

臨時災害放送局の高度利用に関する調査検討
報告書

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)

はじめに	- 5 -
第1章 調査検討の概要	- 6 -
1.1 調査検討の目的	- 6 -
1.2 調査検討項目	- 6 -
1.2.1 想定置局構成	- 6 -
1.2.2 検討事項	- 6 -
1.3 調査検討会の設置及び開催期間	- 8 -
第2章 臨時災害放送局の高度利用検討の背景	- 11 -
2.1 臨時災害放送局の現状	- 11 -
2.1.1 臨時災害放送局の目的、制度	- 11 -
2.1.2 臨時災害放送局の主な開設条件	- 11 -
2.1.3 貸出し用臨時災害放送局設備	- 12 -
2.1.4 臨時災害放送局の開設例	- 13 -
2.2 臨時災害放送局の開設から見てきた課題	- 13 -
2.3 臨時災害放送局の高度利用のニーズ	- 14 -
2.3.1 臨時災害放送局の実際の運用を通じて明らかになった高度利用のニーズ	- 14 -
2.3.2 高度利用に向けた基本的考え方	- 14 -
第3章 高度利用のための関連技術の動向	- 15 -
3.1 同期放送技術	- 15 -
3.1.1 FM 同期放送のイメージ	- 15 -
3.1.2 既存 FM 局の同期放送導入状況	- 15 -
3.1.3 各種同期方式	- 17 -
3.1.4 同期放送システムの設計手法	- 18 -
3.1.5 同期放送システム設計及び運用のための技術	- 21 -
3.1.6 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	- 22 -
3.2 ギャップフィルター	- 23 -
3.2.1 ギャップフィルターの方式	- 23 -
3.3 中継方式	- 26 -
3.3.1 放送波中継	- 26 -
3.3.2 回り込みキャンセラー	- 27 -
3.3.3 STL 中継	- 28 -
3.3.4 臨時災害放送局の複数置局における中継方式の検討	- 29 -
3.3.5 中継方式のまとめ	- 35 -
3.4 空中線技術	- 36 -
3.4.1 送信空中線	- 37 -
3.4.2 中継回線用受信空中線	- 41 -

3.5 FM受信機の種類及び動向調査	- 42 -
3.5.1 概要	- 42 -
3.5.2 FM受信機の種類	- 42 -
3.5.3 FM受信機の受信感度	- 44 -
3.5.4 FM受信機における市場の動向	- 44 -
3.6 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	- 46 -
3.6.1 同期放送技術	- 46 -
3.6.2 ギャップファイラー	- 46 -
3.6.3 中継方式	- 46 -
3.6.4 回り込みキャンセラー	- 47 -
3.6.5 空中線	- 47 -
3.6.6 FM受信機の種類及び動向調査	- 47 -
第4章 臨時災害放送局の置局を考慮した電波伝搬環境	- 49 -
4.1 臨時災害放送局における電波伝搬の概要	- 49 -
4.1.1 エリアカバーの範囲	- 49 -
4.1.2 自治体庁舎等の既存建物への設置の場合	- 50 -
4.1.3 ギャップファイラー方式による避難所での近傍からの影響	- 52 -
4.2 電波伝搬環境のまとめ	- 53 -
第5章 複数の置局による高度利用の検討	- 54 -
5.1 複数の置局の検討	- 55 -
5.1.1 放送波中継による周波数同期	- 56 -
5.1.2 STL中継による周波数同期	- 59 -
5.1.3 ギャップファイラーによる小規模な放送波中継	- 60 -
5.1.4 高度利用方策の臨時災害放送局開設事例への適用例	- 61 -
5.2 屋内試験により検証する事項等	- 73 -
第6章 屋内試験の実施	- 75 -
6.1 屋内試験の概要	- 75 -
6.1.1 FM同期方式による検証	- 75 -
6.1.2 ギャップファイラー方式による検証	- 76 -
6.1.3 既存臨時災害FM放送機との比較	- 77 -
6.2 屋内試験における測定条件とパラメータの検討	- 77 -
6.2.1 屋内試験における測定条件	- 77 -
6.2.2 屋内試験におけるパラメータの検討	- 79 -
6.3 FM同期方式による試験結果	- 82 -
6.3.1 遅延時間とDU比による比較	- 82 -
6.3.2 中心周波数偏差による比較	- 83 -

6. 3. 3	周波数安定度差による比較	- 84 -
6. 3. 4	最大変調度差による比較	- 85 -
6. 3. 5	受信入力による比較	- 86 -
6. 3. 6	ステレオ方式とモノラル方式における評価結果の分析	- 87 -
6. 3. 7	FM 同期方式による試験まとめ	- 88 -
6. 4	ギャップファイラー方式による試験結果	- 89 -
6. 4. 1	遅延時間と DU 比による比較	- 89 -
6. 4. 2	ギャップファイラー装置の特性	- 91 -
6. 4. 3	ギャップファイラー方式による試験まとめ	- 93 -
6. 5	既存臨時災害 FM 放送機を使用した試験結果	- 95 -
6. 5. 1	既存臨時災害 FM 放送機の特性	- 95 -
6. 5. 2	遅延時間と DU 比による比較	- 96 -
6. 5. 3	受信入力による比較	- 97 -
6. 5. 4	既存臨時災害 FM 放送機を使用した試験まとめ	- 97 -
6. 6	屋内試験結果からの考察	- 98 -
第7章	検討結果	- 100 -
7. 1	検討のまとめ	- 100 -
7. 1. 1	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	- 100 -
7. 1. 2	臨時災害放送局における電波伝搬環境	- 101 -
7. 1. 3	モノラル方式による臨時災害放送局の優位点	- 102 -
7. 1. 4	技術基準として検討・確認が必要と思われる項目	- 102 -
7. 2	屋外フィールド試験への引継ぎと展望	- 103 -
資料編		
資料1	臨時災害放送局関係法令(抜粋)	-107-
資料2	FM 放送の現行関連規定	-110-
資料3	屋内試験_データ_FM 同期方式_(デジタル-デジタル変調器)	-125-
資料4	屋内試験_データ_GF 方式	-159-
資料5	屋内試験_データ_FM 同期方式_(アナログ-アナログ変調器)	-169-
資料6	FM 放送のマルチパスひずみと受信品質	-180-
資料7	FM 放送のマルチパスひずみの解析	-187-
資料8	FM 同期放送用 SFN フィールドアナライザの開発と実用化	-196-
資料9	FM 用空中線	-207-

はじめに

我が国日本においては、地形、地質、気象等の特性により、自然災害の被害を多く受けている。近年では 2018 年 7 月に発生した西日本豪雨災害、6 月の大阪北部地震や 9 月の北海道胆振東部地震、また 2019 年には、9 月の台風 15 号や 9 月の台風 19 号など、多くの自然災害が甚大な被害をもたらした。

災害に強い社会を築いていくことは緊急の課題であるが、特に、災害に関する情報を住民に伝えることは最も重要な課題の一つといえる。災害時に役立つメディアとして認知されているものがラジオであり、災害時に停電でテレビが使えない場合でも、また通信インフラが被害を受け通信も途絶状態にあった場合でも、ラジオが有効な情報源として機能することはこれまでの災害時にも実証されてきた。

ラジオの中でも、近年注目を集めているのが臨時災害放送局と呼ばれるラジオ局がある。臨時災害放送局は、自然災害が発生した場合に、その被害軽減に役立つことを目的として、自治体等が臨時かつ一時的に開設することのできる FM ラジオ局である。初めて導入されたのは 1995 年の阪神淡路大震災の時であり、また 2011 年の東日本大震災の際には多くの臨時災害放送局が開設され、被災した地域に避難場所、救援物資、ライフライン復旧状況などの災害関連情報を提供した。現在では、総務省の全国における地方総合通信局および沖縄総合通信事務所に計 11 局の臨時災害放送局が配備され、災害時には自治体に対して貸し出し、迅速に開設する体制が整っている。

臨時災害放送局における課題としては、複数の放送局での運用が挙げられる。自治体によっては、地域住民にくまなく放送波を届けるために、広い地域を複数の放送局を設置する必要がある場合や、また体育館などの避難所の中まで放送波が届きにくい際に中継局を設置する場合がある。既存の放送局では同一周波数の干渉を避けるため、異なる周波数を割り当てる必要があるが、この場合割り当てる周波数が限られていると複数局での運用が難しい。また複数の放送局を開設した場合、複数の周波数を住民に周知することに加え、各放送局から番組を放送する体制を個別に整える必要があり、自治体の運用が困難となる。

本調査検討会では、上記の課題を解決するため、現在ワイド FM において導入が全国的に進められている FM 同期放送技術や、ホットスポット的に放送波を送信するギャップファイラー技術を適用することを想定し、複数の放送局から同一の周波数の FM 放送波を送信することを可能とする臨時災害放送局の高度利用のための技術条件について検討している。検討期間は 2 年間で予定しており、今年度は屋内実験環境において技術条件の明確化を図った。

最後に、本調査検討会にご出席いただいた構成員の方々、実験にご協力いただいた皆様に心からお礼申し上げます。

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

座長 西 正博

第1章 調査検討の概要

1. 1 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。

1. 2 調査検討項目

1. 2. 1 想定置局構成

上記の目的を踏まえ、複数の臨時災害放送局の設置について、モノラル標準方式を考慮した、音声の伝送品質の確保を前提とした周波数同期の方法を放送波中継及び番組伝送用の無線方式を活用し、以下の3つの構成の検討を行った。

- ①放送波中継による周波数同期
- ②STL中継による周波数同期
- ③避難所等をスポット的にエリアとする小規模な放送波中継方式
(同一波方式及び二周波方式)(「避難所GF方式」という。以下同じ。)

1. 2. 2 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(都市部、郊外部、島嶼部、山間部等)を想定し、モデル的な構成方法についての基礎検討を行った。
- ・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、DU比、遅延時間差、遅延調整等の必要な条件の検討を行った。
- ・避難所GF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を行った。回り込みによる干渉の要因、要求される

パラメータ等の検討を行った。

- ・避難所 GF 方式の同一波方式及び二周波方式の2方式について DU 比、遅延時間差、遅延調整等の必要な条件の検討を行った。

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、自治体の規模や島嶼部や山間部等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を行った。
- ・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、避難所として想定される施設や島嶼部や山間部等の地理的な条件を複数想定し、避難所 GF 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を行った。
- ・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を行った。

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を行った。
 - －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した。
 - －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、複数局のうち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した。
 - －避難所 GF 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した。
 - －瀬戸内地域は地形的な関係から周波数が逼迫していることから、混信検討の対象が多く存在するとともに、混信回避のためのアンテナパターン調整等の工夫が求められることを想定した。

④ 屋内試験の実施

- ・簡易同期方式については、実際の同期放送試験環境を構築し、中継局の間隔や電波伝搬環境を都市部や郊外部など複数想定して、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(固定受信、車両移動受信、携帯受信等)信号劣化の検証を室内試験で行った。
- ・避難所 GF 方式については、実際の放送試験環境を構築し、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(避難所駐車場で車両での受信、避難所内での携帯受信等)信号劣化の検証を室内試験で行った。
- ・モノラル方式とステレオ方式の特性比較を行った。

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を行った。

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、取りまとめを行った。
- ・報告書には、測定データ(試験場所、測定方法、使用機器等の情報一覧等を含む。)や次年度以降の調査実施を想定した実施計画の骨子も報告する。
- ・調査検討結果から、技術基準として検討・確認が必要と思われる項目の整理を行い報告する。
- ・調査及び分析において得られた実施上の知見や、知見を踏まえた今後の調査及び分析の改善点の整理を行い報告する。

1. 3 調査検討会の設置及び開催期間

本調査検討の実施にあたり、無線通信技術及び放送技術に精通する学識経験者や関連するメーカー・事業者の専門家など合わせて11名の構成員と総務省放送技術課(オブザーバ)による調査検討会を設置し、産学官から参加して専門的な助言等を得られる体制を構築した。

本調査検討会の委員を表1-1に示す。

表1-1 調査検討会委員 (順不同、敬称略)

名 称	氏 名	所 属・役 職
座 長	西 正 博	広島市立大学大学院 情報科学研究科 教授
構 成 員	川 口 俊 介	日本放送協会広島拠点放送局 技術部 副部長
構 成 員	梶 田 清 志	株式会社中国放送 技術局 専任部長
構 成 員	恵 良 勝 冶	山口放送株式会社 技術局 技術局長
構 成 員	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
構 成 員	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
構 成 員	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
構 成 員	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
構 成 員	石 田 裕	熊野町 総務部地域振興課 主査
構 成 員	藤 本 大 一 郎	坂町 総務部総務課 課長
構 成 員	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
構 成 員	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

名 称	氏 名	所 属・役 職
事務局	佐藤 栄一	総務省中国総合通信局 放送部 部長
事務局	石田 隆章	総務省中国総合通信局 放送課 課長
事務局	遠藤 和彦	総務省中国総合通信局 放送課 課長補佐
事務局	福島 生紀	総務省中国総合通信局 電波利用企画課 課長
事務局	半明 忠幸	総務省中国総合通信局 チーフ
事務局	森永 太一郎	総務省中国総合通信局 チーフ
事務局	立川 一彦	株式会社NHKテクノロジーズ 総支社長
事務局	遠藤 由人	株式会社NHKテクノロジーズ 副事業部長
事務局	佐藤 学	株式会社NHKテクノロジーズ 営業部長
事務局	岩木 昌三	株式会社NHKテクノロジーズ 技術部長
事務局	上田 大一郎	株式会社NHKテクノロジーズ 副部長
事務局	山 根 実	株式会社NHKテクノロジーズ 副部長
事務局	近藤 寿志	近藤技術士事務所 技術士

本検討会は、設置の日から令和2年3月末日までの間設置し、表1-2に示す計5回の会合及び1回の公開試験を開催した。

表 1-2 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	TKP 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	㈱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	㈱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	YMCA 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	YMCA 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	Web 会議により実施

調査検討会の設置要綱を付属資料1に、また会合及び公開試験の様子を図1-1～図1-6に示す。



図 1-1 第 1 回調査検討会



図 1-2 第 2 回調査検討会



図 1-3 第 3 回調査検討会



図 1-4 公開試験



図 1-5 第 4 回調査検討会



図 1-6 第 5 回調査検討会

第2章 臨時災害放送局の高度利用検討の背景

2. 1 臨時災害放送局の現状

2. 1. 1 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。

2. 1. 2 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



図2-1 臨時災害放送局の概要

臨時災害放送局の主な開設条件に関連する関係法令に関して以下に抜粋した。

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。

2. 1. 3 貸出し用臨時災害放送局設備

各地方総通局に、臨時災害放送局用設備を配備し、平時は、自治体等が行う送信調査や運用訓練に活用し、災害時は、自治体等に貸し出すことにより、災害時の迅速な開設が図られている。

実際の開設時には、無線従事者の選任及び臨時災害放送局の開局申請が必要で、自治体等、または、災害時の対応であれば、無償で貸し出されることとなっている。



図2-2 地方総通が整備した貸し出し用臨時災害放送設備

2. 1. 4 臨時災害放送局の開設例

自然災害の被害が予測できない規模に拡大する傾向にあり、全国で開設例がある。

- ・平成 26 年8月豪雨による土砂災害(兵庫県丹波市)
- ・平成 27 年9月 18 号台風豪雨による堤防決壊(茨城県常総市)
- ・平成 28 年熊本地震
- ・平成 30 年北海道胆振東部地震 など

中国管内では、

- ・平成 25 年山口・島根豪雨(島根県津和野町)
- ・平成 30 年7月広島豪雨(熊野町、坂町) の例がある。

いずれも甚大な被害が発生しており、迅速な対応が行われ、災害被害軽減等に寄与した。

一方で、実際の運用実績から、課題や教訓が明らかになってきている(広島県安芸郡熊野町、坂町の開設の実際について、5. 1. 4高度利用方策の臨時災害放送局開設事例への適用例を参照)。

2. 2 臨時災害放送局の開設から見えてきた課題

開設例において、臨時災害放送局が迅速に開局できた理由は、

- ・事前に機材が調達できていたこと
- ・放送のノウハウ(情報収集・情報発信の方法)と人材があったこと
- ・放送設備工事業者、専門業者と連携ができたこと
- ・放送局を運用する無線従事者が確保できたこと
- ・短期間で周波数が選定できたこと

といったことがあげられ、平時から臨時災害放送局を想定した準備が重要であることがうかがえる。

一方、実際の運用において、次のような課題が明らかになった。

- ・既設無線局への混信回避の関係から、周波数の選定が困難な場合がある。
(特に瀬戸内地域は、電波が輻輳しており、より困難を極める。)
- ・地形と電波伝搬の関係(放送エリアの推定・確保)
- ・送信場所の選定と確保及び電源の確保(放送の安定性確保)
- ・ラジオの感度や操作性、電池
- ・機材の確保(事前準備、緊急調達)
- ・災害対策本部等との連絡体制の確保
- ・他メディアとの連携、接続の在り方
- ・外部機関からの支援協力の確保
- ・住民等への周知方法
- ・閉局時期の適切な見極め

2. 3 臨時災害放送局の高度利用のニーズ

2. 3. 1 臨時災害放送局の実際の運用を通じて明らかになった高度利用のニーズ

(1) エリアカバー

臨時災害放送局の迅速な対応・安定的な運用確保から、送信点を自治体等の庁舎、避難所等に設置する例が多い。これらの設置場所は、送信高が比較的低く(30m～10m)、建物や地形の影響を大きく受け、スポット的に受信が困難な地域が発生する。

したがって、スポット的に発生する不感地帯エリアの対策を迅速に行うことが求められる。

(2) 周波数

複数の置局を行う場合、住民等に周波数の周知を行うため、地域的に周波数が異なることなく、同一の周波数が使用できることが早期に周波数が認知される上で望ましい。

2. 3. 2 高度利用に向けた基本的考え方

高度利用のニーズを踏まえ、検討を行う上での基本的な考え方は以下のとおりである。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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

3. 1 同期放送技術

3. 1. 1 FM 同期放送のイメージ

FM 同期放送は、図3-1 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。

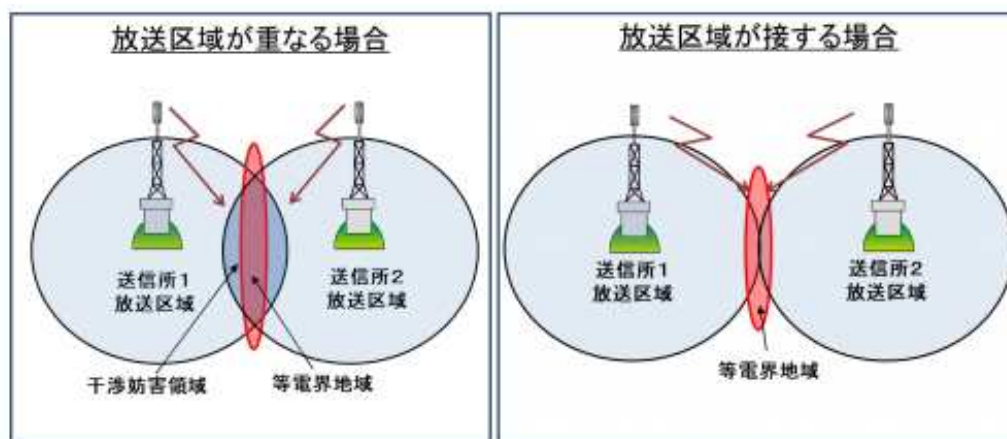


図3-1 同期放送のイメージ

なお、同期放送とは、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って、干渉妨害領域における受信劣化を抑制するための管理又は調整等を行うものといえることができる。

3. 1. 2 既存 FM 局の同期放送導入状況

FM 同期放送の導入が、放送事業者により進められている。そこでは、精密な同期方法により高品質な放送を実現している。

特に、FM 補完放送(AM 放送の難聴対策として整備されている)やコミュニティ放送では、複数エリアを同期放送により構築する例がある。

また、スポット的な小規模エリアの補完については、ギャップフィルタ装置(GF)が実用化、制度化されており、導入が進められている。

(1) 山口放送株式会社の導入例

山口放送株式会社で導入されている FM 同期放送について、図3-2に示す。

山口放送株式会社では、日本海側では 86.4MHz、瀬戸内側では 92.3MHzで同期放送を行っている。中継方式は、STL(TTL)方式、放送波中継方式を採用している。

図 3-2 山口放送株式会社の FM 同期放送



(2) 長岡移動電話システム株式会社の FM 同期放送導入例

長岡移動電話システム株式会社は、光ファイバー(ダークファイバー)を採用して、11局を FM 同期放送で運用している。今後は冗長化を図るため STL 中継方式の導入を計画している。

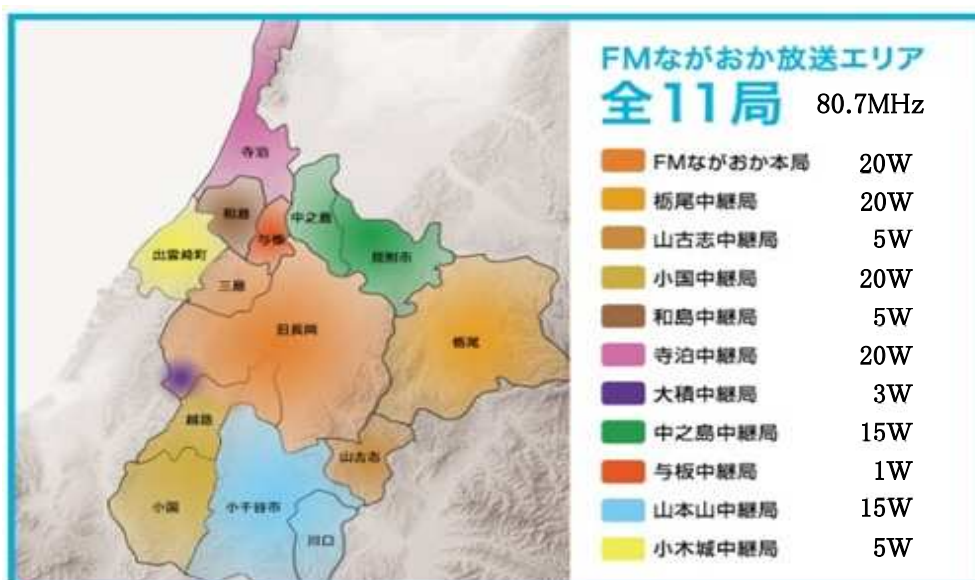


図 3-3 長岡移動電話システム株式会社 (FM ながおか) の FM 同期放送

3. 1. 3 各種同期方式

複数局を置局する際、同期放送を実現するためには、3つの方式が考えられる。

それぞれの方式について概要をまとめた。

(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。

下位局に FM 変調器を置く場合、変調特性が上位局と同等になるよう調整する必要がある。

(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。

下位局に FM 変調器を置く場合、変調特性が上位局と同等になるよう調整する必要がある。

(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ため、下位局では、回線による遅延時間を調整するだけでよい。

(4) まとめ

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。

3. 1. 4 同期放送システムの設計手法

FM 同期放送では、お互いのエリアが重なった場合、等電界となる地域で受信妨害が発生するため、図3-4に示す手順に従い、①～⑤の手順を繰り返し、最適な放送エリアとなるよう調整する必要がある。

また、自治体等の災害発生場所を想定し、臨時災害放送局による情報伝達手段として活用できるよう、あらかじめ放送対象エリア、置局場所、同期方式、中継回線の種類等の検討を行っておくことが重要である。

なお、放送エリアが広い局は、等電界エリアが広く、下位局との遅延時間差も大きくなる傾向があり、遅延時間の調整、DU 比等の精密な調整が必要となってくる。

一方、放送エリアが小規模な局では等電界エリアも狭く、遅延時間差も小さくなり、遅延時間や DU 比等の条件を緩和してもサービス可能である。

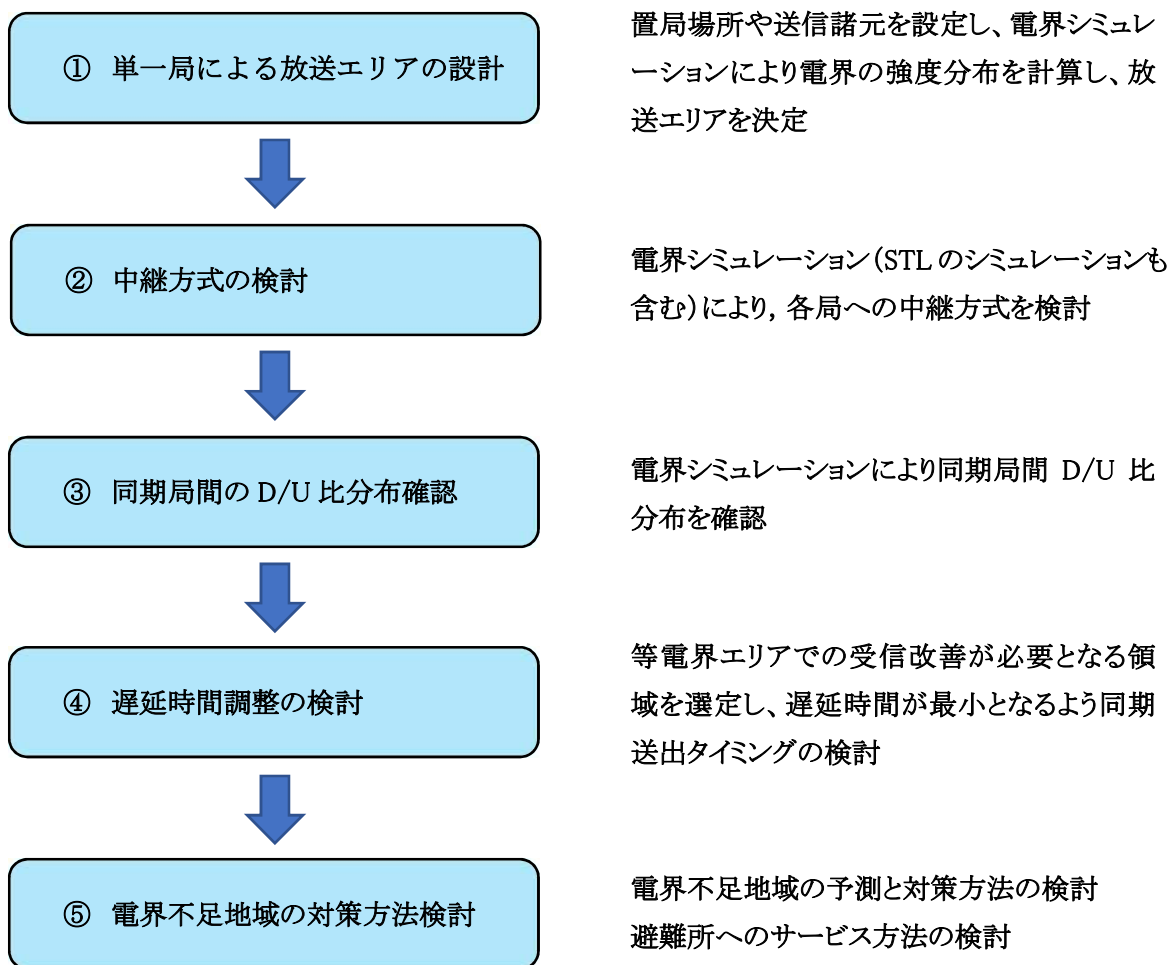


図3-4 同期放送システムの検討手順

① 中継方式の検討

同期放送を行う各局の置局位置や送信諸元(送信高、空中線電力、アンテナ構成、送信方向、受信アンテナ高)を設定し、電界シミュレーションにより全局の電界強度分布を計算し、放送エリアを設計する。

② 中継方式の検討

各局の電界強度計算結果、STLの電界強度計算、設置場所状況の把握を行い、適切な中継方式を検討する。中継点の設置環境によっては、送信点を必ずしも避難所の近傍とせず、中継が可能で必要なエリア確保が可能な場所を選定することも考慮する。

③ 同期局間のDU比分布確認

電界シミュレーションにより、同期局のDU比電界分布を把握する。特に等電界エリアが人口集中地に分布する場合には、遅延時間調整、送信電力調整などが必要となる。

⑤ 電界不足地域の対策方法検討

送受信点の環境により電界強度不足の地域が発生する可能性がある。

こういった地域を把握し中継局やギャップファイラーによる補完を検討する。

3. 1. 5 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。このため先に述べた設計手法に従い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FM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。

ポイント毎に測定することでも確認は可能であるが、県域放送などの広範囲なエリアでの電測は車両による移動電測で等電界エリアを確認する事例もある。

(2) 遅延時間の確認

D/U = 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。

(3) FM SFN アナライザーによる昼間測定技術

従来、RF 遅延時間確認は特殊なトーンバースト信号を使用して測定するため、測定は夜間の放送休止時間に行われてきた。最近では、通常のプログラム信号でも相対遅延時間差を測定することが可能な同期放送用測定器 (FM SFN アナライザー) が開発されたので、通常の放送時間中にも遅延時間測定が可能となった。

また、ステレオ方式 (パイロット信号がある場合) での使用に限定されるが、パイロット信号の品質と主観評価の相関に着目し、従来測定手段がなかった FM 同期放送の受信品質の主観評価を可能にする測定方法 (PSER[※]) を実用化して運用されている。詳細は資料 8「FM 同期放送用 SFN フィールドアナライザの開発と実用化」参照。

※PSER (Pilot Signal Error Ratio)

3. 1. 6 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、等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。

(2) 使用周波数

ギャップフィルターの使用する周波数は、聴取者が移動しながら受信する場合にギャップフィルター等の放送区域が変わる度にチューニングの必要が無いよう聴取者の利便性を確保するため、上位局の放送周波数と同一の周波数による再放送を原則としている(図3-7)。

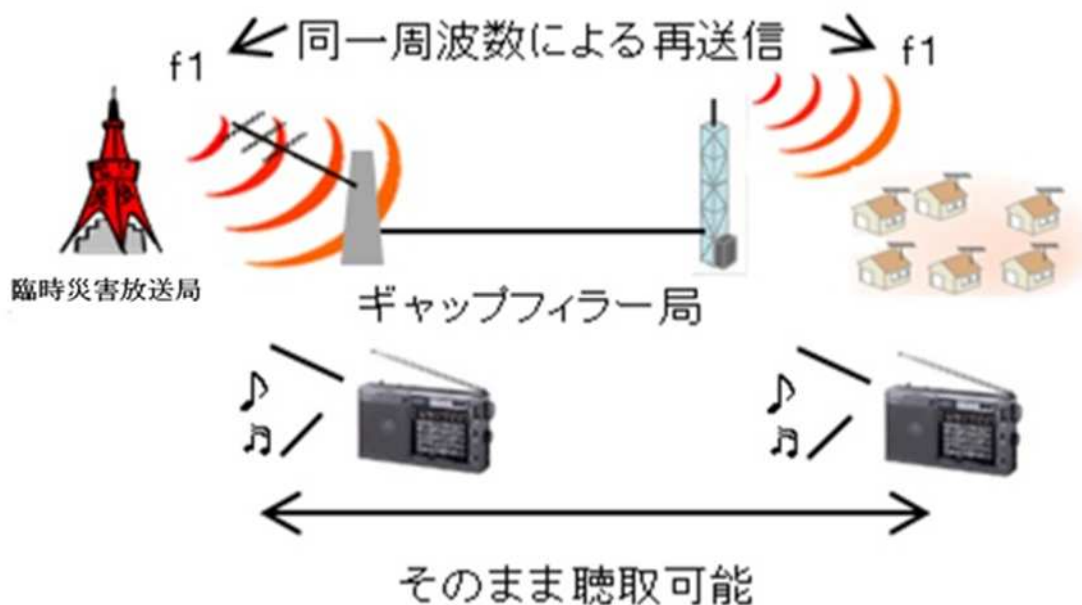


図3-7 ギャップフィルター同一周波数による再送信イメージ

ラジオ受信機の移動速度は比較的緩やかな場合や移動しない形態であって、作業台等の上に置かれていることを想定する。このため、ギャップフィルターの放送区域の算定は固定受信で、ラジオ受信機の設置する高さを1m程度として検討されている。

放送区域の範囲は半径500mから半径1,000mとし、放送機出力は250mWが想定されている。

(3) システム構成

具体的なシステムの基本構成は、図3-8の通りである。複数のラジオ放送を一つの送信機から再放送可能とし、再放送を行える数は最大9波の電波を発射できるものとする。

受信増幅部は、受信空中線からの信号に対し、不要波の除去やレベル調整、周波数変換を行う。

送信機部は、複数波を同時に増幅するMCPA(Multi Channel PA)タイプである。

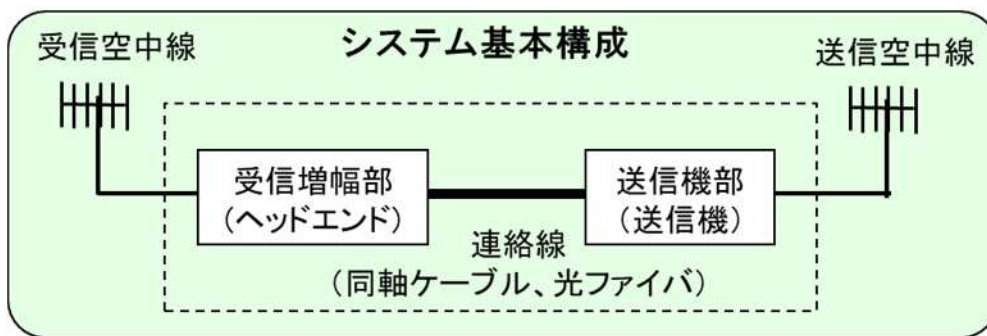


図3-8 ギャップファイラー装置のシステム基本構成

ギャップファイラーは非再生中継方式により中継を行うため、放送波近傍の電波も併せて再放送を行うことが想定される。このため、ギャップファイラーの受信点における受信電波から不要な隣接チャンネルの電波を排除するよう、受信アンテナの位置や利得等の調整を行い、地形等による遮蔽等を活用する。

(4) ギャップファイラーの同期放送

ギャップファイラー装置は、既に制度化されており、技術基準適合証明を受けることも可能な装置とされている。情報通信審議会諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」のうち「ラジオネットワークの強靱化に関する技術的条件」(平成27年7月)では、FMギャップファイラーの同期放送として技術基準が示され、その中で光ファイバー(CATVのダークファイバー)を利用した複数の送信点があるギャップファイラーの同期放送についての検討結果が報告されている(表3-1)。

表3-1 ギャップファイラー複数局の同期放送の条件

許容される遅延時間	D/U	送信点間の周波数偏差
5 μ s未満	規定せず	送信周波数相互の周波数偏差の目標値は 0Hz 搬送波の周波数安定度についても同様とする
5 μ s以上~10 μ s未満	6dB以上	
10 μ s以上~20 μ s未満	9dB以上	

また、遅延時間が $5\mu\text{sec}$ 以下であれば、 $D/U=0\text{dB}$ のエリアでも主観評価3を得られるとの報告されている。

ギャップファイラーでは、上位局放送波受信アンテナと再送信アンテナが近接しているので、受信波に対する送信波の遅延時間は $5\mu\text{s}$ 以下 (遅延時間 1μ は距離 300m に相当) の可能性が高く、送信波の受信波に対する DU 比は 0dB 以上を目標として、送信、受信アンテナの配置を検討する。

3. 3 中継方式

3. 3. 1 放送波中継

上位局の FM 放送波をそのまま増幅し若しくは周波数変換のみを行い放送する (図3-9)。変調波の再生を行わないため、放送波の変調度誤差等の変調特性が上位局と同一の放送中継が可能である。

下位局の周波数を上位局と同一周波数で放送する場合、下位局内での同一周波の回り込みまたは上位局との重複エリアでの受信品質低下の改善を行う必要がある。

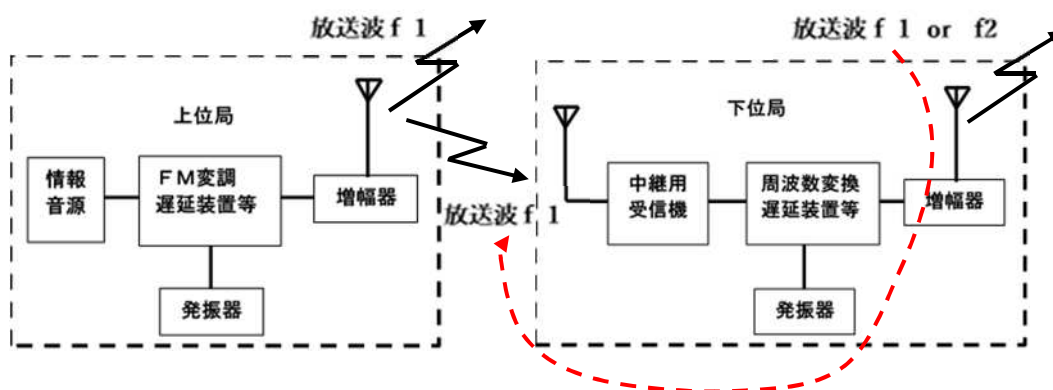
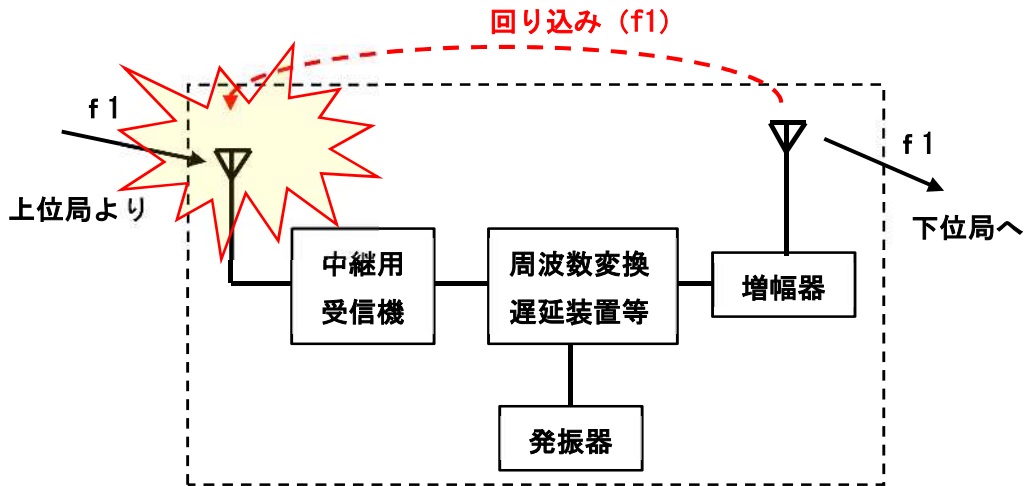


図 3 - 9 放送波中継

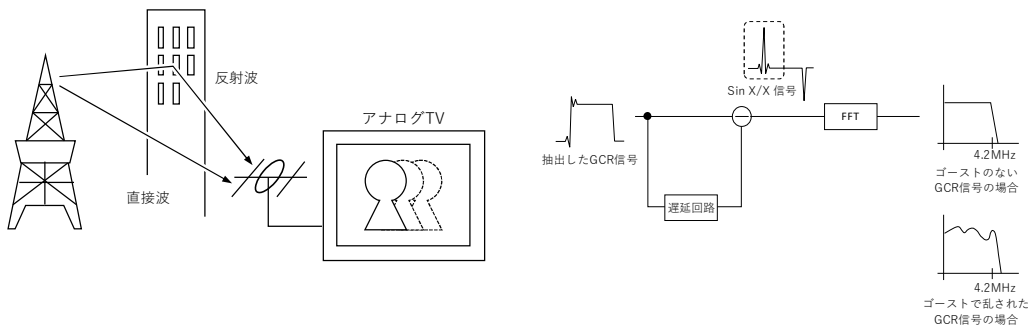
3. 3. 2 回り込みキャンセラー

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上位局の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が、FM 放送では近年まで同期放送は技術的に困難であるとの見解から、受信波と送信波の周波数を同一とする放送波中継の置局プランは構築されず、回り込み対策は必要とされてこなかった。



回り込む遅延波の影響を抑制させることに関し応用の可能性のある技術として、地上アナログテレビ放送のゴースト除去(ゴーストキャンセル)技術がある。ゴースト除去とは、地上アナログテレビ放送の放送波が建築物などの影響で反射波を生じ、主波と遅延する反射波とが重なり、テレビ画面上に多重像(ゴースト)が発生する障害である。このゴーストを除去するために地上アナログテレビ放送の信号には GCR(Ghost Cancel-Reference)と呼ばれる信号が挿入されており、受信器はこの GCR 信号を利用し遅延量を割り出し遅延波を除去している。

近年、FM 同期放送の普及により、FM 放送波中継における回り込み対策の必要性から、ゴーストのように遅延して到来してくる不要波を除去するキャンセラーの開発が行われている。



3. 3. 3 STL 中継

(1) STL 装置の概要

STL として使用可能な周波数帯は、60MHz帯、160MHz帯、マイクロ波帯の3種類がある。それぞれの周波数帯の特徴を表3-2にまとめる。

表 3-2 STL方式の比較

	60MHz帯STL		160MHz帯STL		マイクロ波帯STL	
	特徴	評価	特徴	評価	特徴	評価
周波数割り当ての容易さ	チャンネル数あり	○	60MHz帯よりチャンネル数少ない	△	チャンネル数あり	○
アンテナ形式	八木アンテナ ダイポールアンテナ		八木アンテナ ダイポールアンテナ		パラボラアンテナ	
アンテナの大きさ	エレメント長3m 受風面積 小	△	エレメント長1.5m 受風面積 小	○	直径30φ 受風面積 大	△
アンテナ固定の容易さ	比較的容易だが 160MHz帯よりアンテナが大型	△	比較的容易	○	対向する送受信パラボラアンテナの中心がずれないように固定する必要がある	×
機器価格	送受信対向で300万円	○	送受信対向で300万円	○	送受信対向で1500万円	×
外国波混信	有	×	無	○	無	○
季節的な異常伝搬	有	×	ほぼ無し	△	無	○
中継回線の特徴	送信局からの角度差が30度程度以内なら、一つの送信局で複数の中継局に配信ができる	○	送信局からの角度差が30度以内なら、一つの送信局で複数の中継局に配信ができる	○	送受信は必ず1対向1組中継回線の数だけ送受信必要	×

アンテナについては、60MHz帯、160MHz帯のアンテナ(八木アンテナ、ダイポールアンテナ)が取り扱いやすい。

また、臨時災害放送局の周波数(76.1~94.9MHz)と周波数帯が近いことから、放送用受信アンテナ、送信アンテナとの共用アンテナが開発されれば、アンテナ設置の簡易化が図れる。

機器の価格面では、マイクロ波帯 STLは単体の価格に加え、中継回線ごとに1対向の送受信アンテナ、マイクロ機器が必要となり、機器の価格が非常に高価となる。

これらのことから、STL 回線としては、60MHz帯、160MHz帯の使用を想定する。

(2) STL 中継

上位局から下位局へ STL 装置でプログラム伝送を行い、下位局で FM 変調し、放送を行う(図3-10)。

上位局、下位局で FM 変調器が異なるので、放送波の変調度誤差等の変調特性が合致しない場合がある。STL 装置でプログラムが伝送されるので、下位局での放送波の回り込みを配慮する必要がない。

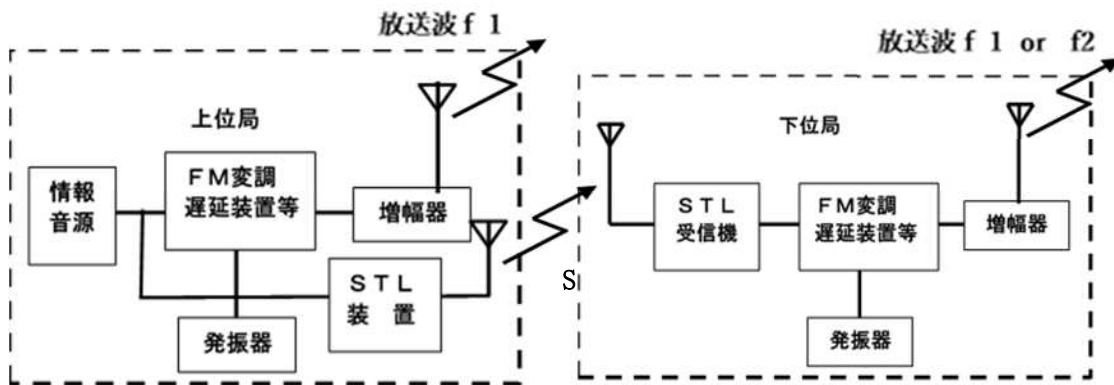


図3-10 STL中継

3. 3. 4 臨時災害放送局の複数置局における中継方式の検討

臨時災害放送局を複数置局し、同期放送を想定した場合の各放送局への中継方式について検討した。

(1) 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(図3-11)。

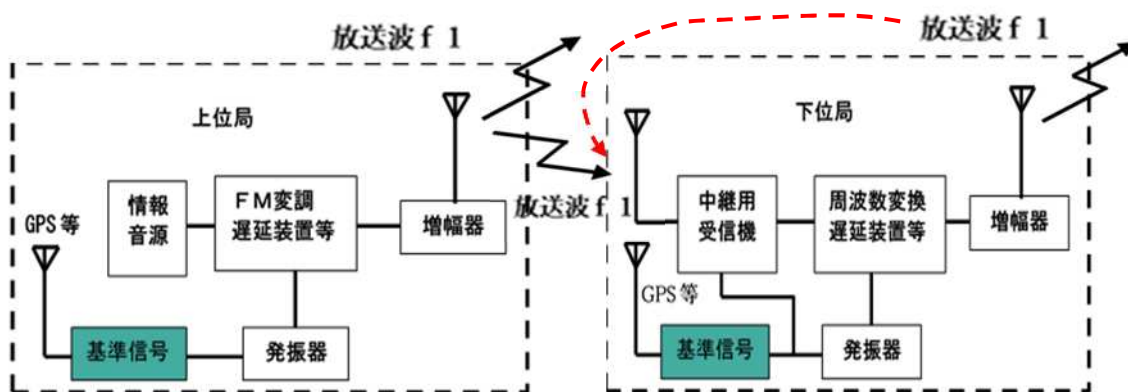
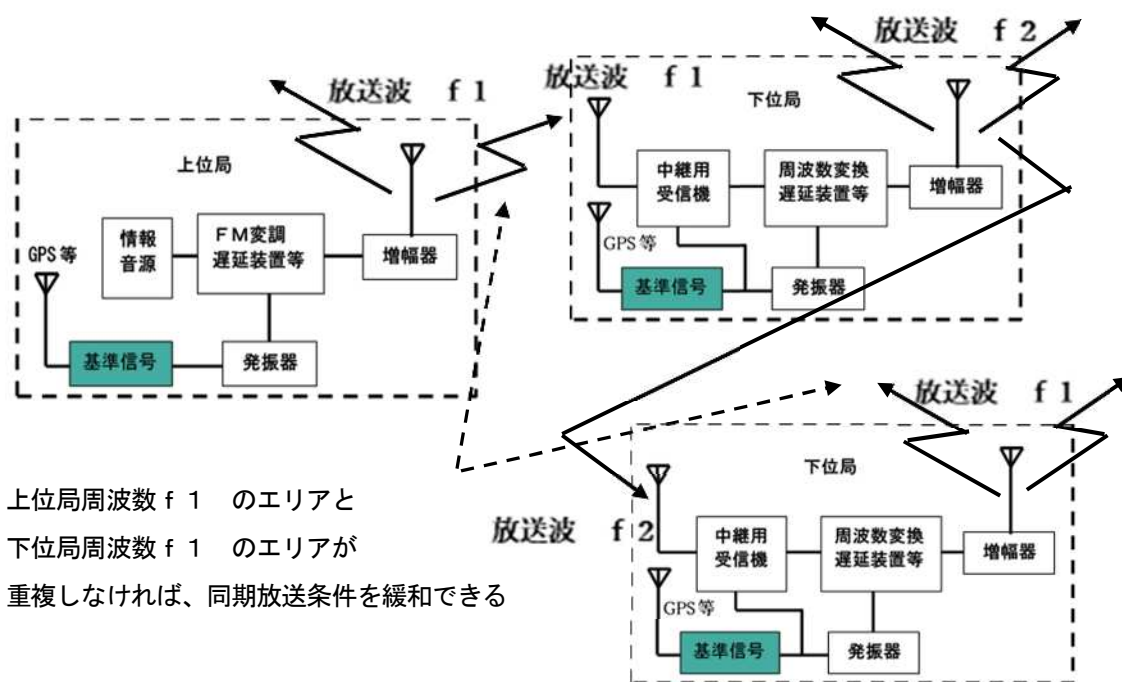


図3-11 放送波(上位・下位局同一波)での放送波中継

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(図3-12)。



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

図3-12 放送波(上位・下位異周波数)での放送波中継

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。

あるいは、上位局で広エリアをカバーし、下位局同士が同期放送となるようネットワークを構築し、必要な放送エリアを確保することは可能である(図3-13)。

この場合、下位局 f_2 での同期放送調整が必要となる。

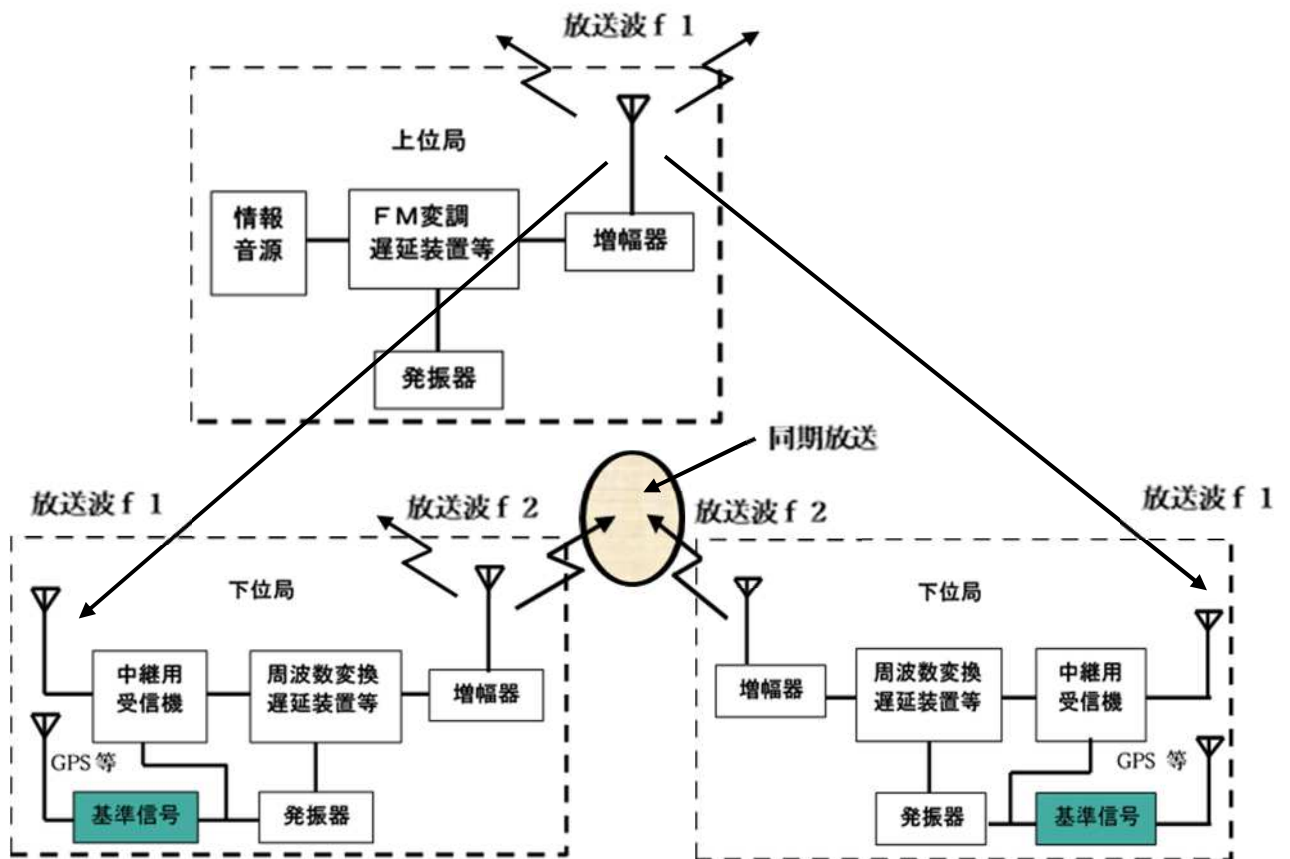


図3-13 放送波（上位・下位局異周波）での放送波中継

(2) STL 中継方式

STL 装置を伝送回線として用いる(図3-14)。

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。

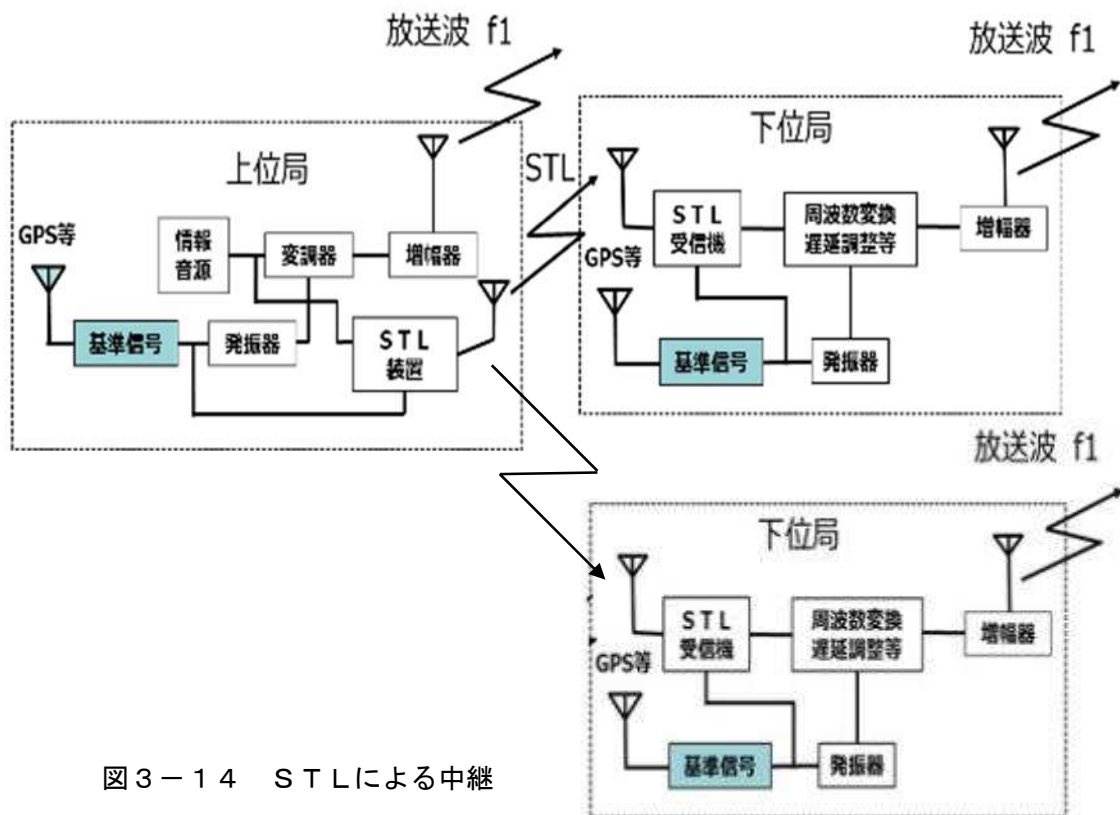


図 3 - 1 4 S T Lによる中継

(3) 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が利用可能な場合に有効である。最上位局(町村役場に設置の送信機)のFM放送を光信号にE/O変換し各放送局に届ける。各局では、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(図3-15)。

各放送所に伝送される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、同期放送の調整が容易となる。また、演奏所のみ変調器を用意すればよいため、導入コストや機器の手配が簡便となる。

ただし、災害時の光ファイバー回線の障害発生リスクがある。

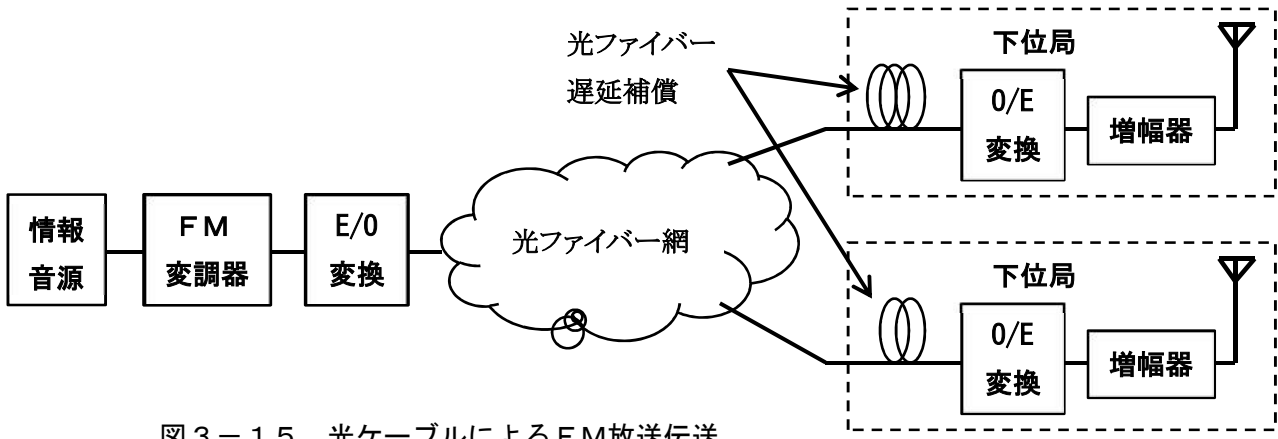


図 3 - 1 5 光ケーブルによる FM 放送伝送

(4) IP 回線を利用した方式

音声信号をデジタル化し IP 回線により各放送局に配信する方式である。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の揺らぎが発生する。同期放送で使用するためには、遅時間の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

中継回線が IP 網の場合の構成を図3-16に示す。

この方式では、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する補償が困難である。

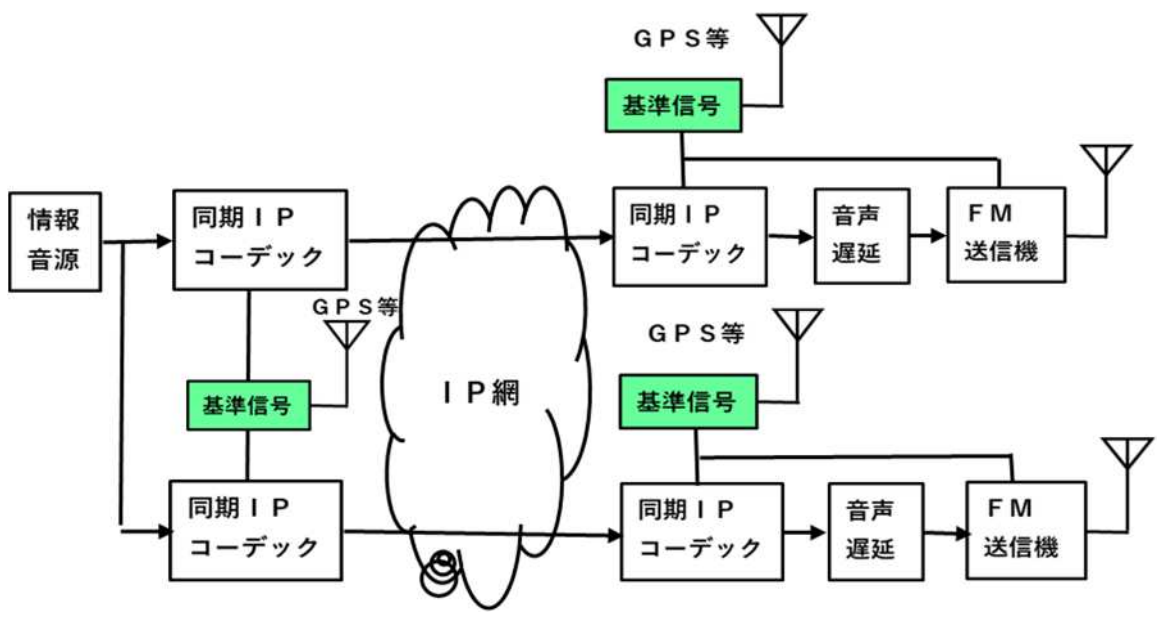


図 3 - 1 6 広域イーサネット（ユニキャスト IP 網）を利用

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。

② 広域イーサネット（マルチキャスト IP 網）の利用

マルチキャスト IP 網を利用した場合の構成を図3-17に示す。

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する補償が困難である。

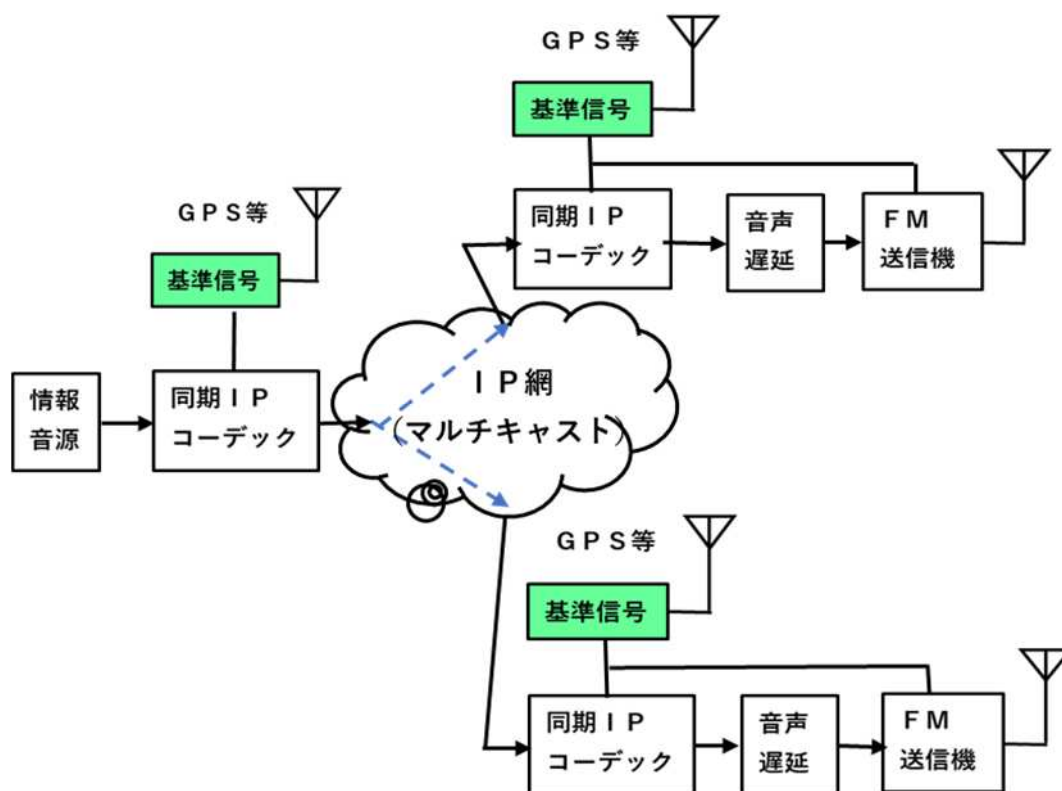


図3-17 広域イーサネット（マルチキャスト IP 網）を利用した中継

特徴としては、次のようなことがあげられる。

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。

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)を利用した場合を図3-18に示す。

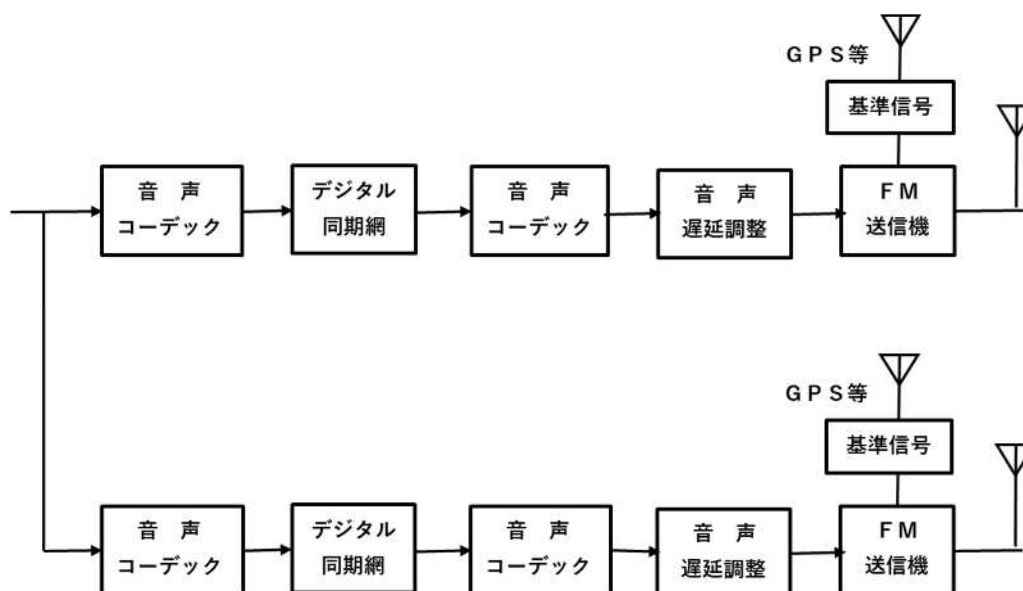


図3-18 デジタル同期網(デジタル専用線)を利用した中継

特徴として、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。

3.3.5 中継方式のまとめ

同期放送で臨時災害放送局を複数置局する中継方式について検討した。

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。

(1) 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。

回り込み低減の方法としては、

- ・送受信アンテナの離隔距離確保
- ・建物遮蔽による回り込み波レベルの抑制

が主な対策となる。

FM 放送周波数帯の回り込みキャンセラーが開発されれば、回り込み対策は簡便になるものと思われる。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 光ファイバー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、光ファイバー回線の障害発生リスクがある。

(5) 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。

3. 4 空中線技術

臨時災害放送局は短期間での立ち上げが必須のため、使用する送受信アンテナは安定した電気的特性を確保しながら、軽量で、運搬時にはコンパクトに収納できることが求められる。

また、運用期間が限られ、耐久性に関しても緩和できることから、これまでの TV 受信で各アンテナメーカーが多くのノウハウを持っているアルミ製のアンテナで、十分な性能が確保可能である。

