

令和6年度周波数ひっ迫対策技術試験事務のうち 「次世代 GMDSS 海上無線機器の技術的条件に関する 調査検討」の請負

報 告 書

目次

1.	本調査検討の概要	9
1.1	背景と目的	9
1.2	実施項目の概要	9
1.2.1	主要国の GMDSS 機器等の動向調査	9
1.2.2	次世代 GMDSS 船舶用無線機器等の技術的条件等の検討	10
1.2.3	GMDSS 派生機器の技術的条件等の検討	10
1.2.4	柔軟な型式検定制度の導入に向けた検討	10
1.3	調査検討会の開催概要	10
2.	主要国の GMDSS 機器等の動向調査	12
2.1	次世代 GMDSS 船舶用無線機器及び GMDSS 派生機器の開発・普及動向	12
2.1.1	GMDSS の概要と近代化	12
2.1.2	GMDSS 船舶用無線機器・GMDSS 派生機器の概要と利用イメージ	13
2.1.3	主要な GMDSS 船舶用無線機器の動向	20
2.1.4	主要な GMDSS 派生機器の動向	25
2.1.5	GMDSS 船舶用無線機器の市場動向	29
2.2	欧米等における型式検定の認証方法	31
2.2.1	欧米における型式検定制度の概要	31
2.2.2	欧州の制度動向	33
2.2.3	米国の制度動向	38
3.	次世代 GMDSS 船舶用無線機器等の技術的条件等の検討	45
3.1	ACS の仕様策定・設計・試作	45
3.1.1	仕様策定	45
3.1.2	ACS の設計・試作	48
3.2	干渉回避方法等の検討・評価	51
3.3	実証試験課題の整理	52
4.	GMDSS 派生機器の技術的条件等の検討	54
4.1	AMRD の技術的条件の検討	54
4.1.1	実証試験の実施概要	54
4.1.2	通達距離の測定試験	55
4.1.3	干渉影響の評価試験	65

4.1.4	画面上の表示確認試験.....	67
4.1.5	技術的条件の検討	70
4.1.6	測定法の検討	77
4.1.7	その他制度化に向けた課題.....	82
4.2	VDES の技術的条件の検討.....	84
4.2.1	検討範囲・方法.....	84
4.2.2	AIS に係る現行基準の整理.....	86
4.2.3	VDES に係る国際標準規格の動向.....	90
4.2.4	技術的条件の検討	93
5.	柔軟な型式検定制度の導入に向けた検討	101
5.1	我が国の型式検定制度の概要	101
5.1.1	目的・対象機器.....	101
5.1.2	型式検定を要しない機器.....	102
5.1.3	認証基準・手続き.....	102
5.1.4	検定取得済み機器の変更	103
5.1.5	型式検定制度の主な関連法令.....	105
5.2	型式検定制度に関する課題抽出	106
5.3	柔軟な型式検定制度の導入に向けた検討方針.....	109
6.	まとめと今後の課題	112

図 目次

図 2-1 主な GMDSS 船舶用無線機器の利用イメージ①	14
図 2-2 主な GMDSS 船舶用無線機器の利用イメージ②	15
図 2-3 MOB の利用イメージ	16
図 2-4 移動航路標識の利用イメージ	16
図 2-5 AMRD Group B 機器の利用イメージ	17
図 2-6 VDES 運用システムの概要	19
図 2-7 Cobham Satcom SAILOR 7222 VHF DSC Class A	21
図 2-8 NVR-3000 VHF RADIO (CLASS A)	22
図 2-9 Cobham Satcom SAILOR 6311 M/HF DSC Class A 150W - FCC Approved	23
図 2-10 New Sunrise NHR-1500 MF/HF RADIO	23
図 2-11 Cobham Satcom SAILOR 6391	24
図 2-12 New Sunrise NVX-3000 NAVTEX	25
図 2-13 Weather-dock AG 社 Easy2-MOB	26
図 2-14 Ocean Signal MOB1	26
図 2-15 SRT DAS EXPRESS-2	27
図 2-16 Bict AMRD Net-Buoy AIS	27
図 2-17 Saab R60 VDES Base Station	28
図 2-18 Saab R6 Supreme AIS/VDES	28
図 2-19 Saab R6 VDES PAYLOAD	29
図 2-20 satlab VTRX VDE-SAT Transceiver	29
図 2-21 GMDSS 機器種別の市場規模	30
図 2-22 地域ごとの GMDSS 機器市場規模	31
図 3-1 ACS 運用の概念図	46
図 3-2 ACS 運用フロー	47
図 3-3 試作機の構成	49
図 3-4 ACS 試作機の動作確認試験の測定系(送信系)	50
図 3-5 ACS 試作機の動作確認試験の測定系(受信系)	50
図 3-6 NBDP 遭難周波数の変更	52
図 4-1 試験イメージ	56
図 4-2 試験場所	57
図 4-3 Group A 送信局の設置方法	58
図 4-4 Group B 送信局の設置方法	58
図 4-5 受信局の設置状況	59
図 4-6 受信局を設置した船舶の航跡	60
図 4-7 Group A(アンテナ高 0.5 m)	62

図 4-8 Group A(アンテナ高 0.2 m)	62
図 4-9 Group B(アンテナ高 1 m)	63
図 4-10 Group B(アンテナ高 0.5 m)	64
図 4-11 Group A 干渉試験の測定系	66
図 4-12 Group B 干渉試験の測定系	67
図 4-13 画面表示試験の測定系	68
図 4-14 Group A 表示画面	68
図 4-15 表示画面(近接)	68
図 4-16 Group B 表示画面	69
図 4-17 フィルタリング実施後の画面表示	70
図 4-18 制度化対象とする無線局リスト	85
図 4-19 VDES に関する各文書の関係性	90
図 4-20 VDES に係る技術的条件の建付け	94
図 5-1 型式検定の認証手続き概要	103
図 5-2 型式検定制度の主な関連法令	106

表 目次

表 1-1 調査検討会の開催状況.....	11
表 1-2 次世代 GMDSS 作業班の開催状況.....	11
表 1-3 型式検定作業班の開催状況.....	11
表 2-1 GMDSS 近代化等による船舶の無線設備変更の概要.....	13
表 2-2 主な GMDSS 船舶用無線機器の概要.....	13
表 2-3 AMRD の概要.....	15
表 2-4 IALA ガイドラインにおける VDES の想定ユースケース例.....	19
表 2-5 VHF 無線設備の製品例.....	21
表 2-6 MF/HF 無線設備の製品例.....	22
表 2-7 NAVTEX 受信機の製品例.....	24
表 2-8 AMRD の製品例.....	25
表 2-9 VDES の製品例.....	27
表 2-10 欧米における型式検定の認証方法の概要.....	31
表 2-11 Notified Body に関わる規定内容.....	34
表 2-12 型式検査の試験実施手順概要.....	35
表 2-13 TCB に関わる規定内容.....	40
表 2-14 クラス I～III の変更の概要.....	42
表 3-1 送信規格.....	48
表 3-2 受信規格.....	48
表 3-3 試験結果(送信).....	51
表 3-4 試験結果(受信).....	51
表 4-1 AMRD 実証試験の項目と概要.....	54
表 4-2 AMRD 使用機器一覧.....	55
表 4-3 沖縄県系数 2025 年 2 月 5 日の気象データ.....	60
表 4-4 干渉下における受信距離.....	66
表 4-5 影響を受けない離隔距離.....	67
表 4-6 Group A 機器の技術的条件項目と準拠する国際規格・国内法令等.....	70
表 4-7 Group B 機器の技術的条件項目と準拠する国際規格・国内法令等.....	71
表 4-8 MOB 機器 一般的条件.....	72
表 4-9 MOB 機器 AIS 送信装置の条件.....	73
表 4-10 移動航路標識の一般的条件.....	75
表 4-11 Group B 機器の一般的条件.....	75
表 4-12 Group B 機器 AIS 送信装置の条件.....	75
表 4-13 Group A MOB 機器 外観及び構造試験.....	77
表 4-14 Group A MOB 機器 機能条件.....	77

表 4-15 Group A MOB 機器 AIS 送信部.....	78
表 4-16 Group A MOB 機器 環境条件.....	79
表 4-17 Group B 機器 外観及び構造試験.....	81
表 4-18 Group B 機器 機能条件	82
表 4-19 Group B 機器 AIS 送信装置.....	82
表 4-20 各 VDES 無線局の既存基準の有無及び技術的条件への反映方針	86
表 4-21 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る一般的条件.....	87
表 4-22 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る送信装置の条件	87
表 4-23 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る受信装置(時分割多元接続方式受信部)の条件.....	88
表 4-24 船舶局に備える AIS に係る受信装置(デジタル選択呼出装置受信部)の条件	89
表 4-25 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る表示部の条件	89
表 4-26 海岸局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る現行基準	90
表 4-27 ITU-R 勧告 M.2092-1 の Annex 構成	91
表 4-28 VDES 共通の技術特性項目 (ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 2)	91
表 4-29 ASM 特有の技術特性項目 (ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 3)	92
表 4-30 地上 VDE 特有の技術特性項目 (ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 4)	92
表 4-31 衛星 VDE 特有の技術特性項目 (ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 5)	93
表 4-32 ASM、衛星/地上 VDE 共通の一般条件.....	94
表 4-33 ASM、衛星/地上 VDE 共通の送信装置の条件.....	95
表 4-34 ASM、衛星/地上 VDE 共通の受信装置の条件.....	95
表 4-35 ASM、衛星/地上 VDE 共通の空中線の条件	95
表 4-36 ASM 特有の一般的条件	95
表 4-37 ASM 特有の送信装置の条件	96
表 4-38 ASM 特有の受信装置の条件	96
表 4-39 ASM 特有の空中線の条件.....	97
表 4-40 地上 VDE 特有の送信装置の条件	97
表 4-41 地上 VDE 特有の受信装置の条件	98
表 4-42 地上 VDE 特有の空中線の条件	98
表 4-43 衛星 VDE(船舶局)特有の送信装置の条件	98
表 4-44 衛星 VDE(船舶局)特有の受信装置の条件	99
表 4-45 衛星 VDE(船舶局)特有の空中線の条件	99
表 4-46 衛星 VDE(衛星局)特有の送信装置の条件	99
表 4-47 衛星 VDE(衛星局)特有の受信装置の条件	100
表 4-48 衛星 VDE(衛星局)特有の空中線の条件	100
表 5-1 課題分類①合格機器の一部を変更する場合の手続き	107
表 5-2 課題分類②書類等の提出・保管	107
表 5-3 課題分類③技術的要件	108

表 5-4 課題分類④「型式検定を要しない」機器	108
表 5-5 課題分類⑤制度全般.....	108
表 5-6 各課題の対応方針	109
表 5-7 課題の検討方針.....	111

(空白頁)

1. 本調査検討の概要

1.1 背景と目的

国際海事機関(IMO)では、全世界的な海上遭難・安全システム(GMDSS)に新たな技術を導入するため、2017 年から次世代GMDSSのための船舶用無線設備の設置要件、性能基準等の検討を行っており、検討結果を反映した改正SOLAS条約¹及び船舶用無線設備の性能基準が2022年に承認された。

上記改正では、従来の船舶用無線設備の性能基準の見直しが行われるとともに、MF/HF 帯無線通信において、最適周波数自動選択による自動回線接続(ACS)技術が新たに導入された。この技術は、従来、無線通信士が行っていた周波数選択を経験が不足している者でも行えるよう自動化する技術であり、世界的な船員不足への対応のため、今後導入船舶数の増加が見込まれている。

当該技術については、ITU²においても、WRC-23³議題 1.11(次世代 GMDSS の導入)の中で利用周波数等が検討されて、2023 年に決定決議され、SOLAS 条約では、各加盟国に条約に定められた無線設備の船舶への設置義務を適切に実施するための制度的担保(国内制度化等)を求めており、我が国では、総務大臣が行う型式検定に合格した機器を船舶に設置して定期的に検査を行うことで担保している。

改正 SOLAS 条約及び関連決議(性能基準)については、2024 年以降順次速やかな導入が求められる見込みであることから、新たな技術を国内に導入するための型式検定機器の技術基準や試験方法の策定、また、自律型海上無線機器(AMRD)等の GMDSS 機器から派生した新たなシステムとの共存検討が急務となっている。

また、昨今の世界的な半導体不足や技術革新の進展を受け、船用無線機器の部品調達は高い柔軟性が求められており、型式検定機器の性能に影響を与えることなく、迅速に対応できる基準の策定も喫緊の課題といえる。

本調査検討は、上記の状況を踏まえて、最適周波数自動選択による ACS 技術を始めとした次世代 GMDSS の船舶用無線設備のための技術的条件を検討するとともに、国際動向と整合性のある型式検定の認証方法の検討等を目的として行うものである。

1.2 実施項目の概要

1.2.1 主要国の GMDSS 機器等の動向調査

欧米や中国等の主要な国における次世代 GMDSS 船舶用無線機器(アナログ音声で行われている国際 VHF 通信のデジタル化、NAVDAT 及び MF/HF 帯 ACS 技術等)及び GMDSS 派生機器の開発・普及動向について調査を実施した。

¹ SOLAS 条約:海上における人命の安全のための国際条約

² ITU(International Telecommunication Union):国際電気通信連合

³ WRC-23(World Radiocommunication Conference 2023):2023 年世界無線通信会議

また、型式検定機器の性能に影響を与えることなく、迅速かつ柔軟に対応可能な技術基準を策定することを目的に、国際動向とも整合性のある型式検定の承認方法の検討を行うため、欧米等の主要な国における型式検定の認証方法について調査を実施した。

1.2.2 次世代 GMDSS 船舶用無線機器等の技術的条件等の検討

MF/HF 帯無線通信において、最適周波数自動選択による ACS 技術導入に向けて令和 7 年度に実証実験を実施するため、ACS の仕様策定・設計・試作を行い、実施・検証すべき実証実験課題を整理した。

また、策定した ACS 技術の仕様に基づき、既存 GMDSS 機器との干渉回避方法等の共用条件について机上検討を実施した。

1.2.3 GMDSS 派生機器の技術的条件等の検討

GMDSS 派生機器として、自律型海上無線機器(AMRD)及び VHF データ交換システム(VDES)の技術的条件の検討を実施した。

(1) 自律型海上無線機器(AMRD)の技術的条件の検討

漁網、大型漂流物及びダイバー(浮上時)等に取り付けて位置情報送信用として用いられる AMRD の導入に向けて、令和5年度に総務省(東北総合通信局)において実施した「自律型海上無線機器(AMRD)の導入に向けた調査検討」の結果を踏まえ、技術的条件の策定に向けた海上を含む試験環境において実証試験を実施した。それらの結果を踏まえ、技術的条件案を策定した。

(2) VHF データ交換システム(VDES)の技術的条件の検討

地上で用いる VHF データ交換(地上 VDE)、低軌道衛星による VHF データ交換(衛星 VDE)、AIS 及び ASM をまとめて使用する VHF データ交換システム(VDES)の日本導入に向けた技術的条件の策定に向け、ITU 勧告、IEC 規格等の国際基準を踏まえた技術的条件案を策定した。

1.2.4 柔軟な型式検定制度の導入に向けた検討

1.2.1 において調査した国際動向等を踏まえ、国際動向と整合性のある柔軟な型式検定の認証基準の策定に向けた検討を実施した。

1.3 調査検討会の開催概要

本調査検討を円滑に実施するため、学識経験者及び通信機器メーカー等の専門家で構成される「次世代 GMDSS 海上無線機器の技術的条件に関する調査検討会」(以下、調査検討会)を設置・運営した。また、調査検討会の下に、次世代 GMDSS 船舶用無線機器及び GMDSS 派生機器の技術的条件について検討を実施する「次世代 GMDSS 作業班」、我が国の柔軟な型式検定制度について検討を実施

する「型式検定制度作業班」を設置・運営した。

表 1-1、調査検討会の開催状況、表 1-2、表 1-3 に各作業班の開催状況を示す。また、調査検討会の開催要綱と構成員、議事録を参考資料として添付する。

表 1-1 調査検討会の開催状況

回次	日時・場所	主な議題
第 1 回	令和 6 年 8 月 21 日(水) 10:00～12:00 三菱総合研究所 大会議室 A・B	・ 実施計画について ・ 次世代 GMDSS 海上無線機器を巡る国際動向について ・ VDES の検討状況とニーズについて ・ 次世代 GMDSS 船舶用無線機器及び派生機器の開発・普及動向について ・ AMRD の実証試験の方針について
第 2 回	令和 7 年 2 月 21 日(金) 13:00～15:00 日比谷国際コンファレンススクエア 8E 会議室	・ AMRD Group A MOB 機器の識別信号の条件について ・ AMRD の実証実験結果について ・ 調査検討状況の報告 ・ 報告書(素案)について
第 3 回	令和 7 年 3 月 13 日(木) 13:00～15:00 三菱総合研究所 大会議室 D	・ 報告書(案)について

表 1-2 次世代 GMDSS 作業班の開催状況

回次	日時・場所	主な議題
第 1 回	令和 6 年 9 月 26 日(木) 15:00～17:00 赤坂インターシティコンファレンス 303	・ VDES の技術的条件の動向と検討方針について ・ ACS の検証について ・ AMRD の実証試験計画
第 2 回	令和 6 年 12 月 24 日(火) 10:00～12:00 オンライン	・ VDES の技術的条件項目案について ・ ACS の評価結果について ・ AMRD の技術的条件案 ・ AMRD の実証試験計画

表 1-3 型式検定作業班の開催状況

回次	日時・場所	主な議題
第 1 回	令和 6 年 10 月 17 日(木) 10:00～12:00 赤坂インターシティコンファレンス 303	・ 検討の概要と本日の論点について ・ 型式検定制度に関する我が国の現状と欧米の動向について ・ 型式検定制度に関する現状の課題について
第 2 回	令和 7 年 1 月 15 日(水) 15:00～17:00 オンライン	・ 型式検定制度の現状の課題と今後の検討方針(案)について ・ 主要論点に関する海外動向について

※上記に加え、令和 6 年 11 月 21 日(木)に、型式検定作業班構成員による非公式会合を実施。

2. 主要国の GMDSS 機器等の動向調査

2.1 次世代 GMDSS 船舶用無線機器及び GMDSS 派生機器の開発・普及動向

2.1.1 GMDSS の概要と近代化

GMDSS は、IMO による「1974 年の海上における人命の安全のための国際条約」(SOLAS 条約) 附属書第 IV 章で規定されている海上の遭難・安全システムである。以前のモールス通信に代わり、衛星通信やデジタル通信技術を利用することで、船舶が世界中のどこを航行していても遭難・安全に関する通信等を迅速・確実に行うことができ、遭難事故が発生した場合でも自動的または簡単な操作で遭難警報の伝達が可能である。GMDSS の導入は 1992 年 2 月 1 日に始まり、1999 年 2 月 1 日に完全実施された。これにより、商船でのモールス通信が廃止され、デジタル選択呼出(DSC)による自動聴取が導入されたことにより、専任の通信士が不要となり、航海士が通信士を兼ねることが可能となった。

GMDSS は、主に 1980 年代の技術が用いられていたことから、最新技術の導入を目的として、2009 年に IMO において、GMDSS の見直しの検討を開始することが承認された。その後、IMO で GMDSS 近代化の議論が進められ、2022 年 4 月に GMDSS の規定を一部変更する SOLAS 条約改正案が採択、2024 年 1 月 1 日に改正 SOLAS 条約が発効された。

GMDSS は、海難等に関する通信(コスパス・サースァットシステム、衛星通信システム、中波・短波・超短波システム等)と海上安全情報の提供に関する通信(ナブテックス放送、国際セイフティーネット放送、無線電話による放送)で構成されており、以下の機能を提供するよう考慮されている。

- 遭難警報の送信
- 捜索救助調整通信
- 現場通信
- ロケーティング通信
- ブリッジ・ブリッジ通信
- 海上安全情報の受信

改正 SOLAS 条約による GMDSS 機能要件は、改正前の要件をほぼ踏襲している。一方、GMDSS の海域については、低軌道周回衛星であるイリジウムの導入に伴い、A3 海域の定義が「インマルサット静止衛星の通信範囲」から「認証された移動衛星業務(RMSS: Recognized Mobile Satellite Service)による通信範囲」に変更された。改正 SOLAS 条約における海域の定義は以下の通りである。

- A1 海域: VHF(超短波)海岸局の通信範囲(沿岸より 20～30 海里)
- A2 海域: A1 海域を除く MF(中波)海岸局の通信範囲(沿岸より 150 海里程度)
- A3 海域: A1・A2 海域を除く RMSS による通信範囲
- A4 海域: A1・A2・A3 海域以外の海域

GMDSS 近代化等による無線設備の性能基準等の変更の概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 GMDSS 近代化等による船舶の無線設備変更の概要

機器	GMDSS近代化等による性能基準等変更(動向を含む)
VHF無線設備 DSC/DSC聴守受信機 無線電話	新性能基準において要件が追加される 最新の周波数表(4桁チャンネル等)対応が必須となる
MF無線設備 DSC/DSC聴守受信機 無線電話	NBDP遭難通信送受信機能は義務設備から外れる 新性能基準において下記要件が追加される
MF/HF無線設備 DSC/DSC聴守受信機 無線電話/NBDP	・自動回線接続システム(ACS)機能追加 ・MSI受信機能(NAVTEX/NBDP)、画像出力機能要求 ・BAM、表示関連決議MSC.191(79)適用 2025年1月1日からNBDP国際遭難通信用周波数使用不可
インマルサット船舶地球局 インマルサットEGC	インマルサットCは軽微な変更 (直接印刷電信(NBDP同様の端末)送受信機能も引き続き要求される) イリジウム衛星船舶地球局が追加
NAVTEX受信機	ナプテックス(NAVTEX)は大きな変更なし デジタル航海データシステム(NAVDAT)が将来追加導入
EPIRB	新性能基準が適用済
SART(RADAR SART)又はAIS-SART	SART:大きな変更なし AIS-SART:変更なし
生存艇用双方向VHF無線電話	大きな変更なし
船舶航空機間双方向無線電話 (旅客船のみGMDSS義務設備)	変更なし

出所)次世代 GMDSS 海上無線機器を巡る国際動向について(日本無線株式会社 宮寺好男)

2.1.2 GMDSS 船舶用無線機器・GMDSS 派生機器の概要と利用イメージ

(1) GMDSS 船舶用無線機器

主な GMDSS 船舶用無線機器として、VHF 無線設備、MF/HF 無線設備、インマルサット C 船舶地球局、NAVTEX 受信機、非常用位置指示無線標識(EPIRB)、搜索救助用レーダ・トランスポンダ(SART)、双方向 VHF 無線電話が挙げられる。表 2-2 に各無線設備の概要を示す。また、図 2-1、図 2-2 にこれらの無線設備の利用イメージを示す。

表 2-2 主な GMDSS 船舶用無線機器の概要

無線設備名	無線装置の概要
VHF 無線設備	- 入出港時や付近の船との連絡、遭難通信等に用いる VHF 帯(156-162 MHz)を使用した無線電話装置。 - 船舶が海上にいる間は、VHF チャンネル 16(遭難通信、一般呼出用チャンネル)の無休聴守が求められる。 - Distress ボタンの押下により遭難警報を送信する。
MF/HF 無線設備	- 中・短波帯(MF/HF:2-26 MHz 帯)を使用した無線電話装置。 - 狭帯域直接印刷電信(NBDP)による無線テレックス(文字通信)にも対応できる。 - Distress ボタンを装備。

	・ (MF/HF の NBDP(遭難通信等の送受信機能)は GMDSS 近代化で義務設備から外れた。)
インマルサット C 船舶地球局	・ インマルサット静止衛星を経由してデータ通信を行う端末装置。 ・ 衛星経由で放送される、高機能グループ呼出(EGC)により、海上安全情報(MSI)等のメッセージを自動受信することができる。 ・ 直接印刷電信による無線テレックス(文字通信)が行える。 ・ Distress ボタンを装備。
NAVTEX 受信機	・ ナブテックス海岸局から送信される海上安全情報(MSI)等(航行警報、気象警報、捜索救助関連情報)を自動受信し、画面表示する受信機。 ・ 海岸局から最大 400 海里程度がサービスエリア。
非常用位置指示無線標識(EPIRB)	・ 沈没時に船体から自動的に離脱して浮揚し、遭難警報を自動的に発射する無線標識装置。 ・ 遭難警報はコスパス・サースット衛星経由で管轄する救助調整本部(RCC、日本では海上保安庁)に連絡される。
捜索救助用レーダ・トランスポンダ(SART)	・ 生存艇等で用いられ、レーダの電波に反応して、自動的に特別な信号で応答する装置。 ・ レーダ SART(Radar SART)の他に、AIS を利用した AIS-SART も GMDSS に使用されている。
双方向 VHF 無線電話	・ 生存艇と本船及び救助船間、生存艇相互間などの現場通信に使用される無線電話装置。 ・ 遭難時には一次電池の封を切って装着し、生存艇等に持ち込んで使用する。 ・ 旅客船には、船舶航空機間双方向無線電話装置も要求される。

出所)三菱総合研究所作成

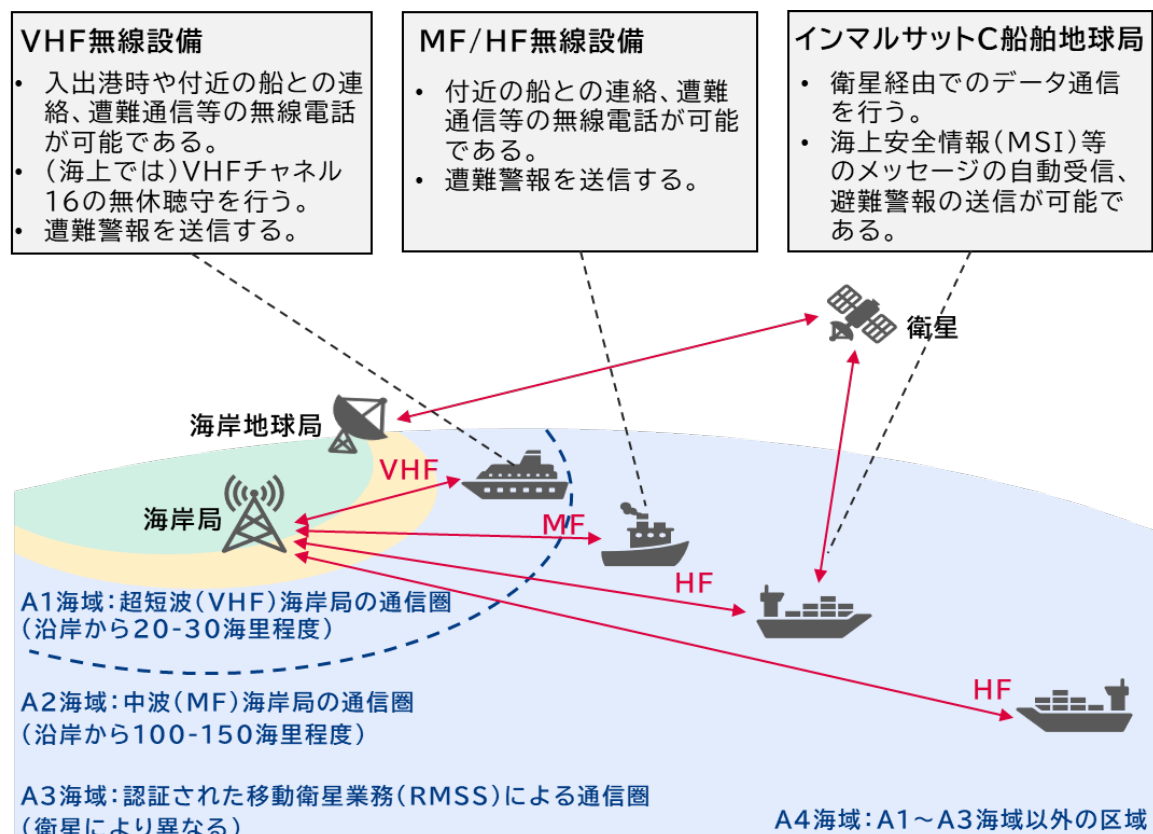


図 2-1 主な GMDSS 船舶用無線機器の利用イメージ①

出所)三菱総合研究所作成

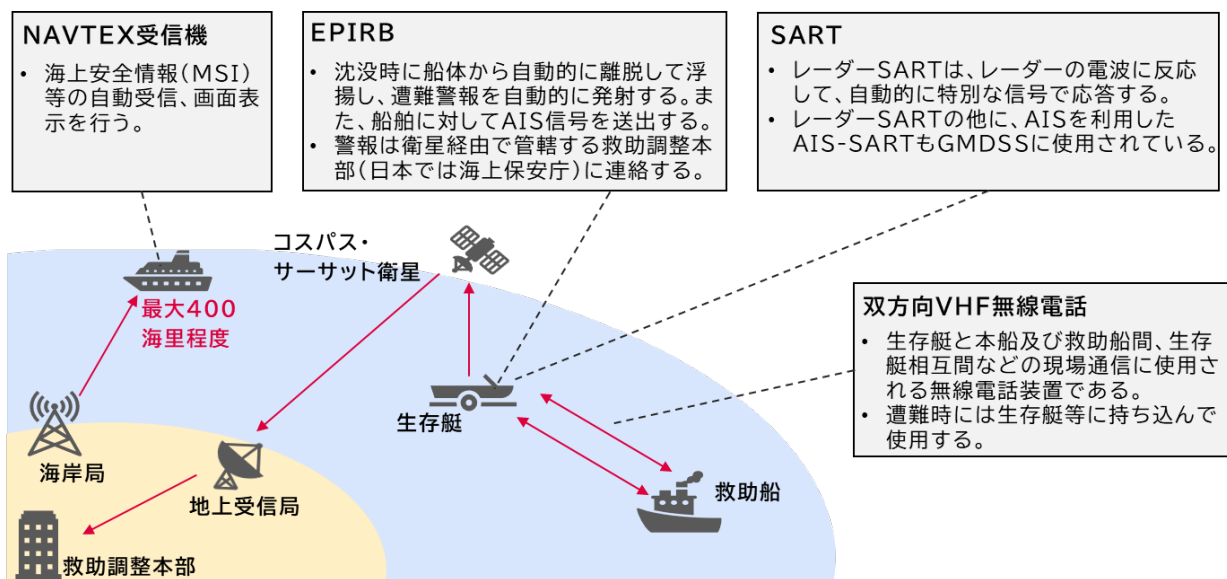


図 2-2 主な GMDSS 船舶用無線機器の利用イメージ②

出所)三菱総合研究所作成

(2) GMDSS 派生機器

GMDSS 船舶用無線機器の派生機器としては、AMRD と VDES が挙げられる。

1) AMRD

AMRD は、船舶、漁網、ブイ、落水者・ダイバー(浮上時)等の位置情報やステータス情報を発信可能な機器であり、表 2-3 に示す通り Group A と Group B に分類される。

表 2-3 AMRD の概要

区分	説明	Group 内の種類
Group A	航行の安全向上に関わる AMRD。船上の航海士に配信する情報は IMO の SOLAS 条約に基づかなければならない。	DSC を利用する MOB
		移動航路標識(MAtoN: Mobile Aids to Navigation) ※日本では航路標識法に規定があり、海上保安庁しか航路標識を設置できない。(又は許可が必要)
Group B	航行の安全向上に直接関わらない AMRD。AMRD の配信する信号や情報は船舶の航行に関係するものではなく、また水路における船舶交通の安全を補完するものでもない。	AIS 技術を利用する機器
		AIS 技術以外を利用する機器 ※試験的利用のみ

出所)三菱総合研究所作成

Group A の MOB は、落水者の遭難救助に資するため、AIS による落水者の遭難信号、識別情報、対地速力(SOG)、対地進路(COG)、位置情報等の発信が可能である。また、MOB は DSC 機能も備えており、母船もしくは全船への遭難信号の送信が可能である。移動航路標識は、水路における船舶交通の安全に資するため、AIS を利用して航路標識の識別情報、種別(固定型/浮揚型等)、位置情報等

を発信可能である。図 2-3、図 2-4 に MOB と移動航路標識の利用イメージをそれぞれ示す。



図 2-3 MOB の利用イメージ

出所) Ocean Signal 社 HP (https://oceansignal.com/wordpress/wp-content/uploads/DSC5643_CROP.jpg) より三菱総合研究所作成

MAtoNが取り付けられたブイ

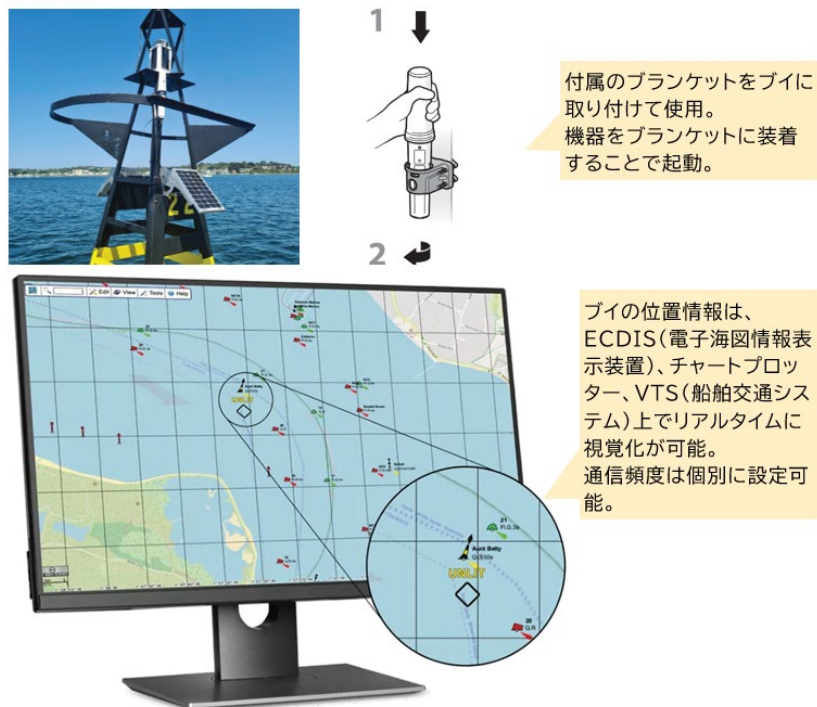


図 2-4 移動航路標識の利用イメージ

出所) SRT 社 DAS Express Datasheet v4.2 より三菱総合研究所作成

AMRD Group B も、Group A と同様の技術を利用して、AMRD の利用形態種別や動態状況（可搬状況、SOG/COG）、オペレーションステータス（平時/異常時）等を発信可能である。漁業では、主に以下の 2 つの目的で、漁具に取り付けて利用することが想定される。

- 漁具の管理・回収時の漁業効率向上に役立てるため、自船から自らの設置した漁具の位置を把握する。
- 設置した漁具と他船との接触を防止するため、付近を航行する船舶（商船・調査船・漁船）に漁具の位置を周知する。

マリンレジャーでは、ダイバーのロスト防止を目的として、ダイバーが機器を携帯し母船からダイバー位置をモニタリングする形で利用することが想定される。

図 2-5 に AMRD Group B 機器の利用イメージを示す。

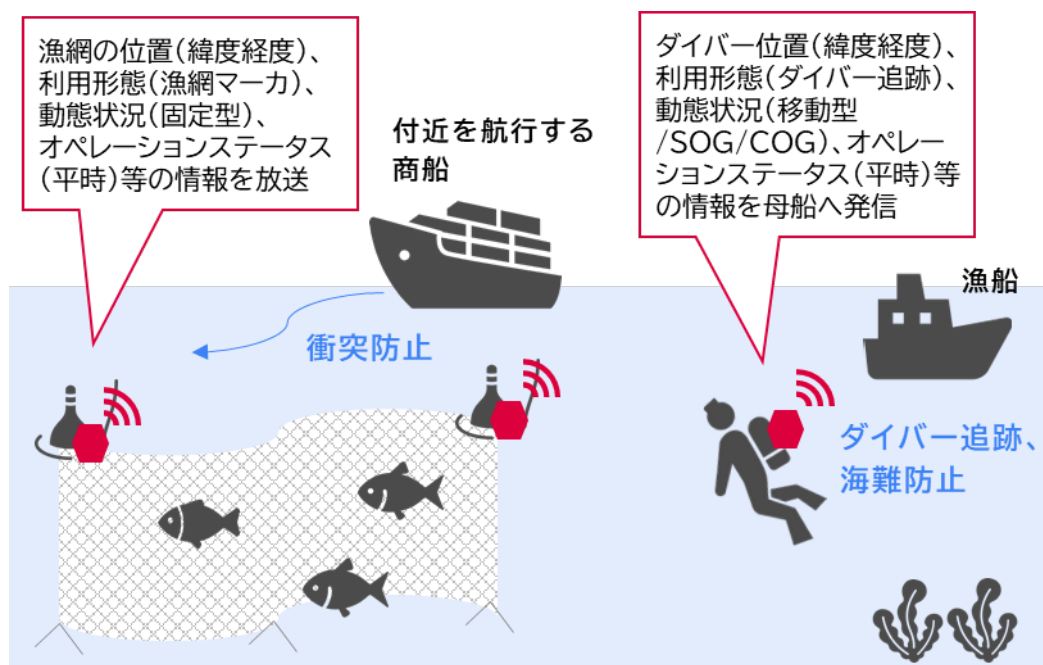


図 2-5 AMRD Group B 機器の利用イメージ

出所)三菱総合研究所作成

AMRD は、WRC-19 において周波数等が国際的に合意され、2023 年 2 月に ITU-R において関連勧告が策定された。これを踏まえて諸外国で制度整備が進められている。

韓国では技術基準を規定済みであり、「海上業務用無線設備の技術基準(해상업무용 무선설비의 기술기준)」第 26 条(自律型海上無線機器)におい、AMRD の分類・技術基準を規定(2021 年 11 月改訂)している。⁴

⁴ 海上業務用無線設備の技術基準(해상업무용 무선설비의 기술기준)
<https://law.go.kr/%ED%96%89%EC%A0%95%EA%B7%9C%EC%B9%99/%ED%95%B4%EC%83%81%EC%97%85%EB%AC%B4%EC%9A%A9%20%EB%AC%B4%EC%84%A0%EC%84%A4%EB%B9%84%EC%9D%98%20%EA%B8%B0%EC%88%A0%EA%B8%B0%EC%A4%80>

中国でも同様に技術基準を規定済みであり、運輸省管轄の国内規格「海上自律型無線設備の技術要件(海上自主无线电设备技术要求)」を2024年8月に発行しており、2025年3月施行となる。⁵

欧州ではECC決定(22)02「CEPTにおけるAMRDの運用に関する規則」を2022年7月発行済みであり、一部国で当ECC決定を採択している。⁶上記文書では、AMRDの定義と周波数の割当、AMRDの種類と利用想定、CEPT諸国におけるAMRDの運用要件、識別信号と機器登録についてガイダンスを提供している。2025年1月時点での各国での採択状況は以下の通りである。

- デンマーク:2023年7月1日に施行済み。
- エストニア:2024年12月8日に「エストニア周波数割当計画」に記載される形で施行。
- フランス:2024年11月28日に採択。2025年第2四半期に「フランス周波数割当表」の改正として公表予定。
- ジョージア:2024年5月30日に施行済み。
- アイルランド:2024年3月1日に施行済み。
- イタリア:2022年8月31日に経済開発省の法令により施行、2022年9月13日に官報214号に掲載。
- マルタ:2021年10月8日に装置の一般的な承認フレームワーク(SL399.40)によって部分的に施行。
- モルドバ:2023年11月16日に施行済み。
- リヒテンシュタイン:2024年7月9日に施行済み。ただし、同国内でのAMRDの運用は禁止。
- スロバキア:2024年1月26日に施行済み。
- スイス:2024年1月1日に施行済み。ただし、スイスおよびリヒテンシュタイン国内では運用不可。
- その他、ベルギー、フィンランド、ドイツ、ラトビア、リトアニア、ルクセンブルク、オランダなども、2024年末から2025年初頭にかけて施行を予定。

2) VDES

VDES(VHF Data Exchange System)は、海上VHF帯を利用したデータ通信システムであり、AIS、ASM(VDES-ASM)、地上VDE(VDE-地上)、衛星VDE(VDE-衛星AIS)の4つから構成される。ASMは、ASM1及びASM2チャンネルを使用し、AISを応用したアプリケーション特定メッセージ交換を行う。伝送路は船舶間・船舶陸上間・船舶衛星間の伝送路で、双方向データ通信が可能である。

VDESは、従来のAISと比較して高速通信が可能とされており、国内外でその利用方法の想定について議論がされている状況である。国際的にはVDES-Alliance⁷、国内では衛星VDESコンソーシアム⁸等を中心に、VDES活用に向けた検討が行われている。2022年12月に発行されたIALAガイ

⁵ 海上自律型無線設備の技術要件(海上自主无线电设备技术要求)

<https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=208E903AB73079F3E06397BE0A0AB2B9>

⁶ <https://docdb.cept.org/document/28560>

⁷ VDES-Alliance(<https://www.vdes-alliance.org/>)

⁸ 衛星VDESコンソーシアム(<https://vdes.jp/>)

ドライン G1117 は VDES の概要や潜在的なユースケースについて記述しており、同文書内で記載されている VDES 運用システムの概要を図 2-6 に、潜在的なユースケース例を表 2-4 に示す。

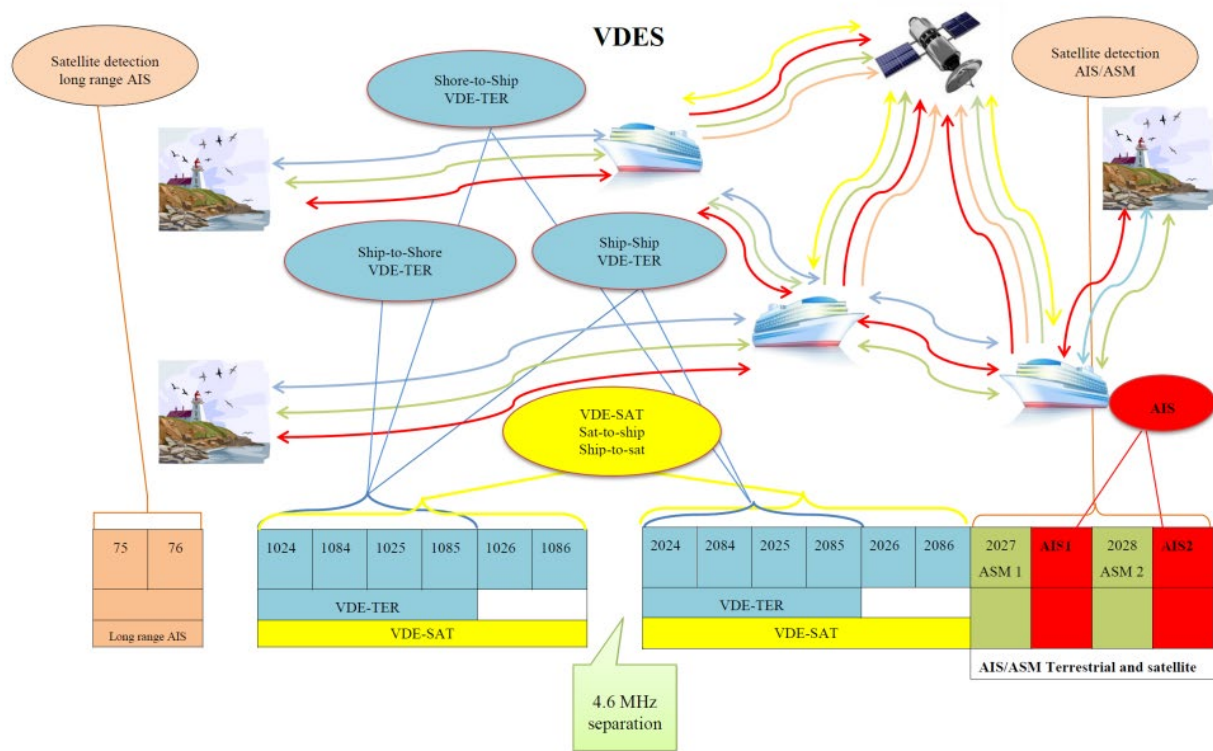


図 2-6 VDES 運用システムの概要

出所)IALA ガイドライン G1117

表 2-4 IALA ガイドラインにおける VDES の想定ユースケース例

VDES の潜在的な利用用途	新たに VDES を活用できる可能性のあるサービス
SAR(捜索救助)通信	- 遠隔医療海上支援サービス (TMAS) - 捜索救助 (SAR) サービス
海上安全情報	- 海上安全情報 (MSI) サービス、 - 氷海航行サービス - 気象情報サービス - リアルタイムの水路・環境情報サービス
船舶通報	- 船舶沿岸通報 - リアルタイムの水路・環境情報サービス
船舶交通サービス	- VTS 情報サービス (INS) - 航行支援サービス (NAS) - 交通整理サービス (TOS) - 地域港湾サービス (LPS) - 水先案内サービス - タグサービス
水路図誌	- 海図サービス - 水路通報サービス - リアルタイムの水路・環境情報サービス - 航路標識 (AtoN) サービス (測位航法・衛星基準補正システムを含む)

航路交換	・ VTS 情報サービス (INS) ・ 航行支援サービス (NAS) ・ 交通整理サービス (TOS) ・ 地域港湾サービス (LPS) ・ 海上安全情報 (MSI) サービス ・ 水先案内サービス ・ タグサービス ・ 船舶沿岸通報 ・ 海上支援サービス (MAS) ・ 海図サービス ・ 水路通報サービス ・ 氷海航行サービス ・ 気象情報サービス ・ リアルタイムの水路・環境情報サービス ・ 捜索救助 (SAR) サービス
物流	・ タグサービス
GNSS (PNT) の喪失	・ R-Mode (バックアップ PNT の提供)
メッセージ転送	・ 通信遮蔽の発生防止や冗長性確保のためのメッセージ転送
航路標識 (AtoN)	・ VDES 機能の追加 (ASM を ASM チャンネルに適用)
船舶監視システム (VMS)	・ VDES 機能の追加により、漁業区域の管理ツールとして利用可能。 ・ VMS は商業漁業で使用するシステムの総称であり、環境および漁業規制機関が漁船の活動を追跡・監視するために活用される。
自律衝突回避操縦	・ 自律航行 (MASS) の安全確保のための船舶間情報交換。
海事領域認識 (MDA)	・ MDA は、海事領域に関するあらゆる事象を的確に把握し、安全保障、安全性、経済、海洋環境に影響を及ぼす可能性のある要素を理解するための概念。
災害対応	・ 津波などの自然災害は、大きな被害や人命の損失を引き起こす可能性がある。 ・ 衛星 VDES は、自然災害により VDES 陸上局のインフラが失われた場合でも、沿岸航行船との通信を確保できる。

出所) IALA ガイドライン G1117 を基に三菱総合研究所作成

2.1.3 主要な GMDSS 船舶用無線機器の動向

GMDSS 船舶用無線機器のうち、今後性能基準等変更の適用が予定されている無線設備として、VHF 無線設備、MF/HF 無線設備、NAVTEX 受信機を対象に欧米・アジア地域における製品例の調査を実施した。

(1) VHF 無線設備の製品動向

VHF 無線設備については、2022 年 4 月に IMO 決議 MSC.511(105)「音声通信とデジタル選択呼出が可能な船用 VHF 無線設備の性能基準」が採択され、一部の性能基準が変更された。2028 年以降に設置する無線設備は、新性能基準への適合が必須となる。

決議 MSC.511(105)において既存の性能基準から変更された主な点としては、周波数範囲及びチャンネル表示を無線規則付録第 18 号と合致させることを規定した点が挙げられる。これにより、機器は 4 桁チャンネル表示が可能なものでなければならない。

