

項目	参考・備考
占有周波数帯幅の許容値	(無線設備規則 第6条 別表第2号 注第28号)(告示 平成18年第659号) 54MHzを超え70MHz以下又は142MHzを超え162.0375MHz以下の周波数の電波を使用する無線局の無線設備の許容値は16kHz
周波数許容偏差	(無線設備規則 第5条 別表第1号)(告示 平成元年第50号) 特定小電力無線局の無線設備の周波数の許容偏差(142.93MHzを超え142.99MHz以下の周波数の電波を使用する無線設備)は、 $\pm 12 \times 10E-6$ と示されている。
隣接チャネル漏洩電力	(無線設備規則 第49条の14)(告示 平成元年第49号) 送信装置の隣接チャネル漏えい電力は、搬送波の周波数から20kHz 離れた周波数の(±)8kHzの帯域内に輻射される電力が $1 \mu W$ 以下であること。ただし、絶対利得が0dB 以下の送信空中線を使用する無線設備については、等価等方輻射電力*で $1 \mu W$ 以下であること。注*: 給電点で測定した値にアンテナ利得を加算した値を、等価等方輻射電力とすることができる。
空中線電力	(告示 平成元年第42号) 電波法施行規則第六条第四項第二号の規定に基づく特定小電力無線局の用途、電波の型式及び周波数並びに空中線電力において、動物検知システムにおいては1W以下
隣接チャネル選択度	(ARIB STD-T99) 実効選択度における隣接チャネル選択度(符号基準感度より 3dB 高い希望波入力電圧を加えた状態で、希望波から25kHz 離れた符号長32767 ビットの2値疑似雑音を繰り返す信号で変調された妨害波を加えた場合において、装置の出力のビット誤り率が $1 \times 10E-2$ となるときのその妨害波入力電圧と符号基準感度との比をいう。)は、30dB 以上とする。

占有周波数帯幅の許容値

■占有周波数帯幅の許容値の定義

「占有周波数帯幅の許容値」は、搬送波を変調することで電波(の周波数)に幅が生じ、発射電波に許容される帯幅の値をいい、ヘルツで表わす。

■検討

占有周波数帯幅を検討するにあたり、システムに求められる通信速度を参考に以下の計算にて占有周波数帯幅を算出する。

また、装置を用いて実測した占有帯域幅も合わせて表示する。

【計算】FSK方式による通信速度と帯域幅 ※1

FM波の帯域幅を見積り経験公式としてCarson式がある。これによるとFM波の帯域幅Bは、

$$B = 2(\Delta f + f_m) = 2(\beta + 1)f_m$$

Δf : 最大周波数偏移 f_m : 変調信号の周波数 β : 変調指数

となります。

また、データの1ビット時間長をTとすると

$$m = 2 \cdot \Delta f \cdot T = 2 \cdot \Delta f / \text{ビットレート}$$

となります。

通信速度 (bps)	周波数偏移 (kHz)	変調指数	机上計算の帯域幅 (kHz)	測定の帯域幅 (kHz)
2400	1.2	1.0	4.8	4.02
	1.6	1.33	5.6	4.74
4800	1.6	0.67	8.0	5.27
	2.4	1.0	9.6	8.15
9600	3.6	0.75	16.8	10.74
	4.22	0.88	18.0	14.38

