

情報通信審議会 情報通信技術分科会

航空・海上無線通信委員会報告（案）

諮問第50号「海上無線通信設備の技術的条件」
（平成2年4月23日諮問）のうち、
「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」

平成28年6月24日

目 次

I	検討事項	…	1
II	委員会及び作業班の構成	…	1
III	検討経過	…	1
IV	検討概要	…	3
	第1章 船舶用固体素子レーダーの概要	…	3
	第2章 検討の内容	…	3
	第3章 技術的条件の検討	…	12
	第4章 技術的条件	…	14
V	検討結果	…	16
	別紙		
	別紙1 航空・海上無線通信委員会 構成員一覧	…	17
	別紙2 船舶用固体素子レーダー作業班 構成員一覧	…	18
	別紙3 同 オブザーバー（有識者）一覧	…	19
	別添 一部答申（案）	…	20
	参考資料 国際海事機関（IMO）MSC 決議. 192(79)（仮訳・抄）	…	23

I 検討事項

航空・海上無線通信委員会（以下「委員会」という。）は、電気通信技術審議会諮問第50号「海上無線通信設備の技術的条件」（平成2年4月23日諮問）のうち、「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」の検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は、別紙1のとおりである。

検討の促進を図るために、委員会の下に船舶用固体素子レーダー作業班（以下「作業班」という。）において船舶用固体素子レーダーの技術的条件についての調査を実施した。

作業班の構成は、別紙2のとおりであり、必要に応じて、有識者にも作業班への参加を求めた。

III 検討経過

1 委員会での検討

(1) 第1回委員会（平成23年11月4日）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件に関する調査の検討の進め方について検討を行った。また、検討の促進を図るために作業班を設置した。

(2) 第2回委員会（平成23年12月2日）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件に関する検討を行った。

なお、関係者からの意見聴取を予定したが、所定の期日までに申し出がなかったため、意見聴取は行わなかった。

(3) 第3回委員会（平成23年12月8日）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件のうち、3GHz帯船舶用固体素子レーダーの委員会報告（案）を検討し、意見募集を行った。

(4) 第4回委員会（平成24年1月20日）

委員会報告案について、意見募集の結果を踏まえ、検討及び取りまとめを行った。

なお、船舶用固体素子レーダーの技術的条件のうち、3GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件については、第85回情報通信技術分科会（平成24年2月17日）において一部答申を受けた。

(5) 第5回委員会（平成28年6月24日）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件のうち、9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件の一部答申（案）を検討し、意見募集を行った。

(6) 第6回委員会（平成28年7月●日・メーリングリスト上で実施）

委員会報告案について、意見募集の結果を踏まえ、検討及び取りまとめを行った。

2 作業班での検討

(1) 第1回作業班（平成23年11月9日）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件の検討の進め方について検討した。

(2) 第2回作業班（平成23年12月2日）

船舶用固体素子レーダーの技術的条件のうち、3GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件及び今後、引き続き検討する事項について取りまとめ、委員会報告(案)を作成して委員会に送付した。

- (3) 第3回作業班(平成25年1月31日)
船舶用固体素子レーダーの技術的条件のうち、9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件で引き続き検討する事項について今後の進め方を検討した。
- (4) 第4回作業班(平成25年3月8日)
9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件を検討した。
- (5) 第5回作業班(平成25年4月25日)
9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件を検討した。
- (6) 第6回作業班(平成27年3月31日)
9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件を検討した。
- (7) 第7回作業班(平成27年4月24日)
9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件を検討した。
- (8) 第8回作業班(平成27年11月12日)
9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件を検討した。
- (9) 第9回作業班(平成28年6月15日)
9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件について取りまとめ、委員会報告(案)を作成して委員会に送付した。

IV 検討概要

第1章 船舶用固体素子レーダーの概要

1.1 船舶用レーダーの位置付け

我が国では、船舶の航行の安全を確保するため、海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS条約）や船舶安全法（昭和8年法律第11号）に基づき、国際航海に従事する旅客船及び300トン以上のその他の船舶並びに国際航海に従事しない150トン以上の旅客船及び300トン以上のその他の船舶に対して船舶用レーダーの搭載が義務付けられている。

また、それ以外の船舶についても、任意に小型のレーダーが設置されており、これらの技術的条件については、SOLAS条約、国際海事機関（IMO）の諸規則、無線設備規則（昭和25年電波監理委員会規則第18号）第48条等で規定されている。

1.2 検討の背景

現在、一般的な船舶用レーダーは、最大探知距離を伸ばすために高出力（25kW～）が求められ、現在は安価で効率的なマグネトロンが発振増幅素子として主に使用されている。

マグネトロンは、寿命が短く（レーダーの使用頻度が多い船舶では1年ほど）、発射される周波数も不安定という欠点がある。

ここ近年、固体素子（半導体増幅器）の性能が向上し船舶用レーダーの発振増幅素子として導入が可能となってきている。固体素子を用いた場合、長寿命、周波数の安定などマグネトロンと比較してメリットが多い。

しかし、固体素子を用いた船舶用レーダーは、マグネトロンを用いた船舶用レーダーに比べると送信尖頭電力は非常に小さい（マグネトロン：～75kW、固体素子：～300W）ため、マグネトロンレーダーと同等の最大探知距離を得ようとする、送信エネルギーを増やすためにパルス幅を広くする必要があり、そのため、運用状況（他のレーダーと近距離で運用した場合等）によっては他の無線局等に有害な干渉を起こす恐れもある。

従って、本件は、固体素子を用いた船舶用レーダーの実用化に向けて船舶用固体素子レーダーの技術的条件について検討を行うものである。

第2章 検討の内容

2.1 検討の範囲

船舶用固体素子レーダーの技術的条件のうち、3GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件は、既に一部答申を得ているが、その際、9GHz帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件について、引き続き2.2.1の項目を検討することとされたことから、本報告書では、これらを中心に検討を行った。

