
自営系移動無線システムの 高度化に係る調査検討 報告書概要版

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

サマリー	2
第1章 調査検討の概要	3
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	5
第3章 自営系移動無線の中継システムの技術	11
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	12
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	14
第6章 提言	15
調査検討会構成員と開催状況	16
資料5.4 同一チャネル周波数共用条件	17
資料5.6 隣接周波数共用条件	18
資料5.11 相互変調	19
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）	20
資料8.9/10 信号強度測定の結果	21
資料8.14/15 通信試験の結果	22

本調査検討会は、「自営系移動無線システムの高度化に係る調査検討」として、令和5年度に実施した「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」の結果を踏まえ、業務用無線における中継機利用に焦点を当て、以下の項目について検討を行った。

- ◆ 中継システムの活用に関する現状の整理・分析
- ◆ 中継システムの技術に関する検討
- ◆ 中継システムの活用のための実証試験
- ◆ 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

これらの検討により、中継システムのメリット、課題、技術的条件を整理・実証した上で、監視制御要件の緩和や周波数の確保に関する提言を取りまとめた。

本概要版は報告書の主要部分を抜粋し、要点をまとめたものである。詳細については報告書本体を参照されたい。

なお、本概要版における章番号、項番号、図表番号は、報告書本体と同じ番号を使用している。

地図

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

本報告書概要版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。

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。

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。

1.2 調査検討項目

(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

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示された課題のうち、本調査検討会では、「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。

- 無人運用される中継機の監視・制御について初期費用やランニングコストが増加する。
- 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。

- 障害検知・停止機能、選択的中継機能により無線従事者による監視要件を緩和でき、廉価にシステムが構築できる可能性がある。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 中継の可否を判断するため、再生方式が望ましい。
- 周波数共用条件の検討には、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。
- 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)。比較的広範囲での利用が多く、安全確保など無線通信が業務上重要な位置づけを占める業種での利用が多い。

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。

2.2.3 中継システム利用のニーズ

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。

□ 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ると、費用面や免許手続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。

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、中継車等の中で中継通信する。	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トリーエリア(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

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。
必要チャンネル数	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。

2.3 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

中継システムでは、確保したエリア内であらゆる移動局間通信が可能になる。(図 2-3)

2.3.2 建物内設置モデル

中継システムの利用により、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り、トータルコストを廉価に抑えられることが考えられる。

2.3.3 MCA無線代替モデル

サービス終了が発表されたMCA無線の代替候補モデルとして自営系移動無線の中継システムが考えられる。

2.3.4 共同利用モデル

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。

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)。



図 2-3 中継機能がある基地局における移動局間の通信

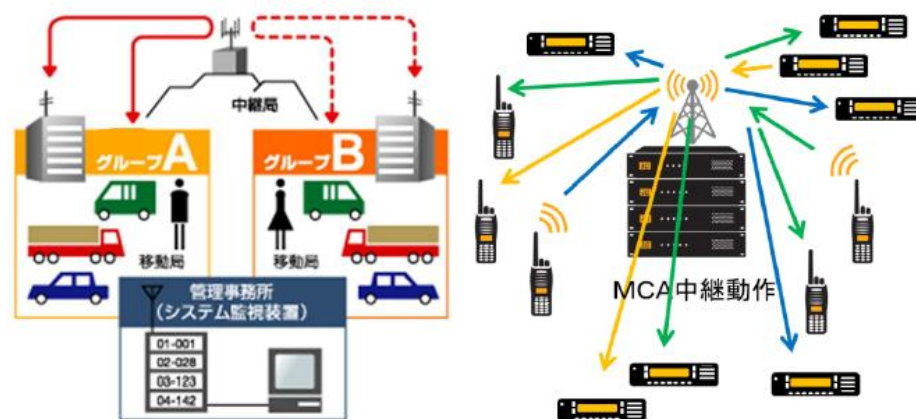


図 2-8 マルチチャンネルアクセスシステム

2.3 中継システム活用のモデル

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。

2.3.7 不感地帯を補完する中継システムのモデル

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。

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)。

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)