VHF 無線設備の製品例を表 2-5 に示す。また、各製品の外観を図 2-7、図 2-8 に示す。

表 2-5 VHF 無線設備の製品例

メーカー名		Cobham Satcom(デンマーク)	New Sunrise(中国)
製品名		SAILOR 7222 VHF DSC Class A	NVR-3000 VHF RADIO (CLASS A)
価格		約 34 万円	—(情報なし)
対応チャンネル		最大 100 チャンネル(プログラム可能)	米国、カナダ、国際、気象(10)
サイズ		161 x 306 x 51 mm	146.9×311.4×117 mm
重量		1.5 kg	3 kg
電波型式		16K0G3E, 16KOG2B (DSC)	—(情報なし)
周波数安定度		±3ppm	—(情報なし)
送信部	周波数範囲	156.000 MHz ~ 164.000 MHz(送受信) DSC: 156.525 MHz	156.025 MHz ~ 157.425 MHz
	送信出力	HIGH: 25 W LOW: 1 W	HIGH: 25W LOW: 1W
受信部	周波数範囲	音声: 156.000 MHz ~ 164.000 MHz(送受信)	156.050 MHz ~ 163.275 MHz
	感度	< -119 dBm (20 dB SINAD) DSC:-117 dBm	≤2μV (20 dB SINAD)
	音声出力	最大:6W(外部スピーカー、5 kHz 偏差 / 1 kHz)	—(情報なし)
	消費電力	スタンバイ:10 W(DC 24V) 最大:33 W(DC 24V)	—(情報なし)
電源		定格電圧:24V 動作電圧:21.6~31.2V)	電源:最大 4.5 A 定格電圧:24V
動作温度		-15 度~55 度	—(情報なし)
防塵・防水性		トランシーバー:IPX2 コントロールユニット:IP54/IP20	トランシーバー・ハンドセット:IP22 アンテナ:IP66
認証		FCC 認証 EU MED 認証 Industry Canada 認証	China Classification Society (中国) 認証 Det Norske Veritas (ノルウェー)認証 Russian Maritime Register of Shipping (ロシア)認証 Vietnam Register(ベトナム)認証 EU MED 認証

出所)三菱総合研究所作成



図 2-7 Cobham Satcom SAILOR 7222 VHF DSC Class A

出所)Cobham Satcom(<https://cobham-satcom.com/product/sailor-7222-vhf-dsc-class-a>)



図 2-8 NVR-3000 VHF RADIO (CLASS A)

出所)New Sunrise(<https://www.nsrmarine.com/showinfo-237-344-0.html>)

(2) MF/HF 無線設備の製品動向

2022 年 4 月に IMO の決議 MSC.512(105)「音声通信とデジタル選択呼出並びに海上安全情報及び搜索救助関連情報の受信が可能な船用 MF 及び MF/HF 無線設備の性能基準」が採択され、性能基準が変更されたため、2028 年以降に設置する無線設備は、新性能基準への適合が必須となる。

決議 MSC.512(105)において既存の性能基準から変更された主な点として、NBDP 遭難通信送受信機能が削除された点、自動回線接続システム(ACS)機能が追加された点、海上安全情報(MSI)及び搜索救助(SAR)関連情報受信機能が追加された点等が挙げられる。

新基準に適合した製品の販売情報は得られなかったため、表 2-6 に旧基準に従った MF/HF 無線設備の製品例を示す。また、各機器の外観を図 2-9、図 2-10 に示す。

表 2-6 MF/HF 無線設備の製品例

メーカー名	Cobham Satcom(デンマーク)	New Sunrise(中国)
製品名	SAILOR 6311 M/HF DSC Class A 150W - FCC Approved	NHR-1500 MF/HF RADIO
価格	約 136 万円	約 87 万円
搭載機能・特徴	GMDSS 要件 ITU493-13 に準拠、メッセージ再生可能、GPS 機能内蔵	一般通信と GMDSS 通信の両方に対応、タッチスクリーン操作
サイズ(H×W×D)	107×241×107 mm	146.9 × 311.4 × 81 mm
重量	3.3 kg	1.5 kg
通信方式	単信/半複信/AM 放送受信/テレックス	単信/半複信
電波型式	J3E, A3E, J2B	J3E, H3E, A1A, F1B
送信部	周波数範囲	1.6～30 MHz
	送信出力	最大 150W(DSC/TELEX は 85W)
受信部	周波数範囲	150 kHz ～30 MHz
	感度	J3E: -102 dBm (20 dB SINAD) A3E: - 87 dBm (20 dB SINAD) DSC/Telex J2B: -123 dBm
	音声出力	6W(distortion10%以下)
		1.6～27.5 MHz 最大 150 W 300.0～29999.99 kHz J3E: ≤2.5 μV(1605.0 - 27500.0 kHz) F1B: ≤0.7 μV(1605.0 - 27500.0 kHz) A1A: ≤1.4 μV (1605.0 - 27500.0 kHz) 一(情報なし)

電源	定格電圧:24V	定格電圧:24V 動作範囲:18V~29V
動作温度	-15 度~55 度	-25 度~55 度、
防塵・防水性	—(情報なし)	IP22 (コントローラ・トランシーバなど) IP66 (アンテナなど)
認証	FCC 認証	China Classification Society (CCS) 認証 Det Norske Veritas (Norway) 認証

出所)三菱総合研究所作成



図 2-9 Cobham Satcom SAILOR 6311 M/HF DSC Class A 150W - FCC Approved
出所)Cobham Satcom(<https://www.bluesat.com/sailor-6311-mf-hf-150w.html>)



図 2-10 New Sunrise NHR-1500 MF/HF RADIO
出所)New Sunrise(<https://www.nsrmarine.com/showinfo-237-168-0.html>)

(3) NAVTEX 受信機の製品動向

海上安全情報(MSI)等の放送に用いるために、NAVTEX を高度化して画像等の伝送を可能としたデジタル航海データシステム(NAVDAT:ナブダット)という新システムが開発され、2023 年 2 月に発行された ITU-R 勧告 M.2010-2 及び M.2058-1 によって技術特性が定められている。NAVDAT の GMDSS 追加導入に向けて国際的な検討が進んでいるが、現時点で販売されている製品情報は無い。そのため、表 2-7 に既存機器である NAVTEX 受信機の製品例を示す。また、各製品の外観を図 2-11、図 2-12 に示す。

表 2-7 NAVTEX 受信機の製品例

メーカー名	Cobham Satcom(デンマーク)	New Sunrise(中国)
製品名	SAILOR 6391	NVX-3000 NAVTEX
価格	約 38 万円	約 19 万円
受信チャンネル	490 kHz, 518 kHz, 4209.5kHz 同時受信	518kHz, 490kHz & 4209.5kHz 同時受信
サイズ(W × H × D)	191 × 145 × 61 mm	264 × 145 × 80 mm
重量	1.3kg	2.3kg
電波型式	ー(情報なし)	F1B
受信感度	490-518 kHz - 12dBμV@10ohm/150pF 4209,5 kHz - 12dBμV@10ohm/150pF	≦ -110 dBm
消費電力	標準 6.5W(レシーバー)+18W(パネル)	10 W(平均)
電源	定格電圧:12V~24V 動作範囲:10.8V~31.2V	定格電圧:24V 動作範囲:21.6V~31.2V
動作温度	-15 度~55 度(操作&保存)	-20 度~55 度(操作) -30 度~70 度(保存)
防塵・防水性	IP54(コントロールユニット)	IP22(受信機) IP66(アンテナ&アンプ)
認証	FCC 認証 China Classification Society (CCS)認証	Det Norske Veritas (Norway)認証 China Classification Society (CCS)認証

出所)三菱総合研究所作成



図 2-11 Cobham Satcom SAILOR 6391

出所)Cobham Satcom (<https://cobham-satcom.com/product/sailor-6391-navtex-system>)



図 2-12 New Sunrise NVX-3000 NAVTEX

出所)New Sunrise([NVX-1000/NVX-3000 NAVTEX NEW SUNRISE CO., LTD.](http://www.navtex-new-sunrise.co.jp))

2.1.4 主要な GMDSS 派生機器の動向

GMDSS 派生機器として、AMRD と VDES についても同様に海外での製品開発・販売例の調査を実施した。

(1) AMRD の製品動向

ITU-R 勧告 M.2135 で定められた技術要件に従った AMRD 製品例を表 2-8 に示す。Group B 機器については、企業 HP 上に製品情報が掲載されている例を取り上げたが、現時点で販売や市場流通の実績は確認できていない。また、各製品の外観を図 2-13、図 2-14、図 2-15、図 2-16 に示す。

表 2-8 AMRD の製品例

製品分類	Group A MOB(VHF DSC 使用)		Group A MAtoN	Group B
メーカー名	Weather-dock AG(ドイツ)	Ocean Signal(イギリス)	SRT(イギリス)	Bict(韓国)
製品名	Easy2-MOB	MOB1	DAS EXPRESS-2	AMRD Net-Buoy AIS
価格	約 5.7 万円	約 5 万円(代理店販売価格)	ー(情報なし)	ー(未販売)
利用周波数	CH AIS 1(161.975MHz) CH AIS 2(162.025MHz) CH 70(156.525MHz)	CH AIS 1(161.975MHz) CH AIS 2(162.025MHz) CH 70(156.525MHz)	CH AIS 1(161.975MHz) CH AIS 2(162.025MHz)	CH 2006(160.9MHz)
サイズ (L×W×H)	19.5 × 5 × 3 cm	13.4 × 3.8 × 2.7 cm	37.5 × 6.7 cm (L×W)	26.9 × 5.3 cm (L×W)
重量	120g	92g	350g	120g
電力(AIS)	1W	AIS: 1W	1W	100mW
電力(DSC)	0.5W	0.5W	ー(該当なし)	ー(該当なし)
通信距離 (AIS)	7 海里	4.3 海里	ー(情報なし)	3 海里
通信内容	メッセージ 1(位置):Unit-ID/対地速力(SOG)/対地		メッセージ 21(航路標	メッセージ 60~63

	進路(COG)/位置情報(GPS)、1 分毎 メッセージ 14(MOB ステータス):Unit-ID/テキスト ("MOB ACTIVE"等)、4 分毎		識)	
バッテリー/ 持続時間	リチウム/12 時間	記載なし(充電式)/24 時 間	リチウム/5 日間	リチウム/168 時間
防塵防水	水深 10m	水深 20m	IP 67	IP 64

出所)三菱総合研究所作成



図 2-13 Weather-dock AG 社 Easy2-MOB

出所)Weather-dock AG (<https://www.easyais.com/en/products/ais-rescue-transmitter/easy2-mob/>)



図 2-14 Ocean Signal MOB1

出所)Ocean Signal(<https://oceansignal.com/products/mob1/>)



図 2-15 SRT DAS EXPRESS-2

出所)SRT(<https://srt-marine.com/product/ais-aids-navigation/express/>)

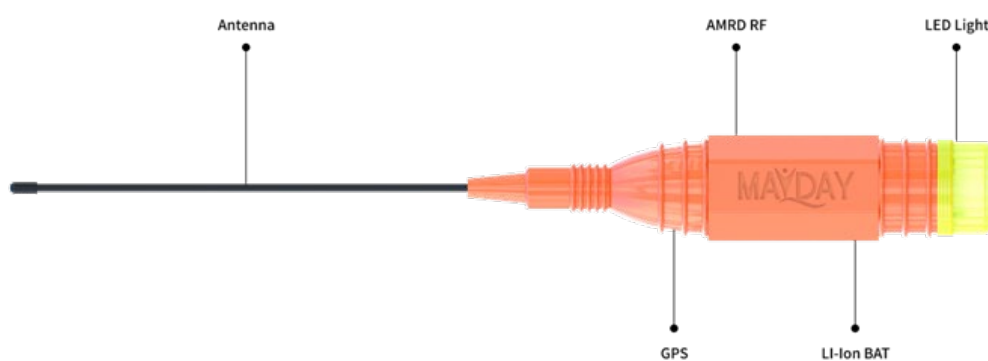


図 2-16 Bict AMRD Net-Buoy AIS

出所)Bict(<http://www.bict.co.kr/?page=product01>)

(2) VDES の製品動向

VDES の技術特性は ITU-R 勧告 M.2092-1 で規定されているが、現在改訂案の検討が行われている。表 2-9 に示す製品はいずれも研究開発段階であるが、ITU-R 勧告の規定する技術特性を基に設計されている。各製品の外観を図 2-17、図 2-18、図 2-19、図 2-20 に示す。

表 2-9 VDES の製品例

メーカー名	Saab(スウェーデン)			satlab(デンマーク)
製品名	R60 VDES Base Station	R6 Supreme AIS/VDES	R6 VDES PAYLOAD	VTRX VDE-SAT Transceiver
製品の種類	海岸局(基地局)	船舶搭載	人工衛星局	人工衛星局
サイズ(H×W)	89 × 483 × 357 mm	250×180× 50 mm	—	93 × 87 × 40 mm

×L)			(情報なし)	
重量	6,000 g	2,000 g		420 g
周波数範囲	155 ~ 163 MHz	156.025 ~ 162.025 MHz		157.1875 MHz~157.3375 MHz 161.7875 MHz~161.9375 MHz 156 MHz~162.025 MHz(受信のみ)
送信出力	AIS: 1 W /12.5 W、 ASM: 1 W ~12.5 W	1 W ~12.5 W		20 dBm/チャンネル
受信感度	AIS: ≦-118 dBm、 ASM: ≦-115 dBm	AIS: ≦-118 dBm		-134 dBm
通信速度	AIS:9.6 kbps、 ASM:19.2 kbps、 VDE:最大 307.2 kbps	—(情報なし)		—(情報なし)
電源	定格電圧:12~24 V	定格電圧:12~24 V		定格電圧:11~18 V
動作温度	-20 度~55 度	—(情報なし)		Nominal: -20 度~50 度 Extended: -40 度~7 度

出所)三菱総合研究所作成



図 2-17 Saab R60 VDES Base Station

出所)Saab(https://www.saab.com/globalassets/products/ips/r60-vdes-base-station/saab-r60-vdes-basestation_datasheet_7000_120_006d.pdf)



図 2-18 Saab R6 Supreme AIS/VDES

出所)Saab(<https://www.saab.com/products/r6-supreme>)

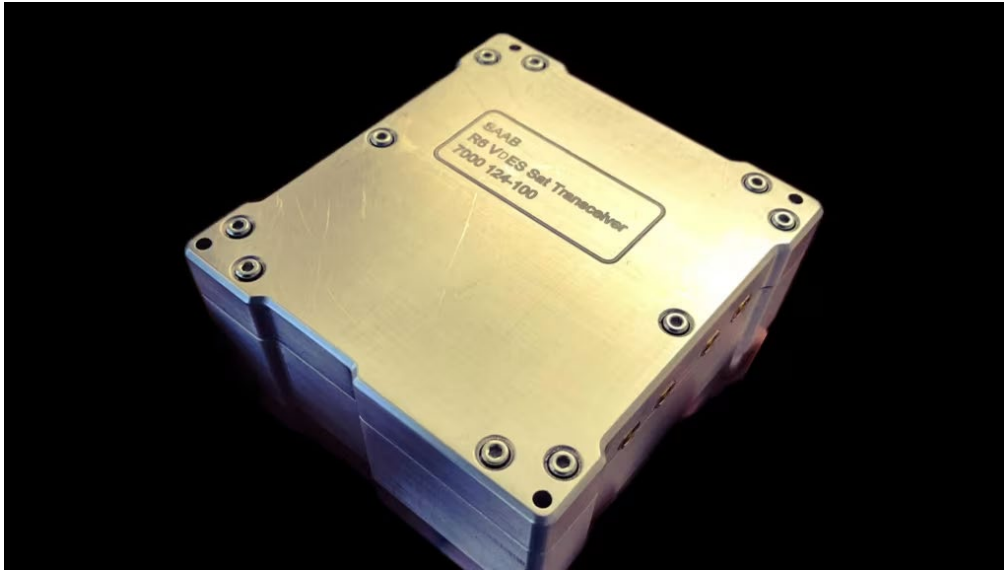


図 2-19 Saab R6 VDES PAYLOAD

出所)Saab(<https://www.saab.com/products/r6-vdes-payload>)



図 2-20 satlab VTRX VDE-SAT Transceiver

出所)satlab(<https://satlab.com/products/vtrx/>)

2.1.5 GMDSS 船舶用無線機器の市場動向

GMDSS 船舶用無線機器は、IMO が定める SOLAS 条約を根拠に、国際航海に従事する総トン数 300 トン以上の貨物船及びすべての旅客船に対して、航行区域に応じた無線機器の装備が求められている。航行の安全のための規制は各国当局によって実施され、各船舶が無線機器の装備によって安全基準を確実に遵守することが目指される。また、GMDSS 無線機器の搭載が義務付けられない船舶が安全性向上のために信頼性の高い無線機器を搭載する場合や、各国内で特定の船舶に対して無線機

器の搭載が推奨される場合もある。このような法的背景や安全性向上の必要性から、GMDSS 無線機器は国際的に大きな需要のある市場といえる。また、安全性向上の観点では、技術の進歩を反映した各無線機器の技術基準の改訂等も行われている。GMDSS の近代化に伴い、システムのアップグレードや新システムの導入が進んでいくことで、今後さらなる市場の拡大が見込まれる。

Verified Market Research のレポートによると、2024 年における世界の GMDSS 機器市場の規模は 4 億 3,938 万米ドルと評価されており、2032 年には 6 億 5,976 万米ドルに達すると予測されている。⁹ 当市場規模は、GMDSS 船舶用無線機器の基準に適合する機器を対象に、機器の直接販売・メンテナンス・サービス契約・周辺機器・ソフトウェア・交換部品・レトロフィット（既存船舶向け改修）等を含む販売収益を基に算出されたものである。

GMDSS 機器種別の市場規模を図 2-21 に示す。VHF/MF/HF 無線電話システムは、2024 年に市場シェア 33.47% を占め、市場規模は 1 億 4,710 万米ドルであった。緊急位置指示無線標識（EPIRB）は、2024 年に市場規模 1 億 1,690 万米ドルとなり、第 2 位の市場であった。「その他」には、主にインマルサットシステムの機器が含まれる。

GMDSS機器種別の市場規模(2024年、単位:百万ドル)

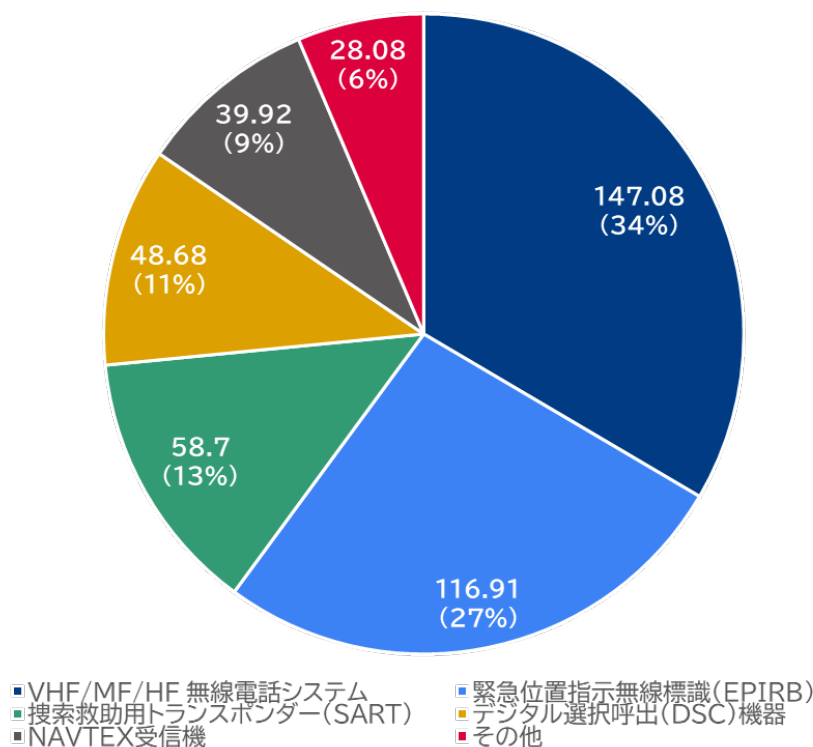


図 2-21 GMDSS 機器種別の市場規模

出所)VMR レポートを基に三菱総合研究所作成

続いて、地域ごとの市場規模を図 2-22 に示す。アジア太平洋地域は 2024 年に市場シェア

⁹ Verified Market Research “MARINE GMDSS EQUIPMENT GLOBAL MARKET SIZE, STATUS AND FORECAST TO 2032”(2025)

45.22%を占め、市場規模は 1 億 9870 万米ドルであった。ヨーロッパは 2024 年に市場規模 1 億 1,500 万米ドルとなり、市場シェア 26%を占める第 2 位の市場であった。

地域ごとのGMDSS機器市場規模(2024年、単位:百万ドル)

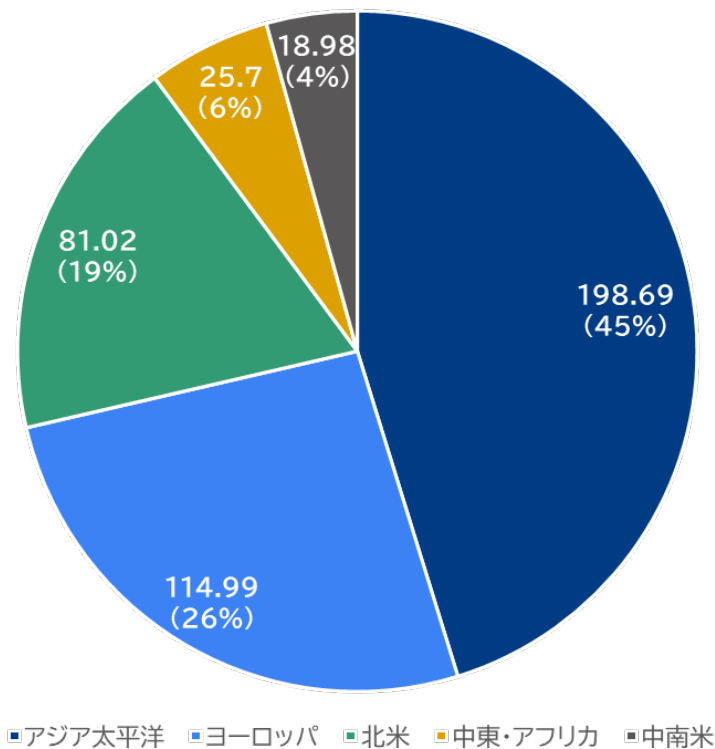


図 2-22 地域ごとの GMDSS 機器市場規模

出所)VMR レポートを基に三菱総合研究所作成

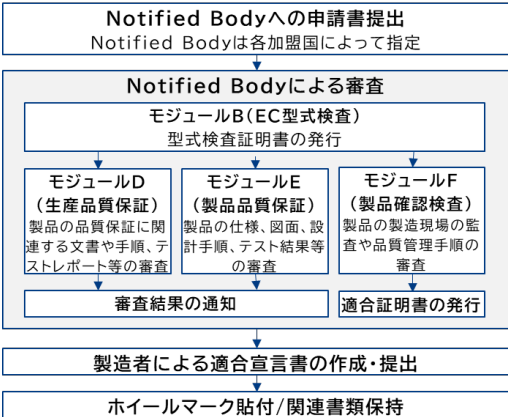
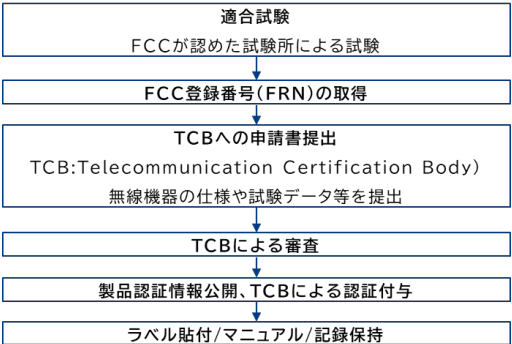
2.2 欧米等における型式検定の認証方法

2.2.1 欧米における型式検定制度の概要

無線機器の型式検定制度は、国・地域によって要求される基準や手続き方法に違いがある。主要な地域・国として、欧州と米国における型式検定制度の概要を表 2-10 に示す。

表 2-10 欧米における型式検定の認証方法の概要

	欧州	米国
参照法	手続き規定:EU 指令 2014/90 (EU 船用機器指令(MED)) 性能要件規定:EU 規則 2024/1975 (第 8 版、適宜更新)	手続き規定: 47 CFR Part 2 subpart J 性能要件規定: 47 CFR Part 80, subpart W
認証の位置付け	EU・EFTA 加盟国の船舶に搭載される機器のうち、国際条約によって主管庁による認証が義務付けられている機器を対象に、国際文書の定める基準への適合性証明が必要。 ※対象は無線機器に限らない	無線機器全般に求められる認証の一種。 GMDSS 無線機器は FCC 認証(Certification)の取得が必要。※インマルサットのみ、供給者適合宣言(SDoC: Supplier's Declaration of Conformity)の対象。

認証手続きの概要	適合宣言書作成の流れ - 試験は Notified Body による審査の過程で行われる - 製造者は適合性評価手段(モジュール D～F)を選択できる - 審査後は製造者が自ら適合宣言書を作成・提出する 	FCC 認証(Certification)取得の流れ - 認証取得の申請前に製造者が試験を実施する - 試験結果を含む製品情報を TCB が審査する - FCC 認証が TCB によって機器に付与される 
技術的要件	一般要件・性能要件は EU 規則 2024/1975 によって規定されており、機器ごとに一般要件・性能要件として参照すべき SOLAS 条約、IMO 決議が指定されている。 試験方法についても、同じく機器ごとに IEC 規格、EN 規格等が指定されている。	一般要件は SOLAS 条約を基に§80.1081～§80.1099 で規定されている。 性能要件は§80.1101 によって規定されており、機器ごとに、参照すべき IMO 決議、ITU-R 勧告、IEC 規格等が指定されている。 試験方法についても、同じく IEC 規格等が指定されている。
認証済製品の変更	承認された型式が適用される要件に適合しなくなった場合、Notified Body はさらなる試験又は新たな適合性評価手順が必要かどうかを決定しなければならない。 製造者は、EC 型式検査証明書に関する技術文書を保有する届出機関に、国際文書の要求基準への適合性又は証明書の有効条件に影響を及ぼす可能性のあるすべての変更について通知しなければならない。このような変更は、当初の EC 型式検査証明書に追加する形で追加承認を必要とする。	基本周波数及び安定化回路、周波数通倍器、基本変調器回路、最大電力若しくは最大電界強度の定格の変更は、新たな認証取得を要する。 新規の認証取得を要しない機器変更は、以下の3種に分類される。 - クラスⅠ: 認証付与時に FCC が認めた特性を劣化させない機器の変更 →申請は不要 - クラスⅡ: 初回認証時に FCC に報告された性能特性を劣化させる変更 →変更により影響を受ける特性の完全な情報及び試験結果を含む情報の提出が必要 - クラスⅢ: 周波数範囲、変調方式、又は最大出力電力を、承認済みのパラメータの範囲外で変更するソフトウェアの修正、又は、送信機が動作する状況の変更 →変更内容の説明と、新しいソフトウェア等による機器が適用される規則に準拠していることを示す試験結果の提出が必要
マーク/ラベルの記載内容・表示方法	舵輪マークの後の記載事項 - Notified Body (当該機関が生産管理段階に関与している場合) の識別番号 - マークが貼付された年 - 製造業者は、舵輪マークの代わりに、又は舵輪マークに加えて、適切かつ信頼性の高い形式の電子タグを使用することができる ※電子タグは、ユーザがコードをスキャンして読み取ることで、証明書、メーカー名、適合宣言情報などの	ラベルの記載事項 - FCC ID - 特定のクラスの機器の運用に適用される規則により課される、その他の記述又は表示要件 - ディスプレイを備える機器、又はディスプレイを備えた機器とのみ連動して動作可能な機器は、ラベルを電子的に提供することができる

	製品情報に、オンラインですぐにアクセスできるもの。	
--	---------------------------	--

出所)三菱総合研究所作成

2.2.2 欧州の制度動向

(1) 概要

欧州の型式検定制度の根拠法は EU 指令 2014/90 であり、当指令は海洋機器の設計、構造、性能要件を統一し、安全性と環境保護を強化することを目的としたものである。この指令により、船舶用無線機器が国際的な安全基準に適合していることが確認され、欧州内での流通が可能となる。機器の設計・構造・性能の要件と試験基準は、別途 EU 規則 2024/1974 で規定されている。現在、当実施規則は第 8 版であり、適宜更新されている。

船用指令機器指令(MED)は、船舶の安全性や環境保護のために、以下の国際条約で設置や使用が義務付けられている材料及び機器をその規制の対象とする。

- SOLAS(海上人命安全条約)
- MARPOL(海洋汚染防止条約)
- COLREG(国際海上衝突予防規則)

欧州の制度は、適合性審査機関として認定される Notified Body が裁量を持つ点、適合性審査後製造者が自ら適合宣言書を作成する義務を負う点が特徴といえる。

(2) 機器の要件

EU の船用無線機器に関する要件は、主に船用機器指令(MED)第4条に基づき、船用機器は、「国際文書の定める設計・構造・性能の要件を満たすものでなければならない」とされる。国際文書に定める各設計・構造・性能の要件と試験基準は、別途実施規則(Implementing Regulation)において示される。EU は、国際基準の開発に積極的に参加し、その策定を定期的に監視する旨も示されている。

以下に参照した条文を示す。

MED 第 4 条(船用機器の要件)

- 1 第三十九条(1)の第二号に規定する日以後に EU 船舶に搭載される船用機器は、当該機器が船上に配置される時点で適用される国際文書の設計、構造及び性能の要件を満たすものでなければならない。
- 2 船用機器の 1 に規定する要求事項への適合性は、試験基準に従い、かつ、第十五条に規定する適合性評価手続によってのみ証明しなければならない。...
- 4 1 及び 2 に規定する要件及び基準は、第三十五条 (2)の規定に従って、統一的に実施する。

MED 第35条(実施措置)

- 2 委員会は、国際条約により旗国行政官の承認が必要とされる船用装備品の各品目について、国際文書に定める各設計、建造及び性能の要件並びに試験基準を実施規則により示す。これらの法律を採択するにあたり、委員会は、国際文書に従い、船舶建造の時間枠を考慮して、市場投入日及び船上船日を含

む、これらの要件及び試験基準が適用される適合性評価の手続は、附属書 II に定めるとおりとする。…

MED 第8条(船用機器の規格)

1 欧州議会及び理事会指令 98/34/EC、及び欧州議会及び理事会規則(EU)第 1025/2012 による改正を損なうことなく、EU は、IMO 及び標準化機関による適切な国際基準の策定を推進する。この基準には、海洋安全の向上及び海洋汚染防止のために、船舶における使用又は設置が必要とされる海洋機器に関する詳細な技術仕様及び試験基準が含まれる。欧州委員会は、こうした基準の策定を定期的に監視するものとする。…

(3) 機器の審査方法

1) 審査の概要

適合性評価は、製造業者が Notified Body を通じて実施する。製造者は、EC 型式検査(モジュール B)に加えて実施する適合性評価方法について、モジュール D～F を選択して実施できる。モジュール B～G の各評価手続きの内容は、MED 附属書 II において規定されている。

以下に、参照した条文を示す。

MED 第15条(適合性評価手続)

1 適合性評価の手続は、附属書 II に定めるとおりとする。
2 加盟国は、製造業者又は製造業者の権限を有する代表者が、第三十八条(2)に規定する審査手続に従って委員会が採択した実施措置により設けられた次の選択肢のいずれかを用いて、Notified Body を通じて特定の船用機器について適合性評価を実施することを確保する。
(ア)EC 型式検査(モジュール B)を使用する場合、市場に出す前に、すべての船舶用機器は、以下の条件に従うものとする。
— 生産品質保証(モジュール D);又は
— 製品品質保証(モジュール E);又は
— 製品検証(モジュール F);
(イ)船舶用機器のセットが個々に、又は少量で生産され、直列又は大量に生産されない場合、適合性評価手続は EC ユニット検証(モジュール G)となる可能性がある。

2) 審査機関

認証機関(Notified Body)は、製品が適合性評価基準を満たしているかどうかを評価するために認定された独立機関であり、欧州 MED 認定では NB が適合性審査の際に判断裁量を持つことが特徴といえる。MED 第 15 条第 2 項を参照のとおり、適合性評価には、Notified Body の関与が必要であり、製品の技術文書を審査し、必要な試験を実施している。

以下の表 2-11 に、Notified Body(表では NB と表記)に関連する MED 上の規定項目とその概要を示す。

表 2-11 Notified Body に関わる規定内容

項目	概要	対応条文
NB の選定	・ 各加盟国は、適合性評価機関(NB)を認定し、その詳細を欧州委員会及び他の加盟国に通知する	第 17 条
Notifying Authority の指定	・ 各加盟国は、NB の評価、認定、及び監督を実施する通知当局(Notifying Authority)を指定する。	第 18 条

	・ NB は少なくとも 2 年ごとに監査される。	
NB の監督	・ Notifying Authority が NB の要件不適合を確認した場合、通知の範囲を制限、停止、又は取り消すことができる。	第 21 条
NB の義務	・ NB は、適合性評価を実施し、製造者が義務を遵守していない場合、是正措置を迅速に要求する。 ・ 製品が適合しなくなった場合、必要に応じて証明書を制限、停止、又は撤回する。	第 23 条、第 24 条
NB の要件	・ 独立性: 製品や関連組織から独立した第三者機関であること。 ・ 技術力: 専門知識を持つ人員と適切な設備を備え、評価基準や EU 法に精通していること。 ・ 公正性: 利益相反を避け、評価の公平性を確保。秘密保持を遵守。 ・ 国際基準準拠: ISO/IEC 17065 及び 17025 の基準を満たすこと。 ・ 責任保険: 責任保険に加入するか、国家による保証があること。等	附属書Ⅲ

出所)三菱総合研究所作成

3) 型式審査(モジュール B)

EC 型式検査は、海洋機器の設計が関連基準を満たしていることを確認し、証明する適合性評価手続の一部である。附属書 II によって規定される、試験実施手順の概要を表 2-12 に示す。

表 2-12 型式検査の試験実施手順概要

項目	概要
実施方法	以下のいずれかの方法で実施: 1. 生産型式検査: 想定される生産を代表する完全製品のサンプルを審査 2. 設計型式検査: 技術文書及び補足エビデンスによる設計妥当性を評価、製品の重要な一部サンプルを審査
申請要件	製造者は以下を含む申請書を Notified Body に提出: 1. 製造者/代理人の名称・住所 2. 同一申請が他機関に提出されていないことの宣言 3. 技術文書(設計図面、設計計算結果、試験報告書等) 4. 代表サンプル 5. 補足エビデンス(技術的設計ソリューションの妥当性を裏付けるエビデンス)
Notified Body の実施内容	1. 技術文書及び補足証拠の調査 2. 提供されたサンプルが技術文書に基づき製造されていることの確認 3. 関連基準や試験基準に従った試験の実施又は実施監督 4. 製造者と試験実施場所の合意
Notified Body による証明書の発行	条件を満たす場合: EC 型式検査証明書を発行 条件を満たさない場合: 証明書の発行を拒否し理由を通知
型式検査証明書の記載内容	EC 型式検査証明書には以下を記載: 1. 製造者の名称及び住所 2. 試験結果の結論 3. 有効性の条件(該当する場合) 4. 承認された型式を識別するための必要データ 5. 製造品が型式に適合しているかを判断するための関連情報
型式変更の対応	型式変更が要件に影響する場合、製造者は Notified Body に変更内容を通知し、追加試験や評価を受ける必要がある。

出所)三菱総合研究所作成

(4) 機器変更時の手続き

製造者は、機器の要件適合性を維持するための手続きを整備する義務を負っている。これは、機器の設計や特性が変更時を含め、必要に応じて新たな適合性評価を実施することを意味している。

型式検査(モジュール B)で承認された型式が要件を満たさなくなった場合、認証機関(Notified Body)は追加の試験や新たな適合性評価手続きが必要かどうかを判断する。MED では、変更の対象範囲や必要となる試験内容について具体的に示されておらず、都度認証機関の裁量で判断を行うものと考えられる。

変更が認められる場合、元の型式検査証明書への追加承認として扱われる。この場合、適合宣言書の更新や機器の識別番号の変更が必要かどうかは、法令上明確に規定されていない。

以下に参照した条文を示す。

MED 第12条(製造者の義務)

....

5 製造者は、量産が適合性を維持するための手続きが整備されていることを確保するものとする。海洋機器の設計又は特性の変更、並びに第 4 条に言及された国際文書に基づく要件の変更が考慮されるものとする。必要に応じて、附属書 II に従って新たな適合性評価を実施するものとする。...

MED 附属書 II I.モジュール B:EC 型式検査

....

7 承認された型式が適用要件を満たさなくなった場合、Notified Body は追加の試験や新たな適合性評価手続きが必要かどうかを判断する。製造者は、EC 型式検査証明書に関連する技術文書を保有する Notified Body に対し、承認された型式に関するすべての変更を通知するものとする。これらの変更は、国際文書の要件や証明書の有効性条件に影響を及ぼす可能性がある。これらの変更には、元の EC 型式検査証明書に追加する形での追加承認が必要とされる。...

(5) 認定の証明書の記載事項、保持・管理

認証機関(Notified Body)による適合性評価手続きによって適用要件が満たされていることが示された場合、製造者は第 16 条に基づく EU 適合宣言書を作成する。適合宣言書は、最新の状態に保たれるものとの規定から、記載事項に変更があれば都度更新が必要となる。適合宣言書の写しは、機器を搭載する船舶に提供され、船舶から撤去されるまで保管されなければならない。

以下に参照した条文を示す。

MED 第12条(製造者の義務)

1 製造者は、舵輪マークを付することにより、当該マークが付された海洋機器が第 35 条第 2 項に従って実施される技術仕様及び基準に基づき設計及び製造されたことを保証する責任を負うものとし、本条第 2 項から第 9 項に定める義務を引き受けるものとする。

....

3 適合性評価手続きにより、海洋機器が適用要件を満たしていることが示された場合、製造者は第 16 条に基づく EU 適合宣言を作成し、第 9 条及び第 10 条に従って舵輪マークを付するものとする。...

MED 第16条(EU 適合宣言書)

1 EU 適合宣言書には、第 4 条に従って定められた要求事項の履行が証明された旨を記載するものとする。

2 EU 適合宣言は、決定 No 768/2008/EC の附属書 III に定められたモデル構造に従うものとする。これには、この指令の附属書 II に記載されている関連モジュールで指定された要素が含まれ、最新の状態に保たれるものとする。

3 EU 適合宣言を作成することにより、製造業者は第 12 条(1)で言及されている責任と義務を負うものとする。

4 船用機器を EU 船舶に搭載する場合には、当該機器を対象とする EU 適合宣言書の写しを当該船舶に提供し、かつ、当該機器が船舶から撤去されるまで船内に保管するものとする。製造業者は、少なくとも

海上輸送部門で一般的に使用される言語を含む、旗国加盟国が必要とする言語に翻訳しなければならない。

5 EU 適合宣言書の写しは、通知機関又は関連する適合性評価手続を実施した機関に提出するものとする。

EC Decision 768/2008/EC 附属書 III による EC 適合宣言書記載項目の概要(抜粋)

- No.: 製品の一意の識別番号(製品を特定するための番号)
- Name and address: 製造者又はその代理人の名称及び住所
- Object of the declaration: 宣言の対象物(製品の識別情報)。必要に応じて写真を含めることができる。
- References to standards: 適合が宣言される基準又は仕様の参照。整合規格又は技術仕様のリストを含む。
- Notified Body: 該当する場合、適合性評価を実施した Notified Body(名称及び番号)、及びその介入の説明と発行された証明書番号。

(6) 標輪マークの添付

適合性評価の完了後に製造者は、第 9 条および第 10 条に基づく舵輪マークを機器に貼付しなければならない。舵輪マークには、Notified Body(当該機関が生産管理段階に関与している場合)の識別番号およびマークが貼付された年が記載される。

製造者は、舵輪マークの代わりに、または舵輪マークに加えて、適切かつ信頼性の高い形式の電子タグを使用することができる。電子タグは、ユーザがコードをスキャンして読み取ることで、証明書、メーカー名、適合宣言情報などの製品情報にオンラインですぐにアクセスできるものとする。

以下に参照した条文を示す。

MED 第9条(舵輪マーク)

1 この指令に定められた要件への適合が関連する適合性評価手続に従って実証された船舶用機器には、舵輪マークを貼付しなければならない。...

MED 第10条(舵輪マークの貼付に関する規則と条件)

1 舵輪マークは、製品又はそのデータプレートに視覚的に、読みやすく、消えないように貼り付けられ、関連する場合はソフトウェアに埋め込まれている必要がある。それが不可能な場合、又は製品の性質上保証されない場合は、パッケージ及び添付書類に貼付する必要がある。...

3 舵輪マークの後には、Notified Body の識別番号(その機関が生産管理段階に関与している場合)と、マークが貼付された年が続くものとする。...

MED 第11条(電子タグ)

1 市場監視を容易にし、かつ、第 3 項に規定する船用機器の特定の品目の偽造を防止するため、製造業者は、舵輪マークの代わりに、又は舵輪マークに加えて、適切かつ信頼性の高い形式の電子タグを使用することができる。この場合においては、第九条及び第十条の規定を適宜準用する。...

3 委員会は、第三十七条の規定に従って、電子タグにより利益を得ることができる船用機器の特定の品目を特定するために、委任された法律を採択することができる。欧州委員会が、そのような委任された法律の準備中に、加盟国の専門家を含む専門家との協議を実施することが特に重要である。

4 実施権限は、委員会規則の形式で、かつ、第三十八条(2)に規定する審査手続に従い、電子タグの設計、性能、貼付及び使用に関する適当な技術的基準を定めるため、委員会に付与する。

5 第 3 項に従って特定された機器については、第 4 項に規定する適切な技術基準が採択された日から 3 年以内に、車輪のマークに適切で信頼性の高い形式の電子タグを付加することができる。

6 第3項に従って特定された機器については、第4項に規定する適当な技術基準の採用日から5年後に、車輪のマークを適切かつ信頼性の高い形態の電子タグに交換することができる。…

2.2.3 米国の制度動向

(1) 概要

米国では、連邦規則集 CFR (U.S.Code of Federal Regulation) title 47「電気通信」が定められており、連邦通信委員会(FCC)が米国の無線規制を担当している。規則のPart2 Subpart Jは、「機器の認可手順」であり、FCC による無線機器の規制は無線周波数(RF)エネルギーを使用または放射する RF デバイス一般を対象とする。

FCC による無線機器の認可は大きく分けて 2 種類あり、§ 2.906 で定められた供給者適合宣言(SDoC)と§ 2.907 で定められた認証(Certification)に分けられる。供給者適合宣言(SDoC)は、製造者や輸入者が自ら試験を行い、基準に適合していることを自己宣言する方式であり、認証(Certification)は、FCC より認可を受けた電気通信認証機関(Telecommunications Certification Body:TCB)より試験を経て認証番号を取得する方式である。

GMDSS 機器は、47 CFR Part 80 Subpart W において、GMDSS 機器を対象に具体的な装備要件や運用規則が規定されている。GMDSS 機器の認証は、FCC による無線機器認証の一環として位置づけられる。

米国の認証制度の特徴としては、認証取得の申請前に製造者が試験を実施する点、認証済みの機器の変更の程度に応じ、必要となる追加手続きが予め規定されている点が挙げられる。

(2) 機器の審査方法

GMDSS 機器は、FCC 認証(Certification)の対象であり、§ 80.1101(47CFR Part 80 Subpart W)によって規定される性能基準に適合していなければならない。§ 80.1101 で言及されている参照による組み込みは、§ 80.7(参照による組み込み)において規定がされている。これは、FCC が規則内で他の機関や団体が作成した技術基準や規格を「参照によって正式に規則の一部として採用する仕組み」である。FCC が取り入れる外部資料は連邦官報局(Federal Register)の承認を受けたうえで「参照により組み込み(Incorporation by Reference)」される。規則内で使用する資料は特定のバージョンが明記され、変更する場合は再承認が必要となる。

以下に参照条文を示す。

47 CFR Part 2 subpart J § 2.907 (認証)

(a)認証(Certification)は、申請者によって提出された説明及び試験データに基づいて、FCC 又は認定された電気通信認証機関(Telecommunication Certification Body, TCB)が承認し、FCC の権限の下で認可される機器認可(Equipment Authorization)である。…

47 CFR Part 80, subpart W § 80.1101(性能基準)

…(b)本項に定めるすべての装備は、本項に記載の性能仕様に適合した船舶装備の一般要件を満たさなければならない、これらの性能仕様は参照により組み込まれる。(§ 80.7 を参照)

•IMO Resolution A.694(17)、改訂版 MSC.149(77)

•ITU-T E.161

•ITU-T E.164.1

•IEC 60092-101

•IEC 60533

•IEC 60945

•ISO Standard 3791

(c)このサブパートで指定されている機器は、参照により組み込まれるこのセクションのパラグラフ(c)(1)から(12)に記載されている適切な性能基準にも準拠している必要があり(§ 80.7 を参照)、このセクションのパラグラフ(c)(13)にリストされている該当する IEC テスト基準に従ってテストする必要がある。(§ 80.7 を参照)。

(1) NAVTEX 受信機

(i) IMO Resolution A.525(13)、MSC.148(77)により改訂

(ii) ITU-R M.540-2

(2) VHF 無線機器

(i)IMO Resolution A.803(19), IMO Resolution MSC.68(68)により改正

(ii)ITU-R M.493-13.

(iii)ITU-R M.541-9.

(13) GMDSS 機器のテスト基準:

(i)IEC 61097-1

(ii)IEC 61097-3

(iii)IEC 61097-4. ...

(3) 機器変更時の手続き

1) 試験実施

責任者(通常は製造者)は、電気通信認証機関(TCB)に認証の申請書を提出する前に、認定された試験所にて試験を実施し、機器が該当する技術要件に準拠していることを確認する必要がある。

以下に参照した条文を示す。

47 CFR Part 2 subpart J § 2.947(測定施設)

(a)認証手続きに基づいて認可された機器は、本条の(e)項に従って認定された試験所で試験されなければならない。...

(e) 試験所の認定試験対象の機器に必要とされる測定範囲をカバーする認定を受けた試験所は、認証対象機器の試験を行い、試験データを提出する能力を有するとみなされる。このような試験所は、ISO/IEC 17025 に基づき、FCC が認識する認定機関によって認定されなければならない。試験所を認定する組織は、ISO/IEC 17011 に基づいて認定を実施する能力を有し、FCC の技術部門(Office of Engineering and Technology, § 0.241 で示される)によって認識されている必要がある。試験施設の再評価の頻度及び試験当事者によって提出又は保持される必要がある情報は、認定機関によって設定された要件に従う。ただし、再評価は 2 年以内の間隔で行わなければならない。...

47 CFR Part 2 subpart J § 2.931 Responsibilities (責任事項)

(a)責任者は、認証に基づいて販売され、その認証に指定された識別情報を有するすべての機器が、測定されたユニットに準拠しており、認証申請に伴って提出されたデータ(設計及び定格の運用特性)が、統計的基準に基づいた量産及び試験による変動の範囲内で、引き続き生産される機器を代表するものであることを保証する。....

2) 認証付与の申請

責任者は、FCC に登録して機器の FCC 登録番号(FRN)を取得する。FRN は、FCC に登録された

個人または企業に割り当てられる一意の識別番号で FCC への申請や報告書を提出時に使用される。機器が FCC の技術規格に適合していることを確認するための試験を行い、被付与者登録 Web サイトで必要な書類を揃えて申請を行い、審査が通ると、FCC ID(被付与者コード)の取得を行う。

FCC ID は、FCC が認証した無線通信機器に割り当てられる一意の識別番号であり、以下の 2 つのコードの連続で構成される。

- Grantee Code(被付与者コード):最初の 3～5 文字(英数字)。機器を申請した製造業者又は責任者に割り当てられるコード。
- Product Code(製品コード):Grantee Code に続く 1～14 文字(英数字)。製品ごとに割り当てられるコードで、製造業者が独自に設定。

責任者は、認証付与に際して電気通信認証機関(TCB)に申請書を提出する。機器認証の申請には、47 CFR Part2 subpart § 2.1033 に記載されている製品に関する情報の提出が必要であり。申請者は、認証プロセスの一環として必要な情報を TCB に提出して審査を受ける。

以下に参照した条文を示す。

47 CFR Part 2 subpart J § § 2.1033 (認証の申請)

..(b) ルールの Parts 11、15、18 に該当する機器の申請には、次の情報を含む技術報告を添付する必要がある。...