なお、9GHz帯船舶用固体素子レーダーで使用する周波数帯は、国際的に定められた周波数帯であることとし、その周波数帯及び使用状況は図2-1のとおりである。

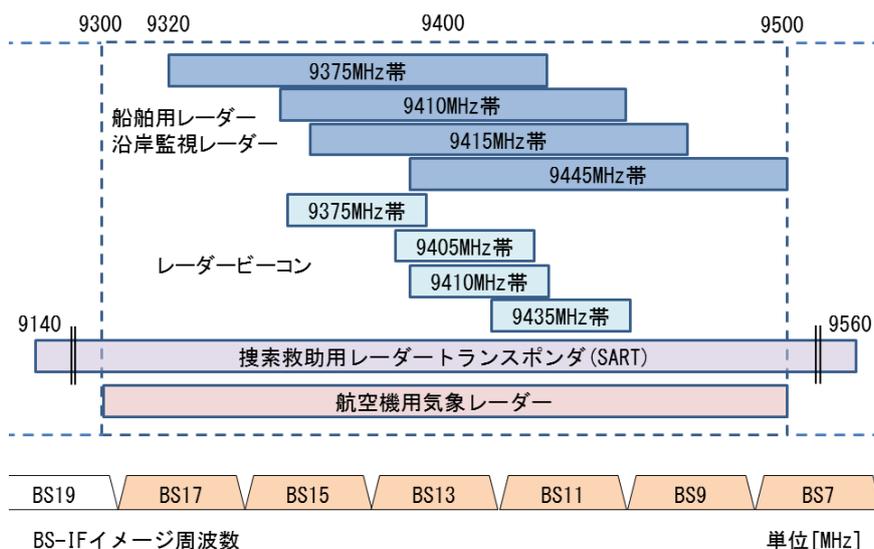


図 2-1 9 GHz 帯固体素子レーダーが使用する周波数帯の利用状況

また、9 GHz 帯船舶用固体素子レーダーで使用される周波数帯について、現在の我が国における周波数割当計画における周波数割当表を表 2-1 に示す。

表 2-1 周波数割当表

国際分配 (MHz)		国内分配 (MHz)		無線局の目的	周波数の使用に関する条件
第 1 地域から第 3 地域					
9200-9300	無線標定 海上無線航行	9200-9300	無線標定	公共業務用 一般業務用	捜索救助用レーダートランスポンダ用とする。
			海上無線航行	公共業務用	
9300-9500	無線航行 地球探査衛星 (能動) 宇宙研究 (能動) 無線標定	9300-9500	海上無線航行	公共業務用 一般業務用	捜索救助用レーダートランスポンダ用及び船舶無線航行用レーダーとする。
			航空無線航行	公共業務用 一般業務用	
			無線標定	公共業務用 一般業務用	
9500-9800	無線標定 無線航行 宇宙研究 (能動) 地球探査衛星 (能動)	9500-9800	無線標定 宇宙研究 (能動) 地球探査衛星 (能動)	公共業務用 一般業務用	

(下線部分は二次業務)

この周波数帯は、国際分配上、全世界共通の周波数分配となっており、無線航行業務に一次業務として分配されている。

なお、レーダーは、船舶に設置し無線航行を行うものについては無線航行業務、陸上に設置する場合は無線航行業務又は無線標定業務に位置づけられる。

国内における周波数分配は、一次業務として海上無線航行業務及び航空無線航行業務、二次業務として無線標定業務に分配されている。

2.2 具体的な検討項目

2.2.1 情報通信技術分科会において引き続き検討を要するとされた項目

平成 24 年 2 月に 3GHz 帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件の一部答申を受けた際、9GHz 帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件については、以下の点を引き続き検討を要するとされた。

- (1) 大型船舶で大洋航行中の場合、船舶用レーダーで使用する指示器の距離レンジは一般的に 24 海里であるため、距離レンジが 24 海里の場合における干渉に関して検証し、検討すること。
- (2) SOLAS 条約では、9GHz 搜索救助用レーダートランスポンダー（以下 SART という）からの信号を観測できることが義務付けられているが、固体素子レーダーで信号が観測可能か引き続き検討すること。
- (3) 9GHz 帯を使用する船舶用レーダーは、3GHz 帯を使用する船舶用レーダーよりもはるかに使用台数が多いことから、既存のマグネトロンレーダーへの干渉の条件についてさらに検証すること。
- (4) 固体素子レーダーおよびマグネトロンレーダーと FMCW レーダーの使用周波数が異なる場合には、干渉が起きないことが確認されたが、同一周波数の運用による検証が実施されていないことから引き続き検討すること。

2.2.2 船舶用固体素子レーダー作業班で検討した項目

2.2.1 のほか、以下の点を船舶用固体素子レーダー作業班で検討することとした。

- (1) ARPA に対する干渉の検討
- (2) 衛星放送に対する干渉の検証
- (3) レーダービーコンに関する検証

2.3 検討結果

2.3.1 調査検討会における検討結果

2.2.1 で挙げられた検討項目と、2.2.2 で挙げられた項目の一部について、平成 25 年 6 月に信越総合通信局で「9GHz 帯船舶用固体素子レーダーの周波数共用等に関する調査検討会（以下、「検討会」という。）」を開催し、既存のマグネトロンレーダーへの干渉度合いや、ARPA、SART 等の動作状況などを実環境で確認するため、新潟県上越市有間川周辺海域で実験を行った。

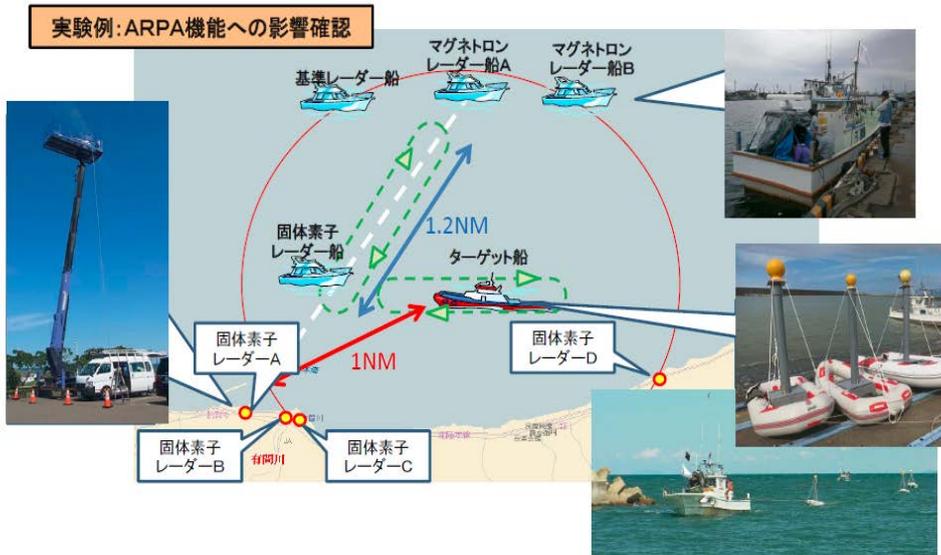


図 3-2-1 実証実験の例

表 3-2-1 実証実験で使したレーダーの諸元

	マグネトロン (3機種・3台)	固体素子 (3機種・3台)	FMCW (1機種)
周波数帯	PON 9375MHz (±30MHz) 等	PON : 9390MHz (±30MHz) QON : 9410MHz (±30MHz) 等	9320～ 9385MHz
空中線電力 (尖頭電力)	6～10kW	76～400W	100mW
パルス繰り返し 周波数 (注)	600～2250Hz	600～2280Hz	200Hz
パルス幅 (注)	0.08～0.8 μs	短パルス : 0.29～1.2 μs 長パルス : 9～18.3 μs	1ms
アンテナ利得	28～30.1dBi	29～32dBi	22dBi
アンテナ回転数	24～28r. p. m	24r. p. m	24r. p. m
アンテナ高	2m	15～25m	3m
備考		長パルスと短パルスの 離調周波数は 20～80MHz	

注：FMCW のパルス繰り返し周波数とパルス幅は、それぞれ、送信繰り返し周波数と周波数掃引時間を記載している。

実験の結果及び検討結果の概要について、以下に示す。

(カッコ内の番号は、情報通信審議会情報通信技術分科会又は作業班において引き続き検討すべきとされた事項。)

- (1) 大型船舶で大洋航行中の場合、船舶用レーダーで使用する指示器の距離レンジは一般的に 24 海里であるため、距離レンジが 24 海里の場合における干渉に関して検証し、検討すること。(分科会検討事項)

レーダーは、使用する距離レンジにより (当該レーダーの) 受信 IF 帯域が変化する。従って、24 海里レンジで固体素子レーダー (QON) を運用している大型船が①他の大型船

(同様に 24 海里レンジで運用中)へ与える影響、②近距離レンジおよび中距離レンジで運用している中型船/小型船向けレーダーへ与える影響及び③固体素子レーダーへ与える影響について調査する必要がある。

