

業務用無線通信システムに関する調査検討

報告書

平成27年1月

業務用無線通信システムに関する調査検討会

はじめに

「業務用無線通信システム」は、主に、一般企業等が、効率的な業務遂行等を目的として開設した自営無線システムであり、事務所等に設置した基地局と、車両等に設置した陸上移動局により構成されています。災害時等においても通信回線のふくそう等の影響を受けない特長を有していますが、その多くがアナログ方式のため、主に音声による通信で利用されています。

同様の通信システムとしては、近距離での直接通信として利用されている簡易無線、また、広域エリアをカバーする MCA 無線等があります。これら様々な無線システムのデジタル化が先行する中、業務用無線においても、通話品質を改善するとともに、データ伝送、通信制御等が可能なデジタル通信方式の本格的な導入が期待されています。さらに、このデジタル化により、一つの市町村程度の中規模エリアをカバーする、共同利用型中継システムも可能となります。

業務用無線のデジタル方式の導入と、複数免許人による中継システムの共同設置等が実現すると、運輸、観光、警備、医療、福祉等の様々な分野において、音声通信だけでなく位置情報や緊急通報、グループ選択等の機能が幅広いエリアにおいて利用できるようになります。これにより、業務用無線がますます効率的になるとともに、オリンピック・パラリンピックなどの大規模な国際イベント等における運営や警備などへの活用も考えられます。

このようなことから、北海道総合通信局では、業務用無線のデジタル化の普及促進に向けて、平成 26 年 4 月に主な業務用無線関係のメーカー、ユーザー、団体等の協力を得て、「業務用無線通信システムに関する調査検討会」を設置しました。

本調査検討会では、デジタル通信方式の高機能な通信サービスや中継システムの構築等に関し、実証試験を含めた調査検討を行い、この度その成果を報告書として取りまとめたところです。

本報告書が、業務用無線のデジタル通信方式の普及促進と共同利用型中継システムの早期実現に役立つことを期待いたします。

最後に、多忙な中、本調査検討会に参画いただきました委員各位、また、実証試験に携われたスタッフ各位、フィールド試験等にご協力いただいた関係各位に心より感謝申し上げます。

平成 27 年 1 月

「業務用無線通信システムに関する調査検討会」

座長 北海道大学大学院情報科学研究科インテリジェント情報通信研究室

准教授 大鐘 武雄

目次

第1章 調査検討の概要	- 1 -
1 開催趣旨	- 1 -
2 調査検討の目的.....	- 2 -
3 調査検討の背景.....	- 3 -
4 調査検討項目	- 4 -
第2章 業務用無線の現状と課題	- 5 -
1 業務用無線とは	- 5 -
2 業務用無線の用途と利用者	- 5 -
3 業務用無線の免許数	- 7 -
4 業務用無線の今後と課題.....	- 7 -
(1) アナログ無線を取り巻く状況	- 7 -
(2) 携帯電話やスマートフォンの普及	- 8 -
(3) 災害等への対応.....	- 8 -
(4) デジタル化の現状.....	- 8 -
(5) 中規模のエリアのカバー	- 9 -
(6) データ通信	- 9 -
(7) アナログ方式・デジタル方式の混在.....	- 10 -
(8) 周波数の有効利用	- 10 -
(9) 調査検討	- 10 -
第3章 実証試験	- 13 -
1 実証試験の目的.....	- 13 -
2 実証試験の概要.....	- 13 -
(1) 期間.....	- 13 -
(2) 実施場所.....	- 13 -
(3) 試験内容.....	- 13 -
3 実験試験局.....	- 14 -
(1) 実験試験局の一覧	- 14 -
(2) 実験試験局の諸元	- 15 -
(3) 共用器の諸元.....	- 16 -
(4) 実験試験局の基本性能	- 16 -
4 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築	- 20 -
(1) ステータスメッセージ機能.....	- 20 -
(2) ショートメッセージ機能	- 22 -
(3) ロングメッセージ機能	- 24 -
(4) 外部装置を利用したデータ伝送機能	- 26 -
(5) 静止画伝送	- 29 -
(6) GPS データを利用した位置管理.....	- 32 -
(7) 端末の動作管理(使用禁止制御).....	- 34 -
(8) 緊急発呼機能(緊急時の発呼者情報伝送等)	- 36 -
(9) 発信者名表示機能	- 38 -
(10) まとめ.....	- 39 -

5 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築	- 40 -
(1) 中継局の干渉に関する検討「中継局－複数移動局間干渉」.....	- 40 -
(2) 移動局の干渉に関する検討「移動局－複数中継局間干渉」.....	- 72 -
(3) 干渉試験に関する考察	- 94 -
(4) フィルタリング機能	- 97 -
(5) 共同利用型中継システム.....	- 104 -
(6) 相互接続性	- 106 -
6 多チャネル使用における通信制御の技術的検討	- 108 -
(1) 多チャネル使用システムにおける通話モデル	- 108 -
(2) 通信内容ごとの送信時間.....	- 108 -
(3) 通話モデルごとの収容台数.....	- 109 -
(4) 複数チャネルのシステムにおける収容台数	- 111 -
(5) 複数チャネル構成にて、チャネルスキャン動作を適用した場合の収容台数	- 111 -
(6) 複数チャネル構成にて、マルチチャネルアクセス方式を適用した場合の収容台数	- 114 -
(7) アクセス時間の検討	- 119 -
(8) まとめ.....	- 121 -
第4章 調査検討の結果.....	- 123 -
1 高性能デジタル無線通信方式の技術検討	- 123 -
(1) デジタル業務用無線通信システムの構成.....	- 123 -
(2) アナログからデジタルへの移行.....	- 123 -
(3) アナログとデジタルの電力効率	- 126 -
(4) アナログとデジタルの通信可能エリア	- 126 -
2 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築	- 127 -
(1) 業務用無線のデジタル化.....	- 127 -
(2) 相互接続性	- 131 -
3 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築	- 132 -
(1) 中継方式	- 133 -
(2) 通常システム(非中継型)と中継システムの運用上の特徴	- 134 -
(3) 共同利用型中継システムの運用上の特徴	- 136 -
(4) 複数チャネル構成の共同利用型中継システム	- 136 -
(5) 共同利用型中継局のための機能例	- 137 -
4 周波数共用条件の技術的検討	- 138 -
(1) 同一チャネル周波数共用条件	- 138 -
(2) 隣接周波数共用条件.....	- 138 -
(3) 相互変調の関係となる周波数.....	- 139 -
5 多チャネル使用における通信制御の技術的検討	- 141 -
6 まとめ	- 142 -
7 おわりに.....	- 144 -

資料編.....	- 145 -
資料1 業務用無線通信システムに関する調査検討会 開催趣旨	- 145 -
資料2 業務用無線通信システムに関する調査検討会 設置要綱.....	- 146 -
資料3 業務用無線通信システムに関する調査検討会 委員構成.....	- 148 -
資料4 検討経過報告	- 149 -
資料5 公開実証試験	- 151 -
資料6 業務用無線ユーザーへのヒアリングの結果	- 156 -
資料7 平成 26 年 3 月 25 日付け総務省報道資料.....	- 158 -
資料8 情報通信審議会諮問第 2009 号(平成 14 年 9 月 30 日諮問)についての一部答申..	- 162 -
資料9 ARIB 標準規格について	- 173 -
資料10 用語集	- 174 -
資料11 参考文献.....	- 182 -

第1章

調査検討の概要

第1章 調査検討の概要

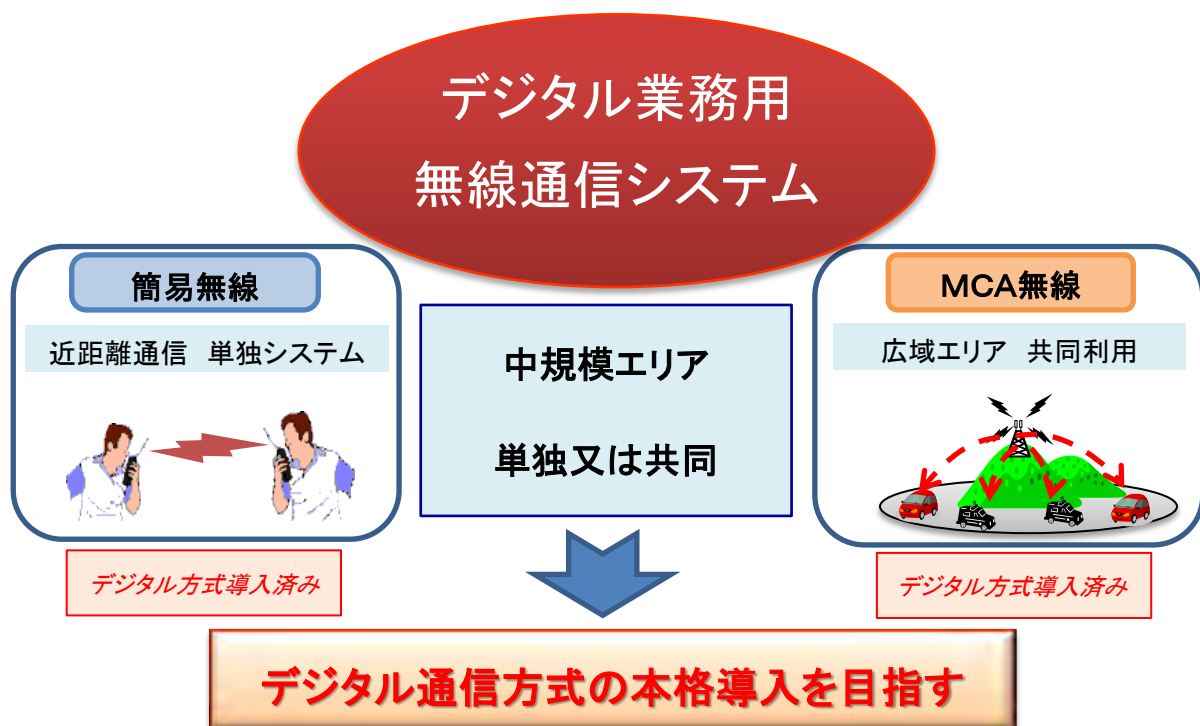
1 開催趣旨

業務用無線通信システムは、近距離通信で使用される簡易無線よりも広域な通信エリアをカバーし、また、MCA 無線ほどの広範囲な通信エリアを必要としない中規模エリアの自営無線通信システムとして構築され、利用されている。このシステムは、災害等で公衆通信網等が被災やふくそうした場合において、有効な通信手段になることが期待されている。

簡易無線及びMCA 無線等がデジタル化される中で、業務用無線通信システムにおいてもデジタル方式を導入すると、明瞭かつ秘匿性の高い通信やデータ伝送等の高機能なサービスを提供することができるほか、狭帯域化することで周波数の効率的な使用が可能となる。

業務用無線通信システムをデジタル化する上では、より有用なシステムとなるよう、通信機能の拡充や、中継システムによる通信可能エリアの拡大等についても検討を進める必要がある。例えば、業務用無線通信システムで中継システムが利用できれば、北海道のように広大な農地、牧場、観光地など、様々な業態での応用が広がることが期待できる。

このような背景を踏まえ、自営無線として高機能かつ周波数利用効率に優れた業務用無線通信システムのデジタル通信方式に関する技術的条件等について調査検討を行う。



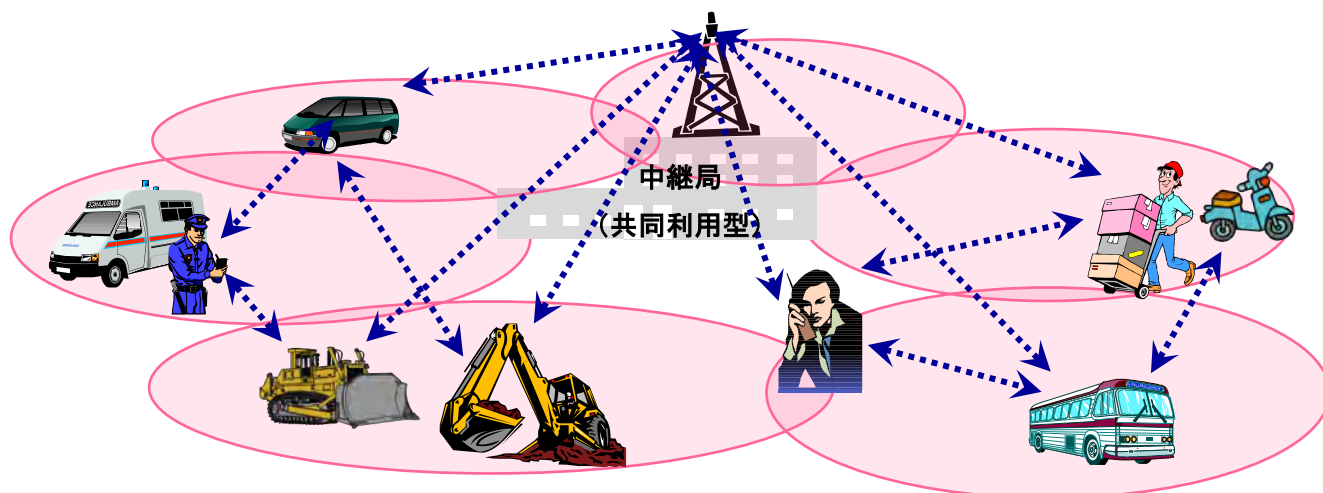
2 調査検討の目的

一般企業等が、効率的な業務遂行等を目的として開設している「業務用無線通信システム」は、主に、事務所等に設置した基地局と、車両等に設置した陸上移動局により構成され、現在は、多くがアナログ方式の音声通信を中心とした自営無線システムとして利用されている。

同様の通信システムとしては、近距離での通信として利用されている簡易無線、また、広域エリアをカバーする MCA 無線等があるが、これら様々な無線システムのデジタル化が先行する中、業務用無線においても、デジタル通信方式の本格的な導入が期待されている。

また、デジタル化と合わせて、一つの市町村程度の中規模エリアをカバーする、共同利用型中継システムの実現も期待されている。

このようなことから、北海道総合通信局では、平成 26 年 4 月、主な業務用無線関係のメーカー、ユーザー、団体等の協力を得て、「業務用無線通信システムに関する調査検討会」を設置し、業務用無線のデジタル化の普及促進に向けて、より高機能で、より質の高い通信が必要とされる通信エリア内での通信が可能となるよう、デジタル通信方式を導入する際の技術的条件等について検討と実証試験を行い、システムの有効性等の検証結果について報告書に取りまとめる。



3 調査検討の背景

本調査検討の背景として、「平成26年3月25日付け総務省報道資料「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「150/260/400MHz 帯業務用移動無線の周波数有効利用」に関する情報通信審議会からの一部答申(資料7)」において、

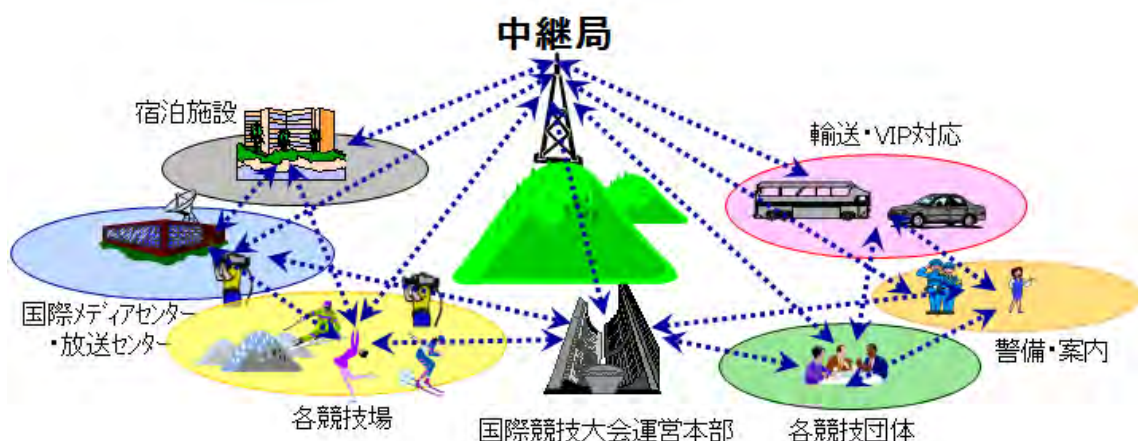
- 業務用移動無線は、自動車運送、警察、消防、防災行政、鉄道等の様々な分野で、音声通信、データ伝送等に活用されており、震災等を契機に、その重要性、有効性が再認識
- 今後、通信需要の増大、2020年東京オリンピック・パラリンピック開催による無線システムの増強や利用拡大が想定されるため、周波数の有効利用が求められているところ
- 音声中心のアナログ方式から、周波数の利用効率に優れ、データ伝送が容易で、情報セキュリティが向上する等の特長を持つデジタル方式への移行が進められているが、今後、更にデジタル方式の導入を促進するための課題の解決及び新たな周波数有効利用方策等を検討することが必要

とされている。また、「今後の業務用無線システムの動向」として、

- 容易に中規模エリアをカバーできる簡易な中継システムの利用、4値FSK変調方式等による音声主体のシンプルな無線システムの利用要望が増加

とされている。

また、業務用無線のデジタル化が実現すると、運輸、観光、警備、医療、福祉等の様々な分野での導入やオリンピック・パラリンピックなどの国際的なイベント等においても、音声通信だけでなく位置情報や緊急通報、グループ選択等の機能を活用した大会運営や警備などの活用が考えられる。また、デジタル化によりフィルタリングの機能等を使うことで複数免許人による中継局の共同設置等が可能となり、効率的、経済的な無線利用が期待できる。



4 調査検討項目

検討項目として、大きく2つの項目について実証試験を交えた調査検討を行った。

(1) 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

ア 新たなデジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

デジタル通信方式によるデータ通信機能

- ・ステータスメッセージ機能(あらかじめ定義したメッセージに対応するコード番号を伝送)
- ・ショートメッセージ機能(自由文テキストを送信)
- ・外部装置を利用したデータ伝送機能(パソコン等を接続したデータ伝送)
- ・静止画伝送(デジタルカメラを接続した静止画伝送)
- ・GPS データを利用した位置管理(位置情報の伝送)
- ・端末の動作管理(遠隔制御による使用禁止)
- ・緊急発呼機能(緊急時の発呼者情報伝送等)

イ 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

(ア) 中継局の干渉に関する検討(中継局－複数移動局間干渉)

複数の移動局を運用した場合に想定される干渉軽減についての検証

(イ) 中継局の干渉に関する検討(移動局－複数中継局間干渉)

移動局が複数の中継局エリアにまたがった運用を行ったときに想定される干渉軽減の検証

(ウ) フィルタリング機能

免許人の通信のみを中継する機能及び免許人以外の通信を拒否するための機能について検証

(エ) 共同利用型中継システム

中継局の新たな共同利用者が発生した場合のシステム変更や個別 ID 情報若しくはスクランブルコードの追加が容易に行える機能の検証

(2) 周波数共用及び多チャネル使用における通信制御の技術検討

ア 周波数共用条件の技術的検討

効率的な中継局運用のために必要となる事項の検討

イ 多チャネル使用における通信制御の技術的検討

複数のチャネルを使用する場合のアクセス(チャネル選択)方法について、トラヒック理論を用いたシミュレーションによる収容端末数やアクセス時間などを計算

これらの調査検討結果から、実運用における最適なデジタル業務用無線システムの技術的条件等を提言する。

第2章

業務用無線の現状と課題

第2章 業務用無線の現状と課題

1 業務用無線とは

業務用無線は、あらゆる業種に用いられる自営陸上移動通信の総称で、公共業務用と一般業務用に大別される。

公共業務用は、電気、ガス、上下水道、鉄道・バス事業、道路管理、消防・救急、防災行政など生活に密着した公共性の高い分野で、各業務毎に専用の周波数を使用し、利用されている。

一般業務用は、運送事業、タクシー事業、各種製造販売事業、金融機関、警備事業、新聞事業、サービス業など、多種多様の業種に幅広く利用されている。

一般業務用の内、MCA 無線は、公益法人等により管理運営され、多数のユーザーにより利用されている。

簡易無線局は、多くの人が様々な簡易な業務に使用できる無線局であり、無線従事者の資格は必要ない。

2 業務用無線の用途と利用者

平成 23 年度電波の利用状況調査の評価結果によると、無線局の利用者は、表 2-1、表 2-2、表 2-3のとおり。

表 2-1 無線局免許等を要する電波利用システムグループ(50MHz 超 222MHz 以下)

電波利用システムグループ名	免許人数	無線局数	(参考)主な電波利用システム※
陸上・防災	1,552	75,559	市町村防災用同報無線等
陸上・自営(主に公共分野)	2,595	253,461	消防用無線等
陸上・自営(公共分野以外)	3,772	95,202	一般業務用無線等
陸上・電気通信業務	2	335	電気通信業務用無線
陸上・放送	360	3,251	アナログ TV 放送 VHF 等
陸上・放送事業	173	8,977	放送連絡用無線
陸上・その他	435,059	573,042	アマチュア無線等
海上・船舶通信	12,052	16,754	船舶無線
海上・その他	3,781	8,047	衛星 EPIRB 等
航空・航空通信	819	9,282	航空無線等
航空・測位	7	241	VOR 等
衛星・電気通信業務	2	22,640	オーブコム等
その他・その他	127	885	実験試験局等

※平成 23 年度電波の利用状況調査の評価結果より引用

表 2-2 無線局免許等を要する電波利用システムグループ(222MHz 超 335.4MHz 以下)

電波利用システムグループ名	免許人数	無線局数	(参考)主な電波利用システム※
陸上・防災	159	30,452	市町村防災用デジタル無線等
陸上・自営(主に公共分野)	5	2,112	消防用デジタル無線等
陸上・電気通信業務	2	32	電気通信業務用ページャー
航空・航空通信	315	1,732	航空無線等
航空・測位	4	65	ILS
その他・その他	94	813	実験試験局等

※平成 23 年度電波の利用状況調査の評価結果より引用

表 2-3 無線局免許等を要する電波利用システムグループ(335.4MHz 超 770MHz 以下)

電波利用システムグループ名	免許人数	無線局数	(参考)主な電波利用システム※
陸上・防災	1,352	69,339	市町村防災用無線等
陸上・自営(主に公共分野)	853	158,699	列車無線等
陸上・自営(公共分野以外)	8,041	311,640	タクシー用無線等
陸上・電気通信業務	7	9,405	電気通信業務用デジタル空港無線電話通信等
陸上・放送	208	25,209	デジタル TV 放送等
陸上・放送事業	205	4,431	放送連絡用無線等
陸上・その他	443,260	989,583	アマチュア無線等
海上・船舶通信	199	2,325	マリンホーン等
海上・その他	3,763	8,732	衛星 EPIRB 等
航空・航空通信	252	3,112	航空機用救命無線等
航空・その他	19	503	航空レジャー用無線等
衛星・その他	1	301	DCP(気象データ収集システム)
その他・その他	195	3,133	実験試験局等

※平成 23 年度電波の利用状況調査の評価結果より引用

3 業務用無線の免許数

平成 23 年度電波の利用状況調査の『335.4MHz 超 770MHz 以下の周波数を利用する無線局の分布状況【全国】』によると、

本周波数区分を利用する無線局の「無線局数の割合及び局数」、「無線局数の割合及び局数（一般業務用と公共業務用の比較）」及び「無線局数の推移（各総合通信局等の比較）」に係る集計結果は、次のとおりである。

- ① 本周波数区分は、「陸上・その他」、「陸上・自営（公共分野以外）」及び「陸上・自営（主に公共分野）」で 92.0%を占めている。「陸上・その他」は、簡易無線（571,684 局）が 57.8%、アマチュア無線（417,460 局）が 42.2%、「陸上・自営（公共分野以外）」は、タクシー用無線（134,358 局）が 43.1%、一般業務用無線（89,693 局）が 28.8%、タクシー用デジタル無線（74,254 局）が 23.8%、「陸上・自営（主に公共分野）」は、列車無線（79,339 局）が 50.0%、消防用無線（16,913 局）が 10.7%、陸上運輸用無線（11,417 局）が 7.2%を占めている。
- ② アマチュア無線は、平成 20 年度と比較して 47,946 局減少（10.3%減）しているものの、簡易無線が平成 20 年度と比較して 95,054 局増加（19.2%増）しており、アマチュア局を除けば本周波数区分の無線局数は、79,317 局増加している。
- ③ 本周波数区分におけるデジタル化率は 28.7%であり、平成 20 年度と比較してやや増加している。

※平成 23 年度電波の利用状況調査の評価結果より引用

4 業務用無線の今後と課題

現在利用されている業務用無線には、おおむね次のような課題があり、デジタル化への取組が必要である。

(1) アナログ無線を取り巻く状況

既存のアナログ専用機種については、一部の保守部品は枯渇している状況であり、新たに設計・製造する場合は開発費が膨大となるなど、今後、製造自体を継続し続けることに限界が生じることが予測される。また、今後、販売されるアナログ無線機は、デジタル無線機で設計した上で、その内部の信号処理によりアナログ信号を生成する構成が大半と考えられることから、その価格はデジタル無線機と同様となると推測される。

アナログ無線機器は、平成 17 年 12 月施行の新スプリアス基準に合致していないものも多数含まれており、使用期限の平成 34 年 11 月までに更新需要が発生する。これに合わせて適切なデジタル方式の無線機器を供給することで、円滑にデジタル移行を進められることが求められている。

(2) 携帯電話やスマートフォンの普及

通信コストや利便性を考慮して携帯電話やスマートフォン、あるいは IP 無線に切り替えるユーザーが存在している。また、小エリアでの音声主体の連絡等、比較的簡易な通信だけで十分なユーザーは、デジタル簡易無線局などの安価で導入が容易なシステムを利用するケースも増加する傾向にある。

(3) 災害等への対応

携帯電話やスマートフォン、IP 無線は、災害時にはふくそうが発生し、通信規制が行われるほか、長時間の停電や通信回線が断絶された場合は、通信サービスの停止の影響を受けるため、震災等を契機に、自営通信システムである業務用無線の重要性や有効性が再認識されている。

(4) デジタル化の現状

警察、消防・救急、防災、電気、ガス、水道、道路など、公共ライフライン分野では、既にデジタル化への移行及び検討が進められている。また、簡易業務無線や MCA 無線ではデジタル化されているものの、専用波を持つ一般業務用無線ではタクシーや放送用の連絡波など一部の業界に留まっている。

これら一般業務は全体の約 25%の構成比を持っていることから、需要も多くデジタル化へ移行しやすい制度環境作りが必要と考えられる。

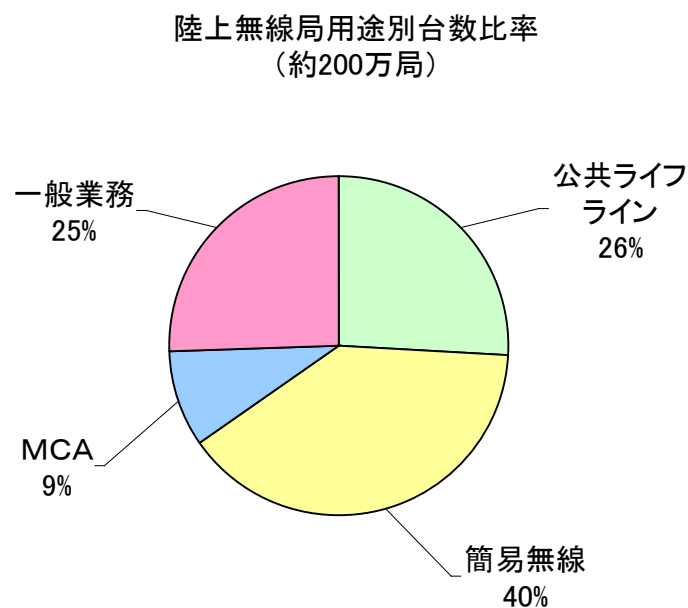


図 2-1 陸上無線局用途別台数比率

現在デジタル方式としては以下のような変調方式が業務用無線として導入されている。

表 2-4 業務用無線のデジタル方式

変調方式	アクセス方式	主な導入業種
4 値 FSK	SCPC TDMA	簡易無線業務、一般業務
$\pi/4$ シフト QPSK	SCPC TDMA FDMA	防災行政(移動系)、消防救急、 タクシー、公共業務、一般業務
16QAM	TDMA	市町村防災(同報系)、防災行政(固定系)

(5) 中規模のエリアのカバー

一つの市町村程度の中規模エリアを事業規模とする免許人は中小規模の企業が多く、現在は事務所に基地局を設置している場合が多い。そのため、カバーエリアは事務所を中心とする半径数キロ～10 数キロの範囲内となっている。また運用面でもエリアの両端に移動局が存在する場合には移動局同士の通信が出来ないことから、基地局を介した通信統制が必要になるため、オペレーターが常時対応する必要がある。

広いカバーエリアを必要とする免許人は、基地局を高い建物の屋上や山の上に設置し、遠隔操作により無線機器を操作することで業務範囲のエリアを網羅する置局配置を行っている。しかし、建物や土地所有者の合意や賃貸借契約等が必要であり、また遠隔制御を行うための制御信号、音声信号を通すための通信回線なども別途必要とされるなど、導入に掛かる手間やコストが大きな障害となっている。

これらを解決する手段として、従来の基地局に代えて中継局を設置することが考えられる。

移動局は、中継局を介して通信を行うことで、中継局の電波が届く範囲の移動局とも通信することが可能となる。また、中継局を山の上等に設置し、事務所では据置型移動局を配置することで、コスト面や運用面での負担軽減を図ることが可能となる。

(6) データ通信

デジタル方式はデータ通信と親和性が高く、アナログ方式では実現できなかった機能や各種の高度で便利な機能を実現することが可能となる。受信側で受け取ったデータは PC などに取り込む事で各種アプリケーションにより応用することができ、ユーザーの利便性を向上することが可能となる。

● GPS データ通信

GPS 衛星からの信号を受信し、位置情報データとして伝送する機能。

PC の地図アプリケーションに取り込む事で移動局の位置管理、行動監視を行うことができる。

- ステータスメッセージ通信
定型文を送信側、受信側で取り決めておき、定型文に対応する番号を伝送する機能。
定時の状態連絡など簡易なメッセージ伝達に便利な機能。
- ショートメッセージ通信
任意の 100 バイト程度までの自由文テキストを伝送する機能。
- ロングメッセージ機能
任意の長文メッセージを伝送する機能。
- ベアラデータ通信
無線機に接続した外部機器からのデータを伝送する機能。
スループットは高くないがいろいろな用途が想定され、一例として、画像伝送の機能などがある。

(7) アナログ方式・デジタル方式の混在

アナログ方式からデジタル方式への移行には、使用する機器の導入コストが課題となっている。また、スムーズなデジタル化を検討しているユーザーの要望に応えるためには、新規にデジタル化するグループと既存のアナロググループの相互通信が確保されることが望ましい。

移行コストの低廉化を図るためには、例えば、段階的に無線機器を更新するケースも考えられ、移行が完了するまでは、アナログ方式とデジタル方式の無線機が混在することとなる。この場合、更新する無線機は、デジタル・アナログのデュアル方式とすることが既存アナログ方式の無線機のユーザーとの相互通信も可能であり効果的である。このため、アンテナ等の継続利用やデュアル方式無線機の製造等を考慮し、デジタル方式とアナログ方式の周波数はできるだけ近傍が望ましいと考えられる。(資料7参照)

(8) 周波数の有効利用

電波は、様々な分野で使用されており、業務用無線のデジタル化を進めるに当たって、新たな周波数帯を確保することは困難である。また、前述のとおり、デジタル方式とアナログ方式の周波数は、できるだけ近傍が望ましいため、同一周波数帯の中での効率的な周波数の使用が不可欠である。

本実証試験では、各チャンネルの周波数間隔を 6.25kHz、中継用の上り下りの周波数間隔を 10.925MHz に設定し各種フィールド試験を実施した。

(9) 調査検討

本調査検討会で実証試験を行うためのデジタル方式無線機器は、アナログ FM 方式無線機器との親和性が高く、アナログ・デジタル方式デュアルモードが容易に実現可能な 4 値 FSK 変調 SCPC 方式を選択した。

4 値 FSK 変調 SCPC 方式デジタル無線機器は、音声処理にボコーダ方式を採用し、低データレート化することで 6.25kHz 間隔の狭帯域化を実現し、音声通話が主体の用途に合致しながら GPS 位置データやメッセージデータ等のデータ通信用途にも十分対応できる方式となっている。中継機能は ARIB STD-T102 標準規格に準拠したフレーム構成の再生中継方式（受信したフレームを誤り検出・誤り訂正したのちフレームを再構成して送信するもの）を選択した。

第3章

実証試験

第3章 実証試験

1 実証試験の目的

業務用無線通信システムにおいて、デジタル通信方式の高機能な通信サービスや中継システムを構築する際の技術的条件等に関し、実証試験を交えた検討を行い、システムの有効性について検証を行う。

2 実証試験の概要

(1) 期間

ア 机上検討・ラボ試験(実験室内での試験(以下同じ))

平成 26 年 8 月 18 日から平成 26 年 11 月 27 日まで

イ フィールド試験(実運用環境での試験(以下同じ))

平成 26 年 10 月 7 日から平成 26 年 11 月 28 日まで

(2) 実施場所

ア 机上検討・ラボ試験

神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3-12 株式会社 JVC ケンウッド内

イ フィールド試験

北海道夕張郡長沼町東 6 線北 4 番地 ながめま温泉を中心に、長沼町及びその周辺フィールド

(3) 試験内容

ア 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

(ア) 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

(イ) 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

a. 中継局の干渉に関する検討「中継局－複数移動局間干渉」

b. 中継局の干渉に関する検討「移動局－複数中継局間干渉」

c. フィルタリング機能

d. 共同利用型中継システム

イ 周波数共用及び多チャネル使用における通信制御の技術検討

(ア) 周波数共用条件の技術的検討

(イ) 多チャネル使用における通信制御の技術的検討

3 実験試験局

(1) 実験試験局の一覧

実証試験を実施するために、表 3-1の実験試験局を開設した。中継型無線機 4 台、車載型無線機 12 台、携帯型無線機 5 台を使用した。

表 3-1 実験試験局一覧

番号	呼出名称	タイプ	製造事業者
1	けんうっどでじたるじっけん 4401	中継型	A 社
2	けんうっどでじたるじっけん 4402	中継型	A 社
3	けんうっどでじたるじっけん 4403	中継型	A 社
4	けんうっどでじたるじっけん 4404	中継型	A 社
5	けんうっどでじたるじっけん 4405	車載型	A 社
6	けんうっどでじたるじっけん 4406	車載型	A 社
7	けんうっどでじたるじっけん 4407	車載型	A 社
8	けんうっどでじたるじっけん 4408	携帯型	A 社
9	けんうっどでじたるじっけん 4409	携帯型	A 社
10	けんうっどでじたるじっけん 4410	携帯型	A 社
11	けんうっどでじたるじっけん 4411	携帯型	A 社
12	けんうっどでじたるじっけん 4412	携帯型	A 社
13	けんうっどでじたるじっけん 4413	車載型	A 社
14	けんうっどでじたるじっけん 4414	車載型	A 社
15	けんうっどでじたるじっけん 4415	車載型	A 社
16	けんうっどでじたるじっけん 4416	車載型	A 社
17	けんうっどでじたるじっけん 4417	車載型	A 社
18	けんうっどでじたるじっけん 4418	車載型	A 社
19	けんうっどでじたるじっけん 4419	車載型	B 社
20	けんうっどでじたるじっけん 4420	車載型	B 社
21	けんうっどでじたるじっけん 4421	車載型	C 社

(2) 実験試験局の諸元

表 3-2 実験試験局の諸元

呼出名称 ※1	4401 4402 4403 4404	4405 4406 4407	4408 4409 4410 4411 4412	4413 4414 4415 4416 4417 4418	4419 4420	4421
タイプ	中継型	車載型	携帯型	車載型	車載型	車載型
送信出力 [W]	5	5 / 1	5 / 1	5 / 1	5 / 1	5
周波数	458.01875MHz 458.025 MHz 458.03125MHz 468.94375MHz 468.950 MHz 468.95625MHz			458.025MHz 468.950MHz		
チャネル 間隔	6.25kHz					
変調方式	4 値 FSK					
電波型式	5K80F1D / 5K80F1E					
空中線利 得	2.15dBi	2.15dBi	2.15dBi	2.15dBi	2.15dBi	2.15dBi
空中線	1/4λ スリーブ	1/4λ ホイップ	1/4λ ホイップ	1/4λ ホイップ	1/4λ ホイップ	1/4λ ホイップ
給電線等 損失	共用器損失 TX:1.5dB RX:1.5dB 給電線損失 2.5dB	0.9dB	—	0.9dB	0.9dB	0.9dB
空中線 地上高	15m	1.5m	1.2m	1.5m	1.5m	1.5m
電源電圧	DC+13.6V	DC+13.8 V	DC+7.2V	DC+13.8V	DC+13.8V	DC+13.8V
通信方式	二周波単 信、二周波 半複信(復 信動作)	一周波単信※2 二周波単信 二周波半複信(単信動作)				
準拠標準 規格	ARIB STD-T102 第2編					
中継方式	再生中継 方式 非常送タイ プ 非 MCA 方式	—	—	—	—	—

※1 呼出名称の記載は、「けんうどでじたるじっけん」を省略している

※2 第3章5(2)オ 妨害波のエリア調査(移動局間、参考試験)に適用

(3) 共用器の諸元

表 3-3 共用器の諸元

項目	仕様
送信周波数	468.950MHz±0.02MHz
受信周波数	458.025MHz±0.02MHz
挿入損失(送信)	1.5 dB 以下
挿入損失(受信)	1.5 dB 以下
減衰量(送信側)	50 dB 以上(@458.025MHz)
減衰量(受信側)	50 dB 以上(@468.950MHz)
特性インピーダンス	50Ω
定在波比(送信)	1.3 以下(@468.950MHz)
定在波比(受信)	1.3 以下(@458.025MHz)
伝送許容電力	15W
接続端子	N-J 型
周囲温度範囲	-20℃～+60℃
外形寸法 WxHxD[mm]	140x80x300 (突起物含まず)

(4) 実験試験局の基本性能

ア 中継型無線機

(ア) 送信性能

表 3-4 中継型無線機の送信性能(けんうつどでじたるじっけん 4401)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
周波数	周波数	468,950,000	[Hz]	468,949,950
	許容偏差	±0.9 以内	[ppm]	-0.11
空中線電力	空中線電力	5	[W]	5.0
	許容偏差	+20/-50 以内	[%]	0.0
占有周波数帯幅	許容値	5.80 以下	[kHz]	3.21
隣接チャネル漏えい電力	上側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-76.2
	下側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-76.9

表 3-5 中継型無線機の送信性能(けんうつどでじたるじっけん 4402)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
周波数	周波数	468,950,000	[Hz]	468,949,930
	許容偏差	±0.9 以内	[ppm]	-0.15
空中線電力	空中線電力	5	[W]	5.0
	許容偏差	+20/-50 以内	[%]	0.0
占有周波数帯幅	許容値	5.80 以下	[kHz]	3.32
隣接チャネル漏えい電力	上側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-77.3
	下側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-75.6

(イ) 受信性能

表 3-6 中継型無線機の受信性能(けんうっどでじたるじっけん 4401)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
受信感度	BER	1%	[dBμV]	-6.5

表 3-7 中継型無線機の受信性能(けんうっどでじたるじっけん 4402)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
受信感度	BER	1%	[dBμV]	-6.2

(ウ) 構成図

本試験では、ARIB STD-T102 のフレーム構成に準拠している再生中継方式の中継型無線機を使用した。フレームは、80ms 長で構成され、中継型無線機では受信したフレームの誤りを検出・訂正したのち、フレームを再構成して送信する。図 3-1 に中継型無線機の構成図を示す。

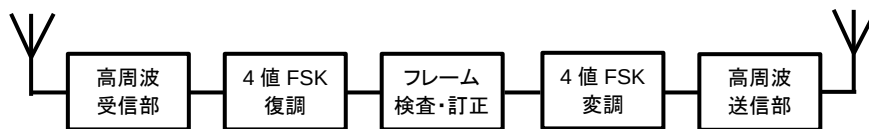


図 3-1 中継型無線機の構成図

イ 車載型無線機

(ア) 送信性能

表 3-8 車載型無線機の送信性能(けんうっどでじたるじっけん 4405)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
周波数	周波数	458,025,000	[Hz]	458,025,070
	許容偏差	±0.9 以内	[ppm]	0.15
空中線電力	空中線電力	5	[W]	4.8
	許容偏差	+20/-50 以内	[%]	-4.0
占有周波数帯幅	許容値	5.80 以下	[kHz]	3.32
隣接チャネル漏えい電力	上側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-75.0
	下側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-74.8

表 3-9 車載型無線機の送信性能(けんうっどでじたるじっけん 4406)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
周波数	周波数	458,025,000	[Hz]	458,025,050
	許容偏差	±0.9 以内	[ppm]	0.11
空中線電力	空中線電力	5	[W]	4.8
	許容偏差	+20/-50 以内	[%]	-4.0
占有周波数帯幅	許容値	5.80 以下	[kHz]	3.25
隣接チャネル漏えい電力	上側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-72.3
	下側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-74.7

(イ) 受信性能

表 3-10 車載型無線機の受信性能(けんうっどでじたるじっけん 4405)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
受信感度	BER	1%	[dBμV]	-5.4

表 3-11 車載型無線機の受信性能(けんうっどでじたるじっけん 4406)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
受信感度	BER	1%	[dBμV]	-5.9

(ウ) 構成図

本試験では、ARIB STD-T102 のフレーム構成に準拠している車載型無線機を用いた。

図 3-2に車載型無線機の構成図を示す。

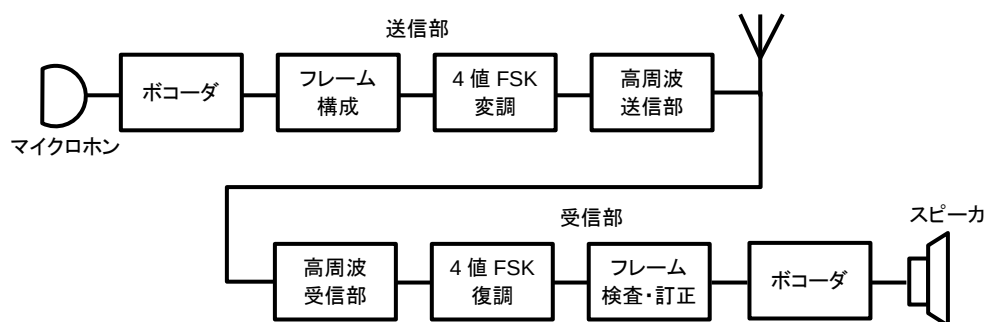


図 3-2 車載型無線機の構成図

ウ 携帯型無線機

(ア) 送信性能

表 3-12 携帯型無線機の送信性能(けんうっどでじたるじっけん 4408)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
周波数	周波数	458,025,000	[Hz]	458,025,010
	許容偏差	±0.9 以内	[ppm]	0.02
空中線電力	空中線電力	5	[W]	4.2
	許容偏差	+20/-50 以内	[%]	-16.0
占有周波数帯幅	許容値	5.80 以下	[kHz]	3.23
隣接チャネル漏えい電力	上側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-73.8
	下側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-73.8

表 3-13 携帯型無線機の送信性能(けんうどでじたるじっけん 4409)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
周波数	周波数	458,025,000	[Hz]	458,025,010
	許容偏差	±0.9 以内	[ppm]	0.02
空中線電力	空中線電力	5	[W]	4.9
	許容偏差	+20/-50 以内	[%]	-2.0
占有周波数帯幅	許容値	5.80 以下	[kHz]	3.23
隣接チャネル漏えい電力	上側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-72.4
	下側 許容値	-52(32μW)以下	[dB]	-75.6

(イ) 受信性能

表 3-14 携帯型無線機の受信性能(けんうどでじたるじっけん 4408)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
受信感度	BER	1%	[dBμV]	-5.6

表 3-15 携帯型無線機の受信性能(けんうどでじたるじっけん 4409)

項目	規格／指定事項		単位	測定結果
受信感度	BER	1%	[dBμV]	-5.8

(ウ) 構成図

本試験では、ARIB STD-T102 のフレーム構成に準拠している携帯型無線機を用いた。

図 3-3に携帯型無線機の構成図を示す。

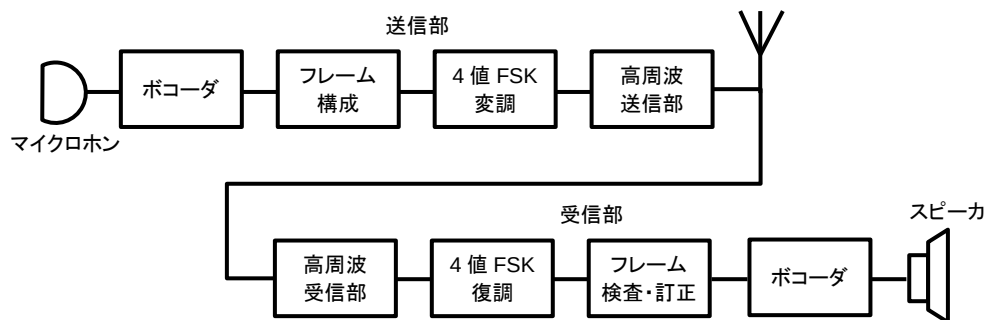


図 3-3 携帯型無線機の構成図

4 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

本試験では、業務用デジタル無線で実現されている機能から代表的なものを選び、中継システムにおいても利用可能であることを検証した。

(1) ステータスメッセージ機能

ステータスメッセージ機能は、ステータス番号を利用して無線機や使用者の状態を通知したり、相手に指示を出したりするものである。システム内の無線機にあらかじめステータス番号と定型文を設定しておき、発信側無線機から着信側無線機にステータス番号を伝送する。着信側無線機の表示器には、ステータス番号に関連付けられた定型文を表示する。作業中や運転中などにボタン押下のみで状況を伝送したり、外部機器接点と組み合わせて状態を伝送することで、使用者の業務効率の向上が期待できる。

ショートメッセージ機能((2)項)と比較してのメリット

- 番号だけの送付のため、送信時間を短くできる
- 定型文方式のため、無線機からの送信が容易

デメリット

- 定型文方式のため、自由文が送れない
- 定型文変更時は、システム内の無線機すべてを変更する必要がある

ア 実験試験局のステータスメッセージ機能の機能諸元

表 3-16 ステータスメッセージ機能の機能諸元

機能名	ステータスメッセージ機能
ステータス番号範囲	1～207
定型文長	全角 7 文字
準拠標準規格	ARIB STD-B54

イ 設定内容

本試験では、実験試験局に下記のような設定を行った。

表 3-17 ステータスメッセージ確認の設定内容設定内容

ステータス番号	定型文
1	調査現場に到着
2	調査測定開始
3	調査測定終了
4	機材撤収完了
5	帰路出発

ウ 動作確認の構成



図 3-4 ステータスメッセージ動作確認の構成

エ 動作確認

発信側無線機で操作したメッセージが、中継型無線機を経由して、着信側無線機に伝送されることを確認した。

確認応答の ACK も中継型無線機を経由して返送されることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約 0.2 秒伝送遅延が増大するものの、十分に短い時間であるため問題なかった。

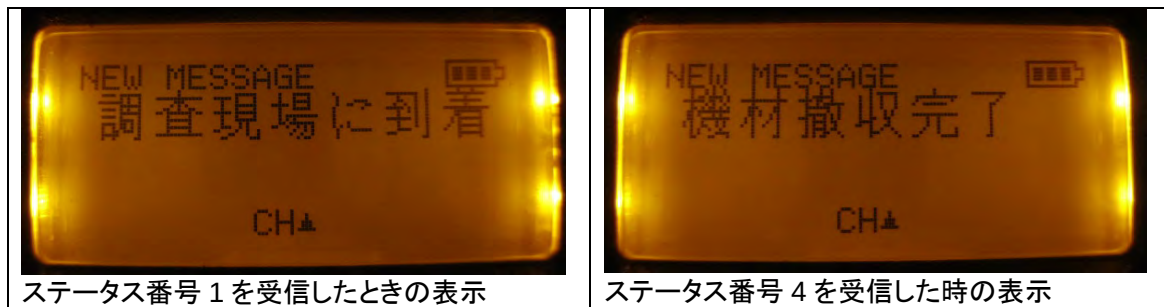


図 3-5 着信側無線機でのステータスメッセージの確認結果

オ まとめ

ステータスメッセージ機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(2) ショートメッセージ機能

ショートメッセージ機能は、100 バイト程度までの自由文テキストを送送するものである。発信側無線機単体での操作または接続された外部機器でメッセージを作成し、発信側無線機から着信側無線機に伝送し、着信側無線機の表示器に出力する。自由文を無線機単体に伝送できるため、音声での指令を補ったり、無音で情報を伝送するなど、使用者の利便性向上が期待できる。

ステータスメッセージ機能と比較してのメリット

- 自由文が送信できる
- 事前の定型文設定が不要

デメリット

- 送信のための操作が煩雑になる
- 送付文字長に応じて送信時間が長くなる

ア 実験試験局のショートメッセージ機能の機能諸元

表 3-18 ショートメッセージ機能の機能諸元

機能名	ショートメッセージ機能
送信可能容量	最大 100 バイト
表示可能文字種 半角(1 バイトコード)	ASCII コード(16 進数で 20～7E の範囲)
表示可能文字種 全角(2 バイトコード)	JIS X 0208 の 01 区～08 区(各種記号、英数字、かな)、13 区(NEC 拡張外字)、16 区～47 区(JIS 第一水準漢字)及び 48 区～84 区(JIS 第二水準漢字) エンコードはシフト JIS
準拠標準規格	ARIB STD-B54

イ 設定内容

本試験では、下記のテキストを送付した。

表 3-19 ショートメッセージ動作確認の設定内容

送付文字列(52 バイト)	北海道札幌市北区北8条西2丁目1-1北海道総合通信局
---------------	----------------------------

ウ 動作確認の構成

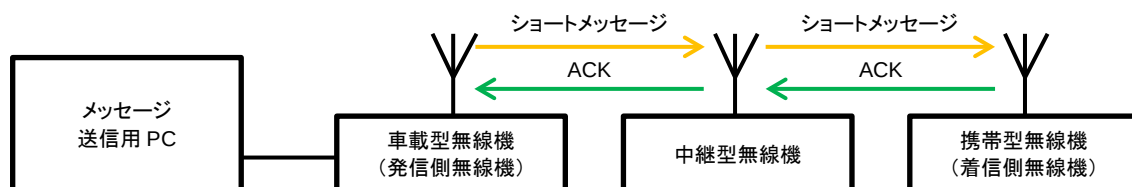


図 3-6 ショートメッセージ動作確認の構成

エ 動作確認

メッセージ送信用PCから、52バイトのテキストを送信し、着信側携帯型無線機に表示されることを確認した。携帯型無線機は、全角7文字の表示であるため、スクロールして全体が表示されることを確認した。

確認応答のACKも中継型無線機を経由して返送されることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約0.2秒伝送遅延が増大するものの、メッセージ伝送時間に比べ十分に短い時間であるため問題なかった。

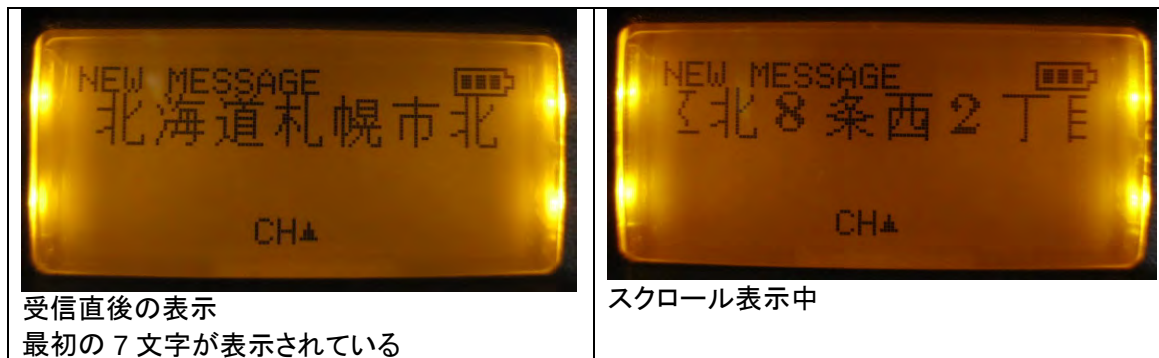


図 3-7 着信側無線機でのショートメッセージ動作確認の結果

オ まとめ

ショートメッセージ機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(3) ロングメッセージ機能

ロングメッセージ機能は、テキストデータを伝送するものである。発信側無線機に接続された外部機器から出力されるデータを、発信側無線機から着信側無線機に伝送し、着信側無線機に接続された外部機器にデータを出力し、利用する。本機能は、長文テキストデータを外部機器同士等で伝送できるため、文字情報の伝達に利用できる。

外部装置を利用したデータ伝送機能((4)項)と比較してのメリット

- 伝送確認があり、再送制御が可能

デメリット

- 制御コードが伝送できない

ア 実験試験局のロングメッセージ機能の機能諸元

表 3-20 ロングメッセージ機能の機能諸元

機能名	ロングメッセージ機能
表示可能文字種 半角(1 バイトコード)	ASCII コード(16 進数で 20～7E の範囲)
表示可能文字種 全角(2 バイトコード)	JIS X 0208 の 01 区～08 区(各種記号、英数字、かな)、13 区(NEC 拡張外字)、16 区～47 区(JIS 第一水準漢字)及び 48 区～84 区(JIS 第二水準漢字) エンコードはシフト JIS
準拠標準規格	ARIB STD-B54

イ 設定内容

本試験では、下記のテキストを送付した。

表 3-21 ロングメッセージ動作確認の設定内容

送付文字列(204 バイト)	☆0123456789ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ あいうえおか きくけこさしすせそたちつてとなにぬねのはひふへほまみむめもやゆよ わをんアイウエオカキクケコサシスセソタチツテトナニヌネノハヒフヘホマ ミムメモヤユヨワラン☆
----------------	---

