

臨時災害放送局の高度利用に関する調査検討

報告書【概要版】

令和2年3月

臨時災害放送局の高度利用に関する調査検討会

(事務局 総務省中国総合通信局 株式会社NHKテクノロジーズ広島総支社)

第1章 調査検討の概要

調査検討の目的

臨時災害放送局は、災害の被害軽減のために開設するものであるが、被災地域が広範囲にわたる場合には、複数の臨時災害放送局を開設することが必要となり、番組伝送用の通信回線の構築や、局間の影響の考慮が必要となる。

臨時災害放送局は、短期間に設置運用が開始できることが求められるため、複数局を設置する場合のモデル的な構成方法を事前に検討しておくことが必要である。特に瀬戸内地域は、FMの周波数が逼迫しており、地域的な特性を考慮した検討が求められている。

本件は、臨時災害放送局の特性を踏まえ、複数設置する場合に必要な技術的条件や運用条件等を明らかにすることを目的とする。

本検討会では、モノラル標準方式による周波数同期がステレオ標準方式と比較して、同期の精度が緩和されるものと仮定し、モノラル標準方式による周波数同期を簡易同期方式と称している。

調査検討会及び公開試験 開催日程

会合及び公開試験名	開催日	開催場所
第1回検討会	令和元年6月26日	T K P 広島平和大通りカンファレンスセンター
第2回検討会	令和元年8月30日	(株)NHKテクノロジーズ広島総支社 会議室
第3回検討会	令和元年12月3日	(株)NHKテクノロジーズ広島総支社 会議室
公開試験	令和2年2月25日	Y M C A 国際文化センター 多目的ホール
第4回検討会	令和2年2月25日	Y M C A 国際文化センター 多目的ホール
第5回検討会	令和2年3月26日	W e b 会議により実施

第1章 調査検討の概要（調査検討会・委員等）

（敬称略）

調査検討会構成委員

【座 長】	西 正博	広島市立大学大学院 情報科学研究科 教授			
	川口 俊介	日本放送協会広島拠点放送局 技術部 副部長			
	梶田 清志	株式会社中国放送 技術局 専任部長			
	恵良 勝治	山口放送株式会社 技術局 技術局長			
	寺島 陸雄	広島エフエム放送株式会社 管理本部 技術部 部長			
	脇屋 雄介	長岡移動電話システム株式会社 代表取締役社長			
	富永 洋一	株式会社コミュニティエフエム下関 代表取締役社長			
	山根 暢毅	電気興業株式会社 広島支店 シニアアドバイザー			
	石田 裕	熊野町 総務部地域振興課 主査			
	藤本 大一郎	坂町 総務部総務課 課長			
	新宮 浩一	株式会社日立国際電気 西日本支社中国支店 支店長			
峰吉 俊幸	日本通信機株式会社 技術部 放送情報グループ1 グループリーダー				
【オブザーバ】	芦澤 宏和	総務省 放送技術課 課長補佐			
【事務局】	佐藤 栄一	総務省中国総合通信局 放送部 部長	立川 一彦	株式会社NHKテクノロジーズ 総支社長	
	石田 隆章	総務省中国総合通信局 放送課 課長	遠藤 由人	株式会社NHKテクノロジーズ 副事業部長	
	遠藤 和彦	総務省中国総合通信局 放送課 課長補佐	佐藤 学	株式会社NHKテクノロジーズ 営業部長	
	福島 生紀	総務省中国総合通信局 電波利用企画課 課長	岩木 昌三	株式会社NHKテクノロジーズ 技術部長	
	半明 忠幸	総務省中国総合通信局 チーフ	上田 大一郎	株式会社NHKテクノロジーズ 副部長	
	森永 太一郎	総務省中国総合通信局 チーフ	山根 実	株式会社NHKテクノロジーズ 副部長	
			近藤 寿志	近藤技術士事務所 技術士	

第1章 調査検討の概要

検討事項

① 複数の置局の検討

- ・臨時災害放送局の複数置局について、自治体の規模や地理的な条件を踏まえモデル的な構成方法についての基礎検討
- ・簡易同期方式の置局構成を想定し、同期放送により干渉を与える要因、同期放送に要求されるパラメータの検討、D/U比、遅延時間差、遅延調整等の必要な条件の検討
- ・避難所G F方式の置局構成を想定し、スポット的なエリア確保のための小規模な放送波中継方式に要求されるパラメータの検討

② 中継方式の検討

- ・臨時災害放送局を複数置局するための中継方式について、自治体の地理的な条件を複数想定し、簡易同期方式の置局構成における中継方式の構成方法の比較検討
- ・臨時災害放送局を段階的に置局することを想定し、短期間に構築するために必要な手法の検討

③ 電波伝搬環境の検証

- ・臨時災害放送局の置局について、以下の制約条件等を考慮し電波伝搬環境の検証
 - － エリアカバーの範囲は、一の自治体の一部又は全部を想定
 - － 臨時災害放送局は、複数局のうちの1局は自治体庁舎等の既存の建物に設置されることを想定
 - － 避難所G F方式の置局構成の場合は、避難所内に空中線を設置することが必要となるなど、近傍の影響を受けやすいことを想定

第1章 調査検討の概要

検討事項

④ 屋内試験の実施

・同期方式、避難所G F方式、既存臨時災害FM放送機の3パターンにおいて、実際の放送試験環境を構築し中継局の間隔や電波伝搬環境を複数想定して、モノラル方式とステレオ方式の特性比較、パラメータを変化させた時の干渉領域における信号劣化の検証

⑤ 受信機の種類及び特性

・受信機におけるモノラル方式とステレオ方式の特性比較、受信劣化の改善策の検討

⑥ 検討結果の取りまとめ

・①から⑤までのデータを整理して、取りまとめ
・測定データや次年度以降の調査実施を想定した実施計画の骨子検討

第2章 臨時災害放送局の高度利用検討の背景

臨時災害放送局の現状

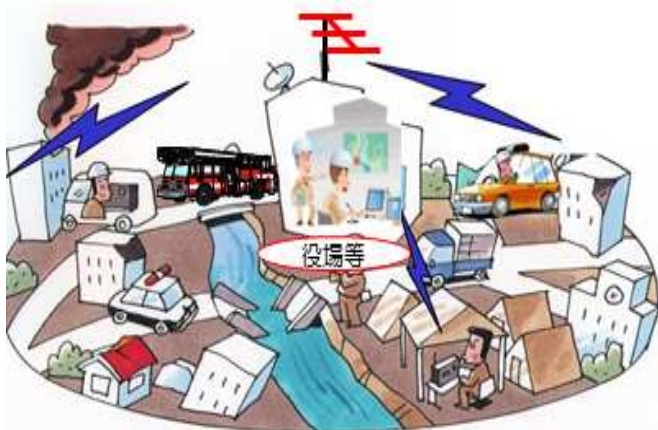
➤ 臨時災害放送局の目的、制度

臨時災害放送局は、暴風、豪雨、洪水、地震、大規模な火事その他の災害が発生した場合に、その被害を軽減するために役立つことを目的とし、自治体等が臨時かつ一時的に開設することのできるFM放送局である。

➤ 臨時災害放送局の主な開設条件

主な開設条件は以下の通りである。

- ・緊急時止むを得ないと認められるもの
- ・臨時災害放送局に使用できる周波数があること
- ・放送対象地域は、災害対策に必要な範囲であること
- ・放送内容は、被災者への支援及び救援活動等の範囲で必要範囲内のものであること



《FM送信装置の仕様》

送信部諸元(超短波帯(FM)送信機)	
外形重量	幅505mm高302mm奥行655mm 29kg
送信可能周波数	76.1~89.9MHz
送信出力	10W~100W
電波型式	F3E及びF8E(モノラル及びステレオ)
消費電力	最大270VA(空冷ファン冷却)
空中線系	ダイポールアンテナ、伸縮マスト(1.3m~6m)、同軸ケーブル20m、ダミー抵抗(連続使用120W 自然空冷式)
音声調整装置諸元	
外形重量	幅505mm高302mm奥行655mm 28kg
音声ミキサ	(音声リミッタ付き) CDプレーヤー、USBポート、5chミキシング入力端子
付属装置	マイクロフォン(スタンド付)、ヘッドフォン、電源ケーブル(ドラム30m)等



第2章 臨時災害放送局の高度利用検討の背景

臨時災害放送局関係法令（抜粋）

<電波法関係審査基準（平成13年総務省訓令第67号）>

別紙2（第5条関係） 無線局の目的別審査基準

第5 放送関係

4 超短波放送局

(3) 臨時災害放送局

臨時災害放送局の審査は、次の基準によるほか、
別紙1第2の2の基準により行う。

ア 免許主体としては、被災地の地方公共団体等、災害対策放送を行うのに適した団体であること。

イ 放送対象地域は、災害対策に必要な地域の範囲内であること。

<放送法関係審査基準（平成23年総務省訓令第30号）>

別紙1（第3条関係）

第3条（11）による審査は、関係法令、基幹放送普及計画及び

基幹放送用周波数使用計画によるほか、下記の基準によることとする。《21項のみ記載》

21 臨時災害放送を行う地上基幹放送の業務の認定等は、次の基準によるものとする。

(1) 認定等主体としては、被災地の地方公共団体等、災害対策放送を行うのに適した団体であること。

(2) 放送対象地域は、災害対策に必要な地域の範囲内であること。

(3) 放送番組は、被災地における被災者への支援及び救援活動等の円滑な実施を確保するために必要な範囲内のものであること。

第2章 臨時災害放送局の高度利用検討の背景

高度利用に向けた基本的考え方

➤ エリアカバー

- ・複数の置局を行うことで要求されるエリアカバーを実現する。また、複数の置局を同時に行うことは困難であるため、段階的に置局を行うことに適した方式を検討する。
- ・面的なエリアカバーを前提とした中継局とスポット的なエリアカバーを前提とした小規模な中継局をそれぞれ検討する。

➤ 周波数

- ・災害が広範囲にわたる場合、複数の自治体等が、臨時災害放送局を同時期に開設する可能性がある。
また、瀬戸内地域は周波数がひっ迫しており、新たな周波数の確保が難しい。このため、中継局の周波数を同一とすることを前提とする。
一方で、スポット的なエリアカバーを前提とした小規模な中継局の周波数は柔軟に検討する。

➤ 要求する品質

- ・臨時災害放送局の目的を達成することが可能な品質確保を前提として検討する。

➤ 既存技術の活用

- ・既存の関連技術を効果的に組み合わせることで、高度利用を実現する。

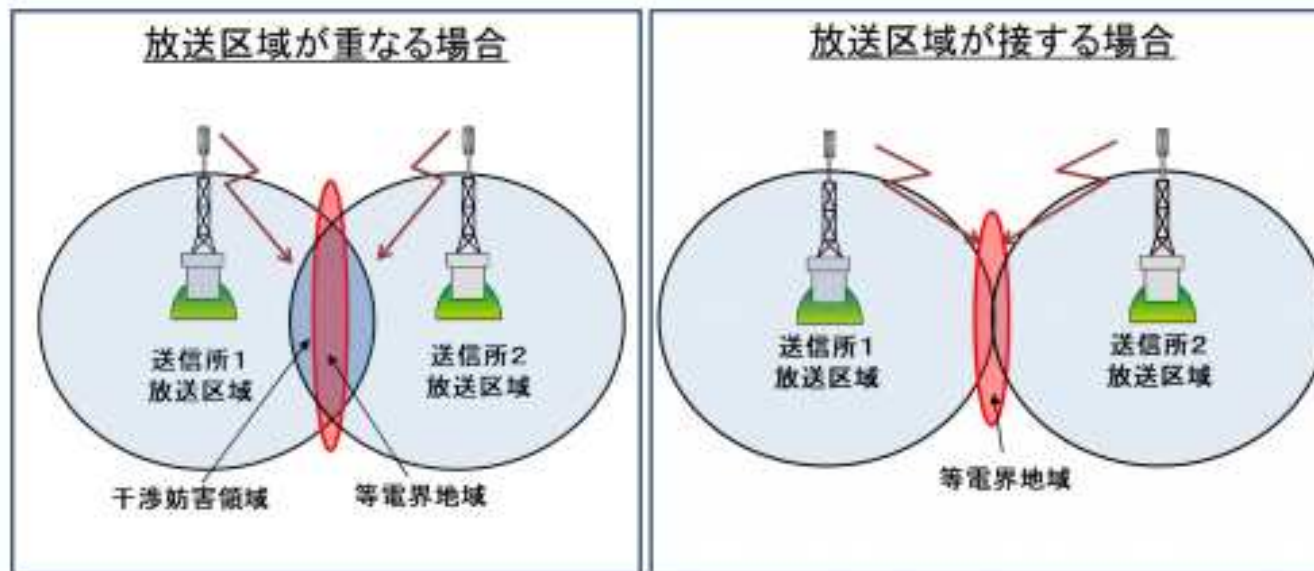
第3章 高度利用のための関連技術の動向

同期放送技術

➤ FM同期放送のイメージ

FM同期放送は、下図イメージのとおり、放送区域が重複又は隣接する複数の送信所が同一の周波数により同一の番組を同時に放送するものであり、デジタル技術等を活用し、放送波の搬送波等を精密に管理することで、干渉妨害領域における音質劣化の軽減を可能とするものである。

FM同期放送においては、親局と子局、親局を除く子局等を同期対象として、2つの送信所間の2局同期や3つの送信所間の3局同期が行われており、各送信所からの放送波が重なるエリア（干渉妨害領域）には、放送波の電界強度比が0となる等電界地域が存在する。



【FM同期放送のイメージ】

第3章 高度利用のための関連技術の動向

➤ 同期方式

① 独立同期方式

同期放送を行う放送局ごとに独立した基準信号（GPS等による）を取得し、それぞれの局で、周波数、音声遅延等を制御して行う同期方式である。この方式は、基準信号を各局で取得するので、伝送回線としては、音声信号のみを伝送すればよく比較的簡便な方式であるが、上位局と同等の精度を有する基準信号を取得する必要がある。

② 従属同期方式

上位局から各放送局に基準信号を伝送し、この基準信号に従い（従属）、搬送波周波数、音声遅延等を制御して行う同期方式である。この方式は、上位局から、基準となる信号を送る手段が必要である。このため、下位局では、あらたな基準信号の取得が不要となる。

③ 変調波分配方式（完全同期方式）

一つの発振器およびFM変調器で変調された信号を、各局に伝送し、同期放送を行う方式である。放送ネットワーク内で、発振器、FM変調器が一つのみなので、各放送局での変調特性が完全に一致する。伝送回線としては、光ファイバー（ダークファイバー）が必要である。周波数、変調特性が一致しているので、下位局では、回線による遅延時間を調整するだけでよい。

➤ 各種同期方式のまとめ

臨時災害放送局は、早期に立ち上げること、必要な地域に確実に放送が届けられることが求められる。独立同期方式で使用する基準信号は、近年、GPS等を利用し、各局で独立して精度の高い基準信号を簡易に取得できる手法が確立されている。

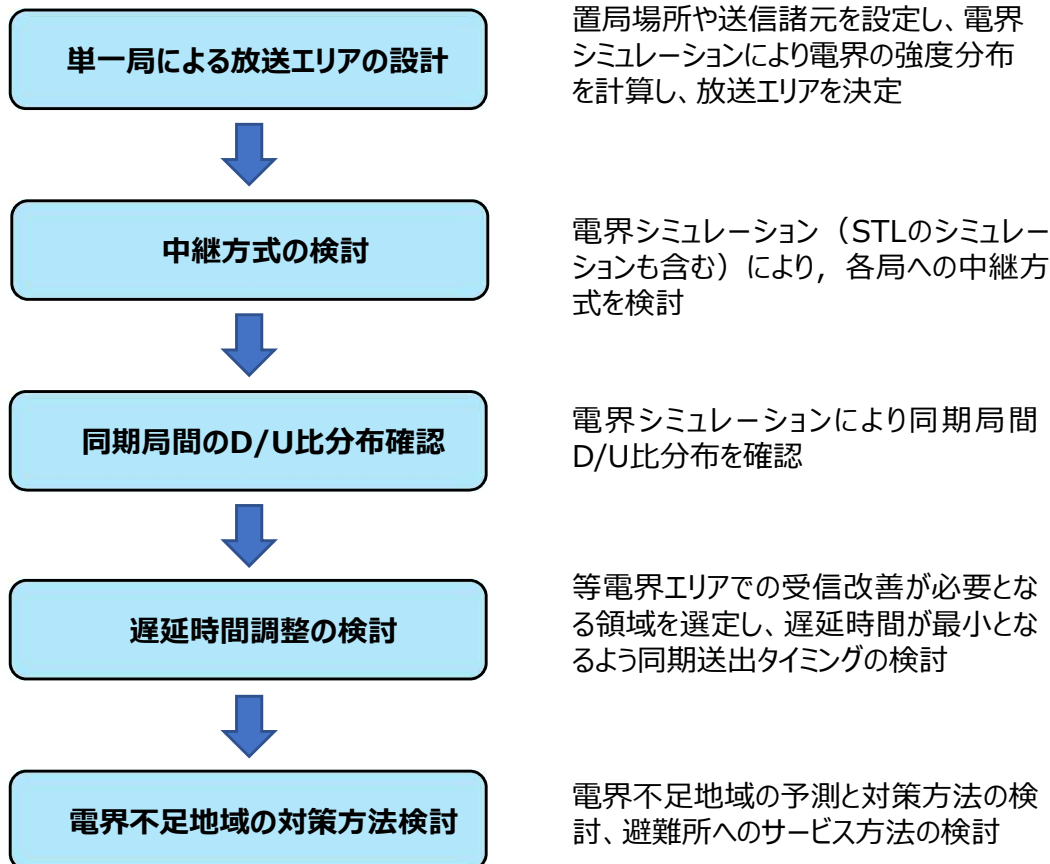
一方、従属同期方式では、基準信号は中継回線を通して各局に配信されるため、精度が損なわれないよう中継回線毎に管理を行う必要がある。このため、各局が独立してFM同期放送を実現し、後から下位局を容易に追加できる独立同期方式が、早期の立ち上げに適していると考えられる。