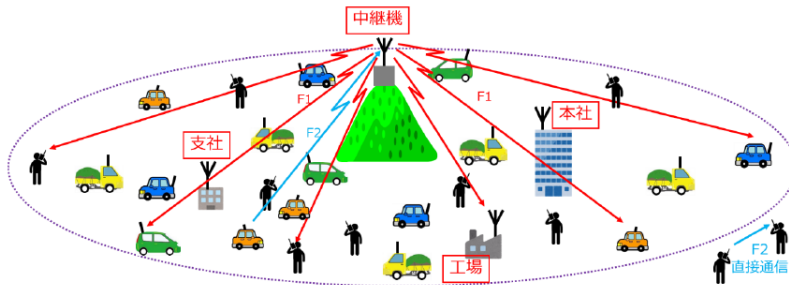


図 2-9 広域をカバーする中継システムのモデル

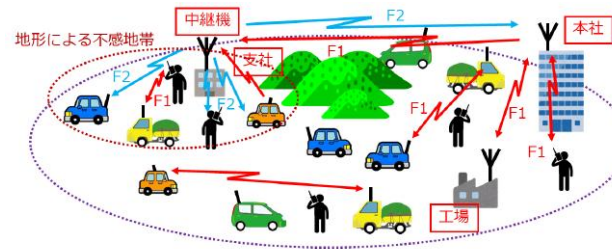


図 2-10 不感地帯を補完する中継システムのモデル

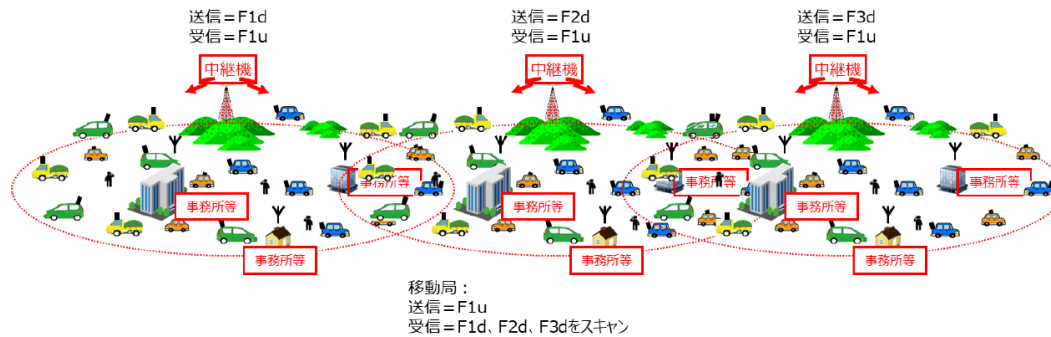


図 2-11 広域エリアを複数の中継機でカバーするモデル

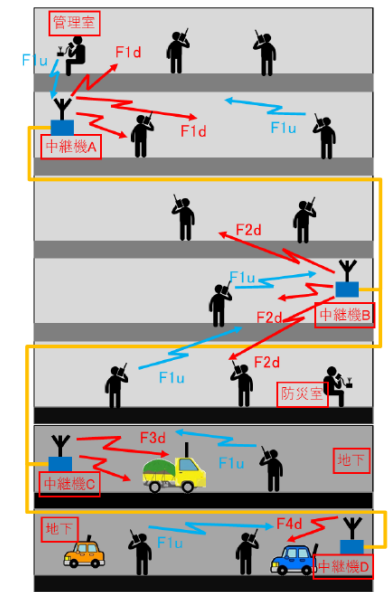


図 2-12 複雑な範囲を複数の中継機でカバーするモデル

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回線を敷設・維持する必要がなく、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てできる場合、遠隔制御装置に比べ低廉簡易にできる可能性がある。
- 中継機設置場所は、回線構築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