ウ 動作確認の構成

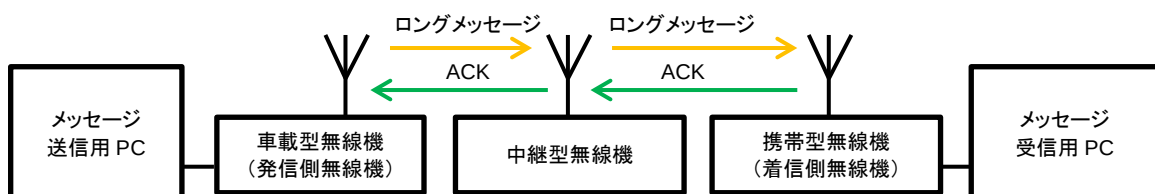


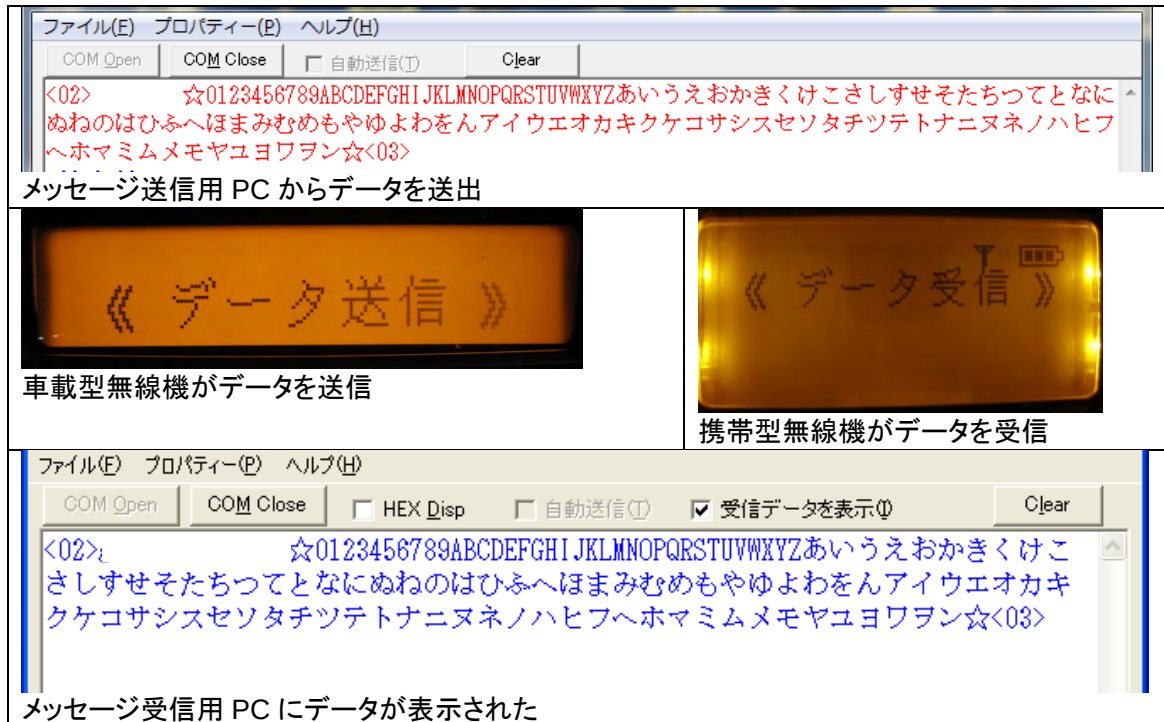
図 3-8 ロングメッセージ動作確認の構成

エ 動作確認

メッセージ送信用 PC から、204 バイトのテキストを送信し、着信側メッセージ受信用 PC に表示されることを確認した。

確認応答の ACK も中継型無線機を経由して返送されることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約 0.2 秒伝送遅延が増大するものの、メッセージ伝送時間に比べ十分に短い時間であるため問題なかった。



※画面表示を見やすくするため、上記画面表示の文字列前の制御コマンド部分を消去した

図 3-9 ログメッセージ動作確認の結果

オ まとめ

ロングメッセージ機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(4) 外部装置を利用したデータ伝送機能

外部装置を利用したデータ伝送機能は、発信側無線機に接続された外部機器から出力されるバイナリデータを、着信側無線機に伝送する機能である。着信側無線機から ACK を返信することはせず、再送制御はない。伝送できるデータ範囲に制限がないため、データファイル伝送、テレメトリ、リモコン制御などに利用できる。

ロングメッセージ機能と比較してのメリット

- バイナリ伝送ができるので、ファイルや画像データも扱える

デメリット

- 伝送確認がなく、再送制御ができない

ア 実験試験局の外部装置を利用したデータ伝送機能の機能諸元

表 3-22 外部装置を利用したデータ伝送機能の機能諸元

機能名	外部装置を利用したデータ伝送機能
伝送可能データ	16 進数で 00～FF すべて
準拠標準規格	ARIB STD-B54（ベアラ機能）

表 3-23 無線機の外部装置インタフェース諸元

通信方式	RS-232C 方式
通信速度	1200bps
データ長	8ビット
パリティ	なし
ストップビット	1
フロー制御	なし
接続端子	TXD、RXD、GND

イ 設定内容

本試験では、下記のデータを送付した。

表 3-24 外部装置を利用したデータ伝送機能動作確認の設定内容

送付データ (16 進数 256 バイト)	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F
	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F
	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF
	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF
	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF
	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF
	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF

ウ 動作確認の構成

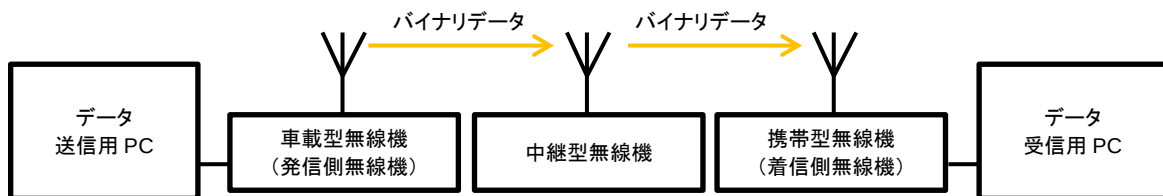


図 3-10 データ伝送機能動作確認の構成

エ 動作確認

データ送信用 PC から、256 バイトのバイナリデータを送信し、着信側データ受信用 PC に送付されることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約 0.2 秒伝送遅延が増大するものの、データ伝送時間に比べ十分に短い時間であるため問題なかった。

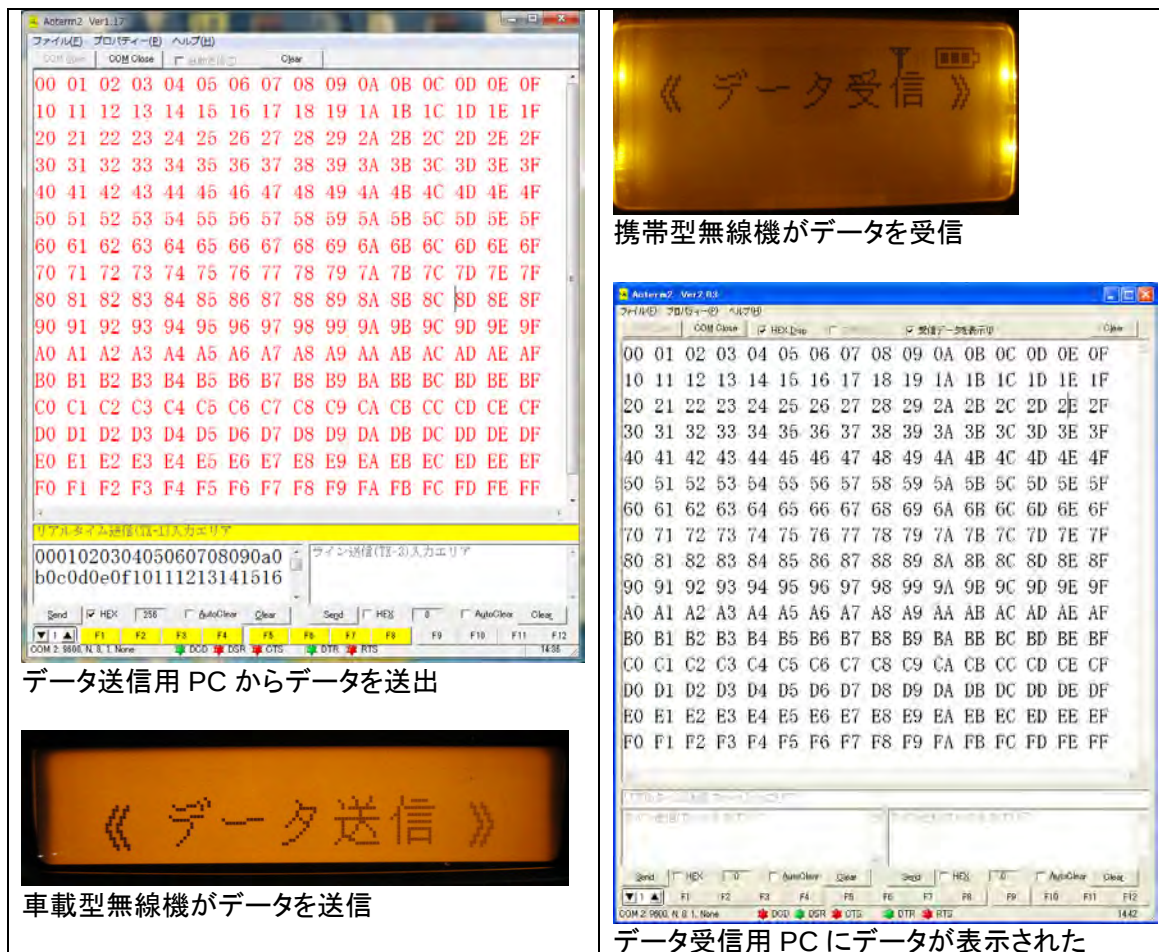


図 3-11 外部装置を利用したデータ伝送機能動作確認の結果

オ まとめ

外部装置を利用したデータ伝送機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(5) 静止画伝送

静止画伝送機能は、外部装置を利用したデータ伝送機能を利用して、静止画像を送送するものである。発信側無線機には、カメラ及び画像処理装置が接続される。狭帯域デジタル無線の伝送速度は遅いため（総伝送速度 4800bps）、解像度、圧縮度を用途によって選択する。複数の監視場所に対応するため、制御用 PC からポーリングによって画像を取得する方法が主に利用される。

ア 実験試験局の画像伝送機能の機能諸元、画像処理装置の仕様

表 3-25 静止画伝送機能の機能諸元

機能名	静止画伝送機能
データ伝送方式	外部装置を利用したデータ伝送機能
準拠標準規格	ARIB STD-B54（ベアラ機能） 画像圧縮は独自方式

表 3-26 画像処理装置の仕様

入力信号方式	NTSC/PAL
映像入力	コンポジット 1 系統 BNC コネクタ
画質	Premium、Super Fine、Very Fine、Fine、Standard から選択可能

イ 設定内容

画質は、Premium、Very Fine、Standard の 3 種類で実施。

ウ 動作確認の構成

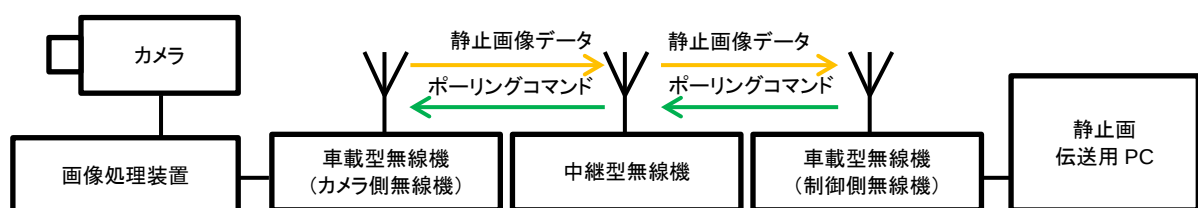
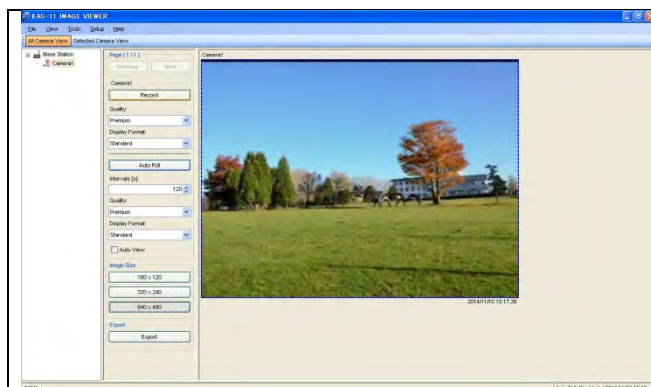


図 3-12 静止画伝送機能動作確認の構成

エ 動作確認

静止画伝送用 PC からポーリング操作を行うと、制御用無線機からポーリングデータが中継型無線機を経由してカメラ側無線機に伝送される。それに応答して、画像が処理され、カメラ側無線機から制御側無線機に伝送される。伝送された静止画は、PC 上に表示されることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約0.2秒伝送遅延が増大するものの、静止画伝送時間に比べ十分に短い時間であるため問題なかった。



使用した静止画伝送用プログラム
ボタンをクリックして静止画を取得する



画質＝Standard(1.5K バイト)



画質＝Very Fine(6K バイト)



画質＝Premium(18K バイト)

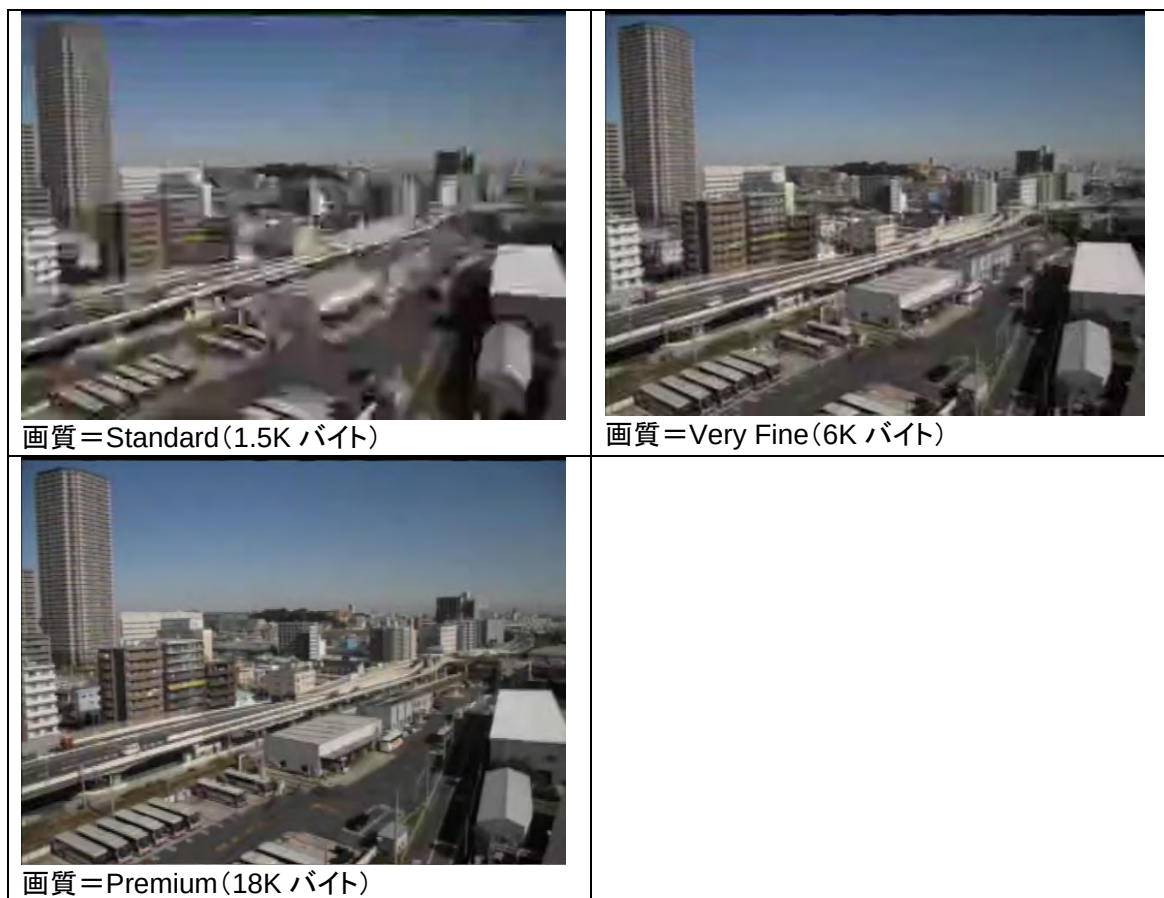


図 3-13 静止画伝送機能動作確認の結果

ポーリングボタンのクリックから、画像が表示されるまでの伝送時間は下記の通りだった。

表 3-27 静止画伝送機能の伝送時間

画質	Premium	Very Fine	Standard
伝送時間	約 90 秒	約 33 秒	約 12 秒

オ まとめ

画像伝送機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

狭帯域での伝送のため、伝送時間は比較的長い。ただし、Premium 画質でも 90 秒程度のため、共同利用型中継システムにおいてもトラヒックを圧迫するほどの時間ではない。通常は、Standard 画質で概要を監視し、必要に応じて画質を上げて画像を取得するというような応用が望ましい。

(6) GPS データを利用した位置管理

GPS データ機能は、発信側無線機に接続された GPS 受信機から出力される位置情報を、発信側無線機から着信側無線機に伝送するもので、移動局の位置管理、動態管理として利用できる。

ア 実験試験局の GPS データ機能の機能諸元

表 3-28 GPS データ機能の機能諸元

機能名	GPS データ機能
伝送情報	緯度(北緯 0～83 度 59 分 607) 経度(東経 0～167 度 59 分 215) 高度(0～8,191m) 情報の有効無効
データ送信開始条件	(1) 無線機に設定された GPS 位置情報の送信周期に従って自動的に開始。 (2) 無線機に設定された GPS 位置情報の送信起動条件になったときに自動的に開始。(例: 電源 ON 時) (3) プレストーク通話を行ったときに開始。 (4) 使用者の操作によって GPS 位置情報の送信起動が発生したときに開始。 から選択
準拠標準規格	ARIB STD-B54

イ 設定内容

表 3-29 GPS データ機能動作確認の設定内容

移動場所	北海道夕張郡長沼町
データ送信開始条件	プレストーク通話を行ったとき

ウ 動作確認の構成

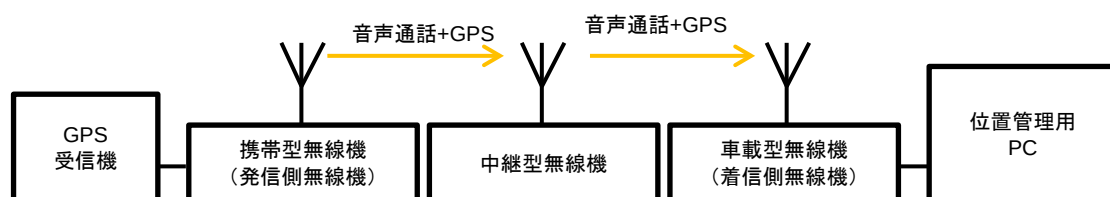


図 3-14 GPS データ機能動作確認の構成

エ 動作確認

携帯型無線機の PTT を押し、音声を送信し終了すると、位置管理用 PC に位置が表示されることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約 0.2 秒伝送遅延が増大するものの、十分に短い時間であるため問題なかった。



図 3-15 GPS データ機能動作確認の結果

オ まとめ

GPS 機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(7) 端末の動作管理(使用禁止制御)

端末の動作管理機能は、外部機器から発信側無線機を制御し、着信側無線機に管理コマンドを伝送するものである。管理コマンドにより、着信側無線機を使用禁止状態にできる。個別通信の確認応答型で伝送する。無線機の盗難や紛失の際、傍受や妨害を避けるために利用できる。

ア 実験試験局の端末の動作管理機能の機能諸元

表 3-30 端末の動作管理機能の機能諸元

機能名	端末の動作管理機能
管理コマンド	送受信停止 送受信停止からの復帰 使用禁止(コマンドでの復帰は不能)
準拠標準規格	独自仕様

イ 設定内容

表 3-31 端末の動作管理機能動作確認の設定内容

送出管理コマンド	送受信停止
	送受信停止からの復帰
	使用禁止

ウ 動作確認の構成

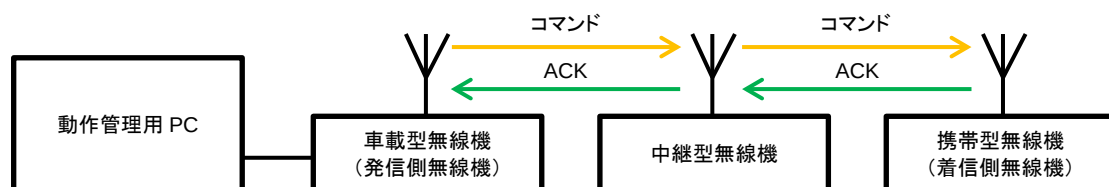


図 3-16 端末の動作管理機能動作確認の構成

エ 動作確認

動作管理用 PC から、コマンドを送出すると無線機の動作状態を変更できることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約 0.2 秒伝送遅延が増大するものの、十分に短い時間であるため問題なかった。



動作管理用 PC からコマンドを送出



送受信停止コマンドを受信した無線機は、送受信停止状態になった



使用禁止コマンドを受信した無線機は、使用禁止状態になった。(LCD 照明も点灯しない状態のため照明をあてて撮影)

図 3-17 端末の動作管理機能動作確認の結果

オ まとめ

端末の動作管理機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(8) 緊急発呼機能(緊急時の発呼者情報伝送等)

緊急発呼機能は、発呼側無線機の操作又は状態検知により、着呼側無線機に緊急状態情報を伝送するものである。緊急状態の種類により、緊急状態時の動作が異なる。発呼側無線機で警報音を鳴動して、発呼者の搜索を容易にするもの、無線機の表示状態を変化させずにマイク感度を増加して間欠送信するもの、一定時間ごとに送受信を繰り返すもの、これらの組み合わせ等がある。あらゆる業種で、万一の場合の備えとして利用できる。

ア 実験試験局の緊急発呼機能の機能諸元

表 3-32 緊急発呼機能の機能諸元

機能名	緊急発呼機能
起動条件	ボタン操作 一定時間ボタン操作が行われない場合 無線機の転倒検知 使用者の歩行検知 から選択
準拠標準規格	独自仕様

イ 設定内容

本試験では、実験試験局に下記のような設定を行った

表 3-33 緊急発呼機能動作確認の設定内容

緊急発呼起動方法	ボタン操作
緊急発呼動作	表示あり 警報音あり

ウ 動作確認の構成

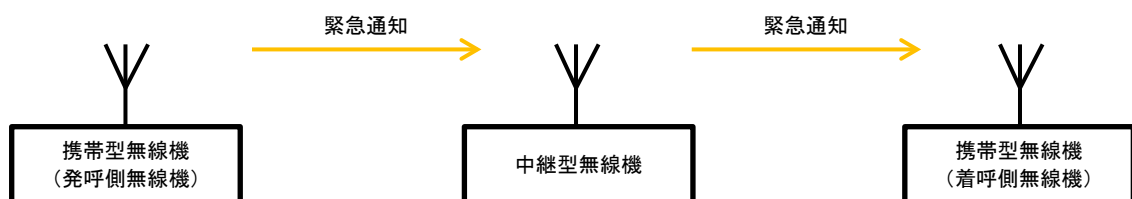


図 3-18 緊急発呼機能動作確認の構成

エ 動作確認

発呼側無線機で緊急の操作を行った。緊急通知が中継型無線機を経由して着呼側無線機に伝送されることを確認した。

中継動作は、直接通信に比べて約 0.2 秒伝送遅延が増大するものの、十分に短い時間であるため問題なかった。

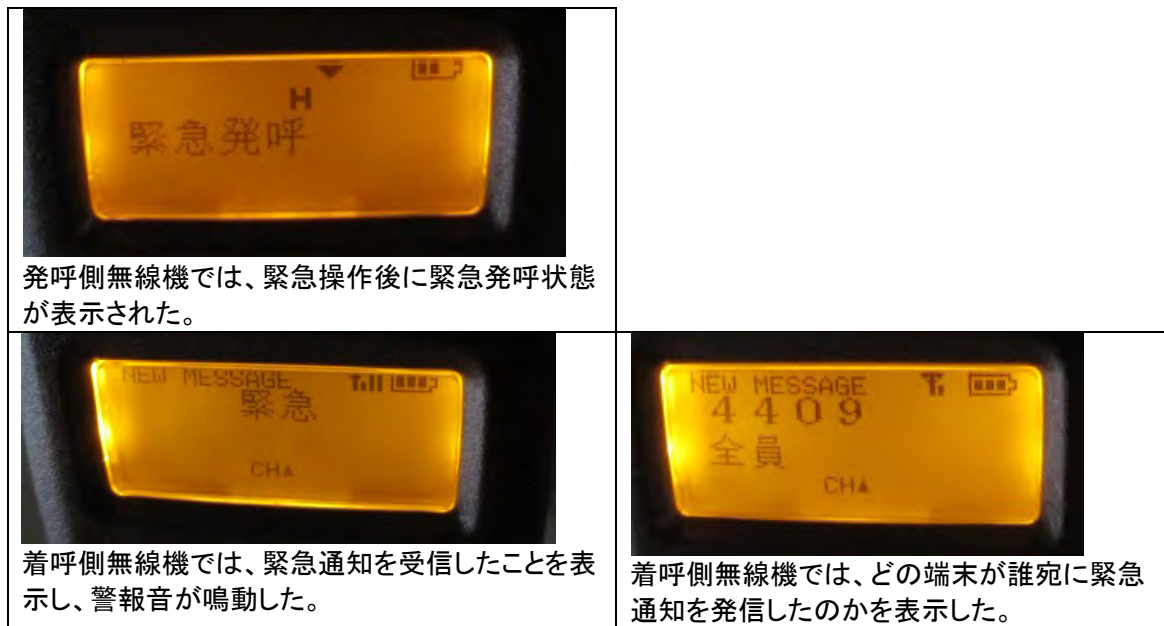


図 3-19 緊急発呼機能動作確認の結果

オ まとめ

緊急発呼機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(9) 発信者名表示機能

発信者名表示機能は、送信信号内に ID 番号のほかに自局の名称をテキストデータで付加するものである。着呼側無線機は、受信した局名を表示器に表示することができる。電話帳機能のように着呼側無線機に情報を登録する必要がない。呼出名称の表示や車両の名称などを表示することができ、交信相手を文字で確認できる。

ア 実験試験局の発信者名表示機能の機能諸元

表 3-34 発信者名表示機能の機能諸元

機能名	発信者名表示機能
設定可能文字数	最大 14 バイト(全角 7 文字)
準拠標準規格	ARIB STD-B54

イ 設定内容

本試験では、実験試験局に下記のような設定を行った。

表 3-35 発信者名表示機能動作確認の設定内容

発信者名	車載機2
------	------

ウ 動作確認の構成

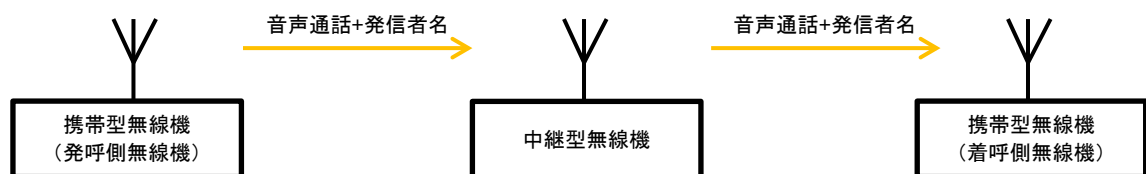


図 3-20 発信者名表示機能動作確認の構成

エ 動作確認

発呼側無線機で PTT を押下し送話すると、中継型無線機を経由して着呼側無線機に音声が出力されるとともに、表示器に「車載機2」が表示されることを確認した。

中継動作は、直ちに行われるが、発信者名は、複数のスーパーフレームに分割されて伝送されるため、受信開始から発信者名表示まで、約 2 秒の間は ID 番号が表示され、その後発信者名が表示されることを確認した。中継局を経由するしないにかかわらず、動作は同じであった。



図 3-21 発信者名表示機能動作確認の結果

オ まとめ

発信者名表示機能が、中継システムを介して利用できることが確認された。

(10) まとめ

以上の検証から、デジタル無線の機能が中継システムを介しても問題なく利用できることがわかった。

本試験の中継システムは、再生中継方式であり、ARIB STD-T102 のフレーム構成に準拠している。フレームは、80ms 長で構成され、中継局では受信したフレームの誤りを検出・訂正したのち、フレームを再構成して送信する。したがって、中継動作に要する遅延時間(フレームの先頭を受信してから、同フレームを送信開始するまでの時間)は、0.2 秒程度であり、データ伝送には影響しない。

5 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

業務用無線通信システムにおいて、電波伝搬条件の良い場所に中継局を設置し、中継により通話するほうが、基地局対移動局通信及び移動局間直接通信よりも、通信可能エリアを確保しやすい。

本試験では、4 値 FSK 変調の SCPC 方式を用いている。中継は、受信した信号を復調してから異なる周波数で送信する二周波複信動作の再生中継方式である。中継局が2周波複信動作を行い、移動局が二周波単信動作を行うことで二周波半複信通信となる。

(1) 中継局の干渉に関する検討「中継局－複数移動局間干渉」

電波伝搬が良好で、中継局を設置しやすい場所は限られるため、中継局が1か所に集中することが想定される。また、共同利用型中継システムにおいても、収容局数に応じて複数の中継局を同じ場所に設置することが想定される。

このような条件下では、図 3-22 のような「中継局－複数移動局間干渉(近接周波数)」が発生する。移動局 C は、中継局 D によって中継された移動局 A の信号を受信している。移動局 F は、中継局 E によって中継された移動局 B の信号を受信している。中継局 D は、移動局 A の弱信号(周波数 Fa)を受信しているが、近接周波数の移動局 B の強信号(周波数 Fb)によって干渉を受ける。

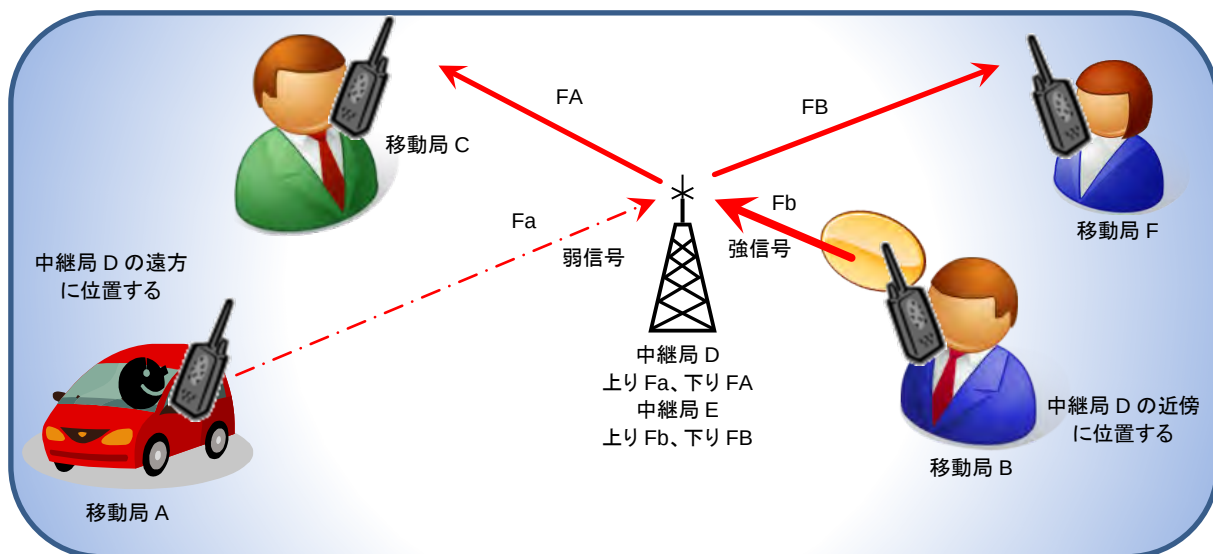


図 3-22 中継局－複数移動局間干渉(近接周波数)

同様に、図 3-23 のような「中継局－複数移動局間干渉(相互変調)」が発生する。移動局 C は、中継局 D によって中継された移動局 A の信号を受信している。移動局 F は、中継局 E によって中継された移動局 B の信号を受信している。移動局 H は、中継局 J によって中

継された移動局 G の信号を受信している。中継局 D は、移動局 A の弱信号を受信しているが、相互変調の周波数関係にある移動局 B と移動局 G の強信号によって干渉を受ける。

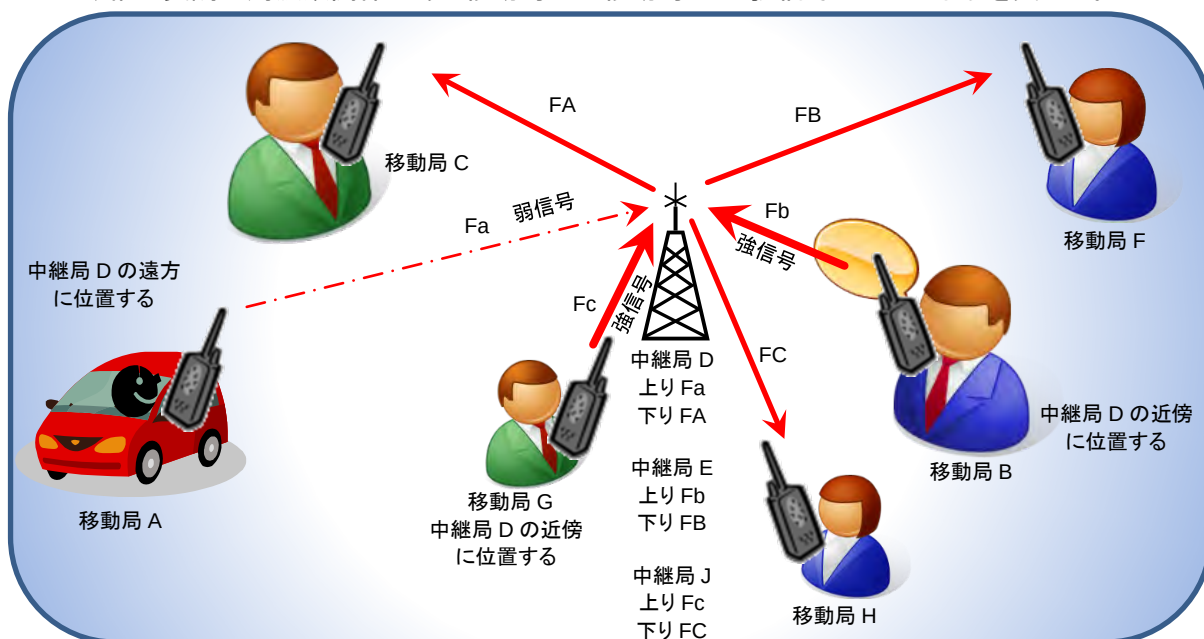


図 3-23 中継局－複数移動局間干渉(相互変調)

中継局－移動局間干渉の発生条件を確認するために以下の8つの試験を実施した。

- 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉(ラボ試験)
- 中継型無線機の相互変調(ラボ試験)
- 弱信号希望波のエリア調査(フィールド試験)
- 妨害波のエリア調査(フィールド試験)
- 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(測定)(フィールド試験)
- 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)(フィールド試験)
- 相互変調のフィールドテスト(フィールド試験)
- 試験場所での都市雑音確認(フィールド試験)

※本書では、隣接チャネル干渉及び近接チャネル干渉を合わせて「隣接または近接チャネル干渉」と表現する

※隣接または近接チャネル干渉の結果は、妨害波レベルのグラフと形状を合わせるため U/D[dB]を用いている。文中では、混乱を避けるため UD 比と表記する

ア 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉

(ア) 試験の目的

中継局－移動局間干渉のうち、隣接または近接チャネル干渉の特性を評価する。フィールド環境による不確定要素を除いた状態で、実際の無線機機材を使って測定することにより、フィールド試験の基礎データを得る。

(イ) 試験の考え方

受信機の隣接チャネル選択度を評価する場合、希望波信号、妨害波信号ともに標準信号発生器(SSG)を用いる。

実際に発生する干渉では、受信機の隣接チャネル選択度、感度抑圧性能のほかに、変調がかかった妨害波送信機の隣接チャネル漏洩電力、不要発射の性能が関与する。

干渉の実条件を探るため、これらを個別に評価するのではなく、干渉発生時を想定した測定構成として評価を実施した。具体的には、希望波、妨害波ともに変調状態の無線機を使用して評価する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-24に示す。

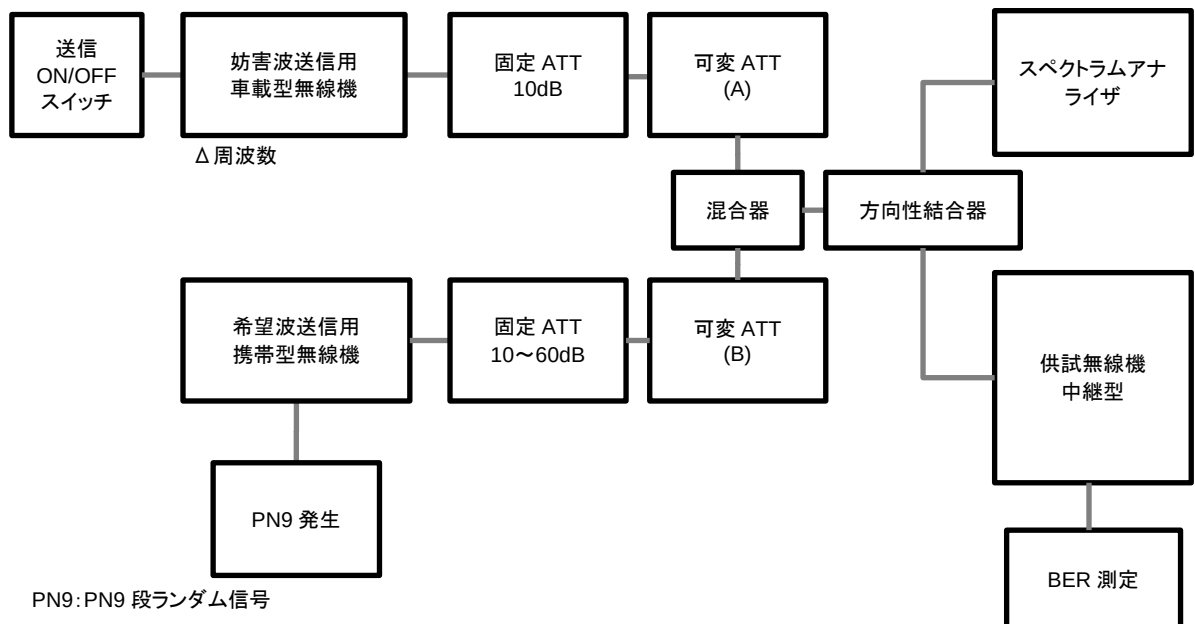


図 3-24 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉測定構成

(エ) 試験方法

- (a) 妨害波無線機を断にする。
- (b) 希望波無線機から PN9 符号を送信し、供試無線機のアンテナ入力レベルを無線機の RSSI 表示機能で確認し、所望のレベル((オ)項測定条件(b))となるように可変 ATT(B)を調整する(無線機の RSSI 表示は、希望波レベルと一致する 下記参考を参照)。
- (c) 妨害波無線機を Δf の周波数において変調状態で送信し、BER が 1%となるレベルに可変 ATT(A)を調整する。
- (d) スペクトラムアナライザで、妨害波の信号レベルを測定する。
- (e) (b)と(d)の測定値から、BER=1%となる UD 比を求める。

(参考)RSSI 表示機能 (Received Signal Strength Indication Display)

無線機内部の RSSI 検出回路を使用して、無線機の液晶表示部に、信号レベルを表示する機能。

図 3-25は、中継型無線機の実例で、-80dBm から-120dBm(33dBμV から -7dBμV)の範囲を±1dB 程度の誤差で表示できる。

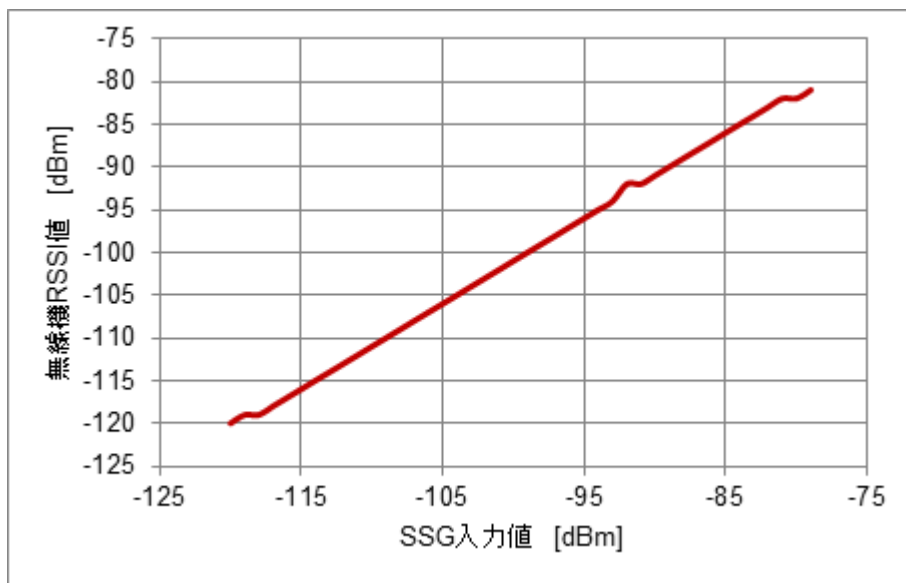


図 3-25 中継型無線機の RSSI 表示機能特性

(オ) 測定条件

以下の組み合わせで測定する。

- (a) 希望波周波数: 458.025MHz
- (b) 供試無線機アンテナ入力レベル: 0dBμV、10dBμV、20dBμV、30dBμV、40dBμV、50dBμV、60dBμV

(c) 妨害波周波数 (Δf): $\pm 6.25\text{kHz}$ 、 $\pm 12.5\text{kHz}$ 、 $\pm 18.75\text{kHz}$ 、 $\pm 25\text{kHz}$ 、 $\pm 50\text{kHz}$ 、 $\pm 100\text{kHz}$ 、 $\pm 200\text{kHz}$ 、 $\pm 2\text{MHz}$

(d) 供試無線機: 中継型無線機

(カ) 結果

UD 比を図 3-26 及び図 3-27 に示す。隣接チャネル付近を拡大した $\pm 200\text{kHz}$ の範囲のグラフと、 $\pm 2\text{MHz}$ の範囲のグラフである。

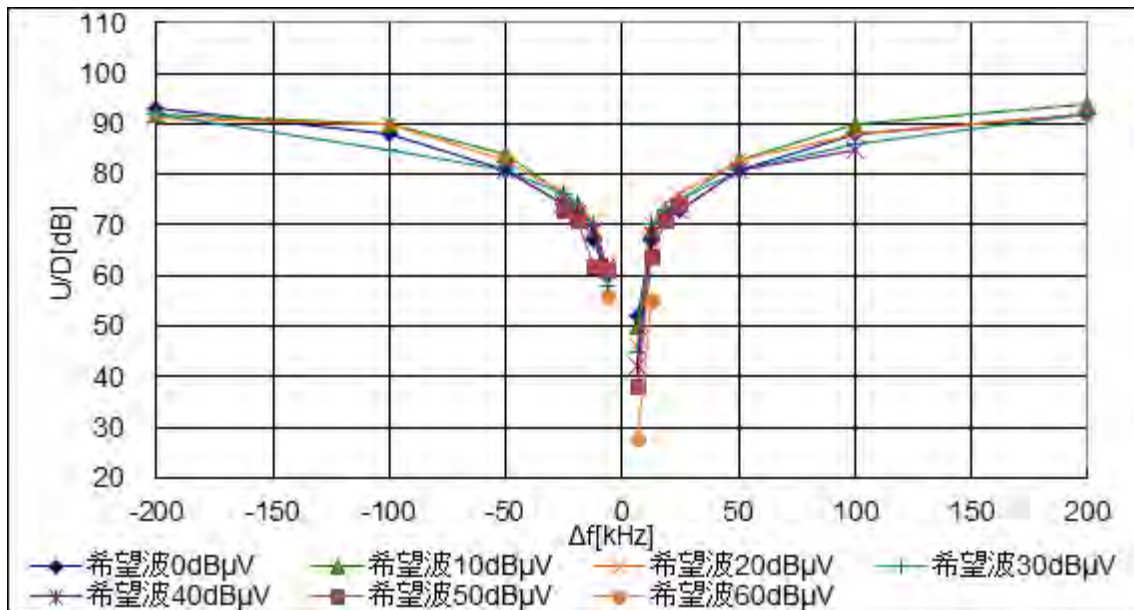


図 3-26 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉測定の結果

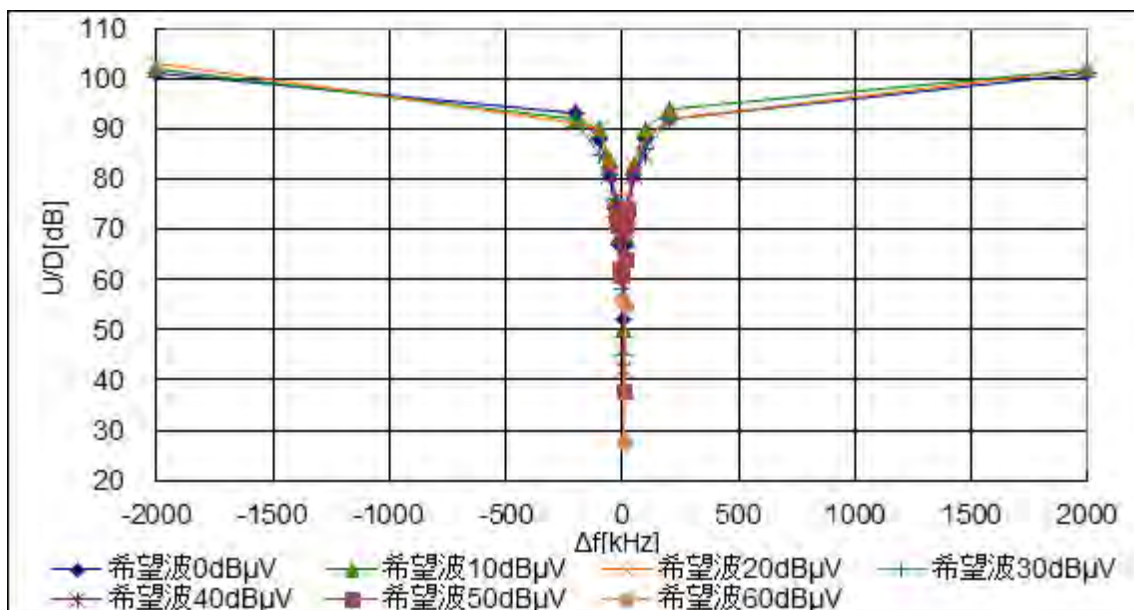


図 3-27 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉測定の結果

図 3-28及び図 3-29は、UD 比ではなく妨害波レベルで表示したグラフである。
電波法関係審査基準の別図第 37 号の 2 号の基準曲線(混信妨害の審査基準)を重ねた。

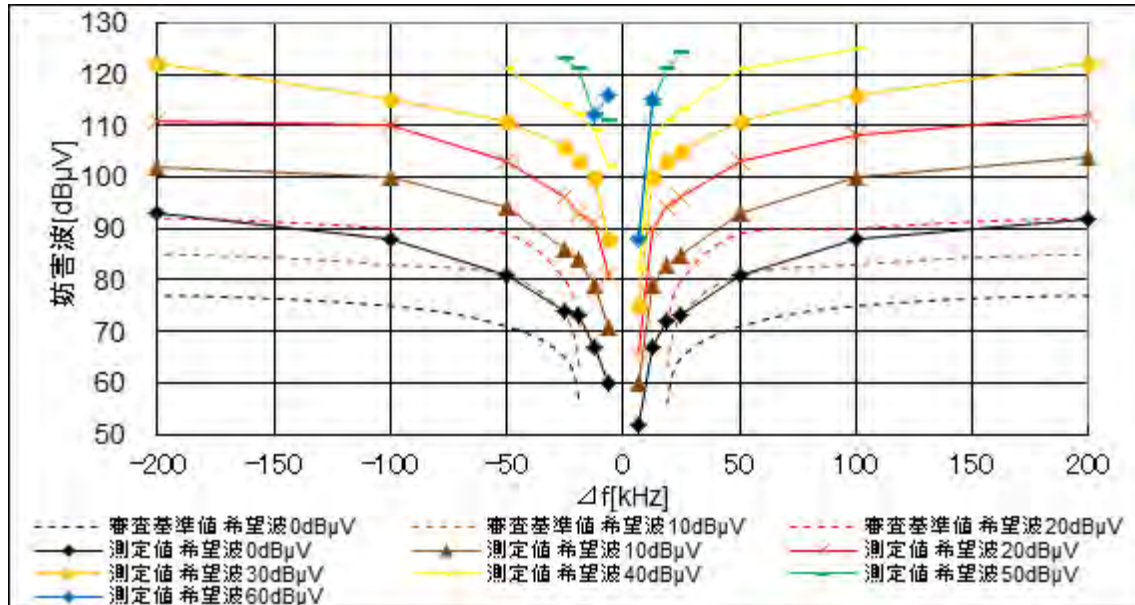


図 3-28 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉測定の結果(審査基準値重ね)

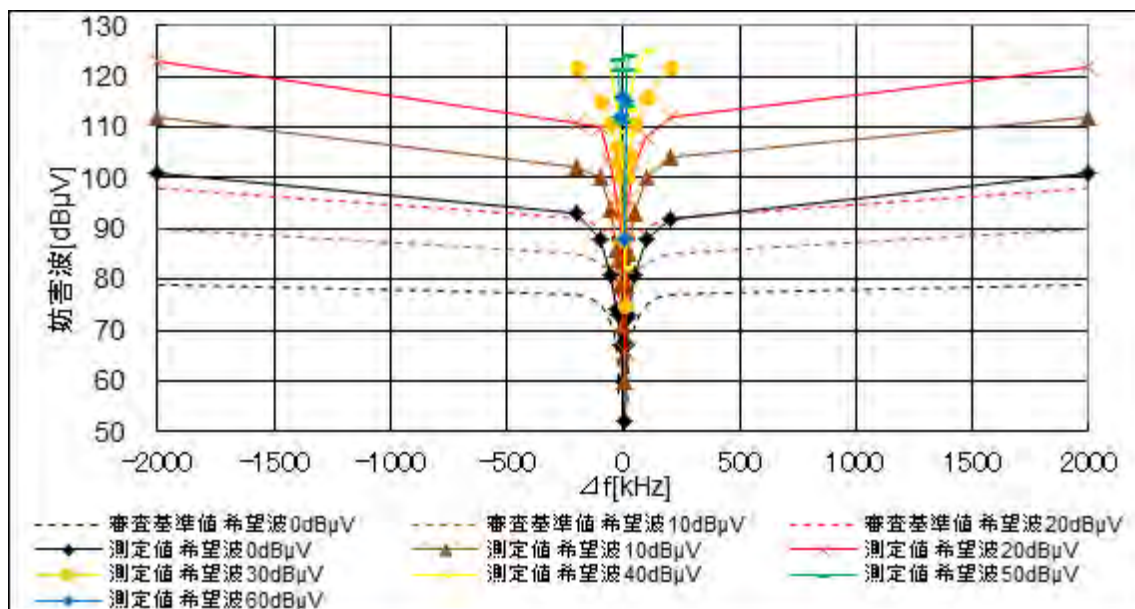


図 3-29 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉測定の結果(審査基準値重ね)

電波法関係審査基準の別図第 37 号の 2 号の基準曲線(混信妨害の審査基準)にデータがある 18.75kHz 以上の離隔周波数では、希望波レベルが 0dB μ V、10dB μ V、20dB μ V の各状態において、基準値を満たす結果となっている。

(キ) まとめ

Δf が小さい範囲では、供試無線機受信部の隣接チャネル選択度、妨害波無線機送信部の隣接チャネル漏洩電力の性能により、UD 比が小さくなっていると考えられる(第 3 章 5(3)項で検討する)。

Δf が大きい範囲では、供試無線機受信部の感度抑圧性能が支配的となり、UD 比が大きくなると考えられる。

なお、希望波信号レベルが 30dB μ V 以上かつ Δf が大きい条件においては、今回使用した試験装置の耐妨害信号レベル特性を超えることから、評価対象から除外した。

イ 中継型無線機の相互変調

(ア) 試験の目的

中継局－移動局間干渉のうち、相互変調の特性を評価する。フィールド環境による不確定要素を除いた状態で、実際の無線機機材を使って測定することにより、フィールド試験の基礎データを得る。

(イ) 試験の考え方

受信機の相互変調を評価する場合、希望波信号、妨害波信号ともに標準信号発生器(SSG)を用いる。相互変調の測定では一般的に無変調状態の妨害波を用いる。

実際に発生する干渉では、受信機の相互変調性能のほかに、隣接チャネル選択度、感度抑圧性能、妨害波送信機の隣接チャネル漏洩電力、不要発射の性能が関与する。

干渉の実条件を探るため、これらを個別に評価するのではなく、干渉発生時を想定した測定構成として評価を実施した。具体的には、希望波、妨害波ともに変調状態の無線機を使用して評価する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-30に示す。