なお、自治体やCATV業者が敷設する光ファイバー（ダークファイバー）が安定して利用できる場合には、変調特性が一致する変調波分配方式も同期放送に有効である。

第3章 高度利用のための関連技術の動向

➤ 同期放送システム設計及び運用のための技術

一般的に同期放送はエリア拡大に併せて順次開局していく場合が多い。このため後発局はすでに放送を行っている先発局の放送に被せる形で試験放送を開始していくことになる。このシステム設計と運用方法は臨時災害放送局にも当てはまると考えられ、下記にF M同期放送の放送エリアにおける運用のための具体的な確認事項を示す。



① DU比分布確認

電界シミュレーションを基に、後発局の電波発射前に後発局エリア内において先発局の電界強度を事前に測定する。次に、先発局の放送休止時間に後発局のみの電界強度を測定することで、先発局と後発局の電界強度が等しくなる等電界地点を確認することが可能である。

② 遅延時間の確認

DU比=0 dB の等電界地点において2 波の相対遅延時間差が0 μ secとなるように後発局の同期送出タイミング設定を行う。相対遅延時間差測定は、既存局および新局からのトーンバースト信号をそれぞれ測定し、1PPS信号をトリガーとしたそれぞれの絶対遅延時間の差分として確認することができる。

第3章 高度利用のための関連技術の動向

➤ FM同期放送の技術的条件の情報通信審議会における検討

情報通信審議会は、諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」のうち「FM 同期放送の技術的条件」について、検討を行い、放送区域の一部が重複又は隣接するFMラジオ放送局（FM補完中継放送局及びコミュニティ放送局を含む。）のうち、同一の周波数を使用して同時に同一番組を放送するものであって、相互に同期放送の関係にある基幹放送局に適用する技術的条件をまとめている。（令和2年3月）

その要件は大きく3つに挙げられることが報告されている。

① 周波数の精密な管理・安定化のために必要な項目

FM同期放送では、同期を構成する送信所同士の各種周波数（主搬送波の周波数、副搬送波の周波数及びパイロット信号の周波数等）に差異があると、干渉妨害を領域で受信劣化が発生するため、周波数を同一化するための精密かつ安定的な周波数管理が必要。

② 音声信号の綿密な管理

アナログ伝送方式では、伝送路により音質劣化の状況が異なるため、各送信所に伝送される音声信号を同一化することは極めて困難であり、FM同期放送の導入が進まない理由の一つとなっていた。しかし、AES/EBU等のデジタル伝送方式を使用することにより、音声信号を精密に管理できるようになり、各送信所に伝送される音声信号の同一化が可能となっている。

③ FM同期放送の最適なエリア設計

FM同期放送では、各送信所からの放送波の伝搬を考慮した最適な放送区域を設定する必要があり、そのためには受信点における同期を構成する各送信所のDU比と送信所から受信点までの距離差による伝搬の遅延時間差が重要となる。同期を構成する各送信所のDU比を確認し、答電界地域における遅延時間の調整を行うことにより、遅延時間差による等電界地域の音質劣化を改善することが可能となる。

また、各送信所から受信点に到達するFM放送波の遅延時間のゆらぎは、同期干渉による音質劣化を引き起こすため、演奏所から送信所までの伝送路で発生する遅延時間及び送信機や音声コーデック等の装置内で発生する遅延時間の揺らぎを安定化させる必要がある。

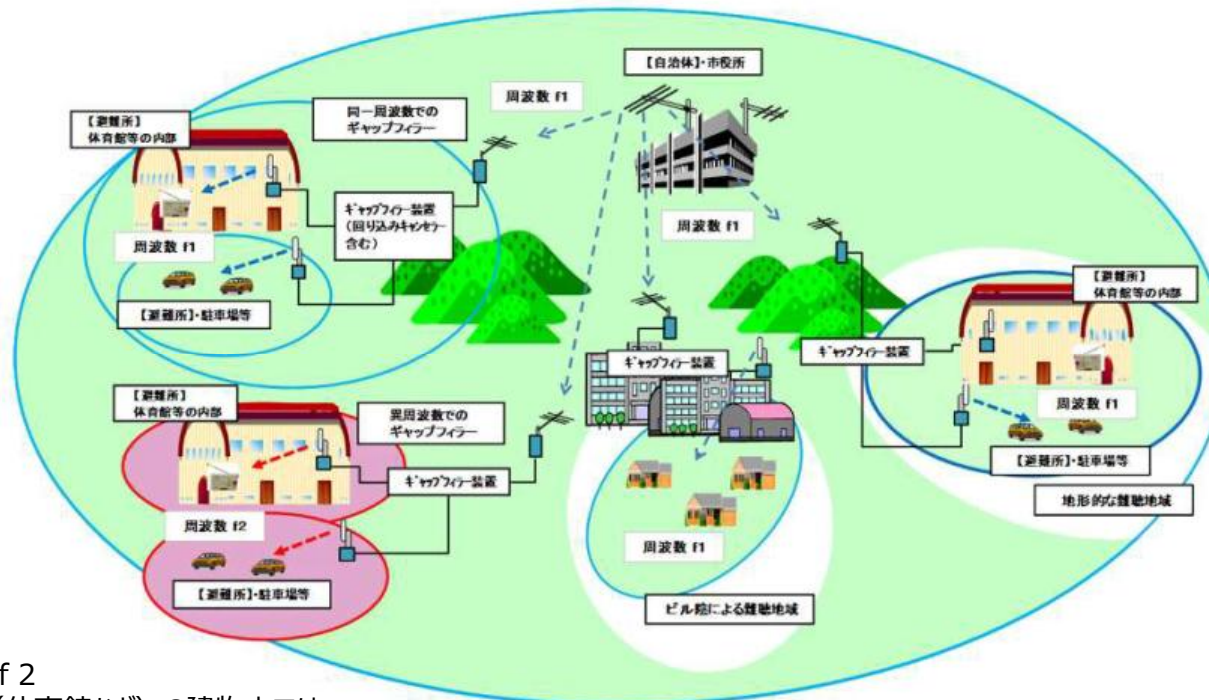
第3章 高度利用のための関連技術の動向

ギャップファイラー方式

➤ 難聴地域のイメージ

ラジオ放送電波が山間部などの地理的条件による難聴地域や地下街などの遮ぎられた電波の届かない不感地域（Gap：隙間）に、小さな出力の電波で受信改善を目的とする受信障害対策中継設備である。

臨時災害放送局では、地形的難聴地域やビル陰および避難所内部の難聴対策として有効に機能するものと思われる。



※上位局 f1、下位局 f2

移動の少ない避難所（体育館など）の建物中では微弱な f2 で再送信した方が有効なケースもある。

【ギャップファイラーが利用される難聴地域のイメージ】

第3章 高度利用のための関連技術の動向

臨時災害放送局の複数置局における中継方式の検討

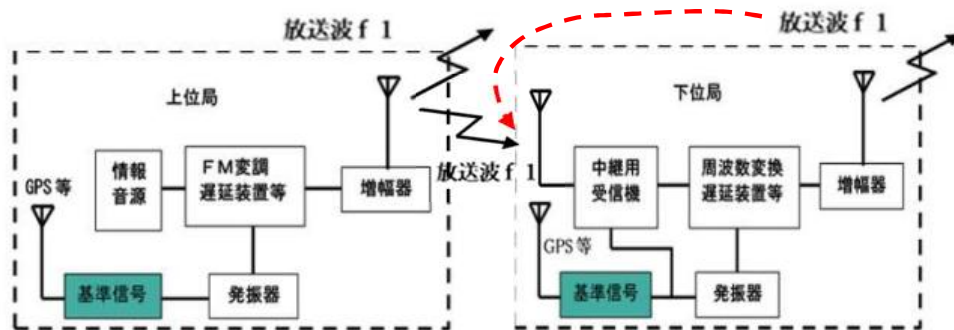
➤ 放送波中継方式

上位局の放送波を中継伝送回線として使用する。

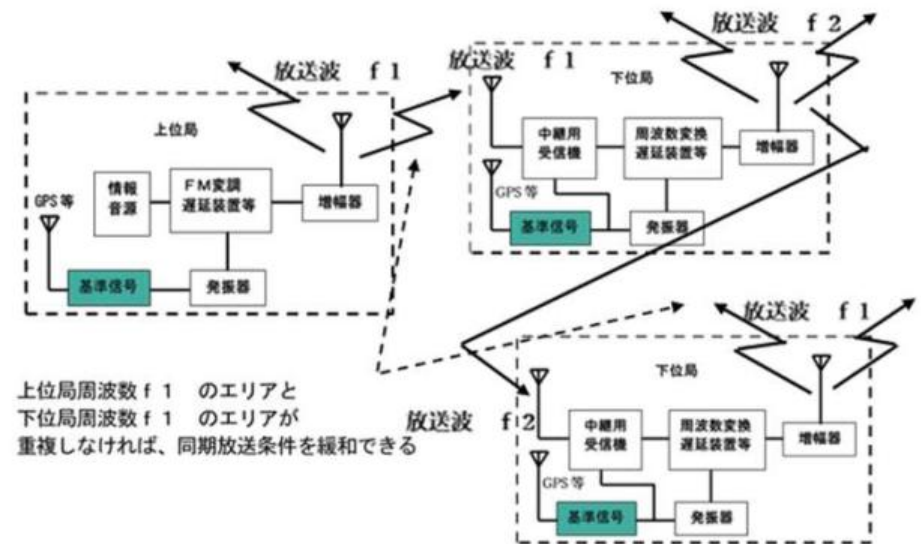
中継局の送信周波数を上位局と同一とし、同期放送とする場合は、受信への送信周波数の回り込み低減対策が必要となる。

放送周波数を2波確保できれば、上位局、下位局で交互に周波数を配置する。

上位局周波数 f_1 と下位局周波数 f_1 のエリアができるだけ重ならないように配置できれば同期放送の条件が緩和できる。



【放送波（上位・下位局同一波）での放送波中継方式】



上位局周波数 f_1 のエリアと
下位局周波数 f_1 のエリアが
重複しなければ、同期放送条件を緩和できる

【放送波（上位・下位異周波数）での放送波中継方式】

第3章 高度利用のための関連技術の動向

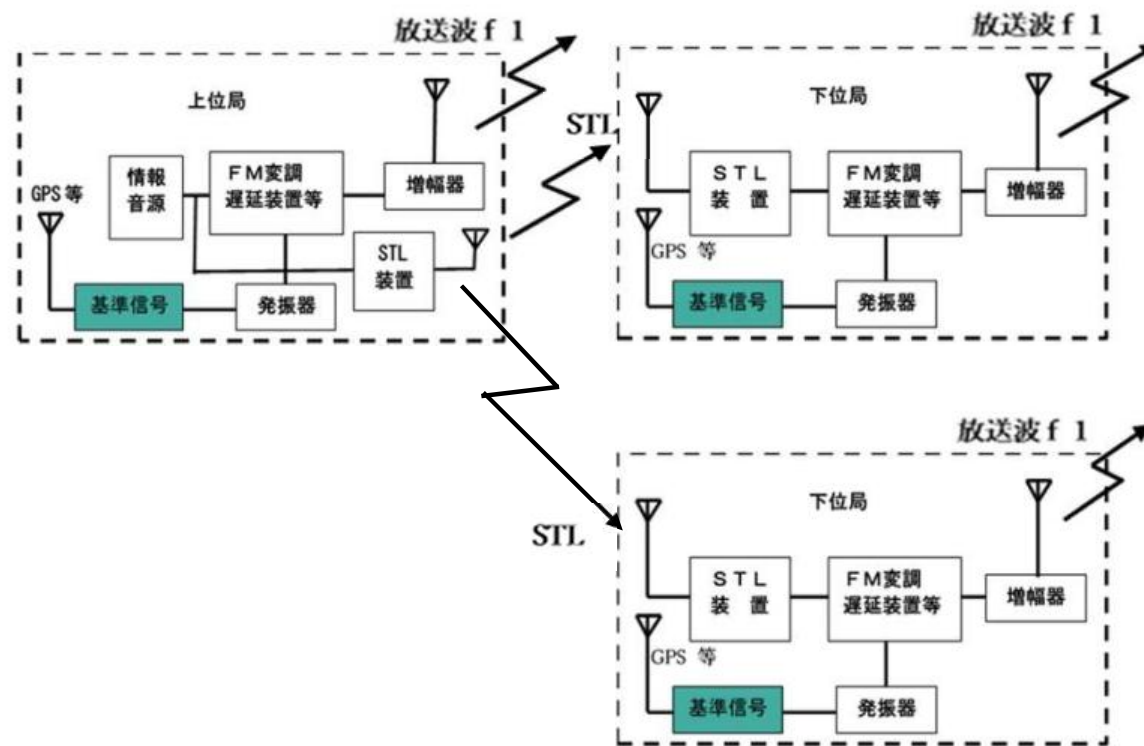
➤ STL中継方式

STL装置を中継回線として使用する。

放送波と中継回線が使用する周波数が異なるため、回り込みの配慮が不要である。

遅延時間の揺らぎがなく、安定した固定遅延となるため、同期放送の調整が簡便に行える。

ただし、STL送受信装置、送受信アンテナを放送装置とは別に備える必要がある。



【STLによる中継】

第3章 高度利用のための関連技術の動向

➤ 光ケーブルによるFM放送波伝送

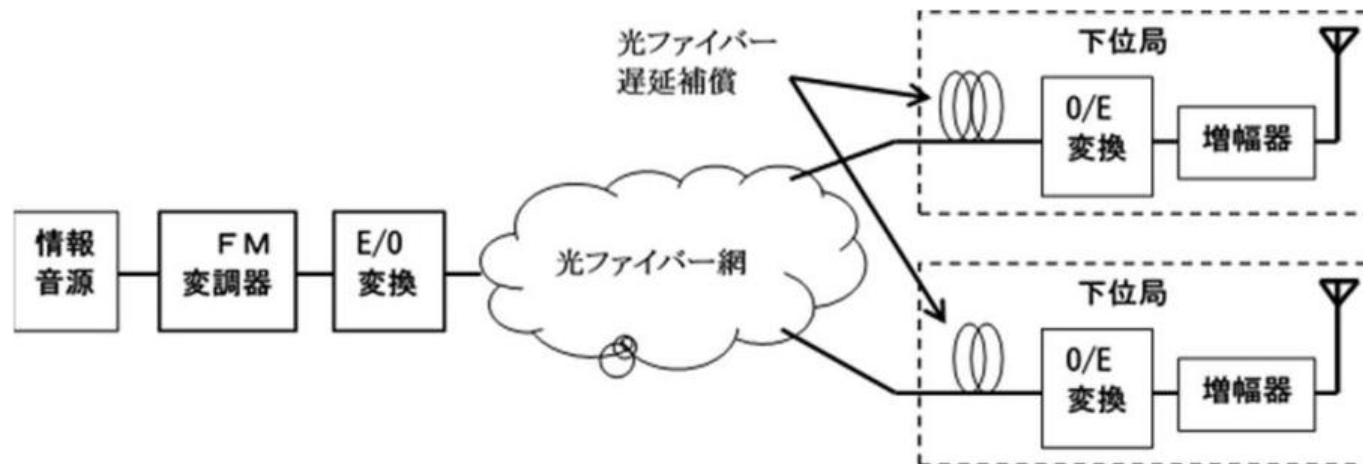
自治体、CATV業者が事前に敷設したダークファイバー等が利用可能な場合に利用できる方式である。

上位局（町村役場に設置の送信機）のFM放送波を光信号にE/O変換し各放送局に届ける。

下位局では、受信した光信号をO/E変換し、遅延調整を行って電力増幅しFM放送波として送出する。

下位局に伝送されるFM放送波は、同一のRF信号を分配しているため、放送所間で搬送波周波数偏差、搬送波周波数安定度、変調度に差が生じない。

このため、同期放送の調整は容易となる。ただし、災害時は光ファイバー回線等の障害発生リスクがある。



【光ケーブルによるFM放送伝送】

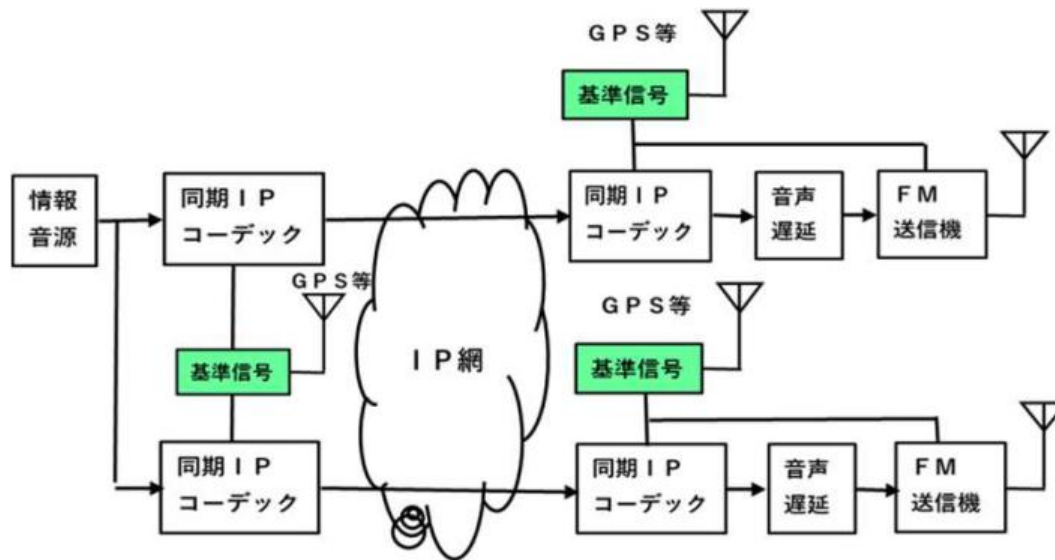
第3章 高度利用のための関連技術の動向

➤ IP回線を利用した方式

音声信号をデジタル化しIP回線により下位局に伝送する方式である。発災時に安定したIP回線が確保できる場合には有効である。ただし、IP伝送によるパケットロスや遅延時間揺らぎが発生する。同期放送で使用するためには、遅延時間揺らぎを補償する仕組みが必要になる。

