

資料集

(1) 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件 参考資料 (第2章関係)	3
資料1 デジタル簡易無線の需要規模 (レンタル用途における想定利用台数) に関する調査	5
資料2 簡易無線局に適したデジタル方式のモデル	7
資料3 既存無線システムとの周波数共用条件の検討	16
資料4 キャリア・センス・レベルの検討	33
資料5 APC (自動送信電力制御) の必要性	36
資料6 高所/上空利用モデルの検証について	38
資料7 防護指針への影響検討	49
資料8 必要チャネル数の考察	83
資料9 識別信号について	89
(2) 無線操縦機器 (ラジオコントロール) の高度化方案に関する技術的条件 参考資料 (第3章関係)	97
資料1 農業散布用ラジオコントロールの利用形態について	99
資料2 『初動時における被災地情報収集のあり方に関する検討会』からの提言書 (抜粋)	100
資料3 広域的な林野火災の発生時における消防活動体制の在り方検討会報告書 (概要)	101
資料5 諸外国におけるラジオコントロール用周波数について	104
資料6 ラジオコントロール機器の不要発射強度の測定結果	105
(3) 動物の検知・通報システムに必要となる技術的条件 参考資料 (第4章関係)	111
資料1 ペットの飼育場所等について	113
資料2 位置把握・検知システムに最適な周波数帯の考察	114
資料3 都市部におけるシミュレーションの考察	123

(1) 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件 参考資料
(第2章関係)

資料1 デジタル簡易無線の需要規模（レンタル用途における想定利用台数）に関する調査

メーカー名	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	Σ	区分加重
台数	33,051	22,556	21,420	25,043	27,687	14,812	18,230	25,522	188,321	80010
到達時期	4	3	5	7	4	5	4	5	37	平均 4.6年

下記記入コメント:

- ① 記入単位: ・1台(飽和時の台数)
- ② 台数については、各社合計&8分割後、短、中、長期加重し再計算した。
- ③ 飽和到達時期:各社平均後四捨五入した。
- ④ 短期とは、7日/350日、中期とは3ヶ月、長期とは年間貸出利用を想定した。
- ⑤ 運用台数短期は、1/100×10(同時運用ファクター)=年間1の1/5
- ⑥ 運用台数中期は、1/4×2(同時運用ファクター)=年間1の1/2
- ⑦ 運用台数長期は、年間利用台数1とした。
- ⑧ 3. その他(5)は上空を示し別途検討した。

単位: 台

大分類	利用ユーザ	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	各社計	短・中・長期	見直し台数
1 公共自治体	県・市町村役場	638	134	0	479	3418	1,139	0	0	5,808	短	732
	スポーツ振興	1,276	115	684	114	0	0	0	0	2,188	短	276
	商工会・観光協会	638	75	456	23	0	0	0	0	1,191	短	150
	消防団	2,297	0	0	1595	0	0	2,279	0	6,171	中	3085
	文化振興会・文化	0	134	456	0	0	0	0	0	590	短	74
	第3セク・再開発	0	22	0	0	0	0	0	0	22	中	7
	自治会	1,276	0	1,139	137	114	2,279	0	0	4,945	短	623
	選挙関係	2,552	0	228	160	0	1,139	0	1,595	5,674	中	1788
		0	0	0	0	0	0	0	0			
2 学校	幼稚園・保育園(行)	2,297	22	228	23	182	2,279	0	0	5,031	短	634
	学校法人	0	112	456	137	23	2,279	0	0	3,006	中	1503
	小・中・高・大(行導)	1,276	22	0	23	228	4,558	0	0	6,107	短	770
	各種学校	0	0	0	0	23	456	0	0	479	中	239
		0	0	0	0	0	0	0	0			
3 医療	医療法人	0	22	0	0	251	0	0	0	273	中	137
	福祉法人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	
	メディカルサービス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	
		0	0	0	0	0	0	0	0			
4 展示競技キャンプ	テーマパーク	0	45	684	68	684	0	2,279	0	3,759	中	1185
	ゴルフ場	0	90	0	319	684	0	0	20,965	22,057	中	11028
	競技場	638	0	228	46	68	0	0	0	980	中	490
	競輪・競馬・競艇	1,276	0	0	46	684	228	2,279	0	4,512	中	2256
		0	0	0	0	0	0	0	0			
5 環境	清掃	0	45	0	0	706	0	0	0	751	中	376
	廃棄物処理・リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	中	0
		0	0	0	0	0	0	0	0			
6 警備防災セキュリティ	警備保障	0	13344	3,418	8431	1914	0	2,279	0	29,386	中	14693
	団地消防関係	0	22	228	137	456	0	0	0	843	中	421
	消防設備販売	0	22	0	0	456	0	0	0	478	中	239
	交通安全関連	638	0	228	114	456	0	0	0	1,436	中	718
	セキュリティシステム	0	22	0	251	0	0	0	0	273	中	137
		0	0	0	0	0	0	0	0			
7 ビル駐車場管理	ビル管理	0	1769	684	2848	684	0	0	0	5,984	中	2992
	テナントビル	0	179	456	319	228	0	0	0	1,182	中	591
	駐車場	0	0	0	114	684	0	0	0	798	中	399
	ホテル・ホール	0	22	456	91	68	0	0	0	638	中	319
		0	0	0	0	0	0	0	0			

8	運輸 倉庫	運送・運輸・宅配	0	448	0	1390	1595	0	2,279	0	5,712	中	2856
		倉庫	0	22	0	0	1595	0	0	0	1,618	中	809
		電鉄	0	112	0	68	456	0	0	0	636	中	318
		バス・観光バス	0	67	0	114	456	0	2,279	0	2,916	中	1458
		タクシー・代行	0	134	0	0	137	0	0	0	271	中	136
		0	0	0	0	0	0	0	0	0			
9	製造 工場 通信	重工業・造船	0	0	0	0	273	0	0	0	273	中	137
		自動車	0	45	0	0	228	0	0	0	273	中	136
		電気・通信	0	45	0	0	228	0	0	0	273	中	136
		建設・鉄鋼	0	0	0	0	114	0	0	0	114	中	57
		食品・医薬	0	0	0	0	114	0	0	0	114	中	57
		ケミカル・石油	0	0	0	0	0	0	0	0	0	中	0
		電力・ガス	0	0	0	0	228	0	0	0	228	中	114
		0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	建設 土木 道路 電機	鉱業・砕石・砂利	0	22	0	0	228	0	0	0	250	中	125
		水道工事	0	45	0	23	182	0	0	0	250	中	125
		建設・工務店	0	1,007	2,279	456	182	0	2,279	0	6,203	中	3102
		電気工事・電気機	0	560	0	251	182	0	2,279	0	3,271	中	1636
		建材・建材レンタル	12,761	134	0	182	182	0	0	2,962	16,222	中	8111
		内装工事	0	22	0	23	91	0	0	0	136	中	68
		生コン	0	157	0	114	182	0	0	0	453	中	226
		道路管理	0	0	1,139	114	182	456	0	0	1,891	中	946
		0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11	販売 修理 外食 小売 スーパ	石油・ガソリン・ケミ	0	806	0	365	1413	0	0	0	2,583	中	1292
		重工業	0	90	0	46	0	0	0	0	135	中	68
		鋼材・電材・建材	0	22	0	0	0	0	0	0	22	中	11
		農機販売	0	0	0	0	0	0	0	0	0	中	0
		自動車・修理	0	45	0	0	0	0	0	0	45	中	22
		食品材・薬・家庭用	0	22	0	0	0	0	0	0	22	中	11
		工芸・文具・コピー	0	67	0	0	0	0	0	0	67	中	34
		外食・割烹	0	0	2,279	0	0	0	0	0	2,279	中	1139
		コンビニ・小売	0	0	0	0	0	0	0	0	0	中	0
		デパート・スーパ	383	22	0	23	0	0	0	0	428	中	214
		0	0	0	0	0	0	0	0				
12	出版 放送 派遣	印刷・新聞・出版	638	45	0	23	934	0	0	0	1,640	中	820
		放送・ラジオ	638	90	0	46	0	0	0	0	773	中	387
		システムエンジニアリング	0	134	0	0	0	0	0	0	134	中	67
		メディア・ソフトウェア	0	0	2,279	0	0	0	0	0	2,279	中	1139
		サービス・人材派遣	0	0	1,139	0	0	0	0	0	1,139	短	144
		0	0	0	0	0	0	0	0				
13	金融 宗教 人材	銀行・証券	0	45	0	0	798	0	0	0	842	中	421
		宗教法人・寺院	2,552	90	1,139	68	570	0	0	0	4,419	中	2210
		人材派遣	0	0	1,139	0	570	0	0	0	1,709	中	855
		農協・農園	1,276	0	0	0	570	0	0	0	1,846	中	923
		0	0	0	0	0	0	0	0				
14	その他	その他1()	0	2,037	0	1823	2279	0	0	0	6,139	中	1935
		その他2()	0	0	0	4147	1709	0	0	0	5,856	中	1846
		その他3()	0	0	0	114	0	0	0	0	114	中	36
		その他4()	0	0	0	182	0	0	0	0	182	短	23
		その他5(上空)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	短	0
		0	0	0	0	0	0	0	0				

33,051 22,556 21,420 25,043 27,687 14,812 18,230 25,522 188,321

80010

資料2 簡易無線局に適したデジタル方式のモデル

1 $\pi/4$ シフトQPSK方式

ア 原理

$\pi/4$ シフトQPSKは、QPSKの一種であるが、QPSKの位相遷移とは異なり急激な位相変化を避けて変調波の包絡線が小さくなる動きをする。よって電力増幅器において非線形歪みが抑圧される。

変調は図2. 3-1に示すように入力信号 a_n を、シリアル・パラレル変換によって、2ビットの系列に変換し、差動符号化を行なった値によって位相回転を与える。その後、帯域制限し、I、Qの直交変調を行い、出力する。

このときに、表2. 3-1に示すように、入力 X_k, Y_k によって位相の偏移量が異なっている。1つ前に送信したデータの位相を ϕ_{n-1} としたとき、次に送信すべき位相 ϕ_n を $\phi_{n-1} + \theta$ と与える。例えば、1時刻前に $\pi/4$ の位置の信号点位置で $X_k = 1, Y_k = 1$ の場合、その遷移は $-3\pi/4$ のため、 $\pi/4 + (-3\pi/4) = -2\pi/4$ の点に遷移する。このため○の点の組と●の点の組を交互に遷移し、シンボル間での遷移は矢印で示すようになる。見かけは8相PSKの信号配列に見えるが、上述のような位相遷移の制限があるため、QPSKと同等の伝送効率と特性を持っている。また、QPSKでは信号が0点を通過するのに対して $\pi/4$ QPSKは通過しない特徴があり、増幅器の線形性を緩和することができる。

受信側では、位相差を検出すれば差動復号ができるため、遅延検波などのような簡易な方法を用いることができる。

QPSKでは、同一位相にとどまっている場合が存在するが、 $\pi/4$ QPSKでは、必ず $\pi/4$ の位相遷移が加えられるため同一位相にとどまることはない。同一シンボルが連続しても位相が常に変化するためにタイミング再生が容易になる。

なお、送信フィルタに通す前のQPSK信号に対して、1シンボル毎に $\pi/4$ ごと搬送波位相を回転させる方法もあり、この場合は受信側において同期検波が可能となる。

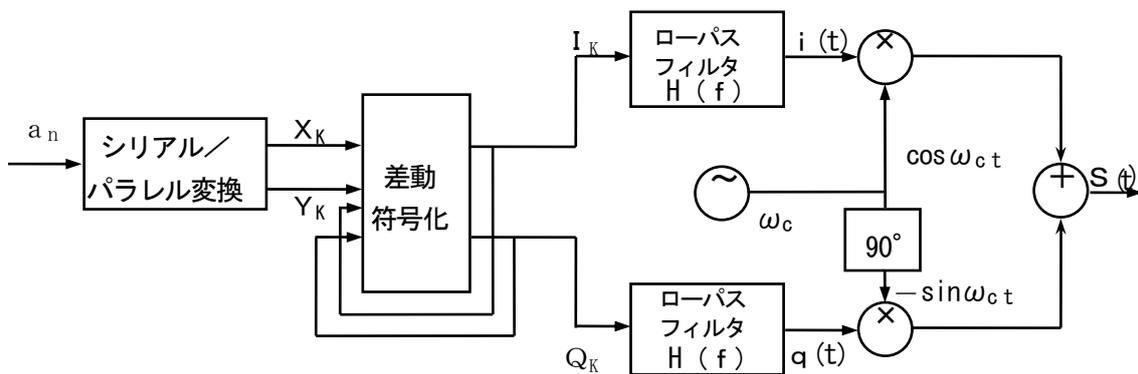


図 2-1 変調器の構成図

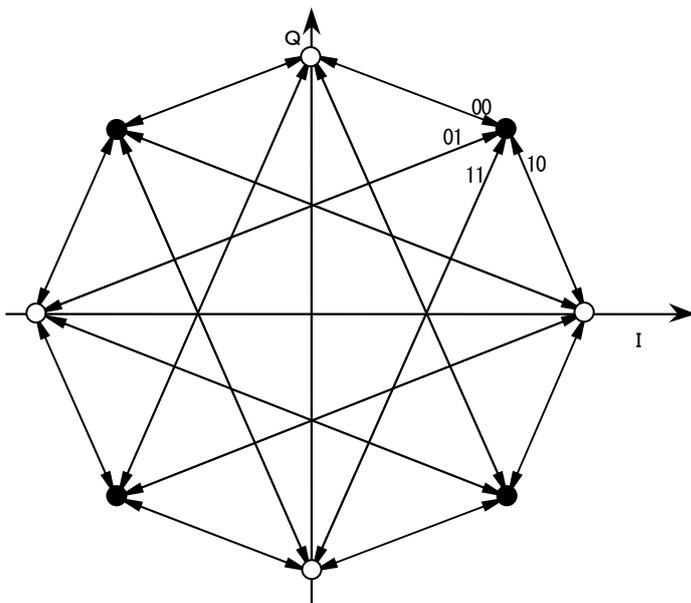


図 2-2 π/4シフトQPSKの遷移

表 2-1 位相遷移量

X_k	Y_k	$\Delta\Phi$
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$3\pi/4$
0	0	$\pi/4$
1	0	$-\pi/4$

イ 移動体通信への適用実績

携帯電話（PDC）、PHSなどの公衆通信での実績から、平成10年以降、タクシー無線、防災無線、消防無線など狭帯域デジタル通信方式の自営無線として広く採用されている。

ウ 簡易無線のデジタル伝送の検討例

(ア) 周波数利用効率および伝送品質

π/4シフトQPSK方式による情報1チャンネルの伝送に必要なチャンネル間隔は6.25 kHzであり、12.5 kHz FMの2倍の周波数利用効率となる。

伝送品質に関しては、遅延検波で受信機の雑音指数8 dBの場合、ビット誤り率BER=1×10⁻²を得るのに必要な受信感度は0 dBμVであり、ビット誤り率BER=3×10⁻²では受信感度-5.0 dBμVである。

(イ) 送受信機のコスト

π/4シフトQPSKの受信機はリミッタ遅延検波により受信部の構成を行なうことができ、又、送信電力増幅器の小型化が容易であることから、コストとしては12.5 kHz FMの約1.2~1.5倍程度にすることもできる。

(ウ) 使用形態

伝送する情報は、符号化音声とデジタルデータ伝送に適している。圧縮率の高い符号化音声を使用することにより、12.5 kHz FMにおいて1チャンネルで伝送される2400 bps相当のデータ伝送を同時に単一チャンネルで伝送することができる。通信方式はSCPCに適用できる。

(エ) 課題

π/4シフトQPSKは狭帯域デジタル通信方式の無線局として、既に実用化されているが、周波数許容偏差を確保するためにデータ伝送の基準局に追従する方式等を採用することが、必要

となっており、高安定な小型かつ低廉な水晶発振器（V C - T C X O）の実現に向けた技術開発が望まれるところである。

表2-2 方式諸元概要（ $\pi/4$ シフトQPSK）（チャンネル間隔6.25kHzの例）

		$\pi/4$ シフトQPSK	備考
方式概要	チャンネル間隔	6.25 kHz	$\alpha=0.2$ の場合
	総伝送速度 (チャンネルデータ速度)	9.6 kbps	
	無線伝送帯域	5.76 kHz	
周波数 利用効率	音声伝送 (データ伝送)	6.4 kbps	
	データ信号伝送	1.55 bps/Hz (=9.6/6.25)	
伝送品質	BER= 1×10^{-2} ・遅延検波の例 雑音指数 8.0 dBの場合 受信感度は +5.2 dB μ V 総伝送速度 9.6 kbps BER= 3×10^{-2} ・遅延検波の例 雑音指数 8.0 dBの場合 受信感度は -0.5 dB μ V 総伝送速度 9.6 kbps		ドップラー周波数 20Hz、レイリーフェー ジングにおける計算 機シミュレーション 値
使用形態 適正	伝送可能な情報	音声(音声コーデックを使用) デジタルデータ	
	通信方式	SCPC (FDMA)	
送受信機コスト(相対値)		約1.2~1.5倍	基準: 12.5kHz FM

2 RZ SSB方式

ア 原理

(ア) 移動通信用RZ SSB方式の開発

単側波帯（SSB）変調方式は、必要周波数帯幅が原理的に最も狭い、即ち、狭帯域であることに最大の特長がある。しかし、移動無線伝搬路で使用するには、

- ① フェージング対策
- ② 離調歪みの克服
- ③ ダイバーシチ受信による品質改善

を考慮する必要がある。

A フェージング対策

(A) 振幅歪みの除去

搬送波が付加されたSSB変調波の時間波形を精査すると、その信号の零交差点が情報を運んでいることが分った。この零交差点、即ち、位相項のみから情報信号を復調する方法を採用することによって、振幅歪みが克服された。

(B) 位相歪みの除去

付加されている搬送波は孤立しているので、これを受信側で抽出し、参照してSSB信号に加えられたランダムFM雑音を除去する方法を採用することによって、位相歪みが克服された。

B 離調歪みの克服

RZ SSB方式の復調方法では、復調処理前の搬送周波数成分が復調処理終了時には、復調信号の零周波数(DC)に変換される方法を採用することによって、離調歪みが克服された。

C ダイバーシチ受信による品質改善

(A) ダイバーシチ受信方式の選定

RZ SSB方式はアナログとデジタル信号が送受信できるハイブリッド方式である。両者に有効な品質改善を考えると、ダイバーシチ受信方式が最も有効な技術である。ここで、2本のアンテナを用いる空間ダイバーシチを、各ブランチからの信号を合成するには等利得合成法を採用した。この方法では、フェージングがない場合(熱雑音下)でも3dBの利得が確保できる。

(B) ダイバーシチ受信方式の利点

デジタル信号伝送の品質改善技術として誤り訂正符号を用いると、そのデータ伝送能力(スループット)は低下する。しかし、ダイバーシチ受信による品質改善技術ではデータ伝送能力を犠牲にすることなく伝送が可能である。

(イ) SSBとDSP

SSBは、1910年代に考案され、1960年代にヒルベルト変換対で構成される解析信号によって、厳密に、かつ、数学的に定式化された。ヒルベルト変換は積分変換であるので、正確なデバイス化はDSPの出現まで困難であった。

DSPチップを用いたデジタル信号処理を行う場合、解析信号の利用が最適で、これにより限られたDSPチップ上の資源を有効に利用できる。

このようにSSB信号の変復調処理とデジタル信号処理とが同じ信号原理で実行できるので、両者の親和性が高いこと、即ち、SSBはDSPチップの出現によって厳密な変復調処理が可能になったと言える。

イ 移動体通信への適用実績

(ア) 陸上移動の野外実験

RZ SSB方式は、フェージングの中でも情報信号を高品質で送受信できるように工夫されたものである。そこで、まず室内移動伝搬路シミュレータを用いた実験系で音声やデータ(音声帯域モデム信号、JPEG信号やファクシミリ画信号等)伝送特性を検討して実用化を進めた。そして、それらの結果が実際の移動伝搬路でも得られるか調べるために、実験免許を取得して新宿副都心など厳しい伝送路で実証実験を行ったところ、室内実験系で得た結果と同じ結果が得られ、フェージング耐力があることが実証された。また、米国においてもFCCから実験免許を取得し高層ビルや丘陵地がある二都市で走行実験を行い、国内と同様の結果が得られた。

(イ) 海上移動の野外実験

海上移動の高度化を図る「短波帯海上移動業務のデジタルデータ通信技術に関する調査検討会」がARIBに組織化された。これに参加し、まず、宮城石巻の海岸局と船舶局の間で9.6~2.4kbpsのモデム信号の符号誤り率特性を調査検討した。その結果、良好な特性が得られたので、宮城石巻と沖縄那覇間約2000kmの海上短波伝搬路において、9.6~2.4kbpsの伝送速度でフルカラーJPEG

Gやテキスト・ファイルが送受信できた。一方、通常のSSBでは、米国MIL-STDに準拠した短波通信用のモデム装置を用いて実験を行ったが、所期の目的は達成できなかった。

(ウ) 放送事業用連絡無線

放送事業用連絡無線にRZ SSB方式が採用され、平成26年5月31日までに、現行のFM方式から移行するように規定されている。

A 狭帯域移動無線通信方式の選択

チャンネル間隔6.25kHzの狭帯域移動無線通信を実現するには、線形変調系に属する二つの選択肢がある。その一つは、携帯電話などのようにデジタル変復調方式を用いる選択肢である。この場合、音声信号は高能率な音声コーデックによって低ビット・レートなデータ列に変換しなければならない。もう一つの選択は原理的に狭帯域なSSB変復調方式を用いることである。従来のSSB方式は陸上移動伝搬路で発生するフェージングに対する耐力が弱い、RZ SSB方式はフェージングを克服した方式になっている。

前者の選択肢に対しては、ARIBに連絡無線設備調査研究会を組織して検討が行われた。そして、平成10年7月16日に「放送事業用連絡無線システムに関する調査研究報告書」をまとめ、その中で150MHz帯の狭帯域デジタル通信方式を検討し、一定の要求条件を取りまとめた。しかし、音声信号をデジタル圧縮音声に変換する場合には、8kbps程度必要であるが、狭帯域デジタル通信方式では4.4kbpsしか割り当てられないことが分り、採用を見合わせた。

後者の選択肢に対しては、ARIBに自営用無線設備検討ワーキング・グループが組織化された時、放送事業用としては平成10年の答申のうちRZ SSB方式が要求条件を満たしていることを確認したと、平成13年4月にまとめた「自営用無線設備に関する調査報告書」に記述している。

B RZ SSB方式を選定した理由

- (A) 中継番組等における制作連絡においてキュー（きっかけ指示）や放送内容の再送信（送り返し）に用いるので遅延時間が小さいことが求められるので、送受信間の処理遅延時間が小さいRZ SSB方式が選定された。
- (B) 取材内容を連絡するには、音声明瞭度が高いこと、話者認識が容易にできること、高騒音下でも音バケや音飛びがなく通話ができることが求められるので、これらの音声品質を全て具備しているRZ SSB方式が選定された。
- (C) 報道取材ではヘリコプターなど高速で移動する場所からの通話があるので、高速移動時でも高い伝送品質が確保できるRZ SSB方式が選定された。
- (D) 現行のFM方式で確保されるサービスエリアが、RZ SSB方式でもほぼ確保できるために選定された。
- (E) FM方式と同様にRZ SSB方式でも電界強度が下がるに従って、緩やかな品質劣化（Graceful Degradation）が期待できるために選定された。

ウ 方式諸元と概要

RZ SSB方式の緒元とその概要を表2-3にまとめた。

表 2-3. RZ SSB方式の諸元とその概要

	項 目	性 能 及 び コ メ ン ト
1	チャンネル間隔	5.0/6.25kHz
2	情報帯域	300Hz～3.4kHz（電話音声帯域と同じ）
3	伝送可能な情報信号	電話音声（アナログ）
		秘話音声（音声コーデックと音声帯域モデムを利用、利用可能な音声コーデックの例:CS-ACELP、VSELP、PSI-CELP等）
		音声帯域モデム
		フルカラーJPEGやテキスト・ファイル等
		ファクシミリ画信号
		スロー・スキャン・ビデオ信号等
4	アナログ音声品質	12.5kHz-FMと同等以上 電界強度の低下に従って緩やかな品質劣化
5	音声帯域モデム最高伝送速度	19.2kbps（データ・モデム） 14.4kbps（ファックス・モデム）
6	周波数利用効率	3.072bps/Hz (=19.2kbps/6.25kHz=[正味伝送速度]/[チャネル間隔])
7	伝送品質	音声系 (SINAD=12dB) ・熱雑音下: -7.8dB μ V ・20Hz レイリー・フェージング: -5.0 dB μ V
		デジタル系 (BER=3 \times 10 ⁻² /9.6kbps=16QAM) ・熱雑音下: -3.1dB μ V ・20Hz レイリー・フェージング: 2.5 dB μ V 注1. 受信機の雑音指数は8dBとした 注2. 受信機には2 ブランチ空間ダイバーシティ(等利得合成)が具備されているので、熱雑音下でも3dBの利得が確保できる
8	チャンネル利用技術	SCPC/FDMA、TDD等
9	離調歪み	原理的にない
10	フェージング耐力	大きい
11	スレッシュホールド	デジタル信号処理にて解消
12	変復調処理デバイス	変復調処理に必要な全ての回路(演算)が汎用DSPチップへ搭載を完了
13	コスト	汎用部品で構成しているので低コスト化は可能
14	工業所有権	主にNTTが保有

参考文献（年代順）

- [1] 「放送事業用連絡無線システムに関する調査研究会報告書」、ARIB（平成10年7月16日）
[2] 守谷健弘、「音声符号化」、電子情報通信学会（平成10年10月）

- [3] 「自営用無線設備に関する調査報告書」、ARIB（平成13年4月）
 [4] 「短波帯海上移動業務のデジタルデータ通信技術に関する調査検討会」、ARIB（平成14年3月）
 [5] K. Daikoku, “Field test results on JPEG/text file transmission employing RZ SSB transceivers through HF radio channel,” IEE Proc.-Communi., pp.50-58, Vol.151, No.1, February 2004
 [6] 「放送連絡用無線運用規定」、ARIB TR-B21 版（平成16年5月25日）

3 4値FSK方式

ア 原理

4値FSK方式はFSK（Frequency Shift Keying）の一種で、搬送波の周波数を信号波で変化させる変調方式である。

モデルDCRにおける変調方法は、送信データを表2.3.1-1に基づき4値化し、 $H(f)$ 、 $P(f)$ に示すフィルタによって帯域制限を行った送信ベースバンド信号に従い、図2.3.1-1に示す無線周波数発生回路の発振周波数を変動させて4値FSK信号を出力する。

FSK変調は、ASK（Amplitude Shift Keying）やPSK（Phase Shift Keying）とは異なり、ベースバンド信号スペクトルと送信信号スペクトルが異なる変調方法である。また、変調指数（ m = 周波数偏位/シンボルレート）によっても異なるため、FSKは非線形変調の一種であるとされている。

受信方法は、図2.4に示すFM復調を行い、 $H(f)$ 、 $D(f)$ で帯域制限を行ったベースバンド信号を比較器で4値化しFSK復調を行う。

変調に用いる帯域制限フィルタは下記の規定するルートナイキスト自乗余弦スペクトル $H(f)$ と sinc 関数スペクトル $P(f)$ を使用する。

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & , 0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T \\ \cos[(T/4\alpha)(2\pi|f| - \pi(1-\alpha)/T)] & , (1-\alpha)/2T \leq |f| < (1+\alpha)/2T \\ 0 & , (1+\alpha)/2T \leq |f| \end{cases}$$

$$|P(f)| = \sin(\pi f T) / \pi f T \quad , \quad 0 \leq |f| \leq (1+\alpha)/2T$$

ただし、 $T=416.7\mu\text{s}$ (2.4kシンボル/sec)

ロールオフ率 $\alpha=0.2$ であること。 $H(f)$ と $P(f)$ の位相特性は直線であること。

また、復調に用いる帯域制限フィルタはルートナイキスト自乗余弦スペクトル $H(f)$ と sinc 関数の逆数のスペクトル $D(f)$ を使用する。

なお、 sinc 関数スペクトル $P(f)$ およびその逆数のスペクトル $D(f)$ は、狭帯域化のために用いられるモデルDCR特有のベースバンド帯域制限フィルタである。

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & , 0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T \\ \cos[(T/4\alpha)(2\pi|f| - \pi(1-\alpha)/T)] & , (1-\alpha)/2T \leq |f| < (1+\alpha)/2T \\ 0 & , (1+\alpha)/2T \leq |f| \end{cases}$$

$$|D(f)| = \pi f T / \sin(\pi f T) \quad , \quad 0 \leq |f| \leq (1+\alpha)/2T$$

ただし、 $T=416.7\mu\text{s}$ (2.4kシンボル/sec)

ロールオフ率 $\alpha=0.2$ であること。H (f) と D (f) の位相特性は直線であること。

表 2-4 4値FSK方式のマッピング (提案例)

ダイビット	シンボル	周波数偏位
01	+3	+945Hz
00	+1	+315Hz
10	-1	-315Hz
11	-3	-945Hz

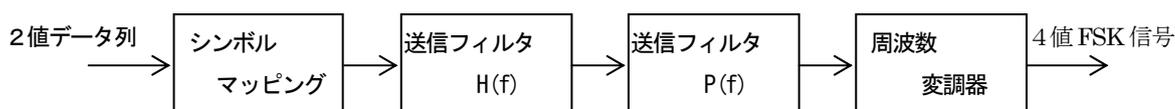


図 2-3 変調回路

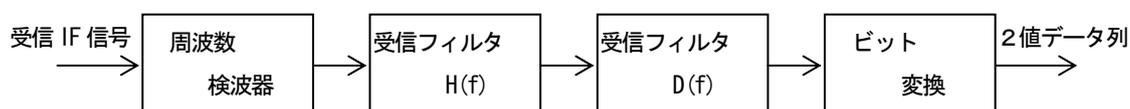


図 2-4 復調回路

イ 特徴

4値FSK変調方式は周波数変調の一種であるため、変調波の包絡線は一定となり、出力電力増幅器に電力効率の良い飽和形 (C級) を使用することができる。また、電波伝搬でのフェージングなどの振幅変動が伝送レベルの変動とならない。

(ア) 移動体通信への適用実績

4値FSK方式は、APCO-Project 25 (北米)、ETSI-Digital Mobile Radio (欧州)、高度無線呼出システムARIB標準規格RCR STD-T 43 (海外ではFLEX方式) などに広く採用されている。

※APCO : The Association of Public-Safety Communications Officials International

ETSI : European Telecommunications Standards Institute

(イ) デジタル方式簡易無線(DCR)への適用検討

A 周波数利用効率および伝送品質

提案する4値FSK方式(モデルDCR)による情報1チャンネルの伝送に必要なチャンネル間隔は6.25kHzであり、12.5kHz FMの2倍の周波数利用効率になる。

伝送品質に関しては、受信機の雑音指数8.0dBの場合、フェージング時において符号誤り率BER= 1×10^{-2} を得るのに必要な受信機入力電圧は+3.9dB μ V、BER= 3×10^{-2} では、-1.2dB μ Vである(固定劣化を含まないシミュレーション値)。

