

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会
報告(案)

諮問第2033号

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち
「VHF帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件」

令和2年3月

目次

I.	検討事項.....	1
II.	委員会及び作業班の構成.....	1
III.	検討経過.....	1
IV.	検討概要.....	3
第1章 VHF 帯加入者系無線システムの概要.....		3
1.1	検討の背景	3
1.2	現行システムの現状	4
1.3	高度化システムの技術検討の前提条件と技術概要.....	7
第2章 周波数の共用検討		11
2.1	共用検討を行うシステムの選定	11
2.2	共用検討の条件	12
2.3	共用条件	19
2.4	共用計算に用いた条件.....	27
2.5	共用計算例	34
2.6	共用計算例のまとめ	47
2.7	近接波妨害特性及び相互変調特性の確認	53
2.8	共用検討のまとめ	55
第3章 技術的条件		57
3.1	一般的条件	57
3.2	無線設備の技術的条件	63

I. 検討事項

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 (以下「委員会」という。) は、情報通信審議会諮問第 2033 号「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「VHF 帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件」について検討を行った。

II. 委員会及び作業班の構成

委員会の構成員は別表1のとおりである。

検討の促進を図るため、委員会の下に「VHF 帯加入者系無線システム作業班」(以下「作業班」という。)を設置し、VHF 帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件に関する調査を行った。

作業班の構成員は別表2のとおりである。

III. 検討経過

1 委員会における検討

① 第 50 回 (令和元年9月5日)

「VHF 帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件」に関し、委員会の運営方針について検討を行ったほか、検討の促進を図るため、作業班を設置することとした。

また、令和元年9月6日に、「VHF 帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件」に関し、関係者からの意見聴取の募集を行ったが、特に希望者がいないことから意見陳述の機会は設けられなかった。

② 第 52 回 (令和元年12月5日)

VHF 帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件について、意見聴取の結果、有効な意見陳述の希望・意見の提出が無かったことが報告された。

③ 第 53 回 (令和2年2月6日)

「VHF 帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件」の検討及び意見募集を行う委員会報告(案)の取りまとめを行った。

④ 第 54 回 (令和2年3月10日) [予定]

パブリックコメントの結果を踏まえ、提出された意見に対する考え方及び委員会報告を取りまとめた。(予定)

2 作業班における検討

① 第1回 (令和元年9月9日)

作業班の運営方針、VHF 帯加入者系無線システムの概要及び周波数共用条件について説明が行われ、検討に着手した。

② 第2回 (令和元年10月10日)

VHF 帯加入者系無線システムの高度化に係る技術的条件について検討した。

③ 第3回 (令和元年12月24日)

第2回作業班における構成員からのコメントを反映し、いくつかの技術的条件を補足して検討した。近隣システムの周波数共用条件について追加で検討した。また、作業班報告書(案)について検討した。

④ 第4回 (令和2年1月20日)

技術的条件を含め、作業班報告書(案)について取りまとめた。

⑤ 第5回 (令和2年3月4日～6日)

メール審議にて作業班報告書を策定した。

IV. 検討概要

第1章 VHF 帯加入者系無線システムの概要

1.1 検討の背景

NTT 東日本と NTT 西日本は、日本電信電話公社（現在の日本電信電話株式会社、NTT）時代から、臨時回線、山岳部・離島などのルーラルエリア等へ固定電話回線などの提供に、現行の VHF 帯加入者系無線システム（以下「現行システム」という。）を運用しており、過去には全国で約 1300 台が配備されていた。

近年では、携帯電話などの普及や地方の人口減少などにより、電話回線を提供しているエリアの数が減少してきた。現在では、数十エリアにおいて継続して提供している。

一方、現行システムは、旧スプリアス規定で運用している無線局であり、令和4年11月30日の旧スプリアス経過措置期限までに更改すると共に、デジタル化により周波数利用効率の向上を目指している。

今般、デジタル化に係る検討に合わせ、高度化する VHF 帯加入者系無線システム（以下「高度化システム」という。）の技術的条件について検討を行うものである。

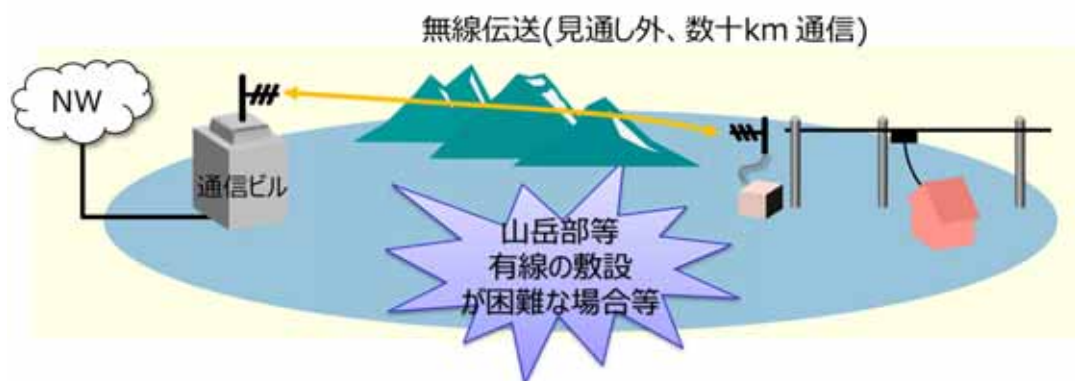


図 1-1 現行の VHF 帯加入者系無線システムの回線提供例

1.2 現行システムの現状

1.2.1 運用シーン

現行システムは、昭和 41 年に実用化され、さらに、昭和 53 年に装置本体の小型軽量化やアンテナの軽量化¹などを経て、現在まで運用されている。運用シーンとしては、主に2つの形態でサービスを提供しており、高度化システムにおいても、継続してサービス提供を予定している。

広域回線と接続する無線局（以下「親局」という。）のアンテナは都市部の屋上などに設置し、固定電話側の無線局（以下「子局」という。）のアンテナはルーラル地域の電柱やポールなどに設置し、電話端末まで有線で配線されるのが一般的な形態である。いずれも、親局と子局は、数十 km 離れている場所であり、伝搬路は見通し外となる場所が多いことから、VHF 帯の電波の特徴を十分に活かした無線システムによる通信回線の提供が必要となる。

各形態での運用シーンの例を下記に示す。

○固定電話・アナログ専用線などの固定的運用

山間部・離島などのルーラルエリア等へ、固定電話回線及びアナログ専用サービス回線の提供を行う。運用シーンのほとんどがこの固定的運用であり、一年中サービス提供を行う。



図 1-2 固定電話回線の提供イメージ

¹ 日本電信電話公社施設局 編, 電気通信協会, 1978-01



図 1-3 固定電話回線の提供例 (親局側)



図 1-4 固定電話回線の提供例 (子局側)

○山小屋の公衆電話などの期間限定運用

主に、山小屋やヒュッテに設置している公衆電話回線等の提供を行っている。冬の閉鎖期間においては、無線装置とアンテナ含めて撤去し、アンテナやポール等の折れや破損を防いでいる。



図 1-5 山小屋の公衆電話回線の提供イメージ



図 1-6 山小屋の公衆電話回線の提供例 (公衆電話)

1.2.2 周波数割当計画

現行システムが使用する周波数の割当計画を表1-1に示す。また近隣システムの周波数を合わせて示す（隣接周波数は括弧付で記載）。

表 1-1 周波数割当計画 (抜粋)

国内分配 (MHz)		無線局の目的	周波数の使用に関する条件
(50-54)	アマチュア	アマチュア業務用	
54-54.7625	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用	
(54.7625-54.9575)	固定 移動	公共業務用 一般業務用	
(54.9575-55.2125)	固定 移動	公共業務用 放送業務用 一般業務用	放送事業用での使用は、占有周波数帯幅が 100kHz 以下の場合に限る。
(55.2125-55.2275)	固定 移動	公共業務用	
55.2275-56.9825	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用 放送業務用 一般業務用	放送事業用での使用は、占有周波数帯幅が 100kHz 以下の場合に限る。
(56.9825-57.0425)	固定 移動	公共業務用	
(57.0425-57.8525)	固定 移動	公共業務用 放送業務用 一般業務用	放送事業用での使用は、占有周波数帯幅が 100kHz 以下の場合に限る。
(57.8525-57.8675)	固定 移動	公共業務用	
57.8675-60.5375	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用 放送業務用 一般業務用	放送事業用での使用は、占有周波数帯幅が 100kHz 以下の場合に限る。
(60.5375-60.7925)	固定 移動	公共業務用	
60.7925-68	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用 放送業務用 一般業務用	放送事業用での使用は、占有周波数帯幅が 100kHz 以下の場合に限る。
(68-72.125)	固定 移動	公共業務用 一般業務用	

1.3 高度化システムの技術検討の前提条件と技術概要

1.3.1 高度化システムの更改対象のシステム

現行システムは、60MHz 帯においてアナログ方式を採用して、最大3回線の電話回線を提供してきた。さらに、NTT 東日本と NTT 西日本では、現行システムの他に、地理的条件や回線数などにより、複数の加入者系無線システムを活用²してきた。現在では、400MHz 帯と2GHz 帯を活用した加入者系無線システムが運用されている。400MHz 帯については、平成 28 年1月に、災害対策用にデジタル化・高度化に係る技術的条件に関して一部答申を受けている。さらに、2GHz 帯無線システムは距離に応じて、7.5GHz 帯や 18GHz 帯等の無線システムに一部更改している。しかし、旧スプリアス経過措置期限や無線装置の老朽化、収容回線数の減少などを勘案して、複数の加入者系無線システムの一部を高度化無線システムへ更改する予定である。

ここで、同一ルート内で電話回線提供数が、高度化システムの1装置で不足する場合には、高度化システムの装置増設で対応することとする。ただし、高度化システムの装置増設においては、周辺の周波数利用状況を踏まえることとする。

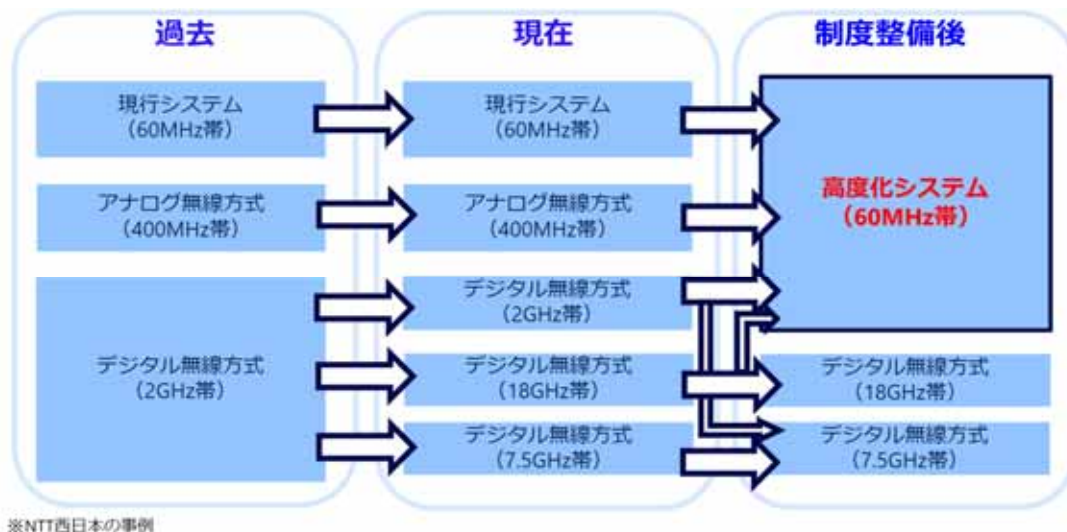


図 1-7 加入者系無線システムの変遷

² アクセス系無線技術の変遷(http://www.hct.ecl.ntt.co.jp/panel/pdf/2_Ea_7.pdf)

1.3.2 高度化システムに係る検討のための前提条件

これまで現行システムは、最大3回線の電話回線（専用線）を提供してきた。2GHz帯、18GHz帯の加入者系無線システムにおいては、数十回線～数百回線の電話回線（専用線）を提供してきた。しかし、これらの無線システムの電話回線（専用線）数は、人口減少もあり、現在ではその中のいくつかのエリアでは電話回線数は十数回線となっており、高度化システムで更改可能な数まで減少している状況にある。

そのため、他の加入者系無線システムを高度化システムで更改可能とするため、少なくとも現行システムの最大収容数である3回線以上の電話回線を収容できることが必要である。

また、現行システムは、見通し外通信も含めて数十kmの距離へサービス提供しており、最遠距離は約50kmである（他の加入者系無線システムは、比較的高い周波数帯を活用していることから見通し内通信によりサービスを提供してきた（一部のルートに中継方式を採用））。そのため、現行システムと同様に高度化システムにおいても中継方式を採用することなく、更改ルートへ回線提供することが適当である。

さらに、親局から子局の監視制御のための制御回線（以下「制御回線」という。）は、主信号である電話回線（専用線）に影響することなく伝送可能であることが適当である。

以上のことから、高度化システムの技術的条件を検討する上で前提とされる要求条件としては、

「50km地点において電話回線（専用線）を3回線及び制御回線を提供可能」であることとする。

1.3.3 高度化システムに求められる技術

高度化システムにおいては、周波数利用効率の向上を目指し、占有周波数帯幅の狭帯域化だけでなく、現行システムで採用している周波数分割複信方式（FDD: Frequency Division Duplex）から、時分割複信方式（TDD: Time Division Duplex）を採用することにより、更なる周波数利用効率の向上を目指す。一方で、他の複数無線システムの一部更改の実現に向けて、3回線以上の電話回線の提供を目標とする。さらに、高度化を考慮して、数十kmの通信距離においても品質確保のために、適応変調技術を採用することが適当である。

これらを実現するにあたって、技術の概要を以下に示す。

(1) 狭帯域化技術

現行システムの占有周波数帯幅は 120kHz である。デジタル化においては、高出力増幅器等の歪を補償するなどの技術を適用することで帯域外漏えい電力を抑制し、占有周波数帯幅 110kHz 以下に狭帯域化を実現する。

歪補償技術による帯域外漏えい電力の抑制効果は、サンプルとして取得した参考値としては約 10dB である。歪補償技術を適用しない場合、隣接チャネルにおいて 256QAM に必要な送信信号の S/N の確保が困難となり 64QAM に下げることが必要となる。この場合、所要伝送容量を達成させるためには 8/6 倍のクロック周波数が必要であり、占有周波数帯幅が 110kHz から約 145kHz に広がることになる。以上のことから、歪補償技術により 256QAM 伝送を可能とし、かつ、狭帯域化を実現している。



図 1-8 狭帯域化技術

(2) 時分割複信方式

現行システムは、FDD を採用していたが、1つのチャネルだけで送受信することで 2倍の周波数利用効率の向上を実現できることから、TDD を採用する。さらに、256QAM 方式を採用することで、TDD の採用や狭帯域化を実現しても、最大4回線の電話回線の提供を実現する。

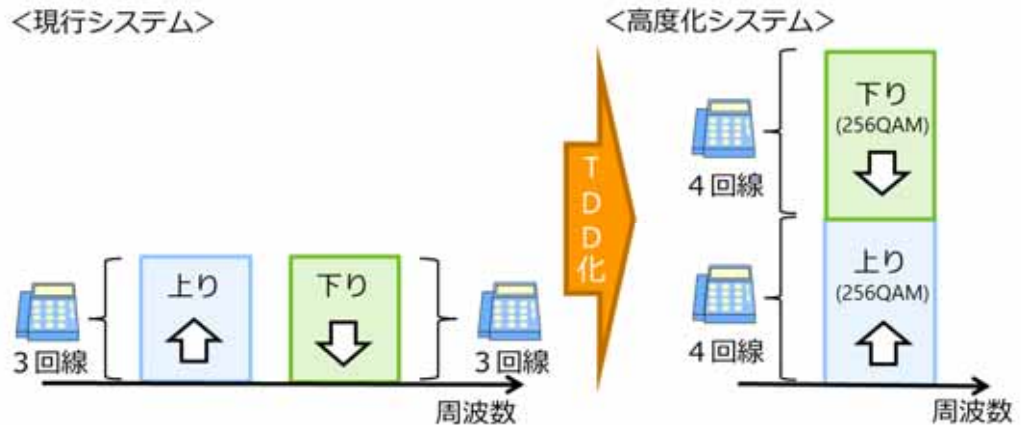


図 1-9 時分割複信方式

(3) 適応変調技術

無線局を運用する場所は、通信距離が数十 km にわたり、伝搬路が山間部や海上や見通し外も含む、多様な伝搬環境であることから、電波の伝搬環境の状態変動を吸収して通信品質を確保するために、変調多値数を自動的に変更する適応変調技術を採用する。

通話中の電話回線数が少ない場合に、変調多値数を少なくすることで、フェージングや干渉への耐性の向上が可能となる。

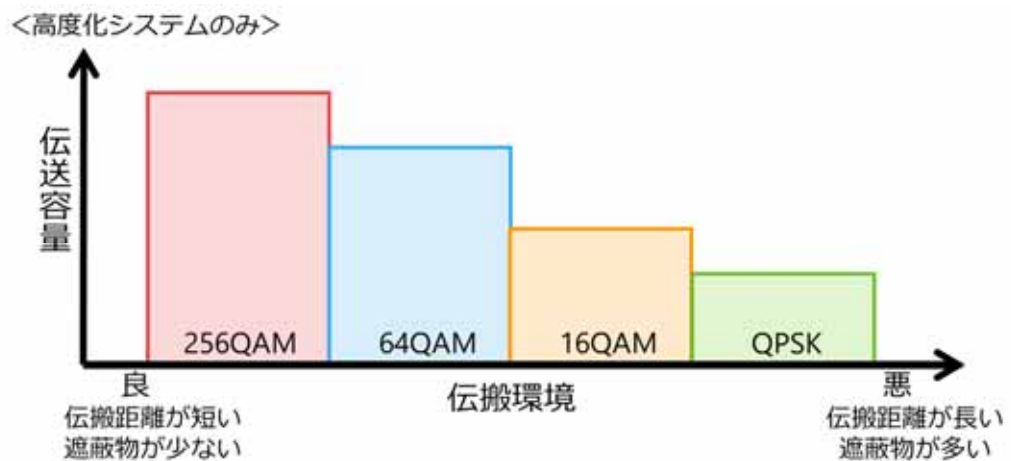


図 1-10 適応変調技術

第2章 周波数の共用検討

60MHz 帯を用いる無線システムのうち、電気通信業務用システムと近隣システムの相互間及び隣接するシステムとの必要な離隔距離を求め、周波数共用の検討を実施した。

2.1 共用検討を行うシステムの選定

周波数割当計画より、下記のシステムとの共用条件について検討を行うこととする。

- 公共業務用 (60MHz 帯)
 - 防災行政無線システム「アナログ」
 - 防災行政無線システム「16QAM」
 - 防災行政無線システム「QPSK」
 - 防災行政無線システム「4FSK」
 - 国土交通省 70MHz 帯無線装置
 - 電気事業用、ガス事業者用等
- 放送事業用 (60MHz 帯)
 - アナログ STL/TTL
 - デジタル STL/TTL
- 一般業務用 (60MHz 帯)
 - 一般業務用

本資料においては、「国土交通省 70MHz 帯無線装置」と「電気事業用、ガス事業者用等」と「一般業務用」については、「公共用、一般業務用 (固定局)」又は「公共用、一般業務用 (陸上移動業務の局)」として、以下、表記することとする。

2.2 共用検討の条件

2.2.1 主な諸元

電気通信業務用システム及び近隣システムについて、表2-1と表2-2の共用検討条件に基づき干渉検討を行った。

アナログ/デジタル STL/TTL は、放送局の送信所と送信所を結ぶ番組中継回線または送信所と送信所を結ぶ番組中継回線である。

防災行政無線システム「アナログ」、同「16QAM」、同「QPSK」、同「4FSK」は、市区町村の庁舎等から一斉送信し、同一市区町村内に配置される子局（屋外子局、戸別受信機）で受信するものである。また、子局から親局への送信（アンサーバック、音声）を行う例もある。

なお、戸別受信機については、屋外受信空中線を設置して使用する例もあることから、3素子八木アンテナを屋外に設置して受信するモデルについて検討を行うこととする。

国土交通省 70MHz 帯無線装置は、国土交通省が設置する河川、ダム、道路管理に用いる雨量、水位、水質等のテレメータ及びテレコントロール装置である。

電気通信事業用、ガス事業用及び一般業務用は、事務所間、事務所と移動体又は移動体相互間において、主に音声による業務連絡やデータ伝送等の固定・移動通信に幅広く利用されている。

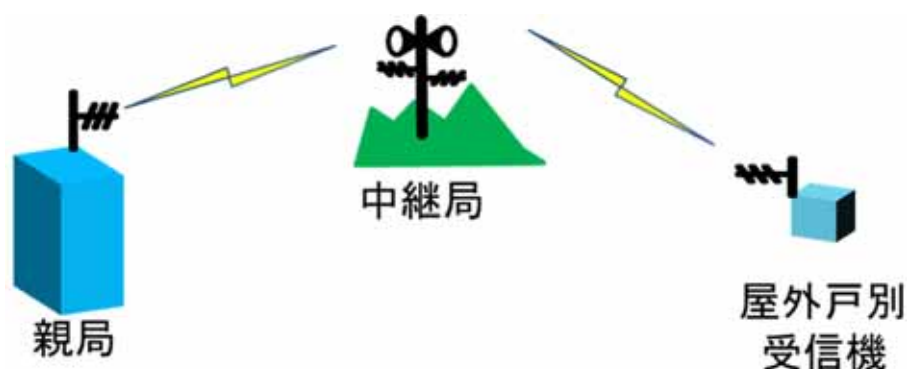


図 2-1 防災行政無線システムのイメージ

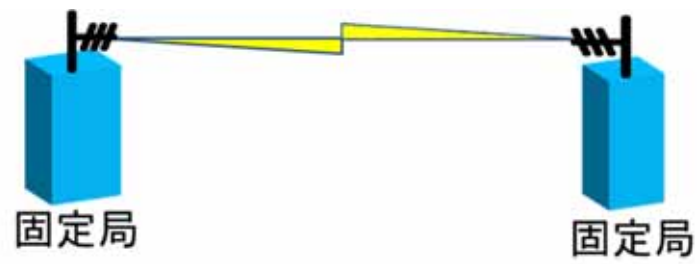


図 2-2 電気通信業務用等の固定通信システムのイメージ

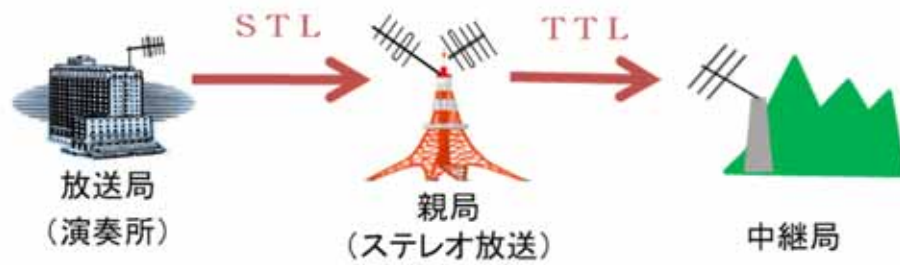


図 2-3 STL/TTL のイメージ

表 2-1 共用検討条件 (その1)

項目		高度化システム	近隣システム				
		高度化システム	アナログ STL/TTL	デジタル STL/TTL	防災行政無線 システム「16QAM」	防災行政無線 システム「QPSK」	防災行政無線 システム 「4FSK」
送信系	空中線電力(W)	1/10/20	50 ^{※1}	5 ^{※1}	10 ^{※1}	10 ^{※1}	10 ^{※1}
	占有周波数帯幅(kHz)	110	100 ^{※1}	96 ^{※1}	13.7 ^{※3}	7.1 ^{※1}	14.6 ^{※1}
	損失 ^{※6} (dB)	4	3 ^{※1}	3 ^{※2}	1.2 ^{※3}	1.2 ^{※4}	1.2 ^{※4}
受信系	等価受信帯域幅(kHz)	90	395/183/330 /134/641 ^{※1}	80 ^{※1}	11.25 ^{※1}	5.625 ^{※1}	9.6 ^{※1}
	所要受信機入力 (dBm)	-73	-65 ^{※5}	-60 ^{※5}	-87.9 ^{※5}	-102.8 ^{※5}	-98.4 ^{※5}
	所要 D/U(dB)	29 ^{※7}	55 ^{※1}	31.3 ^{※3}	27.2 ^{※5}	20.4 ^{※5}	19.8 ^{※5}
	損失 ^{※6} (dB)	2.7	6 ^{※1}	6 ^{※2}	0.8 ^{※3}	0.8 ^{※4}	0.8 ^{※4}

