

平成 26 年作成

船舶電気装備技術講座

(レーダー)

機器保守整備編

一般社団法人 日本船舶電装協会

は し が き

レーダーが船舶の航行安全上、欠かすことのできない機器であることは誰でもが認める
ところであって、そのため、船舶安全法によっても、その設置が義務付けられている。し
かし、いまや設置義務の有無にかかわらず、小さな漁船やボートに至るまでの、ほとん
どの船舶に装備されているのが現状である。

だが、これだけ普及しても、レーダーが高度の電子機器であることに変わりはなく、そ
の装備方法や取扱いを誤ると所期の性能を発揮することはできない。

このため、本書はレーダーについての原理、取扱い、調整、保守等について解説し、そ
の理解を深められるようにしてある。各位は本書を学習することによって、より完全な作
業ができるようにして頂きたい。

なお、本書はボートレース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。

機 器 保 守 整 備 目 次

| | |
|--------------------------------|----|
| 第1章 レーダーの基礎 | 1 |
| 1.1 まえがき | 1 |
| 1.2 レーダー (Radar) とPPI | 2 |
| 1.2.1 レーダー (Radar) の原理 | 3 |
| 1.2.2 PPIの原理 | 3 |
| 1.3 マイクロ波の伝搬 | 4 |
| 1.4 レーダーの周波数と電波の型式 | 5 |
| 1.5 パルス | 6 |
| 第1章練習問題 | 8 |
| 第2章 レーダーの性能 | 9 |
| 2.1 レーダーの性能概説 | 9 |
| 2.2 レーダーの最大探知距離 | 9 |
| 2.2.1 自由空間におけるレーダー電波伝搬方程式 | 9 |
| 2.2.2 海上の近距離におけるレーダー電波伝搬方程式 | 10 |
| 2.2.3 海上の遠距離におけるレーダー電波伝搬方程式 | 11 |
| 2.3 レーダーの最小探知距離 | 14 |
| 2.4 レーダーの距離分解能 | 16 |
| 2.5 レーダーの方位分解能 | 17 |
| 2.6 レーダー映像の鮮明度 | 18 |
| 2.7 特殊な映像 | 18 |
| 2.7.1 誤りやすい映像 | 18 |
| 2.7.2 偽像 | 20 |
| 第2章練習問題 | 22 |
| 第3章 レーダー用の特殊電子管・半導体及びマイクロ波伝送回路 | 23 |
| 3.1 マグネトロン (磁電管) | 23 |
| 3.2 ガンダイオード | 25 |
| 3.3 マイクロ波集積回路 | 26 |
| 3.4 変調用の電子管と半導体 | 27 |
| 3.4.1 サイラトロン | 27 |
| 3.4.2 サイリスタ | 28 |
| 3.5 送受切替管 | 28 |
| 3.6 ブラウン管 | 29 |
| 3.6.1 CRT | 29 |
| 3.6.2 レーダー用ブラウン管 | 30 |
| 3.6.3 カラーブラウン管 | 31 |

| | | |
|------------|--------------------------------|----|
| 3・7 | 固体表示器 | 34 |
| 3・7・1 | LCD | 34 |
| 3・7・2 | EL | 37 |
| 3・7・3 | PDP (プラズマディスプレイパネル) | 38 |
| 3・8 | マイクロ波伝送回路 | 41 |
| 3・8・1 | マイクロ波伝送回路の特長 | 41 |
| 3・8・2 | 分布定数回路 | 41 |
| 3・8・3 | 同軸管 (同軸ケーブル) | 41 |
| 3・8・4 | 導波管 | 43 |
| 3・8・5 | 空洞共振器 | 50 |
| | 第3章 練習問題 | 51 |
| 第4章 | レーダーの構成と動作 | 52 |
| 4・1 | 構成と動作の概要 | 52 |
| 4・1・1 | 構成の概要 | 52 |
| 4・1・2 | 動作の概要 | 53 |
| 4・2 | 送信機 | 54 |
| 4・2・1 | トリガ回路 | 55 |
| 4・2・2 | 変調器 | 56 |
| 4・2・3 | マグネトロン | 58 |
| 4・3 | 送受切替え回路 | 58 |
| 4・4 | 空中線と導波管 | 60 |
| 4・4・1 | スロットアレイ空中線 | 61 |
| 4・4・2 | 導波管と同軸管 | 63 |
| 4・5 | 受信機 | 63 |
| 4・5・1 | 局部発振器 | 63 |
| 4・5・2 | バランスド・ミキサ | 64 |
| 4・5・3 | フロント・エンド | 66 |
| 4・5・4 | 中間周波増幅器 (IF増幅器) | 67 |
| 4・5・5 | 同調メータ回路 | 68 |
| 4・6 | 表示器 (指示器) | 68 |
| 4・6・1 | トリガ発生回路 | 70 |
| 4・6・2 | ゲート回路 | 70 |
| 4・6・3 | 掃引回路 | 70 |
| 4・6・4 | アンブランキング回路 | 71 |
| 4・6・5 | マーカ回路 | 72 |
| 4・6・6 | ビデオ回路 (映像増幅回路) | 74 |
| 4・6・7 | STC回路 | 76 |
| 4・6・8 | 高圧回路 | 76 |
| 4・6・9 | CRT (Cathode Ray Tube) とその関係回路 | 77 |