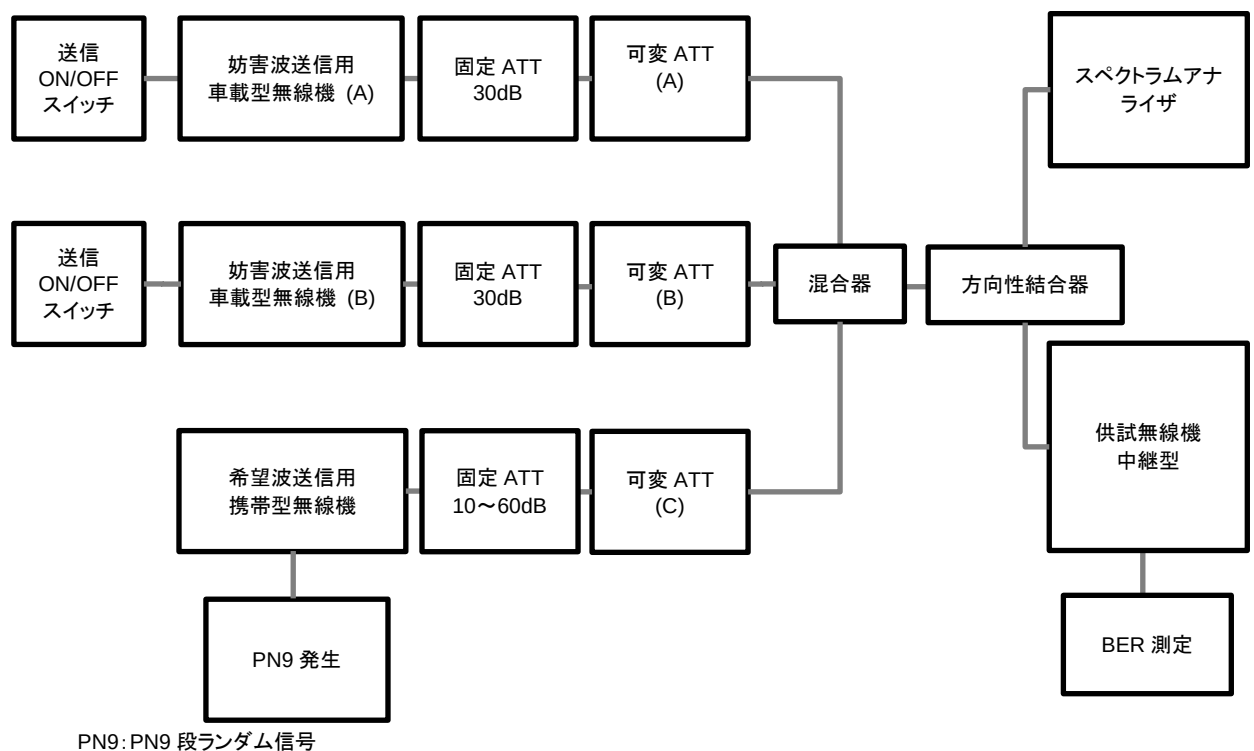


図 3-30 中継型無線機の相互変調測定構成

(エ) 試験方法

- (a) 妨害波無線機(A)、(B)を断とする。
- (b) 希望波無線機から PN9 符号を送信し、供試無線機のアンテナ入力レベルを無線機の RSSI 表示機能で確認し、所望のレベル((オ)項測定条件(b))となるように可変 ATT(C)を調整する(無線機の RSSI 表示は、希望波レベルと一致する)。
- (c) 妨害波無線機(A)を Δf 、妨害波無線機(B)を $2\Delta f$ の周波数において変調状態で送信し、BER が 1%となるレベルに可変 ATT(A)、(B)を調整する(両妨害波のレベルは同じとする)。
- (d) スペクトラムアナライザで、妨害波の信号レベルを測定する。
- (e) (b)と(d)の測定値から、BER=1%となる UD 比を求める。

(オ) 測定条件

以下の組み合わせで測定する。

- (a) 希望波周波数: 458.025MHz
- (b) 供試無線機アンテナ入力レベル: 0dB μ V、10dB μ V、20dB μ V、30dB μ V、40dB μ V、50dB μ V、60dB μ V
- (c) 妨害波周波数(Δf): ± 6.25 kHz、 ± 12.5 kHz、 ± 25 kHz、 ± 50 kHz
- (d) 供試無線機: 中継型無線機

(カ) 結果

離隔周波数に対する UD 比を図 3-31に、希望波信号レベルに対する UD 比をを図 3-32に示す。

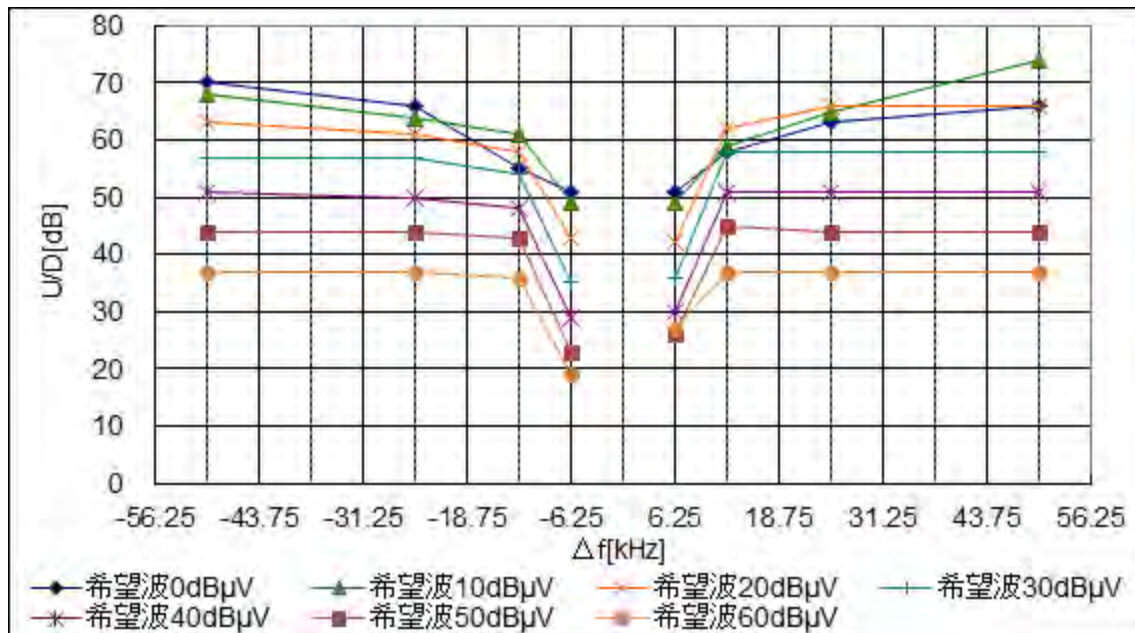


図 3-31 中継型無線機の相互変調測定の結果

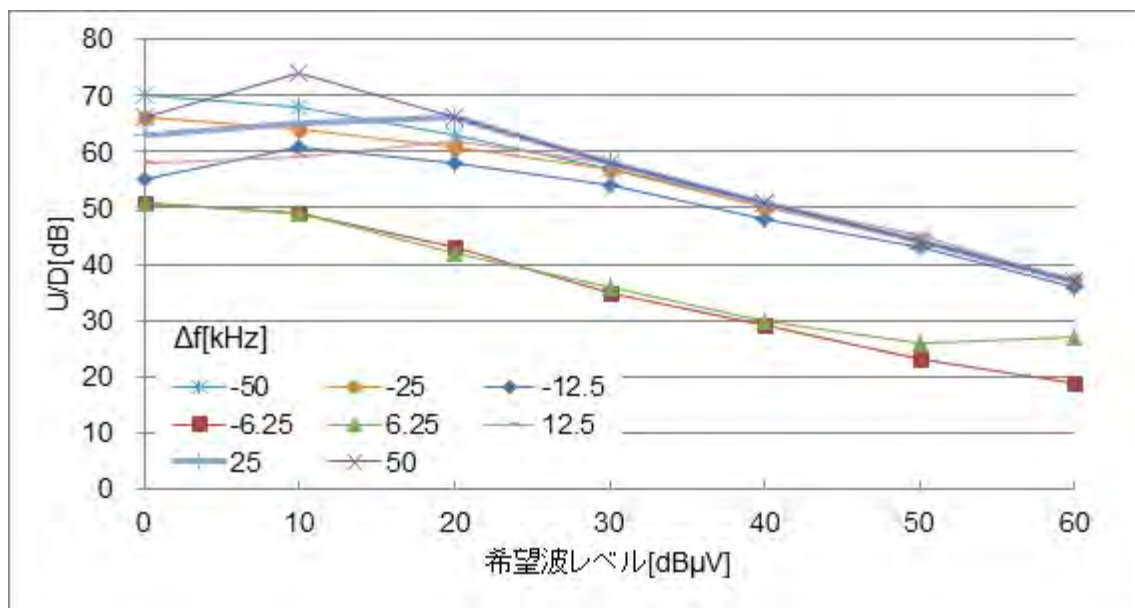


図 3-32 中継型無線機の相互変調測定の結果

希望波レベルが高くなると UD 比が低くなっている。

$\Delta f=6.25\text{kHz}$ で UD 比が低いのは、相互変調とともに隣接チャネル感度抑圧が発生しているためである。

電波法関係審査基準のグラフから、混信妨害の基準値を読み取り、重ねたものを図 3-33 及び図 3-34 に示す。

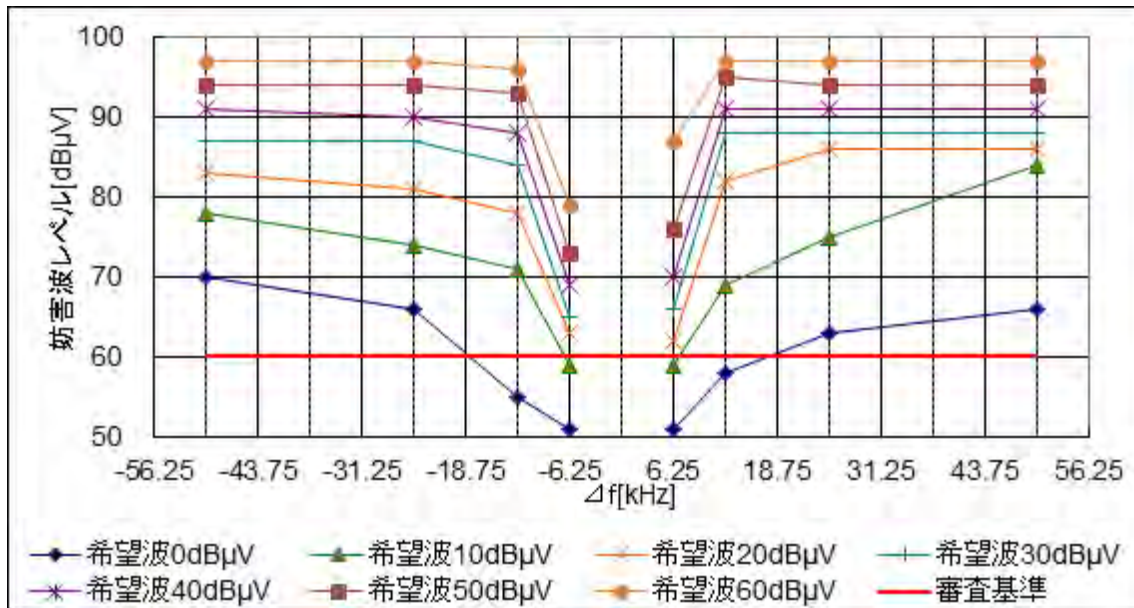


図 3-33 中継型無線機の相互変調測定の結果(審査基準値重ね)

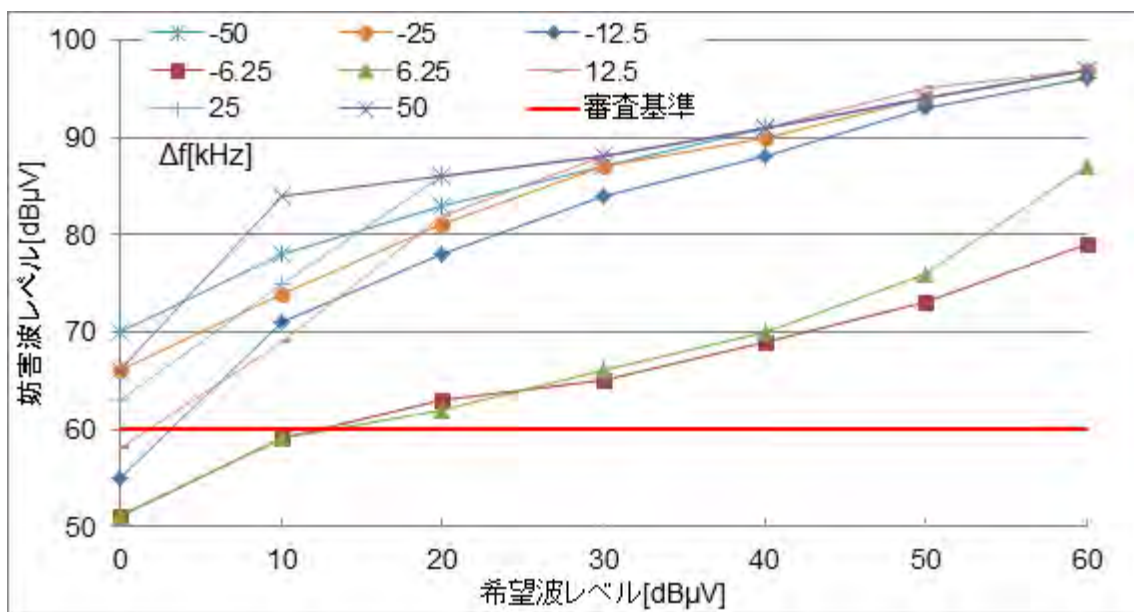


図 3-34 中継型無線機の相互変調測定の結果(審査基準値重ね)

Δf が 6.25kHz の場合には、隣接チャネル感度抑圧の影響で低い妨害波レベルで相互変調が発生する。

隣接チャネル感度抑圧、次隣接チャネル感度抑圧の影響が低いところでは、審査基準値を超えている。

(キ) まとめ

$\Delta f = \pm 6.25\text{kHz}$ の場合は、供試無線機受信部の隣接チャネル選択度、妨害波無線機送信部の隣接チャネル漏洩電力の性能に、さらに供試無線機受信部の相互変調特性が加わり、UD 比が小さくなっていると考えられる。

$\Delta f = \pm 12.5\text{kHz}$ の場合は、供試無線機受信部の次隣接チャネル選択度、妨害波無線機送信部の次隣接チャネル漏洩電力の性能に、さらに供試無線機受信部の相互変調特性が加わっていると考えられる。

3 次相互変調は、妨害波入力信号レベルが n dB 増加すると $3n$ dB 増加するため、希望波信号レベルが大きくなると、UD 比は下がる。

ウ 弱信号希望波のエリア調査

(ア) 試験の目的

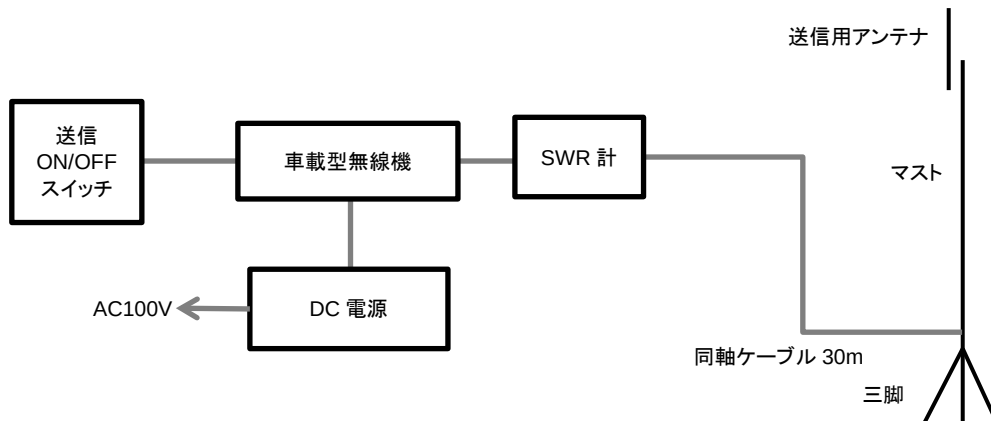
実環境下において、干渉発生時、希望波を送信する無線機が、受信無線機に対してどのような位置関係となるかを把握する。

(イ) 試験の考え方

実証試験で使用した環境で、弱信号の希望波が存在するエリアを確認するために、シミュレーションとフィールドテストを実施する。シミュレーションは、フィールドテストの事前机上検討として解析ソフトウェアを利用し、実施する。回線設計上は、中継局→移動局も移動局→中継局も同じ伝搬損失となることから、シミュレーション、フィールドテストともに中継局→移動局という方向で実施する。可逆性を確認するために、20 か所で移動局→中継局の測定も行い、レベル差がないことを確認する。また、測定系が飽和していないことを確認するため、送信出力を 5W から 1W に低減し、受信レベルが低減分低下することを確認する。

(ウ) 試験の構成

試験構成を図 3-35及び図 3-36に示す。



※信号レベル測定機能の制約により、中継型無線機のかわりに車載型無線機を使用した

図 3-35 弱信号希望波のエリア調査測定構成(中継局側)

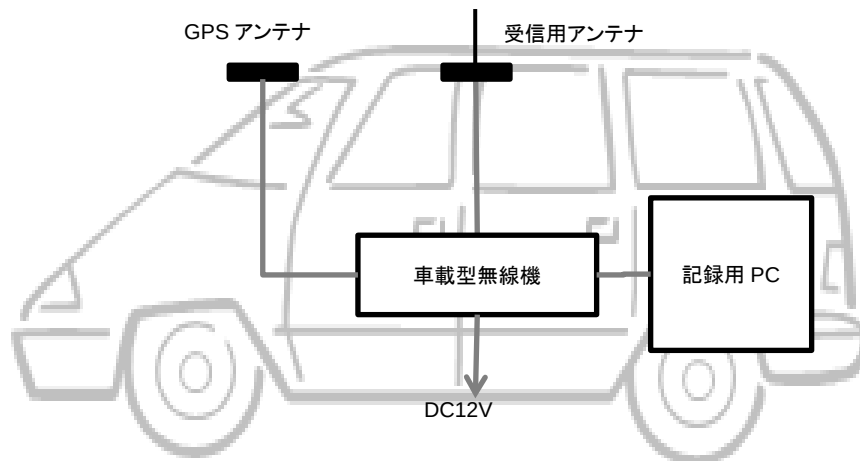


図 3-36 弱信号希望波のエリア調査測定構成(移動局側)

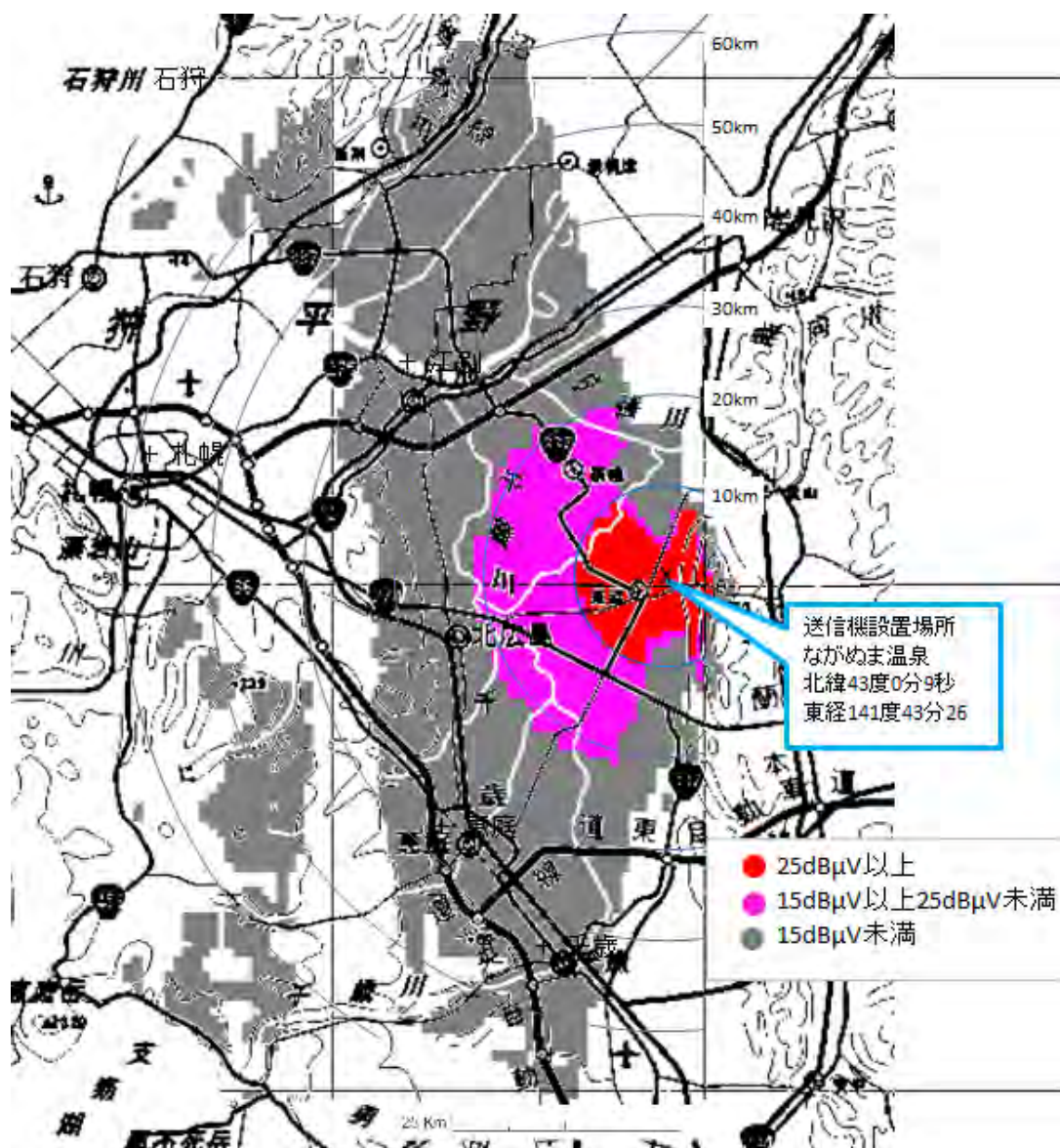
(エ) 試験方法

- ながぬま温泉別館屋上にアンテナを設置した場合のエリアシミュレーションを実施しておく。
- ながぬま温泉別館屋上にアンテナを設置し、車載型無線機から送信する。
- 車両に GPS 受信機を接続した車載型無線機を設置し、RSSI 値と緯度経度を記録しながら、実証試験エリア内を移動する。
- 送信電力の低減で受信信号レベルが低減分だけ低下するか確認する。
- 移動局からの送信に切り替え、中継局側の受信信号レベルを確認し、可逆性のあることを確認する。

(オ) 結果

A シミュレーション

エリアシミュレーションの結果を図 3-37に示す。エリアシミュレーションソフトウェア(RadioSoft ComStudy v1.50L)では、奥村一秦モデル[郊外]の伝搬モデルを用いた。



地図は、国土地理院 標準地図(100万)より転載し加工した。

<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/#zoom=10&lat=42.97774&lon=141.59718&layers=BTT>

図 3-37 弱信号希望波のエリア調査シミュレーション結果

ピンク色とグレーのエリア境界付近が、無線機入力レベル 15dBμV 程度の場所である。試験で使用する 10dBμV のエリアは、その外側に存在することが予想できた。

B 測定結果

エリアシミュレーションの結果に、約 2 万か所の信号レベル測定結果を重ねたものを図 3-38に示す。測定データは、停止～走行状態（最大時速約 60km/h）で約 2 秒ごとの実測値で、信号レベルは瞬時値である。

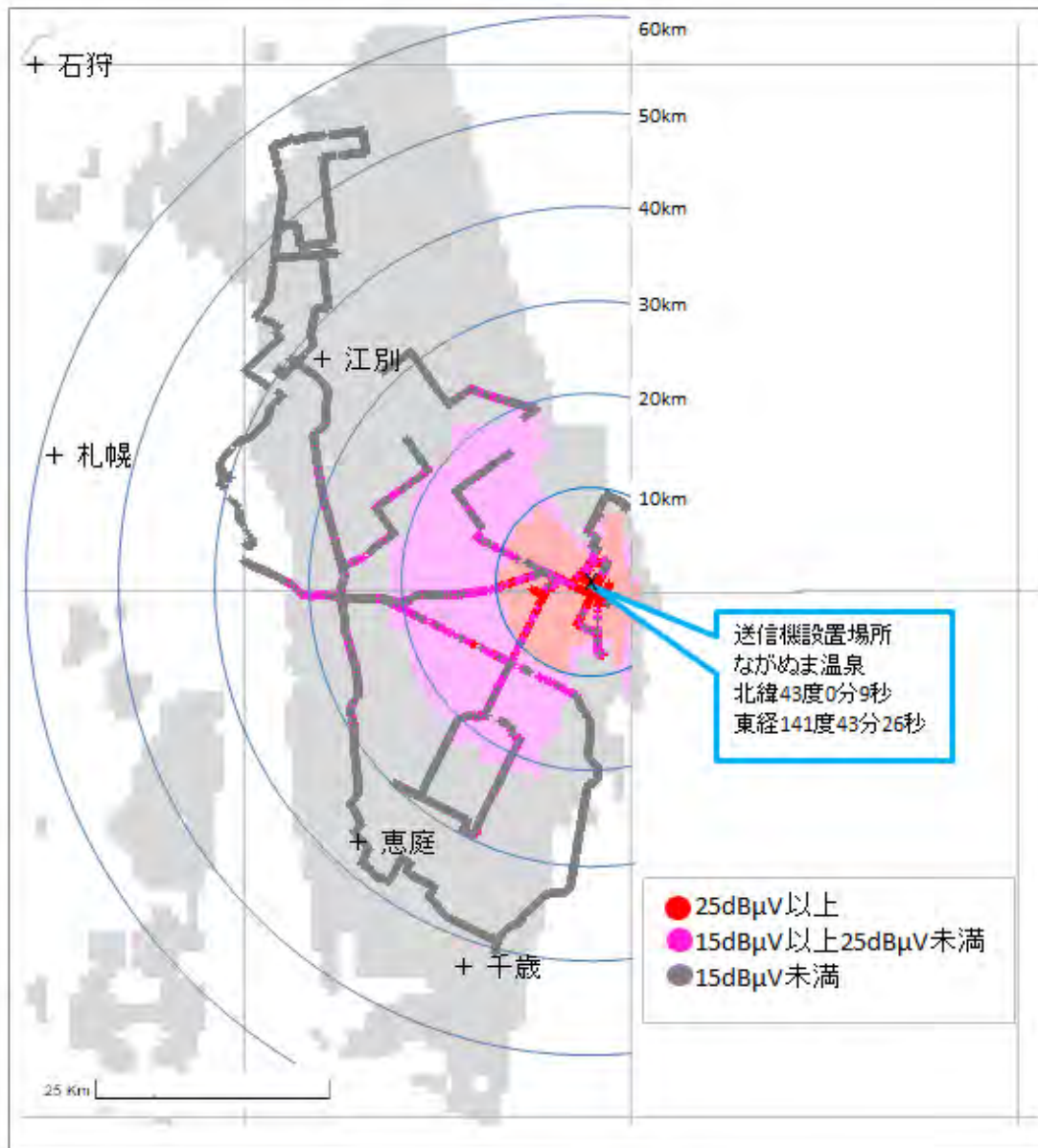


図 3-38 弱信号希望波のエリア調査測定結果

測定地点のうち、20 か所で移動局から送信し、中継局側の受信レベルを確認した。両方向での信号レベル差は 1dB 以内であり、可逆であることが確認された。

測定地点のうち 5 か所で送信出力を 1W に低減したところ、測定値は約 7dB 下がり、送信電力 5W/1W の減力分に相当する低下が確認された。

(カ) まとめ

エリアシミュレーションの結果と実測値は、おおむね一致している。

エリア全体に渡って、シミュレーション値よりも実測レベルの信号レベルの方が大きい。測定エリアは、郊外よりも開放地に近い場所(田畑など)が多かったことが原因と考えられる。

エリアシミュレーションは、具体的な建物や地勢(森林や田畑など)を考慮していないため、差異が生じる場所があると考えられる。

中継局を希望波とした場合の各地点における移動局側受信信号レベルを測定したが、可逆性が確認されているため、移動局を希望波として各地点に移動した場合の中継局側受信信号レベルに置き換えることができる。

干渉が発生する際の中継局にとっての希望波となる移動局の位置、及び干渉が発生する際の移動局にとっての希望波となる中継局の位置、の関係を実際の例として実測したものである。

エ 妨害波のエリア調査

(ア) 試験の目的

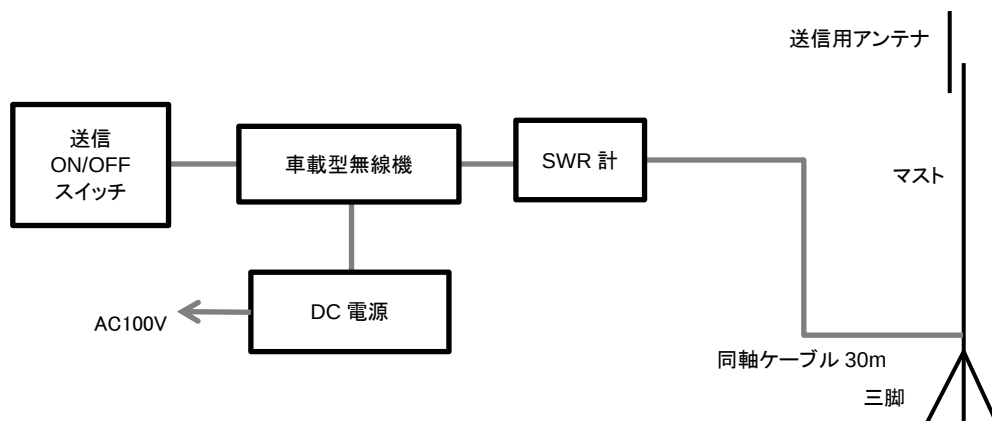
実環境下において、干渉発生時、妨害波を送信する無線機が、受信無線機に対してどのような位置関係となるかを中継局⇄移動局で把握する。

(イ) 試験の考え方

実証試験で使用した環境で、強信号の妨害波が存在するエリアを確認するために、シミュレーションとフィールドテストを実施する。シミュレーションは、自由空間と奥村－秦方式(郊外)で計算する。フィールドテストは、その結果を参考に、妨害波レベルが40dBμV 程度以上の範囲で測定する。回線設計上は、中継局→移動局も移動局→中継局も同じ伝搬損失となることから、シミュレーション、フィールドテストともに中継局→移動局という方向で実施する。可逆性を確認するために、10 か所で移動局→中継局の測定も行い、レベル差がないことを確認する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-39、図 3-40及び図 3-41に示す。



※信号レベル測定機能の制約により、中継型無線機のかわりに車載型無線機を使用した

図 3-39 妨害波のエリア調査構成(中継局側)

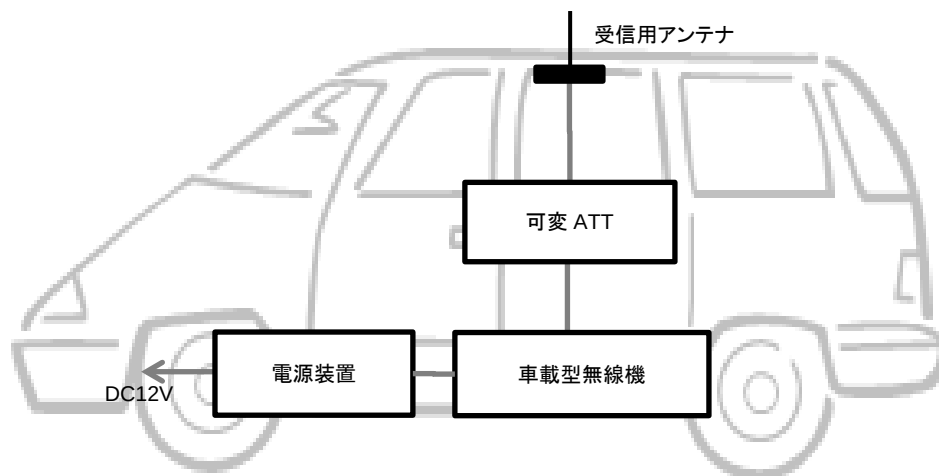


図 3-40 妨害波のエリア調査構成(車両移動局側)

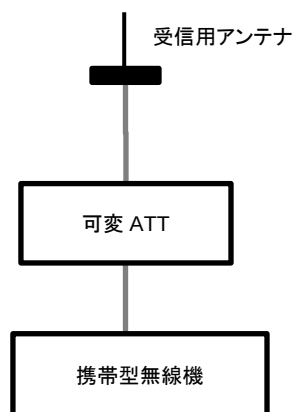


図 3-41 妨害波のエリア調査構成(徒歩移動局側)

(エ) 試験方法

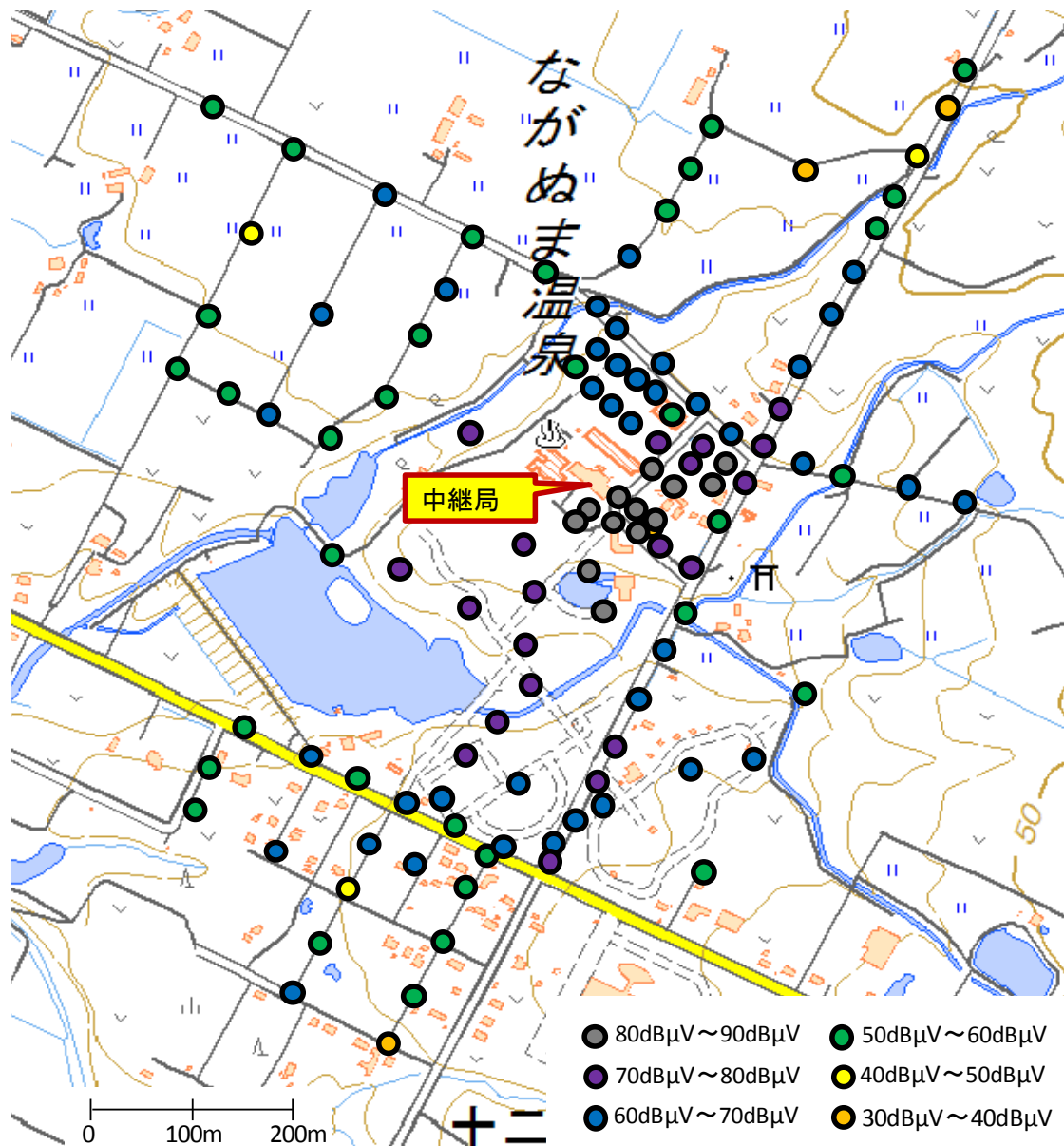
- (a) ながぬま温泉別館屋上にアンテナを設置した場合の信号レベル計算を実施しておく。
- (b) ながぬま温泉別館屋上にアンテナを設置し、車載型無線機から信号(5W)を送信する。
- (c) 車両に受信用アンテナと車載型無線機を設置し、場所と信号レベルを記録しながら、実証試験エリア内を移動する(車両が入れる範囲)。
- (d) 受信用アンテナと可変 ATT、携帯型無線機を持ち運び、場所と信号レベルを記録しながら、実証試験エリア内を移動する(車両が入れない範囲)。
- (e) 信号レベルは、無線機の RSSI 表示機能を使用し、-90dBm(23dBμV)程度の表示となるよう、可変 ATT を都度調整する。

- (f) 測定地点のうち数か所で、移動局から送信し、中継局側の受信レベルを確認し、信号レベルが可逆であることを確認する。

※距離は、航空写真上での位置把握と寸法計測による換算とした(距離に対するGPS精度の影響を排除するため)

(オ) 結果

結果を図 3-42に示す。



地図は国土地理院 標準地図(25000)から一部転載し加工した

<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/#zoom=16&lat=43.0018&lon=141.72547&layers=TTB>

図 3-42 妨害波のエリア調査の結果(地図)

測定地点ごとのアンテナ間の距離と信号レベルの測定結果と、シミュレーション計算結果(奥村-秦モデル(郊外地))を図 3-43に示す。

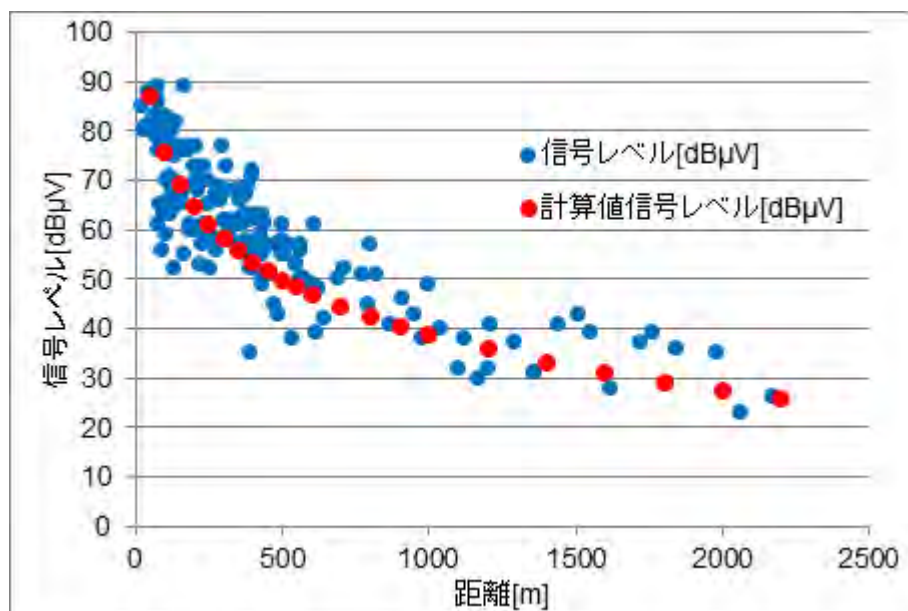


図 3-43 妨害波のエリア調査の結果

測定地点のうち、10 か所で移動局から送信し、中継局側の受信レベルを確認した。両方向での信号レベル差は 1dB 以内であり、可逆であることが確認された。

(カ) まとめ

信号レベル計算値と実測値は、おおむね一致している。

差異は、地勢や建造物による影響と考えられる。

中継局を妨害波とした場合の各地点における移動局側受信信号レベルを測定したが、可逆性が確認されているため、移動局を妨害波として各地点に移動した場合の中継局側受信信号レベルに置き換えることができる。

オ 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(測定)

(ア) 試験の目的

5(1)項で実施したラボ試験の結果と、フィールドでの測定が同じになるか評価する。

(イ) 試験の考え方

フィールドでは、条件の設定が困難であることを考慮して、限定した条件で測定を行う。
その結果とラボ試験の結果を比較して評価する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-44、図 3-45、図 3-46に示す。

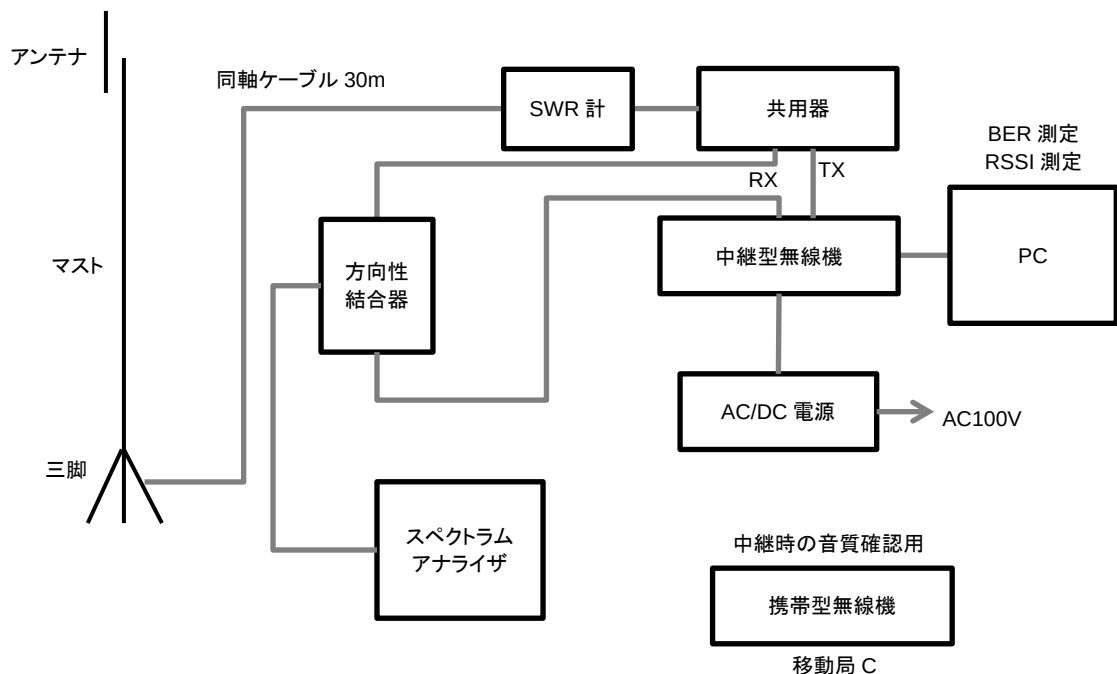


図 3-44 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(測定)の構成(中継局側)

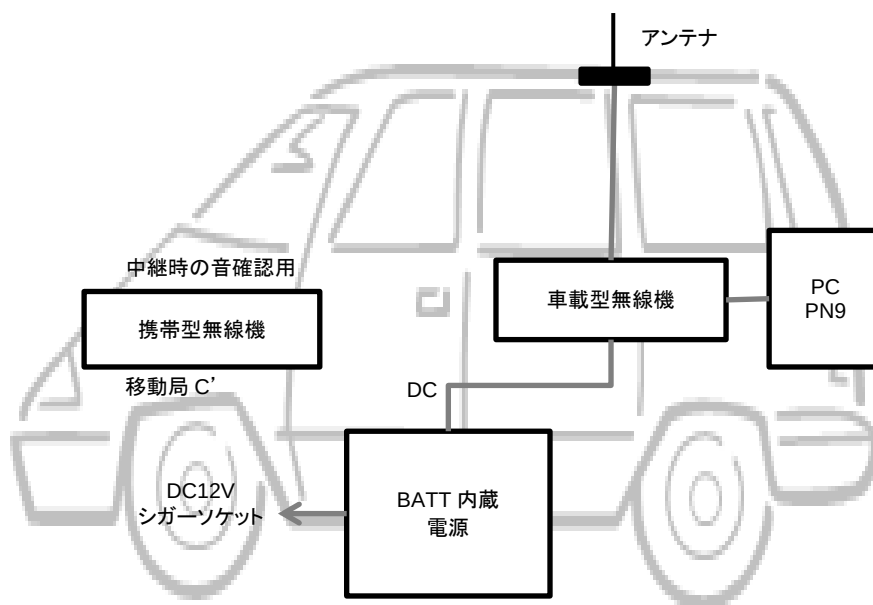


図 3-45 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(測定)の構成(希望波送信側)

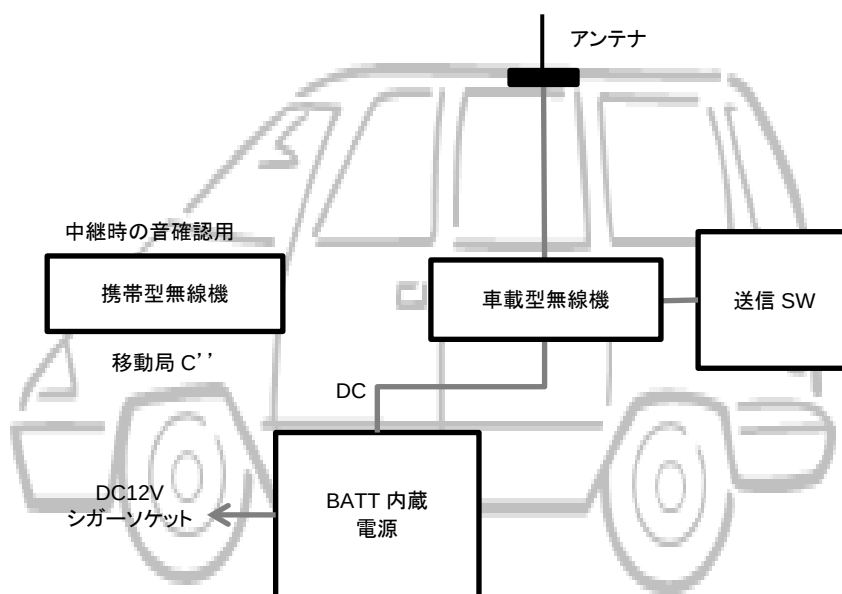


図 3-46 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(測定)の構成(妨害波送信側)

(エ) 試験方法

- (a) 妨害波無線機を断にする。
- (b) 希望波無線機から PN9 符号を送信し、中継型無線機のアンテナ入力レベルを無線機の RSSI 表示機能で確認し、10dBμV となるように希望波無線機の場所を移動し調整する。

- (c) 妨害波無線機を Δf の周波数において変調状態で送信し、BER が 1%となるように妨害波無線機の場所を移動し調整する。
- (d) スペクトラムアナライザで、妨害波の信号レベルを測定する。
- (e) (b)と(d)の測定値から、BER=1%となる UD 比を求める。

(オ) 結果

図 3-47に示す。

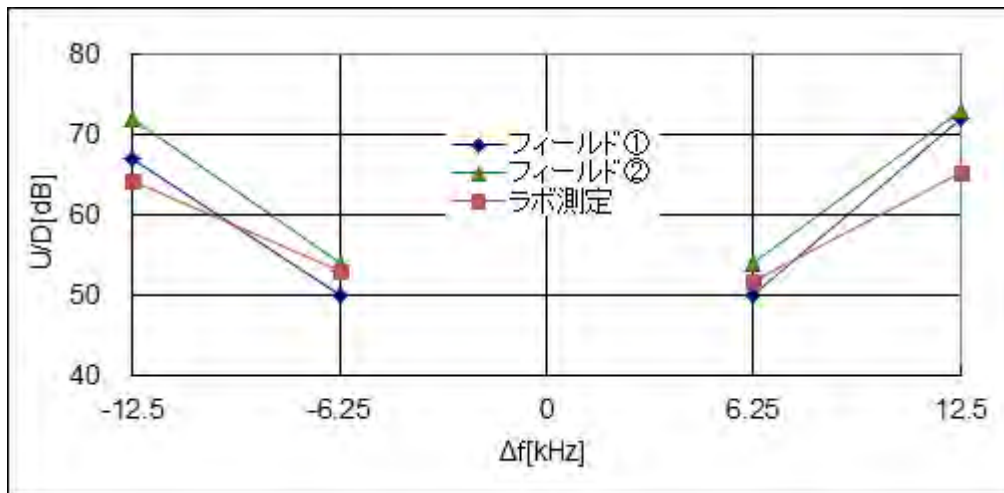


図 3-47 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(測定)の結果

ラボ測定と同様の結果がフィールドテストでも得られた。

移動局の位置によって希望波レベルと妨害波レベルを設定するため、条件の設定が極めて困難だった。結果の差異は、このレベル設定の変動及び誤差によるものと考えられる。

(カ) まとめ

ラボ測定と同様の干渉が実環境でも発生することが確認された。これにより、ラボ測定の結果を元に、技術検討を進めることができる。

カ 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)

(ア) 試験の目的

実際に干渉が発生した場合、無線通信運用にどのような影響があるのか、通話音を確認する。

(イ) 試験の考え方

移動局が車両で移動する状況を想定し、フェージングによる信号レベルの変化や、近傍を通過する場合の信号レベルの変化という状況を作り、その場合の通話音を評価する。希望波、妨害波ともに移動する状況は、設定が困難であるため、一方のみを移動させることとする。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-48、図 3-49、図 3-50に示す。

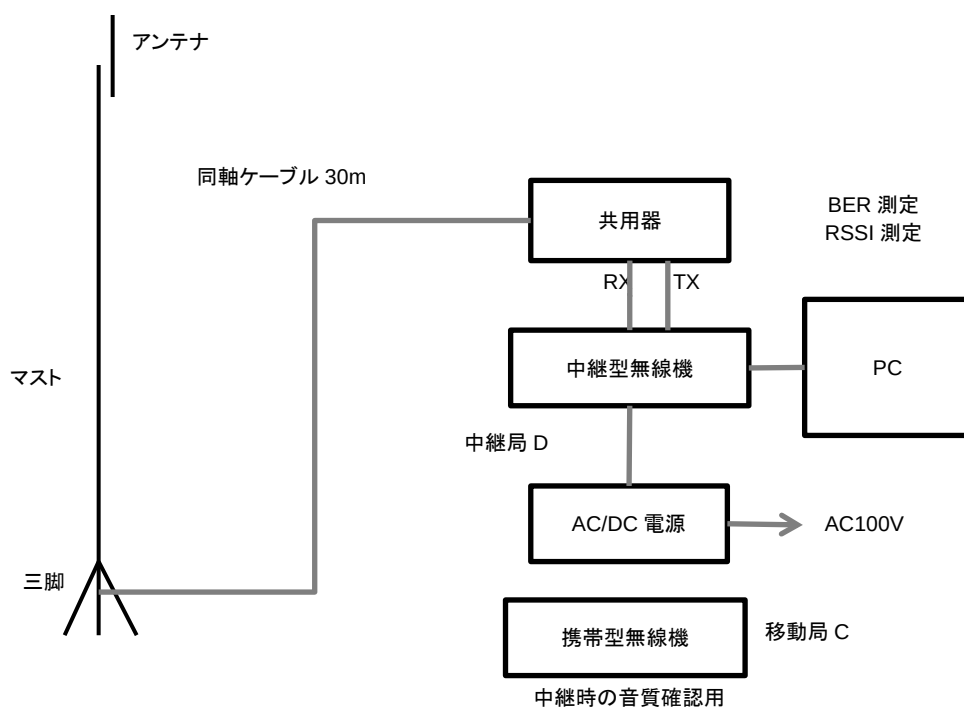


図 3-48 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)の構成(中継局側)

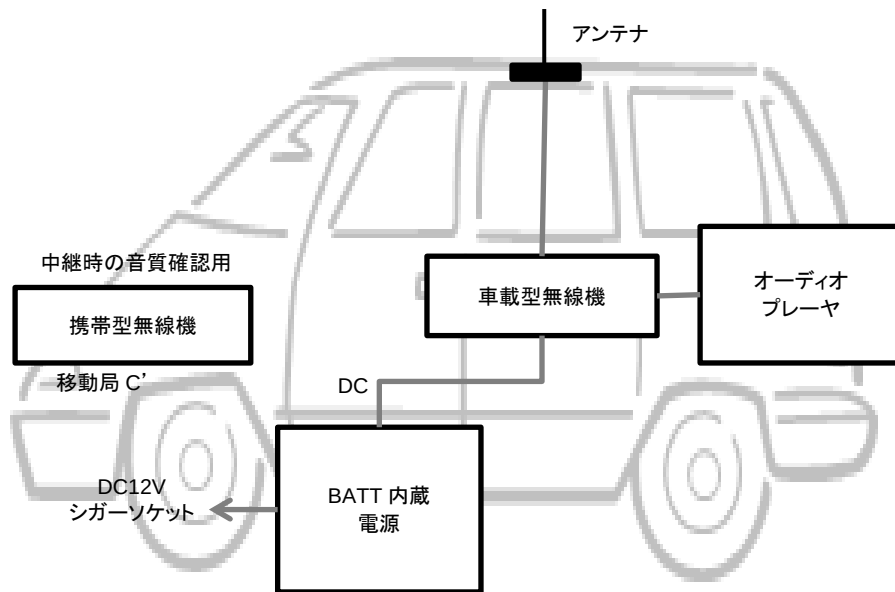


図 3-49 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)の構成(希望波送信側)

