

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
「X 帯沿岸監視用レーダーの技術的条件」

令和○年○月○日

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
X 帯沿岸監視用レーダー作業班

目次

I 検討事項	3
II 委員会及び作業班の構成	3
III 検討経過	3
IV 検討概要	5
第1章 X帯沿岸監視用レーダーの概要	5
第2章 検討の内容	7
第3章 技術的条件の検討	21
第4章 技術的条件	42
V 検討結果	52
別添 諮問第50号「海上無線通設備の技術的条件」のうち「X帯沿岸監視用レーダーの技術的条件」（案）	53
別紙1 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	63
別紙2 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 X帯沿岸監視用レーダー作業班 構成員	64
参考資料 X帯沿岸監視用レーダー等の高度化のための技術的条件に関する調査検討調査報告書	65

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、「X帯沿岸監視用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 X 帯沿岸監視用レーダー作業班（以下「作業班」という。）を設置し、X 帯沿岸監視用レーダーの高度化のための技術的条件についての検討を実施した。

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

III 検討経過

1 委員会での検討

（1）第27回航空・海上無線通信委員会（令和6年4月5日）

X 帯沿岸監視用レーダーの高度化のための技術的条件に関する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28回航空・海上無線通信委員会（令和6年8月23日）

X 帯沿岸監視用レーダーの高度化のための技術的条件に関する報告案について検討した。（予定）

（3）第29回航空・海上無線通信委員会（令和6年 月 日）

2 作業班での検討

（1）第1回作業班（令和6年4月23日）

X 帯沿岸監視用レーダーの高度化のため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（令和6年5月29日）

X 帯沿岸監視用レーダーの高度化のための技術的条件に関する検討課題の抽出について検討した。

（3）第3回作業班（令和6年7月10日）

X 帯沿岸監視用レーダーの高度化のための技術的条件に関する報告案について検討した。

(4) 第4回作業班(令和6年7月25日)

X 帯沿岸監視用レーダーの高度化のための技術的条件に関する報告案のとりまとめを行った。

IV 検討概要

第1章 X帯沿岸監視用レーダーの概要

1.1 X帯沿岸監視用レーダーの概要

X帯(9GHz帯)を利用する沿岸監視用レーダーは、港湾内を航行する船舶等の監視をはじめ、密漁やテロ対策など、重要拠点のセキュリティ対策などにも利用され、設置数や需要が高まってきており、今後十年間において、海上保安、発電所、石油備蓄、天然ガス基地、漁場監視等を目的とした新規設置や固体素子型への更新の数が全国で150件以上に増大することが見込まれている。

一方、同じX帯の周波数を使用する陸上設置気象用レーダーは、近年、甚大化する豪雨被害への対策のため、早期検知の手段として用いられており、従来のパラボラ型気象用レーダーよりも短時間で高精度な観測が可能となるよう、フェーズドアレイ型気象用レーダー等の次世代高機能レーダーへの需要が高まっており、今後、設置数が増加し、沿岸監視用レーダーとの間で干渉が増加することが想定されている。

また、X帯の周波数を使用する既存のシステムとして、船舶用レーダーや航空機搭載型気象レーダーが存在しているとともに、CS放送受信のイメージ周波数なども当該周波数帯に存在していることから、沿岸監視用レーダーの使用周波数帯を拡大し、機能向上を図るにあたって、これら既存の無線システムとの共用条件を検討することが必要である。

1.2 現状と問題点

X帯の周波数分配状況等は表1-2及び図1-2のとおりであり、国際的に無線標定、海上無線航行、地球探査衛星、宇宙研究及び固定の各業務に分配され、国内においても同様に分配されている。

X帯の周波数帯のうち、9,000-9,200MHz帯は、航空無線航行システム(PAR)に割り当てられている。

9,200-9,300MHz帯は、搜索救助用レーダートランスポンダ用に割り当てられており、沿岸監視用レーダーと当該無線システムとの間で共用を図ることが困難である。

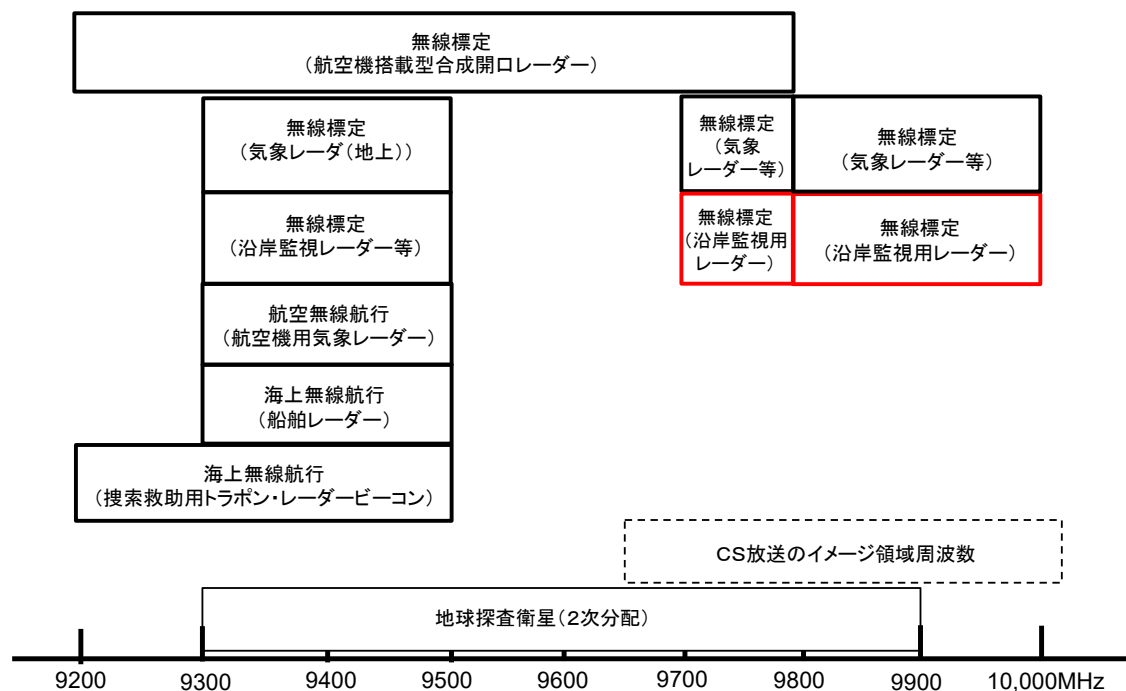
9,300-9,500MHz帯は、主として搜索救助用レーダートランスポンダ用、気象レーダー用、航空無線航行用レーダー(航空機用気象レーダー)及び海上無線航行用レーダー(船舶レーダー)に利用されており、沿岸監視用レーダーとしては、船舶レーダーと同じ技術基準により無線局免許を受けて利用されているものがある。

9,500-9,800MHz帯は、沿岸監視用レーダー、災害対策・水防用の気象レーダーに利用されている。なお、既存の沿岸監視用レーダーは、マグネトロン方式のものに限られており、固体素子型のものを導入するためには新たに技術基準を策定する必要がある。

9,800-10,000MHz帯は、気象レーダーに利用されている。

【表 1-2 X 帯の周波数分配状況】

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
第一地域	第二地域	第三地域				
8850-9000	無線標定 海上無線航行		8850-9000	海上無線航行 無線標定	公共業務用 一般業務用	
9000-9200	航空無線航行 無線標定		9000-9200	航空無線航行 無線標定	公共業務用	
9200-9300	海上無線航行 無線標定 地球探査衛星 (能動)		9200-9300	海上無線航行	公共業務要 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。
				無線標定 地球探査衛星 (能動)	公共業務要 一般業務用	
9300-9500	無線航行 無線標定 地球探査衛星 (能動) 宇宙研究 (能動)		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 用レーダー用とする。
				航空無線航行	公共業務用 一般業務用	航空機無線航行用 レーダー用とする。
				無線標定 地球探査衛星 (能動) 宇宙研究 (能動)	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 地球探査衛星 (能動) 宇宙研究 (能動)	公共業務用 一般業務用	
9800-9900	無線標定 固定 地球探査衛星 (能動) 宇宙研究 (能動)		9800-9900	固定 無線標定 地球探査衛星 (能動) 宇宙研究 (能動)	公共業務用 一般業務用	
9900-10000	無線標定 地球探査衛星 (能動) 固定		9900-10000	固定 無線標定 地球探査衛星 (能動)	公共業務用 一般業務用	



【図 1-2 X 帯の周波数使用状況】

第 2 章 検討の内容

2.1 検討の範囲

X 帯の周波数は、沿岸監視用レーダーとしては既に 9,400MHz 帯及び 9,740MHz 帯の周波数を利用したマグネトロン方式のものが実用化されており、テロ対策や重要拠点のセキュリティ対策等に利用され、昨今、需要が高まっている。

本検討においては、9,740MHz 帯に新たに半導体素子を用いた固体化方式のレーダーを導入すること及び 9,800MHz 帯を新たに沿岸監視用レーダーに利用することを目的として、技術基準を策定及び当該周波数帯を利用する他の無線局等との共用条件について検討を行った。

なお、9,400MHz 帯については、従前より船舶レーダー及び航空レーダーに広く利用されているが、当該周波数帯を沿岸監視用レーダーとして使用する場合は、従前どおりに船舶レーダーと同等の技術基準を用いて、船舶及び航空機の航行に悪影響を与えない範囲で運用することを条件に無線局免許を行っていくことが適当であると考える。

2.2 検討結果

2.2.1 沿岸監視用レーダーに関する国際動向及び将来動向

諸外国における沿岸監視用レーダーの運用状況（技術基準や共用条件に係る電波諸元、探知能力等）及び将来動向を調査して、新周波数への拡張時に国内の技術基準に反映する際及び今後の当該レーダーの国際標準化活動を行う際の課題点等を抽出する。

国際的なルールのもと、各国でルールが設けられているため国際的な組織・機関の動向を把握することが重要である。そのため、まずは、国際的な動向を把握するため沿岸監視用レーダーに関わる規程やガイドライン、それらを発行する組織・機関を特定した。沿岸監視用レーダーに関わる国際的な組織、関連文書を2.2.1.1項に記す。

周波数がひっ迫する場合の対応策検討の参考とするため、2.2.1.2項において主要な諸外国（米国、英国、仏国、オランダ、ノルウェー）の動向、特に沿岸監視用レーダーに割り当てられる電波の周波数を調査した。また、沿岸監視用レーダーの技術基準を策定するためには、周波数以外の沿岸監視用レーダーの典型的な諸元も把握することが求められることから、2.3.2.3項及び2.3.2.4項において国際的な規格やガイドラインを整理するとともに沿岸監視用レーダー市場の調査を行った。市場調査を通じて沿岸監視用レーダー設置の将来動向を把握するとともに、沿岸監視用レーダーの主要メーカーの製品諸元を整理した。最後に、国際的な電波干渉の実態を把握するため、日本以外の国における沿岸監視用レーダーの関わる電波干渉の状況についても整理した。

2.2.1.1 沿岸監視用レーダーに関する国際的な組織・機関、規程、ガイドライン

沿岸監視用レーダーの規定に関係する組織は複数存在する。国際的には、無線通信に関する規則を規定するITU-R、海事を管轄するIMO、航路標識システムの設置又は維持並びにその関連事業に関する機関等によって構成される非政府機関のIALAが関連する規程やガイドラインを発行している。欧州では、無線通信の政策を扱うCEPT、電気通信産業の標準化機関であるETSIが関連文書を発行しており、地域的な影響力を持っている。以上の国際的な取り決めとともに、各国の規制当局が無線システムを管轄している。沿岸監視レーダーに関係する機関・組織および代表的な関連文書を図2-1に、関連文書の概要を表2-1に示す。

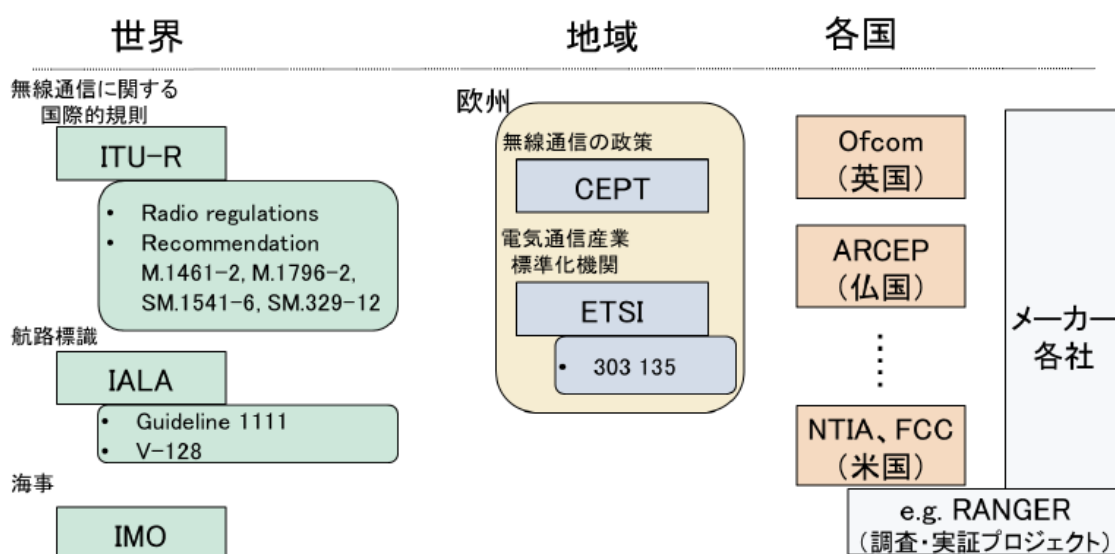


図 2-1 沿岸監視用レーダーの規程に関係する組織・機関及び代表的な関連文書

表 2-1 沿岸監視用レーダーに関わる規程及び関連文書の概要

文書名	概要
ITU-R M. 1461-2	無線標定レーダーとその他の無線システムとの間の干渉可能性を判断する手順を示している。
ITU-R M. 1796-2	8, 500-10, 680MHz の周波数帯の電波を使用している無線標定システムの技術的及び運用面の条件や保護基準を規定している。 無線標定システムとその他の無線システムの両立を検討する ITU-R M. 1461 の分析をサポートする意図で作られている。
ITU-R SM. 1541-6	9kHz-300GHz の周波数帯用のトランスミッターのスプリアス発射の限度を規定している。
ITU-R SM. 329-12	不要発射の限度及びその測定手法を規定している。
IALA Guideline 1111※	VTS (Vessel Traffic Service: 船舶通航支援等業務) 当局が、VTS システムの定義、仕様、設置、運用、更新を準備するのを補助するため、VTS システムの運用要件と技術的条件の関係、更にこれらがどのようにシステムのデザイン及び要件に反映されるかを示す。
IALA Recommendation V128	管轄当局と VTS 当局が VTS の設立と運用に関する SOLAS 条約に基づく義務を果たすためのガイドラインを提供することを目的としている。特に、VTS システムの決定、運用及び保守に関するガイダンスを提供する。
ETSI 303	沿岸監視用レーダーや VTS のようなレーダーに対する RE Directive の要求事項に適合するための方法を示す。

※ IALA Guideline 1111: 本報告書においては、「IALA GUIDELINE 1111 Preparation of Operational and Technical Performance Requirements for VTS Systems Edition 1.0 May 2015」を示す。

2.2.1.2 諸外国における X 帯の周波数割当状況

英国、仏国、ノルウェー、オランダ、米国における 8, 850-10, 000MHz 帯の周波数割当計画を表 2-2、表 2-3 及び表 2-4 に示す。また、米国における当該周波数帯の周波数割当てに関する関連脚注を表 2-5 に示す。

表 2-2 英国、仏国における 8,850-10,000MHz 帯の周波数割当状況

周波数 (MHz)	英国		仏国	
	分配	目的	分配	目的
8850-9000	MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	UMB application, Radiodetermination applications, Other	MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	Defence systems, Radiolocation (military), Maritime military systems, Maritime radar, Maritime navigation, Other, Aeronautical
9000-9200	AERONAUTICAL RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	UMB application, Radiodetermination applications, Other, Maritime radar, Aeronautical surveillance	AERONAUTICAL RADIO NAVIGATION, MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	Aeronautical, Maritime navigation, Maritime radar, Maritime military systems, Aeronautical military systems, Defence systems
9200-9300	RADIOLOCATION MARITIME RADIO NAVIGATION, EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active)	UMB application, Radiodetermination applications, Other, Maritime radar	9200-9225 EARTH EXPLORATION-SATELLITE, MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	Defence systems, Maritime military systems, Maritime radar, Maritime navigation, Aeronautical, Synthetic aperture radar
			9225-9280 EARTH EXPLORATION-SATELLITE, MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	Synthetic aperture radar, Aeronautical, Maritime navigation, Maritime radar, Defence systems
			9280-9300 EARTH EXPLORATION-SATELLITE, MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	Defence systems, Maritime military systems, Maritime radar, Maritime navigation, Aeronautical, Synthetic aperture radar
9300-9500	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active), SPACE RESEARCH (active), RADIOLOCATION, RADIONAVIGATION	UMB application, Radiodetermination applications, Other, Maritime radar, Aeronautical navigation, Aeronautical surveillance	EARTH EXPLORATION-SATELLITE, RADIOLOCATION, RADIONAVIGATION, SPACE RESEARCH	Synthetic aperture radar, Satellite systems (military), Other, Aeronautical, Maritime navigation, Maritime radar, Weather radar, Maritime military systems, Aeronautical military systems, Defence systems
9500-9800	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active), RADIOLOCATION, SPACE RESEARCH (active)	UMB application, Radiodetermination applications, Other	EARTH EXPLORATION-SATELLITE, RADIOLOCATION, SPACE RESEARCH	Synthetic aperture radar, Aeronautical, Defence systems
9800-9900	RADIOLOCATION, Earth exploration-satellite (active), Space research (active)	UMB application, Radiodetermination applications, Other	EARTH EXPLORATION-SATELLITE, RADIOLOCATION, SPACE RESEARCH	Synthetic aperture radar, Defence systems, Other
9900-10000	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active), RADIOLOCATION	UMB application, Radiodetermination applications, Other	EARTH EXPLORATION-SATELLITE, Meteorological-Satellite, RADIOLOCATION	Synthetic aperture radar, Defence systems, Other