※1 「VHF帯放送番組中継回線の利用促進のための周波数有効利用技術に関する調査検討 報告書(全編版)」信越総合通信局

※2 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第111回)資料111-3-2 放送システム委員会報告

※3 ARIB STD-T86

※4 ARIB STD-T115

※5 電波法関係審査基準

※6 ケーブルロス及びフィルタロス

※7 本検討においては、代表的な例として64QAMにて検討する。([参考] 所要D/U[dB]: QPSK=16、16QAM=23、256QAM=35)

表 2-2 共用検討条件 (その2)

項目		近隣システム					
		防災行政無線 システム「アナログ」		公共用，一般業務用		公共用，一般業務用	
				固定局		陸上移動業務の局	
		親局	子局	親局	子局	基地局/ 携帯基地局	陸上移動局/ 携帯局
送信系	空中線電力(W)	10 ^{※1}		10		25	5
	占有周波数帯幅(kHz)	16 ^{※1}		16		16	
	損失 ^{※2} (dB)	1.2 ^{※2}		1.2	1.2	1.2	1.2
受信系	等価受信帯域幅(kHz)	12 ^{※1}		12			
	所要受信機入力 (dBm)	-98.3 ^{※1}		-111		-107	
	所要 D/U(dB)	30 ^{※1}		30		30	
	損失 ^{※2} (dB)	0.8 ^{※2}		0.8	0.8	0.8	0.8

※1 「VHF帯放送番組中継回線の利用促進のための周波数有効利用技術に関する調査検討 報告書(全編版)」信越総合通信局

※2 ケーブルロス及びフィルタロス

2.2.2 スペクトラム特性(高度化システム)

高度化システムのスペクトラムマスクを表2-3に示す。ここで、 i は各ブロックにおける位置を示している。バンドパスフィルタの効果が表れるため、各ブロック帯における内部位置により周波数特性が異なる。

表 2-3 高度化システムのスペクトラムマスク

(単位: dBm/10kHz)

離調周波数(kHz) (i=-2,-1,0,1,2)	空中線電力	
	1W	10W
0 ~ 60	19.59	29.59
60 ~ 180	-21.00 -0.033Δf	-5.75 -0.071Δf
180 ~ 300	-26.34 -0.0037Δf	
300 ~ 1000		-25.71 -0.0043Δf
1000 ~ 1560-120 i	-30.00	
1560-120i ~ 1760-120 i	40.20-5.4i -0.0450Δf	
1760-120 i ~	-39.00	

上記表をグラフで表したものを図2-4に示す。

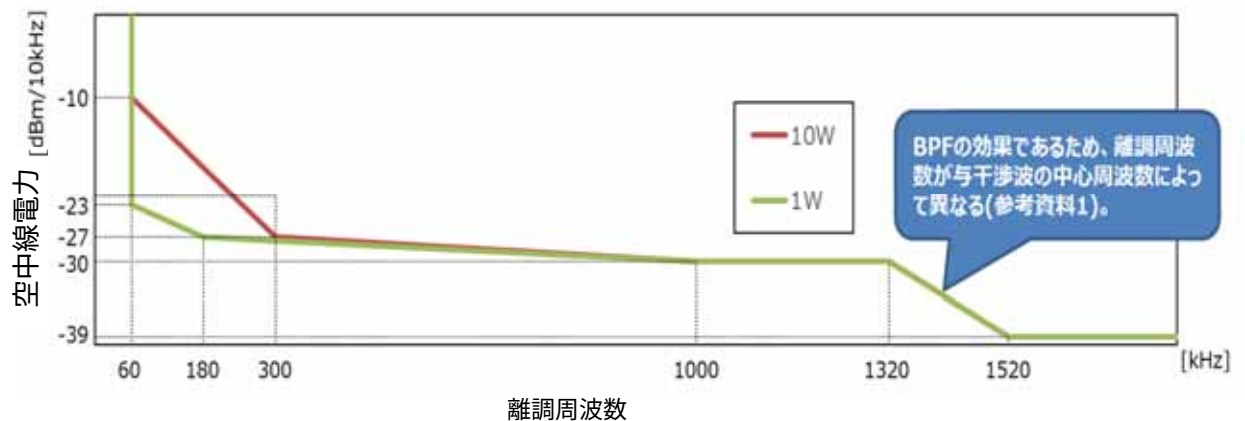


図 2-4 高度化システムのスペクトラムマスクグラフ ($i=2$ の場合)

想定するチャンネル配置の中心周波数と*i*の関係を表2-4に示す。

表 2-4 中心周波数と*i*の関係

中心周波数(MHz) <i>i</i> =-2,-1,0,1,2 (各 5 波)	
ブロック帯	
A 帯(54.02～54.68)	$54.35 + 0.12 i$
B 帯(56.18～56.87)	$56.51 + 0.12 i$
C 帯(58.52～59.15)	$58.85 + 0.12 i$
D 帯(61.94～62.60)	$62.27 + 0.12 i$
E 帯(64.34～64.97)	$64.67 + 0.12 i$

2.2.3 スペクトラム特性(近隣システム)

近隣システムにおけるスペクトラム特性を表2-5及び図2-5に示す。表2-5は、「VHF 帯放送番組中継回線の利用促進のための周波数有効利用技術に関する調査検討 報告書(全編版)」(信越総合通信局)に記載のスペクトラム特性(参考資料2に記載)をもとに検討条件を設定している。

図2-5において、防災行政無線システム「アナログ」については、参考資料2に記載のスペクトラム特性を引用している。また、公共用、一般業務用については、スペクトラム特性が規定されていなかったため³、スプリアス発射の強度の許容値である、「基本周波数の平均電力より 80dB 低い値」をスペクトラム特性として活用している。

³ 国交省 70MHz 帯無線装置(テレメータ・テレコントロール用)標準仕様書 - 国土交通省
(<https://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiyou/kokudenntsushi22.pdf>)

表 2-5 近隣システムのスペクトラム特性 (その1)

(単位: dBm/占有周波数帯幅)

離調周波数 (kHz)	アナログ STL/TTL	デジタル STL/TTL	防災行政無線 システム「16QAM」	防災行政無線シ ステム「QPSK」	防災行政無 線システム 「4FSK」			
0	70	37	40	40	40			
10			10	-30	0			
30			-30		-30			
50	-27	-3						
60		-33						
80	-23							

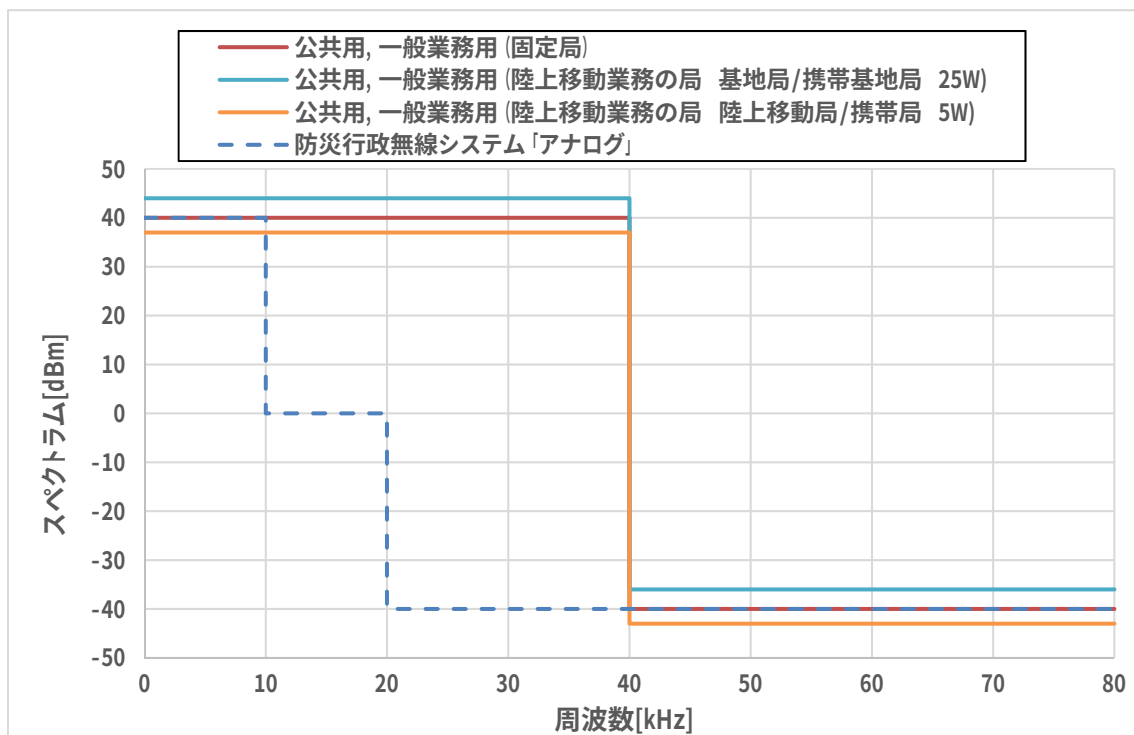


図 2-5 近隣システムのスペクトラム特性 (その2)

2.3 共用条件

2.3.1 高度化システムがU波（対 アナログ STL/TTL）

高度化システムがアナログ STL/TTL に対して与干渉となるときの干渉軽減係数 (IRF: Interference Reduce Factor)を与干渉側の送信出力毎に示す。表2-6及び2-7はそれぞれ高度化システムの出力が1W、10W の場合の IRF を示している。横軸はアナログ STL/TTL の各システムの IRF を示している。離調周波数 Δf (kHz)は希望波中心周波数と妨害波中心周波数の差を示す。

表 2-6 U 波空中線電力1W の IRF(i=-2, -1, 0, 1, 2)

(単位: dB)

離調周波数 Δf (kHz)	U 波空中線電力1W の IRF(i=-2, -1, 0, 1, 2)				
	2A ($\Delta f > 252.5$)	2B ($\Delta f > 146.5$)	2C ($\Delta f > 220$)	2D ($\Delta f > 122$)	2E ($\Delta f > 375.5$)
0 ~ 60	-15.6	-12.2	-14.8	-10.9	-17.7
60 ~ 300	$25.03 + 0.033 \Delta f$	$28.38 + 0.033 \Delta f$	$25.81 + 0.033 \Delta f$	$29.73 + 0.033 \Delta f$	$22.93 + 0.033 \Delta f$
300 ~ 1000	$30.38 + 0.0037 \Delta f$	$33.72 + 0.0037 \Delta f$	$31.16 + 0.0037 \Delta f$	$35.07 + 0.0037 \Delta f$	$28.27 + 0.0037 \Delta f$
1000 ~ 1560-120i	34.0	37.4	34.8	38.7	31.9
1560-120i ~ 1760-120i	$-36.17 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-32.82 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-35.39 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-31.47 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-38.27 + 5.4i + 0.045 \Delta f$
1760-120 i ~	43.0	46.4	43.8	47.7	40.9

注 Δf の最小値は U 波が D 波の等価受信帯域に入らない値に設定されることが通常である。グレイアウトされた値は等価受信帯域に入るため、実運用においては離調周波数として実質設定されない。個別の等価受信帯域に関しては、サイトエンジニアリングにおいて考慮する。

表 2-7 U 波空中線電力 10W の IRF(i=-2, -1, 0, 1, 2)

(単位: dB)

離調周波数 Δf (kHz)	U 波空中線電力 10W の IRF(i=-2, -1, 0, 1, 2)				
	2A ($\Delta f > 252.5$)	2B ($\Delta f > 146.5$)	2C ($\Delta f > 220$)	2D ($\Delta f > 122$)	2E ($\Delta f > 375.5$)
0 ~ 60	-15.6	-12.2	-14.8	-10.9	-17.7
60 ~ 300	$19.78 + 0.071 \Delta f$	$23.13 + 0.071 \Delta f$	$20.56 + 0.071 \Delta f$	$24.48 + 0.071 \Delta f$	$17.68 + 0.071 \Delta f$
300 ~ 1000	$39.75 + 0.0043 \Delta f$	$43.09 + 0.0043 \Delta f$	$40.53 + 0.0043 \Delta f$	$44.44 + 0.0043 \Delta f$	$37.65 + 0.0043 \Delta f$
1000 ~ 1560-120i	44.0	47.4	44.8	48.7	41.9
1560-120i ~ 1760-120i	$-26.17 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-22.82 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-25.39 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-21.47 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-28.27 + 5.4i + 0.045 \Delta f$
1760-120i ~	53.0	56.4	53.8	57.7	50.9

注 Δf の最小値は U 波が D 波の等価受信帯域に入らない値に設定されることが通常である。グレイアウトされた値は等価受信帯域に入るため、実運用においては離調周波数として実質設定されない。個別の等価受信帯域に関しては、サイトエンジニアリングにおいて考慮する。

2.3.2 高度化システムがU波（対 デジタル STL/TTL）

高度化システムがデジタル STL/TTL に対して与干渉となるとき、の干渉軽減係数 (IRF)を与干渉側の送信出力毎に表2-8に示す。

表 2-8 干渉軽減係数 (対 デジタル STL/TTL)

(単位: dB)

離調周波数 Δf(kHz) (Δf>95)	U 波空中線電力	
	1 W	10W
0 ~ 60	-8.6	
60 ~ 180	31.97 + 0.033 Δf	26.72 + 0.071 Δf
180 ~ 300	37.31 + 0.0037 Δf	
300 ~ 1000		46.68 + 0.0043 Δf
1000 ~ 1560-120 i	41.0	51.0
1560-120 i ~ 1760-120i	-29.23 + 5.4i + 0.045 Δf	-19.23 + 5.4i + 0.045 Δf
1760-120 i ~	50.0	60.0

注 Δf の最小値は U 波が D 波の等価受信帯域に入らない値に設定されることが通常である。グレーアウトされた値は等価受信帯域に入るため、実運用においては離調周波数として実質設定されない。

2.3.3 高度化システムがU波（対 防災行政無線システム）

高度化システムが防災行政無線システム「16QAM」「QPSK」「4FSK」に対して与干渉となるとき、干渉軽減係数(IRF)を与干渉側の送信出力毎に表2-9、表2-10及び表2-11に示す。

表 2-9 干渉軽減係数 (対 防災行政無線システム「16QAM」)

(単位: dB)

離調周波数 Δf(kHz) (Δf>60.625)	U 波空中線電力	
	1W	10W
0 ~ 60	5.1	
60 ~ 180	45.69 + 0.033Δf	40.44 + 0.071Δf
180 ~ 300	51.03 + 0.0037Δf	
300 ~ 1000		60.40 + 0.0043Δf
1000 ~ 1560-120 i	54.7	64.7
1560-120 i ~ 1760-120 i	-15.51 + 5.4i + 0.045Δf	-5.51 + 5.4i + 0.045Δf
1760-120 i ~	63.7	73.7

注 Δf の最小値は U 波が D 波の等価受信帯域に入らない値に設定されることが通常である。グレーアウトされた値は等価受信帯域に入るため、実運用においては離調周波数として実質設定されない。

表 2-10 干渉軽減係数 (対 防災行政無線システム「QPSK」)

(単位: dB)

離調周波数 Δf (kHz) ($\Delta f > 57.8125$)	U 波空中線電力	
	1W	10W
0 ~ 60	8.1	
60 ~ 180	$48.70 + 0.033 \Delta f$	$43.45 + 0.071 \Delta f$
180 ~ 300	$54.04 + 0.0037 \Delta f$	
300 ~ 1000		$63.41 + 0.0043 \Delta f$
1000 ~ 1560-120 i	57.7	67.7
1560-120 i ~ 1760-120 i	$-12.50 + 5.4i + 0.045 \Delta f$	$-2.50 + 5.4i + 0.045 \Delta f$
1760-120 i ~	66.7	76.7

表 2-11 干渉軽減係数 (対 防災行政無線システム「4FSK」)

(単位: dB)

離調周波数 Δf (kHz) ($\Delta f > 59.8$)	U 波空中線電力	
	1W	10W
0 ~ 60	5.8	
60 ~ 180	46.38 + 0.033 Δf	41.13 + 0.071 Δf
180 ~ 300	51.72 + 0.0037 Δf	
300 ~ 1000		61.09 + 0.0043 Δf
1000 ~ 1560-120 i	55.4	65.4
1560-120 i ~ 1760-120 i	-14.82 + 5.4i + 0.045 Δf	-4.82 + 5.4i + 0.045 Δf
1760-120 i ~	64.4	74.4

2.3.4 高度化システムがU波（対 防災行政無線システム「アナログ」及び公共用,一般業務用）

高度化システムが防災行政無線システム「アナログ」及び公共用,一般業務用に対して与干渉となるとき、干渉軽減係数(IRF)を与干渉側の送信出力毎に表2-12 に示す。

表 2-12 干渉軽減係数 (対 防災行政無線システム「アナログ」及び公共用,一般業務用)
(単位: dB)

離調周波数 Δf(kHz) (Δf>95)	U 波空中線電力	
	1W	10W
0 ~ 60	4.8	
60 ~ 180	45.41 +0.033 Δf	34.96 +0.071 Δf
180 ~ 300	50.75 +0.0037 Δf	
300 ~ 1000		60.12 +0.0043 Δf
1000 ~ 1560-120 i	54.4	64.4
1560-120 i ~ 1760-120 i	-15.79 +5.4 i+0.045 Δf	-5.79 +5.4 i+0.045 Δf
1760-120i ~	63.4	73.4

注1 表中の”i”は各ブロック帯におけるチャンネルの中心周波数の位置を示す。

注2 Δf の最小値は U 波が D 波の等価受信帯域に入らない値に設定されることが通常である。グレーアウトされた値は等価受信帯域に入るため、実運用においては離調周波数として実質設定されない。

2.3.5 高度化システムがD波（対 高度化システム）

近隣システムが高度化システムに対して与干渉となるとき、干渉軽減係数(IRF)を
与干渉システム毎に表2-13 及び表2-14 に示す。表において、横軸に各近隣システ
ムをとり、各システムにおける IRF を記載している。

表 2-13 干渉軽減係数 (対 高度化システム) その1

(単位: dB)

離調周波数 Δf (kHz)	アナログ STL/TTL ($\Delta f > 95$)	デジタル STL/TTL ($\Delta f > 93$)	防災行政無線 システム 「16QAM」 ($\Delta f > 51.85$)	防災行政無線 システム 「QPSK」 ($\Delta f > 48.55$)	防災行政無線 システム 「4FSK」 ($\Delta f > 52.3$)
0 ～ 10	-8.2	-5.4	-12.1	-14.9	-11.8
10 ～ 30	-8.2	-5.4	17.9	55.1	28.2
30 ～ 50	-8.2	-5.4	57.9	55.1	58.2
50 ～ 60	11.8	34.6	57.9	55.1	58.2
60 ～ 80	11.8	64.6	57.9	55.1	58.2
80 ～	61.8	64.6	57.9	55.1	58.2

注 Δf の最小値はU波がD波の等価受信帯域に入らない値に設定されることが通常であ
る。グレーアウトされた値は等価受信帯域に入るため、実運用においては離調周波数
として実質設定されない。

表 2-14 干渉軽減係数 (対 高度化システム) その2

(単位: dB)

離調周波数 Δf (kHz)	防災行政無線 システム 「アナログ」 ($\Delta f > 53$)	公共用,一般業務用 (固定局) ($\Delta f > 53$)	公共用,一般業務用 (陸上移動業務の局) ($\Delta f > 53$)
0 ~ 10	-11.4	-11.4	-11.4
10 ~ 20	28.6		
20 ~ 40	68.6		
40 ~	68.6	68.6	68.6

注 Δf の最小値は U 波が D 波の等価受信帯域に入らない値に設定されることが通常である。グレーアウトされた値は等価受信帯域に入るため、実運用においては離調周波数として実質設定されない。

2.4 共用計算に用いた条件

2.4.1 共用検討モデル(与干渉)

図2-6は防災行政無線システムが通信を行っているところに、与干渉 U1～U2が干渉源となった場合の図である。U1,U2の諸元は表2-15 に記載している。

本共用検討においては、アンテナは異なるシステム間においても原則同偏波かつ正対している最悪条件下で評価する。(参考資料4に記載)

防災行政無線は子局から親局への通信(アンサーバック、音声)があるが、アナログについては低頻度でありポーリング再送により救済されることから運用上問題ないとし、デジタルについては与干渉源 U1(親局、子局)のうちアンテナ高が高く厳しい条件(与干渉が大きくなる)親局について検討した。

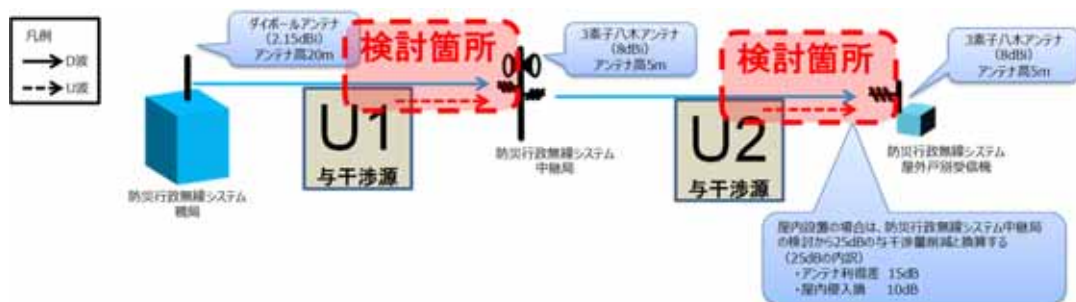


図 2-6 共用検討モデル (対防災行政無線システム)

図2-7はアナログ/デジタル STL/TTL が通信を行っているところに、与干渉 U3が干渉源となった場合の図である。U3の諸元は表2-15 に記載している。

防災行政無線の場合と同様に、本共用検討においては、アンテナは異なるシステム間においても原則同偏波かつ正対している最悪条件下で評価する。



図 2-7 共用検討モデル (対 STL/TTL)

表 2-15 与干渉源 U1,U2,U3の諸元

与干渉源 Y	高度化システム (親局)	高度化システム (子局)
アンテナ種別 (利得)	3素子八木アンテナ (8dBi)	3素子八木アンテナ (8dBi)
アンテナ高	20m	5m

図2-8は公共用, 一般業務用無線システムが通信を行っているところに、与干渉 U4～U7が干渉源となった場合の図である。U4, U5, U6, U7の諸元は表2-17に記載している。

上記と同様に、本共用検討においては、アンテナは異なるシステム間においても原則同偏波かつ正対している最悪条件下で評価する。

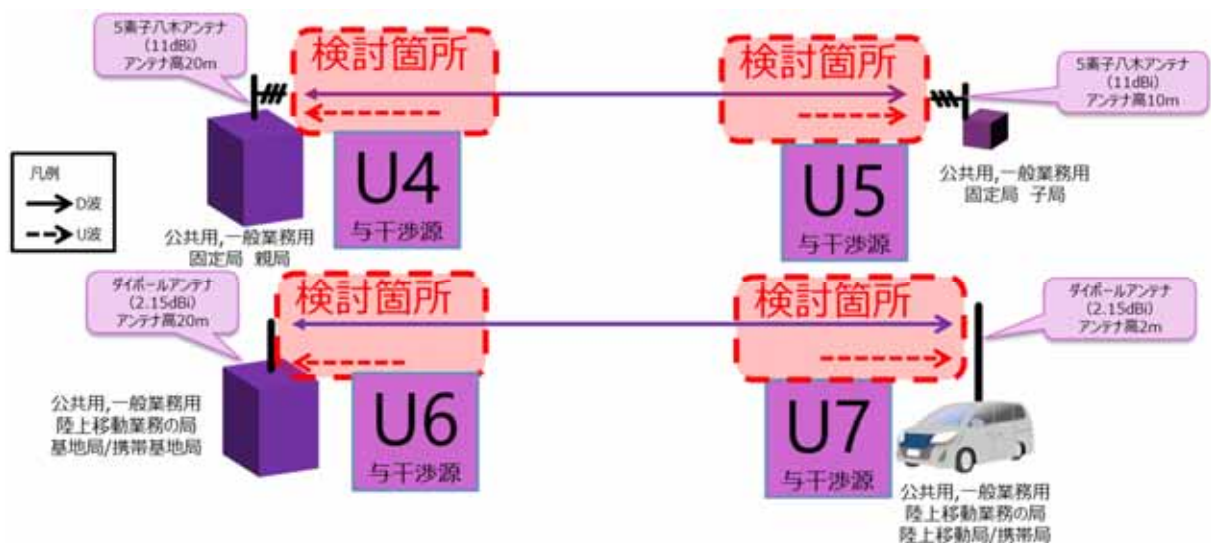


図 2-8 共用検討モデル (対 公共用, 一般業務用)

