

(案)

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

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

「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」のうち

「150MHz帯デジタルデータ通信設備及び400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件」

平成29年XX月XX日

航空・海上無線通信委員会

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	2
第1編	150MHz帯デジタルデータ通信設備	2
第1章	国際VHF海上無線設備の利用概要	2
1.1.1	国際VHF海上無線設備の利用概要	2
1.1.2	デジタル化の検討背景	3
1.1.3	国際動向	4
第2章	周波数の共用条件の検討	11
1.2.1	周波数共用検討の手法	11
1.2.2	干渉検討モデル	11
1.2.3	周波数共用検討の結果	14
1.2.4	電波防護指針への適合性について	17
第3章	150MHz帯デジタルデータ通信設備の技術的条件	19
1.3.1	150MHz帯デジタルデータ通信システムの技術的条件の検討	19
1.3.2	150MHz帯デジタルデータ通信システムの技術的条件	21
1.3.2.1	一般的条件	21
1.3.2.2	無線設備の技術的条件	22
1.3.3	測定方法	24
第2編	400MHz帯デジタル船上通信設備	27
第1章	400MHzデジタル船上通信設備の概要	27
2.1.1	船上通信設備の利用概要	27
2.1.2	デジタル化の検討背景	28
2.1.3	国際動向	29
第2章	周波数共用の検討	31
2.2.1	周波数共用検討の手法	31
2.2.2	干渉検討モデル	31
2.2.3	同一周波数帯の共用検討	32
2.2.4	隣接周波数帯の共用検討	34
2.2.5	共用検討の結果	35
2.2.6	電波防護指針への適合性について	36
第3章	400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件	39
2.3.1	400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件の検討	39
2.3.2	400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件	40

2.3.2.1 一般的条件	40
2.3.1.3 無線設備の技術的条件	41
2.3.2 測定方法	42
第3編 今後の課題	44
3.1 VDES 等のデジタル海上無線設備の導入に向けた検討	44
3.2 デジタル海上無線設備の導入について	44
V 検討結果	45
別表1	46
別表2	47
参考資料	48

I 検討事項

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（以下「委員会」という。）は、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「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」のうち「150MHz 帯デジタルデータ通信設備及び 400MHz 帯デジタル船上通信設備の技術的条件」について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は、別表 1 のとおりである。

検討の効率化を図るため、委員会の下に「デジタル海上無線通信作業班」（以下「作業班」という。）を設置し、技術的条件に関する検討を行った。

作業班の構成は、別表 2 のとおりである。

III 検討経過

委員会及び作業班での検討経過は、以下のとおりである。

1 委員会

① 第 17 回（平成 29 年 2 月 2 日）

「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」に関し、委員会の運営方針等について検討の開始をした。検討の効率化を図るため、作業班を設置して検討を開始した。

② 第 18 回（平成 29 年 X 月 XX 日）

作業班から「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」に関する報告を受け、委員会報告案をとりまとめた。

2 作業班

① 第 1 回（平成 29 年 5 月 18 日）

検討事項、検討体制を確認するとともに、デジタル海上無線通信設備に関する国際規定や海外動向等について検討を行った。

② 第 2 回（平成 29 年 8 月 9 日）

デジタル海上無線通信設備の技術的条件（案）について検討を行った。

③ 第 3 回（平成 29 年 10 月 11 日）

デジタル海上無線通信設備の技術的条件（案）、周波数の共用条件及び測定方法（案）について検討を行った。

④ 第 4 回（平成 29 年 11 月 17 日）

デジタル海上無線通信設備の技術的条件（案）について検討を行うとともに、作業班報告書を取りまとめた。

IV 検討概要

第1編 150MHz 帯デジタルデータ通信設備

第1章 国際 VHF 海上無線設備の利用概要

1.1.1 国際 VHF 海上無線設備の利用概要

アナログ音声通信として利用する国際 VHF 海上無線設備は、船舶の安全のために使用する国際的な無線機であり、使用周波数及び設備規格は全世界で共通に使用できるよう ITU-R の RR（無線通信規則）で、また無線機の性能要件は SOLAS（The International Convention for the Safety of Life at Sea）条約¹で定められている。また、SOLAS 条約に準拠して 100 トン以上の船舶には、国際 VHF 機器搭載が義務付けられており（電波法第三十三条）、大型船舶には出力の大きい 25 W の固定型の無線機器が搭載されている。一方、小型船舶には、小型・携帯型で出力の小さい 5 W の無線機が搭載されているケースが多い。

国際 VHF 海上無線設備の周波数は 2012 年に開催された世界無線通信主管庁会議（WRC-12）で定められており（表 1.1.1 参照）、遭難、緊急、安全のため使用するチャンネル、航路通信用チャンネル（日本では、Ch.11, Ch.14, Ch.18-Ch.22 等）、陸上の無線局（海岸局）と通信するための陸船間専用通信チャンネル、船間同士で通信するチャンネルなどが国際的に定められている。

デジタル選択呼出装置²（DSC : Digital Selective Calling）の搭載により、Ch.70 を常に聴取することで周囲の状況を確認するとともに、緊急時の遭難信号を発信することで、GPS より得た自船の位置情報及び遭難信号を周囲の船舶や海岸局に Ch.70 で送信することができ、遭難安全通信システムとして利用されている。



（アイコム株式会社提供）

（日本無線株式会社提供）

（古野電気株式会社提供）

図 1.1.1 国際 VHF 海上無線設備

¹ 1974 年の海上における人命の安全のための国際条約（International Convention for the Safety Of Life At Sea, 1974）の略で、航行の安全確保のために船舶が備えるべき設備等が規定されている。

² Ch.70 を用いて電波を送受信する装置。機器には、Ch.70 の専用ボタンがついており、遭難時等はボタンを押すだけで遭難警報が発信される。各船舶には国際的に取り決められた海上移動業務識別（MMSI : Maritime Mobile Service Identity）が割当てられており、受信側は遭難警報を発信した船舶の識別が全海域において判明できるようになっている。

我が国において国際 VHF 海上無線設備が多く利用される用途は、入出港時における通知や、安全確認のための連絡等、船舶の遭難・安全通信、港務通信、船舶相互間通信及び水先業務である。

具体的な利用方法の例としては、まず連絡設定用チャンネルで相手呼び出し、その後、通話用チャンネル（船舶局用・海岸局用）に切り換えて通話を行う。例えば、気象や航行安全情報など問い合わせるために海岸局を呼び出して通話する、または航行中に他船を追い越す際等で安全確認のため船舶を呼び出して通話する等、様々な用途や場面で利用している。

現在、国際 VHF 海上無線設備を使用する無線局数は、約 1 万 4 千局となっている。

表 1.1.1 無線通信規則付録第 18 号（WRC-12 版）のチャンネル配置表（抜粋）

チャンネル	送信周波数[MHz]		船舶相互間	港務通信及び船舶通航		公衆通信
	船舶局	海岸局		1周波数	2周波数	
60	156.025	160.625		x	x	x
1	156.05	160.65		x	x	x
61	156.075	160.675		x	x	x
2	156.1	160.7		x	x	x
62	156.125	160.725		x	x	x
3	156.15	160.75		x	x	x
63	156.175	160.775		x	x	x
4	156.2	160.8		x	x	x
64	156.225	160.825		x	x	x
5	156.25	160.85		x	x	x
65	156.275	160.875		x	x	x
6	156.3		x			
2006	160.9	160.9				
66	156.325	160.925		x	x	x
7	156.35	160.95		x	x	x
67	156.375	156.375	x	x		
8	156.4		x			
68	156.425	156.425		x		
9	156.45	156.45	x	x		
69	156.475	156.475	x	x		
10	156.5	156.5	x	x		
70	156.525	156.525	遭難、安全及び呼出しのためのデジタル選択呼出し			
11	156.55	156.55		x		
71	156.575	156.575		x		
12	156.6	156.6		x		
72	156.625		x			
13	156.65	156.65	x	x		
73	156.675	156.675	x	x		
14	156.7	156.7		x		
74	156.725	156.725		x		
15	156.75	156.75	x	x		
75	156.775	156.775		x		
16	156.8	156.8	遭難、安全及び呼出し			
76	156.825	156.825		x		
17	156.85	156.85	x			
77	156.875		x			
18	156.9	161.5		x	x	x
78	156.925	161.525		x	x	x
1078	156.925	156.925		x		
2078		161.525		x		
19	156.95	161.55		x	x	x
1019	156.95	156.95		x		
2019		161.55		x		
79	156.975	161.575		x	x	x
1079	156.975	156.975		x		
2079		161.575		x		
20	157	161.6		x	x	x
1020	157	157		x		
2020		161.6		x		
80	157.025	161.625		x	x	x
21	157.05	161.65		x	x	x
81	157.075	161.675		x	x	x
22	157.1	161.7		x	x	x
82	157.125	161.725		x	x	x
23	157.15	161.75		x	x	x
83	157.175	161.775		x	x	x
24	157.2	161.8		x	x	x
84	157.225	161.825		x	x	x
25	157.25	161.85		x	x	x
85	157.275	161.875		x	x	x
26	157.3	161.9		x	x	x
86	157.325	161.925		x	x	x
27	157.35	161.95			x	x
87	157.375	157.375		x		
28	157.4	162			x	x
88	157.425	157.425		x		
AIS 1	161.975	161.975				
AIS 2	162.025	162.025				

1.1.2 デジタル化の検討背景

海上移動業務における通信は、MF 帯から衛星通信まであらゆる周波数帯が使用されている。従来は音声通信が主流であったが、近年では船上においても電子メールの利用や Web サイトの閲覧、気象情報、航海・航路情報の取得等のために、データ通信の需要が大幅に増大している。現在、データ通信としてはインマルサット衛星等の衛星通信を利用したものが主流であるが、通信料が高額であることから、HF 帯や VHF 帯を利用した安価なデータ通信

の導入が望まれるに至った。特に VHF 帯は HF 帯に比べ通信距離は短い、高速で安定な通信を実現出来ることから、安価なデータ通信の主流になることが想定される。

一方、海上移動業務の VHF 帯周波数はひっ迫状態にある。特に船舶自動識別装置³（以下「AIS」という。）については、日本や韓国にてスロット時間使用率が 40%を超える地域が確認され、また米国においては 60%を超える地域があるといった報告が挙げられている。統計的には確認されていないものの、世界の主要港は同じようにひっ迫した状態となっていると考えられる。AIS は平成 21 年に制度化された簡易型 AIS をはじめ、平成 22 年に制度化された捜索救助用位置指示送信装置 (AIS-SART) 及び平成 27 年に制度化された航路標識 AIS など利用の範囲が拡大しており、今後も AIS を利用した様々なサービスの拡大とともにさらにスロット使用率が上がると想定できる。

このような状況の中、ITU-R(国際電気通信連合-無線通信部門)でも周波数の有効利用の促進が求められ、より安価なデータ通信の要望や、周波数のひっ迫状況を受け、ITU-R では VHF 帯でのデータ通信の導入検討が行われてきたところである。



簡易型 AIS FA-50
(古野電気株式会社提供)



簡易型 AIS MA-500TRJ
(アイコム株式会社提供)

図 1.1.2 船舶自動識別装置 (AIS)

1.1.3 国際動向

国際 VHF 海上無線設備は、アナログ音声通信が主体で利用されているが、今般、デジタルデータ通信が陸上で飛躍的に発展している状況から、海上においてもデジタルデバイド解消のため、デジタルデータ通信を可能とするシステムを導入すべきとの米国や欧州からの提案があり、これまでのアナログ音声周波数の一部をデジタルデータ通信周波数として利用することが、平成 24 年 12 月の WRC-12 で決定された (ITU-R 勧告 M1842 を適用)。これに伴い、ITU 加盟国は平成 29 年 1 月 1 日以降からデジタルデータ通信を利用できるよう環境整備することが求められている。ただし、デジタルデータ通信からの混信を容認することを条件に、主管庁の判断でアナログ音声通信の利用も認められている。

さらに、平成 27 年 11 月の WRC-15 において、各国が独自に使用できるチャンネル (ITU-R 勧告 M.1842 を適用) と全世界的にデータ通信を行うためのチャンネル (ITU-R 勧告 M.2092 を適用) に分離された。

³ AIS (船舶自動識別装置 Automatic Identification System) は、国際 VHF 帯の専用チャンネルを使用した海上における人命の安全、安全で効率的な航海、海洋環境保護を強化することを意図し、船舶の識別・物標の追跡・情報交換・状況認識を支援する情報を扱う。

現在のデジタルデータ通信システムの周波数を図 1.1.3 に示す。

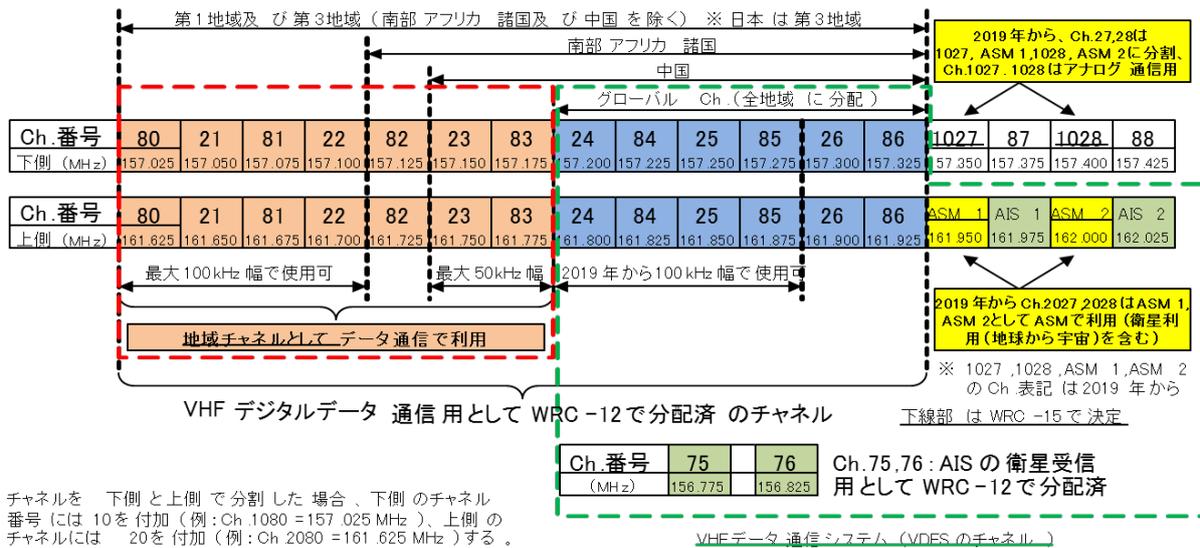


図 1.1.3 デジタルデータ通信用の周波数

デジタルデータ通信用途として WRC-12 で分配されたチャンネルは Ch.80-Ch.86 及び Ch.21-Ch.26 である。1 チャンネルの帯域幅はアナログ音声通信と同様 25 kHz であるが最大 4 チャンネル束ねることができるため 100 kHz 帯域幅の伝送が可能である。伝送速度は最大で 307.2 kbps と AIS のバイナリメッセージ 9.6 kbps に対して飛躍的に転送能力が向上することとなる。さらに、WRC-15 において Ch.80-Ch.86 及び Ch.21-Ch.26 は、各国で独自の利用が可能なチャンネル（以下「地域チャンネル」という。）と、全世界的に共通して利用するチャンネル（以下「全世界的に利用するチャンネル」という。）に分けられている。

VDES は、AIS のバイナリメッセージの送信を目的とした専用チャンネルとして WRC-15 で新たに分配されたアプリケーション特定メッセージ⁴（以下「ASM」という。）と AIS 及び VDE を総合して利用することが検討されており、Ch.24-Ch.26, Ch.84-Ch.86, ASM1, ASM2, AIS1, AIS2 のチャンネルを用いることとされている。このほか、VHF 帯は伝搬距離が約 30 km 程度であることから、人工衛星を利用して AIS 情報を伝送するため、Ch.75 及び Ch.76 を用いることが認められている。

WRC-15 ではさらに VDES 用チャンネルをダウンリンク回線（宇宙から地球）で利用する検討もされたが、審議は 2019 年に開催される WRC-19 に持ち越された。

地域チャンネルを使用するデジタルデータ通信設備の国際規格については ITU-R 勧告 M.1842 に定められている。VDES の国際規格のうち、全世界的に利用するチャンネルを使用する VDE 及び ASM については ITU-R 勧告 M.2092 に定められている。

現時点で最新の改訂版である ITU-R 勧告 M.1842-1 にて定められた地域チャンネル及び ITU-R 勧告 M.2092-0 にて定められた全世界的に利用するチャンネルそれぞれの技術的条件について帯域幅毎に示す。

⁴ ASM（アプリケーション特定メッセージ Application Specific Message）は、AIS チャンネルが逼迫している背景と簡易データ通信の需要に応えるため、2019 年から専用チャンネルにおいて使用することが WRC-15 で定められた。

地域チャネルを使用するデジタルデータ通信設備の国際規格について、表 1.1.2 に示す。

表 1.1.2 地域チャネルを使用する VDE の国際規格

	25 kHz		50 kHz	100 kHz
変調方式	$\pi/4$ DQPSK $\pi/8$ D8PSK	4level GMSK	16QAM (16 multi carriers)	16QAM (32 multi carriers)
電波の型式	G1D	F1D	D7D	D7D
周波数 [MHz]	船舶局 : 157.025 - 157.175、海岸局 : 161.625 - 161.775 (Ch. 80, Ch. 21, Ch. 81, Ch. 22, Ch. 82, Ch. 23 及び Ch. 83)			
空中線電力 (※)	船舶局 : 25 W 以下、海岸局 : 50 W 以下			

※ 勧告原文では Carrier power と表記

地域チャネルを使用するデジタルデータ通信設備の送受信機のパラメータについて、表 1.1.3 に示す。

表 1.1.3 地域チャネルを使用する VDE の送受信機のパラメータ

		25 kHz	50 kHz	100 kHz
送信機	隣接チャネル電力 (※)	—	-23 dBm 以下 (上下の 25 kHz チャネルに対する電力)	-23 dBm 以下 (上下の 25 kHz チャネルに対する電力)
	隣接チャネル電力比 (※)	最低 70 dB	—	—
受信機	隣接チャネル選択度	最低 70 dB		
	感度	船舶局 : -107 dBm 海岸局 : -107 dBm	船舶局 : -103 dBm 海岸局 : -106 dBm	船舶局 : -98 dBm 海岸局 : -103 dBm

※ 隣接チャネル電力 (比) は 25 kHz と 50 kHz 及び 100 kHz で表現の仕方が異なっているが、勧告原文の表現に合わせて記載。

全世界的に利用するチャネルを使用する VDE の国際規格について、表 1.1.4 に示す。

表 1.1.4 全世界的に利用するチャネルを使用する VDE の国際規格

	25 kHz, 50 kHz, 100 kHz	
変調方式	$\pi/4$ QPSK, 8PSK	16QAM
電波の型式	G1D	D7D
周波数 [MHz]	船舶局 : 157.200 - 157.325、海岸局 : 161.800 - 161.925 (Ch.24, Ch.84, Ch.25, Ch.85, Ch.26 及び Ch.86)	
空中線電力 (※)	船舶局 : 1 - 25 W、海岸局 : 12.5 - 50 W	

※ 勧告原文では Transmit average power と表記。

全世界的に利用するチャンネルを使用するVDEの送受信機のパラメータについて、表1.1.5に示す。

表 1.1.5 全世界的に利用するチャンネルを使用する VDE の送受信機のパラメータ

		25 kHz	50 kHz	100 kHz
送信機	隣接チャンネル電力	0 dBc ($ \Delta fc < 12.5 \text{ kHz}$)	0 dBc ($ \Delta fc < 25 \text{ kHz}$)	0 dBc ($ \Delta fc < 50 \text{ kHz}$)
		-25 dBc ($12.5 \text{ kHz} < \Delta fc < 25 \text{ kHz}$)	-25 dBc ($25 \text{ kHz} < \Delta fc < 50 \text{ kHz}$)	-25 dBc ($50 \text{ kHz} < \Delta fc < 100 \text{ kHz}$)
		-60 dBc ($25 \text{ kHz} < \Delta fc < 75 \text{ kHz}$)	-60 dBc ($50 \text{ kHz} < \Delta fc < 100 \text{ kHz}$)	-60 dBc ($100 \text{ kHz} < \Delta fc < 150 \text{ kHz}$)
受信機	隣接チャンネル選択度	記載なし		
	感度	$\pi/4$ QPSK : -110 dBm 8PSK : -104 dBm 16QAM : -102 dBm	$\pi/4$ QPSK : -107 dBm 8PSK : -101 dBm 16QAM : -99 dBm	$\pi/4$ QPSK : -104 dBm 8PSK : -98 dBm 16QAM : -96 dBm

諸外国のデータ通信の利用（地域チャンネル向け）としては、ノルウェー及び米国の利用事例がある。

【ノルウェーの実例】

ノルウェーTelenor 社による商用の VHF デジタル通信サービスとして、電子メール、気象予報サービス、機器監視、電子決済、漁業資源管理、船舶監視、WEB アクセス、VPN 接続などに利用可能としている。通達範囲は、海岸局から 70 海里であり、60 を超える海岸局により、ノルウェーの複雑で長い 2400km に及ぶ海岸線をくまなく網羅している。データレートは、狭帯域版 21kbps、広帯域版 133kbps となっている。図 1.1.3 の左図は、サービスエリア（2007 年）であり、右図は船側装置外観例を示す。

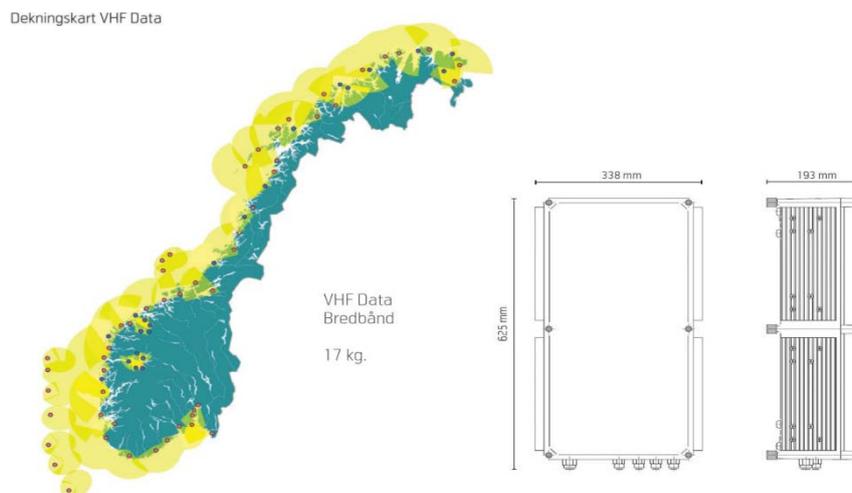


図 1.1.3 ノルウェーの Telenor 社による VHF デジタル通信サービス

【米国における事例】

米国における VDSMS (VHF-FM Digital Small Message Services)については、RTCM STANDARD 12301.1 で機能及び技術仕様が規定されている。短文を船間または陸船間双方向に伝達できるものであり、VDSMS は自身の送信前に都度、受信信号レベルをモニタし、既存システムが送信していない“ホワイトスペース”を利用するものである。送信バーストは最長 150msec となっている。2016 年 12 月に FCC 連邦規則集の改訂が行われており、今後の製品販売が期待されている。図 1.1.4 は、VHF チャンネル一覧を示す。



The screenshot shows the header of the U.S. VHF Channels website, including the Navigation Center logo and the U.S. Department of Homeland Security logo. Below the header is a navigation menu with links like Home, DGPS Advisories, GPS Constellation Status, etc. The main title is "U.S. VHF CHANNELS".

