

# アナログチャンネルとデジタルチャンネルの干渉検討結果

～平成28年度 海上通信システムの新たな利用における周波数共用のための技術的条件の調査検討～

平成29年5月18日

航空・海上無線通信委員会作業班

事務局



## 現在の周波数利用

主に港務通信用(水先案内業務も含む): ch8—ch22

主に旅客定期航路事業用: ch23—27、ch80—ch85

主にヨット、レジャー用: ch69—ch79、ch86(ch71、ch74はセーリング連盟等で使用するヨットレース用、ch72及びch73は船間専用通信波、ch75及びch76は、長距離AIS用としての国際分配がされている。)

## トラヒック調査

ch1—8(船間波専用ch6を除く。)及びch60—ch68について利用状況を調査した。

## 結果

ch1—ch5、ch7、ch60—ch66は通信量が少なく、アナログ音声チャンネルの再配置に適していると考えられる。

また、使用局数の少ないch78及びch79の再指定を行うことも適当である。

## 再配置等において留意すべき事項

・現在の割当周波数からの空中線共用機器の特性を考慮すると、ch.21—ch.26及びch.80—ch.86に近い周波数の割り当てが好ましい。

・ch.78及びch79の再指定は、既存局の影響を最大限考慮して利用する。

・ch1—5、ch7、ch60—ch66は、他の無線局との混信を十分考慮し、無線設備の設置箇所及び空中線高の調査を行い、最適な周波数割当を選定する。

## チャネル再配置案

チャネル番号	送信周波数(MHz)	
	船舶局	海岸局
60	156.025	160.625
01	156.050	160.650
61	156.075	160.675
02	156.100	160.700
62	156.125	160.725
03	156.150	160.750
63	156.175	160.775
04	156.200	160.800
64	156.225	160.825
05	156.250	160.850
65	156.275	160.875
06	156.300	160.900
2006	160.900	160.900
66	156.325	160.925
07	156.350	160.950
67	156.375	156.375
08	156.400	156.400
68	156.425	156.425
09	156.450	156.450
69	156.475	156.475
10	156.500	156.500
70	156.525	156.525
11	156.550	156.550
71	156.575	156.575
12	156.600	156.600
72	156.625	156.625
13	156.650	156.650
73	156.675	156.675
14	156.700	156.700
74	156.725	156.725
15	156.750	156.750
75	156.775	156.775
16	156.800	156.800
76	156.825	156.825

チャネル番号	送信周波数(MHz)	
	船舶局	海岸局
17	156.850	156.850
77	156.875	156.875
18	156.900	161.500
78	156.925	161.525
1078	156.925	156.925
2078	161.525	161.525
19	156.950	161.550
1019	156.950	156.950
2019	161.550	161.550
79	156.975	161.575
1079	156.975	156.975
2079	161.575	161.575
20	157.000	161.600
1020	157.000	157.000
2020	161.600	161.600
80	157.025	161.625
21	157.050	161.650
81	157.075	161.675
22	157.100	161.700
82	157.125	161.725
23	157.150	161.750
83	157.175	161.775
24	157.200	161.800
84	157.225	161.825
25	157.250	161.850
85	157.275	161.875
26	157.300	161.900
86	157.325	161.925
27	157.350	161.950
87	157.375	157.375
28	157.400	162.000
88	157.425	157.425
AIS 1	161.975	161.975
AIS 2	162.025	162.025

## 参考資料

海上通信システムの新たな利用における  
周波数共用のための技術的条件の調査検討  
報告書概要版抜粋

# 周波数共用条件の検討 ～国際VHF海上無線設備の机上検討概要

VDE及びVDESと音声通信の共用条件を求めるため、下記の検討項目について机上検討を実施した。机上検討は、実験室内で実機を用いて行った。

## (1) 同一チャネル干渉検討

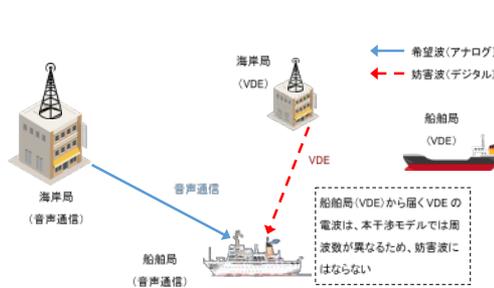
希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル(DU比)であれば通信が成り立つかを把握するとともに、通信が成り立つDU比から離隔距離を求める。(干渉モデル想定図1, 2)

