

4 デジタル地域振興用無線システムの干渉

4.1 干渉モデル

デジタル地域振興用無線システムにおいては、

- ① 地域振興 MCA 基地局⇒他の地域振興 MCA 移動局
- ② 同上 ⇒地域コミュニティ無線受信機
- ③ 地域振興 MCA 移動局⇒他の地域振興 MCA 基地局
- ④ 同上 ⇒地域コミュニティ無線受信機
- ⑤ 地域コミュニティ無線基地局⇒地域振興 MCA 基地局
- ⑥ 同上 ⇒地域振興 MCA 移動局

という関係で図 4-1 のような干渉が想定されるため、以下の 4 種類の干渉について検討する。

- (1) 同一チャンネルの干渉
- (2) 隣接チャンネルの干渉
- (3) 近接チャンネルの干渉
- (4) 相互変調の干渉

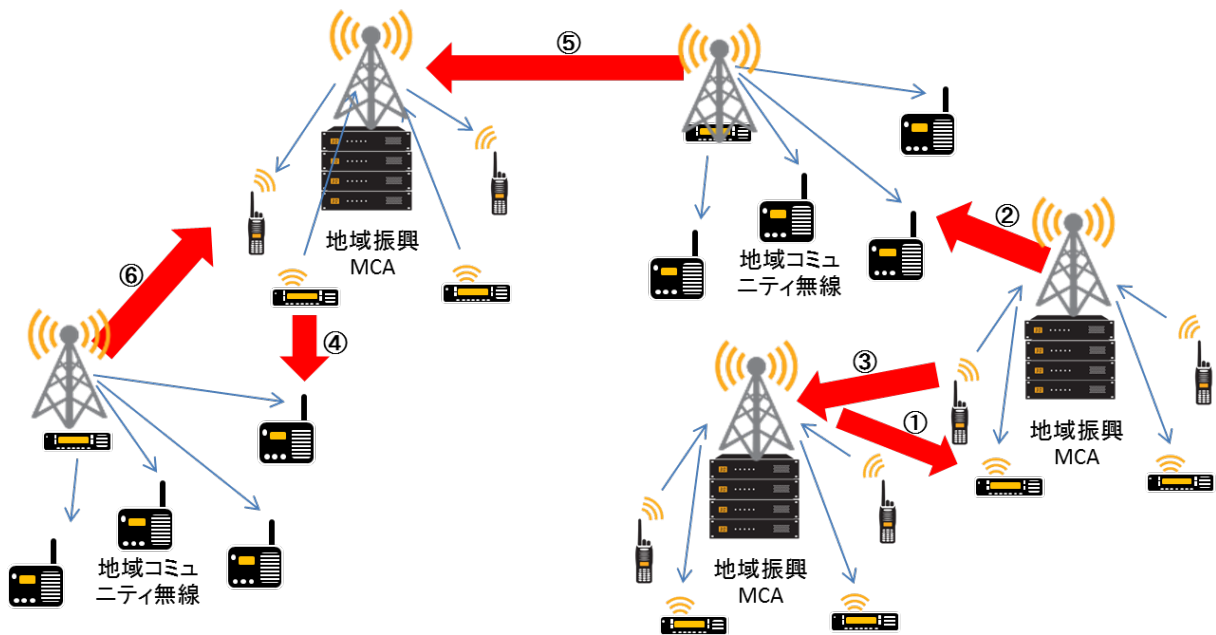


図 4-1 デジタル地域振興用無線システムにおける干渉モデル

4.2 同一チャネル干渉

4.2.1 机上検討

周波数を有効に利用するためには、同じ周波数(チャネル)を別の地域で繰り返し利用することが必要である(図 4-2)。距離や地形により、他の地域の電波が届いてしまうと混信妨害になる。

受信したい電波(希望波=Desired Signal)に対して邪魔をする電波(妨害波=Undesired Signal)がどれだけのレベル(D/U 比)であれば受信できるかを把握する。

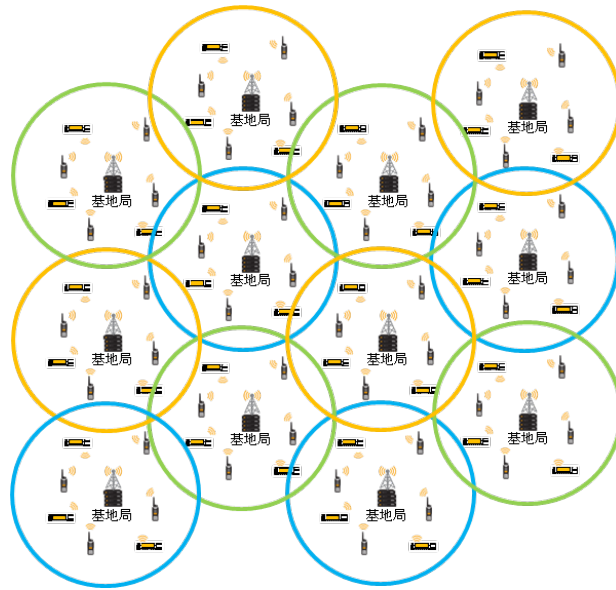


図 4-2 同一チャネルの繰り返し利用イメージ

4.2.2 同一チャネル周波数共用条件

4.2.2.1 所要 D/U

表 4-1 は、各変調方式間の同一チャネル周波数共用条件(希望波を基準感度+30dB にセツトし、SINAD= 12 dB 又は BER=1%となる D/U[dB])をまとめたものである。この値に各種マージンを見込んだ D/U を確保することで同一の周波数を繰り返し使用することができる。

表 4-1 同一チャンネル周波数共用条件 (D/U[dB])

妨害波 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16 QA M	RZ SSB		4 値 FSK	
		12.5 kHz	20k Hz	6.25 kHz	12.5 kHz	25k Hz 32k bps	25k Hz 36k bps	6.25 kHz	12.5 kHz	25k Hz		6.25 kHz	12.5 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
FM	12.5kHz	4	/	5	3	3	/	9	6	3	3	6	6	7	4
	20kHz	/	2	3	3	3	/	3	3	3	3	3	3	3	3
QPSK	6.25kHz	13	9	12	8	6	/	11	9	6	6	12	9	10	8
	12.5kHz	14	13	11	11	9	/	11	11	9	9	12	12	10	11
	25kHz・ 32kbps	12	12	11	10	10	/	10	10	10	10	12	12	10	10
	25kHz・ 36kbps	12	12	10	10	10	/	10	10	10	10	12	12	10	10
16QA M	6.25kHz	18	13	15	13	11	/	16	13	11	11	16	13	16	13
	12.5kHz	19	18	16	16	13	/	16	16	13	14	16	16	16	16
	25kHz	19	18	15	15	15	/	15	15	15	15	15	15	15	15
M16QAM		18	18	17	17	17	/	17	17	17	17	17	17	17	17
RZ SSB	6.25kHz	11	6	11	8	6	/	12	8	6	5	12	9	12	11
	12.5kHz	12	10	12	11	9	/	12	11	8	8	12	12	12	12
4 値 FSK	6.25kHz	11	6	11	8	6	5	12	9	6	5	12	8	12	9
	12.5kHz	9	9	10	10	7	---	10	10	7	7	11	10	10	10

