁気のクーロンの法則，透磁率	15
1.2.2 電流と磁界—右ねじの法則，コイルと等価磁石，コイルの リアクタンスとインピーダンス	17
1.2.3 磁気回路—変圧器（トランス）	18
1.3 電子素子と電気部品	20
1.3.1 電子工学と電気工学の相違—巨視的と微視的な見方	20
1.3.2 電子軌道と帯電—パウリの禁止則，絶縁体，導体	20
1.3.3 半導体とデバイス—N型とP型半導体	22
1.3.4 ダイオード—PN接合ダイオード	23
1.3.5 種々なダイオード—ショットキーダイオード，定電圧ダイ オード，可変容量ダイオード，フォトダイオード，レーザ ダイオード，トンネルダイオード	24

1・3・6	トランジスタ素子－PNP型，NPN型，電流増幅率，基本回路	29
1・3・7	電界効果トランジスタ（FET）－FETの構造，記号	33
1・3・8	トランジスタ等価回路と規格名称－hパラメータ，rパラメータ	34
1・3・9	集積回路（IC）－薄膜IC，モノリシックIC	37
1・3・10	電子部品と電気部品－サーミスタ，バリスタ，電界発光素子，電気部品と記号	39
第1章	練習問題	43
第2章	電子回路と送信機・受信機の基礎	45
2・1	アナログ回路とデジタル回路の特色	45
2・2	アナログ電子回路	45
2・2・1	増幅回路；増幅度の定義，オペアンプ	45
2・2・2	発振回路；発振器の原理，水晶発振回路	48
2・2・3	変調回路と復調回路；変調度と変調率，AM変調，FM変調，PM変調，DSBAMとSSBAM	49
2・2・4	送信機の構成	53
2・2・5	受信機の構成	53
2・3	デジタル回路	54
2・3・1	パルス変調とシフトキーイング変調；PAM，PWM/PDM，PPM，PCM，ASK，FSK，PSK	54
2・3・2	標本化と量子化；アナログとデジタル2進符号，量子化雑音	56
2・3・3	デジタルIC；TTL，C-MOS，ECL	59
2・3・4	論理回路（ロジック回路）	60
2・3・5	デジタル通信機の構成；デジタル通信系のモデル	62
2・4	電波の型式表示；電波法による記号表示	63
第2章	練習問題	65

第 3 章 電波工学の基礎	67
3・1 電波とはなにか	67
3・1・1 電波の発生	67
3・1・2 電波の波長と周波数	68
3・2 電波伝搬と電離層	70
3・3 アンテナ	71
3・3・1 電波の放射	72
3・3・2 アンテナとアース (接地)	73
3・3・3 アンテナの共振	74
3・3・4 アンテナ利得	77
3・3・5 アンテナの延長と短縮	78
第 3 章 練習問題	81
第 4 章 情報通信工学の基礎	83
4・1 情報とはなにか	83
4・1・1 情報量とビット	83
4・1・2 アナログ信号とデジタル信号	84
4・2 符号理論	85
4・2・1 符号の発生と検出	85
4・2・2 標本化と量子化	87
4・2・3 論理回路	87
4・3 誤り検出方式	87
4・3・1 パリティ符号	88
4・3・2 定比率符号 (定マーク符号)	88
4・3・3 F E C	89
4・3・4 A R Q	89
4・4 誤りの訂正方式	90
4・4・1 符号の記号表示と演算	90
4・4・2 誤り訂正の原理	91

4.4.3	ブロック符号ーハミング符号	92
4.4.4	畳み込み符号	94
4.5	GMDSSに使用されている誤り訂正符号	96
4.5.1	DSCに使用されている符号	96
4.5.2	NBDPに使用されている符号	99
4.5.3	衛星EPIRBに使用されている符号	101
4.6	通信ネットワーク	102
4.6.1	ネットワークの構成	102
4.6.2	LANと無線LAN	104
4.7	雑音(ノイズ)	107
4.7.1	雑音の分類と性質	107
4.7.2	信号対雑音比(S/N)	108
4.7.3	雑音指数, NF	108
4.8	電磁両立性(EMC)	110
4.8.1	EMCとはなにか	110
4.8.2	EMCの測定法	113
第4章	練習問題	117
第5章	電気・電子・高周波計測の基礎	119
5.1	単位系	119
5.2	デシベル, dB	121
5.3	測定値と誤差	124
5.3.1	誤差	124
5.3.2	有効数字	125
5.4	測定器と測定法	126
5.4.1	指示電気計器	126
5.4.2	電子メータ	127
5.4.3	回路試験器(テスター)と電流分流器	128
5.4.4	交流計器の波形誤差	130