中継システムの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、監視制御のための装置が回線接続され煩雑な構成になる。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。

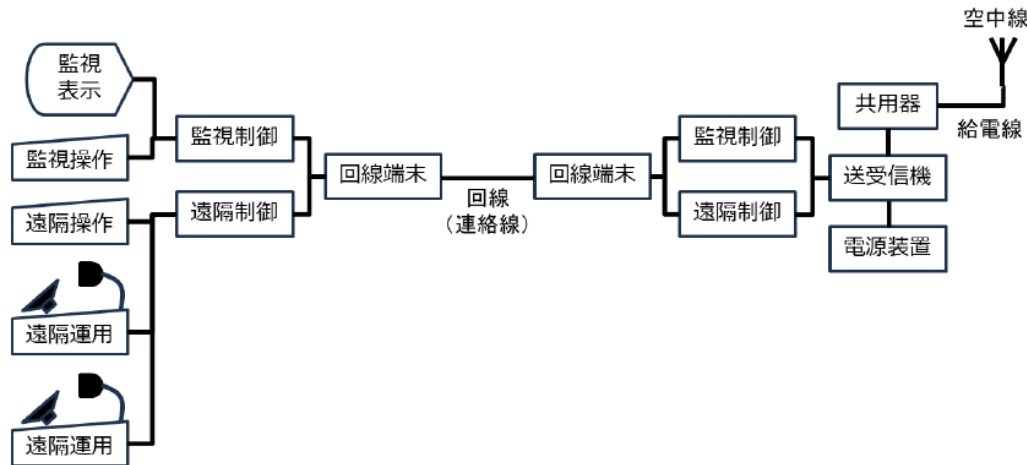


図 2-13 遠隔監視制御がある基地局の場合の従来の構成モデル

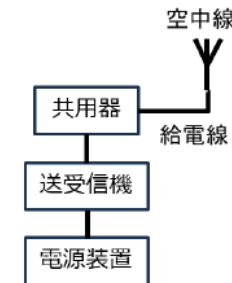


図 2-14 監視制御の要件が緩和された場合の中継機の構成モデル

2.4 中継システム活用のメリットと課題

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。

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。

2.4.4 中継機利用に係る課題(監視制御のための回線)

中継機の動作を監視制御するための回線のランニングコストが高額になるという課題がある。

2.4.5 中継機利用に係る課題(識別信号)

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)

中継システムに利用できる二周波方式の割り当ては少ない現状にある。

2.4.7 中継機利用に係る課題(二周波方式の分割)

二周波方式の周波数ペア波を分割でき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。



図 2-15 車載型無線機のモデル



図 2-16 携帯型無線機のモデル

3.1 中継システムの検討モデル

- 中継システムは、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事例が多いことから、移動局間の通信が行われるモデルを選定する。
- 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」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いる狭帯域デジタル通信方式とする。
- 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。

- 同一チャン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、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。

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
- 複数チャン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。

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) スケランブルコード(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

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)

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が、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。

5.1 周波数共有の条件

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（平成13年総務省訓令第67号）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。各種機能の動作の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が、理解のうえ最適なものを選定活用されることが望まれる。

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。

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。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

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。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。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（発信者番号、自局名送信機能等）を利用できるようにすることが望まれる。

5.6 中継用周波数の確保

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り当てが望まれる。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。

6.1 自営系移動無線システムの高度化の実現

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ために、本調査検討の結果として以下を提言する。

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)