『小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について』のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』より

デジタル(4 値 FSK) (6.25kHz) 同士の場合の D/U=12dB に、固定劣化を含む機器マージン 6dB (電波法関係審査基準「陸上移動業務の局」の伝送の質審査基準より) を加え、フェージングマージンとして場所率マージン(短区間中央値変動)4dB を加える。所要 D/U は、
12dB+6dB+4dB=22dB
となる。

電波法関係審査基準「陸上移動業務の局」の混信妨害の審査には、『54MHz を超え 470MHz 以下の電波を使用する狭帯域デジタル通信方式等の場合』の『同一周波数の場合 ~ の受信機入力における所要 D/U は 22dB 以上』という記載があり、この審査基準をもとに同一周波数を割当てること、前出の D/U も満足できることがわかる。

4.2.2.2 ゾーン構成による検討

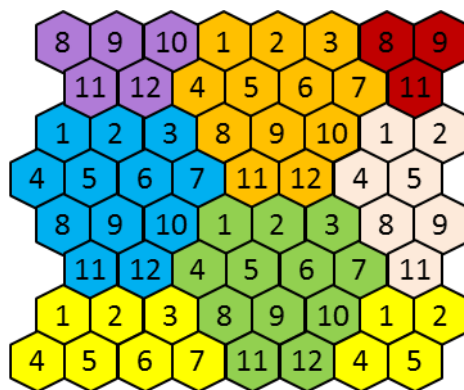
正六角形ゾーンによる周波数の繰返し利用を検討する。電波法関係審査基準に準拠して、所要 D/U=22dB を使用する。

所要 D/U $\Lambda=22\text{dB}$ のとき、正六角形ゾーンの繰返し数 N は、

$$\Lambda = 34.4 \log_{10}(\sqrt{3N} - 1) \quad (\text{移動通信 進士昌明編 丸善株式会社 式(7.18)})$$

より N=12 となる。

ゾーン構成による共用条件としては、正六角形ゾーンの繰返し数 12 による周波数割当てを行う場合(図 4-3)、同一地域に最大 n システムを設置し 1 システムあたり 4 チャンネル使用すると、48n チャンネルが必要となり現実的でない。地域振興 MCA は、携帯電話等のように面的に全ての地域をカバーする必要がない性質のシステムであることから、ゾーン構成による共用検討はなじまないことがわかった。



N=12の六角形ゾーンの繰返し

図 4-3 N=12 の六角形ゾーンの繰返し

4.2.2.3 共用条件

同一チャンネル周波数共用条件は、基地局間距離を確保する等で所要 D/U を満たすこととするのが望ましい。

ここで、所要受信機入力電圧を 11.6dB μ V(電波法関係審査基準の伝送の質の審査基準値)、所要 D/U=22dB としたときの許容妨害波レベルは-10.4dB μ V(-123.4dBm)となる。この関係となる基地局間の参考距離(図 4-4)計算結果を表 4-2 に示す。この距離よりも離隔距離を確保することで同一周波数の再利用が可能となるが、現実には地形・条件が異なるため、個々について検討が必要となる。

調査検討では、モデルとして、奥村秦郊外地の計算結果を用いることとする。

表 4-2 同一チャンネル周波数共用条件(基地局間の最低離隔距離参考計算結果)

計算方法	妨害基地ー移動局の距離[km]	希望基地が所要受信機入力となる距離[km]	必要な基地局間距離[km]
奥村秦開放地	118	46	164
奥村秦郊外地	57	18	75
奥村秦市街地	39	10	49
主な条件	空中線電力 10W 送信空中線利得 6.15dBi 送信空中線高 50m 受信空中線利得 2.15dBi 受信空中線高 1.5m		

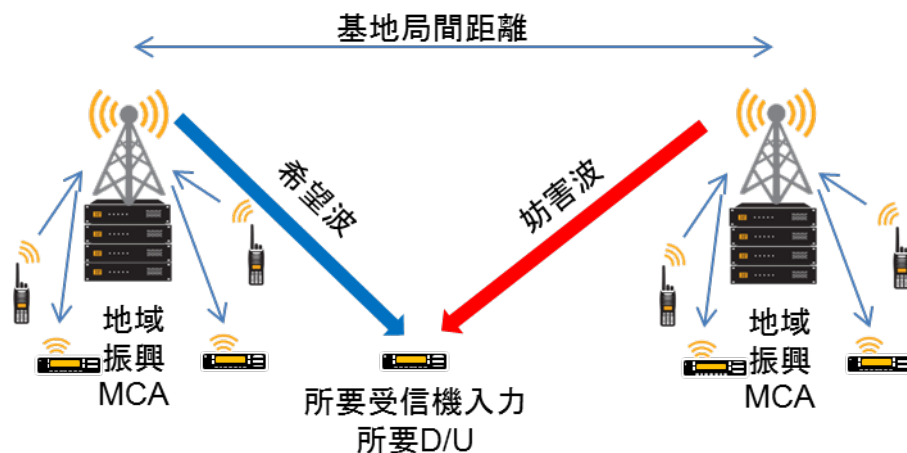


図 4-4 所要 D/U を確保するための基地局間距離

4.2.3 ラボ内検証試験(同一チャネル干渉)

サンプル無線機の同一チャネル干渉特性を測定し、机上検討の妥当性を確認する。

4.2.3.1 測定方法

同一チャネル干渉測定の構成を図 4-5 に示す。

- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB (30dB μ V = -83dBm) に設定する。希望波信号は 4 値 FSK PN9 符号。
- (2) (妨害波がデジタルの場合) 妨害波信号を 4 値 FSK PN15 符号とし、希望波と同一周波数に設定する。
(妨害波がアナログの場合) 妨害波信号をアナログ(FM) 400Hz 信号 1.5kHz デビエーションとし、希望波と同一周波数に設定する。
- (3) 妨害波を BER が 1% となるレベルに調整し、そのレベルを記録する。
- (4) 希望波レベルと妨害波レベルの値から D/U を算出する。