表 2-3 ノルウェー、オランダにおける 8,850-10,000MHz 帯の周波数割当状況

周波数 (MHz)	ノルウェー		オランダ	
	分配	目的	分配	目的
8850-9000	MARITIME RADIO NAVIGATION, Space Research, RADIOLOCATION	UMB applications, Radiolocation (civil), Radiodetermination applications, Radiolocation (military), Aeronautical military systems, Aeronautical navigation	MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION	Defence systems
9000-9200	RADIOLOCATION, AERONAUTICAL RADIO NAVIGATION, Space Research	Aeronautical navigation, Aeronautical military systems, Radiolocation (military), Radiodetermination applications, Radiolocation (civil)	RADIOLOCATION, MARITIME RADIO NAVIGATION, AERONAUTICAL RADIO NAVIGATION	Defence systems
9200-9300	RADIOLOCATION MARITIME RADIO NAVIGATION, Space Research, EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active)	Synthetic aperture radar, Radiolocation (civil), Radiodetermination applications, Radiolocation (military), Aeronautical military systems, Aeronautical navigation	MARITIME RADIO NAVIGATION, RADIOLOCATION, Mobile	Defence systems
9300-9500	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active), RADIONAVIGATION RADIOLOCATION, SPACE RESEARCH (active)	Aeronautical navigation, Aeronautical military systems, Radiolocation (military), Satellite systems (military), Weather radar, Radiodetermination applications, Radiolocation (civil)	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (ACTIVE), Mobile, RADIOLOCATION, SPACE RESEARCH (active), RADIONAVIGATION	Defence systems
9500-9800	SPACE RESEARCH (active), RADIOLOCATION, EARTH EXPLORATION-SATELLITE (ACTIVE)	Radiolocation (civil), Active sensors (satellite), Radiodetermination applications, Satellite systems (military), Radiolocation (military), Aeronautical military systems, Aeronautical navigation	Mobile, SPACE RESEARCH (active), RADIOLOCATION, EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active)	Defence systems
9800-9900	Earth Exploration-Satellite (active), RADIOLOCATION, Space Research (active)	Aeronautical navigation, Aeronautical military systems, Radiolocation (military), Satellite systems (military), Radiolocation (civil), Radiodetermination applications	Earth Exploration-Satellite (active), Mobile, RADIOLOCATION, Space Research (active)	Defence systems
9900-10000	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active), RADIOLOCATION, Fixed	Radiodetermination applications, Synthetic aperture radar, Radiolocation (civil), Satellite systems (military), Radiolocation (military), Aeronautical military systems, Aeronautical navigation	RADIOLOCATION, Mobile	Defence systems

表 2-4 米国における 8,850-10,000MHz 帯の周波数割当状況

周波数 (MHz)	米国		FCC Rule
	Federal	Non-Federal	
8850-9000	RADIOLOCATION G59 US53	Radiolocation US53	Aviation (87) Private Land Mobile (90)
9000-9200	AERONAUTICAL RADIO NAVIGATION RADIOLOCATION G2 5.473A G19	AERONAUTICAL RADIO NAVIGATION 5.337 Radiolocation	
9200-9300	MARITIME RADIO NAVIGATION 5.472 Radiolocation US110 G59 5.474	MARITIME RADIO NAVIGATION 5.472 Radiolocation US110 5.474	Maritime (80) Private Land Mobile (90)
9300-9500	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active) RADIOLOCATION G58 RADIO NAVIGATION US475 SPACE RESEARCH (active) Meteorological aids 5.427 5.474 5.475A 5.475B US67 US71 US476A	RADIO NAVIGATION US475 Meteorological aids Earth exploration-satellite (active) Radiolocation Space research (active) 5.427, 5.474 US67 US71 US476A	Maritime (80) Aviation (87) Private Land Mobile (90)
9500-9800	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active) RADIOLOCATION SPACE RESEARCH (active)	Earth exploration-satellite (active) Radiolocation Space research (active)	Private Land Mobile (90)
9800-9900	RADIOLOCATION Earth exploration-satellite (active) Space research (active)		
9900-10000	RADIOLOCATION 5.479	Radiolocation 5.479	

表 2-5 米国における 8,850-10,000MHz 帯の周波数割当に関する関連脚注

脚注番号	内容
US53	In view of the fact that the band 13.25-13.4 GHz is allocated to doppler navigation aids, Federal and non-Federal airborne doppler radars in the aeronautical radionavigation service are permitted in the band 8750-8850MHz only on the condition that they must accept any interference that may be experienced from stations in the radiolocation service in the band 8500-10000 MHz.
US67	The use of the band 9300-9500 MHz by the meteorological aids service is limited to ground-based radars. Radiolocation installations will be coordinated with the meteorological aids service and, insofar as practicable, will be adjusted to meet the requirements of the meteorological aids service.
US71	In the band 9300-9320 MHz, low-powered maritime radionavigation stations shall be protected from harmful interference caused by the operation of land-based equipment.
US110	In the band 9200-9300 MHz, the use of the radiolocation service by non-Federal licensees may be authorized on the condition that harmful interference is not caused to the maritime radionavigation service or to the Federal radiolocation service.
US475	The use of the band 9300-9500 MHz by the aeronautical radionavigation service is limited to airborne radars and associated airborne beacons. In addition, ground-based radar beacons in the aeronautical radionavigation service are permitted in the band 9300-9320 MHz on the condition that harmful interference is not caused to the maritime radionavigation service.
US476A	In the band 9300-9500 MHz, Federal stations in the Earth exploration-satellite service (active) and space research service (active) shall not cause harmful interference to, nor claim protection from, stations of the radionavigation and Federal radiolocation services.
G19	Use of the band 9000-9200 MHz by military fixed and shipborne air defense radiolocation installations will be fully coordinated with the aeronautical radionavigation service, recognizing fully the safety aspects of the latter. Military air defense installations will be accommodated ultimately outside this band. Until such time as military defense installations can be accommodated satisfactorily elsewhere in the spectrum such operations will, insofar as practicable, be adjusted to meet the requirements of the aeronautical radionavigation services.
G56	Federal radiolocation in the bands 1215-1300, 2900-3100, 5350-5650 and 9300-9500 MHz is primarily for the military services; however, limited secondary use is permitted by other Federal agencies in support of experimentation and research programs. In addition, limited secondary use is permitted for survey operations in the band 2900-3100 MHz.
G59	In the bands 902-928 MHz, 3100-3300 MHz, 3500-3650 MHz, 5250-5350 MHz, 8500-9000 MHz, 9200-9300 MHz, 13.4-14.0 GHz, 15.7-17.7 GHz and 24.05-24.25 GHz, all Federal non-military radiolocation shall be secondary to military radiolocation, except in the sub-band 15.7-16.2 GHz airport surface detection equipment (ASDE) is permitted on a co-equal basis subject to coordination with the military departments.

主要各国の規制当局の公開資料に基づき想定される、沿岸監視用レーダーの使用周波数を表 2-6 に整理する。この表によれば、現状においては、X 帯のうち 9.5GHz 以下の周波数を使用している国の例が多く見られる。

表 2-6 主要各国における沿岸監視用レーダーの使用周波数

国名	利用周波数	規制当局
英国	・ 9,000–9,500MHz Maritime Navigational Aids and Radar	Ofcom
仏国	・ 8,850–9,500MHz Maritime radar	ARCEP
ノルウェー	・ 未特定	Nkom
オランダ	・ 未特定	ACM
米国	・ 9,200–9,500MHz Maritime (FCC) ・ 9,300–9,500MHz Harbor Surveillance (Coast Guard)	・ NTIA ・ FCC
日本	・ 9,410MHz 帯 ・ 9,740MHz 帯	総務省

2.2.1.3 国際規格における沿岸監視用レーダーのスペックモデル

無線標定システムの技術的および運用面の条件や保護基準を規定している ITU-R M.1796-2 (Characteristics of and protection criteria for terrestrial radars operating in the radiodetermination service in the frequency band 8500–10680 MHz) では、8.50–10.68GHz 帯の周波数を使用するシステムのレーダースペックモデルを提示している。監視 (Surveillance) 目的 (Function) のレーダーとしては A12、S10、S12 及び S17 モデルが提示されている。一方で、沿岸 (Coastal) に設置されるもの (Platform type) は S12 及び S13 の 2 つのレーダースペックモデルが示されている。ITU-R M.1796-2 における沿岸設置レーダーのスペックモデル例を表 2-7 に示す。

表 2-7 ITU-R M. 1796-2 における沿岸設置レーダーのスペックモデル例

Characteristics	Units	System S12 (Vessel or Coastal)	System S13 (Vessel and Coastal)
Function		Surveillance radar	Marine navigation radar
Tuning range	MHz	9000-9200 9225-9500	9200-9500
Modulation		V7N	Continuous wave (CW) pulse for short range Non-Linear frequency modulated chirp pulse for long range (Chirp bandwidth is 20 MHz)
Peak power into antenna	kW	0.05-0.1	0.17 nominal 0.20 peak
Pulse width and Pulse repetition rate	μ s pps	0.150-40 1000-5000	0.1, 5, 33 μ s wide pulses with pulse repetition intervals of 12, 64 and 365 μ s and 2267 effective PRF
Maximum duty cycle		0.2	13%
Pulse rise/fall time	μ s	Around 0.02	Around 0.02
Output device		Solid state	Solid state
Antenna pattern type		Fan beam	Fan
Antenna type		Slotted waveguide	Slotted array
Antenna polarization		Horizontal	Horizontal
Antenna main beam gain	dBi	≥ 34	32.7 or 34.5
Antenna elevation beamwidth	degrees	$\leq 16^\circ$ @ -3 dB / $\leq 55^\circ$ @ -20 dB	25
Antenna azimuthal beamwidth	degrees/s	$\leq 0.6^\circ$ @ -3 dB	<0.7 or <0.45
Antenna horizontal scan rate	degrees/s	10-48 RPM	12 or 24 RPM
Antenna horizontal scan type (continuous, random, sector, etc.)		Continuous or sectors	Continuous
Antenna vertical scan rate	degrees/s	-	-
Antenna vertical scan type (continuous, random, sector, etc.)		-	$\pm 60^\circ$ Electronic scan $\pm 120^\circ$ with additional mechanical repositioner
Antenna side-lobe (SL) levels (1st SLs and remote SLs)	dBi	1.5°-5° < 6 5°-10° < 4 > 10° < -1	26
Antenna height		Installation dependent	Ship size dependent
Receiver IF 3 dB bandwidth	MHz	180 (analogue) resolution BW is 12.5 or 25	15, 0.1875 and 0.0375
Receiver noise figure	dB	2.5	5.5
Minimum discernible signal	dBm	-130 equivalent after pulse compression	-125
Total chirp width	MHz	$6 \times 35 = 210$ (-3 dB BW)	20
RF emission bandwidth - 3 dB - 20 dB	MHz	Depending on profiles setup. Normally the full band is used so the -20 dB BW stays within the frequency band 9225-9500 MHz and the -3 dB BW is the combined BW of all centre frequencies used. Default individual chirp -3 dB BW is 35	-3dB: 15 (short range) -3dB: 20 (long range) -20dB: 18 (short range) -20dB: 22 (long range)
Dynamic range	dB		125
Minimum number of processed pulses			32 pulses integrated (12 RPM) 16 pulses integrated (24 RPM)

IALAが発行するガイドライン「IALA Guideline 1111」では、レーダータイプは、“Basic”、“Standard”及び“Advanced”の3つに区分されている。IALA Guideline 1111におけるレーダータイプごとの探知能力を表 2-8 に示す。探知可能なターゲットの大きさ、レーダー解像度の具体的な数値が提示されており、“Basic”、“Standard”、“Advanced”の順に標的物までの距離が同じ条件下で、より小さな標的物を探知できる。

表 2-8 IALA Guideline 1111 におけるレーダータイプ毎の探知能力

ターゲットタイプ	代表的なターゲット	レーダータイプごとの探知能力		
		Basic	Standard	Advanced
1	レーダー反射器のない航路標識、小さい無甲板船、小さい快速艇・漁船・帆船			✓
2	沿岸漁船、帆船、快速艇		✓	✓
3	レーダー反射器付航路標識	✓	✓	✓
4	鋼船、漁船、パトロール船	✓	✓	✓
5	沿岸貿易船	✓	✓	✓
6	大きな沿岸貿易船、バルク船、貨物船	✓	✓	✓
7	コンテナ船、タンカー	✓	✓	✓

2.2.1.4 沿岸監視用レーダーの市場

沿岸監視用レーダーに関する国内外の市場動向を以下に示す。また、沿岸監視用レーダーの主要メーカーの製品の諸元例についても調査結果を記載する。

(1) 沿岸監視用レーダーを取り巻く市場動向

沿岸監視用レーダーの世界の市場規模は2023年に世界で7.73億米ドルとされており、2030年までに10.13億米ドルになると予想され、年平均の市場成長率は4%になると期待されている（出所：Global Coastal Surveillance Market 2024 by Manufacturers, Regions, Type and Application, Forecast to 2030 (Global Info Research)より）。本調査検討においてはX帯の沿岸監視用レーダーの技術的条件を策定するための検討を実施しているが、欧州の実証プロジェクトRANGER (Radars for loNG distance maritime surveillance and SaR operations) においては沿岸監視用レーダーを単体で用いた監視だけでなく様々な機器を統合した統合的な監視システムの検討が行われ、沿岸監視用レーダーの市場環境について報告されている。

実証プロジェクトRANGERは、沿岸監視用レーダーを製造している一部企業が含まれるコンソーシアムが最先端の技術を用いてSurveillance radar system (RANGER Solution) 提案するプロジェクトである。当該コンソーシアムのメンバーは、EXUS Software LTD (UK)、DigneXt Sarl (France)、Institute of Communication and Computer Systems (Greece)、Technische Universitaet Dresden (Germany)、LAUREA-Ammattikorkeakoula OY (Finland)、LEONARDO S.p.A. (Italy)、Telesto Technologies Pliroforikis kai Epikoinonion EPE (Greece)、NATO Science and Technology Organization (Belgium)、Ministry of National Defence (Greece)及びMinistere de la Transition ecologique et solidaire (France)である。

RANGERプロジェクトの一環で、関連法規の調査 (Alignment with regulations and

environmental standards²) や市場調査 (Market Analysis³) が行われた。海事監視用レーダー (システム) の主な使用目的は、海事安全管理 (海上航行の安全性・効率性向上、救助、テロ防止、港湾安全管理等)、国境管理・監視 (違法入国の監視等)、漁業監視 (不法漁業の監視等)、密輸出入監視 (違法物・適法物を密輸する船舶の監視等)、環境監視 (油漏れ、廃液漏れの監視等) その他一般的な法執行の補助 (海辺に適用される法令の遵守を促進するための監視) とされている。利用される周波数帯はX帯だけではなく、HF帯 (3-30MHz) やS帯 (2-4GHz) を利用するレーダーも存在する。

RANGER SolutionはOTH (Over-The-Horizon) レーダー (水平線を超えて観測可能な、HF波高計) と、PE-MIMOレーダー (数km以上の近距離を観測できる) からなっている。レーダーのスキャン方法には3通り (“mechanical”, “phased array”, “multiple-input multiple-output (MIMO)”) があるが、そのうちMIMO手法を用いている。RANGER Solutionの競合となるシステムとして巡視船、衛星、遠隔操作可能な航空機、気球、海事監視航空機が想定されている。

X帯沿岸監視用レーダーは単体の利用のみならず統合的な監視システムの中に位置づけられる。今後沿岸監視用レーダー単体の市場動向のみならず、統合的な監視システムについての動向も把握することが重要と考えられる。

(2) 沿岸監視用レーダーの製品諸元

沿岸監視用レーダーの国内外主要メーカーの製品諸元例を表 2-9 及び表 2-10 に示す。

表 2-9 海外主要メーカーの沿岸監視用レーダーの製品諸元例

メーカー	Thales (仏国)	Terma (デンマーク)	Raytheon (米国)	ELTA Systems (IAI) (イスラエル)	Hensoldt (ドイツ)	GEM Electronics (イタリア)
製品名	Coast Watcher 100	SCANTER2200, 5000, 4000	SMARTBLUE	ELM-2226 ACSR	SBS-800, 900	Sentinel
アンテナ長さ	-	3, 6 m	2.4, 3.7, 5.5 m	-	-	3.7, 5.8, 6.4 m
周波数帯	8-12 GHz	9.3-9.5 GHz, 9.0-9.2, 9.25-9.5 GHz, 9.0-9.2 GHz	9.410 ± 0.03 GHz	-	9.21-9.49 GHz, 9.01-9.49 GHz	9.225-9.500 GHz
占有周波数帯幅	-	-	-	-	-	-
空中線電力/マグネトロン/固体素子	<1 kW (固体素子)	80 W, 50-200 W, 3, 6 kW (固体素子)	25 kW	5, 50 W (固体素子)	<300 W, <300 W (固体素子)	<400 W (固体素子)
アンテナ利得	-	-	31, 32.7, 34.5 dBi	-	32.5, 34.5 dBi, 34.5, 36 dBi	32.5, 35, 38 dBi
アンテナ回転数	6-10 rpm	-, 6-60 rpm, 6-48 rpm	18-40, 18-26, 18-26 rpm	-	6-20, 5-20 rpm	11-22, 16-22, 6-22 rpm
水平ビーム幅	-	-	0.95, 0.7, 0.45	-	0.7, 0.45, 0.43, 0.38	0.65, 0.42, 0.35
垂直ビーム幅	-	-	24.4, 25, 25	-	25, 25, 14	22, 18, 11
最大探知距離	100 NM	48, 96, 96 NM	-	-	48 NM	96 NM
備考	-	-	-	Linear FMCW	-	-

出典：各社カタログより

表 2-10 日本国内メーカーの沿岸監視用レーダー等の製品諸元例

メーカー	-日本無線（日本）				古野電気（日本）	
製品名	JPL-600-2ER1-6, JPL-600-2ER2-9, JPL-600-2ER2-9J	NKE-326, 330	NKE-339, 336	NKE-351, 352, 353, 354, 355, 356	XN-12AF, 20AF, 24AF	DRS6A-NXT, DRS12A-NXT, DRS25A-NXT
アンテナ長さ	1.8, 2.7, 2.7 m	2.7 m	2.7 m	5.5 m	1.2, 1.8, 2.4 m	1.1, 1.2, 1.8 m
周波数帯	9.410, 9.410, 9.740 GHz	9.410, 9.740 GHz	9.410, 9.740 GHz	9.375, 9.740 GHz	9.410 ± 0.03 GHz	Ch, P0N, Q0N #1, 9.38, 9.40 #2, 9.40, 9.42 #3, 9.42, 9.44 GHz
占有周波数帯幅	-	-	-	-	<40 MHz	-
空中線電力／ マグネトロンor 固体素子	10, 25, 25 kW	25 kW（マグネ トロン）	25 kW（マグネ トロン）／0.2 kW（固体素 子）	25 kW（マグネ トロン）／0.2 kW （固体素子）	12, 25, 30 kW （マグネトロン）	25, 100, 200 W （固体素子）
アンテナ利得	-	-	-	-	-	-
アンテナ回転数	27, 24, 24 rpm	24 rpm	24 rpm	22 rpm	24, 42 rpm	24/36/48 rpm
水平ビーム幅	-	-	-	-	1.9, 1.23, 0.95	2.3, 1.9, 1.4
垂直ビーム幅	-	-	-	-	20	22
最大探知距離	-	-	-	-	-	72, 96, 96 NM
備考	-	-	-	-	-	-