(※以下主な事項を抜粋)

- ・ FCC ID
- ・ 設置及び操作手順書:ユーザに提供される設置及び操作手順書のコピー。
- ・ 回路機能の説明:装置の動作方法を記載した説明書。この説明には、装置に使用される接地システムやアンテナの説明
- ・ ブロック図:装置内のすべての発振器の周波数を示した図。信号経路や周波数も各ブロックに明記。
- ・ 測定報告書:FCC 技術要件への適合性を示す測定報告書。
- ・ 写真:外観、構造、コンポーネント配置を示す写真。

3) TCB による審査・認証書の記載事項

電気通信認証機関(TCB)は、製品が FCC 規格に適合しているかを提出された試験レポートと技術資料により審査した上で、FCC Equipment Authorization Electronic System (EMS)上で認証書を発行する。

以下の表 2-13 に、TCB に関連する規則上の規定項目とその概要を示す。

表 2-13 TCB に関わる規定内容

定義	・ 電気通信認証機関(TCB)は、FCC に代わって機器の認証を行う権限を持つ認定機関である。 ・ TCB は、FCC の技術基準に基づいて無線通信機器が適合しているかどうかを決定する責任を負う。
認定の要件	・ TCB は、FCC が認識した認定機関(Accreditation Body, AB)から認定を受ける必要がある。認定は、ISO/IEC 17065 又は FCC が認めるその他の標準に基づいて行われる。 ・ 認定機関は、FCC に対してその TCB の認定状況を報告しなければならない。
TCB の責任	・ TCB は、提出された申請と技術データを審査し、申請された機器が FCC の技術基準に適合しているかを判断する。 ・ TCB は、FCC 認証プロセスに関連するすべての技術データや文書を保持し、要求

	に応じて FCC に提供しなければならない。 ・ 必要に応じて、TCB は FCC 又は指定機関からのガイダンスに従って申請を処理する。
FCC による監督	・ FCC は、TCB の行動及び認証プロセスを監督し、不適切な行為があった場合にその認定を取り消す権限を有する。 ・ FCC は、TCB に対して認証手続きや基準に関する指示を提供する場合がある。
情報の提出	・ TCB は、認証プロセスに関連するすべての情報を FCC に提出する義務を負う。 ・ 認証された製品の情報は、FCC の Equipment Authorization System (EAS) に記録される。
国際協定	・ 外国に拠点を置く TCB は、政府間相互承認協定(MRA)の条件の下で認定されている必要がある。MRA に基づき認定されていない場合、FCC の承認を直接取得する必要がある。

出所)三菱総合研究所作成

(4) 認定の証明書の記載事項、保持・管理

1) 新規申請を要する変更

認可済みの製品に対して機器の設計、回路、又は構造に変更がある場合は、§ 2.1043 の定める変更の範囲にあたらないう限り、新規の申請が必要である。また、設計、回路、又は構造の変更の有無にかかわらず、機器の FCC ID に変更がある場合は、常に新たな認証申請をしなければならない。その場合は、機器・測定・試験データの再提出は基本的に不要とされる。

以下に参照した条文を示す。

47 CFR Part 2 subpart J § 2.932(機器の変更)

- (a)本項(b)から(d)に定める場合を除き、機器認可が発行された機器又は装置の設計、回路、又は構造に変更がある場合は、機器認可の新規申請を行うものとする。
- (b) 許容変更は、認証済み機器、及び § 2.1043 に従って旧型式承認手順の下で承認された機器に対して行うことができる。
- (c) 旧通知手順で認可された機器については、現在認証手順で認可されている場合を除き、委員会に情報を提出することなく、許可変更を行うことができる。ただし、補助金受領者は、要求に応じて、関連要件への継続的な準拠を証明する情報を提出するものとする。

47 CFR Part 2 subpart J § 2.933(機器の ID の変更)

- (a)設計、回路、又は構造の変更の有無にかかわらず、機器の FCC ID に変更がある場合は常に、新たな認証申請を行うものとする。ただし、本章 § 2.924 の規定に従って行われるモデル／タイプ番号又は商品名の変更は、識別の変更とはみなされず、追加認可を必要としない。
- (b) 本項(a)に従って提出された申請で、設計、回路又は構造に変更がない場合、特に要求がない限り、新規申請時に通例要求される機器又は測定若しくは試験データの再提出を伴う必要はない。その代わりに、申請者は以下の事項を記載した書面を添付しなければならない：
- (1)識別情報の変更前に機器に使用されていた当初の識別情報。
 - (2)当初の機器認可の付与日。
 - (3)変更された識別情報が付された機器が元の機器とどのように異なるか。
 - (4)当初の試験結果が、変更後の識別標識が付された機器を引き続き代表し、適用できるかどうか。
 - (5) § 2.1033(b)(7)又は(c)(12)で要求される写真で、使用者が使用可能な操作管理装置及び識別ラベルを含む装置の外観。構造、筐体上の部品配置、筐体組立の写真は、特に要求されない限り、提出する必要はない。

(c)FCC ID の変更が、§ 2.1043 に記載される許容的変更の範囲外の設計又は回路の変更も含む場合、§ 2.911 に従って完全な申請を行うものとする。

2) 既存認証内で可能な変更

47CFR Part2 subpart J § 2.1043 に基づき、クラス I～III の変更は、新たな認証及び FCC ID の変更なしに可能である。クラス I～III の定義及び必要となる申請の内容を表 2-14 に示す。また、FCC は、§ 2.1043 の適用についてのガイドライン文書も発行している。¹⁰なお、クラス II,III については、変更が許容されるとの承認を受けるまでは、ソフトウェアのロードや変更後の機器販売を行ってはならない。

基本周波数決定及び安定化回路（クロック又はデータレートを含む）、周波数乗算段、基本変調回路、又は最大電力、電界強度定格の変更を行う場合は、新しい認定申請を必要とする。クラス I～III 以外の電氣的又は機械的構造の変更を行う場合は、その変更が委員会に報告する必要がある特性に影響を及ぼさない限り、許可される。無線周波数の放射に影響しない送信機にインストールされているソフトウェアの変更を行う場合には、追加の申請は必要なく、認証保持者以外の当事者が変更可能である。

表 2-14 クラス I～III の変更の概要

クラス	定義	必要な申請
クラス I	・ 製造業者が報告し認証が付与されたときに委員会が承認した特性を低下させない機器の改造をする場合。	・ 申請不要。
クラス II	・ 最初の認証時に委員会に報告された性能特性を低下させる改造をする場合。なお、改造後も適用規則の最低要件を満たしている必要がある。	・ 変更によって影響を受ける特性の完全な情報とテスト結果、並びに必要書類を提供。
クラス III	・ ソフトウェア定義無線送信機のソフトウェアに対する変更によって、以前に承認されたパラメータの範囲外で周波数範囲、変調タイプ、又は最大出力電力（放射又は伝導）が変更されるか、又は委員会の規則に従って送信機が動作する状況が変更する場合。 ・ クラス III の変更は、当初承認されたデバイスからクラス II の変更が行われていない機器に対してのみ許可される。 ・ 最初の認証時に以前に報告されたスプリアス及び帯域外放射を低下させるソフトウェアの変更は、周波数又は変調の変更とみなされ、クラス III 許可変更又は新規機器認可申請が必要となる。	・ 変更の説明と、新しいソフトウェアがロードされた状態で機器が適用規則に準拠していることを示すテスト結果（適用可能な RF 曝露要件への準拠を含む）。

出所)三菱総合研究所作成

以下に参照した条文を示す。

47 CFR Part 2 subpart J § 2.1043(認証機器の変更)

(a) 本セクションのパラグラフ (b)(3) に規定されている場合を除き、基本周波数決定及び安定化回路（クロック又はデータレートを含む）、周波数乗算段、基本変調回路、又は最大電力又は電界強度定格の変更は、新しい認定の申請及び承認なしには実行できない。これらの指定項目以外の電氣的又は機械的構

¹⁰ 78919 D01 Permissive Change Policy v06

(https://apps.fcc.gov/kdb/GetAttachment.html?id=N0FeGuIZalHwpzYoaFJpjA%3D%3D&desc=178919%20D01%20Permissive%20Change%20Policy%20v06&tracking_number=33013)

造の変更は、変更が委員会に報告する必要がある特性に影響を及ぼさないか、又は変更がこのセクションの他の規定に従って行われる場合に限り許可される。無線周波数の放射に影響しない送信機にインストールされているソフトウェアの変更には、追加の申請は必要なく、認証保持者以外の当事者が行うことができる。

(b) 認証機器には、新しい認証の申請及び付与を必要とせずに、3 つのクラスの許可された変更を行うことができる。いずれの変更クラスも、ID の変更をもたらさないものとする。

(1) クラス I の許可変更には、製造業者が報告し、認証が付与されたときに委員会が承認した特性を低下させない機器の改造が含まれる。クラス I の許可変更には申請は必要ない。

(2) クラス II の許可変更には、最初の認証時に委員会に報告された性能特性を低下させる改造が含まれる。このような低下した性能は、適用規則の最低要件を満たしている必要がある。

(i) 認証者がクラス II の認証変更を行う場合、認証者は以下を提供する必要がある：

(A) 変更によって影響を受ける特性の完全な情報とテスト結果。

(B) 申請日時点で、認証変更の対象となる機器が § 2.903 に従って機器認可を受けることを禁止されていないことを明示的に記載した署名入りの書面による証明書。

(C) 申請者が、本章の § 1.50002 に従って確立された対象リストで、対象通信機器を製造する事業体として特定されているかどうかに関する肯定的又は否定的な声明。

(D) 認証された機器に関する事項について、米国での訴訟手続きを担当する受給者の指定代理人の氏名、郵送先住所、住所（郵送先住所と異なる場合）、電子メールアドレス、電話番号。

(E) § 2.911(d)(7) で要求される署名入りの書面による証明書。

(ii) 変更された機器は、変更が許容されるとの承認を受けるまで、既存の認証付与に基づいて販売してはならない。

(3) クラス III の許容変更には、ソフトウェア定義無線送信機のソフトウェアに対する変更が含まれ、これにより、以前に承認されたパラメータの範囲外で周波数範囲、変調タイプ、又は最大出力電力（放射又は伝導）が変更されるか、又は委員会の規則に従って送信機が動作する状況が変更される。

(i) クラス III の許可変更が行われた場合、認証者は以下を提供するものとする。

(A) 変更の説明と、新しいソフトウェアがロードされた状態で機器が適用規則に準拠していることを示すテスト結果（適用可能な RF 曝露要件への準拠を含む）。

(B) 申請日時点で、許可変更の対象となる機器が § 2.903 に従って機器認可を受けることが禁止されていないことを明示的に記載した署名入りの書面による証明書。

(C) 申請者が、本章の § 1.50002 に従って確立された対象リストで、対象通信機器を製造する事業体として特定されているかどうかに関する肯定的又は否定的な声明。

(D) 認可された機器に関する事項について、米国で訴訟手続きを行う受給者の指定代理人の氏名、郵送先住所、住所（郵送先住所と異なる場合）、電子メールアドレス、電話番号。及び

(E) § 2.911(d)(7) で要求される書面及び署名入りの証明書。(ii) 変更が許容されるとの承認を受けるまでは、変更されたソフトウェアを機器にロードしてはならず、機器は既存の認証付与の下で変更されたソフトウェアとともに販売してはならない。

(iii) クラス III の変更は、当初承認されたデバイスからクラス II の変更が行われていない機器に対してのみ許可される。

パラグラフ (b)(3) の注記：最初の認証時に以前に報告されたスプリアス及び帯域外放射を低下させるソフトウェアの変更は、周波数又は変調の変更とみなされ、クラス III 許可変更又は新規機器認可申請が必要となる。

(4) クラス I 及びクラス II 許可変更は、指定されている場合を除き、認証付与の保有者のみが行うことができる。

(5) 認定の証明書の記載事項、保持・管理

認定証明書は、TCB にて認証書として発行する。

認証書(Grant of Equipment Authorization)には、主に以下の事項が記載される。責任者は、記録の保持に対する責任の一部として、すべてのドキュメントを保持し、製造された製品がコンプライアンスに準拠していることを確認する必要がある。

- FCC ID
- 申請者情報: 被付与者の名前及び住所
- 機器情報: 機器のクラス及び名称、モジュラータイプ
- 技術仕様: 適用される技術要件、周波数範囲、出力、周波数許容誤差、放射形式識別子
- 申請日・付与日: 申請の日付・認証書が発行された日付

以下に参照した条文を示す。

47 CFR Part 2 subpart J § 2.938 記録の保持

(a) 認証 (Certification) 又は供給者適合性宣言 (Supplier's Declaration of Conformity, SDoC) の要件に従ってマーケティングされるすべての機器について、以下の記録を保持しなければならない:

- (1) 機器の製造者又は、マーケティングを担当する当事者が作成した設計図及び回路図。
- (2) 適用される FCC 規則の技術基準への適合性を示す試験データ。
- (3) すべての FCC 識別番号又は、供給者適合性宣言の対象機器を特定する情報。
- (4) (該当する場合) 測定施設の記述。

(b) 記録の保持期間は、以下のとおりである: 機器の最終製造日から少なくとも 10 年間。機器が市場に出されてから少なくとも 10 年間。

(c) FCC 又はその指定した代理人が要求した場合、記録は提供されなければならない。

(d) 上記の要件に違反した場合、機器が FCC の基準を満たしているかを証明する義務は、マーケティングを行う当事者に移るものとする。

(6) ラベルの添付

機器認可の申請の対象となる各機器には、次の事項を記載したラベルを貼付する必要がある。なお、ディスプレイを備える機器、又はディスプレイを備えた機器とのみ連動して動作可能な機器については、ラベルを電子的に提供することができる。

- FCC ID
- 特定のクラスの機器の運用に適用される規則により課される、その他の記述又は表示要件

以下に参照した条文を示す。

47 CFR Part 2 subpart J § 2.925 (機器の識別)

(a) 機器認可申請の対象となる各機器には、以下を記載したラベルを貼付すること

- (1) § 2.926 に規定される正確な順序で、2 つの要素から構成される FCCID。FCCID の前には、FCC ID という用語を 1 行の大文字で記載し、拡大しなくても判読できる大きさの活字を使用すること。
- (2) 特定のクラスの機器の運用に適用される規則により課される、その他の記述又は表示要件。
- (3) 要求される情報は、§ 2.935 に従って電子的に提供することができる。

3. 次世代 GMDSS 船舶用無線機器等の技術的条件等の検討

3.1 ACS の仕様策定・設計・試作

MF/HF 帯の電波は、上空の電離層で屈折や反射しながら遠方に届く性質がある。その伝搬特性を活かし、遠距離通信に用いられている。現在は衛星通信が遠距離通信の中心となっているが、遠方で操業する漁船は現在もこの周波数帯を通信に利用している。

しかし、電離層の状態は変化するものであり、それに伴い通信距離が変化する。電離層は太陽の紫外線や X 線が大気とぶつかることで自由電子が放出されたもので、この自由電子の密度が高い層に反射する。この電離層の変化は、太陽の活動に大きく関係しているため、季節や時間帯などで通信可能な周波数が変化する特徴がある。そのため、MF/HF 帯を使用する通信は、オペレータの知識や経験が必要であり、また相手局の待ち受け周波数を把握しておかなければならないこともあり、回線を接続するために熟練した技術が必要とされている。

こうした熟練した技術を必要とせず、オペレータの助けとなるための新たな機能として Automatic Connection System (ACS: 自動接続システム) と呼ばれる機器が登場した。船舶局同士や船舶局と海岸局との間で使用する MF/HF 帯の周波数を自動的に選択し、通信回線を確立するための機能である。

ここでは、次年度に予定している ACS の実証実験の検討に資するため、ACS の仕様策定・設計・試作を実施した。

3.1.1 仕様策定

ACS 運用の概念を図 3-1 に示す。また、図 3-2 は ACS の運用手順をフローチャート式に表したもので、ITU-R 勧告 M.541-11 に掲載されている。ACS の運用については、既に ITU-R 勧告で明文化されており、その中から ACS がどのようにして回線の接続を確立するのかを概説する。

また、ACS 評価に関する性能仕様についての考え方と規格値を示す。

(1) ACS の運用手順

通常、いずれの船も ACS の呼出し周波数である 6 波をスキャンし、いずれかの船から呼出しがないか待ち受けている。

その待ち受けの状態から、呼出し局のオペレータが、呼出し先に対して呼出し要求をかける。ここから呼出し動作が開始となり、6 波スキャンしていた周波数で送信を開始する(相手先の MMSI を入れた信号で呼出し)。

次に、呼出し側は送信後に 6 波スキャンを開始し、応答信号を待つ。呼出し先から、通信状態の良かった周波数で応答が返る。

呼出し側で無事に応答を受信後、通話を予定するワーク周波数に切り替え、通話の準備を整える。ワーク周波数に切り替わった後、通話モードにて通話を開始するという流れとなる。

なお、ITU-R 勧告では、イリーガル動作の場合など様々な決まりが定められているが、おおよその流

れは以上の通りである。

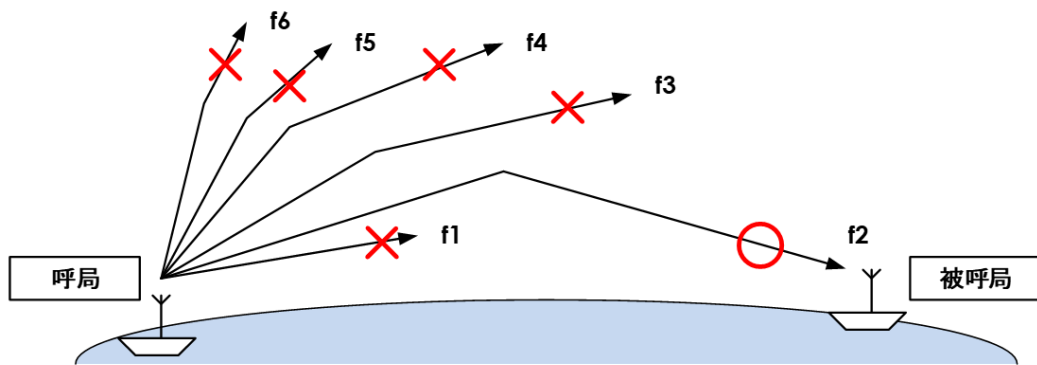


図 3-1 ACS 運用の概念図

出所) 日本無線作成

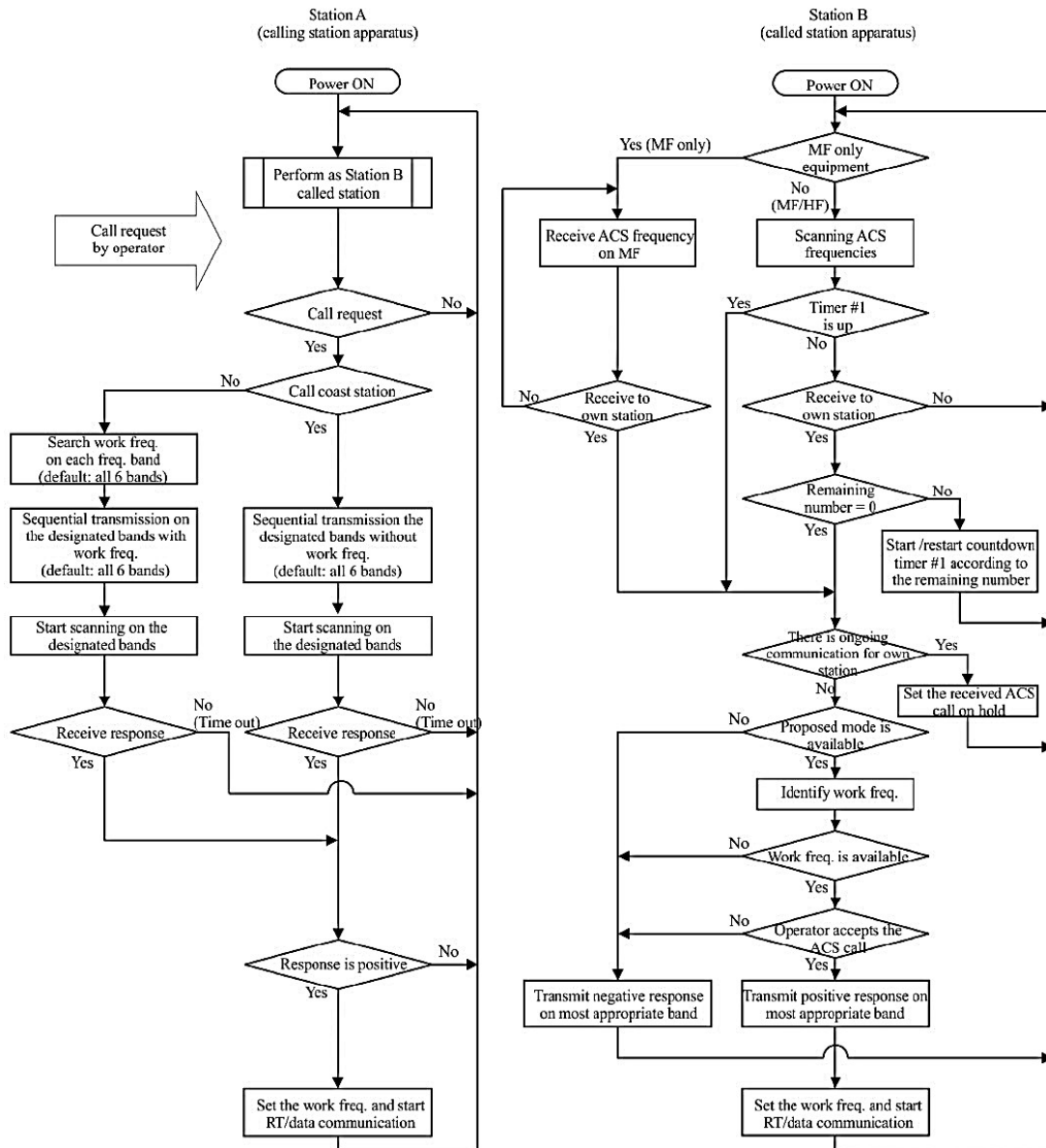


図 3-2 ACS 運用フロー

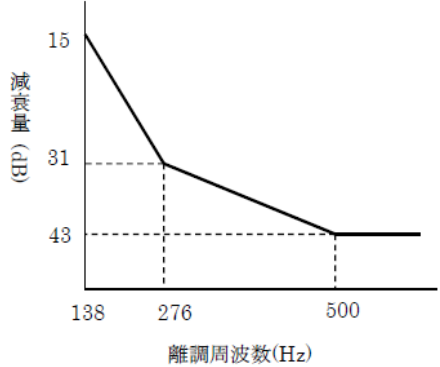
出所) ITU-R 勧告 M.541-11 Fig.A5-1

(2) 性能規格

ACS に関する運用規格は ITU-R 勧告が策定されているが、性能規格については IEC において策定中であるため、現時点で ACS の性能に関する明確な規格値は無い。しかし、ACS は ITU-R 勧告 M.493 および ITU-R 勧告 M.541 に追記される形で記載されていることから、DSC を基本的な仕様としていることが理解できる。このことから、本試作では DSC の性能基準を満たす機器として設計することとした。

本検討の結果として整理した ACS の送信規格を表 3-1、受信規格を表 3-2 に示す。

表 3-1 送信規格

項目	試験条件と規格
周波数偏差	10 Hz
占有周波数帯幅	0.5 kHz(F1B)
スプリアス発射 または 不要発射の強度	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値(無線設備規則別表第 3 号 別図第 4 号の 10) 
空中線電力の偏差	上限 20 %, 下限 50 %
電力低減	空中線電力をその 50 %まで容易に低下することができること
マーク及びスペース周波数	マーク周波数が 1,615 Hz 及びスペース周波数が 1,785 Hz(許容偏差は、それぞれ 0.5 Hz とする)であること
信号伝送速度	信号伝送速度は、毎秒 100 ビット(許容偏差は、百万分の 30 とする。)であること
Busy level と スキャン(例)	運用周波数(空きチャネル)サーチ中に 4/12 MHz 帯の運用周波数で -90 dBm をあらかじめ入力 サーチ後、4/12 MHz 帯で送信されないこと

出所) 日本無線作成

表 3-2 受信規格

項目	試験条件と規格
スキャン時間	2 秒以内
副次的に発する電波等の限度	4 nW 以下
受信周波数安定度	±10 Hz 以内
感度	1μV の希望波信号を加えた場合における文字誤り率 1%以下
通過帯域幅及び減衰量	通過帯域幅:なるべく 270 Hz 以上 300 Hz 以下 減衰量:30 dB 低下の帯域幅が±380 Hz 以内、60 dB 低下の帯域幅が±550 Hz 以内
スプリアスレスポンス	10μV の希望波信号を加えた状態下で、中間周波数から希望波の三倍の周波数まで(希望波の周波数の±750 Hz 以内の周波数を除く。)受信機入力電圧 31.6 mV の無変調の妨害波を加えた場合において、文字誤り率が 1%以下
感度抑圧効果	受信機入力電圧 10μV の希望波信号を加えた状態の下で、希望波から 500 Hz 離れた受信機入力電圧 1 mV の無変調の妨害波を加えた場合において、文字誤り率が 1 %以下

出所) 日本無線作成

3.1.2 ACS の設計・試作

本検討で試作した装置は、日本無線製 MF/HF 無線装置(JSS-2150)に、新たに設計した ACS モデムを接続できるようにしたものである。本試作機の特徴として、実証試験時にはアンテナを何本も装備できないため、送受信アンテナを 1 本とし、送信時と受信時で切り替えるようにした。呼出し信号の待

ち受け中(6 波スキャン中)に呼出し信号を受信すると、即座に送信側へアンテナを切り替えて送信動作に移るように設計している。

受信は、アンテナから直接モデムに接続する設計としており、モデムにて 6 波の呼出し信号を受信できるように常にスキャンしており、信号を受信した時に信号解析を行う。送信は DSC と同じ信号を扱うため、従来装置の送信系回路を使用する設計としている。図 3-3 に試作機の構成を示す。

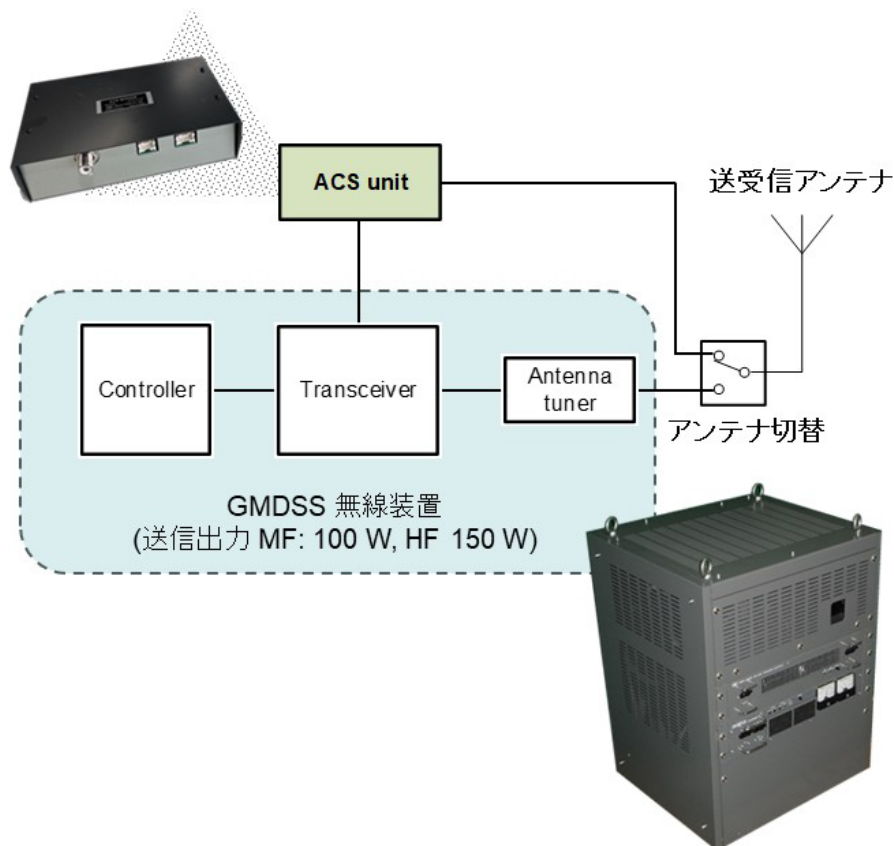


図 3-3 試作機の構成

出所) 日本無線作成

製作した試作機の動作確認試験を実施した。試験の実施環境と得られた試験結果を以下に示す。

(1) 動作確認の試験環境

DSC の性能項目を仕様としているため、送信および受信に関する測定系は「無線機器型式検定規則に基づく試験方法 デジタル選択呼出装置」を参考にしている。図 3-4 に送信系、図 3-5 に受信系に関する測定系を示す。

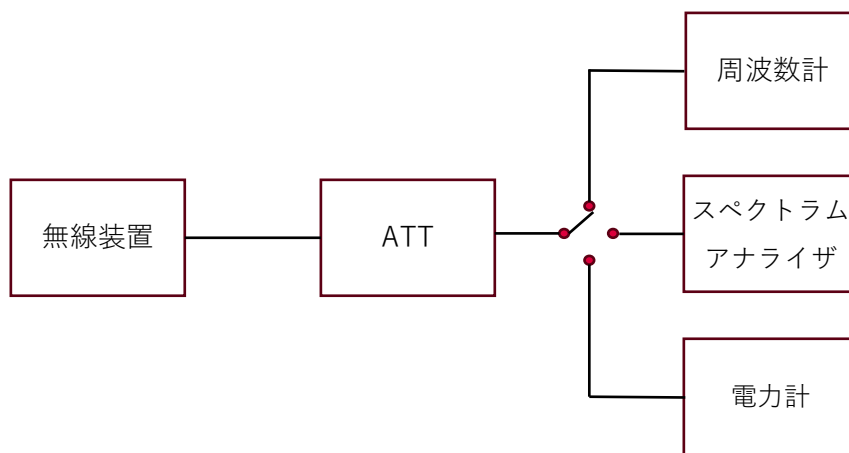


図 3-4 ACS 試作機の動作確認試験の測定系(送信系)

出所) 日本無線作成

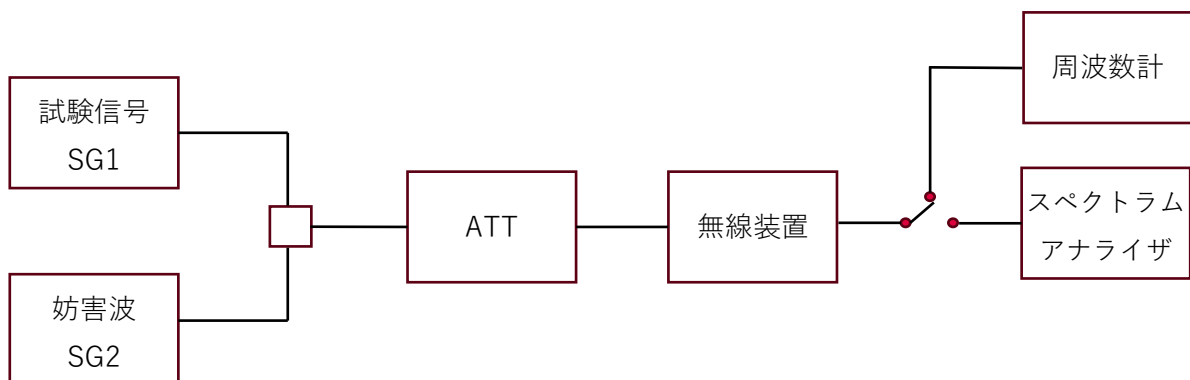


図 3-5 ACS 試作機の動作確認試験の測定系(受信系)

出所) 日本無線作成

(2) 試験結果

性能仕様の項目に従い、測定試験を行った結果を表 3-3、表 3-4 に示す。いずれの測定項目についても、表 3-1、表 3-2 で示す規格値内の結果を得ることができた。

表 3-3 試験結果(送信)

項目	試験結果		
	2,174.5 kHz	8,376.5 kHz	16,695.0 kHz
周波数偏差	±0.0 Hz	±0.3 Hz	±0.7 Hz
占有周波数帯幅	310 Hz	310 Hz	310 Hz
スプリアス発射 または 不要発射の強度 (減衰量)	138 Hz: 17.3 dB 276 Hz: 47.5 dB 500 Hz: 52.2 dB	138 Hz: 17.2 dB 276 Hz: 46.8 dB 500 Hz: 52.8 dB	138 Hz: 17.8 dB 276 Hz: 45.3 dB 500 Hz: 49.8 dB
空中線電力	96 W	150 W	150 W
電力低減	低減可	低減可	低減可
マーク/スペース周波数	1615: +0.15 Hz 1785: -0.10 Hz		
信号伝送速度	100 bps + 6 ppm		
Busy level とスキャン	4/12MHz で送信しないことを確認 (4/12 MHz で妨害波入力)		

表 3-4 試験結果(受信)

項目	試験結果		
	2,174.5 kHz	8,376.5 kHz	16,695.0 kHz
スキャン時間	2 秒以内(1.8 秒)		
副次的に発する電波等の限度	0.005 nW 以下	0.005 nW 以下	0.005 nW 以下
受信周波数安定度	+0.2 Hz	+0.2 Hz	+0.4 Hz
感度	0 %	0 %	0 %
通過帯域幅及び減衰量	6 dB: 291 Hz 30dB: +247, -252 Hz 60dB: +406, -405 Hz	6 dB: 290 Hz 30dB: +252, -251 Hz 60dB: +404, -404 Hz	6 dB: 291 Hz 30dB: +252, -252 Hz 60dB: +404, -405 Hz
スプリアスレスポンス	0 %	0 %	0 %
感度抑圧効果	+側 0 % -側 0 %	+側 0 % -側 0 %	+側 0 % -側 0 %

3.2 干渉回避方法等の検討・評価

MF/HF 帯の周波数共用について、関連する ITU-R 勧告と、無線通信規則の規定を踏まえると、以下の点を考慮する必要がある。

1. ITU-R 勧告 M.493 と ITU-R 勧告 M.541 を踏まえると、ACS は、従来の DSC 技術にプロトコルとして新たな ACS のパラメータが追加となったもので、基本的には DSC の仕様である。
2. ACS の使用周波数 6 波は、2024 年 12 月 31 日まで NBDP 遭難周波数として使用していたもので、それらが WRC-23 における無線通信規則の改訂により ACS 用周波数となった。図 3-6 は、NBDP 周波数表であるが、注釈から NBDP の文言が消え、ACS になったことが記載されている。各周波数ともに電波型式 F1B であったものが同じ変調特性の F1B としてそのまま使用される。
3. ACS の運用を分析したところ、ACS で最初に送信する前、当該周波数が使われているかどうか

かを必ず確認するようになっている。使用されている場合は、「ビジーである」として当該周波数を使用せず、未使用と判断した周波数で呼出し動作に入る仕組みとなっている。つまり、信号が重複しないプロセスが運用内に組み込まれている。

(Radio Regulations Edition of 2020 抜粋)

Channel No.	4 MHz band		6 MHz band		8 MHz band	
	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive
1	4 210.5	4 172.5	6 314.5	6 263	8 376.5	8 376.5
2	4 211	4 173	6 315	6 263.5	8 417	8 377
3	4 211.5	4 173.5	6 315.5	6 264	8 417.5	8 377.5
4	4 212	4 174	6 316	6 264.5	8 418	8 378
5	4 212.5	4 174.5	6 316.5	6 265	8 418.5	8 378.5
6	4 213	4 175	6 317	6 265.5	8 419	8 379
7	4 213.5	4 175.5	6 317.5	6 266	8 419.5	8 379.5
8	4 214	4 176	6 318	6 266.5	8 420	8 380
9	4 214.5	4 176.5	6 318.5	6 267	8 420.5	8 380.5
10	4 215	4 177	6 319	6 267.5	8 421	8 381
11	4 177.5	4 177.5	6 268	6 268	8 421.5	8 381.5
12	4 215.5	4 178	6 319.5	6 268.5	8 422	8 382
13	4 216	4 178.5	6 320	6 269	8 422.5	8 382.5
14			6 320.5	6 269.5	8 423	8 383
15					8 423.5	8 383.5

j) For the use of the assigned frequencies 4 177.5 kHz, 6 268 kHz, 8 376.5 kHz, 12 520 kHz and 16 695 kHz in these sub-bands by ship and coast stations for distress and safety purposes, by NBDP telegraphy, see Article 31.



(Radio Regulations Edition of 2024 抜粋)

Channel No.	4 MHz band		6 MHz band		8 MHz band	
	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive
1	4 210.5	4 172.5	6 314.5	6 263	8 417	8 377
2	4 211	4 173	6 315	6 263.5	8 417.5	8 377.5
3	4 211.5	4 173.5	6 315.5	6 264	8 418	8 378
4	4 212	4 174	6 316	6 264.5	8 418.5	8 378.5
5	4 212.5	4 174.5	6 316.5	6 265	8 419	8 379
6	4 213	4 175	6 317	6 266	8 419.5	8 379.5
7	4 213.5	4 175.5	6 317.5	6 266.5	8 420	8 380
8	4 214	4 176	6 318	6 267	8 420.5	8 380.5
9	4 214.5	4 176.5	6 318.5	6 267.5	8 421	8 381
10	4 215	4 177	6 319	6 268	8 421.5	8 381.5
11	4 215.5	4 178	6 319.5	6 268.5	8 422	8 382
12	4 216	4 178.5	6 320	6 269	8 422.5	8 382.5
13			6 320.5	6 269.5	8 423	8 383
14					8 423.5	8 383.5
15						

j) For the automatic connection system (ACS), the assigned frequencies 4 177.5 kHz, 6 268 kHz, 8 376.5 kHz, 12 520 kHz and 16 695 kHz shall be used by ship and coast stations. (WRC-23)

図 3-6 NBDP 遭難周波数の変更

出所) 日本無線作成

以上を踏まえると、ACS を導入することで、MF/HF 帯の干渉回避が可能と言える。

本検討では、3.1.2 の動作確認試験の中で、ACS 用周波数の一部をビジー状態とした上で、試作機による周波数スキャンと通信確立の試験を行った結果、ビジー状態ではない適切な周波数を自動選択し通信確立できることを確認した。

3.3 実証試験課題の整理

実証試験では、「ACS が導入の目的通りに経験の浅い船員によって回線接続ができること」を確認することが必要である。そのため、実証実験を計画する上では、下記の課題に留意しなければならない。

1. MF/HF 無線装置を使用するため長距離通信周波数が全て選択できるような実通評価ではな

く、電離層などの影響を受けるような状況が望ましい(最低でも 1 回反射)。

2. 装置や機材が大掛かりとなるため、念入りな計画が必要である。
3. 電離層の影響を受けるため、計算値は目安であり試験もリトライすることを想定する(2025 年も太陽活動が活発であるとのこと)。

4. GMDSS 派生機器の技術的条件等の検討

4.1 AMRD の技術的条件の検討

4.1.1 実証試験の実施概要

AMRD の技術的条件を検討するにあたり、Group A、Group B の実機を使用した実証実験を行った。実証試験の項目と概要を表 4-1 に示す。昨年度に実施された調査研究結果に基づき、通達距離、干渉影響、画面の表示状況、の 3 項目の試験を実施した。

実証試験で使用した機器を表 4-2 に示す。sMRT 社の「sMRT ALERT」は、VHF DSC(Class M)と AIS 機能を備えた AMRD Group A 機器である。Group A の実証時に本機器を使用した。一方、Group B 機器について調査したところ、現在販売している機器が存在していない(2024 年 11 月時点)ため、Class A AIS である JHS-183(JRC 製)のソフトウェアを改良し、Group B 機器として使用した。ソフトウェアは、使用周波数を 160.9 MHz とし、送信電力を 100 mW 以下に低減するために改良したものである。

表 4-1 AMRD 実証試験の項目と概要

Group A		Group B	
通達距離	海面から送信したときの通達距離を測定	通達距離	海面から送信したときの通達距離を測定 Group B の受信性能に規定がないため、ここでは AIS を使用
干渉影響 (干渉下の受信距離)	AIS が使用される環境の中 (AIS と同一チャネル上) で、AMRD 機器が受信できる距離を確認する	干渉影響 (干渉の影響を受けない離隔距離)	Group B のチャネルにおいて、互いのサービス運用範囲が干渉しない距離を確認する
画面の表示状況	多数(最低 20 個分)の AMRD Group A 信号を送信したとき、電子海図上でどのような表示となるのか確認する	画面の表示状況	Group A と同様に、電子海図上の表示を確認する

出所) 日本無線作成

表 4-2 AMRD 使用機器一覧

Group A		Group B	
航行の安全向上に関わる機器 落水者装置(MOB), 移動航路標識(MAtoN)		航行の安全向上に直接関わらない機器 (船舶の航行に係る情報や水路の交通安全を補完するものでもない)	
<u>sMRT ALERT</u>  (sMRT)		<u>JHS-183</u>  (日本無線)	
送信チャンネル	AIS 1(161.975 MHz) AIS 2(162.025 MHz)	送信チャンネル	CH2006(160.900 MHz)
周波数帯幅	25 kHz	周波数帯幅	25 kHz
変調方式	GMSK	変調方式	GMSK
送信電力	1 W EIRP 以下	送信電力	空中線電力 100 mW※ ※測定結果からアンテナ絶対利得 2.14 dB を減算
伝送レート	9,600 bps	伝送レート	9,600 bps
送信時間	<26.67 mS	送信時間	<26.67 mS

出所) 日本無線作成

4.1.2 通達距離の測定試験

(1) 試験方法

Group A および Group B ではそれぞれ送信方法を変えて試験を実施した。図 4-1 に試験のイメージを示す。

Group Aは、AIS 1 および AIS 2 チャンネルを使用チャンネルとするため、試験中に継続した試験電波を送信し続けることが近郊の AIS に対する運用の妨げにならないよう配慮する必要があった。そこで、短時間で必ず送信動作を終わらせるため、以下に示すように機器のテスト機能を使用することとした。

テスト機能)

1. 機器のテストボタンを連続して押すと、AIS テスト送信が開始される
2. AIS テスト送信を何回か繰り返す
3. DSC による特定 MMSI の相手局に向けて 1 回送信する
4. もし、相手局より DSC 応答を受け取ると、一連のテストが終了する
5. もし、DSC 応答が受け取れなくとも、開始から約 5 分後に自動でテストを終了する

Group B は、2006 チャンネル(160.9 MHz)を使用する。このチャンネルは実験用途として許可された

場合のみ利用できることから、本試験では送信動作について時間や回数で制限をかけることなく実施した。

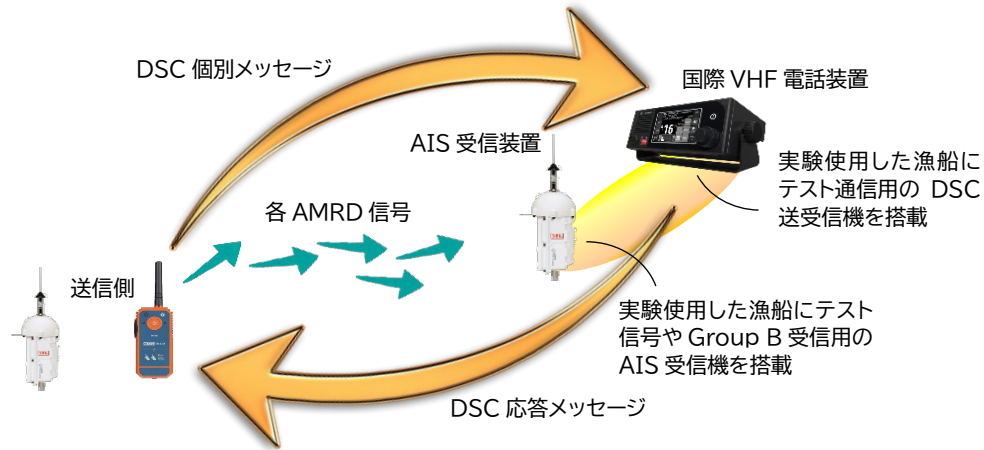


図 4-1 試験イメージ

出所) 日本無線作成

(2) 試験環境

1) 試験場所

本実証試験は、沖縄県南城市の佐敷中城漁業組合のご協力を得て、図 4-2 に示す中城湾の外側となる知念沖と志喜屋漁港横の間で実施した。図 4-2 の★印に送信局を設置し、受信局を設置した船で、丸で囲まれた範囲を移動しながら測定を実施した。



図 4-2 試験場所

出所) 日本無線作成

2) 送受信局

実証試験で機材を設置した送信局および受信局について説明する。

a. 送信局

AMRD Group A および Group B の各機器は、図 4-3、図 4-4 のように設置した。

Group A 機器は、できる限り機器の設置位置を想定される使用状態に近づけるため、図 4-3 のように旗ブイに取り付けて洋上より送信した。送信が停止すると、旗ブイを回収し、再度送信させてから洋上へ浮かべることを繰り返した。海面からの高さは、**① 0.5 m**, **② 0.2 m**とした。

Group B 機器は、送信部が約 2.6 kg あるため旗ブイに取り付けることができない。当初は小舟にこれらを取り付けて洋上より送信する計画であったが、外海まで移動することが困難であったため、図 4-4 の通り、陸上にておおよそ計画していた海面からの高さに合わせて設置することとした。海面からの高さは、**③ 1 m**, **④ 0.5 m**とした。

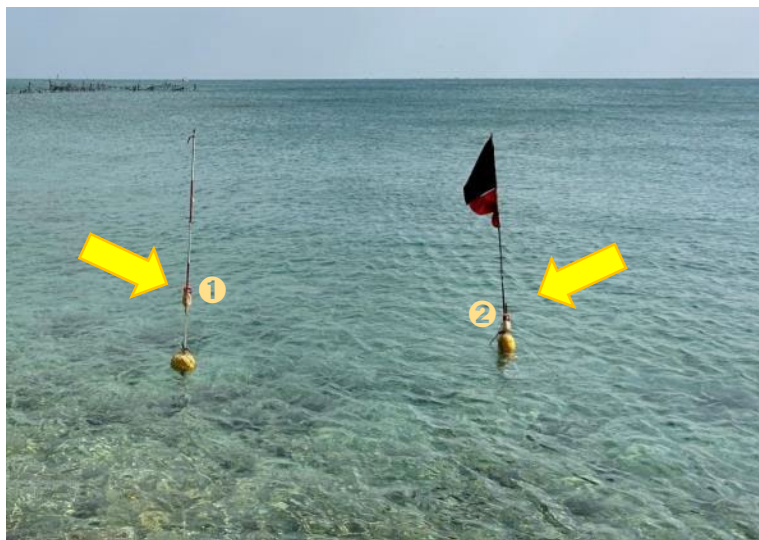


図 4-3 Group A 送信局の設置方法

出所) 日本無線作成



図 4-4 Group B 送信局の設置方法

出所) 日本無線作成

b. 受信局

受信局は、漁船「とも丸」に各アンテナと受信機材を装備し、目的の距離へ移動しながら測定した。

受信局の設備は、AMRD Group A および Group B 信号を受信する AIS 1 台と、DSC テスト信号の受信と応答を送信するための国際 VHF 無線電話を装備した。AIS はノート PC と接続し、ノート PC 上で受信状況を確認しながら測定を実施した。

アンテナは、AMRD 受信用のアンテナ①と DSC 受信用アンテナ②、DSC 応答送信用アンテナ③を図 4-5 の通り装備した。各アンテナ高は下記の通りである。

- ① 4.8 m
- ② 4.4 m
- ③ 2.7 m

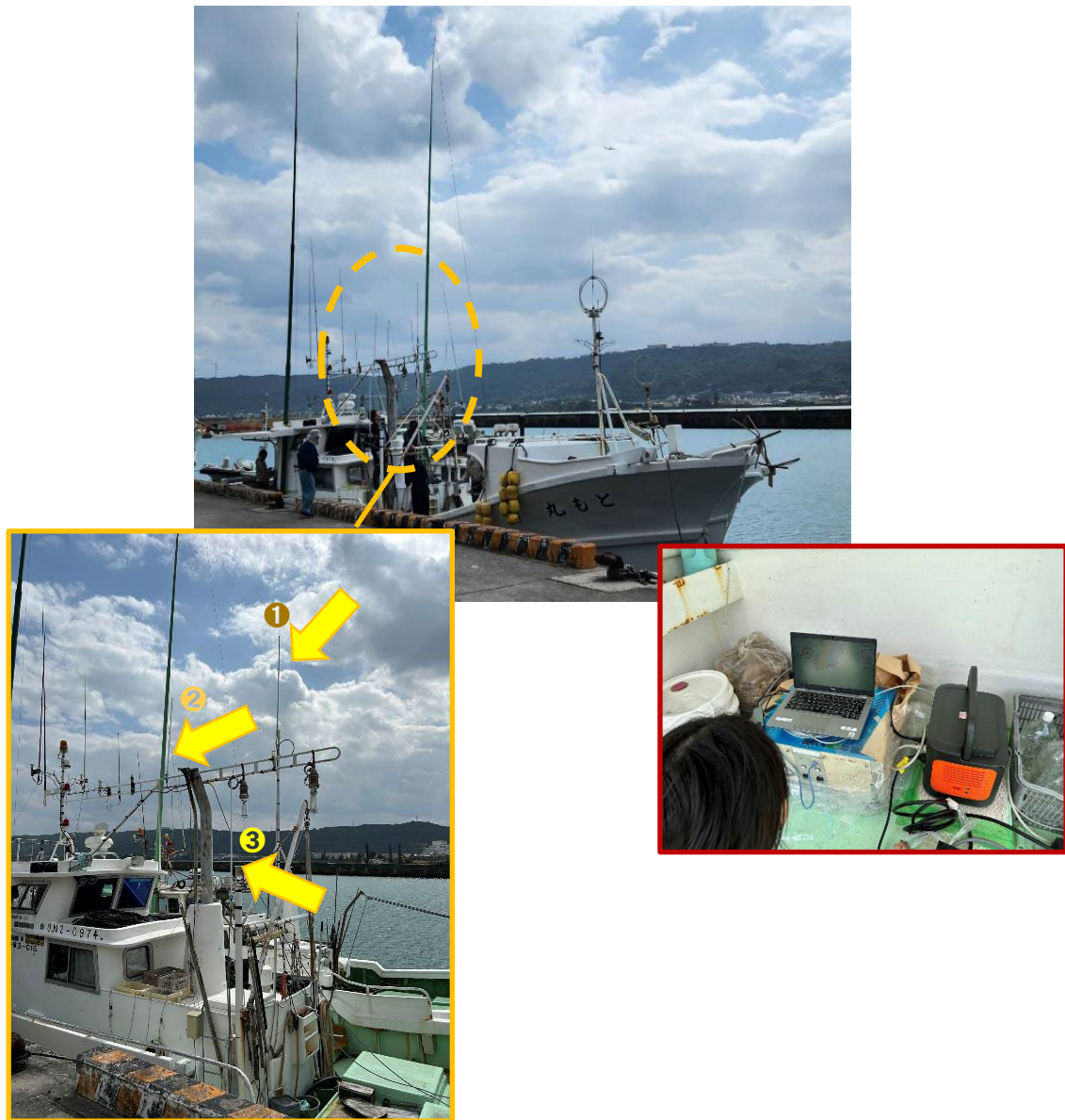


図 4-5 受信局の設置状況

出所) 日本無線作成

3) 実証試験の航路

図 4-6 に受信局を設置した船舶の測定時の航跡を示す。志喜屋漁港横(送信局)を中心とした同心円で距離を示しており、青線が本試験の航路である。測定は、図に示す送信局から 3.2 km－7 km の間で実施した。

