

情報通信審議会 情報通信技術分科会
小電力無線システム委員会

小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策
に係る技術的条件（案）

自営系移動通信の利活用・高度化作業班

目 次

I 審議事項	1
II 委員会及び作業班の構成	1
III 審議経過	1
IV 審議概要	2
第1章 審議の背景	2
第2章 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件	3
2. 1 小電力の自営系の無線電話システムの概要と現状	3
2. 2 簡易無線局に適したデジタル方式のモデル	7
2. 3 諸外国の動向について	13
2. 4 既存無線システムとの周波数共用条件の検討	17
2. 5 その他留意すべき事項	21
2. 6 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件等	24
第3章 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	33
3. 1 ラジオコントロールの概要と現状	33
3. 2 諸外国のラジオコントロールの状況	40
3. 3 2.4 GHz帯小電力データ通信を使用するラジオコントロール	42
3. 4 HF/VHF帯のラジオコントロール送信機の関連基準と運用制限	46
3. 5 ラジオコントロールの技術的条件等について	48
第4章 動物の検知・通報システムの技術的条件	49
4. 1 野生動物の概要と現状	49
4. 2 動物を検知・通報するための無線システムの利用	55
4. 3 検知・通報システムに求められる条件	57
4. 4 動物の検知・通報システムの技術的条件	67
第5章 審議結果	72
5. 1 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件について	72
5. 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について	72
5. 3 動物の検知・通報システムの技術的条件	72

I 審議事項

小電力無線システム委員会は、情報通信審議会諮問第2009号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」（平成14年9月30日諮問）のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策（簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件、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及び動物の位置把握・検知に必要となる技術的条件）に係る技術的条件」について審議を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成については、別表1のとおり。

なお、検討の促進を図るため、本委員会の下に作業班を設けて検討を行った。

作業班の構成については、別表2のとおり。

III 審議経過

1 委員会

① 第15回（平成19年8月20日）

小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策の技術的条件の審議の開始及び作業班の設置について審議を行った。

② 第18回（平成20年1月18日）（予定）

小電力無線システム委員会報告（案）について審議を行った。平成20年1月21日から同年2月21日の間、パブリックコメントを招請することとなった。

2 作業班

① 第1回（平成19年8月20日）

簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件、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及び動物の位置把握・検知に必要となる技術的条件について審議を行った。

② 第2回（平成19年12月12日）

小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策の技術的条件（案）（簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件、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及び動物の位置把握・検知に必要となる技術的条件）について審議を行った。

IV 審議概要

第1章 審議の背景

(1) 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件

簡易無線局は、導入の容易さから、約63万局と携帯電話に次いで多くのユーザが利用しているが、近年、無線機の小型化を図りつつ品質の良い通信が可能なデジタル変調方式に関する技術開発が進む一方、データ伝送や高所利用等ニーズの多様化等による需要増加やそれに伴う周波数の逼迫が懸念される。

このため、これらのニーズに対応し、将来の需要に十分満足できるよう周波数有効効率を高めるため、簡易無線局に最適なデジタル方式の導入を図るものである。

(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

無線操縦機器（ラジオコントロール）は、昭和30（1950）年頃から車、ボート、飛行機などの模型を無線で操縦する免許が不要のシステムとして普及しているが、これらについては、特に電波の弱いものを除き、送信機の利用場所として屋内の利用又は建築物から500m離すことと定められており、今後の需要増加を障壁となることが懸念されている。

加えて、新たな各種の技術の導入についても、検討が進められている。

このため、他の無線局との影響について検討し、これら電波の利用方法について検討するものである。

(3) 動物の検知・通報に必要となる技術的条件

野生動物による住民への危害や農作物被害が社会問題化となっており、動物と人間の共存が可能な環境管理が必要とされている中、動物の位置・行動を把握し、動物の生態を的確に把握等の方策の一つとして、無線システム（電波発信機）が有効なものとして期待される。

このため、簡便で動物の行動の追跡等の利用が可能な位置把握・通報システムの導入を図るものである。

第2章 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件

2. 1 小電力の自営系の無線電話システムの概要と現状

2. 1. 1 小電力の自営系の無線電話システムの概要

(1) 簡易無線局の現状

小電力の自営系の無線電話システムのうち、最も普及しているのが、簡易無線局である。

簡易無線局は、簡易な事務や個人的な用務を行うために開設するものであり、電気通信事業、人命の安全、財産の確保等には該当しない簡易な業務のために利用される無線局とされており、一時、携帯電話の普及に押され、58万局近くまで減少していたが、同報性を活用したグループ通信等の情報の共有化や電話番号等を押さなくても通話できるなどの利便性から見直され、平成18年度末現在では、63万局を超えるところまで回復してきた。一方で、利用者増により、かねてより問題となっていた利用トラヒックの増大があらためて顕著に現れてきており、システム面からの改善が求められてきている。

一般的な業務無線システムでは、これらトラヒック増・チャンネル不足の問題を改善するために、特に周波数利用効率に優れたデジタル・ナロー通信方式が採用され、公共業務用の陸上移動無線システムを中心に導入が進められてきているが、今後は簡易無線にもこの技術導入が期待されている。

これらのデジタル・ナロー通信方式は、平成10年の電気通信技術審議会答申（諮問第94号。以下、「平成10年諮問第94号答申」という。）において、デジタル・ナロー（チャンネル間隔6.25kHz）通信方式の技術的条件としての答申を得て、平成11年から4分のπシフトQPSK方式等数種類の変調方式が制度化されているが、4値FSK（Frequency Shift Keying）変調方式については、システム構成の簡便性やFM方式との互換性など市場導入に向けた利便性があったにもかかわらず、周波数利用効率が他に比べて低いこと、音声コーデックなどの諸課題があったため、提案されなかった経緯にある。

4値FSK変調方式は、今回、音声中心でハンディ（携帯）タイプの無線機が多く利用されている簡易無線局を中心に同方式を加えることが期待されている。

(2) 簡易無線局のシステム構成

簡易無線局のシステムは、無線通信によるグループ内情報の共用化を行う簡易なシステムであることはアナログ方式であってもデジタル方式であっても同様であり、一般的な構成は、移動型無線局間、又は一定の場所に留まって運用する基地局型無線局と移動型無線局間を基本とした1周波単信方式（単向方式及び同報方式を含む。）のプレストーク（Press to Talk）方式のシステムである。

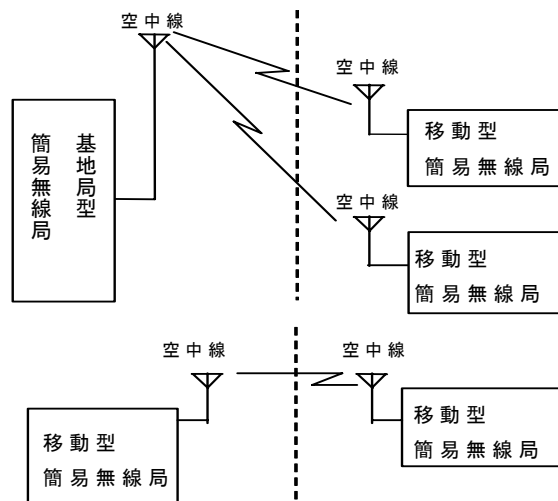


図2. 1. 1-1 簡易無線局の一般的なシステム基本構成図

2. 1. 2 利用形態及び普及状況

簡易無線局の機器形態¹としては、車載型と携帯型に大きく分かれ、平成9年までは、車載型（基地局型として使用する場合を含む）が全体の約55%と過半数を占めていたが、次の年に携帯型が59%と逆転して以降、利用形態の主流は、携帯型となっている。表2.

1. 2-1のとおり、最近では、90%近くまでが携帯型となっており、身につけて持ち運びする運用が中心となっている。

表2. 1. 2-1 簡易無線の自動識別装置（ATIS）発給数の推移

区分	平成年度	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度
150MHz	携帯機	5,043	5,874	4,450	5,078	6,393
	車載機	2,501	3,278	3,726	4,371	2,776
400MHz	携帯機	29,526	38,570	41,480	45,799	51,405
	車載機	4,113	5,484	4,047	4,510	5,077
	（小計）	41,183	53,206	53,703	59,758	65,651
350MHz	主に携帯	11,224	12,968	11,109	10,331	8,388
ATIS	総計	52,407	66,173	64,812	70,089	74,039

出展：社団法人全国陸上無線協会

また、簡易無線局の局数は、平成18年度末で、約63万局であるが、関東圏の南関東地区（東京、神奈川、埼玉、千葉各県）が、全体の24%を占めていることから、他の地域に比べて通信しにくい状況となっている。

加えて、簡易無線局は、現在、送信空中線の地上からの高さが30m以下に制限されており、高所での利用が認められておらず、建築物の高層化に伴いこの制限の緩和も求められている。

2. 1. 3 今後の需要予測と技術動向

簡易無線局は、ここ数年増加傾向にあり、導入の容易さもあって、企業等の社会経済活動を中心とした利用形態に限ってもこの傾向は当分継続されると予想される。

一方で、現在、総務省では、運用者変更（レンタル）制度の創設を検討している。この制度は、登録された無線局を利用して、一定の条件を満足すれば、無線局の利用を登録した人が他人にその登録を受けた無線設備を貸し出すことができる制度であり、一時的な無線利用ニーズに即したものとなっている。

これまででも建築現場、選挙活動、イベントなどの短期あるいは急な用途の対応のための短期利用の要請があったが、このような利用形態であっても、他の一般業務用無線局と同様に、電波法に基づく無線局の開設の手続きが必要であった。

レンタル制度の創設により、貸し出しを行う企業等が事前に無線局の登録をしていれば、これら急な用務の発生した際、レンタル制度によって、必要の都度、入手・利用する機会が与えられることになり、操作性が簡便で無線従事者資格の不要な簡易無線局にあっては、今まで以上により多くの用途でこのシステムが利用されることが期待され、今後の利用がさらに増大されると想定されている。

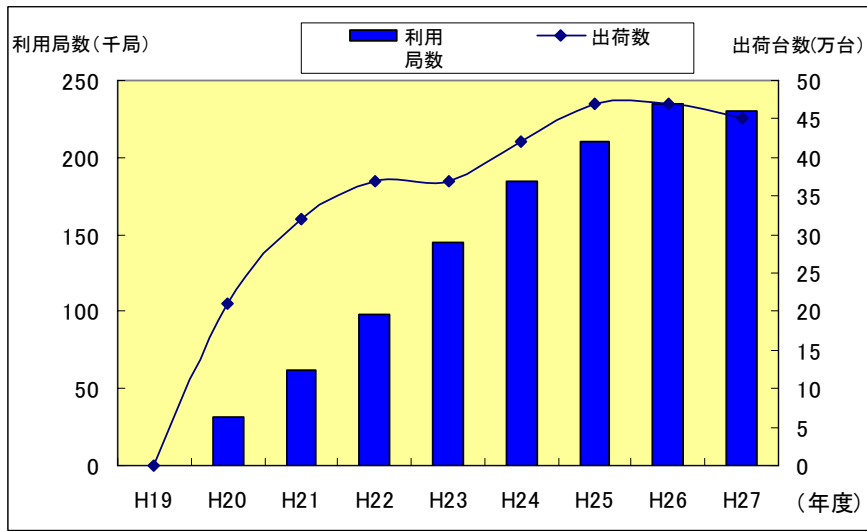


図2. 1. 3-1 レンタル需要予測 (社団法人全国陸上無線協会調べ)

レンタル利用に関して、前出の社団法人全国陸上無線協会により現在の簡易無線機を製造している主要メーカ8社に対して行われたアンケート調査結果は、参考資料1とおりであり、図2. 1. 3-1 レンタル需要予測に示すとおり、5年間で約20万台の利用が見込まれている。

最近の簡易無線の局数の動向及び社団法人陸上無線協会の会員向けのアンケートの実施結果等による簡易無線の今後の需要予測は、図2. 1. 3-2のような結果となっている。

今後10年間でさらに約25万局の増加が見込まれており、内訳としては、業務用途として約10万局（継続して免許制度を希望するものとして約2万局、レンタル制度で約8万局）のほか、個人のレジャー等の利用により約15万局が見込まれ、合計約90万局に達すると予測されている。

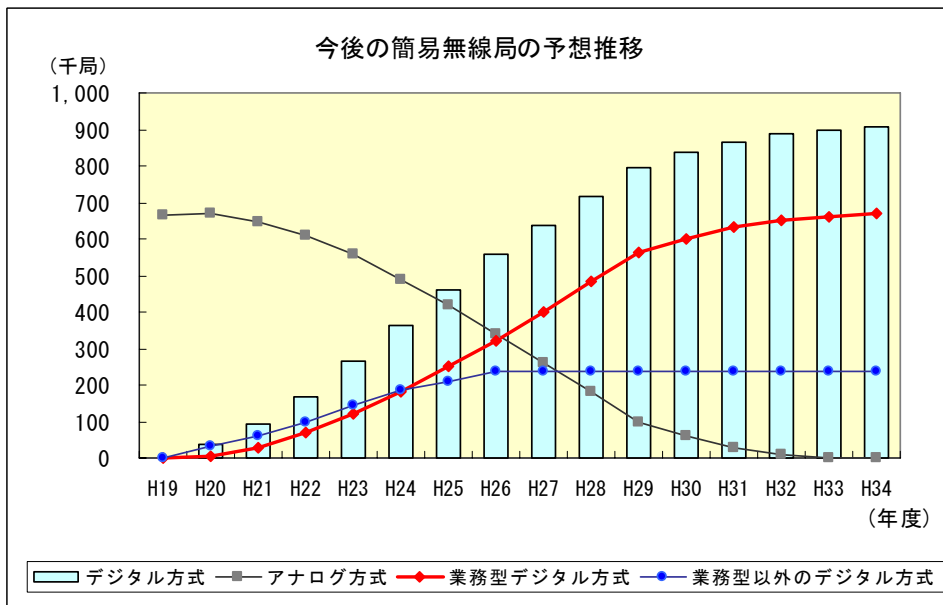


図2. 1. 3-2 今後の簡易無線局の推移

一方、現在、個人のレジャー等に利用されているものとしては、同じ簡易無線局の範疇であって、900MHz帯を利用する、いわゆるパーソナル無線局がある。

パーソナル無線局は、昭和58年に制度化され、平成4年には、最大170万局を超えるまで急増したが、現在（平成18年度末）では、約3万局となっている。これは、携帯電話の低料金化や多機能化などの影響を受けて、簡単に個人的コミュニケーションを取る手段が普及してきたことを受けたものと考えられる。

現状、平成9（1997）年には、このシステムを製造するメーカーがすべて撤退しており、それまでに製造された無線設備を利用している状況にあるが、無線機器メーカーに対する問い合わせの状況等を考慮すると、個人のレジャー等の用途において一定の到達距離を有する単信方式の通信システムの需要はなお相当数があるものと考えられる。

パーソナル無線制度の廃止も検討される中、今後、個人ユーザ等が同様な目的・運用形態で利用できる制度環境を整備することが必要と考えられる。

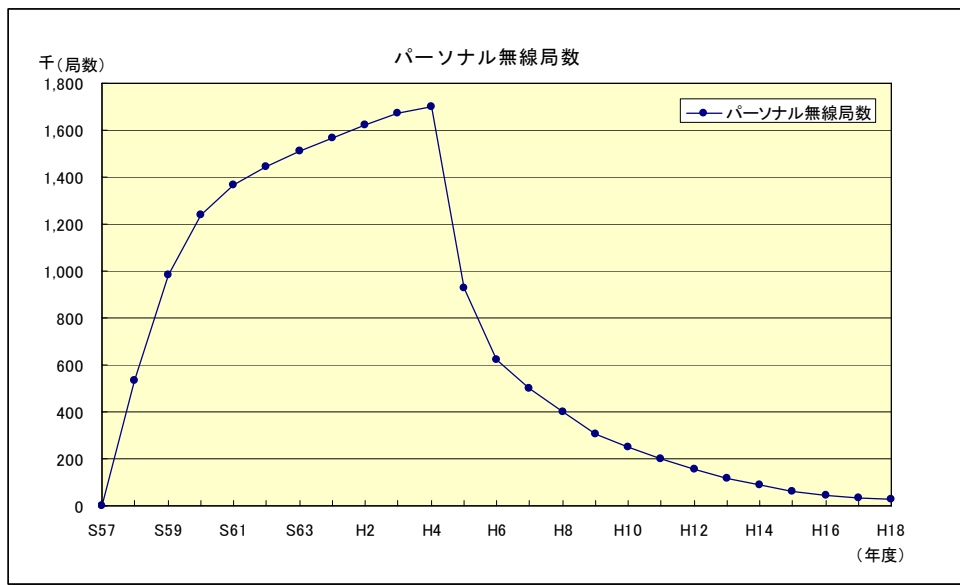


図2. 1. 3-3 パーソナル無線局の推移

これまでパーソナル無線の多くがレジャー分野で利用されていたことをかんがみると、同様に、レジャー分野での利用も拡大・多様化すると予想されるが、特に、昨今、航空レジャーが普及してきており、パラグライダーなど出発地点と到着地点の距離が長く特定小電力無線局ではカバーできない範囲で利用する分野においての利用も求められており、今後とも増加することが予想されている。

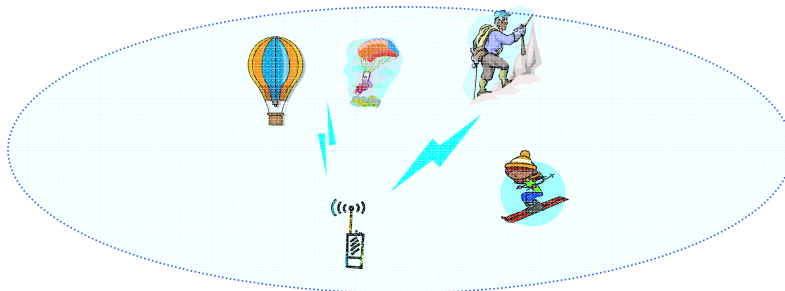


図2. 1. 3-4 レジャー分野の利用イメージ図

2. 2 簡易無線局に適したデジタル方式のモデル

2. 1のとおり、自営通信系の特徴的な通信形態や企業等の社会経済活動の円滑、効率化を図るための様々機能要求があるうち、簡易な業務として使用することを前提にした簡易無線局に適するデジタル方式の諸元及び各種性能は参考資料2のとおりであり、その主な概要を次に示す。

2. 2. 1 4分の π シフト4相位相変調方式

本方式は、平成10年諮問第94号答申以降、防災無線、消防無線やタクシー無線など業務用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。

主な特徴は、次のとおりである。

(1) 周波数利用効率及び伝送品質

デジタル・ナロー方式用の4分の π シフト4相位相変調方式（以下「 $\pi/4$ シフトQPSK方式」という。）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間隔のFM変調方式（以下「12.5kHz FM」という。）の2倍のチャンネルの設定が可能である。

この場合の伝送品質に関しては、遅延検波で受信機の雑音指数8dBの場合、ビット誤り率 $BER=1 \times 10^{-2}$ を得るのに必要な受信感度は $0\text{dB}\mu\text{V}$ であり、ビット誤り率 $BER=3 \times 10^{-2}$ では受信感度 $-0.5\text{dB}\mu\text{V}$ である。

(2) 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、12.5kHz FMにおいて1チャンネルで伝送される2400bps相当のデータ伝送を音声信号と同時に単一チャンネルで伝送することができ、通信方式はSCPC（FDMA）にも適用できる。

(3) その他

$\pi/4$ シフトQPSK方式は、一般業務用無線システムにおいて既に実用化されているが、規格の周波数許容偏差（ $\pm 0.9\text{ppm}$ ）を満足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しており、簡易無線局のように移動する無線局のみで利用するためには、高安定な小型かつ低廉な水晶発振器（VC-TCXO）の実現に向けた技術開発が必要である。

表 2. 2. 1-1 方式諸元概要（ $\pi/4$ シフトQPSK方式）
（チャンネル間隔 6.25kHz の例）

		$\pi/4$ シフトQPSK方式	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	$BER=1 \times 10^{-2}$ ・遅延検波の例		ドップラー周波数 20Hz、レイリ

	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 \times 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	一・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 : 12.5kHzFM

2. 2. 2 実数零点単側波帯変調方式

本方式は、アナログとデジタル情報信号が伝送できる純国産のハイブリッド狭帯域移動通信方式であり、明瞭でかつ話者認識が容易にできる音声品質が得られること、遅延時間が小さいこと、FM方式と同様に電界強度が下がるに従って穏やかに品質劣化することなどから、160MHz 帯の放送事業者用連絡無線に採用され、平成26年5月31日までに、現行のFM方式から移行することとなっている。

主な特徴は次のとおりである。

(1) 周波数利用効率及び伝送品質

実数零点単側波帯変調方式(以下「RZ SSB方式」という。)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、平成10年諮問第94号答申のとおり、6.25kHzであり、12.5kHz FMの2倍のチャンネル設定が可能となる。

また、伝送品質については、トーン信号を用いて評価するSINAD特性では、12.5kHz FMと同等以上である。9.6kbps/16QAM のデータ伝送品質については、平均ビット誤り率BER=3 \times 10⁻²を得るために必要な受信電界強度は20Hz レイリー・フェージング下では2.5dB μ Vである。

(2) 使用形態

RZ SSB方式の情報信号帯域は、電話の情報信号帯域と同等な帯域が確保されているので、電話回線による様々なサービス(音声、データ、静止画等)を高速移動中でも対応可能である。アナログ音声を利用する場合には、音声コーデックは不要であるので、音声コーデックの相互接続性を考慮しなくてもよい利点がある。また、データ伝送するためには、音声帯域モデムを利用する。

通信方式はSCPC (FDMA) やTDDにも適用できる。

(3) その他

RZ SSB方式は、移動無線伝搬路で用いるにあたっては、フェージング対策が重要な点であったが、振幅歪みの除去、位相項のランダムFM雑音の除去を行い、フェージングの生じている中でも各種情報信号(音声帯域モデム信号、JPEG信号やファクシミリ画信号等)を高品質で送受信できるようになっている。

表 2. 2. 2-1 方式諸元概要(RZ SSB方式) (チャンネル間隔 6.25kHz の例)

		RZ SSB方式	備考
方式概要	チャンネル間隔	6.25 kHz	
	情報信号帯域	300Hz~3.4kHz	
	総伝送速度 (チャンネルデータ速度)	19.2kbps	
	無線伝送帯域	3.4kHz	
周波数 利用効率	音声伝送	電話音声/チャンネル	
	データ信号伝送	3.072bps/Hz (=19.2kbps/6.25kHz)	
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 : -5.0dB 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 : 2.5dB μ V		注1 受信機の雑音指数は 8dB 注2 受信機には 2 ブランチ空間ダイバーシチ(等利得合成)が具備されているので、熱雑音下でも 3dB の利得を確保
使用形態 適正	伝送可能な情報	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)) データ伝送等	
	通信方式	SCPC(FDMA)、TDD	
送受信機コスト(相対値)		1.0~1.5	基準 : 12.5kHzFM

2. 2. 3 4 値 FSK 変調方式

本方式は、APCO(The Association of Public-Safety Communications Officials International) - Project 25(北米)、ETSI(European Telecommunications Standards Institute) - Digital Mobile Radio(欧州)、高度無線呼出システム(ARIB 標準規格 RCR STD-T43: 海外では FLEX 方式)などに広く採用されている。

主な特徴は次のとおりである。

(1) 周波数利用効率及び伝送品質

2. 2. 1 (1)と同様に、4 値 FSK 変調方式による情報 1 チャンネルの伝送に必要なチャンネル間隔は 6.25kHz であり、12.5kHz FM の 2 倍のチャンネル設定が可能となる。

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 \times 10⁻² を得るのに必要な受信機入力電圧は+3.9dB μ V、BER=3 \times 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)。

(2) 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を可能とするが、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)を使用することで、携帯型の無線機に適している。また、通信方式は SCPC(FDMA)にも適用できる。

(3) その他

4値FSK変調方式は、他の変調方式に比べてチャンネルあたりの総伝送速度が低いため、これまで狭帯域（6.25kHz 間隔）で音声コーデックの信号などの伝送が困難であったが、低ビットレートでも必要な音声を伝送できる半導体技術等により、低廉に導入が可能となった。

表 2. 2. 3-1 方式諸元概要(4値FSK変調方式) (チャンネル間隔 6.25kHz の例)

		4値FSK変調	備考
方式概要	チャンネル間隔	6.25kHz	
	総伝送速度 (チャンネルデータ速度)	4.8kbps	
	無線伝送帯域	4.0kHz	
周波数 利用効率	音声伝送 (データ伝送)	3.6kbps	
	データ信号伝送	0.768bps/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 1.1~1.3 倍	基準：12.5kHzFM

2. 2. 4 考察

以上の変調システムは、今後、次のような利用形態が想定される。

- ① π/4シフトQPSK方式は、狭帯域で比較的高レート(9.6kbps)の伝送が可能であり、簡便に設置し、特定の地点間で、静止画像やセンサーデータの配信などの利用形態に適している。
- ② RZ SSB方式は、他に比べて送信から受信までの遅延が小さく、かつ電話の情報信号帯域と同等な帯域が確保されことから、電話回線と同様な様々なサービス(音声、データ、静止画等)を高速移動中でも対応可能であり、一般業務用無線や放送連絡用無線などの用途に適している。
- ③ 4値FSK変調方式は、低レートの伝送となるが、音声情報を中心にし、機器の小型化に有利なC級増幅器が可能な変調方式であり、携帯型の利用が主流となっている警備やイベントなどの連絡用に適している。

したがって、これまでも簡易無線局は複数の変調方式で利用可能であったが、これらの利用形態に適した3方式については、継続してそれぞれの方式が選択できるようにしておくことが望ましい。

一方で、前述の3方式のほかに、オフセットQPSK(オフセット直交振幅変調)、16QAM(16値直交振幅変調)、M16QAM(マルチサブキャリア16値直交振幅変調)も実現が可能であるが、簡便な音声通信やデータ伝送が一般的な利用である簡易無線局には馴染まず、今後とも、需要がないと予想される。したがって、2. 2. 1から2. 2.

3まで以外の変調方式は、簡易無線局のシステムからは除くことが適当である。ただし、一般業務用無線局に関しては、引き続き、多様な変調方式の利用が想定される。

2. 2. 5 一般業務用無線への適用モデル

簡易無線局においては、現時点では、今回検討した3方式以外の方式モデルは想定し難いが、デジタル化により新たに通話秘匿性能やデータ通信機能が強化され、従来のアナログ無線方式に比べ機能向上していることを受け、今まで簡易無線局では取り込めなかった新たな需要を取り込むことが可能となり、更なる利用拡大・市場拡大が期待される。

特に、4値FSK変調方式は、従来のアナログFM変調方式と主な回路を共通化することが可能なためアナログ・デジタルのデュアルモード無線機を比較的安価で提供できると言われており、従来のアナログシステムからデジタルシステムへの移行がより円滑に進み、アナログ簡易無線のデジタル化が加速されることが期待される。

このような優位性は、簡易無線にとどまらず一般業務用無線のデジタル化に対しても寄与することが可能なことから、現在、一般業務用無線で既に実用化されている $\pi/4$ シフトQPSK方式やRZ SSB方式と同様に4値FSK変調方式の一般業務用無線への適用も視野に入れる必要があると考える。

今後、一般業務用無線でも、より高いユーザー・トラフィックへの対応、緊急通信、音声秘話コード化、動態管理、データ通信と音声通信の共用等のより高度なアプリケーションが要求される場合が想定される。このような場合においても、例えば、 $\pi/4$ シフトQPSK変調方式に比して、 $1/2$ の周波数利用効率にあるが、4値FSK変調方式はその能力を十分に発揮できると考えられる。

さらに、特に通信量が多く複数チャネルを必要とする一般業務用無線ユーザに対して、2. 3で示す欧州で導入されてきているような既存の12.5kHz FMと同一の12.5kHzのチャネル間隔で、 $\pi/4$ シフトQPSK方式と同様に、時分割多重により2スロットに分割で1キャリアあたり2チャネルが確保できる4値FSK変調方式などの通信方式の利用も期待されている。

2. 2. 6 簡易無線の相互通信性に対する配慮

これまでの検討のように、簡易無線局においては、複数の変調方式が提案されている。また、今後、音声コーデックや新たな利用法に必要な付加的制御情報など多様な装置が開発される可能性がある。

一方、必ずしもこのような多様性に関する知識のある者のみが利用するものではなく、購入した無線機の相互通信性に関して問題が生じる可能性があるほか、特にレジャー用については、購入当初予定していなかった不特定多数の相手との通信の要望もあると考えられる。

このため、簡易無線局にあっては、電波法令に定められない事項について、民間標準機関等により、同一規格で異なるメーカーの製品を利用した無線局相互間であっても、出来るだけ多くの相手と通信が可能となるよう、利用者の利便性を主眼として標準規格を制定するとともに、当該標準規格のいずれの規格に合致しているか、又は合致していないことについて消費者・利用者が容易に識別できるように、無線機本体及び販売パッケージ等に見

やすい表示がなされることが期待される。

また、4値FSK変調方式を利用する場合、既存のアナログ方式と相互に利用できる無線機となる可能性があるが、双方が利用できる場合、将来的に、アナログ方式の周波数を停波する場合、不法な無線局が発生しやすい環境となる。双方が利用できる方式においては、将来のアナログ用の周波数の停波に係る一定の技術的方策や免許等の条件を付与するなど、今後ともクリーンな電波環境を保つため、行政や通信業界が一体となってこれらの問題に取り組むことが期待される。

2. 3 諸外国の動向について

2. 2で、簡易無線局に適したデジタル無線システムを述べたが、諸外国の動向については、表2. 3. 1-1「各システムの諸元」であり、その概要は次のとおりである。

2. 3. 1 諸外国の利用状況

業務用移動通信のデジタル化は、1995（平成7）年のITU-R SG-8 WP8Aにおいて、陸上移動デジタル通信システムの高効率化が報告された後、各種デジタル無線方式により加速された。デジタル・ナロー化方式の検討を行った平成10年諮問第94号答申以降、150MHz帯、400MHz帯を中心として欧州で新たにDMR（Digital Mobile Radio：デジタル移動無線）が規格化、実用化されている。さらに、従来の方式においても様々な拡張性が検討されてきており、現在、次の5方式が移動体デジタル通信として存在している。

（1）TETRAシステムについて

本システムは、ETSIで標準化された25kHz4多重TDMA方式のデジタル無線通信システムで、欧州及びアジア、アフリカ、中東、南米地域を中心とした多くの国で警察、消防、防災等の公共安全業務に用いられている無線通信システムである。

現在、世界94カ国で約100万台の端末が稼動し、システム内の機器互換性を確保するための活動は、TETRA MoUを中心に行われている。

一方、ユーザニーズの多様化や変化に対応するため1999（平成11）年より、次のサービス内容を盛り込んだ第二世代の拡張システムの検討が始まり、その結果、2005（平成17）年にETSIでの標準規格の改版が行われた。現在システム実用化に向けた周波数配置の見直等の準備作業が行われている。

ア システムモードでのサービスエリアの拡張（主に航空機やヘリコプターと地上との長距離通信を確保するため）

イ 可変マルチレートコーデック（AMR（Adaptive Multi-Rate））の採用

ウ MELP（Mixed Excitation Linear Prediction）コーデックの採用（NATOでの軍用利用のため）

エ データサービスの高速度化（適応変調方式により伝送速度38kbpsから691kbpsまで対応）

（2）APCO Project 25システムについて

本規格は、APCO（Association of Public safety Communications Officials コーデック信協会）の承認のもとに、TIA（Telecommunications Industry Association：電気通信工業会）が標準化した12.5kHzFDMA方式のデジタル無線通信システムで、北米を中心に警察、消防等の公共安全業務用に用いられている無線通信システムである。

一方、周波数利用コーデックのため第二世代のシステムが検討されており、6.25kHzのFDMA方式も検討されたが、現在はAPCO標準規格として12.5kHz2多重TDMA方式が決定され、又音声コーデックとして第一世代のシステムとの互換性を確保したIMBEデュアル・レート・コーデックが採用された。

(3) iDEN システムについて

本規格は 25kHz 6 多重 TDMA 方式のデジタル無線通信システムで、携帯電話と業務用無線の中間に位置付けられ、北米、南米及びアジアを中心に通信事業者が運用する共用型の無線通信システム及び自営システムとして用いられ、2007 (平成17) 年3月現在で、世界25カ国で約2,600万台の端末が稼働している。日本では類似した方式が1.5GHz帯のデジタルMCA方式として採用されている。

(4) DMR Tier 1 (D-PMR) システムについて

本システムは、ETSIで標準化された6.25kHzの免許を必要としないピア・ツー・ピア (移動端末間) のデジタル無線通信方式で、欧州を中心とした多くの国で音声及びデータの伝送用として主に簡易な業務に導入されたところである。諸元は、今回提案の簡易デジタルモデルに類似している。

(5) DMR Tier 2 システムについて

本システムは、ETSIで標準化された12.5kHz TDMA方式の免許を必要とするデジタル無線通信方式で、欧州、北米及び南米を中心とした多くの国で使用され音声及びデータの伝送用として主に一般業務に導入されたところである。

表2.3.1-1 各システムの諸元 (2007.12 現在)

項目		欧州・アフリカ			北米・南米			アジア・オセアニア	
標準規格		ETSI EN300 392	ETSI TS102 361	ETSI TS102 490	TIA TSB102	ETSI TS102 361	特に無し	ETSI EN300 392	TIA TSB102
システム名称		TETRA	DMR Tier2	DMR Tier1	APCO P25	DMR Tier2	iDEN	TETRA	APCO P25
主な用途		公共業務	一般業務	簡易業務	公共業務	一般業務	簡易業務	公共業務	公共業務
周波数帯	上り	380-390MHz 410-420MHz 806-825MHz	150MHz帯 400MHz帯	149MHz 446MHz	150MHz帯 400MHz帯 806-825MHz	150MHz帯 400MHz帯	806-821MHz 896-901MHz	380-390MHz 410-420MHz 806-825MHz	150MHz帯 400MHz帯 806-825MHz
	下り	390-400MHz 420-430MHz 851-870MHz	150MHz帯 400MHz帯	149MHz 446MHz	150MHz帯 400MHz帯 851-870MHz	150MHz帯 400MHz帯	851-866MHz 935-941MHz	390-400MHz 420-430MHz 851-870MHz	150MHz帯 400MHz帯 851-870MHz
	間隔	10MHz 45MHz (800M)	規定無し	-	規定無し 45MHz (800M)	規定なし	45MHz (800M) 39MHz (900M)	10MHz 45MHz (800M)	規定なし 45MHz (800M)
チャンネル間隔		25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz	12.5kHz	25kHz	25kHz	12.5kHz
変調方式		$\pi/4$ シフトQPSK	4値FSK	4値FSK	4値FSK (C4FM)	4値FSK	M16QAM	$\pi/4$ シフトQPSK	4値FSK (C4FM)
多重数		4	2	1	1	2	6	4	1
伝送速度		36kbps	9.6kbps	4.8kbps	9.6kbps	9.6kbps	64kbps	36kbps	9.6kbps
アクセス方式		TDMA	TDMA	SCPC	SCPC/FDMA	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC/FDMA
音声符号化方式		ACELP	AMBE++	AMBE++	IMBE	AMBE++	VSELP AMBE++	ACELP	IMBE

2. 3. 2 諸外国の技術基準

平成10年諮問第94号答申以降に実用化された DMR Tier 1 システム及び DMR Tier 2 システムの E T S I の技術基準について示す。

(1) DMR Tier 1 (D-PMR) システムについて

本システムは、E T S I で TS102 490 にて 6.25kHz S C P C 方式のデジタル移動無線として標準規格化されている。通信プロトコル及び無線部の仕様について規格化されているが、音声コーデックに関する規定はない。無線部の主な規格は次のとおりである。