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。

3. 4. 1 送信空中線

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。

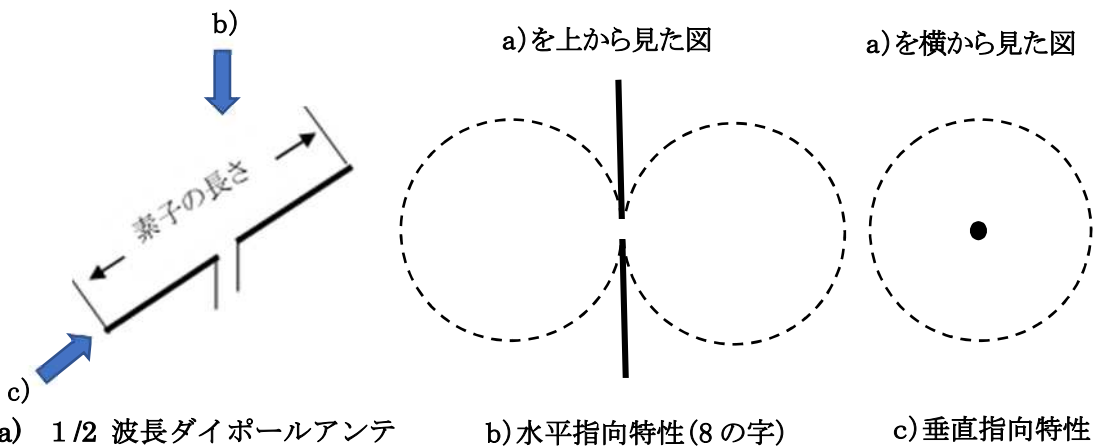
(1) 1/2 波長ダイポールアンテナ

図3-19は、ダイポールアンテナの構造・水平・垂直指向特性の例を示している。

素子の長さは、約 2m (1/2 波長) である。

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。



a) 1/2 波長ダイポールアンテナ b) 水平指向特性(8の字) c) 垂直指向特性

図3-19 1/2波長ダイポールアンテナの構造 水平・垂直指向特性

また、2本のダイポールアンテナを直角に組み合わせる(クロスダイポール)と、無指向性に近い特性を作り出すことができる(図3-20)。

この場合には、全方向に電波を出す特性となる。

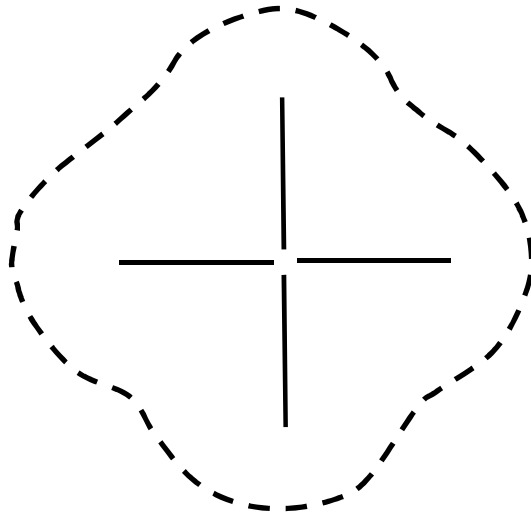
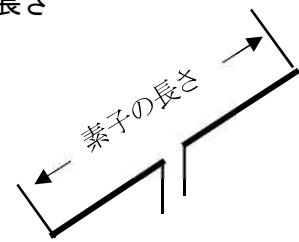


図3-20 クロスダイポールアンテナの水平指向特性

ダイポールアンテナの素子の長さは使用する周波数により異なる。FM 周波数帯ダイポールアンテナの長さを表3-3に示す。

表3-3 ダイポールアンテナの素子の長さ

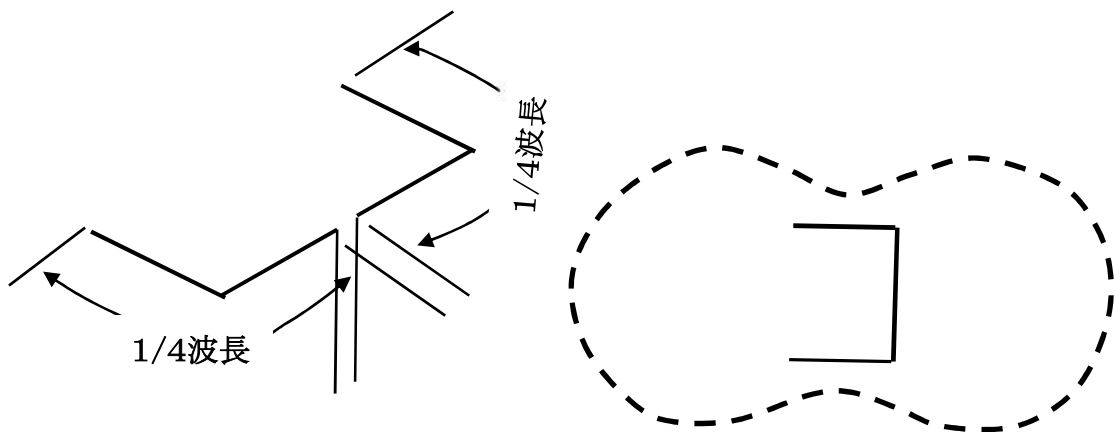
周波数 (MHz)	75	80	85	90	95
アンテナ素子の長さ (m)	2.00	1.88	1.76	1.67	1.58



(2) 折り曲げ型 (U型) ダイポールアンテナ

図3-21は、折り曲げ型(U型)ダイポールアンテナの構造、水平指向特性を示している。このアンテナは、通称U型アンテナと呼ばれている。基本形は、1/2 波長ダイポールアンテナで、素子の途中を直角(L字型)に曲げたものである。

素子を折り曲げることにより、水平指向特性は、まゆ型になり、1/2 波長ダイポールアンテナの素子方向にも指向特性をもつ。



折り曲げ型(U型)ダイポールの構造

折り曲げ型(U型)ダイポールの水平指向特性

図3-21 折り曲げ型 (U型) ダイポールの構造・水平指向特性

(3) 八木アンテナ

図3-22は、八木アンテナの構造、水平・垂直指向特性を示している。

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(ダイポールアンテナより少し長い素子)、導波器(ダイポールアンテナより少し短い素子)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。

また、一般的に、水平指向特性よりも垂直指向特性がブロードになる(広がりが大きくなる)。

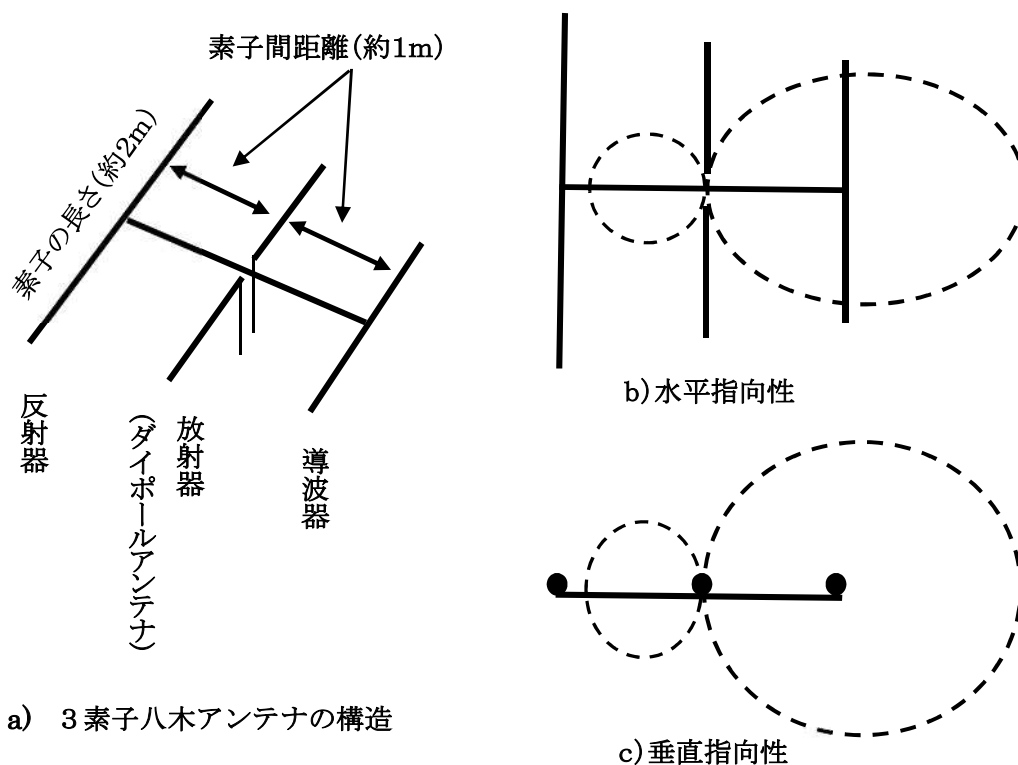


図3-22 八木アンテナの構造、水平・垂直指向特性

また、八木アンテナの場合も、複数の八木アンテナを組み合わせることで、水平面指向特性を調整することが出来る(図3-23)。

さらに、八木アンテナの組み合わせ本数や、それぞれに供給する電力を調整することで、水平指向特性を細かく調整できる。

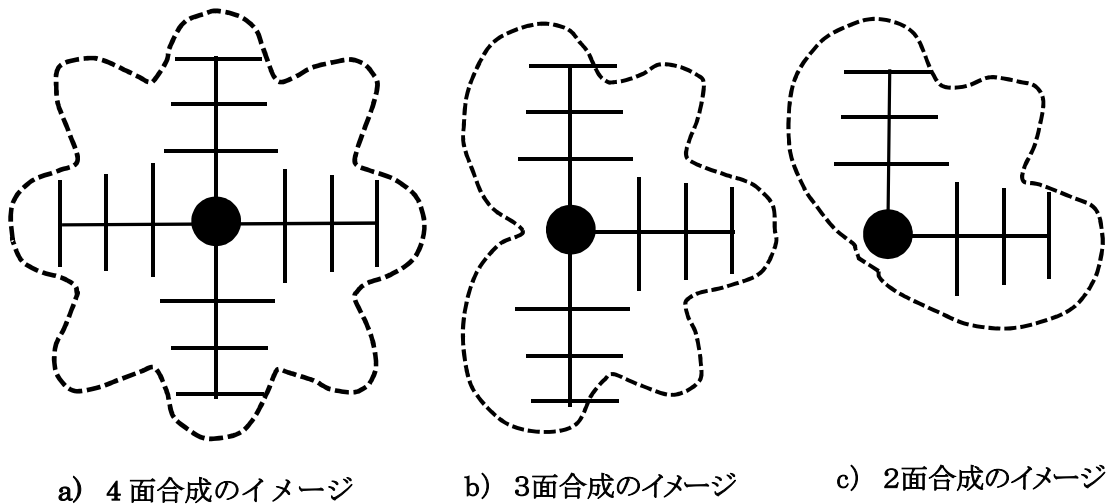


図3-23 複数の八木アンテナの合成

(4) 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。(電氣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。

(5) 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。

放送エリアを確認するために行う電界強度測定では、垂直偏波は受信点周辺の環境の影響を受けやすく水平偏波に比べて計算値との乖離が大きい。

このことから、基本的には、水平偏波で送信を行うほうが安定した受信ができるといえる。

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。

(6) 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。

3. 4. 2 中継回線用受信空中線

FM 同期放送を受信すると受信機の内部で複数の電波が合成された状態で FM 復調され復調された音声は干渉妨害を受けた復調音となる。

復調音声干渉妨害を受ける原因は、受信した電波相互の遅延時間差による位相差によるものである。

一方で FM 受信では、レベル差のある単一周波数を受信する際に弱い信号を抑える特性がある。つまり、単一周波数の電波であっても、ある程度のレベル差がつけば、干渉妨害の程度が格段に改善する。

これらの検討結果から、受信機入力端の DU 比を確保することにより、同期放送環境における受信劣化を改善できる。

受信入力端における DU 比を確保するためには、指向性を狭く・鋭くし、前後比を大きくする必要があり、その対策方法として、アンテナの多素子化、反射器の付加が考えられる。

さらに、VHF 帯(60MHz 帯、160MHz 帯)の STL を伝送回線として使用できるよう、FM 放送帯・VHF 帯 STL を同時に受信できるアンテナとしておけば、状況に応じ伝送回線の選択が可能となり、柔軟な伝送回線の構築に寄与するものと考えられる。

3. 5 FM 受信機の種類及び動向調査

3. 5. 1 概要

臨時災害放送局を設置する場合の受信者のFM受信機は、災害による緊急時であることから、受信者が以前より所有しているFM受信機を使用する 경우가大部分であると想定される。一般に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、市販されているFM受信機の大半がステレオ/モノラル自動切替え方式のものが多く、モノラル専用のみを選定することはできない。

ここでは、モノラル受信機とステレオ受信機の特性と、市場の動向について調査をした結果を説明する。

3. 5. 2 FM 受信機の種類

ステレオ受信機とモノラル受信機の構成と概要を下記に説明する。

(1) 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を図3-24、FMコンポジット信号を図3-25に示す。

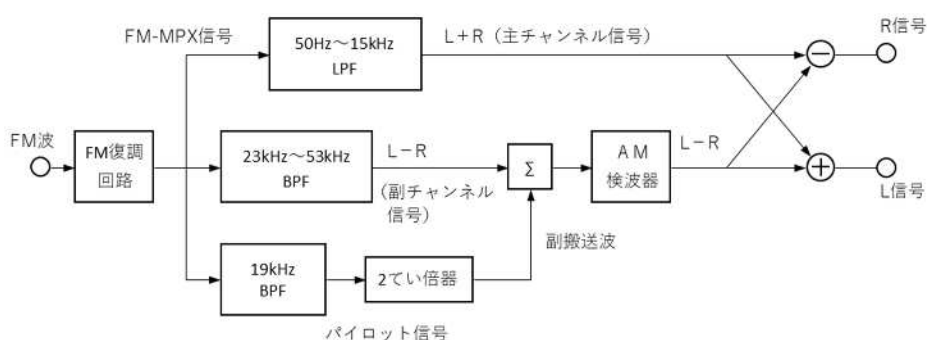


図3-24 FMステレオ放送（受信側）のブロック図

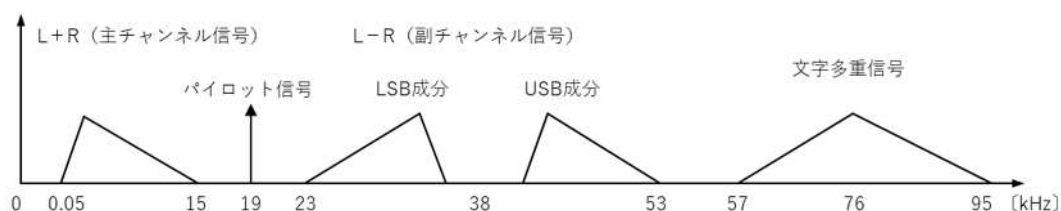


図3-25 FMコンポジット信号の周波数スペクトラム

下記にステレオ復調の動作を述べる。

まず、FM波を受信しFM復調器で復調する。すると図3-25に示すコンポジット信号が得られる。

次に、このコンポジット信号から、LPF によって 15kHz 以下の主チャンネル信号(L+R 信号)を取り出す。この信号をそのまま聞けばモノラルとなる。

また、23kHz～53kHz の周波数範囲の信号を通過させる BPF で副チャンネル信号(L-R 信号)を取り出す。

コンポジット信号から 19kHz のパイロット信号を BPF で取り出して、2 通倍することで副搬送波信号を再生する。

再生した副搬送波信号を上記の副チャンネル信号(L-R 信号)に加えて、DSB-SC 信号である副チャンネル信号を AM 波に変換し、その出力を AM 検波して L-R 信号を取り出す。

以上の過程で得られた L+R 信号と L-R 信号をマトリクス回路で加算または減算して元の L と R の信号を取り出す。加算出力は 2L、減算出力は 2R となる。

(2) モノラル受信機

モノラル信号は前述の 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。(図3-26および図3-27参照)

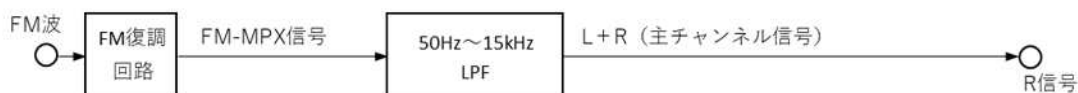


図 3-26 FMモノラル放送(受信側)のブロック図

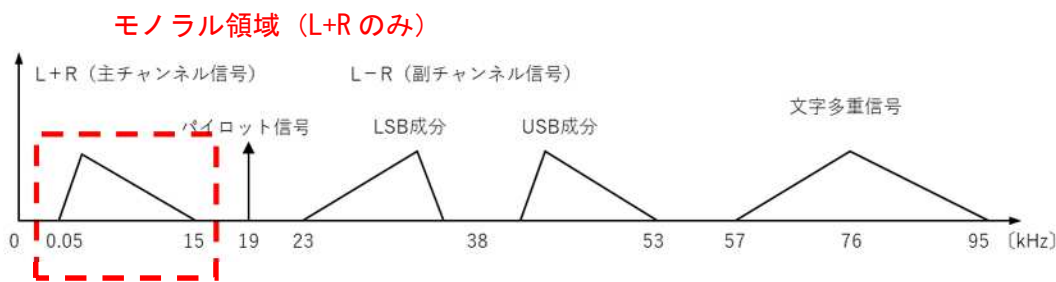


図 3-27 FMコンポジット信号の周波数スペクトラム

(3) 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ことがわかる。

3. 5. 3 FM 受信機の受信感度

(1) 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 $6\text{dB}\mu\text{V}$ (EMF) ~ $14\text{dB}\mu\text{V}$ (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。

(2) 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低い場合は満足する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 放送波長の 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。

3. 5. 4 FM 受信機における市場の動向

臨時災害放送局が今後ワイド FM の周波数帯を使用することや、モノラル方式で放送することを想定し、現在市販されている FM 受信機の動向について調査をした結果を説明する。

(1) ワイド FM 対応受信機

ワイド FM 対応受信機も近年普及が進みつつあり、カタログ調査におけるワイド FM 対応受信機の比率は約 95%であった。調査結果を表3-4に示す。

表 3-4 ワイド FM 対応受信機の台数 (2019 年秋カワ[®] 調査)

名 称	機種台数	ワイド [®] FM 対象機種	比 率
ポケットラジオ	25	24	96.0%
ポータブルラジオ	91	84	92.3%
カーオーディオ	10	10	100%
カーナビ	56	56	100%
(合 計)	182	174	95.6%

※調査対象のメーカーはソニー、パナソニック、東芝エルイートレーディング、小泉成器、パイオニア

(2) モノラル専用受信機

モノラル専用受信機について調べた結果を以下に示す。また、モノラル専用の受信機の比率を表3-5に示す。

- ・ポケットラジオに代表される小型の FM 受信機は、ステレオ方式対応のイヤホンを接続すればステレオ受信機となるものものが約半数あるが、残り半数はモノラル専用受信機であった。
- ・ポータブルラジオ(ラジカセ等)に代表される中型の FM 受信機は物理的に 2 つ以上のスピーカー配置も可能であり、ステレオ/モノラル自動切換えのものが多い。一部の防災目的と謳われている機種がモノラル専用として販売されている。

表 3-5 モノラル専用受信機の台数 (2019 年秋カワ[®] 調査)

名 称	機種台数	モノラル専用 機種	比 率
ポケットラジオ	25	14	56.0%
ポータブルラジオ	91	25	27.5%
カーオーディオ	10	0	0%
カーナビ	56	0	0%
(合 計)	182	39	21.4%

(3) その他の FM 受信機

ポケットラジオ、ポータブルラジオの他に、FM 受信機として販売及び機能するものを調べた結果を以下に示す。いずれの機種についても FM 受信機としてのチューナーチップはステレオ方式を採用していると考えられ、モノラル専用としては販売されていない。

・ラジスマ

スマートフォンに代表される携帯電話には現在 FM チューナーを搭載した機種が少ないが、「ラジスマ」と呼ばれるアプリケーションに対応可能な FM チューナーを搭載した機種が近年発売されている。防災意識も深まり、今後対応機種が増えると思込まれる。

・携帯オーディオプレーヤー

ウォークマンに代表される携帯オーディオプレーヤー、IC レコーダーにも FM チューナーを搭載した機種が発売されており、一部は FM 受信が可能である。

3. 6 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。

3. 6. 1 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。

3. 6. 2 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。

3. 6. 3 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。回り込みキャンセラーが開発されれば、回り込み対策は容易となる。

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技術では遅延検出用の信号を付加して遅延波(ゴースト)の影響を低減していた。地上デジタルテレビ放送の技術では、送信および受信の双方でデジタル処理をすることで回り込み遅延波の低減を図り、同期放送を実現し

ている。

しかし、FM 放送では同様の仕組みがないため、上位局受信アンテナと下位局送信アンテナの設置場所に離隔距離を取ったり、地形や建物の遮蔽を利用して遅延波の低減を行っている。地上アナログテレビ放送や地上デジタルテレビ放送の仕組みをFM 放送にも導入し、回り込みの抑制を実現する回り込みキャンセラーが実現できれば、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。

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。

3. 6. 4 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。

3. 6. 5 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。

3. 6. 6 FM 受信機の種類及び動向調査

一般に FM 放送は受信機の種類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

4. 1 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。

4. 1. 1 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)は表4-1のとおりとなる。

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のギャップファイラー(送信出力250mW、5素子八木アンテナに相当)では1.2km程度の範囲を想定し、同期放送実現のための条件を検討する。

表4-1 エリアカバー範囲

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

4. 1. 2 自治体庁舎等の既存建物への設置の場合

(1) 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4-1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方を推測する理論で、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。

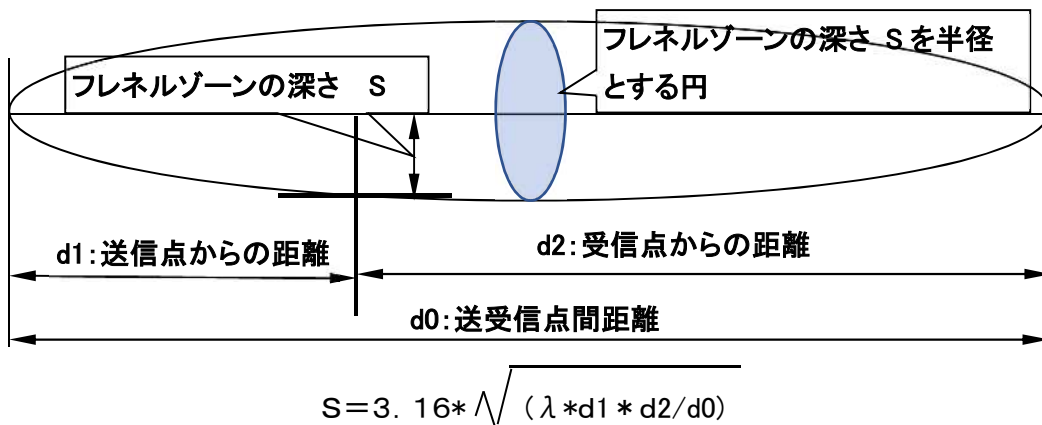


図4-1 第一フレネルゾーンの深さ

代表的な周波数での送受信点間距離の中心のフレネルゾーンを表4-2に示す。

表4-2 送受信点中心部のフレネルゾーンの深さ

周波数	送受信点間の距離			
	1km	5km	10km	30km
76MHz	31m	70m	99m	172m
85MHz	30m	66m	93m	162m
95MHz	28m	63m	90m	153m

この表から、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。その様子を図4-2に示す。

このプロフィール図は、熊野町の町役場庁舎(標高 220m)の屋上(地上高20m、標高 240m)に送信点を設け、南西方向の市街地を受信点と想定して、描画したものである。

この際、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。

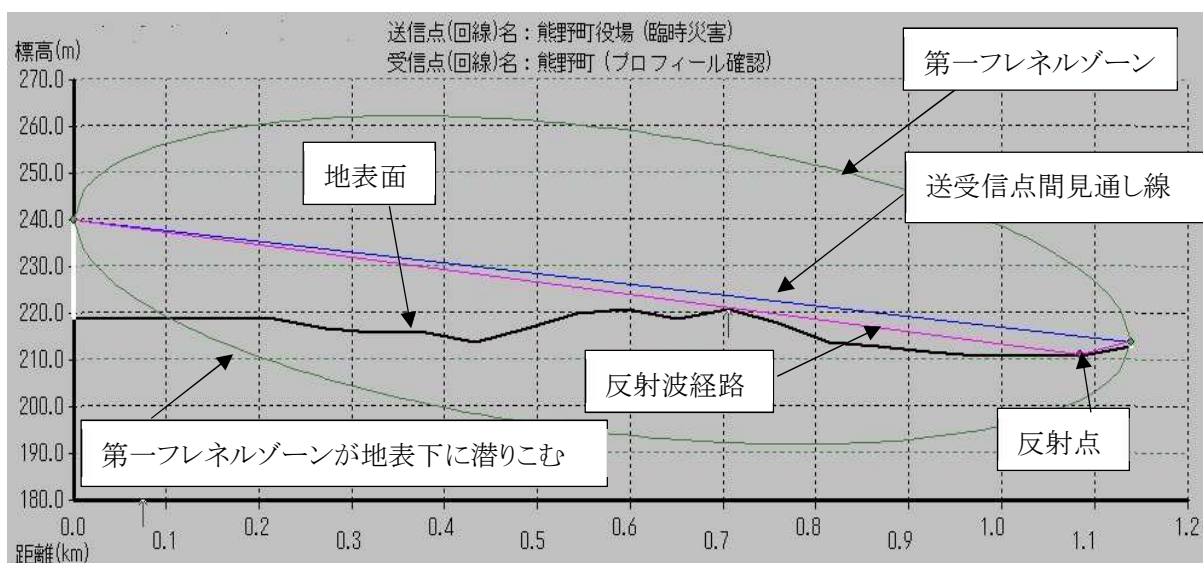


図 4-2 伝搬経路の一例

・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(図4-2)。

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 1 km²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。

・島嶼部での電波伝搬(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。

具体例としては、建物などで海面が見えないよう遮蔽し、反射波を遮断するのが効果的である。

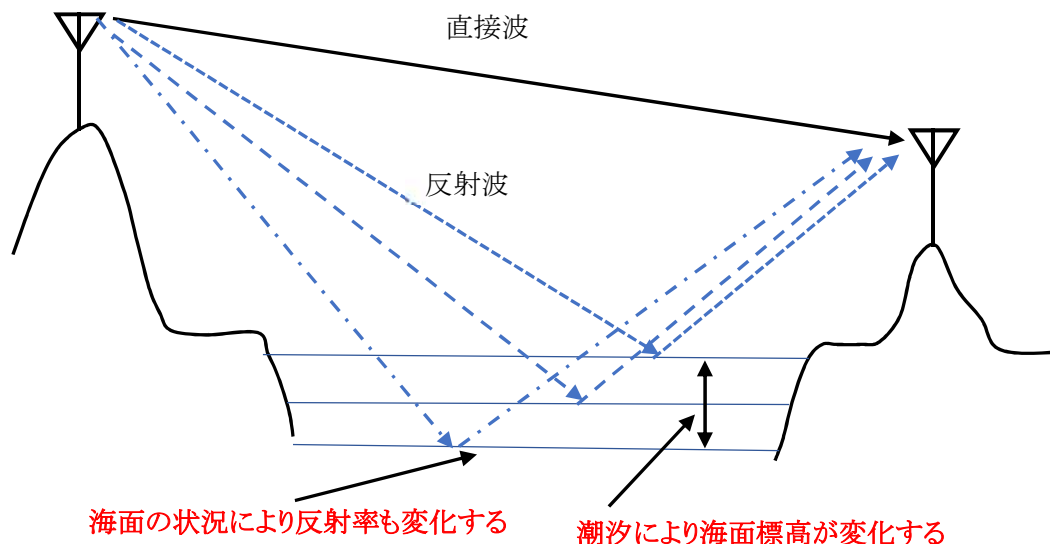


図 4-3 潮汐による海面標高の変化と反射波

アンテナが同じ大きさであれば、周波数が高い(波長が短い)ほど指向性を鋭く調整しやすく、逆に同じ鋭さの指向性とするには、周波数が高い(波長が短い)方がコンパクトなアンテナとなる。

4. 1. 3 ギャップフィラー方式による避難所での近傍からの影響

(1) ギャップフィラーの受信環境

受信アンテナには近傍の送信アンテナから送信された強い電波が回り込み、受信品質、GFの送信品質に大きく影響をあたえるため、回り込み波を低減しなければならない。

その手法として

- アンテナの配置による回り込み波の低減

上位局受信アンテナと下位局送信アンテナの離隔距離を保つ、もしくは建物遮蔽等を利用し、受信アンテナから送信アンテナが見えないよう配置する。

- 偏波面効果の利用

上位局の偏波面と下位局送信波の偏波面を異偏波とする(例えば、受信が水平偏波なら、下位局は垂直偏波とする)ことで、下位局送信波の回り込みの影響を 10dB 低減できる。

- ・回り込みキャンセラーの設置

地上デジタルテレビ放送の技術では実現できているが、FM 放送での回り込みキャンセラーは現状では実現できていないので、新たな開発が必要である。

といった方法により、DU 比を確保する。

(2) 避難所内の伝搬

避難所内では、直接波と避難所内の壁等で反射する反射波が多数受信できるマルチパスの環境にある。しかし、送受信点の距離が短い(十数メートル～百メートル程度)ため、経路差が非常に小さく、遅延時間差も $1\mu\text{s}$ 以下になると考えられる。

このため、直接波と反射波の $D/U=0\text{dB}$ であっても主観評価3を確保できる。また、受信機(ラジオ)を移動させることで、容易に受信が良好な場所を見つけることができるものと考えられる。

4. 2 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 6.6km、局所的なエリアを補完する局では半径約 1.2km 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

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、番組伝送用の中継回線の構築や、局間の影響の考慮が必要である。

臨時災害放送局は、短期間に設置運用を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る。

5. 1 複数の置局の検討

瀬戸内海地域特性を考慮すると複数の周波数を見出すことは困難であること、隣接地域に移動しても周波数変更の煩雑さが無いこと(利用者の利便性)等を考慮し、FM同期放送方式を導入する複数置局の構成方法を検討した(図5-1)。

- 1 放送波中継による周波数同期
- 2 STLによる周波数同期
- 3 ギャップファイラーによる小規模な周波数同期

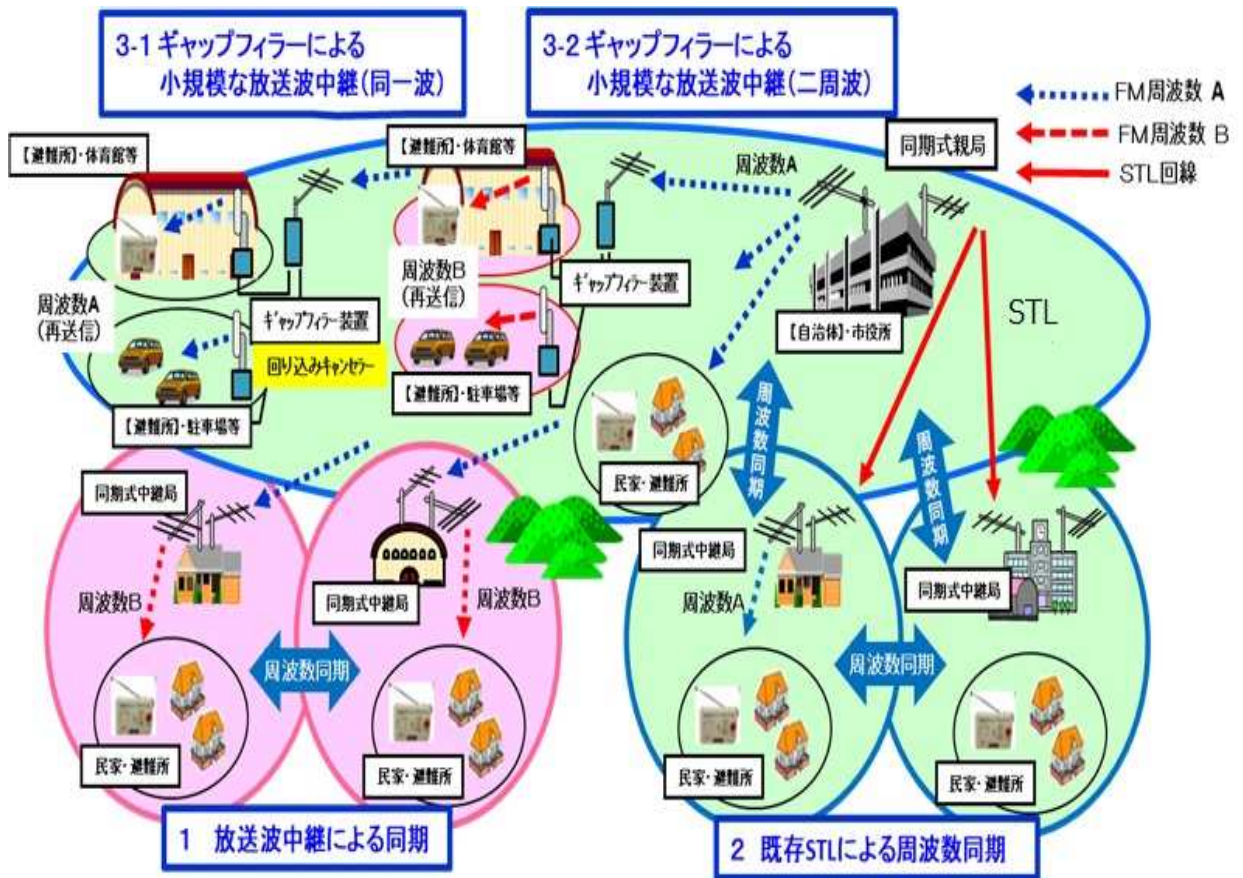


図5-1 複数置局のイメージ

なお、ギャップファイラーについては、エリアが局所的なことから、置局条件によっては、上位局と異なる周波数を送信する2周波方式が有効な場合も考えられる。

5. 1. 1 放送波中継による周波数同期

(1) 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(図5-2)

この方式の特徴は次のとおりである。

- ・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。

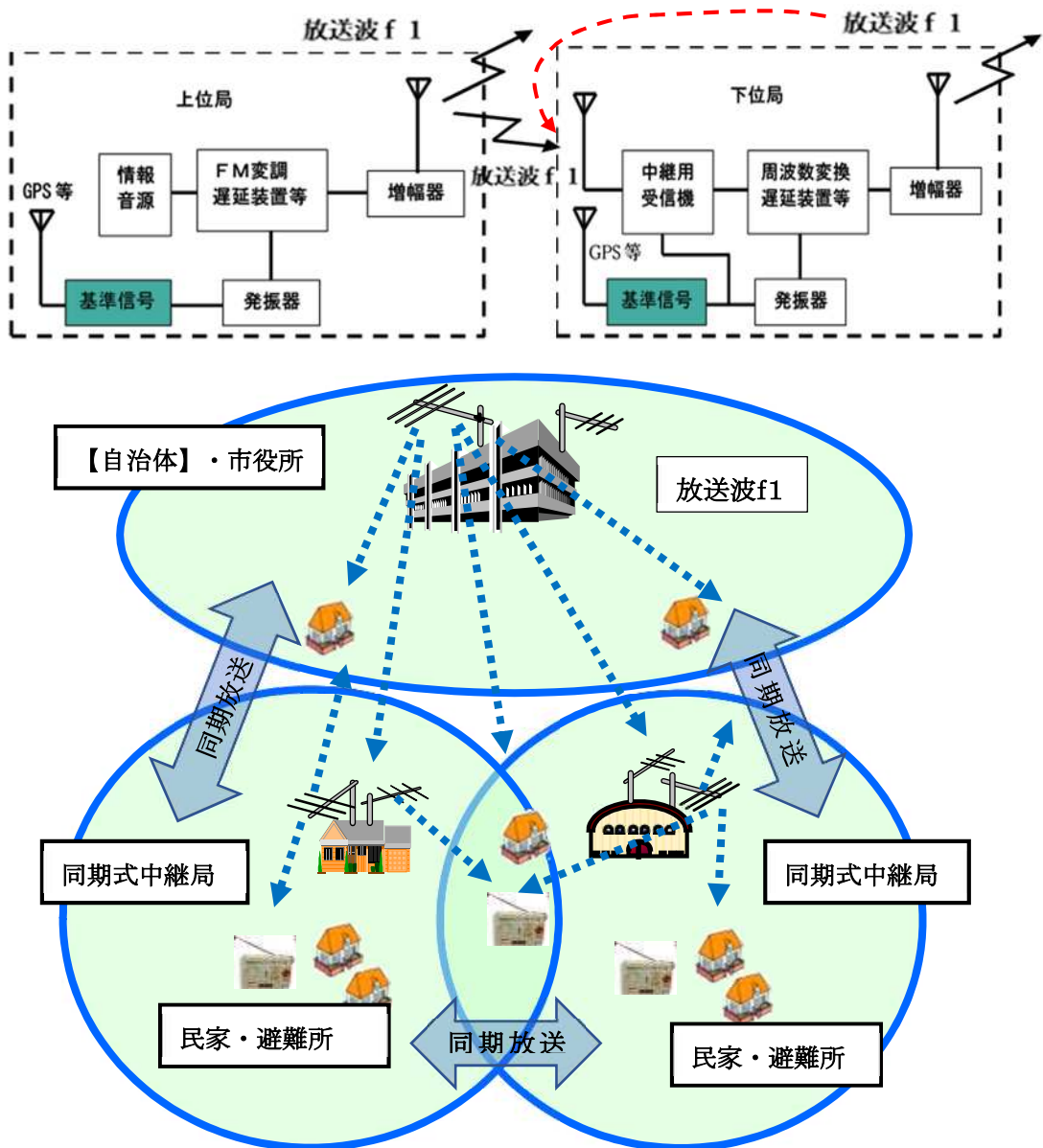


図5-2 放送波(上位・下位局同一波)での放送波中継による周波数同期

(2) 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図5-3に示す。

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である。
- ・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。

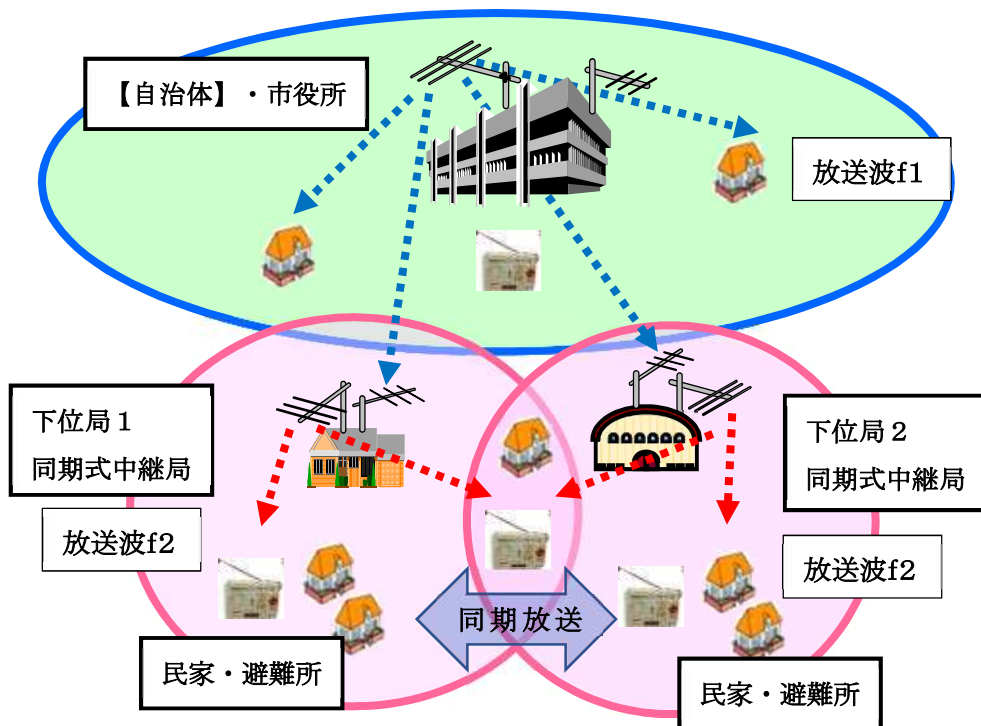
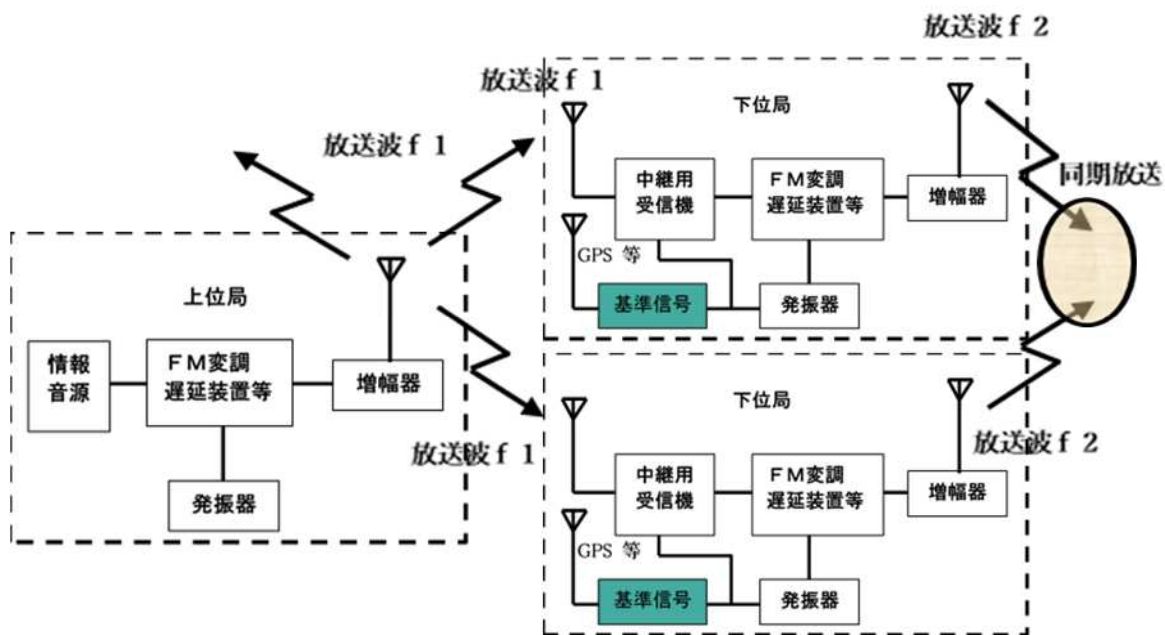


図5-3 放送波2波（上位局・下位局異周波数）での放送波中継による同期放送

5. 1. 2 STL 中継による周波数同期

STL 中継による周波数同期の概要を示す(図5-4)

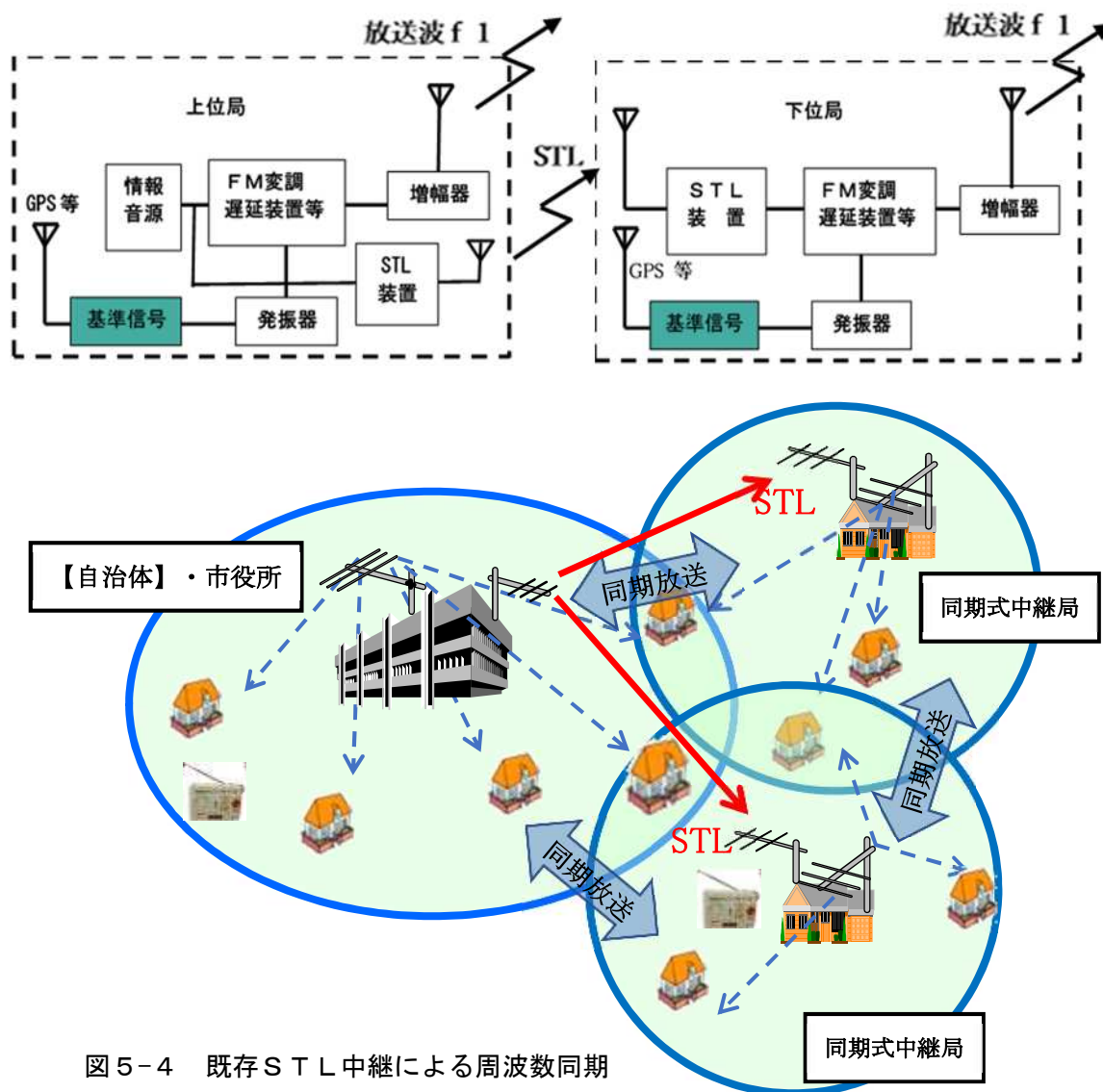


図5-4 既存STL中継による周波数同期

この方式の特徴は次のとおりである。

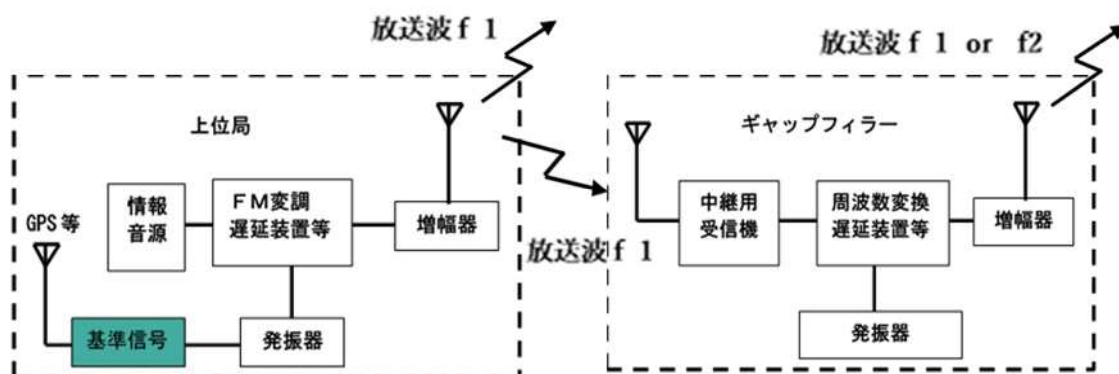
- 上位局から STL 装置により、下位局へプログラムを伝送する。
- 上位局・下位局の変調特性の誤差が発生する可能性があるため、変調特性の誤差を一定値内に制御する必要がある。
- 下位局では、送受信周波数が異なるため、受信への回り込みを考慮する必要がない。
- 同期放送を行う局同士の送信タイミングを基準信号(GPS 等)により精密に管理する必要がある。
- すべての放送エリアを同一周波数の同期放送とすることが出来る。

5. 1. 3 ギャップファイラーによる小規模な放送波中継

ギャップファイラー装置を利用した小規模な放送中継の概要を示す(図5-5)

この方式の特徴は次のとおりである。

- ・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 1-2km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ため、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。



※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。

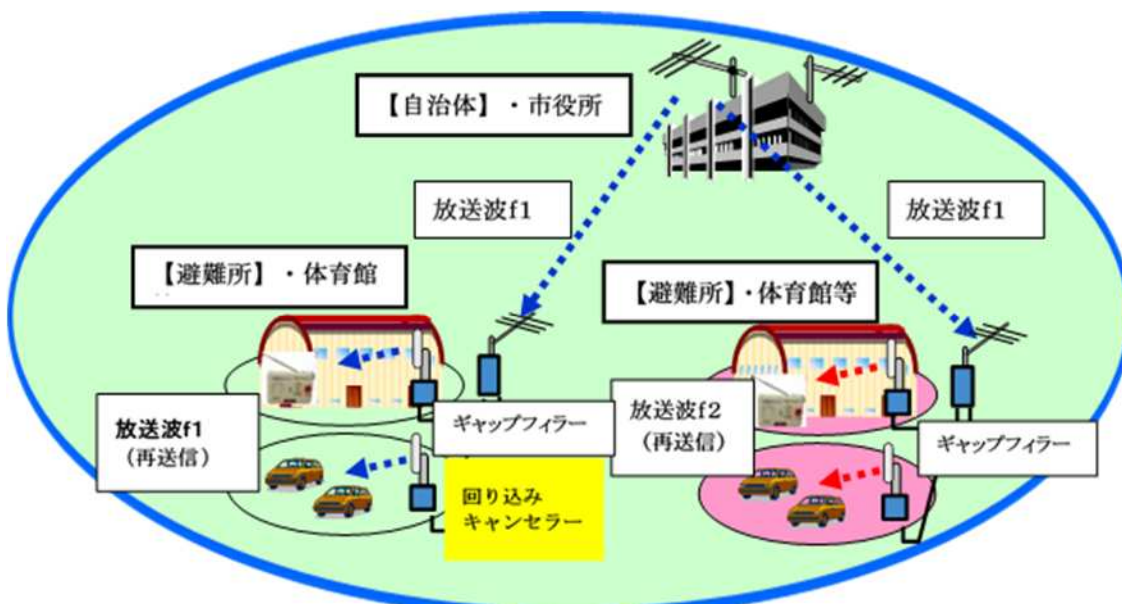


図5-5 ギャップファイラーによる小規模な放送波中継

5. 1. 4 高度利用方策の臨時災害放送局開設事例への適用例

(1) 広島県安芸郡熊野町で運用された臨時災害放送局の例

平成 30 年 7 月、広島県で発生した豪雨災害発生後、広島県安芸郡熊野町で運用された臨時災害放送局の概要を示す(図5-6 図5-7)。

この臨時災害放送局では、1 局の放送局で町内全体に情報伝達を行うことを想定された。

送信所は熊野町役場に設置、送信点標高 240m、出力 50W、無指向性アンテナで運用された。しかし、避難所 A 付近で、カーラジオでは放送受信が確認できたが、避難所 A 建物内では、受信が困難であったことが報告されている。

そこで、コンピュータシミュレーションにより、熊野町役場-避難所 A 間の回線プロフィールを確認した(図5-8)。

平成30年7月豪雨災害について

発生状況：平成30年7月6日（金）夕刻から西日本を襲った豪雨。

熊野町内の各地で同時多発的に土砂災害が発生。
近隣市町へのアクセス道がすべて通行不能となる。

全10か所の避難所設置。最大1300人近い方が避難。
(移動途中で熊野町から出られなくなった方を含む。)



被害状況

- 人的被害：死者12人 重傷：6人 軽傷 1人
- 建物被害：全壊27戸 大規模半壊9戸など



平成30年は熊野町制施行100周年であったが、町の歴史上、かつてない災害に見舞われた年となった。

臨時災害放送局(立ち上げ経緯)

- 災害対応の長期化
- 避難生活の長期化

→避難者を含む町民から「情報が少ない」「町がやろうとしていることがわからない」といった苦情が多数。

広く・簡易な方法で町民が情報を入手できる手段として「ラジオ」による情報発信を選択。



図5-6 平成30年7月豪雨状況（広島県安芸郡熊野町）、臨時災害放送局立ち上げ経緯

臨時災害放送局「くまのちょうさいがいえフエム」

- 7/12 中国総合通信局から「臨時災害放送局」について提案、同日機器搬入。開局に向けた設置。
- 7/13 中国総合通信局、FMちゅーぴー、町で調整会議。放送機器電源ON。
- 7/14 放送開始(15:00)

- コールサイン: JOYZ8MB-FM
- 使用周波数: 77.3MHz

- 【放送回数】 **放送回数: 234回**
- 1 2018.7.14~8.31(※休日なし) 1日4回 9:00、12:00、15:00、18:00
 - 2 2018.9.1~9.7(※休日なし) 1日2回 9:00、16:00
 - 3 2018.9.8~9.28(土・日・祝日は放送休止) 1日2回 9:00、16:00
- ※1回の放送は30分程度(音声放送以外の時間は音楽を提供)



- 【放送体制】
町職員8人による当番制

- 放送場所: 熊野町役場 3階 305会議室
- アンテナ設置場所: 熊野町役場屋上(屋根)地上約20m
- 出力: 50W



図5-7 広島県安芸郡熊野町の臨時災害放送局概要

役場の送信点と避難所Aの経路の途中にある土岐城山の一部による遮蔽の状況が確認できる。このシミュレーションでは、土岐城山による地形遮蔽を約36dBと推測している。

役場の送信点と避難所Aの経路上の土岐城山による地形遮蔽により避難所A付近の電界強度が低下したことに加え、避難所建物の構造物による減衰も加わったため、避難所A建物内で、受信に必要な電界を確保できなかつたと推測される。

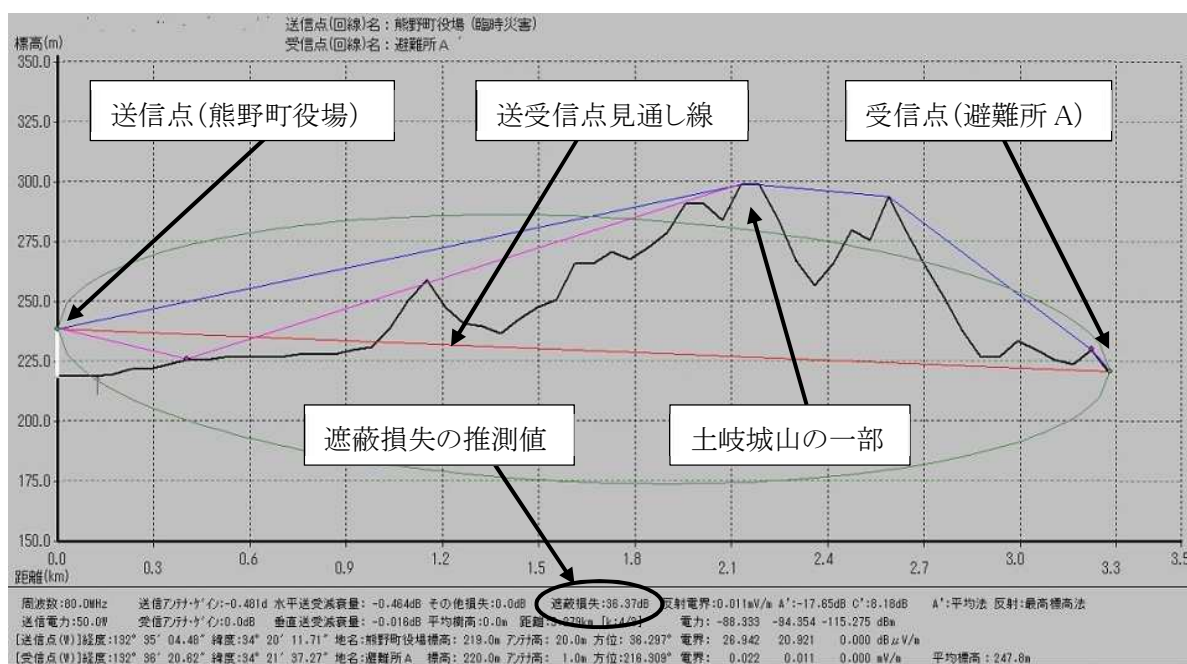


図 5-8 熊野町役場-避難所 A の回線プロフィール

(2) 広島県安芸郡熊野町での複数置局の検討

臨時災害放送局の迅速な立ち上げを考えれば、あらゆる情報が集まる庁舎の屋上から 1 局で放送エリアを確保できるのが効率的である。

しかし、1 局で全体のエリアを確保しようとすると、大きな出力が必要となり、瀬戸内海沿岸のような周波数輻輳地帯では、隣接局への妨害が発生する可能性が高くなることから周波数割り当てが困難な場合も発生する。そこで、庁舎や避難所を中心として複数の局を配置し、必要最小限の出力で放送エリアを確保することを検討した(図5-9)。

ここでは、熊野町役場及び避難所 A を送信点と想定し、それぞれ 20W、無指向性のアンテナで送信することを想定した。それぞれ、赤、青のドットが分布している範囲が放送受信可能な地域である。

避難所 A からの送信では、エリア範囲内に青いドットが広がっており、ほぼ全域で受信可能であることが分かる。一方、役場からの送信では、赤いドットが表示されていない地域がある(点線の円で囲んだ範囲)。こういった場所が人口集中地である場合、さらに小規模な送信装置(ギャップフィルター装置)等で補完することを検討する必要がある。

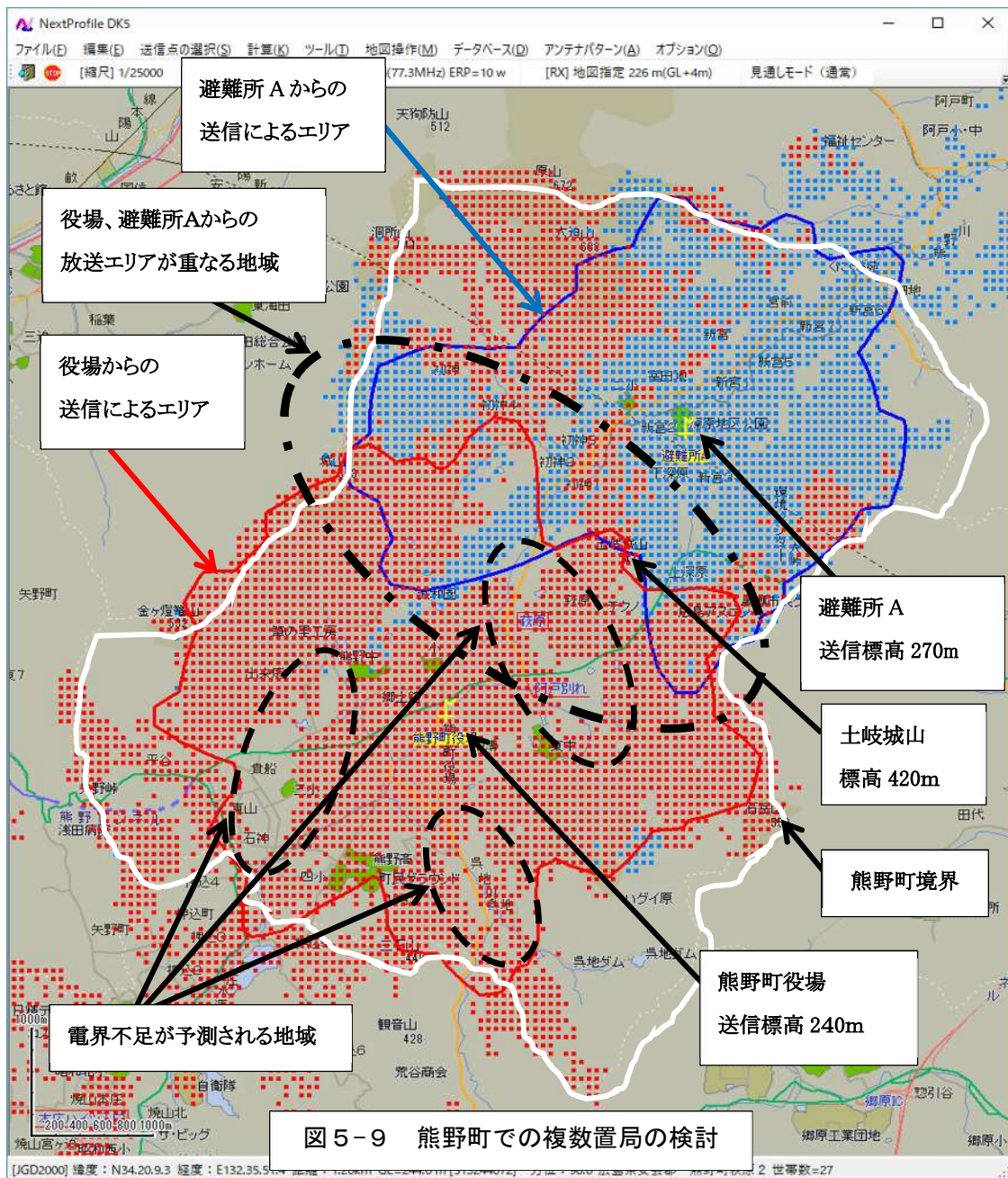


図 5-9 熊野町での複数置局の検討

(3) 熊野町での複数置局のエリア重複

複数の置局を行うとお互いの放送エリアが重複する場合があります。図5-9では、熊野町の中心部で、役場送信(赤線の放送エリア)と送信所 A からの送信(青線の放送エリア)が重複している(図5-9内の一点鎖線円内)。重複エリアでは、お互いの周波数が異なれば、影響の度合いは小さい。

しかし、同一周波数(同期放送)の場合は、お互いの周波数精度、変調特性、送信のタイミング(受信点での遅延時間)等を管理し、一定の基準内に収めないと障害が発生し、放送受信が困難となる。

(4) 広島県安芸郡熊野町の中継方式の検討

広島県安芸郡熊野町の例を取り上げて中継方式について検討する。役場と避難所 A の 2 局でエリアを確保することを検討した。送信アンテナは 2 局とも無指向性でシミュレーションを行った。また、避難所 A への伝搬路途中には、土岐城山があり、大きな地形遮蔽損失(36dB)があることを示した。

避難所 A 周辺では、カーラジオによる受信は可能であったことが報告されているが、地形遮蔽損失の大きさを考えると、役場からの電波が安定的に受信できない可能性がある。

そこで、周辺を調査し、避難所として使用される可能性が高い熊野第 2 小学校から送信することを検討した。熊野第 2 小学校校舎屋上(地上高 20m)に受信点を設置することを想定し、熊野町役場との経路のプロフィールを図5-10 に示す。

このプロフィール図から、送受信見通し線上には遮蔽物がなく、役場からの電波を安定に受信できることが予測される。中継方式としては、放送波中継又は STL 中継で役場送信所と熊野第 2 小学校送信所間をつなぐことが可能である。

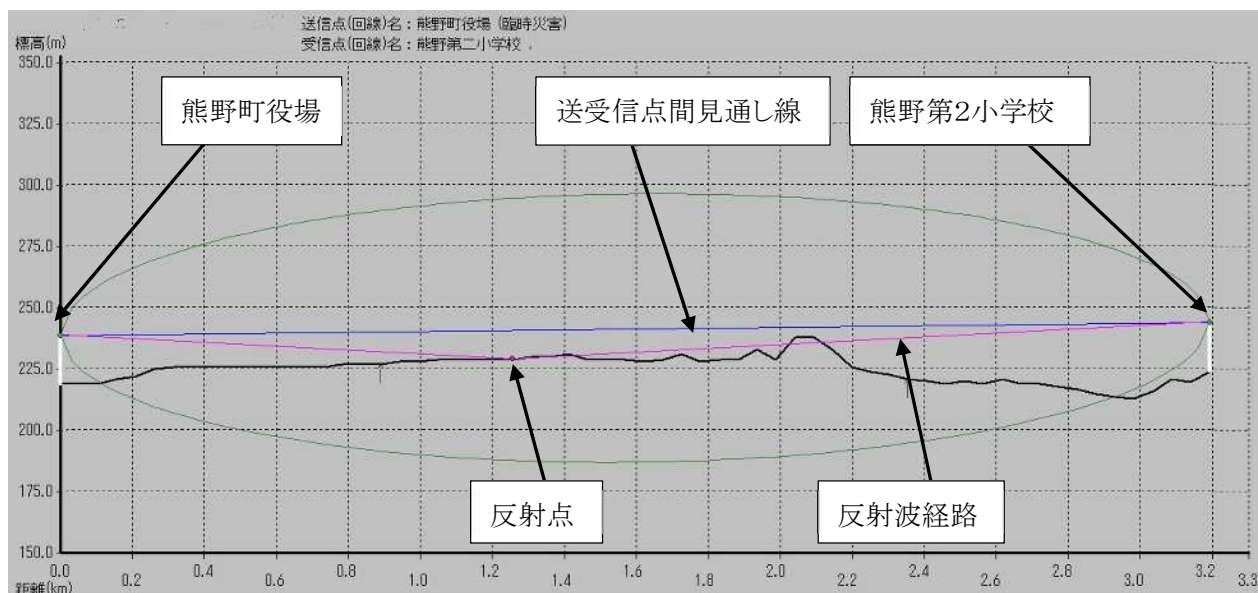


図5-10 熊野町役場-熊野第2小学校プロフィール

(5) 指向性アンテナでの検討

土岐城山の遮蔽で役場からの電波が遮られる地域を熊野第 2 小学校から効率よくエリアカバーできる送信アンテナ指向特性を検討した。役場からの送信についても、南部の電界がスポット的に不足していた地域が十分な電界となるよう送信アンテナ指向特性を検討した。

その結果を図5-11に示す。このシミュレーションは、役場からの送信は 20W、熊野第 2 小学校からの送信 1W とし、両局とも3素子八木アンテナ 1 段 3 面としている。

ドットが表示されている点が受信可能なポイントを示している。2 局の置局となるが、20W、1W と1局の時よりも小さな出力の局で放送エリアを確保できる可能性がある。