なお、本測定場所の 3.2 km より陸地側は浅瀬となっており漁船で近づくのが困難であること、また 7 km 以上の海域では波が非常に高くなっていたため、これ以上沖に進むことが困難であった。



図 4-6 受信局を設置した船舶の航跡

出所) 日本無線作成

4) 天候条件

過去の気象データを確認出来る地点のうち、最も試験実施場所から近い「糸数」における、試験実施日(2025年2月5日)の天候条件は表 4-3 の通りである。

表 4-3 沖縄県糸数 2025 年 2 月 5 日の気象データ

時	降水量(mm)	気温(℃)	露点温度(℃)	蒸気圧(hPa)	湿度(%)	平均風速(m/s)	風向	日照時間(h)
1	0.0	9.9	2.7	7.4	61	7.3	北北西	
2	0.0	9.9	2.8	7.5	62	7.6	北北西	
3	0.0	9.9	2.0	7.1	58	8.8	北北西	
4	0.0	9.9	2.3	7.2	59	7.7	北	
5	0.0	9.9	2.7	7.4	61	6.1	北北西	
6	0.0	9.9	1.8	7.0	58	6.1	北北西	
7	0.0	9.9	1.8	7.0	57	6.4	北北西	
8	0.0	10.1	2.5	7.3	59	5.7	北北西	0.0
9	0.0	11.1	2.3	7.2	53	5.5	北北西	0.6
10	0.0	11.7	2.7	7.4	54	6.1	北北西	1.0
11	0.0	12.3	2.7	7.4	52	6.6	北北西	0.8
12	0.0	12.5	3.2	7.7	54	7.1	北北西	1.0

13	0.0	12.9	3.2	8.0	54	7.5	北北西	0.5
14	0.0	13.2	3.3	7.7	51	6.3	北北西	0.5
15	0.0	13.4	3.8	8.0	55	5.4	北北西	0.4
16	0.0	12.7	4.2	8.2	57	6.7	北北西	0.7
17	0.0	12.3	5.0	8.7	61	5.5	北北西	1.0
18	0.0	11.9	5.5	9.1	65	4.8	北北西	0.4
19	0.0	12.0	5.8	9.3	65	6.0	北北西	0.0
20	0.0	11.4	5.3	8.9	66	4.8	北北西	
21	0.0	11.4	4.4	8.4	62	5.4	北北西	
22	0.0	11.6	4.3	7.9	58	4.4	北北西	
23	0.0	11.4	2.7	7.4	55	4.4	北	
24	0.0	11.3	2.1	7.1	53	4.5	北	

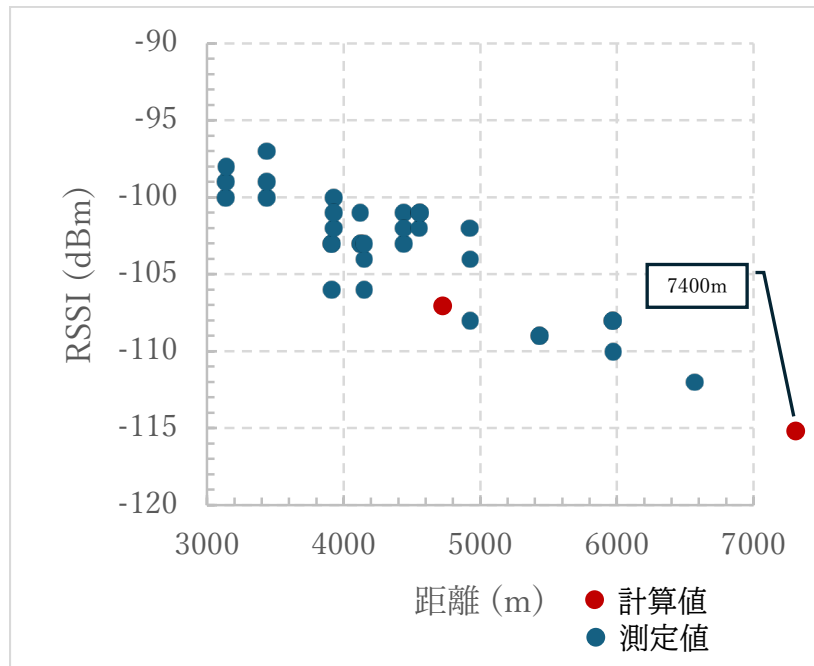
出所)気象庁

(3) 試験結果

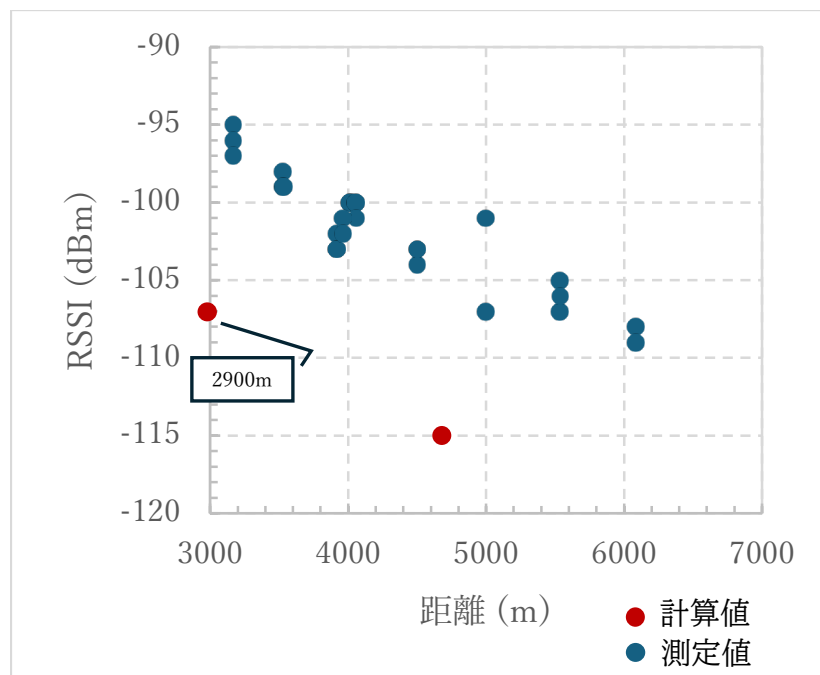
1) Group A

Group A は(2) 2) a.に示すように、旗ブイに機器を取り付けて洋上から送信させ、漁船側で受信した。送信アンテナ高 0.5 m の測定結果を図 4-7、0.2 m の測定結果を図 4-8 に示す。送信局－船舶間の距離が最短の地点は送信局から 3.2 km の地点であり、そこからおよそ 3.5 km、4.0 km と 500 m ごとに測定を試みた。

0.5 m および 0.2 m とともに同じ地点で測定しても、受信電力は大きいところで 6 dB 程度の電力差が生じている。正確に波の影響かどうか判別は難しいが、動的な原因としてはアンテナ高の上下動によるものが最も考えられる。受信回数が全体的に少ないが、いずれの地点も同じ距離で受信電力がばらついていることからそのように推測した。3.2 km の地点において、アンテナ高 0.2 m の方が受信電力の測定結果は高いが、0.5 m と 0.2 m の差異を判断できるほどの受信数には達していない。また、今回の測定結果の範囲は、受信電力から考えて十分に受信できる範囲内であることが分かった。



出所) 日本無線作成



出所) 日本無線作成

一方で、0.5 mと0.2 mを比較すると、わずかではあるが全体的に0.5 mの方が、受信回数が多いことがわかる。また、アンテナ高の原因とは言い切るのが難しいが、一番送信局から離れたところで約6.6 kmまで受信できた。なお、この時の受信電力は-112 dBmであるため受信機の性能に起因しており、規格感度-107 dBmで考えた場合は5.5 kmあたりが受信範囲(受信アンテナ高4.8 m)と考えられる。

なお、簡易的に 2 波モデルで算出した理論値を記載する。

- 受信感度-115 dBm:送信アンテナ高 0.5 m で 7.4 km、0.2 m で 4.7 km
- 受信感度-107 dBm:送信アンテナ高 0.5 m で 4.7 km、0.2 m で 2.9 km

2) Group B

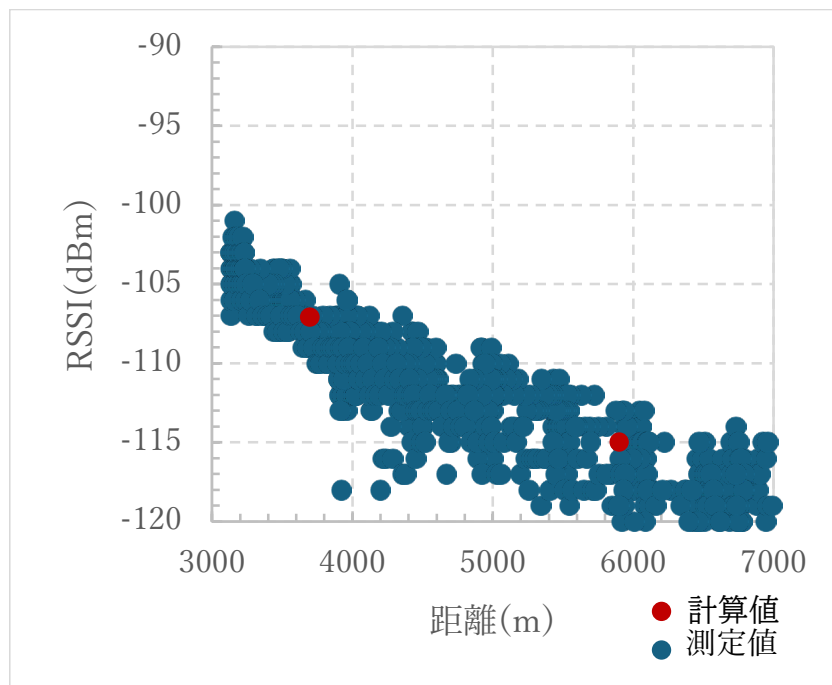
Group B は、電源を投入してから 3 時間程度の繰り返し送信をした結果である。送信アンテナ高 1 m の測定結果を図 4-9、0.5 m の測定結果を図 4-10 に示す。

判断は難しいところだが、全体的に送信局と受信局の距離が遠くなるにつれて、各地点における受信電力のばらつきが大きくなっていると考えられる。しかし、7 km まで十分に届いていることがわかる。

但し、Group B の測定結果についても、各測定点において大きな受信電力差が生じている。無線機の感度特性から-115 dBm 以下は電力値(RSSI 値の取り込み)の信ぴょう性が疑わしいため、ここでは結果として扱わない。

Group B についても Group A 同様に2波モデルで理論値を算出した。

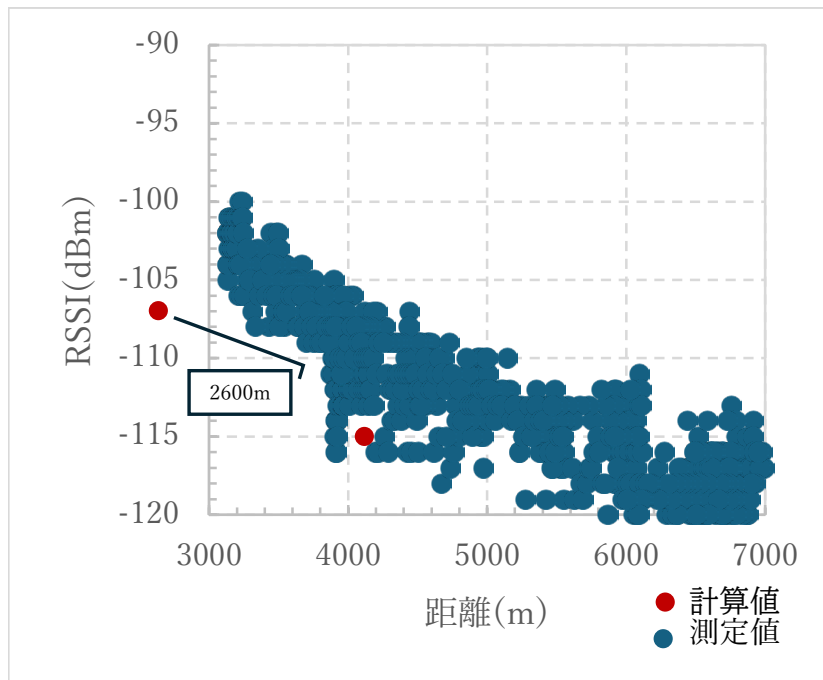
- 受信感度-115 dBm:送信アンテナ高 1 m で 5.9 km、0.5 m で 4.1 km
- 受信感度-107 dBm:送信アンテナ高1 mで 3.7 km、0.5 m で 2.6 km



※「測定値」は、測定した RSSI からアンテナ絶対利得 2.14 dB を減算補正したもの

図 4-9 Group B(アンテナ高 1 m)

出所) 日本無線作成



※「測定値」は、測定した RSSI からアンテナ絶対利得 2.14 dB を減算補正したもの

図 4-10 Group B(アンテナ高 0.5 m)

出所) 日本無線作成

3) 考察

今回の実証試験を通して集計した結果から、以下のことが言える。

- 各 Group の試験において、各測定地点における受信電力変動が大きく、送信アンテナ高による受信電力差が出ていない(特性がほぼ同じ)
- 全体的に計算値より高い受信電力が測定でき、計算値以上に通達距離が得られた

計算値との乖離について、2 波モデルの結果と照らし合わせて考察する。Group A はアンテナ高 0.5 m でも 6-7 dB 程度の乖離があるのに対して、アンテナ高 0.2 m では 12 dB 近い乖離が生じている。一方で Group B については、アンテナ高 1 m ではおおよそ計算結果に重なる値が示されている。一方、アンテナ高 0.5 m では、7 dB ほどの乖離が生じている。これらより考えられることは、海面により近いと計算値との乖離が大きくなっている点である。

無線機の RSSI の読み取りについては、測定器ではないため参考値となるが、数 dB から 10 dB のような読み取り誤差は生じない。よって上述の乖離は、測定環境における誤差であると言える。

計算値との誤差の要因について検討したところ、下記が考えられる。

- Group A 機器のアンテナ利得について、メーカーより明確に回答が得られなかったため、実測をもとに測定した値を用いている。
- この日は沖縄本島に波浪注意報が出ている中、5-7 m の風が吹いており、波の高さは 2 m の

予報であった。受信局は常に上下動により高さが変化している中での測定であった。各測定地点におけるレベル差は、波による受信アンテナ高のばらつきの影響が挙げられる。

なお、送信側は遠浅の地形であったため、波は終始穏やかであり、波の高さは1 m 以下であった(上下動はあり)。

- 送信アンテナ高が下がることで海面に近く、かつ波の動きによる影響(反射)が強く出ていると考えられる。

Group A について、現在規格化されている機器は AIS-MOB である。MOB として用いられる観点から機器の特性を考えると、以下の2 点が挙げられる。

- 落水後に海面付近で使用する
- 持ち運びができる小型の形状

計算結果では、海面近くから送信した場合は通達距離 3-5 km、少し手を伸ばして海面から 0.5 m の高さから送信した場合は通達距離 5-7 km まで届く結果であった。一方、実測値では、いずれの場合も 6 km まで受信可能という結果が得られている。0.5 m の高さにおいては 7 km で受信できると思われるが、送信側のテストモードの制約により送信回数が少なく受信を確認することができなかった。また、計算値は波の高さ等の環境条件を考慮していないため、上記のとおり測定環境によって計算値と実測値の乖離が生じたものと考えられる。製品を実際に使用する際にも、使用環境によっては今回の実測結果のように計算値よりも長い通達距離が得られる可能性がある。

また、MAtoN の場合は、持ち運ぶ運用は想定されていないため、アンテナ形状により周囲環境の影響を最小限に留められると考えられ、安定した通信が可能となるものと考えられる。

Group B について、今回使用した Group B 機器が Class A AIS を利用した装置であり、コンパクトなアンテナ設計としていないため障害物等の影響を受けづらいことと、受信局と見立てた漁船において 4.8 m の場所にアンテナを設置することができたことから、結果として 7 km 先まで受信できた。また、いずれのアンテナ高による試験においても、1000 回を超える多数の送信を実施できたことも理由の一つとして挙げられる。この Group B については、多用途で使用する機器であるため、持ち運ぶためのコンパクトサイズの機器から設置型の比較的大きいサイズの機器まで今後製品化されるものと考えられる。そのため、Group B 機器のサイズ(用途)に応じて通達距離を犠牲にしたアンテナが具備されることも考えられる一方で、受信側はできるだけ高くアンテナを設置することにより、十分に通達距離が得られると思われる。現に、BICT 社(韓国)は写真上で確認したところ長めのアンテナ(長さは非公表)を備えており、周囲環境の影響に配慮していると考えられる。

実際の Group B 機器の通達距離については今後の製品化を踏まえて判断する必要があるが、上記の結果を踏まえると、製品の仕様及び使用環境によっては、今回の実測結果のように計算値よりも長い通達距離が得られる可能性がある。

4.1.3 干渉影響の評価試験

Group A および Group B について、干渉条件に違いはあるが、いずれも同一チャネルで利用した場合の影響度について評価を実施した。

(1) Group A

AIS-MOB 機器は落水後に速やかに捜索救助が実施できるよう位置情報を発信するもので、この機器が動作することは人命に関わるため、優先的に受信するものである。ここでの干渉とは、妨害波ではなく、優先的に受信できる距離について実機を使った評価結果を記載する。

図 4-11 に、Group A 干渉試験の測定系を示す。

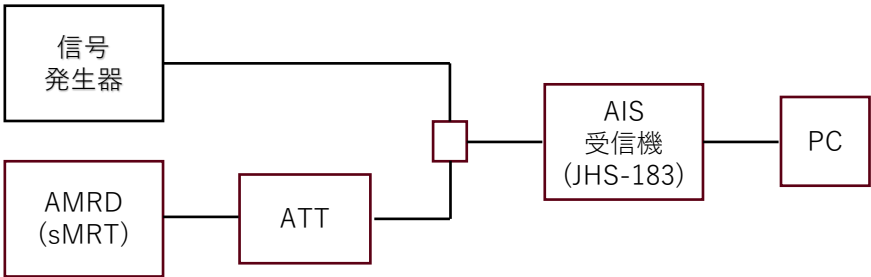


図 4-11 Group A 干渉試験の測定系

出所) 日本無線作成

令和 5 年度の自律型海上無線機器 (AMRD) の導入に向けた調査検討において、本干渉についての算出条件は、IEC61993 の Co-channel rejection の測定条件より、規格感度 +3 dB を基準に、そこから 10 dB 小さい妨害波が入力された時を干渉による影響の限界点としてその時の距離を求めた (-104 dBm において、-114 dBm より強い受信電力で干渉を受ける)。

今回は、受信機を JHS-183 として AMRD 信号と信号発生器から妨害波となる AIS 信号を入力し、妨害波側が 10 dB 下のレベルからどのくらい上げていくと AMRD 信号が受信できなくなるか測定した。AIS 受信機は、妨害波を 7 dB (-111 dBm) より大きくすると受信が難しくなったため、7 dB を実力値としてこの時の受信距離を算出し直した。

表 4-4 に結果を示す。これから分かることは、干渉は受信機側の妨害波特性に依るため、送信特性には依存していない。表 4-4 は、以前の算出条件より 3 dB 改善したことで受ける影響が低減され、妨害波となる送信局がその分近づいても影響を受けにくくなったことを示している。

表 4-4 干渉下における受信距離

送信アンテナ	受信アンテナ	受信距離 (-10 dB)		受信距離 (-7 dB)
1 m	4 m	8.7 km	⇒	6.7 km
	10 m	13.9 km		11.1 km
	30 m	22.6 km		18.5 km
0.5 m	4 m	5.3 km		4.0 km
	10 m	8.8 km		6.7 km
	30 m	14.7 km		11.5 km

出所) 日本無線作成

(2) Group B

Group B では、サービス同士が近接することにより、受信エリア内で必要以上に多く受信することで干渉が起きやすくなる。そのため、ここではサービスエリアを物理的に離すことで回避できる同一チャネル除去比について、実機を使用した実測値から離隔距離を算出する。

図 4-12 に Group B 干渉試験の測定系を示す。

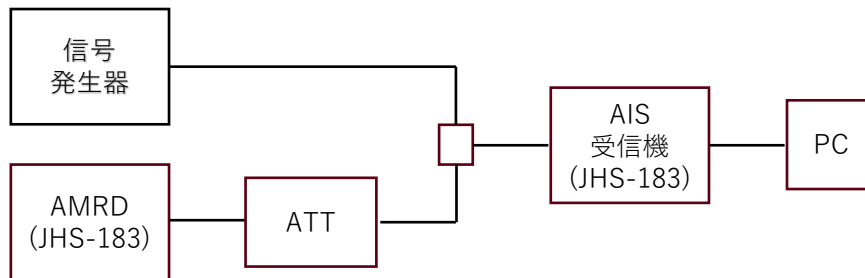


図 4-12 Group B 干渉試験の測定系

出所) 日本無線作成

Group B についても、受信機は Group A と同様に JHS-183 を使用した。そのため、同一チャネル除去比の特性は Group A と同様 -7 dB である。よって、算出した条件は Group A と同じ受信電力である。距離が違うのは、Group B と A の送信電力差によるものである。

表 4-5 に結果を示す。ここでは、あくまでそのエリアで運用中の受信機に対して別のエリアで運用している Group B 機器との離隔距離を示している。Group A の評価と同様、受信機側の妨害波特性が 3 dB 改善したことにより離隔距離が縮まっていることがわかる。

これらより、干渉は受信機側の妨害波特性に依存した結果となっており、送信側の影響については特に考えなくともよいことがわかる。

表 4-5 影響を受けない離隔距離

送信アンテナ	受信アンテナ	離隔距離 (-10 dB)		離隔距離 (-7 dB)
1 m	4 m	3.6 km	⇒	2.8 km
	10 m	6.2 km		4.9 km
	30 m	10.9 km		8.7 km
0.5 m	4 m	2.1 km		1.6 km
	10 m	3.6 km		2.8 km
	30 m	6.4 km		5.0 km

出所) 日本無線作成

4.1.4 画面上の表示確認試験

AMRD Group AやGroup Bは、一度に多くの機器を使用することが想定される。そのため、実際に電子海図上に表示した時の画面について確認する。

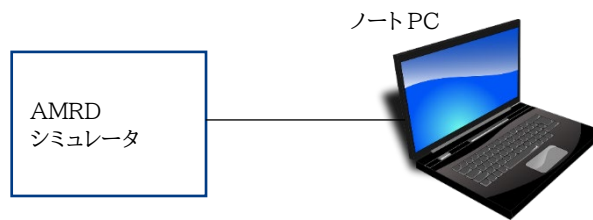


図 4-13 画面表示試験の測定系

出所) 日本無線作成

(1) Group A

表示させる画面は図 4-14 の通りとした。自船の周囲に 20 個の機器が動作している状況を表示した。20 個の機器を一度に表示すると、マークが重なり何かがあることがわかる。

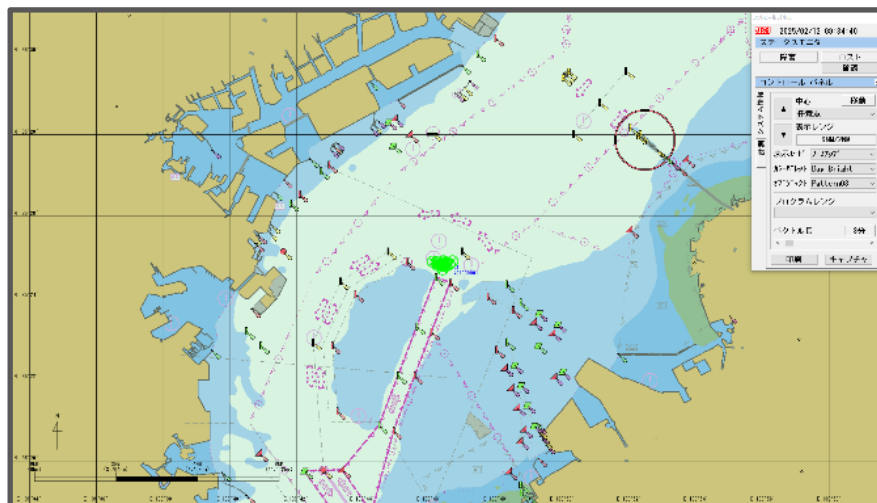


図 4-14 Group A 表示画面

出所) 日本無線作成

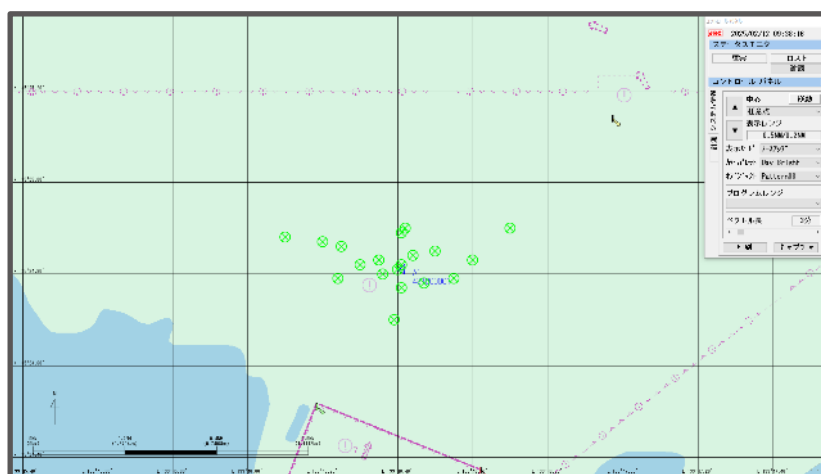


図 4-15 表示画面(近接)

出所) 日本無線作成

図 4-15 のように画面の表示範囲を拡大することで、各マークの判別と、どこに MOB 機器があるかを判別することができた。この画面では、自船の▲マークとその周りに Group A のマークを配置している。自船から近距離で表示されることが予想され、マークが重なることで少し見辛くなっている。

本機器は、航行安全にて利用されるため、フィルタリングするのではなくそのまま受信したものを表示すべきと考える。なお、AMRD Group A は AIS と同様のメッセージを使用し、AIS の「Navigational status」における番号 14 (SART-AIS/AIS-MOB/EPIRB-AIS の通常運用中) と 15 (テスト送信) を使用するものである。

(2) Group B

Group B では、使用するサービスが同じチャネルを利用することから、ここでは違ったサービスを同じ画面で表示した。図 4-16 に Group B の表示画面を示す。富津沖で点在する養殖場を表示し、その近くで 10 名のダイバーがダイビングをしている。

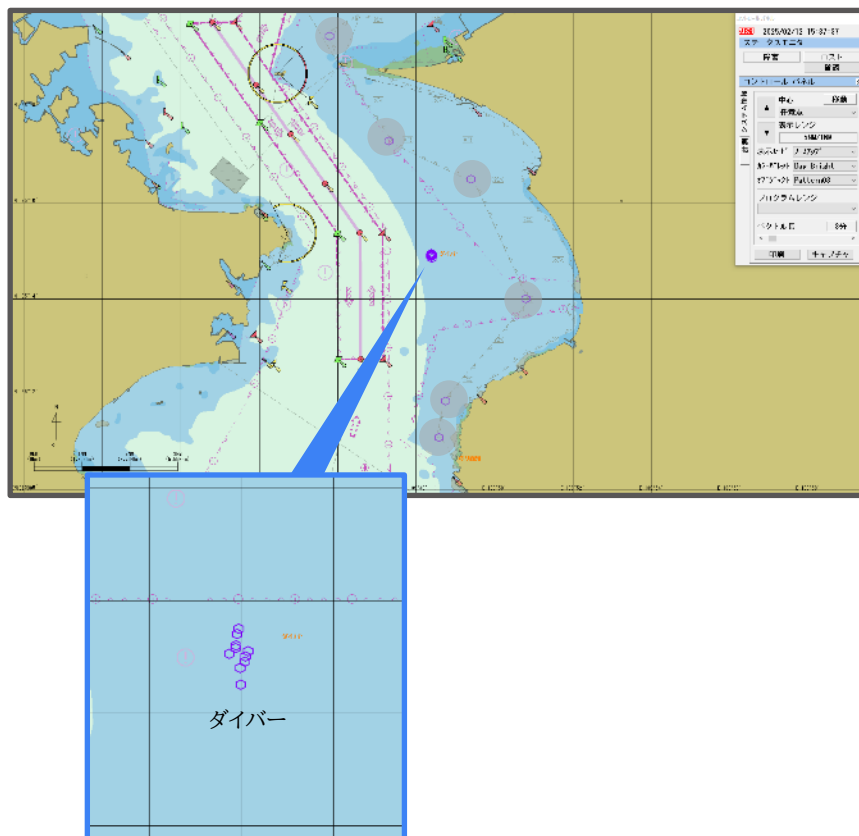


図 4-16 Group B 表示画面

出所) 日本無線作成

図 4-17 は、自サービス以外の情報を消した状況を示した。点在する養殖場は残し、ダイバーをフィルタリングにより画面から消去した図である。自サービスの状況を管理・監視しやすくするための一例とした機能である。

Group B で使用する専用メッセージ(Message 60)では、AMRD Device code というパラメー

タがあり、用途ごとに番号を付与する(例:漁網=1)。この番号を利用し、ダイバーをフィルタリングしたものである。Group B は、メッセージやパラメータを利用することで自サービスの管理をしやすくできることがわかった。

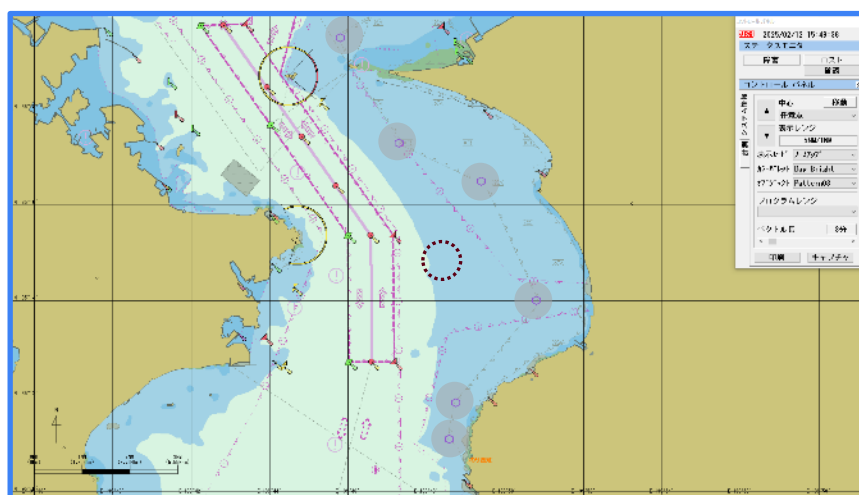


図 4-17 フィルタリング実施後の画面表示

出所) 日本無線作成

4.1.5 技術的条件の検討

(1) 検討の方法

国際的に規定されている技術基準及び実証試験の結果を踏まえ、AMRD Group A 機器・ Group B 機器のそれぞれについて、技術的条件案を検討した。

Group A 機器は船舶の航行の安全性を向上させる機器と定義され、デジタル選択呼出機能及び AIS 技術を備えた MOB 機器並びに移動航路標識に分類される。Group B 機器は船舶の航行の安全性向上に直接関わらない機器と定義される。Group B 機器の配信する信号や情報は船舶の航行に係るものではなく、また水路における船舶交通の安全を補完するものでもない。

なお、準拠する国際規格及び国内法令規定については、昨年度の「自律型海上無線機器 (AMRD) の導入に向けた調査検討」において検討された方針を踏襲している。Group A 機器・Group B 機器のそれぞれについて、技術的条件案の項目と準拠する国際規格・国内法令等を表 4-6、表 4-7 に示す。

表 4-6 Group A 機器の技術的条件項目と準拠する国際規格・国内法令等

機器区分	技術的条件項目		準拠する国際規格・国内法令等
Group A MOB 機器	一般的条件	周波数	無線通信規則
		機能、表示部、誤警報対策、停止条件	ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex2
		起動・停止方法	ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex2 IEC63269
		識別信号	ITU-R 勧告 M.585-9 Annex2 ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex2
		試験機能、バッテリー、構造、環	IEC63269

		境条件、GNSS 条件	
		DSC 機能	無線設備規則第 40 条の 5 ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex2 ITU-R 勧告 M.493-16
		電波防護指針	無線設備規則第 14 条の 2
	AIS 送信装置 の条件	周波数帯幅と時間との積、送信 電力、不要発射の強度、変調ス ペクトラム、変調方式、変調指 数、伝送速度、データ符号化、送 信タイミング特性、送信時間特 性、チャンネルアクセス方式	ITU-R 勧告 M.1371-5 Annex9
		占有周波数帯幅	—
		空中線電力の許容偏差	無線設備規則第 14 条
		メッセージ項目	ITU-R 勧告 M.1371-5 Annex1
Group A 移動航路標識	一般的条件	識別信号	ITU-R 勧告 M.585-9 Annex1
		運用	ITU-R 勧告 M. 2135-1 Annex2
	AIS 送信装置 の条件	—	※ITU-R 勧告 M.1371-5 に移動 航路標識の規定が追加された際 に技術的条件を規定

出所)三菱総合研究所作成

表 4-7 Group B 機器の技術的条件項目と準拠する国際規格・国内法令等

機器区分	技術的条件項目		準拠する国際規格・国内法令等
Group B 機器	一般的条件	周波数	無線通信規則
		干渉防止に関する機能、構造、 動作	ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex3
		識別信号	ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex3 ITU-R 勧告 M.585-9 Annex2
		電波防護指針	無線設備規則第 14 条の 2
	AIS 送信装置 の条件	周波数許容偏差、送信電力、不 要発射の強度、変調スペクトラ ム、変調方式、伝送速度、送信タ イミング特性、送信時間特性、 チャンネルアクセス方式	ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex3
		占有周波数帯幅	—
		空中線電力の許容偏差	無線設備規則第 14 条
		メッセージ項目	ITU-R 勧告 M.2135-1 Annex5

出所)三菱総合研究所作成

(2) Group A 機器の技術的条件案

1) MOB 機器

(1)に示した検討の手法に基づき整理を行った MOB 機器の技術的条件案のうち、一般的条件にあたる項目を表 4-8 に、AIS 装置の条件にあたる項目を表 4-9 に示す。表 4-9 は、国内 AIS 要件との関係として、技術的条件案の内容と無線設備規則第45条の3の4(船舶自動識別装置)第 1 項の規定及び関連する告示が重複しているか否かを示している。なお、表中では ITU-R 勧告について、文書番

号のみを記載し、Annex は A と略して記載する。

表 4-8 MOB 機器 一般的条件

項目	技術的条件案	参照国際規格
周波数	無線通信規則付録第 18 号に規定する周波数に従い、以下とすること。 156.525MHz(CH 70)、161.975MHz(CH AIS 1)、162.025MHz(CH AIS 2)	—
機能	本機器は、以下の機能を有すること。 DSC 送受信機能 AIS 勧告準拠の送信機能 内蔵型 GNSS 受信機能	M.2135-1 A2-1.2
表示部	機器の動作と DSC 遭難警報確認メッセージの受信を示す表示部を装備すること。	M.2135-1 A2-1.2
起動・停止方法	容易に起動が可能であること。 手動及び自動での起動が可能であること。 手動での停止が可能であること。 不用意な起動を防止する手段を備えていること。	M.2135-1 A2-1.2 IEC63269 4.1.1
誤警報対策	機器からの誤った DSC 遭難警報送出を防止する機能を備えること。	M.2135-1 A2-1.4
停止条件	DSC 遭難警報確認メッセージ又は DSC 遭難警報中継確認メッセージを受信した場合、DSC 送信機能を停止させ、確認メッセージの受信を表示すること。 AIS 準拠の送信機能は、機器を停止するまで動作し続けること。	M.2135-1 A2-1.6
識別信号	MOB 機器の識別信号は、次の構成からなること。 972 / 製造者番号(2 桁)/ シーケンス番号(4 桁) シーケンス番号が 9999 に達した場合、製造業者は番号付けを 0000 から再開すること。 製造者番号 00 はテスト目的で使用する。	M.585-9 A2-2.2
	識別番号は製造業者がコード化し、利用者が識別信号を変更できないようにすること。 識別信号は、機器の筐体外部に目立つように常時表示すること。	M.2135-1 A2-1.3
試験機能	機器は、動作温度範囲内で全ての機能が正常に動作していることを試験できること。	IEC63269 4.1.5
バッテリー	機器と一体となった独自のバッテリーを備え、起動時には外部電源に依存せずに動作すること。 バッテリーは、機器の動作温度範囲内で 12 時間の動作が可能であること。	IEC63269 4.5
構造	機器の構造は以下とすること。 救命具に装着することを意図していない場合は、水面上に浮遊可能であること。 テザーとして使用するのに適した浮力のあるランヤードを備えていること。 目視による発見を助けるために、すべての表面において視認性の高い色であること。 救命具の損傷を避けるために、滑らかな外部構造であること。 【参考】 他設備の技術基準では以下の規定例がある。 ・ 衛星非常用位置指示無線標識(EPIRB) 無線設備規則 第 45 条の 2 第 1 項第 1 号:二 筐体に黄色又はだいたい色の彩色が施されており、かつ、反射材が取り付けられていること。 ・ 搜索救助用レーダ・トランスポンダ(SART) 無線設備規則 第 45 条の 3 の 3 第 1 項第 1 号:ハ 海面にある場合に容易に発見されるように、筐体に黄色又はだいたい色の彩色が施	IEC63269 4.3 構造

		され、かつ、海水、油及び太陽光線の影響をできるだけ受けない措置が施されていること。	
環境条件		通常起り得る温度若しくは湿度の変化又は振動若しくは衝撃があった場合において、支障なく動作するものであること。	IEC63269 4.4
DSC 機能	全般	DSC 機能は、無線設備規則第 40 条の 5 に従って動作すること。	—
	遭難信号自己キャンセル	機器が送出した遭難警報が確認されていない場合に機器を停止するときのみ、機器は遭難警報自己キャンセルメッセージを送信できること。	M.2135-1 A2-1.5 M.493-16 16.2
	モード設定	オープンループモード又はクローズドループモードのいずれかで、ITU-R 勧告 M.493 に従って動作すること。 オープンループモードでは、全局に対して遭難警報メッセージを送出すること。 クローズドループモードでは、特定の個別又はグループの局に対して遭難警報中継メッセージを送出すること。	M.2135-1 A2-1.7、1.8 M.493-16 16.1
GNSS 条件		内蔵の GNSS 受信機は、機器の位置報告のソースとして使用されること。 最低更新速度は 1 分間に 1 回とし、1000 分の 1 角の分解能を提供し、WGS84 データムを使用すること。	IEC63269 4.6
電波防護指針		電波を使用する機器については、無線設備規則第 14 条の 2 に適合すること。	—

出所)三菱総合研究所作成

表 4-9 MOB 機器 AIS 送信装置の条件

項目	技術的条件案	参照国際規格	国内 AIS 要件						
占有周波数帯幅	国際規格上に規定がないため、特定の値に限定しないものとする。	—	— (別表第2号)						
周波数帯幅と時間との積	GMSK 送信の周波数帯幅と時間との積は、0.4 以下とすること。	M.1371-5 A9-2	—						
周波数許容偏差	周波数偏差は、±0.5kHz 以下であること。	M.2135-1 A9-2	○ 別表第 1 号 注 46						
送信電力	送信電力は 1W EIRP であること。	M.1371-5 A9-3	—						
空中線電力の許容偏差	空中線電力の許容偏差は上限 40%以内、下限 30%以内であること。	—	○ 第 14 条						
不要発射の強度	スプリアス領域(基本周波数から±62.5kHz 以上離れた周波数領域)における不要発射の強度は、周波数帯が最大 25μW 108 MHz 以上 137 MHz 以下、156 MHz 以上 161.5 MHz 以下、及び 1525 MHz 以上 1610 MHz 以下である場合には 25μW 以下、その他の周波数帯である場合には 50μW 以下であること。	M.1371-5 A9-3	△ 別表第 3 号 注 7 異なる値を規定						
変調スペクトラム	変調スペクトラムは、次の表に示す値以下であること。 <table border="1"><thead><tr><th>離調周波数</th><th>値</th></tr></thead><tbody><tr><td>$\Delta f_c < \pm 10 \text{ kHz}$</td><td>0 dBc</td></tr><tr><td>$\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$</td><td>-40 dBc</td></tr></tbody></table> ※±10 kHz < Δfc < ±25 kHz: ±10 kHz の-20 dBc と±25 kHz の-40 dBc を結ぶ直線以下	離調周波数	値	$\Delta f_c < \pm 10 \text{ kHz}$	0 dBc	$\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$	-40 dBc	M.1371-5 A9-3	—
離調周波数	値								
$\Delta f_c < \pm 10 \text{ kHz}$	0 dBc								
$\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$	-40 dBc								
変調方式	変調方式は、GMSK 方式とすること。	M.1371-5 A9-2	○						
変調指数	変調指数は、0.5 以内であること。	M.1371-5 A9-2	○						
伝送速度	伝送速度は、毎秒 9600 ビットとすること。 【参考】 ITU-R 勧告 M.1371-5 Annex 2(海上移動周波数帯における	M.1371-5 A9-2	○						

	TDMA 技術を用いた AIS システムの技術特性)においては、許容偏差 ± 50 ppm の記載がある。 ※Annex 9 はバースト送信を行う無線局の要件であり、MOB 機器については Annex 9 を参照している。 他設備の技術基準では以下の規定例がある。 ・船舶局に備える船舶自動識別装置 無線設備規則第 45 条の 3 の 4 第 1 項第 2 号:(送信装置の条件)伝送速度 毎秒九、六〇〇ビット(許容偏差は百万分の五十とする。)であること。		
データ符号化	データ符号化は、NRZI 符号によること。	M.1371-5 A9-2	—
送信タイミング特性	送信立上り、送信立下りのタイミングは、次のとおりとする。 送信立上り時間:送信開始から安定状態の 80% に達するまでの時間は、1.0ms 以内。 送信立下り時間:送信終了から定格出力の-50dB に達するまでの時間は、0.832ms 以内。	M.1371-5 A9-2	△ 異なる値を規定
送信時間特性	送信時間は 26.6ms 未満であること。	M.1371-5 A9-2	—
メッセージ項目	機器は、メッセージ 1, 14 の送信機能を有すること。 メッセージ 1 は航法状態を 14 に設定して送信し、メッセージ 14 は安全関連テキストをアクティブ時は「MOB ACTIVE」、試験時は「MOB TEST」に設定して送信すること。 その他メッセージに関する事項は ITU-R 勧告 M.1371 に従うこと。	M.1371-5 A1-2.1.7	△ 異なる要件を規定
チャンネルアクセス方式	AIS 送信局は以下の通り動作すること。 送信局は自律的に動作すること。 最初のバーストの最初のスロットは無作為に選択し、他の 7 スロットはバーストの最初のスロットを基準として固定すること。 バースト内の送信スロット間隔は 75 スロットとし、送信は AIS 1 と AIS 2 の間で交互に行うこと。 通常起動時は、送信局は最初のバーストで通信状態のメッセージを使用すること。通信状態は、最初のバーストでスロットタイムアウト=7 を設定し、それ以降は SOTDMA の規則に従ってスロットタイムアウトを減少させること。 タイムアウトが発生すると、次の 8 バーストセットへのオフセットを 1 分 $\pm$ 6 秒の間でランダムに選択すること。 AIS 局は、1 分間に 1 回を超えない範囲で、8 メッセージのバーストでメッセージを送信すること。 最初のバースト以降の送信では、最初のバーストで予約されたスロットにすること。 各バースト内の全メッセージの通信状態のスロットのタイムアウト値は同じとすること。	M.1371-5 A9-5	△ 異なる送信時間間隔を規定

出所)三菱総合研究所作成

2) 移動航路標識

ITU-R 勧告 M.1371-5では、移動航路標識についての技術的条件は規定されていない状況である。ITU-R 勧告 M.2135-1 に規定されている一般的条件を表 4-10 に示す。上記状況を踏まえ、技術的条件は、ITU-R 勧告 M.1371-5に移動航路標識の条件が追加されたのちに策定することを想定する。

表 4-10 移動航路標識の一般的条件

項目	技術的条件案	参照国際規格
識別信号	移動航路標識機器の識別信号は、次の構成からなること。 全ての航路標識に適用 99 /MID (海上識別数字)(3 桁)/任意の数字(4 桁) 移動航路標識のみに適用 99 /MID (海上識別数字)(3 桁)/8 + 任意の数字(3 桁) なお、MID は、各国の主管庁に分配される 3 桁の海上識別数字を示す。 任意の数字は、主管庁が割り当てること。	M.585-9 A1-4
運用	ITU-R 勧告 M.1371 に従って運用すること。 主管庁の管轄によってのみ運用されること。	M. 2135-1 A2-2

出所)三菱総合研究所作成

(3) Group B 機器の技術的条件案

(1)に示した検討の手法に基づき整理を行った Group B 機器の技術的条件案のうち、一般的条件にあたる項目を表 4-11 に示す。AIS 装置の条件にあたる項目を表 4-12 に示す。表 4-12 は、国内 AIS 要件との関係として、技術的条件案の内容と、無線設備規則第45条の3の4(船舶自動識別装置)第 1 項の規定及び関連する告示が重複しているか否かを示している。なお、表中では ITU-R 勧告について、文書番号のみを記載し、Annex は A と略して記載する。

表 4-11 Group B 機器の一般的条件

項目	技術的条件案	参照国際規格
周波数	無線通信規則付録第 18 号に規定する周波数に従い、160.9MHz(CH 2006)とすること。	—
干渉防止に関する機能	機器は、既存の他のサービスに干渉してはならず、また保護を要求してはならないこと。必要に応じて既存のサービスを保護するために必要と認められる緩和策をとること。	M.2135-1 A3-2
識別信号	機器の識別信号は、次の構成からなること。 979 / 擬似乱数(6 桁) 擬似乱数はランダムな並べ替えを使用して製造者が決定すること。 なお、Group B 機器の番号の重複は許容される。	IM.585-9 A2-6
構造	機器は、保護された外部電源スイッチと送信表示部を有すること。	M.2135-1 A3-3
	機器は、一体型アンテナを有すること。 アンテナの高さについて、水面から給電部までの高さは 1m を超えてはならないこと。	M.2135-1 A3-2
動作	機器は自律的に動作すること。	M.2135-1 A3-3
電波防護指針	電波を使用する機器については、無線設備規則第 14 条の 2 に適合すること。	—

出所)三菱総合研究所作成

表 4-12 Group B 機器 AIS 送信装置の条件

項目	技術的条件案	参照国際規格	国内 AIS 要件
占有周波数帯幅	国際規格上に規定がないため、特定の値に限定しないものとする。	—	○ 別表第 2 号
周波数許容偏差	周波数偏差は、 $\pm 0.5\text{kHz}$ 以下となること。	M.2135-1 A3-4	○ 別表第 1 号 注 46
送信電力	送信電力は 100mW EIRP	M.2135-1 A3-4	—

