

航法システム研究会2021年度春季研究会
日本航海学会

衛星VDESの技術的側面について

1. 衛星VDESの導入
2. 衛星VDESの利用技術
3. VDESの技術特性

2021年5月28日

宮寺 好男（正会員）
技術士（電気電子部門）

マリンシステム事業部 企画推進部 事業企画グループ

 **日本無線株式會社**

1. 衛星VDESの導入

1.1 海上VHF(国際VHF)の無線通信

VHF帯海上移動通信

海上無線通信において、入出港時の連絡や付近を航行する他の船舶との通話に頻繁に用いられているのが156-162 MHzの周波数帯(海上VHF、日本では国際VHFと呼ばれている)を用いた無線電話であり、一般の通話だけでなく、遭難、緊急及び安全のための呼出、応答及び通報にも使用されている。

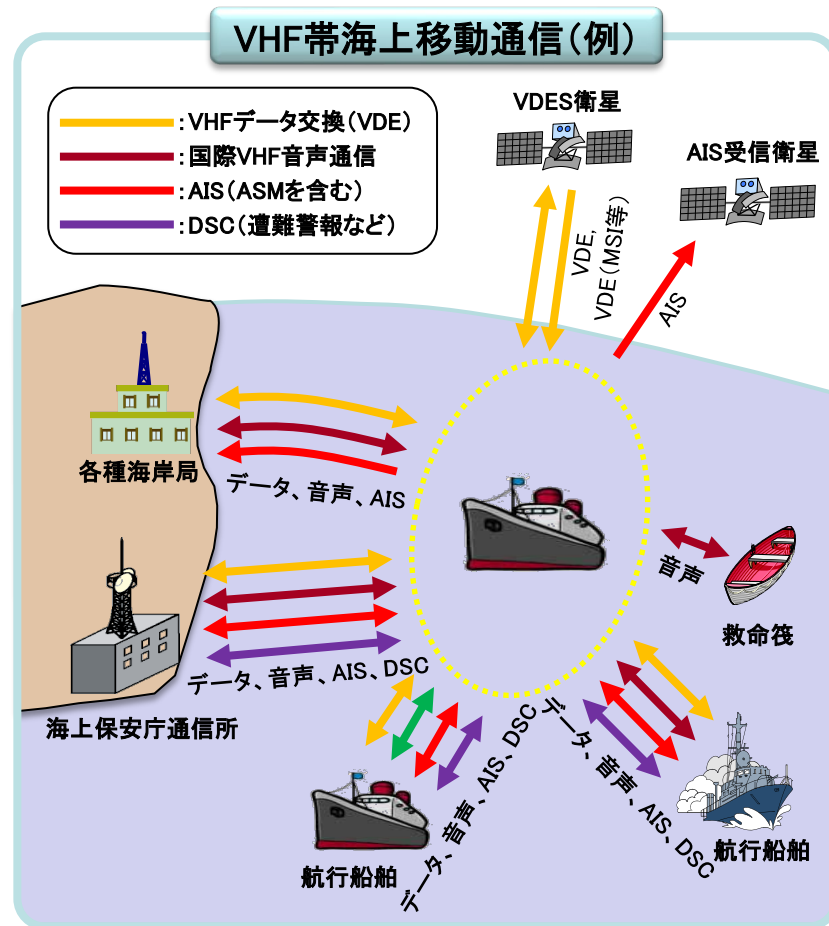
海上VHFの無線電話は1960年代前半から導入が開始され、日本では1964年9月に制度化された。



国際VHF無線機

1992年に導入された全世界的な海上遭難・安全システム(GMDSS)における遭難・安全通信の主要な手段として、デジタル選択呼出(DSC: Digital Selective Calling)というデジタル符号を用いた通信が行われている。

2000年頃から、船舶位置情報等を自動的に送受信する船舶自動識別装置(AIS)が導入され、近年、さらに汎用的なデータ通信を行うために、VHFデータ交換システム(VDES)が開発された。



MSI(海上安全情報)

船舶に放送される、航行・気象警報、気象予報及びその他の緊急安全関連メッセージのこと。MSIと一緒に、捜索救助(SAR)関連情報も扱われることが多い。

1.2 VHFデータ交換システム(VDES: VHF Data Exchange System)の概要

VHFデータ交換システム(VDES: VHF Data Exchange System)

- 海上VHF帯(156.025-162.025 MHz)を利用したデータ通信システムで、AISに加え、簡易メッセージ、航路情報、港湾情報、海上安全情報(MSI)、捜索救助(SAR)関連情報等を、船舶対船舶、船舶対海岸局及び船舶対人工衛星間で交換する。VDESはAISの技術を拡張したデータ通信システムであるため、次世代AISと言われることもある。

VDESのコンポーネント

VDESは4つのコンポーネントから構成される: **VDES = AIS + ASM + 地上VDE + 衛星VDE**

- AIS: 船舶自動識別装置(従来のAISもVDESに組み込まれている)
- ASM(VDES-ASM): AISを応用したメッセージ交換(ASM 1及びASM 2チャンネルを使用)
- VDE-TER(地上VDE): 全世界的に使用されるVHFデータ交換【船舶間及び船陸間通信】
- VDE-SAT(衛星VDE): 低軌道衛星によるVHFデータ交換【船舶衛星間通信】

VDES

データ伝送速度 AIS: 9.6 kbps
ASM: 19.2 kbps
VDE: 最大307.2 kbps

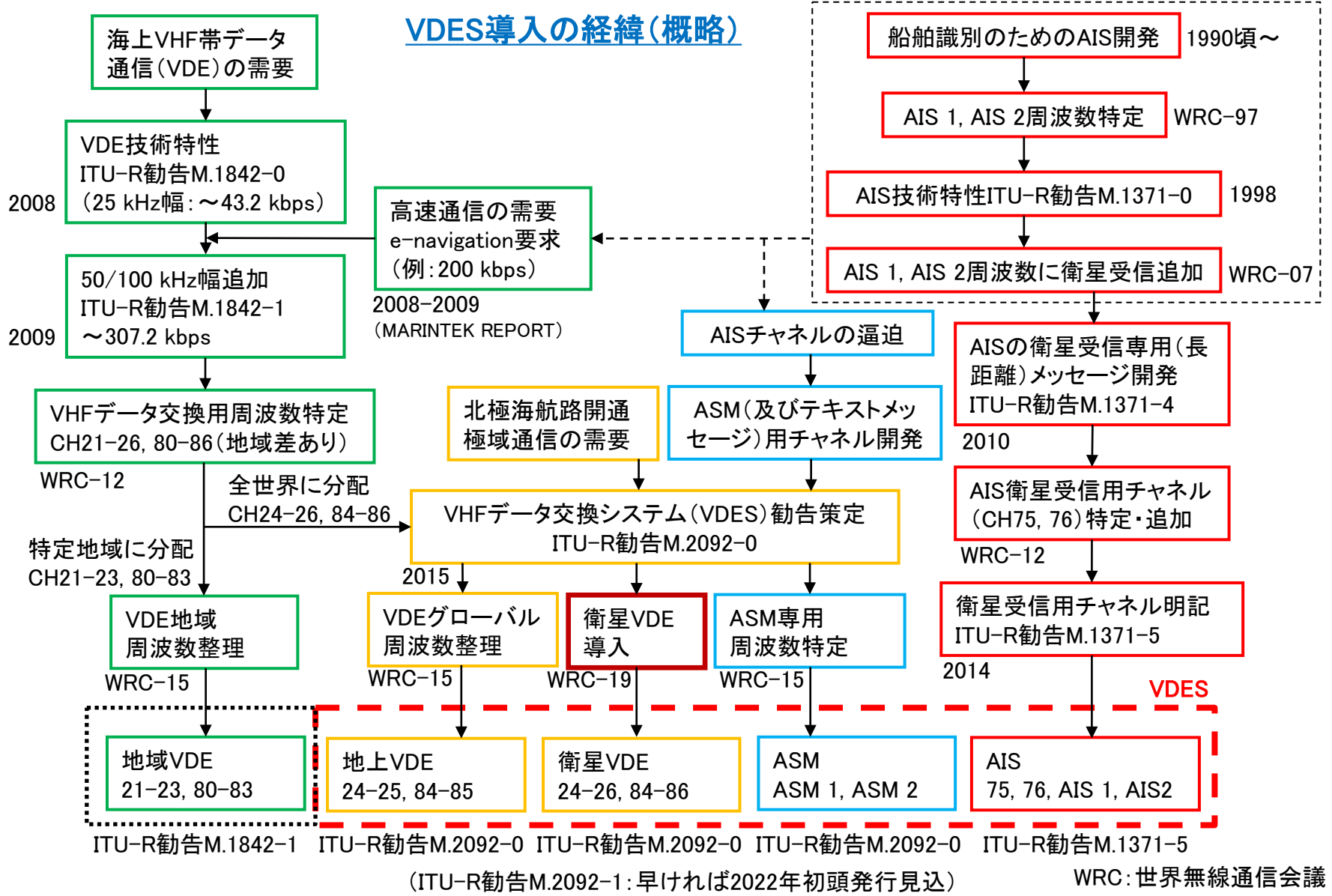
※ VDESという呼称は、2012年12月に東京で開催された海上保安庁による「次世代AIS国際標準化のためのワークショップ」において、日本からの提案により定められた。