① 広域イーサネット（ユニキャストIP網）の利用

この方式では、同期放送を行う場合は、IP網の両端で同期IPコーデックを設置し、GPS等の基準信号により中継回線の時間同期を取る。IP網としては広域イーサネットの専用線が必要であるが、ベストエフォート型ではパケットロスに対しての補償が困難である。



特徴としては、次のようなことがあげられる。

- IP網の遅延・揺らぎの補償にはGPS信号等による基準信号が必要である。
- レイヤ2のIP網では送信所毎に対向した独立回線を設けることが望ましい。

【広域イーサネット（ユニキャストIP網）を利用した中継】

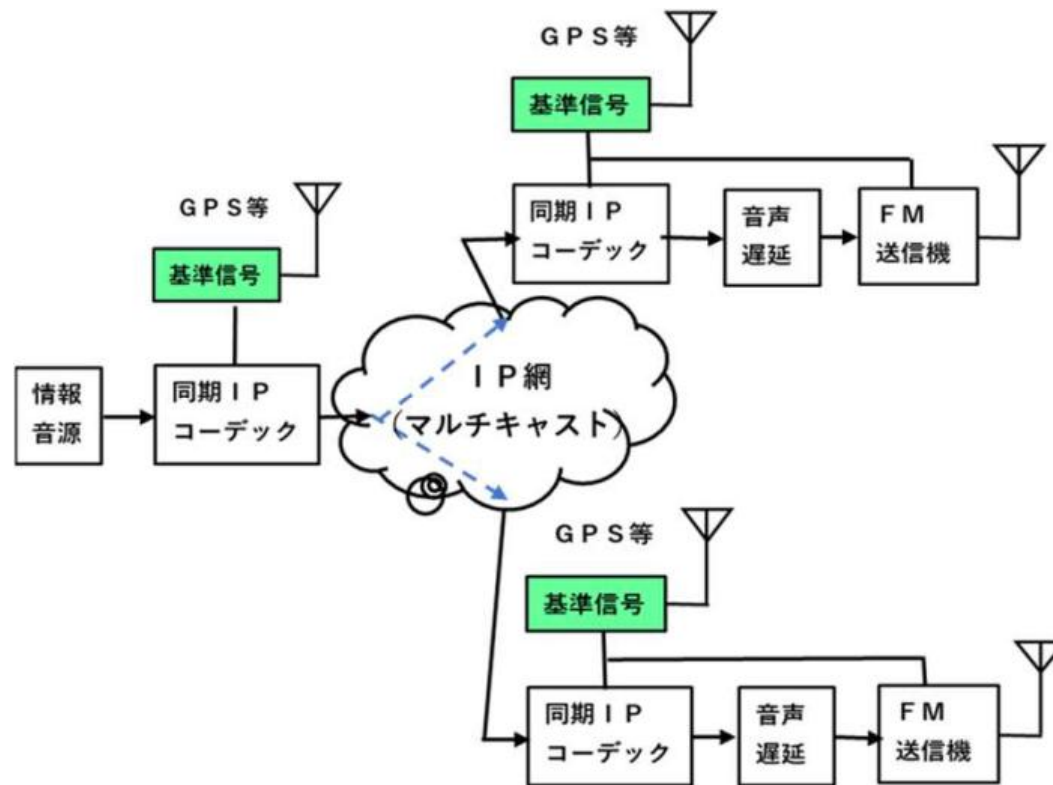
第3章 高度利用のための関連技術の動向

②広域イーサネット（マルチキャストIP網）の利用

番組送出側の同期IPコーデックをマルチキャストで動作させる。

広域イーサネット（ユニキャストIP網）の利用の場合と同様に、GPS等の基準信号により中継回線の時間同期を取る。

IP網としては広域イーサネットの専用線が必要であるが、ベストエフォート型ではパケットロスに対しての補償が困難である。



特徴としては、次のようなことがあげられる。

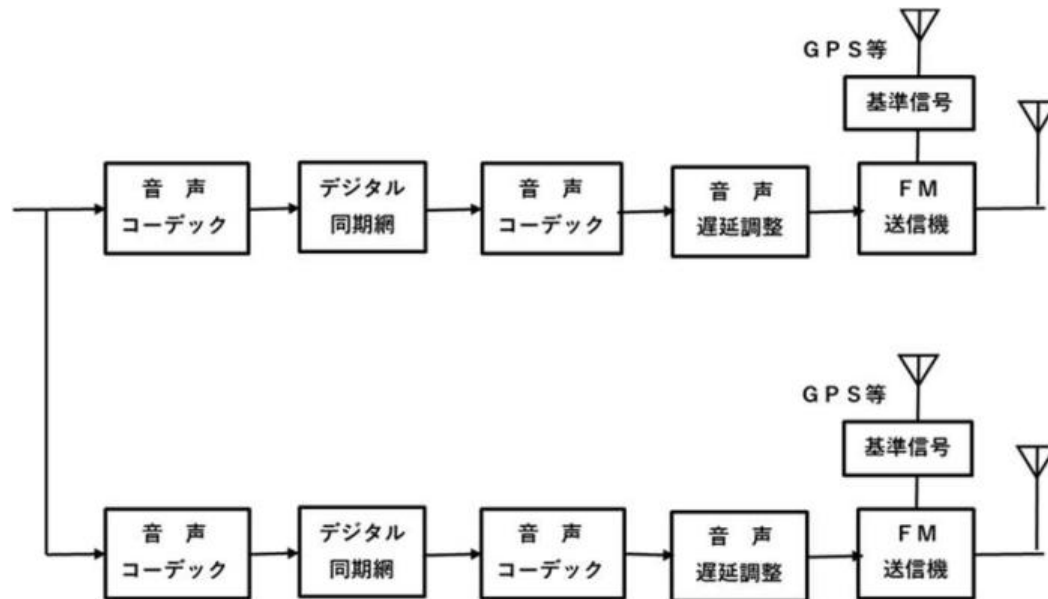
- IP網の遅延・揺らぎの補償にはGPS信号等による基準信号が必要である。
- 同期IPコーデック間の遅延時間が4～5秒と大きい場合があるため、リアルタイム性に課題がある。
- 番組送出側の同期IPコーデック設備は1台で対応でき設備の軽減が図れるため、中継回線費用はユニキャストIP網よりは安価となる。

【広域イーサネット（マルチキャストIP網）を利用した中継】

第3章 高度利用のための関連技術の動向

③デジタル専用線の利用

中継回線としてデジタル同期網（デジタル専用線）を利用する。



【デジタル同期網（デジタル専用線）を利用した中継】

特徴としては、次のようなことがあげられる。

- 中継回線の遅延時間はほぼ一定で、揺らぎを無視できる。
- 中継回線の構成は簡易である。
- 中継回線費用はVPN網（IP網）よりは高価となる。

第3章 高度利用のための関連技術の動向

中継方式のまとめ

災害発生時を考慮すると、有線を使用した伝送系は、断線などの回線の物理的な障害や通信の輻輳による接続障害などを受けやすい。放送波中継、STL中継の無線系を利用した中継方式では、中継場所の環境を考慮して設置場所を選定する必要があるが、回線開通後は、開設者で管理が可能であり、接続状態も安定していると考えられる。

➤ 全局同一周波数で同期放送を実現する放送波中継方式

複数局を迅速に立ち上げ可能な方式は、放送波中継方式であるが、全局同一周波数の同期放送の場合、各局の受信点で送信波の受信への回り込み低減を行う必要がある。

➤ 複数周波数割り当てによる放送波中継方式

広域のエリアを確保する局と局所的なエリアを補完する局の周波数を異なる周波数とし、局所的なエリア同士で同期放送を行えば、回り込み対策は不要となる。しかし、瀬戸内海のような周波数がひっ迫している地域では、2周波を確保することが難しい場合がある。

➤ STL中継方式

放送局間の中継をSTLで行うので、全局同一周波数での同期放送を簡便に立ち上げることができるが、放送周波数とSTL周波数の確保が必要である。FM放送周波数帯とSTL周波数帯（60MHz帯、160MHz帯）の共用アンテナが開発されれば、アンテナの設置が容易になる。

➤ 光ファイバケーブルを使用した中継

自治体、CATV業者等が敷設している光ファイバー網（ダークファイバー）を使用する。演奏所にFM変調器を設置し、各放送局にFM変調波を配信する光ファイバーによるFM放送伝送が、簡易に立ち上げが可能である。災害時、光ファイバ回線の障害発生リスクがある。

➤ IP回線を利用した中継

IP回線に起因する遅延時間の揺らぎが発生するため、揺らぎを補償する仕組みが必要となる。災害時、IP回線の回線障害発生リスクがある。

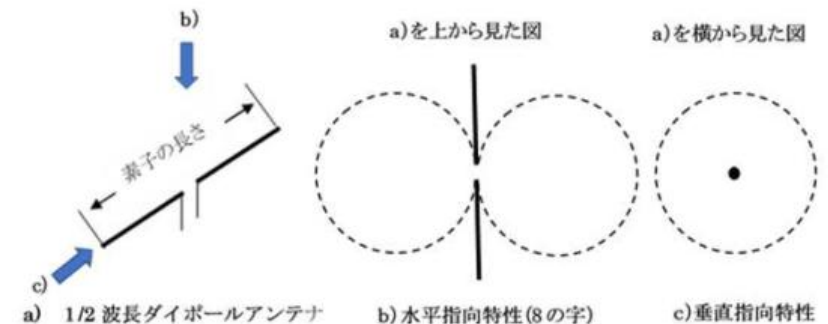
第3章 高度利用のための関連技術の動向

空中線技術

臨時災害放送局の送信では、既存FM放送への影響低減、周波数確保の観点から、隣接地域への影響の低減を考慮する必要がある。隣接地域への影響を軽減するには、アンテナの水平・垂直方向の指向特性を調整して、目的とするエリアに電波のエネルギーを集中させる方法がある。

➤ 1/2 波長ダイポールアンテナ

アンテナ素子の長さは1/2波長で、FM放送で使用する場合は約2mある。1/2波長ダイポールアンテナは、素子と直角方向に八の字に電波を発射する特性があるので、素子方向には電波のエネルギーがほとんど発射されない。受信アンテナとして使用した場合には、素子と直角方向の電波を良く受信できる特性がある。

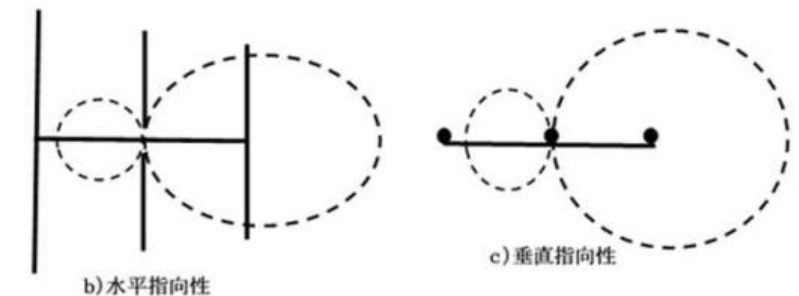


【1/2 波長ダイポールアンテナの構造 水平・垂直指向特性】

➤ 八木アンテナ

八木アンテナの基本形は、1/2波長ダイポールアンテナで、ダイポールアンテナの前後に反射器と導波器を追加した構造となっている。

図は素子が3本で構成しているので3素子八木アンテナと呼ぶ。八木アンテナの素子間の距離は、約1m (1/4波長) となる。素子の長さが約2mなので、3素子八木アンテナの大きさは約2m×約2mとなる。反射器、導波器を追加すると電波のエネルギーは、導波器の方向に集中するようになる。導波器を増やせば、その指向特性は鋭くなっていく。



【八木アンテナの水平・垂直指向特性】

第3章 高度利用のための関連技術の動向

➤ 垂直指向特性

垂直指向特性を調整するためには、複数のアンテナを垂直に積み重ねる方法がある。

それぞれのアンテナに供給する電波の位相を調整することで、最大輻射方向を水平から4度程度まで下向きに調整できる。

(電气的チルト調整と呼ばれている。)

エリアの状況により、4度以上の下向き方向が必要な場合は、アンテナを物理的に下向きに傾けて調整を行う。

➤ 偏波面

ダイポールアンテナの素子を地面に対して水平にした場合を水平偏波、素子を垂直にした場合を垂直偏波という。

垂直偏波の電波を水平偏波のアンテナで受信すると10dB程度電界値が低下する(偏波面効果という)ので、受信点への送信波の回り込みの低減には偏波面を異偏波とする方法も有効である。例えば、上位局を水平偏波で送信し、下位局を垂直偏波で送信することで、上位局受信への回り込みを低減することが出来る。

➤ 周波数特性

送受信アンテナの周波数特性を広い周波数帯に対応できるよう設計することが可能である(広帯域アンテナ)。広帯域のアンテナであれば、運用周波数を考慮することがなく設置調整が容易となる。しかし、広帯域特性と指向特性は相反した特性で、鋭い指向特性を広帯域全体にわたって保障することが難しくなる。また、多素子アンテナでもこの状況は変わらない。

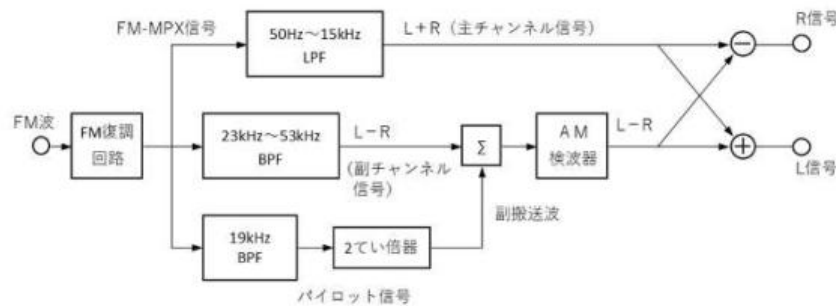
したがって、単一周波数に調整されたアンテナに迫る特性を得るためには、使用可能な周波数幅を5MHz幅程度に抑え、臨時災害放送局で使用される周波数(76MHz~95MHz)を4種類程度の帯域に分けたアンテナ構成とするのが望ましい。

第3章 高度利用のための関連技術の動向

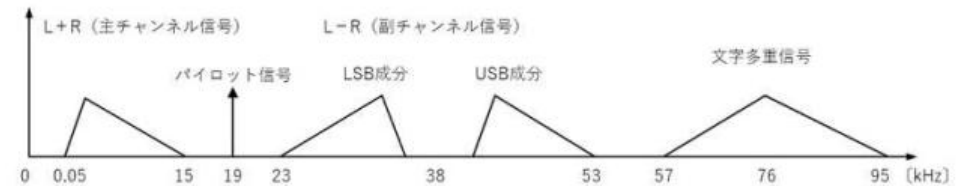
FM受信機の種類及び動向調査

➤ FM受信機の種類

・ステレオ/モノラル受信機



【ステレオ信号を復調する回路のブロック図】



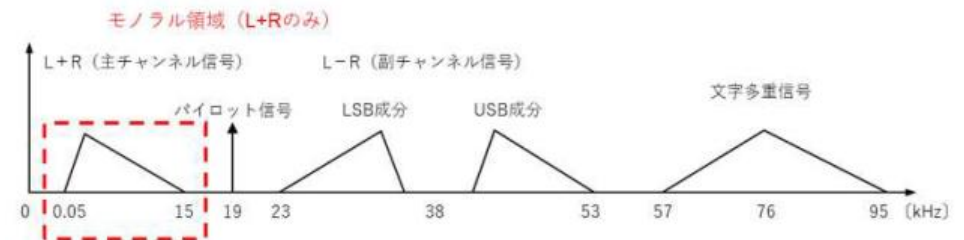
【FMコンポジット信号】

・モノラル受信機

モノラル信号はLPFによって得られた15kHz以下の主チャンネル信号（L+R信号）を取り出し、そのまま聞けば良い。



【FMモノラル放送（受信側）のブロック図】



【FMコンポジット信号の周波数スペクトラム】

第3章 高度利用のための関連技術の動向

・ステレオ受信機とモノラル受信機の比較

ステレオ受信機とモノラル受信機の構成より、ステレオ方式の方が広帯域な信号を復調するため、モノラル方式に比較して副チャンネル信号帯域で生じたひずみや雑音の影響を加算してしまい、またひずみや雑音が発生した場合にも副チャンネル信号帯域の分だけひずみや雑音の影響が加算される可能性が高い。

●ステレオ D/U = 0dB、遅延時間差 = 0μsec



●ステレオ D/U = 0dB、遅延時間差 = 10μsec



●ステレオ D/U = 10dB、遅延時間差 = 10μsec



●モノラル D/U = 0dB、遅延時間差 = 0μsec



●モノラル D/U = 0dB、遅延時間差 = 10μsec



●モノラル D/U = 10dB、遅延時間差 = 10μsec



第3章 高度利用のための関連技術の動向

FM受信機の受信感度

➤ 受信感度

受信機の基本特性の中に受信感度という受信機の性能を表す重要なパラメータがある。受信感度とは「通信に必要な受信品質を確保できる最小受信入力電力」と定義され、具体的にはアナログ受信機の場合は、ある一定のSN比を満足するため最小受信入力電圧を指すことが多い。FM受信機においては、SN比40dBを満足するための最小受信入力電力は6dB μ V (EMF) ~14dB μ V (EMF) のものが報告されており、FM受信機の受信感度は機種によってさまざまである。

また、一般的にFM放送はステレオ方式よりモノラル方式の方が放送エリアが広いといわれているが、これは先に述べた受信機の構成上、モノラル方式の方がひずみや雑音の影響を受けにくいことから、同じ受信入力電圧であればモノラル方式の方が高いSN比を得られることに起因する。