なお、変調指数の増加に伴い伝送帯域幅Bも増加するので、実効的には入力S/N比が低下することになる。

4値FSKは1変調で2ビットを伝送するのでビットレートは倍となる。

■測定結果

装置の占有周波数帯幅の測定値が、机上計算による値とほぼ同じであったことを確認することが出来た。

所要の通信速度および占有周波数帯幅から、周波数軸上の有効利用の実現性を次項に示す。

※1 オーム社 アンテナ・無線ハンドブック 後藤、中川、伊藤編

占有周波数帯幅の許容値

占有数帯幅の測定の結果から、下記、赤枠で囲む周波数軸上の有効利用(ナロー化)方策と要求伝送速度との実現性について以下の通りまとめる。

項目		内容		
周波数		142.940~142.980MHz		
チャンネル間隔と占有周波数帯幅	種別	現行制度	8.5kHzに狭帯域化	5.8kHzに狭帯域化
	チャンネル間隔	10kHz	10kHz	6.25kHz
	チャンネル数	3	5	8
	占有帯域幅	16kHz	8.5kHz	5.8kHz
要求伝送速度の実現例	2400bps	2値GFSK	2値GFSK	2値GFSK
	4800bps	2値GFSK	2値GFSK	2値GFSK(2ch使用) 又は 4値FSK
	9600bps	2値GFSK	2値GFSK(2ch使用) 又は 4値FSK	4値FSK(2ch使用) 又は $\pi/4$ シフトQPSK
音声通話	音声	F3E (ドッグ・マーカ利用)	4値FSK	4値FSK 又は F3E(2ch使用)

占有周波数帯幅と要求伝送速度の実現においては、2値GFSK、4値FSKで実現が可能である。ただし、狭帯域化により要求伝送速度を満足できそうにない場合においては、2チャンネルを束ねることによる実現の可能性もしくは、その他現行のシステムにおいて用いられている他の変調方式等を用いることとする。

- ・デジタル簡易無線局の無線設備(ARIB STD-T98)
伝送速度:9600bps $\pi/4$ シフトQPSK(占有帯域幅:5.8kHz)
伝送速度:4800bps 4値FSK(占有帯域幅:5.8kHz)
- ・狭帯域デジタル通信方式(ARIB STD-T61)
伝送速度:9600bps $\pi/4$ シフトQPSK(占有帯域幅:5.8kHz)

■規定見直し案

現行制度においては、占有周波数帯幅が16kHzで示されている。

狭帯域化を図りチャンネルを増やす場合においては、8.5kHz若しくは5.8kHzの占有周波数帯幅に合わせる必要がある。

周波数の許容偏差

■周波数の許容偏差の定義

「周波数の許容偏差」とは、発射によって占有する周波数帯の中央の周波数の割当周波数からの許容することができる最大の偏差又は発射の特性周波数の基準周波数からの許容することができる最大の偏差をいい、百万分率又はヘルツで表わす。

■検討

周波数余裕度Cが小さい場合は周波数の偏差により隣接チャンネルとの干渉が起こり易くなるため、周波数許容偏差はC'を目安に設定する必要がある。以下に本検討会において検討しているシステムの許容偏差を示す。

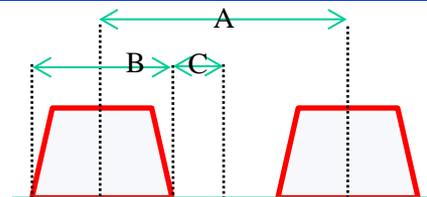


図1 許容偏差項目の説明

項	システム	チャンネル数	(A)周波数セパレーション (kHz)	(B)占有周波数帯幅 (kHz)	(C)周波数余裕度 (kHz)	(C')Cの搬送波周波数に対する割合※2 (10E-6)	備考
1	現行制度※1	5ch	20	16	2	22.9	【参考】無線設備規則 第5条、別表第1号 告示 平成元年第50号 $\pm 12 \times 10E-6$
2	8.5kHz帯域幅 (現行周波数配置)	5ch	10	8.5	0.75	8.6	
3	5.8kHz帯域幅 (現行周波数配置)	5ch	10	5.8	2.1	24.0	9.6kbpsを実現するためには2ch分を束ねて使用する必要がある。
4	5.8kHz帯域幅 (6.25kHz周波数間隔)	8ch	6.25	5.8	0.225	2.5	9.6kbpsを実現するためには2ch分を束ねて使用する必要がある。
参考	デジタルCR	—	6.25	5.8	0.225	2.5	【参考】 ARIB STD-T98 $\pm 2.5 \times 10E-6$
参考	小電力セキュリティシステム (I型)	—	12.5	4	4.25	16.3	【参考】ARIB RCR STD-30 $10 \times 10E-6$

