

自営系移動無線システムの
高度化に係る調査検討
報告書

令和8年3月

自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討会

目次

はじめに	1
第 1 章 調査検討の概要	1
1.1 調査検討の背景・目的	1
1.2 調査検討項目	1
第 2 章 自営系移動無線の中継システム活用の現状と課題	3
2.1 令和 5 年度調査検討における中継システムの課題と高度化の方向性	3
2.2 中継システム活用の現状とニーズ	5
2.3 中継システム活用のモデル	7
2.4 中継システム活用のメリットと課題	13
第 3 章 自営系移動無線の中継システムの技術	19
3.1 中継システムの検討モデル	19
3.2 中継システムにおける周波数共用条件	19
3.3 中継システムを高度に活用するための機能	19
第 4 章 自営系移動無線の中継システム活用のための実証試験	21
4.1 機能動作試験	21
4.2 電波伝搬試験と通信試験	22
第 5 章 自営系移動無線の中継システムの活用に向けた技術的条件	23
5.1 周波数共用の条件	23
5.2 高度利用のための機能要件	23
5.3 通信方式と収容局数	23
5.4 二周波方式の周波数離隔	23
5.5 中継時の識別信号	24
5.6 中継用周波数の確保	24
第 6 章 提言	25
6.1 自営系移動無線システムの高度化の実現のために	25
6.2 無線従事者による監視制御要件の緩和	25
6.3 周波数の確保	25

資料編	27
資料 1 開催要綱.....	27
資料 2 調査検討会開催状況.....	30
資料 3 令和 5 年度調査検討.....	32
資料 4 自営系移動無線の中継利用の拡大についての要望書.....	39
資料 5 中継システムにおける周波数共用条件.....	40
資料 6 中継システムを高度に活用するための機能.....	55
資料 7 機能動作試験.....	64
資料 8 電波伝搬試験と通信試験.....	108
資料 9 実験試験局.....	139
資料 10 通信方式と収容局数.....	140
資料 11 二周波方式の周波数離隔について.....	143
資料 12 技術解説.....	147
資料 13 参考文献等.....	158
資料 14 用語集.....	159

はじめに

我が国における業務用無線を取り巻く環境は近年大きく変化している。これに伴い令和5年度に九州総合通信局主催で実施された「自営系移動無線システムの高度化及び将来展望に関する調査検討」においては、業務用無線における中継機利用の在り方が重要な検討課題として取り上げられた。その中で、ユーザーからエリアの拡大や安定した通信が望まれていることが明らかになったとともに、中継設備の手軽な運用、およびそれを無人で運用する場合の監視装置の必要性、さらに限られた周波数資源を有効活用する観点からの利用効率の向上など、制度面・技術面双方にわたる課題が明らかとなった。

一方で、800MHz帯 MCA 無線および 900MHz帯高度 MCA 無線のサービス停止が発表され、既存利用者にとっては円滑な移行先の確保が喫緊の課題となっている。移行先としては IP 無線や公共安全モバイルが挙げられるが、独自性や即時性、災害時の自立性といった観点から、自営系移動無線システムへの期待と要望が高まっている。

また、簡易無線分野においては、令和3年度に実施された「400MHz帯デジタル簡易無線局の帯域拡張及び高度化のあり方に関する調査検討」の成果を受けた制度改正により、中継機の製品化が実現し、通信エリアの拡大が進んだ。これにより、簡易無線は従来の限定的な利用から一歩進み、より柔軟な運用が可能となっている。今後は、こうした成果を踏まえ、簡易な業務用途にとどまらず、一般業務用無線へと活用範囲を広げることで、さらなる電波の有効利用を図ることが求められる。

今回の調査検討では、以上の背景を踏まえ、自営系移動無線における中継システムの具体的なユースケースの整理・分析を行うとともに、将来的な高度化を見据えた技術的条件を検討した。まず、各業種・用途における中継システム活用のニーズや課題を把握し、利用メリットや求められる技術的諸元を整理した。次に、狭帯域デジタル方式を対象とした実証モデルを選定し、同一周波数干渉、隣接周波数干渉、相互変調干渉といった周波数共用条件を検討した。さらに、免許人以外の信号遮断機能、共同利用機能、無人運用機能、複数チャネルの効率利用機能などの高度化機能について検討し、その一部を実装した実機による動作試験および伝搬試験を実施した。

本報告書においては、これらの成果を総合的に取りまとめ、自営系移動無線の中継システムを円滑に活用するための通信方式、周波数割当条件、収容局数、識別信号等の技術的条件が整理されている。以上の内容が、今後の制度整備および現場での実装に資する基礎資料となり、より一層有益な電波利活用の推進につながれば幸いである。

最後に、本調査検討会にご参加いただいた構成員各位をはじめ、事務局各位、さらにご協力いただいた団体関係者等全ての皆様方に心から御礼申し上げます。

令和8年3月

自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討会

座長 熊本大学 大学院先端科学研究部 教授 福迫 武

第1章 調査検討の概要

1.1 調査検討の背景・目的

九州総合通信局では、令和5年度において「自営系移動無線システムの高度化及び将来展望に関する調査検討」(以下、「令和5年度調査検討」と称する。)を開催し報告書を取りまとめた。その中で、業務用無線における中継機利用について、中継設備を無人運用する場合の監視装置の必要性や周波数の利用効率についての課題が示された。

一方で800MHz帯MCA無線および900MHz帯高度MCA無線のサービス停止が発表(詳細は2.3.3)されたことを受け、IP無線や公共安全モバイルとともに自営系移動無線システムへの移行要望がある。

本調査検討会は、このような要望があることを踏まえ、業務用無線において中継システムを利用する具体的なユースケースや必要な技術的条件等について検討し、MCA無線システムのように業務用無線における中継機利用をしやすくすることで、より一層の有益な電波利活用の実現を目的として開催するものである。

1.2 調査検討項目

調査検討は、令和5年度調査検討の結果を踏まえ、将来的に求められる自営系移動無線システムの高度化として中継システムの具体的なユースケースの整理・分析を行い、実証モデルを選定して実証試験によるデータの取りまとめ・分析を行うとともに、必要な技術的条件を取りまとめる。

検討にあたっては、

- 「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20年3月26日 情報通信審議会情報通信技術分科会[第57回] 資料57-1-1~3)
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/bunkakai/080326_1.html
 - 「業務用無線通信システムに関する調査検討(第2章、第3章、第4章)」
(平成26年度 北海道総合通信局)
https://www.soumu.go.jp/main_content/000343309.pdf
 - 「地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討(3、4)」
(平成27年度 東北総合通信局)
https://www.soumu.go.jp/main_content/000406327.pdf
- など過去の検討結果を活用し効率的に取りまとめる。

1.2.1 自営系移動無線の中継システムの活用に関する現状の整理・分析

- (1) 自営系移動無線システムの高度化として、中継システムの利用の必要性を過去の検討結果から抽出し、整理する。
- (2) 様々な業種や用途によって利用されている自営系移動無線において、中継システムの活用に関するユースケース及び要望を調査収集し、整理・分析を行う。
(中継システムの利用が想定される業種、中継システムの利用メリット、利用に当たっての課題、中継システムを利用する場合に求められる技術的諸元等)

1.2.2 自営系移動無線の中継システムの技術に関する検討

- (1) 中継システムが活用されるモデルを検討し、本調査検討の実証モデルを選定する。検討対象は、周波数有効利用の観点から狭帯域デジタル方式とし、実証モデルはその中から 1 方式を選定する。
- (2) 中継システムにおける周波数共用条件を検討するため、
 - 同一周波数干渉
 - 隣接周波数干渉
 - 相互変調による干渉を過去の検討結果から取りまとめる。
- (3) 中継システムを高度に活用するための次のような機能について検討し、取りまとめる。
 - 免許人以外の信号を中継しないための機能
 - 共同利用のための機能
 - 無人運用のための機能
 - 複数チャネルを効率的に使用するための機能
 - 複雑な範囲をカバーするための機能
 - 高度な通信のための機能

1.2.3 自営系移動無線の中継システムの活用のための実証試験

- (1) 上記 1.2.2 (3) で取りまとめた機能の中から、上記 1.2.2 (1) で選定した実証モデルに搭載する機能を選定し、実機を用いて動作試験を実施し、実現性を評価する。
- (2) 上記 1.2.3 (1) で動作試験を行った実証モデルによる実証試験を実施し、中継を用いる場合と用いない場合の電波伝搬及び通信試験による評価を行い、中継システム活用による通信可能エリアの違いについて取りまとめる。

1.2.4 自営系移動無線の中継システムの活用に向けた技術的条件等の取りまとめ

- (1) 上記 1.2.1、1.2.2、1.2.3 の結果を踏まえ、中継システムの活用に必要な技術的条件、技術的諸元について以下のような項目を検討し、取りまとめる。
 - 通信方式
 - 収容局数
 - 周波数共用条件
 - 中継システムとして望ましい周波数割り当て条件
 - 識別信号
 - その他

第2章 自営系移動無線の中継システム活用の現状と課題

2.1 令和5年度調査検討における中継システムの課題と高度化の方向性

令和5年度調査検討の報告書では、以下のような課題について高度化の方向性を示している。

- (1) 複数基地局からの同時送信
- (2) IP無線との相互接続
- (3) 中継機の利用
- (4) 安定した通信や不感地帯の解消
- (5) 高音質な音声通話の実現
- (6) 位置情報等の活用に関する機能

このうち、本調査検討会では、「(3) 中継機の利用」を取り上げ、検討を行う。

上記報告書における中継機の利用では、以下のような課題をあげている。(詳細は資料編資料3)

- 中継機を設備する無線局は基地局として運用されるため、無人運用される場合は、異常を監視するための装置が必要となる。特に重要な無線システムにおいては、無線システムの異常を検知する監視装置をユーザーが要望することもあるが、そうではない無線システムにおいては、初期費用やランニングコストが増加する要因となるため、不要であることが望まれる場合も少なくない。
- 中継動作する際の識別信号の取り扱いが明確になっていない。
- 中継に利用される周波数ペアが割り当てられているが、複数のペアを同時に使用する際、それぞれのペア同士の組合せで利用する必要があるため、周波数の利用効率が悪くなることも想定される。

また、中継機の利用について、以下のような高度化の方向性を示している。(詳細は資料編資料3)

- 中継機を無人運用するために必要な事項
以下のような機能により無線従事者による監視要件を緩和できる可能性があり、廉価にシステムが構築できるため、中継機の利用が促進されるものと考えられる。
 - ①障害検知・停止機能
自局の障害を検知し、自動的に電波の発射を停止する機能や連続送信を防止する機能を持たせる。
 - ②選択的中継機能
識別コード、無線機ID番号等を利用し、免許人以外の不要な信号を中継しないようにする。
- 必要な周波数帯
使用中の無線局からの移行では、同一もしくは近い周波数を利用することで経済的負担を減らせる。
使用する地域(開放地、山岳、市街地等)や形態(車両、携帯等)等、すでにそれぞれの業種に適した周波数が利用されている。携帯性を考慮すると、アンテナ長が短くなるUHF帯が望ましい。
- 通信距離、通信エリアの確保
中継機を複数設置することでエリア確保できることが望ましい。(図 2-1)

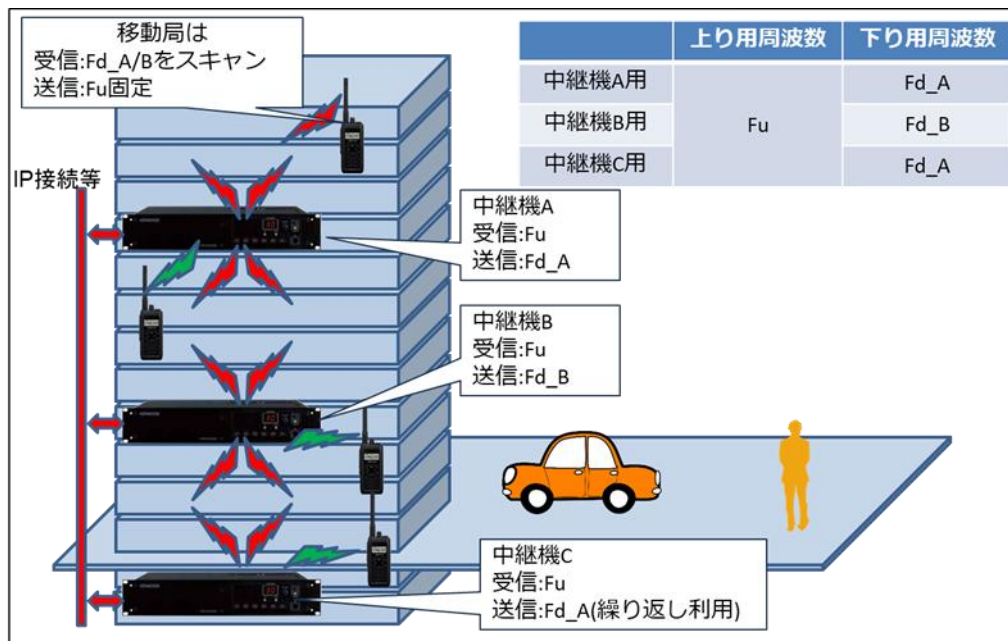


図 2-1 複数の中継機によるエリア確保の構成例

- データ通信等に必要な通信速度
音声主体の通信であるが、付加的なデータ(GPS、短いメッセージ等)の利用が望まれる。比較的低速(1200bps 前後)でよい。
- セキュリティや秘匿性の確保
選択的中継により、不要な信号の中継を防ぐ必要がある。デジタル通信方式を採用することで、高度な暗号化の実装が可能となる。
- 変調方式
低廉なものを求められていることから、現在広く利用されている狭帯域デジタル方式が望ましい。デジタル方式とすることで、誤中継を防いだり、高度な暗号化が利用できたりするメリットも得られる。
- 通信方式
現在 FDD(二周波半複信)方式が広く普及しているため、これをそのまま利用することで、廉価に構築できる。
- 必要なチャンネル数
収容局数、通話の時間等からチャンネル数を決定するのが適当である。
複数のチャンネルを利用する際、個別に割当てするのではなく複数のユーザーと周波数を共有するマルチチャンネルアクセスを利用することで、周波数の有効利用に繋がる。
電波が届きにくいビル内や地下街などでは、基地局を複数置く必要があり、多くの周波数が必要となるが、下りは複数波を繰り返し利用し、上りは 1 波とすることで、周波数の有効利用に繋がる。
送信タイミング同期方式を利用することで、周波数の有効利用に繋がる。
- 中継方式
選択的中継機能を付加するために、再生方式が望ましい。
- 周波数共用条件
過去の狭帯域デジタル通信方式に係る検討結果が利用可能である。

● 識別信号

音声による呼出名称の利用に変えて、簡易な ID 番号や短い名称が利用可能になれば、既存のデジタル方式の無線機が持つ機能(自局名送信機能等)を利用し、送信の都度、識別信号を自動的に付加することができる。

中継においては一般的に子局の識別信号をそのまま利用することが多いため、それに従う(子局の識別信号を書き換えずに中継する)。

中継機が自局から発呼する場合は、自局の識別信号を送信する。

2.2 中継システム活用の現状とニーズ

2.2.1 中継システムの利用事例

中継機能を持つ基地局や複数の車載無線機を回線で接続するなどの手法により、中継システムが利用されている。表 2-1 に中継システムの利用事例を示す。

簡易無線の事例(「400MHz 帯デジタル簡易無線局の帯域拡張及び高度化のあり方に関する調査検討」(令和 3 年 九州総合通信局))と比較すると、業務用無線では比較的広範囲での利用が多い。また、安全確保など、業務において無線通信が重要な位置づけを占める業種での利用が多く見られる。

商業施設内の通信など簡易な業務には簡易無線が選択されており、即時性や確実性が必要な業種には業務用無線が利用されているものと考えられる。

表 2-1 中継システムの利用事例

例	用途	範囲
放送事業用連絡無線 (VHF 帯)	広域スポーツイベント時等に携帯機、中継車等の間で中継通信する。	マラソン、自転車ロードレースなど広範囲の通信となることもある
バス事業者	複数の営業所・支社、バス車両の間で中継通信する。	バス路線全域
スキーパトロール	パトロールスタッフ、本部スタッフの間で中継通信する。	ゲレンデに加えバックカンリエリア(スキー場外)もある
血液運搬等事業者	本部・支部等、血液運搬車両の間で中継通信する。	都道府県域など広範囲
防災行政無線移動系	役所・支所、携帯機、車載機の間で中継通信する。	自治体の範囲
工場	スタッフ、事務所の間で中継通信する。	中規模～大規模(鉄鋼、自動車など)
地域振興無線	バス、ホテル、観光地などがそれぞれ中継通信する。	観光地～自治体単位程度

2.2.2 自営系移動無線の中継システム活用の技術的整理

中継システムの利用事例から技術的な項目に整理したものを表 2-2 に示す。

表 2-2 中継システム活用の技術的整理

項目	内容	説明
周波数	150MHz 帯、 400MHz 帯など	VHF 帯は伝搬に有利だが空中線が大きく携帯性が悪い。 UHF 帯は比較的減衰が大きい空中線が小さく携帯性がよく、反射によって遠方まで届く環境もある。
電波形式	G1D/E、F1D/E、 F2D/F3E など	狭帯域デジタル通信方式の利用が進んでいるが、アナログ方式も多く利用されている(GPS などのデータ通信併用の場合は MSK の利用が多い)。
通信方式	二周波半複信 一周波半複信	構成の容易さから、周波数分割複信方式の基地が利用されることが多い。 少数だが時分割複信方式の基地もある。
中継方式	再生中継方式 非再生中継方式	構成の容易さや制御の容易さから、受信した信号を検波再生し、再送信する再生中継方式が多い。 少数だが受信した信号を周波数変換して送信する非再生中継方式もある。
収容台数	業種による	一般にシステム上の制約はない。受信が中心か送信が中心かなど運用形態にも依存する。
必要 チャネル数	通信頻度による	音声通信頻度、通信の長さ、収容台数から求めることができる。
通信範囲	業種による	建物内程度のエリアから都道府県範囲まで用途によりさまざま。

2.2.3 中継システム利用のニーズ

前述のような実際の要求事項に基づく利用事例のほか、令和 5 年度調査検討の報告書では、自営系移動無線についてのアンケートの結果として以下のようなコメントがある。

- 構成・使い勝手について
やや不満「通信感度が悪い時がある」
- 通話エリアの変化(減少)の有無について
約 21%のユーザーにおいて、導入当初と比較して、通話エリアが狭くなったと感じている。
「市役所付近や自社工場での通話が最近不安定になってきている。」
「マンション建設等による地形の変化で通話できなくなってきているエリアがある。」
「家屋の建築・雑木の成長により無線への影響が増えている。」
「山間部等において現地の状況変化(樹木等)で通話エリアが当初と比べて繋がりにくくなっていることがある。」
- 中継機があれば利用したいか
「目視外通信ができるに越したことはない。利用価値は上がると思われる。」
「中継機は維持、管理に費用が掛かりそう。」
「設置に係る費用が気になる。また、無線局免許手続きが煩雑にならないかの懸念がある。」

これらを、潜在的な中継システム利用の要望と捉えれば、費用面や免許手続きなどの課題を解決できれば利用ニーズが顕在化すると考えられる。

また、全国陸上無線協会では、会員各社からの中継システム利用のニーズを受け、中継利用の要望を総務省に提出している(資料編資料4)。

2.3 中継システム活用のモデル

2.3.1 移動局間の中継通信モデル

中継機能のない基地局の場合、移動局はアンテナ高が低く空中線電力も限られるため、通信エリアが広域になると、移動局間の直接通信が困難になる(図 2-2)。このため、基地局が移動局からの通信を伝言するなどの運用が必要となる。一方、中継システムを用いれば、エリア内のすべての移動局間で通信が可能になる(図 2-3)。

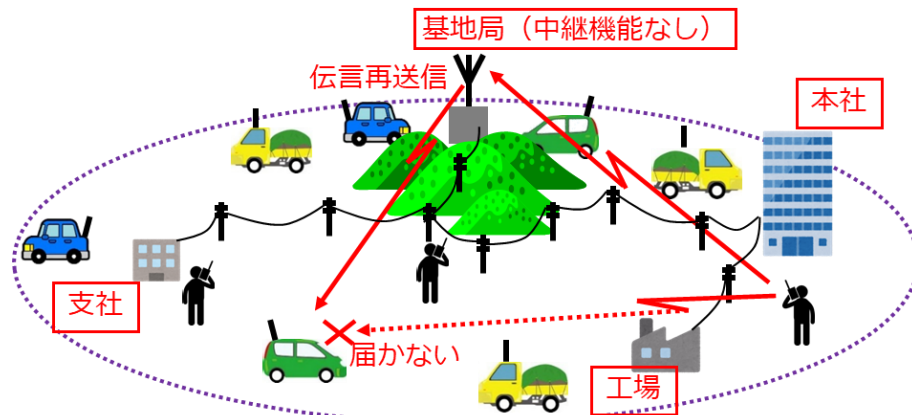


図 2-2 中継機能がない基地局における移動局間の通信

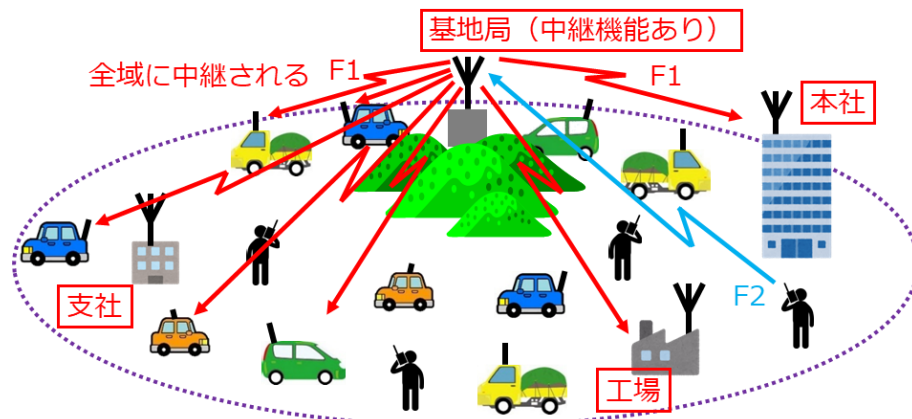


図 2-3 中継機能がある基地局における移動局間の通信

2.3.2 建物内設置モデル

所要エリア確保のため複数の基地局を設置する場合、設置が可能な事務所やビル等が必ずしもエリア確保に望ましい建物であるとは限らない。また、建物によっては、

- 賃貸や地域の制約で屋外アンテナの設置が困難
- 耐風速の規制が厳しく屋外アンテナの設置が困難
- 低地、近隣ビルが遮蔽になるなど電波伝搬環境が望ましくないなどの障害もある。

そのようなケースを図 2-4 に示す。本社ビルの基地局だけでは所要エリアをカバーできないため、工場や支社にも基地局を設置している。本社、支社、工場からすべての基地局を運用する必要があるので、有線回線で3つの基地局を接続し、遠隔装置により各基地局を運用する。

中継システム利用の場合を図 2-5 に示す。中継機は電波伝搬環境が良好な場所に設置する必要があるが、信号強度により、本社、支社、工場の通信装置には、車載型無線機や携帯型無線機などを利用することができ、大がかりな工事が不要で通信場所の移動も容易である(2.4.3)。

電波伝搬条件に依存するが、トータルコストを廉価に抑えられることが考えられる。

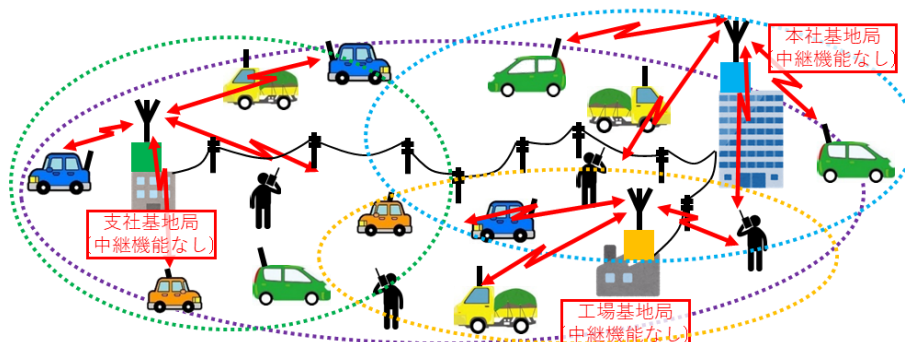


図 2-4 中継機能がない複数の基地局でエリアを確保する構成例

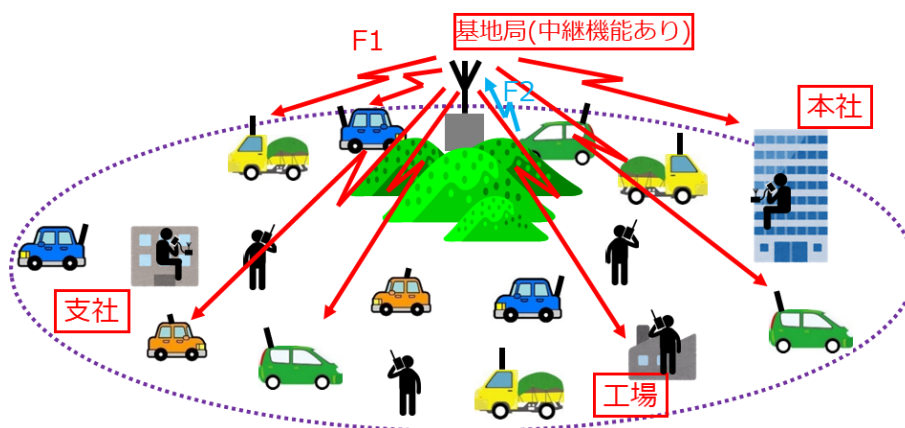


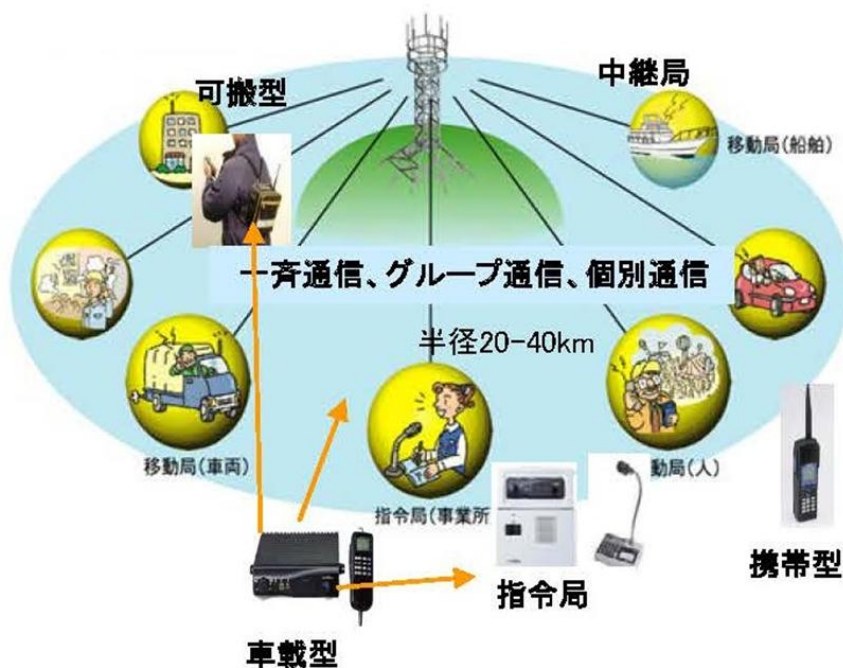
図 2-5 中継機能がある1つの基地局でエリアを確保する構成例

2.3.3 MCA 無線代替モデル

MCA 無線は、複数の利用者が複数の無線チャネルを制御局の指令により共同使用する広域中継システム(図 2-6)。

昭和 57 年にアナログ方式によるサービスが開始されて以降、広いサービスエリアで一斉通話・グループ通話が可能であることや非常災害時における輻輳回避等の特徴から、地方自治体や物流事業者等の各種事業者を中心に広く活用されてきた。しかし、システムの老朽化等により、代替機器の調達や今後の保守、維持管理が困難な状況となりつつあることから、サービス提供事業者である一般財団法人移動無線センターは、デジタル MCA を令和 11(2029)年 5 月 31 日(木)に、MCA アドバンスを令和 9(2027)年 3 月 31 日(水)に、サービス終了することを発表している。

MCA 無線の利用者は、同様なサービスエリアや非常災害時の輻輳回避を望むことから、自営系移動無線の中継システムも代替候補モデルと考えられる。



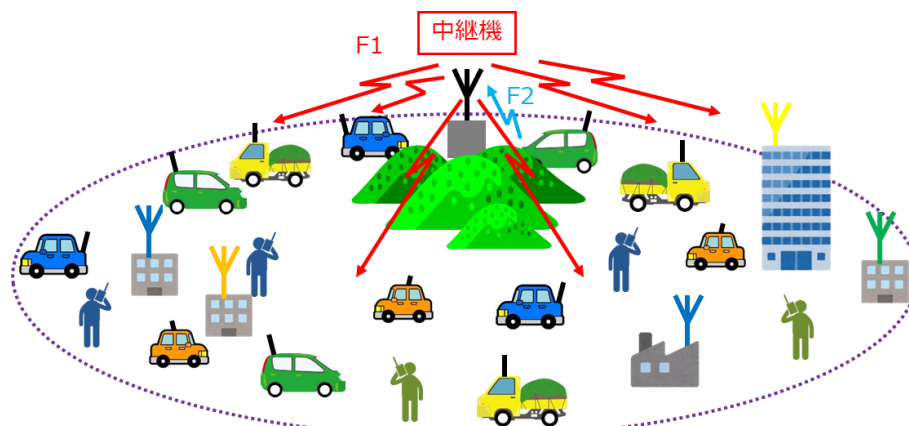
出典：中国総合通信局ホームページ
https://www.soumu.go.jp/soutsu/chugoku/fieldinfo/denpa_ri_musen_system05.html

図 2-6 MCA システム概要

2.3.4 共同利用モデル

中継機は、山上やビル屋上など電波伝搬が良好な場所に設置する必要があり、設置場所にかかる費用について課題がある。しかし、中継機を複数の免許人で共同所有し、それぞれ免許を取得することで共同利用型の中継機とすることができる。複数の利用者で費用を分割でき、負担を減らすことができる。

さらに、中継システムをマルチチャネルアクセスとすることで複数のチャネルを有効に利用でき、共同利用する免許人の数や収容局数の問題も解決できる(2.3.5)。



緑色のグループ、青色のグループ、オレンジ色のグループ、黄色のグループ
 が中継機を共同利用しているイメージ

図 2-7 中継機の共同利用のイメージ

2.3.5 マルチチャンネルアクセスシステムモデル

複数のチャンネルを持つ中継機の周波数利用効率を向上するシステムのこと(図 2-8)。

一般に複数の通信グループが同時に通信する必要がある場合は、それぞれのグループに周波数を割り当てる。この場合グループの数だけ周波数が必要になり、各グループの通信の状況により、利用頻度が高い周波数とそうでない周波数が生じる。

マルチチャンネルアクセスシステムでは、複数のチャンネルを持つ中継機が通話グループごとに動的に周波数を割り当てて使用する。ユーザーの操作は基本的に必要なく、PTT(無線機の送信スイッチ)押下によって自グループでの通信ができる。

ユーザーが PTT を押すと、無線機は自動的に中継機に通信要求を出す。中継機は、通信要求があった無線機が所属するグループに対して空いている周波数への移行を指示する。そのグループは指定された周波数で中継機経由の通信を行う。通信が終了すると周波数は開放される。

このような仕組みで、周波数の数だけ同時に複数のグループが通信できる。多数のグループによる通信が同時に行われる可能性は確率的に低いいため、一般に周波数の数はグループの数よりも小さくでき、周波数の利用効率が向上する。

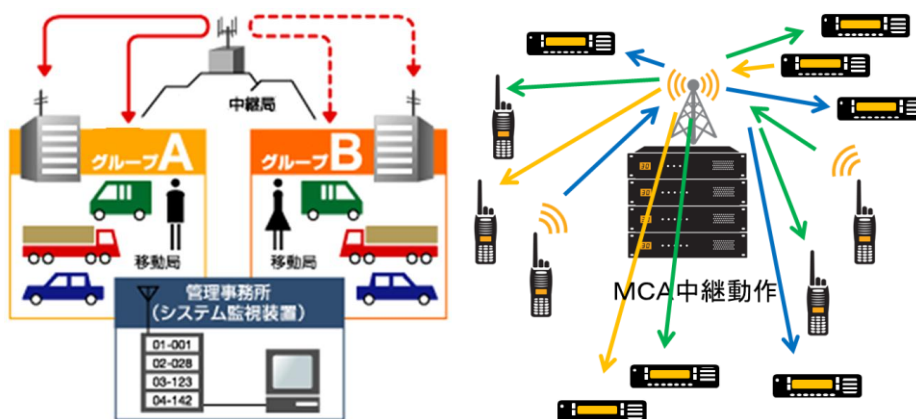


図 2-8 マルチチャンネルアクセスシステム

2.3.6 広域をカバーする中継システムのモデル

通信範囲が広域の場合、所要通信エリアをカバーできる山上やビル等の電波伝搬的に良好な場所に中継機を設置する。(図 2-9)

本社、支社、工場、移動車両、移動者などすべての相互通信を中継方式で行う。

不感地帯、フリンジエリア(伝搬エリアの端部)等、必要に応じ一周波方式での直接通信を利用することもできる。

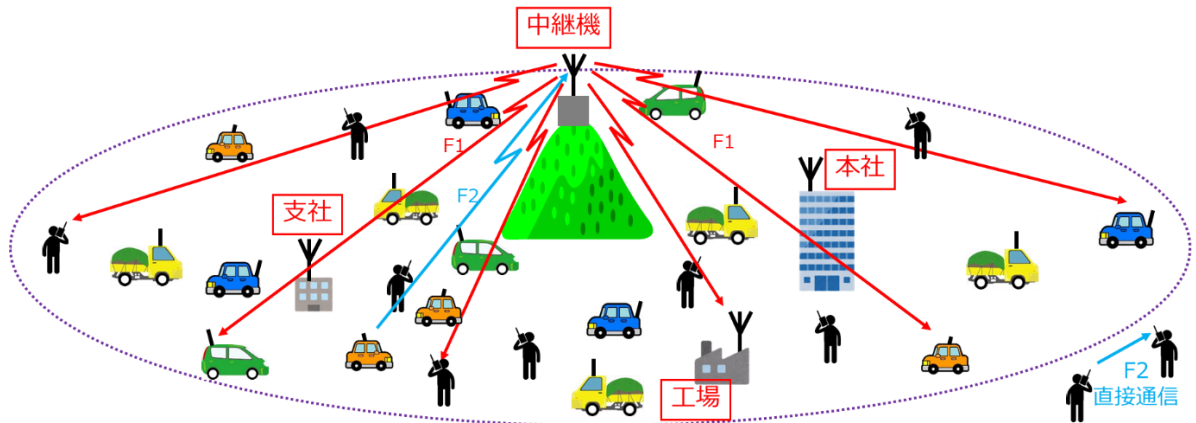


図 2-9 広域をカバーする中継システムのモデル

2.3.7 不感地帯を補完する中継システムのモデル

基地局を中心とした中継を用いない構成のシステムにおいて、地形や建造物によって不感地帯になるエリアをカバーするため、基地局と不感地帯の双方と通信が可能な場所に中継機を設置する。

図 2-10 の例では、本社の基地局を中心に通信エリアを構成しているが、地形による不感地帯が生じるため、支社の建物に中継機を設置している。中継機は、本社基地局と通信ができ、不感地帯全域の移動局とも通信ができる環境にあり、結果として不感地帯を解消することができる。この例の場合、移動局は、全域で一周波単信による相互運用を行い、中継機は二周波複信で動作する。本社、支社、工場、移動車両、移動者は、一周波方式と二周波方式の受信周波数をスキャンする(F1/F2)。一周波方式と二周波方式の送信周波数は同じとしている。移動局は、不感地帯では中継機経由の二周波方式、それ以外の全域では一周波方式の直接通信に自動的に切り替わり通信ができる構成である。

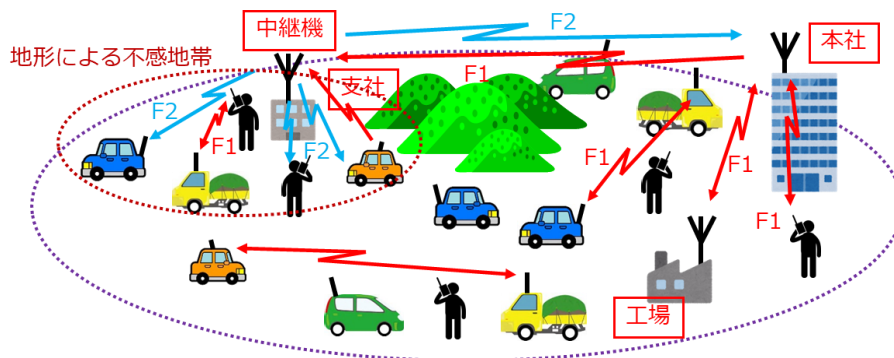


図 2-10 不感地帯を補完する中継システムのモデル

2.3.8 広域エリアを複数の中継機でカバーするモデル

1つの中継機では全域をカバーできないような広域にわたる通信エリアの場合である(図 2-11)。

所要通信エリアを複数に分割し、それぞれをカバーできる山上やビル等に中継機(基地局)を複数設置する。全域での相互中継を実現するために全中継機同士を回線で接続する。

本社、支社、工場、移動車両、移動者などすべての相互通信を中継方式で行う。

中継機間の干渉を防ぐため、中継機が使用する周波数は異なる必要がある。移動局は、各中継機のエリアごとに周波数を切り替える必要があるが、中継機の上り周波数(移動局が送信する周波数)を、全中継機で統一する方法もある。こうすることで移動局の運用者は運用場所や伝搬状況を意識することなく使用でき、信号は全域に中継される。

不感地帯、フリンジエリア(伝搬エリアの端部)等、必要に応じ一周波方式での直接通信を利用することもできる。



図 2-11 広域エリアを複数の中継機でカバーするモデル

2.3.9 複雑な範囲を複数の中継機でカバーするモデル

建物内や工場敷地内など遮蔽物が多く所要通信エリアをカバーするために複数の中継機を使用する場合である。(図 2-12)

所要通信エリアを複数に分割し、それぞれをカバーできる位置に中継機を設置する。全域で中継を実現するために全中継機同士を回線で接続し相互中継する。

管理室、防災室、移動車両、移動者などすべての相互通信を中継方式で行う。

中継機間の干渉を防ぐため、中継機が使用する周波数は異なる必要がある。移動局は、各中継機のエリアごとに周波数を切り替える必要があるが、中継機の上り周波数(移動局が送信する周波数)を、全中継機で統一する方法もある。こうすることで移動局の運用者は運用場所や伝搬状況を意識することなく使用でき、信号は全域に中継される。

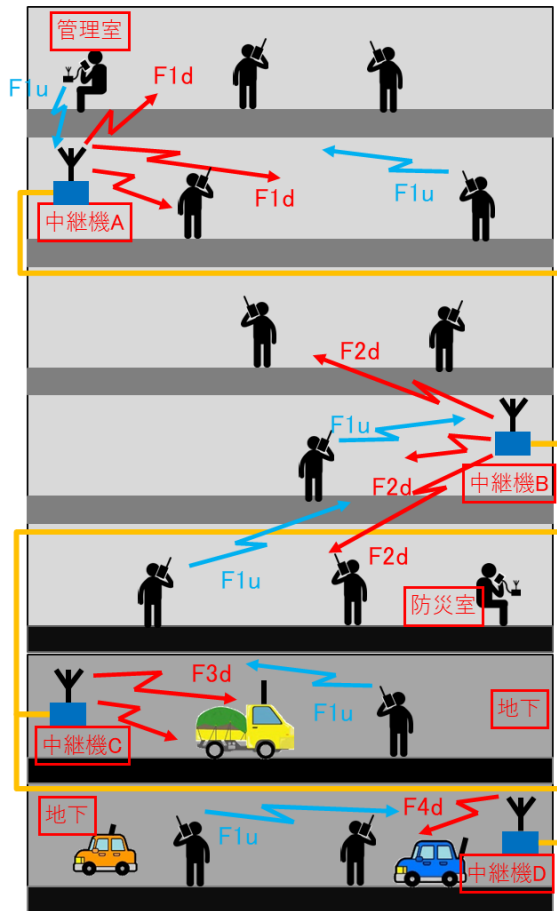


図 2-12 複雑な範囲を複数の中継機でカバーするモデル

2.4 中継システム活用のメリットと課題

2.4.1 中継機利用のメリット

中継機(いわゆるレピーター)が利用できると、以下のようなメリットが生ずると考えられる。

- 基地局として送受信するための有線回線を敷設・維持する必要がなく、初期費用・維持費用が低減できる。
- 基地局として送受信するための固定局回線を設置・維持する必要がなく、初期費用・維持費用・定期検査等費用が低減できる。
- 固定局が不要になると、使用する周波数を減らすことができる。
- 本社、工場、支社での運用設備を簡素化して無線機単体に行える場合、遠隔制御装置に比べ低廉簡易に行える可能性がある。
- 中継機設置場所は、電源の供給のみを考慮すればいい(有線の敷設や固定局通信の見通しを考慮しなくてよい)ため、電波伝搬に有利な場所を選定しやすくなる。

2.4.2 基地局(中継機)構成の変容

「基地局」ではなく「中継機(いわゆるレピーター)」として構成し、監視制御の要件が緩和されると、無線設備の構成を大幅に簡素化できる可能性がある。

基地局の構成モデルを図 2-13 に示す。基地局の送受信機には、遠隔運用(送受信)のために遠隔制御装置が接続され、回線で運用場所まで接続される。そこに設置された遠隔運用端末によ

って送受信を行う。同様に監視制御を実現するために監視制御装置が接続され、煩雑な構成になる。

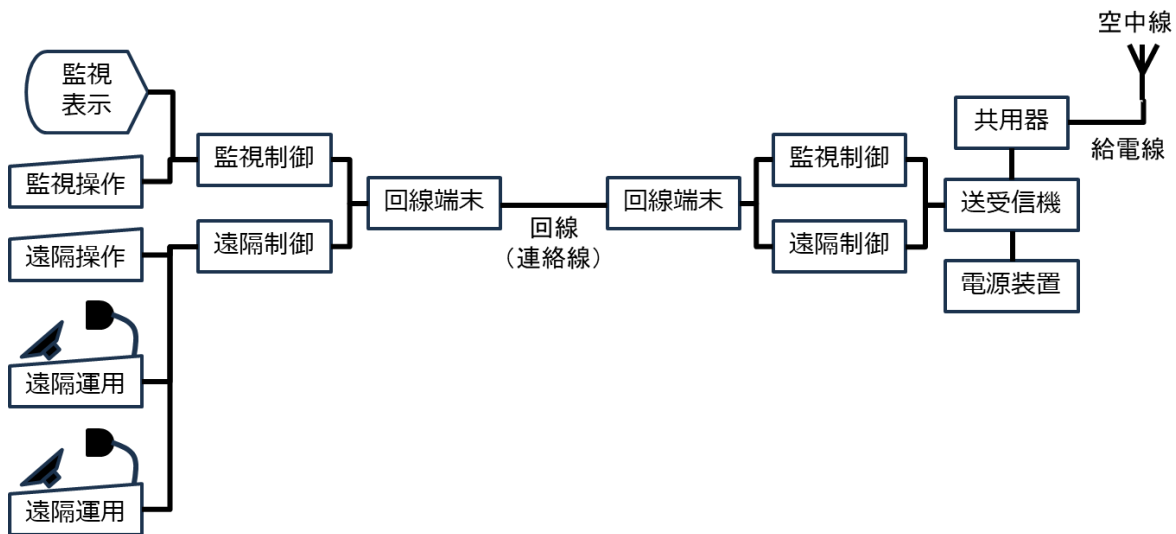


図 2-13 遠隔監視制御がある基地局の場合の従来の構成モデル

一方、中継機の構成は、図 2-14 のようにシンプルなものとなり、電源が確保できれば設置できる。

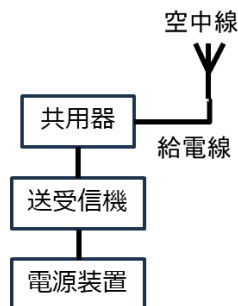


図 2-14 監視制御の要件が緩和された場合の中継機の構成モデル

2.4.3 本社、事務所等の運用形態の変容

中継システムを利用する場合、本社や事務所など移動しない場所からの運用は、以下のような運用形態をとることができる。

2.4.3.1 基地型無線機のモデル(図 2-13)

運用する場所に従来の基地局のように遠隔監視や遠隔制御ができる構成の無線設備を構築する。信頼性を高くできるがコストがかかる。

2.4.3.2 車載型無線機のモデル(図 2-15)

車載型無線機に電源装置を付け、机上に設置する。空中線は信号強度に応じて、屋外に設置したり、車載型マグネットアンテナを利用したりするなどが選択できる。

事務所のレイアウト変更や移設などに柔軟に対応でき、大がかりな設置工事を必要としない。



図 2-15 車載型無線機のモデル

2.4.3.3 携帯型無線機のモデル(図 2-16)

携帯型無線機を利用する。

建物内外を問わずどこでも運用でき、移動しながらの運用もできる。

設置工事が不要である。ただし、信号強度が強い地域でないと利用しにくい。



図 2-16 携帯型無線機のモデル

2.4.4 中継機利用に係る課題(監視制御のための回線)