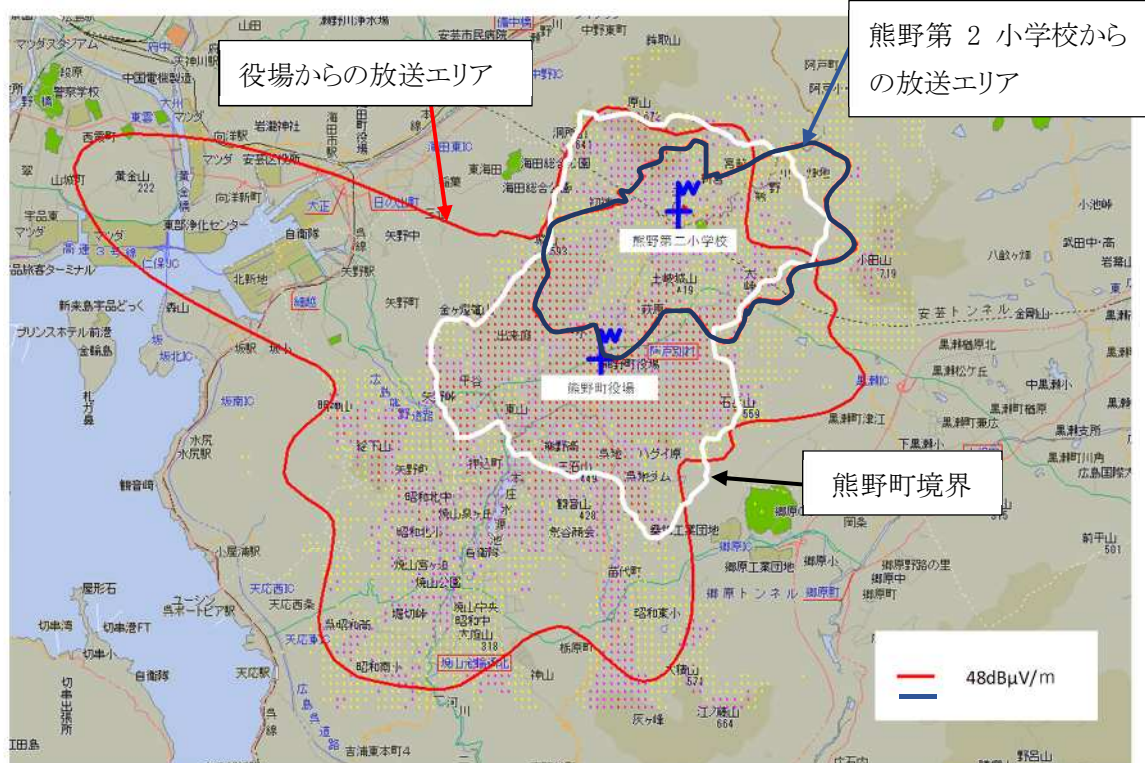


図5-11 指向性アンテナによる熊野町の臨時災害放送局放送エリア

(6) 広島県安芸郡坂町での複数置局の例

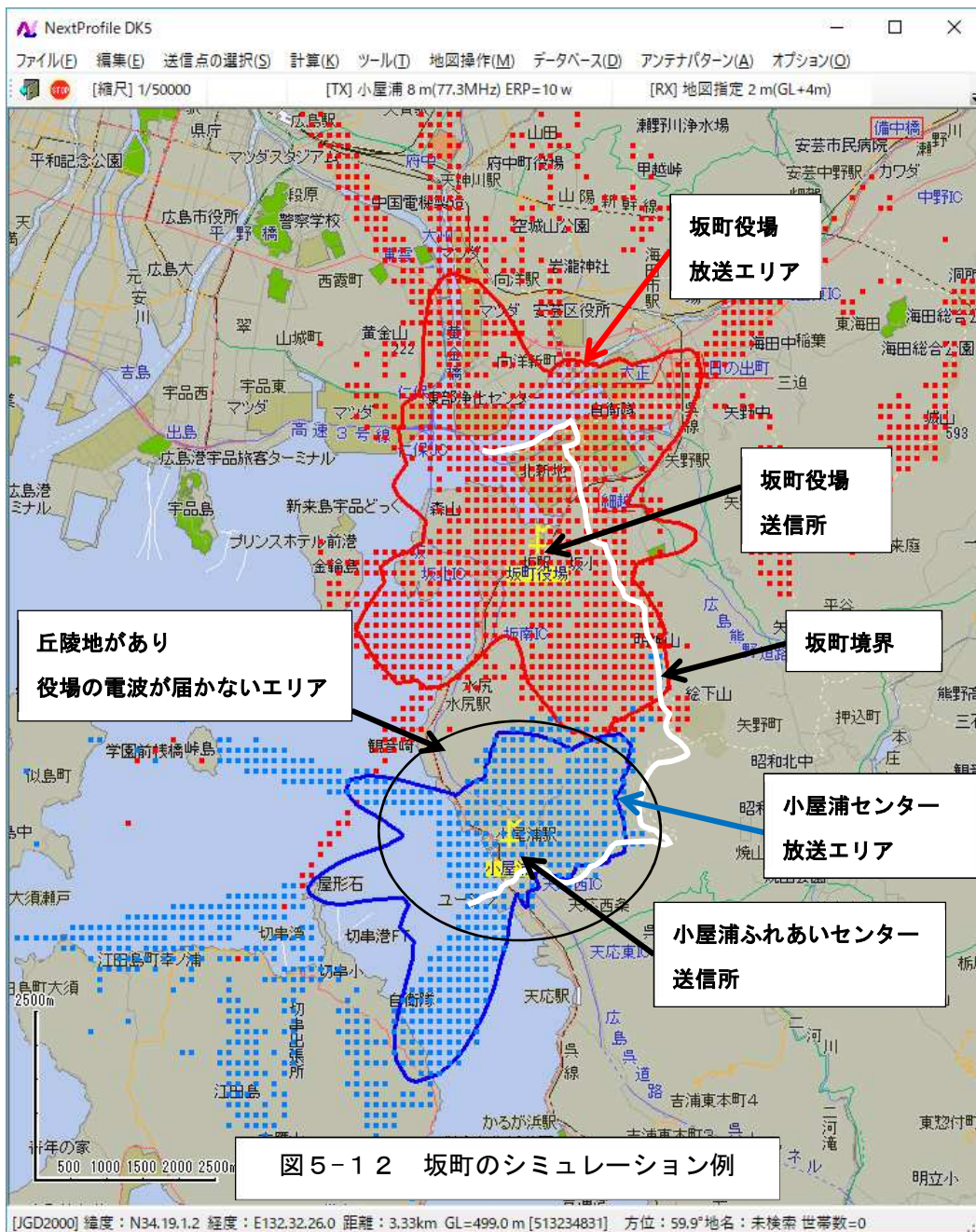
広島県安芸郡坂町も熊野町と同様に平成30年7月豪雨災害の際、臨時災害放送局を立ち上げた。そのシミュレーション例を図5-12に示す。

坂町の場合、役場のある坂地区と避難所のある小屋浦地区は地形的に隔たりがあるので、2局の臨時災害放送局を立ち上げた。坂町役場-小屋浦ふれあいセンターのプロフィールを図5-13に示す。経路の途中に天狗岩(標高約360m)があり、地形的に隔たりがあることが分かる。

このように、地形的な隔たりがあり、放送エリアが重ならない場合は、2局の同期を取らなくても同一周波数で放送が可能である。

実際の運用では坂町役場を出力30W、水平偏波、小屋浦ふれあいセンターを出力10W、垂直偏波で運用し、出力の調整と偏波面を変えることでお互いの影響が出ないように配慮した。

しかし、坂町役場と小屋浦ふれあいセンターの2か所に演奏所を設けたために、情報集約や運用面での課題があったことが報告されている。



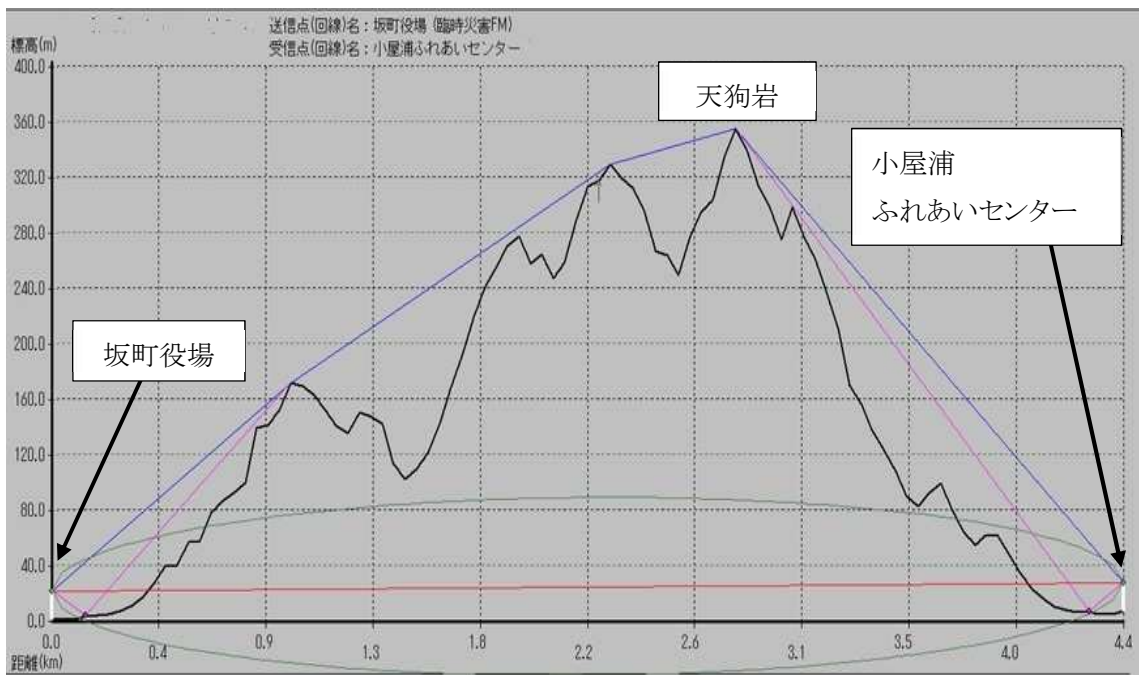


図5-13 坂町役場—小屋浦ふれあいセンター プロフィール

坂町役場と小屋浦ふれあいセンターを中継するためには、途中に中継点を設け、坂町役場の放送波を受信し、中継点からは STL 回線により小屋浦ふれあいセンターへ中継を行う方法を想定した。中継点は、安定的な電力供給が得られ、容易に出向できることが必要であるので、自治体の施設を中心に中継点設置の可否を検討しておくことが重要である。坂町周辺の中継回線検討状況を図5-14に示す。

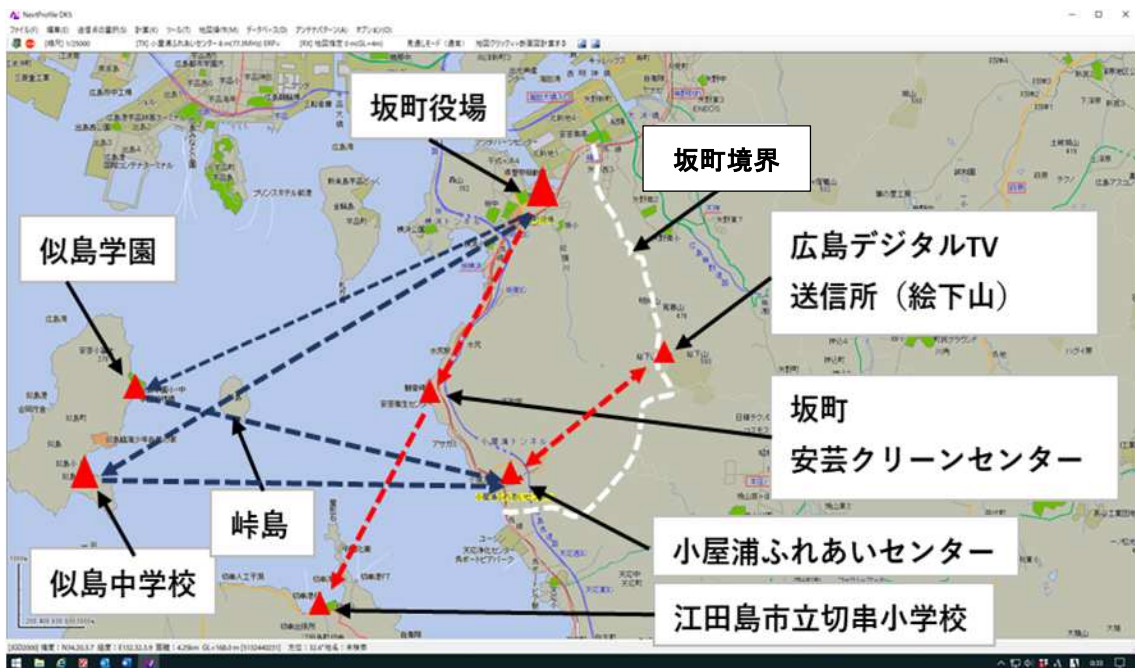


図5-14 坂町臨時災害放送局中継回線検討

まず、坂町内の坂町役場と小屋浦ふれあいセンターの中間にある安芸クリーンセンターを検討した。坂町役場と安芸クリーンセンター間のプロファイル図を図5-15に示す。海岸沿いの地形に遮られ、見通しがなく、回線成立は難しい。

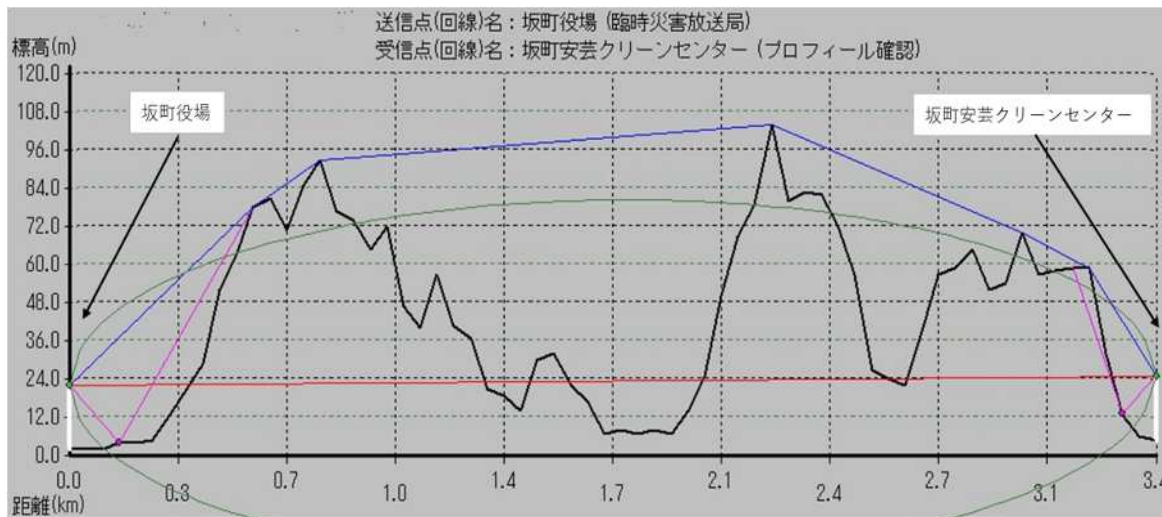


図5-15 坂町役場-安芸クリーンセンタープロファイル

他に適当な町内の施設が見つからないため、近隣自治体等の施設で回線が成立しそうな候補として、江田島市立切串中学校、広島市安芸区広島デジタルテレビ送信所、広島市南区似島町の似島中学校、似島学園を検討した。

江田島中学校は安芸クリーンセンターの延長上にあるので、図5-15の状況から回線成立は難しいと判断した。

次に、広島デジタルテレビ送信所は、坂町役場とは見通しであったが、小屋浦ふれあいセンターとの見通しが取れないため、回線成立は難しいと判断した(図5-16)。

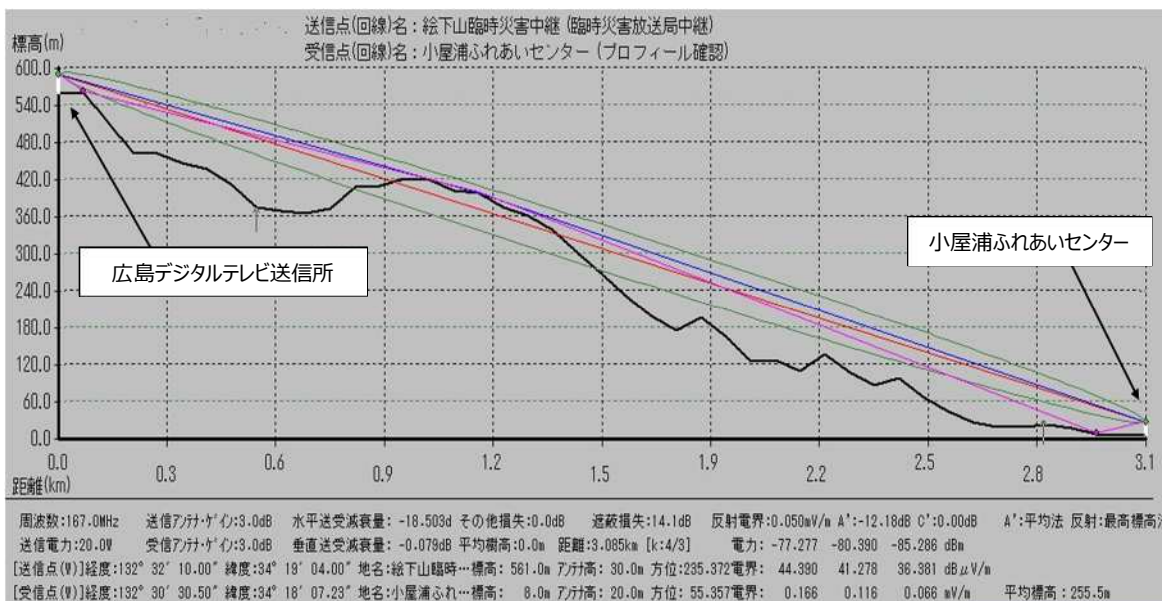


図5-16 広島デジタルテレビ送信所-小屋裏ふれあいセンタープロファイル

似島の似島学園、似島中学校は広島湾内の島に位置するため、海上伝搬となる。

この海上は四国への定期航路フェリーが運航されている。フェリーが海上を通過した際に見通し線が遮られないよう、送受信アンテナの地上高を20mとして検討する。

・坂町役場-似島学園-小屋浦ふれあいセンター

坂町役場-似島学園間は可見通しの海上伝搬、似島学園-小屋浦ふれあいセンター間は似島近傍の峠島の遮蔽がある。しかし、いずれも受信電界は十分あり、中継が可能であると推定される(図5-17)。

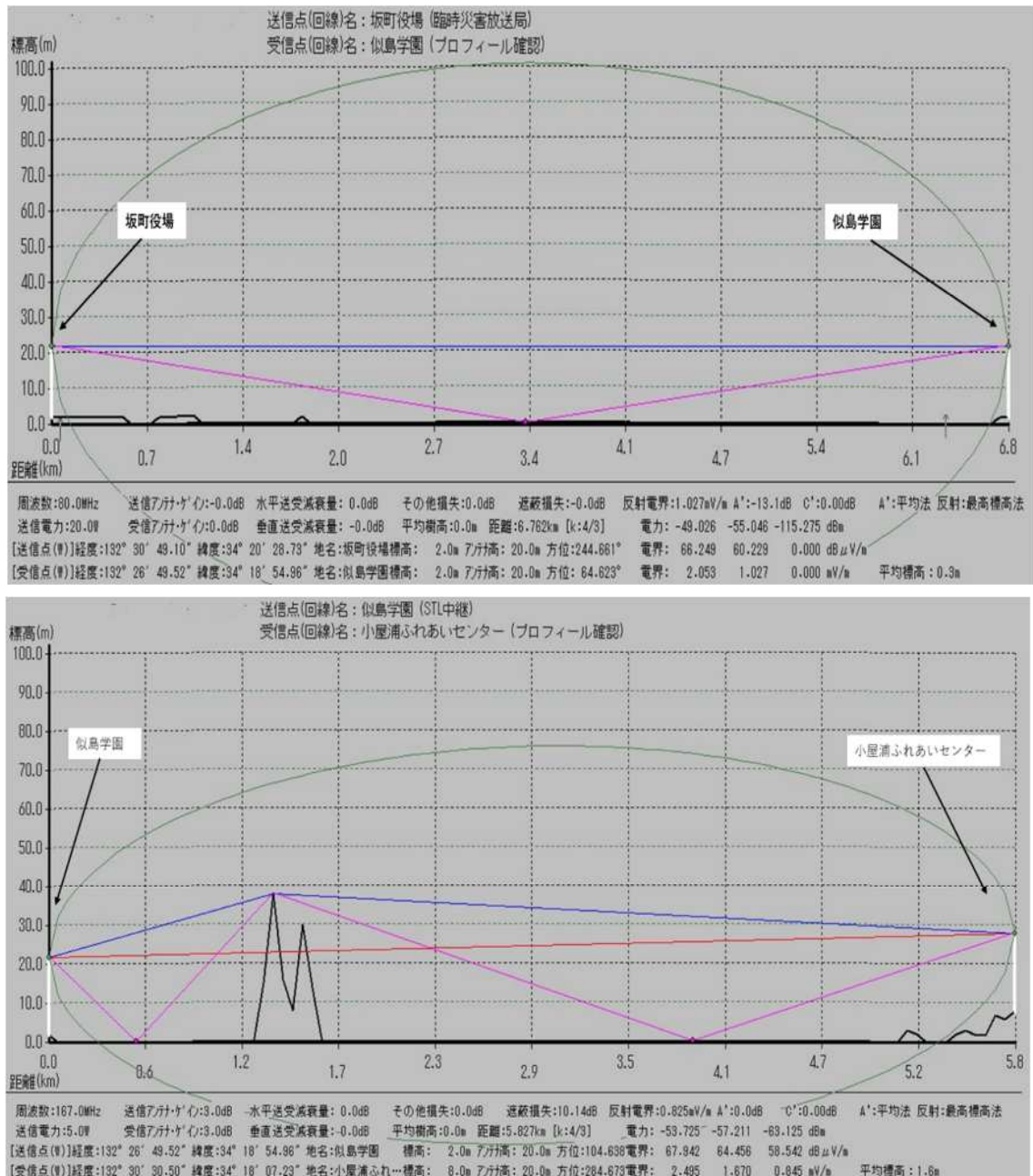


図5-17 坂町役場-似島学園-小屋浦ふれあいセンター プロフィール

坂町役場-似島中学校間は、似島近傍の峠島の遮蔽があり、似島中学校-小屋裏ふれあいセンター間は見通しの海上伝搬である。こちらも受信電界は十分あり、中継が可能と推定される。

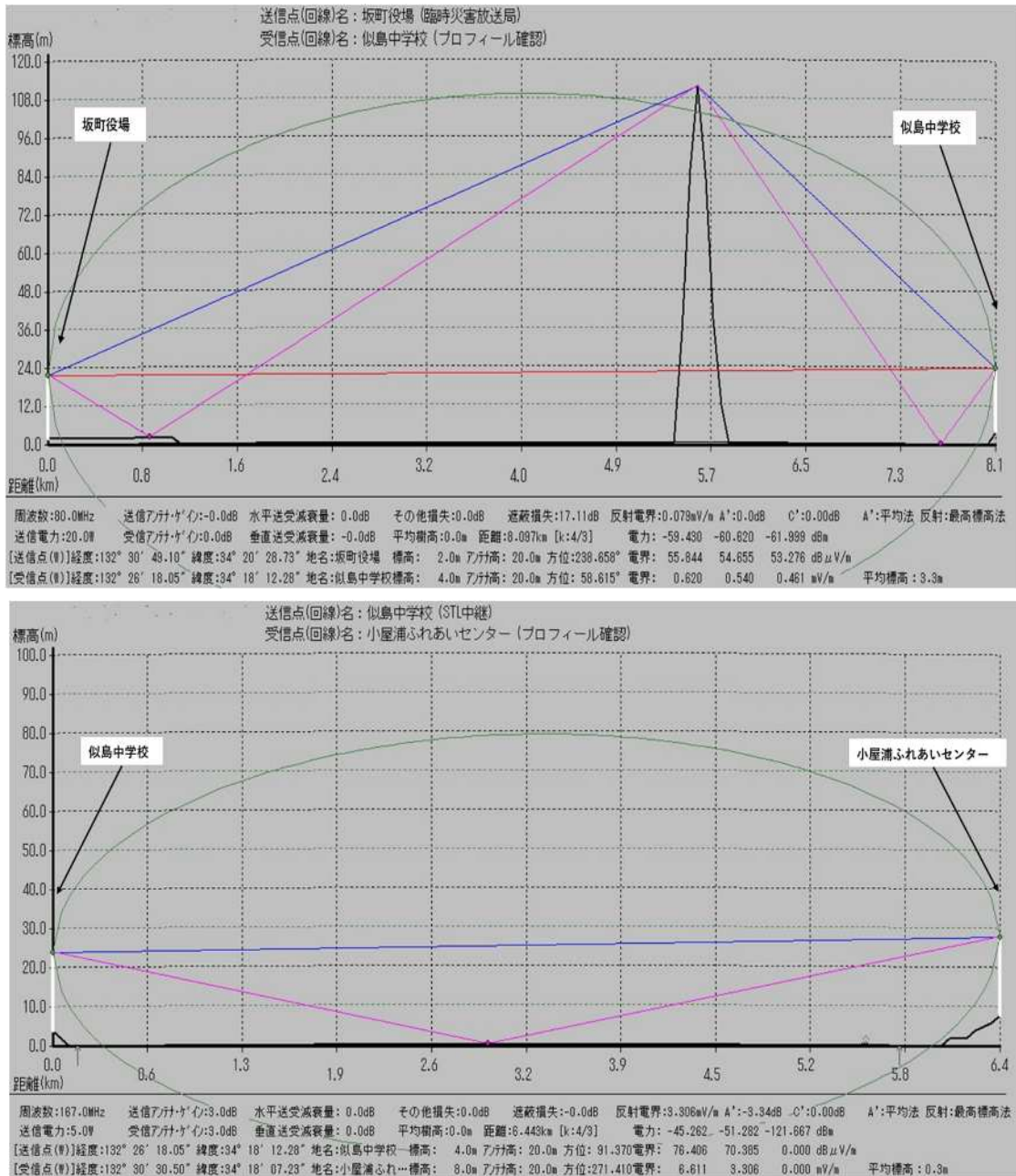


図5-18 坂町役場-似島中学校-小屋浦ふれあいセンター プロフィール

(7) 坂町中継回線のまとめ

地形により隔たりがある坂地区、小屋浦地区を中継する中継回線について検討した。

中継点として適当な町内の施設として安芸クリーンセンターを設定したが、回線が成立しなかったため、近隣の施設に中継点を設定した。

その結果、海上伝搬とはなるが、坂町対岸の似島に中継点を置くことで回線成立の目途がたった。

しかし、海上伝搬となるため、潮汐の影響及び回線を横切る方向で通過する定期航路のフェリーの影響を配慮した送受信アンテナの配置が必要となる。

5. 2 屋内試験により検証する事項等

(1) 臨時災害放送局の方式及び必要なパラメータ

被災地域及びその周辺地域に必要な情報の伝達を円滑に行うためには、地域を移動しても周波数を変更する必要のない同期放送が有利である。

しかし、同期放送の実現のためには、

- ・各局の変調特性・周波数同一性の確保
- ・同一周波数の受信への回り込み低減

が必要であり、臨時災害放送局を想定した各種パラメータの検証が必要である。

屋内試験では、これらのパラメータの検証を行う。また、モノラル方式とステレオ方式でパラメータの比較を行う。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行う。

簡便な立ち上げが必須である臨時災害放送局の特性から、これらの対策方法もできるだけ簡便な方法を考慮する。

屋内試験で使用する装置として、既に総務省が所有する装置を組み合わせた構成によるものも行うことで、既設装置の利用可能性を検証する。

瀬戸内海沿岸においては、臨時災害放送局の周波数を早期に見出すことは困難であるため、あらかじめ使用可能な周波数を自治体単位で検討しておくことも必要である。可能であれば、その周波数は、複数あることが望ましい。

周波数が2波あれば、上位局、下位局の送受信周波数を交互に入れ替えて使用することで、放送波を中継回線として使用でき、早期の立ち上げが実現できる。

(2) ギャップフィルタ

上位局の電界不足エリアでは、ギャップフィルタ装置を用い電界不足を補完する。

簡便な立ち上げのためには、「送信を上位局受信と異偏波とする」、「送信周波数を上位局と異周波数とする」ことにより、送信から受信への回り込み対策を考慮する。

避難所、体育館のような閉鎖空間に再送信する場合、受信アンテナと閉鎖空間内の送信アンテナの離隔距離を確保し、建物等の遮蔽損失を有効に活用することで、送信波の受信への回り込みを低減することができる。

屋内試験では、避難所、体育館のような閉鎖空間を想定し、送信波が受信へ回り込む状況を構築し、ギャップフィルター装置の特性を確認する。

(3) 実際の運用例

広島県安芸郡熊野町、坂町が平成 30 年 7 月豪雨で運用した臨時災害放送局を例に検討した。

この 2 例のように、地勢的条件が異なれば、臨時災害放送局の立ち上げにおいても、検討内容が異なってくる。災害発生の可能性がある地域、災害時に避難所を開設する場所を中心に、臨時災害放送局の立ち上げを想定した事前検討を行っておくことが重要である。

第6章 屋内試験の実施

6.1 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. ギャップファイラー方式による検証
3. 既存臨時災害FM放送機との比較



6.1.1 FM同期方式による検証

FM同期方式による複数置局の試験環境を構築し、DU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。FM同期方式による試験環境を図6-1、使用した主な機材を表6-1に示す。

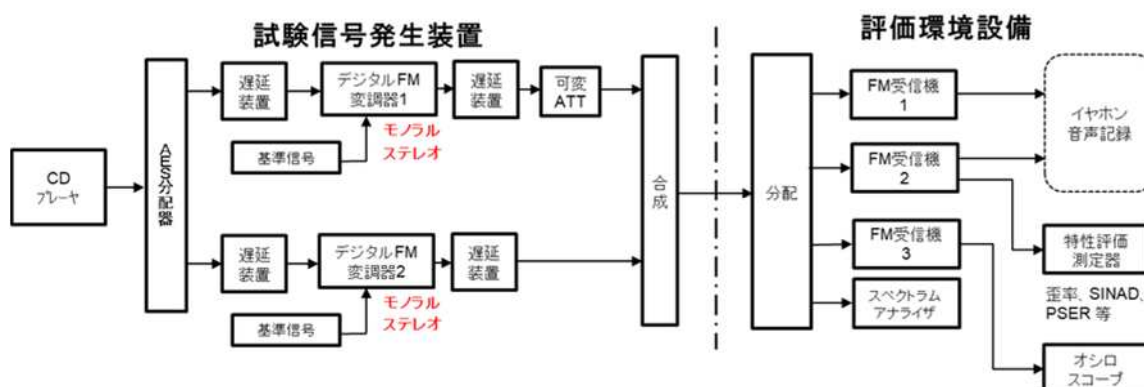


図6-1 FM同期方式による試験環境

表 6-1 FM 同期方式で使用した主な機材

名称	品名	形式	メーカー
デジタルFM変調器	デジタルFM変調器	5946MD	日本通信機
基準信号	基準信号発生器	3277A	日本通信機

6. 1. 2 ギャップファイラー方式による検証

市販のギャップファイラ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、DU 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。ギャップファイラー方式による試験環境を図6-2、使用した主な機材を表6-2に示す。

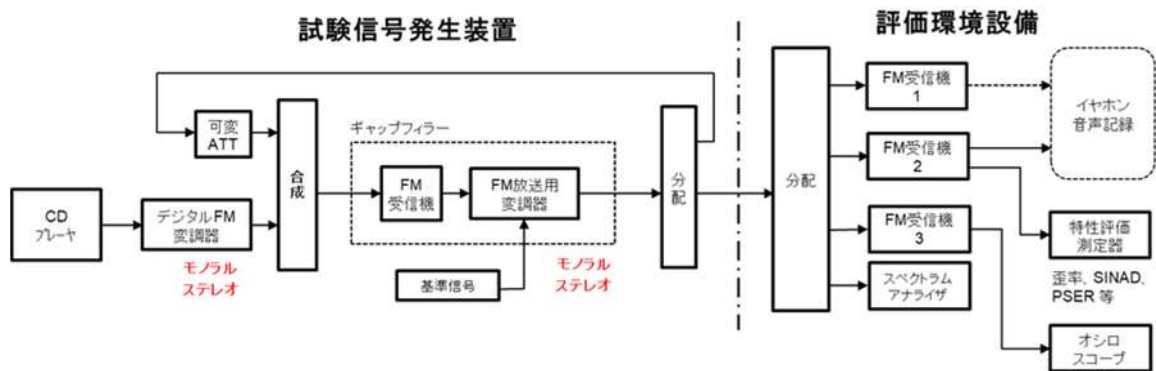


図 6-2 ギャップファイラー方式による試験環境

表 6-2 ギャップファイラー方式で使用した主な機材

名称	品名	形式	メーカー
ギャップファイラー装置	GF用FM受信機	TU-S507X	SANSUI
ギャップファイラー装置	GF用FM送信機	FMD2A	マズプロ電工
基準信号	基準信号発生器	3277A	日本通信機
デジタルFM変調器	デジタルFM変調器	5946MD	日本通信機
遅延中継装置	FM遅延中継装置	5950D	日本通信機

6. 1. 3 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 放送機の特性の調査、ならびに DU 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。既存臨時災害 FM 放送機による試験環境を図6-3、使用した主な機材を表6-3に示す。

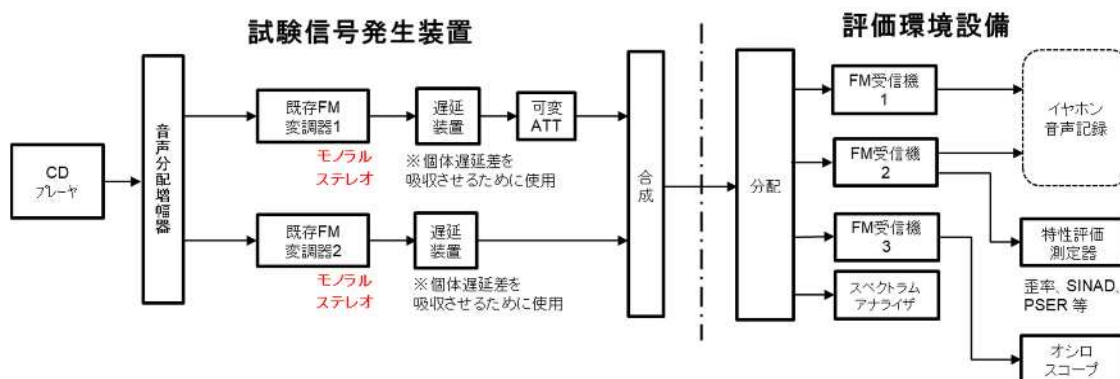


図 6-3 既存臨時災害 FM 放送機による試験環境

表 6-3 既存臨時災害 FM 放送機を使用した環境で使用した主な機材

名称	品名	形式	メーカー
FM送信機	FM送信機(九州総通所有)	FME-100	サムウェイ
FM送信機	FM送信機(中国総通所有)	FME-100	サムウェイ
遅延中継装置	FM遅延中継装置	5950D	日本通信機

6. 2 屋内試験における測定条件とパラメータの検討

6. 2. 1 屋内試験における測定条件

屋内試験における測定条件は、同一周波数を使用した複数置局を考慮し、「FM 同期放送の導入に関する技術的条件の調査検討」(平成 30 年度、平成 31 年度)において採用している条件と合わせることで、今回の屋内試験において採用した測定条件は表6-4、評価尺度は表6-5、使用した主な測定器は表6-6、使用した評価用受信機は表6-7の通りとした。

表 6-4 測定条件

項目	内容
搬送波周波数	87.3MHz
SINAD と主観評価の関係	L:1kHz(変調度 50%)、R:1kHz(変調度 31%)の信号源を採用し、SINAD 値 30dB 以上で主観評価 3 以上とする
評価用音源	ピアノ(※)

(※)評価用音源については、過去の試験との整合性を取ることと、評価にマージンを持たせる意味合いから、第 2 回検討会にて音声ではなくピアノを採用することを採択した。

表 6-5 評価尺度

評価尺度	評価
原音との違いが分からない	5
原音との違いが分かるが気にならない	4
原音との違いがやや気になる	3
原音との違いが気になる	2
原音との違いが非常に気になる	1

表 6-6 測定に使用した主な測定器

名称	品名	形式	メーカー
CDプレイヤー	Network CD/Media Player	DN-700C	DENON
AES分配器	AES分配器	DDA-12A	TRITEC
信号発生器	AES同期遅延装置	5949T	日本通信機
合成器	DIVIDER/MIXER	ZFSC-2-4+	Mini-Circuits
分配器	DIVIDER/MIXER	ZFSC-2-4+	Mini-Circuits
分配器	DIVIDER	SLB9004	スタック電子
RFアナライザ	FM SFNアナライザ	5775	日本通信機
オーディオアナライザ	オーディオアナライザ	U8903A	KEYSIGHT
録音機	マルチトラックレコーダー	R24	ZOOM
可変ATT	ステップアッテネータ	8494B/8496B	アジレント
スペクトラムアナライザ	スペクトラムアナライザ	FSC3	R&S
音声分配増幅器	音声分配増幅器	8637A	日本通信機

表 6-7 測定に使用した受信機

名称	品名	形式	メーカー
受信機1	ラジカセ	ZS-RS80BT	SONY
受信機2	ポケットラジオ	SRF-T355K	SONY
受信機3(車載受信機)	車載受信機	DEH-4100	PIONEER

6. 2. 2 屋内試験におけるパラメータの検討

屋内試験における検討対象パラメータについても「FM 同期放送の導入に関する技術的条件の調査検討」(平成 30 年度、平成 31 年度)において採用している条件と合わせ、検討対象パラメータは下記を基本とした。

- ① レベル差(DU 比)
- ② 音声信号の時間差(遅延時間差)
- ③ 搬送波の無変調時の周波数差
- ④ 搬送波の変調時周波数安定度差(AC 周波数安定度差)
- ⑤ 最大変調度偏差
- ⑥ 受信機入力レベル
- ⑦ ステレオ/モノラルの比較

併せて、屋内試験で使用する装置の性能を調査した結果、各試験環境でのパラメータ試験条件は下記の表6-8、表6-9、表6-10の通りとした。

表 6-8 FM 同期方式試験環境におけるパラメータ

番号	パラメータ	
①	レベル差(DU 比)	0,3,5,10dB
②	音声信号の時間差(遅延時間差)	0,1,5,10,(26.3),(53),100 μ s
③	搬送波の無変調時の周波数差	0.2,2Hz
④	搬送波の変調時周波数安定度差 (AC 周波数安定度差)	0,2Hz
⑤	最大変調度偏差	1,5000Hz
⑥	受信機入力レベル	40,60dB μ V
⑦	ステレオ/モノラルの比較	モノラル, ステレオ

・2 局間の距離差を 30km 程度と想定し、遅延差は $30(\text{km}) \times 3(\mu \text{s}/\text{km}) \approx 100 \mu \text{s}$ までを想定する。

表 6-9 ギャップフィルター方式試験環境におけるパラメータ

番号	パラメータ	
①	回り込みレベル差(DU 比)	0,3,5,10,20,30,50dB
②	音声信号の時間差(遅延時間差)	53.1,300,1000 μ s
③	搬送波の無変調時の周波数差	0.2Hz,フリーラン(5Hz程度)
④	搬送波の変調時周波数安定度差 (AC 周波数安定度差)	0.2Hz,フリーラン(5Hz程度)
⑤	最大変調度偏差	設定不可能
⑥	受信機入力レベル	60dB μ V
⑦	ステレオ/モノラルの比較	モノラル, ステレオ

- ・干渉領域は回り込み波との干渉となるため、回り込みレベル差(DU 比)は同一周波数の混信保護比 36dB を包括する 50dB までを想定する。
- ・ギャップフィルター装置の個体遅延(53.1 μ sec \sim 1,000 μ sec)を考慮し、遅延差は 1,000 μ sec までを想定する。
- ・使用したギャップフィルター装置の周波数安定度は外部 10MHz 使用時で 0.2Hz、フリーラン時は 5Hz 程度が実力値であった。
- ・使用したギャップフィルター装置の最大変調度偏差の調整は不可能であった。
- ・ギャップフィルターエリアの特性上、弱電界での使用は想定されないため、強電界(60dB μ V)で試験を行う。
- ・使用したギャップフィルター装置はモノラル/ステレオの切り替えが可能であった。これにより、ギャップフィルター環境として上位局ステレオ/下位局ステレオ、上位局ステレオ/下位局モノラル、上位局モノラル/下位局ステレオ、上位局モノラル/下位局モノラルの4通りの環境が想定する。

表 6-10 既存臨時災害 FM 放送機を使用した試験環境におけるパラメータ

番号	パラメータ	
①	レベル差(DU 比)	0,3,5,10,20,30,35dB
②	音声信号の時間差(遅延時間差)	0,1,5,10,(26.3),(53),100 μ s
③	搬送波の無変調時の周波数差	フリーラン(20Hz程度)
④	搬送波の変調時周波数安定度差 (AC 周波数安定度差)	フリーラン(20Hz程度)
⑤	最大変調度偏差	設定不可能
⑥	受信機入力レベル	40,60dB μ V
⑦	ステレオ/モノラルの比較	モノラル, ステレオ

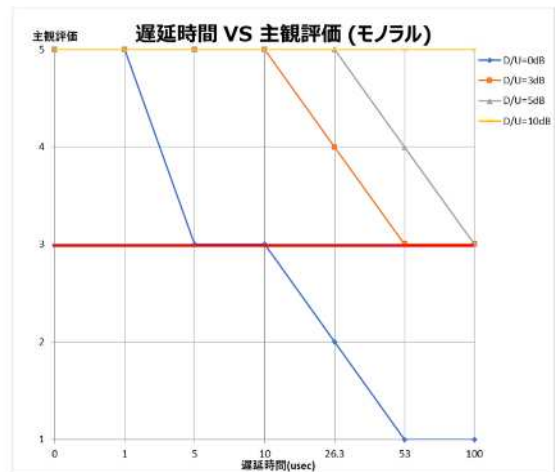
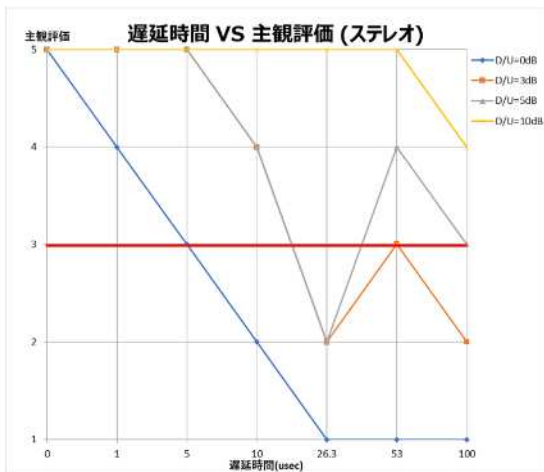
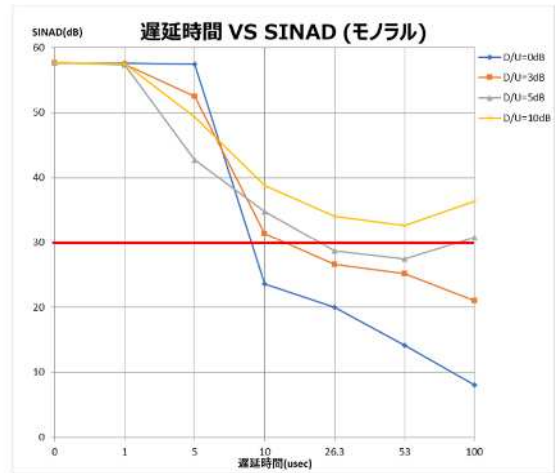
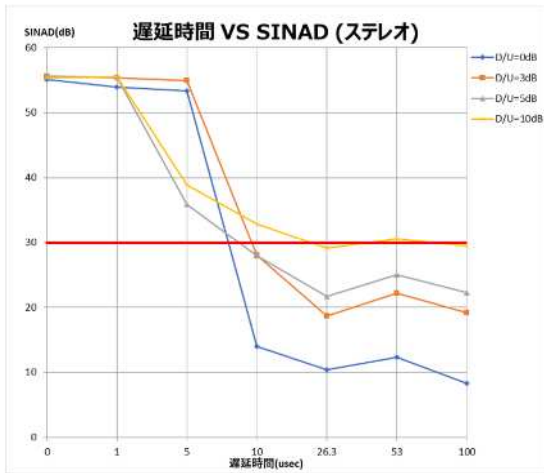
- ・干渉領域は従来の同一周波数使用の混信保護比 36dB を考慮する必要が考えられ、レベル差(DU 比)は 35dB までを想定する。(※ギャップファイラーの試験結果より D/U=50dB は不要と判断)
- ・使用した 2 台の既存臨時災害 FM 放送機の個体遅延にかなりのばらつき(9851 μ s,11491 μ s)があり、そのまま干渉させると遅延差は 1600 μ 程度となることが判明し、試験時は個体遅延差を吸収させる遅延装置を挿入し、個体遅延差の影響を排除して試験を実施した。
- ・使用した既存臨時災害 FM 放送機は外部 10MHz 基準の入力が無く、周波数安定度は 20Hz 程度(フリーラン)が実力値であった。
- ・使用した既存臨時災害 FM 放送機の最大変調度偏差の調整は不可能であった。

6. 3 FM同期方式よる試験結果

モノラル方式を前提としたFM同期方式における各種パラメータを変化させたときの結果を以降にまとめる。

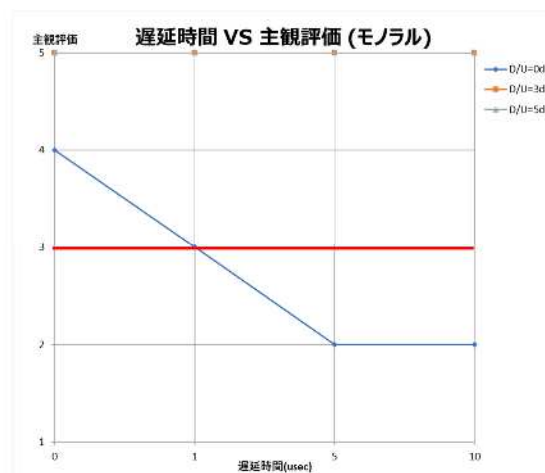
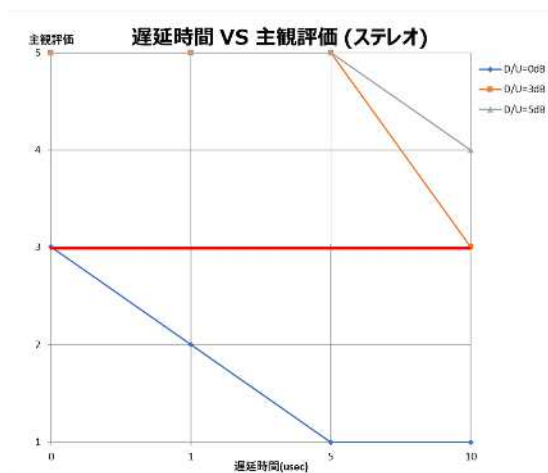
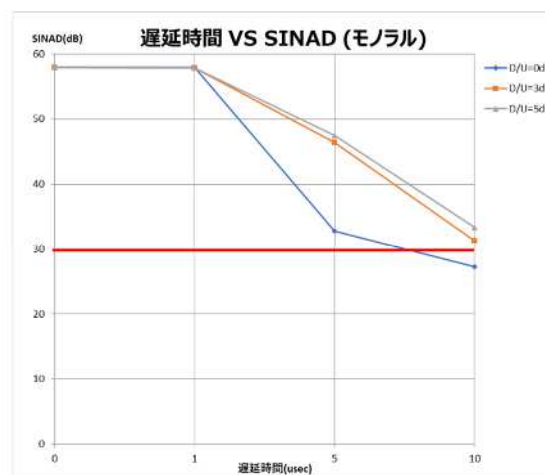
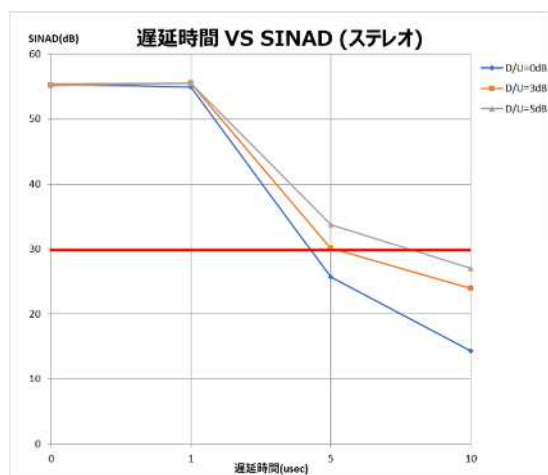
6. 3. 1 遅延時間とDU比による比較

遅延時間とDU比を変化させ、ステレオ/モノラルにて比較を実施した。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5 μ sec以内が必要となるが、モノラルにおいては遅延差10 μ sec以内まで緩和される。



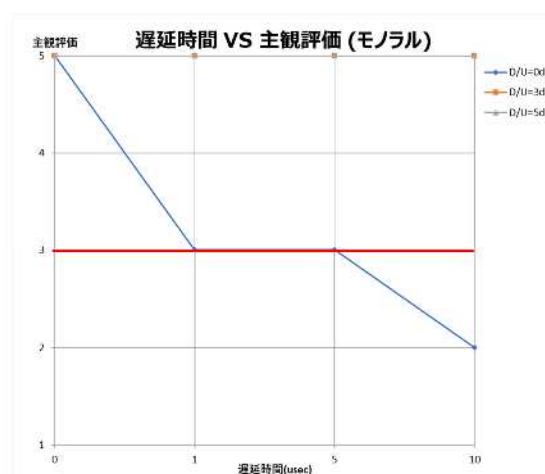
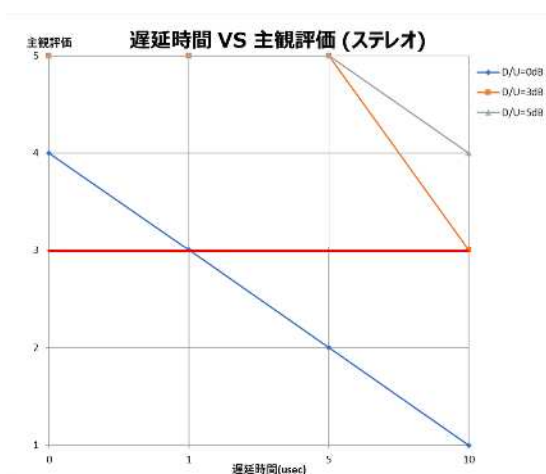
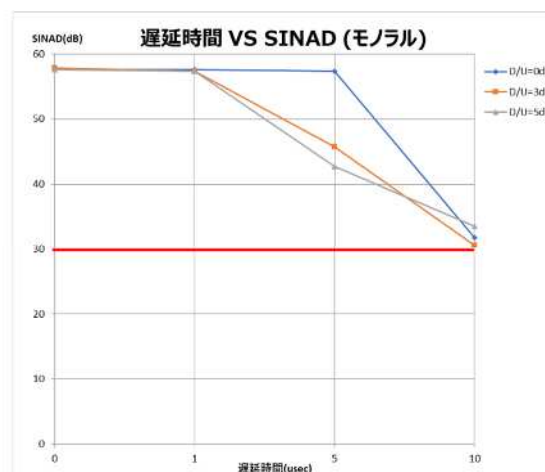
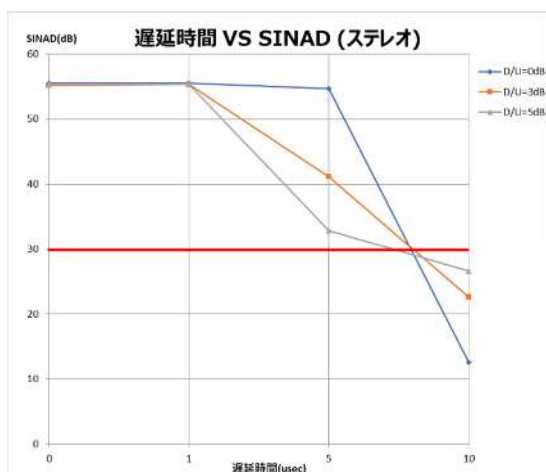
6. 3. 2 中心周波数偏差による比較

中心周波数偏差を 2Hz とし、遅延時間と DU 比を変化させ、ステレオ／モノラルにて比較を実施した。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 $D/U=3\text{dB}$ が必要となる傾向。



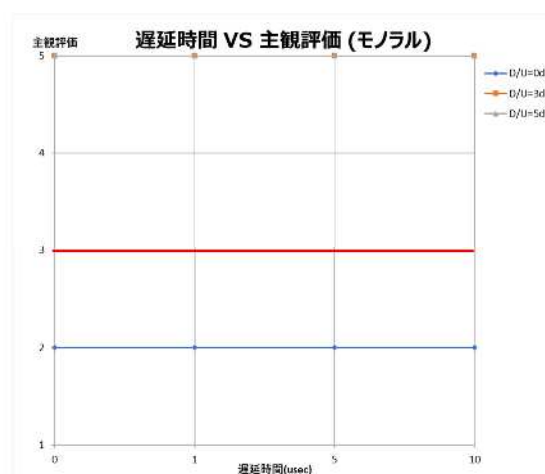
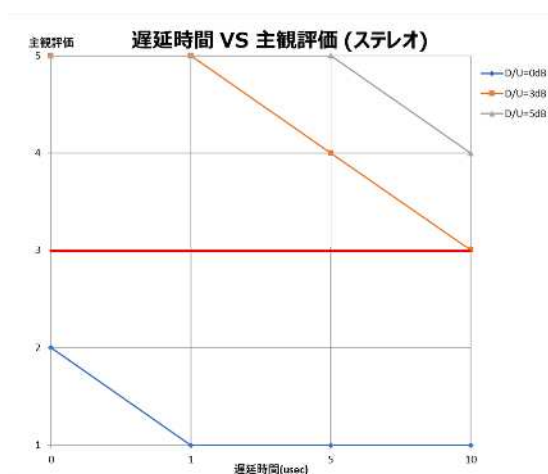
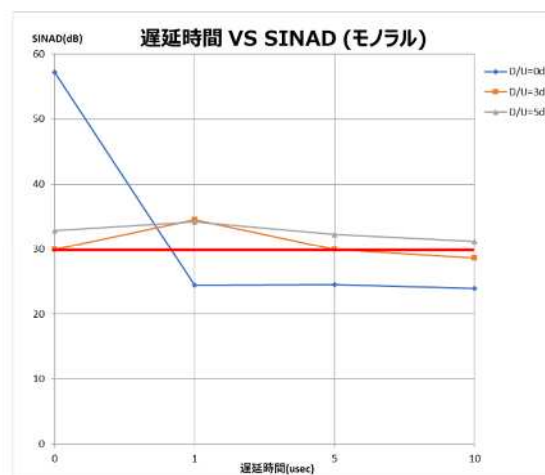
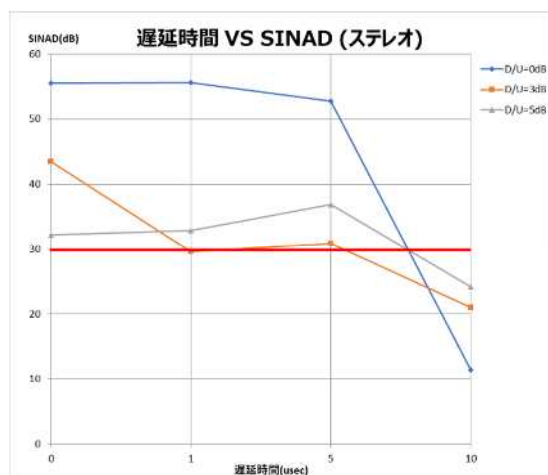
6. 3. 3 周波数安定度差による比較

周波数安定度差を2Hzとし、遅延時間とDU比を変化させ、ステレオ/モノラルにて比較を実施した。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。



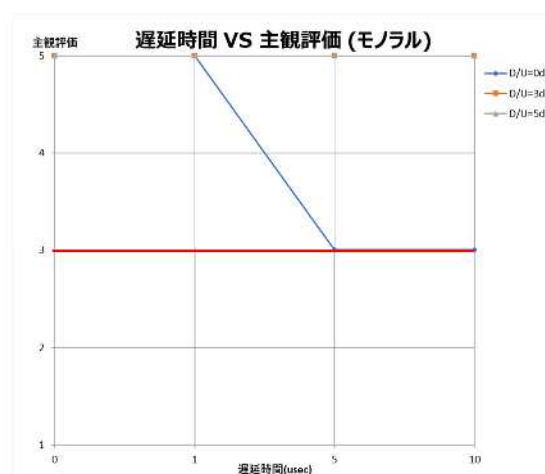
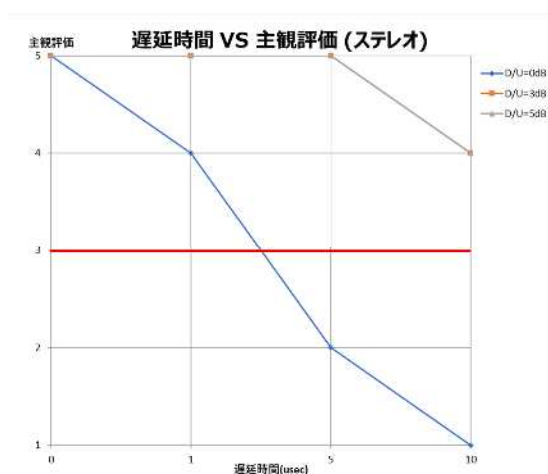
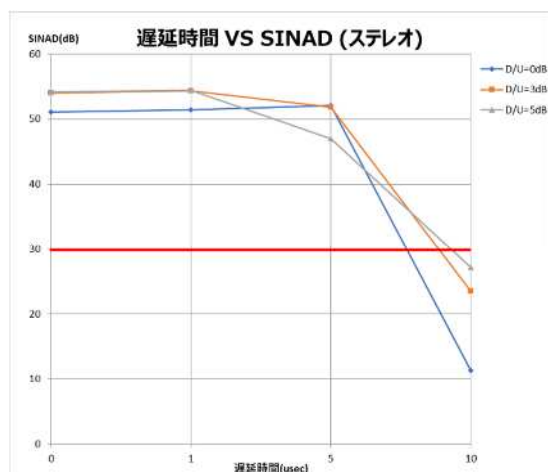
6. 3. 4 最大変調度差による比較

最大変調度差を 5kHz (0.56dB相当)とし、遅延時間と DU 比を変化させ、ステレオ/モノラルにて比較を実施した。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 $D/U=3\text{dB}$ が必要となる傾向。



6. 3. 5 受信入力よる比較

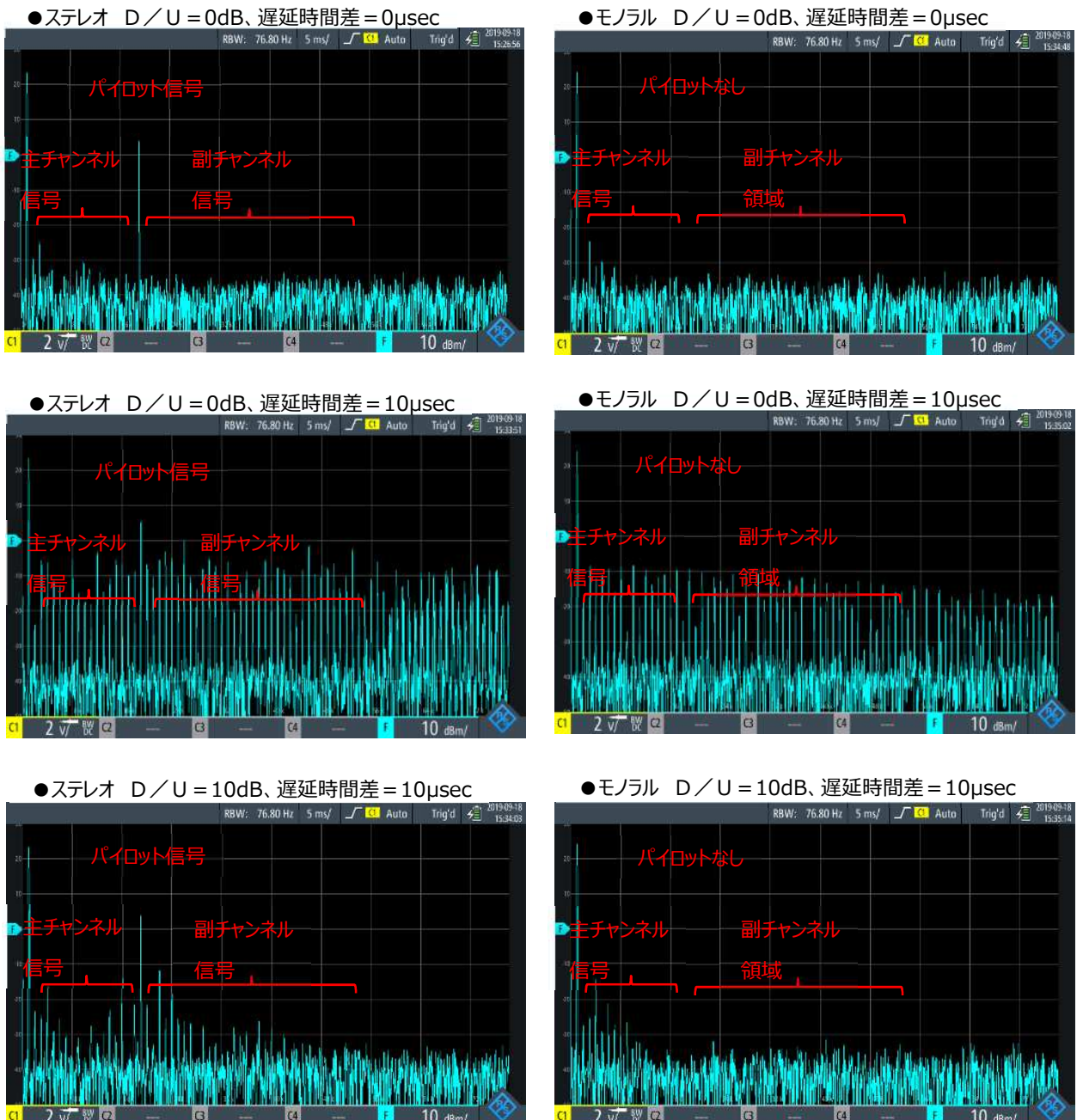
強電界と弱電界を想定し、遅延時間とDU比を変化させ、ステレオ／モノラルにて比較を実施した。弱電界においてもステレオでは D/U=0dBで主観評価3以上を得るためには遅延差 5 μ sec 以内が必要となるが、モノラルにおいては遅延差 10 μ sec 以内まで緩和される。



6. 3. 6 ステレオ方式とモノラル方式における評価結果の分析

ステレオ方式とモノラル方式の評価の差異について、遅延時間差のパラメータにおいて評価に差異が顕著に見られたため分析を行った。

干渉した信号を受信した受信機のコンポジット信号をステレオ方式およびモノラル方式について測定した。ステレオ方式およびモノラル方式のどちらにおいても、 $D/U=0\text{dB}$ において、遅延時間差 $5\mu\text{sec}$ 以上となると、コンポジット信号全体にひずみが発生する。ステレオ方式の場合は、受信機にてステレオ復調する際に副チャンネル(L-R成分)のひずみ成分が復調音声に加算されることになりSNが劣化するものと考えられる。逆にモノラル方式の場合は副チャンネル(L-R成分)帯域が加算されないため、ひずみによるS/N劣化の影響が少ないと考えられる。(参考文献として資料6「FM放送のマルチパスひずみと受信品質(大原)」、資料7「FM放送のマルチパスひずみの解析(大原)」参照)



6. 3. 7 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。

(1) 周波数の精密な管理・安定化

FM 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。(情報通信審議会諮問 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」(令和 2 年 3 月)参照)

(2) 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。(情報通信審議会諮問 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」(令和 2 年 3 月)参照)

(3) モノラル方式の優位点

FM 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=0dB で主観評価 3 以上を得るためには遅延差 $5\mu\text{sec}$ 以内が必要となるが、モノラルにおいては遅延差 $10\mu\text{sec}$ 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。イメージを図 6-4 に示す。

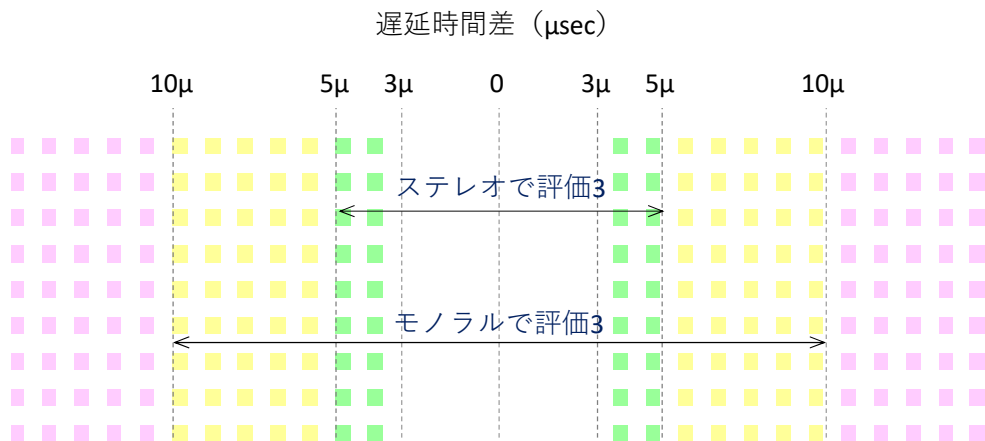


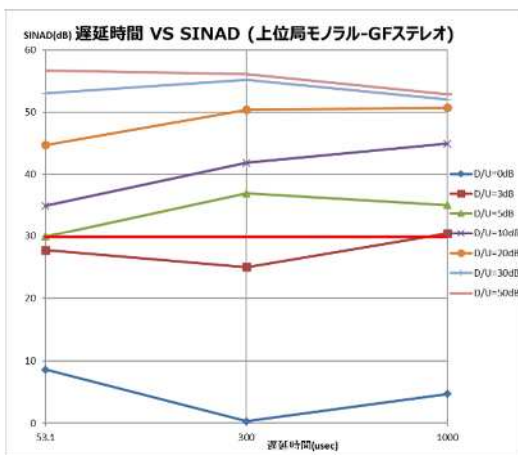
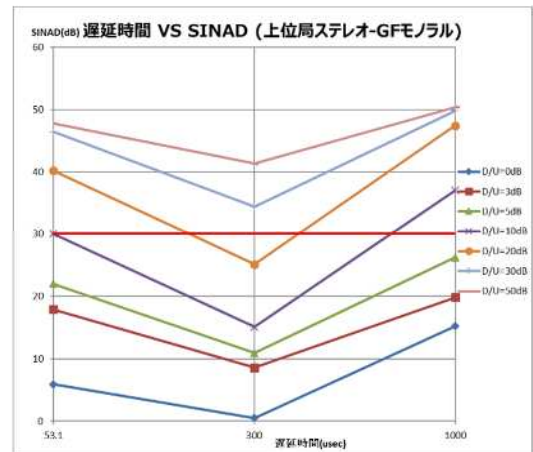
図 6-4 遅延時間差と音質評価のイメージ