周波数範囲	VHF: 149.01875MHz から 149.11875MHz UHF: 446.1MHz から 446.2MHz
チャンネル間隔	6.25KHz
変調方式	4 値 FSK 変調
伝送速度	4,800bps
伝送データクロック精度	±2ppm 以下
隣接チャンネル選択度	車載型 50dB 以上/携帯型 40dB 以上(参照規格 EN166 113-1)
相互変調特性	妨害波 71dB μ V 以下(参照規格 EN301166-1)
送信出力	ERP(実効輻射電力) 500mW 以下
隣接チャンネル漏えい電力	55dB 以下(参照規格 EN301166-1)
周波数偏差	625Hz 以下
周波数偏位	表 2. 3. 2-1 のとおり

表 2. 3. 2-1 周波数偏位 (DMR Tier 1 (D-PMR))

情報ビット		シンボル	周波数偏位
Bit 1	Bit 0		
0	1	+3	+1050Hz
0	0	+1	+350Hz
1	0	-1	-350Hz
1	1	-3	-1050Hz

(2) DMR Tier 2 システムについて

本システムは、E T S I で TS102 361-1-3 に 12.5kHz 2 多重 TDMA 方式のデジタル移動無線として標準規格化されている。通信プロトコルコーデックの仕様について規格化されているが、音声コーデックに関する規定は無い。無線部の主な規格は次のとおりである。

周波数範囲	30MHz~1GHz
チャンネル間隔	12.5KHz
変調方式	4 値 FSK 変調
伝送速度	9,600bps

伝送データクロック精度	±2ppm 以下
隣接チャンネル選択度	車載型 50dB 以上/携帯型 50dB 以上(参照規格 EN300 113-1)
相互変調特性	基地局 70dB 以下/移動局 65dB 以下(参照規格 EN300 113-1)
送信出力	規定なし
隣接チャンネル漏えい電力	60dB 以下(参照規格 EN300 113-1)
周波数偏差	基地局 VHF±2ppm 以下 UHF±1ppm 以下
周波数偏位	移動局 VHF±1.5ppm 以下 UHF±1.5ppm 以下 表 2. 3. 2-2 のとおり

表 2. 3. 2-2 周波数偏位 (DMR Tier 2)

情報ビット		シンボル	周波数偏位
Bit 1	Bit 0		
0	1	+3	+1944Hz
0	0	+1	+648Hz
1	0	-1	-648Hz
1	1	-3	-1944Hz

2. 4 既存無線システムとの周波数共用条件の検討

これまで、一般業務用無線局のみならず、簡易無線局においても、利用する周波数帯としては、山間部や比較的広いエリアでの業務であれば150MHz帯、都市部や小規模の業務範囲であれば350MHz帯や400MHz帯が主に使用されてきている。これらの周波数帯は、一般業務用無線、公共業務、放送事業用など幅広い分野の移動通信システムとして利用していることから、次に示す観点で周波数共用の検討を行った。

2. 4. 1 業務用アナログを含むデジタルシステムに関する周波数共用検討

本節で検討する主たる検討課題は、各種デジタルシステム相互間の周波数共用及びデジタルとアナログとの周波数共用であり、参考資料3のとおり検討を行った。その結果の概要については、次のとおりである。その対象とした無線システムについては、参考資料3表3-1である。

(1) 同一チャネル周波数共用条件

平成10年諮問第94号答申の検討結果に、4値FSK変調方式を新たに加えてまとめた同一チャネル周波数共用特性は参考資料3表3-2である。

同一チャネルにおいては、他の無線局が通信をしていない場合において通信を行うことが原則であるが、同時に通信を行うことを想定し、フェージングなしの条件で、限界音声品質（メリット2～3）を確保するとすれば、同一チャネル妨害波との間で、表中のD/Uを満足することでチャネルの共用は可能となる。また、初歩的な運用の問題や、マイクロコードの破損等による無用のチャネル占有を防ぐため、送信機には無線局運用規則に定める最大運用時間5分の連続送信を行った場合には、一旦停波する機能を搭載することが望まれる。

(2) 隣接周波数共用条件

ア 前提条件

無線設備規則（以下「設備規則」という。）第54条（簡易無線局の無線設備）第2項のRZSSB方式や同条第3項の狭帯域デジタル通信方式を利用する簡易無線局のうち、チャネル間隔6.25kHzの場合、隣接チャネル漏えい電力は、搬送波電力より45dB以上低い値と定められており、また、同規則別表第1号において、周波数の許容偏差は $\pm 1.5\text{ppm}$ と規定されている。さらに、平成10年諮問第94号答申で検討した手法を踏襲すると、隣接チャネルと共用するための $D/U=-30\text{dB}$ 、周波数の許容偏差は、 $\pm 1.5\text{ppm}$ となる。

イ 検討の結果

参考資料3表3-14から、RZSSB方式及び4値FSK変調方式は、平成10年諮問第94号答申によるデジタル・ナロー方式簡易無線局の周波数許容偏差の数値（ $\pm 1.5\text{ppm}$ ）を満足することで、同一帯域内に6.25kHz間隔のチャネル配置で異種方式間の共用は可能となる。

一方、参考資料3表3-15から分るように、 $\pi/4$ シフトQPSK方式は、設備規則第54条第3項（ $D/U=-30\text{dB}$ と $\pm 1.5\text{ppm}$ ）に従って運用した場合、隣接チャネルへの妨害をこの水準にとどめることは困難であるが、同方式は、簡便なデータ伝送システムとして、地域の産業活性化・支援や環境対策の一翼として期待もされている。このため、想定される一般的なアプリケーションをかんがみ、データ伝送の基準局のような無線局の無線設備に高い周波数安定度を有する基準発振器を具備し、他の無線局はその周波数を追従することで、より小さな周波数偏差を担保できる手法が考えられ、その方策は既に一般業務用無

線システムでも取られていることから、簡易無線局のシステムにも具体的な導入が考えられる。

この考え方に基づき、一般の業務用狭帯域デジタル通信方式で定められている周波数の偏差 $\pm 0.9\text{ppm}$ の条件で再検討すると、参考資料3表3-6から、二乗平均平方根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 6.25kHz の中で運用できることとなる。

よって、 $\pi/4$ シフトQPSK方式に関しては、現行規定を改正し、周波数の偏差 $\pm 0.9\text{ppm}$ とすることが必要である。

なお、4値FSK変調方式の一般業務無線への適用を想定する場合においては、周波数の許容偏差は、他の方式と同様に、 $\pm 0.9\text{ppm}$ とすることが必要である。

また、すべての方式の周波数の許容偏差を $\pm 0.9\text{ppm}$ とする考え方もあるが、現状では、小型で低価格な水晶発振器の実現性及び経済性を勘案した場合、周波数温度特性及び経年変化等を含めた水晶発振器(VCO)の周波数変動は、実現が困難であることから、すべての方式の周波数の許容偏差を $\pm 0.9\text{ppm}$ とすることは望ましくない。

したがって、簡易無線局が利用する周波数帯域を割り当てるにあたっては、簡易無線局と他の業務の周波数配置を考慮して、一定のガードバンドを設けることが望ましい。

図2.4.1-1に、デジタル通信方式の簡易無線局と、他業務の無線システムとの境界においてガードバンドを設けた場合の例を示す。この図は、デジタル通信方式の簡易無線局と既存の一般業務無線が連続して 6.25kHz 間隔でチャンネルを配置し、境界上のチャンネルをガードバンドとすることで、異システム間では 12.5kHz 間隔となる場合を示す。両システムを通じて連続して 6.25kHz 間隔で配置するような必要がない場合には、デジタル通信方式の簡易無線局のチャンネル配置に 3.125kHz のオフセットを設定することで、異システムとの間では 9.375kHz 間隔としても支障ない。

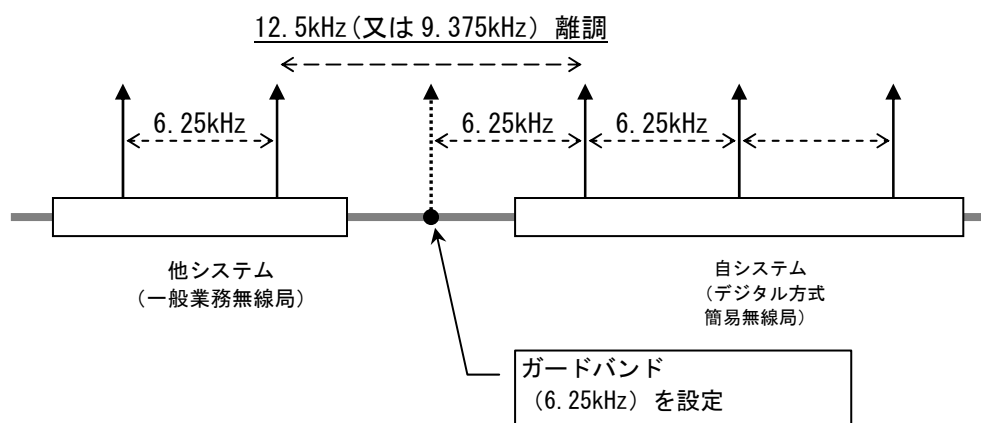


図2.4.1-1 デジタル簡易無線における周波数配置の考え方

なお、今回の検討にあたり、平成10年諮問第94号答申に基づき、簡易無線局にあつては、 $D/U = -30\text{dB}$ の通話品質として検討しているが、その場合、 $SIR(SINAD=12\text{dB})=12\text{dB}$ 、あるいは $CIR(BER=1\%)=12\text{dB}$ となることから、メリットは2~3に相当する。

よって、より明瞭なメリット4以上を確保するには、隣接チャンネル漏えい電力を、現行の設備規則で規定している基準の値より大きく搬送波から 45dB を超える水準で低減して製造することが望まれる。ただし、 $D/U = -30\text{dB}$ の場合には、U波の無線機は、D波を受

信中の無線機に $D/U = -30\text{dB}$ となる距離までしか近づけないことと同等であって、D波を受信中の無線機の近傍から $D/U = -30\text{dB}$ を満たすようにU波の無線機が排除されるということは、例えば $D/U = -40\text{dB}$ まで許容される場合に比べてサービスエリア内に共存可能な無線機の数が少なくなることを意味しており、このため、隣接チャネル漏えい電力をより低い水準に押さえることは、全体の通信品質の向上や共存可能な無線機数の増大につながるものである。

(3) その他の干渉に対する考察

ア 受信障害対策

無線局が電波を発射することで、比較的周波数の離れた他の無線局へも感度抑圧を与える場合がある。この発生メカニズムは、受信機の高周波増幅段への影響にある。今後、簡易無線を発端にデジタル移動無線システムがより普及するにあたり、簡易無線局以外のシステムでは、デジタルのメリットを活かすため常時発射方式の無線局が増え、簡易無線局に継続的な感度抑圧を与える可能性がある。

そこで、今後のデジタル方式の簡易無線局では、強いレベルの妨害波に起因する感度抑圧に対しては、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と考えられる。

イ アナログ波とデジタル波の混在

周波数の有効利用方策として、現行のアナログ方式の周波数と同一帯域で利用して、デジタル方式の周波数の割当を行うことも考えられるが、これまでの結果のとおり、十分な離隔を保つ必要がある。特に、アナログ方式のチャネル間隔 12.5kHz にデジタル方式の2波を配置すると、同一チャネルの受信に関しては、受信レベルなどを簡便に他の無線局の運用が把握できるが、一部の帯域重複となる場合、アナログ側で受信ノイズのレベルによっては、通信可能と判断した電波の発射が、デジタル方式側に通信断となるなどの影響を与える可能性が高いことから、アナログ方式が利用する周波数と共存している間は、デジタル方式であっても、 12.5kHz 間隔とすることが望ましい。

2. 4. 2 その他共用のための留意事項

(1) 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、次隣接チャネル以遠を含む近傍のチャネルの漏えい電力による干渉等を軽減する効果がある。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。詳細な考え方については、参考資料4に示す。

(2) キャリアセンス機能の考察

簡易無線局においては、今後、レンタル制度を活用した利用が想定されることから、こ

のような場合においては、簡便に相互間の無線局同士が干渉を与えないよう回避することを目的として、発射する電波を事前にモニタリングする機能（キャリアセンス機能）を備え付けることが望ましい。

その機能に関しては、参考資料4のとおり検討を行った結果、基本となる長区間のキャリアセンスレベルを基準感度の0 dB μ Vとすると、考察から、場所率95%でキャリアセンスを実施するには、無線機入力端でキャリアセンスレベルを7 μ V以下とするのが望ましい。

なお、フェージング等を想定しつつ、感度の限界のレベルで通話することを仮定して算定したサービスエリアは約5 km程度となるが、当該キャリアセンスを利用してのみ混信を回避すると仮定した場合、D/Uも考慮した通信可能範囲は、約1 km程度となり、その距離以下の場合であれば干渉波を受けつつも通信が可能となる。

しかし、キャリアセンス機能を有する簡易無線局は、レンタル制度やレジャー分野等で利用されるものであり、これを前提に想定される利用形態や、チャンネル変更の自由があること等を踏まえると、少なくとも上記の距離が確保されることで運用上特段支障を来すことはなく、知識のない利用者による他の局の至近距離での不用意な送信を避ける効果が期待できるほか、同等の機能を持つ特定小電力無線における適用実績等から、混信回避の上で効果的であるものと考えられる。

（3） 高所及び上空での利用

これまで、アナログ方式の簡易無線局については、他の簡易無線局との共用をかんがみ、地上高30m以下で利用することとなっていた。一方で、近年、建築物が高層となり、高所での利用の要望が寄せられている。また、レジャー分野においても、スカイスportsなどで山頂など高い位置やバルーンなどの上空で運営に係る連絡を行いたいとの要望もある。

これらの要望を踏まえて、参考資料5のとおり、高所等での利用について検討を実施した。

その結果、高所・上空においては、空中線電力5Wの運用を行った場合、広範囲において、地上で運用する他の簡易無線局との間で共用が困難と判断されたが、空中線電力を1Wまで制限し、かつ、この電力でのみ運用することのできる限られた周波数の範囲を設けて利用することで、共用が困難となる対象範囲が限定的となり、共用を前提とする簡易無線局であれば利用が可能と考えられる。ただし、この場合であっても、他の簡易無線局と最適な共用を図るため、前述のキャリアセンス機能を有することが必要と考える。

2. 5 その他留意すべき事項

2. 5. 1 防護指針への影響検討

(1) 電波防護指針に対する適合性

安全な電波利用の一層の徹底を図るため、電波の強度に対する安全施設を設けることとされている。

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、既存の指針値に照らした適合性について検討を行った。

検討にあたっては、簡易無線局が、無線を利用した連絡手段を欲する者が利用するものであり、企業、個人利用を含めて同様な利用を行っていることを踏まえ、原則として、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）に基づく管理環境を基準に行うこととし、基地局型に限っては、一般環境を基準とした。

なお、一般環境とは、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を想定していることから、主に当該無線機器の利用者以外の者への影響として検討するものであり、管理環境とは、業務上において電波にさらされる場合など、電磁環境が管理、認識されている状況を想定していることから、主に無線機器の利用者本人への影響として検討するものである。

なお、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、その距離を超える場合は電磁界強度指針値での検討とした。

検討の結果は参考資料7のとおりであり、基地局型については、電磁界強度を基礎に算出した場合、当該無線設備と人体までの距離は下記の値まで近づけて使用しても、次のとおり電波防護指針の指針値を満足する。

基地局型については、一般環境に照らして判断するものであるが、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等は、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1mより近づくことはないので問題はないと考えられる。

また、移動局型においては、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、表2. 5. 1-2のとおり、150MHz帯及び400MHz帯ともに、電波防護指針に定める局所SAR指針値10W/kgを満足し、同指針を満足することから、問題ないと考えられる。

表2. 5. 1-1 基地局型（電磁界強度指針値による離隔すべき距離）

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

表2. 5. 1-2 移動局型（局所SAR）

	150MHz帯	400MHz帯
局所SAR	5W/kg以下	6.8W/kg以下

2. 5. 2 必要チャンネル数の考察

デジタル通信方式の簡易無線局のチャンネル数算出にあつては、参考資料7のとおり、セルラ・システムのシステム容量を推定する手法を参照して検討を行った。首都圏で現在運用しているアナログ方式の簡易無線局の運用状況の測定データを収集し、1局あたりの呼量を算出し、その中に含まれる単位エリア（ゾーン：半径7.8 km）での1ゾーン当りの無線局数を想定し、単位エリア呼量を算出した。

また、先に述べた、同一チャンネル妨害特性（同一周波数干渉特性）の所要C/I（4値デジタル変調方式はフェージング下で22 dB）から、繰返しゾーン数を9とし、呼損率を加味（アラン表）して算定した1ゾーンあたりのチャンネル数を乗じて必要チャンネル数を算出した。なお、これらについては、概ね、現在の簡易無線の主な用途である建設・運輸等の企業業務に利用されるもの（業務型）に相当するものである。

レンタル型については、先述の無線局（業務型）の局数とレンタルの想定局数（レンタル型）の比率を元に1ゾーン当りの無線局数を比例配分し、他の局数と業務型で求めた1局当りの呼量をもとに、単位ゾーン当りの呼量を算出した。、レジャー分野の利用についても、レンタル型と同様な手法で単位ゾーンあたりの呼量を算出した。レンタル型の呼量とレジャー分野の呼量の和から、レンタル型とレジャー分野で必要となる単位ゾーンあたりのチャンネル数をアラン損失負荷表から求め、9ゾーンの繰返しに必要な総チャンネル数を算出した。また、上空利用型と高所利用型についても必要チャンネル数を算出した。

その結果は参考資料7に示す。

参考資料7から、早期に導入を予定している400MHz帯のデジタル通信方式の簡易無線局は、おおよそ100CH程度が必要となる。

一方、現在、アナログ簡易無線局は150MHz帯もあるが、これについては、今後、同様な方法によりチャンネル数の想定は可能と考える。

なお、同一のチャンネルで、データ伝送を行う場合が想定されるが、データ伝送中、実質的にチャンネルを占有することと、また、指向性のある空中線を利用することが一般的であることから、キャリアセンスを要し、一定のレベルの中で共存する登録する無線局にあつては、前述のチャンネルの考え方を踏まえると、空中線利得を低減し、空中線電力は、1W以下とすることが望ましい。さらに、データ伝送（音声通話に付随してデータ伝送を行う場合を含む。）を行う場合にあつては、音声通信との共用を図るため、送信時間及び送信回数に一定の制限を設けることが望ましい。

さらに、初歩的な運用の問題やマイク・コードの破損等による無用のチャンネル占有を防ぐため、送信機には、無線局運用規則で定める最大時間5分間の連続送信を行った場合には、一旦停波する機能を搭載することで共用条件が緩和できることから、その機能の装備が期待されるところである。

2. 5. 3 呼出名称記憶装置

通常、無線局を運用する場合は、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。一方、今回のデジタル方式の簡易無線局にあつては、レンタル制度を想定していることから、当該無線機器を利用する者が意識無くそれらの規則を満足するように利用できることが必要であり、それを技術的条件として満足させておくことが望ましい。

これらの満足する条件として、参考資料8に示すような機能を具備することにより、同様な環境が確立できることから、これらの機能を有する装備が期待される。

2. 5. 4 円滑なデジタル方式の導入の方策

460MHz 帯及び 347.7MHz を超え 351.9MHz 以下の周波数の電波を使用する簡易無線局（アナログ方式）の周波数の使用期間は、周波数の有効利用観点並びに無線設備の耐用年数及び無線局免許の有効期間のサイクル（5年間）を踏まえ、デジタル簡易無線局の導入後、概ね 10 年間とすることが一般的な考えとなるが、平成 34 年 1 1 月 3 0 日期限のスプリアス規定の改正を考慮することも必要と考える。

また、デジタル簡易無線局への移行を円滑に図ることから、デジタル簡易無線局の導入後から一定期間に限り、移行対象であるアナログ簡易無線局の免許又は変更許可（無線設備の取替に係る届出を含む。）を認めることが望ましい。

ただし、既存免許人であって、既設のアナログ簡易無線局との通信を確保するため、機器の故障による無線設備の取替又は増設等のやむを得ない場合に限り、アナログ簡易無線局の免許又は変更許可は認めることができるとし、この場合、無線設備が利用できる期間をアナログ周波数の使用期間の範囲内に限るものとすることが望ましい。

2. 6 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件等

本システムは、簡易無線局（同一の変調方式を利用する一般業務用無線局を含む。）に適した無線システムの技術的条件については、次のとおりとすることが適当である。

2. 6. 1 一般的条件

(1) 変調方式

簡易無線局に適した方式としては、今後の需要が見込めないオフセットQPSK（オフセット直交振幅変調）、16QAM（16値直交振幅変調）、M16QAM（マルチサブキャリア16値直交振幅変調）を削除し、既存の $\pi/4$ シフトQPSK（ $\pi/4$ シフト直交位相変調）方式及びRZ SSB（実数零点単側波帯変調）方式に加えて、4値FSK変調（周波数振幅変調）方式とすること。

ただし、一般業務用無線局の無線設備にあつては、これまでとおりとし、さらに、今回検討した4値FSK変調方式も加えた方式として、利用者の様々なニーズに適用できるようにすること。

(2) チャネル間隔

4値FSK変調方式であっても、平成10年諮問第94号答申と同一とすること。

(3) 通信方式

簡易無線局の通信方式は、システム構成のイメージに基づき、一周波単信方式、単向通信方式又は同報通信方式とすること。

2. 6. 2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

簡易無線局にあつては、既存の設備規則別表第1号第44項に準拠することとするが、400MHz帯については変調方式によって、表2. 6. 2-1に示す許容値を設けることとする。

表2. 6. 2-1 周波数の許容偏差

周波数帯	無線局の変調方式	周波数の許容偏差（百万分率） チャンネル間隔が6.25kHzのもの
142MHzを超え 170MHz以下	$\pi/4$ シフトQPSK RZ SSB 4値FSK変調	± 2.5
335.4MHzを超え 470MHz以下	RZ SSB 4値FSK変調	± 1.5
	$\pi/4$ シフトQPSK	± 0.9

注1 6.25kHz間隔の4値FSK変調において、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であること。

注2 簡易無線局以外が混在する周波数帯域の場合にあつては、4値FSK変調方式を使用する無線設備であっても、他の4値デジタル変調と同様に設備規則別表第1号第44項に準拠して適用すること。

イ 占有周波数帯幅の許容値

4値FSK変調方式は、他の4値デジタル変調方式と同様に、占有周波数帯幅の許容値は現行の設備規則別表第2号（第6条関係）第37項に準拠して適用することとする。その他の方式は、狭帯域デジタル通信方式の現行規定のとおりとする。

ウ スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

4値FSK変調方式は、現行の設備規則別表第3号（第7条関係）第19項に準拠して適用することとする。その他の方式は、狭帯域デジタル通信方式の現行規定のとおりとする。

エ 空中線電力及びその許容偏差

簡易無線局にあつては、空中線電力は、5W以下とする。

ただし、キャリアセンス機能を有し、データ伝送（施行規則第4条の2第1項3号（4）及び（6）に掲げるもの）を行う無線設備及び30mを超える高所で利用するものにあつては、空中線電力は、1W以下とすることとする。

また、それぞれの空中線電力の許容偏差は、上限20%、下限50%とすることとする。

オ 隣接チャネル漏えい電力

4値FSK変調方式は、他の4値デジタル変調と同様とすることが適当である。

よつて、隣接チャネル漏えい電力は、変調信号の伝送速度が4.8kbpsの4値FSK変調方式のものにあつては、搬送波の周波数から6.25kHz離れた周波数の(±)2kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より45デシベル以上低い値であることとする。

ただし、一般業務用無線局で使用する場合にあつては、現行の設備規則第57条の3の2第1項第3号イ（1）に準拠して、1W以下の無線局の場合は45dB以上低い値、1Wを超える無線局の場合は32μW以下又は55dB以上低い値とすることとする。

（2）受信装置

ア 基準感度

受信感度は、既存の4値デジタル変調と同様に、4値FSK変調は、ビット誤り率が $BER1 \times 10^{-2}$ となる受信機入力電圧として求め、その結果、基準感度は、0dBμVであることとする。また、その他の方式は、表2.6.2-2のとおり取りまとめた。

表 2. 6. 2-2 各変調方式における受信感度

変調方式	$\pi/4$ シフト QPSK	RZ SSB	4 値 FSK
伝送速度 R[kbps]	9.6	—	4.8
情報帯域 [kHz]	—	0.3~3.4	—
等価受信帯域幅 B[kHz]	4.8	3.4	4.0
等価受信帯域幅 $10\log B$ [dBHz]	36.8	35.3	36.0
雑音電力 kT [dB μ V/Hz]	-60.8		
受信機固有雑音電力 kTB [dB μ V]	-24.0	-25.5	-24.8
雑音指数 NF[dB]	8.0		
E_b/N_0 [dB] at BER=1%	7.0	—	10.5
$10\log(R/B)$ [dB]	3	—	0.8
CNR[dB] at BER=1%	10.0	—	11.3
SNR[dB] at SINAD=12dB	—	12	—
機器マージン(固定劣化を含む) [dB]	6.0		
受信感度 [dB μ V]	0	0.5	0.5
基準感度 [dB μ V]	0		

イ スプリアス・レスポンス

4 値 FSK 変調方式は、電気通信技術審議会諮問第 6 2 号「公共業務デジタル移動通信システムの技術的条件」に対する答申（以下「諮問第 6 2 号答申」という。）に準拠し、53 dB 以上であることとする。その他の方式は、狭帯域デジタル通信方式の現行規定のとおりとする。

ウ 隣接チャネル選択度

4 値 FSK 変調方式は、諮問第 6 2 号答申に準拠し、42 dB 以上であることとする。その他の方式は、狭帯域デジタル通信方式の現行規定のとおりとする。

エ 相互変調特性

4 値 FSK 変調方式は、諮問第 6 2 号答申に準拠し、53 dB 以上であることとする。その他の方式は、狭帯域デジタル通信方式の現行規定のとおりとする。

カ 副次的に発する電波等の限度

4 値 FSK 変調方式は、設備規則第 2 4 条に準拠し、4 ナノワット以下であることとする。その他の方式は、狭帯域デジタル通信方式の現行規定のとおりとする。

2. 6. 3 その他技術的条件

(1) 空中線の高さ

送信空中線の高さは、原則、現行と同様に地上高30mを超えないこととする。ただし、特定の周波数のチャンネルに限り、制限を撤廃し、利用拡大を図ることとする。

(2) 送信時間制御機能

連続送信時間を最大5分間とし、連続送信時間で5分間を経過した場合には、自動的に送信を停止し、1分間の運用停止を行う機能を備え付けることとする。

(3) 自動識別信号機能

デジタル方式の簡易無線局の無線設備には、自動識別信号機能を備え付けることとし、安易に他人になりすましができないように施されていることとする。

(4) 混信防止（キャリアセンス）機能

登録無線局とする場合にあっては、キャリアセンス機能を有することとする。その機能は次の要件を満足すること。

ア 無線設備は新たな送信先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。

イ キャリアセンスは、電波を発射しようとする周波数に対して行い、常に当該周波数に対して受信機入力電圧が無線機入力端において7 μ Vとし、これを超える場合は、送信を行わないものであること。

2. 6. 4 その他考慮すべき事項

(1) デジタル方式の簡易無線局は、社会経済活動からレジャー分野まで幅広い用途で、周波数を共用して利用されるシステムが想定されていることから、今回の答申をもとに、民間標準機関等が中心となって、相互接続が確保に配慮したプロトコルやコーデック等の標準規格の策定に向けた対策が望まれる。また、「2. 6 技術的条件」に記載される国の技術基準に関する部分の知的財産所有権（IPR）については無償を原則として、民間標準機関による標準規格の部分については、その機関によって定められた取り決めに従うことが望ましい。

(2) 無線設備規則第54条第3号に規定する27MHz帯の周波数の電波を使用する無線操縦用の簡易無線局については、近年、開設する無線局が存在しないなど、その需要がないことから当該周波数帯における検討を行っていない。今後とも、その需要が見込めない場合は、周波数の有効利用を観点から、当該規定の見直しが望ましい。

2. 6. 5 測定法

測定に用いる変調入力信号は、特別の規定がない限り、データ端子から与えた標準符号化試験信号（符号長511ビット2値擬似雑音系列）とするか又は装置内で発生した標準符号化試験信号とする。ただし、RZ SSBにあたっては、標準符号化試験信号に代えて正弦波1000Hzの信号とする。

(1) 送信装置

ア 周波数の偏差

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

無変調波を送出してこれを周波数計で測定する。ただし、無変調にできない場合は、フレーム構造を含む変調された連続波として測定することができる。この場合、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について標準符号化試験信号を入力し、波形解析器等を用いて測定する。

(イ) RZ SSB変調方式

無変調の搬送波を周波数計で測定し、1.7kHzを加算して中心周波数に換算すること。

(ウ) 4値FSK変調方式

無変調波を送出してこれを周波数計で測定する。ただし、無変調にできない場合はテストモードの設定でフレーム構造を含まない連続した変調状態として+3、+3、-3、-3、+3、+3、-3、-3の符号列（最も周波数が高くなる周波数偏位と最も周波数が低くなる周波数偏位を与える符号列）を変調信号として連続波を送出するか、又は、特定の符号による変調状態を連続送信して測定することができる。なお、特定の符号による場合は規定された周波数偏位を用い中心周波数に換算すること。

イ 占有周波数帯幅

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

(イ) RZ SSB変調方式

変調は擬似音声信号を印加して、変調入力は空中線電力が定格電力の80%となる変調入力電圧と同じ値を加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

(ウ) 4値FSK変調方式

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

ウ スプリアス発射又は不要発射の強度

(ア) スプリアス発射の強度

A $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

変調はテストモードの設定で無変調搬送波を発生させ、スペクトルアナライザを用いて測定するものとする。ただし、無変調にできない場合は、スプリアス発射の強度については試験を省略することができる。

B RZ SSB変調方式

変調は無変調として、スペクトルアナライザを用いて測定するものとする。

C 4値FSK変調方式

変調はテストモードの設定で無変調搬送波を発生させ、スペクトルアナライザを用いて測定するものとする。ただし、無変調にできない場合は、スプリアス発射の強度については試験を省略することができる。

(イ) 不要発射の強度

A $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にして、スペクトルアナライザを用いて平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)を測定する。なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

B RZ SSB変調方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にして、スペクトルアナライザを用いて平均電力を測定するものとする。なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

C 4値FSK変調方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にして、スペクトルアナライザを用いて平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)を測定するものとする。なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

エ 空中線電力の偏差

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

フレーム構造を含む変調された連続波とし、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について、標準符号化試験信号を入力して、平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)を測定する。

(イ) RZ SSB変調方式

1000Hzの変調信号を印加して、飽和したレベルの平均電力を測定する。

(ウ) 4値FSK変調方式

標準符号化試験信号を入力信号として加えフレーム構造を含まない連続波送信状態として、平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)を測定する。

オ 隣接チャネル漏洩電力

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にしてスペクトルアナライザを用いて変調された搬

送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術基準で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波電力との比を測定することが適当である。

(イ) RZ SSB変調方式

1. 7kHzの正弦波により定格出力の80%となる変調状態にしてスペクトルアナライザを用いて、変調された搬送波の電力及び割当周波数から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術基準で定められる帯域内の電力を測定し、変調された搬送波の電力との比を測定することが適当である。

(ウ) 4値FSK変調方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にしてスペクトルアナライザを用いて変調された搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術基準で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波電力との比を測定することが適当である。

カ 送信時間及び送信休止時間

スペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に設定し掃引周波数幅を0Hz（ゼロスパン）とする。次に無線機器を送信状態として規定の時間以内に送信を停止すること及び送信休止時間が規定の送信休止時間以上であることを測定する。

測定時間精度を高める場合はスペクトルアナライザのビデオトリガ機能等を使用し、送信時間と送信休止時間の掃引時間を適切な値に設定するか、広帯域検波器とオシロスコープ等を用いて測定することができる。

(2) 受信装置

ア 基準感度

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

希望入力信号として標準符号化試験信号で変調した規格感度レベルの信号を加えたとき、2556ビットの伝送に対するビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

(イ) RZ SSB変調方式

希望入力信号として1000Hzの正弦波で変調した規格感度レベルの信号を加えたとき、SINADが12dB以上であること。

(ウ) 4値FSK変調方式

希望入力信号として標準符号化試験信号で変調した規格感度レベルの信号を加えたとき、2556ビットの伝送に対するビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

イ 隣接チャネル選択度

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波を加え、デジタル信号（符号長32767(=2¹⁵-1)ビットの2値擬似雑音系列）で変調した隣接チャネル選択度規格値分の希望波より高いレベルの隣接妨害波を加えたとき、2556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

(イ) RZ SSB変調方式

受信機を規格感度+3dBに設定し、妨害波の変調は擬似音声信号を印加して、SINADが12dB以上であること。変調入力は、空中線電力が定格電力の80%となる変調入力電圧と同じ値とする。

(ウ) 4値FSK変調方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波を加え、デジタル信号（符号長32767(=2¹⁵-1)ビットの2値擬似雑音系列）で変調した隣接チャネル選択度規格値分

の希望波より高いレベルの隣接妨害波を加えたとき、2556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

ウ 相互変調特性

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、相互変調を生じる関係にある相互変調特性規格値分の希望波より高いレベルの妨害波2波(± 6.25 kHz、 ± 12.5 kHz)を加えたとき、2556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。この場合、 ± 6.25 kHzの妨害波は無変調とし、 ± 12.5 kHzの妨害波はデジタル信号(符号長32767($=2^{15}-1$)ビットの2値擬似雑音系列)で変調するものとする。

(イ) RZ SSB変調方式

受信機を規格感度+3dBの希望波と、相互変調を生じる関係にある相互変調特性規格値分の希望波より高いレベルの無変調の妨害波(± 6.25 kHz、 ± 12.5 kHz)を加えたときSINADが12dB以上であること。

(ウ) 4値FSK変調方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、相互変調を生じる関係にある相互変調特性規格値分の希望波より高いレベルの妨害波2波(± 6.25 kHz、 ± 12.5 kHz)を加えたとき、2556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。この場合、 ± 6.25 kHzの妨害波は無変調とし、 ± 12.5 kHzの妨害波はデジタル信号(符号長32767($=2^{15}-1$)ビットの2値擬似雑音系列)で変調するものとする。

エ スプリアス・レスポンス

(ア) $\pi/4$ シフトQPSK変調方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、スプリアス・レスポンス規格値分の希望波より高いレベルの妨害波を加えたとき、2556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。この場合、妨害波はデジタル信号(符号長32767($=2^{15}-1$)ビットの2値擬似雑音系列)で変調するものとする。

(イ) RZ SSB変調方式

受信機を規格感度+3dBの希望波とスプリアス・レスポンス規格値分の希望波より高いレベルの無変調の妨害波を印加してSINADが12dB以上であること。

(ウ) 4値FSK変調方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、スプリアス・レスポンス規格値分の希望波より高いレベルの妨害波を加えたとき、2556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。この場合、妨害波はデジタル信号(符号長32767($=2^{15}-1$)ビットの2値擬似雑音系列)で変調するものとする。