図 2-17 は、基地局を中継機とした中継システムの構成例である。中継機の動作を監視し制御するために本社、支社、工場に向けて有線回線を敷設している。

- 有線回線の敷設工事コスト、ランニングコストが高額になる。
- 本社、支社、工場でも連絡線を通じて相互に通信するために遠隔装置が複雑、高額になる。という課題がある。

基地局：前進基地局として山上に置かれ、連絡線で本社、支社、工場の各通信所と接続され通信を行う送受信所。F1送信、F2受信の2周波で運用し、折り返しの中継機能を持つ。

陸上移動局：F1受信、F2送信の2周波単信運用を行い、基地局との交信のほか、基地局経由で他の陸上移動局と通信を行う。

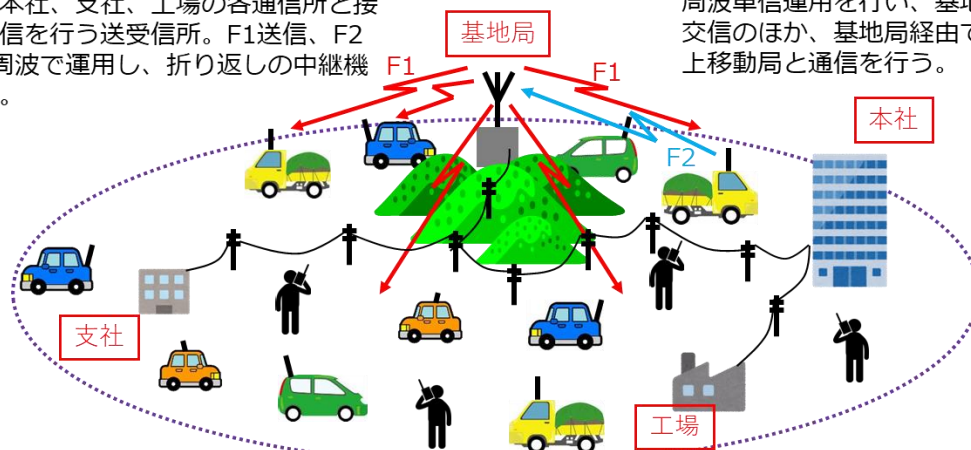


図 2-17 基地局の監視制御に有線回線を用いた場合の構成例

図 2-18 は、基地局を中継機とした中継システムの構成例である。中継機の動作を監視し制御するために本社、支社、工場に向けて固定局による無線回線を設置している。固定局は、中継機とは別の周波数を利用する方式。

- 固定局無線回線の設備費用、設置工事コスト、電波利用料、維持コストが高額になる。
- 本社、支社、工場の間で相互に通信することは困難。
- 固定局用に周波数が必要となるため周波数の利用効率が悪い。

という課題がある。

基地局：前進基地局として山上に置かれ、F1送信、F2受信の2周波で運用し、折り返しの中継機能を持つ送受信所。

固定局：基地局に接続されF3単信運用を使用して本社・工場・支社の固定局と連絡線を構成する。

陸上移動局：F1受信、F2送信の2周波単信運用を行い、基地局との交信のほか、基地局経由で他の陸上移動局と通信を行う。

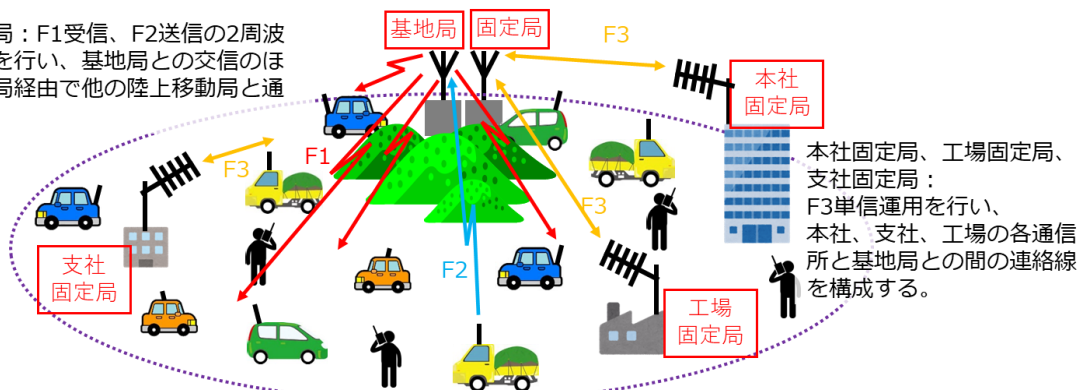


図 2-18 基地局の監視制御に固定局回線(基地局と別周波数)を用いた場合の構成例

図 2-19 は、基地局を中継機とした中継システムの構成例である。中継機の動作を監視し制御するために本社、支社、工場に向けて固定局による無線回線を設置している。固定局は、中継機の周波数と同じ周波数を利用する方式。

- 固定局無線回線の設備費用、設置工事コスト、電波利用料、維持コストが高額になる。
- 固定局と移動業務で共用できる周波数の割り当てが非常に少ない。

という課題がある。

基地局：前進基地局として山上に置かれ、F1送信、F2受信の2周波で運用し、折り返しの中継機能を持つ送受信所。F1の固定局としても二重免許を受け、本社、支社、工場の各通信所への回線を構成する。

陸上移動局：F1受信、F2送信の2周波単信運用を行い、基地局との交信のほか、基地局経由で他の陸上移動局と通信を行う。

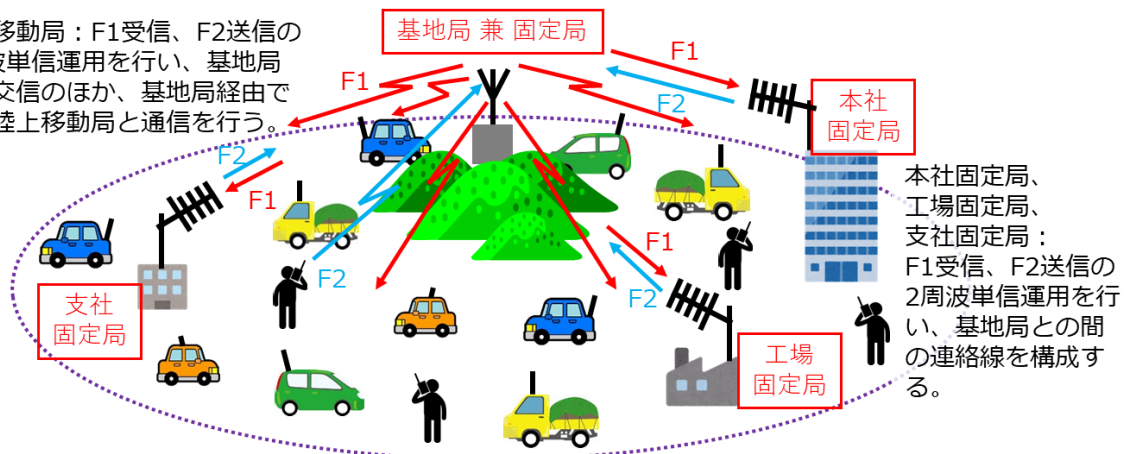


図 2-19 基地局の監視制御に固定局回線(基地局と同じ周波数)を用いた場合の構成例

2.4.5 中継機利用に係る課題(識別信号)

無線局には識別信号が必要であり、運用の際は指定された識別信号を用いる。

ただし、基地局の中継機能を利用した移動局間の通信は、一般に移動局の識別信号がそのまま中継されて用いられ、基地局の識別信号は用いられない。このような取り扱いは、明確な規定がない。

2.4.6 中継機利用に係る課題(周波数割当)

電波法関係審査基準の地域周波数利用計画策定基準一覧表から、陸上移動業務(各種業務用)の150/400MHz帯周波数のうち、二周波での割り当てを想定したと考えられるものは、表 2-3のとおり。

占有帯域幅が5.8kHzのものは、SCPC狭帯域デジタル通信方式及びRZ-SSBなどを対象としていると考えられ、5ペア波が割り当てられている。

占有帯域幅が8.5kHzのものは、アナログFM方式を対象としていると考えられ、1ペア波が割り当てられている。

占有帯域幅が11.5kHzのものは、TDMA2多重狭帯域デジタル通信方式を対象としていると考えられ、10ペア波が割り当てられている。

このように、二周波方式の割り当ては少ない現状にある。

また、400MHz未滿の周波数の割り当ては、世界的に見て利用率が低く、海外向けの無線機を利用しにくいという課題もある。無線機のコストは、開発費の回収や金型費などの生産台数に案分されるコストの比率が高く、海外で多く利用される無線機は比較的低廉に国内に導入できる。そのほか、中継機の利用が盛んな海外では、マルチチャンネルアクセスやIPネットワークによる中継機同士の接続、強固な暗号化など高度な機能が搭載されているものが多い。

表 2-3 二周波通信方式の周波数

周波数	電波型式	占有周波数帯幅の許容値[kHz]	最大空中線電力[W]	使用区域	備考
384.63125MHz から 384.65625MHz までの 6.25kHz 間隔の周波数 5 波	指定なし	5.8	50	全国	基地局用 ③⑨⑩⑳
366.63125MHz から 366.65625MHz までの 6.25kHz 間隔の周波数 5 波	指定なし	5.8	50	全国	陸上移動局用 ③⑨⑩⑳
398.9	指定なし	8.5	50	全国	基地局用 ③⑩㉔
382.9	指定なし	8.5	50	全国	陸上移動局用 ③⑩㉔
413.55MHz から 413.6625MHz までの 12.5kHz 間隔の周波数 10 波	指定なし	11.5	50	全国	基地局用 ③⑨
464.85MHz から 464.9625MHz までの 12.5kHz 間隔の周波数 10 波	指定なし	11.5	10	全国	陸上移動局用 ③⑨

- ③ この周波数の指定は、陸上移動業務の局に限る。
- ⑨ この周波数は、固定局にも使用する(第 1 号関係)。
- ⑩ この周波数の電波の型式、占有周波数帯幅の許容値、最大空中線電力、用途及び備考は、各総合通信局及び沖縄総合通信事務所における地域周波数利用計画の策定に当たり、必要に応じて変更することができる。この場合において、「(何) Hz から(何) Hz までの(何) Hz 間隔の周波数(何)波」と表示されている周波数については、占有周波数帯幅の許容値が当該周波数の範囲を超えない場合に限り、当該周波数の範囲において任意の周波数に変更することができる。
- ㉔ この周波数の指定は、送受信周波数間隔 18MHz の二周波方式であるものに限る。
- ㉔ この周波数の指定は、送受信周波数間隔 16MHz の二周波方式であるものに限る。

2.4.7 中継機利用に係る課題(二周波方式の分割)

二周波方式の中継に利用される周波数には、ペア波が割り当てられているが、図 2-20 のように複数の基地局で複数のエリアをカバーする場合、上り周波数(移動局が送信する周波数)が全エリアで統一されていると運用者は運用場所や伝搬状況を意識することなく使用できるメリットがある。このような構成のためには、二周波方式の下り周波数を上り周波数よりも多く設けることで周波数の利用効率を高めることができる。



図 2-20 ペア波のペアを組み替えて使用した構成例

第3章 自営系移動無線の中継システムの技術

3.1 中継システムの検討モデル

- 中継システムは、2.2.1 の利用事例からわかるように比較的広域をカバーする用途において車両等で移動しながら利用されているものが多いことから、2.3.1 のような移動局間の通信が行われるモデルを選定する。
- 2.3.2 のように建物の屋外にアンテナを設置することが困難な場合の中継システムによる改善可能性が評価できるように、事務所－車両の通信が行われるモデルとする。
- 利用モデルは基本的な「広域をカバーする中継システムのモデル」(2.3.6)とし、以下のようなユースケースを設定する。
 - ◆ 車両で移動する業態
 - ◆ 音声通信と位置管理に無線機を利用する
音声通信以外に数十バイト程度のデータ通信も行われる。
 - ◆ 通信範囲は熊本市内の1つの区程度の領域
 - ◆ 事務所－車両および車両－車両の通信があるもの
- 変調方式は、自営系移動無線の音声通信用途に広く利用されており、令和5年度調査検討報告書の方向性(2.1)でも示されている狭帯域デジタル通信方式(資料12.4)とする。
- 実証試験に用いる無線機は、一般業務用無線の音声通信用途に広く利用されており、入手も容易であることなどから、四値周波数偏位変調(4値FSK方式)を選定し、既設の実験試験局(資料編資料9)を使用する。
- 周波数帯は、携帯性の高さや割り当て周波数の多さなどから400MHz帯とする。

3.2 中継システムにおける周波数共用条件

中継システムの利用における周波数共用条件として、以下の4項目を設定した。

- 同一チャネル周波数共用条件
- 隣接周波数共用条件
- 近接周波数感度抑圧
- 相互変調

過去の検討結果等を参照・利用して整理した結果(詳細は資料編資料5を参照)、いずれの項目も電波法関係審査基準に狭帯域デジタル通信方式の審査として規定されている基準を用いることが適当であることが確認された。

3.3 中継システムを高度に活用するための機能

狭帯域デジタル通信方式は、音声通信主体であるものの比較的低速なデータ通信も可能である。自営系移動無線の中継システムを利用するにあたり、音声通信に付加されるデータやデータ通信で実現される機能について整理した。(詳細は資料編資料6を参照)

以下のような機能が利用できると考えられる。

- 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能
- 共同利用の中継システムにおいて、複数のグループや複数の免許人を切り分けるための機能
- 無人運用となる中継システムのための機能
- 複数チャネルを効率的に使用するための機能

- 音声通信付加機能
- データ通信機能
- 複雑な範囲をカバーするための機能
- 干渉エリアで同一周波数を利用するための機能

これらの機能によって、中継システムの不要な送信を低減できるほか、利便性が向上できる機能によって高度な利用が期待できる。

第4章 自営系移動無線の中継システム活用のための実証試験

4.1 機能動作試験

3.3 でとりまとめた機能のうち、下記の機能について実機動作確認を行い、実現可能であることを実証する。

4.1.1 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能(資料編資料 6.1)

- (1) スクラブルコード(ホワイトニングコード)(資料編資料 6.1.1)
- (2) ユーザコード(資料編資料 6.1.2)
- (3) ユーザリスト機能(資料編資料 6.1.3)

4.1.2 共同利用の中継システムにおいて、複数のグループや複数の免許人を切り分けるための機能(資料編資料 6.2)

- (1) 選択呼出機能(資料編資料 6.2.1)
- (2) 暗号化機能(資料編資料 6.2.2)

4.1.3 無人運用となる中継システムのための機能(資料編資料 6.3)

- (1) 障害検知・停止機能(資料編資料 6.3.1)

4.1.4 音声通信付加機能(資料編資料 6.5)

- (1) 選択呼出機能(資料編資料 6.5.1)
- (2) 発信者番号表示機能(資料編資料 6.5.2)
- (3) 個別番号名称、グループ名称登録機能(資料編資料 6.5.3)
- (4) 発信者名表示機能(資料編資料 6.5.4)
- (5) 暗号化機能(資料編資料 6.5.5)

4.1.5 データ通信機能(資料編資料 6.6)

- (1) ステータスメッセージ機能(資料編資料 6.6.1)
- (2) ショートメッセージ機能(資料編資料 6.6.2)
- (3) ロングメッセージ機能(資料編資料 6.6.3)
- (4) GPS データ通信機能(資料編資料 6.6.4)
- (5) ベアラモード通信機能(資料編資料 6.6.5)

4.1.6 中継時の遅延時間の評価

いずれの機能も実機を用いた試験を行い、中継機経由で期待通りに動作した。(詳細の確認結果は資料編資料 7 参照)

また、いずれの機能も動作や表示等にはそれぞれ特徴がある。所望の課題解決のためにはいくつかの機能が選択できる場合があるが、システムとしてどのような振る舞いが求められるかによって、最適な機能を選定する必要がある。

中継時の遅延時間の評価では、直接通信に比べ、中継時は遅延が大きくなることがわかった。ただし、単向、同報、単信、半複信の通信方式においては、測定された程度の遅延は問題にならず、通信品質に影響はないものと考えられる。

4.2 電波伝搬試験と通信試験

3.1 で設定した検討モデルをもとに、実験試験局による伝搬試験及び通信試験を実施し、中継システムを実証する。

4.2.1 中継モデルの実証試験の概要

- 試験場所は熊本市内とする。
- 中継機設置場所を想定した見通しのいい万日山公園駐車場に中継無線機を設置
- 事務所の場所を想定した熊本市国際交流会館会議室に無線機を設置
- 事前に中継機設置場所及び事務所設置場所における信号強度シミュレーションによるエリア予測を実施する。
- 移動車両 2 台で市内を移動し、中継機からの信号レベル及び事務所からの信号レベルを測定する。(電波伝搬試験=信号強度測定)
評価方法は、移動車両で受信したそれぞれの信号レベルの比較によって、直接通信の場合と中継システム利用の場合の比較を行う。
- 信号強度測定の結果から数か所を選定し、音声通信とデータ通信を実施して、以下について直接通信と中継機経由との違いを評価する。(通信試験=メリット評価と PER 測定)
 - ◆ 移動局対事務所の通信
 - ◆ 移動局対移動局の通信

4.2.2 実証試験の結果

移動局対事務所、移動局対移動局のいずれの通信も、中継システムを利用することで通信品質が改善されることが確認できた。

また、2.4.3 でとりあげた簡素化された運用形態についても本実証試験の事務所のような構成でも充分実用になることが確認された。

都市雑音や中継システムで改善されないエリアなど回線設計の留意点はあるものの中継システムの効果として、伝搬エリアの改善が期待でき、事務所などにおいて簡素化された運用形態の実用性が確認された。

試験の詳細は、資料編資料 8 を参照。

第5章 自営系移動無線の中継システムの活用に向けた技術的条件

5.1 周波数共有条件

3.2 でとりまとめたとおり、周波数共有条件は、既知の狭帯域デジタル通信方式の周波数共有条件を適用できることが確認された。

具体的には、電波法関係審査基準の「別紙 1 無線局の局種別審査基準」-「第 3 陸上移動業務の局」に示された技術的条件が適用される。

したがって、中継システムにあっても新たな周波数共有条件を設定する必要はない。

5.2 高度利用のための機能要件

3.3 でとりまとめ、4.1 で動作を確認したとおり、デジタル通信方式によるデータの重畳やデータ通信によって、利便性が期待される多くの機能が中継システムにおいても活用可能であることが確認できた。

本調査検討で代表的に扱った機能以外にも多くの機能があり、自営系移動無線を高度に利用できる環境にある。各種機能の動作タイミングや遅延特性は、製造事業者の設計方針によって異なることが想定されるため、これらの特性を十分に理解した上で、用途に応じた最適な機能を選定・活用することが望まれる。

5.3 通信方式と収容局数

自営系移動無線の中継システムは、「半複信」通信方式であり、移動局(子機)側は「単信」通信方式である。

単信通信方式は、1 局のみが送信し、他の局はすべて受信する方式である。この場合の受信は、テレビやラジオ放送の受信のように多くの局が信号を受信するだけであるため、局数に制限がない。つまり、技術的には収容局数に制限がないといえる。

このようなシステムの場合、運用面を含めた収容局数は、通信の頻度、通信の長さをモデルとして設定し、最もシステムの利用率が高いときの呼損率を条件設定して求める。

したがって、実用的な収容局数は、業務内容や通信内容に大きく依存するため、一概には定義できない。

詳細は資料編資料 10 を参照。

5.4 二周波方式の周波数離隔

二周波半複信方式によって中継システムを構築する場合、中継機が複信動作(送信と受信を同時に行う動作)を行うため、ある程度の離隔をもった 2 つの周波数をペアにして使用する。

この 2 つの周波数の離隔には、適切な範囲がある。(資料編資料 11)

中継機に用いる空中線共用器の価格からは、少なくとも 4MHz 以上の離隔が望ましい。

空中線の特性からは、12MHz 以下であることが望ましいといえる。

以上を考慮すると、UHF 帯における二周波半複信方式の周波数離隔は、4MHz~12MHz が望ましいと考えられる。

5.5 中継時の識別信号

無線局運用規則 第 10 条第 3 項には、「無線通信を行うときは、自局の識別信号を付して、その出所を明らかにしなければならない。」とされている。

一般に MCA 無線や地域振興 MCA 無線を含む中継動作を行う無線局の場合、中継送信時には中継を行う局の識別信号は使用されない。アクセスする子機が自局の識別信号を付して送信することから、中継機を所有する免許人が特定されるため中継する無線局の識別信号は不要としていると考えられる。

したがって、本調査検討の対象の中継システムにおいても中継機による中継送信については、移動局等の識別信号をそのまま中継送信することが望ましい。

また、狭帯域デジタル通信方式による音声通信の場合、変調方式や音声符号化方式などが多様で暗号化通信も可能であることから、識別信号を付す意味がなくなっている。

運用方法の簡易化や利便性向上のため、識別信号として既存のデジタル方式の無線機が持つ機能(資料編資料 6.5 発信者番号、自局名送信機能等)を利用できるようにし、免許人の略称や地域名などを省略することで自営系移動無線を活用しやすい制度とすることが望まれる。

5.6 中継用周波数の確保

2.3、2.4 において、以下の課題をあげた。

- MCA 無線のサービス終了による移行先の無線システムの確保 (2.3.3)
- マルチチャンネルアクセスシステムによる周波数の有効利用 (2.3.5)
- 中継システムに利用できる周波数割当てが少ない現状 (2.4.6)

以上に対応するため、自営系移動無線の中継システムに割り当て可能な周波数の増波が求められる。

廉価に導入しやすい海外向けの無線機の利用などを考慮し、400MHz から 470MHz の範囲に周波数離隔 4~12MHz の二周波方式の周波数割当てが望まれる。

また、2.4.7 に示したような中継システムの構成も選択できるように、下り周波数を上り周波数よりも多く設けるか、上記ペア波の組み合わせを変えての利用が認められることが望まれる。

第6章 提言

6.1 自営系移動無線システムの高度化の実現のために

本調査検討によって自営系移動無線システムに中継システムを活用することで費用低減や利便性の向上が期待できることが確認された。

基地局を中継機として構成する中継システムを活用していくにあたり、本調査検討の結果に基づき、以下のとおり提言する。

6.2 無線従事者による監視制御要件の緩和

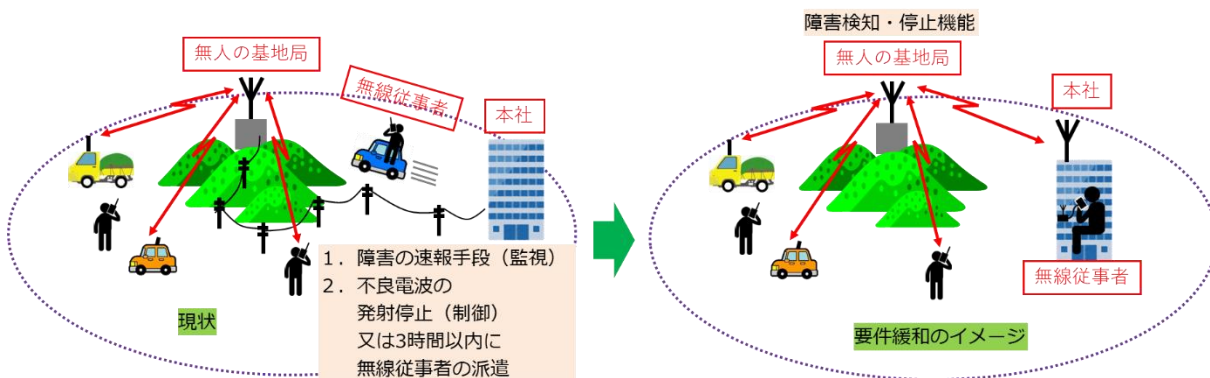
2.4.4 で述べたとおり、無人中継基地局の監視制御において障害検知・停止機能が有効であることが、4.1 の実証により確認された。

この結果を踏まえ、一般業務用の基地局を無人で運用する場合には、以下の条件のもと、無線従事者の選任要件を緩和することが望ましい。

【条件】

無線設備が障害検知・停止機能を有すること

(当該機能: 自局の障害を検知し、自動的に電波の発射を停止する機能) (図 6-1)



6.3 周波数の確保

2.4.6 であげたように、狭帯域デジタル通信方式で利用可能な二周波方式の周波数割当てが少ない。5.6 でとりまとめたように、自営系移動無線の狭帯域デジタル通信方式 6.25kHz チャンネル間隔の中継システムに割り当て可能な周波数として、400MHz から 470MHz の範囲に周波数離隔 4～12MHz の二周波方式の周波数割り当てが望ましい。この場合において、各変調方式に対応するよう図 6-2 のように同じ周波数帯域にチャンネル間隔 6.25kHz、12.5kHz のものが利用できることが望ましい。

また、周波数利用効率の向上と運用方法のニーズ(2.4.7)に照らし、下り周波数を上り周波数より多く設けるか、上記ペア波の組み合わせを変えての利用が認められることが望まれる。

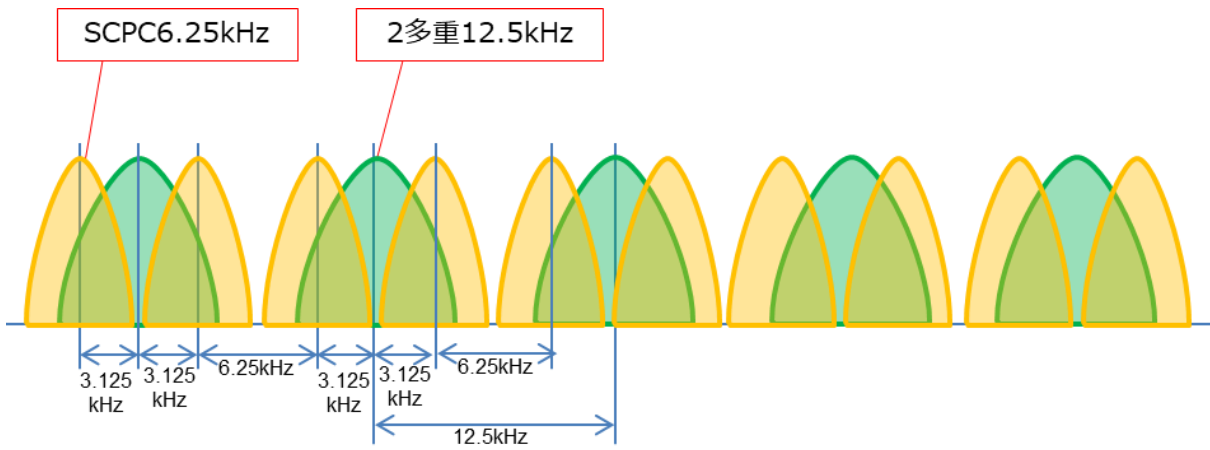


図 6-2 狭帯域デジタル通信方式のチャネル配置(案)

資料編

資料1 開催要綱

自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討会 開催要綱

(名称)

第1条 この調査検討会は「自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討会」(以下「調査検討会」という。)と称する。

(目的)

第2条 令和5年度「自営系移動無線システムの高度化及び将来展望に関する調査検討」の結果を踏まえ、サービスが停止となる 800MHz 帯 MCA 無線及び 900MHz 帯高度 MCA 無線の代替候補のひとつである自営系移動無線システムによる中継システムは、従来からのニーズに加え利用の要求が高まっている。これに対処し、業務用無線において中継システムを利用する具体的なユースケースや必要な技術的条件等について検討し、有益な電波利活用に資することを目的とする。

(調査検討事項)

第3条 調査検討会は、前条の目的を達成するために、次の事項について調査検討を行う。

- (1) 自営系移動無線の中継システムの活用に関する現状の整理・分析
- (2) 自営系移動無線の中継システムの技術に関する検討
- (3) 自営系移動無線の中継システムの活用のための実証試験
- (4) 自営系移動無線の中継システムの活用に向けた技術的条件等取りまとめ

(構成)

第4条 調査検討会は、九州総合通信局長の委嘱を受けた別紙に掲げる構成員をもって構成する。

(組織)

第5条 調査検討会には、座長を置く。

- 2 座長は、構成員の互選により選出する。
- 3 座長は、構成員の中から副座長を指名することができる。
- 4 座長は、必要に応じて、構成員以外の関係者の出席を求め、その意見を聴くことができる。
- 5 座長は、調査検討会の審議を促進するため作業部会を設置することができる。
- 6 調査検討会の事務局は、九州総合通信局電波利用企画課及び外部請負者とする。

(運営)

第6条 調査検討会は座長が召集し、主宰する。

- 2 調査検討会を召集するときは、構成員に対しあらかじめ日時、場所及び議題を通知する。
- 3 その他、運営に関する事項は調査検討会において定める。

(報告)

第7条 座長は、調査検討会の調査検討が終了したときは、その結果を九州総合通信局長に報告する。

(開催期間)

第8条 調査検討会は、令和7年8月26日から前条の報告をするまでの期間とする。

附 則

この要綱は令和7年8月26日から施行する。

自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討会構成員

(座長・副座長以外は、氏名五十音順、敬称略)

- | | |
|--------------------|---|
| ふくさき たけし
福迫 武 | 国立大学法人熊本大学 大学院先端科学研究部 教授 <座長> |
| まつおか つよし
松岡 剛志 | 九州産業大学 理工学部 准教授 <副座長> |
| いのうえ ひろのり
井上 弘訓 | 八重洲無線株式会社 国内営業部 執行役員 |
| うすい ふみよし
臼井 文良 | 一般社団法人全国陸上無線協会 企画調査部長 |
| くすはら かずひろ
楠原 和広 | アルインコ株式会社 電子事業部 顧問 |
| ひぐち けんじ
樋口 健司 | モトローラ・ソリューションズ株式会社 チャネル事業本部
セールスエンジニアリングマネージャー |
| まつだ よしたか
松田 喜貴 | アイコム株式会社 国内営業部 主任技師 |
| わたしかわ ひろと
渡川 洋人 | 株式会社 JVC ケンウッド 無線システム事業部国内システム開発部
シニアマネジャー |
| (オブザーバー) | |
| いしはら ひろき
石原 浩樹 | 総務省 九州総合通信局 無線通信部長 |

資料2 調査検討会開催状況

回	開催日時	開催会場	議事
第一回	令和7年 8月26日(火)	熊本県熊本市 熊本地方合同庁舎 A棟 九州総合通信局 10階会議室	1 開会 2 配布資料の確認 3 九州総合通信局長挨拶 4 構成員紹介 5 開催要綱について 6 座長の選出 7 議事 7.1 調査検討会の実施内容とスケジュールについて 7.2 自営系移動無線の中継システムの活用に関する現状の整理・分析について 7.3 自営系移動無線の中継システムの活用モデルについて 7.4 自営系移動無線の中継システムの周波数共用条件について 7.5 自営系移動無線の中継システムを高度に利用するための機能について 7.6 その他 8 閉会
第二回	令和7年 10月8日(水)	Teams web会議	1 開会 2 配布資料の確認 3 議事 3.1 自営系移動無線の中継システムの実証試験について 3.2 その他 4 閉会
第三回	令和8年 1月14日(水)	Teams web会議	1 開会 2 配布資料の確認 3 議事 3.1 自営系移動無線の中継システムの実証試験の結果について 3.2 自営系移動無線の中継システムの活用に必要な技術的条件について 3.3 報告書の構成案について 3.4 その他 4 閉会
メール審議	令和8年 2月2日(月) ～2月25日(水)	メール	報告書案について

調査検討会の様子



図 資料 2-1 第一回調査検討会の様子

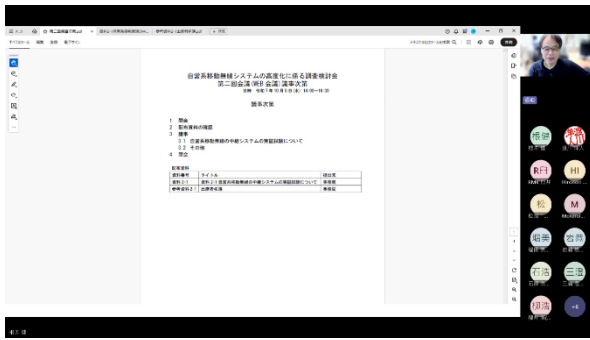


図 資料 2-2 第二回、第三回調査検討会 web 会議の画面

資料3 令和 5 年度調査検討

令和 5 年度調査検討報告書から本調査検討の中継システムの活用に関連する記述を抜粋する。詳細については、当該報告書を参照されたい。

(<https://www.soumu.go.jp/soutsu/kyushu/data/report.html>)

第4章 自営系移動無線の利用事例

この章では、自営系移動無線を有効に利用している事例をいくつか紹介する。

4.3 中継機の利用(遠隔接続がない場合)

通話エリア拡大のために、中継機を利用することがある。

この例では、中継機が設置される無線局は基地局と固定局の二重免許が必要となり、本社、支社、工場の無線局は、空中線を固定して使用するため固定局となる。その他の移動する無線局は陸上移動局となる。

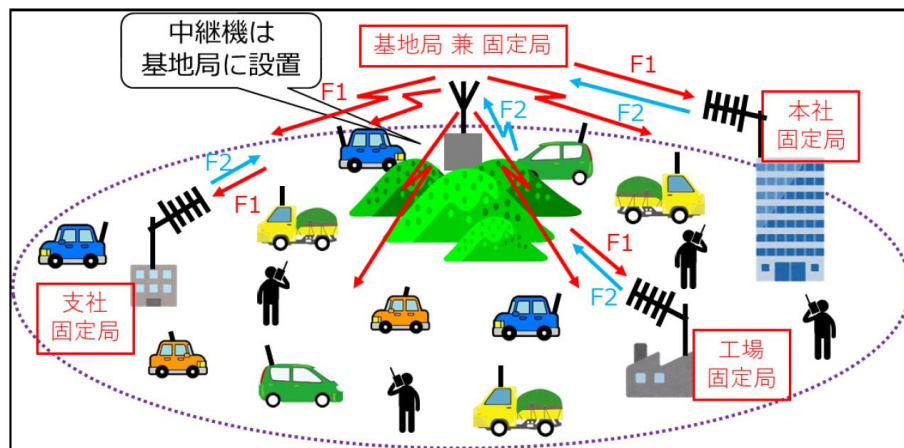


図 4-3 中継機の利用例(遠隔接続がない場合)

4.4 中継機の利用(遠隔接続がある場合)

通話エリア拡大のため、中継機を遠隔通信線で接続することがある。

離れた事業所間を接続するケースのほか、電波が届きにくいビル内の通話エリア確保などにも利用される。一方の基地局が中継動作をする際、他方も同様の音声を中継送信することで、離れたエリアをカバーする。複数基地局の同時送信が行われる。

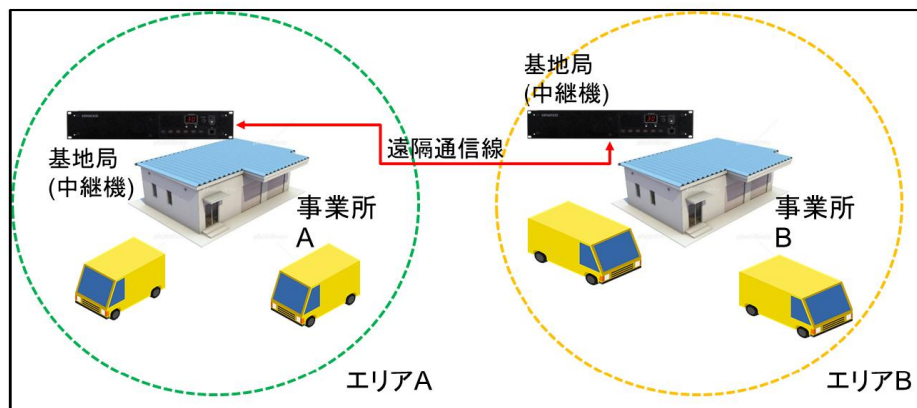


図 4-4 中継機の利用例(遠隔接続がある場合)

第6章 ユーザーアンケート

6.3.8 中継機があれば利用したいか

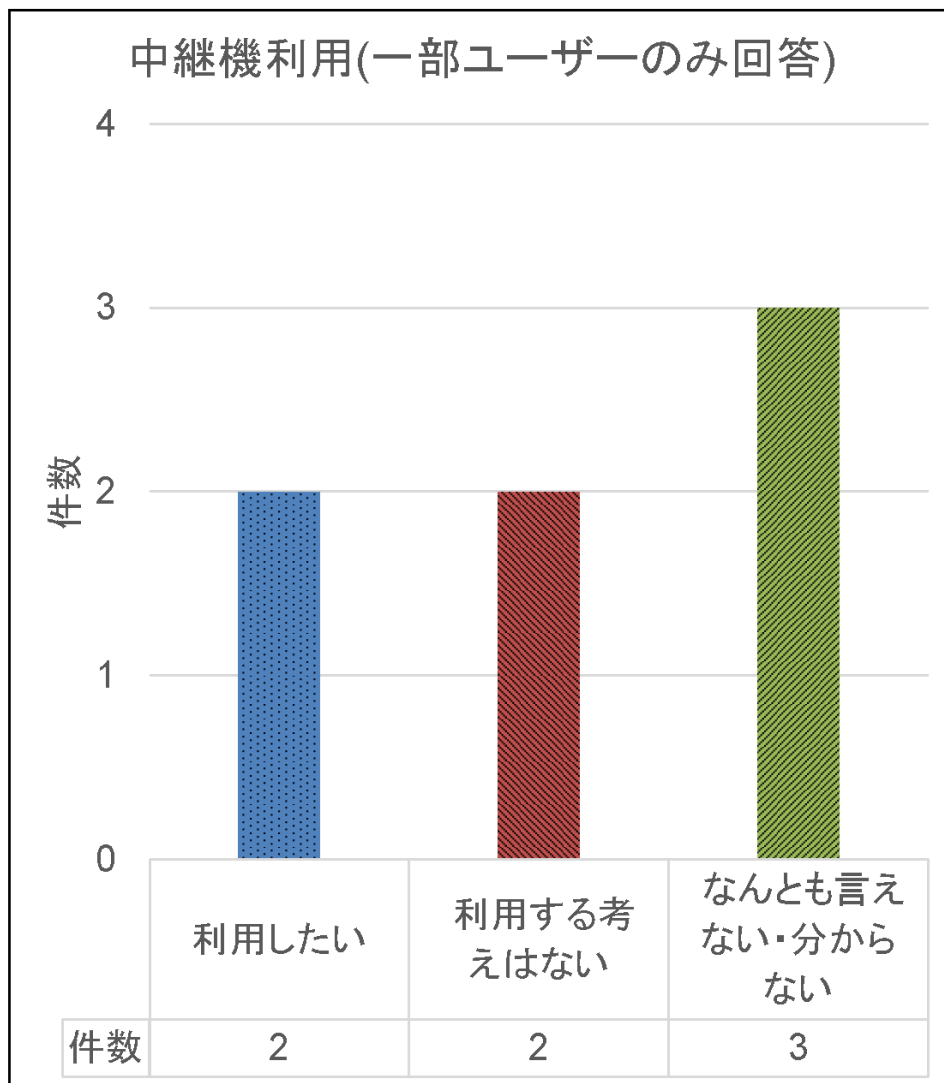


図 6-8 中継機があれば利用したいか

- ・利用したいと答えたユーザーからのコメント
「目視外通信ができるに越したことはない。利用価値は上がると思われる。」
- ・利用する考えはないと答えたユーザーからのコメント
「中継機は維持、管理に費用が掛かりそう。」
- ・なんとも言えない・分からないと答えたユーザーからのコメント
「設置に係る費用が気になる。また、無線局免許手続が煩雑にならないかの懸念がある。」

第7章 自営系移動無線に求められるニーズ

7.1.3 中継機の利用について

- 中継機を設備する無線局は基地局として運用されるため、無人運用される場合は、異常を監視するための装置が必要となる。特に重要な無線システムにおいては、無線システムの異常を検知する監視装置をユーザーが要望することもあるが、そうではない無線システムにおいては、初期費用やランニングコストが増加する要因となるため、不要であることが望まれる場合も少なくない。
- 中継動作する際の識別信号の取り扱いが明確になっていない。
- 中継に利用される周波数ペアが割り当てられているが、複数のペアを同時に使用する際、それぞれのペア同士の組合せで利用する必要があるため、周波数の利用効率が悪くなることも想定される。

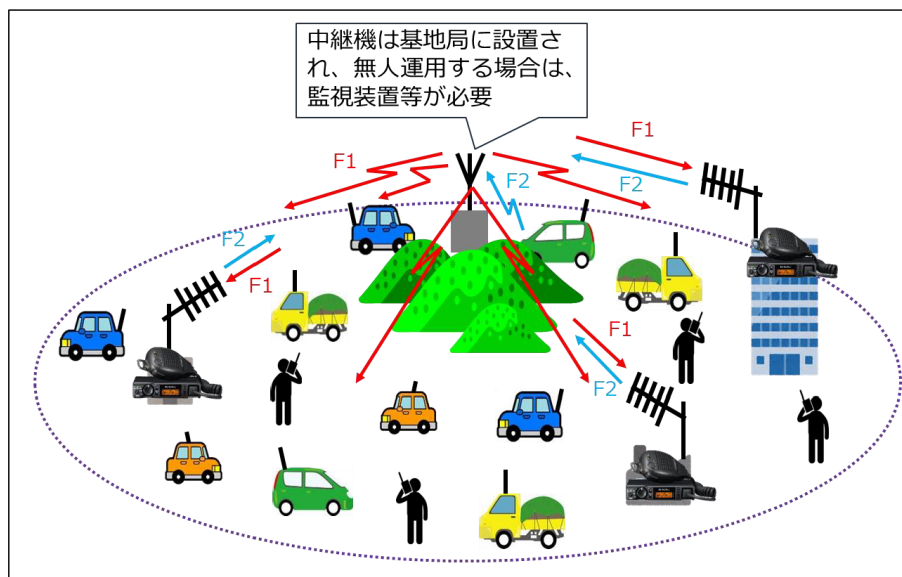


図 7-3 中継機運用に関する課題 1

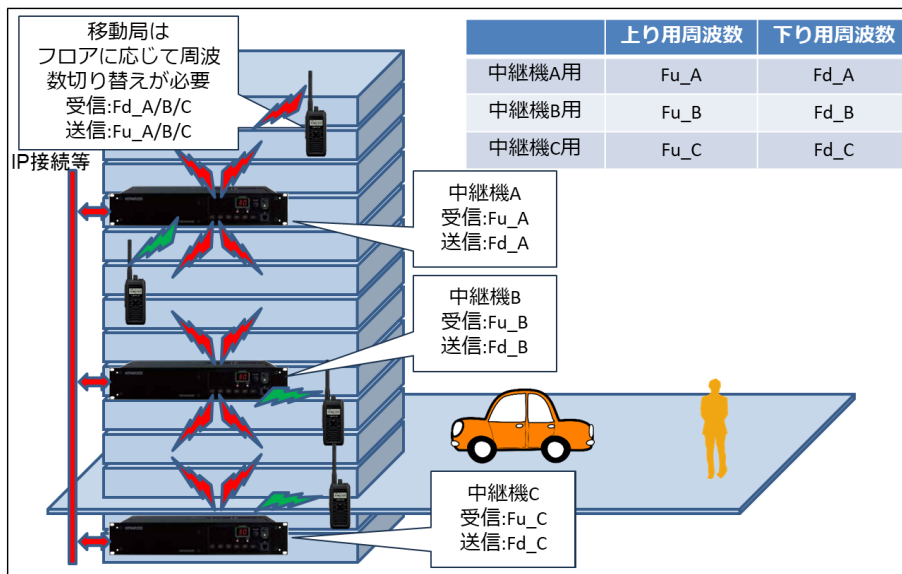


図 7-4 中継機運用に関する課題 2

第8章 自営系移動無線の高度化の方向性と将来展望の取りまとめ

8.3 中継機の利用について

(ア) 中継機を利用する無線局を無人運用するために必要な事項(無線従事者による監視の緩和)

① 障害検知・停止機能

自局の障害(送信装置の発振回路が正常な周波数を生成できない故障が生じた場合等)を検知し、自動的に電波の発射を停止する機能を持たせる。

連続送信を防止する機能を持たせる。

② 選択的中継機能

グループごとに設定可能な**識別コード(例.ユーザーコード等)**※を利用し、不要な信号を中継しないようにする。

選択呼出機能等を実現するために、無線機ごとに異なった値に設定されるID(例.個別ID)を利用し、一部のユーザーの中継を許可/禁止できるようにする。

これらの機能を持たせることで、基地局であっても、無線従事者による監視制御が不要となれば、廉価にシステムが構築できるため、中継機の利用が促進されるものと考えられる。

(イ) 技術的要件

① 必要な周波数帯

現在使用中の無線機からの移行を考慮することで経済的負担を減らせる(同一もしくは近い周波数を利用する)。

自営無線で広く使われている周波数全般(すでにそれぞれの業種に適した周波数が利用されている)。

携帯性を考慮すると、アンテナ長が短くなるUHF帯が望ましい。

② 通信距離、通信エリアの確保

基地局を複数設置することでエリア確保できることが望ましい。

③ データ通信等に必要な通信速度

現在使用中の無線機からの移行を考慮することで経済的負担を減らせる。

音声主体の通信である。

④ セキュリティや秘匿性の確保

選択的中継により、不要な信号の中継を防ぐ。

デジタル方式を採用することで、高度な暗号化の実装が可能となる。

※識別コード(例.ユーザーコード等)について

一例として、一般社団法人 電波産業会が定める ARIB STD-B54 標準規格(放送事業用 4FSK 連絡無線方式)や STD-T98 標準規格(デジタル簡易無線局の無線設備)で規定されるユーザーコードなどが利用できる。

また、現在、他のデジタル無線方式に関する標準規格、あるいは、運用されているすべてのデジタル方式の無線機が、これらの機能を有しているわけではない。

(ウ) 技術的条件

① 変調方式

低廉なものを求められていることから、現在広く利用されている狭帯域デジタル方式が望ましい。デジタル方式とすることで、誤中継を防いだり、高度な暗号化が利用できたりするメリットも得られる。