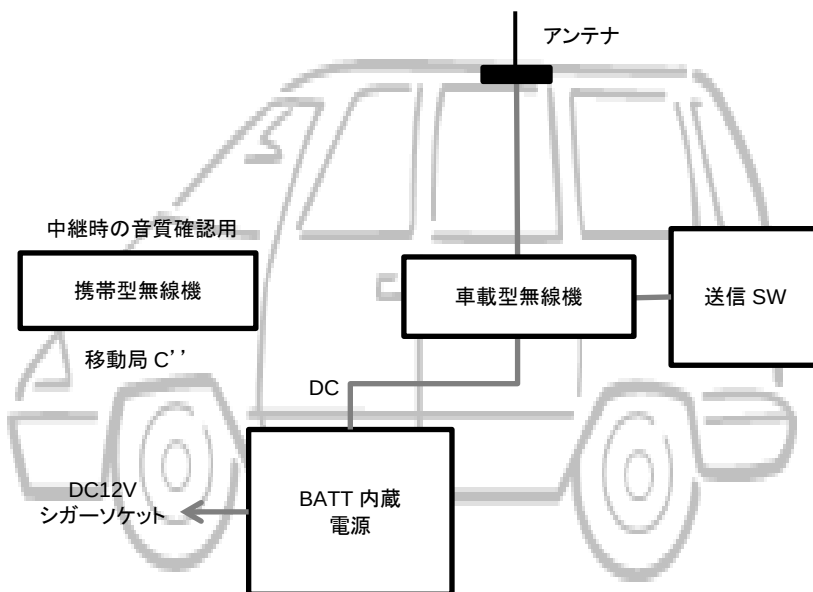


図 3-50 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)の構成(妨害波送信側)

(エ) 試験方法

- (a) 妨害波無線機を断にする。
- (b) 希望波無線機から音声を送信し、中継型無線機のアンテナ入力レベルを無線機の RSSI 表示機能で確認し、10dBμV となるように希望波無線機の場所を移動し調整する。

- (c) 妨害波無線機を $\Delta f = \pm 6.25\text{kHz}$ の周波数において変調状態で送信し、中継局のスペクトラムアナライザで測定した妨害波レベルを確認する。妨害波レベルが、干渉が発生しないレベルから干渉発生レベルを超え、再び干渉が発生しないレベルとなるようなルートを走行する(約 60dB μ V 以下→約 70dB μ V 以上→約 60dB μ V 以下)。
- (d) 中継型無線機で中継した音声を携帯型無線機で受信し、その間の音質を評価する。
- (e) つぎに、妨害波無線機を $\Delta f = +6.25\text{kHz}$ の周波数において変調状態で送信し、中継局のスペクトラムアナライザで測定した妨害波レベルを確認する。妨害波レベルが、干渉発生レベル(約 65dB μ V)となるように、妨害波無線機の場所を移動し調整する。
- (f) 希望波無線機から音声を送信し、信号レベルが 10dB μ V 前後の場所を走行する。
- (g) 中継型無線機で中継した音声を携帯型無線機で受信し、その間の音質を評価する。

(オ) 結果

$\Delta f = \pm 6.25\text{kHz}$ の妨害波が移動した場合(希望波は固定)、希望波が移動した場合(妨害波は固定)の測定結果を表 3-36及び表 3-37に示す。

表 3-36 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)
妨害波が走行する場合($\pm 6.25\text{kHz}$)

妨害波レベル※1	受信音声の状態
約 60dB μ V 以下	通常に音が聞こえる
65dB μ V 前後	音声がときどき崩れるようになる。
68dB μ V 前後	音声がときどき途切れるようになる(ときどき無音になる)
70dB μ V 前後	音声がほとんど聞こえなくなる(無音になる)
さらに強い	中継型無線機の送信が止まる(中継しなくなる)

※1 レベルは、移動中のため正確な測定値ではなく、めやすの値である

表 3-37 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)
希望波が走行する場合($\pm 6.25\text{kHz}$)

希望波の状態	受信音声の状態
約 60km/h で走行	音声が崩れることがある 音声が途切れることがある

(カ) まとめ

厳しい干渉発生時には、音の崩れ、音の途切れ、無音、中継中断が発生することがわかった。このような状況下で実際に運用する場合は、致命的な現象となることがわかった。

キ 相互変調のフィールドテスト

(ア) 試験の目的

5(1)項で実施したラボ試験の結果と、フィールドでの測定が同様になるか評価する。

(イ) 試験の考え方

フィールドでは、条件の設定が困難であることを考慮して、希望波信号レベル10dBμVのみの限定した条件で測定を行う。その結果とラボ試験の結果を比較して評価する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-51、図 3-52、図 3-53に示す。

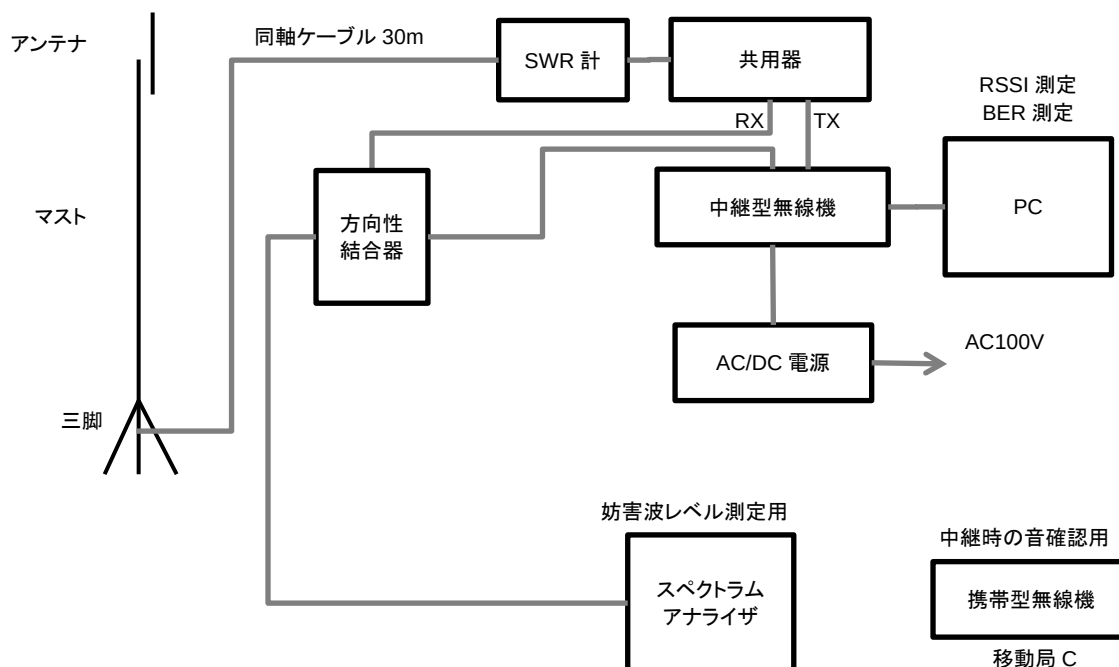


図 3-51 相互変調のフィールドテスト構成(中継局側)

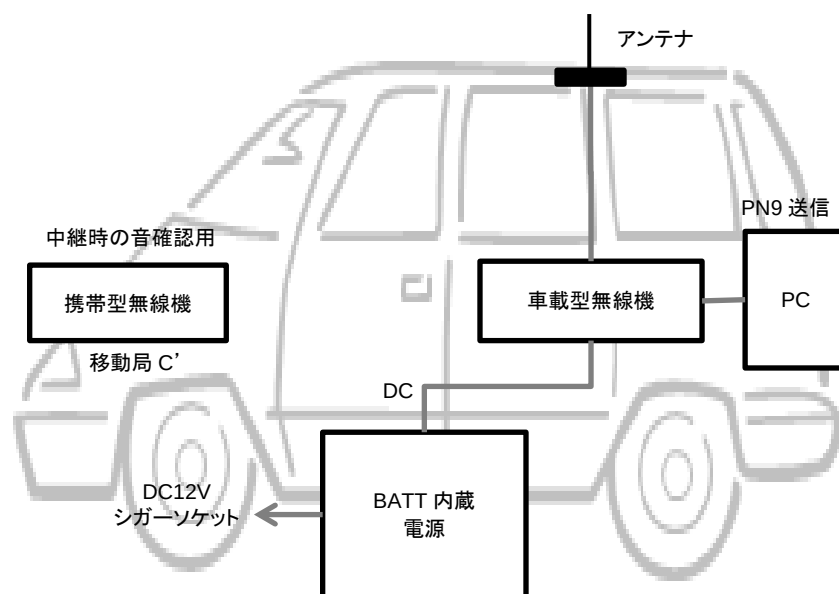


図 3-52 相互変調のフィールドテスト構成(希望波送信側)

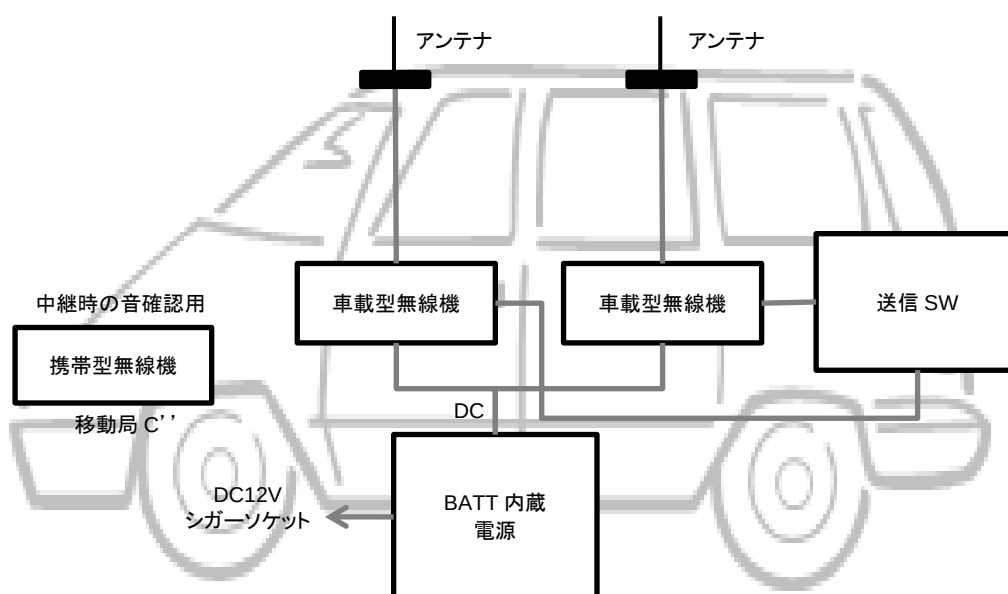


図 3-53 相互変調のフィールドテスト構成(妨害波送信側)

(エ) 試験方法

- (a) 妨害波無線機を断にする。
- (b) 希望波無線機から PN9 符号を送信し、中継型無線機のアンテナ入力レベルを無線機の RSSI 表示機能で確認し、10dBμV となるように希望波無線機の場所を移動し調整する。

- (c) 妨害波無線機を Δf 及び $2\Delta f$ の周波数において変調状態で送信し、BER が 1% となるように妨害波無線機の場所を移動し調整する。
- (d) スペクトラムアナライザで、妨害波の信号レベルを測定する。
- (e) (b)と(d)の測定値から、BER=1%となる UD 比を求める。

表 3-38 相互変調のフィールドテスト測定条件

希望波	妨害波	離隔
458.01875MHz	458.02500MHz / 458.03125MHz	+6.25kHz / +12.5kHz
458.03125MHz	458.02500MHz / 458.01875MHz	-6.25kHz / -12.5kHz

(オ) 結果

表 3-39 相互変調のフィールドテストの結果

測定環境	フィールド試験		ラボ試験	
妨害波 $\Delta f / 2\Delta f$ [kHz]	妨害波 [dB μ V]	U/D [dB]	妨害波 [dB μ V]	U/D [dB]
-6.25 / -12.5	59	49	61	51
+6.25 / +12.5	58	48	60	50

ラボ測定と同様の結果がフィールドテストでも得られた。

移動局の位置によって希望波レベル、妨害波レベルを設定するため、条件の設定が極めて困難だった。結果の差異は、このレベル設定の変動及び誤差によるものと考えられる。

(カ) まとめ

ラボ測定と同様の干渉が実環境でも発生することが確認された。これにより、ラボ測定の結果を元に、技術検討を進めることができる。

ク 試験場所での都市雑音確認

(ア) 試験の目的

干渉試験実施場所が都市雑音などの影響を受けていない場所であることを確認する。

(イ) 試験の考え方

干渉試験実施場所での都市雑音レベルが、所望の受信入力レベル及び妨害波信号レベルに対して充分低ければ、測定に影響がないものと考えられる。所望の受信入力レベルは干渉試験フィールドテストにて使用している $10\text{dB}\mu\text{V}$ とする。厳密な絶対値レベルの確認ではなく、無線機受信部の RSSI 表示機能による確認とスペクトラムアナライザによる観測を行う。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-54に示す。

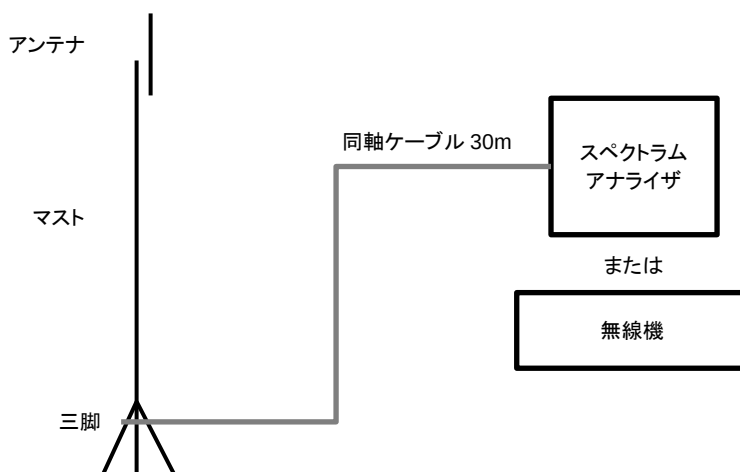


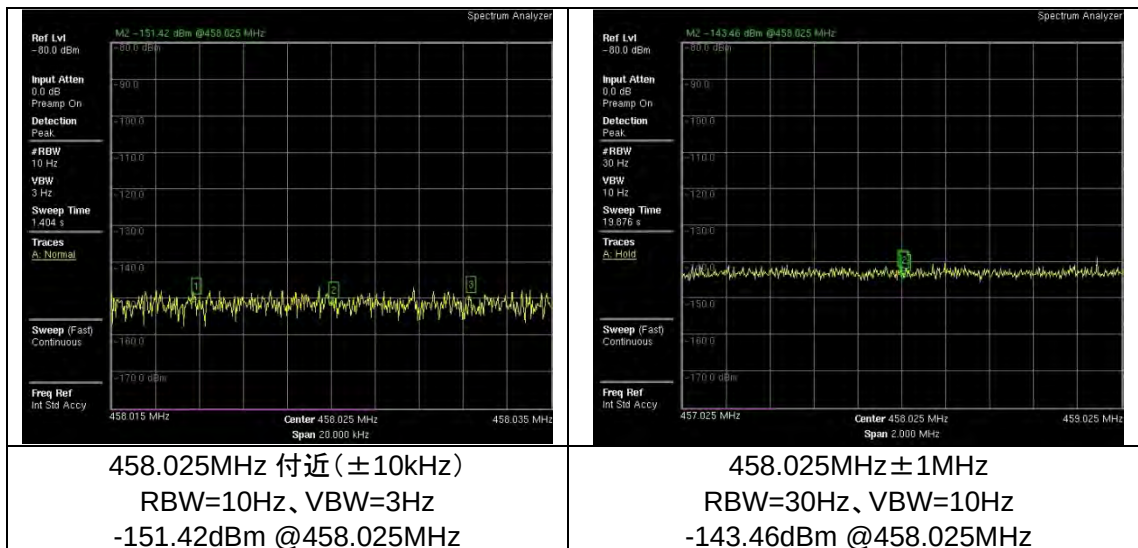
図 3-54 都市雑音確認のフィールドテスト構成

(エ) 試験方法

- (a) スペクトラムアナライザで雑音を測定する。
- (b) 中継型無線機の RSSI 表示機能を使用して、RSSI を測定する
- (c) 車載型無線機の RSSI 表示機能を使用して、RSSI を測定する
- (d) 携帯型無線機の RSSI 表示機能を使用して、RSSI を測定する

(オ) 結果

測定結果を図 3-55、及び表 3-40に示す。



※スペクトラムアナライザのノイズフロアレベルと同等の値となっている

図 3-55 都市雑音確認のフィールドテストの結果
(スペクトラムアナライザでの近傍周波数確認)

表 3-40 都市雑音確認のフィールドテストの結果(無線機 RSSI 表示機能での確認)

測定した無線機	RSSI 値
中継型無線機	-121dBm 以下 (-8dBμV 以下)
車載型無線機	-121dBm 以下 (-8dBμV 以下)
携帯型無線機	-121dBm 以下 (-8dBμV 以下)

※無線機の RSSI 表示機能の測定限界は、約-121dBm である

(カ) まとめ

10dBμV(-103dBm)の試験信号レベルに対し、無線機の RSSI 表示機能による確認では 18dB 以上の C/N となる都市雑音レベルであり、干渉評価への影響は小さいことが確認された。なお、無線機の RSSI 表示機能は、受信帯域内の信号レベルを測定しているため、等価受信帯域幅(4kHz)でのノイズレベルと考えることができる。スペクトラムアナライザでの確認では、測定限界に近い約-151dBm(RBW=10Hz)となり等価受信帯域幅 4kHz に換算すると約-125dBm となった。都市雑音の評価はできないが、 $\pm 1\text{MHz}$ の測定では近傍の周波数に相互変調や感度抑圧を発生させるような信号が存在しないことが確認された。

試験実施場所は、干渉を評価する試験場所として環境による影響が小さいといえる。

(2) 移動局の干渉に関する検討「移動局－複数中継局間干渉」

近接の地域に、複数の中継局があり、その通信エリアが交わる場合、図 3-56 移動局－複数中継局間干渉(近接周波数)のような「移動局－複数中継局間干渉」が発生する。移動局 A は、中継局 D によって中継された移動局 C の信号を受信している。中継局 E は、移動局 B の信号を中継している。移動局 A は、中継局 D の弱信号(Fa)を受信しているが、近接周波数の中継局 E の強信号(FB)によって干渉を受ける。

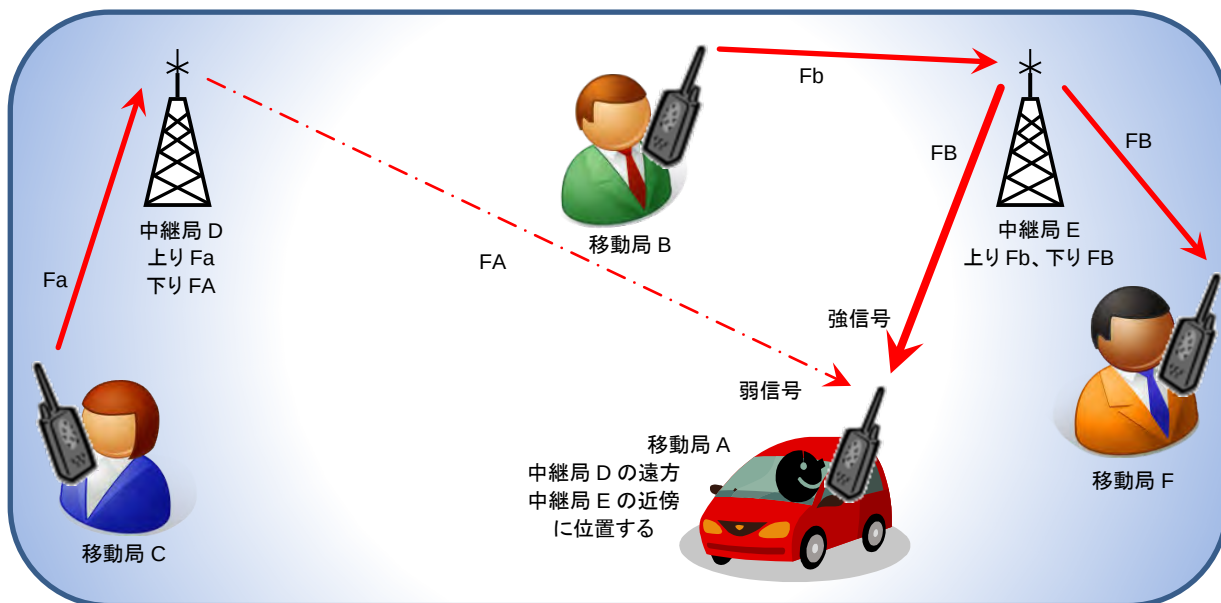


図 3-56 移動局－複数中継局間干渉(近接周波数)

同様に、図 3-57 移動局－複数中継局間干渉(相互変調)のような「移動局－複数中継局間干渉」が発生する。移動局 A は、中継局 D によって中継された移動局 C の信号を受信している。中継局 E は、移動局 B の信号を中継している。中継局 F は、移動局 G の信号を中継している。移動局 A は、中継局 D の弱信号を受信しているが、相互変調の周波数関係にある中継局 E と中継局 F の強信号によって干渉を受ける。

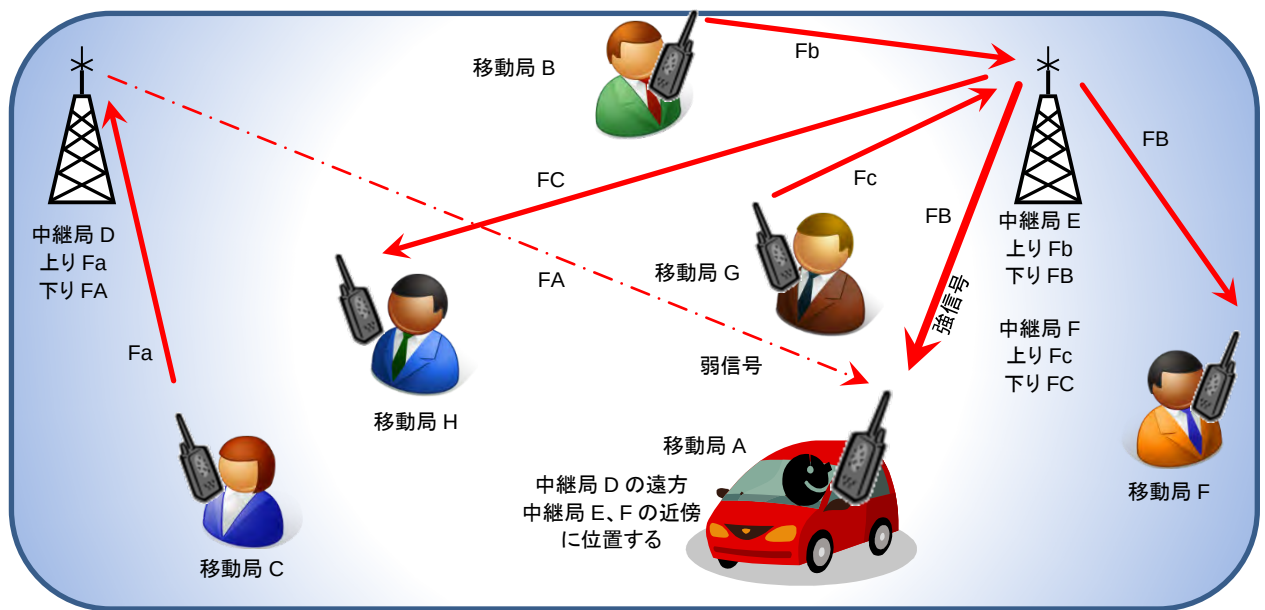


図 3-57 移動局－複数中継局間干渉(相互変調)

移動局－中継局間干渉の発生条件を確認するために以下の5つの試験を実施した。

- 移動局無線機の隣接または近接チャネル干渉(ラボ試験)
- 移動局無線機の相互変調(ラボ試験)
- 弱信号希望波のエリア調査(フィールド試験)
- 妨害波のエリア調査(対中継局、フィールド試験)
- 妨害波のエリア調査(移動局間、参考試験)(対移動局、フィールド試験)

ア 移動局無線機の隣接または近接チャネル干渉

(ア) 試験の目的

移動局－中継局間干渉のうち、隣接または近接チャネル干渉の特性を評価する。フィールド環境による不確定要素を除いた状態で、実際の無線機機材を使って測定することにより、フィールド試験の基礎データを得る。

(イ) 試験の考え方

受信機の隣接チャネル選択度を評価する場合、希望波信号、妨害波信号ともに SSG を用いる。

実際に発生する干渉では、受信機の隣接チャネル選択度、感度抑圧性能のほかに、妨害波送信機の隣接チャネル漏洩電力、不要発射の性能が関与する。

干渉の実条件を探るため、これらを個別に評価するのではなく、干渉発生時を想定した測定構成として評価を実施した。具体的には、希望波、妨害波ともに変調状態の無線機を使用して評価する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-58に示す。

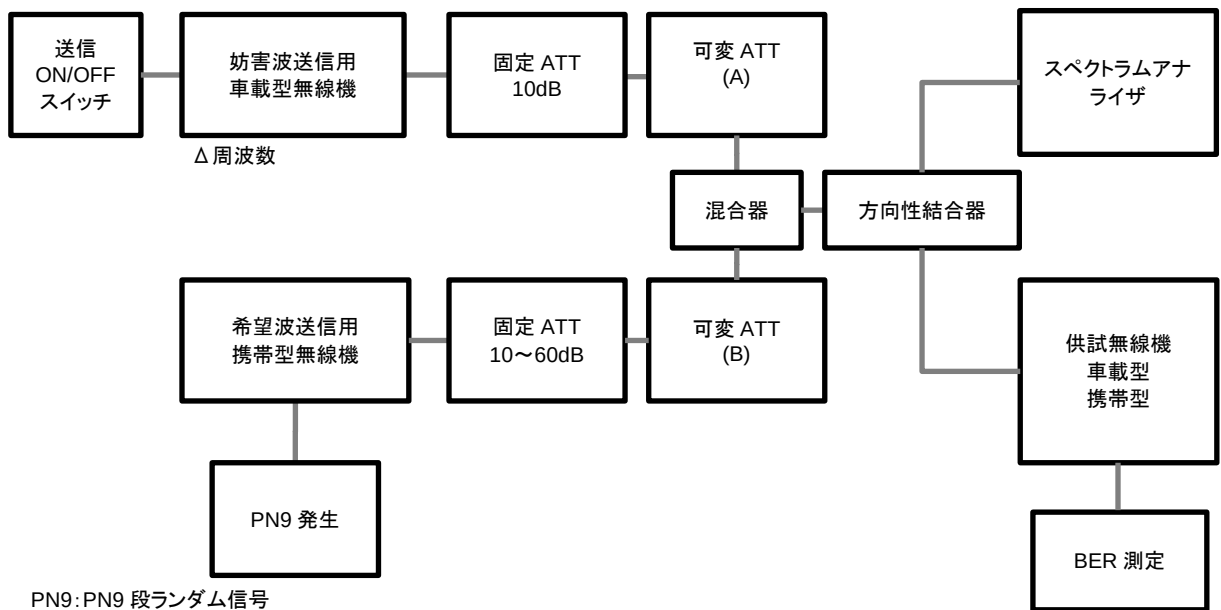


図 3-58 移動局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定構成

現実には発生する干渉を評価するためには、希望波及び妨害波は中継型無線機とする構成であるが、測定系構成上の制約（電波暗箱のサイズや搭載チャネル数の仕様など）により、希望波を携帯型無線機、妨害波を車載型無線機で実施した。中継型無線機、

車載型無線機、携帯型無線機の送信に関する性能差は小さく、測定結果への影響は少ない。

(エ) 試験方法

- (a) 妨害波無線機を断にする。
- (b) 希望波無線機から PN9 符号を送信し、供試無線機のアンテナ入力レベルを無線機の RSSI 表示機能で確認し、所望のレベル((オ)測定条件(b))となるように可変 ATT(B)を調整する(無線機の RSSI 表示は、希望波レベルと一致する 下記参考を参照)。
- (c) 妨害波無線機を Δf の周波数において変調状態で送信し、BER が 1%となるレベルに可変 ATT(A)を調整する。
- (d) スペクトラムアナライザで、妨害波の信号レベルを測定する。
- (e) (b)と(d)の測定値から、BER=1%となる UD 比を求める。

(参考)RSSI 表示機能 (Received Signal Strength Indication Display)

無線機内部の RSSI 検出回路を使用して、無線機の液晶表示部に、信号レベルを表示する機能。

図 3-59は車載型無線機、図 3-60は携帯型無線機の実例で、-80dBm から-120dBm(33dB μ V から-7dB μ V)の範囲を ± 1 dB 程度の誤差で表示できる。

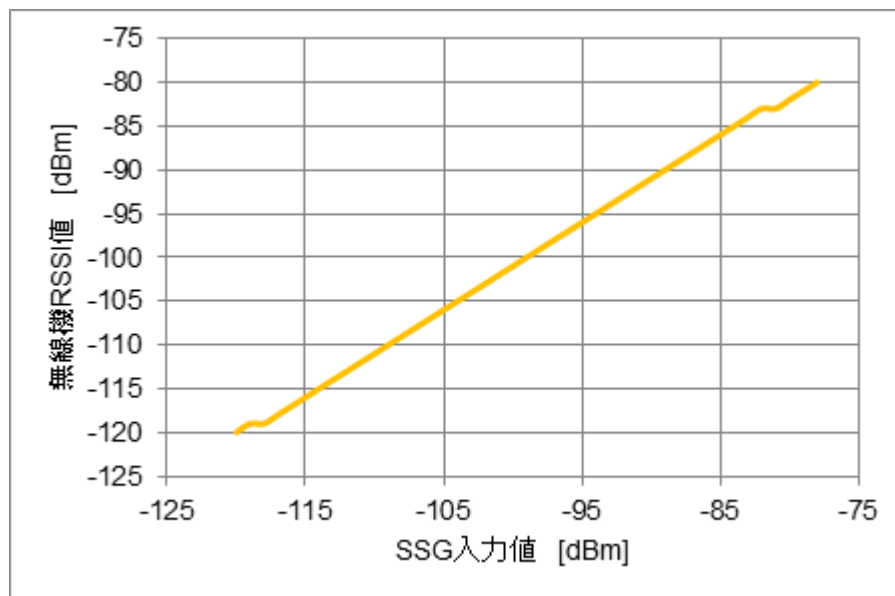


図 3-59 車載型無線機の RSSI 表示機能特性

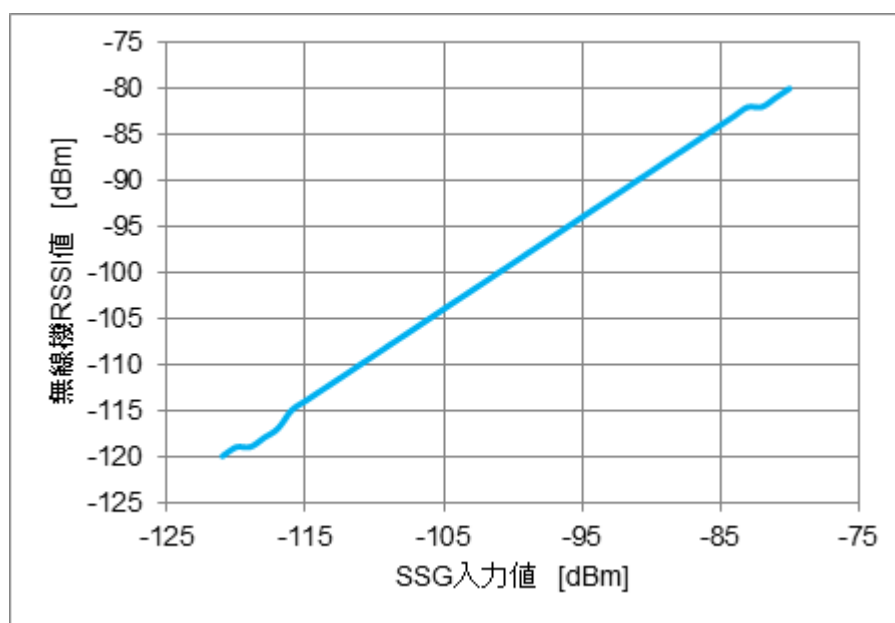


図 3-60 携帯型無線機の RSSI 表示機能特性

(オ) 測定条件

以下の組み合わせで測定する。

- (a) 希望波周波数: 468.950MHz
- (b) 供試無線機アンテナ入力レベル: 0dBμV、10dBμV、20dBμV、30dBμV、40dBμV、50dBμV、60dBμV
- (c) 妨害波周波数 (Δf): $\pm 6.25\text{kHz}$ 、 $\pm 12.5\text{kHz}$ 、 $\pm 18.75\text{kHz}$ 、 $\pm 25\text{kHz}$ 、 $\pm 50\text{kHz}$ 、 $\pm 100\text{kHz}$ 、 $\pm 200\text{kHz}$ 、 $\pm 2\text{MHz}$
- (d) 供試無線機: 車載型無線機、携帯型無線機

(カ) 結果

A 車載型

UD 比を図 3-61 及び図 3-62 に示す。隣接チャネル付近を拡大した $\pm 200\text{kHz}$ の範囲のグラフと、 $\pm 2\text{MHz}$ の範囲のグラフである。

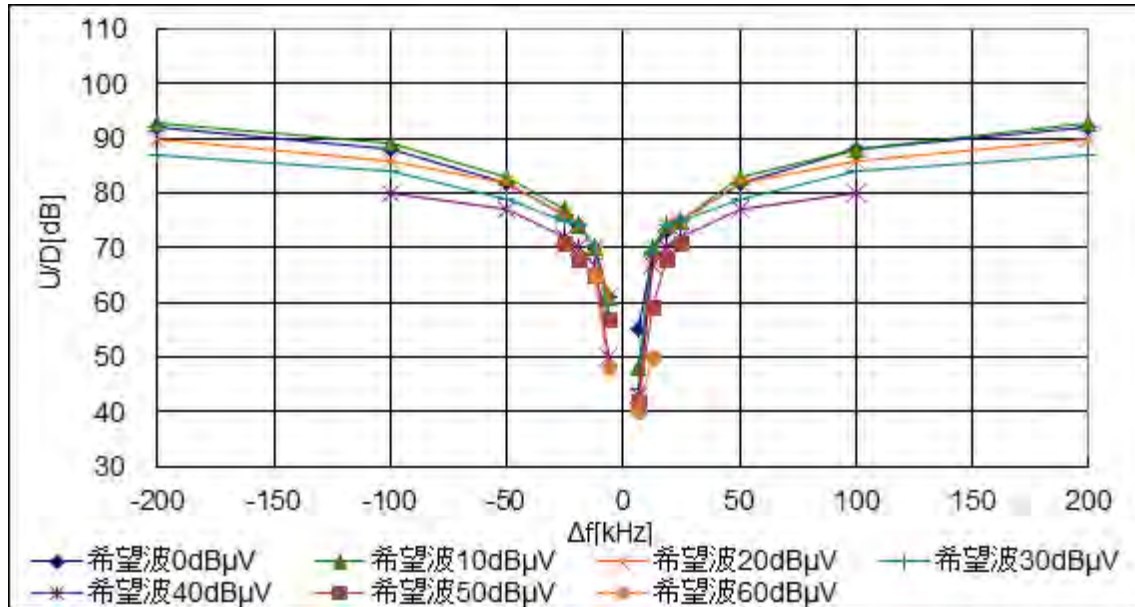


図 3-61 車載型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果

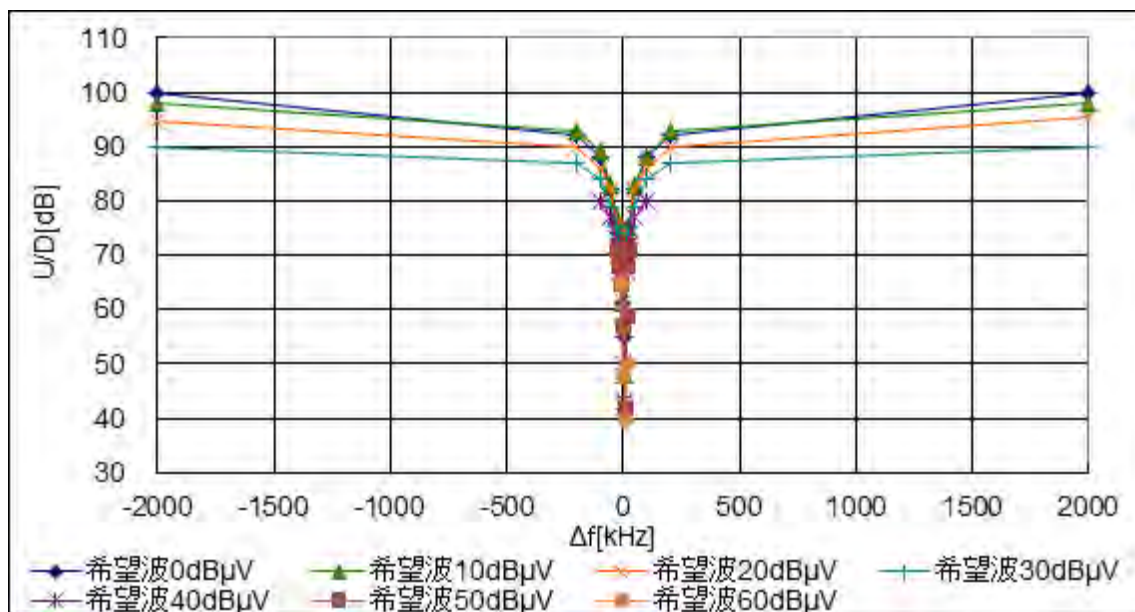


図 3-62 車載型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果

図 3-63及び図 3-64は、UD 比ではなく妨害波レベルで表示したグラフである。電波法関係審査基準の別図第 37 号の 2 号の基準曲線(混信妨害の審査基準)を重ねた。

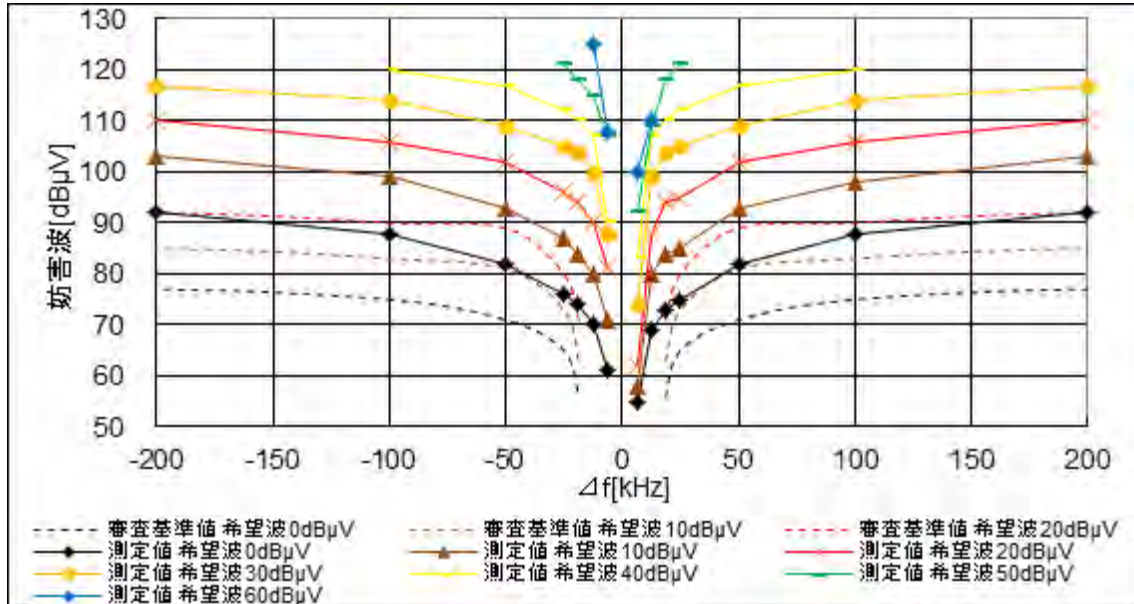


図 3-63 車載型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果(審査基準値重ね)

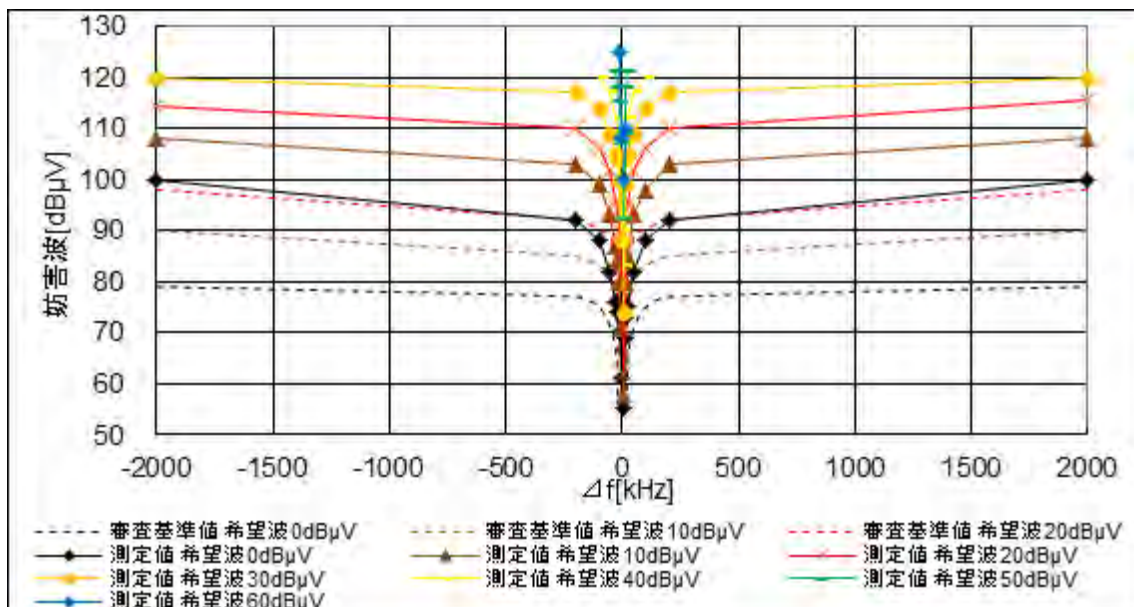


図 3-64 車載型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果(審査基準値重ね)

電波法関係審査基準の別図第 37 号の 2 号の基準曲線(混信妨害の審査基準)にデータがある 18.75kHz 以上の離隔周波数では、希望波レベルが 0dBμV、10dBμV、20dBμV の各状態において、基準値を満たす結果となっている。

B 携帯型

UD 比を図 3-65及び図 3-66に示す。隣接チャネル付近を拡大した±200kHz の範囲のグラフと、±2MHz の範囲のグラフである。

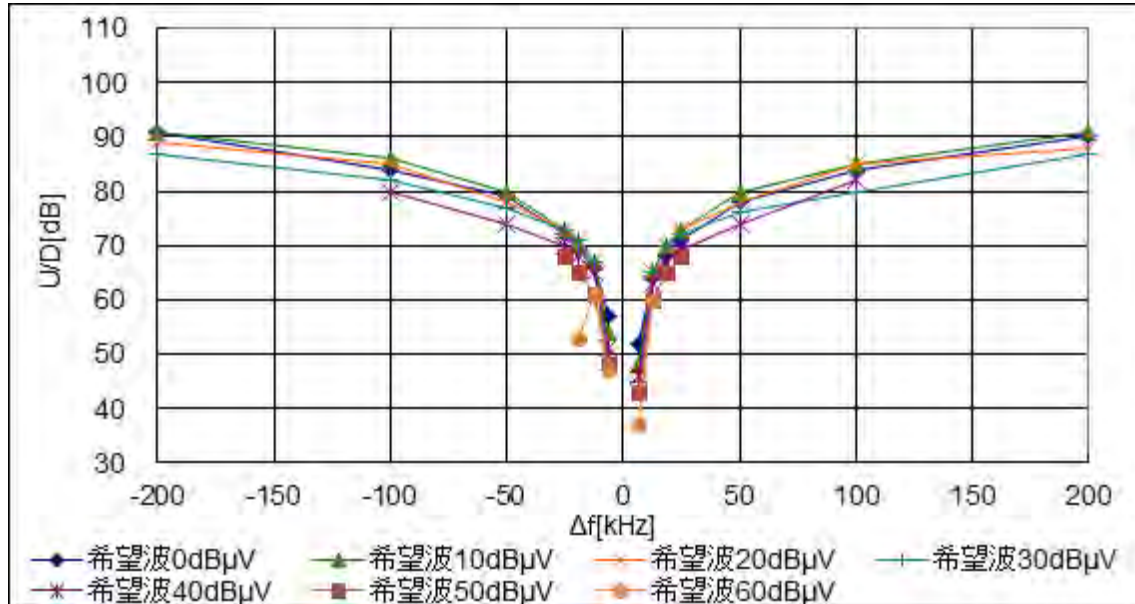


図 3-65 携帯型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果

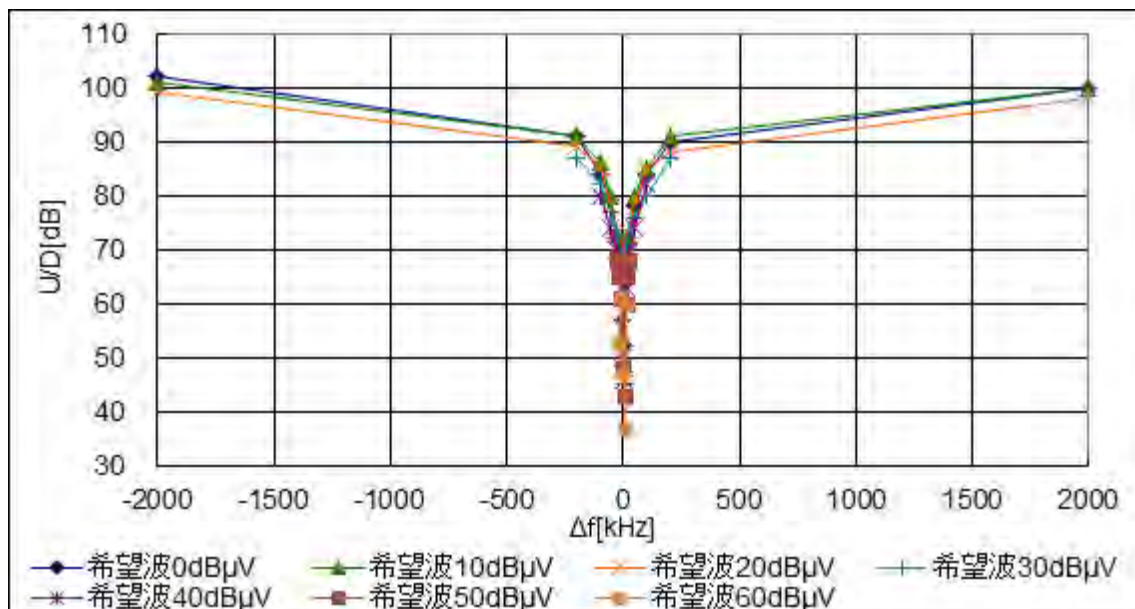


図 3-66 携帯型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果

図 3-67及び図 3-68は、UD 比ではなく妨害波レベルで表示したグラフである。電波法関係審査基準の別図第 37 号の 2 号の基準曲線(混信妨害の審査基準)を重ねた。

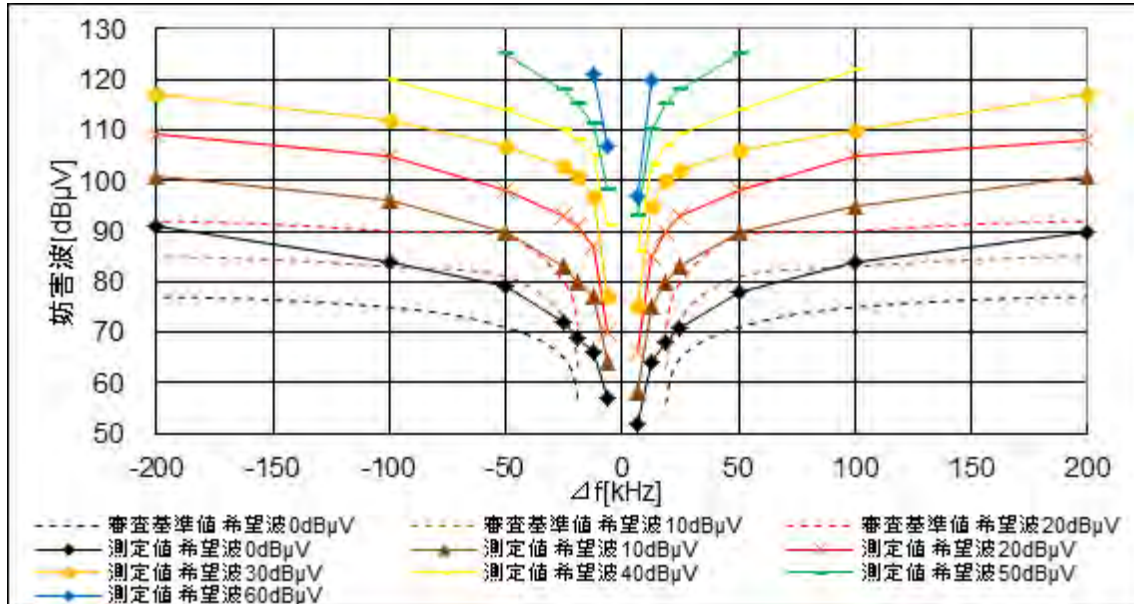


図 3-67 携帯型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果(審査基準値重ね)

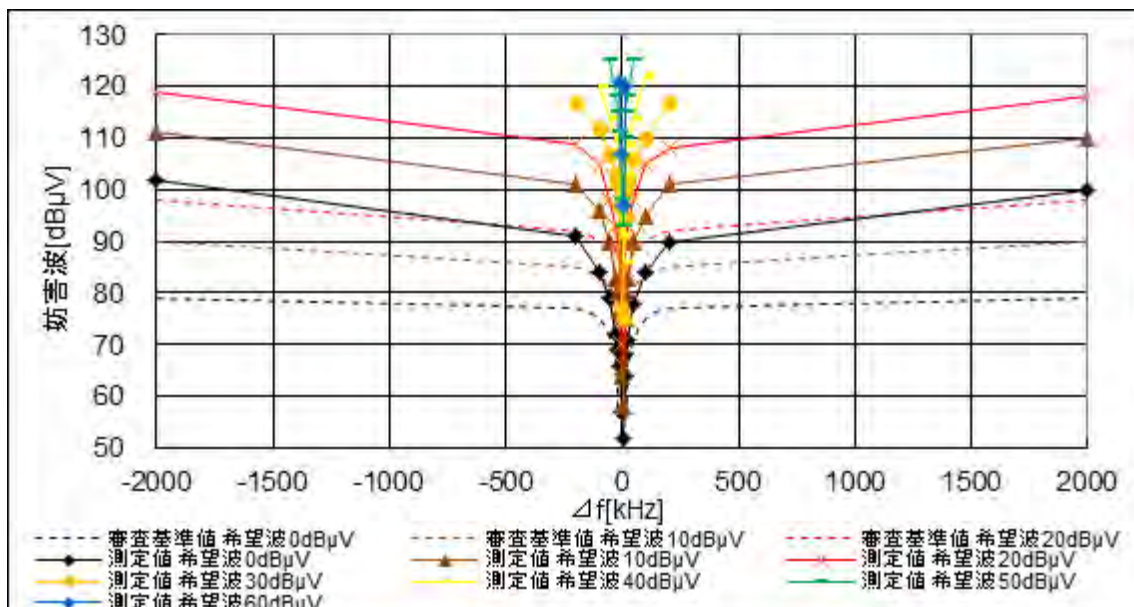


図 3-68 携帯型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果(審査基準値重ね)

電波法関係審査基準の別図第 37 号の 2 号の基準曲線(混信妨害の審査基準)にデータがある 18.75kHz 以上の離隔周波数では、希望波レベルが 0dBμV、10dBμV、20dBμV の各状態において、基準値を満たす結果となっている。

(キ) まとめ

Δf が小さい範囲では、供試無線機受信部の隣接チャネル選択度、妨害波無線機送信部の隣接チャネル漏洩電力の性能により、UD 比が小さくなっていると考えられる。

Δf が大きい範囲では、供試無線機受信部の感度抑圧性能が支配的となり、UD 比が大きくなると考えられる。

なお、希望波信号レベルが 30dB μ V 以上かつ Δf が大きい条件においては、今回使用した試験装置の耐妨害信号レベル特性を超えることから、評価対象から除外した。

イ 移動局無線機の相互変調

(ア) 試験の目的

移動局－中継局間干渉のうち、相互変調の特性を評価する。フィールド環境による不確定要素を除いた状態で、実際の無線機機材を使って測定することにより、フィールド試験の基礎データを得る。