※ 衛星VDE(VDESの衛星コンポーネント)に主眼を置いてVDESを述べる場合、慣用的に「衛星VDES」と称されることが多いため、本タイトルでも「衛星VDES」を採用している。

1. 衛星VDESの導入

1.3 VDES導入の経緯

VDES導入の経緯(概略)

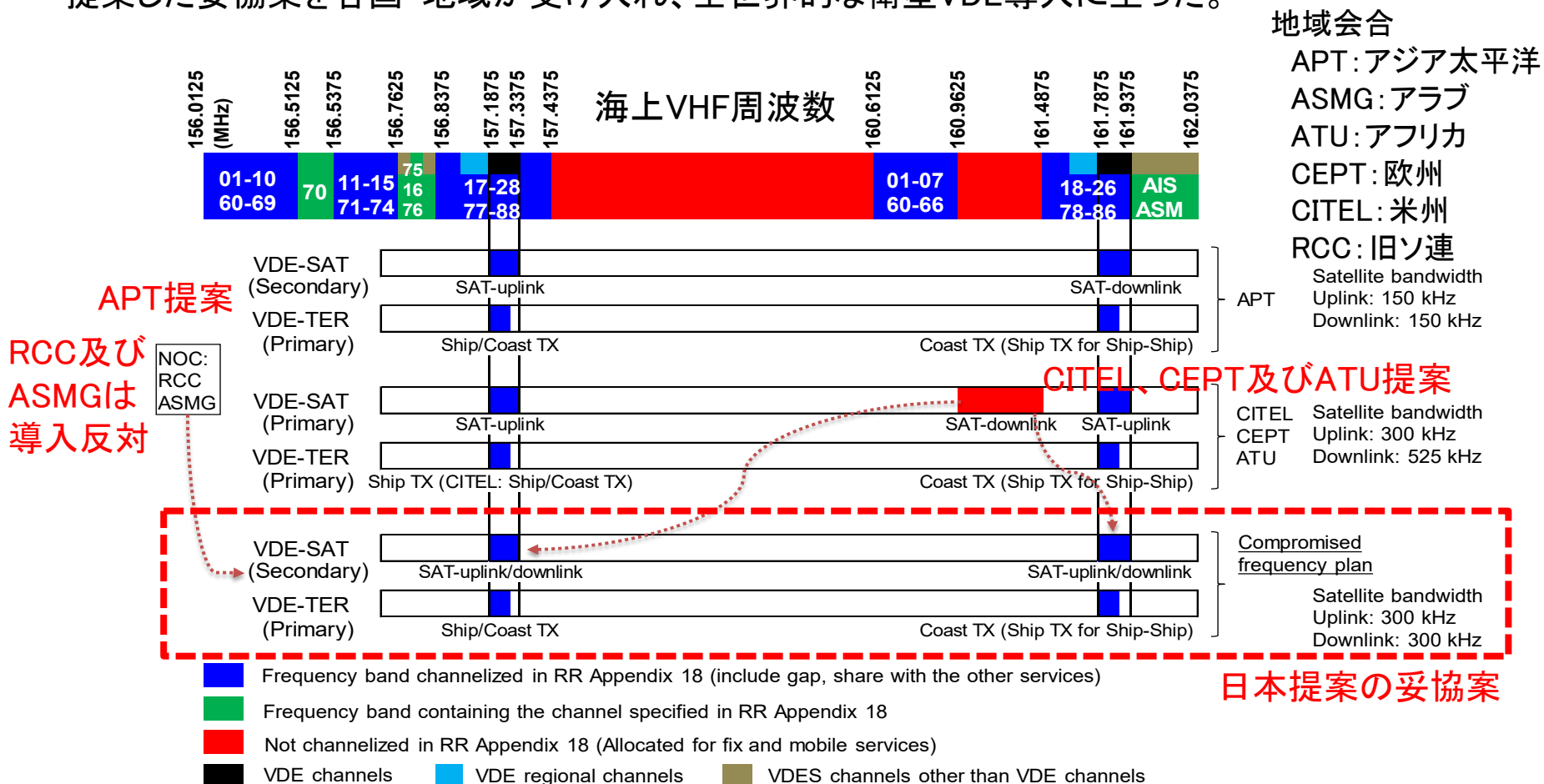


1. 衛星VDESの導入

1.4 2019年世界無線通信会議(WRC-19)における衛星VDEの導入

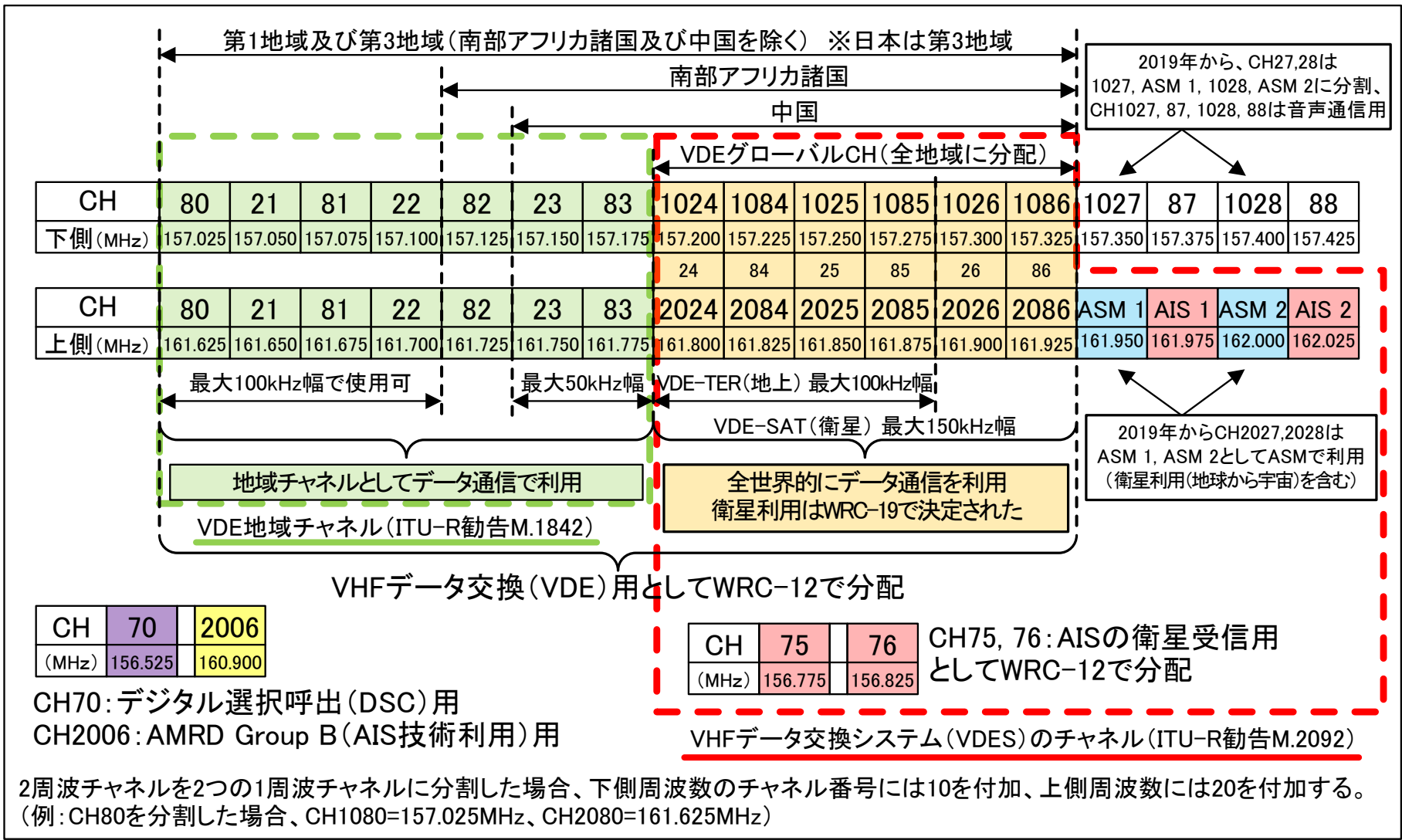
- 国際的な周波数分配は国際電気通信連合 (ITU) の無線通信規則 (RR) で規定される。
- RRの改正は世界無線通信会議 (WRC) で行われる。WRCは3~4年毎に開催される。

WRCでは、主に各地域会合間の合意により議決される。しかし、衛星VDEの導入では各地域から異なった見解や周波数プランが提案され、合意に至らない危惧が高かった。最終的に、日本が提案した妥協案を各国・地域が受け入れ、全世界的な衛星VDE導入に至った。



1. 衛星VDESの導入

1.5 海上VHFデータ通信用チャンネル一覧



海上VHF (国際VHF) データ通信用チャンネル (無線通信規則付録第18号)

国際VHFの全てのチャンネルは無線通信規則付録第18号を参照

AIS及びASM

船舶自動識別装置(AIS)

船舶自動識別装置(AIS: Automatic Identification System)は、船舶の位置情報や針路、船速などの航海情報、船名や貨物の情報を定期的に放送し、他船から放送されたこれら情報を常時受信し表示するシステムである。主に船舶識別のために用いられるが、衝突リスク判断のための参考情報としても活用されている。

2002年より、一定の基準を満たす船舶に対して搭載が義務化された。その後、義務化対象船舶が拡大されるとともに、任意で搭載する船舶も増えている。

周波数は海上VHFのAIS 1(161.975 MHz)及びAIS 2(162.025 MHz)チャンネル並びに衛星受信用(長距離AIS)としてCH 75(156.775 MHz)及びCH 76(156.825 MHz)が用いられている。