New Channel Number	Old Channel Number	Ship Transmit MHz	Ship Receive MHz	Use
1001	01A	156.050	156.050	Port Operations and Commercial, VTS. Available only in New Orleans / Lower Mississippi area.
1005	05A	156.250	156.250	Port Operations or VTS in the Houston, New Orleans and Seattle areas.
06	06	156.300	156.300	Intership Safety
1007	07A	156.350	156.350	Commercial. VDSMS
08	08	156.400	156.400	Commercial (Intership only). VDSMS
~~~~~				
84	84	157.225	161.825	Public Correspondence (Marine Operator). VDSMS
85	85	157.275	161.875	Public Correspondence (Marine Operator). VDSMS
86	86	157.325	161.925	Public Correspondence (Marine Operator). VDSMS
87	87	157.375	157.375	Public Correspondence (Marine Operator). VDSMS

図 1.1.4 VHF チャンネル一覧

また、全世界的に利用するチャンネル向けの VDES は、現行の AIS で利用されている AIS チャンネルに加えて VHF データ通信チャンネル、アプリケーション専用メッセージチャンネル (ASM)、VHF データ衛星通信チャンネルをも扱うものであり、国際海事機関 (IMO) では、2024 年の改定 SOLAS 条約の発効に向け、GMDSS の近代化の検討行われているが、その中で、VDES も追加候補システムとされている。

また、国際航路標識協会 (IALA) の ENAV 委員会において、VDES の規格仕様である ITU-R 勧告 M.2092 の改訂に向けて研究・開発が実施されている。ITU 無線通信規則 (Radio Regulations) に従い各チャンネルを段階的に導入、2021 年からの総合運用を計画・検討している。

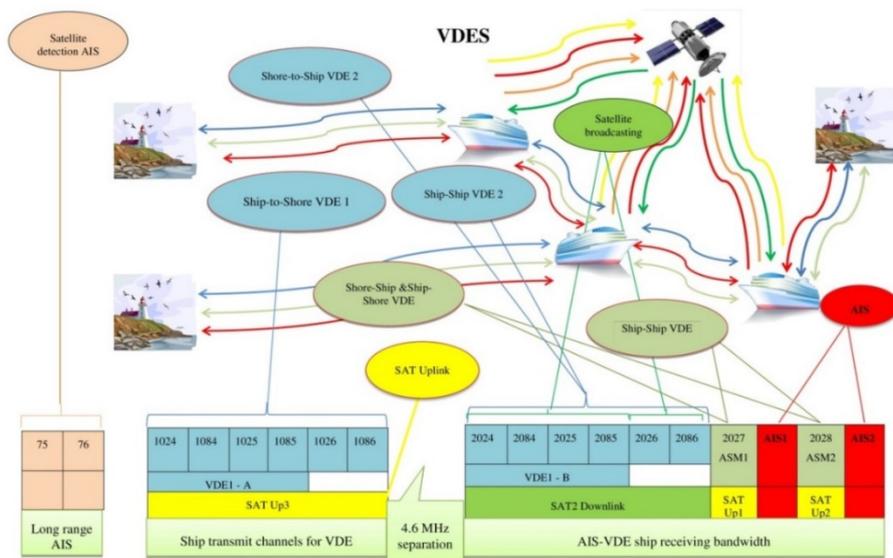


図 1.1.5 VDES の利用イメージ

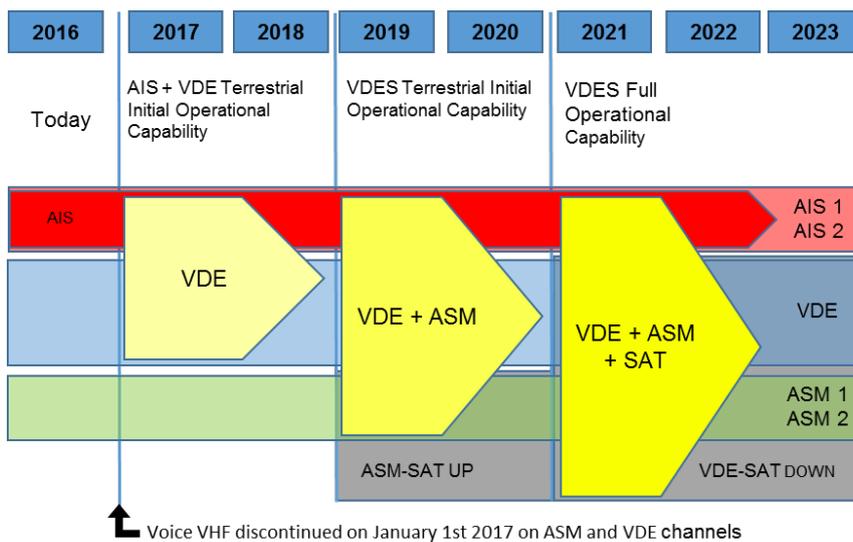


図 1.1.6 VDES の総合運用計画

出典 : ENAV19/11/4 draft IALA Guideline

## 【デジタルデータ通信の利用イメージ】

今後、データ通信の利活用により、海上における人命の安全の向上、さらには、物流の効率化、船内居住環境の向上などが期待されている。



## 第 2 章 周波数の共用条件の検討

周波数の共用検討に当たっては、デジタルデータ通信用として認められた国際 VHF の周波数において、同一周波数や隣接周波数のアナログ通信方式のものとの周波数共用の検討を行う必要がある。国際 VHF との共用検討については、平成 28 年度に技術試験事務として実施した「海上通信システムの新たな利用における周波数共用のための技術的条件の調査検討」において、机上検討及び海上フィールドにおける実証実験を実施している。

### 1.2.1 周波数共用検討の手法

周波数共用検討においては、以下の 3 つの項目についてそれぞれ周波数共用の可能性の検討を行った。

#### (1) 同一周波数帯との共用検討

同一周波数帯との共用検討においては、希望波 (Desired Signal) に対し妨害波 (Undesired Signal) がどの程度の受信レベル (DU 比) であれば通信が成り立つかを把握するとともに、通信が成り立つ DU 比から離隔距離を求め、周波数共用の可能性の検討を行う。

#### (2) 隣接周波数帯との共用検討

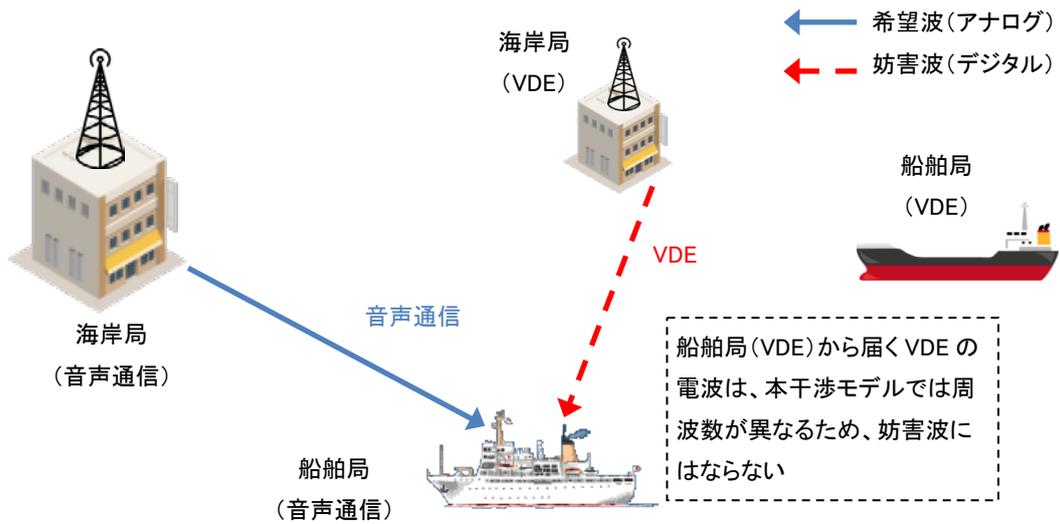
隣接周波数帯との共用検討においては、希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル (DU 比) であるか、また、周波数がどれだけ離れていれば受信できるか (離隔周波数) を把握し、通信が成り立つ DU 比から離隔距離を求め、周波数共用の可能性の検討を行う。

#### (3) スケルチオープン測定検討

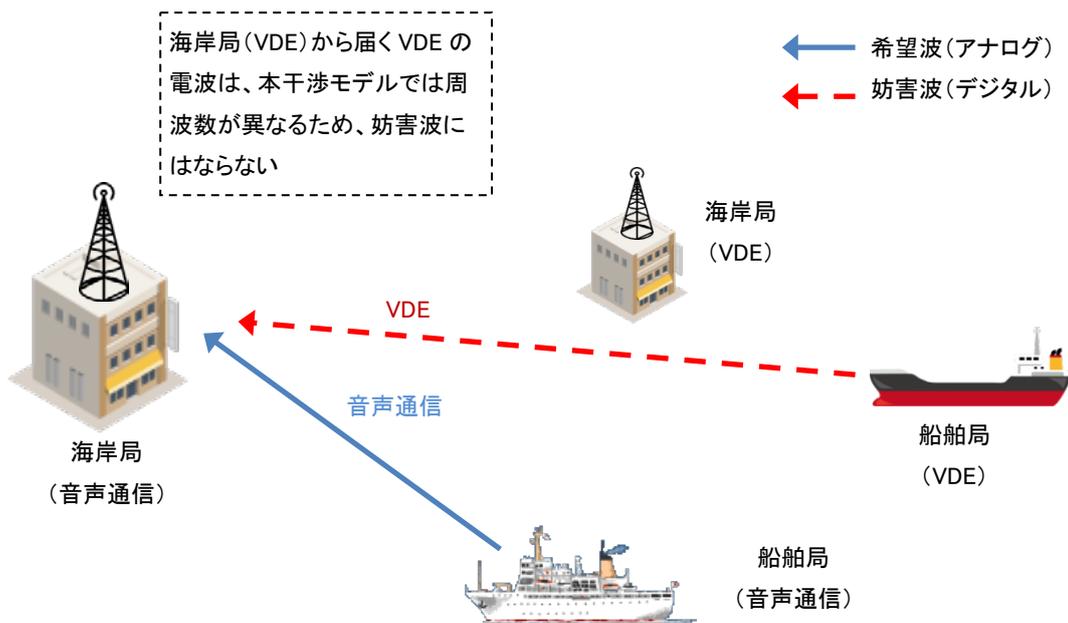
スケルチオープン測定の検討においては、音声通信の待受中に VDE 及び VDES 装置からの電波が発射されることで、音声通信側に耳障りなノイズ音が発生し利便性が低下する可能性がある。この程度を確認するため、音声通信側のスケルチが開放されたときの値(オープン電力)を測定し、耳障りな音の有無 (可聴) と離隔距離を求め、周波数共用の可能性の検討を行う。

### 1.2.2 干渉検討モデル

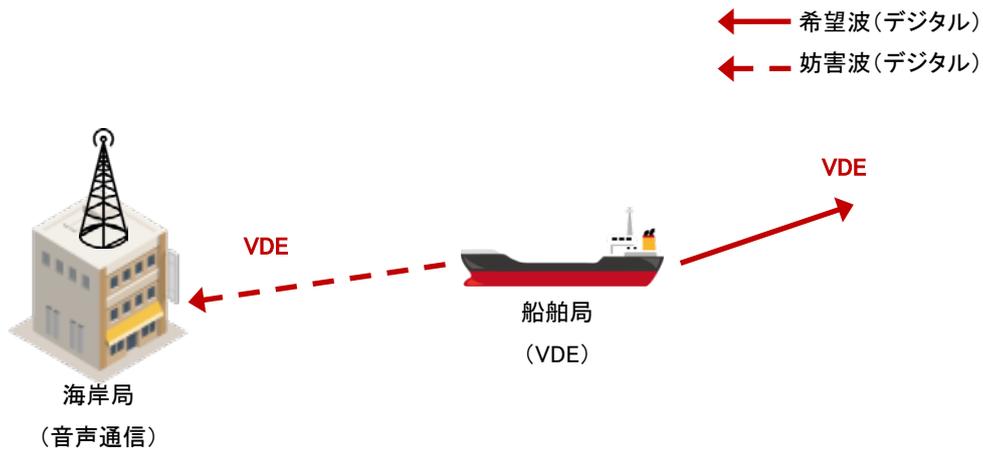
干渉検討モデルとしては、海岸局から船舶局への干渉及び船舶局から海岸局への干渉として、それぞれ干渉モデルを次の図のように設定し、検討を行う。



干渉モデル想定図 1 (海岸局から船舶局への干渉)



干渉モデル想定図 2 (船舶局から海岸局への干渉)



干渉モデル想定図 3 (海岸局が待ち受け中に他局より混信)

デジタルデータ通信設備においては、2つの帯域幅 (25 kHz と 100 kHz) について検討を行った。これら検討を行ったアナログ音声通信とデジタルデータ通信のチャネル位置関係を模式図として表示すると、同一チャネル干渉検討の場合は図 1.2.1 のように表され、隣接チャネル干渉検討の場合は図 1.2.2 のように表される。また、スケルチオープン測定検討については図 1.2.3 のように表される。

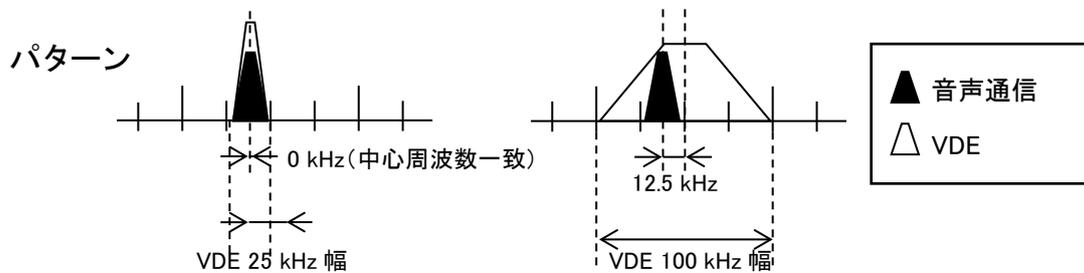


図 1.2.1 同一チャネル干渉検討条件模式図

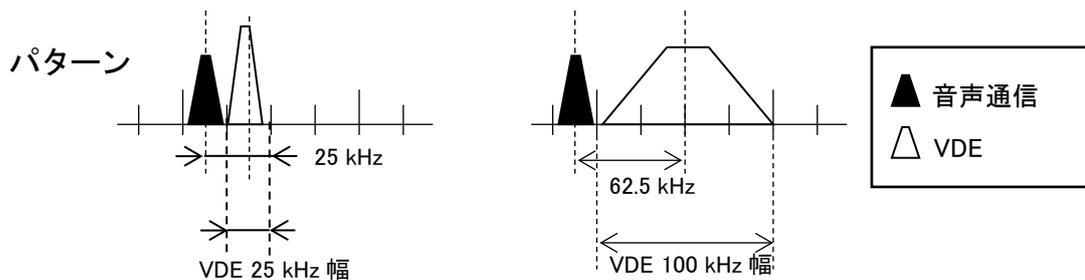


図 1.2.2 隣接チャネル環境検討条件模式図

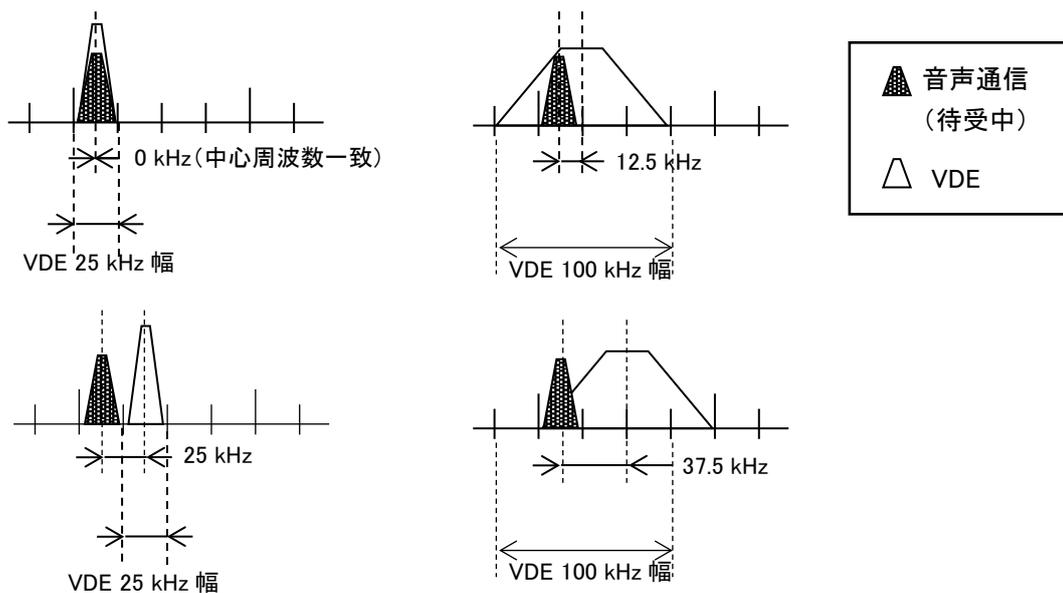


図 1.2.3 スケルチオープン測定検討条件模式図

### 1.2.3 周波数共用検討の結果

#### (1) 同一周波数帯の干渉検討

同一周波数帯の干渉検討における離隔距離を表1.2.1に示す。同一周波数帯の干渉検討においては、送信出力が25Wの場合で、送信帯域幅が25kHz幅の場合においては、11.51km～12.6km、100kHzの場合においては、7.93km～8.30kmの離隔距離を確保する必要がある。また、送信出力が50Wの場合、送信帯域幅が25 kHz幅の場合においては、14.43km～14.65km、100kHzの場合においては、10.13km～10.44 kmの離隔距離を確保する必要がある。

表1.2.1 同一チャネル干渉検討の離隔距離 [km]

送信出力 [W]	測定周波数 [MHz]	変調方式 (上段)、帯域幅 [kHz] (中段) 及び中心周波数差 [kHz] (下段)					
		π/4QPSK		8PSK		16QAM	
		25	100	25	100	25	100
25	157.150	11.97	8.3	11.88	8.24	12.6	7.93
	161.750	11.51	8.05	11.69	8.18	11.69	8.30
50	161.750	14.43	10.13	14.65	10.28	14.65	10.44

#### (2) 隣接周波数帯の干渉検討

隣接周波数帯の干渉検討における離隔距離を表1.2.2に示す。隣接周波数帯の干渉検討においては、送信出力が25Wの場合で、送信帯域幅が25 kHz幅の場合においては、0.21km～0.39km、100kHzの場合においては、0.33km～0.37kmの離隔距離を確保する必要がある。

また、送信出力が50Wの場合において、送信帯域幅が25kHz幅の場合には、0.41km～

0.43km、100kHzの場合においては、0.39km～0.41kmの離隔距離を確保する必要がある。

表1.2.2 隣接チャネル干渉検討の離隔距離 [km]

送信出力 [W]	測定周波数 [MHz]	変調方式（上段）、帯域幅 [kHz]（中段）及び中心周波数差 [kHz]（下段）					
		$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25	100	25	100	25	100
25	157.125	0.37	0.33	0.37	0.33	0.21	0.34
	161.725	0.36	0.35	0.36	0.35	0.39	0.37
50	161.725	0.41	0.40	0.41	0.39	0.43	0.41

### (3) スケルチオープン測定検討

スケルチオープン測定検討における離隔距離を表1.2.3、表1.2.4、表1.2.5及び表1.2.6に示す。

スケルチオープン測定検討においては、中心周波数差が12.5kHz及び37.5kHzの場合、送信出力が25W及び50Wの場合で、送信帯域幅が100kHzの場合はスケルチが開くことはなかった。

中心周波数差が0kHzの場合、変調方式が $\pi/4$ QPSKでは送信出力が25Wで送信帯域幅が25kHzの場合は2.37km～2.54km、送信出力が50Wで送信帯域幅が25kHzの場合は2.87kmの離隔距離を確保する必要があるが、変調方式が8PSK及び16QAMの場合はスケルチが開くことはなかった。

中心周波数差が25kHzの場合、変調方式が $\pi/4$ QPSK及び8PSKでは送信出力が25Wで送信帯域幅が25kHzの場合は、0.25km～0.35km、送信出力が50Wで送信帯域幅が25kHzの場合は、0.30km～0.40kmの離隔距離を確保する必要があるが、変調方式が16QAMの場合はスケルチが開くことはなかった。

表1.2.3 スケルチオープン測定検討の離隔距離 [km]（12.5kHz離れ）

送信出力 [W]	測定周波数 [MHz]	変調方式（上段）、帯域幅 [kHz]（中段）及び中心周波数差 [kHz]（下段）		
		$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		100	100	100
25	157.150	—	—	—
	161.750	—	—	—
50	161.750	—	—	—

※「—」はスケルチオープンなし。

表 1.2.4 スケルチオープン測定検討の離隔距離 [km] (37.5kHz 離れ)

送信出力 [W]	測定周波数 [MHz]	変調方式 (上段)、帯域幅 [kHz] (中段) 及び中心周波数差 [kHz] (下段)		
		$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		100	100	100
		37.5	37.5	37.5
25	157.125	—	—	—
	161.725	—	—	—
50	161.750	—	—	—

※「—」はスケルチオープンなし。

表 1.2.5 スケルチオープン測定検討の離隔距離 [km] (0kHz 離れ)

送信出力 [W]	測定周波数 [MHz]	変調方式 (上段)、帯域幅 [kHz] (中段) 及び中心周波数差 [kHz] (下段)		
		$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		25	25	25
		0	0	0
25	157.125	2.54	—	—
	161.725	2.37	—	—
50	161.750	2.87	—	—

※「—」はスケルチオープンなし。

表 1.2.6 スケルチオープン測定検討の離隔距離 [km] (25kHz 離れ)

送信出力 [W]	測定周波数 [MHz]	変調方式 (上段)、帯域幅 [kHz] (中段) 及び中心周波数差 [kHz] (下段)		
		$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		25	25	25
		25	25	25
25	157.125	0.35	0.25	—
	161.725	0.35	0.25	—
50	161.750	0.40	0.30	—

※「—」はスケルチオープンなし。

#### (4) アナログ音声通信とデジタルデータ通信の周波数共用について

アナログ音声通信とデジタルデータ通信が同一チャネルを使用する場合、机上検討で求めた離隔距離では8~13 km 程度を必要とし、同一チャネルでの共用は困難であると推察される。

また、隣接チャネルを使用する場合においては、机上検討で求めた離隔距離 (0.3~0.4km) 以上を確保すれば、共用が可能であり、実運用上支障ないと考えられる。

なお、同一チャネルでの共用が困難であることから、現在、デジタルデータ通信設備に割り当てられた周波数を使用する既存のアナログ音声通信に対して、周波数移行を進めており、これにより、当該周波数にデジタルデータ通信設備を導入することが可能となる。

## 1.2.4 電波防護指針への適合性について

### (1) 電波防護指針

電波防護指針では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、システムの運用形態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。今回、電波防護指針の基準値（電気通信技術審議会答申 諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」（平成2年6月））への適合性について検討を行った。

電波防護指針では、評価する対象が、電波利用の実情が認識されていると共に、防護対象を特定することができる状況下であり、注意喚起など必要な措置可能であり、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、条件Pを適用し、このような条件が満たされない場合は、条件Gを適用することとしている。各条件における指針値を、それぞれ表1.2.7及び表1.2.8に示す。

表1.2.7 条件P の電磁界強度（6分間平均値）の指針値

周波数 f	電解強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ² ]
30MHz-300MHz	61.4	0.163	1
300MHz-1.5GHz	$3.54 f \text{ (MHz)}^{(1/2)}$	$f(\text{Mhz})^{(1/2)}/106$	$f \text{ (MHz)} /300$

表1.2.8 条件G の電磁界強度（6分間平均値）の指針

周波数 f	電解強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ² ]
30MHz-300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz-1.5GHz	$1.585 f \text{ (MHz)}^{(1/2)}$	$f(\text{Mhz})^{(1/2)}/237.8$	$f \text{ (MHz)} /1500$

150MHz帯デジタルデータ通信設備における電磁界強度指針値を求めると、表1.2.9のとおりとなる。

表1.2.9 150MHz帯デジタルデータ通信設備における電磁界強度（6分間平均値）の指針値

周波数 f	電解強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ² ]
条件 P	61.4	0.163	1
条件 G	27.5	0.0728	0.2

電波の強度の算出については、「無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法を定める件」（平成11年郵政省告示第300号）において、以下の式が定められている。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \quad \dots\dots\dots \text{(式1)}$$

- S : 電力束密度 [mW/cm²]
- P : 空中線入力電力 [W]
- G : 送信空中線の最大輻射方向における絶対利得
- R : 算出にかかる送信空中線と算出を行う地点との距離 [m]
- K : 反射係数
  - すべての反射を考慮しない場合 : K=1
  - 大地面の反射を考慮する場合 : K=2.56

また、150MHz帯デジタルデータ通信設備の諸元を、表1.2.10 に示す。

**表1.2.10 150MHz帯デジタルデータ通信設備の諸元**

空中線利得	空中線電力	最大EIRP
2.14 dBi (1.64倍)	50W (海岸局) 25W (船舶局)	82W (海岸局) 41W (船舶局)

ここで、全ての反射を考慮しない場合をケース1、大地面の反射を考慮する場合をケース2、ケース2 の算出地点付近にビル、鉄塔、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせるおそれがある場合をケース3 として、式1 により各システムの時間率を考慮せずに電波防護指針を満足する離隔距離を求めた結果を表1.2.11 に示す。

**表1.2.11 電波防護指針を満足する離隔距離**

空中線電力	ケース1	ケース2	ケース3
50W (海岸局)	0.81m (1.81m)	1.29m (2.89m)	1.62m (3.61m)
25W (船舶局)	0.57m (1.28m)	0.91m (2.04m)	1.14m (2.56m)

(表中の値は、条件Pにおける離隔距離を示す。( ) 内は条件Gにおける離隔距離を示す。)

150MHz帯デジタルデータ通信設備について、電波防護指針への適合性を検討した。なお、150MHz帯デジタルデータ通信設備の利用においては、既存の国際VHFと同様に無線従事者を配置して運用を行うものであり、電波の防護指針の主旨に基づいた電波利用が行われるものであることから、条件Pにおいて評価することとする。

**(2) 電波防護指針への適合性の検討結果**

人体と無線設備の離隔距離は、机上検討の結果、1.62m以上確保すれば、安全性を確保できるものである。現状の海岸局及び船舶局に設置される空中線の位置等、現状の利用実態を考慮すれば必要な離隔距離を十分確保できるものと考えられる。

また、現状の国際VHFのアナログ音声通信と電波の強さは変わらないため、現状の電波の利用環境に特段影響を与えるものではなく、一般的な利用においては、実運用上問題は生じないものと考えられる。

## 第3章 150MHz 帯デジタルデータ通信設備の技術的条件

### 1.3.1 150MHz 帯デジタルデータ通信システムの技術的条件の検討

150MHz 帯の技術的条件については、ITU-R 勧告 M.1842-1 を踏まえ、周波数及び空中線電力等を定めることとし、ITU-R 勧告 M.1842-1 に規定されていない項目については、以下のとおり、既存無線システム等の技術基準等を踏まえ検討する。

#### (1) 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値については、計算値と実測値を考慮して算出した結果、以下のとおりとすることが適当である。なお、4 値 GMSK 方式については、現行の船舶自動識別装置 (AIS) の許容値を参考とし、16kHz 以下とすることが適当である。

- |                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| ① 使用周波数帯幅が 25kHz のもの                     |       |
| 4 値 GMSK 変調方式                            | 16kHz |
| 四分の $\pi$ シフト差動四相位相変調方式                  | 21kHz |
| 八分の $\pi$ シフト差動八相位相変調方式                  | 21kHz |
| ② 使用周波数帯幅が 50kHz のもの                     |       |
| マルチサブキャリアー六値直行振幅変調<br>(サブキャリア数は 16 とする。) | 47kHz |
| ③ 使用周波数帯幅が 100kHz のもの                    |       |
| マルチサブキャリアー六値直行振幅変調<br>(サブキャリア数は 32 とする。) | 90kHz |

#### (2) 送信空中線

送信空中線は、国際 VHF を使用する無線設備と同様に無線設備規則（以下「設備規則」という。）第 40 条の 2 の基準値及び電波法関係審査基準を踏まえ、発射する偏波面が垂直になるものであること。また、移動する無線局については、空中線の指向特性が水平面無指向であって、その空中線の利得（絶対利得）は、2.14 ( $\pm$ ) 1dBi 以内であることとすることが適当である。

#### (3) 空中線電力の低減機能

空中線電力の低減機能については、国際 VHF を使用する無線設備と同様に設備規則第 41 条を踏まえ、時分割多元接続方式により通信を行う移動する無線局の送信装置であって、無線通信規則付録第 18 号の表に掲げる周波数の電波を使用するものは、その空中線電力を 1W 以下に容易に低下させることができるものでなければならないとすることが適当である。

#### (4) 隣接チャネル漏洩電力

ITU-R 勧告 M.1842-1 では、隣接チャネル漏洩電力は、搬送波の周波数から 25kHz、37.5kHz、62.5kHz 離れた $\pm$ 12.5kHz の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より 70dB 以上低い値又は（－）23dBm 以下とされているが、以下の理由等により、60dB 以上低い値とすることが適当と考えられる。

- ① デジタル変調方式による無線設備においては、隣接チャネル漏洩電力を搬送波電力から 70dB 低い値とすることは厳しい。一般的に送信信号においては、パワーアンプ（以下 PA）で増幅され所要の電力にて出力されるが、このとき、送信信号がパワーアンプを

通過するときの様々な歪み（出力、位相など）の影響により隣接チャンネルまで不要放射電力が広がることとなる。この不要放射電力を低減するためには、送信出力に余裕のある（所要電力より大きな出力が可能な）PA や規模の大きな回路方式が必要とされ、歪みを補償するアルゴリズムや回路が必要となるため、高価な装置となり、実利用や普及を考慮すると ITU-R 勧告の基準値をそのまま適用することは厳しいものとなること。

- ② ITU-R 勧告 M.1842-1 の各変調方式のシステムにおいては、example となっていることから、技術的条件に規定される値については、各地域における周波数利用状況や将来的な設備の普及促進を踏まえ、適宜準用することがことが望ましいと考えられる。また、ITU-R 勧告 M.1842-1 で参照される ETSI EN 300 392-2 は、隣接 ch 漏洩電力が -60 dBc と定められていること。
- ③ ITU-R 勧告 M.2092-0 では、今後、国際通信のため、干渉を回避する方策が必要（本システムの隣接チャンネルを使用）であるが、勧告 M.2092-0 では規格策定中のため想定干渉レベルが定まっておらず、VDE の搬送波電力より 70 dB 以上の隣接 ch 漏洩電力を確保する妥当性の判断が難しいため、今後、運用面で干渉回避策を立てることが望ましいと考えられること。
- ④ ITU-R 勧告 M.1842-1 は、地域チャンネルに適用されるものであり、国内利用を想定したものである。また、この勧告値は ITU-R 勧告 M.2092 発効以前に記載されたものであり、今後、全世界的に利用するチャンネルとの整合性を踏まえつつ、見直す必要性が生じることが考えられ、適宜対応していくことが望ましいこと。

#### (5) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値は、現行の国際 VHF のアナログ通信方式の基準値（設備規則別表第 3 号）と同一の規定とすることが適当である。

#### (6) 空中線電力の許容偏差

空中線電力の許容偏差は、ITU-R 勧告 M.1842-1 及び現行の国際 VHF のアナログ通信方式の基準値を踏まえ、上限 20%、下限 50%とすることが適当である。ただし、空中線電力は、移動する無線局（船舶局等）は 25W を、移動しない無線局（海岸局等）は 50W を超えないこととする。

#### (7) キャリアセンス機能

デジタルデータ通信設備は、船舶自動識別装置（AIS）と同様に時分割接続方式によるものであり、限られた周波数を多数の無線局が共用して使用するためには、キャリアセンス機能の備え付けが適当である。

キャリアセンス機能の技術的条件については、諸外国の動向（RTCM 標準の技術条件及び簡易型 AIS の技術的条件等）を踏まえ、以下のとおりとすることが適当である。

- ① キャリアセンスは、自局の送信する周波数について、他の無線局から発射された同一の電波を受信した時、その受信機入力レベルが受信感度レベルの値以上であって、雑音レベルに 10 デシベルを加えた値又（-）77 デシベル（0 デシベルを 1mW とする。）を超えた場合は、電波の発射を行わないものであること。ただし、応答のための信号の送信は、この限りでない。
- ② キャリアセンスの受信時間は、送信開始前の 2 ミリ秒以上とする。

- ③ キャリアセンスの受信帯域幅は、送信するチャンネル幅(25kHz、50kHz 又は 100kHz)とする。
- ④ 雑音のレベルは、1 分間において 2 ミリ秒間隔で連続的に測定した値のうち最小値とし、毎分更新するものとする。
- ⑤ なお、受信感度レベルは、ITU-R 勧告 M.1842 に定められる変調方式毎の値とする。

#### (8) 受信装置の技術的条件

受信装置の技術的条件（受信感度、選択又は相互変調特性等）については、従来のアナログ方式については、基準値を規定してきたところであるが、デジタルデータ通信方式については、国内利用を前提とするものであり、SOLAS 条約に基づき設置の義務化されるものではないことから適合表示設備を想定するものであり、他の無線設備の技術基準や測定方法等を踏まえ、副次的に発射する電波等の限度以外は、規定しないこととすることが適当である。

#### (9) その他

デジタルデータ通信設備においては、限られた周波数の有効利用を図るため、今後のアプリケーション等の利用ニーズを踏まえ、デジタル変調方式毎にデータフォーマットの標準化や利用・運用条件などを策定していく必要がある。また、異なるメーカー製品間での通信を可能とする場合には、相互接続試験の項目や試験方法を確立しておく必要がある。

これらの対応については、今後の利用ニーズへの柔軟な対応や機器の低廉化をはじめ、普及促進の観点から、業界が主体となって積極的な取り組みが行われることが重要である。

### 1.3.2 150MHz 帯デジタルデータ通信システムの技術的条件

これまでの検討を踏まえ、150MHz 帯の周波数を使用するデジタルデータ通信設備の技術的条件については、以下のとおりとすることが適当である。

#### 1.3.2.1 一般的条件

##### (1) 無線周波数帯

使用する周波数は、以下のとおりとする。

ア 使用周波数帯幅が 25kHz のもの

157.025MHz から 157.175MHz までの 25kHz 間隔の 7 波

161.625MHz から 161.775MHz までの 25kHz 間隔の 7 波

イ 使用周波数帯幅が 50kHz のもの

157.0375MHz、157.0625MHz、157.0875MHz 及び 157.1625MHz

161.6375MHz、161.6625MHz、161.6875MHz 及び 161.7625MHz

ウ 使用周波数帯幅が 100kHz のもの

157.0625MHz 及び 161.6625MHz

なお、157MHz 帯の周波数は、移動する無線局に、161MHz 帯の周波数は、移動しない無線局にそれぞれ使用することとする。ただし、一周波数単信方式の場合にあっては、161MHz 帯を使用することとし、移動する無線局間の通信にも使用することができることとする。

##### (2) 通信方式

一周波単信方式、二周波単信方式、二周波半複信方式又は二周波複信方式とする。

この場合、時分割多元接続方式による送信が可能であること。

### (3) 変調方式

変調方式は、使用周波数帯幅に応じて以下のとおりとする。

ア 使用周波数帯幅が 25kHz のもの

4 値 GMSK 変調方式

四分の  $\pi$  シフト差動四相位相変調方式

八分の  $\pi$  シフト差動八相位相変調方式

イ 使用周波数帯幅が 50kHz のもの

マルチサブキャリアー六値直交振幅変調方式 (サブキャリア数は 16 とする。)

ウ 使用周波数帯幅が 100kHz のもの

マルチサブキャリアー六値直交振幅変調方式 (サブキャリア数は 32 とする。)

### (4) 伝送速度

各変調方式の伝送速度は、以下のとおりとする。

4 値 GMSK 変調方式 21.2kbps

四分の  $\pi$  シフト差動四相位相変調方式 28.8kbps

八分の  $\pi$  シフト差動八相位相変調方式 43.2kbps

マルチサブキャリアー六値直交振幅変調方式 (サブキャリア数は 16 とする。) 153.6kbps

マルチサブキャリアー六値直交振幅変調方式 (サブキャリア数は 32 とする。) 307.2kbps

### (5) 電波の型式

変調方式に応じて、多重を考慮し、以下のとおりとする。

4 値 GMSK 変調方式 F1D 又は F7D

四分の  $\pi$  シフト差動四相位相変調方式 G1D 又は G7D

八分の  $\pi$  シフト差動八相位相変調方式 G1D 又は G7D

マルチサブキャリアー六値直交振幅変調方式 D1D 又は D7D

## 1.3.2.2 無線設備の技術的条件

### (1) 送信装置

#### ① 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、以下のとおりとする。

ア 移動しない無線局

$\pm 5 \times 10^{-6}$  以内であること。

イ 移動する無線局

$\pm 10 \times 10^{-6}$  以内であること。

#### ② 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値は、以下のとおりとする。

ア 使用周波数帯幅が 25kHz のもの

4 値 GMSK 変調方式 16kHz

四分の  $\pi$  シフト差動四相位相変調方式 21kHz

八分の  $\pi$  シフト差動八相位相変調方式 21kHz

イ 使用周波数帯幅が 50kHz のもの

マルチサブキャリアー六値直交振幅変調方式（サブキャリア数は 16 とする。）

47kHz

ウ 使用周波数帯幅が 100kHz のもの

マルチサブキャリアー六値直交振幅変調方式（サブキャリア数は 32 とする。）

90kHz

③ スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

無線設備規則別表第 3 号に定めるとおり、以下のとおりとする。

ア 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容

1mW 以下であり、かつ基本周波数の平均電力より 80 デシベル低い値

イ スプリアス領域における不要発射の強度の許容値

50 $\mu$ W 以下又は基本周波数の搬送波電力より 70 デシベル低い値

④ 空中線電力及びその許容偏差

最大空中線電力は、移動しない無線局は 50W とし、移動する無線局 25W とする。

空中線電力の許容偏差は、上限 20%、下限 50% 以下とする。この場合、上限値は最大空中線電力を超えないこと。

⑤ 空中線電力の低減

移動する無線局にあっては、空中線電力を 0.7W から 1.4W までの間に容易に低下させることができるものでなければならないこととする。

⑥ 隣接チャンネル漏えい電力

ア 使用周波数帯幅が 25kHz のものにおいて、搬送波の周波数から 25kHz 離れた周波数の ( $\pm$ ) 12.5kHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より 60 デシベル以上低い値であること。

イ 使用周波数帯幅が 50kHz のものにおいて、搬送波の周波数から 37.5kHz 離れた周波数の ( $\pm$ ) 12.5kHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より 60 デシベル以上低い値であること。

ウ 使用周波数帯幅が 100kHz ものにおいて、搬送波の周波数から 62.5kHz 離れた周波数の ( $\pm$ ) 12.5kHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より 60 デシベル以上低い値であること。

⑦ 送信空中線

発射する電波の偏波面は垂直になるものであること。

移動する無線局については、空中線の指向特性が水平面無指向性であり、送信空中線の利得（絶対利得）は、2.14 ( $\pm$ ) 1dBi 以下であること。

⑧ キャリアセンス機能

自局の送信する周波数の電波について、他の無線局から発射された同一の電波を受信した時、その受信機入力レベルが受信感度レベルの値以上であって、雑音レベルに 10 デシベルを加算した値又は ( $-$ ) 77 デシベル (0 デシベルは 1mW とする。) を超える場合は、電波の発射を行わないものであること。ただし、応答のための信号の送信は、この限りでない。

この場合におけるキャリアセンスの受信帯域幅は、送信する使用周波数帯幅 (25kHz、

50kHz 又は 100kHz) とし、キャリアセンスの受信時間は、送信開始前の 2 ミリ秒以上とする。また、雑音レベルの値は、受信入力レベルを 1 分間において 2 ミリ秒毎に連続的に測定した値のうちの最小値とし、毎分更新するものとする。

なお、受信感度レベルは、以下のとおりとする。

使用周波数帯幅	変調方式	無線局	受信感度レベル
25kHz	4 値 GMSK 変調方式 四分の $\pi$ シフト差動四相位相変調方式 八分の $\pi$ シフト差動八相位相変調方式	移動しない無線局 移動する無線局	-107dBm
50kHz	マルチサブキャリアー六値直行振幅変調 (サブキャリア数は 16 とする。)	移動しない無線局	-106dBm
		移動する無線局	-103dBm
100kHz	マルチサブキャリアー六値直行振幅変調 (サブキャリア数は 32 とする。)	移動しない無線局	-103dBm
		移動する無線局	-98dBm

## (2) 受信装置

副次的に発する電波等の限度は、2nW 以下であること。

### 1.3.3 測定方法

国内で一般的に適用されている海上用 VHF 帯無線設備等の測定法に準ずることが適当であるが、今後、国際電気標準会議 (IEC) 等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

測定に使用する変調入力信号は、特別の規定がない限り、標準符号化試験信号 (符号長 511 ビット 2 値擬似雑音系列等) とするか又は供試器内部で発生した標準符号化試験信号とする。また、専用の動作モード (テスト・モード) がある場合はそれによる。

## (1) 送信装置

### ① 周波数の偏差

無変調波 (搬送波) を送信した状態で、周波数計を用いて測定 (バースト波にあつてはバースト内の平均値) する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの測定値のうち周波数偏差が最大となる値を周波数の偏差とすることが適当である。波形解析装置等の専用測定器を用いる場合は変調状態として測定することができる。

### ② 占有周波数帯幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたとき (占有周波数帯幅が最大となる変調状態とする。) に得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれの全電力の 0.5% となる周波数幅を測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値のうち最大となる値を占有周波数帯幅とすることが適当である。

### ③ 空中線電力

標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの平均電力を、高周波電力計を用いて測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子

にて測定した値の総和を空中線電力とすること。

連続送信波により測定することが望ましいが、バースト波にて測定する場合は、送信時間率が最大となるバースト繰り返し周期よりも十分に長い期間における平均電力を測定し、その測定値に送信時間率の逆数を乗じて平均電力とすることが適当である。

空中線電力の低減機能の確認は、空中線電力の低減を行う規定の周波数に供試器を設定して、空中線電力と同様な測定を行い、空中線電力の低減機能を確認することが適当である。

#### ④ 隣接チャネル漏洩電力

標準符号化試験信号を入力信号とし、スペクトルアナライザ等を用いて搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術的条件で定められる帯域内の電力を積算し、搬送波の電力との比を求め隣接チャネル漏えい電力とする。また、絶対値で算出する場合は、予め測定した空中線電力の測定値に隣接チャネル漏洩電力を乗じて算出することが適当である。

なお、バースト波にあつては、スペクトルアナライザを掃引速度が 1 サンプル点あたり 1 個以上のバーストが入るようにし、ピーク検波モードに設定して測定を行うこととする。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を求め、隣接チャネル漏洩電力を算出することが適当である。

#### ⑤ スプリアス又は不要発射の強度

##### ア 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

無変調の状態で供試器を動作させ、スペクトルアナライザを用いて帯域外領域におけるスプリアス発射の平均電力を測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の周波数ごとの総和を不要発射の強度とすることが適当である。この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は参照帯域幅に設定することを原則とするが、測定値が搬送波の振幅及びスペクトルアナライザの内部雑音の影響を受ける場合は、スペクトルアナライザの分解能帯域幅の設定値を狭くして測定を行っても良い。

##### イ スプリアス領域における不要発射の強度

標準符号化試験信号を入力信号とし、スペクトルアナライザを用いて不要発射の平均電力（バースト波にあつてはバースト内の平均電力）を測定する。

スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、可能な限り 9kHz から 110GHz までとすることが望ましいが、当分の間は 9kHz から第 10 次高調波までとすることができる。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の周波数ごとの総和を不要発射の強度とすること。この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は参照帯域幅に設定することが適当である。

#### (2) 受信装置

##### ① 副次的に発する電波等の限度

連続受信状態で供試器を動作させ、スペクトルアナライザを用いて副次的に発する電波等の限度を測定する。この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅の値は不要発射の強度の測定の際に用いられる参照帯域幅と同値に設定する。また、複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を、

副次的に発する電波等の限度とすることが適当である。

(3) その他装置

① キャリアセンス機能

受信状態で供試器を動作させ、受信装置の給電点において技術基準で定められた信号レベルを入力し、次に供試器を送信状態に設定した場合において、スペクトルアナライザ等を用いて送信しないことを確認することが適当である。

なお、キャリアセンスの受信時間（受信装置へ信号を入力してからキャリアセンス機能が動作するまでの時間）が技術基準で定められた値以上であることを確認することが適当である。

## 第2編 400MHz 帯デジタル船上通信設備

### 第1章 400MHz デジタル船上通信設備の概要

#### 2.1.1 船上通信設備の利用概要

船上通信設備は、コンテナ船、自動車船、タンカー、長距離フェリーなど大型船に用いられることが多く、一般通信用に船舶内で船員同士が利用しており、ブリッジや乗組員居住区、客室区画、機関室など船内の広範囲において主な通信手段となっている。船内の広範囲で使用する場合は、有線を使った中継方式により、船内の隅々まで通信が可能となるよう工夫して利用されている。



(日本無線株式会社提供)

図 2.1.1 船上通信システム

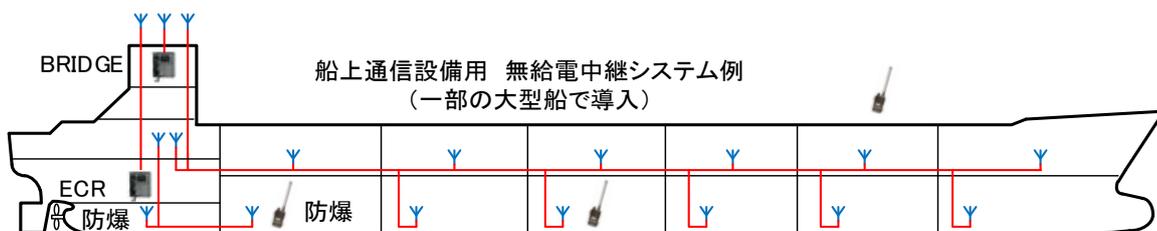


図 2.1.2 船上通信システム

船上通信設備は、従来のアナログ通信方式における使用チャネルは、周波数割当計画別表 3-5 で定められており、25 kHz と 12.5 kHz 間隔のチャネルが定められているが、我が国及び世界において、実際に使用されているものは、25 kHz チャネル間隔の周波数利用が主流である。

一方、我が国では、船舶の埠頭に離・接岸する際などの出入港作業や補油、港湾管理のための連絡用としても利用され、タグボートなどとの通信に用いており、広範囲な用途に船上

通信システムが使用されている。これらの用途については、我が国独自の周波数 3 波（12.5 kHz のチャンネル間隔）を使用している。

**表 2.1.1 船上通信設備の周波数**

周波数[MHz]	457.525, 457.55, 457.575
	467.525, 467.55, 467.575
	※467.6, 467.6125, 467.625

※ 467.6 MHz, 467.6125 MHz, 467.625 MHz は我が国独自の 3 チャンネルである。

現在、船上通信設備を使用している無線局は、約 3600 局数であるが、表 2.1.2 に示すように、国際的に規定されている 467MHz 帯の 3 チャンネルは使用されていない状況にある。今後の周波数の有効利用や利用環境の構築を図る観点から、未使用の 467MHz 帯をデジタル用周波数として積極的に利用することが考えられる。ただし、この 3 チャンネルについては、外国船舶内における利用があることに留意する必要がある。