表 2-16 与干渉源 U4,U5,U6,U7 の諸元

与干渉源 Y	高度化システム (親局)	高度化システム (子局)
アンテナ種別 (利得)	3 素子八木アンテナ (8dBi)	3 素子八木アンテナ (8dBi)
アンテナ高	20m	5m

2.4.2 共用検討モデル(被干渉)

高度化システムが被干渉の場合の共用計算例のモデルを図2-9に記載する。図2-9は本共用検討においては、アンテナは異なるシステム間においても原則同偏波かつ正対している最悪条件下で評価する。(アンテナの特性及び偏波の影響は参考資料4に記載) 高度化システムが通信を行っているところに、与干渉 U8, U9が干渉源となった場合の図である。U8,U9の諸元は表2-17 及び表2-18 に記載している。



図 2-9 共用検討モデル (対 高度化システム)

表 2-17 与干渉源 U8, U9の諸元 (その1)

	アナログ及び デジタ STL/TTL	防災行政無線 システム (親局)	防災行政無線 システム (中継局)
アンテナ種別 (利得)	3素子八木アンテナ (8dBi)	ダイポールアンテナ (2.15dBi)	3素子八木アンテナ (8dBi)
アンテナ高	20m	20m	5m

表 2-18 与干渉源 U8, U9の諸元 (その2)

	公共用,一般業務用 (固定局 親局)	公共用,一般業務用 (固定局 子局)	公共用, 一般業務用 (陸上移動業務の局) 基地局/携帯基地局	公共用, 一般業務用 (陸上移動業務の局) 陸上移動局/携帯局
アンテナ種別 (利得)	5素子八木アンテナ (11dBi)	5素子八木アンテナ (11dBi)	ダイポールアンテナ (2.15dBi)	ダイポールアンテナ (2.15dBi)
アンテナ高	20m	10m	20m	2m

2.4.3 電波伝搬モデル

60MHz 帯の電波伝搬評価の実施にあたり、図2-10 の環境下で TX アンテナ高、RX アンテナ高ともに5m として測定し、実測値と理論値を計算、比較した。図2-11 において、プロットした点は測定値、2波モデルは青い実線で示している。

<実験環境>

- ・ 海岸線沿いで土地の起伏はほぼなし
- ・ 見通し内ではほぼ直線移動

2波モデルの計算値は実測の伝搬損失値を超えることなく、かつ近い値を示しているため、本モデルが有効であることを確認した。そのため、本共用検討にて用いる電波伝搬モデルは大地反射の2波モデルとした。



図 2-10 実験環境

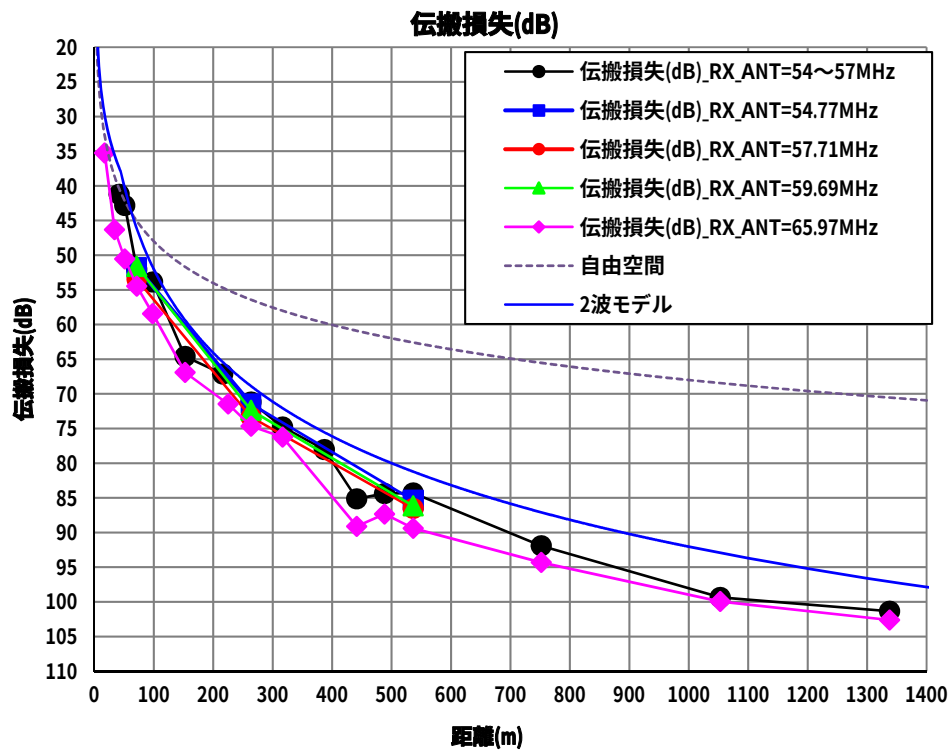
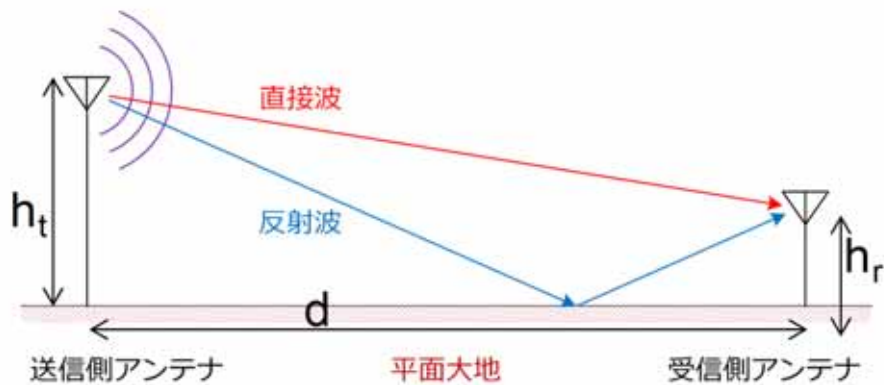


図 2-11 高度化システムの電波伝搬特性結果

本共用検討にて用いる電波伝搬モデルと理論式、特性を記載する。



$$\begin{cases} L = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{2\pi d} \right)^2 & d < \frac{2\sqrt{2}\pi h_t h_r}{\lambda} \\ L = \frac{h_t^2 h_r^2}{d^4} & d \geq \frac{2\sqrt{2}\pi h_t h_r}{\lambda} \end{cases}$$

図 2-12 伝搬モデルと理論式

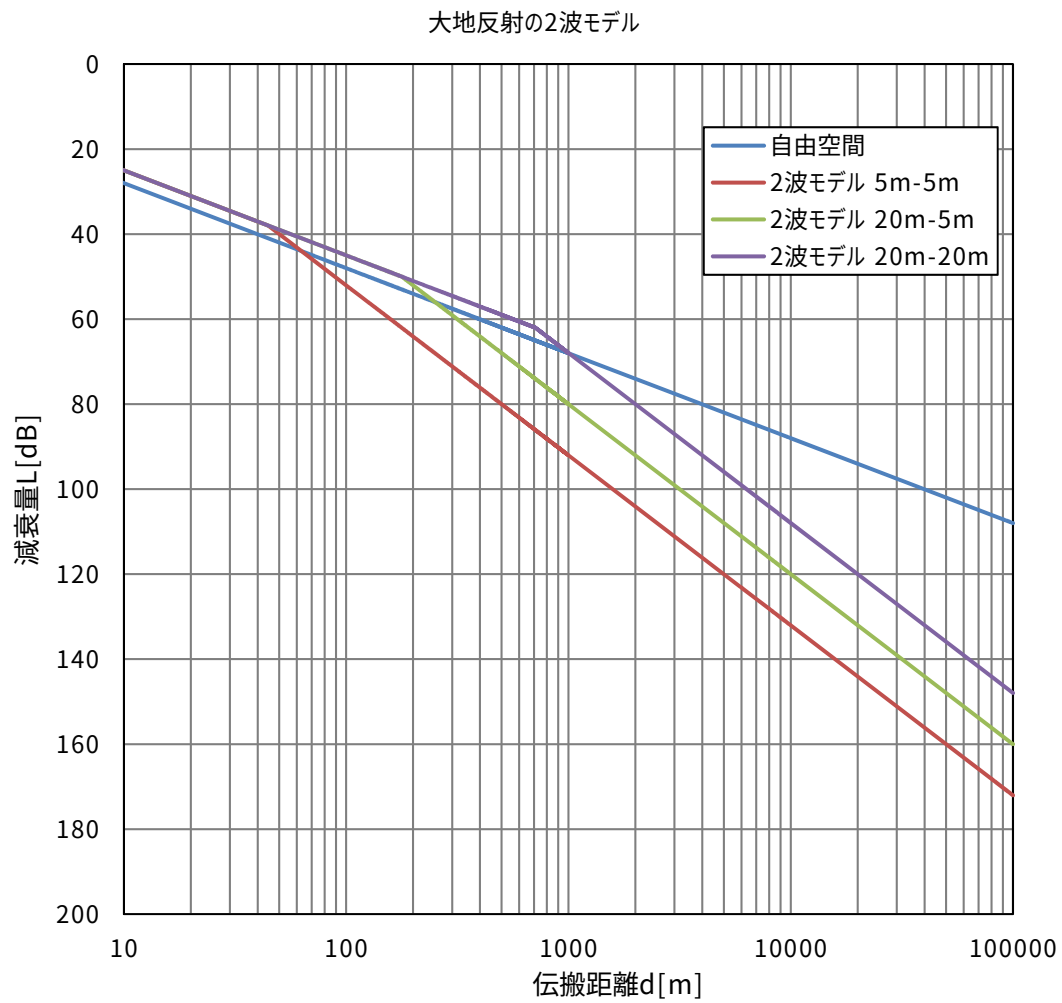


図 2-13 大地反射の2波モデルの特性曲線

2.5 共用計算例

2.5.1 高度化システムが与干渉+離調周波数 1 MHz

高度化システムが与干渉の場合、最も影響を受けるアナログ STL/TTL と防災行政無線システム「QPSK」の組合せを抽出し、離調周波数と離隔距離の関係を確認する。

1MHzの離調周波数の場合、アナログ STL/TTL の標準受信入力は-65dBm であるため、その時の離隔距離をグラフにて確認すると、約 20km の離隔距離が必要となることがわかる。同様に、防災行政無線システム「QPSK」においては、同離調周波数において標準受信入力の-102.3dBm 時に約5km の離隔距離が必要である。

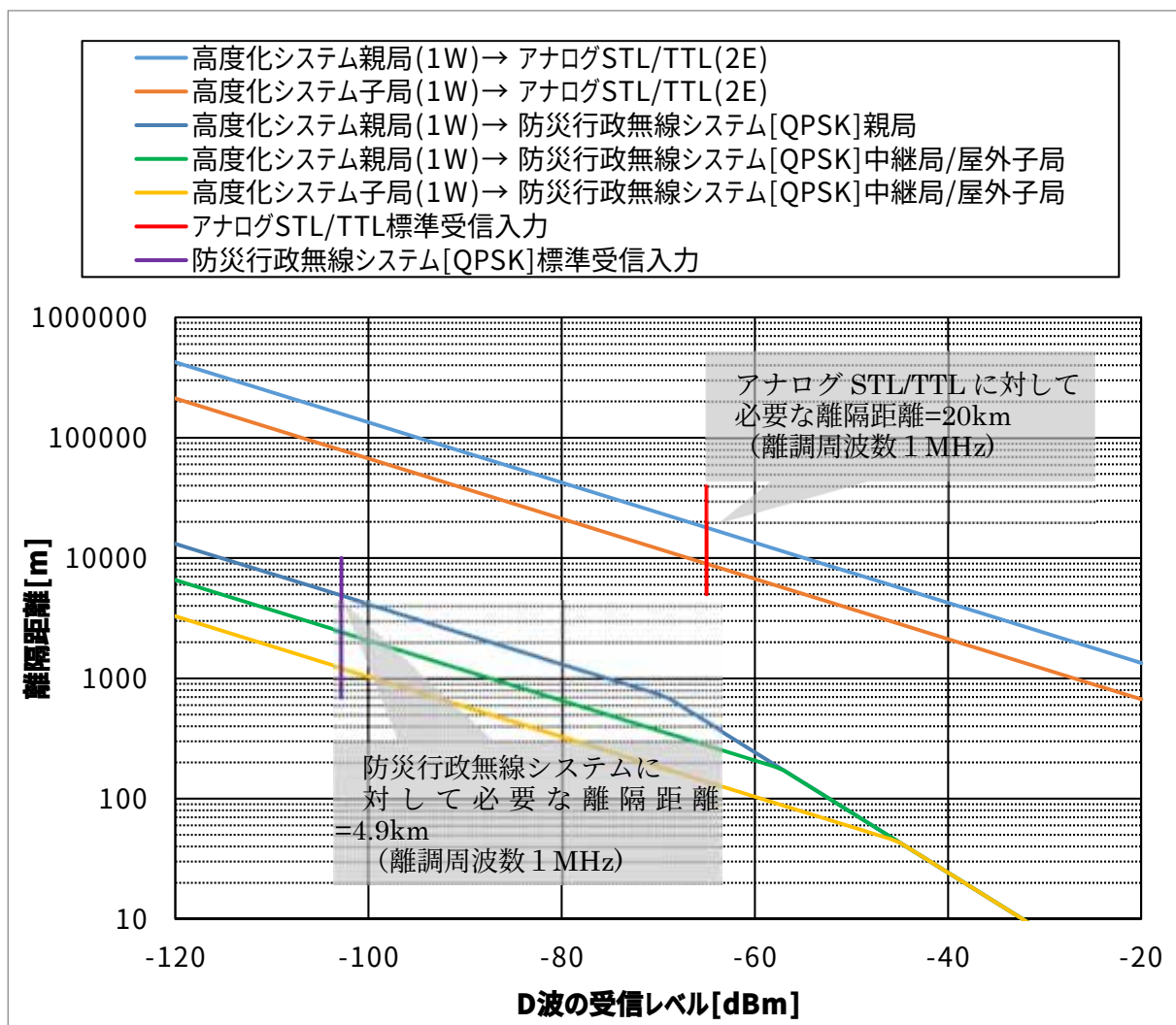


図 2-14 U 波出力1W (対 STL/TTL、防災行政無線[QPSK]) + 離調周波数 1MHz

次に、高度化システムが与干渉の場合で、防災行政無線システム「アナログ」における、離調周波数と離隔距離の関係を確認する。

1MHzの離調周波数の場合、防災行政無線システム「アナログ」においては、同離調周波数において標準受信入力レベルの-98.3dBm時に約5.4kmの離隔距離が必要である。

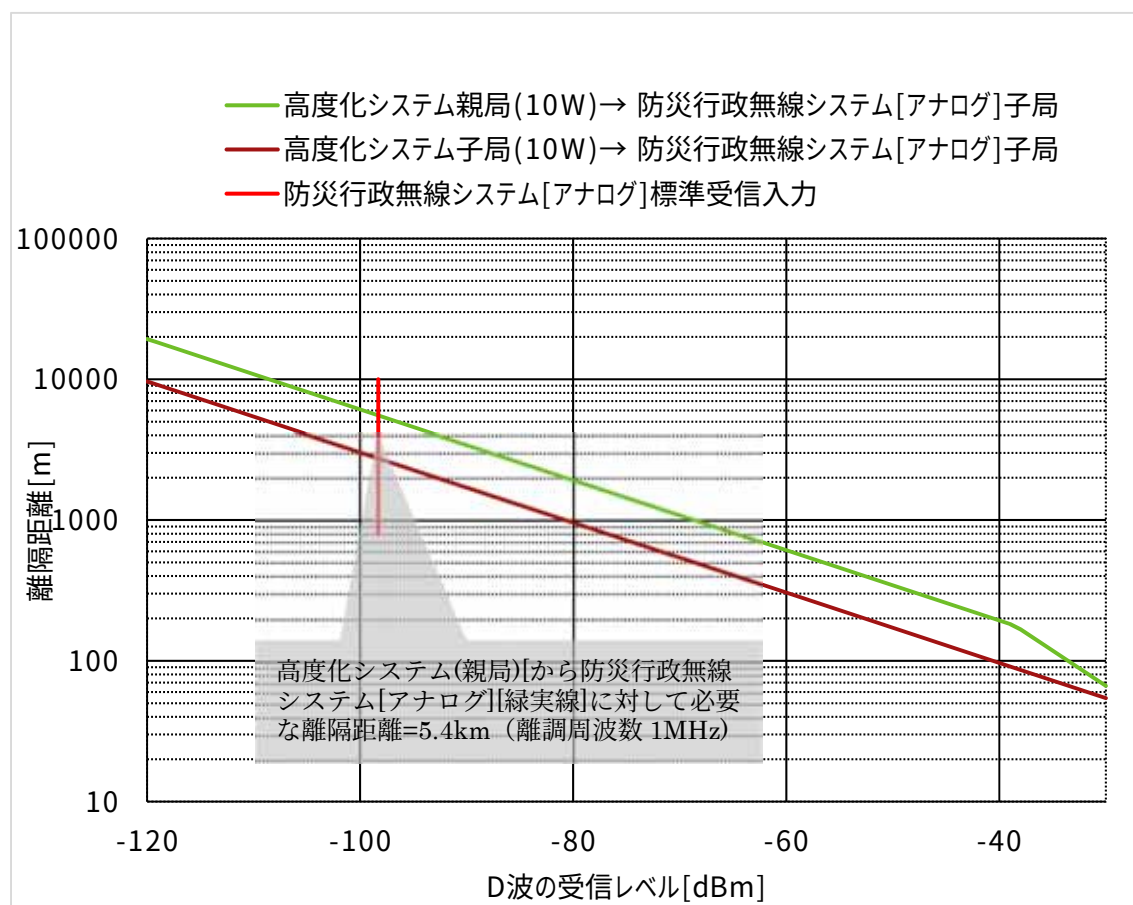


図 2-15 U 波出力 10W (対 防災行政無線システム[アナログ]) + 離調周波数1MHz

次に、高度化システムが与干渉の場合で、公共用、一般業務用の固定局における、離調周波数と離隔距離の関係を確認する。

1MHzの離調周波数の場合、公共用、一般業務用の固定局においては、同離調周波数において標準受信入力 -111dBm 時に約14kmの離隔距離が必要である。

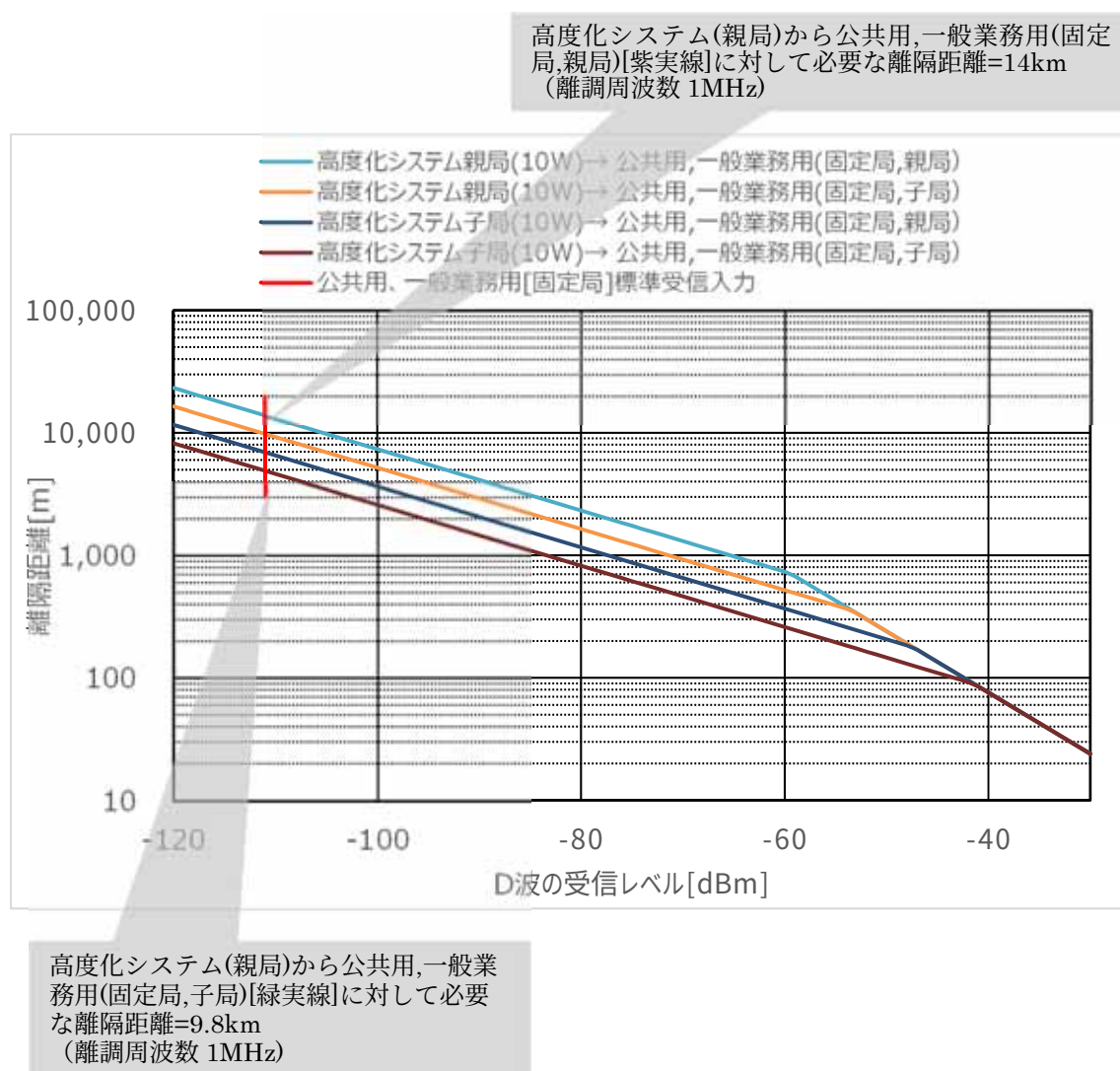


図 2-16 U 波出力 10W (対 公共用、一般業務用[固定局]) + 離調周波数 1MHz

次に、高度化システムが与干渉の場合で、公共用、一般業務用の陸上移動業務の局における、離調周波数と離隔距離の関係を確認する。

1MHzの離調周波数の場合、公共用、一般業務用の陸上移動業務の局においては、同離調周波数において標準受信入力 -107dBm 時に約18kmの離隔距離が必

要である。

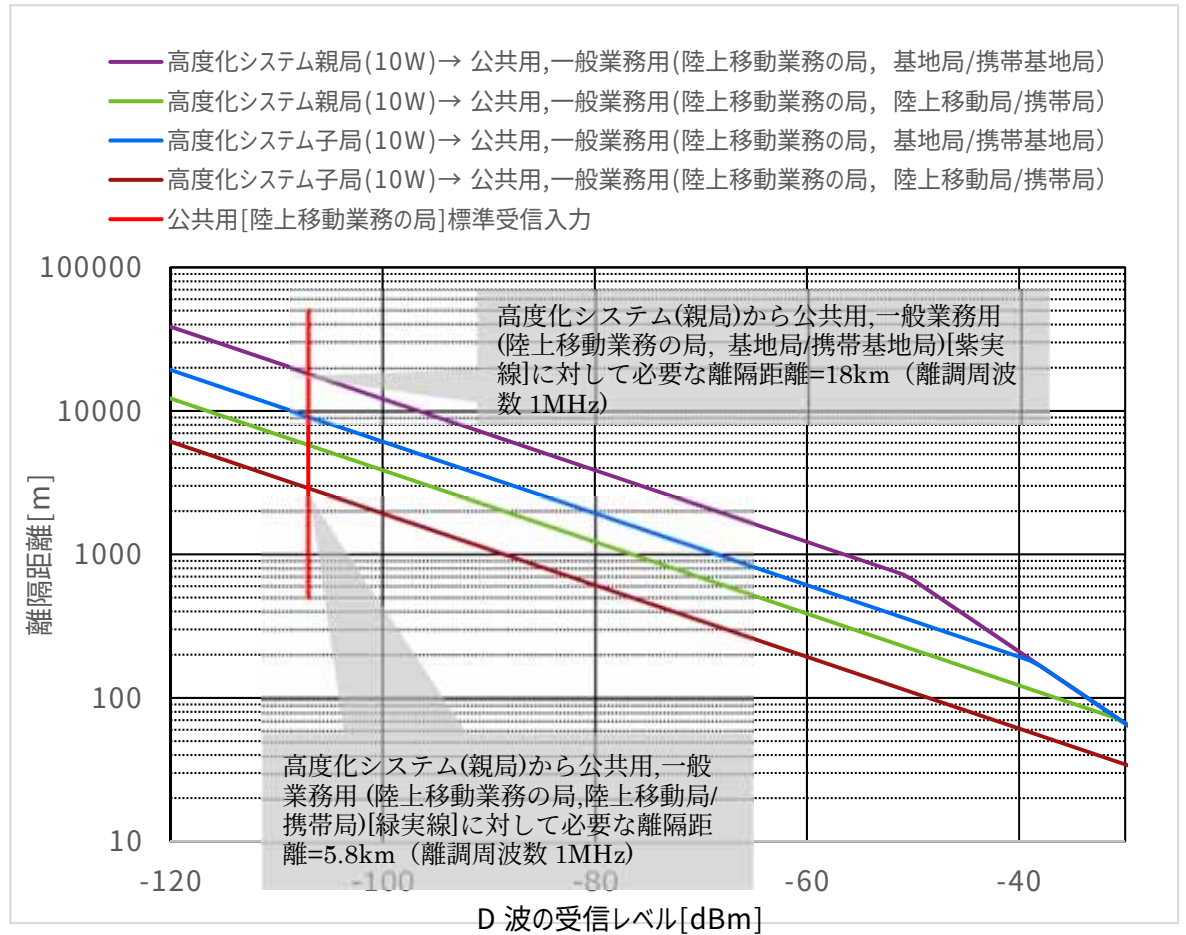


図 2-17 U 波出力 10W (対 公共用,一般業務用[陸上移動業務の局])
+ 離調周波数 1MHz

2.5.2 高度化システムの出力抑制の効果

高度化システムが与干渉側の時、最も影響を受けるアナログ STL/TTL と防災行政無線システム「QPSK」の組合せを抽出し、離調周波数と離隔距離の関係を確認する。

