

5. 周波数共用条件の検討

5.1 Group A

5.1.1 CH AIS 1(161.975 MHz)/AIS 2(162.025 MHz) の利用方法

AIS-MOB 機器は、ITU-R 勧告 M.1371-5 Annex 9 に AIS-SART や EPIRB AIS と共にバースト送信局としての利用方法に関する規定がある。

基本的な動作は以下の通りである。

- 初めて送信するときは、最初のスロットを無作為に選択する(AIS 2 から開始しても良い)
- 1 バーストに 8 回送信する
- バースト内で最初に送信したスロットを基準に、あと 7 回は固定されたスロット間隔で送信する
- 固定されたスロット間隔は 75 スロットとする
- 1 分間に 1 バーストを超えないこと。即ち、1 分間に 8 回の送信を実施する

各チャンネルについては、送信は AIS 1 と AIS 2 の間で交互に行うことが示されている(図 5-1 参照)。

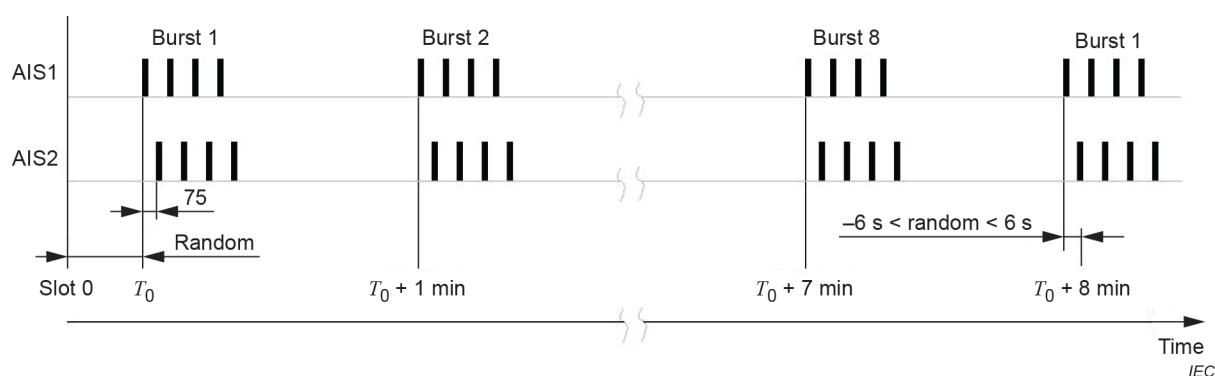


図 5-1 バースト送信

出所)ITU-R 勧告 M.1371-5

5.1.2 フィールド試験実施の基礎的条件等の検証課題導出

従来の AIS と DSC CH 70 (156.525 MHz) 併用 MOB の利用及びトラフィックの想定を行い、航行の安全性を高める AMRD としての閾値(一定の通信エリア内での総輻輳発呼数)などを想定し、フィールド試験実施の基礎的条件等検証課題を導出した。

(1) 1 バースト当たりのチャンネル使用率

1) 机上検討時の AIS-MOB 機器の AIS 部分についての基本仕様

AIS-MOB 機器の AIS 部分について主な特徴は以下の通りである。

- 変調方式: GMSK(1 シンボル 1 ビット)

- 伝送速度：9,600 bps
- 1 スロット長：26.7 mS 以下

さらに、5.1.1 項で記載した動作仕様は以下の通りである。

- 通信時間：1 分間(1 バースト)に 8 回送信
- 送信方法：CH AIS 1 と CH AIS 2 を交互に送信(1 分間に 1ch 当たり 4 回)を想定

これらから、AIS チャンネルにおける 1 バースト当たりの負荷率を算出し、実際に MOB 機器が導入された場合の通信接続への負荷を想定する。

2) 単体当りのチャンネル使用率

上記の動作仕様において、1 分間に 8 回、それぞれ交互のチャンネルにて送信する。このことから、1 チャンネル当たりの 1 バースト使用率は、

$$60 \text{ 秒} \div 26.7 \text{ mS} = 2,250 \text{ slot}$$

1 チャンネル当たり 4 回送信することから、

$$(4 \text{ 回} \div 2,250) \times 100 = 0.178 \%$$

1 つの AIS-MOB 機器が、1 チャンネル当たりに占める負荷は 0.178 % である。船から 1 名が落水したあとに、AIS-MOB 機器が動作した場合はこのような使用率となる。

(2) 輻輳海域における回線負荷

1) 回線負荷の算出における条件

国内で保有また運航される船舶は、一人で出漁される漁船やプレジャー船から超大型旅客船と多種多様であるが、大型のうち多くはコンテナや一般貨物船、オイルタンカーなどの船であり、船員は 20 名程度で運用されることが多い。

その場合、20 人が落水した場合の使用率は、

$$((4 \text{ 回} \times 20 \text{ 人}) \div 2,250) \times 100 \div \underline{3.6 \%}$$

となる。

2) 使用環境における回線負荷率の検討と結果

海上保安庁が計測した AIS 回線負荷(資料 親 1-5)では、AIS 1 と AIS 2 を合わせた負荷率となっており、国内の輻輳海域である東京湾において通常時は約 26 % であることが示されている(図 5-2 参照)。これは、両チャンネル合わせた総スロット数 4500 に対して 1170 スロットが常に使用されていることを示す。

