

# ラボ内試験の結果

地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討会事務局

# 干渉検討方針

以下の3種類の干渉について、地域振興用システム内で想定されるものを検討する

(1) 同一チャネルの干渉 (2) 隣接チャネルの干渉 (3) 相互変調の干渉

変調方式の組み合わせは、現行地域振興無線で主に使用されるアナログFM(チャネル間隔12.5kHz)と4値FSK方式(チャネル間隔6.25kHz)を代表例として測定を行い検討する。

検討の進め方:

同一チャネル及び隣接チャネルの干渉及び共用条件については、

- 『平成10年度 電気通信技術審議会答申 諮問第94号「400MHz帯等を使用する業務用の陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」平成10年6月29日』
- 『「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』
- 電波法関係審査基準 別図第37号の2号の検討結果及び審査値を利用する。本調査検討の課題に合致したデータを抽出し、検討・考察を行う。

相互変調の干渉及び共用条件については、

- 電波法関係審査基準 別図第38号の2の審査値を利用する。本調査検討の課題に合致したデータを抽出し、検討・考察を行う。

本資料では、

『平成10年度 電気通信技術審議会答申 諮問第94号「400MHz帯等を使用する業務用の陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」平成10年6月29日』を『平成10年答申』と記す。

『「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』を『平成20年答申』と記す。

# ラボ内検証試験(同一チャネル干渉)

## 測定方法① (妨害波=デジタル)

- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB(30dB $\mu$ V=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 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。
- (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。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

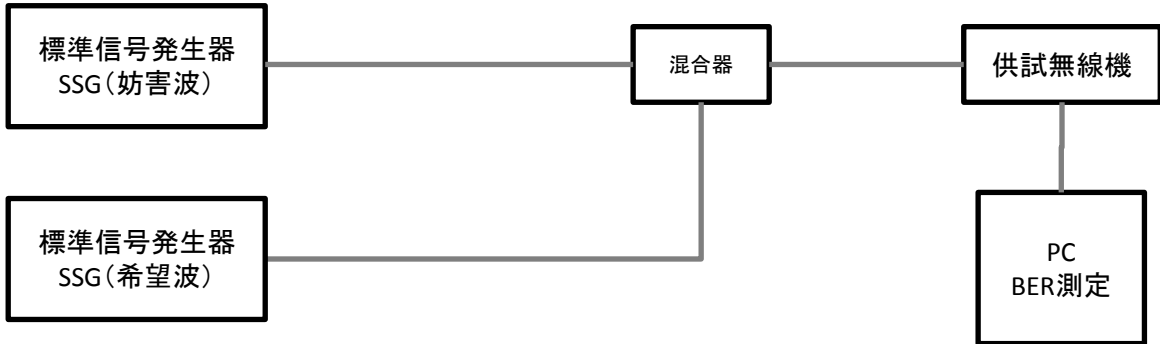
## 測定方法② (妨害波=アナログ)

- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB(30dB $\mu$ V=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 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。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

評価:  
平成20年答申と比較・考察を行う



同一チャネル干渉測定構成

# ラボ内検証試験(同一チャネル干渉)結果

同一チャネル干渉のD/U[dB]測定結果

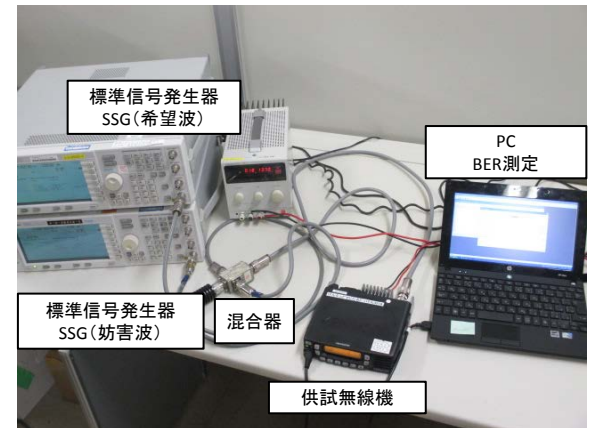
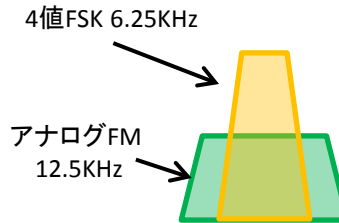
希望波	妨害波	周波数[MHz]	基地①	基地②	車載①	車載②	携帯①	携帯②	答申
デジタル	デジタル	385	11	11	11	11	11	10	12
デジタル	デジタル	367	11	11	11	11	11	11	12
デジタル	アナログ	385	11	11	11	11	11	11	11
デジタル	アナログ	367	11	11	11	11	11	11	11