STL/TTL,防災行政無線の等価受信帯域に高度化システムの占有周波数帯幅が重ならず接する周波数配置の場合、アナログ STL/TTL の標準受信入力 (-65dBm) において、離隔距離をグラフにて確認すると、高度化システムが親局、子局の場合両方とも2km 程度短縮が実現される。同様に防災行政無線システム「QPSK」においては、標準受信入力 (-102.3dBm) において、高度化システムが親局の場合は4km、子局の場合は 1.6km 程度短縮が実現される。

そのため、高度化システムの出力を 10W から1W に抑制することで、離隔距離が STL/TTL,防災行政無線ともに約2～4kmの離隔距離短縮が期待できる。

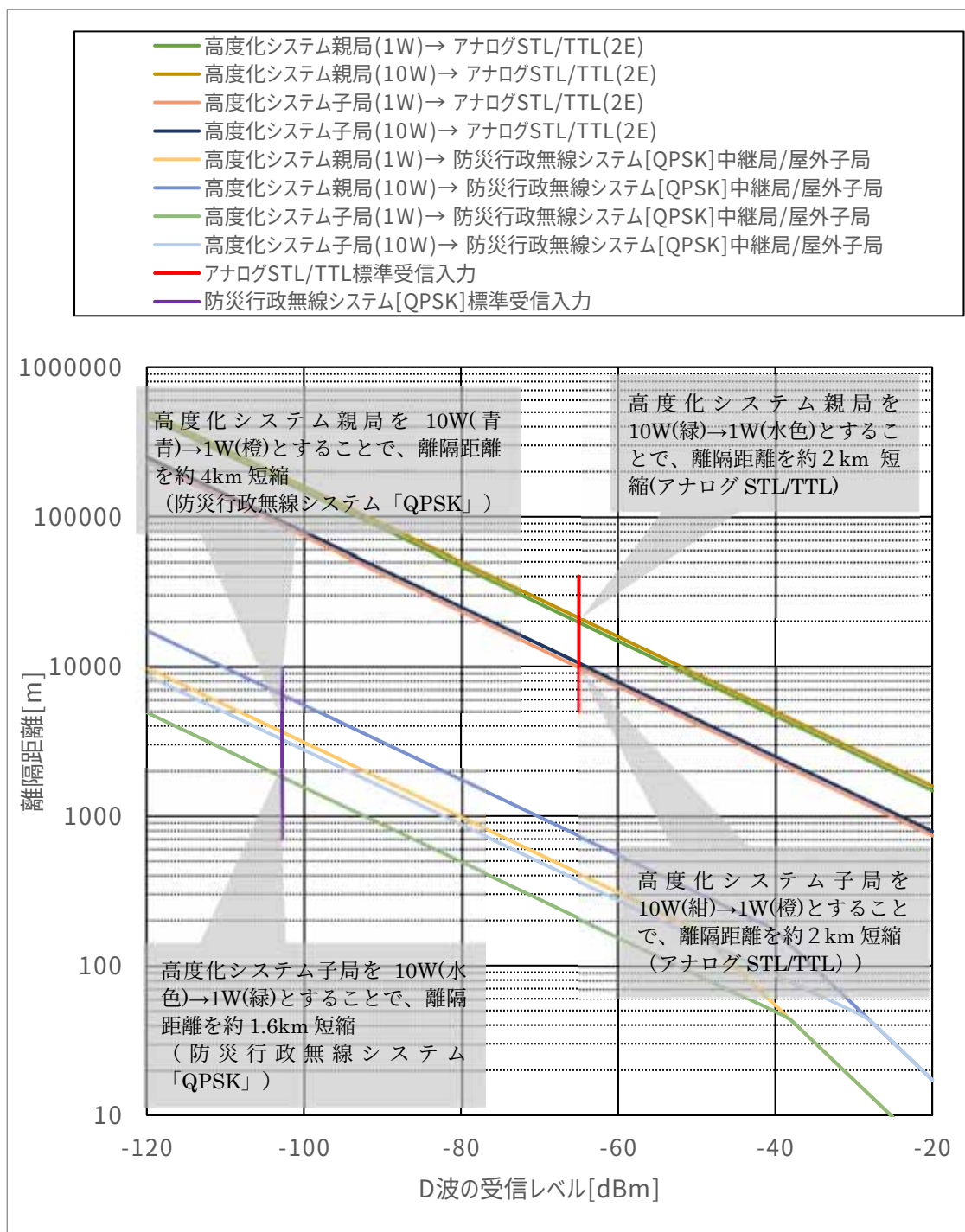


図 2-18 U 波出力1W/10W+D 波の等価受信帯域に
U 波の占有周波数帯幅が重ならない程度に離調

次に、高度化システムが与干渉側の時に、防災行政無線システム「アナログ」、公共用、一般業務用（固定局）及び公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）の組合せを抽出し、離調周波数と離隔距離の関係を確認する。

防災行政無線システム「アナログ」、公共用、一般業務用（固定局）及び公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）の等価受信帯域に高度化システムの占有周波数帯が重ならずに接する周波数配置の場合、防災行政無線システム「アナログ」の標準受信入力（-98.3dBm）において、離隔距離をグラフにて確認すると高度化システムの親局の場合に 15km 程度短縮が実現される。同様に公共用、一般業務用（固定局）においては、標準受信入力（-111dBm）において、高度化システムが親局の場合に 38km 程度短縮が実現される。さらに、公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）の標準受信入力（-107dBm）において、高度化システムが親局の場合に基地局においては 49km 程度、携帯局においては 17km 程度短縮が実現される。

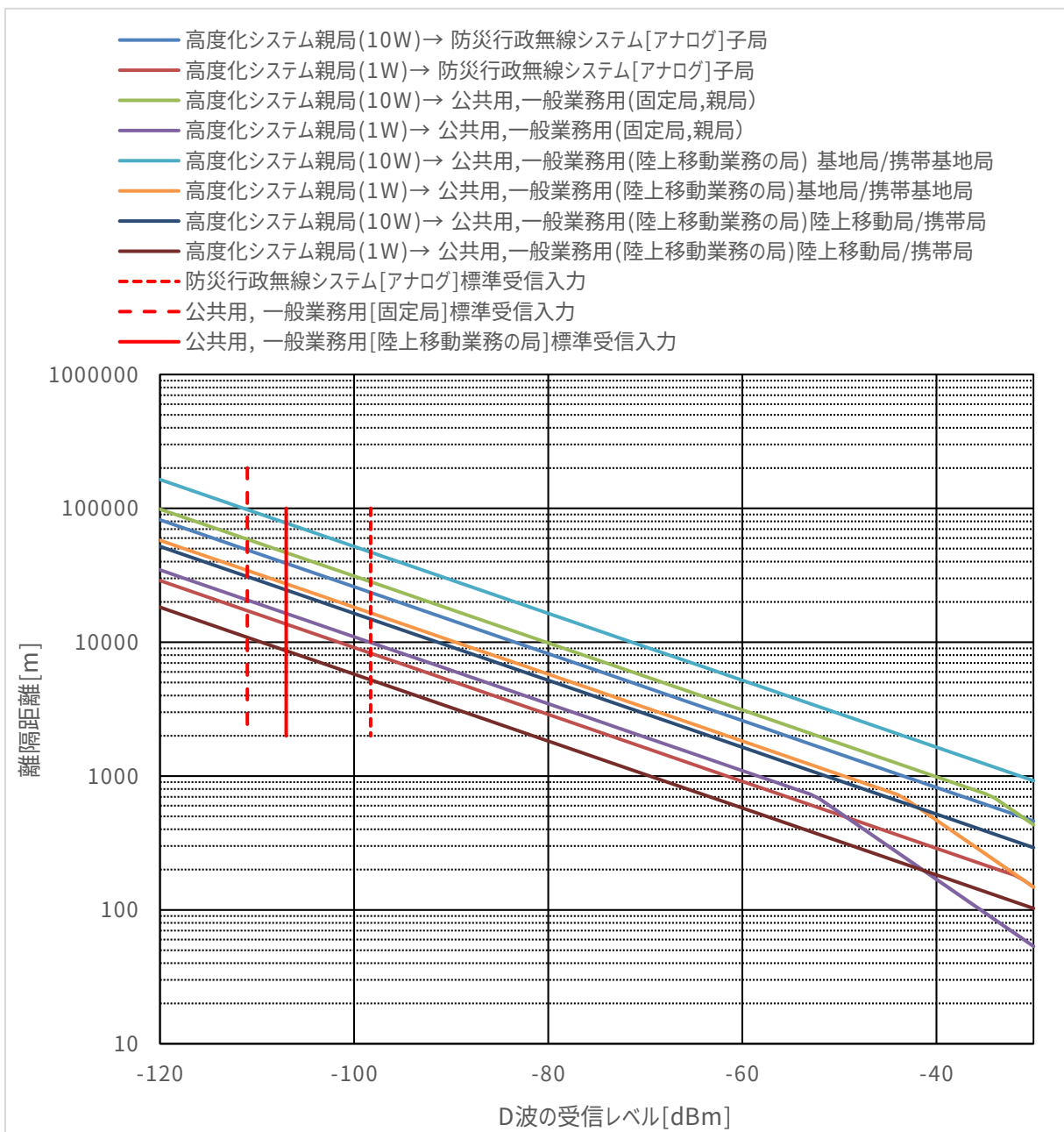


図 2-19 U波出力1W/10W+D波の等価受信帯域にU波の占有周波数帯幅が重ならない程度に離調

2.5.3 高度化システムが被干渉

高度化システムが被干渉の場合の代表的なシステムにおける離隔距離と離調周波数の関係を確認する。対象システムとして今後、新たに設置される際にはデジタル化されていることを想定してデジタル STL/TTL、及び高度化システムへの影響が最も大きい防災行政無線システム「4FSK」の2システムを抽出した。

高度化システムの等価受信帯域に STL/TTL,防災行政無線の占有周波数帯幅が重ならない程度に接する周波数配置の場合、高度化システムの標準受信入力 (-73dBm) において、離隔距離をグラフで確認すると、デジタル STL/TTL、防災行政無線システム「4FSK」に対して必要な離隔距離は親局の場合約 1.6km、子局の場合 800m の離隔距離が必要になることがわかる。

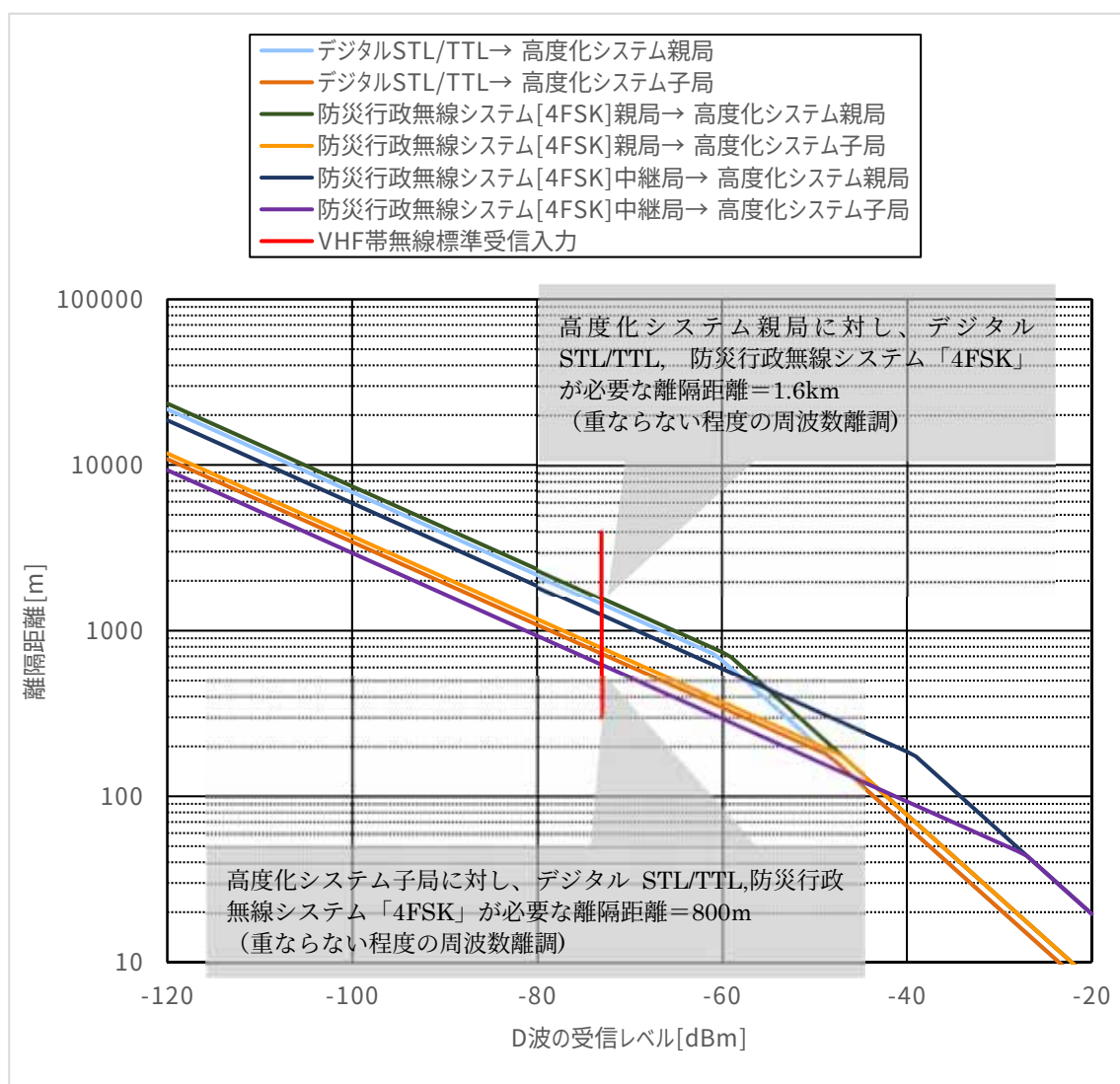


図 2-20 D波の等価受信帯域にU波(STL/TTL, 防災行政無線)の占有周波数帯幅が重ならない程度に離調

次に、高度化システムと防災行政無線システム「アナログ」の離調周波数が1MHzの場合、高度化システムの標準受信入力 (-73dBm) において、離隔距離をグラフで確認すると、防災行政無線システム「アナログ」に対して必要な離隔距離は親局の場合約 980m の離隔距離が必要になることがわかる。

防災行政無線システム[アナログ] 親局から
高度化システム親局[水色実線]に対して必要
な離隔距離=980m (離調周波数 1MHz)

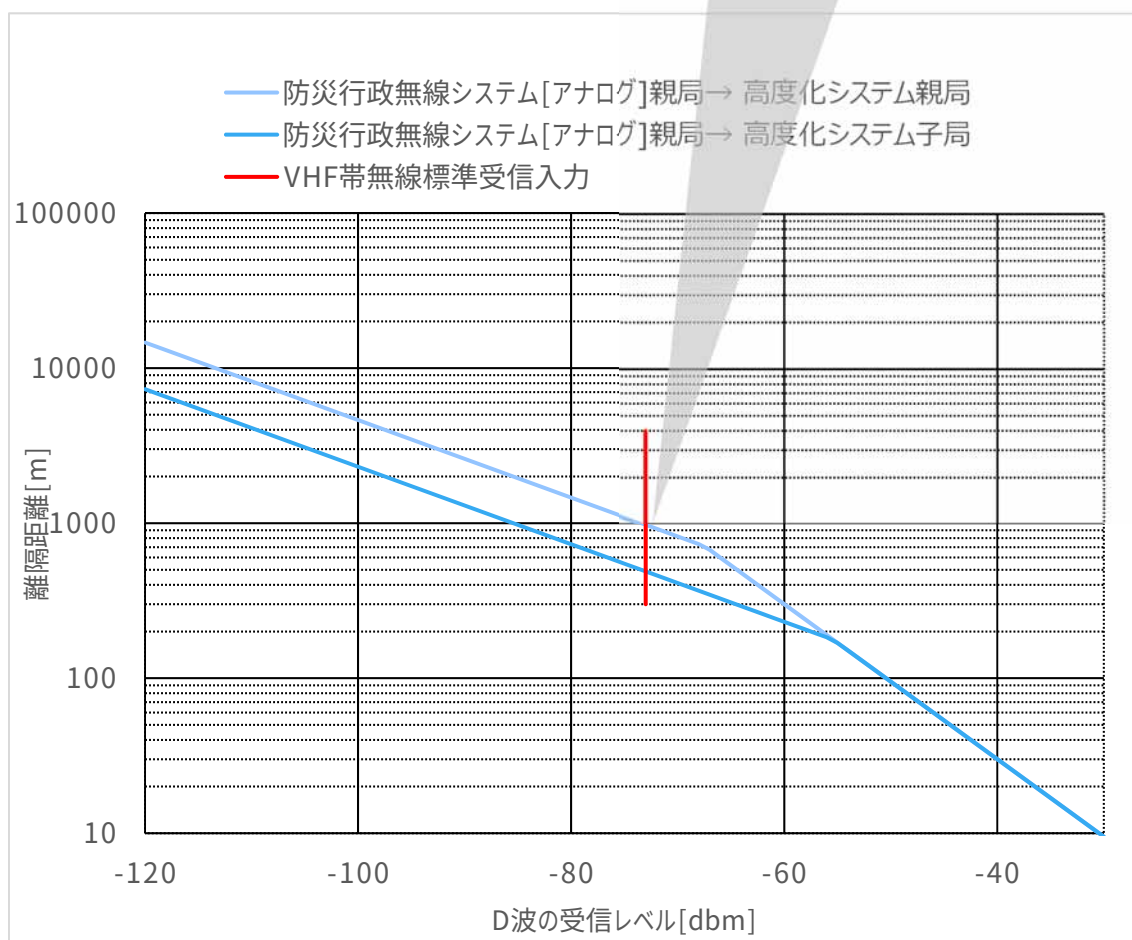


図 2-21 U 波 (対 防災行政無線システム「アナログ」) + 離調周波数1MHz

次に、高度化システムと公共用、一般業務用(固定局)の離調周波数が1MHzの場合、高度化システムの標準受信入力(-73dBm)において、離隔距離をグラフで確認すると、公共用、一般業務用(固定局)に対して必要な離隔距離は親局の場合約1.6kmの離隔距離が必要になることがわかる。

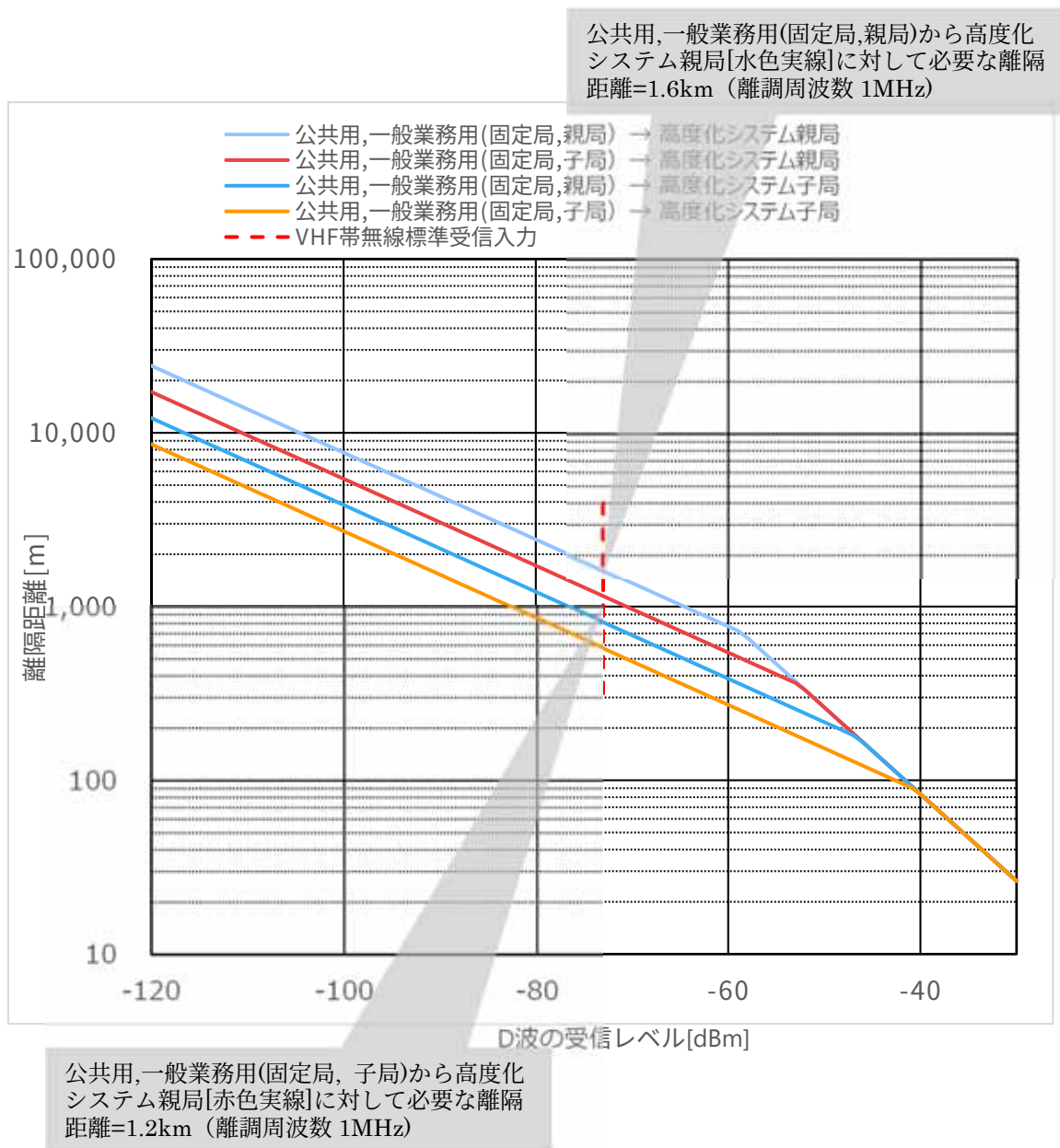


図 2-22 U波(対 公共用、一般業務用(固定局)) + 離調周波数1MHz

次に、高度化システムと公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）の離調周波数が 1MHz の場合、高度化システムの標準受信入力（-73dBm）において、離隔距離をグラフで確認すると、公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）に対して必要な離隔距離は親局の場合約 1.3km の離隔距離が必要になることがわかる。