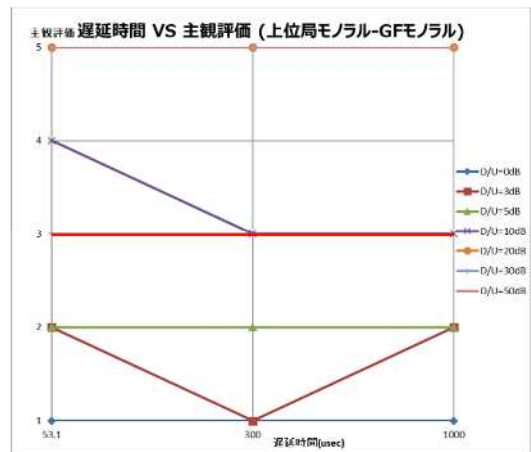
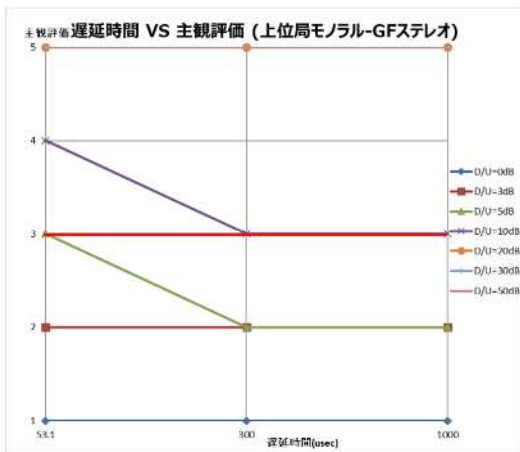
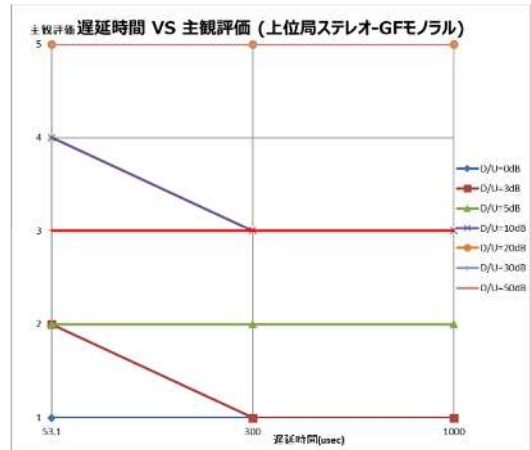
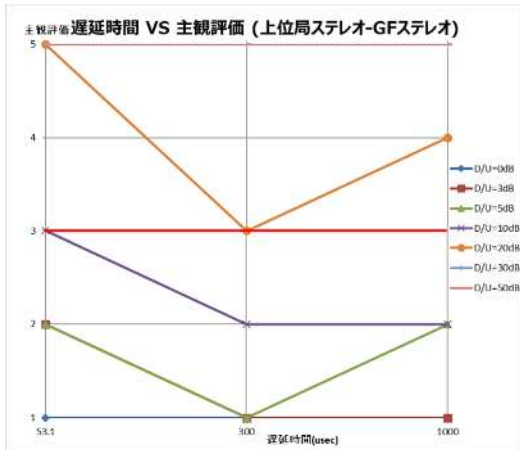
6. 4 ギャップフィルター方式による試験結果

ギャップフィルター方式における各種パラメータを変化させたときの結果を以降にまとめる。

6. 4. 1 遅延時間と DU 比による比較

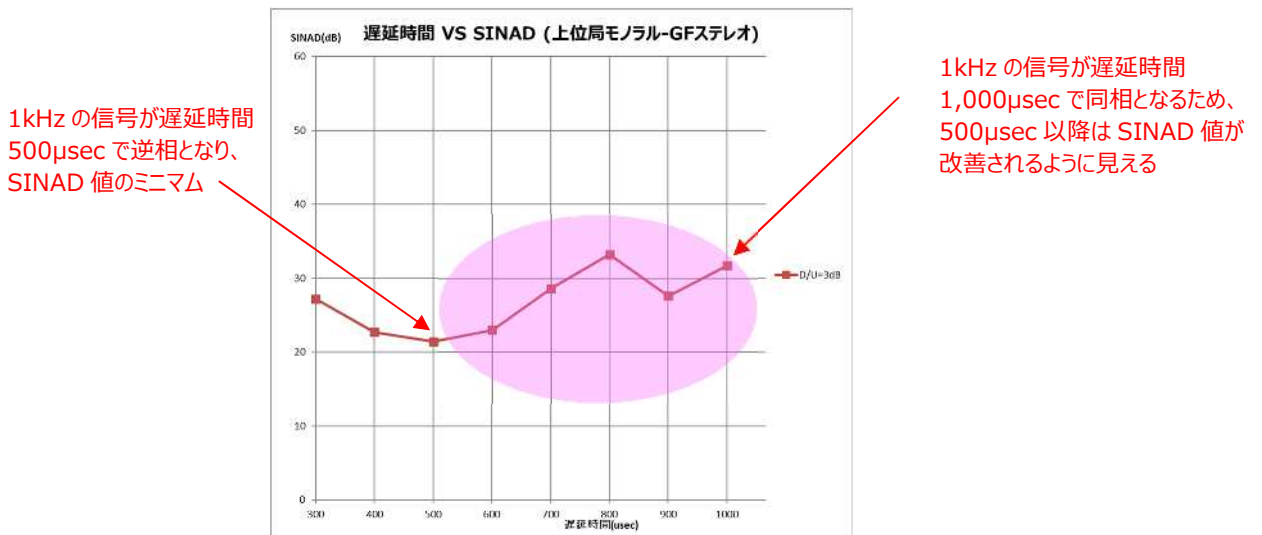
ギャップフィルター装置本体の個体遅延時間が $53.1 \mu\text{sec}$ と大きく、回り込み波による遅延時間差は大きいことが判明した。主観評価3以上を得るためには $D/U=10\text{dB}$ 以上が必要となる結果が得られた。





【補足】遅延時間とSINADの関係についての補足

ギャップフィルター方式による試験の場合、回り込み波の遅延時間はギャップフィルター装置本体の個体遅延が主となる。1msec (= 1,000 μ sec) まで回り込みによる遅延時間を変化させた状況下での SINAD の評価において、遅延時間 500 μ sec 以降の SINAD 評価が改善されているように見えるが、これは SINAD 測定で使用している信号が 1kHz のトーン信号(周期 1,000 μ sec) を使用してため、500 μ sec で遅延波が逆相となり、それ以降 1,000 μ sec までは同相になる方向に働くためである。

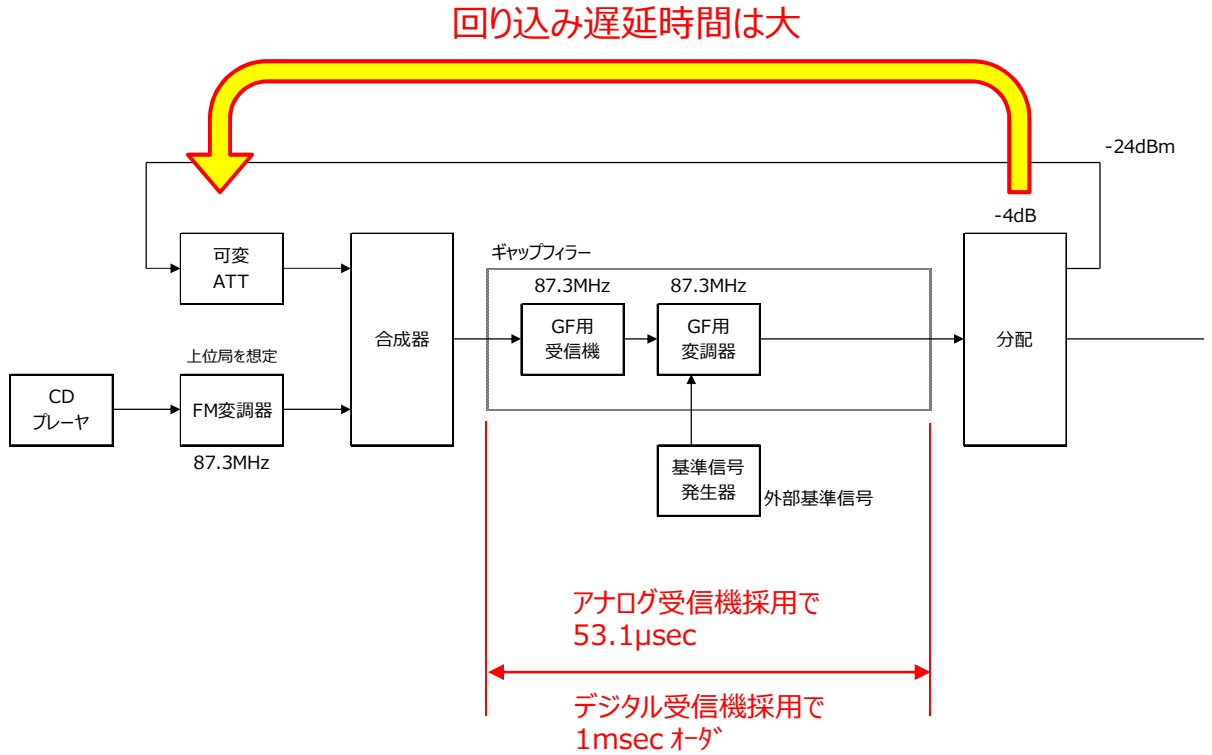


1kHz の信号が遅延時間 500μsec で逆相となり、SINAD 値のミニマム

1kHz の信号が遅延時間 1,000μsec で同相となるため、500μsec 以降は SINAD 値が改善されるように見える

6. 4. 2 ギャップフィルラ装置の特性

メーカーが試験用として所有しているギャップフィルラ装置を借用し、ギャップフィルラ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 $53.1 \mu \text{sec}$ 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ラ装置は、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。



また、ギャップフィルラ装置で使用されるアンプについて、回り込みによる発振状況を確認した。図6-5に測定系統図を示す。

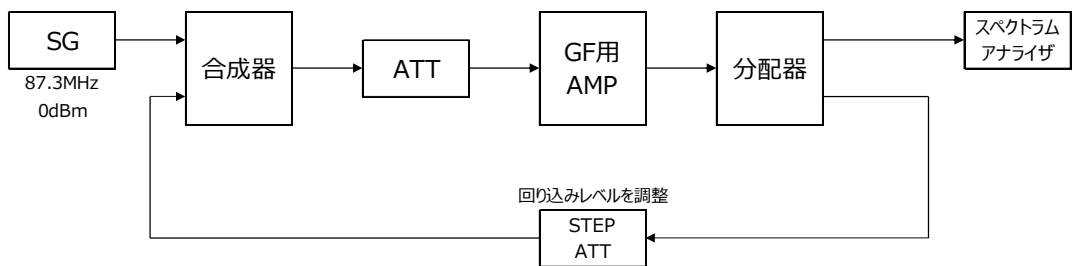
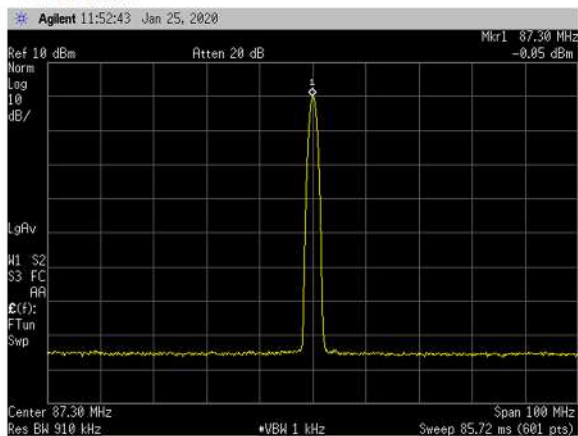


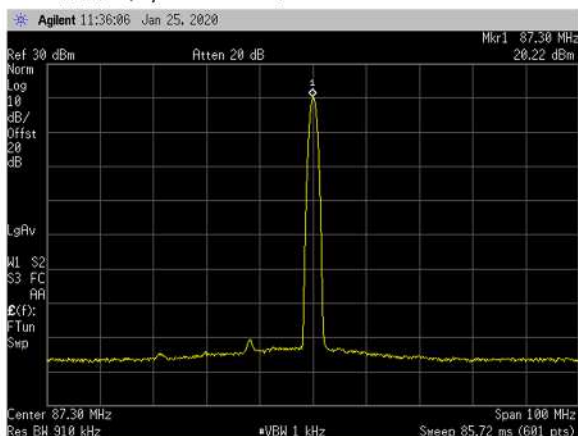
図6-5 ギャップフィルラ装置アンプ発振確認系統図

ギャップフィルタ装置で使用するアンプの回り込みによる発振状況を確認した波形を下記に示す。D/U=20dB より徐々にスプリアス状のキャリアが輻射され、D/U=6dBで完全に不要輻射が生じることが判明した。

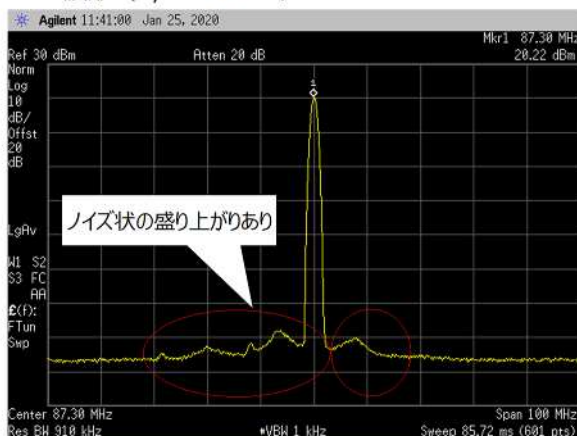
SG出力波形



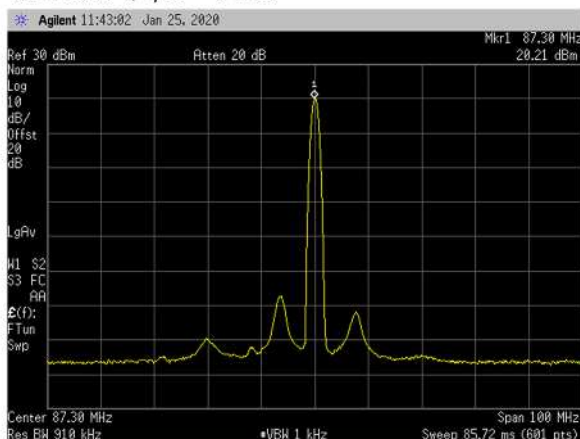
AMP波形 (D/U = 20dB)



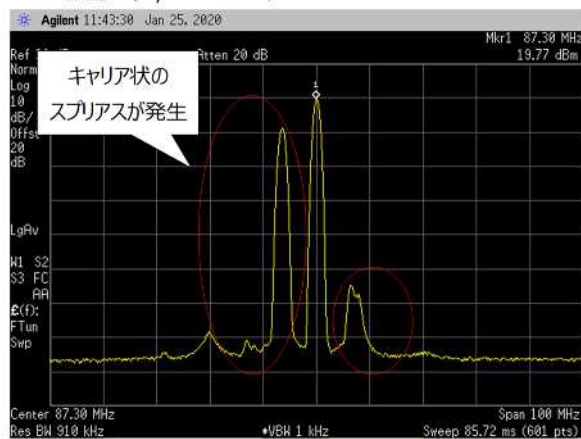
AMP波形 (D/U = 10dB)



AMP波形 (D/U = 7dB)



AMP波形 (D/U = 6dB)



6. 4. 3 ギャップファイラー方式による試験まとめ

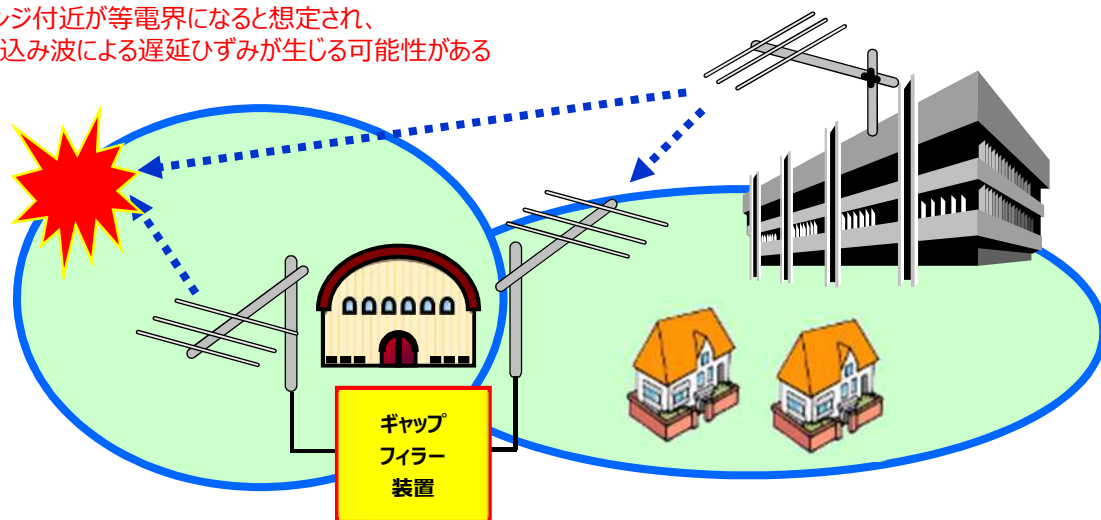
ギャップファイラー装置を使用した場合、装置遅延が非常に大きいことが判明した。特に今後主流となるデジタル信号処理(DSP)方式の受信機を使用したギャップファイラー装置ではその個体遅延は 1msec 以上となると想定される。また、音声レベルへの復調/変調をしない放送波中継方式のギャップファイラー装置を想定した場合は、発振による装置故障や不要輻射を生じることが判明した。

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。

(1) 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。

フリンジ付近が等電界になると想定され、
回り込み波による遅延ひずみが生じる可能性がある



(2) 受信アンテナ等による DU 比確保

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 DU 比確保が必要。

※音声レベルへの復調/変調をするものにあつては $D/U=10\text{dB}$ 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 DU 比を確保。

(3) 2周波によるギャップフィルタ

前述(1)(2)は1周波におけるギャップフィルタ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ィルタについては、情報通信審議会諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」のうち「ラジオネットワークの強靱化に関する技術的条件」(平成27年7月)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。表6-11に放送エリアの混信保護比、表6-12に放送波中継の受信に関する混信保護比(DU比)を示す。

表6-11 放送エリアの混信保護比(DU比)

周波数差 (kHz)	0	100	200	300	400
混信保護比 (dB)	36	22	6	-8	-20

表6-12 放送波中継の受信に関する混信保護比(DU比)

周波数差 (kHz)	0	100	200	300	400	500	600	700	800
混信保護比 (dB)	60	55	40	10	-20	-30	-40	-50	-60

6. 5 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。

6. 5. 1 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

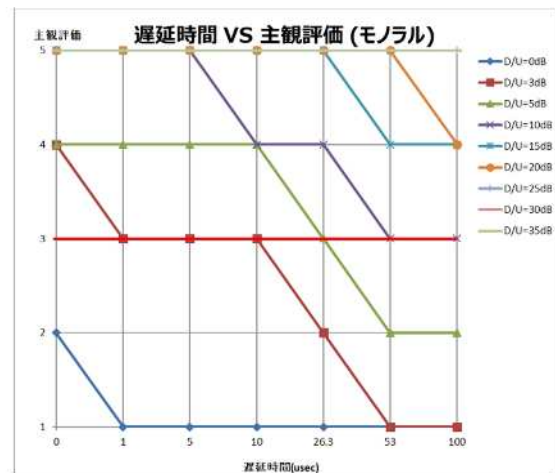
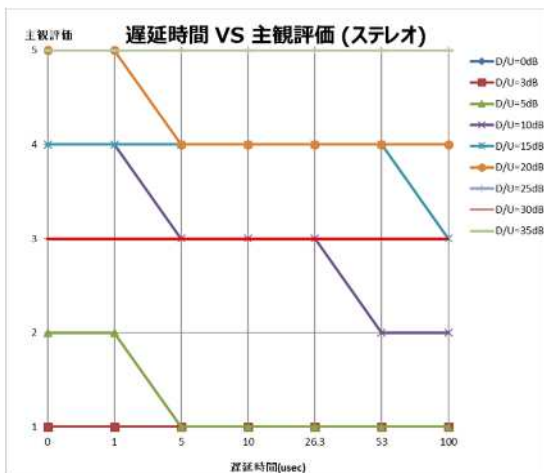
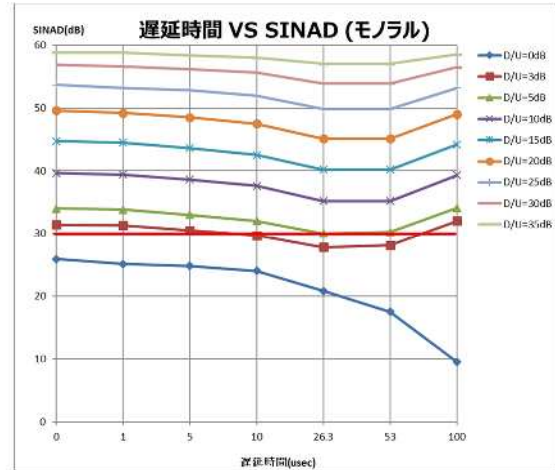
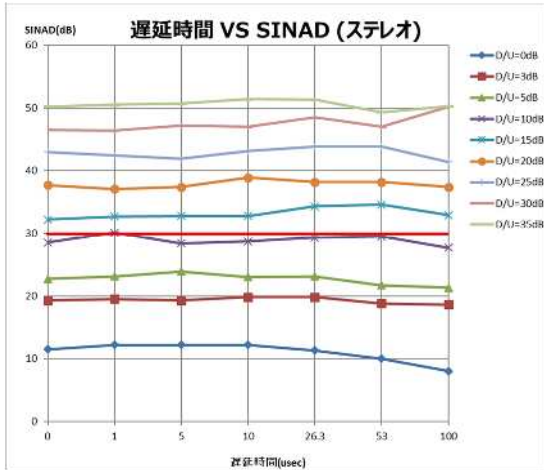
得られた特性結果は下記となる。

- ・2台の個体遅延差は約 1,600 μsec (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 1,600 μsec 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。

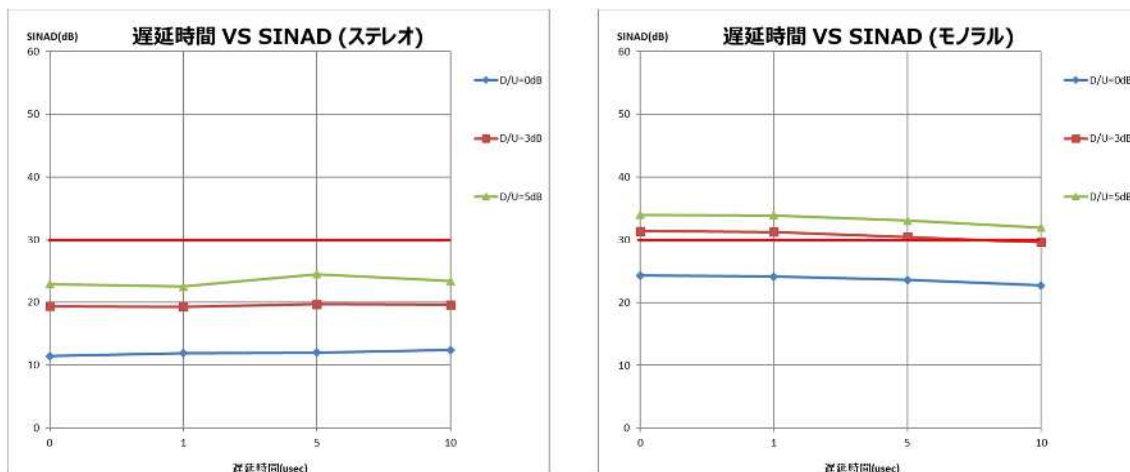
6. 5. 2 遅延時間と DU 比による比較

遅延時間と DU 比を変化させ、ステレオ／モノラルにて比較を実施した。ステレオ、モノラルともに D/U=0dB では主観評価3を得ることはできない。遅延時間差 0 μ sec において、主観評価3を得るためにはステレオで D/U=10dB、モノラルで D/U=3dB が必要な結果となった。



6. 5. 3 受信入力よる比較

強電界と弱電界を想定し、遅延時間とDU比を変化させ、ステレオ／モノラルにて比較を実施した。モノラルにおいてもステレオと同様にDU比による改善効果が支配的。



6. 5. 4 既存臨時災害 FM 放送機を使用した試験まとめ

既存臨時災害 FM 放送機を使用し、1 周波における複数置局（放送エリア重複させる場合）を想定した場合、FM 同期方式を採用した場合と比較して、装置の固体遅延差があり、また周波数と音声信号の精密な管理が困難である結果が得られた。そのため装置の固体遅延差を取り除いた場合においても主観評価3を得るためにはステレオで D/U=10dB、モノラルで D/U=3dB必要との結果となった。既存臨時災害 FM 放送機は下記の事項が課題として挙げられる。

(1) 装置の固体遅延差が大きい

装置の製造時期により固体遅延差がある。今回使用した 2 台の装置の固体遅延差は約 1.6 msec であった。後発の放送機の方に機能が大きいことや、遅延時間が大きいことから、内部の一部の回路がアナログ処理方式の装置とデジタル処理方式の装置が混在しているものと考えられる。

(2) 周波数、音声信号の精密な管理が困難

周波数制御の外部基準入力がないため、周波数変動が 20Hz 程度と大きく、搬送周波数、最大周波数変移等の精密化や安定化が困難、また、音声入力部がアナログ入力であるため音声信号の精密な管理も困難であると考えられる。

6. 6 屋内試験結果からの考察

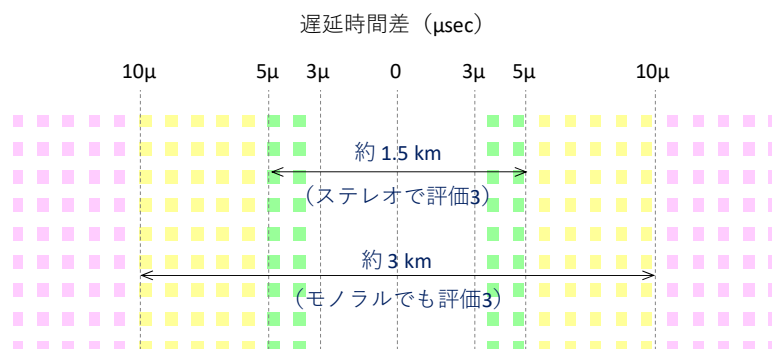
屋内試験結果から、臨時災害放送局をさらに高度に利用しようとする場合は、下記の事項に留意して今後の設計等に反映する必要があると考えられる。

(1) 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(情報通信審議会諮問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」(令和2年3月)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、結果的に簡単で高度に利用できるものと考えられる。

(2) 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=0dBにおける遅延時間差の緩和エリアが $5\mu\text{sec}\rightarrow 10\mu\text{sec}$ へ広がる。



(3) ギャップフィラー方式においては、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ラ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、ギャップフィラ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。

(4) 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DU比確保が必須である。

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DU比確保が必要。

第7章 検討結果

7. 1 検討のまとめ

今回実施した調査検討により、次の結果が得られた。

7. 1. 1 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

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

7. 1. 2 臨時災害放送局における電波伝搬環境

(1) 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 6.6km、局所的なエリアを補完する局では半径約 1.2km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。

(2) 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。

7. 1. 3 モノラル方式による臨時災害放送局の優位点

(1) 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なため、同期放送を行う場合においても有利である。

(2) 同一周波数による干渉時のひずみの影響を受けにくい

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ということが判明した。

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。

7. 1. 4 技術基準として検討・確認が必要と思われる項目

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(資料 1)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。

7. 2 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。

(1) 同期方式のフィールド試験

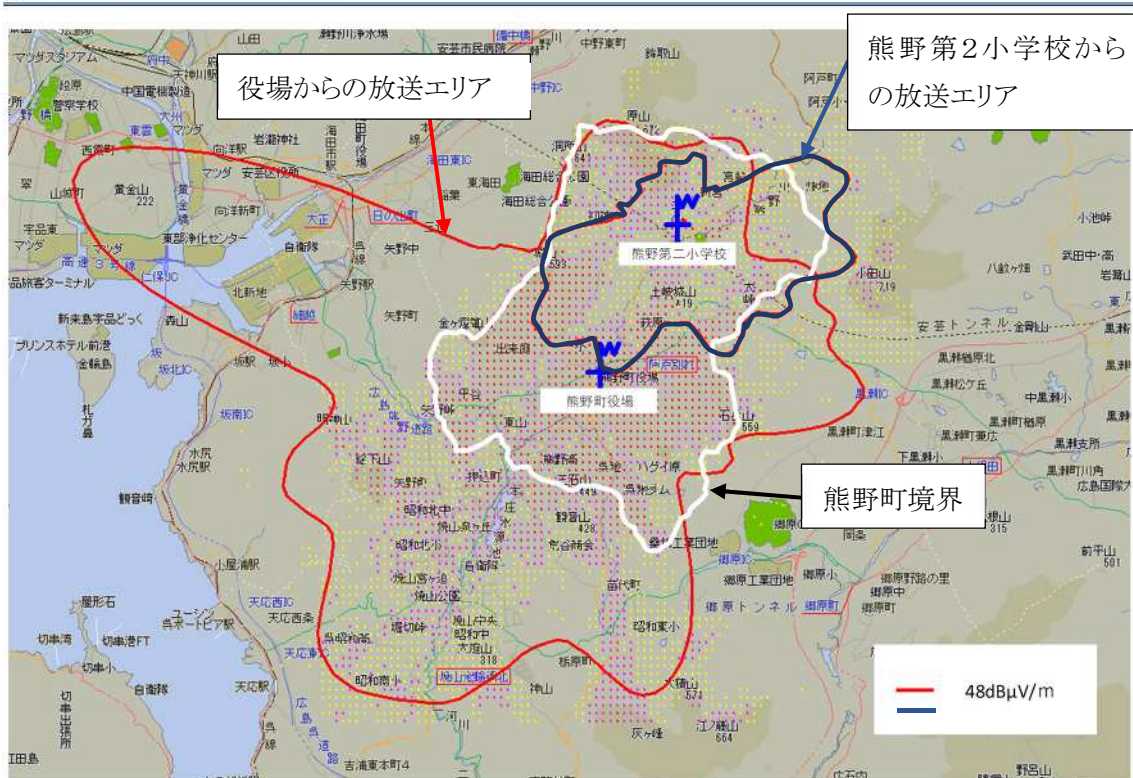
今回の調査検討で例に取り上げた広島県安芸郡熊野町の臨時災害放送局設置では、1局の臨時災害放送局では山岳により安定的に受信ができない避難所(避難所A)が発生、また、建物の中でも安定的に受信できない地区(避難所C・D)が発生している。



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。また、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可能であることを確認する。

また、ステレオ方式とモノラル方式を比較し、モノラル方式が優位である点を確認する。

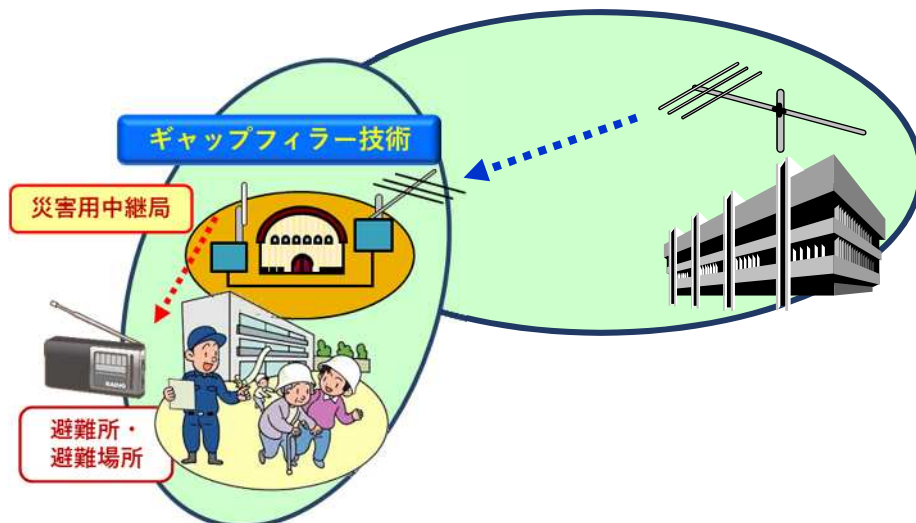
熊野町役場20W, 熊野第二小学校1W



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。

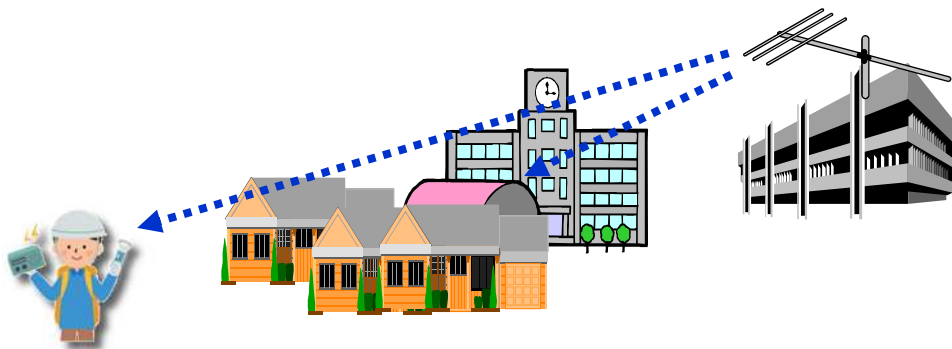
(2) 避難所ギャップファイラー方式のフィールド試験

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。



(3) 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。



資 料 編

資料 1 : 臨時災害放送局關係法令 (抜粋)

臨時災害放送局関係法令（抜粋）

<放送法（昭和25年法律第132号）>

（番組基準等の規定の適用除外）

第8条 前3条の規定は、経済市況、自然事象及びスポーツに関する時事に関する事項その他総務省令で定める事項のみを放送事項とする放送又は臨時かつ一時の目的（総務省令で定めるものに限る。）のための放送を専ら行う放送事業者には、適用しない。

（災害の場合の放送）

第108条 基幹放送事業者は、国内基幹放送等を行うに当たり、暴風、豪雨、洪水、地震、大規模な火事その他による災害が発生し、又は発生するおそれがある場合には、その発生を予防し、又はその被害を軽減するために役立つ放送をするようにしなければならない。

<電波法（昭和25年法律第131号）>

（手数料の徴収）

第103条

2 地震、台風、洪水、津波、雪害、火災、暴動その他非常の事態（以下この項において「地震等」という。）が発生し、又は発生するおそれがある場合において専ら人命の救助、災害の救援、交通通信の確保若しくは秩序の維持のために必要な通信又は第102条の2第1項各号に掲げる無線通信（当該必要な通信に該当するものを除く。）を行う無線局のうち、当該地震等による被害の発生を防止し、又は軽減するために必要な通信を行う無線局として総務大臣が認めるものであつて、臨時に開設するものについては、前項第1号、第2号、第6号、第8号又は第9号に掲げる者は、同項の規定にかかわらず、手数料を納めることを要しない。

（電波利用料の徴収等）

第103条の2

14 第1項、第2項及び第5項から第12項までの規定は、第27項第1項の規定により免許を受けた無線局の免許人又は前項第2項に規定する無線局（次の各号に掲げる者が専ら当該各号に定める事務の用に供することを目的として開設する無線局（以下この項において「国の機関等が開設する無線局」という。）を除く。）若しくは国の機関等が開設する無線局その他これらに類するものとして政令で定める無線局の免許人等（当該無線局が特定免許等不要局であるときは、当該特定免許等不要局を開設した者）には、当該無線局に関しては適用しない。

<放送法施行規則（昭和25年電波監理委員会規則第10号）>

（番組基準等の規定の適用除外）

第7条

2 法第8条に規定する臨時かつ一時の目的のための放送（以下「臨時目的放送」という。）は、次の各号に掲げる事項のいずれかを目的とするものでなければならない。

- 一 国又は地方公共団体が主催し、後援し、又は協賛する博覧会その他これに類する催し物の用に供すること。（補足：イベント放送局）
- 一 暴風、豪雨、洪水、地震、大規模な火事その他による災害が発生した場合に、その妨害を軽減するために役立つこと。（補足：臨時災害放送局）

<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。

資料 2 : FM放送の現行関連規定

FM 放送の現行関連規定

(1) 標準方式の規定

名称	施行日	備考
超短波放送に関する送信の標準方式	平成23年6月30日	旧規定(昭和43年郵政省令第26号)は廃止
超短波音声多重放送及び超短波文字多重放送に関する送信の標準方式	平成23年6月29日	旧規定(昭和63年郵政省令第25号)は廃止

(2) 放送法施行規則

FM 同期放送を法制度化する場合、放送区域の対象及び放送名をどのようにすれば良いのかが議題となることも予想されるので、対象とする放送の区分を放送法施行規則別表第五号(第六十条関係)から抽出した。

番号	基幹放送の区分	放送名
1	国内放送等の基幹放送の区分	(1)国内放送
2	地上基幹放送等の基幹放送の区分	(1)地上基幹放送
3	送信の方式による基幹放送の区分	(2)デジタル放送以外の放送
4	料金による基幹放送の区分	(2)有料放送以外の放送
5	放送の種類による基幹放送の区分	(3)超短波放送 (6)多重放送 ア超短波音声多重放送 イ超短波文字多重放送
6	放送事業者による基幹放送の区分	(1)協会の放送 (1)以外の放送
7	放送番組による基幹放送の区分	(1)総合放送 (2)教育放送 (5)難視聴解消を目的とする放送 (6)その他の放送
8	放送対象地域による基幹放送の区分	(2)広域放送 (3)県域放送 (4)コミュニティ放送
9	その他の基幹放送の区分	(1)受信障害対策中継放送

(3) 基幹放送局の開設の根本的基準

昭和25年12月05日 電波監理委員会規則第21号

(用語の意義)

第2条 「放送区域」とは、一の基幹放送局(人工衛星に開設するものを除く。)の放送に係る区

域であつて、中波放送、超短波放送、テレビジョン放送、マルチメディア放送、超短波音声多重放送又は超短波文字多重放送を行う基幹放送局については、次に掲げる区域をいう。

(2) 超短波放送、超短波音声多重放送又は超短波文字多重放送を行う基幹放送局(移動受信地上基幹放送を行うものを除く。)

(一) デジタル放送を行わないもの

基幹放送局の電界強度(地上4メートルの高さにおけるものとする。(2)において同じ。))が、次の表に掲げる電界強度の範囲において総務大臣が告示する値以上である区域

区域	電界強度の範囲 (単位ミリボルト毎メートル)	同左 (単位dB μ V/m)
高雑音区域	3以上 10以下	70以上80以下
中雑音区域	1以上 3未満	60以上70以下
低雑音区域	0.25以上 1未満	48以上60以下

平成10年度電気通信審議会別紙-11(p99) 世帯数対所要電界強度のグラフによれば電界強度の範囲は世帯数から決定された経緯があり、グラフでは以下の通りとなっている。

- 85万世帯未満以上 :5mV/m
- 24万世帯～85万世帯未満 :3mV/m
- 7万5千世帯～24万世帯未満 :2mV/m
- 1万世帯～7万5千世帯未満 :1mV/m

世帯数が変われば電界強度の範囲の範囲も見直す必要があり、同期放送区域にも影響が出てくる。

(4) 無線設備規則

第2章 送信設備

第2節 送信装置

(周波数の安定のための条件)

第15条 周波数をその許容偏差内に維持するため、送信装置は、できる限り電源電圧又は負荷の変化によって発振周波数に影響を与えないものでなければならない。

2 周波数をその許容偏差内に維持するため、発振回路の方式は、できる限り外圍の温度若しくは湿度の変化によって影響を受けないものでなければならない。

3 移動局(移動するアマチュア局を含む。)の送信装置は、実際上起り得る振動又は衝撃によつても周波数をその許容偏差内に維持するものでなければならない。

第16条 水晶発振回路に使用する水晶発振子は、周波数をその許容偏差内に維持するため、左の条件に適合するものでなければならない。

1 発振周波数が当該送信装置の水晶発振回路により又はこれと同一の条件の回路によりあらかじめ試験を行って決定されているものであること。

2 恒温槽を有する場合は、恒温槽は水晶発振子の温度係数に応じてその温度変化の許容値を正確に維持するものであること。

別表第一号(第5条関係)

周波数の許容偏差の表

周波数帯	無線局	周波数の許容偏差(Hz又はkHzを付したものを除き、百万分率)
5 29.7MHzを超え 100MHz以下	3地上基幹放送局 (2)その他の地上基幹放送局	20

別表第二号(第6条関係)

第1 占有周波数帯幅の許容値の表

電波の型式	占有周波数帯幅の許容値	備考
F3E	200kHz	地上基幹放送局及び54MHzを超え585MHz以下の周波数の電波を使用して放送中継を行う固定局の無線設備

別表第三号(第7条関係)

2 スプリアス発射の強度の許容値又は不要発射の強度の許容値は、次のとおりとする。

(3)超短波放送(デジタル放送を除く。)、超短波音声多重放送又は超短波文字多重放送を行う地上基幹放送局の送信設備の帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値及びスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、次のとおりとする。

空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
250Wを超えるもの	1mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より60dB低い値	1mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より70dB低い値
1Wを超え250W以下		25 μ W以下
1W以下	100 μ W以下	

第4章 業務別又は電波の型式及び周波数帯別による無線設備の条件

第2節 超短波放送(デジタル放送を除く。)を行う地上基幹放送局の無線設備

(適用の範囲)

第34条 この節の規定は、超短波放送(デジタル放送を除く。以下この節において同じ。)を行なう地上基幹放送局のマイクロホン増幅器又は録音再生装置の出力端子から送信空中線までの範囲(中継線及び連絡線を除く。)の無線設備に適用があるものとする。

(電波の偏波面)

第35条 超短波放送を行なう地上基幹放送局の送信空中線は、その発射する電波の偏波面が水平となるものでなければならない。ただし、総務大臣が特に必要と認める場合は、この限りでない。

(変調信号の許容偏差等)

第36条 パイロット信号(超短波放送に関する送信の標準方式(平成二十三年総務省令第八十

六号。以下「超短波放送の標準方式」という。)第4条第3項に規定するパイロット信号をいう。以下この節において同じ。)の周波数は、超短波放送の標準方式第6条第4号に規定する値から(±)2Hzをこえる偏差を生じてはならない。

2 ステレオホニツク放送を行なう場合の副搬送波が時間軸と正傾斜で交わる点は、パイロット信号がその時間軸と交わる点からパイロット信号の位相において(±)5度以内になければならない。(変調度等)

第36条の2 超短波放送を行なう地上基幹放送局の送信装置は、100%まで直線的に変調することができるものでなければならない。

2 パイロット信号による主搬送波の周波数偏移は、超短波放送の標準方式第4条第2項に規定する最大周波数偏移の10%から8%までの範囲内になければならない。

3 ステレオホニツク放送を行なう場合の副搬送波による主搬送波の周波数偏移は、超短波放送の標準方式第4条第2項に規定する最大周波数偏移の1%をこえてはならない。

～中略～

(総合歪率)

第36条の4 超短波放送を行なう地上基幹放送局の送信装置の総合歪率は、次の表の上欄に掲げる変調周波数により主搬送波に(±)75kHzの周波数偏移を与えたとき、それぞれ同表の下欄に掲げるとおりとなるものでなければならない。

変調周波数	総合歪率
50Hz以上 10,000Hz未満	2%以下
10,000Hz以上 15,000Hz以下	3%以下

(信号対雑音比)

第36条の5 超短波放送を行なう地上基幹放送局の送信装置の信号対雑音比は、1,000Hzの変調周波数により主搬送波に(±)75kHzの周波数偏移を与えたとき、55dB以上となるものでなければならない。

～後略～

(5) 電波法関係審査基準

別紙1(第4条関係) 無線局の局種別審査基準

第2 地上基幹放送局

2 超短波放送局(地上系)(基幹放送用周波数使用計画第1の2(1)イに規定する周波数を使用するものに限る。)

超短波放送局(地上系)(基幹放送用周波数使用計画第1の2(1)イに規定する周波数を使用

するものに限る。以下「FM放送局」という。)の審査は、1(1)の基準によるほか、次により行う。この場合において1(1)中「DTV放送」とあるのは「FM放送」と読み替えるものとする。

- (1) 送信の方式は、超短波放送に関する送信の標準方式(平成23年総務省令第86号)に適合するものであること。
- (2) 送信空中線
- ア 送信空中線は、その発射する電波の偏波面が原則として水平となるものであること。ただし、次に掲げる場合は、その限りでない。
 - (ア) 同一場所に設置された既設空中線の偏波面に一致させる場合。
 - (イ) 放送波による中継(以下「放送波中継」という。)を行つている回線への干渉を軽減できると認められる場合。
 - イ 多段空中線の使用により俯角を調整できる場合は、放送区域外に必要以上に電波を放射しないための措置を講じてあること。
 - ウ 地上高については、放送区域を示す図及び海拔高等からみて適切に記載されていること。
- (3) 放送波中継方式を使用する場合の受信空中線
- ア 上位局の電波の受信電界強度が、放送波を中継する上で必要な電界強度を満足できる地点であること。
 - イ 他局からの干渉が最も少ない地点であること。
 - ウ 多重反射歪を生じない地点であること。
 - エ 上位局から受信する電波に及ぼす干渉を避けるために遮へい等の措置が十分に考慮されているものであること。
 - オ 高周波利用設備、自動車その他の雑音発生源から生ずる電氣的雑音により、放送番組の中継に支障を及ぼさないものであること。
- (4) 周波数の選定
- 別添に示す方法により選定すること。
- (5) 受信障害対策中継放送を行う基幹放送局(以下「受信障害対策中継局」という。)であつて、適合表示無線設備を使用するもの(以下「ラジオ放送のギャップファイラー」という。)の空中線電力は、1波当たり0.25W以下であること。
- (6) 申請局が基幹放送用周波数使用計画第1の4(2)に定める中継局である場合にあつては、(1)から15)までの基準によるほか、空中線電力は、平成23年総務省告示第285号(超短波放送、超短波音声多重放送又は超短波文字多重放送を行う基幹放送局の地上波電界強度の値を定める件)に規定する電界強度を確保するために必要最小の値であること。
- (7) 申請局が基幹放送用周波数使用計画第1の5に規定する補完中継局(以下「補完中継局」という。)である場合にあつては、(1)から(5)までの基準によるほか、次のとおりとする。
- ア 次のいずれかの対策を目的としているものであること(ただし、(エ)については、基幹放送用周波数使用計画第1の5に規定するその他の補完中継局に限る。)。
 - (ア) 中波放送の基幹放送局の送信設備及び中継回線設備(以下「送信設備等」という。)が災害発生時に被害を受け、放送の継続が困難となる事態への対策(以下「災害対策」という。)
 - (イ) 建築物による遮へいによる電界強度の低下又は電気雑音の影響等の要因による受信障

- 害対策(以下「都市型難聴対策」という。)
- (ウ) 外国波による混信対策(以下「外国波混信対策」という。)
- (エ) 地形的原因で生じる遮へいによる受信障害対策又は地理的・地形的原因による受信障害対策(地形的原因を除いた自然的条件の特殊性が原因となって発生する受信障害の対策をいう。)(以下「地理的・地形的難聴対策」という。)
- イ 災害対策を目的とする場合にあっては、次のいずれかに該当するものであること。
- (ア) 送信設備等の設置場所が次のいずれかの地域に該当している場合であって、自然災害等により送信設備等に大きな破損、障害等が発生し、放送の継続ができなくなる可能性が高いと認められるものであること。
- A 都道府県又は市区町村の策定したハザードマップ等による津波等の浸水深予測により、津波等が到達し被害が想定されている地域
- B 河川敷内又は水防法(昭和24年法律第193号)に基づき指定された外水氾濫区域(浸水想定区域)であって、洪水による被害が想定されているもの
- C 送信設備等が設置された敷地内に活断層があることが判明している地域
- D 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律(平成12年法律第57号)に基づき指定された土砂災害警戒区域又は土砂災害特別警戒区域であって、土砂災害による被害が想定されているもの
- E 都道府県又は市区町村が策定した液状化マップ等により、液状化による被害が想定されている地域
- F AからEまでに掲げるもののほか、法令又は条例等に基づき都道府県又は市区町村が特定した自然災害により送信設備等が大きな被害を受ける可能性が高い地域(当該都道府県又は市区町村と放送事業者との間の災害放送協定等に当該地域内の送信設備等に係る災害対策の補完中継局等の必要性が盛り込まれている場合に限る。)
- (イ) 中波放送の放送対象地域の沿岸の大部分において都道府県又は市区町村の策定したハザードマップ等により大規模な津波等の被害が発生する可能性が高く、災害対策を行う必要があると認められるものであること。
- ウ 都市型難聴対策、外国波混信対策又は地理的・地形的難聴対策を目的とする場合にあっては、中波放送の放送区域において、平成23年総務省告示第284号(中波放送を行う基幹放送局の地上波電界強度を定める件)に規定する中波放送を行う基幹放送局の電界強度を満たさない地点又は電気雑音の影響や外国波混信等により中波放送の聴取が困難と判断される地点(平成23年総務省告示第279号(登録検査等事業者等規則第20条及び別表第7号第3の3(21)の規定に基づく登録検査等事業者等が行う点検の実施方法及び無線設備の総合試験の具体的な確認の方法を定める件)第3項第3号の表3の項(3)の受信状況の評価が2以下である地点をいう。)が、継続的かつ原則として1キロメートル四方(受信障害対策中継局の場合にあっては、250メートル四方)のメッシュ単位で一定程度の連続性を持つて地域的に存在し、その原因等が具体的に確認できるものであること。

エ 空中線電力

空中線電力の選定は、次の基準により行う。

(ア) 申請局が使用する周波数が基幹放送用周波数使用計画第4の4に定めるものの場合にあっては、次のいずれにも該当するものであること。

A 申請局の送信設備の設置場所の属する都道府県(中波放送の放送対象地域が関東広域圏の場合にあっては東京都、中京広域圏の場合にあっては愛知県、近畿広域圏の場合にあっては大阪府)を放送対象地域とする超短波放送を行う他の基幹放送事業者(日本放送協会(茨城県を除く。))及び放送大学学園を除く。)の基幹放送局の親局に使用させることのできる空中線電力(当該補完中継局の送信空中線の海拔高が当該親局よりも高くなる場合は、原則として、当該海拔高が高くなることによる放送区域の拡大効果を減じた空中線電力)の値を超えないものであること。

B 申請局に係る空中線電力は、中波放送の親局の放送区域(中波放送の放送対象地域が関東広域圏の場合にあっては東京都、中京広域圏の場合にあっては愛知県、近畿広域圏の場合にあっては大阪府、二の府県を含む場合(滋賀県・京都府、鳥取県・島根県及び佐賀県・長崎県)にあっては中波放送の親局の放送区域又は申請局の送信設備の設置場所の属する府県の府県庁所在地及びその周辺の地域)のうち難聴の発生している地域又は災害発生時において中波放送の継続が困難となるおそれのある地域における平成23年総務省告示第285号に規定する電界強度を確保するために必要最小の値であること。

(イ) その他の補完中継局の場合にあっては、原則100W以下とし、中波放送の中継局等の放送区域のうち難聴が発生している地域又は災害発生時において中波放送の継続が困難となるおそれのある地域における平成23年総務省告示第285号に規定する電界強度を確保するために必要最小の値であること。

オ 他の無線局等への混信妨害等

(ア) 他の無線局等への混信妨害を排除するため、補完中継局の放送区域と放送区域が重なる超短波放送を行う地上基幹放送事業者等との調整に十分配慮していること。

(イ) 有線電気通信設備を用いて行われるテレビジョン放送の受信に対する障害、受信電波を増幅する機器その他テレビジョン放送の受信設備に係る受信障害及び超短波放送の受信設備に係る受信障害の防止又は解消を図るための措置を適切に実施していること。

(ウ) マルチメディア放送(標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式(平成23年総務省令第87号)第4章第1節に定める放送を行うものに限る。)又は超短波放送を行う基幹放送局を開設しようとする者と相互変調等による超短波放送の受信設備に係る受信障害の防止又は解消を図るための措置を協力して適切に実施していること。

(8) 申請局が、超短波放送を行う基幹中継局の放送区域等において、難聴対策等のため超短波放送用周波数を用いて放送を行う中継局であって、受信障害対策中継放送を行うものである場合にあっては、(1)から(5)までの基準によるほか、次のとおりとする。

ア 超短波放送の放送区域等において、平成23年総務省告示第285号に規定する超短波放送を行う基幹放送局の電界強度を満たさない地点又は電気雑音の影響や外国波混信等により超短波放

送の聴取が困難と判断される地点（平成23年総務省告示第279号第3項第3号の表3の項13）の受信状況の評価が2以下である地点をいう。）が、継続的かつ原則として250メートル四方のメッシュ単位で一定程度の連続性を持つて地域的に存在し、その原因等が具体的に確認できるものであること。

イ 空中線電力は、超短波放送の基幹放送局の放送区域等のうち難確が発生している地域における平成23年総務省告示第285号に規定する電界強度を確保するために必要最小の値であること。

別添 FM放送局の周波数の選定方法

下表の条件を満足する周波数を選定すること。

1 航空機緊急遭難周波数 243MHz に対する混信排除に関する制限	80.8MHz から 81.2MHz までの周波数は選定不可。	
2 VOR 又は ILS のローカライザの無線局への干渉検討(ラジオ放送のギャップフィルターの場合は除く。)	VOR 又はILS のローカライザの無線局の周波数と次に示す関係になる周波数(当該周波数の±200kHz の範囲内に VOR 又はILS のローカライザの周波数の全部又は一部が重複する場合に限る。)以外のものを選定。ただし、VOR 又はILS のローカライザの無線局に干渉を与えない場合は、この限りでない。 ① $2f_1-f_2$ MHz ② $f_1+f_2-f_3$ MHz ここで、「 f_1 」、「 f_2 」及び「 f_3 」は、VOR 又はILS のローカライザの無線局の覆域と放送区域が重複又は近接する自局及び他のFM 放送局の周波数を示す。ただし、 $f_1 \geq f_2 > f_3$ とし、他のFM放送局が1 局のみの場合は①の計算のみを行うこと。	
3 他の FM 放送局の送信空中線と共建又は近傍に設置する場合の制限	運用時間が異なる等により、他の FM 放送局に混信を与えるおそれがない場合を除き、他の FM 放送局と自局との周波数差±800kHz 以上のものを選定。	
4 他の FM 放送局と放送区域が重複する場合の制限	当該FM 放送局の周波数と、 10.7 ± 0.1 MHz 差の関係にある周波数以外を選定。	
5 自局の予定放送区域内における他の FM 放送局からの干渉検討	自局の電波の予想電界強度値と他の基幹放送局の電波の電界強度値とが、次の混信保護比を満足する周波数を選定。	
	周波数差 0kHz	混信保護比 36dB
	100kHz	33dB
	200kHz	7dB
	300kHz	-10dB
400kHz	-25dB	
6 他の FM 放送局の放送区域内における干渉検討	他の基幹放送局の放送区域フリンジにおける自局の電波の予想電界強度値が、上記 5 に示す混信保護比を満足する周波数を選定。	

7 放送波中継回線に対する干渉検討	(1) 放送波中継回線に対する自局の電波の予想電界強度値が次の混信保護比を満足する周波数を選定。	
	周波数差 0kHz	混信保護比 60dB
	100kHz	55dB
	200kHz	40dB
	300kHz	10dB
	400kHz	-20dB
	500kHz	-30dB
	600kHz	-40dB
	700kHz	-50dB
	800kHz	-60dB
	(2) 上記(1)のほか、受信空中線の指向性、偏波面及び中継局の受信設備の干渉除去のための措置を考慮。	
8 自局の予定放送区域内における他のFM放送局に対する干渉検討	<p>99MHz を超え 108MHz 以下の周波数の電波を使用する地上基幹放送局を用いて行うマルチメディア放送(以下この表において「V-Low マルチメディア放送」という。)の放送局又は他の FM 放送局の周波数と次に示す関係になる周波数以外を占有周波数帯幅の上限から下限までを考慮して選定。</p> <p>ただし、V-Low マルチメディア放送の放送局又は他の FM 放送局に干渉を与えない場合は、この限りでない。2f1-f2MHz ここで、「f1」及び「f2」は、自局及び V-Low マルチメディア放送の放送局又は他の FM 放送局の周波数を示す。</p>	
9 一般無線局からの FM 放送受信に対する干渉検討	<p>一般無線局の周波数と次に示す関係になる周波数以外を選定。</p> <p>①(f-2IF)±400kHz ②((f-IF)×2±IF)±400kHz ③f/2±400kHz④ 2f±400kHz</p> <p>ここで、「f」は自局の周波数及び「IF」は FM 放送受信機の間周波数を示す。</p>	
10 一般無線局への干渉検討	<p>一般無線局(電波天文業務を含む。)への混信を排除するため、自局の電波の高調波及び他の無線局との相互変調積等の関係が想定されない周波数を選定。</p>	
11 受信障害対策中継局における検討	<p>(1)申請局が難聴対策を行おうとする放送区域に係る基幹放送局が超短波放送を行う基幹放送局の場合にあっては、当該基幹放送局と同一周波数を。ただし、干渉等の理由により当該基幹放送局と同一周波数を選定できない場合は、割当可能な周波数で当該基幹放送局の周波数の近傍のものから選定</p> <p>(2)申請局が難聴対策を行おうとする放送区域に係る基幹放送局が中波放送を行う基幹放送局の場合にあっては、割当可能な周波数のうち低い周波数から選定</p> <p>(3)複数の周波数を使用して再送信を行う場合にあっては、当該周波数の差が 600kHz 以上となる周波数を選定</p>	

3 多重放送局(地上系)

多重放送(地上系)を行うものの審査については、1及び2の基準によるほか、次により行う。

- (1) 送信の方式は、超短波音声多重放送及び超短波文字多重放送を行う地上基幹放送局にあつては超短波音声多重放送及び超短波文字多重放送に関する送信の標準方式(平成23年総務省令第89号)に適合するものであること。
- (2) 放送区域は、無線設術を共用することとなる地上基幹放送局の放送区域と同一であること。

(以下略)

FM 同期放送

平成10年電気通信審議会答申「諮問第92号 FM放送局の置局に関する技術的条件」では、周波数差に関する以下の検討結果が示されている。

FM同期放送の技術的条件（即ち同一周波数のFM変調された電波による干渉妨害を低減するために必要なFM同期放送を実現する為に送信側が満たすべき要件）を以下に整理しておく。

- (1) 2つの送信側のRF周波数差（搬送周波数の差）は2Hz以下であること

FM ギャップファイラー

平成27年7月の情報通信審議会一部答申（「放送システムに関する技術的条件」（平成18年9月28日付け諮問第2023号）のうち「ラジオネットワークの強靱化に関する技術的条件」）では、FMギャップファイラーの同期放送として技術基準が示され、その中で光ファイバを利用した複数の送信点があるギャップファイラーの同期放送についての検討結果が報告されている。

本報告では、以下の技術的条件を前提として、同期放送を行うには表1-2に示す「同期放送の技術的条件」とすることが適当であるとしている。

また、参考としてコミュニティ放送の同期放送の技術的条件も示されている。

表1-1 技術的条件の前提

表1-2 同期放送の技術的条件

放送区域の重なり ¹		ギャップファイラー局間の同期放送の条件		
既存FMラジオ放送局	ギャップファイラー局	送信点間の周波数偏差	許容される遅延時間	D/U
無し	有り	同期 ²	5 μ s未満	規定せず
			5 μ s以上10 μ s未満	6dB以上
			10 μ s以上20 μ s	D/U 9dB

CATV網（ダークファイバー）を利用した複数の送信点があるギャップファイラーによる

1 既存FMラジオ放送局又は他のギャップファイラーと混信保護比は36dB以上必要

2 送信点相互の周波数偏差の目標は0Hzとし、搬送波の周波数安定度についても同一とすること

表 1-3 【参考】コミュニティ放送の同期放送の技術的条件

放送区域の重なり	送信点間の周波数偏差	許容される遅延時間	D/U
有り	2Hz 以下	20 μ s 以下	14dB以上

FM 同期放送の技術的条件

令和2年電気通信審議会答申「諮問第2023号 FM同期放送の技術的条件」についての検討結果が報告されている。

(1) 適用範囲

この技術的条件は、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。

(2) FM 同期放送の使用周波数帯

FM同期放送が使用する周波数帯は、既存のFM放送と同じ、超短波（76MHz～95MHz）の周波数とする。

(3) 搬送周波数差

相互に同期放送の関係にある各送信所の搬送周波数の差は2Hzを超えないものとし、0.2Hz以内とすることを目標とする。

(4) 最大周波数偏移差

相互に同期放送の関係にある各送信所の最大周波数偏移の差は1kHzを超えないものとし、1Hz以内とすることを目標とする。

(5) 同期放送の関係にある局以外のFMラジオ放送局との混信

相互に同期放送の関係にある局以外のFMラジオ放送局との混信については、平成10年度電気通信技術審議会答申「諮問第92号FM放送の置局に関する技術的条件」に基づき、次のFM放送局間の混信保護比を確保する。

自局、FMラジオ放送局の放送区域の全ての地点において、次の混信保護比を確保すること

周波数差 (kHz)	0	100	200	300	400
混信保護比 (dB)	36	22	6	-8	-20

(6) 同期放送の関係にあるFMラジオ放送局との混信

相互に同期放送の関係にあるFMラジオ放送局との混信については、平成10年度電気通信技術審議会答申「諮問第92号FM放送の置局に関する技術的条件」に基づくFM放送局間の混信保護比の適用対象外とする。

(7) 偏波

原則として水平偏波とし、垂直偏波を用いることにより、偏波面効果による受信改善が期待できる場合は、垂直偏波を用いることができることとする。

(8) 干渉妨害領域を推定するための同期評価テーブル

FM 同期放送の放送区域の設定に当たっては、干渉妨害領域における電波が同期の技術的条件を満たしている場合でも発生する干渉妨害領域を推定するための遅延時間差と混信保護比の条件（同期評価テーブル）に留意しつつ、等電界地域を含む干渉妨害領域の受信品質の確保に努めることが望ましい。

同期評価テーブルは、次表のとおり。

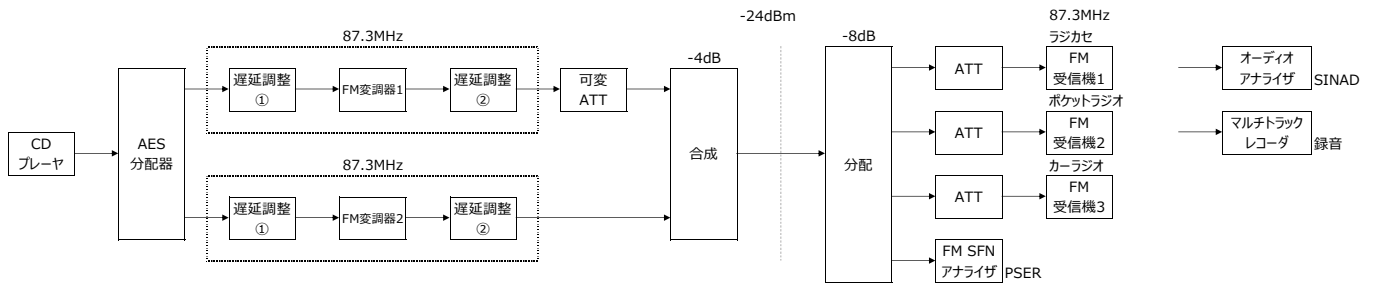
FM 同期放送における遅延時間差と混信保護比の条件
(同期評価テーブル)

相互に同期関係にある 基幹放送局間の 搬送周波数差及び 最大周波数偏移差	許容される 遅延時間差 (μs)	混信保護比 (dB)		
		主観評価 2	主観評価 3	主観評価 4
搬送周波数差 2Hz 以内 かつ 最大周波数偏移差 1kHz 以内	0	0.0	0.3	1.7
	1	0.0	0.7	1.9
	5	1.1	2.6	4.4
	10	2.0	4.6	7.6
	26.3	9.5	11.8	13.8
	53	5.0	7.6	10.7
	100	8.3	13.5	20.0
搬送周波数差 0.2Hz 以内 かつ 最大周波数偏移差 1Hz 以内	0	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	0.0	0.0
	5	0.4	1.3	2.3
	10	1.1	2.8	4.8
	26.3	6.3	10.0	12.8
	53	3.4	7.1	12.0
	100	7.0	13.1	19.4

資料3：屋内試験_データ_FM同期方式_ (デジタル-デジタル変調器)

屋内試験項目① (FM同期方式_デジタル-デジタル変調器)_RX1(ラジカセ)