オ 副次的に発する電波等の限度

空中線端子に擬似負荷(インピーダンス整合回路又は減衰器等)を接続しスペクトルアナライザ等を用いて測定すること。

カ キャリアセンス

(ア) 受信機給電点において技術基準で定められたレベルになるように標準信号発生器の信号レベルを設定する。

- (イ) 標準信号発生器の出力をオフとして送信状態としスペクトルアナライザ等により送信することを確認する。
- (ウ) 上記の標準信号発生器の出力をオンとして送信状態としスペクトルアナライザ等により送信しないことを確認する。

参考文献等

- 1) European Telecommunications Standards Institute <http://www.etsi.org>
- 2) TETRA MoU <http://www.tetramou.com>
- 3) Telecommunications Industry Association <http://www.tiaonline.org>
- 4) Association of Public safety Communications Officials <http://www.apointl.org>
- 5) ETSI TS102 490 V1.3.1 (2007-4) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Peer-to-Peer Digital Private Mobile Radio using FDMA with a channel spacing of 6.25kHz with e. r. p. of up to 500mW
- 6) ETSI TS102 361-1 V1.4.1 (2006-12), ETSI TS102 361-2 V1.2.3 (2006-9), ETSI TS102 361-3 V1.1.3 (2006-09) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems
- 7) ETSI EN166 113-1 V1.2.1(2007-07) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters(ERM);Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of data (and/or speech) using constant or non-constant envelope modulation and having an antenna connector; Part 1: Technical characteristics and method of measurement
- 8) ETSI EN300 113-1 V1.6.1(2007-07) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters(ERM);Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of data (and/or speech) using constant or non-constant envelope modulation and having an antenna connector; Part 1: Technical characteristics and method of measurement
- 9) 奥村 進士、「移動通信の基礎」、第9章、電子情報通信学会編、昭和61年
- 10) 平成16年4月社団法人全国陸上無線協会新世代自営移動通信システム研究会報告書

第3章 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

3. 1 ラジオコントロールの概要と現状

3. 1. 1 ラジオコントロールのシステム概要

(1) ラジオコントロールの利用と社会貢献

日本国内のラジオコントロール（無線操縦、ラジコン）は、昭和30（1955）年頃から始まり、ホビー用として、無線で操縦できる車、ボート、ヨット、飛行機、ヘリコプターなどの模型が普及しており、子供から年配まで年代を越えて健康かつ科学的な趣味として、青少年の科学する感性の育成や人格の醸成に貢献してきた。

また、学校教育において工夫工作としてのラジオコントロールの模型が見直され、ロボットを操縦するラジオコントロールは全国の工業高校や工業高専に広がってきている。さらに、大学研究機関においても遠隔操作ラジオコントロールを用いた環境対応や省力目的の研究にも貢献し、ラジオコントロールのシステム及び装置の高機能・高性能・高信頼性が評価され、産業分野において、農薬散布用や空中撮影用として日本全国に普及してきている。近年では、自律制御等の高度な制御装置が開発され、それまで人間が入ることが出来ない状況下（例えば、災害現場等）の情報収集を行う手段などを中心に、幅広い分野で利用され、益々その社会的貢献が期待されている。



図3. 1. 1-1 災害時の利用イメージ

(2) ラジオコントロールの歴史的背景

ア 機器の概要及び利用場所

昭和32（1957）年8月、ラジオコントロール（無線操縦）については、電波の電界強度が500メートルで200 $\mu\text{V}/\text{m}$ 以下であれば、免許を要しない無線局として導入された。当初導入にあたっては、当時の簡易な無線機の一般的な仕様である火花送信機とコヒーラ検波器の使用を前提としており、送信機にあつては高圧イグニッションで発生した無限の周波数成分を持つ減衰振動を簡単な同調回路にて選択放射するという方式であった為に、またコヒーラ検波器に代わる当時にあつては比較的高級な方式だった超再生式受信機ではその原理的に間欠発振動作を行う為に、それぞれ意図しない輻射が広範囲のスペクトルにわたって発生し、他の受信設備に電波障害を与える恐れがあったことから、その利用条件として、「壁で囲まれた建築物の内部において又は建築物から500メートル以上離れた場所において使用するもの」と定められた。

昭和40（1965）年代後半から、急激な科学知識の進歩と社会経済の発展に伴い、ラジオコントロールの模型の愛好者が急増したが、同時に楽しむ場所にも環境の変化が起こり始めた。

現在ではボートやヨットだけでなく、飛行機やヘリコプター等も主に河川敷を利用しているが、近年、河川敷の堤防の近くまで住宅が立ち並ぶようになり、建築物から500メートル以上の距離を保つことが難しくなっている。また、車も、近年、走行できる場所を探すこと自体が難しい状況下になりつつあり、特に車の愛好者には子供達が多く、その条件を満足するために、市街地からかなり離れなければならない、移動手段を持っていない子供達にとっては非常に厳しい状況となりつつある。

他方で、ラジオコントロール用の送信機は、半導体を使用した安定度の高いものとなり、また、これに使用される周波数の近傍の周波数は限られた用途にのみ使用されて障

害の可能性は極めて低くなっている。

イ 使用可能な周波数

制度創設当時、ラジオコントロールで使用できる電波は、27MHz帯と40MHz帯であった。

しかし、これらの電波は、簡易無線局（当時、通称「市民ラジオ」）や産業、医療及び工業用の高周波利用設備と共用する周波数となっており、これらのかかなり高出力の電波を利用する設備と共用していたことから、ラジオコントロールの機器が電波の干渉を受ける危険性があり、利用者の利便性向上を図るため、昭和59（1984）年11月に、40MHz帯で専用の周波数（13波）が割り当てられ、その後、平成4（1992）年8月には72MHz帯の専用の周波数（上空用10波）の増波が行われてきている。

また、平成元年頃からラジオコントロールを利用した農薬散布が始まり、これは同一地域で一斉に行うため、ホビーと共存して運用した場合、繰り返し利用を前提とした周波数の利用が難しくなってきたことを受けて、平成7年2月に73MHz帯に産業用のラジオコントロール専用電波（地上用2波、上空用4波）が割り当てられ、更に、平成16年3月にナロー化（地上用3波、上空用7波）による増波を行ってきている。

なお、現在でも市民ラジオ（27MHz帯。現在は免許不要局）やラジオマイク（27MHz帯及び40MHz帯）用としても割り当てられているが、これらの周波数帯は、現在において利用は極めて限られている。

他方、3.2にも示すように、最近、諸外国においては2.4GHz帯を使用するラジオコントロールが普及しつつあり、国際大会においても当該周波数帯を使用したラジオコントロールが使用されている。わが国においても、当該周波数帯の小電力データ通信の無線局として模型自動車用を中心に製品がみられるようになってきている。

3. 1. 2 利用形態及び普及状況

(1) 利用形態

ア ホビー用ラジオコントロールの利用形態

ホビー用ラジオコントロールは、表3.1.2-1のとおり利用されており、電波法及び関係規定に定める技術的条件のほか、利用の円滑を図るため、民間規格の日本ラジコン模型工業会や(財)日本ラジコン電波安全協会が推奨している標準規格に適合した送信機を使用することで自主規制が行われている。

表3.1.2-1 ホビー用ラジオコントロールの周波数利用状況

周波数帯	用途
27MHz帯	車・ボート・ヨット 400g以下の飛行機・ヘリコプター
40MHz帯	車・ボート・ヨット 飛行機・ヘリコプター・グライダー
72MHz帯	飛行機・ヘリコプター・グライダー

また、ラジオコントロールの走行場や飛行場では、相互が干渉なく利用するために、その場所での周波数の使用管理が必要で、特に、競技会などでは周波数ボードの設置、

電波監視や巡回などをして安全確保を図っている。また、操縦士の電波の知識、機器の取扱い方法、運用方法、運用マナーについて啓発活動を行うことで更なる混信のない電波環境を図るために、(財)日本ラジコン電波安全協会、日本科学模型安全委員会、日本ラジコン模型工業会の関係団体がこれらの運動を支援している。

イ 産業用ラジオコントロールの利用形態

産業用ラジオコントロールとしては73MHz帯が利用されており、主な利用形態としては、農薬散布及び空中撮影等であり、その概要は、次のとおりである。

(ア) 農薬散布用途

産業用で最も普及しているのは、水稻を中心とした薬剤散布用の無人ヘリで、産業用無人ヘリ全体の95%以上を占める。薬剤散布の対象である病害虫は、7月・8月の一定時期に全国一斉に発生するため、無人ヘリの活躍もこの時期に集中する。従って、この時期になると非常に広範囲で多数の機体が同時にフライトすることになる。そのため事前に、参考資料1の一例のとおり、影響を受ける範囲で関係者間が周知な周波数配置計画を作成し、電波障害の防止に努めている。

(イ) 自律型ラジオコントロール

自律型ラジオコントロールは、あらかじめ定められた経路を自動的（自律的）に飛行する機能を持つものであり、主に送電線等の監視・検査用に使われるほか、一部では農薬散布用途にも使用されている。ラジオコントロール機能としては、通常の操縦機能のほか、地上から機体へのアップリンクとして、操縦のためのプログラムやカメラ装置の動作指令等が送られ、逆に機体側から地上へ現在の機体の状況を知らせるためのモニタリング情報が送られる。このため、73MHz帯では情報量が不足し、かつ、双方向通信が必要となるため、現在では2.4GHz帯の特定小電力データ通信システムを搭載し、更に機体周辺状況のモニタリング用として1.2GHz帯のアナログ画像通信機器が用いられている。

(ウ) 空中撮影無人航空機

空中撮影無人航空機は、ラジオコントロール航空機による空中撮影を行うものであり、その飛行範囲は、オペレーターの目視操縦可能なエリアを中心とした数100mの範囲で、撮影高度は概ね300m以下である。オペレーターは1.2GHz帯を利用してリアルタイムに伝送される映像を地上モニターで確認しながら、機体操縦や撮影地点を特定し撮影を実施している。撮影対象物は、文化財遺跡や山間地域での建設工事現場及び災害現場等が中心であり、無人航空機を飛行させる上での建物や人口密集地などの障害物の影響を受けない比較的開けた撮影環境が保たれた地域が中心であったが、その範囲も多様化しつつある。



図3. 1. 2-1 画像伝送システムによる空中撮影のイメージ

(2) 普及形態

ア ホビー用、玩具用ラジオコントロールの普及状況

ホビー用、玩具用のラジオコントロールについては基本的に売切り商品であり、実態の把握は困難であるが、過去の出荷実績からホビー用途では陸上・水上用が約500万台、上空用が約50万台の普及状況と推定される。参考として、ホビー用で(財)日本ラジコン電波安全協会の標準規格適合証明を受けているラジオコントロールの普及状況を、図3. 1. 2-2に示す。

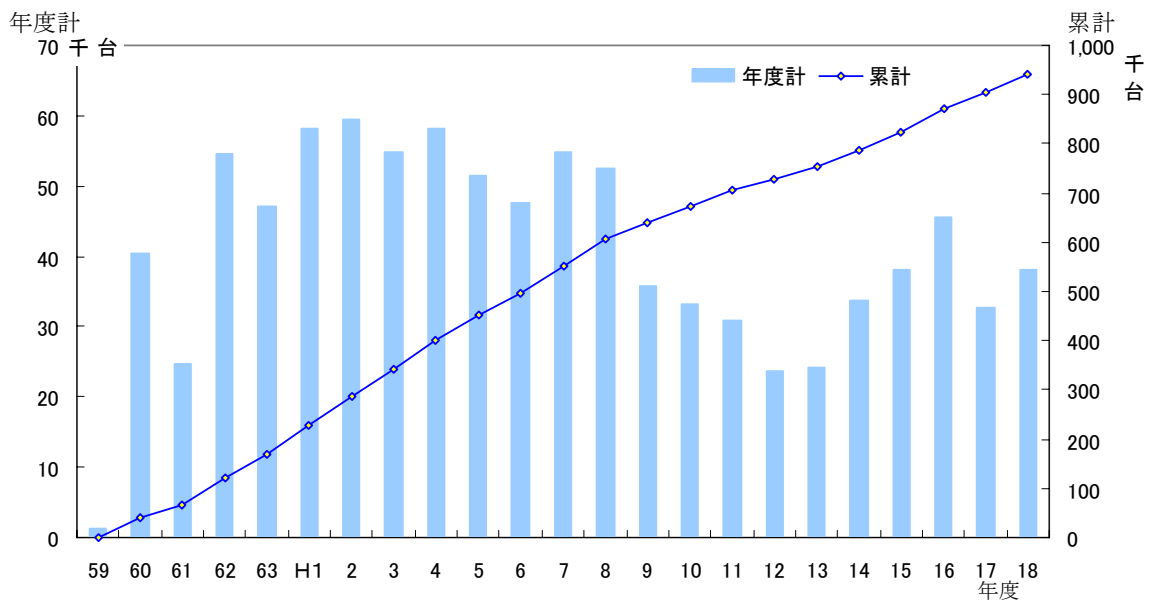


図3. 1. 2-2 (財)日本ラジコン電波安全協会での標準規格適合証明実施状況

イ 産業用ラジオコントロールの普及状況

(ア) 農薬散布ヘリの普及状況

平成元(1989)年から生産を始めて、平成18(2006)年10月31日現在で2194機が登録されている。現在、全国約160万haの水田のうち、約25%の40万haをカバーしており、大規模な散布方式にはなくてはならないものとなっている。

る。農薬散布ヘリの普及状況は、表3. 1. 2-2のとおりである。

表3. 1. 2-2 農薬散布ヘリの普及状況（出展：農林水産航空協会）

地 区	普及台数
北海道	229台
東 北	555台
関 東	345台
北 陸	299台
東 海	97台
近 畿	142台
中国/四国	165台
九 州	362台

(イ) 空中撮影無人航空機の普及状況

これまでの無人ヘリテレ推進協議会の加入状況と空中撮影に用いる映像伝送用無線局免許の関係は次のとおりである。平成14（2002）年、無人ヘリテレ推進協議会設立以来、会員数の増加とともに無線局免許の普及も図られてきている。

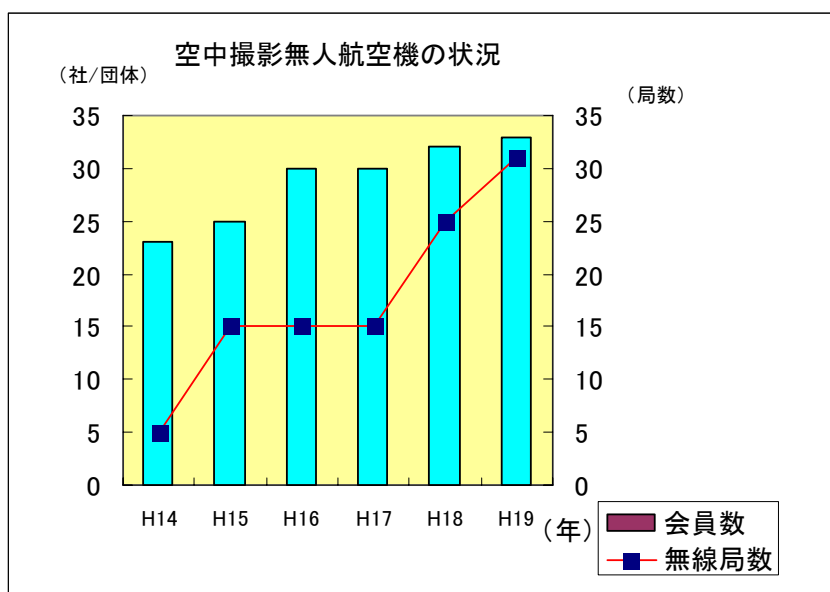


図3. 1. 2-3 空中撮影無線航空機の状況（無人ヘリテレ推進協議会協議会事務局調査）

3. 1. 3 今後の需要予測及び利用形態の拡大

(1) 需要予測

ア ホビー用ラジオコントロールの需要

昭和40（1965）年代後半からのラジオコントロールの模型愛好者の急増に伴い、高価であった無線機も需要の拡大とメーカー努力により、現在では子供達の小遣いでも手の届く価格となってきた。

また、当初は模型用エンジンを搭載したモデルが主流であったが、最近になって充電式電池の普及と高性能化及び受信機、サーボの小型・軽量化により、飛行機、ボート、

自動車とも、電動モーターを搭載するラジオコントロールの模型が急速な広まりを見せている。これは騒音が少ないというメリットがあり、今後も特に都市圏での需要拡大が見込まれ、現在の販売状況（ホビー用：約10万台、玩具用：数10万台。いずれも推定値。）からみると年間数10万台は今後も販売されると予測することができる。

イ 産業用ラジオコントロールの需要

(ア) 農薬散布ヘリの需要予測

図3. 1. 3-1は、過去12年間の有人ヘリと無人ヘリの散布面積の推移である。山間地の補完から始まった無人ヘリ散布であるが平成15（2003）年で有人ヘリの散布面積を抜き現在では主役の散布方式となっている。

図が示すとおり、過去は、エリアのほとんどを有人ヘリで散布し、それ以外のエリアは人海戦術で散布されていたが、農業従事者の高齢化により、更に無人ヘリに移行することが予想され、今後10年後には、水稻面積の約50%が無人ヘリによる農薬散布になると言われている。

対象面積に対して利用機体が比例していることをかんがみ、現在約25%の対象地域をカバーするのに約2,000機が用いられていることから、10年後には約4,000機となっていると想定される。

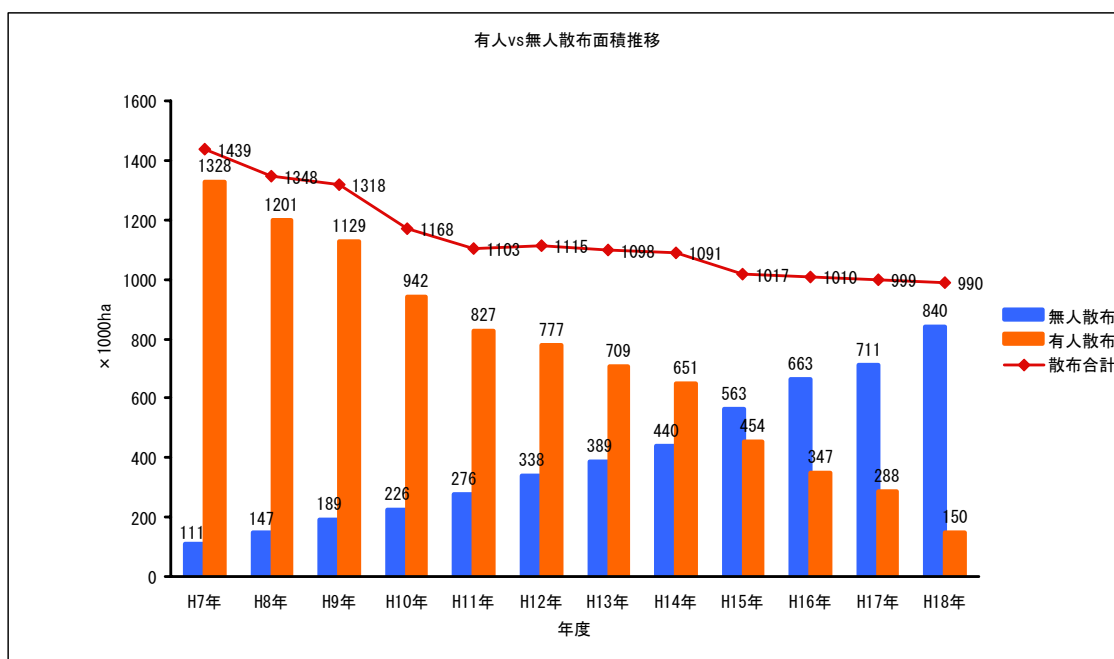


図3. 1. 3-1 有人／無人散布面積の推移 (出展：農林水産航空協会)

(イ) 空中撮影用無人航空機の需要予測

近年の都市型災害の発生や市街地再開発、公共インフラ整備が人口密地域を巻き込んで進展するにつれ、無人航空機による撮影対象物も都市部での需要が多くなりつつある。

特に、「初動時における被災地情報収集の検討」（平成17年7月総務省消防庁提言）（参考資料2）にも示されたとおり、早急に無人航空機による被災地情報収集の活用が求められており、無人航空機による映像情報によって、国民の安心・安全の確保の一翼になるものと大きな期待がある。

平成18年消防庁消防研究センターの実証実験（参考資料3）からも、映像伝送システムを搭載した無人機の活用が有効と報告されており、その有効性をかんがみるとその規模は全国的な需要（約2,000機※）と予測することができる。

（※各自治体単位（全1934団体）及び民間運用業者（約200団体）に配備した場合を想定）

（2）利用形態の拡大

今後、産業用無人航空機を利用した撮影・調査・情報伝達の分野では、安全・安定した運用による事業が展開されていくなれば、利用形態も大きく変化・拡大していくことが想定される。平野部の少ない日本の環境によれば、空中撮影対象が都市部へと進展し、建造物密集地や人家周辺に撮影環境が広がっていくことは容易に想定される。

従って、現行の建造物から500メートル以上離隔するとの規制がある場合には要求されている社会的使命に充分寄与出来なくなる懸念が生じる。

一方、UAV（Unmanned Aerial Vehicle（無人航空））機の開発にも見られるとおり航空機の性能は著しい進化を続けており、低空からの撮影が可能となる高性能カメラ搭載、夜間監視システムと送信機の小型化などの技術革新に支えられ、機体の安全基準や飛行基準の策定が業界を挙げて取り組まれている現状からしても、技術面・運用面いづれからも安全緻密な操縦運用が可能な環境が整ってきていると言われている。

更に、陸上系建設機械・災害レスキューロボットや海上系ラジオコントロール機器などその活用の業態は大きくなるものと考えられる。無人航空機に限って考察しても、参考資料4の利用用途の拡大が想定されている。

3. 2 諸外国のラジオコントロールの状況

表3. 2-1及び表3. 2-2に、民間規格を含めた諸外国のラジオコントロールの基準・規格の状況を示す。

3. 2. 1 2.4GHz帯のラジオコントロールの利用状況

平成17(2005)年頃から、欧米では、2.4GHz帯のいわゆるISM用周波数のデータ通信手法を使用したラジオコントロールが普及してきている。その概要を表3. 2-1に示す。

その普及状況についての正確なデータは見当たらないが、ラジオコントロールの利用に適したモデムチップが製品化されたため、多くのメーカーが製品を製造しており、現在では、当該周波数帯のラジオコントロール機器が市場の50%~70%を占めているとも言われている。

表3. 2-1 欧米における2.4GHz帯のラジオコントロールの使用状況

区分	米国	欧州 (CE標準)
空中線電力	1W (市場は100mW以下が主流)	・周波数ホッピング (FH) 方式： 100mW以下 ・上記以外の方式：10mW以下
通信方式	特に規定なし (周波数ホッピング (FH)、直接拡散 (DS)、FH・DS併用、その他)	特に規定なし (周波数ホッピング (FH)、直接拡散 (DS)、FH・DS併用、その他)
2.4GHz帯販売の比率	50%~70%程度	不明であるが比率拡大の動き

3. 2. 2 HF/VHF帯のラジオコントロールの利用状況

調査した主要各国においては、各国とも、ラジオコントロールで利用している周波数などの規格は同様な状況であるが、我が国の現行規定にあるような建築物等との離隔距離を設定した利用の制限は定められていない。

表3. 2-2 諸外国におけるラジオコントロールの規格

	米国	欧州	中国	韓国	台湾		
変調方式	A1D F1D	A1D F1D	A1D F1D	A1D F1D	音声変調以外		
周波数	参考資料6参照						
出力	27MHz帯	1W (27.225MHzは5W)	ERP750mW	500mで 200μV/m	27MHz帯 地上用	4W	
	50MHz帯	アマチュア無線に準ずる			ERP100mW	27MHz帯 上空用	0.5W
	72MHz帯	750mW			72MHz帯	0.5W	
	75MHz				75MHz	0.75W	

	帯						帯	
周波数 偏差	27MHz 帯	±50ppm	±750Hz	27MHz 帯	±100ppm	規定なし	27MHz 帯	50ppm
	50MHz 帯	±20ppm		40MHz 帯	±30ppm		72MHz 帯	20ppm
	72MHz 帯			72MHz 帯				
	75MHz 帯			75MHz 帯				
不要 発射	72MHz 帯 75MHz 帯	搬送波より -56+10logTP {dB} 以下	47-74MHz 87.5-118MHz 174-230MHz 470-862MHz	4nW 以下	規定なし	規定なし	27MHz 帯	搬送波より -43+10logTP {dB} 以下
			1GHz 以下	250nW 以下			72MHz 帯 75MHz 帯	搬送波より -56+10logTP {dB} 以下
			1GHz 超	1 μ W 以下				
使用 条件	規定なし		規定なし		規定なし	規定なし	規定なし	
免許の 要否	50MHz を除き 免許を要しない		免許を 要しない		免許を 要しない	免許を 要しない	免許を 要しない	
適合 証明 ラベル	72MHz 帯 75MHz 帯	FCC の ID ラベル	CE (!) ラベル (R&TTE 指令による)		認可ラベル	MIC 認証 ラベル	ETC 認証ラベル	

3. 3 2.4GHz帯小電力データ通信を使用するラジオコントロール

模型飛行機等のラジオコントロールには、先に示したHF/VHF帯を使用する装置のほか、既存の各種の無線システムを利用することが考えられるが、これには、数100mの通信距離において遅延の少ない通信が必要であること、特にホビー用では免許等手続が不要で低コストである必要があることから、新たなものとしては、2.4GHz帯の小電力データ通信を使用するものが普及しつつある。

2.4GHz帯小電力データ通信システムの概要は表3.3-1のとおりである。

表3.3-1 現在の小電力データ通信システムの規定概要

区分	2400~2483.5MHz を使用するもの	2471~2497MHz を使用するもの
空中線電力	10mW/MHz以下 (2427~2470.75MHzの周波数ホッピング(FH)等は3mW/MHz)	10mW/MHz以下
占有周波数帯域幅	・周波数ホッピング(FH) 83.5MHz以下 ・その他 26MHz以下(拡散帯域500kHz以上)	26MHz以下(拡散帯域500kHz以上)
スペクトル拡散条件	スペクトル拡散をする場合は5以上	スペクトル拡散をする場合は10以上
ホッピング方式条件	滞留時間0.4秒以下	滞留時間0.4秒以下
その他条件	デジタル通信方式であること (直交周波数分割多重(OFDM)を含む)	スペクトル拡散方式であること
アンテナ条件	絶対利得2.14dB以下 (等価等方輻射電力相当により利得追加可能)	絶対利得2.14dB以下 (等価等方輻射電力相当により利得追加可能)

注：拡散率とは、拡散帯域幅を変調信号の通信速度に等しい周波数で除したもの

3.3.1 2.4GHz帯の小電力データ通信をラジオコントロールに使用する場合に考慮すべき事項

2.4GHz帯の小電力データ通信をラジオコントロールに使用することは、一般に、制御項目(操縦チャンネル)を多く設定しやすい、大会など同一場所に集中して運用する場合に対応するため、多様な変調方式で混信にも強いものを製造できる可能性がある、アンテナを小さくできるといった利点があるが、一方、小電力データ通信の現在の利用状況に関し、次のような点について考慮が必要である。

(1) 当該周波数帯は多様な用途に使用されていること。

HF/VHF帯を使用するラジオコントロールと異なり、本周波数帯は、データ通信のほか、電子タグやアマチュア無線、各種産業・家庭製品にも使用されており、データ通信に限っても、家庭内のほか、企業オフィス、街頭の公衆アクセスポイント等として、広く

高密度で使用されており、かつ、それらの機器の設置の有無・利用中であるか否かは目視ではわかりにくい状況にある。

(2) 混信を容認しつつ一定の品質の範囲で通信を行うものであること。

小電力データ通信では、一般に、一定の混信の影響を受けることが想定されており、特にインターネット利用（IP）においては、ベストエフォートとして、通信速度が変動することを容認しつつ使用すべきことが広く知られている。

ラジオコントロールが利用する場合は、以上のように小電力データ通信が電波利用している状況を考慮されるべきであるが、他方で、

- A 近年、ラジオコントロールを利用可能な公園等が限られ、特定の時間帯・場所において多くの機器が集中して電波の利用密度が極めて高くなる可能性があり、このような状況を想定して相互に干渉をできるだけ軽減する機能が求められること
- B ラジオコントロールの利用者であっても電波に対する十分な知識がない場合があり、他の利用者が運用中の場合には無用の送信を控える等の干渉を避けるような運用上の配慮がなされない可能性があるため、このような運用上の配慮が十分でなくとも干渉を与えにくくする機能となっていることが望ましいこと。
- C ラジオコントロールにおいては、比較的軽度の混信による通信速度の低下も操作反応の遅延につながる可能性があるため、一定の水準以下の突発的な混信等による操作遅延の増大をできるだけ抑える必要があること

といった条件を考慮し、特に屋外で飛行する模型飛行機等を中心に、できる限り安定した通信が可能となるような工夫が求められる。

例えば、模型飛行機に使用する場合には、受信機を搭載した飛行機がおおむね半径500m程度の範囲を最高時速90km（秒速25m）程度で飛行する可能性があり、干渉等により通信情報に多少の欠落があっても操作の遅延が概ね100ms程度以下の範囲にとどめる必要があると言われている。

3. 3. 2 混信による影響等の軽減の方策

ラジオコントロールが受ける混信等による影響を軽減することは、特に上空を飛行する模型飛行機を中心に利用の安全性を向上させるとともに、利用者の利便性を向上し、ひいては、ラジオコントロールが利用される地域での電波の有効な利用となる。このような影響の軽減方策としては、次のようなものがある。

- A 電波の利用において、混信の影響の少ない変調方式や混信回避を考慮した方式を用いる。
- B ラジオコントロール制御の機能において、通信が遅延し、遅延により制御が失われた場合にも適切な操舵や機体姿勢等の維持を行う機能を持たせる。

本件においては、電波の利用の観点から、Aについて検証する。

(1) 電波利用における混信等の影響の軽減方策

本周波数帯の電波をラジオコントロールに使用するにあたり、混信等の影響を軽減する方策としてはおおむね次の方法がある。

ア キャリアセンス方式

通信初期にキャリアセンスを利用して周辺地域におけるチャンネルの利用状況を検出し、混信を避ける方法。

イ 周波数ホッピング方式

利用周波数を高速で定期的に切り替える方式。

なお、ラジオコントロールにおいては、携帯性や普及の観点から装置をできるだけ単純・小型にする必要があることから、混信回避の手法としては、混信に効果的な水準の拡散率による直接拡散や直交周波数分割多重方式の利用はなされにくいと考えられる。

(2) 混信等対応の具体的機能

混信等対応の具体的方策・機能については、次のとおりである。

ア キャリアセンス方式

キャリアセンスを利用して周辺地域におけるチャンネルの利用状況を検出し、空きチャンネルを選択する方式である。最も簡便で一定の効果があると考えられるが、送信機に受信回路を設ける必要がある。

この場合において、ラジオコントロールは継続的な制御の確保を優先するべきことを考えると、通信中（操縦中）においての停波は、特に高度な切り替え制御を行う場合を除いて現実的ではないことから、キャリアセンスは運用開始の初期（電源投入直後等）のみに行うことが考えられる。

イ 周波数ホッピング方式

周波数ホッピング方式においては、ホッピング滞留時間をある程度短く設定することで、他の通信への干渉を軽減するとともに、自らの通信に発生する遅延の可能性を軽減し、短縮することが可能である。

その検討結果は次のとおり。

A 操舵の遅延許容時間：100ms程度

B 遅延をもたらす連続した混信衝突の想定：1回

その概要は図3. 3. 2-1のとおりである。

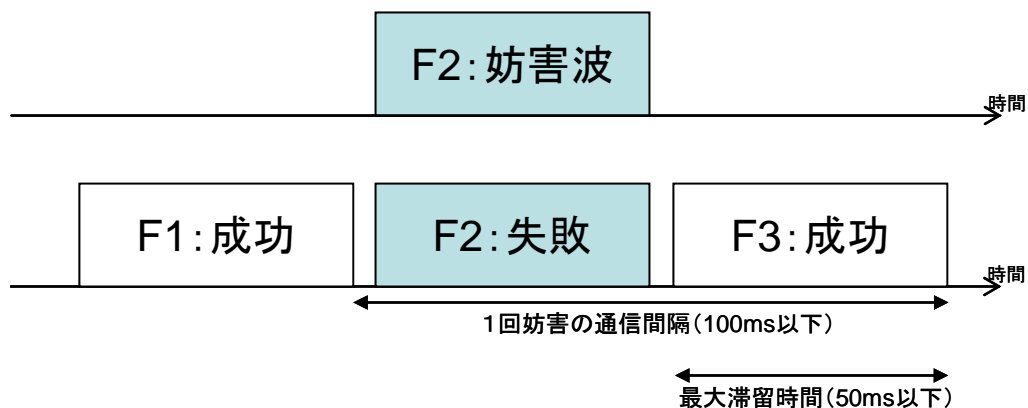


図3. 3. 2-1 ホッピングにおける滞留時間

同図のとおり、1回の通信失敗においても100ms程度の遅延において操舵を行うために、ホッピングの滞留時間は $100/2=50\text{ms}$ 以下にとどめることが有効である。

この場合においては、キャリアセンスを行うことは要しない。また、特定の周波数に繰り返し滞留することを想定した滞留時間の積算合計については、現在の基準（直接拡散等を併用しない場合、 $0.4\text{秒}\times\text{拡散率}$ の時間内で0.4秒以下）のとおりとする。

3. 3. 3 結論

2.4GHz帯の小電力データ通信をラジオコントロール（無線操縦）に使用する場合には、安全性を確保しつつ周波数の有効利用を図って運用するために、相互に混信の影響の少ない方式を利用することが望ましい。なお、各種無線装置・システムを無線操縦、特に飛行体の操縦に使用する場合は十分な注意が必要であり、必要に応じて技術基準を定める必要があるが、これらの基準を追加するに当たっては、既に個々の工夫により利用している場合があることを念頭に置き、一定の経過措置を設けることが望ましい。

3. 4 HF/VHF帯のラジオコントロール送信機の関連基準と運用制限

3. 4. 1 基準と運用の制限

我が国のラジオコントロールは、昭和32（1957）年の制度創設から、免許を要しない無線局であって、子供から大人まで気軽に利用できる無線機として現在まで幅広い分野で利用されており、現在、27MHz／40MHz帯ラジオマイク（以下「ラジオマイク」という。）とともに、利用可能な周波数の範囲に加えて、次のような電界強度の基準と運用の制限が定められている。

A 電波の強度は、送信機から500メートルの距離で200 μ V/m（電波法施行規則第6条第1項第2項）

B 建築物の内部又は建築物から500メートル以上離れた場所で運用（昭和32年郵政省告示第708号）

これらの基準等は、当時のラジオコントロールの送信機として火花式送信機が用いられていたこと等を受け、ラジオコントロールが発射する電波と同一又は帯域外の周波数における他のシステムへの影響及びその運用方法による他のシステムへの影響を懸念し、200 μ V/m（距離500メートル）の電界強度レベルを設けるとともに、その運用方法についても規制がされている。

通常の運用形態としては、屋内で利用（主に、模型自動車やラジオマイク。）と屋外（主に、模型船舶や模型飛行機。）の利用が想定されるが、屋内であれば仮に他のシステムに干渉があったとしても運用を直ちに停止することが可能であり、もとより自らの無線設備に限った影響が主であることなどの理由により容易に干渉を回避することが可能であると考えられる。

一方で、屋外では、このような対策は取りにくく、社会における電波利用の黎明期において一般家屋等での利用動向が予想し難かったこと等から、屋内と屋外の区分点（建築物）から500メートル程度離すことで、当時想定される通常の受信性能の機器を使用した他のシステムが一般家屋に普及したとしても影響を与えないといえるレベルまで軽減すべきと判断されてきた。