空中線電力の許容偏差	空中線電力の許容偏差は上限 40%以内、下限 30%以内であること。	—	○ 第 14 条										
不要発射の強度	スプリアス領域における不要発射の強度は、周波数帯が 9 kHz 以上 1 GHz 以下である場合には - 30dBm(1 μW)未満、周波数帯が 1 GHz 以上 4 GHz 以下である場合には - 36dBm (0.25μW)未満であること。	M.2135-1 A3-4	△ 異なる要件を規定										
変調スペクトラム	変調スペクトラムは、次の表に示す値以下であること。 <table><tr><td>離調周波数</td><td>値</td></tr><tr><td>Δfc < ±10 kHz</td><td>0 dBc</td></tr><tr><td>±25 kHz < Δfc < ±62.5 kHz</td><td>-36 dBc</td></tr></table> ※±10 kHz < Δfc < ±25 kHz: ±10 kHz の-20 dBc と±25 kHz の-36 dBc を結ぶ直線以下	離調周波数	値	Δfc < ±10 kHz	0 dBc	±25 kHz < Δfc < ±62.5 kHz	-36 dBc	M.2135-1 A3-4	—				
離調周波数	値												
Δfc < ±10 kHz	0 dBc												
±25 kHz < Δfc < ±62.5 kHz	-36 dBc												
変調方式	変調方式は、GMSK 方式とすること。	M.2135-1 A3-4	○										
伝送速度	伝送速度は、毎秒 9600 ビットとすること。 【参考】 他設備の技術基準では以下の規定例がある。 ・ 船舶局に備える船舶自動識別装置 無線設備規則第 45 条の 3 の 4 第 1 項第 2 号:(送信装置の条件)伝送速度 毎秒九、六〇〇ビット(許容偏差は百万分の五十とする。)であること。 ・ 簡易型船舶自動識別装置 無線設備規則第 45 条の 3 の 4 第 3 項第 2 号:(送信装置の条件)伝送速度 毎秒九、六〇〇ビット(許容偏差は百万分の五十とする。)であること。	M.2135-1 A3-4	○										
送信タイミング特性	送信立上り、送信立下りのタイミングは、次のとおりとする。 送信立上り時間:送信開始から安定状態の 80% に達するまでの時間は、1.0ms 以内。 送信立下り時間:送信終了から定格出力の-50dB に達するまでの時間は、0.832ms 以内。	M.2135-1 A3-4	△ 異なる値を規定										
送信時間特性	送信時間は 26.67ms 未満であること。	M.2135-1 A3-4	—										
メッセージ項目	機器によって交換されるメッセージは以下の表のとおりとする。特に機器はメッセージ 60、61 の送信機能を有すること。 <table><tr><td>メッセージ ID</td><td>名称</td></tr><tr><td>60</td><td>ポジション報告</td></tr><tr><td>61</td><td>識別報告</td></tr><tr><td>62</td><td>静的情報の報告</td></tr><tr><td>63</td><td>アプリケーション特定メッセージ</td></tr></table>	メッセージ ID	名称	60	ポジション報告	61	識別報告	62	静的情報の報告	63	アプリケーション特定メッセージ	M.2135-1 A5	△ 異なる要件を規定
メッセージ ID	名称												
60	ポジション報告												
61	識別報告												
62	静的情報の報告												
63	アプリケーション特定メッセージ												
チャンネルアクセス方式	単一の送信または最大 4 つの同一メッセージのバースト)を 1 分に 1 回以下の頻度で送信可能であること。この場合、バースト内の送信スロット間隔は 75 スロットに設定すること。	M.2135-1 A3-3	—										
	機器は、最低でもメッセージ 60 パート A を 1 分間に 1 回、メッセージ 61 を 6 分間に 1 回の頻度で送信すること。その他の利用可能なメッセージは、最大 6 分に 1 回の頻度で送信可能であること。その他メッセージに関する事項は ITU-R 勧告 M.2135 に従うこと。	M.2135-1 A3-6, 8	△ 異なる送信時間間隔を規定										

出所)三菱総合研究所作成

4.1.6 測定法の検討

(1) Group A MOB 機器の測定法

Group A MOB 機器の測定法は、IEC63269において詳細に規定されている。以下の表 4-13～表 4-16 に、国際規格、船舶自動識別装置の測定法等を踏まえて検討した測定法案を示す。なお、MOB 機器は船舶への搭載が義務付けられる機器ではないことから、発射される電波の質に関する事項等、重要な事項についてのみ整理を行った。

表 4-13 Group A MOB 機器 外観及び構造試験

項目	試験方法	対応する国際規格
外観及び構造	外観、構造、寸法、重量等を取扱説明書等と照合して確認する。	IEC63269 4.10.2.1.3, 4.10.2.3, 4.10.2.4, M.2135-1 Annex2
表示確認	機器に備えられている資料を確認する。	IEC63269 4.10.2.6, 4.10.2.12
	装置の外部に表示されている事項等を確認する。	IEC63269 4.10.2.10, M.2135-1 Annex2

出所)三菱総合研究所作成

表 4-14 Group A MOB 機器 機能条件

項目	試験方法	対応する国際規格
制御部	制御部の機能について確認する。	IEC63269 4.10.2.1, M.2135-1 Annex2
バッテリー	バッテリー容量と逆極性保護について確認する。	IEC63269 4.10.2.7, 4.10.2.8
機器の識別	識別に関する機能について確認する。	IEC63269 4.10.2.2, M.585-9 Annex2
GNSS 受信機	内蔵 GNSS 受信機の機能について確認する。	IEC63269 4.10.2.9
AIS アクティブモード	機器をアクティブモードで起動し、40 分間の送信を記録する。その後、EPFS データを抑制し、さらに 20 分間の送信を記録する。 機器の起動時間を記録する。また、すべての送信メッセージについて、以下の項目を記録する： ・ 送信時刻(UTC 時間) ・ 送信スロット ・ スロット内タイミング ・ 送信チャンネル ・ メッセージ内容	IEC63269 5.4.3.2 M.1371-5 Annex1
AIS テストモード	機器をテストモードで起動し、EPFS データが利用可能な状態及び利用できない状況で送信を記録する。	IEC63269 5.4.3.3 M.1371-5 Annex1
DSC アクティブモード(オープンループ)	通常試験条件下で以下の確認を行う。 a) 機器を起動する。 b) 機器の送信を 5 分間観察する。 c) 機器の送信をさらに 10.2 分間観察する。 d) 機器に有効な遭難承認メッセージを送信し、その後の機器の送信を 10 分間観察する。 e) 手順 a)、b)、c) を繰り返す。ただし、機器には遭難承認メッセージを送信しない。その後、機器の送信を 60 分間観察する。	IEC63269 6.5.2.1 M.2135-1 Annex2 M.493-16 16.1
DSC アクティブモード(クローズドループ)	通常試験条件下で以下の確認を行う。 a) 機器を起動する。 b) 機器の送信を 5 分間観察する。	IEC63269 6.5.2.1.3 M.2135-1 Annex2 M.493-16 16.1

	c) 機器の送信をさらに 10.2 分間観察する。 d) 機器に有効な遭難承認メッセージを送信し、その後の機器の送信を 10 分間観察する。 e) 手順 a)、b)、c) を繰り返す。ただし、機器には遭難承認メッセージを送信しない。その後、EUT の送信を 60 分間観察する。 f) 手順 a)、b)、c) を繰り返す。機器に対し、誤った機器の識別を含む有効な遭難承認メッセージを送信し、その後の EUT の送信を 60 分間観察する。	
DSC アクティブモード(遭難自己キャンセル)	通常試験条件下で以下の確認を行う。 a) 機器を起動し、3 回の遭難メッセージが送信されるまで観察する。 b) 機器の電源を切り、機器が自己キャンセルメッセージを送信するまで観察する。	IEC63269 6.5.2.2 M.2135-1 Annex2 M.493-16 16.2
DSC テストモード	通常試験条件下で以下の確認を行う。 a) 機器をテストモードで起動し、10 分間の送信を記録する。 b) ITU-R 勧告 M.493-15 の Table A1-4.7 に従ってフォーマットされた試験承認メッセージを機器に送信する。このメッセージには、機器の識別を含める。 c) 機器が AIS と DSC を組み合わせたテストモードを提供する場合、機器を一度無効化(電源オフ)し、その後 GNSS 信号が利用できない状態で手順 a)を繰り返す。	IEC63269 6.5.3 M.2135-1 Annex2 M.493-16 16.1

出所)三菱総合研究所作成

表 4-15 Group A MOB 機器 AIS 送信部

項目	試験方法	対応する国際規格
周波数許容偏差	試験機器を減衰機に接続し、無変調状態で搬送波を出力した時の周波数偏差を周波数カウンタで測定する。 測定は、通常試験条件および極端試験条件の下で行わなければならない。 試験は 161.975MHz(CH AIS 1)及び 162.025MHz(CH AIS 2)で実施する。	IEC63269 5.4.2.1 M.2135-1 Annex9
送信電力	試験は通常試験条件の下でのみ実施され、電源が 11 時間以上 ON になっている機器を使用する。 測定では、機器を 90°ずつ回転させながら、方位面の 4 つの異なるポイントで受信レベルの最小値を記録する。	IEC63269 5.4.2.3 M.1371-5 Annex9
占有周波数帯幅	希望周波数において占有周波数帯幅が最大となる変調状態、もしくは通常運用されている信号のうち、占有周波数帯幅が最大となる信号による変調状態において、スペクトル分布の全電力をスペクトルアナライザ等により測定する。そして、スペクトル分布の上限及び下限部分の電力和が、それぞれ全電力の 0.5%となる周波数幅を測定する。	—
不要発射の強度	スプリアス領域(基本周波数から±62.5kHz 以上離れた周波数領域)の不要発射強度を、108 MHz 以上 137 MHz 以下、156 MHz 以上 161.5 MHz 以下、及び 1525 MHz 以上 1610 MHz 以下の周波数範囲において測定する。 測定には帯域幅を 100kHz から 120kHz の間又はそれに最も近い設定にした受信機又はスペクトルアナライザを使用し、50Ω の送信機出力とする。	IEC63269 5.4.2.7 M.1371-5 A9-3
送信タイミング特性	希望周波数においてテストメッセージで変調した試験信号の送信出力が、送信開始後安定状態の 80%に達するまでの時間を測定する。 希望周波数においてテストメッセージで変調した試験信号の送信出力が、送信を終了後 50dB 低下するまでの時間を測定する。	M.2135-1 Annex9

出所)三菱総合研究所作成

表 4-16 Group A MOB 機器 環境条件

項目	試験方法	対応する国際規格
通常試験	通常試験は、下記の条件において行う。 温度: +15°C ~ +35°C 相対湿度: 20% ~ 75% 電圧変動 ±3%	IEC63269 4.10.1.3 IEC60945:2002 5.2
限界電源電圧	上限極端試験電圧は、各ケースごとに決定されるものとする。 この電圧は、新品のバッテリーが、上限限界温度において、機器を動作させた際に供給する電圧に相当する値とする。 下限極端試験電圧は、各ケースごとに決定されるものとする。 一次電池を搭載した機器は、気候試験室に設置し、-20°C まで冷却する。この状態で、2 時間の安定化期間を設けた後、機器を 12 時間動作させる。この期間終了後、バッテリー電圧を測定する。この測定された電圧を、下限極端試験電圧として定義する。測定は、バッテリーを取り外す前に実施するものとする。 【参考】 IEC63269 4.10.1.4 においては「-20°C」と記載があるが、IEC60945:2002 8.4.2 低温機能試験の項目においては「-20°C ± 3°C」と記載されている。	IEC63269 4.10.1.4
高温保存試験	機器は、通常の室温および相対湿度の環境にある試験チャンバー内に設置する。 その後、試験チャンバーの温度を +70°C ± 3°C に上昇させ、その温度を 10 ~ 16 時間維持する。 試験終了後、機器を通常の環境条件に戻し、性能チェックを実施する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.2.1
高温機能試験	機器は、通常の室温および相対湿度の環境にある試験チャンバー内に設置する。 機器及び、必要に応じて付属の気候制御装置を起動する。 その後、試験チャンバーの温度を +55°C ± 3°C に上昇させ、その温度を維持する。 +55°C ± 3°C の環境で 10 時間~16 時間の浸漬期間を経た後、機器に対し、性能試験および性能チェックを実施する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.2.2
低温保存試験	機器は、通常の室温および相対湿度の環境にある試験チャンバー内に設置する。 その後、試験チャンバーの温度を -30°C ± 3°C に低下させ、その温度を 10~16 時間維持する。 試験終了後、機器を通常の環境条件に戻し、性能チェックを実施する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.4.1
低温機能試験	機器は、通常の室温および相対湿度の環境にある試験チャンバー内に設置する。 その後、試験チャンバーの温度を -20°C ± 3°C に低下させ、その温度を 10~16 時間維持する。 機器に気候制御装置が搭載されている場合は、この期間終了後に作動させることができる。 試験開始から 30 分後、または製造者との合意による期間経過後に、機器を起動する。 機器は少なくとも 2 時間動作を継続し、性能チェックを実施する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.4.2
湿度試験	機器は、通常の室温および相対湿度の環境にある試験チャンバー内に設置する。 その後、試験チャンバーの温度を +40°C ± 2°C に上昇させ、相対湿度を 93% ± 3% に上昇させる。 この温度および湿度の上昇は、3 時間 ± 0.5 時間 かけて行う。 その後、+40°C ± 2°C / 93% ± 3% の環境を 10 時間~16 時間維持する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.3

	機器内に気候制御装置が搭載されている場合は、この期間が終了後に作動させることができる。 試験開始から 30 分後、または製造者との合意による期間経過後に、機器を起動する。 機器は少なくとも 2 時間動作を継続し、その間に該当する機器規格に基づく性能チェックを実施する。	
熱衝撃試験	機器は、$+70^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ の環境に 1 時間置く。 その後、$+25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ の水に $100\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ の深さまで浸し、1 時間保持する。(水面から機器の最も高い部分までの距離が $100\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ となるようにする。) 試験終了後、機器に対して性能チェックを実施し、損傷や水の浸入の有無を確認する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.5
落下試験	(水中への落下) 合計 3 回の落下試験を行う。 各回ごとに、機器の初期姿勢を変更して落下させる。 試験時の機器の最も低い部分が、水面から $20\text{ m} \pm 1\text{ m}$ の高さになるようにし、自由落下させる。 試験終了後、機器の性能チェックを実施し、損傷および水の浸入の有無を確認する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.6.2
振動試験	機器は、提供されている衝撃および振動吸収装置を含めて、通常の支持方法および通常の姿勢で振動台に固定しなければならない。 振動台が機器の重量を支えられない場合は、機器を適切に吊るして補正することができる。 振動ユニットによる電磁場の影響が機器の性能に悪影響を与える可能性がある場合は、その影響を軽減または無効化する措置を講じることができる。 機器は、以下の範囲で正弦波の垂直振動を受けなければならない： ・ 2 Hz から 5 Hz、および 13.2 Hz までの範囲では、$\pm 1\text{ mm}$ $\pm 10\%$ の振幅で振動する。(13.2 Hz では最大加速度 7 m/s^2) ・ 13.2 Hz 以上 100 Hz までの範囲では、最大加速度 7 m/s^2 を一定に維持する。 周波数掃引速度(スイープレート)は 0.5 オクターブ/分とし、機器の取り付け状態における共振を検出できるようにする。 試験全体を通じて、共振探索試験を実施する。 共振探索中は、機器の外部を肉眼および耳で観察し、機器の構成部品やサブアセンブリに共振の兆候が見られないか確認する。 これらの観察結果は、試験報告書に記録しなければならない。 機器外部に設置したセンサーで測定した結果、明らかな共振が発生していると観察された場所において、 固定面に対する振幅比が 5 以上である共振周波数が検出された場合、機器は、その共振周波数で振動耐久試験を実施しなければならない。 耐久試験は、試験時に指定された振動レベルで 2 時間継続して実施する。 共振周波数が 5 以上の振幅比で調和的な関係にある場合は、基本周波数のみを試験する。 もし、5 以上の振幅比の共振周波数が発生しなかった場合、耐久試験は 1 つの観察された周波数で実施する。 また、共振が発生しなかった場合は、耐久試験を 30 Hz の周波数で実施する。 性能チェックは、各耐久試験期間中に少なくとも 1 回、および耐久試験期間の終了前に 1 回実施すること。 この試験手順は、水平方向の 2 つの互いに直交する方向でも繰り返すものとする。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.7
防水試験	機器に対して 100 kPa (1 bar) の水圧を 5 分間加える。 試験終了後、機器の性能チェックを実施し、損傷および水の不正侵	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.9.2

	入がないか確認する。	
太陽放射試験	製造者が、機器に使用されている部品、材料、および仕上げがこの試験に適合することを証明できる場合は、太陽放射試験を免除できる。 機器を適切な支持台に設置し、指定された条件の模擬太陽放射源に 80 時間連続でさらす。 試験点での放射強度は $1120 \text{ W/m}^2 \pm 10\%$ とし、スペクトル分布は指定された条件に従うものとする。(この強度には、試験チャンバー内の反射光も含む。) 試験終了後、機器の性能チェックを実施し、肉眼で外観検査を行う。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.10
耐油性試験	製造者が、機器に使用されている部品、材料、および仕上げがこの試験に適合することを証明できる場合は、耐油性試験を免除できる。 機器を $19^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ の温度で 3 時間、以下の仕様の鉱物油に浸す。 ・ アニリン点 (Aniline point): $120^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ・ 引火点 (Flashpoint): 最低 240°C ・ 粘度 (Viscosity): 99°C において 10 ~ 25 cSt 使用可能な油の種類: ・ ASTM oil No. 1 ・ ASTM oil No. 5 ・ ISO oil No. 1 試験後、機器は製造者の指示に従って洗浄する。 その後、性能チェックを実施し、肉眼で外観検査を行う。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.11
塩水噴霧試験	製造者が、機器に使用されている部品、材料、および仕上げがこの試験に適合することを証明できる場合は、塩水噴霧試験を免除できる。 機器をチャンバー内に配置し、2 時間、塩水溶液を噴霧する。 塩水溶液は、蒸留水または脱イオン水 95 部に対し、塩化ナトリウム (NaCl) 5 部 (重量比) を溶解して調製する。 噴霧後、機器を $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ の温度、90% ~ 95% の相対湿度の環境に 7 日間保管する。 このサイクル (2 時間の噴霧 + 7 日間の保管) を 4 回繰り返す。 試験終了後、機器を肉眼で拡大なしに検査し、性能チェックを実施する。	IEC63269 4.10.1.1 IEC60945:2002 8.12

出所)三菱総合研究所作成

(2) Group B 機器の測定法

Group B 機器の測定法は、未だ国際規格が検討されていない。そこで、Group A MOB 機器の測定法を規定した IEC63269 や、既存の簡易型 AIS の測定法等を参考に検討した。以下の表 4-17 ~ 表 4-19 に Group B 機器の測定法案を示す。なお、Group A MOB 機器と同様、Group B 機器は船舶への搭載が義務付けられる機器ではないことから、発射される電波の質に関する事項等、重要な事項についてのみ整理を行った。

表 4-17 Group B 機器 外観及び構造試験

項目	試験方法	対応する国際規格
外観及び構造	外観、構造、寸法、重量等を取扱説明書等と照合して確認する。	M.2135-1 Annex3
表示確認	機器に備えられている資料を確認する。	M.2135-1 Annex3

出所)三菱総合研究所作成

表 4-18 Group B 機器 機能条件

項目	試験方法	対応する国際規格
制御部	制御部の機能について確認する。	M.2135-1 Annex3
機器の識別	識別に関する機能について確認する。	M.585-9 Annex2
情報の送信	静的及び動的情報を入力し、メッセージ 60 による位置情報及びメッセージ 61 による静的情報の送信を確認する。	M.2135-1 Annex3,5
情報の更新	メッセージ 60 による位置情報送信間隔を確認する。 メッセージ 61 による静的情報送信間隔を確認する。	M.2135-1 Annex3,5

出所)三菱総合研究所作成

表 4-19 Group B 機器 AIS 送信装置

項目	試験方法	対応する国際規格
周波数許容偏差	スイッチ投入 2 分後の機器を無変調状態で搬送波のみを出力したときの周波数偏差を測定する。	M.2135-1 Annex3
送信電力	スイッチ投入 2 分後、希望周波数においてテストメッセージで変調された信号を出力したときの平均電力を測定する。	M.2135-1 Annex3
占有周波数帯幅	希望周波数において占有周波数帯幅が最大となる変調状態、もしくは通常運用されている信号のうち、占有周波数帯幅が最大となる信号による変調状態において、スペクトル分布の全電力をスペクトルアナライザ等により測定する。そして、スペクトル分布の上限及び下限部分の電力和が、それぞれ全電力の 0.5%となる周波数幅を測定する。	—
不要発射の強度	スプリアス領域の不要発射強度を、テストメッセージで変調又は必要に応じ無変調送信状態において、9kHz から第 10 次高調波までの周波数範囲にて測定する。	M.2135-1 Annex3
送信タイミング特性	希望周波数においてテストメッセージで変調した試験信号の送信出力が、送信開始後安定状態の 80%に達するまでの時間を測定する。 希望周波数においてテストメッセージで変調した試験信号の送信出力が、送信を終了後 50dB 低下するまでの時間を測定する。	M.2135-1 Annex3

出所)三菱総合研究所作成

4.1.7 その他制度化に向けた課題

令和 6 年度に東北総合通信局で実施された「自律型海上無線機器 (AMRD) の導入に向けた調査検討」報告書より、AMRD の制度化に向けた論点として、免許制度、認証制度、普及方策等に関する検討の方向性の整理結果を抜粋する。

(1) 免許制度

無線局を開設する場合は、無線局免許手続規則等に定められた手続に従い、無線局免許が必要となる。無線局免許の制度としては、個別の無線局毎に免許を受けるもの、高出力無線 LAN など同一の周波数を多数の者が利用する共同利用型の電波利用システムの無線局について、予め一定の技術的条件及び運用条件を課すことにより事前審査を簡素化した「無線局の登録」といった制度の他、発射する電波が極めて弱い無線局や一定の条件の無線設備だけを使用し、無線局の目的・運用が特定されている無線局については、無線局の免許及び登録は要しないとされている。

Group A 機器については、送信 EIRP が 1W と比較的小さな出力となっているが、MOB や移動航路標識といった船舶の航行の安全向上に係るシステムであり、個別の無線局免許による運用が適切と考えられる。なお、3 章の調査結果で示した通り、既に ECC 決定が発行されている EU の規則では、移動航路標識については免許等による登録を必須としつつ、MOB については ID の 6 桁の制限が装置

毎の固有登録には不十分であるが、主管庁が希望すれば、国単位での登録は可能としている。

Group B 機器については、船舶の航行の安全向上に直接係らないシステムであり、国際的に送信機の EIRP が 100mW に制限されており、小電力で運用される無線設備であることから、“免許を要しない無線局”としての運用の可能性がある。¹¹これにより、レジャー用途でユーザから要望されている「レンタル利用」への対応も可能と考えられる。なお、EU では、Group B 機器について、船舶の安全関連機器に干渉するリスクはなく、登録は不要と思われるが、主管庁が望めば、国ベースでの登録は可能としている。

(2) 認証制度

我が国では、無線通信の混信や妨害を防ぎ、また、有効希少な資源である電波の効率的な利用を確保するため、無線局で使用する無線設備が技術基準に適合していることを免許申請の手続の際に検査を行うこととしている。但し、携帯電話等の小規模な無線局に使用するための無線局であって総務省令で定めるもの(特定無線設備)については、使用者の利便性の観点から、事前に電波法に基づく基準認証を受け、総務省令で定める表示(技適マーク)が付されている場合には、免許手続時の検査の省略等の無線局開設のための手続について特例措置を受けることが可能となっている。これに関連する制度としては、以下が挙げられる。

- 技術基準適合証明(電波法第 38 条の 6):総務大臣の登録を受けた者(登録証明機関)等が、特定無線設備について、電波法に定める技術基準に適合しているか否かについての判定を無線設備 1 台毎に行う制度。登録証明機関が、総務省令で定めるところにより、無線設備 1 台 1 台について試験等の審査を行ったうえで証明を行う。技術基準適合証明を受けた特定無線設備には、登録証明機関が技適マークを付す。
- 工事設計認証(電波法第 38 条の 24):特定無線設備が技術基準に適合しているかどうかの判定について、その設計図(工事設計)及び製造等の取扱いの段階における品質管理方法(確認の方法)を対象として、登録証明機関が行う認証制度。無線設備そのものではなく、工事設計を対象としており、実際の無線設備は認証後に製造される。技適マークは、工事設計認証を受けた者(「認証取扱業者」)が付す。
- 技術基準適合自己確認(電波法第 38 条の 33):特定無線設備のうち、混信その他の妨害を与えるおそれの少ないもの(特別特定無線設備)の工事設計について、製造業者や輸入業者が一定の検証を行い、電波法に定める技術基準への適合性を自ら確認する制度。技適マークは、自己確認を行い、証明規則様式第 12 号の届出書を総務大臣に提出した製造業者又は輸入業者(届出業者)が付す。

一方、海上人命安全条約(SOLAS)等の国際条約により、船舶又は航空機への設置が義務付けられた無線機器については、主管庁が型式検定を行わなければならないこととされており、電波法第 37 条において、総務大臣が行う型式検定に合格した機器でなければ設置してはならないと規定されている

¹¹ 電波法第 4 条第 1 項但し書き第 3 号に基づく。

(無線機器型式検定制度)。具体的には、無線設備規則に規定された技術基準に対し、無線機器型式検定規則に基づく手続に従って型式検定が行われている。

AMRD の認証については、Group A、Group B 共に、国際条約による船舶への搭載義務が課せられるものではないことから、無線機器型式検定制度の適用対象にはならないことが想定される。他方、Group A については船舶の安全な航行に係るシステムであり、また Group A、Group B 共に海上移動業務に分配された周波数を使用し、同一/隣接周波数を使用する既存の無線システムの保護は重要であることから、導入に際し、技術基準適合証明あるいは工事設計認証による確認が必要である。特に、海外メーカによる製品の国内販売も想定され、国内流通時に技術基準への適合を確認する必要がある。

この時、AMRD について特定無線設備の技術基準適合証明等に関する証明規則第 2 条第 1 項への規定が必要となる。その場合の特定無線設備の種類として、Group A については、簡易型 AIS やラジオブイ等も位置付けられている“その他の特定無線設備”¹²として位置付けることが想定される。Group B については、Group A と同様、もしくは免許を要しない無線局として運用する場合、免許不要局¹³として位置付けることが想定される。

(3) 普及方策等

AMRD の普及に向けては、ユーザニーズを踏まえると、船舶への機器の追加搭載を不要にすることが重要である。また、Group B を含め、運用者自身だけでなく、周辺を航行する船舶等への位置周知を目的とした用途が挙げられている。そこで、送受信仕様の標準化が重要であると共に、GPS プロッタ等¹⁴の既存の受信装置・表示装置における AMRD 信号への対応を促進することが求められる。

また、Group B 機器については、メッセージフォーマットが ITU-R 勧告に規定されているところ、アプリケーションに応じて利用可能なメッセージの未定義項目もあることから、AMRD の用途・設置目的の詳細情報の表示など、業界や地域のニーズに応じた共通的な使用方法を検討することも想定される。

4.2 VDES の技術的条件の検討

4.2.1 検討範囲・方法

地上で用いる VHF データ交換(地上 VDE)、低軌道衛星による VHF データ交換(衛星 VDE)、AIS 及び ASM をまとめて使用する VHF データ交換システム(VDES)について世界的に技術基準の策定(ITU-R, IEC 等)が実施されている。特に 2022 年 2 月に発行された ITU-R 勧告 M.2092-1 において、VDES システムに共通な技術特性および個別システムごとの技術特性について整理されている。

本年度は、我が国における VDES の導入にあたって必要となる技術的条件として、必要な項目の整理及び規定の考え方について検討を行った。次年度において、本年度整理した内容に基づいて、具体的な技術的条件の内容について整理を行う。

VDES は異なる 4 システムを統合したシステムの総称であるが、VDES 運用システムの全体像をも

¹² 定義は電波法第 38 条2の2第 1 項第 3 号に基づく。

¹³ 電波法第 4 条第 1 項但し書き第 3 号に基づく。

とに、制度化対象と想定される無線局を下記図 4-18 に整理した。既に我が国において制度化(一部制度化)されている無線局については下線で示す。

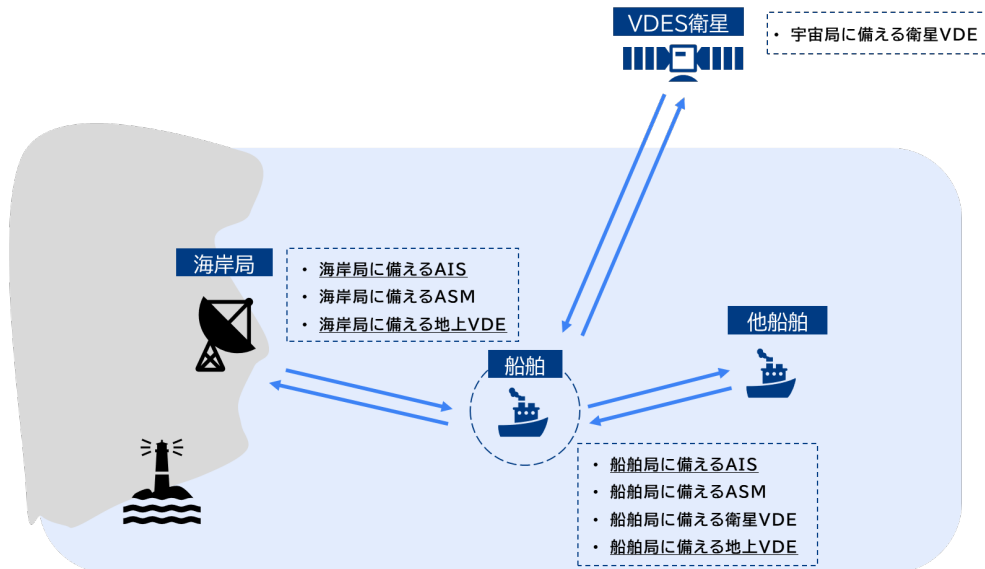


図 4-18 制度化対象とする無線局リスト

出所)三菱総合研究所作成

図 4-18 に示した無線局リストを対象として、技術的条件項目の特定のために、国内に既に基準が整備されているのか、VDES に関する国際基準である ITU-R 勧告 M.2092 にて基準が定められているのかを表 4-20 に整理した。また、既存の国内基準及び ITU-R 勧告での基準を踏まえ、技術的条件の整理方針についてもあわせて整理している。

表 4-20 各 VDES 無線局の既存基準の有無及び技術的条件への反映方針

搭載局種別	VDES 種別	国内基準	国際基準	国内・国際基準を踏まえた整理方針
	VDES 共通(AIS を除く)	×	○ (ITU-R 勧告 M.2092 Annex 2)	国内基準がないため、ITU-R 勧告 M.2092 の技術基準をベースとして、VDES 共通の技術基準を整理する。個々のシステムごとの規定のうち、共通的な技術特性については適宜参照する。
VDES 衛星	宇宙局に備える衛星 VDE	×	○ (ITU-R 勧告 M.2092 Annex 5)	国内基準がないため、ITU-R 勧告 M.2092 の技術基準をベースとして、宇宙局に備える VDES に係る技術基準を整理する。
海岸局	海岸局に備える AIS	○(無線設備規則 45 条の 3 の 4 他)	×	具体的な技術基準は ITU-R では示されていないため、既存の国内基準をベースとして、必要に応じて修正を検討する。
	海岸局に備える ASM	×	○ (ITU-R 勧告 M.2092 Annex 3)	国内基準がないため、ITU-R 勧告 M.2092 の技術基準をベースとして、海岸局に備える ASM に係る技術基準を整理する。
	海岸局に備える地上 VDE	○(無線設備規則 45 条の 3 の 6)	○ (ITU-R 勧告 M.2092 Annex 4)	国内基準は ITU-R 勧告の項目と比較して差分が大きいいため、ITU-R 勧告 M.2092 の技術基準と比較の上、技術的条件項目及び具体的な規定値を整理する。
船舶局	船舶局に備える AIS	○(無線設備規則 45 条の 3 の 4 他)	×	具体的な技術基準は ITU-R では示されていないため、既存の国内基準をベースとして、必要に応じて修正を検討する。
	船舶局に備える ASM	×	○ (ITU-R 勧告 M.2092 Annex 3)	国内基準がないため、ITU-R 勧告 M.2092 の技術基準をベースとして、船舶局に備える ASM に係る技術基準を整理する。
	船舶局に備える衛星 VDE	×	○ (ITU-R 勧告 M.2092 Annex 5)	国内基準がないため、ITU-R 勧告 M.2092 の技術基準をベースとして、衛星 VDE に備える ASM に係る技術基準を整理する。
	船舶局に備える地上 VDE	○(無線設備規則 45 条の 3 の 6)	○ (ITU-R 勧告 M.2092 Annex 4)	国内基準は ITU-R 勧告の項目と比較して差分が大きいいため、ITU-R 勧告 M.2092 の技術基準と比較の上、技術的条件項目及び具体的な規定値を整理する。

出所)三菱総合研究所作成

4.2.2 AIS に係る現行基準の整理

船舶自動識別装置(Automatic Identification System, AIS)は、船舶の安全航行および海上交通の効率的な管理を目的として国際的に導入された通信システムである。AIS は、船舶間および船舶と海岸局との間でリアルタイムに位置、航行情報、船舶識別情報などを交換することが可能であり、海上における衝突リスクの低減や海上保安の向上に寄与している。

本報告書では、AIS を構成要素として含む VDES に係る技術的条件の適切な項目を洗い出すために、AIS に係る既存基準の内容の詳細を調査した。以下には船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る現行基準と海岸局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る現行基準に分類して整理する。

1) 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る現行基準

本基準では無線設備が具備する必要な機能を含む一般的条件、特定の性能を有する送信装置や受信装置の条件、AIS の表示部の条件に分けて基準が規定されている。

表 4-21 に一般的条件の詳細規定を示す。

表 4-21 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る一般的条件

項目	具体基準内容	参照元																
必要な機能	デジタル選択呼出装置による受信が可能であること。	設備規則 第 45 条 の 3 の 4 第 1 項																
	人工衛星局の電波を受信して同期のための信号を得ることが可能であること。																	
	自動モード(すべての地域において自動的に動作する機能をいう。)を有すること。																	
	割当モード(海岸局がデータ伝送間隔及び時間スロットを指定した場合に動作する機能をいう。)を有すること。																	
	ポーリングモード(他の船舶局又は海岸局からの送信要求に応じて動作する機能をいう。)を有すること。																	
	無線通信規則付録第十八号に規定する周波数の全域において動作する周波数選択機能及び周波数切替え機能を有すること。																	
	手動入力、時分割多元接続方式若しくはデジタル選択呼出装置による海岸局からの制御又は自船に施設する他の設備からの制御により行うことができること。																	
	地上無線航法装置又は衛星無線航法装置からの測位情報を一万分の一分の単位で処理することができること。																	
	正常に動作していることを容易に試験できる装置を有していること。																	
	他の船舶局又は海岸局に対し自動的に、かつ、連続的に情報を送信できること。																	
電源は船舶の主電源及び代替電源から供給できること。	設備規則 第 41 条 第 4 項																	
船舶の静的情報(船舶を識別する固有の情報をいう。以下同じ。)、動的情報(船舶の動きに関する情報で航海中に自動的に更新されるものをいう。以下同じ。)及び航行関連情報(航海中に手動で更新する情報をいう。)を送信することができること。																		
必要に応じて文字情報を送信することができること。	設備規則 第 41 条 第 4 項																	
時分割多元接続方式により通信を行う船舶局の送信装置であって、無線通信規則付録第十八号の表に掲げる周波数の電波を使用するものは、第一項の規定にかかわらず、その空中線電力を〇・七ワットから一・四ワットまでの間に容易に低下することができるものでなければならない。																		
必要な機能	自動モードにおける情報の送信時間間隔は、静的情報及び航行関連情報の送信においては六分とし、動的情報の送信においては、次表の上欄に掲げる船舶の状態に応じて、それぞれ下欄のとおりであること。	総務省 告示第 312 号																
	<table><tr><th>船舶の状態</th><th>送信時間間隔</th></tr><tr><td>停泊中又は係留中であって、速度三ノット以下で動いている場合</td><td>三分</td></tr><tr><td>停泊中又は係留中であって、速度三ノットを超えて動いている場合</td><td>一〇秒</td></tr><tr><td>速度一四ノット以下で航行中の場合(針路変更中の場合を除く。)</td><td>一〇秒</td></tr><tr><td>速度一四ノット以下で航行中であり、針路変更中の場合</td><td>三分の十秒</td></tr><tr><td>速度一四ノットを超え二三ノット以下で航行中の場合(針路変更中の場合を除く。)</td><td>六秒</td></tr><tr><td>速度一四ノットを超え二三ノット以下で航行中であり、針路変更中の場合</td><td>二秒</td></tr><tr><td>速度二三ノットを超えて航行中の場合</td><td>二秒</td></tr></table>		船舶の状態	送信時間間隔	停泊中又は係留中であって、速度三ノット以下で動いている場合	三分	停泊中又は係留中であって、速度三ノットを超えて動いている場合	一〇秒	速度一四ノット以下で航行中の場合(針路変更中の場合を除く。)	一〇秒	速度一四ノット以下で航行中であり、針路変更中の場合	三分の十秒	速度一四ノットを超え二三ノット以下で航行中の場合(針路変更中の場合を除く。)	六秒	速度一四ノットを超え二三ノット以下で航行中であり、針路変更中の場合	二秒	速度二三ノットを超えて航行中の場合	二秒
	船舶の状態		送信時間間隔															
停泊中又は係留中であって、速度三ノット以下で動いている場合	三分																	
停泊中又は係留中であって、速度三ノットを超えて動いている場合	一〇秒																	
速度一四ノット以下で航行中の場合(針路変更中の場合を除く。)	一〇秒																	
速度一四ノット以下で航行中であり、針路変更中の場合	三分の十秒																	
速度一四ノットを超え二三ノット以下で航行中の場合(針路変更中の場合を除く。)	六秒																	
速度一四ノットを超え二三ノット以下で航行中であり、針路変更中の場合	二秒																	
速度二三ノットを超えて航行中の場合	二秒																	
機器が正常に動作していることの試験は、任意の周期を設定して行うことができること。																		
	空中線系の開放又は短絡により動作中の装置に損傷を与えないこと。	総務省 告示第 312 号																
多元接続方式	- 時分割多元接続方式による送信が可能であること。 - 時分割多元接続方式による二波同時受信が可能であること。	設備規則 第 45 条 の 3 の 4 第 1 項																

出所)無線設備規則及び関連する総務省告示等を参考に三菱総合研究所作成

表 4-22 に船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る送信装置の条件を示す。

表 4-22 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る送信装置の条件

項目	具体基準内容	参照元
周波数偏差	500Hz	設備規則別表第 1 号

		第 46 項															
占有周波数帯幅	16kHz	設備規則別表第 2 号 第 1 項															
スプリアス発射または不要発射の強度	<table border="1"> <tr> <td>空中線電力</td><td>帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値</td><td>スプリアス領域における不要発射の強度の許容値</td></tr> <tr> <td>400Wを超えるもの</td><td>2. 5 × (P/20) μW以下</td><td>50μW以下又は基本周波数の搬送波電力より70dB低い値</td></tr> <tr> <td>20Wを超え400W以下</td><td></td><td>2. 5 × (P/20) μW以下</td></tr> <tr> <td>1Wを超え20W以下</td><td>2. 5μW以下</td><td>2. 5μW以下</td></tr> <tr> <td>1W以下</td><td>100μW以下(注2)</td><td>50μW以下</td></tr> </table> ※空中線電力ごとに異なる基準	空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値	400Wを超えるもの	2. 5 × (P/20) μW以下	50μW以下又は基本周波数の搬送波電力より70dB低い値	20Wを超え400W以下		2. 5 × (P/20) μW以下	1Wを超え20W以下	2. 5μW以下	2. 5μW以下	1W以下	100μW以下(注2)	50μW以下	設備規則別表第 3 号 第 2 項
空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値															
400Wを超えるもの	2. 5 × (P/20) μW以下	50μW以下又は基本周波数の搬送波電力より70dB低い値															
20Wを超え400W以下		2. 5 × (P/20) μW以下															
1Wを超え20W以下	2. 5μW以下	2. 5μW以下															
1W以下	100μW以下(注2)	50μW以下															
空中線電力の偏差	上限 40%、下限 30%	設備規則第 14 条															
変調方式	GMSK であること。	設備規則第 45 条の 3 の 4 第 2 項															
伝送速度	毎秒九、六〇〇ビット(許容偏差は百万分の五十とする。)であること。																
変調指数	〇・五以内であること。																
送信電力の立ち上がり時間	送信開始後、送信電力が安定状態の八〇パーセントに達するまでの時間は、一ミリ秒以内であること																
送信電力立下り時間	送信終了後、送信電力が五〇デシベル以下となるまでの時間は、一ミリ秒以内であること。																
送信開始後の周波数安定度	送信を開始して一ミリ秒経過後の周波数安定度は、(±)ーkHz以内であること。	総務省 告示第 312 号															
周波数送信特性	二つの異なる周波数で交互に送信を行うことができること。																
メッセージ構造	メッセージの構造は次のとおりとし、その他メッセージに関する事項は ITU-R 勧告 M.1371 に従うこと。	総務省 告示第 312 号															

出所)無線設備規則及び関連する総務省告示等を参考に三菱総合研究所作成

表 4-23 に、船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る受信装置(時分割多元接続方式受信部)の条件を示す。

表 4-23 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る受信装置(時分割多元接続方式受信部)の条件

項目	具体基準内容	参照元
感度	一〇七デシベル(一ミリワットを〇デシベルとする。)の信号を加えた場合の packets 誤り率は、二〇パーセント以下であること。	設備規則第 45 条の 3 の 4 第 3 項
高レベル入力時の誤り特性	七デシベル(一ミリワットを〇デシベルとする。)の信号を千回加えた場合の誤りの回数は、(一)七七デシベル(一ミリワットを〇デシベルとする。)の信号を千回加えた場合の誤りの回数より十回以上多くないこと。	
隣接チャネル除去比	感度測定状態より六デシベル高い希望周波数の信号と隣接チャネルの周波数である妨害波を同時に加えた場合において、当該信号の八〇パーセントが正常に受信できる希望波と妨害波の比は、七〇デシベル以上であること。	
スプリアスレスポンス	感度測定状態より三デシベル高い希望周波数の信号と四〇〇Hz(周波数偏移はチャネル間隔の一〇パーセントとする。)で変調された妨害波を同時に加えた場合において、当該信号の八〇パーセント	

	が正常に受信できる希望波と妨害波の比は、七〇デシベル以上であること。																	
相互変調特性	受信機入力(－)一〇一デシベル(一ミリワットを〇デシベルとする。以下同じ。)の希望波信号と次のいずれかの妨害波を同時に加えたときのパケット誤り率がそれぞれ二〇パーセント以下であること。 <table><tr><td>妨害波</td><td>周波数</td><td>変調</td><td>レベル</td></tr><tr><td>一</td><td>希望波(±)五〇〇kHz</td><td>四〇〇ヘルツ周波(±)三kHz</td><td>(－)二七デシベル</td></tr><tr><td>二</td><td>希望波(±)一MHz</td><td>無変調</td><td>(－)二七デシベル</td></tr><tr><td>三</td><td>希望波(±)五・七二五MHz</td><td>無変調</td><td>(－)二五デシベル</td></tr></table>	妨害波	周波数	変調	レベル	一	希望波(±)五〇〇kHz	四〇〇ヘルツ周波(±)三kHz	(－)二七デシベル	二	希望波(±)一MHz	無変調	(－)二七デシベル	三	希望波(±)五・七二五MHz	無変調	(－)二五デシベル	総務省 告示第 312 号
妨害波	周波数	変調	レベル															
一	希望波(±)五〇〇kHz	四〇〇ヘルツ周波(±)三kHz	(－)二七デシベル															
二	希望波(±)一MHz	無変調	(－)二七デシベル															
三	希望波(±)五・七二五MHz	無変調	(－)二五デシベル															

出所)無線設備規則及び関連する総務省告示等を参考に三菱総合研究所作成

表 4-24 に船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る受信装置(デジタル選択呼出装置受信部)の条件を示す。

表 4-24 船舶局に備える AIS に係る受信装置(デジタル選択呼出装置受信部)の条件

項目	具体基準内容	参照元
感度	一五六・五二五MHzから(±)一・五kHz離れた周波数の信号を受信した場合において、ビット誤り率が一パーセントとなるとき信号は、(－)一〇七デシベル(一ミリワットを〇デシベルとする。)以下であること。	設備規則第 45 条の 3 の 4 第 3 項
高レベル入力時の誤り特性	七デシベル(一ミリワットを〇デシベルとする。)の信号を加えた場合のビット誤り率は、一パーセント以下であること。	
隣接チャンネル除去比	感度測定状態より三デシベル高い希望周波数の信号と四〇〇Hz(周波数偏移は(±)三kHzとする。)で変調された妨害波を上下チャンネル((±)二五kHz)の周波数で加えた場合において、ビット誤り率が一パーセントとなるとき希望波と妨害波の比は、七〇デシベル以上であること。	
スプリアスレスポンス	感度測定状態より三デシベル高い希望周波数の信号と希望波の隣接チャンネルを除いて一〇〇kHzから二GHzまでの周波数範囲で変化させた妨害波を同時に加えた場合において、ビット誤り率が一パーセントとなるとき希望波と妨害波の比は、七〇デシベル以上であること。	
相互変調特性	受信機入力(－)一〇四デシベルの希望波信号と希望波周波数より五〇kHz 高い無変調信号の妨害波及び希望波周波数より一〇〇kHz 高い四〇〇ヘルツ(周波数偏移は(±)三 kHz とする。)で変調された妨害波のいずれかを同時に加えた場合において、ビット誤り率がそれぞれ一パーセントとなるとき妨害波のレベルは、(－)三九デシベル以上であること。	総務省 告示第 312 号
感度抑圧効果	受信機入力(－)一〇四デシベルの希望波信号と希望波周波数(±)一 MHz から一〇MHz 離れた無変調の妨害波を同時に加えた場合において、ビット誤り率が一パーセントとなるとき妨害波のレベルは、(－)二〇デシベル以上であること。	総務省 告示第 312 号

出所)無線設備規則及び関連する総務省告示等を参考に三菱総合研究所作成

表 4-25 に船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る表示部の条件を示す。

表 4-25 船舶局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る表示部の条件

項目	具体基準内容	参照元
必要な機能	少なくとも三隻分の方位、距離及び船名を表示できること。	設備規則第 45 条の 3 の 4 第 4 項
	方位と距離は、スクロールせずに表示できること。	

出所)無線設備規則及び関連する総務省告示等を参考に三菱総合研究所作成

2) 海岸局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る現行基準

海岸局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る現行基準を以下に示す。

表 4-26 海岸局に備える AIS(船舶自動識別装置)に係る現行基準

項目	具体基準内容	参照元
一 施行規則第二条第三十七号の四(1)に掲げるもの※ ¹	前項第一号(ハ及びホからカまでを除く。)、第二号、第三号(ロを除く。)及び第四号に規定する条件に適合すること。 船舶局が間接的に同期をとるために時刻、位置の情報を周期的に送信できること。 船舶局に対して送信スロットの割当てを行うことができること。 総務大臣が別に告示する技術的条件に適合すること。	設備規則第 45 条第 2 項
二 施行規則第二条第三十七号の四(2)に掲げるもの※ ²	前項第一号(ロ、ハ及びホからカまでを除く。)及び第二号に規定する条件に適合すること。 総務大臣が別に告示する技術的条件に適合すること。	