2019/11/1



測定パラメータ

1	レベル差 (D/U)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 50 dB
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, 1000 us
3	搬送波の無変調時の周波数差 (中心周波数偏差)	0.2, 1, 2, 10 Hz
4	搬送波の変調時 周波数安定度差 (AC周波数安定度)	0, 2, 6 Hz
5	最大変調度偏差	1, 75, 300, 1000, 2000, 5000 Hz
6	受信機入力レベル	48, 60 dBuV
7	ステレオ信号時との比較	モノラル, ステレオ

・D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

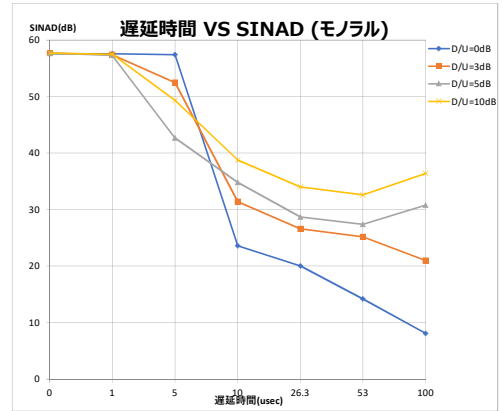
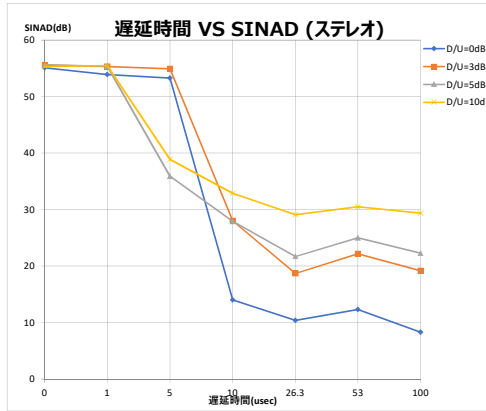
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

ステレオ L:50%,R:31%
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	55.1	55.6	55.6	55.3
1	53.9	55.3	55.4	55.5
5	53.3	54.9	35.9	38.9
10	14.0	28.0	27.9	32.9
26.3	10.4	18.7	21.7	29.1
53	12.3	22.2	25.0	30.5
100	8.3	19.2	22.3	29.4

モノラル L:50%,R:31%
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	57.6	57.7	57.7	57.7
1	57.6	57.4	57.3	57.5
5	57.4	52.5	42.7	49.3
10	23.6	31.4	34.8	38.8
26.3	20.0	26.6	28.7	34.0
53	14.2	25.2	27.4	32.6
100	8.1	21.0	30.8	36.4

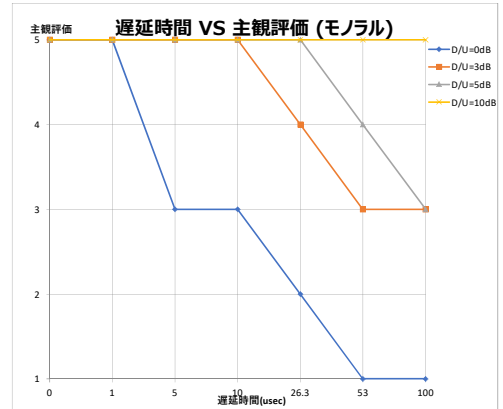
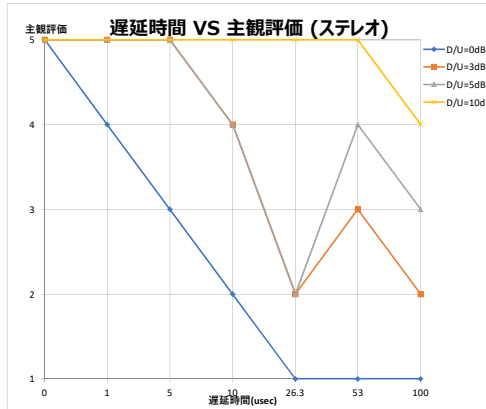


ステレオ 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	5	5	5	5
1	4	5	5	5
5	3	5	5	5
10	2	4	4	5
26.3	1	2	2	5
53	1	3	4	5
100	1	2	3	4

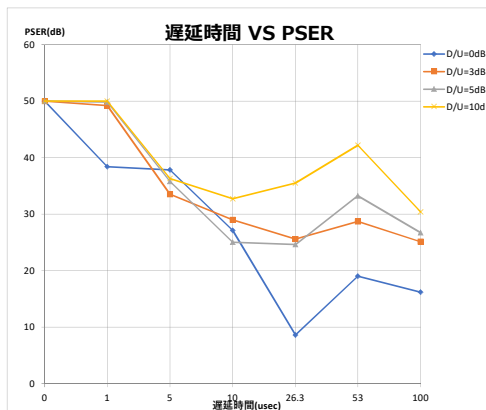
モノラル 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	5	5	5	5
1	5	5	5	5
5	3	5	5	5
10	3	5	5	5
26.3	2	4	5	5
53	1	3	4	5
100	1	3	3	5



ステレオ PSER

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	50.0	50.0	50.0	50.0
1	38.4	49.2	49.8	50.0
5	37.8	33.5	35.8	36.3
10	27.1	29.0	25.0	32.7
26.3	8.6	25.6	24.6	35.5
53	19.0	28.7	33.2	42.2
100	16.2	25.1	26.7	30.4



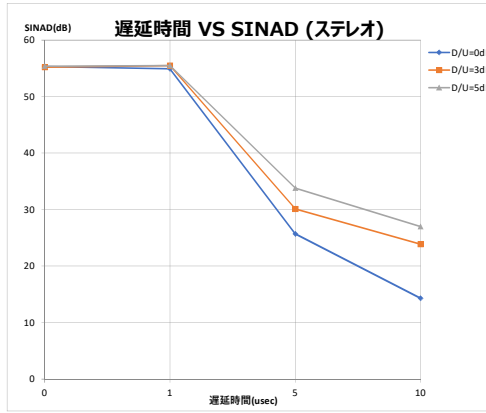
・中心周波数偏差を変えて測定

中心周波数偏差	変更して測定
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

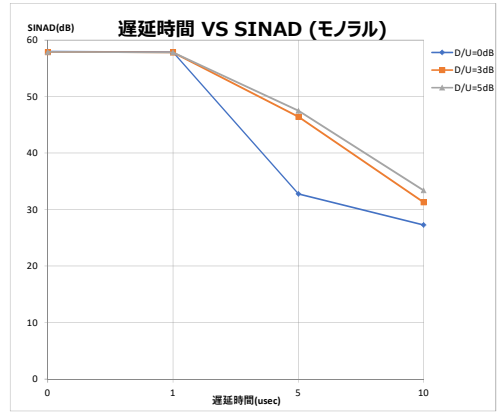
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	55.3	55.2	55.4
1	54.9	55.5	55.5
5	25.7	30.1	33.8
10	14.3	23.9	27.0



中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

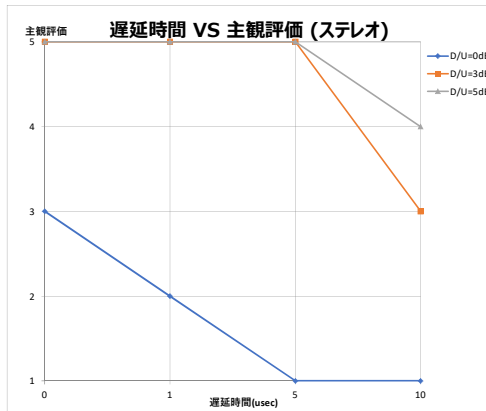
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	58.0	57.9	57.9
1	57.9	57.8	57.8
5	32.8	46.4	47.5
10	27.3	31.3	33.4



中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

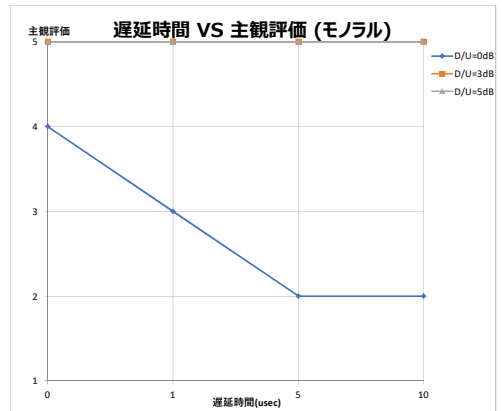
ステレオ

遅延時間差 (us)	主観評価		
	ピアノ		
	D/U (dB)		
	0	3	5
1	2	5	5
5	1	5	5
10	1	3	4



モノラル

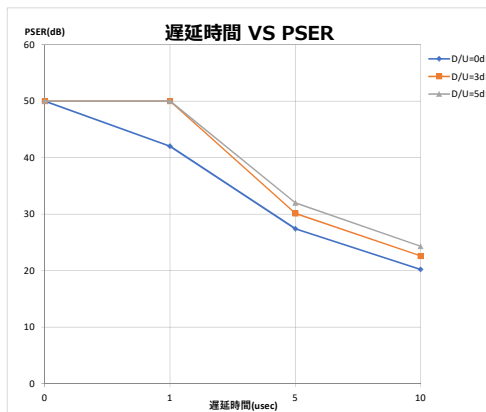
遅延時間差 (us)	主観評価		
	ピアノ		
	D/U (dB)		
	0	4	5
1	3	5	5
5	2	5	5
10	2	5	5



中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

遅延時間差 (us)	PSER		
	D/U (dB)		
0	50.0	50.0	50.0
1	42.0	50.0	50.0
5	27.4	30.1	32.0
10	20.2	22.6	24.3



・AC周波数安定度をえて測定

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

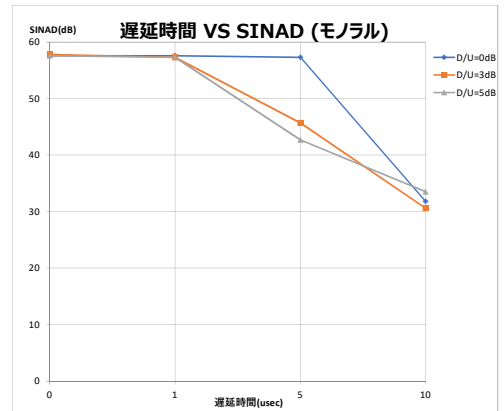
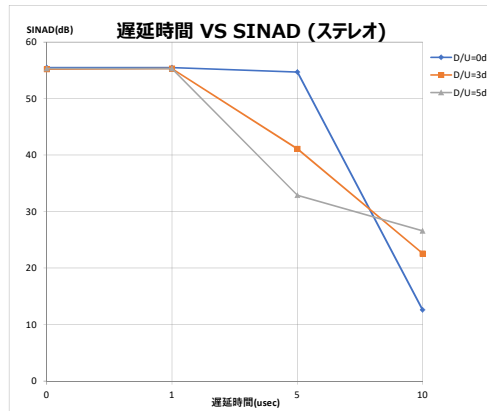
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	55.5	55.2	55.3
1	55.5	55.3	55.3
5	54.7	41.1	32.9
10	12.6	22.6	26.6

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	変更して測定
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	57.6	57.8	57.6
1	57.6	57.3	57.3
5	57.3	45.7	42.7
10	31.8	30.6	33.5



AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

主観評価

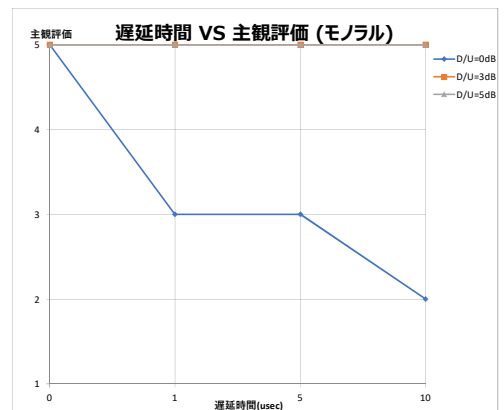
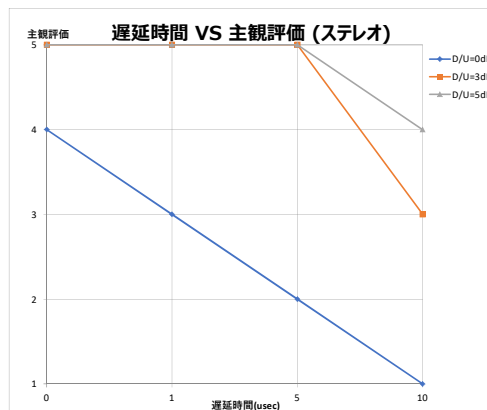
遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	4	5	5
1	3	5	5
5	2	5	5
10	1	3	4

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

主観評価

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	5	5	5
1	3	5	5
5	3	5	5
10	2	5	5

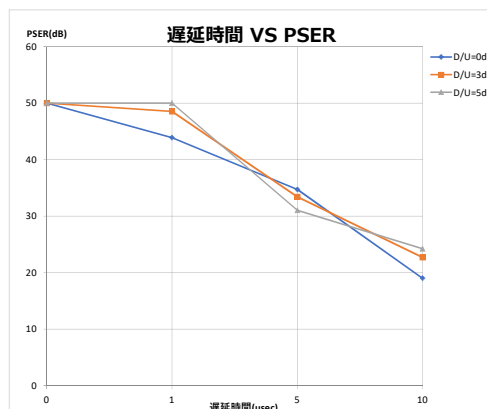


AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

PSER

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	50.0	50.0
1	43.9	48.5	50.0
5	34.7	33.4	31.0
10	19.0	22.7	24.2



最大変調度偏差を変えて測定

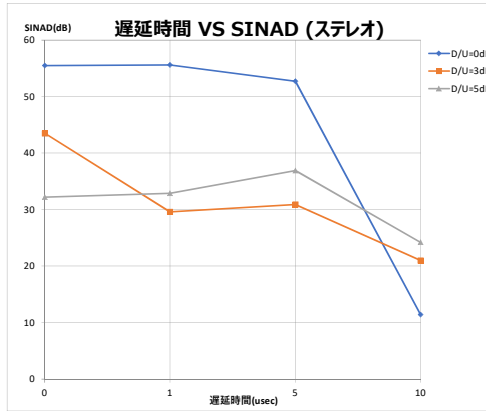
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	変更して測定
受信機入力レベル	60dBu

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

ステレオ

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	55.5	43.5	32.2
1	55.6	29.6	32.9
5	52.7	30.9	36.9
10	11.4	21.0	24.2

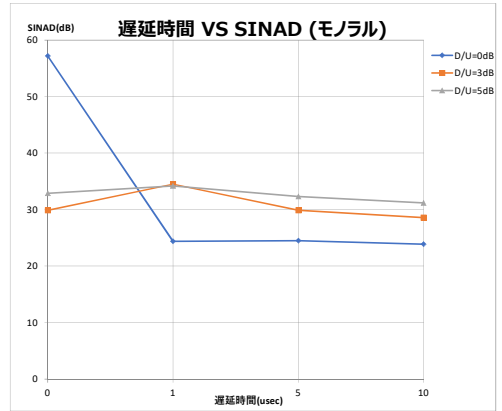


最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	57.2	29.9	32.9
1	24.4	34.5	34.2
5	24.5	29.9	32.3
10	23.9	28.6	31.2

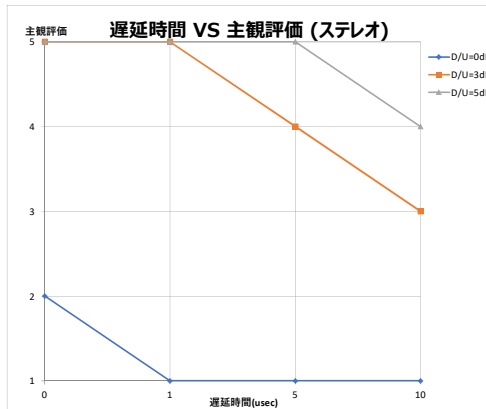


最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

ステレオ

主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	2	5	5
1	1	5	5
5	1	4	5
10	1	3	4

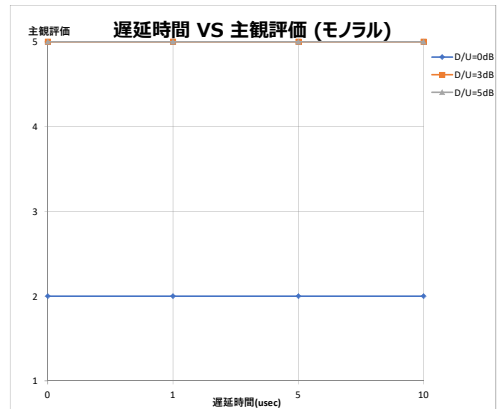


最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	2	5	5
1	2	5	5
5	2	5	5
10	2	5	5

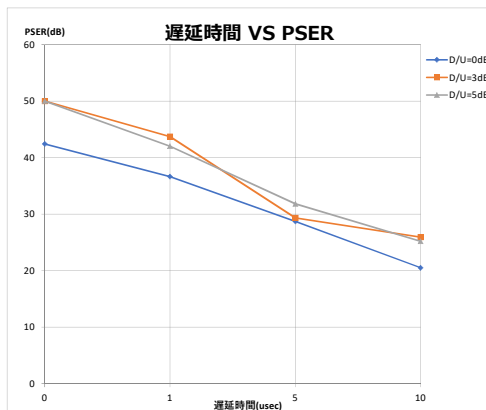


最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

ステレオ

PSER

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	42.4	50.0	50.0
1	36.6	43.7	42.0
5	28.7	29.3	31.8
10	20.5	25.9	25.2

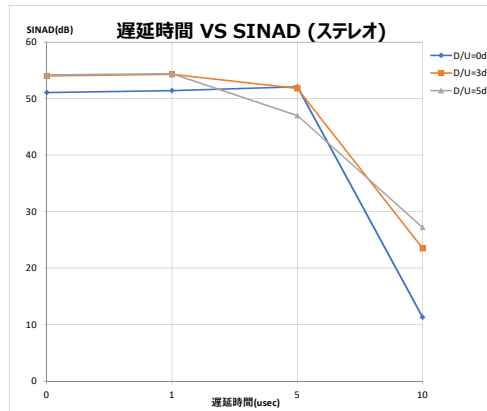


受信機入力レベルを変えて測定

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

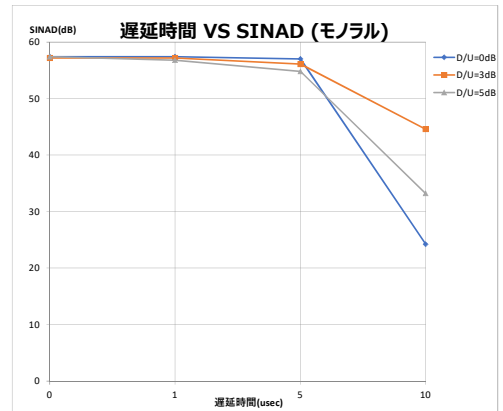
ステレオ			
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	51.1	54.0	54.2
1	51.4	54.3	54.4
5	52.1	51.8	47.0
10	11.3	23.5	27.2

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定



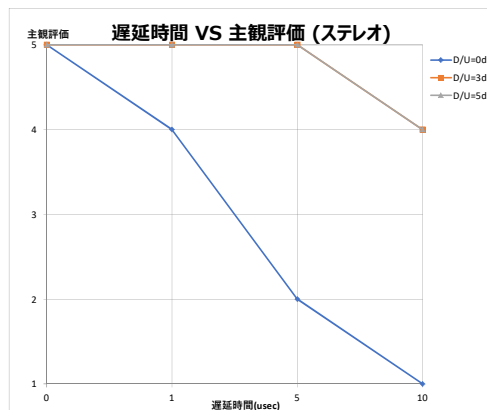
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

モノラル			
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	57.4	57.2	57.4
1	57.4	57.2	56.8
5	57.0	56.1	54.8
10	24.2	44.6	33.2



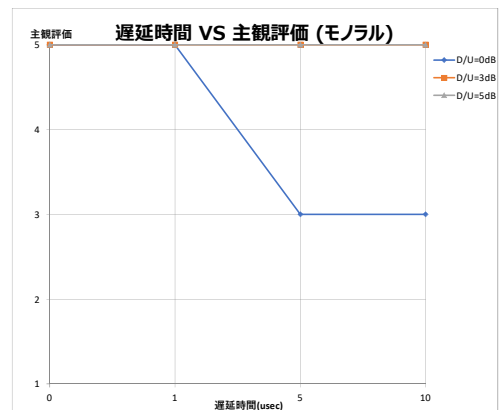
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

ステレオ			
主観評価 ピアノ			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	5	5	5
1	4	5	5
5	2	5	5
10	1	4	4



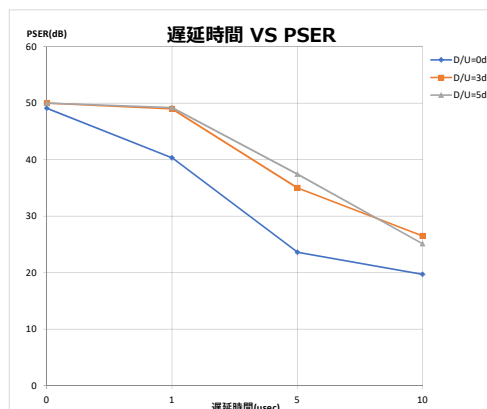
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

モノラル			
主観評価 ピアノ			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	5	5	5
1	5	5	5
5	3	5	5
10	3	5	5



受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

ステレオ			
PSER			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	49.1	50.0	50.0
1	40.3	49.0	49.2
5	23.6	35.0	37.4
10	19.7	26.5	25.1

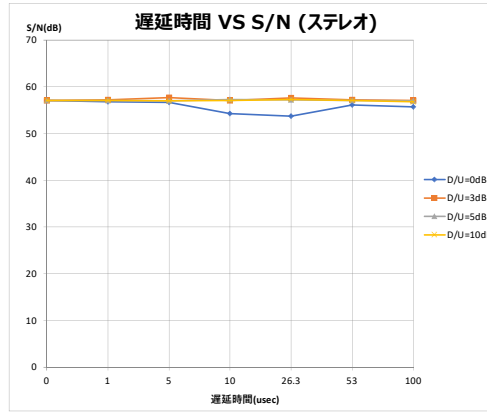


・D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

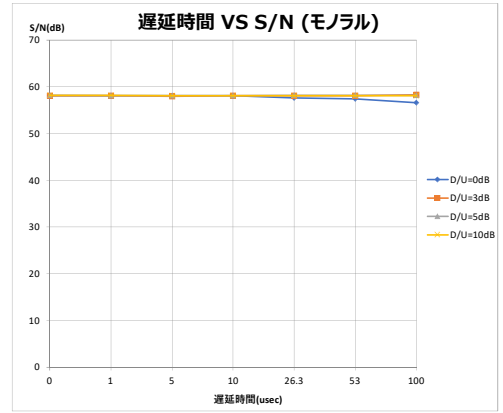
ステレオ L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	57.1	57.1	57.1	57.1
1	56.8	57.2	57.1	57.1
5	56.7	57.7	57.0	57.0
10	54.3	57.1	57.3	57.1
26.3	53.7	57.6	57.2	57.3
53	56.1	57.2	57.1	57.1
100	55.7	57.1	57.0	56.8



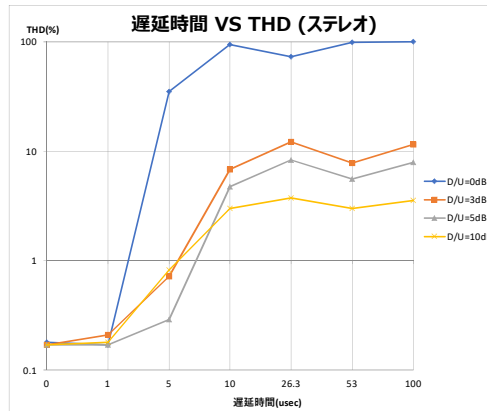
モノラル L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	58.1	58.1	58.2	58.2
1	58.1	58.1	58.1	58.2
5	58.1	58.0	58.1	58.1
10	58.1	58.1	58.1	58.1
26.3	57.6	58.1	58.2	58.1
53	57.4	58.1	58.2	58.1
100	56.6	58.3	58.2	58.1



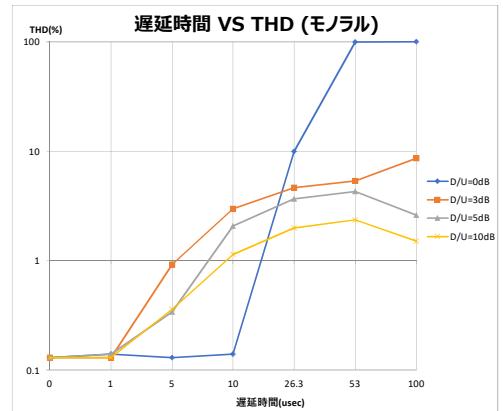
ステレオ L:50%,R:31%
THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	0.18	0.17	0.17	0.17
1	0.17	0.21	0.17	0.18
5	35.13	0.72	0.29	0.82
10	94.33	6.81	4.75	2.99
26.3	73.15	12.18	8.32	3.75
53	98.64	7.80	5.59	2.99
100	99.97	11.50	7.91	3.56



モノラル L:50%,R:31%
THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	0.13	0.13	0.13	0.13
1	0.14	0.13	0.14	0.13
5	0.13	0.92	0.34	0.36
10	0.14	2.98	2.07	1.14
26.3	9.94	4.64	3.67	1.99
53	99.88	5.35	4.28	2.36
100	99.99	8.64	2.60	1.51



・中心周波数偏差を変えて測定

中心周波数偏差	変更して測定
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

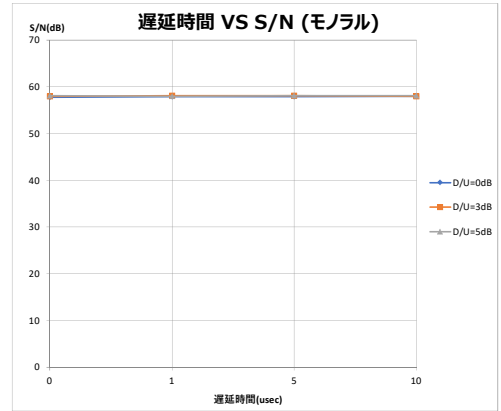
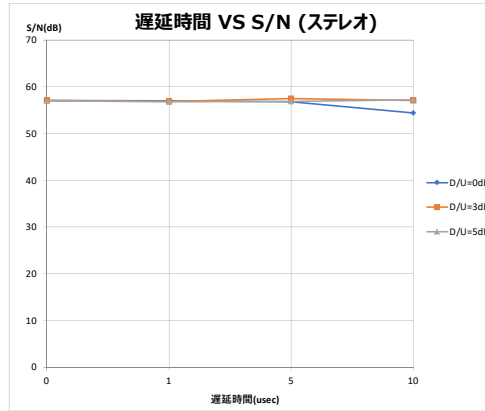
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	57.1	57.1	57.0
1	57.0	56.9	56.8
5	56.8	57.5	56.9
10	54.4	57.1	57.2

中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	57.8	58.0	58.1
1	57.9	58.1	58.0
5	57.9	58.1	58.1
10	58.0	58.0	58.1



中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

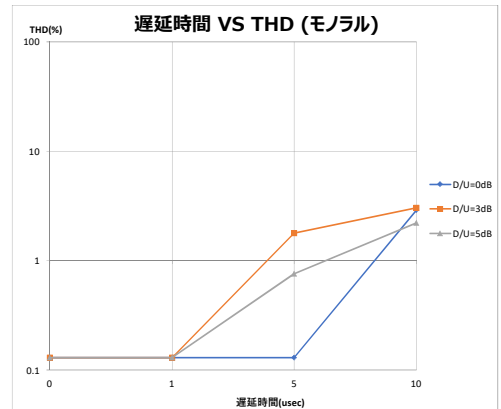
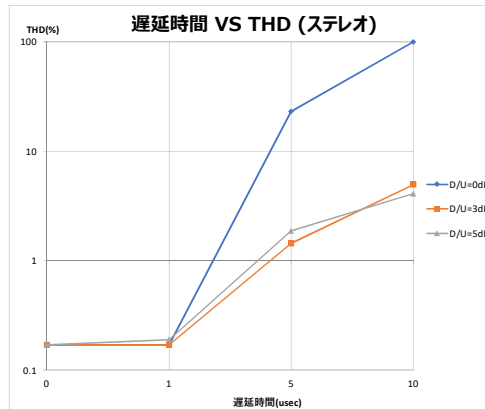
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.17	0.17	0.17
1	0.17	0.17	0.19
5	23.14	1.44	1.87
10	99.91	4.96	4.10

中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.13	0.13	0.13
1	0.13	0.13	0.13
5	0.13	1.78	0.76
10	2.90	3.04	2.21



・AC周波数安定度をえて測定

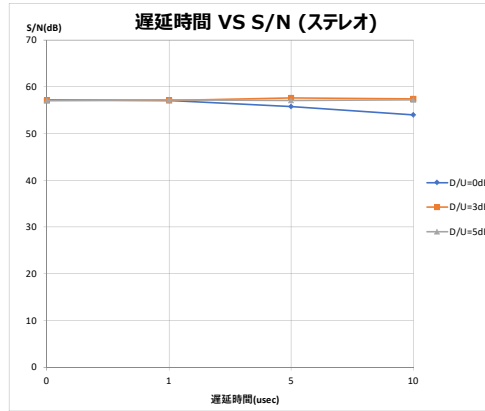
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	変更して測定
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	57.2	57.1	57.1
1	57.1	57.1	57.2
5	55.8	57.6	57.1
10	54.0	57.4	57.2

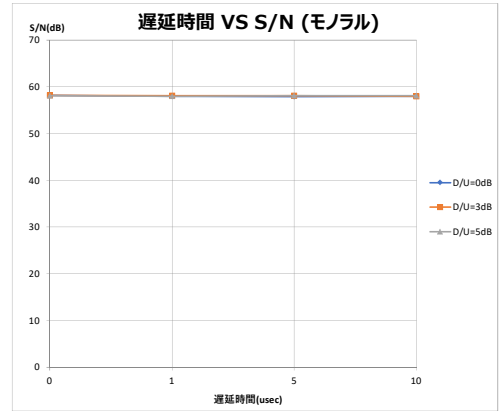


AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	58.2	58.2	58.1
1	58.0	58.1	58.0
5	57.9	58.1	58.1
10	58.0	58.0	58.1

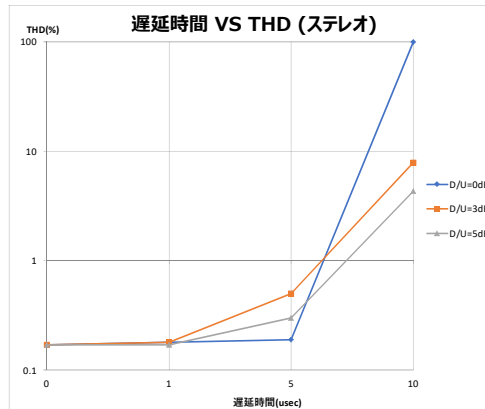


AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.17	0.17	0.17
1	0.18	0.18	0.17
5	0.19	0.50	0.30
10	99.93	7.88	4.31

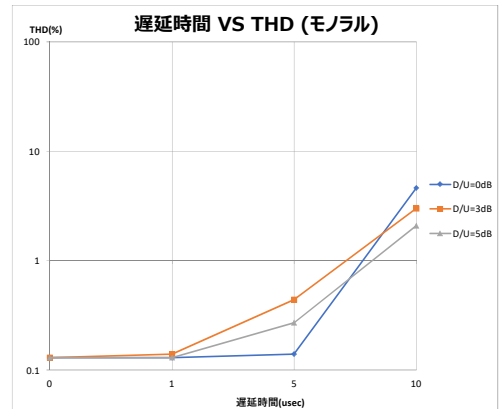


AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.13	0.13	0.13
1	0.13	0.14	0.13
5	0.14	0.44	0.27
10	4.63	3.00	2.09



最大変調度偏差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	変更して測定
受信機入力レベル	60dBu

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

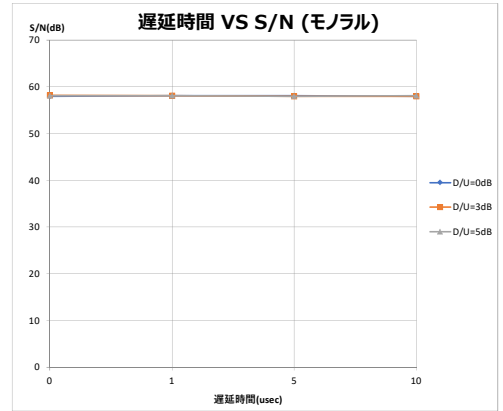
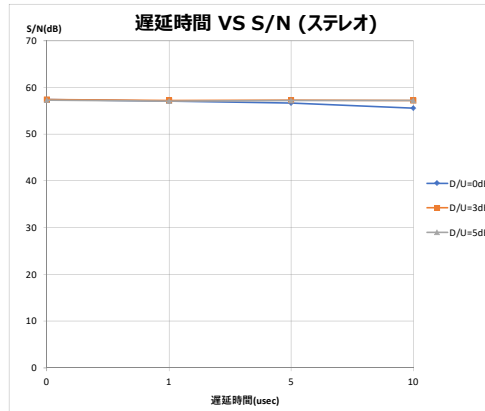
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	57.4	57.4	57.3
1	57.1	57.2	57.1
5	56.7	57.3	57.2
10	55.6	57.2	57.2

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	58.0	58.2	58.1
1	58.1	58.1	58.1
5	58.1	58.0	58.0
10	58.0	58.0	58.1



最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

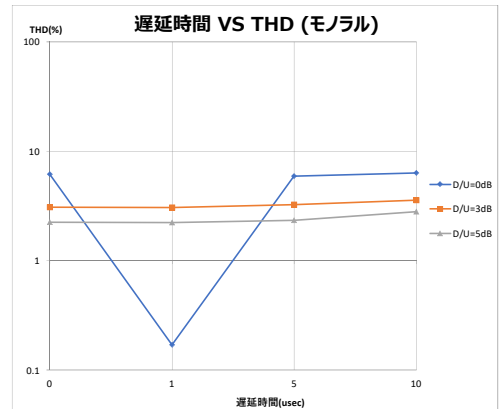
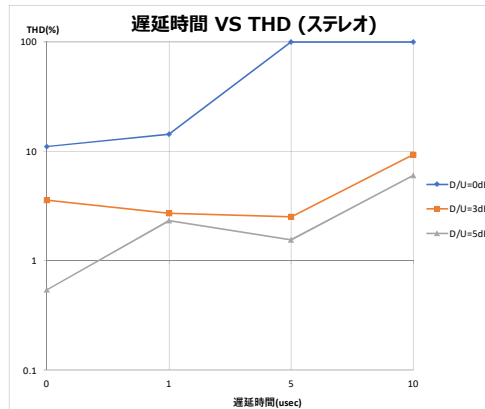
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	THD (%)		
0	11.04	3.58	0.54
1	14.31	2.71	2.32
5	99.92	2.51	1.55
10	99.92	9.32	6.01

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	THD (%)		
0	6.15	3.08	2.25
1	0.17	3.05	2.23
5	5.91	3.24	2.34
10	6.34	3.57	2.80



受信機入力レベルを変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

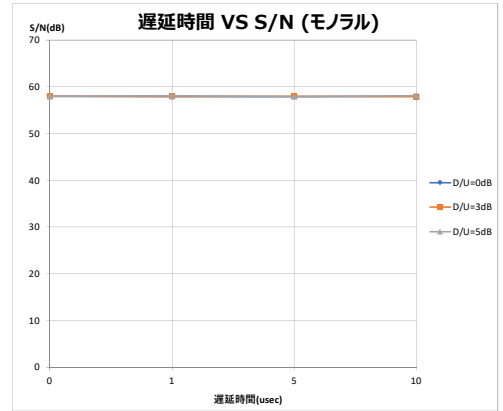
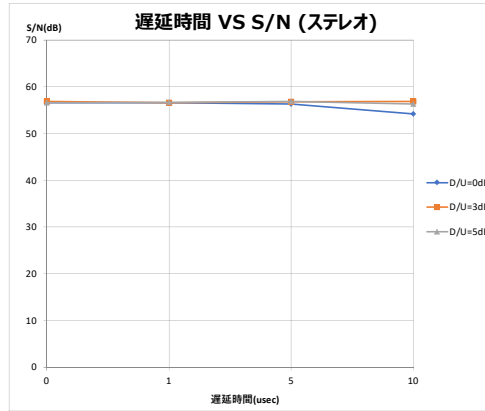
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	56.6	56.9	56.6
1	56.6	56.6	56.7
5	56.3	56.8	56.9
10	54.2	56.9	56.3

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

モノラル

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	58.0	58.0	58.0
1	57.9	58.0	58.1
5	57.9	58.0	57.9
10	58.0	57.9	58.1



受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

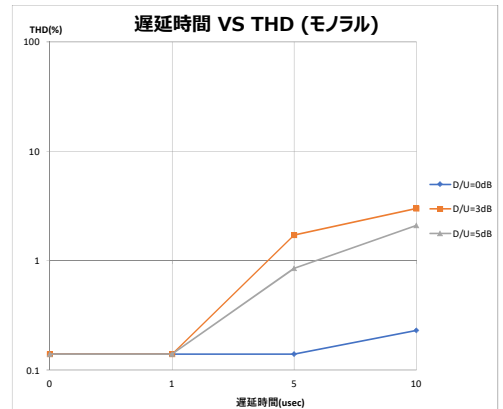
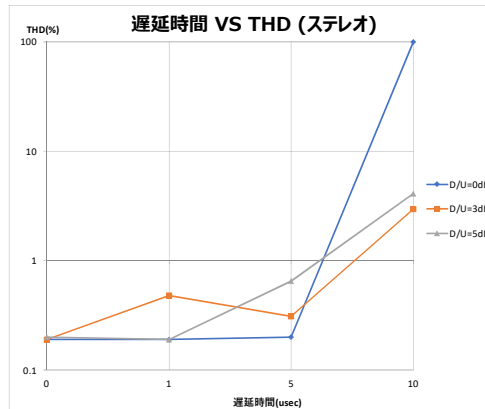
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.19	0.19	0.20
1	0.19	0.48	0.19
5	0.20	0.31	0.65
10	99.92	2.96	4.10

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

モノラル

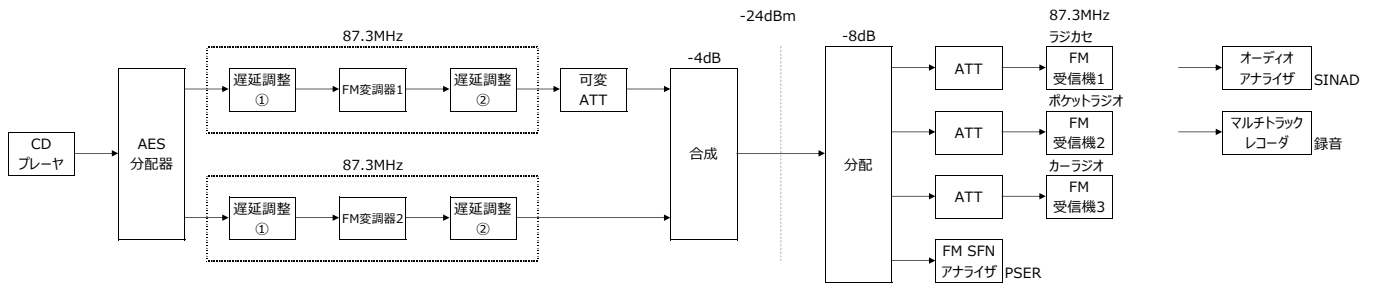
自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.14	0.14	0.14
1	0.14	0.14	0.14
5	0.14	1.71	0.85
10	0.23	3.00	2.10



屋内試験項目① (FM同期方式_デジタル-デジタル変調器)_RX2(ポケットラジオ)

2019/11/1



測定パラメータ

1	レベル差 (D/U)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 50 dB
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, 1000 us
3	搬送波の無変調時の周波数差 (中心周波数偏差)	0.2, 1, 2, 10 Hz
4	搬送波の変調時 周波数安定度差 (AC周波数安定度)	0, 2, 6 Hz
5	最大変調度偏差	1, 75, 300, 1000, 2000, 5000 Hz
6	受信機入力レベル	48, 60 dBuV
7	ステレオ信号時との比較	モノラル, ステレオ

・D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

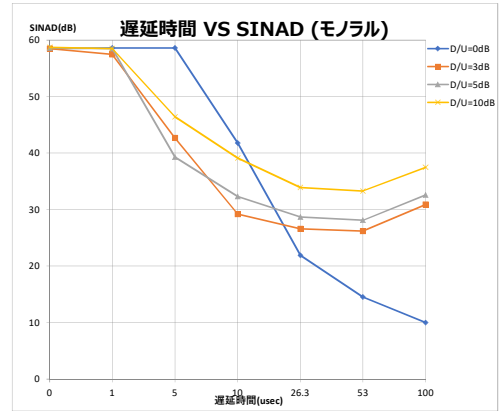
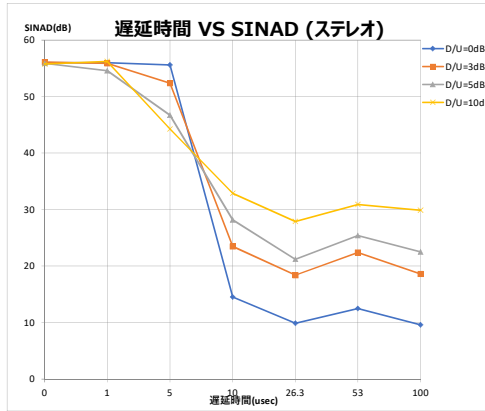
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

ステレオ L:50%,R:31%
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	56.0	56.1	55.9	55.8
1	56.0	55.9	54.6	56.2
5	55.6	52.4	46.7	44.3
10	14.5	23.5	28.2	32.9
26.3	9.9	18.4	21.2	27.9
53	12.5	22.4	25.4	30.9
100	9.6	18.6	22.5	29.9

モノラル L:50%,R:31%
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	58.5	58.5	58.6	58.7
1	58.6	57.5	58.5	58.5
5	58.6	42.7	39.3	46.4
10	41.8	29.2	32.3	39.1
26.3	21.9	26.6	28.7	33.9
53	14.5	26.2	28.1	33.3
100	10.0	30.9	32.6	37.5

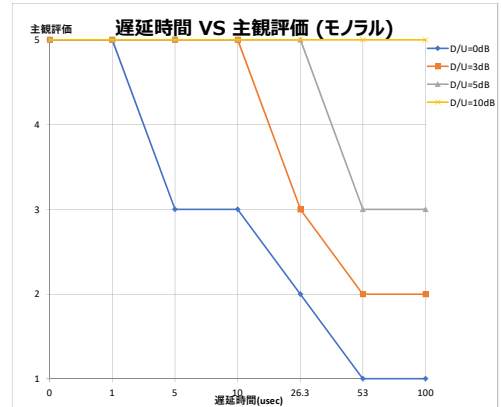
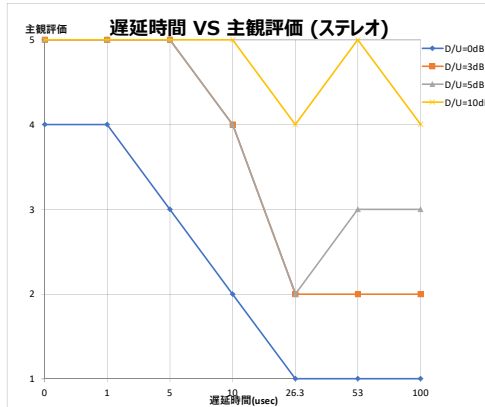


ステレオ 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	4	5	5	5
1	4	5	5	5
5	3	5	5	5
10	2	4	4	5
26.3	1	2	2	4
53	1	2	3	5
100	1	2	3	4

モノラル 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	5	5	5	5
1	5	5	5	5
5	3	5	5	5
10	3	5	5	5
26.3	2	3	5	5
53	1	2	3	5
100	1	2	3	5



・中心周波数偏差を変えて測定

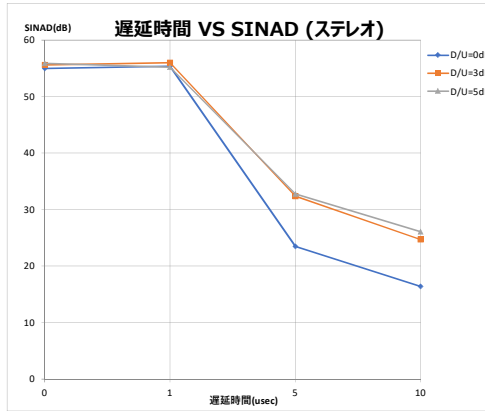
中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	55.0	55.6	55.9
1	55.4	56.0	55.2
5	23.5	32.4	32.8
10	16.4	24.7	26.1

中心周波数偏差	変更して測定
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

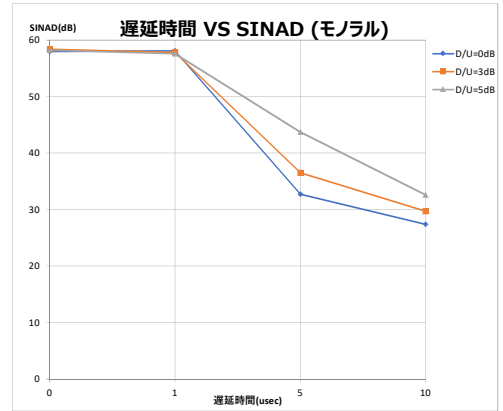


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	58.0	58.4	58.2
1	58.1	57.8	57.6
5	32.7	36.5	43.7
10	27.4	29.7	32.6

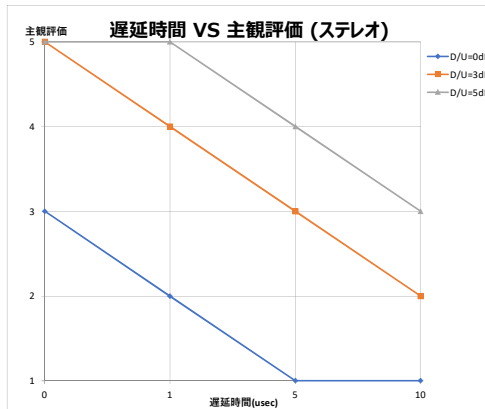


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

主観評価 ピアノ

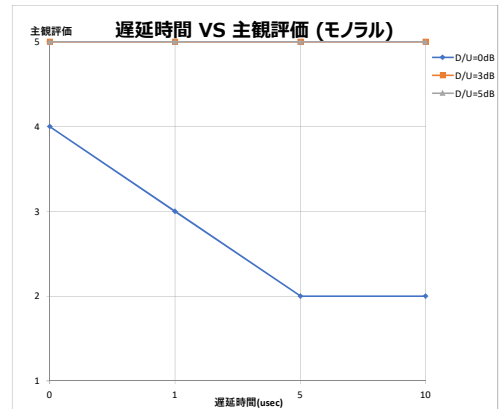
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	3	5	5
1	2	4	5
5	1	3	4
10	1	2	3



モノラル

主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	4	5	5
1	3	5	5
5	2	5	5
10	2	5	5



・AC周波数安定度をえて測定

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

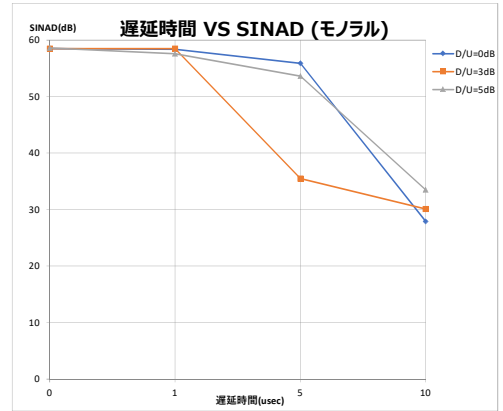
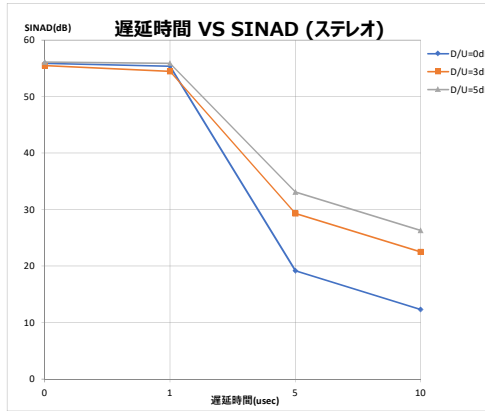
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	55.9	55.5	56.1
1	55.4	54.5	55.9
5	19.2	29.3	33.1
10	12.3	22.5	26.3

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	変更して測定
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	58.5	58.5	58.6
1	58.4	58.5	57.6
5	55.9	35.5	53.6
10	27.9	30.1	33.5



AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

主観評価

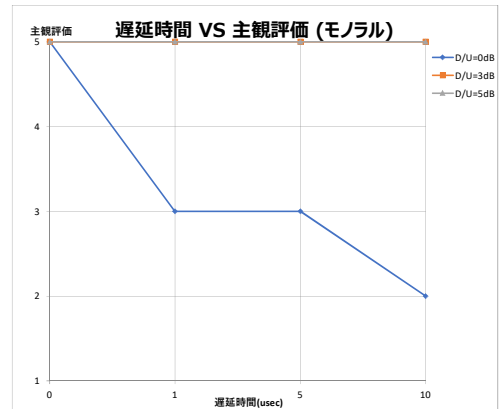
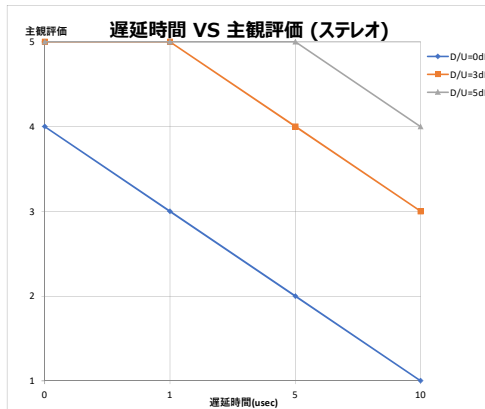
遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	4	5	5
1	3	5	5
5	2	4	5
10	1	3	4

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

主観評価

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	5	5	5
1	3	5	5
5	3	5	5
10	2	5	5



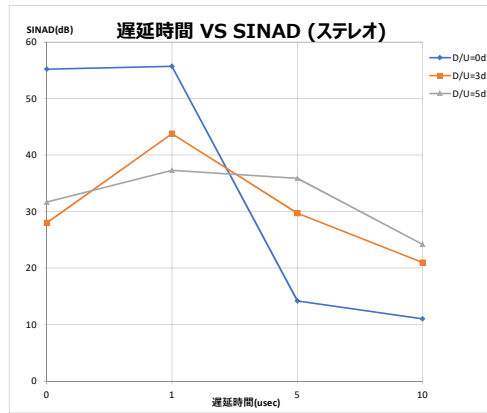
最大変調度偏差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	変更して測定
受信機入力レベル	60dBu

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

ステレオ

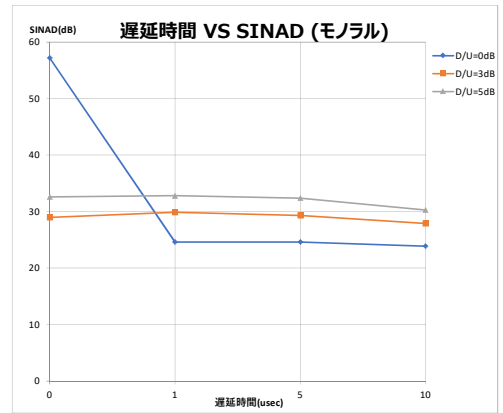
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	55.2	28.0	31.7
1	55.7	43.8	37.3
5	14.2	29.7	35.9
10	11.0	21.0	24.2



最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

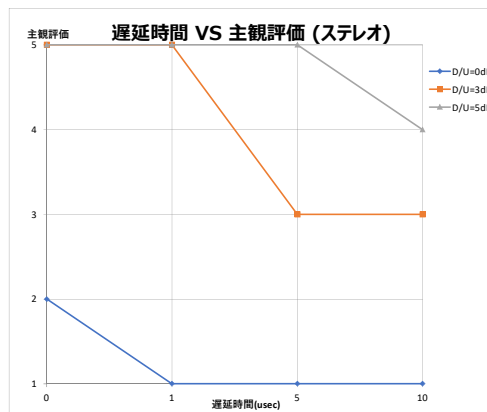
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	57.2	29.0	32.6
1	24.6	29.9	32.8
5	24.6	29.3	32.4
10	23.9	27.9	30.3



最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

ステレオ

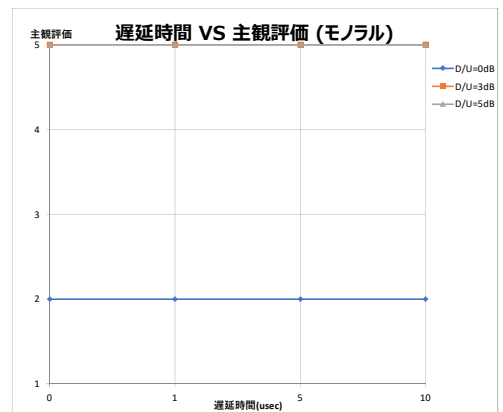
遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	2	5	5
1	1	5	5
5	1	3	5
10	1	3	4



最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	2	5	5
1	2	5	5
5	2	5	5
10	2	5	5



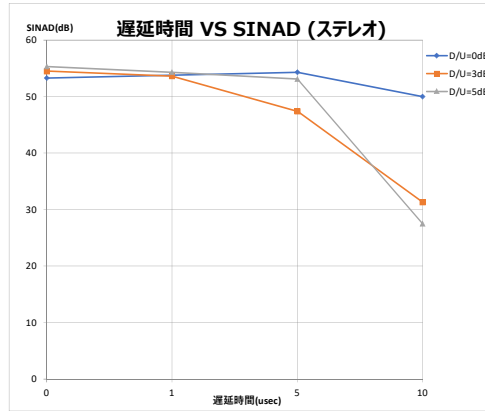
受信機入力レベルを変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

ステレオ

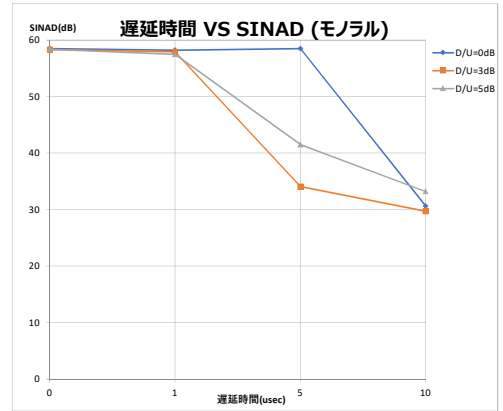
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	53.3	54.5	55.3
1	53.8	53.6	54.3
5	54.3	47.4	53.1
10	50.0	31.3	27.5



受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	58.5	58.3	58.4
1	58.2	57.9	57.5
5	58.5	34.1	41.5
10	30.6	29.7	33.2

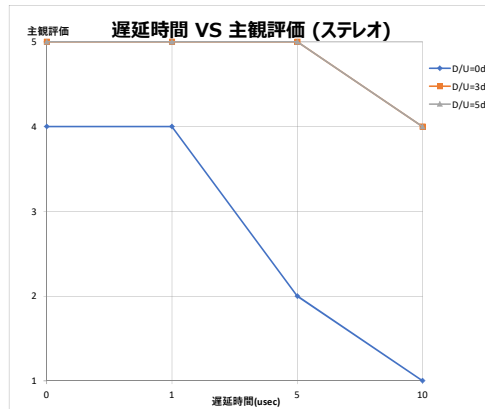


受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

ステレオ

主観評価

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	4	5	5
1	4	5	5
5	2	5	5
10	1	4	4

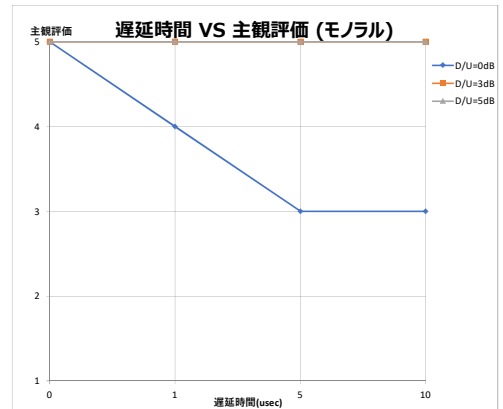


受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

モノラル

主観評価

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	5	5	5
1	4	5	5
5	3	5	5
10	3	5	5



・D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

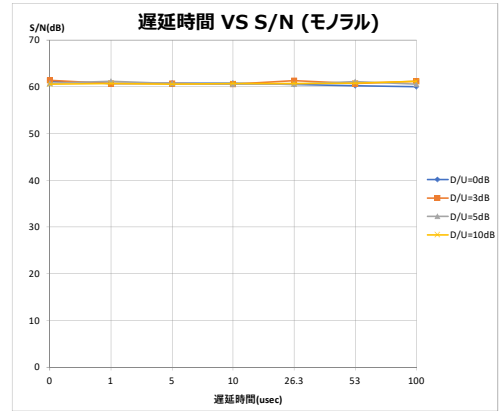
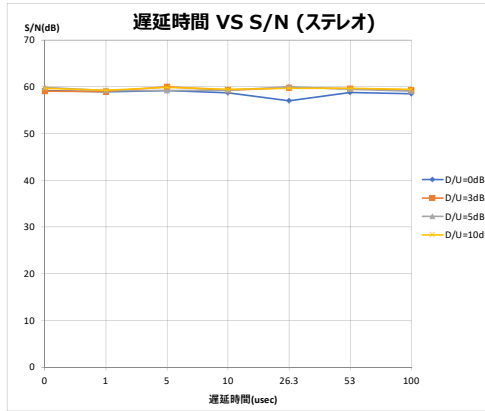
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

ステレオ L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	59.2	59.1	59.9	59.7
1	58.9	59.0	59.2	59.3
5	59.2	60.0	59.2	59.9
10	58.7	59.3	59.3	59.5
26.3	57.0	59.8	60.0	59.7
53	58.8	59.6	59.5	59.7
100	58.5	59.3	59.1	59.5

モノラル L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	61.2	61.4	60.8	60.6
1	60.7	60.7	61.2	60.7
5	60.8	60.7	60.7	60.6
10	60.8	60.6	60.6	60.7
26.3	60.5	61.3	60.6	60.7
53	60.2	60.7	61.1	60.8
100	60.0	61.2	60.6	61.2

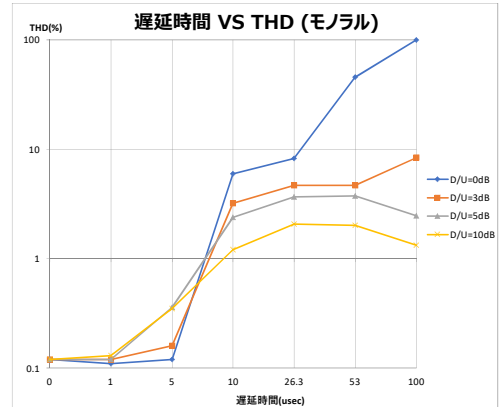
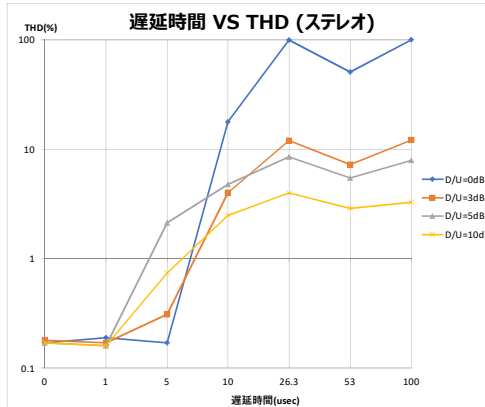


ステレオ L:50%,R:31%
THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	0.17	0.18	0.17	0.17
1	0.19	0.17	0.16	0.16
5	0.17	0.31	2.12	0.74
10	17.74	4.01	4.76	2.49
26.3	99.83	12.01	8.52	3.99
53	50.82	7.24	5.46	2.88
100	99.96	12.14	7.90	3.28

モノラル L:50%,R:31%
THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	0.12	0.12	0.12	0.12
1	0.11	0.12	0.12	0.13
5	0.12	0.16	0.36	0.35
10	5.98	3.20	2.39	1.21
26.3	8.26	4.67	3.66	2.07
53	45.50	4.69	3.75	2.01
100	99.95	8.38	2.47	1.33



・中心周波数偏差を変えて測定

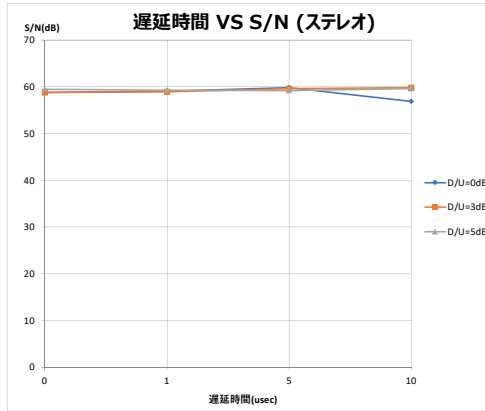
中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

中心周波数偏差	変更して測定
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	58.8	58.8	59.5
1	59.1	58.9	59.3
5	59.8	59.6	59.2
10	56.9	59.8	59.6

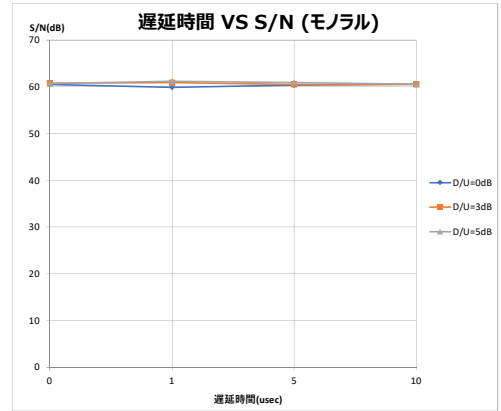


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	60.5	60.8	60.7
1	59.9	60.9	61.2
5	60.4	60.5	60.9
10	60.6	60.5	60.6

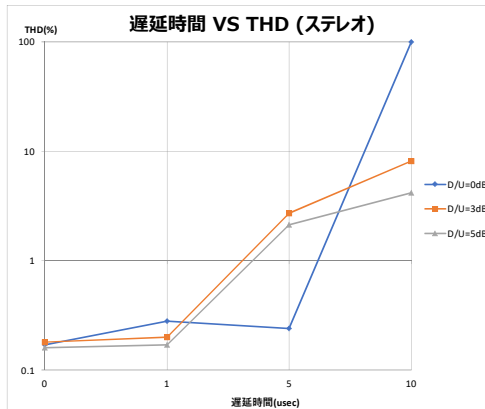


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.17	0.18	0.16
1	0.28	0.20	0.17
5	0.24	2.71	2.12
10	99.91	8.15	4.18

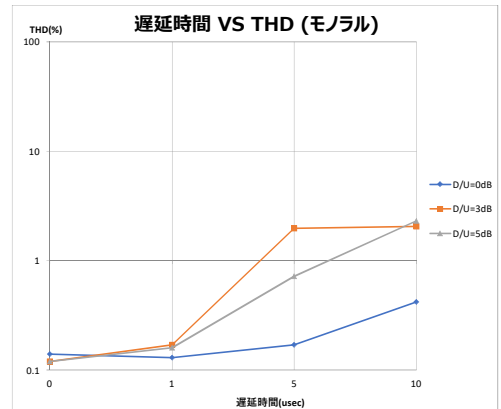


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.14	0.12	0.12
1	0.13	0.17	0.16
5	0.17	1.97	0.72
10	0.42	2.06	2.31



・AC周波数安定度をえて測定

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	59.4	59.2	59.3
1	59.2	59.3	59.5
5	54.9	59.9	59.1
10	57.3	59.6	59.9

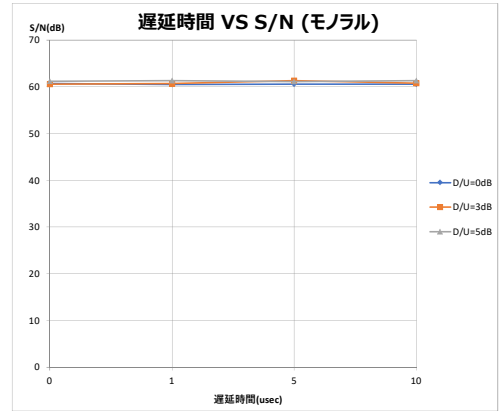
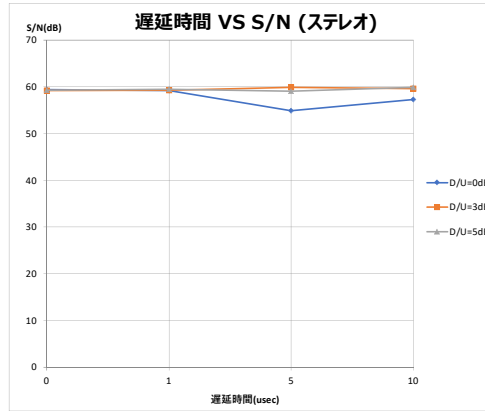
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	変更して測定
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	60.7	60.6	61.2
1	60.5	60.7	61.3
5	60.6	61.3	61.1
10	60.6	60.8	61.3



AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

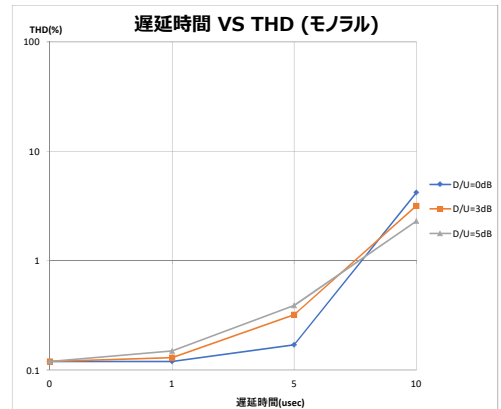
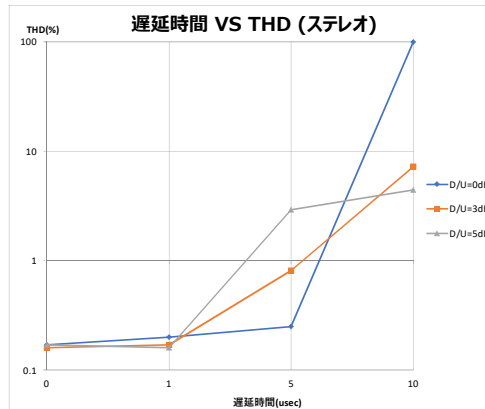
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.17	0.16	0.17
1	0.20	0.17	0.16
5	0.25	0.81	2.91
10	99.90	7.24	4.43