出典：各社カタログより

(3) 市場動向及び電波干渉状況に関する国内メーカーの意見

沿岸監視用レーダー製品に関する海外の市場動向や電波干渉状況等について、日本国内メーカーからヒアリングした結果を以下に示す。

表 2-11 日本国内メーカーからのヒアリング結果概要

カテゴリ		詳細な動向
設置場所・目的	既存の動向	重要な港湾、重要な河川港を中心に設置されてきた。市場としては、これら既に設置されている沿岸監視用システムを更新する需要も存在する。
	今後想定される動向	- 中小クラスの港、石油の備蓄基地、船が行き交う河川等にも設置が進むと考えられる。 - 将来、自律運航船舶の導入がなされると沿岸域の陸側にセンサーを設置する目的で、沿岸監視用レーダーの設置が増える可能性もある。
地域毎の市場動向	各地域の市場	- 欧州・北米は、メーカー、Sierが多く存在し、それぞれの地域の事業者がその地域の市場を占有する傾向にある。 - 南米は歴史的な経緯もあり欧州の影響力が大きく、地理的に北米の影響力も受けており、これらの地域のメーカーの独占状況にある。 - アフリカは設置数が少なく、今後市場の成長が期待される。南アフリカやケニアには欧州メーカー製のものが設置されている。
	日本メーカーの市場	日本からはベトナム、フィリピン、インドネシア等のアジア圏への輸出が多い。
求められるレーダースペック	各レーダースペックに対する需要（IALAガイドライン）	- IALAガイドラインにおけるカテゴリ“Basic”、“Standard”、“Advanced”それぞれに需要がある。 “Basic”カテゴリに該当する沿岸監視用レーダーに特化して製造しているメーカーは少ない。ただし“Basic”カテゴリの製品は価格も比較的安く抑えられることから、アジア地域等で需要がある。 - 国際入札の場合にはIALAガイドラインにおける“Standard”以上のスペックが要求される傾向にあり、今後は広範囲を探知可能で解像度の高い製品への需要が高まると考えられる。
	レーダー固体化に関する動向	マグネトロンレーダーの使用を勧める団体は存在するものの、大きな港に設置する沿岸監視用レーダーについては固体化する動向がある。マグネトロンレーダーの方が廃棄物量に関連する環境負荷の観点、使用電力の大きさに関連した使用上の安全性の観点で優れている。

① 沿岸監視用レーダーの設置目的

重要な港湾、重要な河川港を中心に、これまで VTS が設置されてきた。既に大きな港では何かしらの監視用システムが設置されている。市場としては、既に設置されている沿岸監視用システムを更新する需要も存在する。加えて、今後は中小クラスの港、石油の備蓄基地、船が行き交う河川等にも設置が進むと考えられる。将来、自律運航船舶の導入がなされると沿岸域の陸側にセンサーを設置する目的で、沿岸監視用レーダーの設置が増える可能性もある。

② 地域毎の市場動向

欧米には多くのメーカーや Sier（システムインテグレーター）が存在し、それぞれの地域の事業者がその地域の沿岸監視用システムの市場を抑えている傾向にある。

南米では、歴史的な経緯もあり欧州の影響力が大きく、地理的に北米の影響力も受けており、これら地域のメーカーが多くの沿岸監視用レーダーを同地域に納入している。

アフリカでは、沿岸監視用レーダーの設置数そのものが少なく、今後市場の成長が期待される。

南アフリカやケニアにおいては、欧州メーカー製のものが多く設置されている。

なお、日本からは、ベトナム、フィリピン、インドネシア等のアジア圏への輸出が多い状況である。

③ 沿岸監視用レーダーに求められるスペック

IALA Guidelineにおけるカテゴリ “Basic”、“Standard”、“Advanced” それぞれに需要がある。“Basic” カテゴリに該当する沿岸監視用レーダーに特化して製造しているメーカーは数少ないが、“Basic” カテゴリの製品は価格も比較的安く抑えられることから、アジア地域等で需要がある。一方で国際入札の場合には

“Standard” 以上の高い探知能力が要求される傾向にあり、今後は広範囲を探知可能で解像度の高い製品への需要が高まると考えられる。

また近年はレーダーの固体化が進んでいる。マグネトロンレーダーの使用を勧める団体は存在するものの、大きな港に設置する沿岸監視用レーダーについては固体化する動向がある。固体化方式のレーダーの方が廃棄物量に関連する環境負荷の観点、使用電力の大きさに関連した使用上の安全性の観点で優れている。

④ 沿岸監視用レーダーに関する電波干渉問題の状況

沿岸監視用レーダー設置前に現地調査を行い、電波干渉が問題とならないことを確認している。マラッカ海峡では、インドネシア、シンガポール、マレーシアにそれぞれレーダーが設置されているが、沿岸監視レーダー局間の電波干渉が運用に影響を及ぼしているという事例は把握していない。海外では沿岸監視用レーダーの設置場所周辺に他のレーダーが設置されている事例が現状少ないことがひとつの要因と考えられる。

周波数に余裕がある国では干渉が問題になっていない場合もあると考えられる。

2.2.1.5 国際動向及び将来動向に関するまとめ

2.2.1項では、X帯沿岸監視用レーダーを取り巻く状況を調査し、X帯沿岸監視用レーダーの周波数帯を含む技術的条件の検討に資する情報の整理を行った。

日本国内においては、沿岸監視用レーダーは9.4-9.5GHz帯又は9.7-9.8GHz帯の電波を利用しているが、周辺帯域にはX帯の電波を利用するシステムが多数存在している。特に今後設置数が増加することが見込まれる気象レーダーは、沿岸監視用レーダーとの干渉が懸念される状況にある。国際的には沿岸監視用レーダーは9.4GHz周辺の周波数の電波を利用している事例が多く見られるが、当該周波数帯は航空機搭載レーダー等に多く利用されている周波数帯であり、諸外国においても沿岸監視用レーダーに関わる電波干渉が問題となる可能性があり、沿岸監視用レーダーが9.4GHz周辺以外の周波数の電波を利用するための検討が必要である。

一方、沿岸監視用レーダーに関わるガイドラインとして注視すべきものにIALA1111がある。IALA1111では沿岸監視用レーダーを探知能力別に“Basic”、“Standard”、“Advanced”の3段階に区分し、各レーダーモデルで求められるスペックを定義している。沿岸監視用レーダーの設置目的が多様化しその設置数が増加する傾向があるほか、国際入札では“Standard”スペックが要求される等、探知能力が比較的高い“Standard”モデルの導入も今後進んでいく可能性がある。

X帯沿岸監視用レーダーの周波数帯を含む技術的条件の検討においては、比較的高いスペックを持つ“Standard”モデルを検討の中心に据え、周辺の周波数を利用するシステムの設置動向を念頭に置いて干渉可能性を調査・検討することが求められる。

以上のことから、本報告書においては、沿岸監視用レーダーがユーザーから求められるスペックを実現しつつ、他の電波利用システムとの干渉可能性が許容されるようにレーダーの技術的条件を検討することとした。

2.3 他の無線システムとの共用条件

本検討において沿岸監視用レーダーの対象周波数とした9,740MHz帯及び9,800MHz帯及びその周辺の周波数帯を利用する他の無線システムとの共用条件について、以下のとおり検討した。

2.3.1 陸上設置気象レーダーとの共用

陸上設置気象レーダーとの共用条件の考え方は以下のとおり。

【沿岸監視用レーダーがマグネトロン方式の場合】

従前どおり、帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値に従うことにより共用は可能である。

【沿岸監視用レーダーが固体化方式の場合】

・ 9,740MHz 帯：

現行のマグネトロン方式と同様、帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値に従うことにより共用は可能である。

・ 9,800MHz 帯：

送信スペクトラムが 9,800MHz 以下で 40dB 抑圧していることで、共用は可能である。

なお、さらに、帯域内干渉のために送信スペクトラムの抑圧を考慮した離隔距離及び見通し環境などをもとに、運用者協議において合意されることが適当である。

2.3.2 航空機用気象レーダーとの共用

「X帯沿岸監視用レーダー等の高度化のための技術的条件に関する調査検討調査報告書」における干渉シミュレーションの結果、9,740MHz帯及び9,800MHz帯のいずれについても、実際に航空機に搭載されている代表的な航空機気象レーダーの受信機特性である、受信フィルタ帯域外の信号がADC帯域内に折り返さない状態（シミュレーションでは-200dBの受信フィルタを想定）であれば、航空機搭載気象レーダー装置が干渉影響を考慮する必要はなく、共用は可能である。

ただし、今後、運用に影響する干渉事例が発生した場合は、運用者間協議において運用調整を行うことが適当である。

2.3.3 9GHz 帯航空機搭載型合成開口レーダーとの共用

航空・海上無線通信委員会では、平成 27 年から平成 30 年までの間、9,200MHz から 9,800MHz までの周波数帯を利用する 9GHz 帯航空機搭載型合成開口レーダーシステムの技術的条件について検討を行っており、その中で 9GHz 帯航空機搭載型合成開口レーダーシステムと沿岸監視用レーダー（9,300MHz から 9,500MHz まで）との同一波による共用検討を実施している。

当該共用検討の内容は、地上試験及びフィールド試験等を行い、双方のレーダーに対する影響が最悪となるようなオフナディア角及び飛行ルートを設定して、レーダー波を照射し、干渉の有無を確認するというものであり、検討結果は、通常運用の干渉除去機能により双方のレーダーへの干渉は除去されることが確認されており、共用に問題はない、との検討結果が得られている。

この検討結果を踏まえ、沿岸監視レーダーとの共用に問題はない旨も含め、平成 30 年 2 月 13 日に情報通信審議会から「9GHz 帯航空機搭載型合成開口レーダーシステムの技術的条件」が一部答申された。

今回、帯域が拡張された沿岸監視レーダーのうち、9,700MHz から 9,800MHz までについては、9GHz 帯航空機搭載型合成開口レーダーと周波数が重複しているが、従来の検討の通り共用が可能であり、9,800MHz から 10GHz までについては、隣接周波数のため共用可

能である。

2.3.4 CS 受信機との共用

CS 受信機への干渉は、総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 気象レーダー作業班 X 帯サブ・ワーキング・グループ（第 11 回） 気レ X11-4「CS との共用条件整理」より X 帯沿岸監視用レーダー入射からの方向の CS アンテナ利得として-15dB を想定し、干渉試験を実施したが、CS 受信機から 30m 地点では干渉が確認できなかった。

そこで、電波無響室にて使用機材の X 帯沿岸監視用レーダー入射方向のアンテナ利得は-29.4dB であることがわかり 30m 離隔位置では干渉が発生しないことが分かった。

また以上を確認するため干渉が想定されるレーダー装置の直近 2m の地点に CS 受信機を移動し干渉試験を行った結果、干渉が発生することが確認できた。

なおアンテナ利得は個体差があることから技術的条件の検討では-15dB を用いている。当該調査検討結果を踏まえ、以下の対策をとることで共用を諮ることとする。

【マグネトロン方式の場合】

沿岸監視用レーダーの開設に際して、「9GHz 帯気象レーダーを運用される方へ（平成 22 年 4 月 26 日 総務省総合通信基盤局電波部基幹通信課）」に基づく運用調整を行うこととする。ただし、当該周知文書の内容が改訂された際には、改訂版に基づいて運用調整を行うこととする。

なお、固体化方式での共用条件も遵守すること。

【固体化方式の場合】

沿岸監視用レーダーの開設に際して、CS 受信機に対する干渉閾値レベル(pfdIr)を踏まえたうえで、設置場所における見通し条件などを明らかにすることとし、CS 受信機への干渉影響が懸念される場合には、当該環境における共用検討を実施した上で、CS 放送事業者と運用調整を行い、合意が行われることを開設の条件とする。

2.3.5 他の X 帯沿岸監視用レーダーとの共用

沿岸監視用レーダーの開設に際して、周辺に他の沿岸監視用レーダーが設置されていることが確認できた場合には、既設の沿岸監視用レーダーに干渉しないよう、運用者間協議において運用調整を行うことが適当である。

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

X 帯沿岸監視用レーダーの技術的条件は、表 3-1 に示す検討方針により策定を行った。

周波数帯	現時点の導入状況	技術的条件の検討方針
8,900MHz 帯	未導入	複数周波数帯域における共用判定にて不適と考えられたため、運用外とする。
9,400MHz 帯	無線標定陸上局として電波法 関係審査基準に指示があり、無線設備規則第 48 条（船舶用レーダー）の技術的条件に従う。 【マグネトロン方式】 9,735MHz/9,410MHz/9,415MHz/9,445MHz 【固体化方式】 9,400MHz 帯/EIRP58dBW 以下 ※B S 干渉抑制記載あり	・既に技術的条件が示され、他の無線システムと共用されている。以下の現行基準に従うこととする。 …無線設備規則第 48 条 …電波法関係審査基準 ・ただし他の無線システムと共用のため、帯域外領域の規定を追加する。
9,740MHz 帯	無線標定陸上局/沿岸監視用として電波法関係審査基準に指示がある。ただしマグネトロン方式のみ。 ※CS 干渉抑制の項目のみ	・既に運用される沿岸監視用の仕様を参考とし技術的条件を検討する。 ・他の無線システムに対する干渉抑制の技術的条件を含める。 ・固体化送信方式を含める。 ・送信方式（マグネトロン/固体化）に応じて技術的条件を提示する。
9,800MHz 帯	未導入	・ IALA Guideline の Standard 区分に対応する無線設備として検討する。 ・他の無線システムに対する干渉抑制の技術的条件を含める。 ・送信方式は固体化方式のみとする。

表 3-1 周波数毎の沿岸監視用レーダー技術的条件の検討方針

3.1.1 周波数帯

以下の検討結果に基づき、既設の沿岸監視用レーダーが使用している 9,400MHz 帯、9,700MHz 帯に加え、複数帯域対応周波数として 9,800MHz 帯を使用することを想定し、沿岸監視用レーダー技術的条件（案）を検討することとした。

- ・ 無線システムの X 帯の使用状況として、8,850-9,000MHz 帯（8.9GHz 帯）、9,300-9,500GHz 帯（9.4GHz 帯）及び 9,800-10,000MHz 帯（9.8GHz 帯）の各周波数帯域における国内の分配状況を調査した。その結果、9.4GHz 帯では、船舶航行用レーダー及び航空機用気象レーダーでの利用が増加傾向にあり、当該周波数帯を利用する陸上設置気象レーダーについても実験試験局の開設が増えており、今後、ゲリラ豪雨等の観測を目的として導入が進むと期待されている。また、9,200MHz から 9,800MHz までの周波数帯を航空機搭載型合成開口レーダーが使用している。総じて 9.4GHz 帯は各種レーダーで混みあっている状況である。
- ・ 周波数共用化の観点から、まず各周波数帯域における影響度を比較するために、沿岸監視用レーダーと気象レーダー及び船舶航行用レーダーの干渉シミュレーションを行い、共用可能性について簡易的な条件で検討した。その結果、9.8GHz 帯の沿岸監視用レーダーを用いた場合に、被干渉局への影響が最も小さくなった。
- ・ また複数帯域対応型レーダーとしての利用を想定し経済合理性の観点から部品共用化を検討した。輻射部、駆動部、送受信部の 3 点が複数周波数対応型レーダーを構成する装置とした場合、複数周波数への対応方法として、装置の部分交換、部品交換又は同じ装置での対応が可能かを検討した。輻射部については、8.9GHz 帯は設計仕様を未達となり輻射部の共用が難しく、9.3GHz 帯は設計仕様を満たすものの放射特性のばらつきについて懸念が見られた。9.8GHz 帯については設計仕様を満たすことが明らかとなり、共用可能であると考えられた。駆動部、固体化送受信機についても試作・評価を行い、設計仕様を満たすことを確認した。
- ・ なお、9.4 GHz 帯については、船舶用レーダーと同等の技術的条件により既に沿岸監視用レーダー用に使用されている状況であり、今後も従前どおり、船舶用レーダーの技術的条件により使用されることが望ましい。

3.1.3 IALAレーダーモデルとの対応

沿岸監視用レーダーは、海外に輸出する際に求められる沿岸監視用レーダーの主要諸元として IALA Guideline のカテゴリ “Standard”（スタンダード）が引用される場合が多く、今後はより広範囲の探知が可能で解像度の高い製品への需要が高まる可能性が示唆されている。そこで、国内において高性能なレーダーが要求されている状況ではないものの、高性能レーダーに対するニーズ等が今後拡大することを考慮して IALA レーダーモデルとの整合性を確保することとした（表 3-2 参照）。

一方、高機能な沿岸監視用レーダーは他の無線システムへの影響が比較的強いことが想定されるため、3.1.1 項で述べたとおり、高機能な沿岸監視用レーダーの周波数帯は、9.8GHz 帯を利用することを前提として技術的条件の検討を行うこととした。

IALA 該当項目	IALA 要求性能	沿岸監視用レー ダー該当項目	IALA Standard を 満足する沿岸監視 用レーダー性能	沿岸監視用レー ダー性能案
方位分解能	0.6° 以下	水平ビーム幅 -3dB	0.6° 以下	0.5°
距離分解能	20m 以下	最小パルス幅 -3dB	0.09 μ s 以下	0.07 μ s
最小探知距 離	0.02NM 以下 (約 37m)	最小パルス幅 -3dB	0.247 μ s 以下	0.16 μ s
最大探知距 離	23NM 以上 (約 43km) (RCS1000 m ² 、 ASL※100m におい て)	最大パルス幅 -3dB	18.3 μ s 以上	18.3 μ s
		空中線電力	200W 以上	200W
		空中線利得	35dBi 以上	35dBi

表 3-2 IALA Guideline の Standard 区分の距離分解能、方位分解能、探知性能を満足する
固体化方式沿岸監視用レーダーの仕様

※ ASL : Above Sea Level (海拔高)

3.2 技術的条件の検討

3.2.1 一般的条件

3.2.1.1 適用範囲

この技術的条件は、9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯の周波数を利用する沿岸監視用レー
ダーに対して適用する。

3.2.1.2 周波数帯

X 帯沿岸監視用レーダーの周波数帯は、周波数割当状況を踏まえて、以下とする。

- ・マグネトロン方式

9,740MHz 帯 : 9,700MHz から 9,800MHz

- ・固体化方式

9,740MHz 帯 : 9,700MHz から 9,800MHz

9,800MHz 帯 : 9,800MHz から 9,900MHz

3.2.2 中心周波数

気象レーダーとの干渉検討結果を踏まえ、周波数を以下のとおりとする。

また、固体化方式では、分解能信号帯域幅の最大 30MHz 幅から離調周波数幅を規定する。固体化方式の周波数は水晶発振子などを利用するため、偏差を狭めることができる。

【周波数】

(1) 9,740MHz 帯

マグネトロン方式のものについては 9,740MHz（従前どおり）、固体化方式のものについては 9,740MHz±15MHz とする。

(2) 9,800MHz 帯

固体化方式のものについて、9,850MHz±15MHz とする。

【周波数の許容偏差】

- ・ マグネトロン方式：1,250ppm（従前どおり）
- ・ 固体化方式：300ppm

3.2.3 電波の型式

導入実績のあるレーダーと同じく PON(CW パルス)と QON(チャープパルス)とする。ただし、レーダー送受信処理の発展性を捉え PON と QON の複合パルス VON は残すこととする。

また、他の無線システムとの共用のため FMCW は選択しないこととした。

(1) 9,740MHz 帯

- ・ マグネトロン方式：PON
- ・ 固体化方式：PON/QON/VON

(2) 9,800MHz 帯

固体化方式：PON/QON/VON

3.2.4 搬送波の周波数

電波の型式が PON の搬送波の周波数は、電波の型式が QON の搬送波の周波数より低い周波数とすることを基本とする。ただし、隣接する周波数を使用する無線システムの状況によって PON が QON よりも高い周波数を利用することを許容する。