## (2) 隣接チャネル干渉検討

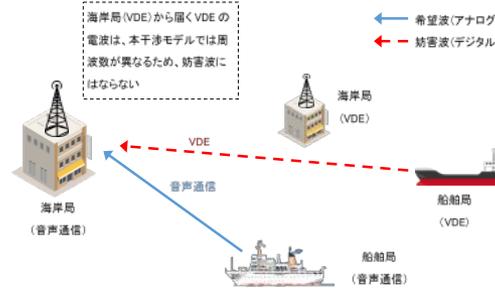
希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル(DU比)であるか、また、周波数がどれだけ離れていれば受信できるか(離隔周波数)を把握し、通信が成り立つDU比から離隔距離を求める。(干渉モデル想定図1, 2)

## (3) スケルチオープン測定検討

音声通信の待受中にVDE及びVDES装置からの電波が発射されることで、音声通信側に耳障りなノイズ音が発生し利便性が低下する可能性がある。この程度を確認するため、音声通信側のスケルチが開放されたときの値(オープン電力)を測定し、耳障りな音の有無(可聴)と離隔距離を求める。(干渉モデル想定図3)



干渉モデル想定図 1



干渉モデル想定図 2



干渉モデル想定図 3

- 妨害波としては、ITU-R勧告M.2092-0において規格が定められているVDEを用いる。
- 希望波(音声通信)と妨害波(VDE)の帯域幅及び変調方式の組み合わせは右の表のとおりである。

希望波(音声通信)と妨害波(VDE)の帯域幅及び変調方式の組み合わせ

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

# 周波数共用条件の検討 ～国際VHF海上無線設備の机上検討結果

(1)同一チャネル干渉検討、(2)隣接チャネル干渉検討及び(3)スケルチオープン測定検討の机上検討結果を示す。

机上検討結果(妨害波送信出力25Wの結果を抜粋)

( (3)については中心周波数差が12.5 kHzのみ)

		変調方式	$\pi/4$ QPSK			8PSK			16QAM		
		帯域幅 [kHz]	25		100	25		100	25		100
(1)	測定周波数 [MHz]	中心周波数差 [kHz]	12.5	0	12.5	12.5	0	12.5	12.5	0	12.5
	157.150	DU比 [dB]	-0.5	3.5	-1.3	-0.5	3.4	-1.4	-0.7	3.6	-1.9
		離隔距離 [km]	8.82	11.97	8.3	8.82	11.88	8.24	8.69	12.6	7.93
	161.750	DU比 [dB]	-0.7	3.2	-1.5	-0.7	3.4	-1.3	-0.8	3.4	-1.1
		離隔距離 [km]	8.56	11.51	8.05	8.56	11.69	8.18	8.50	11.69	8.30
	(2)	測定周波数 [MHz]	中心周波数差 [kHz]	37.5	25	62.5	37.5	25	62.5	37.5	25
157.150		DU比 [dB]	62.1	56.9	59.6	62.1	56.8	59.2	61.2	55.7	58.5
		離隔距離 [km]	0.28	0.37	0.33	0.28	0.37	0.33	0.30	0.21	0.34
161.750		DU比 [dB]	64.3	57.2	58.0	64.3	57.2	58.2	66.4	56.0	57.0
		離隔距離 [km]	0.24	0.36	0.35	0.24	0.36	0.35	0.21	0.39	0.37
(3)		測定周波数 [MHz]	中心周波数差 [kHz]	12.5		12.5	12.5		12.5	12.5	
	157.150	オープン電力 [dBm]	-108		—	-108		—	-105		—
		離隔距離 [km]	52.75		—	52.75		—	47.59		—
	161.750	オープン電力 [dBm]	-107		—	-106		—	-105		—
		離隔距離 [km]	50.30		—	48.60		—	46.89		—