そのため、実証実験では、最大 8 台の固体素子、マグネトロン各レーダーを非同期の状態と同時に動作させ、固体素子レーダーの距離レンジを 24 海里として電波を発射し、それぞれのレーダーについて、影響を調査した結果、被干渉側のレーダー画面(干渉除去機能は OFF)に放射状の雑音を観測した。

しかし、それぞれのレーダーに備え付けられている干渉除去機能を使用することにより、与干渉側のレーダーが 24 海里レンジの場合においても、被干渉側のレーダーの種類に関わらず放射状の雑音がレーダー画面から消去された。

この実験結果より、距離レンジが 24 海里の場合におけるレーダー同士の干渉については、干渉除去機能を用いることにより防止することが可能であり周波数の共用は特段の問題はないと考えられる。

- (2) SOLAS 条約では、捜索救助用レーダートランスポンダー (SART) からの信号を観測できることが義務付けられているが、固体素子レーダーで信号が観測可能か引き続き検討すること。(分科会検討事項)

固体素子レーダーは大きな処理利得を得るため、マグネトロンレーダーよりも送信パルス幅を長くし、さらに周波数変調をかけるため、SART が適切に応答するかが課題となる。

これについては、SART に向けて固体素子レーダーから電波を発射し、SART の応答の可否について実験を行った結果、マグネトロンレーダーと同様に、レーダー画面に SART からの信号がレーダー画面へ表示されたことを確認した。(ただし、実験においては、SART の応答開始点、表示点数の不明瞭となる場合もあったため、固体素子レーダーの SART 表示については受信側での対応も必要となる場合も考えられる)。

従って、固体素子レーダーの信号処理や空中線電力等の条件が合致すれば、IMO で規定されている船舶用レーダーの要求条件を満足すると考えられる。

SART (Search And Rescue Transponder) :

船舶遭難の際に使用され、周囲の船舶が使用する 9.3GHz~9.5GHz のレーダー波を受信すると、規定された遅延時間以内に応答し、SART 自身の送信周波数を掃引しながら 12 回送信することを繰り返すトランスポンダであり、周囲の船舶は、通常のレーダー反射とは違った輝点から SART を認識するもの。

(SART の位置は、レーダー画面の中心から一番近い輝点となる。)

- (3) 9GHz 帯を使用する船舶用レーダーは、3GHz 帯を使用する船舶用レーダーよりもはるかに使用台数が多いことから、既存のマグネトロンレーダーへの干渉の条件についてさらに検証すること。(分科会検討事項)

固体素子レーダーはマグネトロンレーダーよりも電力が 2 桁も低いいため、レーダー探知性能を確保する理由からマグネトロンレーダーと比較して数十倍長いパルスを用いる必要がある。そのため、一定海域でレーダーが多数存在する「ふくそう状態」では一定の時間内をレーダーからのパルスが埋め尽くすことが考えられる。

また、9GHz 帯を使用する船舶用レーダーの数は、3GHz 帯のそれと比べて非常に多いことから、ふくそう状態におけるマグネトロンレーダーへの影響を検証する必要がある。

新潟県で行った実証実験では、レーダーのふくそう状態を擬似した状態を作り、固体素子レーダー、マグネトロンレーダーの各レーダーを最大8台同時に受信状態におき、そのレーダーの受信部に入力した。

その結果、与干渉レーダーが増えると被干渉側のレーダー画面に放射状の雑音が増加することが観測されたが、干渉除去機能を使用することにより、レーダー画面の放射状雑音が消去されることが確認できた。

また、干渉除去機能を使用しない場合においても、与干渉側のレーダーの送信周波数を離調させることにより、放射状の雑音が減少することが確認できた。

そのほか、机上においても固体素子レーダー（与干渉側）のふくそう状態（200隻）を擬似した信号を作り、その信号をマグネトロンレーダー実機（被干渉側）の受信部に入力し、検証を行った。

その結果、実証実験と同様、与干渉レーダーが増えると被干渉側のレーダー画面に放射状の雑音が増加することが確認されたが、固体素子レーダーと従来レーダーの繰り返し周波数が異なる場合には干渉除去機能を使用することにより、レーダー画面の放射状雑音が消去されることが確認できた。

しかしながら固体素子レーダーと従来レーダーの繰り返し周波数が同一の場合、干渉が放射状の雑音ではなく、目標と同様のブロック状となって通常の干渉除去機能では消すことのできない状況が発生する場合があった。

従って、レーダー同士の干渉については、ジッタ等の繰り返し周波数制御と干渉除去機能を用いることにより、減少、防止することが可能であり、これらの条件下で周波数の共用は可能であると考えられる。

- (4) 固体素子レーダーおよびマグネトロンレーダーと FMCW レーダーの使用周波数が異なる場合には、干渉が起きないことが確認されたが、同一周波数の運用による検証が実施されていないことから引き続き検討すること。（分科会検討事項）

FMCW レーダーを与干渉レーダーとし、マグネトロンレーダー及び固体素子レーダーを被干渉レーダーとして干渉実験を行った結果、被干渉側のレーダー画面に放射状の雑音を観測したが、干渉除去機能を使用することにより雑音が消去されることを確認した。

従って、FMCW レーダーと固体素子レーダーおよびマグネトロンレーダーとの同一周波数における干渉は、干渉除去機能を用いて防止することが可能であり、特段の問題はないと考えられる。

- (5) 自動衝突予防援助装置(ARPA)に対する干渉の検討（作業班検討事項）

ARPA の表示や計算については、固体素子レーダーも同様であるため、複数の TT の処理を実行させた状態で、TT の状態や計算結果への影響を検証する。

実験は、固体素子レーダーもしくは FMCW レーダーの1台を与干渉レーダーとし、ARPA を搭載したマグネトロンレーダーを被干渉側として ARPA と AIS (ARPA の比較用として設置) の真針路と対地速度のデータに差異は認められず、干渉の影響がないことが確認された。

ARPA (Automatic Radar Plotting Aids) :

レーダーによりトラッキング (反射信号の追尾) を行うとともに、過去のデータから速度、方位を計算し、進路や自船との衝突の危険度を表すもの。

実際の TT (Target Tracking) では、ターゲットのビデオ信号の重心を求め、それを中心としたゲートを設定し、衝突予防などについて計算を行っている。

2.3.2 作業班での検討

2.2.2 で挙げられた検討項目のうち、ARPA に対する干渉の検討以外について作業班で机上検討を行った。

2.3.2.1 干渉検討にあたっての考え方

船舶用レーダーは、その名の通り、船舶に搭載して海上で使用するものであり、陸上や上空で利用するレーダーとは利用環境が異なる。従って、他の無線局との干渉検討にあたっては、海上での利用という特殊な環境を考慮した検討が必要である。

なお、固体素子レーダーから他の無線システムへ与える干渉原因としてその多くを占めるものは、固体素子レーダーから発射される電波のパルス幅（時間）及び空中線電力の部分と考えられる。

そのため、検討にあたっては、この点を考慮に入れたうえ、既存のマグネトロンレーダーを使用している場合の電波環境と比較し検討を行った。

2.3.2.2 干渉検討に使用した船舶用レーダーの諸元

干渉検討に使用する船舶用レーダーの諸元は表 2-3-2-2 のとおりである。なお、諸元中、マグネトロンレーダーのパルス幅は、①マグネトロンの定格（送信周波数、送信出力）、レーダー自身の規格である②送信 duty 比、③送信繰返し周波数等を要素として出力されるパルス幅のうち最大のパルス幅とし、空中線電力は商船や漁船等の多くで使用されている 25kW とした。また、固体素子レーダーのパルス幅と空中線電力は、平成 26 年度に行った「9GHz 帯船舶用固体素子レーダーの周波数共用等に関する調査検討」で用いたレーダーをモデルとした。