平成20年答申の同一チャネル共用値(本資料後半に参考掲載)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、問題なく受信できることがわかる。

**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。

右の図は、同一チャネル干渉のイメージ。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。図のように妨害波の方が弱い場合は、上の表のD/Uを満たす(小さい)場合、希望波を受信できる。



# ラボ内検証試験(隣接チャネル干渉)

## 測定方法① (妨害波=デジタル)

- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB(30dBμV=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 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。
- (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。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

## 測定方法② (妨害波=アナログ)

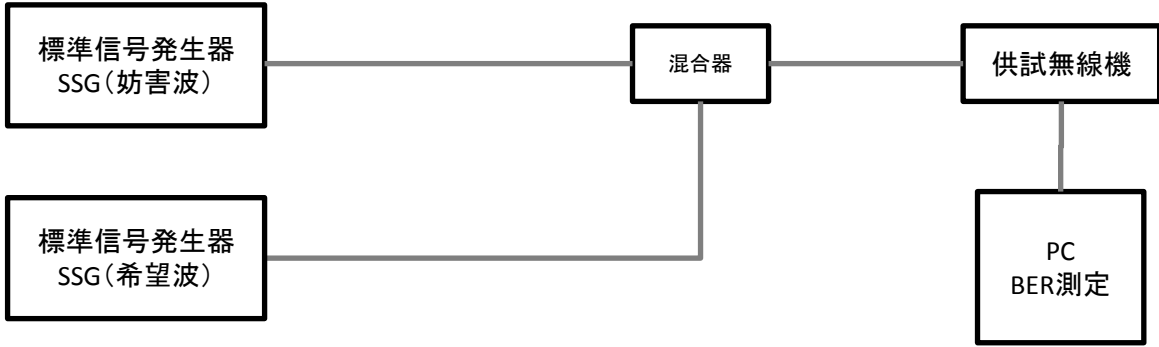
- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB(30dBμV=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号をアナログFM 400Hz信号1.5kHzデビエーションとし、レベルを希望波+40dBm(-43dBm、D/U=-40dB)に設定する。
- (3) 妨害波周波数をBERが1%となる周波数に調整し、上側、下側それぞれの周波数を記録する。
- (4) 希望波周波数と妨害波周波数の差を算出する。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

## 評価:

平成20年答申と比較・考察を行う



隣接チャネル干渉測定の構成

# ラボ内検証試験(隣接チャネル干渉)の結果

## 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

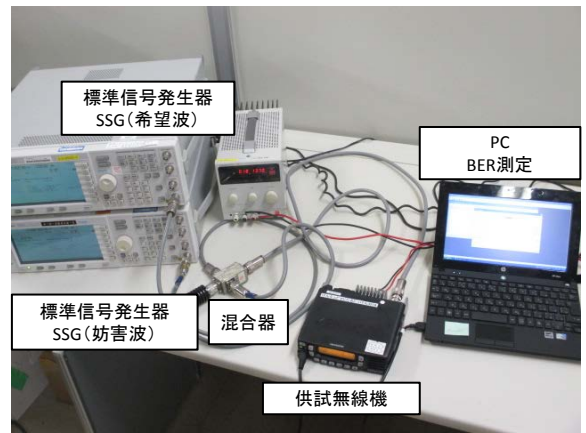
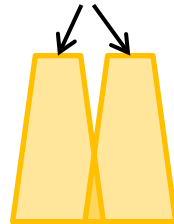
平成20年答申の隣接チャネル共用値(本資料後半に参考掲載)を表の「答申」に記載した。試験結果は、答申の値の範囲内に入っており、問題なく受信できることがわかる。

### 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。

右の図は、隣接チャネル干渉のイメージ。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上の表の離隔周波数を満たす場合、希望波を受信できる。