AISでは、船舶の動向に関する情報だけでなく、任意メッセージ交換機能であるASM(Application Specific Message、特定用途向けメッセージ又はアプリケーション特定メッセージ)を利用することにより、安全航行等に関する情報や任意メッセージ交換も可能である。通信文の交換が簡易に行える利便性のために、近年、ASMが少しずつ利用されるようになってきている。AISの特定用途向けメッセージはIMOのGuidance on the Use of AIS Application Specific Messages (SN.1/Circ.289)によってデータフォーマット等が定められている。

ASM専用チャンネル

AIS搭載船舶の増加に加え、AISを利用したASMの使用頻度が高くなってきたことから、徐々にAISチャンネルが逼迫してきたため、ASMのようなメッセージ交換はAISとは別のチャンネルで運用させるべき検討がITU-R(国際電気通信連合無線通信部門)で行われた。2015年世界無線通信会議(WRC-15)において、ASM専用チャンネルの導入が全世界的に認められ、2019年1月よりASM 1(161.950 MHz)及びASM 2(162.000 MHz)チャンネルが使用できることとなった。

VDES-ASMで送信されたASMは、従来のAISでは受信できない。
AISで送信したASMは、(VDESはAISを含むので)VDESで受信できる。

VDESによるASM(VDES-ASM)は、(AISによるASMでなく)ASM専用チャンネルを用いたASMの通信を指す。

ご参考
説明省略予定

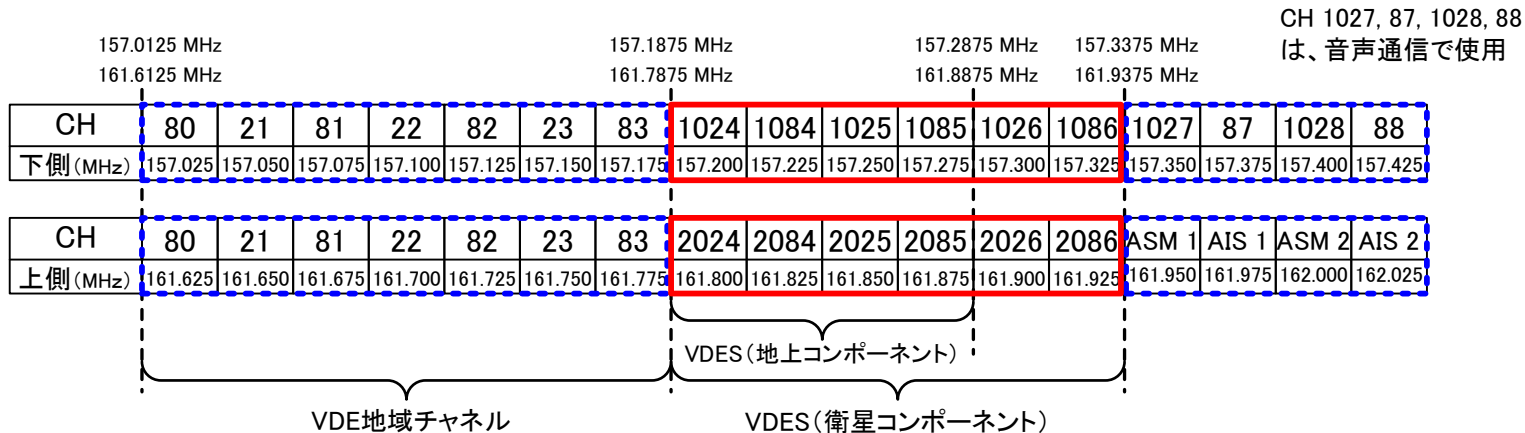
VHFデータ交換(VDE)

海上無線通信においてもデータ通信の需要が急増しており、従来は主にインマルサット等の衛星通信でデータ通信が行われているが通信費用が高額になることから、安価なデータ通信手段の要望が多く、特に衛星を利用しなくて済む近距離通信では、無料で利用できるデータ通信の導入が急がれていた。さらに、船舶の効率的な運航を支援する目的でもデータ通信システムの導入が望まれていた。

海上VHFにデータ通信を導入する研究がITU-Rで継続的に行われており、2009年に発行されたITU-R勧告M.1842-1)において、1チャンネルあたり帯域幅25 kHzの海上VHFのチャンネルを最大4つ用いて100 kHz幅とし、最大307.2 kbpsの伝送速度をもつデータ通信方式が記載された。