※1 現行周波数配列のうち、偶数番目の周波数をインターリーブ波とみなした場合

※2 平成10年度電気通信技術審議会答申 周波数許容偏差の検討を参照

■測定結果

図2に試験装置3台のチャンネル毎における周波数偏差を示す。

今回の試験装置における周波数偏差では $\pm 1 \times 10E-6$ 程度であり、上記(C')に示す許容偏差以下となった。また、各チャンネルの周波数偏差が同一方向にドリフトしている点でも、本試験装置は隣接チャンネルとの干渉を起こさない周波数偏差の装置であることが確認できた。

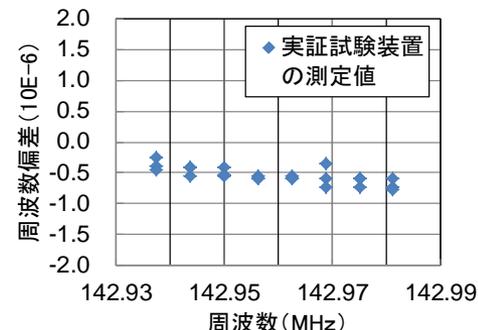


図2 実証試験装置の各チャンネルにおける周波数偏差結果

■規定見直し案

今回の試験装置の周波数偏差は上記(C')の許容偏差を満たしているが、周波数偏差は水晶の周波数安定度に依存するところが大きく、周波数偏差を小さくするためには水晶片が高価になったり、入手が難しくなるため配慮が必要である。このことから、検討システムの許容偏差は過去の検討結果も踏まえ(C')の値とすることが望まれる。ただし、 $\pm 12 \times 10E-6$ を超すものについては、現行の無線設備規則を考慮して $\pm 12 \times 10E-6$ が望まれる。

隣接チャネル漏洩電力

■隣接チャネル漏洩電力の定義

「周波数の許容偏差」とは、搬送波電力と搬送波の周波数から規定のチャンネル間隔離れた両隣接チャンネルの規程の周波数帯域内に輻射される電力をいい、マイクロワットで表わす。もしくは搬送波電力からの差をデシベルで表わす。

■検討

規程の周波数帯域内に輻射される電力が大きい場合は隣接チャンネルへの干渉が起こり易くなるため、現行規則を目安に設定する必要がある。以下に本検討会において検討しているシステムの隣接チャネル漏洩電力を示す。

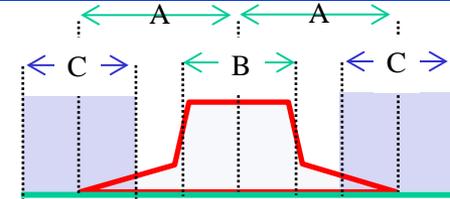


図3 漏洩電力項目の説明

項	システム	チャンネル数	(A)周波数セパレーション (kHz)	(B)占有周波数帯幅 (kHz)	(C)規定の周波数帯域 (kHz)	(C')Cの帯域内に輻射される電力 (μW)	備考
1	現行制度※1	5ch	20	16	± 8	1	【参考】無線設備規則 第49条の14 告示 平成元年第49号 $\pm 12 \times 10E-6$
2	8.5kHz帯域幅 (現行周波数配置)	5ch	10	8.5	± 4.25	$1 \mu W$ 又は45dB以下	
3	5.8kHz帯域幅 (現行周波数配置)	5ch	10	5.8	± 2.9	$1 \mu W$ 又は45dB以下	9.6kbpsを実現するためには2ch分を束ねて使用する必要がある。
4	5.8kHz帯域幅 (6.25kHz周波数間隔)	8ch	6.25	5.8	± 2	$1 \mu W$ 又は45dB以下	9.6kbpsを実現するためには2ch分を束ねて使用する必要がある。
参考	デジタルCR	—	6.25	5.8	± 2	搬送波電力に対して45dB以下	無線設備規則 第54条 第2号 (四値周波数偏位変調方式)
参考	小電力セキュリティシステム (I型)	—	12.5	4	± 2	搬送波電力に対して40dB以下	【参考】ARIB RCR STD-30