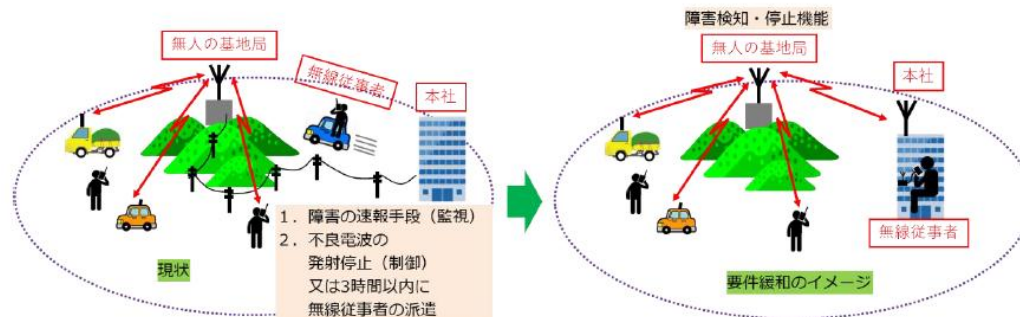


図 6-1 監視制御要件の緩和のイメージ

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。

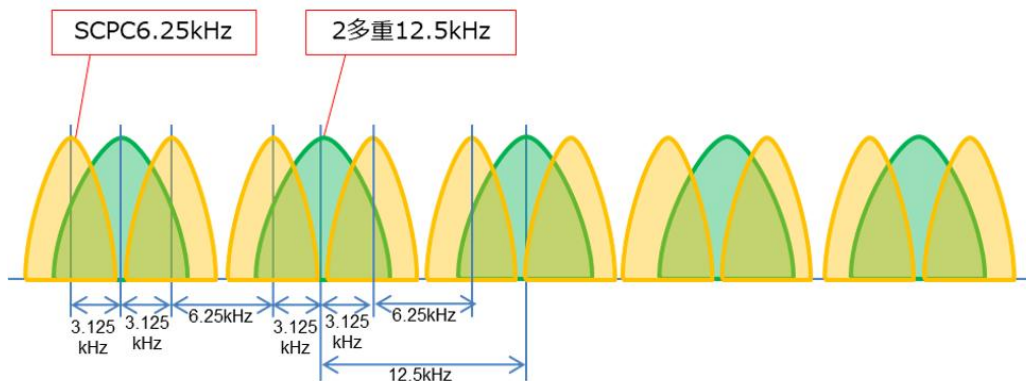


図 6-2 狭帯域デジタル通信方式のチャンネル配置(案)

構成員

氏名	所属
座長 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
副座長 松岡 剛志	九州産業大学 理工学部 電気工学科 准教授
井上 弘訓	八重洲無線株式会社 国内営業部 執行役員
臼井 文良	一般社団法人全国陸上無線協会 企画調査部長
楠原 和広	アルインコ株式会社 電子事業部 顧問
樋口 健司	モトローラ・ソリューションズ 株式会社 チャンネル事業本部 セールスエンジニアリング マネージャー
松田 喜貴	アイコム株式会社 国内営業部 主任技師
渡川 洋人	株式会社 JVC ケンウッド 無線システム事業部 国内無線システム開発部 シニアマネジャー
オブザーバー 石原 浩樹	総務省 九州総合通信局 無線通信部 部長

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	<ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 1 開会 2 配布資料の確認 3 議事 <ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 1 開会 2 配布資料の確認 3 議事 <ol style="list-style-type: none"> 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