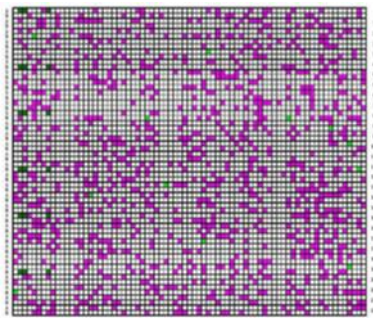


図 5-2 AIS 回線負荷

出所)第 1 回自律型海上無線機器 (AMRD)の導入に向けた調査検討会 資料「我が国周辺海域における船舶自動識別装置 (AIS) の利用の現状と課題」

一例として東京湾においてコンテナ船の事故が発生し、船員が海へ避難したことを想定すると、その現場から AIS-MOB 機器の受信できる範囲においては、一時的に最大の回線使用率が約 30%になることが考えられる。IALA が正常な運用として使用率を 50 %以下とすることを推奨していることを考えると、本規模の場合は AIS の運用に支障が出ない範囲であることがわかる。

(3) 通達距離

次に、AIS-MOB 機器が動作した場合に影響を受ける範囲は次の通り考える。

技術的特性より、送信出力 1 W で AIS-MOB 機器のアンテナ高は、最も高い位置が 1 m である。また、実際には海面に浮かんだ状態で機器を 1 m の高さに保ち続けることは困難であるため、腕を少し下した姿勢で機器を持ったことを考えアンテナ高 0.5 m を加え、2 つのパターンで考えることとする。

一方の受信側を想定する場合、IMO 決議 A.801(19)に記載の 4 m (小型船舶を想定)、また大型船舶を想定した 30 m 及び中型船舶を想定した 10 m を選定した。これらアンテナ高を組み合わせた通達距離を算出する(表 5-1 参照)。

表 5-1 AIS-MOB 機器のアンテナ高設定

送信アンテナ高	受信アンテナ高
1 m	4 m
	10 m
	30 m
0.5 m	4 m
	10 m
	30 m

出所)MRI 作成

受信アンテナ高は上表の通りだが、受信側は AIS 装置となる。AIS 装置の受信性能は、ITU-R 勧告 M.1371 に記載の規格感度 -107 dBm を基本とし、通達距離を算出する。以下の図中には、-107 dBm を赤線で示す。また、5.1.3 での共用検討のため、-114 dBm を青線で示す。

1) 送信アンテナ高 1 m の場合

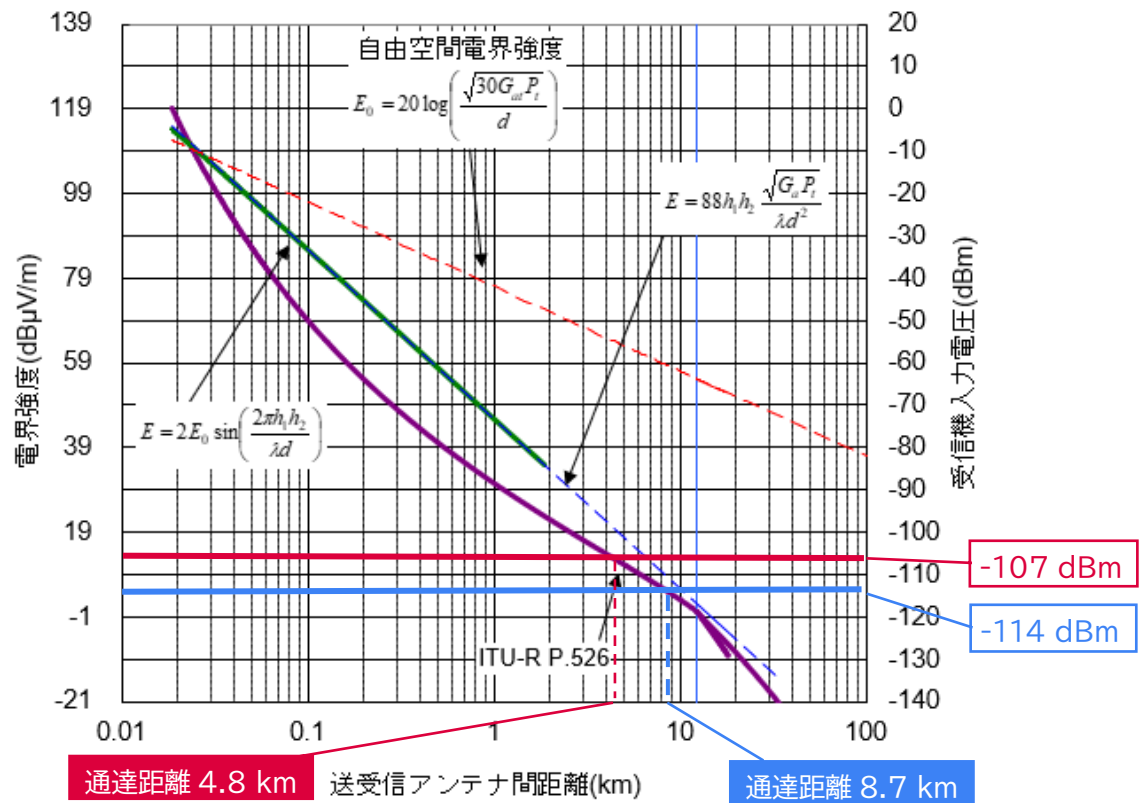


図 5-3 送信アンテナ高 1 m・受信アンテナ高 4 m(MOB)