4値FSK 6.25KHz



# ラボ内検証試験(近接チャネル感度抑圧)

## 測定方法① (妨害波=デジタル)

- (1) 希望波信号レベルを0dBμV、6dBμV、10dBμV、20dBμVに設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 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。妨害波の周波数は、以下の離隔(±とも)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

- (3) 以下の組み合わせで測定する。

希望波周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

## 測定方法② (妨害波=アナログ)

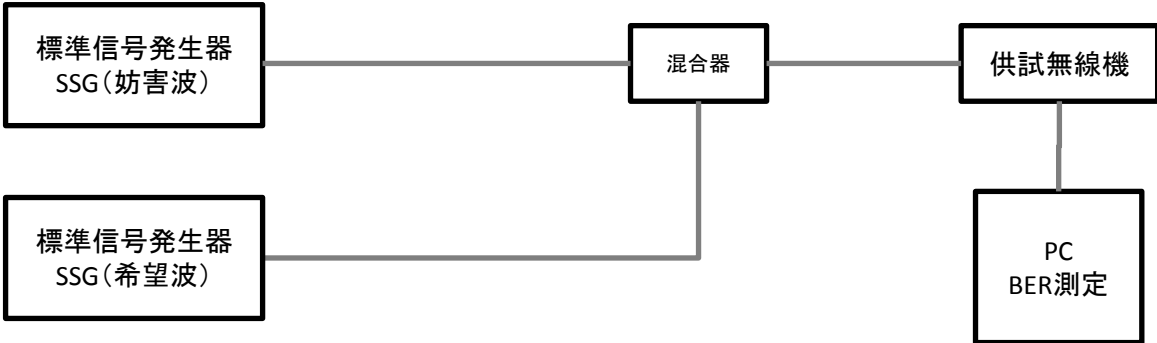
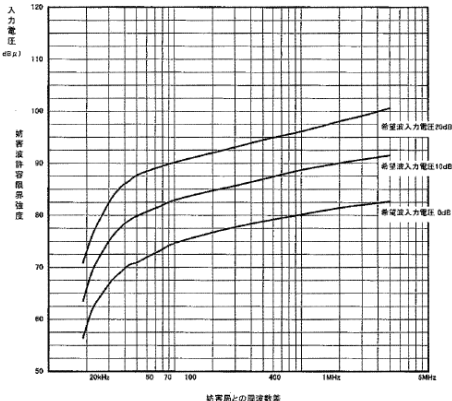
- (1) 希望波信号レベルを0dBμV、6dBμV、10dBμV、20dBμVに設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号をアナログFM 400Hz信号1.5kHzデビエーションとし、妨害波のレベルをBERが1%となるレベルに調整してそのレベルを記録する。妨害波の周波数は、以下の離隔(±とも)で測定する。

6.25kHz, 12.5kHz, 18.75kHz, 25kHz, 31.25kHz, 37.5kHz, 43.75kHz, 50kHz, 100kHz, 200kHz, 500kHz, 1MHz, 2MHz, 5MHz, 10MHz, 20MHz