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.12	0.12	0.12
1	0.12	0.13	0.15
5	0.17	0.32	0.39
10	4.19	3.17	2.30



最大変調度偏差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	変更して測定
受信機入力レベル	60dBu

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

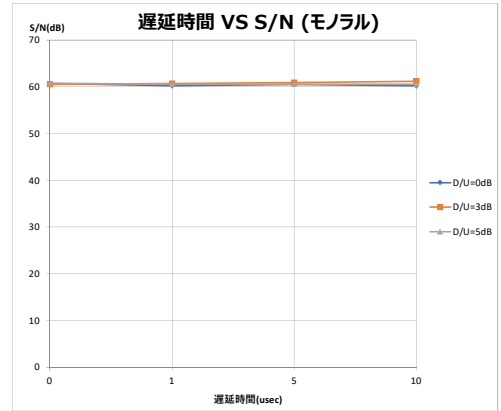
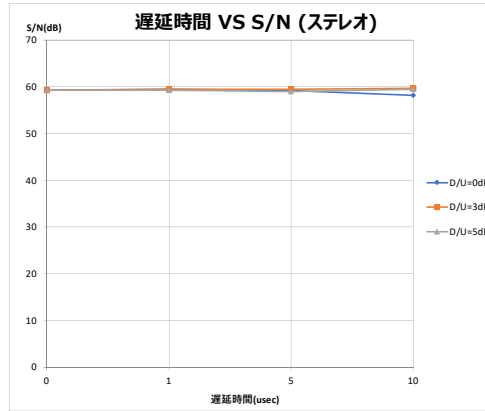
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	59.3	59.3	59.3
1	59.5	59.5	59.3
5	59.2	59.5	59.0
10	58.2	59.7	59.5

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	60.7	60.6	60.8
1	60.2	60.7	60.6
5	60.5	60.9	60.6
10	60.2	61.2	60.6



最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

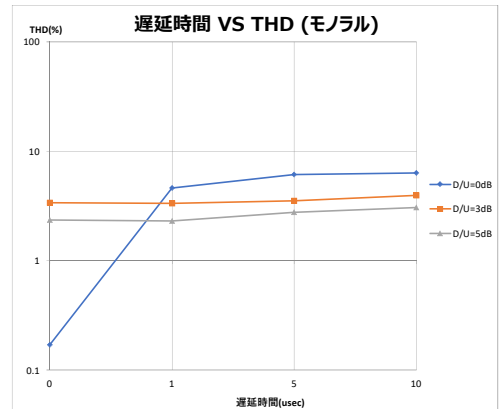
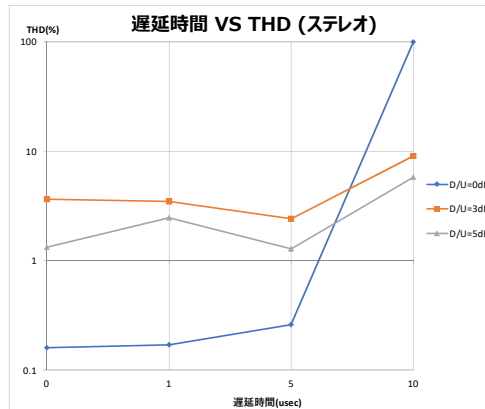
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.16	3.65	1.33
1	0.17	3.47	2.47
5	0.26	2.41	1.28
10	99.93	9.06	5.79

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.17	3.38	2.35
1	4.60	3.35	2.30
5	6.14	3.52	2.77
10	6.35	3.95	3.05



受信機入力レベルを変えて測定

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

ステレオ

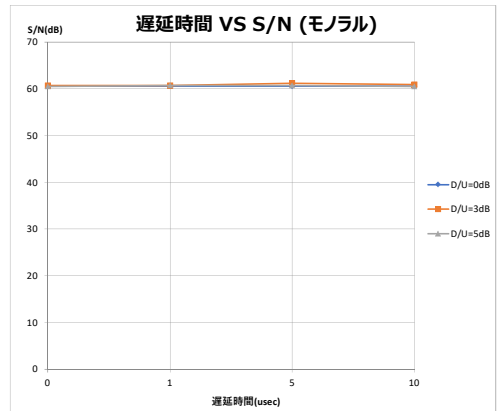
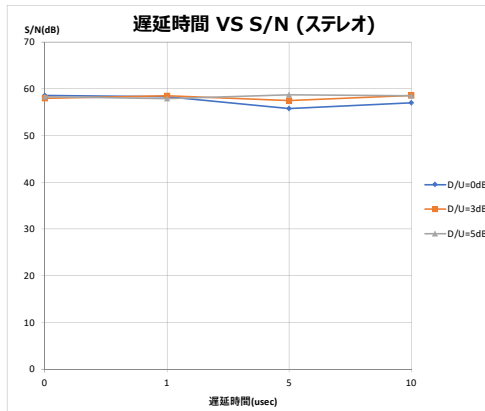
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	58.6	58.0	58.3
1	58.3	58.5	57.9
5	55.8	57.5	58.7
10	57.0	58.6	58.5

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	60.6	60.7	60.5
1	60.6	60.7	60.7
5	60.6	61.2	60.7
10	60.6	60.9	60.5



受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

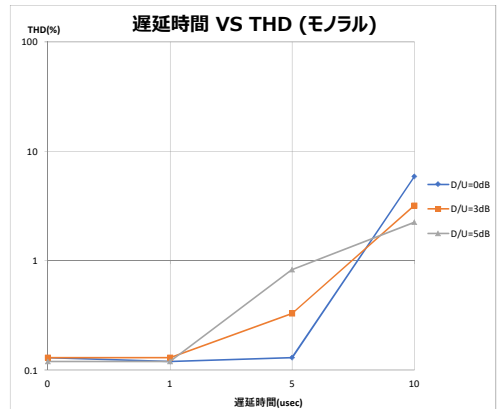
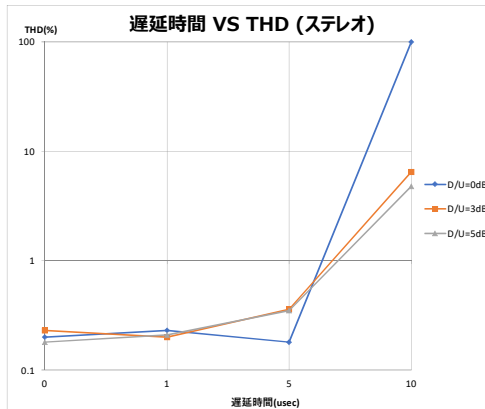
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.20	0.23	0.18
1	0.23	0.20	0.21
5	0.18	0.36	0.35
10	99.83	6.48	4.78

受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

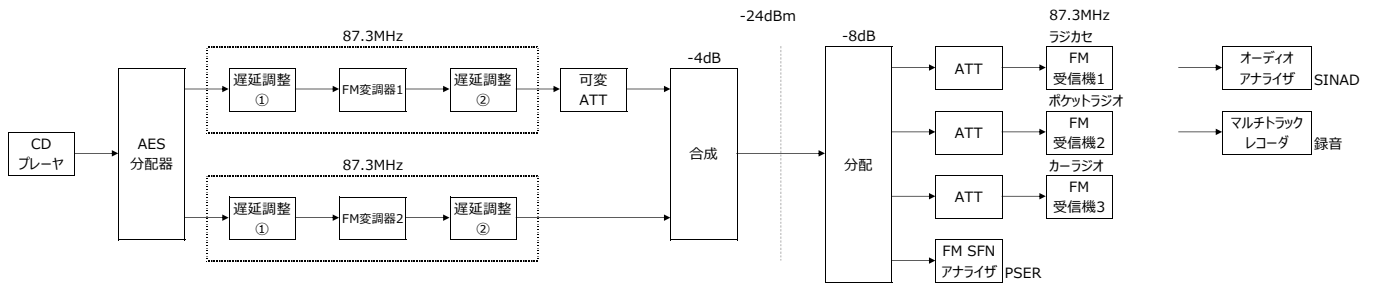
モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.13	0.13	0.12
1	0.12	0.13	0.12
5	0.13	0.33	0.83
10	5.90	3.19	2.24



屋内試験項目① (FM同期方式_デジタル-デジタル変調器)_RX3(カーラジオ)

2019/11/1



測定パラメータ

1	レベル差 (D/U)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 50 dB
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, 1000 us
3	搬送波の無変調時の周波数差 (中心周波数偏差)	0.2, 1, 2, 10 Hz
4	搬送波の変調時 周波数安定度差 (AC周波数安定度)	0, 2, 6 Hz
5	最大変調度偏差	1, 75, 300, 1000, 2000, 5000 Hz
6	受信機入力レベル	48, 60 dBuV
7	ステレオ信号時との比較	モノラル, ステレオ

D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

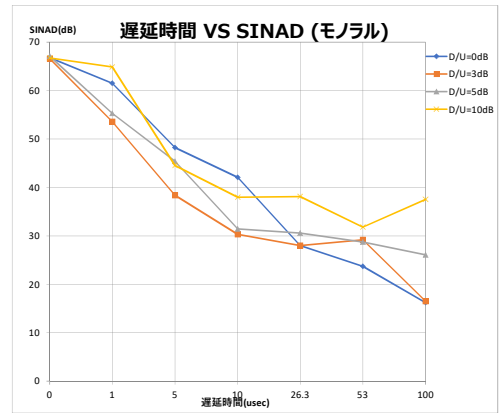
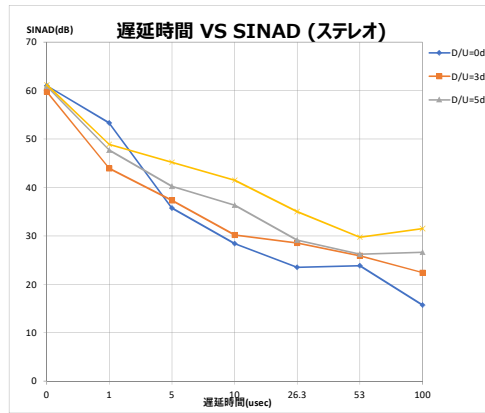
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

ステレオ L:50%,R:31%
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	61.0	59.8	60.9	61.2
1	53.3	43.9	47.7	48.9
5	35.7	37.3	40.2	45.2
10	28.4	30.2	36.3	41.5
26.3	23.5	28.5	29.1	35.0
53	23.8	25.9	26.2	29.7
100	15.7	22.4	26.6	31.5

モノラル L:50%,R:31%
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	66.8	66.6	67.1	66.7
1	61.5	53.6	55.3	64.9
5	48.2	38.4	45.4	44.5
10	42.1	30.3	31.4	38.0
26.3	28.0	28.0	30.6	38.1
53	23.7	29.2	28.7	31.8
100	16.2	16.5	26.1	37.5

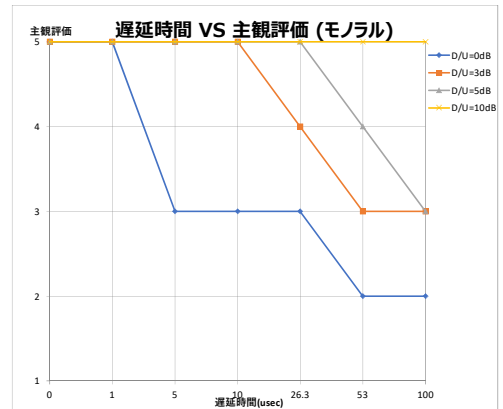
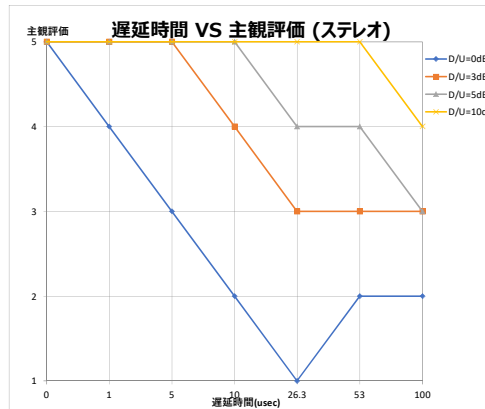


ステレオ 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	5	5	5	5
1	4	5	5	5
5	3	5	5	5
10	2	4	5	5
26.3	1	3	4	5
53	2	3	4	5
100	2	3	3	4

モノラル 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	5	5	5	5
1	5	5	5	5
5	3	5	5	5
10	3	5	5	5
26.3	3	4	5	5
53	2	3	4	5
100	2	3	3	5



・中心周波数偏差を変えて測定

中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	61.8	60.7	60.8
1	48.2	40.4	47.6
5	34.4	36.6	39.8
10	27.3	30.8	35.3

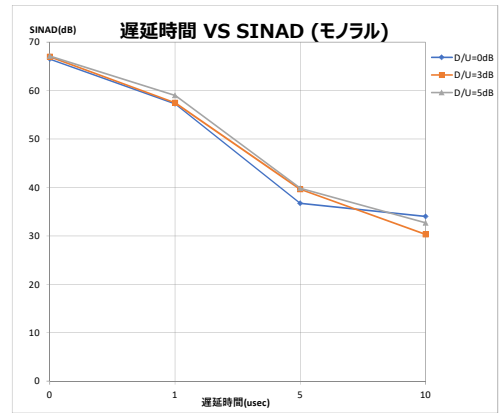
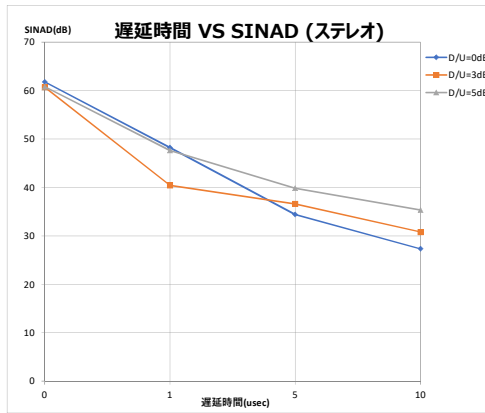
中心周波数偏差	変更して測定
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	66.5	67.0	67.1
1	57.3	57.5	59.0
5	36.7	39.6	39.8
10	34.0	30.3	32.7



中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

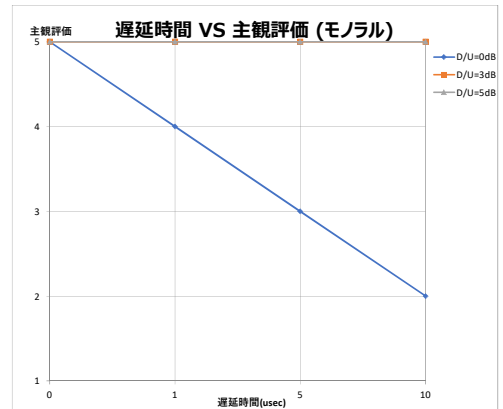
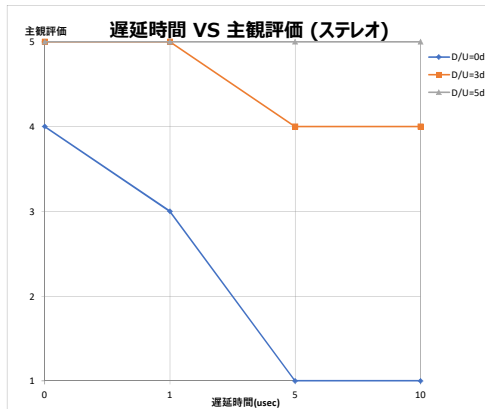
主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	4	5	5
1	3	5	5
5	1	4	5
10	1	4	5

モノラル

主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	5	5	5
1	4	5	5
5	3	5	5
10	2	5	5



・AC周波数安定度を覚えて測定

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

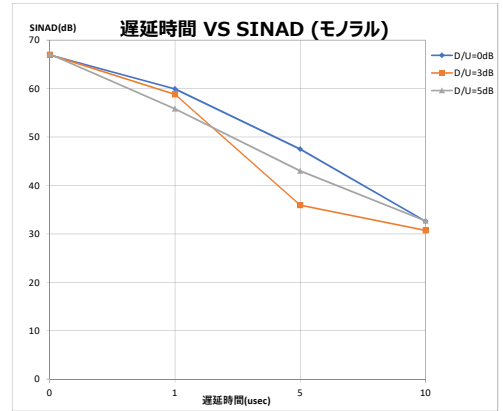
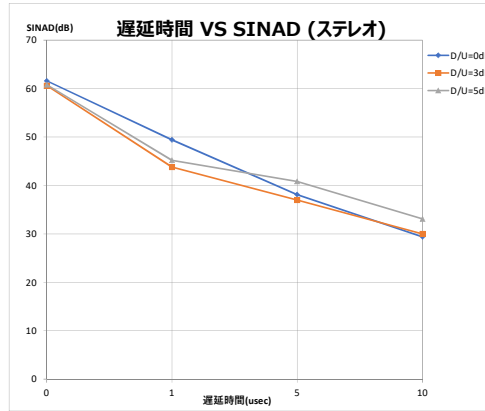
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	61.6	60.6	60.8
1	49.4	43.8	45.2
5	38.1	37.0	40.8
10	29.4	30.0	33.1

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	変更して測定
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	66.9	67.0	67.1
1	59.9	58.8	55.8
5	47.5	35.9	43.0
10	32.6	30.7	32.7



AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

主観評価

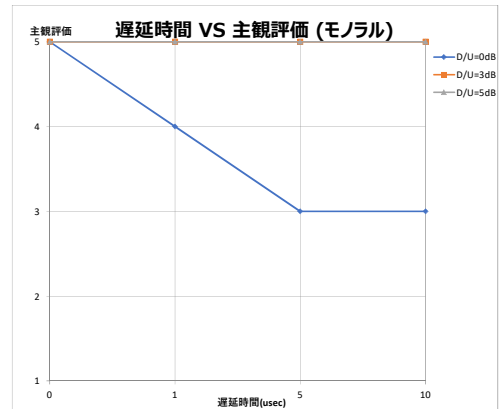
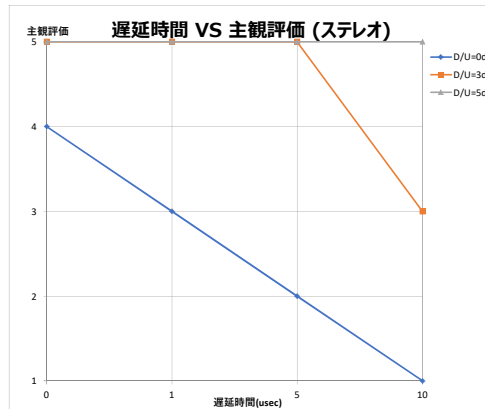
遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	4	5	5
1	3	5	5
5	2	5	5
10	1	3	5

AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

主観評価

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	5	5	5
1	4	5	5
5	3	5	5
10	3	5	5



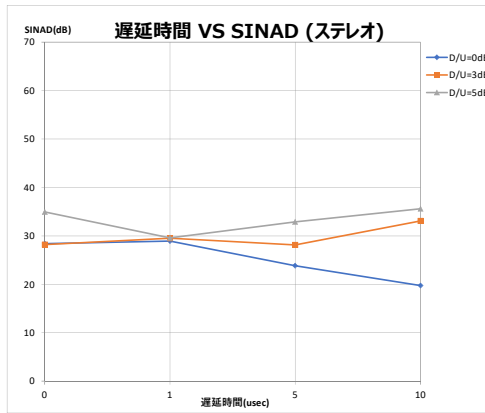
最大変調度偏差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	変更して測定
受信機入力レベル	60dBu

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

ステレオ

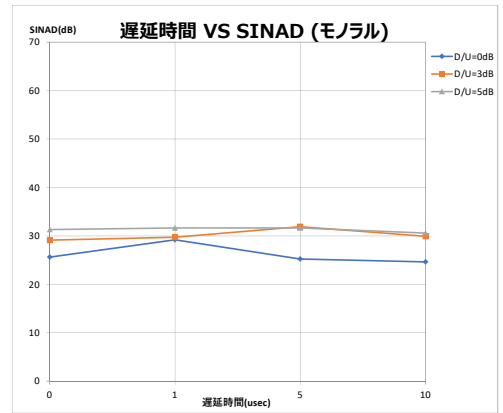
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	28.4	28.2	34.9
1	28.9	29.5	29.6
5	23.8	28.1	32.9
10	19.7	33.1	35.6



最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	25.6	29.1	31.3
1	29.2	29.7	31.6
5	25.2	31.9	31.6
10	24.6	29.9	30.6

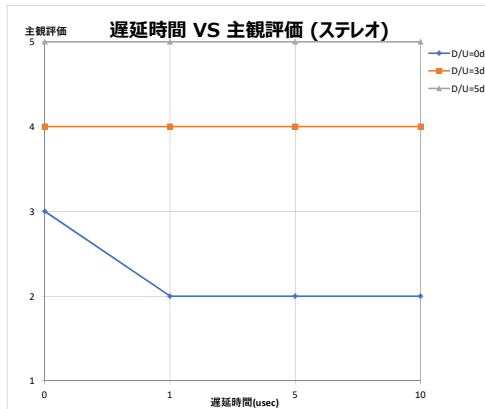


最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

ステレオ

主観評価

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	3	4	5
1	2	4	5
5	2	4	5
10	2	4	5

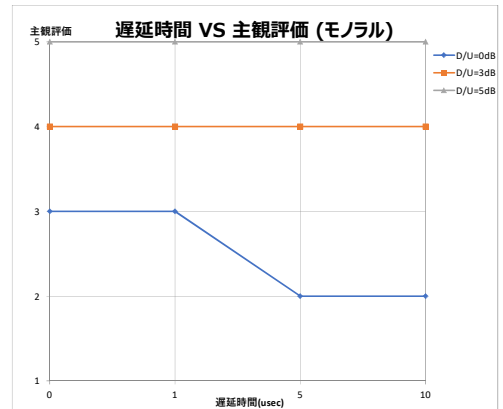


最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

主観評価

遅延時間差 (us)	ピアノ		
	D/U (dB)		
0	3	4	5
1	3	4	5
5	2	4	5
10	2	4	5



・受信機入力レベルを変えて測定

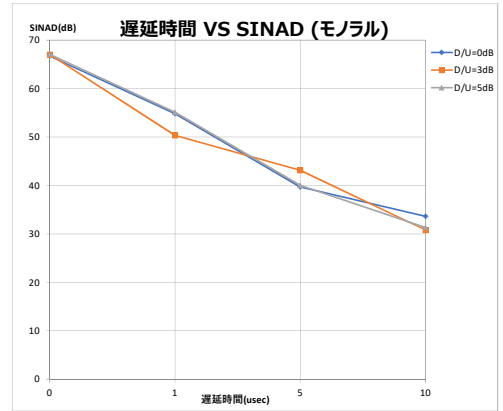
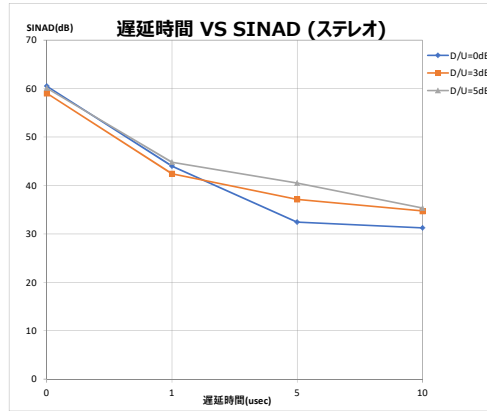
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	60.5	59.0	60.1
1	44.0	42.4	44.8
5	32.4	37.1	40.5
10	31.2	34.7	35.3

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

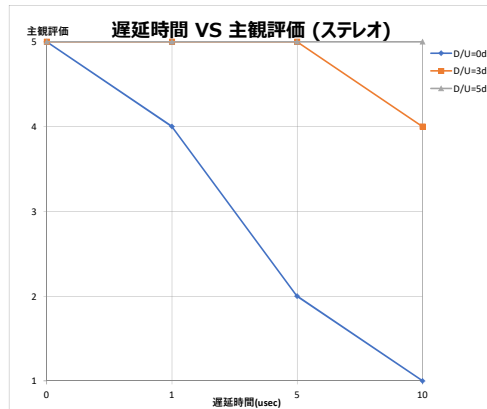
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	66.7	67.0	67.1
1	54.8	50.3	55.1
5	39.7	43.1	40.0
10	33.6	30.8	31.3



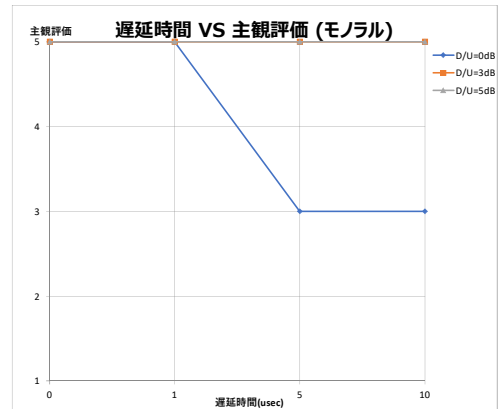
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	5	5	5
1	4	5	5
5	2	5	5
10	1	4	5



受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	5	5	5
1	5	5	5
5	3	5	5
10	3	5	5

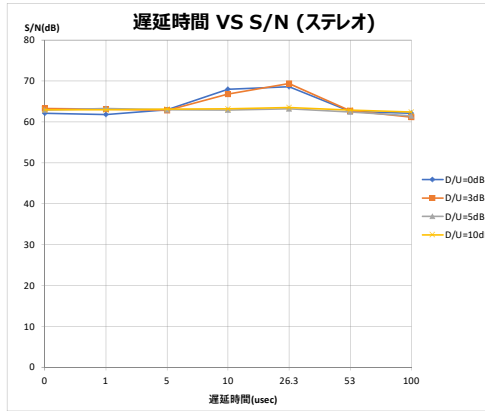


D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

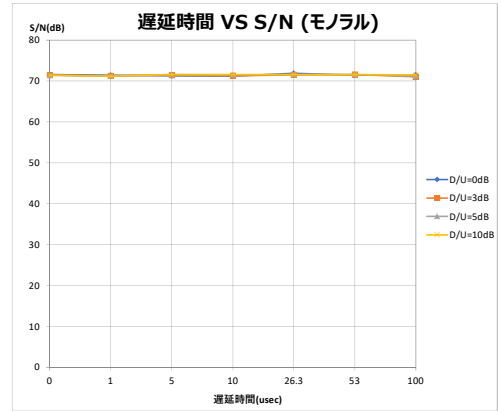
ステレオ L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	62.1	63.3	62.9	63.0
1	61.8	63.1	63.3	63.0
5	63.0	62.8	63.0	63.1
10	68.0	66.8	62.9	63.2
26.3	68.6	69.4	63.2	63.5
53	62.6	62.7	62.4	62.9
100	62.1	61.2	61.5	62.4



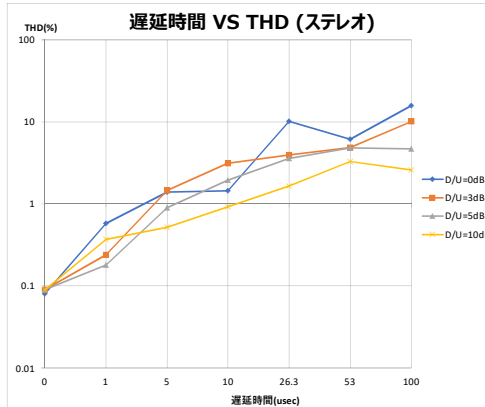
モノラル L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	71.6	71.4	71.4	71.4
1	71.4	71.3	71.2	71.2
5	71.3	71.4	71.6	71.6
10	71.2	71.3	71.5	71.6
26.3	71.9	71.5	71.6	71.6
53	71.4	71.6	71.6	71.6
100	71.5	71.0	71.2	71.5



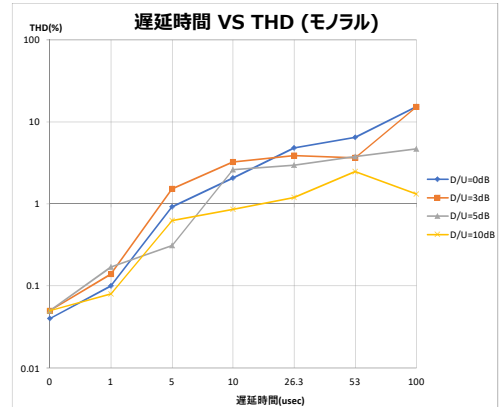
ステレオ L:50%,R:31%
THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	0.08	0.09	0.09	0.09
1	0.58	0.24	0.18	0.37
5	1.39	1.46	0.90	0.52
10	1.45	3.12	1.94	0.92
26.3	10.15	3.96	3.57	1.65
53	6.17	4.86	4.82	3.29
100	15.80	10.12	4.71	2.59



モノラル L:50%,R:31%
THD(%) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)			
	0	3	5	10
0	0.04	0.05	0.05	0.05
1	0.10	0.14	0.17	0.08
5	0.92	1.53	0.31	0.63
10	2.08	3.25	2.61	0.86
26.3	4.80	3.88	2.98	1.20
53	6.49	3.64	3.79	2.48
100	15.38	15.22	4.68	1.32



・中心周波数偏差を変えて測定

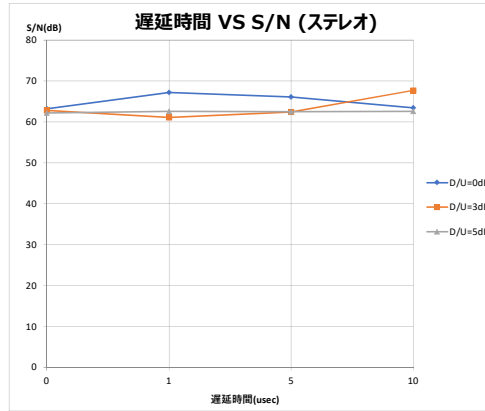
中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

中心周波数偏差	変更して測定
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	63.2	62.8	62.2
1	67.2	61.1	62.6
5	66.1	62.4	62.5
10	63.4	67.7	62.6

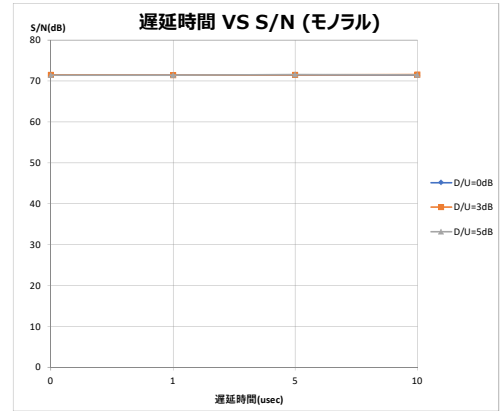


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	71.4	71.5	71.4
1	71.4	71.4	71.4
5	71.5	71.5	71.6
10	71.4	71.6	71.5

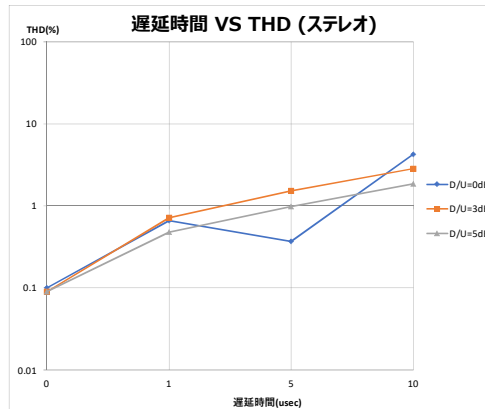


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.10	0.09	0.09
1	0.66	0.72	0.48
5	0.37	1.52	0.98
10	4.27	2.85	1.86

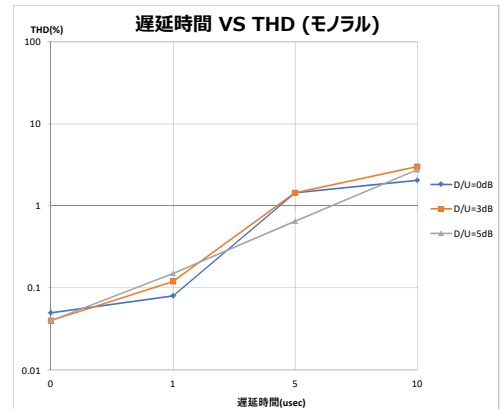


中心周波数偏差	2Hz
---------	-----

モノラル

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.05	0.04	0.04
1	0.08	0.12	0.15
5	1.45	1.45	0.65
10	2.05	3.01	2.77



・AC周波数安定度をえて測定

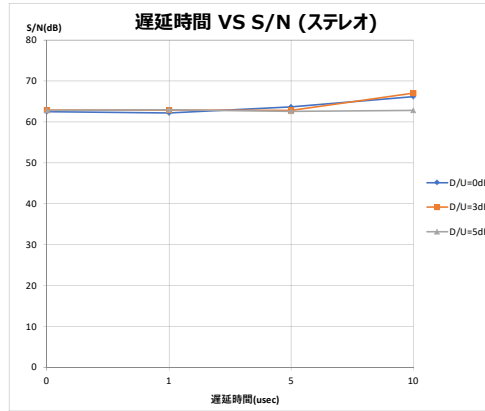
AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	変更して測定
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	62.5	62.9	62.8
1	62.2	62.9	63.0
5	63.7	62.8	62.6
10	66.2	67.0	62.8

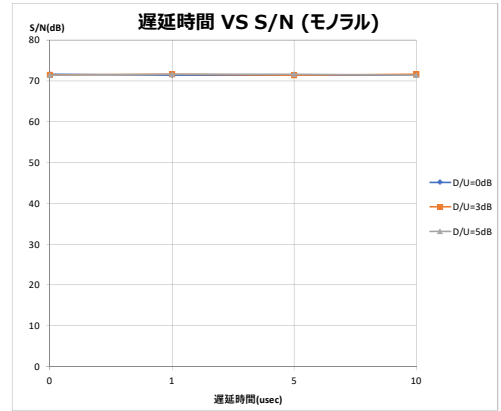


AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	71.6	71.5	71.4
1	71.4	71.6	71.6
5	71.4	71.4	71.6
10	71.4	71.6	71.4

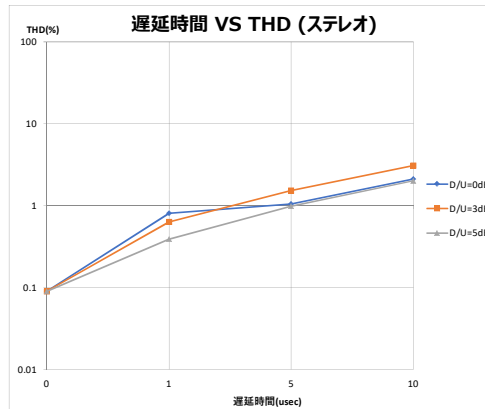


AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

ステレオ

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.09	0.09	0.09
1	0.81	0.63	0.39
5	1.05	1.53	0.98
10	2.11	3.07	2.01

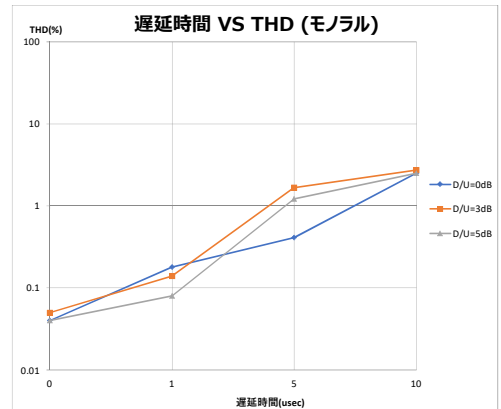


AC周波数安定度	2Hz
----------	-----

モノラル

自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	0.04	0.05	0.04
1	0.18	0.14	0.08
5	0.41	1.67	1.22
10	2.51	2.74	2.50



最大変調度偏差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	変更して測定
受信機入力レベル	60dBu

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

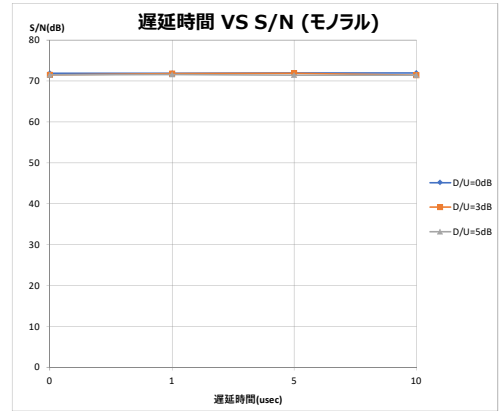
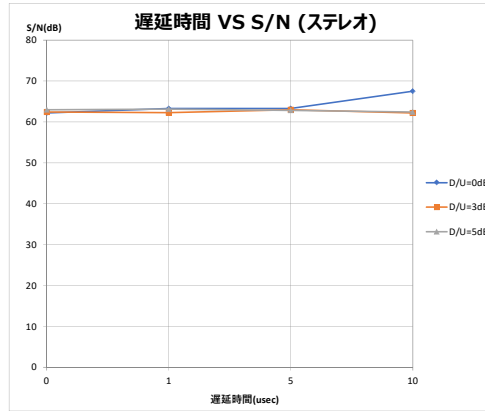
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	62.2	62.4	63.0
1	63.3	62.3	63.1
5	63.3	63.0	62.8
10	67.5	62.2	62.4

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	71.9	71.5	71.5
1	71.9	71.8	71.6
5	72.0	71.9	71.4
10	72.0	71.4	71.4



最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

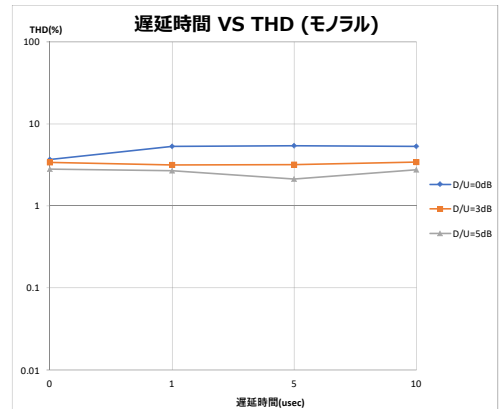
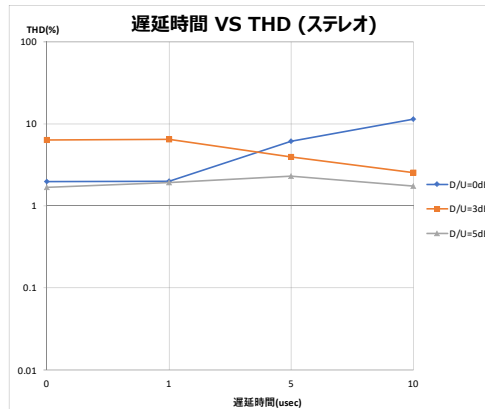
ステレオ

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	1.98	6.37	1.69
1	1.99	6.50	1.93
5	6.12	3.95	2.30
10	11.46	2.55	1.75

最大変調度偏差	5000Hz
---------	--------

モノラル

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	3.67	3.41	2.81
1	5.33	3.15	2.69
5	5.43	3.20	2.12
10	5.34	3.44	2.77

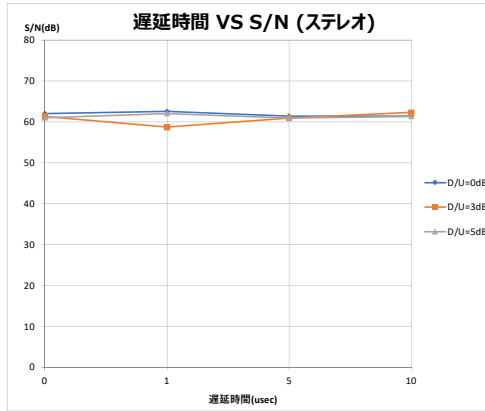


受信機入力レベルを変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

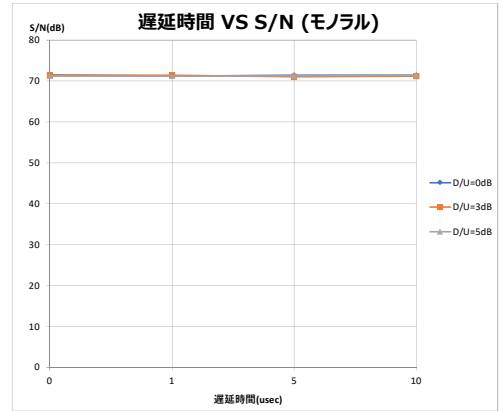
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	62.0	61.3	61.0
1	62.6	58.7	62.0
5	61.4	60.9	60.9
10	61.4	62.3	61.3



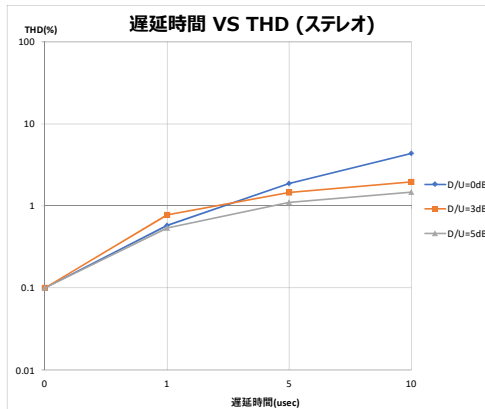
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	71.5	71.4	71.2
1	71.2	71.4	71.2
5	71.4	71.0	71.3
10	71.4	71.2	71.4



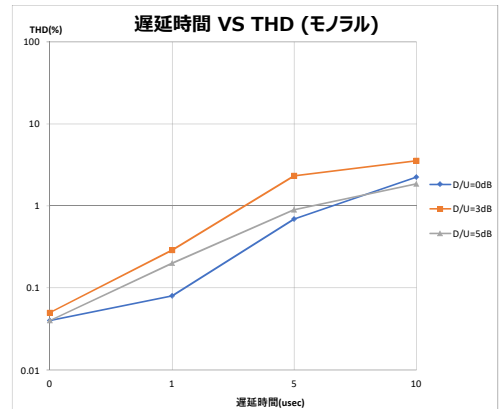
受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.10	0.10	0.10
1	0.58	0.78	0.54
5	1.87	1.46	1.10
10	4.38	1.97	1.47



受信機入力レベル	48dBu
----------	-------

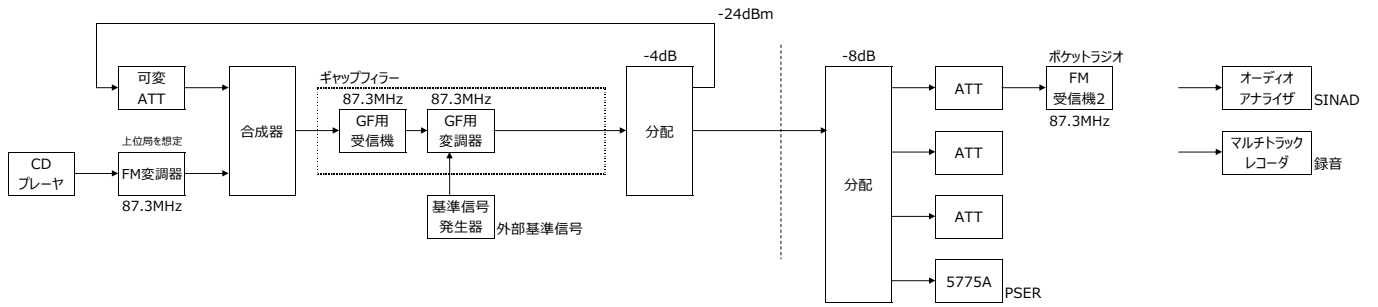
遅延時間差 (us)	自動測定(50回計測の中央値)		
	D/U (dB)		
0	0.04	0.05	0.04
1	0.08	0.29	0.20
5	0.69	2.33	0.90
10	2.24	3.55	1.86



資料4：屋内試験_データ_GF方式

屋内試験項目② (ギャップファイラ方式)

2019/11/1



測定パラメータ

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, 50 dB
2	音声信号の時間差 (回り込み遅延時間差)	53.1, 300, 1000 us
3	搬送波の無変調時の周波数差 (中心周波数偏差)	0.2Hz(ロック時), フリーラン時
4	搬送波の変調時周波数安定度差 (AC周波数安定度)	0.2Hz(ロック時), フリーラン時
5	最大変調度偏差	
6	ステレオ信号時との比較	モノラル, ステレオ

・D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定
 GF用変調器は外部10MHzにロックさせる

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

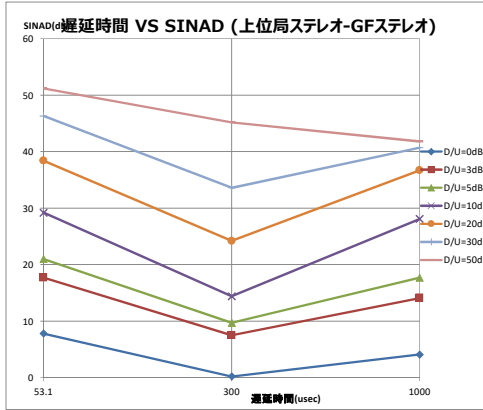
* 上位局ステレオ

ステレオ L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)							
	0	3	5	10	20	30	50	
53.1	7.8	17.7	21.0	29.2	38.4	46.3	51.2	
300	0.2	7.5	9.7	14.4	24.2	33.6	45.2	
1000	4.1	14.1	17.7	28.1	36.7	40.7	41.8	

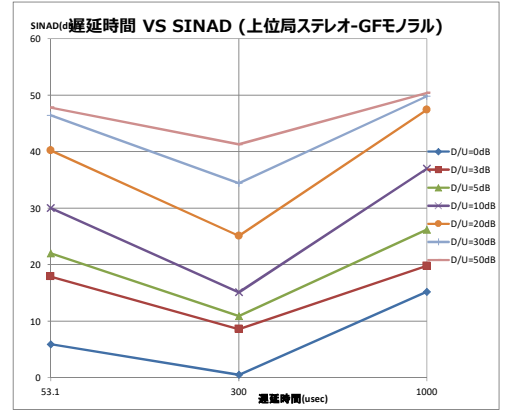
GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)



モノラル L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

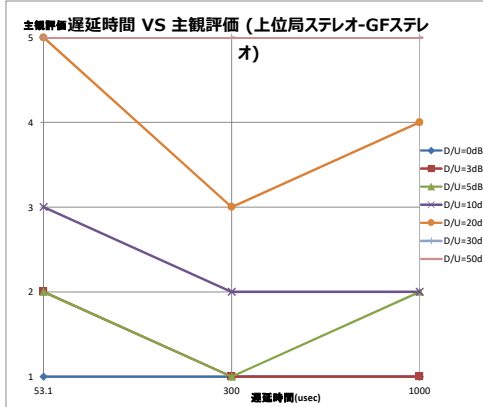
遅延時間差 (us)	D/U (dB)							
	0	3	5	10	20	30	50	
53.1	5.9	17.9	22.0	30.0	40.2	46.4	47.8	
300	0.5	8.6	10.9	15.1	25.1	34.4	41.3	
1000	15.2	19.8	26.2	37.0	47.4	49.8	50.4	



ステレオ 主観評価 ピアノ

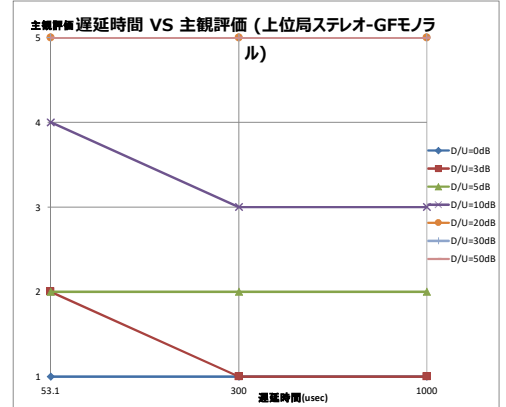
遅延時間差 (us)	D/U (dB)							
	0	3	5	10	20	30	50	
53.1	1	2	2	3	5	5	5	
300	1	1	1	2	3	5	5	
1000	1	1	2	2	4	5	5	

GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)



モノラル 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)							
	0	3	5	10	20	30	50	
53.1	1	2	2	4	5	5	5	
300	1	1	2	3	5	5	5	
1000	1	1	2	3	5	5	5	



ステレオ PSER(dB)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)							
	0	3	5	10	20	30	50	
53.1	50	50	50	50	50	50	50	
300	50	50	50	50	50	50	50	
1000	50	50	50	50	50	50	50	

GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)

・D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定
 GF用変調器は外部10MHzにロックさせる

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

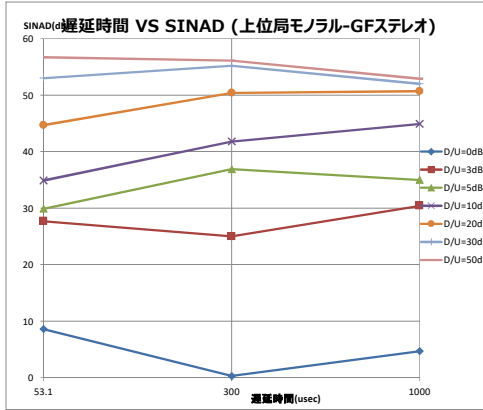
* 上位局モノラル

ステレオ L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	8.6	27.7	29.9	34.9	44.7	53.0	56.7
300	0.3	25.0	36.9	41.8	50.4	55.2	56.1
1000	4.7	30.4	35.0	44.9	50.7	52.0	52.9

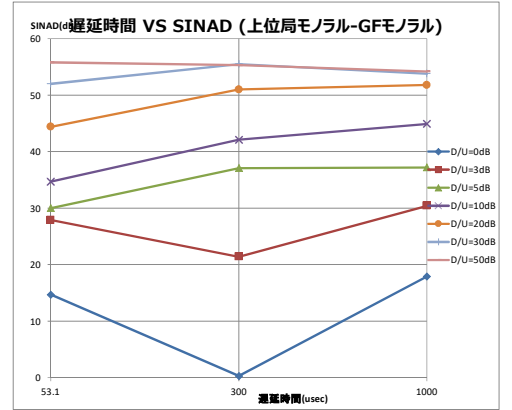
GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)



モノラル L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

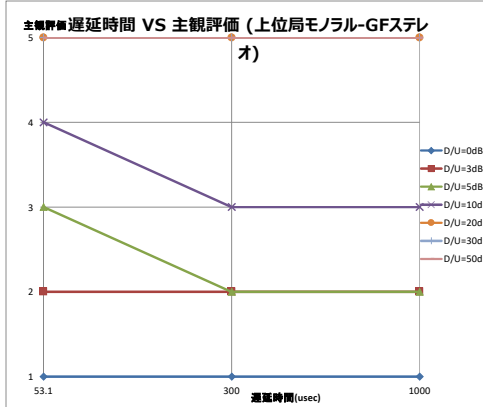
遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	14.7	27.9	30.0	34.7	44.4	52.0	55.8
300	0.3	21.4	37.1	42.1	51.0	55.5	55.3
1000	17.9	30.4	37.2	44.9	51.8	53.8	54.2



ステレオ
 主観評価 ピアノ

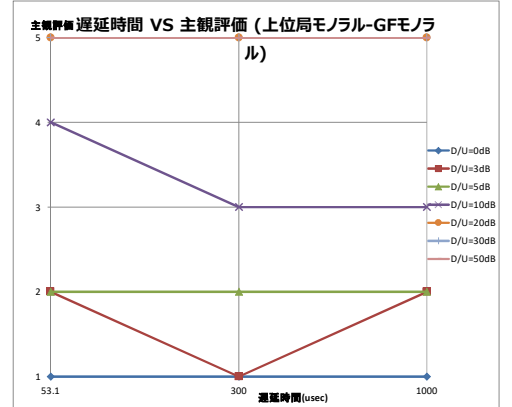
遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	1	2	3	4	5	5	5
300	1	2	2	3	5	5	5
1000	1	2	2	3	5	5	5

GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)



モノラル
 主観評価 ピアノ

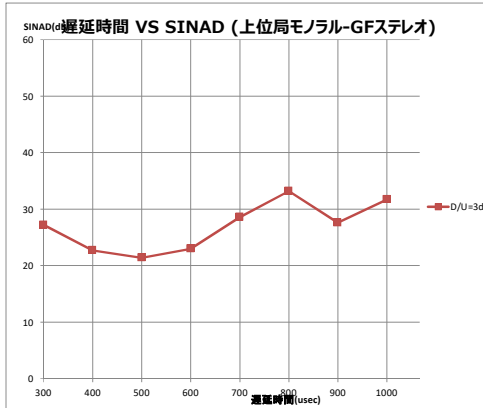
遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	1	2	2	4	5	5	5
300	1	1	2	3	5	5	5
1000	1	2	2	3	5	5	5



ステレオ L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

D/U (dB)	遅延時間差 (us)								
	300	400	500	600	700	800	900	900	1000
3	27.2	22.7	21.4	23.0	28.6	33.2	27.6	31.7	



ステレオ
 PSER(dB)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	50	50	50	50	50	50	50
300	50	50	50	50	50	50	50
1000	50	50	50	50	50	50	50

GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)

-D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定

GF用変調器はフリーラン

中心周波数偏差	フリーラン(-5Hz)
AC周波数安定度	フリーラン(-5Hz)
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

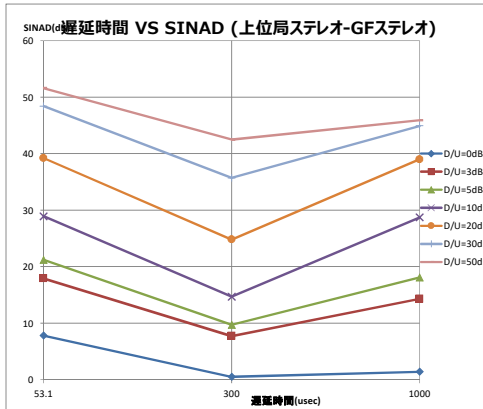
* 上位局ステレオ

ステレオ L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	7.8	17.9	21.2	28.9	39.2	48.4	51.6
300	0.5	7.7	9.7	14.7	24.8	35.7	42.5
1000	1.4	14.3	18.1	28.7	39.0	44.9	45.9

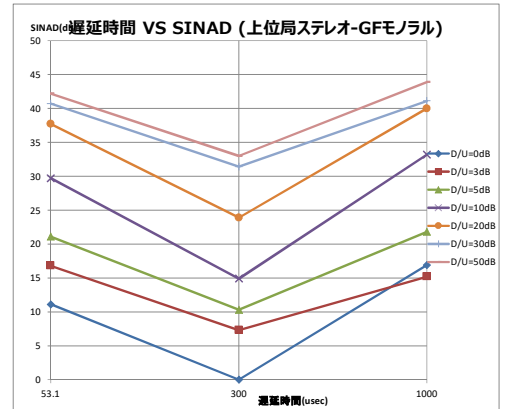
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

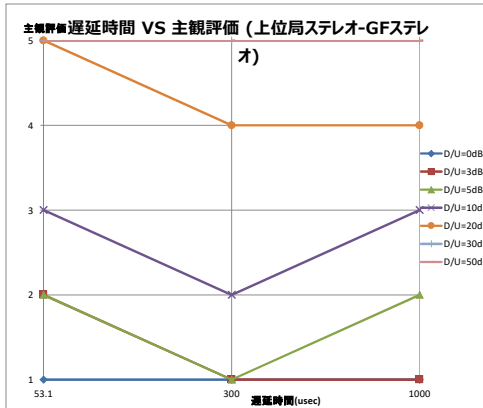
遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	11.1	16.8	21.1	29.7	37.7	40.7	42.2
300	0.0	7.3	10.3	14.9	23.9	31.4	33.0
1000	16.9	15.2	21.8	33.2	40.0	41.1	43.9



ステレオ 主観評価 ピアノ

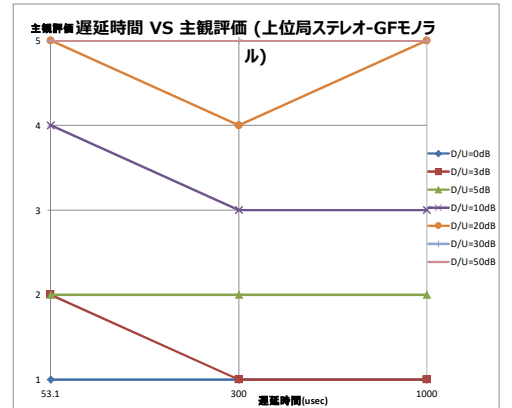
遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	1	2	2	3	5	5	5
300	1	1	1	2	4	5	5
1000	1	1	2	3	4	5	5

GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	1	2	2	4	5	5	5
300	1	1	2	3	4	5	5
1000	1	1	2	3	5	5	5



ステレオ PSER(dB)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	50	50	50	50	50	50	50
300	50	50	50	50	50	50	50
1000	50	50	50	50	50	50	50

GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)

-D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定

GF用変調器はフリーラン

中心周波数偏差	フリーラン(-5Hz)
AC周波数安定度	フリーラン(-5Hz)
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

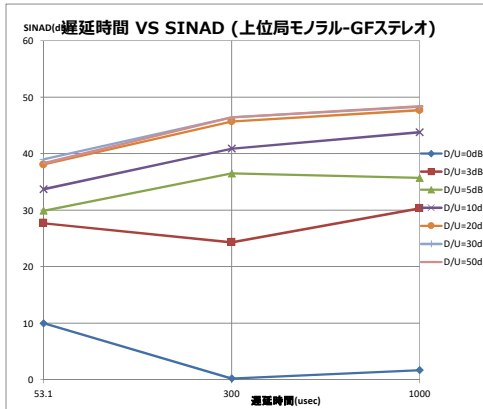
* 上位局モノラル

ステレオ L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	10.0	27.7	29.9	33.7	38.1	39.0	38.3
300	0.2	24.3	36.5	40.9	45.7	46.4	46.4
1000	1.7	30.3	35.7	43.8	47.7	48.3	48.4

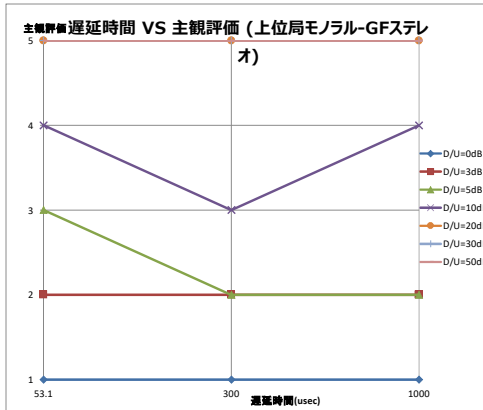
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



ステレオ
主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	1	2	3	4	5	5	5
300	1	2	2	3	5	5	5
1000	1	2	2	4	5	5	5

GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



ステレオ
PSER(dB)

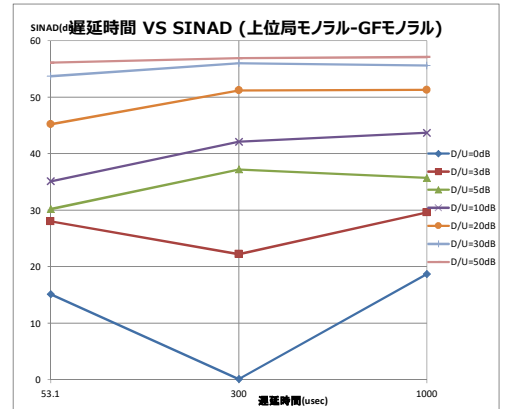
遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	50	50	50	50	50	50	50
300	50	50	50	50	50	50	50
1000	50	50	50	50	50	50	50

GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)

モノラル L:50%,R:31%

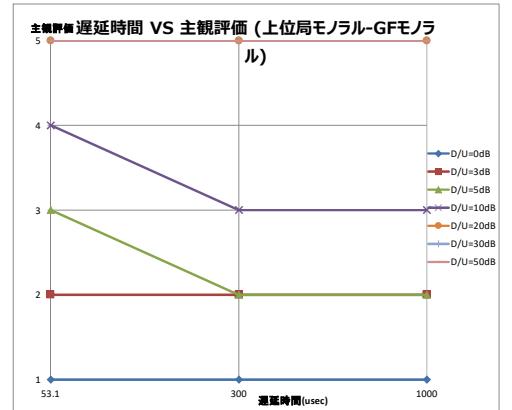
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	15.1	28.0	30.2	35.1	45.2	53.7	56.1
300	0.1	22.2	37.2	42.1	51.2	56.0	56.9
1000	18.7	29.6	35.7	43.7	51.3	55.6	57.1



モノラル
主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	1	2	3	4	5	5	5
300	1	2	2	3	5	5	5
1000	1	2	2	3	5	5	5



-D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定
GF用変調器は外部10MHzにロックさせる

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

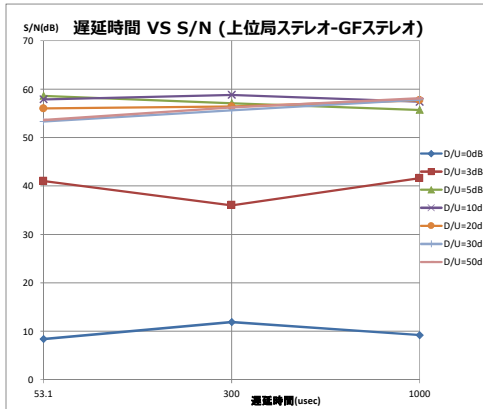
* 上位局ステレオ

ステレオ L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	8.4	41.0	58.6	57.9	56.0	53.3	53.6
300	11.9	36.0	57.1	58.8	56.4	55.6	56.2
1000	9.2	41.6	55.7	57.4	57.7	57.8	58.1

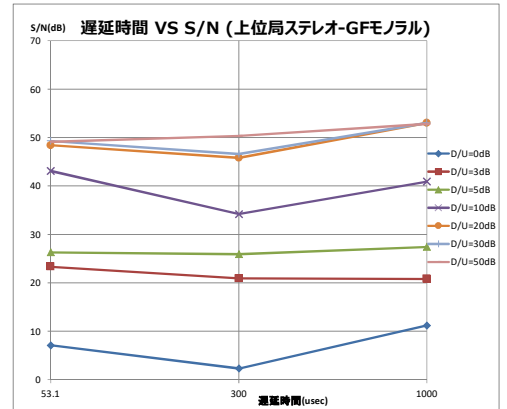
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	7.1	23.3	26.3	43.1	48.4	49.3	49.1
300	2.3	20.9	25.9	34.2	45.8	46.6	50.3
1000	11.2	20.8	27.4	40.9	53.0	53.0	52.8

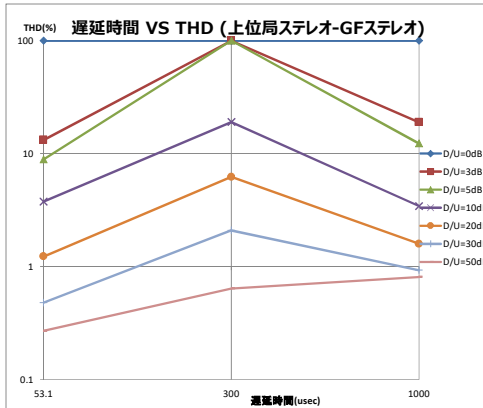


ステレオ

THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	99.71	13.21	8.90	3.76	1.23	0.48	0.27
300	99.60	99.77	99.81	19.05	6.23	2.09	0.64
1000	99.73	18.90	12.29	3.43	1.59	0.93	0.81

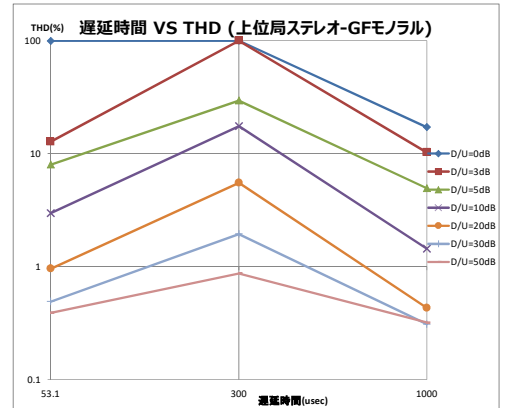
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル

THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	99.58	12.74	8.00	2.98	0.96	0.49	0.39
300	99.93	99.69	29.44	17.48	5.51	1.94	0.87
1000	17.13	10.24	4.94	1.44	0.43	0.31	0.32



・D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定
 GF用変調器は外部10MHzにロックさせる

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

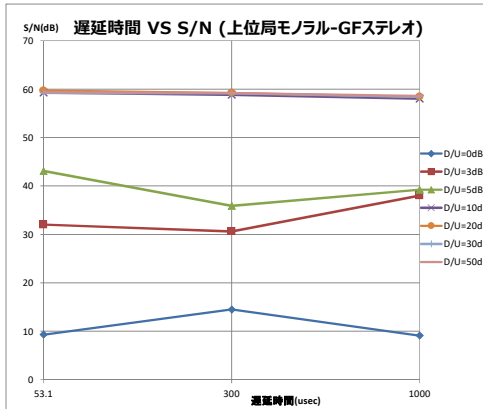
* 上位局モノラル

ステレオ L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	9.3	32.0	43.1	59.3	59.7	59.2	59.4
300	14.5	30.6	35.9	58.8	59.2	59.1	59.2
1000	9.1	38.0	39.2	58.0	58.4	58.4	58.6

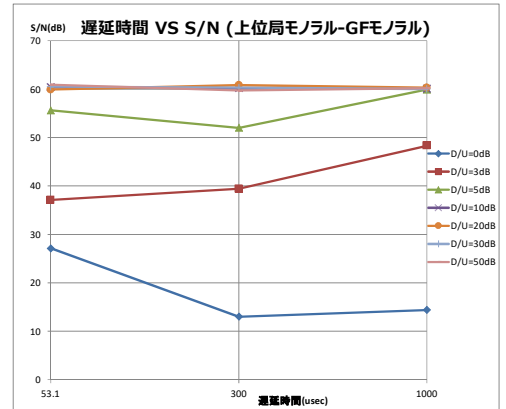
GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)