(イ) 試験の考え方

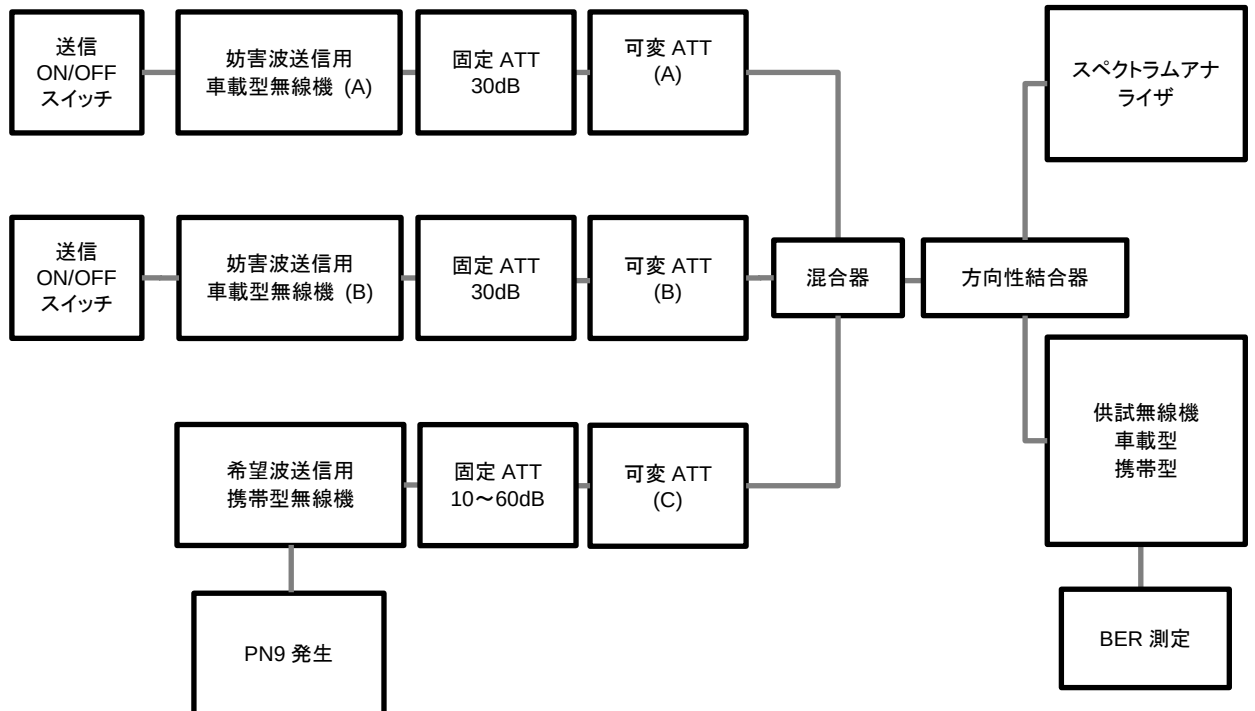
受信機の相互変調を評価する場合、希望波信号、妨害波信号ともに標準信号発生器(SSG)を用いる。相互変調の測定では一般的に無変調状態の妨害波を用いる。

実際に発生する干渉では、受信機の相互変調性能のほかに、隣接チャネル選択度、感度抑圧性能、妨害波送信機の隣接チャネル漏洩電力、不要発射の性能が関与する。

干渉の実条件を探るため、これらを個別に評価するのではなく、干渉発生時を想定した測定構成として評価を実施した。具体的には、希望波、妨害波ともに変調状態の無線機を使用して評価する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-69に示す。



PN9: PN9 段ランダム信号

図 3-69 移動局無線機の相互変調測定構成

現実が発生する干渉を評価するためには、希望波及び妨害波は中継型無線機とする構成であるが、測定系構成上の制約(電波暗箱のサイズや搭載チャンネル数の仕様など)により、希望波を携帯型無線機、妨害波を車載型無線機で実施した。中継型無線機、車載型無線機、携帯型無線機の送信に関する性能差は小さく、測定結果への影響は少ない。

(エ) 試験方法

- (a) 妨害波無線機(A)、(B)を断とする。
- (b) 希望波無線機から PN9 符号を送信し、供試無線機のアンテナ入力レベルを無線機の RSSI 表示機能で確認し、所望のレベル((オ)測定条件(b))となるように可変 ATT(C)を調整する(無線機の RSSI 表示は、希望波レベルと一致する)。
- (c) 妨害波無線機(A)を Δf 、妨害波無線機(B)を $2\Delta f$ の周波数において変調状態で送信し、BER が 1%となるレベルに可変 ATT(A)、(B)を調整する(両妨害波のレベルは同じとする)。
- (d) スペクトラムアナライザで、妨害波の信号レベルを測定する。
- (e) (b)と(d)の測定値から、BER=1%となる UD 比を求める。

(オ) 測定条件

以下の組み合わせで測定する。

- (a) 希望波周波数: 468.950MHz
- (b) 供試無線機アンテナ入力レベル: 0dB μ V、10dB μ V、20dB μ V、30dB μ V、40dB μ V、50dB μ V、60dB μ V
- (c) 妨害波周波数(Δf): ± 6.25 kHz、 ± 12.5 kHz、 ± 25 kHz、 ± 50 kHz
- (d) 供試無線機: 車載型無線機、携帯型無線機

(カ) 結果

A 車載型

離隔周波数に対する UD 比を図 3-70 に、希望波信号レベルに対する UD 比を図 3-71 に示す。

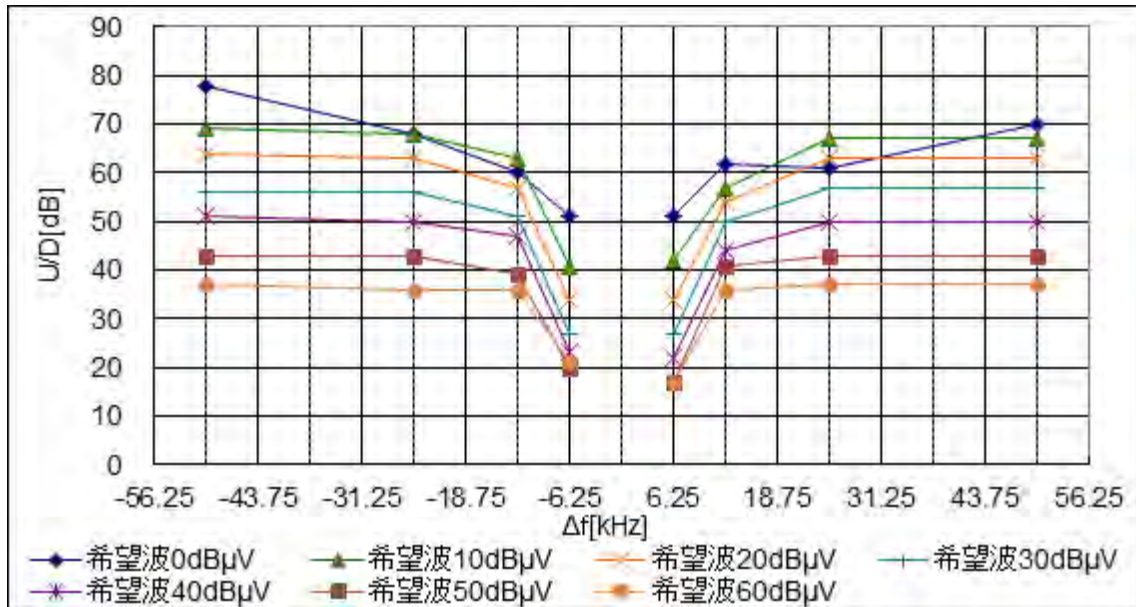


図 3-70 車載型無線機の相互変調測定結果

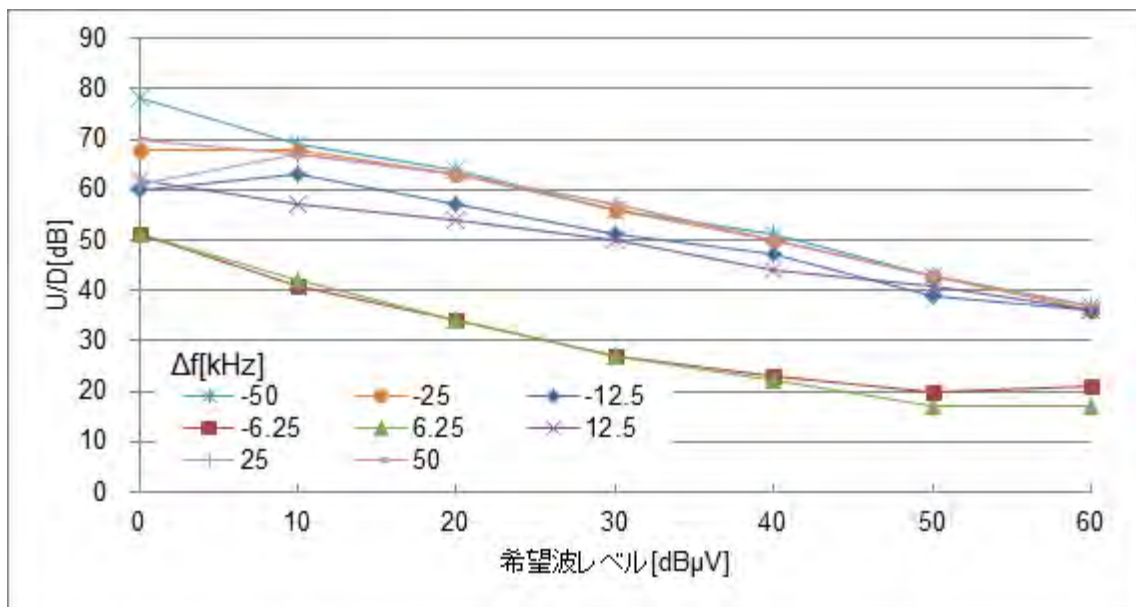


図 3-71 車載型無線機の相互変調測定結果

希望波レベルが高くなると UD 比が低くなっている。

$\Delta f=6.25\text{kHz}$ で UD 比が低いのは、相互変調とともに隣接チャネル感度抑圧が発生しているためである。

電波法関係審査基準のグラフから、混信妨害の基準値を読み取り、重ねたものを図 3-72 及び図 3-73 に示す。

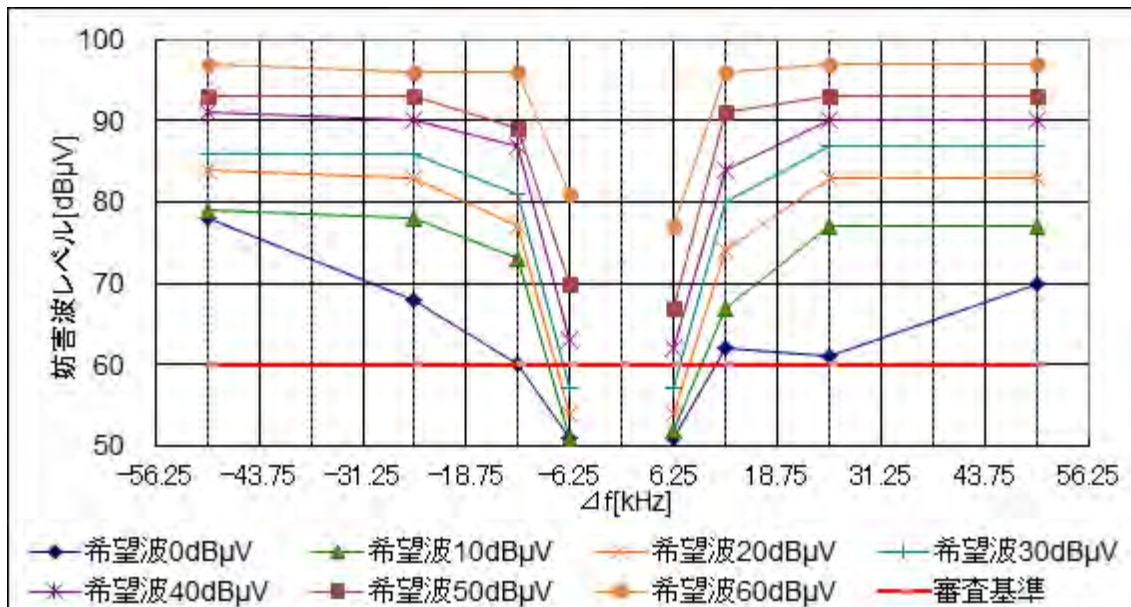


図 3-72 車載型無線機の相互変調測定結果(審査基準値重ね)

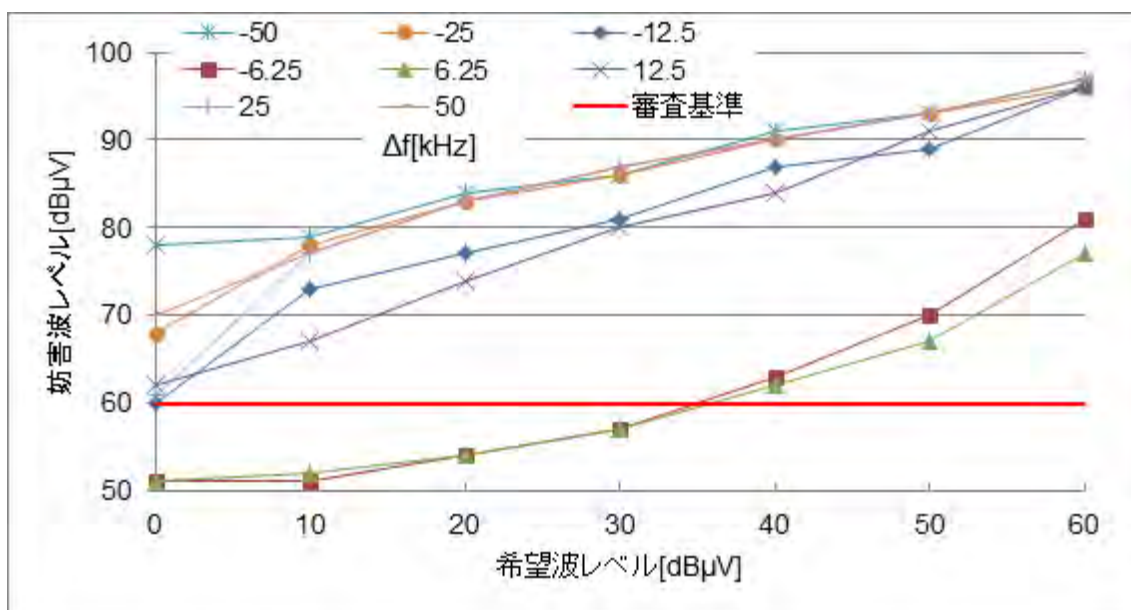


図 3-73 車載型無線機の相互変調測定結果(審査基準値重ね)

Δf が 6.25kHz の場合には、隣接チャネル感度抑圧の影響で低い妨害波レベルで相互変調が発生する。

隣接チャネル感度抑圧、次隣接チャネル感度抑圧の影響が低いところでは、審査基準値を超えている。

B 携帯型

離調周波数に対する UD 比を図 3-74、希望波信号レベルに対する UD 比を図 3-75に示す。

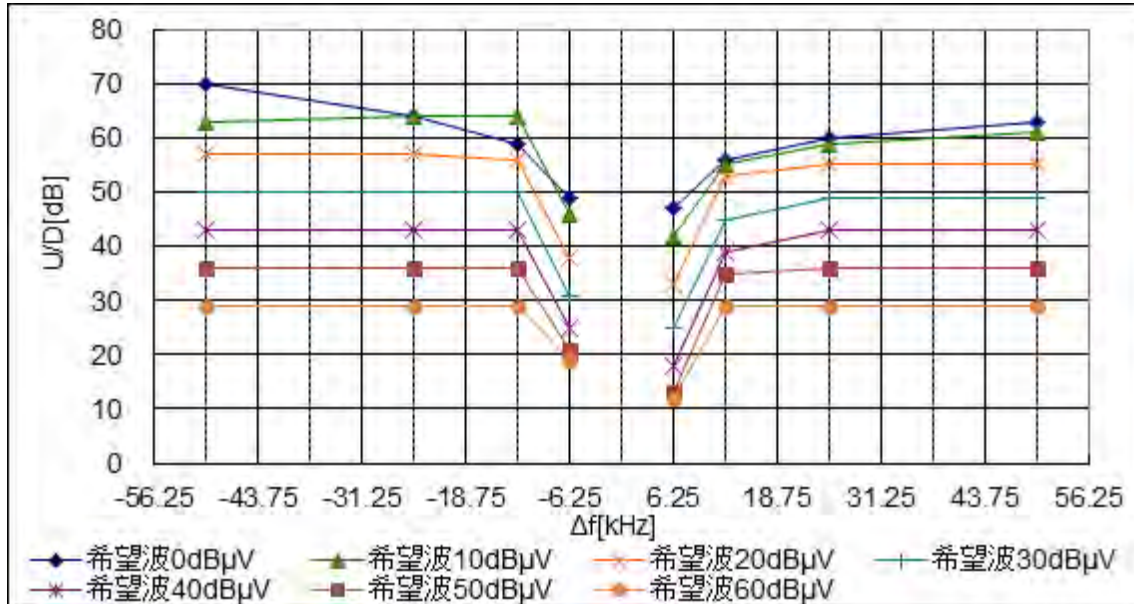


図 3-74 携帯型無線機の相互変調測定結果

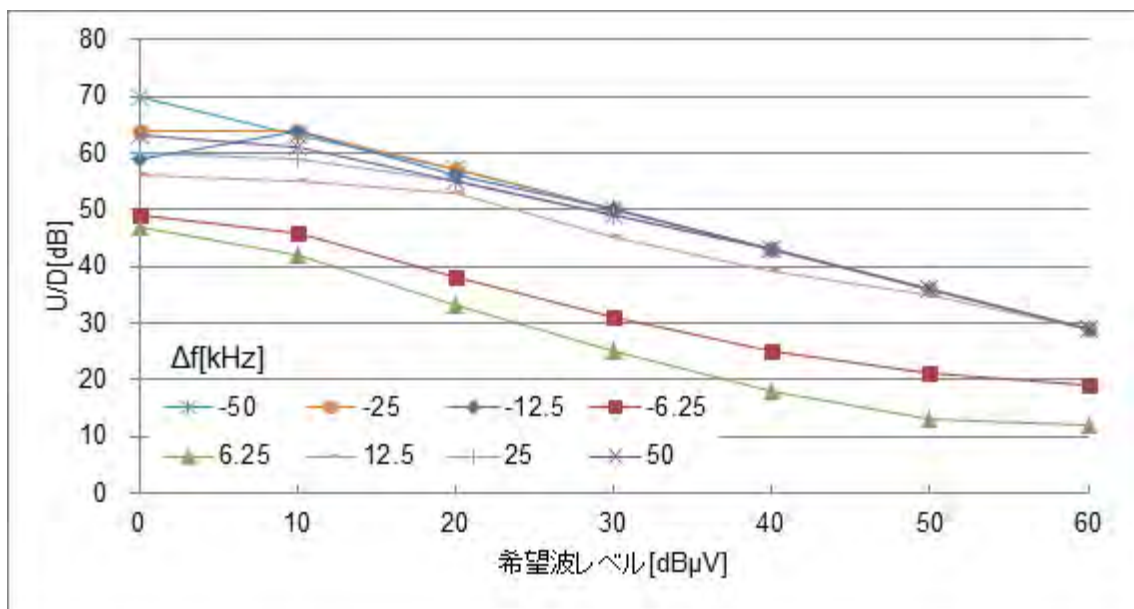


図 3-75 携帯型無線機の相互変調測定結果

希望波レベルが高くなると UD 比が低くなっている。

$\Delta f=6.25\text{kHz}$ で UD 比が低いのは、相互変調とともに隣接チャネル感度抑圧が発生しているためである。

電波法関係審査基準のグラフから、混信妨害の基準値を読み取り、重ねたものを図 3-76 及び図 3-77 に示す。

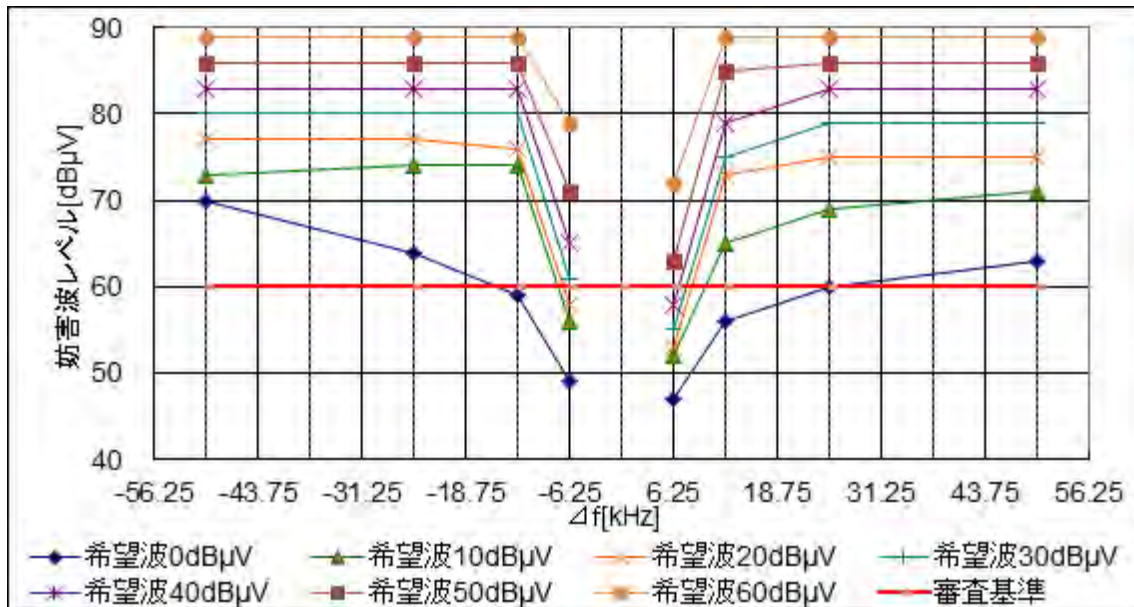


図 3-76 携帯型無線機の相互変調測定結果(審査基準値重ね)

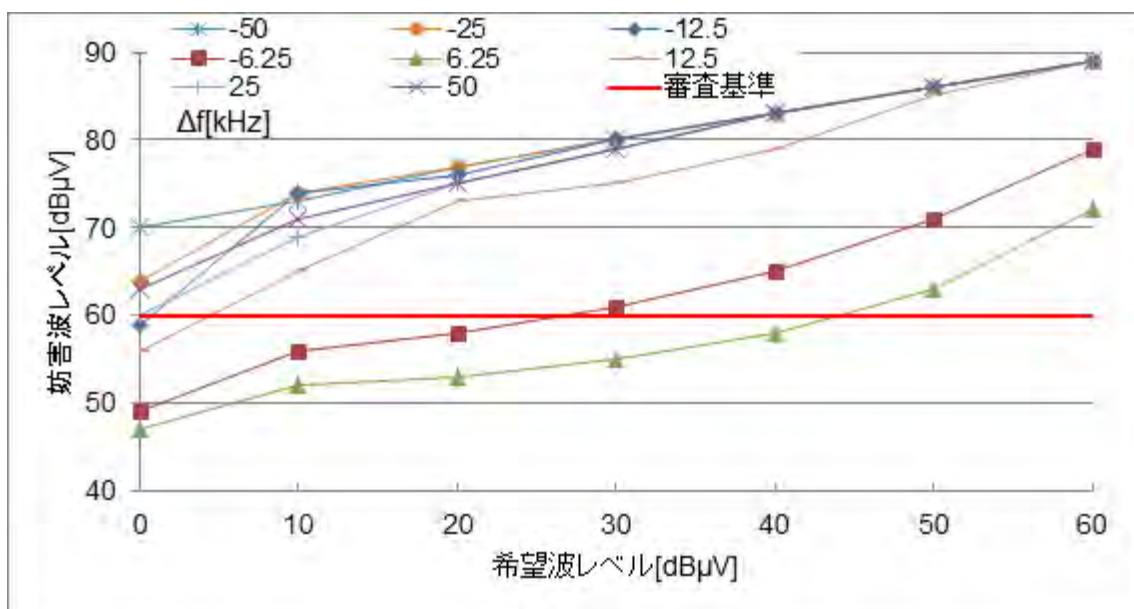


図 3-77 携帯型無線機の相互変調測定結果(審査基準重ね)

Δf が 6.25kHz の場合には、隣接チャネル感度抑圧の影響で低い妨害波レベルで相互変調が発生する。

隣接チャネル感度抑圧、次隣接チャネル感度抑圧の影響が低いところでは、審査基準値を超えている。

(キ) まとめ

$\Delta f = \pm 6.25\text{kHz}$ の場合は、供試無線機受信部の隣接チャネル選択度、妨害波無線機送信部の隣接チャネル漏洩電力の性能に、さらに供試無線機受信部の相互変調特性が加わり、UD 比が小さくなっていると考えられる。

$\Delta f = \pm 12.5\text{kHz}$ の場合は、供試無線機受信部の次隣接チャネル選択度、妨害波無線機送信部の次隣接チャネル漏洩電力の性能に、さらに供試無線機受信部の相互変調特性が加わっていると考えられる。

3 次相互変調は、妨害波入力信号レベルが $n\text{ dB}$ 増加すると $3n\text{ dB}$ 増加するため、希望波信号レベルが大きくなると、UD 比は下がる。

ウ 弱信号希望波のエリア調査

(ア) 試験の目的

実環境下において、干渉発生時、希望波を送信する無線機が、受信無線機に対してどのような位置関係となるかを把握する。

(イ) 試験の考え方

本試験は、5(1)ウ項と同様である。伝搬の方向が逆になるが、相互の条件は同じであるため、5(1)ウ項の結果が利用できる。

エ 妨害波のエリア調査

(ア) 試験の目的

実環境下において、干渉発生時、妨害波を送信する無線機が、受信無線機に対してどのような位置関係となるかを中継局⇄移動局で把握する。

(イ) 試験の考え方

本試験は、5(1)エ項と同様である。伝搬の方向が逆になるが、相互の条件は同じであるため、5(1)エ項の結果が利用できる。

オ 妨害波のエリア調査(移動局間、参考試験)

無線通信システムの中では、移動局間相互の干渉も発生する。この干渉は、中継システムや共同利用型中継システムに限らず、現状の無線通信システムにおいても同様に発生するものである。

(ア) 試験の目的

実環境下において、干渉発生時、妨害波を送信する無線機が、受信無線機に対してどのような位置関係となるかを移動局⇄移動局で把握する。

(イ) 試験の考え方

車載型無線機(移動局)、携帯型無線機(移動局)から送信し、車載型無線機(移動局)で信号レベルを測定する。周囲の影響を回避するため、周囲に反射物のない開けた場所で行った。シミュレーション計算値は、自由空間で計算する。

(ウ) 試験構成

試験構成を図 3-78、図 3-79及び図 3-80に示す。

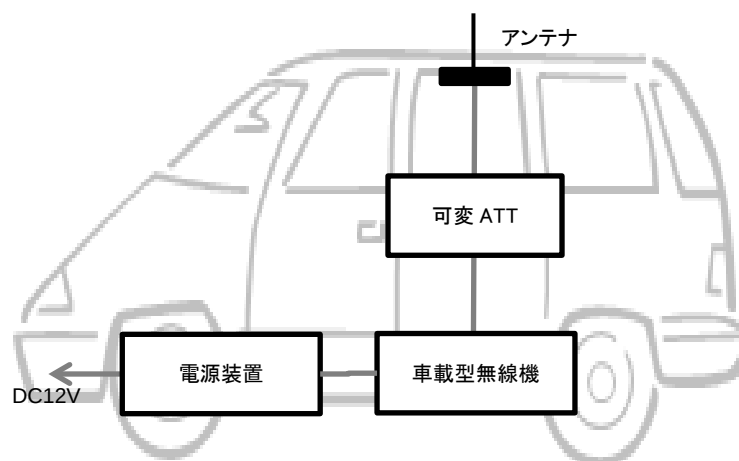


図 3-78 妨害波エリアの調査(移動局間)測定構成(受信側)

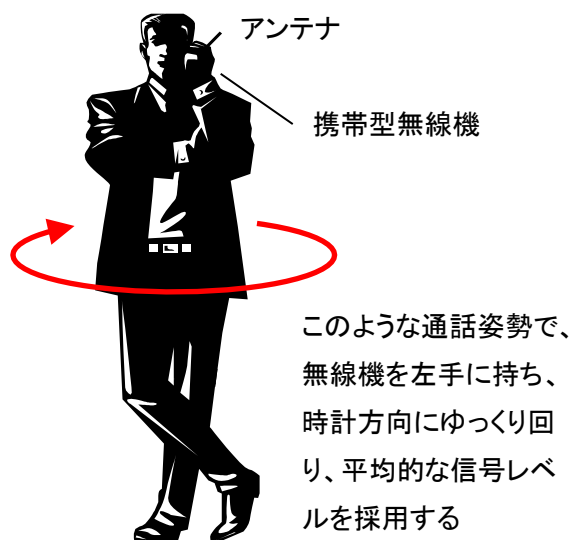


図 3-79 妨害波エリアの調査(移動局間)測定構成(携帯型送信側)

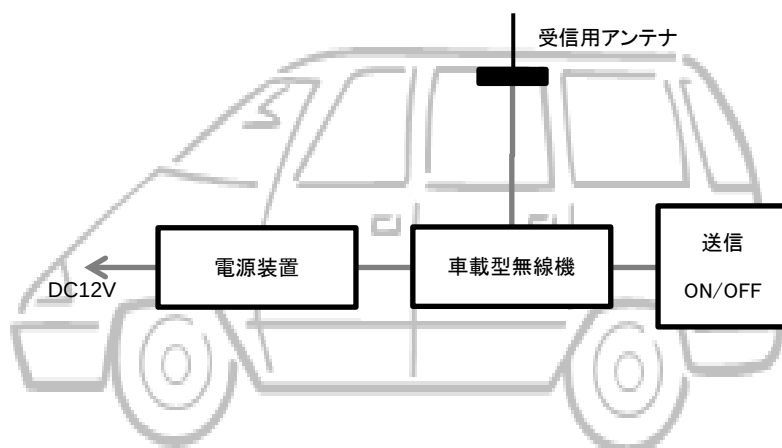


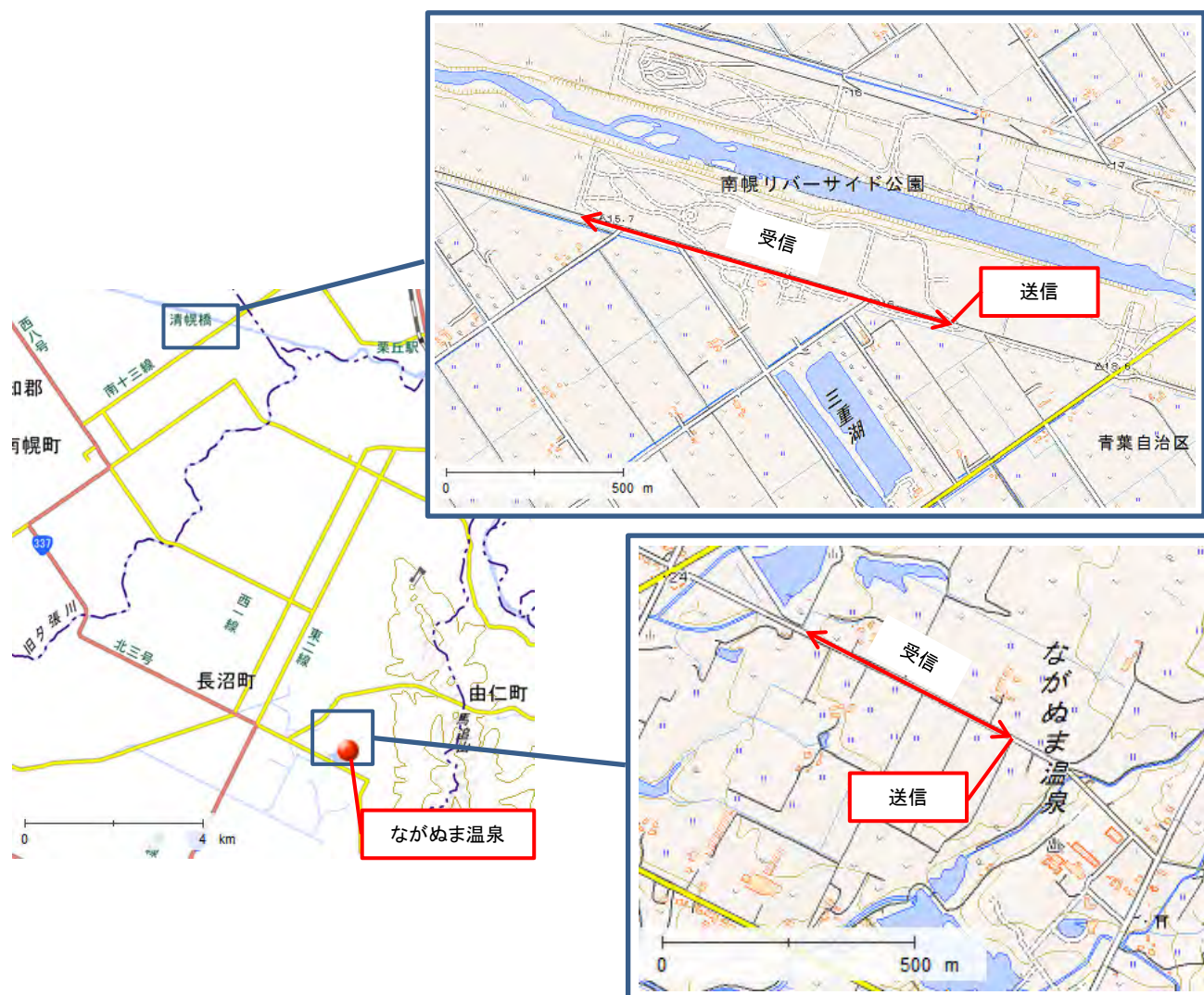
図 3-80 妨害波エリアの調査(移動局間)測定構成(車載型送信側)

(エ) 試験方法

- 送信側の車載型無線機から送信する(5W)。
- 受信側車両で、信号レベルを記録する。
- 送信側の携帯型無線機から送信する(5W、時計方向にゆっくり回る)。
- 受信側車両で、信号レベルを記録する(平均的な信号レベルを採用する)。
- 信号レベルは、無線機の RSSI 表示機能を使用し、-90dBm(23dBμV)程度の表示となるよう、可変 ATT を都度調整する。
- 距離を変えながら、上記を繰り返す。

※レーザー距離計による距離計測とする(見通し距離であり、測定する距離に対して GPS 精度の影響が大きいため)

試験場所として、図 3-81 のように建物や樹木の影響を受けにくい 2 か所を選定した。



国土地理院標準地図(20 万)を加工して使用

<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/#zoom=12&lat=43.05722&lon=141.81152&layers=BTTTTT>

国土地理院標準地図(25000)を加工して使用

<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/#zoom=15&lat=43.09317&lon=141.68612&layers=BTTT>

国土地理院標準地図(25000)を加工して使用

<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/#zoom=15&lat=43.00999&lon=141.7362&layers=BTTT>

図 3-81 妨害波エリアの調査(移動局間)試験場所

(オ) 結果

測定地点ごとのアンテナ間の距離と信号レベルの測定結果と、シミュレーション計算結果を図 3-82に示す。場所①(ながめま温泉横)と場所②(南幌リバーサイド公園横)の2か所で測定した。地形の都合上、場所①は 350m までの測定結果である。

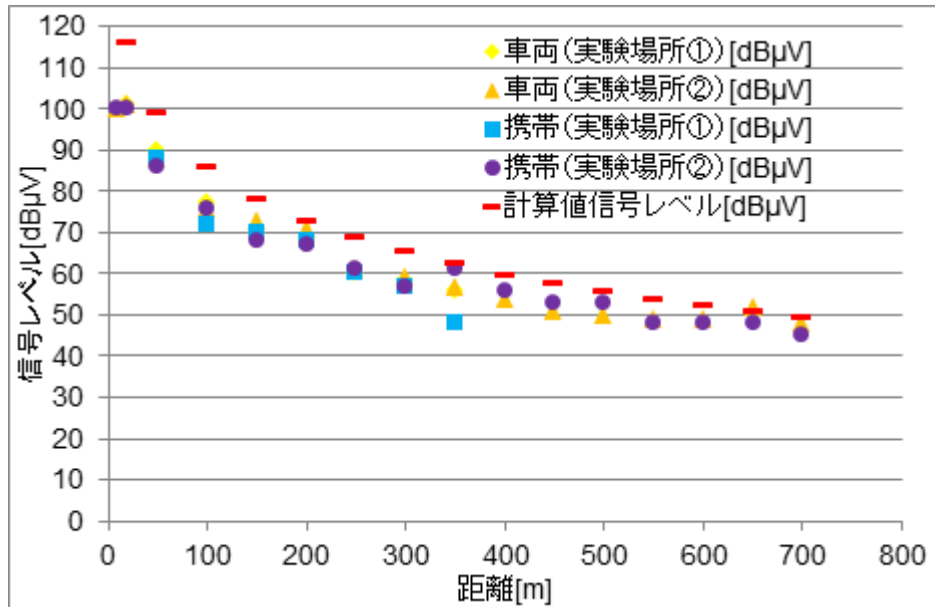


図 3-82 妨害波エリアの調査(移動局間)結果

実測値とシミュレーション計算値はおおむね一致している。

携帯型無線機からの送信時は、体の向きにより、10dB 程度のレベル差があった。受信地点から見て送信中の無線機が隠れるような向きが一番弱くなる。送信無線機の持ち方による影響は大きく、アンテナから顔までの距離が変化するとレベルが変わるため、できるだけ持ち方が変わらないように注意して試験を行った。

(カ) まとめ

100m 以内の距離では、強力な信号レベルを受けることが分かった。ただし、本試験で想定する中継システムは、二周波方式であるため、移動局同士における希望波と妨害波の周波数離隔は大きくなる。携帯型無線機の隣接チャネル干渉でも 2MHz 離隔で UD 比は 100dB 以上あるため、感度点付近でも干渉となる妨害波レベルは 100dBμV 程度となり、図 3-82の測定結果から離隔距離は約 10m に相当し、実質的に問題はないと想定される。

(3) 干渉試験に関する考察

ア 隣接または近接チャンネル干渉

隣接または近接チャンネル干渉では、実機の変調送信波を妨害波として試験を行った。ここでは、中継型無線機、車載型無線機、携帯型無線機のうち、携帯型無線機を例にとり、考察を行う。

実機を妨害波として用いた試験結果の図 3-65と、妨害波を標準信号発生器(SSG)の4値FSK変調として携帯型無線機を測定した結果の比較をを図 3-83に示す。隣接チャンネル付近をさらに拡大したグラフを図 3-84に示す。(希望波レベルが0dBμV、10dBμV及び20dBμVのものを抽出)。

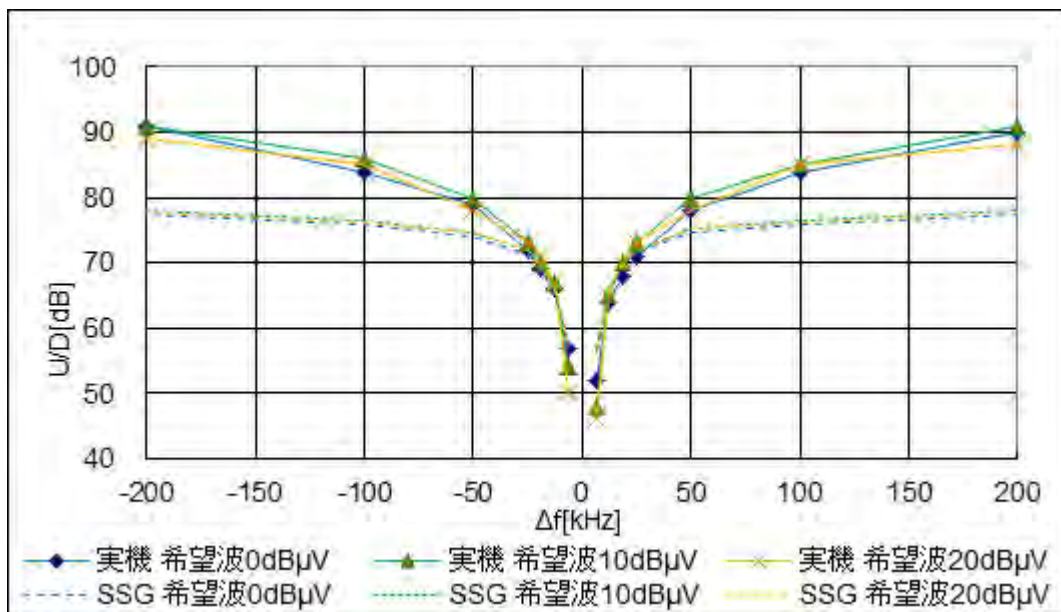


図 3-83 携帯型局無線機の隣接または近接チャンネル干渉測定結果(SSG 測定結果重ね)

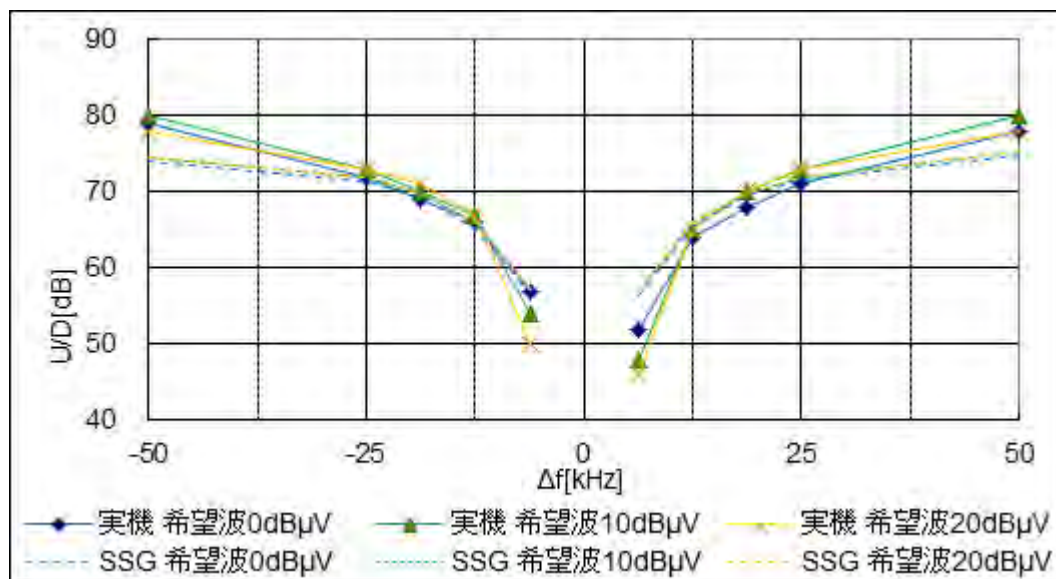


図 3-84 携帯型局無線機の隣接または近接チャネル干渉測定結果(SSG 測定結果重ね)

図 3-83では、 Δf が50kHz以上で、実機妨害波のUD比が大きい。図 3-84では、12.5kHz以下で実機妨害波のUD比が小さい。これは、妨害波に使用した標準信号発生器(SSG)及び無線機のC/Nによるものと考えられる。標準信号発生器(SSG)と無線機のC/Nを図 3-85に示す。標準信号発生器(SSG)のC/Nは、約40kHz以下の離調周波数で無線機のC/Nより良好であるが、それ以上の場合無線機のC/Nのほうが良好である。この特性が図 3-83及び図 3-84に表れていると考えられる。

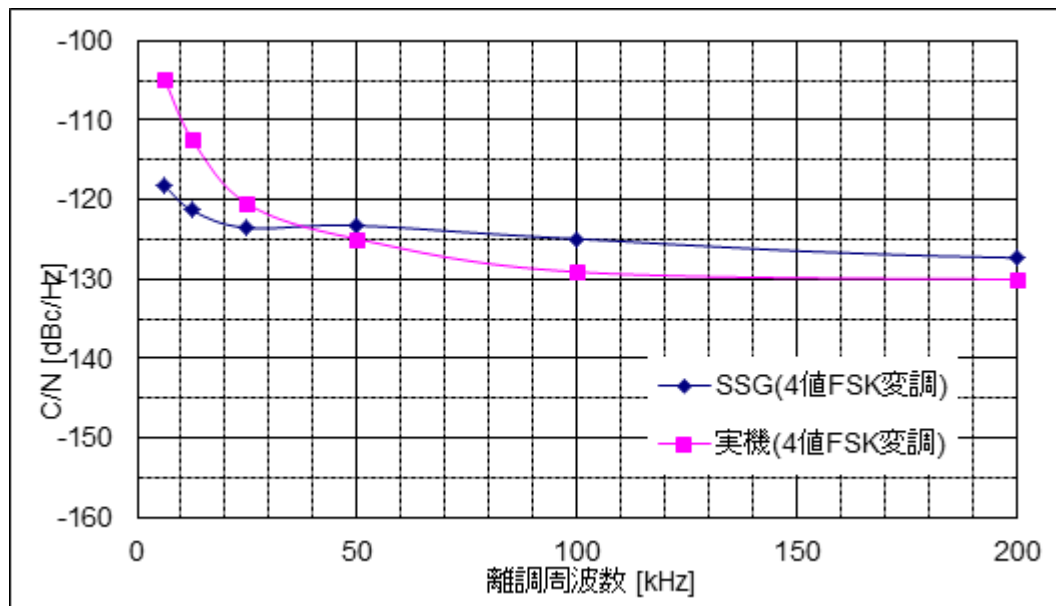


図 3-85 SSGと無線機のC/N

無線機の評価には、標準信号発生器(SSG)を用いるが、隣接または近接チャネル干渉を評価する場合は、その C/N を考慮した検討、検証が求められる。

中継型無線機の隣接チャネル干渉は、図 3-28 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉測定の結果(審査基準値重ね)より、0dBμV 程度の希望波を受信中、約 55dBμV(グラフから、+側一側の平均的値を読んだもの)の妨害波で干渉を受ける。これは、図 3-43 妨害波のエリア調査の結果より、妨害波が受信無線機の約 800m 以内にある場合に発生する可能性があるという結果が得られた。

次隣接チャネル干渉においては、図 3-28 中継型無線機の隣接または近接チャネル干渉測定の結果(審査基準値重ね)より、10dBμV 程度の希望波を受信中は、約 79dBμV の妨害波で干渉を受ける。これは、図 3-43 妨害波のエリア調査の結果より、妨害波が受信無線機の約 100m 以内にある場合に発生する可能性があるという結果が得られた。

実用的な受信レベルを約 10dBμV と考えると、中継局の 100m 以内に移動局が存在する確率が低い場合には、同一場所に設置された中継局で次隣接チャネルの使用が可能となる。

イ 相互変調

相互変調は、実機の変調送信波を妨害波として試験を行った。ここでは、中継型無線機、車載型無線機、携帯型無線機のうち、携帯型無線機を例にとり、考察を行う。

図 3-76の携帯型無線機の相互変調の測定結果に関し、 $\Delta f=6.25\text{kHz}$ 、 12.5kHz では、電波法関係審査基準の別図第 38 号の 2 の基準値(混信妨害の審査基準)を下回る測定結果となっている。

一般に、受信機の相互変調を評価する場合は妨害波を無変調とする。変調信号の影響を調べるため、無変調の妨害波にて携帯型無線機を測定すると、希望波 0dBμV、 $+12.5\text{kHz}/+25\text{kHz}$ の離隔周波数にて妨害波レベルは 64dBμV を得た。図 3-76の結果では約 56dBμV であり、8dB の差分は、妨害波信号による希望波チャネルへの漏洩電力によるものと考えられる。

(4) フィルタリング機能

ア アナログ方式での各種フィルタリング方法

中継システムにおいては、免許人の通信のみを中継し、免許人以外の通信を拒否するためのフィルタリング機能が必要である。

アナログ無線システムでは、いくつかの方式によってフィルタリングを実現している。CTCSS トーン、DCS コード及び音声重畳の低速データのように、音声帯域の一部に信号を重畳するものや、DTMF、MSK によるデータなどのように、送信開始時に信号を前置するものなどがある。

イ デジタル方式での各種フィルタリング方法

デジタル無線システムでは、下記の方式が利用可能である。

- スクランブルコード(ホワイトニングコード)
- ユーザコード
- ユーザリスト機能

(ア) スクランブルコード(ホワイトニングコード)

デジタル信号伝送では、同一符号の連続などを避けるため、送信データを演算によってランダム化する。その演算に使用するコードをスクランブルコード(ホワイトニングコード)という。

スクランブルコード(ホワイトニングコード)が一致しない場合、受信側では、データフレームを取得することはできるが、内容を解読できない。これにより、通信の盗聴を防止できる。

このコードによって、中継システムのフィルタリングを行うと、スクランブルコード(ホワイトニングコード)の異なる無線機からの送信は、中継局ではデータを解読できず、拒否される。中継局からの送信信号は、スクランブルコード(ホワイトニングコード)の異なる無線機で受信しても、データを解読できず、音もデータも生成できない。

標準規格 ARIB STD-T102 第 2 編の例では、9 ビット 512 種の初期コードを扱える。

A 実験試験局のスクランブル(ホワイトニング)機能の諸元

表 3-41 スクランブル(ホワイトニング)機能の諸元

機能名	スクランブル(ホワイトニング)
設定可能コード範囲	000000000(2 進数 9 ビット) ～ 111111111(2 進数 9 ビット)
準拠標準規格	ARIB STD-T102

B 設定内容

表 3-42 スクランブル(ホワイトニング)機能動作確認の設定内容

中継型無線機	011100100
携帯型無線機 A	中継型無線機と同じ
携帯型無線機 B	中継型無線機と同じ
携帯型無線機 C	011100101

C 動作確認の構成

動作確認の構成を図 3-86に示す。

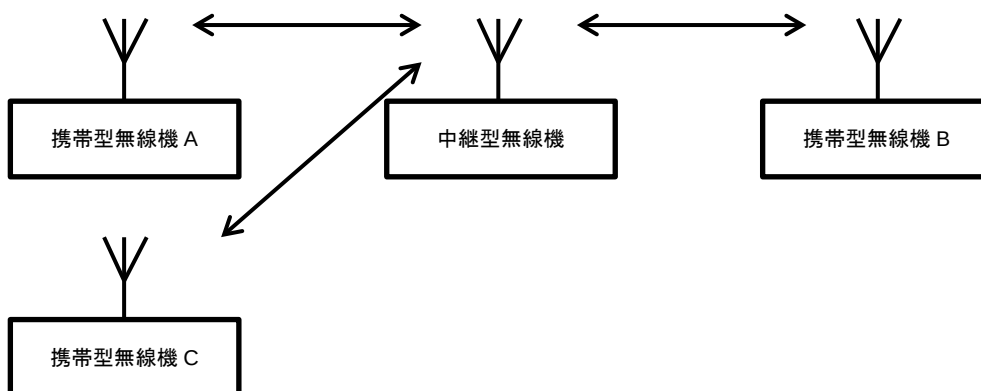


図 3-86 スクランブル(ホワイトニング)機能動作確認の構成

D 動作確認

携帯型無線機 A⇄携帯型無線機 B では、中継型無線機を経由して問題なく通話できた。

その際、携帯型無線機 C では、BUSY ランプ(話中表示)が緑色に点灯したが、受信音は出力されなかった。

携帯型無線機 C から送信すると、中継型無線機の BUSY ランプ(話中表示)が緑色に点灯したが、中継動作しなかった。

E まとめ

スクランブルコード(ホワイトニングコード)が異なる無線機では、中継システムの通話を傍受できないことが確認された。

スクランブルコード(ホワイトニングコード)が異なる無線機からは、中継動作を起動できないことが確認された。

(イ) ユーザコード

CTCSS と同様な目的で使用される機能である。無線機は、送信するデジタルフレームすべてにユーザコードを設定する。受信側無線機は、待ち受けているユーザコードと一致した場合のみ受信音を出力する。

標準規格 ARIB STD-T102 第 2 編の例では、6 ビット 64 種のユーザコードを扱える。ユーザコード 0 は「設定なし」を意味するため、コードとして使用できるのは 63 種である。受信側がユーザコード 0 で待ち受ける場合、送信側のユーザコードにかかわらず、受信可能である。

このコードによって、中継システムのフィルタリングを行うと、ユーザコードの異なる無線機からの信号は、中継局で判断して拒否される。中継局に、複数のユーザコードを待ち受ける機能が搭載されていれば、フィルタリング機能と同時に、複数ユーザの切り分け(相互の通話を聞こえなくする)も可能となる。ユーザコード=0 で待ち受ける無線機で受信した場合、中継システムすべての通話を受信可能である。

A 実験試験局のユーザコード機能の諸元

表 3-43 ユーザコード機能の諸元

機能名	ユーザコード
設定可能コード範囲	1～63 0 は全受信 (OFF) 設定
準拠標準規格	ARIB STD-T102

B 設定内容

表 3-44 ユーザコード機能動作確認の設定内容

中継型無線機	ユーザコード=1
携帯型無線機 A	ユーザコード=1
携帯型無線機 B	ユーザコード=1
携帯型無線機 C	ユーザコード=0
携帯型無線機 D	ユーザコード=2

C 動作確認の構成

動作確認の構成を図 3-87に示す。

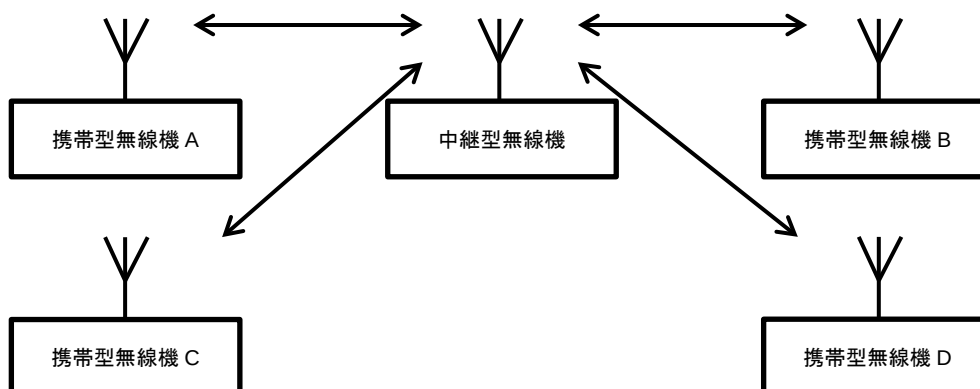


図 3-87 ユーザコード機能動作確認の構成

D 動作確認

携帯型無線機 A⇄携帯型無線機 B では、中継型無線機を経由して問題なく通話できた。

その際、携帯型無線機 C でも通話を受信できた。携帯型無線機 D では受信できなかった。

携帯型無線機 C から送信すると、中継型無線機の BUSY ランプ(話中表示)が緑色に点灯したが、中継動作しなかった。

携帯型無線機 D から送信すると、中継型無線機の BUSY ランプ(話中表示)が緑色に点灯したが、中継動作しなかった。

E まとめ

ユーザコードが異なる無線機では、中継システムの通話を受信できないことが確認された。

ユーザコード=0 の無線機では、中継システムの通話を受信できることが確認された。

ユーザコードが異なる無線機からは、中継動作を起動できないことが確認された。

(ウ) ユーザリスト機能

中継局で利用者をリスト化して管理する機能である。無線機にはシステム内でユニークなIDを割り当てる。中継局は、利用者のIDをリスト化し、リストにない無線機からの通信は拒否する。