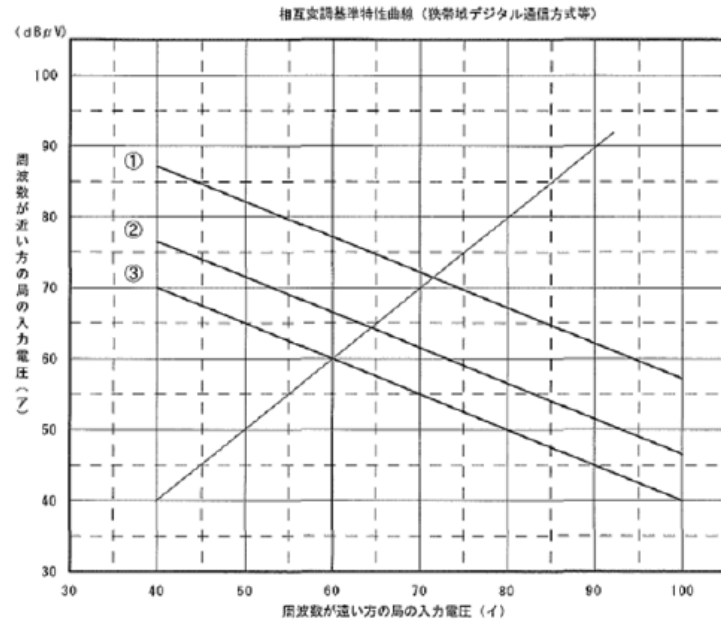
妨害波 \ 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4 値 FSK	
		12.5 kHz	20k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz	25 kHz 32k bps	25 kHz 36k bps	6.25k Hz	12.5k Hz	25k Hz		6.25k Hz	12.5k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz
FM	12.5kHz	4		5	3	3		9	6	3	3	6	6	7	4
	20kHz		2	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3
QPSK	6.25kHz	13	9	12	8	6		11	9	6	6	12	9	10	8
	12.5kHz	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』

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』

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

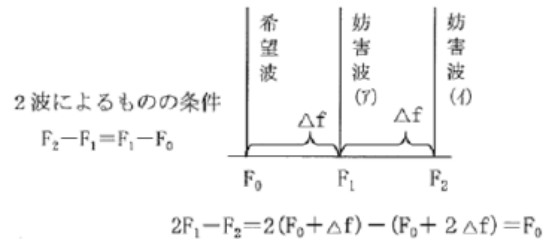
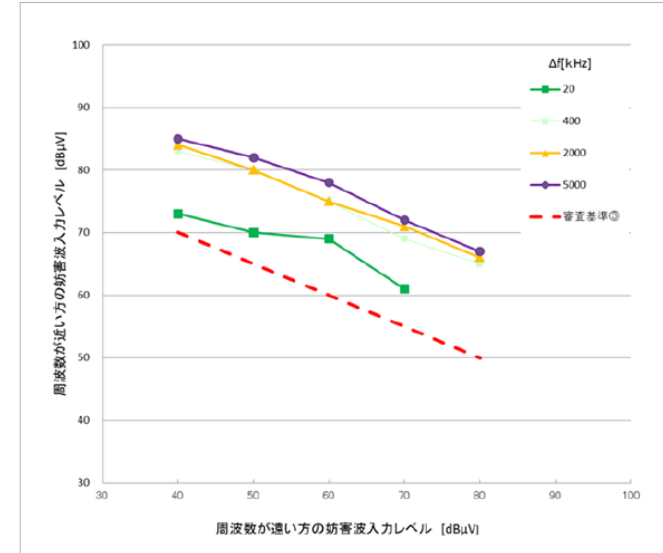
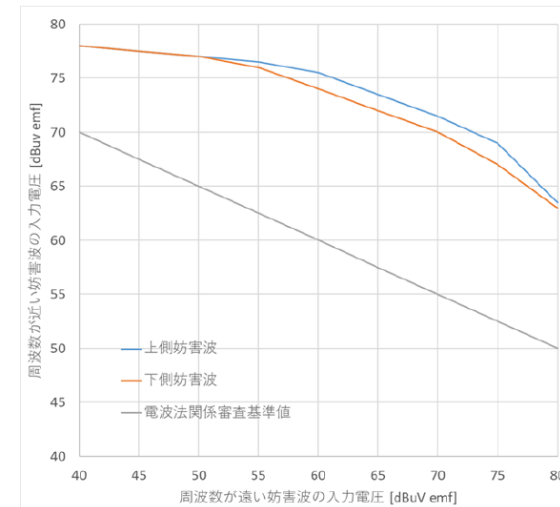