**表 2.1.2 船上通信設備の無線局数及び免許人数（周波数別）**

（平 29 年 9 月現在）

周波数[MHz]		無線局総数	船上通信局	船舶局	特定船舶局	免許人数
国際 共通	457.525	2,561	1,387	1,157	17	529
	457.55					
	457.575					
	467.525	0	0	0	0	0
	467.55					
	467.575					
国内 独自	467.6	1,043	1,037	6	0	56
	467.6125					
	467.625					
合計		3,604	2,424	1,163	17	585

※ いずれの無線局は、457MHz 帯（国際共通）の周波数 3 波、または 467MHz（国内独自）の周波数 3 波をそれぞれ実装している。

### 2.1.2 デジタル化の検討背景

船上通信設備は、主に船内で各設備の検査や作業指示など乗組員の相互連絡に用いられているが、我が国の他に欧州等でも実質的に 25 kHz のチャンネル間隔による 6 チャンネルで運用している。CEPT（欧州郵便電気通信主管庁会議）が 20 か国以上の加盟国からアンケートを取り、利用状況を確認したところ、大きな港では特に近接のエリア内で干渉が生じることにより、チャンネルが不足しがちであると指摘している。これは欧州内だけの話ではなく、中国などにおいても同様であると報告が挙がっている。

このような状況を踏まえ、チャンネル数の増加を図るため、デジタル化により狭帯域の周波数利用が望まれることとなった。

### 2.1.3 国際動向

WRC-15 の議題 1.15 として、海上移動業務に分配されている 400 MHz 帯における、船上通信設備用の追加周波数の検討について審議が行われた。その結果、船上通信設備に対して、従来から割り当てられているチャンネルの狭帯域化及びデジタル化により、当該周波数帯を有効利用するために無線通信規則第 5.287 号が改定された。

これにより、従来のアナログ変調による 25kHz 及び 12.5 kHz 間隔チャンネルに加え、デジタル変調（4 値 FSK）による 6.25 kHz 又は 12.5kHz 間隔のチャンネルの配置が可能となったことにより、従来と同じ周波数帯で最大 24 チャンネル（6.25kHz 間隔の場合）が使用可能となった。

一方、従来のアナログ変調方式の無線設備と周波数共用することが前提であることから、運用においては、混信防止のためにデジタル無線設備はデジタルコードスケルチやキャリアセンス（周波数が使用されていない時のみ送信可能とする仕組み）などの混信回避機能の使用が推奨されている。

デジタル船上通信設備の使用チャンネル配置は、ITU-R 勧告 M.1174 において、表 2.1.3 のとおり定められている。青色の枠が従来のアナログ変調方式の無線設備で使用されるチャンネル配置であり、赤色の枠が新たなデジタル変調方式の無線設備で使用されるチャンネル配置である。ただし、表 2.1.3 の 12.5 kHz チャンネルのアナログ変調方式については、国内では使用されていない。

表 2.1.3 400 MHz 帯船上通信設備の国際規格のチャンネル配置

Lower channel						Upper channel					
25 kHz channel		12.5 kHz channel		6.25 kHz channel		25 kHz channel		12.5 kHz channel		6.25 kHz channel	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
1	457.525	11	457.5250	102	457.515625	4	467.525	21	467.5250	202	467.515625
				111	457.521875					211	467.521875
				112	457.528125					212	467.528125
				121	457.534375					221	467.534375
2	457.550	12	457.5375	122	457.540625	5	467.550	22	467.5375	222	467.540625
				131	457.546875					231	467.546875
				132	457.553125					232	467.553125
				141	457.559375					241	467.559375
3	457.575	13	457.5500	142	457.565625	6	467.575	23	467.5500	242	467.565625
				151	457.571875					251	467.571875
				152	457.578125					252	467.578125
				161	457.584375					261	467.584375
		14	457.5625					24	467.5625		

□ アナログシステム用チャンネル

□ デジタルシステム用チャンネル

これらチャンネル配置については、2017年1月1日に発効されており、無線通信規則第5.287合が引用しているITU-R勧告M.1174の最新版は、2015年3月に成立されている。現時点における本システムのETSI標準規格は、ETSI EN 300 720 V2.1.1である。

デジタルシステムを使用する400 MHz帯船上通信設備について、ITU-R勧告M.1174及びETSI EN 300 720にて定められた技術的条件について帯域幅毎に表2.1.4及び表2.1.5を示す。

**表 2.1.4 400 MHz 帯デジタル船上通信設備の国際規格 (ITU-R 勧告 M.1174)**

送信帯域幅	12.5 kHz, 6.25 kHz
変調方式	4 値 FSK
電波の型式	F1E、F1D
周波数	表 2.1.3 のデジタルシステム用チャンネル
空中線電力 (※)	2 W 以下

※ 勧告原文では ERP(Effective Radiation Power)と表記

**表 2.1.5 400 MHz 帯デジタル船上通信設備の送受信機のパラメータ (ETSI EN 300 720)**

送信帯域幅		6.25 kHz
送信機	隣接チャンネル電力	実効電力より 60 dB 低い値を超えないレベル
受信機	隣接チャンネル選択度	基地局装置 : 60 dB 据置型 : 54 dB 携帯機 : 50 dB ビット誤り率=10 ⁻² となるレベルもしくは、メッセージ成功率=80%となるレベル
	感度	6 dBμV 以下 ビット誤り率=10 ⁻² となるレベルもしくは、メッセージ成功率=80%となるレベル

我が国の近隣諸国のデジタル化対応について、2017年9月に韓国釜山市で開催されたAPT (Asia-Pacific Telecommunity) でアンケート調査をしている。その調査結果では、ITU-R勧告M.1174に沿った国内規則を整備している国としては、ニュージーランドのみであり、周波数割当について無線通信規則(2016年度版)に対応している国は、我が国、ベトナム及び中国等である。今後、アジア地域においても、デジタル化への対応が広がってくるものと考えられる。

## 第2章 周波数共用の検討

### 2.2.1 周波数共用検討の手法

周波数の共用検討に当たっては、デジタル船上通信設備用として国際的に認められた周波数帯において、同一周波数帯を使用するアナログ通信方式のものと隣接周波数帯を使用する他の無線システムとの周波数共用の検討を行う必要がある。なお、同一周波数帯の共用検討については、平成28年度に技術試験事務として実施した「海上通信システムの新たな利用における周波数共用のための技術的条件の調査検討」により、机上検討を実施した。

同一周波数帯内における共用検討については、以下のとおり、アナログシステムとデジタルシステムが同一チャンネル同時使用時及び隣接チャンネル同時使用時の環境において干渉回避可能な離隔距離を求める。

#### (1) 同一チャンネル干渉検討

同一チャンネル（一部でも帯域が重なるチャンネル）にて、希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル（DU比）であれば通信が成り立つかを把握し、DU比から離隔距離を求めた。

#### (2) 隣接チャンネル干渉検討

隣接チャンネル（帯域が重ならない最も近いチャンネル）にて、希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル（DU比）であれば通信が成り立つかを把握し、DU比から離隔距離を求めた。

### 2.2.2 干渉検討モデル

#### (1) 船舶間

船舶間でのアナログシステムとデジタルシステムが混在する環境を想定し、各船舶のデッキでハンディ機を使用し、お互いに見通しがある状況を最悪値として検討する。

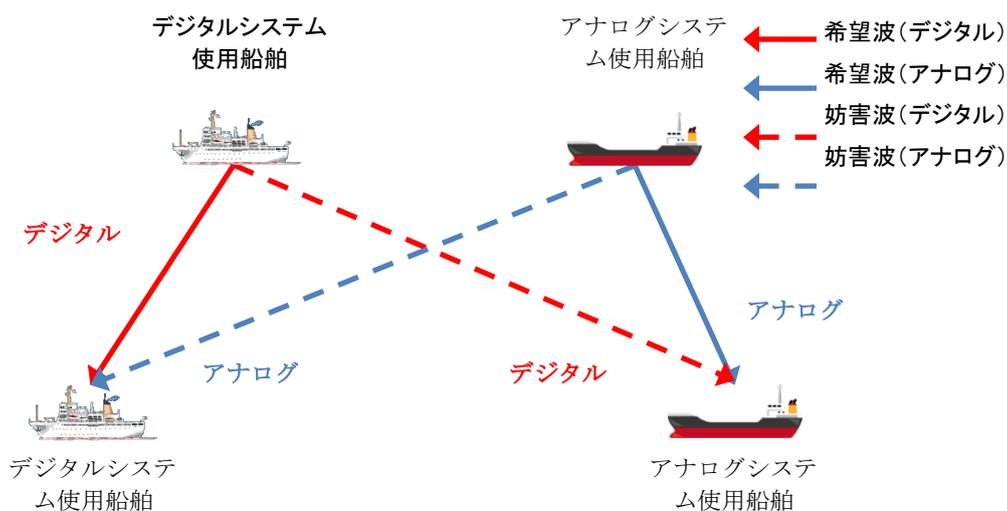


図 2.2.1 船舶間の干渉モデル想定図

## (2) 陸船間

「船舶-さん橋間」でのアナログシステムとデジタルシステムが混在する環境を想定し、各船舶のデッキ及びさん橋上でハンディ機を使用し、お互いに見通しがある状況を最悪値として検討する。

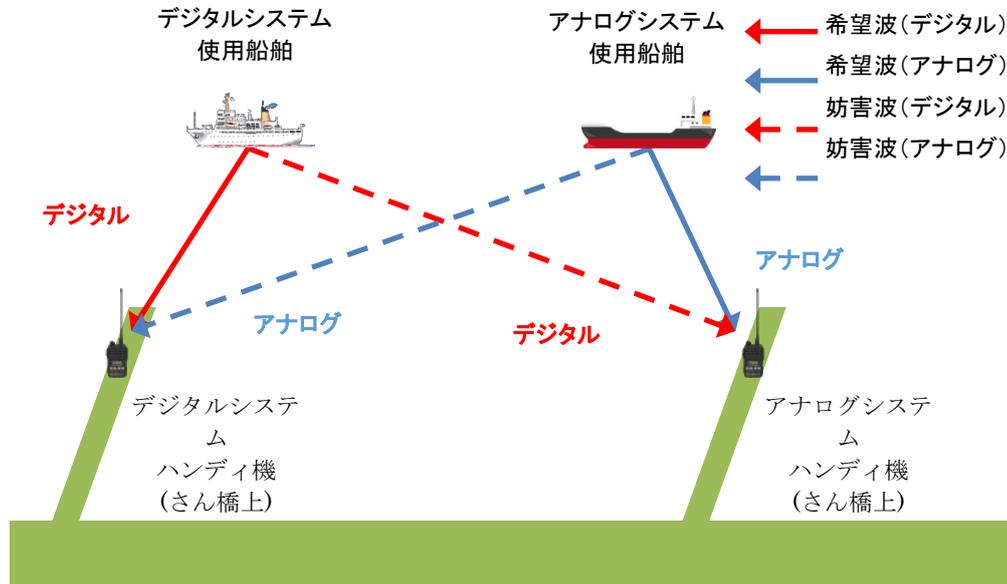


図 2.2.2 陸船間の干渉モデル想定図

### 2.2.3 同一周波数帯の共用検討

同一チャネル干渉検討の離隔距離を表 2.2.1、表 2.2.2 に示す。アナログシステムに対するデジタルシステムの干渉においては、デジタルシステムの送信帯域幅が 6.25 kHz 幅の場合は船舶間では 1.9 km～2.7 km、陸船間では 1.5 km～2.2 km、デジタルシステムの送信帯域幅が 12.5 kHz の場合は船舶間では 2.3 km～2.7 km、陸船間では 1.8 km～2.2 km の離隔距離を確保する必要がある。デジタルシステムに対するアナログシステムの干渉においては、デジタルシステムの送信帯域幅が 6.25 kHz 幅の場合も 12.5 kHz の場合も船舶間では 4.6 km、陸船間では 3.6 km の離隔距離を確保する必要がある。

表 2.2.1 同一チャネル干渉検討（船舶間）の離隔距離 [km]

妨害波 \ 希望波		FM	4 値 FSK						
		25 kHz	6.25 kHz				12.5 kHz		
		1 波	1 波	2 波	3 波	4 波	1 波	2 波	3 波
FM	25 kHz	—	1.93	2.30	2.54	2.73	2.30	2.54	2.73
4 値	6.25 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—
FSK	12.5 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—

表 2.2.2 同一チャネル干渉検討（陸船間）の離隔距離 [km]

妨害波		4 値 FSK							
		FM	6.25 kHz				12.5 kHz		
		25 kHz	1 波	2 波	3 波	4 波	1 波	2 波	3 波
希望波		1 波	1 波	2 波	3 波	4 波	1 波	2 波	3 波
FM	25 kHz	—	1.53	1.82	2.01	2.16	1.82	2.01	2.16
4 値	6.25 kHz	3.63	—	—	—	—	—	—	—
FSK	12.5 kHz	3.63	—	—	—	—	—	—	—

隣接チャネル干渉検討のための離隔周波数は、情報通信技術分科会報告で公表された値を引用することとした。引用した値を表 2.2.3 に示す。

表 2.2.3 隣接チャネル共用条件の離隔周波数 [kHz]⁵

妨害波		FM	4 値 FSK	
		25 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
FM	25 kHz	—	15.09	14.14
4 値 FSK	6.25 kHz	14.11	—	—
	12.5 kHz	13.83	—	—

（ここでの離隔周波数は希望波レベルを基準感度+30 dB とし、妨害波信号レベルを DU 比=-40 dB に設定して 12 dB SINAD となる中心周波数差を求めたものである。）

また、表 2.2.3 に引用した資料は、FM の帯域は 20 kHz で記載されているが、離隔周波数を 25 kHz の場合の離隔周波数と読み替えた数値で検討を行った。

表 2.2.3 の離隔周波数と、チャネル配置上の隣接チャネル（希望波のチャネルと重ならないチャネルのうち、最も近いチャネル）の中心周波数の差の関係を表 2.2.4 に示す。

表 2.2.4 中心周波数の差と離隔周波数

希望波			妨害波			中心周波数の差 [kHz]	表 2.2.3 の値 [kHz]
種別	チャネル	中心周波数 [MHz]	種別	チャネル	中心周波数 [MHz]		
アナログ	Ch.2 (25 kHz)	457.550	デジ	Ch.11 (12.5 kHz)	457.5250	25.000	14.14
	Ch.2 (25 kHz)	457.550	タル	Ch.121 (6.25 kHz)	457.534375	15.625	15.09
デジタル	Ch.13 (12.5 kHz)	457.5500	アナ	Ch.1 (25 kHz)	457.525	25.000	13.83
	Ch.122 (6.25 kHz)	457.540625	ログ	Ch.1 (25 kHz)	457.525	15.625	14.11

⁵ 表 2.2.3 隣接チャネル共用条件の離隔周波数 [kHz]は、以下資料から引用。

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【情報通信技術分科会諮問第 2009 号（平成 14 年 9 月 30 日）】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

どのケースにおいても中心周波数の差は、表 2.2.3 の離隔周波数の値以上に離れていることから、隣接チャンネルの干渉検討においては、周波数共用に支障はないと考えられる。

#### 2.2.4 隣接周波数帯の共用検討

隣接周波数帯の他の無線システムの共用検討においては、2.2.1.3 同一周波数帯の共用検討における隣接チャンネルの共用検討と同様に行った。

過去の情報通信技術分科会の答申内容を踏まえ、隣接チャンネル漏洩電力が搬送波電力より-55dBとした場合（DU比=40dB）の周波数共用条件を表 2.2.5 に、周波数配置案（隣接チャンネル共用条件：kHz）を表 2.2.6 にそれぞれ示す。

表 2.2.5 隣接チャンネル共用条件の離隔周波数 [kHz]※1

希望波 \ 妨害波		FM		4 値 FSK	
		12.5kHz	25kHz ※2	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	11.60		10.57	12.35
	25kHz ※2		15.80	15.09	14.14
4 値 FSK	6.25kHz	10.67	14.11	5.72	9.44
	12.5kHz	11.13	13.83	8.53	11.63

※1 離隔周波数は、希望波レベルを基準感度+30dBとし、妨害波信号レベルをDU比-40dBに設定して12dB SINADとなる中心周波数差を求めたものである。

※2 引用した情通審の資料は、FMの帯域が20kHzであるが、占有周波数帯幅が16kHzと同じであり、25kHzに読み替えるものとする。

表 2.2.6 周波数配置案（隣接チャンネル共用条件：kHz）

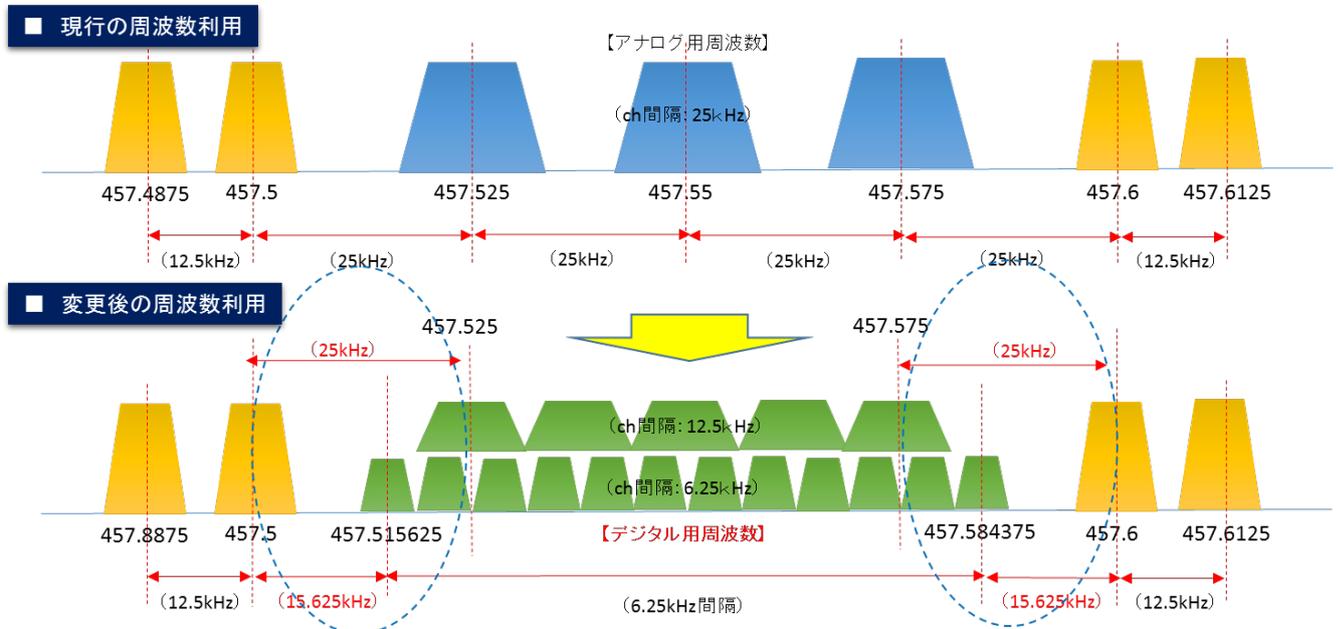
妨害波 \ 希望波		FM		4 値 FSK	
		12.5kHz	25kHz ※2	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	12.5		12.5	12.5
	25kHz ※2		25	15.625	15.625
4 値 FSK	6.25kHz	12.5	15.625	6.25	12.5
	12.5kHz	12.5	15.625	9.375	12.5

※2 引用した情通審の資料は、FMの帯域が20kHzであるが、占有周波数帯幅が16kHzと同じであり、25kHzに読み替えるものとする

また、船上通信設備の周波数配置（457MHz帯）について、図 2.2.1 に示す。457MHz帯においては、25kHz離調した周波数に陸上移動業務のアナログ変調方式の無線局の利用がされている状況である。

デジタル船上通信設備の用周波数配置において、チャンネル間隔 6.25kHz のもの及びチャンネル間隔 12.5kHz のものの中心周波数と隣接の既存アナログ変調方式（FM）の無線局との中心周波数の差は、15.625kHz 以上を確保することが必要である。

図 2.2.1 船上通信設備の周波数配置（457MHz 帯）



### 2.2.5 共用検討の結果

同一周波数帯内における共用検討においては、アナログ通信方式とデジタル通信方式との間で、一定の離隔距離を必要とするものであるが、以下の理由から机上検討以上に離隔距離が必要となることは考えられないため、実利用環境においては、十分に周波数の共用は可能と考えられる。

- (1) 国際 VHF よりも直進性の高い 400 MHz 帯の周波数を使用していること。
- (2) 船舶内で利用するか、又は湾内での利用のいずれかであり、数十 km 離れて使用する形態ではないこと。
- (3) 実際には障害物やマルチパスの影響があり、机上検討以上に離隔距離が必要となることは考えられないこと。
- (4) ITU-R 勧告 M.1174-3 では、アナログ通信方式とデジタル通信方式の共用が認められていること。

また、隣接周波数帯との共用検討においては、デジタル船上通信設備の用周波数配置において、チャンネル間隔 6.25kHz のもの及びチャンネル間隔 12.5kHz のものの中心周波数と隣接の既存アナログ変調方式（FM）の無線局との中心周波数の差は、15.625kHz 以上を確保しており、いずれも過去の情報通信審議会の答申内容である隣接する FM 無線との共用条件である離調周波数（12.5kHz 以上）を確保できることから、当該周波数の配置において、隣接周波数帯を使用する他の既存無線システムとの周波数共用は可能と考えられる。

なお、467MHz 帯においても、現在、隣接する 12.5kHz 以内の周波数を使用する既存無線システムの利用はなく、デジタル無線の導入が影響を与えるものではないと考えられる。

## 2.2.6 電波防護指針への適合性について

### (1) 電波防護指針

電波防護指針では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、システムの運用形態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。今回、電波防護指針の基準値（電気通信技術審議会答申 諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」（平成2年6月））への適合性について検討を行った。

電波防護指針では、評価する対象が、電波利用の実情が認識されていると共に、防護対象を特定することができる状況下であり、注意喚起など必要な措置可能であり、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、条件Pを適用し、このような条件が満たされない場合は、条件Gを適用することとしている。各条件における指針値を、それぞれ表2.2.7及び表2.2.8に示す。

表2.2.7 条件Pの電磁界強度（6分間平均値）の指針値

周波数 f	電解強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ² ]
300MHz-1.5GHz	$3.54 f \text{ (MHz)}^{1/2}$	$f(\text{Mhz})^{1/2}/106$	$f \text{ (MHz)} /300$

表2.2.8 条件Gの電磁界強度（6分間平均値）の指針

周波数 f	電解強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ² ]
300MHz-1.5GHz	$1.585 f \text{ (MHz)}^{1/2}$	$f(\text{Mhz})^{1/2}/237.8$	$f \text{ (MHz)} /1500$

400MHz帯デジタル船上通信設備における電磁界強度指針値を求めると、表2.2.9のとおりとなる。

表2.2.9 400MHzデジタル船上通信設備における電磁界強度（6分間平均値）の指針値

周波数 f	電解強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ² ]
条件 P	75.722(76.545)	0.202(0.204)	1.525 (1.559)
条件 G	33.904 (34.272)	0.090 (0.091)	0.305 (0.311)

( ) 外は457MHz帯、( ) 内は467MHz帯における指針値を示す。

電波の強度の算出については、「無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法を定める件」（平成11年郵政省告示第300号）において、以下の式が定められている。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \quad \dots\dots\dots \text{(式1)}$$

- S : 電力束密度 [mW/cm²]
- P : 空中線入力電力 [W]
- G : 送信空中線の最大輻射方向における絶対利得
- R : 算出にかかる送信空中線と算出を行う地点との距離 [m]
- K : 反射係数
  - すべての反射を考慮しない場合 : K=1
  - 大地面の反射を考慮する場合 : K=2.56

また、400MHz帯デジタル船上通信設備の諸元を、表2.2.10に示す。

**表2.2.10 400MHz帯デジタル船上通信設備の諸元**

空中線利得	空中線電力	最大EIRP
2.14dBi (1.64 倍)	2W	3.28W

ここで、全ての反射を考慮しない場合をケース1、大地面の反射を考慮する場合をケース2、ケース2 の算出地点付近にビル、鉄塔、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせるおそれがある場合をケース3 として、式1 により各システムの時間率を考慮せずに電波防護指針を満足する離隔距離を求めた結果を表2.2.11 に示す。

**表2.2.11 電波防護指針を満足する離隔距離**

空中線電力	ケース1	ケース2	ケース3
2W	0.13m (0.29m)	0.21m (0.47m)	0.26m (0.59m)

表中の値は、条件Pにおける離隔距離を示す。( ) 内は条件Gにおける離隔距離を示す。

400MHz帯デジタル船上通信設備について、電波防護指針への適合性を検討した。なお、評価に際しては、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、条件Pを適用し、このような条件が満たされない場合は、条件Gを適用することとなり、これらの新たな無線システムの利用においては、無線従事者を配置して運用を行うものであり、電波の防護指針の主旨に基づいた電波利用が行われるものであることから、条件Pにおいて評価することとする。

**(2) 電波防護指針への適合性の検討結果**

人体との無線設備の離隔距離は、机上検討の結果、26cm以上確保すれば、安全性を確保できるものである。実際には、携帯型無線端末の利用が想定されるが、単信方式による利用であり、時間平均を考慮すれば、更に離隔距離が短くなること想定される。また、デジタル方

式の無線設備の空中線電力は、現行のアナログ無線設備の空中線電力と変わらないことから、デジタル方式の無線設備を導入することにより、現行の電波の利用環境に影響を与えるものでない。

なお、諮問第2009号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」（平成20年3月26日）の情報通信審議会の報告書によれば、400MHz帯を使用する簡易無線局（携帯型：5W）においても、局部吸収規格の基準値を満足していることが報告されており、簡易無線局に比べて低出力（2W）のデジタル船上通信設備の一般的な利用においては、実運用上問題は生じないものと考えられる。

## 第3章 400MHz 帯デジタル船上通信設備の技術的条件

### 2.3.1 400MHz 帯デジタル船上通信設備の技術的条件の検討

400MHz 帯デジタル船上通信設備の技術的条件については、ITU-R 勧告 M.1174-3 を踏まえ、周波数及び空中線電力等を定めることとする。なお、ITU-R 勧告 M.1174-3 に規定されていない項目については、以下のとおり、既存無線システム等の技術基準等を踏まえ定めることとする。

#### (1) 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値については、陸上分野における狭帯域デジタル通信方式（設備規則第 57 条の 3 の 2）の規定を踏まえ、チャンネル間隔が 6.25kHz のものは 5.8kHz、チャンネル間隔が 12.5kHz のものは 11.5kHz とすることが適当である。

#### (2) 送信空中線

送信空中線は、ITU-R 勧告 M.1174-3 及び設備規則第 40 条の 2 の規定を踏まえ、発射する電波の偏波面が垂直になるものであって、送信空中線の指向特性が水平面無指向性であること。また、移動する無線局の送信空中線の利得（絶対利得）は 2.14dBi 以下であり、船舶に設置する送信空中線は、その高さが航海船橋から 3.5 メートルを超えるものであってはならないとすることが適当である。

#### (3) 空中線電力の低減機能

空中線電力の低減機能は、ITU-R 勧告 M.1174-3 及び設備規則第 41 条の規定を踏まえ、空中線電力を 10%まで容易に低下することができるものでなければならない。ただし、空中線電力が 0.2W 以下のものについてはこの限りでないことが適当である。

#### (4) 隣接チャンネル漏洩電力

隣接チャンネル漏洩電力の値については、ITU-R 勧告 M.1174-3 を踏まえ、参照されている ETSI EN 300 720（チャンネル間隔が 6.25kHz のもの）及び ETSI EN 300 113（チャンネル間隔が 12.5kHz のもの）の規格を参照し、以下のとおりとすることが適当である。

##### ① チャンネル間隔が 6.25kHz のもの

隣接チャンネル漏洩電力は、搬送波の周波数から 6.25kHz 離れた $\pm 2.1875$ kHz の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より 55dB 以上低い値であること。

##### ② チャンネル間隔が 12.5kHz のもの

隣接チャンネル漏洩電力は、搬送波の周波数から 12.5kHz 離れた $\pm 4.25$  kHz の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より 60 dB 以上低い値であること。

#### (5) 空中線電力の許容偏差

現行のアナログ変調方式のものと同様に設備規則第 14 の規定を踏まえ、上限 20%、下限 50%とすることが適当である。

#### (6) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値は、現行のアナログ通信方式の基準値（設備規則別表第 3 号）と同一の規定することが適当である。

## (7) 混信防止機能

現行のアナログ通信方式の利用環境においては、任意のトーンスケルチによる通信の輻輳を軽減している。現行のアナログ通信の利用環境を踏まえ、新たなデジタル無線においては、アナログ無線との間及びデジタル無線との間との通信の輻輳を緩和するため、アナログ通信のトーンスケルチと同様にデジタル無線にDCS（デジタルコードスケルチ）やキャリアセンス機能を備えることが望ましい。

## (8) 受信装置の技術的条件

受信装置の技術的条件（受信感度、選択又は相互変調特性等）については、従来のアナログ通信方式については、基準値を規定してきたところであるが、デジタル船上通信設備については、SOLAS 条約に基づき設置の義務化されるものではないことから適合表示設備を想定するものであり、他の無線設備の技術基準や測定方法等を踏まえ、副次的に発射する電波等の限度以外は、規定しないこととすることが適当である。

## (9) その他

デジタル船上通信設備においては、デジタル変調方式を使用するため、利用形態を踏まえ、必要に応じて音声コーデックの標準化や異なるメーカー製品間での通信を可能とする場合には、相互接続試験の項目や試験方法を確立しておく必要がある。また、運用条件などのガイドラインを策定することにより、可能な限り干渉を回避した利用環境の整備に努めることが必要である。

これらの対応については、今後の利用ニーズへの柔軟な対応や機器の低廉化をはじめ、普及促進の観点から、業界が主体となって積極的な取り組みが行われることが重要である。

### 2.3.2 400MHz 帯デジタル船上通信設備の技術的条件

これまでの検討を踏まえ、400MHz 帯の周波数を使用するデジタル船上通信設備の技術的条件については、以下のとおりとすることが適当である。

#### 2.3.2.1 一般的条件

##### (1) 無線周波数帯

使用する周波数は、以下のとおりとする。

###### ① チャネル間隔が 6.25kHz のもの

457.515625MHz から 457.584375MHz までの 6.25kHz 間隔の 12 波

467.515625MHz から 467.584375MHz までの 6.25kHz 間隔の 12 波

###### ② チャネル間隔が 12.5kHz のもの

457.525MHz から 457.575MHz までの 12.5kHz 間隔の 5 波

467.525MHz から 467.575MHz までの 12.5kHz 間隔の 5 波

なお、中継を行う場合には、457MHz 帯と 467MHz 帯の対の周波数を使用するものとする。

##### (1) 通信方式

一周波単信方式、二周波単信方式又は二周波半複信方式

##### (2) 変調方式

四値周波数偏位変調方式とする。

### (3) 電波の型式

F1E 又は F1D とする。

#### 2.3.1.3 無線設備の技術的条件

##### (1) 送信装置

###### ① 周波数の許容偏差

$\pm 1.5 \times 10^{-6}$  以内であること。

###### ② 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値は、以下のとおりとする。

- |   |                      |         |
|---|----------------------|---------|
| ア | チャンネル間隔が 6.25kHz のもの | 5.8kHz  |
| イ | チャンネル間隔が 12.5kHz のもの | 11.5kHz |

###### ③ スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

無線設備規則別表第 3 号に定めるとおり、以下のとおりとする。

###### ア 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値

###### (7) 1W を超え 2W 以下のもの

2.5 $\mu$ W 以下又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値

###### (4) 1W 以下のもの

25 $\mu$ W 以下

###### イ スプリアス発射領域における不要発射の強度の許容値

###### (7) 1W を超え 2W 以下のもの

50 $\mu$ W 以下又は基本周波数の搬送波電力より 70dB 低い値

###### (4) 1W 以下のもの

25 $\mu$ W 以下

###### ④ 空中線電力及びその許容偏差

最大空中線電力は、2W とする。

空中線電力の許容偏差は、上限 20%、下限 50% 以下とする。

###### ⑤ 空中線電力の低減

空中線電力を 10% まで容易に低下することができるものでなければならない。ただし、空中線電力が 0.2W 以下のものについてはこの限りでない。

###### ⑥ 隣接チャンネル漏えい電力

###### ア チャンネル間隔が 6.25kHz のもの

隣接チャンネル漏洩電力は、搬送波の周波数から 6.25kHz 離れた  $\pm 2.1875$ kHz の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より 55dB 以上低い値であること。

###### イ チャンネル間隔が 12.5kHz のもの

隣接チャンネル漏洩電力は、搬送波の周波数から 12.5kHz 離れた  $\pm 4.25$  kHz の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より 60 dB 以上低い値であること。

###### ⑦ 送信空中線

発射する電波の偏波面は垂直になるものであること。

移動する無線局については、空中線の指向特性が水平面無指向性であり、送信空中線の利得（絶対利得）は、2.14dBi 以下であること。

船舶に設置する送信空中線にあっては、その高さが航海船橋から 3.5 メートルを超えるものであってはならない。

#### ⑧ 混信防止機能

現行のアナログ通信方式の船上通信装置の利用環境を踏まえ、新たなデジタル無線においては、アナログ無線との間及びデジタル無線との間との通信の輻輳を緩和するため、アナログ通信のトーンスケルチと同様にデジタル無線に DCS（デジタルコードスケルチ）又はキャリアセンス機能を備えることが望ましい。

### (2) 受信装置

副次的に発する電波等の限度は、2nW 以下であること。

### 2.3.2 測定方法

国内で一般的に適用されている海上用 UHF 帯無線設備等の測定法に準ずることが適当であるが、今後、国際電気標準会議（IEC）等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

測定に使用する変調入力信号は、特別の規定がない限り、標準符号化試験信号（符号長 511 ビット 2 値擬似雑音系列等）とするか又は供試器内部で発生した標準符号化試験信号とする。また、専用の動作モード（テスト・モード）がある場合はそれによる。

#### (1) 送信装置

##### ① 周波数の偏差

無変調波（搬送波）を送信した状態で、周波数計を用いて測定（バースト波にあってはバースト内の平均値）する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの測定値のうち周波数偏差が最大となる値を周波数の偏差とすることが適当である。

波形解析装置等の専用測定器を用いる場合は変調状態として測定することができる。

##### ② 占有周波数帯幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたとき（占有周波数帯幅が最大となる変調状態とする。）に得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれの全電力の 0.5% となる周波数幅を測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値のうち最大となる値を占有周波数帯幅とすることが適当である。

##### ① 空中線電力

標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの平均電力を、高周波電力計を用いて測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を空中線電力とすること。

連続送信波により測定することが望ましいが、バースト波にて測定する場合は、送信時間率が最大となるバースト繰り返し周期よりも十分に長い期間における平均電力を

測定し、その測定値に送信時間率の逆数を乗じて平均電力とすることが適当である。

空中線電力の低減機能の確認は、空中線電力の低減を行う規定の周波数に供試器を設定して、空中線電力と同様な測定を行い、空中線電力の低減機能を確認することが適当である。

## ② 隣接チャネル漏洩電力

標準符号化試験信号を入力信号とし、スペクトルアナライザ等を用いて搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術的条件で定められる帯域内の電力を積算し、搬送波の電力との比を求め隣接チャネル漏えい電力とすることが適当である。

なお、バースト波にあっては、スペクトルアナライザを掃引速度が 1 サンプル点あたり 1 個以上のバーストが入るようにし、ピーク検波モードに設定して測定を行うこととする。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を求め、隣接チャネル漏洩電力を算出することが適当である。

## ③ スプリアス又は不要発射の強度

### ア 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

無変調の状態に供試器を動作させ、スペクトルアナライザを用いて帯域外領域におけるスプリアス発射の平均電力を測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の周波数ごとの総和を不要発射の強度とすることが適当である。この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は参照帯域幅に設定することを原則とするが、測定値が搬送波の振幅及びスペクトルアナライザの内部雑音の影響を受ける場合は、スペクトルアナライザの分解能帯域幅の設定値を狭くして測定を行っても良い。

### イ スプリアス領域における不要発射の強度

標準符号化試験信号を入力信号とし、スペクトルアナライザを用いて不要発射の平均電力（バースト波にあってはバースト内の平均電力）を測定する。

スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、可能な限り 9kHz から 110GHz までとすることが望ましいが、当分の間は 30MHz から 3GHz までとすることができる。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の周波数ごとの総和を不要発射の強度とすること。この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は参照帯域幅に設定することが適当である。

## (2) 受信装置

### ① 副次的に発する電波等の限度

連続受信状態で供試器を動作させ、スペクトルアナライザを用いて副次的に発する電波等の限度を測定する。この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅の値は不要発射の強度の測定の際に用いられる参照帯域幅と同値に設定する。

また、複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を、副次的に発する電波等の限度とすることが適当である。

## 第3編 今後の課題

### 3.1 VDES等のデジタル海上無線設備の導入に向けた検討

今回検討したデジタル海上無線設備のうち、150MHz帯デジタルデータ通信設備は、国際VHFのデジタルデータ通信用のチャンネルのうち、地域チャンネル(ch80~83、ch21~23)を使用するものである。全世界的に利用するチャンネル(ch84~86、ch24~26)を使用するものは、ITU-R勧告M.2092-0で暫定的に規定はされているが、衛星VDESの衛星ダウンリンク周波数の分配について、WRC-19の議題とされており、引き続き検討がされているところである。また、衛星VDESは、GMDSSの近代化の検討の中で追加候補システムとしても検討されており、周波数をはじめ無線設備の技術的条件について、今後、国際的な場での議論を踏まえ、決定されるものと考えられる。

このため、全世界的に利用するチャンネルを使用するデジタルデータ通信にあつては、引き続き、国際動向を踏まえつつ、検討をしていくことが望ましい。

また、デジタル短波データ通信については、WRC-12において短波帯海上無線通信の使用周波数(無線通信規則付録第17号)を見直し、データ通信用周波数を確保したところであり、また、短波帯データ通信のための技術基準について、ITU-R勧告M.1798-1に規定されているところであるが、我が国内での利用をはじめ、国際的な利用においても、短波帯におけるデータ通信ニーズが高くないことから、今後の利用動向を踏まえ、必要に応じて検討していくこととする。

### 3.2 デジタル海上無線設備の導入について

今回検討した150MHz帯デジタルデータ通信設備及び400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件は、主として電波の質に該当する技術的条件を検討したものである。当然、機器の低廉化や普及を考えれば、デジタル変調方式を利用した通信方式であることから、通信フォーマットや音声コーデック等の共通化(標準化)をはじめ、異なるメーカー製品間の相互接続試験を行うなど、業界として標準規格や試験方法を策定する必要がある。

また、可能な限り干渉を回避し、周波数の有効利用を図るように、ユーザーの利用形態や運用面を考慮した運用ルールやガイドライン等を業界として策定していくことが望ましい。

これらの対応については、業界が主体となって積極的に取り組むことが重要である。

## V 検討結果

報通信審議会諮問第 55 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、「デジタル過剰無線通信設備の技術的条件」のうち、「150MHz 帯デジタルデータ通信設備及び 400MHz 帯デジタル船上通信設備の技術的条件」について、別添のとおり答申（案）をとりまとめた。

## 別表 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 構成員

(敬称略)

氏名		所属
主査 専門委員	三木 哲也	電気通信大学 企画調査室 特任教授
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	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	株式会社モコス・ジャパン 取締役(～)
〃	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 (～平成 29 年 9 月 19 日)	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
〃	加藤 真子 (平成 29 年 9 月 20 日～)	全日本空輸株式会社 業務プロセス改革室 イノベーション 推進部 サービスイノベーションチーム主席部員