出所)MRI 作成

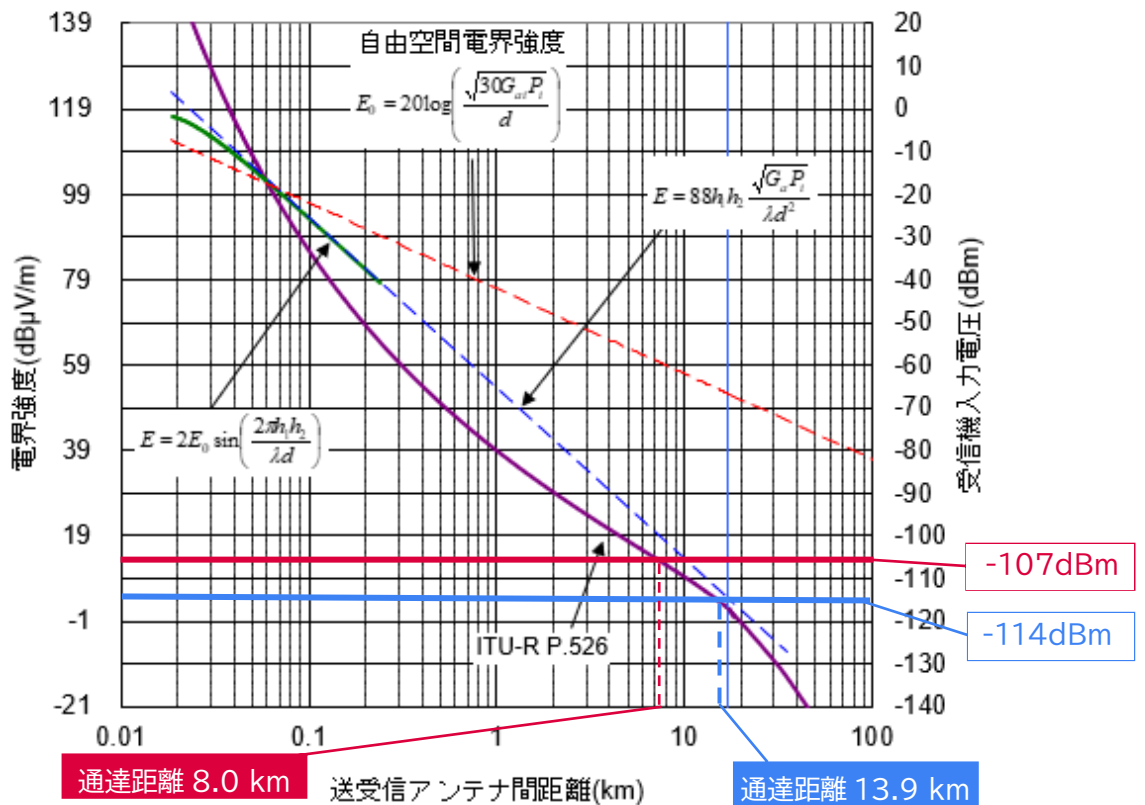


図 5-4 送信アンテナ高 1 m・受信アンテナ高 10 m(MOB)

出所)MRI 作成

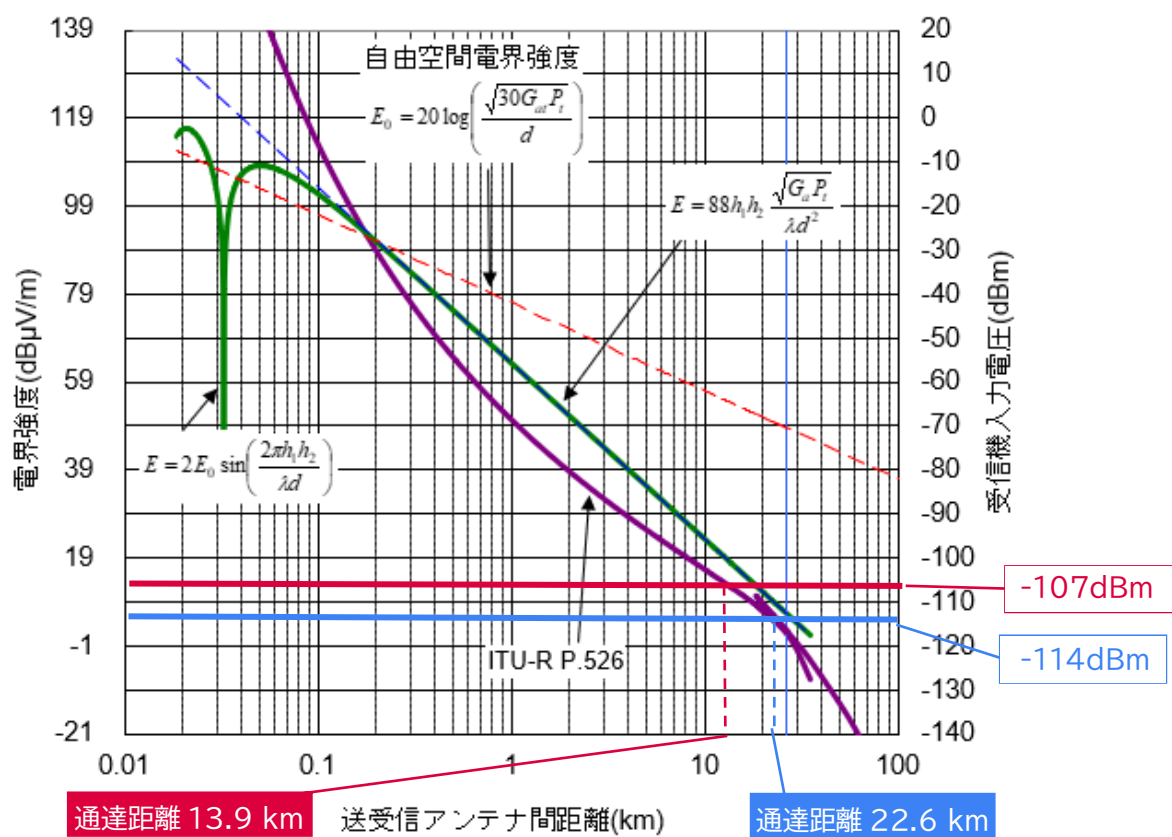


図 5-5 送信アンテナ高 1 m・受信アンテナ高 30 m (MOB)