② 通信方式

現在 FDD(二周波半複信)方式が広く普及しているため、これをそのまま利用することで、廉価に構築できる。

③ 必要なチャンネル数

收容局数、通話の時間等からチャンネル数を決定するのが適当である。

複数のチャンネルを利用する際、個別に割当ててのではなく複数のユーザーと周波数を共有するトラッキング方式(複数チャンネルを動的に割り当てる方式)を利用することで、周波数の有効利用に繋がる。

電波が届きにくいビル内や地下街などでは、基地局を複数置く必要があり、多くの周波数が必要となるが、下りは複数波を繰り返し利用し、上りは 1 波とすることで、周波数の有効利用に繋がる。

送信タイミング同期方式を利用することで、周波数の有効利用に繋がる。

④ 中継方式

中継の可否を判断するため、再生方式が望ましい。

⑤ 周波数共用条件

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』の検討結果が利用可能である。

⑥ 識別信号

既存のデジタル方式の無線機が持つ機能(自局名送信機能等)を利用し、送信の都度、識別信号を自動的に付加する。以下の点を考慮する必要がある。

中継においては一般的に子局の識別信号をそのまま利用することが多いため、それに従う(子局の識別信号を書き換えずに中継する)。

中継機が自局から発呼する場合は、自局の識別信号を送信する。

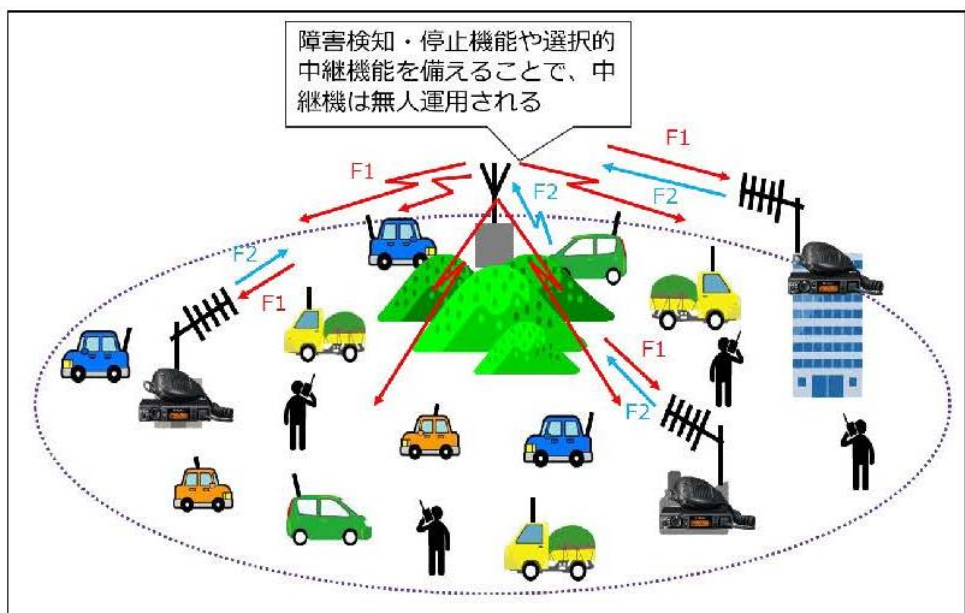


図 8-2 中継機の無人運用

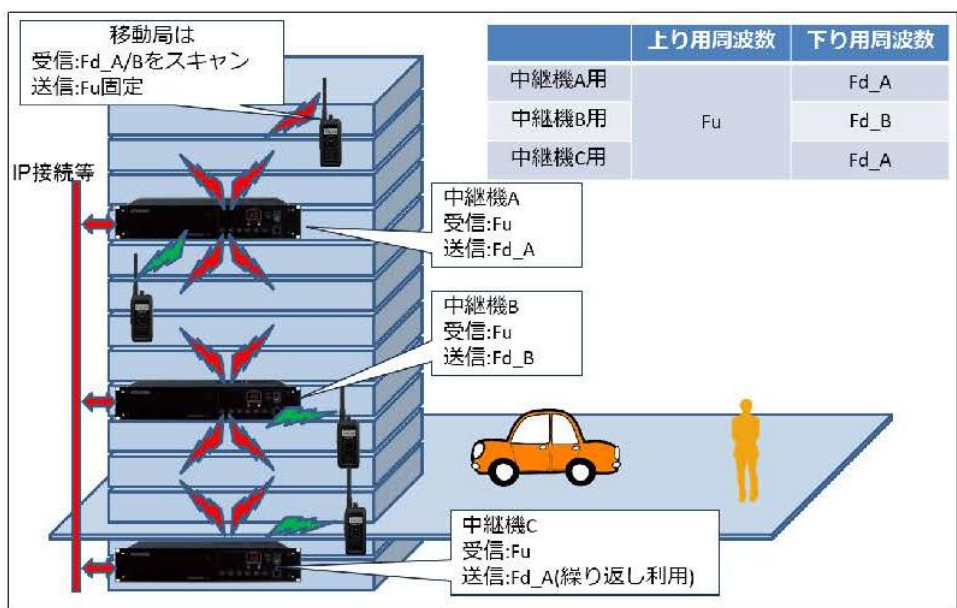


図 8-3 周波数の有効利用を考慮した中継システム

下りは複数波を繰り返し利用し、上りは1波とすることで、周波数を有効利用する。

8.4 ユーザーアンケートで上位に挙げたニーズへの対応について

7.2におけるユーザーからの要望に対する高度化の方向性について、次のとおり取りまとめた。

8.4.1 安定した通信や不感地帯の解消に向けた方策

自営系移動無線は、一つの基地局の通信エリアは携帯電話基地局に比べ広いものが多いものの、構築するエリアの規模により無線局の設置や運営にかかるコストが増大することから、多数の基地局を設置することは経済的な面から困難であり、必要最小限の通信エリアとなっている。また、無線機器の価格等についても、IP無線や簡易無線と比較して高額となる場合が多い。

通信が安定しない要因の一つとして、フェージングによる不安定な受信状態が考えられる。フェージングについては、6.4.4に書いたとおりデジタル方式に移行することで改善できる可能性がある。

また、地形等の影響により不感地域が生じやすい傾向があるため、手軽にエリアを拡大したい場合や安定的な通信を行いたい場合には、8.2に記載したIP無線との相互接続や8.3に記載した中継機の利用を促進することで、通話エリアの拡大が可能となり、安定した通信の提供が期待できる。

6.3.2に書いたとおり、今回ユーザーアンケートにご協力いただいた免許人の内、96%がアナログ方式を利用していることから、弱電界エリアにおける受信音声の明瞭度の低下などが発生しているものと思われる。デジタル方式を推進することで、改善が期待できる場合があるものと考えられる。6.4.4に書いたとおり、IP無線は、山間部等、携帯電話網サービス(エリア)が十分でない利用環境では使用できないため、利用可能条件が限定される。また、災害発生時に輻輳が発生するなどのリスクがあるため、ミッションクリティカルを求められるユーザーにおいては、慎重な選択が必要となる。

資料4 自営系移動無線の中継利用の拡大についての要望書



要望

自営系移動無線の中継利用の拡大について

2025年5月9日
一般社団法人全国陸上無線協会
企画調査委員会

Copyright © RMK 2025. All rights reserved. Confidential & Proprietary



○ 中継機の利用について

「自営系移動無線システムの高度化及び将来展望に関する調査検討報告書(令和6年3月、九州総合通信局)」によると、自営系移動無線の運用では、山岳地域や山間地域(携帯電話エリア外)での利用においては、地形等の影響により不感地域が発生します。

また、都市部の大型施設においても、電波が届きにくいビル内や地下街などで不感地域が発生することが懸念されています。

このため、これらの不感地域を解消するため、自営系移動無線での中継機利用のニーズが相当数あると認識しています。

以上のことから、中継用周波数の割り当てにより、自営系移動無線での中継利用が拡大するようご対応をお願いいたします。

Copyright © RMK 2025. All rights reserved. Confidential & Proprietary

資料5 中継システムにおける周波数共用条件

資料5.1 周波数共用条件

周波数は有限な資源である。日本では、電波の公平かつ能率的な利用を確保することによって、公共の福祉を増進することを目的として、電波法に基づき総務省が周波数管理を行なっている。

周波数の繰り返し利用や異なるシステムを隣接周波数に割り当てる場合などの干渉に対する性能や振る舞いは、変調方式、占有帯域幅などに依存する。

新たな変調方式やシステムが導入される場合、周波数共用条件として相互の干渉性能を検討し、技術的条件を明確にすることで周波数管理の基準や方針を定める必要がある。

資料5.2 中継システムにおける周波数共用条件

中継システムの利用における周波数共用条件として、以下の4項目を設定する。

- 同一チャネル周波数共用条件
- 隣接周波数共用条件
- 近接周波数感度抑圧
- 相互変調

検討モデルから、実運用においては以下のような干渉が想定される。

資料5.2.1 同一チャネル干渉

周波数の有効利用のため離れた地域で同じ周波数が繰り返し利用される。その信号による干渉。(図 資料 5-1)

二周波方式では、中継機から中継機及び移動局から移動局への同一チャネル干渉はない。

- 中継機が他地域の移動局から受ける干渉
- 移動局が他地域の中継機から受ける干渉

の2種類が想定される。

同一チャネル干渉では、遠くの無線局の弱い信号でも影響を受ける場合がある。

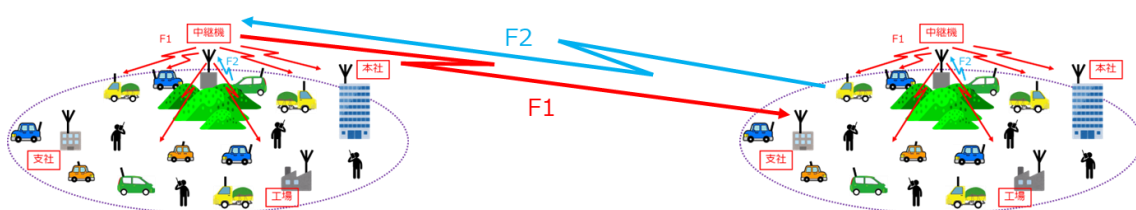


図 資料 5-1 同一チャネル干渉のイメージ

資料5.2.2 隣接周波数干渉

隣接チャネルを使用する別の無線局からの干渉で、送信側の隣接チャネル漏洩電力、受信側の受信選択度、受信側の強信号による感度抑圧特性などの要因による。

資料5.2.3 近接周波数感度抑圧

近接の周波数を使用する別の無線局からの干渉で、受信側の強信号による感度抑圧特性などの要因による。

一般に近傍の無線局からの干渉。

資料5.2.4 相互変調

近接の周波数を使用する別の複数の無線局からの干渉。

主に受信機の高周波増幅部に強力な信号が入力されることで生成される信号成分による。

送信機が他の送信機の強力な信号を受けて干渉源の信号を生成する場合や鉄塔などの金属接合部が強力な信号を受けて干渉源の信号を生成する場合もあるが、本検討では評価対象外とする。

資料5.3 干渉の検討方針

以下の検討結果等を参照・利用して整理しとりまとめる。

- 業務用無線通信システムに関する調査検討(平成 26 年北海道総合通信局)
- 地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討(平成 27 年東北総合通信局)
- 公共用無線局のデジタル化等のための技術的条件に関する調査検討(令和 4 年総務省重要無線室)ヘリテレ連絡用無線試験装置の動作確認結果
- 『平成 10 年度 電気通信技術審議会答申 諮問第 94 号「400MHz 帯等を使用する業務用の陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」平成 10 年 6 月 29 日』
- 『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』
- 電波法関係審査基準 別図第 37 号の 2
- 電波法関係審査基準 別図第 38 号の 2

資料5.3.1 検討する無線方式

過去の検討結果にならない、表 資料 5-1 に示す変調方式について検討する。

表 資料 5-1 検討する無線方式

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

出典:『小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について』のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

資料5.4 同一チャネル周波数共用条件

表 資料 5-2 は、希望波レベルを基準感度+30dB とし、妨害波信号レベルを可変して BER=1% 又は 12dB SINAD となる DU 比[dB]を求めたものである。希望波の信号強度が妨害波の信号強度よりも表に示す値以上強ければ受信できることを表している。つまり、同じ周波数を使用する他の無線局の信号は、受信しようとする信号よりも表に示す値以上低い必要がある。

たとえば、4 値 FSK(6.25kHz)の希望波を受信するためには、アナログ FM(12.5kHz)の妨害波は、希望波よりも 11dB 低い必要がある。基準感度 0dB μV(-113dBm)まで受信したい場合は、11dB 低い-124dBm 以下の妨害波レベルであれば、受信に影響がない。

例として、空中線高 50m の基地局(450MHz、実効輻射電力 5W)の場合の信号強度を図 資料 5-2 に示す。

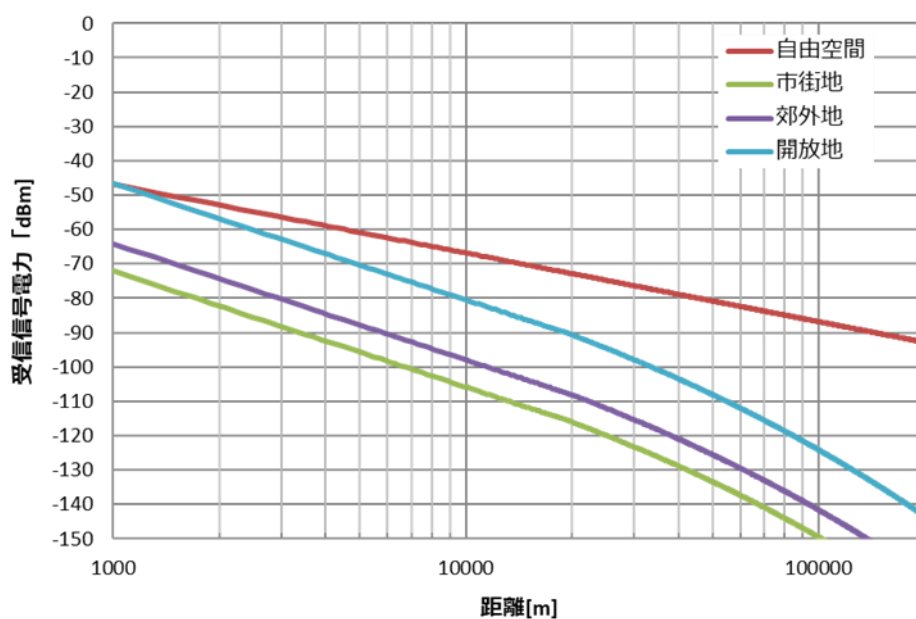
市街地で妨害波の信号強度を-124dBm 以下とするには離隔距離約 33km が必要となる。

表 資料 5-2 同一チャネル共用条件

妨害波 / 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4 値 FSK	
		12.5 kHz	20k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz	25 kHz 32k bps	25 kHz 36k bps	6.25k Hz	12.5k Hz	25k Hz		6.25k Hz	12.5k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz
FM	12.5kHz	4		5	3	3		9	6	3	3	6	6	7	4
	20kHz		2	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3
QPSK	6.25kHz	13	9	12	8	6		11	9	6	6	12	9	10	8
	12.5kHz	14	13	11	11	9		11	11	9	9	12	12	10	11
	25kHz・32kbps	12	12	11	10	10		10	10	10	10	12	12	10	10
	25kHz・36kbps	12	12	10	10	10		10	10	10	10	12	12	10	10
16QAM	6.25kHz	18	13	15	13	11		16	13	11	11	16	13	16	13
	12.5kHz	19	18	16	16	13		16	16	13	14	16	16	16	16
	25kHz	19	18	15	15	15		15	15	15	15	15	15	15	15
M16QAM		18	18	17	17	17		17	17	17	17	17	17	17	17
RZ SSB	6.25kHz	11	6	11	8	6		12	8	6	5	12	9	12	11
	12.5kHz	12	10	12	11	9		12	11	8	8	12	12	12	12
4 値 FSK	6.25kHz	11	6	11	8	6	5	12	9	6	5	12	8	12	9
	12.5kHz	9	9	10	10	7	---	10	10	7	7	11	10	10	10

出典:『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方針に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

受信信号電力



自由空間伝搬損失及び奥村・秦モデル(市街地、郊外地、開放地)の計算による

図 資料 5-2 受信信号電力と伝搬距離の例

電波法関係審査基準の別紙 1 無線局の局種別審査基準 第 3 陸上移動業務の局の 16 項に混信妨害の審査として、狭帯域デジタル通信方式の同一周波数の干渉は、所要 D/U 21dB 以上 (4FSK(SCPC)及び 4FSK(TDMA)については 22dB 以上)を標準とする、とされている。

この基準は、表 資料 5-2 の共用条件を満たすものであり、さらに機器マージン 6dB を含むものであるため、実用上充分であり、中継システムの利用においてもそのまま適用できるものである。

資料5.5 同一チャネル共用条件の実証

共用条件の検討及び審査基準の妥当性を確認するために実施された実際の無線機による測定結果例を表 資料 5-3 および表 資料 5-4 に示す。表 資料 5-3 の最右列「答申」には、表 資料 5-2 の共用条件の値を表示した。

表 資料 5-3 地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討
(平成 27 年東北総合通信局)同一チャネル干渉の D/U[dB]測定結果

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

表 資料 5-4 公共用無線局のデジタル化等のための技術的条件に関する調査検討
(令和 4 年総務省重要無線室)ヘリテレ連絡用無線試験装置の動作確認結果
同一周波数干渉(4 値 FSK 対 4 値 FSK)

同一周波数干渉特性 D/U[dB]	11.5	希望波=受信感度 (BER=1%値) (-7.4dB μ V) +30dB
同一周波数干渉特性 D/U[dB]	12.0	希望波=受信感度 (BER=1%値) (-7.4dB μ V) +3dB

いずれの測定結果も表 資料 5-2 の共用条件を満たしている。

前述の電波法関係審査基準の混信妨害の審査をそのまま適用して問題ないことが実機でも確認された。

資料5.6 隣接周波数共用条件

表 資料 5-5 は、希望波信号レベルを基準感度+30dB とし、妨害波信号レベルを D/U=-40dB に設定して BER=1%又は 12dB SINAD となる Δf(中心周波数差)を求めたものである。異なる変調方式を隣接周波数に割り当てる場合、表の値の周波数以上の間隔があれば利用できることを表す。

表 資料 5-5 隣接周波数共用条件 [kHz]

妨害波 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4 値 FSK	
		12.5 kHz	20 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz	25kHz 32 kbps	25kHz 36 kbps	6.25 kHz	12.5 kHz	25 kHz		6.25k Hz	12.5 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
FM	12.5kHz	11.60		12.37	13.62	19.22		11.67	14.62	19.92	19.12	11.27	11.62	10.57	12.35
	20kHz		15.80	17.59	19.71	23.81		17.49	18.91	24.21	22.91	13.69	14.21	15.09	14.14
QP SK	6.25kHz	11.97	14.89	6.20	9.10	14.31		5.40	8.10	14.21	12.31	5.40	6.80	6.07	9.82
	12.5kHz	14.52	17.21	9.20	12.33	17.58		8.80	11.53	17.78	15.58	8.60	9.93	9.01	12.49
	25kHz ・32kbps	19.02	22.11	14.91	17.98	25.10		14.71	16.98	23.50	21.50	9.71	10.88	14.46	14.72
	25kHz ・36kbps	19.42	22.31	15.61	18.78	24.80		15.61	17.78	24.50	22.50	9.71	10.88	14.71	14.78
16Q AM	6.25kHz	12.17	14.99	5.40	8.70	14.41		4.60	7.70	14.41	12.41	4.70	6.20	5.92	9.82
	12.5kHz	14.52	17.31	8.30	11.43	16.68		7.80	10.53	16.68	14.78	7.70	9.03	8.55	12.41
	25kHz	20.22	22.91	14.71	17.98	23.60		14.51	16.98	23.60	21.70	12.71	13.98	11.05	15.18
M16QAM	17.72	21.31	12.61	15.88	21.70		12.61	14.58	21.80	19.60	12.61	13.98	11.08	15.22	
RZ SSB	6.25kHz	10.67	13.79	5.80	8.30	14.51		5.30	7.90	14.31	14.71	5.30	6.60	5.36	9.58
	12.5kHz	12.32	15.51	7.60	10.53	16.38		7.10	10.13	15.88	16.58	7.10	8.53	7.36	11.36
4 値 FSK	6.25kHz	10.67	14.11	5.72	8.82	14.63	14.82	5.34	8.06	14.63	12.07	5.47	7.38	5.72	9.44
	12.5kHz	11.13	13.83	9.44	12.29	17.59	---	9.14	11.40	17.60	15.66	7.42	9.28	8.53	11.63

出典:『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

資料5.7 隣接周波数配置案

表 資料 5-6 は、表 資料 5-5 の周波数離隔を満足する 3.125kHz ステップでのチャンネル間隔をまとめたもの。

黄色に塗られた部分は、隣接する場合のチャンネル間隔を合計して 2 で割った値よりも大きいところであり、以下のような配慮が必要である。

例えばチャンネル間隔 6.25kHz の 4 値 FSK 方式とチャンネル間隔 12.5kHz のアナログ FM を隣接して割り当てる場合、表 資料 5-6 からは、12.5kHz のチャンネル間隔、表 資料 5-5 からは最小で 10.67kHz の周波数離隔が必要である。

一方、周波数利用効率を高めるため、図 資料 5-3 のように帯域内に最大のチャンネルを配置するように割り当てると、チャンネル間隔は 9.375kHz となり、前述の必要な離隔周波数が確保できない。必要な離隔周波数が確保できない場合は、妨害波の電力の一部が受信帯域に入るため干渉が発生する。

したがって、異なる変調方式のシステムを隣接する場合は、1 チャンネル分のガードバンドを設けるなど注意が必要であることがわかる。

表 資料 5-6 隣接周波数配置案 [kHz]

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

出典:『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日』

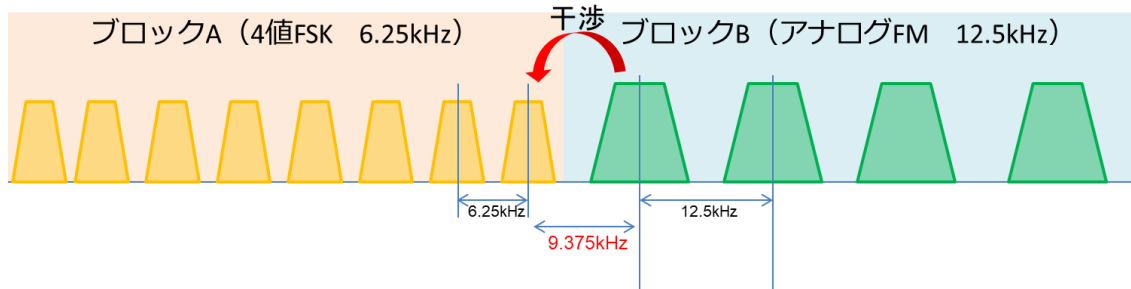


図 資料 5-3 異なる変調方式のチャンネルの間隔

資料5.8 隣接周波数共用条件の実証

実際の無線機による測定結果例を表 資料 5-7 及び表 資料 5-8 に示す。

表 資料 5-7 地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討(平成 27 年東北総合通信局)隣接チャネル干渉の必要離隔周波数[kHz]測定結果

希望波	妨害波	周波数 [MHz]	基地① 下側	基地① 上側	基地② 下側	基地② 上側	車載① 下側	車載① 上側	車載② 下側	車載② 上側	携帯① 下側	携帯① 上側	携帯② 下側	携帯② 上側	答申
デジタル	デジタル	385	-5.025	5.475	-5.225	5.275	-5.525	5.375	-5.625	5.275	-5.525	5.575	-5.625	5.575	±5.72
デジタル	デジタル	367	-5.025	5.275	-5.025	5.275	-5.525	5.375	-5.625	5.275	-5.525	5.575	-5.625	5.575	±5.72
デジタル	アナログ	385	-5.025	5.575	-5.025	5.475	-5.325	5.275	-5.325	5.175	-8.925	5.175	-9.225	5.375	±10.67
デジタル	アナログ	367	-5.025	5.475	-5.025	5.575	-5.325	5.275	-5.325	5.175	-7.625	5.175	-9.225	5.275	±10.67

表 資料 5-8 公共用無線局のデジタル化等のための技術的条件に関する調査検討(令和 4 年総務省重要無線室)ヘリテレ連絡用無線試験装置の動作確認結果 D/U=-40dB となる離隔周波数(編集して掲載)

希望波	妨害波	離隔[kHz]	答申
デジタル	デジタル	3.39	5.72
デジタル	アナログ	8.12	10.67
アナログ	デジタル	7.98	10.57
アナログ	アナログ	8.92	11.6

表 資料 5-7 は、希望波が 6.25kHz4 値 FSK 方式、妨害波が 6.25kHz4 値 FSK 方式及び 12.5kHz アナログ FM 方式として D/U=-40dB のときの所要離隔周波数を測定したものである。最右列「答申」には、表 資料 5-5 の共用条件の値を表示した。

測定結果は、答申の値を下回っており、無線機の実力が表 資料 5-5 の共用条件よりも上回っていることが確認された。

表 資料 5-8 は、希望波、妨害波とも 6.25kHz4 値 FSK 方式及び 12.5kHz アナログ FM 方式の組み合わせで D/U=-40dB のときの所要離隔周波数を測定したものである。最右列「答申」には、表 資料 5-5 の共用条件の値を表示した。

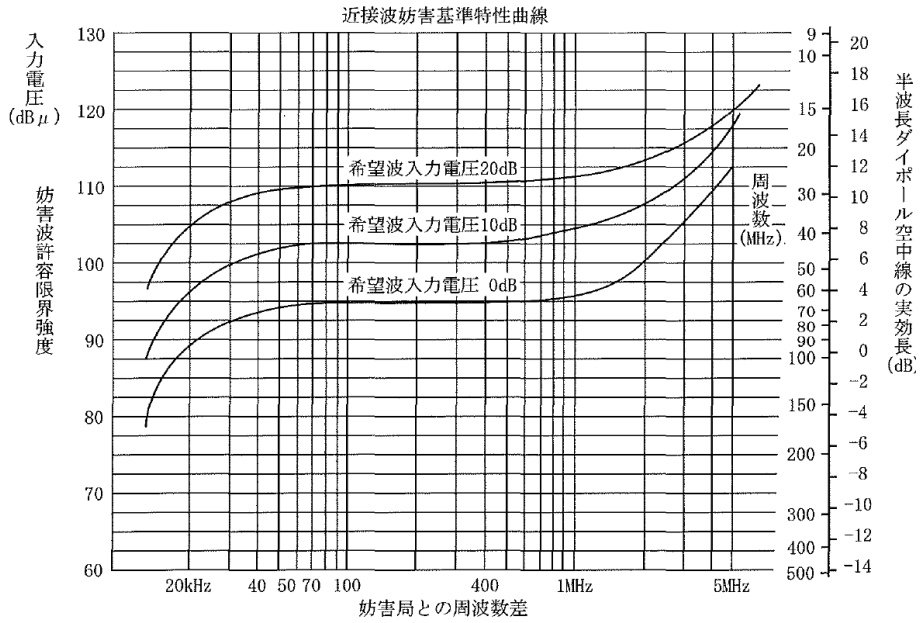
測定結果は、答申の値を下回っており、無線機の実力が表 資料 5-5 の共用条件よりも上回っていることが確認された。

資料5.9 近接周波数感度抑圧

電波法関係審査基準の別紙 1 無線局の局種別審査基準 第 3 陸上移動業務の局の 16 項に混信妨害の審査として、狭帯域デジタル通信方式の感度抑圧妨害については、別図第 37 号(妨害波が狭帯域デジタル通信方式の場合は別図第 37 の 2)により審査することとしている(図 資料 5-4)。

回線設計上の希望波の信号強度から、許容限界を上回る妨害波が入力されることがないように審査される。

別図第37号



- 注 1. 希望波入力電圧 0dB とは、雑音抑制を 20dB とするために必要な受信機入力電圧より 6 dB 高い入力電圧をいう。
- 注 2. 希望波と妨害波が隣接周波数の関係にあり、妨害波が変調されているとき、許容値はこの図の値より約 20dB 劣化することがある。

別図第37号の2

近接波妨害基準特性曲線(与干渉局が狭帯域デジタル通信方式を使用する無線局、60MHz帯の周波数を使用するルール加入者無線局又は54MHzを超え80MHz以下若しくは162.05MHzを超え169MHz以下の周波数の電波を使用するデジタル変調方式の音声放送番組中継を行う固定局の場合)

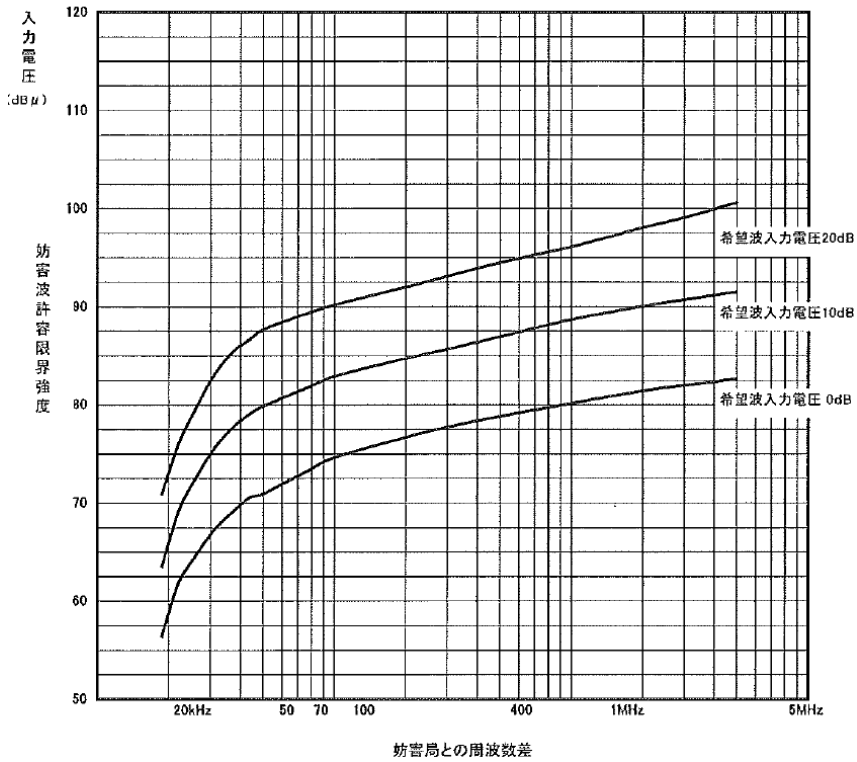
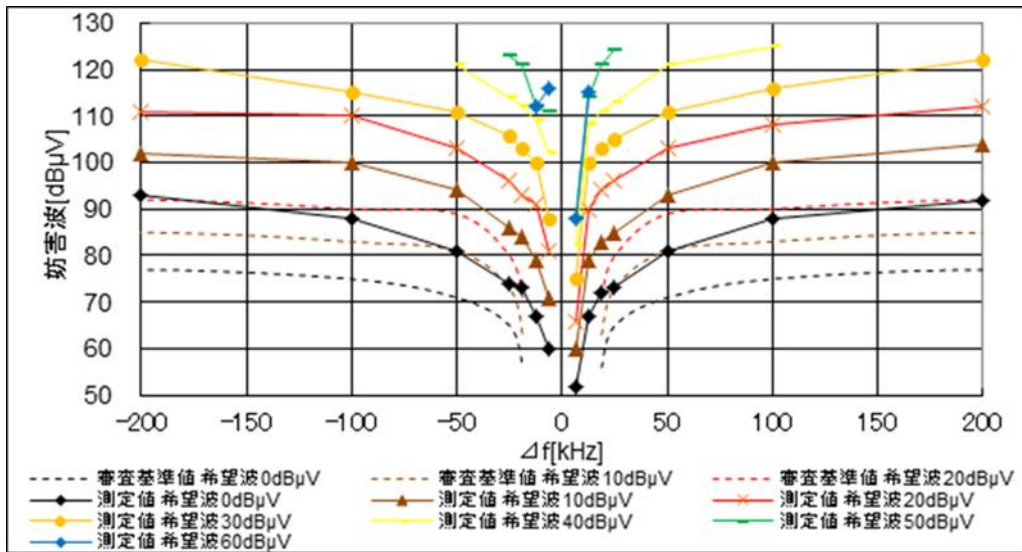


図 資料 5-4 近接周波数感度抑圧妨害の審査基準

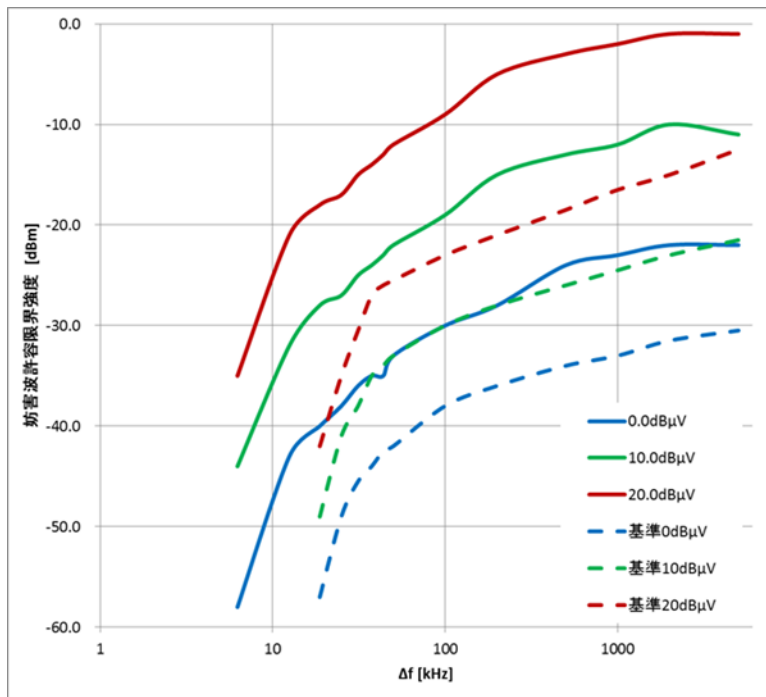
資料5.10 近接周波数感度抑圧の実証

実際の無線機による測定結果例を図 資料 5-5 及び図 資料 5-6 に示す。



業務用無線通信システムに関する調査検討(平成 26 年北海道総合通信局) 中継型無線機の隣接又は近接チャンネル干渉測定の結果(審査基準値重ね)

図 資料 5-5 近接周波数感度抑圧の測手結果 1



地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討 (平成 27 年東北総合通信局)ラボ内検証試験(近接チャンネル感度抑圧)の結果

図 資料 5-6 近接周波数感度抑圧の測手結果 2

いずれの測定結果も電波法関係審査基準の別図第 37 の 2 の基準(グラフ中点線で示された値) に対して 10dB 程度以上のマージンを持って満たす性能を示している。

資料5.11 相互変調

電波法関係審査基準 別紙1 無線局の局種別審査基準 第3 陸上移動業務の局の16 項に混信妨害の審査として、狭帯域デジタル通信方式の相互変調は、別図第38の2(図 資料5-7)で審査することになっている。

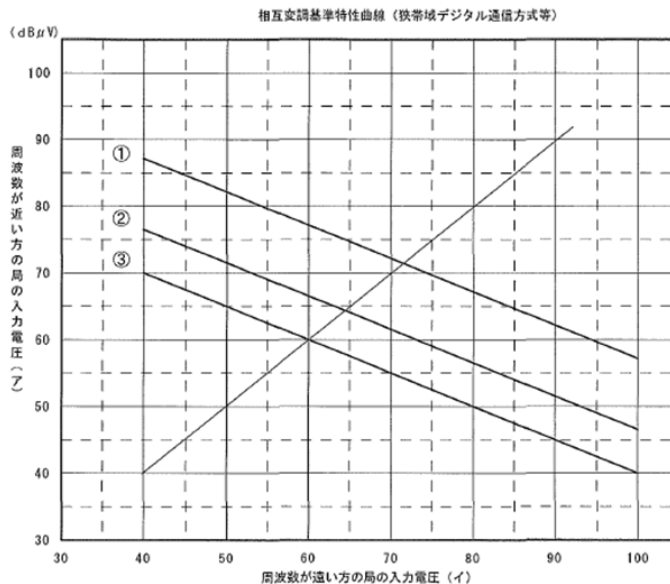
このグラフは、希望波の周波数を F_0 、周波数が近い方の妨害波の周波数を F_1 、周波数が遠い方の妨害波の周波数を F_2 としたとき、

$$F_0 = 2F_1 - F_2$$

の関係で発生する3次の相互変調において希望波信号レベルを基準感度+3dB にしたときにBERが1%となるときの妨害波レベルをプロットしたものである。

伝送の質を確保するため、この妨害波レベルを上回らない工事設計を求めている。

別図第38号の2



- ① : 16QAM (15k) のもの
- ② : $\pi/4$ QPSK (TDMA)、4FSK (TDMA)、4FSK (15k)、QPSK (7.5k) 及びQPSK (15k) のもの
- ③ : $\pi/4$ QPSK (SCPC)、4FSK (SCPC) 及びRZ SSBのもの

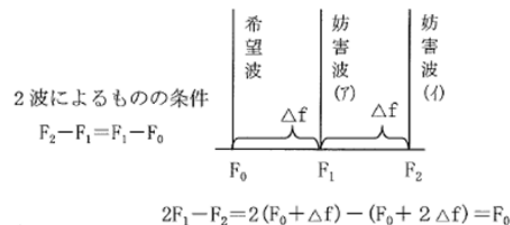
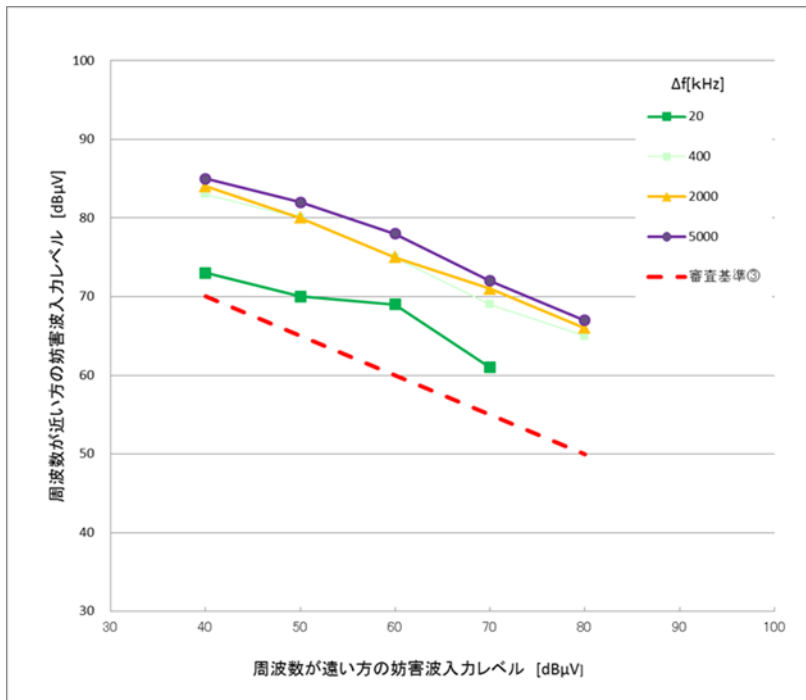


図 資料 5-7 相互変調の審査基準

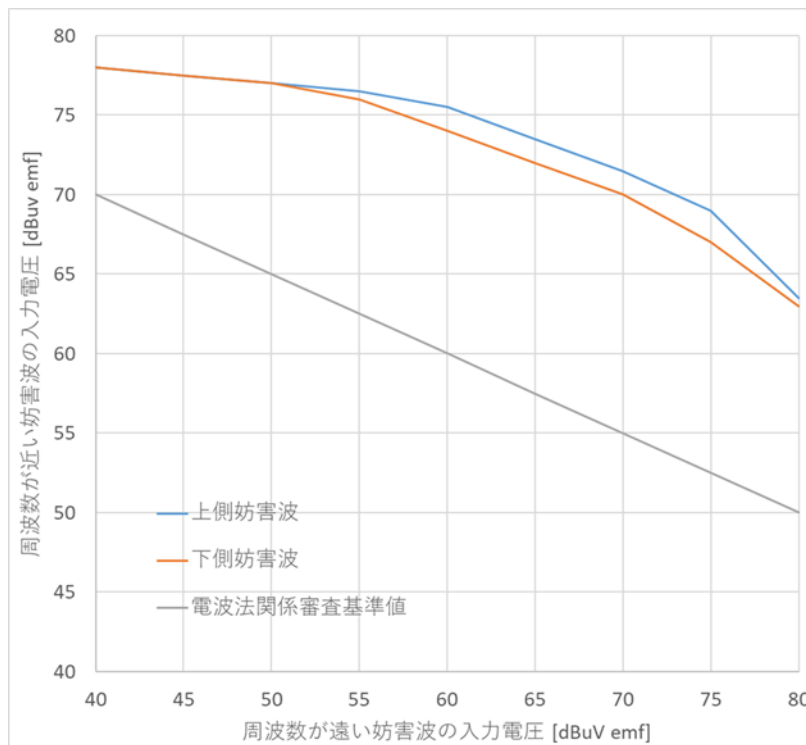
資料5.12 相互変調の実証

実際の無線機による測定結果例を図 資料 5-8 及び図 資料 5-9 に示す。



地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討(平成 27 年東北総合通信局) ラボ内検証試験(相互変調)の結果

図 資料 5-8 相互変調の測定結果 1



公共用無線局のデジタル化等のための技術的条件に関する調査検討(令和 4 年総務省重要無線室) ヘリテレ連絡用無線試験装置の動作確認結果

図 資料 5-9 相互変調の測定結果 2

いずれの測定結果も電波法関係審査基準の別図第 38 の 2 の基準に対してマージンを持って満たす性能を示している。

資料5.13 測定データに使用した無線機の諸元

資料編資料 5 の測定に用いられた無線機の諸元を表 資料 5-9、表 資料 5-10 及び表 資料 5-11 に示す。

表 資料 5-9 業務用無線通信システムに関する調査検討(平成 26 年北海道総合通信局)の試験試験局の諸元

呼出名称	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		
チャンネル間隔	6.25kHz					
変調方式	4 値 FSK					
電波型式	5K80F1D / 5K80F1E					
空中線利得	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+13.8V	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	—	—	—	—	—

表 資料 5-10 地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討
(平成 27 年東北総合通信局)の実験試験局の諸元

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

表 資料 5-11 公共用無線局のデジタル化等のための技術的条件に関する調査検討
(令和 4 年総務省重要無線室)へリテレ連絡用無線試験装置の動作確認結果の試験装置諸元

電波型式	5K80F1E, 5K80F1D, 8K50F3E, 8K50F2D
変調方式	4 値 FSK, FM
周波数範囲	335.4MHz 以上～400MHz 未満 (3.125kHz で割り切れる周波数)
通信方式	一周波単信
通信プロトコル	ARIB STD-T102 第 2 編 準拠
電源電圧	DC13.8V±10% (12.4～15.2)
周波数偏差	±0.9 ppm 以内
空中線電力	1～10W(出荷時設定)
使用温度範囲	-20～+60℃
寸法、質量 ()内は突起物を含む	幅 120.0×高さ 25.0(26.5)×奥行 150.4×(152.7)mm、615g
受信感度 @BER1%(スタティック)	0dBμV 以下
受信感度 @BER3%(フェージング)	5.0dBμV 以下 (最大ドブラー周波数 20Hz)

資料6 中継システムを高度に活用するための機能

狭帯域デジタル通信方式は、音声通信主体であるものの比較的低速なデータ通信も可能である。

本項では、自営系移動無線の中継システムを利用するにあたり、音声通信に付加されるデータやデータ通信で実現される機能について整理する。

機能については、狭帯域デジタル通信方式ですでに実現されているもの、同様の通信方式ですでに海外で利用されているものなど、容易に利用できるものを抽出する。あくまでも機能例であり、取り上げた機能以外にも多くの機能が実現可能である。

中継システムでは、以下のような機能が利用できると考えられる。

- 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能
- 共同利用の中継システムにおいて、複数のグループや複数の免許人を切り分けるための機能
- 無人運用となる中継システムのための機能
- 複数チャネルを効率的に使用するための機能
- 音声通信付加機能
- データ通信機能
- 複雑な範囲をカバーするための機能
- 干渉エリアで同一周波数を利用するための機能

資料6.1 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能

中継システムでは、混信や雑音などによって不要な中継送信をしないことが重要である(図 資料6-1)。

そのため、以下のような機能の利用が望ましい。

資料6.1.1 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ても、内容を解読できない。

一般に、通信の盗聴防止にも利用されるが、再生中継方式において通信信号の内容が確認できないことを利用して中継送信を行わないように制御する機能が実現できる。

民間標準規格 ARIB STD-T102 第2編の例では、PN(9,5)の演算を用い、9ビット 512種の初期コードを扱える。

資料6.1.2 ユーザコード

アナログ FM 方式の 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。

民間標準規格 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。

中継機で、ユーザコードの異なる無線機からの信号は、中継送信しないように制御する。中継機に、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

数ユーザーの切り分け(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。

資料6.1.3 ユーザリスト機能

中継機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 番号を割り当てて設定し、送信信号に ID 情報を搭載する。

中継機は、利用者無線機の ID 番号をリスト化して保持し、リストにない無線機からの通信は拒否する。

民間標準規格 ARIB STD-B54 の例では、ID 番号は 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、中継機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ため、選択呼出機能によるグループ化や暗号化機能による秘話化を併用する場合が多い。