■測定結果

図4に試験装置3台の上下隣接チャネル漏洩電力を示す。

今回の試験装置における隣接チャネル漏洩電力は $1\mu W$ 以下であり、上記(C')に示す現行制度の電力以下となった。ただし、送信出力は100mWである。空中線電力1Wの場合には単純に電力増加分を考慮すると $1\mu W$ に収まらない。ただし、搬送波電力に対してはその差は変わらず約55dBである。なお、測定は一番周波数差が狭い6.25kHzセパレート帯域幅5.8kHzとし、規定の周波数帯幅は現行のデジタルCRと同様に $\pm 2kHz$ とした。

■規定見直し案

検討システムに合わせ、以下の通りの漏えい電力に関わる値とすることが必要である。

帯域幅8.5kHz(周波数間隔10kHz)の場合は、10kHz離れた周波数の(\pm)4.25kHzの帯域内
 帯域幅5.8kHz(周波数間隔6.25kHz)の場合は、6.25kHz離れた周波数の(\pm)2kHzの帯域内
 漏洩電力については空中線電力が1Wの場合を想定してデジタルCRと同様に搬送波で電力に対して45dBとする。

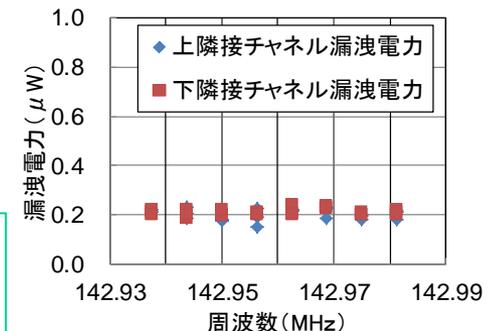


図4 実証試験装置の各チャンネルにおける隣接チャネル漏洩電力結果 5

【参考】空中線電力

ここでは屋外実証試験によって得られた結果を基に空中線電力と距離を参考として示す。

■屋外試験の結果概要

本調査検討会で使用した登山者等位置検知システムは、空中線電力(20dBm)、空中線利得(検知者: 1.8dBi、登山者: -0.57dBi)であり、ケーブル損失を含めると20.1dBmである。

資料2-2に示す通り、本実証試験で得られた測定結果では、多重回折損失、ITU-R損失に補正を考慮することで近似することが確認できた。また、地形データを使用しない机上計算と比較したところ、平面大地の2波モデル(送受1.5m高)や拡張秦モデル(Open Area)に近似している傾向であることも確認できている。

【参考】平面大地の2波モデルにおける到達距離を以下に示す。

空中線利得、その他損失、受信感度については実証試験装置と同様とするが、受信感度については動物検知通報システムの符号基準感度(2 μ V \approx -107dBm)も参考として示す。

空中線電力については、10mW、100mW、1Wの3通りとして、以下に空中線電力と距離を示す。

空中線電力 (dBm)	空中線利得 検知者 (dBi)	空中線利得 登山者 (dBi)	その他損失 (dB)	受信感度 (dBm)	距離 (km)
10	1.8	-0.5	-1.5	-117	2.21
10	1.8	-0.5	-1.5	-107	1.24
20	1.8	-0.5	-1.5	-117	3.93
20	1.8	-0.5	-1.5	-107	2.21
30	1.8	-0.5	-1.5	-117	7.01
30	1.8	-0.5	-1.5	-107	3.93

※符号基準感度(受信感度)

実証試験装置における通信速度とエラー率(1 \times 10E-2)についての測定を実施した。

デビエーション値により若干の変化はみられるが、2400bpsで-120dBm、4800bpsで-118.5dBm、9600bpsで-109.5dBm程度となった。