〃	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
〃	門脇 直人 (～平成 29 年 9 月 19 日)	国立研究開発法人情報通信研究機構 執行役 ワイヤレス ネットワーク総合研究センター長、オープンイノベーション推 進本部長
〃	小山 英之	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
〃	杉崎 明弘	一般社団法人全国漁業無線協会 業務部長
〃	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
〃	浜口 清 (平成 29 年 9 月 20 日～)	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 ク総合研究センター総合研究センター長
〃	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
〃	松井 淳	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長
〃	森 征人	海上保安庁 総務部 情報通信課長
〃	若尾 正義	元 一般社団法人電波産業会 専務理事

## 別表 2

## 航空・海上無線通信委員会 デジタル海上無線通信作業班 構成員

(敬称略)

氏 名		所 属
主任	林 尚吾	東京海洋大学 名誉教授
主任代理	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
	今田 吉彦	日本無線株式会社 商品設計部 船用機器グループ 課長
	大野 慶一	八重洲無線株式会社 第3技術部
	小竹 信幸	一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
	草間 寛	東京計器株式会社 船用機器システムカンパニー 技術部 第3技術課 課長
	櫻井 稔	アイコム株式会社 ソリューション事業部 参事
	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
	芝崎 紀正	国土交通省 海事局 検査測度課 専門官
	龍野 真哉	海上保安庁 総務部 情報通信課 システム整備室 課長補佐
	中川 裕康	古野電気株式会社 船用機器事業部 営業企画部 営業開発課 担当課長
	野間 智嗣	国土交通省 海事局 安全政策課 船舶安全基準室 主査

## 参考資料

- 参考資料 1 ITU-R 勧告 M.1842-1
- 参考資料 2 ITU-R 勧告 M.1174-3
- 参考資料 3 150MHz 帯デジタルデータ通信設備の占有周波数帯幅の算出
- 参考資料 4 150MHz 帯デジタルデータ通信設備のキャリアセンスの考え方
- 参考資料 5 「海上通信システムの新たな利用における周波数共用のための技術的  
条件的調査検討会」(抜粋)

RECOMMENDATION ITU-R M.1842-1

**Characteristics of VHF radio systems and equipment for  
the exchange of data and electronic mail in the maritime  
mobile service RR Appendix 18 channels**

(2008-2009)

**Scope**

This Recommendation describes characteristics of VHF radio systems and equipment used for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service RR Appendix 18 channels. It also provides a guideline on the use of digital technologies by VHF systems of different bandwidth in the maritime mobile service.

The ITU Radiocommunication Assembly,

*considering*

a) that Resolution 342 (Rev.WRC-2000) of the World Radiocommunication Conference *invites ITU-R* to finalize studies currently ongoing, *inter alia*:

- identify the future requirements of the maritime mobile service;
- identify suitable technical characteristics of the system or interoperable systems;
- identify necessary modifications to the table of frequencies contained in Appendix 18;

b) that IMO has stated that the maritime industry has a need for radiocommunications for business and safety. At IMO the future need for harmonization of systems using maritime VHF channels was considered, and ITU-R has been informed of the possible future need for worldwide systems for the exchange of data and electronic mail on maritime VHF channels,

*recognizing*

that in accordance with RR Appendix 18 channels used for VHF data shall not cause harmful interference to and shall not claim protection from other stations operating in accordance with RR Article 5. This includes SOLAS applications such as GMDSS on channel 70 and AIS 1 and AIS 2,

*recommends*

**1** that the characteristics for VHF data described in the Annexes to this Recommendation should be considered as examples of such systems;

2 this Recommendation should be used as a guideline for future digital technologies in the maritime mobile service VHF bands;

3 that new VHF data systems introduced should provide characteristics that are compatible with the existing voice and data system, particularly the AIS.

## **Annex 1**

### **VHF data system example 1**

The following characteristics should be indicative of a VHF radio system for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service.

#### **1 General characteristics**

- 1.1 The class of emission should be 16K0F1DDN.
- 1.2 The necessary band should cater for the channels in RR Appendix 18 designated with footnote *o*), each with 25 kHz bandwidth.
- 1.3 The modulation may be either  $\pi/4$  DQPSK at 28.8 kbit/s or  $\pi/8$  D8-PSK at 43.2 kbit/s, depending on required station-station radio range and channel signal fidelity.
- 1.4 The access method may be carrier sense time division multiple access (CSTDMA).
- 1.5 The following area coverage techniques may be used:
  - cellular channel reuse;
  - time sharing transmission.
- 1.6 The following handover techniques may be utilized:
  - uninterrupted handover (channel and base station);
  - uninterrupted file transfer.
- 1.7 The equipment should be designed so that frequency changes between assigned channels can be carried out in less than 100 ms.
- 1.8 Switching between reception and transmission should not take more than 2 ms.
- 1.9 The serial communication channels (SCC) on a single radio modem may be:
  - Ethernet;
  - RS232 (NMEA).
- 1.10 The radio equipment should meet the following norms:
  - radio parameters: ETSI EN 300 113-1;
  - EMC: ETSI EN 301 489-5.

## **2 Transmitters**

- 2.1 The frequency tolerance for coast station transmitters should not exceed 5 parts in  $10^6$ , and that for ship station transmitters should not exceed 10 parts in  $10^6$ .
- 2.2 Spurious emissions should be in accordance with the provisions of RR Appendix 3.
- 2.3 The carrier power for coast station transmitters should not exceed 50 W.
- 2.4 The carrier power for ship station transmitters should not exceed 25 W.
- 2.5 The cabinet radiated power should not exceed  $25 \mu\text{W}$ .
- 2.6 The adjacent channel power ratio (ACPR) should be at least 70 dB (see Fig. 3).

## **3 Receivers**

- 3.1 The receiver sensitivity for bit error rate (BER)  $10^{-3}$  should be better than  $-107 \text{ dBm}$ .
- 3.2 The adjacent channel selectivity should be at least 70 dB.
- 3.3 The spurious response rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.4 The radio frequency intermodulation rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.5 The power of any conducted spurious emission at the antenna terminals should not exceed 2.0 nW.

## **4 Sample emissions spectrum based on variations of ETSI TETRA standard modulation**

This proposal refers to the work of RTCM Special Committee 123 (RTCM SC123) which evaluated the ETSI TETRA modulation schemes for use in RR Appendix 18.

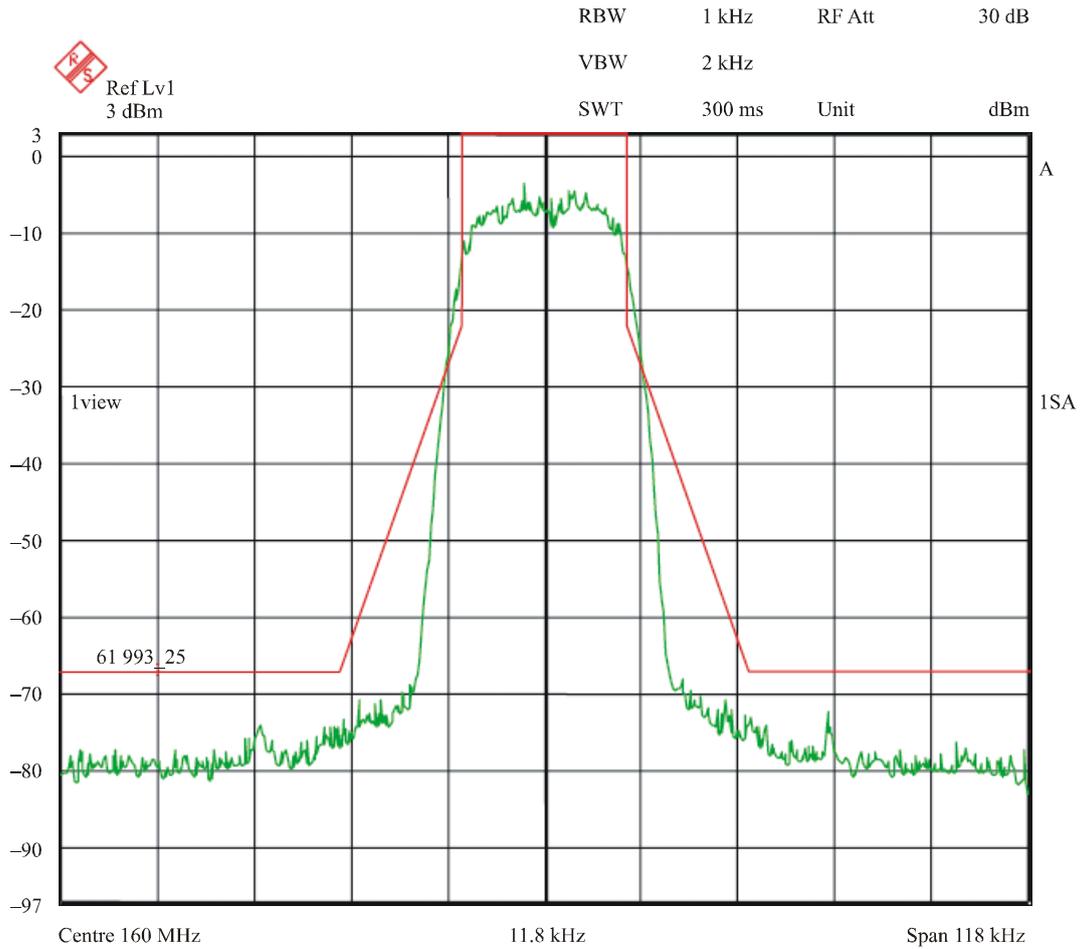
FIGURE 1

36 kbit/s  $\pi/4$ -DQPSK and 54 kbit/s  $\pi/8$ -D8-PSK modulation spectra

RTCM SC123 test results for TETRA-TEDS modulation

Results

Figure 1 presents the spectra for TETRA and TEDS modulations, at their normal 36/54 kbit/s data rates, along with the IEC 61993-2 25 kHz mask for comparison. It is apparent these modulations fail to meet the mask; their power exceeds the  $-25$  dBm limit at a 10 kHz offset from the carrier.



Date: 9 nov. 2006 16:25:40

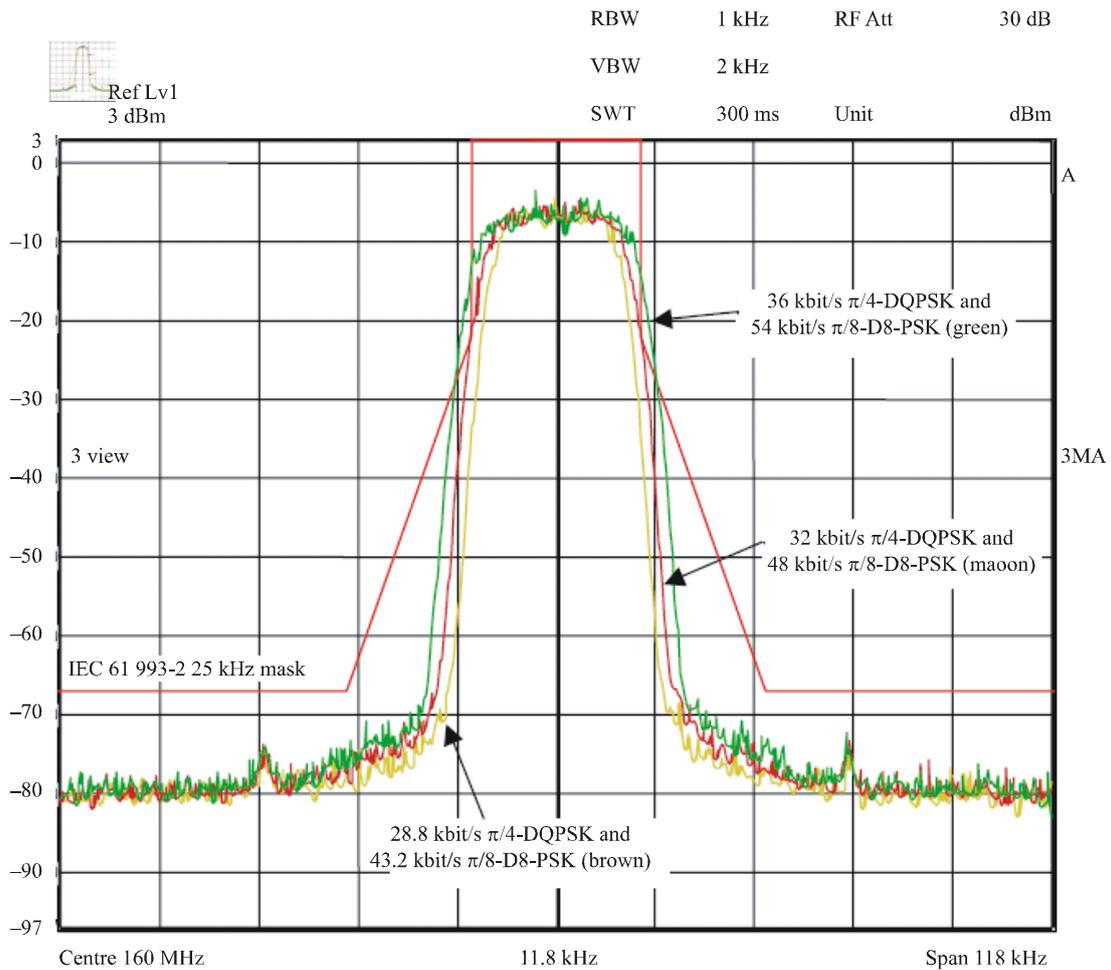
1842-01

FIGURE 2

Family of spectrum plots for different data rates

RTCM test results for slightly reduced data rates to fit Appendix 18 emissions mask

Somewhat lower 32/48 kbit/s and 28.8/43.2 kbit/s data rate combinations were then tested. Figure 2 overlays these results with those of Fig. 1. It is evident 32 kbit/s  $\pi/4$ -DQPSK and 48 kbit/s  $\pi/8$ -D8-PSK modulations just barely fit or violate the mask whereas 28.8 kbit/s  $\pi/4$ -DQPSK and 43.2 kbit/s  $\pi/8$ -D8-PSK modulations comfortably fit the mask.



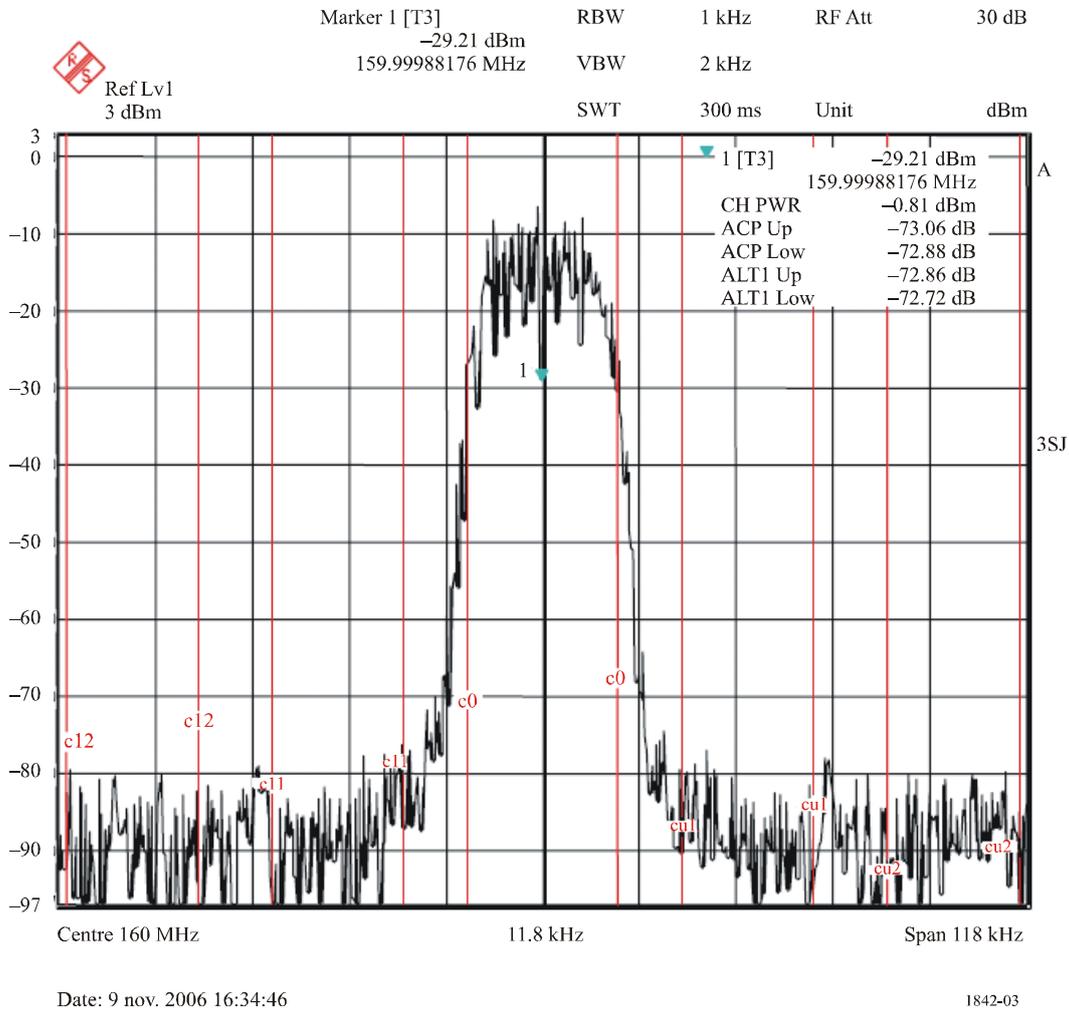
Date: 9 nov. 2006 16:30:47

1842-02

FIGURE 3

**Adjacent channel power ratio (ACPR) performance**

**RTCM test results: 28.8 kbit/s  $\pi/4$ -DQPSK and 43.2 kbit/s  $\pi/8$ -D8-PSK modulation**



**5 Conclusions on emissions**

Emissions spectrum requirements for RR Appendix 18 based on maritime IEC test standards will allow both  $\pi/4$  DQPSK at 28.8 kbit/s and  $\pi/8$  D8-PSK at 43.2 kbit/s modulation to be used.

**6 System interoperability**

**6.1 Ship-to-shore**

In the ship-to-shore direction interoperability is maintained by the internet service provider (ISP) at the internet protocol (IP) level. Typically, a ship will enter an electronic mail, with or without attachments, in the electronic mail system and then click on the “send” button.

## **6.2 Shore-to-ship**

In this system, there are no interoperability concerns on the part of the shore-side user. The shore-based sender of an electronic mail to a ship can merely:

- a) click on the “reply” button, or
- b) address the message to [Shipname@xxx.com](mailto:Shipname@xxx.com) or [callsign@xxx.com](mailto:callsign@xxx.com).

The electronic mail will be delivered via whatever system the ship is using. If there is a system failure, there will be an automatic re-route via an alternate system. These automated decisions are based on the contents of an extensive database. Consequently, the electronic mail may be delivered via HF or an alternate satellite-based system. If there is an overall system failure, addressing problem or non-delivery for any reason, the system support operators will be alerted and take corrective action. This ensures that shore-based users need not be concerned about what system or network the ship is using. They need only address the electronic mail and click on “send”.

## **6.3 Ship-to-ship**

The VDL protocol should also provide for direct transmission between ships where possible (within radio propagation range) in the simplex ship-ship mode. The duplex ship-shore-ship mode should be used for extended range (beyond the ship-ship radio propagation range).

## **6.4 Efficient use of the VHF data link (VDL)**

System interoperability should be achieved for all transmission modes, ship-to-shore, shore-to-ship, and ship-to-ship. Spectrum efficiency and data throughput should also be considered. For example, application of the electronic mail internet protocol (IP) at the network level and not on the VDL would result in an efficiency improvement of 3:1.

# **Annex 2**

## **VHF data system example 2**

### **Introduction**

This Annex describes an existing narrowband VHF data system for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service. The system is currently in use, operating from base stations ashore and on offshore installations.

### **1 General characteristics**

- 1.1 The system is operating on nine duplex 25 kHz channels in the maritime VHF band.

- 1.2 The class of emission is 16K0F1DDN.
- 1.3 The modulation is 4-level GMSK. Transmitted bit rate 21.1 kbit/s.
- 1.4 The access method is time division multiple access (TDMA).
- 1.5 The following area coverage techniques are used:
  - cellular channel reuse;
  - time sharing transmission.
- 1.6 The following handover techniques are utilized:
  - uninterrupted handover (channel and base station);
  - uninterrupted file transfer.
- 1.7 The equipment is designed so that frequency changes between assigned channels can be carried out in less than 100 ms.
- 1.8 Emissions are vertically polarized at the source.
- 1.9 Switching between reception and transmission should not take more than 2 ms.
- 1.10 The serial communication channels (SCC) on a single radio modem should be:
  - Ethernet;
  - RS232 (NMEA);
  - IEC 61162.
- 1.11 The radio equipment should meet the following norms:
  - radio parameters: ETSI EN 300 113-1;
  - EMC: ETSI EN 301 489-5 and IEC 60945.

## **2 Transmitters**

- 2.1 The frequency tolerance for coast station transmitters should not exceed five parts in  $10^6$ , and that for ship station transmitters should not exceed ten parts in  $10^6$ .
- 2.2 In order to prevent harmful interference to other users of the maritime VHF band, spurious emissions should be in accordance with the provisions of RR Appendix 3.
- 2.3 The carrier power for coast station transmitters should not exceed 50 W.
- 2.4 The carrier power for ship station transmitters should not exceed 25 W.
- 2.5 The cabinet radiated power should not exceed 25  $\mu$ W.
- 2.6 Adjacent channel power ratio (ACPR) should be at least 70 dB.

## **3 Receivers**

- 3.1 The receiver sensitivity for bit-error rate (BER)  $10^{-3}$  should be better than  $-107$  dBm.

- 3.2 The adjacent channel selectivity should be at least 70 dB.
- 3.3 The spurious response rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.4 The radio frequency intermodulation rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.5 The power of any conducted spurious emission at the antenna terminals should not exceed 2.0 nW.

#### **4 Possibilities and advantages**

##### 4.1 *Coverage and stability*

The VHF band has very good qualities regarding range and stability. Typical range from a land-based station is up to 70 NM.

##### 4.2 *IP – Ethernet*

The common used Ethernet protocol that makes connection to local data networks and other data services easy.

##### 4.3 *Fixed IP address at the radio on board the ship*

This makes it possible to send data to the ship without anyone being needed to activate the link. The ship may also have ten local IP addresses.

##### 4.4 *Always connected*

There is no connection time. This makes the system very effective for real-time applications, e.g. banking terminals.

##### 4.5 *Several services in parallel from one radio on the ship*

The system is based on packets all the way. From one radio on the ship one may carry out several different services at the same time. The system is therefore frequency efficient.

##### 4.6 *Automatic reconnection after disruption*

The system will automatically reconnect and continue the tasks again at the right point. This happens both after short breaks as well as long breaks, e.g. outside radio coverage area.

#### 4.7 *Integrated data router*

The radio is delivered with an integrated router. It means that tasks may be programmed directly into the radio and may be carried out without the use of a PC. For example, the fishing boat positioning and moving report system is programmed into the radio/router. In addition, the router has very large capacity to carry out several tasks, among other things compression and decompression of electronic mail, web applications and weather maps.

#### 4.8 *Several inputs to the radio*

Ethernet cable may be plugged directly into the radio or the router, enabling easy establishment of a local net on board the ship. Other digital or analogue inputs may be used for GNSS, measuring instruments, etc.

#### 4.9 *Connection to local WLAN*

The system may be combined with local wireless networks on board the ship.

#### 4.10 *External communication carriers*

The system may be delivered with possibilities for seamless connection to external networks, e.g. wireless LANs in harbour areas or to satellite communication.

## **5 Applications**

Some current and possible future applications of VHF data are listed below:

- safe SeaNet reporting (ISPS);
- fishery catch reporting;
- fishing boat position and movement reporting;
- weather maps;
- general electronic mail;
- messages to the ship's agent, the pilot or harbour authorities;
- banking terminals, especially on passenger ships;
- safety-related information;
- telemetry information;
- updating of electronic maps.

## **6 System interoperability**

### **6.1 *Ship-to-shore***

In the ship-to-shore direction interoperability is maintained by the Internet service provider (ISP) at the internet protocol (IP) level. Typically, a ship will enter an electronic mail, with or without attachments, in the electronic mail system and then click on the “send” button.

### **6.2 *Shore-to-ship***

In this system, there are no interoperability concerns on the part of the shore-side user. The shore-based sender of an electronic mail to a ship can merely:

- a) click on the “reply” button, or
- b) address the message to [Shipname@xxx.com](mailto:Shipname@xxx.com) or [callsign@xxx.com](mailto:callsign@xxx.com).

The electronic mail will be delivered via whatever system the ship is using. If there is a system failure, there will be an automatic re-route via an alternate system. These automated decisions are based on the contents of an extensive database. Consequently, the electronic mail may be delivered via HF or an alternate satellite-based system. If there is an overall system failure, addressing problem or non-delivery for any reason, the system support operators will be alerted and take corrective action. This ensures that shore-based users need not be concerned about what system or network the ship is using. They need only address the electronic mail and click on “send”.

## **Annex 3**

### **VHF data system 50 kHz wideband example**

The following characteristics should be indicative of a VHF radio system for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service.

#### **1 General characteristics**

- 1.1 The class of emission should be 50K0F1DDN.
- 1.2 The necessary band should cater for 50 kHz, two adjacent channels in RR Appendix 18 designated with footnote *o*), each with 25 kHz bandwidth.

- 1.3 The system should be comprised of 16 equal-power subcarriers in the 50 kHz bandwidth with a 16-QAM modulation of each subcarrier, as described in ETSI standard EN 300 392-2 v.3.2.1. This provides a data rate (over-the-air) of 153.6 kbit/s.
- 1.4 The access method should be carrier sense time division multiple access (CSTDMA).
- 1.5 The following area coverage techniques may be used:
- cellular channel reuse;
  - time sharing transmission.
- 1.6 The following handover techniques may be utilized:
- uninterrupted handover (channel and base station);
  - uninterrupted file transfer.
- 1.7 The equipment should be designed so that frequency changes between assigned channels can be carried out in less than 100 ms.
- 1.8 Switching between reception and transmission should not take more than 2 ms.
- 1.9 The serial communication channels (SCC) on a single radio modem may be:
- Ethernet;
  - IEC 61162 series.
- 1.10 The radio equipment should meet the following norms:
- radio parameters: ETSI EN 300 113-1; EN 300 392-2 v.3.2.1;
  - EMC: ETSI EN 301 489-5.

## **2 Transmitters**

- 2.1 The frequency tolerance for coast station transmitters should not exceed 5 parts in  $10^6$ , and for ship station transmitters should not exceed 10 parts in  $10^6$ .
- 2.2 Spurious emissions should be in accordance with the provisions of RR Appendix 3.
- 2.3 The carrier power for coast station transmitters should not exceed 50 W.
- 2.4 The carrier power for ship station transmitters should not exceed 25 W.
- 2.5 The adjacent channel power (the power in each of the 25 kHz channels immediately above and below the 50 kHz occupied bandwidth) should not exceed  $-23$  dBm.
- 2.6 The cabinet radiated power should not exceed  $25 \mu\text{W}$ .

### **3 Receivers**

- 3.1 The receiver sensitivity levels should be better than  $-106$  dBm for shore stations and  $-103$  dBm for ship stations, as described in EN 300 392-2 v.3.2.1 § 6.7.2.4.
- 3.2 The adjacent channel selectivity should be at least 70 dB.
- 3.3 The spurious response rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.4 The radio-frequency intermodulation rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.5 The power of any conducted spurious emission at the antenna terminals should not exceed 2.0 nW.

### **4 System interoperability**

#### **4.1 Ship-to-shore**

In the ship-to-shore direction interoperability is maintained by the Internet service provider (ISP) at the Internet protocol (IP) level. Typically, a ship will enter an electronic mail, with or without attachments, in the electronic mail system and then click on the “send” button.