綿密な制御ができる反面、利用者無線機の追加削除などが発生した場合、中継機のリストのメンテナンスが必要となる。

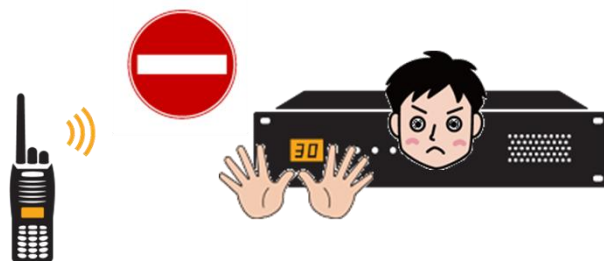


図 資料 6-1 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能のイメージ

資料6.2 共同利用のための機能

複数の免許人で中継機を共同利用する場合や複数のグループで中継システムを共用するために有益と考えられる以下のような機能がある。

資料6.2.1 選択呼出機能

無線機が送信する際、呼出先情報を重畳する。呼出先には、個別番号、グループ番号、一斉通信が設定できる。

無線機は、自局の ID 番号、所属するグループ番号を待ち受け、一致した通信のみを受信する(図 資料 6-2)。

データ伝送、GPS データ伝送の際の送り先としても利用される。

民間標準規格 ARIB STD-B54 の例では、グループ番号は 1~65519 の範囲が使用できる。

この機能を利用して、異なる免許人の通信や自分が所属していない組織の通信を聞こえないようにできる。



図 資料 6-2 選択呼出機能のイメージ

資料6.2.2 暗号化機能

設備共用していても異なる免許人に通信内容を聞かれては困る場合もある。デジタル通信方式では、音声やデータを演算により暗号化することができる。

一致する暗号鍵を持たない無線機では受信データを再生することができないため、傍受されても通信内容は漏れない(図 資料 6-3)。



図 資料 6-3 暗号化機能のイメージ

資料6.3 無人運用のための機能

中継機は、山上やビル屋上など無人の場所に設置される可能性が高い。

無線機に故障などの障害が生じた場合、不要な電波の発射を行わないよう、以下のような機能を具備することが望ましい。

資料6.3.1 障害検知・停止機能

無線設備の機能によって障害を検知し、電波の発射を停止する機能のこと。

この場合の障害とは、無線設備規則に規定される電波の質(周波数の偏差、占有周波数帯幅、不要発射の強度)が許容値を逸脱する場合や不要な送信が起動又は継続される場合等が考えられる。

具体的な機能としては、以下のような例が想定される。

- (1) 局部発振回路の PLL 動作を監視し、アンロック時には送信を止める。

PLL 回路がアンロック状態になると無線信号が不安定になり指定周波数の許容偏差を逸脱する恐れがある。

- (2) 回路の入力電圧(電源電圧)を監視し、動作範囲外の場合は送信を止める。
増幅回路の動作電圧が設計値を逸脱すると、不要発射の強度が増したり空中線電力が変わったりする恐れがある。
- (3) 空中線接栓の異常を VSWR 等で監視し、許容範囲外の場合は送信を止める。
インピーダンスのミスマッチにより送信増幅回路が発振したり不要発射が増したりする恐れがある。
- (4) 空中線系の異常を電力増幅回路の電流等で監視し、許容範囲外の場合は送信を止める。
送信増幅回路が発振したり不要発射が増したりする恐れがある。
- (5) 制御系 CPU 等の暴走を監視し、ウォッチドッグタイマー等で再起動し送信を止める。
PLL の周波数や空中線電力の制御などに影響を与え電波の質の許容値を逸脱する恐れがある。
- (6) PTT 回路の短絡等に備え、運用方法に応じた送信時間制限機能を設定する。
外部接続機器の不具合などで PTT が駆動され続けても送信を終了させる。

資料6.4 複数チャンネルを効率的に使用するための機能

複数のチャンネルを利用する場合、以下のような機能が有益と考えられる。

資料6.4.1 マルチチャンネルアクセス

中継機が複数のチャンネルを持ち、通信を要求する移動局とその通信相手に空いている中継周波数を割り当てる方式。(図 資料 6-4)

1 グループ 1 波のシステムよりも周波数の利用効率が高く、チャンネルの数だけ同時に複数のグループが通信できる。

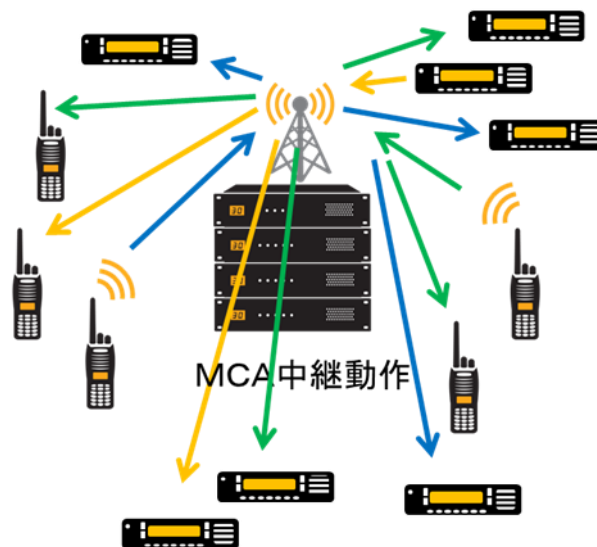


図 資料 6-4 マルチチャンネルアクセスのイメージ

資料6.4.2 スキャン

複数のチャンネルを高速(数 ms~数十 ms)で自動的に切り替えて受信し、信号のあるチャンネルを受信する。受信時、デジタルフレームやユーザコードなどの情報も判断し、不一致の場合はスキャンを続行する。

複数の中継機のエリア内を移動する場合、スキャン機能を利用すると移動局の運用者はそれぞれの中継機のエリアを意識することなく、また、手動でチャンネルを切り替えることなく運用できる。

資料6.5 音声通信付加機能

狭帯域デジタル通信方式では、音声通信にデータを付加した機能が利用されている。中継システムにおいても付加データは中継送信されるため、以下のような機能がそのまま利用できる。

資料6.5.1 選択呼出機能

⇒資料 6.2.1

資料6.5.2 発信者番号表示機能

選択呼出機能の一部で、無線機が送信する際、発信者番号を重畳したものを受信表示する機能。

資料6.5.3 個別 ID 名称、グループ名称登録機能

資料 6.5.2 の発信者番号を受信側無線機のリスト(電話帳のようなもの)に照合して、登録された名称を表示する機能(図 資料 6-5)。呼出名称などを表示すると運用しやすい。グループの名称も表示できるため、どの組織宛ての通信かがわかりやすい。

ただし、無線機の追加削除などが発生した場合、すべての無線機に登録されている情報を更新する必要がある。



図 資料 6-5 個別 ID 名称の表示例

資料6.5.4 発信者名表示機能

無線機が送信する際、発信者名を重畳したものを受信表示する機能(図 資料 6-6)。呼出名称などを表示すると運用しやすい。無線機に登録されている情報を更新する必要がないというメリットがある。



図 資料 6-6 発信者名表示機能のイメージ

資料6.5.5 暗号化機能

⇒資料 6.2.2

資料6.6 データ通信機能

狭帯域デジタル通信方式は、音声通信主体であるものの比較的低速なデータ通信も可能である。中継システムにおいてもデータ通信は中継送信されるため、以下のような機能がそのまま利用できる。

資料6.6.1 ステータスメッセージ機能

相互にあらかじめメッセージのリストを定義しておき、メッセージ番号だけを送ることで簡単な状態報告をする機能。(図 資料 6-7)



図 資料 6-7 ステータスメッセージの表示例

資料6.6.2 ショートメッセージ機能

最大 100 バイト程度の文字列を送信するメッセージ機能(図 資料 6-8)。無線機での文字入力
は困難なため、メッセージリストで文字列を設定することが多い。



メッセージ文字列は、受信した無線機のディスプレイにスクロール表示される。

図 資料 6-8 ショートメッセージの表示例

資料6.6.3 ロングメッセージ機能

長文の文字列を送信するメッセージ機能。外部機器から文字列を入力する。受信側の無線機は、受信した文字列を外部機器へ出力する。

資料6.6.4 GPS データ通信機能

無線機に内蔵又は外付けの GPS 受信機からの位置情報を無線送信する機能(図 資料 6-9)。音声通信送信終了時に付加、定時送信、ポーリング応答などの送信方法がある。事務所などの位置管理システムで情報を表示活用する。



図 資料 6-9GPS データ通信機能のイメージ

資料6.6.5 ベアラモード通信機能

送受の無線機間で、RS-232C シリアル伝送を実現する機能。制御コードを含め 00~FF のバイトデータを伝送できる。送信側で入力したデータが、そのまま受信側の無線機から出力される(図 資料 6-10)。

外部機器の制御などに利用される。



図 資料 6-10 ベアラモード通信のイメージ

資料6.7 複雑な範囲をカバーするための機能

複雑な範囲をカバーする際、中継機同士を有線等で接続し、相互に中継を行う。

基本動作としては、1つの中継機で受信した信号は折り返し送信すると同時に、他のすべての中継機に伝送されて送信される一斉中継である。

規模が大きいシステムの場合、不要なエリアにまで送信してしまうことがあるため、選択呼出機能の個別 ID やグループ ID によって、中継送信する範囲を定義する機能がある(サイトグループ機能)。

たとえば、図 資料 6-11 のような構成で、「警備」グループの呼出はすべての中継機で送信、「駐車場係」グループの呼出は、中継機 D と C、「客室係」グループの呼出は、中継機 A と B、のように

設定しておけば、不要なエリアへの送信は避けられ、「客室」と「駐車場」の2つのグループがそれぞれ同時に使用することも可能になる。

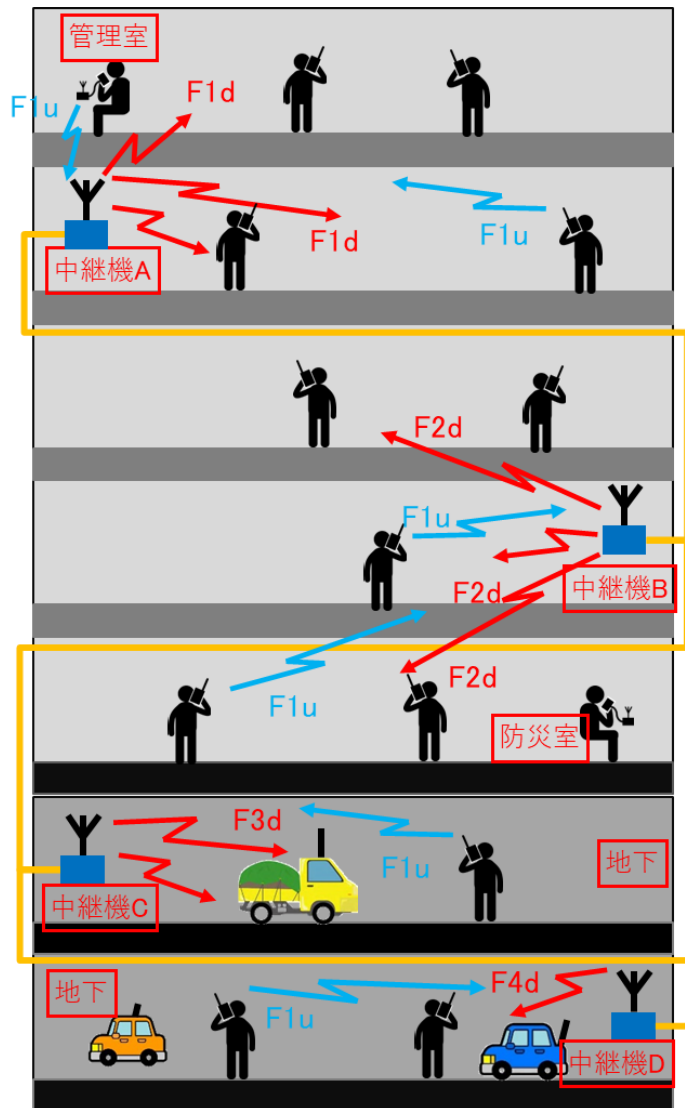


図 資料 6-11 複雑な範囲をカバーするための機能

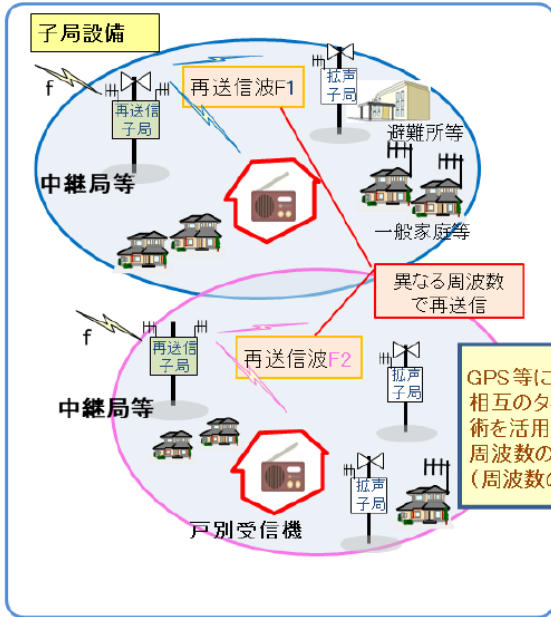
資料6.8 干渉エリアで同一周波数を利用するための機能

複数の中継機のエリアが重なる部分(干渉エリア)では、同一周波数干渉を避けるため、異なる周波数を利用することが一般的である。

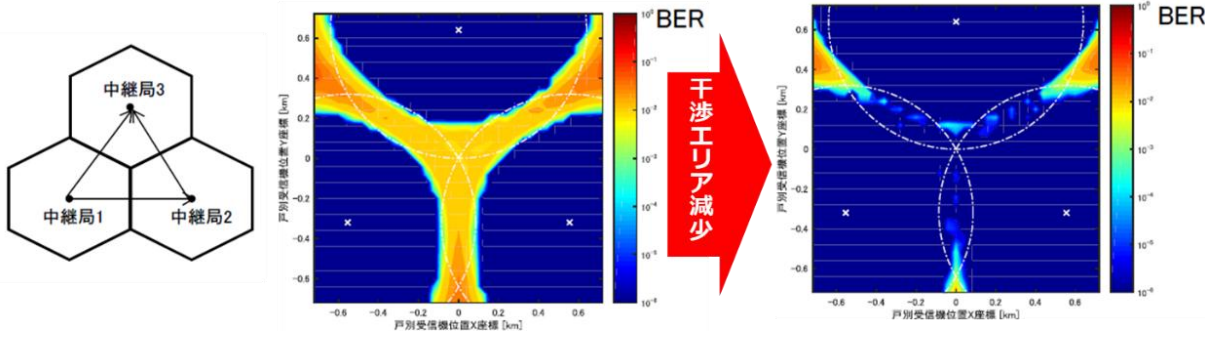
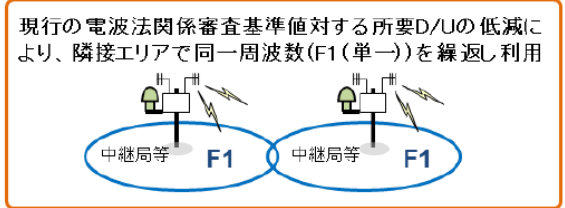
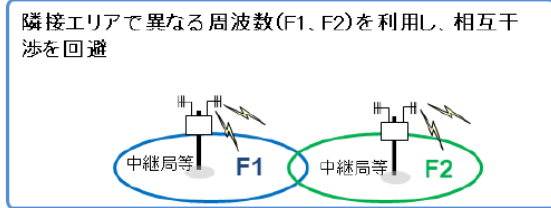
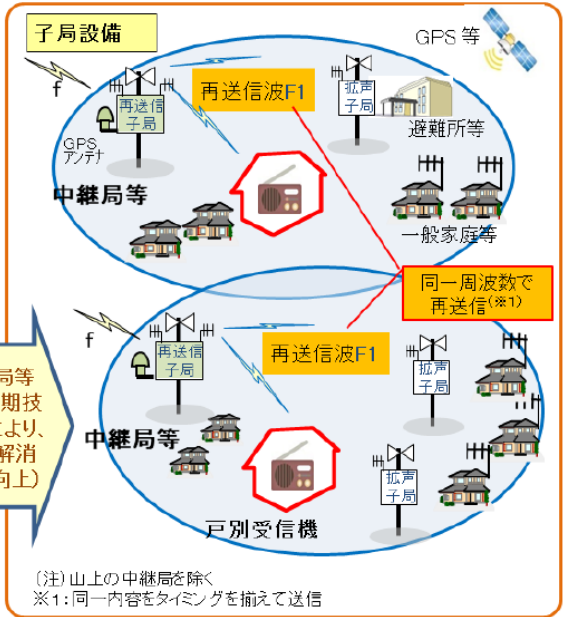
中継機同士の送信周波数及び変調タイミングを同期させることで、干渉をさけつつ同一周波数を利用することができ、周波数利用効率が向上する。

図 資料 6-12 は、シミュレーションの結果。周波数及び変調のタイミングを調整することで干渉エリアが減少する例である。

現状の周波数利用イメージ



技術試験の結果(新たな周波数利用イメージ例)



出典: デジタル公共業務用無線システムの高度化のための技術的条件に関する調査検討 (平成 29 年、平成 30 年総務省重要無線室)

図 資料 6-12 干渉エリアで同一周波数を利用するための機能

資料7 機能動作試験

資料6でとりまとめた機能のうち、下記の機能について実機動作確認を行い、実現可能であることを実証する。

- ◆ 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能
 - ・ スランブルコード(ホワイトニングコード)
 - ・ ユーザコード
 - ・ ユーザリスト機能
- ◆ 共同利用の中継システムにおいて、複数のグループや複数の免許人を切り分けるための機能
 - ・ 選択呼出機能
 - ・ 暗号化機能
- ◆ 無人運用となる中継システムのための機能
 - ・ 障害検知・停止機能
- ◆ 音声通信付加機能
 - ・ 選択呼出機能
 - ・ 発信者番号表示機能
 - ・ 個別番号名称、グループ名称登録機能
 - ・ 発信者名表示機能
 - ・ 暗号化機能
- ◆ データ通信機能
 - ・ ステータスメッセージ機能
 - ・ ショートメッセージ機能
 - ・ ロングメッセージ機能
 - ・ GPS データ通信機能
 - ・ ベアラモード通信機能
- ◆ 中継時の遅延時間の評価
 - 無線機に機能を設定し、動作させて確認する。
 - 試験場所は神奈川県横浜市(屋内作業台)とする。
 - 日程は、2025年10月の数日間とする。
 - 実験試験局は既設のものを使用する。

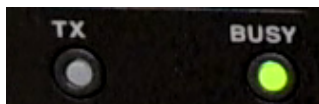
資料7.1 動作の見方



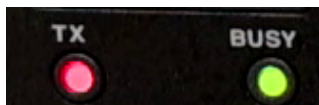
携帯型無線機には、以下のLED表示がある。
 BUSY/TX LED: 信号を受信している時に緑色に点灯する。送信している時に赤色に点灯する。
 選択呼出機能時、音声出力中は黄色/緑色に点滅する。



中継型無線機には、以下のLED表示がある。
 BUSY LED: 信号を受信している時に緑色に点灯する。
 TX LED: 中継型無線機が送信している時に赤色に点灯する。
 ←信号を受信しておらず、中継送信もしていない状態



TX LED 消灯
 BUSY LED 点灯
 信号を受信しているが中継送信していない状態



TX LED 点灯
 BUSY LED 点灯
 信号を受信して中継送信している状態



TX LED 点灯
 BUSY LED 消灯
 信号を受信していないが送信している状態



LED 消灯
 信号を受信しておらず、送信もしていない状態



LED 赤色点灯
 送信している状態



LED 緑色点灯
 信号を受信している状態

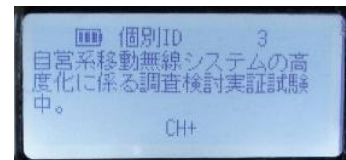


LED 黄色/緑色の交互点滅
 選択呼出の信号を受信して、音声を出力している状態

携帯型無線機の液晶表示には、データ送信の状態やメッセージが表示される。



データ送信中の液晶表示の例



メッセージ表示の液晶表示の例

図 資料 7-1 動作の見方

資料7.2 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能

資料7.2.1 スランブルコード(ホワイトニングコード)の確認方法

機能詳細は資料 6.1.1 参照。

中継型無線機、携帯型無線機 A 及び C にスランブルコード初期値 011100100 を設定する。

携帯型無線機 B にスランブルコード初期値 011100101 を設定する。

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されることを確認する。

携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継送信されず、携帯型無線機 C でも受信できないことを確認する。(図 資料 7-2)



図 資料 7-2 スランブルコード(ホワイトニングコード)の確認方法

資料7.2.2 スランブルコード(ホワイトニングコード)の確認結果





中継送信が開始される



無線機 A の送信を終了する

2 秒程度



中継送信が終了する



無線機 B から送信する



中継送信されない

図 資料 7-3 スランブルコード(ホワイトニングコード)の確認結果

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信された。
携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継送信されず、携帯型無線機 C では受信できなかった。

スランブルコードによって、中継送信の可否を選別することができた。

【中継型無線機の送信保持時間】

一般に中継型無線機は、子機からの信号がなくなっても一定時間、中継送信を保持する機能を持つ。移動局の信号がフェージングで短時間途切れるような時に中継型無線機の送信切替を頻繁に生じさせないためのほか、上記「無線機 A の送信を終了する」のように子機が受信に戻った際、中継型無線機の送信信号を確認することができるため、子機側でのアクセス可否の確認が可能となる。(資料 12.7)

資料7.2.3 ユーザコードの確認方法

機能詳細は資料 6.1.2 参照。

中継型無線機、携帯型無線機 A 及び C にユーザコード 1 を設定する。

携帯型無線機 B にユーザコード 2 を設定する。

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されることを確認する。

携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継送信されず、携帯型無線機 C でも受信できないことを確認する。(図 資料 7-4)



図 資料 7-4 ユーザコードの確認方法

資料7.2.4 ユーザコードの確認結果





図 資料 7-5 ユーザコードの確認結果

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信された。
 携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継送信されず、携帯型無線機 C でも受信できなかった。

ユーザコードによって、中継送信の可否を選別することができた。

資料7.2.5 ユーザリスト機能の確認方法

機能詳細は資料 6.1.3 参照。

中継型無線機にユーザリストとして個別番号=1、個別番号=3を設定する。

携帯型無線機 A の個別番号を 1 に設定する。

携帯型無線機 B の個別番号を 2 に設定する。

携帯型無線機 C の個別番号を 3 に設定する。

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されることを確認する。

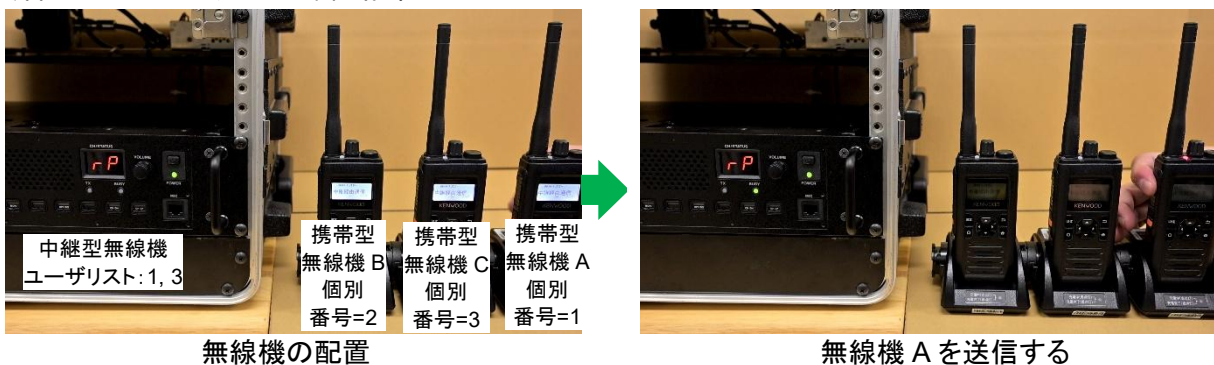
このとき、携帯型無線機 B でも受信されることを確認する。

携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継送信されず、携帯型無線機 A 及び C でも受信できないことを確認する。(図 資料 7-6)



図 資料 7-6 ユーザリストの確認方法

資料7.2.6 ユーザリストの確認結果



0.1 秒程度



中継送信が開始される



無線機 A の送信を終了する

2 秒程度



中継送信が終了する



無線機 B から送信する



0.2 秒程度中継送信される



中継送信されない

図 資料 7-7 ユーザリスト機能の確認結果

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C、B で受信できた。
携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継送信されず、携帯型無線機 A 及び C でも受信できなかった。

ユーザリスト機能によって、中継送信の可否を選別することができた。

無線機 B からの送信時、一瞬中継送信が開始され音声が聞こえたが、これは送信無線機の情報が 80ms のフレーム 4 個に分割されて搭載されており、確認までの間送信することで通常の通信の「頭切れ」を防止するための仕様である。

資料7.3 共同利用の中継システムにおいて、複数のグループや複数の免許人を切り分けるための機能

資料7.3.1 選択呼出機能の確認方法

機能詳細は資料 6.2.1 参照。

携帯型無線機 A にグループ 1 を設定する。

携帯型無線機 B にグループ 2 を設定する。

携帯型無線機 C にグループ 1 及びグループ 2 を設定する。

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されることを確認する。

このとき、携帯型無線機 B では受信音が出ないことを確認する。

携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されることを確認する。

このとき、携帯型無線機 A では受信音が出ないことを確認する。

携帯型無線機 C からグループ 1 での送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 A で受信されることを確認する。

このとき、携帯型無線機 B では受信音が出ないことを確認する。

携帯型無線機 C からグループ 2 での送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B で受信されることを確認する。

このとき、携帯型無線機 A では受信音が出ないことを確認する。(図 資料 7-8)



図 資料 7-8 選択呼出機能の確認方法

資料7.3.2 選択呼出機能の確認結果



無線機の配置



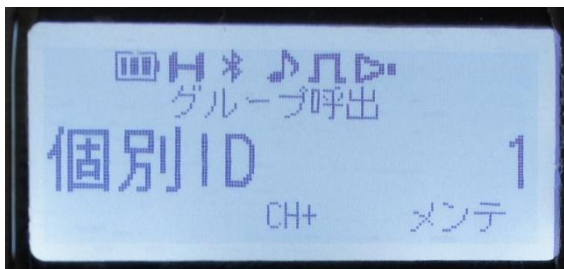
無線機 A を送信する



中継送信が開始され、無線機 C から音声が出る。無線機 B は無音。



無線機 C には「グループ 1」の呼出であることを示す表示がされている。



「個別 ID=1」からの呼出であることを示す表示も交互に表示されている。



無線機 A の送信を終了する



中継送信が終了する



無線機 B から送信する



中継送信が開始され、無線機 C から音声が出る。無線機 A は無音。



無線機 C には「グループ 2」の呼出であることを示す表示がされている。



「個別 ID=2」からの呼出であることを示す表示も交互に表示されている。



無線機 B の送信を終了する



中継送信が終了する

図 資料 7-9 選択呼出機能の確認結果

携帯型無線機 A からグループ 1 への送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信された。携帯型無線機 B は受信音が出なかった。

携帯型無線機 B からグループ 2 への送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信された。携帯型無線機 A は受信音が出なかった。

同様に、携帯型無線機 C からグループ 1 での送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 A で受信された。携帯型無線機 B では受信音が出なかった。

同様に、携帯型無線機 C からグループ 2 での送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B で受信された。携帯型無線機 A では受信音が出なかった。

選択呼出機能を利用して、対象外の無線機の通信を聞こえないようにできた。

資料7.3.3 暗号化機能の確認方法

機能詳細は資料 6.2.2 参照。

携帯型無線機 A に暗号コード 1 を設定する。

携帯型無線機 B に暗号コード 2 を設定する。

携帯型無線機 C に暗号コード 1 を設定する。

携帯型無線機 A からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されることを確認する。

このとき、携帯型無線機 B では受信音が出力されないことを確認する。

携帯型無線機 B からの送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C 及び A で受信音が出力されないことを確認する。(図 資料 7-10)



図 資料 7-10 暗号化機能の確認方法

資料7.3.4 暗号化機能の確認結果



無線機の配置





中継送信が開始され、無線機 C から音声が出る。無線機 B は無音。



無線機 A の送信を終了する



無線機 B から送信する
中継送信されるが、無線機 A、C とも受信音は出なかった

図 資料 7-11 暗号化機能の確認結果

携帯型無線機 A からの暗号コード 1 の送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 BC で信号が受信され、C からのみ受信音が出た。

携帯型無線機 B からの暗号コード 2 の送信は中継型無線機で中継され、携帯型無線機 AC で信号が受信されたが、いずれも受信音は出なかった。

暗号化機能によって、通信を傍受されないことが確認できた。

資料7.4 無人運用となる中継システムのための機能

資料7.4.1 障害検知・停止機能の確認方法

機能詳細は資料 6.3.1 参照。

資料 6.3.1 の例のうち、実証試験無線機に実装され、かつ機能を動作させる条件設定が比較的容易な以下の 2 つについて動作確認を行う。

(2) 回路の入力電圧(電源電圧)を監視し、動作範囲外の場合は送信を止める。
増幅回路の動作電圧が設計値を逸脱すると、不要発射の強度が増したり空中線電力が変わったりする恐れがある。

携帯型無線機 A から送信し、中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されている間に、中継型無線機に供給する電源の電圧を低下させ、送信が停止することを確認する。(図 資料 7-12)

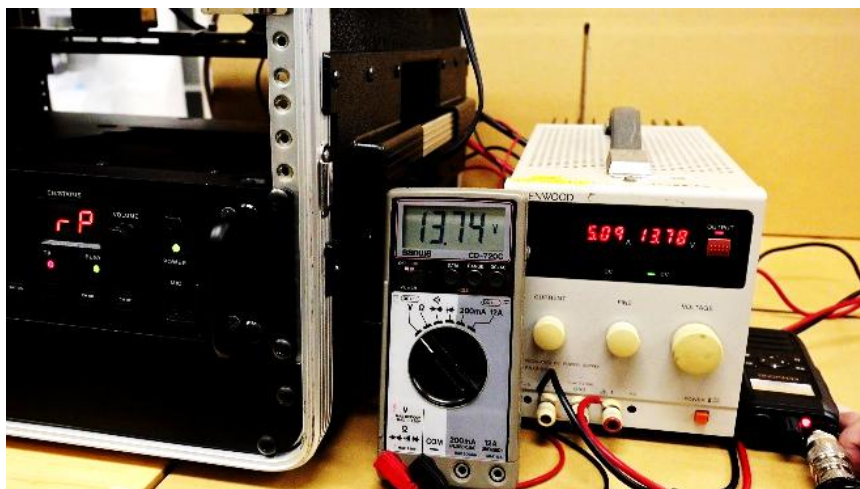
(6) PTT 回路の短絡等に備え、運用方法に応じた送信時間制限機能を設定する。
外部接続機器の不具合などで PTT が駆動され続けても送信を終了させる。

携帯型無線機 A から送信し、中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されている状態を継続する。中継型無線機に設定した送信時間制限機能が動作し、送信が停止することを確認する。

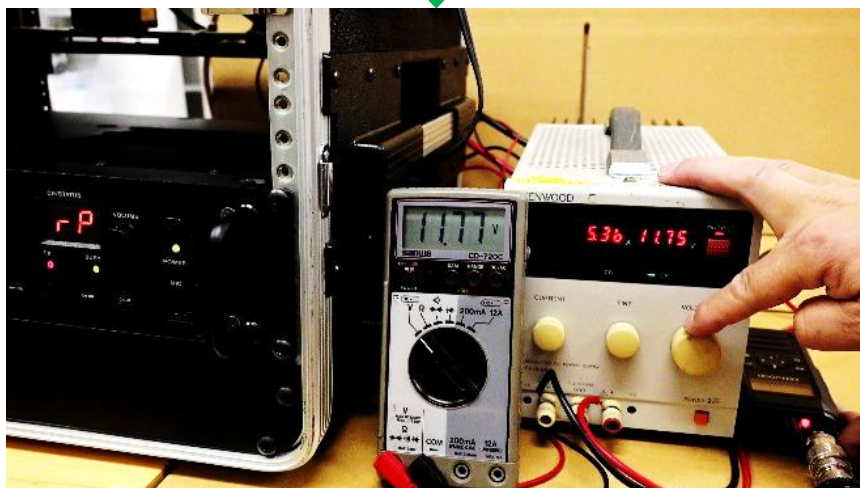


図 資料 7-12 障害検知・停止機能の確認方法

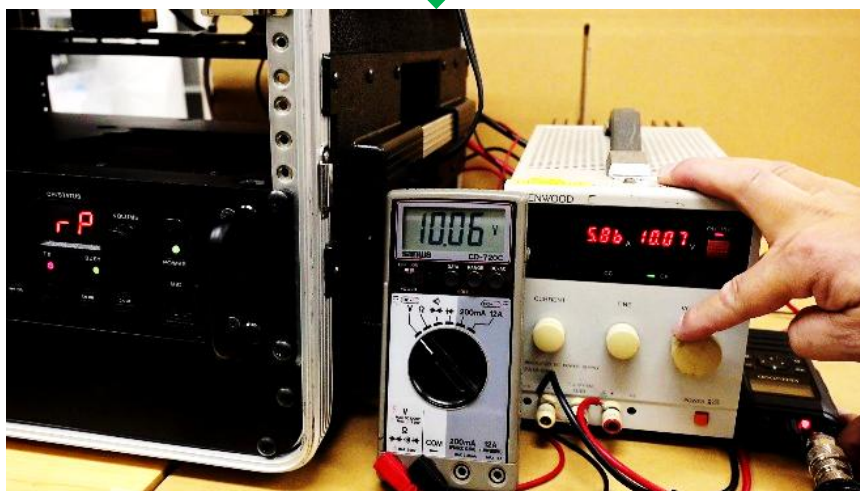
資料7.4.2 障害検知・停止機能の確認結果(電源電圧監視機能)



中継型無線機の電源を可変安定化電源から供給し、その電圧を電圧計で表示する。

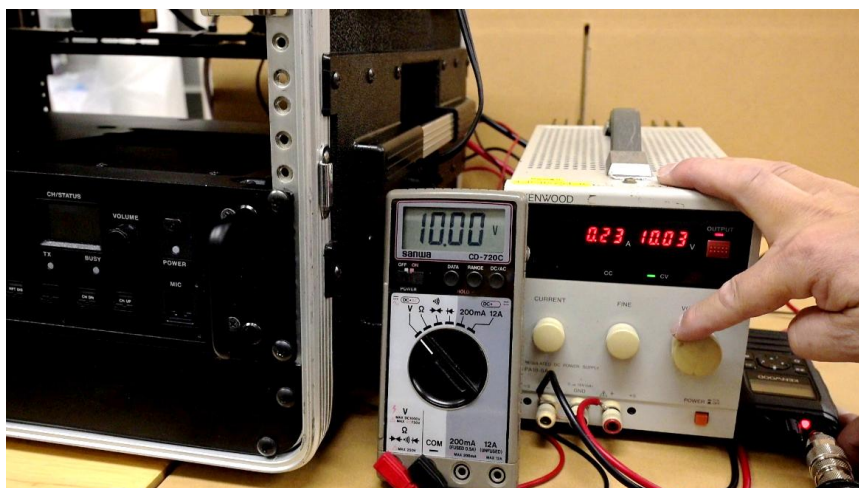


中継送信させたまま電圧を低下させていく



機能停止直前の電圧





機能が停止し、送信も停止した

図 資料 7-13 障害検知・停止機能の確認結果(電源電圧監視機能)

携帯型無線機 A から送信し、中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されている間に、中継型無線機に供給する電源の電圧を低下させ、送信が停止することが確認できた。

資料7.4.3 障害検知・停止機能の確認結果(送信時間制限機能)



無線機の配置(中継型無線機は、30秒で送信停止する設定とした。)



無線機 A を送信する



中継送信が開始される



中継送信開始から 30 秒経つと中継送信が停止された。

図 資料 7-14 障害検知・停止機能の確認結果(送信時間制限機能)

携帯型無線機 A から送信し、中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信されている状態を継続する。中継型無線機に設定した送信時間制限機能が動作し、送信が停止することが確認できた。

資料7.5 音声通信付加機能

資料7.5.1 発信者番号表示機能の確認方法

機能詳細は資料 6.5.2 参照。

携帯型無線機 A の個別番号を 1 に設定する。

携帯型無線機 B の個別番号を 2 に設定する。

携帯型無線機 C の個別番号を 3 に設定する。

携帯型無線機 A から送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信されると同時に個別番号「1」が表示されることを確認する。(図 資料 7-12)



図 資料 7-15 発信者番号表示機能の確認方法

資料7.5.2 発信者番号表示機能の確認結果



無線機の配置





中継送信が開始される



受信した無線機 B、C には、「個別 ID=1」として送信している無線機 A の個別番号が表示された。

図 資料 7-16 発信者番号表示機能の確認結果

携帯型無線機 A から送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信されると同時に個別番号「1」が表示されることが確認できた。

資料7.5.3 個別番号名称、グループ名称登録機能の確認方法

機能詳細は資料 6.5.3 参照。

携帯型無線機 A の個別番号を 1 に設定する。

携帯型無線機 B の個別番号を 2 に設定する。

携帯型無線機 C の個別番号を 3 に設定する。

無線機リストに

1: 携帯機 A

2: 携帯機 B

3: 携帯機 C

を設定する。

携帯型無線機 A から送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信されると同時に名称「携帯機 A」が表示されることを確認する。(図 資料 7-17)

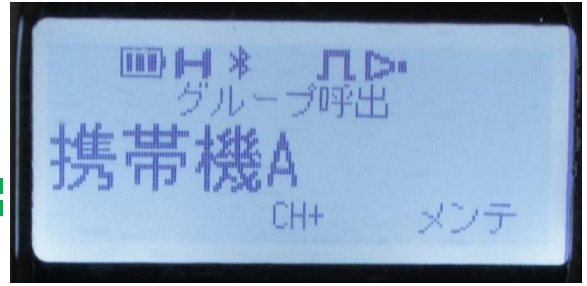


図 資料 7-17 個別番号名称、グループ名称登録機能





中継送信が開始される



受信した無線機 B、C には、「携帯機 A」と無線機に設定されたリストから個別番号 1 の名称が表示された。

図 資料 7-18 個別番号名称、グループ名称登録機能の確認結果

携帯型無線機 A から送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信されると同時に名称「携帯機 A」が表示されることが確認できた。

資料7.5.4 発信者名表示機能の確認方法

機能詳細は資料 6.5.4 参照。

携帯型無線機 A の発信者名を「携帯機 A」に設定する。

携帯型無線機 B の発信者名を「携帯機 B」に設定する。

携帯型無線機 C の発信者名を「携帯機 C」に設定する。

携帯型無線機 A から送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信されると同時に発信者名「携帯機 A」が表示されることを確認する。(図 資料 7-19)



図 資料 7-19 発信者名表示機能の確認方法

資料7.5.5 発信者名表示機能の確認結果





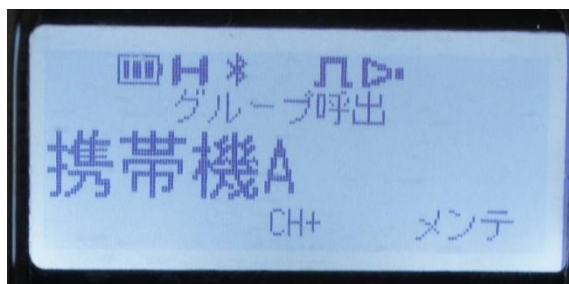
中継送信が開始される



受信した無線機 B、C には、「個別 ID1」と発信者番号が表示される。



受信中の無線機 B、C の表示が変わる



受信中の無線機 B、C の表示が「携帯機 A」に変わった。

図 資料 7-20 発信者名表示機能の確認結果

携帯型無線機 A から送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信されると同時に発信者名「携帯機 A」が表示されることが確認できた。

【情報の搭載方法】(ARIB STD-B54 の例)

発信者番号の情報は、通話の際の先頭フレームに情報が搭載されている。

発信者名表示機能の情報は、「スーパーフレーム」として、通話フレームに分割されて情報が搭載されているため、全情報を取得することに時間を要する。

したがって、上記結果のように、先に情報を取得した発信者番号が表示され、約 0.5 秒後に発信者名が表示された。

資料7.6 データ通信機能

資料7.6.1 ステータスメッセージ機能の確認方法

機能詳細は資料 6.6.1 参照。

ステータスリストを以下のように設定する。

ステータス 1:「調査検討開始」

ステータス 2:「実証試験中」

ステータス 3:「試験完了撤収中」

ステータス 4:「撤収完了」

携帯型無線機 A からステータス 2 を送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信され、「実証試験中」が表示されることを確認する。(図 資料 7-21)



図 資料 7-21 ステータスメッセージ機能の確認方法

資料7.6.2 ステータスメッセージ機能の確認結果



無線機の配置



無線機 A でステータスメッセージを選択



メッセージを送信



中継送信が開始される



データ受信が開始される
ほぼ同時にデータ送信は完了する



データ受信が完了する



メッセージが表示される



図 資料 7-22 ステータスメッセージ機能の確認結果

携帯型無線機 A からステータス 2 を送信すると中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信され、「実証試験中」が表示されることが確認できた。

【送信時間】(ARIB STD-B54 の例)

ステータスメッセージは、番号を送るだけのため、ヘッダ、番号、終話の 3 フレーム約 240ms の短時間送信で終了する。

資料7.6.3 ショートメッセージ機能の確認方法

機能詳細は資料 6.6.2 参照。

携帯型無線機 A のメッセージリストに

「本日は晴天なり。自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討実証試験中。」(全角文字)

「Testing a text message feature of personal land mobile radio.