また、これらは同時に送信しないこと。

3.2.5 送信パルス幅

9,740MHz 帯については現用機器との整合をとることとした。9,800MHz 帯については、IALA Guideline の Standard 区分の距離分解能に適合するよう定めた。PON パルス幅は以下の通り計算して定めた。映像上で物標を弁別するために、3dB パルス幅での分解能「20m/150m」の式に対して更に 0.5 倍することで 20m 分解能を得られると考える。

$$\bullet \text{ 分解能 } 20\text{m} \Rightarrow (20\text{m}/150\text{m}/\mu\text{s}) \div 2 = 66\text{ns} \Rightarrow 70\text{ns} = 0.07\mu\text{s}$$

(1-1) 9,740MHz 帯 マグネトロン方式

- ・ PON : 0.1 μ s 以上 (従前どおり)

(1-2) 9,740MHz 帯 固体化方式

- ・ PON : 0.16 μ s 以上
- ・ QON : 22 μ s 以下

(2) 9,800MHz 帯

- ・ PON : 0.07 μ s 以上
- ・ QON : 30 μ s 以下

3.2.6 空中線電力

9,740MHz 帯のマグネトロン方式のものは従前どおりとし、固体化方式のものも従前どおりに 9,400MHz 帯の船舶レーダーの技術基準を参照した。

9,800MHz 帯は、IALA Guideline の Standard 区分に沿える電力とし、電力計算は以下の通り。

- ・ IALA GUIDELINE-1111 の Table13 にて探知性能の推奨値が示され、最大電力が必要な仕様は次の通り。

- 設置高 100m、物標のレーダー反射断面積 : 10 m²、探知距離 : 20 マイル

- ・ 検出 SN 比は、検出確率 0.7~0.9、誤警報確率は 10^{-4} ~ 10^{-5} とされており最大値を用いると、検出確率 : 0.9、誤警報確率 : 10^{-5} として、SN 比は 14.77dB である。

- ・ 上記から受信機雑音レベルに対する必要な EIRP の比を求める。なお受信機 NF は 6dB と仮定する。

- 距離 20NM の往復損失: 204.73dB - RCS: 10dB + SN: 14.77dB + NF: 6dB
= EIRP 比: 215.5dB

- ・ 方位分解能の推奨値は 0.6 度である。現用の 0.5 度以下 (18ft 長) を参考としアンテナ利得は 35dBi と仮定する。

- 受信アンテナの有効面積 $A_r = A_{\text{ant}} G \times \lambda^2 / (4\pi)$ より、
 $A_r = 35\text{dBi} - 41.3\text{dB} = -6.3\text{dB}$ (9,850MHz)

- ・ 距離分解能の推奨値は 20m である。必要とする帯域幅は以下の通り。

- $4 \div (20\text{m} / 150\text{m}/\mu\text{s}) = 30\text{MHz}$ 、 $kTB = -99\text{dBm}$

- ・ 圧縮利得はパルス幅 $\times$ 掃引周波数幅で扱う。

- ・ 圧縮利得の処理関数が不定なことから、リニアチャープとして処理損失を 4dB と仮定する。

- ・ 以上から送信機出力電力をパルス幅 10 μ s/22 μ s/30 μ s で計算する。

- 送信電力=kTB + EIRP 比 - 受信アンテナ有効面積 - 圧縮利得 - 送信アンテナ利得により計算する。
- $10\mu\text{s}$: $67.00\text{dBm} \rightleftharpoons 5.00\text{kW}$
- $22\mu\text{s}$: $63.57\text{dBm} \rightleftharpoons 2.27\text{kW}$
- $30\mu\text{s}$: $62.22\text{dBm} \rightleftharpoons 1.67\text{kW}$

・上記では電力が 1kW を超える。固体化方式もあり積分処理利得を付加する。積分処理は、一つの物標に対しレーダー装置からの送信信号が照射される回数分（エコーとして反射する回数）行う。この照射回数はアンテナ回転数、繰り返し周波数、アンテナビーム幅から求められる。

$$\text{照射回数} = \text{ビーム幅[度]} \div$$

$$\{ 360[\text{度}] \div (\text{繰り返し周波数}[\text{Hz}] \times 60[\text{秒}] \div \text{アンテナ回転数}[\text{rpm}]) \}$$

$$= 0.5[\text{deg}] \div \{ 360[\text{deg}] \div (3000[\text{Hz}] \times 60[\text{s}] \div 24[\text{rpm}]) \}$$

$$= 10.41[\text{回}]$$

上記のように、アンテナ回転数 24rpm、繰り返し周波数 3kHz、アンテナビーム幅 0.5 度とした場合、照射回数はおおよそ 10 回となるが、レーダー装置に実装される処理方法により差が生じるため 8 回とする。また、積分処理では利用する窓関数による処理損失を 3dB と仮定して積分処理利得を計算する。

$$\text{積分処理利得} = 10 \times \text{Log}_{10}(8[\text{回}]) - 3[\text{dB}]$$

$$= 9.03 [\text{dB}] - 3[\text{dB}] \rightleftharpoons 6 [\text{dB}] \quad \text{となる。}$$

- $10\mu\text{s}$: $60.96\text{dBm} \rightleftharpoons 1.25\text{kW}$
- $22\mu\text{s}$: $57.54\text{dBm} \rightleftharpoons 0.57\text{kW}$
- $30\mu\text{s}$: $56.19\text{dBm} \rightleftharpoons 416\text{W}$

この電力は給電線を含めていないため、平均的な給電線長 20m から給電線損失を 2dB とする。

- 10 μ s: 62.96dBm $\doteq$ 1.98kW
- 22 μ s: 59.54dBm $\doteq$ 900W
- 30 μ s: 58.19dBm $\doteq$ 660W

- ・ 仮定する項目が多いものの、IALA Guideline の Standard 区分に沿うには送信機出力は約 700W が必要である。
- ・ 給電線の損失もあるため、EIRP を併用して輻射電力は約 420W で規定を設ける。
- ・ パルス圧縮及び積分処理を併用した電力のため、パルス幅と繰り返し周波数も関係する。

また空中線電力は送信機の出力端で規定する（送受供用の場合はその出力端）。電力は給電線の損失を含めた EIRP の規定を併設する。電力の許容偏差は無線設備規則第 14 条 6(3) とするが、許容偏差を含めて 3.2.6 項に示す EIRP を超えないこと。

以上の検討結果により、空中線電力及び許容偏差は以下のとおりとする。

【空中線電力】

(1) 9,740MHz 帯

マグネトロン方式のものについては従前どおり 50kW 以下、固体化方式のものについては 700W 以下とする。

(2) 9,800MHz 帯

固体化方式のものについて、700W 以下とする。

【空中線電力の許容偏差】

9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯の双方について、 $\pm 50\%$ とする。

3.2.7 等価等方輻射電力 (EIRP)

規定値は以下の計算により得られる。

- ・ 9,740MHz 帯マグネトロン方式
 - 送信電力 77dBm (50kW) + アンテナ利得 : 35dBi = 112dBm $\Rightarrow$ 82dBW

- ・ 9,740MHz 帯固体化方式
 - 9,400MHz の電波法関係審査基準を参考とし現運用局とも整合する 58dBW とする。
 - 送信電力 53dBm (200W) + アンテナ利得 : 35dBi = 88dBm $\Rightarrow$ 58dBW
 - ・ 9,800MHz 帯
 - IALA Guideline の Standard 区分に沿う電力計算とする。また電力の許容偏差を、+20%を含めて規定する。
 - 送信電力 56.19dBm (416W) $\times 1.2$ 倍 $\doteq$ 57dBm
 - EIRP 規定値 = 送信電力許容値 57dBm + アンテナ利得 35dBi = 92dBm
 $\Rightarrow$ EIRP : 62dBW 以下
- (1) 9,740MHz 帯
- ・ マグネトロン方式 : 82dBW 以下
 - ・ 固体化方式 : 58dBW 以下
- (2) 9,800MHz 帯
- ・ 固体化方式 : 62dBW 以下

3.2.8 送信繰り返し周波数

送信方式、電波の型式によらず定めることとした。マグネトロン方式では Duty0.1% の仕様もあり最大は 2.5kHz 程度で運用されている。一方、固体化方式では以下を考慮した。

- ・ IALA Guideline の Standard 区分の探知距離 23NM から最大周波数は 3.5kHz
- ・ 無線設備規則第 48 条第二項 16 で示される告示を参考とする。
- ・ 9,800MHz 帯の必要電力は積分処理を含め 3kHz を条件

上記から、9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯共に上限を 3kHz とする。干渉対策とするスタガ送信及び繰り返し周波数操作の範囲を含める。他の無線システムとの時間干渉率への影響を考慮し規定する。

(1) 9,740MHz 帯 : 3kHz 以下

(2) 9,800MHz 帯 : 3kHz 以下

3.2.9 占有周波数帯幅

9,740MHz 帯マグネトロン方式は、PON 信号は現用から最小パルスを 0.1us とし 40MHz 幅とする。

9,740MHz 帯固体化方式は、PON 信号は現時点で無線局免許を取得している 9,740MHz 帯の固体化方式沿岸監視用レーダーの仕様から、最小パルスを 0.16us とし 25MHz 幅とする。QON 信号は現用のチャープ掃引周波数 22MHz 以下としてパルス変調の拡がりを ±1MHz を付与し 24MHz 幅とする。また PON と QON は離調周波数 30MHz とすると 54.5MHz となり、マグネトロンと同様である。

9,800MHz 帯は、PON 信号は IALA Guideline の Standards 区分対応として 0.07us より 58MHz 幅とする。一方で QON 信号は 9,740MHz 帯を参照する。

(1-1) 9,740MHz 帯 マグネトロン方式

- ・ PON : 40MHz 以下 (既設)

(1-2) 9,740MHz 帯 固体化方式

- ・ PON : 25MHz 以下
- ・ QON : 24MHz 以下

(2) 9,800MHz 帯

- ・ PON : 58MHz 以下
- ・ QON : 24MHz 以下

3.2.10 平均電力

EIRP と送信パルス幅及び送信繰り返し周波数で規定するため、平均電力については規定しないこととした。

3.2.11 電力パルス幅積

EIRP と送信パルス幅及び送信繰り返し周波数で規定するため、電力パルス幅積については規定しないこととした。

3.2.12 空中線

EIRP 及び空中線電力の規定値を満足すればよいことから、空中線利得は規定しないことが望ましい。

3.2.13 帯域外領域のスプリアス発射

以下に示す帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の考え方に従い、隣接する他の無線システムと共用するため、帯域外領域でのスプリアスレベルは図 3-1、図 3-2、図 3-3、図 3-4 及び図 3-5 のように占有周波数帯幅と帯域外領域の指定によって定める。まず ITU-R 勧告 SM. 1541 Annex 8 に従い B₋₄₀ 帯域と帯域外領域のマスクを規定する。B₋₄₀ 帯域内側は、ITU-R 勧告 SM. 1541 Annex 8 の必要周波数帯幅を参照し、-20dBc 以下とする。固体化方式においては、送信周波数±65MHz 以外の B₋₄₀ 帯域は-40dBc 以下とする。帯域外領域において、B₋₄₀ 帯域より外側の 30dB/decade で低減する領域は、その低減スロープを超えないこととする。以上を統合して帯域外領域でスペクトラムを規定する。

【帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の考え方】

- ・ 隣接する他の無線システムと共用するため ITU-R に沿う中で、送信方式を問わず帯域外領域でより干渉抑圧を得るための規定を施す。
- ・ B₋₄₀ 帯域内は ITU-R SM. 1541 Annex 8 の必要周波数幅を参照し 20dBc とする。
- ・ 帯域外領域を規定するマスクを利用する。
- ・ 固体化方式においてはスペクトラム管理から送信周波数±65MHz 以外では他の無線システムとの共用のため 40dBc 以下にする。

(1) 帯域外領域

- ・ ITU-R 勧告 SM. 1541 Annex 8 に従う。
- ・ B₋₄₀ 帯域幅と 30dB/decade 降下線で指定する。

(2) 帯域外領域のスプリアス発射の強度

- ・ 占有周波数帯幅から ITU-R 勧告 SM. 1541 で示される B₋₄₀ 帯域幅の間とする。

- ・ 平均電力から 20dBc 以下とする。
- ・ 固体化送信方式においては上記 20dBc に加え、送信周波数±65MHz 以外の周波数領域は 40dBc 以下もしくは B₋₄₀dB 帯域のスロープ以下とする。
- ・ B₋₄₀ 帯域幅からスプリアス領域との境界の間とする。
- ・ 平均電力から下記マスクを低減した信号強度以下とする。
- ・ B₋₄₀ 帯域からスプリアス領域との境界まで、40dBc から開始する 30dBc/decade のスロープが示すマスクとする。

なお、これらの条件は平成 17 年 10 月 21 日総務省告示第 1232 号（無線設備規則別表第 3 号の 15 ただし書の規定に基づく無線測位業務を行う無線局の送信設備の参照帯域幅及び帯域外領域とスプリアス領域の境界の周波数）と同じである。

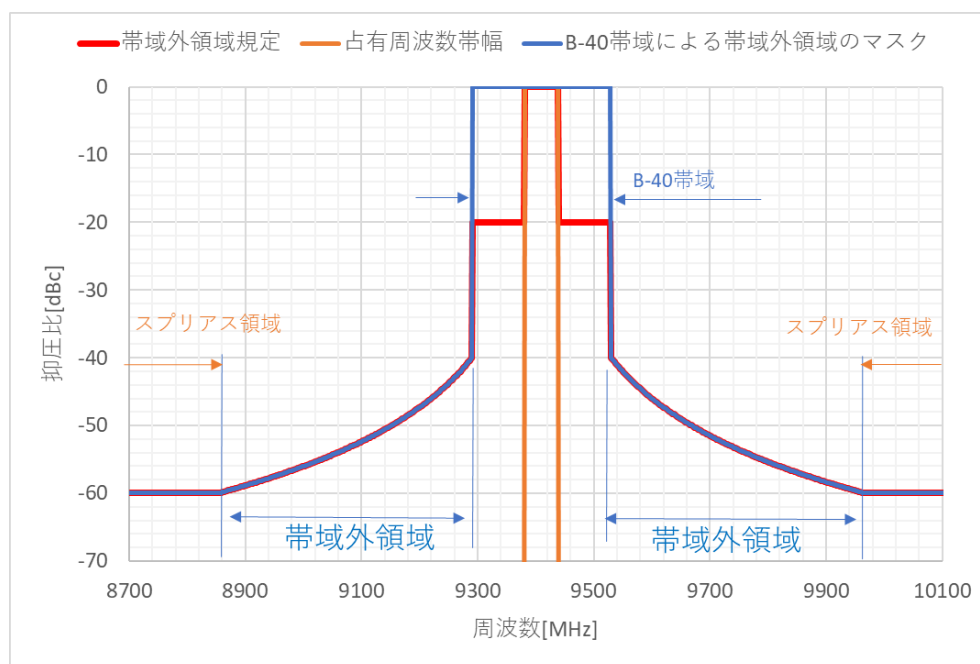


図 3-1 9,410MHz マグネトロンレーダーの場合のスペクトラム規定値

※占有周波数帯幅 58MHz、B₋₄₀ 帯域幅 240MHz とした場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

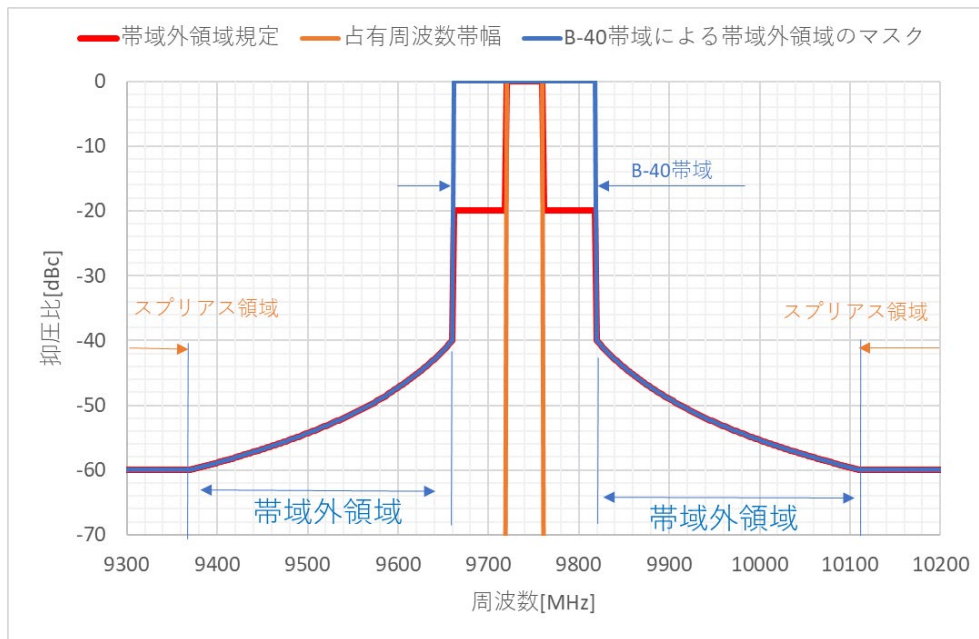


図 3-2 9,740MHz マグネトロンレーダーの場合のスペクトラム規定値

※占有周波数帯幅 40MHz、B₄₀ 帯域幅 160MHz とした場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