現在、ラジオコントロールが利用している27MHz／40MHz／72MHz／73MHz帯については、他に広く一般家庭に普及しているサービス・無線機器はなく、また、広帯域な伝送が需要の中心となっており、ラジオマイクについてもより高い周波数帯の特定小電力無線局方式が主流となってきている昨今を踏まえると、周波数の低いHF/VHF帯においては、今後とも一般家庭等における大幅な利用需要は見込まれない状況にある。

3. 4. 2 微弱電波の無線局の電界強度の基準値

他方、ラジオコントロール（ラジオマイクを含む。以下3. 4項内で同様。）と同様に、一定の電界強度を基準において免許を不要として利用できる無線局のひとつに、いわゆる微弱電波の無線局がある。当該無線局においては、次のような基準値（電波法施行規則6条第1項第1号）が定められている。

表3. 4. 2-1 我が国の微弱電波の無線局の電界強度の基準値

322MHz以下	3mの距離で500 μ V/m以下
322MHzを超え 10GHz以下	3mの距離で35 μ V/m以下

10GHzを超え 150GHz以下	$3.5 \times \{f\} \mu V/m$ 以下 ($\{f\}$ は周波数GHz)
150GHz以上	$500 \mu V/m$ 以下

この基準値は、昭和63（1988）年に、実際の測定をより合理的に実施できるよう、それまでの規程を改定し定められたものであり、この基準値内であれば他への影響を許容可能な範囲にとどめつつ、任意の場所・用途で利用できることと理解されている。（ただし、恒常的に他の無線局に支障を与える場合は、基準値内であっても電波法に基づき排除命令が可能。）

この内容から、ラジオコントロールは、当初から帯域外の不要発射による影響を懸念していたことや、電波法施行規則において「電波が著しく微弱な無線局」（第6条第1項。いわゆる微弱電波の無線局より広い範疇。）と規定されていることを考慮すると、帯域外の不要発射の電界強度は、他の無線局に影響を与えないこと主眼として制定しているスプリアス発射の許容値、又はそれよりも更に低いとされる上記基準値内となっていると理解されている。

他方、このような理解に立つと、特に同一周波数帯において他のシステムに混信を与える可能性がない場合には、いわゆる微弱電波の無線局と同様に、任意の場所・場面での電波発射が許容されるべきであると言える。なお、昭和63（1988）年に、いわゆる微弱電波の電界強度の基準値の規定が改正され、当該電波についてより明確な測定が可能となっていることもあり、ラジオコントロールの副次的な発射についても明確に測定が可能と考えられる。

3. 4. 3 ラジオコントロール機器における帯域外の不要発射の現状

今般、主要メーカの機器について、帯域外の不要発射強度等について参考資料5のとおり測定が実施されている。

その測定結果は、図3. 4. 3-1のとおりであり、いずれも表3. 4. 2-1の微弱電波の無線局の電界強度の基準値を下回っていることが確認された。

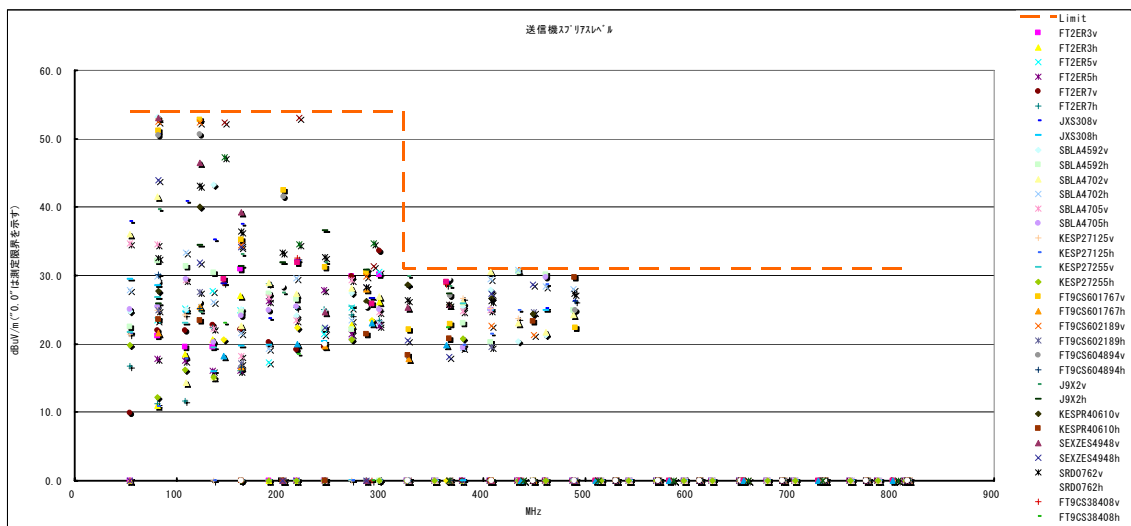


図3. 4. 3-1 主なラジオコントロールの不要発射強度の測定結果

3. 5 ラジオコントロールの技術的条件等について

3. 5. 1 2. 4 GHz帯の小電力データ通信を利用したラジオコントロールの技術的条件

2. 4 GHz帯の小電力データ通信を屋外で飛行させる航空機のラジオコントロール(無線操縦)に使用する場合においては、安全性を確保しつつ周波数の有効利用を図って運用するために、相互に混信の影響の少ない方式として、2. 4 GHz帯の小電力データ通信の技術的条件に、次の技術的条件を追加する。

なお、これらの基準を追加するに当たっては、既に個々の工夫により利用している場合があることを念頭に置き、一定の経過措置を設けることが望ましい。

(1) 変調方式ごとの要件

2. 4 GHz帯の小電力データ通信を利用したラジオコントロールに適した変調方式ごとの条件は、いずれかに合致するものであること。

ア 周波数ホッピング方式

滞留時間は、50ms以下であること。

イ その他の方式

運用開始の初期においてキャリアセンスを行うこと。

(2) その他の技術的条件

その他の技術的条件については、2. 4 GHz帯の小電力データ通信と同一とする。

3. 5. 2 HF/VHF帯を利用したラジコンコントロールに対する運用制限の緩和

3. 4. 2のように、微弱電波の無線局が、他の無線局等に与える影響が許容範囲内であることとして自由に運用が可能となっていることを鑑み、ラジオコントロール(同一の基準のラジオマイクを含む。)に関しても、電波干渉の観点から建築物から500メートル離すこととされている条件については、撤廃しても支障ないと考えられる。

なお、これらの機器は、免許を要しないものであって、電波法令に基づく特段の検定・認証制度の対象にされてきてはいないため、すべての機器の把握は困難であるが、現在の微弱電波の基準の制定された昭和63(1988)年以前に製造された機器についても、既に当該規定の改定・制定から20年近くが経過しており、ラジオコントロール機器の利用実態から、電波干渉に関して新たに重大な支障が生じることはないものと考えられる。

今後のニーズを踏まえ、国民の充実した生活の糧である趣味としてのホビー用ラジオコントロールや、安全・安心の確保、経済・産業の発展のために必要となる産業用ラジオコントロールの利活用を鑑み、速やかに関係規定が整備されることが期待される。

なお、ホビー用ラジオコントロール、産業用ラジオコントロールが共に、安全に運用するために、今後とも、利用者においてはマナーを守り、周囲の状況に配慮した運用が求められるとともに、関係団体においては、積極的にその指導体制の構築や教育環境の整備、モラル・マナー等の啓発や社会的理解を得るための活動の促進、関係者間の調整や良質の製品の流通を図る機能の充実をもって、更にラジオコントロールの運用上の工夫等を行い、今以上に、それぞれの用途・用途で高度な利用、有意義で有効な活用を図ることが期待される。

第4章 動物の検知・通報システムの技術的条件

4. 1 野生動物の概要と現状

近年、動物の生息圏と人の生活圏が重なる傾向にある。

このため、野生動物による住民への危害や農作物被害が深刻な社会問題化してきている。

これらの原因となる本格的な生活圏の重複は江戸時代から起こっているといわれているが、農林被害が一層顕著になったのは、戦後の木材需要が増大し、大規模な造林事業が全国的に展開された後の昭和45（1970）年代になってからである。その後、木材価格の低迷とともに、除間伐作業など人工林の取り扱いが疎かになり、野生動物の主要な生息地である森林がその価値を低めてきたのと同時期と考えられている。

加えて、中山間地域を中心に、地域住民の人口減少及び高齢化などによる耕作放棄地の拡大が野生動物との棲み分けを困難にしてきている。さらに特定の地域における野生動物の個体数増大も農林被害の大きな要因となってきている。

一方で、これらの生活圏の切り分けや被害の防除や軽減のために、野生動物と人間の活動域を分離するための環境管理が必要とされている。野性動物の行動を追跡し、野生動物の生態を的確に把握し、また、野生動物を適切に保護しつつ生活・産業の影響を最小限にする数多くの取り組みが行われている。

4. 1. 1 野生動物の生態と調査状況

1 調査・把握対象の野生動物

我が国で調査・研究・把握の対象とされ、あるいはその要望の発生する可能性のある動物として、陸上哺乳類としては、クマ類（ツキノワグマ、ヒグマ）、ニホンザル、ニホンジカ、タヌキ、アカネズミの6種があり、その他のものを含めて、調査等目的の概要を表4. 1. 1-1に示す。

我が国は豊かな自然を背景に、多様な動物が生息しており、それらのほぼすべての行動・生態が何らかの形で調査等の実施対象となっているほか、最近、海外から持ち込まれて生態系を乱す可能性のあるいわゆる外来動物も加わって、調査等の実施対象は多岐にわたっている。

また、特定鳥獣保護管理計画制度（以下、特定計画と呼ぶ）では、シカ、クマ、サル、カモシカなど地域的に著しく増加又は減少している個体群に対して、個体数又は生息密度の目標を設定し、地方自治体では、固定数調整や重点保護を含む保護管理のプログラムを作成し、実行することとなっている。

表4. 1. 1-1 我が国で調査等の実施対象となる動物の概要

主な分類	動物の種類	主な調査目的
クマ	ヒグマ・ツキノワグマ	被害、保護、研究
シカ	ニホンジカ・エゾシカ	被害、保護、研究
サル	ニホンザル・タイワンザル	被害、保護、研究
タヌキ		被害、保護、研究
ネズミ	アカネズミ	被害、保護、研究
その他	イノシシ	被害、保護、研究
	鳥類	保護、研究
	は虫類・両生類・昆虫等	被害、研究

この特定計画においては、科学性や計画性が求められ、対象個体群の動向として、生息数や生息密度、分布域、捕獲した個体の性年齢構成などを内容とするものに加えて、被害状況や生息環境について、継続的な調査・把握が必要とされている。

野生動物の生態の調査等の活動について、取りまとめると、その目的は大きく分けて、
 ア 人間生活・産業への被害を防止することを主な目的とするもの（被害）
 イ 野生動物の保護活動の一環又保護方策を検討することを主な目的とするもの（保護）
 ウ 学術的な研究を目的とするもの（研究）
 があり、これらの中一つ又は複数の目的のために調査等が実施されている。

2 主な動物の生態の概要

主な把握・調査対象動物の生息地域・行動範囲等の生態概要については、表4. 1. 1-2に示し、対象動物それぞれにおいて体軀（体重）の幅が広く、行動範囲や移動距離にも差があり、調査においても工夫が求められる。

表4. 1. 1-2 主な把握・調査対象動物の生息地域・行動範囲等

主な分類	生息地域	行動単位・行動範囲・移動距離	備考
クマ	北海道・本州・四国の山岳	単独、数十平方 km、数 Km/日	冬眠行動有
サル	北海道を除く全国山野	10～100 頭の群れ、10～30 平方 Km、数 Km/日	
イノシシ	北海道除く全国山野 （九州北部、四国北部、北陸、信越、関東や東北等、平野部と積雪地域）	成獣で見ると単独型社会 人家近くの里山に生息	
ニホンジカ	北海道から沖縄（慶良間列島）まで全国的	単独～10 数頭の群れ 数十平方 Km、数 Km/日	夜行性

主な動物の生態については、次のとおりである。

（1）ツキノワグマの生態

ア 分布

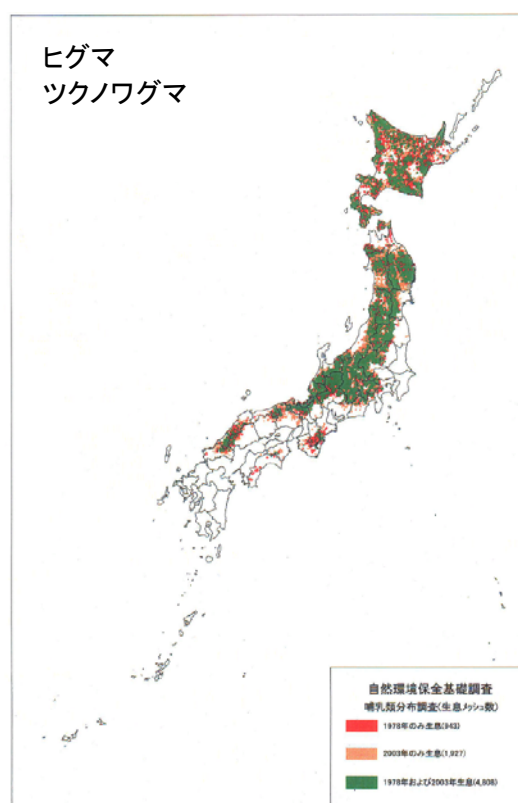
本種は東アジアに広く分布する動物で、日本に生息するのはそのうちの1亜種とされる。日本では、本州及び四国に生息し、九州では絶滅した可能性が高い。また、紀伊半島、中国山地、四国における地域個体群は絶滅のおそれがある。森林、とくに落葉広葉樹林に依存して生息し、夏季から秋季には高山帯までを利用することがある。

イ 形態

頭胴長 1m、体重 100kg を越える個体もいるが、性成熟には4～5年かかる。一般に、オスはメスよりも大型である。

ウ 生態と行動

基本的に単独で行動するが、母親は子グマを1～1年半伴う。食性は雑食であるが、冬季には木の洞や岩穴などで冬眠をする。メスは冬眠中に出産子育てを行う。



出典：哺乳類分布調査報告書（平成16年3月環境省生物多様性センター）

移動距離や行動圏の広さは、性、年齢、繁殖状態によって差があるとされる。また、地域的な特性や季節移動する個体も観察されている。

行動圏については、研究者が少なく論文として公表されている事例が少ないが、地域にはばらつきがあることが明らかになっている。

(2) ニホンザルの生態

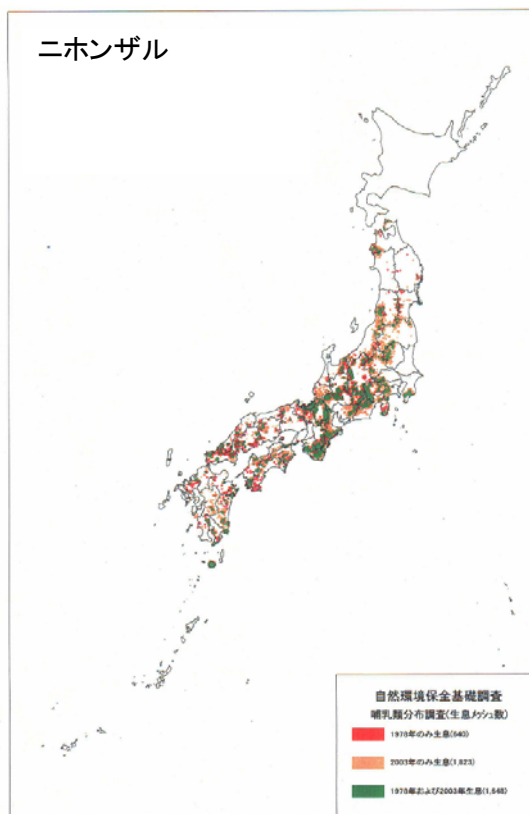
ア 分布

ニホンザルは日本の固有種で本州、四国、九州とその周辺の島に生息する。北限は青森県下北半島、南限は鹿児島県屋久島である。森林の樹木に依存して生活し、海岸沿いの照葉樹林から山地帯の落葉樹林までが生息域の中心であるが、中部地方の山岳地帯では夏季に 3000m 付近の高山帯ハイマツ林までを行動域にする群れもある。

環境省生物多様性センターの調査によると、昭和53年(1978)には、ニホンザルの生息が確認されなかった多くの地域において、平成15年(2003)に実施された調査では新たに生息が確認されており、全国的に分布が拡大してきている。

イ 形態

温暖な照葉樹林帯のサルは一般的に小型であるのに対して、寒冷地の落葉樹林帯のサルは大型である。オスはメスより大きい。オスは、頭胴長 53~60 cm、体重 10~18 kg。メスは頭胴長 47~55 cm、体重 8~16 kg。



出典：哺乳類分布調査報告書(平成16年3月環境省生物多様性センター)

ウ 生態と行動

ニホンザルは 10 数頭~100 頭程度の群れを単位として生活している。オスは成体になるまでに生まれた群れを離脱して単独生活(ハナレザル)の後、別の群れに加入して群れのメンバーとして生活する。その後群れの離脱と新たな群れへの加入を繰り返す生活を続ける。この過程で、100km を超える長距離移動をするオスもいる。一方、メスは一生を生まれた群れで生活する。

群れの行動域面積は群れの個体数や生息環境で大きく異なり、一般的に個体数の大きな群れほど、また照葉樹林より落葉樹林に生息する群れほど大きな面積を必要とするが、サル群れの行動には群れ毎の変異が大きい。

(3) イノシシの生態

ア 分布

本種はユーラシア大陸に広く分布し、日本では本州以南から南西諸島に生息する。南西諸島に生息するものはリュウキュウイノシシと呼ばれ、亜種とされる。東北等の多雪地域には生息していないが、近年ではこうした地域にも分布が拡大している。

環境省生物多様性センターの調査によると、昭和53年(1978)にはイノシシの生息が確認されなかった関東、東北、北陸等の地域において、平成15年(2003)に実施された調査で新たに生存が確認されており、東日本への分布の拡大が見られる。

イ 形態

成獣は頭胴長1m、体重50~60kgだが、一般にオスはメスより大型で、100kgを越す個体もいる。満1歳で繁殖し、出産仔数は2~8頭であるが、平均寿命は2~3年である。

ウ 生態と行動

基本的に単独性で、母親は当歳の仔さらには前年の仔を伴って行動する。群れを作る動物と誤解されるが、これは多産であることから母親が仔を伴っていると群れのように見えるためである。食性は雑食であるが、主な餌は植物質で占められる。

野生下における行動に関する研究はまだ少ないため、不明な点が多い。

(4) ニホンジカの生態

ア 分布

ニホンジカは、中国などの東アジアに分布し、日本では北海道、本州、四国、九州及び対馬や屋久島などに生息する。多雪地域では分布が制限されるが、季節移動により高山帯に生息することもある。

環境省生物多様性センターの調査によると、昭和

53年(1978)にはシカの生息が確認されなかった東北、北陸等の地域において、平成15年(2003)に実施された調査で新たに生息が確認されており、全国的に分布が拡大する傾向にある。

イ 形態

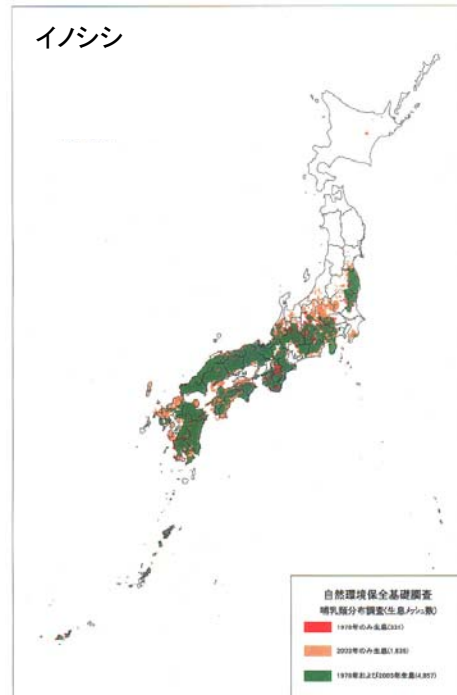
オスでは、1歳以上の個体で角を有するが毎年春に落角する。本州におけるシカの頭胴長は120~160cm、体重はメスで40~50kg、オスでは80kgになる。

ウ 生態と行動

食性は草食性で、1日で5kg程度の餌を摂取する。繁殖は1~2歳で開始し、春に出産するが、産仔数は1頭である。秋の交尾期には、オス同士が闘争をして、数頭から10数頭のメスによるハーレムを形成する。

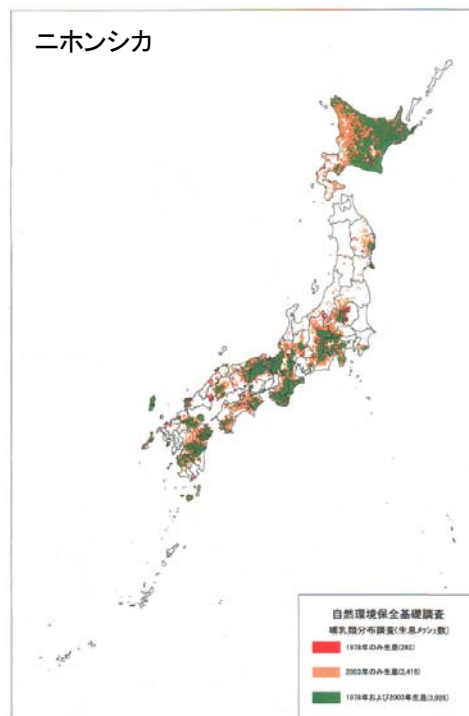
かつては大規模な季節移動をしていたと考えられているが、生息域が分断され、定着性が強い個体もいる。房総のシカ調査会(2004)によると、行動圏の年平均面積は、メスで64.4ha、オスで95.8haで、ほとんどの個体は年間を通して一定地域に定住している。

イノシシ



出典：哺乳類分布調査報告書(平成16年3月環境省生物多様性センター)

ニホンシカ



出典：哺乳類分布調査報告書(平成16年3月環境省生物多様性センター)

4. 1. 2 農産物等被害と対策の現状

野生鳥獣による農作物等被害²の状況は、平成17（2005）年度被害金額において約200億円であり、その6割が獣類、4割が鳥類によるものであり、獣類のうち8割以上がイノシシ、シカ、サルによるものである。（図4. 1. 2-1、表4. 1. 2-2）

1 鳥獣による被害拡大の要因

鳥獣による被害拡大の要因として、気象の変化、生息環境の変化が上げられており、少雪化や暖冬傾向による生息適地の拡大も関係している。

また、鳥獣の種類や地域によっては里山における管理の粗放化等による生息域の変化による繁殖率の向上、生殖年齢の低下や幼獣の死亡率の低下などが加わって、分布域がさらに拡大してきている。

また、農村地域においては、過疎化や高齢化等に加えて鳥獣による農作物被害に伴う農業者の生産意欲の低下等も耕作放棄地の増加の原因となり、これがさらなる被害を招くという悪循環が生じているとも言われている。

さらに、狩猟者（平成14年度の狩猟免許取得者数約20万人）の減少や高齢化等に伴い、地域によっては狩猟による捕獲圧（サルは除く）が低下してきていることもその要因と想定されている。

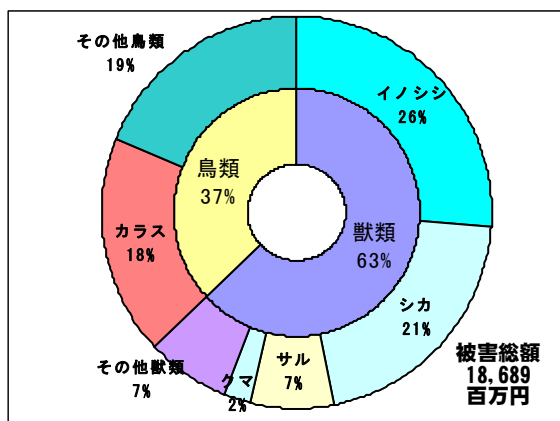


図4. 1. 1-1 野生動物による被害状況

参考文献（平成18年度 食料・農業・農村白書）

表4. 1. 2-1 主な動物と農作物等の被害

主な分類	主な農作物等の被害	現状の対策手法	備考 (平成17年 農作物)
イノシシ	水稲、陸稲、麦類、豆類、雑穀、いも類、クリ、コンニャク、ソバ、タケノコ、ワサビ、トウモロコ、飼料作物等	忌避剤、防護柵(有刺鉄線、トタン網)、電気柵、爆音器、テープ、コールタール、拡声器、犬	約49億円
シカ	スギ・ヒノキ・マツ林、水稲、甘藷、豆類、トウモロコシ、野菜、牧草	防護柵(網、有刺鉄線)、電気柵忌避剤	約39億円
サル	スイカ、トウモロコシ、ミカン、カキ、クリ、ピワ、豆類、水稲、ウリ類、甘藷、野菜、雑穀、キノコ類、マツ、人畜	防護柵(トタン、網)、電気柵、爆音器、犬	約14億円
クマ	リンゴ、モモ、ブドウ、カキ、クリ、ナシ、養蜂、トウモロコシ、水稲、スギ・ヒノキ林、(人畜)	防護柵(有刺鉄線)、電気柵、爆音器、からしスプレー	約3億円

2 農産物等の対策の現状

(1) イノシシに対する対策

イノシシは、高い繁殖力のため捕獲のみの依存は禁物とされており、被害管理と生息地管理が重要である。また、イノシシは平野の生き物であり、行動範囲からも、里などにある作物は最高の食べ物となっている。

イノシシは、先述のとおり、成獣で見ると単独型社会で、人家近くの里山に生息している。

また、多くは、隠れ場所や食物などの多い藪を好む傾向にあり、日中、林の中で休息し、姿を見せないとされているが、人間の影響が少ない地域では昼間も活動すると言われている。

このような場合、農作物を害する個体は農地の近くに潜伏する傾向があるため、対策としては、被害農地の近くに潜伏する個体を捕獲すると効果大と言われている。

また、広域捕獲は被害低減のためには必要だが、他方で捕獲活動による未生息地域への拡散に注意が必要である。

一般的に、これらの被害対策を施すに当たっては、これまで生息しなかった地域で被害が問題化（九州北部、四国北部、北陸、信越、関東や東北等、平野部と積雪地域）してきていることや、広域地域での被害対策の考慮が必要であって、このため、効率的な捕獲のための広域連携による取組みも大切とされている。

具体的な方法として、小型檻は、イノシシの出没状況に応じて設置場所を変えることができ、くくり罠などと比べて捕獲技術が容易であることから普及が期待されている。

（２）シカに対する対策

シカは、北海道から沖縄（慶良間列島）まで全国的に、国内の約 40%の地域に生息しており、分布域は25年間で約1.7倍に拡大してきている。

シカは、被害対策への学習能力が優れており、生息場所によってシカの生態も変わることに加えて、被害対策に馴れてしまい、効果がなくなることがある。

また、集落での目当ては、本来、農作物よりも雑草であるが、雑草で集落に餌付けされ、ついでに農作物も食べることとなり、それに起因した被害が発生している。

具体的な対策方法として、雑草にも配慮した柵の設置と管理を考えた防護柵と捕獲による被害防除、シカを誘引しない農地管理、シカに配慮した農地管理・作業体系で雑草量を減らすなどの集落環境管理等がある。

（３）サルに対する対策

サルに対する対策は、総合的に捕獲にだけ頼ると悪循環となると言われている。

その理由として、次のようなものが上げられる。

- ①群れ全体を捕獲するのは困難で、時間と専門的な知識が必要。サルは罠や銃撃に馴れ、次第に捕獲が困難になる。
- ②捕獲で消滅した群れや個体数の減った群れの代わりに、隣接していた別の群れが新たな加害群になることもある。
- ③捕獲に頼り、他の防除法を怠ると、加害ザルを作り出しながら、捕獲をするという悪循環に陥る。

また、個体群保全（特定鳥獣保護管理計画に基づく計画的な捕獲。）や動物愛護にも配慮が必要となる。そのために、電波発信機等を活用した群れの実態把握とモニタリングを行い、対策の有効性を検証しながら捕獲が必要である。

具体的な対策方法として、ロケット花火等の活用による追い払い体制の整備や追い払い犬の利用、電気柵、網の設置などがあり、特に電気柵、網を利用する場合は、日常の点検整備が重要となっている。また、食害を放置していることは、サルを餌付けしていることと同等の状況になるため、農地周りの適切な環境整備も効果が高いと言われている。

4. 2 動物を検知・通報するための無線システムの利用

4. 2. 1 無線による群れの動きの把握

無線システム（電波発信機）は、野生動物の動きの把握に有効なものとして期待される。

サルを例とすると、サルは、メスを中心とした母系社会で群れをつくり、群れごとに行動圏（遊動域）を持つ。そこで、群れのメスザルに電波発信機を装着して追跡することによって、群れ全体の動きを把握（テレメトリー調査）することができる。

このテレメトリー調査の手法を用い、サル個体群の位置を把握し、その情報をサル接近地域に事前に知らせることで、追い払いなどに活用することが可能である。

一方、サルの群れの位置を特定するために、捕獲した成獣のメス（1つの群れに3頭程度）に電波発信機を装着後、放獣して群れに戻す必要がある。電波発信機は主に電源の能力により利用可能期間が決まるため、経年的に群れを追跡し続けるには、サルの群れの構成の変更も考えると、毎年一定数のサルを捕獲して、それぞれに2～3年程度の利用可能期間をもつ発信機を装着する必要があると言われている。

4. 2. 2 生態調査・研究目的のための位置把握

イノシシやシカは、夜行性で単独行動を取る生態のため、1頭を捕獲して行動実態の把握を行ったとしても、地域全体の動向を把握することができないと言われている。

このため、一旦捕獲したあと、個体群保全や動物愛護の観点から再放獣するに当たって無線システムを装着し、それにより動態管理をしたとしても、特定の地域に住み着いた特定の個体のような場合を除けば農作物等の被害防止対策にはつながりにくい。

一方で、これらの野生動物は、その生態として生活する地域の環境に即した行動を行うと言われていることから、その地域ごとの生態を解明（研究）することで、将来の対策となる可能性があると考えられている。

また、農作物被害防止策等は、成功した事例による対策方法が全国に広まる場合が多いが、同一の方法でも別の地域でそれほど効果を上げない場合もある。

採用した対策が効果を上げるためには、野生動物がどのような反応をするかなどの生態の解明も重要となっている点でも生態調査のシステムが必要となる。

これには、野生動物の行動パターンを確認するため、個別（又は群れごと）の識別と動物の移動に合わせた位置情報が必要となり、即時性よりも継続した位置情報が安定して収集できることが求められる。

一方、研究目的の場合、位置情報の常時把握を要する場合や大量の生態データが必要されることがあり、群れで行動する野生動物の場合でも個別の識別が必要となる場合もあると考えられる。

4. 2. 3 その他愛玩動物等への利用の可能性

山間部で対象となるのが野生動物であるのに対して、都市部・人里においては、主に愛玩動物（いわゆる「ペット」（愛玩動物。一部家畜を含む））に対して、それらの動物の動態や迷子の把握のために利用されることが想定される。

これらの動物の現状は、参考資料1のとおりであり、ペット（主に、飼い犬や猫）の総数は、約1,900万頭（犬・猫のみ）であり、日本では、1人あたり0.149頭が飼育していることになる。

このうち、室内飼育率は、犬で56%、猫で92%であり、犬と猫を同数とした場合、これらが屋外にいる可能性は26%となり、相当数の比率で屋内において飼育されている。

一方で、散歩や運動などのために、屋外での行動も想定される。この場合、通常、飼い主等が把握できる範囲で行動を行うこととなるが、状況によっては、動物が迷子等になる可能性があり、また家畜等においては、通常柵で囲われた範囲の行動となるが、それを超えて行動してしまう可能性がある。

これらの不測の事態の状況把握のために、前述のシステムを利用して、その他動物に関し

て、動態把握等を求める需要も将来的に期待されているところである。

4. 2. 4 諸外国における検知・通報システムの状況

諸外国においても、前述のような動物を検知する無線システムが導入されている。次にその状況について示す。

(1) 米国

米国においては、FCCルールのパート 90.248 に「Wildlife and ocean buoy tracking (野生生物及び海洋ブイ追跡)」があり、40.66-40.70MHz 及び 216-220MHz で、海洋ブイや野生動物の追跡、及びこれらからの科学データテレメトリに使用できるようになっている。

最大ピーク送信出力(キャリア)は、飛行生物のアプリケーションの場合は1mW以下、陸上生物の場合は10mW以下、海洋ブイについては100mW以下となっている。

また、31MHz帯、44MHz～45MHz帯及び150MHz帯で、野生生物トラッキング/テレメトリ及び公共の森林保護活動に関わる送信機を使用することが出来ることとなっている。ただし、この使用はsecondary basis(2次業務)とし、規則に定められた周波数で運用している他のライセンス保持者のサービスに干渉を与えてはならず、送信出力は、平均電力で5mW以下とし、ピークパワーは100mWを超えてはならず、これは取り外し不可のアンテナで測定した場合となっているおり、送信機とアンテナがユニット0.29V/m、ピーク時は1.28V/m(3m)を超えてはならないこととなっている。

この他に、免許が不要で利用できる場合があるが、送信出力が低すぎることで、干渉を受けやすいことから利用されていない。また、州や大学向けに割り当てられている150～152MHz帯の周波数を使用している場合が多くあるが、当該目的に特化した周波数帯でないことから、干渉の懸念があると言われている。

(2) 欧州

欧州の一例として、山間地域を有するスイス及びスウェーデンを調査した結果、双方ともに、150MHz帯を利用し、技術的条件は、ETST EN300 220-3(ETS EN 300 220-1を一部参照)を準拠した技術基準により利用可能としている。

スイスにおいては、表4.2.3-1のとおり、免許を要しない無線局の無線設備として技術基準を定めて利用可能としてほか、特に必要なプロジェクトがある場合、個別に許可を与えて利用可能となる。

表4.2.3-1 スイスにおける技術的条件の概要

	Parameter	Description	Comments
1	Frequency band	150 MHz band	
2	Radio service	Mobile	-
3	Application	Short range devices	Animal tracking and observation.
4	Channeling Modulation	25 kHz	-
5	Transmit power limit	1mW ERP	-
6	Licensing regime	License exempt	-
7	Frequency planning assumptions	EN 300 220-1	-
8	Reference	EN 60950 EN 301 489-3 EN 300 220-3	Electrical safety EMC Effective use of spectrum
9	Remarks	Animal tracking and observation.	-
10	Notification number	G/TBT/N/CHE/25 2003/9501/CH	-

4. 3 検知・通報システムに求められる条件

4. 3. 1 利用面から見たシステムイメージ

1 野生動物接近警戒システム

田畑・果樹園等の農業地域や住居地域に対する野生動物の接近を検知して警戒や追い払いを行う対象動物としては、前述のとおり、クマ、イノシシ等人に対して直接危害を与える猛獣や、イノシシ・サル・シカ等の農作物を荒らす野生動物などが想定される。