➤ 受信入力と受信アンテナ

ラジオ受信機においては受信感度の良し悪しが焦点になることもあるが、受信感度が良い受信機であっても受信入力が高い場合は満足するSN比が得られないこともある。FM受信機の場合は受信アンテナの長さが $\lambda/4$ (λ は1波長で、FM放送波の λ は約4m弱) のものが多く、付属しているロッドアンテナは1m前後まで伸びるものがあるため、適正な長さに伸ばして受信電力を最適にすることでSN比を上げることができる。

最適な受信アンテナの長さの観点より、ポケットラジオはイヤホンケーブルを受信アンテナと兼用しているものが多いため、イヤホンケーブルの張り方（付け方）を工夫することでSN比を上げることができる場合があることがわかる。

第3章 高度利用のための関連技術の動向

既存の技術の動向を踏まえた臨時災害放送局への高度利用検討

臨時災害放送局の高度利用には、既存の関連技術を効果的に組み合わせることが必要であり、各技術の活用可能性をまとめた。

➤ 同期放送技術

臨時災害放送局を複数置局し面的なエリアカバーを行う場合、同期放送技術を活用し、周波数を同一にすることが可能となる。この場合、段階的に置局を行うためには、各局が独立してFM同期放送を実現し、後から下位局を容易に追加できる独立同期方式が適していると考えられる。同期放送を行うには精密な調整が必要であり、一方で、迅速に臨時災害放送局を開設するための考慮が必要である。

➤ ギャップファイラー

臨時災害放送局におけるギャップファイラーはAMラジオ放送やFMラジオ放送等が法定電界強度を下回り、ラジオ受信機による聴取が困難となる体育館や小規模避難所が想定される。ギャップファイラーは放送事業者以外の者が容易に開設できるよう、無線局検査を省略できる技術基準適合証明の対象無線設備であり、また、無線局を操作する無線従事者の選任を不要であるため小規模な避難所等で柔軟に難聴対策を行える方式である。

➤ 中継方式

発災前後を考慮すると、各放送局の構成の簡素化が見込まれ、早期に複数の放送局を立ち上げできる方式は、放送波中継方式、60MHz帯、160MHz帯のSTL中継方式である。放送波中継方式は簡易ではあるが、下位局受信で、送信波の回り込み対策を行わなければならないため、送受信アンテナの設置場所の配慮が必要となる。

STL中継方式では、下位局受信への送信波の回り込み対策が不要であるが、放送機とは別にSTL中継装置及びSTL用アンテナを用意する必要がある。60MHz帯、160MHz帯のSTLを想定すれば、FM放送周波数帯と周波数が近い。このため、放送送受信とSTL送受信を共用できるアンテナが開発されれば、アンテナの運用は簡易になる。

光ケーブル、IP回線による中継は、発災による光ケーブルの切断、IP回線の安定性などの問題が発生する可能性がある。しかし、放送波及びSTL波が届かない地域へも情報伝送の可能性があるため、事前に伝送回線としての利用可否等を検討しておくことが重要である。

第3章 高度利用のための関連技術の動向

➤ 回り込みキャンセラー

地上アナログテレビ放送のゴーストキャンセラーでは、GCRという遅延波を検出（計算）させる基準信号が挿入されていた。近年のデジタル処理技術を活用し、回り込みの抑制を実現する回り込みキャンセラーが開発されれば、同一周波数による放送波中継がより簡易に構築できるようになる。

➤ 空中線

構造が比較的簡易で、取り扱い易いアンテナ形式としては、ダイポール型、八木型などがある。ダイポールアンテナの前後に素子を追加すると水平面の指向特性を鋭くすることができ、目的の方向に電波のエネルギーを集中させることができる八木アンテナとなる。ダイポールアンテナ、八木アンテナを複数組み合わせることで、必要な放送エリアに電波のエネルギーを効率よく集中させるアンテナ特性を作り出すことができる。使用する周波数に都度調整が必要となるアンテナではなく、臨時災害放送局が使用する周波数の範囲において調整が不要なアンテナであれば、より迅速に設置調整を行うことができる。

➤ FM受信機のステレオ／モノラル特性

一般にFM放送は受信機の実用上においてモノラル方式の方がステレオ方式に比べてSN比が良いことから、同じ受信入力電圧の場合、ステレオ方式よりモノラル方式の放送エリアが広がる。このため、エリアカバーの観点から、モノラル方式が有利である。

また、モノラル方式の信号構成は、L+Rのみであり、ステレオ方式と比較してシンプルで同期すべき信号の構成としてもシンプルなため、同期放送を行う場合においても有利である。

また、屋内試験から得られた結果から、1周波数で構成する臨時災害放送局を複数設置する場合においては、モノラル方式の方がステレオ方式と比較して同一周波数による干渉時のひずみの影響を受けにくく、評価3を得られる範囲が広がることが判明した。

なお、今回の調査の結果で、一般に市販されているFM受信機のほとんどの機種が信号強度に応じて、ステレオ／モノラルの自動切り替えを行う機種であることが判明した。モノラル方式のエリアカバーの優位性を確保するためには、臨時災害放送局はパイロット信号を挿入しないモノラル方式とすることが必要となる。

第4章 臨時災害放送局の置局を考慮した電波伝搬環境

臨時災害放送局における電波伝搬の概要

臨時災害放送局ではFM放送周波数帯（76.1～94.9MHz帯）が利用されるため、第一フレネルゾーンの深さ（半径）も大きくなる（85MHz 送受信点距離10kmの中心で約93m）。また、送信点が低い（30m～10m）ことから、伝搬路上の建物や地形が大きく影響する。臨時災害放送局の送信点が低いことから、放送エリアは送信点を中心とした見通し距離内と推定されるので、平面大地反射波を基本モデルとして電波伝搬上の回線設計を行う。

➤ エリアカバーの範囲

送信点地上高は、比較的低い（地上高30m～10m）とし、受信アンテナ高は1m程度（ポケットラジオを想定）としてエリアの想定を行った。平面大地反射モデルを想定した送信点からの電波の到達距離（法定電界48dB μ V/m = 0.25mV/m）の計算例（送信点からの到達距離）を表に示す。

周波数：85MHz

		ERP:220W (5素子八木想定)			ERP:100W		
送信アンテナ高		10m	20m	30m	10m	20m	30m
受信アンテナ高	4m	7.5km	10.8km	13.1km	6.3km	8.9km	10.8km
	1m	3.8km	5.4km	6.6km	3.1km	4.4km	5.4km

		ERP:50W			ERP:25W		
送信アンテナ高		10m	20m	30m	10m	20m	30m
受信アンテナ高	4m	5.3km	7.4km	9.2km	4.4km	6.3km	7.7km
	1m	2.6km	3.7km	4.5km	2.2km	3.1km	3.8km

		ERP:560mW (5素子八木想定)			ERP:250mW		
送信アンテナ高		10m	15m	20m	10m	15m	20m
受信アンテナ高	4m	1.7km	2.1km	2.4km	1.4km	1.7km	1.95km
	1m	0.9km	1.1km	1.2km	0.7km	0.85km	0.99km

計算条件として、周波数85MHz、受信アンテナ高4mから1mへの換算値は-10dB、受信アンテナ利得0dBとした。この結果から、実効輻射電力220Wクラス（送信出力100W、5素子八木アンテナに相当）の電波の到達距離は、送信地上高30mで6.6km程度、実効輻射電力560mWのギャップフィルター（送信出力250mW、5素子八木アンテナに相当）では1.2km程度の範囲がエリアカバーの範囲と想定される。

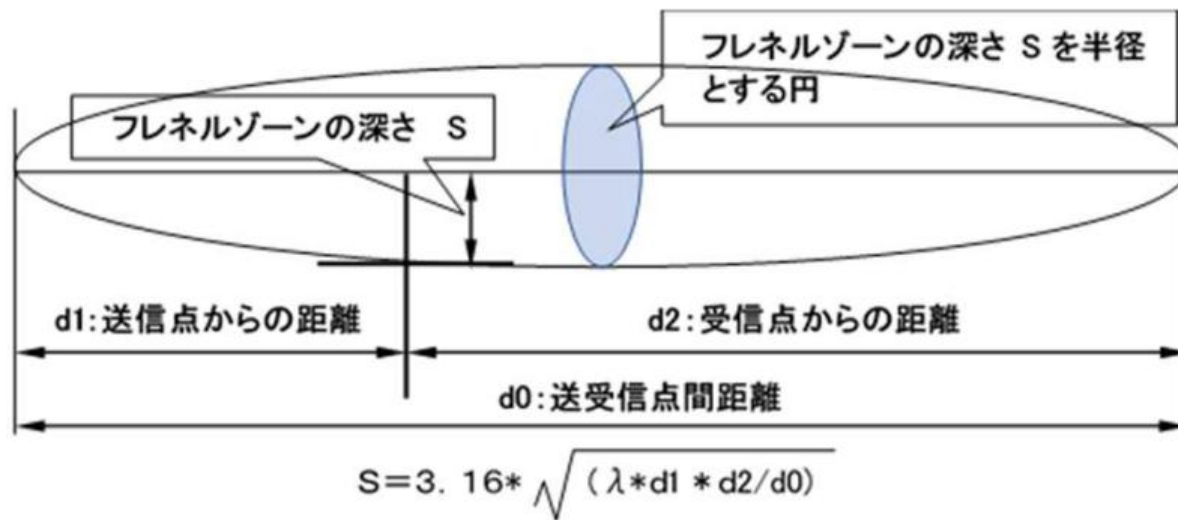
第4章 臨時災害放送局の置局を考慮した電波伝搬環境

➤ 伝搬上配慮すべき点

・第一フレネルゾーン

放送エリアを推定するためには、第一フレネルゾーン内の障害物による遮蔽や大地反射への影響を配慮したシミュレーションが重要である。

第一フレネルゾーンは、図に示すように、送受信点間の伝搬上の電波エネルギーの広がりを見積もる理論で、送受信点を頂点とするラグビーボールのような形で電波のエネルギーが分布するとされる。フレネルゾーン内に電波エネルギーを遮蔽する障害物が存在すると受信点での受信電界に影響する。



【第一フレネルゾーンの深さ】

周波数	送受信点間の距離			
	1 km	5 km	10 km	30 km
7.6 MHz	3.1 m	7.0 m	9.9 m	17.2 m
8.5 MHz	3.0 m	6.6 m	9.3 m	16.2 m
9.5 MHz	2.8 m	6.3 m	9.0 m	15.3 m

【送受信点中心部のフレネルゾーンの深さ】

右表から、送信点が低い（30m～10m）の臨時災害放送局では、第一フレネルゾーンのほぼ下半分が平面大地より地中に潜り込んだ形となり、建物や地形により遮蔽された状態が発生する。フレネルゾーンの下半分がすべて遮蔽されたと想定すると、電界値で6dBの減衰量となり、遮蔽物が送受信点の見通し線を越えてくるとさらに遮蔽損失が増加する。

第4章 臨時災害放送局の置局を考慮した電波伝搬環境

・平面大地反射波の影響

受信点では、送信点からの直接波と平面大地に反射した反射波が合成されて受信される。

また、反射波は、反射点の状況により、反射率や反射波の位相が変化するため、直接波と反射波の位相が合致すれば、受信電界の上昇（最大6dB）が見込まれる。しかし、反射波の位相の状況によっては、受信された合成電界が30dBも低下する場合がある。

・都市減衰

放送局の放送エリアを推定する手法として規定されている郵政省告示第640号では、「受信点から送信点への仰角 Φ 」および「受信点近傍の1km²にある高さ10m以上の建物の割合 Γ (%)」により都市減衰を考慮するが、300MHz以下の周波数帯においては、都市減衰を考慮しないこととなっている。しかし、実際には、FM放送周波数帯（76.1～94.9MHz）でも受信点近傍の環境による都市減衰を見込んだ方が実測電界と計算結果がよく一致する。都市減衰は、受信点周りの建物状況により算出する。広島近郊の中小都市では、状況により、最大14dB程度の都市減衰を見込む必要がある。

・海上伝搬

島嶼部では、海上伝搬についても配慮しておく必要がある。

中継回線の経路途中に海上を挟む場合、潮汐による海面の高さの変化に連動して反射点も変動する。反射点の位置の変動に伴い直接波と反射波の経路差に応じた位相差も変化し、受信点で直接波と反射波が合成されると、受信電界が変化する。また、海面の波浪の状態により反射点の反射率も変化し、受信電界の変動の原因となる。この影響を軽減するためには、反射波を抑制し、直接波のみ受信するように工夫する。

具体的には、中継用受信アンテナの指向性を鋭くし、アンテナから海面が見えないよう建物などで遮蔽し、反射波が受信されないようにする方法が効果的である。

第4章 臨時災害放送局の置局を考慮した電波伝搬環境

電波伝搬環境のまとめ

臨時災害放送局で使用されるFM放送の周波数帯の伝搬特性、受信形態から、エリアカバー範囲を、広域エリア局で半径約6.6 km、局所的なエリアを補完する局では半径約1.2 kmと想定した。

臨時災害放送局の送信点地上高は30m程度と比較的低く、受信アンテナ高もポケットラジオを想定し1m程度と低いため、放送エリアは見通し距離内となり、建物や地形の影響を受けやすい。第一フレネルゾーンを遮る建物や地形、大地反射波の影響、都市減衰を考慮したエリアシミュレーションが必要である。

伝搬経路に海上を含む場合、潮汐による受信電界強度の変動に注意する必要がある。安定な受信のためには、海上からの反射波が受信されないよう、アンテナの設置場所を配慮しなければならない。

第5章 複数の置局による高度利用の検討

複数の置局の検討

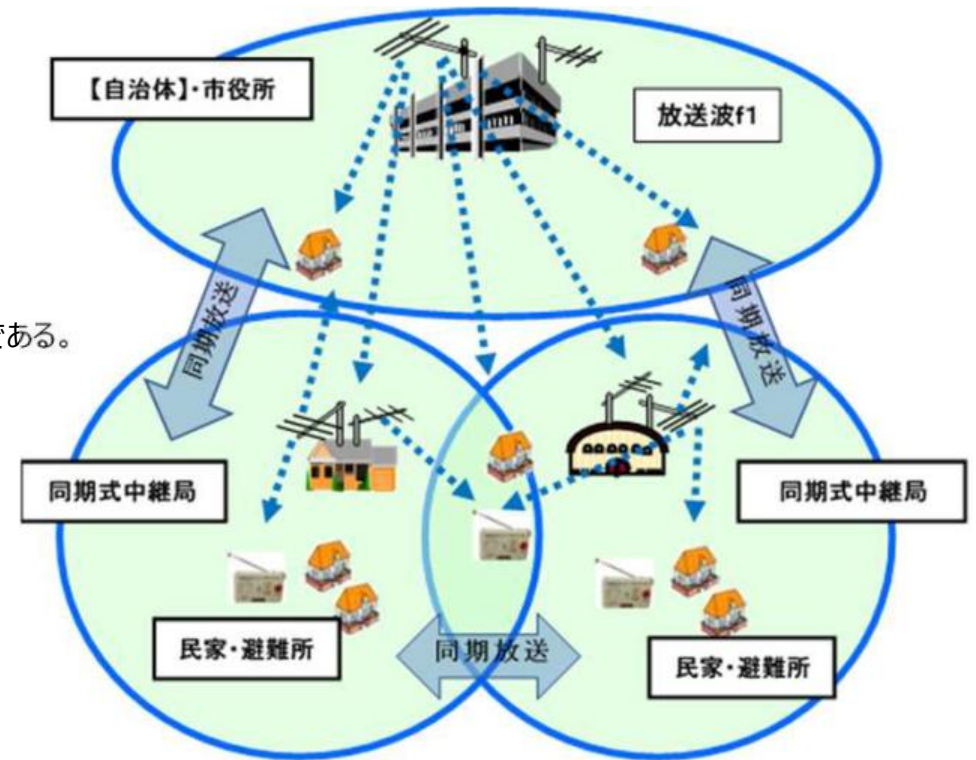
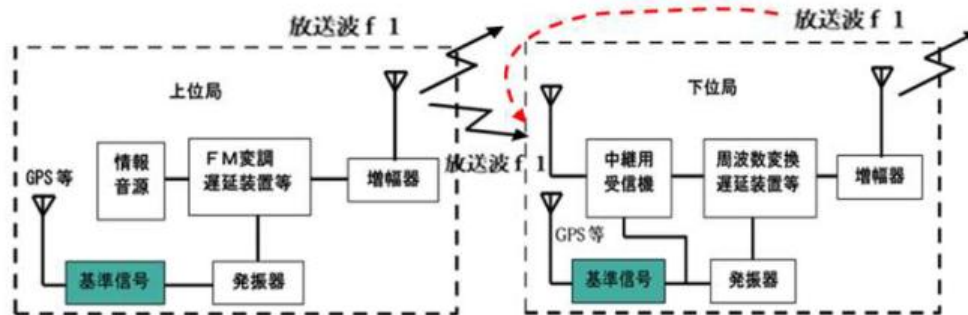
➤ 放送波中継による周波数同期

・上位局、下位局同一周波数による周波数同期

放送波中継（上位局・下位局同一周波数）による周波数同期の概要を示す。

この方式の特徴

- ・上位局の変調波を再変調しないので、変調特性が上位局に一致する。
- ・同期放送を行う局同士の送信タイミングを基準信号（GPS等）により精密に管理する必要がある。
- ・下位局の装置遅延（固定遅延）があるので、遅延調整に制約がある。
- ・下位局では、上位局受信への下位局送信波回り込みを低減する工夫が必要である。