出所)MRI 作成

送信アンテナ高を 1 m とした場合の結果を示す。

距離とアンテナ高の関係より、アンテナ高が高いほど通達距離は長くなる。これら計算についても同様の傾向となっており、この結果を表 5-2 にまとめる。

表 5-2 送信アンテナ高 1m の場合の通達距離 (MOB)

送信アンテナ高	受信アンテナ高	通達距離
1 m	4 m	4.8 km
	10 m	8.0 km
	30 m	13.9 km

出所)MRI 作成

2) 送信アンテナ高 0.5 m の場合

次に、0.5 m の結果を以下に示す。

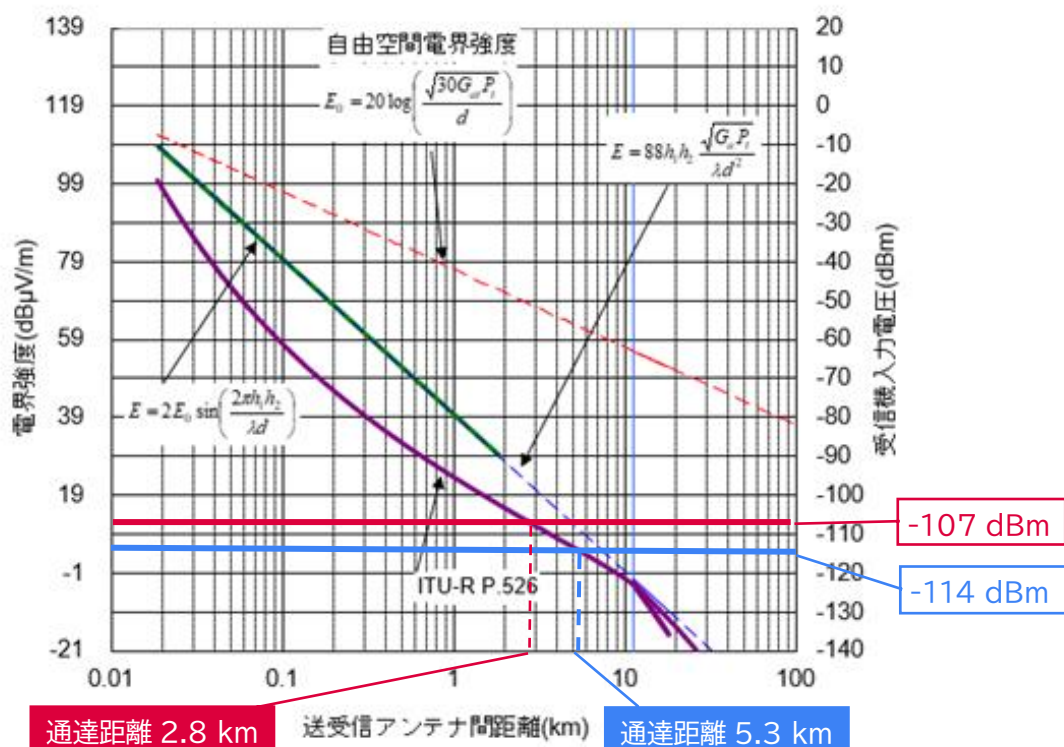


図 5-6 送信アンテナ高 0.5 m・受信アンテナ高 4 m(MOB)