表 2-3-2-2 干渉検討に使用する船舶用レーダー諸元

	マグネトロン	固体素子
送信周波数	PON 9410MHz ± 30MHz	PON 9410MHz ±25MHz QON 9430MHz ±15MHz
空中線利得 ※無指向性（等方性：isotropic）アンテナに対する利得の比を示した。	29 dBi (= 794 倍)	29 dBi (= 794 倍)
空中線電力（尖頭値）	25 kW	300 W
送信パルス幅（最大値）	1.2 μs	18.3 μs
送信繰返し周波数 （最大パルス幅時）	600 Hz	600 Hz

2.3.2.3 固体素子レーダーとマグネトロンレーダーとの比較

表 2-3-2-2 の諸元に記載した固体素子レーダーとマグネトロンレーダーの性能（物標探知性能）は同等のものである。

この場合において、レーダーから他の無線局に対する干渉の程度は、レーダーから放射されるエネルギーに依存することから、平均的な放射エネルギーを表す平均 EIRP（Equivalent Isotropic Radiation Power：等価等方放射電力）による比較を行った。

ここでは、平均 EIRP について、マグネトロンレーダーと固体素子レーダーとの比較を行った。

平均 EIRP は下式で表される。

$$EIRP_{ave} = EIRP \times (T \times PRF) = (P_t \times G) \times (T \times PRF)$$

$EIRP_{ave}$ ：平均 EIRP (W)

EIRP : EIRP(尖頭値) (W)
 P_t : 空中線電力(尖頭電力) (W)
 G : レーダー信号の空中線利得(倍)
 T : 送信パルス幅(sec)
 PRF : レーダーの送信繰返し周波数(Hz)

上式から固体素子レーダーとマグネトロンレーダーの平均 EIRP は、表 2-3-2-2 の諸元からそれぞれ以下のように計算された。

マグネトロンレーダー : $EIRP_{ave} = (25000 \times 794) \times (1.2 \times 10^{-6} \times 600) \cong 14.3 \text{ kW}$
 固体素子レーダー : $EIRP_{ave} = (300 \times 794) \times (18.3 \times 10^{-6} \times 600) \cong 2.6 \text{ kW}$

2.3.2.4 干渉検討への応用

上式より固体素子レーダーの平均 EIRP は、マグネトロンレーダーと比べて、約 1/6 になり、平均 EIRP で影響を与える既存の電波環境に対しては、固体素子レーダーの平均 EIRP がマグネトロンレーダーの平均 EIRP を超えない範囲においては、同程度の以下の影響となることが考えられる。

2.3.3 作業班での検討結果

(1) ふくそう海域におけるレーダー同士の干渉

ふくそう状態として東京湾の輻輳状態を想定し、マグネトロンレーダーを被干渉側レーダーとして東京湾の任意の点に置き、被干渉レーダーから近い約 200 局のレーダー(与干渉側レーダー)が全て固体化レーダーとなったと仮定したシミュレーションを行い、干渉除去機能の設定のみで干渉波が除去できるか、あるいは感度の低下はないかを確認した。

なお、シミュレーションを実施するにあたって用いたレーダーの特性は、表 2-3-3 (1) のとおりであり、被干渉レーダーはマグネトロンレーダー実機(代表的な 1 機種)を用いた。

シミュレーションの結果、固体素子レーダーの局数が増え、ふくそう状態となっても、既存のマグネトロンレーダーの持つ干渉除去機能を用いることにより、固体素子レーダーから受ける干渉波による画面上の干渉縞を、運用に支障が無いと思われる程度にまで消去できることが確認できた。

ただし、同期性の干渉(与干渉側レーダーと被干渉側レーダーの繰返し周波数が同じとなる干渉)となる場合は干渉除去機能でも干渉縞を取り除くことは出来なかった。よって、繰返し周波数を意図的に変化させるなどの機能は必要である。

また、干渉縞が発生した部分には若干の感度低下(シミュレーション結果では 2dB 程度)が発生する事も確認された。

干渉除去機能の使い方には注意が必要であり、干渉除去機能を強くすればするほど画面に表示される干渉縞の消え残りは少なくなるが、感度の低下があることも確認された。

なお、干渉除去による感度の低下(探知能力の低下)については、既存レーダーの取扱説明書等に記載されている通りである。

表 2-33(1) シミュレーションで用いたレーダーの特性

	固体素子レーダー (与干渉)	マグネトロンレーダー (被干渉)
送信周波数	QON 9410MHz	—
周波数偏位	6MHz (FM 変調パルス)	—

空中線利得	6 feet (約 31dB)	6 feet (約 31dB)
空中線電力	350W	—
送信パルス幅	22 μ s	—
パルス繰返し周波数	600 Hz	—
備考		<ul style="list-style-type: none"> 9410MHz に同調 受信感度(-90～-95dBm 程度)と想定

(2) 衛星放送に対する干渉の検証

BS 放送は 11GHz 帯の放送衛星からの電波を家庭等に設置されたパラボラアンテナで受信するが、この周波数の場合、給電線を経て BS チューナーまで伝送することはあまりにも減衰が大きく困難である。

BS 放送は、アンテナ直下にある局部発振器から出る 10,678MHz の信号と混合し、1GHz～1.5GHz 帯の中間周波数 (BS-IF) に変換し、その周波数を同軸ケーブルを通じて受信機に伝送している。

そのため、局部発振器の周波数と中間周波数の差が 9GHz 帯のレーダー用周波数と同一になり、BS-IF 周波数への干渉の恐れがある。

表 2-3-3(2) BS-IF 周波数と 9GHz 帯船舶レーダーとの周波数の関係

局部発振周波数 (c): 10678MHz

チャンネル間隔: 38.36MHz

チャネル番号	受信周波数 (a)	中間周波数 (a-c)	イメージ周波数 (a-(a-c))
BS21	12111.08	1433.08	9244.92
BS19	12072.72	1394.72	9283.28
BS17	12034.36	1356.36	9321.64
BS15	11996.00	1318.00	9360.00
BS13	11957.64	1279.64	9398.36
BS11	11919.28	1241.28	9436.72
BS9	11880.92	1202.92	9475.08
BS7	11842.56	1164.56	9513.44
BS5	11804.20	1126.20	9551.80

干渉



レーダー周波数	指定周波数帯
9375	9320～9430
9410	9355～9465
9415	9360～9470
9445	9390～9500

単位 [MHz]

当委員会では、BS-IF 周波数へ与える干渉の程度は、送信電力あるいはパルス幅などの個々のパラメータが関係している可能性があるとの指摘もあったが、衛星放送事業者への確認等により平均 EIRP で既存環境への評価を行った。

当委員会において海上で使用される既存の 9GHz 帯船舶用レーダーが BS 放送 (衛星放送受信) へ与えた干渉事例を調査したところ、これまでに重大な受信障害となった事例の報告はなかった。

従って、平均 EIRP を用いて考慮すると、平均 EIRP がマグネトロンレーダーより小さい固体素子レーダーについては、BS-IF 周波数への影響は既存のマグネトロンレーダー以下になると考えられ、これまでと同様に影響はないものと考えられる。

ただし、上記の固体素子レーダーから BS-IF 周波数へ与える干渉の検討については、船舶用固体素子レーダーに限ったものであり、海上における利用環境 (SOLAS 条約に基づいた人命安全や救難システムに用いる無線機器である事など) を考慮した限定的なものである。