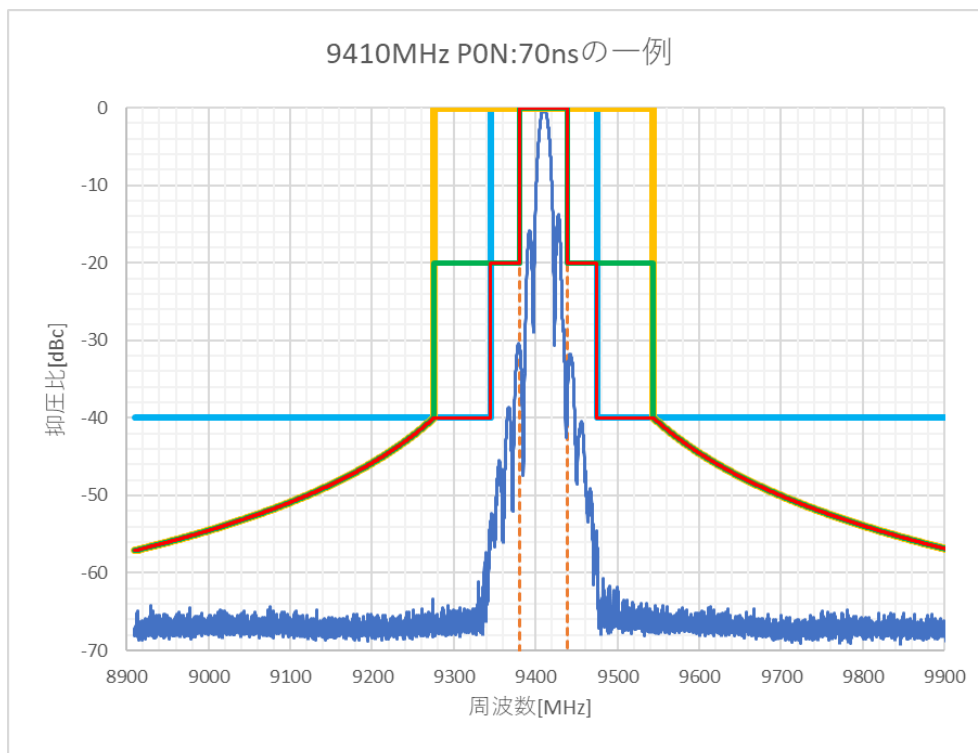


図 3-3 9,410MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

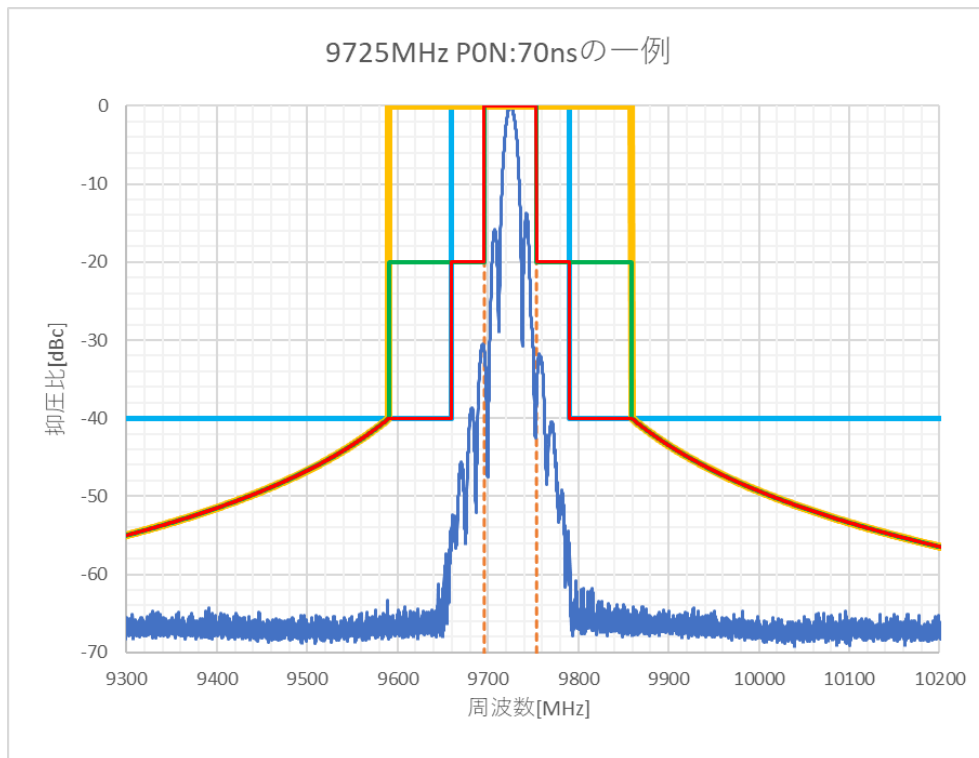


図 3-4 9,740MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※9,725MHz で PON 信号を送信する場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

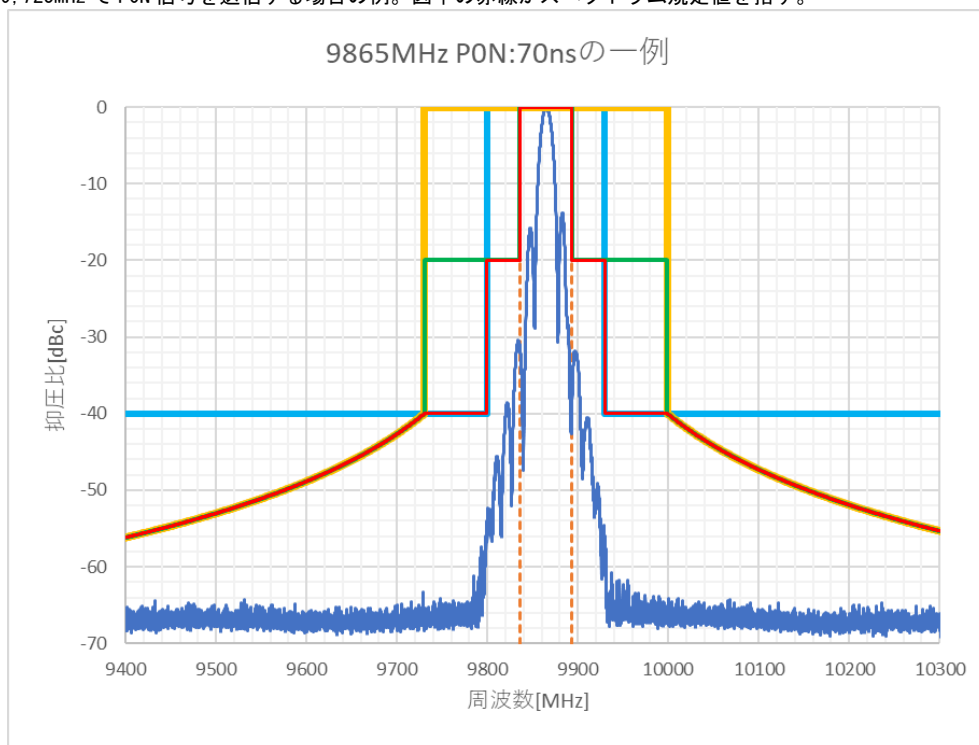


図 3-5 9,800MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※ 9,865MHz で PON 信号を送信した場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

9,700MHz 帯陸上設置気象レーダーに 40dBc 以上の信号が入り込まないことを想定している。

3.2.14 スプリアス領域の不要発射

ITU-R 勧告 SM.1541 Annex 8 を参照する。マグネトロン方式は現行 20dB/decade から ITU に沿う 30dB/decade に変更し、今後の沿岸監視レーダーは送信方式に寄らず 30dB/decade とする。ただし現用のマグネトロン方式のレーダーについては平成 17 年 10 月 21 日総務省告示第 1232 号（無線設備規則別表第 3 号の 15 ただし書の規定に基づく無線測位業務を行う無線局の送信設備の参照帯域幅及び帯域外領域とスプリアス領域の境界の周波数）の附則（令和元年 6 月 20 日総務省告示第 67 号）から旧規定（20dB/decade）が容認される。

(1) 帯域外領域とスプリアス領域の境界

- ・ マグネトロン方式

B₋₄₀ 帯域から 30dB/decade 降下線が 60dBc に達する周波数とする。

- ・ 固体化方式

B₋₄₀ 帯域から 30dB/decade 降下線が 60dBc に達する周波数とする。

(2) スプリアス領域の不要発射の強度

不要発射の強度は、尖頭電力から 60dBc 以下とする。

3.2.15 他の無線システムとの共用検討

【陸上設置気象レーダーとの共用検討】

固体化方式では、気象レーダーへの干渉試験結果（参考資料 X 帯沿岸監視用レーダー等の高度化のための技術的条件に関する調査検討調査報告書）から、以下のとおり共用条件の判断を行うこととした。

(1) 9,740MHz 帯

- ・ メインーメイン干渉の際に ADC 飽和の恐れがあるが、メインーメイン干渉の確率は非常に小さく、時間は非常に短い。
- ・ また、技術試験事務の検討結果により非飽和の干渉については気象レーダーにおいて現方式、新方式の干渉除去が機能することから、その影響は限定的であるが、干渉の可能性を完全に排除できない。
- ・ このため、干渉影響が懸念される場合は、運用者協議を実施する。

(2) 9,800MHz 帯

- ・ 送信スペクトラムが 9,800MHz 以下で 40dB 抑圧していること。
- ・ メインーメイン干渉の際の ADC 飽和の恐れは低く、さらにメインーメイン干渉の確率は非常に小さく、時間は非常に短い。
- ・ また、技術試験事務の検討結果により非飽和の干渉については気象レーダーに

において現方式の干渉除去が機能することから、その影響は限定的であるが、干渉の可能性を完全に排除できない。

- ・ このため、干渉影響が懸念される場合は、運用者協議を実施する。

なお、被干渉局の受信アンテナが受ける電力密度と干渉状況は密接な関係にあるので、見通しなどの抑圧も考慮した受信状況（離隔距離算定）から、運用協議により合意されること。

隣接する他の無線システムが用いる周波数において、送信スペクトラムの抑圧量が明らかであれば、EIRP をその抑圧量だけ低減し距離を計算する。

9,800MHz 帯は、9,800MHz 以下には占有周波数帯幅が存在しないことから、この周波数で 40dBc 抑圧していることを条件とする。

なお、より抑圧することが証明できれば抑圧量を増やして距離を計算する。

9,740MHz 帯マグネトロン方式は、PON 信号は現用から最小パルスを 0.1 μ s とし 40MHz 幅とする。

【CS 受信機との共用検討】

CS 受信機への干渉は、総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 気象レーダー作業班 X 帯サブ・ワーキング・グループ（第 11 回） 気レ X11-4「CS との共用条件整理」より X 帯沿岸監視用レーダー入射からの方向の CS アンテナ利得として-15dB を想定し、干渉試験を実施した。

しかし CS 受信機から 30m 地点では干渉が確認できなかった。

そこで、電波無響室にて使用機材の X 帯沿岸監視用レーダー入射方向のアンテナ利得は-29.4dB であることがわかり 30m 離隔位置では干渉が発生しないことが分かった。

また以上を確認するため干渉が想定されるレーダー装置の直近 2m の地点に CS 受信機を移動し干渉試験を行った結果、干渉が発生することが確認できた。

なおアンテナ利得は個体差があることから技術的条件の検討では-15dB を用いている。

以上の検討結果を踏まえ、9,740MHz 帯を利用するマグネトロン方式の沿岸監視用レーダーは、従来の条件（下記(1)）により CS 受信機との共用を行うこととする。

また、9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯を利用する固体化方式の沿岸監視用レーダー

は、以下の計算式をもとに影響する距離を把握し、設置地域の地形・遮蔽物・レーダー観測範囲などの情報も含めた総合的な判断を行うこととし、干渉閾値 pfdIr 及び離隔距離のみでの共用条件の判断は行わない。

(1) 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式）

- ・平成 22 年度に公表した「9GHz 帯気象レーダーを運用される方へ」のガイドブックをベースとする。ただし、このガイドブックが改訂された場合は、改訂版をベースとする。
- ・沿岸監視レーダーの設置を求めるものは、CS 受信機に対する干渉閾値レベル (pfdIr) を踏まえたうえで、設置場所における見通し関係などを明らかにすること。
- ・CS 受信機への干渉影響が懸念される場合は、CS 放送事業者と運用調整を行い、合意が行われること。

(2) 沿岸監視用レーダー（固体化方式）

- ・沿岸監視レーダーの設置を求めるものは、CS 受信機に対する干渉閾値レベル (pfdIr) を踏まえたうえで、設置場所における見通し関係などを明らかにすること。
- ・CS 受信機への干渉影響が懸念される場合は、CS 放送事業者と運用調整を行い、合意が行われること。

干渉閾値レベルは下記式で求める。パラメータは表 3-3 に示す通り。降雨などの干渉対応も必要な事からマージンを含めた干渉閾値レベルに対して離隔距離を計算する。

$$\begin{aligned} \text{レーダー干渉閾値 pfdIr} &= \text{CS 電力束密度} - \text{Cave/Ipeak} - \text{干渉マージン} \\ &\quad + \text{イメージ選択度} + \text{アンテナ選択度} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{晴天時 pfdIr} &= -108\text{dBW/m}^2 - (-1.7\text{dB}) - 0\text{dB} + 93.5\text{dB} + 15\text{dB} \\ &= +2.2\text{dBW/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{マージンあり pfdIr} &= -108\text{dBW/m}^2 - (-1.7\text{dB}) - 12.2\text{dB} + 93.5\text{dB} + 15\text{dB} \\ &= -10.0\text{dBW/m}^2 \end{aligned}$$

沿岸監視レーダー設備の EIRP は下記式により離隔距離を計算する。

$$\text{離隔距離 [m]} = [10^{\{(\text{EIRP [dBm]} - \text{pfdIr} - 10\text{dBW/m}^2 + 30\text{dB}) / 10\}} / 4\pi]^{1/2}$$

上記式により得られる EIRP と離隔距離の関係は図 3-6 に示す通り。ただしマージ

ンとしては降雨時を想定している。

パラメータ	値
電力束密度	-108[dBW/m ²]
Cave/Ipeak	-1.7[dB]
M（マージン 降雨等考慮）	12.2[dB]
S（イメージ抑圧比）	93.5[dBm]
D（アンテナ選択性）	15[dB]

表 3-3 CS 干渉閾値計算のためのパラメータ

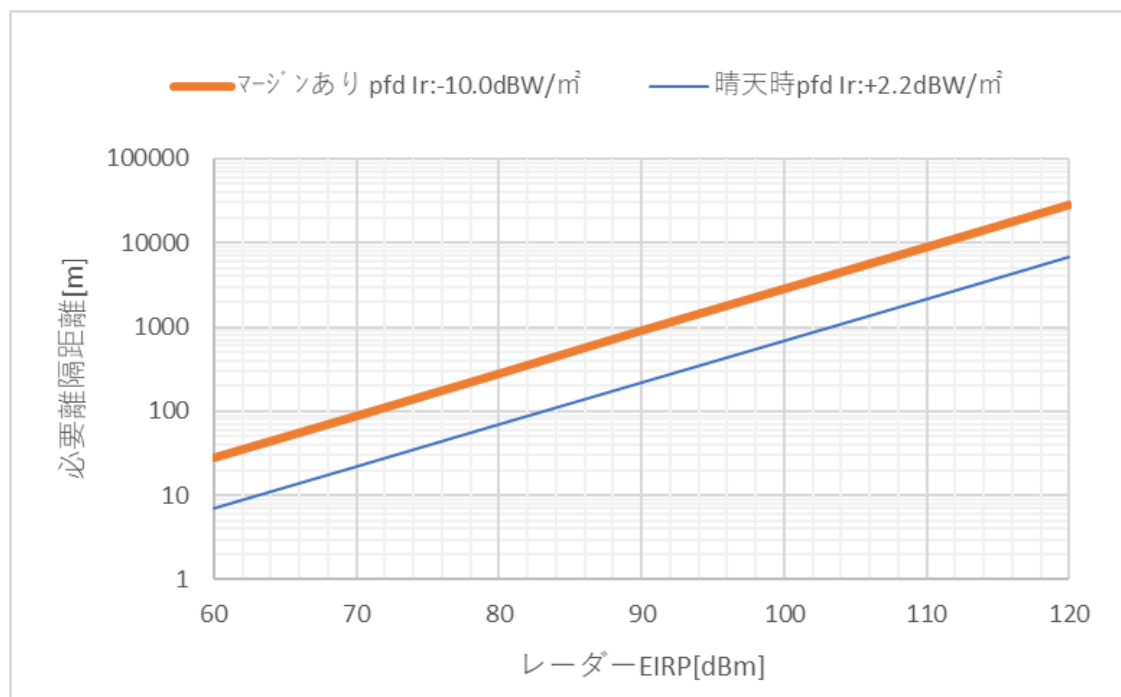


図 3-6 EIRP と離隔距離の関係

3.2.16 他のX帯沿岸監視用レーダーとの共用

沿岸監視用レーダーの開設に際して、周辺に他の沿岸監視用レーダーが設置されていることが確認できた場合には、既設の沿岸監視用レーダーに干渉しないよう、運用者間協議において運用調整を行うことが適当である。

3.2.17 電波防護指針

沿岸監視用レーダーを設置する際には、当該無線設備から発射される電波の強度が電波法施行規則第21条の4に基づいて定める値（電波防護指針の値）を超える場所に取り扱者のほか容易に立入ることができないように施設をしなければならないとされていることから、以下のとおり検討を行った。

1. 5GHz～300GHz の電波防護指針値は、電界強度 (E) が 61.4V/m 以下であることから、以下のとおり指向性を考慮した基本算出式を用いて当該指針値を超えない値を算出する。

$$\begin{aligned}\text{電力束密度 } S &= (P \cdot G \cdot K) / (4\pi \cdot R^2) \cdot (2 \tan^{-1}(D/(2R))/2\pi) \\ &= 0.884 \text{ (mW/cm}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$\text{電界強度 } E = \sqrt{3770 \cdot S} = 57.729 \text{ (V/m)} < 61.4 \text{ (V/m)}$$

大地反射係数 K : 2.56 (送信周波数が 76MHz 以上の場合)

空中線からの距離 R : 14 (m)

【アンテナ諸元】(最悪条件を考慮)

アンテナ利得 G : 35 (dBi) (IALA Guideline より)

水平ビーム幅 : 0.5 (度)

アンテナ長 : 5.32 (m)

垂直面の減衰量 : 0 (dB)

【レーダー諸元】(最悪条件を考慮)

送信周波数 : 9850 (MHz)

送信電力 : 500 (W) ※

パルス幅 : 30 (μs)

繰り返し周波数 : 3000 (Hz)

給電線損失 : 0 (dB)

※ 最大実効輻射電力 EIRP : 62 (dBW) (本検討の最大値)

よって、上記の条件で X 帯沿岸監視用レーダーを設置する場合には、電波防護指針を満足するためには、X 帯沿岸監視用レーダーのアンテナ設置地点から 14m以内に人が立入りすることができないように措置することが必要である。

なお、上記の条件とは乖離した条件で X 帯沿岸監視用レーダーを設置する場合には、測定結果に基づく空間的平均値の算出を行い、電波防護指針の基準値を超える場所に取り扱者のほか容易に立入りすることができないように措置することが必要である。

3.2.18 測定法等

船舶レーダーに対する無線機器型式検定規則に基づく試験方法を参考に、前項の技術的条件に即した試験方法を以下の通り検討した。

3.2.18.1 周波数と周波数の許容偏差

- ・ スペクトラムアナライザを用いて実施する。
- ・ スペクトラムアナライザの設定は下記による。

- 周波数範囲：40dBc 以下まで観測できる周波数範囲よりも広いこと。
- 周波数分解能：ITU-R 勧告 M.1177 Annex 1 に従う。
- ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。
- 周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の 2 倍以上。
- 周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと。
- 検波モード：ポジティブピーク
- ・パルス変調信号の測定のため下記により周波数を把握する。
 - PON 信号：最大ピークレベル
 - QON 信号：3dB 幅の中央周波数
- ・周波数の許容偏差は、指定される周波数と上記で測定した周波数の比とする。

3.2.18.2 空中線電力

- ・送受信装置の送信出力端にて観測する電力を、空中線電力とする。
- ・高周波平均電力計を用い、平均電力を観測し空中線電力を求める。
- ・平均電力から空中線電力（尖頭電力）を求めるので送信波形の測定を伴う。
- ・レーダー送信は、PON 信号、QON 信号など個別に送信する。なお VON 信号の場合は複合信号のまま送信する。
- ・送信波形の測定は検波器を用いて次の事項を測定して送信時間率を求める。
 - 送信繰り返し時間（詳細は別項による）
 - 送信パルス幅時間（詳細は別項による）
 - 送信時間率＝送信パルス幅[s]÷送信繰り返し時間[s]
- ・高周波平均電力計での測定
 - 使用する減衰器や接続ケーブルなどの治具の損失は予め測定すること。
 - 測定値に対し送信時間率を除して、治具の損失で補正し空中線電力とする。
- ・ピークパワーメータでの測定
 - 使用する減衰器や接続ケーブルなどの治具の損失は予め測定すること。
 - 尖頭電力を測定し、治具の損失で補正し空中線電力とする。