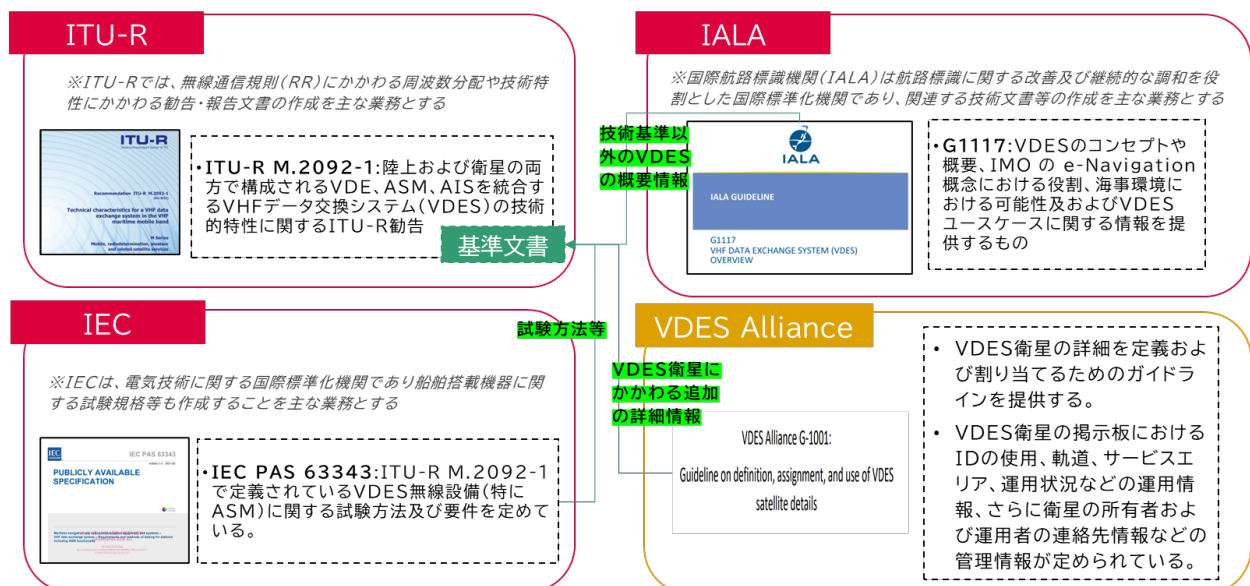
出所)無線設備規則及び関連する総務省告示等を参考に三菱総合研究所作成

4.2.3 VDES に係る国際標準規格の動向

(1) VDES に関する文書の関係性

VDES 無線設備の技術基準及び試験方法等にかかわる文書間の関係性について以下に示す。VDESにかかわる技術基準は ITU-R 勧告 M.2092-1 で整理されており、その他の文書は ITU-R 勧告に対してより詳細な技術的側面を提供する補助文書が中心である。

関連する各文書の関係性を図 4-19 に示す。



出所)公開情報より三菱総合研究所作成

(2) ITU-R 勧告 M.2092-1 に関する調査

ITU-R 勧告 M.2092 は、VHF データ交換システム(VDES)の技術的特性について規定した勧告である。本勧告では、VHF 海上移動帯(156.025～162.025 MHz)において、VHF データ交換(VDE)、アプリケーション特定メッセージ(ASM)、および自動識別システム(AIS)の機能を統合したVDES の技術的要件を示している。我が国における技術的条件の検討にあたって出発点となると考えられるため、具体的な内容について調査を行った。

本勧告では、具体的な技術的な要素は各 Annex でまとめられており、Annex の構成を表 4-27 に示す。

表 4-27 ITU-R 勧告 M.2092-1 の Annex 構成

Annex	タイトル
Annex 1	VDES の概要
Annex 2	ASM、地上／衛星 VDE の共通の技術特性
Annex 3	VHF 周波数帯における ASM の技術特性
Annex 4	VHF 周波数帯における地上 VDE の技術特性
Annex 5	VHF 周波数帯における衛星 VDE の技術特性
Annex 6	地上 VDE および衛星 VDE のリソース共有手法

出所)ITU-R 勧告 M.2092 の内容に基づいて三菱総合研究所作成

Annex 2～5 で示されている技術特性項目では、VDES アーキテクチャとして「Transport layer」「Network layer」「Link layer」「Physical layer」の各層に関する技術特性が整理されている。特に「physical layer」は、送信時の信号変調、フィルタリング／シェーピング、受信時の増幅、フィルタリング、時間／周波数同期、復調、デコードを含む、物理媒体上での生のビットストリームの送受信を提供する層としての役割を果たしており、我が国において整備する基準として、無線システムの送信装置や受信装置等に直接かかわる当該 layer における基準を参考にすることが適当と考えられる。

以降では VDES の構成要素である(ASM や地上 VDE、衛星 VDE)に関する「physical layer」の技術特性の内容について調査した結果を示す。本項では項目のみ整理し、具体的な規定内容については付録(0 章)に掲載することとする。

表 4-28 に VDES 共通の技術特性項目(Annex 2)を示す。

表 4-28 VDES 共通の技術特性項目(ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 2)

(勧告中の § 番号):(ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)	
1.2.1:伝送精度	1.2.1.1:シンボルタイミング精度(出力時)
	1.2.1.2:送信タイミングジッタ
	1.2.1.3:出力のスロット伝送精度
1.2.2:フレーム構造	
1.2.3:バースト送信構造	1.2.3.1:ランプアップ
	1.2.3.2:トレーニングシーケンス
	1.2.3.3:トレーニングシーケンスのビットマッピング
	1.2.3.4:リンク識別
	1.2.3.5:冗長検査付きデータペイロード
	1.2.3.6:ビットスクランブリング

	1.2.3.7:ガードタイム
1.2.4:前方誤り訂正	1.2.4.1:エンコーダ構造(要点抜粋)
	1.2.4.2:構成コード
	1.2.4.3:インタリーバ定義
	1.2.4.4:レート適応
	1.2.4.5:前方誤り訂正デコーダの入力ビット数の決定
1.2.5:巡回冗長検査(CRC)	
1.2.6:ビットスクランブリング	
1.2.7:変調符号化方式	
1.2.8:チャネル品質インジケータ	
1.2.9:ビットマッピング	
1.2.10:VHF データ交換システム船舶局のアンテナ利得	
1.2.11:ノイズと干渉レベル	
1.2.12:VHF データ交換システムの送信機要件	1.2.12.1:船舶局の送信電力
	1.2.12.2:船舶局における等方性放射電力(仰角ごと)
	1.2.12.3:シャットダウン手順
	1.2.12.4:安全上の注意事項

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

表 4-29 に ASM 特有の技術特性項目(Annex 3)を示す。

表 4-29 ASM 特有の技術特性項目(ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 3)

(勧告中の § 番号):(ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)	
3.1:パラメータ	3.1.1:一般的項目
	3.1.2:伝送メディア
	3.1.3:マルチチャンネル運用
3.2:送受信機特性	
3.3:変調方式	
3.4:データ送信時のビットレート	
3.5:フレーム構造	
3.6:信号情報	
3.7 前方誤り訂正とビットスクランブル	
3.8 送信機の過渡応答	
3.9 送信機電力	

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

表 4-30 に地上 VDE 特有の技術特性項目(Annex 4)を示す。

表 4-30 地上 VDE 特有の技術特性項目(ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 4)

(勧告中の § 番号):(ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)	
3.1:通信範囲	
3.2:送信機設定	
3.3:アンテナ	
3.4 変調	3.4.1:波形
	3.4.2:ビットマッピング
3.5:感度	
3.6:シンボルタイミング精度	
3.7:送信機タイミングジッタ	

3.8:出力時のスロット送信精度
3.9:フレーム構造

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

表 4-31 に衛星 VDE 特有の技術特性項目(Annex 5)を示す。

表 4-31 衛星 VDE 特有の技術特性項目(ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 5)

(勧告中の § 番号):(ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)	
2.1:衛星ダウンリンクの際の PFD マスク(※Annex 1)	
2.1:衛星 VDES における重要パラメータ	2.1.1 衛星から地表までの距離範囲
	2.1.2 衛星送信キャリア周波数誤差
	2.1.3 船舶局送信機の要件
	2.1.4 船舶局アンテナ利得
	2.1.5 船舶局の雑音＋干渉レベル
	2.1.6 衛星アンテナ特性
2.2 VHF データ交換-衛星コンポーネントダウンリンクの技術特性	2.2.1 衛星ダウンリンク等価等方性放射電力
	2.2.2 VHF データ交換衛星コンポーネントダウンリンク受信閾値
	2.2.3 VHF データ交換衛星コンポーネント・ダウンリンク・バジェット
2.3 VHF データ交換衛星コンポーネント上りリンクの技術特性	2.3.1 VHF データ交換衛星コンポーネント・アップリンクの受信閾値
	2.3.1.1 衛星システムノイズ温度
	2.3.1.2 VHF データ交換衛星コンポーネント上りリンクバジェット
2.4 ビットマッピング	
2.5 拡散	2.5.1 定包絡線によるスペクトラム拡散
	2.5.2 ダウンリンク波形に対する直接シーケンス拡散
2.6 ベースバンド・シェーピングと直交変調	
2.7 送信タイミング精度	
2.8 半二重衛星と全二重衛星	
2.9 フレーム構造	
2.10 パイロットとシンクワードシンボルの位置と変調	

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

4.2.4 技術的条件の検討

(1) VDES の技術的条件の整理方針

4.2.2 や 4.2.3 において整理した AIS の国内基準や ITU-R 勧告 M.2092-1 における技術基準に基づいて、VDES の技術的条件項目の整理を行う。

VDES は ASM、地上／衛星 VDE、AIS の 4 種のシステムが統合されたものであり、各システムに関する技術的条件の建付けが重要である。ITU-R 勧告 M.2092-1 への参照の簡易性や関係する事業者への確認を通じ、ASM、地上／衛星 VDE に共通する条件と各システム特有の条件に分け、技術的条件の初案を作成する方針とする。また、AIS については既存法令中に基準が存在することを踏まえ、現行の技術的条件を踏襲し、AIS 特有の条件のみ設定することとする。

既存の AIS 及び VDES における技術的条件の項目を参考に、以下の建付けにおいて技術的条件の

項目案を整理した。VDES に係る技術的条件の建付けのイメージを図 4-20 に示す。



図 4-20 VDES に係る技術的条件の建付け

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

VDES に係る技術的条件の項目案を、ITU-R 勧告 M.2092-1 における各 Annex から抽出した抽出にあたっては、既存基準である AIS の技術的条件項目をベースとして、AIS の項目にないものであっても無線設備として重要と考えられる条件項目についてもあわせて抽出することとした。本年度整理した技術的条件項目は既存の国内の標準規格など、無線設備規則や総務省告示等以外への反映も想定される。技術的条件の項目案の参考とした ITU-R 勧告 M.2092-1 は現在 ITU-R WP5B において 2026 年以降の発行に向けて改訂作業が進められている。次年度具体的な技術的条件内容を設定する際には当該改訂作業を踏まえ、適切に反映することが必要である。

また、衛星 VDES に係る技術的条件の検討にあたっては令和 3 年度に取りまとめられている「衛星を活用した VHF データ交換システム(VDES)の導入による海上無線通信の高度化に向けた調査検討調査報告書」における衛星 VDE の技術特性(ダウンリンク)も参考に整理を行った。

(2) ASM、衛星/地上 VDE 共通の技術的条件項目の検討

表 4-32 から表 4-35 において、ASM、衛星/地上 VDE 共通の技術的条件項目案、AIS に関する既存規定項目の有無、規定の方向性(ITU-R 勧告 M.2092 での該当箇所等)を示す。

表 4-32 ASM、衛星/地上 VDE 共通の一般条件

項目案	AIS での既存規定項目	規定の方向性
VDES は、AIS 位置報告と安全関連情報を最優先すべきであること	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 recommends 9～14 に従い、以下の内容を一般的条件として定めることが適当
VDES は、要求に応じて追加の安全情報を送信できるようにすべきであること	×	
VDES の設置は、航行中、係留中、停泊中でも継続的に作動できること	×	
VDES は、自律モード、割り当てモード、ポーリングモードを含む様々な動作モードが可能であるべきであること	○	
VDES は、システムの複雑さを最小限に抑えつつ、一部	×	

のアプリケーションを優先し、その結果、伝送の一部のパラメータ(ロバスト性や容量)を適応させるために、ユーザに柔軟性を提供すべきであること		
VDES の船舶搭載局は、AIS、ASM、VDE-TER、VDE-SAT の機能を同時にサポートできる 1 つの多機能送信機と多チャンネル多機能受信機を備えるべきであること	×	
送信機が 2 秒以上送信し続けた場合、自動送信機ハードウェアシャットダウン手順と表示が提供されるべきである。	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12.3 Shutdown procedure” の規定内容を適用することが適当
VDES の設置は、動作中、アンテナ端子の開回路や短絡の影響によって損傷してはならない。	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12.4 Safety precautions” の規定内容を適用することが適当

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-33 ASM、衛星/地上 VDE 共通の送信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
送信精度	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.1 ”Transmission accuracy figures”の規定内容を適用することが適当
送信電力の立ち上がり時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.3.1 Ramp up”の規定内容を適用することが適当
送信電力立下り時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-34 ASM、衛星/地上 VDE 共通の受信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
-	-	ITU-R 勧告 M.2092-1 では衛星 VDE(船舶局)に係る受信装置の条件の規定はない

※受信装置の一般則として「副次的に発する電波等の限度」が挙げられるが、ITU-R 勧告 M.2092-1 では当該一般側に該当する規定はなく、取り扱いについては次年度継続検討とする。

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-35 ASM、衛星/地上 VDE 共通の空中線の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
船舶局における等方性放射電力の最低値(仰角ごと)	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12.2 Ship effective isotropic radiated power vs. elevation angle”の規定内容を適用することが適当

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

(3) ASM に係る技術的条件項目の検討

表 4-36 から表 4-39 において、ASM 特有の技術的条件項目案、AIS に関する既存規定項目の有無、規定の方向性(ITU-R 勧告 M.2092 での該当箇所等)を示す。

表 4-36 ASM 特有の一般的条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
送信機の過渡応答 送信状態から受信状態、受信状態から送信状態への切り替えにかかる時間は、送信	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.8 Transmitter transient response

立上りと立下り時間を超えてはならない。		“規定内容を適用することが適当
自身の送信の後または前に、スロットから直接メッセージを受信することが可能であるべきである。	×	
チャンネル切替動作期間中は送信できないこと。	×	

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-37 ASM 特有の送信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
周波数偏差	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 16“Carrier frequency error (normal/extreme)”規定内容を適用することが適当
占有周波数帯幅	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 16“Slotted modulation mask”の規定内容を適用することが適当
スプリアス発射または不要発射の強度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 16“Slotted modulation mask”及び“Spurious emissions”の規定内容を適用することが適当
空中線電力の偏差	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 16“Carrier power error”の規定内容を適用することが適当
変調方式	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.3 Modulation scheme”の規定内容を適用することが適当
伝送速度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.4 Data transmission bit rate”の規定内容を適用することが適当
送信電力の立ち上がり時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
送信電力立下り時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
周波数送信特性	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.1.3 Multi-channel operation”の規定内容を適用することが適当
メッセージ構造	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
送信電力(船舶局)	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.9 Transmitter power”の規定内容を適用することが適当

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-38 ASM 特有の受信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
感度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Sensitivity”の規定内容を適用することが適当
高レベル入力時の誤り特性	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Error behaviour at high input levels”の規定内容を適用することが適当
隣接チャンネル除去比	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Adjacent channel selectivity”の規定内容を適用することが適当
スプリアスレスポンス	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Spurious response rejection”の規定内容を適用することが適当
相互変調特性	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Intermodulation response rejection”の規定内容を適用することが適当

スプリアス放射	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Spurious emissions”の規定内容を適用することが適当
ブロッキング	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Blocking”の規定内容を適用することが適当

※受信装置の一般則として「副次的に発する電波等の限度」が挙げられるが、ITU-R 勧告 M.2092-1 では当該一般側に該当する規定はなく、取り扱いについては次年度継続検討とする。

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-39 ASM 特有の空中線の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
船舶局における等方性 放射電力(仰角ごと)	×	【ASM・衛星／地上 VDE 共通の条件】で規定する想定

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

(4) 地上 VDE に係る技術的条件項目の検討

表 4-40 から表 4-42 において、地上 VDE 特有の技術的条件項目案、AIS に関する既存規定項目の有無、規定の方向性(ITU-R 勧告 M.2092 での該当箇所等)を示す。

表 4-40 地上 VDE 特有の送信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
周波数偏差	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”のうち、表 13“Carrier frequency error (normal/extreme)”規定内容を適用することが適当
占有周波数帯幅	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”を参考に規定内容を適用することが適当
スプリアス発射または 不要発射の強度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”のうち、表 13“Maximum adjacent power levels for 25kHz/50kHz/100kHz channel”及び“Spurious emissions”の規定内容を適用することが適当
空中線電力の偏差	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”のうち、表 13“Average transmit power capability”の規定内容を適用することが適当
変調方式	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.7 Modulation coding schemes”のうち、TABLE 8 VHF data exchange-terrestrial link identification parameters の中で例示的に示されているように各占有周波数帯幅ごとに「 $\pi/4$ -QPSK」「8-PSK」「16-QAM」を適用することが適当
伝送速度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.7 Modulation coding schemes”のうち、TABLE 8 VHF data exchange-terrestrial link identification parameters の中で例示的に示されているように各占有周波数帯幅ごとに適切値を設定することが適当
送信電力の立ち上がり 時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
送信電力立下り時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
メッセージ構造	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
送信電力(船舶局)	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements

		for VHF data exchange system”のうち、表 13“Average transmit power capability”の規定内容を適用することが適当
--	--	---

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-41 地上 VDE 特有の受信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
感度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex3 “3.2 Transceiver characteristics”のうち、表 17“Sensitivity”の規定内容を適用することが適当

※受信装置の一般則として「副次的に発する電波等の限度」が挙げられるが、ITU-R 勧告 M.2092-1 では当該一般側に該当する規定はなく、取り扱いについては次年度継続検討とする。

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-42 地上 VDE 特有の空中線の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
船舶局における等方性放射電力(仰角ごと)	×	【ASM・衛星／地上 VDE 共通の条件】で規定する想定

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

(5) 衛星 VDE に係る技術的条件の検討

1) 衛星 VDE(船舶局)に係る条件(案)

表 4-43 から表 4-45 において、衛星 VDE(船舶局)の技術的条件項目案、AIS に関する既存規定項目の有無、規定の方向性(ITU-R 勧告 M.2092 での該当箇所等)を示す。

表 4-43 衛星 VDE(船舶局)特有の送信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
周波数偏差	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”のうち、表 13“Carrier frequency error (normal/extreme)”規定内容を適用することが適当
占有周波数帯幅	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”を参考に規定内容を適用することが適当
スプリアス発射または不要発射の強度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”のうち、表 13“Maximum adjacent power levels for 25kHz/50kHz/100kHz channel”及び“Spurious emissions”の規定内容を適用することが適当
空中線電力の偏差	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”のうち、表 13“Average transmit power capability”の規定内容を適用することが適当
変調方式	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.7 Modulation coding schemes”のうち、TABLE 9 VHF data exchange-satellite uplink identification parameter の中で例示的に示されているように各占有周波数帯幅ごとに「QPSK/CDMA」「 $\pi/4$ -QPSK」「8-PSK」「16-QAM」を適用することが適当
伝送速度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.7 Modulation coding schemes”のうち、TABLE 9 VHF data exchange-satellite uplink identification parameter の中で例示的に示されているように各占

		有周波数帯幅ごとに適切値を設定することが適当
送信電力の立ち上がり時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
送信電力立下り時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
メッセージ構造	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
送信電力(船舶局)	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.12 Transmitter requirements for VHF data exchange system”のうち、表 13“Average transmit power capability”の規定内容を適用することが適当

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-44 衛星 VDE(船舶局)特有の受信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
-	-	ITU-R 勧告 M.2092-1 では衛星 VDE(船舶局)に係る受信装置の条件の規定はない

※受信装置の一般則として「副次的に発する電波等の限度」が挙げられるが、ITU-R 勧告 M.2092-1 では当該一般側に該当する規定はなく、取り扱いについては次年度継続検討とする。

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-45 衛星 VDE(船舶局)特有の空中線の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
船舶局における等方性放射電力(仰角ごと)	×	【ASM・衛星／地上 VDE 共通の条件】で規定する想定

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

2) 衛星 VDE(衛星局)に係る条件(案)

表 4-46 から表 4-48 において、衛星 VDE(衛星局)の技術的条件項目案、AIS に関する既存規定項目の有無、規定の方向性(ITU-R 勧告 M.2092 での該当箇所等)を示す。

表 4-46 衛星 VDE(衛星局)特有の送信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
周波数偏差	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex4 “2.1.2 Satellite transmission carrier frequency error”の規定内容を適用することが適当
占有周波数帯幅	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.7 Modulation coding schemes”のうち、TABLE 10 VHF data exchange-satellite downlink identification parameters の中で例示的に示されている 50kHz/100kHz/150kHz を適用することが適当 ※本技術的パラメータは令和 3 年度に取りまとめられている「衛星を活用した VHF データ交換システム(VDES)の導入による海上無線通信の高度化に向けた調査検討調査報告書」における衛星 VDE の技術特性(ダウンリンク)での同様の設定
スプリアス発射または不要発射の強度	○	総務省告示 1228 号(宇宙無線通信を行う無線局(インマルサット船舶地球局、インマルサット携帯移動地球局及び航空機地球局(1,626.2MHz を超え 1,660.5MHz 以下の周波数の電波を使用するものに限る。))を除く。)の送信設備のスプリアス発射又は不要発射の強度の許容値を定める件)における規定値を適用することが適当

空中線電力の偏差	○	無線設備規則第十四条「二十 その他の送信設備」における空中線電力の偏差を規定することが適当
変調方式	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.7 Modulation coding schemes”のうち、TABLE 10 VHF data exchange-satellite downlink identification parameters の中で例示的に示されているように各占有周波数帯幅ごとに「BPSK」「CDMA」「 $\pi/4$ -QPSK」を適用することが適当 ※本技術的パラメータは令和 3 年度に取りまとめられている「衛星を活用した VHF データ交換システム(VDES)の導入による海上無線通信の高度化に向けた調査検討調査報告書」における衛星 VDE の技術特性(ダウンリンク)での同様の設定
伝送速度	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.7 Modulation coding schemes”のうち、TABLE 10 VHF data exchange-satellite downlink identification parameters の中で例示的に示されているように各占有周波数帯幅ごとに適切値を設定することが適当 ※本技術的パラメータは令和 3 年度に取りまとめられている「衛星を活用した VHF データ交換システム(VDES)の導入による海上無線通信の高度化に向けた調査検討調査報告書」における衛星 VDE の技術特性(ダウンリンク)での同様の設定
送信電力の立ち上がり時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
送信電力立下り時間	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
メッセージ構造	○	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex2 “1.2.2 Frame structure”の規定内容を適用することが適当
衛星 PFD	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex1 “2.1 Satellite downlink”において規定されている PFD 制限値を順守することが適当 ※本技術的パラメータは令和 3 年度に取りまとめられている「衛星を活用した VHF データ交換システム(VDES)の導入による海上無線通信の高度化に向けた調査検討調査報告書」における衛星 VDE の技術特性(ダウンリンク)での同様の設定

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-47 衛星 VDE(衛星局)特有の受信装置の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
-	-	ITU-R 勧告 M.2092-1 では衛星 VDE(船舶局)に係る受信装置の条件の規定はない

※受信装置の一般則として「副次的に発する電波等の限度」が挙げられるが、ITU-R 勧告 M.2092-1 では当該一般側に該当する規定はなく、取り扱いについては次年度継続検討とする。

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

表 4-48 衛星 VDE(衛星局)特有の空中線の条件

項目案	AIS での既存 規定項目	規定の方向性
アンテナ利得(衛星局)	×	ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 5” 2.2.1 Satellite downlink equivalent isotropic radiated power”における船舶局の仰角ごとの最大 EIRP(衛星の PFD 制限値より計算)が規定

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 にもとづいて三菱総合研究所作成

5. 柔軟な型式検定制度の導入に向けた検討

5.1 我が国の型式検定制度の概要

5.1.1 目的・対象機器

SOLAS 条約の第 IV 章「無線通信」では、船舶への搭載が義務付けられる無線通信設備は主管庁によって承認された型式であることが求められている。¹⁴また、船舶や航空機局に設置される無線機器については、人命の安全、財貨の保全及び電波利用秩序の維持のために極めて高い信頼度が要求される。これらを背景として、我が国では、船舶に搭載される特定の無線設備の機器は、電波法第37条に基づいて総務大臣が行う型式検定に合格した機器でなければ設置してはならないこととされている。

型式検定の対象となる機器は、電波法第 37条及び関連規則に規定されている。以下に、関連する法令条文を示す。

電波法 第37条(無線設備の機器の検定)

次に掲げる無線設備の機器は、その型式について、総務大臣が行う検定に合格したものでなければ、施設してはならない。ただし、総務大臣が行う検定に相当する型式検定に合格している機器その他の機器であって総務省令で定めるものを施設する場合は、この限りでない。

- 一 第31条の規定により備え付けなければならない周波数測定装置
- 二 船舶安全法第二条(同法 29 条の7の規定に基づく政令において準用する場合を含む。)の規定に基づく命令により船舶に備えなければならないレーダー
- 三 船舶に施設する救命用の無線設備の機器であって総務省令で定めるもの
- 四 第33条の規定により備えなければならない無線設備の機器(前号に掲げるものを除く。)
- 五 第34条本文に規定する船舶地球局の無線設備の機器
- 六 航空機に施設する無線設備の機器であって総務省令で定めるもの

電波法 第33条(義務船舶局の無線設備の機器)

義務船舶局の無線設備には、総務省令で定める船舶及び航行区域の区分に応じて、送信設備及び受信設備の機器、遭難自動通報設備の機器、船舶の航行の安全に関する情報を受信するための機器その他の総務省令で定める機器を備えなければならない。

電波法施行規則 第 11 条の4 (型式検定を要する機器)

・・・旅客船又は総トン数300トン以上の船舶であって、国際航海に従事するものに備える双方向無線電話、船舶航空機間双方向無線電話(旅客船に限る。)、衛星非常用位置指示無線標識、搜索救助用レーダー・トランスポンダ及び搜索救助用位置指示送信装置とする。

¹⁴ SOLAS 条約第 IV 章 第 14規則では、「本章が適用されるすべての設備は、主管庁(Administration)によって承認された型式のものでなければならない。また、当該設備は、国際海事機関(IMO)が採択したものと同等以上の適切な性能基準に適合しなければならない。」との規定がされている。

5.1.2 型式検定を要しない機器

電波法第 37 条但し書きによって、型式検定を他の検定等で代替できる場合について規定がされており、主に下記に該当する機器が型式検定を必要としない。

- 型式検定に相当すると認められる外国の検定に合格した機器(電波法施行規則第 11 条の5第 1 号)
- 型式承認を受けた機器(電波法施行規則第 11 条の5第 2 号)

以下に参照した条文を示す。

電波法 第37条(無線設備の機器の検定)

次に掲げる無線設備の機器は、その型式について、総務大臣の行う検定に合格したものでなければ、施設してはならない。ただし、総務大臣が行う検定に相当する型式検定に合格している機器その他の機器であって総務省令で定めるものを施設する場合は、この限りでない。～

電波法施行規則 第 11 条の5(型式検定を要しない機器)

法第37条ただし書の総務省令で定める機器は、次のとおりとする。

- 一 外国において、検定規則で定める型式検定に相当するものと総務大臣が認める型式検定に合格しているもの
- 二 その他総務大臣が別に告示するもの電波法 第37条(無線設備の機器の検定)

昭和 61 年郵政省告示第221号(電波法施行規則第十一条の五第二号の規定に基づく総務大臣の行う型式検定に合格したものであることを要しない無線設備の機器)

電波法施行規則第11条の5第2号の規定に基づき、郵政大臣の行う型式検定に合格したものであることを要しない無線設備の機器を次のように定める。

- 一 船舶安全法第 6 条の5の規定による型式承認を受けた機器であって、次に掲げるもの
～～～
- 二 電波法第37条第5号の機器(インマルサット C 型の無線設備及び施行規則第 12 条第 6 項第 2 号に規定する船舶地球局のうち、1,621.35MHz から 1,626.5MHz までの周波数の電波を使用する無線設備の機器を除く。)
- 三 施行規則第28条第6項に規定する船舶長距離識別追跡装置の機器
～～～電波法施行規則 第 11 条の5(型式検定を要しない機器)

5.1.3 認証基準・手続き

無線機器の型式検定に合格するためには、総務省が定める技術水準に適合する必要がある。合格の条件は、無線機器型式検定規則第2条によって規規定され、別表第1号、第2号、その他告示で示される。

- 別表第1号 機器の構造及び性能の条件※各機器の条件の一部は無線設備規則に規定
- 別表第2号 機器(航空機に施設する無線設備の機器を除く。)の機械的及び電氣的条件

技術水準に適合しているか確認する試験方法は、無線機器の型式検定に関する試験手順書が総務省のウェブサイトで公開されており機器の種類ごとに詳細に記載されている。

型式検定の申請手続は、無線機器型式検定規則によって規定される。手続きの概要について、図 5-1 に示す。

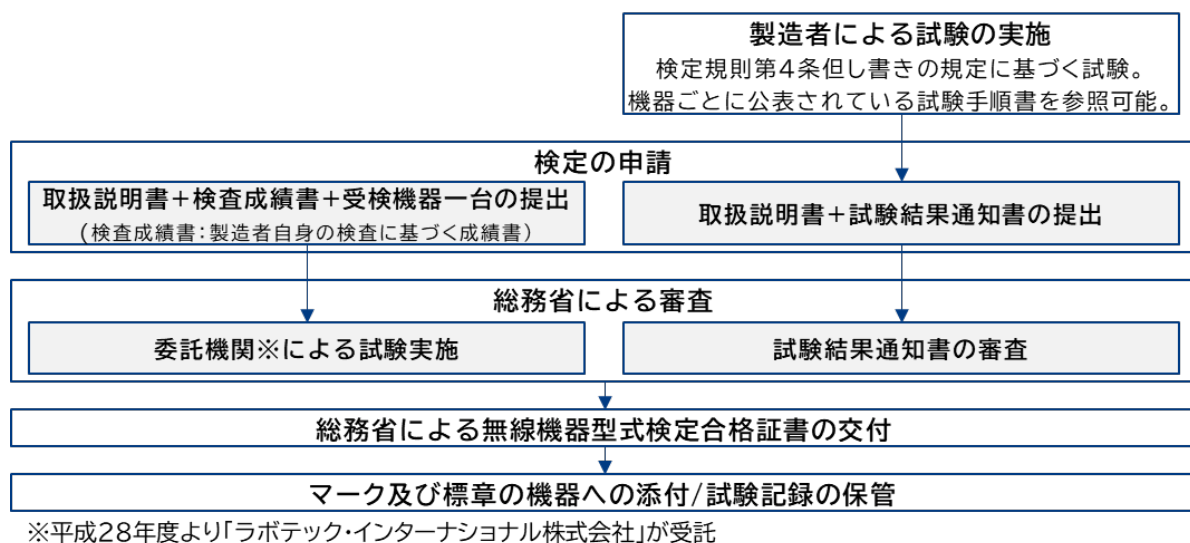


図 5-1 型式検定の認証手続き概要

出所)三菱総合研究所作成

5.1.4 検定取得済み機器の変更

(1) 合格の効力に影響を及ぼさない変更

無線機器型式検定規則第3条に基づき、検定に合格した機器に関し行う以下の変更については、検定の合格の効力に影響を及ぼさない。

- 無線機器型式検定規則別表第3号に掲げる事項につき同表に定める条件に従ってする変更
- 電波法施行規則第10条に規定する軽微な事項の変更

無線機器型式検定規則第11条に基づき、合格機器について上記変更をしようとするとき、又は、変更を加えた機器により同一型式の機器の種類の増加をしようとするときは、同表の定めるところにより添付を要する書類又は図面を添え総務大臣にその旨を届け出なければならない。この場合、当該変更又は種類の増加に適合するよう取扱説明書の書換え又は訂正をして、あわせてこれを提出しなければならない。

また、変更届出により合格証書の書換え又は訂正を要することとなるときは、これを総務大臣に提出して、書換え又は訂正を受けなければならない。

(2) 新規申請を必要とする機器変更

(1)に該当しない変更については、新規の型式検定取得が必要となる。無線機器型式検定規則第5条に基づき、取扱説明書及び検査成績書の記載事項のうち、以下の事項等については、その全部又は一部の記載を省略することができる。

- 機種を同じくし、かつ、機器の構成の大部分が共通な二以上の型式の機器の検定を同時に申請する場合において、一の型式のものに係る記載事項と同一の部分
- 合格機器と機種を同じくし、かつ、構成の大部分が共通な異なる型式の機器の検定を申請す

る場合において、合格機器に係る記載事項と同一の部分
以下に主な参照条文を示す。

無線機器型式検定規則 別表第三号(届出変更事項)

変更事項	条件	添付を要する書類又は図面
1 合格者の氏名若しくは名称又は合格機器の名称 (1) 合格者の氏名又は名称 (2) 合格機器の名称		事実を証する書類
2 機器本体 (1) 電子管、半導体製品(集積回路及び記憶部品を含む。以下同じ。)、部品及び材料 ア 電子管 イ 半導体製品 ウ 抵抗の種類又は定数 エ 蓄電器の種類又は定数 オ インダクタンス部品の種類又は定数 カ フィルタ キ 配線用線類 ク 接続用部品 ケ スイッチ コ マイクロホン サ スピーカー又は受話器 シ 継電器 ス 表示器 セ 水晶片 ソ 配線板 (2) 回路方式(回路方式の変更に伴う電子管、半導体製品、部品及び材料の増設又は撤去を含む。) ア 受信回路 イ プレストーク方式の回路を同時送受話方式のものに変更 ウ スケルチ回路 (3) 部品配置 (4) その他 送風機	同等の性能を有するものに限る。 同上 同等以上の性能を有するものに限る。 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 同上 局部発振回路及び海上移動業務の無線局の用に供する受信装置に使用するもの(低周波出力回路を除く。)を除く。 変更後の回路がプレストーク方式における送信時及び受信時の回路構成と同一であるものに限る。 増設又は撤去を含む。 増設又は撤去を含む。	規格名を記載した書類 同上 形状、寸法、定格値及び階級を記載した書類 形状、寸法、規格及び型名を記載した書類 同上 副次的に発する電波等の限度に関する試験成績書 部品配置図及び副次的に発する電波等の限度に関する試験成績書 本体との接続箇所及び取付位置を明示した図面又は写真
3 電源装置 (1) 電源装置の種類	同等以上の性能を有するものに限る。	

	(2) 電源装置の内容 ア 電子管又は半導体製品 イ 部品又は材料 ウ 部品配置 エ 入力電圧調整装置 オ 出力電圧安定装置	増設又は撤去を含む。ただし、いずれも同等以上の性能を有するものに限る。 同上 増設を含む。 同上	規格名を記載した書類 部品配置図
	4 附属装置 (1) 選択呼出装置 (2) 自動識別装置 (3) 制御盤、中継盤及び監視装置等 (4) 附属装置の内容 ア 電子管又は半導体製品 イ 部品又は材料 ウ 部品配置	増設又は撤去を含む。 方式に変更を来すこととならない場合に限る。 増設(移動用又は携帯用の機器にあっては、本体と別筐体のものに限る。)又は撤去(移動用又は携帯用の機器にあっては、本体と別筐体のものに限る。ただし、監視装置にあっては、取扱説明書にこれを用いて調整を行うように記載されているものを除く。)を含む。 増設又は撤去を含む。 同上	本体と別筐さよう体のものは本体との接続箇所及び取付位置を明示した図面又は写真 同上 本体との接続箇所を明示した図面又は写真 規格名を記載した書類 部品配置図
	5 その他 (1) 筐体 ア 機器本体の寸法及び形状 イ 機器本体の材質 ウ 機器本体と別筐体のもの (2) 空中線及び給電線	移動用又は携帯用のものを除く。 材質の強度及び機器の電気的性能が同等以上の場合に限る。 追加を含む。ただし、簡易無線局に限る。	外観図又は写真 材質の強度に係る書類、特性試験成績書 外観図又は写真 空中線及び給電線一覧表

5.1.5 型式検定制度の主な関連法令

型式検定制度に関連する主な法令とそれらの関係を、図 5-2 に示す。電波法を基に、検定制度の対象等を電波法施行規則で、検定の合格の条件・手続き等を無線機器型式検定規則で、各機器の技術基準を無線設備規則で規定している。

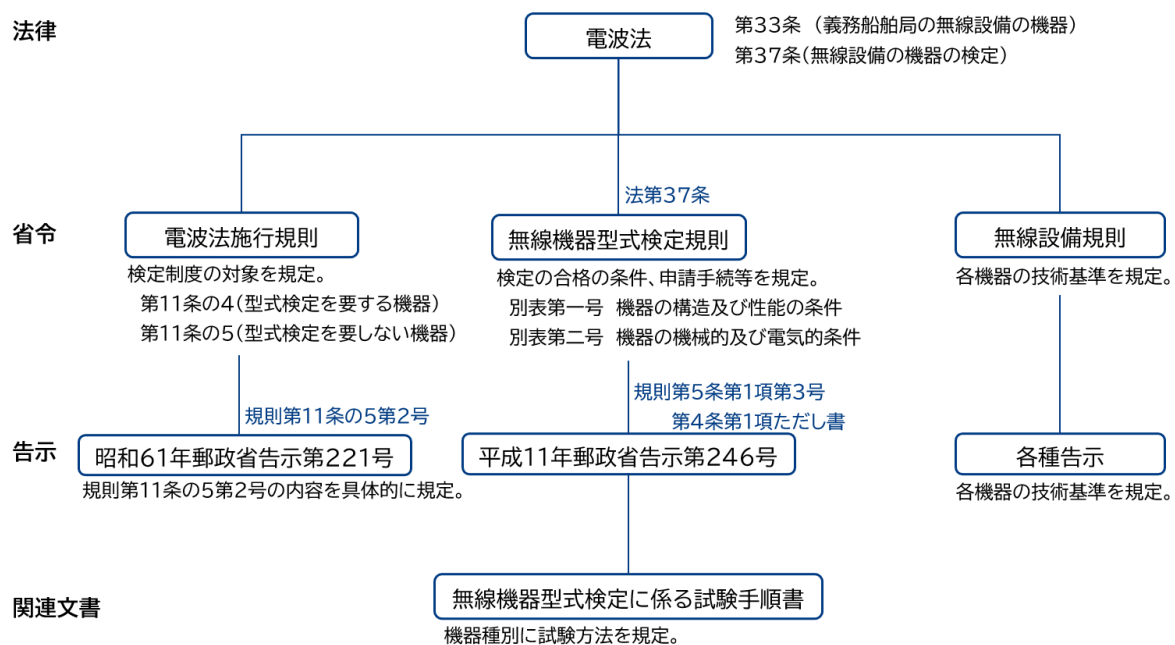


図 5-2 型式検定制度の主な関連法令

出所)三菱総合研究所作成

5.2 型式検定制度に関する課題抽出

我が国の型式検定制度の課題抽出のため、制度の利用者・試験業務受託者へヒアリングを実施し、型式検定制度の運用状況、法制度上または制度の運用上の課題について整理を行った。

ヒアリング対象は水洋会会員企業 6 社と試験業務受託社であるラボテック・インターナショナルとし、主に以下の 4 項目についてヒアリングを行った。

- 型式検定制度の運用状況（審査及び試験の手順・実施体制等）
- 型式検定制度に関連する法令規定内容の課題
- 型式検定制度の運用の課題
- 制度改定に向けた要望

以下の表 5-1～表 5-5 に、ヒアリング結果を踏まえた課題の整理を示す。なお、課題の整理にあたっては、以下の項目に従って分類を行った。

- ① 合格機器の一部を変更する場合の手続きについて
- ② 書類等の提出・保管について
- ③ 技術的要件について
- ④ 「型式検定を要しない」機器について
- ⑤ 制度全般について

表 5-1 課題分類①合格機器の一部を変更する場合の手続き

No.	関連法令	項目	現状	課題
1	無線機器型式検 定規則 第3条、 第 11 条、別表 第3号	届出変更事項の規 定方法について	別表第 3 号の届出変更事項 が部品単位であり、且つ「同等 の性能を有するもの」との条 件が規定されている。	周辺部品も含めた交換が頻繁に発 生する現状では、部品交換都度の 届出に時間的・経済的コストがかか り、メーカーの負担となる。
2	無線機器型式検 定規則 第3条、 第 11 条、別表 第3号	届出変更事項の対 象について(ソフト ウェア)	ソフトウェアについては別表 第 3 号上に規定はないが、実 運用では法的解釈によって届 出の対象とされることがある。	新規申請が必要になる可能性があ るためメーカーの立場では変更し難 い。一方、ソフトウェア更新の滞り は「適宜船上でアップデート可能に する」という国際的な潮流と乖離す る可能性がある。
3	無線機器型式検 定規則 第3条、 第 11 条、別表 第3号	届出変更事項の対 象について(受信 用 GNSS アンテ ナ)	受信用 GNSS アンテナについ ては別表第 3 号上に記載はな いが、実運用上では、装置内 にアンテナが含まれる場合の み届出の対象内とされる。	新規申請が必要になる可能性があ るためメーカーの立場では変更し難 く、国内外で別仕様機器を管理す ることになる。
4	無線機器型式検 定規則 第 11 条、別表第 3 号	届出変更時の追加 必要書類・試験等 について	部品単位で「同等の性能を有 する」ことを求めているため、 個々の部品の同等性を示す資 料の提出・説明が必要である。	回路の同等性、機器全体としての 性能の同等性の説明が認められな いため、変更の内容に問題がない 場合でも過剰な試験・書類提出・説 明等が求められている可能性がある。
5	N/A	変更届出にかかわ る判断について	変更事項の範囲、変更にあ たって必要となる書類・試験 に関する判断が、担当者によ って異なる。	届出にあたって求められる書類等 が予測できないため、都度関係者 間のやり取りが発生し、効率的な手 続きとならない。
6	無線機器型式検 定規則 第 3 条	機器変更による新 規申請時の型式番 号付与について	新規申請を要する機器の変更 を行う場合は必ず異なる型式 番号の取得が必要である。	型式番号が工事設計書上の番号の 記載やメーカーのモデル番号とず れるため、メーカーの管理が困難とな るほか、ユーザの利便性を損なっ ている。

出所)三菱総合研究所作成

表 5-2 課題分類②書類等の提出・保管

No.	関連法令	項目	現状	課題
7	無線機器型式検 定規則 第 8 条、別表第 7 号	無線機器型式検 定合格 証書の記載事項につい て	第 8 条に基づき機器の型式名 を記載する必要があり、その際 に記載が求められる別表第 7 号「機器の型式表示に係る指定 項目」が詳細に規定されてい る。	国際 VHF のチャンネル数、周 波数の範囲等、別表 7 号に 記載の項目に変更があった 際に、検定の取り直し(新規 申請)が必要になる。
8	無線機器型式検 定規則 第 3 条、第 11 条、別 表第 3 号	届出変更時の必要書類 について	機器変更時、変更又は種類の増 加に適合するよう取扱説明書 の書換え又は訂正をし、提出し なければならない。	機器自体に変更がない場合 でも、既に生産中止となった 機器について取扱説明書の 書換え又は訂正の対応に苦 慮することがある。
9	無線機器型式検 定規則 第 15 条	合格機器に付する標章 について	機器の型式名、検定番号等を記 載した標章を合格機器に付さ なければならない。	機器情報が電子データベー ス上で管理されておらず、物 理的な標章の書き換えを要 するため、変更時の管理が 難しく、張り替えが必要な場 合はコストもかかる。

10	無線機器型式検 定規則	変更届出後の手続きに ついて	届出提出後はメールによる受 付完了連絡がされる。	メーカーでの情報管理上、変更 届出への受理印(電子印でも 可)押印されることが望まし い。別紙への変更情報の記 載があることが望ましい。
----	----------------	-------------------	-----------------------------	--

出所)三菱総合研究所作成

表 5-3 課題分類③技術的要件

No.	関連法令	項目	現状	課題
11	無線機器型式検 定規則、無線設 備規則、試験手 順書	技術的要件の規定内 容について	国内法と国際規格では、性能要 求、試験条件および測定方法が 異なる部分がある。	国内検定向けの追加試験に コストがかかることから新機 種の導入の妨げとなっている。
12	N/A	技術的要件の更新頻 度について	MED IR(欧州の技術的要件)の 移行期限が過ぎても日本に適 用されず、国際的な規格と、国 内の試験規格が対応していな いことがある。	新旧 2 機種種の保守が必要な 場合がある。 ソフトウェア管理が統一でき ない場合がある。

出所)三菱総合研究所作成

表 5-4 課題分類④「型式検定を要しない」機器

No.	関連法令	項目	現状	課題
13	登録検査等事業 者等規則 等	他の電波法関連規則 における「型式検定を 要しない機器」の位置 付けについて	「型式検定を要しない機器」は、 以下の点で型式検定機器と扱 いが異なる。 工事設計書において詳細な諸 元の付記が必要(型検機器は省 略可能) 登録検査等事業者による登録 点検の際に再度の試験が必要 (型検機器は省略可能) スプリアス規定改定の反映の猶 予の対象に含まれない	型式承認の取得によって「型 式検定を要しない」機器とし て船舶への装備を行う事例 は少なくないため、型式検定 合格機器と同様の扱いを得 られ、別途対応が不要となる 方が、メーカー等にとって利用 しやすい制度となる。
14	電波法施行規則	みなし型検の認証方法 について	電波法施行規則第 11 条の 5 第 1 号(みなし型検)として認めら れるためには、試験データの提 示が必要である。 また、外国で取得した検定の試 験方法又判定基準が一部異な る場合には、本条件は適用でき ない。	外国で検定を取得したとして も、日本の型式検定取得にお いては活用ができず、試験実 施等に追加的なコストを要す る。
15	船舶等型式承認 規則 等	型式承認の認証方法 について	電波法施行規則第 11 条の 5 第 2 号に関連する型式承認の審査 においては、外国で取得した試 験結果を利用することは出来な い。	型式検定の運用が柔軟化し た場合、型式検定と併せて利 用されている型式承認制度 についても運用が柔軟化し た方がメーカー等にとって利用 しやすい制度となる。

出所)三菱総合研究所作成

表 5-5 課題分類⑤制度全般

No.	関連法令	項目	現状	課題
16	無線機器型式検 定規則	審査の所要期間につ いて	変更届出に関する所要期間の 規定はないが、海外に比べ変 更届出が受理されるまでの期	緊急の変更対応ができない。 海外と国内で変更タイミングが ずれることで、それぞれ保守メ

			間が長い。	メンテナンスを行う等のコストがかかる。
17	N/A	審査機関について	指定の試験機関は1機関のみである。	試験機関が関西に位置しており、メーカーによっては出向くのに不便である。
18	N/A	工事設計認証について	工事設計認証は、機器の変更について型式検定よりも厳しい条件の規定となっている。	型式検定制度と同様、部品の流動性の高まりを背景に、メーカーとして対応が難しくなっている。

出所)三菱総合研究所作成

5.3 柔軟な型式検定制度の導入に向けた検討方針

5.2 において整理を行った各課題項目について、型式検定作業班での議論を踏まえ、対応方針を整理した。以下の表 5-6 では、各課題を本技術試験事務における具体的な制度検討の対象とするか否かという観点で分類を行っている。また、検討対象とした課題項目については、今後の検討の方針を表 5-7 に示す。

表 5-6 各課題の対応方針

No.	項目	対応方針
合格機器の一部を変更する場合の手続き		
1	届出変更事項の規定方法について	本技術試験事務において、課題解決に向けた具体的な検討を実施する。
2	届出変更事項の対象について(ソフトウェア)	
3	届出変更事項の対象について(受信用GNSS アンテナ)	
4	届出変更時の追加必要書類・試験等について	
5	変更届出にかかわる判断について	
6	機器変更による新規申請時の型式番号付与について	
書類等の提出・保管		
7	無線機器型式検定合格証書の記載事項について	本技術試験事務において、課題解決に向けた具体的な検討を実施する。
8	届出変更時の必要書類について	本技術試験事務において、課題解決に向けた具体的な検討を実施する。
9	合格機器に付する標章について	現行制度等の運用を継続する。 ＜整理の趣旨＞ 本課題については、標章のデジタル表示(ディスプレイへの表示等)の可否や、電子データベースの構築並びに標章との対応等について、総務省内で検討頂くことが適当ではないか。
10	変更届出後の手続きについて	現行制度等の運用を継続 ＜整理の趣旨＞ 本課題については、総務省内で適切な運用方法を検討頂くことが適当ではないか。
技術的要件		
11	技術的要件の規定内容について	本技術試験事務において、課題解決に向けた具体的な検討を実施する。
12	技術的要件の更新頻度について	
「型式検定を要しない」機器		
13	他の電波法関連規則における「型式検	現行制度等の運用を継続