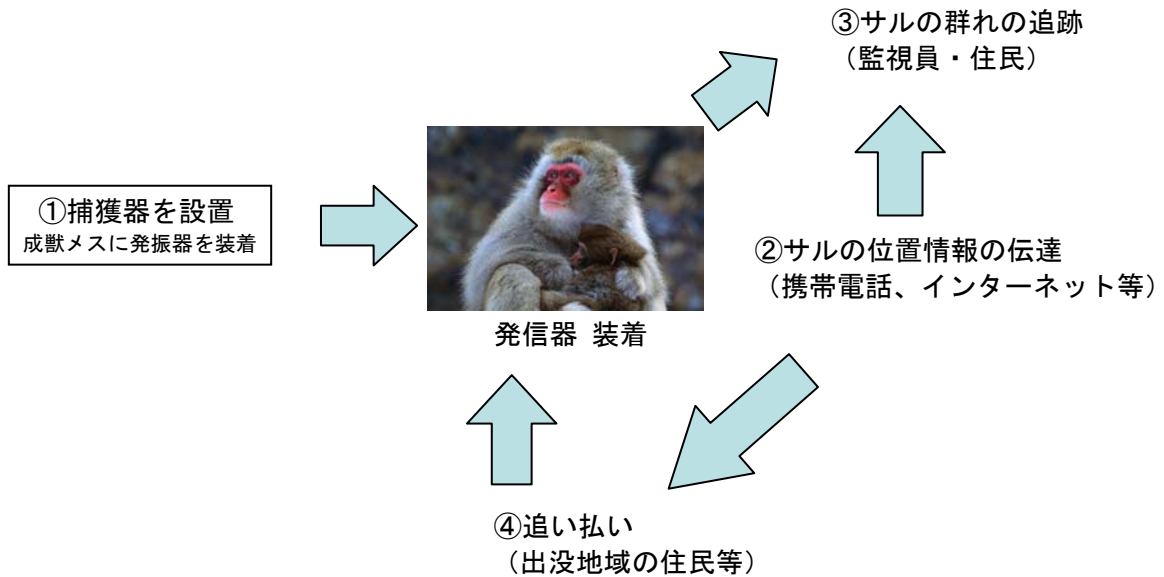


図4. 3. 1-1 サルの接近警報システムの利用概念図

このような動物の把握を行うためには、発信機からの電波の強度及びその識別のための符号（以下、「ID」という。）から得られる情報を活用した接近警報型システムが有効と考えられる。なお、捕獲した野生動物を放獣する際に取り付けた発信器からの電波を受信機で検出し、内蔵するブザー等のほか必要に応じて携帯電話など電気通信回線等を通じて住民にその接近を知らせ、また、指向性アンテナを用いて接近方向や距離を知ることにより警戒・追跡・追い払い活動に利用することが期待される。

図4. 3. 1-1にシステムの利用概念を、また、図4. 3. 1-2にサインポスト方式を含む統合イメージを示す。

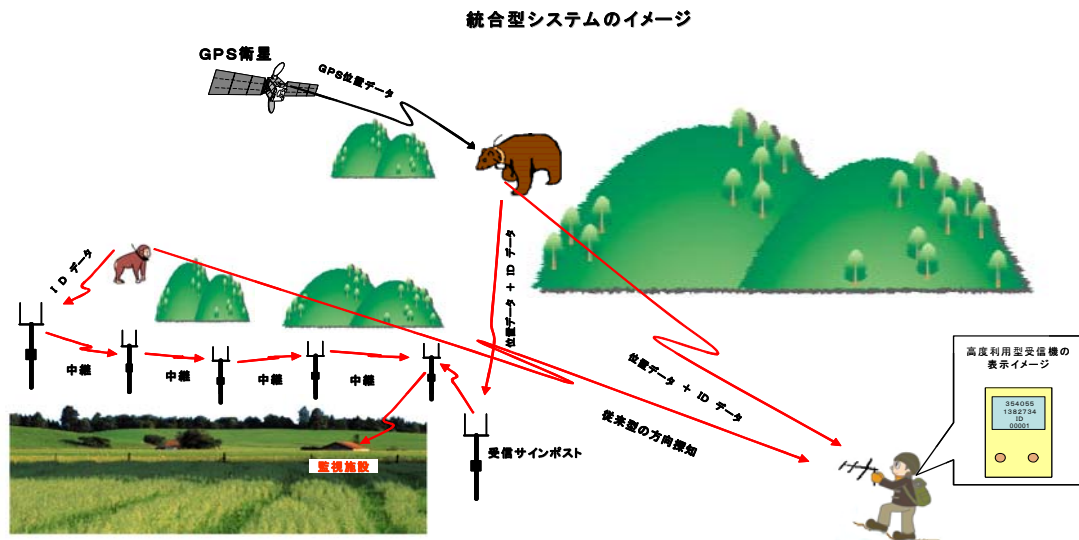


図 2. 3. 1-2 サインポスト方式及び統合システム

2 野生動物探査システム

野生動物の生態等を把握し、研究等を行うために、その位置を検知するシステムである。発信機から比較的単純なID・ビーコン音響のみを送信し、指向性アンテナによって測定した方位から位置を推定する比較的単純な方法のほか、正確な位置の把握にあってはGPS衛星による位置を受信することによって得られる位置情報を活用した追尾探査型システムが想定される。

なお、1の接近警戒型システムと同様に、対象となる動物の生活圏の周辺に、サインポストのように配置して、野生動物から発信された電波を受信し、受信信号強度のレベルと受信したサインポストを判断して、動物の位置情報を推定・表示し、コンピュータ等へ

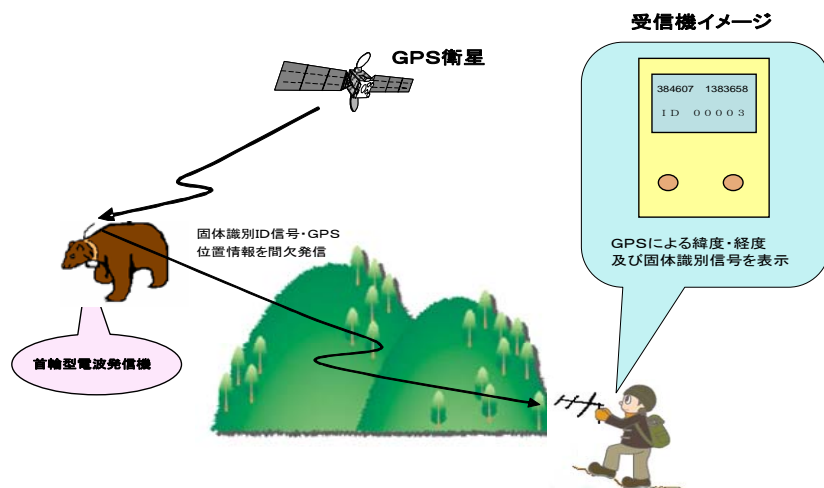


図 4. 3. 1-3 野生動物探査システムのイメージ

の外部出力を可能とする受信装置も想定されるが、この場合、1に示した既存技術のアドホック中継機能を利用することでシステムの構築がより容易になる、また、従来は人手をかけ

で行っていた野生動物の探査が無人化することにより、低コストでの研究が可能となることが期待される。

4. 3. 2 技術的なシステムイメージ

1 野生動物の検知・通報の要求条件を満たす電波を活用したシステム

(1) 対象となる野生動物の特性からみた機能要件

目的（被害防止や自然保護・生態調査の学術研究等）により、対象となる野生動物と要求条件は異なるが、野生動物の身体に発信機を付けて検知・通報を行うことを共通の前提とする。

クマ、サル、イノシシ、シカ等が主な対象であり、今回検討するシステムは、いずれも捕獲時に発信機を装着して放獣することを想定している。これら野生動物は一度捕獲した後二度目の捕獲は極めて困難であるので、発信機も越冬を含む電池寿命が課題であり、長期間の使用に耐えうる電池寿命を優先して、場合によっては2年間の利用が確保されることを考慮されたシステムである必要がある。

発信機は使い捨てとなる可能性が大きいいため、安価な汎用システムが求められ、同時に受信設備を含めて安価であることも求められる。

更に、動物に搭載するためには、諸外国では、動物の体重の1%程度以下で設定されていることから、一体型の重量についても考慮する必要がある。

2 被害防止を主な目的とする場合の機能要件

野生動物の被害防止を行う場合は、位置、方向の情報が必要であり、行政機関や対策に当たる機関、被害を受ける住民等がその情報を必要としている。

野生動物の位置は常時詳細に把握できることが望ましいが、それが困難な場合は、接近を検知して警報を行うために、即時に野生動物の接近が判明すること、次にその野生動物の個別識別ができることが求められる。

前述のとおり、クマ、イノシシ、シカなどは単独で行動するため、主に個体による識別が必要となり、サルなど群れで行動する野生動物は、主に群れごとの識別が必要となる。

3 生態調査を主な目的とする場合の機能要件

野生動物の行動パターンの確認は、学術研究のほか野生動物の適切な管理計画を策定するため、又は事前に被害防止対策を検討するために行政機関や対策に当たる機関等で必要とされ、個別（又は群れごと）の識別と、動物の移動にあわせた位置情報が必要である。

この場合は、即時性よりも継続した位置情報が安定して収集できることが求められる。

例えば、西日本においては、生態を把握すべき地域が多数の住居エリアを頻繁にまたぐことが想定されており、このような広域の行動の把握の実現も重要なことから、信号のフォーマットについては、できるだけ統一しておくことが望ましい。

4 その他学術研究の場合の機能要件

学術研究の場合は、研究目的により必要とする情報の内容や優先順位が異なる。研究目的により位置情報の常時把握を要することや、場合により比較的多量の生態データが必要とされること、また、群れで行動する野生動物の場合でも個別の識別が必要となる場合もあると考えられる。

5 目的等に応じた必要とする通信エリア

(1) 目的及び動物の種類により検知・通報を行おうとする対象地域が異なるが、被害防止の場合は、主に山間部から山間部と平野部の境界にかけての地域が主な対象となり、行動パターンの確認を行う場合や学術研究の場合は野生動物が通常生息する山間部・山岳地帯が主な対象となると見られる。

(2) 通信エリアについては、広い範囲で野生動物等の詳細な位置が常時把握できることが理想的であるが、それが困難な前提では、通信エリアと位置の把握とについては相互に関連して検討する必要がある。

ア 行動パターンの確認を行う場合や学術研究の場合等、通常はできるだけ広い通信エリアが確保できることが求められる。位置の検出については、受信アンテナの指向性を利用し、あるいはあらかじめ搭載したGPS信号等を利用する。

イ 他方、受信可能エリアを小さくすることにより、そのエリアに侵入した場合にどのエリアかの情報を含めてすみやかに検知すること方策が考えられる。この場合は、入感の有無が位置の把握の要素を持つため、発信機の電波の到達エリアと住民生活環境や農地の配置に適した受信機の受信エリアとをバランスを取りつつ配置することで適切な検知エリアとして設定する必要がある。

6 その他

動物の行動は、必ずしも一定ではないことから、上記の3に示した生態調査を行う場合はもちろん、比較的行動範囲の限られる動物の検知を行う場合であっても、他の地域や団体等で野生動物に装着した発信機も把握できるように、送受信データのフォーマット標準化をし、これにより広域性に対応できることは一般的に望ましいと考えられる。さらに、同様に、周波数チャンネルの利用方法についても、同一チャンネルの共用方法と受信特性に影響しない範囲の周波数間隔で異なる周波数チャンネルの利用区分等が、利用者間でできるだけ共通の認識を持って利用されることとなることが望まれる。

その他、使用する発信器等は、誰にでも簡単に取り扱えるように操作性が良いこと、さらに、発信機の使用は手続き不要か又は簡易な手続きにより使用できることも望まれる。

このため、今回は、特定小電力無線局（空中線電力0.01W、空中線利得2.14dBi以下）を前提として、検討を行う。

4. 3. 3 利用周波数帯及び空中線電力の検討

参考資料2のとおり、「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）によると、平地と山間地の双方の電波伝搬実験の結果、400MHz帯に比べ150MHz帯のほうが伝搬特性は良好であり、加えて、水平偏波、垂直偏波の差が少ないため、動物の動きに対し安定的に受信可能となっている。当該伝搬実験のイメージ図は、図4.3.2-1のとおりである。

特に山間地の実験における受信信号強度値をみると、見通し外伝搬においても150MHz帯のほうが送信機位置を変動に対しても変化が少なく安定している。さらに、山間地の地形的に完全見通し外（曲がりくねった谷間に入った時）において400MHz帯では不感になった状態でも150MHz帯では受信可能な場合があることが確認されている。

なお、より低い周波数帯も適用の可能性があるが、アンテナの長さが長くなると動物の行動に支障をきたし、それを考慮して大幅に短縮化すると利得が大幅に低下することとなる。

以上のことを踏まえて、本用途では150MHz帯が適当と考えられる。

また、同検討結果から、150MHz帯において空中線電力0.01Wとした場合、伝搬距離は最大1km程度が見込まれ、本用途としては概ね必要十分な伝搬距離が確保されると考えられる。

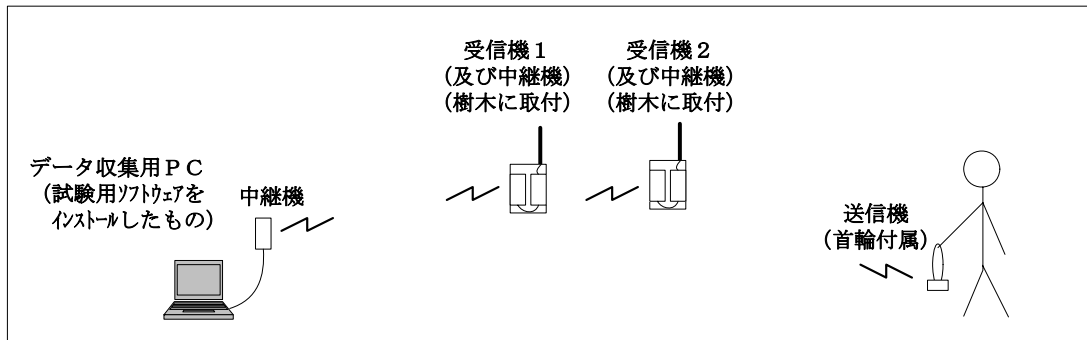


図4. 3. 2-1 実験のシステム構成図

4. 3. 4 変調方式及び通信フォーマット等

1 変調方式

このような利用方法においては、機器が極めて単純かつ低コストに構成できるものが望まれる。特に、受信機器については市販のアナログ受信機において、ビーコン音響等として聴取できることも望まれる。

従って、150MHz帯における一般的な利用状況等も考慮し、変調方式はアナログ方式の周波数変調であって、音響及び副搬送波を使用するMSK変調方式とし、占有周波数帯幅の許容値は16kHzとすることが適当である。

一方で、市場の状況を鑑みると、将来、アナログ方式でMSK変調方式を利用する部品の入手が困難になると予想されている。現在は、これに代わるものとして、2値FSK方式が多く利用されてきていること、データ伝送を容易に行うことができ、擬似的にトーン信号を発生させることができることを踏まえて、2値FSK方式も利用可能としておくことが望ましい。

2 送信時間比率及び休止時間

本システムでは、1の周波数チャネルを複数の局（装置）で使用するため、送信時間には一定の制限を設ける必要がある。

また、消費電力を最小限とするため、キャリアセンス等を行うための受信機能が搭載されないことを前提とすべきであり、その点でも、適切な送信休止時間が確保される必要がある。

このため、連続送信許容時間の比率及び最小の休止時間を設ける必要があり、次のような条件を前提として検討することとする。

- ① 送信1回の標準的時間0.2秒以下（音響トーンを聴取して、方位等を確認する運用において、安定して音響トーンを聞き分けられる最短の時間。ただし、一定の送信・受信の時間比率の範囲内で延長可能）
- ② 送信1回に対する休止時間の標準的時間0.8秒以上（音響トーンを聴取して方位等を確認する運用において安定して確認できる最長の時間。ただし、通信応答手順に際して発生する短時間の休止等、送信・受信の時間比率の制限範囲において休止として算定しない場合を除く。）
- ③ 上記を考慮し、任意の5秒間を参照時間とした場合の送信時間に対する休止時間比率4以上とする。

3 通信フォーマット

本システムの送信装置は、電波法第4条第3号に示す要件に基づく混信防止機能として、電波法施行規則第6条の2に規定する識別符号を有する必要がある。

また、発信するデータのフォーマット及び関連プロトコルについては、野生動物が広範囲

に移動することが想定されることから、他の地域や自治体等の団体に設置した無線機器から発射される電波も利用できることを想定して、共通性のあるものが望ましい。

最小限の電力消費、通信の安定性、識別可能な数等を考慮して検討された標準的なフォーマットは、現在市場を流通している受信機の性能を鑑み、伝送速度を毎秒2400ビットを前提とした場合、次のとおりとすることが適当である。

なお、短時間送信可能時間の中で、各種データのほか、音響信号を送出する場合も想定されることから、すべての送信において識別符号を付加することは困難であり、混信防止のための識別の実施も考慮して、識別符号1回の送信が行われた場合には、5秒以内に完了する送信においては、その5秒以内に識別符号を付加することを要しないこととすることが望ましい。

また、これらについて、多様な研究活動等に使用することを想定し、電波法令においては法令運用上必要最小限が定められ、それ以外に事項については、利用者の利便性の観点から、民間機関等で通信の疎通・互換性の確保の観点で標準規格が定められることが期待される。また、当該無線機器が市場を流通する際は、利用者の立場にたつて、そのような共通化された標準規格である旨を機器等に表示されることが望ましい。

① 通常パケット（96ビット：40mS）

フリアンブル+ ビット同期 40ビット	フレーム同期 16ビット	フレーム長 8ビット	送信データ		CRC 16ビット
			個体番号 12ビット	制御符号 4ビット	

② データパケット（最大480ビット：200mS）

フリアンブル+ ビット同期 40ビット	フレーム同期 16ビット	フレーム長 8ビット	送信データ			CRC 16ビット
			個体番号 12ビット	制御符号 4ビット	任意データ 最大384ビット	

（送信の立ち上がり・立ち下がりを含めて送信時間が0.2秒以内となること）

③ 識別符号パケット（144ビット：60mS）

フリアンブル+ ビット同期 40ビット	フレーム同期 16ビット	フレーム長 8ビット	送信データ			CRC 16ビット
			識別符号 48ビット	個体番号 12ビット	制御符号 4ビット	

注1：フレーム長は送信データフレーム内のデータの長さをByteで表す。

注2：制御符号は、次のとおりとすることが望ましい。

- ・特に定められた場合以外には0000とする。
- ・1111は予約語とし、将来、さらに長いデータパケットを利用することとなった場合等、上記のいずれにも該当しないパケットが定義された場合に利用する。
- ・クマ類等の危険動物の把握等のため、基本的な動物種等を制御符号で識別可能とすることも考えられる。

4.3.5 必要チャネルの考察

検知・通報システムに必要なチャネル数について、次の1及び2のとおり検討を行った。

1 野生動物（猟犬を含む）の場合

(1) 前提条件

ア 単方向の通信とし、移動局の密度と呼損率の関係を考慮する。

イ 電池寿命から、特定小電力無線局の上限値の10mW以下として、野生動物の監視（検知）範囲は1km程度とする。

ウ 監視範囲には、対象となる送信機を装着した野生動物が最大10頭存在する場合があるとした。

(2) 検討の結果

ア 送信時間

この送信時間は、現在想定している通信プロトコルとして、データ用パケットの最大480ビット（データフレーム最大384ビット；48バイト）が送信できる範囲であるとともに、音響トーンにより方位探査を行うためには、聴取可能な最小限の継続した時間の送信が必要であり、この時間は、0.2秒程度の時間を要することとされている。これにより、音響トーンによる対象物の区分が可能となる。

イ 電波の送信休止時間

休止時間として設定すべき時間は、検知等の対象動物や目的等によっても異なるが、最も短い休止時間を設定する必要があるのは、指向性受信アンテナを利用して方位ごとの電波強度の変動を確認する場合であり、概ね0.5秒～1秒程度に設定する必要があるが、休止時間を短く設定すると、通信の衝突によりパケットが無効となる。

4.3.4のとおり、送信時間0.2秒を前提として、シミュレーションによる送信サイクル時間（休止時間と送信時間の和）と通信の成功率との関係を図4.3.5-1に示す。

監視対象個体数2個であれば、サイクル時間を1秒とし、送信休止時間約0.8秒を設けることで成功確率（データが欠損せずに通信できる確率）40%以上が確保される。個体数が3の場合にあつては約30%となり、個体数10個の場合、数%にも満たないこととなつて、例えば40%を確保するためには、サイクル時間は4.5秒以上必要となる。

なお、送信サイクル時間が一定の場合、複数の局の送信タイミングが同期して長期間にわたり通信の衝突が繰り返される可能性があることから、休止時間には何らかの揺らぎを設定することが有効と考えられる。（本シミュレーションでも設定）

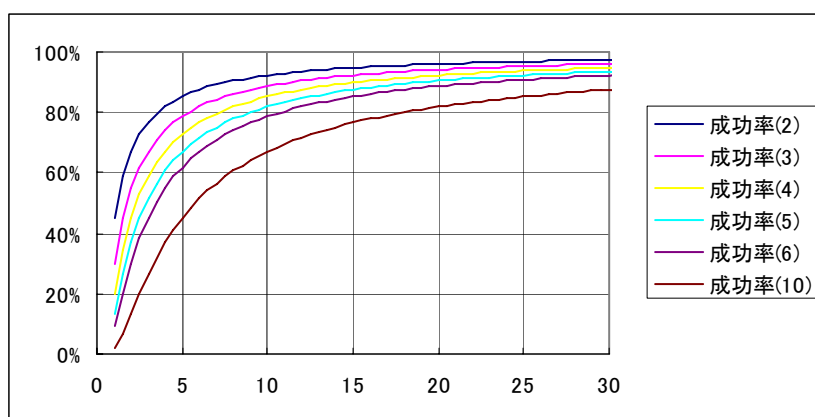


図4.3.5-1 検知個体数ごとに設定した送信サイクル時間と通信成功率
（横軸；サイクル時間（秒）、縦軸；通信成功率。（ ）は個体数）

(3) 結論

野生動物からの鳥獣被害防止のため、遠方の検知を行ったあと、指向性のアンテナなどを利用して実際の位置を捕捉する場合がある。この場合における電波の発射間隔は、不慣れな利用者もいることを想定すると、約1秒以内の間隔であることが望ましいと言われている。

これを踏まえて、想定される最繁時のモデルとして、送信時間を0.2秒、電波の送信サイクル時間を1秒とした場合で、1のエリアで最大10個体（追い払い・捕獲放獣活動では

クマ1個体・猟犬9頭に相当。農地等接近検出においてはサル2頭3群、クマ、イノシシ等4頭に相当)を想定すると、成功率を最低でも30%確保することとして1波あたり3個体程度を収容・捕捉することとし、周波数は3チャンネル以上が必要となる。

なお、音響ビーコンにより、方位の検知等を行う場合にあっては、複数の個体の信号が共存した場合に聴取による識別が困難となることから、インターリーブチャンネルの利用も可能とすることが望ましい。この場合においては、1チャンネル当たりの収容個体数は軽減されるものの、隣接チャンネル漏洩が生じ、フィルタ特性を考慮しても衝突率はやや軽減される程度にとどまることとなると考えられる。しかしながら、チャンネルごとにビーコン音響は明確に聞き分けられて個体の識別等に役立つ可能性が高まる点で利便性は向上するものと考えられる。

2 都市部等での利用

都市部等での利用形態に関して、参考資料3のとおり、送信時間0.06秒、送信休止時間6秒(Duty比1%)であれば、通信成功率が40%以上となり、概ねの所在の把握の面からは十分に利用が可能な見込みとなっているが、野生動物で行う方法による動物の位置把握等の方法では利用し難いこととなる。

しかし、ペット等で利用する場合は、電池の交換は可能となるが、反対に野生動物に比べて、許容される電池の大きさや耐候性を考慮した構造で電池交換が複雑になることが想定され、また、迷子等が主な利用形態と踏まえると、電池の消耗等から山間部に比べて送信時間は長く設定されることが考えられ、野生動物の場合のような極端に短いサイクルの送信を行う必要性(可能性)は乏しい。

したがって、都市部でペット用等の製品として使用する場合には、送信休止時間を6秒以上に設定されることが期待される。

3 利用チャンネル及び運用条件

したがって、次のとおりの野生動物(猟犬を含む)の場合のチャンネル利用及び運用条件が適当である。なお、都市部でペット用等の製品として使用する場合には、送信休止時間を6秒以上に設定されることが期待される。

- (1) 当該システムに必要となる周波数チャンネルは、3ch以上が必要である。これらが連続した帯域となる場合においては、さらにインターリーブ波を追加使用することも有効と考えられる。
- (2) 送信時間は、0.2秒以下、電波の送信サイクル時間を1秒(休止時間0.8秒)としたモデルの検討結果をもとに、送信時間比(Duty比)を20%以下とし、その際の参照する時間は、音響信号を利用する場合等、一定の連続した送信が必要な場合にも長い休止時間を設けることでこれを可能とできるよう、5秒とする(この場合、いかなる5秒間を選んでも送信時間は20%以下となる必要があり、連続送信時間は1秒を超えることはないこととする)。

よって、5秒あたりの送信時間の総和は1秒以下と定めることが適当である。

4. 3. 6 その他

1 電気通信回線へ接続する端末設備

当該システムにより取得した情報を広域に伝えるために、インターネットや携帯電話のメール機能を利用することが予想される。

当該検知・通報システムが、電気通信回線に接続した端末設備として一式に構成される場合においては、端末設備等規則に定める条件を満たす必要がある。なお、同規則第9条の規定により接続を行う場合に必要となる識別符号は、48ビットの識別符号を含む4.3.4の3に定めるフォーマットを使用する場合には適合することとなる。

2 隣接チャネル漏洩電力

同一場所で使用可能な隣接チャンネル（インターリーブ使用のチャンネルを除く）を一般的な間隔として利用するために、隣接漏洩チャネル漏洩電力（搬送波電力と搬送波の周波数からの規定の割当周波数間隔離れた両隣接チャンネルの一定帯域内に輻射される電力をいう。）は、他の特定小電力無線局と同様とすることが適当として、搬送波の周波数から20kHz離れた周波数の±8kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より40dB以上低いものとする。

3 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。

当該小電力無線設備は、空中線電力（平均電力）が0.01W以下であること、移動業務であることから適応除外とされている。また、動物に付けることが対象となっているが、動物に対して、命令を送信する仕様も想定されることを考慮して、電波防護指針の規格値に照らしたところ、以下のとおりであり、規格値は満足している。

（1）電波防護指針の規格値

表4. 3. 6-1 一般環境の電磁界強度（平均時間6分間）の規格値

周波数	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]
30MHzを超え300MHz以下	27.5	0.0728	0.2

表4. 3. 6-2 管理環境の電磁界強度（平均時間6分間）の規格値

周波数	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]
30MHzを超え300MHz以下	61.4	0.163	1

（2）モデル検討

生態に取付ける無線機の諸元

周波数：150MHz帯

空中線電力：0.01W

給電線損失：0dB（一つの筐体のため、0dBとして仮定）

アンテナ利得：1.6倍（絶対利得：2.14dB）波長が長いいためアンテナ利得は期待できない。

表4. 3. 6-3 算出結果（平均時間6分間）

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]
1.0	69.44	0.186	1.30
1.2	57.87	0.155	0.91
2.0	34.72	0.093	0.33

運用における最小DUTY比0.2/1.0で計算すると

表4. 3. 6-4 算出結果（最小DUTY比0.2/1.0：平均時間6分間）

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]
1.0	31.05	0.083	0.261

1.2	25.88	0.069	0.181
2.0	15.53	0.042	0.065

(3) 結論

電波防護指針の一般環境及び管理環境の規格値をふまえ、当該無線設備と人体までの距離は1.2cm以上離して利用すれば支障ないと判断される。

4. 4 動物の検知・通報システムの技術的条件

小電力無線設備のうち、動物の検知・通報システムの技術的条件については、次のとおりとすることが適当である。

4. 4. 1 一般的条件

(1) システムの定義

動物の検知・通報システムは、テレメーター、テレコントロール及びデータ伝送用の用途のうち、動物の生態、行動の状態を把握するための位置把握、又はその状態を検知・通報、並びに動物に対して指示、命令等を行うシステムをいう。

(2) 変調方式

機器が極めて単純かつ低コストに構成できるものが望まれ、特に、受信機器については市販のアナログ受信機において、ビーコン音響等として聴取できることが望まれていることから、一般的な利用状況等も考慮し、変調方式はアナログ方式の周波数変調であって、音響及び副搬送波を使用するMSK変調方式とすること。ただし、将来的な需要を鑑み、2値周波数偏移変調(FSK)方式も対象とする。

(3) 通信方式

システム構成のイメージに基づき、単向通信方式(単向通信で送信した電波の応答信号を受信した装置が送信する場合があることから、単信方式を含む。)又は同報通信方式とすること。

(4) 使用周波数帯

山間部など見通し外での利用形態を鑑み、150MHz帯を利用すること。

(5) チャネル間隔

チャネル間隔は、他の150MHz帯と同様に、20kHz間隔が適当である。また、音響ビーコンによる方位の検知等を行う場合があり、複数の個体の信号が共存した場合に聴取による識別が困難となることから、インターリーブを利用すること。

(6) 空中線電力

動物等に装着するために、出来るだけ小型化を図り、電池の重量や寿命などを考慮する必要があることから、出力の制限を受けることとなる。これらの要因を鑑み、10mW以下とすること。

(7) 空中線系

空中線の絶対利得は2.14dBi以下とし、不法な改造により他への妨害を与えない等の観点から、既存の特定小電力無線局と同様に、送信空中線の構造は、給電線及び接地装置を有しないこととし、一の筐体に収めるものとする。ただし、使用形態を鑑み、電池等電源設備は、一の筐体に収めることを要しないこととする。

また、主にデータ伝送等に使用するため、音量調整器、送話器及び受話器の接続は認めないこととする。

4. 4. 2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 占有周波数帯幅の許容値

150MHz帯を利用する既存のアナログ方式無線設備と同様に、16kHz以下とすることが適当である。2値FSK方式も同じとすること。

イ 周波数の許容偏差

既存の特定小電力無線局の無線設備と同様に、 $\pm 12 \text{ ppm}$ とすること。

ウ 空中線電力の許容偏差

上限 20%以内とすること。

エ 発振方式

送信装置の発振方式は、水晶発振方式又は水晶発振により制御するシンセサイザ方式にすること。

オ スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

(ア) 必要周波数帯幅

必要周波数帯幅は、占有周波数帯幅の許容値内とみなし、 16 kHz とする。

(イ) 帯域外領域とスプリアス領域との境界

帯域外領域とスプリアス領域との境界は、必要周波数帯幅の中心周波数から必要周波数帯幅の $\pm 250\%$ の $\pm 62.5 \text{ kHz}$ 離れた周波数とする。

(ウ) 帯域外領域

2. $5 \mu\text{W}$ 以下とすること。

(エ) スプリアス領域の不要発射の強度の許容値

2. $5 \mu\text{W}$ 以下とすること。

(オ) 参照帯域幅

不要発射の強度の許容値における参照帯域幅は、以下のとおりとする。

不要発射の周波数	参照帯域幅
9kHz を超え 150kHz 以下のもの	1kHz
150kHz を超え 30MHz 以下のもの	10kHz
30MHz を超え 1GHz 以下のもの	100kHz
1GHz を超えるもの	1MHz

カ 隣接チャネル漏洩電力

同一場所で使用可能な隣接チャネル間隔として利用するために、隣接漏洩チャネル漏洩電力(搬送波電力と搬送波の周波数からの規定の割当周波数間隔離れた両隣接チャネルの一定帯域内に輻射される電力をいう。)は、変調信号の送信速度と同じ送信速度の標準符号化試験信号により変調した場合において、搬送波の周波数から 20 kHz 離れた周波数の $\pm 8 \text{ kHz}$ の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より 40 dB 以上低いものとする。

(2) 受信装置

ア 符号基準感度

符号基準感度(送信装置の送信速度と同じ送信速度の標準符号化試験信号で変調された希望波を加えた場合において、装置の出力のビット誤り率が 1×10^{-2} となるために必要な受信機入力をいう。)は、 $2 \mu\text{V}$ 以下とすることが望ましい。

イ 実効選択度におけるスプリアス・レスポンス

実効選択度におけるスプリアス・レスポンス（符号基準感度より 3dB 高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、変調のない妨害波を加えた場合において、装置の出力のビット誤り率が 1×10^{-2} になるときにその妨害波入力電圧と符号基準感度との比をいう。）は、40dB 以下とすることが望ましい。

ウ 実効選択度における隣接チャネル選択度

（ア）実効選択度における隣接チャネル選択度（符号基準感度より 3dB 高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、希望波からそれぞれ符号長 32767 ビットの 2 値疑似雑音を繰り返す信号で変調された妨害波を加えた場合において、装置に出力のビット誤り率が 1×10^{-2} になるときのその妨害は入力電圧と符号基準感度との比をいう。）は、30dB 以上とする。

エ 局部発振器の周波数変動

局部発振器の周波数変動（局部発振器の発振周波数の最大変動幅をいう。）は、 $\pm 12 \times 10^{-6}$ 以内とする。

オ 副次的に発する電波等の限度

副次的に発する電波は、受信空中線と電氣的常数の等しい擬似空中線を使用して測定した場合に、その回路の電力が 4nW 以下であること。

（3）制御装置

制御装置は、次の装置及び機能を備え、それぞれの条件に適合するものであること。

ア 混信防止機能

電気通信事業法第 2 条第 5 号に規定する電気通信事業者その他総務大臣が別に告示する者が管理する識別符号（通信の相手方を識別するための符号であって、電波法第 8 条第 1 項第 3 号に規定する識別信号以外のものをいう。）を自動的に送信し、又は受信するもの

イ 通信相手方の識別

電気通信回線設備に接続する受信装置は、受信した電波から通信の相手方の無線局の識別符号を検出するものとする。

ウ 端末設備内において電波を利用する端末設備

- （ア）端末設備を構成する一の部分と他の部分相互間において電波を使用するものは、48 ビット以上の識別符号を有すること。
- （イ）危険回避の通報に関する信号があることから送信を抑制しないことし、使用する電波を空き状態について判定を行わない端末設備として位置付けることとする。

エ 送信時間制限装置

送信時間制限装置（電波を発射してから次に示す送信時間内にその電波の発射を停止し、かつ、送信休止時間を経過した後でなければその後の送信を行わない、又は通信時間を自動的に送信時間内に制限し、かつ、通信終了後送信休止時間を経過しなければその後の通信を行わない機能を有する装置をいう。）の送信時間及び送信休止時間は、5 秒あたりの送信時間の総和は 1 秒以下とすること。

オ キャリアセンス

主に、送信装置を有するシステムであること、1 回あたりの通信時間が短時間（最大 1 秒）であり、間欠送信を活用した干渉回避を図るなどの利用形態を鑑み、キャリアセンスは要しないこととする。

(4) その他

ア 送信装置の筐体

不法な改造を困難にするため、送信装置の筐体は容易に開けることができないものとする
こと。

4. 4. 3 測定法

技術基準における各条件の測定方法は、150MHz帯の周波数変調方式の無線機器及び既存の特定小電力無線局の検討方法に準じて定めることとし、次のとおりとする

(1) 占有周波数帯幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

(2) 空中線電力の偏差

平均電力で規定される電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定される電波型式の測定は尖頭電力を測定する。この場合、空中線と電氣的常数の等しい疑似空中線回路（インピーダンス整合回路又は減衰器等）を使用して測定することができる。

また、測定については、連続送信波によって測定することが望ましいが、バースト波にて測定する場合は、送信時間率（電波を発射している時間／バースト繰り返し周期）が最大となる値で一定の値としてバースト繰り返し周期よりも十分長い区間における平均電力を測定し、送信時間率の逆数を乗じてバースト内平均電力とする。また、尖頭電力を測定する場合は尖頭電力計等を用いる。