1234567890!"#\$%&'()*+,-./」(半角文字)

「+-±×÷=≠<>≧≦∞.:♂♀°' " °℃¥\$¢£%#&* @ \$ ☆★○●◎◇◆□■▲
▲▽▼※〒→←↑↓」(全角記号)

という文字を設定しておく。

携帯型無線機 A を操作し、文字を送信させる。

中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信され、文字が表示されることを確認する。(図 資料 7-23)



図 資料 7-23 ショートメッセージ機能の確認方法

資料7.6.4 ショートメッセージ機能の確認結果



無線機の配置



無線機 A で和文ショートメッセージを選択



メッセージを送信



中継されメッセージ受信開始



メッセージ受信完了



和文メッセージ表示



同様にして欧文メッセージ表示



同様にして記号メッセージ表示

図 資料 7-24 ショートメッセージ機能の確認結果

中継型無線機で中継され、携帯型無線機 B 及び C で受信され、文字が表示されることが確認できた。

【送信時間】(ARIB STD-B54 の例)

ショートメッセージは、文字コードを送るため、最大 100 バイトの場合、ヘッダ、データ×6、終話の 8 フレーム約 640ms の送信時間となる。

資料7.6.5 ロングメッセージ機能の確認方法

機能詳細は資料 6.6.3 参照。

文字送信用 PC から携帯型無線機 A に下記のメッセージテキストを入力し送信させる。

中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信され、文字受信用 PC に文字が表示されることを確認する。(図 資料 7-25)

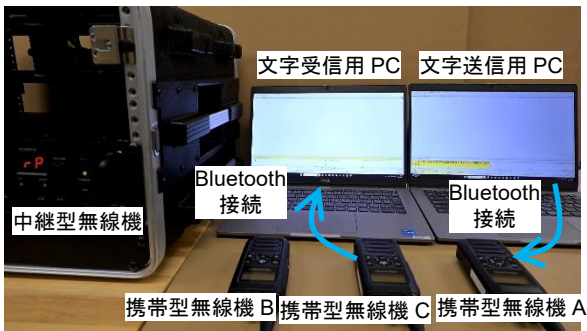
【メッセージテキスト】文字数=300(全角文字数=277、半角文字数=23)、577 バイト

九州総合通信局では、令和 5 年度において「自営系移動無線システムの高度化及び将来展望に関する調査検討」を開催し報告書を取りまとめた。その中で、業務用無線における中継機利用について、中継設備を無人運用する場合の監視装置の必要性や周波数の利用効率についての課題が示された。一方で 800MHz 帯 MCA 無線および 900MHz 帯高度 MCA 無線のサービス停止が発表され、その移行先として、IP 無線、公共安全モバイルとともに自営系移動無線システムの要望がある。本調査検討会は、MCA 無線システムのように業務用無線における中継機利用をやすくすることで、より一層の有益な電波利活用の実現を目的として開催するものである。



図 資料 7-25 ロングメッセージ機能の確認方法

資料7.6.6 ロングメッセージ機能の確認結果



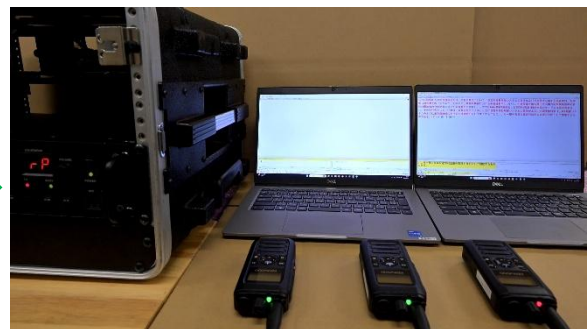
無線機の配置



文字送信用 PC から無線機に文字列を入力



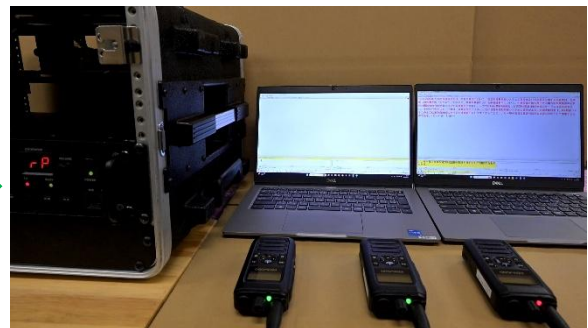
メッセージ送信開始



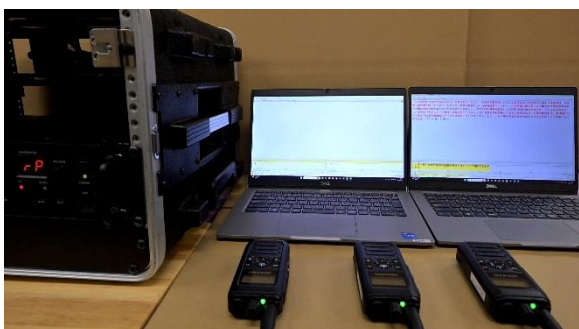
中継送信開始



データ送信完了



再びメッセージ送信開始



データ送信完了



九州総合通信局では、令和5年度において「**自営系移動体通信ネットワーク**」を取りまとめた。その中で、業務用無線における中継機利用効率についての課題が示された。一方で800MHz帯域として、IP無線、公共安全モバイルとともに自営系移動体通信ネットワークとして、業務用無線における中継機利用をしやすくすることで、

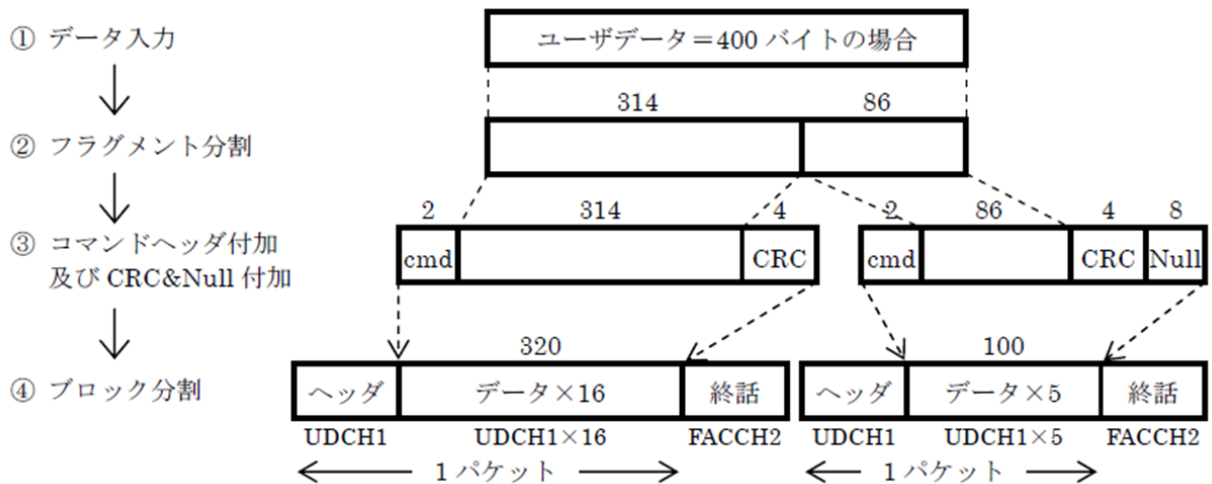
文字受信用 PC にメッセージが表示された

図 資料 7-26 ロングメッセージ機能の確認結果

中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信され、文字受信用 PC に文字が表示されることが確認できた。

【送信時間】(ARIB STD-B54 の例)

ロングメッセージは、1 パケットに最大 314 バイトのメッセージデータを搭載できる。図 資料 7-27 は、400 バイトの伝送時のフレーム化を説明したものである。314 バイトを超えるデータは、分割して別のパケットに構成しなおす仕様になっている。



出典：電波産業会標準規格 ARIB STD-B54

図 資料 7-27 ロングメッセージのパケット構成

今回は 577 バイトの送信のため、図 資料 7-26 の「データ送信完了」～「再びメッセージ送信開始」のように 1 パケットを送り終わったあと、残りのデータを送信するため、再度送信している。

1 パケット目は 18 フレーム、2 パケット目は 16 フレームあるため、合計 34 フレームで約 3 秒の送信が必要になる。

資料7.6.7 GPS データ通信機能の確認方法

機能詳細は資料 6.6.4 参照。

携帯型無線機 A から GPS 位置情報を送信する。

中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信され、GPS データ表示用 PC に GPS 位置情報が表示されることを確認する。(図 資料 7-28)

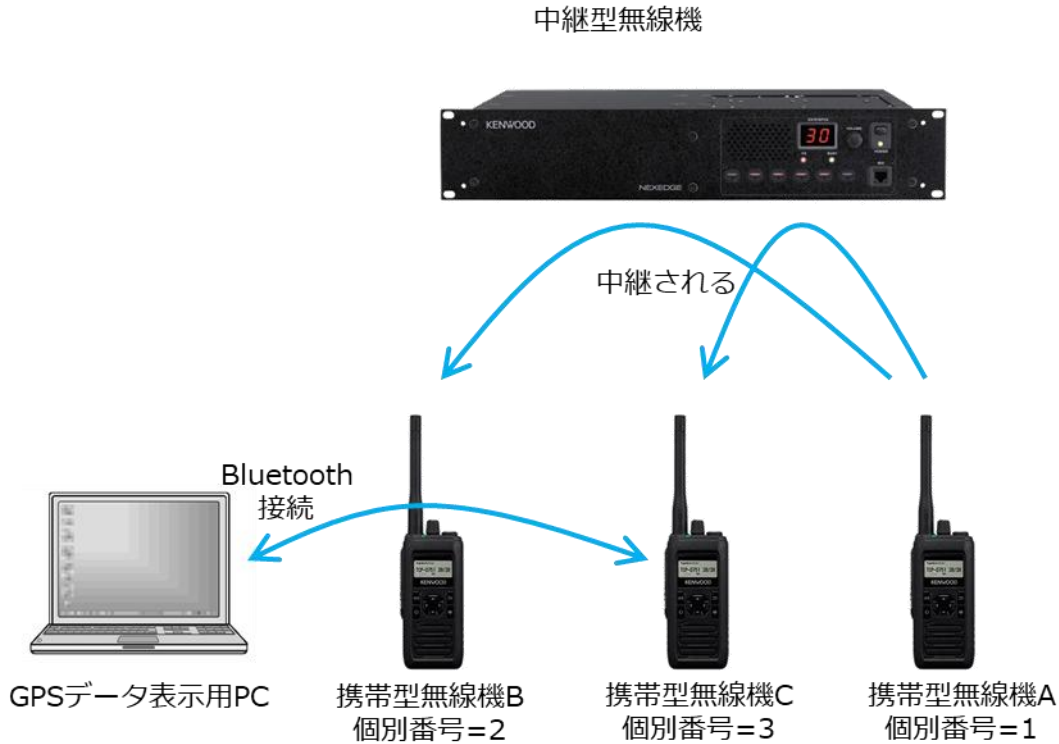
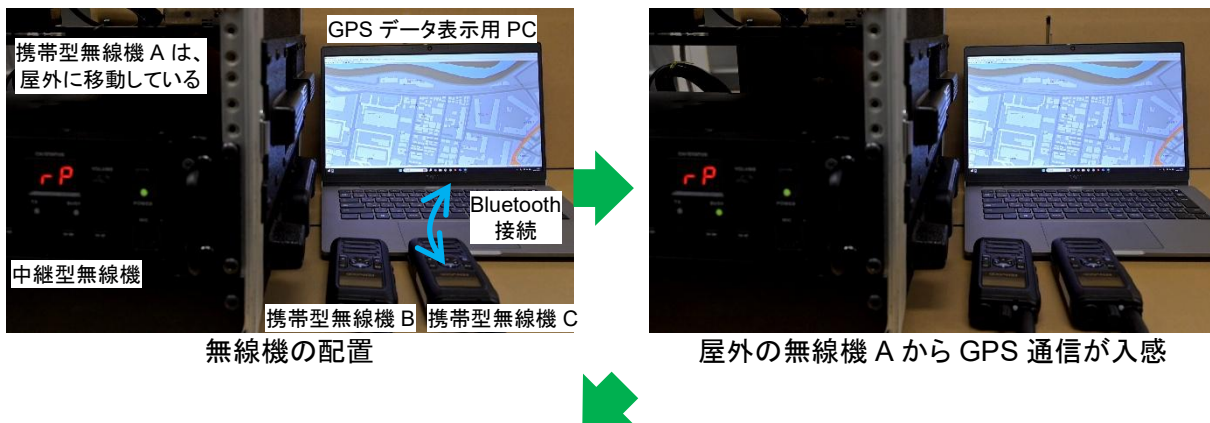


図 資料 7-28 GPS データ通信機能の確認結果

資料7.6.8 GPS データ通信機能の確認結果

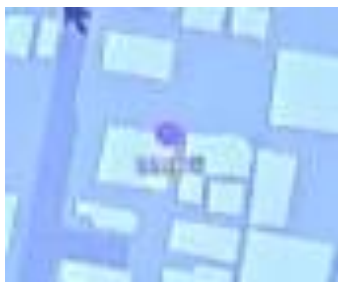




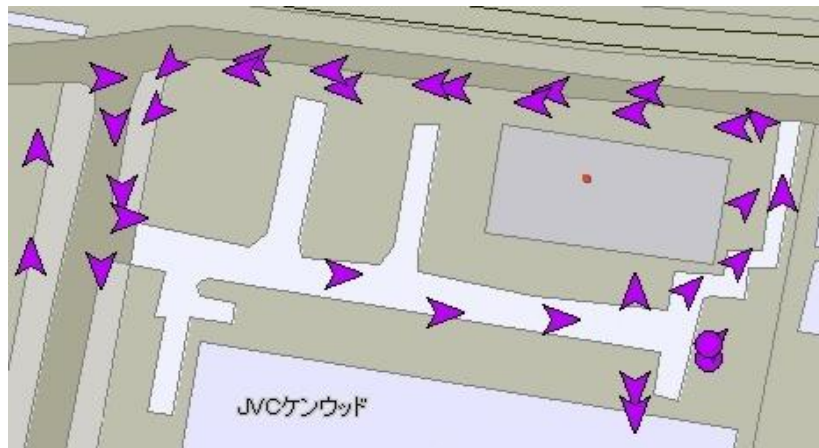
中継送信開始



屋外の無線機 A からの GPS 通信終了



位置管理アプリ上の無線機 A の元の位置が GPS 通信によりわずかに変化した。その後再度 GPS 通信があり位置が変化した。



連続して記録した位置はこのような軌跡になった。

図 資料 7-29GPS データ通信機能の確認結果

中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信され、GPS データ表示用 PC に GPS 位置情報が表示されることが確認できた。

【送信時間】(ARIB STD-B54 の例)

GPS データ通信は、1 フレームにデータが圧縮されており、1 パケットは GPS ヘッダ及び選択呼出終話と合わせて 3 フレームの構成になっており(図 資料 7-30)、情報伝送に必要な送信時間は約 240ms である。

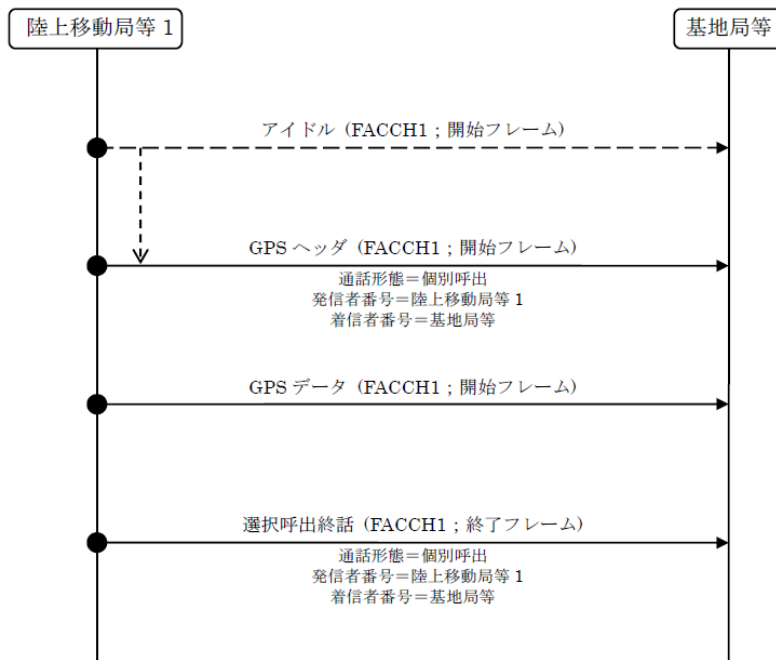


図 資料 7-30 GPS データ通信手順

資料7.6.9 ペアラモード通信機能の確認方法

機能詳細は資料 6.6.5 参照。

データ送信用 PC から携帯型無線機 A に 00~FF の 256 バイトのデータを入力し送信させる。
 中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信され、データ受信 PC にデータが表示されることを確認する。(図 資料 7-31)

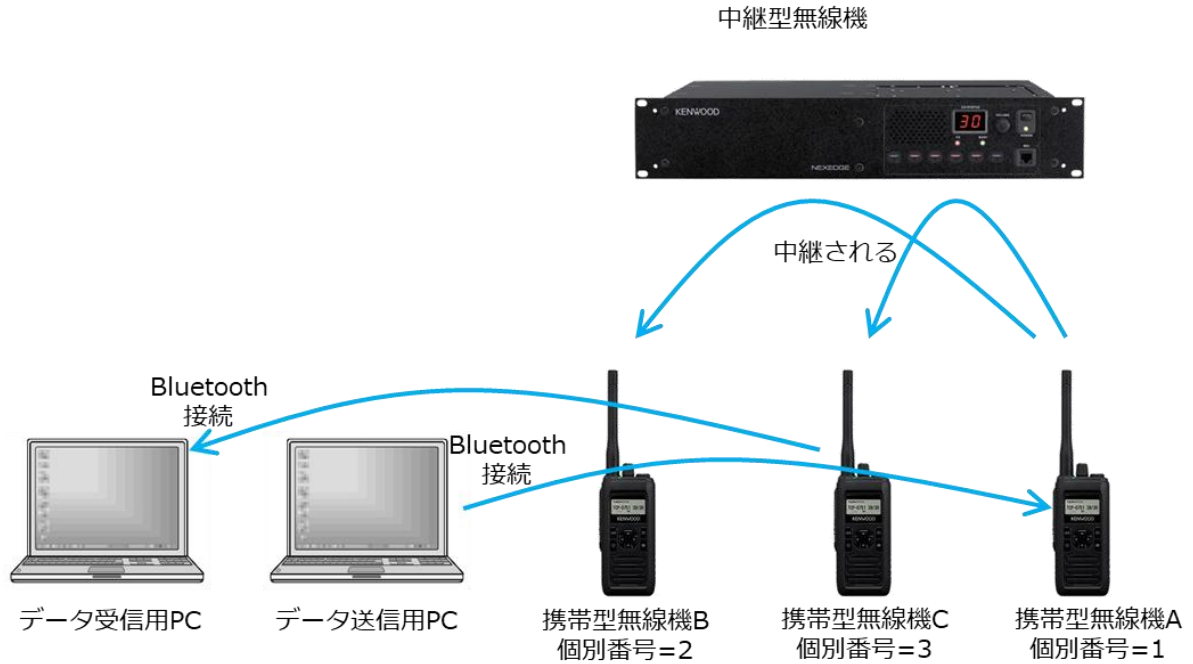
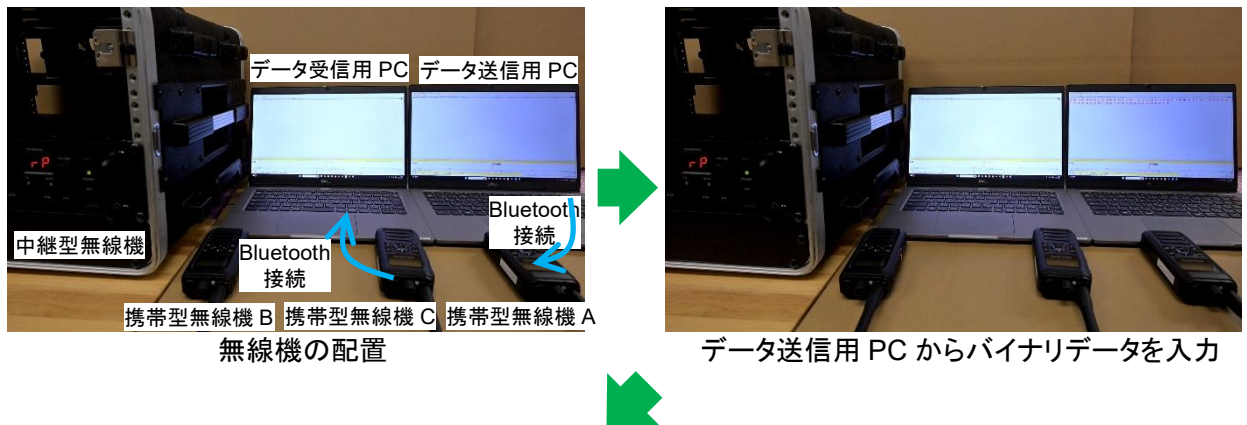


図 資料 7-31 ペアラモード通信機能の確認結果

資料7.6.10 ペアラモード通信機能の確認結果

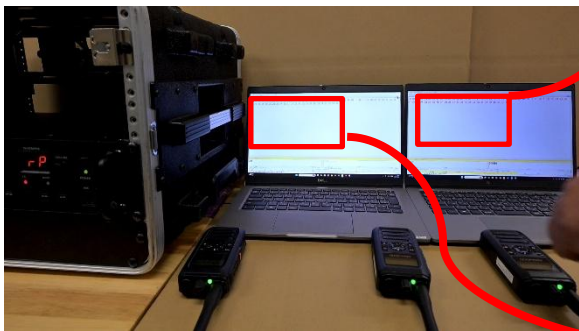




データ送信開始



中継送信開始



データ受信用 PC にバイナリデータが表示された

```
00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10
27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F 30 31 32 33 34 35 36 37
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 4A 4B 4C 4D 4E 4F 50
67 68 69 6A 6B 6C 6D 6E 6F 70 71 72 73 74 75 76 77
80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 8A 8B 8C 8D 8E 8F 90
A7 A8 A9 AA AB AC AD AE AF B0 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7
C0 C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 CA CB CC CD CE CF DC
E7 E8 E9 EA EB EC ED EE EF F0 F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7
```

データ送信用 PC の画面の一部
(16 進表記バイナリデータ)

```
00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10
27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F 30 31 32 33 34 35 36 37
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 4A 4B 4C 4D 4E 4F 50
67 68 69 6A 6B 6C 6D 6E 6F 70 71 72 73 74 75 76 77
80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 8A 8B 8C 8D 8E 8F 90
A7 A8 A9 AA AB AC AD AE AF B0 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7
C0 C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 CA CB CC CD CE CF DC
E7 E8 E9 EA EB EC ED EE EF F0 F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7
```

データ受信用 PC の画面の一部
(16 進表記バイナリデータ)

図 資料 7-32 ベアラモード通信機能の確認結果

中継型無線機で中継され、携帯型無線機 C で受信され、データ受信用 PC にデータが表示されることが確認できた。

【送信時間】(ARIB STD-B54 の例)

ベアラモード通信は、1 パケットに最大 300 バイトのデータを搭載できる。今回は 256 バイトの送信のため、ヘッダ、データ×14、終話の合計 16 フレーム約 1.28 秒の送信が必要になる。

資料7.7 中継時の遅延時間の評価

再生中継方式では、中継機で受信した信号をいったん復調し、内容を確認したのちに中継送信をおこなうため、一般に直接通信よりも遅延が大きくなる。この遅延量を音声通信とデータ通信で確認する。(図 資料 7-33)

資料7.7.1 音声通信の遅延の確認方法

- 携帯型無線機 A から音声信号を送信する。
- 携帯型無線機 C から受信音声を出力する。
- 音声信号をオシロスコープで観測し、遅延を測定する。
- 直接通信の場合と中継機経由の場合で比較する。

資料7.7.2 データ通信の遅延の確認方法

- 携帯型無線機 A からバイナリデータをベアラモードで送信する。
- 携帯型無線機 C で受信する。
- シリアルデータをオシロスコープで観測し、遅延を測定する。
- 直接通信の場合と中継機経由の場合で比較する。

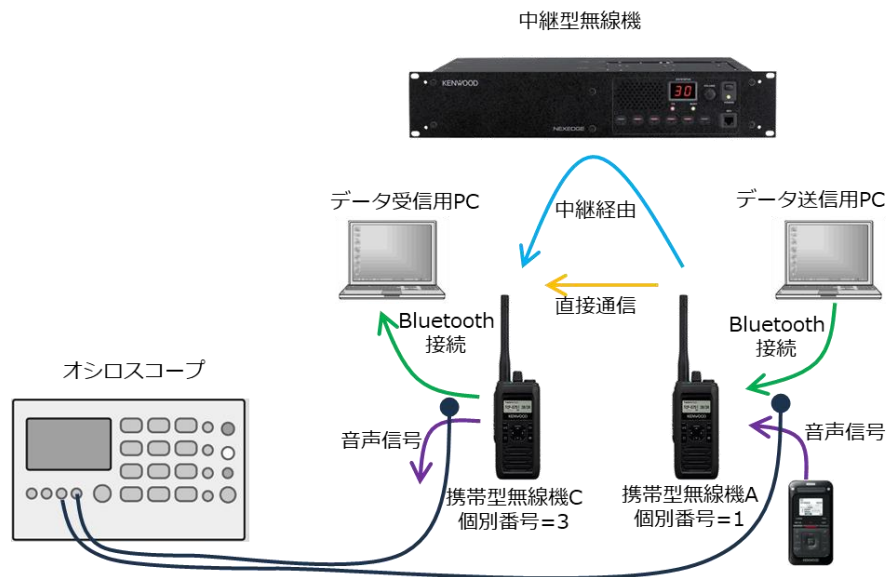


図 資料 7-33 中継時の遅延の確認方法

資料7.7.3 中継時の遅延時間の評価の結果(音声)

図 資料 7-34 は、直接通信の場合の音声の遅延である。

上段(CH1)の波形は、送信無線機の入力音声の波形、下段(CH2)の波形は、受信無線機
の出力音声の波形である。

遅延は 136ms と測定された。

図 資料 7-35 は、中継機経由の場合の音声の遅延である。

上段(CH1)の波形は、送信無線機の入力音声の波形、下段(CH2)の波形は、受信無線機
の出力音声の波形である。

遅延は 264ms と測定された。

中継機経由の通信は 128ms 遅延が大きくなった。

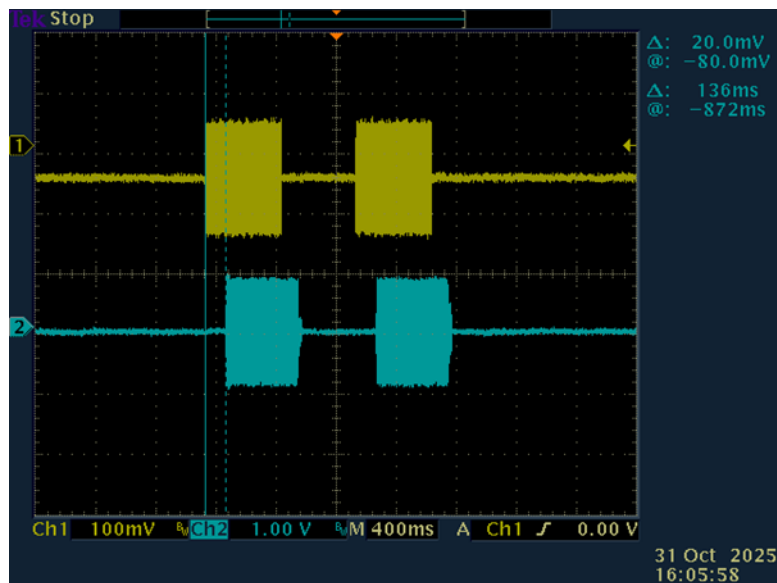


図 資料 7-34 音声直接通信の遅延

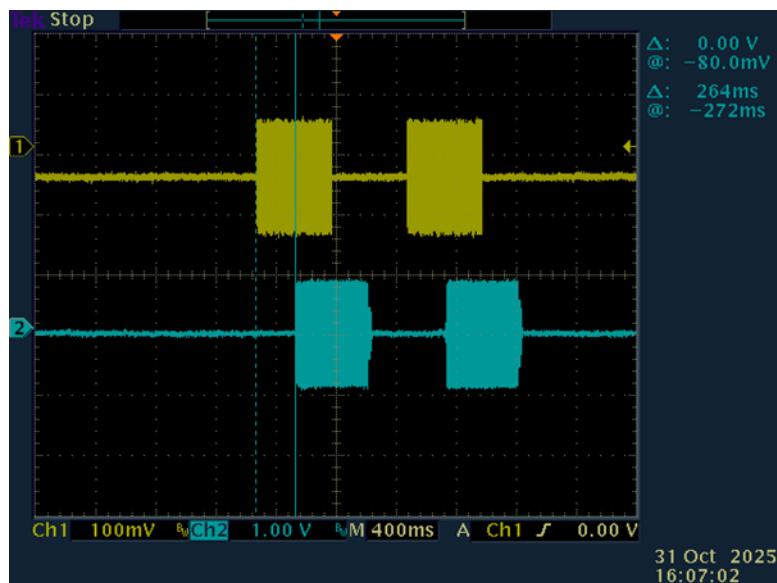


図 資料 7-35 音声中継通信の遅延

資料7.7.4 中継時の遅延時間の評価の結果(1バイトデータ)

図 資料 7-36 は、1バイトのデータを直接通信した場合のデータ伝送の遅延である。

一番上(CH1=黄色)の波形は、データ送信用 PC から送信無線機へのシリアル入力波形

2 番目(CH3=ピンク)の波形は、送信無線機の送信出力信号の波形

3 番目(CH4=緑)の波形は、中継無線機の送信出力信号の波形

最下段(CH2=水色)の波形は、受信無線機からデータ受信用 PC へのシリアル出力波形

無線区間のデータの遅延時間は、データ送信用 PC からデータを送り始めたときから、データ受信用 PC でデータが出始めるときで評価できる。

遅延は 544ms と測定された。

送信時間は 432ms だった。

図 資料 7-37 は、1バイトのデータを中継通信した場合のデータ伝送の遅延である。

一番上(CH1=黄色)の波形は、データ送信用 PC から送信無線機へのシリアル入力波形

2 番目(CH3=ピンク)の波形は、送信無線機の送信出力信号の波形

3 番目(CH4=緑)の波形は、中継無線機の送信出力信号の波形

最下段(CH2=水色)の波形は、受信無線機からデータ受信用 PC へのシリアル出力波形である。

無線区間のデータの遅延時間は、データ送信用 PC からデータを送り始めたときから、データ受信用 PC でデータが出始めるときで評価できる。

遅延は 736ms と測定された。

送信時間は 432ms、中継機の送信時間は 932ms だった。

中継機経由の通信は、192ms 遅延が大きくなった。

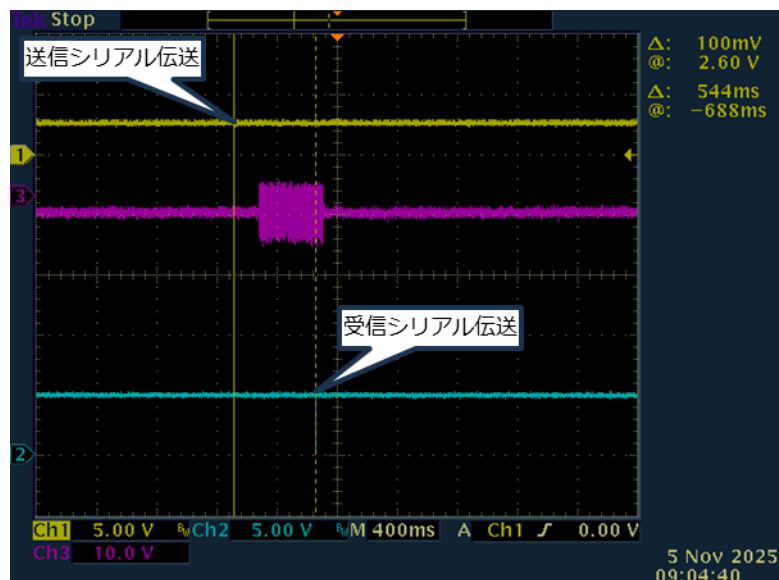


図 資料 7-36 1バイトデータ直接通信の遅延

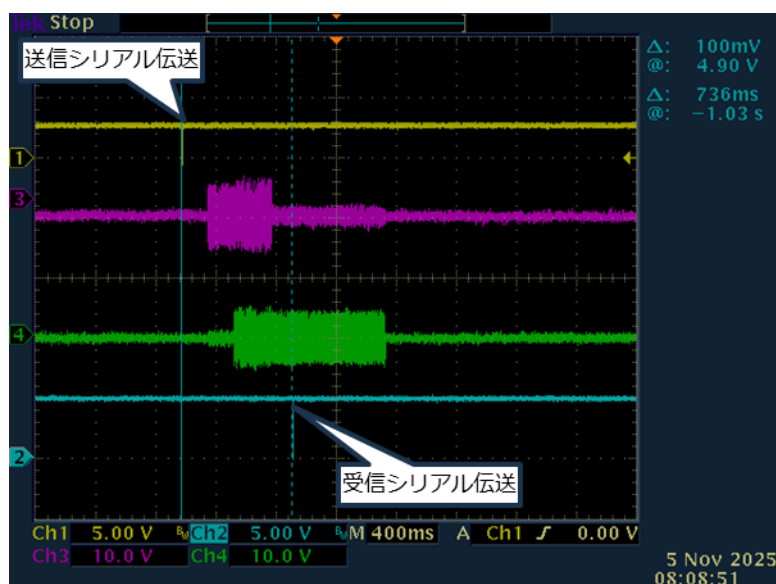


図 資料 7-37 1 バイトデータ中継通信の遅延

資料7.7.5 中継時の遅延時間の評価の結果(300 バイトデータ)

図 資料 7-38 は、300 バイトのデータを直接通信した場合のデータ伝送の遅延である。

一番上(CH1=黄色)の波形は、データ送信用 PC から送信無線機へのシリアル入力波形

2 番目(CH3=ピンク)の波形は、送信無線機の送信出力信号の波形

3 番目(CH4=緑)の波形は、中継無線機の送信出力信号の波形

最下段(CH2=水色)の波形は、受信無線機からデータ受信用 PC へのシリアル出力波形である。

無線区間のデータの遅延時間は、データ送信用 PC からデータを送り始めたときから、データ受信用 PC でデータが出始めるときで評価できる。

遅延は 2.07s と測定された。

図 資料 7-39 は、300 バイトのデータを中継通信した場合のデータ伝送の遅延である。

一番上(CH1=黄色)の波形は、データ送信用 PC から送信無線機へのシリアル入力波形

2 番目(CH3=ピンク)の波形は、送信無線機の送信出力信号の波形

3 番目(CH4=緑)の波形は、中継無線機の送信出力信号の波形

最下段(CH2=水色)の波形は、受信無線機からデータ受信用 PC へのシリアル出力波形である。

無線区間のデータの遅延時間は、データ送信用 PC からデータを送り始めたときから、データ受信用 PC でデータが出始めるときで評価できる。

遅延は 2.27s と測定された。

中継機経由のほうが 0.2s 遅延が大きくなった。

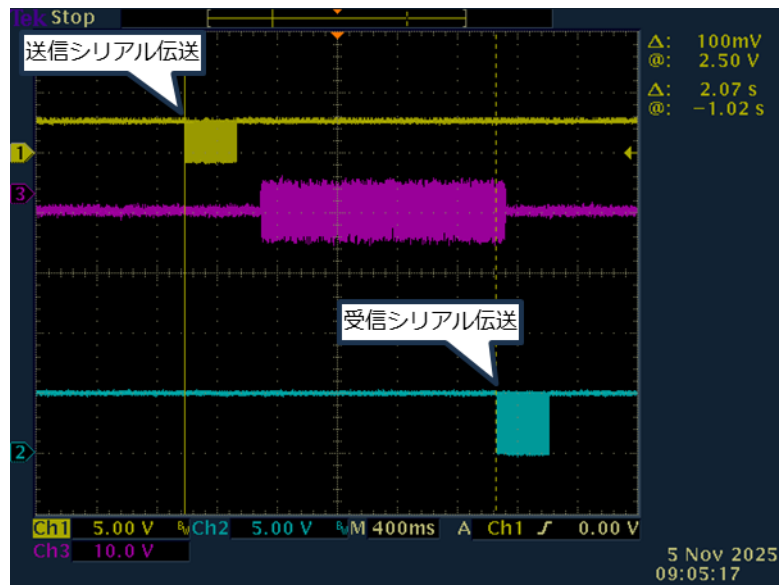


図 資料 7-38 300 バイトデータ直接通信時の遅延

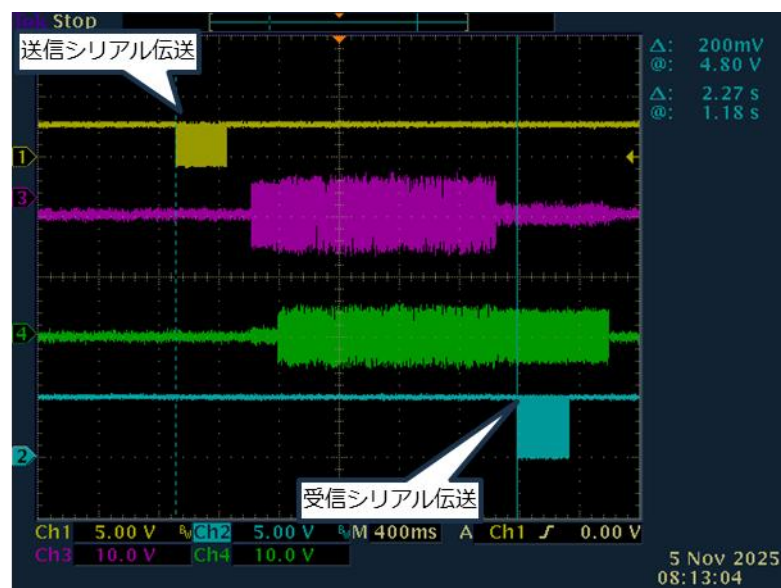


図 資料 7-39 300 バイトデータ中継通信時の遅延

資料7.8 機能動作試験の考察

資料7.8.1 中継システムにおいて不要な信号を中継送信しないための機能

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、ユーザリスト機能のいずれも有効であることが確認できた。

ただし、これらの機能にはそれぞれ特徴がある。スクランブルコードが異なる信号は、信号の内容が解読できず、ノイズや不要発射などと同様に単なる「信号」として認識される。ユーザコードが異なる場合は、信号のデジタル符号が確認できた上での排除である。混信妨害の対応として、無視や送信待ちなどの対応が考えられる。また、ユーザリスト機能は、中継可否判断が一瞬遅れる方式である。システムとしてどのような振る舞いが求められるかによって、どのような方式で中継可否を選定するかを検討する必要がある。

資料7.8.2 共同利用の中継システムにおいて、複数のグループや複数の免許人を切り分けるための機能

選択呼出機能、暗号化機能が有効であることが確認できた。また、前項の結果から、ユーザコードも有効であることがわかる。

共同利用者間での一斉通信や相互乗り入れの必要可否、通信傍受の排除など、システムの要件に応じた機能の採用が求められる。

資料7.8.3 無人運用となる中継システムのための機能

障害検知・停止機能が有効であることが確認できた。試験できなかった他の機能も含め、現在では様々な機能が製造事業者の工夫によって実現搭載されている。

資料7.8.4 音声通信付加機能

選択呼出機能、発信者番号表示機能、個別番号名称、グループ名称登録機能、発信者名表示機能、暗号化機能が、中継を経由しても有効であることが確認された。

中継方式として、デジタル符号をそのまま再送する方式とすることで、このような機能がそのまま利用できる。

資料7.8.5 データ通信機能

ステータスメッセージ機能、ショートメッセージ機能、ロングメッセージ機能、GPS データ通信機能、ベアラモード通信機能が、中継を経由しても有効であることが確認された。

中継方式として、デジタル符号をそのまま再送する方式とすることで、このような機能がそのまま利用できる。

資料7.8.6 中継時の遅延時間の評価

直接通信に比べ、中継時は遅延が大きくなることがわかった。

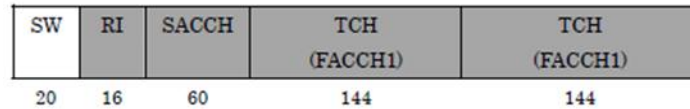
ただし、単向、同報、単信、半複信の通信方式においては、測定された程度の遅延は問題にならず、通信品質に影響はないものと考えられる。

資料7.8.6.1 中継時の遅延時間の評価(音声・直接通信時)

デジタル通信の場合、音声やデータの送信には、「フレーム」と呼ばれるデータのまとまりを用いて送信される。今回用いた通信方式は、80ms 長、384 ビットのフレームで構成されている。

直接通信の場合は、図 資料 7-41 のように、原理的に遅延が生じる。送信側では、80ms の音声信号を蓄積後、符号化して 80ms のフレームで送信する。受信側では、そのフレームを受信し終わってから生成した音声を出力する。したがって、原理的には 160ms の遅延が生じる。

測定では直接通信の遅延は、136ms だったが、これは、音声データを搭載する TCH が図 資料 7-40 のように 2 つに分割された構成になっていることを利用したものと考えられる。



出典：電波産業会標準規格 ARIB STD-T102

図 資料 7-40 音声通信フレームの構成

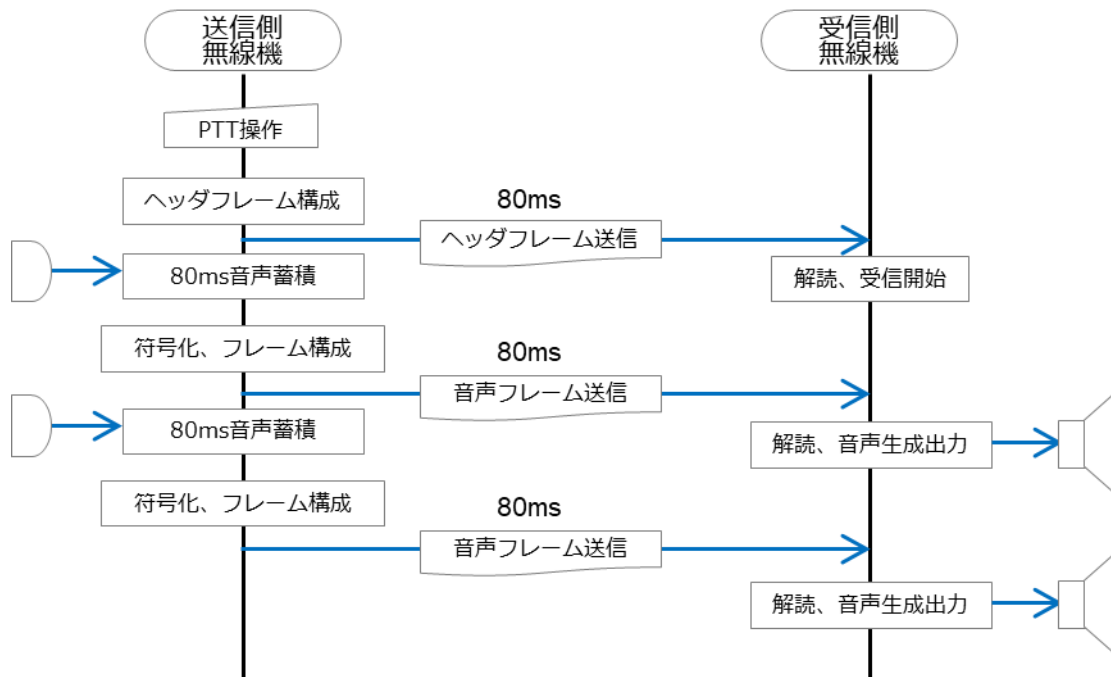


図 資料 7-41 音声直接通信時のフレーム処理

資料7.8.6.2 中継時の遅延時間の評価(音声・中継時)

中継通信の場合は、図 資料 7-43 のように、送信側で 80ms の音声信号を蓄積後、符号化して 80ms のフレームで送信する。中継では、そのフレームを受信し終わってから、送信可否等の判断をし、フレームを再送信するが、図 資料 7-42 のように 40ms のフレームオフセットを入れるため、40ms 後に再送信を開始する。受信側では、そのフレームを受信し終わってから生成した音声を出力する。したがって、原理的には 280ms の遅延が生じる。

測定では中継時の遅延は、264ms だったが、これは、前頁同様、音声データの構成を利用したものと考えられる。



図 資料 7-42 中継送信のフレーム同期

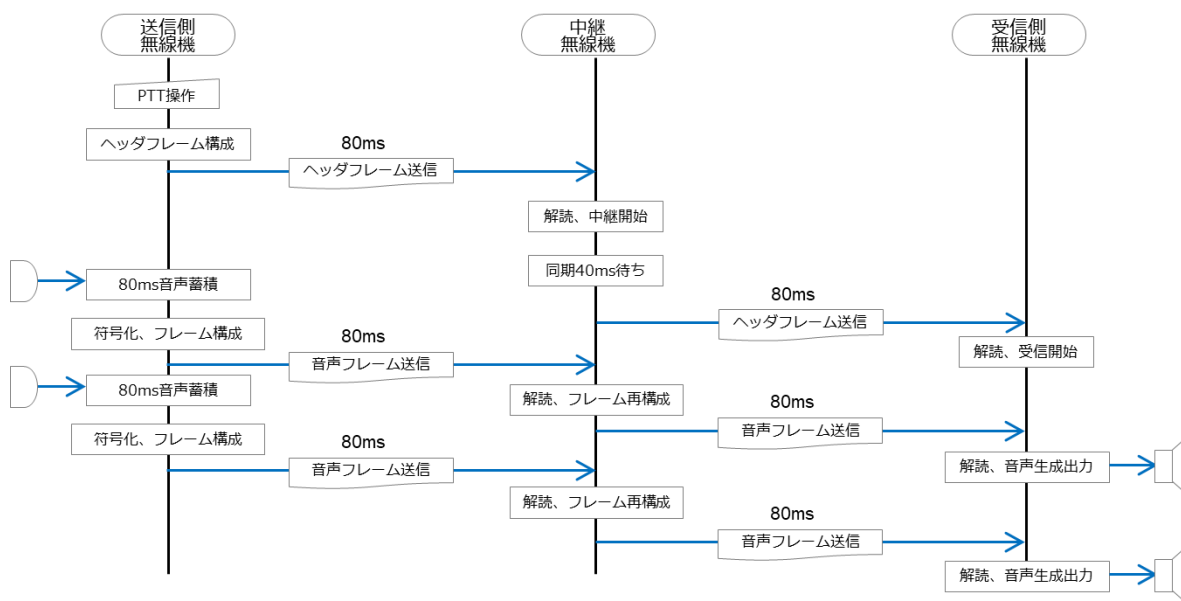


図 資料 7-43 音声中継送信時のフレーム処理

資料7.8.6.3 中継時の遅延時間の評価(データ・直接通信時)

データ通信の場合、「フレーム」を送信する前段階の処理も影響を与える。

携帯型無線機は、駆動する電池の消費を低減するため、間欠動作を行うことが多い。これは、短い時間間隔で無線機の休止と動作を繰り返すものである。データ通信の場合、休止のタイミングで通信が開始されるとデータを受け取ることができないため、プリアンブルと呼ばれる情報を持たない前置信号を短時間送信してから通信を開始する。今回の試験では、この送信時間長を 160ms に設定した。

1 バイトのデータ送信の場合、3 フレーム 240ms のパケットになるが、プリアンブルが 160ms あるため 400ms の送信時間になる(測定値は 432ms だった)。

測定では直接通信の遅延は、コマンド処理時間、プリアンブルを含めて 544ms だった。

直接通信と中継の差は、1 バイト時 192ms、300 バイト時 0.2s と測定された。図 資料 7-44 の原理ではフレーム同期(上りフレームと下りフレームは 40ms ずらす)とプリアンブル送信で 200ms となる。