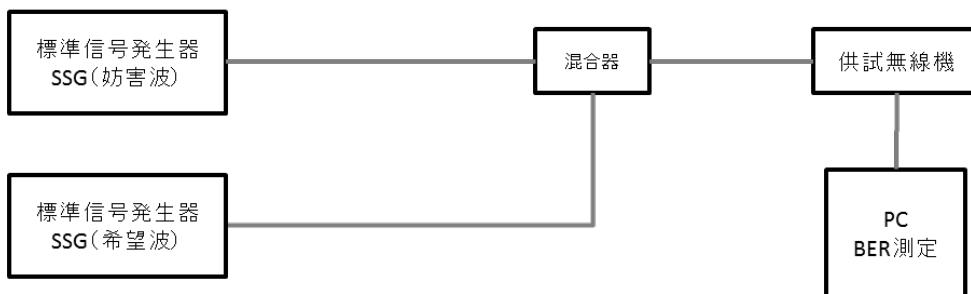


図 4-5 同一チャネル干渉測定の構成

4.2.3.2 ラボ内検証試験(同一チャネル干渉)結果

測定結果を表 4-3 に示す。同一チャネル共用値(表 4-1)の値を表の「答申」に記載した。

試験結果は、答申の値以下で満足しており、4.2.2 で計算した基地局間距離を確保していれば、実力的にも周波数共用が可能であることがわかる。

表 4-3 同一チャネル干渉の D/U[dB]測定結果

希望波	妨害波	周波数 [MHz]	基地 ①	基地 ②	車載 ①	車載 ②	携帯 ①	携帯 ②	答申
デジタル	デジタル	385	11	11	11	11	11	10	12
デジタル	デジタル	367	11	11	11	11	11	11	12
デジタル	アナログ	385	11	11	11	11	11	11	11
デジタル	アナログ	367	11	11	11	11	11	11	11

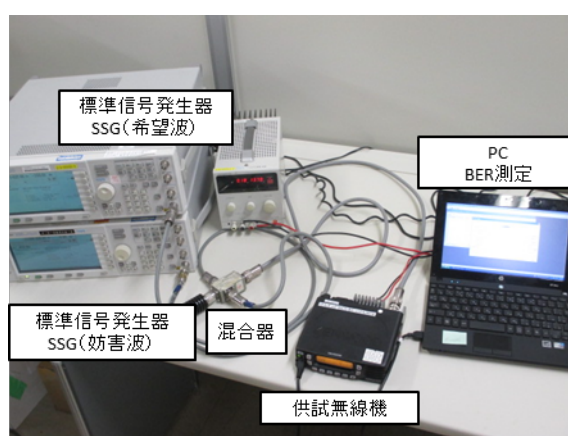


図 4-6 同一チャネル干渉測定の様子

【参考】

4 値 FSK デジタルを希望波とした場合、D/U はほぼ 11dB となっている。これは、妨害波レベルが希望波よりも 11dB 以上低ければ受信できることを表わしている。D/U は、値が小さければ妨害に強いことを意味する。

図 4-7 は、同一チャネル干渉のイメージで、4 値 FSK デジタル信号と同一の周波数にアナログ (FM) の信号が存在する場合である。妨害波の方が弱い場合は、表 4-3 の D/U を満たす(小さい)場合、希望波を受信できる。

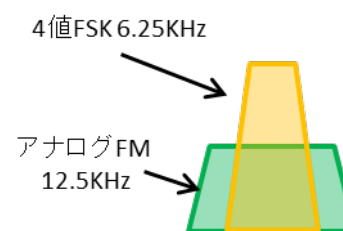


図 4-7 同一チャネル干渉

4.3 隣接チャネル干渉

4.3.1 机上検討

地域振興用無線システムの周波数(チャネル)は連続している。同一地域や隣接する地域で隣接チャネルを使用すると、受信機や送信機の特性により受信に影響を受ける。干渉を避けるためには、妨害波の信号強度を下げる、妨害波の周波数を離すことが必要である。

受信したい電波(希望波=Desired Signal)に対して邪魔をする電波(妨害波=Undesired Signal)がどれだけのレベル(D/U比)であれば、また周波数がどれだけ離れていれば受信できるかを把握する。

4.3.2 隣接周波数共用条件

表 4-4 は、各変調方式間の隣接周波数共用条件(希望波を基準感度+30dBにセットし、D/U=-40dBの妨害波を与えた時 SINAD= 12 dB(又は BER=1%)となる離隔周波数[kHz])をまとめたものである。

表 4-4 隣接周波数共用条件 (離隔周波数[kHz])

希望波 \ 妨害波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4 値 FSK	
		12.5 kHz	20 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz	25kHz 32 kbps	25kHz 36 kbps	6.25 kHz	12.5 kHz	25 kHz		6.25 kHz	12.5 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
FM	12.5 kHz	11.60	/	12.37	13.62	19.22	/	11.67	14.62	19.92	19.12	11.27	11.62	10.57	12.35
	20 kHz	/	15.80	17.59	19.71	23.81	/	17.49	18.91	24.21	22.91	13.69	14.21	15.09	14.14
QP SK	6.25 kHz	11.97	14.89	6.20	9.10	14.31	/	5.40	8.10	14.21	12.31	5.40	6.80	6.07	9.82
	12.5 kHz	14.52	17.21	9.20	12.33	17.58	/	8.80	11.53	17.78	15.58	8.60	9.93	9.01	12.49
	25 kHz 32 kbps	19.02	22.11	14.91	17.98	25.10	/	14.71	16.98	23.50	21.50	9.71	10.88	14.46	14.72
	25 kHz 36 kbps	19.42	22.31	15.61	18.78	24.80	/	15.61	17.78	24.50	22.50	9.71	10.88	14.71	14.78
16 QAM	6.25 kHz	12.17	14.99	5.40	8.70	14.41	/	4.60	7.70	14.41	12.41	4.70	6.20	5.92	9.82
	12.5 kHz	14.52	17.31	8.30	11.43	16.68	/	7.80	10.53	16.68	14.78	7.70	9.03	8.55	12.41
	25 kHz	20.22	22.91	14.71	17.98	23.60	/	14.51	16.98	23.60	21.70	12.71	13.98	11.05	15.18
M16QAM		17.72	21.31	12.61	15.88	21.70	/	12.61	14.58	21.80	19.60	12.61	13.98	11.08	15.22
RZ SSB	6.25 kHz	10.67	13.79	5.80	8.30	14.51	/	5.30	7.90	14.31	14.71	5.30	6.60	5.36	9.58
	12.5 kHz	12.32	15.51	7.60	10.53	16.38	/	7.10	10.13	15.88	16.58	7.10	8.53	7.36	11.36
4 値 FSK	6.25 kHz	10.67	14.11	5.72	8.82	14.63	14.82	5.34	8.06	14.63	12.07	5.47	7.38	5.72	9.44
	12.5 kHz	11.13	13.83	9.44	12.29	17.59	---	9.14	11.40	17.60	15.66	7.42	9.28	8.53	11.63