海上VHFへのVDE(VHF Data Exchange)導入が2012年世界無線通信会議(WRC-12)において審議され、海上VHFのチャンネル配置を規定している無線通信規則付録第18号が改正され、2017年1月からITU-R勧告M.1842-1によるデータ通信用のデジタルバンドが使用できることとなった。

VDEは現在、ITU-R勧告M.1842-1により各地域で使用するVDE(VDE地域チャンネル)とITU-R勧告M.2092-0による全世界共通で使用するVDESのコンポーネントとしてのVDE(地上VDE及び衛星VDE)に分けられている(詳細は海上VHFデータ通信用チャンネル一覧を参照)。



1. 衛星VDESの導入

1.8 VDESの地上コンポーネント(地上VDE)

地上VDE (VDE-TER)

地上VDEは、船舶局相互間及び船舶局と海岸局間でデータ通信を行うシステムで、衛星VDEと同じ周波数を用いて通信を行う。

海上VHF帯へのVDE導入については2012年世界無線通信会議(WRC-12)において導入が定められ、2015年世界無線通信会議(WRC-15)では、ASMチャンネルの導入とともにVDEチャンネルの使用方法が整理され、VDESの地上VDE (VDE-TER)がITU-R勧告M.2092の最新版に従って全世界的に使用できることが定められた。WRC-19では、衛星VDEの導入に伴い、地上VDEの使用周波数が再整理された。地上VDEを用いた主なアプリケーション例は次のようになる。

搜索救助(SAR)通信

- ・ 搜索救助サービス(海上における搜索救助活動に係わる各種情報収集・交換)

航路等情報(Route Exchange)

- ・ 船舶通航(VTS)サービス(船舶位置、目的地や運行計画などを利用して管制)
- ・ 航行支援サービス(VTSの一環、船上における航行意思決定等を支援する)
- ・ 交通構成サービス(VTSの一環、危険状況を回避し、安全・効率的な運行を提供)
- ・ 地域港湾サービス(港湾での停泊位置、港湾情報、運行計画などの情報提供)
- ・ 水先サービス(安全・効率的な水先案内業務のための情報)
- ・ タグサービス(タグボートや通船などの安全・効率的な業務のための情報)
- ・ 実時間海路・環境情報サービス(潮流、波高、海洋生息環境、航行規制等の情報)

1. 衛星VDESの導入

1.9 VDESの衛星コンポーネント(衛星VDE)

ご参考
説明省略予定

衛星VDE (VDE-SAT)

衛星VDEは、船舶局と人工衛星局間でデータ通信を行うシステムで、衛星VDE (VDE-SAT) への周波数分配は2019年10月から11月に開催された2019年世界無線通信会議 (WRC-19) で決定され、2021年1月よりVDESを衛星通信でも使用できることとなった。

衛星VDEでは低軌道周回衛星と船舶との間で通信を行うため、船舶側は海上VHF通信で用いている通常のVHFアンテナを使用して衛星通信を行うことができる。

現在はノルウェーが実験用衛星を運用しているが、各国より複数の衛星打上計画がある。

衛星VDEのアプリケーション例は次のようになる。

海上安全情報 (MSI) 等の放送

- ・ MSI、氷海域情報、気象情報

搜索救助 (SAR) 通信

- ・ 搜索救助サービス

航路等情報 (Route Exchange)

- ・ 交通構成サービス

その他、様々な利用が検討中。

チャンネル番号	1024	1084	1025	1085	1026	1086	2024	2084	2025	2085	2026	2086
VDE-SAT (二次分配)	船舶から衛星 衛星から船舶 (157.1875-157.3375 MHz)						船舶から衛星 衛星から船舶 (161.7875-161.9375 MHz)					
VDE-TER (一次分配)	船舶から海岸 海岸から船舶 船舶から船舶 (157.1875-157.2875 MHz)						海岸から船舶 船舶から船舶 (161.7875-161.8875 MHz)					

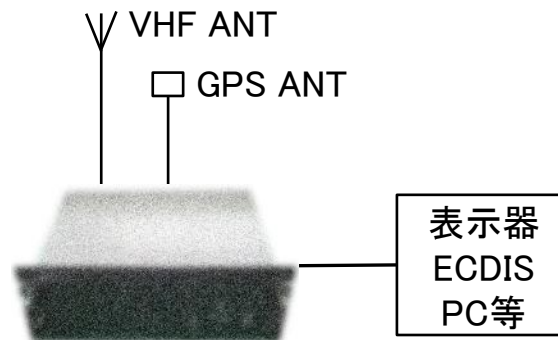
2. 衛星VDESの利用技術

2.1 VDES無線機例 (1/2)

AISとの比較



現行AIS (例)



VDES (例)

各社のVDES無線機



SAAB社 R60 VDES海岸局無線機
(<https://www.saab.com/> より)

AIS + ASM + VDE (option)
送信出力: 12.5W (AIS、ASM)



CML microcircuits社 VDES1000 VDESモジュール
(<https://www.cmlmicro.com/> より)

Class A AIS + ASM + VDE
送信出力: 12.5 W rms (25 W peak)
組込用にOEM販売等を意図

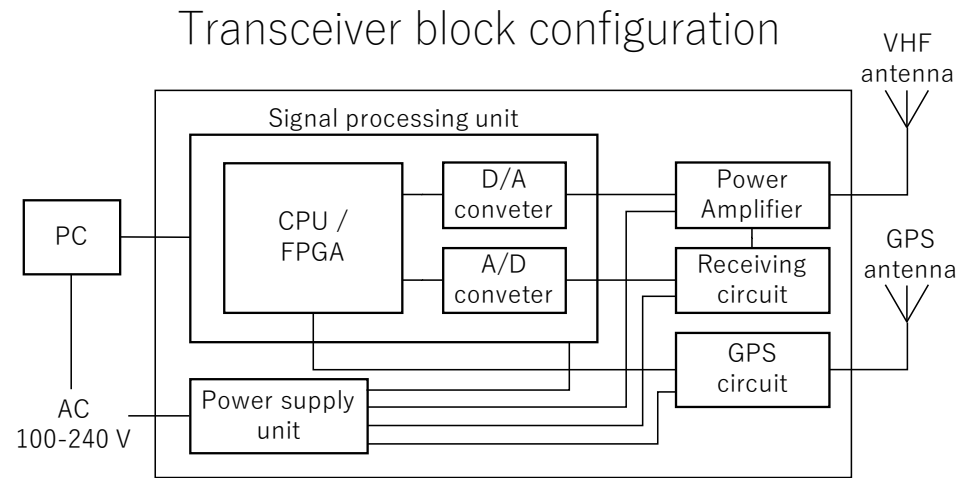
2. 衛星VDESの利用技術

2.1 VDES無線機例 (2/2)

JRCによるVDES実験用試作無線機



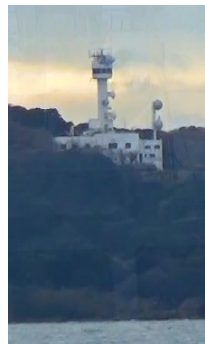
試作VDES無線機



Prototype transceiver
ブロック図

主な諸元

周波数範囲	156.025–162.025 MHz
チャンネル幅	25 kHz、50 kHz、100 kHz
変調方式	$\pi/4$ QPSK、8PSK、16QAM
シンボルレート (伝送速度)	ASM: 9.6 ksps (19.2 kbps) VDE: 19.2、38.4、76.8 ksps (38.4–307.2 kbps)
送信電力	平均12.5 W (PEP 80 W)