5・4・5	電圧計と倍率器	131
5・4・6	デジタルボルトメータ	132
5・4・7	抵抗測定 (オームメータ)	134
5・4・8	電力測定	135
5・4・9	波形測定	136
	(A) アナログオシログラフ	136
	(B) デジタルオシログラフ	138
5・5	信号と高周波の測定	139
5・5・1	周波数	139
	(A) リサージュ図形	140
	(B) 周波数カウンタ	140
5・5・2	周波数スペクトル	141
	(A) アナログスペクトルアナライザ	142
	(B) デジタルスペクトルアナライザ	143
5・5・3	信号と変調	144
	(A) オシログラフによる振幅変調波AMの変調度測定	145
	(B) スペクトルアナライザによるAM波の変調度測定	145
5・5・4	送信機の測定	146
	(A) 送信電力の測定	146
	(B) 送信周波数の測定	146
	1. 周波数の確度	146
	2. 周波数スペクトル	147
5・5・5	受信機の測定	148
	(A) 感度の測定	149
	(B) 選択度の測定	149
	(C) 忠実度の測定	150
5・5・6	アンテナの測定	150
	(A) アンテナ実効抵抗の測定	150
	(B) アンテナ利得の測定	151

(C) 指向性 (アンテナパターン) の測定	152
5・5・7 電界強度の測定	153
(A) アンテナ係数法	153
(B) 電界強度測定器	154
5・5・8 電磁両立性EMCの測定	155
(A) 妨害波放射に関する測定	155
(B) イミュニティ測定	157
第5章 練習問題	161
第6章 レーダーの基礎	163
6・1 まえがき	163
6・2 レーダー (R a d a r) と P P I	164
6・2・1 レーダー (R a d a r) の原理	165
6・2・2 P P I の原理	166
6・3 レーダーの性能	167
6・3・1 レーダーの最大探知距離	168
6・3・1・1 自由空間におけるレーダー電波伝搬方程式	168
6・3・1・2 海上の近距離におけるレーダー電波伝搬方程式	169
6・3・1・3 海上の遠距離におけるレーダー電波伝搬方程式	170
6・3・2 レーダーの最小探知距離	175
6・3・3 レーダーの距離分解能	176
6・3・4 レーダーの方位分解能	177
6・3・5 レーダー映像の鮮明度	178
6・4 レーダーの構成	179
6・5 レーダー操作スイッチとその機能	182
6・6 S A R Tによる位置特定 (ホーミング) の基礎	184
6・6・1 S A R Tの動作原理	184
6・6・2 S A R T信号	185
6・6・3 レーダー・トランスポンダ方程式	187

第6章	練習問題	190
第7章	人工衛星による測位の基礎	191
7・1	位置測定の原理	191
7・1・1	位置と位置の線	191
7・1・2	実測位置, 推測位置, 推定位置	193
7・1・3	現在位置と推測位置	195
7・2	人工衛星による位置測定	195
7・3	GMDSSにおける人工衛星と測位の実際	203
7・3・1	GMDSSに用いられる人工衛星の概要	203
7・3・2	人工衛星とその軌道	204
7・3・3	静止衛星	207
7・3・4	極軌道の低軌道衛星	209
第7章	練習問題	210
第8章	GMDSSに用いられる通信の基礎	211
8・1	GMDSSに用いられる通信の概要	211
8・2	移動体衛星通信	215
8・3	インマルサット海事衛星通信システムの概要	218
第8章	練習問題	222
	練習問題の解答	223
	参考文献	227