B 送受信機のコスト

一般に、4値FSK方式の送受信機は従来のFM受信機と同様、構成が簡単であり、送信電力増幅器の小型化、省電力化が容易であることから、12.5kHz FMの約1.1~1.3倍程度と想

定される。特に、狭帯域化に対応するモデルDCRにおいては、送信機にその特長を活用することが可能である。

C 使用形態

伝送する情報は、符号化音声及びデジタルデータに適する。

通信方式はSCPC (FDMA) に適用できる。

D その他事項/要件

4値FSK方式は、変調指数によって送信信号スペクトルの占有帯幅が変化するため、本資料では、ベースバンド帯域制限フィルタと合わせて最適な変調指数の規定値を導出した。

ウ 方式諸元概要

表 2-5 4値FSK方式諸元概要

		4 値 FSK	備考
方式概要	チャンネル間隔	6.25 kHz	
	総伝送速度 (チャンネルデータ速度)	4.8 kbps	
	無線伝送帯域	4.0 kHz	
周波数 利用効率	音声伝送 (データ伝送)	3.6 kbps	
	データ信号伝送	0.768 bps/Hz (=4.8/6.25)	
伝送品質	BER=1×10 ⁻² 雑音指数 8.0dB の場合 受信感度は +3.9 dBμV BER=3×10 ⁻² 雑音指数 8.0dB の場合 受信感度は -1.2dBμV		ドップラー周波数 20Hz、レイリーフェー ディングにおける計 算機シミュレーショ ン値
使用形態 適正	伝送可能な情報	音声(音声コーデックを使 用) デジタルデータ	
	通信方式	SCPC (FDMA)	
送受信機コスト(相対値)		約 1.1~1.3 倍	基準 : 12.5kHz FM

資料3 既存無線システムとの周波数共用条件の検討

I 業務用アナログとデジタル・システムとの周波数共用検討

本節で検討する主たる検討課題は、以下の通りである。

- ① 同一チャネル周波数共用条件
- ② 隣接周波数共用条件
- ③ 周波数の許容偏差の規定に関わる検討

1 共用条件の検討手順

ア 用いたモデル

平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書において、共用条件を検討するために用いたモデルを簡単に述べる。それは、

- (ア) 希望波(D波)に干渉する隣接チャネル漏えい電力レベル(U波)が、D波の通話品質(アナログ方式ではSINAD=12dBを与えるSIR、デジタル方式ではBER=1%を与えるCIR)を決める。即ち、通話品質はD/Uによって決まる。
- (イ) 干渉するU波のレベルは無線周波数の変動(オフセット周波数)に依存する。
- (ウ) 通話品質が確保できる無線周波数の変動幅から、周波数の許容偏差が算出できる。
- (エ) 受信機の内部雑音の影響を排除するために受信レベルが受信内部雑音に対して十分に高い状態で、D/Uを評価する。

となる。希望波の受信機が干渉波を受信している状態は、線形領域で動作している場合であることに注意すると、シミュレーションによってデータ取得が可能となる。

上記のモデルでは、希望波(D波)に干渉する隣接チャネル漏えい電力レベル(U波)によって規定されるD/U[dB]、U波のレベルを決める隣接チャネル漏えい電力比(以下ACPR[dB]とする。)と通話品質(SIRやCIR)との間には、次の関係、

$$\{D/U [dB]\} = \{ACPR [dB]\} + \{通話品質SIR [dB]\}$$

$$\{D/U [dB]\} = \{ACPR [dB]\} + \{通話品質CIR [dB]\}$$

が成立する。

ここで、設備規則第54条に規定されているACPRが45[dB]の場合には、上記の(ア)項から、アナログ方式に対しては、SIR=SINAD=12[dB]となるので、

$$\begin{aligned} \{D/U = -30 [dB]\} &= \{ACPR = -45 [dB]\} \\ &+ \{通話品質, SIR = 12 [dB]\} + \{Margin = 3 [dB]\} \end{aligned}$$

が成立する。また、設備規則第57条に規定されているACPRが55[dB]の場合には、

$$\begin{aligned} \{D/U = -40 [dB]\} &= \{ACPR = -55 [dB]\} \\ &+ \{通話品質, SIR = 12 [dB]\} + \{Margin = 3 [dB]\} \end{aligned}$$

が成立する。デジタル方式の場合は、平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書において、

BER=1%を与えるCIRの値をCIR=12 [dB]としているので、アナログ方式の場合と同じ関係が成立する。

イ データ取得の方法

実際の無線機を用いた測定及びシミュレーションによって検証データを取得することにしたので、具体的なデータ取得は平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書の評価方法に準拠して進めた。

さらに、検証データの取得にあたり、作業部会構成員より、チャンネル間隔12.5kHzの4値FSK方式についても、隣接チャンネル干渉の観点から、検証データを取得・提出し、検討を進めることとした。

ウ 検討条件

ア項で述べたD/Uにおいて、ACPRと隣接周波数共用条件に係る妨害波による干渉条件(D/U)については以下の条件を採用した。

(ア) ACPR

簡易無線においては、前述の諮問第94号に対する平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書および設備規則第54条に規定されているように、ACPR=-45dBを用いた。

(イ) 隣接周波数共用条件に係る妨害波による干渉条件(D/U)

平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書でD/U=-40dBを用いたように、簡易無線に規定されているACPR=-45dBから決定されるD/Uは、D/U=-30dBとした。

(エ) その他

簡易無線においては上記の①と②の条件に従うが、ここでは、平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書との連続性から設備規則第57条に対応する検討条件から検討を開始した。

エ 4値FSK方式の周波数偏位

チャンネル間隔6.25kHzの4値FSK方式において、ダイビット01と11に対するシンボル+3と-3に対応する周波数偏位は、それぞれ、+945Hzと-945Hzである。

2 検討結果

ア 同一チャンネル周波数共用特性

平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書に掲載されている別表4-4-1には、同一チャンネル周波数共用特性がまとめられている。これに新たに4値FSK方式を加えてまとめた同一チャンネル周波数共用特性を表3-2に示す。

イ 隣接周波数共用特性

(ア) 設備規則第57条に対応する検討条件

平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書では、一般業務用無線については、ACPRを55dB以上、また、400MHz帯の周波数の許容偏差を±0.9ppmとして、設備規則第57条と別表第1号にそれぞれ規定されている。ここでは新たに4値FSK方式を加え、まず、D/U=-40dBと±0.9ppmの条件について主にシミュレーションによって検討した。次に、D/U=-40dBと±1.5ppmの条件について検討し

た。

A $D/U = -40 \text{ dB}$ の場合

表3-3に検討結果を示した。

B $D/U = -40 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の場合

(イ) 設備規則第54条に対応する検討条件

平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書では、簡易無線局についてはACPRを45dB以上、また、400MHz帯の周波数の許容偏差を $\pm 1.5 \text{ ppm}$ として、設備規則第54条と同規則別表第1号にそれぞれ規定された。ここでは、 $D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の条件についてシミュレーション検討を加えるが、 $D/U = -40 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の場合の結果でチャンネル間隔6.25kHzに入る組み合わせについては表3-3の値を用いた。

C $D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の場合

表3-4に検討結果を示した。

3 共用条件と周波数配置案

ア 同一チャンネル周波数共用条件

表3-5に、現行FMを含めたデジタル・ナロー通信方式の同一チャンネル周波数共用条件をまとめた。

イ 隣接周波数共用条件と周波数配置案

(ア) $D/U = -40 \text{ dB}$ と $\pm 0.9 \text{ ppm}$ の場合

A rms補正值

表3-6に周波数の偏差に対するrms補正值(kHz)を求めた。rms補正值の求め方は、平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書の方法に従った。

B 検討結果の補正

表3-3に示した検討結果に、表3-6に示したrms補正值(kHz)を加算した結果を表3-7に示した。

C 周波数配置案

表3-7で求めた値を、3.125kHzステップでまとめた周波数配置案を表3-8に示した。

D 考察

$D/U = -40 \text{ dB}$ と $\pm 0.9 \text{ ppm}$ の場合では、チャンネル間隔6.25kHzの各方式は、表3-8から分るように、すべて所定のチャンネル間隔に入っている。

(イ) $D/U = -40 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の場合

A rms補正值

表3-9に周波数偏差に対するrms補正值(kHz)を求めた。

B 検討結果の補正

表3-3に示した検討結果に、表3-9に示したrms補正值(kHz)を加算した結果を表3-10に示した。

C 周波数配置案

表3-10で求めた値を、3.125kHzステップでまとめた周波数配置案を表3-11

に示した。

D 考察

$D/U = -40 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の場合の周波数配置案を示した表3-11から、チャンネル間隔 6.25 kHz を超えて、所要のチャンネル間隔の最小値が、 9.375 kHz となる組み合わせは、

(A) 希望波として $\pi/4$ シフトQPSK方式と妨害波として $\pi/4$ シフトQPSK方式との間

(B) 希望波として $\pi/4$ シフトQPSK方式と妨害波として4値FSK方式との間

(C) 希望波として16QAM方式と妨害波として4値FSK方式との間

にあることが分る。

(ウ) $D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の場合

ここでは、 $\pi/4$ シフトQPSK方式、RZ SSB方式と4値FSK方式とについて検討した。

A rms補正值

表3-12に周波数偏差に対するrms補正值(kHz)を求めた。

B 検討結果の補正

表3-4に示した検討結果に、表3-12に示したrms補正值(kHz)を加算した結果を表3-13に示した。

C 周波数配置案

表3-13で求めた値を、 3.125 kHz ステップでまとめた周波数配置案を表3-14に示した。

D 考察

$D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ の場合の周波数配置案である表3-14から、チャンネル間隔 6.25 kHz を超えて、所要のチャンネル間隔の最小値が、 9.375 kHz となる組み合わせが存在する。それは、

(A) 希望波として $\pi/4$ シフトQPSK方式と妨害波として $\pi/4$ シフトQPSK方式との間である。

4 考察

ア 45 dB 隣接チャンネル漏えい電力比と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ 周波数の許容偏差

(ア) 簡易無線に対する設備規則第54条には、ACPRは 45 dB 以上、また、同規則別表第1号には周波数の許容偏差は $\pm 1.5 \text{ ppm}$ と規定されている。この規定に準拠し、平成10年度電気通信技術審議会答申の報告書の手法を踏襲すると、 $D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$ になる。

(イ) $D/U = -30 \text{ dB}$ では通話品質は、 $SIR (SINAD = 12 \text{ dB}) = 12 \text{ dB}$ あるいは $CIR (BER = 1\%) = 12 \text{ dB}$ となるので、メリットは2~3に相当する。そこで、メリット4以上を確保するには、ACPRを設備規則で規定している値より大きく、 45 dB 以上とするとよい。

(ウ) $D/U = -30 \text{ dB}$ の場合には、U波の無線機は、D波の無線機に $D/U = -30 \text{ dB}$ までしか近づくことができない。D波の無線機近傍から $D/U = -30 \text{ dB}$ を満たすようにU

波の無線機が排除されると言うことは、 $D/U = -40 \text{ dB}$ の場合に比べてサービスエリア内の無線機の数が少なくなることを意味する。

(エ) ここで、議論した D/U の定義を理解して、他の D/U 、例えば、感度抑圧を与える D/U と混同してはならない。感度抑圧の発生メカニズムは受信機の高周波段にある。そこで、デジタル簡易無線では、強いレベルの妨害波による感度抑圧に起因する被干渉に対しては、受信機の高周波部に用いる帯域制限フィルタの選択度を向上させると共に高周波部と中間周波部との利得配分を見直して、妨害波耐力を高める等の方法を採用することが必要である。

イ RZ SSB方式と4値FSK方式

RZ SSB方式と4値FSK方式は、簡易無線に対する設備規則第54条 ($D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$) に従って運用できることが表3-14から分った。

ウ $\pi/4$ シフトQPSK方式

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK方式は、表3-14から分るように、簡易無線に対する設備規則第54条 ($D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 1.5 \text{ ppm}$) に従って運用することは困難である。

(イ) $\pi/4$ シフトQPSK方式を $D/U = -30 \text{ dB}$ と $\pm 0.9 \text{ ppm}$ の条件で考えてみる。 $D/U = -30 \text{ dB}$ に対する隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数を表3-3から求めると 5.6 kHz 、また、表3-6から $\pm 0.9 \text{ ppm}$ に対するrms補正値は 0.60 kHz と求まる。rms補正値を加えた隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数は、 $6.2 (= 5.6 + 0.60) \text{ kHz}$ となるので、チャンネル間隔 6.25 kHz の中で運用できる。

(ウ) 表3-6から求めた隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数が、 5.6 kHz であるので、チャンネル間隔 6.25 kHz との差は、 $0.65 (= 6.25 - 5.6) \text{ kHz}$ となる。これを周波数の許容偏差に割り振ると、 $0.98 (= (650/\sqrt{2})/470) \text{ ppm} > 0.9 \text{ ppm}$ となる。

表 3-1 周波数共用検討を行った各無線方式

変調方式	FM		$\pi/4$ シフト QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値 FSK	
	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	11.52 kHz	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	0.3~3.4 kHz	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 μV	-18.8 dB μV	-24.0dB μV	-21.0dB μV	-18.3dB μV	-18.3dB μV	-24.8dB μV	-21.8dB μV	-18.8dB μV	-18.8dB μV	-25.5dB μV	-22.5dB μV	-24.8dB μV	-21.8dB μV
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 μV	6dB μV	0dB μV	3.0dB μV	5.7dB μV	5.7dB μV	3.1dB μV	6.1dB μV	9.1dB μV	9.1dB μV	0.5dB μV	3.5dB μV	0dB μV	2.3dB μV
基準感度	6.0dB μV	6.0dB μV	0dB μV	3.0dB μV	6.0dB μV	6.0dB μV	3.0dB μV	6.0dB μV	9.0dB μV	9.0dB μV	0dB μV	3.0dB μV	0dB μV	3dB μV

表3-2 同一チャネル周波数共用条件を満たすD/U|Δf=0 (dB) (実験・シミュレーション結果)

妨害波 希望波		FM		QPSK (注)				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz 32kbps	25kHz 36kbps	6.25kHz	12.5kHz	25kHz		6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	4	/	5	3	3	/	9	6	3	3	6	6	6.3	4
	20kHz	/	2	3	3	3	/	3	3	3	3	3	3	2.1	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	10.6	5.7	10.7	7.7	5.5	5	11.2	8.5	5.5	4.9	12	8	11.5	8.5
	12.5kHz	9	9	10	10	7	---	10	10	7	7	11	10	10	10

注：フェージング無しの条件で、限界音声品質メリット：2～3を確保するために必要な同一チャネル妨害波とのD/U|Δf=0 (dB)を示す。

(注)：具体的な変調方式にはπ/4シフトQPSK及びオフセットQPSKがあるが、ここでは、単純にQPSKと表記した。以下の表においてもこの表記を採用した。

表 3-3 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz) (実験・シミュレーション結果：周波数変動無し)
(検討条件：D/U=-40dB)

希望波 \ 妨害波		FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz 32kbps	25kHz 36kbps	6.25kHz	12.5kHz	25kHz		6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	11.60	/	10.90	12.00	17.70	/	10.20	13.00	18.40	17.60	9.80	10.00	9.10	10.73
	20kHz	/	15.80	15.90	18.00	22.10	/	15.80	17.20	22.50	21.20	12.00	12.50	13.40	12.43
QPSK	6.25kHz	10.50	13.20	5.60	8.20	13.60	/	4.80	7.20	13.50	11.60	4.80	5.90	5.47	8.92
	12.5kHz	12.90	15.50	8.30	11.20	16.60	/	7.90	10.40	16.80	14.60	7.70	8.80	8.11	11.36
	25kHz・32kbps	17.50	20.40	14.20	17.00	24.30	/	14.00	16.00	22.70	20.70	9.00	9.90	13.75	13.74
	25kHz・36kbps	17.90	20.60	14.90	17.80	24.00	/	14.90	16.80	23.70	21.70	9.00	9.90	14.00	13.80
16QAM	6.25kHz	10.70	13.30	4.80	7.80	13.70	/	4.00	6.80	13.70	11.70	4.10	5.30	5.32	8.92
	12.5kHz	12.90	15.60	7.40	10.30	15.70	/	6.90	9.40	15.70	13.80	6.80	7.90	7.65	11.28
	25kHz	18.70	21.20	14.00	17.00	22.80	/	13.80	16.00	22.80	20.90	12.00	13.00	10.34	14.20
M16QAM		16.20	19.60	11.90	14.90	20.90	/	11.90	13.60	21.00	18.80	11.90	13.00	10.37	14.24
RZ SSB	6.25kHz	9.20	12.10	5.20	7.40	13.80	/	4.70	7.00	13.60	14.00	4.70	5.70	4.76	8.68
	12.5kHz	10.70	13.80	6.70	9.40	15.40	/	6.20	9.00	14.90	15.60	6.20	7.40	6.46	10.23
4値FSK	6.25kHz	9.20	12.42	5.12	7.92	13.92	14.11	4.74	7.16	13.92	11.36	4.87	6.48	5.12	8.54
	12.5kHz	9.51	12.12	8.54	11.16	16.61	---	8.24	10.27	16.62	14.68	6.52	8.15	7.63	10.50

表3-4 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz) (実験・シミュレーション結果: 周波数変動無し)
 (検討条件: D/U=-30dB と± 1.5ppm)

希望波 \ 妨害波		QPSK	RZ SSB	4値FSK
		6.25kHz	6.25kHz	6.25kHz
QPSK	6.25kHz	5.47	<4.80	4.96
RZ SSB	6.25kHz	<5.20	<4.70	<4.76
4値FSK	6.25kHz	5.03	<4.87	4.61

注) RZ SSB方式に関連する値は、D/U=-40dB かつ±1.5ppm の場合でも
 チャンネル間隔6.25kHz に入るので、表3-3の値を用いた。

表3-5 同一チャネル周波数共用条件特性まとめ (dB)

妨害波 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz 32kbps	25kHz 36kbps	6.25kHz	12.5kHz	25kHz		6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
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

表3-6 周波数偏差に対するrms補正值 (kHz)
 (検討条件 : D/U=-40dB と± 0.9ppm)

妨害波偏差 希望波偏差		FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		△1.410kHz	△1.640kHz	△0.423kHz	△0.799kHz	△0.564kHz	△0.564kHz	△0.423kHz	△0.799kHz	△0.564kHz	△0.564kHz	△0.423kHz	△0.799kHz	△0.423kHz	△0.799kHz
FM	△1.410kHz			1.47	1.62	1.52	1.52	1.47	1.62	1.52	1.52	1.47	1.62	1.47	1.62
	△1.640kHz			1.69	1.71	1.71	1.71	1.69	1.71	1.71	1.71	1.69	1.71	1.69	1.71
QPSK	△0.423kHz	1.47	1.69	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.60	0.90
	△0.799kHz	1.62	1.71	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.90	1.13
	△0.564kHz	1.52	1.71	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.71	0.98
	△0.564kHz	1.52	1.71	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.71	0.98
16QAM	△0.423kHz	1.47	1.69	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.60	0.90
	△0.799kHz	1.62	1.71	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.90	1.13
	△0.564kHz	1.52	1.71	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.71	0.98
M16QAM	△0.564kHz	1.52	1.71	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.80	0.80	0.71	0.98	0.71	0.98
RZ SSB	△0.423kHz	1.47	1.69	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.60	0.90
	△0.799kHz	1.62	1.71	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.90	1.13
4値FSK	△0.423kHz	1.47	1.69	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.71	0.71	0.60	0.90	0.60	0.90
	△0.799kHz	1.62	1.71	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.98	0.98	0.90	1.13	0.90	1.13

無線設備規則より、周波数偏差のrms補正值は以下の条件による。ここでは送信電力1W超を対象とする。

- | | | |
|----------------|---|---|
| (1) 現行FM | $\Delta F@VHF \cdot FM = 164MHz \times 10ppm = 1.640kHz$ | $\Delta F@UHF \cdot FM = 470MHz \times 3ppm = 1.410kHz$ |
| (2) デジタルナロ-1W超 | $\Delta F@VHF \cdot 6.25 = 164MHz \times 2.5ppm = 0.410kHz$ | $\Delta F@UHF \cdot 6.25 = 470MHz \times 0.9ppm = 0.423kHz$ |
| | $\Delta F@VHF \cdot 12.5 = 164MHz \times 3ppm = 0.492kHz$ | $\Delta F@UHF \cdot 12.5 = 470MHz \times 1.7ppm = 0.799kHz$ |
| | $\Delta F@VHF \cdot 25 = 164MHz \times 3ppm = 0.492kHz$ | $\Delta F@UHF \cdot 25 = 470MHz \times 1.2ppm = 0.564kHz$ |

表3-7 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz)
 ((実験・シミュレーション結果) + (rms補正值))
 (検討条件 : D/U=-40dB と± 0.9ppm)

希望波 \ 妨害波		FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz 32kbps	25kHz 36kbps	6.25kHz	12.5kHz	25kHz		6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
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

表3-8 周波数配置案 (隣接周波数共用条件: kHz)
 (検討条件: D/U=-40dB と± 0.9ppm)

希望波 \ 妨害波		FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz 32kbps	25kHz 36kbps	6.25kHz	12.5kHz	25kHz		6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	12.5	/	12.5	15.625	21.875	/	12.5	15.625	21.875	21.875	12.5	12.5	12.5	12.5
	20kHz	/	20	18.75	21.875	25	/	18.75	21.875	25	25	15.625	15.625	15.625	15.625
QPSK	6.25kHz	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
	12.5kHz	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
	25kHz・32kbps	21.875	25	15.625	18.75	28.125	/	15.625	18.75	25	21.875	12.5	12.5	15.625	15.625
	25kHz・36kbps	21.875	25	15.625	21.875	25	/	15.625	18.75	25	25	12.5	12.5	15.625	15.625
16QAM	6.25kHz	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
	12.5kHz	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
	25kHz	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	6.25kHz	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
	12.5kHz	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	6.25kHz	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
	12.5kHz	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

表3-9 周波数偏差に対するrms補正值 (kHz)
 (検討条件 : D/U=-40dB と± 1.5ppm)

妨害波偏差 希望波偏差		FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		△1.410kHz	△1.640kHz	△0.705kHz	△0.799kHz	△0.564kHz	△0.564kHz	△0.705kHz	△0.799kHz	△0.564kHz	△0.564kHz	△0.705kHz	△0.799kHz	△0.705kHz	△0.799kHz
FM	△1.410kHz			1.58	1.62	1.52	1.52	1.58	1.62	1.52	1.52	1.58	1.62	1.58	1.62
	△1.640kHz			1.69	1.71	1.71	1.71	1.69	1.71	1.71	1.71	1.69	1.71	1.69	1.71
QPSK	△0.705kHz	1.58	1.69	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	1.00	1.07
	△0.799kHz	1.62	1.71	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	1.07	1.13
	△0.564kHz	1.52	1.71	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.90	0.98
	△0.564kHz	1.52	1.71	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.90	0.98
16QAM	△0.705kHz	1.58	1.69	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	1.00	1.07
	△0.799kHz	1.62	1.71	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	1.07	1.13
	△0.564kHz	1.52	1.71	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.90	0.98
M16QAM	△0.564kHz	1.52	1.71	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.80	0.80	0.90	0.98	0.90	0.98
RZ SSB	△0.705kHz	1.58	1.69	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	1.00	1.07
	△0.799kHz	1.62	1.71	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	1.07	1.13
4値FSK	△0.705kHz	1.58	1.69	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	0.90	0.90	1.00	1.07	1.00	1.07
	△0.799kHz	1.62	1.71	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	0.98	0.98	1.07	1.13	1.07	1.13

無線設備規則より、周波数偏差のrms補正值は以下の条件による。ここでは送信電力1W超を対象とする。

(1) 現行FM

(2) デジタルナロー1W超

$$\Delta F@VHF \cdot FM = 164MHz \times 10ppm = 1.640kHz$$

$$\Delta F@VHF \cdot 6.25 = 164MHz \times 2.5ppm = 0.410kHz$$

$$\Delta F@VHF \cdot 12.5 = 164MHz \times 3ppm = 0.492kHz$$

$$\Delta F@VHF \cdot 25 = 164MHz \times 3ppm = 0.492kHz$$

$$\Delta F@UHF \cdot FM = 470MHz \times 3ppm = 1.410kHz$$

$$\Delta F@UHF \cdot 6.25 = 470MHz \times 1.5ppm = 0.705kHz$$

$$\Delta F@UHF \cdot 12.5 = 470MHz \times 1.7ppm = 0.799kHz$$

$$\Delta F@UHF \cdot 25 = 470MHz \times 1.2ppm = 0.564kHz$$

表3-10 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz)
 ((実験・シミュレーション結果) + (rms補正值))
 (検討条件 : D/U=-40dB と± 1.5ppm)

希望波 \ 妨害波		FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz 32kbps	25kHz 36kbps	6.25kHz	12.5kHz	25kHz		6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	11.60	/	12.48	13.62	19.22	/	11.78	14.62	19.92	19.12	11.38	11.62	10.68	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	12.08	14.89	6.60	9.27	14.50	/	5.80	8.27	14.40	12.50	5.80	6.97	6.47	9.99
	12.5kHz	14.52	17.21	9.37	12.33	17.58	/	8.97	11.53	17.78	15.58	8.77	9.93	9.18	12.49
	25kHz・32kbps	19.02	22.11	15.10	17.98	25.10	/	14.90	16.98	23.50	21.50	9.90	10.88	14.65	14.72
	25kHz・36kbps	19.42	22.31	15.80	18.78	24.80	/	15.80	17.78	24.50	22.50	9.90	10.88	14.90	14.78
16QAM	6.25kHz	12.28	14.99	5.80	8.87	14.60	/	5.00	7.87	14.60	12.60	5.10	6.37	6.32	9.99
	12.5kHz	14.52	17.31	8.47	11.43	16.68	/	7.97	10.53	16.68	14.78	7.87	9.03	8.72	12.41
	25kHz	20.22	22.91	14.90	17.98	23.60	/	14.70	16.98	23.60	21.70	12.90	13.98	11.24	15.18
M16QAM		17.72	21.31	12.80	15.88	21.70	/	12.80	14.58	21.80	19.60	12.80	13.98	11.27	15.22
RZ SSB	6.25kHz	10.78	13.79	6.20	8.47	14.70	/	5.70	8.07	14.50	14.90	5.70	6.77	5.76	9.75
	12.5kHz	12.32	15.51	7.77	10.53	16.38	/	7.27	10.13	15.88	16.58	7.27	8.53	7.53	11.36
4値FSK	6.25kHz	10.78	14.11	6.12	8.99	14.82	15.01	5.74	8.23	14.82	12.26	5.87	7.55	6.12	9.61
	12.5kHz	11.13	13.83	9.61	12.29	17.59	---	9.31	11.40	17.60	15.66	7.59	9.28	8.70	11.63

表3-1-1 周波数配置案 (隣接周波数共用条件: kHz)
 (検討条件: D/U=-40dB と± 1.5ppm)

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

表 3-12 周波数偏差に対する r m s 補正值 (kHz)

(検討条件 : D/U=-30dB と ± 1.5ppm)

妨害波偏差 希望波偏差		QPSK	RZ SSB	4値FSK
		△0.705kHz	△0.705kHz	△0.705kHz
QPSK	△0.705kHz	1.00	1.00	1.00
RZ SSB	△0.705kHz	1.00	1.00	1.00
4値FSK	△0.705kHz	1.00	1.00	1.00

無線設備規則より、周波数安定度の r m s 補正值は以下の条件とする。ここでは、1W 超のみを対象とする。

デジタル・ナロー1W 超 $\Delta F @ UHF \cdot 6.25 = 470MHz \times 1.5ppm = 0.705kHz$

表 3-13 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz)

((実験・シミュレーション結果) + (r m s 補正值))

(検討条件 : D/U=-30dB と ± 1.5ppm)

妨害波 希望波		QPSK	RZ SSB	4値FSK
		6.25kHz	6.25kHz	6.25kHz
QPSK	6.25kHz	6.47	< 5.80	5.96
RZ SSB	6.25kHz	< 6.20	< 5.70	< 5.76
4値FSK	6.25kHz	6.03	< 5.87	5.61

表 3-14 周波数配置案 (隣接周波数共用条件 : kHz)

(検討条件 : D/U=-30dB と ± 1.5ppm)

妨害波 希望波		QPSK	RZ SSB	4値FSK
		6.25kHz	6.25kHz	6.25kHz
QPSK	6.25kHz	9.375	6.25	6.25
RZ SSB	6.25kHz	6.25	6.25	6.25
4値FSK	6.25kHz	6.25	6.25	6.25

資料4 キャリア・センス・レベルの検討

簡易無線局におけるキャリア・センス・レベルを以下のように検討した。

1 考え方

- (1) 簡易無線局のキャリア・センスでは、他の無線局から発射された通信中の電波のレベルを把握し、一定以上強い電波が受信できる場合には、送信を差し控える必要があることを前提に検討すること。
- (2) 通信中の局における希望波の電界強度レベルが、通話限界付近にあるような低いレベルの場合でも、極力干渉を受けずに通信するためには、干渉を与える可能性のある他の無線局で行うキャリア・センスのレベルは低いほどよいこと。
- (3) 一方、通信中の局にとって希望波が十分に強く、多少の干渉があっても所要C I R(希望波対干渉波電力比)が確保できて通話に支障がない場合も多く、キャリア・センス・レベルを過度に低く設定した場合には、他の局にとってチャネルが使用不可能となり、いたずらに通話の機会が失われて利便性が低下することとなること。
- (4) 従って、適当なキャリア・センス・レベルを決める必要がある。

2 測定時に考慮すべき事項

- (1) 自局がキャリア・センスを実施した時点で、送信中であった他の無線局とその通信の相手局は、必ずしも自局から等距離にあるとは限らず、また、当該局と自局とが同一の空中線電力とは限らないものである。しかし検討に当たっては、自局と同一の空中線電力を持つ送信中の局に対する与干渉を、可能な限り回避することを想定する。この場合、キャリア・センス・レベルと与干渉の最大のレベルが同等となる。
- (2) 許容される与干渉のレベルは、所要C I Rから求められるが、希望波が通話限界付近の低いレベルであることを前提にした場合には、与干渉波をさらにC I R相当分だけ低くなるようにキャリア・センス・レベルを設定することは、受信機の感度(基準感度)を下回ることになり現実的ではない。このため、キャリア・センス・レベルは基準感度を基本に検討する。
- (3) V H F / U H F 帯の陸上移動通信伝搬路では、無線局から発射された信号を受信する場合、所要の受信レベルを下回る場所が無線ゾーン内に存在する。その割合を“劣化率”として規定し、通信を確保するとの観点から、無線回線設計に反映している¹。簡易無線局のキャリア・センス・レベルを決定するに当たっても、所定のレベルが測定できないゾーン内の“場所的な割合である劣化率”を考慮して決定すべきであると考える。
- (4) 簡易無線の利用形態においては、携帯電話やコードレス電話と同じように、移動体の速度は比較的遅いと考えられる。この場合、キャリア・センス・レベルを測定するには、短区間中央値変動を表す対数正規分布と瞬時値変動を表すレイリー分布を重ね合わせた“重畳分布”を導入して、これに従う劣化率相当分を考慮するのが適当である。
- (5) 上記のモデルに従って検討した劣化率と必要なマージンの関係は図4-1ようになる。図は重畳分布を構成する対数正規分布の標準偏差 σ をパラメータに求めている。この図からゾーン周辺の所要長区間平均C N R(搬送波対雑音電力比)は、方式から決まる所要C N Rと