なお、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

(3) 周波数の偏差

空中線端子に擬似負荷（インピーダンス整合回路又は減衰器等）を接続し連続送信状態として周波数計により測定する。

(4) スプリアス発射又は不要発射の強度

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスプリアス成分の平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。この場合、空中線と電氣的常数の等しい疑似空中線回路を使用して測定することができる。

帯域外領域におけるスプリアス発射は送信装置を無変調として測定する。

スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。また、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号で変調をかける。

(5) 隣接チャネル漏洩電力

空中線端子に擬似負荷（インピーダンス整合回路又は減衰器等）を接続し連続送信状態としてスペクトルアナライザ等により測定する。

標準符号化試験信号を入力信号として加えた変調状態にして搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術基準で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波電力との比を測定することが適当である。

なお、トーン信号を使用している送信装置においては、トーン信号の変調を行っている状態で測定する。

また、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号で変調をかける。

(6) 送信・休止時間制限

スペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に設定し、掃引周波数を 0Hz（ゼロスパン）として測定する。

なお、時間分解能が不足する場合は、上記スペクトルアナライザの IF 出力又は試験周波数を直接又は広帯域検波器で検波しオシロスコープ等を用いて測定する。

(7) 受信装置の副次的に発射する電波等の限度

空中線端子に擬似負荷（インピーダンス整合回路又は減衰器等）を接続しスペクトルアナライザ等を用いて測定すること。

参考文献等

- 1) 総務省信越総合通信局(2006)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
- 2) 大迫義人(1996)福井県におけるツノクマの行動圏と環境利用 *Ciconia* 5:69-77.
- 3) 秋田県生活環境部自然保護課(1986)ツノクマ生態調査報告書. 57pp.
- 4) 鈴木健次郎(2001)東中国ツノクマ個体群の行動圏と環境利用に関する GIS 解析、東大農学生命科学研究科修士論文
- 5) 竹村 菜穂ほか(2004)滋賀県北部におけるイノシシの行動圏と植生（第51回日本生態学会大会要旨）
- 6) 房総のシカ調査会(2002)千葉県イノシシ・キョン管理対策調査報告書 2, 千葉県環境生活部自然保護課・房総のシカ調査会
- 7) 房総のシカ調査会(2004)千葉県房総半島におけるニホンジカの保護管理に関する調査報告書、千葉県
- 8) 農林水産省 野生鳥獣被害防止マニュアル 生態と被害防止対策（基礎編）平成 18 年 3 月版
- 9) 農林水産省 平成 18 年度 食料・農業・農村白書
- 10) OFCOM (Swiss Federal Office of Communications) <http://www.ofcomnet.ch/>

第5章 審議結果

5. 1 簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件について

小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件のうち、簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件について検討を行い、別添とおり、簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件について、2. 6のとおり取りまとめた。

5. 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について

小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件のうち、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について検討を行い、別添とおり、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について、3. 5のとおり取りまとめた。

5. 3 動物の検知・通報に必要となる技術的条件について

小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件のうち、動物の検知・通報に必要となる技術的条件について検討を行い、別添のとおり、検知・通報に必要となる技術的条件について、4. 4のとおり取りまとめた。

情報通信審議会 情報通信技術分科会
小電力無線システム委員会 構成員

氏 名	所 属	
森川 博之	東京大学 国際・産学共同研究センター 教授	主 査
小川 博世	(独) 情報通信研究機構 新世代ワイヤレス研究センター長	主査代理
阿部 宗男	KDDI(株) 運用統括本部 サービス運用本部 国際サービス運用センター 担当部長	専門委員
伊藤 豊彦	(株) デンソーウェーブ 取締役 専務執行役員 品質保証部長	〃
遠藤 信博	日本電気(株) 執行役員 モバイルネットワーク事業本部長	〃
加治佐 俊一	マイクロソフト(株) 業務執行役員 最高技術責任者	〃
久間 和生	三菱電機(株) 常務執行役 開発本部長	〃
山口 克己	(株) ニッポン放送 技術局長	〃
斉藤 利生	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室長	〃
坂下 仁	リンテック(株) 情報通信材料部 部長	〃
高野 健	(株) 富士通研究所 フェロー	〃
千葉 徹	シャープ(株) 取締役 技術本部長	〃
所 眞理雄	ソニー(株) 業務執行役員 SVP、技術渉外担当	〃
丹羽 一夫	(社) 日本アマチュア無線連盟 副会長	〃
野本 俊裕	日本放送協会 放送技術研究所(システム) 部長	〃
萩原 英二	パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株) 常務取締役	〃
波多野 誠	日本テキサス・インスツルメンツ(株) RFID 製品部 部長	〃
平野 忠彦	マイティカード(株) 取締役 技術本部長	〃
本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長	〃
正村 達郎	日本無線(株) 取締役 研究開発本部長	〃
宮内 瞭一	(財) テレコムエンジニアリングセンター 専務理事	〃
山田 敏雄	東京電力(株) 電子通信部長	〃
弓削 哲也	ソフトバンクテレコム(株) 専務取締役専務執行役員 兼 CTO 研究所長 兼 渉外部担当	〃
若尾 正義	(社) 電波産業会 専務理事	〃
渡辺 栄一	(株) 東芝 経営監査部 経営監査第五担当 参事	〃

小電力無線システム委員会
 自営系移動通信の利活用・高度化作業班 構成員

氏名	所属	備考
宮内 瞭一	財団法人テレコムエンジニアリングセンター 専務理事	主任
秋山 武彦 八木 義男	財団法人日本ラジオ電波安全協会 専務理事	～19.10.31 19.11.1～
朝比奈桂司	株式会社スタンダード 新事業開発部 DCR 開発プロジェクトマネージャ	
姉齒 章	社団法人電波産業会 小電力無線局作業班 SWG リーダー 双葉電子工業株式会社 無線機器グループ 技術第2ユニット 技師	
石川 泰志	ヤマハ発動機株式会社 袋井工場 スカイ事業部	
今村 博昭	日本遠隔制御株式会社 常務取締役	
岩井 俊幸 難波 秀夫	社団法人電波産業会研究開発本部移動通信グループ 主任研究員	～20.1.1 20.1.1～
加藤 数衛	社団法人全国陸上無線協会 デジタルCR 規格特別部会 作業部会主査 株式会社日立国際電気 通信事業部 技術統括部長	
小林 忍	財団法人日本航空協会 常務理事スポーツ室長	
小宮山真康	株式会社サーキットデザイン 技術部部长	
櫻井 稔	アイコム株式会社 ソリューション事業部 次長	
齊藤 司	株式会社ケンウッド コミュニケーションズ 事業部 グループ長	
佐藤 律司	日本無線株式会社 通信機器事業本部モバイルデバイスユニット担当部長	
大黒 一弘	アルコム株式会社 取締役	
高木 雄二	日本ラジオ模型工業会 事務局長	
高橋 克巳	モトロー株式会社 グローバルテレコムソリューション事業部 マネージャ	
竹垣 弘	社団法人全国陸上無線協会 事業部担当部長	
中園 勝久	近藤科学株式会社 常務取締役	
野村 豊	三和電子機器株式会社 開発技術部主幹技師	
羽山 伸一	日本獣医生命科学大学獣医学部 准教授	
藤田 和紀	財団法人日本ラジオ電波安全協会 RC 通信システム技術検討委員会 副主査 双葉電子工業株式会社 電子機器事業部 無線機器グループ 技術第一ユニットユニットリーダー	
真壁 志郎	無人ヘリコプター推進協議会 事務局長 ウインテル株式会社 常務取締役	
村本 邦彦	モータースポーツ無線協会 理事・事務局長	
守山 栄松	独立行政法人情報通信研究機構 情報通信セキュリティ研究センター インシデント対策 グループ サブリーダー&トレサブルネットワークグループ 主任研究員	
山田 哲	松下電器産業株式会社 パナソニックシステムソリューションズ社 チームリーダー	

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)	77
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	78
資料2 簡易無線局に適したデジタル方式のモデル	80
資料3 既存無線システムとの周波数共用条件の検討	89
資料4 キャリア・センス・レベルの検討	106
資料5 APC(自動送信電力制御)の必要性	109
資料6 高所/上空利用モデルの検証について	111
資料7 防護指針への影響検討	122
資料8 必要チャネル数の考察	156
資料9 識別信号について	162
(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)	169
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	170
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)	171
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)	172
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	175
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	176
(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)	181
資料1 ペットの飼育場所等について	182
資料2 位置把握・検知システムに最適な周波数帯の考察	183
資料3 都市部におけるシミュレーションの考察	192

(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		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:

記入単位: ・ 1台(飽和時の台数)
 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。
 飽和到達時期: 各社平均後四捨五入した。
 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。
 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
 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
 運用台数長期は、年間利用台数1とした。
 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	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(行事)	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	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	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	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	0			
6	警備 防災 セキュ 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	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	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	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 修理工 外食 スーパ	石油・ガソリン・ガス	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	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	0	中	0
デパート・スーパー	383	22	0	23	0	0	0	0	428	中	214			
		0	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	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	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	0	短	0
		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 /4シフトQPSK方式

ア 原理

/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 $n-1$ としたとき、次に送信すべき位相 n を $n-1 +$ と与える。例えば、1時刻前に /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 $-3/4$ のため、 $/4 + (-3/4) = -2/4$ 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 /4QPSK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、 /4QPSKでは、必ず /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 /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。

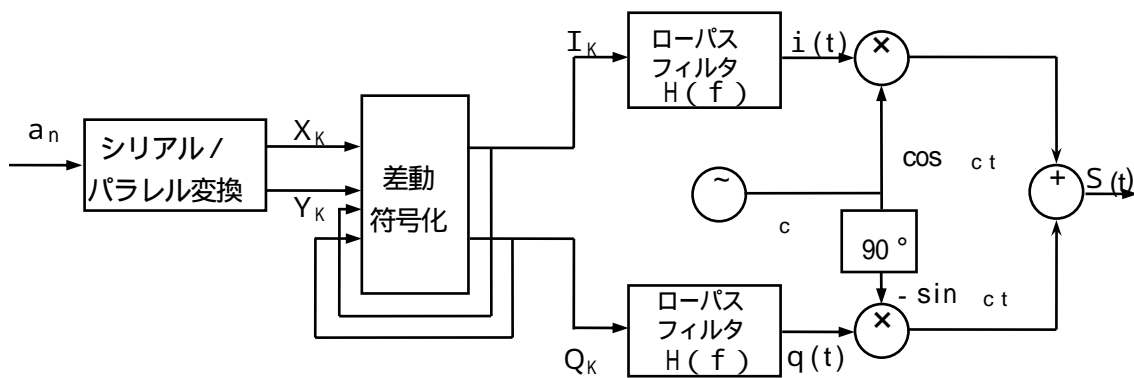


図 2 - 1 変調器の構成図

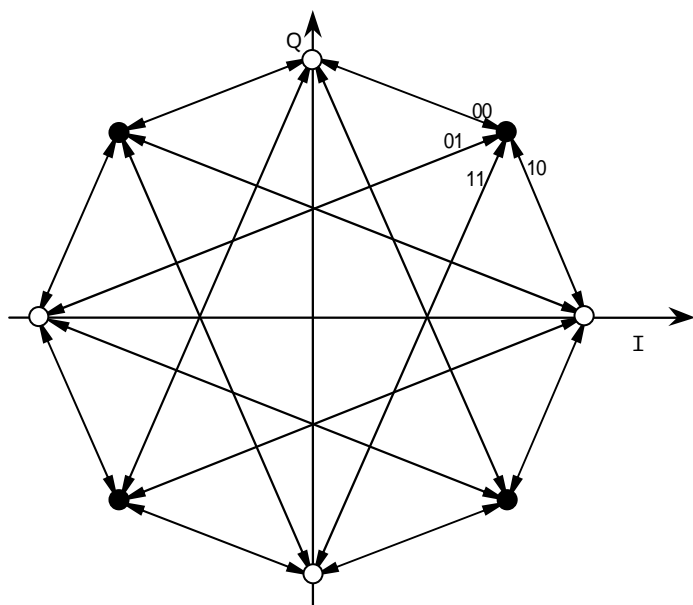


図 2 - 2 4シフトQPSKの遷移

表 2 - 1 位相遷移量

X_k	Y_k	
1	1	$-3/4$
0	1	$3/4$
0	0	$/4$
1	0	$-/4$

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

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 dB μ Vであり、ビット誤り率BER = 3×10^{-2} では受信感度 - 5.0 dB μ Vである。

(イ) 送受信機のコスト

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

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（ / 4シフトQ P S K）（チャンネル間隔6.25 k H zの例）

		/ 4シフトQ P S K	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)	9.6 kbps	
	無線伝送帯域	5.76 kHz	=0.2の場合
	音声伝送 (データ伝送)	6.4 kbps	
周波数 利用効率	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 μV 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
	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 μV 総伝送速度 9.6 kbps	
	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	
	送受信機コスト(相対値)	通信方式 SCPC (FDMA) 約1.2~1.5倍	基準：12.5kHz FM

2 R Z S S B方式

ア 原理

(ア) 移動通信用R Z S S B方式の開発

単側波帯（S S B）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、

フェージング対策

離調歪みの克服

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S S B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-JPE

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。もう一つの選択肢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」に記述されている。

B RZ SSB方式を選定した理由

(A) 中継番組当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フィルタムを利用、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	3.072bits/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： -7.8dBμV ・20Hz レイリー・フェージング： -5.0 dBμV
		デジタル系（BER=3×10 ⁻² /9.6kbps-16QAM） ・熱雑音下： -3.1dBμV ・20Hz レイリー・フェージング： 2.5 dBμV 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チ(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 F S K 方式

ア 原理

4 値 F S K 方式は F S K (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 D C R 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 F S K 信号を出力する。

F S K 変調は、A S K (Amplitude Shift Keying) や P S K (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、F S K 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 F M 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 F S K 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、 $T=416.7 \mu\text{s}$ (2.4 k シボ ル / sec)

ロールオフ率 = 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 D C R 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、 $T=416.7 \mu\text{s}$ (2.4 k シボ ル / sec)

ロールオフ率 = 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 F S K 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

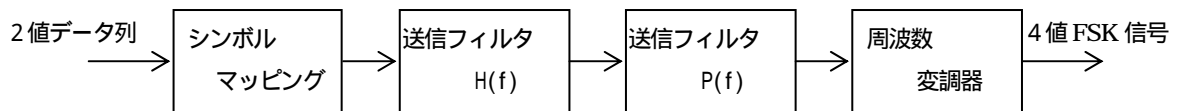


図 2 - 3 変調回路

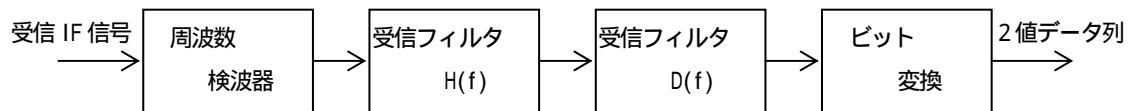


図 2 - 4 復調回路

イ 特徴

4 値 F S K 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 F S K 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 (D C R) 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 F S K 方式 (モデル D C R) 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 F S K 方式の送受信機は従来の F M 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)	4.8kbps	
	無線伝送帯域	4.0kHz	
	音声伝送 (データ伝送)	3.6kbps	
周波数 利用率	データ信号伝送	0.768bps/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 dB μV		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
	BER=3 × 10 ⁻² 雑音指数 8.0dB の場合 受信感度は -1.2dB μV		
	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)	
使用形態 適正	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

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。

同一チャネル周波数共用条件

隣接周波数共用条件

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洩電力レベル(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洩電力レベル(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洩電力比(以下ACPR[dB]とする。)と通話品質(SIRやCIR)との間には、次の関係、

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

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

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、

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

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、

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

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とおり条件に従うが、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 隣接チャンネル漏洩電力比と $\pm 1.5\text{ ppm}$ 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 /4シフトQPSK方式

(ア) /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) /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、 $0.98 (= (650 / 2) / 470)\text{ ppm} > 0.9\text{ ppm}$ 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		/4シフト QPSK				16QAM		M16QAM	RZ SSB		4値 F S K		
チャンネル間隔	12.5kHz	25kHz /20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz	25kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz	25kHz	6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
アクセス方式	SCPC	SCPC	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	SCPC	TDMA
多重数	1	1	1	2	4	4	1	2	4	6	1	2	1	2
送信占有 周波数帯幅	8.5kHz	16kHz	5.76kHz	11.52 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 雑音	8.5kHz	16kHz	4.8kHz	9.6kHz	18kHz	18kHz	4kHz	8kHz	16kHz	16kHz	3.4kHz	6.8kHz	4kHz	8kHz
	-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| f=0 (dB) (実験・シミュレーション結果)

希望波 \ 妨害波		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| f=0 (dB)を示す。

(注)：具体的な変調方式には 1/4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) R Z S S B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)

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	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

(2) デジタルナロ-1W超

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

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

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

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

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

$$F@UHF \cdot 6.25 = 470MHz \times 0.9ppm = 0.423kHz$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
 F@VHF \cdot FM &= 164\text{MHz} \times 10\text{ppm} = 1.640\text{kHz} \\
 F@VHF \cdot 6.25 &= 164\text{MHz} \times 2.5\text{ppm} = 0.410\text{kHz} \\
 F@VHF \cdot 12.5 &= 164\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 0.492\text{kHz} \\
 F@VHF \cdot 25 &= 164\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 0.492\text{kHz}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F@UHF \cdot FM &= 470\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 1.410\text{kHz} \\
 F@UHF \cdot 6.25 &= 470\text{MHz} \times 1.5\text{ppm} = 0.705\text{kHz} \\
 F@UHF \cdot 12.5 &= 470\text{MHz} \times 1.7\text{ppm} = 0.799\text{kHz} \\
 F@UHF \cdot 25 &= 470\text{MHz} \times 1.2\text{ppm} = 0.564\text{kHz}
 \end{aligned}$$

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 - 1 2 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 $F@UHF \cdot 6.25=470MHz \times 1.5ppm=0.705kHz$

表 3 - 1 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) + (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 - 1 4 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ン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。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られる。
- (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。

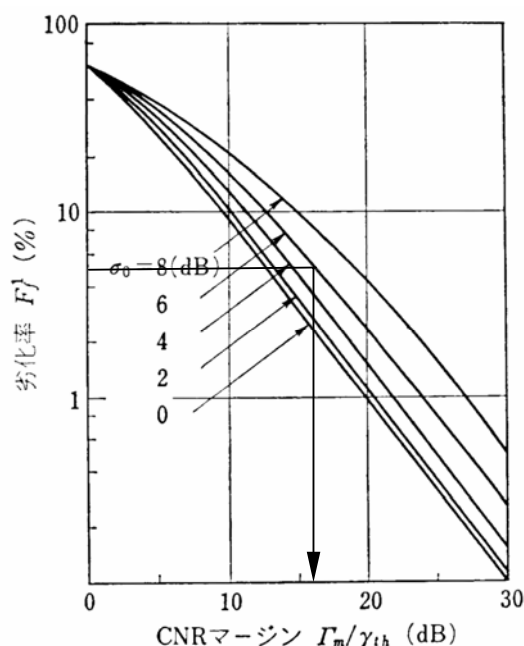


図4-1 ゾーン周辺の劣化率と所要CNRマージン

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 $\sigma_0 = 6\text{dB}$ 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 $0 + 16.3 = 16.3 \text{ dB } \mu\text{V}$ $7 \mu\text{V}$ 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 $95 \sim 96\%$ 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

: 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 / 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。

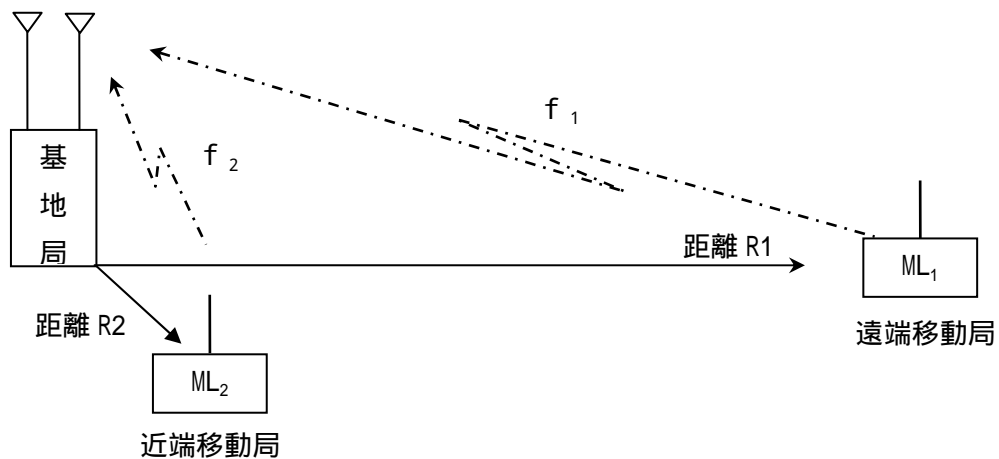
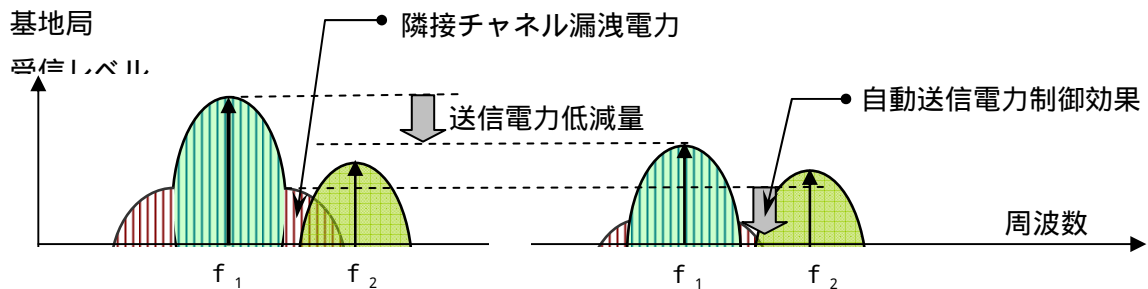


図5-1 自動送信電力制御のイメージ図

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 / 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: +2dB、-4dB)
35dB μ V以上	定格出力-10dB
45dB μ V以上	定格出力-20dB
55dB μ V以上	定格出力-30dB

(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0dB、-10dB、-20dB、-30dBの範囲

制御ステップ : 10dB

制御偏差 : +2dB、-4dB

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ン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	5 W / 1W	
送信アンテナ利得	2 . 1 4 d B i	
送信アンテナの高さ	地上高 3 0 m	地上高 2 0 0 m
受信アンテナ利得	2 . 1 4 d B i	
受信アンテナの高さ	地上高 1 . 5 m	地上高 2 0 0 m
給電線損失	3 . 5 d B	1 . 0 d B
アレスタ損失	0 . 6 d B	
場所率マージン	3 . 0 d B	
複局干渉	5 . 0 d B	

【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	3 0 m ~ 2 0 0 m
受信アンテナの高さ	1 m ~ 1 0 m
送信局・受信局の局間距離	1 k m ~ 2 0 k m

以下に伝搬モデルを示す。

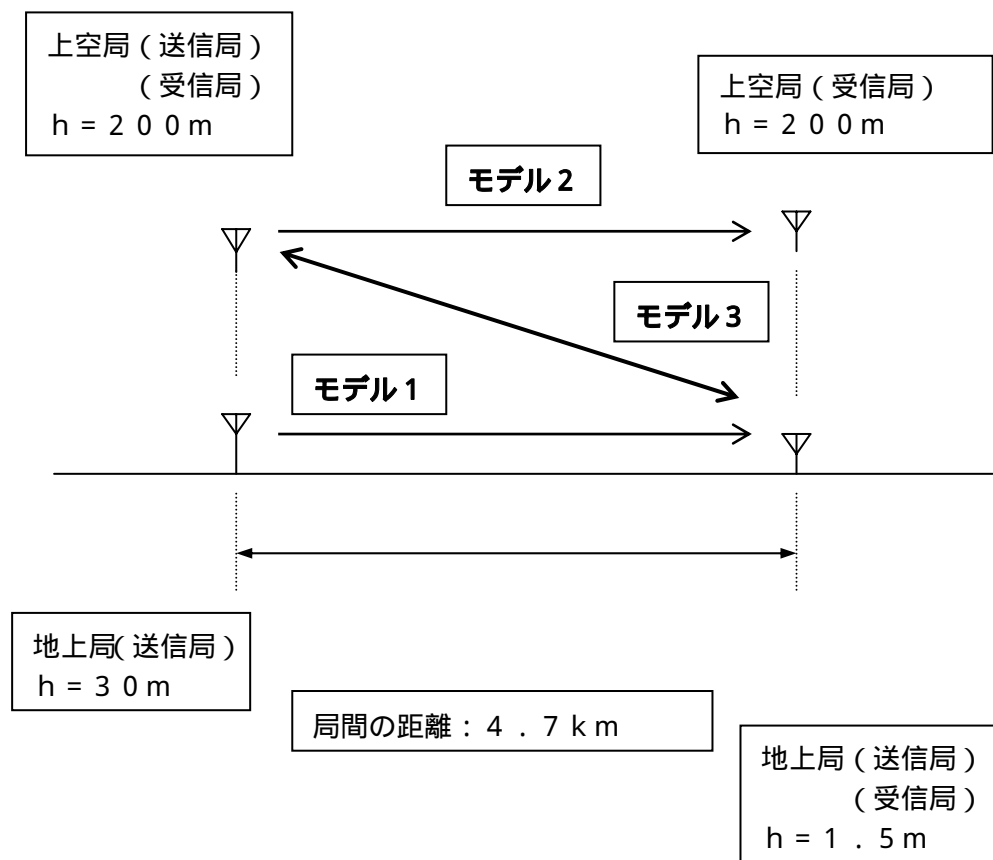


図6 - 1 伝搬モデル

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 k m (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 2 0 0 m	4 . 7 k m
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 k m

1 平成 1 0 年度電気通信技術審議会答申の諮問第 9 4 号「4 0 0 M H z 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 . 2 5 k H z、変調方式が 4 値デジタル変調の場合、基準感度は 0 d B μ] 以下とある。これに基づき基準感度を 0 d B μ V (- 1 1 3 d B m) とする。

2 局間の距離は、送信出力 5 W、受信機入力電力を基準感度の - 1 1 3 d B m 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 伝搬損失, 受信機入力電力)

(ア) 上空波出力 5 W の電波伝搬距離

上空局の送信出力が 5 W 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 5 W) の電波伝搬距離

	上空波の伝搬距離 (k m)	地上波との 比較 [倍]
モデル 2	8 3 0 . 4	1 7 6 . 7
モデル 3 h = 2 0 0 m	1 9 . 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 = 200 m	77.1

上空局の送信出力を5Wから77.1mWに下げること、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 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となるとき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 = 200 m	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 (k m)	希望波との比較 [倍]
モデル 1	大都市	3 . 0 k m	6 . 3

(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 (k m)	希望波との比較 [倍]
モデル 2	自由空間	3 . 0 k m	1 0 . 0

(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 - 1 0 上空局が地上局に干渉を与えない距離

地上高		距離 (k m)	希望波との比較 [倍]
モデル 3	$h = 2 0 0 [m]$	2 7 . 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 1 W)

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 5 4 条に従い、隣接チャンネル漏えい電力の比は 4 5 d B であることから $D / U = 3 0 d B$ となる。一方、業務用無線では、設備規則第 5 7 条に従い、隣接チャンネル漏えい電力の比は 5 5 d B であり、 $D / U = 4 0 d B$ となる。ここでは、 $D / U = 3 0 d B$ となる場合と、 $D / U = 4 0 d B$ 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 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 - 1 1 地上局同士で隣接チャンネル干渉しない距離

		D/U=30dB	D/U=40dB
		距離 (k m)	距離 (k m)
大都市	3 . 0 k m	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：隣接チャンネルでの上空波通信

表 6 - 1 2 上空局同士で隣接チャンネル干渉しない距離

		D/U=30dB	D/U=40dB
		距離 (k m)	距離 (k m)
自由空間	上空間距離 3 . 0 k m	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：隣接チャンネルでの上空波通信

表 6 - 1 3 上空局が地上局の隣接チャンネルに干渉しない距離

地上高		D/U=30dB	D/U=40dB
		距離 (k m)	距離 (k m)
大都市	h = 2 0 0 [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 = 3 0 d B 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ン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、仰上-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で、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

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

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

d は距離。単位は [m]

受信機入力電力

送信出力を 5 W にした時の受信局の受信電力を以下に示す。

表 6 - 1 7 地上波伝搬モデルの受信機入力電力

モデル		受信電力 [d B m]
モデル 1	大都市 h = 3 0 [m]	- 1 1 3 . 0 (送信出力 3 7 d B m - 秦式大都市 伝搬損失 1 4 1 . 2 d B - その他損失 8 . 8 d B)

【参考】

表 6 - 1 8 上空波伝搬モデルの受信機入力電力

モデル		受信電力 [d B m]
モデル 2	2 局間距離 4 . 7 k m	- 6 8 . 0 (送信出力 3 7 d B m - 自由空間損失 9 9 . 3 d B - その他損失 5 . 7 d B)

表 6 - 1 9 上空波伝搬モデルの受信機入力電力

モデル		受信電力 [d B m]
モデル 3	大都市 h = 2 0 0 [m]	- 9 4 . 8 (送信出力 3 7 d B m - 1 2 6 . 1 d B m - その他損失 5 . 7 (B)

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 k m 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。

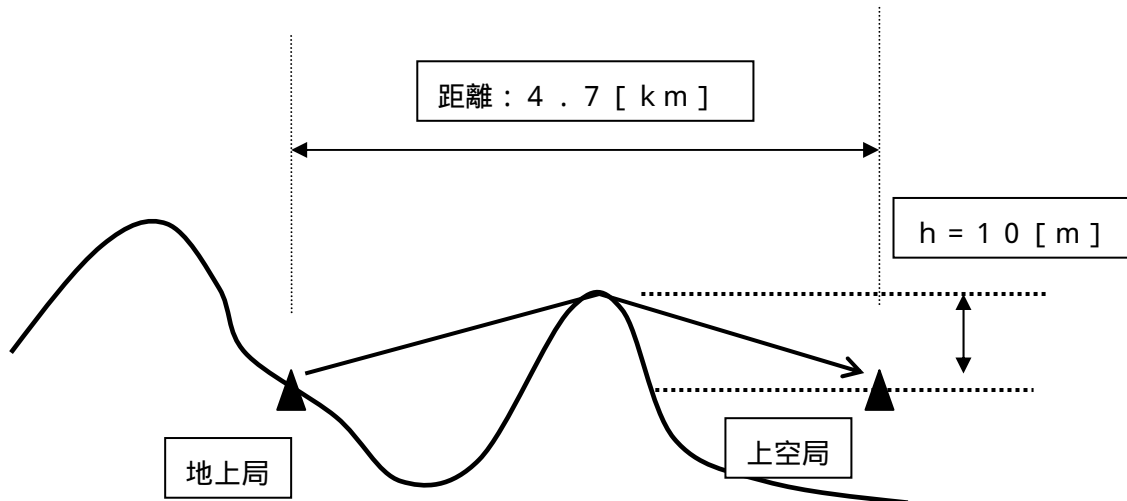


図 6 - 2 山岳地帯の回折の例

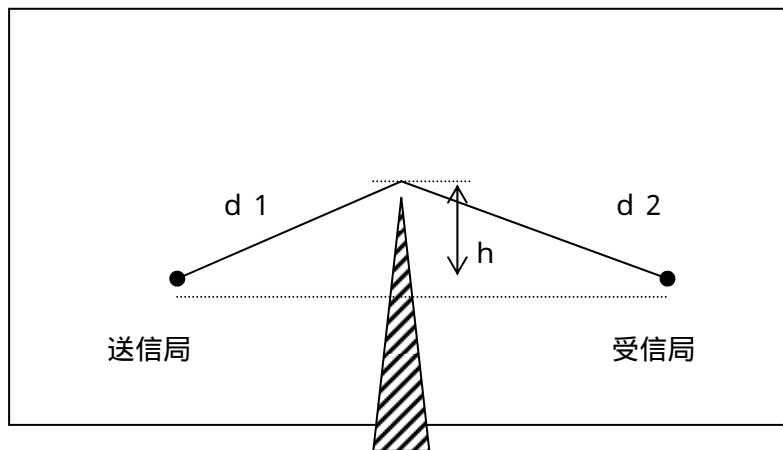


図 6 - 3 回折損失

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 ()

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

回折損失 J ()

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

表 6 - 2 0 hを変化させた時の回折損失

h (m]	d 1 (km)	d 2 (km)	回折損 (d B)
1	2 . 3 5	2 . 3 5	6 . 5
1 0			1 0 . 4
2 0			1 4 . 1

見通し直線からわずかに外れた (h = 1 0 m) ところで、損失は 1 0 . 4 d B、2 0 m 外れたところであれば、1 4 . 1 d B である。回折損を受ける事により、送信出力が 7 7 . 1 m W であれば、h = 1 0 の時、7 . 0 m W に減衰、h = 2 0 の時、3 . 0 m W に減衰することと等価である。

D / U の計算式

$D / U_{dB} =$ 隣接チャネル漏えい電力の比、 $k (d B) + S I N A D (d B) +$ マージン (d B)
で求めることが出来る。

隣接チャネル漏えい電力の比 - 4 5 d B の場合

$$\begin{aligned} D / U_{dB} &= - 4 5 d B + 1 2 d B (S I N A D) \\ &\quad + 3 d B (\text{マージン}) \\ &= - 3 0 d B \end{aligned}$$

隣接チャネル漏えい電力の比 - 5 5 d B の場合

$$\begin{aligned} D / U_{dB} &= - 5 5 d B + 1 2 d B (S I N A D) \\ &\quad + 3 d B (\text{マージン}) \\ &= - 4 0 d B \end{aligned}$$

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150M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で使用
03		469.95		
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	スピーカマイク
06	スピーカマイク	469.95	4.96	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: 400M帯 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: 1/4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

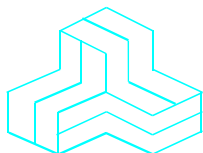
基地局型無線端末については、現行の簡易無線の無線設備規則に「水平面が指向性を有するものを除く」とあるので、上限として10dBiを仮定し、また地上高を10mとして検討を行った。

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.