#### **4.2 Shore-to-ship**

In this system, there are no interoperability concerns on the part of the shore-side user. The shore-based sender of an electronic mail to a ship can merely:

- a) click on the “reply” button, or
- b) address the message to [Shipname@xxx.com](mailto:Shipname@xxx.com) or [callsign@xxx.com](mailto:callsign@xxx.com).

The electronic mail will be delivered via whatever system the ship is using. If there is a system failure, there will be an automatic re-route via an alternate system. These automated decisions are based on the contents of an extensive database. Consequently, the electronic mail may be delivered via HF or an alternate satellite-based system. If there is an overall system failure, addressing problem or non-delivery for any reason, the system support operators will be alerted and take corrective action. This ensures that shore-based users need not be concerned about what system or network the ship is using. They need only address the electronic mail and click on “send”.

#### **4.3 Ship-to-ship**

The VDL protocol should also provide for direct transmission between ships where possible (within radio propagation range) in the simplex ship-ship mode. The duplex ship-shore-ship mode should be used for extended range (beyond the ship-ship radio propagation range).

#### **4.4 Efficient use of the VHF data link (VDL)**

System interoperability should be achieved for all transmission modes, ship-to-shore, shore-to-ship, and ship-to-ship. Spectrum efficiency and data throughput should also be considered. For example, application of the electronic mail Internet protocol (IP) at the network level and not on the VDL would result in an efficiency improvement of 3:1.

### **Annex 4**

#### **VHF data system 100 kHz “wideband” example**

The following characteristics should be indicative of a VHF radio system for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service.

##### **1 General characteristics**

- 1.1 The class of emission should be 100K0F1DDN.
- 1.2 The necessary band should cater for 100 kHz, four adjacent channels in RR Appendix 18 designated with footnote *o*), each with 25 kHz bandwidth.
- 1.3 The system should be comprised of 32 equal-power subcarriers in the 100 kHz bandwidth with a 16-QAM modulation of each subcarrier, as described in ETSI standard EN 300 392-2 v.3.2.1 (2007-09). This provides a data rate (over-the-air) of 307.2 kbit/s.
- 1.4 The access method should be carrier sense time division multiple access (CSTDMA).
- 1.5 The following area coverage techniques may be used:
  - cellular channel reuse;
  - time sharing transmission.
- 1.6 The following handover techniques may be utilized:
  - uninterrupted handover (channel and base station);
  - uninterrupted file transfer.
- 1.7 The equipment should be designed so that frequency changes between assigned channels can be carried out in less than 100 ms.
- 1.8 Switching between reception and transmission should not take more than 2 ms.
- 1.9 The serial communication channels (SCC) on a single radio modem may be:
  - Ethernet;

- IEC 61162 series.

1.10 The radio equipment should meet the following norms:

- radio parameters: ETSI EN 300 113-1; EN 300 392-2 v.3.2.1;
- EMC: ETSI EN 301 489-5.

## **2 Transmitters**

- 2.1 The frequency tolerance for coast station transmitters should not exceed 5 parts in  $10^6$ , and for ship station transmitters should not exceed 10 parts in  $10^6$ .
- 2.2 Spurious emissions should be in accordance with the provisions of RR Appendix 3.
- 2.3 The carrier power for coast station transmitters should not exceed 50 W.
- 2.4 The carrier power for ship station transmitters should not exceed 25 W.
- 2.5 The adjacent channel power (the power in each of the 25 kHz channels immediately above and below the 100 kHz occupied bandwidth) should not exceed  $-23$  dBm.
- 2.6 The cabinet radiated power should not exceed  $25 \mu\text{W}$ .

## **3 Receivers**

- 3.1 The receiver sensitivity levels should be better than  $-103$  dBm for shore stations and  $-98$  dBm for ship stations, as described in EN 300 392-2 v.3.2.1 § 6.7.2.4.
- 3.2 The adjacent channel selectivity should be at least 70 dB.
- 3.3 The spurious response rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.4 The radio-frequency intermodulation rejection ratio should be at least 70 dB.
- 3.5 The power of any conducted spurious emission at the antenna terminals should not exceed 2.0 nW.

## **4 System interoperability**

### **4.1 Ship-to-shore**

In the ship-to-shore direction interoperability is maintained by the Internet service provider (ISP) at the Internet protocol (IP) level. Typically, a ship will enter an electronic mail, with or without attachments, in the electronic mail system and then click on the “send” button.

### **4.2 Shore-to-ship**

In this system, there are no interoperability concerns on the part of the shore-side user. The shore-based sender of an electronic mail to a ship can merely:

- a) click on the “reply” button, or

b) address the message to [Shipname@xxx.com](mailto:Shipname@xxx.com) or [callsign@xxx.com](mailto:callsign@xxx.com).

The electronic mail will be delivered via whatever system the ship is using. If there is a system failure, there will be an automatic re-route via an alternate system. These automated decisions are based on the contents of an extensive database. Consequently, the electronic mail may be delivered via HF or an alternate satellite-based system. If there is an overall system failure, addressing problem or non-delivery for any reason, the system support operators will be alerted and take corrective action. This ensures that shore-based users need not be concerned about what system or network the ship is using. They need only address the electronic mail and click on “send”.

### **4.3 Ship-to-ship**

The VDL protocol should also provide for direct transmission between ships where possible (within radio propagation range) in the simplex ship-ship mode. The duplex ship-shore-ship mode should be used for extended range (beyond the ship-ship radio propagation range).

### **4.4 Efficient use of the VHF data link (VDL)**

System interoperability should be achieved for all transmission modes, ship-to-shore, shore-to-ship, and ship-to-ship. Spectrum efficiency and data throughput should also be considered. For example, application of the electronic mail Internet protocol (IP) at the network level and not on the VDL would result in an efficiency improvement of 3:1.

RECOMMENDATION ITU-R M.1174-3

**Technical characteristics of equipment used for on-board vessel communications in the bands between 450 and 470 MHz**

(1995-1998-2004-2015)

**Scope**

This Recommendation describes the technical characteristics for equipment operating in the maritime mobile services in accordance with the provisions of No. **5.287** of the Radio Regulations (RR) for on-board vessel communications. Provision is made for 25 kHz or 12.5 kHz channel spacing for analogue and digital technologies. In addition, 6.25 kHz channel spacing may also be used for digital technology.

**Keywords**

Maritime, on-board communication, territorial waters, channel spacing, frequency arrangement, UHF

**Abbreviations/Glossary**

Ch. Channel number

FSK Frequency-shift keying modulation

The ITU Radiocommunication Assembly,

*considering*

*a)* that there is a need to describe the characteristics of equipment for on-board vessel communications in the bands between 450 and 470 MHz;

*b)* that changes have recently been made to the frequency availability,

*recommends*

**1** that transmitters and receivers used in the maritime mobile service for on-board vessel communications in the bands between 450 and 470 MHz should conform to the technical characteristics shown in Annex 1;

**2** that for analogue technology the use of continuous tone coded squelch systems or digital coded squelch (DCS) constitute an effective means of mitigating the impression of congestion to the user;

**3** that for digital technology the use of DCS or a similar operational system should be

used as a way to mitigate the impression of congestion to user;

**4** that during operation, to detect whether there is an available channel for operation, it is advised that a method of listen before talk be employed as a possible mitigation technique;

**5** that ship owners when replacing or installing communications equipment upon vessels are encouraged to fit equipment using 12.5 kHz or 6.25 kHz channel spacing.

## **Annex 1**

### **Technical characteristics of equipment used for on-board vessel communications in the bands between 450 and 470 MHz**

**1** The equipment should be fitted with sufficient channels for satisfactory operation in the area of intended use.

**2** The effective radiated power should be limited to the maximum required for satisfactory operations, but should in no case exceed 2 W. Wherever practicable the equipment should be fitted with a suitable device to reduce readily the output power by at least 10 dB.

**3** In the case of equipment installed at a fixed point on the ship, the height of its antenna should not be more than 3.5 m above the uppermost level of the deck.

	<b>25 kHz channels analogue technology</b>	<b>12.5 kHz channels analogue technology</b>
<b>4</b>	Only frequency modulation with a preemphasis of 6 dB/octave (phase modulation) should be used.	Only frequency modulation with a preemphasis of 6 dB/octave (phase modulation) should be used.
<b>5</b>	The frequency deviation corresponding to 100% modulation should approach $\pm 5$ kHz as nearly as practicable. In no event should the frequency deviation exceed $\pm 5$ kHz.	The frequency deviation corresponding to 100% modulation should approach $\pm 2.5$ kHz as nearly as practicable. In no event should the frequency deviation exceed $\pm 2.5$ kHz.
<b>6</b>	The frequency tolerance should be 5 parts in $10^6$ .	The frequency tolerance should be 2.5 parts in $10^6$ .
<b>7</b>	The audio-frequency band should be limited to 3 000 Hz.	The audio-frequency band should be limited to 2 550 Hz.
<b>8</b>	Only constant-envelope modulation, entitled 4FSK (Four-level frequency-shift	Only constant-envelope modulation, entitled 4FSK (Four-level frequency-shift

	keying modulation) should be used.	keying modulation) should be used.
<b>9</b>	The frequency deviation is limited to $\pm 3\ 024$ Hz.	The frequency deviation is limited to $\pm 1\ 324$ Hz.
<b>10</b>	The maximum transmit frequency error: $\pm 2$ ppm. The maximum time base clock drift error: $\pm 2$ ppm.	The maximum transmit frequency error: $\pm 1.5$ ppm. The maximum time base clock drift error: $\pm 2$ ppm.

**11** Control, telemetry and other non-voice signals such as paging, should be coded in such a manner as to minimize the possibility of false response to interfering signals. The frequencies specified in § 15 below for on-board communications may be used for single frequency and two-frequency simplex operation.

**12** When used in the duplex mode the base transmitter frequency should be selected from the lower range for improved operability.

**13** In general, if the use of a repeater station is required on board a ship, the frequency bands described in RR Nos. **5.287** and **5.288** should be used. The detailed duplex frequency arrangement is described in § 15 below.

**14** Within territorial waters, these frequencies should be used subject to national regulations.

## **15 Frequencies**

The frequency bands specified in RR No. **5.287** (subject to national regulations) shall be used with the following arrangement:

Lower channel					
25 kHz channel		12.5 kHz channel		6.25 kHz channel	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
1	457.525	11	457.5250	102	457.515625
				111	457.521875
				112	457.528125
				121	457.534375
				122	457.540625
2	457.550	13	457.5500	131	457.546875
				132	457.553125
				141	457.559375
				142	457.565625
				151	457.571875
3	457.575	15	457.5750	152	457.578125
				161	457.584375

Upper channel					
25 kHz channel		12.5 kHz channel		6.25 kHz channel	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
4	467.525	21	467.5250	202	467.515625
				211	467.521875
				212	467.528125
				221	467.534375
				222	467.540625
5	467.550	23	467.5500	231	467.546875
				232	467.553125
				241	467.559375
				242	467.565625
				251	467.571875
6	467.575	25	467.5750	252	467.578125
				261	467.584375

NOTE – The repeater station should be used as pairs of lower channel and upper channel with frequency separation exactly 10 MHz (e.g. Ch. 2 and Ch. 5, Ch. 11 and Ch. 21).

Interference from digital system to existing analogue system is concerned. Administrations are invited to consider the impact of analogue communication especially those operating lower channel.

## 150MHz 帯デジタルデータ通信設備の占有周波数帯幅の許容値の算出

占有周波数帯幅の許容値は、電波法施行規則 第二条第 1 項第六十一号より、輻射される全電力の 99%の周波数幅となる。

各変調方式について、計算値（MATLAB によるシミュレーション値）と実測値（SG 出力）の比較を行い、占有周波数帯幅の許容値を算出する。

### 【測定条件：実測値】

測定器 : SG = E4438C (keysight), SA = MS2830A+MN2555A(アンリツ)  
 SA 入力レベル : 一律 -20 dBm, 測定周波数 : 157.1375 MHz  
 BW : RBW = 500 Hz, VBW = 300 Hz  
 生成パターン : 2 つの PSK は SG ランダム生成機能の PN23  
                   QAM は PN53 にて MATLAB 生成パターンを SG より出力  
                   π/8D8PSK については SG 未対応にて D8PSK で測定

### 【許容値の決定について】

無線設備規則 別表第二号の第一 「占有周波数帯幅の許容値の表」より、OBW の値は小数点第一位までとしており、且つ「0」もしくは「5」区切りの値でまとめられているため、その値で丸める。

候補値は次のような手順で決定した。

1. 各変調方式の計算値と実測値をそれぞれ四捨五入し、
2. その値に 4 kHz 加算した

船舶自動識別装置（AIS）の占有周波数帯幅の許容値は 16 kHz であるが、実測は約 10 kHz 程度である。国際 VHF を利用するアナログ音声通信についても占有周波数帯幅の許容値は 16 kHz であるが、実測値は約 12 kHz と余裕をとってあることを参考とした。

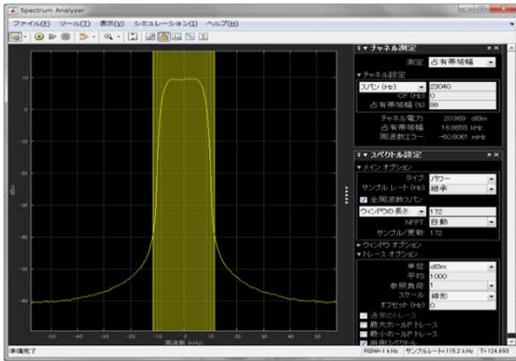
### 【占有周波数帯幅の許容値 (kHz)】

	π/4DQPSK	π/8D8PSK	16x16QAM	32x16QAM
計算値 (Sim 値)	17.0	17.0	42.9	85.5
実測値	16.9	16.9	42.7	85.7
<b>候補値</b>	<b>21.0</b>	<b>21.0</b>	<b>47.0</b>	<b>90.0</b>

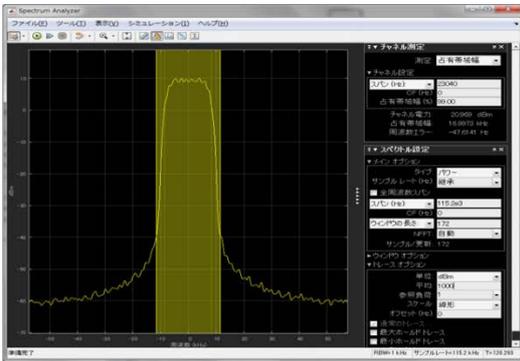
なお、4 値 GMSK 方式については、既存船舶自動識別装置（AIS）と同様の変調方式であり、占有周波数帯幅の許容値についても同様に 16kHz とする。

■ 計算値 (MATLABによるシミュレーション値)

$\pi/4$ -DQPSK

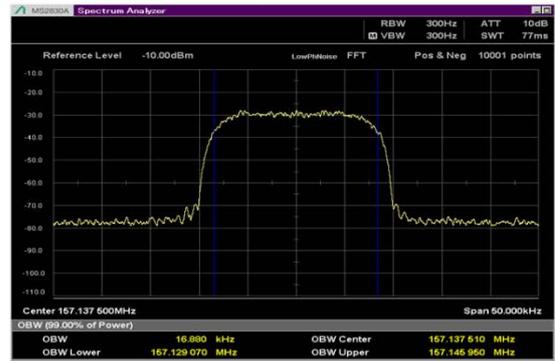


$\pi/8$ -D8PSK

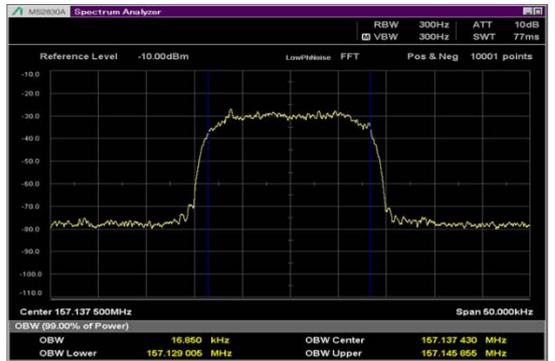


■ 実測値 (SG出力)

$\pi/4$ -DQPSK

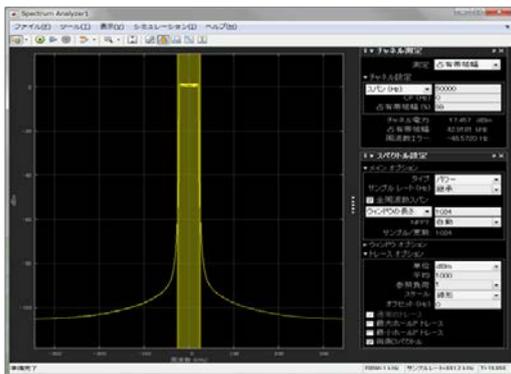


$\pi/8$ -D8PSK

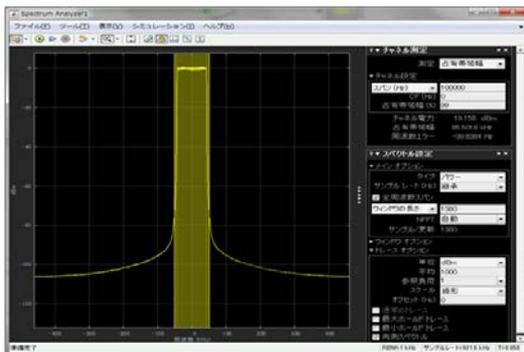


■ 計算値 (MATLABによるシミュレーション値)

16X16QAM

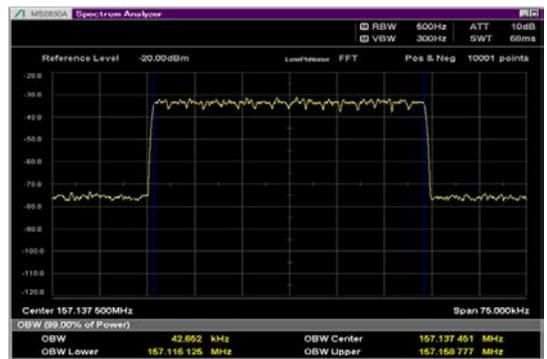


32X16QAM

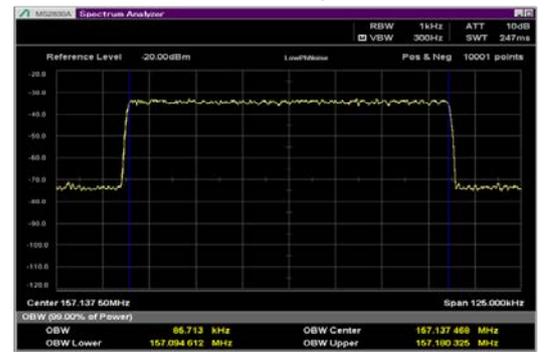


■ 実測値 (SG出力)

16X16QAM



32X16QAM



## 150MHz 帯デジタルデータ通信設備のキャリアセンスの考え方

150MHz 帯デジタルデータ通信設備のキャリアセンスの検討に当たっては、諸外国の標準化動向を踏まえて検討することが望ましい。

現在、VHF 帯のデータ通信としては、米国の海上無線技術委員会（以下、RTCM : The Radio Technical Commission For Maritime Services という。）において、2009 年 7 月に ITU-R 勧告 M.1842-1 と関連を持った VHF-FM Digital Small Message Services（以下、VDSMS）の RTCM 標準 12301.1 を発効され、海上用にスモールメッセージと呼ばれるサービスの用途としており、変調方式など ITU-R 勧告 M.1842 を引用している内容となっている。また、VDSMS は、早くから VDE を意識した規格となっており、ITU-R 勧告 M.1842 も RTCM SC123 の結果を参照している旨の記載がある。RTCM 標準では、キャリアセンスについて詳述しており、上記の関係より ITU-R 勧告 M.1842 の CSTDMA についても利用可能と考えられる。

このため、この VDSMS の CSTDMA や海上無線設備として国際 VHF を使用する簡易型 AIS のキャリアセンスを参考に、150MHz 帯デジタルデータ通信設備のキャリアセンスの条件について検討する。

### (1) VDSMS のキャリアセンス

#### ① チャネル利用の判断

通信時の応答送信やハンドシェイクを除き、送信を開始する前に通信チャネルの空き状況を判断する。その判断の指標としては、受信信号レベル（以下、RSL : Received Signal Level という。）を 2 ミリ秒間受信し、そのレベルを測定するものである。

通信チャネルを使用する前に、RSL を 1 分間監視し、チャネルの「ノイズフロア」レベルを決定する。その監視した 1 分間以降も使用予定のチャネルについては継続的に監視し、1 分毎に「ノイズフロア」レベルを更新する。1 分間の中で、2 ミリ秒ごとに連続的に RSL を測定した中から最小値を「ノイズフロア」レベルとして定義する。

チャネルを使用するときの RSL が、「ノイズフロア」との差が 10 dB 以内であるときは常に、チャネルは「利用可能」と判断する。

RSL の結果よりチャネルが利用できないと判断した場合から監視を続け、チャネルが利用可能となった後より 26 ミリ秒から 100 ミリ秒の間の中から 2 ミリ秒単位の疑似ランダム時間を選択し、その選択時間の送信動作を遅らせる^{※1}。

10 秒以内に送信できなければ、この送信動作は中止する。

なお、応答またはハンドシェイク制御による送信の場合は、RSL の測定による遅延はせずに 24 ミリ秒以内に応答送信する。

^{※1}無線 LAN 802.11 の機能で衝突を回避するためのバックオフ制御に類似。

## ② 受信機について

VDSMS 送受信装置の受信性能は、付属書 D を含む IEC62238 に明記されているものとする。VDSMS 送信専用装置の最小 RSL 測定の受信感度は、該当する送信変調方式について ITU-R 勧告 M.1842 付属書 1 に規定されているものとする。

付属書 1 に規定されているものとは、25 kHz 帯域幅における下記仕様の方式となる。

- －  $\pi/4$  DQPSK : 感度 -107 dBm (BER  $10^{-3}$ )
- －  $\pi/8$  D8-PSK : 感度 -107 dBm (BER  $10^{-3}$ )

## (2) 簡易型 AIS (船舶自動識別装置) のキャリアセンス

他の無線局の船舶自動識別装置から発射された電波を受信したときの、受信機入力レベルが (-)107dB 以上の値であって、雑音のレベルに 10dB を加算した値又は雑音のレベルが(-)77dB の値を超える場合は、電波の発射を行わないものであること。

## (3) 150MHz 帯デジタルデータ通信設備のキャリアセンス条件

上記(1)及び(2)を踏まえ、RTCM 標準の条件を基本として、キャリアセンスレベルの上限値について簡易型 AIS のキャリアセンス条件である-77dBm を、下限値についてそれぞれの変調方式における受信感度レベルとして ITU-R 勧告 M.1842 による基準値を取り入れたキャリアセンスの条件として、以下のとおり、整理することが適当と考えられる。

### 【キャリアセンスの条件】

自局が送信する周波数の電波について、他の無線局から発射された同一の周波数の電波を受信した時、その受信機入力レベルが受信感度レベルの値以上であって、雑音レベルに 10dB を加算した値又は (-)77dBm の値を超える場合は、電波の発射を行わないものであること。ただし、応答のための信号の送信はこの限りでない。

この場合におけるキャリアセンスの受信帯域幅は、送信する使用周波数帯幅 (25kHz、50kHz 又は 100kHz) とし、キャリアセンスの受信時間は、送信開始前の 2 ミリ秒以上とする。また、雑音レベルの値は、受信入力レベルを 1 分間において 2 ミリ秒毎に連続した測定値のうちの最小値とし、毎分更新するものとする。

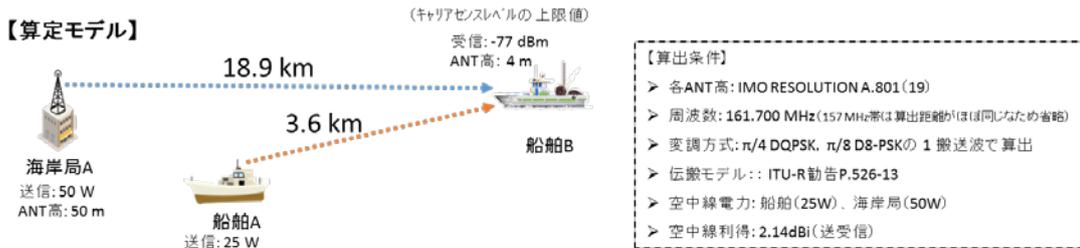
使用周波数帯幅	変調方式	無線局	受信感度レベル
25kHz	4 値 GMSK 変調方式 四分の $\pi$ シフト差動四相位相変調方式 八分の $\pi$ シフト差動八相位相変調方式	移動しない無線局	-107dBm
		移動する無線局	
50kHz	マルチサブキャリアー六値直行振幅変調 (サブキャリア数は 16 とする。)	移動しない無線局	-106dBm
		移動する無線局	-103dBm
100kHz	マルチサブキャリアー六値直行振幅変調 (サブキャリア数は 32 とする。)	移動しない無線局	-103dBm
		移動する無線局	-98dBm

#### (4) キャリアセンスレベルによる利用環境について

キャリアセンスレベルの上限値 (-77dBm) とした場合における通信利用環境について同一周波数の利用における離隔距離や最低保護される通信距離について検討した。

##### ① 同一周波数の利用における離隔距離

- 海岸局及び船舶局からの送信電波がキャリアセンスレベルの上限値(-77dBm)となる通信距離を算出する。
- この場合、当該通信距離は、同一周波数を使用するための最低の離隔距離となり、キャリアセンスレベル値を低く設定すれば、離隔距離はより長くなり、キャリアセンスレベル値を高く設定すれば、離隔距離は短くなる。

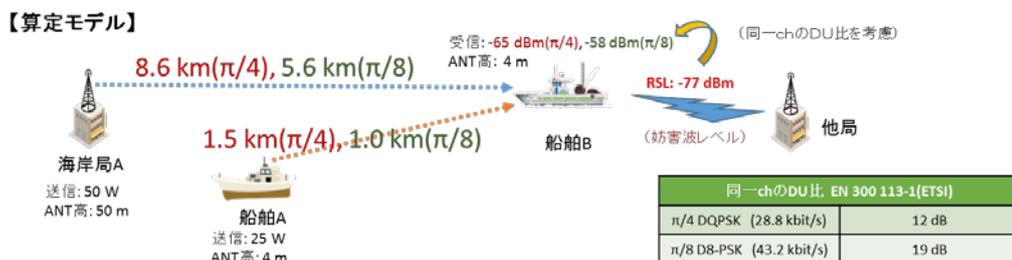


【キャリアセンスレベルの範囲:  $\pi/4$  DQPSK,  $\pi/8$  D8-PSK の例】

キャリアセンスレベル	算定モデル	離隔距離	備考
-77dBm	海岸局 ⇒ 船舶間	18.9km	受信感度+30dB高い値
	船舶 ⇒ 船舶間	3.6km	
-87dBm	海岸局 ⇒ 船舶間	33.5km	受信感度+20dB高い値
	船舶 ⇒ 船舶間	7.9km	
-97dBm	海岸局 ⇒ 船舶間	50.1km	受信感度+10dB高い値
	船舶 ⇒ 船舶間	16.3km	
-107dBm	海岸局 ⇒ 船舶間	67.6km	受信感度
	船舶 ⇒ 船舶間	30.8km	

##### ② 同一周波数の利用における最低保護される通信距離

- 他の海岸局又は船舶局からの妨害波の最大受信入力レベルをキャリアセンスレベルの上限値(-77dBm)と仮定し、所要DU比を考慮した同一周波数による希望波の最低受信入力レベル値から最低保護される通信距離を算出する。妨害波レベルが低い場合には長距離の通信距離が確保できる。なお、算定条件については、上記と同様とする。



【キャリアセンスレベルの範囲:  $\pi/4$  DQPSK,  $\pi/8$  D8-PSK の例】

キャリアセンスレベル	算定モデル	最低保護される通信距離		備考
		$\pi/4$ DQPSK	$\pi/8$ D8-PSK	
-77dBm	海岸局-船舶間	8.6km	5.6km	受信感度+30dB高い値
	船舶-船舶間	1.5km	1.0km	
-87dBm	海岸局-船舶間	16.6km	10.5km	受信感度+20dB高い値
	船舶-船舶間	3.1km	1.8km	
-97dBm	海岸局-船舶間	30.3km	20.2km	受信感度+10dB高い値
	船舶-船舶間	6.8km	3.9km	
-107dBm	海岸局-船舶間	46.9km	35.1km	受信感度
	船舶-船舶間	14.3km	8.5km	

「海上通信システムの新たな利用における  
周波数共有のための技術的条件の調査検討」  
(抜粋)

第 5 章 周波数共有条件の検討

第 6 章 海上フィールド実証試験(国際 VHF 海上無線設備)

## 第5章 周波数共用条件の検討

### 5.1. 国際 VHF 海上無線設備

#### 5.1.1. 周波数共用条件検討の考え方

4.2.1. 節で述べたとおり VDE 及び VDES の導入に対する課題を、周波数を有効的に利用しつつ克服するために、VDE 及び VDES と音声通信の共用条件を検討することとする。手法としては、机上における干渉検討(以下「机上検討」という。)を実施し、机上検討結果の妥当性を確認するため、海上フィールド実証試験を実施し、周波数共用のための条件等を検討する。

#### 5.1.2. 机上検討

##### 5.1.2.1. 机上検討概要

机上検討概要として、周波数共用条件検討に必要な検討項目及びその干渉モデルについて記載する。

##### 5.1.2.1.1. 机上検討項目

机上検討方法として、実験室内での実機を使った検討方法を採用した。検討項目は以下の 3 つとした。

- (1) 同一チャンネル干渉検討
- (2) 隣接チャンネル干渉検討
- (3) スケルチオープン測定検討

また、机上検討結果を一般的な特性とみなすことができるかを確認するため、数値計算との比較(5.1.2.5. 節で後述する。)を行った。(3)については、測定の性質上机上検討のみとした。

音声通信中に同一チャンネルを VDE 及び VDES として使用した場合、相互に影響を受けることが想定されるが、国内の通信状況を確保することを優先としつつ、VDE 及び VDES が音声通信にどのように影響を与えるかについて、以下の 3 つの項目を検討する。

##### (1) 同一チャンネル干渉検討

検討においては、希望波(Desired Signal)に対し妨害波(Undesired Signal)がどの程度の受信レベル(DU 比)であれば通信が成り立つかを把握するとともに、通信が成り立つ DU 比から離隔距離を求めることとする。

##### (2) 隣接チャンネル干渉検討

検討においては、希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル(DU 比)であるか、また、周波数がどれだけ離れていれば受信できるか(離隔周波数)を把握する。さらに、通信が成り立つ DU 比から離隔距離を求めるとする。

##### (3) スケルチオープン測定検討

音声通信の待受中に VDE 及び VDES 装置からの電波が発射されることで、音声通信側に耳障りなノイズ音が発生し利便性が低下する可能性がある。この程度を確認するため、音声通信側のスケルチが開放されたときの値(オープン電力)を測定し、耳障りな音の有無(可聴)と離隔距離を把握する。