出所)MRI 作成

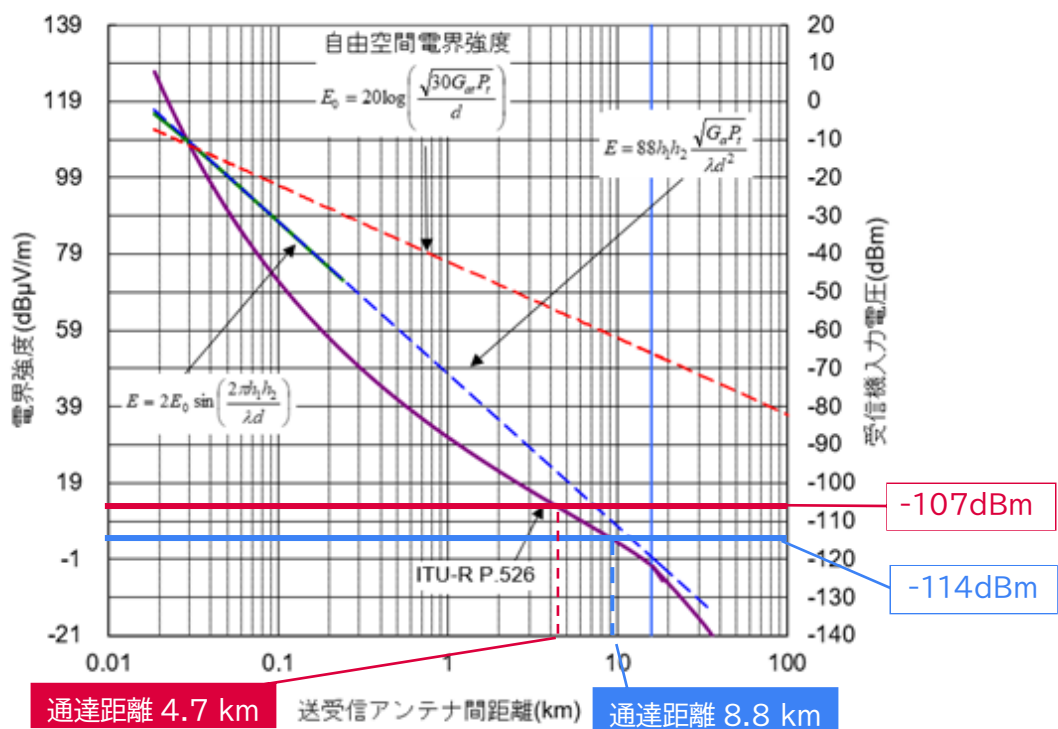


図 5-7 送信アンテナ高 0.5 m・受信アンテナ高 10 m(MOB)

出所)MRI 作成

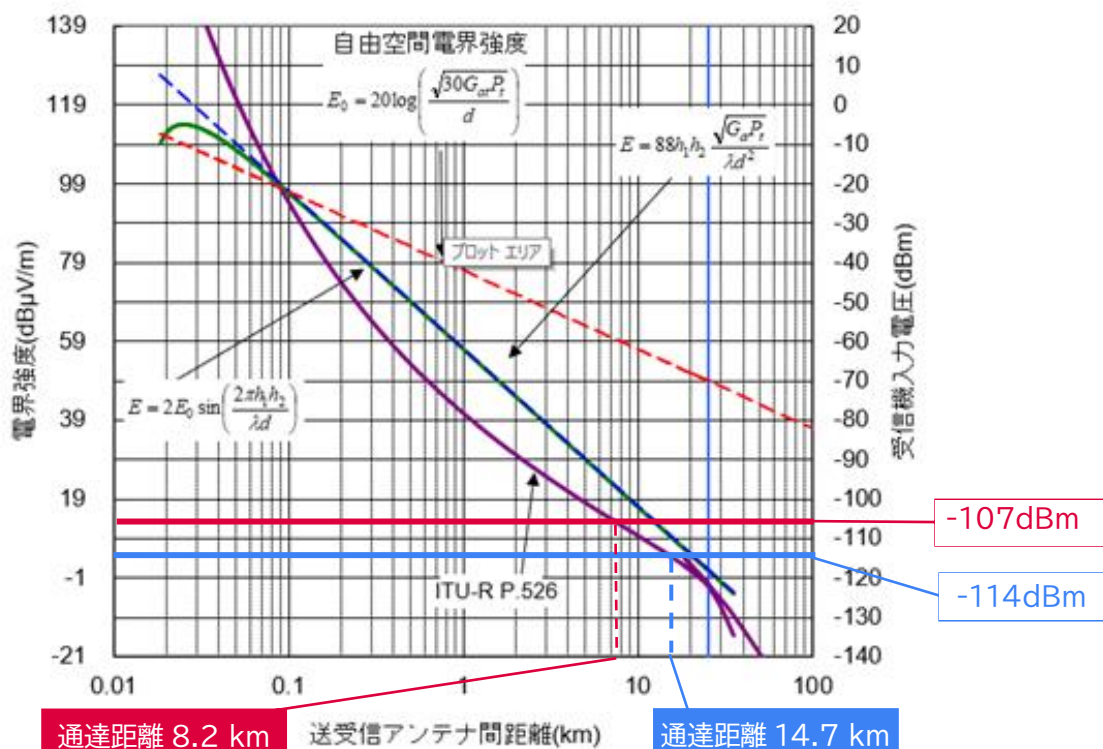


図 5-8 送信アンテナ高 0.5 m・受信アンテナ高 30 m(MOB)

出所)MRI 作成

表 5-3 送信アンテナが 0.5 m の場合の通達距離(MOB)

送信アンテナ高	受信アンテナ高	通達距離
0.5 m	4 m	2.8 km
	10 m	4.7 km
	30 m	8.2 km

出所)MRI 作成

よって、表 5-2 及び表 5-3 で示される各通達距離の範囲内において、最大で 3.6%程度(機器が 20 個稼働時)を AIS-MOB 機器により救難による位置を示す信号を送信することとなる。

(4) CH70 の回線負荷

輻輳地帯として想定される東京湾において 2017 年 9-11 月の約 2 ヶ月間で日本無線が実施した DSC(CH 70)の 1 日当たりの使用回数の調査結果(受信点は辰巳事業所)によれば、1 日当たりの平均使用回数は約 30 回(表 5-4 参照)であり、その半数は Test Call(装置の動作を確認する呼出送信)で、その呼出と応答送信であったとされている。その他は個別の船舶を呼出するために使用する送信であった。通常、輻輳する海域においても使用頻度は 1 日に 30 回程度であり、1 時間当たり数回かつ 1 回の送信時間は 1 秒未満のため、CH 70 における回線負荷はほとんどかかっていないと想定される。

このため CH70 の運用には支障が出ないものと推察される。

表 5-4 DSC の使用頻度(東京湾)