本機を用いて、総務省より実験試験局免許を取得し、海上保安庁及び東京海洋大学と共同で2018年末に東京湾で実証実験を行った(衛星通信は使用していない)。

2. 衛星VDESの利用技術

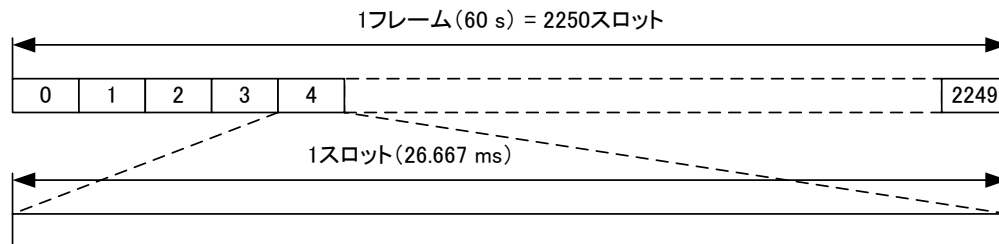
2.2 VDESの技術的特徴

時分割多元接続(TDMA)

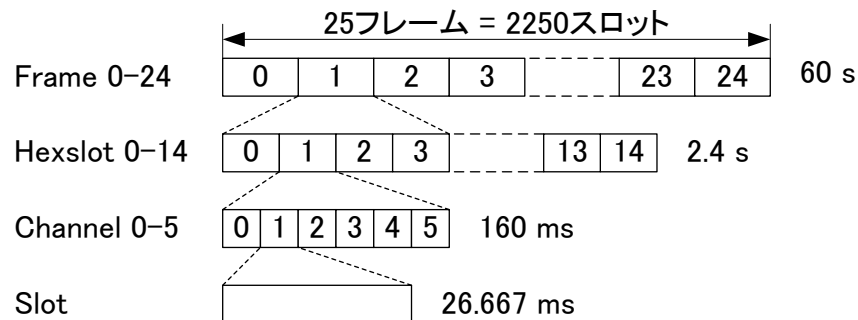
VDESはAISと同様に、1分間を2250個のタイムスロット(Time slot)に分割する時分割多元接続(TDMA: Time Division Multiple Access)方式を用いている。1 slotは26.667ミリ秒である。

さらに、地上VDE(VDE-TER)では、6つのSlotをまとめてhexslot(1 hexslot = 160ミリ秒)、15のhexslotをまとめてframe(1 frame = 2.4秒)としており、25のframeで1分となる。各hexslotの特定スロット(channel)を繰り返して使用することにより、大容量のデータ転送が可能になるように考慮している。このTDMA階層体系は日本が提案したアイデアが基になっている。

AIS、ASM及びVDE-SATのTDMA



VDE-TERのTDMA(階層体系)



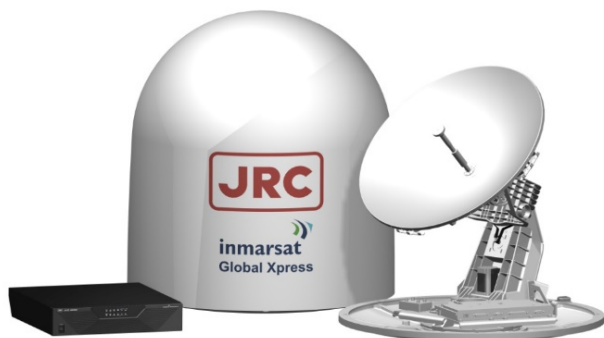
2. 衛星VDESの利用技術

2.3 衛星VDESの技術的特徴 (1/2)

衛星通信用アンテナ

通常、衛星通信には専用のアンテナが用いられるが、衛星VDEでは低軌道周回衛星と船舶との間で通信を行うため、VDES船舶局は国際VHFやAISで用いているアンテナと同様のホイップアンテナを用いて衛星通信を行うことができるため、アンテナ設置の自由度が高い。

VDESはAISを含むため、AISとアンテナ及び無線機を共用することを意図している。



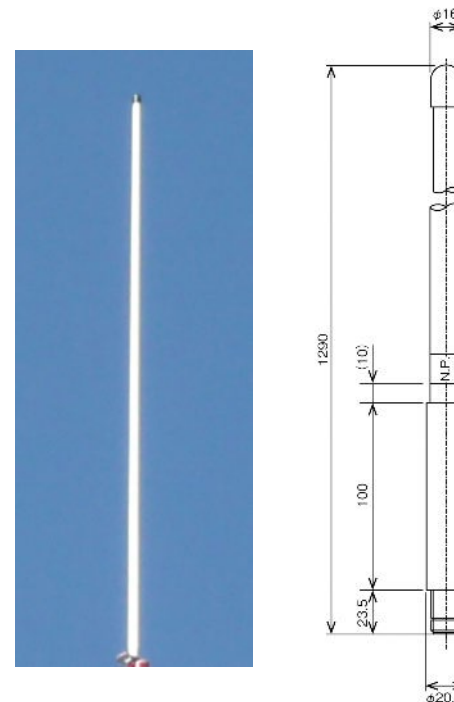
インマルサットGX



インマルサットC



VDES



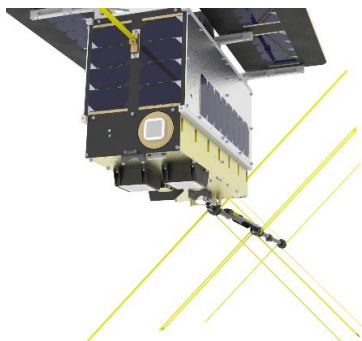
VDES用アンテナ
(国際VHF用アンテナ)

衛星通信用アンテナ例

2. 衛星VDESの利用技術

2.3 衛星VDESの技術的特徴 (2/2)

低軌道衛星



NorSat-2衛星
(ITU-R報告M.2435-0より)

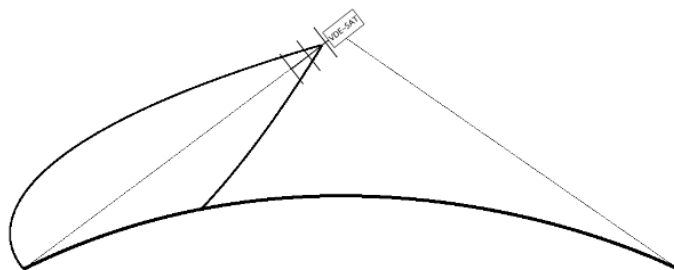
VDES衛星は、高度600 km程度の地球低軌道(LEO)衛星を使用することが想定されている。

2017年7月にノルウェーが打ち上げたVDES実験衛星NorSat-2では、高度600 kmの極軌道(太陽同期軌道)を約97分周期で周回している。

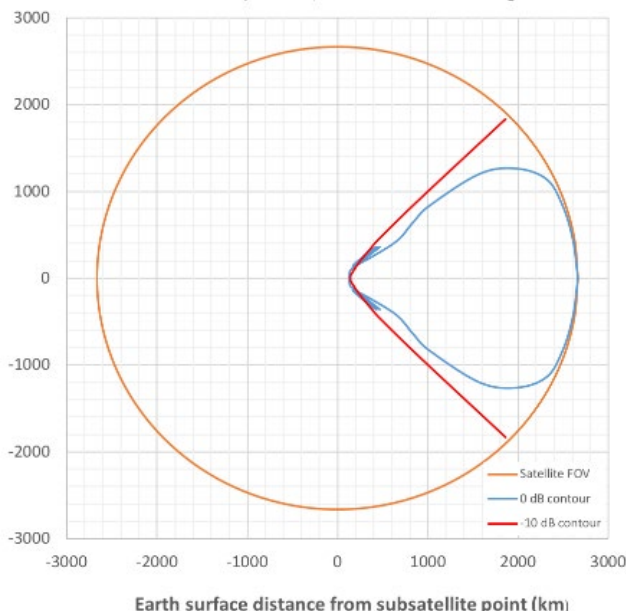
カバレッジ、ダウンリンクの電力制限(pfd-mask)、船舶局アンテナ特性等を考慮して、最適な通信が行えるようにVDESの通信には3エレメントのクロス八木アンテナ(利得:8 dBi)を使用している。