モノラル L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	27.1	37.1	55.6	60.4	59.9	60.5	60.9
300	13.0	39.4	52.0	60.2	60.8	60.3	59.7
1000	14.4	48.3	59.9	60.1	60.3	60.0	60.2

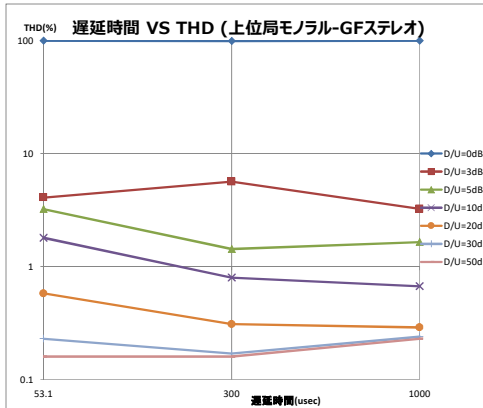


ステレオ

THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	99.73	4.09	3.23	1.80	0.58	0.23	0.16
300	99.44	5.65	1.43	0.80	0.31	0.17	0.16
1000	99.78	3.24	1.65	0.67	0.29	0.24	0.23

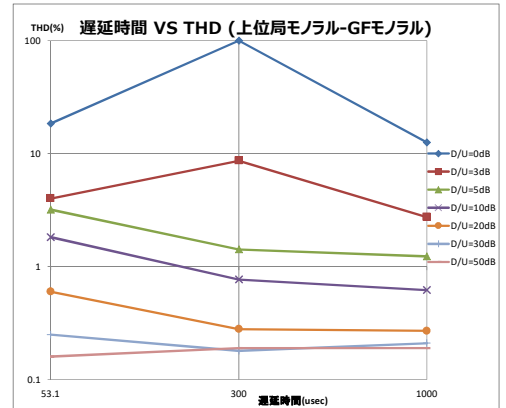
GF用受信機
 + 遅延装置(48us)
 + 遅延装置(748us)



モノラル

THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	18.47	4.00	3.19	1.82	0.60	0.25	0.16
300	99.97	8.64	1.42	0.77	0.28	0.18	0.19
1000	12.57	2.74	1.23	0.62	0.27	0.21	0.19



ステレオ L:50%,R:31%

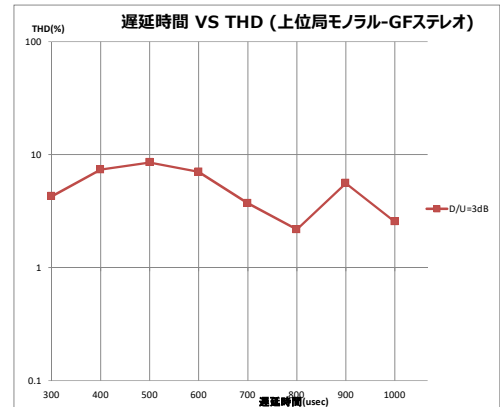
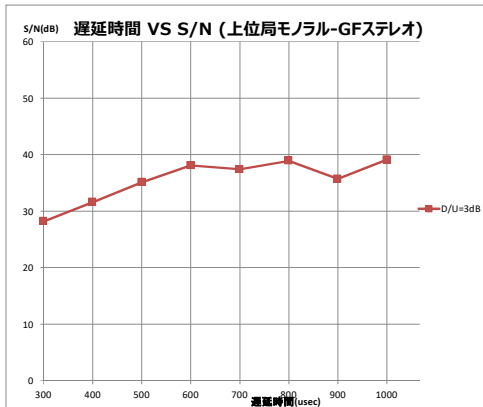
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

D/U (dB)	遅延時間差 (us)							
	300	400	500	600	700	800	900	1000
3	28.2	31.6	35.1	38.1	37.4	38.9	35.7	39.1

ステレオ

THD(%)

D/U (dB)	遅延時間差 (us)							
	300	400	500	600	700	800	900	1000
3	4.27	7.36	8.53	7.04	3.72	2.18	5.58	2.55



D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定

GF用変調器はフリーラン

中心周波数偏差	フリーラン(-5Hz)
AC周波数安定度	フリーラン(-5Hz)
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

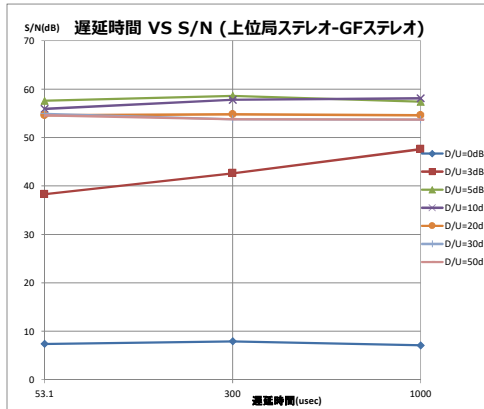
* 上位局ステレオ

ステレオ L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	7.4	38.3	57.6	55.9	54.6	54.9	54.6
300	7.9	42.6	58.6	57.8	54.8	53.8	53.8
1000	7.1	47.6	57.4	58.1	54.6	53.7	53.7

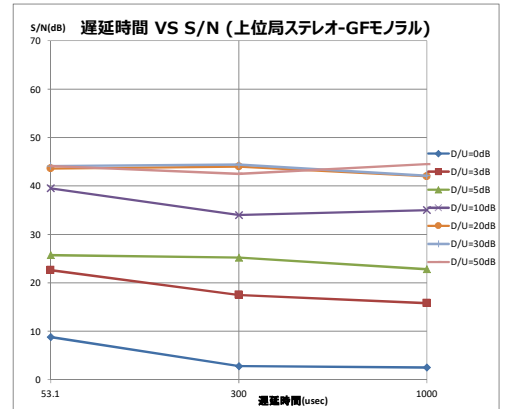
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	8.8	22.6	25.7	39.5	43.6	44.1	44.1
300	2.8	17.5	25.2	34.0	44.0	44.4	42.5
1000	2.5	15.8	22.8	35.0	42.0	42.1	44.5

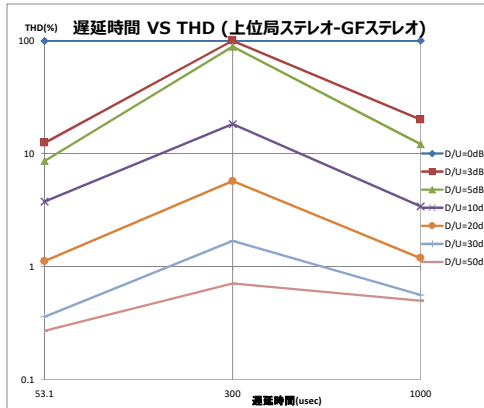


ステレオ

THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	99.58	12.46	8.61	3.76	1.12	0.36	0.27
300	99.48	99.83	88.59	18.26	5.71	1.69	0.71
1000	99.65	19.98	12.10	3.41	1.19	0.56	0.50

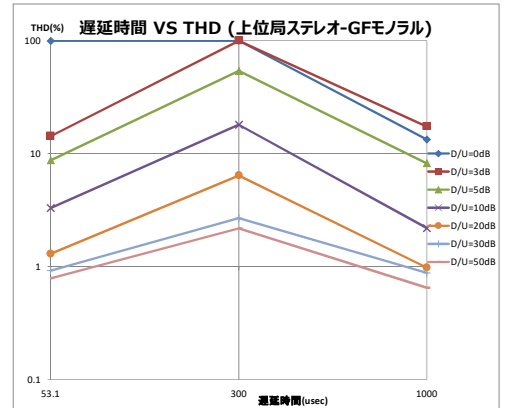
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル

THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	99.34	14.32	8.73	3.30	1.30	0.92	0.79
300	99.94	99.73	53.94	18.00	6.40	2.68	2.18
1000	13.31	17.40	8.21	2.19	0.98	0.88	0.65



D/Uおよび回り込み遅延時間差を変えて測定

GF用変調器はフリーラン

中心周波数偏差	フリーラン(-5Hz)
AC周波数安定度	フリーラン(-5Hz)
最大変調度偏差	±1Hz
受信機入力レベル	60dBu

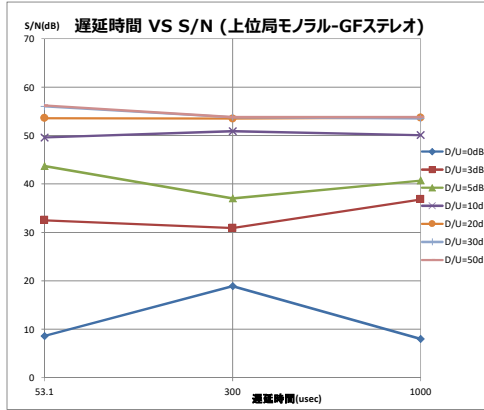
* 上位局モノラル

ステレオ L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	8.6	32.5	43.7	49.6	53.6	56.0	56.2
300	18.9	30.9	37.0	50.9	53.5	53.8	53.8
1000	8.0	36.8	40.7	50.1	53.7	53.5	53.8

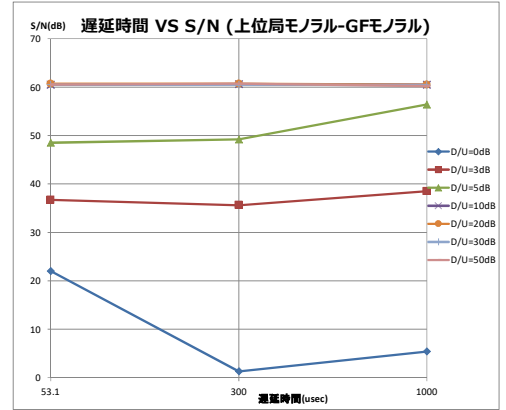
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	22.0	36.7	48.5	60.5	60.7	60.5	60.5
300	1.3	35.6	49.2	60.6	60.7	60.5	60.7
1000	5.4	38.5	56.4	60.5	60.5	60.4	60.2

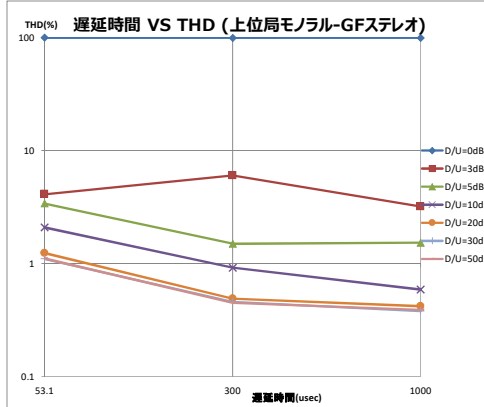


ステレオ

THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	99.77	4.11	3.40	2.09	1.24	1.10	1.11
300	99.53	6.03	1.50	0.92	0.49	0.46	0.45
1000	99.63	3.20	1.53	0.59	0.42	0.38	0.39

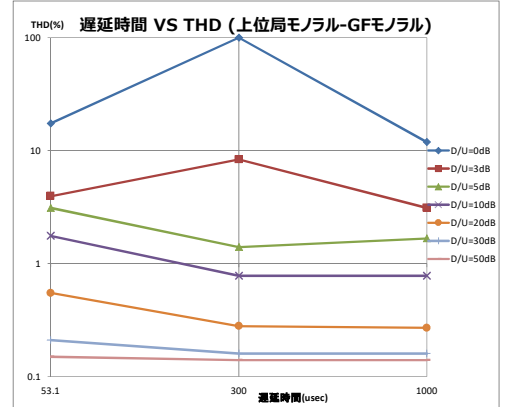
GF用受信機
+ 遅延装置(48us)
+ 遅延装置(748us)



モノラル

THD(%)

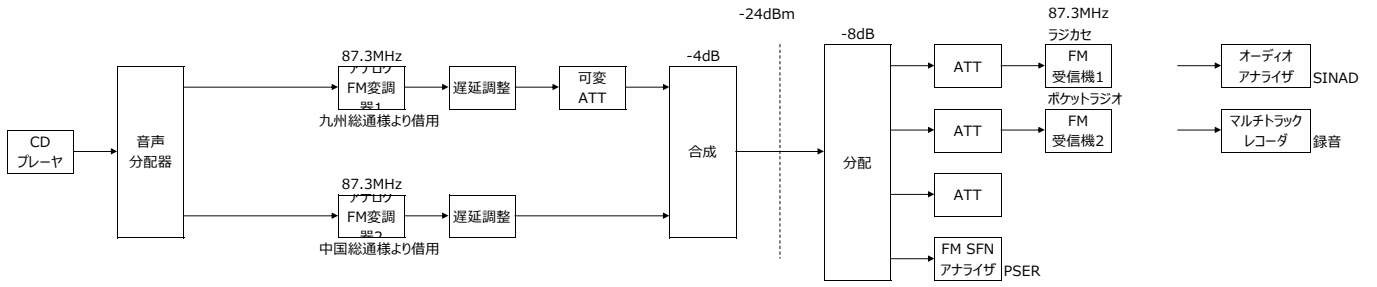
遅延時間差 (us)	D/U (dB)						
	0	3	5	10	20	30	50
53.1	17.41	3.95	3.11	1.76	0.55	0.21	0.15
300	99.97	8.34	1.40	0.78	0.28	0.16	0.14
1000	11.90	3.11	1.67	0.78	0.27	0.16	0.14



資料5：屋内試験_データ_FM同期方式_ (アナログ-アナログ変調器)

屋内試験項目③ (FM同期方式_アナログ-アナログ変調器)_RX1(ラジカセ)

2019/11/6



測定パラメータ

1	レベル差 (D/U)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 50 dB
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, 1000 us
3	搬送波の無変調時の周波数差 (中心周波数偏差)	
4	搬送波の変調時周波数安定度差 (AC周波数安定度)	
5	最大変調度偏差	
6	受信機入力レベル	48, 60 dBuV
7	ステレオ信号時との比較	モノラル, ステレオ

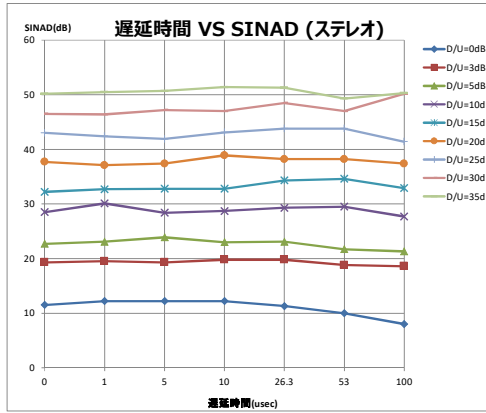
・D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

ステレオ L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

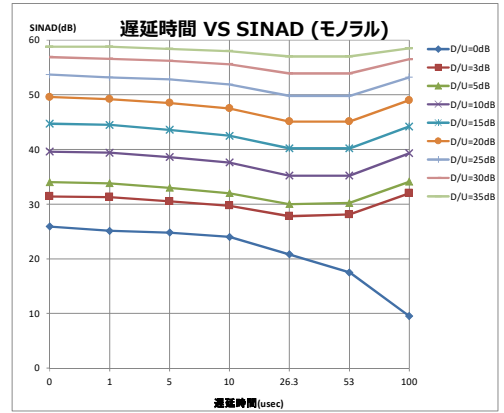
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	11.5	19.3	22.7	28.5	32.2	37.7	43.0	46.5	50.2	
1	12.2	19.5	23.1	30.1	32.7	37.1	42.4	46.4	50.5	
5	12.2	19.3	23.9	28.4	32.8	37.4	41.9	47.2	50.7	
10	12.2	19.8	23.0	28.7	32.8	38.9	43.1	47.0	51.4	
26.3	11.3	19.8	23.1	29.3	34.3	38.2	43.8	48.5	51.3	
53	10.0	18.8	21.7	29.5	34.6	38.2	43.8	47.0	49.3	
100	8.0	18.6	21.3	27.7	32.9	37.4	41.4	50.2	50.3	



モノラル L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

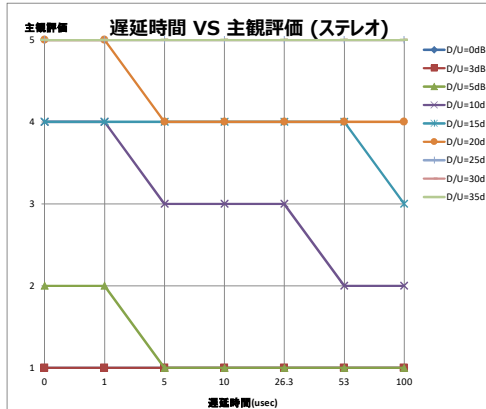
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	25.9	31.4	34.0	39.6	44.7	49.6	53.7	56.9	58.8	
1	25.1	31.3	33.8	39.4	44.5	49.2	53.2	56.6	58.8	
5	24.8	30.5	33.0	38.6	43.6	48.5	52.8	56.2	58.4	
10	24.0	29.7	32.0	37.6	42.5	47.5	51.9	55.6	58.0	
26.3	20.8	27.8	30.0	35.2	40.2	45.1	49.8	53.9	57.0	
53	17.5	28.1	30.2	35.2	40.2	45.1	49.8	53.9	57.0	
100	9.5	32.0	34.1	39.3	44.2	49.0	53.2	56.5	58.5	



ステレオ

主観評価 ピアノ

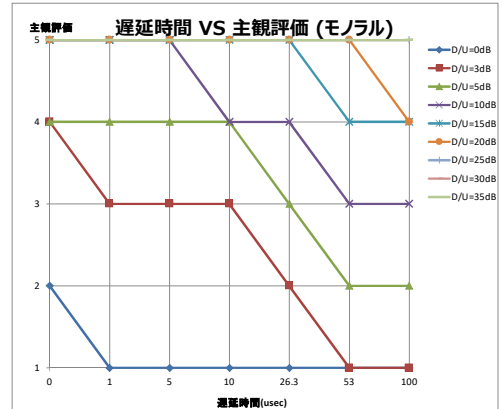
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	1	1	2	4	4	5	5	5	5	
1	1	1	2	4	4	5	5	5	5	
5	1	1	1	3	4	4	5	5	5	
10	1	1	1	3	4	4	5	5	5	
26.3	1	1	1	3	4	4	5	5	5	
53	1	1	1	2	4	4	5	5	5	
100	1	1	1	2	3	4	5	5	5	



モノラル

主観評価 ピアノ

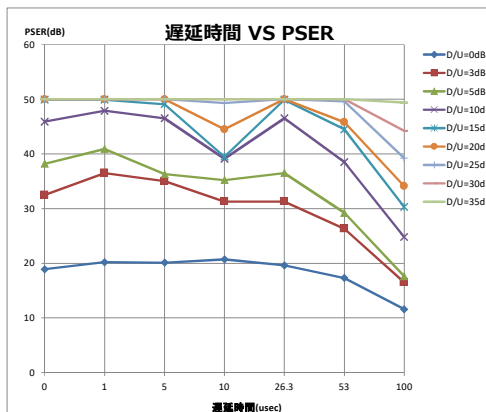
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	2	4	4	5	5	5	5	5	5	
1	1	3	4	5	5	5	5	5	5	
5	1	3	4	5	5	5	5	5	5	
10	1	3	4	4	5	5	5	5	5	
26.3	1	2	3	4	5	5	5	5	5	
53	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
100	1	1	2	3	4	4	5	5	5	



ステレオ

PSER(dB)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	18.9	32.5	38.2	45.9	49.9	50.0	50.0	50.0	50.0	
1	20.2	36.5	40.9	47.9	49.9	50.0	50.0	50.0	50.0	
5	20.1	35.0	36.3	46.5	49.1	50.0	50.0	50.0	50.0	
10	20.7	31.3	35.2	39.1	39.5	44.5	49.3	50.0	50.0	
26.3	19.6	31.3	36.5	46.5	49.9	50.0	50.0	50.0	50.0	
53	17.3	26.3	29.2	38.5	44.5	45.8	49.6	50.0	50.0	
100	11.6	16.5	17.6	24.8	30.3	34.1	39.2	44.2	49.4	

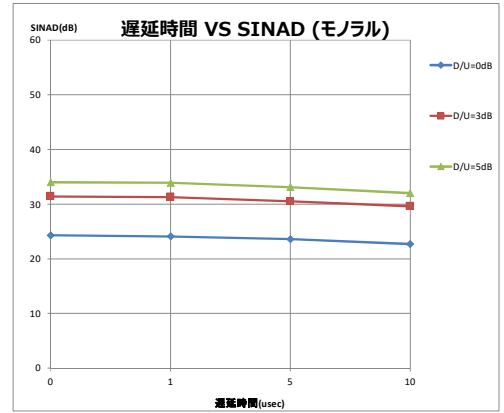
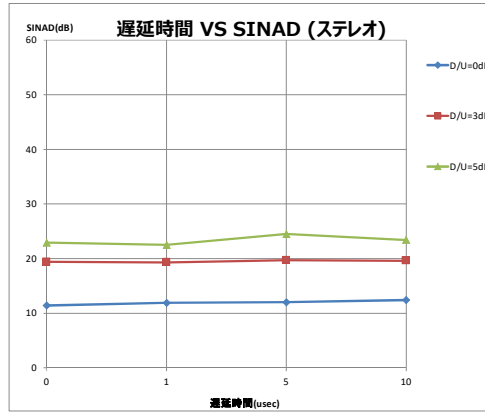


受信機入力レベルを変えて測定

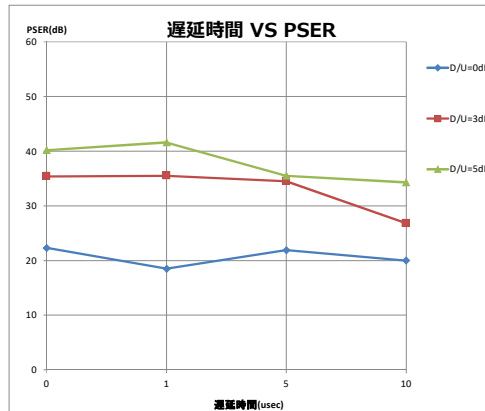
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

受信機入力レベル	48dBu
ステレオ	L:50%,R:31%
SINAD(dB)	自動測定(50回計測の中央値)
遅延時間差 (us)	D/U (dB)
	0 3 5
0	11.4 19.4 22.9
1	11.9 19.3 22.5
5	12.0 19.7 24.5
10	12.4 19.6 23.4

受信機入力レベル	48dBu
モノラル	L:50%,R:31%
SINAD(dB)	自動測定(50回計測の中央値)
遅延時間差 (us)	D/U (dB)
	0 3 5
0	24.3 31.4 34.0
1	24.1 31.3 33.9
5	23.6 30.5 33.1
10	22.7 29.6 32.0



受信機入力レベル	48dBu
ステレオ	
PSER(dB)	
遅延時間差 (us)	D/U (dB)
	0 3 5
0	22.3 35.4 40.2
1	18.5 35.5 41.6
5	21.9 34.5 35.5
10	20.0 26.8 34.3

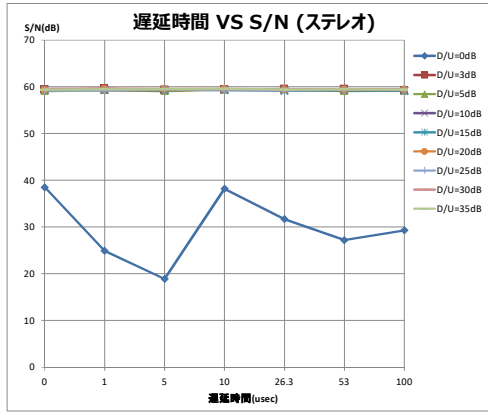


D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

ステレオ L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

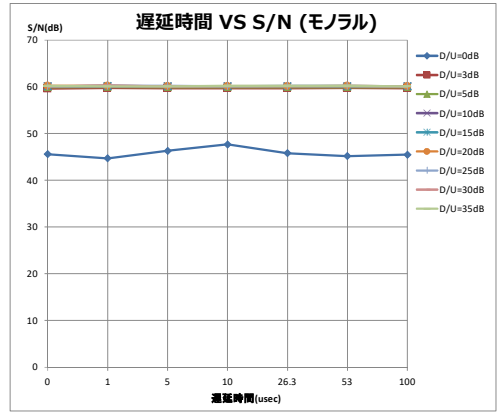
中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	38.5	59.4	59.1	59.4	59.4	59.3	59.2	59.6	59.4	
1	24.9	59.6	59.3	59.3	59.4	59.5	59.3	59.6	59.5	
5	18.9	59.3	59.1	59.3	59.4	59.5	59.5	59.5	59.5	
10	38.2	59.4	59.4	59.4	59.3	59.5	59.3	59.5	59.6	
26.3	31.7	59.5	59.5	59.2	59.2	59.4	59.3	59.5	59.4	
53	27.2	59.5	59.1	59.3	59.3	59.4	59.4	59.5	59.5	
100	29.3	59.2	59.2	59.2	59.2	59.4	59.4	59.5	59.4	



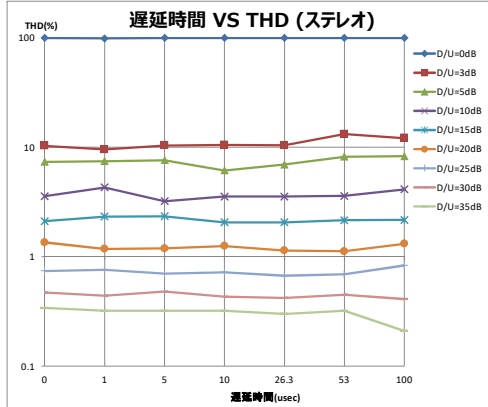
モノラル L:50%,R:31%
S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	45.6	59.6	59.9	60.1	60.1	60.2	60.1	60.1	60.2	
1	44.7	59.8	60.0	60.1	60.2	60.2	60.2	60.1	60.2	
5	46.3	59.7	59.9	60.1	60.1	60.1	60.2	60.1	60.1	
10	47.7	59.7	59.9	60.1	60.1	60.1	60.1	60.2	60.2	
26.3	45.8	59.7	59.9	60.1	60.1	60.1	60.1	60.2	60.2	
53	45.2	59.8	59.9	60.1	60.1	60.2	60.2	60.2	60.2	
100	45.5	59.7	59.9	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	



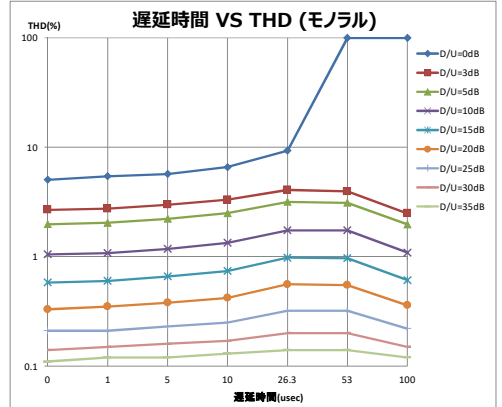
ステレオ THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	###	###	7.35	3.57	2.11	1.35	0.74	0.47	0.34	
1	###	9.55	7.46	4.29	2.33	1.18	0.76	0.44	0.32	
5	###	###	7.62	3.21	2.34	1.19	0.70	0.48	0.32	
10	###	###	6.13	3.54	2.06	1.25	0.72	0.43	0.32	
26.3	###	###	6.94	3.54	2.06	1.14	0.67	0.42	0.30	
53	###	###	8.20	3.59	2.15	1.12	0.69	0.45	0.32	
100	###	###	8.29	4.12	2.17	1.31	0.83	0.41	0.21	



モノラル THD(%)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	5.04	2.68	1.98	1.05	0.58	0.33	0.21	0.14	0.11	
1	5.43	2.74	2.04	1.08	0.60	0.35	0.21	0.15	0.12	
5	5.70	2.98	2.22	1.18	0.66	0.38	0.23	0.16	0.12	
10	6.58	3.31	2.50	1.34	0.74	0.42	0.25	0.17	0.13	
26.3	9.32	4.07	3.17	1.74	0.98	0.56	0.32	0.20	0.14	
53	###	3.95	3.11	1.74	0.97	0.55	0.32	0.20	0.14	
100	###	2.49	1.97	1.09	0.61	0.36	0.22	0.15	0.12	

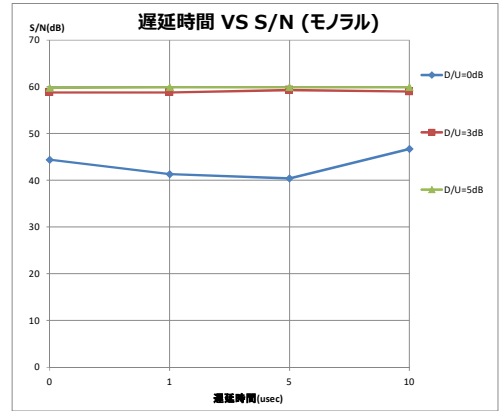
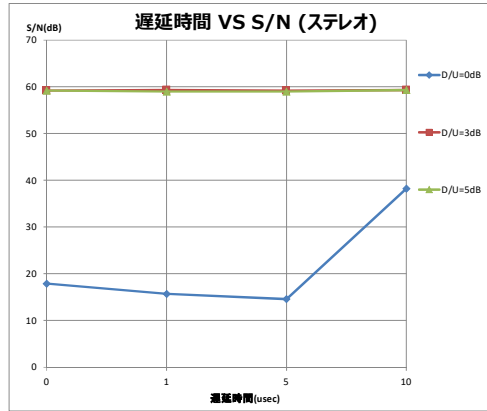


受信機入力レベルを変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

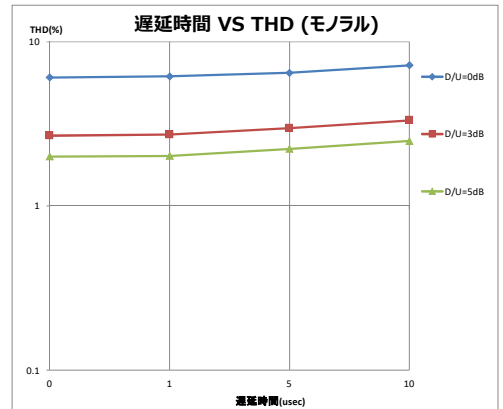
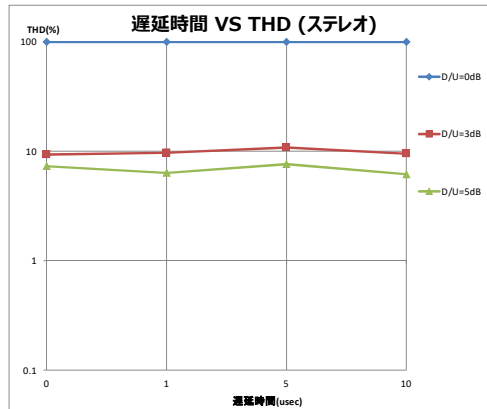
受信機入力レベル	48dBu		
ステレオ	L:50%,R:31%		
S/N(dB)	自動測定(50回計測の中央値)		
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	17.9	59.2	59.2
1	15.7	59.3	59.0
5	14.6	59.2	59.0
10	38.2	59.3	59.3

受信機入力レベル	48dBu		
モノラル	L:50%,R:31%		
S/N(dB)	自動測定(50回計測の中央値)		
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	44.4	58.8	59.8
1	41.3	58.8	59.9
5	40.4	59.3	59.9
10	46.7	59.0	59.9



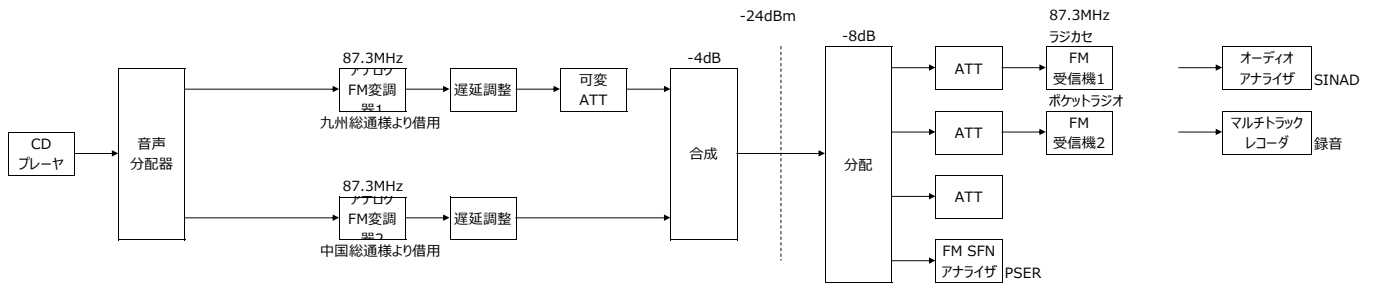
受信機入力レベル	48dBu		
ステレオ			
THD(%)			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	99.84	9.34	7.30
1	99.83	9.68	6.34
5	99.76	10.82	7.63
10	99.93	9.50	6.16

受信機入力レベル	48dBu		
モノラル			
THD(%)			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	6.06	2.68	2.00
1	6.16	2.72	2.02
5	6.47	2.98	2.23
10	7.19	3.32	2.49



屋内試験項目③ (FM同期方式_アナログ-アナログ変調器)_RX2(ポケットラジオ)

2019/11/6



測定パラメータ

1	レベル差 (D/U)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 50 dB
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, 1000 us
3	搬送波の無変調時の周波数差 (中心周波数偏差)	
4	搬送波の変調時周波数安定度差 (AC周波数安定度)	
5	最大変調度偏差	
6	受信機入力レベル	48, 60 dBuV
7	ステレオ信号時との比較	モノラル, ステレオ

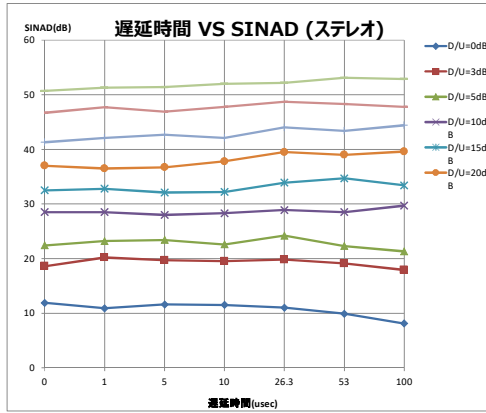
D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

ステレオ L:50%,R:31%

SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

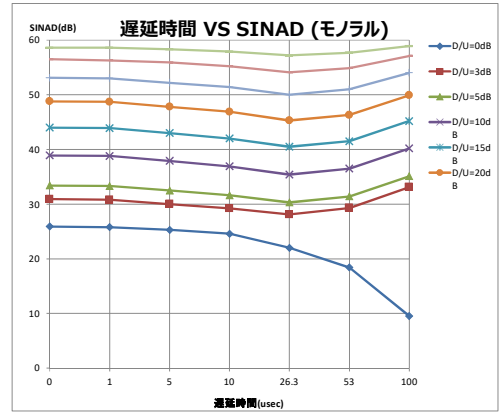
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	11.9	18.6	22.4	28.5	32.5	37.0	41.3	46.7	50.7	
1	10.9	20.2	23.2	28.5	32.8	36.5	42.1	47.7	51.3	
5	11.6	19.7	23.4	28.0	32.1	36.7	42.7	46.9	51.4	
10	11.5	19.5	22.6	28.3	32.2	37.8	42.1	47.8	52.0	
26.3	11.0	19.8	24.2	28.9	33.9	39.5	44.0	48.7	52.2	
53	9.9	19.1	22.3	28.5	34.7	39.0	43.4	48.3	53.1	
100	8.1	17.9	21.3	29.7	33.4	39.6	44.4	47.8	52.9	



モノラル L:50%,R:31%

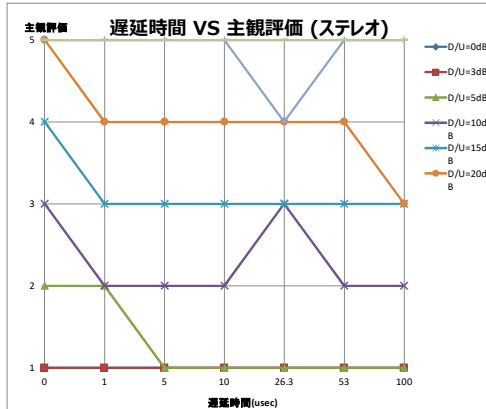
SINAD(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	25.9	30.9	33.4	38.9	44.0	48.8	53.1	56.5	58.6	
1	25.8	30.8	33.3	38.8	43.9	48.7	53.0	56.3	58.6	
5	25.3	30.0	32.5	37.9	43.0	47.8	52.2	55.9	58.3	
10	24.6	29.2	31.6	36.9	42.0	46.9	51.4	55.2	57.9	
26.3	22.0	28.1	30.3	35.4	40.5	45.3	50.0	54.1	57.2	
53	18.4	29.3	31.4	36.5	41.5	46.3	51.0	54.9	57.7	
100	9.5	33.1	35.1	40.2	45.2	49.9	54.0	57.1	58.9	



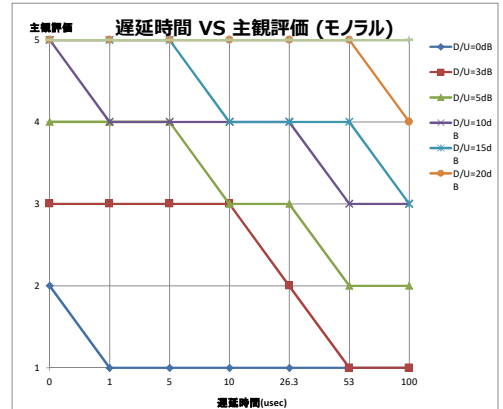
ステレオ 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
1	1	1	2	2	3	4	5	5	5	
5	1	1	1	2	3	4	5	5	5	
10	1	1	1	2	3	4	5	5	5	
26.3	1	1	1	3	3	4	4	5	5	
53	1	1	1	2	3	4	5	5	5	
100	1	1	1	2	3	3	5	5	5	



モノラル 主観評価 ピアノ

遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	2	3	4	5	5	5	5	5	5	
1	1	3	4	4	5	5	5	5	5	
5	1	3	4	4	5	5	5	5	5	
10	1	3	3	4	4	5	5	5	5	
26.3	1	2	3	4	4	5	5	5	5	
53	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
100	1	1	2	3	3	4	5	5	5	

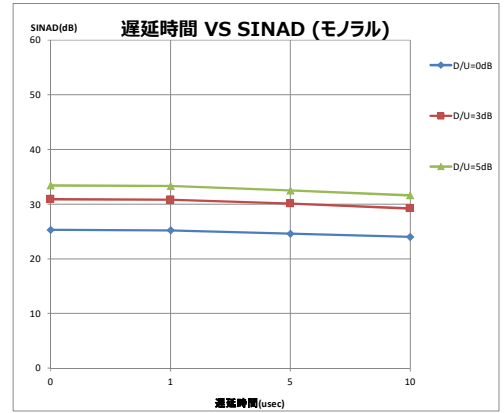
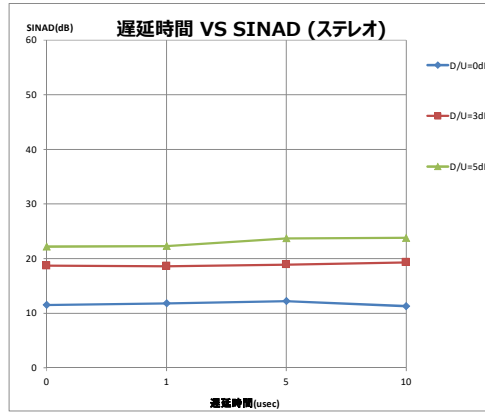


受信機入力レベルを変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

受信機入力レベル	48dBu
ステレオ	L:50%,R:31%
SINAD(dB)	自動測定(50回計測の中央値)
遅延時間差 (us)	D/U (dB)
	0 3 5
0	11.5 18.7 22.2
1	11.8 18.6 22.3
5	12.2 18.9 23.7
10	11.3 19.3 23.8

受信機入力レベル	48dBu
モノラル	L:50%,R:31%
SINAD(dB)	自動測定(50回計測の中央値)
遅延時間差 (us)	D/U (dB)
	0 3 5
0	25.3 30.9 33.4
1	25.2 30.8 33.3
5	24.6 30.1 32.5
10	24.0 29.2 31.6



受信機入力レベル	48dBu
ステレオ	
PSER(dB)	
遅延時間差 (us)	D/U (dB)
	0 3 5
0	19.7 34.4 41.4
1	21.8 32.7 38.2
5	21.7 32.1 38.6
10	19.6 31.7 32.3

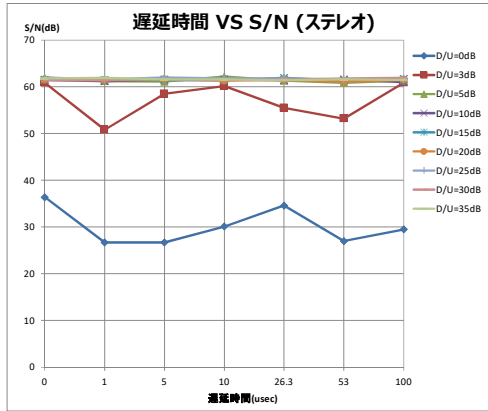
D/Uおよび遅延時間差を変えて測定

ステレオ L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	60dBu

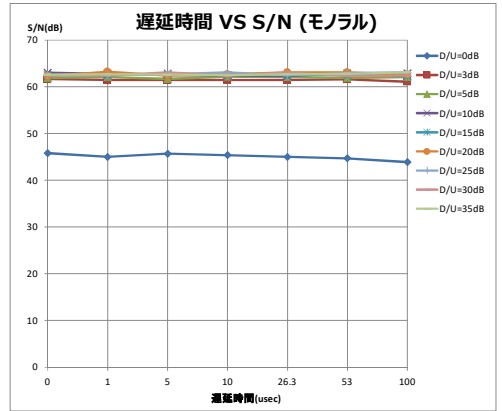
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	36.4	60.9	62.0	61.5	61.5	61.5	62.0	61.5	61.8	
1	26.7	50.8	61.2	61.2	61.5	61.4	61.6	61.5	61.9	
5	26.7	58.5	61.1	61.6	61.4	61.6	62.0	61.6	61.6	
10	30.1	60.2	62.2	61.6	61.4	61.3	61.8	61.5	61.6	
26.3	34.6	55.5	61.3	61.4	61.9	61.5	61.8	61.5	61.4	
53	27.0	53.2	60.9	61.6	61.3	61.1	61.6	61.8	61.6	
100	29.5	60.9	61.3	61.0	61.7	61.5	61.6	61.9	61.5	



モノラル L:50%,R:31%

S/N(dB) 自動測定(50回計測の中央値)

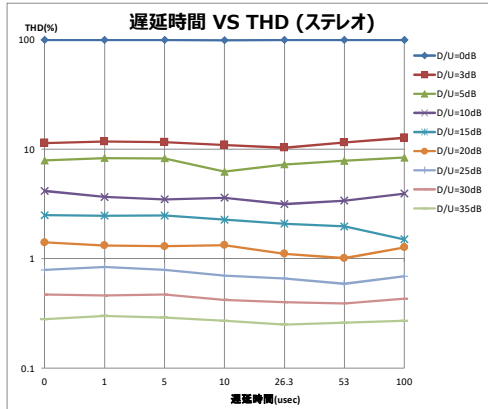
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	45.8	61.7	61.9	63.0	62.5	62.3	62.5	62.5	62.6	
1	45.0	61.5	62.1	62.8	62.4	63.2	62.5	62.4	62.7	
5	45.7	61.5	61.7	62.5	62.9	62.4	62.7	63.1	62.6	
10	45.4	61.5	62.2	62.4	62.5	62.7	63.1	62.4	62.5	
26.3	45.0	61.5	62.1	62.3	62.5	63.1	62.5	63.1	62.7	
53	44.7	61.6	61.9	62.9	62.5	63.1	63.0	62.3	62.8	
100	43.9	61.1	62.1	62.9	62.3	62.6	63.1	62.4	63.1	



ステレオ

THD(%)

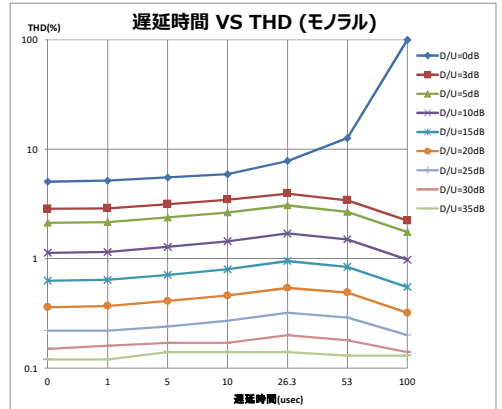
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	###	###	7.90	4.16	2.50	1.41	0.79	0.47	0.28	
1	###	###	8.32	3.66	2.47	1.32	0.84	0.46	0.30	
5	###	###	8.24	3.49	2.48	1.30	0.79	0.47	0.29	
10	###	###	6.25	3.61	2.27	1.33	0.70	0.42	0.27	
26.3	###	###	7.25	3.15	2.09	1.11	0.66	0.40	0.25	
53	###	###	7.86	3.39	1.97	1.01	0.59	0.39	0.26	
100	###	###	8.40	3.93	1.50	1.27	0.69	0.43	0.27	



モノラル

THD(%)

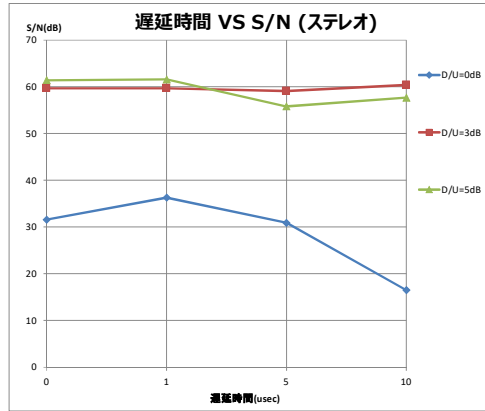
遅延時間差 (us)	D/U (dB)									
	0	3	5	10	15	20	25	30	35	
0	5.05	2.86	2.13	1.13	0.63	0.36	0.22	0.15	0.12	
1	5.17	2.89	2.16	1.15	0.64	0.37	0.22	0.16	0.12	
5	5.52	3.15	2.38	1.28	0.71	0.41	0.24	0.17	0.14	
10	5.92	3.46	2.64	1.44	0.80	0.46	0.27	0.17	0.14	
26.3	7.82	3.93	3.07	1.70	0.95	0.54	0.32	0.20	0.14	
53	###	3.41	2.68	1.50	0.84	0.49	0.29	0.18	0.13	
100	###	2.23	1.75	0.98	0.55	0.32	0.20	0.14	0.13	



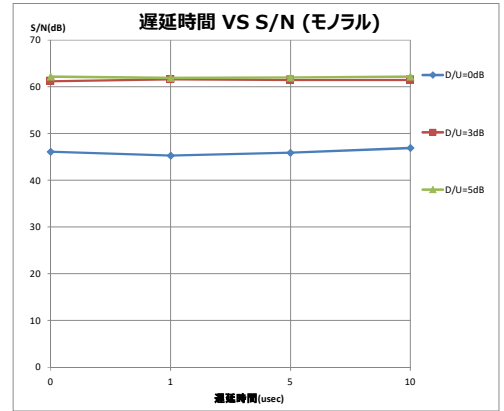
受信機入力レベルを変えて測定

中心周波数偏差	0.2Hz
AC周波数安定度	0Hz
最大変調度偏差	1Hz
受信機入力レベル	変更して測定

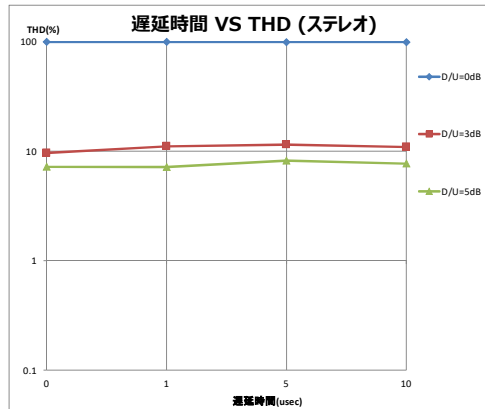
受信機入力レベル	48dBu		
ステレオ	L:50%,R:31%		
S/N(dB)	自動測定(50回計測の中央値)		
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	31.6	59.7	61.4
1	36.3	59.7	61.6
5	30.9	59.1	55.8
10	16.5	60.4	57.7



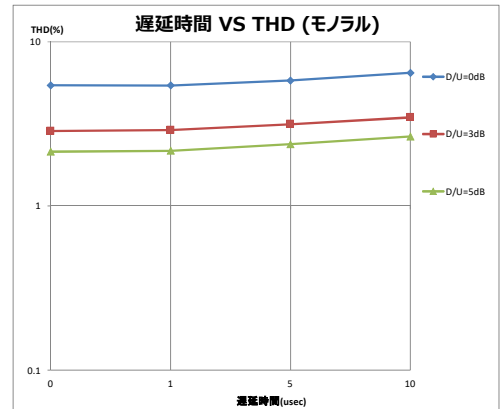
受信機入力レベル	48dBu		
モノラル	L:50%,R:31%		
S/N(dB)	自動測定(50回計測の中央値)		
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	46.1	61.2	62.2
1	45.3	61.6	61.9
5	45.9	61.5	62.0
10	46.9	61.5	62.2



受信機入力レベル	48dBu		
ステレオ			
THD(%)			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	99.83	9.64	7.21
1	99.80	11.10	7.17
5	99.61	11.48	8.21
10	99.58	10.95	7.71



受信機入力レベル	48dBu		
モノラル			
THD(%)			
遅延時間差 (us)	D/U (dB)		
	0	3	5
0	5.43	2.86	2.14
1	5.42	2.90	2.17
5	5.81	3.15	2.38
10	6.48	3.46	2.65



資料6 : FM放送のマルチパスひずみと受信品質

FM 放送のマルチパスひずみと受信品質

NHK 総合技術研究所 大 原 光 雄

FM ステレオ放送のマルチパスひずみについて、室内実験により主観評価試験とひずみの物理量の測定を行い、純音による変調の条件を適切に選定することにより、そのひずみの値から受信品質を比較的ばらつきの少ない状態で定量的に把握できることを示した。さらに、得られた結果をもとに、受信品質を確保するために必要な DU 比を求めた。

1. ま え が き

FM 放送において、送信アンテナから直接到来する直接波に、山や建物などで反射してきた反射波が加わった電波を受信すると、受信出力にいわゆるマルチパスひずみが発生する。このマルチパスひずみに対して、純音で変調した場合のひずみの物理量については、計算機を使用した詳細な解析¹⁾が行われ、その特有の性質が明らかにされている。しかし、受信品質についての研究は、これまでに見あたらない。

本文では、マルチパスひずみが発生している場合の受信品質の定量的把握に関して行った実験と検討結果について述べる。

2. マルチパス伝送系と受信品質

FM 放送の直接波に反射波が加わると、直接波のみの場合の伝送系とは異なった伝送系（以下、マルチパス伝送系と称す）を変調信号が通過することとなり、その結果、受信出力にひずみが発生する。そして、このマルチパス伝送系は、DU 比^{*}、直接波に対する反射波の遅延時間、直接波と反射波の位相差（高周波位相）などの反射波の加わり具合に関係した伝搬上の条件により決定される。

どの程度のマルチパス伝送系であれば、受信品質にどの程度の影響を与えるかを調べるにあたって、ある種のひずみの物理量を測定し、その量によって判断することができれば、上記の伝搬上の条件が未知の場合であっても、受信品質を定量的に把握することができ、有効な手段となる。さらに、測定するひずみの物理量として、純

音で変調した場合のひずみの物理量を使用することができれば、これをひずみ率により把握することができ、測定法も簡単であるため実際的である。このためには、純音で変調して得られるひずみ率と番組音で変調した場合の受信品質の間にどのような対応関係があるかを明らかにし、適切な条件を選定する必要がある。

オーディオ機器や伝送系におけるひずみの物理量と聴感の関係については、代表的な 2 次ひずみ系、3 次ひずみ系について検知限を求めた研究²⁾、高調波ひずみ成分の次数ごとに重みづけをして聴感との対応づけを試みた研究³⁾⁴⁾などがある。しかし、これらの研究は単純な非直線ひずみ系を対象として行われたもので、下記のようにひずみの発生機構が単純でないステレオ放送時のマルチパスひずみに対して、これらの結果を適用することには難点がある。

■前述の解析においても示されているように、マルチパスひずみはモノ放送時よりもステレオ放送時に大きなひずみが発生して問題となるため、以下ステレオ放送時の受信品質について論じることとするが、この場合には、純音による変調であっても、実際は複数の周波数成分より成るコンポジット信号で変調することとなる。マルチパス伝送系を通ることにより、これらの周波数の高調波成分と相互間のビート成分が発生し、しかも、これらの成分はかなり高次となる場合が多い。そして、これらをステレオ復調すると、ひずみ成分には純音の高調波成分ばかりでなく他の周波数成分も含まれることとなる。さらに、変調周波数が 7.5 kHz を越える場合には、復調帯域が 15 kHz であるため、ひずみ成分にはその高調波が含まれず、他の周波数成分のみとなる。このように、ステレオ放送時のマルチパスひずみの発生機構は、単に整数倍の高調波を発生する単純な非直線ひずみ系の場合とは異なっている。

ステレオ放送時のマルチパスひずみは、変調周波数が

¹⁾ "Multipath Distortion and the Received Quality in Frequency-Modulation Sound Broadcasting" by Mitsuo Ohara (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

^{*} Desired wave (希望波) と Undesired wave (妨害波) の強度比で、ここでは直接波が希望波に、反射波が妨害波にあたる。

高い場合に大きくなることが前述の解析から明らかにされている。一方、番組音については、数 kHz 以上の高い周波数成分は低い周波数成分にくらべて一般的に少ない。したがって、純音で変調して得られるひずみ率と番組音で変調した場合の受信品質との対応を求めるにあたって、純音の変調条件が特定の周波数や変調度の付近において、他の変調条件におけるよりも両者の間に強い相関関係が見出されることが考えられる。

このような考えのもとに、室内実験により伝搬上の条件にできるだけ変化をもたせてマルチパス伝送系を設定し、これらの種々のマルチパス伝送系をサンプルとして番組音で変調した場合の受信品質を主観評価試験により求め、これと同じ状態において純音による変調条件をいろいろ変えてひずみ率を測定し、両者の相関関係を求めることとして、以下の実験を行った。

3. 実験方法

3.1 実験系統

実験の基本的な系統図を図 1 に示す。スイッチ #1 をテープ再生機とスピーカー側に接続した場合には、変調器において番組音によりステレオ変調された FM 放送帯の高周波信号が発生する。スイッチ #2 により、マルチパス妨害のある場合とない場合の切り換えができる。復調器により、高周波信号を検波してステレオ復調し、この復調音を評価試験に供す。スイッチ #1 を発振器とひずみ率計側に接続し、純音でステレオ変調してひずみ率を測定する。

3.2 マルチパス伝送系の設定

マルチパス発生器において、直接波を分岐して遅延させ、さらに強度と高周波位相を調整して反射波に相当する妨害波を発生させ、これを直接波に加えることにより、DU 比、遅延時間および高周波位相の 3 つの伝搬上の条件を設定できる。これらの条件の設定にあたって、できるだけ組合せに変化をもたせることとし、DU 比は明らかにひずみのわかる条件からわからない条件まで数段階とり、遅延時間に対しては 4 種類の高周波遅延素子

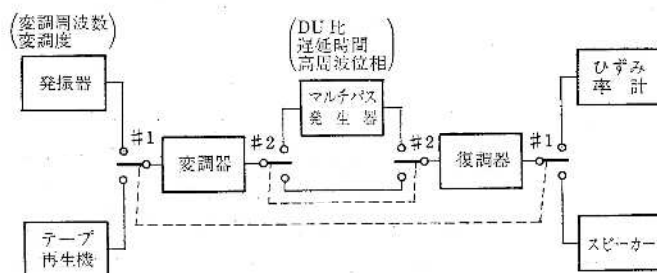


図 1 実験系統基本図

Schematic block diagram of the experiment.

(6, 10, 20 および 30 μs) をそれぞれ使用し、また、任意の高周波位相とするなど配慮し、約 30 種類の組合せのマルチパス伝送系を設定した。

3.3 番組音

番組音としては、高品質放送の観点からひずみが検知されやすい番組を使用することとした。ピアノ曲は信号のスペクトル分布が離散的であることなどの理由で、一般的な番組音の中ではひずみがかっとも検知されやすいことが示されており⁹⁾、ステレオ回線の伝送試験⁶⁾等でもすでに用いられているピアノ曲を用いた。

なお、番組音は片側信号(左信号)入力に規定入力レベルに加え、受信した左信号出力を評価試験に用いた。これは、大半の場合、片側信号のみの変調の場合に最大のひずみが発生するため、実験条件の複雑化をさけるためにもこのような方法に統一した。

3.4 評価方法

マルチパス妨害のある場合とない場合にそれぞれ受信した試験音を、評定者に順不同で 1 対提示した。そして、表 1 に示す CCIR の 7 段階評定尺度を用いて、1 対のうちの前者に対する後者についての評語に対応した評点を求めた。

表 1 CCIR の 7 段階評定尺度
Seven-point grading scale proposed in CCIR.

評点	3	2	1	0	-1	-2	-3
評語	非常に良い	良い	やや良い	同じ	やや悪い	悪い	非常に悪い

3.5 評定者と聴取条件

評定者は音響技術者およびこれに準ずる技術者 10 名である。聴取室は残響時間約 0.3 秒の試験室を使用し、聴取位置における音圧レベルは約 75 dB とし、騒音レベルは約 40 dB (A) である。試験用スピーカーは、放送モニター用 3001 型(三菱電機製) 2 台を使用した。

3.6 ひずみ率の測定

評価試験のために設定した約 30 種類のマルチパス伝送系のすべてにおいて、純音で変調してひずみ率の測定を併せ行った。変調周波数は変調の最大周波数として規定されている 15 kHz の周波数以内で約 1 kHz おきとし、変調度は 100, 50 および 30% とした。

なお、評価試験の方法に合わせて、左信号入力に信号を加え、受信した左信号出力を測定に用いた。また、測定にあたって、復調器のディエンフェシス(現行放送の時定数 50 μs) も評価試験に合わせて、入れた状態で測定した。

4. 実験結果と検討

測定により得られたひずみ率と評価試験により得

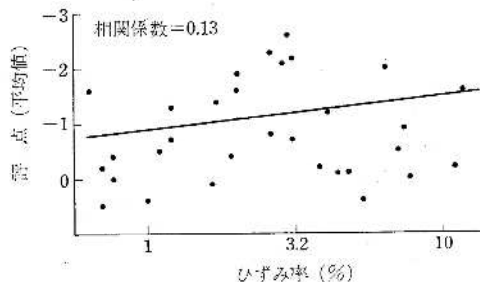
られた評点との関係を、それぞれの純音による変調条件ごとにグラフ化して、両者の相関関係を求めた。この際、ひずみ率に対しては対数目盛を使用してプロットし、評点についてはマルチパス妨害のない場合とくらべた評点の10名の平均値を用いた。

両者の相関関係を評価するには、相関係数を求めて、この値により論ずることが適切である。Vを回帰線からの分散とし、Wを算術平均値からの分散とすれば、相関係数ρは(1)式から求められる⁷⁾。

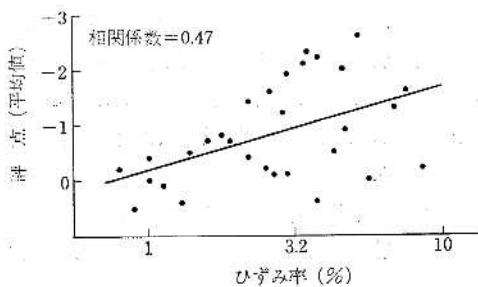
$$\rho = \sqrt{1 - \frac{V}{W}} \quad (1)$$

両者の相関関係が強ければ強いほどρの値は1に近づき、弱ければ弱いほど0に近づくため、ρの値が1と0とのどの位置にあるかによって両者の相関関係の強さを測ることができる。

図2に100%変調でのひずみ率と評点の関係の例を示す。図2(a)は変調周波数が1kHzの場合で、図2(b)は3kHzの場合の結果である。これらの場合の相関係数は、それぞれ0.13と0.47であり、大きな値ではない。放送機やそれに至る伝送線と増幅器類のレベルセットには1kHzがよく用いられ、また、これらの機器の特性は通常変調レベルが高いほど厳しい値となるため、1kHz 100%変調という変調条件は放送機などの特性測定によく用いられる条件である。しかし、マルチパスひずみに対しては、上記の結果が示すように、受信品質と



(a) 変調周波数が1kHzの場合

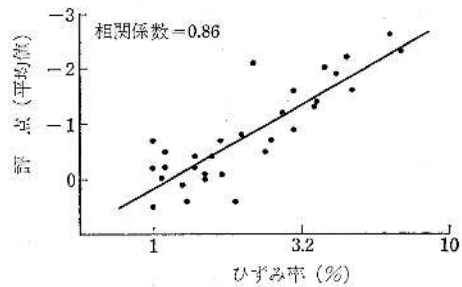


(b) 変調周波数が3kHzの場合

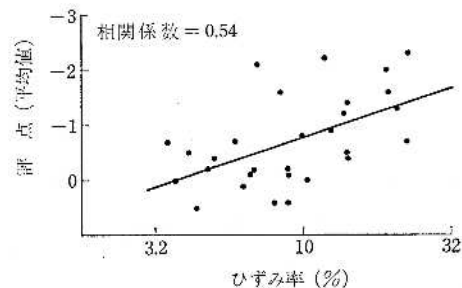
図2 100変調でのひずみ率と評点の関係
Relations between distortion at 100 percent modulation and grade.

表2 2kHzでの相関係数
Correlation coefficients at 2kHz.

変調度	相関係数
30%	0.86
50%	0.70
100%	0.29



(a) 変調周波数が2kHzの場合



(b) 変調周波数が15kHzの場合

図3 30%変調でのひずみ率と評点の関係
Relations between distortion at 30 percent modulation and grade.

の対応の点から考えると、測定条件としては適切な条件であるとはいえない。

表2は、2kHzで変調した場合の変調度と相関係数の関係の例である。他の変調周波数においても変調度が100%の場合よりもむしろ30%の場合の方が相関係数が大きい値となる傾向にある。これは、巨視的に見ると、番組音のなかでピークレベル付近の時間率の小さい部分よりも、平均レベル付近の時間率の大きい部分との関係の方が深いことを示していると考えられる。

図3は30%変調でのひずみ率と評点の関係の例である。図3(a)は変調周波数が2kHzの場合で、図3(b)は15kHzの場合である。特に図3(a)の変調条件における相関係数は0.86で、測定した変調条件のなかで最も大きな値であり、このように変調条件を適切に選定すれば強い相関関係が得られることがわかった。

ここで、評点0(同じ)と評点-1(やや悪い)の中間にあたる評点-0.5は、ひずみがちょうど検知される限界(以下、検知限界と称す)であると考えられ、2kHz

30% 変調でのこれに対応するひずみ率を図 3(a) から求めると 1.2% の値が得られた。なお、通常の受信状態では、右信号出力をも復調出力からとりだして聴取するが、文献 1) の解析においても明らかにされたように、左信号のみの変調であっても左信号出力のひずみ成分とほぼ同等のエネルギー成分が右信号出力にも現われる。したがって、聴く人の両耳に加わる聴感上のひずみ感も、3 dB 相当分だけ増加する。上記の 1.2% の値はこの分だけ補正した結果である。さらに、評点 -1 (やや悪い) と評点 -2 (悪い) の中間にあたる評点 -1.5 を、ひずみが許容できる限界 (以下、許容限界と称す) とすれば*、図 3(a) から、同様にしてこれに対応するひずみ率として 2.5% の値が得られる。

以上の結果より、ステレオ放送時に、純音による変調条件を 2kHz 30% としてひずみ率を測定すれば、受信品質との相関が強いので、その値から比較的ばらつきの少ない状態で受信品質を定量的に把握することができる。いいかえると、マルチパス伝送系が受信品質に及ぼす影響の程度を比較的ばらつきの少ない状態で客観的にとらえることができることとなる。

ここで、放送機を含む放送系統の特性測定との関連を考えると、これらの測定にあたって数ポイントの周波数を使用して特性の概略の傾向を把握しようとする場合に 1kHz や 3kHz の周波数が用いられることが多い。したがって、2kHz の場合とくらべて受信品質との対応関係が若干劣るけれども、これらの周波数により機器の特性測定とマルチパスに関する測定を同時に行うことができるという現場における測定の便利さを考えて、1~3kHz 30% 変調での結果を示したものが表 3 である。そして、マルチパス妨害のある場合に、受信アンテナや受信点の選定、受信アンテナのダイバーシティ調整などにより受信品質の劣化を防ぐめやすにするために表 3 の結果を利用することとすれば、巨視的に見て 1~3kHz 30% 変調時のひずみ率が、それぞれ、検知限界の受信品質の確保のためには 1.5% 程度以下の値を、許容限界に対し

表 3 1~3kHz 30% 変調での結果
Results at 30 percent modulation of 1 to 3kHz.

変調条件	項目	相関係数	検知限界のひずみ率 (%)	許容限界のひずみ率 (%)
1kHz 30% 変調		0.81	1.3	3.0
2kHz 30% 変調		0.86	1.2	2.5
3kHz 30% 変調		0.80	1.1	2.4

* 許容できる限界は、聴取態度、環境などによって変るものであり、本来、一義的には定めにくい。しかし実用面を考えれば、何らかの形で一応のめやすを与えておく必要がある。5段階の評定尺度 (5, 4, 3, 2, 1 の評点を与える) による評価では、4と3の境界を許容限とするのが普通であり、この考え方を準用して、本文では -1 と -2 の境界を許容できる限界とみなした。

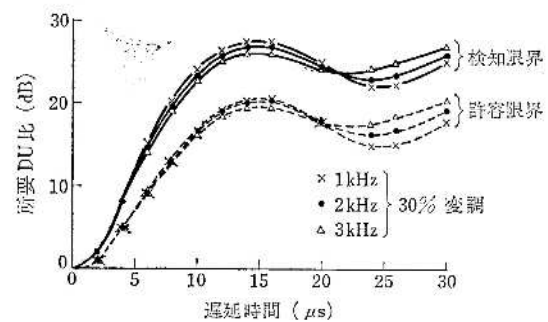


図 4 遅延時間と所要 DU 比の関係
Relation between delay time and necessary DU ratio.