マージンの積として求まることを示している。

(6) 図4-1の結果を利用してキャリア・センス・レベルを算出する。基本となるキャリア・センス・レベルを定めた後、許容される劣化率に対応するマージンを図4-1から求める。そこで、実際のキャリア・センス・レベルは、当該マージン相当分だけ高いレベルに設定することになる。

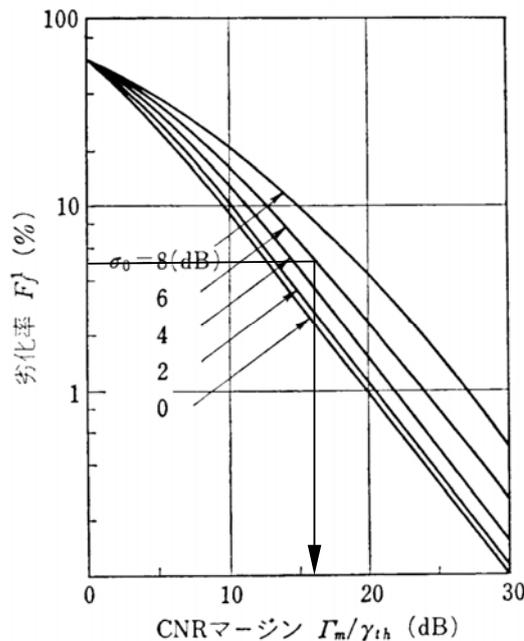


図4-1 ゾーン周辺の劣化率と所要CNRマージン

3 キャリア・センス・レベルの算出

- (1) 基本となる長区間のキャリア・センス・レベルは、基準感度である $0\text{dB}\mu\text{V}$ とする。
- (2) 重畳分布を考慮した統計的な検討では、キャリア・センス・レベルである基準感度レベルを測定する場合、特に、マージンを設けずに測定すると、図6-1から、劣化率は約60%となる。これは40%の確率(“場所率”)で基準感度レベルが測定できることを意味する。そこで、観測可能な場所率を高めるには、送信局により近い場所で測定するなど一定のマージンを確保して測定する必要がある。
- (3) 劣化率を決めた地点から送信アンテナに近づけば、受信電力が増大するのでマージンは増えることになる。この場合、劣化率は図4-1から小さくなることが分る。従って、送信アンテナから離れた地点でキャリア・センスを可能とする場所率を、運用上の利便性等の観点から定めて、マージンを求めることになる。
- (4) 基準感度のキャリア・センス・レベルが測定できる周辺の場所率を95%とする。すなわち、劣化率5%で $0\text{dB}\mu\text{V}$ が測定できるために必要なマージンを求めると、図4-1から16.3dBとなる。ここで、重畳分布を構成する対数正規分布の標準偏差は、市外地に対する典型的な値である $\sigma = 6\text{dB}$ を採用した。

(5) キャリア・センス・レベルの設定に当たり、当該マージン相当分の電波が発射されている領域においてキャリア・センスが行われることとし、他方ではキャリア・センスは長区間で一定のレベルが測定できることで動作するので、基本となる長区間のキャリア・センス・レベル $0 \text{ dB } \mu \text{ V}$ とマージン 16.3 dB を加えた $0 + 16.3 = 16.3 \text{ dB } \mu \text{ V} \doteq 7 \mu \text{ V}$ 以下とすると、上記前提において測定地点周辺の95%の場所で $0 \text{ dB } \mu \text{ V}$ が測定できることになる。

なお、このキャリア・センス・レベルは無線電話に使用される特定小電力無線におけるレベルと同一である。

エ 結論

長区間のキャリア・センス・レベルを基準感度の $0 \text{ dB } \mu \text{ V}$ とすると、考察から場所率95～96%でキャリア・センスを可能にするには、無線機入力端でキャリア・センス・レベルを $7 \mu \text{ V}$ 以下とするのが適当である。

参考文献等

i : 奥村善久、進士昌明監修「移动通信の基礎」、218～238 頁、第9章、電子情報通信学会

資料5 APC(自動送信電力制御)の必要性

既存の一般業務用無線の $\pi/4$ シフトQPSK方式等の狭帯域デジタル通信方式の無線局と今回のデジタル方式の簡易無線局との近接した周波数での共用条件を考えるにあたり、既存のシステムのように基地局を有するシステムにおいては、移動局の送信電力制御を制御することにより、次隣接チャンネル以遠を含む近傍のチャンネルの漏えい電力による干渉等を軽減する効果がある。

例えば、「公共業務用デジタル移動通信システム 研究開発報告書」(平成5年12月(財)電波システム開発センター)において、「隣接チャンネル漏えい電力の干渉モデル」に関し、「同一基地局内において、隣接キャリア(f_1 、 f_2)を使用している場合、遠端移動局(ML_1)からの受信波(f_1)を、近端移動局(ML_2)からの送信波(f_2)に付随する隣接チャンネル漏えい電力による干渉からの救済する目的」として、隣接チャンネル漏えい電力の規格値を規定し、その中で移動局の送信電力制御の概念を適用している。図5-1に自動送信電力制御のイメージを示す。

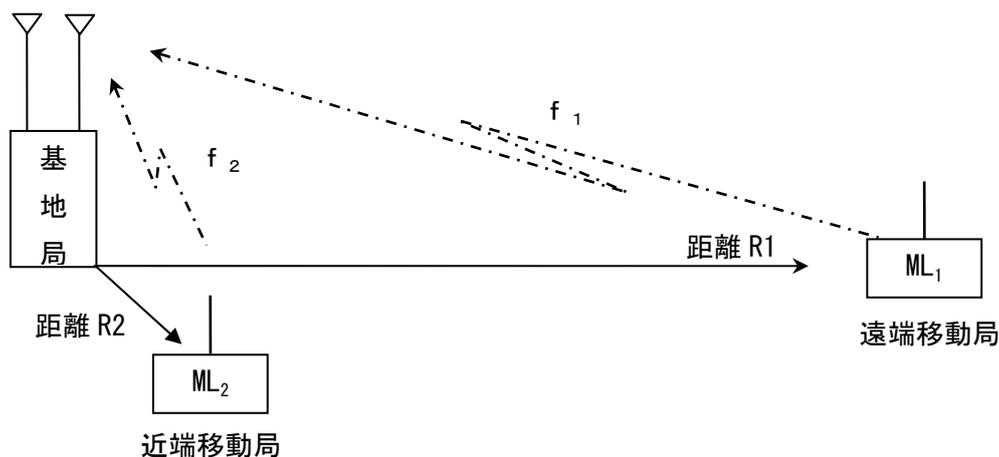
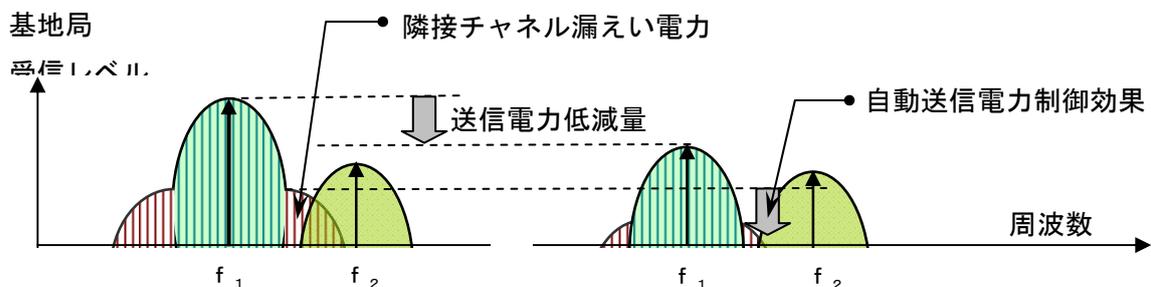


図5-1 自動送信電力制御のイメージ図

また、線形変調におけるリニア復調方式においては、近端の移動局からの高い受信入力電力による受信復調部の飽和動作を回避する上からも電力制御機能は有効である。

他方、受信機の動作ダイナミックレンジの面からも、隣接チャネル局の高い受信入力電力が印加される頻度を低減でき、隣接チャネル選択度の実質的な向上効果が期待できる。

移動局の電力出力制御については、一般に、移動局において、基地局の受信電界レベルにより自律的に行う自律送信出力制御と基地局指示による強制送信出力制御の2つの機能がある。

業務用の $\pi/4$ シフトQPSK方式においては、ARIB標準規格「STD-T61」FDMA編にて、次のとおり規定されており、例えば、集中基地局方式を用いるSCPC方式のタクシー無線についても本機能を付加することで、次隣接チャネル以遠を含む隣接チャネル干渉の影響を低減する効果を上げていることから、今後、デジタル方式が主流となることをかんがみ、このような基地・移動型のシステムについては、本機能を標準的に設けることが必要と考えられる。

加えて、データ伝送の基準局を設けることが想定されるデジタル方式の簡易無線のアプリケーション事例として、端末局については、自システムの基準局の受信入力電圧を受信・識別して、一定の送信出力制御をすることも着想できる。

また、今回導入予定の4値FSK変調方式においても同様と考えられ、一般業務用など基地・移動型システムであれば、導入することが望まれる。

ア 送信電力制御量の一例

送信電力制御量の一例として、ARIB標準規格「STD-T61」FDMA編における規定値は、次のとおりである。

(ア) 自律送信出力制御の規定例

強制送信制御が機能しない状態で、常に機能するものとし、直前の平均的受信電圧に応じた送信出力制御を行う。その制御値については、表5-1に示すとおりである。

表5-1 自律送信出力制御

受信入力電圧の範囲	送信出力(制御偏差: +2 dB、-4 dB)
35 dB μ V以上	定格出力-10 dB
45 dB μ V以上	定格出力-20 dB
55 dB μ V以上	定格出力-30 dB

(イ) 強制送信出力制御の規定例

自律送信出力制御に優先し機能するものとし、基地局からの指示により送信出力機能を行う。

制御範囲 : 定格出力に対して0 dB、-10 dB、-20 dB、-30 dBの範囲

制御ステップ : 10 dB

制御偏差 : +2 dB、-4 dB

資料6 高所／上空利用モデルの検証について

DCRを上空で使用した場合の、上空の局が地上の局へ与える影響と、地上の局が上空の局に与える影響について検討した。

1 シミュレーション条件

ア 伝搬モデルの設定

シミュレーションには検討モデルに合わせて、秦式の大都市モデル、又は自由空間伝搬の式を用いた。上空利用の一つであるスカイスポーツが開催される地域は、山間部が想定される。山間部の地形を考慮すると秦式の郊外地モデル、開放地モデルでは適さないため、大都市における損失を想定した。

イ 運用高度の条件

上空（高所）利用はスカイスポーツの他、高層ビルでの利用も想定される。

スカイスポーツはそれぞれのアイテムにより、その運用高度はまちまちであり、グライダー・マイクロライト等は地上高300～500m、パラグライダー・ハングライダーで1,000～2,000m、熱気球においては数1,000mに達することもある。

運用高度条件としては愛好者数が最も多いパラグライダー・ハングライダーのアイテムに合わせる事が妥当と考えるが、その場合、電波伝搬距離の観点から同一チャネルの共用条件を満たさないことが明白となる。

しかし実際のスカイスポーツ利用においては、例えばハングライダーなどのスクールでの地上局から上空局への操作指導など、主に離発着時に集中し、その時の高度は100m以下であることが多い。

一方、高所利用に至っては、主に高層ビルでの利用が考えられるが、航空法の規制（航空法第56条：空港より16.5kmから24kmの範囲では295mを超える建物を建てる事が原則出来ない）により、空港が近くにある国内の大都市では300mを越す高層ビルが建つ事はほとんどない。

(主な高層ビルの例) 横浜ランドマークタワー 296m
東京都庁 243m

この様な上空及び高所利用を勘案すると、秦式の適用条件である、高さの上限200[m]をシミュレーションモデルと設定することが妥当と考えられ、検討はこの条件で行なうものとする。

表6-1 シミュレーション条件

	地上局	上空局
周波数	470.0MHz	

送信出力	5W/1W	
送信アンテナ利得	2.14 dBi	
送信アンテナの高さ	地上高 30m	地上高 200m
受信アンテナ利得	2.14 dBi	
受信アンテナの高さ	地上高 1.5m	地上高 200m
給電線損失	3.5 dB	1.0 dB
アレスタ損失	0.6 dB	—
場所率マージン	3.0 dB	
複局干渉	5.0 dB	

【参考】

表6-2 シミュレーションで利用する「秦モデル」の適用条件

送信アンテナの高さ	30m~200m
受信アンテナの高さ	1m~10m
送信局・受信局の局間距離	1km~20km

以下に伝搬モデルを示す。

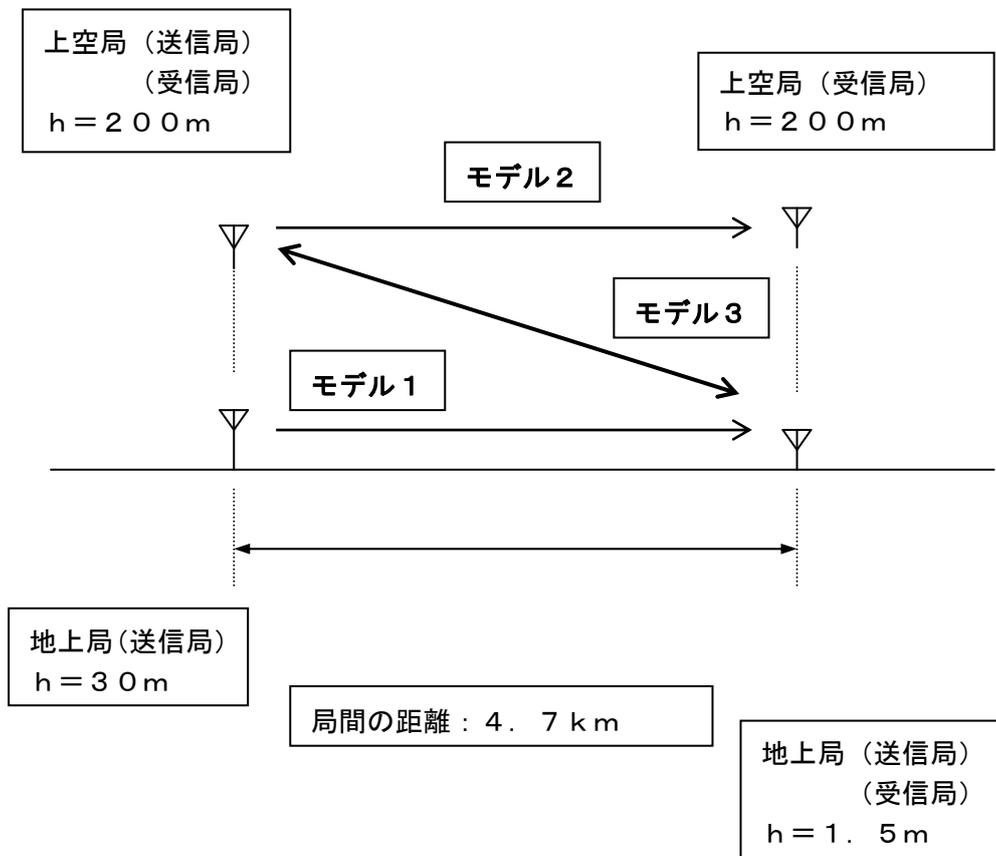


図6-1 伝搬モデル

表 6-3 地上波伝搬モデル

	周辺環境	条件	局間の距離
モデル 1	地上局同士 (秦式大都市モデル)	希望波を基準感度 (※1)で受信して いる場合。	4.7 km (※2)

表 6-4 上空波伝搬モデル

	周辺環境	条件	局間の距離
モデル 2	上空局同士 (自由空間)	地上高は 200 m	4.7 km
モデル 3	上空局 対 地上局 (秦式大都市モデル)	地上局の地上高は 1.5 m (送受信は 地上対上空の双方向)	4.7 km

※1 平成10年度電気通信技術審議会答申の諮問第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」(答申書別紙p.7(2)受信装置ア受信感度)で、無線設備の技術的条件として、チャンネル間隔6.25kHz、変調方式が4値デジタル変調の場合、基準感度は0dBμ以下とある。これに基づき基準感度を0dBμV(-113dBm)とする。

※2 局間の距離は、送信出力5W、受信機入力電力を基準感度の-113dBmとして、秦式より大都市における到達距離を算出した。

2 検討データ

ア 電波伝搬距離 (参照:別添1 ①伝搬損失, ②受信機入力電力)

(ア) 上空波出力5Wの電波伝搬距離

上空局の送信出力が5Wの時、地上波伝搬モデル1の受信電力と、上空波の受信電力が同じになる、上空波の送信点までの伝搬距離を計算する。

計算に使用した伝搬損失は別添1に、受信電力は別添1に示す。

表 6-5 上空波(出力5W)の電波伝搬距離

		上空波の伝搬距離 (km)	地上波との 比較 [倍]
モデル 2		830.4	176.7
モデル 3	h = 200 m	19.1	4.1

(イ) 上空波伝達距離低減の考察

上空波の受信電力が地上波の受信電力と等しく、且つ地上波と同じ距離(地上点間の距離)になるために、どの程度上空波出力を低減する必要があるか検討した。

地上波伝搬モデルの1と、等距離の上空波伝搬モデルであるモデル3と比較する。

表6-6 地上波の受信電力と等しくなる上空波出力

モデル	地上高	上空波出力(mW)
モデル3	h = 200m	77.1

上空局の送信出力を5Wから77.1mWに下げることによって、地上局と同程度の伝搬距離に抑えることができる。

(ウ) 上空局に求められる送信出力

上空局からの送信が地上局へ与える影響を減らすため、出力を下げるのが考えられるが、回折損失を考慮に入れると、通信確保のためマージンを確保する必要がある。

a. 回折損失の考慮 77.1mWから0.9W

回折損失 10.4dB (参照: 別添1 ③回折損失より)

h = 10 [m] の時の回折損失が10.4dBであり、その分をマージンとして確保し、上空局に求められる送信出力は1Wとなる。以降のシミュレーションは、1Wで検討する。

(エ) 出力1Wの電波伝搬距離

送信出力を1Wに低減した時、受信機入力電力が基準感度の-113dBmとなる時の電波伝搬距離を算出した。(参照: 別添1 表6-17)

表6-7 出力1Wの電波伝搬距離

地上高		基準感度となる 伝搬距離 (km)	地上波との 比較 [倍]	5W 出力との 比較 [倍]
モデル1		3.0	1.0	0.6
モデル2		371.4	123.8	0.4
モデル3	h = 200m	11.1	3.7	0.6

5W出力の時と比較して、約0.6倍の距離に縮まることがわかる。

イ 同一チャネル干渉 (送信出力 1W)

同一チャネルにおいて、2つの通信があった場合に起こる干渉について検討する。

地上局、上空局ともに1Wとして、妨害波が受信に妨害を与えなくなる距離(同一チャネル周波数共用条件の11.5dBを満たす値)を以下に示す。

(ア) 地上局同士

条件 希望波: 地上波での通信, 妨害波: 同一チャネルでの地上波通信

表 6-8 地上局同士での干渉を与えない距離

		距離 (km)	希望波との比較 [倍]
モデル 1	大都市	3.0 km	6.3
			2.1

(イ) 上空局同士

条件 希望波：上空波での通信， 妨害波：同一チャンネルでの上空波通信

表 6-9 上空局同士で干渉を与えない距離

		距離 (km)	希望波との比較 [倍]
モデル 2	自由空間	3.0 km	10.0
			3.3

(ウ) 上空局 対 地上局

条件 希望波：地上波での通信， 妨害波：同一チャンネルでの上空波通信

表 6-10 上空局が地上局に干渉を与えない距離

地上高		距離 (km)	希望波との比較 [倍]
モデル 3	$h = 200$ [m]	27.1	9.0

地上局同士では約 2 倍、上空局同士では約 3 倍離せば同一チャンネルの干渉を避けることができる。それに対して、上空局が地上局に対して与える影響を考えると、9.0 倍離さないと同チャンネル干渉を避けることができない。これは、上空局は地上局と同じ距離では共用条件を満たさないことを表している。

また、影響を受けるのは地上局だけでなく、地上局の送信が上空局にも同様の影響を与える。

ウ 隣接チャンネル干渉 (送信出力 1W)

隣接するチャンネルで行われている通信に対して、干渉を与える影響を考える。簡易無線では、設備規則第 54 条に従い、隣接チャンネル漏えい電力の比は 45 dB であることから $D/U = 30$ dB となる。一方、業務用無線では、設備規則第 57 条に従い、隣接チャンネル漏えい電力の比は 55 dB であり、 $D/U = 40$ dB となる。ここでは、 $D/U = 30$ dB となる場合と、 $D/U = 40$ dB となる場合の両方について検証する。妨害波を近づける事の出来る距離を以下に示す。(参照：別添 1 ④ D/U の計算式)

(ア) 地上局同士

条件 希望波：地上波での通信， 妨害波：隣接するチャンネルでの地上波通信

表 6-11 地上局同士で隣接チャネル干渉しない距離

		D/U=30dB	D/U=40dB
		距離 (km)	距離 (km)
大都市	3.0 km	0.4	0.2

(イ) 上空局同士

条件 希望波：上空波での通信， 妨害波：隣接チャネルでの上空波通信

表 6-12 上空局同士で隣接チャネル干渉しない距離

		D/U=30dB	D/U=40dB
		距離 (km)	距離 (km)
自由空間	上空間距離 3.0 km	0.1	0.1

(ウ) 上空局 対 地上局

条件 希望波：地上波での通信， 妨害波：隣接チャネルでの上空波通信

表 6-13 上空局が地上局の隣接チャネルに干渉しない距離

地上高		D/U=30dB	D/U=40dB
		距離 (km)	距離 (km)
大都市	h = 200 [m]	1.1	0.5

妨害を与える送信局と希望局の受信局の距離は、2局間の距離が3.0 kmに対して上空から送信した妨害波が地上の受信局に与える場合が1.1 kmとなる。

(D/U=30 dBの場合)

しかし、希望する通信の2局間の距離よりも短いため、妨害を与える影響は同一チャネル干渉と比較しても少ないといえる。

エ フェージング

通常、地上波伝搬で、どちらか又は両方の局が移動している場合、周辺の地形や建物などの影響により、反射、回折、散乱などを起こし、伝搬路が複数存在することになり、フェージングが発生する。

上空利用を考えた場合は、上空局の周辺には地上局に比べて障害物が少ない。そのため上空の無指向性アンテナから水平方向に放射された電波のうち、受信局への目的方向以外の電波は反射、散乱などが少ない。また、送信波の方向余弦を考えると、上空局の真下方向ほど出力が0に近づくため、地上での反射波よりも直接波が支配的になる。このような条件下では、仲上-ライスフェージングとなる。

陸上移動の場合に起こるレイリーフェージングに比べ、上空移動ではフェージングの発生す

る要因は少ないが、山岳部などでの使用においては地形の影響があるので、全くフェージングがないとも言いきれない。

そこで、フェージングの影響を回避するために出力のマーヅンをとる必要があるが前項(B.電波伝搬距離)において、回折損の影響を考へ約10dBのマーヅンを確保しているのて、このマーヅンで十分と考へる。

オ 与干渉と被干渉

同一チャネル共用条件より、上空局は地上利用に比べて、地上局への与干渉の範囲が広い。送信出力を1Wにした場合、同一チャネル共用条件を満たす距離27.1kmと、干渉を受ける地上局同士の伝搬距離3.0kmから計算すると、干渉を受けるゾーン数は、約25にも及んでしまう。しかし、現実的には上空局の利用数は、地上局に比べて少なく、この与干渉について軽減されると推測される。

次に、上空局が受ける地上局からの被干渉の範囲は、与干渉と同じく25ゾーンとなる。しかし、実際のトラフィックを考へると、上空利用を主目的としたチャネルの送信電力を1Wに低減することにより、想定されるチャネルの呼量密度は、低減すると見込まれる。更に上空利用の例として、スカイスポーツに至っては、週末など休日の利用及び山間での利用が主となることから、この被干渉については、運用上、それ程支障をきたさないと考へる。

3 考察

以上の結果より、上空からの送信電波は、広い範囲において基準感度以上の電界強度を地上に放射する。上空での通信を行なう場合には、地上局同士の通信に妨害を与えないよう、以下の方策が必要と考へられる。

- (ア) (上空局伝搬距離の低減策) 上空局送信電力の低減
- (イ) (混信回避策) キャリアセンス方式を採用
- (ウ) (与干渉、被干渉の低減策) 上空利用を主目的とした優先チャネルの設定

①伝搬損失

各モデルの伝搬損失を計算する。

表6-14 地上波伝搬モデルの伝搬損失

地上波 [秦式 大都市]

モデル		伝搬損 (中央値) (dB)	伝搬損 (平均値) (dB (※4))
モデル1	大都市	142.8	141.2

※4 秦式で求められる伝搬損は中央値であり、送信出力や受信機入力など、電力に絡んで扱う場合には以下の式により、平均値に換算する。

伝搬損の変換式 中央値 dB - 1.592 dB = 平均値 dB

表6-15 上空波伝搬モデルの伝搬損失

上空波 [自由空間]

モデル	2局間距離	伝搬損 (dB)
モデル2	4.7 km	99.3

表6-16 上空波 (対地上) 伝搬モデルの伝搬損失

上空波 [秦式 大都市]

モデル	地上高	伝搬損 (中央値) (dB)	伝搬損 (平均値) (dB)
モデル3	h = 200 m	127.7	126.1

この損失と受信機入力電力から、送信出力を逆算できる。

送信出力 = 受信機入力電力 + 伝搬損失 + その他損失 (※5) その他損失は、表6-1を参照

秦の損失 計算式

$$L(\text{損失}) = A + B \log R + C$$

$$h = 30 \text{ [m]} \quad A = 119.04, B = 35.22$$

$$h = 200 \text{ [m]} \quad A = 107.65, B = 29.83$$

A, Bは今回のシミュレーション条件より算出

Cは伝搬条件により異なり、大都市の場合は C = 0

Rは距離。単位は km。

自由空間損失の計算式

$$L(\text{損失}) = 20 \log(4\pi d / \lambda)$$

dは距離。単位は [m]。

②受信機入力電力

送信出力を5Wにした時の受信局の受信電力を以下に示す。

表6-17 地上波伝搬モデルの受信機入力電力

モデル		受信電力 [dBm]
モデル1	大都市 h = 30 [m]	-113.0 (送信出力37 dBm - 秦式大都市 伝搬損失 141.2 dB - その他損失 8.8 dB)

【参考】

表6-18 上空波伝搬モデルの受信機入力電力

モデル		受信電力 [dBm]
モデル2	2局間距離 4.7 km	-68.0 (送信出力37 dBm - 自由空間損失 99.3 dB - その他損失 5.7 dB)

表6-19 上空波伝搬モデルの受信機入力電力

モデル		受信電力 [dBm]
モデル3	大都市 h = 200 [m]	-94.8 (送信出力37 dBm - 126.1 dBm - その他損失 5.7 (B))

③回折損失

パラグライダーなどの実動を考えた場合、上空局は常に見通しのよいところにあるとは限らない。下図6-2のような山の影に隠れた場合を考慮する。

以下に一例としてモデル1の伝搬距離4.7 kmの条件で、回折損失を求める。

受信局が直接見通せない場合の損失をシミュレーションする。

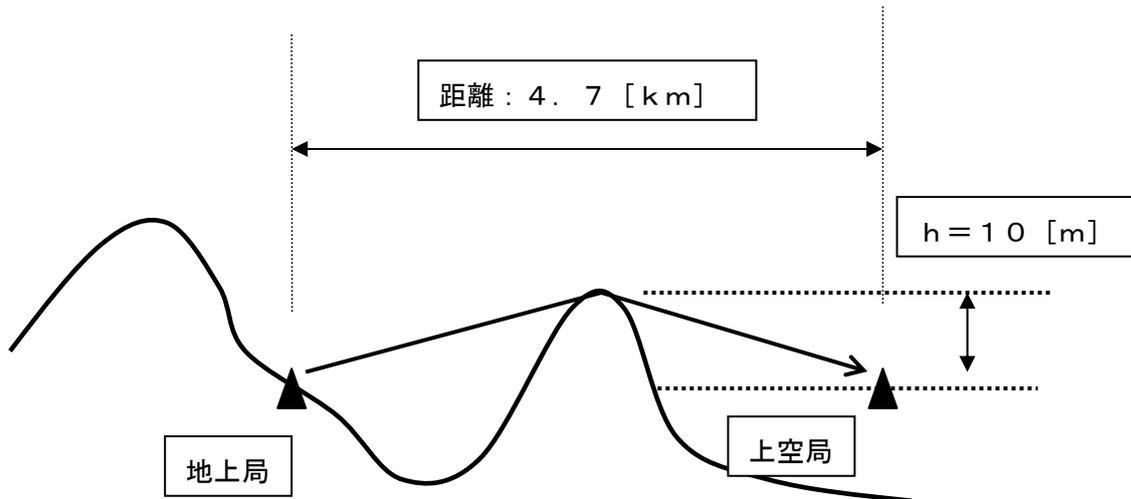


図6-2 山岳地帯の回折の例

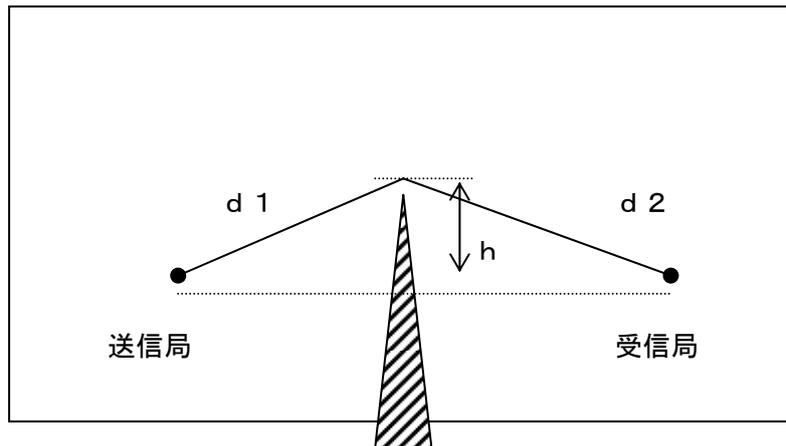


図6-3 回折損失

シミュレーションには、以下の式を用いた。

回折パラメータ (ν)

$$\nu = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$$

回折損失 $J(\nu)$

$$J(\nu) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1 \right) \text{ [dB]}$$

表 6-20 h を変化させた時の回折損失

h (m)	d 1 (km)	d 2 (km)	回折損 (dB)
1	2.35	2.35	6.5
10			10.4
20			14.1

見通し直線からわずかに外れた (h = 10m) ところで、損失は 10.4 dB、20m 外れたところであれば、14.1 dB である。回折損を受ける事により、送信出力が 77.1 mW であれば、h = 10 の時、7.0 mW に減衰、h = 20 の時、3.0 mW に減衰することと等価である。