標準規格 ARIB STD-B54 の例では、ID は 1～65519 の範囲が使用できる。

このコードによって、中継システムのフィルタリングを行うと、登録されていないIDの無線機からの信号は、中継局で判断して拒否される。登録されていないIDの無線機で受信した場合、中継システムすべての通話が受信可能である。

A 実験試験局のユーザリスト機能の諸元

表 3-45 ユーザリスト機能の諸元

機能名	ユーザリスト
設定可能 ID 数	最大 1000
設定可能 ID 範囲	1～65519
準拠標準規格	独自機能

B 設定内容

表 3-46 ユーザリスト機能動作確認の設定内容

中継型無線機(状態1)	ユーザリストに登録された ID=1、2
中継型無線機(状態2)	ユーザリストに登録された ID=1、2、3
携帯型無線機 A	ID=1
携帯型無線機 B	ID=2
携帯型無線機 C	ID=3

C 動作確認の構成

動作確認の構成を図 3-88に示す。

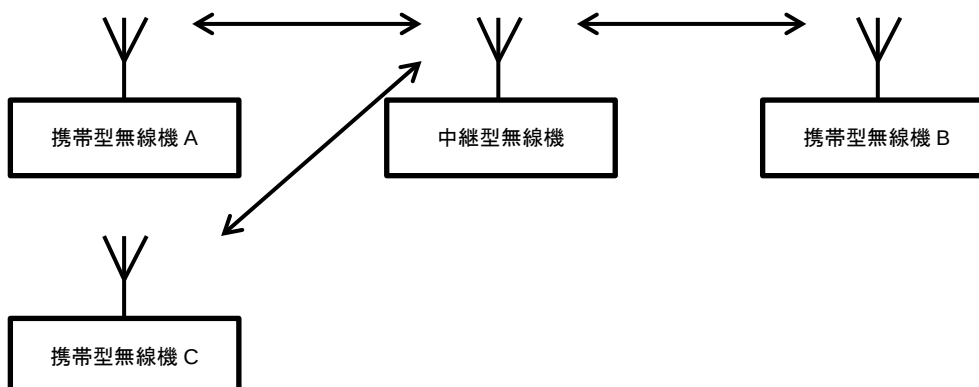


図 3-88 ユーザリスト機能動作確認の構成

D 動作確認

中継型無線機を状態1に設定し;

- 携帯型無線機 A⇄携帯型無線機 B では、中継型無線機を経由して問題なく通話できた。
- その際、携帯型無線機 C では通話を傍受できた。
- 携帯型無線機 C から送信すると、中継型無線機の BUSY ランプ(話中表示)が緑色に点灯したが、中継動作しなかった。

中継型無線機を状態2に設定し;

- 携帯型無線機 A⇄携帯型無線機 B で、中継型無線機を経由して問題なく通話できた。
- その際、携帯型無線機 C で通話を傍受できた。
- 携帯型無線機 C⇄携帯型無線機 A で、中継型無線機を経由して問題なく通話できた。
- 携帯型無線機 C⇄携帯型無線機 B で、中継型無線機を経由して問題なく通話できた。

E まとめ

ユーザリストに登録されていないIDの無線機では、中継動作を起動できないことが確認された。

(エ) フィルタリング方式の比較

試験で確認したフィルタリング機能の比較を表 3-47にまとめた。

表 3-47 フィルタリング方式の比較

	スクランブルコード	ユーザコード	ユーザリスト
免許人の通信のみ中継	可能	可能	可能
免許人以外からの通信を拒否	可能	可能	可能
拒否された無線機での通信傍受	不可	コード 0 で可能	可能
侵入の危険性	低	高	中
後参入(信号の途中から受信した場合に機能するか)	可能 フレーム毎に情報が搭載されているためフレーム欠落がない	可能 フレーム毎に情報が搭載されているためフレーム欠落がない	可能 ID 情報は、フレームに分割されて搭載されるため、ID 判別まで時間がかかる

(5) 共同利用型中継システム

共同利用型中継システムでは、通常の設備維持管理のほかに、利用者や運用に関する設定の管理が必要である。複数のユーザグループで運用されるシステムを想定した場合、設定の管理項目は下記のようなものが考えられる。

- ユーザリストへの ID 追加、削除
- ユーザグループの追加、削除
- 運用制限時間の設定、変更
- 待受けユーザコードの追加、削除

設定の変更は、中継局無線機の設置場所で直接機材を接続して実施する方法が基本である。しかしながら、中継局は電波伝搬条件の良い場所に設置することが多く、山上やビル屋上など、容易に設置場所に行けない場合もある。そのためアナログ無線システムを含め多くの中継局システムでは、回線を利用して遠隔で設定変更ができる。

共同利用型中継システムでは、前述のように設定変更の機会が多くなることが考えられるため、遠隔での設定変更は必須といえる。

ア 実験試験局の中継局設定変更機能の諸元

実験試験局で使用した中継型無線機は、RS-232C と IP 接続での設定変更が可能である。

(ア) 設定内容

表 3-48 中継局設定変更機能の諸元

中継型無線機(初期状態)	ユーザリストに登録された ID=1、2
中継型無線機(書き換え後)	ユーザリストに登録された ID=1、2、3
携帯型無線機 A	ID=1
携帯型無線機 B	ID=2
携帯型無線機 C	ID=3

(イ) 動作確認の構成

動作確認の構成を図 3-89に示す。

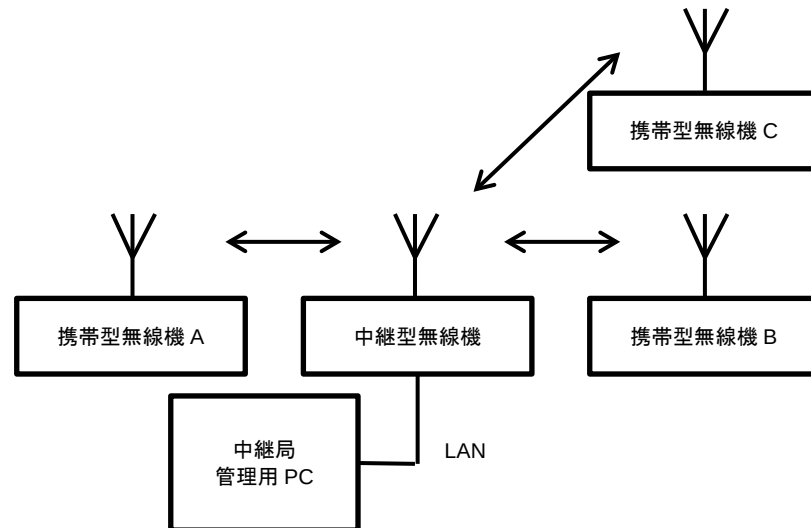


図 3-89 中継局設定変更機能動作確認の構成

(ウ) 動作確認

中継型無線機が初期設定状態で

- 携帯型無線機 A⇔携帯型無線機 B では、問題なく通話できた。
- 携帯型無線機 C から送信すると、中継動作しなかった。

中継型無線機を LAN 経由で中継局管理用 PC から設定を変更して

- 携帯型無線機 A⇔携帯型無線機 B で、問題なく通話できた。
- 携帯型無線機 C⇔携帯型無線機 A で、問題なく通話できた。
- 携帯型無線機 C⇔携帯型無線機 B で、問題なく通話できた。

(エ) まとめ

中継型無線機のユーザリストを遠隔操作で編集できることが確認された。

(6) 相互接続性

共同利用型中継システムでは、ユーザグループごとに無線機の調達先が異なる場合が想定される。この場合、製造事業者の異なる中継型無線機で中継できる必要がある。移動局無線機同士の相互接続性は、調達を容易にするなどの理由で利用者からの要望がある。

ア 試験の目的

製造事業者の異なる無線機を使用して、通話を行い、相互接続性を確認する。

イ 試験の考え方

現在入手可能な方式として、標準規格 ARIB STD-T102 第2編に準拠した無線機を使用する。

ウ 試験構成

試験構成を図 3-90に示す。

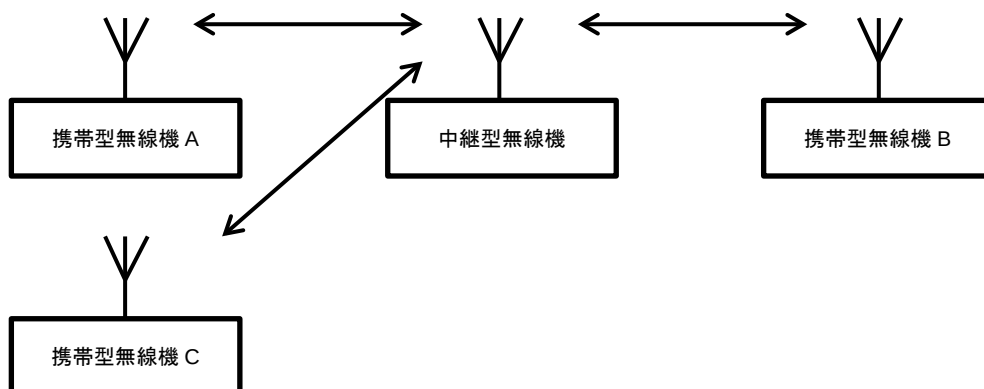


図 3-90 相互接続性動作確認の構成

エ 試験方法

中継型無線機を経由して、供試無線機同士で通話を行う

音質、音声遅延を聴感上で評価する

表 3-49 相互接続性動作確認に使用する無線機

けんうっどでじたるじっけん 4410	携帯型	A 社
けんうっどでじたるじっけん 4419	車載型	B 社
けんうっどでじたるじっけん 4421	車載型	C 社

オ 結果

表 3-50 相互接続性動作確認結果

↓受信側\送信側→	A 社	B 社	C 社
A 社		問題なく通話できた	問題なく通話できた
B 社	問題なく通話できた		問題なく通話できた
C 社	問題なく通話できた	問題なく通話できた	

いずれも、送話者の肉声と受信音との音声遅延は、約 0.3 秒だった。

カ まとめ

実証試験においては、異製造事業者 3 社製全て ARIBSTD-T102 第 2 編に準拠する無線機を用いた。当該規格においては、音声の相互接続性に関する試験方法を規定しており、音質を含め問題なく通話が行えることを確認した。また、音声についても、推奨する音声符号化方式(ボコーダ)を規定している。音声遅延は約 0.3 秒(約 4 フレーム長相当)であり、実用上、問題はなかった。

6 多チャネル使用における通信制御の技術的検討

本検討では、業務用デジタル無線通信システムにおける通話モデルを定義し、通話モデルに対する移動局の収容台数をトラヒック理論を用いて求める。システムのチャネル数と呼損率をパラメータとした収容台数の計算に加えて、アクセス方法による収容台数やアクセス時間の変化に関しても評価を行い、共同利用型システムに適した運用条件を検討する。

(1) 多チャネル使用システムにおける通話モデル

自営無線通信システムは特定の団体がシステムを所有して使用するため、それぞれの移動局の通話頻度や通信内容に大きな違いはなかった。本報告書で検討する共同利用型システムでは、複数の利用者(団体)が共同で使用するため、利用者ごとに通信内容や通話頻度が大きく異なることが想定される。特にデジタル無線通信システムではデジタルデータとの親和性が高いことから、従来に比べてデータ通信の割合が増える傾向にある。本報告書の第3章4項に記載したとおり、利便性を向上する機能の多くはデータ通信に係る機能である。例えば、タクシー無線ではGPSデータを利用した位置管理を従来から利用しているが、今後は車載型無線機に限らずGPS受信機を内蔵した携帯型無線機を用いて人間の位置管理を行う用途への利用の広がりが期待される。

一般的にトラヒック計算においては、1回の音声通信時間や1時間当たりの発呼数はすべての移動局で同一というサービス条件で計算をするが、共同利用型システムでは利用者ごとにサービス内容が異なることが予想されるため、すべての利用者に対して同一のサービス条件を適用することは適切ではない。通常是最繁時のトラヒック量を用いて収容台数を計算するが、本報告書では共同利用型システムの特徴を考慮して、音声通信やGPSデータ通信などの通信内容ごとに異なったサービス条件を適用し、複数の通信内容を組み合わせて運用した場合の収容台数を計算することとする。

(2) 通信内容ごとの送信時間

通信内容としては、音声通信、並びにGPSデータとショートメッセージ(SDM)の2種類のデータ通信を対象とする。

音声通信の送信時間は、ユーザーがPTTをプレスしている時間で決まり、通信方式には依存しない。それに対しデータ通信は、通信方式の伝送速度や誤り訂正を含めたデータ伝送効率と、伝送するユーザデータ量に依存する。通信方式はARIB STD-T102 第2編とし、当該規格の付属資料に記載のUDCH1/FACCH2の機能チャネルを用いたデータ通信動作を用いることとする。GPSデータとショートメッセージを送る場合のフレーム構成は以下とする。

GPSデータ通信の場合；

- 位置座標データを送るために、3個のUser Dataフレームを利用

- 開始(Header)フレームと終了(End)フレームを結合して、送信時間は 400ms

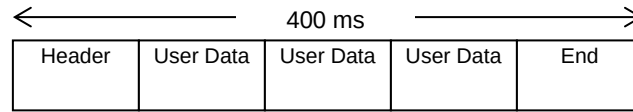


図 3-91 GPS データ通信のフレーム構成

ショートメッセージ通信の場合；

- メッセージ長は 100 バイトとし、6 個の User Data フレームを利用
- 開始(Header)フレームと終了(End)フレームを結合して、送信時間は 640ms

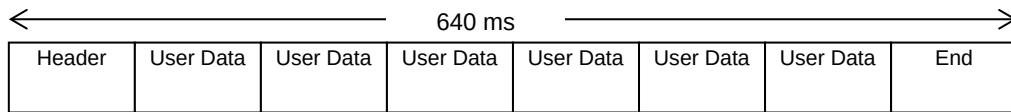


図 3-92 ショートメッセージ通信のフレーム構成

以上のことから、通信内容ごとのサービス条件を表 3-51のように設定する。利用者によって通話頻度が異なることを想定し、通話回数が多い場合と少ない場合の 2 通りの条件を用いる。

表 3-51 共同利用型システムのサービス条件

通信内容	送信時間	通話回数/時間	通話時間
音声通信	15 秒	4 回	60 秒
		1 回	15 秒
GPS データ	0.4 秒	60 回 (1 分周期)	24 秒
		12 回 (5 分周期)	4.8 秒
ショートメッセージ	0.64 秒	2 回	1.28 秒
		0.5 回	0.32 秒

(3) 通話モデルごとの収容台数

共同利用型システムが複数のチャネル(中継局)から構成されとしても、移動局はその中の特定のチャネルだけを利用する。チャネルが使用中の場合は他の移動局が発呼をすることができないため、収容台数の計算は即時式(アラン B 式)にて 1 回線の場合の条件を用いて行えばよい。

表 3-51 のサービス条件の組み合わせは、1 種類の通信内容の場合は 6 通り、2 種類の通信内容の組み合わせの場合は 12 通り、3 個の通信内容の組み合わせの場合は 8 通りがあり、トータルでは 26 通りの組み合わせがある。ここでは一般的な音声通信だけの通話モデルに加えて、音声通信に GPS データ及び／又はショートメッセージを組み合わせた通話モ

デルを 26 通りの中から 7 通りをピックアップして比較を行う。7 通りの通話モデルにおける収容台数と呼損率の関係を図 3-93に示す。また、5%、10%及び 15%の呼損率における収容台数は表 3-52のとおりとなる。

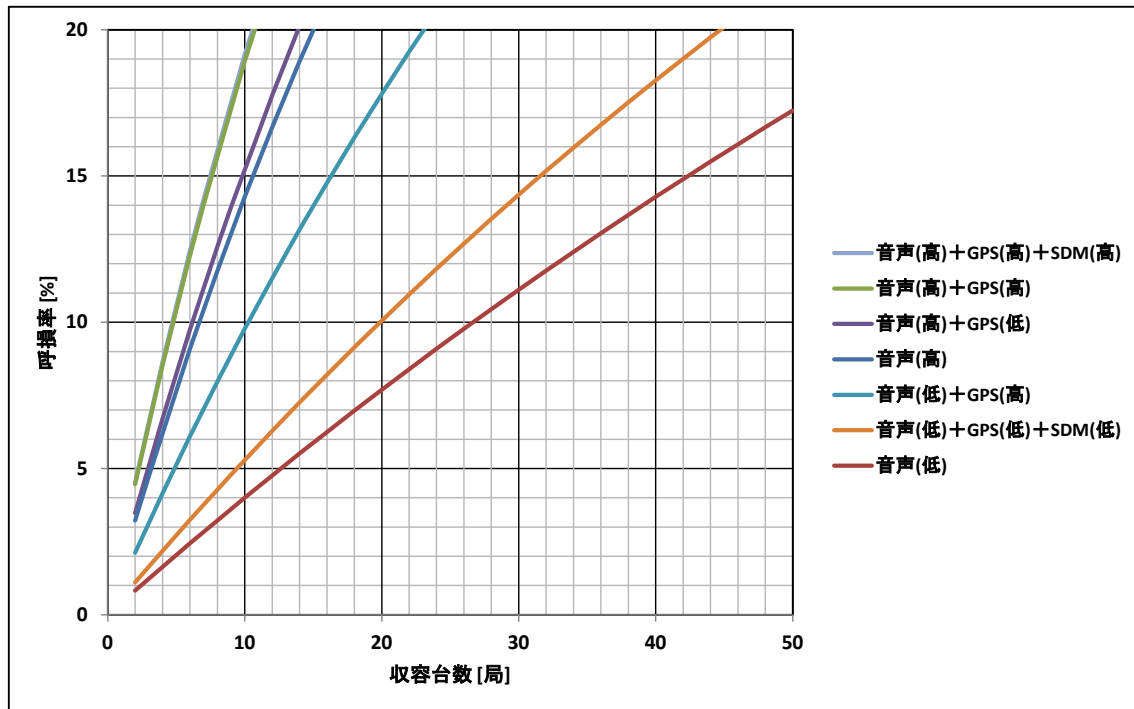


図 3-93 通話モデルごとの 1ch の収容台数

表 3-52 通話モデルごとの 1ch の収容台数 (3 種類の呼損率の場合)

通話モデル \ 呼損率	5%	10%	15%
音声(高)+GPS(高)+SDM(高)	2	4	7
音声(高)+GPS(高)	2	4	7
音声(高)+GPS(低)	2	6	9
音声(高)	3	6	10
音声(低)+GPS(高)	4	10	16
音声(低)+GPS(低)+SDM(低)	9	19	31
音声(低)	12	26	42

図 3-93と表 3-52ともに収容台数の少ない順序(呼量の多い順序)で通話モデルを並べてある。音声通信の呼量が多いため、収容台数は音声通信の通話回数に大きく依存している。また、GPS データ通信の送信周期も収容台数に大きな影響を与える。ショートメッセージは通話回数が多い場合でも呼量が少ないため、収容台数への影響は限定的となる。

(4) 複数チャネルのシステムにおける収容台数

複数チャネルで構成される共同利用型システムの収容台数は、第3章6(3)項の 1ch の収容台数にチャネル数を乗じた台数で求められる。表 3-53に複数チャネル構成の収容台数を示す。表 3-52の収容台数にチャネル数を乗じるだけのため、呼損率 10%の場合だけを示す。

表 3-53 複数チャネル構成の収容台数 (呼損率 10%の場合)

通話モデル \ チャネル数	2	4	6	8	10
音声(高)+GPS(高)+SDM(高)	8	16	24	32	40
音声(高)+GPS(高)	8	16	24	32	40
音声(高)+GPS(低)	12	24	36	48	60
音声(高)	12	24	36	48	60
音声(低)+GPS(高)	20	40	60	80	100
音声(低)+GPS(低)+SDM(低)	38	76	114	152	190
音声(低)	52	104	156	208	260

(5) 複数チャネル構成にて、チャネルスキャン動作を適用した場合の収容台数

第3章6(4)項の検討は、複数チャネルで構成される共同利用型システムであっても移動局は特定のチャネルだけを使用することを前提とした内容である。システムの収容台数を最大化するためにはチャネル間のトラヒックを平準化する必要があるが、利用者ごとに通話頻度が異なるため、単純に利用者が所有する台数だけからチャネル割り当てを決めるのは適切ではなく、平準化は困難と考えられる。移動局が特定のチャネルを使用するのではなく、空いているチャネルを自動的に探し出して通信を行うことができれば、トラヒックを平準化することができる。空きチャネル探索の方法として、移動局がシステム内のチャネルを順番にスキャンして空きチャネルを見つけ出す処理を適用し、この場合の収容台数を検討する。

スキャン動作を用いた場合、アイドル中の移動局は常にチャネルスキャンを行っており、PTT がプレスされたならば、その直後に見つけた空きチャネル上で発呼を行う。着呼側の移動局もチャネルスキャンを行っており、中継局の信号の中から自分宛ての信号を見つけたならば、そのチャネルに留まって受信動作を行う。そのため、発呼移動局の送信開始から、着呼移動局が信号を見つけるまでにタイムラグが生じ、送信信号の最初から受信できずに頭切れが生じてしまう。音声通信では会話の最初の部分が欠落するが、場合によっては会話の途中からでも内容を理解できるため必ずしも問題とはならない。それに対してデータ通信

の場合は、送信の先頭でヘッダー情報が送られるために頭切れは必ずデータ通信不成立となる。

送信開始直後に先頭フレームを送るのではなく、適切な長さのプリアンブル(またはダミーフレーム)を先頭フレームの前に付加することで頭切れを防止することができる。適切な長さは移動局のチャネルスキャン動作における信号判定の方法に関係し、ここでは以下の3段階の信号判定と処理時間を想定する。

- キャリア検出: 50ms
- 同期ワード検出: 160ms (80ms フレームの 2 個分)
- 宛先判定: 320ms (80ms フレームの 4 個分)

最短でもチャネルには 50ms 留まるため、10ch のシステムの場合のスキャン時間は最短で 500ms となる。また、すべてのチャネルに信号があり同期獲得もできたが自分宛ての信号ではなかった場合、スキャン時間は最長の 3200ms となる。したがって、頭切れを完全に防止するならば 3200ms 程度のプリアンブルを付加することが必要となる。しかし全部のチャネルが使用中となる確率は高くはないと思われるため、半分のチャネルが信号なしの状態、残りの半分の宛先違いの信号ありの状態として必要なプリアンブル時間を見積もると、チャネル数に応じたプリアンブル時間は表 3-54 のとおりとなる。

表 3-54 チャネル数に対するプリアンブル時間

チャネル数	2	4	6	8	10
プリアンブル時間	370ms	740ms	1170ms	1480ms	1850ms

表 3-54 のプリアンブル時間が送信時間に付加されることになるため、表 3-51 のサービス条件は以下のように修正される。

表 3-55 スキャン動作を用いた場合のサービス条件

通信内容	送信時間	通話回数/時間	呼量
音声通信	15 秒 + プリアンブル時間	4 回	(15 秒 + プリアンブル時間) × 4
		1 回	15 秒 + プリアンブル時間
GPS データ	0.4 秒 + プリアンブル時間	60 回 (1 分周期)	(0.4 秒 + プリアンブル時間) × 60
		12 回 (5 分周期)	(0.4 秒 + プリアンブル時間) × 12
ショートメッセージ	0.64 秒 + プリアンブル時間	2 回	(0.64 秒 + プリアンブル時間) × 2
		0.5 回	(0.64 秒 + プリアンブル時間) × 0.5

表 3-55のサービス条件において、10ch 構成のシステムの収容台数と呼損率の関係は図 3-94のとおりとなる。また、5%、10%及び 15%の呼損率における収容台数は表 3-56のとおりとなる。10ch 構成のプリアンブル時間として 1.85 秒を送信時間に加算したものの、表 3-53の 10ch 構成の収容台数に比べて大幅に増加している。送信時間の増加によるトラヒックの増加よりも、空きチャネル探索でトラヒックが平準化されたことによる改善効果の方が大きいためと考えられる。特に送信時間全体に占めるプリアンブル時間の割合が小さい音声通信での収容台数の改善が大きく、約 6 倍の増加となっている。それに対し、プリアンブル時間の割合が大きい GPS データ通信を含む通話モデルでの改善効果は 2 倍～3 倍と小さい。改善効果の違いのため、音声(低)+GPS(高)の収容台数の順位が表 3-53における順位とは異なっている。

スキャン動作とプリアンブルを用いることで、PTT プレスから通話開始までの時間が長くなるレスポンスの低下や、受信の頭切れが発生する可能性があるものの、トラヒックが平準化されることで大幅に収容台数が増加する結果を得られた。

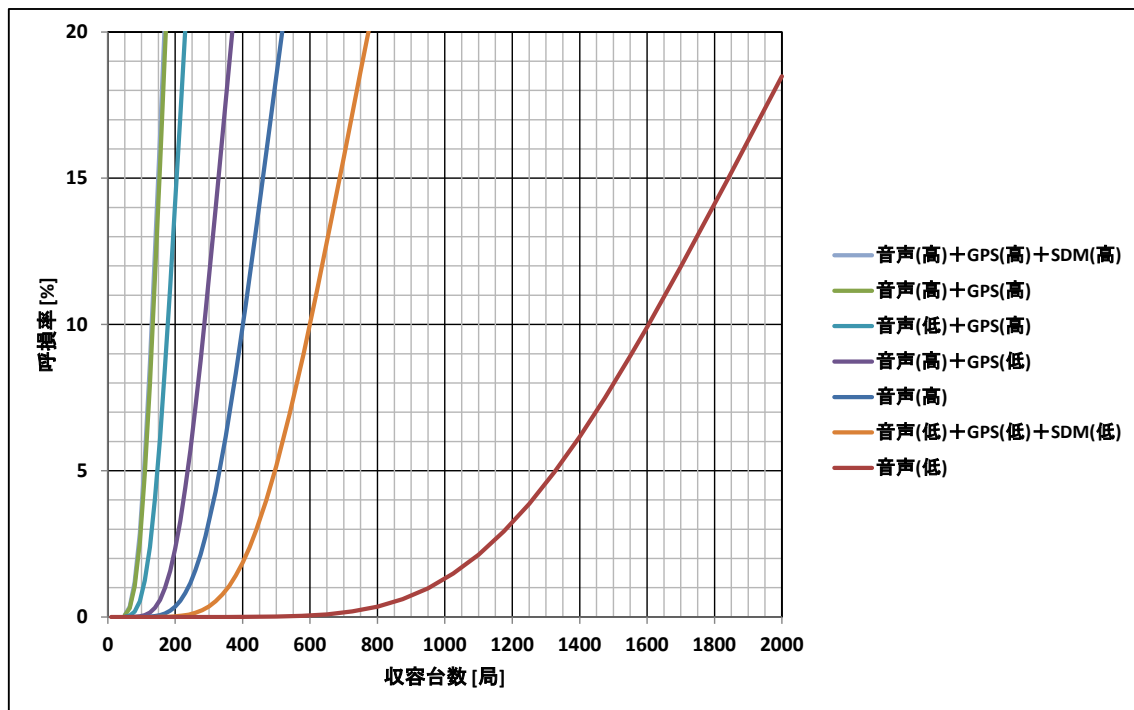


図 3-94 スキャン動作を用いた 10ch システムの収容台数

表 3-56 スキャン動作を用いた 10ch システムの収容台数

通話モデル \ 呼損率	5%	10%	15%
音声(高)+GPS(高)+SDM(高)	107	130	149
音声(高)+GPS(高)	110	133	153
音声(高)+GPS(低)	237	286	328
音声(高)	331	401	460
音声(低)+GPS(高)	147	178	204
音声(低)+GPS(低)+SDM(低)	496	599	687
音声(低)	1327	1604	1840

(6) 複数チャネル構成にて、マルチチャネルアクセス方式を適用した場合の収容台数

第3章6(5)項の空きチャネル探索の方法は移動局のチャネルスキャン動作を用いたが、別の方法として中継局が空きチャネルを移動局へ通知する方法がある。これはマルチチャネルアクセス方式と呼ばれ、一般的にシステムは役割の異なった制御 ch と通信 ch とを有し、制御 ch 上にて移動局は発着信動作を行い、中継局から指定された通信 ch に移動して通話を行う動作をする。システム内の 1 つのチャネルは制御 ch として使用されるため、すべてのチャネルを通話に利用できないことで効率は低下する。しかし、アイドル状態の移動局は常に制御 ch 上に留まっているため、移動局はチャネルスキャンを行う必要はなく、プリアンプルを付加しなくてもよい。また、第3章6(4)項では複数チャネルのシステムの収容台数を、1ch 当たりの収容台数にチャネル数を乗じて求めたが、マルチチャネルアクセス方式のシステムでは通信 ch 数当たりの収容台数を求めることになる。

表 3-51 のサービス条件を用いて、2ch 構成、4ch 構成、6ch 構成、8ch 構成及び 10ch 構成の収容台数を図 3-95 から図 3-99 に示す。表 3-57 に呼損率 10% における各 ch 構成の収容台数を整理する。制御 ch を含めた ch 構成のため、ここから 1ch 減らした値が通信 ch 数となる。比較条件を上述の計算と同一にするため、即時式のマルチチャネルアクセス方式とする。また図 3-100 に 1ch 当たりの収容台数を比較した結果を示す。

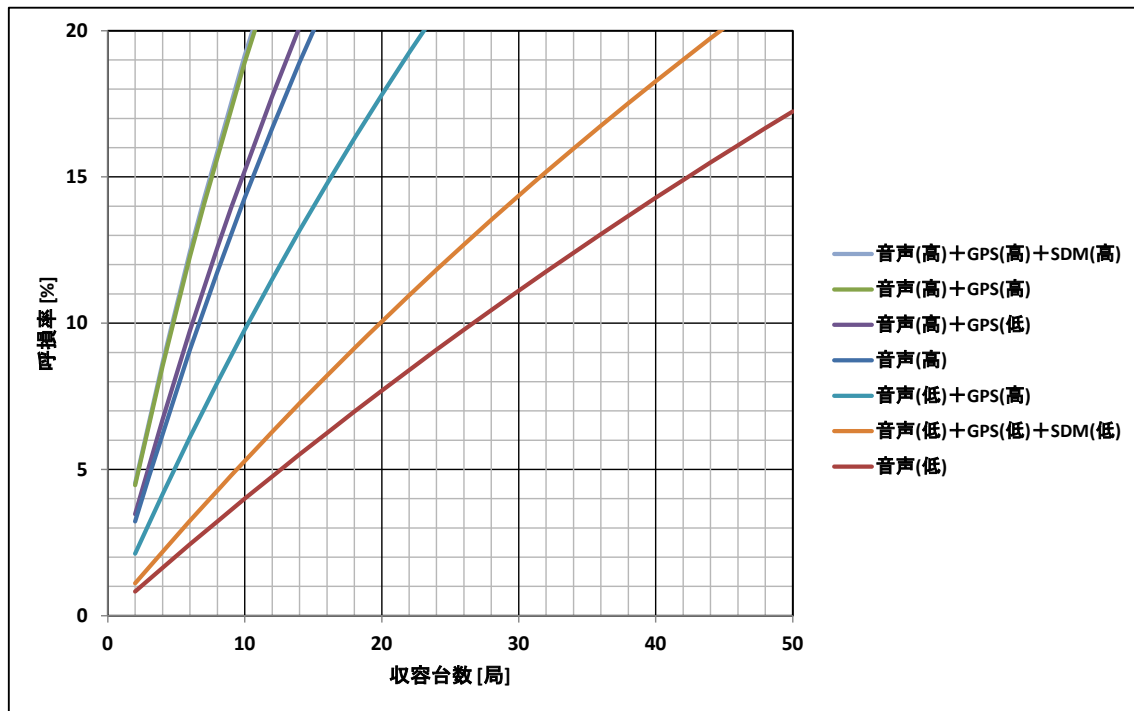


図 3-95 2ch 構成の収容台数(通信 ch 数=1)

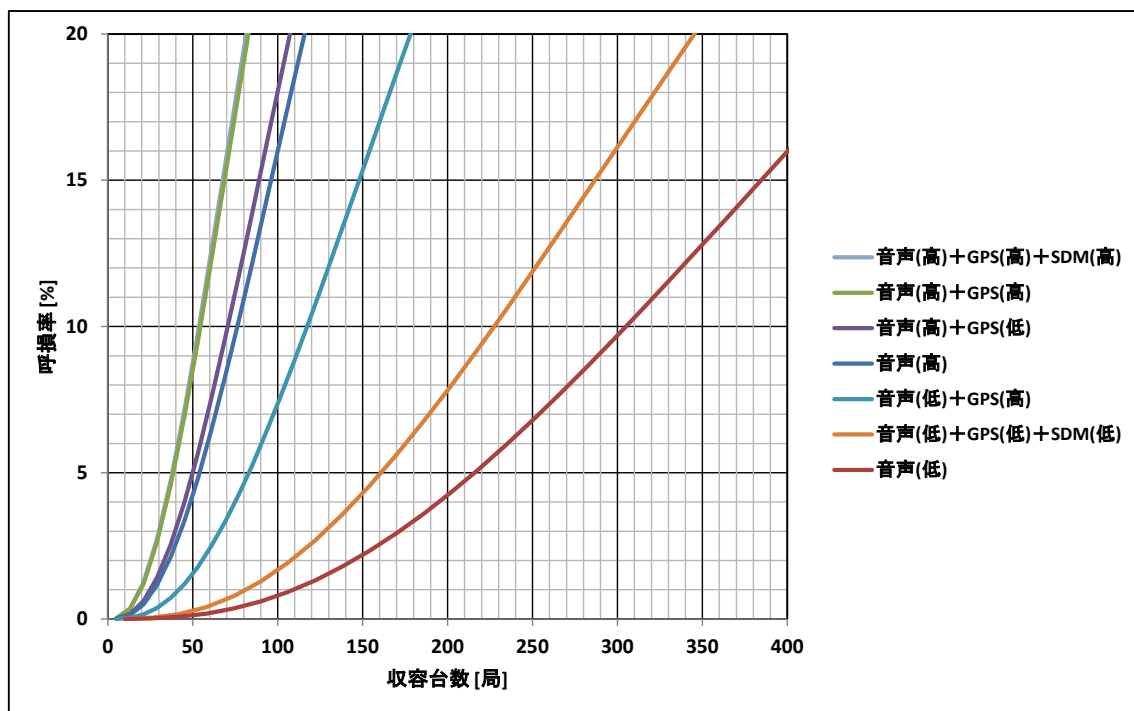


図 3-96 4ch 構成の収容台数(通信 ch 数=3)

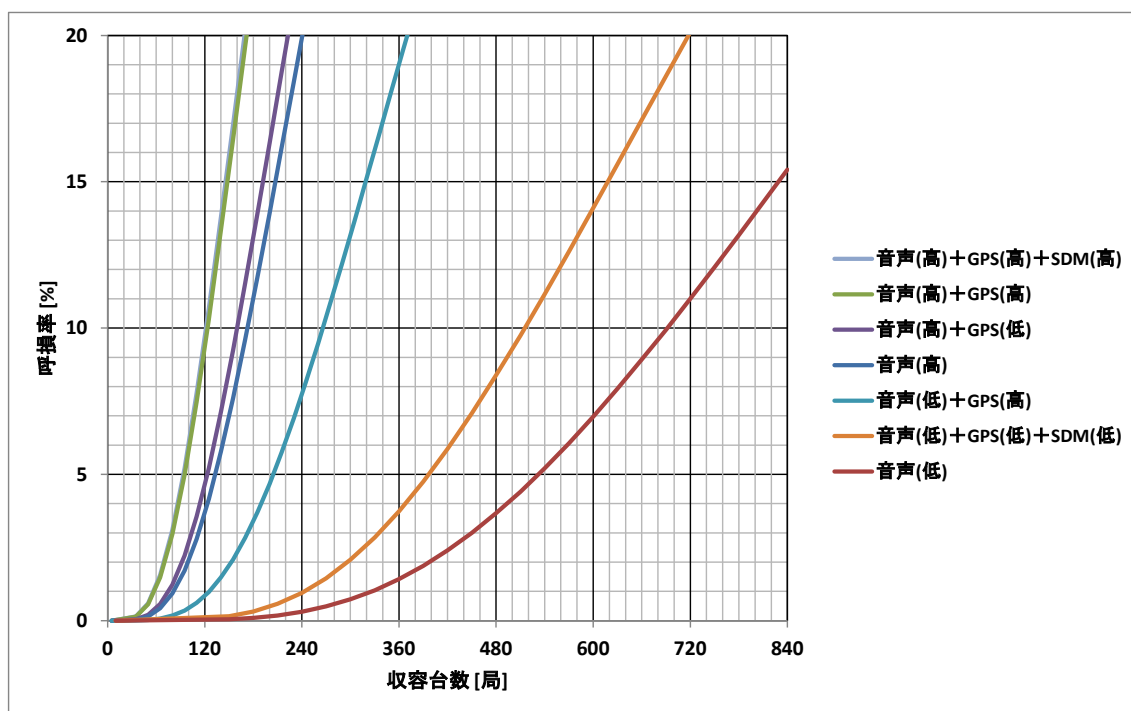


図 3-97 6ch 構成の収容台数(通信 ch 数=5)

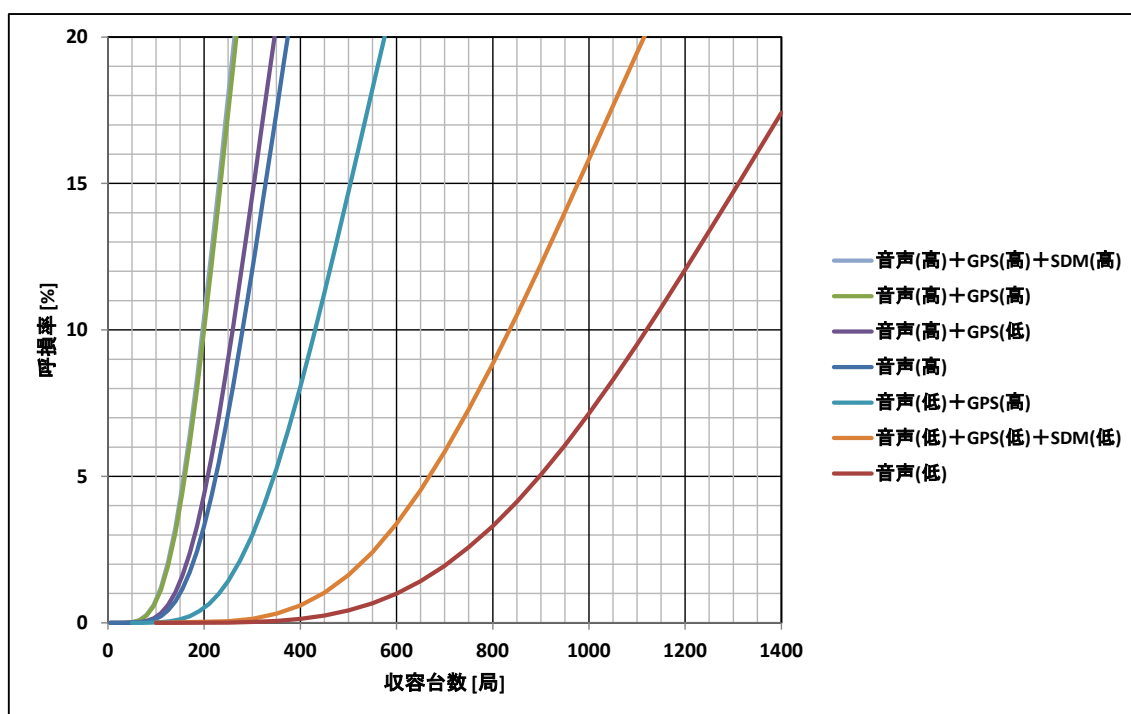


図 3-98 8ch 構成の収容台数(通信 ch 数=7)

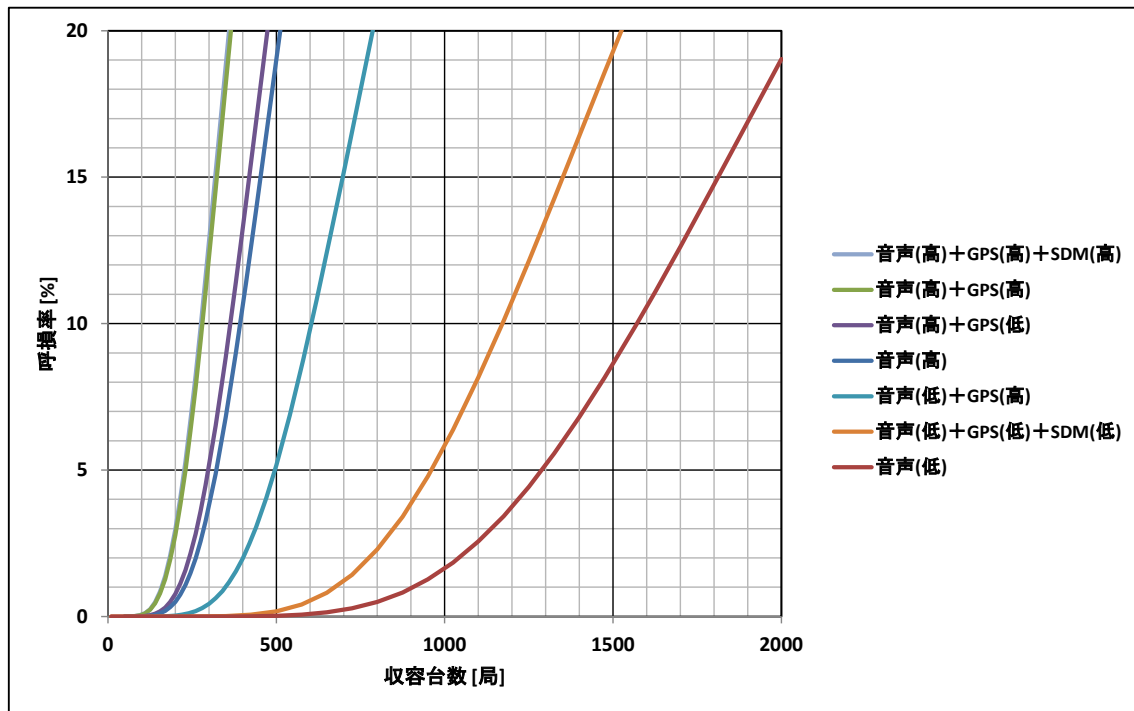


図 3-99 10ch 構成の収容台数(通信 ch 数=9)

表 3-57 マルチチャネルアクセス方式の収容台数 (呼損率 10%の場合)

通話モデル \ チャネル数	2	4	6	8	10
音声(高)+GPS(高)+SDM(高)	4	53	121	196	276
音声(高)+GPS(高)	4	54	123	199	280
音声(高)+GPS(低)	6	70	160	259	363
音声(高)	6	76	172	279	392
音声(低)+GPS(高)	10	117	265	430	604
音声(低)+GPS(低)+SDM(低)	19	227	515	834	1171
音声(低)	26	305	691	1119	1571

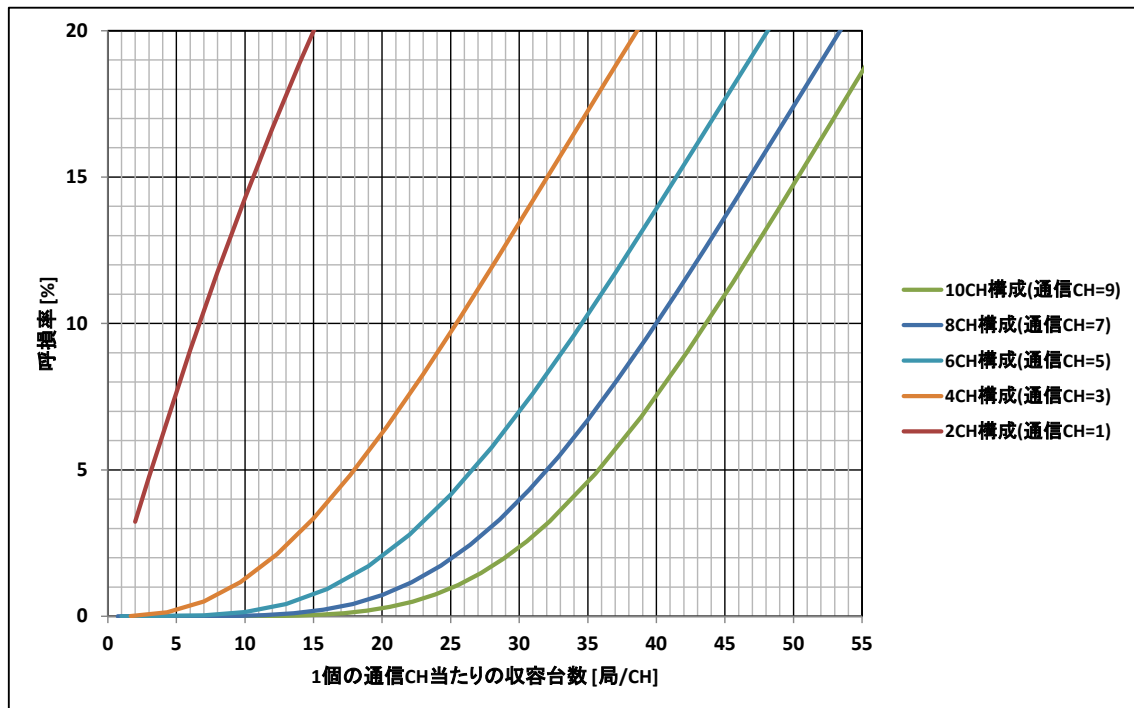


図 3-100 1ch 当たりの収容台数の比較

2ch 構成の収容台数は、通信 ch 数が 1ch だけなので第3章6(3)項の結果と同じである。

4ch 構成の収容台数の結果において呼損率 10%の収容台数は、第3章6(4)項の表 3-53の 4ch 構成の収容台数の約 3 倍であり、また 10ch 構成の収容台数よりも多い。

10ch 構成の収容台数の結果は、表 3-53の 10ch 構成の収容台数の約 6 倍である。また、スキャン動作を利用する表 3-56の呼損率 10%の収容台数と比較すると、音声通信だけの通話モデルに限って表 3-56の方の収容台数が多い。マルチチャネルアクセス方式での通信 ch 数は 9ch であるため、1ch の差異による影響である。複合した通話モデルではマルチチャネルアクセス方式の方が収容台数は多く、この場合は ch 数の減少よりもプリアンブル付加による送信時間の増加の方の影響が大きい。

音声通信のみの運用の場合は、すべてのチャネルを通信 ch として使用できるスキャン動作の方が収容台数は多くなるが、スキャン動作とプリアンブル付加による使用感の劣化のトレードオフがある。GPS データ通信なども行う運用では、すべてのチャネルを通信 ch として使用できなくとも、マルチチャネルアクセス方式の方の収容台数は多くなることから、総合的にはマルチチャネルアクセス方式の方にメリットがあると考えられる。また図 3-100から、ch 数が多いほど 1ch 当たりの収容台数が多くなり、マルチチャネルアクセス方式は ch 数が多いほど効率的な運用をすることができる。

(7) アクセス時間の検討

無線通信システムの運用において、発着信動作のレスポンスは利用者の使い勝手の面から重要な要素である。移動局が特定のチャネルだけを利用する場合、チャネルスキャン動作で任意のチャネルを利用する場合、及びマルチチャネルアクセス方式を利用する場合において、中継局を経由した移動局間通信でのレスポンスの違いについて検討する。なお、通信方式は ARIB STD-T102 第 2 編を使用し、フレーム長は 80ms である。中継局における折り返し動作は想定される最短の時間を用いる。ただし、同期獲得条件などの詳細な条件までは考慮していないため、実際のレスポンスは最短の時間よりも 0 フレーム～数フレームだけ延びる可能性がある。

ア 特定のチャネルだけを利用する場合

特定のチャネルだけを利用する場合が最も簡潔な動作である。PTT がプレスされて送信を開始した発信局からの信号を中継局が受信し、最短では 1.5 フレーム遅延にて折り返し送信を開始する。折り返し信号を着信局が受信することで、発着信動作が完了する。発信局のフレームの先頭から、着信局にフレームの先頭が届くまでをアクセス時間とすると、120ms の時間となる。

なお、本検討に用いる当該規格(第 2 編)においては、PTT プレスから送信回路の立ち上がりまでの規定時間は任意であることから、発信局のフレームの先頭に先立ち、一般的にさらに数 10ms 程度の時間が必要である。また、音声通信において着信局で受信音が出力されるのは“r2”または“r3”のフレームからであり、音声信号の遅延時間はアクセス時間よりも長くなる。

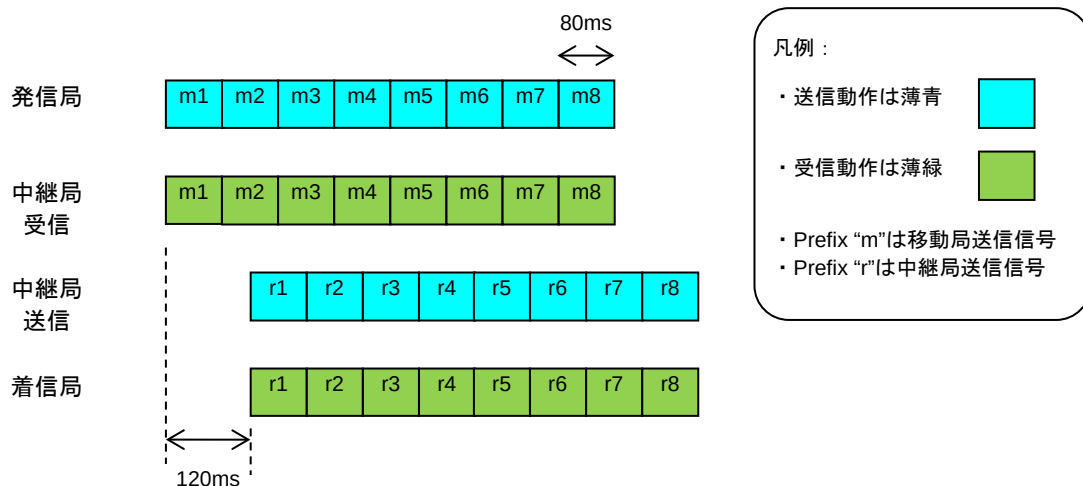


図 3-101 特定のチャネルだけを利用する場合のアクセス時間

イ チャネルスキャン動作にて任意のチャネルを利用する場合

チャネル数によってプリアンブル時間が異なるため、第3章6(5)項と同じ条件にて検討する。

10ch 構成の場合のプリアンブル時間は 1.85 秒が必要であり、ここでは 80ms フレーム長に適するように 1.84 秒のプリアンブル時間とする。発信局は 23 個のフレームに相当するプリアンブルを付加するため、図 3-101 のアクセス時間に対して付加分だけ時間が延びることになる。

なお、プリアンブル信号でも中継局は折り返し送信を開始する条件としている。また、図 3-102 では着信局がプリアンブル信号の先頭(rp1)から受信する表現になっているが、着信局もチャネルスキャンを行っているため、1.84 秒のプリアンブル信号を任意のタイミングで受信することになる。

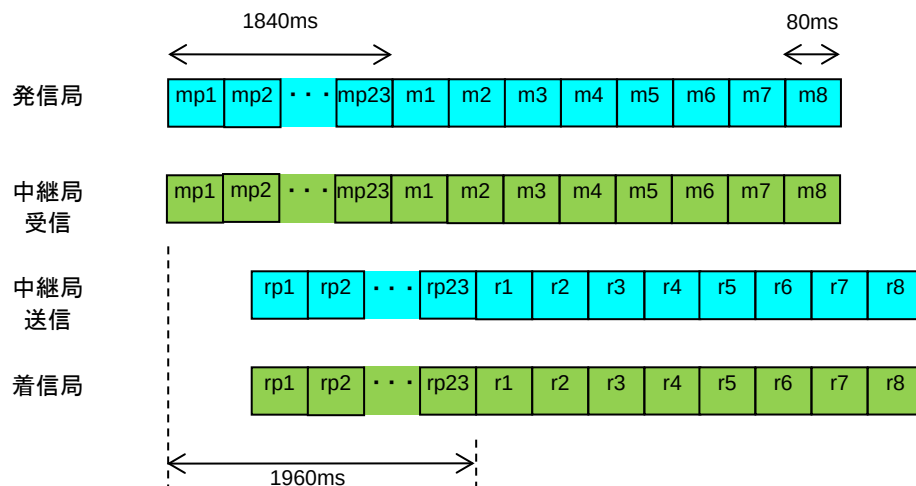


図 3-102 チャネルスキャン動作にて任意のチャネルを利用する場合のアクセス時間

ウ マルチチャネルアクセス方式を利用する場合

マルチチャネルアクセス方式では、制御 ch 上で発信局が通信要求信号(m1)を送り、中継局は移動先の通信 ch を通知するために通信 ch 割当信号(r1)を返答する。発信局及び着信局の両方が通信 ch 割当信号(r1)を受信し、両方とも指定された通信 ch に移動することで発着信動作が完了する。制御 ch 上での発信局の通信要求信号から、通信 ch 上で折り返された発信局からの信号を着信局が受信するまでの時間は 360ms となる。