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』より

4.3.3 周波数配置によって干渉が発生する場合

表 4-4 の周波数離隔を満足する最小周波数ステップ 3.125kHz のチャンネル間隔をまとめたものを表 4-5 に示す。

黄色に塗られた部分は、地域振興用無線システムに使用される各変調方式の組み合わせの中で、双方のチャンネル間隔を合計して 2 で割った値よりも大きいところである。

表 4-5 周波数配置案 (チャンネル間隔[kHz])

妨害波 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4 値 FSK	
		12.5 kHz	20 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz	25kHz 32 kbps	25kHz 36 kbps	6.25 kHz	12.5 kHz	25 kHz		6.25 kHz	12.5 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
FM	12.5 kHz	12.5		12.5	15.625	21.875		12.5	15.625	21.875	21.875	12.5	12.5	12.5	12.5
	20 kHz		20	18.75	21.875	25		18.75	21.875	25	25	15.625	15.625	15.625	15.625
QP SK	6.25 kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625		6.25	9.375	15.625	12.5	6.25	9.375	6.25	12.5
	12.5 kHz	15.625	18.75	9.375	12.5	18.75		9.375	12.5	18.75	15.625	9.375	12.5	9.375	12.5
	25 kHz 32 kbps	21.875	25	15.625	18.75	28.125		15.625	18.75	25	21.875	12.5	12.5	15.625	15.625
	25 kHz 36 kbps	21.875	25	15.625	21.875	25		15.625	18.75	25	25	12.5	12.5	15.625	15.625
16 QAM	6.25 kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625		6.25	9.375	15.625	12.5	6.25	6.25	6.25	12.5
	12.5 kHz	15.625	18.75	9.375	12.5	18.75		9.375	12.5	18.75	15.625	9.375	9.375	9.375	12.5
	25 kHz	21.875	25	15.625	18.75	25		15.625	18.75	25	21.875	15.625	15.625	12.5	15.625
M16QAM		18.75	21.875	15.625	18.75	21.875		15.625	15.625	21.875	21.875	15.625	15.625	12.5	15.625
RZ SSB	6.25 kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625		6.25	9.375	15.625	15.625	6.25	9.375	6.25	12.5
	12.5 kHz	12.5	15.625	9.375	12.5	18.75		9.375	12.5	18.75	18.75	9.375	9.375	9.375	12.5
4 値 FSK	6.25 kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625	15.625	6.25	9.375	15.625	12.5	6.25	9.375	6.25	12.5
	12.5 kHz	12.5	15.625	12.5	12.5	18.75	---	9.375	12.5	18.75	18.75	9.375	9.375	9.375	12.5

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』より

例えば 4 値 FSK (6.25kHz) の希望波を受信するためには、アナログ (FM) (12.5kHz) の妨害波は、表 4-4 より相互の割当て周波数が所要の周波数の許容偏差に係る補正值を含め 10.67kHz 離れている必要があり、最少周波数ステップ 3.125kHz を考慮すると表 4-5 のように 12.5kHz 離れた割当てとすることが必要である。

図 4-8 のようにブロック A に 4 値 FSK、ブロック B にアナログ (FM) が配置された場合、チャンネル間隔は 9.375kHz となり、前述の必要な離隔周波数が確保できない。必要な離隔周波数が確保できない場合は、妨害波の電力の一部が受信帯域に入るため干渉が発生する。

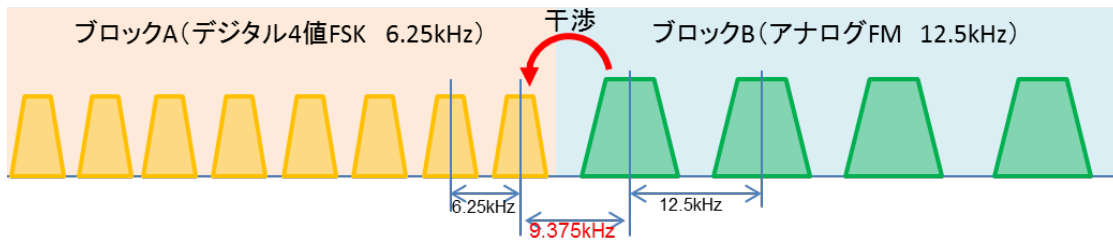


図 4-8 デジタル(4 値 FSK)とアナログ(FM)との干渉

表 4-5 で黄色く塗られた組み合わせでは、ブロックが隣接した場合に必要な周波数離隔が確保できないため、割当て検討の際には考慮が必要となる(図 4-9)。

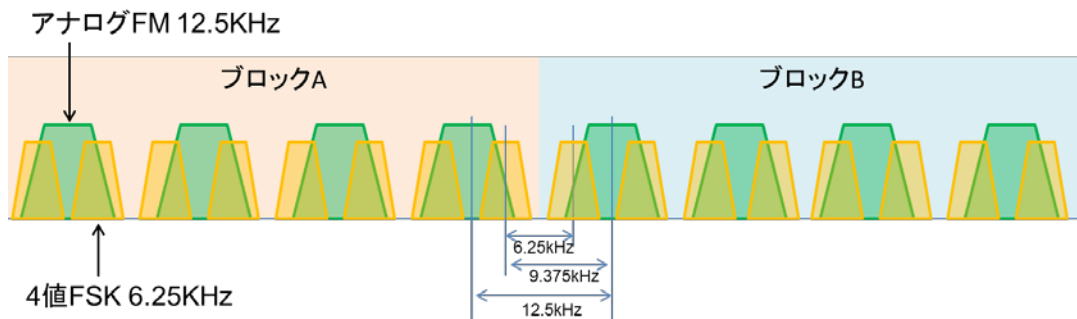


図 4-9 デジタル(4 値 FSK)とアナログ(FM)のブロック間での離隔周波数

4.3.4 ラボ内検証試験(隣接チャネル干渉)

サンプル無線機の隣接チャネル干渉特性を測定し、机上検討の妥当性を確認する。

4.3.4.1 測定方法

隣接チャネル干渉測定の構成を図 4-10 に示す。

- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB(30dB μ V = -83dBm)に設定する。希望波信号は 4 値 FSK PN9 符号。
- (2) (妨害波がデジタルの場合)妨害波信号を 4 値 FSK PN15 符号とし、レベルを希望波+40dBm(-43dBm、D/U=-40dB)に設定する。
(妨害波がアナログの場合)妨害波信号をアナログ(FM) 400Hz 信号 1.5kHz デビエーションとし、レベルを希望波+40dBm(-43dBm、D/U = -40dB)に設定する。
- (3) 妨害波周波数を BER が 1%となる周波数に調整し、上側、下側それぞれの周波数を記録する。
- (4) 希望波周波数と妨害波周波数の差を算出する。