3.2.18.3 EIRP（等価等方輻射電力）の計算方法

- ・EIPR は、空中線電力と工事設計書で判断する。
- ・空中線電力は、空中線電力の測定法に従って測定する。
- ・工事設計書に記載される給電線の損失から下記式により EIRP を求める。

- $EIRP[dBW] = \text{空中線電力}[dBm] + \text{アンテナ利得}[dBi] - \text{給電線損失}[dB] - 30dB$

3.2.18.4 送信繰り返し周波数と送信パルス幅

- ・ 検波器とオシロスコープを用いて実施する。
- ・ 検波器は下記とする。
 - 周波数帯が合致していること。
 - 変換特性が既知（校正）されていること。もしくは、測定の際に校正手段を講じること。
- ・ 測定場所は、送信機出力もしくは送受共用であればその出力端とする。
- ・ 送信機出力から検波器に必要な電力まで信号を減衰し、検波器出力をオシロスコープに接続して、表示される波形について以下を測定する
 - 送信繰り返し周波数（逆数にすることで繰り返し時間）
 - 送信パルス幅（振幅 50%点とする）

3.2.18.5 占有周波数帯幅

- ・ スペクトラムアナライザを用いて実施する。
- ・ スペクトラムアナライザの設定は下記による。
 - 周波数範囲：50dBc 以下まで観測できる周波数範囲よりも広いこと。
 - 周波数分解能：ITU-R 勧告 M.1177 Annex 1 に従う。
 - ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。
 - 周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の 2 倍以上。
 - 周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと。
 - 検波モード：ポジティブピーク
- ・ 測定方法は下記のいずれかで実施する。

送信電力の総和を基にし、下記①②の周波数から周波数帯幅を測定する

- ① 信号の下限観測値から累積した電力 0.5%の周波数
- ② 信号の上限観測値から累積した電力 0.5%の周波数
- ③ 上記の周波数の差を占有周波数帯幅とする

- スペクトラムアナライザの占有周波数帯幅測定機能で測定する

3.2.18.6 帯域外領域のスプリアス発射及びスプリアス領域の不要発射

- ・ スペクトラムアナライザを用いて間接法で実施する。
- ・ 帯域外領域とスプリアス領域の境界は下記による。
 - － B₋₄₀ 帯域の決定は ITU-R 勧告 SM. 1541 Annex 8 による。
 - － B₋₄₀ 帯域からの降下率は ITU-R 勧告 SM. 1541 に従い 30dB/decade 降下線で指定する。
- ・ 周波数の測定範囲
 - － 帯域外領域：帯域外領域よりも広いこと。
 - － スペクトラム領域：ITU-R 勧告 SM. 329 に従い 30MHz から 26GHz まで。
- ・ スペクトラムアナライザの設定は下記による。
 - － 周波数掃引幅：帯域外領域の周波数幅よりも広いこと。
 - － 周波数分解能：ITU-R 勧告 M. 1177 Annex 1 に従う。
 - － ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。
 - － 周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の 2 倍以上。
 - － 周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと。
 - － 検波モード：ポジティブピーク。
- ・ 測定方法
 - － PON 信号、QON 信号を各々測定する。VON 信号は VON 変調のまま実施する。
 - － 送信信号の強度に対する不要輻射の信号強度の比を測定する。

第4章 技術的条件

X 帯沿岸監視用レーダーに関する技術的条件について、次のとおり定めることが適当である。

4.1 一般的条件

4.1.1 適用範囲

この技術的条件は、9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯の周波数を利用する沿岸監視用レーダーに対して適用する。

4.1.2 周波数帯

- ・ マグネトロン方式

9,740MHz 帯： 9,700MHz から 9,800MHz

- ・ 固体化方式

9,740MHz 帯： 9,700MHz から 9,800MHz

9,800MHz 帯： 9,800MHz から 9,900MHz

なお、固体化方式では、PON と QON を 30MHz 離調するため、基準周波数から PON/QON の中心周波数をそれぞれ 15MHz 離調する。(9,740MHz $\pm$ 15MHz、9,850MHz $\pm$ 15MHz)

4.2 送信装置の条件

4.2.1 変調方式及び電波の型式

変調方式はパルス変調とすることが適当である。電波の型式は、マグネトロン方式では PON、固体化方式は PON、QON 又は VON とすることが適当である。

4.2.2 搬送波の周波数

電波の型式が PON の搬送波の周波数は、電波の型式が QON の搬送波の周波数より低い周波数とすることを基本とする。ただし、隣接する周波数を使用する無線システムの状況によって PON が QON よりも高い周波数を利用することを許容する。

また、これらは同時に送信しないこと。

4.2.3 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、マグネトロン方式では百万分率で 1,250、固体化方式では恒温槽付水晶発振器又は温度補償水晶発振器により高い周波数精度を確保できることから、百万分率で 300 とすることが適当である。

4.2.4. 占有周波数帯幅の許容値

- ・マグネトロン方式

9,740MHz 帯については、従前どおり PON で 40MHz 以下とすることが適当である。

- ・固体化方式

9,740MHz 帯： PON は 25MHz 以下とすることが適当である。

QON は 24MHz 以下とすることが適当である。

9,800MHz 帯： PON は 58MHz 以下とすることが適当である。

QON は 24MHz 以下とすることが適当である。

4.2.5. 等価等方輻射電力 (EIRP)

- ・マグネトロン方式

9,740MHz 帯： 82dBW 以下とすることが適当である。

- ・固体化方式

9,740MHz 帯： 58dBW 以下とすることが適当である。

9,800MHz 帯： 62dBW 以下とすることが適当である。

4.2.6. 空中線電力

空中線電力は以下とすることが適当である。ただし、EIRP の値を超えないこと。

- ・マグネトロン方式

9,740MHz 帯： 50kW 以下とすることが適当である。

- ・固体化方式

9,740MHz 帯： 700W 以下とすることが適当である。

9,800MHz 帯： 700W 以下とすることが適当である。

4.2.7. 空中線電力の許容偏差

9,740MHz 帯については、従前どおり上限 50%、下限 50%とすることが適当である。

9,800MHz 帯についても、上限 50%、下限 50%とすることが適当である。

4.2.8. 送信パルス幅

- ・マグネトロン方式

9,740MHz 帯については、従前どおり $0.1\mu\text{s}$ 以上とすることが適当である。

- ・固体化方式

9,740MHz 帯：

PON： $0.16\mu\text{s}$ 以上とすることが適当である。

QON： $22\mu\text{s}$ 以下とすることが適当である。

9,800MHz 帯

PON： $0.07\mu\text{s}$ 以上とすることが適当である。

QON： $30\mu\text{s}$ 以下とすることが適当である。

4.2.9. 送信繰り返し周波数

9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯ともに、3kHz 以下とすることが適当である。

4.2.10. 平均電力

EIRP、送信パルス幅及び送信繰り返し周波数で規定することから、規定しないことが適当である。

4.2.11. 電力パルス幅積

EIRP、送信パルス幅及び送信繰り返し周波数で規定することから、規定しないことが適当である。

4.3 スプリアス発射の強度

4.3.1. 帯域外領域

帯域外領域については、従前どおりとすることが適当である。

4.3.2 帯域外領域のスプリアス発射の強度

- 占有周波数帯幅から ITU-R 勧告 SM.1541 で示される B_{-40} 帯域幅の間とする。
 - ・ 平均電力から 20dBc 以下とする。
 - ・ 固体化送信方式においては上記 20dBc に加え、送信周波数 $\pm$ 65MHz 以外の周波数領域は 40dBc 以下もしくは B_{-40} dB 帯域のスロープ以下とする。
- B_{-40} 帯域幅からスプリアス領域との境界の間
 - ・ 平均電力から下記マスクを低減した信号強度以下とする。
 - ・ B_{-40} 帯域からスプリアス領域との境界まで、40dBc から開始する 30dBc/decade のスロープが示すマスクとする。

(無線設備規則別表第 3 号の 15 のとおり。)

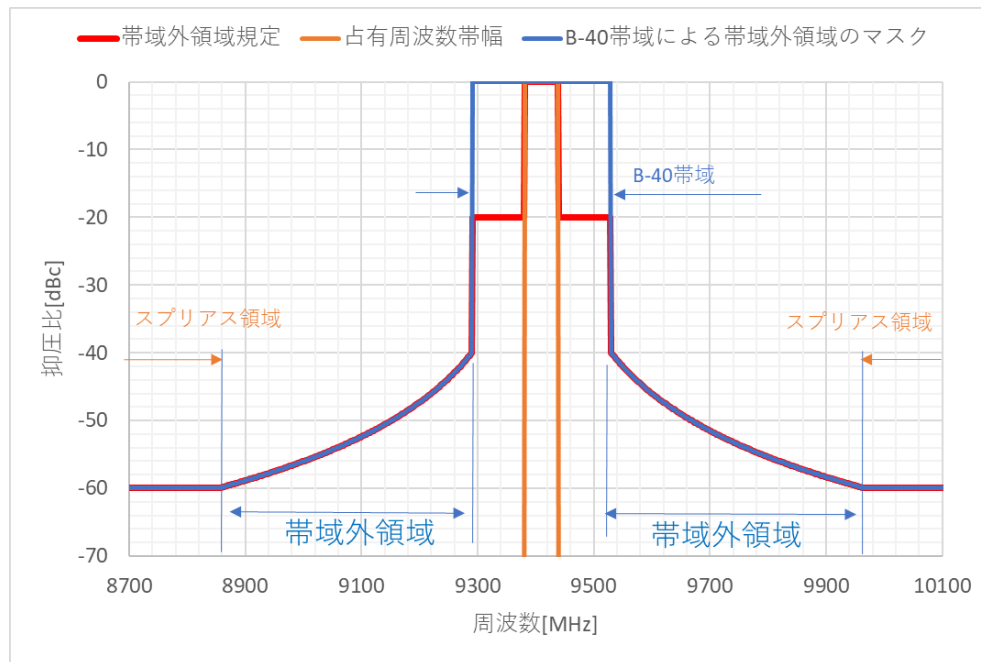


図 4-1 9,410MHz マグネトロンレーダーの場合のスペクトラム規定値

※占有周波数帯幅 58MHz、B-40 帯域幅 240MHz とした場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

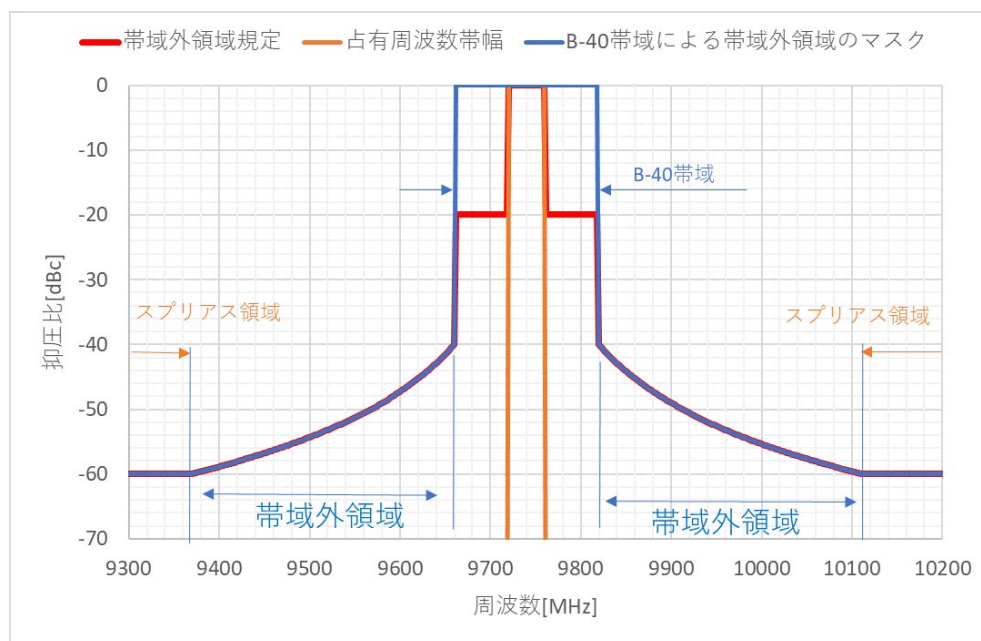


図 4-2 9,740MHz マグネトロンレーダーの場合のスペクトラム規定値

※占有周波数帯幅 40MHz、B-40 帯域幅 160MHz とした場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

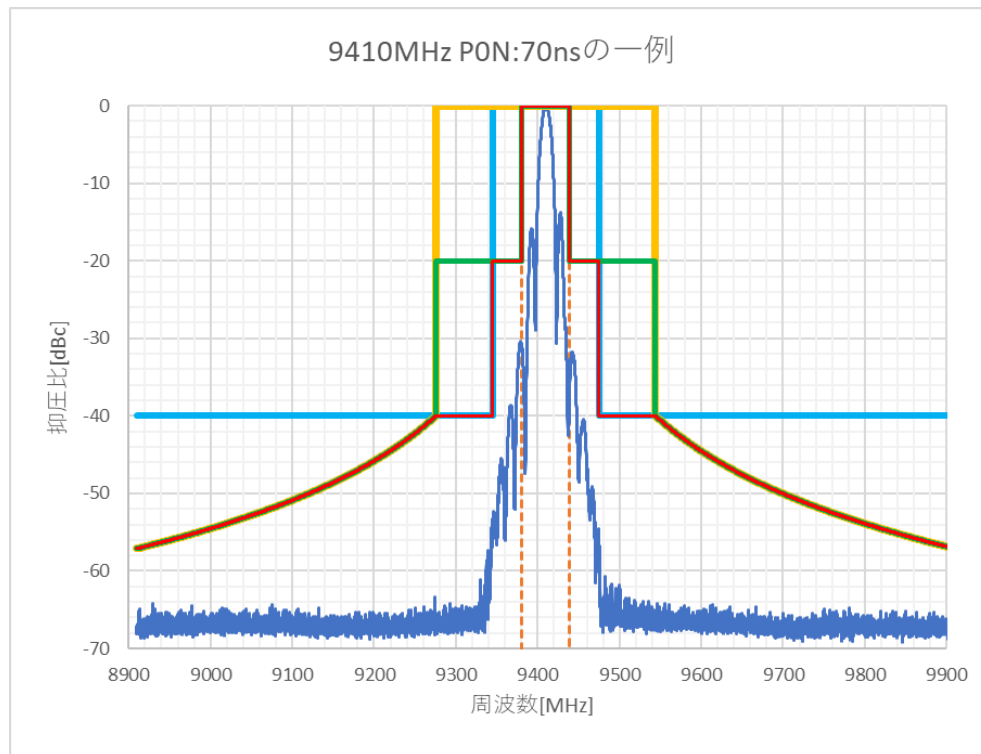


図 4-3 9,410MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

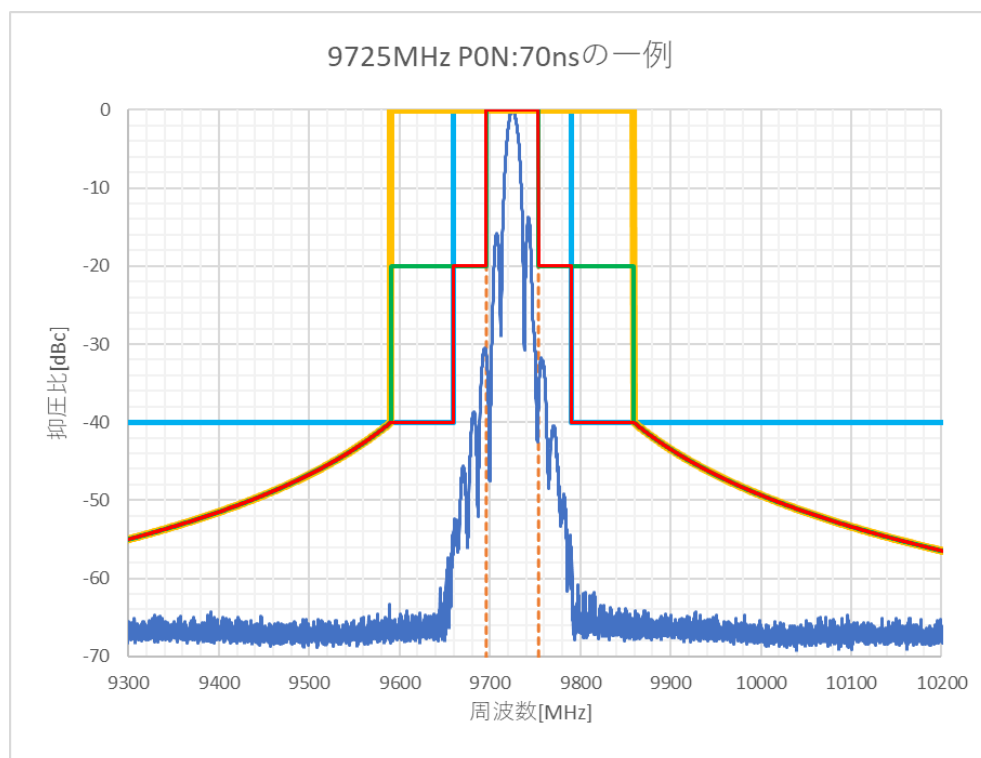


図 4-4 9,740MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※9725MHz で PON 信号を送信する場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

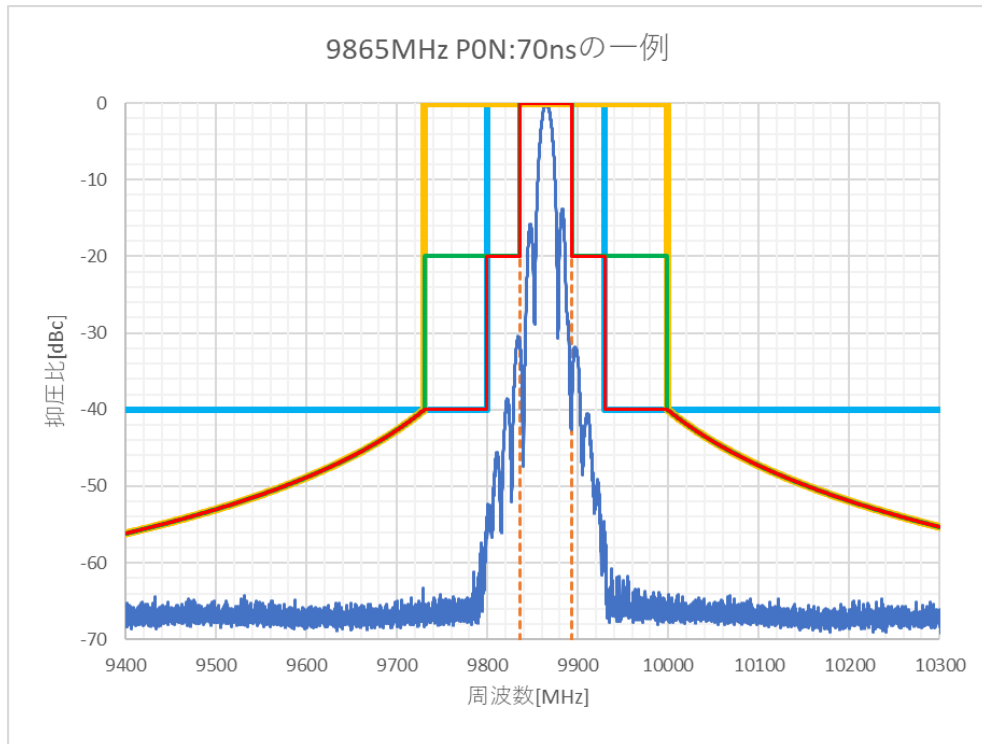


図 4-5 9,800MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※9865MHz で PON 信号を送信した場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