- (3) 以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

評価:  
電波法関係審査基準と照合し、評価する



隣接チャネル干渉測定構成

# ラボ内検証試験(近接チャネル感度抑圧)の結果

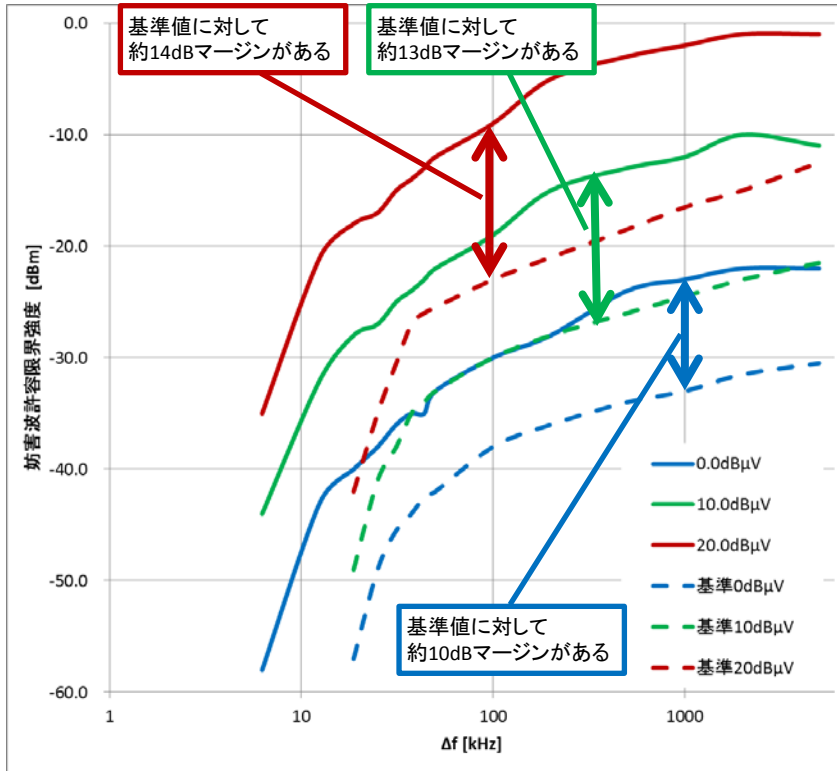
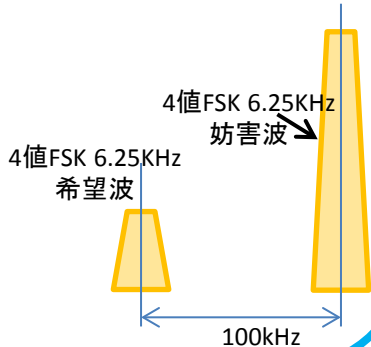
電波法関係審査基準 図第37の2の値を重ねた測定結果を示す。

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おり、問題なく受信できることがわかる。

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できた。

参考

下の図は、近接チャネル感度抑圧のイメージ。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。この妨害波がどこまで強くなっても受信が可能かを示す値が、右グラフの妨害波許容限界強度(縦軸)である。たとえば、希望信号が0dBμVのとき、測定結果では100kHz離れた妨害波が-30dBm(83dBμV)の強さまでは希望波が受信できることを表わしている。





# ラボ内検証試験(相互変調)

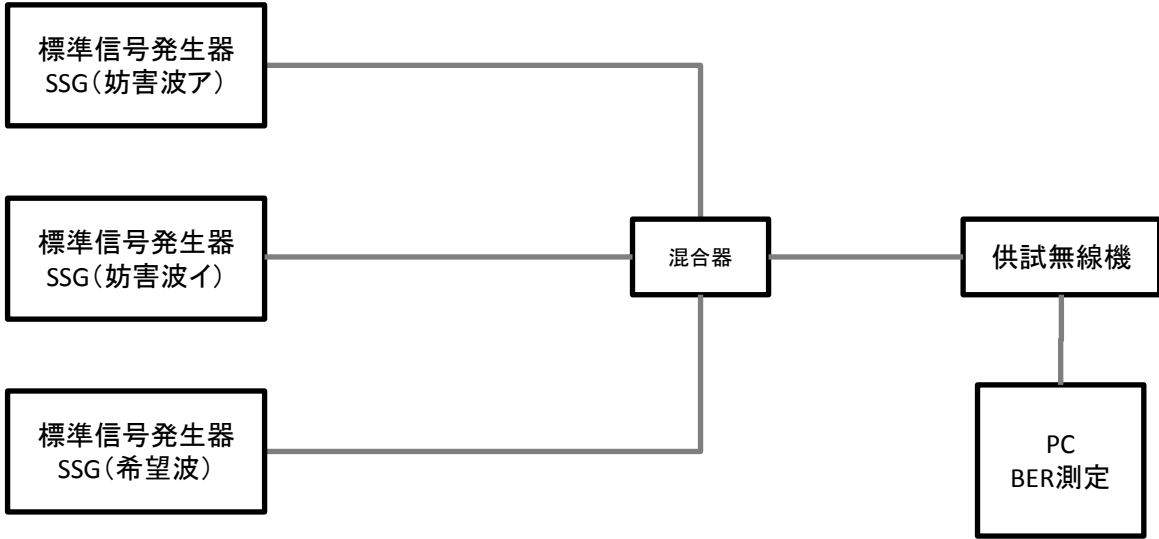
## 測定方法

- (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 dBμV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は、40dBμV、50dBμV、60dBμV、70dBμV、80dBμV、90dBμV、100dBμVでそれぞれ測定する。
- (4) 以下の組み合わせで測定する。