日 付	回 数	日 付	回 数
2017-09-12	5	2017-10-22	7
2017-09-13	25	2017-10-23	69
2017-09-14	18	2017-10-24	29
2017-09-15	17	2017-10-25	38
2017-09-19	13	2017-10-26	52
2017-09-20	17	2017-10-27	38
2017-09-21	22	2017-10-30	69
2017-09-22	23	2017-10-31	46
2017-09-28	19	2017-11-01	52
2017-10-02	1	2017-11-02	53
2017-10-04	3	2017-11-05	20
2017-10-05	34	2017-11-06	26
2017-10-09	12	2017-11-07	35
2017-10-10	33	2017-11-08	19
2017-10-11	31	2017-11-09	37
2017-10-12	31	2017-11-10	39
2017-10-13	29	2017-11-12	13
2017-10-15	12	2017-11-13	26
2017-10-16	38	2017-11-14	43
2017-10-17	55	2017-11-15	30
2017-10-18	23	2017-11-16	18
2017-10-19	38	2017-11-17	25

出所)JRC 作成



図 5-9 DSC 受信範囲

出所)地図: OpenStreenMap

5.1.3 機器同士の同時発射等の影響等についての同一波共用条件の机上検討

(1) 干渉モデル

表 5-5 に示す周波数割当条件から、AIS と AMRD の共用を想定した場合に干渉する状況を推定する。

表 5-5 周波数割当(抜粋)

チャンネル 番号	送信周波数(MHz)		船舶 相互間	港務通信及び船舶通航		公衆 通信
	船舶局	海岸局		1 周波	2 周波	
64	156.225	160.825		○	○	○
05	156.250	160.850		○	○	○
65	156.275	160.875		○	○	○
06	156.300		○			
2006	160.900	160.900				
66	156.325	160.925		○	○	○
07	156.350	160.950		○	○	○
67	156.375	156.375	○	○		
1027	157.350	157.350		○		
ASM 1	161.950	161.950				
87	157.375	157.375		○		
1028	157.400	157.400		○		
ASM 2	162.000	162.000				
88	157.425	157.425		○		
AIS 1	161.975	161.975				
AIS 2	162.025	162.025				

出所)「周波数割当計画別表 3-4」(令和 5 年 8 月 29 日現在)より関連チャンネルを抜粋

緑で示されている 2 つのチャンネルが、現在の AIS 専用チャンネルであり、AMRD Group A で使用するチャンネルである。

AIS-MOB 機器は落水後に速やかに搜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ための机上検討とする。

共用検討で想定する干渉モデルは図 5-10 の通りである。

船舶局(又は海岸局)から AIS データを受信している間、付近の AIS-MOB 機器からどの程度の距離で信号データを受信することができるのか机上にて検討する。

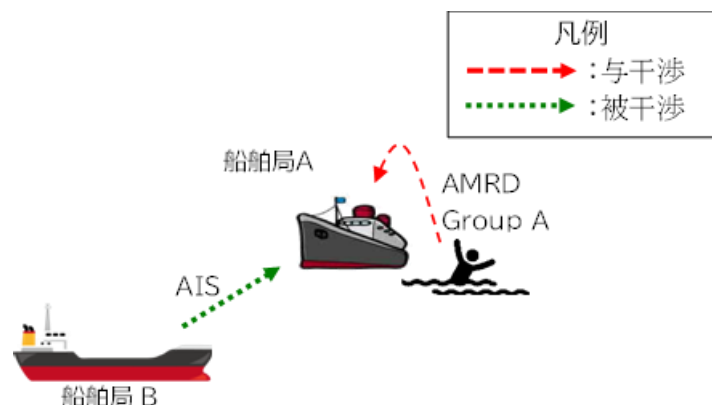


図 5-10 干渉モデル(Group A)

出所)MRI 作成

(2) 机上検討条件

AIS の同一チャネル除去比に対する技術的条件をまとめる。

各機器の使用チャネル帯域幅及び変調方式は表 5-6 の通りである。

表 5-6 机上検討の組み合わせ

	AIS	AMRD Group A
帯域幅	25 kHz	25 kHz
変調方式	GMSK	GMSK

出所)MRI 作成

次に、AIS の同一チャネル除去比と AMRD の送信規格について表 5-7 にまとめる。

表 5-7 AMRD Group A の送信規格

参照規格	ITU 勧告 M.1371-5 Annex 9
周波数偏差	± 500 Hz
搬送波電力	1 W
スロット送信時の スペクトラム	$\Delta f_c < \pm 10$ kHz: 0 dBc ± 10 kHz $< \Delta f_c < \pm 25$ kHz: -20 dBc at ± 10 kHz と -40 dBc at ± 25 kHz 間の直線ライン ± 25 kHz $< \Delta f_c < \pm 62.5$ kHz: -40 dBc

出所)MRI 作成

妨害波を受ける AIS で使用する規格は ITU-R 勧告 M.1371-5 の受信規格を抜粋したものを表 5-8 にまとめる。

表 5-8 AIS の受信規格(抜粋)

参照規格	ITU 勧告 M.1371-5
感度	20% PER @ -107 dBm
同一チャネル除去比	20% PER @ 10 dB 希望波を規格感度の+3 dBm に対し妨害波-10 dB を入力したとき、PER が 20%以下であること

出所)MRI 作成

CH AIS 1 及び CH AIS 2 の両チャネルにおいて同一チャネルによる影響度は同じである。そのため、本調査検討においては AIS 1 について検討を進める。