UltraTech

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

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

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

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)

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 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

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)

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)

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 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

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)

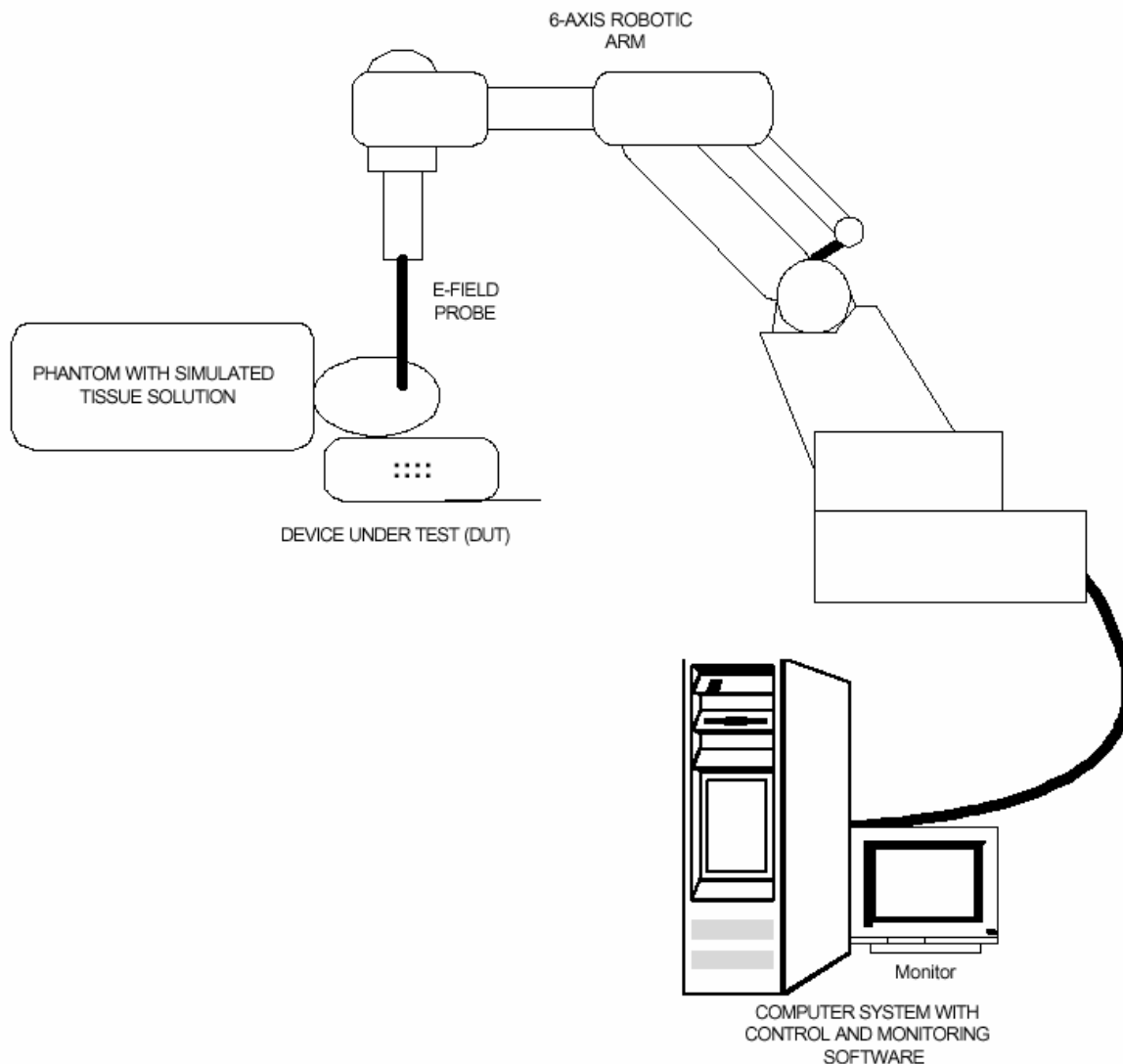
IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

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)

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)

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 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

4.2. 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)

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)

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)

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)

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)

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.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

4.3.2.5. 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)

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

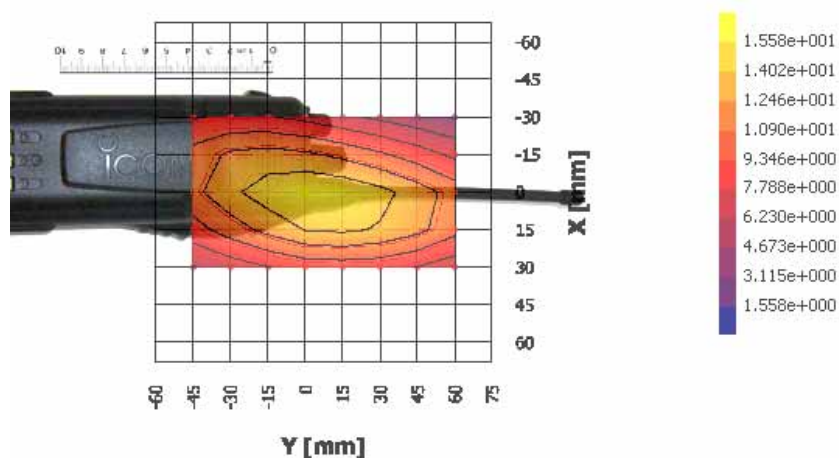
FCC ID: AFJ289401

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)

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

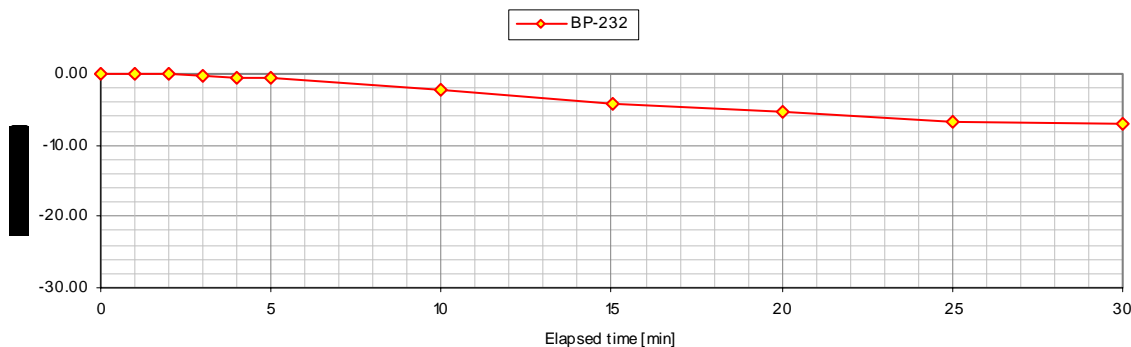
FCC ID: AFJ289401

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)

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

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)

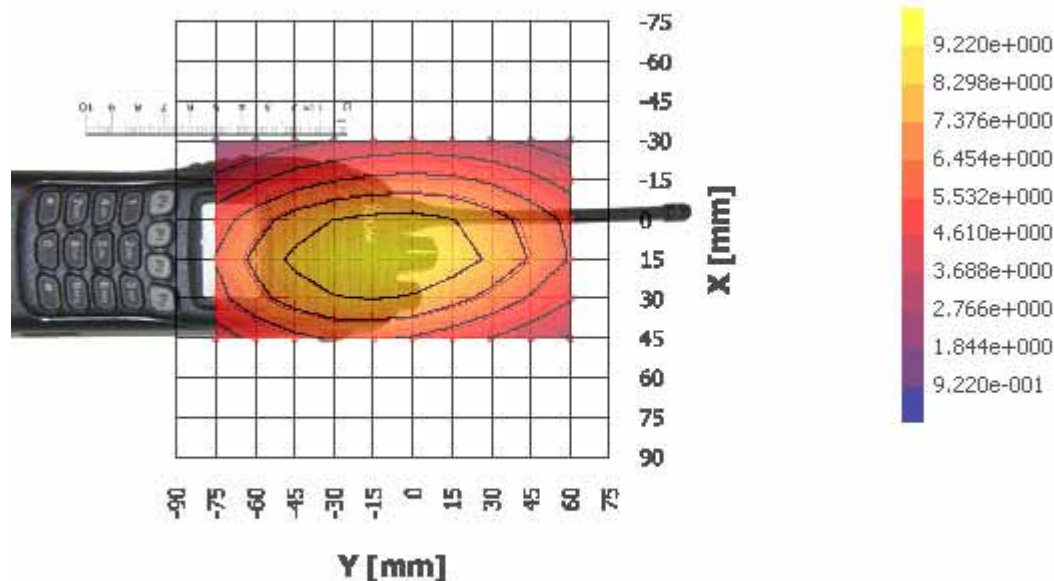
IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

UHF TRANSCEIVER M/N: IC-F4061T

FCC ID: AFJ289401

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.comFile #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

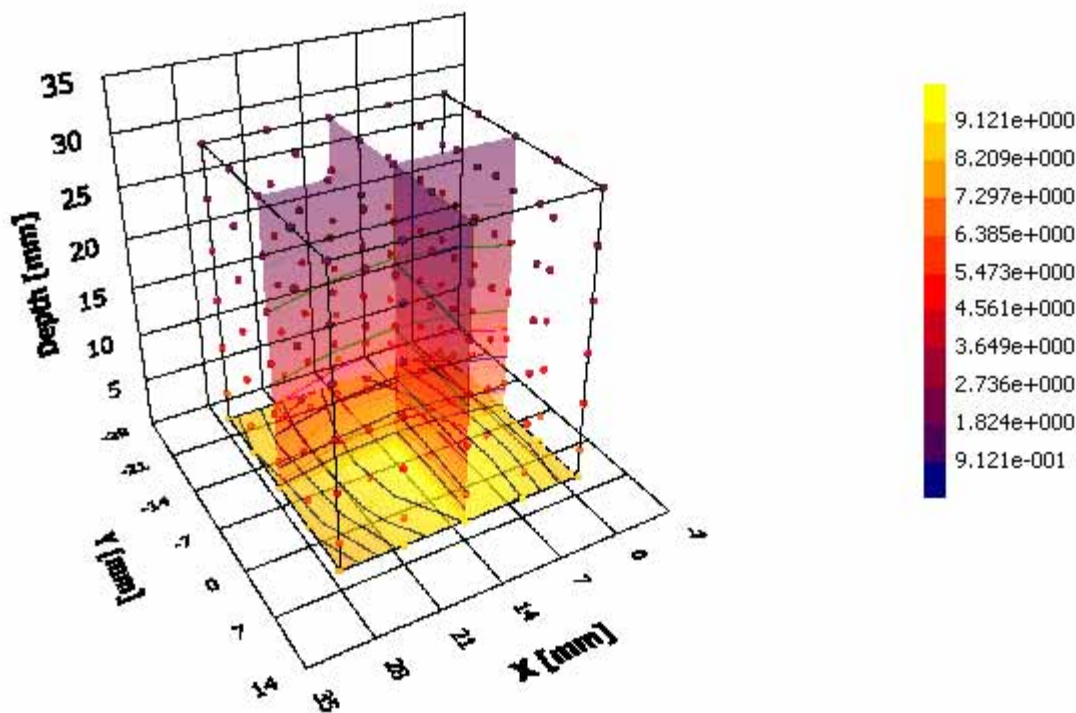
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are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

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

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

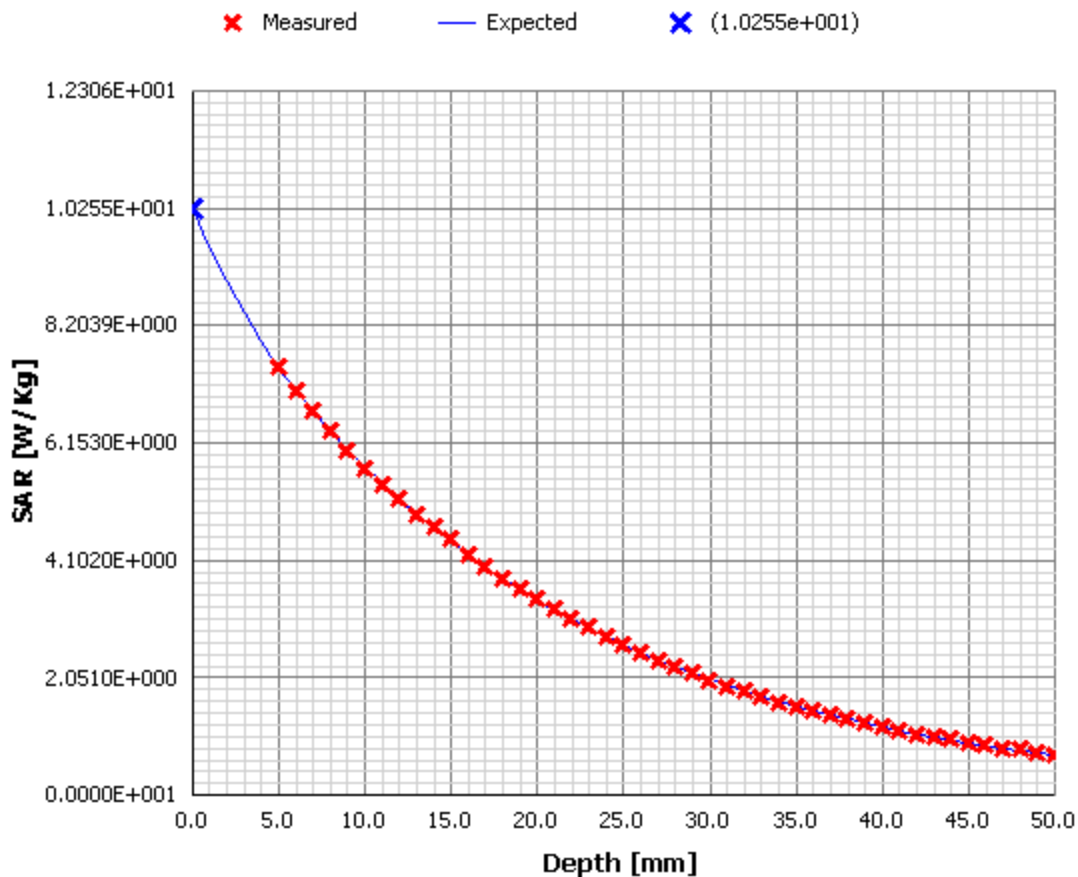
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are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

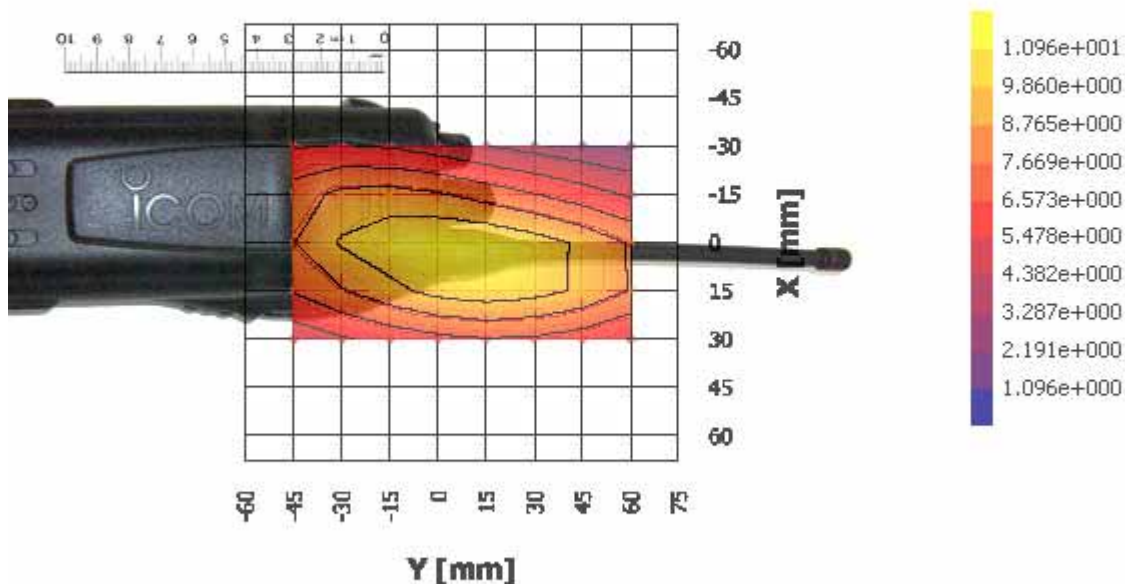
IEEE C95.1-1991, FCC OET Bulletin 65 (Supplement C), Industry Canada RSS-102(Issue 2) and ACA Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2000 (No. 1)

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.comFile #: ICOM-126-SAR
May 08, 2006

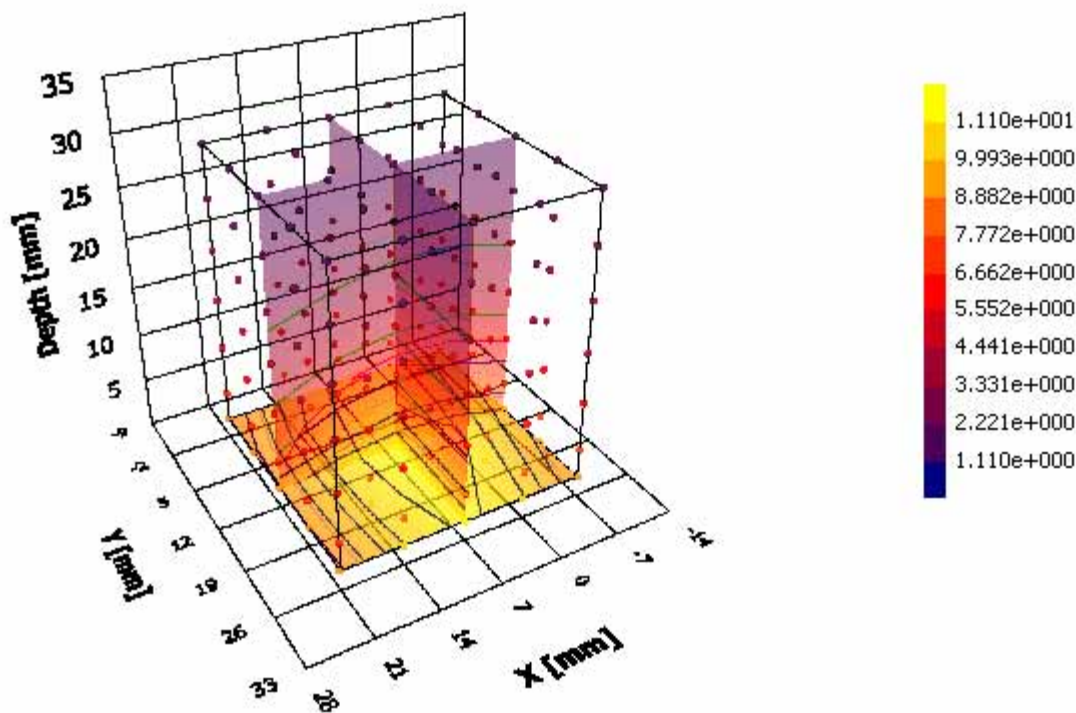
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are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

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR)

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

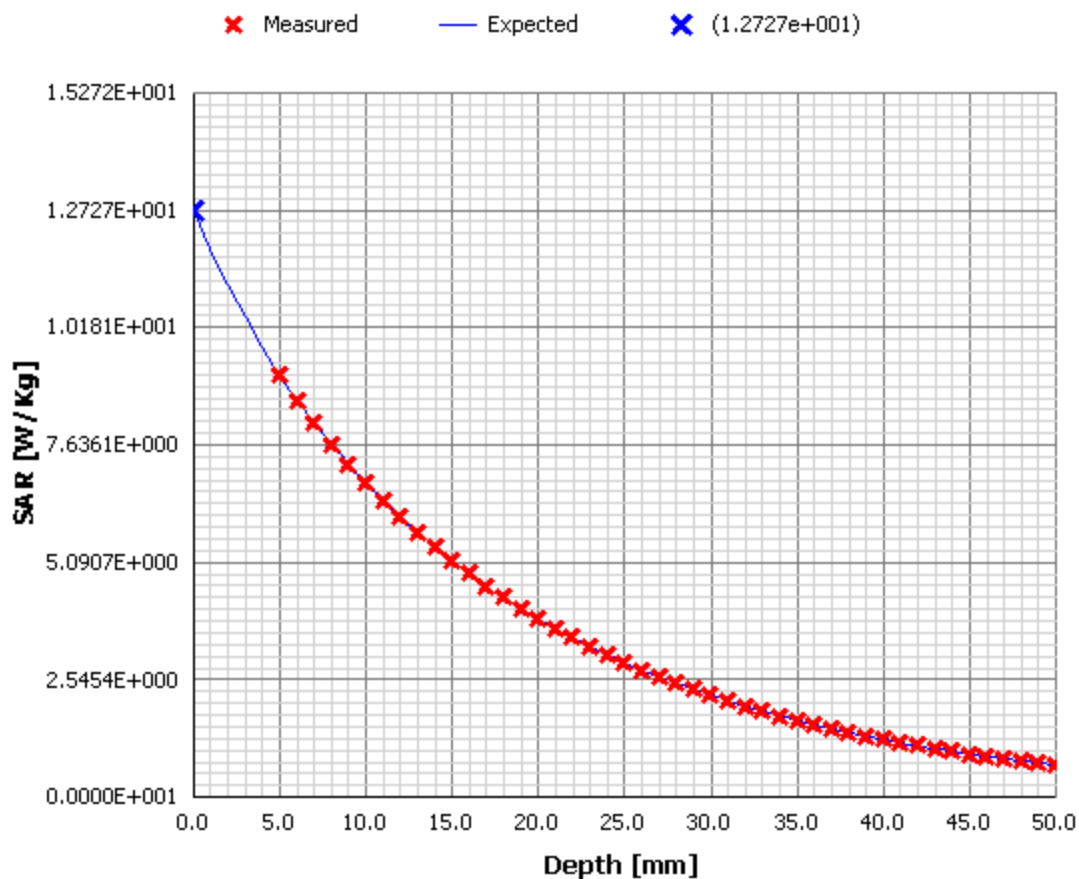
- Assessed by ITI (UK) Competent Body, NVLAP (USA) Accreditation Body & ACA/AUSTEL (Australia), VCCI (Japan)
- Accredited by Industry Canada (Canada) under ACC-LAB (Europe/Canada MRA and APEC/Canada MRA)
- Recognized/Listed by FCC (USA)
- All test results contained in this engineering test report are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

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 = $2\mu\text{V} = 6\text{dB}\mu\text{V}$ を超える時間を測定した。

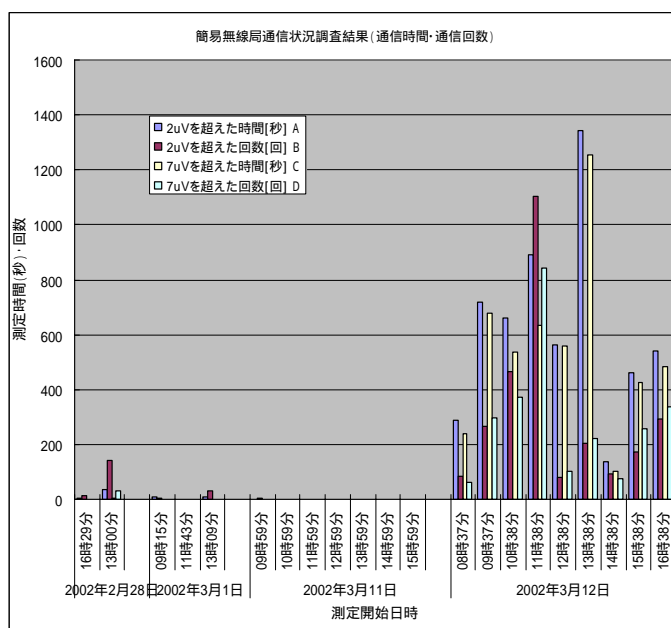


図8-1 簡易無線局の通信状況の一例(神奈川県川崎市)

表 8 - 1 簡易無線局の検出時間測定諸元

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

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。

1時間当りの呼量は1,342秒 / 3600秒 = 0.373 (erl)

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7 km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 × ln 2 で行った。これから、本測定では面積（7 km）² = 154.7 km²に存在する移動局から電波が受信されたといえる。

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 km²

従って、単位面積あたりの局数は 3202 / 198.6 = 16.1 (局/km²)

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 (局/km²) × 154.7 km² (半径7 kmの面積) = 2,494局

現在運用中の400 MHz帯の全チャンネル数は35 CH

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 ÷ 35 CH = 71.3 (局/ch)

1局当りの呼量は 0.373 (erl) / 71.3 (局) = 0.00523 erl/局

(2) 繰り返しゾーンの算出

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 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 dB

から所要C I R = t h = 16 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C I Rである mは、固定劣化マージン = m / t h = 6 dBを考慮すると m = 22 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

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 $\sigma = 6.5 \text{ dB}$ とすると、所要 CNR マージン m / th は 7 dB となる。

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 m / th は 7 dB であるので、受信機入力平均電圧が $7 \text{ dB } \mu\text{V}$ 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。

なお、秦式で求められる伝搬損中央値から、平均値への換算は、中央値 = 平均値 $\times \ln 2$ で行った。

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、400 MHz 帯の普及予想台数とした。

平成 22 年度時の 400 MHz 帯の普及予測数を算出するため、150 MHz 無線機の H

18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。

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4.9kmの1ゾーンを想定する。実面積は62.1km²(ここで実面積とは、一辺が4.9kmの六角形の面積であって、半径4.9kmの実面積は $(6 \times (3) / 4) * 4.9^2 = 62.1 \text{ km}^2$ である)

平成22年の工業都市の局数は、

$$\begin{aligned} & (\text{単位局数}) \times (\text{実面積}) \times (\text{平成22年局数} / \text{現在の局数}) \\ & = 16.1 \times 62.1 \times (58.9 / 55.5) = 1063 \text{ 局} \end{aligned}$$

$$\text{単位実面積当りの局数} = 1,063 \text{ 局} / 62.1 \text{ km}^2 = 17.1 \text{ 局} / \text{km}^2$$

(4) 総チャンネル数

1ゾーン局数: 1,063局 ((3) から)

1ゾーン呼量、 $1,063 \times 0.00523 \text{ erl} = 5.5 \text{ erl}$

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、7CH

呼損率10%時のチャンネル数は、8CH

総チャンネル数

(繰返しゾーンは9ゾーン)

呼損率20%時の総チャンネル数は、63CH

呼損率10%時の総チャンネル数は、72CH

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 $0.00523 \text{ erl} / \text{局}$ 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。(80/588(千局))

$$1 \text{ ゾーン当りの局数は } 1,063 \times 0.136 = 144.5 \text{ 台}$$

(8(万局)は、平成25年における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

$$1 \text{ ゾーン呼量、 } 144.5 \times 0.00523 \text{ (erl)} = 0.756 \text{ r l}$$

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 $1,063 \times 0.255 = 270.9$ 台

(4) ゾーンチャンネル数

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

(5) 所要チャンネル数

レンタル利用型及びレジュー利用型の呼量の合計は、 $0.756 \text{ er l} + 1.417 \text{ er l} = 2.173 \text{ er l}$

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 er l 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) / 2 (稼働率) / 4 (エリア) / $8 = 78.1$ (台)

ウ 総チャンネル数

1ゾーン呼量、 $78.1 \times 0.00523 \text{ er l} = 0.409 \text{ er l}$

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 er l 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ンネル数は以下のとおりとなる。

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

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-ラン表）のチャンネル数は、2CH

呼損率20%時（ア-ラン表）のチャンネル数は、2CH

(3) 上空利用と高所利用とは、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ンネル数は、上空利用と高所利用の所要チャンネル数の、それぞれの和となる。

参考文献等

:「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 /4QPSK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±5ppm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。

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

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

差動符号化規則

X_k	Y_k		
1	1	-3	/4
0	1	3	/4
0	0		/4
1	0	-	/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プル

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 プリアンプル

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。

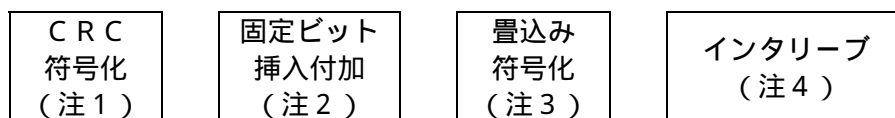
ク パラメータ情報チャンネルの符号化手順

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 プリアンプル	プリア ンプル (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 ンプル (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)

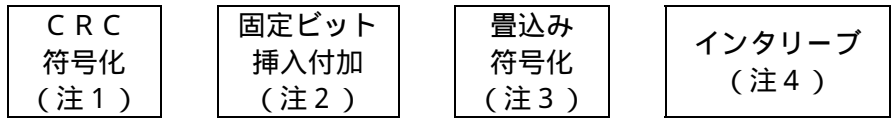
生成多項式 : $G1(D) = 1 + D + D^3 + D^5$

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

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(x69、x68、…x1、x0)とした場合、インタリーブ後の系列は、(x69、x62、x55、…x6、x68、x61、…x7、x0)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(x119、x118、…x1、x0)とした場合、インタリーブ後の系列は、(x119、x111、x103、…x7、x118、x110、…x8、x0)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

2 4 0 0 b p s (データ転送速度の偏差は ± 5 p p m とする)

(ウ) 副搬送周波数

1 6 0 0 H z

(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 4 8 ビットであり、そのビット構成は、3 6 ビットの個別機器番号 B (a47、 a46、 . . . a13、 a12) 及び 1 2 ビットのユーザ・コード (a11、 a10、 . . . a1、 a0) との合計 4 8 ビットで構成される。これらの合計 4 8 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 1 0 8 ビットの通信接続コード・ワードとなる。フレーム構成は 5 6 ビットのビット同期ワード、 2 8 ビットのフレーム同期ワードと 1 0 8 ビットの通信接続コード・ワードとの合計 1 9 2 ビットである。

ウ ビット同期ワード

[D 2] のパターンを 7 回繰り返す合計 5 6 ビットとする。

エ フレーム同期ワード

2 8 ビット構成の [F 9 4 D 0 6 B] とする。

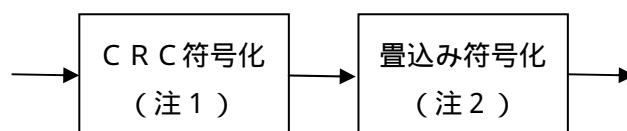
オ 通信接続コード・ワードの符号化手順

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
		3 6	1 2
5 6	2 8	1 0 8	

別表 9 . 2 . 2 - 2 通信接続コード・ワードの符号化手順



注 1 誤り検出符合

- ・ 4 8 ビット通信接続コード・ワードに対して、 6 ビット C R C を付加する。
- ・ 生成多項式： $G_c (X) = 1 + X + X^6$

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、「1XX100X」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。

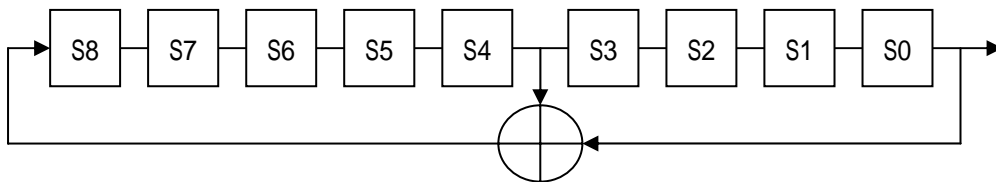
(6) パラメータ情報チャンネルの符号化手順

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。

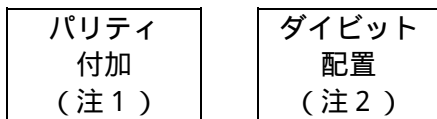
レジスタ	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0
初期値	0	1	1	1	0	0	1	0	0



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。

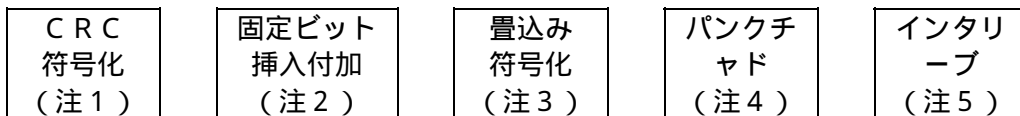
注2 ダイビット配置

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：
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

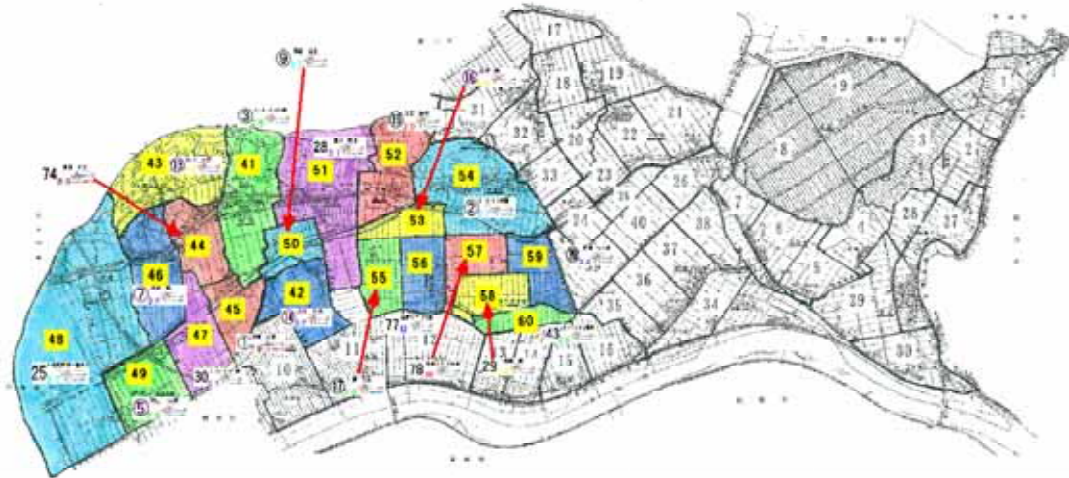
注5 インタリーブ

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

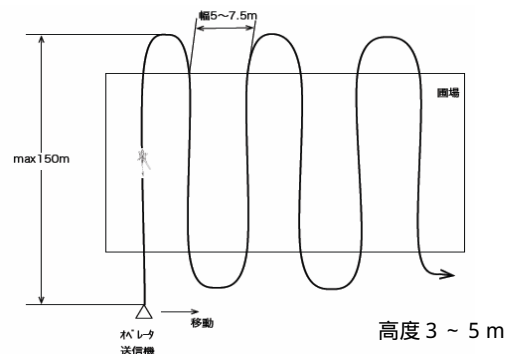


【図1】周波数配置計画図 (茨城スカイテック提供)

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)後直ちに出勤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

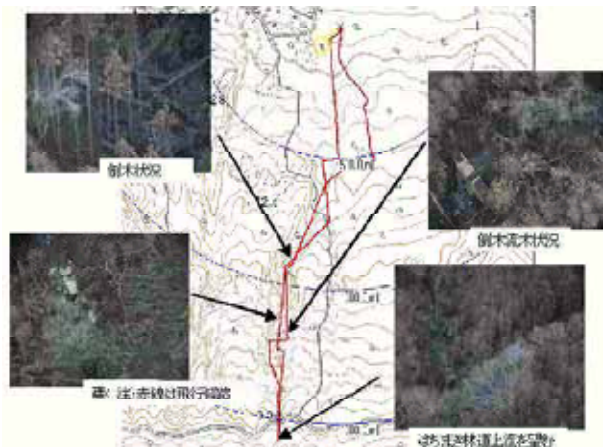
過去の大規模林野火災での防ぎょ活動を、発生場所の地形や植生、気象状況、水利や道路等の状況や山林内の施設の状況等の観点からの調査及び各種条件に応じた防ぎょ戦術のあり方の整理。

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



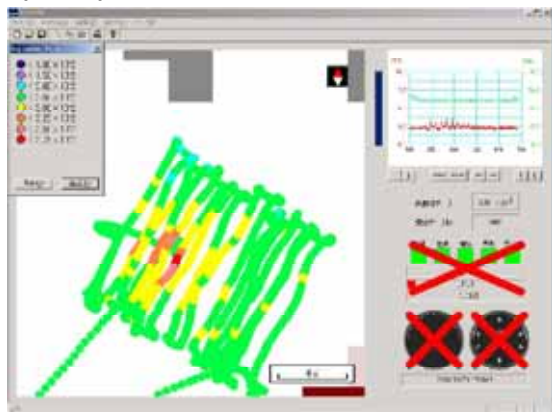
火山性ガスの噴出が続き防災関係者の上陸も制限される状況の中、無人航空機にビデオカメラを搭載し、人が進入不可能な危険区域(約1.5km先)で接近・低空観測を行い、被害状況を確認。