	定を要しない機器」の位置付けについて	(中長期的な課題として整理) <整理の趣旨> 【型式承認を受けた機器】 電波法関連法を根拠とする型式検定と船舶安全法関連法を根拠とする型式承認では、検定の目的や必要な試験項目が異なる。 そのため、電波法関連手続きにおいて、型式検定合格機器と型式検定を要しない機器の扱いを同等とするためには、型式承認と型式検定の整合を含めた議論が必要となる。 一方、型式承認に係る制度改正等の検討は、短期的な対応は困難であり、中長期的な課題として整理することが適当ではないか。 【型式検定に相当する外国の検定に合格した機器】 当課題については、前提として①認定基準(技術基準・試験方法)②認定時に主管庁が試験結果を確認しているか、という観点でみなし型検機器と型式検定機器に差異があることを考慮する必要がある。 ①の「国内要件と国際規格における技術基準・試験方法の差異」については、課題 No.11-12 で検討することとしている。 ②については課題 No.14 でみなし型検の認証時の確認書類について検討することとしている。 したがって、当課題は、本技術試験事務における上記検討を踏まえ、中長期的な課題として総務省内で検討することが適当ではないか。
14	みなし型検の認証方法について	本技術試験事務において、課題解決に向けた具体的な検討を実施する。
15	型式承認の認証方法について	現行制度等の運用を継続 (中長期的な課題として整理) <整理の趣旨> No.13 と同様に、型式承認に係る制度改正等の検討は、短期的な対応は困難。
制度全般		
16	審査の所要期間について	本技術試験事務において、課題解決に向けた具体的な検討を実施する。
17	審査機関について	現行制度等の運用を継続 <整理の趣旨> 入札により試験機関を選定しているため、公平性の観点から試験機関の所在地を指定することは出来ない。 現状の試験機関候補数や予算に鑑みると、試験機関数の増加も難しい状況。 当面は、現行制度通りの運用が適当ではないか。
18	工事設計認証について	(検討対象外) <整理の趣旨> 本技術試験事務のスコープ外であることから、付随する課題として整理するのみに留める。

出所)三菱総合研究所作成

表 5-7 課題の検討方針

No.	項目	検討方針
合格機器の一部を変更する場合の手続き		
1	届出変更事項の規定方法について	<検討の方針案> 諸外国の制度や機器流通の動向を踏まえ、以下について整理・検討を行う。 1. 変更を要しない場合： 変更の範囲を整理 変更届出を提出することで変更可能な場合： 2. 変更の範囲を整理 追加試験・書類提出等、性能の同等性の確認方法の検討・整理 3. 新規申請を要する場合： 2.の整理結果を踏まえつつ、新規申請であっても一定の条件下で同一の型式番号を付与する可能性も検討 また、上記と併せて、整理内容を制度としてどのように反映すべきか(法令上への明記の有無等)を検討する。
2	届出変更事項の対象について(ソフトウェア)	
3	届出変更事項の対象について(受信用GNSS アンテナ)	
4	届出変更時の追加必要書類・試験等について	
5	変更届出にかかわる判断について	
6	機器変更による新規申請時の型式番号付与について	
書類等の提出・保管		
7	無線機器型式検定合格証書の記載事項について	海外制度動向を踏まえ、合格証書の記載内容の修正について検討する。
8	届出変更時の必要書類について	海外制度動向を踏まえ、届出変更時に必要となる取扱説明書・合格証書に関わる手続きの簡便化について検討する。 ※届出変更手続き全般にかかわる課題は課題分類①で扱う
技術的要件		
11	技術的要件の規定内容について	技術基準や試験手順書等において、国際規格の参照や、策定/改訂時の国際規格との整合性確認等について検討する。
12	技術的要件の更新頻度について	
「型式検定を要しない」機器		
14	みなし型検の認証方法について	国際規格と国内要件における技術基準や試験方法等の違いについては、課題 No.11～12 で検討を行う。 上記を踏まえ、みなし型検の認定基準と必要になる提出書類について併せて検討する。
制度全般		
16	審査の所要期間について	変更届出に係る手続きの効率化については、課題 No.1～5 での対応を行う。

出所)三菱総合研究所作成

6. まとめと今後の課題

本調査検討は、IMO における GMDSS 近代化の議論を経て、GMDSS の規定を一部変更する改正 SOLAS 条約が 2022 年 4 月に承認、2024 年 1 月に発効され、船舶用無線設備の性能基準の見直しが行われたことを受け、我が国の次世代の GMDSS の船舶用無線設備、特に ACS の技術的条件の策定に向けた検討を実施した。併せて、新たな技術を国内に導入するため、国際動向と整合性のあるじゅうなんな型式検定の認証方法等の検討や、GMDSS 機器から派生した AMRD や VDES といった新たなシステムの技術的条件の検討を実施した。

具体的には、諸外国における次世代 GMDSS 船舶用無線機器及び GMDSS 派生機器の開発・普及動向について調査を実施し、主要国・メーカの製品化の動向や市場規模等の情報を整理した。また、欧米等の主要国における型式検定の承認方法について調査を実施し、制度の全体像と共に、国内の柔軟な型式検定制度の検討の論点に係る事項を中心に制度の比較・整理を行った。

ACS については、関連する ITU-R 勧告等をもとに、ACS 技術の性能仕様を策定した上で、装置の設計・試作を実施すると共に動作確認試験を行い、試作機の送受信性能が策定した仕様を満足することを確認した。ACS は RR で定められた 6 つの ACS 専用周波数の中から、ITU-R 勧告 M.541-11 のプロセスにもとづき、ビジー状態でない周波数を自動的に選択し、通信を確立する技術であることから、MF/HF 無線通信の干渉回避を実現する。本検討では、試作機を用いて、ACS 船舶用周波数の一部をビジー状態とした上で周波数スキャンと通信確立の試験を実施し、適切な周波数を自動選択できることを検証した。以上の検討を踏まえ、令和 7 年度に予定している実証実験の課題を整理した。

AMRD については、AMRD Group A、Group B の双方について、通達距離、干渉影響、電子海図画面での表示状況に関する実証試験を実施した。通達距離は、特に Group B 機器の利用ニーズが高い沖縄県(南城市)において、漁協の協力を得つつ海上でのフィールド試験を実施し、机上検討の結果に比べて、比較的長距離での信号受信を確認することができた。干渉影響、画面表示状況は、屋内での有線接続による試験を実施した。干渉影響は、Group A については、妨害波となる別機器の信号に対し、Group A のランダム送信によって信号の衝突は回避でき、十分に使用できることが確認できた。Group B については、同一専用 CH の中でのシステム間の離隔距離を確認し、送受信系のアンテナ高に依存するがサービスごとのエリアを数 km～10km 程度の離隔が必要であることを確認した。利用シーンに応じ、受信側のアンテナ高や離隔距離を適切に設定することが重要と考えられる。画面表示は、Group A については安全に係る用途の特性から全ての信号を表示することが求められるが、Group B については送信信号内の機器種類のパラメータを用いたフィルタリング機能により、自システムの運用状況の把握し易さを向上できることを確認した。実証試験の結果や、令和 5 年度に東北総合通信局が実施した調査検討結果等を踏まえ、関連する ITU-R 勧告や IEC 規格等を参照しつつ、AMRD (Group A/Group B)の技術的条件案を策定し取りまとめた。

VDES については、ITU-R 勧告 M.2092-1 等の国際規格や AIS の技術基準等を参照し、ASM、地上 VDE、衛星 VDE を対象として、3 システムに共通の技術的条件と各システムに特有の技術的条件の項目を整理した。この結果を踏まえつつ、令和 7 年度についても技術的条件の継続検討を実施する予定である。

柔軟な型式検定制度の導入に向けた検討については、国内の船舶用無線機器メーカーや試験機関、業

界団体等へのヒアリング結果を踏まえ、現状の型式検定制度に関する基準や手続きの課題を抽出、整理した。その上で、諸外国の型式検定制度の調査結果等を踏まえ、課題解決に向けた具体的な検討方針を整理し、国内メーカ等との議論を経て、令和7年度の検討事項を取りまとめた。

以上の調査検討結果を踏まえ、今後の検討課題としては、以下が挙げられる。

- AMRD については、技術的条件に関する情報通信審議会の審議等を経て、早期の制度整備と製品の市場投入・普及が期待される。
- ACS については、海上における実証実験を通じ、技術的な検証や、導入の目的でもある経験の浅い船員による回線接続への有効性の検証を実施すると共に、制度整備に向けた技術的条件の検討を進めることが必要である。
- VDES については、ITU-R 勧告 M.2092-1 の改訂など国際的な標準化動向を引き続き調査し、それを踏まえて技術的条件の検討を進めることが必要である。
- VHF 無線設備のデジタル化については、国内関係機関における技術実証等の取組みと連携しつつ、技術的条件の検討を進めることが必要である。
- 来年度の検討課題として整理した、合格機器の一部を変更する場合の手続き、書類等の提出・保管、技術的要件、「型式検定を要しない」機器等の課題については、取りまとめた検討方針に従い、具体的な制度検討を進める必要がある。

最後に、多忙の中、佐敷中城漁業組合の皆様には、本実証実験の実施にあたり多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

付録

本付録において、ITU-R 勧告 M.2092-1 において VDES の構成要素である (ASM や地上 VDE、衛星 VDE) に関する「physical layer」の技術特性の内容について、具体的な規定内容を表 A-1～表 A-4 に示す。

表 A-1 ASM、地上/衛星VDE共通の技術特性 (ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 2)

(勧告中の § 番号): (ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)		具体内容
1.2.1: 伝送精度	1.2.1.1: シンボルタイミング精度 (出力時)	送信信号のタイミング精度は 5ppm より良好でなければならない。
	1.2.1.2: 送信タイミングジッタ	タイミングジッタは、シンボル間隔 (ピーク値) の 5% より良好であること。
	1.2.1.3: 出力のスロット伝送精度	スロット伝送精度は、船舶局の協定世界時 (UTC) 基準に対してピークで 100 μ s より良好であること。
1.2.2: フレーム構造		ITU-R 勧告 M.1371 のフレームの概念を使用している。フレームは 1 分に相当し、2250 スロットに分割される。 スロットは約 26.667ms ($60\,000 / 2\,250 \div 26.667$) の時間間隔である。 データリンクへのアクセスは、デフォルトではスロットの開始時に行われる。 VDES のフレーム構造は同一で、(AIS と同様に) UTC に同期している。 一般的なスロットフォーマットを図 4 と図 5 に示す。 図 4 アプリケーション固有のメッセージ-地上波と VHF のデータ交換-地上波の一般スロット・フォーマット 図 5 アプリケーション固有のメッセージ-衛星と VHF データ交換-衛星一般スロットフォーマット
1.2.3: バースト送信構造	1.2.3.1: ランプアップ	- 送信電力の -50dBc から -1.5dBc までのランプアップは、立ち上がり時間を制御し、約 417 μs で発生すること。(1.2.2: フレーム構造参照) - 緩やかなランプアップ期間は、所望の信号変調帯域幅外へのエネルギー拡散を低減するために重要なスペクトル整形を実現し、現チャネルおよび隣接チャネルの他のユーザへの干渉を低減する。 - ランプアップ中の変調は規定されていない。

1.2.3.2:トレーニングシーケンス

表 1 に、VDES で使用される同期ワードを示す。

表 1 VHF データ交換システム用のシンクワード

Usage	Symbol size	Sequence	Type
ASM-TER	27	1 1111100110101	1+ Barker13+ inverted Barker13
VDE-TER		0000011001010	
ASM-SAT	27	01000101001001000000001100	Best autocorrelation for differential detection
VDE-SAT		11	
VDE-SAT	48	0001000111100110110000010 10111011010110111101000	

ASM-TER や VDE-TER で使用されるダブルバーカー系列は、2 つの相関ピークとその間にある 13 ビットの既知のノイズを検出することが可能である。さらに、相関ピークの大きさは周波数オフセットを示す。

1.2.3.3:トレーニングシーケンスのビットマッピング

トレーニングシーケンス(データ通信でのシグナル同期や調整のための特定のデータパターン)には以下のマッピングが適用される:

- 1 は $\pi/4$ quadrature phase shift keying (QPSK) (1 1)に対応する。
- 0 は $\pi/4$ QPSK(0 0)にマッピングされる。

1.2.3.4:リンク識別

- リンク ID はチャンネル構成を定義する。リンク ID は、チャネル・コンフィギュレーションのテーブル(表 7、表 8、表 9、表 10、表 11 参照)のインデックスに使用される。
- リンク ID は、送信のためのトレーニング・シーケンスに従い(図 4 および 5 を参照)、 $\pi/4$ QPSK ビット・マッピングを使用する(1.2.9 節を参照)。すべてのバースト伝送構造が Link ID を利用するわけではないことに注意(表 7、8、9、10、11 参照)。
- リンク ID は 6 ビット(D0、D1、D2、D3、D4、D5)からなり、双直交(32,6)符号を用いて 32 ビットのシーケンスに符号化される。この符号は、生成行列を持つ 1 次のリード・ミュラー符号である:

表 2 リード・ミュラー行列

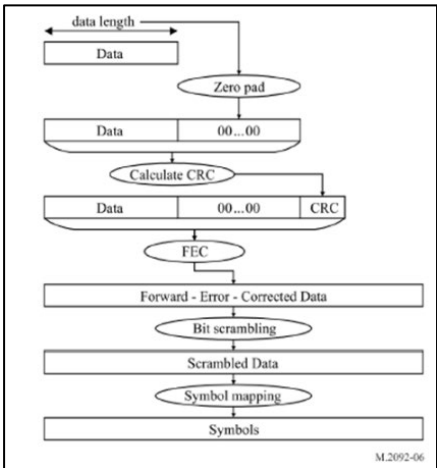
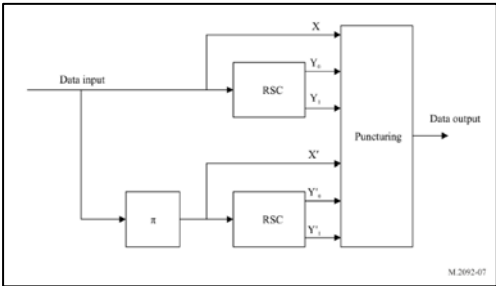
Generator matrix
10 00 00 10 11 10 10 01 11 10 10 01 10 01 01 10
01 00 00 01 11 01 01 01 11 01 01 01 01 01 01 01
00 10 00 11 10 11 00 11 00 11 00 11 00 11 00 11
00 01 00 11 00 00 11 11 10 00 11 11 00 00 11 11
00 00 10 00 01 11 11 11 00 00 00 00 11 11 11 11
00 00 01 00 00 00 00 00 01 11 11 11 11 11 11 11

- このコードは、スクランプリング・ワード
11000010111000101000111001001111 を用いてビット・スクランブルされなければならない。この結果、表 3 のリンク ID コードが得られる。

表 3 VHF データ交換システムのリンク識別コードワード

Link ID	Bit-scrambled code word	Link ID	Bit-scrambled code word
0	11 00 00 10 11 10 00 10 10 00 11 10 01 00 11 11	32	01 00 00 00 00 00 10 11 01 10 01 11 11 01 10 01
1	11 00 01 10 11 10 00 10 11 11 00 01 10 11 00 00	33	01 00 01 00 00 00 10 11 00 01 10 00 00 10 01 10
2	11 00 10 10 10 01 11 01 10 00 11 10 10 11 00 00	34	01 00 10 00 01 11 01 00 01 10 01 11 00 10 01 10
3	11 00 11 10 10 01 11 01 11 11 00 01 01 00 11 11	35	01 00 11 00 01 11 01 00 00 01 10 00 11 01 10 01
4	11 01 00 01 11 10 11 01 00 00 00 01 01 00 00 00	36	01 01 00 11 00 00 01 00 11 10 10 00 11 01 01 10

			5	11 01 01 01 11 10 11 01 01 11 11 10 10 11 11 11	37	01 01 01 11 00 00 01 00 10 01 01 11 00 10 10 01
			6	11 01 10 01 10 01 00 10 00 00 00 01 10 11 11 11	38	01 01 10 11 01 11 10 11 11 10 10 00 00 10 10 01
			7	11 01 11 01 10 01 00 10 01 11 11 10 01 00 00 00	39	01 01 11 11 01 11 10 11 10 01 01 11 11 01 01 10
			8	11 10 00 01 01 01 00 01 10 11 11 01 01 11 11 00	40	01 10 00 11 10 11 10 00 01 01 01 00 11 10 10 10
			9	11 10 01 01 01 01 00 01 11 00 00 10 10 00 00 11	41	01 10 01 11 10 11 10 00 00 10 10 11 00 01 01 01
			10	11 10 10 01 00 10 11 10 10 11 11 01 10 00 00 11	42	01 10 10 11 11 00 01 11 01 01 01 00 00 01 01 01
			11	11 10 11 01 00 10 11 10 11 00 00 10 01 11 11 00	43	01 10 11 11 11 00 01 11 00 10 10 11 11 10 10 10
			12	11 11 00 10 01 01 11 10 00 11 00 10 01 11 00 11	44	01 11 00 00 10 11 01 11 11 01 10 11 11 10 01 01
			13	11 11 01 10 01 01 11 10 01 00 11 01 10 00 11 00	45	01 11 01 00 10 11 01 11 10 10 01 00 00 01 10 10
			14	11 11 10 10 00 10 00 01 00 11 00 10 10 00 11 00	46	01 11 10 00 11 00 10 00 11 01 10 11 00 01 10 10
			15	11 11 11 10 00 10 00 01 01 00 11 01 01 11 00 11	47	01 11 11 00 11 00 10 00 10 10 01 00 11 10 01 01
			16	10 00 00 11 00 11 01 11 01 01 10 11 00 01 10 10	48	00 00 00 01 11 01 11 10 10 11 00 10 10 00 11 00
			17	10 00 01 11 00 11 01 11 00 10 01 00 11 10 01 01	49	00 00 01 01 11 01 11 10 11 00 11 01 01 11 00 11
			18	10 00 10 11 01 00 10 00 01 01 10 11 11 10 01 01	50	00 00 10 01 10 10 00 01 10 11 00 10 01 11 00 11
			19	10 00 11 11 01 00 10 00 00 10 01 00 00 01 10 10	51	00 00 11 01 10 10 00 01 11 00 11 01 10 00 11 00
			20	10 01 00 00 00 11 10 00 11 01 01 00 00 01 01 01	52	00 01 00 10 11 01 00 01 00 11 11 01 10 00 00 11
			21	10 01 01 00 00 11 10 00 10 10 10 11 11 10 10 10	53	00 01 01 10 11 01 00 01 01 00 00 10 01 11 11 00
			22	10 01 10 00 01 00 01 11 11 01 01 00 11 10 10 10	54	00 01 10 10 10 10 11 10 00 11 11 01 01 11 11 00
			23	10 01 11 00 01 00 01 11 10 10 10 11 00 01 01 01	55	00 01 11 10 10 10 11 10 01 00 00 10 10 00 00 11
			24	10 10 00 00 10 00 01 00 01 10 10 00 00 10 10 01	56	00 10 00 10 01 10 11 01 10 00 00 01 10 11 11 11
			27	10 10 11 00 11 11 10 11 00 01 01 11 00 10 10 01	59	00 10 11 10 00 01 00 10 11 11 11 10 10 11 11 11
			28	10 11 00 11 10 00 10 11 11 10 01 11 00 10 01 10	60	00 11 00 01 01 10 00 10 00 00 11 10 10 11 00 00
			29	10 11 01 11 10 00 10 11 10 01 10 00 11 01 10 01	61	00 11 01 01 01 10 00 10 01 11 00 01 01 00 11 11
			30	10 11 10 11 11 11 01 00 11 10 01 11 11 01 10 01	62	00 11 10 01 00 01 11 01 00 00 11 10 01 00 11 11
			31	10 11 11 11 11 11 01 00 10 01 10 00 00 10 01 10	63	00 11 11 01 00 01 11 01 01 11 00 01 10 11 00 00
	1.2.3.5:冗長検査付きデータパイロード	・ 入力データは最上位ビット(MSB)から処理される。 ・ 付加された巡回冗長検査(CRC)(1.2.5 節参照)を持つデータパイロードは、インターリーブされ(表 4 参照)、符号化され(1.2.4.1 節参照)、スクランブルされ(1.2.6 節参照)、ビットマップされる(1.2.9 節参照)。				

		 図 6 サイクリック・リダンダンシー=1、フォワード・エラー訂正を適用しない場合のシンボル・データの典型的な動作順序
	1.2.3.6:ビットスクランブラリング	ユーザデータのスクランブルは、電力密度が狭帯域に集中するのを避けるために必要である。スクランブラーシーケンスの詳細な定義については、1.2.6 節を参照のこと。
	1.2.3.7:ガードタイム	ガードタイムは、フルパワーから-50dBc までの 417μs 以下のランブダウン時間で構成される。残りの時間は遅延とジッターで構成される。
1.2.4:前方誤り訂正	1.2.4.1:エンコーダ構造(要点抜粋)	・ この段落では、VDES の衛星および地上コンポーネントで使用されるフォワードエラー訂正エンコーダの一般的な構造を定義する。全体的な構造は、欧州技術標準化機構規格(ETSI)EN 302 5831 の仕様に従う。  図 7 ターボエンコーダの構造
	1.2.4.2:構成コード	構成コードは右記の伝達関数によって指定される： $G(D) = \begin{bmatrix} 1 & \frac{n_0(D)}{d(D)} & \frac{n_1(D)}{d(D)} \end{bmatrix}$ $n_0(D) = 1 + D + D^3$ $n_1(D) = 1 + D + D^2 + D^3$ $d(D) = 1 + D^2 + D^3.$

エンコーダの定義を図 8 に示す。最初の k クロックはスイッチが(a)の位置にあり、情報がエンコーダーに入力される。その後の 6 クロックでは、スイッチは(b)の位置に移動し、RSC トレリスの終端を処理する。最初の 3 つの終端クロックでは、RSC 1(上部ブランチ)のみが出力され、続く 3 つの終端クロックでは、RSC 2(下部ブランチ)の出力のみが提供される。従って、終端は 6 つの終端ビット(X 、 Y_0 、 Y_1 、 X' 、 Y'_0 、 Y'_1)のシーケンスによって与えられ、 X が最初に出力される。

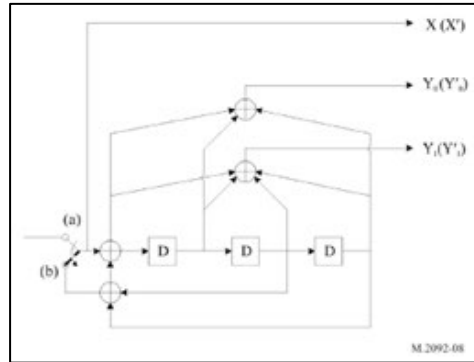


図 8 再帰的システムティック畳み込み符号エンコーダ

1.2.4.3: インタリーバ定義

- ・ インタリーバの仕様は、CCSDS が提案する「TM Synchronization and Channel Coding」の規定に従う。ここで、パラメータ k_1 と k_2 はそれぞれの符号の選択に依存し、 k は情報ブロック長である。次に、表 4 に示すように、素数とパンクチャリングパラメータ値を選択する。
- ・ 計算方法について別途定義されている。

表 4 異なる情報長/符号率に対するインタリーバとパンクチャリングパラメータ

LinkID	Nominal code rate	Information length	$k_1 k_2$	$p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 p_6 p_7 p_8$	Puncturing ID	Tail ID
4	3/4	952	4 240	113 31 59 163 29 181 101 11	8	8
5	3/4	288	2 144	47 17 233 127 239 139 199 163	8	8b
6	3/4	672	2 336	37 101 191 149 79 131 229 31	8	8b
7	3/4	1056	4 264	23 31 167 223 59 113 47 211	8	8b
8*	1/2	192	2 96	31 37 43 47 53 59 61 67	6	6
9*	1/2	448	2 224	31 37 43 47 53 59 61 67	6	6
10*	1/2	704	2 352	31 37 43 47 53 59 61 67	6	6
11	1/2	432	2 216	127 191 241 5 83 109 107 179	6	6a
12	3/4	972	2 486	31 37 43 47 53 59 61 67	8	8
13	3/4	1296	2 648	31 37 43 47 53 59 61 67	8	8
14	1/2	896	2 448	31 37 43 47 53 59 61 67	6	6
15	3/4	2016	4 504	31 37 43 47 53 59	8	8

						61 67													
16	3/4	2688	4 672	31 37 43 47 53 59 61 67	8	8													
17	1/2	1872	6 312	211 61 227 239 1 81 79 73 193	6	6a													
18	3/4	4032	4 1008	31 37 43 47 53 59 61 67	8	8													
19	3/4	5616	16 351	137 101 223 41 6 7 131 61 47	8	8													
20	1/4	96	2 48	37 83 211 61 107 101 149 167	2	2a													
21	2/3	736	2 368	139 17 241 47 109 11 29 163	7a	7a													
22	2/3	3120	16 195	89 47 239 17 127 59 43 31	7a	7b													
23	2/3	4544	4 1136	31 37 43 47 53 59 61 67	7b	7b													
24	5/6	3788*2	4 947	127 251 227 173 139 149 101 7	9	9													
25	1/2	4776	12 398	31 37 43 47 53 59 61 67	6	6a													
26	1/4	5456*7	16 341	37 41 43 47 53 59 61 67	2	2a													
27	1/2	6032*19	16 377	31 37 43 47 53 59 61 67	6	6b													
28	1/4	5280*4	16 330	31 37 43 47 53 59 61 67	2	2b													
29	1/4	5552*6	16 347	31 37 43 47 53 59 61 67	2	2c													
30	1/4	5320*13	14 380	31 37 43 47 53 59 61 67	2	2c													
31	1/4	5328*22	16 333	31 41 43 47 53 59 61 67	2	2d													
32	1/4	312	2 156	37 79 29 139 151 97 181 157	2	2e													
33	1/3	4280	8 535	59 37 157 167 23 9 83 163 29	4	4a													
34	1/3	4160*2	16 260	163 157 149 137 197 47 241 251	4	**													
* 過去の定義やシミュレーション結果はないが、デフォルトの設定が提案されている。																			
** テールビットはない。																			
1.2.4.4:レート適応	・ レートアダプテーションは、ETSI EN 302 5832 の § 5.3.1 にあるように、最初の k クロックについて表 5 にあるように、また ETSI EN 302 5832 にあるように、エンコード出力をパンクチャすることで得られる。 ・ 終端部のパンクチャリングテーブルを表 6 に示す。表 6 の最後の 2 行は、ETSI EN 302 5832 の一部ではない。 ・ 表 5 データ・ビット期間のパンクチャリング・パターン <table><tr><th>Punc. pattern ID</th><th>Code rate</th><th>Punc. pattern (X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 ...)</th></tr><tr><td>0</td><td>1/5</td><td>1;1;1;0;1;1</td></tr><tr><td>1</td><td>2/9</td><td>1;0;1;0;1;1 1;1;1;0;1;1 1;1;1;0;0;1 1;1;1;0;1;1</td></tr><tr><td>2</td><td>1/4</td><td>1;1;1;0;0;1 1;1;0;0;1;1</td></tr></table>							Punc. pattern ID	Code rate	Punc. pattern (X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 ...)	0	1/5	1;1;1;0;1;1	1	2/9	1;0;1;0;1;1 1;1;1;0;1;1 1;1;1;0;0;1 1;1;1;0;1;1	2	1/4	1;1;1;0;0;1 1;1;0;0;1;1
Punc. pattern ID	Code rate	Punc. pattern (X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 ...)																	
0	1/5	1;1;1;0;1;1																	
1	2/9	1;0;1;0;1;1 1;1;1;0;1;1 1;1;1;0;0;1 1;1;1;0;1;1																	
2	1/4	1;1;1;0;0;1 1;1;0;0;1;1																	

		3	2/7	1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;1;1 1;0;1;0;0;1 1;1;1;0;0;1
		4	1/3	1;1;0;0;1;0
		5	2/5	1;0;0;0;0;0 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1
		6	1/2	1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;1;0
		7	2/3	1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;1;0;0;1
		7a	2/3	1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;1;0;0;1;0
		7b	2/3	1;0;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;1;0
		8	3/4	1;0;1;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;1
		9	5/6	1;0;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;1;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0
		・パンクチャリングパターン内では、「0」は記号を削除することを意味し、「1」は記号を渡すことを意味する。2'または3'は、シンボルのコピーが 2 部または 3 部渡されることを意味する。これは終了期間に関係する。		
		表 6 テールビット期間(最後の 6 クロック)のパンクチャリングと繰り返しパターン		
		Punct. pattern ID	Code rate	Punct. / Rep. pattern (X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 X; Y0; Y1; X'; Y'0; Y'1 ...)
		0	1/5	3;1;1;0;0;0 3;1;1;0;0;0 3;1;1;0;0;0 0;0;0;3;1;1 0;0;0;3;1;1 0;0;0;3;1;1
		1	2/9	3;1;1;0;0;0 3;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;1;1 0;0;0;3;1;1
		2	1/4	2;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;1;1
		2a	1/4	1;1;1;0;0;0 1;1;1;0;0;0 1;1;1;0;0;0 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;1
		2b	1/4	1;1;1;0;0;0 1;1;1;0;0;0 1;1;0;0;0;0 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;0
		2c	1/4	1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0
		2d	1/4	1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;0;0 0;0;0;1;0;0
		2e	1/4	2;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 2;1;0;0;0;0 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;0;0
		3	2/7	1;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 0;0;0;2;1;1 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;1
		4	1/3	2;1;0;0;0;0 2;1;0;0;0;0 2;1;0;0;0;0 0;0;0;2;1;0 0;0;0;2;1;0 0;0;0;2;1;0
		4a	1/3	2;1;0;0;0;0 2;1;0;0;0;0 2;0;0;0;0;0 0;0;0;2;1;0 0;0;0;2;1;0 0;0;0;0;1;0
		5	2/5	1;1;1;0;0;0 1;1;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;0;1
		6	1/2	1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0
		6a	1/2	1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;0;0
		6b	1/2	1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;0;0 0;0;0;1;0;0
		7	2/3	1;0;0;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;0

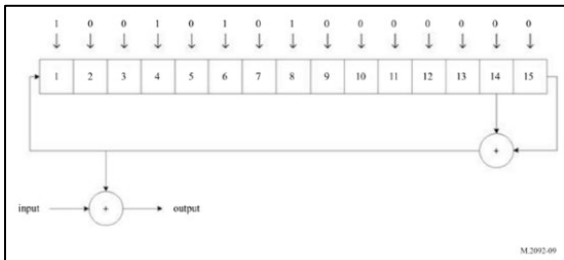
		<table> <tr> <td>7a</td><td>2/3</td><td>1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;0;0 0;0;0;1;0;0</td></tr> <tr> <td>7b</td><td>2/3</td><td>1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0</td></tr> <tr> <td>8</td><td>3/4</td><td>1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1</td></tr> <tr> <td>8a</td><td>3/4</td><td>1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1</td></tr> <tr> <td>8b</td><td>3/4</td><td>1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1</td></tr> <tr> <td>9</td><td>5/6</td><td>1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0</td></tr> </table>	7a	2/3	1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;0;0 0;0;0;1;0;0	7b	2/3	1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0	8	3/4	1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1	8a	3/4	1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1	8b	3/4	1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1	9	5/6	1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0
7a	2/3	1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;0;0 0;0;0;1;0;0																		
7b	2/3	1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0																		
8	3/4	1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1																		
8a	3/4	1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1																		
8b	3/4	1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1																		
9	5/6	1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0																		
	1.2.4.5:前方誤り訂正デコーダの入力ビット数の決定	・ *FEC デコーダの入力ビット数(N)**は、**出力ビット数(K)を FEC レート(r)**で割った値に等しい。ただし、最後のビットの一部が、パンクチャリングパターンに従って受信されない場合がある。 ・ 送信側では、通常、Turbo エンコーダが K ビットのブロックを N ビットのコードワードにエンコードする。これは、$N = (1/r) \cdot K$ で表されるが、この関係は、K がパンクチャリング長(L_p)の倍数である場合にのみ成り立つ。 ・ K が L_p の倍数でない場合、出力ビット数はパンクチャリングテーブル P に基づいて決まる。 ・ パンクチャリングテーブル P は、サイズが $6 \cdot L_p$ で、1 の数は L_p/r。 ・ Turbo エンコーダの出力ビット数(テールビットを除く)は、このパンクチャリングテーブルに基づいて決定される。 $I = \lfloor K/L_p \rfloor$ $R = K \bmod L_p$ $N = I(L_p/r) + \sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^6 P(i, j)$																		
1.2.5:巡回冗長検査(CRC)	生成された CRC チェック・シーケンスは、データグラムの最後のセグメントに付加される。衛星波形 SAT-MCS-1.50-2(リンク ID 20)が 16 ビットの CRC-16 チェック・シーケンスを適用する以外は、すべての波形に 32 ビットの CRC-32 チェック・シーケンスが適用される。CRC-32 は、次の生成多項式で計算される。																			
1.2.6:ビットスクランブリング	図 9 に示すビット・スクランブラーは多項式を使っている： $F(x)=1+x^{14}+x^{15}$ および図 9 の上部に示される初期化シーケンス。送信パケット毎にビットスクランブラは再初期化される。MSB が最初の出力ビットとなる。  図 9 ビット・スクランブル																			
1.2.7:変調符号化方式	・ すべての変調符号化方式(MCS)フォーマットは、表 7、8、9、10、11 のリンク ID で定義されている(図 4、5 参照)。チャンネル品質インジケータ(CQI)値は、適応符号化変調(ACM)メカニズムによって使用される。																			

表 7 アプリケーション固有のメッセージリンク識別パラメータ

PL format #	ASM-MCS-1.16-1	ASM-MCS-1.16-2	ASM-MCS-1.16-3	ASM-MCS-1.16-4	ASM-MCS-1.16-5	ASM-MCS-1.16-6	ASM-MCS-1.16-7			
Link ID	1	2	3	4 (SAT)	5	6	7	8 ⁽¹⁾	9 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾
Channel BW (kHz)	16									
Roll off filtering ⁽²⁾	0.35									
Signal BW (kHz)	13.0									
Symbol rate (ksps)	9.6									
PAPR (example) (dB)	3.35									
Output average power (W)	12.5									
Burst size (slots)	1	2	3	3	1	2	3			
Guard time (ms)	0.83									
Burst duration (ms)	25.8	52.5	79.2	72.0	25.8	52.5	79.2			
Symbols/burst (symbols)	248	504	760	691	248	504	760			
Ramp-up/down (symbols)	4/4									
Ramp-up/down (ms)	0.41/0.41									
Syncword size (symbols)	27									
Syncword modul. (symbols)	π/4-QPSK (00/11 only)									
Link ID symbols	16									
Link ID modul. (symbols)	π/4-QPSK									
Net symbols/burst (bits)	197	453	709	640	197	453	709			
Channel bits (bits)	394	906	1418	1280	394	906	1418			
Padding+FEC tail ⁽³⁾ (symbols)	10+0									
FEC decoder input symbols (bits)	192	448	704	634.5	192	448	704			
FEC decoder input bits (bits)	384	896	1408	1269	384	896	1408			
FEC output bits	384	896	1408	952	288	672	1056			
FEC output (bytes)	48	112	176	119	36	84	132			
Modul.	π/4-QPSK									
Bits / symbol	2									
FEC rate	1									
E _s /N ₀ on AWGN (dB)	11.0	11.0	11.0	4.5	5.3	5	4.8			
C/(N ₀ +f ₀) threshold (dB/Hz)	50.8	50.8	50.8	44.3	45.1	44.8	44.6			

- (1) このリンク・コンフィギュレーションは、将来の使用のために定義されたものである。オプションであり、試験の対象ではない。
- (2) ベースバンドはルートレイズドコサインフィルタを採用する。
- (3) パディング+FEC テールビットとして与えられ、テールビットは表 6 に従う。

表 8 VHF データ交換-地上リンク識別パラメータ

PL format #	TER-MCS-1.2F	TER-MCS-3.2F	TER-MCS-6.2F	TER-MCS-1.8F	TER-MCS-3.8F	TER-MCS-6.8F	TER-MCS-1.10F	TER-MCS-3.10F	TER-MCS-6.10F				
Link ID	11	35 ⁽¹⁾	12 ⁽¹⁾	36 ⁽¹⁾	13 ⁽¹⁾	14 ⁽¹⁾	15 ⁽¹⁾	16 ⁽¹⁾	17	37 ⁽¹⁾	18 ⁽¹⁾	38 ⁽¹⁾	19
Channel BW (kHz)	25												
Roll off filtering ⁽²⁾	0.3												
Signal BW (kHz)	25.0						49.9			99.8			
Symbol rate (ksps)	19.2						38.4			76.8			
Modulation	n/4-QPSK	8-PSK	16-QAM	n/4-QPSK	8-PSK	16-QAM	n/4-QPSK	8-PSK	16-QAM	n/4-QPSK	8-PSK	16-QAM	n/4-QPSK
PAPR (example) (dB)	3.82	4.4	6.7	3.82	4.4	6.7	3.82	4.4	6.7	3.82	4.4	6.7	3.82
Output average power (W)	12.5	11	6.5	12.5	11	6.5	12.5	11	6.5	12.5	11	6.5	12.5
Burst size (slots)	1												
Guard time (ms)	0.83												
Burst duration (ms)	25.8												
Symbols/burst (symbols)	496						992			1984			
Ramp-up/down (symbols)	8/8						16/16			32/32			
Ramp-up/down (ms)	0.41/0.41												
Syncword size (symbols)	27												
Syncword modulation	n/4-QPSK (00/11 only)												
Link ID size (symbols)	16 (12.6 block code)												
Link ID modulation	n/4-QPSK												
Net symbols/burst (symbols)	437						917			1877			
Channel bits	874	1311	1748	1834	2751	3668	3754	5631	7508				
Padding + FEC tail ⁽³⁾ (bits)	0+10	3+12	8+12	30+12	51+12	72+12	0+10	243+12	8+12				
FEC decoder input symbols (symbols)	432	432	432	896	1872	1792	1792	1792	1792				
FEC decoder input bits	864	1296	1728	1792	2688	3584	3744	5376	7488				
FEC output bits	432	972	1296	896	2016	2688	1872	4032	5616				
FEC output bytes	54	121	162	112	252	336	234	504	702				
FEC rate	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	3/4				
E _s /N ₀ on AWGN (dB)	1.0	7.9	10.2	1.0	7.9	10.2	1.0	7.9	10.2				
C/(N ₀ +f ₀) threshold (dB/Hz)	43.8	50.7	53.0	46.8	53.7	56.0	49.9	56.8	59.1				

- (1) このリンク・コンフィギュレーションは、将来の使用のために定義されたものである。オプションであり、試験の対象ではない。
- (2) ベースバンドはルートレイズドコサインフィルタを採用する。
- (3) パディング+FEC テールビットとして与えられ、テールビットは表 6 に従う。
- (4) 通信用ではなく、将来の無線航法用に予定されている。

表 9 VHF データ交換-衛星アップリンク識別パラメータ

PL format	SAT-MCS-1.50-2	SAT-MCS-1.50-3	SAT-MCS-1.50-4	SAT-MCS-3.50-2	SAT-MCS-5.50
Link ID	20	21	22	23 ⁽¹⁾	24 ⁽¹⁾
Channel bandwidth (kHz)	50				
Roll off filtering ⁽²⁾	0.25				
Signal bandwidth (kHz)	42.0				
CDMA chip rate (kcp/s)	33.6	N/A			
Spreading factor (chips)	16				
Symbol rate (kcp/s)	2.1	33.6			
PAPR (example) (dB)	0	4.35	4.9	7.1	
Output average power (W)	12.5	11	10	6	
Burst size (slots)	5	1	3		
Guard time (ms)	8				
Burst duration (ms)	125.3	18.7	72.0		
Symbols/burst (symbols)	263	627	2419		
Ramp-up/down (symbols)	14/14 ⁽⁶⁾				
Ramp-up/down (ms)	0.41/0.41				
Syncword size (symbols)	48	27			
Syncword modulation	QPSK/CDMA (00/11) ⁽⁷⁾	π/4-QPSK (00/11)			
Link ID size (symbols)	0	16 (32.6 block code)			
Link ID modulation	N/A	π/4-QPSK			
Pilot symbol distance (symbols)	17	N/A	33		
Total pilot symbols (symbols)	12	0	71		
Net symbols/burst (symbols)	201	556	2348	2277	2277
Channel bits	402	1112	4696	6831	9108
Padding + FEC tail ⁽⁸⁾ (bits)	0+18	0+8	4+12	3+12	2*(0+8)
FEC decoder input symbols (symbols)	192	552	2340	2272	2275
FEC decoder input bits	384	1104	4680	6816	4544*
FEC output bits	96	736	3120	4544	3788*
FEC output bytes	12	92	390	568	947 ⁽⁹⁾
FEC sub-block	1	1	1	2	
Modulation	QPSK / CDMA ⁽¹⁰⁾	π/4-QPSK	8-PSK	16-QAM	
FEC rate	1/4	2/3		5/6	
E _N /N ₀ on AWGN (dB)	-0.9	3.9	3.9	8.0	12.2
C/(N+I) threshold (dB/Hz)	32.3	49.2	49.2	53.3	57.5

- (1) このリンク・コンフィギュレーションは、将来の使用のために定義されたものである。オプションであり、試験の対象ではない。
- (2) ベースバンドはルートレイズドコサインフィルタを採用する。
- (3) FEC ブロックは、非常に長い FEC ブロックを避けるため、2 つのサブブロックに分割される。
- (4) 拡散シーケンスでは 14/14 チップとする。
- (5) パディング+FEC テールビットとして与えられ、テールビットは表 6 に従う。
- (6) スプレッディングシーケンスは、annex 5 の 2.5.1 節に従うこと。
- (7) 2 つの FEC ブロックは、非整数のバイト数(FEC ブロックあたり 3788 ビット)を含む。

表 10 VHF データ交換-衛星ダウンリンク識別パラメータ

PL format	SAT-MCS-0.50-1	SAT-MCS-1.50-1	SAT-MCS-3.50-1	SAT-MCS-6.100	SAT-MCS-6.150
Link ID	25	26	27	28	29
Channel BW (kHz)	50				
Roll off filtering ⁽¹⁾	0.25				
Signal BW (kHz)	42.0			90.0	141.0
CDMA chip rate (kcp/s)	33.6	N/A		72.0	112.8
Spreading factor (chips)	8			2	
Symbol rate (kcp/s)	4.2	33.6	36.0	56.4	
Burst size (slots)	90				
Guard time (ms)	8				
Burst duration (ms)	2392.0				
Symbols/burst (symbols)	10046	80371	86112	134908	
Ramp-up/down (symbols / chips)	14/14				
Ramp-up/down (ms)	0.41/0.41				
Syncword size (symbols)	48	27	48		
Number of syncwords	10	35	32		
Total syncword symbols (symbols)	480	945	1536		
Syncword distance (symbols)	1004	2268	2690	4214	
Syncword modulation	BPSK/CDMA	π/4-QPSK (00/11)	BPSK/CDMA		
Link ID size (symbols)	0 (N/A)				
Link ID modulation	N/A	N/A	N/A		
Pilot distance (symbols)	N/A	27	N/A		
Total pilots symbols (symbols)	N/A	2940	N/A		
Net symbols/burst (symbols)	9562	76458	84546	133325	
Burst stuffing bits	0	1	2	5	
Channel bits	9562	152915	229368	84544	133320
Padding + FEC tail*** (bits)	0+10	7*(3+18)	(0+8)*19	4*(0+16)	6*(0+12)
FEC decoder input symbols (symbols)	9552	76384	76406	84480	133248
FEC decoder input bits*	9552	152768	229218	84480	133248
FEC output bits	4776	7*5456	19*6032	4*5280	6*5552
FEC output bytes	597	7*682	19*754	4*660	6*694
FEC sub-blocks	1	7	19	4	6
Modulation	BPSK/CDMA	π/4-QPSK	8-PSK	BPSK/CDMA	
FEC rate	1/2	1/4	1/2	1/4	
E _N /N ₀ on AWGN (dB)	-2.0	-2.4	5.0	-2.0	
C/(N+I) threshold (dB/Hz)	34.2	42.9	50.3	40.6	42.5

- (1) ベースバンドはルートレイズドコサインフィルタを使用する。

(2) パディング+FEC テールビットとして与えられ、テールビットは表 6 による。

表 11 VHF データ交換-衛星ダウンリンク識別パラメータ(続き)

PL format	SAT-MCS-0.50-2	SAT-MCS-0.50-3	SAT-MCS-1.50-2
Link ID	32	33	34
Channel BW (kHz)		50	
Roll off filtering ⁽¹⁾		0.25	
Signal BW (kHz)		42.0	
CDMA chip rate (kcps)	33.6	N/A	
Spreading factor (chips)	8		
Symbol rate (kps)	4.2	33.6	
Burst size (slots)		15	
Guard time (ms)		8	
Burst duration (ms)		392.0	
Symbols/burst (symbols)	1646	13171	
Ramp-up/down (symbols/chips)		14/14	
Ramp-up/down (ms)		0.41/0.41	
Syncword size (symbols)	48	48	27
Number of syncwords (symbols)	4	6	6
Total syncword symbols (symbols)	192	288	162
Syncword distance (symbols)	531	2619	2619
Syncword modulation	BPSK / CDMA	BPSK	$\pi/4$ -QPSK (00/11)
Padding (symbols)	32 for future use (not used), set to 0.1.0.1 ...		
Pilot distance (symbols)	8	N/A	27
Total pilots symbols (symbols)	180	N/A	480
Burst symbol duration ⁽²⁾ (symbols)	1641	13143	13122
Net symbols/burst (symbols)	1269	12855	12480
Channel bits	1269	12855	24960
Padding + FEC tail ⁽³⁾ (bits)	0+21	0+15	0+0
FEC decoder input symbols (symbols)	1248	12840	12480
FEC decoder input bits	1248	12840	2*12480
FEC output bits	312	4280	2*4160
FEC output bytes	39	535	1040
FEC sub-blocks	1	1	2
Modulation	BPSK/CDMA	BPSK	$\pi/4$ -QPSK
FEC rate	1/4	1/3	1/3
E_s/N_0 on AWGN (dB)	-4.5	-3.6	-0.6
$C/(N_0+B)$ threshold (dB/Hz)	31.6	41.7	44.7

(1) ベースバンドは、ルートレイズドコサインフィルタを使用すること。

(2) バーストシンボル持続時間は、ネットシンボル数/バースト+パイロットシンボル数/シンクワード シンボル数である。

(3) パディング+FEC テールビットとして与えられ、テールビットは表 6 に従う。

1.2.8: チャネル品質インジケータ

- ・ 受信局は、受信した通信の品質をフィードバックするために、CQI を報告します。CQI は、**SINR(信号対干渉ノイズ比)**の推定値に基づく。
- ・ SINR は dB 単位で表され、干渉がない場合は AWGN 環境での E_s/N_0 に相当する。
- ・ CQI は 0 から 255 までの整数値で、1 バイトを占めます。推定された SINR と CQI の関係は、次の式で表される：

$$CQI = 40 + 4 \times SINR$$
- ・ SINR が -10 dB 未満の場合、CQI は最小値の 0 になり、SINR が 53.75 dB を超える場合、CQI は最大値の 255 になる。CQI の精度は 0.25 dB であるが、実際の精度は SINR 推定の分散によって変わる。
- ・ SINR の推定は、同期語やパイロットシンボルなど既知のシンボルを使って行うことが可能。また、FEC Turbo デコーダによって訂正されたビットエラー率(BER)に基づく推定も可能。
- ・ 複数の通信に対する CQI 報告が必要な場合、CQI の平均値が計算されて報告される。

1.2.9: ビットマッピング

annex 全体で使用されているビットマッピングを図 10、11、12、13 に示す。

バイナリ位相シフトキーイング (BPSK)の変調精度要件は以下の通りである:

1. バーストにおける二乗平均平方根(RMS)誤差ベクトルは、0.15 未満であること。
2. ピーク誤差ベクトルの大きさは、どのシンボルでも 0.45 未満でなければならない。

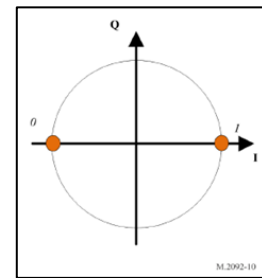


図 10 バイナリ位相シフト・キーイングのビット・マッピング

$\pi/4$ -QPSK の変調精度要件は以下の通り:

1. 任意のバーストにおける RMS 誤りベクトルが 0.1 未満であること。
2. ピーク誤差ベクトルの大きさは、どのシンボルにおいても 0.3 未満であること。

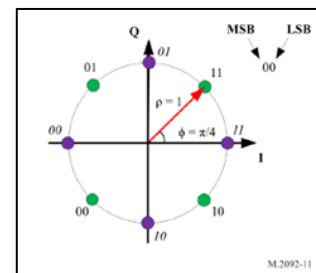


図 11 $\pi/4$ 直交位相シフト・キーイングのビット・マッピング

8-PSK の変調精度要件は以下の通り:

1. 任意のバーストにおける RMS 誤りベクトルは 0.07 未満であること。
2. ピーク誤差ベクトルの大きさは、どのシンボルにおいても 0.22 未満であること。

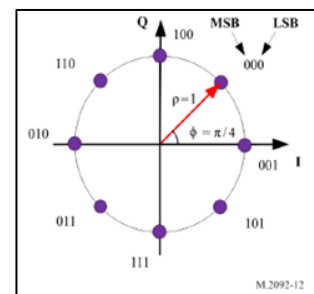


図 12 8 位相シフト・キーイング・シンボルとビットのマッピング

16-QAM の変調精度要件は以下の通り:

1. バースト内の RMS 誤りベクトルは 0.04 未満であること。
2. ピーク誤差ベクトルの大きさは、どのシンボルでも 0.1 未満でなければならない。

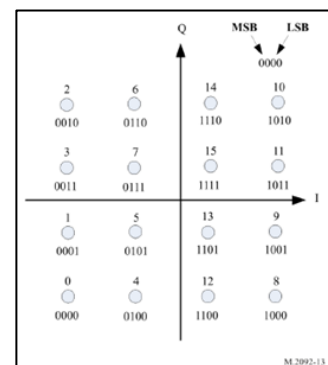
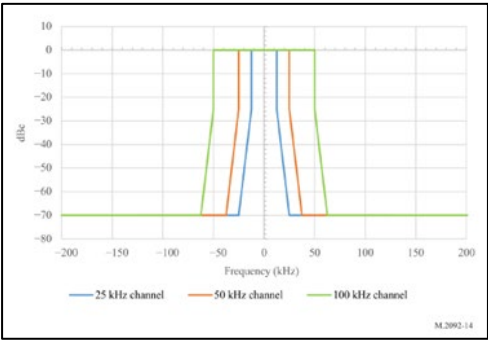


図 13 16 直交振幅変調のビット・マッピング

1.2.10:VHF データ交換システム船舶局のアンテナ利得

・ 既存の船舶 AIS アンテナを VDES に使用することができる。仰角 0 度で 2dBi の利得を持つアンテナを想定している。

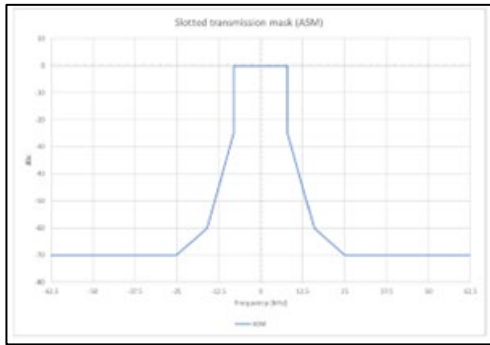
1.2.11:ノイズと干渉レベル		・ ノイズフロアは、船舶の電子機器、他の無線機器、電源など多くのソースの関数であり、感度は RF ケーブルの損失や LNA の雑音指数によっても低下する。 ・ 表 12 は、受信機の雑音指数に関する代表的な想定値を示している。 表 12 船舶受信機の雑音指数計算 <table><tr><td>アンテナ雑音温度</td><td>245.0</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA 雑音指数</td><td>6.0</td><td>dB</td></tr><tr><td>LNA 雑音温度</td><td>813.8</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA ノイズ温度</td><td>0.0</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA でのアンテナノイズ温度</td><td>245.0</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA でのシステムノイズ温度</td><td>1058.8</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA でのシステムノイズ温度</td><td>30.2</td><td>dBK</td></tr></table> * アンテナのノイズ温度は 160MHz で 245K{RD-4}	アンテナ雑音温度	245.0	K	LNA 雑音指数	6.0	dB	LNA 雑音温度	813.8	K	LNA ノイズ温度	0.0	K	LNA でのアンテナノイズ温度	245.0	K	LNA でのシステムノイズ温度	1058.8	K	LNA でのシステムノイズ温度	30.2	dBK			
アンテナ雑音温度	245.0	K																								
LNA 雑音指数	6.0	dB																								
LNA 雑音温度	813.8	K																								
LNA ノイズ温度	0.0	K																								
LNA でのアンテナノイズ温度	245.0	K																								
LNA でのシステムノイズ温度	1058.8	K																								
LNA でのシステムノイズ温度	30.2	dBK																								
1.2.12:VHF データ交換 システムの 送信機要件	1.2.12.1:船舶局の 送信電力	・ annex3 を除き、表 13 は VDES 船舶局送信機の実送スペクトラムマスクの要件を定義している(図 14 参照)。 ・ マスク測定の分解能帯域幅は 300Hz である。 表 13 送信機パラメータ <table><tr><th>送信機パラメータ</th><th>必要条件</th><th>条件</th></tr><tr><td>周波数誤差</td><td>1.5 ppm</td><td>通常状態</td></tr><tr><td>周波数誤差</td><td>3 ppm</td><td>極端</td></tr><tr><td>平均送信電力能力</td><td>最小平均電力は表 8、表 9 による。 電力許容差は通常時±1.5dB、極端な条件下では+2/-6dB である。</td><td>伝導性</td></tr><tr><td>25 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力</td><td colspan="2">$\Delta f_c < \pm 12.5 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 12.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 12.5 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: -70 dBc</td></tr><tr><td>50 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力</td><td colspan="2">$\Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 37.5 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 37.5 \text{ kHz}$ $\pm 37.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 125 \text{ kHz}$: -70 dBc</td></tr><tr><td>100 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力</td><td colspan="2">$\Delta f_c < \pm 50 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 50 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 50 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 62.5 \text{ kHz}$ $\pm 62.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 250 \text{ kHz}$: -70 dBc</td></tr><tr><td>スプリアス放射</td><td>-36 dBm -30 dBm</td><td>9 kHz to 1 GHz 1 GHz to 4 GHz</td></tr></table>	送信機パラメータ	必要条件	条件	周波数誤差	1.5 ppm	通常状態	周波数誤差	3 ppm	極端	平均送信電力能力	最小平均電力は表 8、表 9 による。 電力許容差は通常時±1.5dB、極端な条件下では+2/-6dB である。	伝導性	25 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力	$\Delta f_c < \pm 12.5 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 12.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 12.5 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: -70 dBc		50 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力	$\Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 37.5 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 37.5 \text{ kHz}$ $\pm 37.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 125 \text{ kHz}$: -70 dBc		100 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力	$\Delta f_c < \pm 50 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 50 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 50 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 62.5 \text{ kHz}$ $\pm 62.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 250 \text{ kHz}$: -70 dBc		スプリアス放射	-36 dBm -30 dBm	9 kHz to 1 GHz 1 GHz to 4 GHz
送信機パラメータ	必要条件	条件																								
周波数誤差	1.5 ppm	通常状態																								
周波数誤差	3 ppm	極端																								
平均送信電力能力	最小平均電力は表 8、表 9 による。 電力許容差は通常時±1.5dB、極端な条件下では+2/-6dB である。	伝導性																								
25 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力	$\Delta f_c < \pm 12.5 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 12.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 12.5 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: -70 dBc																									
50 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力	$\Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 37.5 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 37.5 \text{ kHz}$ $\pm 37.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 125 \text{ kHz}$: -70 dBc																									
100 kHz チャンネルにおける隣接チャンネルへの最大の漏洩電力	$\Delta f_c < \pm 50 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 50 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 50 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 62.5 \text{ kHz}$ $\pm 62.5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 250 \text{ kHz}$: -70 dBc																									
スプリアス放射	-36 dBm -30 dBm	9 kHz to 1 GHz 1 GHz to 4 GHz																								

		 図 14 送信マスク(VHF データ交換)																																	
	1.2.12.2:船舶局における等方性放射電力(仰角ごと)	- 船舶の実効等方性放射電力(EIRP)の最小値と仰角との関係を表 14 に示す。仰角 80 度以上では最小 EIRP の要件はない。 - 表 14 は、表 13 に定義された最大隣接チャネル干渉レベルを満たす線形送信機に基づいている。飽和動作の場合、EIRP は 3dB 高くなければならない。 表 14 EIRP と仰角の関係 <table border="1"> <thead> <tr> <th>船の仰角(度)</th><th>船舶アンテナ利得(dBi)</th><th>6W 送信機での最小 EIRP (dBW)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>3</td><td>10.8</td></tr> <tr><td>10</td><td>3</td><td>10.8</td></tr> <tr><td>20</td><td>2.5</td><td>10.3</td></tr> <tr><td>30</td><td>1</td><td>8.8</td></tr> <tr><td>40</td><td>0</td><td>7.8</td></tr> <tr><td>50</td><td>-1.5</td><td>6.3</td></tr> <tr><td>60</td><td>-3</td><td>4.8</td></tr> <tr><td>70</td><td>-4</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>80</td><td>-10</td><td>-2.2</td></tr> <tr><td>90</td><td>-20</td><td>-12.2</td></tr> </tbody> </table>	船の仰角(度)	船舶アンテナ利得(dBi)	6W 送信機での最小 EIRP (dBW)	0	3	10.8	10	3	10.8	20	2.5	10.3	30	1	8.8	40	0	7.8	50	-1.5	6.3	60	-3	4.8	70	-4	3.8	80	-10	-2.2	90	-20	-12.2
船の仰角(度)	船舶アンテナ利得(dBi)	6W 送信機での最小 EIRP (dBW)																																	
0	3	10.8																																	
10	3	10.8																																	
20	2.5	10.3																																	
30	1	8.8																																	
40	0	7.8																																	
50	-1.5	6.3																																	
60	-3	4.8																																	
70	-4	3.8																																	
80	-10	-2.2																																	
90	-20	-12.2																																	
	1.2.12.3:シャットダウン手順	送信機が 2 秒以上送信し続けた場合、自動送信機ハードウェアシャットダウン手順と表示が提供されるべきである。																																	
	1.2.12.4:安全上の注意事項	VDES の設置は、動作中、アンテナ端子の開回路や短絡の影響によって損傷してはならない。																																	

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

表 A-2 ASM 特有の技術特性(ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 3)

(勧告中の § 番号):(ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)		具体内容															
3.1:パラメータ	3.1.1:一般的項目	- 物理層は、オリジネータからデータリンクへのビットストリームの転送を担当する。物理層の性能要件は表 22、23、および 24 にまとめられている。 - 各パラメータの低設定値と高設定値は、他のパラメータから独立している。 表 15 最低限必要な時分割多重アクセス送信機の特性 <table border="1"> <thead> <tr> <th>パラメータ名</th><th>設定値(下限)</th><th>設定値(上限)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>チャンネル間隔(RR 付録 18(脚注付き)に従って符号化)(1) (kHz)</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr> <td>ASM 1(1) (MHz)</td><td>161.950</td><td>161.950</td></tr> <tr> <td>ASM 2(1) (MHz)</td><td>162.000</td><td>162.000</td></tr> <tr> <td>平均送信出力(W)</td><td>1</td><td>12.5</td></tr> </tbody> </table> 1) 勧告 ITU-R M.1084、Annex 4 参照	パラメータ名	設定値(下限)	設定値(上限)	チャンネル間隔(RR 付録 18(脚注付き)に従って符号化)(1) (kHz)	25	25	ASM 1(1) (MHz)	161.950	161.950	ASM 2(1) (MHz)	162.000	162.000	平均送信出力(W)	1	12.5
パラメータ名	設定値(下限)	設定値(上限)															
チャンネル間隔(RR 付録 18(脚注付き)に従って符号化)(1) (kHz)	25	25															
ASM 1(1) (MHz)	161.950	161.950															
ASM 2(1) (MHz)	162.000	162.000															
平均送信出力(W)	1	12.5															

	3.1.2:伝送メディア	- データ通信は VHF 海上移動帯域で行われる。 - データ通信は ASM 1 および/または ASM 2 チャンネルを使用する。																												
	3.1.3:マルチチャンネル運用	- ASM ステーションは、2 つの平行チャンネルで受信し、2 つの独立したチャンネルで送信できること。2 つの独立した周波数チャンネルで同時に受信するために、2 つの別々の TDMA 受信プロセスが使用されるべきである。1 つの TDMA 送信機は、以下のことを可能にするために使用される。1 つまたは 2 つの独立した周波数チャンネルで TDMA 送信を可能にする。 - ASM 伝送は 2 つの ASM チャンネル間で交互に行われるべきである。 - MITDMA リンクされた送信は同じチャンネルであるべきである。																												
3.2:送受信機特性		送信機は、表 16 および図 15 を参照し、本書で規定する特性に従って動作すること。マスク測定の分解能帯域幅は 300Hz である。 表 16 最低限必要な時分割多重アクセス送信機特性 <table><tr><th></th><th>必要条件</th></tr><tr><td>キャリア電力エラー</td><td>±1.5 dB</td></tr><tr><td>搬送波周波数誤差 (正常)</td><td>1.5 ppm</td></tr><tr><td>キャリア周波数誤差 (極端)</td><td>3.0 ppm</td></tr><tr><td>スロット変調マスク</td><td>$\Delta f_c < \pm 8 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 8 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 16 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 8 \text{ kHz}$ and -60 dBc at $\pm 16 \text{ kHz}$ $\pm 16 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: below the straight line between -60 dBc at $\pm 16 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: -70 dBc</td></tr><tr><td>スプリアス放射</td><td>-36 dBm: 9 kHz ... 1 GHz -30 dBm: 1 GHz ... 4 GHz</td></tr></table>  図 15 アプリケーション固有のメッセージ・スロット変調マスク 表 17 順方向誤り訂正なしの最低限必要な時分割多重アクセス受信機特性 <table><tr><th>受信パラメータ</th><th>必要条件</th></tr><tr><td>感度</td><td>20% PER @ -107 dBm</td></tr><tr><td>高入力レベルにおけるエラー動作</td><td>1% PER @ -77 dBm 1% PER @ -7 dBm</td></tr><tr><td>隣接チャンネル選択性</td><td>20% PER @ 70 dB</td></tr><tr><td>スプリアス応答除去</td><td>20% PER @ 70 dB</td></tr><tr><td>相互変調応答除去</td><td>20% PER @ 71 dB</td></tr><tr><td>スプリアス放射</td><td>-36 dBm: 9 kHz ... 1 GHz -30 dBm: 1 GHz ... 4 GHz</td></tr><tr><td>ブロッキング</td><td>20% PER @ 86 dB</td></tr></table>		必要条件	キャリア電力エラー	±1.5 dB	搬送波周波数誤差 (正常)	1.5 ppm	キャリア周波数誤差 (極端)	3.0 ppm	スロット変調マスク	$\Delta f_c < \pm 8 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 8 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 16 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 8 \text{ kHz}$ and -60 dBc at $\pm 16 \text{ kHz}$ $\pm 16 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: below the straight line between -60 dBc at $\pm 16 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: -70 dBc	スプリアス放射	-36 dBm: 9 kHz ... 1 GHz -30 dBm: 1 GHz ... 4 GHz	受信パラメータ	必要条件	感度	20% PER @ -107 dBm	高入力レベルにおけるエラー動作	1% PER @ -77 dBm 1% PER @ -7 dBm	隣接チャンネル選択性	20% PER @ 70 dB	スプリアス応答除去	20% PER @ 70 dB	相互変調応答除去	20% PER @ 71 dB	スプリアス放射	-36 dBm: 9 kHz ... 1 GHz -30 dBm: 1 GHz ... 4 GHz	ブロッキング	20% PER @ 86 dB
	必要条件																													
キャリア電力エラー	±1.5 dB																													
搬送波周波数誤差 (正常)	1.5 ppm																													
キャリア周波数誤差 (極端)	3.0 ppm																													
スロット変調マスク	$\Delta f_c < \pm 8 \text{ kHz}$: 0 dBc $\pm 8 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 16 \text{ kHz}$: below the straight line between -25 dBc at $\pm 8 \text{ kHz}$ and -60 dBc at $\pm 16 \text{ kHz}$ $\pm 16 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$: below the straight line between -60 dBc at $\pm 16 \text{ kHz}$ and -70 dBc at $\pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5 \text{ kHz}$: -70 dBc																													
スプリアス放射	-36 dBm: 9 kHz ... 1 GHz -30 dBm: 1 GHz ... 4 GHz																													
受信パラメータ	必要条件																													
感度	20% PER @ -107 dBm																													
高入力レベルにおけるエラー動作	1% PER @ -77 dBm 1% PER @ -7 dBm																													
隣接チャンネル選択性	20% PER @ 70 dB																													
スプリアス応答除去	20% PER @ 70 dB																													
相互変調応答除去	20% PER @ 71 dB																													
スプリアス放射	-36 dBm: 9 kHz ... 1 GHz -30 dBm: 1 GHz ... 4 GHz																													
ブロッキング	20% PER @ 86 dB																													

3.3:変調方式	- ベース変調はリンク ID によって定義される(表 7 参照)。 - 変調ビットのマッピングについては、annex2 を参照のこと。
3.4:データ送信時のビットレート	伝送ビットレートは$\pi/4$-QPSK で 19.2kbit/s$\pm$10ppm とする。
3.5:フレーム構造	フレーム構造の一般的な定義については、annex2 を参照のこと。
3.6:信号情報	信号情報は、表 7 に定義されたリンク ID に従って変調方式と符号化を選択する。
3.7 前方誤り訂正とビットスクランブル	- 順方向誤り訂正が使用される場合、annex 2 で定義されるとおりに使用される。インターリーブおよびビットスクランブルは、信号情報において指定された FEC によって定義されたとおりに使用される。 - FEC がいない場合は、annex 2 に従ったビットスクランブルを実施する。
3.8 送信機の過渡応答	- 送信状態から受信状態、受信状態から送信状態への切り替えにかかる時間は、送信ランプアップとランプダウンを超えてはならない(付属書 2 の§1.2.3.1 参照)。自身の送信の後または前に、スロットから直接メッセージを受信することが可能であるべきである。 - チャンネル切替動作中は送信できないこと。
3.9 送信機電力	- 電力レベルはリンク層のリンク管理システム(LME)によって決定される。 - アプリケーションによっては、2 種類の公称電力レベル(高電力、低電力)を用意する必要がある。ASM 無線局のデフォルト動作は、高電力レベルであるべきである。 2つの電力設定の公称レベルは 1W(平均電力)と 12.5W(平均電力)であるべきであり、公差は± 1.5dB 以内であるべきである。

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

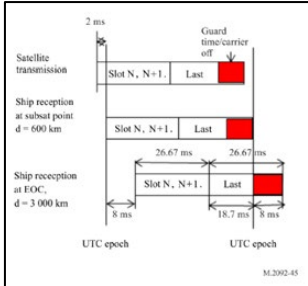
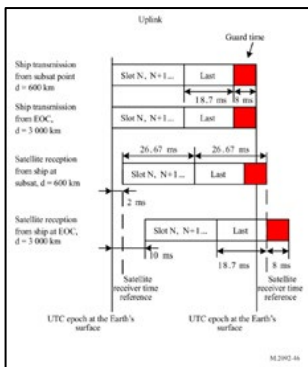
表 A-3 地上 VDE 特有の技術特性(ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 4)

(勧告中の S 番号):(ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)		具体内容																										
3.1:通信範囲		地上 VDE の通信範囲は通常 20～50NM。																										
3.2:送信機設定		移動局の送信機パラメータ設定については、annex 2(VDE 共通条件) を参照のこと。																										
3.3:アンテナ		annex2 を参照のこと。																										
3.4 変調	3.4.1:波形	波形は annex2 に定義されている。																										
	3.4.2:ビットマッピング	ビットマッピングについては、annex2 を参照のこと。																										
3.5:感度		・ VDE はスペクトル効率とスループットを最大化するために適応変調と符号化を使用する。 ・ 対応する変調方式の感度を表 32 に示す。 表 32 感度 <table><tr><th rowspan="2">受信 パラ メータ</th><th colspan="6">必要条件</th></tr><tr><th>LinkID 11</th><th>LinkID 13</th><th>LinkID 14</th><th>LinkID 16</th><th>LinkID 17</th><th>LinkID 19</th></tr><tr><td>感度</td><td>1% PER @ -111 dBm</td><td>1% PER @ -108 dBm</td><td>1% PER @ -108 dBm</td><td>1% PER @ -105 dBm</td><td>1% PER @ -105 dBm</td><td>1% PER @ -102 dBm</td></tr></table>							受信 パラ メータ	必要条件						LinkID 11	LinkID 13	LinkID 14	LinkID 16	LinkID 17	LinkID 19	感度	1% PER @ -111 dBm	1% PER @ -108 dBm	1% PER @ -108 dBm	1% PER @ -105 dBm	1% PER @ -105 dBm	1% PER @ -102 dBm
受信 パラ メータ	必要条件																											
	LinkID 11	LinkID 13	LinkID 14	LinkID 16	LinkID 17	LinkID 19																						
感度	1% PER @ -111 dBm	1% PER @ -108 dBm	1% PER @ -108 dBm	1% PER @ -105 dBm	1% PER @ -105 dBm	1% PER @ -102 dBm																						
3.6:シンボルタイミング精度		annex2 を参照のこと。																										
3.7:送信機タイミングジッタ		annex2 を参照のこと。																										
3.8:出力時のスロット送信精度		annex2 を参照のこと。																										
3.9:フレーム構造		annex2 を参照のこと。																										

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

表 A-4 衛星 VDE 特有の技術特性(ITU-R 勧告 M.2092-1 Annex 5)

(勧告中の § 番号):(ITU-R 勧告 M.2092 における項目名)	具体内容
---------------------------------------	------

2.1:衛星ダウンリンクの際の PFD マスク(※Annex 1)		VDE-TER(地上通信)と VDE-SAT(衛星通信)の相互運用性および互換性を確保するために、pfd マスクが以下の式で記述される。θ°は地球の地平線の方角と衛星の方角との間の角度を表す。 $\theta^\circ = \text{earth to satellite elevation angle}$$PFD(\theta^\circ)_{(\text{dBW}/(\text{m}^2 \cdot 4 \text{ kHz}))} = \begin{cases} -149 + 0.16 \cdot \theta^\circ & 0^\circ \leq \theta < 45^\circ; \\ -142 + 0.53 \cdot (\theta^\circ - 45^\circ) & 45^\circ \leq \theta < 60^\circ; \\ -134 + 0.1 \cdot (\theta^\circ - 60^\circ) & 60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ. \end{cases}$
2.1:衛星 VDES における重要パラメータ	2.1.1 衛星から地表までの距離範囲	- 軌道の高さによって衛星の航続距離の変動が決まる。例えば、600km の LEO の場合、最大範囲は 2 830km である。タイミングを計るためには、3,000km の最大レンジが使用される。 - 最小レンジは軌道高度に等しい。高度 600km の LEO 衛星の場合、最小範囲は 600km となる。この値は、最小伝搬遅延時間を決定するために使用される。 - 最小範囲と最大範囲についてこれらの例示的な値を考慮すると、経路遅延は、図 45 と 図 46 に示すように、2 ms から 10 ms、8 ms の範囲で変化する。 - VDE-SAT のダウンリンクでは、異なる衛星からの信号受信間の相対遅延に加えて、信号処理遅延などの他の原因による絶対遅延が発生する可能性がある。衛星サービスプロバイダは、UTC エポックの 2 ミリ秒前にパケットを送信し、UTC エポックの 2~8 ミリ秒後にパケットを受信することにより、絶対遅延を事前に補償する必要がある。これにより、半二重衛星は受信から送信に切り替わるときに 1 スロットを失うことになる。  図 45 VHF データ交換- 衛星ダウンリンク・タイミング  図 46 VHF データ交換- 衛星アップリンク・タイミング
	2.1.2 衛星送信キャリア周波数誤差	- 衛星での送信キャリア周波数誤差は 1ppm 未満、すなわち$\pm 160\text{Hz}$ でなければならない。 - LEO 衛星は約 8km/s の速度で移動するため、VHF では最大$\pm 4\text{kHz}$ のドップラーが発生する。
	2.1.3 船舶局送信機の要件	船舶局送信機の要件については、annex 2 を参照のこと。
	2.1.4 船舶局アンテナ利得	船舶局のアンテナ利得については、annex 2 を参照のこと。
	2.1.5 船舶局の雑音 + 干渉レベル	船舶局のノイズ + 干渉レベルについては、annex2 を参照のこと。
	2.1.6 衛星アンテナ特性	- 衛星用アンテナの例として、3 つのエレメントで構成される円偏波八木アンテナを使用する。図 47 は八木アンテナのメインローブが地球の水平線に向いている様子を示している。細い実線は衛星からの視野を示すが、通信可能エリアは八木アンテナのメインローブ内に限定される。 - 衛星のカバーエリアと視認時間のほとんどは低い仰角にあり、高い仰角のカバーエリアはシステムの容量を大きく損なうことなく犠牲にすることができる。ピークアンテナ利得を 8dBi と仮定すると、衛星アンテナ利得対船舶

仰角および直下オフセット角は表 53 に示される。VDE-TER がカバーするエリアの上空において、VDE-SAT のダウンリンクの放射が§2.1, Annex 1 に規定された pfd-mask 制限内に収まるようにアンテナのポインティングと EIRP を設定することは、VDE-SAT 衛星運用者の責任である。

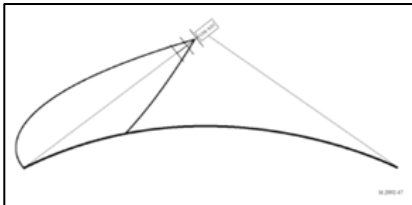


図 47 八木アンテナとそのメインローブが地球の地平線に向けられる様子を示す図

表 53 衛星アンテナの利得と船の仰角、直下オフセット角、ボアサイトオフセット角の関係

船舶仰角(度)	直下オフセット角(度)	ボアサイトオフセット角(度)	衛星アンテナ利得(dBi)
0	66.1	0	8
10	64.2	1.9	8
20	59.2	6.9	8
30	52.3	13.8	7.8
40	44.4	21.7	6.9
50	36	30.1	5.5
60	27.2	38.9	3.6
70	18.2	47.9	0.7
80	9.1	57	-2.2
90	0	66.1	-5.5

2.2 VHF データ交換-衛星コンポーネントダウンリンクの技術特性

2.2.1 衛星ダウンリンク等価等方性放射電力

・ VDE-TER と VDE-SAT 間の相互運用性と互換性を確保するための pfd-mask は、§2.1, annex 1 に規定されている。

・ 表 54 は、このマスクの仰角の関数としての理論上の最大衛星 EIRP を示す。

表 54 仰角の関数としての衛星の最大実効等方性放射電力

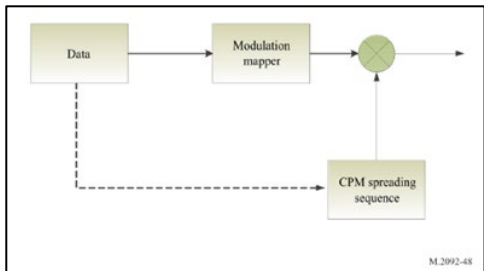
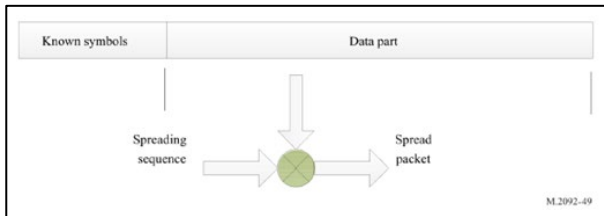
船の仰角 q(度)	地上 pfd マスク (dB(W/(m ² -4 kHz))	衛星到達距離 (km)	距離の逆二乗 (dB)	衛星アンテナ上の pfd マスク (dB(W/(m ² -4 kHz))	最大衛星速度。			
					dBW /4 Hz	dBW/ 50 kHz	dBW/ 100 kHz	dBW/ 150 kHz
0	— 149.0	2 829	— 129.0	-20.0	-9.0	2.0	5.0	6.8
10	— 147.4	1 932	— 125.7	-21.7	— 10.7	0.3	3.3	5.1
20	— 145.8	1 392	— 122.9	-22.9	— 11.9	-1.0	2.0	3.8
30	— 144.2	1 075	— 120.6	-23.6	— 12.6	-1.6	1.4	3.2
40	— 142.6	882	— 118.9	-23.7	— 12.7	-1.7	1.3	3.0
50	—	761	—	-21.7	—	0.2	3.2	5.0

		139.4		117.6		10.7			
	60	— 134.0	683	— 116.7	−17.3	−6.3	4.7	7.7	9.4
	70	— 133.0	635	— 116.1	−16.9	−6.0	5.0	8.0	9.8
	80	— 132.0	608	— 115.7	−16.3	−5.3	5.6	8.7	10.4
	90	— 131.0	600	— 115.6	−15.4	−4.4	6.5	9.5	11.3
2.2.2 VHF データ 交換衛星コンポー ネントダウンリンク 受信閾値	・ VDES は、実際のリンク品質に基づいて適応符号化と変調を行うことで、周波数効率を最大化する。初期システムアクセスは、スペクトラム拡散、低ビットレート、強力な FEC の組み合わせで行われる。VDE-SAT は annex2 で定義された波形を使用する。ガウスチャネルでの閾値 C/N0 は推定されている。								
2.2.3 VHF データ 交換衛星コンポー ネント・ダウンリン ク・バジェット	・ 50kHz チャンネルの仰角に対する VDE-SAT ダウンリンクの公称信号レベル C/N ₀ および C/(N ₀ +I ₀)は、2.1.6 節に記述した衛星アンテナについて表 56 に示す。50kHz チャンネルでは 42kHz の信号帯域幅を使用することができ、衛星送信機の RF 出力電力は -10.2dBW となる。パスロスの計算には 161.912 5 MHz の送信周波数が使用される。船舶アンテナの最大利得は 3dBi で、システム雑音温度は annex2 に示すように 30.2dBK である。ノイズ密度レベル(N0)は-168.4 dBm/Hz となる。 ・ 船上では、IEC 61993 に記載されているように、50kHz チャンネルで-114.0dBm までノイズプラス干渉レベル(N+I)を上げることができるノイズと干渉源が追加される可能性がある。これは-161dBm/Hz のノイズ＋干渉密度レベル(N0+I0)に相当する。 ・ 表 56 に示すリンクバジェットは理論値であり、ITU-R 勧告 M.2435-0 報告書の § 3.1 に記載されているマルチパスなどの伝搬効果は考慮されていない。								

表 56 VHF データ交換-衛星コンポーネント・ダウンリンク・バジェット
(仰角の関数として)

船舶の 仰角 (度)	円偏 波で の衛 星 EIRP (dBW)	衛星 到達 距離 (km)	パス ロス (dB)	偏 波 損 失 (dB)	船舶 アン テナ 利得 (dBi)	LNA で のキャ リアレ ベル (50kHz で dBm)	C/N0 (dBHz)	C/(N0+I0) (dBHz)
0	−2.2	2 829	145.7	3	3	— 117.8	50.5	43.2
10	−2.2	1 932	142.4	3	3	— 114.5	53.8	46.5
20	−2.2	1 392	139.5	3	2.5	— 112.2	56.2	48.8
30	−2.4	1 075	137.3	3	1	— 111.6	56.7	49.4
40	−3.3	882	135.5	3	0	— 111.8	56.5	49.2
50	−4.7	761	134.3	3	−1.5	— 113.4	54.9	47.6
60	−6.6	683	133.3	3	−3	— 115.9	52.5	45.1
70	−9.5	635	132.7	3	−4	— 119.1	49.2	41.8
80	−12.4	608	132.3	3	−10	— 127.7	40.7	33.3

		<table><tr><td>90</td><td>-15.7</td><td>600</td><td>132.2</td><td>3</td><td>-20</td><td>-</td><td>27.5</td><td>20.1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>140.9</td><td></td><td></td></tr></table>	90	-15.7	600	132.2	3	-20	-	27.5	20.1							140.9																																																							
90	-15.7	600	132.2	3	-20	-	27.5	20.1																																																																	
						140.9																																																																			
2.3 VHF データ交換衛星コンポーネント上りリンクの技術特性	2.3.1 VHF データ交換衛星コンポーネント・アップリンクの受信閾値	VDES は、実際のリンク品質に基づいて適応符号化と変調を行うことで、周波数効率を最大化する。初期システムアクセスは、スペクトラム拡散、低ビットレート、強力な FEC の組み合わせで行われる。VDE-SAT は annex 2 で定義された波形を使用する。ガウスチャネルでの閾値 C/N0 と C/(N+I)が推定されている。																																																																							
	2.3.1.1 衛星システムノイズ温度	衛星受信機のノイズ温度を表 57 に示す。外部干渉がないと仮定した場合のシステムノイズ温度は 25.7 dBK である。 <table><caption>表 57 衛星受信システムのノイズ温度</caption><tr><td>アンテナノイズ温度</td><td>200.0</td><td>K</td></tr><tr><td>フィードロス</td><td>1.0</td><td>dB</td></tr><tr><td>LNA 雑音指数</td><td>2.0</td><td>dB</td></tr><tr><td>LNA 雑音温度</td><td>159.7</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA でのフィードロス雑音温度</td><td>56.1</td><td>K</td></tr><tr><td>アンテナ雑音温度</td><td>158.9</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA でのシステムノイズ温度</td><td>374.7</td><td>K</td></tr><tr><td>LNA でのシステムノイズ温度</td><td>25.7</td><td>dBK</td></tr><tr><td>固有雑音電力密度</td><td>-202.9</td><td>dBW/Hz</td></tr></table>	アンテナノイズ温度	200.0	K	フィードロス	1.0	dB	LNA 雑音指数	2.0	dB	LNA 雑音温度	159.7	K	LNA でのフィードロス雑音温度	56.1	K	アンテナ雑音温度	158.9	K	LNA でのシステムノイズ温度	374.7	K	LNA でのシステムノイズ温度	25.7	dBK	固有雑音電力密度	-202.9	dBW/Hz																																												
アンテナノイズ温度	200.0	K																																																																							
フィードロス	1.0	dB																																																																							
LNA 雑音指数	2.0	dB																																																																							
LNA 雑音温度	159.7	K																																																																							
LNA でのフィードロス雑音温度	56.1	K																																																																							
アンテナ雑音温度	158.9	K																																																																							
LNA でのシステムノイズ温度	374.7	K																																																																							
LNA でのシステムノイズ温度	25.7	dBK																																																																							
固有雑音電力密度	-202.9	dBW/Hz																																																																							
2.3.1.2 VHF データ交換衛星コンポーネント上りリンクバジェット	表 58 は、2.1.6 節で説明した衛星アンテナを使用した 50kHz チャネルの仰角に対する VDE-SAT アップリンクのリンクバジェットを示している。50kHz チャネルでは、42kHz の信号帯域幅を使用することができる。船舶アンテナの最大利得は 3dBi、船舶端末の出力電力は annex 2 の通り 6W である。VDE-SAT アップリンクで利用可能なさまざまなリンク構成では、船舶端末の平均出力レベルは 6W から 12.5W の範囲であることに注意すること。パスロスの計算には、161.9125 MHz の送信周波数が使用される。衛星受信機のノイズレベルは、2.3.2 節で規定されているように、-202.9 dBW/Hz である。表 58 のリンクバジェットは理論的なものであり、マルチパスなどの伝搬効果 (ITU-R 勧告 M.2435-0 報告書の annex1 の 2.1 節で文書化されている)や、同じ周波数帯域で動作する他のサービスからの干渉は考慮されていない。 <table><caption>表 58 VHF データ交換-衛星コンポーネント上りリンクバジェット</caption><tr><th>船の仰角 (度)</th><th>船舶アンテナ利得 (dBi)</th><th>船舶 EIRP (dBW)</th><th>偏波損失 (dB)</th><th>経路長 (km)</th><th>パスロス (dB)</th><th>衛星アンテナ利得 (dBi)</th><th>フィードロスを含む LNA でのキャリアレベル (dBW)</th><th>C/N0 (dBHz)</th></tr><tr><td>0.0</td><td>3.0</td><td>10.8</td><td>3.0</td><td>2829</td><td>145.7</td><td>8.0</td><td>-130.9</td><td>72.0</td></tr><tr><td>10.0</td><td>3.0</td><td>10.8</td><td>3.0</td><td>1932</td><td>142.4</td><td>8.0</td><td>-127.6</td><td>75.3</td></tr><tr><td>20.0</td><td>2.5</td><td>10.3</td><td>3.0</td><td>1392</td><td>139.5</td><td>8.0</td><td>-125.2</td><td>77.6</td></tr><tr><td>30.0</td><td>1.0</td><td>8.8</td><td>3.0</td><td>1075</td><td>137.3</td><td>7.8</td><td>-124.7</td><td>78.2</td></tr><tr><td>40.0</td><td>0.0</td><td>7.8</td><td>3.0</td><td>882</td><td>135.5</td><td>6.9</td><td>-124.9</td><td>78.0</td></tr><tr><td>50.0</td><td>-1.5</td><td>6.3</td><td>3.0</td><td>761</td><td>134.3</td><td>5.5</td><td>-126.5</td><td>76.4</td></tr><tr><td>60.0</td><td>-3.0</td><td>4.8</td><td>3.0</td><td>683</td><td>133.3</td><td>3.6</td><td>-128.9</td><td>73.9</td></tr></table>	船の仰角 (度)	船舶アンテナ利得 (dBi)	船舶 EIRP (dBW)	偏波損失 (dB)	経路長 (km)	パスロス (dB)	衛星アンテナ利得 (dBi)	フィードロスを含む LNA でのキャリアレベル (dBW)	C/N0 (dBHz)	0.0	3.0	10.8	3.0	2829	145.7	8.0	-130.9	72.0	10.0	3.0	10.8	3.0	1932	142.4	8.0	-127.6	75.3	20.0	2.5	10.3	3.0	1392	139.5	8.0	-125.2	77.6	30.0	1.0	8.8	3.0	1075	137.3	7.8	-124.7	78.2	40.0	0.0	7.8	3.0	882	135.5	6.9	-124.9	78.0	50.0	-1.5	6.3	3.0	761	134.3	5.5	-126.5	76.4	60.0	-3.0	4.8	3.0	683	133.3	3.6	-128.9	73.9
船の仰角 (度)	船舶アンテナ利得 (dBi)	船舶 EIRP (dBW)	偏波損失 (dB)	経路長 (km)	パスロス (dB)	衛星アンテナ利得 (dBi)	フィードロスを含む LNA でのキャリアレベル (dBW)	C/N0 (dBHz)																																																																	
0.0	3.0	10.8	3.0	2829	145.7	8.0	-130.9	72.0																																																																	
10.0	3.0	10.8	3.0	1932	142.4	8.0	-127.6	75.3																																																																	
20.0	2.5	10.3	3.0	1392	139.5	8.0	-125.2	77.6																																																																	
30.0	1.0	8.8	3.0	1075	137.3	7.8	-124.7	78.2																																																																	
40.0	0.0	7.8	3.0	882	135.5	6.9	-124.9	78.0																																																																	
50.0	-1.5	6.3	3.0	761	134.3	5.5	-126.5	76.4																																																																	
60.0	-3.0	4.8	3.0	683	133.3	3.6	-128.9	73.9																																																																	

			70.0	-4.0	3.8	3.0	635	132.7	0.7	-132.2	70.7				
			80.0	-10.0	-2.2	3.0	608	132.3	-2.2	-140.7	62.1				
			90.0	-20.0	-12.2	3.0	600	132.2	-5.5	-153.9	48.9				
2.4 ビットマッピング			ビットマッピングについては、annex2 を参照のこと。												
2.5 拡散	2.5.1 定包絡線によるスペクトラム拡散	定包絡線による直接シーケンス拡散は、R. Mueller, On Random CDMA with Constant Envelope, IS IT 2011 に含まれる拡散戦略に従って実装することができる。これは、線形変調(データ変調用の BPSK や QPSK など)の使用を可能にしながら、一定のエンベロープ信号を生成する方法を提供する。このアプローチでは、連続位相変調(CPM)拡散シーケンスは、あるシンボルから次のシンボルへの遷移においても、拡散シンボルが準連続位相を維持するように選択される。CPM 拡散の原理を図 48 に示す。  図 48 連続位相変調の拡散原理 データシンボル遷移時の位相不連続を回避するために、提案されたソリューションは、変調データに応じて拡散シーケンスを適応させることである。言い換えれば、各シンボルのエッジにおける CPM 拡散シーケンスは、位相不連続を回避または最小化するために、新しい入力変調シンボル値に応じて適応される。このようなソリューションでは、受信機は使用された CPM 拡散シーケンスのエッジシンボル部分を知らないため、受信機で小さな損失が発生する。拡散係数(SF)が 16 以上の場合、この問題によって受信機が経験する相関損失は 0.25dB 未満である。したがって、SF=16 以上を使用すれば、従来の拡散に対する性能損失はごくわずかである。  図 49 連続位相変調における拡散の提案													
	2.5.2 ダウンリンク波形に対する直接シーケンス拡散	掲示板に使用する波形は、2つの衛星から受信した信号の重なりを検出できるようにする。SS0 と SS1 と名付けられた 2つのゴールド拡散コード・シーケンスは、オーバーラップ波形の遅延バージョンと周波数シフト・バージョン間の相互相関を低減するために選択される。SS0 と SS1 は、表 59 にバイト指向の 16 進文字列として示されている。最初のバイト、拡散シーケンス SS0 のビットシーケンス「00000100」は、バーストの最初の同期ワードビットを 8 チップに拡散するために使用される。 表 59 拡散シーケンス <table><tr><th>名称</th><th>拡散シーケンス</th></tr><tr><td>SS0</td><td>04-61-4F-29-8E-A3-63-13-B4-81-44-3D-35-C9-BC-DF-06-05-D3-3E-A3-13-DE-DA-C9-37-F6-C0-2D-5A-81-B7-ED-4B-43-77-31-0D-DF-99-1C-49-E1-71-31-C1-12-30-58-9E-80-9E-AC-E7-83-AB-D8-9A-AD-24-56-89-BB-C2-37-EA-DB-49-F8-4D-80-B9-2C-E3-F1-98-1C-86-06-45-4C-31-25-68-6A-3F-1F-</td></tr></table>										名称	拡散シーケンス	SS0	04-61-4F-29-8E-A3-63-13-B4-81-44-3D-35-C9-BC-DF-06-05-D3-3E-A3-13-DE-DA-C9-37-F6-C0-2D-5A-81-B7-ED-4B-43-77-31-0D-DF-99-1C-49-E1-71-31-C1-12-30-58-9E-80-9E-AC-E7-83-AB-D8-9A-AD-24-56-89-BB-C2-37-EA-DB-49-F8-4D-80-B9-2C-E3-F1-98-1C-86-06-45-4C-31-25-68-6A-3F-1F-
名称	拡散シーケンス														
SS0	04-61-4F-29-8E-A3-63-13-B4-81-44-3D-35-C9-BC-DF-06-05-D3-3E-A3-13-DE-DA-C9-37-F6-C0-2D-5A-81-B7-ED-4B-43-77-31-0D-DF-99-1C-49-E1-71-31-C1-12-30-58-9E-80-9E-AC-E7-83-AB-D8-9A-AD-24-56-89-BB-C2-37-EA-DB-49-F8-4D-80-B9-2C-E3-F1-98-1C-86-06-45-4C-31-25-68-6A-3F-1F-														

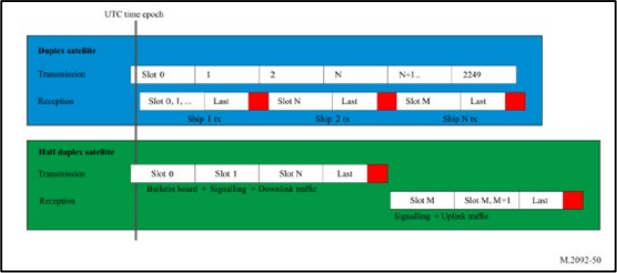
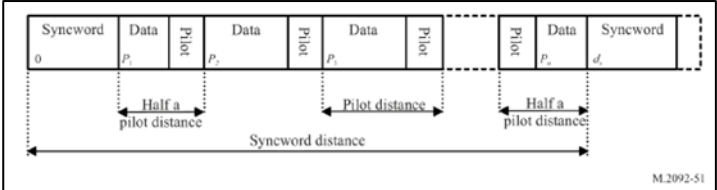
		9B-62-CC-2D-42-4B-E1-9F-2C-0F-F0-84-4F-31-3C-B4-40-05-B6-FD-D2-D4-E8-63-A9-56-62-B6-08-80-DA-DD-07-AA-37-76-C7-8A-81-81-BD-95-31-79-E4-0D-EB-92-8C-A4-D1-A6-FF-45-47-C7-F9-09-D1-D2-2C-46-02-B1-B5-B2-83-6B-57-D0-BF-C3-4C-D6-2A-26-0A-EB-C1-D8-58-49-0A-FB-CF-DA-62-FD-41-60-FD-F7-0F-A2-8E-A4-90-B0-AD-37-FD-2E-E4-2B-75-E6-46-63-AB-FA-55-24-3D-93-CF-4E-72-CE-02-38-B7-77-95-97-30-86-7E-24-2E-80-81-C2-97-26-32-2A-71-90-CB-36-79-17-A5-D4-49-36-04-21-5F-1E-54-A2-88-D6-62-AD-E0-47-61-A7-89-ED-81-34-88-1A-D0-BE-5A SS1 41-0B-57-66-A0-D1-94-36-C2-94-8C-60-10-FF-81-06-51-84-E3-80-EB-FE-B5-C2-26-5D-AE-A7-12-22-D2-94-18-CF-31-C0-3C-6A-C0-F5-47-EF-46-F6-02-BE-C2-22-53-DA-4A-62-8D-73-7B-48-B5-41-FB-E5-EE-62-D3-1B-40-7F-E3-72-E2-A3-AA-69-1E-FC-BD-D7-B2-A4-D3-75-72-29-EA-16-3A-DD-72-E0-70-27-05-B3-2D-7E-03-11-96-8F-14-75-2B-72-DA-BA-A7-B3-BF-DB-91-62-17-DD-E2-AE-49-E8-8C-DD-5E-36-54-F7-CE-8C-A6-72-66-32-A3-4C-88-A2-86-7F-2A-47-D8-00-54-38-7E-3D-15-CA-56-15-C8-A2-50-CB-0C-5C-FB-0E-9C-12-9A-B3-84-E7-F6-DE-42-B4-23-7C-91-55-EE-6D-A4-8B-90-CE-FE-C0-D0-13-9D-F7-81-9B-4C-D9-9D-1E-58-27-38-AD-C6-BE-BA-83-99-E9-93-2C-B7-C6-11-7E-40-D4-49-91-03-4D-F5-84-DD-BC-91-F7-11-92-E9-38-29-5F-BB-6F-2F-53-A5-97-33-FB-66-D3-41-D1-49-34-5F-6F-C0-20-56-6C-38-88-05-E1-47-C1-E3-A3-7D-9B-3A-CE-F1-78-1F-1E リンク ID28 と 29 で識別されるダウンリンクバースト波形には、直接拡散シーケンス「0010」が適用される。このシーケンスは優れた自己相関特性を持つ。バーストの第 1 ビットは「00」、第 2 ビットは「10」、第 3 ビットは再び「00」で拡散され、拡散シーケンスが周期的に繰り返される。バーストビットと 2×2 の拡散シーケンスビットの間で XOR が行われ、得られたチップシーケンスは通常の BPSK ビットからシンボルへのマッピングによって値にマッピングされる。
2.6 ベースバンド・シェーピングと直交変調	シンボルのベースバンド・シェーピングについては、annex2 を参照のこと。	
2.7 送信タイミング精度	伝送精度の数値については、annex2 を参照のこと。	
2.8 半二重衛星と全二重衛星	システムは、図 50 に示すように、半二重衛星と全二重衛星の両方に設定できる。  図 50 半二重および全二重衛星動作	
2.9 フレーム構造	フレームと送信バーストの構造については、annex2 を参照のこと。	
2.10 パイロットとシンクワードシンボルの位置と変調	パイロットシンボルは、VDE-SAT のアップリンクおよびダウンリンク PL バースト波形の一部で使用される。パイロット・シンボルとは、コンステレーション・ポイント $(1 + \sqrt{10}j)/2$ にマッピングされたユニティ・パワーの単一シンボルである。図 51 に、一様反復シンクワードと規則的に分布する単一パイロット・シンボルの両方を含む一般的なバースト構造を示す。 	

	図 51 反復同期ワードと分散シングル・パイロット・ シンボルを持つ一般的な PL バースト構造
--	---

出所)ITU-R 勧告 M.2092-1 に基づいて三菱総合研究所作成

令和6年度周波数ひっ迫対策技術試験事務のうち「次世代 GMDSS 海上無線機器の技術的条件に関する調査検討」の請負
報告書

2025 年 3 月

株式会社三菱総合研究所
モビリティ・通信事業本部
TEL (03)6858-3729