また、今回想定した既存環境の変化等により重大な干渉の発生が確認された場合に

は、放送事業者を交えて再検討を実施する必要があることを付言する。

(3) レーダービーコンに関する検証

レーダービーコンは、大型構造物等への船舶への衝突を防ぐため、周囲の船舶が使用する 9.3GHz～9.5GHz のレーダー波を受信すると、応答のための電波を発射しレーダー画面に輝点を表示するものである。固体素子レーダーを用いた際のレーダービーコンの応答については、2.3.1 (2) で検討した捜索救助用レーダートランスポンダー (SART) の応答と同原理であること、現在、我が国においては他の手段に代わられ、急速にレーダービーコンの数が減少していることから、特段の問題はない。

2.3.4 船舶用固体素子レーダーの運用上の留意点

既存のマグネトロンレーダーを原因とした重大な受信障害がこれまでに生じていないことなどから、既存の無線設備に与える影響は少ないと考えられる。しかし、既存のマグネトロンレーダーの運用にあたっては、衛星放送の適正な受信障害については留意し運用していることから、船舶用固体素子レーダーの導入においても引き続き同様の留意をしていくことが望ましい。

当委員会がこれまで検討してきた衛星放送の受信障害 (BS-IF への干渉) について、発生する可能性が高くなる状況は、主に以下の二つのケースが考えられる。

- (1) 船舶内に本船用の船舶用固体素子レーダーと BS アンテナを近接した状態で設置している場合
- (2) 港湾内を航行あるいは港湾内に停泊している船舶の船舶用固体素子レーダーと、港湾付近の民家等に設置された BS アンテナが近接している場合

これらのケースにおいては、これまで通り次のような対策を講じることで、船舶用固体素子レーダーからの影響を軽減することが望ましい。

- ア (1) の場合は、BS アンテナの設置位置、高さ等を考慮することにより影響を避けられることから、船舶運航関係者において積極的に対応する。
- イ (2) の場合は、現行と同様、受信障害が発生した場合は、被干渉側及び与干渉側で干渉回避のための所要の対策を講じる。

第3章 技術的条件の検討

3.1 技術的条件の検討にあたっての考え方

9 GHz 帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件の検討にあたっては、無線設備規則第 48 条の規定に準拠しつつ以下の点について考慮することとした。

3.1.1 電氣的条件

電氣的条件については、船舶安全法第 4 条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダーについては、国際海事機関 (IMO) MSC 決議. 192(79)「レーダー装置の性能基準に関する改正勧告」及び関連規則並びにマグネトロンを用いた現行の船舶用レーダーの技術的条件等に準拠しつつ、マグネトロンレーダーと大きく異なる性能に係る電氣的条件 (パルス幅等) とした。

その他のレーダーについては、無線設備規則第 48 条の規定に準拠しつつ、それとは大きく異なる性能に係る電氣的条件 (パルス幅等) とした。

3.1.2 測定法

測定方法等については、国際電気標準会議 IEC60945 の翻訳版である日本工業規格 JIS F0812「船舶の航海と無線通信機器及びシステム—一般要求事項—試験方法及び試験結果要件」、IEC62388「航海用レーダー—性能要件—試験方法及び試験結果要件」等に規定されている測定方法に準拠した。

3.2 技術的条件の検討

3.2.1 一般的条件

- (1) 船舶安全法第4条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダーは、その探知性能、使用周波数、その他条件が SOLAS 条約に規定する性能基準（国際海事機関（IMO）MSC 決議. 192(79)「レーダー装置の性能基準に関する改正勧告」）に規定されており、これに準拠することが適当である。
- (2) 船舶への設置が任意である(1)以外のレーダーは、その性能、目的に応じた無線設備規則第48条の各規定に準拠するものであることが適当である。

3.2.2 周波数

9GHz 帯のレーダーについては、国際的に共通の周波数が使用されていることから、固体素子レーダーで使用する周波数についても、現行レーダーと互換性を有する周波数である必要がある。

また、周波数の指定にあたっては、他の固体素子レーダーと同一周波数による干渉をなるべく軽減するため、周波数を変動させる必要性も今後あると考えられることから、指定周波数帯とすることが適当である。

3.2.3 電波の型式

固体素子レーダーのうち、FMCW 方式、FMICW 方式以外の固体素子レーダーの電波の型式については、それぞれのパルスの送出特性により、PON、QON とし、そのうち、PON 電波と QON 電波が離調しておらず、同一周波数で電波を発射する場合は、VON とすることが適当である。

また、FMCW 方式、FMICW 方式の固体素子レーダーにあつては、連続波のものにあつては F3N、断続波のものにあつては、QON とすることが適当である。

3.2.4 パルス幅

固体素子レーダーのうち、QON 電波を使用するもののパルス幅は、これまで行った検討により、干渉の恐れがない $22\mu\text{s}$ 以内とすることが適当である。

また、いわゆる FMCW レーダーについては、諸外国における普及事例を参考とし、2.3.2.3 の例で計算した結果、マグネトロンレーダーの平均 EIRP を超えず、既存の電波環境と同程度の以下の影響となるパルス幅、我が国の FMCW レーダーの今後の海外展開を考慮し、2ms 以内とすることが適当である。

表 3-2-4 FMCW レーダーの普及事例、性能諸元

	LOWRANCE (4G)	SIMRAD (4G)
送信周波数帯	9300～9400MHz	9300～9400MHz
空中線利得	22dBi	22dBi
空中線電力 (尖頭値)	200mW	200mW
送信パルス幅 (周波数掃引時間)	1.85ms	1.3ms(±10%)

パルス繰り返し周波数 (送信繰り返し周波数)	200～540 Hz	200～540Hz
使用可能国／地域 (認証等取得国)	米国、EU、中国、ロシア	米国、EU、ロシア

ただし、長パルスの使用にあたっては、他のレーダーに対して有害な干渉を防止する適当な措置を講じなければならない。

また、FMCW レーダーのパルス幅は、QON 電波を使用する固体素子レーダーのそれよりも長いため、我が国への導入にあたっては、実環境における他のレーダーとの干渉事例（FMCW レーダー相互間の干渉も含む。）について調査を行うべきであることを付言する。

3.2.5 空中線電力

固体素子レーダーのうち、いわゆる FMCW レーダー以外のレーダーについては、IMO におけるレーダーの性能基準や無線設備規則第 48 条の規定を満足するために必要な空中線電力とするため、規定しないことが適当である。

また、FMCW レーダーについては、我が国における FMCW レーダーの海外展開を考慮し、200mW 以下とすることが適当である。

3.2.6 空中線

パルス圧縮技術を用いる固体素子レーダーは、他のレーダーへの干渉を軽減するために、送信空中線の主輻射から±10°以上の角度における EIRP は、できる限り低いものであることが望ましい。

FMCW レーダーの空中線の特性については、他のレーダーへの干渉を軽減するために、サイドローブ特性を十分に考慮することが望ましい。

第4章 技術的条件

9GHz 帯船舶用固体素子レーダーに関する技術的条件については、次のとおり定めることが適当である。

4.1 船舶安全法第4条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー

4.1.1 一般的条件

無線設備規則第 48 条の各規定に準拠しつつ、国際海事機関（IMO）MSC 決議. 192(79)「レーダー装置の性能基準に関する改正勧告」に規定するものであること。