衛星のサービスエリア

NorSat-2衛星では、八木アンテナを地球の地平線に向けている。地表面のサービスエリア(カバレッジ)は約2300 x 2600 kmとなる。



八木アンテナ指向特性
— メインローブを地平線に向ける —
(ITU-R報告M.2435-0より)



地表面カバレッジ (ITU-R報告M.2435-0より)

2.4 衛星VDE導入における技術的課題 (1/2)

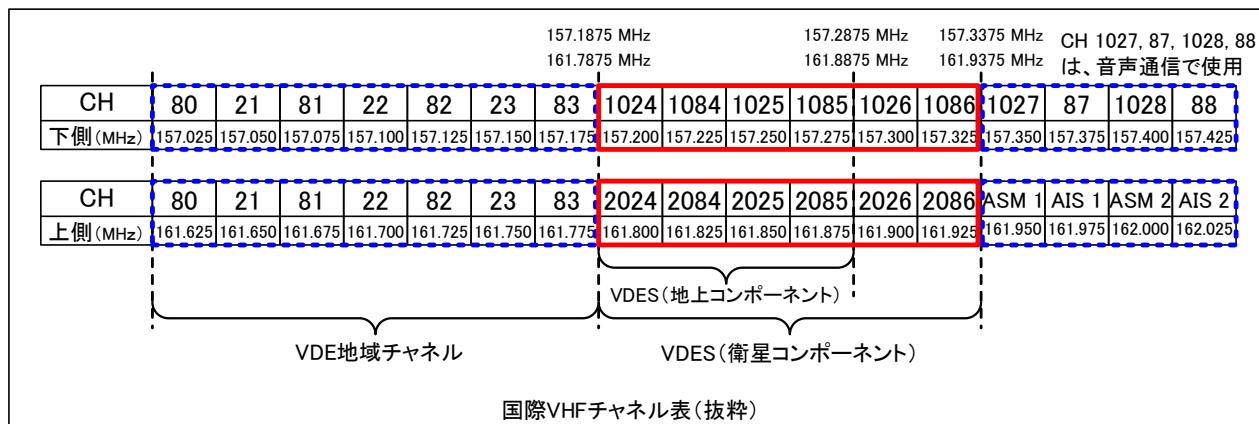
衛星VDE周波数共用

ITU無線通信規則により、AIS、ASM及び地上VDEによる地上系通信は(海上)移動業務として一次(primary)業務、衛星VDEは海上移動衛星業務として二次(secondary)業務に分配されている。二次業務の無線局には次のような制約が課せられる。

二次業務の無線局は、次の条件に従って開設することを条件に周波数の割当てを受けるとされている。

- ① 二次業務の無線局は、周波数が既に割り当てられ、又は後日割り当てられる一次業務の無線局に有害な混信を生じさせてはならない。
- ② 周波数が既に割り当てられ、又は後日割り当てられる一次業務の無線局からの有害な混信に対して保護を要求してはならない。

そのため、二次業務である衛星VDEを導入する際には、総務省周波数割当計画により、同一周波数及び隣接周波数を使用している既存業務との共用(干渉)検討を行い、干渉を生じさせない又は生じさせたとしても許容できる範囲内である必要がある。

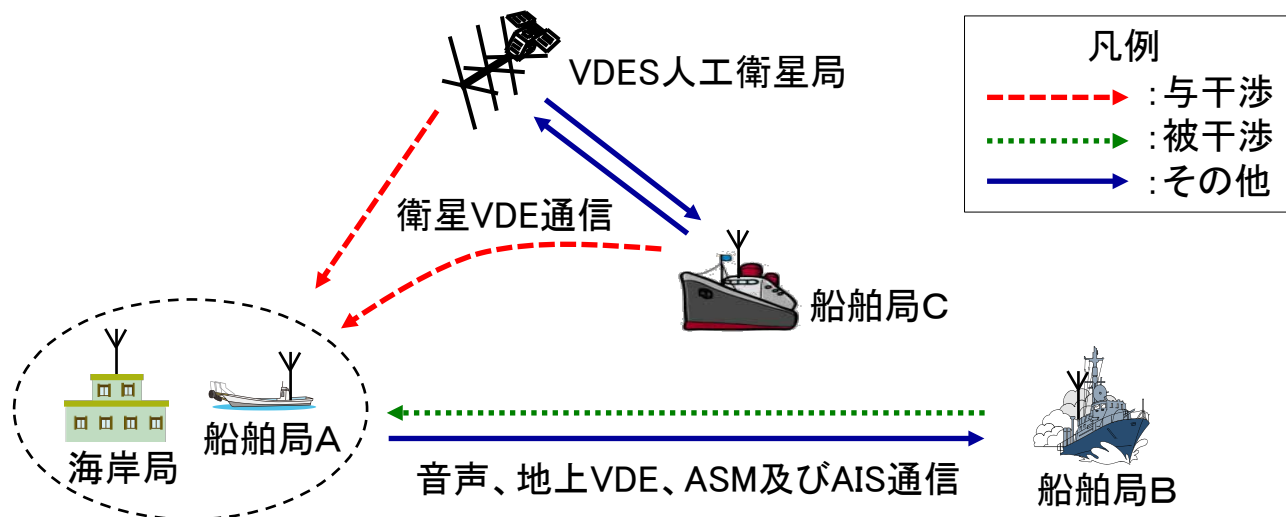


2. 衛星VDESの利用技術

2.4 衛星VDE導入における技術的課題 (2/2)

衛星VDEによる干渉の例

船舶局A(又は海岸局)と船舶局Bが通信中に、他船(船舶局C)又はVDES人工衛星局から発射される衛星VDEの電波による干渉が考えられる。



船舶間及び船陸間通信への、他船及び衛星からの衛星VDE送信電波による干渉例

衛星VDE導入の際の、システム運用形態のあり方や他の電波利用との周波数共用等の技術的要求条件について検討するため、令和2年度(2020年度)に総務省北海道総合通信局により、「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会」が設置された。測定器等を用いた試験が行われ、検討結果、ITU-R勧告M.2092-1(案)による技術特性に準拠して運用すれば、衛星VDEが導入できるとされた。

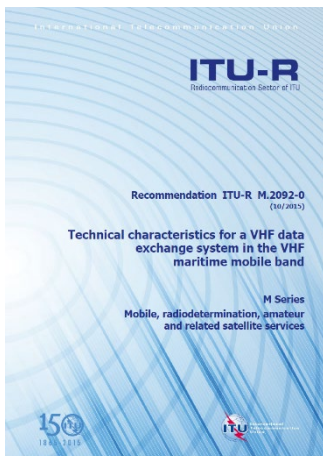
検討会: <https://www.soumu.go.jp/soutsu/hokkaido/R/2020vdes.html>

報告書: <https://www.soumu.go.jp/soutsu/hokkaido/2021/0408.html>

3. VDESの技術特性

3.1 ITU-R勧告M.2092 (1/7)

ITU-R勧告M.2092



VDESの技術特性は、国連の専門機関である国際電気通信連合 (ITU) の無線通信部門 (ITU-R: ITU Radiocommunication Sector) より、ITU-R勧告として発行されている。

現在発行されている同勧告は初版 (ITU-R勧告M.2092-0) であるが、2015年に発行されたものであり、その後の技術開発が反映されていない。2022年に改定版 (ITU-R勧告M.2092-1) を発行することを目指し、現在ITU-Rにおいて開発 (改定作業) が進められている。