4.4 スプリアス領域の不要発射

(1) 帯域外領域とスプリアス領域の境界

・マグネトロン方式

B₋₄₀ 帯域から 30dB/decade 降下線が 60dBc に達する周波数とする。

・固体化方式

B₋₄₀ 帯域から 30dB/decade 降下線が 60dBc に達する周波数とする。

(2) スプリアス領域の不要発射の強度

不要発射の強度は、尖頭電力から 60dBc 以下とする。

(無線設備規則別表第3号の15のとおり。)

4.5 空中線利得

空中線利得については規定しない。

4.6 受信装置

4.6.1 副次的に発する電波等の限度

現行無線設備規則第 24 条の規定のとおり、X 帯沿岸監視用レーダーについても、受信機から副次的に発する電波の限度は、4nW 以下とする。

4.7 干渉防止のための措置

4.7.1 陸上設置気象レーダーとの共用

(1) 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式）

従前どおり、帯域外領域の不要発射の強度に許容値の現行基準を超えないこと。

(2) 沿岸監視用レーダー（固体化方式）

【9,740MHz 帯】

- ・メインーメイン干渉の際に ADC 飽和の恐れがあるが、メインーメイン干渉の確率は非常に小さく、時間は非常に短い。
- ・また、技術試験事務の検討結果により非飽和の干渉については気象レーダーにおいて現方式、新方式の干渉除去が機能することから、その影響は限定的であるが、干渉の可能性を完全に排除できない。
- ・このため、干渉影響が懸念される場合は、運用者協議を実施する。

【9,800MHz 帯】

- ・送信スペクトラムが 9,800MHz 以下で 40dB 抑圧していること。
- ・メインーメイン干渉の際の ADC 飽和の恐れは低く、さらにメインーメイン干渉の確率は非常に小さく、時間は非常に短い。
- ・また、技術試験事務の検討結果により非飽和の干渉については気象レーダーにおいて現方式の干渉除去が機能することから、その影響は限定的であるが、干渉の可能性を完全に排除できない。
- ・このため、干渉影響が懸念される場合は、運用者協議を実施する。

なお、帯域内干渉のため送信スペクトラムの抑圧を考慮した離隔距離及び見通し環境などを元に、運用者協議において合意されること。

4.7.2 航空機用気象レーダー装置との共用

「X 帯沿岸監視用レーダー等の高度化のための技術的条件に関する調査検討調査報告書」における干渉シミュレーションの結果、9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯のいずれについても、実際に航空機に搭載されている代表的な航空機気象レーダーの受信機特性である、受信フィルタ帯域外の信号が ADC 帯域内に折り返さない状態（シミュレーションでは -200dB の受信フィルタを想定）であれば、航空機搭載気象レーダー装置が干渉影響を考慮する必要はなく、共用は可能である。ただし、今後運用に影響する干渉事例が発生した場合は、運用者間協議において合意されることが必要である。

4.7.3 航空機搭載型合成開口レーダーとの共用

今回、帯域の拡張を検討している沿岸監視レーダーのうち、9,700MHz から 9,800MHz までについては、9GHz 帯航空機搭載型合成開口レーダーと周波数が重複しているが、情報通信審議会からの一部答申（9GHz 帯航空機搭載型合成開口レーダーシステムの技術的条件（平成 30 年 2 月 13 日））に基づく従来の検討の通り共用が可能であり、9,800MHz から 10GHz までについては、隣接周波数のため共用は可能である。ただし、今後運用に影響する干渉事例が発生した場合は、運用者間協議において合意されることが必要である。

4.7.4 CS 受信機との共用

(1) 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式）

従前どおり、以下のとおりとすることが適当である。

- ・ 平成 22 年度に総務省より示された「9GHz 帯気象レーダーを運用される方へ」のガイドブックをベースとする。ただし、このガイドブックが改訂された場合は、改訂版をベースとする。
- ・ 沿岸監視用レーダーの設置を求めるものは、CS 受信機に対する干渉閾値レベル（pfdIr）を踏まえたうえで、設置場所における見通し条件などを明らかにすることとする。
- ・ また、CS 受信機への干渉影響が懸念される場合は、CS 放送事業者と運用調整を行い、合意が行われること。

(2) 沿岸監視用レーダー（固体化方式）

- ・ 沿岸監視レーダーの設置を求めるものは、CS 受信機に対する干渉閾値レベル（pfdIr）を踏まえたうえで、設置場所における見通し関係などを明らかにすること。
- ・ CS 受信機への干渉影響が懸念される場合は、CS 放送事業者と運用調整を行い、合意が行われること。

4.7.5 他の X 帯沿岸監視用レーダーとの共用

沿岸監視用レーダーの開設に際して、周辺に他の沿岸監視用レーダーが設置されていることが確認できた場合には、既設の沿岸監視用レーダーに干渉しないよう、運用者間協議において運用調整を行うことが適当である。

4.8 測定法

4.8.1 周波数と、周波数の許容偏差の測定

- ・ スペクトラムアナライザを用いて実施する。
- ・ スペクトラムアナライザの設定は下記による。
 - 周波数範囲：40dBc 以下まで観測できる周波数範囲よりも広いこと。
 - 周波数分解能：ITU-R 勧告 M.1177 Annex 1 に従う。
 - ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。
 - 周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の2倍以上。
 - 周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと。
 - 検波モード：ポジティブピークとする。
- ・ パルス変調信号の測定のため下記により周波数を把握する。
 - PON 信号：最大ピークレベル
 - QON 信号：3dB 幅の中央周波数
- ・ 周波数の許容偏差は、指定される周波数と上記で測定した周波数の比とする。

4.8.2. 空中線電力

- ・ 送受信装置の送信出力端にて観測する電力を、空中線電力とする。
- ・ 高周波平均電力計を用い、平均電力を観測し空中線電力を求める。
- ・ 平均電力から空中線電力（尖頭電力）を求めるので送信波形の測定を伴う。
- ・ レーダー送信は、PON 信号、QON 信号など個別に送信する。なお VON 信号の場合は複合信号のまま送信する。
- ・ 送信波形の測定は検波器を用いて次の事項を測定して送信時間率を求める。
 - 送信繰り返し時間（詳細は別項による）
 - 送信パルス幅時間（詳細は別項による）
 - $\text{送信時間率} = \text{送信パルス幅}[\text{s}] \div \text{送信繰り返し時間}[\text{s}]$
- ・ 高周波平均電力計での測定は以下とする。
 - 使用する減衰器や接続ケーブルなどの治具の損失は予め測定すること。
 - 測定値に対し送信時間率を除して、治具の損失で補正し空中線電力とする
- ・ ピークパワーメータでの測定は以下とする。
 - 使用する減衰器や接続ケーブルなどの治具の損失は予め測定すること。
 - 尖頭電力を測定し、治具の損失で補正し空中線電力とする。

4.8.3. EIRP の測定

- ・ EIRP（等価等方輻射電力）は、空中線電力と工事設計書で判断する。
- ・ 空中線電力は、空中線電力の測定法にのっとり測定する。
- ・ 工事設計書に記載される給電線の損失から下記式により EIRP を求める。

$$\text{EIRP [dBW]} = \text{空中線電力 [dBm]} + \text{アンテナ利得 [dBi]} - \text{給電線損失 [dB]} - 30\text{dB}$$

4.8.4. 送信繰り返し周波数と送信パルス幅の測定

- ・ 検波器とオシロスコープを用いて実施する。
- ・ 検波器は下記とする。
 - － 周波数帯が合致していること
 - － 変換特性が既知（校正）されていること。もしくは、測定の際に校正手段を講じること
- ・ 測定場所は、送信機出力もしくは送受共用であればその出力端とする。
- ・ 送信機出力から検波器に必要な電力まで信号を減衰し、検波器出力をオシロスコープに接続して、表示される波形について以下を測定する。
 - － 送信繰り返し周波数（逆数にすることで繰り返し時間）
 - － 送信パルス幅（振幅 50%点とする）

4.8.5. 占有周波数帯幅の測定

- ・ スペクトラムアナライザを用いて実施する。
- ・ スペクトラムアナライザの設定は下記による。
 - － 周波数範囲：50dBc 以下まで観測できる周波数範囲よりも広いこと。
 - － 周波数分解能：ITU-R 勧告 M.1177 Annex 1 に従う。
 - － ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。
 - － 周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の2倍以上
 - － 周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと
 - － 検波モード：ポジティブピーク
- ・ 測定方法は下記のいずれかで実施する。
 - － 送信電力の総和を基にし、下記①②の周波数から周波数帯幅を測定する
 - ①信号の下限観測値から累積した電力 0.5%の周波数
 - ②信号の上限観測値から累積した電力 0.5%の周波数
 - ③上記の周波数の差を占有周波数帯幅とする
 - － スペクトラムアナライザの占有周波数帯幅測定機能で測定する

4.8.6 帯域外領域のスプリアス発射及びスプリアス領域の不要発射の測定

- ・ スペクトラムアナライザを用いて間接法で実施する。
- ・ 帯域外領域とスプリアス領域の境界は下記による。
 - － B-40 帯域の決定は ITU-R 勧告 SM.1541 Annex 8 による。

- B-40 帯域からの降下率は ITU-R 勧告 SM. 1541 に従い 30dB/decade とする。
- ・ 周波数の測定範囲は以下とする。
 - 帯域外領域：帯域外領域よりも広いこと。
 - スペクトラム領域：ITU-R 勧告 SM. 329 に従い 30MHz から 26GHz まで。
- ・ スペクトラムアナライザの設定は下記による。
 - 周波数掃引幅：帯域外領域の周波数幅よりも広いこと。
 - 周波数分解能：ITU-R 勧告 M. 1177 Annex 1 に従う。
 - ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。
 - 周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の 2 倍以上
 - 周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと。
 - 検波モード：ポジティブピーク
- ・ 測定方法は以下とする。
 - PON 信号、QON 信号を各々測定する。VON 信号は VON 変調のまま実施する。
 - 送信信号の強度に対する不要輻射の信号強度の比を測定する。

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、「X 帯沿岸監視用レーダーの技術的条件」について、別添のとおりとりまとめた。

別添 諮問第 50 号「海上無線通設備の技術的条件」のうち「X 帯沿岸監視用レーダーの技術的条件」（案）

海上無線通信設備の技術的条件のうち、X 帯沿岸監視用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 一般的条件

この技術的条件は、9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯の周波数を利用する沿岸監視用レーダーに対して適用する。

1.2 周波数帯

・マグネトロン方式

9,740MHz 帯： 9,700MHz から 9,800MHz

・固体化方式

9,740MHz 帯： 9,700MHz から 9,800MHz

9,800MHz 帯： 9,800MHz から 9,900MHz

※ 固体化方式では、基準周波数（9,740MHz、9,850MHz）から PON/QON の中心周波数をそれぞれ 15MHz 離調する。（9,740MHz±15MHz、9,850MHz±15MHz）

1.3 送信装置の条件

1.3.1. 変調方式及び電波の型式

変調方式はパルス変調とすることが適当である。電波の型式は、マグネトロン方式では PON、固体化方式は PON、QON、VON とすることが適当である。

1.3.2. 搬送波の周波数

電波の型式が PON の搬送波の周波数は、電波の型式が QON の搬送波の周波数より低い周波数とすることを基本とする。ただし、隣接する無線システムの状況によって PON が QON よりも高い周波数を利用することを許容する。

また、これらは同時に送信しないこと。

1.3.3. 周波数の許容偏差

マグネトロン方式については、従前どおり百万分率で 1,250 とすることが適当である。

固体化方式については、百万分率で 300 とすることが適当である。

1.3.4. 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値は、以下とすることが適当である。

- ・マグネトロン方式

- 9,740MHz 帯 : PON は 40MHz 以下

- ・固体化方式

- 9,740MHz 帯 : PON は 25MHz 以下

- QON は 24MHz 以下

- 9,800MHz 帯 : PON は 58MHz 以下

- QON は 24MHz 以下

1.3.5. 等価等方輻射電力 (EIRP)

EIRP は以下とすることが適当である。

- ・マグネトロン方式

- 9,740MHz 帯 : 82dBW 以下

- ・固体化方式

- 9,740MHz 帯 : 58dBW 以下

- 9,800MHz 帯 : 62dBW 以下

1.3.6. 空中線電力

空中線電力は以下とすることが適当である。ただし、EIRP の値を超えないこと。

- ・マグネトロン方式

- 9,740MHz 帯 : 50kW 以下

- ・固体化方式

- 9,740MHz 帯 : 700W 以下

- 9,800MHz 帯 : 700W 以下

1.3.7. 空中線電力の許容偏差

空中線電力の許容偏差は、上限 50%、下限 50%とすることが適当である。

1.3.8. 送信パルス幅

送信パルス幅は以下のとおりとすることが適当である。

- ・マグネトロン方式

- 9,740MHz 帯 : 0.1 μ s 以上

- ・固体化方式

- 9,740MHz 帯 :

- PON : 0.16 μ s 以上

- QON : 22 μ s 以下

- 9,800MHz 帯

- PON : 0.07 μ s 以上

QON : 30 μ s 以下

1.3.9. 送信繰り返し周波数

送信繰り返し周波数は 3kHz 以下とすることが適当である。

1.4 スプリアス発射の強度

1.4.1. 帯域外領域

無線測位業務を行う無線局の送信設備の帯域外領域とスプリアス領域の境界の周波数は、ITU-R 勧告 SM. 1541-5 Annex 8 の条件に適合することとする。

帯域外領域のスプリアス発射の強度の許容値は、図 4-1 から図 4-5 に示すように占有周波数帯と帯域外領域の指定によって定める。

具体的には ITU-R 勧告 SM. 1541 Annex 8 に従い B₋₄₀ 帯域と帯域外領域のマスクを規定する。B₋₄₀ 帯域内側は、ITU-R 勧告 SM. 1541 Annex 8 の必要周波数帯幅を参照し、-20dBc 以下とする。固体化方式においては、送信周波数 $\pm$ 65MHz 以外の B₋₄₀ 帯域は-40dBc 以下とする。帯域外領域において、B₋₄₀ 帯域より外側の 30dB/decade で低減する領域は、その低減スロープを超えないこととする。

(平成 17 年 10 月 21 日総務省告示第 1232 号(無線設備規則別表第 3 号の 15 ただし書の規定に基づく無線測位業務を行う無線局の送信設備の参照帯域幅及び帯域外領域とスプリアス領域の境界の周波数)のとおり。)

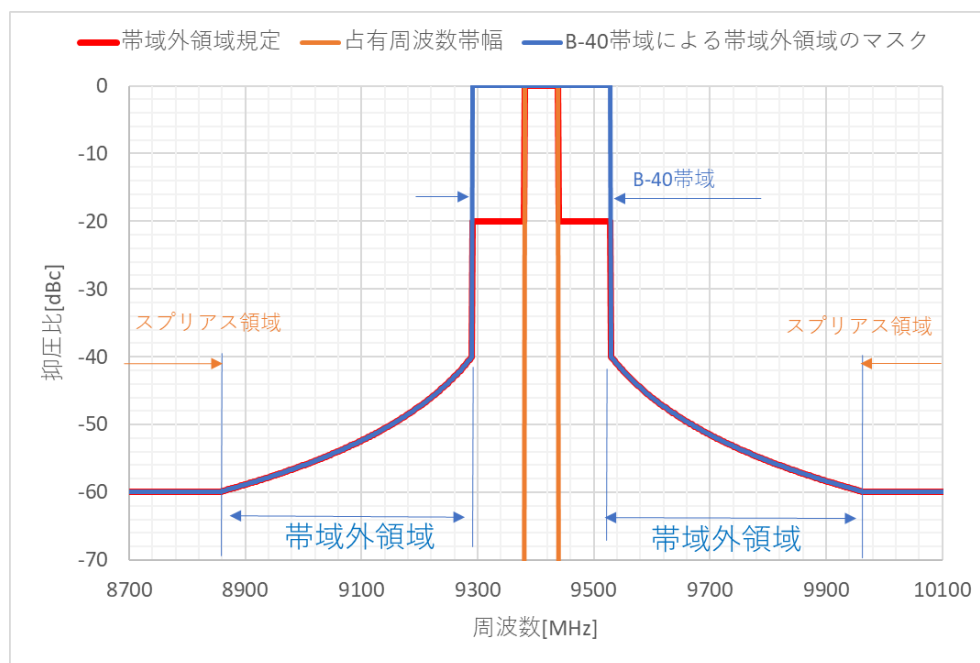


図 4-1 9,410MHz マグネトロンレーダーの場合のスペクトラム規定値

※占有周波数帯幅 58MHz、B₋₄₀ 帯域幅 240MHz とした場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

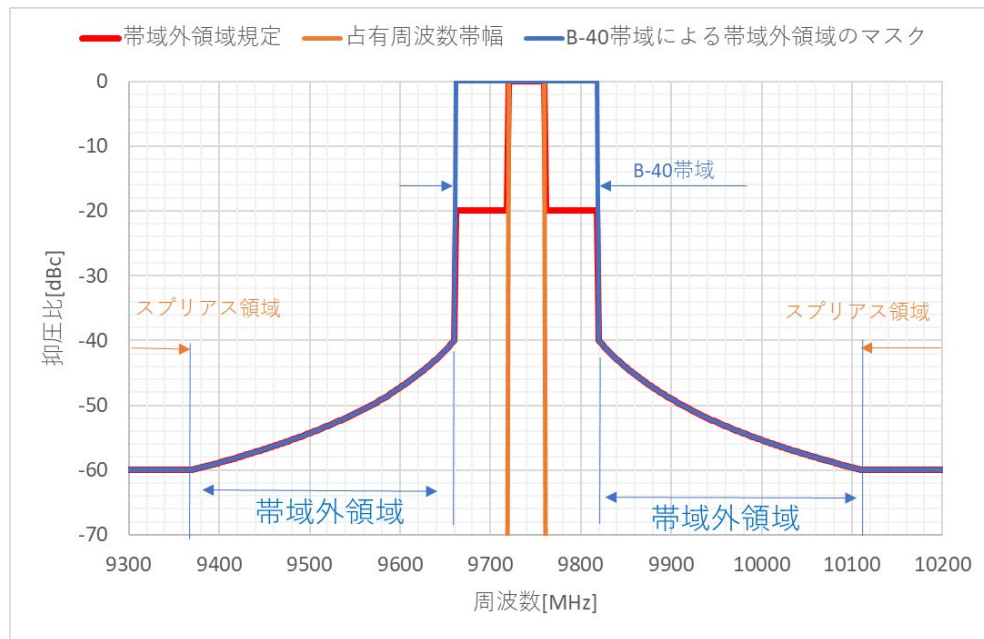


図 4-2 9,740MHz マグネトロンレーダーの場合のスペクトラム規定値

※占有周波数帯幅 40MHz、B₄₀ 帯域幅 160MHz とした場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