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

・アメリカ

AIRCRAFT OR SURFACE (27MHz)		AIRCRAFT (72MHz)								CARS & BOAT (75MHz)					
Freq.	Ch.	Low Band				High Band				Freq.		Freq.		Freq.	
		Freq.	Ch.	Freq.	Ch.	Freq.	Ch.	Freq.	Ch.	Ch.	Ch.	Ch.	Ch.		
26.995	A1	72.010	11	72.270	24	72.510	36	72.770	49	75.410	61	75.610	71	75.810	81
27.045	A2	72.030	12	72.290	25	72.530	37	72.790	50	75.430	62	75.630	72	75.830	82
27.095	A3	72.050	13	72.310	26	72.550	38	72.810	51	75.450	63	75.650	73	75.850	83
27.145	A4	72.070	14	72.330	27	72.570	39	72.830	52	75.470	64	75.670	74	75.870	84
27.195	A5	72.090	15	72.350	28	72.590	40	72.850	53	75.490	65	75.690	75	75.890	85
27.255	A6	72.110	16	72.370	29	72.610	41	72.870	54	75.510	66	75.710	76	75.910	86
		72.130	17	72.390	30	72.630	42	72.890	55	75.530	67	75.730	77	75.930	87
		72.150	18	72.410	31	72.650	43	72.910	56	75.550	68	75.750	78	75.950	88
		72.170	19	72.430	32	72.670	44	72.930	57	75.570	69	75.770	79	75.970	89
		72.190	20	72.450	33	72.690	45	72.950	58	75.590	70	75.790	80	75.990	90
		72.210	21	72.470	34	72.710	46	72.970	59						
		72.230	22	72.490	35	72.730	47	72.990	60						
		72.250	23			72.750	48								

・中国

周波数	バンド	用途	周波数	バンド	用途	周波数	バンド	用途
26.975	01	地上用水上用	40.610	61	地上用水上用	72.130	17	上空用
26.995	02		40.630	63		72.150	18	
27.025	03		40.650	65		72.170	19	
27.045	04		40.670	67		72.190	20	
27.075	05		40.690	69		72.210	21	
27.095	06		40.710	71		92.790	50	
27.125	07		40.730	73		72.810	51	
27.145	08		40.750	75		72.830	52	
27.175	09		40.770	77		72.850	53	
27.195	10		40.790	79		72.870	54	
27.225	11		40.810	81				
27.255	12		40.830	83				
		40.850	85					

・韓国

地上及び水上			上空	
A1D,A2D,F1D,F2D,G1D,G2D			A1D,A2D,F1D,F2D,G1D,G2D	
26.995	40.255	75.630	40.715	72.630
27.045	40.275	75.650	40.735	72.650
27.095	40.295	75.670	40.755	72.670
27.145	40.315	75.690	40.775	72.690
27.195	40.335	75.710	40.795	72.710
	40.355	75.730	40.815	72.730
	40.375	75.750	40.835	72.750
	40.395	75.770	40.855	72.770

・台湾

AIRCRAFT (72MHz)								CARS & BOAT (75MHz)					
Low Band		Low Band		High Band		High Band		Freq.		Freq.		Freq.	
Freq.	Ch.	Freq.	Ch.	Freq.	Ch.	Freq.	Ch.	Ch.	Ch.	Ch.	Ch.	Ch.	
72.010	11	72.270	24	72.510	36	72.770	49	75.410	61	75.610	71	75.810	81
72.030	12	72.290	25	72.530	37	72.790	50	75.430	62	75.630	72	75.830	82
72.050	13	72.310	26	72.550	38	72.810	51	75.450	63	75.650	73	75.850	83
72.070	14	72.330	27	72.570	39	72.830	52	75.470	64	75.670	74	75.870	84
72.090	15	72.350	28	72.590	40	72.850	53	75.490	65	75.690	75	75.890	85
72.110	16	72.370	29	72.610	41	72.870	54	75.510	66	75.710	76	75.910	86
72.130	17	72.390	30	72.630	42	72.890	55	75.530	67	75.730	77	75.930	87
72.150	18	72.410	31	72.650	43	72.910	56	75.550	68	75.750	78	75.950	88
72.170	19	72.430	32	72.670	44	72.930	57	75.570	69	75.770	79	75.970	89
72.190	20	72.450	33	72.690	45	72.950	58	75.590	70	75.790	80	75.990	90
72.210	21	72.470	34	72.710	46	72.970	59						
72.230	22	72.490	35	72.730	47	72.990	60						
72.250	23			72.750	48								

・ヨーロッパ

26 MHz		27 MHz		35 MHz				40 MHz				41 MHz		72 MHz	
Fre.	Ch.	Fre.	Ch.	Fre.	Ch.	Fre.	Ch.	Fre.	Ch.	Fre.	Ch.	Fre.	Ch.	Fre.	Ch.
26.815		26.965	1	34.950		35.200	80	40.575		40.815	81	41.000	400	72.210	
26.825		26.975	2	34.960		35.210	81/281	40.585		40.825	82	41.010	401	72.230	
26.835		26.985	3	34.970		35.220	82/282	40.595		40.835	83	41.020	402	72.250	
26.845		26.995	4	34.980		35.230	83/283	40.605		40.845		41.030	403	72.270	
26.855		27.005	5	34.990		35.240	84/284	40.615		40.855		41.040	404	72.290	
26.865		27.015	6	35.000	60	35.250	85/285	40.625		40.865	84	41.050	405	72.310	
26.875		27.025	7	35.010	61	35.260	86/286	40.635		40.875	85	41.060	406	72.330	
26.885		27.035	8	35.020	62	35.270	87/287	40.645		40.885	86	41.070	407	72.350	
26.895		27.045	9	35.030	63	35.280	88/288	40.655		40.895		41.080	408	72.370	
26.905		27.055	10	35.040	64	35.290	89/289	40.665	50	40.905		41.090	409	72.390	
26.915		27.065	11	35.050	65	35.300	90/290	40.675	51	40.915	87	41.100	410	72.410	
26.925		27.075	12	35.060	66	35.310	91/291	40.685	52	40.925	88	41.110	411	72.430	
26.935		27.085	13	35.070	67	35.320	92/292	40.695	53	40.935	89	41.120	412	72.450	
26.945		27.095	14	35.080	68	35.330	93/293	40.705		40.945		41.130	413	72.470	
		27.105	15	35.090	69	35.820	182	40.715	54	40.955		41.140	414	72.490	
		27.115	16	35.100	70	35.830	183	40.725	55	40.965	90	41.150	415		
		27.125	17	35.110	71	35.840	184	40.735	56	40.975	91	41.160	416		
		27.135	18	35.120	72	35.850	185	40.745		40.985	92	41.170	417		
		27.145	19	35.130	73	35.860	186	40.755		40.995		41.180	418		
		27.175		35.140	74	35.870	187	40.765	57			41.190	419		
		27.195	24	35.150	75	35.880	188	40.775	58			41.200	420		
		27.225		35.160	76	35.890	189	40.785	59						
		27.235	28	35.170	77	35.900	190	40.795							
		27.255	30	35.180	78	35.910	191	40.805							
		27.275	32	35.190	79										

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

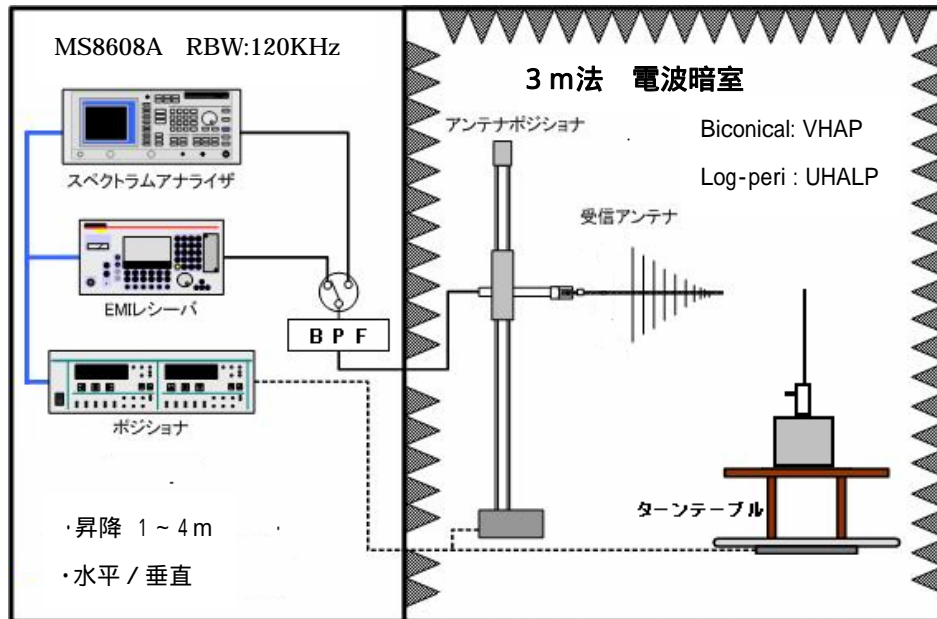
実施日 : 平成19年10月28日(日)

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：27.095MHz の送信機

・送信周波数：40.850MHz の送信機

40MHz			Futaba T9CS No.60176		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：72.790MHz の送信機

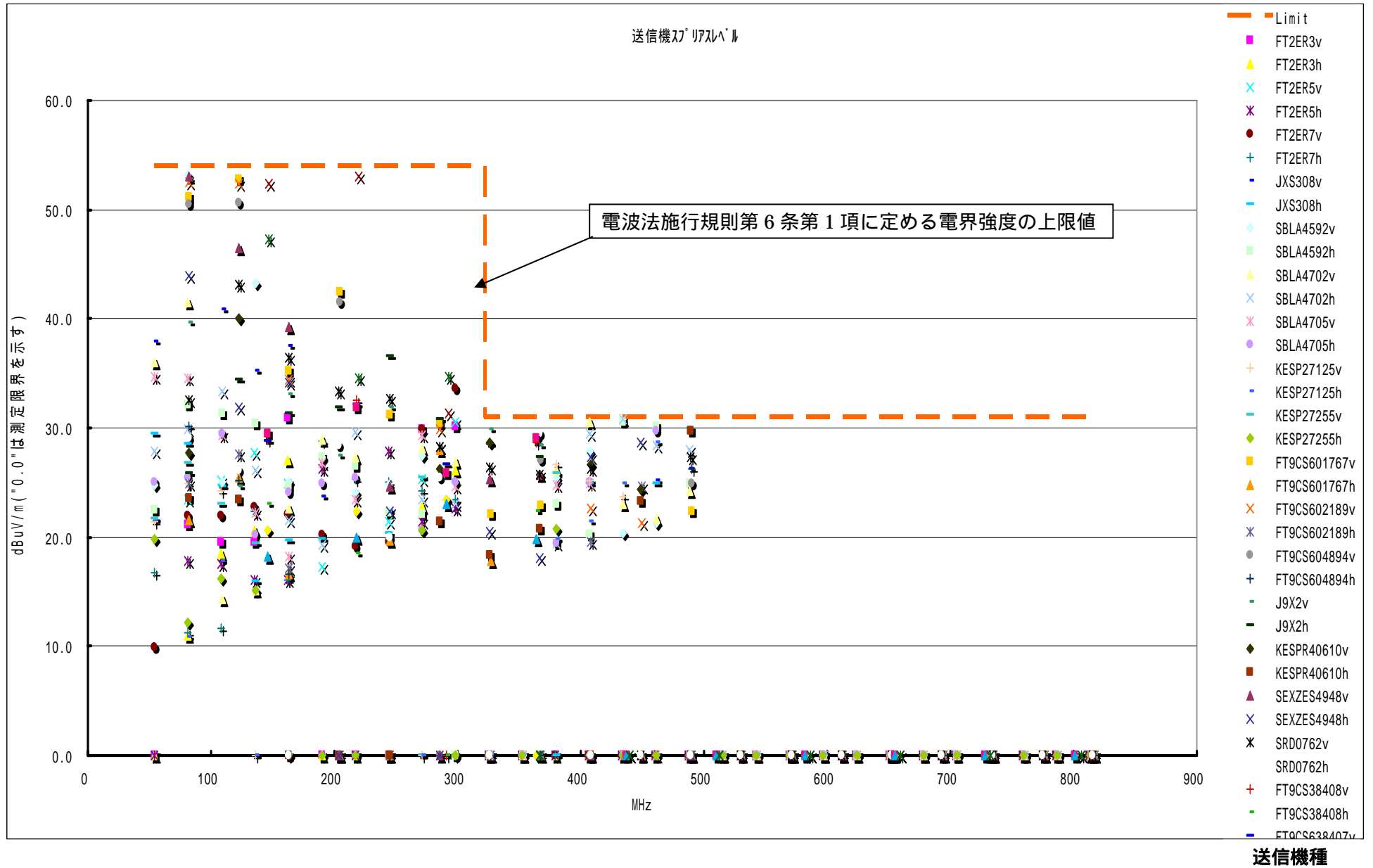
40MHz		Limit(dBuV)	JR 9X2 No.BAND-77		KO ESPRIT3 No.40610		SANWA EXZES-PLUS No.4948		SANWA RD8000 No.0762	
			Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
40.770MHz										
2	81.540	54.0	39.7	25.8	27.7	23.6	53.1	43.9	32.5	29.1
3	122.310	54.0	24.7	34.4	40.0	23.4	46.5	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	-	-	-	-	-	-	-	-

72MHz		Limit(dBuV)	Futaba T9CS No.38408		Futaba T9CS No.638407		Futaba T9CS No.638410	
			Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
72.790MHz								
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		Limit(dBuV)	JR PCM9X2 No.BAND-26	
			Vertical	Horizontal
73.260MHz				
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となる技術的条件 参考資料
(第 4 章関係)

資料1 ペットの飼育場所等 について

- ・ ペットの飼育数
ペット総数は約1,900万頭

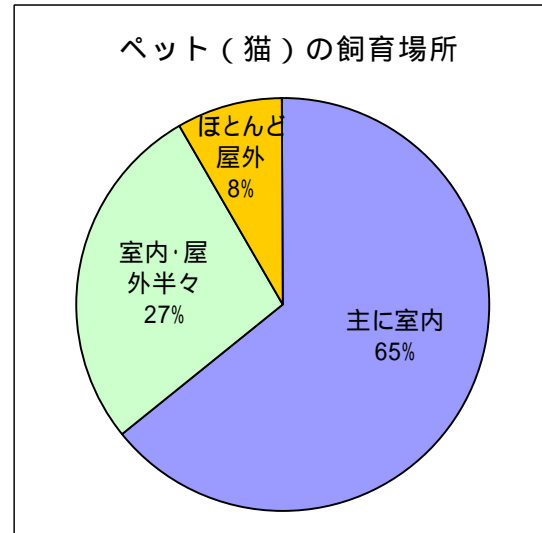
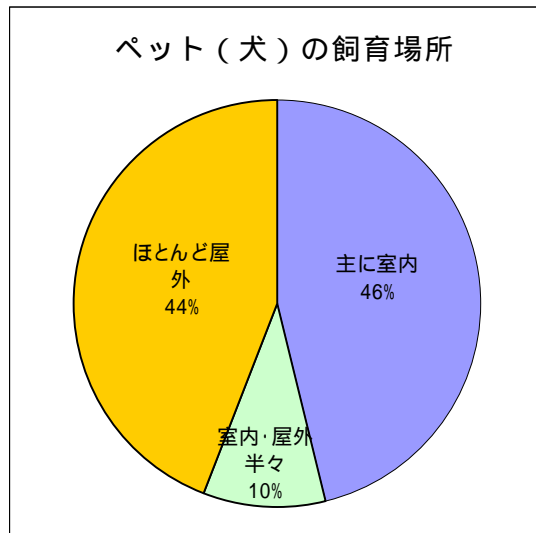
表1 ペットの飼育数

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

：ペットフード工業会“ペット関連資料”<http://www.jppfma.org/shiryu/shiryu-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 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（1/2 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

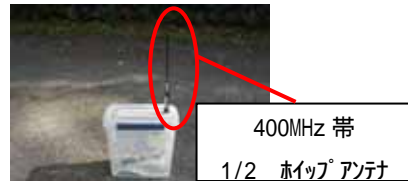
150MHz帯 受信機等一式 外観



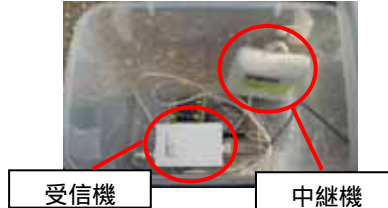
150MHz帯 受信機等一式 内部



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



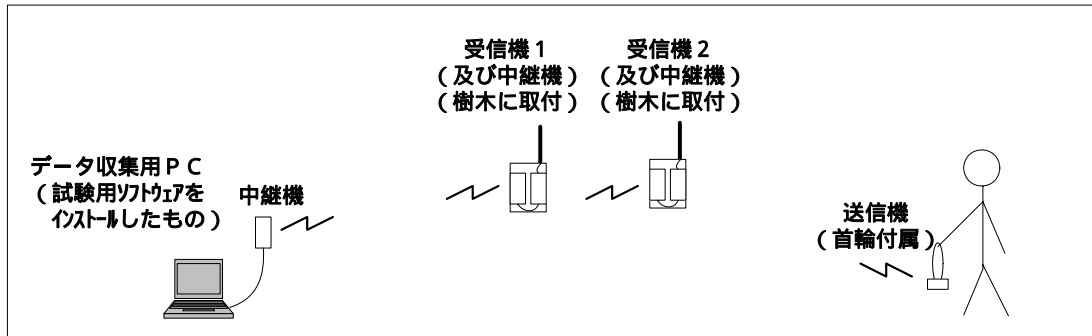
(1) 受信機1, 2を比較的高い位置に設置した場合の検証

(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ID+受信機ID+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ID+受信機ID+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) 一般的に平地の受信信号強度値よりも高い数値を示した。
- (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は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

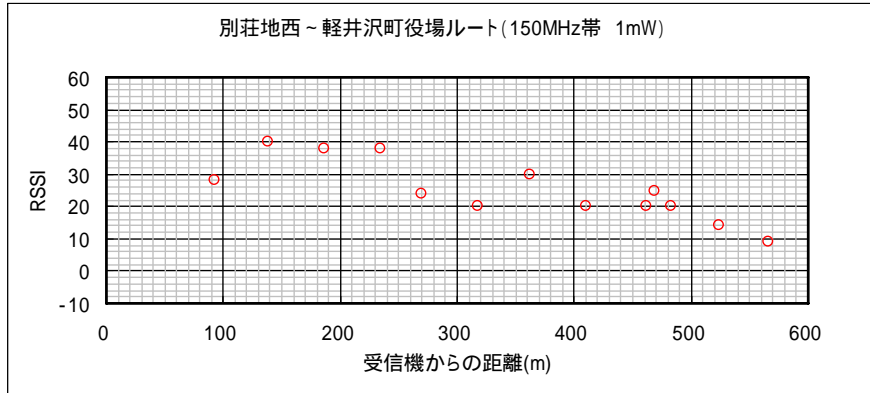


受信機2（及び中継機）
 の設置状況

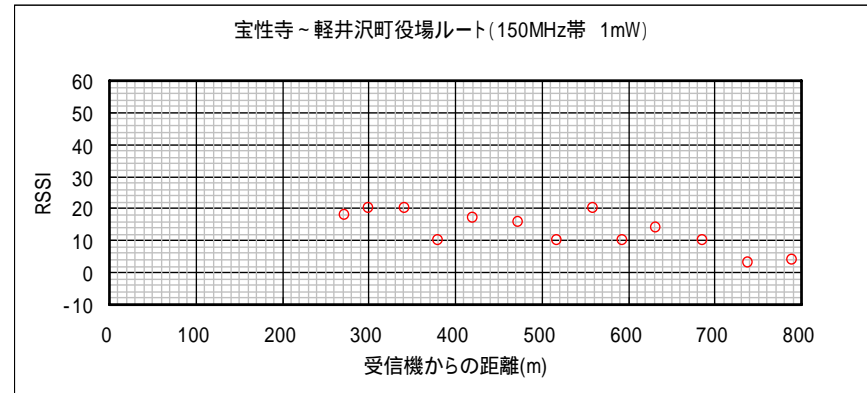


出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（浅間山「南東」）

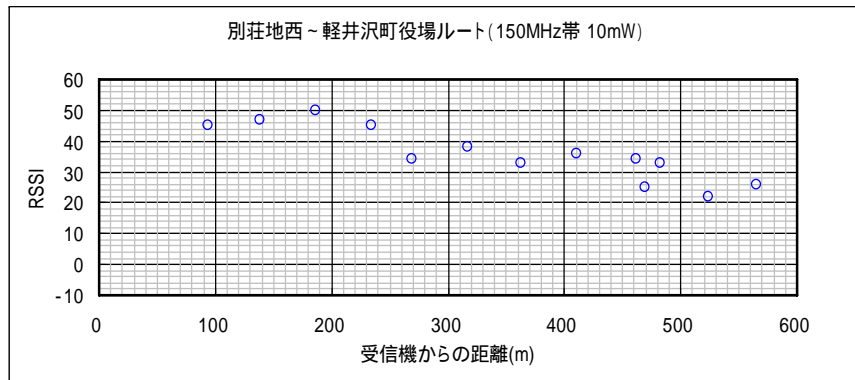
グラフ3-1 受信信号強度 VS 距離 150MHz帯 (出力 上:1mW 下:10mW) 送信機動作モード:通常動作モード(ID・パケット番号間欠送信)



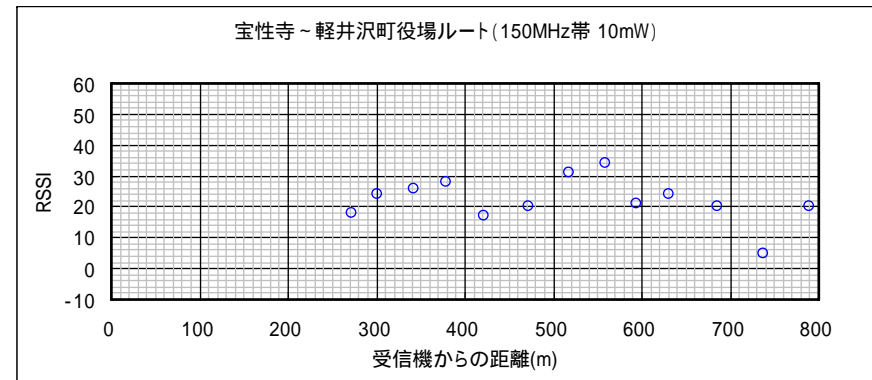
<測定条件> 測定日:平成17年10月13日
 受信機:ID=001(150MHz帯)
 送信機:ID=001(150MHz帯 1mW)



<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)

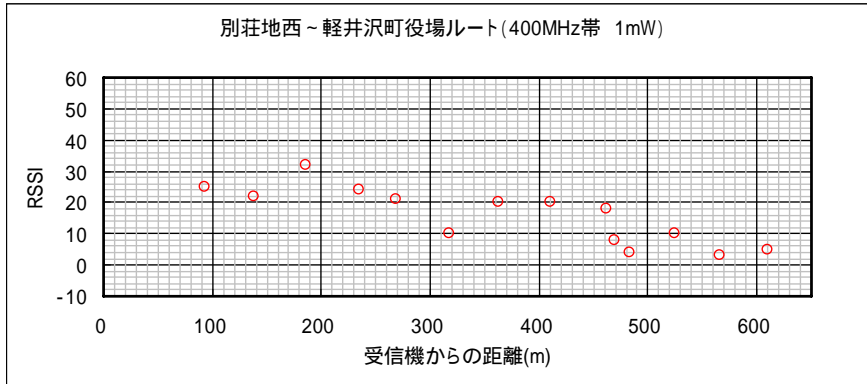


<測定条件> 測定日:平成17年10月13日
 受信機:ID=001(150MHz帯)
 送信機:ID=003(150MHz帯 10mW)

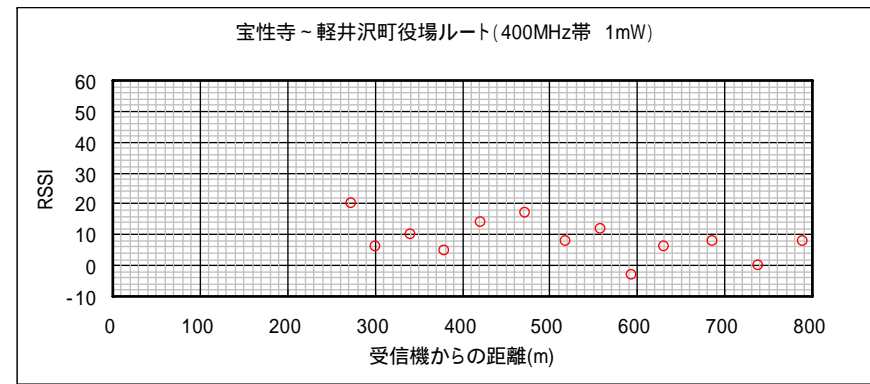


<測定条件> 測定日:平成17年10月13日
 受信機:ID=002(150MHz帯)
 送信機:ID=003(150MHz帯 10mW)

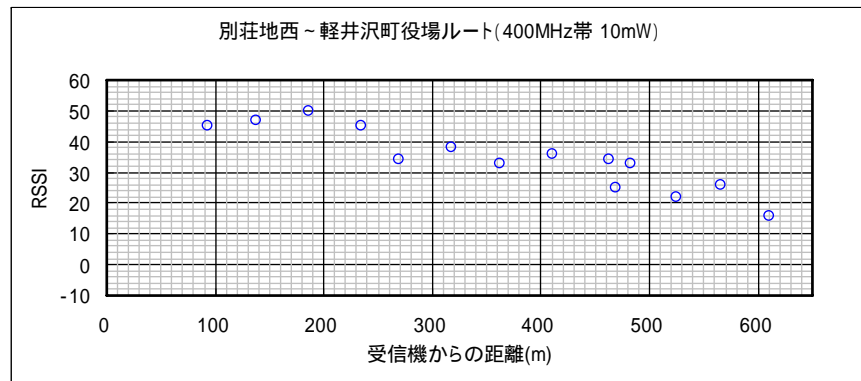
グラフ 3 - 2 受信信号強度 VS 距離 400MHz 帯 (出力 上:1mW 下:10mW) 送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



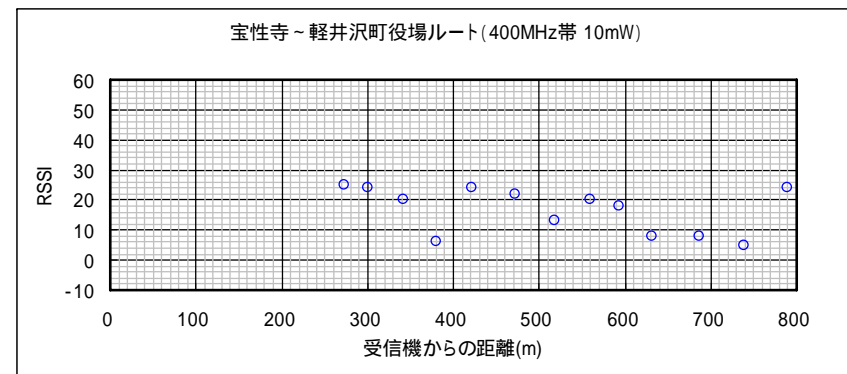
<測定条件> 測定日:平成17年10月14日
 受信機: ID=004 (400MHz帯)
 送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)



<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)

受信機と送信機間の状況は、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

: 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

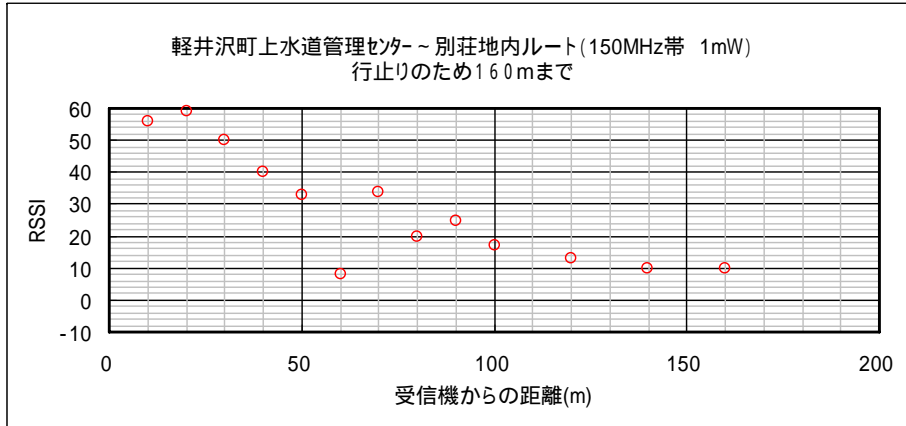
- ・各周波数・出力の送信機を下記のルートに沿って移動し、それぞれのRSSI値を測定した。
- ・なお、ルート上の平均標高は約947mである。

— 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

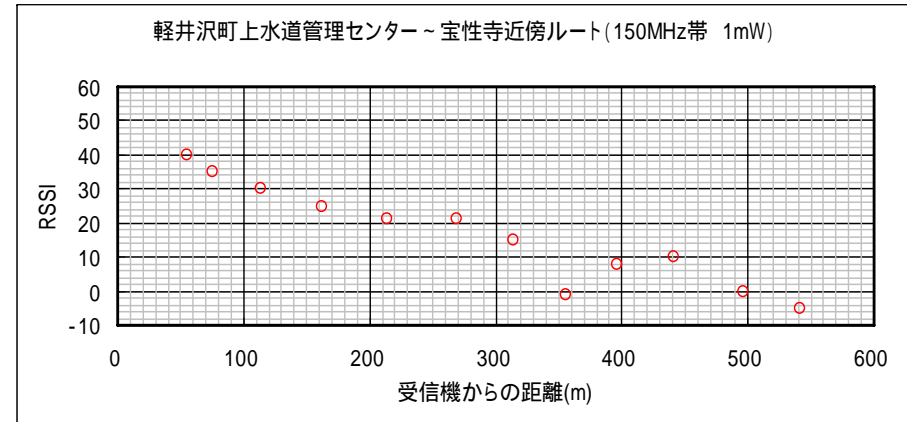


出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（浅間山「南東」）

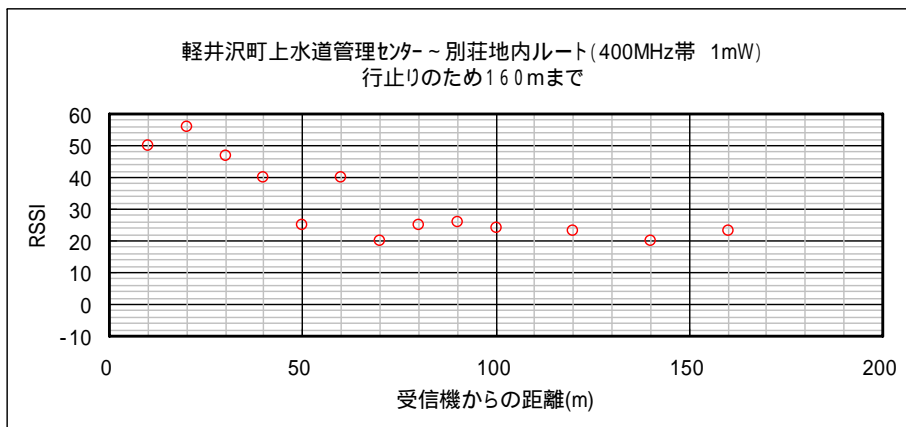
グラフ 3 - 3 受信信号強度 VS 距離 出力 1mW (上: 150MHz 帯 下: 400MHz 帯) 送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



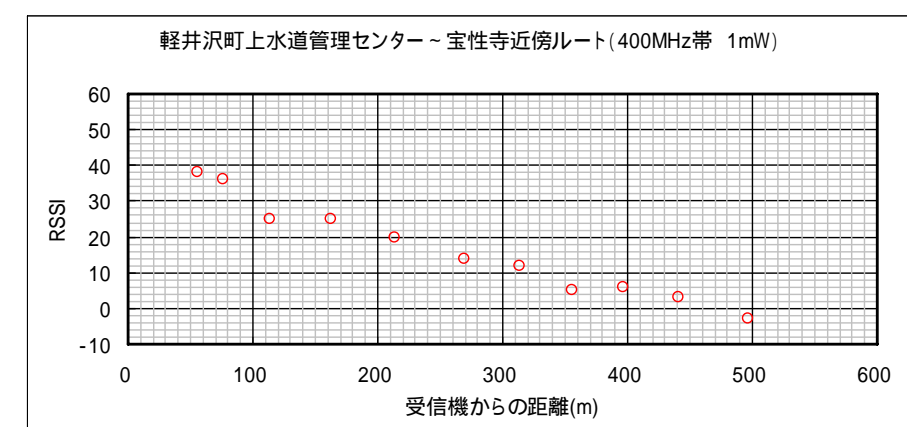
< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月18日
 受信機: ID=001 (150MHz帯)
 送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)



< 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、個体判別のみ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。

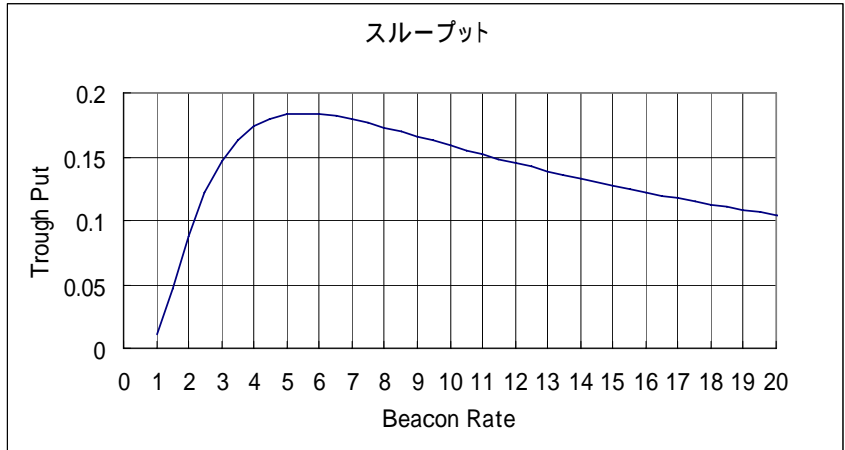


図1 送信時間6.0m秒/1エリア(4.6局)時のスループット
(横軸; サイクル時間(秒)、縦軸; スループット(相対値))

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6.0m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。

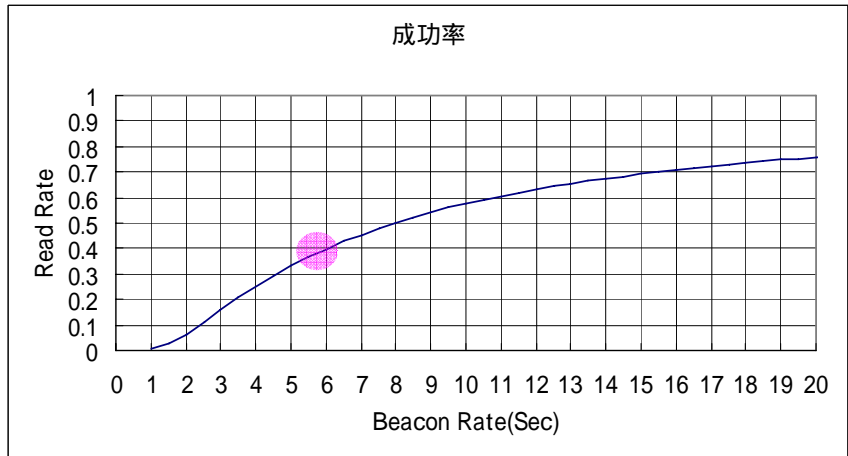


図2 送信サイクル時間と通信成功率
(横軸; サイクル時間(秒)、縦軸; 通信成功率)

(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。