本改定案はほぼ最終化されているため、2021年5月21日現在のITU-R改定勧告草案M.2092-0を、ITU-R勧告M.2092-1 (案) として紹介する。

ITU-R勧告M.2092-1 (案)

次のような構成 (概略) で技術特性が記載されている。

- Annex 1: VDES運用システムの概要
- Annex 2: VDESの共通技術要素
- Annex 3: ASMの技術特性
- Annex 4: 地上VDEの技術特性
- Annex 5: 衛星VDEの技術特性
- Annex 6: 衛星VDE及び地上VDEの周波数共用

ITU-R 勧告 M.2092-1 は、早ければ2022年第1四半期に発行される。

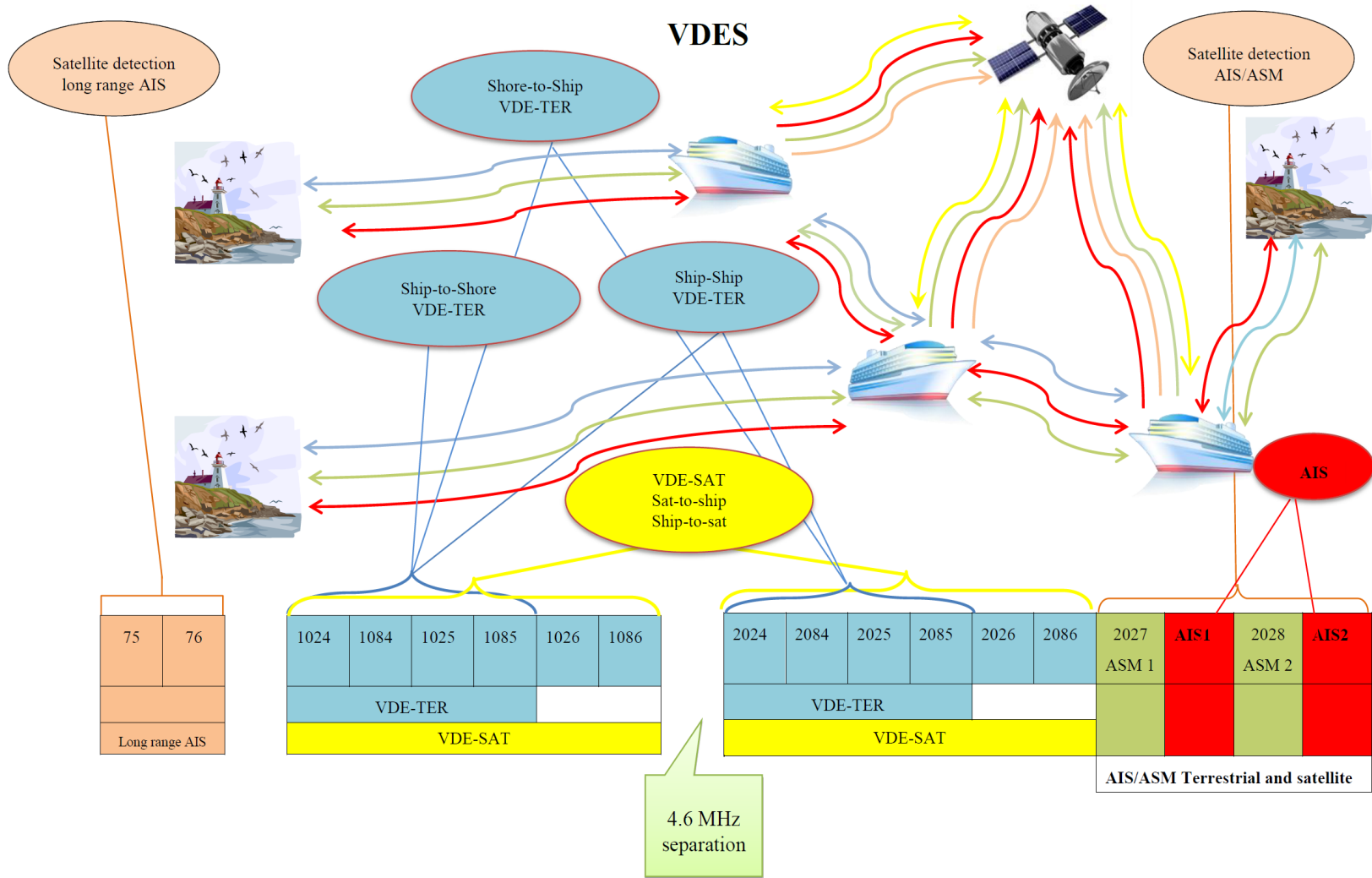
AISについては、AISの技術特性を定めたITU-R勧告M.1371に従うとされている。

3. VDESの技術特性

3.1 ITU-R勧告M.2092 (2/7)

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 1 「VDES運用システムの概要」

次のようなイラストでVDES機能概要が説明されている。



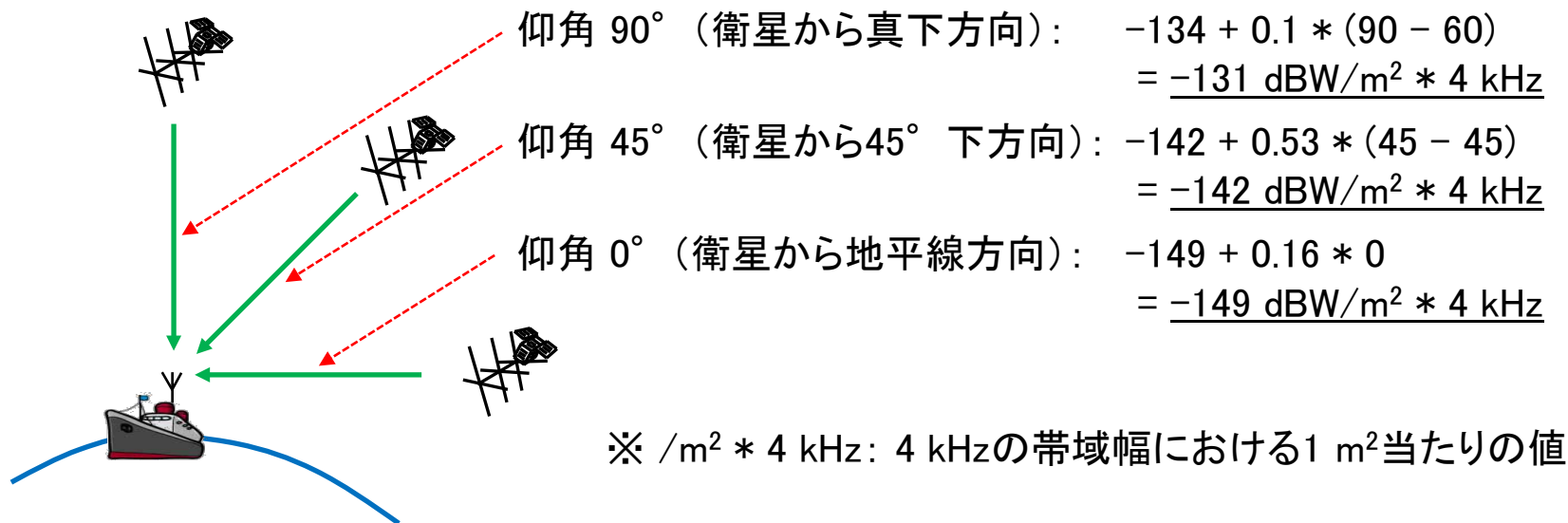
VDES機能概要

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 1 「VDES運用システムの概要」

VDE-SATがVDE-TERと同じ周波数の電波を共用するため、衛星からの電波の強さが、地表における電力束密度(pfd)の許容値(pfd-mask)として次の式で示されている。

$$PFD(\theta^\circ) \text{ (dBW/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))} = \begin{cases} -149 + 0.16 * \theta^\circ & 0^\circ \leq \theta < 45^\circ; \\ -142 + 0.53 * (\theta^\circ - 45^\circ) & 45^\circ \leq \theta < 60^\circ; \\ -134 + 0.1 * (\theta^\circ - 60^\circ) & 60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ. \end{cases}$$