同一チャネル除去比の規格より、-104 dBm に対して-10 dB は-114 dBm である。

このとき、表 5-9 の各受信アンテナ高で-114 dBmとなる AMRD の発呼地点を表 5-9 にまとめる。

表 5-9 アンテナ高と通達距離(Group A)

送信アンテナ	受信アンテナ	通達距離
1 m	4 m	8.7 km
	10 m	13.9 km
	30 m	22.6 km
0.5m	4 m	5.3 km
	10 m	8.8 km
	30 m	14.7 km

出所)MRI 作成

5.2 Group B

5.2.1 AIS 技術を利用する CH 2006 に関する国際的利用状況の調査

主だった地域や国の状況について調査した結果を表 5-10 に記載する。

表 5-10 国際的利用状況

国又は地域	状況
ヨーロッパ(CEPT)	CEPT による AMRD の導入は積極的で、既に Group B の CH 2006 まで割り当てられている
米国	FCC により AMRD に関するアナウンスはあるものの、CH 2006 については現在 Group B 向けに認可されていない(従来通り国際 VHF 電話装置向け)
中国	中国については「中华人民共和国无线电频率划分规定」において AMRD に関する規定や注釈が盛り込まれていないため、米国同様である
韓国	韓国では AMRD の何れも海上無線設備の技術基準(第 26 条)として記載されており、利用できる環境が整っている

出所)MRI 作成

5.2.2 フィールド試験実施に向けた基礎的条件等の導出

フィールド試験は、これまで挙げた机上検討結果を裏付けるために実施する。

本周波数共用検討におけるフィールド試験に関しては、利用想定及びトラフィック想定と、利用形態に沿った AMRD の閾値(一定の通信エリア内での総輻輳発呼数)などから想定し、試験実施への基礎的条件等を導出する。

AMRD は 4.1.2 (1) 2) で通達距離を検討した結果、受信アンテナを 4 m と 10 m の高さで設置した場合では、それぞれ約 2.0 km と 3.5 km の範囲であった。

利用形態については 4.1.2 (3) の中で、近距離で取り付けられる個数も比較的多い漁網マーカーと、少し遠いところまでサービスエリアとなることが想定できるレンタルボート追跡についてフィールド試験の実施例として下記の通り挙げることにした。

使用できるやボートの隻数に依存するが、Group B 機器の多くは大規模システム向きではなく、小規模で使用されることが多いと想定できるため、下記による条件でフィールド試験の検討を進める。

- 例 1) 試験範囲：約 2.0 km 以内
受信アンテナ：4 m
利用形態：漁網マーカー
利用個数：10 個未満(使用するによる)
- 例 2) 試験範囲：約 3.5 km 以内
受信アンテナ：10 m
利用形態：レンタルボート追跡
利用個数：10 個未満(準備するボートの数による)

5.2.3 機器同士の同時発射等の影響検討と同一波共用条件についての机上検討

機器同士の同時発射等の影響などの検討と干渉の想定と退避方法等の同一波共用条件についての机上検討を行う。

利用形態の表で示した通り、1 つの形態若しくはサービスにおいて多くとも 20 個程度の使用と考えられる。それよりも多い数の機器を使用しても問題はないが、CH 2006 をする前に、周辺でどの程度 CH 2006 を利用しているのか把握することは大変重要である。

例えば、Group B 機器を使用中の養殖施設若しくは定置網付近でレガッタのような大会が催されると、非常に多くの輻輳した状況が生まれ、かつサービスがぶつかる状況が生まれるため、そのことを十分に把握したうえで運用を開始すべきである。

ITU-R 勧告 M.2135 の運用について、干渉を防ぐための策を講じるのではなく、干渉が起こることを前提に利用すべきである。サービスに参入する最初の送信はランダムなタイミングで送信される。以降は、固定であるが 75 スロット毎に送信するもので、同時発射した場合は最初のバーストすべて干渉が起こることが想定される。しかし、それ以降はバースト毎に少しずつタイミングをずらして送信されるため次第に分散される。しかし、再び干渉することもあり得、その繰り返しとなる。但し、全く送信信号を捉えられないシステムではないため、干渉はあるが受信可能であるシステムであることが理解できる。機器

同士の同時発射等の影響などの検討と干渉の想定と退避方法等の同一波共用条件についての机上検討を行う。

Group B は専用のチャンネルとして CH2006 を使用する。そのため、受信局によっては自システムで運用しているエリアより外で運用されるサービスによる機器が発する信号を受信することがある。

この共用検討においては 2 つの場合について検討する。

1 番目は受信エリア内でいくつの発呼数まで許容できるか、2 番目はサービスが近接していることで生じる干渉からどの程度サービスエリア同士を離すのが良いかその離隔距離の検討である。

(1) 受信可能なエリアにおける複数機器の発呼の影響



図 5-11 干渉モデル 1 (Group B)

出所)MRI 作成

1 つの受信局が受信できる機器の数については、1 つのチャンネルで使用可能なスロット数が大きく関係する。ITU-R 勧告 M.2135-1 に記載されている運用方法から、使用できるスロット数について算出する(図 5-11 参照)。

最初のバースト期間において 75 スロット毎に 4 回まで送信可能である(図 2-1 参照)。

1 分間に 4 回送信することから、1 チャンネル当たりの 1 バースト使用率は、

$$60 \text{ 秒} \div 26.7 \text{ mS} = 2,250 \text{ slot}$$

1 チャンネル当たり 4 回送信することから、使用できる機器数は

$$2,250 \div 4 \div 560 \text{ 個}$$

但し、すべてのスロットを埋めて使用した場合であり現実的ではない。IALA が提唱するスロットの半分以下での使用の推奨で考えると、1 つの受信局で見える発呼機器数は 280 個までにおさえることが望ましい。