リモコン制御のような遅延の影響を受けやすい応用の場合には、中継機経由の通信は考慮検討が必要と考えられる。

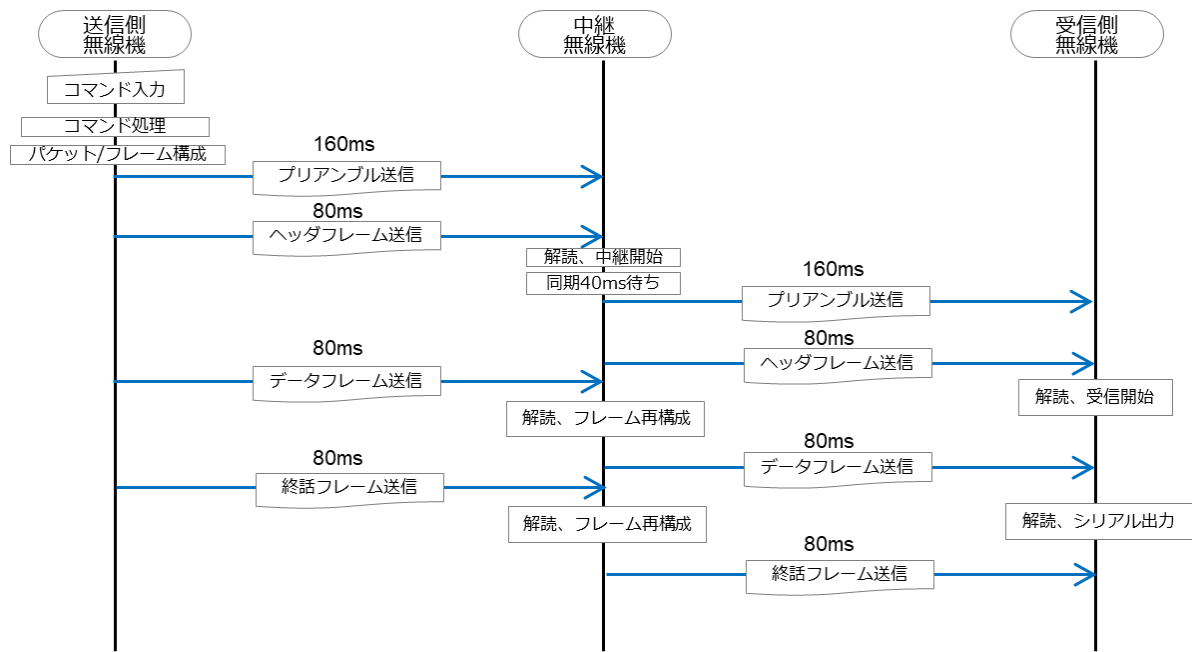


図 資料 7-44 データ中継送信時のフレーム処理

資料8 電波伝搬試験と通信試験

資料8.1 実証試験の方針

3.1 で設定した検討モデルをもとに、実験試験局による伝搬試験及び通信試験を実施し、中継システムを実証する。

実証試験に用いる無線機は、一般業務用無線の音声通信用途に広く利用されており、入手も容易であることなどから、四値周波数偏位変調(4 値 FSK 方式)を選定する。

周波数帯は、携帯性の高さや割り当て周波数の多さなどから 400MHz 帯とする。

中継システムの実証モデルは、事例分析等からも広域で利用されていることから、

- 車両で移動する業態
- 音声通信と位置管理に無線機を利用
- 通信範囲は熊本市内の 1 つの区程度の領域
- 事務所一車両および車両一車両の通信があるもの

を設定し、利用モデルは基本的な「広域をカバーする中継システムのモデル」とする。

中継システムによって、第 2 章で抽出した課題が解決できる可能性を実証する。

資料8.2 中継モデルの実証試験の概要

- 試験場所は熊本市内とする。
 - 中継機設置場所を想定した見通しのいい場所に無線機を設置する。
 - 事務所の場所を想定した市内のビル等に無線機を設置する。
 - 事前に中継機設置場所及び事務所設置場所における信号強度シミュレーションによるエリア予測を実施する。
 - 移動車両は、市内を移動して中継機からの信号レベル及び事務所からの信号レベルを測定する。
 - 評価方法は、移動車両で受信したそれぞれの信号レベルの比較によって、直接通信の場合と中継システム利用の場合の比較を行う。
 - 上記試験結果から数か所を選定し、以下について、直接通信と中継機経由との違いを評価する。
 - ◆ 移動局対事務所の通信
 - ◆ 移動局対移動局の通信
 - 日程は、2025 年 11 月 11 日(火)、11 月 12 日(水)の 2 日間とする。
 - 実験試験局は既設のものを使用する。
 - UHF 帯実験試験局用周波数のうち、周波数の高い組み合わせを使用する。
- 本試験に使用した実験試験局の諸元を資料 9 に示す。

資料8.3 中継機設置場所：

万日山緑地公園駐車場とした(図 資料 8-1)。

熊本駅近くの高台で市内が一望できる(図 資料 8-2)。

良好な場所のため、車両に 1/2 λ ホイップアンテナを設置するだけの構成とした。(図 資料 8-3)

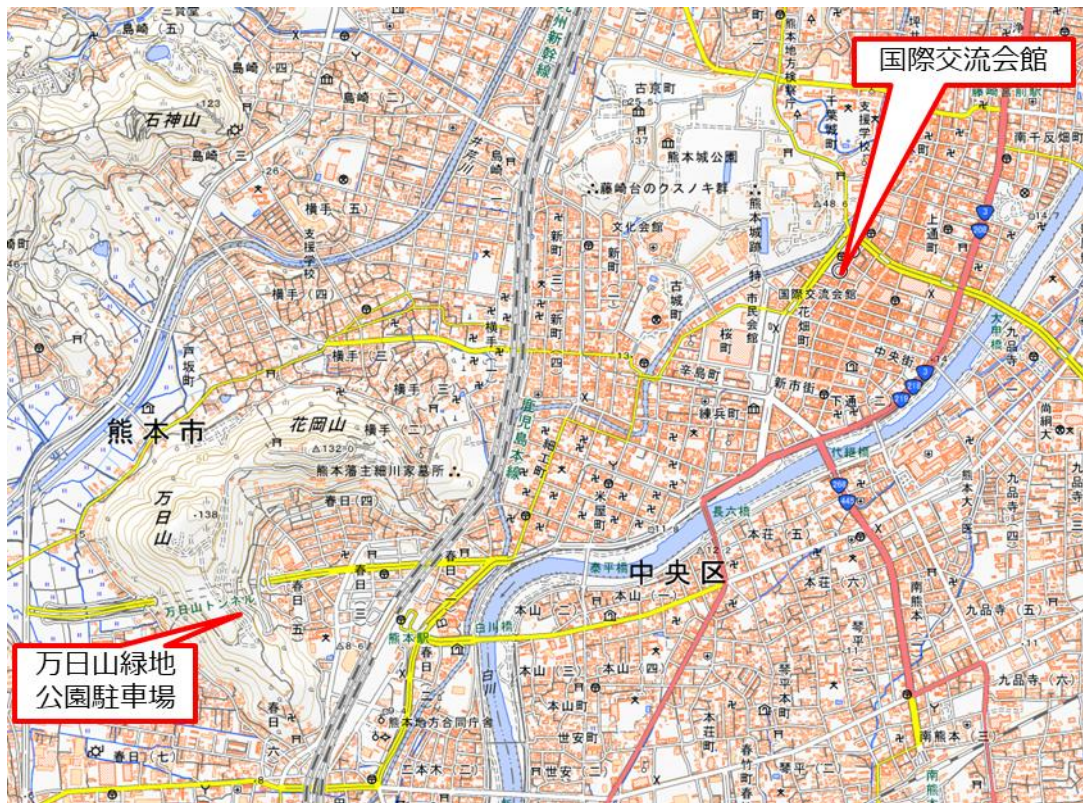


図 資料 8-1 中継機設置場所の地図



図 資料 8-2 中継機設置場所からの眺望



図 資料 8-3 中継機を設置した車両

資料8.4 中継機設置場所からの信号強度シミュレーション結果

中継機設置場所からの信号強度シミュレーション結果を図 資料 8-4 に示す。

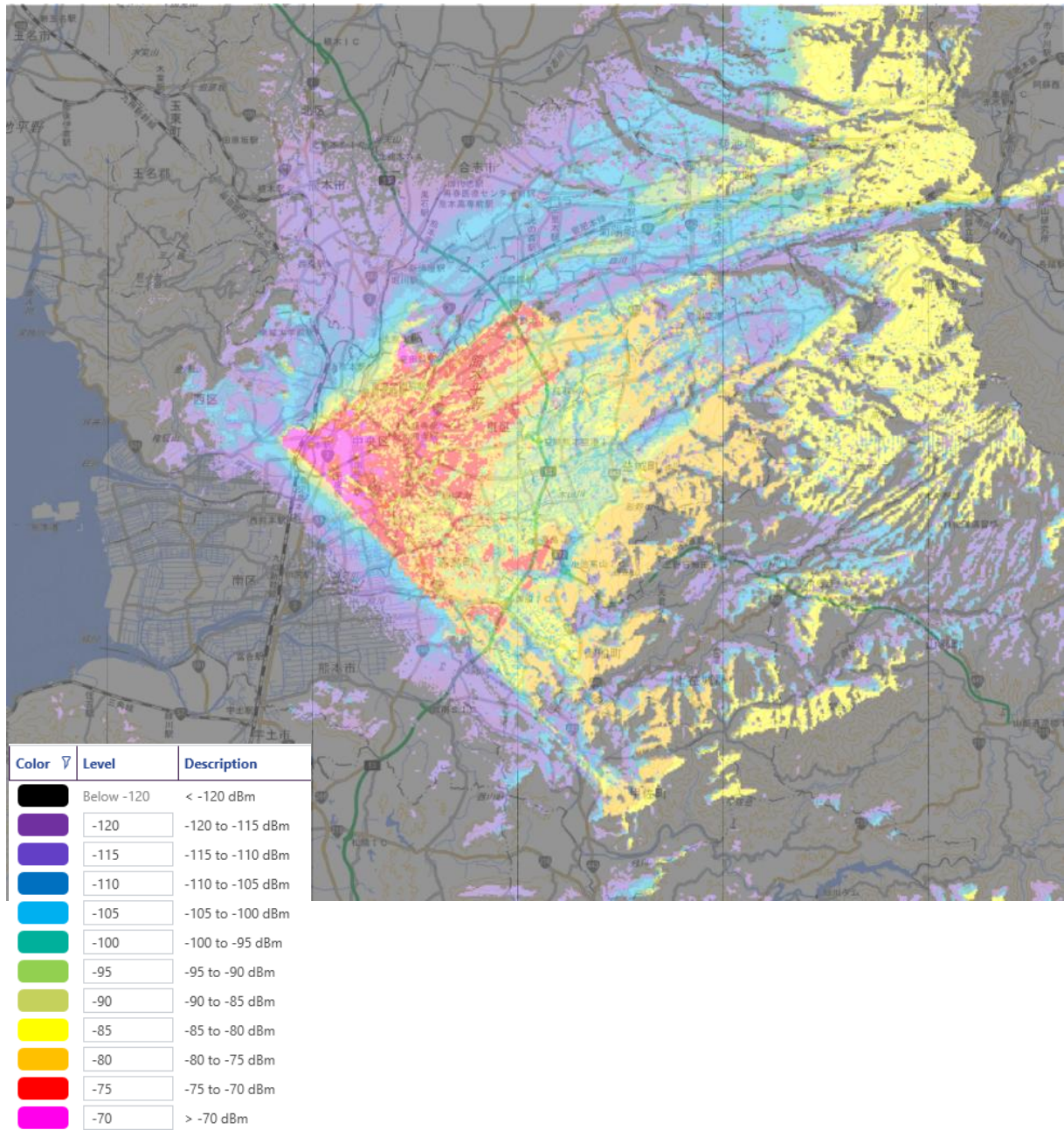


図 資料 8-4 中継機設置場所からの信号強度シミュレーション結果

地形による遮蔽、回折、地勢(市街地、郊外地、開放地など)によるモデル的な減衰量から信号強度を計算したもので、実際の建造物による減衰や反射などは考慮されない。

図 資料 8-5 のように万日山の尾根稜線が中継機設置点から南方向を遮蔽する形となり、シミュレーション結果に反映されていると考えられる。



図 資料 8-5 中継機設置場所付近の地形

資料8.5 事務所設置場所

事務所設置場所:

熊本市国際交流会館 5 階談話室(図 資料 8-6)とした。繁華街や熊本城に近い 7 階建てのビルの 5 階で窓は北西方向に向いている。この窓枠に 1/2 λ アンテナを設置した(図 資料 8-7)。

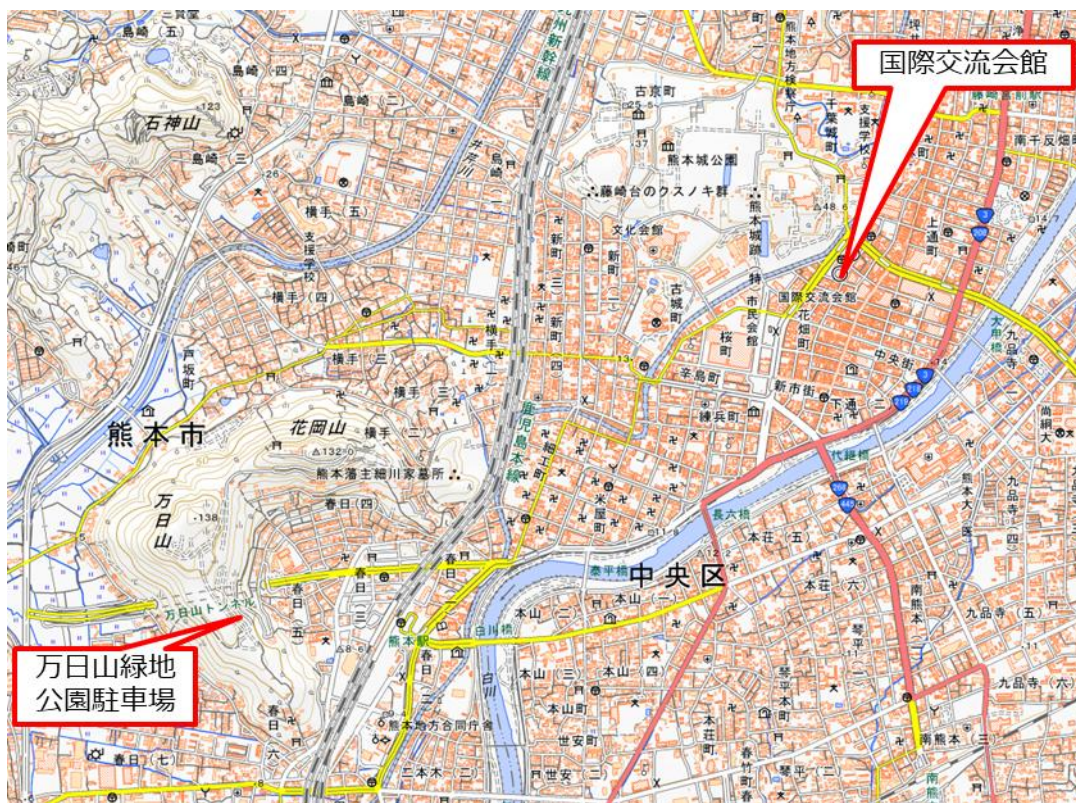


図 資料 8-6 事務所設置場所の地図

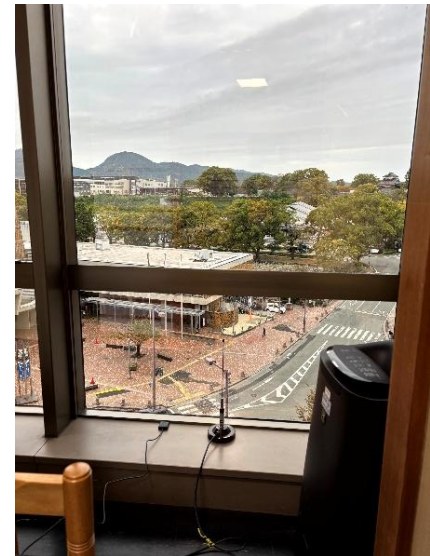


図 資料 8-7 中継機設置場所の様子

資料8.6 信号強度シミュレーション結果（事務所）

事務所からの信号強度シミュレーション結果を図 資料 8-8 に示す。

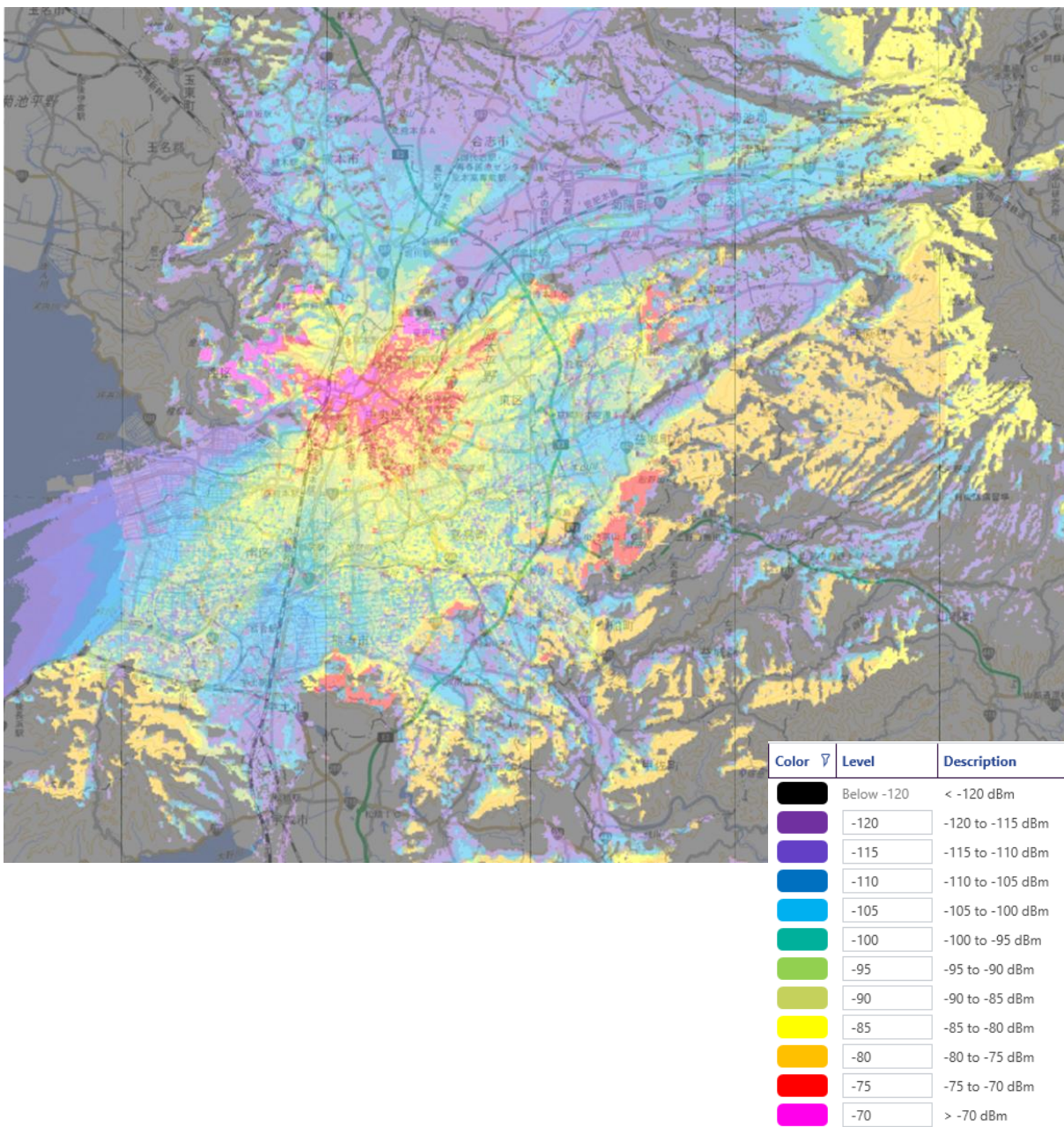


図 資料 8-8 事務所からの信号強度シミュレーション結果

地形による遮蔽、回折、地勢(市街地、郊外地、開放地など)によるモデル的な減衰量から信号強度を計算したもので、実際の建造物による減衰や反射などは考慮されない。

ビル5階という設置場所の高さにより、遠方まで伝搬する結果になっているが、屋内窓辺に設置するという条件は入力できないため、実際にはもっと減衰が大きいものと想定される。

資料8.7 信号強度測定のための具体的な方法

測定の効率化のため、中継機設置場所、事務所、都市雑音を1回の走行で測定することとした(図 資料 8-9)。

- 中継基地、事務所基地から交互に2秒ごとに信号を送信する。
- 都市雑音の確認のため、2秒間隔をあける。
- 中継基地2秒、事務所基地2秒、無信号2秒の計6秒を1周期とし、継続する。
- 移動側は、それぞれ1秒後に信号強度・簡易BERと位置情報を記録する。
- 効率化のため、移動車両は2台とし、測定範囲を分担して走行試験する。

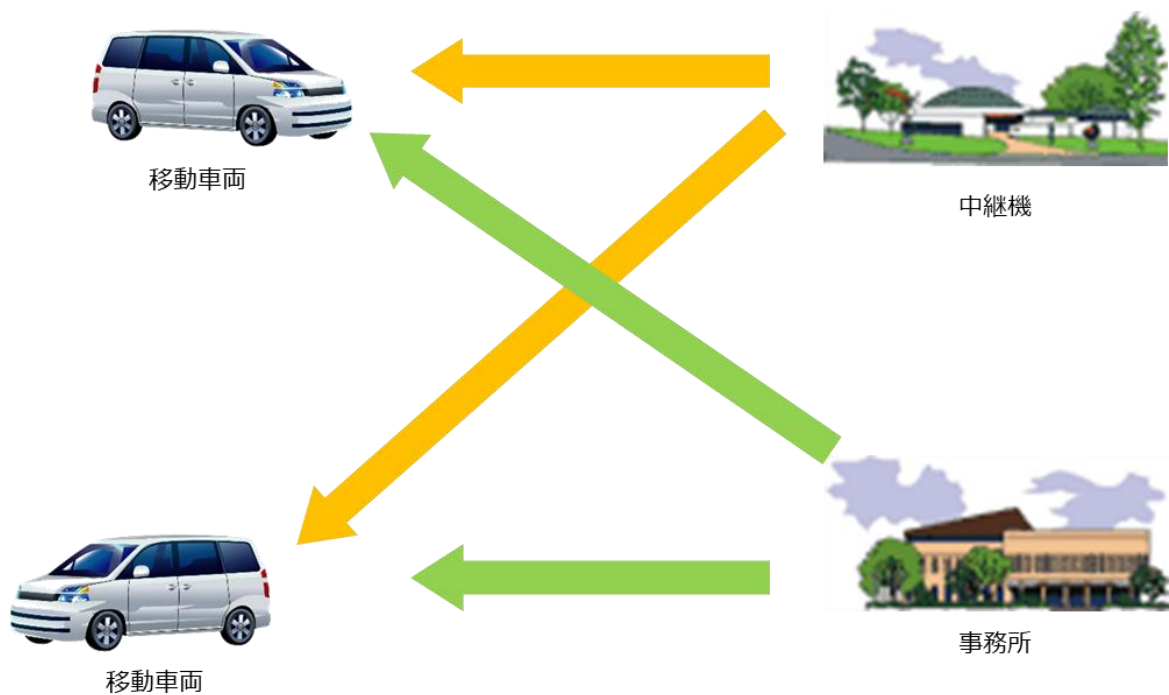


図 資料 8-9 信号強度測定のための具体的な方法

資料8.8 移動局の様子

車両に 1/2 λ ホイップアンテナを設置し、携帯型無線機を使用した(図 資料 8-11、図 資料 8-12)。

中継、事務所、都市雑音のレベルと簡易的な BER 測定を実施し、信号強度は PC 地図画面上にリアルタイムに表示される(図 資料 8-10、図 資料 8-13)。



図 資料 8-10 移動局の様子 1



図 資料 8-11 移動局の様子 2



図 資料 8-12 移動局の様子 3

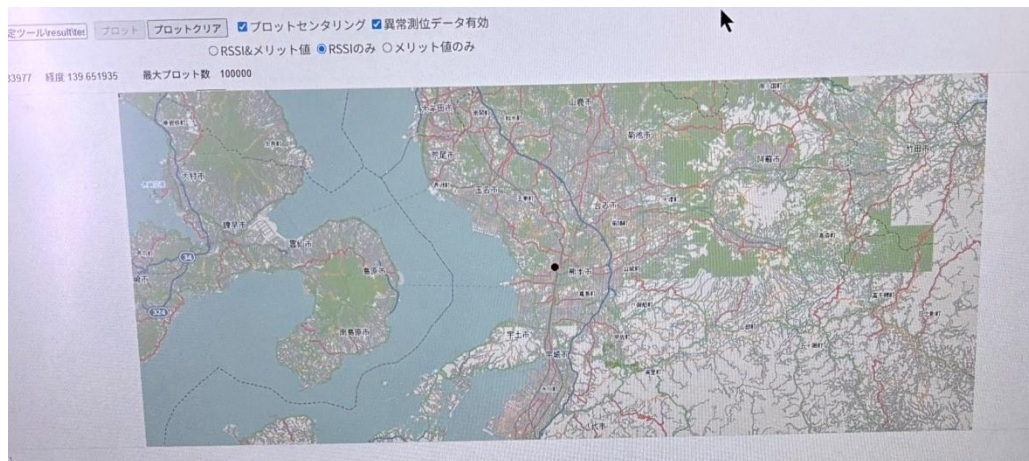


図 資料 8-13 移動局の様子 4

資料8.9 信号強度測定の結果（中継）

中継機設置場所からの信号強度測定結果を図 資料 8-14 に示す。

おおむねシミュレーション結果に近いが、南西方向はシミュレーション結果より信号レベルが高い。

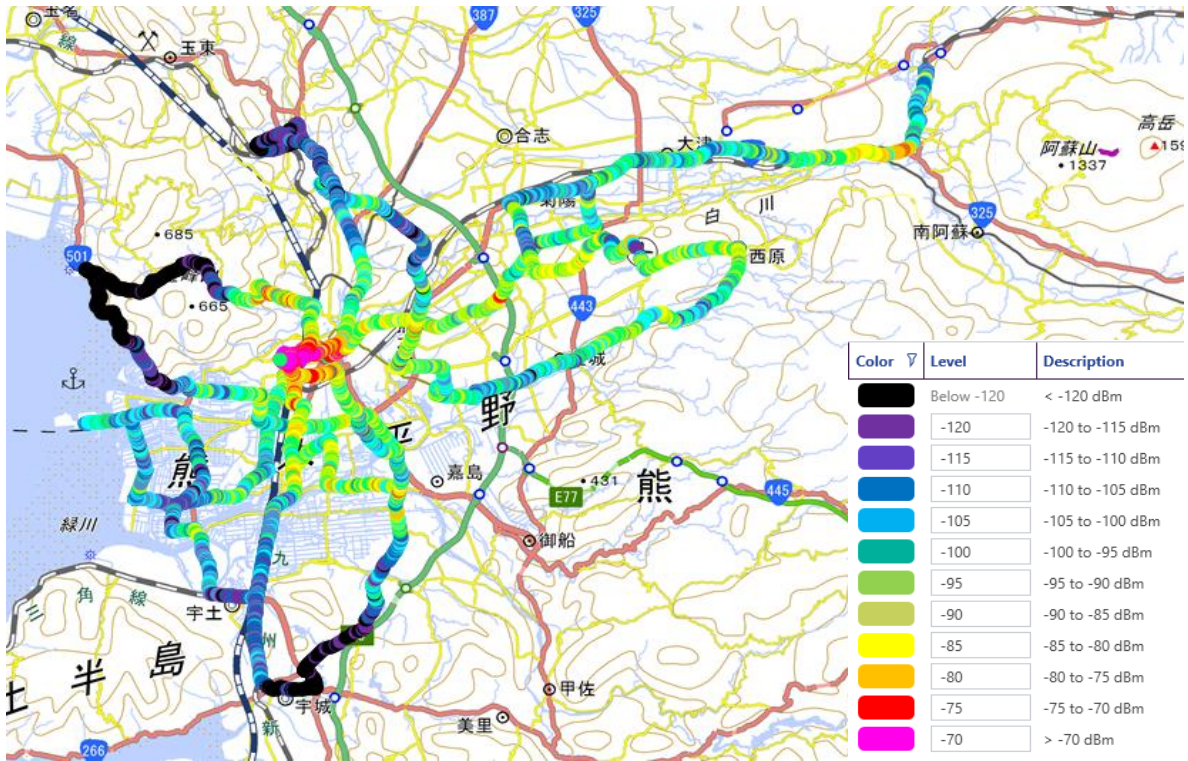


図 資料 8-14 中継機設置場所からの信号強度測定結果

資料8.10 信号強度測定の結果（事務所）

事務所設置場所からの信号強度測定結果を図 資料 8-15 に示す。

シミュレーション結果より大幅にレベルが低い。窓の向き北西は比較的強いが、建物通過方向は極めて減衰が大きい。

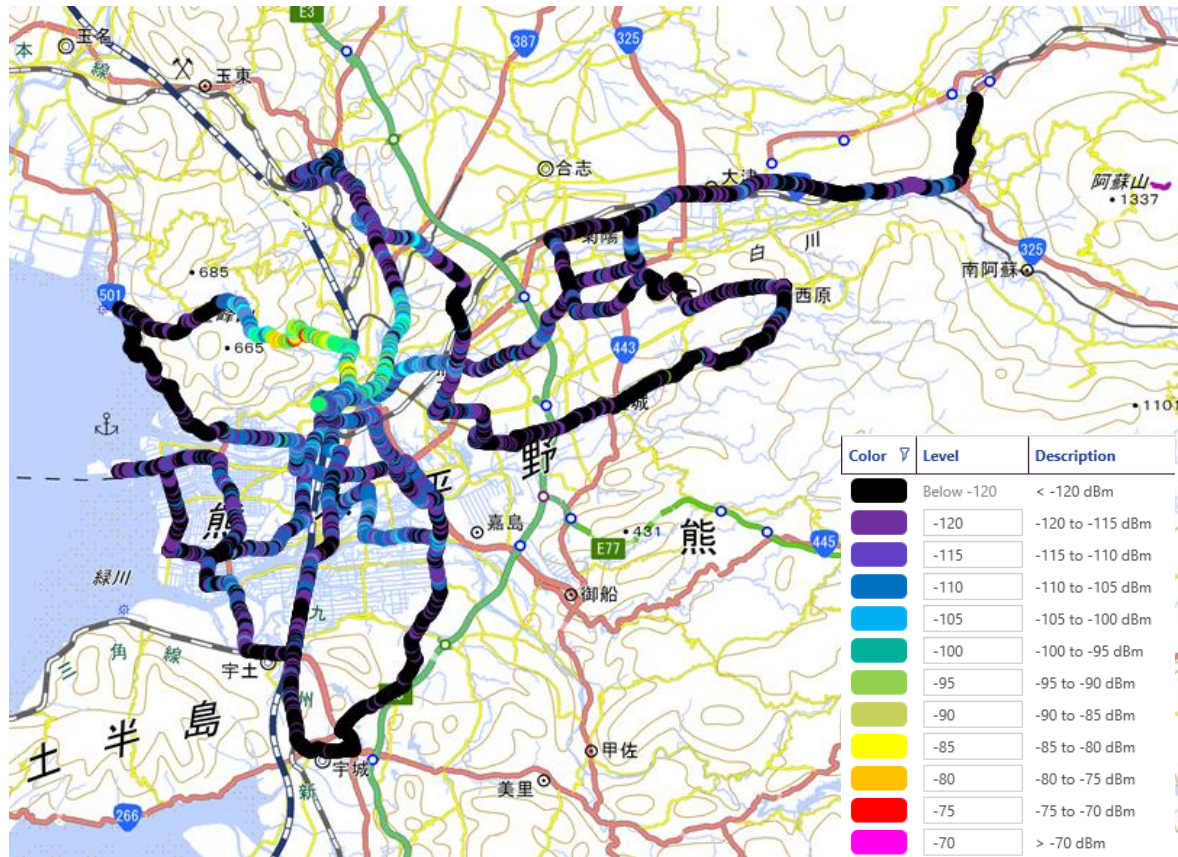


図 資料 8-15 事務所設置場所からの信号強度測定結果

資料8.11 通信試験の具体的な方法（中継試験）

信号強度測定の結果から、試験ポイントを抽出する(10 か所程度)。

移動車両 2 台と事務所との相互間(3 通り)で直接通信と中継機経由通信を実施し、メリット、信号強度及び簡易 BER を記録する(音声通話試験)。(図 資料 8-16)

移動車両から事務所に向けてステータスメッセージを 100 回送信する。直接通信と中継機経由通信の場合でパケットエラーレート(PER=ステータスメッセージ伝送が失敗する割合)を記録する(データ伝送試験)。

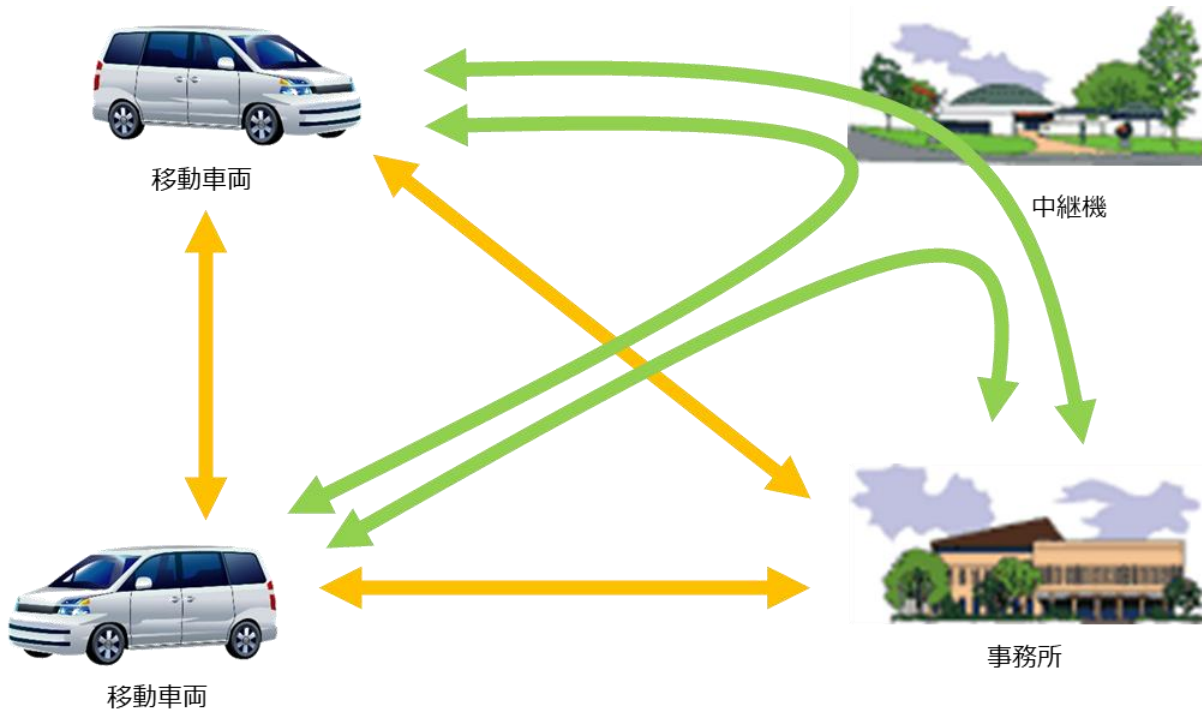


図 資料 8-16 通信試験の具体的な方法

資料8.12 通話試験の評価（メリット）

通話可否は、メリット評価によって行う。（表 資料 8-1）

一般的なメリット評価は、アナログ通信を対象にしており、ノイズの重畳量が判定基準になっているが、狭帯域デジタル方式の音声通信は、主としてボコーダ（音声の符号化技術）が利用されているため、アナログ方式とは振る舞いが異なる。そこで、デジタル方式のメリット評価を定義し、さらに「0 入感しない」を設定した。

表 資料 8-1 メリット評価

メリット	評価	内容	通信可否
5	非常に良い	はっきりと聞こえる。 容易に内容が理解できる。	通信できる
4	良い	ボコーダ音声にわずかに違和感を生じる。 困難なく内容が理解できる。	通信できる
3	普通	ボコーダ音声が崩れる、短い途切れが生じる。 多少の困難はあるが内容が理解できる。	通信できる
2	悪い	音声途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い。 再送を要求するなどしてかろうじて内容が理解できる。	通信できる
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない。 内容が理解できない。	通信できない
0	入感しない	相手が送信していることがわからない。	通信できない

資料8.13 通信試験の場所

シミュレーション結果、信号強度測定結果から、図 資料 8-17 の場所を選定して通信試験を実施した。

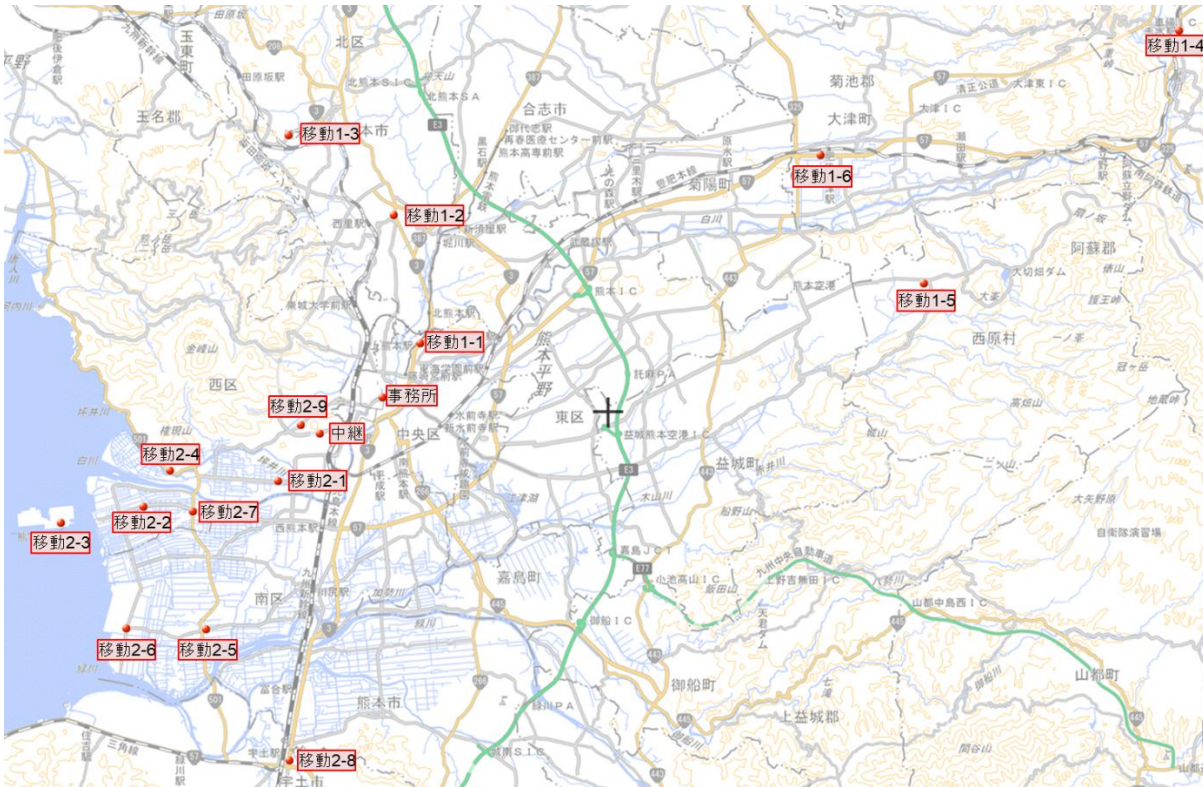


図 資料 8-17 通信試験の場所

資料8.14 通信試験の結果（移動－事務所間）

各移動地点と事務所間の通信について、直接通信と中継機経由を比較した結果を表 資料 8-2 に示す。

通話は、メリット評価で実施した。

データの伝送は、移動車両から事務所に向けてステータスメッセージを 100 回送信し、パケットエラーレート(PER=ステータスメッセージ伝送が失敗する割合)で評価した。

「改善」の列は、中継機経由によって通信が改善するかどうかの評価を記した。

「○」:メリット又はデータ PER が改善されるもの

「=」:信号強度は上がるが通信品質としては変わらないものを示している。

多くの場所で中継により通信が改善している。今回の条件では、中継により通信が劣化する場所は見つけられなかった。

表 資料 8-2 通信試験の結果(移動-事務所間)

移動 地点	中継機経由						直接通信						改善
	移動側			事務所側			移動側			事務所側			
	RSSI [dBm]	メリ ット	BER [%]	RSSI [dBm]	メリ ット	データ PER [%]	RSSI [dBm]	メリ ット	BER [%]	RSSI [dBm]	メリ ット	データ PER [%]	
1-1	-95	5	0	-94	5	0	-109	5	0	-112	5	0	=
1-2	-102	5	0	-96	5	0	---	0	---	---	0	100	○
1-3	-117	5	0	-94	3	87	-118	4	3	---	0	100	○
1-4	-117	5	2	-95	5	0	---	0	---	---	0	---	○
1-5	-96	5	0	-95	5	0	-119	0	6	---	3	99	○
1-6	-96	5	0	-95	5	0	---	0	---	---	0	---	○
2-1	-110	5	0	-95	5	0	-120	5	0	-120	5	0	=
2-2	-110	5	0	-95	5	0	-120	3	3	---	0	100	○
2-3	-102	5	0	-95	5	0	-120	3	5	---	0	100	○
2-4	-115	4	1	-95	5	0	---	0	---	---	0	---	○
2-4'	-120	3	3	-95	3	1	---	0	---	---	0	---	○
2-5	-110	5	0	-95	5	0	---	0	---	---	0	---	○
2-6	-114	3	1	-95	4	14	---	0	---	---	0	---	○
2-7	-104	5	0	-95	5	0	-115	5	0	-118	5	0	=
2-8	-116	5	1	-95	5	0	---	0	---	---	0	---	○
2-9	-112	5	0	-95	5	0	-115	5	5	-112	5	0	=

資料8.15 通信試験の結果（中継－事務所間）の考察

中継－事務所間は、図 資料 8-18 のように約 2.4km で、途中で地形の起伏があり、完全な見通しとはいえない。

中継から事務所へは、シミュレーションで-85dBm 程度、測定結果は近傍のデータはないが-85dBm 程度と推察される(図 資料 8-19)。実際の通信では、-95dBm だった。これは、事務所の空中線の設置状態が窓内であったことなどが影響していると考えられる。

事務所から中継へは、シミュレーションで-80dBm 程度、測定結果は、-90～-100dBm 程度だった(図 資料 8-20)。シミュレーションは、事務所の空中線設置状態を考慮していないため大きな差が出ているものと考えられる。

いずれも、中継－事務所間の通信は良好に行えることを示しており、実際の通話・通信試験でも中継機へのアクセスは良好であった。

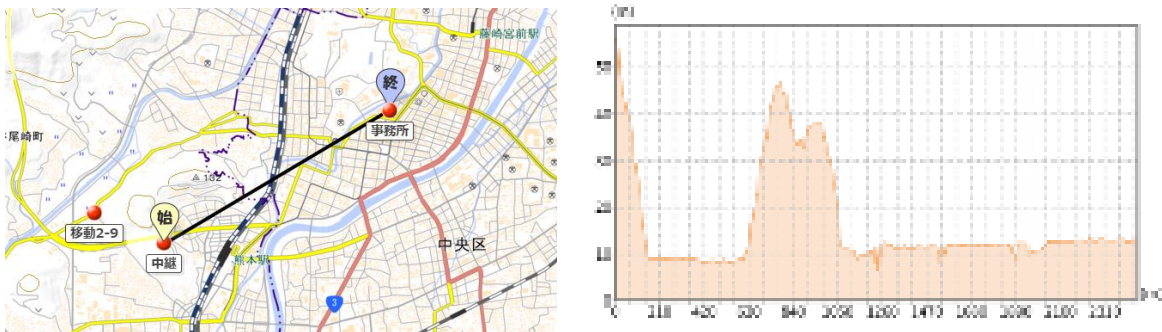


図 資料 8-18 中継から事務所の経路と断面図



図 資料 8-19 中継から事務所への信号強度シミュレーション結果と測定結果

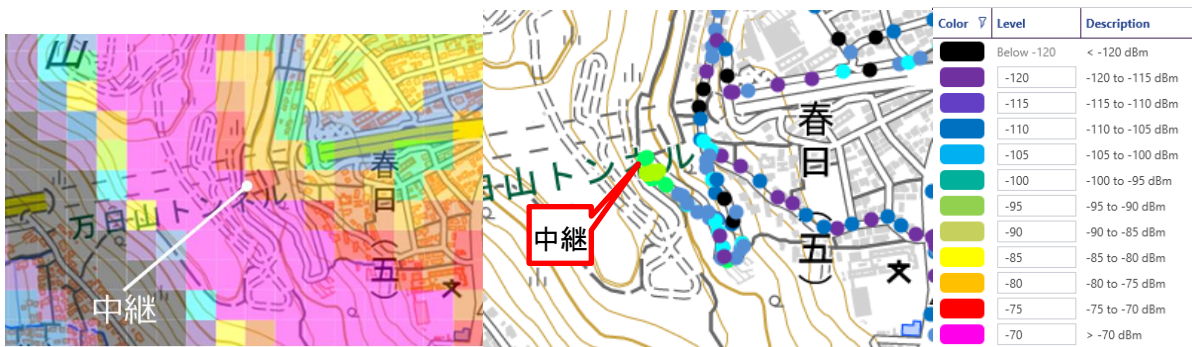


図 資料 8-20 事務所から中継への信号強度シミュレーション結果と測定結果

資料8.16 通信試験の結果（移動 1-1－事務所間）の考察

中継－移動 1-1 間は、図 資料 8-21 のように約 4.6km で、途中に地形の起伏があり、完全な見通しとはいえない(図 資料 8-21)。

事務所－移動 1-1 間は、図 資料 8-22 のように約 2.2km で、途中に起伏があり、完全な見通しとはいえない(図 資料 8-22)。

中継から移動 1-1 へは、シミュレーションで-85dBm 程度、測定結果は-95dBm 程度だった(図 資料 8-23)。実際の通信では、-95dBm であり、良好にアクセスできた。

事務所から移動 1-1 へは、シミュレーションで-100dBm 程度、測定結果は、-110dBm 程度だった(図 資料 8-24)。実際の通信では、-109dBm であり、ビットエラーもなく良好に通信できた。