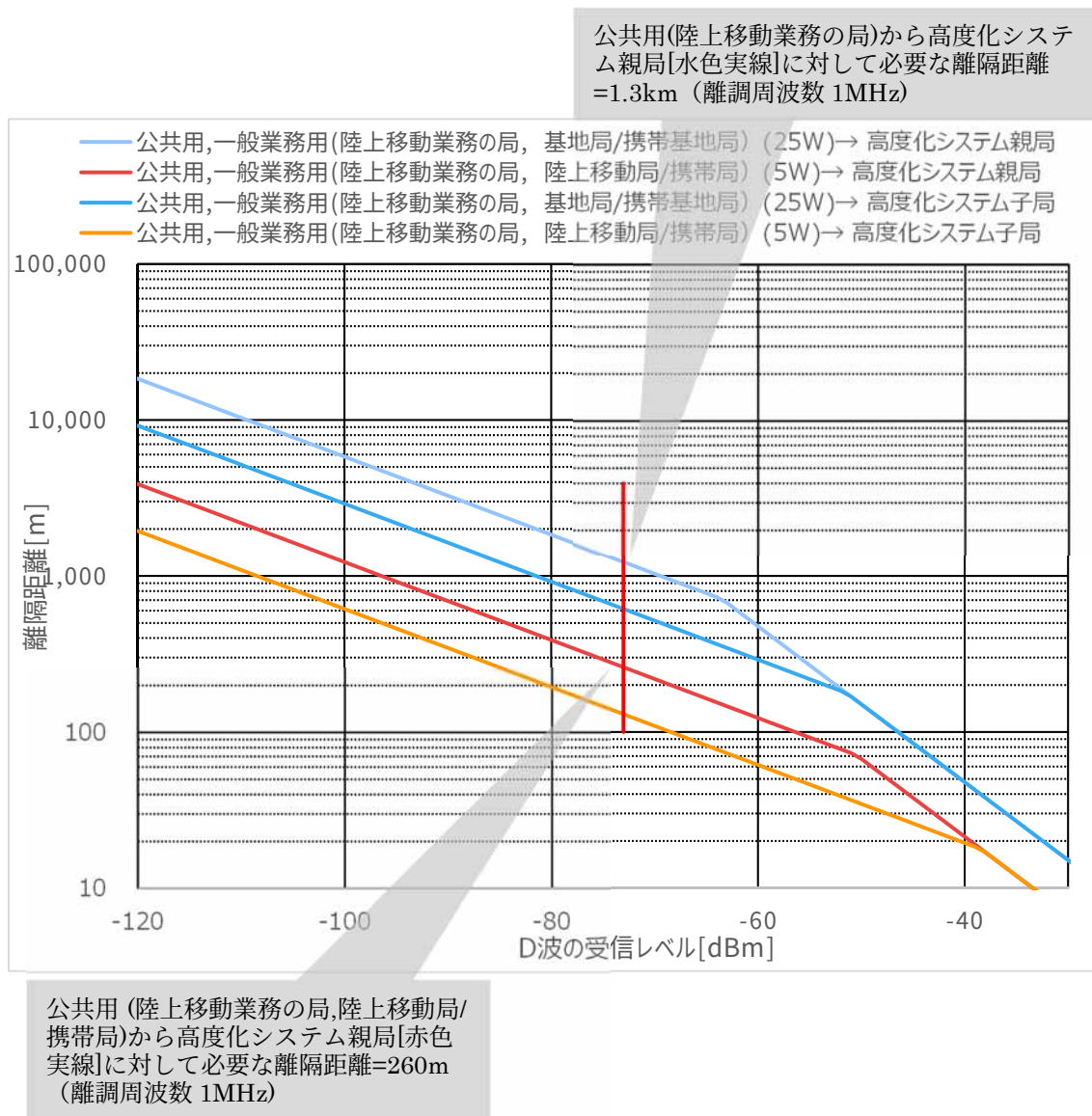


図 2-23 U 波 (対 公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）) + 離調周波数 1MHz

表2-20 及び表2-21 に、共用検討モデルにおける離隔距離、離調周波数の関係をまとめた(共用検討モデルの列)。なお、表において、高度化システム子局は親局より良い特性を示すため記載を省略している。また、サイトエンジニアリングの例として4手法を組み合わせて実施した場合の離隔距離を示す。(サイトエンジニアリング例の詳細は参考資料5参照)

例えば、表2-20「与干渉：高度化システム親局、被干渉：アナログ STL/TTL」の行において、最悪条件で計算した場合、共用検討モデル列にあるように、離隔距離、離調周波数はそれぞれ 18km、1MHz において共用が成り立つ。ここで、表2-20 に記載の手法のうち①を用いると、10dB 改善するため、「①適用」列にあるように離隔距離、離調周波数はそれぞれ 10km、1MHzとなる。同様に、①、③を同時に適用することにより「①、③適用」列にあるように離隔距離、離調周波数はそれぞれ1km、1MHzとすることができる。

評価において、狭帯域のチャネルフィルタは参考資料6に記載のフィルタを用いており、これまでのチャネルフィルタの減衰量は、420kHz 離れにおいて、40dB として規定した。ただし、検討モデルの離調周波数 1MHz においては更なる減衰量を見込めることがわかった(図2-24)。



参考資料6で記載している 40dB は 420kHz 離れの値であり、実装を考慮した 1MHz 離れにおいては 70dB の減衰量を見込めることとして再度評価を実施する。

「離調周波数を 1MHz, 離隔距離を 50m」のモデルを活用し、高度化システムが与干渉 (表 2-21)、若しくは、高度化システムが被干渉 (表 2-22) における、干渉の有無の評価を行った。これらの表において、各システムは、複数の種類のうち最も条件が厳しい組合せの数値を記載している。例えば、親局と子局の場合には、子局のアンテナ高が低いいため、与干渉としては親局の諸元を活用する。

高度化システムが与干渉の場合、「離調周波数を 1MHz, 離隔距離を 50m」のモデルからサイトエンジニアリングとしてアンテナの偏波面の変更及びチャンネルフィルタを適用することにより、共用可能となることがわかる。

ただし、表 2-22 における記載のとおり、アナログ STL/TTL は運用設備が長寿命であることもあり、等価受信帯域が他の装置と比較して占有周波数帯幅より大きく取られており、これが離隔周波数・距離へ大きな影響を与えている。このため、アナログ STL/TTL との共用検討 (サイトエンジニアリング) については特に注意が必要とされる。今後アナログ STL/TTL が急増する可能性は低いものの、既存局との影響については注意が必要である。

また、高度化システムが被干渉の場合、「離調周波数を 1MHz, 離隔距離を 50m」のモデルから、さらに、「離隔距離 100m」「離隔距離 250m」「離隔距離 500m」「離隔距離 1000m」に条件を変更し、サイトエンジニアリングとしてアンテナの偏波面の変更及びアンテナの方向調整をすることにより、共用可能となることがわかる。

結果として、モデルから条件を変更し、さらに、サイトエンジニアリングを適用することにより、いずれのシステムにおいても影響あり「×」から影響なし「○」と判定されていることがわかる。

表 2-19 共用検討モデルにおける離隔距離及び離調周波数の関係 (その1)

与干渉	被干渉	改善量を考慮した離隔距離及び離調周波数											
		共用検討モデル		①適用		①、②適用		①、③適用		①、④適用		①、②、④適用	
		距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数
高度化システム親局(1W)	アナログ STL/TTL※3	18 km	1MHz	10 km	1MHz	6 km	1.5MHz	1 km	1MHz	—	—	3.5 km	1.5MHz
高度化システム子局(1W)	アナログ STL/TTL※3	9 km	1MHz	5 km	1MHz	3 km	1.5MHz	500m	1MHz	—	—	1.7 km	1.5MHz
高度化システム親局(1W)	防災行政無線システム親局	4.9km	1MHz	2.8km	1MHz	990m	1.5MHz	110m	1km			530m	1.5MHz
高度化システム親局(1W)	防災行政無線システム中継局	2.5 km	1MHz	1.4 km	1MHz	850m	1.5MHz	100m	1MHz	—	—	500m	1.5MHz
高度化システム子局(1W)	防災行政無線システム中継局	1.3 km	1MHz	700m	1MHz	450m	1.5MHz	70m	1MHz	—	—	250m	1.5MHz
デジタル STL/TTL	高度化システム親局(1W)	1.5 km	100kHz	800m	100kHz	—	—	—	—	300m	100kHz	—	—
デジタル STL/TTL	高度化システム子局(1W)	800m	100kHz	400m	100kHz	—	—	—	—	250m	100kHz	—	—
防災行政無線システム親局	高度化システム親局(1W)	1.6 km	50kHz	900m	50kHz	—	—	—	—	350m	50kHz	—	—
防災行政無線システム子局	高度化システム子局(1W)	800m	50kHz	450m	50kHz	—	—	—	—	250m	50kHz	—	—
防災行政無線システム中継局	高度化システム親局(1W)	1.3 km	50kHz	700m	50kHz	—	—	—	—	400m	50kHz	—	—
防災行政無線システム中継局	高度化システム子局(1W)	700m	50kHz	350m	50kHz	—	—	—	—	200m	50kHz	—	—

※1 高度システム親局が与干渉の場合のみ、②と③は同時に利用しても効果が重複しない。

※2 「参考資料 6 狭帯域チャネルフィルタ検討」記載のフィルタ

※3 更に、通信距離に応じてフェージングマージンを考慮する必要あり

【凡例】

- ①アンテナの偏波面を異偏波へ変更 ②離調周波数 1.5MHz 確保+BPF フィルタ適用
 ③狭帯域チャネルフィルタ※2 追加 ④アンテナ方向調整 (80 度以上)

表 2-20 共用検討モデルにおける離隔距離及び離調周波数の関係 (その2)

与干渉	被干渉	改善量を考慮した離隔距離及び離調周波数											
		共用検討モデル		①適用		①、②適用		①、③適用		①、④適用		①、②、④適用	
		距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数	距離	周波数
高度化システム親局 (10W)	防災行政無線システム 「アナログ」(子局)	5.4km	1MHz	3km	1MHz	1.1km	1.5 MHz	0.30 km	1MHz	-	-	0.61 km	1.5 MHz
高度化システム親局 (10W)	公共用, 一般業務用 (固定局)[親局]	14km	1MHz	7.8km	1MHz	2.8km	1.5 MHz	0.75 km	1MHz	-	-	1.5km	1.5 MHz
高度化システム親局 (10W)	公共用, 一般業務用 (固定局)[子局]	9.8km	1MHz	5.5km	1MHz	2.0km	1.5 MHz	0.55 km	1MHz	-	-	1.1km	1.5 MHz
高度化システム親局 (10W)	公共用, 一般業務用 (陸上移動業務の局) [基地局/携帯基地局]	18km	1MHz	10km	1MHz	3.6km	1.5 MHz	1.0km	1MHz	-	-	2.1km	1.5 MHz
高度化システム親局 (10W)	公共用, 一般業務用 (陸上移動業務の局) [陸上移動局/携帯局]	5.8km	1MHz	3.3km	1MHz	1.2km	1.5 MHz	0.33 km	1MHz	-	-	0.65 km	1.5 MHz
防災行政無線システム 「アナログ」(親局)	高度化システム親局	0.98 km	0.05 MHz	0.42 km	0.05 MHz	-	-	-	-	0.13 km	0.05 MHz	-	-
公共用, 一般業務用 (固定局)[親局]	高度化システム親局	1.6km	0.05 MHz	0.90 km	0.05 MHz	-	-	-	-	0.37 km	0.05 MHz	-	-
公共用, 一般業務用 (固定局)[子局]	高度化システム親局	1.2km	0.05 MHz	0.65 km	0.05 MHz	-	-	-	-	0.36 km	0.05 MHz	-	-
公共用, 一般業務用 (陸上移動業務の局) [基地局/携帯基地局]	高度化システム親局	1.2km	0.05 MHz	0.67 km	0.05 MHz	-	-	-	-	0.21 km	0.05 MHz	-	-
公共用, 一般業務用 (陸上移動業務の局) [陸上移動局/携帯局]	高度化システム親局	0.26 km	0.05 MHz	0.15 km	0.05 MHz	-	-	-	-	0.082 km	0.05 MHz	-	-

※1 高度化システム親局が与干渉の場合のみ、②と③は同時に利用しても効果が重複しない。

※2 「参考資料 6 狭帯域チャンネルフィルタ検討」記載のフィルタ

【凡例】

①アンテナの偏波面を異偏波へ変更 ②離調周波数 1.5MHz 確保+BPF フィルタ適用

③狭帯域チャンネルフィルタ※2 追加 ④アンテナ方向調整 (80 度以上)

表 2-21 干渉評価結果一覧 (高度化システムが与干渉)

与干渉	被干渉	判定		適用したサイトエンジニアリング		
		検討 モデル ^{※4}	サイトエンジニアリ ング(右記)適用	①適用	③'適用	①、③'適用
高度化システム親局 (10W)	アナログ STL/TTL ^{※1}	×	○	×	×	○
	デジタル STL/TTL ^{※1}	×	○	×	○	○
	防災行政無線システム「デジタル」(親局)	×	○	×	○	○
	防災行政無線システム「デジタル」中継局	×	○	×	○	○
	防災行政無線システム「アナログ」(子局)	×	○	×	×	○
	公共用, 一般業務用(固定局)[親局]	×	○	×	×	○
	公共用, 一般業務用(固定局)[子局]	×	○	×	×	○
	公共用, 一般業務用(陸上移動業務の局) [基地局/携帯基地局]	×	○	×	×	○
	公共用, 一般業務用(陸上移動業務の局) [陸上移動局/携帯局]	×	○	×	×	○

※1 通信距離に応じてフェージングマージンを考慮する必要あり
 ※2 「参考資料 6 狭帯域チャネルフィルタ検討」記載より変更
 ※3 離調周波数=1MHz, 離隔距離=50m

【凡例】

- ①アンテナの偏波面を異偏波へ変更 ②離調周波数 1.5MHz 確保+BPF フィルタ適用
 ③'狭帯域チャネルフィルタ^{※2}追加 ④アンテナ方向調整 (80 度以上)

表 2-22 干渉評価結果一覧 (高度化システムが被干渉)

与干渉	被干渉	判定				条件変更Ⅰ				条件変更Ⅱ				条件変更Ⅲ				
		検討 モデル (離隔距離 50m)	(サイトエンジニアリング適用後)			変更	対策			変更	対策			変更	対策			
			条件変更Ⅰ (離隔距離 100m)	条件変更Ⅱ (離隔距離 250m) ^{※2}	条件変更Ⅲ (離隔距離 500m) ^{※3}		離隔 距離	対策 なし	① 適用		①、④ 適用	離隔 距離	対策 なし		① 適用	①、④ 適用	離隔 距離	対策 なし
アナログ STL/TTL	高度化システム親局	×	×	×	○	100m	500m	×	×	×	×	×	×	1000m	×	×	○	
デジタル STL/TTL		×	×	×	○		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
防災行政無線システム「デジタル」親局		×	×	×	○		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
防災行政無線システム「デジタル」中継局		×	×	×	○		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
防災行政無線システム「アナログ」(親局)		×	×	○	○		×	×	×	×	×	×	○	×	×	○	○	
公共用, 一般業務用(固定局)[親局]		×	×	×	○		×	×	×	×	250m	×	×	×	500m	×	×	○
公共用, 一般業務用(固定局)[子局]		×	×	×	○		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○
公共用, 一般業務用(陸上移動業務の局)[基地局/携帯基地局]		×	×	○	○		×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	○
公共用, 一般業務用(陸上移動業務の局)[陸上移動局/携帯局]		×	○	○	○		×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○

- ※1 「参考資料 6 狭帯域チャンネルフィルタ検討」記載より変更
 ※2 アナログ STL/TTL は離隔距離 500m
 ※3 アナログ STL/TTL は離隔距離 1000m

【凡例】

- ① アンテナの偏波面を異偏波へ変更
 ② 離調周波数 1.5MHz 確保+BPF フィルタ適用
 ③ 狭帯域チャンネルフィルタ※1 追加
 ④ アンテナ方向調整 (80 度以上)

2.7 近接波妨害特性及び相互変調特性の確認

電波法関係審査基準において、混信妨害の審査にあたり、狭帯域デジタル信号において下記の2つの基準特性を参照している。

- ・ 感度抑圧妨害：近接波妨害基準特性曲線
- ・ 相互変調妨害：相互変調基準特性曲線

高度化システムの占有周波数帯幅が広帯域となるため、狭帯域デジタル信号の特性曲線との差分について、検証機を用いて確認した。

2.7.1 近接波妨害特性の確認

確認の結果、高度化システムの変調方式にかかわらず、ほぼ近接波妨害基準特性曲線上にある結果となった。(測定系及び測定値は参考資料 8 に記載)

2.7.2 相互変調特性の確認

確認の結果、次のような結果となった。

高度化システムが希望波の場合は、狭帯域デジタルの相互変調基準特性(電波法関係審査基準 別図第 38 号の 2)から、変調方式による補正が必要であることが分かった。

補正については図 2-25 のとおりである。高度化システム実機(変調方式 64QAM)による測定を行い、補正曲線(実測)(64QAM)を求めた。64QAM との以下の雑音配分の差により

- ・ QPSK -13dB
- ・ 16QAM -6.1dB
- ・ 256QAM +5.9

補正曲線(実測)(64QAM)からの補正をすることとした。このうち 16QAM の補正曲線については、狭帯域デジタルの相互変調基準特性である電波法関係審査基準 別図第 38 号の 2①(16QAM(15k))と同一となる。

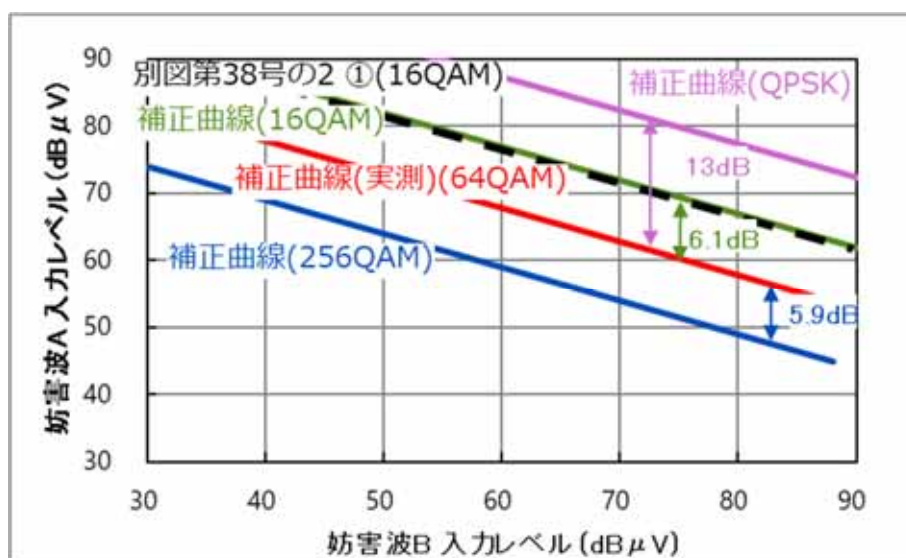


図2-25 高度化システムの補正を反映した相互変調基準特性曲線

防災行政無線（アナログ）が希望波の場合は、相互変調特性に変化はなかった。STL/TTLが希望波の場合は、妨害波が狭帯域と広帯域にかかわらず、受信側のフィルタにより相互変調特性の影響が見受けられなかった。防災行政無線（デジタル）が希望波の場合は、妨害波が高度化システムの場合において、狭帯域デジタルの相互変調基準特性曲線より8dB～10dBの改善効果を確認できた。これは、希望波が妨害波よりも狭帯域であるため、妨害波の相互変調歪の周波数拡散による改善効果によるものと考えられる。（測定系及び測定値は参考資料9に記載）

2.8 共用検討のまとめ

共用検討の結果、高度化システム（1W/10W）と近隣システム（放送事業用アナログ／デジタル STL/TTL、防災行政無線システム（アナログ、16QAM、QPSK、4FSK）、公共用及び一般業務用（固定局）、公共用及び一般業務用（陸上移動業務の局））とでは、適切なサイトエンジニアリングにより、共用は可能である。

近接波妨害特性の確認の結果、ほぼ狭帯域デジタルの近接波妨害基準特性曲線上にあることから、狭帯域デジタルの近接波妨害基準特性曲線の変更は特段生じない。

相互変調特性の確認の結果、次のような結果となった。高度化システムが希望波の場合は、狭帯域デジタルの相互変調基準特性から、変調方式による補正が必要であることが分かった。防災行政無線（アナログ）が希望波の場合は、相互変調特性に変化はなかった。STL/TTL が希望波の場合は、受信側のフィルタにより相互変調特性に影響はなかった。防災行政無線（デジタル）が希望波の場合は、妨害波が高度化システムの場合において、狭帯域デジタルの相互変調基準特性曲線より 8dB～10dB の改善効果を確認できた。本結果は防災行政無線（デジタル）の装置として単一メーカーの単一装置を使用した場合の結果であることから、相互変調基準特性曲線の追加にあたっては、更なる精査が必要である。

表2－23 共用計算例まとめ（高度化システムが与干渉の場合）

被干渉システム	共用条件
STL/TTL（アナログ）	1MHz 以上／20km 以上で共用可
〃（デジタル）	1MHz 以上／2km 以上で共用可
防災行政無線システム（アナログ）	1MHz 以上／5.4km 以上で共用可
〃（デジタル）	1MHz 以上／4.9km 以上で共用可
公共用、一般業務用（固定局）[親局、子局]	1MHz 以上／14km 以上で共用可
公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）[基地局/携帯基地局]	1MHz 以上／18km 以上で共用可
公共用、一般業務用（陸上移動業務の局）[陸上移動局/携帯局]	1MHz 以上／5.8km 以上で共用可

表2－24 共用計算例（高度化システムが与干渉の場合で、サイトエンジニアリングを適用する場合）

被干渉システム	サイトエンジニアリングの内容	共用条件
全システム	アンテナの偏波面を異偏波へ変更 狭帯域チャンネルフィルタ追加	1MHz 以上／50m 以上で共用可

表2－25 共用計算例 (高度化システムが被干渉の場合)

与干渉システム	サイトエンジニアリングの内容	共用条件
STL/TTL (アナログ)	アンテナの偏波面を異偏波へ変更 アンテナ方向調整 (80 度以上)	1MHz 以上／1000m 以上で共用
〃 (デジタル)		1MHz 以上／500m 以上で共用可
防災行政無線システム		1MHz 以上／500m 以上で共用可
公共用、一般業務用 (固定局) [親局、子局]		1MHz 以上／500m 以上で共用可
公共用、一般業務用 (陸上移動業務の局) [基地局/携帯基地局]		1MHz 以上／500m 以上で共用可
公共用、一般業務用 (陸上移動業務の局) [陸上移動局/携帯局]		1MHz 以上／100m 以上で共用可

第3章 技術的条件

高度化システムの技術的条件は、下記の記載のとおりとすることが適当である。

3.1 一般的条件

(1) 使用周波数帯

周波数帯は、現行システムと同じ電気通信業務用の周波数帯である 60MHz 帯 (54MHz～65MHz) とすることが適当である (図3-1)。複信方式として TDD を採用すること及び無線装置設計を簡素化すること等を考慮し、高度化システムのチャンネル配置は、下記のとおりとすることが適当である (図3-2)。

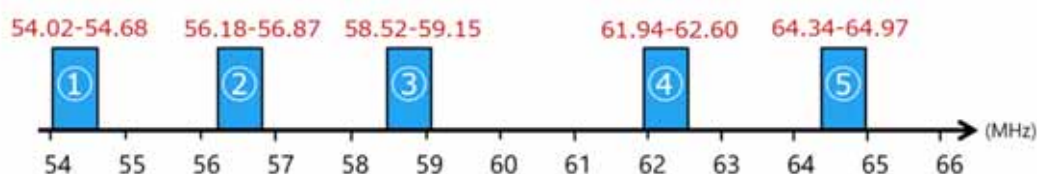


図 3-1 現行システムのチャンネル配置

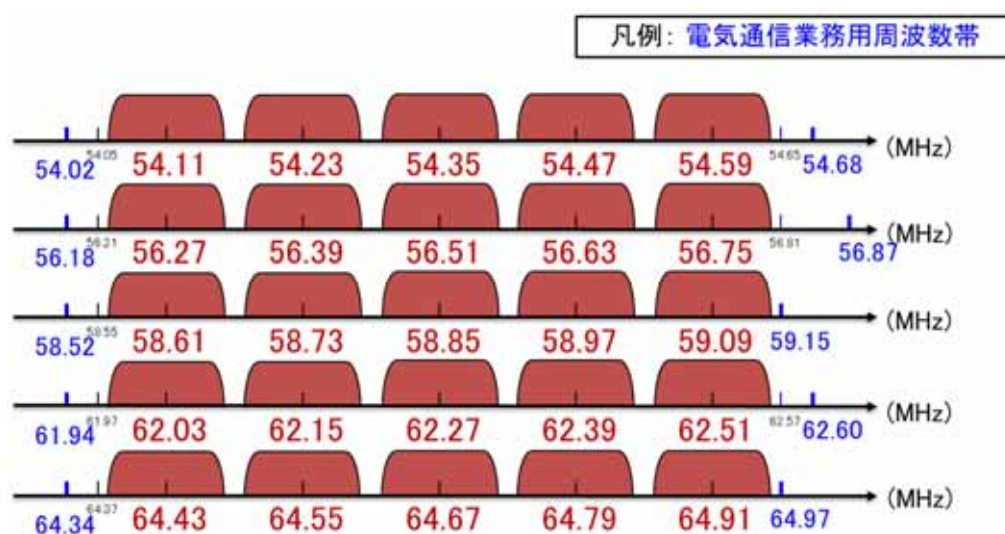


図 3-2 高度化システムのチャンネル配置

(2) キャリア周波数

キャリア周波数は、現行システムと同じ 120kHz 間隔とすることが望ましい。

(3) 通信方式

現行システムの周波数分割複信方式よりも周波数利用効率の向上を目的として、時分割複信方式とすることが適当である。

(4) 変調方式

変調方式は、最大4回線の電話回線を提供することを目的として、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM とし、電波の伝搬環境の状態変動を吸収して通信品質を確保するために、変調多値数を自動的に変更する適応変調技術を採用することが適当である。