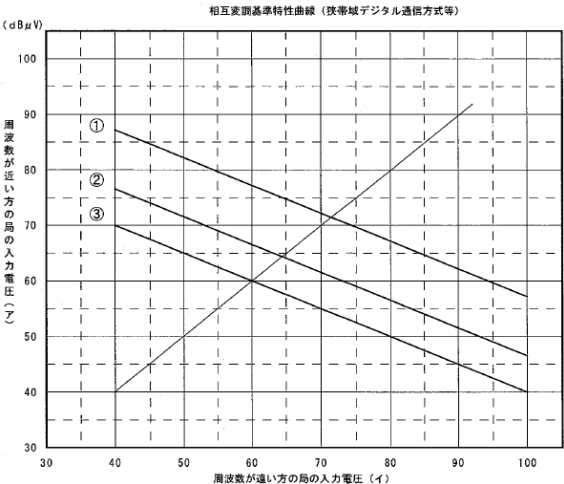
周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

## 評価:

電波法関係審査基準と照合し、評価する



相互変調の干渉測定の構成



# 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の値を重ねた測定結果を示す。

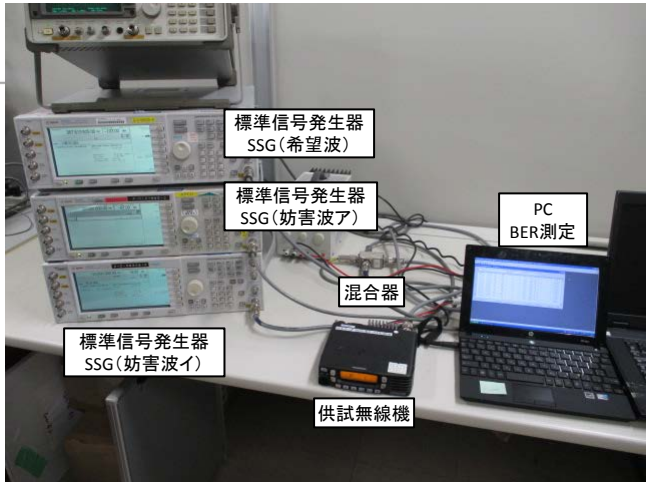
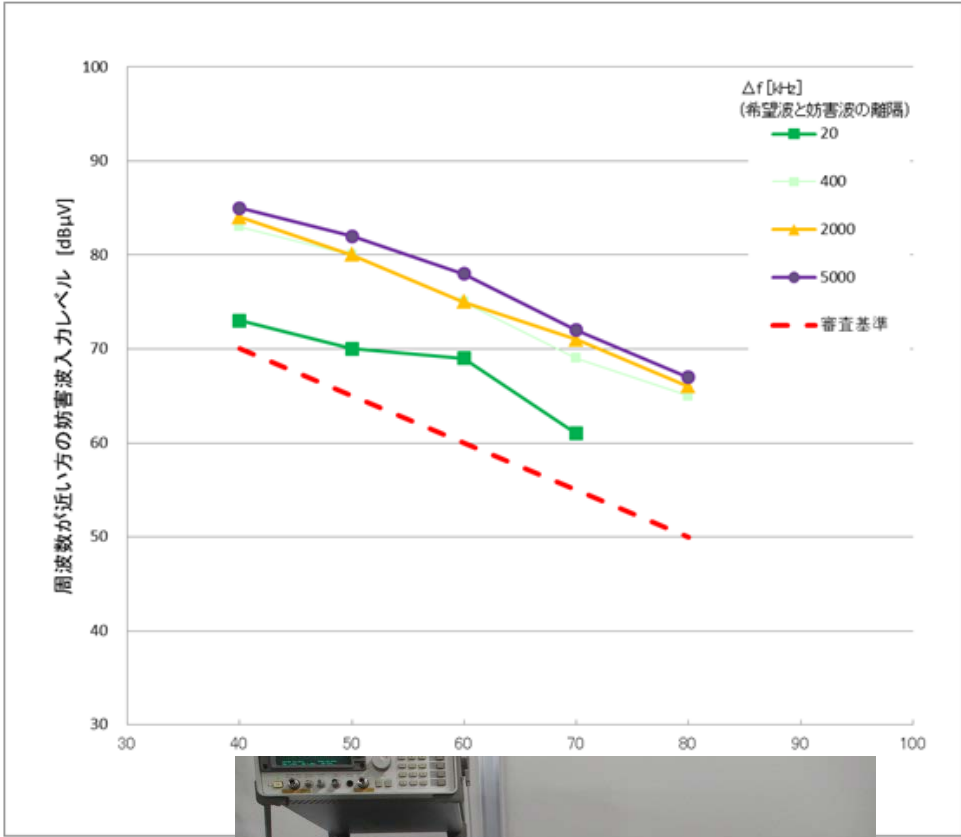
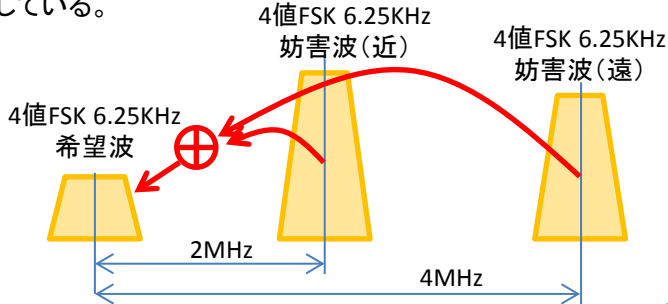
試験結果は審査基準値より大きな値で満足しており、問題なく受信できることがわかる。