【放送波（上位・下位局同一波）での放送波中継による周波数同期】

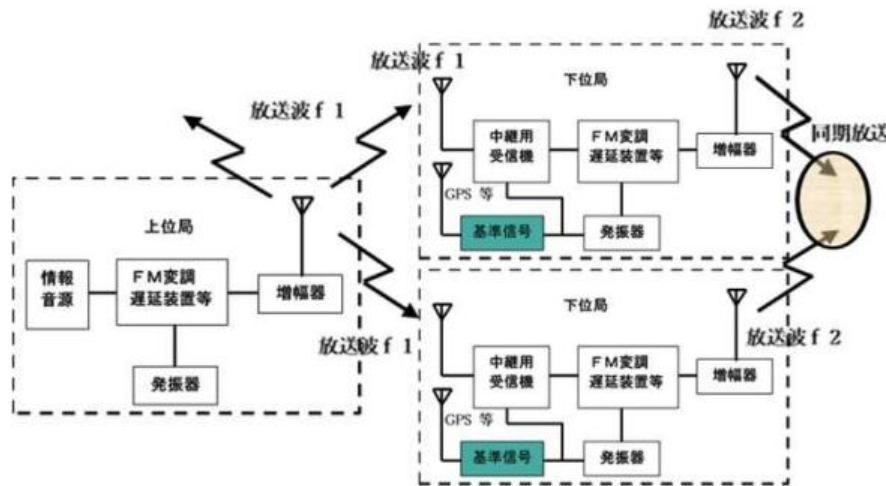
第5章 複数の置局による高度利用の検討

・上位局・下位局を異周波数とし、下位局同一周波数による周波数同期

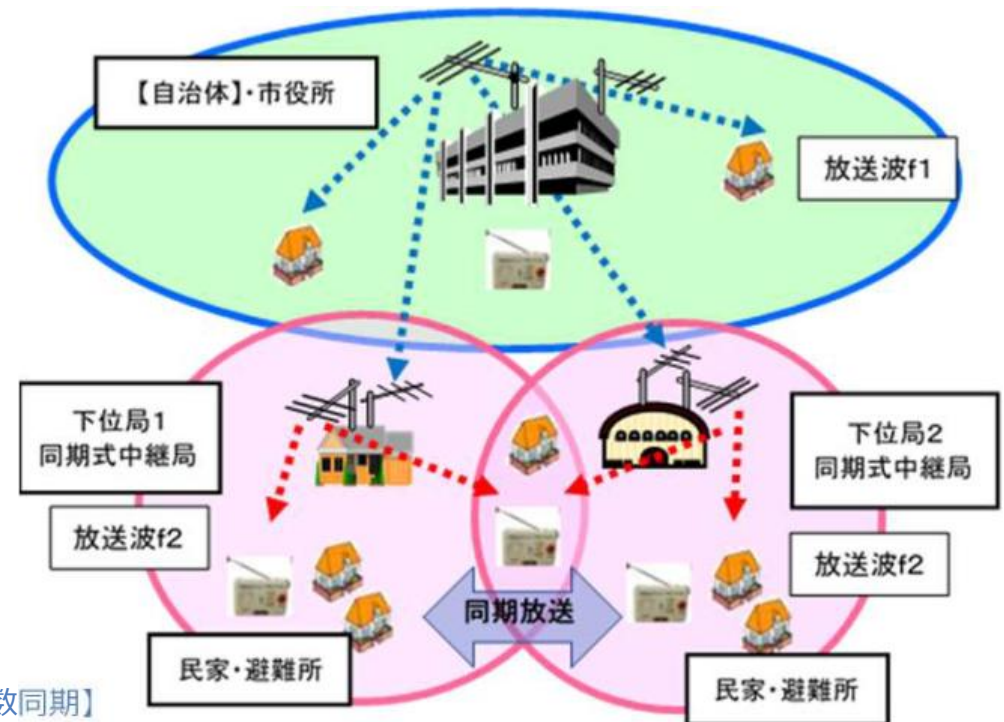
上位局・下位局を異なる2周波数とした場合の周波数同期方式を示す。この場合は、上位局は周波数 f_1 で広域のエリアを確保し下位局は周波数 f_2 で補完的エリアを補うことになる。下位局1、下位局2の重複エリアを同期放送とする。

この方式の特徴は

- ・上位局の放送波を受け、下位局で再送信するため、簡便な立ち上げが可能
- ・上位局の変調波を再変調しないので、変調特性が上位局に一致する
- ・下位局同士は小規模のエリアとなるので、同期放送の確保すべき遅延時間精度、振発振器の周波数精度を緩和してもサービスが可能である。
- ・下位局では、送受信周波数が異なるため、受信への回り込み対策を考慮する必要がない



【放送波（上位・下位局同一波）での放送波中継による周波数同期】

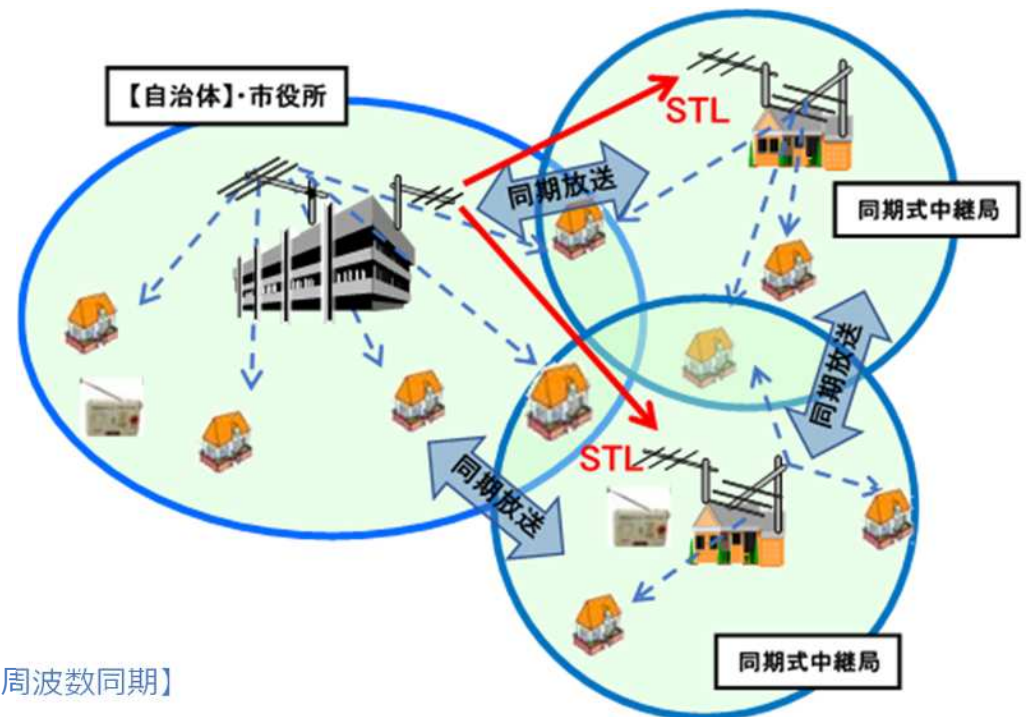
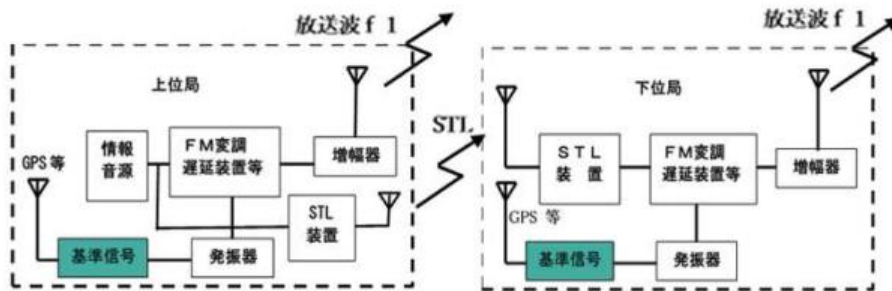


第5章 複数の置局による高度利用の検討

➤ STL中継による周波数同期

この方式の特徴は

- ・上位局からSTL装置により、下位局へプログラムを伝送する。
- ・上位局・下位局の変調特性の誤差が発生する可能性があるため、変調特性の誤差を一定値内に制御する必要がある。
- ・下位局では、送受信周波数が異なるため、受信への回り込みを考慮する必要がない。
- ・同期放送を行う局同士の送信タイミングを基準信号（GPS等）により精密に管理する必要がある。
- ・すべての放送エリアを同一周波数の同期放送とすることが出来る。



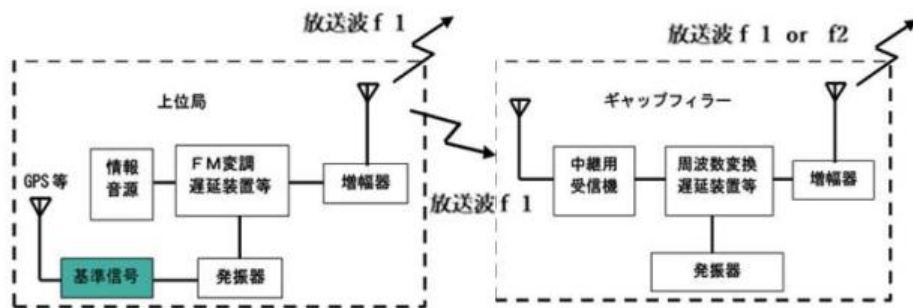
【STL中継による周波数同期】

第5章 複数の置局による高度利用の検討

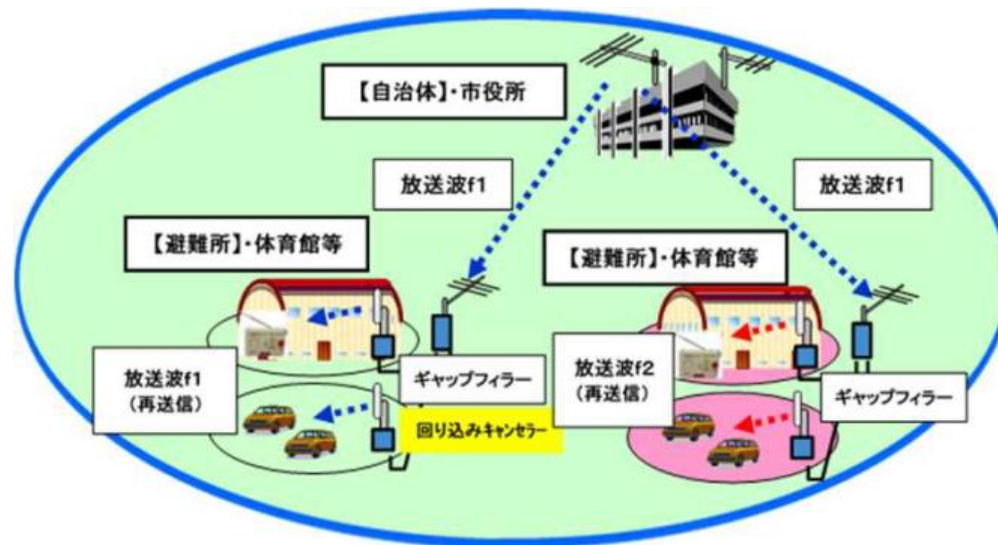
➤ ギャップファイラーによる小規模な放送波中継

この方式の特徴は

- ・上位局の放送波を再変調しないので変調特性が上位局と一致する。
- ・放送エリアは直径1-2 km程度の小規模エリアとなる。
- ・小規模のため送受信点が近接する可能性があるので、送信波の受信への回り込みを低減する工夫が必要である。
- ・小規模エリアのため、同期放送の確保すべき遅延時間精度、発振器の周波数精度を緩和してもサービスが可能である。



※上位局 f1、下位局 f2
移動の少ない避難所（体育館など）の建物中では微弱な f2 で再送信した方が有効なケースもある。



【ギャップファイラーによる小規模な放送波中継】

第6章 屋内試験の実施

屋内試験の概要

「臨時災害放送局の高度利用に関する調査検討」において、屋内試験ではモノラル方式を前提とした試験環境を構築し、臨時災害放送局の複数置局における技術的条件の検証、およびモノラル方式とステレオ方式の比較検証を目的としている。

今回の屋内試験において検証を行った方式は下記の3項目となる。

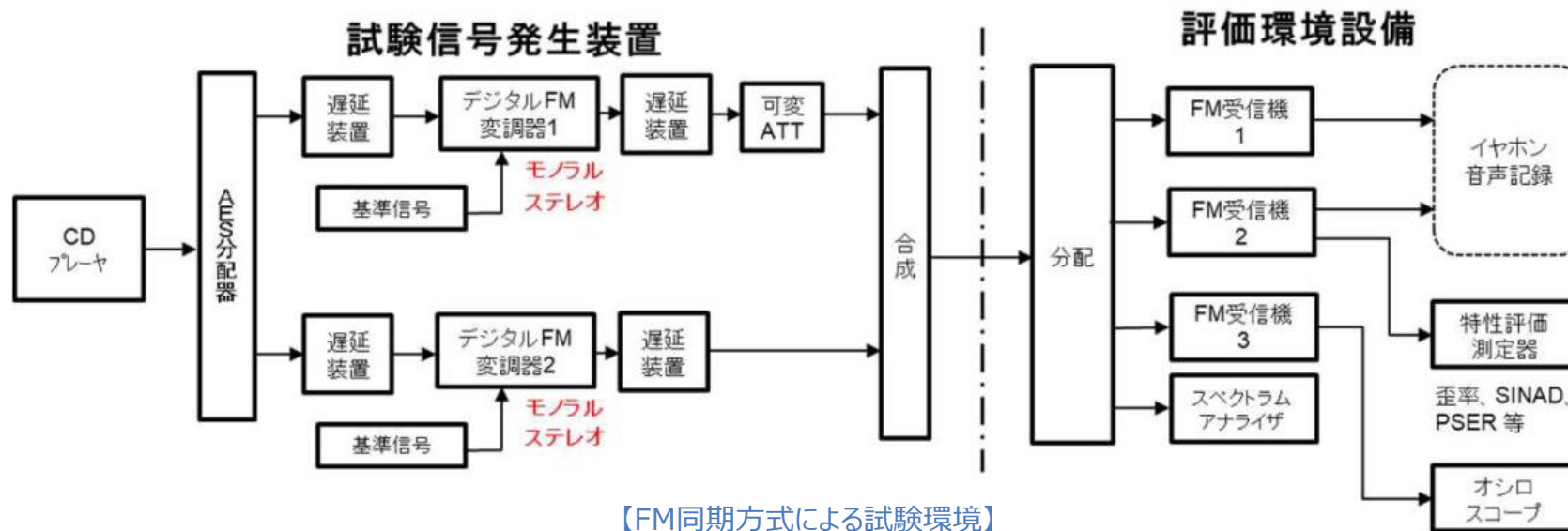
1. FM同期方式による検証
2. ギャップフィルター方式による検証
3. 既存臨時災害FM放送機との比較



第6章 屋内試験の実施

➤ FM同期方式による検証

F M同期方式による複数置局の試験環境を構築し、D / U比、遅延時間差等のパラメータを変化させた時の干渉領域における受信形態毎の信号劣化の検証、およびモノラル方式とステレオ方式の比較検証を行った。



番号	パラメータ	試験条件
①	レベル差 (D/U)	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,15,20,30,50dB
②	音声信号の時間差 (遅延時間差)	0,1,3,5,10,15,(26.3),35, 50,(53) ,100,200,500,1000μs
③	搬送波の無変調時の周波数差	0.2,1,2,10Hz
④	搬送波の変調時周波数安定度差	0,2,6Hz
⑤	最大変調度偏差	1,75,300,1000,2000,5000Hz
⑥	受信機入力レベル	40,60dBμV
⑦	ステレオ信号時との比較	モノラル,ステレオ

【パラメータ】

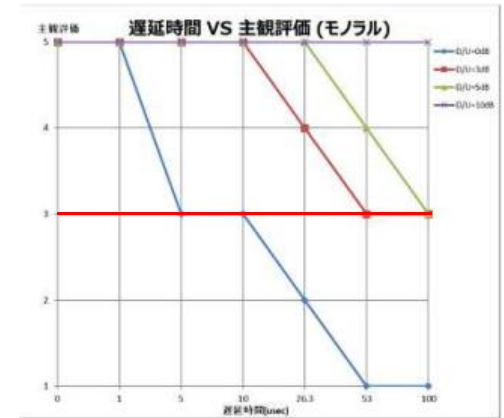
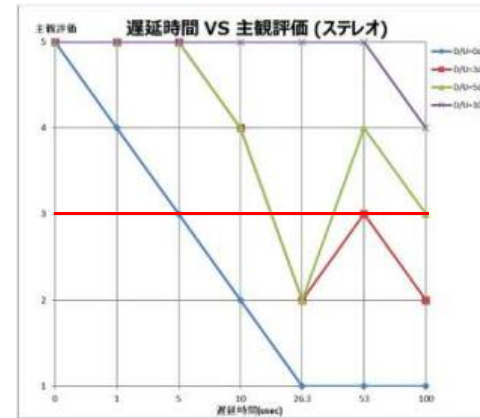
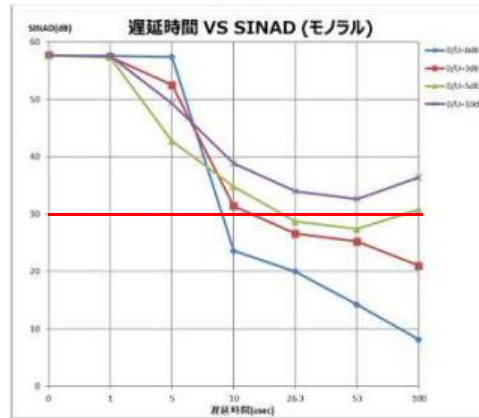
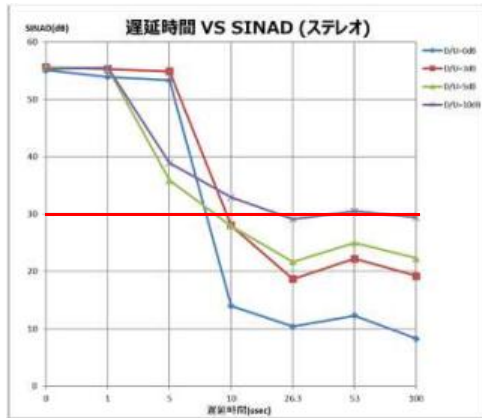
朱書きのパラメータにて試験を実施