電波の到来方向(地表面から見た衛星の仰角)により、許容値は異なる。



※ /m² * 4 kHz: 4 kHzの帯域幅における1 m²当たりの値

pfd許容値の計算例

3. VDESの技術特性

3.1 ITU-R勧告M.2092 (4/7)

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 2 「VDESの共通技術要素」

通信方式(Link ID)として、次のような変調方式等のパラメーター(抜粋)が記載されている。

Link ID	1	2	3	11	12	13	14	15	16	17	18	19
コンポーネント	ASM			VDE-TER								
チャンネル幅(kHz)	16			25			50			100		
シンボルレート(kcps)	9.6			19.2			38.4			76.8		
バーストサイズ(slots)	1	2	3	1			1			1		
変調方式	$\pi/4$ QPSK			$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16QAM
送信電力(W)(平均)	12.5			12.5	11	6.5	12.5	11	6.5	12.5	11	6.5

Link ID	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	34
コンポーネント	VDE-SAT(Uplink)					VDE-SAT(Downlink)					
チャンネル幅(kHz)	50					50			100	150	50
シンボルレート(kcps)	2.1	33.6				4.2	33.6		36.0	56.4	33.6
バーストサイズ(slots)	5	1	3			90			90	90	15
変調方式	QPSK /CDMA	$\pi/4$ QPSK		8PSK	16QAM	BPSK /CDMA	$\pi/4$ QPSK	8PSK	BPSK /CDMA	BPSK /CDMA	$\pi/4$ QPSK
送信電力(W)(平均)	12.5	11		10	6	-	-	-	-	-	-

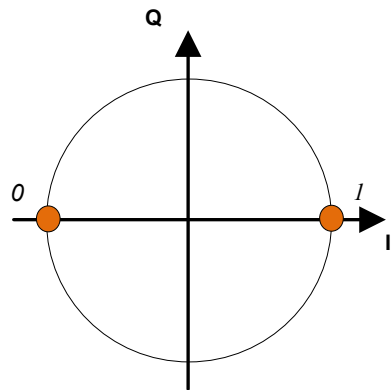
30以上のLink IDが定義されており、目的や状況に応じて使い分けるようにされている。

3. VDESの技術特性

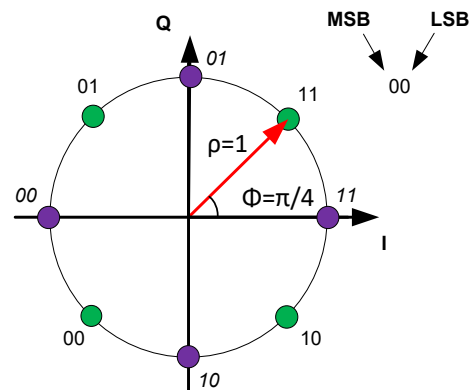
3.1 ITU-R勧告M.2092 (5/7)

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 2 「VDESの共通技術要素」

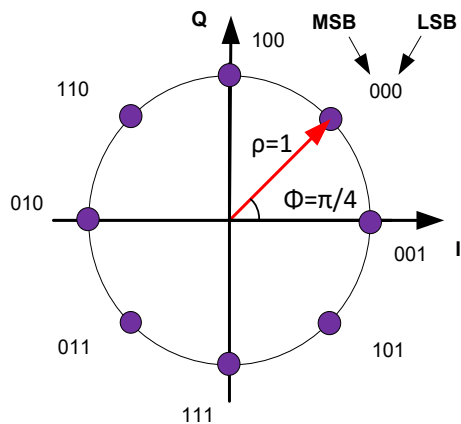
各変調方式のビットマッピング(信号点配置)が説明されている。



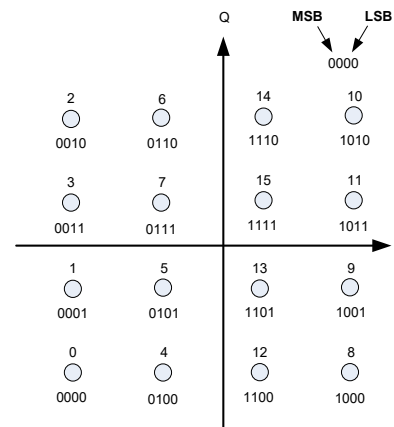
BPSK



4/π QPSK



8PSK



16QAM

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 3 「ASMの技術特性」

ASM (VDES-ASM) について、アクセススキームはRandom Access TDMA (RATDMA)、Multiple Incremental TDMA (MITDMA)、Fixed Access TDMA (FATDMA)技術を用いることとされており、オプションでSlot Carrier sense TDMA (SCTDMA)も使用できるとなっている。

7種類のメッセージが定義されており、使用するアクセススキームは下表のようになっている。

Message ID	Name	Description	Access scheme
0	Broadcast AIS ASM Message	Encapsulated AIS ASM messages	RATDMA
1	Scheduled Broadcast Message	Broadcast data using communication state	FATDMA RATDMA MITDMA
2	Broadcast Message	Broadcast data with no communication state	FATDMA RATDMA
3	Scheduled Individual Addressed Message	Individual addressed data with communication state. Requires acknowledgement	FATDMA RATDMA MITDMA
4	Individual Addressed Message	Individual addressed data with no communication state. Requires acknowledgement	FATDMA RATDMA
5	Acknowledgment Message	This message is used to provide and acknowledgment for one or more addressed messages	FATDMA RATDMA MITDMA
6	Geographical Multicast Message	Addressed to a group of stations defined by their geographical location with no communication state. No acknowledgment required.	FATDMA RATDMA

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 4 「地上VDEの技術特性」

(省略)

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 5 「衛星VDEの技術特性」

VDE-SATでは、次の機能を想定している。

- ・ ページング(呼出)
- ・ 衛星から船へのブロードキャスト(放送)データ伝送
- ・ 衛星から船への宛先指定データ伝送
- ・ 船から衛星への宛先指定データ伝送
- ・ 衛星から船へのショートメッセージ
- ・ 船から衛星へのショートメッセージ

本勧告では、高度600 kmの地球低軌道(LEO)衛星を想定しており、衛星と船舶の最遠距離を2830 km(タイミング計算では3000 kmを使用)、最短距離を600 kmとし、遅延時間(伝搬時間)が2 msから10 msの間で通信が成り立つように技術特性が開発されている。また、人工衛星の対地速度を約8 km/sとして、周波数のドップラーシフトは±4 kHzを考慮している。

ITU-R勧告M.2092-1(案) Annex 6 「地上VDE及び衛星VDEの周波数共用」

- 右記の概要が記載されている:
- ・ AISの送受信が最高プライオリティであること
 - ・ VDEの送信はASMと調整すること
 - ・ 海岸局は周辺海域のVDE運用を制御・調整すること
 - ・ 複数の海岸局間による調整方法
 - ・ VDE-TERとVDE-SATの調整方法
 - ・ 複数の衛星間での調整方法

Thank you for your attention

Bon Voyage!

Yoshio MIYADERA

APEC Engineer (Electrical, Information)

P.E.Jp (Electrical & Electronics Engineering)

miyadera.yoshio@jrc.co.jp

May 2021

<https://www.jrc.co.jp/>



Japan Radio Co., Ltd.