※「—」はスケルチオープン無し。

## (1)同一チャネル干渉検討

妨害波を25 Wで送信する場合は、VDEの変調方式と帯域幅によって離隔距離が7.93 kmから12.6 kmとなった。海岸局が最大送信出力である50 Wで送信する場合は、VDEの変調方式と帯域幅によって離隔距離は10.13 kmから14.65 kmとなった。

## (2)隣接チャネル干渉検討

妨害波を25 Wで送信する場合は、VDEの変調方式と帯域幅によって離隔距離は0.21 kmから0.39 kmとなった。海岸局が最大送信出力である50 Wで送信する場合は、VDEの変調方式と帯域幅によって離隔距離は0.26 kmから0.43 kmとなった。

## (3)スケルチオープン測定検討

VDEの送信出力が25 W, 50 Wそれぞれの場合で、変調方式、帯域幅及び希望波と妨害波の中心周波数の差の条件によっては、スケルチがオープンし耳障りな音を確認した。

# 周波数共用条件の検討 ～ 400 MHz帯船上通信設備の机上検討概要

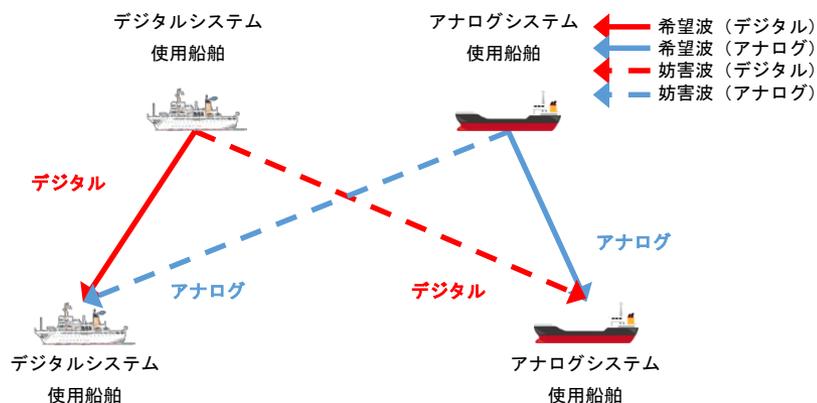
デジタルシステムとアナログシステムの共用条件を求めるため、下記の検討項目について机上検討を実施した。

## (1) 同一チャネル干渉検討

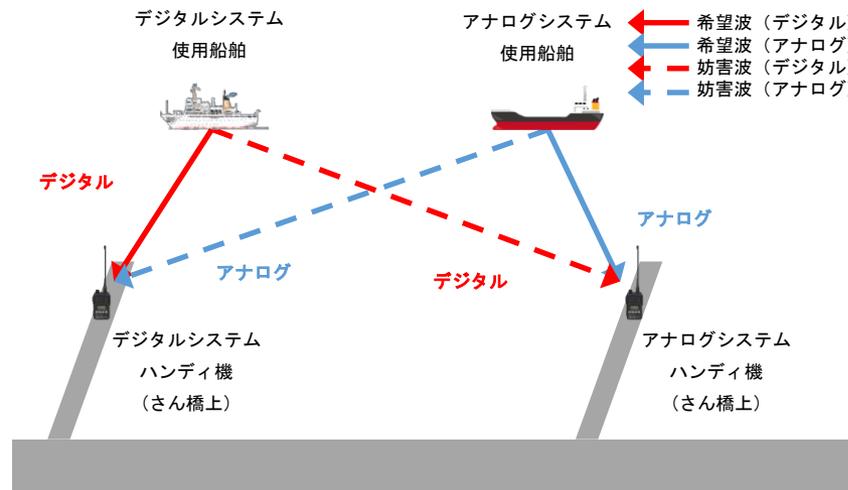
同一チャネル(一部でも帯域が重なるチャネル)にて、希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル(DU比)であれば通信が成り立つかを把握し、DU比から離隔距離を求めた。アナログシステムの変調方式はFM、帯域幅は25 kHz、デジタルシステムの変調方式は4値FSK、帯域幅は6.25 kHz及び12.5 kHzを考慮した。干渉モデルは船舶間と陸船間を考慮した。