| | | |
|------------|-------------------------------------|-----|
| 4・7 | アンテナと表示器の同期 | 78 |
| 4・7・1 | 回転同期方式 | 78 |
| 4・7・2 | スィープレゾルバ同期方式 | 80 |
| 4・7・3 | サーボ同期方式 | 80 |
| 4・7・4 | ロータリエンコーダ方式 | 81 |
| 4・7・5 | その他の方式 | 81 |
| 4・8 | 自動電圧調整器 | 82 |
| 4・9 | 従来のレーダーのブラウン管でのPPI表示方式 | 82 |
| 4・10 | ラスタスキャン型レーダーでの表示方式 | 83 |
| 4・11 | 最近の船舶用レーダーの構成と動作の概要 | 88 |
| 4・11・1 | 構成と動作の概要 | 88 |
| 4・11・2 | 空中線部 | 89 |
| 4・11・3 | 送受信部 | 89 |
| 4・11・4 | 指示器処理部 | 89 |
| | 第4章 練習問題 | 94 |
| 第5章 | レーダーの付属装置 | 95 |
| 5・1 | 真方位装置 | 95 |
| 5・2 | 真運動装置（トルーモーション装置） | 96 |
| 5・3 | 干渉除去装置 | 97 |
| 5・4 | 円偏波空中線 | 99 |
| 5・4・1 | 円偏波 | 99 |
| 5・4・2 | 円偏波の効果 | 99 |
| 5・4・3 | 円偏波空中線の使用上の注意 | 99 |
| 5・5 | プロットイング装置 | 102 |
| 5・6 | レーダー・パフォーマンス・モニタ | 103 |
| | 第5章 練習問題 | 107 |
| 第6章 | プロットイング機能付レーダー（ARPA、ATA、EPA） | 108 |
| 6・1 | 概 要 | 108 |
| 6・2 | プロットイングと相対速度 | 110 |
| 6・3 | レーダー映像の表示方法による分類 | 110 |
| 6・3・1 | 運動の表示方式による分類 | 110 |
| 6・3・2 | 方位の表示方式による分類 | 111 |
| 6・4 | プロットイング機能 | 113 |
| 6・5 | システムの基本概念 | 117 |
| 6・5・1 | 第一段階：レーダー情報からの物標の検出 | 117 |
| 6・5・2 | 第二段階：物標の追尾 | 117 |
| 6・5・3 | 第三段階：衝突の危険性についての判定 | 117 |
| 6・5・4 | 第四段階：表示 | 117 |

| | |
|---|-----|
| 6.6 システム構成 | 118 |
| 6.6.1 一体型 (Integrated Type) | 118 |
| 6.6.2 別体型 (Separated Type) | 118 |
| 6.7 性能の現状 | 119 |
| 6.7.1 物標の捕捉と追尾 | 119 |
| 6.7.2 表示 | 119 |
| 6.7.3 警報 | 120 |
| 第6章 練習問題 | 121 |
| 第7章 各部の取扱いと調整の要点 | 122 |
| 7.1 表示器の外観及び操作つまみなどの配置 | 122 |
| 7.2 主な操作箇所の機能 | 124 |
| 7.2.1 操作部 | 124 |
| 7.2.2 メニュー操作 | 125 |
| 7.3 レーダー映像の調整 | 126 |
| 7.4 基本的な操作方法 | 127 |
| 7.5 主要操作つまみの調整位置と映像との関係 | 135 |
| 7.6 カーソルの使い方 | 137 |
| 7.7 操作上の個人差 | 137 |
| 7.8 調整器及びARPA表示のシンボル記号 | 138 |
| 第7章 練習問題 | 141 |
| 第8章 点検整備と保守上の注意 | 142 |
| 8.1 一般的保守と点検 | 142 |
| 8.2 各ユニットごとの点検と保守整備 | 145 |
| 8.3 主要部品の交換と交換の際の注意 | 145 |
| 8.3.1 マグネトロン <small>の</small> 交換 | 145 |
| 8.3.2 MIC (マイクロ波集積回路) <small>の</small> 交換 | 146 |
| 8.3.3 スキャナモータ <small>の</small> 交換 | 148 |
| 8.3.4 スキャナモータカーボンブラシ <small>の</small> 交換 | 148 |
| 8.3.5 主要部品の交換の目安 | 150 |
| 8.3.6 CRT <small>の</small> 交換 | 150 |
| 8.3.7 LCD <small>の</small> 交換 | 151 |
| 第8章 練習問題 | 151 |
| 第9章 故障対策 | 152 |
| 9.1 故障の早見表 | 152 |
| 9.2 各ユニットの内部 | 154 |
| 第9章 練習問題 | 159 |

| | |
|------------------------|-----|
| 第10章 固体素子レーダーの概要 | 160 |
| 10・1 まえがき | 160 |
| 10・2 固体素子レーダー | 160 |
| 練習問題の解答 | 162 |