図 資料 5-7 相互変調の審査基準



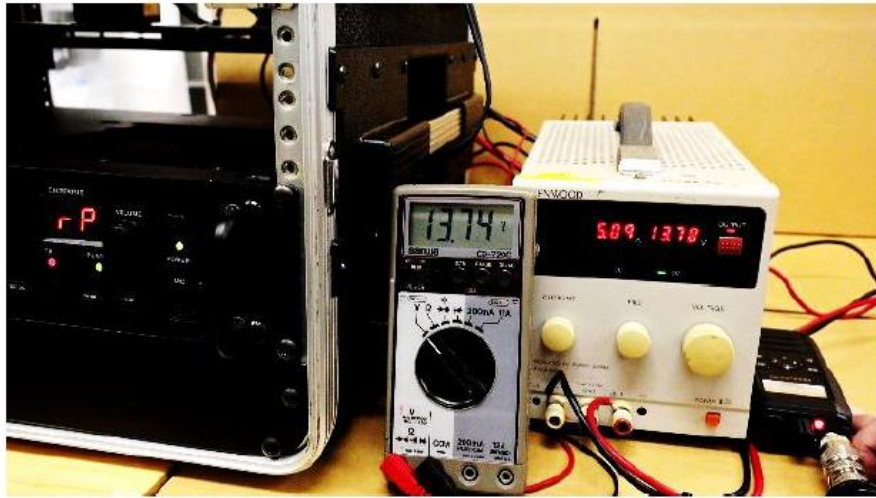
地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討(平成 27 年東北総合通信局ラボ内検証試験(相互変調)の結果