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できた。

### 参考

試験結果のグラフは、審査基準の曲線よりも試験結果が上側および右側にあれば、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。

下の図は、相互変調のイメージ。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。この妨害波がどこまで強くなっても受信が可能を示す値が、右グラフである。たとえば、希望波に近い方(2MHz)の妨害波レベルが80dB $\mu$ Vのとき、遠い方(4MHz)の妨害波レベルが50dB $\mu$ Vまでは希望波が受信できることを表わしている。



# 検討する各無線方式

変調方式	FM		$\pi/4$ シフトQPSK				16QAM		M16QAM		RZSSB		4値FSK	
チャンネル間隔	12.5kHz	25kHz /20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz	25kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz	25kHz	6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
アクセス方式	SCPC	SCPC	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	SCPC	TDMA
多重数	1	1	1	2	4	4	1	2	4	6	1	2	1	2
送信占有周波数帯幅	8.5kHz	16kHz	5.76kHz	11.52kHz	24.3kHz	24.3kHz	5kHz	10kHz	24kHz	18.3kHz	3.4kHz	6.8kHz	4kHz	8kHz
伝送速度/情報帯域	0.3~3.0kHz	0.3~3.0kHz	9.6kbps	19.2kbps	32kbps	36kbps	16kbps	32kbps	64kbps	64kbps	0.3~3.4kHz	0.3~3.4kHz	4.8kbps	9.6kbps
ロールオフ率	-	-	0.2	0.2	0.5	0.35	0.25	0.25	0.5	0.2	-	-	0.2	0.2
等価受信帯域幅	8.5kHz	16kHz	4.8kHz	9.6kHz	18kHz	18kHz	4kHz	8kHz	16kHz	16kHz	3.4kHz	6.8kHz	4kHz	8kHz
雑音	-21.5dB $\mu$ V	-18.8dB $\mu$ V	-24.0dB $\mu$ V	-21.0dB $\mu$ V	-18.3dB $\mu$ V	-18.3dB $\mu$ V	-24.8dB $\mu$ V	-21.8dB $\mu$ V	-18.8dB $\mu$ V	-18.8dB $\mu$ V	-25.5dB $\mu$ V	-22.5dB $\mu$ V	-24.8dB $\mu$ V	-21.8dB $\mu$ V
Eb/No @ BER=1%	-	-	7.0dB	7.0dB	7.0dB	7.0dB	7.9dB	7.9dB	7.9dB	7.9dB	-	-	10.5dB	10.5dB
CNR @ BER=1% 又はSINAD/NQ	12.0dB (SINAD)	20.0dB (NQ)	10.0dB	10.0dB	10.0dB	10.0dB	13.9dB	13.9dB	13.9dB	13.9dB	12.0dB (SINAD)	12.0dB (SINAD)	11.3dB	11.3dB
NF	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB
機器マージン	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB
受信感度	6dB $\mu$ V	6dB $\mu$ V	0dB $\mu$ V	3.0dB $\mu$ V	5.7dB $\mu$ V	5.7dB $\mu$ V	3.1dB $\mu$ V	6.1dB $\mu$ V	9.1dB $\mu$ V	9.1dB $\mu$ V	0.5dB $\mu$ V	3.5dB $\mu$ V	0dB $\mu$ V	2.3dB $\mu$ V
基準感度	6.0dB $\mu$ V	6.0dB $\mu$ V	0dB $\mu$ V	3.0dB $\mu$ V	6.0dB $\mu$ V	6.0dB $\mu$ V	3.0dB $\mu$ V	6.0dB $\mu$ V	9.0dB $\mu$ V	9.0dB $\mu$ V	0dB $\mu$ V	3.0dB $\mu$ V	0dB $\mu$ V	3dB $\mu$ V