(5) 電波の型式

(16)の変調方式に示すとおり、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM にて適応変調技術を採用し、さらに、制御回線も同時に伝送することから、電波の型式は、D7W 及び G7W とすることが望ましい。

(6) 伝送速度

720kbps 以下とすることが望ましい。

(7) 監視制御回線

監視制御回線は、主信号である電話回線（専用線）等に影響することなく主信号と同時に伝送することが望ましい。

(8) 標準受信入力値

伝搬損失は、VHF/UHF の伝搬推定モデルである ITU-R 勧告 P.1812-3 以降により算出することとし、提供可能な回線数に応じて必要最低限の空中線電力とするため、標準受信入力値は、BER が 1×10^{-4} 以下となる回線品質を基準に、下表の値の $\pm 3\text{dB}$ の範囲内とすることが望ましい。

ただし、ITU-R 勧告 P.1812-3 では、ルーラルエリアにおいて 50km 地域で約 10.8dB の変動があることが報告されていることから、見通し外通信や海上伝搬等によりやむを得ない場合には、伝搬損失に 10dB を上限とする変動値を加えて、受信入力値を算出すること。

表 3-1 標準受信入力値

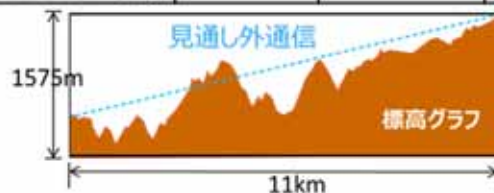
提供可能回線数	標準受信入力値
電話（専用線） 1 回線 + 制御回線	-91dBm
電話（専用線） 2 回線 + 制御回線	-84dBm
電話（専用線） 3 回線 + 制御回線	-78dBm
電話 4 回線 + 制御回線	-72dBm

変動値の計算方法は、下記のとおりとする。計算方法の例として、電話3回線提供（標準受信入力値＝-78dBm）、かつ、見通し外通信の場合を活用して説明する。

<変動値算出の例>

表 3-2 電話3回線提供で見通し外通信時の変動値の算出例

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MH z	60
送信電力	Pt	dBm	40
送信アンテナ高	ht	m	12
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	6
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	11
伝搬損失 (P.1812)	L	dB	123.3
受信電力算出値	Pr1	dBm	-72.8
変動値 (マージン)	Lv	dB	5.2
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0
受信電力設計値 (見通し外通信/海上伝搬等を考慮)	Pr	dBm	-78.0



変動値を含まない受信電力算出値 Pr1 は、

$$\begin{aligned}
 Pr1 &= Pt - Lft + Gt - L + Gr - Lfr \\
 &= 40 - 3 + 8 - 123.3 + 8 - 2.5 \\
 &= -72.8 \text{ [dBm]}
 \end{aligned}$$

見通し外通信のため、変動値 L_v は、

$$\begin{aligned} L_v &= Pr1 - Pr0 = -72.8 - -78 \\ &= 5.2 \text{ [dB]} \quad (\text{ただし、} 0 \leq L_v \leq 10) \end{aligned}$$

上記より、受信電力設計値 Pr は、

$$\begin{aligned} Pr &= Pr1 - L_v = -72.8 - 5.2 \\ &= -78.0 \text{ [dBm]} \end{aligned}$$

実際の更改予定ルートによる各受信入力値の算出例を以下のとおり提示する。また、11.15dBi の高利得アンテナ適用時の算出例についても、以下のとおり提示する。

表 3-3 受信入力値の算出例 (電話1回線提供時) ※見通し外通信

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	30
送信アンテナ高	ht	m	15
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	10
受信給電線損失	Lfr	dB	3
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	5.3
伝搬損失 (P.1812)	L	dB	126.7
受信電力算出値	Pr1	dBm	-86.7
変動値 (マージン)	Lv	dB	4.3
標準受信入力値	Pr0	dBm	-91.0
受信電力設計値	Pr	dBm	-91.0

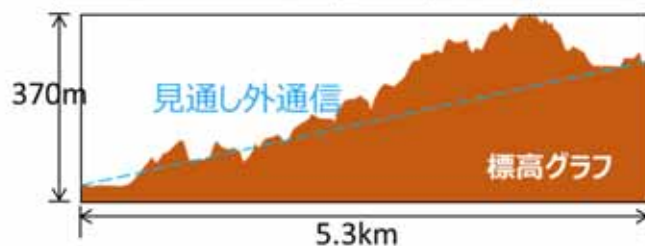


表 3-4 受信入力値の算出例 (電話2回線提供時) ※見通し外通信

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	30
送信アンテナ高	ht	m	10
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	10
受信給電線損失	Lfr	dB	3
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	5.5
伝搬損失 (P.1812)	L	dB	119.2
受信電力算出値	Pr1	dBm	-79.2
変動値 (マージン)	Lv	dB	4.8
標準受信入力値	Pr0	dBm	-84.0
受信電力設計値	Pr	dBm	-84.0

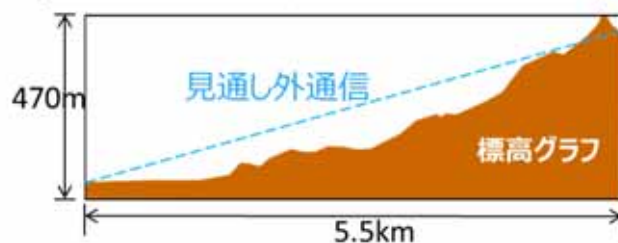


表 3-5 受信入力値の算出例 (電話3回線提供時) ※見通し内通信

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	40
送信アンテナ高	ht	m	12
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	6
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	50
伝搬損失 (P.1812)	L	dB	128.2
受信電力算出値	Pr1	dBm	-77.7
変動値 (マージン)	Lv	dB	—
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0
受信電力設計値	Pr	dBm	-77.7

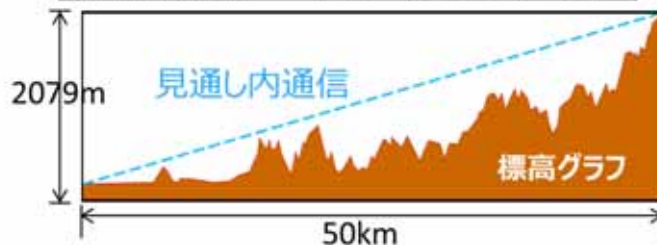


表 3-6 受信入力値の算出例 (電話3回線提供時) ※見通し外通信

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	40
送信アンテナ高	ht	m	12
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	6
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	11
伝搬損失 (P.1812)	L	dB	123.3
受信電力算出値	Pr1	dBm	-72.8
変動値 (マージン)	Lv	dB	5.2
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0
受信電力設計値	Pr	dBm	-78.0

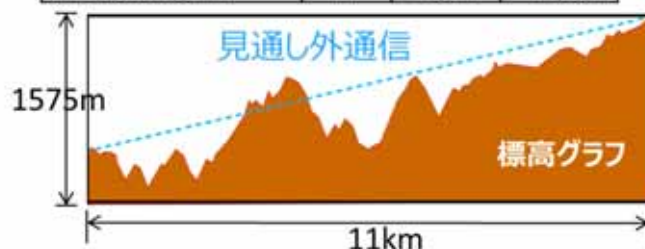


表 3-7 受信入力値の算出例 (電話4回線提供時) ※見通し内通信

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	30
送信アンテナ高	ht	m	5
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	5
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	14.2
伝搬損失 (P.1812)	L	dB	111.8
受信電力算出値	Pr1	dBm	-71.3
変動値 (マージン)	Lv	dB	—
標準受信入力値	Pr0	dBm	-72.0
受信電力設計値	Pr	dBm	-71.3

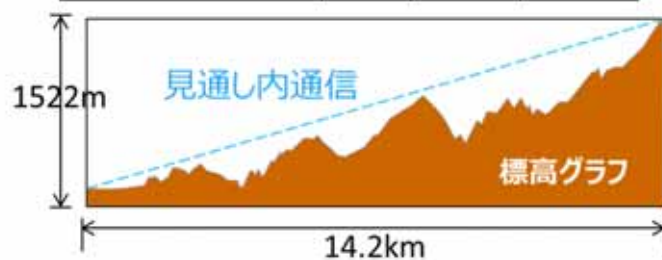
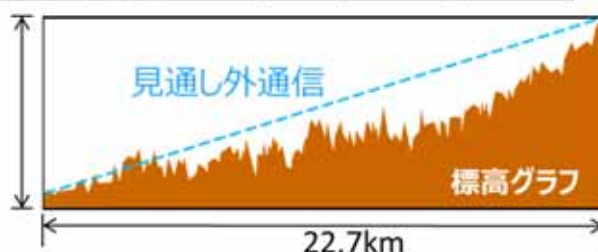


表 3-8 受信入力値の算出例 (電話3回線、11.15dBi アンテナ適用時) ※見通し外通信

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	30
送信アンテナ高	ht	m	20
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	11.15
受信アンテナ高	hr	m	5
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	22.7
伝搬損失 (P.1812)	L	dB	117.4
受信電力算出値	Pr1	dBm	-73.75
変動値 (マージン)	Lv	dB	4.25
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0
受信電力設計値	Pr	dBm	-78.0



3.2 無線設備の技術的条件

3.2.1 送信装置

(1) 送信周波数の許容偏差

高度化システムの設計値を考慮し、 ± 10 ppm とすることが適当である。

(2) 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅は、現行システムの 120kHz よりも狭帯域化し、110kHz とすることが適当である。

(3) ロールオフ率

無線装置は、固定電話の近隣に設置することから、可能な限り小型化・省電力化することが望ましい。そのため、ロールオフ率は、0.2 とすることが望ましい。

(4) クロック周波数

90kHz を標準とすることが望ましい。

(5) 送信電力

50km 地点で電話を3回線(制御回線を含む)提供の前提条件を満足するために回線設計を実施した結果(表3-1)、現行の20Wから10Wに低減可能である。

そのため、送信電力は10W以下とし与干渉の影響を軽減することが適当である。

表 3-9 50km 地点での電話3回線提供における回線設計例

項目	記号	単位	数値	備考
無線周波数	f	MHz	60	
送信電力	Pt	dBm	40	10W
送信アンテナ高	ht	m	12	
送信給電線損失	Lft	dB	3	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8	3素子八木アンテナ
受信アンテナ高	hr	m	6	
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8	3素子八木アンテナ
伝搬距離	d	km	50	
伝搬損失	L	dB	128.2	ITU-R勧告P.1812-3
受信電力算出値	Pr1	dBm	-77.7	Pt-Lft+Gt-L+Gr-Lfr
変動値(マージン)	Lv	dB	—	見通し内のため変動値を考慮せず
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0	電話3回線+制御回線
受信電力設計値	Pr	dBm	-77.7	Pt-Lft+Gt-L+Gr-Lfr-Lv

(6) 空中線電力の許容偏差

無線設備規則第14条第1項 十八 その他の送信設備に基づき、上限20%、下限50%とすることが適当である。

(7) 送信スペクトル特性

下図の範囲内とすることが望ましい。

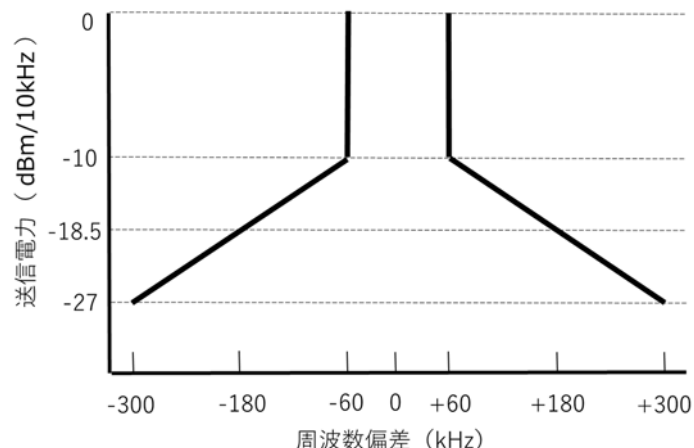


図 3-3 送信スペクトル特性

(8) 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値

高度化システムの設計値を考慮し、10 μW 以下とすることが適当である。

(9) スプリアス領域における不要発射の強度の許容値

高度化システムの設計値を考慮し、25 μW 以下とすることが適当である。

(10) 隣接チャネル漏洩電力等

・隣接チャネル漏洩電力

割当周波数から 120kHz 離れた周波数の $\pm 55\text{kHz}$ の帯域内で搬送波の送信電力より -43dBc 以上低い値とすることが適当である。

・次隣接チャネル漏洩電力

割当周波数から 240kHz 離れた周波数の $\pm 55\text{kHz}$ の帯域内で搬送波の送信電力より -51.5dBc 以上低い値とすることが適当である。

(11) 空中線利得

空中線利得は、市販のアンテナの中で、高利得の5素子アンテナの活用することを考慮し、11.15dBi 以下とすることが望ましい。

ただし、11.15dBi の高利得アンテナ適用時には、他のシステムとの干渉を考慮する必要がある。

(12) 偏波

現行システムや近隣の無線システムとの周波数共用を考慮して、垂直偏波又は水平偏波であることが適当である。

(13) 電波防護指針への適合

「電波防護のための基準への適合確認の手引き」の電波の強度の基準値より、離隔距離を算出した結果を示す。

基本算出式より、離隔距離の導出式としては以下のとおりとなる。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \quad \Rightarrow \quad R = \sqrt{\frac{PGK}{40\pi S}}$$

各パラメータとしては、下表によることとする。

表 3-10 離隔距離算出のためのパラメータ一覧

パラメータ	記号	数値	備考
無線周波数	f	60 MHz	
送信電力	P	10 W	
給電線損失	L	2.5 dB	
空中線利得	G	8 dBi/ 11.15 dBi	
大地面の反射係数	K	4	76MHz 未満
電力束密度	S	0.2 mW/cm ²	電波法施行規則 別表第2号の3の2 30MHz - 300MHz

■アンテナ利得が、8dBi の場合

$$R = \sqrt{\frac{PGK}{40\pi S}} = \sqrt{\frac{10 \div 10^{\frac{2.5}{10}} \times 10^{\frac{8}{10}} \times 4}{40 \times 3.14 \times 0.2}} = 2.38 [m]$$

■アンテナ利得が、11.15dBi の場合

$$R = \sqrt{\frac{PGK}{40\pi S}} = \sqrt{\frac{10 \div 10^{\frac{2.5}{10}} \times 10^{\frac{11.15}{10}} \times 4}{40 \times 3.14 \times 0.2}} = 3.42 [m]$$

高度化システムは、通常は施錠され取扱者のほか容易に入出入りできない場所に設置するため、電波防護指針を十分満たしている。

3.2.2 受信装置

(1) 復調方式

同期検波方式とすることが望ましい。

(2) 等価雑音帯域幅

(20)のクロック周波数と同様に、90kHz を標準とすることが望ましい。

(3) 雑音指数

6.4dB 以下とすることが望ましい。ただし、避雷器等の損失を除く、設計値とする。



図 3-4 雑音指数の性能規定点の例

(4) 自動等化器

波形歪補償のために、自動等化器を採用することが望ましい。

(5) 副次的に発する電波等の限度

無線設備規則第 24 条に基づき、4nW 以下とすることが適当である。

3.2.3 伝送の質等

(1) 伝送の質

見通し外通信や海上伝搬等の様々な伝搬路でも伝送の質を確保することを目的として、伝送の質は、「所要の回線品質は BER が 1×10^{-4} 以下とし、標準受信入力値を満足すること。」とすることが望ましい。

(2) 混信保護値

熱雑音、歪雑音及び干渉雑音の変調方式毎の配分を下記のとおりとすることが望ましい。

■QPSK の場合 $BER = 1 \times 10^{-4}$

所要C/N		
15.7 dB	熱雑音	18.9 dB
	歪雑音	32.7 dB
	干渉雑音	18.7 dB

■16QAM の場合 $BER = 1 \times 10^{-4}$

所要C/N		
22.6 dB	熱雑音	25.8 dB
	歪雑音	39.6 dB
	干渉雑音	25.6 dB

■64QAM の場合 $BER = 1 \times 10^{-4}$

所要C/N		
28.7 dB	熱雑音	31.9 dB
	歪雑音	45.7 dB
	干渉雑音	31.7 dB

■256QAM の場合 $BER = 1 \times 10^{-4}$

所要C/N		
34.6 dB	熱雑音	37.8 dB
	歪雑音	51.6 dB
	干渉雑音	37.6 dB

変調方式毎の全干渉波電力の総和に対する C/I 値は、雑音配分内の干渉雑音値を 50%とし、下記のとおりとすることが望ましい。

ただし、近隣システムからの干渉については、共用検討条件結果に基づき、サイトエンジニアリング対策すること。

表 3-11 変調方式毎の全干渉波電力の総和に対する C/I

変調方式	全干渉波電力の 総和に対するC/I (dB)
QPSK	18.7
16QAM	25.6
64QAM	31.7
256QAM	37.6

全干渉波電力の総和に対する C/I(dB)は、以下により算出すること。

$$[C/I_a] = -10 \times \log(\sum_{i=1}^m 10^{-(C/I_i)/10} + \sum_{j=1}^n 10^{-(C/I_j)/10})$$

m: 同一経路の妨害波の数

C/I_i: 希望波と同一経路の i 番目の妨害波による搬送波電力対干渉波
受信電力比[dB]

$$C/I_i = D/U_i + IRF_i$$

D/U_i: 希望波と同一経路の i 番目の妨害波による希望波受信電力対妨害
波受信電力比 [dB]

IRF_i: 希望波と同一経路の i 番目の妨害波間の干渉軽減係数 [dB]

n: 異経路の妨害波の数

C/I_j: 希望波と異経路の j 番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受
信電力比 [dB]

$$C/I_j = D/U_j + IRF_j$$

D/U_j: 希望波と異経路の j 番目の妨害波による希望波受信電力対妨害
波受信電力比に所要フェージングマージンを差し引いた値 [dB]

IRF_j: 希望波と異経路の j 番目の妨害波間の干渉軽減係数 [dB] 下表
参照のこと。

表 3-12 高度化システム間の IRF (dB)

離調周波数Δf(kHz) (Δf>100)	U波空中線電力	
	1W	10W
0 ~ 60	-5.8	
60 ~ 180	34.76 +0.033Δf	29.51 +0.071Δf
180 ~ 300	40.10 +0.0037Δf	

別表1

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会 構成員

(令和2年2月6日現在 敬称略)

氏名	主 要 現 職
(主査)委員 安藤 真	独立行政法人国立高等専門学校機構 理事
(主査代理)専門委員 浜口 清	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター 総合研究センター長
委員 森川 博之	東京大学大学院 工学系研究科 教授
専門委員 飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹
〃 市川 武男	日本電信電話株式会社技術企画部門 電波室長
〃 伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
〃 小花 貞夫	電気通信大学 特任教授 産学官連携センター長
〃 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学 未来情報通信医療社会基盤センター長
〃 鈴木 薫	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
〃 薄田 由紀	日本電気株式会社 電波・誘導事業部 情報システム部 マネージャ
〃 高田 政幸	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
〃 田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナルテクノロジー オフィサー
〃 日野岳 充	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事
〃 藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
〃 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃 松井 房樹	一般社団法人電波産業会 代表理事・専務理事・事務局長
〃 松尾 綾子	株式会社東芝 本部企画部 兼 研究開発センター 研究企画部 参事
〃 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
〃 三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
〃 吉田 貴容美	日本無線株式会社 研究所 新領域開発企画部 エキスパートリーダー

(20 名)

別表2

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

VHF帯加入者系無線システム作業班 構成員

(令和2年1月20日現在 敬称略)

氏名	所属
(主任) 前原 文明	早稲田大学理工学術院 基幹理工学部 情報通信学科教授
(主任代理) 宮城 利文	日本電信電話株式会社 情報ネットワーク総合研究所 アクセスサービスシステム研究所 無線エントランスプロジェクト 主幹研究員
相沢 素也	東芝インフラシステムズ株式会社 府中事業所放送・ネットワークシステム部
池田 正	西菱電機株式会社 防災システム事業部 技術部 担当部長
犬飼 修	沖電気工業株式会社 情報通信事業本部 社会インフラソリューション事業部 地域ソリューション第一部 担当部長
小原 郁男	日本無線株式会社 無線インフラ技術部 同報無線システムグループ
小竹 信幸	一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
加藤 数衛	一般社団法人 電波産業会 防災行政無線システム作業班
川瀬 克行	パナソニック システムソリューションズ ジャパン株式会社 システム開発本部 ネットワークソリューション部 参事
児島 史秀	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター ワイヤレスシステム研究室 室長
椎木 裕文	日本電気株式会社 スマートインフラ事業部 第二事業推進部 マネージャー
仲田 樹広	株式会社日立国際電気 事業企画本部 次世代技術開発部 副技師長
濱中 太郎	日本放送協会 技術局 計画管理部
古川 昌一	株式会社富士通ゼネラル 情報通信システム本部情報通信システム事業部 事業部長代理
吉岡 正文	一般社団法人電波産業会 固定系将来展望調査研究会 VHF 帯検討アドホック

(15名)

参考資料

目 次

参考資料1	バンドパスフィルタについて	1
参考資料2	引用したスペクトル特性.....	2
参考資料3	所要 D/U 及び IRF の関係.....	4
参考資料4	共用計算に用いた条件：アンテナ特性	5
参考資料5	サイトエンジニアリング対策	7
参考資料6	狭帯域チャネルフィルタ検討	8
参考資料7	引用したアナログ STL／TTL 諸元.....	9
参考資料8	近接波妨害特性について	10
参考資料9	相互変調特性について	12

参考資料1 バンドパスフィルタについて

高度化システムにおいて、帯域ブロック毎にバンドパスフィルタ (BPF) 利用して周波数特性の改善を図った。その結果、選択するブロック内の利用するチャンネル周波数位置により周波数特性が異なる。

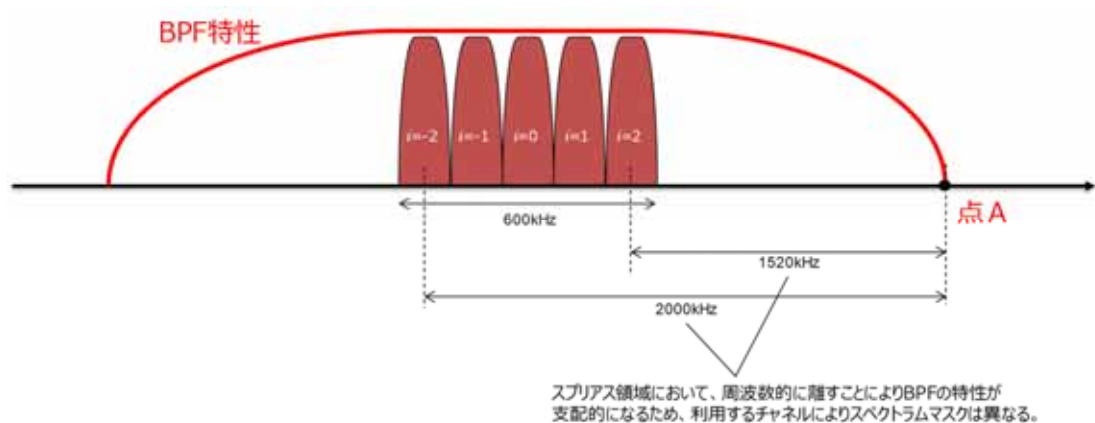


図 1-1 バンドパスフィルタの特性

参考資料2 引用したスペクトル特性

STL/TTL 及び防災行政無線については、「VHF 帯放送番組中継回線の利用促進のための周波数有効利用技術に関する調査検討 報告書(全編版)」信越総合通信局の記載を引用し、各システムのスペクトル特性として計算に活用した。(赤字は読み取り値)

なお、読み取り方法は、図2-1を例にとると、中心周波数(0kHz, 左端)にて規定の出力(ex. アナログ STL の場合 50W=47dBm)が送出されている場合に、代表的な離調周波数における出力(dBm)を中心周波数の差分から読み取ることとした。