図 資料 5-8 相互変調の測定結果 1

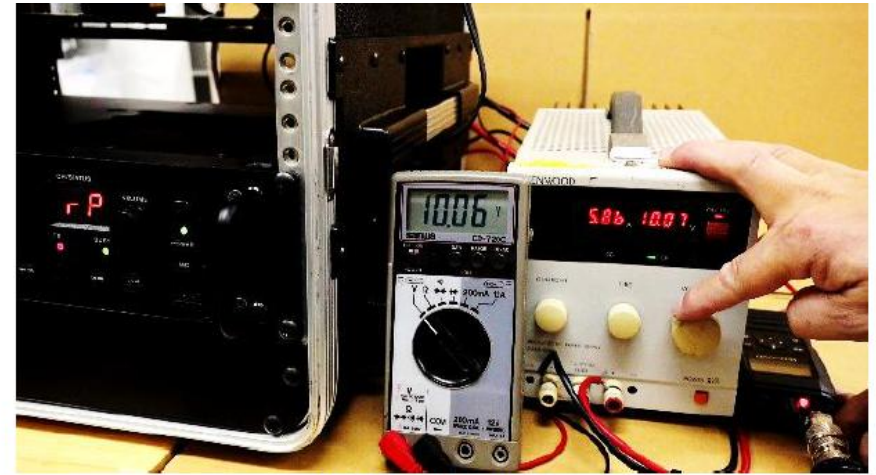


公共用無線局のデジタル化等のための技術的条件に関する調査検討(令和 4 年総務省重要無線室)ヘリテレ連絡用無線試験装置の動作確認結果

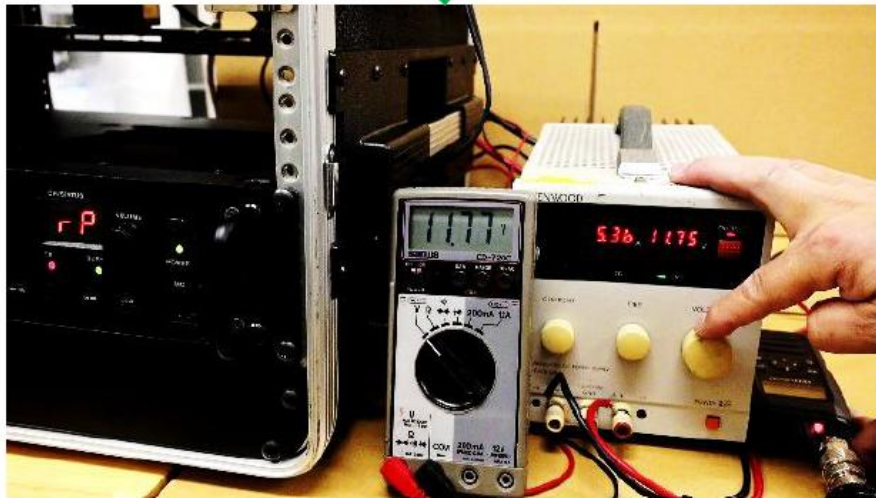
図 資料 5-9 相互変調の測定結果 2



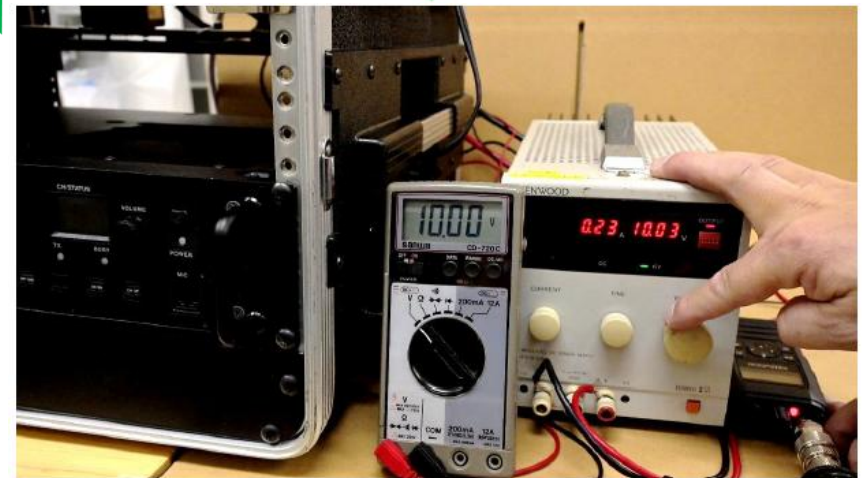
中継型無線機の電源を可変安定化電源から供給し、その電圧を電圧計で表示する。



機能停止直前の電圧



中継送信させたまま電圧を低下させていく



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）

中継動作中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。