④ D/U の計算式

D/U dB = 隣接チャネル漏えい電力の比、k (dB) + SINAD (dB) + マージン (dB) で求めることが出来る。

隣接チャネル漏えい電力の比 -45 dB の場合

$$\begin{aligned} D/U \text{ dB} &= -45 \text{ dB} + 12 \text{ dB (SINAD)} \\ &\quad + 3 \text{ dB (マージン)} \\ &= -30 \text{ dB} \end{aligned}$$

隣接チャネル漏えい電力の比 -55 dB の場合

$$\begin{aligned} D/U \text{ dB} &= -55 \text{ dB} + 12 \text{ dB (SINAD)} \\ &\quad + 3 \text{ dB (マージン)} \\ &= -40 \text{ dB} \end{aligned}$$

資料7 防護指針への影響検討

1 電波防護指針

安全な電波利用の一層の徹底を図るため、電波法施行規則に基づき、電波の強度に対する安全施設を設けることとされ、平成11年10月1日より施行されている。

ここで検討しているシステムは、関係規定上、移動する無線局に該当することから、適用除外の扱いを受けることとなるが、電波防護指針（電気通信技術審議会平成9年諮問第89号答申）の指針値に照らした適合性について検討を行った。

2 電波防護標準指針値

(1) 適用する指針値の決定

対象とする電波の発射源の位置が人体の近くか遠方かを判断する。当該距離が20cm（300MHz以上の場合は10cm）以下であれば、局所吸収指針値を適用し、その距離を超える場合は電磁界強度指針値を適用する。

(2) 対象となる環境の決定

対象となる空間の環境が、日常生活において電波にさらされる場合など、電磁環境の管理の徹底が困難な状況では、主に当該無線機器の利用者以外の者への影響として一般環境の値で検討し、業務で電波にさらされる場合など、電磁環境が管理されている状況であれば管理環境で検討することとした。このため、簡易無線局が簡易な業務として利用者の意志のもと開設されるものであることから、原則として管理環境を適用することとし、基地局型に限っては、一般環境により検討することとし、前提となる運用環境は、空中線電力5W、通信時の受信、送信比率を1：1として検討した。

なお、管理環境の適用にあたっては、電波防護指針のとおり、免許等を受ける者等は、使用者に対して、電波防護に関する知識・情報の普及・啓発することを引き続き努められることが望まれる。

(3) 安全性の判断

電波の発射源と対象とする空間との距離が20cm（300MHz以上の場合は10cm）を超える場合において、電磁界強度指針値を満たさない場合は、補助規格を適用して安全性を判断する。

なお、検討にあたって、移動局型の主な形態である携帯型無線機端末の空中線はホイップ・アンテナ等を使用し、電波の発射源の位置と人体の距離が20cm（300MHz以上の場合は10cm）以下である可能性が多く、局所吸収指針値を適用する。基地局型無線機端末の空中線はそれ以上の距離があるため、電磁界強度指針値とした。

3 携帯型無線機のモデル検討

(1) 当該無線設備の150MHz帯の携帯型無線機の諸元

平成17（2005）年5月発行の電子情報通信学会論文誌 Vol. J85-B No. 5に、論文「全身等価楕円柱ファントムを用いた150MHz帯ヘリカルアンテナの局所SA

Rと放射特性に関する検討」によると、送信出力5Wの無線端末の局所SARは、インピーダンスが整合された理想的な状態でも局所SARは5W/kg以下、また、実環境下においては、インピーダンスの整合性を取ることが困難な状況であるため、不整合時の局所SARは距離によらず、1.2W/kg以下となると報告されている。

以上のことを踏まえると、人体に一番近接に利用される携帯型無線機端末については、電波防護指針で求めている150MHz帯の局所SAR指針値10W/kg以下となると判断される。

(2) 当該無線設備の400MHz帯の携帯型無線機の諸元

400MHzについては、今回検討中の無線機と同様な仕様である無線機について想定を行い、その結果が、アメリカのFCC (Federal Communications Commission) において、表7-1のとおり公表されている。(測定の詳細は別添参照。)

表7-1 400MHz帯 (AFJ289401の無線機端末) の局所SARの測定結果

	試験条件 (無線機の付属品)	周波数 [MHz]	局所 SAR [W/kg]	備考
01		400.05		頭の近くで送信
02	バッテリーパックのみ	435.05	3.86	Push-to-Talk で
03		469.95		使用
04	バッテリーパック	400.05	2.77	体(腰)に装着
05	ヘルムクリップ	435.05	5.71	スピーカーマイク
06	スピーカーマイクホン	469.95	4.96	ホンを使用
07	バッテリーパック	400.05	2.37	体(腰)に装着
08	ヘルムクリップ	435.05	6.55	ヘッドセット1を
09	ヘッドセット1+VOX/PTT	469.95	5.33	使用
10	バッテリーパック	400.05	2.18	体(腰)に装着
11	ヘルムクリップ	435.05	6.79	ヘッドセット2を
12	ヘッドセット2+VOX/PTT	469.95	5.11	使用
13	バッテリーパック	400.05	2.35	体(腰)に装着
14	ヘルムクリップ	435.05	5.67	ヘッドセット3を
15	ヘッドセット3+VOX/PTT	469.95	5.37	使用
16	バッテリーパック	400.05	2.25	体(腰)に装着
17	ヘルムクリップ	435.05	5.90	ヘッドセット4を
18	ヘッドセット4+VOX/PTT	469.95	5.26	使用

(測定した無線機の仕様)

製品名：400MHz 携帯型 無線機端末	モデル名：IC-F4061T
周波数範囲：400～470MHz	空中線電力：5W
空中線：1/4λヘリカルアンテナ	空中線利得：-3.0dBi
変調方式：FM	

この結果のとおり、400MHz帯の局所SAR (MAX SAR) は、6.79W/kg以下であり、我が国の基準値である10W/kgを満足する。

なお、FCCの基準値は、FCC OET Bulletin 65 (SUPPLEMENT C Edition 01-01) の規定において、任意の組織1g平均値で規定されているが、一般に1g平均値は10g平均値より高くなることから、我が国の基準値である10W/kg (10g平均値) を満足すると判断できる。

また、一例であり、個々の無線機の形状等によって差がある可能性があるが、大きく異なることはないものと考えられる。

4 基地局型無線機のモデル検討

(1) 当該無線設備の150MHz帯の基地局型無線機の諸元

周波数 : 150MHz帯

空中線電力 : 5W

給電線損失 : 0.8dB (5D-FBで10mと仮定)

アンテナ利得 : 10倍 (絶対利得 : 10dBi) 水平面が指向性を有するものを除く

表7-2 一般環境の算出結果

アンテナと 人体の距離 R[cm]	電界強度の 実効値 E[V/m]	磁界強度の 実効値 H[A/m]	電力密度 S[mW/cm ²]
91	27.198	0.073	0.200
92	26.902	0.072	0.196

一般環境では92cm以上離せば安全性を確保できる。

表7-3 管理環境の算出結果

アンテナと 人体の距離 R[cm]	電界強度の 実効値 E[V/m]	磁界強度の 実効値 H[A/m]	電力密度 S[mW/cm ²]
40	61.875	0.166	1.035
41	60.366	0.162	0.985

管理環境では41cm以上離せば安全性を確保できる。

(2) 当該無線設備の400MHz帯の基地局型無線機の諸元

周波数 : 468MHz帯 (現行簡易無線局の上限周波数)

空中線電力 : 5W

給電線損失 : 0.8dB (5D-FBで10mと仮定)

アンテナ利得 : 10倍 (絶対利得 : 10dBi) 水平面が指向性を有するものを除く

表7-4 一般環境の算出結果

アンテナと 人体の距離 R[cm]	電界強度の 実効値 E[V/m]	磁界強度の 実効値 H[A/m]	電力密度 S[mW/cm ²]
68	34.361	0.092	0.319
69	33.863	0.091	0.310

一般環境では69cm以上離せば安全性を確保できる。

表 7-5 管理環境の算出結果

アンテナと 人体の距離 R[cm]	電界強度の 実効値 E[V/m]	磁界強度の 実効値 H[A/m]	電力密度 S[mW/cm ²]
30	77.885	0.209	1.639
31	75.373	0.202	1.535

管理環境では31cm以上離せば安全性を確保できる。

(3) 結論

基地局型無線端末については、現行の簡易無線の無線設備規則に「水平面が指向性を有するものを除く」とあるので、上限として10dB_iを仮定し、また地上高を10mとして検討を行った。

基地局型については、遠距離まで業務エリアを確保するため数m以上のポール（空中線柱）に設置するような屋外型アンテナなどのアンテナであり、一般環境を前提に検討する必要があるが、通常、空中線から人体までの距離は92cmより近づくことはないので問題はないと考えられる。

表 7-6 基地局型

	150MHz帯	400MHz帯
一般環境	92cm	69cm
管理環境	41cm	31cm

ENGINEERING TEST REPORT



UHF TRANSCEIVER Model No.: IC-F4061T

Tested For

ICOM Incorporated
2380 116 Avenue North East
USA

In Accordance With

SAR (Specific Absorption Rate) Requirements
using guidelines established in IEEE C95.1-1991,
FCC OET Bulletin 65 (Supplement C),
Industry Canada RSS-102(Issue 2) and
ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure)
Amendment Standard 2000 (No. 1)

UltraTech's File No.: ICOM-126-SAR

<p>This Test report is Issued under the Authority of Tri M. Luu, Professional Engineer, Vice President of Engineering UltraTech Group of Labs</p> 	
<p>Date: May 08, 2006</p>	
<p>Report Prepared by: JaeWook Choi</p>	<p>Tested by: Carolyn Luu</p>
<p>Issued Date: May 08, 2006</p>	<p>Test Dates: April 19, 2006 ~ April 20, 2006</p>

The results in this Test Report apply only to the sample(s) tested, which has been randomly selected.



3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada, L6H 6G4
Telephone (905) 829-1570 Facsimile (905) 829-8050
Website: www.ultratech-labs.com Email: vic@ultratech-labs.com

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 1

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

TABLE OF CONTENTS

EXHIBIT 1. INTRODUCTION	5
1.1. SCOPE	5
1.2. REFERENCES.....	5
EXHIBIT 2. PERFORMANCE ASSESSMENT	6
2.1. CLIENT AND MANUFACTURER INFORMATION	6
2.2. DEVICE UNDER TEST (D.U.T.) DESCRIPTION.....	6
2.3. LIST OF D.U.T.'S ACCESSORIES:.....	7
2.4. SPECIAL CHANGES ON THE D.U.T.'S HARDWARE/SOFTWARE FOR TESTING PURPOSES	7
2.5. ANCILLARY EQUIPMENT	7
2.6. GENERAL TEST CONFIGURATIONS	7
2.6.1. <i>Equipment Configuration</i>	7
2.6.2. <i>Exercising Equipment</i>	7
2.7. SPECIFIC OPERATING CONDITIONS.....	7
2.8. BLOCK DIAGRAM OF TEST SETUP	8
EXHIBIT 3. SUMMARY OF TEST RESULTS	9
3.1. LOCATION OF TESTS	9
3.2. APPLICABILITY & SUMMARY OF SAR RESULTS.....	9
EXHIBIT 4. MEASUREMENTS, EXAMINATIONS & TEST DATA	10
4.1. TEST SETUP	10
4.2. PHOTOGRAPH OF D.U.T	11
4.3. PHOTOGRAPHS OF D.U.T. POSITION	14
4.3.1. <i>Head Front Configuration</i>	14
4.3.1.1. Push-To-Talk; Front-side in parallel to the phantom with the spacing of 25 mm	14
4.3.2. <i>Body Configuration</i>	15
4.3.2.1. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Speaker-microphone (M/N: HM-131SC)	15
4.3.2.2. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Headset (M/N: HS-94)	16
4.3.2.3. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Headset (M/N: HS-95)	17
4.3.2.4. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Headset (M/N: HS-97)	18
4.3.2.5. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Earphone (M/N: SP-13)	19
4.4. MAXIMUM PEAK SPATIAL-AVERAGE SAR.....	20
4.4.1. <i>Maximum Peak Spatial-average SAR Data</i>	20
4.4.2. <i>Maximum Peak Spatial-Average SAR Location</i>	20
4.5. SAR MEASUREMENT DATA	21
4.5.1. <i>Head Front Configuration Result</i>	21
4.5.1.1. Push-To-Talk; Front-side in parallel to the phantom with the spacing of 25 mm	21
4.5.2. <i>Body Configuration Result</i>	21
4.5.2.1. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact.....	21
4.5.3. <i>Power Measurement</i>	22
EXHIBIT 5. SAR SYSTEM CONFIGURATION & TEST METHODOLOGY	23

ULTRATECH GROUP OF LABS

File #: ICOM-126-SAR

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

May 08, 2006

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 2

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T**FCC ID: AFJ289401**

5.1.	MEASUREMENT SYSTEM SPECIFICATIONS.....	23
5.2.	TEST PROCEDURES.....	23
5.3.	PHANTOM	23
5.4.	SIMULATED TISSUE	24
5.4.1.	Preparation	25
5.5.	MEASUREMENT OF ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF SIMULATED TISSUE.....	25
5.5.1.	Slotted Coaxial Waveguide.....	25
5.5.1.1.	Equipment set-up	25
5.5.1.2.	Measurement procedure.....	26
5.5.2.	HP Dielectric Strength Probe System (open-ended coaxial transmission-line probe/sensor)	26
5.5.2.1.	Equipment set-up	26
5.5.2.2.	Measurement procedure.....	27
5.6.	SYSTEM CALIBRATION	29
5.6.1.	Probe linearity.....	29
5.6.2.	Isotropy Calibration	29
5.6.2.1.	Method.....	29
5.6.2.2.	Measurement procedure.....	30
5.6.2.3.	Definition of Amplifier Settings	31
5.6.3.	Thermal Transfer Calibration	32
5.6.3.1.	Measurement procedure.....	32
5.6.3.2.	Determination of Conversion Factor (γ) in the simulated tissue	34
5.6.4.	Data Acquisition Methodology.....	35
5.6.4.1.	E-Field Measurement.....	35
5.6.4.2.	Sensitivity(ζ) of probe in the simulated tissue	36
5.6.4.3.	SAR Measurement.....	37
5.6.4.4.	Data Extrapolation and boundary effect	39
5.6.5.	Determining the Heat Capacity of Simulated Tissue.....	40
5.6.5.1.	Instruments and Materials.....	40
5.6.5.2.	Method.....	40
5.6.5.3.	Rationale.....	41
5.7.	SAR MEASUREMENT SYSTEM VERIFICATION	42
5.7.1.	Standard Source	42
5.7.2.	Standard Source Input Power Measurement.....	42
5.7.3.	System Validation Procedure	43
5.8.	POWER MEASUREMENT	44
5.9.	POSITIONING OF D.U.T.	45
5.10.	SAR MEASUREMENT UNCERTAINTY	47
5.10.1.	Measurement Uncertainty	48
5.10.1.1.	Measurement Uncertainty evaluation for handset SAR test	48
5.10.1.2.	Measurement Uncertainty for System Performance Check.....	49
EXHIBIT 6.	SAR PRESCANS.....	50
6.1.	PRESCAN CONFIGURATION	50
6.2.	EQUIPMENT PERMUTATION INVESTIGATED FOR EACH CONFIGURATION	51
6.2.1.	Body configuration.....	51
6.2.2.	Comments on non-tested configurations	51
6.3.	RECOMMENDED CAUTION STATEMENTS TO BE INCLUDED IN USERS MANUAL	52
EXHIBIT 7.	SAR MEASUREMENT	53
7.1.	HEAD FRONT CONFIGURATION	53
7.1.1.	Push-To-Talk; Front-side in parallel to the phantom with the spacing of 25 mm.....	53
7.1.1.1.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), 435.05 MHz; #02	54

ULTRATECH GROUP OF LABS

File #: ICOM-126-SAR

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

May 08, 2006

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 3

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCIVER M/N: IC-F4061T**FCC ID: AFJ289401**

7.2.	BODY CONFIGURATION.....	57
7.2.1.	<i>Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact</i>	57
7.2.1.1.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-245), Belt Clip (M/N: MB-103), Speaker-microphone (M/N: HM-131SC), 400.05 MHz; #04 58	
7.2.1.2.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-245), Belt Clip (M/N: MB-103), Speaker-microphone (M/N: HM-131SC), 435.05 MHz; #05 62	
7.2.1.3.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-245), Belt Clip (M/N: MB-103), Speaker-microphone (M/N: HM-131SC), 469.95 MHz; #06 65	
7.2.1.4.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-94), 400.05 MHz; #07	68
7.2.1.5.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-94), 435.05 MHz; #08	71
7.2.1.6.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-94), 469.95 MHz; #09	74
7.2.1.7.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-95), 400.05 MHz; #10	77
7.2.1.8.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-95), 435.05 MHz; #11	80
7.2.1.9.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-95), 469.95 MHz; #12	83
7.2.1.10.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-97), 400.05 MHz; #13	86
7.2.1.11.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-97), 435.05 MHz; #14	89
7.2.1.12.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Headset (M/N: HS-97), 469.95 MHz; #15	92
7.2.1.13.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Earphone (M/N: SP-13), 400.05 MHz; #16	95
7.2.1.14.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Earphone (M/N: SP-13), 435.05 MHz; #17	98
7.2.1.15.	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), Belt Clip (M/N: MB-94), Earphone (M/N: SP-13), 469.95 MHz; #18	101
EXHIBIT 8.	TISSUE DIELECTRIC PARAMETER CALIBRATION	104
8.1.	450 MHz BRAIN TISSUE	105
8.2.	450 MHz MUSCLE TISSUE	105
EXHIBIT 9.	SAR SYSTEM CALIBRATION	106
9.1.	GENERAL INFORMATION OF THE PROBE	106
9.2.	PROBE LINEARITY AND DYNAMIC RANGE	106
9.2.1.	<i>Diode Compression Potential</i>	106
9.2.2.	<i>Channel 1</i>	107
9.2.3.	<i>Channel 2</i>	108
9.2.4.	<i>Channel 3</i>	109
9.3.	PROBE ISOTROPY CALIBRATION.....	110
9.3.1.	<i>Calibration Setup</i>	110
9.3.2.	<i>Amplifier Settings</i>	110
9.3.2.1.	Isotropy calibration at 450 MHz	110
9.3.3.	<i>Isotropic response at 450 MHz</i>	111
9.4.	PROBE THERMAL TRANSFER CALIBRATION	112
9.4.1.	<i>Calibration Setup</i>	112
9.4.1.1.	Setup for 450 MHz	112
9.4.2.	<i>Simulated Tissue</i>	113
9.4.2.1.	Brain Tissue at 450 MHz	113
9.4.2.2.	Muscle Tissue at 450 MHz	113
9.4.3.	<i>Conversion Factor</i>	114
9.4.3.1.	Thermal transfer calibration at 450 MHz for simulated brain tissue	114
9.4.3.2.	Thermal transfer calibration at 450 MHz for simulated muscle tissue	116
EXHIBIT 10.	SAR SYSTEM VERIFICATION USING DIPOLE REFERENCE	118
10.1.	VERIFICATION SETUP	118
10.1.1.	<i>At 450 MHz</i>	118
10.2.	SIMULATED TISSUE	119
10.2.1.	<i>Brain tissue at 450 MHz</i>	119

ULTRATECH GROUP OF LABS

File #: ICOM-126-SAR

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

May 08, 2006

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

10.3. VERIFICATION RESULT..... 120

 10.3.1.1. Reference SAR values at 450 MHz..... 120

 10.3.1.2. Verification at 450 MHz..... 120

EXHIBIT 11. SAR CALCULATION SUMMARY..... 124

11.1. TERMINOLOGY..... 124

 11.1.1. Sensor factor(η_{pd} and η_{E2}) in the air ($Z_0 = 377[\Omega]$)..... 124

 11.1.2. Amplifier settings(AS_i) and probe output..... 124

 11.1.3. Conversion factor (γ) in the simulated tissue 125

 11.1.4. Conversion factor (γ) Calculation..... 125

 11.1.5. Sensitivity (ζ) in the simulated tissue 125

 11.1.6. SAR calculation..... 125

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 5

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

EXHIBIT 1. INTRODUCTION**1.1. SCOPE**

Reference:	SAR (Specific Absorption Rate) Requirements IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C Edition 01-01) Industry Canada RSS-102 (Issue 2). ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure), Amendment Standard 2000 (No. 1)
Title	Safety Levels with respect to human exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields Guideline for Evaluating the Environmental Effects of Radio Frequency Radiation
Purpose of Test:	To verify compliance with Federal regulated SAR requirements in Canada, Chatswood NSW 2067 and the US.
Method of Measurements:	IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C Edition 01-01) and Industry Canada RSS-102 (Issue 2)
Device Category	Portable
Exposure Category	Occupational/controlled

1.2. REFERENCES

The methods and procedures used for the measurements contained in this report are details in the following reference standards:

Publications	Year	Title
IEEE Std. 1528	2003	Draft Recommended practice for determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption rate (SAR) in the Human Body Due to Wireless Communications Devices: Experimental Techniques.
Industry Canada RSS102	2005	"Evaluation Procedure for Mobile and Portable Radio Transmitters with respect to Health Canada's Safety Code 6 for Exposure of Humans to Radio Frequency Fields"
ACA	2000	ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)
NCRP Report No.86	1986	"Biological Effects and Exposure Criteria for radio Frequency Electromagnetic Fields"
FCC OET Bulletin 65	1997	"Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to radio Frequency Fields"
ANSI/IEEE C95.3	2002	"Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields - RF and Microwave"
ANSI/IEEE C95.1	1992	"Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3kHz to 300GHz"
AS/NZS 2722.1	1998	Interim Chatswood NSW 2067n/New Zealand Standard. "Radiofrequency fields, Part 1:Maximum exposure levels – 3kHz to 300GHz "

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR

May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 6

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

EXHIBIT 2. PERFORMANCE ASSESSMENT**2.1. CLIENT AND MANUFACTURER INFORMATION**

APPLICANT:	
Name:	ICOM Incorporated
Address:	1-1-32, Kamiminami, Hirano-ku Osaka Japan, 547-0003
Contact Person:	Mr. Takashi Aoki Phone #: +81 66 793 5302 Fax #: +81 66 793 0013 Email Address: export@icom.co.jp

MANUFACTURER:	
Name:	ICOM Incorporated
Address:	1-1-32, Kamiminami, Hirano-ku Osaka Japan, 547-0003
Contact Person:	Mr. Takashi Aoki Phone #: +81 66 793 5302 Fax #: +81 66 793 0013 Email Address: export@icom.co.jp

2.2. DEVICE UNDER TEST (D.U.T.) DESCRIPTION

The following is the information provided by the applicant.

Trade Name	ICOM Inc.
Type/Model Number	IC-F4061T
Type of Equipment	UHF Transceiver
Serial Number	0100001
Frequency of Operation	400 ~ 470 MHz
Rated RF Power	5 W conducted (High) 1 W conducted (Low)
Modulation Employed	FM
Antenna	ICOM Inc. ¼ wave helical antenna, red ring (M/N: FA-SC57U-1, Gain: -3.0 dBi)
Power Supply	Rechargeable Li-Ion battery pack (M/N: BP-232, 7.4 V, 2000 mAh)
Primary User Functions of D.U.T.	UHF portable transceiver for voice communication in occupation environment

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: <http://www.ultratech-labs.com>

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 7

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

2.3. LIST OF D.U.T.'S ACCESSORIES:

Li-Ion battery pack (M/N: BP-232, 7.4V 2000mAh), Swivel belt clip (M/N: MB-93), Belt-clip (M/N: MB-94), Speaker-microphone (M/N: HM-131SC), Leather belt hanger (M/N: MB-96N/96F), Headsets (Ear-piece type M/N: HS-94, Neck-arm type M/N: HS-95, Throat microphone M/N: HS-97) + PTT/VOX CASE (M/N: VS-1SC), Earphone (M/N: SP-13)

2.4. SPECIAL CHANGES ON THE D.U.T.'S HARDWARE/SOFTWARE FOR TESTING PURPOSES

N/A

2.5. ANCILLARY EQUIPMENT

N/A

2.6. GENERAL TEST CONFIGURATIONS**2.6.1. Equipment Configuration**

Power and signal distribution, grounding, interconnecting cabling and physical placement of equipment of a test system shall simulate the typical application and usage in so far as is practicable, and shall be in accordance with the relevant product specifications of the manufacturer.

The configuration that tends to maximize the D.U.T.'s emission or minimize its immunity is not usually intuitively obvious and in most instances selection will involve some trial and error testing. For example, interface cables may be moved or equipment re-orientated during initial stages of testing and the effects on the results observed.

Only configurations within the range of positions likely to occur in normal use need to be considered.

The configuration selected shall be fully detailed and documented in the test report, together with the justification for selecting that particular configuration.

2.6.2. Exercising Equipment

The exercising equipment and other auxiliary equipment shall be sufficiently decoupled from the D.U.T. so that the performance of such equipment does not significantly influence the test results.

2.7. SPECIFIC OPERATING CONDITIONS

N/A

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 8

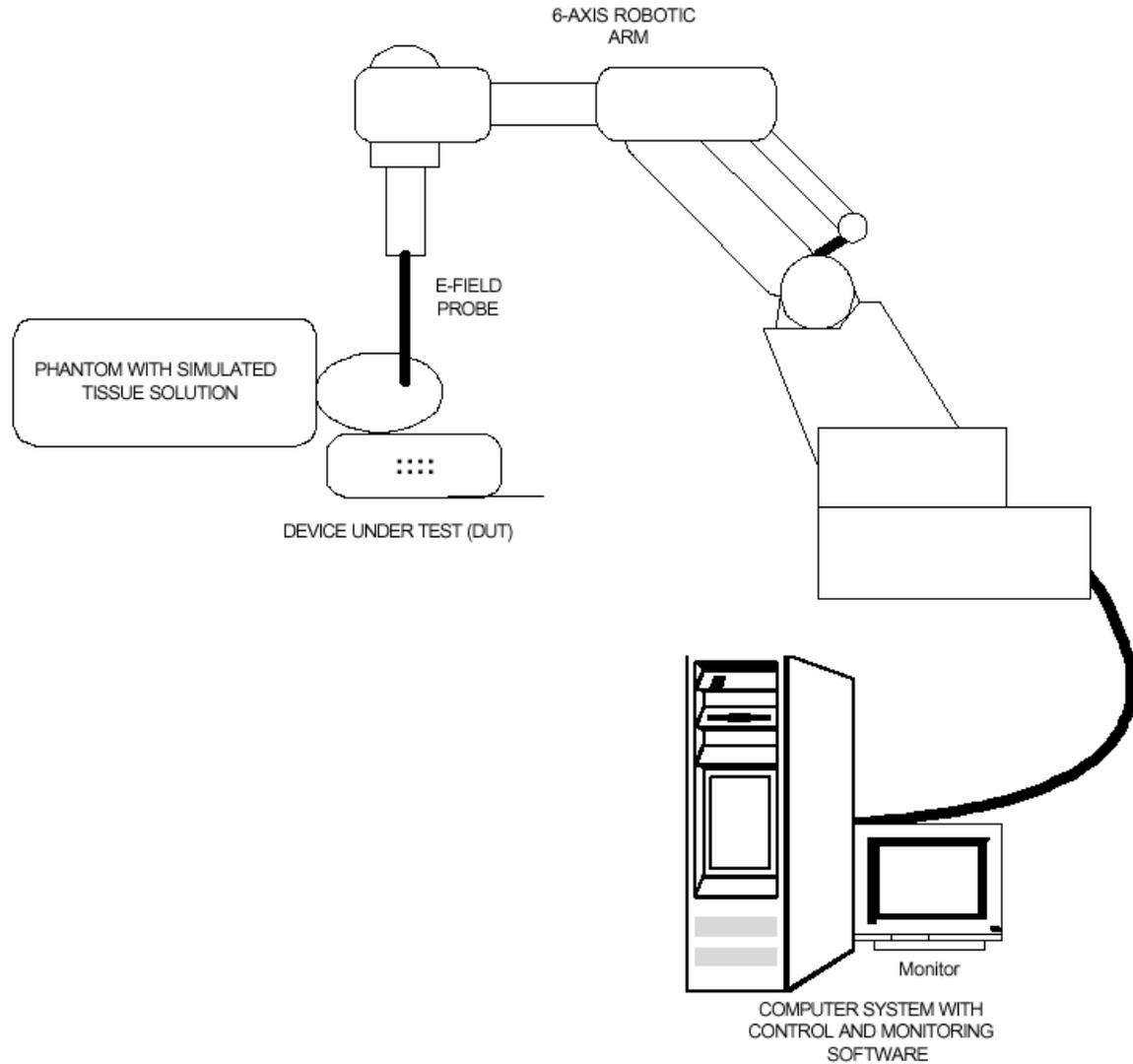
IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

2.8. BLOCK DIAGRAM OF TEST SETUP

The D.U.T. was configured as normal intended use. The following block diagram shows a representative equipment arrangement during tests:

**ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
 Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
 May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 9

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

EXHIBIT 3. SUMMARY OF TEST RESULTS**3.1. LOCATION OF TESTS**

All of the measurements described in this report were performed at UltraTech Group of Labs located at:

3000 Bristol Circle, in the city of Oakville, Province of Ontario, Canada.

All measurements were performed in UltraTech's shielded chamber, 24' x 16' x 8'.

3.2. APPLICABILITY & SUMMARY OF SAR RESULTS

The maximum peak spatial - average SAR measured was found to be 6.79 W/Kg.