中継、事務所ともに見通しのない経路だが、起伏の上部による遮蔽のため、回折現象により伝搬しているものと考えられる。

この環境では、信号強度の差はあるが、直接通信でも中継機経由でも良好に通信できた。

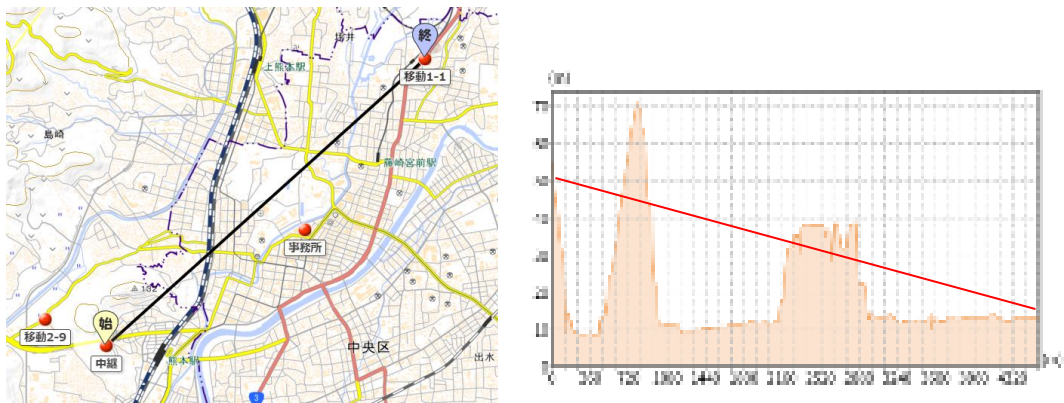


図 資料 8-21 中継から移動 1-1 の経路と断面図

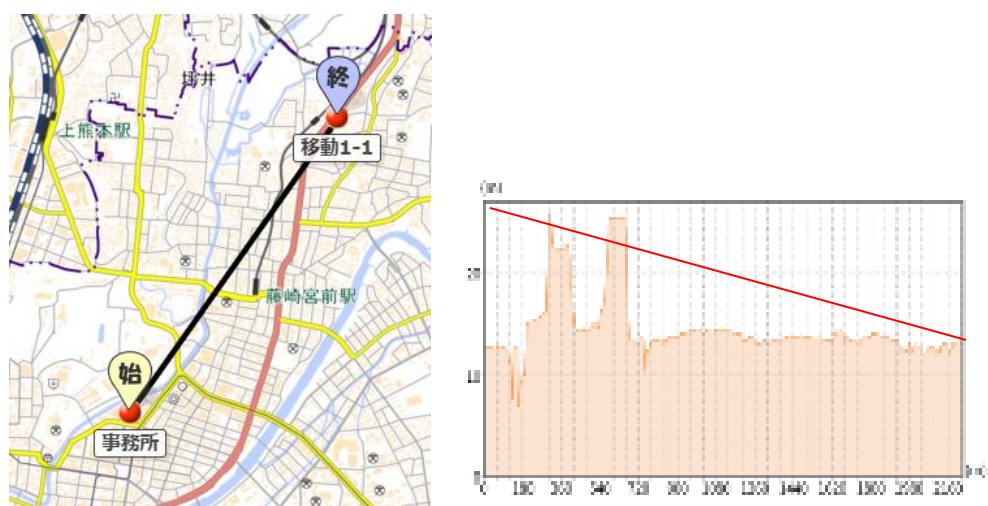


図 資料 8-22 事務所から移動 1-1 の経路と断面図

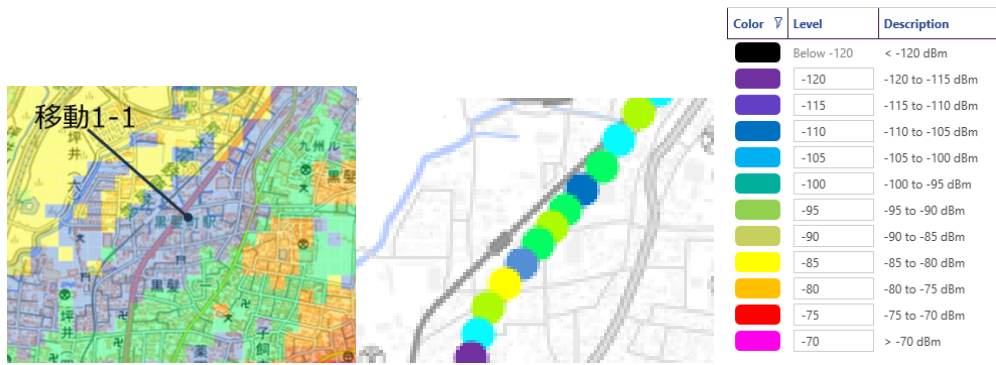


図 資料 8-23 移動 1-1 付近での中継からの信号強度シミュレーションと測定結果

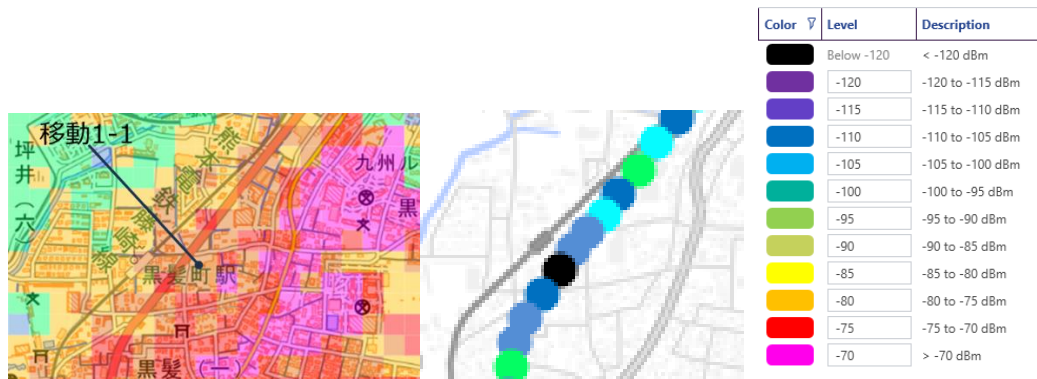


図 資料 8-24 移動 1-1 付近での事務所からの信号強度シミュレーションと測定結果

資料8.17 通信試験の結果（移動 1-2－事務所間）の考察

中継－移動 1-2 間は、図 資料 8-25 のように約 7.8km で、途中に地形の起伏があり、完全な見通しとはいえない(図 資料 8-25)。

事務所－移動 1-2 間は、図 資料 8-26 のように約 6.1km で、地表を超えられない経路である(図 資料 8-26)。

中継から移動 1-2 へは、シミュレーションで-120dBm 程度、測定結果は-105dBm 程度だった(図 資料 8-27)。実際の通信では、-102dBm であり、良好にアクセスできた。

事務所から移動 1-2 へは、シミュレーションで-100dBm 程度、測定結果は、-120dBm 程度だった(図 資料 8-28)。実際の通信では、信号の入感がなく、まったく通信できなかった。

中継の効果が大きく表れる条件で、直接通信不能な事務所と、中継機経由では良好に通信が可能となった。



図 資料 8-25 中継から移動 1-2 の経路と断面図



図 資料 8-26 事務所から移動 1-2 の経路と断面図

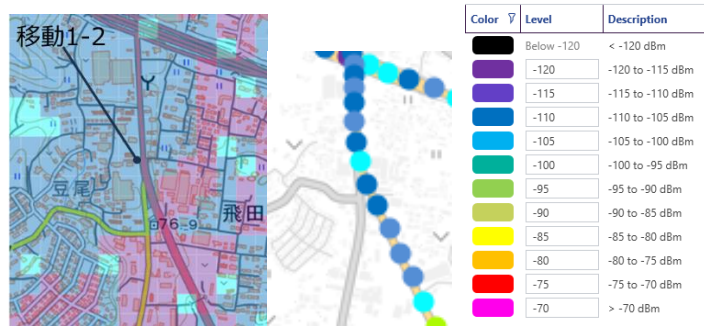


図 資料 8-27 移動 1-1 付近での中継からの信号強度シミュレーションと測定結果

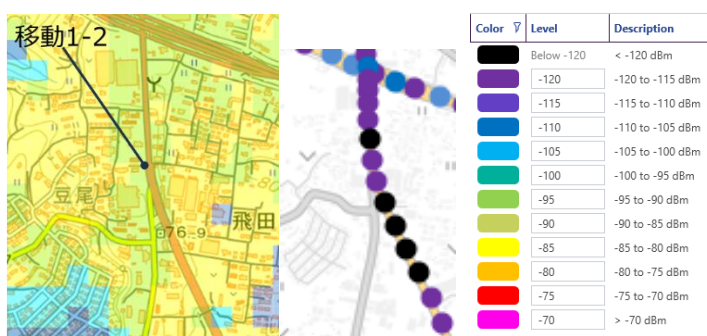


図 資料 8-28 移動 1-1 付近での事務所からの信号強度シミュレーションと測定結果

資料8.18 通信試験の結果（移動 2-6－事務所間）の考察

中継－移動 2-6 間は、図 資料 8-29 のように約 9.3km で、見通し経路である（図 資料 8-29）。事務所－移動 2-6 間は、図 資料 8-30 のように約 11.7km で、一部起伏による遮蔽がある（図 資料 8-30）。

中継から移動 2-6 へは、シミュレーションで-120dBm 以下、測定結果は-110dBm 程度だった（図 資料 8-31）。実際の通信では、-114dBm であったが、メリット 3、BER1%とあまり良好ではなかった。

事務所から移動 2-6 へは、シミュレーションで-105dBm 程度、測定結果は、-120dBm 程度だった（図 資料 8-32）。実際の通信では、信号の入感がなく、まったく通信できなかった。

移動 2-6 は、中継エリアの端部に位置すると考えられ、断面は見通しになっているが、中継の近傍にある尾根が遮蔽しているため、表 資料 8-3 の回線設計値（奥村泰モデルによる信号レベル計算 = 受信機入力 $2.7\text{dB}\mu\text{V} = -110.3\text{dBm}$ ）よりも低い信号レベルになっている。

直接通信不能な事務所と、中継機経由ではかろうじて通信が可能となった。

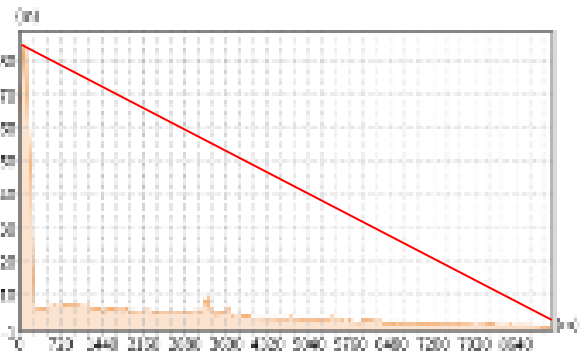


図 資料 8-29 中継から移動 2-6 の経路と断面図



図 資料 8-30 事務所から移動 2-6 の経路と断面図

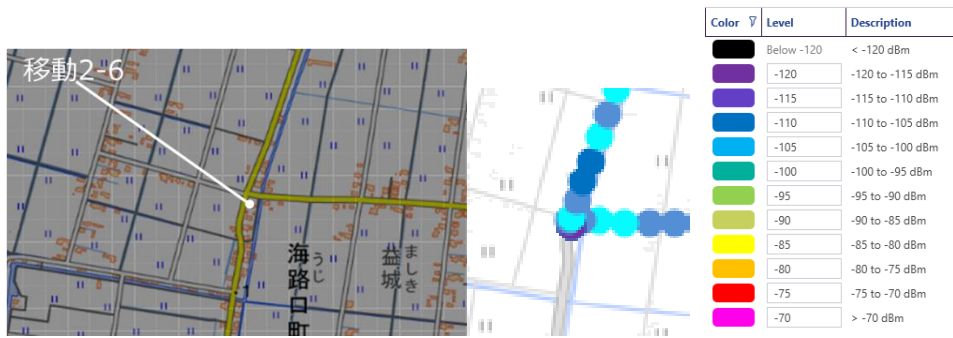


図 資料 8-31 移動 2-6 付近での中継からの信号強度シミュレーションと測定結果

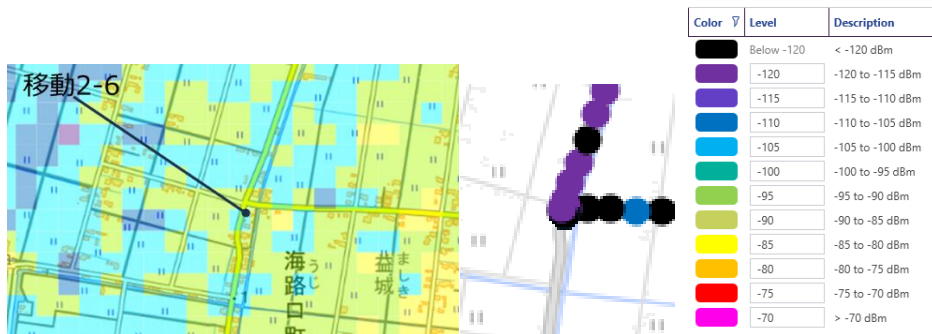


図 資料 8-32 移動 2-6 付近での事務所からの信号強度シミュレーションと測定結果

表 資料 8-3 中継から移動 2-6 の回線設計計算

受信機入力電圧	Pr	2.7	dB μ V
受信機入力電圧	Pr	-110.3	dBm
空中線電力	Pt	150.0	dB μ V
空中線電力	Pt	37	dBm
空中線電力	Pt	5.0	W
伝搬損失	Lp	149.5	dB
周波数	f	468.95	MHz
基地局空中線の実効高	hb	40	m
移動局空中線高	hm	2	m
通信区域の距離	d	9.3	km
伝搬損失の補正值	T	0	dB(市街地)
給電線損失	Lf	2.1	dB
送信空中線の絶対利得	GaAt	2.15	dBi
受信空中線の絶対利得	GaAr	2.15	dBi

資料8.19 通信試験の結果（移動局間）

移動1と移動2の間の通信について、直接通信と中継機経由を比較した結果を表 資料 8-4 に示す。

通話は、メリット評価で実施した。

移動局は、移動による環境変化が大きく、移動局同士の場合は、空中線高が低いため地形や建物による遮蔽やフレネルゾーン障害が多くなり、一般に遠方での通信は困難である。試験の結果からも中継によって通信品質が改善する場所があることが確認された。

表 資料 8-4 通信試験の結果(移動局間)

移動1 地点	移動2 地点	中継機経由						直接通信						評価
		移動1側			移動2側			移動1側			移動2側			
		RSSI [dBm]	メリット	BER [%]	RSSI [dBm]	メリット	BER [%]	RSSI [dBm]	メリット	BER [%]	RSSI [dBm]	メリット	BER [%]	
1-1	2-1	-95	5	0	-110	5	0	-114	4	1	-110	5	1	直接通信はぎりぎりだが中継機経由は良好
1-1	2-2	-95	5	0	-110	5	0	---	0	---	-117	3	2	直接通信不能だが中継機経由は良好
1-5	2-7	-96	5	0	-105	5	0	-112	5	0	-114	5	0	いずれも良好
1-6	2-8	-96	5	0	-116	5	1	-116	5	0.6	-106	5	0	いずれも良好

資料8.20 通信試験の結果（移動 1-1ー移動 2-2 間）の考察

移動 1-1ー移動 2-2 間は、図 資料 8-33 のように約 10.9km で、見通しはない(図 資料 8-33)。

中継ー移動 1-1 間は、図 資料 8-34 のように約 4.6km で、途中に地形の起伏があり、完全な見通しとはいえないが、測定結果は-95dBm 程度だった(図 資料 8-34、図 資料 8-36)。

中継ー移動 2-2 間は、図 資料 8-35 のように約 6.5km で、一部起伏による遮蔽があり、完全な見通しとはいえないが、測定結果は-100dBm 程度だった(図 資料 8-35、図 資料 8-37)。

このような条件のため、移動局間の直接通信は不可能だったが、中継機経由では良好な通信ができた。

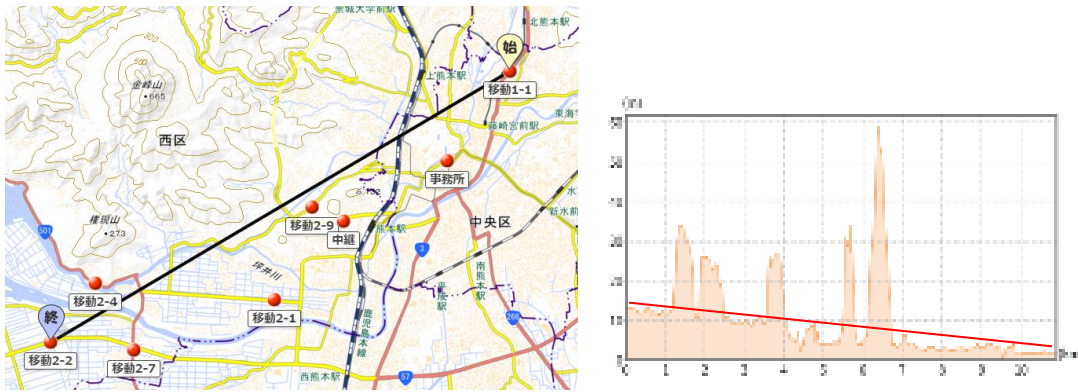


図 資料 8-33 移動 1-1 から移動 2-2 の経路と断面図

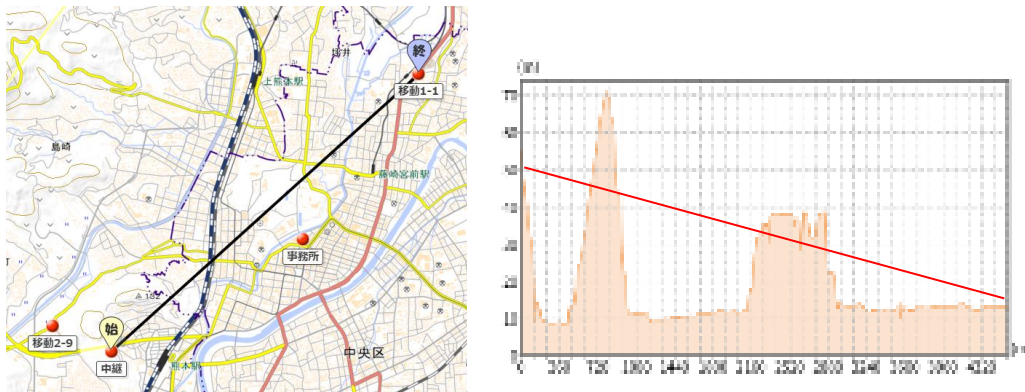


図 資料 8-34 中継から移動 1-1 の経路と断面図

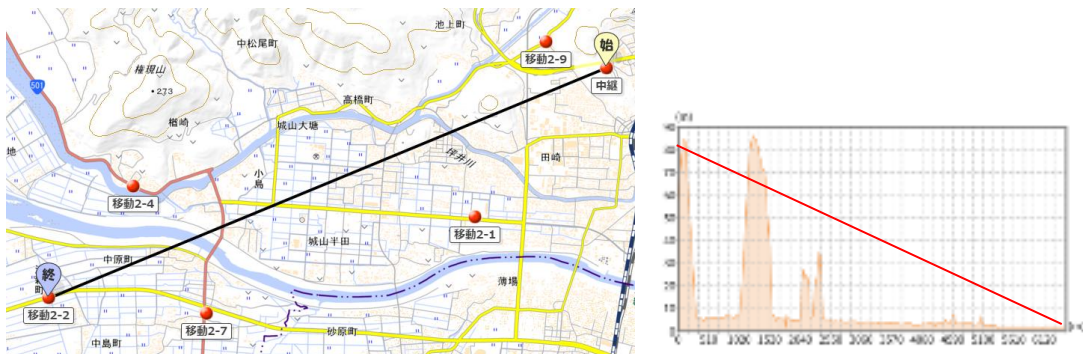


図 資料 8-35 中継から移動 2-2 の経路と断面図

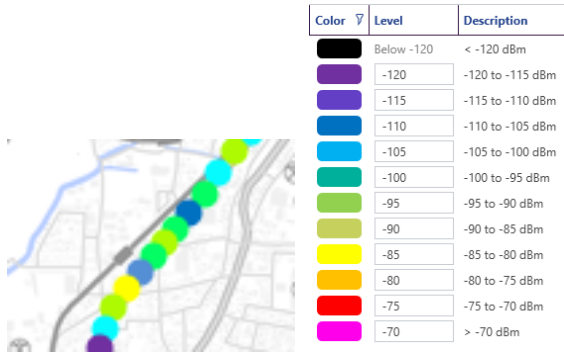


図 資料 8-36 移動 1-1 付近での中継からの信号強度測定結果

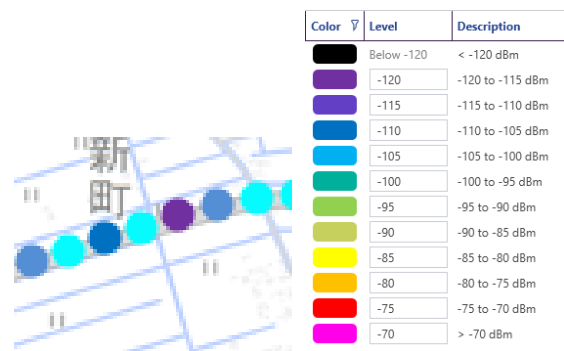


図 資料 8-37 移動 2-2 付近での中継からの信号強度測定結果

資料8.21 通信試験の結果のその他の考察

資料8.21.1 都市雑音

都市雑音の測定結果は図 資料 8-38 及び図 資料 8-39 のようになった。

図 資料 8-38 は信号レベルが測定できた場所のみプロットしている。図 資料 8-39 は全プロットである。

市街地や高台などで時々-110~-120dBm 程度の雑音が観測できている。

電波法関係審査基準では、受信機は、目的信号の強度に対して雑音が 22dB 低いことで通信の品質が保たれるとしている。したがって、-110dBm の雑音が観測される場所では、目的信号は-88dBm 以上の強度が必要となる。

近年、車両や事務機器、PC や照明器具など雑音を発生する機器が増え、その発生周波数も高くなってきている。回線設計の際には周囲に存在する雑音も考慮する必要があることがわかる。

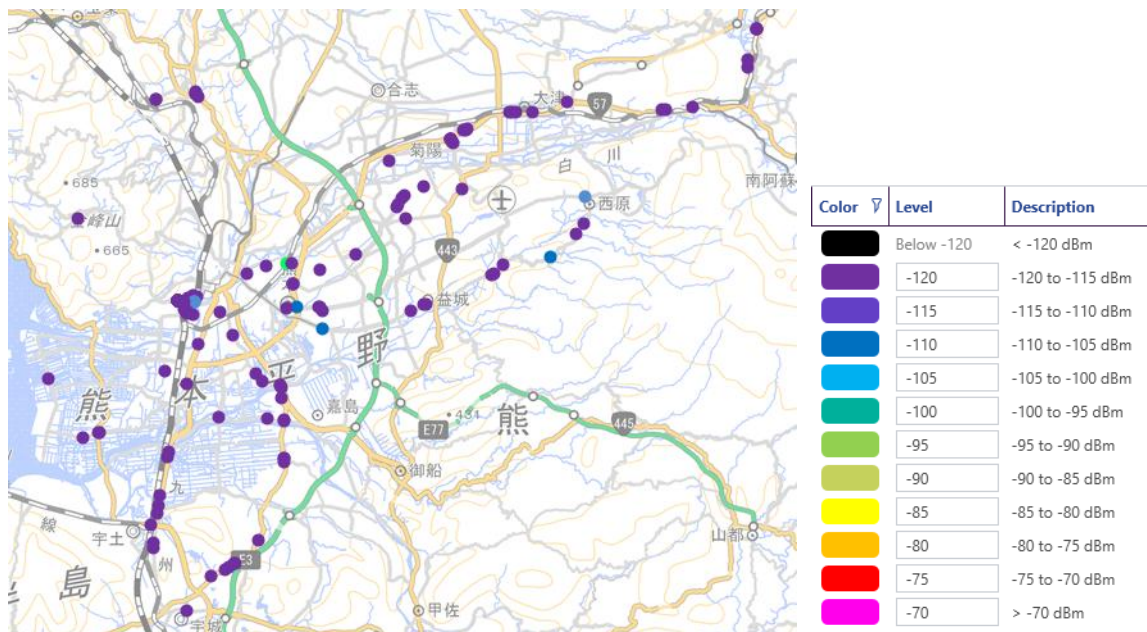


図 資料 8-38 都市雑音の測定結果(レベルが測定されたもの)

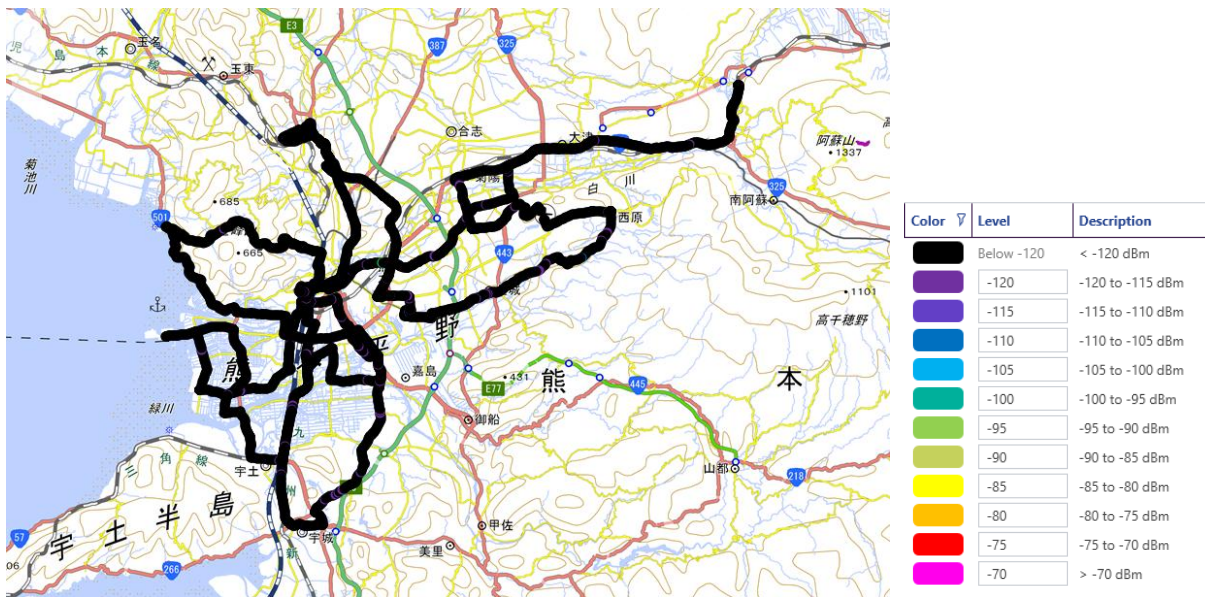


図 資料 8-39 都市雑音の測定結果(全体)

資料8.21.2 中継によって改善されない場合

今回の試験では、直接通信が可能で中継機経由の通信ができない場所が見つけれなかったが、実際の置局では、そのような場合が生じる可能性がある。

図 資料 8-40 は、金峰山の北側で、中継機設置場所から6km程度の場所である。中継からの電波は山によって遮蔽され、事務所からの信号よりも中継からの信号の方が弱くなっており、「入感なし」の黒色になっている。このような場所では、事務所からの信号は良好(水色プロット)だが、中継機からの信号は入感しない、という状況になると考えられる。

したがって、中継機の設置が万能ということではない。所要エリアをカバーするためには、綿密な回線設計によって中継機の設置場所や構成を充分検討する必要がある。

Color	Level	Description
Black	Below -120	< -120 dBm
Dark Purple	-120	-120 to -115 dBm
Purple	-115	-115 to -110 dBm
Blue	-110	-110 to -105 dBm
Cyan	-105	-105 to -100 dBm
Green	-100	-100 to -95 dBm
Light Green	-95	-95 to -90 dBm
Yellow-Green	-90	-90 to -85 dBm
Yellow	-85	-85 to -80 dBm
Orange	-80	-80 to -75 dBm
Red	-75	-75 to -70 dBm
Pink	-70	> -70 dBm

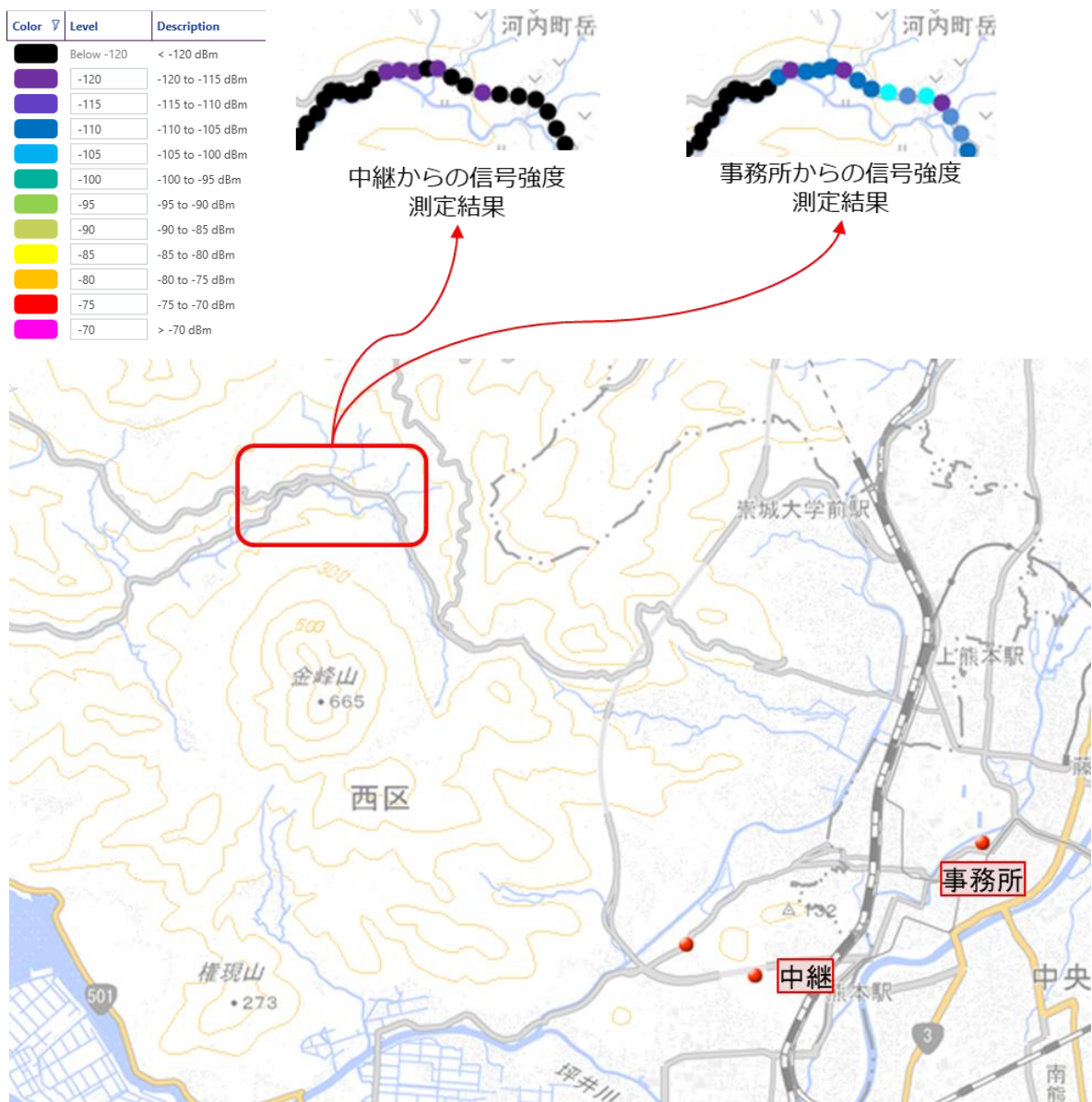


図 資料 8-40 中継によって改善されない可能性がある場所

資料8.21.3 移動体のフェージング特性

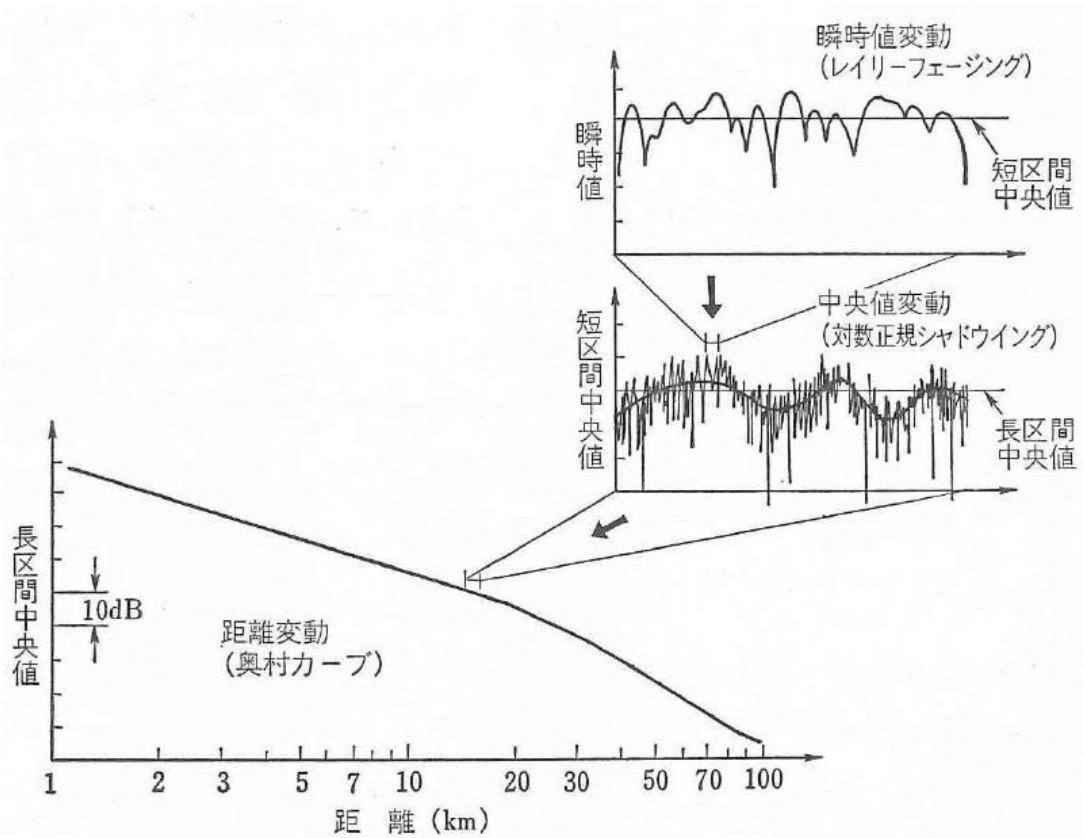
移動体の電波伝搬は、伝搬距離による減衰のほかに、地形や地物による電界強度の中央値変動、及び瞬時値変動があり、これらの変動が重なり合っている(図 資料 8-41)。

伝搬距離による減衰は、数百メートル程度の穏やかな変化となる。

電界強度の中央値変動は、地形や地物による回折(電波の進路が曲げられる現象)、反射(電波が跳ね返って進路が変わる現象)、及び吸収(電波が吸い取られて減衰する現象)が要因であり、数十メートル程度の区間の緩慢な変動になる。

瞬時値変動は、回折や反射などによりさまざまな異なる経路から届く電波が受信点で重なり合うことで波の干渉によって発生する現象でフェージングと呼ばれ、伝搬環境が特定できないため、一般に確率論(所要受信レベルを下回る時間率など)で評価される。伝搬が見通せない陸上移動伝搬路の場合、この確率分布がレイリー分布となるため、レイリーフェージングとも呼ばれる。上空、

ビル屋上や山上からの見通しのある伝搬の場合は、仲上ーライス分布となるため、ライスフェージングとなる。



出典: 移動通信の基礎 社団法人電子情報通信学会奥村善久、進士昌明監修

図 資料 8-41 陸上移動伝搬特性

資料 8.7、資料 8.9 及び資料 8.10 の信号強度試験は、固定された中継及び事務所の信号を移動する車両で測定した。

信号強度の変化は、車両が移動する数 10km/h の場合、数 ms 単位の短時間に発生する。今回信号強度測定に利用した無線機は、信号強度の平均化処理があり、短区間中央値が測定できているものと考えられる。

資料 8.11、資料 8.14 及び資料 8.19 の通信試験は、車両を停止した状態で試験した。

車両をランダムな位置で停止した場合、瞬間値変動の山や谷に当たる可能性がある。今回の試験において、信号強度測定の結果よりも通信試験の結果が良い、あるいはその逆という結果があるのは、このような伝搬特性によるものと考えられる。

実際の置局設計においては、このようなフェージングの影響を加味して、エリア内の信号強度レベルを上げ、瞬間値変動の谷の部分でも通信が可能となるようにマージンを設けて設計される。

デジタル通信の場合のフェージングは、伝送ビットのエラーを生じさせる。デジタル変調の伝送速度(1ビットの時間長)に対してどのくらいの時間信号レベルが低下するか、つまり走行速度と波長の関係で所要信号強度(受信感度)が変化する。

図 資料 8-42 に 4 値 FSK 無線機の受信感度特性例を示す。静特性のほか、レイリーフェージングとライスフェージングでの評価をしている。記載周波数は、最大ドップラー周波数で、450MHz

の場合、20Hz=約 50km/h、80Hz=約 200km/h、120Hz=約 300km/h の移動速度を意味する。速度が高速になるほど受信感度が低下(所要受信強度が増加)することがわかる。

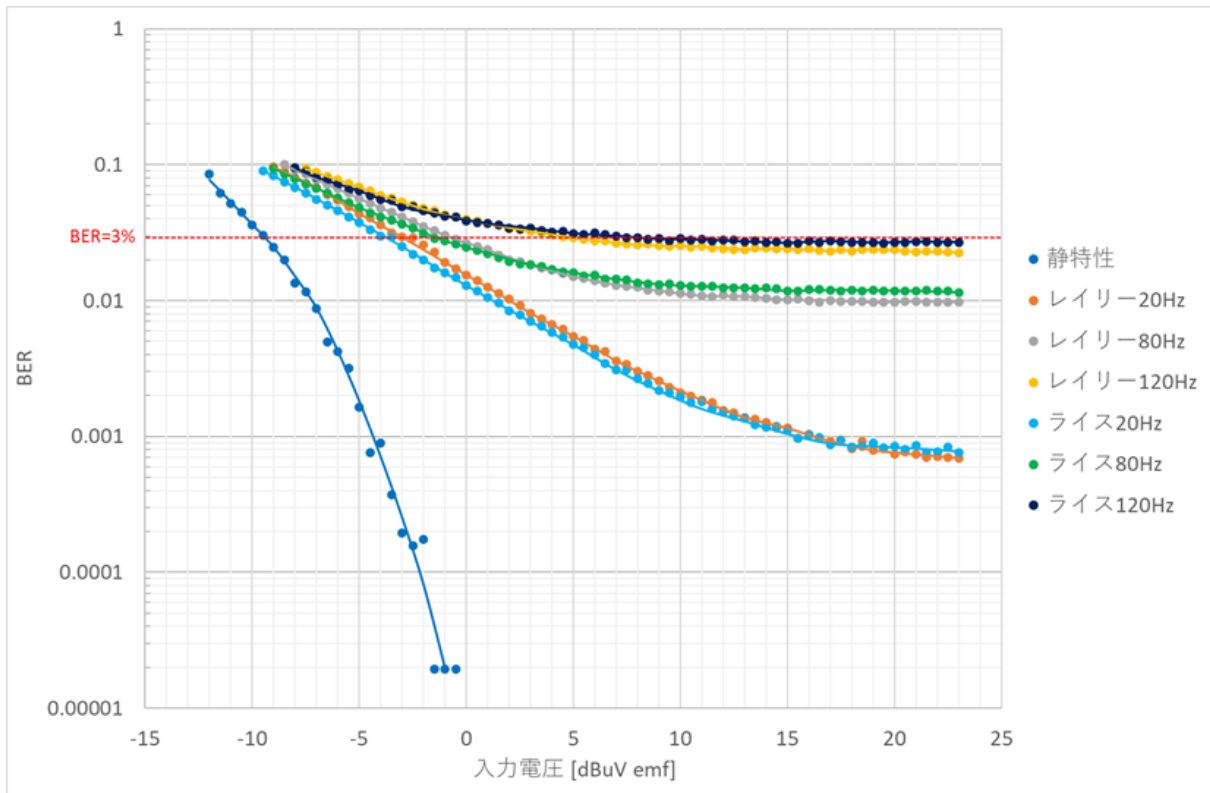


図 資料 8-42 受信感度特性例

狭帯域デジタル通信方式はすべて、移動無線通信に適用できるものであるが、変調方式によってフェージング耐性(感度特性)が異なるため、利用環境に適した変調方式を選定し移動特性を考慮した回線設計を用いることが望ましい。

資料8.21.4 中継システムの効果

2.2.3 のニーズでは、多くが伝搬エリアの改善であり、実証試験の結果から、中継システムを利用することでニーズに対応できることが期待できる。

また、2.4.3 でとりあげた簡素化された運用形態についても本実証試験の事務所のような構成でも充分実用になることが確認された。

資料9 実験試験局

実証試験に用いた実験試験局の諸元を表 資料 8-5 に示す。

表 資料 8-5 実験試験局の諸元

タイプ	中継機 中継型	事務所 車載型	移動車両 携帯型
空中線電力	10W	10W	5 W
周波数	458.025 MHz 468.95 MHz		
変調方式	4 値 FSK		
電波型式	5K80F1D / 5K80F1E		
空中線利得	2.15 dBi	2.15 dBi	2.15 dBi
空中線	1/2λ マグネットホイップアンテナ		
給電線	5D-2V 5m		
給電線等損失	共用器損失 TX:1.5dB RX:1.5dB 給電線損失 0.6 dB	給電線損失 0.6 dB	給電線損失 0.6 dB
空中線地上高	1.8m(車両屋根)	地上高約 20m 床面高約 0.3m (5 階室内設置)	1.8m(車両屋根)
電源	リチウムイオン電池	AC/DC スイッチング電源 AC 100 V 入力	リチウムイオン電池
電源電圧	DC +13.6 V	DC +13.8 V	DC +7.4 V
通信方式	一周波単信、 二周波単信、 二周波半複信 (復信動作)	一周波単信、二周波単信、二周波半複信(単信動作)	
中継方式	再生中継方式	—	—

資料10 通信方式と収容局数

自営系移動無線の中継システムは、「半複信」通信方式であり、移動局(子機)側は「単信」通信方式である。

単信通信方式は、1局のみが送信し、他の局はすべて受信する方式である。この場合の受信は、テレビやラジオ放送の受信のように多くの局が信号を受信するだけであるため、局数に制限がない。

つまり、技術的には収容局数に制限がないといえる。

このようなシステムの場合、運用面を含めた収容局数は、「呼損率」で検討される。

呼損率は、なんらかの連絡要件が発生して通信(送信)を開始しようとしたときに、他局が通信中のため通信開始に失敗する確率である。

呼損率は、簡易無線など比較的簡易な業務では20%、一般業務用無線では業種等により5%~15%、地域振興MCAやMCA無線では3%、重要無線等では1%以下などの値で検討される。

呼損率の計算は、通信の頻度、通信の長さを用いて、最もシステムの利用率が高い(呼損率が大きい)ときを条件設定して求める。

収容局数や必要チャンネル数の計算には、アーランB式を用いる。

アーランB式:

$$B = \frac{\frac{a^n}{n!}}{1 + \frac{a}{1!} + \frac{a^2}{2!} + \dots + \frac{a^n}{n!}}$$

n :チャンネル数[チャンネル]

a :呼量[アーラン]

B :呼損率

ここで、呼量とは、一番通信が多い時間帯におけるチャンネルの利用率である。したがって、実用的な収容局数や必要チャンネル数は、業務内容や通信内容に大きく依存するため、一概には定義できない。

必要チャンネル数(回線数)を求めるためには、アーランB式をチャンネル数について変形する必要があるが困難なため、チャンネル数と呼量から求められる呼損率を表 資料 9-1 のような呼損率表とし、呼量と所要呼損率をもとに表によってチャンネル数を求める方法をとることが多い。

表 資料 9-1 呼損率表の例

回線数\呼量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.5	0.666667	0.75	0.8	0.833333	0.857143	0.875	0.888889	0.9	0.909091
2	0.2	0.4	0.529412	0.615385	0.675676	0.72	0.753846	0.780488	0.80198	0.819672
3	0.0625	0.210526	0.346154	0.450704	0.529661	0.590164	0.637546	0.675462	0.706395	0.732064
4	0.015385	0.095238	0.206107	0.31068	0.398343	0.469565	0.527345	0.574635	0.613809	0.646663
5	0.003067	0.036697	0.110054	0.199067	0.284868	0.3604	0.424719	0.479008	0.524908	0.563952
6	0.000511	0.012085	0.052157	0.117162	0.191847	0.264922	0.33133	0.389752	0.440516	0.484515
7	7.3E-05	0.003441	0.021864	0.062749	0.120519	0.185055	0.248871	0.308165	0.361585	0.409041
8	9.12E-06	0.000859	0.008132	0.03042	0.070048	0.121876	0.178822	0.23557	0.289158	0.338318
9	1.01E-06	0.000191	0.002703	0.01334	0.037458	0.075145	0.122101	0.173141	0.2243	0.273208
10	1.01E-07	3.82E-05	0.00081	0.005308	0.018385	0.043142	0.078741	0.121661	0.167963	0.214582
11	9.22E-09	6.94E-06	0.000221	0.001926	0.008287	0.022991	0.047717	0.081288	0.120821	0.163232
12	7.68E-10	1.16E-06	5.52E-05	0.000642	0.003441	0.011365	0.027081	0.051406	0.083087	0.119739