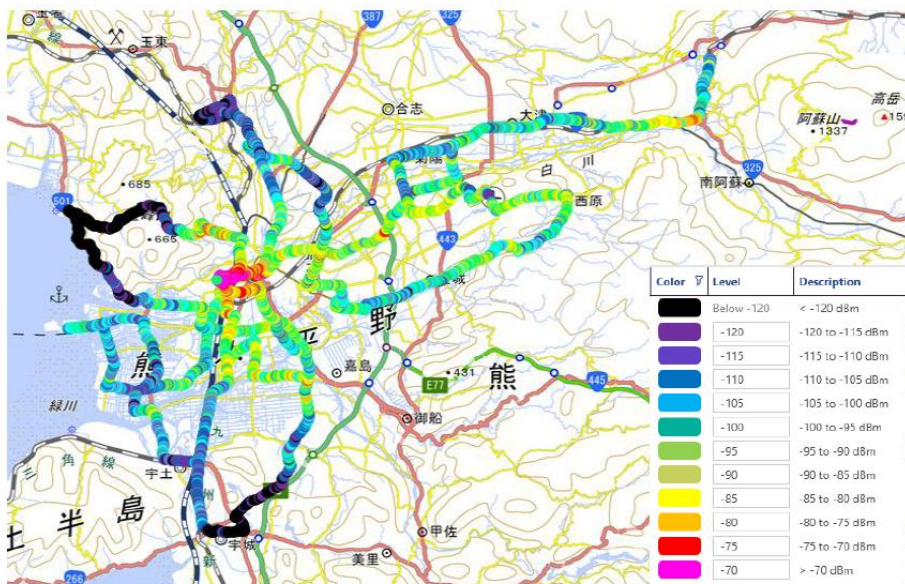


図 資料 8-14 中継機設置場所からの信号強度測定結果

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。

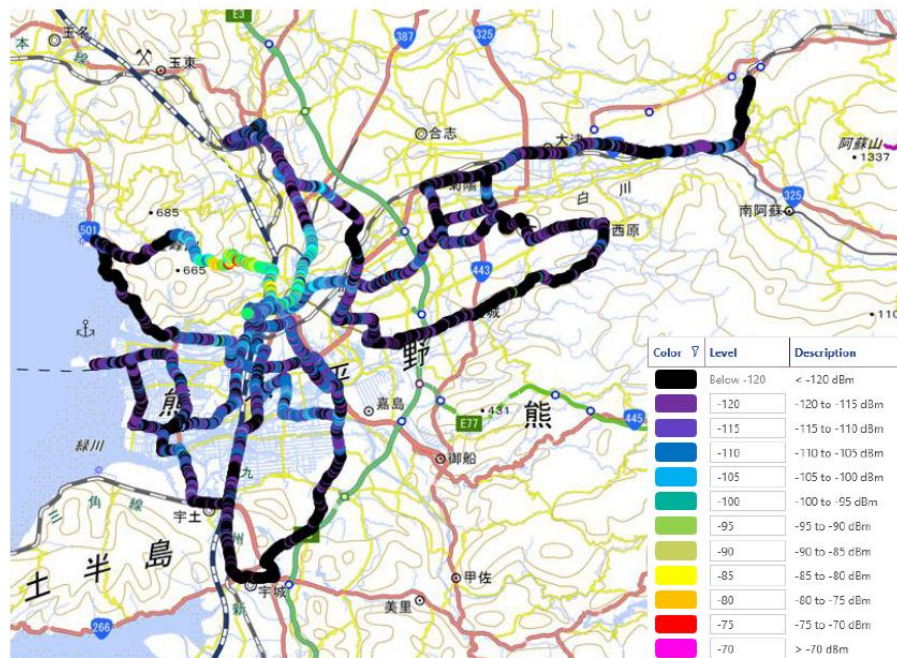


図 資料 8-15 事務所設置場所からの信号強度測定結果



図 資料 8-3 中継機を設置した車両



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	=

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

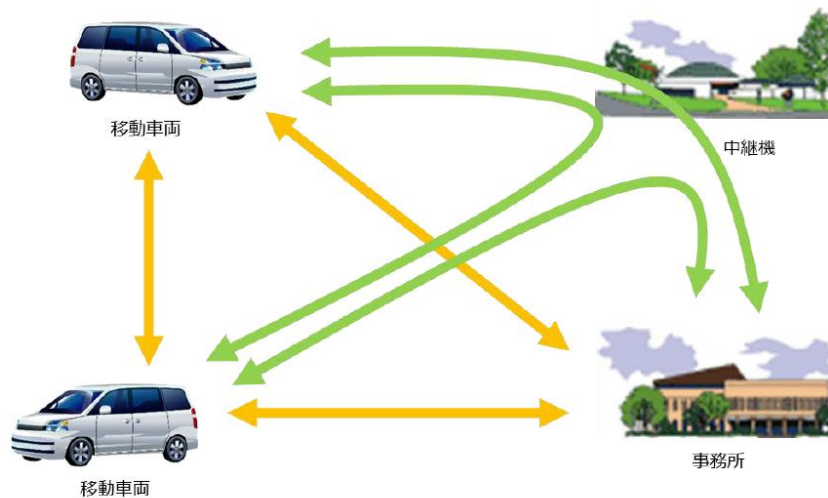


図 資料 8-16 通信試験の具体的な方法