なお、Group B の運用に関しては干渉が起こることが前提で利用する。サービスに参入する最初の送信はランダムなタイミングで送信される。以降は、固定であるが 75 スロット毎に送信するもので、同時発射した場合は最初のバーストすべて干渉が起こることが想定される。しかし、それ以降はバースト毎に少しずつタイミングをずらして送信されるため次第に分散される。しかし、再び干渉することもあり得、その繰り返しとなる。但し、全く送信信号を捉えられないシステムではないため、干渉は起こるが受信可能なシステムであることが理解できる。

(2) 異なるシステム同士で影響を受けない離隔距離

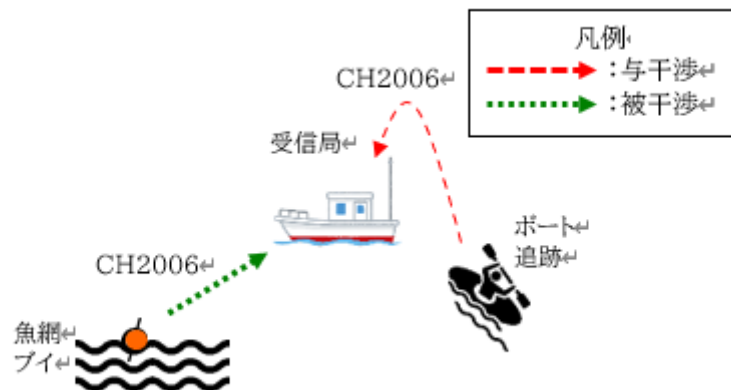


図 5-12 干渉モデル 2 (Group B)

出所)MRI 作成

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。それらのサービスエリアを物理的に離すことで回避できるため、その離隔距離を算出する(図 5-12 参照)。Group B 機器の送信規格を表 5-11 に示す。

表 5-11 Group B 機器の送信規格

参照規格	ITU-R 勧告 M.2135-1
周波数偏差	± 500 Hz
搬送波電力	100 mW
スロット送信時の スペクトラム	$\Delta f_c < \pm 12$ kHz: 0 dBc ± 12 kHz $< \Delta f_c < \pm 25$ kHz: -20 dBc at ± 10 kHz と -36 dBm at ± 25 kHz 間の直線ライン ± 25 kHz $< \Delta f_c < \pm 62.5$ kHz: -36 dBm

出所)MRI 作成

CH 2006 を利用する AMRD Group B 機器が送信する信号が干渉あった場合、受信側で起きる干渉の影響を考える。Group B における受信局について特に規定や規格が存在しておらず、一般的に用いられるであろう AIS 受信機をここでは想定した。なお、AIS 受信機を用いることは最も簡単に受信局を構築できる利点がある。しかし、必ずしも一般的な AIS ほどの受信特性は必要ないことをここで記載しておく。

妨害波を受ける AIS において使用する規格は ITU-R 勧告 M.1371-5 の受信規格を抜粋したものを表 5-12 にまとめる。

表 5-12 AIS の受信規格(抜粋)

参照規格	ITU 勧告 M.1371-5
感度	20% PER @ -107 dBm
同一チャネル除去比	20% PER @ 10 dB 希望波を規格感度の+3 dBm に対し妨害波-10 dB を入力したとき、PER が 20%以下であること

出所)ITU-R 勧告 M.1371-5 を基に MRI 作成

同一チャネル除去比の規格より、-104 dBm に対して-10 dB は-114 dBm である。

このとき、表 5-13 の各受信アンテナ高で-114 dBm となる Group B 機器の発呼地点を離隔距離として表 5-13 にまとめる。

表 5-13 離隔距離(Group B)

送信アンテナ高	受信アンテナ高	離隔距離
1 m	4 m	3.6 km
	10 m	6.2 km
	30 m	10.9 km
0.5 m	4 m	2.1 km
	10 m	3.6 km
	30 m	6.4 km

出所)MRI 作成

受信アンテナ高が 30 m の場合は、下記に留意し運用のこと。

- 別のサービスを展開する場合、送信アンテナ高 1 m のときは約 10.9 km 以上離すことが望ましい
- 送信アンテナ高 0.5 m のときは約 6.4 km 以上離すことが望ましい

受信アンテナ高が 10 m の場合は、下記に留意し運用のこと。

- 別のサービスを展開する場合、送信アンテナ高 1 m のときは約 6.2 km 以上離すことが望ましい
- 送信アンテナ高 0.5 m のときは約 3.6 km 以上離すことが望ましい

受信アンテナ高が 4 m の場合は、下記に留意し運用のこと。

- 別のサービスを展開する場合、送信アンテナ高 1 m のときは約 3.6 km 以上離すことが望ましい
- 送信アンテナ高 0.5 m のときは約 2.1 km 以上離すことが望ましい

表 4-7 に示した利用形態の通り、1 つの形態若しくはサービスにおいて多くとも 20 個程度の使用と考えられる。それよりも多数の機器を使用しても問題はないが、CH 2006 を使用する前に、周辺でどの程度 CH 2006 を利用しているのか把握することは大変重要である。

例えば、Group B 機器を使用中の養殖施設若しくは定置網付近でレガッタのような大会が催される

と、非常に多くの輻輳した状況が生まれ、かつサービスがぶつかる状況が生まれるため、そのことを十分に把握したうえで運用を開始すべきである。