Exposure Category and SAR Limits	Test Requirements	Compliance (Yes/No)
General population/Uncontrolled exposure 0.08W/kg whole body average and spatial peak SAR of 1.6W/kg , averaged over 1gram of tissue Hands, wrist, feet and ankles have a peak SAR not to exceed 4 W/kg, averaged over 10 grams of tissue.	Requirements using guidelines established in IEEE C95.1-1991 FCC OET Bulletin 65 (Supplement C Edition 01-01) Industry Canada RSS-102 (Issue 2). ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)	N/A
Occupational/Controlled Exposure 0.4W/kg whole body average and spatial peak SAR of 8W/kg , averaged over 1gram of tissue Hands, wrist, feet and ankles have a peak SAR not to exceed 20 W/kg, averaged over 10 grams of tissue.	Requirements using guidelines established in IEEE C95.1-1991 FCC OET Bulletin 65 (Supplement C Edition 01-01), Industry Canada RSS-102 (Issue 2) ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)	YES

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
 Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
 May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 10

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

EXHIBIT 4. MEASUREMENTS, EXAMINATIONS & TEST DATA**4.1. TEST SETUP**

D.U.T. Information		Condition	
Product Name	UHF TRANSCEIVER	Robot Type	6 Axis
Model Number	IC-F4061T	Scan Type	SAR – Area/Zoom/Att Vs Depth
Serial Number	0100001	Measured Field	E
Frequency Band [MHz]	400 ~ 470	Phantom Type	2 _{mm} base Flat Phantom
Frequency Tested [MHz]	400.05 (CH01) 435.05 (CH02) 469.95 (CH03)	Phantom Position	Waist, Head Front
Rated Conducted Power [W]	5 (HIGH Power Mode)	Room Temperature [°C]	21.0 ± 1
Antenna Type	ICOM ¼ wave helical antenna (M/N: FA-SC57U-1, -3.0 dBi)	Room Humidity [%]	40 ± 10
Modulation	FM	Tissue Temperature [°C]	21.0 ± 1
Worst Case Duty Cycle	100 %		
Duty Cycle Tested	50 %		
Source(or Usage)-Based Time-Average Factor	2.0		

Type of Tissue	Brain	Muscle
Test Frequency [MHz]	450	450
Measured Dielectric Constant	43.4 (-0.1 %)	58.3 (+2.9 %)
Target Dielectric Constant	43.5	56.7
Measured Conductivity [S/m]	0.87 (-0.3 %)	0.98 (+1.0 %)
Target Conductivity [S/m]	0.87	0.94
Penetration Depth (Plane Wave Excitation) [mm]	43.1	43.6
Probe Model Number	E-TR	E-TR
Probe Serial Number	UT-0200-1	UT-0200-1
Probe Orientation	Isotropic	Isotropic
Probe Offset [mm]	2.00	2.00
Probe Tip Diameter [mm]	4.00	4.00
Sensor Factor (η_{pd}) [mV/(mW/cm ²)]	10.8	10.8
Conversion Factor (γ)	4.953	4.677
Sensitivity (ζ) [W/Kg/mV]	6.132E-02	7.314E-02

ULTRATECH GROUP OF LABS3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR

May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.2. PHOTOGRAPH OF D.U.T



< D.U.T.'s front and rear view >

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401



< Li-Ion battery pack (M/N: BP-232) >

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401



< belt clips (M/N: MB-94, M/N: MB-93 & M/N: MB-96N/96F) >

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: <http://www.ultratech-labs.com>

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 14

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.3. PHOTOGRAPHS OF D.U.T. POSITION**4.3.1. Head Front Configuration****4.3.1.1. Push-To-Talk; Front-side in parallel to the phantom with the spacing of 25 mm****ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR

May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 15

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.3.2. Body Configuration**4.3.2.1. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Speaker-microphone (M/N: HM-131SC)****ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR

May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 16

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.3.2.2. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Headset (M/N: HS-94)**ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 17

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.3.2.3. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Headset (M/N: HS-95)**ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR

May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 18

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.3.2.4. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Headset (M/N: HS-97)**ULTRATECH GROUP OF LABS**3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.comFile #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 19

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.3.2.5. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact, Belt-clip (M/N: MB-94) and Earphone (M/N: SP-13)**ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: <http://www.ultratech-labs.com>

File #: ICOM-126-SAR

May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 20

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

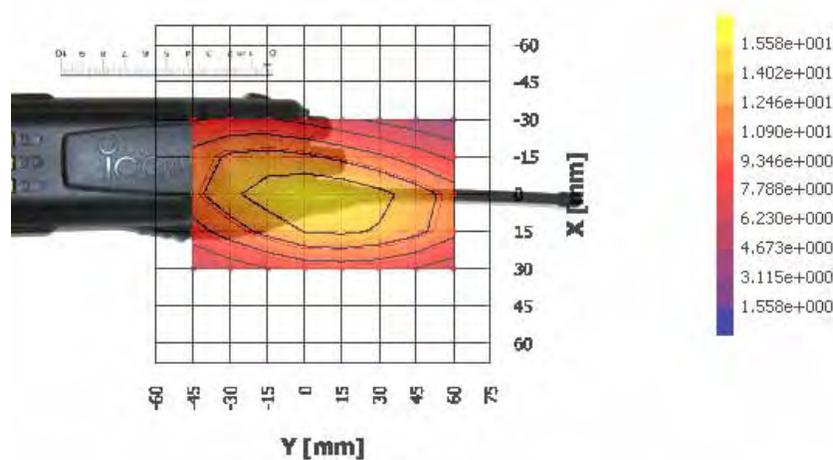
FCC ID: AFJ289401

4.4. MAXIMUM PEAK SPATIAL-AVERAGE SAR**4.4.1. Maximum Peak Spatial-average SAR Data**

#	Configuration	Device Test Positions	Antenna Position	Freq. [MHz]	Channel	MAX. SAR [W/Kg]
*	Occupational/Controlled Exposure Category Limit					8.0
11	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232) Belt clip (M/N: MB-94) Headset (M/N: HS-95) + VOX/PTT Case (M/N: VS-1SC)	Body-worn	FIX	435.05	02	6.79

4.4.2. Maximum Peak Spatial-Average SAR Location

Complete area Prescans was conducted to determine the location of the highest SAR and the device was repositioned to allow the identified hot-spots to be orientated with as large an area around the hot-spots to come into contact with the phantom surface. This procedure ensured that the maximum SAR readings would be obtained from the hot-spot areas identified. Unless otherwise specified, the reference point (0, 0) in the plots was set to the point at the base of antenna in the projected image of D.U.T. to the phantom surface.

**ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 21

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

4.5. SAR MEASUREMENT DATA**4.5.1. Head Front Configuration Result****4.5.1.1. Push-To-Talk; Front-side in parallel to the phantom with the spacing of 25 mm**

#	Configuration	Antenna Position	Frequency [MHz]	Channel	SAR _{local} Before [W/Kg]	SAR _{local} After [W/Kg]	MAX SAR _{1g} [W/Kg]
*	Occupational/Controlled Exposure Category Limit						8.0
01	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232)	FIX	400.05	01			-
02		FIX	435.05	02	6.88	6.54	3.86
03		FIX	469.95	03			-

4.5.2. Body Configuration Result**4.5.2.1. Body-worn; Back-side in parallel to the phantom and the belt clip in contact**

#	Configuration	Antenna Position	Frequency [MHz]	Channel	SAR _{local} Before [W/Kg]	SAR _{local} After [W/Kg]	MAX SAR _{1g} [W/Kg]
*	Occupational/Controlled Exposure Category Limit						8.0
04	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232)	FIX	400.05	01	2.59	2.46	2.27
05	Belt clip (M/N: MB-94) Speaker-Microphone (M/N: HM-131SC)	FIX	435.05	02	7.59	7.21	5.71
06		FIX	469.95	03	7.62	7.23	4.69
07	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232)	FIX	400.05	01	3.11	2.95	2.37
08	Belt clip (M/N: MB-94)	FIX	435.05	02	6.60	6.27	6.65
09	Headset (M/N: HS-94) + VOX/PTT Case (M/N: VS-1SC)	FIX	469.95	03	6.71	6.37	5.33
10	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232)	FIX	400.05	01	2.25	2.14	2.18
11	Belt clip (M/N: MB-94) Headset (M/N: HS-95) + VOX/PTT Case (M/N: VS-1SC)	FIX	435.05	02	9.39	8.92	6.79
12		FIX	469.95	03	5.05	4.79	5.11
13	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232)	FIX	400.05	01	2.72	2.58	2.35
14	Belt clip (M/N: MB-94)	FIX	435.05	02	7.46	7.08	5.67
15	Headset (M/N: HS-97) + VOX/PTT Case (M/N: VS-1SC)	FIX	469.95	03	6.19	5.88	5.37
16	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232)	FIX	400.05	01	2.50	2.37	2.25
17	Belt clip (M/N: MB-94)	FIX	435.05	02	8.00	7.60	5.90
18	Earphone (M/N: SP-13) + VOX/PTT Case (M/N: VS-1SC)	FIX	469.95	03	6.19	5.88	5.26

ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR

May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

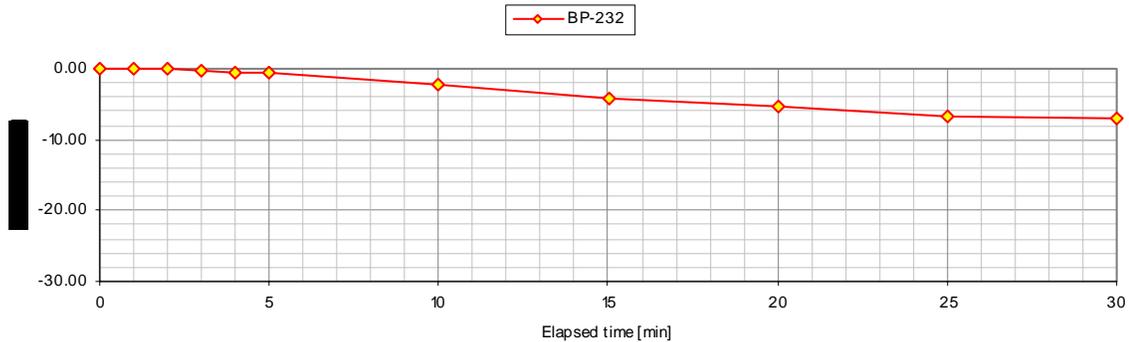
FCC ID: AFJ289401

4.5.3. Power Measurement

Channel	Frequency [MHz]	Measured conducted power [dBm]	Rated Power [dBm]
01	400.05	36.43	37
02	435.05	36.57	37
03	469.95	36.59	37

The local SAR was measured at the arbitrary location in the vicinity of the antenna fed point in the simulated tissue at 435.05 MHz during the period of 30 minute for rechargeable Li-Ion battery pack (M/N: BP-232).

The power (SAR) drift after 30 minutes of the continuous exposure at the maximum power level were found to be -6.95 %.



ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 53

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

EXHIBIT 7. SAR MEASUREMENT**7.1. HEAD FRONT CONFIGURATION****7.1.1. Push-To-Talk; Front-side in parallel to the phantom with the spacing of 25 mm ***

#	Configuration	Antenna Position	Frequency [MHz]	Channel	SAR _{local} Before [W/Kg]	SAR _{local} After [W/Kg]	MAX SAR _{1g} [W/Kg]
*	Occupational/Controlled Exposure Category Limit						8.0
01	Li-Ion battery pack (M/N: BP-232)	FIX	400.05	01			-
02		FIX	435.05	02	6.88	6.54	3.86
03		FIX	469.95	03			-

* If the SAR measured at the middle channel for each test configuration is at least 3.0 dB lower than the SAR limit, testing at the high and low channels is optional for such test configuration(s).

ULTRATECH GROUP OF LABS

File #: ICOM-126-SAR

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4

May 08, 2006

Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 54

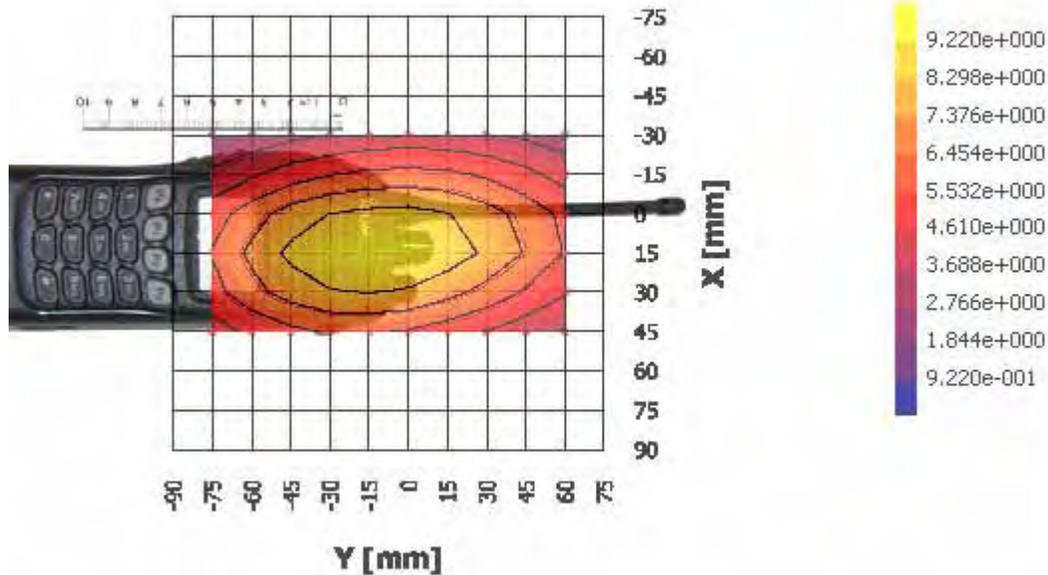
IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

7.1.1.1. Li-Ion battery pack (M/N: BP-232), 435.05 MHz; #02

Test date [MM/DD/YYYY]	04/19/2006
Test by	Carolyn Luu
Room temperature [°C]	21
Room humidity [%]	40
Simulated tissue temperature [°C]	21
Separation distance, d [mm]	25
Test frequency [MHz]	435.05
E-field Probe	M/N: E-TR, S/N: UT-0200-1, Sensor Offset: 2.0 mm
Sensor Factor (η_{Pd}) [mV/(mW/cm ²)]	10.8
Amplifier Settings (AS ₁ , AS ₂ , AS ₃)	0.0073618169, 0.0074740269, 0.0075260965
Tissue Type	Brain
Measured conductivity [S/m]	0.87 (-0.3 %)
Measured dielectric constant	43.4 (-0.1 %)
Conversion Factor (γ)	4.953
Sensitivity (ζ) [W/Kg/mV]	6.132E-02
Source-(or Usage)-Based Time-Average Factor	2.0
Measurement Area Specification (X × Y)	135 mm × 75 mm; Resolution: 15 mm × 15 mm
Measurement Volume Specification (X × Y × Z)	5 pts × 5 pts × 7 pts, 28 mm × 28 mm × 30 mm; Resolution: 7 mm × 7 mm × 5 mm
SAR _{1g} [W/Kg]	3.86

**ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
 Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
 May 08, 2006

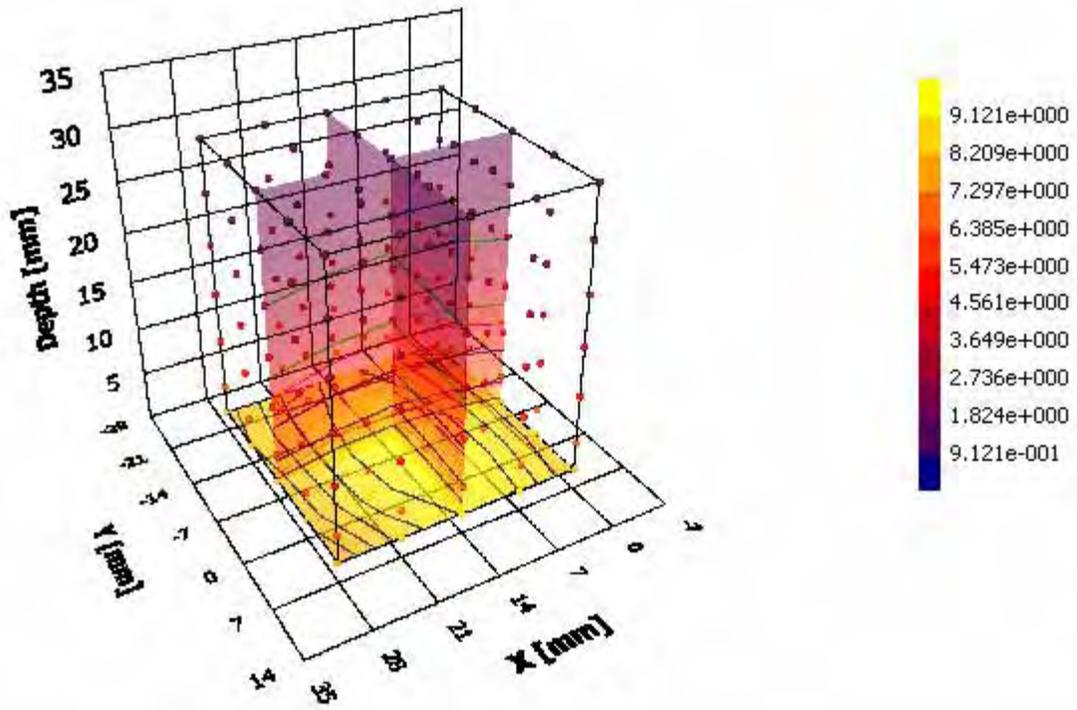
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401



ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

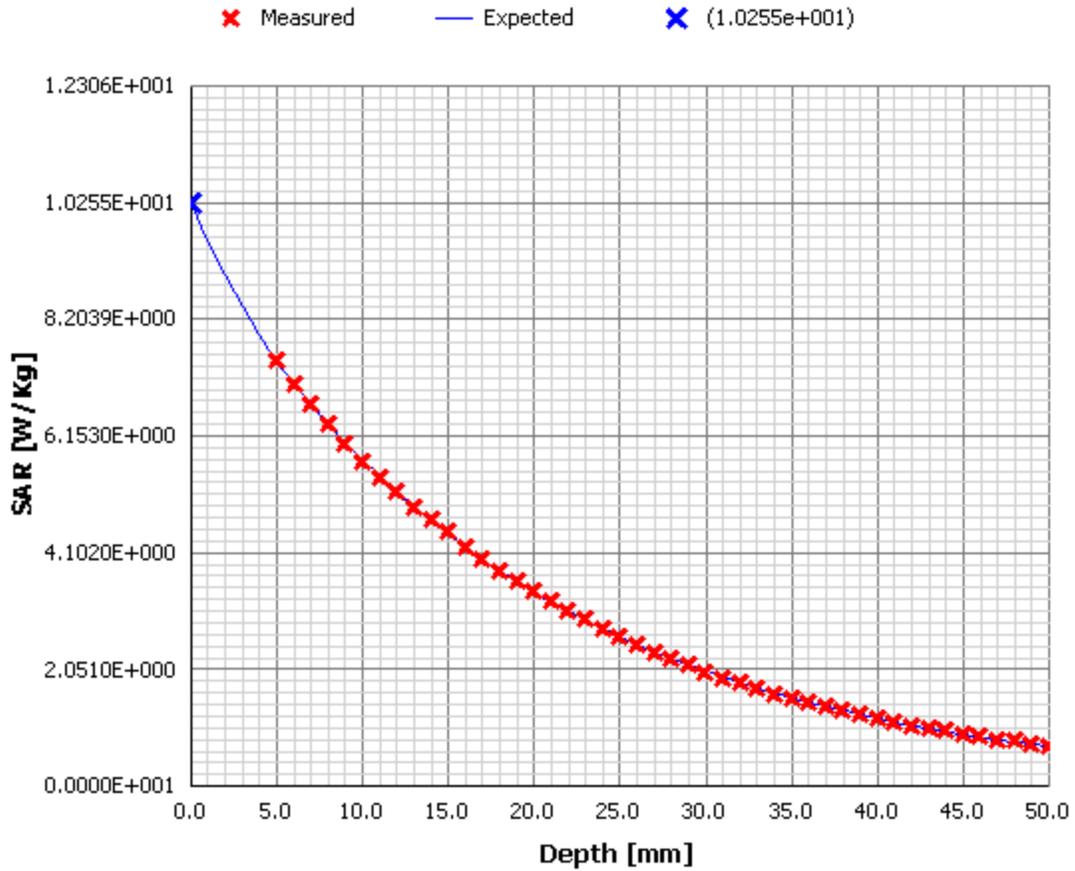
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401



ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

Page 65

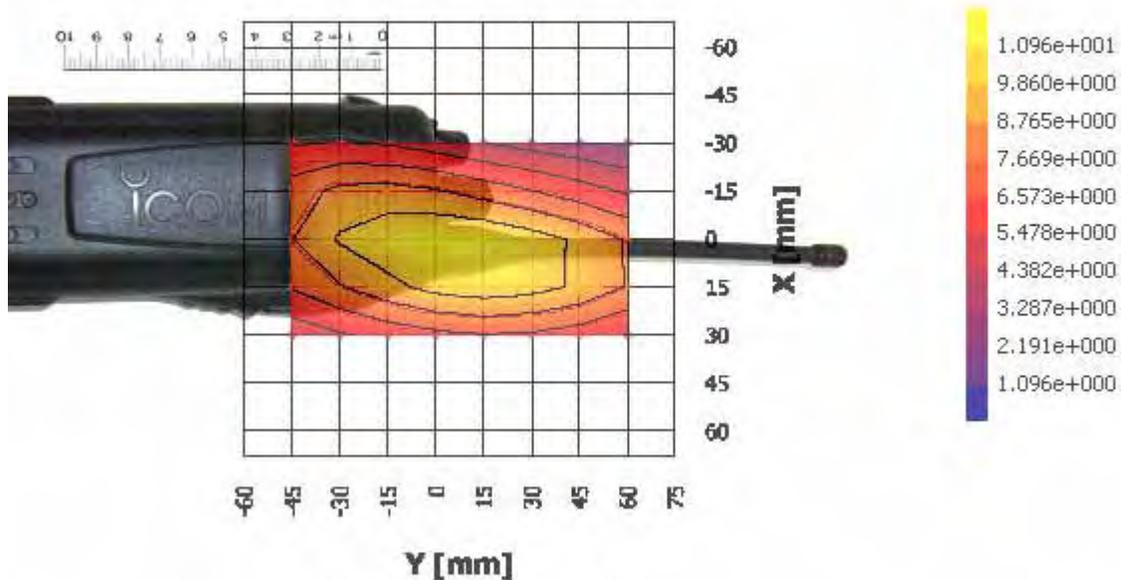
IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

7.2.1.3. Li-Ion battery pack (M/N: BP-245), Belt Clip (M/N: MB-103), Speaker-microphone (M/N: HM-131SC), 469.95 MHz; #06

Test date [MM/DD/YYYY]	04/20/2006
Test by	Carolyn Luu
Room temperature [°C]	21
Room humidity [%]	40
Simulated tissue temperature [°C]	21
Separation distance, d [mm]	0
Test frequency [MHz]	435.05
E-field Probe	M/N: E-TR, S/N: UT-0200-1, Sensor Offset: 2.0 mm
Sensor Factor (η_{Pd}) [mV/(mW/cm ²)]	10.8
Amplifier Settings (AS ₁ , AS ₂ , AS ₃)	0.0073618169, 0.0074740269, 0.0075260965
Tissue Type	Muscle
Measured conductivity [S/m]	0.98 (+1.0 %)
Measured dielectric constant	58.3 (+2.9 %)
Conversion Factor (γ)	4.677
Sensitivity (ζ) [W/Kg/mV]	7.314E-02
Source-(or Usage-)Based Time-Average Factor	2.0
Measurement Area Specification (X × Y)	105 mm × 60 mm; Resolution: 15 mm × 15 mm
Measurement Volume Specification (X × Y × Z)	5 pts × 5 pts × 7 pts, 28 mm × 28 mm × 30 mm; Resolution: 7 mm × 7 mm × 5 mm
SAR _{1g} [W/Kg]	4.69

**ULTRATECH GROUP OF LABS**

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
 Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
 May 08, 2006

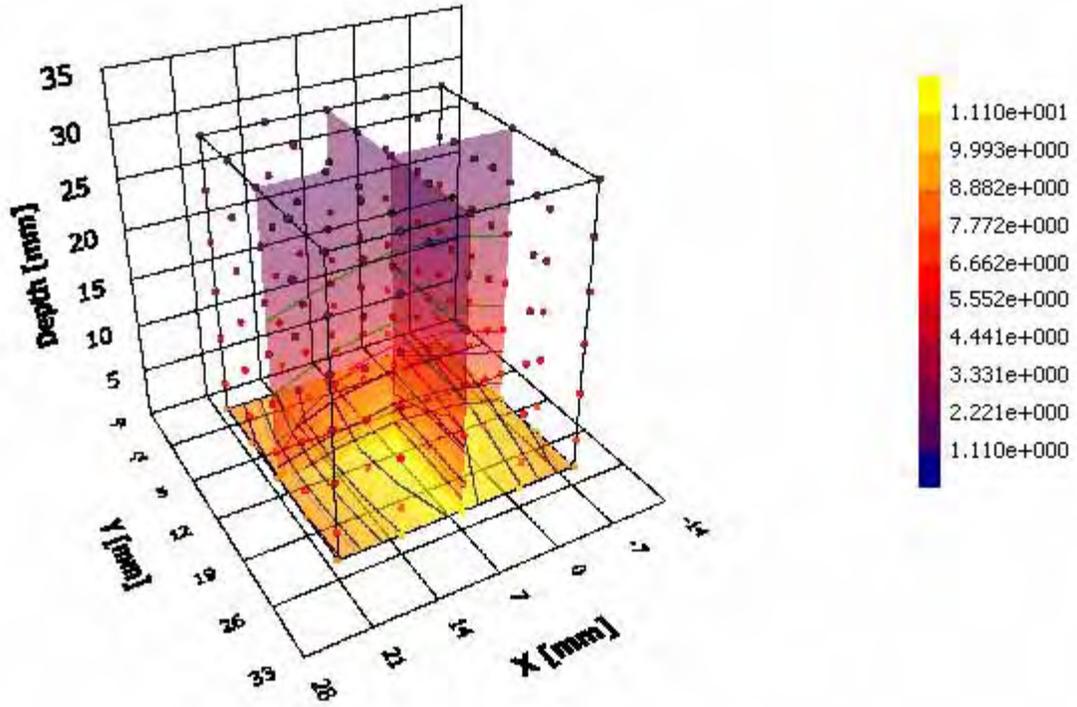
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401



ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

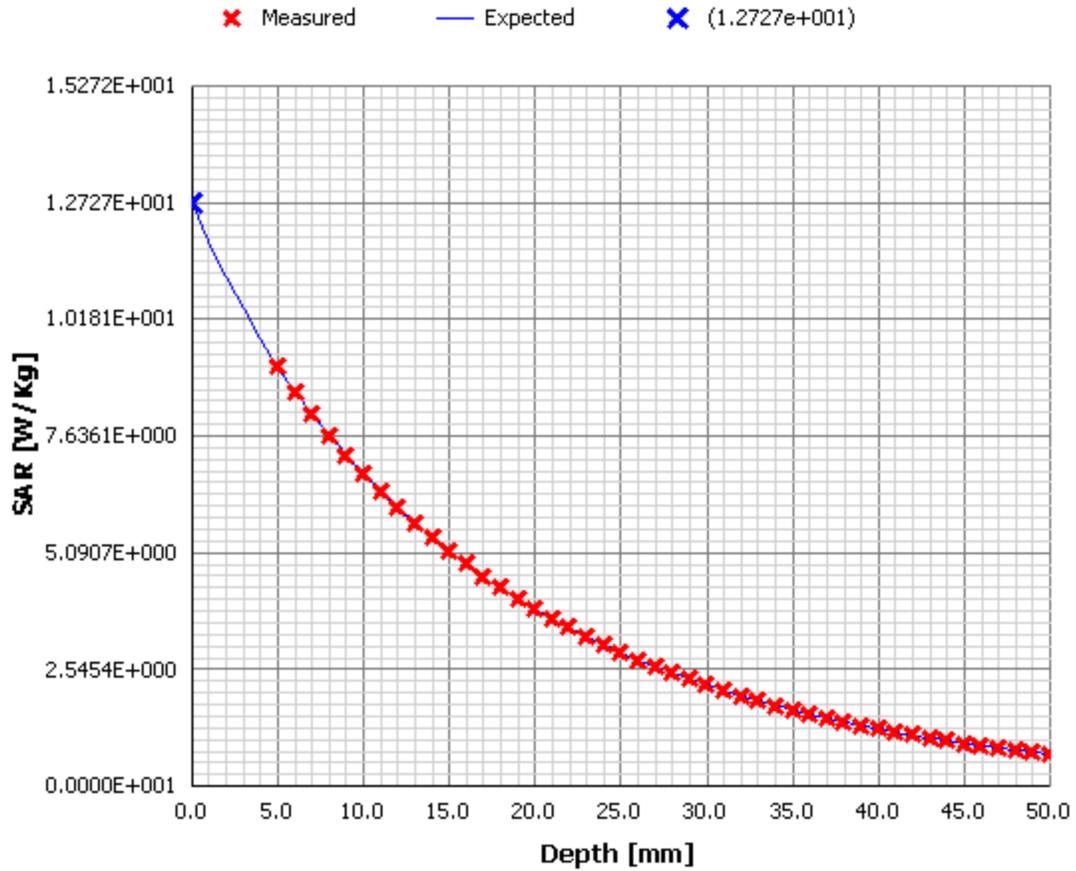
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401



ULTRATECH GROUP OF LABS

3000 Bristol Circle, Oakville, Ontario, Canada L6H 6G4
Tel. #: 905-829-1570, Fax. #: 905-829-8050, Email: vic@ultratech-labs.com, Website: http://www.ultratech-labs.com

File #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST)

資料8 必要チャネル数の考察

1 デジタル簡易無線システムにおける無線チャネル数算出について

一般に陸上移動通信の使用形態には、(a) 移動機相互の通信、(b) 一つの基地局と移動機間の通信、(c) 複数の基地局の中から最寄の基地局を選択して通信するものの3通りが考えられるとされている。

このうち、(c)を実現するために必要な機材規模が大きいため簡易無線の範疇から逸脱する。また、(a)では双方の移動機のアンテナ高が低いため、電波が遠距離まで到達しない。このため、必要な無線チャネル数の算出に与える影響は少ない。そこで、ここでは、(b)の「一つの基地局と移動機間の通信」を想定モデルとして必要な無線チャネル数の算出を行う。また、このときゾーン方式による周波数の空間的再利用を行い、所要チャネル数の低減を図る。

デジタル簡易無線の簡易業務型のチャネル数算出に当っては、首都圏にて現在運用を行っている簡易無線局の測定データを収集し、これから無線局1局あたりの呼量を算出する。一つの基地局と移動機間の通信モデルを想定し、ある一つの基地局が構成するゾーンの面積とその中に含まれる無線局を想定し、単位ゾーンあたりの呼量を算出する。これを用いてアラン損失負荷表から単位ゾーンあたりの必要チャネル数を算出する。

先に述べた、同一チャネル妨害特性（同一周波数干渉特性）の所要C/Iから、周波数の繰り返しゾーン数Nを出し、必要チャネル数を算出する。

レンタル（業務）型のチャネル数算出については、先ず簡易業務型とレンタル台数比率を基に単位ゾーンあたりの無線局数を求める。次に簡易業務型で求めた一局当りの呼量と、同一チャネル妨害特性（同一周波数干渉特性）の所要C/Iから、簡易業務型と同様の方法で、必要チャネル数を算出する。レジャー運用型についても、レンタル型と同様に算出する。

2 簡易業務型システムの無線チャネル数について

(1) 1局当りの平均呼量算出

① 既存運用の無線局データについては、神奈川県内での測定実験結果(図8-1)から、460MHz帯の簡易無線局1局当りの平均呼量を算出した。

なお、本測定は、本目的のため工場敷地内に一時的に設置した受信局にて実施したため、表8-1に示した測定諸元は簡易無線の典型的な運用モデルにおける諸元とは必ずしも一致しない。測定では受信機入力電圧が、受信キャリアセンスレベル=2μV=6dBμVを超える時間を測定した。