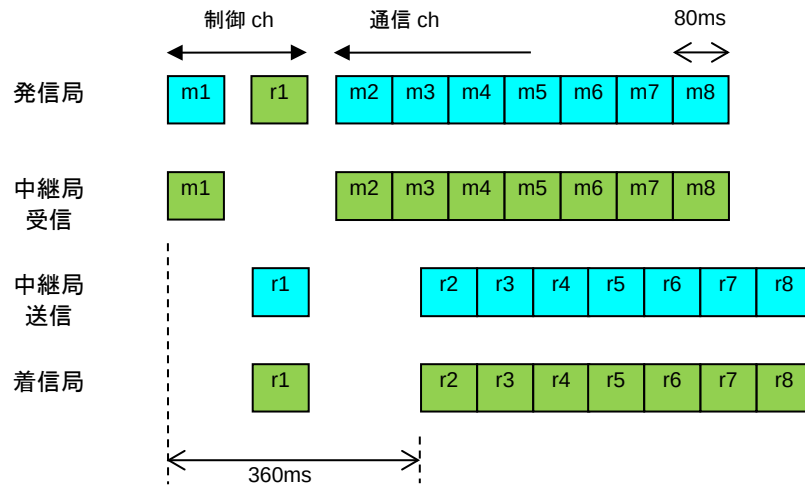


図 3-103 マルチチャネルアクセス方式を利用する場合のアクセス時間

(8) まとめ

本項のまとめについては、第4章に記載する。

第4章

調査検討の結果

第4章 調査検討の結果

1 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

(1) デジタル業務用無線通信システムの構成

本調査検討会において想定したデジタル業務用無線通信システムの構成は、事務所等、または、高いビル、山の上等、ユーザーの事業エリアをカバーできる場所に中継局を設置、事務所等には据置き型の無線機、車両等には車載型無線機、または、携帯型無線機を使用し、運用するものである。

中継局は、収容数やトラヒックに余裕がある場合は、他のユーザーとも共用して使用することにより、設置費用やランニングコストを分担し、負担軽減を図ることができるものである。



図 4-1 デジタル業務用無線通信システムの構成

(2) アナログからデジタルへの移行

現在アナログ無線を使用しているユーザーは、デジタル化への移行方法が課題となる。設備の一括全面更新が可能であれば問題ないが、資金面、運用面から部分的にしか更新できないユーザーも多い。その移行期間には、デジタル、アナログ 2 種類の無線機が混在した状態で運用する必要がある。

実証試験に用いた 4 値 FSK 変調 SCPC 方式の無線機は基本的に FM 方式であり、ベースバンド信号処理の変更だけでアナログ FM 方式に容易に対応可能なため、デジタル・アナログのデュアルモードに対応した無線機を構築できる。

したがって、次のような移行方法が可能である。

(ステップ1) アナログ無線機の一部をデジタル無線機に更新、デジタル無線機はアナログモードとして使用する。

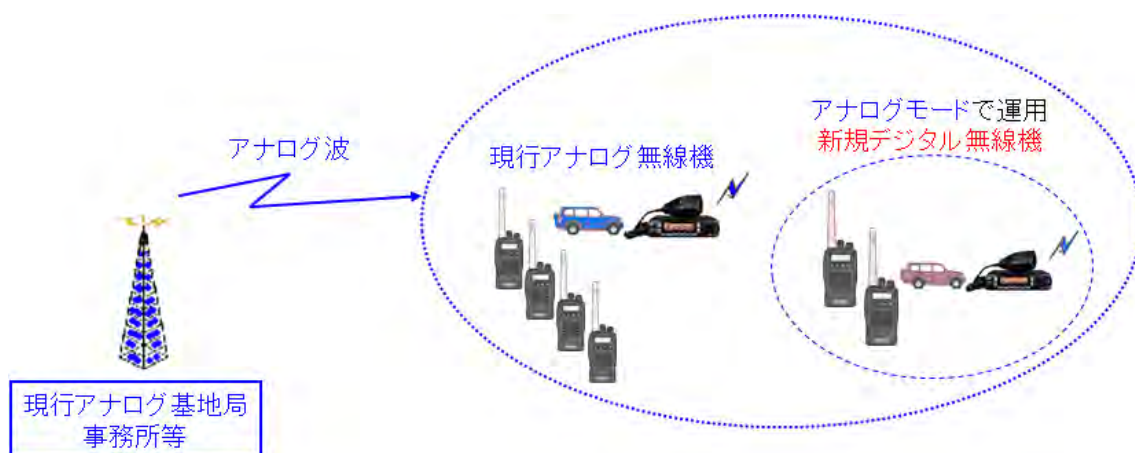


図 4-2 アナログからデジタルへの移行(ステップ1)

(ステップ2) アナログ無線機の更新を進める

一定程度更新が進んだ段階で、デジタル中継局を設置し、現行アナログ無線機を使用するグループとデジタル無線機を使用するグループによる両方式での運用も考えられる。中継システムの場合、事務所等のデジタル基地局は比較的簡易な設備が使用できる。

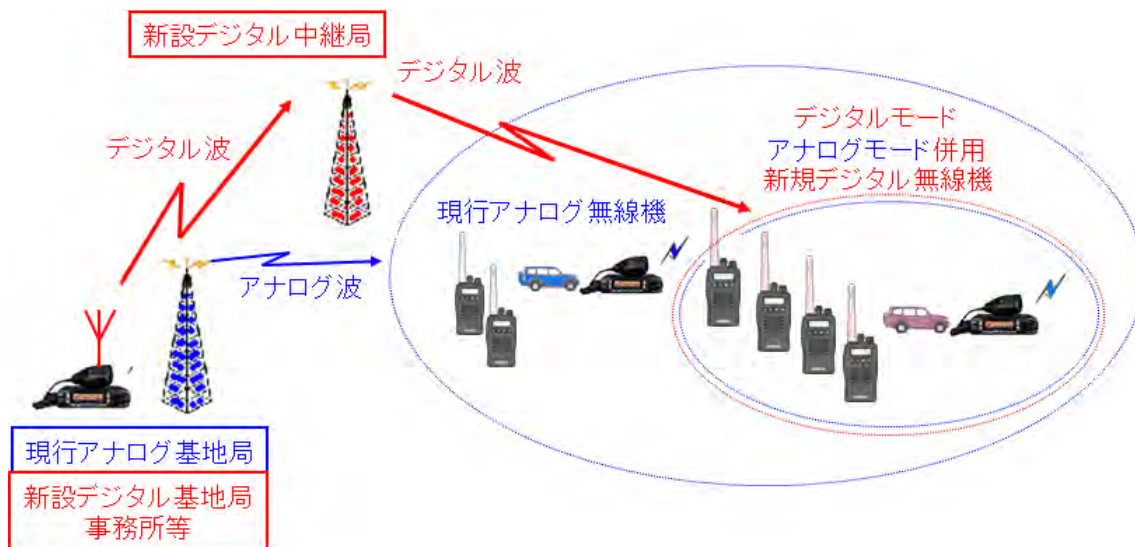


図 4-3 アナログからデジタルへの移行(ステップ2 デジタル・アナログ併用)

(ステップ3) 全ての無線機がデジタル無線機に更新された時点で、アナログ専用無線機は廃止し、デジタルモードでの運用に切り替える。

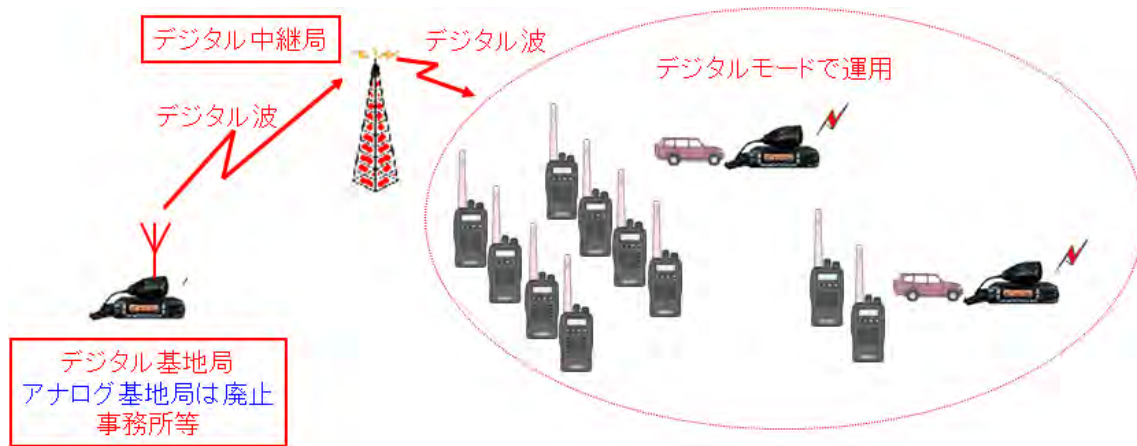


図 4-4 アナログからデジタルへの移行(ステップ3 アナログモードからデジタルモードへ)

デュアルモード無線機によって、デジタルへの移行が資金面、運用面の負担を少なくしながら可能となる。この際、アナログの周波数とデジタルの周波数が大きく異なると、空中線類の共用に問題が生じる。特に移動局では、それぞれの空中線を設けて切り替えることが困難であるため、周波数割り当てには配慮が望まれる。

また、中継局を介した通信は、移動局から中継局への上りの周波数と、中継局から移動局への下りの周波数が異なるため、移動局間の直接通信ができないため、通信可能エリアは中継局のカバーエリアに限定される。

ユーザーの事業エリアが中継局のカバーエリア外に及ぶ場合は、移動局間の直接通信が可能となる周波数の確保が課題となる。

(3) アナログとデジタルの電力効率

4 値 FSK 変調方式は、基本的に FM 方式のため、送信電力増幅は直線増幅器に比べ電力効率が良い。したがって、共同利用型の中継局のように送信時間が長く稼働率が高い場合でも、信頼性の高いシステムを容易に構築しやすい。また、送信電力は尖頭電力を持たないため、空中線や共用器などの周辺機器もアナログ方式と同様なものを使用できる。電力効率が良好なことから、移動局においても、放熱、電池の寿命時間等の面で有利な構成とし易い。

(4) アナログとデジタルの通信可能エリア

通信可能エリアは、第3章で確認した通り、実用的な範囲で使用できる。表 4-1 にアナログ FM 変調方式と 4 値 FSK 変調方式の回線設計した伝搬距離の比較を例示する。

表 4-1 アナログ変調 FM 方式と 4 値 FSK 変調方式の伝搬距離比較(例)

アナログ FM 変調方式の伝搬距離	4 値 FSK 変調方式の伝搬距離
5.5km	7.4km

※周波数=450MHz、送信出力=5W、送信空中線系損失=2dB、送信空中線利得=8.15dBi、送信空中線高=30m、受信空中線利得=2.15dBi、受信空中線高=1.5m、奥村-秦モデル(中小都市)で計算 (なお、送信空中線は広域エリアのカバーに有効なコリニア型とした)、4 値 FSK 変調方式基準感度 0dBμV(BER=1%)及びアナログ FM 変調方式 2dBμV の値を採用し試算した、パラメータ等は、郵政省告示第 395 号(昭和 61 年)、電波法関係審査基準を参考にした

表 4-1 は、UHF 帯において、同一条件での伝搬距離計算結果を比較したものである。4 値 FSK 変調方式とアナログ FM 変調方式では、周波数や電力などの条件が同じであれば伝搬損失は同じであるから、両者の距離の差は、変調方式の違いによる受信機雑音電力や所要 C/N など受信特性の差によるものである。アナログとデジタルでは回線品質劣化の様相が異なるため、単純比較は困難であるが、参考として掲載した。

アナログからデジタルへの移行に際しても、同電力で通信可能エリアを確保できることがわかる。

中継局を利用した構成とすることで、通信可能エリアの確保はさらに容易となる。

2 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

(1) 業務用無線のデジタル化

業務用無線のデジタル化は、狭帯域化による周波数資源の有効利用という利点のほかに、下記のようなユーザメリットがある。

- ノイズの少ないクリアな音質(良好な明瞭度)
- 各種データ通信機能
- 中継局に必要な機能
- デジタルデータを利用した機能
- 暗号化通信機能

ア ノイズの少ないクリアな音質(良好な明瞭度)

実証試験に用いた実験試験局は、音声符号化方式(推奨)として、ボコーダ(AMBE+2™、符号化速度 3.6kbps、誤り訂正を含む)を採用した。狭帯域デジタル無線は、高圧縮(低ビットレート)の音声符号化方式が不可欠である。

ボコーダの動作概念は、人の声をコードブック化して定義し、送信側では入力信号をコードブックと比較して、その定義番号を伝送、受信側では、受け取った定義番号からコードブックの音を生成するものである。したがって、忠実度は低下する。また、伝送にエラーが発生した場合には、原音と異なる音が再生される。

人の声がコードブック化されているため、音楽、モデム音あるいは、サイレン、チャイム等の非音声音源は伝送に適さない反面、音声ではないノイズ成分は排除され、さらに信号処理でのノイズ除去処理を併用することで、通話明瞭度が向上する。

アナログ通信では、信号レベルに従って S/N が悪化し、受信音声にノイズが重畳するが、デジタルではノイズが極めて少ないため、実質的に良好に通話できるエリアが広がる利点がある。

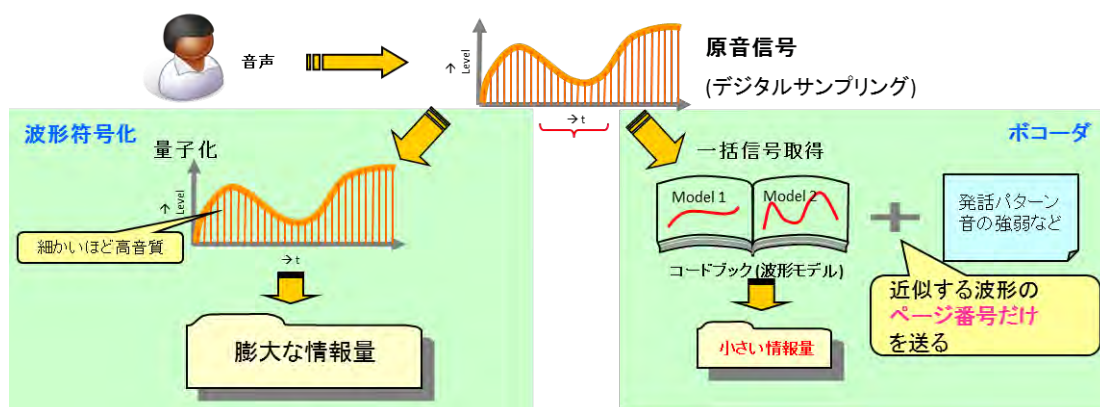


図 4-5 ボコーダによる音声符号化方式のイメージ

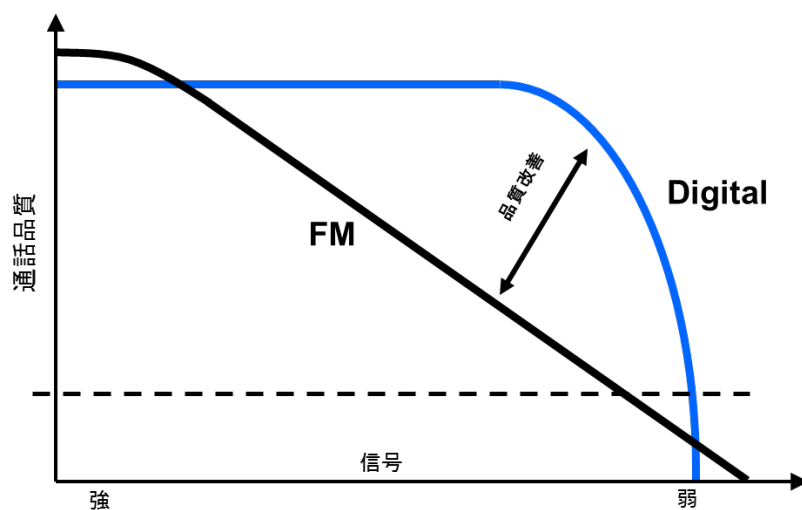


図 4-6 アナログ FM 方式とデジタルの通話品質比較イメージ1

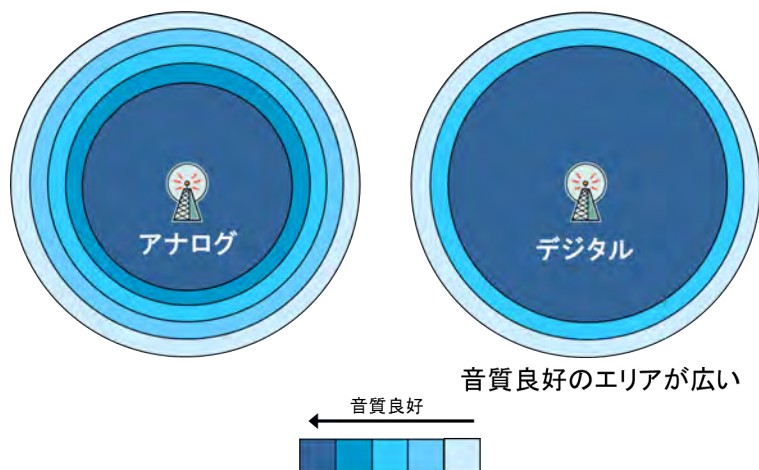


図 4-7 アナログ FM 方式とデジタルの通話品質比較イメージ2

イ 各種データ通信機能

第3章4項(高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築)で試験したとおり、以下のようなデータ伝送機能が実現されており、ユーザーの利便性向上が期待できる。

- ステータスメッセージ機能

ステータス番号を利用して無線機や使用者の状態を通知したり、相手に指示を出したりする機能。システム内の無線機にあらかじめステータス番号と定型文を設定しておき、発信側無線機から着信側無線機にステータス番号を伝送する。着信側無線機の表示器には、ステータス番号に関連付けられた定型文を表示する。作業中や運転中などにボタン押下のみで状況報告や、音声通話ができないときの状況報告・業務指示など、トラヒックに与える負荷を少なくしてデータ伝送が可能であり、使用者の業

務効率の向上が期待できるとともに、共同利用型中継システムに有利なメッセージ機能である。

- ショートメッセージ機能

100 バイト程度までの自由文テキストを送信する機能。発信側無線機単体での操作または接続された外部機器でメッセージを作成し、発信側無線機から着信側無線機に伝送し、着信側無線機の表示器に出力する。自由文を無線機単体に伝送できる。配達先や目的地の住所や指令内容の詳細など、音声指令の誤認防止や後刻の再確認が可能となり、使用者の利便性の向上が期待できる。

- ロングメッセージ機能

テキストデータを伝送する機能。発信側無線機に接続された外部機器から出力されるデータを、発信側無線機から着信側無線機に伝送し、着信側無線機に接続された外部機器にデータを出力し利用する。メールや原稿などの長文テキストデータを外部機器同士等で伝送できるため、高度な業務用無線通信システムの構築が期待できる。

- 外部装置を利用したデータ伝送機能

発信側無線機に接続された外部機器から出力されるバイナリデータを、着信側無線機に伝送する機能。伝送できるデータ範囲に制限がないため、データファイル伝送、テレメトリ、リモコン制御などに利用でき、高度な業務用無線通信システムの構築が期待できる。

- 静止画伝送機能

外部装置を利用したデータ伝送機能で静止画像を送信する機能。カメラで取り込んだ静止画を業務用無線通信システムで伝送する。遠隔地の状態監視や移動車両の状態監視などに利用できる。

- GPS データを利用した位置管理

移動局の GPS 情報を業務用無線通信システムで伝送する機能。アナログ方式でも利用率の高い機能だがデジタルの場合は、送信時間の短縮、送信終了時のデータ付加及びデータ送信の無音化が容易となる。移動局の位置管理、動態管理として利用できる。

- 端末の動作管理

無線機に管理コマンドを送信し使用禁止状態にする機能。無線機の盗難や紛失の際、傍受や妨害を避けるために利用できる。

- 緊急発呼機能

無線機の操作又は状態検知により、他の無線機に緊急状態情報を伝送する機能。発信側無線機で警報音を鳴動して発信者の捜索を容易にするもの、無線機の表示状態を変化させずにマイク感度を増加して間欠送受信するものなどがある。職員の事故通報や暴漢・強盗被害の通報など、万一の場合の備えとして利用できる。

ウ 中継局に必要な機能

第3章5(4)項(フィルタリング機能)で試験したとおり、以下のような共同利用型中継システムの管理面に有効な機能が実現されている。

- スクランブルコード(ホワイトニングコード)
送信符号ランダム化のためのコード。コード不一致の場合受信できない。フィルタリング機能に使用すると中継局での拒否とともに通話の傍受防止も可能となる。
- ユーザコード
CTCSSと同様な目的で使用される機能。コード不一致の場合受信音を出さないがコード0で待ち受ける場合は受信可能。フィルタリング機能に利用すると、中継局での拒否が可能になり、監視端末としてコード0で待ち受ける無線機によりすべての通話が傍受可能となる。
- ユーザリスト
中継局で利用者をリスト化して管理する機能。フィルタリング機能に使用すると、中継局での拒否のほかに、監視端末としてすべての通話が傍受可能で全局一斉同報なども可能な無線機を構成できる。

エ 音声付加データを利用した機能

音声通話フレームに付加されたデータによる、共同利用時のグループ切り分けや音声通話用の以下のような機能が実現されており、音声通話が主体のユーザーにとっても利便性向上が期待できる。

- 発信者名表示機能
自局の名称をテキストデータで付加して音声送信する機能。受信した無線機は、表示器に表示でき、電話帳機能のように情報を登録しておく必要がない。呼出名称の表示や車両の名称など表示することができ、交信相手を文字で確認できる。
- 選択呼出機能
通話相手先を選択し、個別、グループおよび一斉呼出をする機能。アナログ方式でも利用される機能だがデジタルの場合、通話音声に継続的に情報が搭載されるため後参入が可能、情報の無音化が可能となる。

オ 暗号化通信機能

デジタル無線では、ビット列の演算処理によって、音声及びデータを暗号化することができるため、第三者の傍受を防止でき、通信の秘匿性を確保できる。試験に用いた無線機は、ARIB STD-B54の暗号化機能を搭載しており、15ビットスクランブル方式の暗号化により、

32767 種類の暗号鍵を設定できる。演算によるスクランブル処理のため、音声の劣化や遅延時間の増大はない。

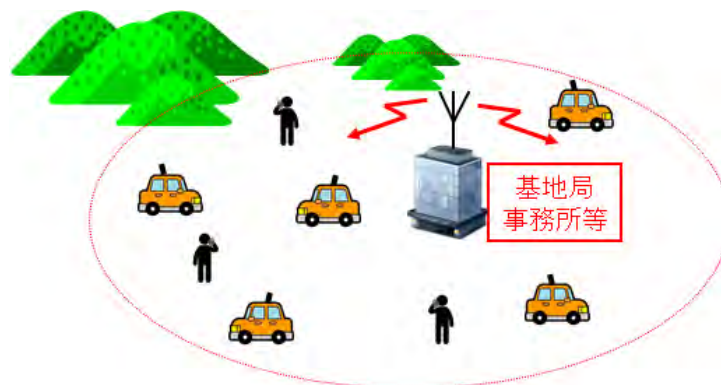
共同利用型中継システムにおいても、共同利用しているユーザグループ間では、相互に傍受を防止する必要も生じる。中継局では、暗号化された通信を解読せずにそのまま中継する機能を持つため、中継局における傍受も防止でき、通信の秘匿性を高めることができる。

(2) 相互接続性

共同利用型中継システムでは、相互接続性が重要である。システム全体を1つの製造事業者で構築できる場合問題ないが、複数ユーザーでの共同利用や無線機の増設等の際には、相互接続性の確保が重要である。デジタル無線では、音声通信だけの単機能であっても相互接続性なしに通話は成立しない。システム管理に関するデータ機能(フィルタリング等)についても相互接続性は必須である。音声通信主体の場合は、利便性向上機能についての相互接続性は必須ではないが、各製造事業者が標準規格化された無線区間のインタフェースに準拠することで、独自にアプリケーション(機能)を構築可能とする仕組み造りが求められる。これらについては、民間標準規格(例えば、ARIB 標準規格など)の策定等による対応が期待される。

3 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

業務用無線通信で通信可能エリアを確保するためには、中継機能の利用が好適である。基地局の設置条件を良くする方法の場合、事務所等所在地では条件が限られ、また、好条件の場所では中継回線の確保が課題となる(図 4-8、図 4-9)。中継機能を利用したシステムでは、設置場所選定の際、回線による制限が少なくなる(図 4-10)。設置場所にかかる費用の課題は解決できないが、共同利用型中継局とすれば、多数の利用者で費用を分割でき、負担が少ない(図 4-11)。



事務所等に基地局を設置

図 4-8 非中継システムのイメージ



基地局を条件の良い山に設置 遠隔回線がないため高い山には設置できないケース

図 4-9 基地局の設置場所を改善した非中継システムのイメージ



高い山に中継システムを設置し、通信可能エリアを確保

図 4-10 中継システムのイメージ



中継局を複数の免許人で共用

図 4-11 共同利用型中継システムのイメージ

(1) 中継方式

本調査検討では、中継機能として ARIB STD-T102 標準規格に準拠したフレーム構成の再生中継方式を採用し、システム機能を検証した。フレームは、80ms 長で構成され、中継局では受信したフレームを誤り検出・誤り訂正したのち、フレームを再構成して送信する。したがって、中継動作に要する遅延時間(フレームの先頭を受信してから、同フレームを送信開

始するまでの時間)が生じるが、0.2 秒程度であり、音声通信への影響は小さい。また、中継による音声の劣化は生じない。デジタル無線システムは、中継システムに好適な方式と言える。

図 4-12に中継システムの音声信号の流れを示す。送信側移動局のマイクロホンから入力された音声は、ボコーダでデジタルデータに変換、フレームに構成(組立)されて、4 値 FSK 変調され、高周波信号として送信される。信号を受信した中継局は、4 値 FSK 信号を復調し、デジタルフレームを分解・誤り訂正・解析する。中継してよい信号の場合、そのデジタルフレームを 4 値 FSK 変調して受信周波数とは異なる周波数で送信する。信号を受信した受信側移動局は、4 値 FSK 信号を復調し、デジタルフレームを検査・エラー訂正・解析して音声のデジタルデータを取り出し、ボコーダ処理をして音声信号をスピーカから再生する。このように、中継システムでは中継局が二周波復信動作、移動局が二周波単信動作を行う。

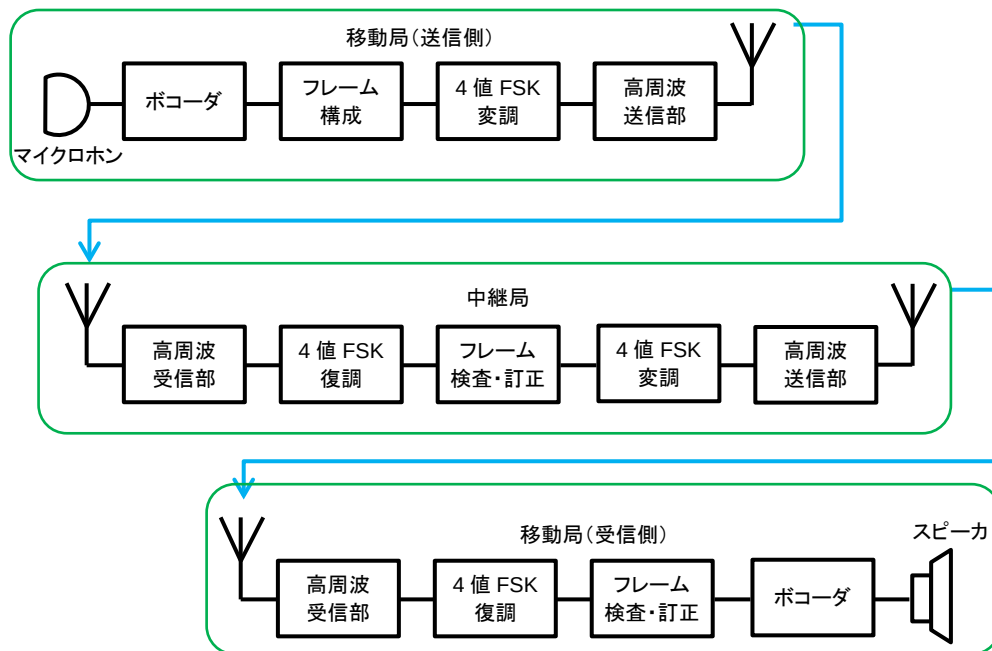


図 4-12 中継システムの音声信号の流れ

(2) 通常システム(非中継型)と中継システムの運用上の特徴

基地局を中心とした非中継型の通常システムは、基地局－移動局間あるいは移動局－移動局間の直接交信で構成される。基地局の通話可能範囲は、アンテナ地上高や周囲の地形などの設置環境に影響され、良好な環境を選択することで通話可能範囲を確保することができる。移動局－移動局間の通話可能範囲は、周囲の建物や地形などの影響を受け、運用環境を選択することは困難であるため、基地局－移動局間の通話可能範囲に比べ狭くなる。

中継システムでは、基地局－移動局間あるいは移動局－移動局間で中継局を経由して通信し、その通話可能範囲は、どちらも同じである。二周波方式のため、近傍の移動局であっても中継局経由の通信となり、圏外ではスキャンや一周波単信運用への切り替えをしない限り通話できない。圏内すべての通信が中継再送信されるため、全局で傍受が可能で隠れ端末問題も発生しない。中継再送信の処理時間分(約 0.2s)、伝送遅延時間が増える。

このように、調査検討で用いた 4 値 FSK 変調 SCPC 方式の場合、通常システムと中継システムでは、以下のような運用上の特徴がある。

表 4-2 通常システムと中継システムの運用上の特徴

項目	通常システム	中継システム
基地局－移動局間通信	直接通信	中継局を経由する
移動局－移動局間通信	直接通信のため通話可能範囲が狭い	中継局を経由するため通話可能範囲が広い
移動局－移動局間通信(圏外)	基地局から遠く離れていても移動局同士の電波が届けば通話可能	中継局の圏外エリアでは、目の前の移動局同士でも通話不能 スキャンや一周波単信運用への切り替えなど運用面の工夫が必要
隠れ端末	基地局が移動局 A を受信し、移動局 A の電波が届かない移動局 B が基地局を呼び出し、混信となる場合がある	システム内の無線局が送信中であれば中継局により圏内に再送信されるため、チャンネルの使用状況が全無線局で認識できる
傍受	システム内の通信は、電波の届く無線局のみ傍受可能	システム内の通信は、全無線局で傍受できる
通話管理	特別な機能はない	中継局において、無線局の利用時間把握、使用制限、長時間通話防止のための通話時間制限など、管理機能が実現できる。
伝送遅延時間	中継システムより短い (0.1s～0.2s 程度)	通常システムより長い (0.3s～0.4s 程度)
データ関連機能	利用可能	利用可能
同一周波数の繰り返し利用	混信となる信号のレベルが希望波よりも 11dB 以上低い場合には、別の通話も可能 移動局－移動局間通信が行われていても、そこから離れた場所で別の移動局－移動局間通信が可能(選択呼出機能など、混信の受信音を聞こえなくする工夫が必要)	システム内の無線局が送信中であれば中継局により圏内に再送信されるため、チャンネルの再利用はできない

(3) 共同利用型中継システムの運用上の特徴

共同利用型中継システムは、中継システムを複数のユーザグループで利用するものであり、第3章4項及び第3章5項で確認したように、機能動作に違いはない。調査検討で用いた4値FSK変調SCPC方式でシステムを構成した場合、非共同利用型中継システムでは移動局で他の交信が受信できるため受信音二周波でも話中状態を把握できるが、共同利用型中継システムでは異なるユーザグループで相互に受信できないため、中継局が使用中の場合は移動局に無音で話中表示され送信できない。中継局がデータ通信で使用中の場合は同様に無音の話中状態となるため特別な状態ではないが頻度が上がる。ただし、チャネルスキャン方式やマルチチャネルアクセス方式の複数チャネル構成では、話中状態の頻度が比較的低いと発生頻度も低い。

(4) 複数チャネル構成の共同利用型中継システム

複数チャネル構成の共同利用型中継システムは、以下の方式がある。

ア 固定チャネル方式

複数チャネルで構成される共同利用型システムであっても移動局は特定のチャネルだけを使用する方式である。各ユーザグループは同一のチャネルを使用する必要があるが、無線局数は異なるため、通話頻度を考慮してトラヒックを平準化することは困難と考えられ、周波数利用効率は高いとは言えない。

イ チャネルスキャン方式

複数チャネルで構成される共同利用型システムで移動局が空いているチャネルをスキャンにより自動的に探し出して通信を行う方式。着呼側のスキャン動作による頭切れ防止のため送信側にブリアンブルを付加する。PTT押下後に送話開始できるまで時間がかかる(第3章6(5)項では10ch構成で1850msとして試算)という運用方法の変化がある。

ユーザグループの増減、無線局数の増減には対応できるが、多チャネル構成ではブリアンブル長によりアクセス時間が長くなるため望ましくない。

ウ マルチチャネルアクセス方式

複数チャネルで構成される共同利用型システムで中継局が空きチャネルを移動局へ通知する方式。マルチチャネルアクセス方式では、PTT押下後にチャネル割り当てられ送話開始できるまで時間がかかる(第3章6(7)項では360ms)という運用方法の変化がある(第3章6(6)項参照)。

ユーザグループの増減、無線局数の増減に比較的容易に対応でき、周波数利用効率が低い。

(5) 共同利用型中継局のための機能例

共同利用型中継局は、デジタル無線の機能を利用して実現可能であることは、第3章5(4)項で検証したが、共同利用に必須な機能については、表 4-3を例示する。これ以外の組み合わせを否定するものではなく、個々のシステムの要求仕様により決定されるものである。

表 4-3 共同利用型中継局に必要な機能(例)

目的	機能	備考
免許人の通信のみ中継	ユーザリスト機能	リスト登録のある局のみ中継局を利用可能
免許人以外からの通信を拒否	スクランブル(ホワイトニング)	スクランブル不一致の局は中継局を利用不可
使用者の切り分け	選択呼出機能(グループ呼出)	管理者等から全使用者への一斉通報が可能 複数使用者にまたがる端末も設定可能 複数使用者にまたがる通話も設定可能

※本表は、共同利用型中継局を利用するユーザーが、管理組合等を設立し、管理、運用する場合を想定している。一ユーザーによる単独での管理、運用、又は複数ユーザーが設備共用として各々無線局免許を取得する場合もあるが、その場合は「使用者の切り分け」等の機能は異なる場合もある。

本調査検討における実証試験は、実験試験局の周波数の許容偏差規格を $\pm 0.9\text{ppm}$ 以内としたが、中継システムではシステム内の移動局が中継局の電波を受信する前提であることから、中継局の周波数(許容偏差規格 $\pm 0.2\text{ppm}$ 以内)が移動局の周波数基準となるシステム構成とすることで電波の質の確保が期待できるため、適用の考慮が望まれる。

4 周波数共用条件の技術的検討

共同利用型中継局においても、現行の電波法関係審査基準を用いて周波数割り当ておよび干渉を検討することができる。ただし、中継局は稼働時間(送受信時間)が他の局種より長いいため、可能な限り干渉の可能性が低くなるように検討することが望ましい。システムの構成により、受信信号レベルやGPS位置情報を利用して中継局からの制御又は自律的に移動局の送信電力制御が可能であれば、干渉の可能性を下げることも期待できる。

業務用無線通信システムで、中継局を利用しないシステムや1中継局を利用した共同利用型中継システムでは、周波数共用条件は、従来と変わらない。

ここでは、情報通信審議会の平成14年9月30日付け諮問第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」諮問のうち、「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」についての答申(以降「小電力答申」と記載する)の『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条件』(以降「小電力答申の周波数共用条件」と記載する、資料8に抜粋して掲載)を参照しながら、共用条件を検討する。本調査検討の主眼である中継システムのうち、同一場所に複数の中継局を設置する共同利用型中継システムを主に検討する。

※「小電力答申」の混信妨害の評価記述には「D/U」を用いているため、本項での記述もそれに合わせる

(1) 同一チャネル周波数共用条件

「小電力答申の周波数共用条件」の(1)同一チャネル周波数共用条件の検討結果(表3-2)が適用できる。4値FSK変調SCPC方式(6.25kHz)同士の共用条件は、 $D/U=+11.5\text{dB}$ である。これは、希望波信号レベルに対し、妨害波信号レベルが11.5dB以上低い必要があることを意味している。

通常、業務用無線通信システムでは、感度点付近の信号レベルまで通信に使用する。0dBμVの希望波を受信しようとするれば、-12dBμVの妨害波が存在すれば、通信に影響が生じることになるため、隣接する通信エリアでは、同一周波数は使用できない。周波数の繰り返し利用のため、六角形ゾーン構成を検討する場合も、繰り返し周波数の数とオーバーリーチ伝搬を考慮して、前述のD/Uが確保できるようにすることが望まれる。

(2) 隣接周波数共用条件

「小電力答申の周波数共用条件」の(2)隣接周波数共用条件の検討結果(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))が利用できる。チャネル配置が6.25kHzの場合、周波数偏差 $\pm 0.9\text{ppm}$ で $D/U=-40\text{dB}$ を満足している。第3章5項の隣接または近接チャネル干渉の測定結果からもD/Uは50dB前後であることがわかり、「小電力答申」の検討結果と合っていることがわかる。

上記検討結果の条件は、第3章5(1)エ項のフィールド試験結果からわかるとおり、同一場所に複数の中継局が設置されるシステム内での隣接チャネル使用が可能となるものではない。D/U=-40dB の場合、第3章5(1)エ項の条件では、希望波を 10dB μ V とした場合、図 3-43より約 800m 以内に妨害波となる移動局が存在できないことになる。あくまでも本調査検討の試験条件による距離であるが、特異な設置条件でない限り、この距離が極端に縮小することはない

以上から、同一場所に複数の中継局が設置されるシステムでは、隣接チャネルの使用は避けることが望ましく、試験の結果からわかるとおり、相互の離隔周波数はできるだけ大きくとることが適当である。最終的には、中継局の設置条件を電波法関係審査基準別図第 37 号の 2 号(図 4-13)に照らして、ケースバイケースで判断することが望ましい。

別図第37号の2号

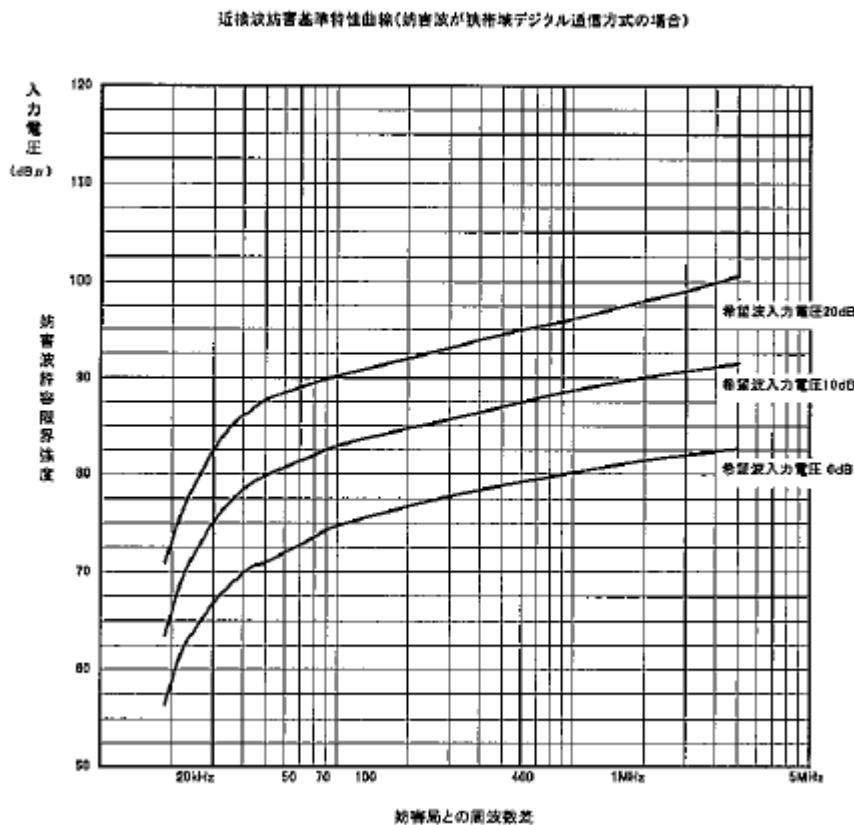


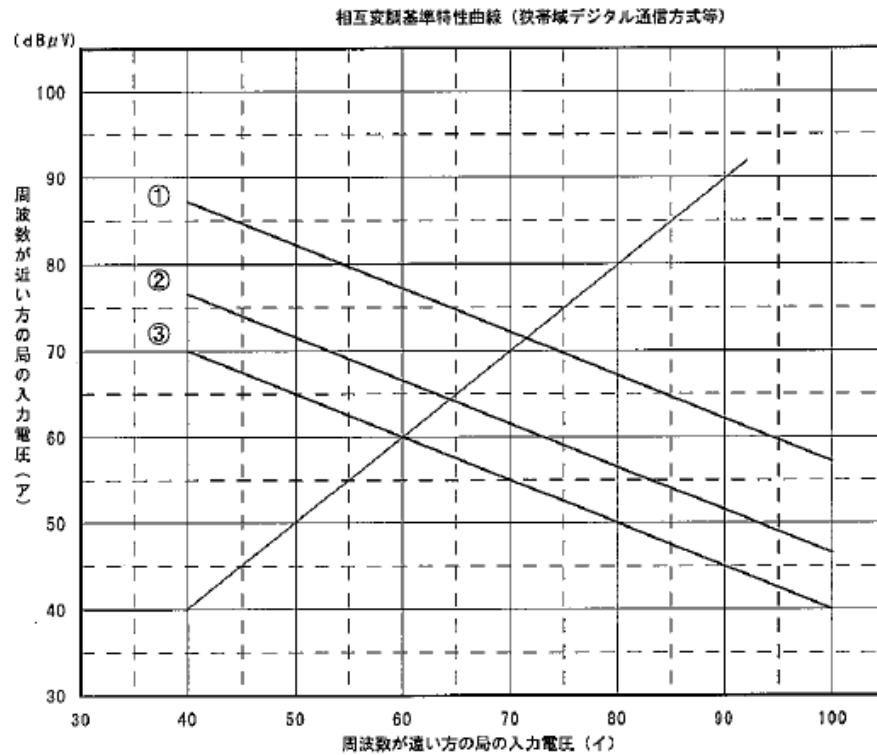
図 4-13 電波法関係審査基準 別図 37 号の 2

(3) 相互変調の関係となる周波数

第3章5(3) 項(干渉試験に関する考察)のとおり、基本的に相互変調に関する干渉の検討には、電波法関係審査基準の別図第 38 号の 2 の基準値(図 4-14)を適用してよい。ただし、 Δf が小さい場合には、あわせて隣接チャネル共用条件も検討する必要がある。実証試験結果が示すように、変調波による相互変調は $\Delta f=25\text{kHz}$ 以下で相互変調と隣接または

近接チャネル干渉が同時に影響するため、相互変調審査基準に対してマージンがない無線機も確認された。共同利用型中継システムでは、小さな Δf で相互変調となる周波数関係の使用については配慮が望まれる。

別図第 38 号の 2



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

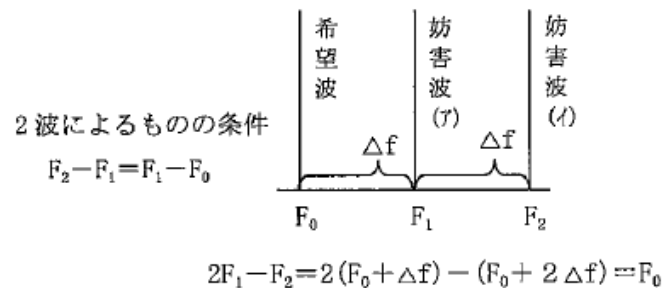


図 4-14 電波法関係審査基準 別図 38 号の 2

5 多チャネル使用における通信制御の技術的検討

第3章6(4)(5)(6)項では、複数チャネル使用時の収容局数についてシミュレーションした。

第3章6項で算出した結果の一部を比較してまとめたものを表 4-4に示す。

表 4-4 複数チャネル構成システムの収容台数比較（呼損率 10%、10ch 構成）

方式 比較項目	チャンネル固定	チャンネル スキャン	マルチ チャンネル アクセス
音声(高)+GPS(高)+SDM(高) [局]	40	130	276
音声(高)+GPS(高) [局]	40	133	280
音声(高)+GPS(低) [局]	60	286	363
音声(高) [局]	60	401	392
音声(低)+GPS(高) [局]	100	178	604
音声(低)+GPS(低)+SDM(低) [局]	190	599	1171
音声(低) [局]	260	1604	1571
アクセス時間 [ms]	120	1960	360

単純に複数チャネルの中継局を設置したチャンネル固定方式の場合、収容局数はチャンネル数分増えるが、共同利用型システムでは、利用者配分が課題となる。ユーザグループの増加やユーザグループ内での無線機の増設などに柔軟に対応できる方式とは言えない。

スキャンによって中継局を複数待ち受ける場合、チャンネル固定方式に比べ利用者をチャンネルに配分する必要がなく、ユーザグループの増加やユーザグループ内での無線機の増設などに柔軟に対応できるが、プリアンプルの付加による通話開始までの遅延やスキャンによる受信の頭切れといった使用上での課題がある。

マルチチャンネルアクセス方式は、2ch 構成のシステムで収容局数の効率が低い、3ch 構成以上では収容数が多くなり、周波数利用効率が向上する。空きチャンネルの順番を待つ仕組みや、優先度の高い無線機からの送信を優先できる仕組みなど、実質的な運用効率を高める機能も利用でき、チャンネルの増設、ユーザグループの増加、端末無線機の増設など柔軟に対応できる。

複数チャネル構成の方式は、それぞれ長所と短所を持つため、システムの要求事項に応じて、システム構築時に将来の拡張性も含めて検討し、最適な方式を選択できるようにすることが望ましい。

6 まとめ

業務用無線は、簡易業務無線よりも広く、MCA 無線ほど広範囲な通信エリアを必要としない中規模エリアにおいて、免許人の業務効率に沿った自営通信網として、災害等で公衆通信網が被災やふくそうした場合においても影響を受けず、通信を確保する上で有効な通信手段であり、震災等を契機に再認識されている。

多くの無線システムのデジタル化が進む中、アナログ無線機器は、部品が枯渇してきており新規購入や修理等が難しくなっているほか、スプリアス基準が改正されたため、新スプリアス基準に対応した無線機器への更新等も求められている。また、携帯電話や無線ブロードバンド通信などの急増により電波がひっ迫している中、電波の有効利用が求められており、業務用無線のデジタル化は急務である。

業務用無線のデジタル化は、電波の有効利用に大きく貢献するほか、通信の明瞭度や秘匿性の向上、通信機能の拡充や中継機を利用した通信エリア拡大が容易にできるなどのメリットがある反面、新規周波数の確保が難しいこと、全てのアナログ無線機をデジタル無線機に更新するための投資は容易ではないことなどのデメリットもある。

本調査検討会では、「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「150/260/400MHz 帯業務用移動無線の周波数有効利用」に関する情報通信審議会からの一部答申(平成 26 年 3 月 25 日)(資料7)を基本に、業務用無線システムの現状とデジタル化の課題を整理し、円滑にデジタル化を進めることができるシステムとして、4 値 FSK 変調 SCPC 方式による中継システムを介した通信について、実証試験を交えた調査検討を行った。

ア 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

(ア)高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

- メッセージの伝送や静止画像などのデータ伝送、位置情報の伝送、遠隔制御、緊急通信などの「高性能デジタル無線通信機能」の検証。
- 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築
- 中継局を設置した場合の技術的な検討
- フィルタリング機能や共同利用型中継システムとする場合に必要な機能の検証。

イ 周波数共用及び多チャンネル使用における通信制御の技術検討

(ア)周波数共用条件の技術的検討

- 効率的な中継局運用のために必要となる事項の検討。

(イ)多チャンネル使用における通信制御の技術的検討

- 複数のチャンネルを使用する場合のアクセス(チャンネル選択)方法について、トラヒック理論を用いたシミュレーションによる収容端末数やアクセス時間などを計算し、実運用における最適な業務用無線システムの条件等を検討

現在アナログ方式の業務用無線を使用している場合、4 値 FSK 変調 SCPC 方式は、デジタル／アナログ・デュアルモード機の導入が容易であり、また、アナログ方式の FM 変調と無線回路での共用部分が多く、現在のアナログ方式で使用している周波数の近傍でデジタル方式の周波数を使用する場合には、空中線設備などを継続して使用できるなど、一斉にデジタル化に移行することが難しい場合でもユーザーの負担軽減が見込めるものである。

さらに、デジタル化の特徴であるフィルタリング機能やユーザコード機能、ユーザリスト機能、選択呼出機能等を備えた一つの中継システムを、中規模エリアをカバーする必要がある免許人が共同利用することが可能であり、中継システムに係る経費の分散による負担軽減が期待できるほか、ボコーダ方式によるクリアな音声通信だけでなく、秘匿性の高い通信、メッセージ送信機能、GPS データによる位置情報の伝送、緊急発呼機能等のユーザーの利便性を向上させる機能が利用できる。

しかしながら、本システムはアナログ無線と同様、隣接または近接周波数による干渉や相互変調による妨害を受けるため、中継システムの設置や周波数の配置、移動局が運用する際などには留意が必要である。

今回実証試験に使用した無線機器は、ARIB STD-T102 第 2 編の狭帯域デジタル通信方式 (SCPC／4 値 FSK 方式) に準拠した設備であり、同規格の設備であれば製造事業者が異なる場合であっても、音声通信の相互接続性が確保されることを確認した。

共同利用型中継システムでは、相互接続性が重要であるが、規格の異なる設備とは相互接続ができず、また、製造事業者独自の機能は異なる製造事業者の設備では使用できないため、留意する必要がある。将来的にユーザーの拡張性等を想定した場合は、できるだけ規格の統一を図ることが期待される。

7 おわりに

本調査検討の結果が有効に活用され、業務用無線通信システムのデジタル化の普及促進が図られ、運輸、観光、警備、医療、福祉等の様々な分野において活用されることにより、効率的、経済的な無線利用が可能となるよう、また、複数免許人による共同利用型中継局等、中規模中継システムにより安定した通信エリアが確保され、業務用無線システムの一層の活用が進むことを期待する。

資料編

資料編

資料1 業務用無線通信システムに関する調査検討会 開催趣旨

業務用無線通信システムに関する調査検討会

開 催 趣 旨

業務用無線通信システムは、近距離通信で使用される簡易無線よりも広域な通信エリアをカバーし、また、MCA 無線ほどの広範囲な通信エリアを必要としない中エリア規模の自営無線通信システムとして構築され、利用されています。このシステムは、災害等で公衆通信網等が被災やふくそうした場合において、有効な通信手段になることが期待されています。

簡易無線及び MCA 無線等がデジタル化される中で、業務用無線通信システムにおいてもデジタル方式を導入すると、明瞭かつ秘匿性の高い通信やデータ伝送等の高機能なサービスを提供することができるほか、周波数の効率的な使用が可能となります。

業務用無線通信システムをデジタル化する上では、より有用なシステムとなるよう、通信機能の拡充や、中継システムによる通信可能エリアの拡大等についても検討を進める必要があります。例えば、業務用無線通信システムで中継システムが利用できれば、北海道のように広大な農地、牧場、観光地でも、様々な応用が広がることが期待できます。

このような背景を踏まえ、本調査検討会では、各分野の専門家の皆様にお集まりいただき、自営無線として高機能かつ周波数利用効率に優れた業務用無線通信システムのデジタル通信方式に関する技術的条件等について調査検討を行います。

資料2 業務用無線通信システムに関する調査検討会 設置要綱

1 名 称

本調査検討会は、「業務用無線通信システムに関する調査検討会（以下「調査検討会」という。）」と称する。

2 目 的

業務用無線通信システムについて、より高機能で、より質の高い通信が必要とされる通信エリア内で通信が可能となるよう、デジタル通信方式を導入する際の技術的条件等の検討と実証試験を行い、システムの有効性について検証を行う。

3 検討項目

調査検討会の目的を遂行するために、業務用無線通信システムに関する次の項目について検討する。

(1) 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

ア. 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

イ. 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

(2) 周波数共用及び多チャネル使用における通信制御の技術検討

ア. 周波数共用条件の技術的検討

イ. 多チャネル使用における通信制御の技術的検討

4 構 成

調査検討会の構成は、次のとおりとする。

(1) 調査検討会は、北海道総合通信局長が委嘱した委員により構成する。

(2) 調査検討会に座長を置く。座長は、委員の互選により選出する。

(3) 座長は、委員の中から副座長を指名することができる。

(4) 調査検討会には、具体的な検討を行う作業班(WG)を置くことができる。

(5) 作業班の構成は、調査検討会で定める。

(6) 必要に応じて専門家の参加を認めることができる。

(7) 調査検討会の事務局は、総務省北海道総合通信局無線通信部企画調整課に置く。

5 運 営

調査検討会の運営は次のとおりとする。

(1) 調査検討会は、座長が招集し、主宰する。

(2) 作業班の開催は、事務局が招集・主宰し、具体的な作業を行う。

(3) 調査検討会は必要に応じ電子メール等による運営を行う。

(4)その他運営に関して必要な事項は、調査検討会において定める。

6 開催期間

設置の日から平成 27 年 3 月 31 日までの間で報告書を取りまとめる日までとする。

7 その他

(1)調査検討会における調査検討事項に関する成果を公表するときは、総務省北海道総合通信局の承認を得るものとする。

(2)調査検討会の成果物に関する権利(例えば、調査検討結果を記した著作物等)は、原則として総務省北海道総合通信局に帰属する。

附 則

この要綱は、平成 26 年 4 月 21 日から施行する。

資料3 業務用無線通信システムに関する調査検討会 委員構成

(敬称略・五十音順)