■考察

実測結果からも読み取れるとおり、実環境における山岳伝搬は、通信距離が短い場合においても受信電力が低くなる場合や逆に遠方としても受信電力が机上計算よりも高くなることもある。

上記の表は実証試験と同様の装置諸元や似たような山岳環境条件における距離参考である。実際にはそれぞれの山岳環境や装置の設置条件等に合わせた計算を行うことでより正確な通信距離やサービスエリアを把握することが可能となる。

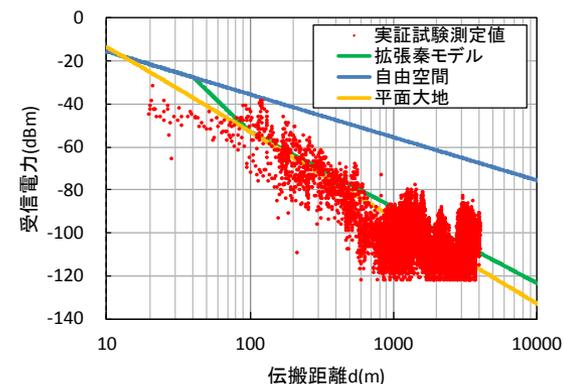


図5 測定値と机上計算の比較

【参考】隣接チャンネル選択度

ここでは屋内実証試験によって得られた隣接チャンネル選択度の結果を参考として示す。

■屋内試験の結果概要

本調査検討会で使用した登山者等位置検知システムを用いて、入力信号が0.1%エラーとなる受信電力よりも3dB高くした希望波を加え、隣接周波数に無変調の妨害波信号を加えた時に0.1%エラー以上となる信号レベル差を示す。なお、屋内試験においては、装置の周波数セパレートに合わせた隣接チャンネルを妨害波として加えた。

図6に隣接チャンネルを加えた場合にエラーが発生する受信レベル差の結果を示す。隣接チャンネルに妨害波を加えた場合、信号レベルとの差が約60dBとなった場合にエラーが発生することが確認できた。現行制度においては30dB以上と示されていることから、十分に満足している結果であった。

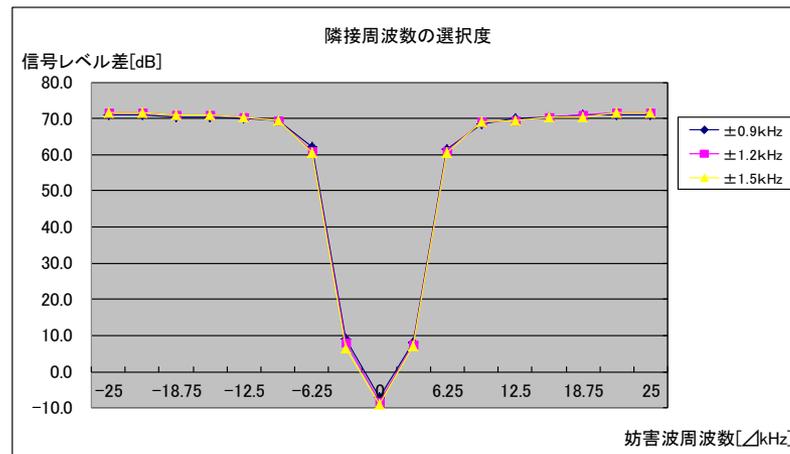


図6 測定結果

■提案

隣接チャンネル選択度については、無線設備規則には記載されず、標準規格にて示されている。

本検討の狭帯域化に合わせ規格化する場合には、

①隣接チャンネル

帯域幅8.5kHz(周波数間隔10kHz)の場合は、10kHz離れた周波数

帯域幅5.8kHz(周波数間隔6.25kHz)の場合は、6.25kHz離れた周波数

②チャンネル選択度

現行制度を踏襲するならば、30dB以上が望まれる。