## (2) 隣接チャネル干渉検討

隣接チャネル(帯域が重ならない最も近いチャネル)にて、希望波に対し妨害波がどの程度の受信レベル(DU比)であれば通信が成り立つかを把握し、DU比から離隔距離を求めた。アナログシステムの変調方式はFM、帯域幅は25 kHz、デジタルシステムの変調方式は4値FSK、帯域幅は6.25 kHz及び12.5 kHzを考慮した。干渉モデルは船舶間と陸船間を考慮した。



(A) 船舶間の干渉モデル



(B) 陸船間の干渉モデル

# 周波数共用条件の検討 ～ 400 MHz帯船上通信設備の机上検討結果

(1) 同一チャネル干渉検討及び(2)隣接チャネル干渉検討の机上検討結果を示す。

(1)-(A) 同一チャネル干渉検討(船舶間)での離隔距離 [km]

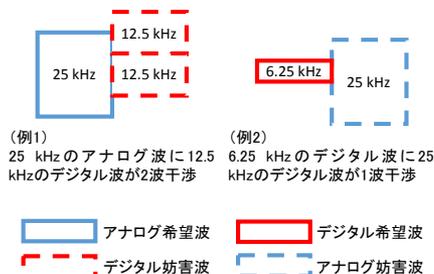
妨害波		FM	4値FSK						
		25 kHz	6.25 kHz				12.5 kHz		
		1波	1波	2波	3波	4波	1波	2波	3波
FM	25 kHz	—	1.93	2.30	2.54	2.73	2.30	2.54	2.73
4値FSK	6.25 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—
	12.5 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—

(1)-(B) 同一チャネル干渉検討(陸船間)での離隔距離 [km]

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

(2) 隣接チャネル共用条件の離隔周波数 [kHz]

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



(1) 同一チャネル干渉検討 (A) 船舶間

アナログシステムに対するデジタルシステムの干渉は妨害波の重なりによって離隔距離は1.93 kmから2.73 km、デジタルシステムに対するアナログシステムの干渉は4.59 kmとなった。

(1) 同一チャネル干渉検討 (B) 陸船間

アナログシステムに対するデジタルシステムの干渉は妨害波の重なりによって離隔距離は1.53 kmから2.16 km、デジタルシステムに対するアナログシステムの干渉は3.63 kmとなった。

(2) 隣接チャネル干渉検討

離隔周波数は帯域幅によって13.83 kHzから15.09 kHzの値となり、どれもチャネル配置上の隣接チャネルの中心周波数の差より小さい値であった。

以下の理由から、机上検討の値を最悪値として共用条件を示すこととし、実環境における実証試験は不要という結論とした。

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

# チャンネル配置の検討～国際VHF海上無線設備

- アナログ音声通信とデジタルデータ通信が同一チャンネルで使用される場合は、机上検討の結果から、最低でも約8 kmの離隔距離が必要である。また、船舶の長さが250 m～300 m級の船舶が停止するために要する距離は3.75 km～6 kmといわれており、仮に6 kmの間隔をあけて通常航行しているとしても、離隔距離よりも近い距離で船舶が運行されていることになり共用は困難と考えられる。隣接チャンネルで使用される場合は、机上検討の結果から、最大約0.4 kmの離隔距離が必要である。仮に3.75 kmの間隔しかあけずに通常航行しているとしても、十分な離隔距離がとれるため共用可能と考える。
- そのため、当該用途の周波数を他の周波数帯へ配置させることが必要であり、無線通信規則付録第18号(WRC-15版)において海上移動業務のために割当てられている国際VHF帯の周波数の使用用途、総務省のトラヒック調査資料の使用頻度判定を基に、割当周波数変更先を検討し候補を示した。