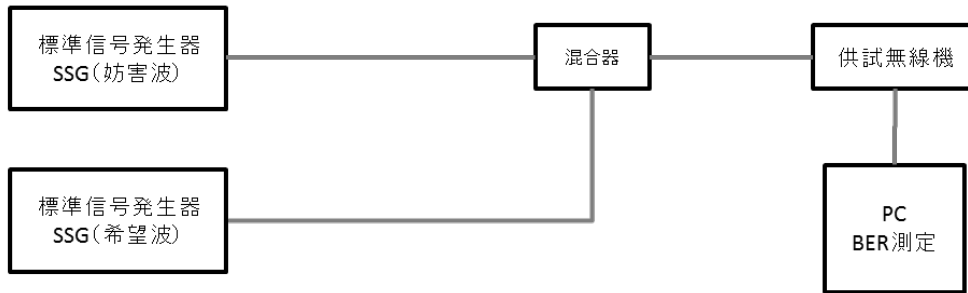


図 4-10 隣接チャネル干渉測定構成

4.3.4.2 ラボ内検証試験(隣接チャネル干渉)の結果

測定結果を表 4-6 に示す。隣接チャネル共用条件(表 4-4)の値を「答申」欄に記載した。

試験結果は、答申の値の範囲内に入っており、実力的にも表 4-4 の値を用いて隣接チャネル干渉を評価できることがわかる。

表 4-6 隣接チャネル干渉の必要離隔周波数[kHz]測定結果

希望波	妨害波	周波数 [MHz]	基地① 下側	基地① 上側	基地② 下側	基地② 上側	車載① 下側	車載① 上側	車載② 下側	車載② 上側	携帯① 下側	携帯① 上側	携帯② 下側	携帯② 上側	答申
デジタル	デジタル	385	-5.025	5.475	-5.225	5.275	-5.525	5.375	-5.625	5.275	-5.525	5.575	-5.625	5.575	±5.72
デジタル	デジタル	367	-5.025	5.275	-5.025	5.275	-5.525	5.375	-5.625	5.275	-5.525	5.575	-5.625	5.575	±5.72
デジタル	アナログ	385	-5.025	5.575	-5.025	5.475	-5.325	5.275	-5.325	5.175	-8.925	5.175	-9.225	5.375	±10.67
デジタル	アナログ	367	-5.025	5.475	-5.025	5.575	-5.325	5.275	-5.325	5.175	-7.625	5.175	-9.225	5.275	±10.67

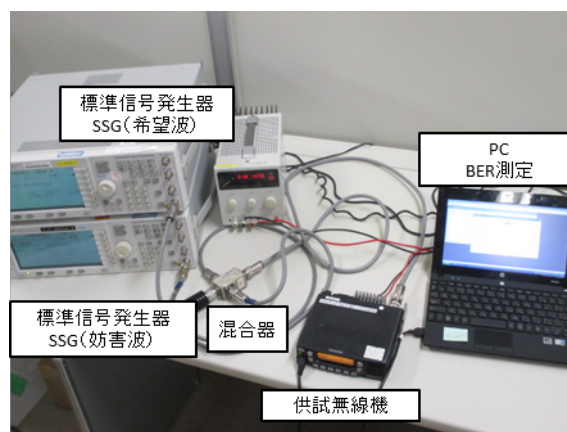


図 4-11 隣接チャネル干渉測定の様子

【参考】

4 値 FSK デジタルを希望波とした場合、妨害波もデジタルの場合は、約 5.5kHz という結果となった。これは、約 5.5kHz 周波数に差があれば、相互に使用できることを表わしている。

図 4-12 は、隣接チャンネル干渉のイメージである。4 値 FSK デジタル信号が近い周波数で並んだ場合である。図 4-12 のように周波数が近くなると、相互に使用帯域の一部が重なりあい、その信号によって干渉が発生する。お互いの周波数が離れて行くと重なる部分が少なくなり、影響が小さくなる。このお互いの周波数が表 4-6 の離隔周波数を満たす場合、希望波を受信できる。

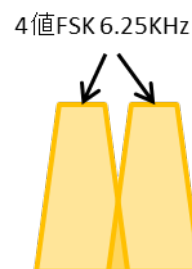


図 4-12 隣接チャンネル干渉

4.4 近接チャンネル干渉

4.4.1 机上検討

電波法関係審査基準では、狭帯域デジタル変調方式の近接チャンネル干渉を図第 37 の 2 (図 4-13) で評価する。このグラフは、希望波信号レベルを 0dB (基準感度+6dB)、10dB、20dB にしたときに BER が 1% となるとき妨害波レベルをプロットしたものである。伝送の質を確保するため、この妨害波レベルを上回らない工事設計を求めている。近接チャンネル干渉は隣接チャンネルから数 MHz 程度までの妨害信号を評価する。

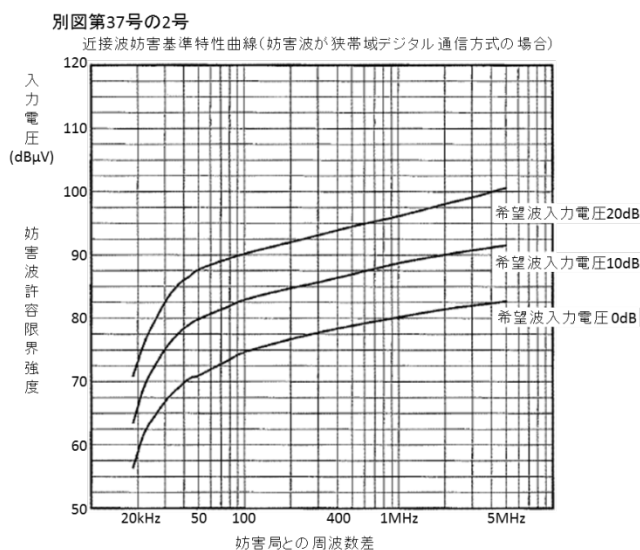


図 4-13 電波法関係審査基準の近接チャンネル干渉評価基準 (図第 37 の 2)

4.4.2 近接チャンネル干渉の発生確率

複数の基地局を同一地域で割当てする場合、移動局の移動範囲が重複するため、他方の基地局に接近することがあり、50kHz 程度以内の近接チャンネル干渉の基準を担保できない。