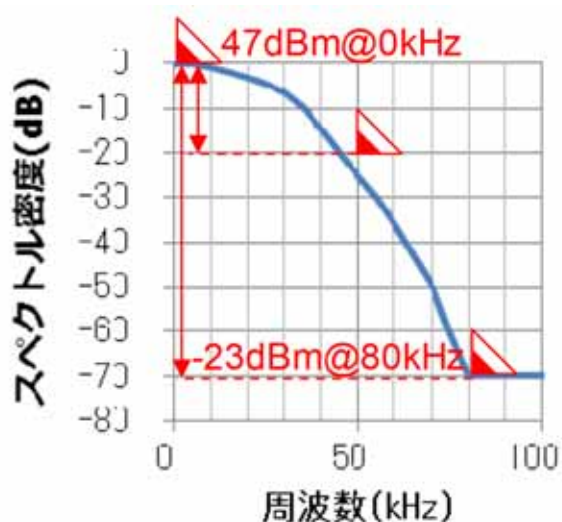


図 2-1 アナログ STL のスペクトル特性

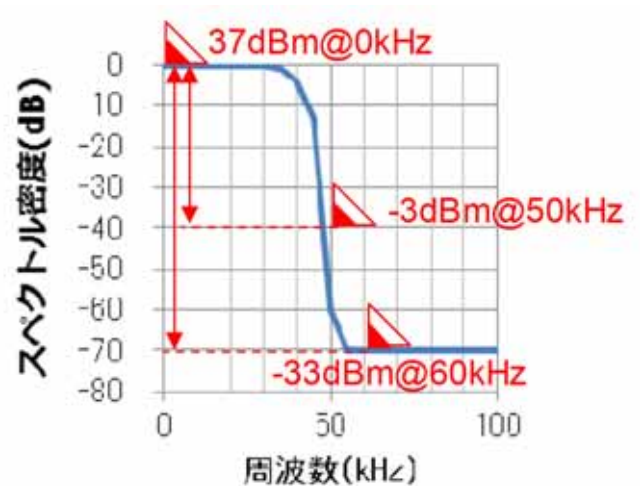


図 2-2 デジタル STL のスペクトル特性

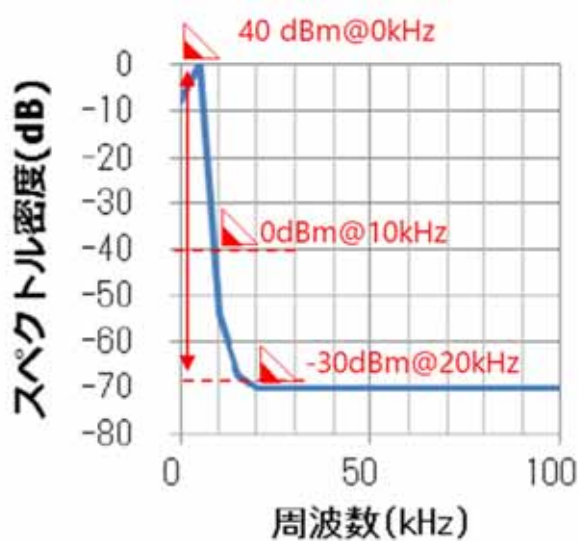


図2-3 防災行政無線(アナログ)のスペクトル特性

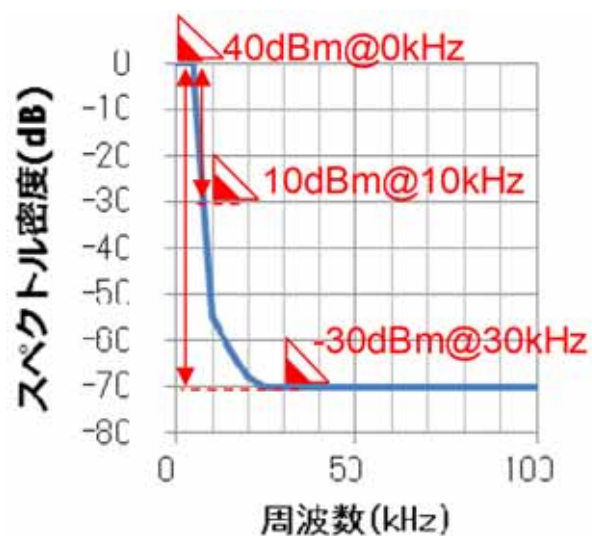


図 2-4 防災行政無線(16QAM)のスペクトル特性

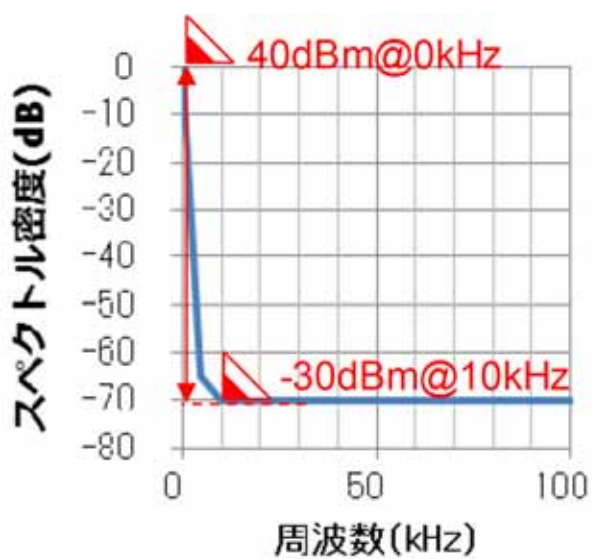


図 2-5 防災行政無線(QPSK)のスペクトル特性

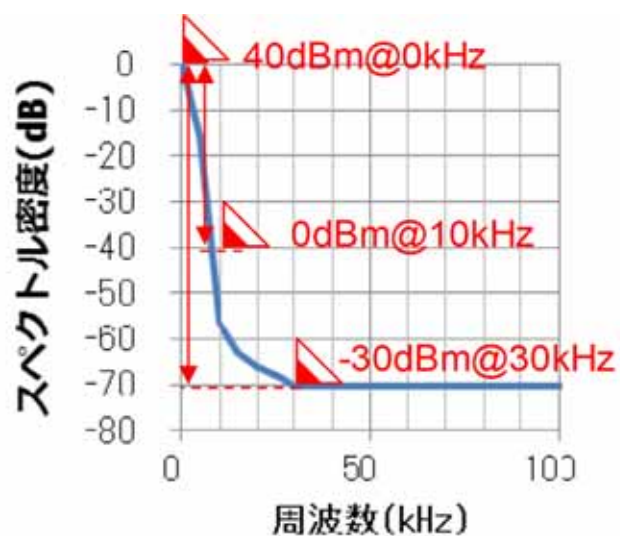


図 2-6 防災行政無線(4FSK)のスペクトル特性

参考資料3 所要 D/U 及び IRF の関係

各種パラメータの関係を図示する。技術的条件を満たす所要 D/U 及び IRF を導出する。なお、出典は、VHF 帯放送番組中継回線の利用促進のための周波数有効利用技術に関する調査検討 報告書(資料編)である。また、本報告において D/U は所要 D/U と読み替えることとする。

干渉軽減係数 (IRF) の定義

干渉軽減係数については、次式により求めるものとする。

式1 希望波がFM方式の干渉軽減係数 (IRF)

$$IRF = S/I - D/U \quad (\text{dB})$$

式2 希望波がデジタル方式の干渉軽減係数 (IRF)

$$IRF = C/I - D/U \quad (\text{dB})$$

S/I : 復調後の信号電力対妨害波による雑音電力比 (dB)

C/I : 希望搬送波電力対妨害波電力比 (dB)

D/U : 希望波受信電力対妨害波受信電力比 (dB)

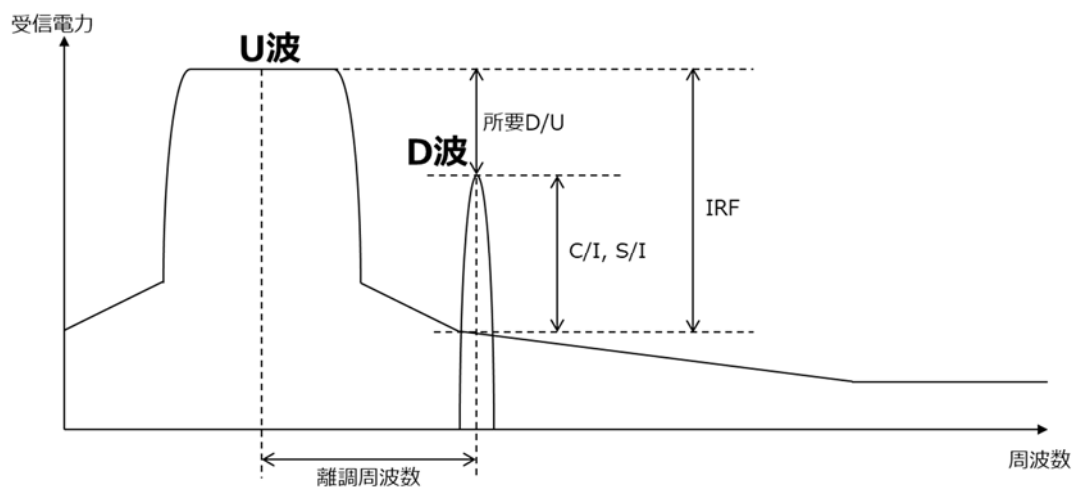


図 3-1 所要 D/U と IRF の関係

参考資料 4 共用計算に用いた条件：アンテナ特性

検討対象システムは防災行政無線の親局及び戸別受信機以外は全て3素子八木アンテナを採用しており、一般的なアンテナ特性からアンテナ方向の角度差が 90～180 度のときに 10dB 改善する。

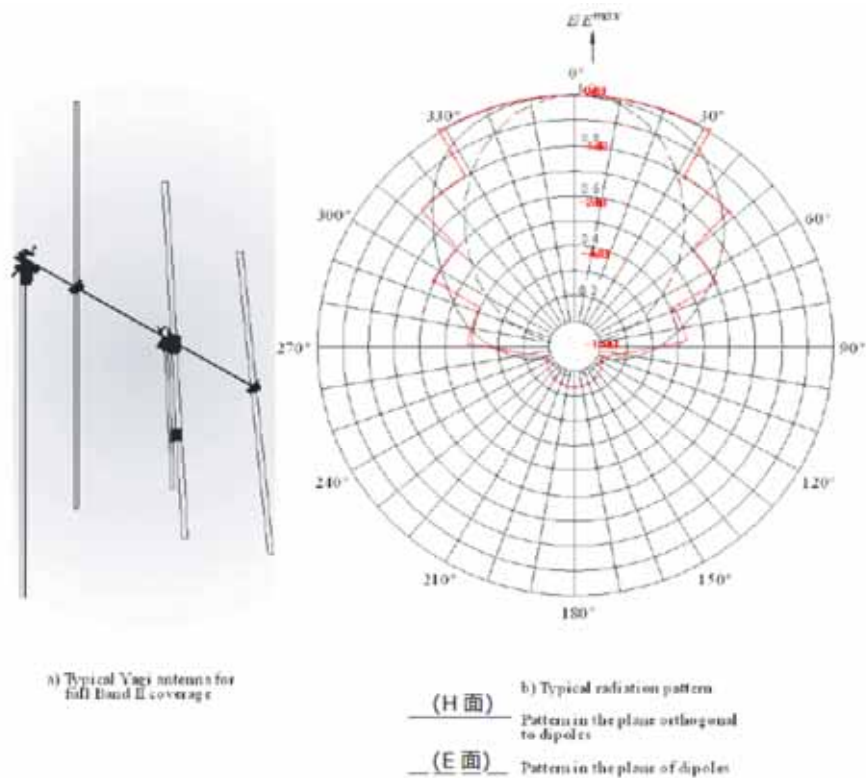


図 4-1 3素子八木アンテナの空中線指向特性※1

※1 ITU-R 勧告 BS. 1195 より抜粋

表 4-1 3素子八木アンテナの空中線指向特性

空中線の放射角	減衰量(dB)
$0^{\circ} \leq \theta < 30^{\circ}$	0
$30^{\circ} \leq \theta < 45^{\circ}$	- 1
$45^{\circ} \leq \theta < 60^{\circ}$	- 2
$60^{\circ} \leq \theta < 80^{\circ}$	- 4
$80^{\circ} \leq \theta < 180^{\circ}$	- 10

与干渉側と被干渉側でアンテナを異なる偏波面で利用する場合は 10dB 程度改善することとして算出した。

■ 交差偏波識別度(XPD)

電波の偏波面(電界と平行な面)には、常に方向が一定な「直線偏波」と、回転しながら進む「円偏波」があります。直線偏波のうち、偏波面が大地に対して垂直なものを「垂直偏波」といい、大地に対して水平な電波を「水平偏波」といいます。また、円偏波は回転方向によって右旋円と左旋円があります。

偏波面はアンテナの構造によって決まり、理論上は垂直偏波の電波を水平偏波のアンテナでは受信できません。また、右旋円の電波を左旋円のアンテナでは受信できません。逆も同じです。

実際のアンテナでは同一偏波での受信に比べて10～20 dB程度の低下(アイソレーション)となります。
この特性を交差偏波識別度(XPD: Cross Polarization Discrimination)といい、偏波面で通信エリアを分離するときには重要な数値です。

なお、円偏波を直線偏波のアンテナで受けた場合、逆に直線偏波を円偏波のアンテナで受けた場合は、それぞれ同一種アンテナで受信したときの1/2(−3 dB)の受信電力となります。XPDが3 dBであるともいえます。

※2 出典 RF ワールド No.14「続・はじめての無線機測定」

参考資料5 サイトエンジニアリング対策

高度化システムにおける、サイトエンジニアリングに向けた施策、及び期待できる効果について記載する。

下記の表においては与干渉の抑制の対策であったが、被干渉の抑制の対策として、送信出力の向上、若しくは、高利得アンテナの活用が挙げられる。

表 5-1 サイトエンジニアリング対策一覧

項目	内容	期待できる効果
送信出力の抑制	1W 及び 10W 出力のモードを用意し、十分な受信レベルが期待できるエリアでは送信出力を抑制。	離調周波数1MHz 未満の領域で最大 13dB(離調周波数 60kHz)の効果。
アンテナの偏波面の変更	共用相手と異なる偏波面を採用することで与干渉量を抑制。	約 10dB の効果。
アンテナ方向の調整	指向性アンテナの方向を調整することで与干渉量を抑制。	最大約 10dB の効果。
アッテネータの挿入	十分な受信レベルが期待できるエリアではアッテネータを挿入することで与干渉量を抑制。	離調周波数 300kHz 以上で効果大。ex.)8dB 挿入で離調周波数 1320kHz が 60kHz 相当になりうる(1W 時)。
狭帯域チャンネルフィルタの挿入	大型のチャンネルフィルタを挿入して帯域外漏洩電力を抑制。	離調周波数が 353kHz で 30dB 程度。



参考資料6 狭帯域チャネルフィルタ検討

高度化システムのみを通過させる狭帯域バンドパスフィルタを設計した結果、離調周波数がそれぞれ 353kHz、420kHz 程度で約 30dB、40dB の改善が見込める。

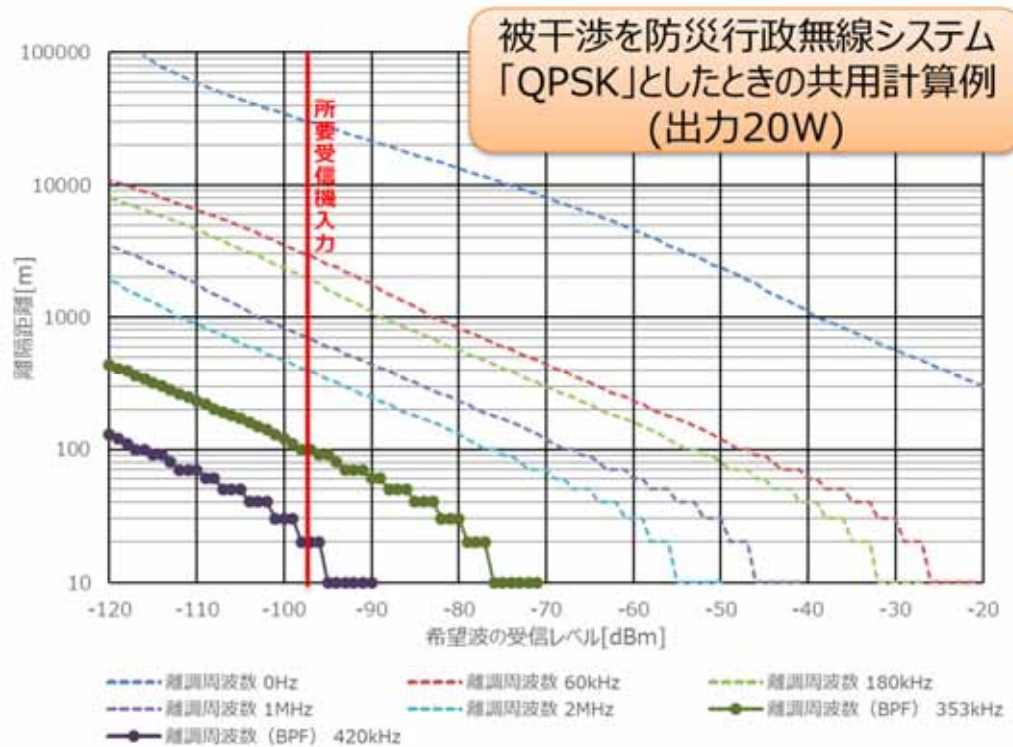


図6-1 被干渉が防災行政無線システム「QPSK」

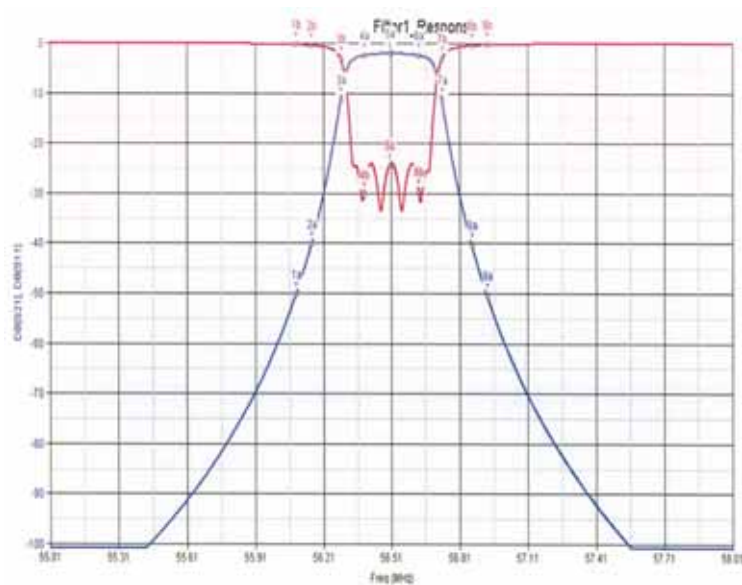


図 6-2 チャンネルフィルタ特性

参考資料7 引用したアナログSTL／TTL諸元

共用検討にあたりアナログ STL／TTL については、「VHF帯放送番組中継回線の利用促進のための周波数有効利用技術に関する調査検討 報告書(全編版)」信越総合通信局の記載を引用した。その際の各方式を表7－1に示す。

表7－1 アナログ STL／TTL

種別	記号	方式
STL／TTL	2A	アナログ方式 FM 2ch 伝送仕様 旧型(A社)
	2B	アナログ方式 FM 2ch 伝送仕様 旧型(B社)
	2C	アナログ方式 FM 2ch 伝送仕様 新型(A社)
	2D	アナログ方式 FM 2ch 伝送仕様 新型(B社)
	2E	アナログ方式 FM 1ch 伝送仕様

参考資料 8 近接波妨害特性について

■近接波妨害特性の測定系

希望波入力電圧から+0dB、+10dB、+20dB のポイントを測定し、電波法関係審査基準の近接波妨害基準特性曲線と比較を行った。妨害波は、狭帯域デジタル通信方式として防災行政無線 (QPSK) を活用した。測定系を図8-1に示す。

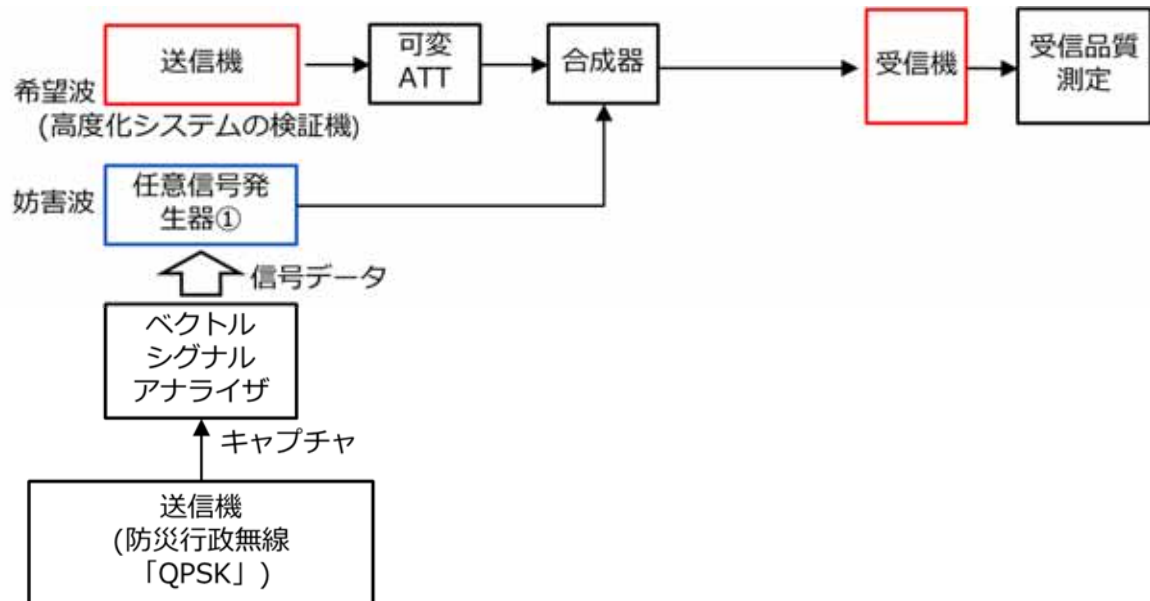


図 8-1 近接波妨害特性の測定系

■近接波妨害特性との比較

高度化システムにおいて確認を行った結果、近接波妨害基準特性曲線とほぼ同等の結果であった。(ただし、+20dB は過入力となるため測定できず) 結果を図8-2に示す。図8-2において、機器の許容入力強度が 88dB μ W 未満であるため、妨害波がそれ以下の入力である場合のみ測定を実施した。

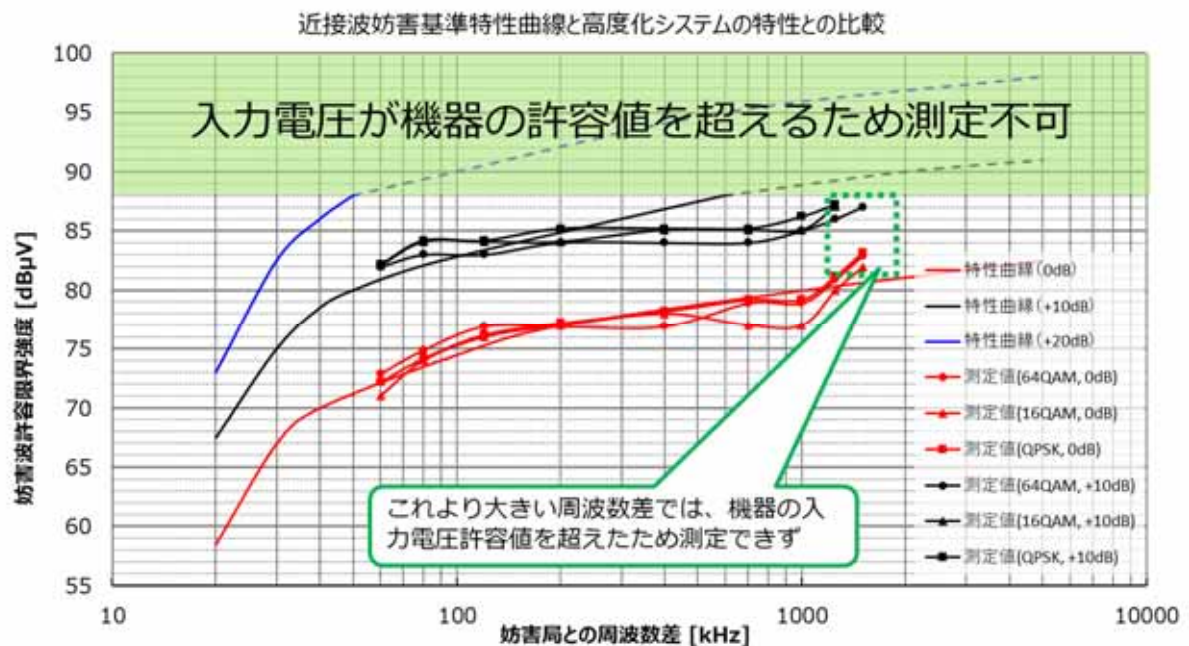


図 8-2 近接波妨害特性の測定結果

希望波入力電圧から+20dB の測定においては、入力電圧が機器の許容値を超えるため測定ができなかった。

また、検証機は 256QAM を具備していないため測定値が存在しないが、他の測定できた変調方式の値はその方式によらず同様な値であったため、変調方式による大きな差はないと推測できる。