以下の留意点を考慮し割当周波数を選定することが望ましいとした。

- 現在の割当周波数からの離調を考慮すると、Ch.21-Ch.26及びCh.80-Ch.86に近い周波数が好ましいため、一番近いCh.78及びCh.79を優先的に割当てるとしつつも、Ch.7から順次割当てていく
- Ch.78及びCh.79は、既存局の影響を最大限考慮して利用する
- Ch.1-Ch.5, Ch.7, Ch.60-Ch.66の割当ては、他の無線局との混信を十分考慮し、無線設備の設置箇所及び空中線高の調査を行い、最適な周波数割当てを選定する

変更対象の周波数と変更先の候補となる周波数(案)

チャンネル番号	送信周波数(MHz)		チャンネル番号	送信周波数(MHz)	
	船舶局	海岸局		船舶局	海岸局
60	156.025	160.625	17	156.850	156.850
01	156.050	160.650	77	156.875	
61	156.075	160.675	18	156.900	161.500
02	156.100	160.700	78	156.925	161.525
62	156.125	160.725	1078	156.925	156.925
03	156.150	160.750	2078	161.525	161.525
63	156.175	160.775	19	156.950	161.550
04	156.200	160.800	1019	156.950	156.950
64	156.225	160.825	2019	161.550	161.550
05	156.250	160.850	79	156.975	161.575
65	156.275	160.875	1079	156.975	156.975
06	156.300		2079	161.575	161.575
2006	160.900	160.900	20	157.000	161.600
66	156.325	160.925	1020	157.000	157.000
07	156.350	160.950	2020	161.600	161.600
67	156.375	156.375	80	157.025	161.625
08	156.400		21	157.050	161.650
68	156.425	156.425	81	157.075	161.675
09	156.450	156.450	22	157.100	161.700
69	156.475	156.475	82	157.125	161.725
10	156.500	156.500	23	157.150	161.750
70	156.525	156.525	83	157.175	161.775
11	156.550	156.550	24	157.200	161.800
71	156.575	156.575	84	157.225	161.825
12	156.600	156.600	25	157.250	161.850
72	156.625		85	157.275	161.875
13	156.650	156.650	26	157.300	161.900
73	156.675	156.675	86	157.325	161.925
14	156.700	156.700	27	157.350	161.950
74	156.725	156.725	87	157.375	157.375
15	156.750	156.750	28	157.400	162.000
75	156.775	156.775	88	157.425	157.425
16	156.800	156.800	AIS 1	161.975	161.975
76	156.825	156.825	AIS 2	162.025	162.025

変更先の候補となる周波数

変更対象の周波数

# まとめ～国際VHF海上無線設備

アナログ音声通信とデジタルデータ通信の共用については、離隔距離を確保することで、周波数共有が可能なが確認できた。しかし、同一チャンネルでは現在の船舶の航行状況から実際に離隔距離を常に確保することは困難である。

そこで、周波数有効利用の観点から他の周波数を利用することなく、現在、港務通信等に使用されている利用環境を維持するためには、国際VHF帯の周波数内で割当周波数を見直す方法が妥当であると考え。割当周波数を見直す場合は、必要な留意点を考慮し、割当周波数変更先の検討結果(下表)を参考とすることが望ましい。