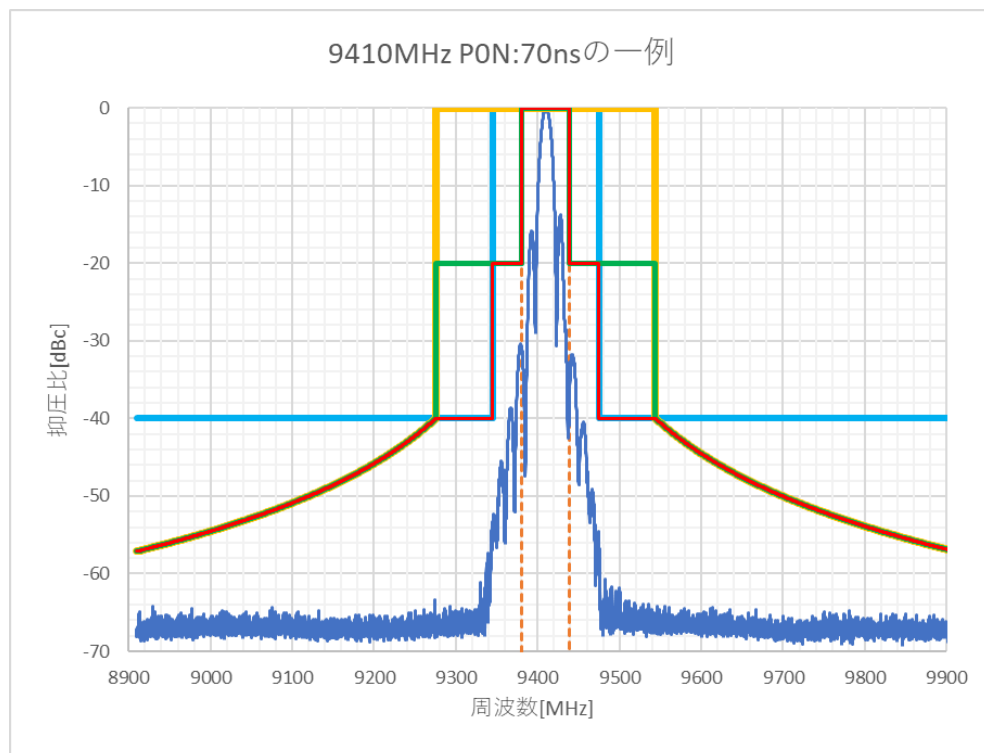


図 4-3 9,410MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

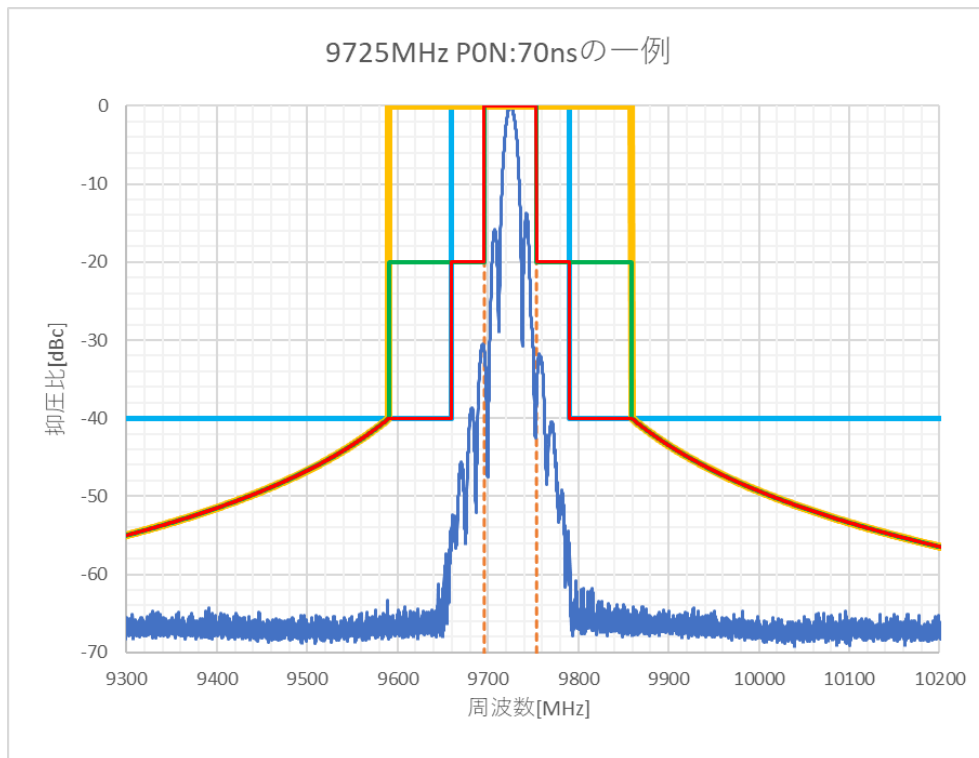


図 4-4 9,740MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※9725MHz で PON 信号を送信する場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

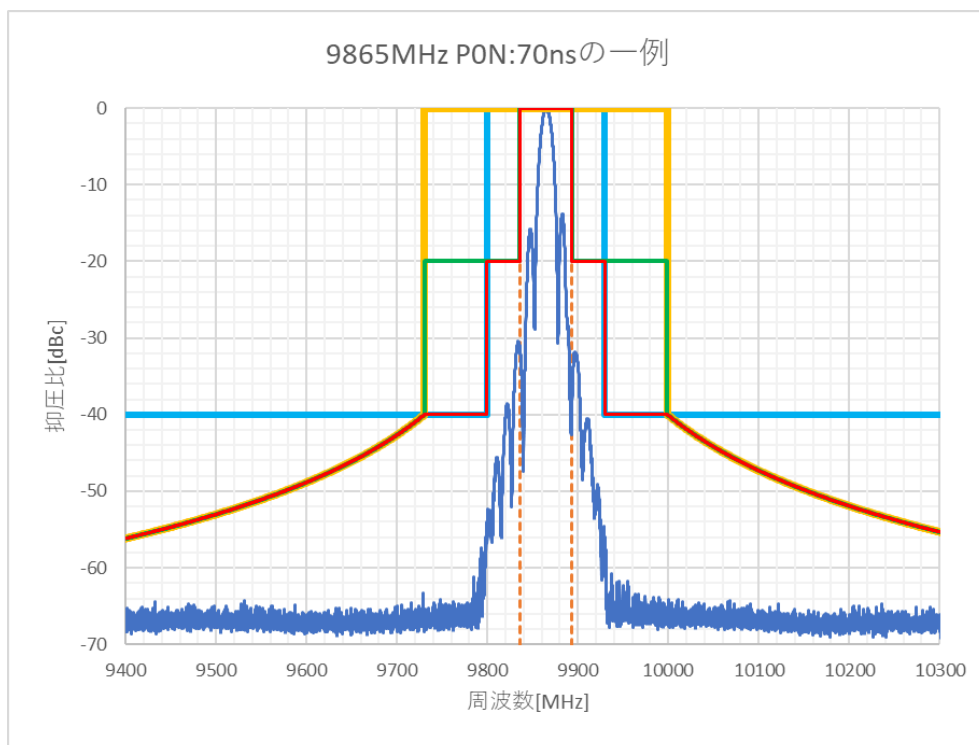


図 4-5 9,800MHz 固体化レーダーの場合のスペクトラム規定値

※9865MHz で PON 信号を送信した場合の例。図中の赤線がスペクトラム規定値を指す。

1.4.2 スプリアス領域の不要発射

基本周波数の尖頭電力より、60dB 低い値とすることが適当である。なお、参照周波数帯幅及び帯域外領域とスプリアス領域の境界の周波数は、ITU-R 勧告 SM. 1541-5 Annex 8 の条件に適合することが適当である。

無線設備規則別表第3号の15に適合することが適当である。

1.5 受信装置

1.5.1 副次的に発する電波等の限度

現行無線設備規則第24条の規定のとおり、X 帯沿岸監視用レーダーについても、受信機から副次的に発する電波の限度は、4nW 以下とする。

1.6 干渉防止のための措置

1.6.1 陸上設置気象レーダーとの共用条件

(1) 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式）

現行と同様、帯域外領域の不要輻射不要発射の強度に許容値の現行基準を超えないこと。

(2) 沿岸監視用レーダー（固体化方式）

- ・ 9,740MHz 帯：現行と同様、帯域外領域の不要輻射に従うこと。
- ・ 9,800MHz 帯：送信スペクトラムが 9,800MHz 以下で 40dB 抑圧していること。

さらに、帯域内干渉のため送信スペクトラムの抑圧を考慮した離隔距離及び見通し環境などを元に、運用者協議において合意されること。

1.6.2 航空機用気象レーダー装置との共用条件

9,740MHz 帯及び 9,800MHz 帯のいずれについても航空機搭載気象レーダー装置との共用は可能である。ただし、今後運用に影響する干渉事例が発生した場合は、運用者間協議において合意されること。

1.6.3 航空機搭載型合成開口レーダーとの共用条件

今回、帯域の拡張を検討している沿岸監視レーダーのうち、9,700MHz から 9,800MHz までについては、従来通り共用が可能であり、9,800MHz から 10GHz までについても、隣接周波数のため共用可能である。ただし、今後運用に影響する干渉事例が発生した場合は、運用者間協議において合意されること。

1.6.4 CS 受信機との共用条件

(1) 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式）

- ・平成 22 年度に総務省より示された「9GHz 帯気象レーダーを運用される方へ」のガイドブックをベースとする。ただし、このガイドブックが改訂された場合は、改訂版をベースとする。
- ・沿岸監視用レーダーの設置を求めるものは、CS 受信機に対する干渉閾値レベル（pfdIr）を踏まえたうえで、設置場所における見通し条件などを明らかにすること、とする。
- ・また、CS 受信機への干渉影響が懸念される場合は、CS 放送事業者と運用調整を行い、合意が行われること。

(2) 沿岸監視用レーダー（固体化方式）

- ・沿岸監視用レーダーの設置を求めるものは、CS 受信機に対する干渉閾値レベル（pfdIr）を踏まえたうえで、設置場所における見通し条件などを明らかにすること。
- ・また、CS 受信機への干渉影響が懸念される場合は、CS 放送事業者と運用調整を行い、合意が行われること。

1.6.5 他の X 帯沿岸監視用レーダーとの共用

沿岸監視用レーダーの開設に際して、周辺に他の沿岸監視用レーダーが設置されていることが確認できた場合には、既設の沿岸監視用レーダーに干渉しないよう、運用者間協議において運用調整を行うことが適当である。

2 測定法

2.1 周波数と、周波数の許容偏差の測定

スペクトラムアナライザを用いて実施する。

スペクトラムアナライザの設定は下記による。

- ・周波数範囲：40dBc 以下まで観測できる周波数範囲よりも広いこと。
- ・周波数分解能：ITU-R 勧告 M.1177 Annex 1 に従う。
- ・ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。

- ・ 周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の 2 倍以上。
- ・ 周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと。
- ・ 検波モード：ポジティブピーク

パルス変調信号の測定のため下記により周波数を把握する。

- ・ PON 信号：最大ピークレベル
- ・ QON 信号：3dB 幅の中央周波数
- ・ 周波数の許容偏差は、指定される周波数と上記で測定した周波数の比とする。

2.2. 空中線電力

送受信装置の送信出力端にて観測する電力を、空中線電力とする。

高周波平均電力計を用い、平均電力を観測し空中線電力を求める。

平均電力から空中線電力（尖頭電力）を求めるので送信波形の測定を伴う。

レーダー送信は、PON 信号、QON 信号など個別に送信する。なお VON 信号の場合は複合信号のまま送信する。

送信波形の測定は検波器を用いて次の事項を測定して送信時間率を求める。

- ・ 送信繰り返し時間（詳細は別項による）
- ・ 送信パルス幅時間（詳細は別項による）

$$\text{送信時間率} = \text{送信パルス幅}[\text{s}] \div \text{送信繰り返し時間}[\text{s}]$$
- ・ 高周波平均電力計での測定は以下とする。
- ・ 使用する減衰器や接続ケーブルなどの治具の損失は予め測定すること。
- ・ 測定値に対し送信時間率を除して、治具の損失で補正し空中線電力とする
 ピークパワーメータでの測定は以下とする。
- ・ 使用する減衰器や接続ケーブルなどの治具の損失は予め測定すること。
- ・ 尖頭電力を測定し、治具の損失で補正し空中線電力とする。

2.3. EIRP の測定

EIRP（等価等方輻射電力）は、空中線電力と工事設計書で判断する。

- ・ 空中線電力は、空中線電力の測定法にのっとり測定する。

工事設計書に記載される給電線の損失から下記式により EIRP を求める。

$$\text{EIRP}[\text{dBW}] = \text{空中線電力}[\text{dBm}] + \text{アンテナ利得}[\text{dBi}] - \text{給電線損失}[\text{dB}] - 30\text{dB}$$

2.4. 送信繰り返し周波数と送信パルス幅の測定

検波器とオシロスコープを用いて実施する。

検波器は下記とする。

- ・周波数帯が合致していること
変換特性が既知（校正）されていること。もしくは、測定の際に校正手段を講じること
- ・測定場所は、送信機出力もしくは送受共用であればその出力端とする。
- ・送信機出力から検波器に必要な電力まで信号を減衰し、検波器出力をオシロスコープに接続して、表示される波形について以下を測定する。
- ・送信繰り返し周波数（逆数にすることで繰り返し時間）
送信パルス幅（振幅 50%点とする）

2.5. 占有周波数帯幅の測定

スペクトラムアナライザを用いて実施する。

スペクトラムアナライザの設定は下記による。

- ・周波数範囲：50dBc 以下まで観測できる周波数範囲よりも広いこと。
 - ・周波数分解能：ITU-R 勧告 M. 1177 Annex 1 に従う。
 - ・ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。
 - ・周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の 2 倍以上
 - ・周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと
 - ・検波モード：ポジティブピーク
 - ・測定方法は下記のいずれかで実施する。
 - 送信電力の総和を基にし、下記①②の周波数から周波数帯幅を測定する
 - ①信号の下限観測値から累積した電力 0.5%の周波数
 - ②信号の上限観測値から累積した電力 0.5%の周波数
 - ③上記の周波数の差を占有周波数帯幅とする
- スペクトラムアナライザの占有周波数帯幅測定機能で測定する

2.6 帯域外領域のスプリアス発射及びスプリアス領域の不要発射の測定

スペクトラムアナライザを用いて間接法で実施する。

帯域外領域とスプリアス領域の境界は下記による。

- ・B₋₄₀ 帯域の決定は ITU-R 勧告 SM. 1541 Annex 8 による。
- ・B₋₄₀ 帯域からの降下率は ITU-R 勧告 SM. 1541 に従い 30dB/decade とする。
- ・周波数の測定範囲は以下とする。
 - 帯域外領域：帯域外領域よりも広いこと。
 - スペクトラム領域：ITU-R 勧告 SM. 329 に従い 30MHz から 26GHz まで。
- ・スペクトラムアナライザの設定は下記による。
 - 周波数掃引幅：帯域外領域の周波数幅よりも広いこと。
 - 周波数分解能：ITU-R 勧告 M. 1177 Annex 1 に従う。
 - ビデオ分解能：周波数分解能と同じ設定値とする。

周波数観測点：周波数範囲を周波数分解能で除した値の2倍以上

周波数掃引時間：観測点を送信繰り返し時間で除した値よりも長いこと。

検波モード：ポジティブピーク

- ・測定方法は以下とする。

PON 信号、QON 信号を各々測定する。VON 信号は VON 変調のまま実施する。

送信信号の強度に対する不要輻射の信号強度の比を測定する。

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

令和6年8月23日現在（敬称略）

氏 名	主 要 現 職
主査 専門委員 小瀬木 滋	一般財団法人航空保安無線システム協会 技術顧問
委員 森川 博之	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
専門委員 青木 三月	ANA システムズ株式会社 IT インフラシステム部 マネージャ ー
〃 荒川 直秀	海上保安庁 警備救難部 警備情報課 警備情報調査官
〃 石井 義則	一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会 常務理事
〃 井手 麻奈美	MOL マリン&エンジニアリング株式会社 海洋技術事業部 主任研 究員
〃 伊藤 功	日本郵船株式会社 海務グループ 調査役
〃 今村 純	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長
〃 大槻 秀夫	日本無線株式会社 マリンシステム事業部 マリンシステム技術部 担当部長
〃 児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
〃 齋藤 絵里	東芝インフラシステムズ株式会社 電波システム事業部 小向工場 センサシステム技術部 エキスパート
〃 竹之下 早苗	スカパーJSAT 株式会社 宇宙事業部門 専任部長
〃 豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所ワイヤレ スネットワーク研究センター 研究センター長
〃 生田目 瑛子	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会委員
〃 南風立 千枝子	一般社団法人全国漁業無線協会 参与
〃 福島 雅哉	日本航空株式会社 システムマネジメント部部長
〃 福田 厳	東京海洋大学 学術研究院海事システム工学部門 海洋工学部 海 事システム工学科 准教授
〃 藤井 威生	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授

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 X 帯沿岸監視用レーダー作業班 構成員

令和6年8月23日現在（敬称略）

氏名	所属
【主 任】 福田 巖	東京海洋大学学術研究院 海事システム工学部門 海洋工学海事システム工学科 准教授
【主任代理】 田北 順二	(一社)全国船舶無線協会 水洋会部会 事務局長
石河 大	(株)ウェザーニューズ 交通気象事業部 部長
柿元 生也	三菱電機(株) 電子通信システム製作所 インフラ情報システム部 モビリティインフラシステム課 専任
國吉 裕夫	国土交通省 大臣官房 技術調査課 電気通信室 課長補佐
佐々木 正博	海上保安庁 交通部 整備課 主任技術官 (第二機器担当)
清水 昭典	古野電気(株) 船用機器事業部 開発設計統括部開発部 応用システム開発課 課長
田島 慶一	スカパーJ S A T (株) サービス技術部 上席専任主幹
中村 元	防衛省 整備計画局 サイバー整備課 防衛部員
長山 博幸	(株)三菱総合研究所 モビリティ・通信事業本部 次世代テクノロジーグループ
橋田 芳男	東芝インフラシステムズ(株) 小向事業所 フェロー
花土 弘	国立研究開発法人 情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁波標準研究センター リモートセンシング研究室 研究マネージャー
本多 康伸	(一社)日本航路標識協会 教育訓練部長
森下 昌典	日本無線(株) ソリューション事業部 港湾航空ソリューション技術部 港湾システムグループ

X 帯沿岸監視用レーダー等の高度化のための技術的条件に関する
調査検討調査報告書