### 5.1.2.1.2. 干渉モデル

海岸局と船舶局の周波数割当て条件から、音声通信と VDE 及び VDES の共用を想定した場合に干渉する状況を推定する。

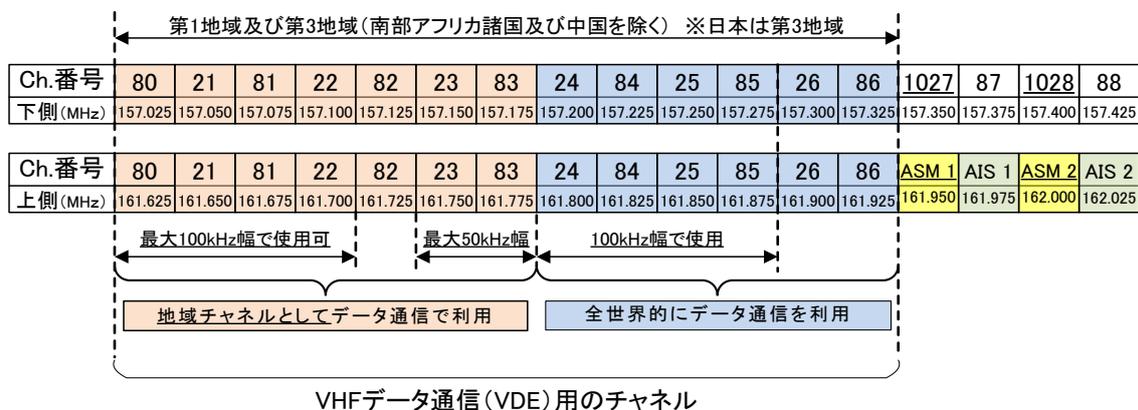
WRC-15 において VDE 及び VDES として割当てられた国際 VHF のチャンネルは 4.1.1. 節のとおりであり、周波数については表 5.1-1 に示すとおりである。

表 5.1-1 チャンネル割当て表

チャンネル 番号	送信周波数 [MHz]		船舶相互間	港務通信及び船舶通航		公衆通信
	船舶局	海岸局		1 周波数	2 周波数	
20	157.000	161.600		x	x	x
80	157.025	161.625		x	x	x
21	157.050	161.650		x	x	x
81	157.075	161.675		x	x	x
22	157.100	161.700		x	x	x
82	157.125	161.725		x	x	x
23	157.150	161.750		x	x	x
83	157.175	161.775		x	x	x
24	157.200	161.800		x	x	x
1024	157.200					
2024	161.800	161.800	x (digital only)			
84	157.225	161.825		x	x	x
1084	157.225					
2084	161.825	161.825	x (digital only)			
25	157.250	161.850		x	x	x
1025	157.250					
2025	161.850	161.850	x (digital only)			
85	157.275	161.875		x	x	x
1085	157.275					
2085	161.875	161.875	x (digital only)			
26	157.300	161.900		x	x	x
1026	157.300					
2026		161.900				
86	157.325	161.925		x	x	x
1086	157.325					
2086		161.925				
27	157.350	161.950			x	x
1027	157.350	157.350		x		
2027	161.950	161.950				
87	157.375	157.375		x		
28	157.400	162.000			x	x
1028	157.400	157.400		x		
2028	162.000	162.000				
88	157.425	157.425		x		
AIS 1	161.975	161.975				
AIS 2	162.025	162.025				

※「周波数割当て計画別表 3-4」より抜粋し WRC-15 の結果に変更

さらに、VDE 及び VDES に関する割当てについて、詳細をまとめたものを図 5.1-1 に示す。



Ch.番号	75	76
(MHz)	156.775	156.825

AIS衛星受信用

下線部はWRC-15で決定

**図 5.1-1 VDE 及び VDES 用チャンネル**

表 5.1-1 において、緑と黄で示されているチャンネルは、160 MHz 帯を使用した AIS 及び ASM 専用に割当てられたチャンネルであり、これら AIS 及び ASM のシステムは、音声通信と共用検討する必要はない。このことから、地域チャンネルを使用する VDE 及び全世界的に利用するチャンネルを使用する VDE を共用検討の対象とした。

国際 VHF を用いた通信には、船舶局間で通信を行う「船舶間」通信と海岸局-船舶局間で通信を行う「陸船間」通信の 2 通りがあるが、VDE の対象となる周波数は、「陸船間」通信として用いられる周波数である。使用周波数帯は、海岸局が 160 MHz 帯、船舶局が 150 MHz 帯であり、複信方式により通信を行っている点を踏まえ共用検討を行っていく必要がある。

本調査検討においては、国内の通信状況を確保することを優先としつつ、VDE 及び VDES が導入できるための共用条件について検討するものである。よって、主として音声通信に対する VDE の妨害についての机上検討を実施する。

また、自船内の干渉については音声通信と VDE との利用者が同一者であることから、アンテナ設置方法や無線局運用方法によって、干渉がないよう無線局免許人自らで対応すべきものである。よって、自船内の干渉検討については船舶間干渉がない場合において検討することとし、基本的には対象外とする。

以上を踏まえ、机上検討の実施項目をまとめたものを表 5.1-2 に示す。

表 5.1-2 机上検討の実施項目

実施項目		備考
音声通信中に、VDE による妨害を加える		
海岸局から 船舶局	同一チャネル干渉検討	各帯域と変調方式 毎に実施
	隣接チャネル干渉検討	
船舶局から 海岸局	同一チャネル干渉検討	各帯域と変調方式 毎に実施
	隣接チャネル干渉検討	
音声通信の待ち受け中に他局の VDE が入力		
海岸局で 待受中	スケルチオープン測定検討	

表 5.1-2 の机上検討の実施項目をモデル図で表したものを図 5.1-2、図 5.1-3 及び図 5.1-4 に示す。

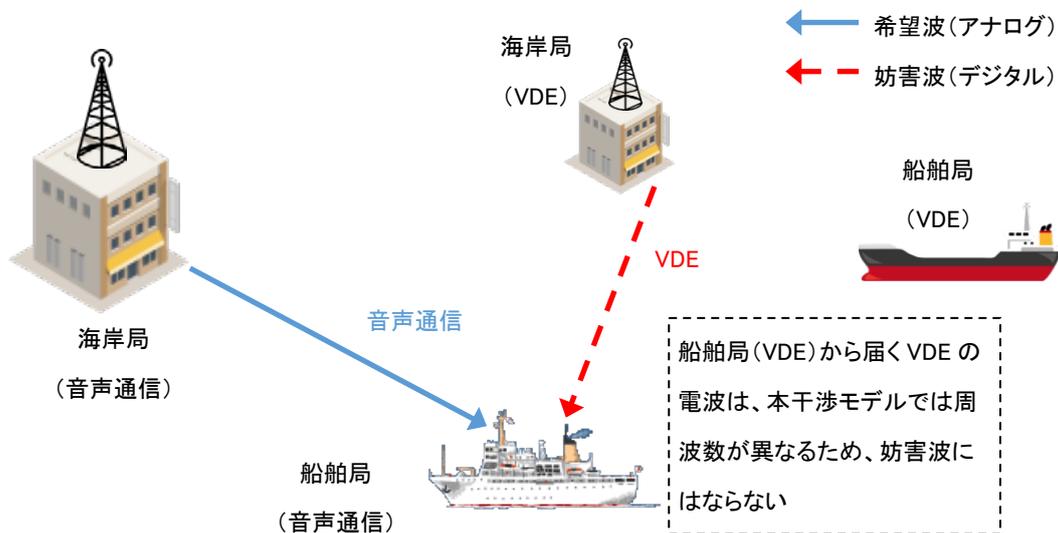


図 5.1-2 干渉モデル想定図 1 (海岸局送信中に別海岸局より干渉)

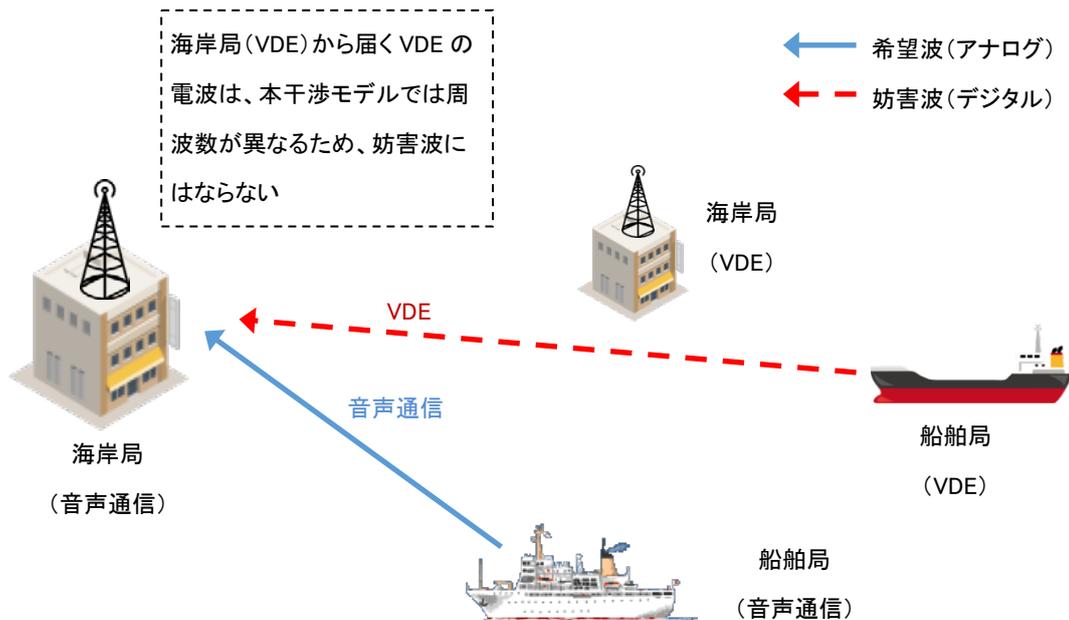


図 5.1-3 干渉モデル想定図 2 (船舶局送信中に別船舶局より干渉)

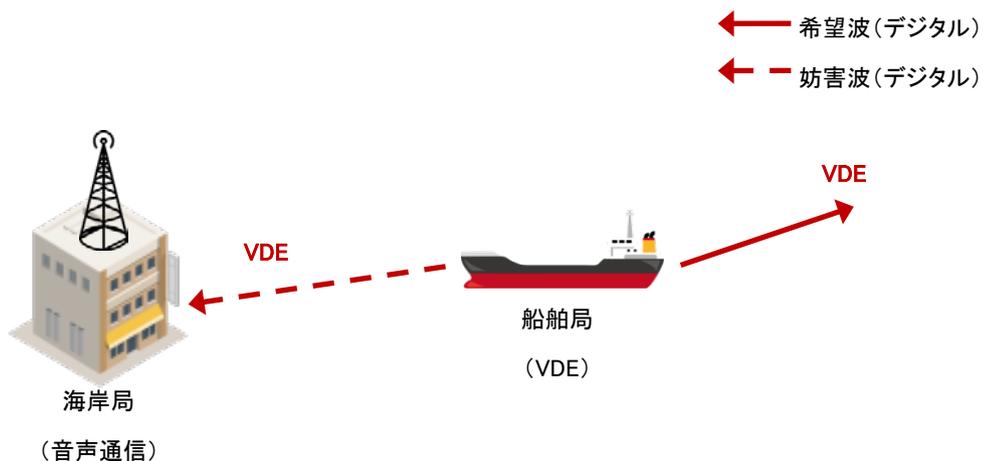


図 5.1-4 干渉モデル想定図 3 (海岸局が待ち受け中に他局より混信)

#### 5.1.2.2. 机上検討条件

4.1.1.2. 節に記載のとおり、検討は ITU-R 勧告 M.2092-0(全世界的に利用するチャンネルを使用する VDE の規格が記載された勧告)をベースとして進めることとした。

机上検討条件(変調方式、使用周波数、参照規格、妨害波)は次のとおりである。

##### (1) 変調方式

VDE の主な特性を表 5.1-3 に記載する。チャンネル間隔については、最も狭いもの(25 kHz)と最も広いもの(100 kHz)の 2 つを検討対象(黄色の部分)とした。

表 5.1-3 検討対象の変調方式一覧

項目	仕様		
割当周波数	図 5.1-1 参照		
空中線電力	船舶局 25 W 以下、海岸局は 50 W 以下		
変調方式	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
電波型式	G1D	G1D	D1D
チャンネル間隔 [kHz]	25	25	25
	50	50	50
	100	100	100

検討する変調方式の組み合わせをまとめると表 5.1-4 となる。

表 5.1-4 机上検討の組み合わせ

	音声通信	VDE		
帯域幅	25 kHz	25 kHz, 100 kHz		
変調方式	FM	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM

(2) 使用周波数

希望波及び妨害波の設定周波数を表 5.1-5 に示す。

VDE のチャンネルは、現在多数の海岸局に割当てられており、Ch.84 は現在運用中の無線局でも使用されているため、実証試験で 25 kHz 及び 100 kHz で送信した場合に影響を与える可能性があることが想定される。

以上から、割当てが少なく、且つ地域チャンネルも含めた VDE のチャンネルの範囲内の組み合わせより、Ch.82, 23, 83, 24(表 5.1-5 青枠)を VDE 用として使用し、音声通信として隣接チャンネルの干渉検討用に上下 1 チャンネルを加えた Ch.22, 82, 23, 83, 24, 84(表 5.1-5 赤枠)を使用することとした。

表 5.1-5 チャンネル表

チャンネル 番号	送信周波数[MHz]	
	船舶局	海岸局
20	157.000	161.600
80	157.025	161.625
21	157.050	161.650
81	157.075	161.675
22	157.100	161.700
82	157.125	161.725
23	157.150	161.750
83	157.175	161.775
24	157.200	161.800
84	157.225	161.825
25	157.250	161.850
85	157.275	161.875
26	157.300	161.900
86	157.325	161.925
27	157.350	161.950

国内実験  
試験局

VDE  
送信  
チャンネル

VDE については、2つの帯域幅(25 kHz と 100 kHz)について検討を行うが、100 kHz の帯域幅を使用する場合、中心周波数は 150 MHz 帯と 160 MHz 帯においてそれぞれ一つ(157.1625 MHz と 161.7625 MHz)である。これに対し、25 kHz の帯域幅を使用する場合、同一チャンネル干渉検討を基準に考えると、VDE の帯域幅の割当て方により以下 2 パターンが考えられる。

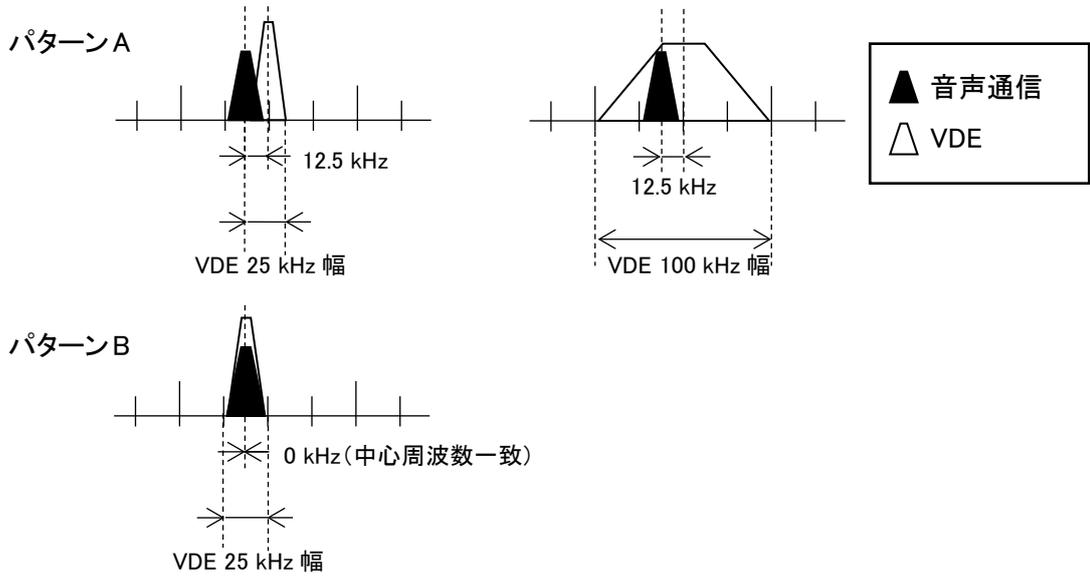
- ・ パターン A : 100 kHz を割当て、その中心周波数を使用する場合  
(音声通信の中心周波数と 12.5 kHz 離れ)
- ・ パターン B : 音声通信と同間隔の 25 kHz を割当て、その中心周波数を使用する場合  
(音声通信と中心周波数が一致)

よって、机上検討では 25 kHz の帯域幅を使用する VDE について、パターン A、パターン B ともに机上検討を実施することとした。

これらを模式図として表示すると、同一チャンネル干渉検討の場合は図 5.1-5 のように表され、隣接チャンネル干渉検討の場合は図 5.1-6 のように表される。図 5.1-5 及び図 5.1-6 は右側が 100 kHz の帯域幅の VDE、左側が 25 kHz の帯域幅の VDE となっており、25 kHz の帯域幅の VDE はパターン A 及びパターン B の 2 パターンがあることがわかる。

帯域内のチャンネル利用方法については、チャンネルの利用状況に応じた適応変調も視野に入れ活発に意見交換しているところである。これは、伝送路の状態に応じて最適な通信方式を選択する方法のことで、海上における様々な環境等を考慮しながら進められている。

スケルチオープン測定検討については図 5.1-7 のように表される。25 kHz では同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討のパターン A 及びパターン B 相当の 4 パターン、100 kHz では同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討のパターン A と同様の中心周波数差の 2 パターンの計 6 パターンについて検討を行う。100 kHz でのパターン B と同様の中心周波数差については、周波数配置としてありえないため、検討対象外とする。



5.1-5 同一チャネル干渉検討条件模式図(帯域幅 25 kHz の VDE は 2 パターン)

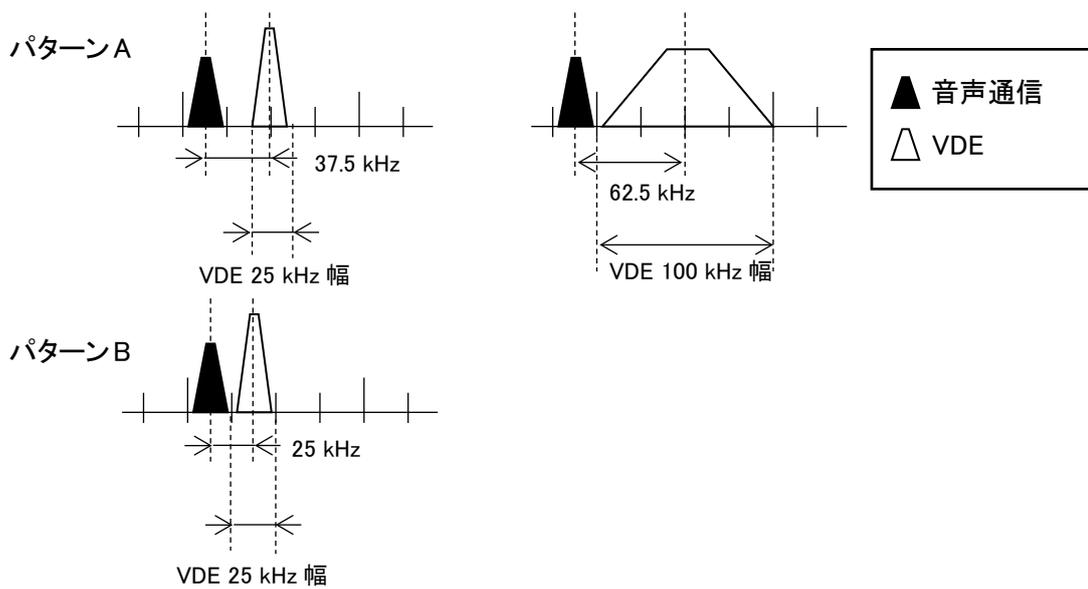


図 5.1-6 隣接チャネル干渉検討条件模式図(帯域幅 25 kHz の VDE は 2 パターン)

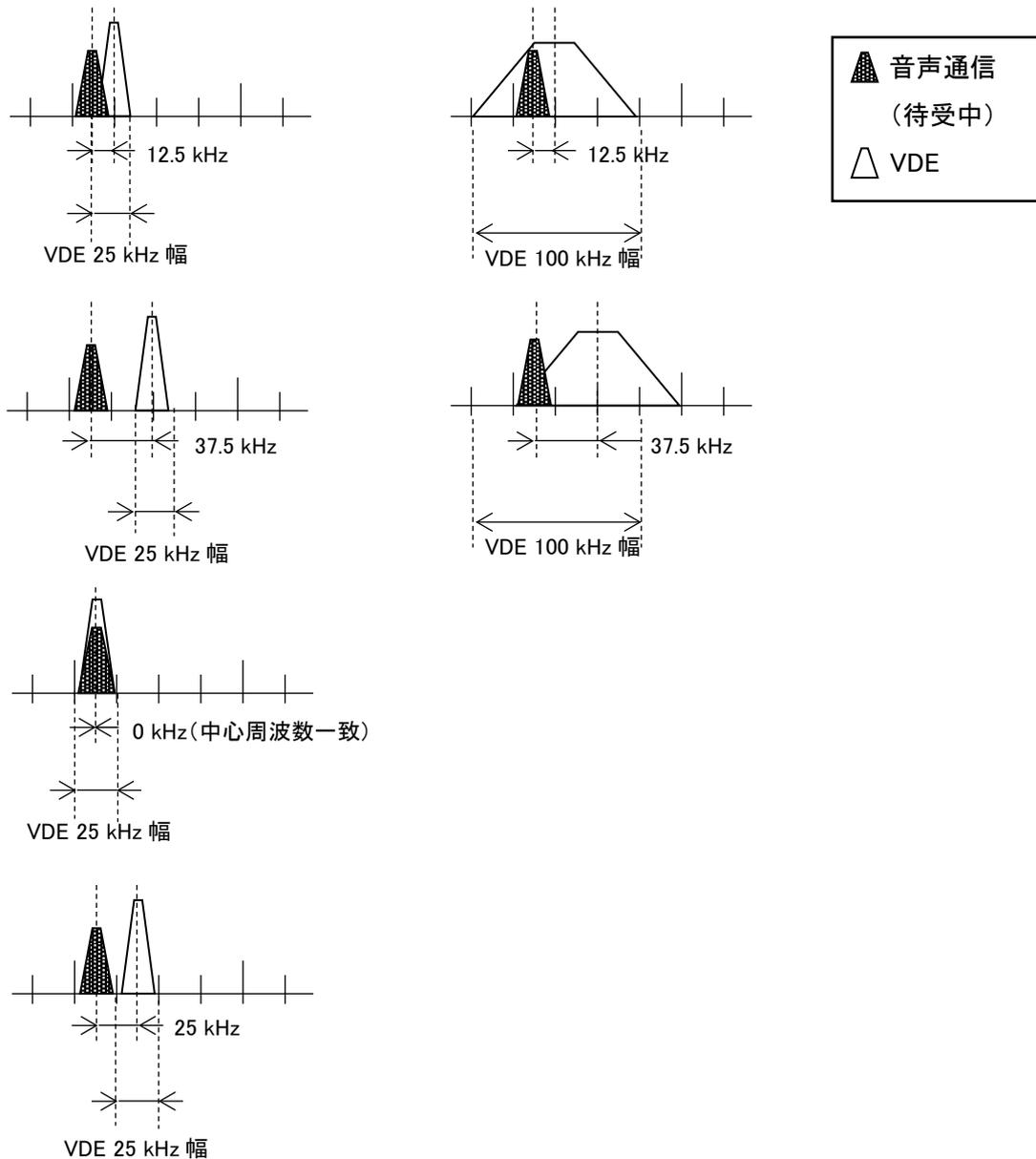


図 5.1-7 スケルチオープン測定検討条件模式図(帯域幅 25 kHz の VDE は 4 パターン)

(3) 参照規格

妨害波として出力する VDE 側の送信規格を抜粋したものを表 5.1-6 にまとめる。

表 5.1-6 VDE の送信規格

参照規格	ITU-R 勧告 M.2092-0	
周波数偏差	3 ppm	
変調スペクトラム 25 kHz チャンネル	0 dBc	$ \Delta f_c  < 12.5 \text{ kHz}$
	-25 dBc	$12.5 \text{ kHz} <  \Delta f_c  < 25 \text{ kHz}$
	-60 dBc	$25 \text{ kHz} <  \Delta f_c  < 75 \text{ kHz}$
変調スペクトラム 100 kHz チャンネル	0 dBc	$ \Delta f_c  < 50 \text{ kHz}$
	-25 dBc	$50 \text{ kHz} <  \Delta f_c  < 100 \text{ kHz}$
	-60 dBc	$100 \text{ kHz} <  \Delta f_c  < 150 \text{ kHz}$

妨害波を受ける音声通信で使用する国際 VHF 海上無線設備(以下「国際 VHF 無線電話装置」という。)側については、無線設備規則及び ETSI の受信規格を抜粋したものを表 5.1-7 にまとめる。同一チャンネル除去比については無線設備規則に記載がないため、目安として ETSI の規格値を抜粋した。

表 5.1-7 国際 VHF 無線電話装置の規格(抜粋)

参照規格	① 無線設備規則 ② ETSI EN 301 925 V1.4.1
感度	① 2 $\mu$ V 以下 (20 dB NQ 法) 標準変調、20 dB $\mu$ V 入力時に低周波出力を定格に合わせる。
	② 6 dB $\mu$ V 以下 (20 dB SINAD) 標準変調において、低周波出力を定格の 50%とする。
同一チャンネル除去比	② -10 ~ 0 dB(感度比) 妨害波レベルを上げ、SINAD が 20→14 dB となる時の感度との差。
隣接チャンネル選択度 (①は感度抑圧規定)	① 10 mV 以上 希望波感度+6 dB、無変調、妨害波は±25 kHz、無変調で 20 dB NQ になる時の出力レベル。
	② 70 dB 以上 妨害波レベルを上げ、SINAD が 20→14 dB となる時の感度との差。

#### (4) 妨害波

使用する妨害波を以下に示す。

FM(変調状態) : 400 Hz の周波数で±3.0 kHz の周波数偏移

$\pi/4$ QPSK(25/100 kHz) : PN15 系列¹を使用した変調状態

8PSK(25/100 kHz) : PN15 系列を使用した変調状態

16QAM(25/100 kHz) : PN15 系列を使用した変調状態

#### 5.1.2.3. 机上検討手順

##### 5.1.2.3.1. 使用機器

机上検討に用いる機器を表 5.1-8 に示す。

表 5.1-8 使用機器一覧

機器	形名	メーカー	備考
標準信号発生器 1	8642A	アジレント・テクノロジー	希望波
標準信号発生器 2	MG3710A	アンリツ	妨害波
整合器	Z164A	アンリツ	
レベル計	MT2605	アンリツ	コミュニケーションアナライザ
スペクトラム・アナライザ	FSW8	ローデ&シュワルツ	動作・レベル確認

¹ 15 bit の擬似ランダム雑音(Pseudorandom Noise)系列。試験用の信号生成に使用。

### 5.1.2.3.2. 装置の基本的な受信特性の確認

机上検討で用いる装置の基本的な受信特性が規格値内であることを確認するため、(1)感度、(2)同一チャンネル除去比及び(3)隣接チャンネル選択度(感度抑圧効果)を測定した。

測定手順は表 5.1-7 の①に関しては「無線機器型式検定に係る試験手順書」の「デジタル選択呼出装置等による通信を行う海上移動業務の無線局の用に供する送信装置及び受信装置の機器(デジタル VHF 送受信装置)」²を、②に関しては「ETSI EN 301 925 V1.4.1」を参考とした。

#### (1) 感度

感度を以下の手順で測定した。感度の確認は 20 dB NQ 法及び 20 dB SINAD 法の 2 つにおいて実施した。試験周波数と規格値は次のとおりである。

試験周波数:	157.150 MHz, 161.750 MHz
規格値(20 dB NQ 法):	雑音抑圧を 20 dB とするために必要な受信機入力電圧が 2 $\mu$ V ( $\approx$ -107 dBm) 以下
規格値(20 dB SINAD 法):	SINAD が 20 dB となる受信機入力電圧が 6 dB $\mu$ V ( $\approx$ -107 dBm) 以下

信号発生器と受信機は下図のように結線する。

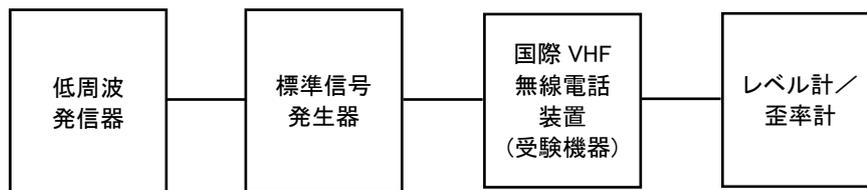


図 5.1-8 感度測定のための試験系統図

#### (ア) 20 dB NQ 法

1. 受験機器(国際 VHF 無線電話装置)を試験周波数において動作させた状態(以下「試験動作状態」という。)におく。
2. 標準信号発生器の周波数を試験周波数に設定し、標準変調状態(1,000 Hz の正弦波により、周波数変移が許容値の 70%となる変調入力)とする。
3. この状態で、受験機器に入力電圧 20 dB  $\mu$ V の標準信号発生器出力を加えた状態で供試器の出力が規定の出力となるよう、受験機器の出力を調整する。
4. この状態で標準信号発生器の出力を断とし、受験機器の出力(雑音)レベルを測定する。
5. 標準信号発生器を無変調状態で接続し、その出力を調整して受験機器の出力(雑音)レベルが上記 4. で求めた値より 20 dB 低い値となるようにする。
6. このときの標準信号発生器の出力から受験機器の入力電圧を求める。

² [http://www.soumu.go.jp/main_content/000391588.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000391588.pdf)

(イ) 20 dB SINAD 法

1. 受験機器を試験動作状態におく。
2. 標準信号発生器の周波数を試験周波数に設定し、標準変調状態(1,000 Hz、周波数偏移  $\pm 3$  kHz)とする。
3. スピーカ出力が定格出力の 1/2 になるよう設定する。
4. この状態で受験機器の SINAD を測定する。
5. SINAD が 20 dB になるまで、標準信号発生器の出力を調整する。
6. このときの標準信号発生器の出力から受験機器の入力電圧を求める。

(2) 同一チャンネル除去比

同一チャンネル除去比を以下の手順で測定した。試験周波数と規格値は次のとおりである。

試験周波数: 157.150 MHz, 161.750 MHz

規格値: 同一チャンネル除去比は、-10 から 0 dB の間であること

信号発生器と受信機は下図のように結線する。

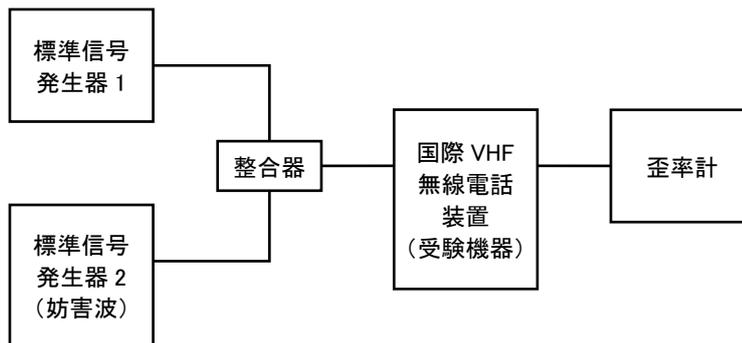


図 5.1-9 同一チャンネル除去比測定のための試験系統図

1. 受験機器を試験動作状態におく。
2. 標準信号発生器 2(妨害波) の出力を断とし、標準信号発生器 1(希望波) の周波数を試験周波数に設定し、標準変調状態(1,000 Hz, 周波数偏移  $\pm 3$  kHz)とする。
3. 標準信号発生器 1 の出力電圧を感度測定値に合わせる。
4. 標準信号発生器 2 の周波数を試験周波数に設定し、FM 変調にて 400 Hz の周波数で  $\pm 3.0$  kHz の周波数偏移に合わせて、出力電圧を低く設定する。
5. スピーカ出力が定格出力の 1/2 になるよう設定する。
6. この状態で、SINAD が 14 dB となるように標準信号発生器 2 の出力を調整する。
7. このときの標準信号発生器 2 の出力電圧を妨害波の受信機入力電圧として記録する。

### (3) 隣接チャンネル選択度(感度抑圧効果)

隣接チャンネル選択度(感度抑圧効果)を以下の手順で測定した。試験周波数と規格値は次のとおりである。

試験周波数(25 kHz 離れ): 157.150 MHz と 157.125 MHz  
161.750 MHz と 161.725 MHz  
規格値(感度抑圧効果): 雑音抑圧が 20 dB となるときの妨害波入力電圧が 10 mV  
( $\approx -33$  dBm)以上

規格値(隣接チャンネル選択度): 隣接チャンネル選択度は、70 dB 以上であること  
信号発生器と受信機は同一チャンネル除去比と同様に結線する。

#### (ア) 感度抑圧効果

1. 受験機器を試験動作状態におく。
2. 標準信号発生器 2 の出力を断とし、標準信号発生器 1 の周波数を試験周波数に設定し感度を測定する。
3. 標準信号発生器 1 を受験機器の感度測定値より 6 dB 高く設定する。
4. この状態で標準信号発生器 2 を試験周波数より 25 kHz 高い周波数に設定する。
5. 次に標準信号発生器 2 の出力を変化して雑音抑圧 20 dB となるようにする。このときの標準信号発生器 2 の出力電圧を妨害波の受信機入力電圧とする。
6. 標準信号発生器 2 の周波数より 25 kHz 低い周波数に設定し、上記と同様に求める。

#### (イ) 隣接チャンネル選択度

1. 受験機器を試験動作状態におく。
2. 標準信号発生器 2 の出力を断とし、標準信号発生器 1 の周波数を試験周波数に設定し、標準変調状態(1,000 Hz, 周波数偏移 $\pm 3$  kHz)とする。
3. 標準信号発生器 1 の出力電圧を感度測定値に合わせる。
4. 標準信号発生器 2 の周波数を上側の試験周波数に設定し、FM 変調にて 400 Hz の周波数で $\pm 3.0$  kHz の周波数偏移に合わせ、出力電圧を低く設定する。
5. スピーカ出力が定格出力の 1/2 になるよう設定する。
6. この状態で、SINAD が 14 dB となるように標準信号発生器 2 の出力を調整する。
7. このときの標準信号発生器 2 の出力電圧と標準信号発生器 1 の出力電圧との比を記録する。
8. 標準信号発生器 2 の周波数を下側の試験周波数に設定し、4 から 6 を繰り返して記録する。

### 5.1.2.3.3. データ取得

本机上検討では希望波の受信レベルを基準感度+30 dB とした。これは、音声通信である現行 FM システムの周波数共用について記載されている「平成 10 年度電気通信技術審議会答申諮問 94 号」で用いられている値を参照したものである。この値は陸上局の検討で用いられた値であるが、海上通信において現行 FM システムとデジタルデータ通信間における干渉の共用検討は初めての実施であるため、まずは前例のある検討法を参照することとした。

また、机上検討は測定器を用いた測定環境のため静特性のデータであるが、一方のフィールド評価は動的なデータを取得するため、様々な干渉を受け、測定環境条件によって実測値との比較が非常に難しい。このことから、現行 FM システムとの干渉検討について、フェージング環境下における影響がおよばない、静特性との比較ができる値として基準感度+30 dB を用いている。

机上検討のデータ取得は以下の手順で行った。

#### (1) 同一チャネル干渉検討

DU 比を以下の手順で取得した。試験周波数は次のとおりである。

試験周波数(12.5 kHz 離れ): 157.1625 MHz と 157.150 MHz  
161.7625 MHz と 161.750 MHz  
試験周波数(同一): 157.150 MHz  
161.750 MHz

信号発生器と受信機は同一チャネル除去比と同様に結線する。

#### (ア) DU 比

1. 標準信号発生器 1 の出力を基準感度+30 dB (36 dB  $\mu$ V  $\approx$  -77 dBm) に設定する。標準信号発生器 1 はアナログ FM にて標準変調状態とする。
2. 標準信号発生器 2 を  $\pi/4$ QPSK 変調 PN15 符号とし、標準信号発生器 1 と同一周波数に設定する。
3. 標準信号発生器 2 を SINAD が 14 dB となるように標準信号発生器 2 の出力を調整し、その値を記録する。
4. 標準信号発生器 1 と標準信号発生器 2 の値から DU 比を算出する。以下の組み合わせで測定する。
5. 帯域幅を変更し、同様の測定を実施する。
6. 変調方式を変更し、同様の測定を実施する。

#### (2) 隣接チャネル干渉検討

以下の測定手順で、(ア)離隔周波数及び(イ)DU 比を実施した。信号発生器と受信機は同一チャネル除去比と同様に結線する。

なお、(イ)の DU 比取得の際の試験周波数は、次のとおりである。

- 試験周波数(37.5 kHz 離れ): 157.1625 MHz と 157.125 MHz  
161.7625 MHz と 161.725 MHz
- 試験周波数(62.5 kHz 離れ): 157.1625 MHz と 157.100 MHz  
161.7625 MHz と 161.700 MHz
- 試験周波数(25 kHz 離れ): 157.150 MHz と 157.125 MHz  
161.750 MHz と 161.725 MHz

(ア) 離隔周波数

1. 標準信号発生器 2 の出力を断とし、標準信号発生器 1 を基準感度 +30 dB (36 dB  $\mu$ V  $\div$  -77 dBm) に設定する。標準信号発生器 1 はアナログ FM にて標準変調状態とする。
2. 標準信号発生器 2 の周波数を上側の試験周波数に設定する。
3. 標準信号発生器 2 を  $\pi/4$ QPSK 変調に設定し、出力電圧を低く設定する。
4. 予め、スピーカ出力が定格出力の 1/2 になるよう設定しておく。
5. 標準信号発生器 2 を 1 項の標準信号発生器 1 より +40 dB に設定する。
6. この状態で、SINAD が 14 dB となるまで標準信号発生器 2 の周波数を調整する。
7. このときの標準信号発生器 2 の出力電圧と標準信号発生器 1 の出力電圧との比を記録する。
8. 標準信号発生器 2 の周波数を下側の試験周波数に設定し、3 から 6 を繰り返して記録する。
9. 帯域幅を変更し、同様の測定を実施する。
10. 変調方式を変更し、同様の測定を実施する。

(イ) DU 比

1. 標準信号発生器 2 の出力を断とし、標準信号発生器 1 を基準感度 +30 dB (36 dB  $\mu$ V  $\div$  -77 dBm) に設定する。標準信号発生器 1 はアナログ FM にて標準変調状態とする。
2. 標準信号発生器 2 の周波数を上側の試験周波数に設定する。
3. 標準信号発生器 2 を  $\pi/4$ QPSK 変調に設定し、出力電圧を低く設定する。
4. 予め、スピーカ出力が定格出力の 1/2 になるよう設定しておく。
5. この状態で、SINAD が 14 dB となるように標準信号発生器 2 の出力を調整する。
6. このときの標準信号発生器 2 の出力電圧と標準信号発生器 1 の出力電圧との比を記録する。
7. 標準信号発生器 2 の周波数を下側の試験周波数に設定し、3 から 5 を繰り返して記録する。
8. 帯域幅を変更し、同様の測定を実施する。
9. 変調方式を変更し、同様の測定を実施する。

### (3) スケルチオープン測定検討

スケルチオープン電力と可聴の有無を以下の手順で取得した。試験周波数は次のとおりである。

試験周波数(12.5 kHz 離れ):	157.1625 MHz と 157.150 MHz 161.7625 MHz と 161.750 MHz
試験周波数(37.5 kHz 離れ):	157.1625 MHz と 157.125 MHz 161.7625 MHz と 161.725 MHz
試験周波数(同一):	157.1625 MHz 161.7625 MHz
試験周波数(25 kHz 離れ):	157.150 MHz と 157.125 MHz 161.750 MHz と 161.725 MHz

信号発生器と受信機は下図のように結線する。



図 5.1-10 スケルチオープン測定検討のための試験系統図

#### (ア) スケルチオープン電力と可聴の有無

1. 標準信号発生器の出力を  $6 \text{ dB } \mu\text{V}$  に設定する。
2. 標準信号発生器を  $\pi/4\text{QPSK}$  変調 PN15 符号とする。
3. 入力電圧を  $20 \text{ dB}$  下げスケルチを閉じる。徐々に電圧を上げ、スケルチが開いたときの数値を記録する。
4. 雑音として聞こえるか確認する。
5. 帯域幅を変更し、同様の測定を実施する。
6. 変調方式を変更し、同様の測定を実施する。

#### 5.1.2.3.4. 離隔距離の算出

測定及び検討結果から以下の計算式を用いて離隔距離( $d$ )を算出した。

近似式 1:

2 波モデルにおいて大地の反射係数 1、位相遅れ  $180^\circ$  とした場合は式(1)及び式(2)を用いる。

$$E = 2E_0 \sin\left(\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right) \text{ [V/m]} \quad (1)$$

$$E = E_0 + 20 \log_{10}\left(\left|\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right|\right) \text{ [dB } \mu\text{V/m]} \quad (2)$$

ここで  $h_1$ 、 $h_2$  はそれぞれ送信アンテナ高[m]と受信アンテナ高[m]、 $\lambda$  は波長[m]、 $d$  は距離[m]、 $E_0$  は自由空間の電界強度[V/m]である。

近似式 2:

送受信点が十分に離れており、且つアンテナ高が低い場合に、式(3)の範囲では式(4)を用いる。

$$\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} < 0.5 \quad (3)$$

$$E = 88 h_1 h_2 \frac{\sqrt{G_a P_t}}{\lambda d^2} \quad (4)$$

ここで、 $G_a$ は相対利得(真値)、 $P_t$ は送信電力[W]である。

近似式 3:

ここで近似式 1 及び 2 は、大地(海水)の影響が詳細に考慮されておらず、電波の見通し外における近似ができない。そこで、ITU-R 勧告 P.526-13(付録 6 参照)によるモデルを用い、海水の特性(導電率  $\sigma = 4$  [S/m]、比誘電率  $\epsilon_r = 80$ )を考慮した近似を行った。また、地球半径  $a = 6,371.25$  [km]とし、標準大気(4/3 倍)における等価地球半径  $a_e = 8,495$  [km]として計算する。

式(5)を満たすような遠距離域では式(6)を用いる。

$$0 < h < 0.6 R_1 \quad (5)$$

$$E = E_0 + \left(1 - \frac{5}{3} \frac{h}{R_1}\right) A_h \quad (6)$$

ここで  $A_h$  は、見通し距離における減衰とアンテナ高による利得の和 [dB]であり、式(7)で表される(近似式 4 参照)。 $R_1$ は第 1 フレネルゾーン半径[m]であり、式(8)で表される。 $h$ は見通し線の最低地上高[m]であり、式(9)で表される。

$$A_h = F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \quad (7)$$

$$R_1 = \sqrt{\frac{d_1 d_2 \lambda}{d}} \quad (8)$$

$$h = (h_1 + a_e)(h_2 + a_e) \sin \frac{\theta_1 + \theta_2}{[(h_1 + a_e) \sin \theta_1 + (h_2 + a_e) \sin \theta_2]} - a_e \quad (9)$$

ここで、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$  [rad]及び  $d_1$ 、 $d_2$  [m]は式(10)から式(16)で表される。

$$\theta_1 = \frac{d_1}{a_e} \quad (10)$$

$$\theta_2 = \frac{d_2}{a_e} \quad (11)$$

$$d_1 = \frac{d(1-b)}{2} \quad (12)$$

$$d_2 = d - d_1 \quad (13)$$

$$b = 2 \sqrt{\frac{(m+1)}{3m}} \cos \left( \frac{\pi}{3} + \frac{1}{3} \cos^{-1} \left( \frac{3c}{2} \sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}} \right) \right) \quad (14)$$

$$c = \frac{|h_1 - h_2|}{(h_1 + h_2)} \quad (15)$$

$$m = \frac{d^2}{4a_e(h_1 + h_2)} \quad (16)$$

近似式 4:

$$E = E_0 + F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \quad (17)$$

$F(X)$ は距離による減衰 [dB]、 $G(Y_1)$ 、 $G(Y_2)$ はそれぞれ、送信アンテナ高による利得 [dB]と受信アンテナ高による利得 [dB]であり、式(18)から式(25)で表される。

$$F(X) = 11 + 10 \log_{10} X - 17.6X \quad (18)$$

$$G(Y) = 2 + 20 \log_{10} K + 9 \log_{10} \left( \frac{Y}{K} \right) \left[ \log_{10} \left( \frac{Y}{K} \right) + 1 \right] \quad (19)$$

$$X = \beta \left( \frac{\pi}{\lambda a_e^2} \right)^{\frac{1}{3}} d \quad (20)$$

$$Y = 2\beta \left( \frac{\pi^2}{\lambda^2 a_e} \right)^{\frac{1}{3}} h \quad (21)$$

$$\beta = \frac{1 - 1.6K^2 + 0.75K^4}{1 + 4.5K^2 + 1.35K^4} \quad (22)$$

$$K = K_v \quad (23)$$

$$K_v = K_H [\varepsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

$$K_H = \left( \frac{2\pi a_e}{\lambda} \right)^{-\frac{1}{3}} [(\varepsilon - 1)^2 + (60\lambda\sigma)^2]^{-\frac{1}{4}} \quad (25)$$

受信機入力電圧への換算は、使用周波数及び使用アンテナを考慮し、下記の変換ロス[dB]を加える。

アンテナ実効長:  $20 \log_{10}(\lambda/\pi)$

インピーダンス変換:  $10 \log_{10}(50 \Omega/73 \Omega)$

実証試験においては、さらに給電線損失等実地におけるパラメータを加えて計算することとなる。

#### 5.1.2.4. 机上検討結果

妨害波となる VDE の送信出力が 25 W の机上検討結果の一覧を表 5.1-9 に示す。

海岸局の最大送信出力は 50 W であるため、その場合の机上検討結果の一覧を表 5.1-10 に示す。なお、海岸局の送信周波数は 160 MHz 帯であるため、表 5.1-10 の結果は 160 MHz 帯のみ検討している。

同一チャンネル干渉検討と隣接チャンネル干渉検討の結果は、共用可能な DU 比及び離隔距離となる。スケルチオープン測定検討の結果は、オープン電力、可聴の有無及び離隔距離となる。なお、VDE の送信出力が 25 W の結果と 50 W の結果では離隔距離は異なる値となるが、受信機の共用条件である DU 比は同じ値となる(受信機入力電力は変わらないため)。

表 5.1-9 机上検討結果の一覧(VDE の送信出力 25 W)

	25 kHz		100 kHz
	パターン A(※1)	パターン B(※2)	
同一チャンネル干渉検討	結果 1-1(表 5.1-11)		
隣接チャンネル干渉検討	結果 1-2(表 5.1-14)		
スケルチオープン 測定検討	結果 1-3(表 5.1-15、表 5.1-16、表 5.1-17、表 5.1-18)		

※1 パターン A は音声通信と VDE の中心周波数が 12.5 kHz 離れ(図 5.1-5、図 5.1-6 参照)

※2 パターン B は音声通信と VDE の中心周波数が一致(図 5.1-5、図 5.1-6 参照)

表 5.1-10 机上検討結果の一覧(VDE の送信出力 50 W)

	25 kHz		100 kHz
	パターン A	パターン B	
同一チャンネル干渉検討	結果 2-1(表 5.1-19)		
隣接チャンネル干渉検討	結果 2-2(表 5.1-20)		
スケルチオープン 測定検討	結果 2-3(表 5.1-21、表 5.1-22、表 5.1-23、表 5.1-24)		

各表中の結果を以下に示す。

結果 1-1 (同一チャンネル干渉検討)

DU 比及び離隔距離を表 5.1-11 に示す。

表 5.1-11 DU 比と離隔距離(同一チャンネル干渉検討、VDE の送信出力 25 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK			8PSK			16QAM		
		25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz
		A(※)	B(※)		A	B		A	B	
157.150	DU 比 [dB]	-0.5	3.5	-1.3	-0.5	3.4	-1.4	-0.7	3.6	-1.9
	離隔距離 [km]	8.82	11.97	8.3	8.82	11.88	8.24	8.69	12.6	7.93
161.750	DU 比 [dB]	-0.7	3.2	-1.5	-0.7	3.4	-1.3	-0.8	3.4	-1.1
	離隔距離 [km]	8.56	11.51	8.05	8.56	11.69	8.18	8.50	11.69	8.30

※ A はパターン A、B はパターン B を表す。

結果 1-2 (隣接チャネル干渉検討)

離隔周波数は表 5.1-12 となる。

表 5.1-12 離隔周波数(VDE の送信出力 25 W)

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
157.150	離隔周波数 [kHz]	20.5	56.0	20.5	56.2	20.3	56.0
161.750	離隔周波数 [kHz]	20.9	56.8	20.9	56.8	21.0	56.8

表 5.1-12 より、国際 VHF のチャネル配置に合わせて、離隔周波数を表すと表 5.1-13 のとおりとなる。

表 5.1-13 国際 VHF のチャネル配置に合わせた離隔周波数(VDE の送信出力 25 W)

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK			8PSK			16QAM		
		25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz
		A	B		A	B		A	B	
157.150	離隔周波数 [kHz]	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5
161.750	離隔周波数 [kHz]	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5

DU 比及び離隔距離を表 5.1-14 に示す。

表 5.1-14 DU 比と離隔距離(隣接チャネル干渉検討、VDE の送信出力 25 W)

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK			8PSK			16QAM		
		25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz
		A	B		A	B		A	B	
	離隔周波数 [kHz]	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5
157.125	DU 比 [dB]	62.1	56.9	59.6	62.1	56.8	59.2	61.2	55.7	58.5
	離隔距離 [km]	0.28	0.37	0.33	0.28	0.37	0.33	0.30	0.21	0.34
161.725	DU 比 [dB]	64.3	57.2	58.0	64.3	57.2	58.2	66.4	56.0	57.0
	離隔距離 [km]	0.24	0.36	0.35	0.24	0.36	0.35	0.21	0.39	0.37

結果 1-3 (スケルチオープン測定検討)

スケルチが開いたときの測定値(オープン電力)から、耳障りな音の有無(可聴)と離隔距離を求めた結果を、表 5.1-15、表 5.1-16、表 5.1-17 及び表 5.1-18 に示す。

スケルチオープン測定検討の中心周波数差は、12.5 kHz 離れ、37.5 kHz 離れ、0 kHz 離れ(中心周波数一致)及び 25 kHz 離れとした。なお、0 kHz 離れと 25 kHz 離れについては、音声通信と 100 kHz 幅の VDE の中心周波数の差の条件としては存在しないため検討対象外となる(図 5.1-7 参照)。

表 5.1-15 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(12.5 kHz 離れ、VDE の送信出力 25 W)

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
157.150	オープン電力 [dBm]	-108	—	-108	—	-105	—
	可聴	有	無	有	無	有	無
	離隔距離 [km]	52.75	—	52.75	—	47.59	—
161.750	オープン電力 [dBm]	-107	—	-106	—	-105	—
	可聴	有	無	有	無	有	無
	離隔距離 [km]	50.30	—	48.60	—	46.89	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

表 5.1-16 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(37.5 kHz 離れ、VDE の送信出力 25 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
157.125	オープン電力 [dBm]	—	—	—	—	—	—
	可聴	無	無	無	無	無	無
	離隔距離 [km]	—	—	—	—	—	—
161.725	オープン電力 [dBm]	—	—	—	—	—	—
	可聴	無	無	無	無	無	無
	離隔距離 [km]	—	—	—	—	—	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