# 同一チャネル 周波数共用条件

『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

第2回調査検討会資料より

妨害波 \ 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5k Hz	20kHz	6.25k Hz	12.5k Hz	25kHz z 32kb ps	25kHz z 36kb ps	6.25k Hz	12.5k Hz	25kHz		6.25k Hz	12.5k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz
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
16QAM	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

希望波レベルを基準感度+30dBとし、妨害波信号レベルを可変してBER=1% or 12dB SINADとなるDU比[dB]を求めたもの。

# 隣接周波数共用条件

希望波	妨害波	FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5k Hz	20kHz	6.25k Hz	12.5k Hz	25kHz z 32kbps	25kHz z 36kbps	6.25k Hz	12.5k Hz	25kHz z		6.25k Hz	12.5k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz
FM	12.5kHz	11.60		12.37	13.62	19.22		11.67	14.62	19.92	19.12	11.27	11.62	10.57	12.35
	20kHz		15.80	17.59	19.71	23.81		17.49	18.91	24.21	22.91	13.69	14.21	15.09	14.14
QPSK	6.25kHz	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
	12.5kHz	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
	25kHz ・ 32kbps	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
	25kHz ・ 36kbps	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
16QAM	6.25kHz	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
	12.5kHz	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
	25kHz	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	6.25kHz	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
	12.5kHz	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	6.25kHz	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
	12.5kHz	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

希望波信号レベルを基準感度+30dBとし、妨害波信号レベルをD/U=-40dBに設定してBER=1% or 12dB SINADとなる $\Delta f$ (中心周波数差)を求めたもの。

# ラボ測定、実証試験に使用した実験試験局無線機の諸元

呼出名称	けんうっどでじたるじっけん3511 けんうっどでじたるじっけん3512 けんうっどでじたるじっけん3513 けんうっどでじたるじっけん3514	けんうっどでじたるじっけん3515 けんうっどでじたるじっけん3516 けんうっどでじたるじっけん3517 けんうっどでじたるじっけん3518	けんうっどでじたるじっけん3519 けんうっどでじたるじっけん3520 けんうっどでじたるじっけん3521 けんうっどでじたるじっけん3522
タイプ	中継型	車載型	携帯型
送信出力[W]	10	10	5
周波数	367.596875MHz、367.603125MHz、367.609375MHz、367.615625MHz、 367.621875MHz、367.628125MHz、367.634375MHz、367.640625MHz、 385.596875MHz、385.603125MHz、385.609375MHz、385.615625MHz、 385.621875MHz、385.628125MHz、385.634375MHz、385.640625MHz		
チャンネル間隔	6.25kHz		
変調方式	4値FSK		
電波型式	5K80F1D / 5K80F1E		
空中線利得	6.15dBi、4.15、2.14dBi	6.15dBi、4.15、2.14dBi	2.15dBi
空中線	3段コリニア 5/8λホイップ 1/4λスリーブ 1/4λホイップ	3段コリニア 5/8λホイップ 1/4λスリーブ 1/4λホイップ	1/4λ ホイップ
給電線等損失	共用器損失 TX:1.5dB RX:1.5dB 給電線損失 0.7、0.8、1.4、2.6dB	0.7、2.5dB	—
空中線地上高	7m	1.5m	1.2m
電源電圧	DC+13.6V	DC+13.8V	DC+7.2V
通信方式	一周波単信、二周波単信、 二周波半複信(復信動作)	一周波単信、二周波単信、二周波半複信(単信動作)	
中継方式	再生中継方式 非常送タイプ MCA方式	—	—