たとえば、あるシステムで最煩時の呼量が3の場合、呼損率5%を満足するチャンネル数は、表 資料 9-1 の最上行の呼量から3の列をみつけ、その列で呼損率5%を満たす行を探す。この場合、

0.052157 の行では 5%を超えているため、その下の 0.02703 の行を選択する。その行の最左列の回線数(チャンネル数)7 が必要なチャンネル数となる。

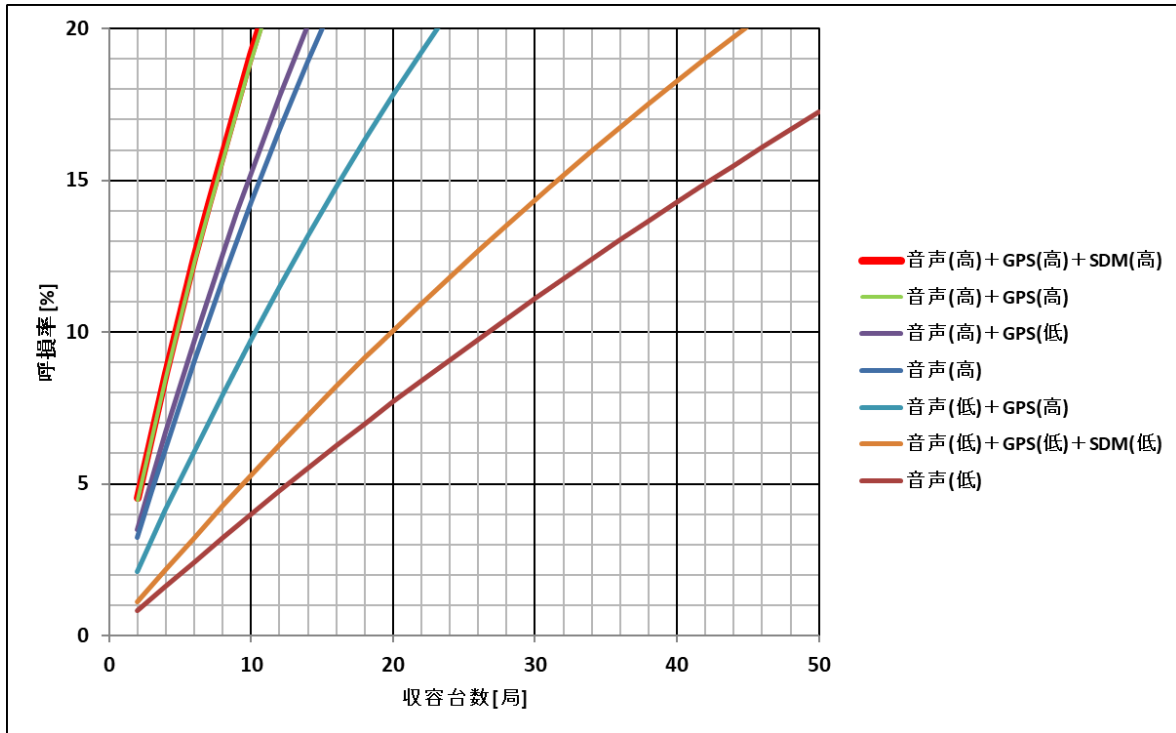
実際の計算例として、業務用無線通信システムに関する調査検討(平成 26 年北海道総合通信局)によれば、表 資料 9-2 のような通話モデルを設定した場合、それぞれの通話モデルの無線局を 1 つのチャンネルに収容できる局数は表 資料 9-3 のようになる。また、この通話モデルにおいて設定する呼損率と収容局数の関係は図 資料 9-1 のようになる。

表 資料 9-2 通話モデル

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

表 資料 9-3 通話モデルごとの収容局数

通話モデル	呼損率	5%	10%	15%
	音声(高)+GPS(高)+SDM(高)		2	4
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



見え難いが、「音声(高)+GPS(高)+SDM(高)」と「音声(高)+GPS(高)」のグラフはほぼ重なっている。

図 資料 9-1 通話モデルごとの収容局数と呼損率

資料11 二周波方式の周波数離隔について

二周波半複信方式によって中継システムを構築する場合、中継機が複信動作(送信と受信を同時に行う動作)を行うためにある程度の離隔をもった2つの周波数をペアにして使用する。中継機は周波数1を受信して周波数2で(ほぼ)同時に再送信することで中継を行う。移動局では周波数2を受信し周波数1を送信するが、送受は交互に行う(送信中は受信できない)。

この2つの周波数の離隔には、適切な範囲がある。

資料11.1 帯域阻止フィルタの価格から

中継機では、自局の送信信号が自局の受信機に影響を与えないようにフィルタを挿入する必要がある。

一般にこのフィルタには、帯域阻止フィルタ(BEF)が用いられる。送信側には、送信機の不要発射を低減するため、受信周波数を阻止するフィルタを挿入する。受信側には、送信機の送信する電力を阻止するフィルタを挿入する。したがって、一方の周波数を阻止し、もう一方の周波数はできるだけ損失なく通過させる特性のフィルタとなる。

空中線共用器の諸元の例を表 資料 11-1 に示す。中継機の送信出力が受信入力に入り込むのを防ぐために70dB以上の減衰をさせる構成としている。また、中継機からの不要発射を阻止するために70dB以上の減衰をさせる構成としている。この共用器は、実験試験用として高群低群を入れ替えて使用できるように構成している。この共用器の特性は、図 資料 11-1 及び図 資料 11-2 のようになっている。たとえば図 資料 11-1 では、通過周波数(赤丸で示したマーカー1、2のところ)の減衰量がおよそ1dB、阻止周波数(水色丸で示したマーカー3、4のところ)の減衰量が80dBを超えていることがわかる。周波数離隔がおよそ3.5MHzと小さいため、通過周波数の帯域に余裕がない。

空中線共用器の大きさや価格は、離隔周波数のほか許容電力や減衰量に依存するが、このような共用器の場合、20~40万円程度の費用がかかる。

表 資料 11-1 空中線共用器の諸元

項目	仕様
低群側周波数 F_l	465.03125 MHz~465.15625 MHz
高群側周波数 F_h	468.54375 MHz~468.66875 MHz
挿入損失(低群側)	1.5 dB 以下
挿入損失(高群側)	1.5 dB 以下
減衰量(低群側)	70 dB 以上(F_h に於て)
減衰量(高群側)	70 dB 以上(F_l に於て)
特性インピーダンス	50 Ω
定在波比(低群側)	1.3 以下(F_l に於て)
定在波比(高群側)	1.3 以下(F_h に於て)
伝送許容電力	50W
接続端子	N-J 型
周囲温度範囲	-10 $^{\circ}\text{C}$ ~ +50 $^{\circ}\text{C}$
外形寸法 WxHxD[mm]	360x100x230 (突起物含まず)
質量	14.5 kg 以下

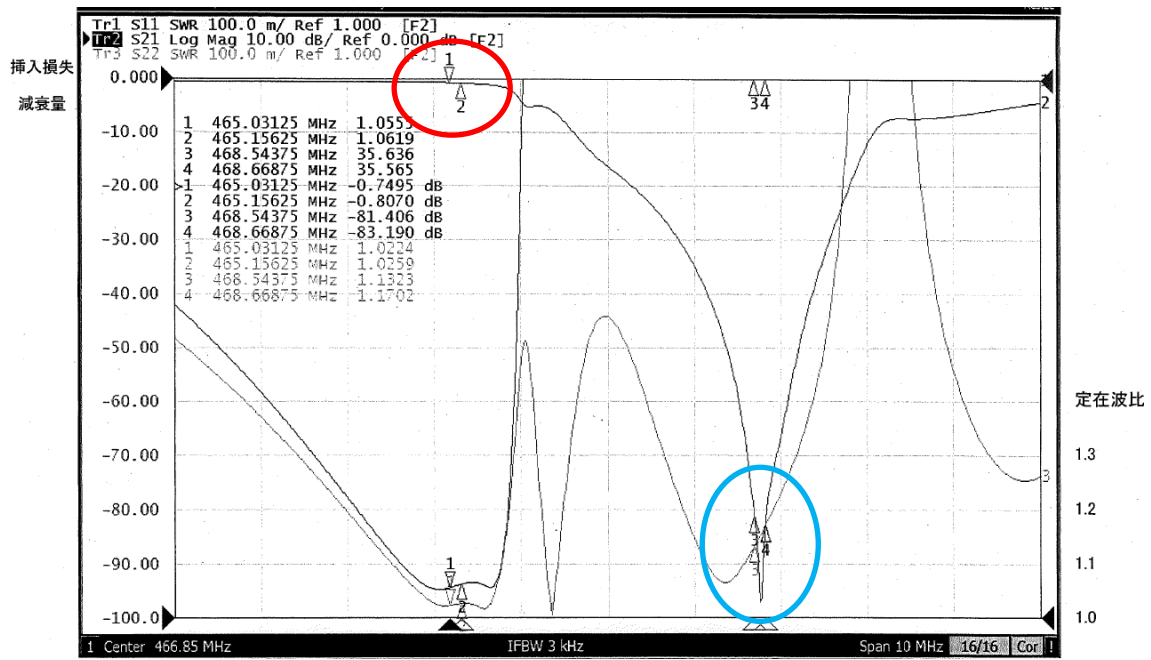


図 資料 11-1 空中線共用器の低群側特性

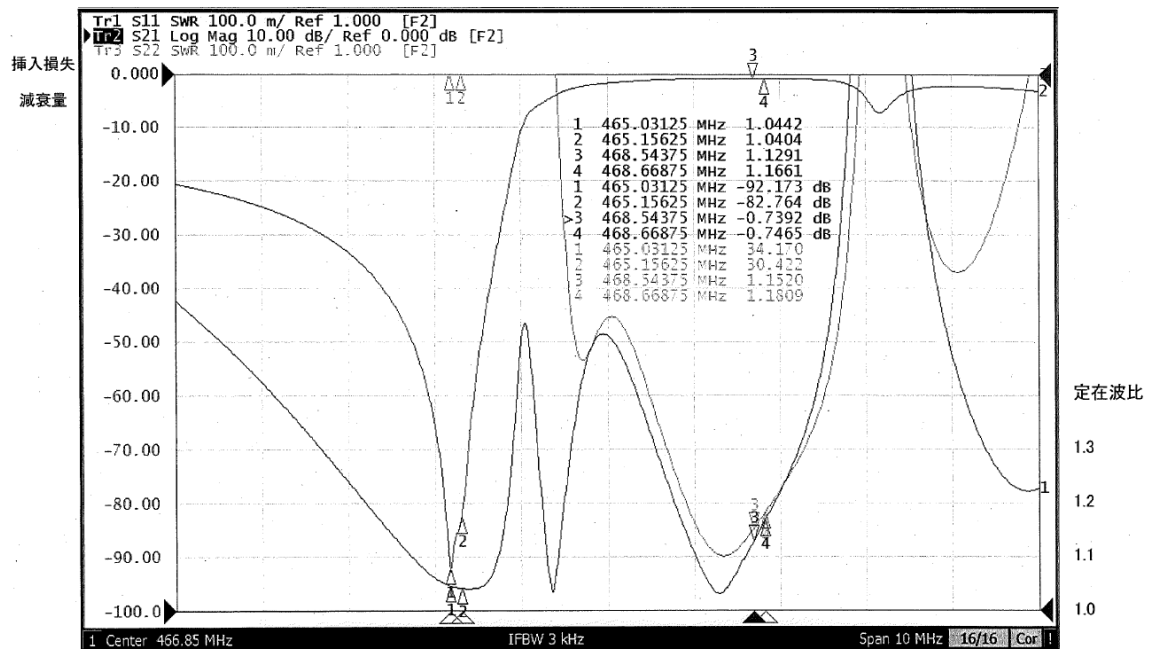


図 資料 11-2 空中線共用器の高群側特性



図 資料 11-3 空中線共用器の外観と内部

フィルタは共振回路の特性を利用するため、阻止周波数と通過周波数の離隔が小さいと価格が上昇する。

標準的な BEF を用いた UHF 帯用空中線共用器の価格例を表 資料 11-2 に示す。価格比率は、5MHz 離隔のものを 1 とした。空中線共用器の価格面からは、4MHz 以上の離隔が望ましい。

表 資料 11-2UHF 帯用空中線共用器の価格比率

離隔周波数[MHz]	価格比率
1	3.78
2	1.22
3	1.22
4	1
5	1
6	1
7	1
8	0.86
9	0.86
10	0.86

資料11.2 空中線の特性から

中継機の空中線の特性は、良好な特性(VSWR1.2以下)を求めると、一般的なもので中心周波数 $\pm 1.5\%$ 程度(450MHzで6.75MHz)となる。標準的な利用範囲のVSWR1.5以下であれば $\pm 3\%$ 程度(同13.5MHz)となる。(図資料11-4)

車載型の空中線の特性は、標準的な利用範囲のVSWR1.5以下で $\pm 3\%$ 程度(同13.5MHz)、携帯型でも同程度の範囲になっている。

中継機では、送信と受信の空中線を別にする方法もあるが、それぞれの設置場所が必要になるほか、機材費や工事費などのコスト面で送信と受信の空中線を共用することが一般的である。

図資料11-4のように、空中線の特性は利用範囲の端部において特性が急峻に変化する傾向にある。これは、製品寸法のわずかな誤差や設置工事の組み立て誤差等により、VSWRが悪化する可能性を意味する。したがって、前述の $\pm 3\%$ 程度(450MHzで13.5MHz)に対して機器マージンを見込み、離隔周波数は12MHz以下であることが望ましいといえる。

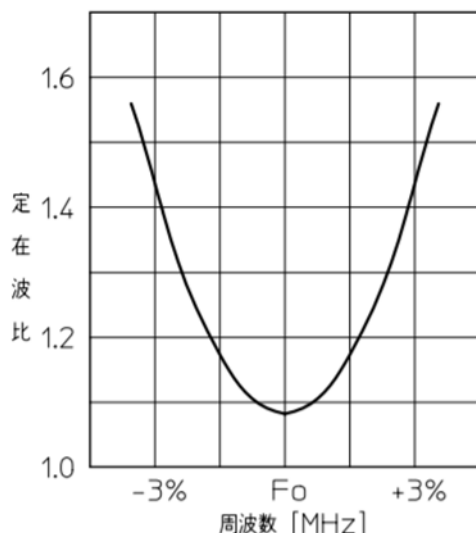


図 資料 11-4UHF 帯空中線の特性例

資料11.3 望ましい周波数離隔

以上を考慮すると、UHF 帯における二周波半複信方式の周波数離隔は、4MHz~12MHz が望ましいと考えられる。

資料12 技術解説

以下は、本調査検討に係る技術の解説である。

資料12.1 同一チャンネル干渉とは

無線機が受信している同一の周波数に別の信号が存在することで生じる干渉のこと

簡易無線を除く自営系移動無線では、基本的に専用の周波数が割り当てられるが、有限な周波数が不足することは容易に想像できる。そこで、周波数の有効利用のために、無線局が移動できる範囲を制限し、電波が到達しない離れた地域で同じ周波数が繰り返し利用される(図 資料 12-1)。

同一の周波数を使用する場合、目的外の信号(他無線局の信号)強度がどの程度であれば周波数の再利用が可能かを設定した条件が同一チャンネル共用条件である。

変調方式によって必要な D/U 比(所要 D/U=受信信号に対する妨害信号の強度)が定められている。

所要 D/U は、受信品質を保つために必要な値に加えて、機器マージン(機器の設計製造における部品や性能のばらつきを考慮した余裕値)を考慮し、電波法関係審査基準に規定されている。

したがって、同一チャンネル干渉は発生しない仕組みになっているが、審査時に条件設定できなかった地形や建造物による反射・回折、季節や気象条件などによる異常伝搬によって、他無線局の信号が想定以上の強度になる場合に混信・干渉が生じることがある。

狭帯域デジタル通信方式の場合、所要 D/U はプラスの値(妨害信号が受信信号に対して低いレベル)となり、妨害信号はノイズレベル程度である必要がある。

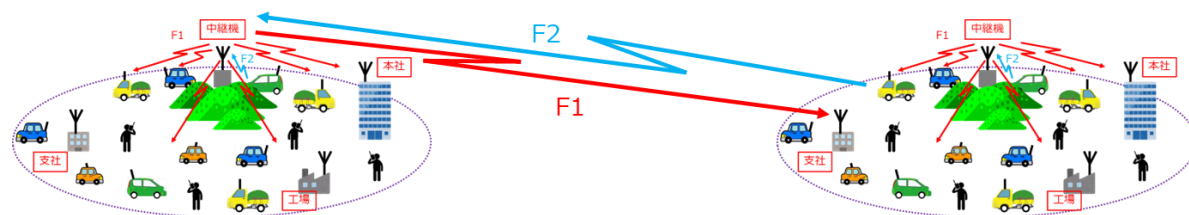


図 資料 12-1 周波数の繰り返し利用と同一チャンネル干渉

資料12.1.1 C/NとD/U

受信機が受信信号を正しく復調して情報を取り出すためには、受信信号強度が他の不要信号(混信干渉波やノイズ)の強度に比べて強い必要がある。受信信号強度を C(Carrier)、不要信号を N(Noise)としてその比率を C/N で表す。

電波法関係審査基準では、通信品質を確保するために最低限必要な C/N 値(所要信号対雑音比=所要 C/N)を図 資料 12-2 のように定めている。

干渉の検討では、希望受信信号を D(Desired Signal=希望波)、干渉信号を U(Undesired Signal=不要波)として、その比率を D/U で表す。

電波法関係審査基準では、同一周波数干渉の D/U は、所要 C/N 以上であることと定めている。

ア 所要信号対雑音比 (C/N) (基準C/Nと機器マージン6dB (固定劣化を含む。) の和)

変調方式	所要信号対雑音比 (C/N)
RZ SSB	21dB (S/N = 30dB相当、基準C/N = 12dB)
$\pi/4$ QPSK (SCPC)	21dB (BER = 3×10^{-3} 相当、基準C/N = 15dB)
$\pi/4$ QPSK (TDMA)	21dB (BER = 3×10^{-2} 相当、基準C/N = 15dB)
4FSK (SCPC)	22dB (BER = 3×10^{-3} 相当、基準C/N = 16dB)
4FSK (TDMA)	22dB (BER = 3×10^{-2} 相当、基準C/N = 16dB)

出典:電波法関係審査基準

図 資料 12-2 狭帯域デジタル通信方式の所要信号対雑音比

資料12.2 隣接・近接周波数干渉とは

隣接周波数干渉は、隣接チャンネルを使用する別の無線局の信号による干渉で、近接周波数干渉は、近接の周波数(次隣接から数 MHz 程度)を使用する別の無線局の信号による干渉である(図資料 12-3)。

いずれも以下の3つの要因による。

資料12.2.1 送信機が発射する漏洩電力

送信の際、目的信号以外の帯域にも信号が発生する現象。無線信号を生成する発振器の特性や高周波増幅器の特性による。法令により許容値が制限され、低減する技術は用いられているが限界があり、極めて低いレベルで輻射が生じるため、設置場所が近い受信機に影響を与える。

資料12.2.2 受信機の選択度

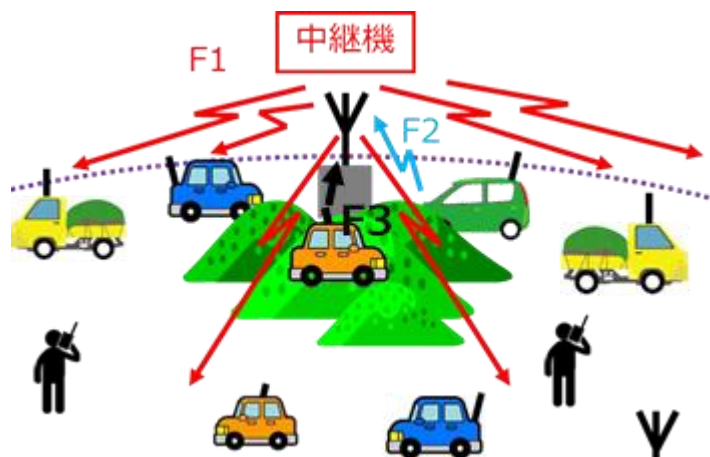
受信機では、アンテナから得た信号をフィルタで選別して必要な周波数の信号のみを取り出す。近年は、デジタル信号処理によるフィルタも多く用いられているが性能には限界があり、隣接・近接のきわめて強い信号を分離しきれずに影響を受ける。

資料12.2.3 受信機のダイナミックレンジ

隣接・近接の周波数を分離するフィルタはIF段以降の後半部分にある。したがって、高周波増幅部や周波数変換回路などには、隣接・近接の周波数も目的信号に混ざって入力される。高周波増幅回路や周波数変換回路などには、扱える信号レベルに範囲があり、きわめて強い隣接・近接の信号が入力されると目的信号の増幅度が低下して受信感度が低下するなどの影響が生じる。また、近年のデジタル信号処理では、デジタル信号処理部で扱える信号レベルに合わせるため、自動で増幅度を調整する仕組みも併用されることが多く、きわめて強い隣接・近接の信号が入力されるとその信号レベルに合わせて増幅度が調整されて受信感度が低下するなどの影響を受ける。このような受信感度の低下を感度抑圧という。

電波法関係審査基準には、現実的な性能の無線機を元にした審査基準値が設定されており(図資料 5-4)、一般的な無線機はこの基準値を上回る性能を有するため、マージンをもって審査されることになる。

送信機の基本性能および受信機の基本性能に依存するため、無線設備設置後の追加の対策は困難な場合が多い。(妨害信号の周波数が大きく離れている場合は、フィルタの追加による対策が可能な場合もある)



中継機が F2 を受信中、きわめて近い場所で別のシステムの無線局が F3 を送信すると中継機の受信動作に影響が生じる場合がある。

図 資料 12-3 隣接・近接周波数干渉の例

資料12.3 相互変調とは

2つの周波数の信号によって別の周波数の信号が生成される現象。

たとえば、図 資料 12-4 のように 2MHz 離れた信号 A と信号 B があつたとき、相互変調によって信号 A の下側 2MHz と信号 B の上側 2MHz に信号が生成される。同時に、さらに 2MHz 離れた場所などにも多数の信号が生成されるが、干渉の検討としては、図 資料 12-4 のように等間隔に並ぶ 2つの生成信号だけを検討対象としている。

この相互変調による生成信号の周波数が受信信号と一致する関係の場合、受信信号が生成信号の影響を受けて受信干渉が生じる。

要因は以下のとおり。

資料12.3.1 受信機内部での生成(受信 IM)

受信機の増幅回路に信号 A、B が入力され、そこに歪が生じると相互変調の信号が生成される。つまり、増幅回路の基本動作レベルを上回る強い信号が入力される場合に発生しやすい。受信機は大きな信号レベルでも歪を生じにくくなるように回路設計されるが限界がありきわめて強い信号によって干渉が生じる。

資料12.3.2 送信機内部での生成(送信 IM)

たとえば信号 A の送信機 A と信号 B の送信機 B がきわめて近くに設置されるような場合、信号 A の送信機 A のアンテナからきわめて強い信号 B が送信機 A に入力され、高周波増幅部で相互変調による信号が生成され、送信機 A から送信される。同様に送信機 B からも生成信号が送信される。

資料12.3.3 金属接合部での生成(パッシング IM)

異なる金属の接合部に信号 A、B が与えられると相互変調による信号が生成される。アンテナの近傍に鉄塔や構造物などがあると発生する可能性がある。

一般的には、送信 IM やパッシブ IM は発生率が低く無線設備設置後の追加対策も可能なことから、干渉の検討は受信 IM だけを対象としている。

電波法関係審査基準には、現実的な性能の無線機を元にした審査基準値が設定されており(図資料 5-7)、一般的な無線機はこの基準値を上回る性能を有するため、マージンをもって審査されることになる。

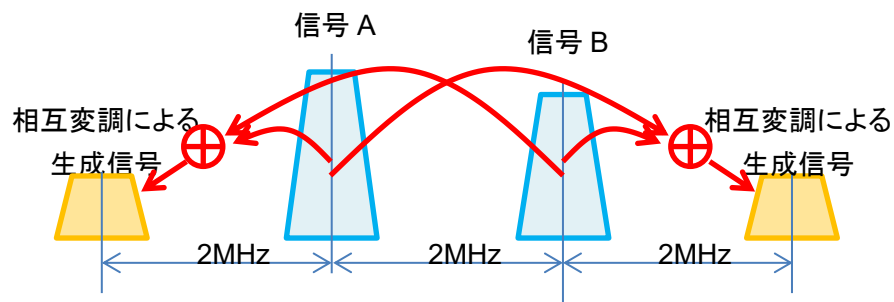


図 資料 12-4 相互変調

資料12.4 狭帯域デジタル通信方式

無線設備規則第 57 条の 3 の 2 に以下のように規定されるデジタル変調方式で、自営系移動無線に多く用いられる。

無線設備規則第 57 条の 3 の 2 狭帯域デジタル通信方式(変調方式が四分の π シフト四相位相変調、オフセット四相位相変調、四値周波数偏位変調、一六値直交振幅変調又はマルチサブキャリア一六値直交振幅変調であるものをいう。)

変調方式は、以下の 5 種類がある。

- 四分の π シフト四相位相変調 ($\pi/4$ シフト QPSK)
- オフセット四相位相変調(オフセット QPSK)
- 四値周波数偏位変調(4 値 FSK)
- 一六値直交振幅変調(16QAM)
- マルチサブキャリア一六値直交振幅変調(M16QAM)

チャンネル間隔と多重数によって、表 資料 12-1 のような方式が規定されているが、現在利用されていないあるいは今後の需要が見込まれない方式がある(表中「×」印で表記)。

表 資料 12-1 狭帯域デジタル通信方式の種類

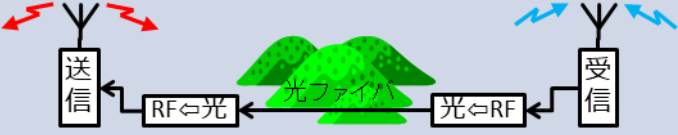
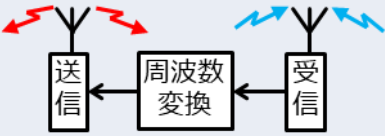
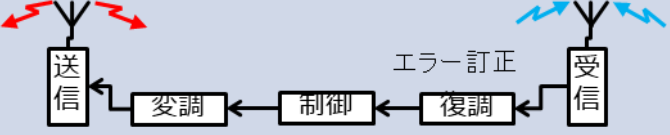
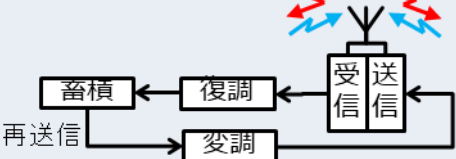
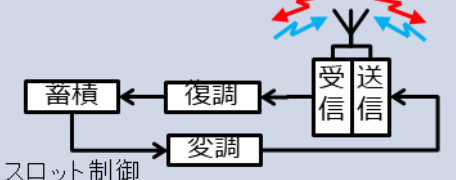
	$\pi/4$ シフト QPSK					オフセット QPSK				
	6.25	12.5	12.5	25	25	6.25	12.5	12.5	25	25
チャンネル間隔[kHz]	6.25	12.5	12.5	25	25	6.25	12.5	12.5	25	25
アクセス方式	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA
複信方式	FDD	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	FDD	TDD	FDD	TDD
多重数	1	2	1	4	2	1	2	1	4	2
需要		×	×		×	×	×	×	×	×

	4 値 FSK				
	6.25	12.5	12.5	25	25
チャンネル間隔[kHz]	6.25	12.5	12.5	25	25
アクセス方式	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA
複信方式	FDD	FDD	TDD	FDD	TDD
多重数	1	2	1	4	2
需要				×	×

	16QAM				M16QAM			
	6.25	12.5	12.5	25	6.25	12.5	12.5	25
チャンネル間隔[kHz]	6.25	12.5	12.5	25	6.25	12.5	12.5	25
アクセス方式	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA
複信方式	FDD	FDD	TDD	FDD	FDD	FDD	TDD	FDD
多重数	1	4	2	6	1	4	2	6
需要	×	×	×	×	×	×	×	×

資料12.5 自営系移動無線の中継

中継は、受信した信号を再送信することで、より遠方に信号を伝送するもので、以下のような方式がある。

中継方式	メリットデメリット
<p>受信した信号をそのまま増幅して再送信するもの</p> 	<p>中継装置の再送信の信号が中継装置の受信に影響を与えるため、空中線の指向性や物理的環境(トンネルや山など)によって影響を回避する必要がある。</p>
<p>受信した信号を周波数変換して増幅し、再送信するもの【非再生中継】</p> 	<p>中継装置の再送信の信号による受信性能への悪影響は、フィルタによって回避できる。中継装置で受信した時点での信号劣化(ノイズの混入など)は、そのまま再送信されるため信号品質の改善には寄与しない。</p>
<p>受信した信号をベースバンド信号に復調し、別の無線周波数で再送信するもの【再生中継】</p> 	<p>中継装置の再送信の信号による受信性能への悪影響は、フィルタによって回避できる。中継装置で受信する信号に劣化があっても、デジタル方式の場合エラー訂正によってベースバンド信号の品質が改善される。</p>
<p>受信した信号をベースバンド信号に復調して蓄積し、受信信号がなくなったら同じ周波数で再送信するもの</p> 	<p>1回の送信をすべて蓄積して再送信するため、音声通信の場合は応答時間が長くなったり「やまびこ」のように同じ音声が入りこえたりする。データ通信の場合は、同一データの重複を排除するように構成すれば比較的廉価な中継装置を構成できる。</p>
<p>信号自体が細かい時間(スロット)に分割されて構成されており(TDMA)、受信した信号をベースバンド信号に復調し、別のスロットで再送信するもの</p> 	<p>中継装置は、きわめて短い時間間隔で送受信を切り替える必要があり、技術的に高度な制御が求められるが、1つの無線周波数で中継を構成でき、フィルタが不要となるメリットがある。</p>

資料12.6 半複信方式

「半複信方式」とは、通信路の一端においては単信方式であり、他の一端においては複信方式である通信方式をいう。(図 資料 12-9)

「単信方式」とは、相対する方向で送信が交互に行なわれる通信方式をいう。(図 資料 12-5、図 資料 12-6)

「複信方式」とは、相対する方向で送信が同時に行なわれる通信方式をいう。(図 資料 12-7、図 資料 12-8)

と電波法施行規則には規定されている。

中継システムの子機を複信方式にすると、中継に参加している台数分の通話路が必要となり、中継及び子機の構成が高度になる。

自営系移動無線の中継システムでは、半複信方式が用いられることが多い。

半複信方式の中継システムでは、子機側は単信方式、つまり中継を用いない通信と同様の構成で済む。

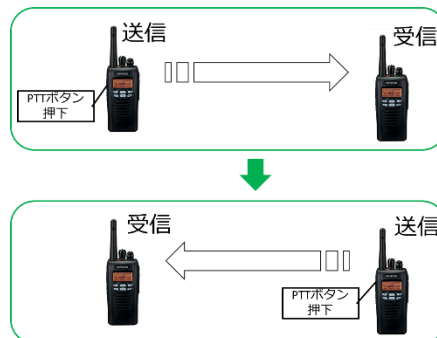


図 資料 12-5 単信方式の通信(1 対 1)

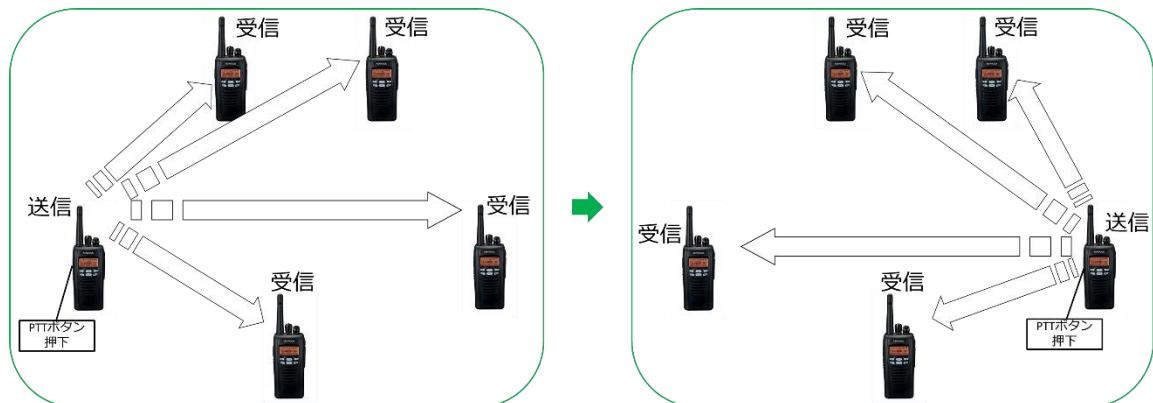


図 資料 12-6 単信方式の通信(1 対多)

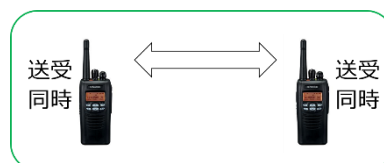


図 資料 12-7 複信方式の通信(1 対 1)

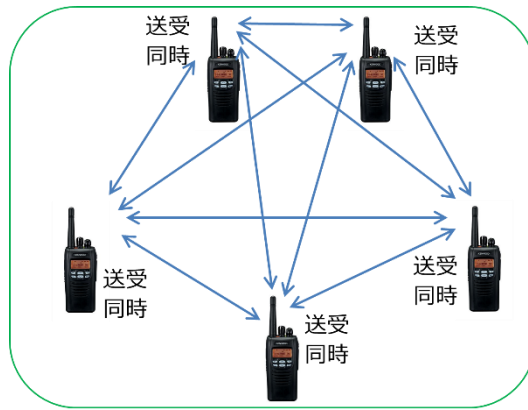


図 資料 12-8 複信方式の通信(多対多)



図 資料 12-9 半複信方式の通信

資料12.7 中継保持時間とカーチャック動作

一般的に中継機は、移動局からの信号がフェージング等で途切れたりしても送信信号を一定時間(1-2秒程度)継続して送信する保持機能がある。主にフェージングや混信による短時間の信号の途切れによって中継送信信号がバタつくのを軽減する意味が強いが、この動作を利用して、中継アクセスの確認ができる。

子機(移動局)から短時間(中継送信が開始されるまでの1-2秒程度)送信する。中継機はその信号で中継送信を開始するが、子機が受信に戻ったタイミングでも保持機能によって中継送信が続いているため、単信通信方式の子機でも中継機にアクセスできたこと、中継機が動作していることを確認できる。古くから、アマチュア無線のレピーターで用いられてきた手法でカーチャック(Kerchunk)と呼ばれている(図 資料 12-10)。

監視制御の要件を緩和した中継機であってもこのような手法によって中継システムの動作や圏内圏外の確認が行える。

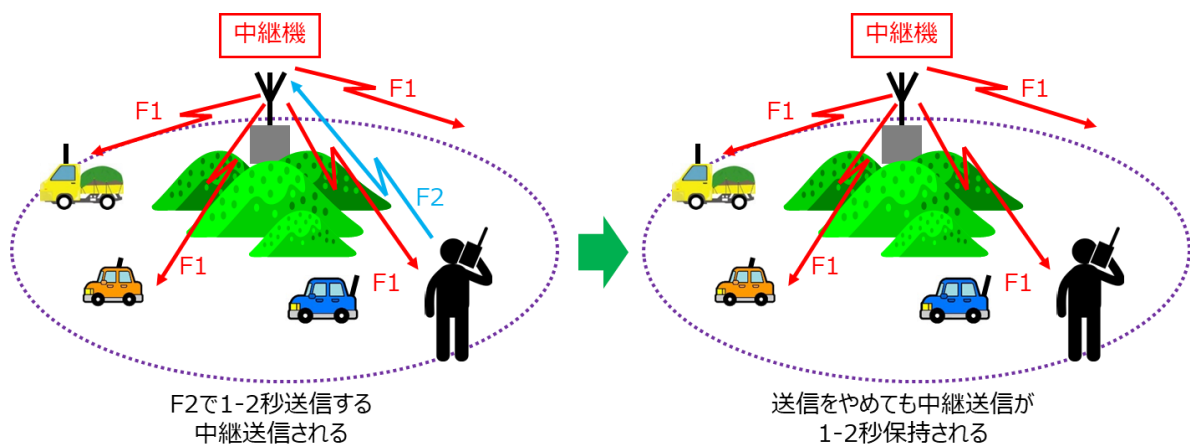


図 資料 12-10 カーチャック動作

資料12.8 SCPC と TDMA

SCPC (Single Channel Per Carrier) は、1つの周波数帯域に1つの通信路をもつ方式。図 資料 12-11 では、6.25kHz の帯域に1つの通信路を持っている。

TDMA (Time Division Multiple Access) は、1つの周波数帯域を時間的に区切り、複数の通信路を持たせる方式。図 資料 12-11 の例では、12.5kHz の帯域を短時間ごとに区切り、2つのスロットを交互に利用することで2つの通信路を構築している。音声などの伝送では、2スロット長分の情報を圧縮して1スロットで伝送するようになっている。

周波数の利用効率はいずれも1通信路あたり6.25kHzで同等であるが、TDMAの2つのスロットを異なるシステムからそれぞれ互いに分割して利用することは容易ではない。

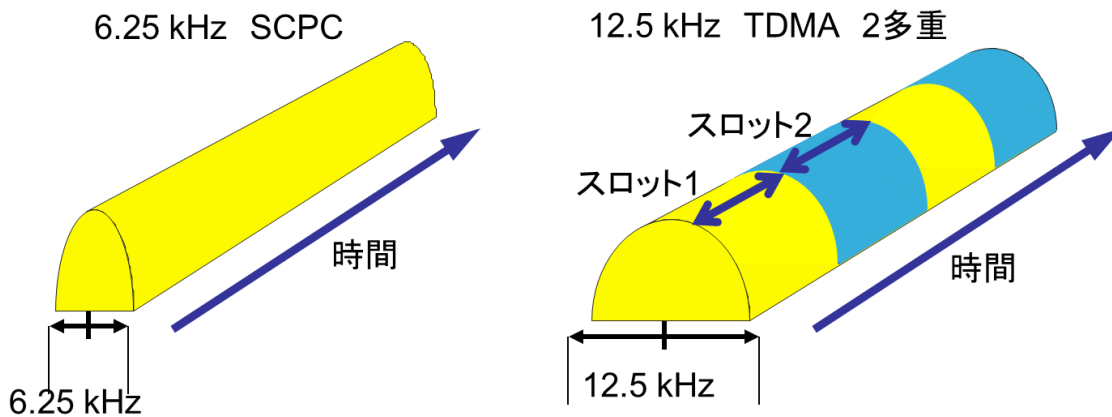


図 資料 12-11 SCPC と TDMA

資料12.9 FDD と TDD

送信しながら受信する複信動作 (Duplex) の方式。

FDD (Frequency Division Duplex=周波数分割複信) は、送信と受信を周波数で区切る方式 (図資料 12-12)。送信しながら受信する必要があるため、送信信号が受信信号に影響を与えないような周波数離隔とフィルタによる送信信号の低減が必要になる。

TDD (Time Division Duplex=時分割複信) は、1つの周波数帯域を時間的に区切り、複数のスロットで送受信を別々に行う方式。図資料 12-12 の例では、12.5kHz の帯域を2スロットに区切り、2つのスロットをそれぞれ送信用と受信用に利用することで複信動作を行っている。無線機の構成は高度になるが、1つの周波数で複信が可能になり、フィルタも不要となる特徴がある。

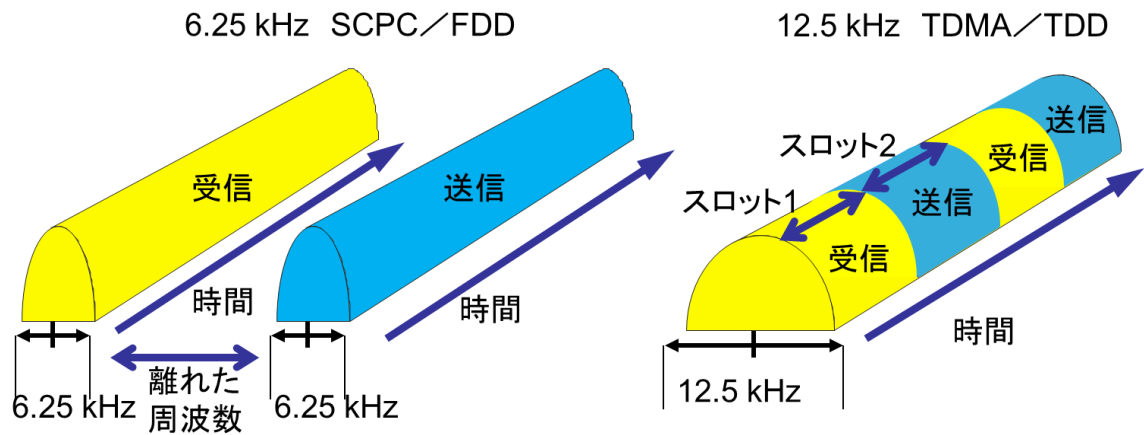


図 資料 12-12 FDD と TDD

資料13 参照文献等

資料13.1 地図

出典: 国土地理院ウェブサイト(<https://www.gsi.go.jp/>)

本報告書に掲載している地図は地理院タイル(<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>)を加工して使用している。また断面図は地理院地図(<https://maps.gsi.go.jp/>)のものを加工して使用している。

資料13.2 参考文献

- (1) 平成 10 年度 電気通信技術審議会答申 諮問第 94 号「400MHz 帯等を使用する業務用の陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」平成 10 年 6 月 29 日
- (2) 「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成 14 年 9 月 30 日付け 情報通信技術分科会諮問第 2009 号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成 20 年 3 月 26 日
- (3) 「150MHz 帯アナログ簡易無線局用周波数におけるデジタル方式との周波数共用に関する調査検討報告書」(平成 23 年 3 月 北陸総合通信局)
- (4) 「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 北海道総合通信局)
- (5) 電波法関係審査基準(平成 13 年総務省訓令第 67 号)
- (6) 一般社団法人電波産業会 ARIB 標準規格
ARIB STD-T98 デジタル簡易無線局の無線設備 第 1.4 版 2014.12.16 改定 2008.09.25 発行
- (7) 一般社団法人電波産業会 ARIB 標準規格
ARIB STD-T102 狭帯域デジタル通信方式(SCPC/4 値 FSK 方式) 第 1.1 版 平成 23 年 7 月 7 日改定 平成 23 年 3 月 28 日発行
- (8) 一般社団法人電波産業会 ARIB 標準規格
ARIB STD-B54 放送事業用 4FSK 連絡無線方式 第 2.0 版 2013.03.19 改定 2011.09.16 発行
- (9) 移動通信の基礎
発行: 社団法人電子情報通信学会
奥村善久、進士昌明監修

資料14 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 (四値周波数偏位変調) 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 00/01/10/11 のビット情報を送信する方式。
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 で表される。
C/N	CN 比の略 (CNR)。CN 比は、Carrier to Noise ratio、搬送波対雑音比。 搬送波 (Carrier) と雑音 (Noise) との比率。
ch	チャンネル。 本書では、等間隔で並んだ無線通信用周波数を表す。
D/U	希望波 (Desired Signal) と妨害波 (Undesired Signal) の比率。
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。
LDM	"Long Data Message の略称。 ロングメッセージ機能を表す。"
MCA 方式	マルチチャンネルアクセスを参照。
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。
PN15	PN とは Pseudo random Noise の略称で疑似ランダムノイズを意味する。 15 は PN15 パターンを発生するビットシフト回路の段数で、PN15 パターンは 2 の 15 乗のデータ長 ($2^{15} - 1 = 32767$) で繰り返すパターン。
PTT	Press To Talk 又は Push To Talk の略称。 音声を送信する時に操作するスイッチ。
RSSI	Received Signal Strength Indicator の略称。 受信信号強度。
RZSSB	RZSSB (Real Zero Single Side-Band) 方式は、送信部に AM 変調の一種である SSB 方式を用い、受信部は FM 方式をデジタル処理することで実現する変調方式 (実数零点単側波帯変調)。
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。 各チャン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。
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。

$\pi/4$ 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(四分の π シフト四相位相変調)。
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。
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。
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。
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 のものを表す。
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、また送信装置と空中線間に受信周波数の送信雑音を減衰させるフィルタを備えている。
近接チャンネル干渉	隣接チャンネルよりも離れた周波数の妨害波による感度抑圧。
空中線	アンテナのこと。
呼損率	通信回線(設備)の容量不足によって、通信又は通話がつながらない割合。
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。中継機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。
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	実験又は測定で無線機に供給される信号のレベル。
相互変調	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、伝送方向が切替えられる通信方式。半二重通信(Half Duplex)。
中継局	「陸上移動中継局」のこと。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。
同一チャンネル干渉	受信チャンネルと同一チャンネルの妨害波による干渉。

トランキング	マルチチャンネルアクセスを参照。
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)。
妨害波	希望波に妨害を与える電波。
マルチチャンネルアクセス	Multi-Channel Access。トランキング (Trunking) ともいう。無線回線の使用効率を向上させるため、各無線局に複数のチャンネルを共通して装備し、空いているチャンネルを使って交信するシステム。中核となる制御局が自動的に空きチャンネルを割当てる。複数の無線局が複数の無線チャン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。
免許人	無線局の免許を受けた者。
隣接チャンネル干渉	受信チャンネルの隣のチャンネルの妨害波の側帯波スペクトル (隣接チャンネル漏洩電力) による干渉。

令和 8 年 3 月

自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討
報告書

事務局：九州総合通信局無線通信部電波利用企画課
〒860-8795
熊本県熊本市西区春日 2 丁目 10 番 1 号