変更対象の周波数と近接した周波数(Ch.71-79)の検討結果

チャンネル	検討	検討結果(※)
Ch.71 及び Ch.74	外洋を航行する小型船舶が使用している。	×
Ch.72 及び Ch.73	船舶相互間通信用として使用しており、陸船間通信用として使用することは好ましくないと考えられる。	×
Ch.75 及び Ch.76	長距離 AIS 用としての国際分配がされており我が国独自としての周波数割当は困難である。	×
Ch.77	全国共通波であり陸船間のみ利用として割当てし直すことは好ましくない。	×
Ch.78 及び Ch.79	旅客定期航路事業等の陸船間通信として利用されており、海岸局及び船舶局とも免許の実績はあるものの局数は非常に少ない(Ch.79を使用した海岸局はない。)また、Ch.78 及び Ch.79 は、WRC-15 において Ch.19 及び Ch.20 と同様、単信方式の利用に限定する条件が解除されたため、国際航海に従事する船舶に限定した割当てを解除すれば使用は可能と考えられる。	○

※: ○: 変更先候補として適する、×: 変更先候補として適さない

トラヒック調査資料を参考に使用頻度について検証した結果

チャンネル	トラヒック調査資料の使用頻度判定(※1)		検討結果(※2)
	船舶局	海岸局	
Ch.60	○	○	○
Ch.1	○	○	○
Ch.61	○	○	○
Ch.2	○	○	○
Ch.62	○	○	○
Ch.3	○	○	○
Ch.63	○	○	○
Ch.4	△	○	○
Ch.64	△	○	○
Ch.5	△	○	○
Ch.65	○	○	○
Ch.66	△	○	○
Ch.7	△	○	○
Ch.67	×	×	×
Ch.8	×	×	×
Ch.68	×	×	×

※1: ○: トラヒック量低い

△: 若干のトラヒック量はあるものの影響は少ない

×: トラヒック量高い

※2: ○: 変更先候補として適する、×: 変更先候補として適さない

# まとめ～400 MHz帯船上通信設備

国際的にはアナログシステムとデジタルシステムを共用することが認められているものの、我が国においては、湾内地域で水先業務や港湾管理用等で利用するケースがあり、運用者が同一でなく無線局間の干渉妨害が生じるケースが考えられる。

これらの対応策として、技術面及び運用面における対策案を示す。

## 技術面での対策案

- ITU-R勧告M.1174-3では、従来の25 kHzアナログシステムも継続して使用することができ、混信防止のために下表の技術の利用が勧告されている。

ITU-R勧告M.1174-3で勧告された技術

システム	勧告された技術	効果
アナログ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CTCSS(Continuous Tone Coded Squelch Systems)</li> <li>• DCS(Digital Coded Squelch)</li> </ul>	これらの技術を使用することで、特定の相手方が送信する信号のみを受信することが可能となり、デジタルシステムからの混信による耳障りなノイズを抑えることが可能
デジタル	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DCS(Digital Coded Squelch)</li> </ul>	この技術を使用することで、特定の相手方が送信する信号のみを受信することが可能
デジタル及びアナログ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LBT(Listen Before Talk)</li> </ul>	運用中チャンネルが使用中かどうかを検出し、そのチャンネルが空いている場合のみ送信可能とするため、干渉緩和技術として推奨

- 457 MHz帯で運用されているアナログシステムが多いため、457 MHz帯でデジタルシステムを運用する場合は、デジタルシステムでのLBT(キャリアセンス)機能が有益と考える。
- このほか、現在のアナログシステムでは事前に指定されたトーン周波数を使用したCTCSS(トーンスケルチ型選択呼出装置)の利用が認められているが、デジタルシステム導入による雑音回避のために、CTCSSを使用していない既存局にもCTCSSを容易に導入できるようにすることが望ましい。

## 運用面での対策案

- アナログシステムとデジタルシステムの共用のためには離隔距離を確保する必要があるが、我が国においては、湾内地域で水先業務や港湾管理用等で利用するケースがあり、運用者が同一でなく無線局間の干渉妨害が生じるケースが考えられる。そのため運用者が離隔距離に関して十分理解して運用するなどのガイドライン等を策定することが望ましい。