座長	大鐘 武雄	北海道大学 大学院情報科学研究科 インテリジェント情報通信研究室 准教授
副座長	筒井 弘	北海道大学 大学院情報科学研究科 情報通信ネットワーク研究室 准教授
	石垣 悟	日本無線株式会社 事業本部事業統括部 副参与
	石田 清	北海道中央バス株式会社 整備部 部長
	加藤 数衛	株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 技師長
	川嶋 嘉史	株式会社札幌ドーム 施設部設備課 課長
	桑内 秀人	北海電気工事株式会社 配電部 副長
	武内 公一	八重洲無線株式会社 札幌営業所 所長
	富樫 伸行	北海道総合警備保障株式会社 警備運用部技術課 課長
	成澤 昭彦	パナソニック システムネットワークス株式会社インフラシステム事業部 ワイヤレスグループグループマネージャー
	藤原 芳美	東日本高速道路株式会社 北海道支社 道路事業部施設課 課長
	前川 忠	株式会社富士通ゼネラル 情報通信システム営業統括部営業推進部 部長
	山崎 潤 (※1)	モトローラ・ソリューションズ株式会社 渉外統括部 部長
	山崎 由一	北海道ガス株式会社 供給企画部供給企画グループ マネージャー
	山田 秀毅	一般社団法人全国陸上無線協会 北海道支部 企画調査委員長
	山本 勝三	株式会社 JVC ケンウッド プロフェッショナル&ヘルスケア事業部 無線システム統括部 システム開発部 システム設計グループ長
	田向 忠雄 (※2)	総務省北海道総合通信局 無線通信部 部長

※1:平成 26 年 9 月 4 日 追加

※2:平成 26 年 7 月 1 日 人事異動により交代(前任者:高橋芳男)

資料4 検討経過報告

第1回調査検討会

- ・ 日 時： 平成 26 年 4 月 21 日(月) 14 時から
- ・ 場 所： 札幌第1合同庁舎 10階 共用第1会議室
- ・ 議 題： 1 調査検討会の設置について(開催趣旨・設置要綱)
2 座長選出・副座長指名
3 調査検討項目・全体スケジュール(案)・委員構成について

第2回調査検討会

- ・ 開催期間： 平成 26 年 9 月 4 日(木)から 9 月 12 日(金)17 時まで
- ・ 開催形式： 電子メール
- ・ 議 題： 1 請負業者の決定について
2 机上検討・ラボ試験・フィールド試験について
3 全体スケジュールの変更について
4 委員構成の変更について

第3回調査検討会

- ・ 開催期間： 平成 26 年 10 月 27 日(月)から 11 月 4 日(月)12 時まで
- ・ 開催形式： 電子メール
- ・ 議 題： 1 実証試験結果(中間報告)について
2 公開実証試験の実施について

第4回調査検討会(公開実証試験と同日)

- ・ 日 時： 平成 26 年 11 月 27 日(木) 15 時 30 分から 17 時まで
- ・ 場 所： ながめま温泉 会議室
- ・ 議 題： 1 各種フィールド試験の結果報告
2 フィルタリング機能、共同利用型中継局、周波数共用条件の技術的検討及び多チャンネル使用における通信制御の技術的検討に関する机上シミュレーションの結果報告
3 調査検討の状況報告
4 業務用無線通信システムに関する調査検討 報告書骨子(案)

第5回調査検討会

- ・ 開催期間： 平成 26 年 12 月 12 日(木)から 12 月 18 日(木)12 時まで
- ・ 開催形式： 電子メール
- ・ 議 題： 業務用無線通信システムに関する調査検討 報告書(案)について

第6回調査検討会

- ・ 日 時： 平成 27 年 1 月
- ・ 場 所： 北海道総合通信局 第1会議室
- ・ 議 題： 業務用無線通信システムに関する調査検討 報告書について

○調査検討会



第1回調査検討会
平成26年4月21日(月)
札幌第1合同庁舎 10階 共用第1会議室



第4回調査検討会
平成26年11月27日(木)
ながぬま温泉 会議室

資料5 公開実証試験

1 目的

簡易無線や MCA 無線のデジタル化が先行する中、業務用無線においても、よりクリアな音声通信やデータ伝送が可能なデジタル通信方式の導入と、一の市町村程度の中規模エリアをカバーする共同利用型中継システムの実現が期待されている。

業務用無線通信システムに関する調査検討会では、自営通信システムである業務無線のデジタル化の普及促進に向けて、デジタル通信方式の高機能な通信サービスや中継システムの構築等に関する調査検討を行っているが、この一環として、実際に陸上移動局と中継局を想定した無線システムを設置した実証試験の模様を一般に公開する。

2 日程

平成 26 年 11 月 27 日(木) 13 時 30 分から 15 時 15 分まで

3 場所

夕張郡長沼町東 6 線北 4 ながぬま温泉及びその周辺

4 内容

(1) 業務用無線通信システムに関する調査検討会の概要

座長 大鐘 武雄(おおがね たけお)

北海道大学大学院情報科学研究科インテリジェント情報通信研究室 准教授

(2) 実証試験の概要と中間報告

(3) デジタル音質体験

アナログ方式とボコーダによる 4 値 FSK 方式の比較

(4) フィールド実証試験

ア 隣接チャネル干渉

複数の無線局が同時に運用した場合

イ 中継動作のフィルタリング機能

免許人による通信のみを中継

ウ 共同利用型中継システム関連機能

複数ユーザーが中継局を共同利用する場合

エ 相互接続性

複数のメーカーの無線設備が混在

オ 利便性を向上させる機能

GPS データを利用した位置管理やメッセージの伝送、緊急通報、静止画伝送等

(5) 機器展示

ア ラボ試験の構成(相互変調干渉測定)

イ 各種デジタル無線機

5 主催等

主催:業務用無線通信システムに関する調査検討会

実験:株式会社 JVC ケンウッド

協力:アイコム株式会社

パナソニック システムネットワークス株式会社

6 参加者

業務用無線関係のメーカー、販売店、ユーザー、団体等 50 名強

7 結果

ボコーダによる4値FSK方式のデジタル無線通信システムは、一定の条件下においては複数の電波が干渉し、良好な通信ができなくなることがあるため、共同利用型中継システムを設置する場合は注意が必要なこと、また、アナログ無線と比べ雑音が無い通信エリアが大幅に広がるため、実用的には支障ないことが示された。

実証試験で使用した各種無線機器や周辺装置等の展示もあり、参加者からは、共同利用型中継システムの早期実現、アナログ方式からの移行に係る経費を抑えるための低価格化、移行期限を早期に打出しデジタル化の促進を図るべき等の声も聞かれ、デジタル業務用無線通信システムの関心の高さや期待が伺えた。

8 公開実証試験参加者アンケートの結果

(1) 実施概要

公開実証試験に参加して頂いた方へ、業務用無線通信システムに関するアンケートを行った。

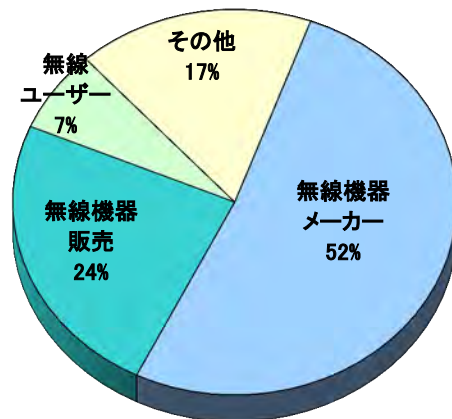
アンケート回答者数：29名

(2) アンケート結果

問1. お勤め先の業種をお答えください。

選択項目	人数
無線機器メーカー	15
無線機器販売	7
無線ユーザー	2
その他	5

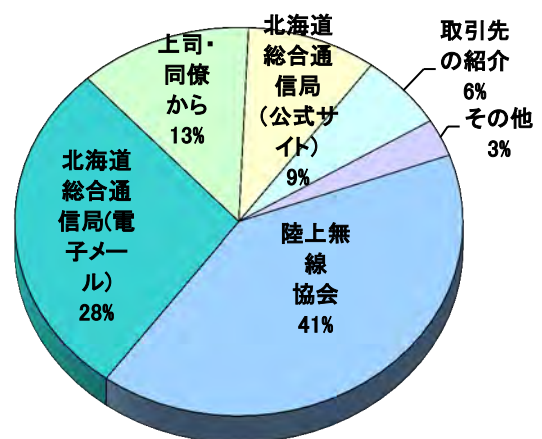
(その他：通信工事会社、バス会社)



問2. 本公開実証試験を何でお知りになりましたか？

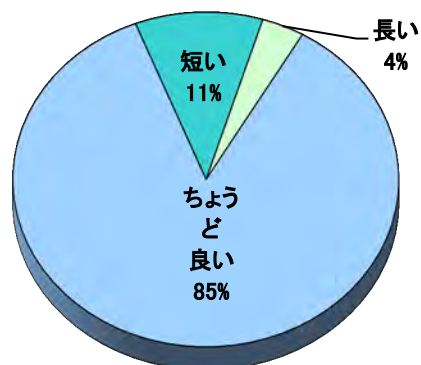
選択項目	人数
陸上無線協会からの案内	13
北海道総合通信局から(電子メール)	9
上司・同僚から	4
北海道総合通信局のHP(公式サイト)	3
取引先からの紹介	2
その他	1

(その他：検討会メンバー)



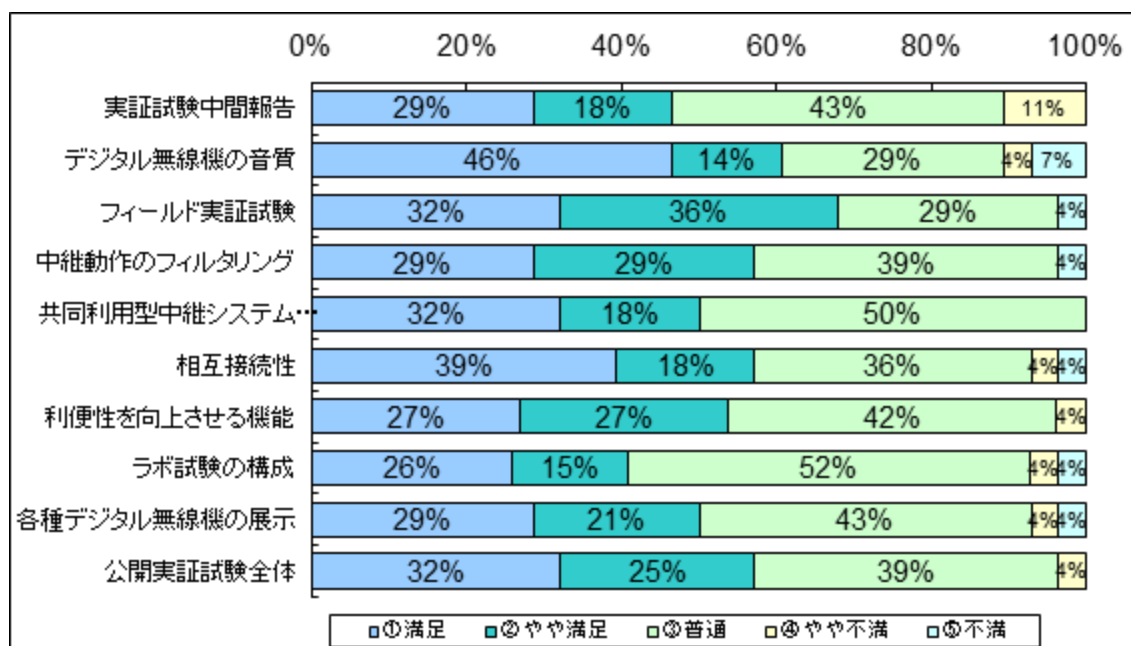
問3. 本公開実証試験の時間配分についてお答えください。

選択項目	人数
ちょうど良いと感じた	24
短いと感じた	3
長いと感じた	1



問4. 本公開実証試験の内容についてお答えください。

	①満足	②やや満足	③普通	④やや不満	⑤不満
実証試験中間報告	8	5	12	3	0
デジタル無線機の音質	13	4	8	1	2
フィールド実証試験	9	10	8	0	1
中継動作のフィルタリング	8	8	11	0	1
共同利用型中継システム関連機能	9	5	14	0	0
相互接続性	11	5	10	1	1
利便性を向上させる機能	7	7	11	1	0
ラボ試験の構成	7	4	14	1	1
各種デジタル無線機の展示	8	6	12	1	1
公開実証試験全体	9	7	11	1	0



問5. やや不満、不満と感じられた理由、またはその他改善点等のご提案がありましたら、ご記入願います。

- ・ 音声のみではなく、画像・テキストデータ伝送中の干渉実験もあったほうが良い

問6. 現在、業務で無線機をお使いの方で、不便に感じていることや、こうしてほしいなど、ご意見・ご要望・ご感想などがありましたら、自由にご記入願います。

- ・ 寒冷地でのバッテリー性能の向上
- ・ 相互メーカー間の互換性

問7. その他、本日の公開実証試験に関して、お気づきの点等がありましたら、自由にご記入願います。

- ・ 技術者でないと難しいかと思ったが、営業でも良かった
- ・ 定性的な説明がメインで概念はわかりましたが、無線機の特性によるものなのか理論によるものなのか良くわかりませんでした。報告書で確認したいと思います。
- ・ 無線機の技術の向上
- ・ 多画面活用し、判りやすく工夫いただいていたのですが、実際のフィールド試験は、車両を走行させたごく一部でしたので、わざわざ長沼でやらずとも VTR の紹介等で札幌でも良かったのでは？

問8. 業務用無線のデジタル化の推進にあたり、ご意見・ご要望・ご感想などがありましたら、自由にご記入願います。

- ・ デジタルへの移行期限を早期に打出すべき
- ・ 共用利用ぜひすすめてください。オリンピック等を想定した話もありましたので、世界の国々が持ち込んだ無線機も使用できる規格にしてください。
- ・ 安価で相互互換性、グローバルスタンダードに準拠
- ・ 防災行政用無線等の公共業務用無線の周波数の使用期限を設定し早期の移行の実施等の移行策が必要
- ・ 最終報告資料、期待しています

(3) アンケート結果のまとめ

メーカーからの参加者が多く、意見や提案、感心事が、技術よりの意見が多い。

共同利用や相互接続に関する意見や加点が多く、安価で、オープンな市場になることへの期待があると思われる。これは、デジタルへの移行に関しては総論として期待はするものの、各論として利用者側のハードルの高さが伺える。

9 公開実証試験の様子



大鐘座長あいさつ



説明会



試験機材の説明



公開実証試験の実施



試験車両



妨害波車両機材



中継局空中線



試験機材

資料6 業務用無線ユーザーへのヒアリングの結果

1 調査目的

業務用無線を利用しているユーザーを対象に、現在の業務用無線の使用状況やデジタル化への意見、要望等を取りまとめ、本調査検討会の検討に反映するため、ヒアリング調査を実施する。

2 調査期間

平成 26 年 4 月 21 日(月)～平成 26 年 12 月 3 日(水)

3 調査対象

北海道管内で業務用無線を利用しているユーザー

(1)対象件数

16 社(大規模免許人 7 社(100 局以上)、中規模免許人 6 社(30～100 局)、小規模免許人 3 社(30 局未満))

(2)選定方法

業種、企業規模、デジタル方式利用の有無、データ通信利用の有無、複数基地局利用の有無、複雑な地形での利用などを考慮し選定した。

4 調査結果の概要

(1)デジタル化の普及状況や関心度

全社、デジタル化が普及してきていることを知っており、関心を持っている。

(2)使用中の無線の通信可能エリアの満足度

現在の通信可能エリアに満足している企業は 4 社で、不満を持っている企業は 12 社であった。不満の理由は、地形的な影響やビル陰等により不感地域が生じていることや業務エリアの全てをカバーしきれていないことが挙げられている。

(3)デジタル業務用無線に必要な機能

音声での通信のみで良いとの企業は 2 社のみで、その他の 12 社は音声通信の他、データ通信等の付加機能も必要としている。

付加機能としては、グループ通信や暗号化通信、緊急通信、位置情報、テキストメール等を必要としている。また、音声での通信のみで良いとした理由は、費用負担を下げたいとするものであり、付加機能の必要が生じた時点で途中からでも付加できる仕様となるよう希望が挙げられている。

(4)共同利用型の中継機能

12 社が必要な機能であるとし、主に不感地域の解消に期待して利用したいとしている。

その内、利用可能となった場合、8 社が是非利用したい、若しくは、費用が安ければ利用したいとしている。

特に必要な機能ではないとした理由は、閉空間で利用していることや通信頻度が高いため共同利用できないなどとしている。また、他の理由としては、中継機能システムによりエリアが広がりより便利になることは理解するものの、導入費用・維持費用の問題や専用波から共用波となる不安等から、現段階では積極的に利用したいという考えには至っていない。

(5) デジタル業務用無線に更新する場合に重視すること

16社のうち14社が通信エリアを重視している。これは、現在利用しているアナログ業務用無線の通信エリアより狭くなるとは困ることや中継機能を利用し不感地域を解消したいとのことからである。また、中・小規模免許人の7社が導入費用を重視しており、現在使用中のアナログ業務用無線と同程度以下、若しくは、割安であれば更新したいとしている。大規模免許人は、導入費用は重視していない、若しくは、高性能であれば少々割高でも利用したいとしている。

(6) デジタル化への期待や要望等

- ・通常時はスマートフォン等の携帯電話を使用することが多くなってきているが、中継機能システムには緊急時等にデジタル業務用無線が有効に活用できることを期待する。

- ・無線機器の台数が多く、費用の問題から一度に全て更新できない。会社で計画的な予算の確保が必要となってくる。

- ・無線機器メーカーには、メールや写真データなどの機能を利用する場合、移動する側は何台もの機器を持ち運べないため、専用の機器しか利用できないのではなく、入出力を行う機器は、スマートフォンやタブレットなどのように広く一般に普及している操作しやすい機器としてもらいたい。また、データ通信等の付加機能は、後で簡単に付加できる仕様としてもらいたい。

- ・音声通信のみであれば無線機器の価格が割安になるようにしてもらいたい。

5 まとめ

調査した16社全ての企業が無線のデジタル化が普及してきていることを知っており、デジタル業務用無線への更新の関心の高さが伺える。

スマートフォン等の携帯電話の普及により、通常時には無線ではなく携帯電話等を利用する企業も多くなってきているが、業務用無線は災害時や緊急時等に通信回線のふくそう等の制約を受けないことから、有効に活用できると期待している企業が多い。

デジタル業務用無線に必要な機能としては、多くの企業が音声通信の他、データ通信等の付加機能も必要としており、付加機能としては、業務効率化を狙うグループ通信や暗号化通信機能、職場の安全管理等に欠かせない緊急通信機能などを音声通信・データ通信と同時に使用したいとの意向が強い。また、共同利用型の中継機能については、不感地帯の解消のために有効なシステムであると期待されている。しかし、中継機能システムのメリットは理解できるものの、導入費や維持費の負担、専用波から共用波になることへの不安等から、現段階では積極的に利用したいという要望は少ないため、今後の普及促進の取組が必要である。

デジタル業務用無線への更新は、多くの企業が導入費用を重視しており、特に中小規模の企業はできる限り費用を抑えたい傾向が強い。

資料7 平成 26 年 3 月 25 日付け総務省報道資料

平成 26 年 3 月 25 日付け総務省報道資料 「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「150/260/400MHz 帯業務用移動無線の周波数有効利用」に関する情報通信審議会からの一部答申

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000117.html

別紙

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告 - 概要版 -

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、
「150/260/400MHz帯業務用移動無線の周波数有効利用」

検討の背景

1

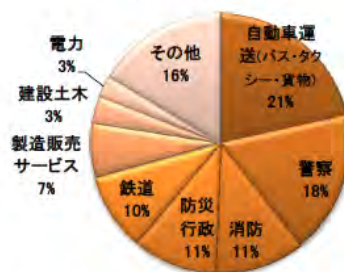
検討の背景

- ◆ 150/260/400MHz帯業務用移動無線は、自動車運送、警察、消防、防災行政、鉄道等の様々な分野で、音声通信、データ伝送等に活用されており、震災等を契機に、その重要性、有効性が再認識
- ◆ 今後、通信需要の増大、2020年東京オリンピック・パラリンピック開催による無線システムの増強や利用拡大が想定されるため、周波数の有効利用が求められているところ
- ◆ 150MHz帯や400MHz帯は、音声中心のアナログ方式から、周波数の利用効率に優れ、データ伝送が容易で、情報セキュリティが向上する等の特長を持つデジタル方式への移行が進められているが、今後、更にデジタル方式の導入を促進するための課題の解決及び新たな周波数有効利用方策等を検討することが必要

具体的な検討項目

- 業務用移動無線の現状と動向
 - ・ 国内外の現状
 - ・ アナログ無線を取り巻く状況
 - ・ 今後の業務用移動無線システムの動向
- 150/260/400MHz帯の周波数有効利用方策
 - ・ デジタル業務用移動無線システムの周波数利用
 - ・ デジタル方式への移行期限
 - ・ デジタル方式への移行促進方策
 - ・ 需要増加が見込まれる無線システムへの対応
 - ・ 防災関係機関相互通信への対応
- 周波数有効利用に向けた技術的条件
 - ・ デジタル方式への移行促進に向けた技術的条件
 - ・ 周波数の効率的利用に資する技術的条件
 - ・ 防災関係機関相互通信のための技術的条件

150MHz/260MHz/400MHz帯
業務用移動無線の用途別内訳※
[合計:約1115万局]



※簡易無線は含まれていない

業務用移動無線の現状と動向①

2

国内における現状

- ・ 業務用移動無線では、デジタル方式の特長である秘話性の確保を目的として、昭和58年に警察移動通信にデジタル方式を導入
- ・ 平成11年に周波数帯域のナロー化(狭帯域化)が図れるデジタル・ナロー通信システムが導入され、公共・公益事業を中心に業務用移動無線のデジタル化が進捗
- ・ 業務用無線のデジタル化は、秘話性を要求する公共業務での導入から、無線システムの高度化や多チャンネル化を目的とした導入に推移
- ・ 音声通信を主体とする一般業務の導入は低いが、今後、4値FSK変調方式を使用した低廉なデジタル無線機の利用により増加するものと推測

諸外国における現状と動向

- 【米国】 周波数有効利用の観点からナロー化が進められており、150MHz帯、400MHz帯共に2011年1月1日以降はチャンネル間隔が6.25kHz(2多重は12.5kHz、4多重は25kHz)以外の無線機は新規認証の取得は不可
- 【豪州】 400MHz帯再編計画を2010年に策定し、①政府利用システムの相互互換性等の確保、②450-470MHz帯域内での10MHz送受間隔チャンネルの設定、③12.5kHzを単位とするチャンネル間隔(陸上移動無線には6.25kHzも設定)を実行中
- 【韓国】 2014年より、①新規無線機はデジタル無線のみを認証、②6.25kHzチャンネル間隔の割当てによるデジタル化促進を実施
- 【英国】 自営網の一般ユーザーが使用する周波数帯で、周波数逼迫解消のためのデジタル化及び再編が進行中

業務用移動無線の現状と動向②

3

アナログ無線を取り巻く状況

1. アナログ無線機器の製造と保守

- ・ 使用部品の確保が困難となりつつあり、今後、製造を継続することに限界が生じることが予測
- ・ ユーザー要望がある限りは製造を継続するものの、全体需要の減少により現行より価格は高騰化の傾向
- ・ 製造効率の観点から、アナログ専用機は数年で縮小し、一時的にデジタルとのデュアル機へシフトすると推測

2. アナログ無線機器の更新期間と今後の需要

- ・ メーカーによる部品、ユニット供給は概ね7～10年としているが、ユーザー側の実態は20年以上の使用も多く存在
- ・ 補修用部品不足等による保守の困難性を踏まえると、更新期間は、今後、短縮する方向に変化するものと推測
- ・ 国内外も含めアナログ専用無線機器の需要は減少傾向

今後の業務用移動無線システムの動向

1. 携帯電話の普及に伴う業務用無線利用の変化

- ・ 安心安全を目的とする重要無線、公共業務等では、災害時の輻輳回避等のため、業務用無線は必要不可欠であり、今後も利用は継続
- ・ 今後、移動局間の直接通信は簡易無線の利用へ、大規模エリアを要求するユーザーはMCA無線に移行、中規模エリアは中継機能による無線システムの活用に推移

2. 今後の業務用無線に対する要求

- ・ 容易に中規模エリアをカバーできる簡易な中継システムの利用、4値FSK変調方式等による音声主体のシンプルな無線システムの利用要望が増加

150/260/400MHz帯の周波数有効利用方策①

4

デジタル業務用移動無線システムの周波数利用

周波数帯・・・従来と同一エリアを確保するため、アナログ方式と同一周波数帯としてスムーズな移行環境を確保することが適当

周波数・・・デジタル無線用の周波数は、アナログ方式とできるだけ近傍の周波数が望ましい

送受信周波数間隔・・・既存無線システム等を考慮すると周波数再編は現実的には困難なため、現在の二周波方式の送受信間隔とすることが適当

アナログ無線の周波数・・・周波数有効利用を図るために使用周波数を集約し、その周波数に移行した上でアナログ無線を継続使用することが適当

デジタル方式への移行期限(アナログ無線の使用期限)の設定

- ・デジタル無線への干渉対策、新たな無線システムへの計画的な周波数利用等の観点から、デジタル方式への移行期限設定の必要性は高く、できるだけ早期に設定することが適当
- ・具体的な移行期限は、基本的には無線機器の更新時期や保守期限を勘案して設定することが適当
- ・周波数の有効利用の観点から移行期間はできるだけ短期間が望ましいが、無線システム所有者の過度な負担とならないように留意することが必要
- ・一方、アナログ方式での使用周波数帯の範囲内でデジタル移行する場合は、柔軟な設定も考慮

デジタル無線への移行促進方策

- ・段階的な機器更新を可能とするためにデジタル・アナログのデュアル方式無線機を利用することが効果的
- ・カバーエリアが一致(包含)するユーザー間で無線システムを共同利用することよりデジタル移行が促進
- ・防災行政無線のデジタル移行を促進するため、260MHz帯への4値FSK方式を導入することが適当

150/260/400MHz帯の周波数有効利用方策②

5

需要増加が見込まれる無線システムへの対応

[150MHz帯]

- ・導入が計画されているデジタル列車無線や水防道路用のデジタル移動無線システムは、現在使用中のアナログ方式の周波数に加え、現在移行中の消防無線用周波数の跡地等を使用することが適当

[260MHz帯]

- ・4値FSK変調方式などのSCPC方式のデジタル防災行政無線用として、TDMA方式とは別な周波数を割り当てること適当

[400MHz帯]

- ・デジタル簡易無線は、今後の需要増加に応じて増波を検討することが適当
- ・新たな列車制御システムの導入に対応するために、現在、実験に使用中の周波数を含め、必要な周波数を確保することが適当
- ・中規模エリアを確保する中継システムの導入に対応するために、新たに二周波方式用の周波数を確保することが適当

防災関係機関相互通信への対応

- ・防災関係機関相互の通信は、大規模災害時において現場での音声主体の連絡用
- ・相互通信を行うために、各機関での通信システムや変調方式等を統一することは現実的に困難なため、各機関独自の無線装置に相互通信用の無線機能を付加する方法、又は、相互通信用の無線機を所持する方法とすることが適当
- ・相互通信用の周波数は、周波数帯毎に2～3チャンネル程度の複数波を用意することが適当

周波数有効利用に向けた技術的条件

6

デジタル方式への移行促進に向けた技術的条件

[デジタル・アナログ方式デュアル無線機]

- ・ 機器を改造することなく、簡易にアナログ方式を停波することが可能となる機能
- ・ アナログ方式の停波対応においてデジタル方式部分の技術基準適合性に影響しない設計

[中規模エリア用の中継システム]

- ・ 設置ユーザー以外のユーザーの通信を中継しないようにするためのフィルタリング機能
- ・ 簡易に共同利用に展開できる拡張機能

周波数の効率的使用に資する技術的条件

- ・ 将来的な周波数配置の変更等を鑑み、できるだけ広帯域な周波数範囲をカバーできることが望ましい
- ・ カバー範囲内での周波数設定が容易に変更できる機能が必要

防災関係機関相互通信のための技術的条件

- ・ 相互通信用の無線装置は、4値FSK方式やアナログ方式(狭帯域)などのシンプルで簡単な仕組みとすることが適当

資料8 情報通信審議会諮問第2009号(平成14年9月30日諮問)について の一部答申

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・高度化方策に係る技術的条件」についての一部答申(平成20年3月26日付け)から、『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条件』の一部を抜粋して掲載

http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/bunkakai/080326_1.html

資料57-1-2 小電力無線システム委員会報告(報告書 資料集)

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・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、チャンネル間隔 6.25kHz の場合、隣接チャンネル漏えい電力は、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、隣接チャン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 間隔のチャン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、隣接チャン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（ＶＣ－ＴＣＸＯ）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。

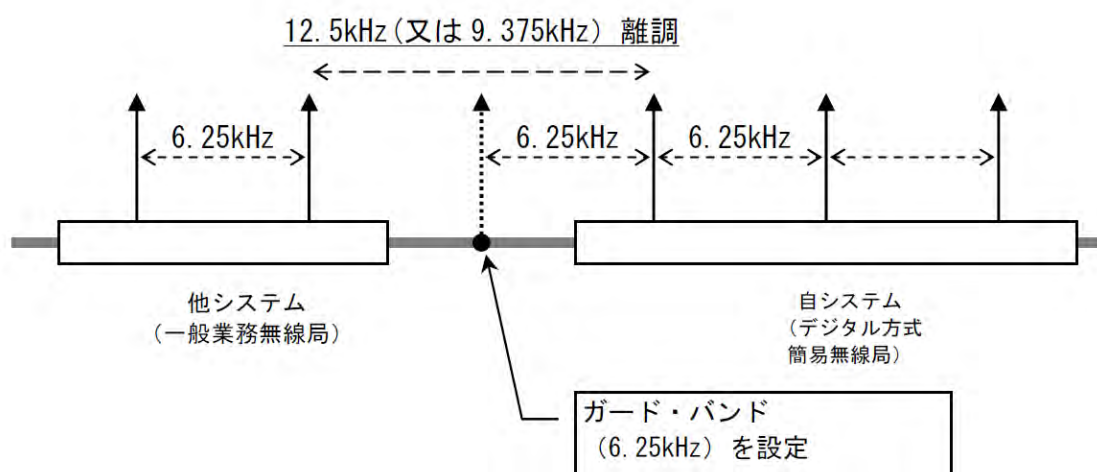


図 2. 4. 1-1 デジタル簡易無線における周波数配置の考え方

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くことができないことと同等であつて、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、隣接チャン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。

資料3 既存無線システムとの周波数共用条件の検討

I 業務用アナログとデジタル・システムとの周波数共用検討

本節で検討する主たる検討課題は、以下の通りである。

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

1 共用条件の検討手順

ア 用いたモデル

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

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

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

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

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

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

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、

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

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、

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

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 $CIR = 12 \text{ [dB]}$ 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 12.5 kHz 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、 $ACPR = -45 \text{ dB}$ 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 $D/U = -40 \text{ dB}$ を用いたように、簡易無線に規定されている $ACPR = -45 \text{ dB}$ から決定される D/U は、 $D/U = -30 \text{ dB}$ とした。

(エ) その他

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

エ 4値FSK方式の周波数偏位

チャンネル間隔 6.25 kHz 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、 $+945 \text{ Hz}$ と -945 Hz 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、ACP R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、 $D/U = -40\text{ dB}$ 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、 $D/U = -40\text{ dB}$ 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±1.5ppm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ACP Rを45dB以上、また、400MHz帯の周波数の許容偏差を±1.5ppm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±1.5ppm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±1.5ppmの場合の結果でチャネル間隔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±1.5ppm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±0.9ppm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 6.25 kHz 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、 3.125 kHz 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隣接チャネル漏えい電力比と ± 1.5 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 ± 1.5 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、 $D/U = -30$ dBと ± 1.5 ppmになる。

- (イ) $D/U = -30$ 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) $D/U = -30$ dBの場合には、U波の無線機は、D波の無線機に $D/U = -30$ 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 $D/U = -30$ 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、 $D/U = -40$ 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 ($D/U = -30$ dBと ± 1.5 ppm) に従って運用できることが表3-14から分った。

ウ $\pi/4$ シフトQPSK方式

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

- (イ) $\pi/4$ シフトQPSK方式を $D/U = -30$ dBと ± 0.9 ppmの条件で考えてみる。 $D/U = -30$ 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 ± 0.9 ppmに対するrms補正值は0.60 kHzと求まる。rms補正值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) kHzとなるので、チャネル間隔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6.25kHzとの差は、0.65(=6.25-5.6)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)ppm>0.9ppmとなる。

※以降の表は全て、FMと4値FSKの部分だけを抜粋して掲載

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 値FSK	
チャンネル間隔	12.5kHz	25kHz/20kHz	6.25kHz	12.5kHz
アクセス方式	SCPC	SCPC	SCPC	TDMA
多重数	1	1	1	2
送信占有周波数帯幅	8.5kHz	16kHz	4kHz	8kHz
伝送速度/情報帯域	0.3~3.0kHz	0.3~3.0kHz	4.8kbps	9.6kbps
ロールオフ率	-	-	0.2	0.2
等価受信帯域幅	8.5kHz	16kHz	4kHz	8kHz
雑音	-21.5dBμV	-18.8 dBμV	-24.8dBV	-21.8dBV
Eb/No @ BER=1%	-	-	10.5dB	10.5dB
CNR @ BER=1% 又は SINAD/NQ	12.0dB(SINAD)	20.0dB(NQ)	11.3dB	11.3dB
NF	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB
機器マージン	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB
受信感度	6dBμV	6dBμV	0dBμV	2.3dBμV
基準感度	6.0dBμV	6.0dBμV	0dBμV	3dBμV

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

妨害波 希望波		FM		4 値 FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	4		6.3	4
	20kHz		2	2.1	3
4 値 FSK	6.25kHz	10.6	5.7	11.5	8.5
	12.5kHz	9	9	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ンネル妨害波との D/U|Δf=0 (dB)を示す。

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		4 値 FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	11.60		9.10	10.73
	20kHz		15.80	13.40	12.43
4 値 FSK	6.25kHz	9.20	12.42	5.12	8.54
	12.5kHz	9.51	12.12	7.63	10.50

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		4 値 FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	4		7	4
	20kHz		2	3	3
4 値 FSK	6.25kHz	11	6	12	9
	12.5kHz	9	9	10	10

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		4 値 FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	11.60		10.57	12.35
	20kHz		15.80	15.09	14.14
4 値 FSK	6.25kHz	10.67	14.11	5.72	9.44
	12.5kHz	11.13	13.83	8.53	11.63

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		4 値 FSK	
		$\Delta 1.410\text{kHz}$	$\Delta 1.640\text{kHz}$	$\Delta 0.705\text{kHz}$	$\Delta 0.799\text{kHz}$
FM	$\Delta 1.410\text{kHz}$			1.58	1.62
	$\Delta 1.640\text{kHz}$			1.69	1.71
4 値 FSK	$\Delta 0.705\text{kHz}$	1.58	1.69	1.00	1.07
	$\Delta 0.799\text{kHz}$	1.62	1.71	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 | $\Delta F@VHF \cdot FM = 164\text{MHz} \times 10\text{ppm} = 1.640\text{kHz}$ | $\Delta F@UHF \cdot FM = 470\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 1.410\text{kHz}$ |
| (2) デジタルナロー1W 超 | $\Delta F@VHF \cdot 6.25 = 164\text{MHz} \times 2.5\text{ppm} = 0.410\text{kHz}$ | $\Delta F@UHF \cdot 6.25 = 470\text{MHz} \times 1.5\text{ppm} = 0.705\text{kHz}$ |
| | $\Delta F@VHF \cdot 12.5 = 164\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 0.492\text{kHz}$ | $\Delta F@UHF \cdot 12.5 = 470\text{MHz} \times 1.7\text{ppm} = 0.799\text{kHz}$ |
| | $\Delta F@VHF \cdot 25 = 164\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 0.492\text{kHz}$ | $\Delta F@UHF \cdot 25 = 470\text{MHz} \times 1.2\text{ppm} = 0.564\text{kHz}$ |

資料9 ARIB 標準規格について

試験に用いた実験試験局は、ARIB STD-T102 第 2 編に準拠している。ARIB STD-T102 は、狭帯域デジタル通信方式(SCPC／4 値 FSK 方式)の無線区間インタフェースについて策定されたもので、第 1 編と第 2 編の 2 種類の方式が記載されている。第 2 編は、異なる製造事業者間での音声通話に係る相互接続性について、その試験方法を規定している。

第3章4項の多くの機能は、ARIB STD-B54 に準拠している。ARIB STD-B54 は、放送事業用 4FSK 連絡無線方式について策定されたもので、無線区間インタフェースは ARIB STD-T102 を基本とし、選択呼出、暗号化通信、ベアラモード通信、GPS データ通信、メッセージモード通信、ステータスデータ通信及び発信者名表示機能について規定したものである。

なお、ARIB STD-T102 と ARIB STD-B54 を統合した ARIB 規格は、現在存在しない。

資料10 用語集

用語	説明
16QAM	16 Quadrature Amplitude Modulation の略称。 16 値直交振幅変調。 位相が直交する 2 つの搬送波を合成した搬送波によってデジタルデータを伝達する変調方式。
4 値 FSK	4 値 Frequency Shift Keying (4 値周波数偏位変調) の略称。 送信電波の周波数を変化させ、4 つの状態を作ることによって 00/01/10/11 のビット情報を送信する方式。
ACK	データ伝送で、受信側から送信側へ送られる肯定的な返事。データ転送が正常に終了したときなどに、そのことを送信側に知らせるために送られる。
AMBE+2™	Digital Voice Systems, Inc. が開発したボコーダ系の音声コーデックの名称 (Advanced Multi-Band Excitation+2)。音声信号を 2.45kbps まで圧縮、誤り訂正符号 1.15kbps を付与して合計 3.6kbps で動作する。
ARIB STD-B54	放送事業用連絡無線設備において 142MHz を超え 170MHz 以下の周波数を使用する狭帯域デジタル通信方式のうち、変調方式が四値周波数偏位変調を用いた単一キャリアによる業務用デジタル移動通信システムの標準規格。 http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku_tushin/tsushin_kikaku_number.html
ARIB STD-T102	400MHz 帯及び 150MHz 帯を使用する業務用移動通信システムとして、狭帯域デジタル移動通信方式のうち、4 値 FSK 方式(四値周波数偏位変調)を用いた無線システムの標準規格。 http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku_tushin/tsushin_kikaku_number.html
ASCII コード	現代英語や西ヨーロッパ言語で使われるラテン文字を中心とした文字コード。コンピュータ、その他の通信機器において最もよく使われている。
ATT	Attenuator (減衰器) の略称。 信号を適切な信号レベルに減衰させる電子部品又は装置。
BCP	Business Continuity Plan の略称。 災害や事故に備え、事業活動を継続するための計画事業継続計画。

用語	説明
BER	Bit Error Rate の略称。 データ伝送品質 の 評価尺度のひとつで、 ビット誤り率 = 誤った受信ビット数 / 伝送した全ビット数 で表せられる。
BNC	同軸コネクタの一種。 周波数特性が比較的良く、ネジを使わず、一挙動で簡単にロックできる機構を持つ。
C/N	C/N 比の略。 C/N 比は、Carrier to Noise ratio の略称。 搬送波(Carrier)と雑音(Noise)との比率。
ch	チャネル。 本書では、等間隔で並んだ無線通信用周波数を表す。
CTCSS	Continuous Tone-Coded Squelch System の略称。 無線送信機の変調信号に連続した単一周波数の AF 信号(トーン)を重畳して送信し、無線受信機で、この AF 信号を検出することで、スケルチを動作させる方式。トーンスケルチとも呼ばれる。
DCP(気象データ収集システム)	DCP: Data Collection Platform の略(通報局)。観測場所(船舶・測器設置場所等)から気象衛星を使用しデータ収集するデータ収集システム(DCS: Data Collection System)の観測装置・送信設備の総称。
DCS	Digital Coded Squelch の略称。 デジタルスケルチ。トーンスケルチと同様、特定の信号を待ち受けるために用いられる。毎秒 134.4 ビットの周波数偏移変調されたデジタルデータを音声に重畳して繰り返し送信する方式。
DTMF	Dual Tone Multi Frequency の略称。 低群・高群 2 つの低周波信号を合成して 0~9、A、B、C、D、*、# のコードを伝送する方式。
D/U	希望波(Desired Signal)と妨害波(Undesired Signal)の比率。
FACCH	Fast Associated Control Channel の略称。 高速付随制御チャネル。 本書では、ARIB STD-T102 に規定される無線伝送区間の機能チャネルを表す。
FDD	Frequency Division Duplex の略称。 送信と受信とにそれぞれ別の周波数を割り当て、全二重通信を行う中継方式。

用語	説明
GND	ground の略称。 接地。本書では、機器の筐体・信号電線路の中性点を表す。
GPS データ	GPS (Global Positioning System) によって得られた位置情報データ。
ILS	Instrument Landing System の略称。 計器着陸装置。航空機に対して地上施設から指向性誘導電波を発射して誘導する計器進入システム。
IP 無線	携帯電話網等のデータ通信機能を利用したプレストーク (PTT) 方式の移動体通信サービス。
LAN	Local Area Network の略称。 施設内程度の規模で用いられるコンピュータネットワークのこと。
MCA 無線	Multi-Channel Access の略称。 無線回線の使用効率を向上させるため、ユーザー側の各無線局に複数のチャネルを共通して装備させ、それぞれの局が空いているチャネルを使って交信するシステム。制御局が自動的に空きチャネルを割り当てる。
MSK	minimum shift keying の略称。 本書では、低周波信号の副搬送波をデジタル信号で変調し、アナログ無線機を用いてデータ伝送をする方式を表す。
PN9	PN とは Pseudo random Noise の略称で疑似ランダムノイズを意味する。 9 は PN9 パターンを発生するビットシフト回路の段数で、PN9 パターンは 2 の 9 乗のデータ長 ($2^9 - 1 = 511$) で繰り返すパターン。
PTT	Press To Talk または Push To Talk の略称。 音声を送信する時に操作するスイッチ。
RS-232C	シリアル通信ポートのインタフェース規格。
RSSI	Received Signal Strength Indicator の略称。 受信信号強度。
RXD	シリアル通信ポートの受信データ端子。
SCPC	Single Channel Per Carrier の略称。 音声やデータ等の情報信号を伝送する。 各チャネルのそれぞれに一つのキャリアを割り当てる方式。
SDM	Short Data Message の略称。 ショートメッセージ機能を表す。

用語	説明
SSG	Standard Signal Generator の略称。 標準信号発生器とも呼ばれ、標準器により校正された電気信号を発生させる装置。
SWR 計	SWR(Standing Wave Ratio)を測定する計測器。SWR とは、定在波比のことで、伝送路における進行波と反射波の関係を示す数値。
TXD	シリアル通信ポートの送信データ端子。
TDMA	Time Division Multiple Access の略称。 時分割多元接続。電波をタイムスロットに分割し無線局に割り当てて多元接続を行う技術。
UDCH	User Data Channel の略称。 ユーザデータチャネル。 本書では、ARIB STD-T102 に規定される無線伝送区間の機能チャネルを表す。
UD 比	妨害波(Undesired Signal)と希望波(Desired Signal)の比率。 dB 値の極性を整えるため、本書では、U/D[dB]を UD 比と表す。
VOR	VHF Omnidirectional Range の略称。 超短波全方向式無線標識施設。 VHF 帯(超短波帯)の電波を用いる航空機用無線標識。
$\pi/4$ シフト QPSK	1シンボル毎に 45 度($\pi/4$ ラジアン)位相の異なる 4 値位相変位変調(QPSK、Quadrature Phase Shift Keying)を用いてデジタルデータを伝達する変調方式。
移動局	船舶局、遭難自動通報局、船上通信局、航空機局、陸上移動局、携帯局その他移動中又は特定しない地点に停止中運用する無線局をいう。
アーラン B 式	通信トラヒックの呼損率を求めるために用いられる数式。
アクセス時間	本書では、発信局がフレームの先頭を送信開始してから、着信局にフレームの先頭が届くまでの時間を表わす。
衛星 EPIRB	Emergency Position Indicate Radio Beacon の略称。 非常用位置指示無線標識装置。 船舶の遭難時に無線信号(遭難信号)を発信する装置のこと。その電波を人工衛星で受信し地上局に向けて送り返すシステム。
エリアシミュレーション	地形、気象などの条件を考慮し、電波が伝搬されるエリア(地域)を模擬的に演算する手法。

用語	説明
オーブコム	低軌道周回衛星(オーブコム衛星)を利用して双方向のデータ通信を提供する衛星通信サービス。山岳地帯や海上での通信も可能なことから、機械類の遠隔監視や船舶の動態管理などに利用されている。
奥村－秦モデル	市外地、郊外地、開放地等の各種伝搬路に対して走行実験を行い、準平滑地形上の市街地電界強度(長区間中央値)を基準に電界強度の距離特性を推定したものが奥村カーブである。実験結果から統計的に推定処理するために中央値が用いられた。 奥村カーブを基に、無線周波数(150～1500MHz)、基地局アンテナ高(30～200m)、移動局アンテナ高(1～10m) や伝搬路(市外地、郊外地、開放地等)をパラメータに基地－移動局間の距離(1～20km)に対する伝搬損失を求める実験式を秦が定式化した。これが奥村－秦モデルである。
簡易無線	多くの人が様々な簡易な業務に使用できる無線局であり、無線従事者の資格は必要ない。
干渉	本書では、受信機が妨害波信号により希望波信号の受信に影響を受ける現象を表わす。
希望波	無線機が受信しようとしている電波。
給電線	送信機からアンテナに高周波電力を伝送又はアンテナから受信機に高周波電力を伝送するための伝送線路(電線)。
狭帯域	占有周波数帯幅の狭い電波型式。本書では、チャンネル間隔 6.25kHz のものを表わす。
共同利用型中継システム	カバーエリアが一致(包含)するユーザー間で業務無線中継システムを共同利用するもの。
業務用無線	あらゆる業種に用いられる自営陸上移動通信の総称で、公共業務用と一般業務用に大別される。
共用器	単一の空中線で送受信を同時に行うための装置。電力の大きな送信波が微弱な受信波に与える影響を抑えるため、受信装置と空中線間に、送信に用いる周波数の電力を減衰させるフィルタを備えている。
空中線	アンテナのこと。
公衆通信網	不特定多数の利用者を目的とした通信回線。本書では、一般加入電話、携帯電話及びインターネット通信網などを含めて表わす。
呼損率	通信回線(設備)の容量不足によって、通信 または通話がつかない割合。

用語	説明
混合器	複数の異なる周波数の電気信号をひとつの伝送路に出力する機器。
再生中継方式	受信した信号を復調してから再送信する中継方式。 本書では、受信した信号を復調し、デジタルフレームのエラー検出・訂正を行ってから異なる周波数で再送信する、二周波複信動作の再生中継方式を表す。中継局が二周波複信動作を行い、移動局が二周波単信動作を行うことで二周波半複信通信となる。
自営無線通信システム	第三者の設備に依存しない無線通信システム。
周波数利用効率	有限の電波資源(周波数資源)を割り当てて使用する効率。
情報通信審議会	総務大臣の諮問に応じて、情報の電磁的流通及び電波の利用に関する政策に関する重要事項を調査審議し、総務大臣に意見を述べ、郵政事業及び郵便認証司に関する重要事項を調査審議し、関係各大臣に意見を述べる組織。
信号レベル	実験または測定で無線機に供給される信号のレベル。
新スプリアス基準	スプリアス基準参照。
据置型移動局	車載型無線機に電源装置等を付加した室内に設置するための無線機。免許は指令局又は基地局。
スクランブル	デジタル無線通信において、音声通信またはデータ通信するときに、コード番号に従ってデータを暗号化、または複合化することにより、コード外の音声をミュートする機能。
スプリアス基準	無線設備規則のスプリアス発射の強度の許容値。 平成 17 年 12 月 1 日に改正された。主な改正内容は、以下のとおり。 (1) 従来のスプリアス発射以外に送信機雑音などの帯域外発射も含めた不要発射全体の許容値を規定すること。 (2) 従来の周波数区分ではなく、無線業務区分ごとに規定すること。 (3) 実使用状態(変調状態)における規定値とすること。 (4) 適用する周波数範囲として、中心周波数から必要周波数帯幅の±250%離れた周波数を境界に、必要周波数帯の外側からこの境界までを帯域外領域、それより外側をスプリアス領域とすること。 旧規則で免許を受けた設備に対しては、経過措置により、使用可能期間が延長されている。
スペクトラムアナライザ	横軸を周波数、縦軸を電力または電圧とする二次元のグラフを画面に表示する計測器。

用語	説明
スリーブアンテナ	1/4λ ホイップアンテナに、同じく 1/4 λ のスリーブ状(袖)のアース素子を付けたもの。水平面内には無指向性を有し、動作の特性はダイポールアンテナに類似している。
相互接続性	異なる製造者の製造する無線機において、相互に音声通信及びデータ通信を可能にすること。
相互変調特性	希望波信号を受信しているときにおいて、二以上の強力な妨害波が到来し、それが、受信機の非直線性により、受信機内部に希望波信号周波数又は受信機の間周波数と等しい周波数を発生させ、希望波信号の受信を妨害する現象をいう。
単信	一方が送信している間もう一方は受信を行い、伝送方向が切り替えられる通信方式。半二重通信(Half Duplex)。
中継局	基地局と陸上移動局との間及び陸上移動局相互間の通信を中継するため陸上に開設する移動しない無線局をいう。
トラヒック理論	通信回線の通信容量を算定する理論。サービス拒絶確率・待ち時間・資源の利用効率などを取り扱う。
バイナリデータ	コンピュータが処理・記憶するために 2 進化されたデータ。
半複信	一方が単信方式、もう一方が複信方式である通信方式。
フェージング	無線通信で届く電波の強度が何らかの理由により変動すること。無線局の移動や時間経過により、障害物や大気中の電離層による反射などが変化し、時間差をもって到達した電波の干渉に変化が発生することで起きる。
複信	双方が同時に送信できる通信方式。全二重通信(Full Duplex)。
ふくそう	たとえば電話網でイベントや災害などの時などに発生する、通信要求過多により、通信が成立しにくくなる現象。
プリアンプル	シリアルデータ伝送時、データの先頭に付加するビット列(ビット同期の確立に使用する信号パターン)。
ベアラモード通信	無線機がデジタル・プロトコルを利用してデータ通信する機能。無線機に PC や、テレメトリ機材を接続して使用する。(STD-B54 準拠)
ページャー	pager。電波で小型受信機にデータを送るシステム。ポケットベルとも呼ばれる。
ホイップアンテナ	平面内には指向性が無く、どの角度でも電波を受信・送信することができる。送信局の位置にあわせてアンテナを設置する必要がなく、また設置箇所の自由度が高いという特徴がある。
妨害波	希望波に妨害を与える電波。

用語	説明
方向性結合器	伝送路を伝わる電気信号を、その進行方向に応じて別々の端子から取出す機器。
ボコーダ	人の声をコードブック化して定義し、送信側では入力信号をコードブックと比較して、その定義番号を伝送、受信側では、受け取った定義番号からコードブックの音を生成する音声コーデック方式。波形符号化に比べて、低ビットレートでデータを送ることができる。
ホワイトニングコード	スクランブルコードのこと。通信を切り分けることができる。
マルチチャネルアクセス	複数の無線局が複数の無線チャネルを共同使用することで、電波帯域を有効利用する技術。
マリンホーン	小型漁船相互間、漁船と陸岸の関係者等の間で手軽に通信が行えるハンディ型の 400MHz 帯無線通信システム。主に船体構造上無線設備設置が困難なもの、電源設備を持たないもの等の通信手段として使用されている。
免許人	無線局の免許を受けた者。
ユーザコード	アナログの CTCSS/DCS と同じ機能を持つデジタル・シグナリング機能。ユーザコードを無線機に設定すると、目的外の通話をミュートすることができる。
陸上移動局	無線局の種別の一つ。車載型や携帯型など移動して運用する無線機を用いる。
隣接または近接チャネル干渉特性	隣接または近接チャネル($\pm 6.25\text{kHz}$ 、 $\pm 12.5\text{kHz}$ 、 $\pm 18.75\text{kHz}$)の妨害波での感度抑圧特性。
レーザー距測計	レーザー光を用いて距離を測定する計測器。

資料11 参考文献

ARIB STD-T102 第 1.1 版 『狭帯域デジタル通信方式(SCPC/4 値 FSK 方式)』

一般社団法人電波産業会

http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku_tushin/tsushin_kikaku_number.html

ARIB STD-B54 第 2.0 版 『放送事業用 4FSK 連絡無線方式』

一般社団法人電波産業会

http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku_hoso/hoso_kikaku_number.html

平成 26 年 3 月 25 日付け総務省報道資料

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち

「150/260/400MHz 帯業務用移動無線の周波数有効利用」

に関する情報通信審議会からの一部答申

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000117.html

一部抜粋して掲載(資料7)

平成 14 年 9 月 30 日付け諮問第 2009 号についての答申

「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」諮問のうち、

「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」についての答申

情報通信審議会

http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/bunkakai/080326_1.html

資料57-1-2 小電力無線システム委員会報告(報告書 資料集)

『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条件』

一部抜粋して掲載(資料8)

平成27年1月

業務用無線通信システムに関する調査検討報告書

業務用無線通信システムに関する調査検討会

事務局： 北海道総合通信局 無線通信部企画調整課
〒060-8795
札幌市北区北8条西2丁目 札幌第1合同庁舎
電話 011-709-2311（内線 4622）
FAX 011-700-5463
HP <http://www.soumu.go.jp/soutsu/hokkaido/>

この冊子は古紙を40%以上原料に使用しています