近接波妨害基準特性曲線と高度化システムの特性を比較すると、同様な値を取っていることから、近接波妨害基準特性曲線の変更は特段生じないとする。

参考資料 9 相互変調特性について

■相互変調特性の測定系

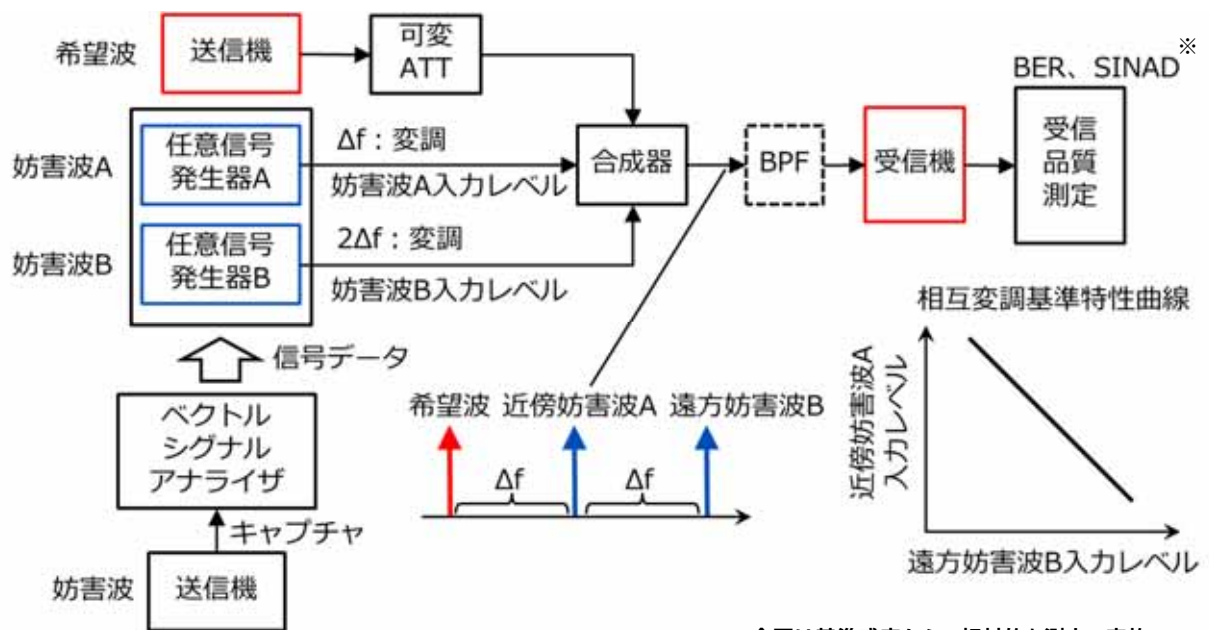
表9-1 に示す無線システム毎の相互変調特性について、図9-1 の測定系を用いて測定した。各希望波に対して、妨害波の信号帯域がそれぞれ広帯域と狭帯域の組合せについて相互変調特性を測定した。

表 9-1 相互変調特性の検証組合せ

希望波	占有周波数帯幅	変調方式	妨害波①※1	妨害波②※1
高度化システム	110 kHz	64QAM	防災行政無線（デジタル） デジタルSTL/TTL※2	防災行政無線（デジタル） デジタルSTL/TTL※2
防災行政無線（アナログ）	16 kHz	FM	防災行政無線（デジタル） 高度化システム	防災行政無線（デジタル） 高度化システム
デジタルSTL/TTL	96 kHz	64QAM	防災行政無線（デジタル） 高度化システム	防災行政無線（デジタル） 高度化システム
防災行政無線（デジタル）	7.1 kHz	QPSK	防災行政無線（デジタル） 高度化システム	防災行政無線（デジタル） 高度化システム

※1 広帯域な妨害波として高度化システム、狭帯域な妨害波として防災行政無線（デジタル）を活用。

※2 希望波が高度化システムの場合のみ、広帯域な妨害波として他システムであるデジタルSTL/TTLを活用。



※ 今回は基準感度からの相対的な測定で実施

図 9-1 相互変調特性の測定系

■相互変調歪の帯域特性

近傍妨害波と遠方妨害波の帯域毎の組合せ (図9-2及び図9-3) については、図9-3の相互変調歪の帯域特性が想定される。

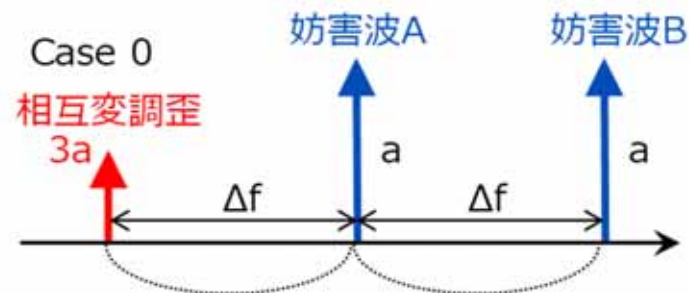


図 9-2 近傍妨害波と遠方妨害波の組合せ (Case 0)

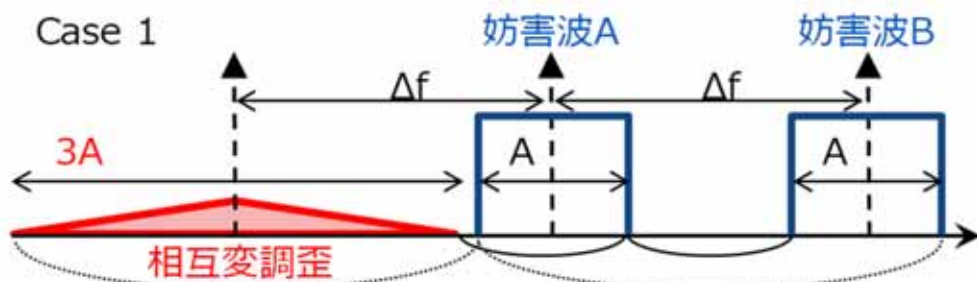


図 9-3 近傍妨害波と遠方妨害波の組合せ (Case 1)

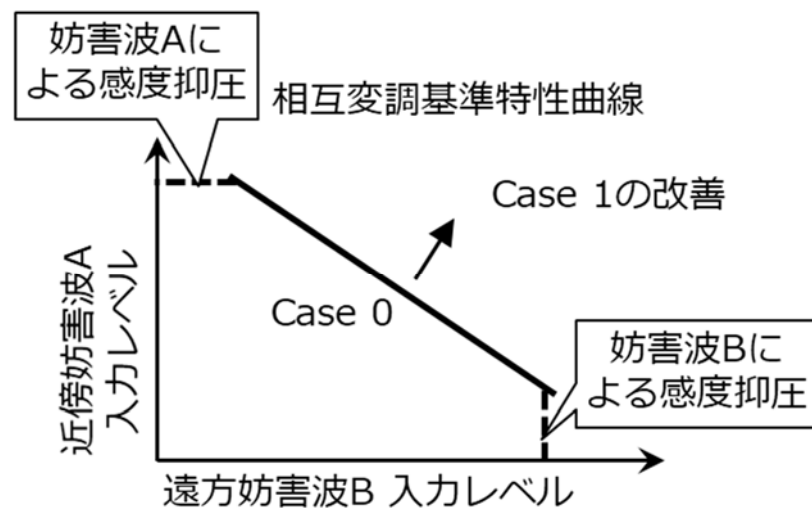


図 9-4 相互変調歪の帯域特性

デジタル変調方式では、チャネルフィルタにより受信帯域が切り出されるため、希望波が妨害波より狭帯域な場合、相互変調歪の周波数拡散による影響が緩和される。(図9-5の Case 1 のとおり)

希望波：狭帯域デジタル通信方式

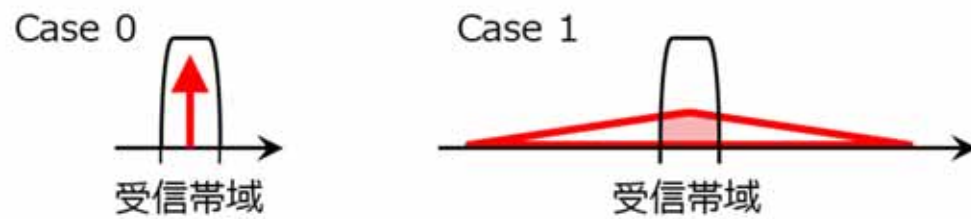


図 9-5 相互変調歪の周波数拡散と受信帯域への影響

■相互変調特性の測定結果 (希望波が高度化システムの場合)

妨害波の帯域にかかわらず、受信帯域が広帯域なため、相互変調歪の周波数拡散による特性改善は確認できなかった。(図9-6のとおり) 相互変調基準特性曲線は変調方式毎の所要 C/N の差分で補正することが必要と考えられる。(妨害波の帯域外漏洩の影響がみられるが、一般的に相互変調特性に含めない。)

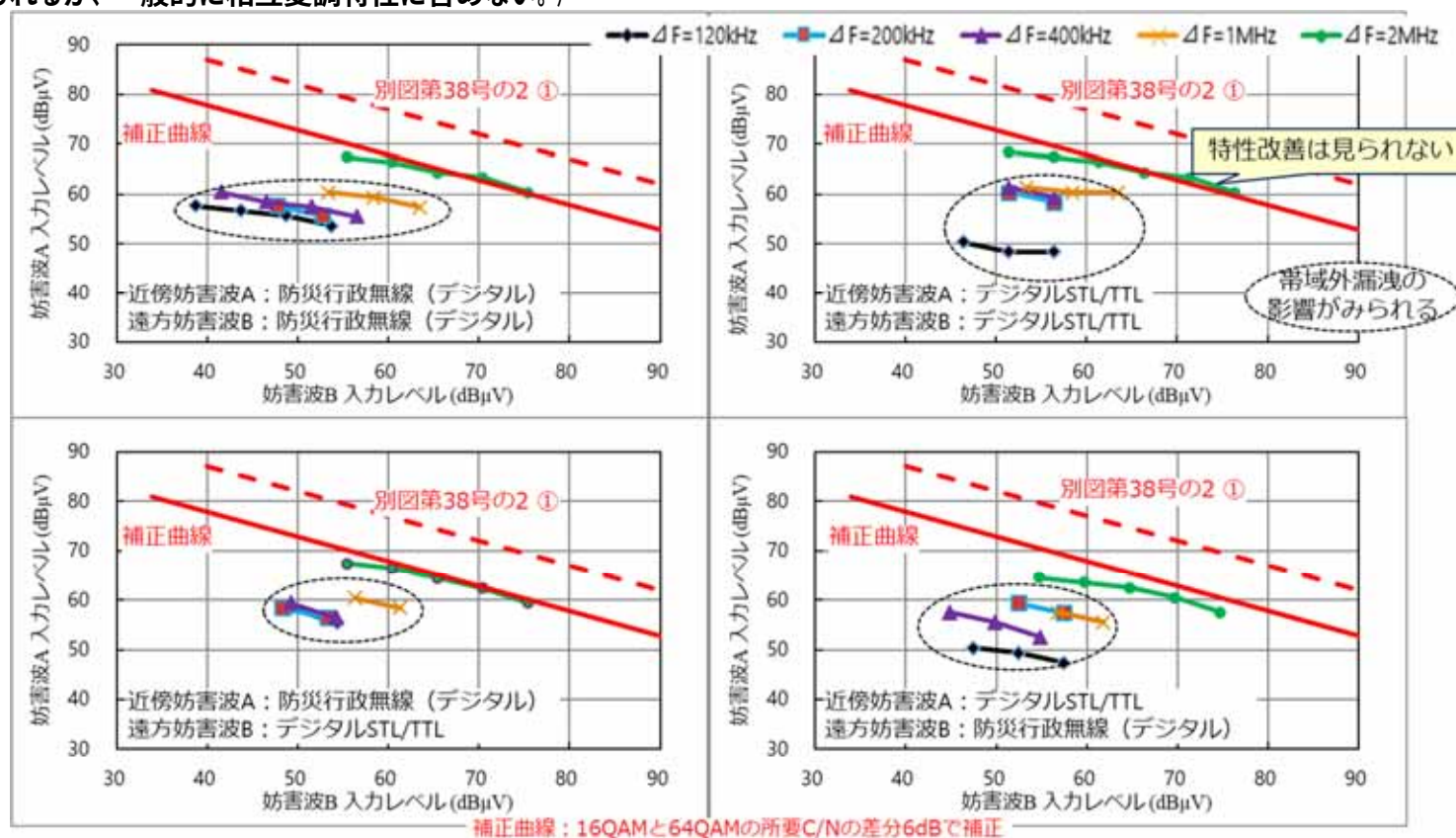


図 9-6 相互変調特性の測定結果 (希望波が高度化システムの場合)

■相互変調特性の測定結果 (希望波が防災行政無線 (アナログ) の場合)

妨害波の帯域にかかわらず、特性改善は確認できなかった。これは、チャンネルフィルタ等で狭帯域に相互変調歪を切り取ることがないためと考えられる。(図9-7のとおり)

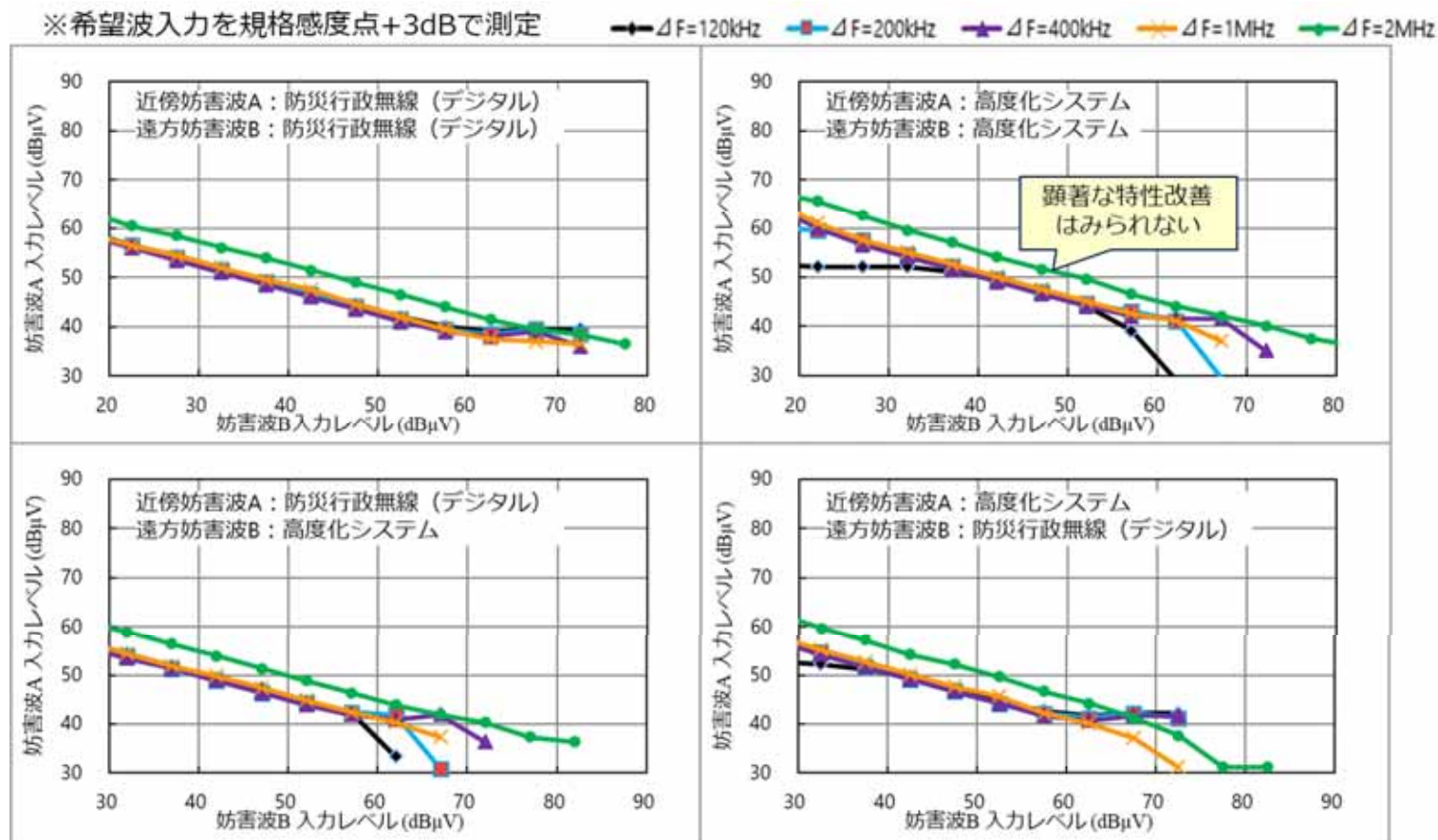
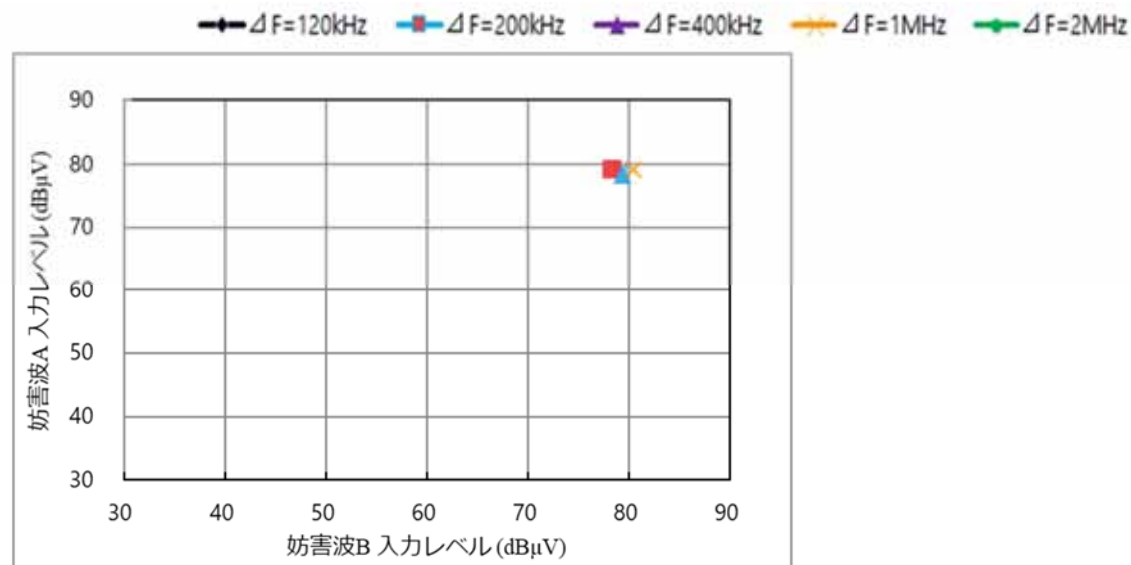


図 9-7 相互変調特性の測定結果 (希望波が防災行政無線 (アナログ) の場合)

■相互変調特性の測定結果 (希望波が STL/TTL の場合)

受信側のフィルタにより、全ての妨害波の組合せで機器入力の上限值を超えた。(図9-8のとおり)



希望波：デジタルSTL/TTL
 近傍妨害波A：防災行政無線（デジタル）
 遠方妨害波B：防災行政無線（デジタル）

希望波：デジタルSTL/TTL
 近傍妨害波A：高度化システム
 遠方妨害波B：高度化システム

希望波：デジタルSTL/TTL
 近傍妨害波A：防災行政無線（デジタル）
 遠方妨害波B：高度化システム

希望波：デジタルSTL/TTL
 近傍妨害波A：高度化システム
 遠方妨害波B：防災行政無線（デジタル）

図 9-8 相互変調特性の測定結果 (希望波が STL/TTL の場合)

■相互変調特性の測定結果 (希望波が防災行政無線 (デジタル) の場合)

妨害波が広帯域信号である場合、8dB 程度 (8dB~10dB) の改善が見受けられた。これは、相互変調歪の周波数拡散による改善効果と考えられる。(図9-9のとおり)

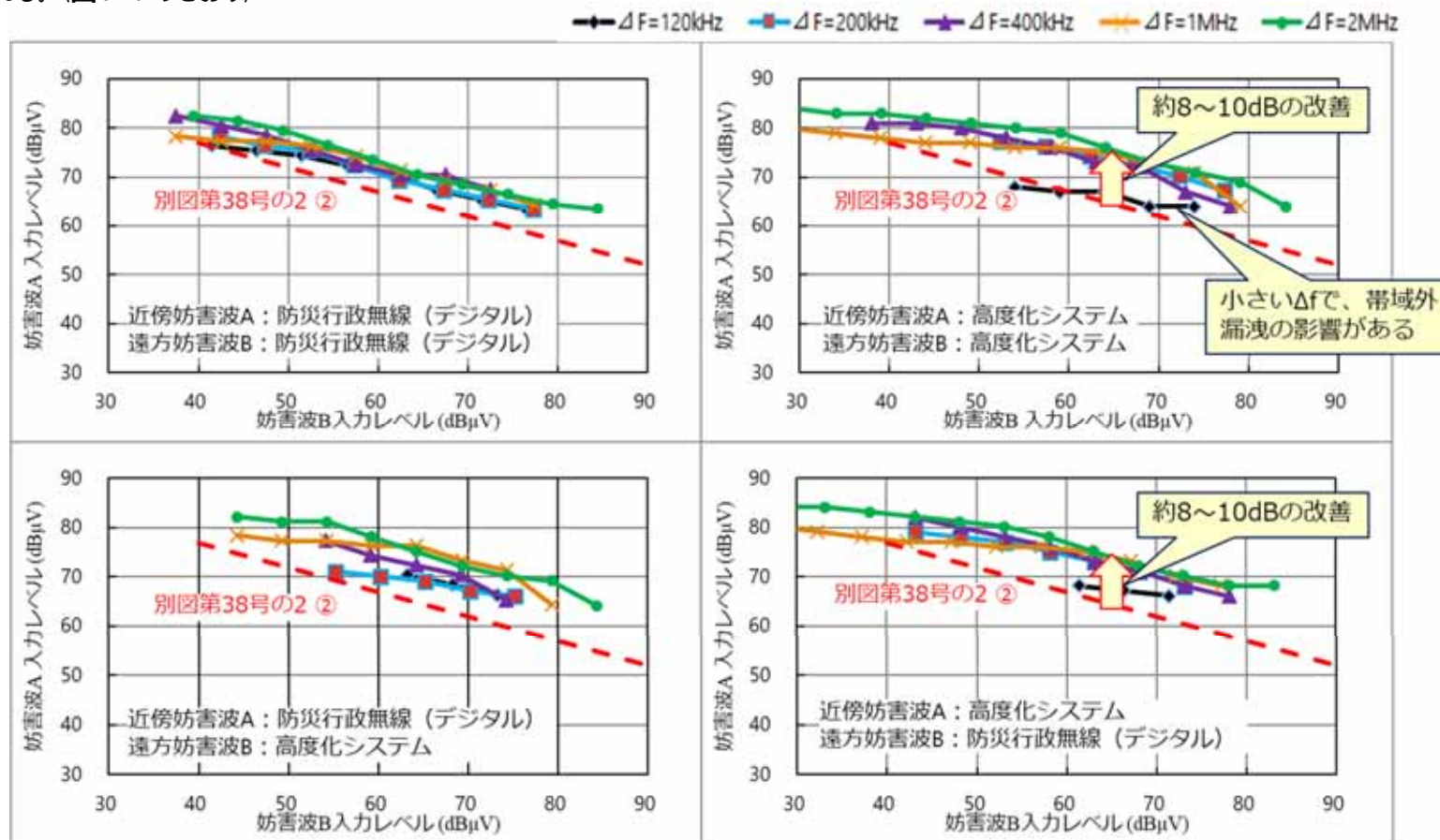


図9-9 相互変調特性の測定結果 (希望波が防災行政無線 (デジタル) の場合)