第6章 屋内試験の実施

➤ FM同期方式による試験結果（1）

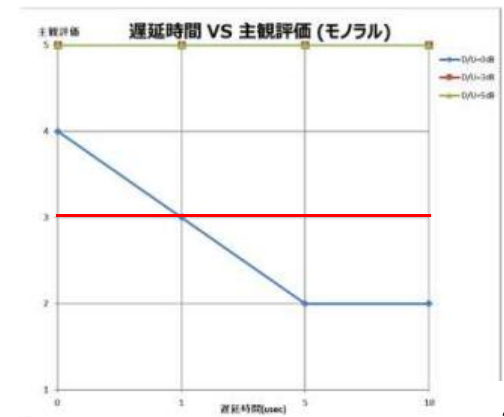
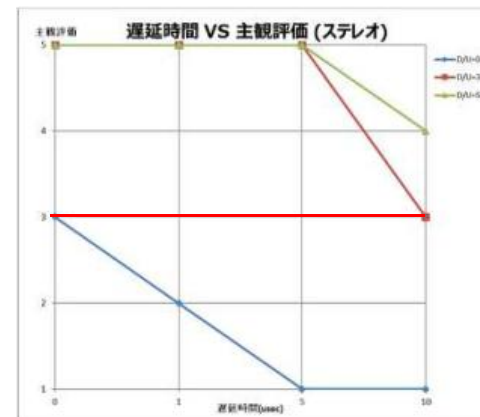
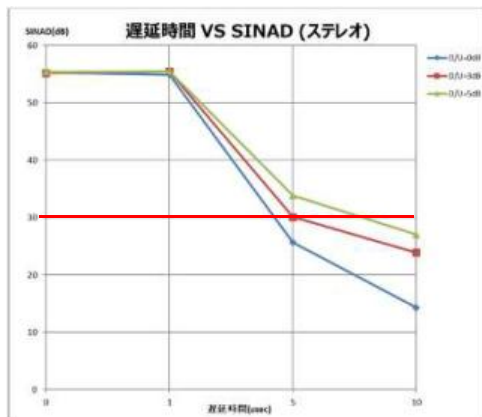
● 遅延時間とD/Uによる比較

- 遅延時間とD/Uを変化させ、ステレオ/モノラルにて比較試験を実施した。ステレオではD/U=0dBで主観評価3以上を得るためには遅延差5μsec以内が必要となるが、モノラルにおいては遅延差10μsec以内まで緩和される。



● 中心周波数偏差による比較

- 中心周波数偏差を2Hzとし、遅延時間とD/Uを変化させ、ステレオ/モノラルにて比較試験を実施した。多少モノラルの方が主観評価が良いが、基本的にステレオ、モノラルともに主観評価3以上を得るためにはD/U = 3dBが必要となる傾向。

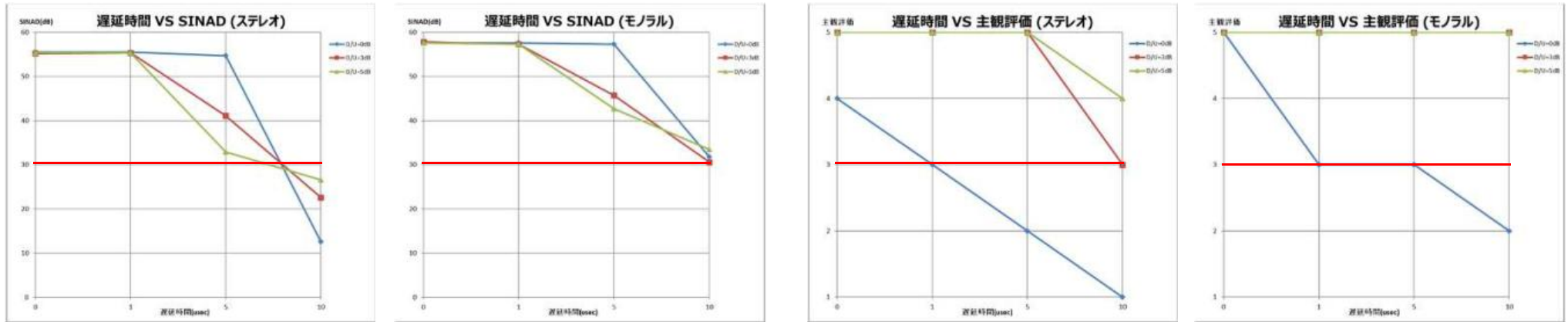


第6章 屋内試験の実施

➤ FM同期方式による試験結果（2）

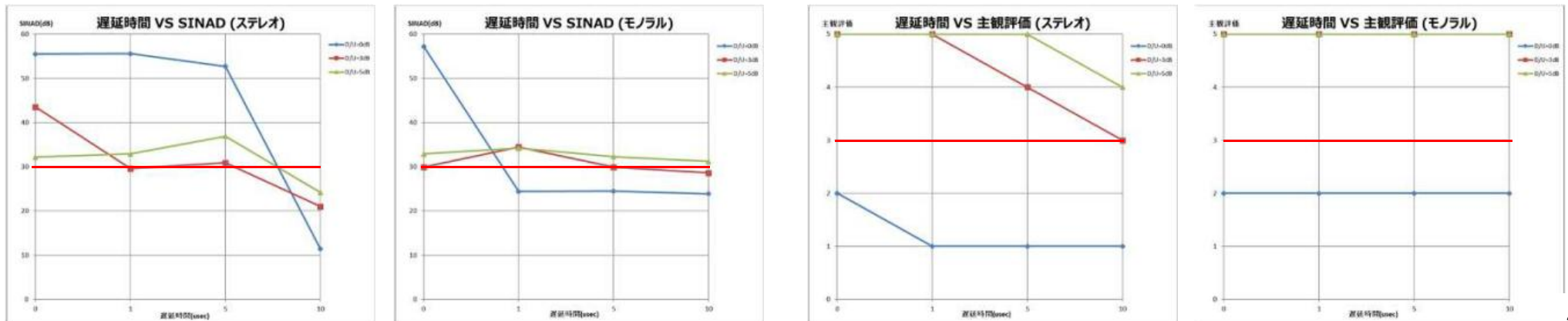
● AC周波数安定度による比較

- AC周波数安定度を2Hzとし、遅延時間とD/Uを変化させ、ステレオ/モノラルにて比較試験を実施した。多少モノラルの方が主観評価が良いが、基本的にステレオ、モノラルともに主観評価3以上を得るためにはD/U = 3dBが必要となる傾向。



● 最大変調度偏差による比較

- 最大変調度偏差を5kHz（0.56dB相当）とし、遅延時間とD/Uを変化させ、ステレオ/モノラルにて比較試験を実施した。基本的にステレオ、モノラルともに主観評価3以上を得るためにはD/U = 3dBが必要となる傾向。

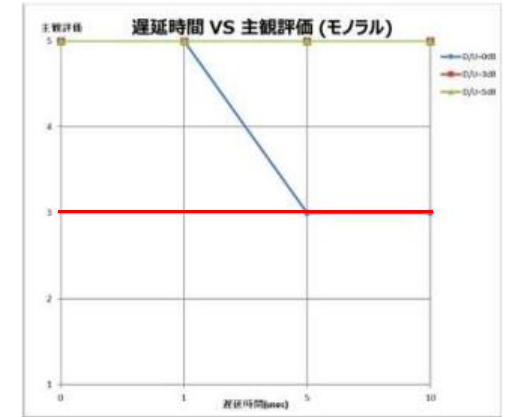
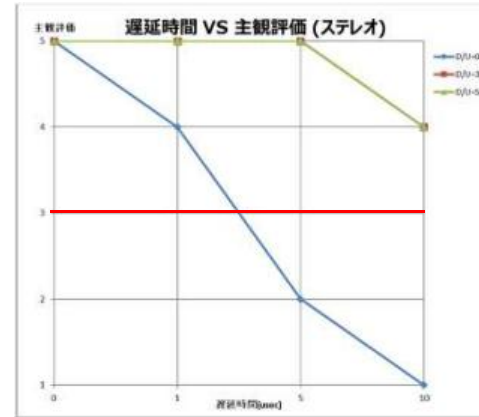
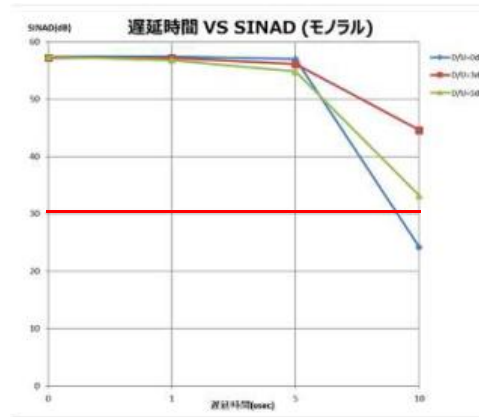
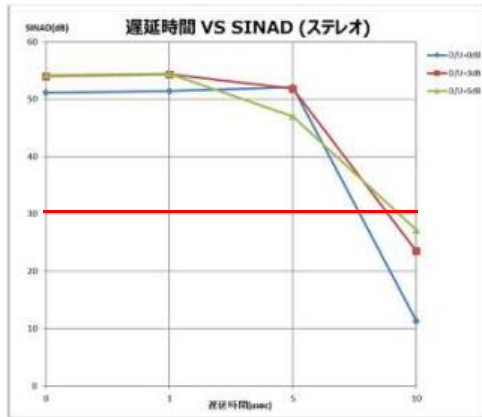


第6章 屋内試験の実施

➤ FM同期方式による試験結果（3）

- 受信入力による比較

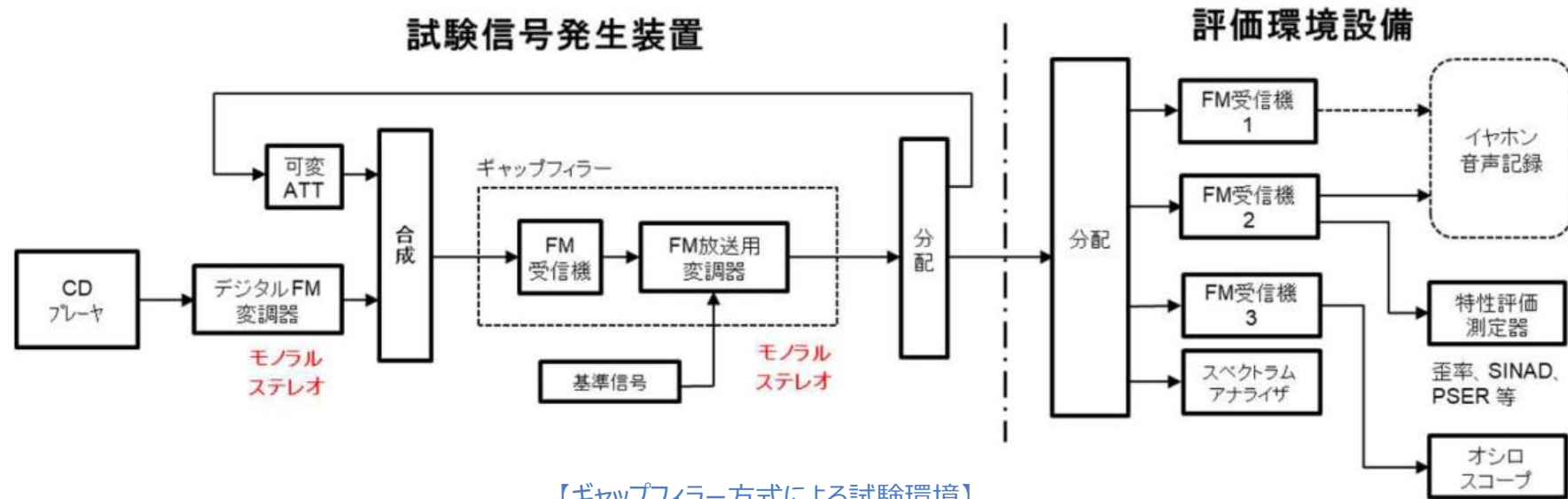
- 強電界と弱電界を想定し、遅延時間とD/Uを変化させ、ステレオ/モノラルにて比較試験を実施した。基本的に電界の違いによる傾向は強電界と同様にモノラルの方が遅延時間に対して改善される傾向にある。



第6章 屋内試験の実施

➤ ギャップフィルター方式による検証

市販のギャップフィルター装置による複数置局の試験環境を構築し、小規模避難所等の設置環境を想定し、D/U比等のパラメータを変化させた時の干渉領域における受信形態毎の信号劣化の検証、および回り込みによる影響の検証を行った。



番号	パラメータ	試験条件
①	回り込みレベル差 (D/U)	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,15,20,30,50dB
②	音声信号の時間差 (回り込み遅延時間差)	0,1,3,5,10,15,(26.3),35, 50,(53), 100,200,300,500,1000μs
③	搬送波の無変調時の周波数差	0.2,1,2,10Hz,7リ-ラン
④	搬送波の変調時周波数安定度差	0.2,6Hz,7リ-ラン
⑤	最大変調度偏差	1,75,300,1000,2000Hz ※設定不可能
⑥	ステレオ信号時との比較	モノラル,ステレオ