表 5.1-17 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(0 kHz 離れ、VDE の送信出力 25 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		25 kHz	25 kHz	25 kHz
157.150	オープン電力 [dBm]	-59	—	—
	可聴	有	無	無
	離隔距離 [km]	2.54	—	—
161.750	オープン電力 [dBm]	-58	—	—
	可聴	有	無	無
	離隔距離 [km]	2.37	—	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

表 5.1-18 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(25 kHz 離れ、VDE の送信出力 25 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		25 kHz	25 kHz	25 kHz
157.125	オープン電力 [dBm]	-49	-13	—
	可聴	有	有	無
	離隔距離 [km]	0.35	0.25	—
161.725	オープン電力 [dBm]	-49	-13	—
	可聴	有	有	無
	離隔距離 [km]	0.35	0.25	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

結果 2-1 (同一チャネル干渉検討)

DU 比及び離隔距離を表 5.1-19 に示す。

表 5.1-19 DU 比と離隔距離(同一チャネル干渉検討、VDE の送信出力 50 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK			8PSK			16QAM		
		25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz
		A	B		A	B		A	B	
161.750	DU 比 [dB]	-0.7	3.2	-1.5	-0.7	3.4	-1.3	-0.8	3.4	-1.1
	離隔距離 [km]	10.76	14.43	10.13	10.76	14.65	10.28	10.68	14.65	10.44

結果 2-2 (隣接チャネル干渉検討)

DU 比及び離隔距離を表 5.1-20 に示す。

表 5.1-20 DU 比と離隔距離(隣接チャネル干渉検討、VDE の送信出力 50 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK			8PSK			16QAM		
		25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz	25 kHz		100 kHz
		A	B		A	B		A	B	
	離隔周波数 [kHz]	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5
161.725	DU 比 [dB]	64.3	57.2	58.0	64.3	57.2	58.2	66.4	56.0	57.0
	離隔距離 [km]	0.30	0.41	0.40	0.30	0.41	0.39	0.26	0.43	0.41

結果 2-3 (スケルチオープン測定検討)

スケルチが開いたときの測定値(オープン電力)から、耳障りな音の有無(可聴)と離隔距離を求めた結果を、表 5.1-21、表 5.1-22、表 5.1-23 及び表 5.1-24 に示す。

表 5.1-21 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(12.5 kHz 離れ、VDE の送信出力 50 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
161.750	オープン電力 [dBm]	-107	—	-106	—	-105	—
	可聴	有	無	有	無	有	無
	離隔距離 [km]	55.56	—	53.70	—	52.00	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

表 5.1-22 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(37.5 kHz 離れ、VDE の送信出力 50 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
161.750	オープン電力 [dBm]	—	—	—	—	—	—
	可聴	無	無	無	無	無	無
	離隔距離 [km]	—	—	—	—	—	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

表 5.1-23 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(0 kHz 離れ、VDE の送信出力 50 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		25 kHz	25 kHz	25 kHz
161.750	オープン電力 [dBm]	-58	—	—
	可聴	有	無	無
	離隔距離 [km]	2.87	—	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

表 5.1-24 スケルチオープン電力と可聴、離隔距離(25 kHz 離れ、VDE の送信出力 50 W)

測定 周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
		25 kHz	25 kHz	25 kHz
161.725	オープン電力 [dBm]	-49	-13	—
	可聴	有	有	無
	離隔距離 [km]	0.40	0.30	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

### 5.1.2.5. 机上検討の一般性確認

机上検討の一般性確認として、数値計算による結果との比較を行った。机上検討と数値計算の結果を比較し同様の傾向が示される場合、机上検討の結果を一般的な特性とみなすことができる。比較対象の結果は、同一チャネル干渉検討の結果(DU比、離隔距離)及び隣接チャネル干渉検討の結果(離隔周波数)とした。

#### 5.1.2.5.1. 数値計算

周波数共用条件となるDU比、及び離隔周波数の一部の値については、情報通信技術分科会報告で公表された値を引用することとした。引用した値を表5.1-25、表5.1-26に示す。

表 5.1-25 同一チャネル周波数共用条件のDU比 [dB]³

		妨害波	
		$\pi/4$ QPSK	16QAM
希望波		25 kHz	25 kHz
	FM	25 kHz	3

(ここでのDU比は希望波レベルを基準感度+30 dBとし、妨害波信号レベルを可変して12 dB SINADとなるDU比を求めたものである。)

表 5.1-26 周波数共用条件の離隔周波数 [kHz]⁴

		妨害波	
		$\pi/4$ QPSK	16QAM
希望波		25 kHz	25 kHz
	FM	25 kHz	23.81

(ここでの離隔周波数は希望波レベルを基準感度+30 dBとし、妨害波信号レベルをDU比=-40 dBに設定して12 dB SINADとなる中心周波数差を求めたものである。)

ここで、表5.1-25、表5.1-26で引用した値(DU比、離隔周波数)は、12 dB SINADとなる値であるが、机上検討では、同一チャネル干渉除去比について、無線設備規則に明確な基準がないため、表5.1-7のとおりETSI EN 301 925の規格の値である14 dB SINADを判定基準とすることとした。なお、図5.1-11に示すとおり(図5.1-11は現行FMシステムのC/No(搬送波雑音電力密度比)対SINADの関係を表したグラフであり、受信機のノイズに対する音声出力の明瞭度を表したものである。Wide(緑線)が25 kHz帯幅の特性を示しており、Wide(緑線)が12 dB SINAD(赤線)及び14 dB SINAD(青線)となる場合のC/Noはほぼ同等である。)、現行FMシステムの受信機のノイズに対する音声出力の明瞭度が12 dB SINADと14 dB SINADで変わらないことから大きな影響はないと判断できる。

³ 表 5.1-25 同一チャネル周波数共用条件のDU比 [dB]は、以下資料から引用。

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【情報通信技術分科会諮問第2009号(平成14年9月30日)】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成20年3月26日』

⁴ 表 5.1-26 周波数共用条件の離隔周波数 [kHz]も表 5.1-25 同一チャネル周波数共用条件のDU比 [dB]と同様の資料から引用

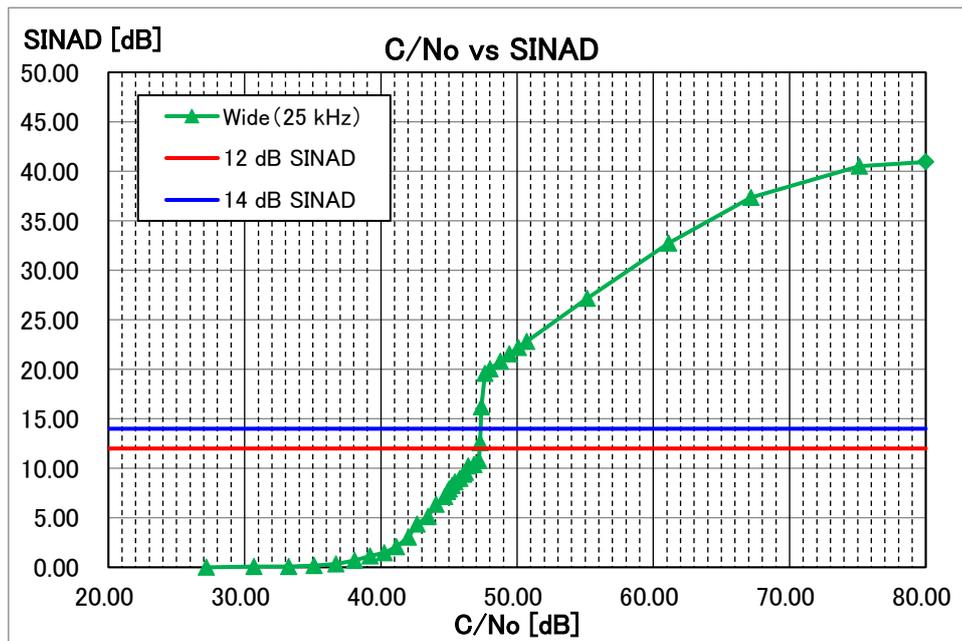


図 5.1-11 現行 FM システムの C/No(搬送波雑音電力密度比)対 SINAD の関係

また、表 5.1-25、表 5.1-26 のとおり、本調査検討で使用する帯域は 25 kHz であるが、引用元の資料の FM の帯域は 20 kHz である。一方で、20 kHz と 25 kHz の占有周波数帯域幅は 16 kHz で同じであることから、20 kHz の場合の DU 比を 25 kHz の場合の DU 比と読み替えても支障ないと判断して、読み替えた数値で数値計算を行うものとした。

変調方式 8PSK 及び帯域幅 100 kHz での DU 比及び離隔周波数については、引用比較する値がないため、以下のように扱うこととした。なお、数値計算に用いた検討機器のパラメータは表 5.1-27 とした。離隔距離の算出に用いたパラメータは表 5.1-28 とした。

(1) 変調方式 8PSK

VDE における  $\pi/4$ QPSK、8PSK、16QAM は、シンボルレート及びロールオフ率を全て同じとしている。即ち、図 5.1-12 の  $\pi/4$ QPSK 及び 8PSK のスペクトラム比較より、妨害波(デジタル)としては何れも近いスペクトラムであり、DU 比及び離隔周波数も同一の特性となるため、8PSK は  $\pi/4$ QPSK と同様の値を使用することとした。

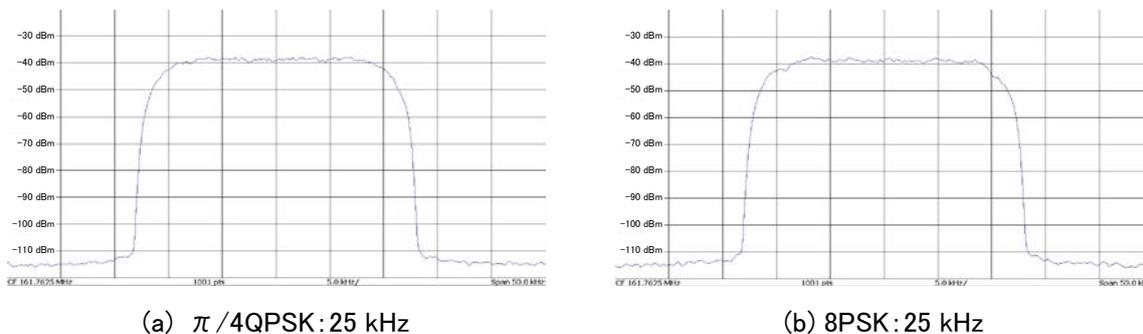


図 5.1-12 スペクトラム比較

(2) 帯域幅 100 kHz

100 kHz の帯域幅は、使用帯域が 25 kHz から 100 kHz へ 4 倍に広がるが、同じ出力であるため電力換算にて 1/4(6 dB) 下がる。FM 受信機側の所要 C/N は変わらないため、DU 比は 6 dB 分下がった値を使用することとした。離隔周波数はロールオフ率 0.3(ITU-R 勧告 M.2092-0 参照)を用いて算出した。

表 5.1-27 検討機器のパラメータ

変調方式	FM
チャンネル間隔	25 kHz
送信占有周波数帯幅	16 kHz
情報帯域	0.3 -3.0 kHz
等価受信帯域幅	16 kHz
雑音	-18.8 dB $\mu$ V
SINAD	20 dB
NF	8.0 dB
機器マージン	6.0 dB
受信感度	6.0 dB $\mu$ V
基準感度	6.0 dB $\mu$ V

表 5.1-28 離隔距離の算出に用いたパラメータ

送信アンテナ高(妨害波側)	2 m
受信アンテナ高	30 m (海岸局及び仮想船舶局ともに同じ高さとして算出)
送信側出力	25 W

5.1.2.5.2. 数値計算結果

同一チャンネル周波数共用条件の DU 比を表 5.1-29 に、隣接チャンネル共用条件の離隔周波数を表 5.1-30にまとめる。表 5.1-29の DU 比及び DU 比を用いて求めた離隔距離を机上検討結果と比較する。表 5.1-30 の離隔周波数はそのまま比較する。

表 5.1-29 同一チャンネル周波数共用条件の DU 比 [dB]

妨害波 \ 希望波		$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
FM	25 kHz	3	-3	3	-3	3	-3

※赤枠は表 5.1-25 で引用した値

表 5.1-30 隣接チャンネル共用条件の離隔周波数 [kHz]

妨害波 \ 希望波		$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
FM	25 kHz	23.81	55.3	23.81	55.3	24.21	55.3

※赤枠は表 5.1-26 で引用した値

### 5.1.2.5.3. 机上検討結果との比較

#### (1) 数値計算結果と机上検討結果の比較

同一チャンネル干渉検討の結果(DU 比、離隔距離)及び隣接チャンネル干渉検討の結果(離隔周波数)を比較した。

#### (ア) 同一チャンネル干渉検討結果(DU 比、離隔距離)の比較

数値計算の結果を表 5.1-31 に示す。離隔距離を求めるための計算式は ITU-R 勧告 P.526-13 を参照した。

**表 5.1-31 数値計算結果の DU 比と離隔距離(同一チャンネル干渉検討、VDE の送信出力 25 W)**

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
157.150	DU 比 [dB]	3	-3	3	-3	3	-3
	離隔距離 [km]	11.52	7.30	11.52	7.30	11.52	7.30
161.750	DU 比 [dB]	3	-3	3	-3	3	-3
	離隔距離 [km]	11.33	7.22	11.33	7.22	11.33	7.22

基準感度 +30 dB - DU 比における離隔距離算出

机上検討の結果を表 5.1-32 に示す。比較のため、VDE の中心周波数は帯域幅(25 kHz と 100 kHz)に依らず音声通信と同一としている。

**表 5.1-32 机上検討結果の DU 比と離隔距離(同一チャンネル干渉検討、VDE の送信出力 25 W)**

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
157.150	DU 比 [dB]	3.5	-1.8	3.4	-1.9	3.6	-1.9
	離隔距離 [km]	11.97	7.99	11.88	7.93	12.60	7.93
161.750	DU 比 [dB]	3.2	-1.9	3.4	-1.9	3.4	-1.9
	離隔距離 [km]	11.51	7.82	11.69	7.82	11.69	7.82

表 5.1-31 の数値計算結果、及び表 5.1-32 の机上検討結果において、どちらも DU 比は 25 kHz と 100 kHz の差が約 6 dB 程度であり、離隔距離も近い値を示しており、同様の傾向であることから、測定器の特性は、表 5.1-8 の測定器に依存した結果ではなく、一般的な特性とみなすことができる。

(イ) 隣接チャネル干渉検討結果(離隔周波数)の比較

数値計算の結果を表 5.1-33 に示す。

表 5.1-33 数値計算結果の離隔周波数

項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
離隔周波数 [kHz]	23.81	55.3	23.81	55.3	24.21	55.3

(本表の値は表 5.1-30 を参照)

机上検討の結果を表 5.1-34 に示す。

表 5.1-34 机上検討結果の離隔周波数

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK		8PSK		16QAM	
		25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz	25 kHz	100 kHz
157.150	離隔周波数 [kHz]	20.5	56.0	20.5	56.2	20.3	56.0
161.750	離隔周波数 [kHz]	20.9	56.8	20.9	56.8	21.0	56.8

表 5.1-33 の数値計算結果、及び表 5.1-34 の机上検討結果が、数値的に近い値を示していること及び 25 kHz のチャンネル間隔で考えた場合には同一のチャンネルになっており、同様の傾向となることから、表 5.1-34 の結果は一般的な特性とみなすことができる。

5.1.2.5.4. 妥当性確認の結果

5.1.2.5.3. 節の結果から、数値計算の結果と机上検討の結果は同様の傾向となることが示された。よって、本調査検討会で実施した机上検討の結果は一般的な特性とみなすことができる。

5.1.3. アナログ音声通信とデジタルデータ通信の共用条件

音声通信と VDE が同一チャネルを使用する場合、机上検討で求めた離隔距離(表 5.1-11)は 8～13 km 程度であり、同一チャネルでの共用は困難であると推察される。隣接チャネルを使用する場合、机上検討で求めた離隔距離(表 5.1-14)以上を確保して運用することが望ましい。

同一チャネルでの共用が困難である以上、新たなチャンネル配置を検討する必要がある。チャンネル配置の検討は、机上検討結果をベースとして進めるため、机上検討結果の一部については海上フィールド実証試験(第 6 章)において、その妥当性を確認した。

## 5.2. 400 MHz 帯船上通信設備

### 5.2.1. 周波数共用条件検討の考え方

400 MHz 帯船上通信設備におけるデジタルシステムについては ITU-R において共用とした周波数を使うこととなっていることから、4.2.2. 節のように周波数共用の検討が必要となる。

そこで、検討方法としてはアナログシステムとデジタルシステムが同一チャンネル同時使用時及び隣接チャンネル同時使用時の環境において干渉回避可能な離隔距離を求める。これにより、アナログシステムとデジタルシステムの共用可能な条件を机上検討において求め、机上検討の妥当性確認が必要であると認められた場合には海上フィールド実証試験を実施することとした。

### 5.2.2. 机上検討

#### 5.2.2.1. チャンネル配置

本調査検討会で検討すべき 400 MHz 帯のチャンネルを表 5.2-1 に示す。

表 5.2-1 400 MHz 帯チャンネル配置

		Lower channel				Upper channel					
25 kHz channel		12.5 kHz channel		6.25 kHz channel		25 kHz channel		12.5 kHz channel		6.25 kHz channel	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
1	457.525	11	457.5250	102	457.515625	4	467.525	21	467.5250	202	467.515625
				111	457.521875					211	467.521875
				112	457.528125					212	467.528125
2	457.550	12	457.5375	121	457.534375	5	467.550	22	467.5375	221	467.534375
				122	457.540625					222	467.540625
				131	457.546875					231	467.546875
3	457.575	13	457.5500	132	457.553125	6	467.575	23	467.5500	232	467.553125
				141	457.559375					241	467.559375
				142	457.565625					242	467.565625
		14	457.5625	151	457.571875			24	467.5625	251	467.571875
				152	457.578125					252	467.578125
				161	457.584375					261	467.584375

  アナログシステム用チャンネル

  デジタルシステム用チャンネル

アナログシステムでは 25 kHz, 12.5 kHz 幅、デジタルシステムでは 12.5 kHz, 6.25 kHz 幅のチャンネルを使用し、いずれも重なっているため、共用検討が必要になる。

なお、表 3.2-1 にて説明したように、467.6 MHz, 467.6125 MHz, 467.625 MHz については、本検討の対象外とする。

#### 5.2.2.2. 干渉モデル

アナログシステムとデジタルシステムが混在する環境での想定干渉モデルを(1)船舶間、(2)陸船間、(3)同一船内の 3 つに分類し、以下に示す。

(1) 船舶間

船舶間でのアナログシステムとデジタルシステムが混在する環境を想定し、各船舶のデッキでハンディ機を使用し、お互いに見通しがある状況を最悪値として検討する。

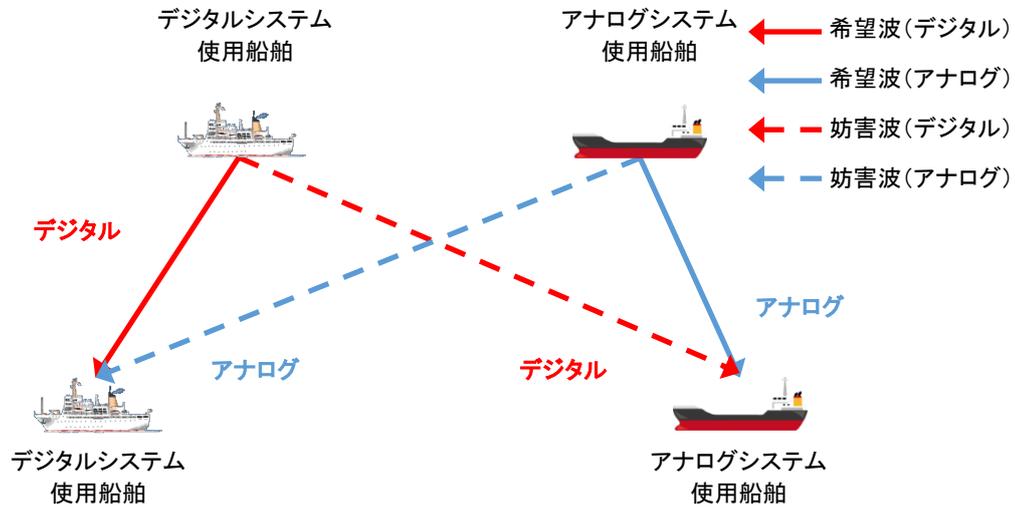


図 5.2-1 船舶間の干渉モデル想定図

(2) 陸船間

「船舶-さん橋間」でのアナログシステムとデジタルシステムが混在する環境を想定し、各船舶のデッキ及びさん橋上でハンディ機を使用し、お互いに見通しがある状況を最悪値として検討する。

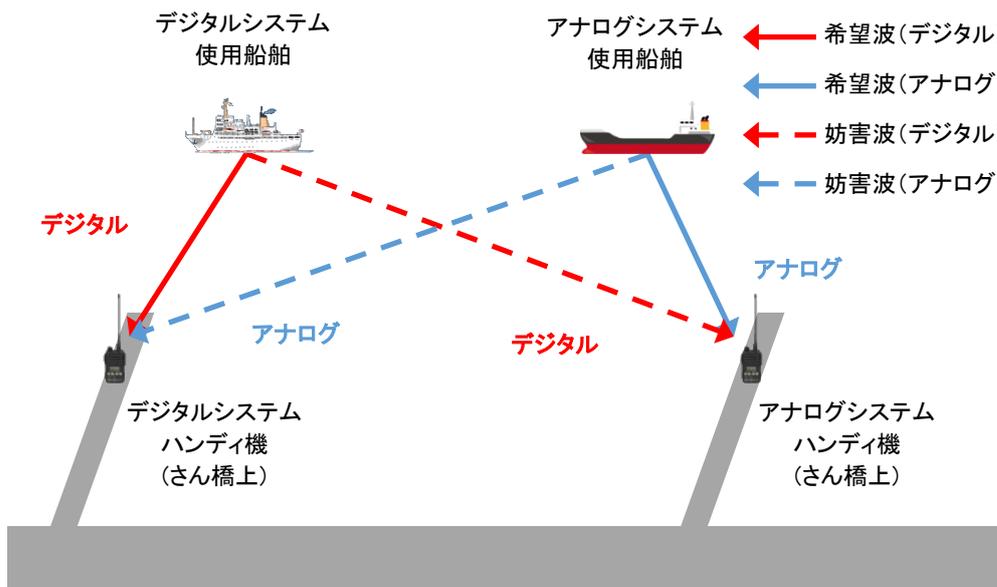


図 5.2-2 陸船間の干渉モデル想定図

(3) 同一船内

既存のアナログシステムのみでの運用環境において、同一船内で使用する場合には運用者が同一であり、使用チャンネルが重ならないよう調整している。同一船内でのアナログシステムとデジタルシステムが混在する環境でも同様のため、本調査検討会では検討を行わないこととした。

5.2.2.3. 試験項目

アナログシステムで使用していた周波数帯に対し、表 4.1-7 のようにデジタルシステムにも割当てられた場合、アナログシステムとデジタルシステムの共用条件について検討する。

検討においては、457 MHz 帯と 467 MHz 帯での周波数的な特性は変わらないこと、希望波の上下にチャンネル割当があり偏りが無いことが望ましいことから、表 5.2-2 の Ch.2, Ch.13, Ch.131 を希望波としてそれに対する、同一チャンネル及び隣接チャンネルの干渉検討を行う。

表 5.2-2 干渉検討時の希望波使用チャンネル

Lower channel					
25 kHz channel		12.5 kHz channel		6.25 kHz channel	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
1	457.525	11	457.5250	102	457.515625
				111	457.521875
				112	457.528125
2	457.550	12	457.5375	121	457.534375
				122	457.540625
				131	457.546875
3	457.575	13	457.5500	132	457.553125
				141	457.559375
				142	457.565625
3	457.575	15	457.5750	151	457.571875
				152	457.578125
				161	457.584375

5.2.2.3.1. 同一チャンネル干渉検討

音声通信中に、アナログシステムで使用中のチャンネルと重なるチャンネルをデジタルシステムで使用する場合、デジタルシステムの電波が干渉することで通信が成り立たなくなる。同様に、デジタルシステムで使用中のチャンネルと重なるチャンネルを音声通信で使用する場合、アナログシステムの電波が干渉することで通信が成り立たなくなる。但し、どちらの場合も干渉した電波の受信レベルが低ければ通信可能である。

以上のことから、希望波に対し周波数の重なる妨害波がどの程度の受信レベル(DU 比)であれば通信が成り立つかを把握し、そこから離隔距離(計測対象の受信機と妨害波送信源の距離)を求める。

### 5.2.2.3.2. 隣接チャンネル干渉検討

音声通信中に、アナログシステムで使用中のチャンネルに隣接したチャンネルをデジタルシステムで使用した場合又は、同様にデジタルシステムで使用中に隣接したチャンネルをアナログシステムで使用した場合に帯域外発射による影響を受けることがある。しかしながら、どちらの場合も干渉した電波の受信レベルが低くなれば通信は可能である。

以上のことから、希望波に対し周波数は重ならない妨害波がどの程度の受信レベル(DU 比)であれば通信が成り立つかを把握し、そこから離隔距離を求める。

### 5.2.2.4. 机上検討の概要

机上検討の送受信機の諸元を以下に示す。

表 5.2-3 机上検討の送受信機の諸元

諸元	アナログシステム	デジタルシステム
変調方式	FM	4 値 FSK
希望波使用チャンネル/ 帯域幅	Ch.2(中心 457.550 MHz, 帯域幅 25 kHz)※	Ch.13(中心 457.5500 MHz, 帯域幅 12.5 kHz) Ch.131(中心 457.546875 MHz, 帯域幅 6.25 kHz)
空中線電力	2 W	2 W
基準感度 ⁵	12.5 kHz: 6.0 dB $\mu$ V ( $\approx$ -107 dBm) 25 kHz: 6.0 dB $\mu$ V ( $\approx$ -107 dBm)	6.25 kHz: 0.0 dB $\mu$ V ( $\approx$ -113 dBm) 12.5 kHz: 3.0 dB $\mu$ V ( $\approx$ -110 dBm)
アンテナ	$\lambda$ /4(2.15 dBi) ホイップアンテナ	$\lambda$ /4(2.15 dBi) ホイップアンテナ

※4.1.2. 節に記載のとおり、本調査検討における対象周波数において、アナログシステムの 12.5 kHz を使用する機器はないため、本検討では対象外とする。

⁵ 基準感度については下記の資料の「資料集 (1)簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件 参考資料(第2章関係) 資料3」に記載されている「表3-1 周波数共用検討を行った各無線方式」から引用。  
『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【情報通信技術分科会諮問第 2009 号(平成14年9月30日)】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

机上検討の通信条件を以下に示す。

表 5.2-4 机上検討の通信条件

項目	設定値
伝搬モデル	2 波モデル(船舶間、陸船間の見通し環境を想定しているため) フェージングなし
アンテナ高	船:4 m ※1 陸(さん橋上):2.5 m ※2

※1:400 MHz 帯では明確な基準はないが、国際 VHF では、IMO(International Maritime Organization)の RESOLUTION A.801(19)において、カバレッジを算出する際に船舶の高さを 4 m と仮定しており、本検討でも同様の値を使用することとした。

※2:さん橋の高さを 1 m と仮定し、通話者が 1.5 m の高さでハンディ機を使用していることを想定。

### 5.2.3. アナログシステムとデジタルシステムの共用条件

#### 5.2.3.1. 同一チャネル干渉検討

##### 5.2.3.1.1. DU 比

同一チャネルの干渉検討では表 5.2-5 の DU 比を基準に離隔距離を決定する。DU 比については、情報通信技術分科会報告で公表された値を引用することとした。引用した値を表 5.2-5 に示す。

表 5.2-5 同一チャネル周波数共用条件の DU 比 [dB]⁶

希望波 \ 妨害波		FM	4 値 FSK	
		25 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
FM	25 kHz	—	3	3
4 値 FSK	6.25 kHz	6	—	—
	12.5 kHz	9	—	—

(ここでの DU 比は希望波レベルを基準感度+30 dB とし、妨害波信号レベルを可変して 12 dB SINAD となる DU 比を求めたものである。)

また、表 5.2-5 に引用した資料は、FM の帯域は 20 kHz で記載されているが、本調査検討(400 MHz 帯における干渉検討)で使用する帯域は 25 kHz である。20 kHz と 25 kHz の占有周波数帯域幅は 16 kHz で同じであり、20 kHz の場合の DU 比を 25 kHz の場合の DU 比と読み替えても支障ないことから、読み替えた数値で本調査検討を行うものとした。

⁶ 表 5.2-5 同一チャネル周波数共用条件の DU 比 [dB]は以下資料から引用。

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【情報通信技術分科会諮問第 2009 号(平成14年9月30日)】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

5.2.3.1.2. 希望波・妨害波のチャンネル組み合わせ

同一チャンネル干渉検討での希望波・妨害波のチャンネル組み合わせを以下に示す。

表 5.2-6 同一チャンネル干渉検討での希望波・妨害波のチャンネル組み合わせ

希望波			妨害波			番号
(1) アナログ	(A) 25 kHz	Ch.2	(i) デジタル	(a) 12.5 kHz	Ch.13	(1)-(A)-(i)-(a)-①
					Ch.12 Ch.13	(1)-(A)-(i)-(a)-②
				Ch.12 Ch.13 Ch.14	(1)-(A)-(i)-(a)-③	
				(b) 6.25 kHz	Ch.131	(1)-(A)-(i)-(b)-①
			(ii) アナログ	(c) 25 kHz	Ch.131 Ch.132	(1)-(A)-(i)-(b)-②
					Ch.122 Ch.131 Ch.132	(1)-(A)-(i)-(b)-③
				(d) 25 kHz	Ch.122 Ch.131 Ch.132 Ch.141	(1)-(A)-(i)-(b)-④
					(C) 6.25 kHz	Ch.131
(2) デジタル	(B) 12.5 kHz	Ch.13	(c) 25 kHz	Ch.2	(2)-(B)-(ii)-(c)-①	
	(C) 6.25 kHz	Ch.131	(d) 25 kHz	Ch.2	(2)-(C)-(ii)-(d)-①	

以下に、表 5.2-6 の模式図を示す。

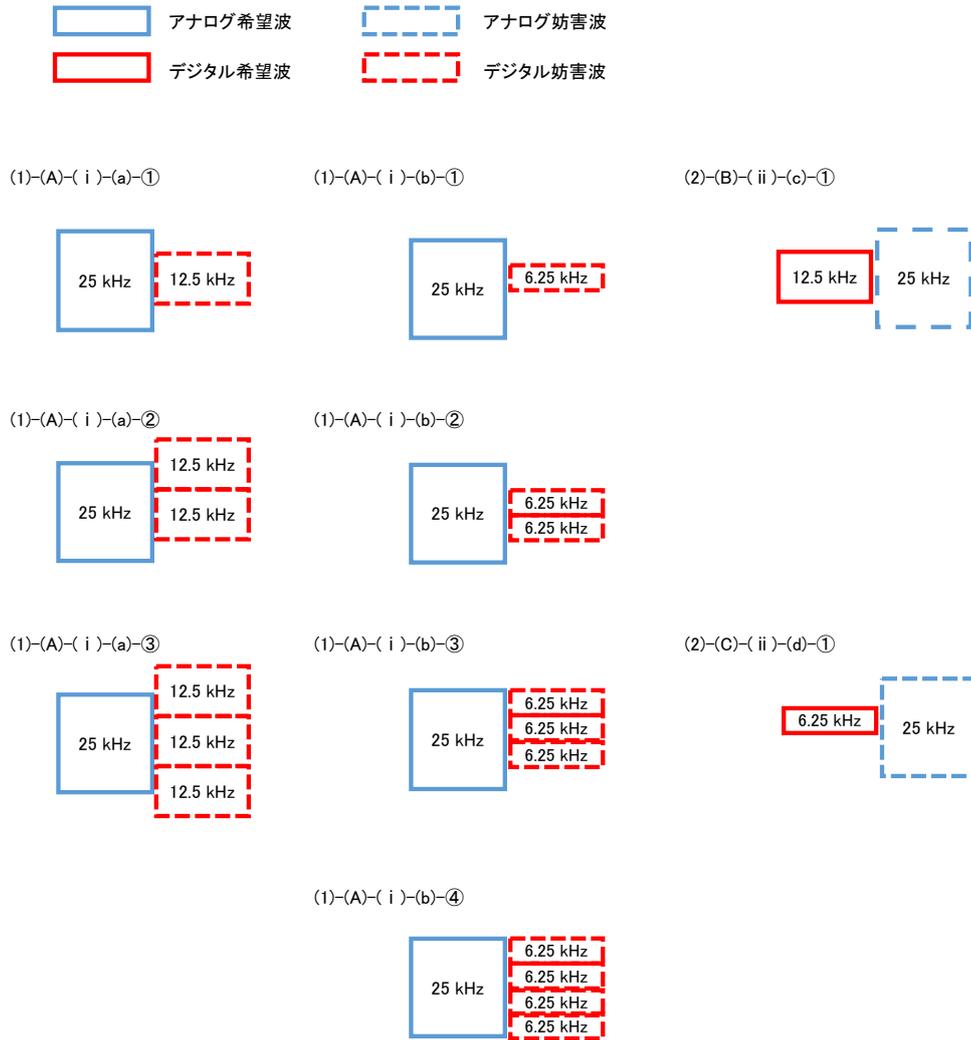


図 5.2-3 同一チャネル干渉検討でのチャネル組み合わせの模式図

#### 5.2.3.1.3. 希望波電力

希望波の電力は国際 VHF 海上無線設備の机上検討と同様の理由(5.1.2.3.3. 節 参照)により基準感度+30 dB(基準感度の値は表 5.2-3 を参照)として離隔距離を算出した。

#### 5.2.3.1.4. 妨害波電力

妨害波電力は最悪値を想定し、希望波の帯域と重なっている帯域の比率により求めることとした。400 MHz 帯のチャネル配置では、希望波に対し 25%、50%、75%の比率で妨害波が重なるため、それぞれ 6 dB、3 dB、1.25 dB 下げた値を妨害波電力として扱い、離隔距離を算出する。

### 5.2.3.1.5. 伝搬モデル式

本調査検討で使用する2波モデル⁷は波長 $\lambda$  [m]、2点間の距離 $d$  [m]、送信アンテナ高 $h_t$  [m]、受信アンテナ高 $h_r$  [m]から求め、その時の包絡線を $f(\lambda, d, h_t, h_r)$ と表記する。

$$f(\lambda, d, h_t, h_r) = L_{bp} + \begin{cases} 20 \log_{10} \left( \frac{d}{R_{bp}} \right) & (d \leq R_{bp}) \\ 40 \log_{10} \left( \frac{d}{R_{bp}} \right) & (d > R_{bp}) \end{cases} \quad (26)$$

但し、BreakPoint までの距離 $R_{bp}$  [m]、及びそこでの伝搬ロス $L_{bp}$  [dB]は以下とする。

$$L_{bp} = \left| 20 \log_{10} \left( \frac{\lambda^2}{8\pi h_t h_r} \right) \right| \quad (27)$$

$$R_{bp} \approx \frac{4h_t h_r}{\lambda} \quad (28)$$

### 5.2.3.1.6. 離隔距離の計算

表 5.2-5 の DU 比は周波数共用を満たすための DU 比であるため、以下の条件を満たす場合、希望波は妨害波の影響を受けない。

$$\text{希望波電力} - \text{妨害波電力} > \text{表 5.2-5 の DU 比} \quad (29)$$

希望波電力は基準感度+30 dB とし、周波数共用条件を満たす最大妨害波電力は以下となる。

$$\text{周波数共用条件を満たす最大妨害波電力} = \text{基準感度} + 30 - \text{表 5.2-5 の DU 比} \quad (30)$$

また、妨害波電力は以下の式で算出可能である。

$$\begin{aligned} \text{妨害波電力} &= \text{空中線電力} + G_t - f(\lambda, d, h_t, h_r) + G_r \\ &\quad - \text{5.2.3.1.4. 節の周波数の重なりによるオフセット値} \end{aligned} \quad (31)$$

( $G_t$ : 送信アンテナ利得、 $G_r$ : 受信アンテナ利得、どちらも絶対利得)

式(30)、(31)の右辺が等しくなる式(32)を解いた $d$ が離隔距離となる。

$$\begin{aligned} \text{空中線電力} + G_t - f(\lambda, d, h_t, h_r) + G_r \\ &\quad - \text{5.2.3.1.4. 節の周波数の重なりによるオフセット値} \\ &= \text{基準感度} + 30 - \text{表 5.2-5 の DU 比} \end{aligned} \quad (32)$$

式(32)を以下のように式変形し、以降右辺を $X$ と表記する。

$$\begin{aligned} f(\lambda, d, h_t, h_r) &= (\text{空中線電力} + G_t + G_r \\ &\quad - \text{5.2.3.1.4. 節の周波数の重なりによるオフセット値}) \\ &\quad - (\text{基準感度} + 30 - \text{表 5.2-5 の DU 比}) = X \end{aligned} \quad (33)$$

⁷ 2波モデルについてはITU-R 勧告 P.1411-8 を参照

式(26)の距離 $d$ と $R_{bp}$ の関係から、式(33)を $d$ について解く。

$$L_{bp} + \begin{cases} 20 \log_{10} \left( \frac{d}{R_{bp}} \right) = X & (d \leq R_{bp}) \\ 40 \log_{10} \left( \frac{d}{R_{bp}} \right) = X & (d > R_{bp}) \end{cases} \quad (34)$$

$$\log_{10} \left( \frac{d}{R_{bp}} \right) = \begin{cases} \frac{X - L_{bp}}{20} & (d \leq R_{bp}) \\ \frac{X - L_{bp}}{40} & (d > R_{bp}) \end{cases} \quad (35)$$

$$\frac{d}{R_{bp}} = \begin{cases} 10^{\frac{X - L_{bp}}{20}} & (d \leq R_{bp}) \\ 10^{\frac{X - L_{bp}}{40}} & (d > R_{bp}) \end{cases} \quad (36)$$

$$d = \begin{cases} R_{bp} \times 10^{\frac{X - L_{bp}}{20}} & (d \leq R_{bp}) \\ R_{bp} \times 10^{\frac{X - L_{bp}}{40}} & (d > R_{bp}) \end{cases} \quad (37)$$

式(37)のように、2種類の $d$ が求まり、条件を満たす方の値を離隔距離とした。

#### 5.2.3.1.7. 見通し距離の計算

2点間(送信アンテナ高 $h_t$  [m]、受信アンテナ高 $h_r$  [m])の見通し距離⁸は次式にて求める。

$$d_{los} = \sqrt{2a_e}(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r}) \quad (38)$$

等価地球半径 $a_e$ を8,500 ( $\doteq \frac{4}{3} \times 6,371$ ) km とすると、式(38)から見通し距離 $d_{los}$ は次式となる。

$$\begin{aligned} d_{los} &= 4.12(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r}) \times 10^3 \text{ [m]} \\ &= 4.12(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r}) \text{ [km]} \end{aligned} \quad (39)$$

#### 5.2.3.1.8. 同一チャネル干渉検討結果

同一チャネルの机上検討結果を以下に記載する。

離隔周波数は希望波レベルを基準感度+30 dB とし、妨害波信号レベルを DU 比=-40 dB に設定して BER=1% 又は 12 dB SINAD となる中心周波数差を求めた。

⁸ ITU-R 勧告 P.526-13 を参照

表 5.2-7 同一チャネル干渉検討(船舶間)での離隔距離 [km]

妨害波		FM	4 値 FSK						
		25 kHz	6.25 kHz				12.5 kHz		
		1 波	1 波	2 波	3 波	4 波	1 波	2 波	3 波
FM	25 kHz	—	1.93	2.30	2.54	2.73	2.30	2.54	2.73
4 値 FSK	6.25 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—
	12.5 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—

船舶間の見通し距離は送信アンテナ高 4 m、受信アンテナ高 4 m で式 (39) から 16.49 km となる。

表 5.2-8 同一チャネル干渉検討(陸船間)での離隔距離 [km]

妨害波		FM	4 値 FSK						
		25 kHz	6.25 kHz				12.5 kHz		
		1 波	1 波	2 波	3 波	4 波	1 波	2 波	3 波
FM	25 kHz	—	1.53	1.82	2.01	2.16	1.82	2.01	2.16
4 値 FSK	6.25 kHz	3.63	—	—	—	—	—	—	—
	12.5 kHz	3.63	—	—	—	—	—	—	—

陸船間の見通し距離は送信アンテナ高 4 m、受信アンテナ高 2.5 m で式 (39) から 14.76 km となる。

### 5.2.3.2. 隣接チャネル干渉検討

隣接チャネル干渉検討のための離隔周波数は、情報通信技術分科会報告で公表された値を引用することとした。引用した値を表 5.2-9 に示す。

表 5.2-9 隣接チャネル共用条件の離隔周波数 [kHz]⁹

妨害波		FM	4 値 FSK	
		25 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
FM	25 kHz	—	15.09	14.14
4 値 FSK	6.25 kHz	14.11	—	—
	12.5 kHz	13.83	—	—

(ここでの離隔周波数は希望波レベルを基準感度+30 dB とし、妨害波信号レベルを DU 比=-40 dB に設定して 12 dB SINAD となる中心周波数差を求めたものである。)

また、表 5.2-9 に引用した資料は、FM の帯域は 20 kHz で記載されているが、5.2.3.1.1. 節と同様の理由により、離隔周波数を 25 kHz の場合の離隔周波数と読み替えた数値で本調査検討を行うものとした。

表 5.2-9 の離隔周波数と、チャネル配置上の隣接チャネル(希望波のチャネルと重ならないチャネルのうち、最も近いチャネル)の中心周波数の差の関係を表 5.2-10 に示す。

⁹ 表 5.2-9 隣接チャネル共用条件の離隔周波数 [kHz]は、以下資料から引用。  
『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【情報通信技術分科会諮問第 2009 号(平成 14 年 9 月 30 日)】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

表 5.2-10 中心周波数の差と離隔周波数

希望波			妨害波			中心周波数の差 [kHz]	表 5.2-9 の値 [kHz]
種別	チャンネル	中心周波数 [MHz]	種別	チャンネル	中心周波数 [MHz]		
アナログ	Ch.2 (25 kHz)	457.550	デジタル	Ch.11 (12.5 kHz)	457.5250	25.000	14.14
	Ch.2 (25 kHz)	457.550	デジタル	Ch.121 (6.25 kHz)	457.534375	15.625	15.09
デジタル	Ch.13 (12.5 kHz)	457.5500	アナログ	Ch.1 (25 kHz)	457.525	25.000	13.83
	Ch.122 (6.25 kHz)	457.540625	アナログ	Ch.1 (25 kHz)	457.525	15.625	14.11

以下に表 5.2-10 中心周波数の差と離隔周波数の模式図を示す。

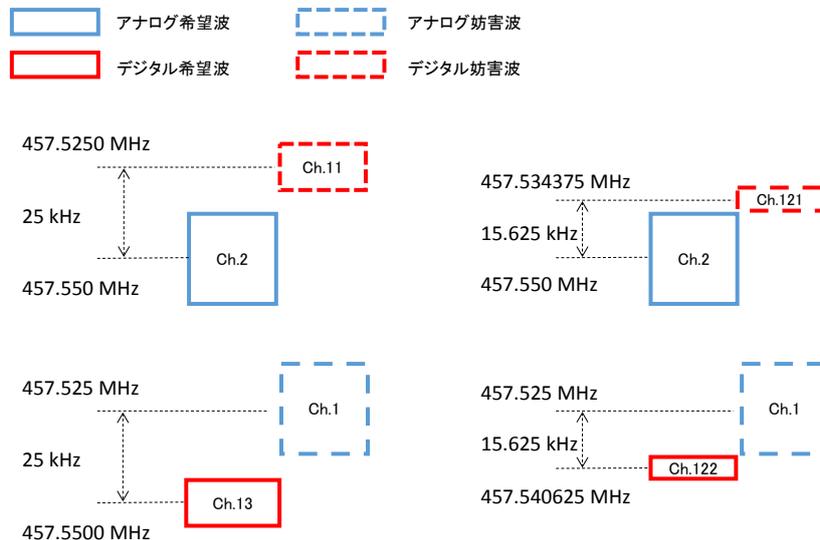


図 5.2-4 隣接チャンネル干渉検討でのチャンネル配置模式図

どのケースにおいても中心周波数の差は、表 5.2-9 の離隔周波数の値以上に離れていることを確認した。

400 MHz 帯船上通信設備は、国際 VHF よりも直進性の高い 400 MHz 帯の周波数を使用している。利用形態も船舶内で利用するか、又は湾内での利用のいずれかであり、数十 km 離れて使用する形態ではないため、波による反射係数などを考慮する必要はない。港湾内での使用は、実際には障害物やマルチパスの影響があり、机上検討以上に離隔距離が必要となることは考えられない。このほか、ITU-R 勧告 P.1174-3 では、アナログ方式とデジタル方式の共用が認められていることを考慮して、机上検討の値を最悪値として共用条件を示すこととし、実環境における実証試験は不要という結論とした。