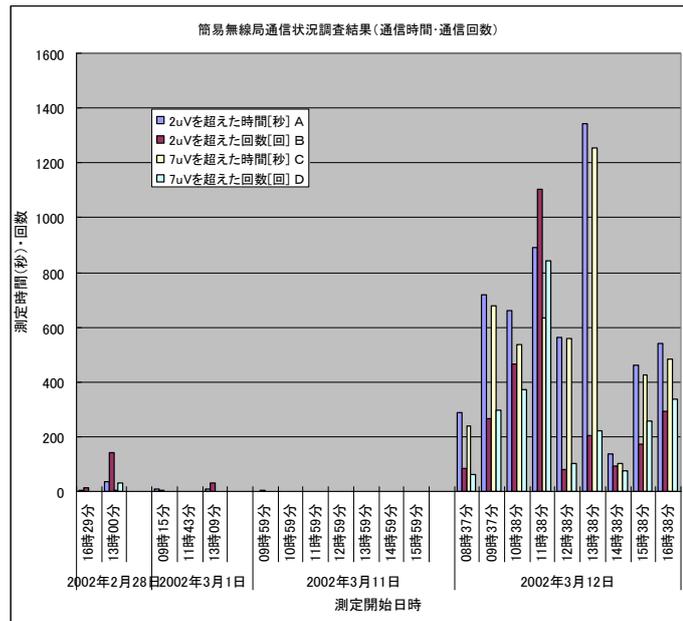


図8-1 簡易無線局の通信状況の一例（神奈川県川崎市）

表 8-1 簡易無線局の検出時間測定諸元

周波数	470MHz
移動局送信電力	5W
送信アンテナ利得	2.14dB
送信アンテナ高	1.5m
送信給電線損失	0dB
受信アンテナ利得	4.65dB
受信アンテナ高	2.5m
受信給電線損失	2.0dB
アレスタ損	0dB

② 最繁時集中率の呼量に与える影響を考慮し、1日の中で最も呼量の多い時間帯における、受信キャリアセンスレベルを超える時間（チャンネル占有時間）を抽出した。

その結果、1時間当りの時間（受信検出レベルを超える検出時間）は1.342秒である。

③ 1時間当りの呼量は $1.342 \text{ 秒} / 3600 \text{ 秒} \doteq 0.373 \text{ (erl)}$

④ ①結果から秦の式を用いて基地局から最も遠い距離にある移動局までの距離を求めると7kmとなる。

なお、秦式で求められる伝搬損中央値から、受信機入力電力の平均値への換算は、受信機入力電力の中央値 = 受信機入力電力の平均値 $\times \ln 2$ で行った。これから、本測定では面積 $\pi (7 \text{ km})^2 \doteq 154.7 \text{ km}^2$ に存在する移動局から電波が受信されたといえる。

⑤ 神奈川県7区（緑区、旭区、保土ヶ谷区、神奈川区、港北区、都筑区、青葉区）の免許局数は、3202局（2005年）面積は198.6 km^2

⑥ 従って、単位面積あたりの局数は $3202 / 198.6 \doteq 16.1 \text{ (局/km}^2\text{)}$

⑦ 測定したチャンネルにおける対象エリア内の免許局数： $16.1 \text{ (局/km}^2\text{)} \times 154.7 \text{ km}^2$ （半径7kmの面積） $\doteq 2,494 \text{ 局}$

⑧ 現在運用中の400MHz帯の全チャンネル数は35CH

⑨ 従って、測定したチャンネルにおける対象免許局数は $2,494 \div 35 \text{ CH} \doteq 71.3 \text{ (局/ch)}$

⑩ 1局当りの呼量は $0.373 \text{ (erl)} / 71.3 \text{ (局)} \doteq 0.00523 \text{ erl/局}$

(2) 繰り返しゾーンの算出

① 同一チャンネル共用条件の検討から、静特性では $C/I = 11.5 \text{ dB}$ 、レイリーフェージングに対するマージンを 4.5 dB 確保する。従って、 $C/I = (11.5 + 4.5) = 16 \text{ dB}$

② ①から所要 $CIR = \Lambda_{th} = 16 \text{ dB}$ であるので、固定劣化を含む機器マージンを考慮した所要平均 CIR である Λ_m は、固定劣化マージン $= \Lambda_m / \Lambda_{th} = 6 \text{ dB}$ を考慮すると $\Lambda_m = 22 \text{ dB}$ となる。

表 8-2 に無線チャネル数を算出するときに用いる、簡易業務型無線局の想定諸元を示す。

表 8-2 簡易業務型無線局の想定諸元

周波数	4 7 0 M H z
基地局送信電力	5 W
送信アンテナ利得	2. 1 4 d B
送信アンテナ高	2 5. 0 m
送信給電線損失	3. 5 d B
受信アンテナ利得	2. 1 4 d B
受信アンテナ高	1. 5 m
受信給電線損失	0 d B
アレスタ損	0. 6 d B

距離伝搬定数 α は、秦の式から式 (8. 1) として与えられる。これから基地局アンテナ地上高 $h_b = 25 \text{ m}$ のとき、 $\alpha = 3. 57$ が得られる。

$$\alpha = \{44.9 - 6.55 \times \log_{10}(h_b)\} / 10 \quad \dots \dots \dots (8. 1)$$

一方、所要 CIR (dB) と繰り返しゾーン数 N には、「移動通信の基礎」(電子情報通信学会) の (8. 2) 式、(8. 3) 式、(9. 15) 式から、

$$CIR = 10 \times \alpha \times \log_{10}(\sqrt{3N} - 1) \quad \dots \dots \dots (8. 2)$$

なる関係があるので、所要 CIR = 22 dB を満たす繰り返しゾーン数 N は、9 となる。

(3) 平成 22 年の 1 セル当りの想定局数算出

① ゾーンの熱雑音による劣化率 $F_{1a} = 5\%$ とすると、ゾーン周辺の劣化率 F_{1f} は 16% となる。距離伝搬係数 $\alpha = 3. 57$ 、陸上移動電波伝搬の中央値変動の標準偏差 $\sigma_0 = 6. 5 \text{ dB}$ とすると、所要 CNR マージン Γ_m / Γ_{th} は 7 dB となる。

② 表 8-2 に示した簡易業務型無線局の想定諸元から、ゾーンの半径 R を求める。基準感度が $0 \text{ dB } \mu\text{V}$ で CNR マージン Γ_m / Γ_{th} は①から 7 dB であるので、受信機入力の平均電圧が $7 \text{ dB } \mu\text{V}$ となる伝搬距離 R を秦式から求めると、 $R = 4. 9 \text{ km}$ となる。

③ 普及台数 (飽和時) 平成 22 年に 58. 9 万局 (平成 18 年 : 55. 5 万台)
表 2. 1. 2-1 と図 2. 1. 3-2 のデータから、簡易業務型システムが最大となる平成 22 年度の普及台数とし、そのうち、400MHz 帯の普及予想台数とした。

平成 22 年度時の 400MHz 帯の普及予測数を算出するため、150MHz 無線機の H18 年割合 (12. 3%) と同比率と仮定し、全簡易無線局の予想推移 (67. 2 万局) から、150MHz 帯分を除いた普及予想数 (58. 9 万局) とした。

- ④ 工業都市モデル（測定実験を行った神奈川県緑区地区を想定）における、半径4.9 kmの1ゾーンを想定する。実面積は62.1 km²（ここで実面積とは、一辺が4.9 kmの六角形の面積であって、半径4.9 kmの実面積は $(6 \times (\sqrt{3}) / 4) * 4.9^2 \doteq 62.1$ km²である）
- ⑤ 平成22年の工業都市の局数は、
 （単位局数）×（実面積）×（平成22年局数／現在の局数）
 $= 16.1 \times 62.1 \times (58.9 / 55.5) = 1063$ 局
- ⑥ 単位実面積当りの局数 $1,063 \text{局} / 62.1 \text{ km}^2 \doteq 17.1 \text{局} / \text{km}^2$

（4）総チャンネル数

- ① 1ゾーン局数： 1,063局 （(3)⑤から）
- ② 1ゾーン呼量、 $1,063 \times 0.00523 \text{ erl} \doteq 5.5 \text{ erl}$
- ③ 上記呼量から呼損率を考慮した単位ゾーン当りの所要チャンネル数は、アーランの損失式負荷表（アーランB式）から、
 呼損率20%時のチャンネル数は、 7 CH
 呼損率10%時のチャンネル数は、 8 CH
- ④ 総チャンネル数
 （繰り返しゾーンは9ゾーン）
 呼損率20%時の総チャンネル数は、63 CH
 呼損率10%時の総チャンネル数は、72 CH

3 レンタル利用型簡易無線システムの無線チャンネル数の算出

3-1 業務用のレンタル利用の場合

- (1) 1局当りの平均呼量は簡易業務型と同じく0.00523 erl／局とした。
- (2) 繰返ゾーンについては簡易業務型と同じ9繰返とした。
- (3) 1ゾーン当りの局数は13.6%とした。(8／58.8 (万局))
 1ゾーン当りの局数は $1,063 \times 0.136 \doteq 144.5$ 台
 (8 (万局)は、平成25年における業務用のレンタル利用型簡易無線局の予想局数)
- (4) 総チャンネル数
 1ゾーン呼量、 $144.5 \times 0.00523 \text{ (erl)} \doteq 0.756 \text{ erl}$

3-2 レジャー利用等のレンタル利用の場合

- (1) 1局当りの平均呼量は同じく0.00523 erlとした。
- (2) 繰返セルについては簡易業務型と同じ9繰返とした。
- (3) 1ゾーン当りの局数は簡易業務型の25.5%とした。(15／58.8 (万局))
 1ゾーン当りの局数は $1,063 \times 0.255 \doteq 270.9$ 台
- (4) ゾーンチャンネル数

1ゾーン呼量、 $270.9 \times 0.00523 \text{ erl} = 1.417 \text{ erl}$

(5) 所要チャンネル数

①業務用のレンタル利用及びレジャー利用等のレンタル利用の呼量の合計は、 $0.756 \text{ erl} + 1.417 \text{ erl} = 2.173 \text{ erl}$

②上記呼量から呼損率を考慮した単位ゾーン当りの所要チャンネル数は、アーランの損失式負荷表（アーランB式）から、

呼損率10%時のチャンネル数は、4CH

呼損率20%時のチャンネル数は、5CH

(6) 総チャンネル数（繰り返しゾーンは9ゾーン）

呼損率10%時の総チャンネル数は、36CH

呼損率20%時の総チャンネル数は、45CH

4 高所等利用型のレンタル利用の場合

(1) 簡易無線型のデータを参考に上空利用における無線チャンネルを算出する。

ア 1局当りの平均呼量は既存に同じく 0.00523 erl とした。

但し、5000台全数が同時運用することは無く、稼働率を $1/2$ （50%）とした。

イ 上空利用型は簡易業務型、レンタル型と異なりイベント毎に集中すると考えられ、全国同時開催エリアは4エリアとした。利用者は居住地から遠距離で開催されるイベントには参加せず、居住地域に隣接する平均4管区の地域で開催するイベントにしか参加しないとすると全国は31管区であるから、利用頻度は、 $1/8$ となる。但し、隣接チャンネル運用を考慮し、繰り返しは2とした。

エリア内台数 $=5000$ （台） $\div 2$ （稼働率） $\div 4$ （エリア） $\div 8 \doteq 78.1$ （台）

ウ 総チャンネル数

① 1ゾーン呼量、 $78.1 \times 0.00523 \text{ erl} \doteq 0.409 \text{ erl}$

② 上記呼量から呼損率を考慮した単位ゾーン当りの所要チャンネル数は、アーランの損失式負荷表（アーランB式）から、

呼損率10%時（アーラン表）のチャンネル数は、2CH

呼損率20%時（アーラン表）のチャンネル数は、2CH

上空利用型ではその利用がイベント会場に限られており、周波数の空間的再利用は必要ないため、上記チャンネル数が日本全国での所要チャンネル数である。

(2) 簡易業務型のデータを参考に高所利用における無線チャンネル数の算出

ア 1台当りの平均呼量は簡易業務型と同じく 0.00523 erl とした。

イ 高所利用型は簡易業務型やレンタル型とは異なり、送信アンテナ高が高い地点での利用であり、電波が遠距離まで到達するため近距離での周波数の繰り返し利用は出来ないとした。

ウ 現在の簡易無線の利用高は30mであるが、30mを超えるビルの比率を約1%と想定

し、エリア内での稼働は、レンタル利用8千台の1%すなわち、 $8000 \times 0.01 = 80$ 台が高所利用のエリア内にて稼働すると考えられる。又、利用形態は上空利用と同様に考えた時の所要チャネル数は以下のとおりとなる。

① 1ゾーン呼量、 $80 \times 0.00523 \text{ erl} \doteq 0.418 \text{ erl}$

②上記呼量から呼損率を考慮した単位ゾーン当りの所要チャネル数は、アーランの損失式負荷表（アーランB式）から、

呼損率10%時（アーラン表）のチャネル数は、2CH

呼損率20%時（アーラン表）のチャネル数は、2CH

(3) 上空利用と高所利用とでは、ともに送信アンテナ高が高いため遠距離まで電波が到達する。このため周波数の再利用が出来ない。そこで上空利用型簡易無線システムにおける所要チャネル数は、上空利用と高所利用の所要チャネル数の、それぞれの和となる。

参考文献等

1:「移動通信の基礎」図9. 15劣化率の「同一周波干渉」

資料9 識別信号について

識別信号は、運用する無線局がその存在を明らかにするために、無線局運用規則に基づき、通信を行う際、呼出応答を行うこととなっている。利用者が意識せずにこの行為を確実に実施するため、自局の呼出名称を電波の発射ごとに自動的に送信するものとして、呼出名称記憶装置（CSM:Call Sign Memory）の機能については、次のとおりとすることが適当である。

9. 1 呼出名称記憶装置の概要

デジタル簡易無線局の無線設備の呼出名称記憶装置には、次の技術的条件とする。

- (1) デジタル簡易無線局の無線設備には、以下の呼出名称記憶装置を備え呼出名称を記憶すること。
- (2) 記憶した個別呼出名称は容易に消去できないこと。
- (3) (1) により呼出名称を記憶しなければ電波の発射を可能としないこと。
- (4) 無線設備に装着した後は、容易に取り外すことができないこと。
- (5) 通常起こり得る温度若しくは湿度の変化、振動又は衝動があった場合においても支障なく動作すること。
- (6) 呼出名称の送信方法及び符号構成
 - ア 呼出名称は、電波の発射を開始するときに自動的に送信すること。
 - イ 呼出名称の符号構成は、36bitとし、免許形態による区分を行うこととする。その符号は10進数に変換した信号を送出するものとする。

9. 2 呼出名称記憶装置の機能

9. 2. 1 $\pi/4$ QPSK変調方式

ア 信号伝送速度

9600bpsとする。(データ転送速度の偏差は ± 5 ppmとする)

イ 符号化

2値のデータ列は先頭ビットから2ビット毎にパラレルデータ (X_k 、 Y_k) に変換され、更に (I_k 、 Q_k) 変換は下式及び下表に従って行う。

$$I_k = I_{k-1} \cos[\Delta\Phi(X_k, Y_k)] - Q_{k-1} \sin[\Delta\Phi(X_k, Y_k)]$$

$$Q_k = I_{k-1} \sin[\Delta\Phi(X_k, Y_k)] + Q_{k-1} \cos[\Delta\Phi(X_k, Y_k)]$$

差動符号化規則

X_k	Y_k	$\Delta\Phi$
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$3\pi/4$
0	0	$\pi/4$
1	0	$-\pi/4$

ウ フレーム構成

別表9. 2. 1-1によること。

呼出名称は、別表9. 2. 1-1に示す信号構成のパラメータ情報チャンネルに含まれる。パラメータ情報チャンネルの情報ビット長は48ビットであり、そのビット構成はMSB側から、36ビットの呼出名称 (a47、a46、…a1、a0)、および12ビットのユーザーコードとする。

パラメータ情報チャンネルを含んでいるフレームの識別は、無線情報チャンネルの内容で判断される。無線情報チャンネルの情報ビット長は24ビットであり、24ビット系列を(X23、X22、…、X1、X0)とすると、X21、X20、X19のビット系列が「111」の場合にパラメータ情報チャンネルがフレーム内に含まれる。

エ リニアライザプリアンブル

40ビット(20シンボル)のパターンは、任意のデータとする。

オ プリアンブル

88ビット(44シンボル)のパターンは「1001」を22回繰り返したデータとする。

カ 同期ワード

32ビット(16シンボル)のパターンは、「0010111110010100110100001101011」とする。

キ 無線情報チャンネルの符号化手順

別表9. 2. 1-2によること。

ク パラメータ情報チャンネルの符号化手順

別表9. 2. 1-3によること。

別表9. 2. 1-1 フレーム構成

リニアライザ プリアンブル	プリアンブル (1/2)	無線情報 チャンネル (1/2)	同期 ワード	無線情報 チャンネル (2/2)	プリアンブル (2/2)	パラメータ情報 チャンネル	ガード ビット
40	88	56	32	14	26	120	8

別表9. 2. 1-2 無線情報チャンネルの符号化手順



注1 誤り検出符号

24ビットの情報ビットに対して、6ビットCRCを付加すること。

生成多項式： $1 + X + X^6$

注2 固定ビット挿入

誤り訂正符号化前のビット列の末尾に、5ビットの固定ビット“0”を付加すること。

注3 誤り訂正符号

固定ビット挿入付加後のビット列を入力として次に示す畳込み符号化処理を行うこと。

出力ビットは、G1、G2の順に交互に読み出すこと。

符号化率 $R=1/2$ の畳込み符号化（拘束長 $K=6$ ）

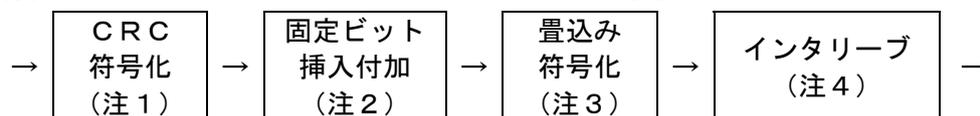
生成多項式： $G1(D) = 1 + D + D^3 + D^5$

$$G2(D) = 1 + D^2 + D^3 + D^4 + D^5$$

注4 インタリーブ

インタリーブは10行7列の行列を使用し、インタリーブの深さは10とする。70ビット系列を $(x_{69}, x_{68}, \dots, x_1, x_0)$ とした場合、インタリーブ後の系列は、 $(x_{69}, x_{62}, x_{55}, \dots, x_6, x_{68}, x_{61}, \dots, x_7, x_0)$ の順番となる。

別表9. 2. 1-3 パラメータ情報チャネルの符号化手順



注1 誤り検出符号

48ビットの情報ビットに対して最後尾に”0”を加え49ビット信号とした後、6ビットCRCを付加すること。

生成多項式： $1 + X + X^6$

注2 固定ビット挿入

誤り訂正符号化前のビット列の末尾に、5ビットの固定ビット“0”を付加すること。

注3 誤り訂正符号

固定ビット挿入付加後のビット列を入力として次に示す畳込み符号化処理を行うこと。

出力ビットは、G1、G2の順に交互に読み出すこと。

符号化率 $R=1/2$ の畳込み符号化（拘束長 $K=6$ ）

生成多項式： $G1(D) = 1 + D + D^3 + D^5$

$$G2(D) = 1 + D^2 + D^3 + D^4 + D^5$$

注4 インタリーブ

インタリーブは15行8列の行列を使用し、インタリーブの深さは15とする。120ビット系列を $(x_{119}, x_{118}, \dots, x_1, x_0)$ とした場合、インタリーブ後の系列は、 $(x_{119}, x_{111}, x_{103}, \dots, x_7, x_{118}, x_{110}, \dots, x_8, x_0)$ の順番となる。

9. 2. 2 RZ SSB変調方式

ア 制御信号用モデム

(ア) 変調方式

差動符号化QPSK

(イ) 信号伝送速度

2400bps（データ転送速度の偏差は±5ppmとする）

(ウ) 副搬送周波数

1600Hz

(エ) 帯域制限フィルタ

ロールオフ率が0.7のナイキスト・フィルタ

イ フレーム構成

別表8. 2. 2-1によること。呼出名称は、別表9. 2. 2-1に示す信号構成にあるパラメータ情報チャンネルに含まれる。パラメータ情報チャンネルの情報ビット長は48ビットであり、そのビット構成は、36ビットの個別機器番号B (a47、a46、・・・ a13、a12) 及び12ビットのユーザ・コード(a11、a10、・・・ a1、a0)との合計48ビットで構成される。これらの合計48ビットのパラメータ情報チャンネルは、別表9. 2. 2-2により符号化され118+6ビットの通信接続コード・ワードとなる。フレーム構成は56ビットのビット同期ワード、28ビットのフレーム同期ワードと118+6ビットの通信接続コード・ワードとの合計208ビットである。

ウ ビット同期ワード

[D2]のパターンを7回繰り返す合計56ビットとする。

エ フレーム同期ワード

28ビット構成の[F94D06B]とする。

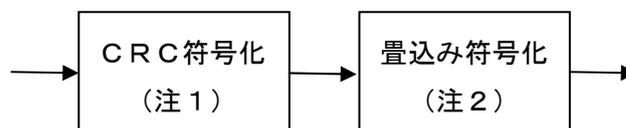
オ 通信接続コード・ワードの符号化手順

別表9. 2. 2-2によること。

別表9. 2. 2-1 フレーム構成

ビット同期 ワード	フレーム同期 ワード	パラメータ情報チャンネル	
		呼出名称	ユーザ・コード
		36	12
56	28	124	

別表9. 2. 2-2 通信接続コード・ワードの符号化手順



注1 誤り検出符号

- ・48ビットの通信接続コード・ワードに対して、6ビットCRCを付加する。
- ・生成多項式： $G。(X) = 1 + X + X^6$

注2 誤り訂正符号

- ・畳込み符号化処理を行う。
- ・符号化率は $R = 1/2$ 、拘束長は $K = 6$

- ・生成多項式： $G_1(D) = 1 + D + D^3 + D^5$
 $G_2(D) = 1 + D^2 + D^3 + D^4 + D^5$
- ・出力ビットは、 $G_1(D)$ 、 $G_2(D)$ の順に交互に読み出すこと。

9. 2. 3 4値FSK変調方式

(1) 信号伝送速度

4800bpsとする。(データ転送速度の偏差は±5ppmとする)

(2) 符号化

2値のデータ列と4値のシンボルとの関係は以下の通りとする。シンボルの符号は周波数偏位の極性を、数字は周波数偏位量を示す。

「01」＝「+3」

「00」＝「+1」

「10」＝「-1」

「11」＝「-3」

(3) フレーム構成

別表9. 2. 3-1によること。

呼出名称は、別表9. 2. 3-1に示す信号構成のパラメータ情報チャンネルに含まれる。パラメータ情報チャンネルの情報ビット長は80ビットであり、そのビット構成はMSB側から、36ビットの呼出名称(a35、a34、…a1、a0)、および44ビットの任意ビットとする。

パラメータ情報チャンネルを含んでいるフレームの識別は、無線情報チャンネルの内容で判断される。無線情報チャンネルの情報ビット長は7ビットであり、「0XX100X」の場合にパラメータ情報チャンネルがフレーム内に含まれる。なお、「X」は任意を示す。

(4) プリアンブル

24ビット(12シンボル)のパターンは、「+3+3+3-3+3-3+3+3-3-3-3+3」とする。

(5) 同期ワード

20ビット(10シンボル)のパターンは、「-3+1-3+3-3-3+3+3-1+3」とする。

(5) 無線情報チャンネルの符号化手順

別表9. 2. 3-2によること。

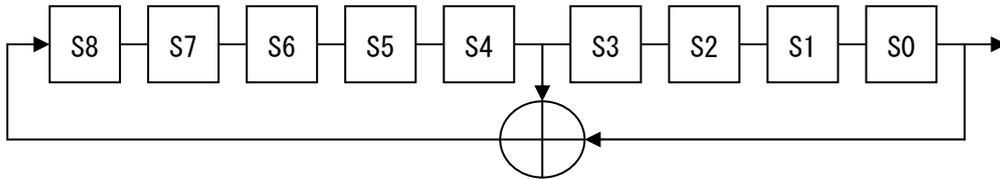
(6) パラメータ情報チャンネルの符号化手順

別表9. 2. 3-3によること。

(7) ホワイトニング

プリアンブル、同期ワードを除いた182シンボル列に対して、ホワイトニングを行う。ホワイトニングパターンは、以下に示すPN(9,5)の出力とする。PN(9,5)の出力の「0」を「+1」、「1」を「-1」にそれぞれ変換し、PN(9,5)の出力系列と、182シンボル系列とを順次積算していくこと。

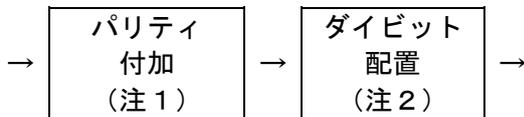
レジスタ	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0
初期値	0	1	1	1	0	0	1	0	0



別表9. 2. 3-1 フレーム構成

プリアンブル	同期ワード	無線情報 チャンネル	任意	パラメータ情報 チャンネル	任意
24	20	16	60	144	144

別表9. 2. 3-2 無線情報チャンネルの符号化手順



注1 パリティ付加

7ビットの情報ビットに対して、1ビット偶数パリティをLSBに付加すること。

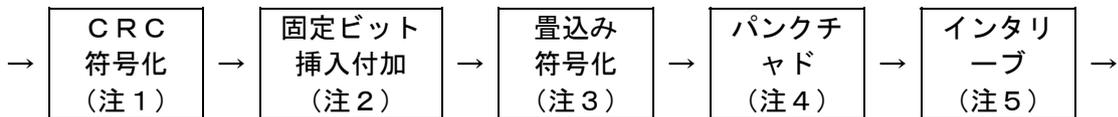
注2 ダイビット配置

8ビットの2値データ列に対して、以下の通りにダイビットへ変換すること。

「0」 → 「01」(+3シンボル)

「1」 → 「11」(-3シンボル)

別表9. 2. 3-3 パラメータ情報チャンネルの符号化手順



注1 誤り検出符号

80ビットの情報ビットに対して、12ビットCRCを付加すること。

生成多項式： $1 + X + X^2 + X^3 + X^{11} + X^{12}$

注2 固定ビット挿入

誤り訂正符号化前のビット列の末尾に、4ビットの固定ビット“0”を付加すること。

注3 誤り訂正符号

固定ビット挿入付加後のビット列を入力として次に示す畳込み符号化処理を行うこと。

出力ビットは、G 1、G 2の順に交互に読み出すこと。

符号化率 $R=1/2$ の畳込み符号化（拘束長 $K=5$ ）

生成多項式： $G1(D) = 1 + D^3 + D^4$

$G2(D) = 1 + D + D^2 + D^4$

注4 パンクチャド

畳込み符号化後のビット列を入力として、次に示すパンクチャド符号化処理をおこなうこと。出力ビットはパンクチャリング行列に示される消去ビット位置により周期的にビット消去する。

パンクチャリング行列：
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

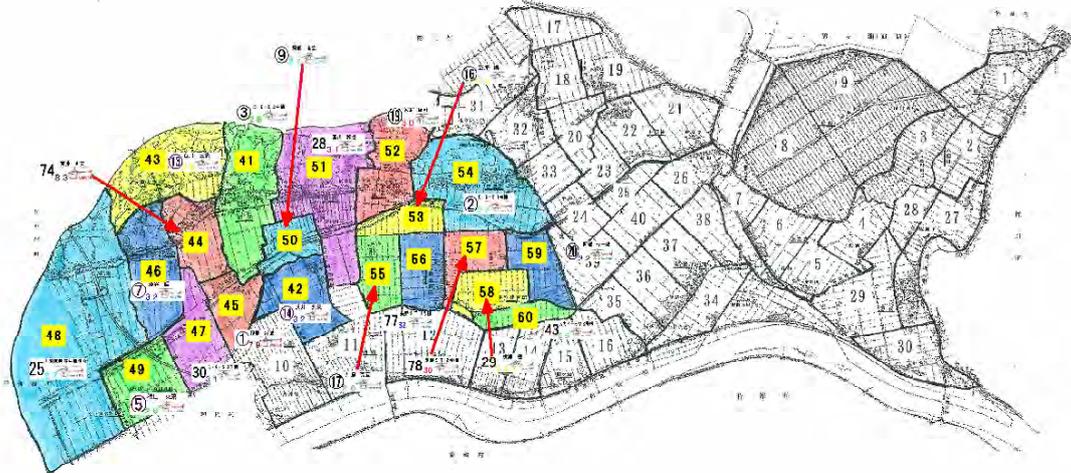
注5 インタリーブ

インタリーブは9行16列の行列を使用し、インタリーブの深さは9とする。144ビット系列を $(x_{143}, x_{142}, \dots, x_1, x_0)$ とした場合、インタリーブ後の系列は、 $(x_{143}, x_{127}, x_{111}, \dots, x_{15}, x_{142}, x_{126}, \dots, x_{16}, x_0)$ の順番となる。

(2) 無線操縦機器（ラジオコントロール）の高度化方策に関する技術的条件 参考資料
(第3章関係)

資料1 農薬散布用ラジオコントロールの利用形態について

1 周波数配置計画について

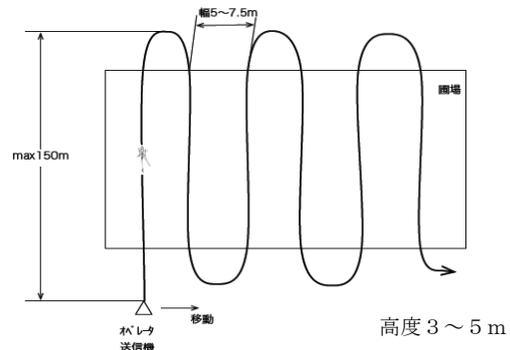


【図1】周波数配置計画図 (茨城スカイテック(株)提供)

図1は、農薬散布の際に作成する周波数配置計画である。同じ色で塗られているところは1日の作業区域を示している。同じ色の区域が隣接してしまう場合、混信の有無を確認した上で可能であれば1日で作業を行い、不可能であれば日を分けて作業する事になる。

2 理想的な周波数配置について

4	2	4	2	4
3	1	3	1	3
4	2	4	2	4
3	1	3	1	3



【図2】理想的な正方形圃場での周波数配置図 【参考】農薬散布ラジオコントロールの飛行方法

図2は理想的な正方形圃場の区分けパターンを検討した結果である。一つの区画は一辺500m、数字はチャンネル番号を表している。

農薬散布用ラジオコントロール1機当りの散布能力は、『25ha/1日』であるため、約500m四方に1機を割り当てるよう計画を行う。散布エリア分けについては、隣接した区画で同一チャンネル同士にならないよう配置するが、500m離れれば同一チャンネルであっても混信はないので、次隣接した区画には同一チャンネルを配置する。

よって、この場合は、最低4チャンネルあれば同一周波数が隣接しないよう配置可能となる。

しかし、実際の圃場は区分けが複雑であり4チャンネルでの配置は困難であったが、2005年以降は3チャンネル増波され、安全かつ最適な周波数配置が可能となっている。

資料2 『初動時における被災地情報収集のあり方に関する検討会』からの提言書（抜粋）

昨年10月23日に発生した新潟県中越地震では、初動時において総務省消防庁と山古志村や小千谷市塩谷地区等との間で情報が途絶し、被害の把握に時間を要する事態となった。これは、通信途絶となり初動時における情報収集ができなかった状況にあった他、孤立地帯で地上部隊が道路寸断等のため活動を展開できなかったことによる。

大災害の発生により、道路の断絶・停電の発生・公衆回線の途絶が起こるたびに、繰り返し課題として浮き彫りになる「初動時における被災地情報収集のあり方」について、最近発生した災害から得た教訓を活かし、また、最新のICT（情報通信技術）を用いて、今この時期に適切な方針を示すことが極めて重要である。