ただし、近接チャンネル干渉の発生確率は、0.002%程度となり(参考資料10)、呼損率 3% に対して十分に低く無視できる値であるから、隣接するブロックを使用しても実用上の問題は極めて稀である。したがって、同一地域に隣接するデジタルグループの割当ては可能である。

4.4.3 ラボ内検証試験(近接チャンネル干渉)

4.4.3.1 測定方法

近接チャンネル干渉測定の構成を図 4-14 に示す。

- (1) 希望波信号レベルを $0\text{dB}\mu\text{V}$ 、 $6\text{dB}\mu\text{V}$ 、 $10\text{dB}\mu\text{V}$ 、 $20\text{dB}\mu\text{V}$ に設定する。希望波信号は 4 値 FSK PN9 符号。
- (2) (妨害波がデジタルの場合) 妨害波信号を 4 値 FSK PN15 符号とし、妨害波のレベルを BER が 1%となるレベルに調整してそのレベルを記録する。
(妨害波がアナログの場合) 妨害波信号をアナログ(FM) 400Hz 信号 1.5kHz デビエーションとし、妨害波のレベルを BER が 1%となるレベルに調整してそのレベルを記録する。
- (3) 妨害波の周波数を、以下の離隔で測定する。
6.25kHz, 12.5kHz, 18.75kHz, 25kHz, 31.25kHz, 37.5kHz, 43.75kHz, 50kHz, 100kHz, 200kHz, 500kHz, 1MHz, 2MHz, 5MHz, 10MHz, 20MHz

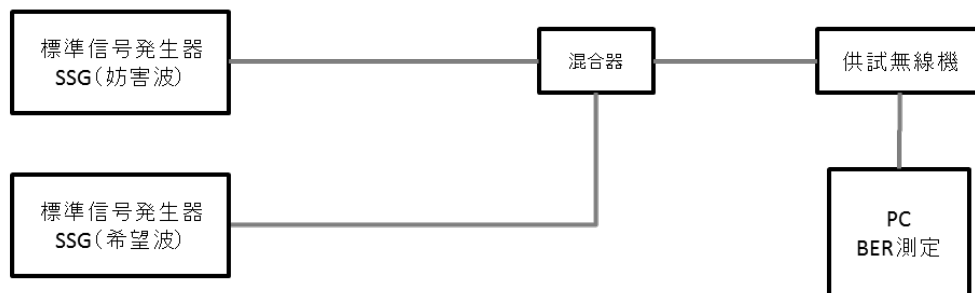


図 4-14 近接チャンネル干渉測定の構成

4.4.3.2 ラボ内検証試験(近接チャンネル感度抑圧)の結果

電波法関係審査基準 図第 37 の 2 の値を重ねた測定結果を図 4-15 に示す。

各入力レベル時において、審査基準値を 10dB 程度のマージンをもって満足していることがわかる。

調査検討の無線設備においても審査基準値が問題なく適用できることが確認された。

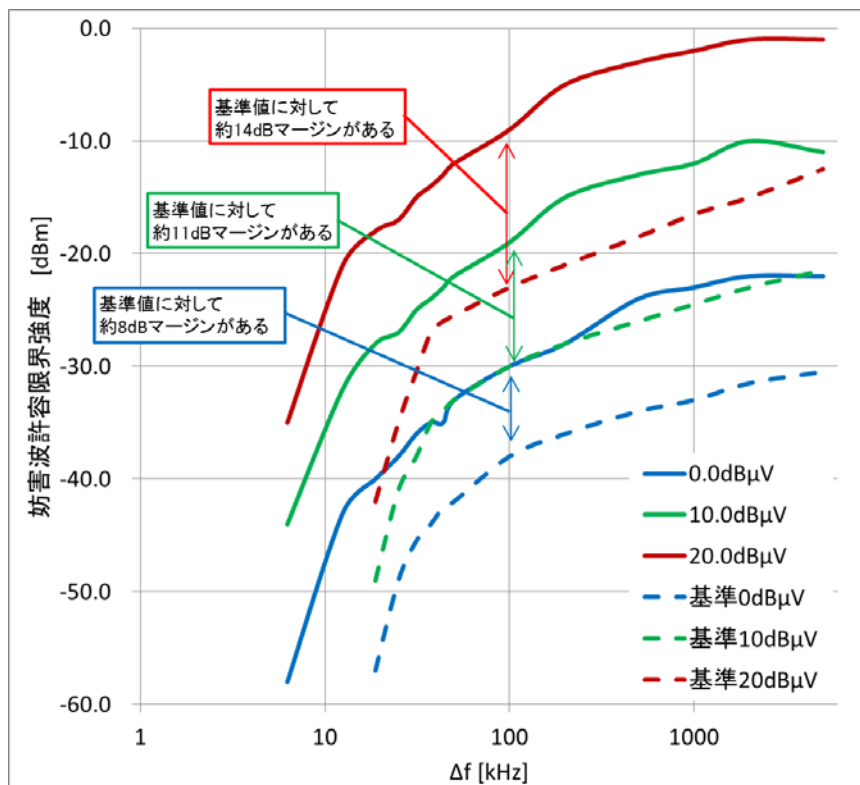


図 4-15 近接チャンネル干渉測定結果

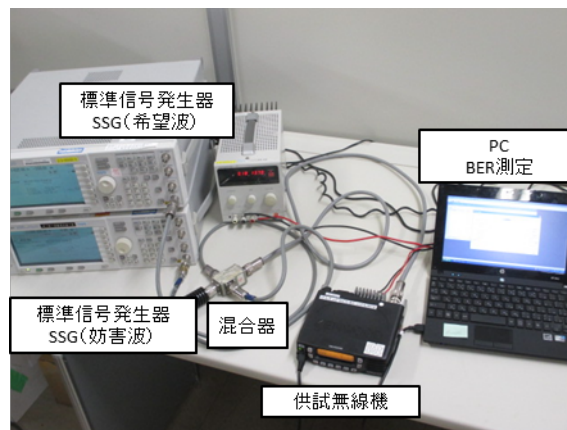


図 4-16 近接チャンネル干渉測定の様子

【参考】

図 4-17 は、近接チャンネル感度抑圧のイメージである。4 値 FSK デジタル信号希望波の近傍周波数に強力な信号がある場合である。強力な妨害波により受信機の性能が影響を受け、受信感度が抑圧を受けて低下する。妨害波レベルが低くなると抑圧の度合いも少なくなる。この妨害波がどのレベルまで強くなっても受信が可能かを示す値が、図 4-15 のグラフの妨害波許容限界強度(縦軸)である。例えば、希