4.1.2 周波数帯

ア 中心周波数、占有周波数帯幅、周波数の許容偏差は、9,300MHz から 9,500MHz までの周波数帯の内側にすべて含まれるものであること。

イ 中心周波数については、特に指定をしないこととする。

4.1.3 電波の型式

PON、QON であること。

なお、PON 電波と QON 電波が同一周波数ポイントで発射される場合は VON であること。

4.1.4 パルス幅

PON 電波を使用する場合 1.2μs 以下であること。

QON 電波を使用する場合 22μs 以下であること。

- 4.1.5 パルス繰り返し周波数
3,000Hz（変動率の上限は+25%とする。）を超えないこと。
- 4.1.6 干渉防止のための措置
QON 電波を使用する場合は、他のレーダーに対して有害な干渉を防止する適切な措置を講じなければならない。
- 4.2 船舶安全法第4条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー以外のレーダーであって、PON 又は QON 電波（4.3 のレーダー除く。）を使用するレーダー
- 4.2.1 一般的条件
そのレーダーに要求する性能に応じ、無線設備規則第48条の各規定に準拠すること。
- 4.2.2 周波数帯
9,300MHz から 9,500MHz までとする。
- 4.2.3 電波の型式
PON、QON であること。
なお、PON 電波と QON 電波が同一周波数ポイントで発射される場合は VON であること。
- 4.2.4 パルス幅
PON 電波を使用する場合 1.2 μ s 以下
QON 電波を使用する場合 22 μ s 以下
- 4.2.5 干渉防止のための措置
QON 電波を使用する場合は、他のレーダーに対して有害な干渉を防止する適切な措置を講じなければならない。
- 4.3 船舶安全法第4条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー以外のレーダーであって、F3N 電波又は QON 電波（4.2 のレーダーを除く。）を使用するレーダー
- 4.3.1 一般的条件
そのレーダーに要求する性能に応じ、無線設備規則第48条の各規定に準拠すること。
- 4.3.2 周波数帯
9,300MHz から 9,500MHz までとする。
- 4.3.3 電波の型式
連続波のものにあつては F3N、断続波のものにあつては、QON であること。
- 4.3.4 周波数掃引時間（パルス幅）
2ms 以下であること。
- 4.3.5 空中線電力
200mW を超えないこと。

4.3.6 干渉防止のための措置

他のレーダーに対して有害な干渉を防止する適当な措置を講じなければならない。

4.4 測定法

測定法は、日本工業規格 JIS F0812「船舶の航海と無線通信機器及びシステム—一般要求事項—試験方法及び試験結果要件」、IEC62388「航海用レーダー—性能要件—試験方法及び試験結果要件」等に規定されている測定方法であること。

ただし、船舶安全法第4条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー以外のレーダーにあつては、これら規定の一部を適用することが不合理である場合は、その条件を緩和することができる。

V 検討結果

航空・海上無線通信委員会は、電気通信技術審議会諮問第50号「海上無線通信設備の技術的条件」（平成2年4月23日諮問）のうち、「船舶用固体素子レーダーの技術的条件等」について、別添のとおり一部答申（案）をとりまとめた。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会 専門委員
平成 28 年 6 月 24 日現在

氏名	現職
【主査】 三木 哲也	電気通信大学 企画調査室 特任教授
【主査代理】 矢野 博之	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 研究所長
森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
井手 麻奈美	株式会社 MOL マリン 海洋技術事業部 研究員
伊藤 功	一般社団法人日本船主協会 通信問題サブワーキンググループ 座長
今宮 清美	株式会社東芝 社会システム社 小向工場 電波応用技術部 技術第二担当主務
内田 美佳	全日本空輸株式会社 業務プロセス改革室 企画推進部 情報セキュリティ・基盤戦略チーム 主席部員
小瀬木 滋	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 研究統括監
片山 泰祥	一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
鹿庭 義久	海上保安庁 総務部 情報通信課長
工藤 正博	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長
佐々木 伸	一般社団法人全国漁業無線協会 業務部長
荘司 敏博	日本航空株式会社 IT 企画本部 IT 運営企画部 部長
庄司 るり	東京海洋大学大学院 海洋工学系 教授
田北 順二	一般社団法人 全国船舶無線協会 水洋会部会 事務局長
林 尚吾	東京海洋大学 名誉教授
本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
増田 紀子	スカパーJSAT 株式会社 技術運用本部 衛星運用部長
若尾 正義	元 一般社団法人電波産業会 専務理事

情報通信審議会 情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会
船舶用固体素子レーダー作業班 構成員

平成 28 年 6 月 15 日現在

氏名	現職
【主任】 林 尚吾	東京海洋大学 名誉教授
伊藤 功	(一社)日本船主協会 通信問題サブワーキンググループ 座長
田北 順二	水洋会 事務局長
岩澤 臣也	(株)光電製作所 開発部 技幹
岩田 康広	海上保安庁 総務部 情報通信課 システム整備室 課長補佐 【～平成 27 年 4 月】
柿木 誠二	海上保安庁 総務部 情報通信課 システム整備室 課長補佐 【平成 27 年 4 月～】
北澤 弘則	(株)K&A スペクトラムインテグレーション 代表取締役社長
黒森 博志	三菱電機特機システム(株) 東部事業部 通信製造部 技術課 第 2 チームリーダー
佐藤 正純	国土交通省 海事局 検査測度課 バラスト水対策係 【～平成 28 年 3 月】
須田 剛正	国土交通省 海事局 検査測度課 バラスト水対策係 【平成 28 年 4 月～】
塩田 貞明	国立研究開発法人 情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁環境研究室 主任研究技術員
大 浩司	古野電気(株) 船用機器事業部 開発部 レーダー機器開発課 主任技師 【～平成 28 年 5 月】
清水 昭典	古野電気(株) 船用機器事業部 開発部 レーダー機器開発課 主幹技師 【平成 28 年 5 月～】
谷道 幸雄	(一社)全国船舶無線協会 常務理事
中村 宏	日本無線(株) 海上機器事業部 企画推進部 担当部長
南木 真一	東京計器(株) 船用機器システムカンパニー プロダクトマネージャー
矢澤 隆博	国土交通省 海事局 安全政策課 船舶安全基準室 バリアフリー推進係長

情報通信審議会 情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会
船舶用固体素子レーダー作業班 オブザーバー（有識者）

平成 28 年 6 月 15 日現在

氏名	所属等
竹浪 政人	古野電気株式会社
菅原 博樹	日本無線株式会社
中村 勝英	元水洋会事務局長
島貫 靖	NTTアドバンステクノロジー株式会社
伊藤 徹	株式会社ジムクォーツ
浅田 茂則	総務省信越総合通信局

別添

諮問第 50 号

「海上無線通信設備の技術的条件」のうち「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」についての一部答申（案）

諮問第 50 号「海上無線通信設備の技術的条件」のうち「船舶用固体素子レーダーの技術的条件」についての一部答申（案）

船舶用固体素子レーダーに関する技術的条件等のうち、9GHz 帯船舶用固体素子レーダーに関する技術的条件については、次のとおり定めることが適当である。

1.1 船舶安全法第 4 条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー

1.1.1 一般的条件

無線設備規則第 48 条の各規定に準拠しつつ、国際海事機関（IMO）MSC 決議. 192(79)「レーダー装置の性能基準に関する改正勧告」に規定するものであること。