初動時における被災地情報収集のあり方に関する検討会では、このような基本認識の下で、大規模災害発生の際の初動時における被災地情報収集のあり方、災害時の情報通信技術の活用について検討することを目的として、旧山古志村への現地視察も行いながら精力的に議論を交わした。

検討会における議論の結論として、政府及び地方公共団体等に対し、以下のとおり、「初動時における被災地情報収集のあり方」を提言する。

平成17年7月 座長 京都大学防災研究所長 河田 恵昭

1～6 (略)

7 無人航空機による被災地情報収集

無人航空機は、特にヘリコプターによる飛行が危険な地域で災害が発生した場合に迅速に飛行させることができれば、初動時における被災地情報収集に役立てることができる。

総務省消防庁として、無人航空機を災害情報の的確な把握に活用するため、消防研究所や消防関係者を含めた検討会を設置し、実証実験を行いその活用に向けた検討を進めるべきである。

8～9 (略)

「広域的な林野火災の発生時における消防活動体制のあり方検討会」 報告書【概要】

【検討の目的】

近年、住宅付近まで火災が及ぶような大規模な林野火災が発生していることから、広域的な林野火災が発生した場合における関係機関の情報共有及び連携のあり方、住民の避難及び広報・情報提供のあり方、また活動時における偵察・情報収集手段としての無人航空機(UAV)の利用可能性について検討を行い、林野火災発生時の消防体制の整備を図り、被害の低減に資することを目的とする。

I 主な検討内容

1. 国内外における林野火災事例調査について
2. 消防活動に携わる各関係機関での情報共有及び連携のあり方について
3. 無人航空機の利用可能性について
4. 林野火災発見・通報サポートシステムについて

II 検討の結果

1. 国内外における林野火災事例調査について

(1) 都道府県(地域防災計画)における林野火災対策

現状の林野火災対策の実態を把握するため、都道府県地域防災計画に記載された林野火災対策の内容のうち、応急対策時の組織体制、各関係機関の役割及び情報連絡系統等を整理・分析した。

(2) 国内の林野火災事例調査

平成14年以降に発生した大規模林野火災(18事例)を対象に、初動時における情報収集・連絡、応援要請、情報連絡体制等に関する活動状況及び問題点・課題について整理・分析した。

(3) 海外における林野火災事例調査

海外(オーストラリア)の林野火災の実態、対応組織及び関係機関の連携等に関する事例調査等を行った。

- ボランティアや地域住民の果たす役割が非常に大きい。
- 最近、大規模な林野火災の発生を契機として、連邦政府、市町村、地域住民など、これまでとは異なる主体の関与の必要性が高まってきている。
- 防災面としては、ICS(Incidental Command System)の考え方が導入されており、大規模林野火災時における関係機関の指揮命令系統がマニュアル化されている。
- 予防面としては、林野火災発生危険度の指数化による警戒態勢、住宅の開発管理や住民参加によるリスクマネジメントによって担保されている。

2. 消防活動に携わる各関係機関での情報共有及び連携のあり方について

- 消防防災ヘリコプターや自衛隊ヘリコプター等の応援要請の具体的な要請方法をマニュアル化して関係職員に周知しておく。また、発災元と同一都道府県内の消防防災ヘリコプターについては、気象条件や出火場所等に応じて林野火災発生(確認)後直ちに出動要請が行えるような基準を作成しておく。

- 現地指揮本部に車載型や可搬型のヘリテレ映像の受信装置がなく、直接映像を見ること
が出来ない場合には、都道府県(災害対策本部)から市町村(災害対策本部)や現地指揮本部
に映像等を送信するなど、関係機関で情報を共有することが望ましい。
- 住民等の避難については、入山者や山林付近の住居の情報を迅速・的確に把握し、市町
村が実施した避難対策の状況を現地指揮本部に伝えるなど、緊密な情報連絡・連携体制が
必要。
- 一般住民に対する広報については、消防機関(現地指揮本部)では対応が困難な場合もあ
り、市町村(災害対策本部)と連携し、専用窓口を設け内容の一元化を図る。
- 林野火災の防ぎょ活動にあたっては、消防防災関係機関のほか、警察、林野関係機関、
自衛隊等の関係機関との連携が不可欠。

3. 無人航空機(UAV)の利用可能性について

無人航空機(UAV= Unmanned Aerial Vehicle)の一種であるカイトプレーンについて、
林野火災時の情報収集手段としての実証実験を行った結果、林野火災時の情報収集手段とし
て有効であることが確認できた。しかしながら、UAVと基地局との無線交信の改善や、ヘ
リコプターとの同時飛行を避ける等、実用化に向けて具体的な活用方策の検討が必要。

4. 林野火災発見・通報サポートシステムについて

林野庁及び森林総合研究所において、衛星画像解析により日本全土の植生乾燥度を推定し、
林野火災の発生危険や発生時の延焼危険の把握に活用することが可能な「林野火災延焼危険
度(植生乾燥度)画像作成システム」、衛星画像からホットスポットとして抽出し火災かどう
かの評価を行う「林野火災早期発見システム」及び火災と評価したホットスポットの情報を
当該都道府県にメールにより知らせる「林野火災地点情報システム」を開発した。

これらにより、発見されにくい場所での火災、あるいは夜間の火災(件数は少ないが)の早
期発見が可能になると期待される。

5. 今後の課題

(1) 新しい情報収集・共有技術の実用化

林野火災における新しい情報収集・共有技術としての無人航空機(UAV)を実用化する
ための具体的な技術開発及び活用方策の検討。

(2) 林野火災リスクマネジメントの検討

林野火災のリスク低減に関わる多種多様な要因及び情報を整理し、具体的なリスクマネ
ジメント計画の提示。

(3) 林野火災の防ぎょ戦術の検討

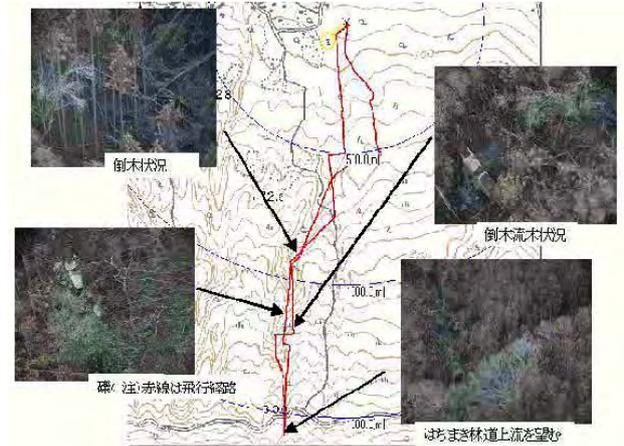
過去の大規模林野火災での防ぎょ活動を、発生場所の地形や植生、気象状況、水利や道
路等の状況や山林内の施設の状況等の観点からの調査及び各種条件に応じた防ぎょ戦術
のあり方の整理。

資料4 産業用無人航空機を利用した撮影・調査・情報伝達の分野における利用用途の拡大

1 現状の利用用途について

災害時等において人が進入不可能な地域での調査、遺跡調査、植生調査による農業支援等、様々な用途で有効活用されている。

(参考) 三宅島、有珠山での火山活動調査



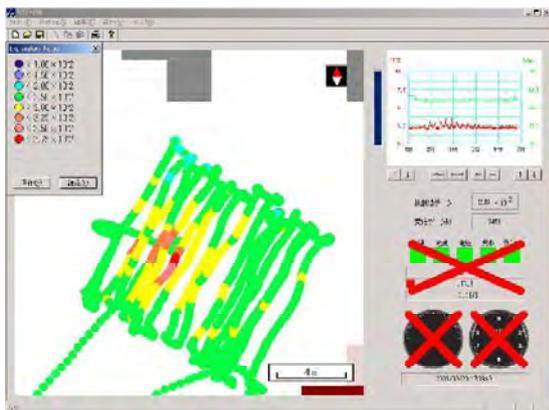
火山性ガスの噴出が続き防災関係者の上陸も制限される状況の中、無人航空機にビデオカメラを搭載し、人が進入不可能な危険区域（約1.5km先）で接近・低空観測を行い、被害状況を確認。

2 予想される利用用途について

今後予想される利用用途としては、以下のとおり考えられる。特に、有人機では危険が伴うような環境下における情報収集などの分野においては特にその拡大が期待される。

- ・ 夜間などの有人航空機の運用が困難な状況での観測・監視
- ・ 低空による詳細な地形データ計測
- ・ GPS機能による位置情報の発信
- ・ 原子力設備などの危険地帯での環境調査
- ・ 救助ロープ投下などの災害レスキュー支援
- ・ 海上監視による海の安全情報確保
- ・ 定点観測による植生生育調査
- ・ 低位置からの放送業務支援等

(参考) 原子力設備などの危険地帯での環境調査 (放射能レベルの測定システム)

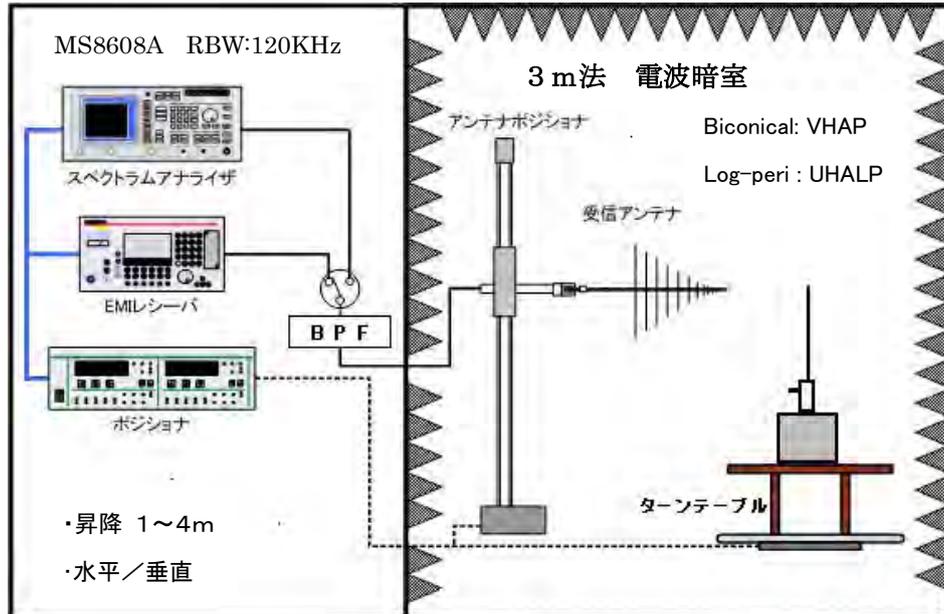


原子力発電所において放射線漏れ事故が発生した場合に備え、無人航空機で人が進入不可能な地域を飛行し、機体に搭載した放射能測定器のデータを無線で地上側に伝送、リアルタイムに放射線量を地図上で確認できるシステムを構築。実験でもごく微量の試験用放射源レベルの確認でき、実用性の高さが実証されている。

資料6 ラジオコントロール機器の不要発射強度の測定結果

- 実施日 : 平成19年10月28日(日)
- 測定サイト : 社団法人 関西電子工業振興センター (KEC) 生駒試験場 第3電波暗室
- 測定者 : 近藤科学(株) 三和電子機器(株) 日本遠隔制御(株) 双葉電子工業(株)
(財)日本ラジコン電波安全協会
- 測定条件 : 発射する電波が著しく微弱な無線局の電界強度の測定方法(昭和63年郵政省告示大127号)に基づく

(測定セットアップ図)



○測定結果(別紙参照)

全てのラジオコントロール送信機の不要発射強度は、電波法施行規則第6条第1項(発射する電波が著しく微弱であるため免許を要しない無線局)に定める電界強度の上限値※以下であった。

※電波法施行規則第6条第1項に定める電界強度の上限値

32.2MHz以下	3mの距離で500μV/m以下
32.2MHzを超え 1.0GHz以下	3mの距離で35μV/m以下
1.0GHzを超え 1.5GHz以下	$3.5 \times \{f\} \mu V/m$ 以下($\{f\}$ は周波数GHz)
1.5GHz以上	500μV/m以下

○ラジオコントロール送信機種別の不要発射強度の測定値（「－」はノイズレベル以下を示す。）

・送信周波数：27.095MHz の送信機

27MHz			Futaba T2ER No. 003		Futaba T2ER No. 005		Futaba T2ER No. 007	
27.095MHz	Limit(dBuV)		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
2	54.190	54.0	-	-	-	-	9.9	16.8
3	81.285	54.0	21.2	11.0	23.5	17.8	22.0	11.3
4	108.380	54.0	19.6	18.5	25.2	17.6	22.0	11.7
5	135.475	54.0	19.5	20.6	27.7	16.1	22.8	22.4
6	162.570	54.0	31.0	27.1	24.9	16.1	22.1	16.1
7	189.665	54.0	-	-	17.3	26.3	20.2	28.8
8	216.760	54.0	-	-	-	-	19.2	25.3
9	243.855	54.0	-	-	21.4	27.8	19.5	25.0
10	270.950	54.0	29.8	22.8	25.3	21.4	29.8	24.3
11	298.045	54.0	30.2	26.1	30.6	22.7	33.6	23.5
12	325.140	30.9	-	-	-	-	-	-
13	352.235	30.9	-	-	-	-	-	-
14	379.330	30.9	-	-	-	-	-	-
15	406.425	30.9	-	-	-	-	-	-
16	433.520	30.9	-	-	-	-	-	-
17	460.615	30.9	-	-	-	-	-	-
18	487.710	30.9	-	-	-	-	-	-
19	514.805	30.9	-	-	-	-	-	-
20	541.900	30.9	-	-	-	-	-	-
21	568.995	30.9	-	-	-	-	-	-
22	596.090	30.9	-	-	-	-	-	-
23	623.185	30.9	-	-	-	-	-	-
24	650.280	30.9	-	-	-	-	-	-
25	677.375	30.9	-	-	-	-	-	-
26	704.470	30.9	-	-	-	-	-	-
27	731.565	30.9	-	-	-	-	-	-
28	758.660	30.9	-	-	-	-	-	-
29	785.755	30.9	-	-	-	-	-	-
30	812.850	30.9	-	-	-	-	-	-
31	839.945	30.9	-	-	-	-	-	-
32	867.040	30.9	-	-	-	-	-	-
33	894.135	30.9	-	-	-	-	-	-
34	921.230	30.9	-	-	-	-	-	-
35	948.325	30.9	-	-	-	-	-	-
36	975.420	30.9	-	-	-	-	-	-

・送信周波数：27.145MHz の送信機

27MHz			JR XS3 No. 08		ANWA BLAZER No.459		ANWA BLAZER No.470		ANWA BLAZER No.470	
27.145MHz	Limit(dBuV)		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
2	54.290	54.0	37.9	29.4	24.8	22.5	36.0	27.9	34.7	25.1
3	81.435	54.0	50.8	28.5	53.2	32.1	41.5	29.9	34.6	25.5
4	108.580	54.0	40.9	24.6	25.0	31.4	14.3	33.4	29.3	29.4
5	135.725	54.0	35.2	16.0	43.2	30.4	15.2	26.1	22.2	20.2
6	162.870	54.0	37.5	19.7	25.0	24.6	22.6	21.5	18.2	24.1
7	190.015	54.0	23.7	19.8	27.3	27.3	28.9	19.3	26.8	24.9
8	217.160	54.0	-	-	24.1	26.5	27.3	29.6	23.4	25.4
9	244.305	54.0	22.4	20.4	24.8	22.2	-	-	-	-
10	271.450	54.0	-	-	27.5	22.1	28.1	23.4	29.3	20.6
11	298.595	54.0	-	-	-	-	26.9	23.1	24.6	25.0
12	325.740	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
13	352.885	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
14	380.030	30.9	-	-	25.4	23.1	26.1	19.4	24.8	19.4
15	407.175	30.9	-	24.9	27.8	20.2	30.6	29.4	24.9	25.0
16	434.320	30.9	-	-	20.4	30.5	23.0	30.8	-	-
17	461.465	30.9	25.2	24.9	21.3	30.1	21.7	28.4	-	29.7
18	488.610	30.9	26.2	-	24.9	24.9	24.2	28.0	-	-
19	515.755	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
20	542.900	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
21	570.045	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
22	597.190	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
23	624.335	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
24	651.480	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
25	678.625	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
26	705.770	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
27	732.915	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
28	760.060	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
29	787.205	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
30	814.350	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
31	841.495	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
32	868.640	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
33	895.785	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
34	922.930	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
35	950.075	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
36	977.220	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-

・送信周波数：27.125MHz の送信機

27MHz			KO ESPRI3 No.27125		KO ESPRI3 No.27255	
27.125MHz	Limit(dBuV)		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
2	54.250	54.0	21.4	21.6	21.7	19.8
3	81.375	54.0	24.9	10.9	26.8	12.2
4	108.500	54.0	24.3	17.8	23.0	16.2
5	135.625	54.0	-	-	19.4	15.2
6	162.750	54.0	-	-	-	-
7	189.875	54.0	-	-	-	-
8	217.000	54.0	-	-	-	-
9	244.125	54.0	-	-	-	-
10	271.250	54.0	-	-	25.4	20.6
11	298.375	54.0	-	-	-	-
12	325.500	30.9	-	-	-	-
13	352.625	30.9	-	-	-	-
14	379.750	30.9	26.6	19.8	25.9	20.7
15	406.875	30.9	25.2	21.4	-	-
16	434.000	30.9	23.7	24.9	-	-
17	461.125	30.9	-	28.7	-	-
18	488.250	30.9	-	-	-	-
19	515.375	30.9	-	-	-	-
20	542.500	30.9	-	-	-	-
21	569.625	30.9	-	-	-	-
22	596.750	30.9	-	-	-	-
23	623.875	30.9	-	-	-	-
24	651.000	30.9	-	-	-	-
25	678.125	30.9	-	-	-	-
26	705.250	30.9	-	-	-	-
27	732.375	30.9	-	-	-	-
28	759.500	30.9	-	-	-	-
29	786.625	30.9	-	-	-	-
30	813.750	30.9	-	-	-	-
31	840.875	30.9	-	-	-	-
32	868.000	30.9	-	-	-	-
33	895.125	30.9	-	-	-	-
34	922.250	30.9	-	-	-	-
35	949.375	30.9	-	-	-	-
36	976.500	30.9	-	-	-	-

・送信周波数：40.850MHz の送信機

40MHz			Futaba T9CS No.601767		Futaba T9CS No.602189		Futaba T9CS No.604894	
40.850MHz	Limit(dBuV)		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
2	81.700	54.0	51.2	21.5	52.5	24.9	50.5	30.1
3	122.550	54.0	52.8	25.4	52.3	27.6	50.6	25.2
4	163.400	54.0	35.2	16.6	34.4	17.2	-	16.6
5	204.250	54.0	42.4	-	-	-	41.5	-
6	245.100	54.0	31.2	19.7	-	-	-	-
7	285.950	54.0	30.4	28.0	29.9	28.2	-	-
8	326.800	30.9	22.1	17.8	-	-	-	-
9	367.650	30.9	22.9	-	-	-	27.0	-
10	408.500	30.9	-	-	22.7	19.6	-	-
11	449.350	30.9	-	-	21.3	24.6	-	-
12	490.200	30.9	22.3	-	-	-	24.9	26.2
13	531.050	30.9	-	-	-	-	-	-
14	571.900	30.9	-	-	-	-	-	-
15	612.750	30.9	-	-	-	-	-	-
16	653.600	30.9	-	-	-	-	-	-
17	694.450	30.9	-	-	-	-	-	-
18	735.300	30.9	-	-	-	-	-	-
19	776.150	30.9	-	-	-	-	-	-
20	817.000	30.9	-	-	-	-	-	-
21	857.850	30.9	-	-	-	-	-	-
22	898.700	30.9	-	-	-	-	-	-
23	939.550	30.9	-	-	-	-	-	-
24	980.400	30.9	-	-	-	-	-	-

・送信周波数：27.095MHz の送信機

40MHz		JR 9X2 No.BAND-77		KO ESPRIT3 No.40610		SANWA EXZES-PLUS No.4948		SANWA RD8000 No.0762		
40.770MHz	Limit(dBuV)	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	
2	81.540	54.0	39.7	25.8	27.7	23.6	53.1	43.9	32.5	29.1
3	122.310	54.0	24.7	34.4	40.0	23.4	46.5	31.9	43.1	26.1
4	163.080	54.0	33.1	31.3	-	-	39.3	34.1	36.4	-
5	203.850	54.0	27.5	31.9	-	-	-	-	33.3	28.4
6	244.620	54.0	31.9	36.5	-	-	24.7	22.3	32.7	19.9
7	285.390	54.0	30.8	30.8	26.2	21.4	-	-	28.3	25.5
8	326.160	30.9	29.8	28.5	28.6	18.4	25.3	20.5	26.4	-
9	366.930	30.9	28.4	27.3	25.7	20.8	25.7	18.1	25.7	29.5
10	407.700	30.9	-	-	26.6	-	-	27.3	26.2	-
11	448.470	30.9	-	-	24.4	23.3	-	28.6	-	-
12	489.240	30.9	-	-	-	29.7	-	-	27.3	-
13	530.010	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
14	570.780	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
15	611.550	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
16	652.320	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
17	693.090	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
18	733.860	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
19	774.630	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
20	815.400	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
21	856.170	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-
22	896.940	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-

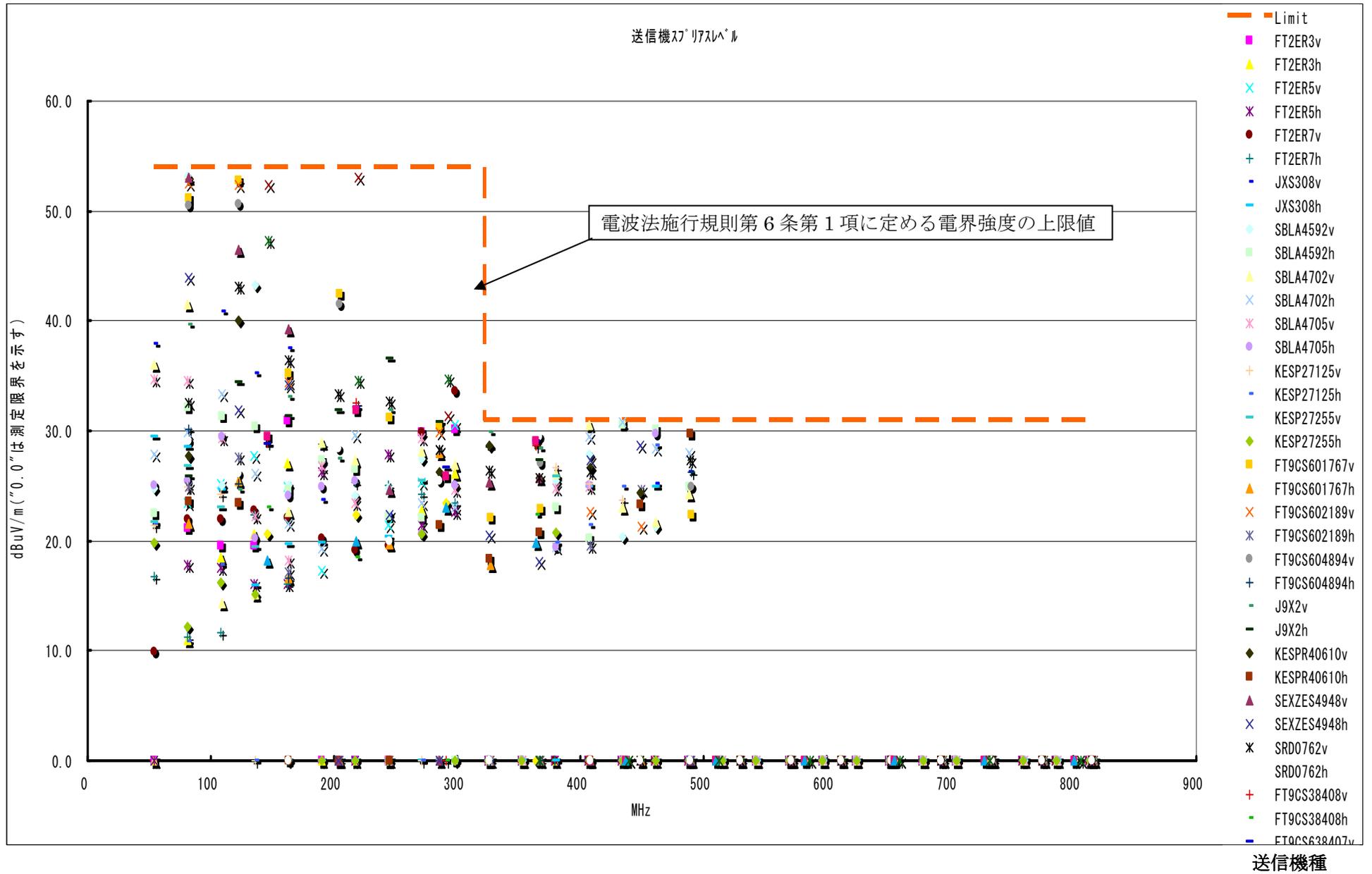
・送信周波数：72.790MHz の送信機

72MHz		72.790MHz		Limit(dBuV)		Futaba T9CS No.38408		Futaba T9CS No.638407		Futaba T9CS No.638410	
						Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
2	145.580	54.0	28.9	23.0	28.8	20.6	29.4	18.2			
3	218.370	54.0	32.5	18.5	32.2	22.3	31.9	20.0			
4	291.160	54.0	-	-	26.7	23.5	25.8	23.1			
5	363.950	30.9	28.7	22.4	29.0	-	29.0	19.8			
6	436.740	30.9	-	-	-	-	-	-			
7	509.530	30.9	-	-	-	-	-	-			
8	582.320	30.9	-	-	-	-	-	-			
9	655.110	30.9	-	-	-	-	-	-			
10	727.900	30.9	-	-	-	-	-	-			
11	800.690	30.9	-	-	-	-	-	-			
12	873.480	30.9	-	-	-	-	-	-			
13	946.270	30.9	-	-	-	-	-	-			

・送信周波数：73.260MHz の送信機

73MHz		73.260MHz		Limit(dBuV)		JR PCM9X2 No.BAND-26	
						Vertical	Horizontal
2	146.520	54.0	52.4	47.3			
3	219.780	54.0	53.0	34.5			
4	293.040	54.0	31.3	34.7			
5	366.300	30.9	-	-			
6	439.560	30.9	-	-			
7	512.820	30.9	-	-			
8	586.080	30.9	-	-			
9	659.340	30.9	-	-			
10	732.600	30.9	-	-			
11	805.860	30.9	-	-			
12	879.120	30.9	-	-			
13	952.380	30.9	-	-			

ラジオコントロール送信機種別の不要発射強度の測定値



(3) 動物の検知・通報システムに必要な技術的条件 参考資料
(第4章関係)

資料1 ペットの飼育場所等ⁱについて

- ・ ペットの飼育数
ペット総数は約1,900万頭

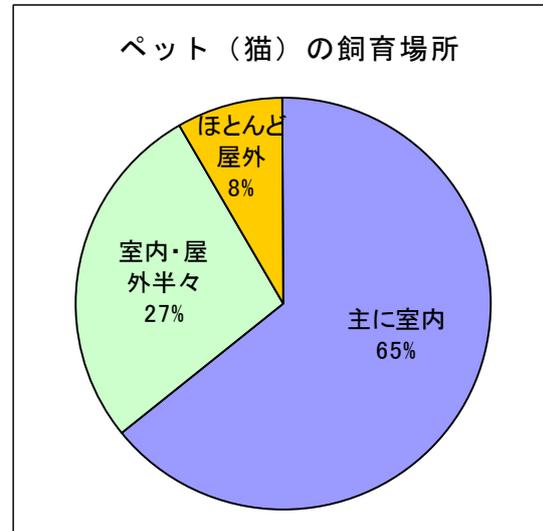
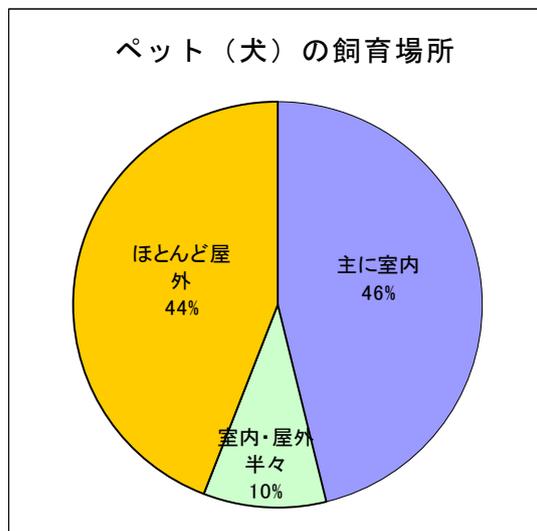
表1 ペットの飼育数

犬	猫	合計
11,137,000	8,087,000	19,224,000

- ・ ペットの室内飼育率
室内飼育率（「ほとんど屋内」及び「室内・屋外半々」）は、犬で56%、猫で92%

表2 ペットの種別飼育場所割合 調査結果

(%)	主に室内	室内・屋外半々	ほとんど屋外
純粋犬	65.4	9.6	24.9
雑種犬	20.5	9.5	70
犬	46.2	9.5	44.2
純粋猫	81.7	15	3.3
雑種猫	62.3	28.8	8.9
猫	64.3	27.4	8.3



（第10回 犬猫飼育率全国調査（ペットフード工業会）より作成）

参考文献等

i : ペットフード工業会 “ペット関連資料” <http://www.jpffma.org/shiryo/shiryo-set.html>

資料2 位置把握・検知システムに最適な周波数帯の考察¹⁾

1 山間地における実証調査

本調査では、位置把握・検知システムの活用について、軽井沢町役場周辺（軽井沢町役場～甲山山麓）にて事前調査を行い、実際に即した調査検証場所を選定し、総合的な通信特性測定等の検証を行った。調査不足の項目に対しては補足の検証試験を行った。

送信機ID及び受信機IDと受信信号強度の収集機能の検証は、受信機と中継機のセットを複数セット配置した場合に、受信した送信機のID及び受信信号強度情報が適切に収集できること並びに山間地における電波の伝播特性の検証を行った。

2 実験装置の構成

実験装置は、送信機、受信機1, 2（1/2λホイップアンテナ+受信機+アドホック中継機/電池駆動）、及びデータ収集用PC（アドホック中継機+試験ソフト入りパソコン）から構成し、データ収集装置を車に搭載しデータを取得した。