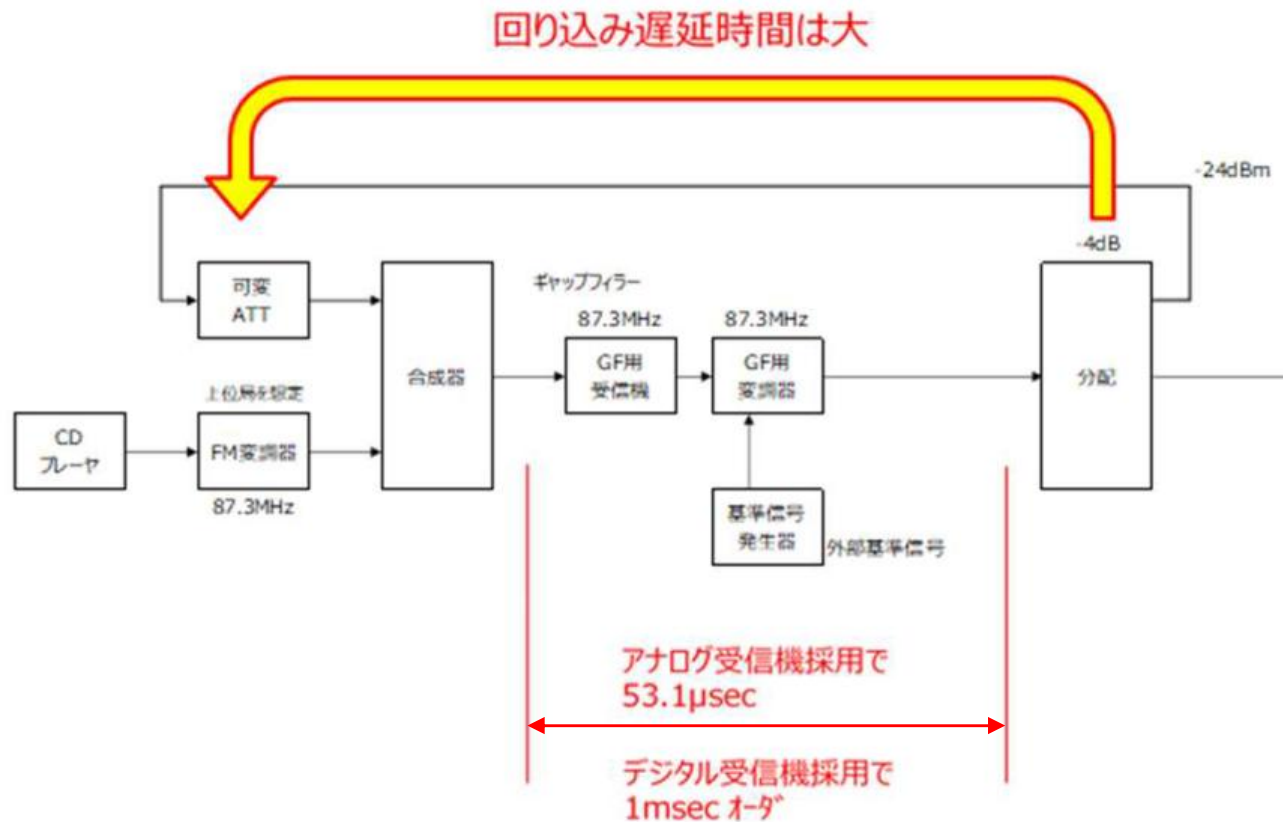
【パラメータ】

朱書きのパラメータにて試験を実施

第6章 屋内試験の実施

➤ ギャップフィルター方式による試験結果（1）

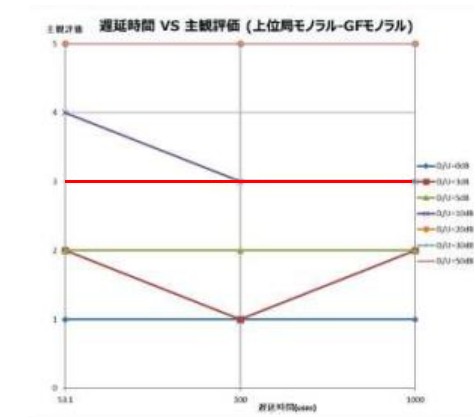
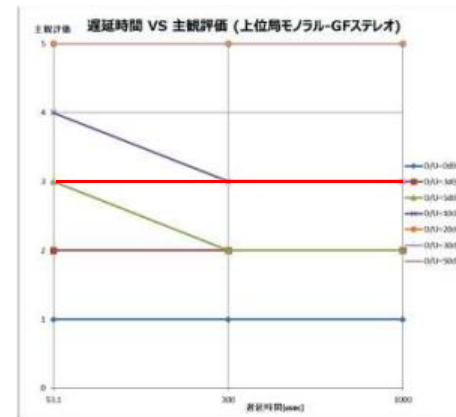
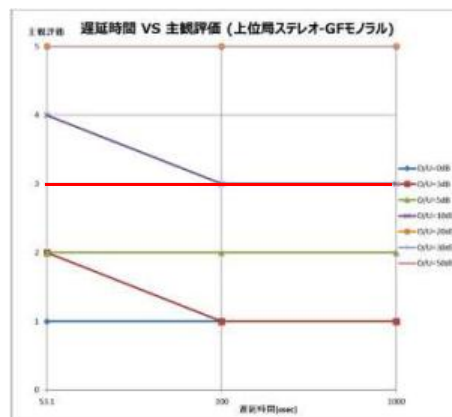
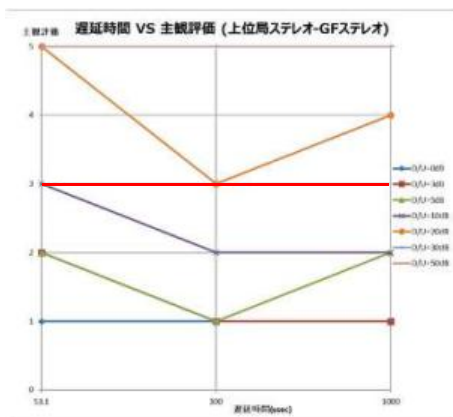
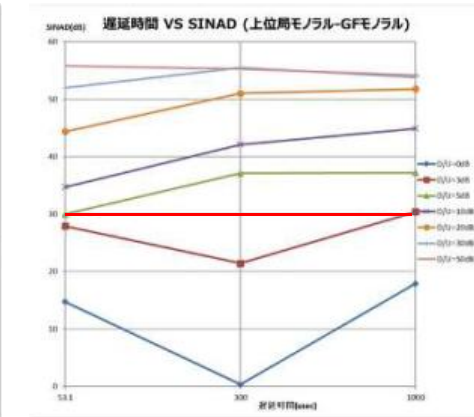
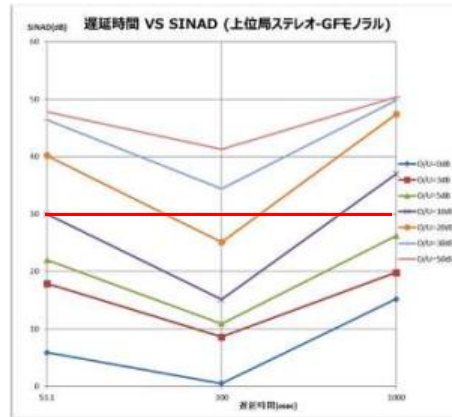
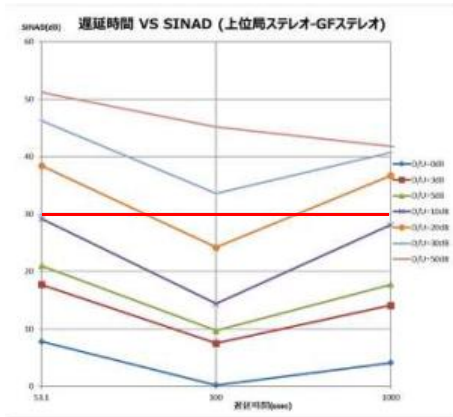
- メーカーが試験用として所有しているギャップフィルター装置を借用し、ギャップフィルター装置の個体遅延を測定した結果、アナログ信号処理方式の受信機を採用している場合で装置遅延が53.1μsecであることがわかった。調査の結果、現在市販されているギャップフィルター装置は、受信機がデジタル信号処理（DSP）方式であり、装置遅延は1msec程度となることが判明した。



第6章 屋内試験の実施

➤ ギャップフィルタ方式による試験結果（2）

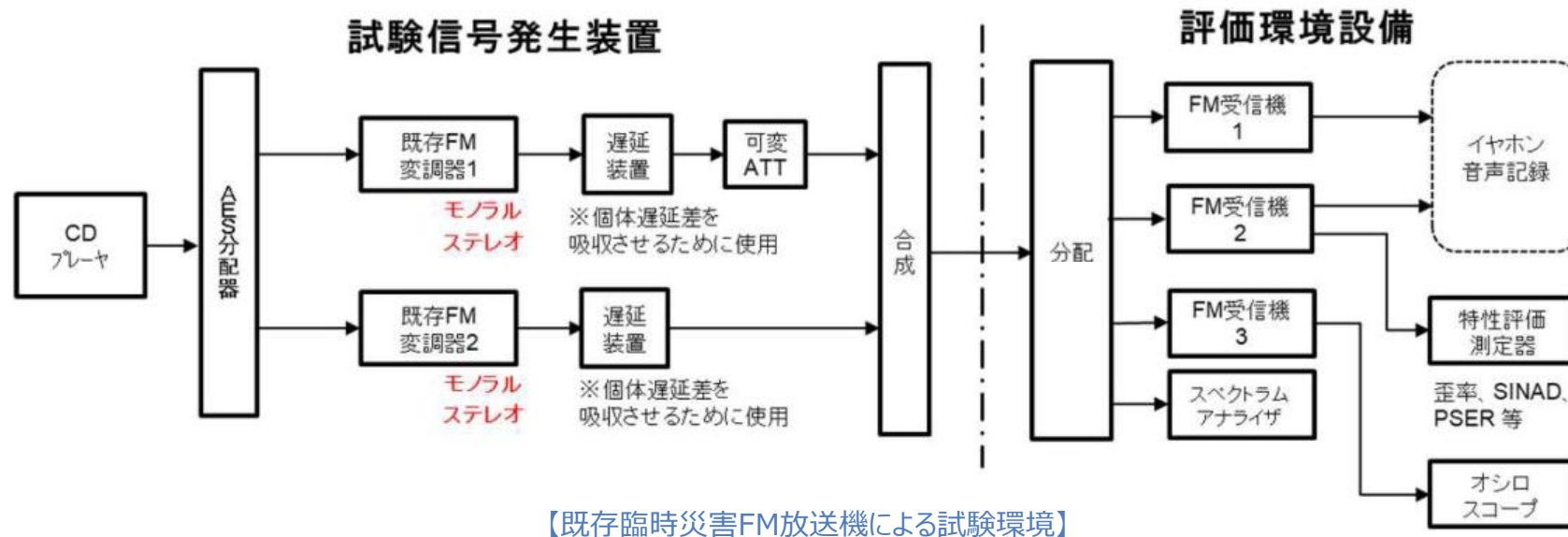
- 遅延時間とD/Uによる比較
 - 回り込み遅延時間が大きく、FM同期放送を前提とした装置ではないため、主観評価3以上を得るためにはD/U = 10dB以上が必要となる。（従来の同一周波数利用の場合の混信保護比36dBが適用される状況）



第6章 屋内試験の実施

➤ 既存臨時災害FM放送機との比較

既存臨時災害FM放送機を使用した複数置局の試験環境を構築し、既存臨時災害FM放送機の特徴の調査、ならびにD/U比、遅延時間差等のパラメータを変化させた時の干渉領域における信号劣化の検証、FM同期方式による試験との比較を行った。



番号	パラメータ	試験条件
①	レベル差 (D/U)	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,15,20,25,30, 35,50dB
②	音声信号の時間差 (遅延時間差)	0,1,3,5,10,15,(26.3),35, 50,(53),100,200,500,1000μs
③	搬送波の無変調時の周波数差	0.2,1,2,10Hz ※設定不可能
④	搬送波の変調時周波数安定度差	0,2,6Hz ※設定不可能
⑤	最大変調度偏差	1,75,300,1000,2000Hz ※設定不可能
⑥	受信機入力レベル	40,60dBμV

【パラメータ】

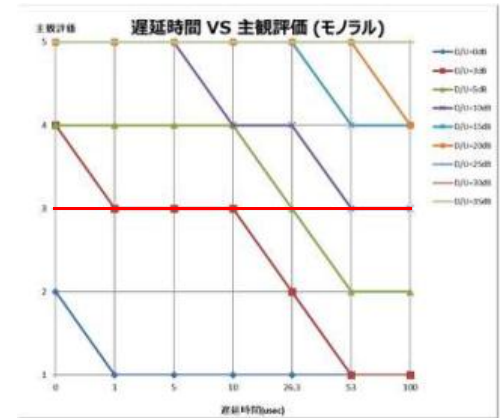
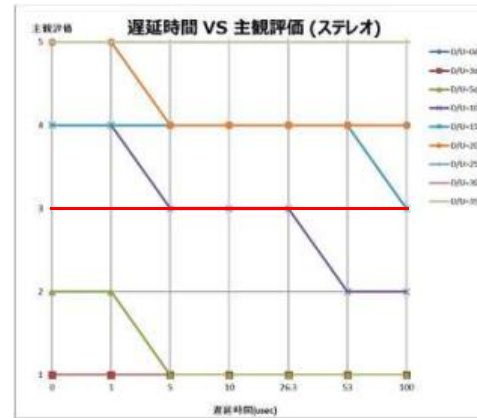
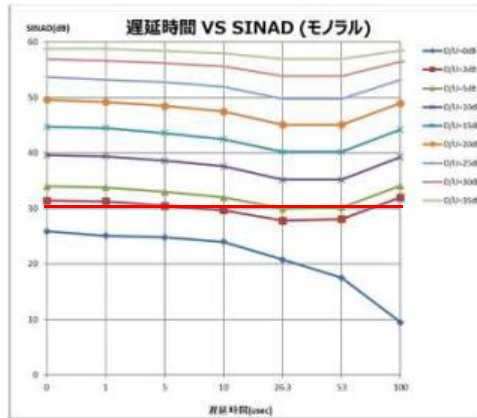
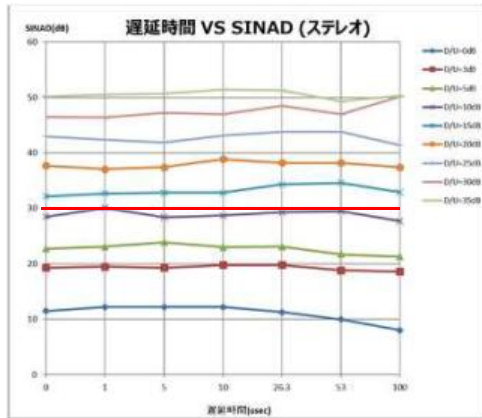
朱書きのパラメータにて試験を実施

第6章 屋内試験の実施

➤ 既存臨時災害FM放送機による試験結果

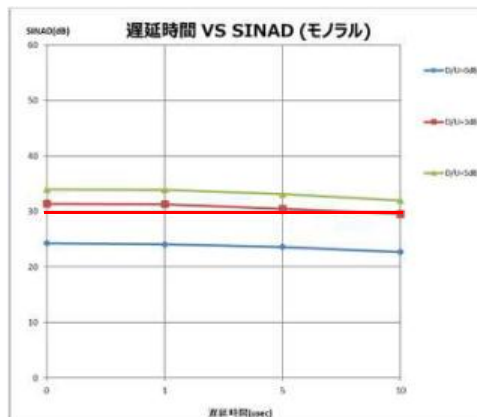
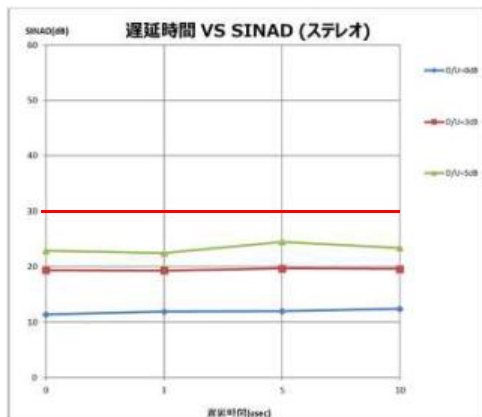
● 遅延時間とD/Uによる比較

- 遅延時間とD/Uを変化させ、ステレオ/モノラルにて比較試験を実施した。ステレオ、モノラルともに、D/U=0dBでは主観評価3を得ることができない。遅延時間差0μsecでステレオにおいてD/U=10dB、モノラルにおいてD/U=3dBで主観評価3を得られる。



● 受信入力による比較

- 強電界と弱電界を想定し、遅延時間とD/Uを変化させ、ステレオ/モノラルにて比較試験を実施した。モノラルの方がSINAD値が良いが、基本的にステレオ、モノラルともにD/U比による改善効果が支配的。



第6章 屋内試験の実施

FM同期方式による試験まとめ

FM同期方式を採用し複数置局（放送エリア重複させる場合）を想定した場合、下記の結果を得ることができた。

➤ 周波数の精密な管理・安定化

F M同期方式を採用し放送エリアを重複させ複数置局を行う場合は、モノラル方式／ステレオ方式に関わらず、各送信所間の同期をとるための方式の選定や各種周波数（搬送周波数、パイロット信号、最大周波数変移等）の精密化や安定化による放送波の同一化を行う必要がある。（令和2年2月18日「放送システムに関する技術的条件」（諮問第2023号）のうち「F M同期放送の技術的条件」参照）

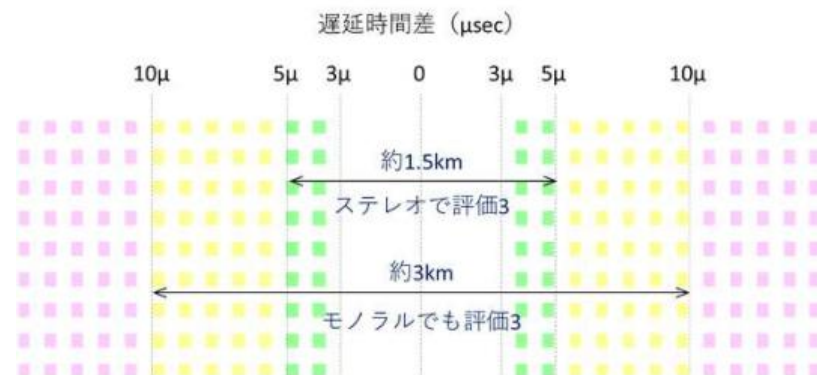
➤ 音声信号の精密な管理

また、モノラル方式／ステレオ方式に関わらず、音声信号の同一化を行うため、AES／EBU等のデジタル伝送方式を使用し、音声信号の精密な管理を行う必要がある。

（令和2年2月18日「放送システムに関する技術的条件」（諮問第2023号）のうち「F M同期放送の技術的条件」参照）

➤ モノラル方式の優位点

F M同期方式を採用し放送エリアを重複させ複数置局の干渉により等電界が発生した場合、遅延時間差による影響は、ステレオ方式よりもモノラル方式の方が改善傾向にある。具体的には、ステレオではD / U = 0 d Bで主観評価3以上を得るためには遅延差 5 μ s ec以内が必要となるが、モノラルにおいては遅延差 1 0 μ sec以内まで緩和される結果が得られた。すなわち、複数置局の干渉により等電界が発生した場合においてもモノラル方式の方がステレオ方式に比較して放送エリアを広く確保できるということである。



第6章 屋内試験の実施

ギャップファイラー方式による試験まとめ

ギャップファイラー装置を使用した場合、装置遅延が非常に大きいことが判明した。

特に今後主流となるデジタル信号処理（DSP）方式の受信機を使用したギャップファイラー装置ではその個体遅延は1 msec以上となると想定される。

また、音声レベルへの復調／変調をしない放送波中継方式のギャップファイラー装置を想定した場合は、発振による装置故障や不要輻射を生じることが判明した。

以上のことより、1周波で使用するギャップファイラー方式を採用し複数置局（放送エリア重複させる場合）を想定した場合、下記の結果を得ることができる。

➤ 出力調整等による最適なエリア設計

ギャップファイラー方式を採用し放送エリアを重複させ複数置局を行う場合は、ギャップファイラー装置自体の個体遅延が大きく影響し、小規模な避難所等で使用をする場合は放送エリアのフリンジ付近において、等電界による遅延ひずみが発生する可能性が考えられる。このことから、出力調整や送信アンテナ指向性により、必要な場所が等電界とならないよう工夫し、最適なエリア設計が必要と考えられる。

➤ 受信アンテナ等によるD/U確保

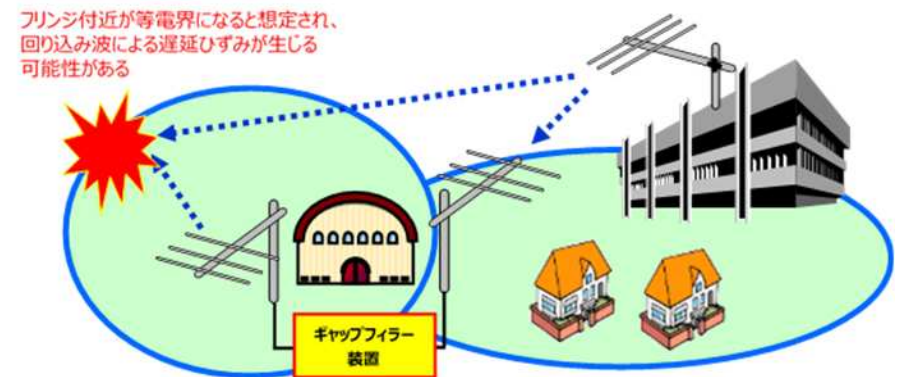
ギャップファイラー方式を採用する場合は、送受信間の回り込みを管理することが必須である。受信アンテナや新たなキャンセラーの開発により、受信における回り込み波とのD/U確保が必要。

※音声レベルへの復調／変調をするものにあつてはD/U = 10 dB以上必要。

※放送波中継方式にあつては放送機が発振しないD/Uを確保。

➤ 2周波によるギャップファイラー

前述のとおり、1周波におけるギャップファイラー方式の室内試験の結果であるが、2周波におけるギャップファイラーについては、平成27年のギャップファイラー作業班報告書により、放送エリアの混信保護比（DU比）及び放送波中継の受信に関する混信保護比（DU比）が示されている。