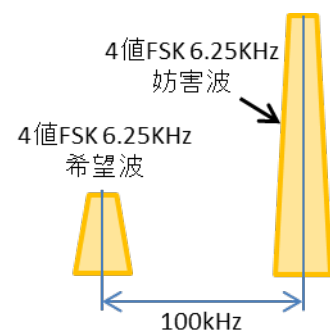


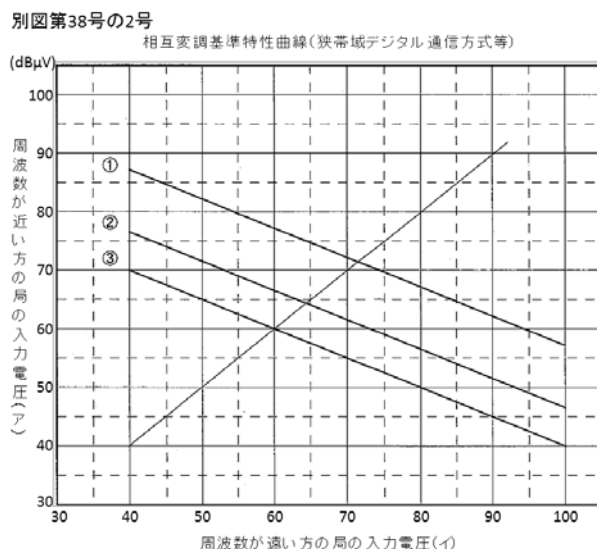
図 4-17 近接チャンネル干渉

望信号が $0\text{dB}\mu\text{V}$ のとき、測定結果では 100kHz 離れた妨害波が -30dBm ($83\text{dB}\mu\text{V}$) の強さまでは希望波が受信できることを表わしている。

4.5 相互変調

4.5.1 机上検討

電波法関係審査基準では、狭帯域デジタル変調方式の相互変調を図第38の2(図4-18)で評価する。このグラフは、 $f = 2f_i - f_j$ (f は希望波の周波数、 f_i は周波数が近い方の妨害波の周波数、 f_j は周波数が遠い方の妨害波の周波数)の関係で発生する3次の相互変調において希望波信号レベルを基準感度+3dBにしたときにBERが1%となるとき妨害波レベルをプロットしたものである。伝送の質を確保するため、この妨害波レベルを上回らない工事設計を求めている。



- ①: 16QAM (防災) のもの
- ②: $\pi/4$ QPSK (TDMA) 及び 4FSK (TDMA) のもの
- ③: $\pi/4$ QPSK (SCPC)、4FSK (SCPC) 及び RZ SSB のもの

図 4-18 電波法関係審査基準の相互変調の評価基準(図第38の2)

4.5.2 相互変調の周波数関係と発生確率

MCA 基地局は、同時に複数の周波数を送信するため、相互変調の要因となりやすい。例えば A~L の 12 チャンネルが図 4-19 のように 3 つのグループに分かれている場合、3 次相互変調が発生するチャンネルの関係は表 4-7、表 4-8 のようになる。例えば、チャンネル E と H に送信信号があった場合、 $2E-H=B$ 、 $2H-E=K$ という関係で B と K のチャンネルに相互変調が発生する(図 4-20)。チャンネル E、F、G に送信信号があった場合、 $E+F-G=D$ 、 $F+G-E=H$ 、 $E+G-F=F$ という関係で D と H のチャンネルに相互変調が発生する(F は送信中の自チャンネルのため影響はない。図 4-21)。

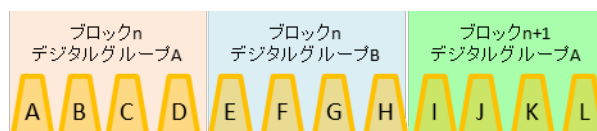


図 4-19 チャンネル配置

表 4-7 $2fi - fj$ の周波数関係で発生する相互変調

送信するチャンネル	相互変調が発生するチャンネル($2fi - fj$)
EF	D, G
FG	E, H
GH	F, I
EG	C, I
FH	D, J
EH	B, K



図 4-20 $2fi - fj$ の周波数関係で発生する相互変調の例

表 4-8 $fi + fj - fk$ の周波数関係で発生する相互変調

送信するチャンネル	相互変調が発生するチャンネル($fi + fj - fk$)
EFG	D, H
EFH	C, G, I
EGH	D, F, J
FGH	E, I

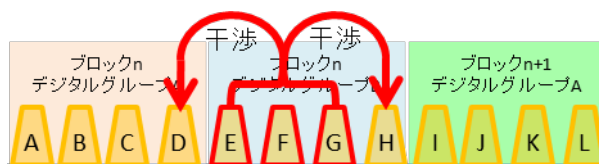


図 4-21 $fi + fj - fk$ の周波数関係で発生する相互変調の例

表 4-7、表 4-8 からわかるとおり、3次相互変調は、自グループ内のチャンネル及び隣接するグループのチャンネルに発生する(自基地局により発生する相互変調は、D/Uが確保されるため問題とならない。)

ただし、相互変調の発生確率は、0.02%程度以下となり(参考資料10)、呼損率3%に対して十分に低く無視できる値であるから、隣接するブロックを使用しても実用上の問題は極めて稀である。したがって、同一地域に隣接するデジタルグループの割当ては可能である。

4.5.3 ラボ内検証試験(相互変調)

4.5.3.1 測定方法

相互変調干渉測定構成を図 4-22 に示す。

- (1) 希望波信号レベルを最小受信感度+3dB に設定する。希望波信号は PN9 符号。
- (2) 妨害波信号を PN15 符号とし、妨害波アの周波数を希望波+X kHz、妨害波イの周波数を希望波+2X kHz に設定する。X は、6.25kHz、20kHz、400kHz、1MHz、2MHz、5MHz の離隔でそれぞれ測定する。
- (3) 妨害波イのレベルを Y dB μ V に設定し、妨害波アのレベルを BER が 1%となるレベルに調整してそのレベルを記録する。Y を 40dB μ V、50dB μ V、60dB μ V、70dB μ V、80dB μ V、90dB μ V、100dB μ V としてそれぞれ測定する。