以下に、受信機及びデータ収集用PCの構成写真を示す。

写真 機器構成

150MHz帯 受信機等一式 外観



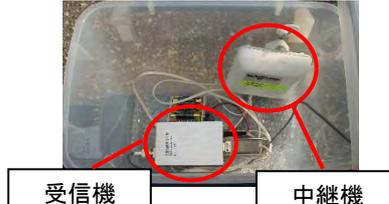
150MHz帯 受信機等一式 内部



400MHz帯 受信機等一式 外



400MHz帯 受信機等一式 内



中継機（PC用）～PC（車内）
の設置状況

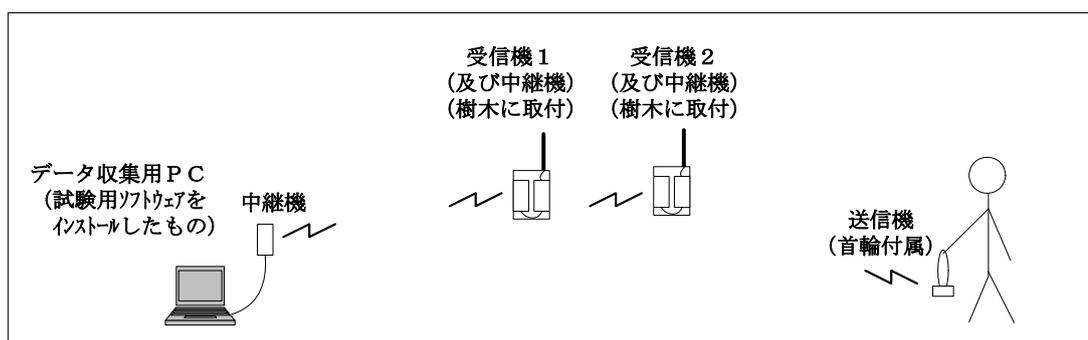


- (1) 受信機 1, 2 を比較的高い位置に設置した場合の検証
 (送信機に対し、標高差で 30 ~ 80m 高い位置に設置)

ア 調査方法

受信機 1, 2 を予め決めた位置に設置 (図 3-1 参照) し、各周波数・出力の送信機を所定のルートに沿って移動し、それぞれの受信機より送信機 I D + 受信機 I D + 受信信号強度値がパソコンに中継機を通して送られて来ることを確認すると共に、距離の変化による受信信号強度値を測定した。送信機は人の手で持ち各地点において地上高約 500mm の位置として測定を行った。測定系統の略図を以下に示す。

なお、測定にあたっては、事前に電界強度計により使用周波数帯について干渉波がないことを確認した。



イ 結果 (グラフ 3-1、グラフ 3-2 参照)

- (ア) 送信機の信号により、それぞれの受信機より送信機 I D + 受信機 I D + 受信信号強度値がパソコンに中継機を通し取り込まれ、実験システムは順調な動作をしていることが確認された。
- (イ) 150MHz 帯、400MHz 帯 1mW, 10mW 共、実験の範囲内で問題なくデータが取れた。
- (ウ) 全般的に平地の受信信号強度値より高い数値を示した。
- (エ) 両波とも受信強度は高いが距離によりデータのばらつきが大きい。
- (オ) 150MHz 帯、400MHz 帯共、平地の受信信号強度値のように距離により単調減少する特性ではなかった。

ウ 考察

- (ア) 実験システムの動作は良好と判断できる。この検証では送信機が 1 台であるため、送信機数を増やして実験を行う必要がある。(送信機数を増やしての実験については、運用機能の検証を参照。)
- (イ) 送信出力 1mW と 10mW を比較した場合、1mW も十分遠くまで通達していることが判った (150MHz 帯、400MHz 帯とも 500m を超えてデータ取得できた)。このため平地での検証と同様に 1mW 出力で十分であると判断できる。
- (ウ) 受信機を見通しの良い所に設置した場合受信信号強度が距離に対し単調減少せず、さらに通達距離が大幅に伸びることが判った。この特性は電界強度により距離を算出するシステムでは、大きな誤差の発生要因となるため、見通しの良い位置への受信機設置は避けたほうが良い。

このため、低位置に受信機を設置し受信信号強度が単調減少するかの補足実験を行うこととした。

図3-1 実証調査 機器配置及び調査ルート

調査ルート

- ・各周波数・出力の送信機を下記のルートに沿って移動し、それぞれのRSSI値を測定した。
- ・なお、ルート上の平均標高は約946mである。

— 別荘地西～軽井沢町役場ルート
— 宝性寺～軽井沢町役場ルート

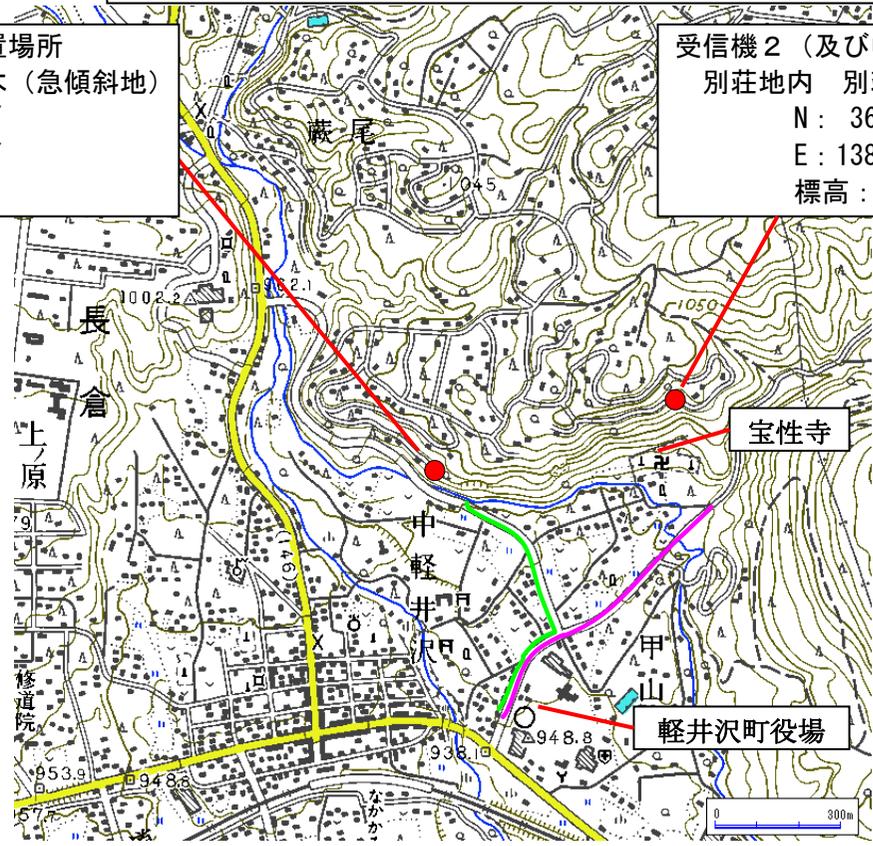
受信機1（及び中継機）設置場所
 別荘地内 受水槽 脇の木（急傾斜地）
 N：36° 21′ 14.4″
 E：138° 35′ 41.9″
 標高：976m

受信機2（及び中継機）設置場所
 別荘地内 別荘地道路 脇の木（急傾斜地）
 N：36° 21′ 20.2″
 E：138° 36′ 5.0″
 標高：1026m

受信機1（及び中継機）
 の設置状況

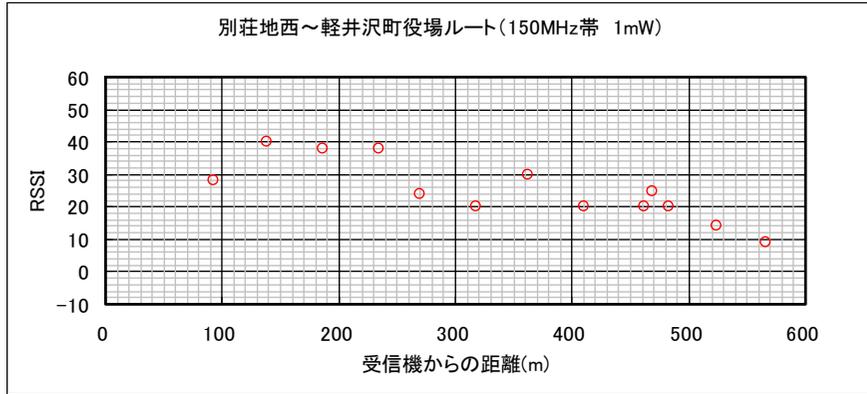


受信機2（及び中継機）
 の設置状況

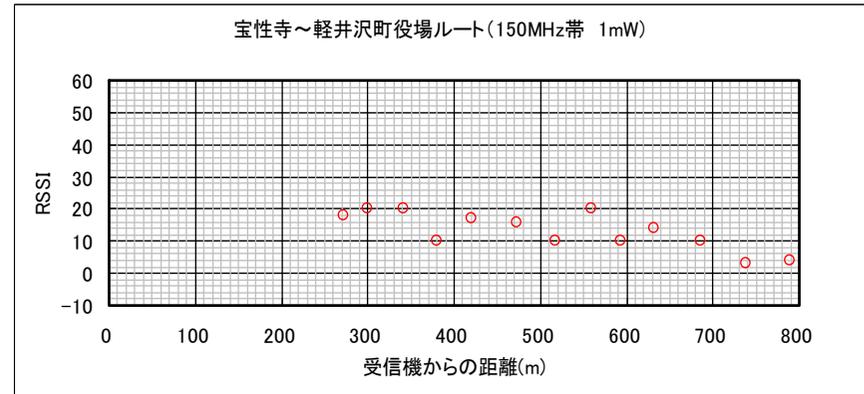


出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（浅間山「南東」）

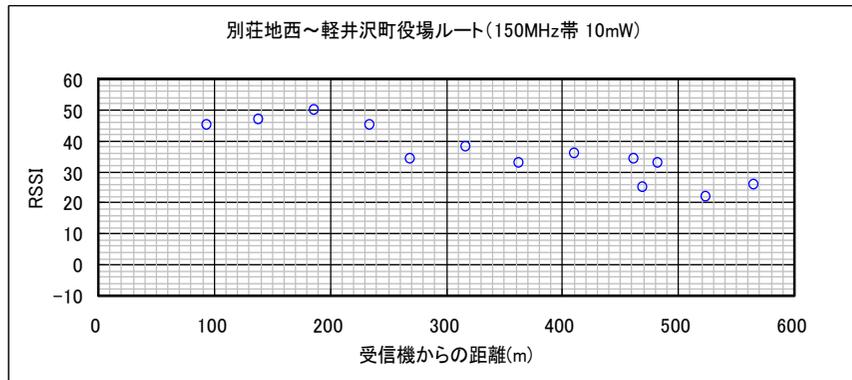
グラフ3-1 受信信号強度 VS 距離 150MHz 帯 (出力 上: 1mW 下: 10mW) 送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



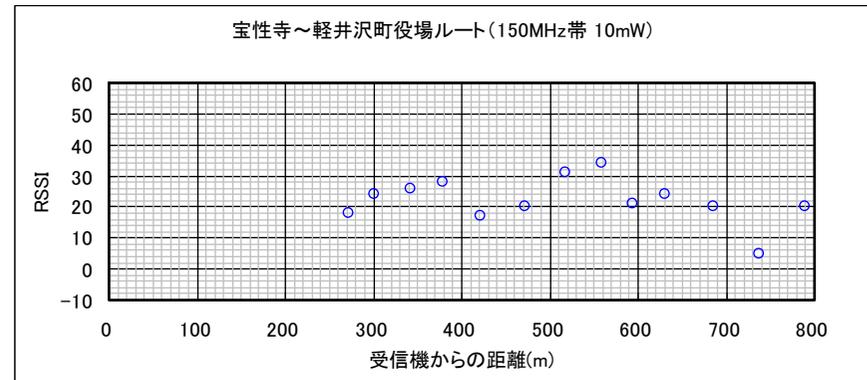
<測定条件>測定日: 平成17年10月13日
 受信機: ID=001 (150MHz帯)
 送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)



<測定条件>測定日: 平成17年10月13日
 受信機: ID=002 (150MHz帯)
 送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)

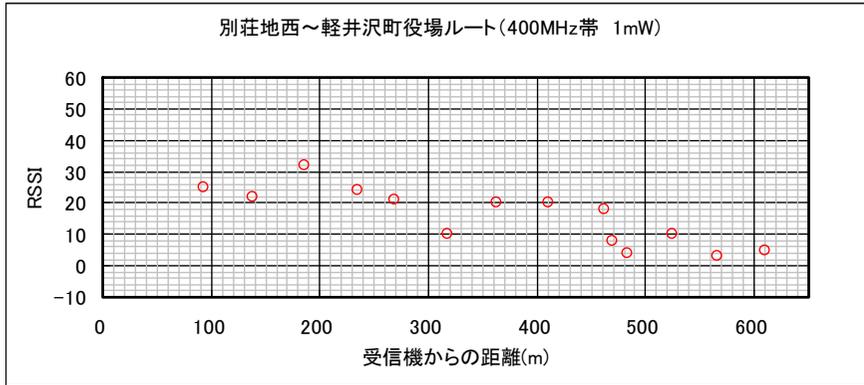


<測定条件>測定日: 平成17年10月13日
 受信機: ID=001 (150MHz帯)
 送信機: ID=003 (150MHz帯 10mW)

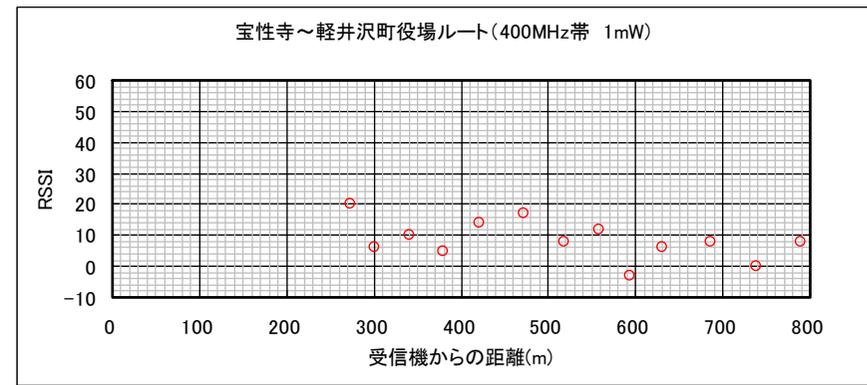


<測定条件>測定日: 平成17年10月13日
 受信機: ID=002 (150MHz帯)
 送信機: ID=003 (150MHz帯 10mW)

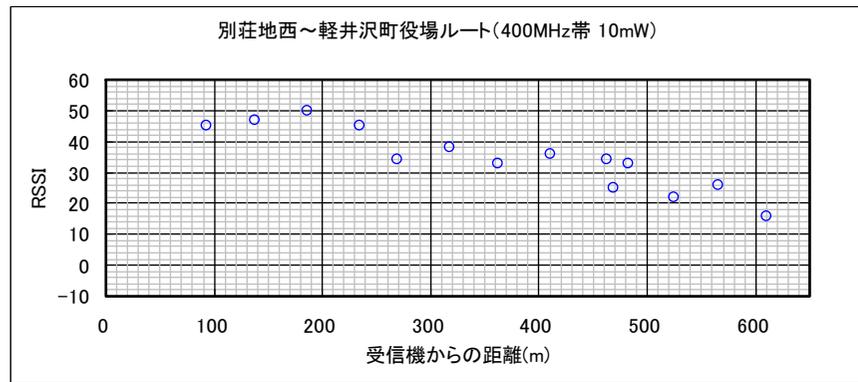
グラフ3-2 受信信号強度 VS 距離 400MHz帯 (出力 上:1mW 下:10mW) 送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



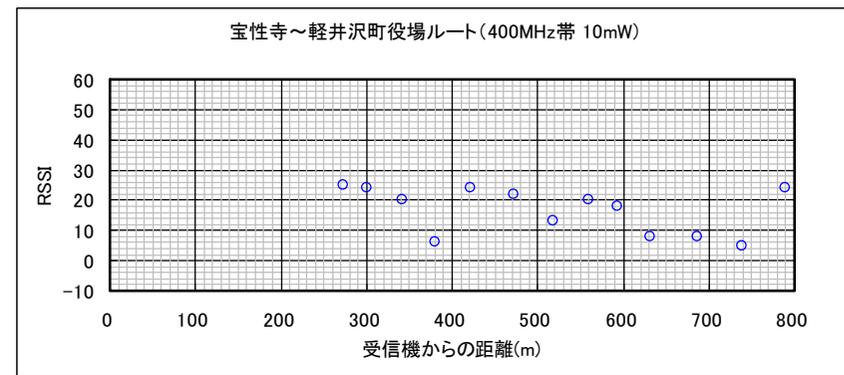
<測定条件>測定日:平成17年10月14日
 受信機: ID=004 (400MHz帯)
 送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)



<測定条件>測定日:平成17年10月14日
 受信機: ID=005 (400MHz帯)
 送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)



<測定条件>測定日:平成17年10月14日
 受信機: ID=004 (400MHz帯)
 送信機: ID=007 (400MHz帯 10mW)



<測定条件>測定日:平成17年10月14日
 受信機: ID=005 (400MHz帯)
 送信機: ID=007 (400MHz帯 10mW)

(2) 受信機を比較的低い位置に設置した場合の検証

前項(1)の結果より、受信機を送信機の平均標高で平地と同様地上2mの位置に設置した場合について、距離の変化による受信信号強度を測定した。

ア 調査方法

今回の試験では、150MHz帯及び400MHz帯の受信機を各1台用意し、(1)と同様、各周波数の送信機を所定のルートに沿って移動し受信信号強度を測定した。(図3-2参照)

受信機と送信機の間状況は、別荘地ルートは樹木により見通し外であり、受信点から160mの位置で行止りであった。

宝性寺ルートは、途中まで見通し、次に樹木により見通し外、山の斜面により見通し外と変化する谷間に入る場所で行った。状況の写真を以下に示す。

なお、送信出力は、平地での結果及び前項(1)の調査結果より1mWのみ測定を行った。

測定環境の写真

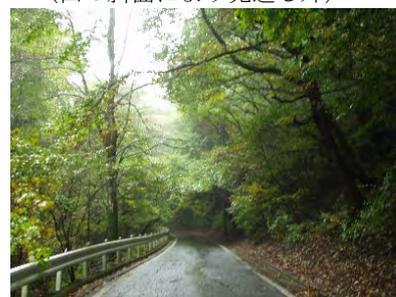
軽井沢町上水道管理センター～別荘地内ルート状況

受信機側より測定箇所方向の状況



軽井沢町上水道管理センター～宝性寺ルート状況

測定箇所より受信機方向 (見通し) → 測定箇所より受信機方向 (樹木により見通し外) → 測定箇所より受信機方向 (山の斜面により見通し外)



イ 結果 (グラフ3-3参照)

(ア) 距離による受信強度が減少する特性となった。通達距離は、150MHz帯、400MHz帯とも送信機出力1mWで500mまでデータを取得することができた。

(イ) 150MHz帯と400MHz帯の測定において、400MHz帯のデータと150MHz帯のデータ安定性を比較した場合、150MHzに比べ400MHzの方が送信機位置が少し変化しただけで

大幅にデータが変動し、また不安定であった。

(ウ) 斜面により見通し外となった時、400MHz 帯は、150MHz 帯に比べ近距離で受信不能となった。

ウ 考察

(ア) 受信機の設置高を低くした場合、距離による受信信号強度値の単調減少特性が現れたため、受信信号強度値による距離の判定が可能であるといえる。

前記(1)の考察とも合わせると、受信機の設置に当たっては、設置高に注意する必要があるといえる。(あまり高い位置に設置するとハイトゲインの効果で受信信号強度値は大きくなるが単調減少特性が崩れ、送信機の位置が捕らえにくくなる。)

逆に、山の頂上等の標高の高い位置に受信機を設置することにより、広域での受信が可能となることを示している。

(イ) 150MHz 帯と 400MHz 帯を比べた場合、400MHz 帯は場所により電界が弱く不安定な傾向があった。実用化の点では 150MHz 帯の方が適していると考えられる。

(ウ) 起伏の激しい山間地においては、150MHz 帯の方が伝搬特性がよいと予想できる。

(エ) 実用上においては、高さ 2m 程度の受信機配置が適当であることから、150MHz 帯が望ましいと考えられる。

参考文献等

- i : 電波を活用した生態位置検知システムに関する調査検討」報告書・検知システム部会報告書(平成18年3月 電波を利用した生態位置検知システムに関する調査検討会)

図3-2 実証調査 機器配置及び調査ルート

調査ルート

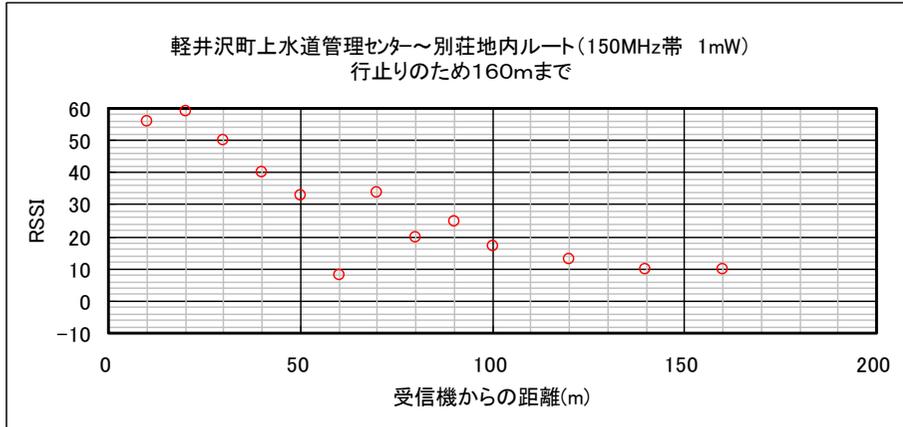
- ・各周波数・出力の送信機を下記のルートに沿って移動し、それぞれのRSSI値を測定した。
- ・なお、ルート上の平均標高は約947mである。

— 軽井沢町上水道管理センター～別荘地内ルート
— 軽井沢町上水道管理センター～宝性寺ルート

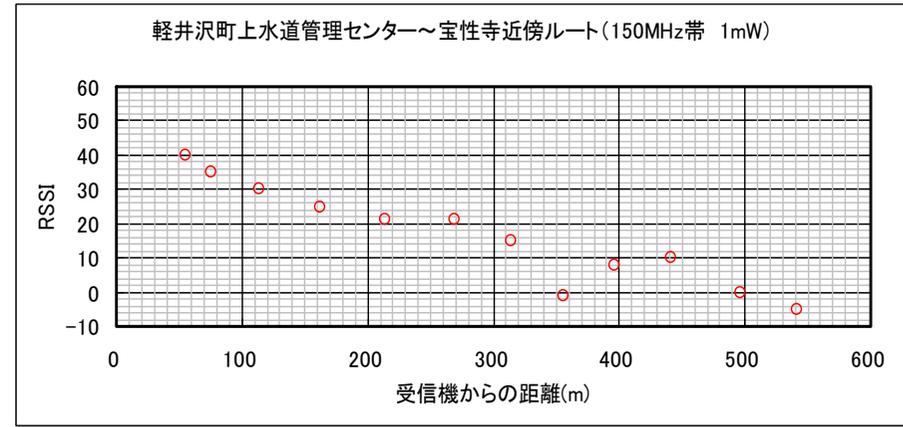


出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（浅間山「南東」）

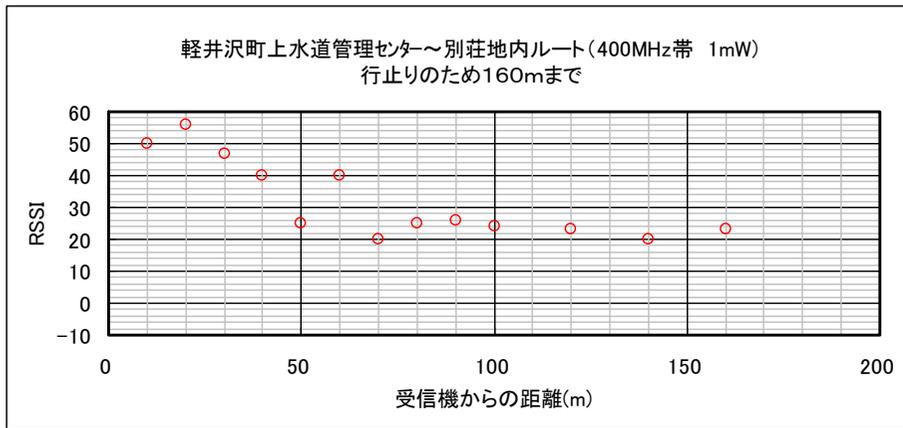
グラフ3-3 受信信号強度 VS 距離 出力 1mW (上: 150MHz帯 下: 400MHz帯) 送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



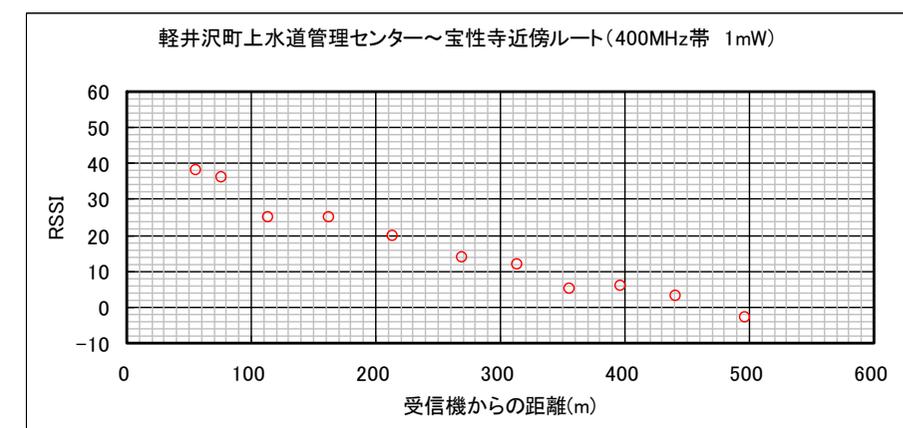
<測定条件>測定日: 平成17年10月18日
受信機: ID=001 (150MHz帯)
送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)



<測定条件>測定日: 平成17年10月18日
受信機: ID=001 (150MHz帯)
送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)



<測定条件>測定日: 平成17年10月18日
受信機: ID=004 (400MHz帯)
送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)



<測定条件>測定日: 平成17年10月18日
受信機: ID=004 (400MHz帯)
送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)

資料3 都市部におけるシミュレーションの考察

都市部・人里においては、山間部で対象となるのが野生動物であるのに対して、主にペット（一部家畜を含む）に利用されることが想定される。このような利用形態において、どのような呼損率となり得るのかについて、検討を行った。

（1）前提条件

都市部のペット（飼い犬や猫）は、参考資料1のとおり、相当の比率で屋内において飼育されている。この場合、室内飼育率は、犬で56%、猫で92%であり、犬と猫が同数とした場合、これらが屋外にいる可能性は26%となる。ペットの総数は、約1,900万頭（犬・猫のみ）であることから、日本では、1人あたり0.149頭を飼育していることになる。

次のモデル都市での検討を行ってみた。

ア 比較的大規模な住宅都市部をイメージとし、東京都小平市（人口密度8,730人/km²）の数値を前提として検討

イ モデル都市のペット密度は、約1,700頭/km²

ウ ペットの10%が当該システムを装着した場合の密度は、170台/km²

エ 監視エリアは、山間地モデルと同様に1km程度とし、屋外での飼育率を考慮すると、その場合1セルあたり約140台

オ 山間地モデルとおり、利用可能な周波数が3波とした場合、1波あたり約46局

カ パケットの有効な長さについては、個体判別のためのデータフレームが、現在想定されている114ビットの一部欠落においても可能と考えられることから72ビット分とし、データフレームから60m秒。

なお、運用の形態としては、極めて軽量のものを首輪等に装備しておき、「迷子」となってしまった際に飼い主等が受信機によって周辺地域を移動した場合に、「該当する識別信号を持つ電波が入感すれば、数百m範囲内にいることがわかる」といった比較的単純なものが想定される。

したがって、電池の能力等からみても、送信サイクル時間（発射間隔）は数秒～数分という比較的長いものとなると考えられる。

（2）検討結果

ア 送信サイクル時間及び通信の成功率

図1から、当該モデルケースでのスループット（通信に成功した情報の総量）の最大値としては、5秒から6秒に1回の送信の場合が最も効率的となる。

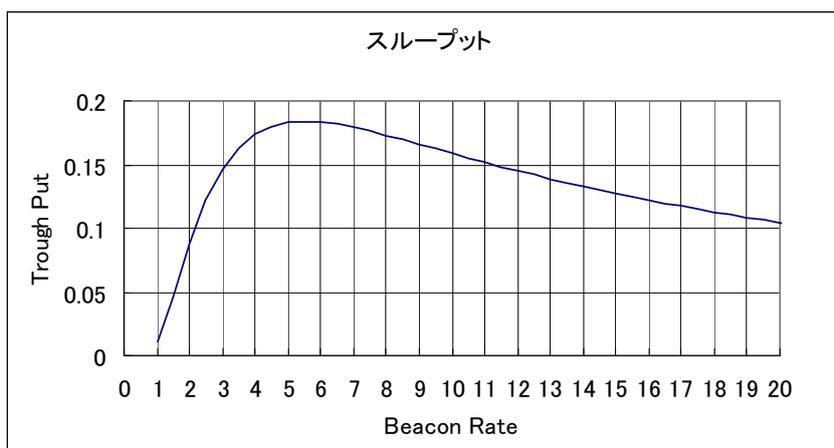


図1 送信時間60m秒/1エリア（46局）時のスループット
（横軸；サイクル時間（秒）、縦軸；スループット（相対値））

イ 通信の成功確率（データが欠損せずに成功した確率）

図2のシミュレーション結果のとおり、通信の成功率（パケットの到達成功率）は、一瞬でも60m秒のデータ部が衝突現象となった時は、読み取り失敗となることと想定した場合、送信サイクル時間（この場合は概ね休止時間と同等）が6秒において成功率が約40%、4.5秒において約30%となり、送信サイクル時間をこのように置いた場合でも衝突なしの形で把握可能であり概ね利用可能と考えられる。

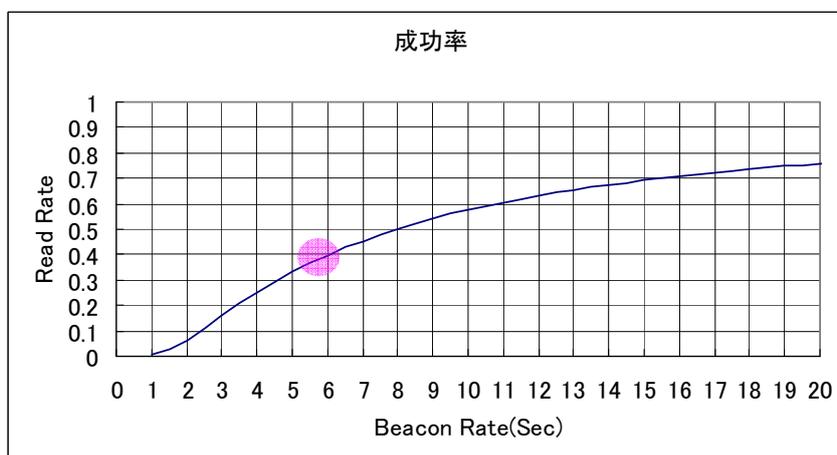


図2 送信サイクル時間と通信成功率
（横軸；サイクル時間（秒）、縦軸；通信成功率）

(3) 結論

以上のことから、ペット等を想定した利用でも、概ね6秒以上の電波の休止時間で設定する等により、都市部の検討モデルの環境においても支障なく利用可能と考えられる。