1.1.2 周波数帯

ア 中心周波数、占有周波数帯幅、周波数の許容偏差は、9,300MHz から 9,500MHz までの周波数帯の内側にすべて含まれるものであること。

イ 中心周波数については、特に指定をしないこととする。

1.1.3 電波の型式

PON、QON であること。

なお、PON 電波と QON 電波が同一周波数ポイントで発射される場合は VON であること。

1.1.4 パルス幅

PON 電波を使用する場合 1.2 μ s 以下であること。

QON 電波を使用する場合 22 μ s 以下であること。

1.1.5 パルス繰り返し周波数

3,000Hz（変動率の上限は+25%とする。）を超えないこと。

1.1.6 干渉防止のための措置

QON 電波を使用する場合は、他のレーダーに対して有害な干渉を防止する適当な措置を講じなければならない。

1.2 船舶安全法第 4 条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー以外のレーダーであって、PON 又は QON 電波（4.3 のレーダー除く。）を使用するレーダー

1.2.1 一般的条件

そのレーダーに要求する性能に応じ、無線設備規則第 48 条の各規定に準拠すること。

1.2.2 周波数帯

9,300MHz から 9,500MHz までとする。

1.2.3 電波の型式

PON、QON であること。

なお、PON 電波と QON 電波が同一周波数ポイントで発射される場合は VON であること。

1.2.4 パルス幅

PON 電波を使用する場合 1.2 μ s 以下

Q0N 電波を使用する場合 22 μ s 以下

1.2.5 干渉防止のための措置

Q0N 電波を使用する場合は、他のレーダーに対して有害な干渉を防止する適当な措置を講じなければならない。

1.3 船舶安全法第4条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー以外のレーダーであって、F3N 電波又は Q0N 電波（4.2 のレーダーを除く。）を使用するレーダー

1.3.1 一般的条件

そのレーダーに要求する性能に応じ、無線設備規則第48条の各規定に準拠すること。

1.3.2 周波数帯

9,300MHz から 9,500MHz までとする。

1.3.3 電波の型式

連続波のものにあつては F3N、断続波のものにあつては、Q0N であること。

1.3.4 周波数掃引時間（パルス幅）

2ms 以下であること。

1.3.5 空中線電力

200mW を超えないこと。

1.3.6 干渉防止のための措置

他のレーダーに対して有害な干渉を防止する適当な措置を講じなければならない。

1.4 測定法

測定法は、日本工業規格 JIS F0812「船舶の航海と無線通信機器及びシステム—一般要求事項—試験方法及び試験結果要件」、IEC62388「航海用レーダー—性能要件—試験方法及び試験結果要件」等に規定されている測定方法であること。

ただし、船舶安全法第4条の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー以外のレーダーにあつては、これら規定の一部を適用することが不合理である場合は、その条件を緩和することができる。

国際海事機関（IMO）MSC 決議. 192(79)
「レーダー装置の性能基準に関する改正勧告」（仮訳）
（抄）

過去において生産、装備された船用レーダーに関する性能基準を含む決議 A. 222(VII)、A. 278(VIII)、A. 477(XII)、MSC. 64(67) annex4、A. 820(19)及びA. 823(19)に留意し、さらに、レーダーは、自動物標追跡装置、ARPA、AIS、ECDIS などの航海装置と結合／統合されて使用されていることに留意し、船用レーダーの全般、特に、ディスプレイ及び航海関連情報に関する統一基準の要求を認識し、2008年7月1日以降に設置されるレーダーは、下記性能基準に従っていることを確実にすることを、主管庁に勧告する。

附属書

レーダー装置の性能基準に関する改正勧告

目次

- 1 装置の概要
- 2 本基準の適用
- 3 参照基準
- 4 定義
- 5 レーダー装置の操作要件
- 6 人間工学的基準
- 7 設計及び装備
- 8 インターフェース
- 9 予備と代替の用意

1 装置の概要

レーダー装置は、自船を基準にして、他船、障害危険物、航海物標及び海岸線の位置を示すことにより、安全な航海及び衝突防止に寄与すること。

このため、レーダーは、レーダー画像、物標追跡情報、自船の位置情報（EPFS）及び地理参照データを統合して表示すること。AIS 情報の統合、表示は、レーダーを補完するために用意されていること。電子海図や他のベクトル海図情報の選定部分の表示機能は、航海支援や船位監視のために備わっていてもよい。

レーダーは、他のセンサーや AIS 情報と合わせて、下記の機能要件を充たすことにより、船舶の効率的な航海及び環境保護を支援し、航行の安全性を高めること。

- － 沿岸航海や港に接近するときに、陸地や他の固定障害物を明確に表示することにより、
- － よりよい他船の航行状況や状況認識の改善に資する手段として、
- － 対船舶において、検出または通知された危険情報をもとに衝突回避する支援として、
- － 小さい浮遊物や固定障害物を探知し、衝突回避や自船の安全を確保し、及び、
- － 浮遊式又は固定式航行支援設備を探知すること。(表 2 の注 3 参照)

2 本基準の適用

本性能基準は、下記事項の内容にかかわらず、SOLAS 条約で規定されているあらゆる構成で使用されることとなる全ての船用レーダー装置に適用する。

- － 船舶の種類
- － 使用周波数
- － 表示装置の種類

ただし、表 1 に特別な要件が規定されていない場合、また、SOLAS 条約第 V 章及び第 X 章に従った特殊船舶用の追加要件が適用される場合。

レーダー装置は、決議 A. 694(17)による一般的要件に加え、下記性能基準に適合すること。

*IEC 規格 60945

異なる他の航海装置及びシステムの間で密接な連携をとることとなるので、他の関係する IMO 基準類との関連を考慮すること。

表 1

SOLAS で規定する船舶の大きさ・種類に応じた性能要件の相違

船舶の大きさ・種類	<500GT	500GT~<10,000GT 及び 高速船<10,000GT	全船舶>10,000GT
操作表示画面最小直径	180mm	250mm	320mm
最小表示画面	195×195mm	270×270mm	340×340mm
物標自動捕捉	—	—	要
最小レーダー物標捕捉数	20	30	40
最小起動 AIS 物標数	20	30	40
最小休眠 AIS 物標数	100	150	200
試行操船	—	—	要

3 参照基準

参照基準は付録 1。

4 定義

定義は付録 2。

5 レーダー装置の操作要件

レーダーの設計及び性能は、使用者の要求及び最新の航行技術に基づくものであること。また、自船の周りの安全に係る範囲で物標を効果的に探知し、早く、かつ、分かりやすい状況判断を下せること。

5.1 周波数

5.1.1 周波数帯

レーダーは、ITU-R 勧告が規定する海上レーダー用周波数帯の範囲内で送信し、無線通信規則及び ITU-R 勧告の要件に適合すること。

5.1.2 レーダーセンサーの要件

Xバンド及びSバンドのレーダー装置は、本性能基準で規定：

- － Xバンド(9.2-9.5GHz)は、高解像、高感度及び高度な追尾性能を目的とし、
- － Sバンド(2.9-3.1GHz)は、霧や雨、シークラッター等の悪条件においても、物標の探知や追尾能力の維持を確実にする。

使用されている周波数帯は、表示されること。

5.1.3 干渉感受性

レーダーは、典型的な干渉状態において、満足に作動すること。

5.2 距離及び方位精度

レーダー装置の距離及び方位の精度に関する要件は、

- 距離 ー 30m 以内又は使用している距離スケールの 1%以内の、どちらか大きい方
- 方位 ー 1度以内

5.3 探知性能及びクラッター抑制機能

目標探知のためのあらゆる手段が利用されていること。

5.3.1 探知

5.3.1.1 静穏時の探知

クラッターのない状態で、長距離の物標及び海岸線の探知に関するレーダー装置の要件は、通常のエコー伝搬状態で規定される。すなわち、シークラッターや降雨、蒸気ダクトがなく、海表面から 15m のアンテナ高さで、次の条件に基づく。