## 第6章 海上フィールド実証試験(国際 VHF 海上無線設備)

### 6.1. 実証試験概要

「5.1.2.4. 机上検討結果」において得た国際 VHF 海上無線設備の周波数共用条件に関する机上検討結果について、海上フィールド環境においても妥当な値であることを確認するため実証試験を行った。

#### (1) 海上フィールド実証試験の実施モデル

机上検討の干渉モデル 1 から 3(詳細は表 5.1-2、図 5.1-2、図 5.1-3 及び図 5.1-4 を参照)をまとめた図 6.1-1 を実証試験のモデルとする。

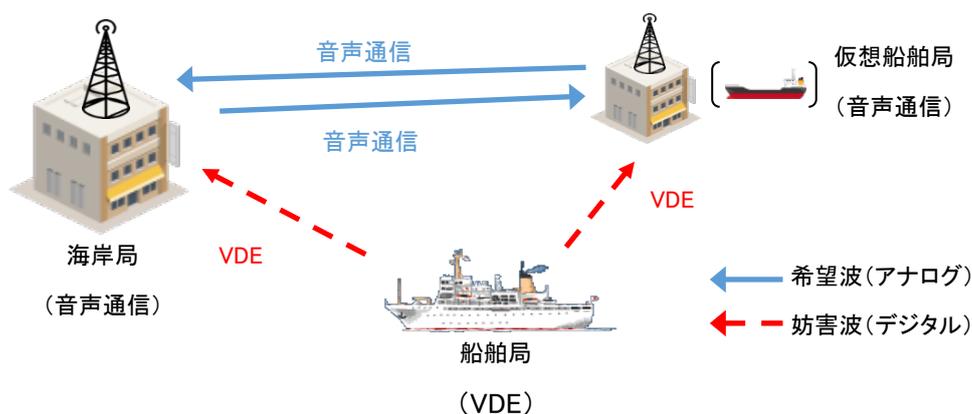


図 6.1-1 海上フィールド実証試験想定図

#### (2) 測定項目

図 6.1-1 において、海岸局と船舶局間の音声通信中、もしくは受信状態(待ち受け中)に VDE による干渉を受けるといった運用形態が想定されることから、実際に干渉を受けるかどうかを確認するため、各変調方式における同一チャネル干渉と隣接チャネル干渉を測定する。詳細な測定項目については、机上検討結果を確認するために必要な項目を絞り確認する。

#### (3) 海上フィールド実証試験の測定等に係る機器の装置構成及び測定機器系統

本実証試験で使用する各無線局の装置構成及び測定機器系統を示す。

A) 海岸局

海岸局の装置構成は図 6.1-2 である。測定機器系統は図 6.1-3 であり、国際 VHF 無線電話装置に PC、オーディオアナライザ、スペクトラムアナライザ及び電界強度測定器を接続する。国際 VHF 無線電話装置の受信信号から AF(Audio Frequency)信号を取り出し、オーディオアナライザにて SINAD を測定する。受信レベルを電界強度測定器及びスペクトラムアナライザで確認し、実証試験周波数を他の無線局が使用していないことを、スペクトラムアナライザを用いて確認する。PC は国際 VHF 無線電話装置の測定値の確認・記録に用いる。



図 6.1-2 装置構成(海岸局)

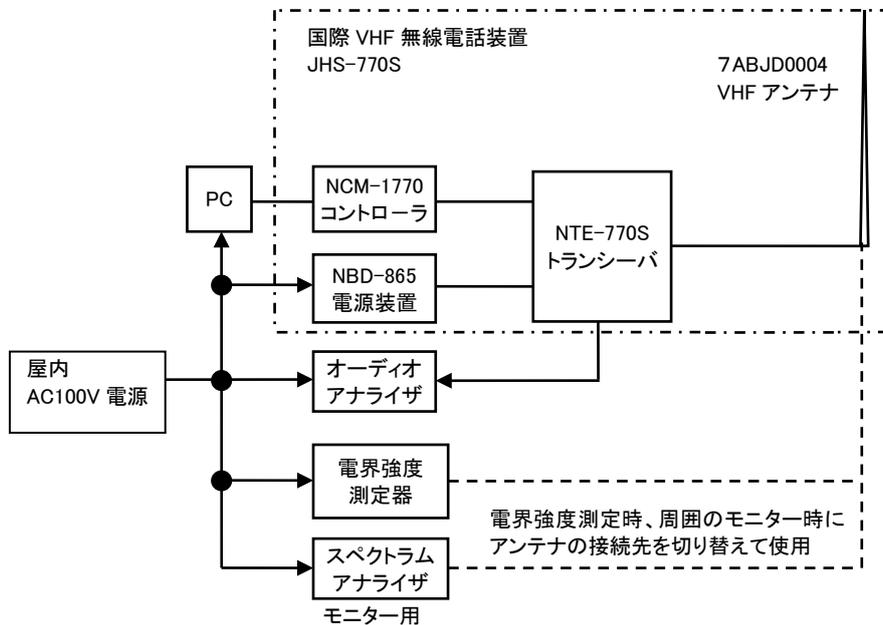


図 6.1-3 測定機器系統(海岸局)

B) 仮想船舶局

仮想船舶局の装置構成は図 6.1-4 である。測定機器系統は図 6.1-5 であり、国際 VHF 無線電話装置にオーディオアナライザ及びスペクトラムアナライザ／パワーメータを接続する。国際 VHF 無線電話装置からオーディオアナライザの AF 信号を加えた電波を希望波とし、海岸局を通信の相手方として送信する。実証試験周波数を他の無線局が使用していないことをスペクトラムアナライザ／パワーメータを用いて確認する。



図 6.1-4 装置構成(仮想船舶局)

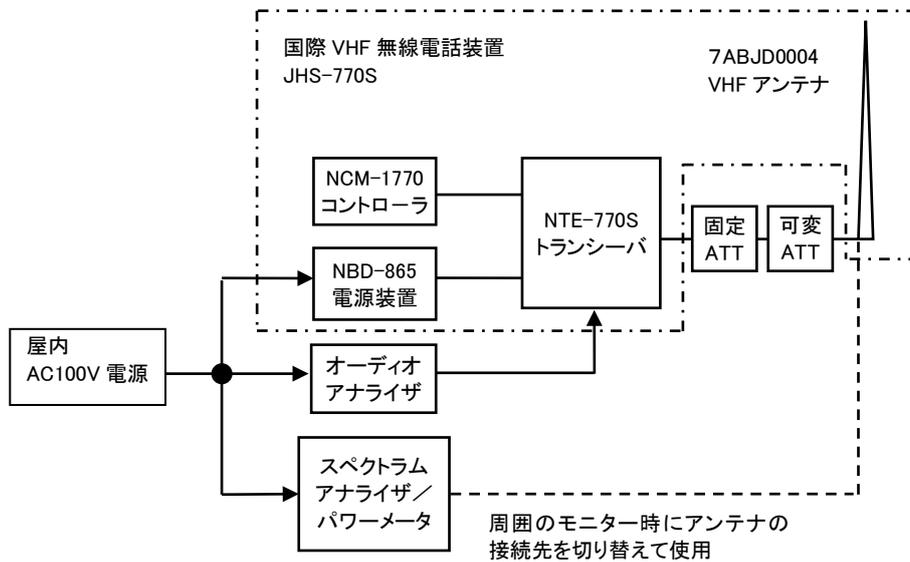


図 6.1-5 測定機器系統(仮想船舶局)

C) 船舶局

船舶局の装置構成は図 6.1-6 である。測定機器系統は図 6.1-7 であり、VHF データ通信装置に AIS 装置及びスペクトラムアナライザ／パワーメータを接続する。VHF データ通信装置から海岸局で測定するための妨害波を送信する。実証試験周波数を他の無線局が使用していないことをスペクトラムアナライザ／パワーメータを用いて確認する。AIS は受信のみとし、自船位置及び近海の船舶動向をモニターするために用いる。

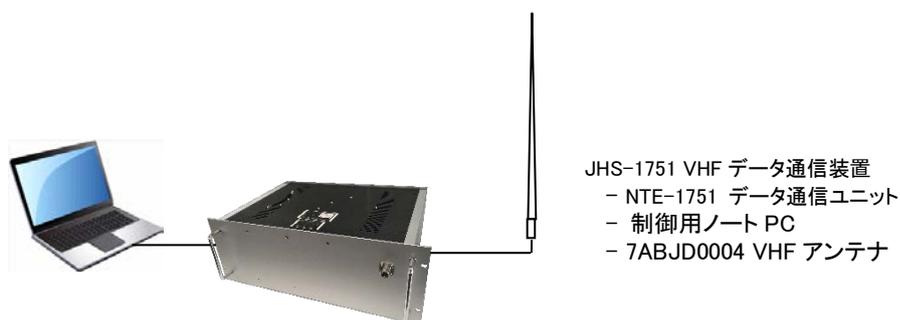


図 6.1-6 装置構成(船舶局)

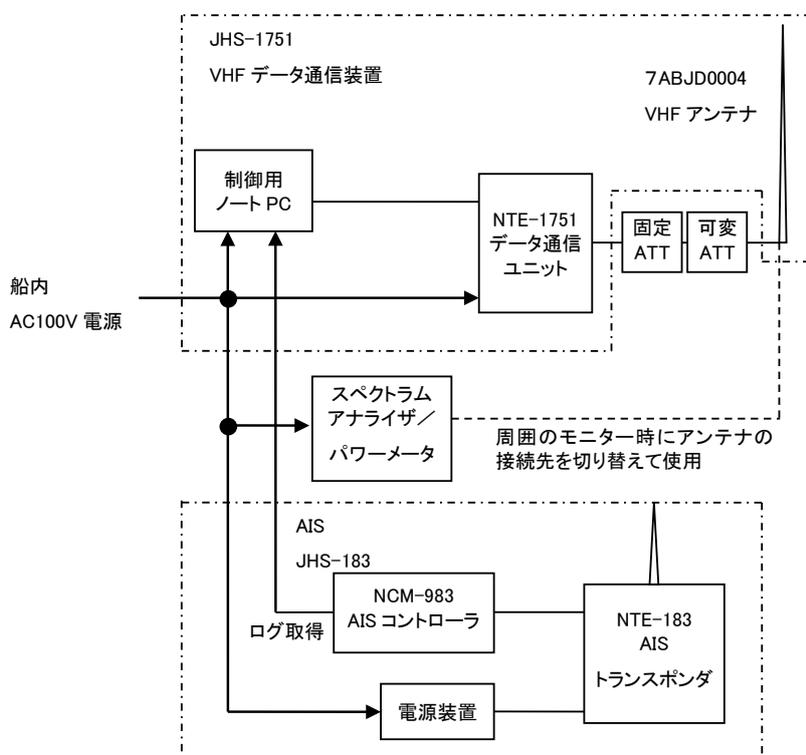


図 6.1-7 測定機器系統(船舶局)

### 6.1.1. 実証試験場所及び行程等

実証試験の行程及び場所を表 6.1-1 に示す。

表 6.1-1 実証試験の日程と場所

日程	平成 28 年 11 月 28 日 9:30 から 16:30
場所	弓削島、豊島及びその間の海域（愛媛県越智郡上島町）（図 6.1-8） <ul style="list-style-type: none"><li>・ 海岸局: 弓削斎場（図 6.1-9）</li><li>・ 仮想船舶局: 豊島コミュニティセンター（図 6.1-10）</li><li>・ 船舶局: 国立弓削商船高等専門学校 実習船「はまかぜ」（図 6.1-11）</li></ul>



図 6.1-8 実証試験場所

#### (1) 実証試験場所の選定

海上フィールド実証試験における実証試験場所及び海域の選定等については、以下の主な条件を満足する場所及び海域等から選定した。

- ・ 海岸局、仮想船舶局及び船舶局間で障害物がない環境であること。
- ・ 大型船舶が停泊できる港が近くに存在しないこと。
- ・ 大型船舶が航行しない航路であること。
- ・ 実証試験周波数を使用する可能性のある船舶の航路でないこと。
- ・ 実証試験の協力が得られる地域であること。

以上の条件をもとに調査を行った結果、弓削島、豊島及びその間の海域（愛媛県越智郡上島町）を実証試験場所とした。

(2) 実証試験行程

実証試験は、実証試験海域での船舶局の航行への影響(のり網の設置状況等)を考慮し、可能な限り1日で実施することとし、天候が悪い場合は予備日を設けて対応することとした。

(3) 実証試験機器の設置状況



図 6.1-9 海岸局の装置(左)及びアンテナ(右)



図 6.1-10 仮想船舶局の装置(左)及びアンテナ(右)



図 6.1-11 船舶局の装置(左上)、アンテナ(右上)及び外観(下)

### 6.1.2. 実証試験における諸元

本実証試験における無線機器の諸元について机上検討の値と合わせて、表 6.1-2(希望波側の机上検討及び実証試験における各種諸元)、表 6.1-3(妨害波側の机上検討及び実証試験における各種諸元)に示す。

表 6.1-2 希望波側の机上検討及び実証試験における各種諸元

項目	机上検討	実証試験
送受信機間距離	—	5.2 km
送信出力	受信電力一定(-77 dBm)になるよう調整	
送信周波数	150/160 MHz 帯	150 MHz 帯
送信帯域幅	25 kHz	
変調方式	FM	
仮想船舶局 アンテナ高	30 m	27 m
海岸局 アンテナ高	30 m	25 m

表 6.1-3 妨害波側の机上検討及び実証試験における各種諸元

項目	机上検討	実証試験
送受信機間距離	離隔距離を求めるため移動しながら決定	
同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討時の送信出力	25 W (≒44 dBm)	8 W (≒39 dBm) ※
スケルチオープン測定検討時の送信出力	25 W (≒44 dBm)	8.9 mW (≒9.5 dBm)
送信周波数	150/160 MHz 帯	150 MHz 帯
帯域幅	25/100 kHz	
帯域幅 25 kHz での希望波との中心周波数差 (図 5.1-5 及び図 5.1-6 参照)	パターン A パターン B	パターン A
変調方式	$\pi/4$ QPSK 8PSK 16QAM	$\pi/4$ QPSK 16QAM
船舶局 アンテナ高	2 m	3 m
海岸局 アンテナ高	30 m	25 m

※実証試験の比較対象となる測定環境を考慮した補正後の机上検討結果(以下「補正後の机上検討結果」という。)算出時は 12.5 W(≒41 dBm)を使用

表 6.1-2 及び表 6.1-3 において、机上検討の値と実証試験の値が異なる項目がある。これは試験環境及び試験機器の能力等によるものであり、理由は以下のとおりである。

#### (1) 希望波側送受信機間距離

机上検討では図 5.1-9 のように整合器を介して送受信それぞれの国際 VHF 無線電話装置を接続していたが、実証試験では海岸局と仮想船舶局の設置場所が決定し、その間の距離は約 5.2 km であった。

## (2) 送信周波数

送信周波数については、効率的な測定を行うとともに海岸局側及び仮想船舶局側ともに測定環境がほぼ同じ環境を構築することが望ましい。机上検討では、150 MHz 帯と 160 MHz 帯での検討を実施したが、150 MHz 帯と 160 MHz 帯の測定周波数差は、例えば Ch.82 の 157.125 MHz と 161.725 MHz の差のように 4.6 MHz と狭く、電波伝搬距離の差は数十～数百 m 以内¹⁰、受信レベルの差は 1 dB 以下¹¹であるため、周囲の環境や船舶の惰性前進等の影響による受信レベルの変動に比べ十分小さく、150 MHz 帯及び 160 MHz 帯の周波数の特性は本実証試験においてはほぼ同等と言える。以上の理由から希望波・妨害波ともに 150 MHz 帯の周波数を使用することとした。

## (3) 帯域幅と変調方式

机上検討では、妨害波として 2 種類の帯域幅(25 kHz 及び 100 kHz)及び 3 種類の変調方式( $\pi/4$  QPSK、8PSK 及び 16QAM)の組み合わせで 6 通りの検討を行った。机上検討時に 8PSK は妨害波としての特性は  $\pi/4$  QPSK とほぼ同等¹²であることを確認したため、実証試験における変調方式は  $\pi/4$  QPSK 及び 16QAM とし、帯域幅が最も狭く伝送速度の遅い 25 kHz  $\pi/4$  QPSK と帯域幅が広く伝送速度の速い 100 kHz 16QAM の組み合わせを使用することとした。

## (4) 帯域幅 25 kHz での希望波との中心周波数差

妨害波側が帯域幅 25 kHz で送信する際の希望波との中心周波数差はパターン A(12.5 kHz 離れ)及びパターン B(中心周波数一致)の 2 パターンが考えられる(図 5.1-5 参照)。机上検討では 2 パターンの検討を実施したが、希望波と妨害波の中心周波数の差は DU 比計算の妨害波の受信電力の差として表れ、受信電力の変化により距離対受信電力の傾きに影響はなく純粋に電力に応じた距離が変化する¹³。そのため、机上検討結果の妥当性の確認はパターン A 又はパターン B のいずれか一方で確認できる。以上の理由から実証試験では船舶局で使用する VDE 装置(図 6.1-6 装置構成(船舶局)参照)の仕様によりパターン A を使用することとした。

## (5) 同一チャンネル干渉検討、隣接チャンネル干渉検討時の送信出力

机上検討では 25 W( $\approx 44$  dBm)を使用していたが、実証試験では「6.1.3.2. 妨害波側同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討における送信出力」にて検討した結果により 8 W( $\approx 39$  dBm)を使用し、比較対象となる測定環境を考慮した補正後の机上検討結果では 12.5 W( $\approx 41$  dBm)を使用することとした。

## (6) スケルチオープン測定検討時の送信出力

¹⁰ 表 6.1-7 測定距離(同一チャンネル干渉検討、12.5 kHz 離れ)、表 6.1-8 測定距離(隣接チャンネル干渉検討)を参照

¹¹ 表 6.1-5 妨害波送信出力の違い(25 W 及び 12.5 W 時)による距離対受信電力(7 点抜粋)を参照

¹² 「5.1.2.5.1. 数値計算」の「(1)変調方式 8PSK」を参照

¹³ 「6.1.3.2. 妨害波側同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討における送信出力」の送信出力の補正に伴う他の項目への影響に関する説明を参照

机上検討では 25 W(≒44 dBm)を使用していたが、実証試験では「6.1.3.3. 妨害波側スケルチオープン測定検討における送信出力」にて検討した結果により、8.9 mW(≒9.5 dBm)を使用することとした。

#### (7) アンテナ高

机上検討では海岸局、仮想船舶局及び船舶局でのアンテナ設置箇所が定まっていなかったため想定される値として海岸局及び仮想船舶局では 30 m、船舶局では 2 m としていたが、実証試験では海岸局では 25 m、仮想船舶局では 27 m、船舶局では 3 m の位置にアンテナを設置することとした。

以上の結果から、実証試験における諸元は表 6.1-2(希望波側の机上検討及び実証試験における各種諸元)、表 6.1-3(妨害波側の机上検討及び実証試験における各種諸元)の「実証試験」列の値を使用した。

### 6.1.3. 実証試験における送信出力値の設定

実証試験で使用する希望波、妨害波(同一チャネル干渉検討・隣接チャネル干渉検討)、妨害波(スケルチオープン測定検討)で使用する送信出力について、以下にそれぞれ記載する。

#### 6.1.3.1. 希望波側送信出力

希望波側送信電力値については、机上検討時と同等の受信電力とするための調整を行った。

#### (1) 海上フィールドでの実証実験の計画段階における送信電力値の算出

机上検討では、海岸局で受信する希望波の受信レベルは-77 dBm(基準感度+30 dB)としており、実証試験でも海岸局では同レベルで希望波を受信するように、仮想船舶局からの送信出力を調整する。

海岸局と仮想船舶局間の距離は図 6.1-12 のように約 5.2 km であった。

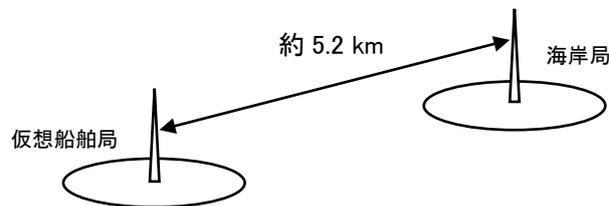


図 6.1-12 音声通信環境

図 6.1-13 に、机上検討時の送信出力(25 W)を使用した離隔距離の理論式(5.1.2.3.4. 節参照)及び 5.2 km のポイントを示す。

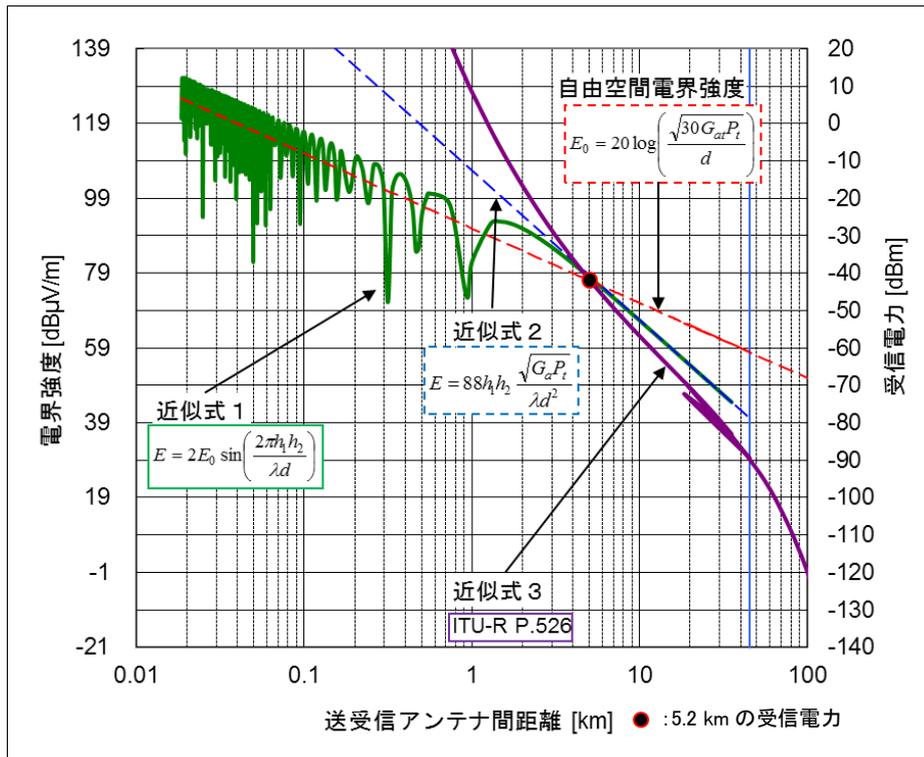


図 6.1-13 距離対受信電力(希望波 25 W 送信時)

図 6.1-13 より送信電力 25 W 時における距離約 5.2 km での受信電力は、-42.5 dBm となる。よって、机上検討と同様に受信点における受信電力を-77 dBm とするには、音声通信の送信電力 44 dBm から、-42.5 dBm と-77 dBm の差分である 34.5 dB 低減することより、海上フィールドでの実証試験の計画段階における送信電力値は 8.9 mW(≒9.5 dBm)とする。

$$44 \text{ dBm} - 34.5 \text{ dB} = 9.5 \text{ dBm} (\approx 8.9 \text{ mW}) \quad (40)$$

(2) 海上フィールド実証試験実施の事前調査における送信出力補正值の算出

海上フィールドでの実証試験実施の事前調査で、送受信アンテナ高が確定したことにより、机上検討とのアンテナ高の差分により伝搬ロスが 4.14 dB 増加し、アンテナ端から受信機入力端まで 1.26 dB のケーブルロスが発生する。この時のアンテナ高の差分により増加した伝搬ロス及びケーブルロスを考慮すると、送信出力は 30.9 mW(14.9 dBm)となる。

$$9.5 \text{ dBm} + 4.14 \text{ dB} + 1.26 \text{ dB} = 14.9 \text{ dBm} (\approx 30.9 \text{ mW}) \quad (41)$$

この時の送信出力(30.9 mW)を机上検討からの補正值として使用し、離隔距離の理論式(5.1.2.3.4.節参照)と測定環境を考慮した補正後の机上検討結果を描画したグラフを図 6.1-14 に示す。

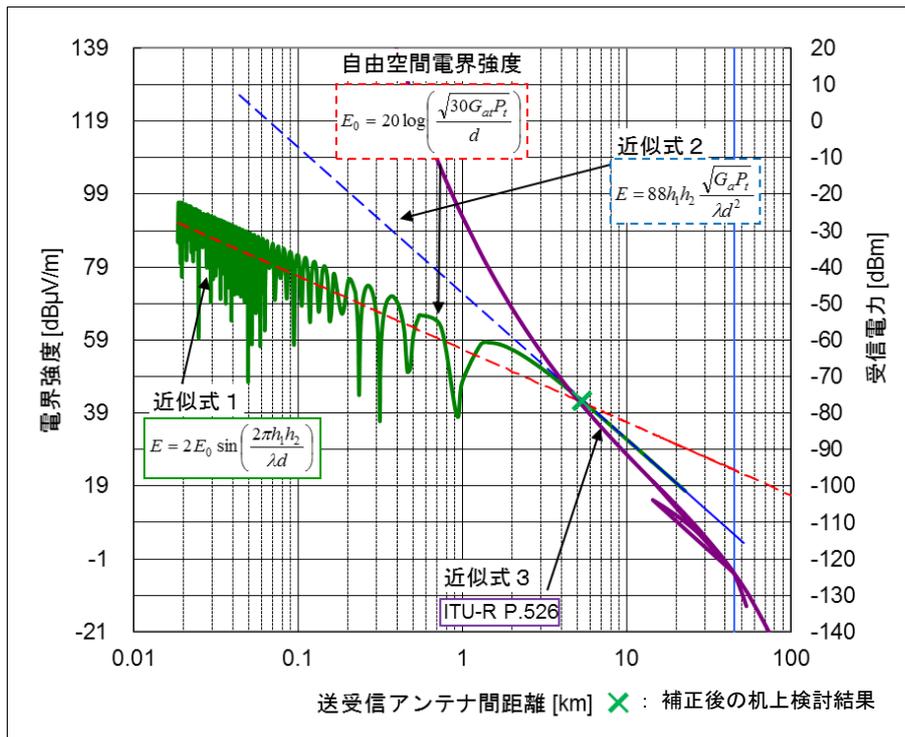


図 6.1-14 距離対受信電力(希望波 補正後の 8.9 mW 送信時)

海岸局における希望波の受信電力として、補正後の机上検討結果及び送信出力の補正值である 30.9 mW を使用し、海上フィールドでの実証試験実施の事前調査で取得した実測値を表 6.1-4 に示す。

表 6.1-4 海岸局における希望波の受信電力

補正後の机上検討結果	-77.0 dBm (≒ 43.2 dB μV/m)
実証試験実施の事前調査での実測値	-77.1 dBm (≒ 43.1 dB μV/m)

補正後の机上検討結果が-77.0 dBm に対し、実証試験実施の事前調査での実測値はほぼ同等の-77.1 dBm となったことから、本実証試験における希望波の送信出力は 30.9 mW とした。

### 6.1.3.2. 妨害波側同一チャネル干渉検討及び隣接チャネル干渉検討における送信出力

#### (1) 実証試験計画時の補正

##### (ア) 12.5 W を採用する理由

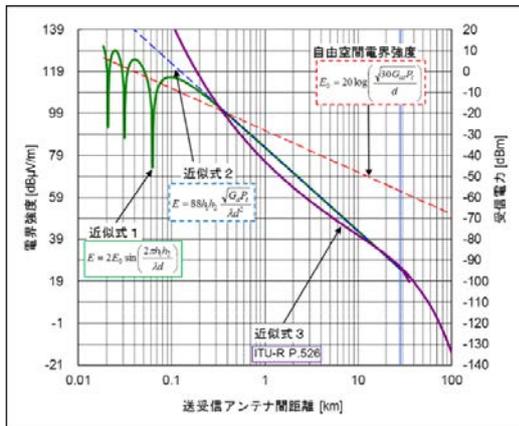
ITU-R 勧告 M.2092-0 においては定格電力を船舶局では最大 25 W 以下と明記しているため、机上検討では送信出力として 25 W を使用し検討を行ったが、実証試験では長時間安定且つ低歪みな送信出力を実現すること、試験中に周囲への影響を極力減らすことを目的とし、計画段階で 12.5 W を採用することとした。

##### (イ) 送信出力の補正に伴う他の項目への影響

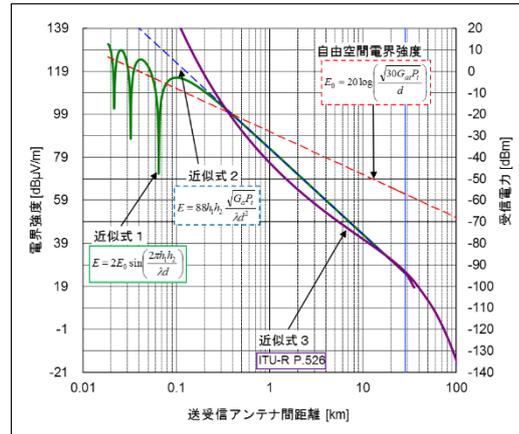
25 W の送信出力を 12.5 W に補正することによる他項目への影響を確認する。

実証試験では、受信電力が机上検討と同じ値となるように船舶局を机上検討結果により得られた距離に移動し、その位置から送信される妨害波を海岸局にて受信する。

妨害波として VDE 装置が 12.5 W で送信した場合、送信出力を 25 W から 12.5 W に低減したため測定すべき離隔距離が変更となる。図 6.1-15 及び図 6.1-16 は机上検討時の離隔距離の理論式 (5.1.2.3.4 節参照) から作成したグラフである。図 6.1-15 は送信出力が 25 W の場合の理論値、図 6.1-16 は 12.5 W の場合の理論値を示しており、送信出力の差による距離対受信電力の関係を確認することができる。

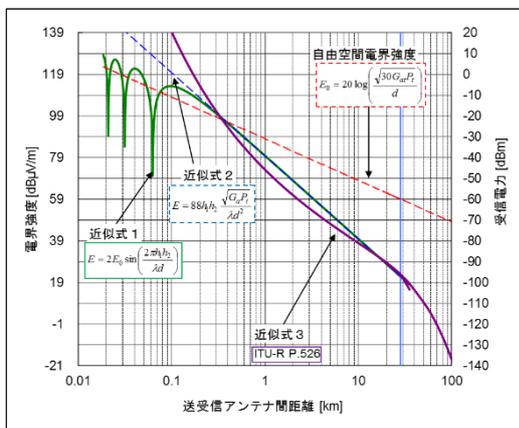


(a) 157.1625 MHz

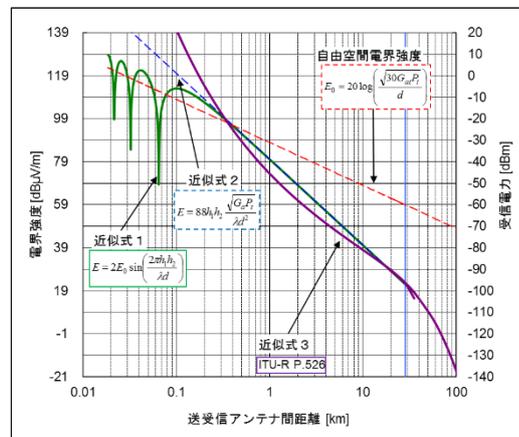


(b) 161.7625 MHz

図 6.1-15 距離対受信電力(妨害波 25 W 送信時)



(a) 157.1625 MHz



(b) 161.7625 MHz

図 6.1-16 距離対受信電力(妨害波 12.5 W 送信時)

なお、妨害波送信出力の違いによる距離と受信電力の関係を確認するため、グラフから主な 7 点における受信電力を表 6.1-5 に記載する。

表 6.1-5 妨害波送信出力の違い(25 W 及び 12.5 W 時)による距離対受信電力(7 点抜粋)

距離 [km]	送信出力 25 W 時の受信電力 [dBm]		送信出力 12.5 W 時の受信電力 [dBm]	
	157.1625 MHz	161.7625 MHz	157.1625 MHz	161.7625 MHz
0.1	-2.79	-3.27	-5.80	-6.28
0.5	-28.01	-27.83	-31.02	-30.84
1	-42.90	-42.86	-45.91	-45.87
5	-68.90	-69.05	-71.91	-72.06
10	-78.14	-78.35	-81.15	-81.36
20	-87.55	-87.81	-90.56	-90.82
50	-106.41	-106.82	-109.42	-109.83

送信出力が 25 W の場合と 12.5 W の場合を比較すると、25 W と 12.5 W の同じ距離及び同じ周波数における受信電力は何れも以下の式のように送信電力比 (1/2 ≒ -3 dB) 分低下していることがグラフ及び表より読み取れ、距離と受信電力の比(グラフにおける傾き)は同等であると判断できる。このことから送信電力が変化しても同じ距離においてグラフ上の傾きは変化せず、あくまでも受信電力軸側の変化であること意味する。

$$-3 \text{ dB} \approx 10 \log_{10} \left( \frac{12.5 \text{ W}}{25 \text{ W}} \right) \quad (42)$$

よって、元の送信電力に対し、変更した送信電力の差分を受信電力に補正することにより、同等の関係を導き出せることがわかる。

#### (ウ) 実証試験計画時の送信出力の算出

以上のことから、送信出力を補正した場合でも、補正前の送信出力に対する受信電力に対し送信出力 12.5 W の受信電力に 3 dB の補正值を加算することで、25 W の机上検討結果と比較可能と判断できる。そのため、机上検討の送信出力である 25 W から 12.5 W に補正した送信出力を採用することとした。

#### (2) 実証試験実施の事前調査で 8 W に補正した理由

海上フィールドでの実証試験実施の事前調査において妨害波側の送信出力 12.5 W に対する受信感度等の測定を実施したところ、受信電力が大きく変動した。また、近距離内(海岸局近海)でも同様であった。これは、船の静止は難しく、惰性又は波による影響であると考えられる。試験の目的からも安定した受信電力測定値を得ることが必要であり、安定した受信電力測定値を得られる測定点を調査した。

調査の結果、安定した受信電力値を得られる測定値が見つかり、その測定点を測定点 A から測定点 G として図 6.1-17 に示す。また、船舶局から各測定点までの距離、受信電力の理論値及び測定値を表 6.1-6 に示す。表 6.1-6 に示すように、測定点 A から測定点 E では妨害波の送信出力を 12.5 W としたところ、船舶局から測定点までの距離における受信電力の理論値に対し、測定値が約 2 dB 高く推移していた。理論値と測定値の受信電力差 2 dB を考慮し、測定点 F 及び測定点 G では送信出力を 2 dB 下げた 8 W で送信して測定したところ、12.5 W で送信した理論値とほぼ同様の測定値が得られた。

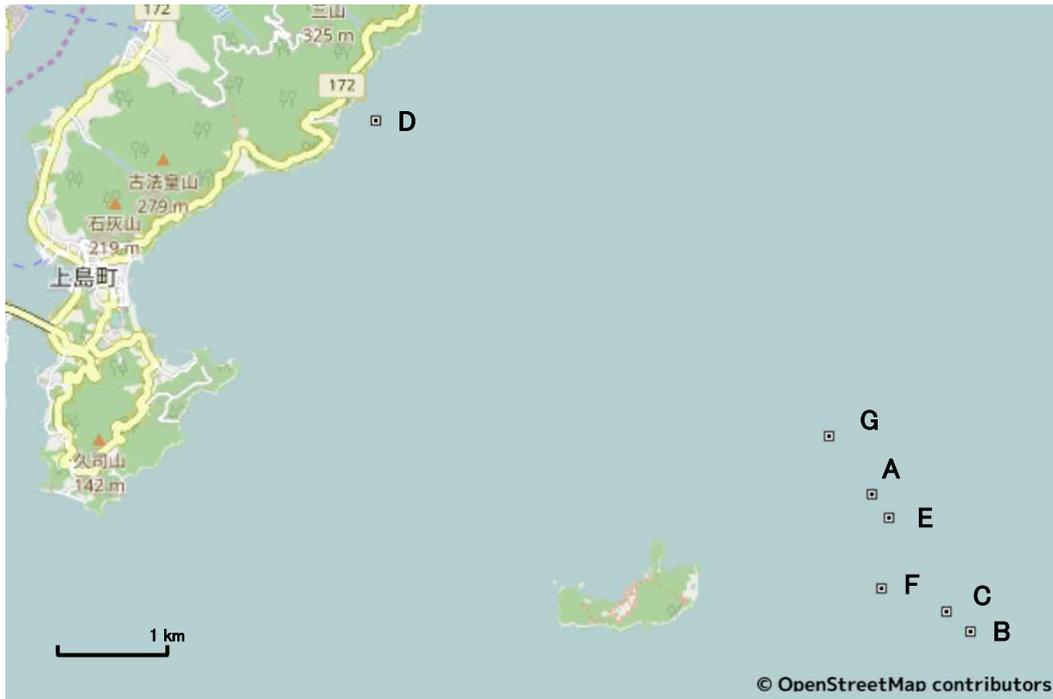


図 6.1-17 受信電力が安定していた海域の代表点

表 6.1-6 受信電力測定

位置	座標	距離 [km]	理論値 [dBm]	測定値 [dBm]
A	34° 14.3914′ N 133° 16.8446′ E	5.86	-75.1	-73.2
B	34° 13.7281′ N 133° 17.3721′ E	7.27	-78.1	-75.5
C	34° 13.8319′ N 133° 17.3005′ E	7.00	-77.6	-75.4
D	34° 16.1840′ N 133° 13.9682′ E	0.345	-20.7	-18.3
E	34° 14.2780′ N 133° 16.9438′ E	6.11	-75.7	-73.8
F	34° 13.9369′ N 133° 16.9015′ E	6.47	-78.4	-78.6 ^(※)
G	34° 14.6723′ N 133° 16.5967′ E	5.25	-74.2	-73.5 ^(※)

※ 8 W 送信時の受信電力値(他の測定値、理論値は 12.5 W 送信時の値)

送受信間における受信電力は、ITU-R 勧告 P.526-13 に示されるように主として 2 点間の直接到達する信号と地球上に反射(回折)する信号との関係で表される。今回の試験場は、図 6.1-18(黒破線は海岸局の背後が 100 m を超える急勾配)に示すとおり、受信点(海岸局)背後に存在する山及び湾曲した崖(図 6.3-7 参照)により複雑に反射して受信される到来波の関係により受信電力が変動するものと考えられる。



※国土地理院の地理院地図に 100 m の等高線と海岸局位置を追記して掲載

図 6.1-18 海岸局周辺の地形

受信点(海岸局)においては、複数の到来波が合成された受信電力となる。直接波と反射波の 2 波が合成されたときの例を図 6.1-19 に示す。位相が同相に近づくと合成された信号は大きな振幅となり、逆相による合成では小さな振幅となることが確認できる。

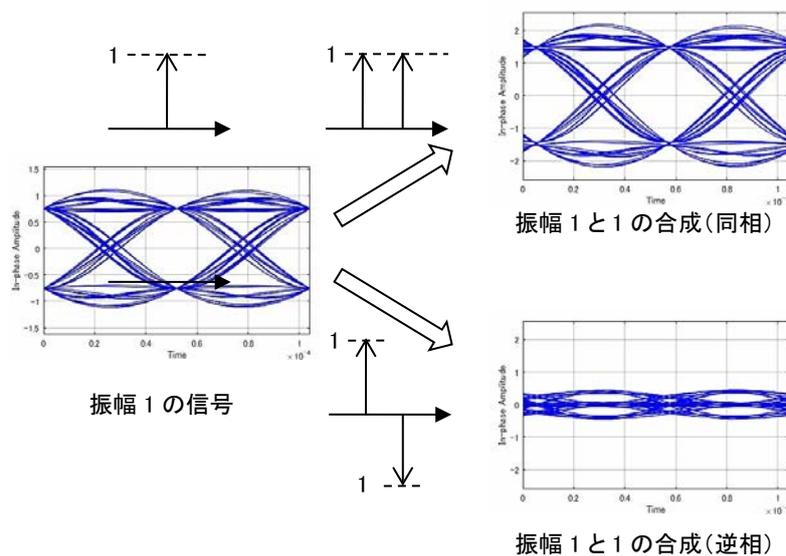


図 6.1-19 振幅と位相による合成波の変化

図 6.1-19 を例に、直接波のみ到来した場合と、直接波と 1 つの反射波が到来した場合の差について検討する。直接波のみ到来した場合に対し、反射波の影響で強め合う場合の差が最大となるのは直接波と同じレベルの 1 つの反射波が同相で到来する場合である。このとき直接波のみ到来した場合の 2 倍の(約 3 dB 高い)受信レベルとなる。このことから机上検討結果に対し、実証試験では最大値で 3 dB 高

い受信レベルになりうるということがわかる。これらの理由により、表 6.1-6 の A から E 点での理論値と測定値の 2 dB 差は想定される差内での観測であると言える。

以上から、希望する受信電力を得るために送信電力から反射波の影響と見られる 2 dB を除去した 8 W とし除去した値については、補正計算により 12.5 W の特性に合わせたデータを示すこととし、試験を実施することとした。

#### 6.1.3.3. 妨害波側スケルチオープン測定検討における送信出力

スケルチオープン測定検討については同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討と同様の 12.5 W で送信すると、送受信機間の離隔距離が約 50 km (表 6.1-9 を参照) と非常に大きくなるため、同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討と同様に実証試験環境における反射波を考慮して妨害波側の送信出力を下げることにした。

表 6.1-7 で示す同一チャンネル干渉検討の測定ポイントと同様の距離に対して図 6.1-16 より受信電力を求めると、約 -76.5 dBm となる。机上検討結果のスケルチオープン電力は -108 dBm であることから (表 5.1-15 参照)、同様の受信電力を再現するために「6.1.3.2. 妨害波側同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討における送信出力」と同じく送信出力を補正することとした。補正值は測定点の受信電力 -76.5 dBm と机上検討結果の -108 dBm の差である 31.5 dB 低減した値となるため、送信出力 (41 dBm) は 9.5 dBm となる。

$$41 \text{ dBm} - 31.5 \text{ dB} = 9.5 \text{ dBm} (\cong 8.9 \text{ mW}) \quad (43)$$

#### 6.1.4. 実証試験開始ポイント

実証試験時の船舶局の送信開始場所を選定するため、机上検討の諸元から送信出力のみを 12.5 W に変更して離隔距離を計算した結果を、表 6.1-7、表 6.1-8 及び表 6.1-9 に示す。

表 6.1-7 測定距離(同一チャンネル干渉検討、12.5 kHz 離れ)

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK	16QAM
		25 kHz	100 kHz
157.150	測定距離 [km]	7.02	6.32
161.750	測定距離 [km]	6.83	6.62

表 6.1-8 測定距離(隣接チャンネル干渉検討)

妨害波 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK	16QAM
		25 kHz	100 kHz
	測定周波数 [MHz]	37.5 kHz 離れ	62.5 kHz 離れ
157.1625	測定距離 [km]	0.23	0.29
161.7625	測定距離 [km]	0.19	0.32

表 6.1-9 測定距離(スケルチオープン測定検討)

測定周波数 [MHz]	項目	$\pi/4$ QPSK	16QAM
		25 kHz	100 kHz
	測定周波数 [MHz]	12.5 kHz 離れ	37.5 kHz 離れ
157.150	測定距離 [km]	47.56	—
161.750	測定距離 [km]	45.19	—

・ 「—」は机上検討時にスケルチオープンなし。

## 6.2. 実証試験手順

### 6.2.1. 実証試験項目一覧

実証試験の試験項目及び周波数の一覧を表 6.2-1 に示す。

表 6.2-1 実証試験項目と使用周波数

	希望波 送信方向	項目	変調方式 (妨害波)	帯域幅 [kHz] (妨害波)	VDE 周波数 [MHz]	音声通信 周波数 [MHz]	備考
1	仮想 船舶局 ↓ 海岸局	同一 チャンネル	$\pi/4$ QPSK	25	157.1625	157.150	12.5 kHz 離れ
2			16QAM	100	157.1625	157.150	12.5 kHz 離れ
3		隣接 チャンネル	$\pi/4$ QPSK	25	157.1625	157.125	37.5 kHz 離れ
4			16QAM	100	157.1625	157.100	62.5 kHz 離れ
5	—	スケルチ オープン	$\pi/4$ QPSK	25	157.1625	157.150	12.5 kHz 離れ
6			16QAM	100	157.1625	157.125	37.5 kHz 離れ

### 6.2.2. 測定手順

実証実験の測定は、以下の手順にて実施する。

#### 【事前確認】

1. 仮想船舶局から海岸局に向けて規定レベルの電波を送信する
2. 海岸局において仮想船舶局からの電波を電界強度測定器やスペクトラムアナライザで測定する
3. 次に船舶局から海岸局に向けて試験項目の規定レベルで電波を送信する。
4. 海岸局において船舶局からの電波を電界強度測定器で測定する。このとき、所望のレベルとなるように船を移動する

#### 【実証試験の開始】

事前確認により測定環境を整えたあと、実証試験を実施する。

#### ・同一チャンネル干渉検討及び隣接チャンネル干渉検討の場合

1. 仮想船舶局から電波を送信したあと、船舶局から電波を送信する
2. 海岸局は、オーディオアナライザにて SINAD を測定する
3. SINAD の値が安定しているかどうかを確認し、安定した状態で SINAD の値を確認する
4. 所望の SINAD の値になるまで船舶局の位置を微調整する

#### ・スケルチオープン測定検討の場合

1. 仮想船舶局から電波は送信せず、船舶局から電波を送信する
2. 海岸局ではノイズスケルチがオープンすることを確認し、その時の船舶局の位置と受信レベルを再度確認する
3. 海岸局では妨害波の聴音を確認する

#### 【変調方式の変更】

1. 船舶局は測定点まで移動する
2. 船舶局の変調方式を変更し、事前確認の 1 から繰り返す

#### 【試験項目の変更】

1. 次の試験項目に移るため、船舶局は移動を開始する
2. 測定点に到着すると、事前確認の 1 から繰り返す

### 6.3. 実証試験実施

平成 28 年 11 月 28 日に実証試験を実施した。

6.2.2. 節の測定手順に従い、同一チャンネル干渉検討、隣接チャンネル干渉検討及びスケルチオープン測定検討の実証試験を実施した。実証試験で得た結果の比較対象として表 6.1-2 及び表 6.1-3 の諸元を使用した補正後の机上検討結果も同様に算出した。

### 6.3.1. 実証試験結果

海上フィールドでの実証試験結果を示す。図 6.3-1 は、表 6.2-1 の実証試験における試験項目の実施位置を図に表したものである。

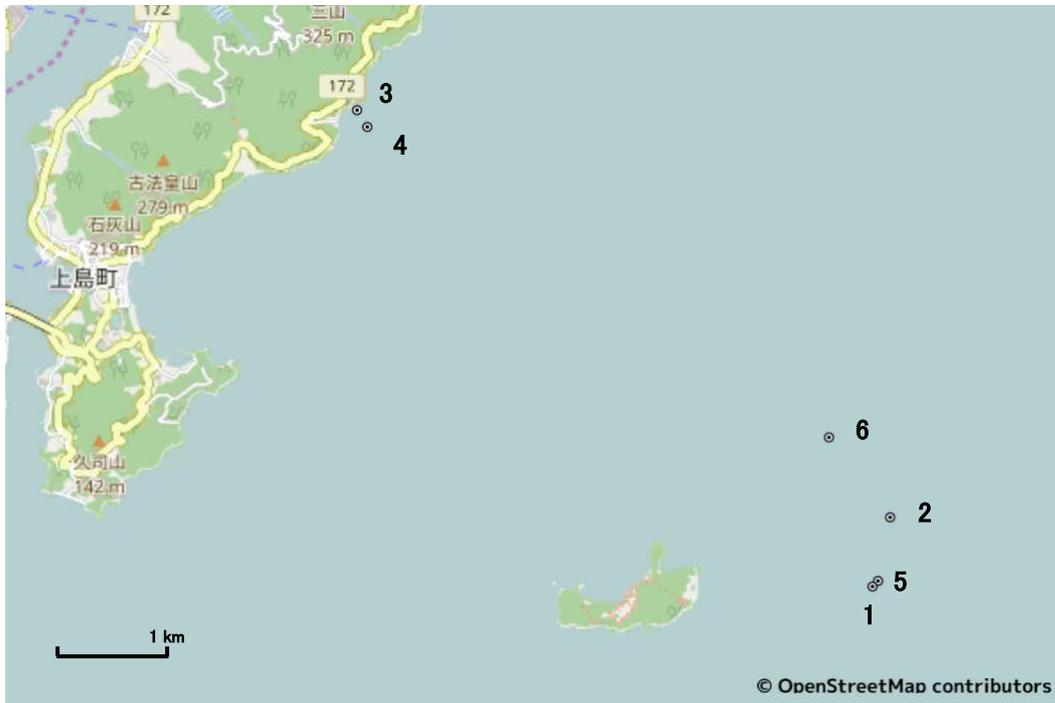


図 6.3-1 実証試験での測定位置

### 6.3.1.1. 同一チャネル干渉検討

同一チャネル干渉検討(試験項目 1 及び試験項目 2)について、表 6.1-2 及び表 6.1-3 の諸元を使用した実証試験結果と比較対象となる補正後の机上検討結果を表 6.3-1 に示す。実証試験では、海岸局において国際 VHF 無線電話装置のオーディオ出力値をオーディオアナライザのアベレージ機能(8 回分の値を計測し、平均値を測定結果として出力する機能)を使用して SINAD=14 dB となる点を探し、その時の船舶局の位置における DU 比と測定距離を測定した。

表 6.3-1 補正後の机上検討結果と実証試験結果(同一チャネル干渉検討)(試験項目 1, 2)

	妨害波 [MHz]	送信電力	項目	$\pi/4$ QPSK (試験項目 1)	16QAM (試験項目 2)
				25 kHz	100 kHz
補正後の 机上検討 結果	157.1625	12.5 W ( $\cong$ 41 dBm)	測定周波数 [MHz]	157.150	157.150
			DU 比 [dB]	-0.5	-1.9
実証試験 結果	157.1625	8 W ( $\cong$ 39 dBm)	離隔距離 [km]	6.46	5.87
			DU 比 [dB] (下: dBm)※	0.4 (-77.5)	-1.1 (-76.0)
			測定距離 [km]	6.33	6.15

※実証試験結果の DU 比欄の下段は、妨害波の受信電力

また、補正後の机上検討結果の諸元を使用し、机上検討時の離隔距離の理論式(5.1.2.3.4. 節参照)から作成した送受信アンテナ間距離と受信電力の関係を表すグラフに、補正後の机上検討結果及び実証試験結果を追加したグラフを図 6.3-2(試験項目 1)及び図 6.3-3(試験項目 2)に示す。

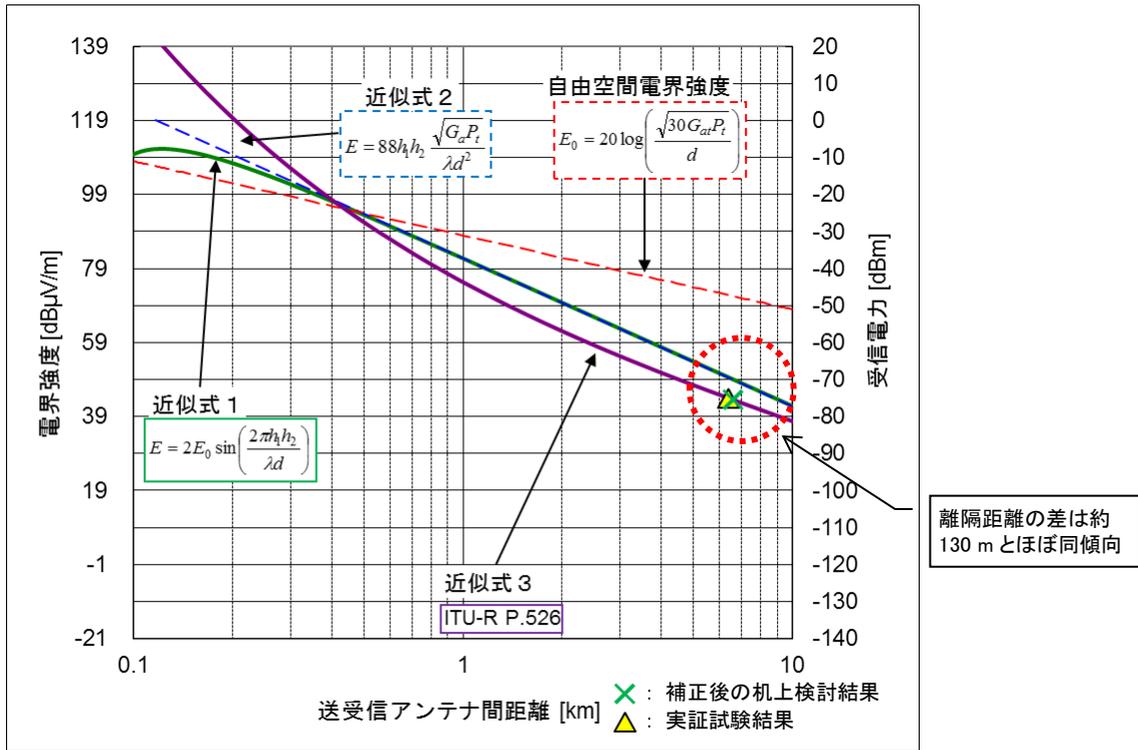


図 6.3-2 補正後の机上検討結果と実証試験結果の離隔距離の比較(試験項目 1)  
( $\pi/4$ QPSK 25 kHz、同一チャネル干渉検討)

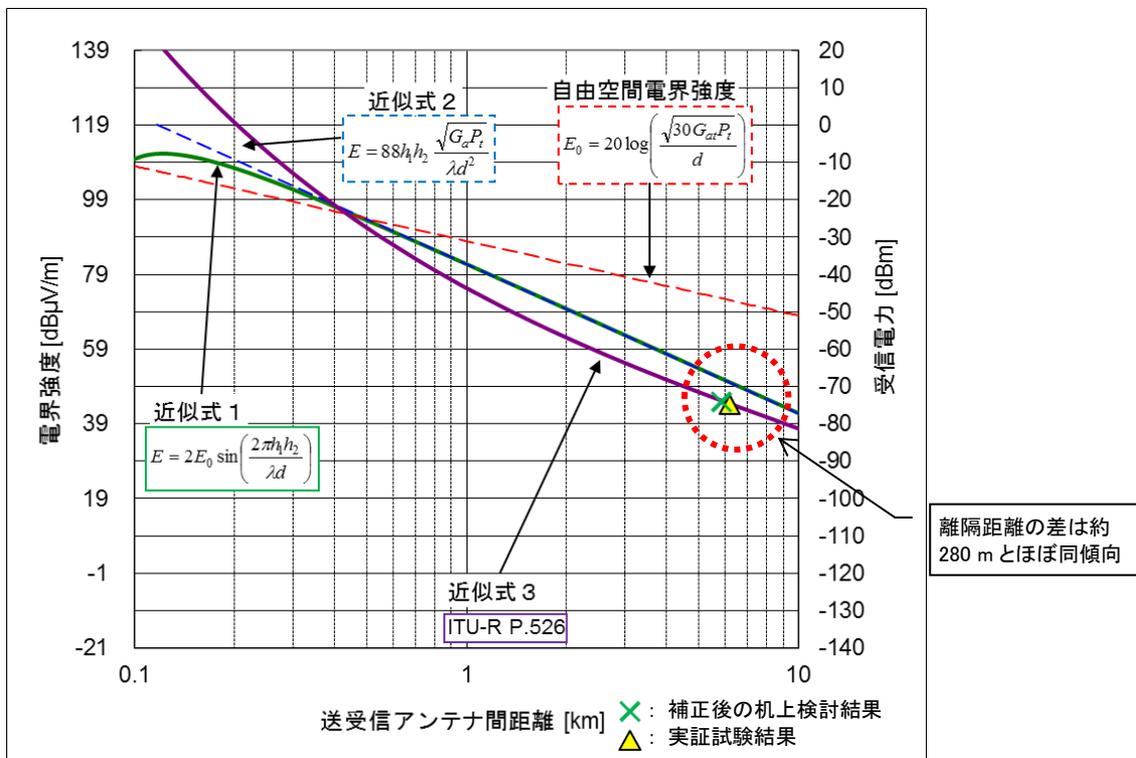


図 6.3-3 補正後の机上検討結果と実証試験結果の離隔距離の比較(試験項目 2)  
(16QAM 100 kHz、同一チャネル干渉検討)

表 6.3-1 の、実証試験結果と補正後の机上検討結果の DU 比の差は、試験項目 1 及び試験項目 2 においてどちらも 1 dB 未満であり、ほぼ同様の結果であった。この時の実証試験結果の測定距離と補正後の机上検討結果の離隔距離を比較すると、試験項目 1 では約 130 m、試験項目 2 では約 280 m の差であり、ほぼ同様の傾向を示すことを確認した。

#### 6.3.1.2. 隣接チャネル干渉検討

隣接チャネル干渉検討(試験項目 3 及び試験項目 4)について、表 6.1-2 及び表 6.1-3 の諸元を使用した実証試験結果と比較対象となる補正後の机上検討結果を表 6.3-2 に示す。実証試験では、海岸局において国際 VHF 無線電話装置のオーディオ出力値をオーディオアナライザのアベレージ機能(8 回分の値を計測し、平均値を測定結果として出力する機能)を使用して SINAD=14 dB となる点を探し、その時の船舶局の位置における DU 比と測定距離を測定した。

表 6.3-2 補正後の机上検討結果と実証試験結果(隣接チャネル干渉検討)(試験項目 3, 4)

	妨害波 [MHz]	送信電力	項目	$\pi/4$ QPSK (試験項目 3)	16QAM (試験項目 4)
				25 kHz	100 kHz
			測定周波数 [MHz]	37.5 kHz 離 157.125	62.5 kHz 離 157.100
補正後の 机上検討 結果	157.1625	12.5 W ( $\doteq$ 41 dBm)	DU 比 [dB]	62.1	58.5
			離隔距離 [km]	0.23	0.3
実証試験 結果	157.1625	8 W ( $\doteq$ 39 dBm)	DU 比 [dB] (下: dBm)※	65.7 (-11.7)	58.8 (-18.3)
			測定距離 [km]	0.14	0.26

※実証試験結果の DU 比欄の下段は、妨害波の受信電力

また、補正後の机上検討結果の諸元を使用し、机上検討時の離隔距離の理論式(5.1.2.3.4. 節参照)から作成した送受信アンテナ間距離と受信電力の関係を表すグラフに、補正後の机上検討結果及び実証試験結果を追加したグラフを図 6.3-4(試験項目 3)及び図 6.3-5(試験項目 4)に示す。

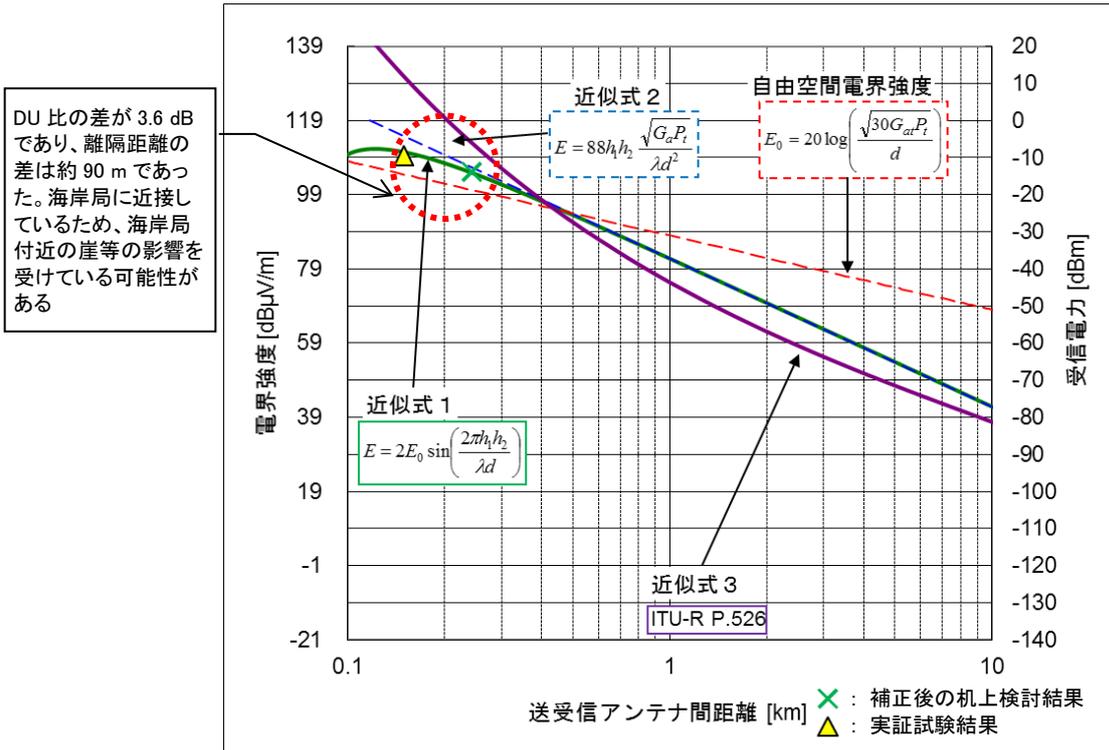


図 6.3-4 補正後の机上検討結果と実証試験結果の離隔距離の比較 (試験項目 3)  
 (π/4QPSK 25 kHz、隣接チャネル干渉検討)

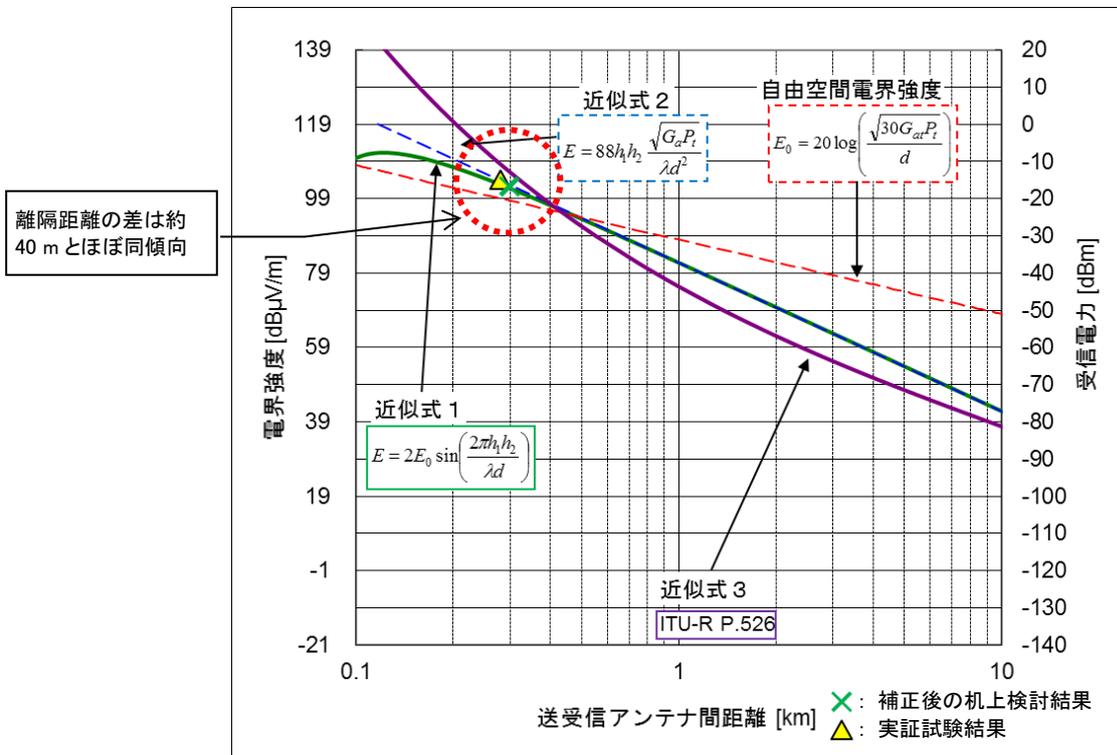


図 6.3-5 補正後の机上検討結果と実証試験結果の離隔距離の比較 (試験項目 4)  
 (16QAM 100 kHz、隣接チャネル干渉検討)

表 6.3-2 の実証試験結果と補正後の机上検討結果の DU 比の差は、試験項目 4 では 0.3 dB となり、ほぼ同等の値を示したのに対して、試験項目 3 では 3.6 dB となり試験項目 4 よりも差が大きくなった。この時の実証試験結果の測定距離と補正後の机上検討結果の離隔距離を比較すると、試験項目 3 では約 90 m、試験項目 4 では約 40 m の差であった。

### 6.3.1.3. スケルチオープン測定検討

スケルチオープン測定検討(試験項目 5 及び試験項目 6)について、表 6.1-2 及び表 6.1-3 の諸元を使用した実証試験結果と比較対象となる補正後の机上検討結果を表 6.3-3 に示す。実証試験では、試験項目 5 は海岸局の国際 VHF 無線電話装置でスケルチが開いた時の船舶局との距離を測定し、試験項目 6 ではスケルチが開かないことを確認した。

表 6.3-3 補正後の机上検討結果と実証試験結果(スケルチオープン測定検討)(試験項目 5, 6)

	妨害波 [MHz]	送信電力	項目	$\pi/4$ QPSK (試験項目 5)	16QAM (試験項目 6)
				25 kHz	100 kHz
			測定周波数 [MHz]	12.5 kHz 離れ 157.150	37.5 kHz 離れ 157.125
補正後の 机上検討 結果	157.1625	8.9 mW ( $\approx$ 9.5 dBm)	オープン電力 [dBm]	-108	—
			可聴	有	無
			離隔距離 [km]	6.48	—
実証試験 結果	157.1625	8.9 mW ( $\approx$ 9.5 dBm)	オープン電力 [dBm]	-107.3	—
			可聴	有	無
			測定距離 [km]	6.33	—

- ・ 「—」はスケルチオープンなし。可聴については、スケルチオープン状態で耳障りな音が確認できるかを示す。
- ・ 「可聴」の「無」の項目については、待ち受け中にスケルチは開かなかったが、通信中に他局よりデジタル波の入力があった場合は耳障りな音が発生することが確認された。

また、補正後の机上検討結果の諸元を使用し、机上検討時の離隔距離の理論式(5.1.2.3.4. 節参照)から作成した送受信アンテナ間距離と受信電力の関係を表すグラフに、補正後の机上検討結果及び実証試験結果を追加したグラフを図 6.3-6(試験項目 5)に示す。

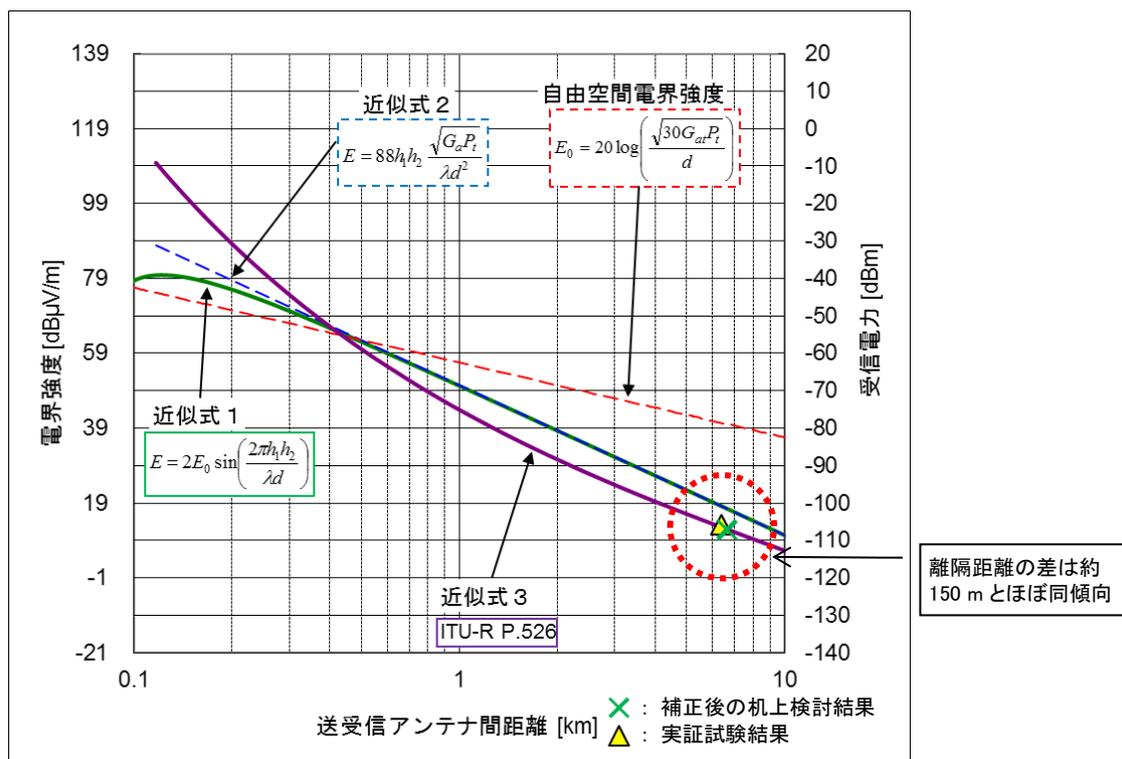


図 6.3-6 補正後の机上検討結果と実証試験結果の離隔距離の比較(試験項目 5)  
 (π/4QPSK 25 kHz、スケルチオープン測定検討)

表 6.3-3 の実証試験結果と補正後の机上検討結果のスケルチオープン電力の差は、スケルチの開いた試験項目 5 では 0.7 dB となりほぼ同等の値を示した。この時の実証試験結果の測定距離と補正後の机上検討結果の離隔距離の差は 150 m とほぼ同様の傾向を示し、同時にスケルチが開いた時には妨害波によるノイズ音が可聴であることを確認した。試験項目 6 については補正後の机上検討結果と同様に実証試験でもスケルチが開かないことを確認し、さらに仮想船舶局と海岸局が音声通信中にスケルチが開いた場合には、表 5.1-15 の机上検討結果と同様に、うねりのあるノイズ音を確認した。

### 6.3.2. 補正後の机上検討結果との比較

#### 6.3.2.1. 同一チャネル干渉検討

6.3.1.1. 節のとおり、DU 比及び離隔距離共に実証試験結果と補正後の机上検討結果がほぼ同様の結果であった。以上のことから、同一チャネル干渉検討における補正後の机上検討結果の妥当性を実証試験にて確認することができた。

#### 6.3.2.2. 隣接チャネル干渉検討

6.3.1.2. 節のとおり、実証試験結果と補正後の机上検討結果の DU 比の差が試験項目 3 では 3.6 dB となり、試験項目 4 よりも差が大きくなった。

試験項目 3 において受信電力のレベル差が他の試験項目と比べ大きく、実証試験結果と補正後の机上検討結果の DU 比に差が生じた要因としては、図 6.3-7 のとおり、海岸局は崖の間際に設置しており、その背後に山があること(図 6.1-18)や海上での船舶が同じ位置に停止し続けることが困難であったこ

と等の影響が考えられる。6.1.3.2. 節にも示したとおり、反射波が複数到来することで、受信電力は数 dB のレベル差が生じることは十分考えられることであり、その差に合わせて結果的に DU 比も連動したものと考えられる。また、実証試験結果の受信電力と補正後の机上検討結果の受信電力の差 (3.6 dB) と、離隔距離の差 (90 m) の関係性は、図 6.3-4 の近似式 1 と同傾向であり、受信電力の差 (3.6 dB) が距離の差 (90 m) にも現れていることを示している。以上のことから、DU 比の差は実証試験において十分起り得ることから、離隔距離の差が生じることについても同様に想定されると判断した。



図 6.3-7 海岸局の近距離時の測定環境

以上のことから隣接チャネル干渉検討における補正後の机上検討結果の妥当性を実証試験にて確認することができた。

#### 6.3.2.3. スケルチオープン測定検討

6.3.1.3. 節のとおり、スケルチオープン電力及び離隔距離共に実証試験結果と補正後の机上検討結果がほぼ同様の結果であり、スケルチが開いた場合にも同様に妨害波によるノイズ音が可聴であることを確認した。以上のことから、スケルチオープン測定検討における補正後の机上検討結果の妥当性を実証試験にて確認することができた。

### 6.4. 実証試験まとめ

補正後の机上検討結果には、5.1.2.4. 節の机上検討結果算出の際の諸元から送信出力やアンテナ高を補正した、表 6.1-2 及び表 6.1-3 の諸元を使用している。送信出力やアンテナ高及びケーブルロスの影響に対する諸元の補正は、6.1.3.1. 節の海上フィールド実証試験実施の事前調査における送信出力補正值の算出や 6.1.3.2. 節の送信出力の補正に伴う他の項目への影響に関する説明でも確認したように、ITU-R 勧告 P.526-13 の理論値の距離と受信電力の関係には影響しない。このことから、補正後の机上検討結果から補正の影響を除くことで、5.1.2.4. 節の机上検討結果となることがわかる。

以上のことから、6.3.2. 節において実証試験結果から補正後の机上検討結果の妥当性を示したことにより、本実証試験の目的である 5.1.2.4. 節で示した机上検討結果も同様に妥当であることを確認した。

但し、本調査検討会で実施した実証試験のように、無線局の設置場所によっては周囲の構造物や地形等による伝搬環境の影響で受信レベルは変動する。そのため、実際に無線局を設置する際には、事前に周囲の伝搬環境の影響を考慮する必要がある。

また、本調査検討会での周波数共用検討においては、希望波の電力レベル値として、基準感度 +30 dB の値を用いている。これは、5.1.2.3.3. 節に記載したとおり、海上通信において現行 FM システムとデジタルデータ通信間の周波数共用検討は初めての実施であり、まずは前例として陸上での検討で使用された値(+30 dB)を採択したためである。このため、詳細な海上での技術的条件を求めるためには別途干渉検討が必要と考えられる。