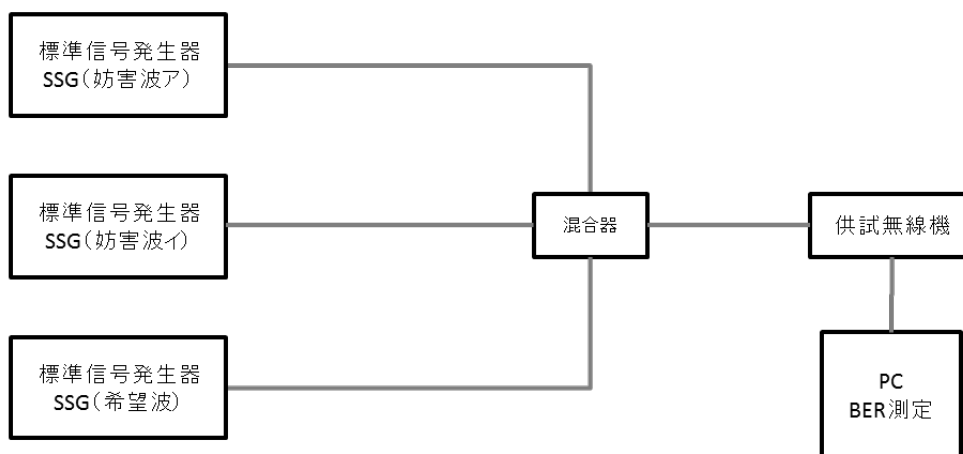


図 4-22 相互変調の干渉測定構成

4.5.3.2 ラボ内検証試験(相互変調)の結果

電波法関係審査基準 図第 38 の 2 の③の値を重ねた測定結果を図 4-23 に示す。試験結果は審査基準値より大きな値で満足していることがわかる。調査検討の無線設備においても審査基準値が問題なく適用できることが確認された。

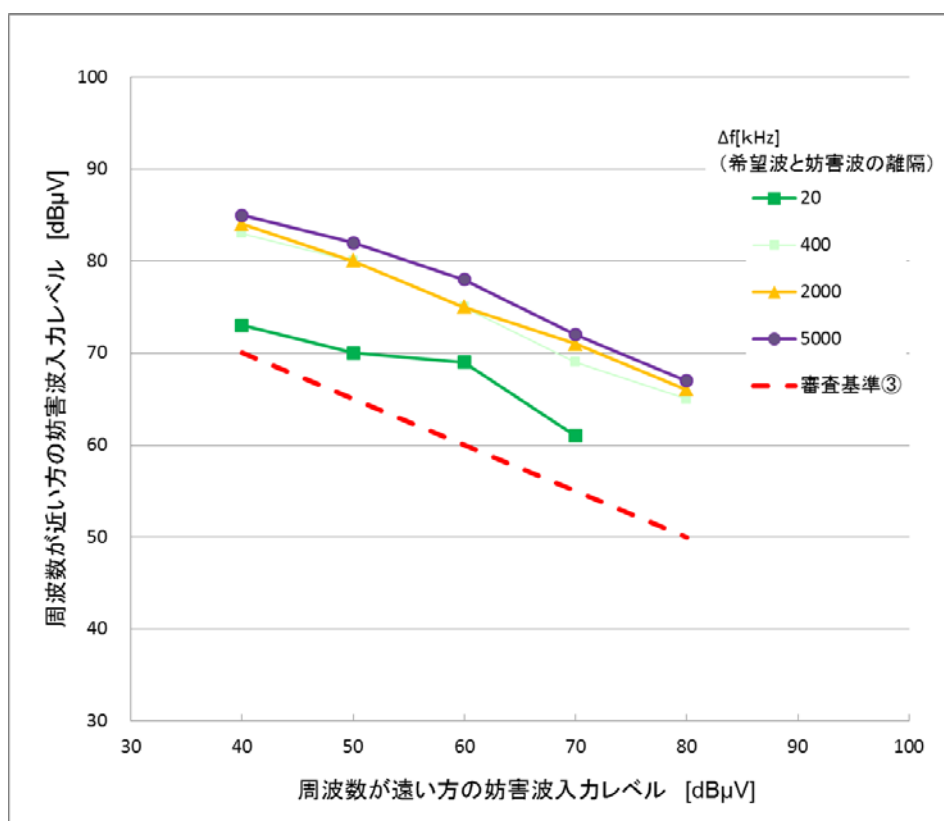


図 4-23 相互変調の干渉測定結果

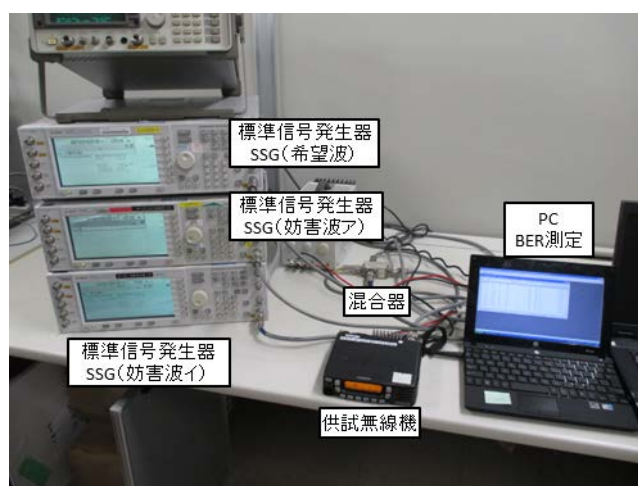


図 4-24 相互変調の干渉測定の様子

【参考】

図 4-23 のグラフは、審査基準の曲線よりも試験結果が上側及び右側にあれば、より高レベルの妨害波に耐え、基準値を満足していることを意味する。

図 4-25 は、相互変調のイメージである。4 値 FSK デジタル信号希望波に並んで強力な妨害波信号が 2 つある場合である。強力な 2 つの妨害波が受信機に入ると信号が混合されて希望

波と同じ周波数に信号が生成され影響が生じる。妨害波レベルが低くなると生成される信号も弱くなり影響が少なくなる。この妨害波がどのレベルまで強くなっても受信が可能かを示す値が、図 4-23 のグラフである。例えば、希望波に近い方(2MHz)の妨害波レベルが $80\text{dB}\mu\text{V}$ のとき、遠い方(4MHz)の妨害波レベルが $50\text{dB}\mu\text{V}$ までは希望波が受信できることを表わしている。

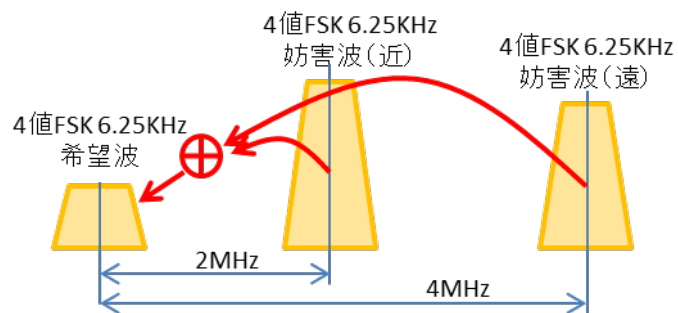


図 4-25 相互変調