第6章 屋内試験の実施

既存臨時災害FM放送機を使用した試験結果

既存臨時災害FM放送機の特性の調査結果、ならびに既存臨時災害FM放送機を使用した場合における各種パラメータを変化させたときの干渉領域における信号劣化の検証、FM同期方式による試験との比較を行った結果を以降にまとめる。

➤ 既存臨時災害FM放送機の特性

既存の臨時災害FM放送機2台を借用し装置の個体遅延と周波数変動の特性を測定した結果を下記に示す。

装置個体遅延量(μs)

		モノラル	ステレオ
変調器1	(九州総通)	9851.3	9852.2
変調器2	(中国総通)	11486.1	11491.7
	Δ	-1634.8	-1639.5

周波数変動(Hz)

		変調器1 (九州総通)	変調器2 (中国総通)
11月6日	13:00	PS/ON	
11月7日	10:00	-30	0
	15:00	-30	0
11月11日	8:00	-10	+20
	11:00	-19	+17
11月12日	8:00	-17	+18
11月13日	8:00	-11	+23
	15:00	-20	+20
11月14日	8:00	-19	+20
	16:00	-19	+20

※送信周波数 : 87.3MHz

得られた特性結果は下記となる。

- ・2台の個体遅延差は約1,600μsec (1.6msec) 程度であった。
 - ・装置の周波数変動は約20Hz程度であり、今回使用した2台の周波数差は約40Hzであった。(外部10MHz基準入力無し)
- なお、個体遅延差が1,600μsecと大きいため、2台の遅延時間差を吸収させる遅延装置を挿入して次ページ以降の屋内試験を実施した。

第6章 屋内試験の実施

屋内試験結果からの考察

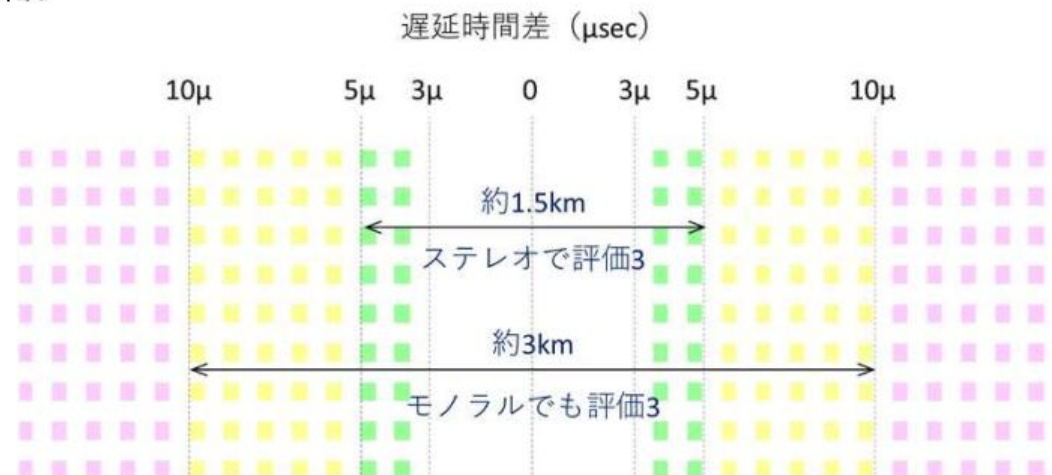
屋内試験結果から、臨時災害放送局をさらに高度に利用しようとする場合は、下記の事項に留意して今後の設計等に反映する必要があると考えられる。

- **1周波における複数置局（放送エリアが重複する場合）を可能にするためには、周波数と音声信号の精密な管理・安定化が必要である。**

1周波における複数置局（放送エリアが重複する場合）を想定した場合、FM同期方式を採用した装置（令和2年2月18日「放送システムに関する技術的条件」（諮問第2023号）のうち「FM同期放送の技術的条件」参照）を設置することが周波数、音声信号の精密な管理・安定化につながり、結果的に簡単に高度に利用できるものと考えられる。

- **ステレオ方式よりモノラル方式の方が遅延時間差による干渉ひずみの影響が少なくエリアが広がる。**

1周波における複数置局（放送エリアが重複する場合）を想定した場合、モノラル方式の方がステレオ方式に比べて遅延時間差による干渉ひずみの影響が少なく、D/U = 0 dBにおける遅延時間差の緩和エリアが 5 μsec → 10 μsecへ広がる。



第6章 屋内試験の実施

➤ ギャップフィルター方式においては、最適なエリア設計が必要である。

1周波におけるギャップフィルター方式による複数置局（放送エリアが重複する場合）を想定した場合、ギャップフィルター装置自体の個体遅延が大きく影響するため、放送エリアのフリンジ付近において、等電界による遅延ひずみが発生する可能性が考えられる。

このことから、出力調整や送信アンテナ指向性により、必要な場所が等電界とならないよう工夫し、最適なエリア設計が必要と考えられる。

➤ ギャップフィルター方式においては、受信アンテナ等によるD / U確保が必須である。

1周波におけるギャップフィルター方式による複数置局（放送エリアが重複する場合）を想定した場合、送受信間の回り込みを管理することが必須である。受信アンテナや新たなキャンセラーの開発により、受信における回り込み波とのD / U確保が必要。

第7章 検討結果

既存の技術の動向を踏まえた臨時災害放送局への高度利用

➤ 同期放送技術

臨時災害放送局を複数置局し面的なエリアカバーを行う場合、同期放送技術を活用し、周波数を同一にすることが可能となる。この場合、段階的に置局を行うためには、各局が独立してFM同期放送を実現し、後から下位局を容易に追加できる独立同期方式が適していると考えられる。同期放送を行うには精密な調整が必要であり、一方で、迅速に臨時災害放送局を開設するための考慮が必要である。

➤ ギャップファイラー

臨時災害放送局におけるギャップファイラーはAMラジオ放送やFMラジオ放送等が法定電界強度を下回り、ラジオ受信機による聴取が困難となる体育館や小規模避難所が想定される。ギャップファイラーは放送事業者以外の者が容易に開設できるよう、無線局検査を省略できる技術基準適合証明の対象無線設備であり、また、無線局を操作する無線従事者の選任を不要であるため小規模な避難所等で柔軟に難聴対策を行える方式である。

➤ 中継方式

臨時災害放送局を早期に複数局を立ち上げできる方式は、放送波中継方式、60MHz帯、160MHz帯のSTL中継方式である。周波数を2波以上使用できる場合の放送波中継方式は非常に簡易ではあるが、エリアが変わると受信機の再設定が必要となることは考慮しておく必要がある。周波数を1波で構築する場合の放送波中継方式は、送信波の回り込み対策を行わなければならないため、送受信アンテナの設置場所の配慮が必要となる。回り込みキャンセラーが開発されれば、回り込み対策は比較的容易となる。STL中継方式は、放送機とは別にSTL中継装置及びSTL用アンテナを用意する必要があるが、下位局受信への送信波の回り込み対策が不要であるため、FM同期放送を行う場合は有効な中継方式といえる。また、光ケーブル、IP回線による中継方式もあるが、発災による光ケーブルの切断、IP回線の安定性などの問題が発生する可能性がある。しかしながら、放送波及びSTL波が届かない地域へも情報伝送の可能性があるので、事前に伝送回線としての利用可否等を検討しておくことが重要である。

➤ 回り込みキャンセラー

回り込み対策については、上位局の放送波を受けて同じ周波数を下位局へ送信する放送波中継による同期放送の場合、下位局への送信波が受信へ遅延して回り込む遅延波の影響を抑制しなければならない。地上アナログテレビ放送のゴーストキャンセラーでは、GCRという遅延波を検出（計算）させる基準信号が挿入されていた。近年のデジタル処理技術を活用し、回り込みの抑制を実現する回り込みキャンセラーが開発されれば、同一周波数による放送波中継がより簡易に構築できるようになる。

➤ 空中線

構造が比較的簡易で、取り扱い易いアンテナ形式としては、ダイポール型、八木型などがある。ダイポールアンテナの前後に素子を追加すると水平面の指向特性を鋭くすることができ、目的の方向に電波のエネルギーを集中させることができる八木アンテナとなる。ダイポールアンテナ、八木アンテナを複数組み合わせることで、必要な放送エリアに電波のエネルギーを効率よく集中させるアンテナ特性を作り出すことができる。使用する周波数に都度調整が必要となるアンテナではなく、臨時災害放送局が使用する周波数の範囲において調整が不要なアンテナであれば、より迅速に設置調整を行うことができる。

第7章 検討結果

臨時災害放送局における電波伝搬環境

➤ エリアカバー範囲と空中線高

臨時災害放送局で使用されるFM放送の周波数帯の伝搬特性、受信形態から、エリアカバー範囲を、広域エリア局で半径約6.6 k m、局所的なエリアを補完する局では半径約1.2 k mと想定した。臨時災害放送局の送信点地上高は30m程度と比較的低くなると想定され、受信アンテナ高もポケットラジオを想定し1m程度と低いため、建物や地形の影響を受けやすいことが想定される。

➤ シミュレーション

放送エリアを推定するためには、第一フレネルゾーン内の障害物による遮蔽や大地反射への影響を配慮したシミュレーションが重要である。また、大地平面反射波の影響や都市減衰を考慮したエリアシミュレーションが必要である。伝搬経路に海上を含む場合は潮汐による受信電界強度の変動に注意する必要がある。安定な受信のためには、海上からの反射波が受信されないよう、建物で遮蔽するなど、アンテナの設置場所を配慮することが重要である。

第7章 検討結果

モノラル方式による臨時災害放送局の優位点

➤ 受信機のSN比

一般にFM放送は受信機の特長においてモノラル方式の方がステレオ方式に比べてSN比が良いことから、同じ受信入力電圧の場合、ステレオ方式よりモノラル方式の放送エリアが広がる。このため、エリアカバーの観点から、モノラル方式が有利である。

また、モノラル方式の信号構成は、L+Rのみであり、ステレオ方式と比較してシンプルで同期すべき信号の構成としてもシンプルのため、同期放送を行う場合においても有利である。

➤ 同一周波数による干渉時のひずみの影響を受けにくい

また、屋内試験から得られた結果から、1周波数で構成する臨時災害放送局を複数設置する場合においては、モノラル方式の方がステレオ方式に比較して同一周波数による干渉時のひずみの影響を受けにくく、評価3を得られる範囲が広がる事が判明した。

なお、今回の調査の結果で、一般に市販されているFM受信機のほとんどの機種が信号強度に応じて、ステレオ/モノラルの自動切り替えを行う機種であることが判明した。モノラル方式のエリアカバーの優位性を確保するためには、臨時災害放送局はパイロット信号を挿入しないモノラル方式とすることが必要となる。

第7章 検討結果

技術基準として検討・確認が必要と思われる項目

➤ 検討・確認項目

臨時災害放送局関係法令のうち、臨時災害放送局に限って適用される関係法令としては、電波法関係審査基準のとおり、開設目的や免許主体等が示されている。

本検討会で行う技術的検討で、開設目的や免許主体等の見直しに直接関係する結論が得られることは考えにくい。一方で、本検討においては、臨時災害放送局の高度利用のニーズを踏まえ、様々な高度利用の方策を検討している。

このうち、

・モノラル方式による同期放送

・モノラル方式によるFMギャップフィルター

・臨時災害放送局が比較的低い場所に設置されることを踏まえた都市減衰の考慮

について、屋外試験によって検討・確認を行う必要があるものと思われる。

第7章 検討結果

屋外フィールド試験への引継ぎと展望

臨時災害放送局が考案された平成初期においては技術的に同期放送を取り入れることは困難であった。しかしながら、本調査検討により、近年の技術開発を取り入れ、臨時災害放送局の複数置局の方法や課題が明らかになった。

今回の調査検討を踏まえ、次年度以降の屋外でのフィールド試験において、高度利用の方向性の検証に結び付けば幸いである。下記にフィールド試験の実施を行う場合の計画の骨子を提案する。

➤ 同期方式のフィールド試験

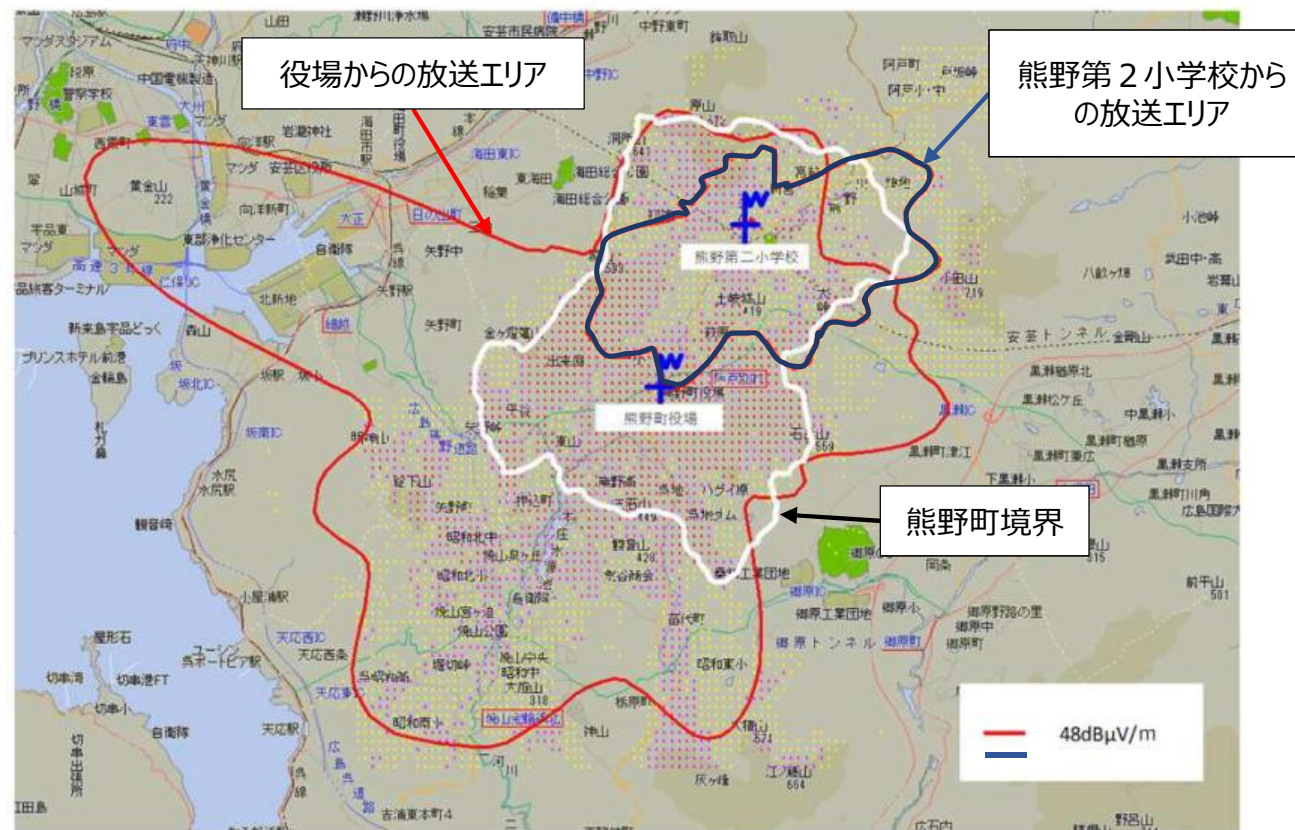
今回の調査検討で例に取り上げた広島県安芸郡熊野町の臨時災害放送局設置では、1局の臨時災害放送局では山岳により安定的に受信ができない避難所（避難所A）が発生、また、建物の中でも安定的に受信できない地区（避難所C・D）が発生した。



第7章 検討結果のとりまとめ

この場合において、熊野町役場と熊野第2小学校の複数置局を検討した。熊野第2小学校付近に中継局を設置することで、避難所Aやその周辺の受信環境を改善できると考えられる。中継方式をSTL方式とすることで熊野町役場と同一周波数による複数置局が早期に立ち上げることを確認する。また、ステレオ方式とモノラル方式を比較し、モノラル方式の利点を確認する。

熊野町役場20W, 熊野第二小学校1W

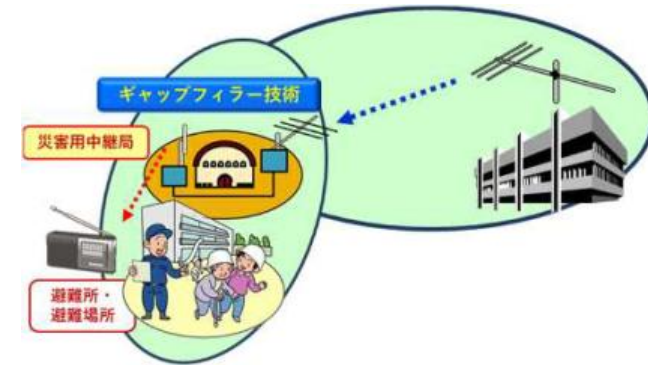


今回のシミュレーションは、熊野町を例に検討したものであるが、次年度の屋外でのフィールド試験については、フィールド試験を行う地域を設定し、地域の状況を当てはめ、同様のシミュレーションにより構成方法を検討し、実際のフィールド試験を行う。

第7章 検討結果

➤ 避難所ギャップファイラー方式のフィールド試験

また、建物の中でも安定的に受信できない地区が発生した場合の対策としてギャップファイラー方式による小規模エリアの救済が考えられる。回り込みキャンセラー技術も活用し、親局からの電波を受信し、同一周波数でギャップファイラー方式により建物の中で安定的に受信できる環境を構築する。



➤ 臨時災害放送局の置局の制約を考慮した伝搬の検討

臨時災害放送局の空中線が役場等の比較的地上高が低い箇所に設置されることを考慮し、送信高や偏波を変化させた場合の伝搬経路上の建物等の影響を調査する。