- － 10 走査のうち少なくとも 8 走査あるいは相当で物標を探知し、そして、
- － レーダーの探知誤警報確立が 10^{-4} であること。

表 2 の要件は、Xバンド及びSバンドの装置に対して適合すること。

探知性能は、そのレーダー装置で使用される最小のアンテナで得られたものであること。

レーダー装置は、自船と物標の相対速力を考慮して、通常速力船舶(30 ノット未満)と高速船(30 ノット以上)に分けて想定し、承認されること(相対速力としてはそれぞれ、100 ノットと 140 ノット)。

表2 クラッターのない状態での最小探知距離

物標の特徴	物標像	探知距離 (海里) ⁶	
		Xバンド (海里)	Sバンド (海里)
物標の特徴 ⁵	海面上高さ(m)	Xバンド (海里)	Sバンド (海里)
海岸線	隆起 60	20	20
海岸線	隆起 6	8	8
海岸線	隆起 3	6	6
SOLAS 船舶 (>5,000GT)	10	11	11
SOLAS 船舶 (>500GT)	5.0	8	8
IMO 性能基準適合のレーダー 反射器付き小型船 ¹	4.0	5.0	3.7
コーナーリフレクタ付き航路 ブイ ²	3.5	4.9	3.6
代表的航路ブイ ³	3.5	4.6	3.0
レーダー反射器なしの 10m 小 型船 ⁴	2.0	3.4	3.0

¹ IMO レーダー反射器の性能基準(MSC. 164(78))-

レーダー断面積(RCS)は、Xバンドレーダーは7.5 m²、Sバンドレーダーは0.5 m²

² コーナー反射器(計測用)では、Xバンドレーダーは10 m²、Sバンドレーダーは0.5 m²とする。

³ 代表的航路ブイは、Xバンドレーダーは5.0 m²、Sバンドレーダーは0.5 m²とする。
代表的航路ブイのRCSは、1.0 m²(Xバンド)及び1.4 m²(Sバンド)、高さ1mにて、探知範囲はそれぞれ2.0海里、1.0海里。

⁴ 10mの小型線に対するRCSは、2.5 m²(Xバンド)及び1.4 m²(Sバンド)とする(複合物標)

⁵ 反射器は物標として、船舶は複合物標、海岸線は分布物標として捉えられること(岩盤状海岸線であるが、プロファイルによる)。

⁶ 現実的に経験する探知距離は、種々の要因、気象(例えば、蒸気ダクト)を含め、物標の速力や経常、物標の物質や構造によって影響を受ける。これらに加え、他の要因も物標探知能力を高めたり、低下させるかもしれない。最初の探知物標と自船の距離について、レーダーへの反射は、アンテナ/物標の中心高さ、物標の構造、シーステート、レーダーの周波数域などの要素に起因するマルチパス信号によって、強められたり弱められたりする。

5.3.1.2 近距離探知

表2で指定された状態における短距離物標の探知は、5.4項の要件に適合すること。

5.3.1.3 クラッター状態での探知

典型的な降雨及びシークラッター状態による性能の制約は、5.3.1.1及び表2の規定と比較して物標探知能力の減少となる。

5.3.1.3.1 レーダー装置は、電波伝搬状態の物理的制約に制限されるが、最適かつ最も安定した探知性能を発揮できるものであること。

5.3.1.3.2 レーダー装置は、近距離において、悪いクラッター状態でも、物標の視認性を高める手段を有すること。

5.3.1.3.3 下記条件における、各種距離及び物標の速力に関する探知性能の低減（表2の数値と比較）は、ユーザーマニュアルに明記されていること：

- － 軽い雨(6mm/時間)及び激しい雨(16mm/時間)
- － シーステート2及びシーステート5、及び
- － これらの組み合わせの状態。

5.3.1.3.4 5.3.1.3.3に規定するクラッター環境において、クラッターの性能測定、特に最初の探知距離は、試験標準で規定されているように、ベンチマーク物標に対して試験し、評価すること。

5.3.1.3.5 長い伝送配線や、アンテナ高さなどの理由による性能の低下については、ユーザーマニュアルに明記すること。

5.3.2 利得とクラッター抑制機能

5.3.2.1 可能な限り、シークラッターや、雨、雪、雲、雷雨、砂嵐、さらに他のレーダーからの妨害などからの邪魔な反射波を適当に削減するための手段をもつこと。

5.3.2.2 装置の利得や信号の閾値などを設定するための利得制御機能を持つこと。

5.3.2.3 効果的な手動及び自動クラッター抑制機能を持っていること。

5.3.2.4 手動及び自動クラッター抑制機能を組み合わせたものでもよい。

5.3.2.5 利得及び全てのクラッター抑制機能の状態を、明確に、かつ恒久的に表示すること。

5.3.3 信号処理

5.3.3.1 物標を表示画面に、よりよく表示できる手段が利用できること。

5.3.3.2 実効画像更新間隔は、物標探知要件に適合するように、最小限の遅延であり、適切なものであること。

5.3.3.3 画像は、なだらかで連続的に更新されること。

5.3.3.4 装置のマニュアルは、全ての信号処理に監視、その基本コンセプト、特徴及び制限について説明していること。

5.3.4 SART 及びレーダービーコンに関する作動

5.3.4.1 Xバンドレーダーは、その周波数帯のレーダービーコンを探知できること。

5.3.4.2 Xバンドレーダーは、SART 及びレーダー反射強化装置を探知できること。

5.3.4.3 Xバンドレーダービーコンや SARTs の探知及びその表示を妨害する偏波モードを含む信号処理機能のスイッチを断とすることができること。その状態は表示されること。

5.4 最小距離

5.4.1 自船の速力がゼロで、アンテナ高さが海面から 15m、そして静穏な状況のとき、表 2 の航路ブイが、アンテナの位置から最小水平距離 40m から 1 海里までを探知できること。
ただし距離スケールの選定以外の制御機能の設定を変えてはいけない。

5.4.2 複数のアンテナが設置されている時は、選定された各アンテナに対し、距離補正が自動的に行われること。

5.5 分解能

距離と方位の分解能は静穏状態、1.5 海里以下のスケール、かつ、選定したスケールの 50%から 100%の間で測定すること。

5.5.1 距離

レーダー装置は、同じ法以上にある、40m 離れている二つの点状の物標を、区別して表示できること。

5.5.2 方位

レーダー装置は、同じ距離状にある、 2.5° 離れている二つの点状の物標を、区別して表示できること。

5.6 横揺れ及び縦揺れ

装置の物標探知性能は、自船が $\pm 10^{\circ}$ の横揺れ及び縦揺れの状態でも、大きく影響を受けてはならない。

5.7 レーダー性能の最適化及び同調

5.7.1 レーダー装置は、最適性能で作動することができる手段を有すること。技術的に可

能であれば、手動同調ができること、さらに、自動同調ができてよい。

5.7.2 装置が最適性能で作動していることを確認するため、物標がない状態で、それを表示できること。

5.7.3 自動又は手動操作により、装置の作動中に、装置の設置時に構成した基準に比較して、装置の性能が相当低下したことを判定する手段を有すること。

5.8 レーダーの稼働

レーダー装置は、全くの停止状態から、スイッチを入れて 4 分以内に、完全に作動すること。レーダーの送受信がない、スタンバイ状態を有すること。スタンバイから 5 秒以内に完全な作動状態になること。

(以下略)