ては 3% 程度以下の値を考えればよい。

検知限界や許容限界の受信品質を確保するための所要の DU 比は、1~3kHz 30% 変調時に、表 3 の検知限界と許容限界に対応したひずみの値を越えないような DU 比を求めて得られる。この DU 比を、妨害波が 1 波の場合に、前述の解析により計算機を使用して正確に算出した。

図 4 は、このようにして得た遅延時間と所要 DU 比の関係である。それぞれの変調周波数の間で値が若干異なるが、これらの結果を巨視的にとらえると、所要 DU 比は、遅延時間 10 μ s 程度までは遅延時間にはほぼ比例して増え、10 μ s 程度を越えると、検知限界の受信品質の確保のためには 25 dB 程度の値で、許容限界に対しては 20 dB 弱の値となる。

5. む す び

FM ステレオ放送のマルチパスひずみと受信品質について、主観評価試験を含む実験と検討を行い、次の点を明らかにした。

(1) 純音による変調の条件を適切に選定することにより、ひずみ率と受信品質の間に強い相関が見出され、このひずみ率から受信品質を比較的ばらつきの少ない状態で定量的に把握することができる。

(2) 受信アンテナや受信点の選定、受信アンテナのダイバーシティ調整などにより、マルチパスによる受信品質の劣化を防ぐめやすとしては、1~3kHz 30% 変調時のひずみの値に着目し、検知限界に対しては 1.5% 程度以下の値を、許容限界に対しては 3% 程度以下の値を考えるとよい。

(3) 受信品質を確保するための所要 DU 比は、遅延時間 10 μ s 程度以上では、検知限界に対しては 25 dB 程度の値で、許容限界に対しては 20 dB 弱の値である。

おわりに、本研究を進めるにあたって、終始有益な助言を下さった当所 遠藤主任研究員、評価試験に協力していただいた二階堂主任研究員、および、評定者になって

いただいた関係各位に深く感謝する。

(昭和54年4月19日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 大原：FM 放送のマルチパスひずみの解析，テレビ誌，**32**, 3 (1978) 224-230
- 2) 黒木，松尾：非直線ひずみの検知限について，NHK 技術研究，**31** (1957) 11-25
- 3) Ryffert：Die Grenzen der Hörbarkeit nichtlinearer

FM 放送のマルチパスひずみと受信品質 □ 論文・資料

- Verzerrungen vierter und fünfter Ordnung für die einfache Quint, Frequenz, **15**, 8 (1961) 254-261
- 4) Wigan：New Distortion Criterion, Electronic Technology, April (1961) 128-137, May (1961) 163-174
 - 5) 二階堂：非直線ひずみの検知限ならびに測定法に関する考察，日本音響学会誌，**28**, 9 (1972) 485-495
 - 6) 松本，高島，三浦，二階堂，浅見：放送プログラム用符号化端局装置の主観評価試験，信学会技術報告，**76**, 255 (EA 76-71), (1977) 23-28
 - 7) 岸根：統計学，養賢堂 (1975) 91-93

テレビジョン学会誌特集号，小特集号のバックナンバーのご案内

下記の学会誌特集号，小特集号のバックナンバーはまだ残部がありますので購入ご希望の方は事務局までお申込みください。

(*印は小特集号)

年月号	題 目	価 格	年月号	題 目	価 格
42 10	UHF テレビジョン技術	欠号	50 3	*リモートセンシング	800円
43 3	最近の受像管	欠号	4	画像伝送	欠号
7	テレビジョン年報	800円	7	*創立 25 周年記念号	850円
10	テレビジョンの産業応用	800円	11	モデルとシミュレーション	900円
44 4	テレビジョン放送局における近代化	800円	51 4	不可視情報の画像化技術	1,200円
10	テレビジョンと視覚	800円	7	テレビジョン年報	1,200円
45 7	テレビジョン年報	800円	10	デジタルテレビジョン	1,200円
9	創立 20 周年記念特集	800円	52 1	*ゴースト対策	950円
46 4	テレビジョンにおける音響技術	800円	4	ディスプレイ	1,200円
10	画像走査	欠号	7	*音声放送	950円
47 4	ファクシミリ	欠号	10	ポータブル機器による番組制作	欠号
7	テレビジョン年報	800円	53 1	*ビデオディスク	950円
11	画像エレクトロニクス	800円	4	光通信	1,200円
48 5	ディスプレイデバイス	800円	7	テレビジョン年報	1,200円
11	画像メモリー	800円	10	磁気録画	1,200円
49 4	画像とコンピューター	800円	54 1	*PCM 録音	950円
7	テレビジョン年報	800円	4	テレビジョンにおけるデジタル処理技術	1,200円
9	*テレビジョン技術用語集	800円	7	*固体撮像デバイス論文特集	950円
11	撮像デバイス	欠号			

申込先 〒105 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内 テレビジョン学会事務局 TEL (03) 432-4677

Abstracts

A Quantitative Analysis on the Subjective Effects of TV Pictures Impaired by Multiple Ghosts

by Shigeru Yamazaki

A method for quantifying subjective quality of TV pictures impaired by multiple ghosts is discussed by proposing a typical model for the assessment of ghost image problems in TV reception. Equivalent Perceived DC Ratio has been proposed and considered as the first step to obtain quantitative relations between subjective quality evaluation and such physical factors as r.f. signal/r.f. ghost level ratio (D/U), r.f. phase (ϕ), delay time (τ), number of ghosts (n), and variety of pictures.

Subjective tests have been made on the effect of single ghost and of a few types of multiple ghosts on still color pictures. It is clear that the effect due to D/U and ϕ can be expressed in terms of Equivalent S/I defined as the signal to positive ghost level ratio to which the subjective effects are equivalent. Multiple ghosts with the same polarity and close delay time with each other can be subjectively converted into a single ghost by the power sum law with delay-time-weighting.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 33, No. 8 (1979) 628~634

Multipath Distortion and the Received Quality in Frequency-modulation Sound Broadcasting

by Mitsuo Ohara

Laboratory simulation concerning the influence of multipath transmission on stereophonic FM sound broadcasting was carried out. It consists of subjective listening tests and measurement of distortion.

The relation between the distortion expressed in percent and the received sound quality was investigated, and by appropriately selecting the modulation condition of a pure tone modulation signal for the measurement, strong correlation was obtained between the above distortion and quality. Therefore, the received quality can be got hold of quantitatively by the measured distortion with comparatively small dispersion.

From the above relation, a practical method to estimate the degradation of the quality is suggested, and the necessary DU ratio to secure the quality over just perceptible or permissible limit has been derived as a function of delay time.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 33, No. 8 (1979) 635~639

資料7：FM放送のマルチパスひずみの解析

FM 放送のマルチパスひずみの解析

NHK 総合技術研究所 大 原 光 雄

モノ放送およびステレオ放送のマルチパスひずみについて、高速フーリエ変換 (FFT) をとり入れた計算プログラムを開発して計算機による広範な解析を行い、DU 比、遅延時間、位相差、変調周波数、変調度などのマルチパスひずみに影響を与える諸条件とひずみの関係を明らかにして、複雑な現象を解明することができた。さらに、解析結果をもとに受信上の留意すべき点について検討した。

1. ま え が き

山や建物などで反射してきた反射波が直接波に加わった放送電波を受信すると、テレビでは画面にゴーストがあらわれるが、FM 放送では、いわゆるマルチパスひずみとなって音質劣化の主な原因となる。

最近、都市における高層建造物の増加にともない、マルチパスひずみはゴーストとともに受信上の大きな問題となってきている。ゴーストについては、すでに現象の解明も進み、さらに対策も種々検討されている。しかし、マルチパスひずみについては、これまでにひずみの計算式は明らかにされたもの^{1)~4)}、大幅な省略算によっても計算が容易でなく、一部の条件についてのみ計算が行われたが、その結果も実験と充分に一致せず、したがって、現象について、その傾向が明らかにされないままの状態にあった。

本文では、まず、現象についてその傾向を明らかにするためには、DU 比*、直接波に対する反射波の遅延時間、直接波と反射波の位相差、変調周波数、変調度などの条件をいろいろ変えてひずみを正確に計算し、ひずみとの関係を明らかにする必要があることを指摘した。

次に、この目的で FFT** をとり入れた計算プログラムを開発して、ひずみの計算式から直接数値計算により任意の条件で正確かつ容易にひずみの計算を行うことを可能とし、計算機による広範な解析を行って上記の条件とひずみの関係を明らかにし、複雑な現象を総合的に把

握することができた。さらに、これらの結果をもとに受信上の留意すべき点について検討したので報告する。

2. ひずみの計算

直接波の振幅を E_1 、反射波の振幅を E_2 、遅延時間を τ 、搬送波の角周波数を ω 、変調周波数を f_m とする。

モノ放送の場合、周波数偏移を D として、 $D \cos 2\pi f_m t$ で変調された直接波と反射波の合成波、

$$E_1 \sin\left(\omega t + \frac{D}{f_m} \sin 2\pi f_m t\right) + E_2 \sin\left(\omega(t-\tau) + \frac{D}{f_m} \sin 2\pi f_m(t-\tau)\right)$$

から FM 復調により、

$$D \cos 2\pi f_m t + \frac{E_2}{E_1} \cos\left\{2\frac{D}{f_m} \sin \pi f_m \tau\right\} \cdot \frac{\cos(2\pi f_m t - \pi f_m \tau) + \omega \tau}{\cos(2\pi f_m t - \pi f_m \tau) + \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2} + 2D \sin \pi f_m \tau \sin(2\pi f_m t - \pi f_m \tau)$$

が得られる。第 1 項は変調成分で、第 2 項がひずみ成分で、 E_2/E_1 、 τ 、 $\omega \tau$ 、 f_m 、 D の関数となっており、換言すれば、DU 比、遅延時間、位相差、変調周波数、変調度の複雑な関数である。

ステレオ放送の場合、副搬送波周波数を f_s 、パイロット信号周波数を f_p とし、主チャンネル信号、副チャンネル信号およびパイロット信号の周波数偏移を、それぞれ、 D_m 、 D_s 、 D_p とすると、

$$D_m \cos 2\pi f_m t + D_s \cos 2\pi f_m t \sin 2\pi f_s t + D_p \sin 2\pi f_p t$$

* "Analysis of Distortion Caused by Multipath Transmission in Frequency-Modulation Sound Broadcasting" by Mitsuo Ohara (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

** Desired wave (希望波) と Undesired wave (妨害波) の強度比で、ここでは直接波が希望波に、反射波が妨害波にあたる。

** Fast Fourier Transform の略で、周波数分析などフーリエ変換を行う際に要するばう大な計算量を軽減するための計算手法。

の変調入力に対し、直接波と反射波の合成波の FM 復調出力（コンポジット信号出力）のひずみ成分は、

$$\frac{E_2 \cos \theta + \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2}{1 + 2\frac{E_2}{E_1} \cos \theta + \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2} \cdot \alpha$$

となる。ここで、

$$\begin{aligned} \theta &= 2\frac{D_s}{f_m} \sin \pi f_m \tau \cos (2\pi f_m t - \pi f_m \tau) \\ &+ \frac{D_s}{f_s - f_m} \sin \pi (f_s - f_m) \tau \sin \{2\pi (f_s - f_m) t - \pi (f_s - f_m) \tau\} \\ &- \pi (f_s - f_m) \tau + \frac{D_s}{f_s + f_m} \sin \pi (f_s + f_m) \tau \\ &\cdot \sin \{2\pi (f_s + f_m) t - \pi (f_s + f_m) \tau\} \\ &+ 2\frac{D_p}{f_p} \sin \pi f_p \tau \sin (2\pi f_p t - \pi f_p \tau) + \omega \tau \\ \alpha &= 2D_m \sin \pi f_m \tau \sin (2\pi f_m t - \pi f_m \tau) \\ &- D_s \sin \pi (f_s - f_m) \tau \cos \{2\pi (f_s - f_m) t - \pi (f_s - f_m) \tau\} \\ &- \pi (f_s - f_m) \tau - D_s \sin \pi (f_s + f_m) \tau \\ &\cdot \cos \{2\pi (f_s + f_m) t - \pi (f_s + f_m) \tau\} \\ &- 2D_p \sin \pi f_p \tau \cos (2\pi f_p t - \pi f_p \tau) \end{aligned}$$

このひずみ成分も、DU 比、遅延時間、位相差、変調周波数、変調度の関数で、モノ放送の場合よりもさらに複雑な関数である。

現象の解明のためには、上記の条件をいろいろ変えて正確に計算し、ひずみとの関係を明らかにする必要があるが、ひずみ成分について、ほう大なスペクトル分析の計算を伴う。手計算による従来の方法では困難であり FFT をとり入れて計算機処理することにより可能となった。

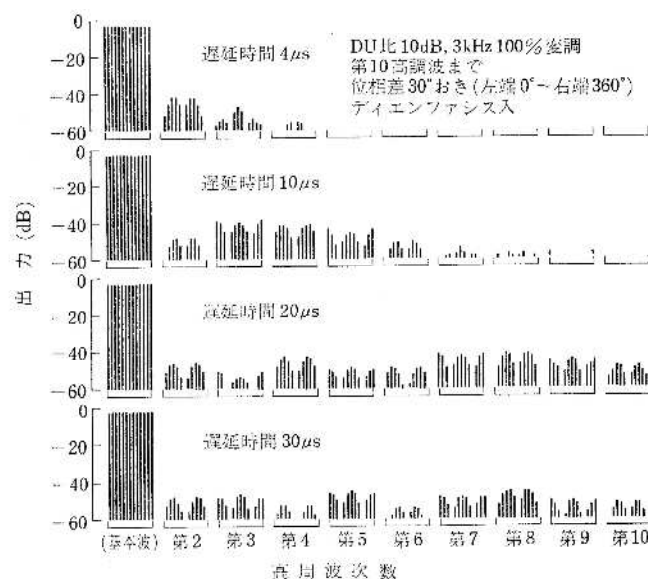


図 1 復調出力のスペクトル分布 (モノ)
Spectrum distribution of demodulated output. (monophony)

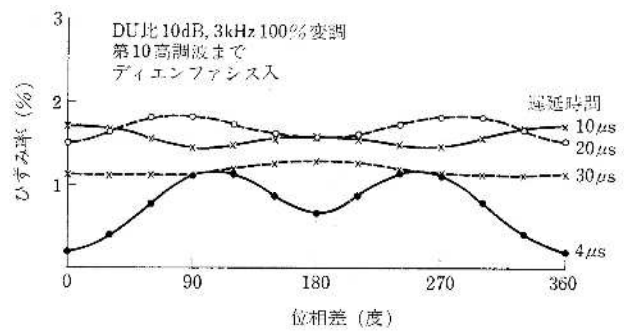


図 2 位相差とひずみ率 (モノ)
Phase difference versus distortion. (monophony)

3. 解析結果

マルチパスひずみに影響を与える諸条件を幅広く変えて解析を行い、多くの結果が得られたが、この中のいくつかを例示しつつ、明らかになったマルチパスひずみの主な現象について述べる。

3.1 モノ放送

図 1 に、DU 比 10 dB、3 kHz 100% 変調* で、位相差を 30° おきとし、遅延時間を変えた場合の復調出力のスペクトル分布を示す。この場合、音声周波数の 15 kHz バンド内には第 5 高調波までであるが、参考のため第 10 高調波まで示してある。遅延時間が長くなるにつれて高次の高調波までスペクトルが分布する。スペクトルは 180° の位相差を中心として対称である。また 0°, 180°, 360° では偶数次高調波のレベルは小、奇数次高調波のレベルは大で、90° および 270° ではこの反対の傾向にある。これらの傾向は他の条件においても同様である。

図 2 に、図 1 と同一条件での位相差とひずみ率の関係を示す。ひずみ率が最大および最小となる位相差は遅延時間によって異なる。なお、この位相差は遅延時間のほか、変調周波数、変調度、DU 比などの他の条件によっても変り、特定の角度とはならない。遅延時間が短い場合にはひずみ率の最大値と最小値の開きが大きい。この傾向は他の条件についてもみられる。

図 3 は遅延時間とひずみ率最大値の関係の例である。ひずみ率最大値は、変調周波数によっても異なるが、遅延時間 数 μs ~ 10 μs 程度までは遅延時間にほぼ比例して増加し、それ以上の遅延時間では、変調周波数が高くなると波打つが、変調周波数にあまり関係なくほぼ同じ値となる。この傾向は他の DU 比においてもほぼ同様である。

位相差とひずみ率の関係および変調周波数とひずみ率の関係について、計算結果と遅延素子を用いた

* 周波数偏移が FM 放送において規定されている最大値 (±75 kHz) となる入力レベルで変調することを用いる。

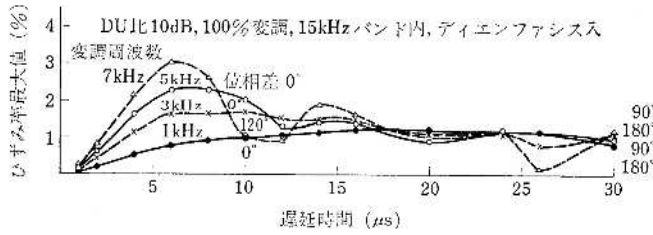


図 3 遅延時間とひずみ率最大値 (モノ)
Delay time versus maximum distortion. (monophony)

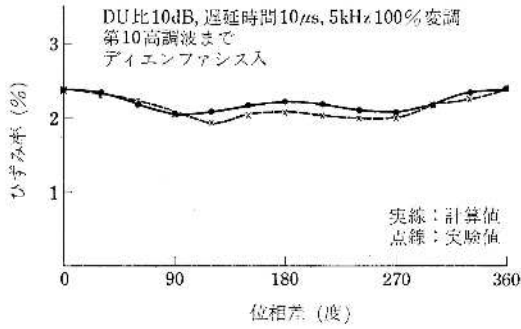


図 4 位相差とひずみ率 (モノ)
Phase difference versus distortion. (monophony)

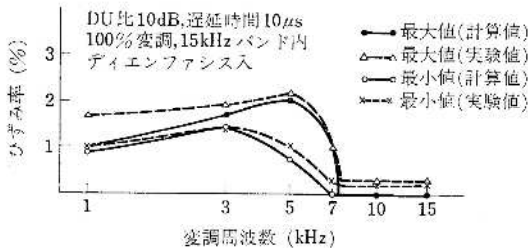


図 5 変調周波数とひずみ率 (モノ)
Modulation frequency versus distortion. (monophony)

室内実験結果との対応を求めた例を図 4 と 図 5 に示す。

図 6 は DU 比とひずみ率の関係の例である。参考のためにディエンファシスを切った場合の計算も行った。遅延時間が短い場合には、ディエンファシスの入切によってひずみ率はほとんど変わらないが、これは、ひずみ成分として比較的低下の高調波が強勢であるからである。遅延時間が長い場合には、比較的高次の高調波が強勢で、入切によってひずみ率に大きな差がある。また、DU 比がほぼ 10 dB よりも大きければ DU 比とひずみ率はほぼ比例の関係にある。これらは他の変調周波数の場合にもいえる。

図 7 は変調度とひずみ率最大値の関係の例である。遅延時間が短い場合には、変調度を深くするにつれてひずみ率最大値は大きくなり、ディエンファシスの入切によってあまり差がない。遅延時間が長く、たとえば 30 μ s 程度になると、変調度が浅いうちにひずみ率最大値は最大となってしまい、変調度を深くするとディエンファシス切の場合はほとんど一定であるが、入の場合は小さく

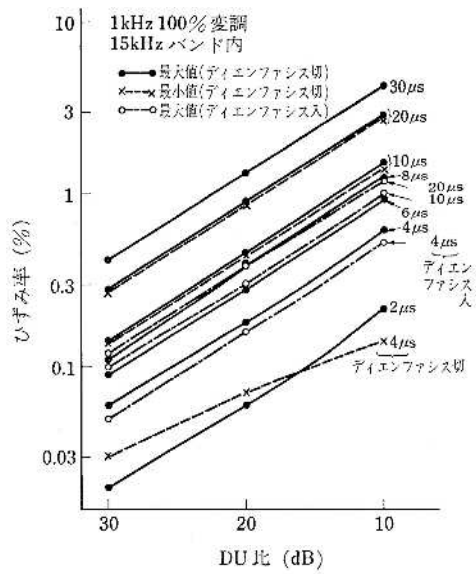


図 6 DU 比とひずみ率 (モノ)
DU ratio versus distortion. (monophony)

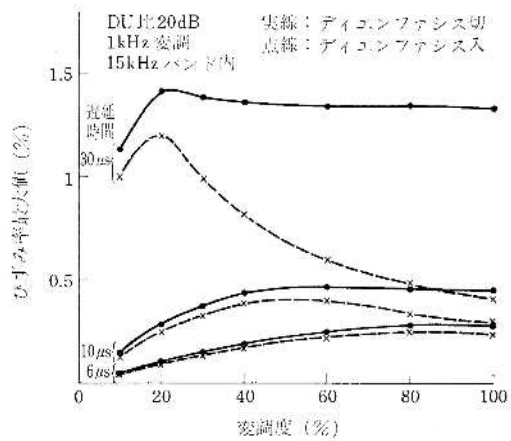


図 7 変調度とひずみ率最大値 (モノ)
Percentage of modulation versus maximum distortion. (monophony)

なる。なお、この傾向は DU 比によってはあまり変わらないが、遅延時間が長い場合の変化は変調周波数により異なる。

3.2 ステレオ放送

図 8 は位相差とひずみ率の関係の例である。モノ放送の場合と同様に、ひずみ率は 180° の位相差を中心として対称となる。ひずみ率が最大および最小となる位相差は変調周波数によって異なる。なお、この位相差は変調周波数のほか、他の条件によっても変り、特定の角度とはならない。

図 9 に、位相差とひずみ率の関係について、計算結果と室内実験結果との対応を求めた例を示す。

図 10 は復調出力のスペクトル分布の例である。この場合の変調入力のコモジット信号は、15, 19, 23 およ

FM 放送のマルチパスひずみの解析 □ 論文・資料

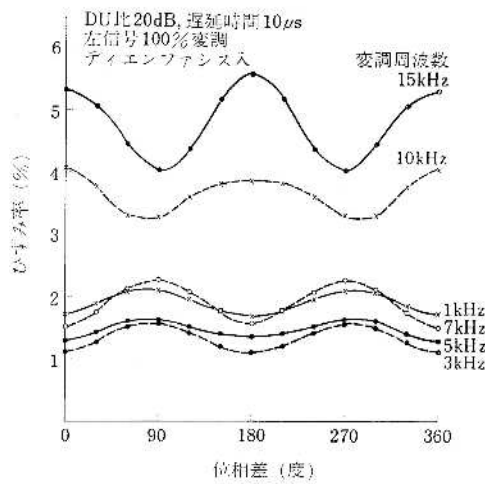


図 8 位相差とひずみ率 (ステレオ)
Phase difference versus distortion. (stereophony)

び 53 kHz の 4 つのスペクトルから成る信号であるが、これらの周波数の高調波出力と相互のビート出力がひずみ成分として発生し、これらのひずみ成分が上記の 4 つの周波数成分に加わったものが FM 復調出力、つまりコンポジット信号出力として得られ、これをステレオ復調して左信号出力と右信号出力が得られる。この例では位相差が 180° でひずみ率が最大で、90° で最小となるが、これらの位相差における 53 kHz までのコンポジット信号出力のスペクトル分布を示す。左信号出力のスペ

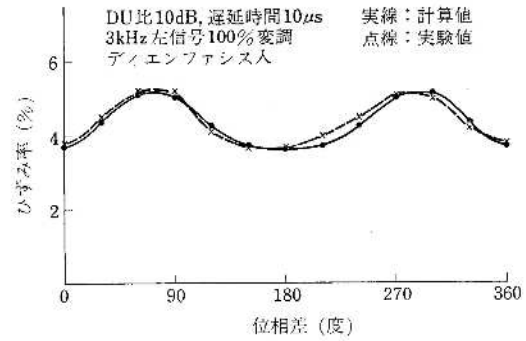


図 9 位相差とひずみ率 (ステレオ)
Phase difference versus distortion. (stereophony)

クトル分布としては、変調周波数 15 kHz の出力のほか、図示の他の周波数成分が発生し、左信号出力のひずみ成分となる。なお、変調周波数が低い場合には、その周波数の高調波で 15 kHz バンド内の周波数成分に他の周波数の成分が合わさったものがひずみ成分として発生する。右信号出力は漏話であるが、変調周波数で左信号出力よりもかなりレベルの低い出力のほか、他の周波数で左信号出力とほぼ同じ大きさの出力が発生する。これら左右信号のスペクトルも 180° の位相差を中心として対称である。

図 11 は遅延時間とひずみ率の関係の例で、一部の遅延時間での実験結果も示す。遅延時間に対するひずみ率の変化は変調周波数によって異なるが、図 12 に遅延時

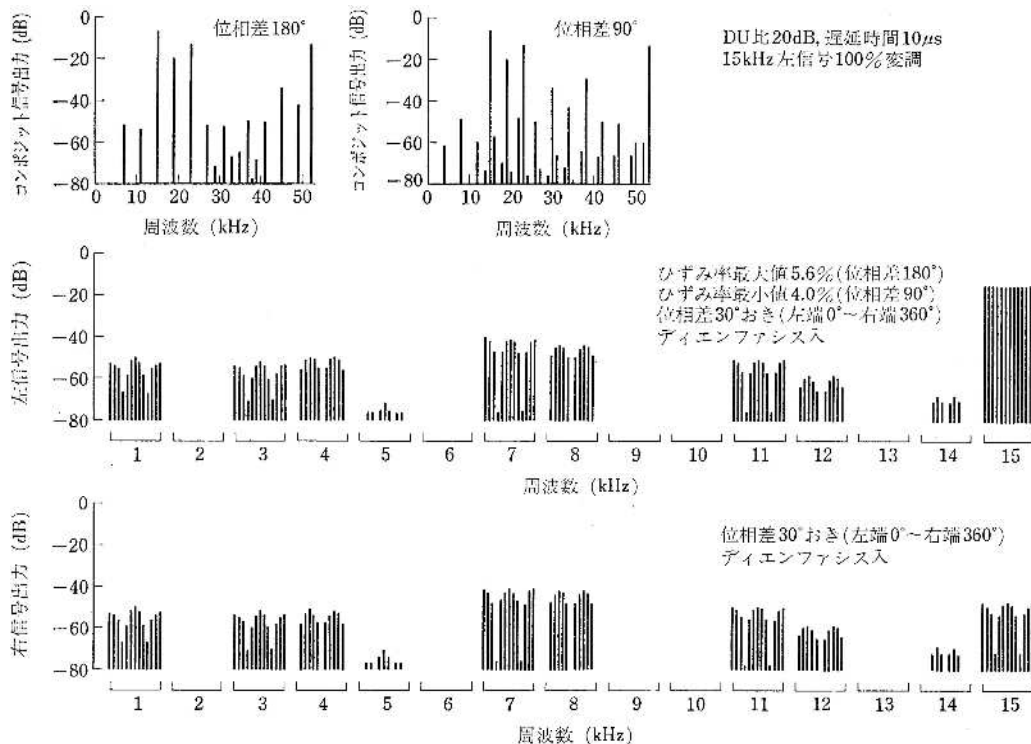


図 10 復調出力のスペクトル分布 (ステレオ)
Spectrum distribution of demodulated output. (stereophony)

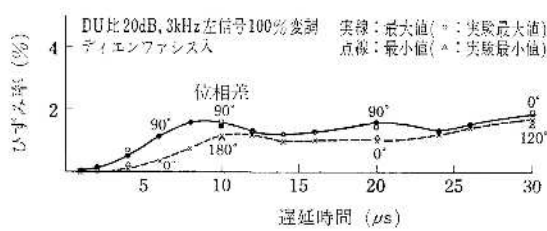


図 11 遅延時間とひずみ率 (ステレオ)
Delay time versus distortion. (stereophony)

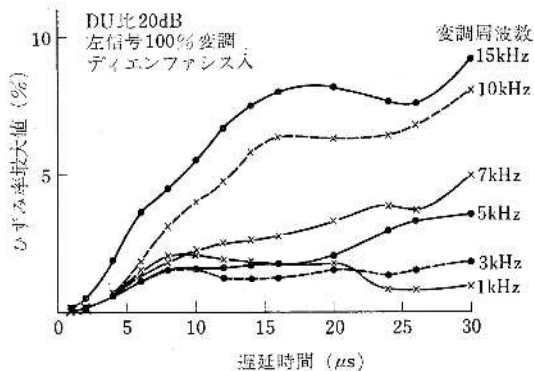


図 12 遅延時間とひずみ率最大値 (ステレオ)
Delay time versus maximum distortion. (stereophony)

間に対するひずみ率最大値の変化の例を変調周波数をパラメーターとして示す。ひずみ率最大値は、遅延時間が短い場合には全体的に小さいが、遅延時間が長くなると変調周波数によっても異なるが遅延時間 10 μ s 程度までは遅延時間にはほぼ比例して増加する。変調周波数 15kHz でのひずみ率最大値は、どの遅延時間においても他の変調周波数での値より大きく、1~3kHz 程度での値の数倍に達する。なお、このことは他の DU 比についてもいえる。

図 13 は DU 比とひずみ率の関係の例である。モノ放送の場合と同様に、DU 比がほぼ 10 dB よりも大きければ DU 比とひずみ率はほぼ比例関係にある。遅延時間が短い場合にはひずみ率の最大値と最小値の開きが

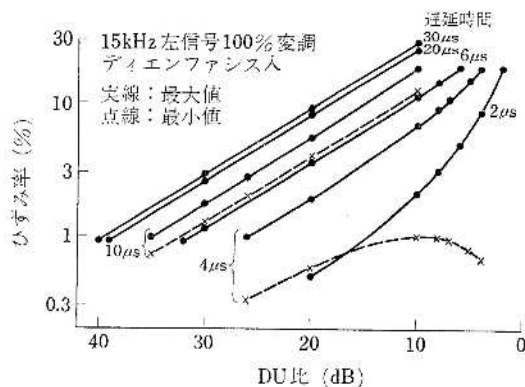


図 13 DU 比とひずみ率 (ステレオ)
DU ratio versus distortion. (stereophony)

大きく、DU 比が小さいほど開きは増大する。なお、これらの傾向は他の変調周波数での結果にもみられる。次に、図 13 と図 6 を比較すれば、ステレオ放送のひずみ率最大値がモノ放送の場合の何倍程度であるか把握できる。たとえば、遅延時間 20 μ s で DU 比 20 dB の場合、図 13 から約 8%、図 6 から約 0.4% と読みとれる。図 3 からモノ放送の場合に遅延時間 20 μ s 程度では変調周波数にかかわらず、ひずみ率最大値はほぼ一定の値であるので、1 kHz についての図 6 の結果をもってモノ放送のひずみ率最大値とみなすことができる。したがって、ステレオ放送のひずみ率最大値はモノ放送のひずみ率最大値とくらべると、DU 比を変えてもともに DU 比にほぼ比例するため、DU 比にあまり関係なく遅延時間 20 μ s で約 20 倍の値となる。遅延時間を 30 μ s として同様に比較すると 30 倍近い値となる。遅延時間が短い場合には上記ほどの倍率にはならないが、いずれにしてもステレオ放送ではモノ放送とくらべて相当大きな値となる。

図 14 はひずみ率最大値を一定の値に押えるために必要な DU 比が遅延時間に応じてどう変わるかを図 13 の結果から求めたものである。所要 DU 比は、遅延時間 10 μ s 程度までは遅延時間にはほぼ比例して増加し、10 μ s 程度をこえると、ひずみ率最大値 3% に対しては 30 dB 近い値、10% に対しては 20 dB 近い値となるなど、大きな値となる。

図 15 は変調度とひずみ率の関係の例である。遅延時間が短い場合には、変調度を深くするにつれてひずみ率は大きくなる。遅延時間が長い場合には、浅い変調度でひずみ率が大きくなる。しかし、ひずみ成分の大きさは 100% 変調の場合よりも小さい。なお、遅延時間が長い場合のひずみ率の変化は変調周波数により異なるが、DU 比を変えてもカーブ全体の形はほぼ相似である。

図 16 に、図 8 と同一の条件での位相差と左右分離度の関係を示す。左右分離度は左信号出力の変調成分に対

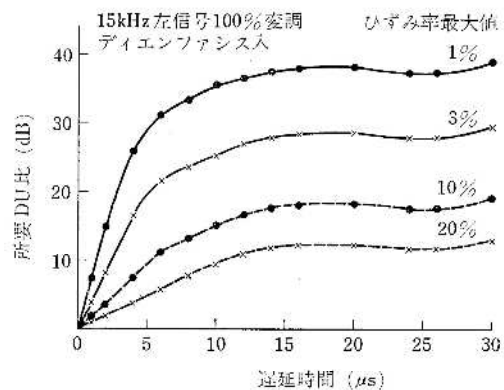


図 14 遅延時間と所要 DU 比 (ステレオ)
Delay time versus necessary DU ratio. (stereophony)

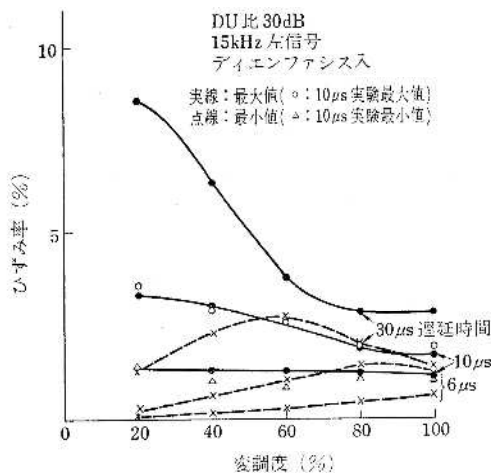


図 15 変調度とひずみ率 (ステレオ)
Percentage of modulation versus distortion.
(stereophony)

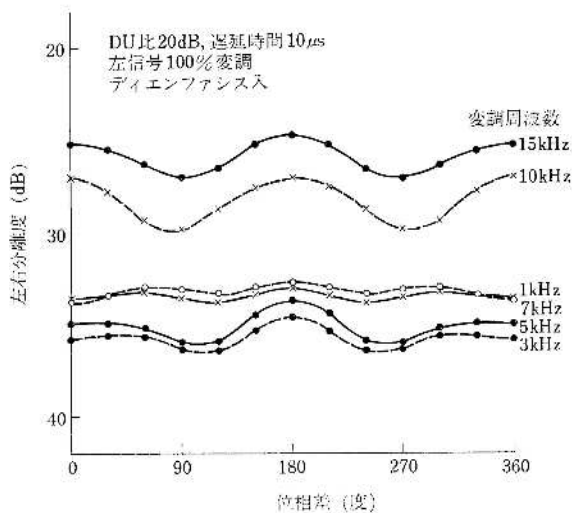


図 16 位相差と左右分離度の関係 (ステレオ)
Phase difference versus separation. (stereophony)

する右信号出力のデシベル値の絶対値で表わしてある。左右分離度も 180° の位相差を中心として対称となる。さらに、図 16 と図 8 を比較すると、左右分離度が最小および最大となる位相差は、ひずみ率が最大および最小となる位相差と、変調周波数が高い場合にはほぼ一致する。左右分離度の大きさはひずみ率をデシベルの絶対値で表わした値よりもわずかに小さい値である。なお、これらの傾向は他の条件においても同様に見られる。

4. 受信上の留意点

解析結果をもとに、マルチパスひずみを考慮した場合に、受信上の留意すべき主な点について検討すると、

(1) DU 比がほぼ 10 dB よりも大きいと、DU 比を改善すればそれにほぼ比例してひずみ率も改善されるので、簡便な室内アンテナなどを使用するよりも、でき

るだけ指向性のある専用アンテナを使用して受信機入力端での DU 比を改善して受信するとよい。

(2) 遅延時間が短い場合は DU 比が小さくない限りひずみはあまり問題とならない。10 μ s 程度まではひずみは遅延時間にほぼ比例して増加し、10 μ s 程度をこえると、高品質のステレオ受信のためには大きな DU 比を確保する必要がある。つまり、テレビ受信でブランキングゴーストとなる程度の長い遅延時間においては、ひずみが大きくなりやすいので、ゴースト対策と同様に特に DU 比に配慮すべきである。

(3) ステレオ放送ではモノ放送とくらべてひずみが相当大きく、また、高い周波数の音でひずみが大きくなる。ひずみの検知には、特にこの点に着目するとよい。

(4) 位相差が変動するとひずみ率も左右分離度も変るので、これらの測定には慎重な配慮が必要である。

5. む す び

諸条件とひずみの関係を明らかにして、マルチパスひずみについて総合的に解明することができ、これをもとに受信上の留意すべき点を述べた。本文で明らかにした解析結果は、アンテナ対策など今後のマルチパスひずみ対策の基礎資料となる。

おわりに、本研究を進めるにあたって、終始助言をいただいた当所 遠藤主任研究員、および、実験に協力いただいた当所 黒沼氏に深く感謝する。

(昭和 52 年 6 月 23 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) M. S. Corrington: Frequency-Modulation Distortion Caused by Multipath Transmission, Proc. IRE, **33**, Dec. (1945) 878-891
- 2) S. T. Meyers: Nonlinearity in Frequency-Modulation Radio Systems Due to Multipath Propagation, Proc. IRE, **34**, May (1946) 256-265
- 3) 高橋, 倉掛: VHF-FM 放送波の多重伝搬路による受信ひずみ, NHK 技術研究, **12**, 6 (1960) 27-37
- 4) 倉掛: FM ステレオ放送波の多重伝搬路によるひずみと漏話, 信学誌, **48**, 12 (1965) 2071-2077

〈付 録〉

マルチパスひずみの解析のために開発した計算プログラムの概要を計算のフローとして付・図 1 に示す。

まず、DU 比、変調周波数、変調度について任意の条件を指定し、次に計算すべき遅延時間を必要な分だけ指定し、さらに直接波と反射波の位相差を何度おきとして計算するかを指定する。なお、これらの指定はデータカードによる。これらの条件をマルチパスひずみの計算式に代入して FM 復調出力として時間領域のデータを得る。ひずみ率を計算するためには、これをフーリエ変換



点線内はステレオの場合

付・図 1 計算のフロー
Flow chart of calculation.

り周波数領域のデータにする。つまり、周波数分析によるスペクトルの計算を行う必要がある。通常のフーリエ変換による場合は、大型計算機をもってしても処理不能となる程度の計算量を要するので、計算時間の大幅な短縮のために FFT によりスペクトルを求める。ステレオ放送の場合、FM 復調出力はコンポジット信号出力であるので、ステレオ復調の計算を行って左信号と右信号出力に分離する。

次に、復調して得られた音声周波の信号出力に $50 \mu\text{s}$ のディエンファシスをかけ、ひずみ率を計算する。ステレオ放送の場合は左右分離度も計算する。指定した DU 比、変調周波数、変調度、遅延時間において、指定したとおりに何回か位相差をかえてこの計算をくり返し、ひずみ率の最大値と最小値を求める。ステレオ放送の場合は左右分離度の最大値と最小値も求める。以上求めたスペクトル分布、ひずみ率、左右分離度の計算結果をプリントアウトし、指定した順に遅延時間を変えて同様の操作をくり返す。

Abstracts

Sensitivity Differences between Central and Peripheral Regions of Retina Measured by Critical Flicker Frequency

by Tadahiko Fukuda

CFF (Critical Flicker Frequency) determinations were made at various retinal positions by using a fixation point to which the line of vision is fixed in the first test and by employing a moving target which led the line of vision in the second test.

It is inferred from the results of the tests that CFF in the periphery is higher than that in the fovea when the target size is larger than 2° , and that the variation of CFF according to the locality on the retina in the case where the target size is very small (less than $1/8^\circ$) depends basically upon the density distribution of cones and rods on the retina.

It is also pointed out that CFF is higher during eye movement than when the line of vision is fixed, especially when the target size is large and in the periphery of the retina.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 32, No. 3 (1978) 210~216

Analysis of Correlation between Beam Discharge Lag and Scanning Electron Beam Performance in Pickup Tubes

by Mitsuhiro Kurashige

In order to find out clues for improving the beam discharge lag in widely used photoconductive pickup tubes with blocking contacts, the author looked into the following aspects in the scanning electron beam performance as the factors affecting the lag: (1) Energy distribution broadening due to relaxation in the scanning beam. (2) Beam convergence angle on the target. (3) Angle of incidence of the beam on the target. (4) Local distribution of contact potential difference between target and cathode. (5) Second exponential region of the beam acceptance curves.

The author has worked out a computational procedure to follow the surface potential variation on the target and investigated the correlations among the beam performance, the resultant beam acceptance curves and the beam discharge lag.

It is concluded that the relaxation has the most predominant effect and that the other factors add only minor influence on the decay lag characteristics due to beam discharge.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 32, No. 3 (1978) 217~223

Analysis of Distortion Caused by Multipath Transmission in Frequency-modulation Sound Broadcasting

by Mitsuo Ohara

Relations between distortion caused by multipath transmission and the essential parameters are analyzed for both monophonic and stereophonic FM sound broadcasting.

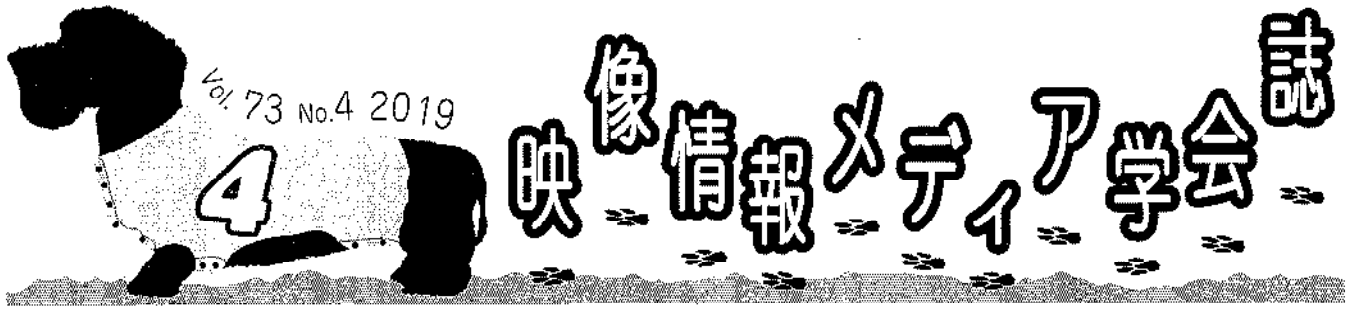
The parameters involved are DU ratio, delay time of the reflected wave in comparison with the direct wave, phase difference of these two carrier waves, modulation frequency and percentage of modulation.

Fast Fourier Transform processing technique is applied in the computer programme using which the complicated spectrum computation is carried out easily to allow a thorough analysis of multipath transmission phenomenon.

As a result, the complex nature of multipath distortion became clearly understandable. In addition, some considerations necessary for the better reception of FM sound broadcasting under the environment of multipath transmission are derived from the results of analysis.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 32, No. 3 (1978) 224~230

資料8：FM同期放送用 SFN フィールとアナライザの開発と実用化



THE JOURNAL OF THE INSTITUTE OF
IMAGE INFORMATION AND TELEVISION ENGINEERS



一般社団法人 映像情報メディア学会 (<http://www.ite.or.jp>)
THE INSTITUTE OF IMAGE INFORMATION AND TELEVISION ENGINEERS

FM同期放送用SFNフィールドアナライザの開発と実用化

Development and Practical Realization of SFN Field Analyzer for FM Synchronous Broadcasting

正会員 恵良 勝治^{†1}, 正会員 山崎 浩介^{†1}, 正会員 貝嶋 誠^{†2},
正会員 河野 憲治^{†2}, 正会員 上田 大一郎^{†3}

Masaharu Era^{†1}, Kousuke Yamasaki^{†1}, Makoto Kajjima^{†2}, Kenji Kawano^{†2} and Daiichiro Ueda^{†3}

あらまし FM補完放送のエリア拡張を行うに際し新しく開発した同期放送システムで行ってきた。このFM同期放送エリアを構築するにあたり課題となるのは異なる二つの送信所からの放送波が重なる点で干渉する放送波のD/Uや遅延時間差の計測、並びに同期放送品質の確認である。従来はこの計測は特殊な信号をスタジオより送出するため、試験放送を行う期間中の深夜の放送休止時間にしか実施できなかったが、今回開発した新しいアルゴリズムを用いたFM復調器により試験放送期間においても通常の放送波での実施が可能となった。

キーワード：FM補完放送，FM同期放送，選択分離受信，遅延時間差測定，同期放送品質測定

1. ま え が き

2014年4月，山口放送はFM補完放送の放送ネットワークを構築するにあたり，全県域カバーをするための周波数の確保と聴取者への優しい放送を前提として，従来アナログ型の変調器では困難とされていた「FM同期放送」（以下「同期放送」）の実現に向けて取り組みを開始し種々の実験を通して実用に供しうる「高精度全デジタル型FM変調器」¹⁾を開発し，県内のFM送信局を順次開局してきた。

2018年12月末現在，13局のFM補完局を開局し県内を日本海側（5局所を86.4MHz）と瀬戸内海側（8局所を92.3MHz）で二つの周波数を使用して同期放送を行っている（図1）。

この同期放送ネットワークを構築・展開・維持するにあたり，従来はスタジオより特殊な信号を送出することが必要であったため放送休止時の深夜の限られた時間内での同期放送用のパラメータ設定（後述）や品質確認が行えず作業効率も悪く，また従来法による通常の放送中での遅延時間測定では測定値の変動が大きいといった欠点があった。このため通常の放送中で昼間に同期放送のパラメータ設定や同期品質を正確に測定できる装置の開発を行った。2018年8月に開局した須佐田万川局では試験放送期間中に本装置を用いて同期放送設定を行い装置の有効性を確認した。



図1 山口放送 FM放送エリア図（2018年12月末現在）

2. 同期放送の概要

2.1 FM同期放送について

先に報告した論文²⁾で述べたように，アナログ変調方式のFM放送では地上デジタルテレビのように受信機側で伝送路の等化をすることができないため，同期放送を実用的に成立させる条件を求めることが必要であった。すなわち，同期放送を行う二つの送信所に設置されるFM変調器の(1)物理的な特性の同一性，と(2)音声信号とその変調に関わる時間的な同期性，を担保することである。

そしてこのように設置された条件で送信された2波を同時受信する環境ではいずれかが他方の干渉波となり受信品質を劣化させるが，その劣化特性は「2局間の受信波のD/Uと遅延時間差に関係し，遅延時間差が大きいほど良好な受信品質を得るためのD/Uは大きくなる。」そして「等電界(D/U = 0 dB)地点では遅延時間差が等しければ劣化は生じない」ことが実証され，現在実用放送を実施している。同一性と同期性を確保したFM変調器の性能を表1.1，表1.2に再掲する。

2018年11月5日受付，2019年4月9日再受付，2019年5月7日採録

^{†1} 山口放送

(〒745-8686 周南市公岡区，TEL 0834-32-1118)

^{†2} 日本通信機株式会社

(〒242-0018 大和市深見西，TEL 046-264-7111)

^{†3} 株式会社NHKアイテック 中国支社

(〒730-0051 広島市中区大手町2-11-10 NHK広島放送センタービル12階，TEL 082-542-4314)

表 1.1 同期放送用・高精度デジタル型FM変調器の主要性能

主要諸元	単体性能	個体間偏差
・無変調時の出力周波数	偏差 $\leq 0.2\text{Hz}$	$\leq \pm 0.4\text{Hz}$
・最大周波数偏移量	偏差 $\leq 1\text{Hz}$	$\leq 2\text{Hz}$
・平均変調周波数の中心の揺れ量	偏差 $\leq 1\text{Hz}$	$\leq 0\text{Hz}$
・プリエンファシスの周波数特性偏差	偏差 $\leq \pm 0.5\text{dB}$	$\leq 0.00\text{dB}$
・ステレオ変調パイロット位相偏差	偏差 $\leq 1^\circ$	$\leq 0^\circ$

表 1.2 音声同期タイミング誤差(独立同期の場合)

同一伝送路	1号系/2号系	0.1 μs 以下
異経路伝送路	SFN局間	0.2 μs 以下

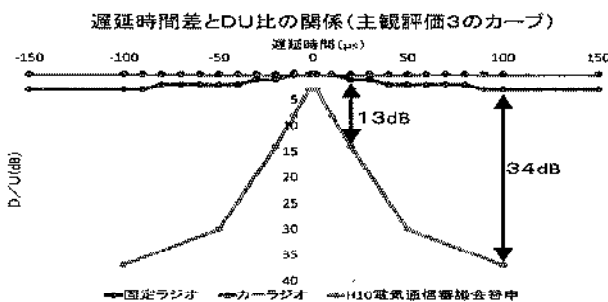


図2 平成10年電気通信技術審議会答申データとの比較

また、この実証した結果について高精度FM同期放送における主観評価と「H10電通技審規格」²⁾を図2に再掲する(この比較カーブは約6ヵ月の受信調査結果に基づき作成したものである)。

例えば遅延時間差に対し評価3を得るD/Uについてその所要D/Uを大きく改善することができた。

この実測結果では、等電界(D/U = 0 dB)になる地点で遅延時間差を0 μs (実際には0.5 μs 以内の精度)に設定すると、遅延時間差が大きくなる地点(実際にはいずれかの送信所方向に移動することになる車による移動受信)ではD/Uが一般的に大きくなることで受信品質を担保できることとなっている。

また固定受信の場合は受信者が無意識に受信機の受信指向性をD/Uが大きくなるように調整してもらうことを利用している。

2.2 FM同期放送のフィールドにおける設定事項

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。このため新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。

新局を開局していく上で、同期放送として確認している手順を下記に示す。

(1) 音声遅延時間の計測

新局までのマイクロ波伝送等による音声伝送時間測定は、演奏所で1PPSを基準にトーンバースト信号(前述の論文¹⁾参照)を送信して、新局で受信するトーンバースト信号を同じく新局での1PPS基準信号との時間差をもって測定する(このように基準とする1PPS信号からの遅延時間をここでは絶対遅延時間と定義する)。

(2) 音声変調タイミングの設定

測定した遅延時間にあわせて音声信号の変調タイミングを他のネットワーク全体で設定した一定の絶対遅延時間に等しくなるように変調器内の音声遅延機能で設定する。

(3) 音声レベルの計測と変調度の設定

スタジオから連続トーン信号を送出しTTL伝送でのレベル変化を変調器内のレベル測定機能で計測し、変化分を補償して変調度をネットワーク内の規定値に合わせる。

(4) D/U=0 dB地点の確認

新局での電波発射前に新局エリア内において既存局の電界強度を移動測定し、放送休止中に既存局を停波し新局のみの電界強度を移動測定することで、既存局と新局の電界強度が等しくなる地点をD/U = 0 dBの地点として登録する。その後、新局の周波数をオフセットさせて2波を同時に受信しスペクトラムアナライザで等電界を確認する。

(5) RF伝送遅延時間の測定

D/U=0 dBの地点において2波の相対遅延時間差が0 μs となるように新局側のRF遅延時間設定を行う。

相対遅延時間差測定は2局からのトーンバースト信号を2台の受信機で同時に選択分離受信¹⁾をして行う。この時の選択分離度は10 dB以上とれるよう5素子八木アンテナ等の指向性を持った受信アンテナで受信調整をする。

この選択分離受信の分離度測定は新局並びに既存局の送信波を交互に発射して確認することができる。

(6) RF伝送遅延時間の設定

上記により分離して受信されたトーンバースト信号の復調信号のそれぞれをシンクロスコープに加えて、表示された音声信号(1 kHzの場合が一般的である)の時間波形を2波が重なるように新局側のRF遅延時間設定を行う。

2.3 従来法による同期設定手順の欠点と課題

2.3.1 絶対遅延測定での欠点

従来法による絶対音声遅延およびRF遅延時間測定に誤差が含まれやすい点や人的な環境について以下に述べる。

(1) 受信機の遅延性能

・FMを受信する受信機によって復調処理時間の遅延時間が表示されるシンクロスコープ上では時間誤差として観測される。

(2) 測定器の遅延特性

・上記復調信号をシンクロスコープに入力して管面表示までに遅延時間が生じる場合があり絶対遅延時間誤差となる。

(3) 調整の効率性

・放送休止時間は夜間で通常1ヵ月に数回の限られた時間帯のため遅延調整の効率が悪く、労働環境としても厳しい条件となる。

2.3.2 相対遅延差測定での欠点

選択分離受信をする際は5素子八木アンテナ等の指向性を持った受信アンテナを使用して、2台の受信機で復調信号のそれぞれをシンクロスコープに加えて、表示された音

声信号の時間波形を比較して2局間の相対遅延時間を測定する。この場合の問題点として

(1) 2台の受信機の同一性

- ・受信機によってアナログ音声出力レベルに差があるとシンクロスコープ上では時間誤差として観測される。
- ・受信機によってアナログ復調処理の時間的な同期性が等しくない。

(2) 測定器の同一性

- ・シンクロスコープの表示において2入力のパネル表示までの時間に遅延時間差が生じる。

2.3.3 測定条件の効率化の課題

絶対遅延時間測定や遅延時間差の測定においては、既存局への人員の配置(交互発射のための送信機のON/OFF作業)が必要であり、深夜作業では安全性の確保のため最低2名当てねばならない。このことを解決するために既存局の電波を止めることなく選択分離度を計測する手段(2局間の受信D/Uの推定法)を検討してきた。

多くのFM補完局では先行するNHKのFM局や県域FM局が存在する。そして上記で選定された任意の電界地点でもこの先行のFM局が受信可能である。この既存FM局の受信比を測定することで今回の同期放送局間のD/Uとして概ね一致することが確認できた。

選択分離度は10 dB以上確保できれば良いためこの方法は概ね有効であることが実験を通して確認できた(前記論文¹⁾の図20参照)。

3. SFN フィールドアナライザ

3.1 装置の概要

先に述べたように、同期放送を順次拡大していくにあたって上記の課題を解決できる同期放送用測定器(以下SFNアナライザと略す)の開発を行った。

SFNアナライザの概略系統を図3に示す。

系統図に示すようにRF入力は選択分離受信の2波に対してそれぞれ受信する2系統とし、それぞれが共通の1ppsの入力タイミングで同期して動作するデジタル型の復調器を装備した(復調器の概略系統を図4に示す)。

また各復調器のFM主要諸元について表2に示す。この中で本FM復調器の特徴は2台の復調器がまったく同一の

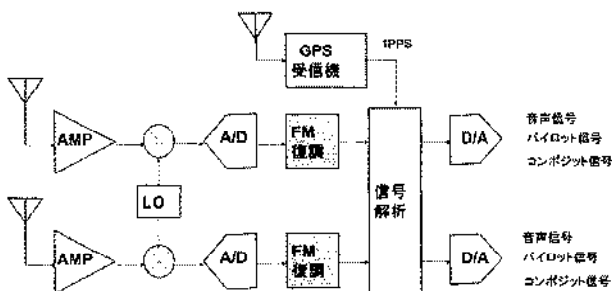


図3 SFNアナライザ 概略系統図

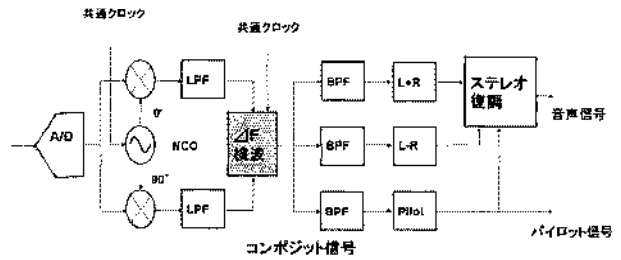


図4 SFNアナライザ 復調部(1系統分)

表2 デジタル型FM復調器 仕様&性能

仕様	仕様
受信周波数	76.1MHz ~ 94.9MHz の任意の1波
受信感度	10dBμV
受信入力数	2
ディエンファシス	50μs

項目	性能	2台間偏差
周波数特性	±0.5dB以内(50Hz~15KHz)	0.0dB
左右分離度	60dB以上(100Hz~10KHz)	0.0dB
ひずみ率	0.3%以下(50Hz~15KHz)	0.0dB
S/N	70dB以上	0.0dB

(注)AES-EBU デジタル出力端で規定
(入力レベル: 60dBμV)

タイミングで動作し同一の復調性能を有している。また復調デジタル出力は変調側の変調度を絶対値で計測できる機能を有している。すなわち、最大変調度75kHz時の出力は838861(-20dBFS時 24bitMAX 2²³の1/10)と校正された値を取るよう構成している。

また、二つの復調器は1個のFPGA(Field Programmable Gate Array)の中で構成し同一のクロックで並列動作させることで物理的、時間的な同一性を確保した。

復調器の同一性の確認については、RFの入力1および2にFM変調度を分配して、同一の入力としてそれぞれ得られた復調出力をD/A変換する前のデジタル部で比較することにより確認した。

また後述するすべてのパラメータの計測はデジタル形式のベースバンド処理により実行しアナログ要素の誤差の影響を受けない状態で実現した。

3.2 装置の機能

この新たに開発したSFNアナライザの固有の機能について以下に述べるが、最大のポイントは選択分離受信波を前提に通常の放送波を受信して計測することである。

(1) 2局間の遅延時間差測定

受信する2局の各送信所からのRF遅延時間差を測定する。

(2) 2局間の変調器間の物理特性偏差の測定

同一のタイミングで動作しているデジタル型復調器の特性を利用して、同期放送の受信品質に大きな影響を与える2局間の送信機の、平均変調度の偏差および、平均中心周波数偏移の偏差を測定する。

(3) 同期放送下での音声品質特性測定

同期放送の品質の評価法としては従来主観評価が用いら

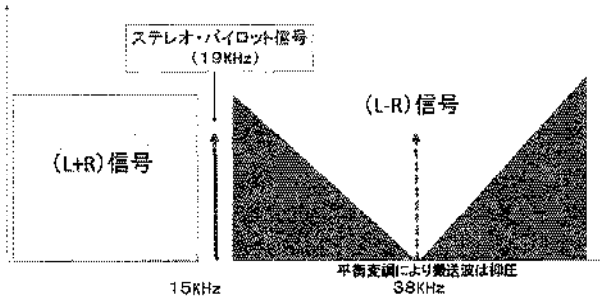


図5 FM変調のステレオ・コンポジット信号スペクトラム

れてきたが、客観的な数値として評価できる評価パラメータを選定し通常の放送波での同期放送音声品質を測定する。これらの機能の実現法について以下に述べる。

3.3 放送波を使用した遅延時間差測定について

通常の放送波を用いて遅延時間差を測定する方法について新しく開発したアルゴリズムによる方法を含め以下の三つの手法による計測を行い、それぞれの手法による測定結果を相互参照できるようにした。

図5にFM波をデジタル復調した時のスペクトラム(ステレオ・コンポジット信号)を示す(ただし、実際に取り扱うデータは通常見慣れたアナログの形式ではなく信号の安定性と再現性を確保するため復調後のデジタル値のまま利用している)。

(1) ステレオ・パイロット信号による計測

先の論文¹⁾に述べたように独立同期方式で同期放送を実現する条件として、各送信所の変調器は1pps信号に同期して変調波を送出しているので、任意の受信点で受信するパイロット信号の位相を1ppsのタイミングで計測すれば、その地点までの遅延時間を知ることができることになる。

以下その手法について述べる。

図5の復調されたステレオコンポジット信号からパイロット信号のみを抽出する。そのパイロット信号をヒルベルト変換してI, Q成分の信号に変換する。このRF入力1とRF入力2のパイロット信号のI, Q成分から $\theta (= \tan^{-1}(Q/I))$ を用いて各パイロット波の位相を計測することができる。このことを図6に示す。

例えば、位相差の計測値が θ (rad)、パイロット周波数 f_p

$= 19\text{kHz}$ とすると遅延時間差 τ は

$$\tau = (1/f_p) * \theta / (2\pi) \quad (\text{mS})$$

として得られる。

この方法は遅延時間差がパイロット周波数の1周期にあたる $52.6\mu\text{s}$ 以内であることが予め知れていれば有効であるが、位相差計測値が周期性を持つため長い遅延時間差がある場面では絶対値を知ることができない欠点がある。

また、今回の計測では2局の送信所の変調器が先に示した表2の性能を満たしていることを前提としているが、従来からFM同期放送として同一の周波数を用いて実施している場合は一般に音声信号とパイロット信号の時間同期が管理されていない場合があり、その場合も本計測法で遅延時間差を計測することはできない。

(2) 音声信号を時間軸で計測する方法(特許出願中³⁾)

上記の欠点を補う方法として復調したデジタル音声信号(ここでは上記コンポジット信号の(L+R)成分)を利用して計測を行う方法を考案した。それは、選択分離度が充分取れていない場合に干渉雑音は周波数成分の高い方から影響を与えるため、ステレオ復調後のLおよびRの信号はステレオ副搬送波に含まれる干渉雑音が畳み込まれてくるからである。このためもっとも干渉雑音が少ない(L+R)成分を対象とした。また一般の放送波では高域の周波数成分は少ないので取り扱う信号は5kHzの低域濾波器を通して使用している。

二つのデジタル形式の音声信号からその時間差を計測する方法を図7に示す。パイロット信号による計測とは異なり時間軸での比較減算を行う。

移動減算を行うクロック周波数が音声信号周波数に対して充分大きくないため減算の最小値は必ずしもクロック周波数精度とは同期しない。このため図8に示すように極小値計測から最小値が起こる時間を補間して計測値として求めている。

この方式の特徴は回路構成にもよるが、遅延時間差を20mSの範囲で計測することが容易である。

ただし、先に述べたように2局間の信号の同一性を利用して最小値計測を行っているため、それぞれのFM変調器がアナログ信号入力による変調の場合は表2の変調度の同

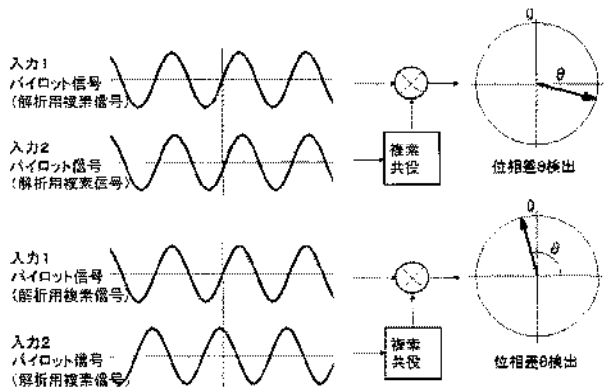


図6 パイロット信号の位相検出

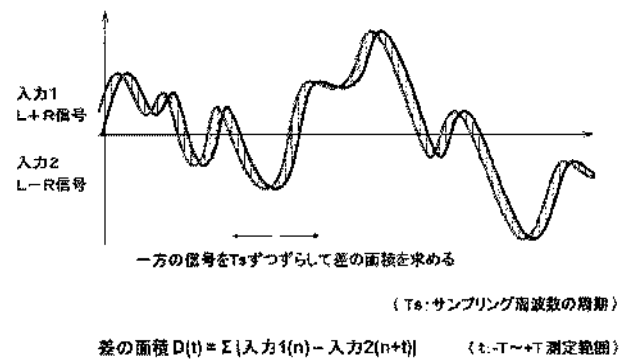


図7 音声信号の遅延時間計測(L+R)信号

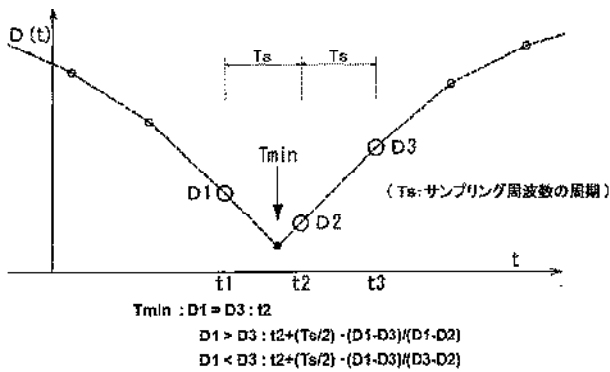


図8 サンプルング点からはずれた最小値の予測手法

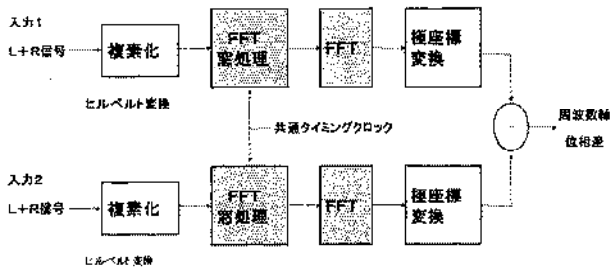


図9 周波数軸を用いた遅延時間計測 系統図

一性が担保されていないことが多く、その場合は十分な精度で計測することは困難となる。

(3) 音声信号を周波数軸で計測する方法 (特許出願中⁴⁾)

上記(1)(2)の方式とも計測にはそれぞれ制約条件が伴う。このため(2)で用いるデジタル音声信号(L+R)の周波数成分の比較を行うことで二つの遅延時間差を求める方法を考案した。

概略の系統を図9に示す。

二つの復調されたデジタル音声信号(L+R)をまったく同一のタイミングで一定の時間軸幅で取り込む。この取り込んだ二つのデジタル音声信号をそれぞれ直交した二つの搬送波(I, Q成分と呼ぶ)を用いてヒルベルト変換を行い、その変換された信号をFFT(Fast Fourier Transform)により周波数成分として取り出す。このIに含まれる周波数成分とQに含まれる周波数成分は当然同一のものであるので各周波数成分のIとQの値でその周波数成分の位相角 $\theta (= \tan^{-1}(Q/I))$ を知ることができる。

すなわち、二つの信号のそれぞれの周波数成分の各々について計測位相 $\theta_1(f), \theta_2(f)$ が得られる。

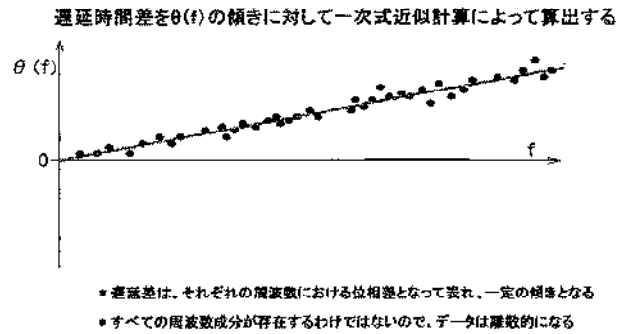
これについて $\theta_0(f) = \theta_1(f) - \theta_2(f)$ として表したものを図10に示す。

横軸は周波数方向であり $\theta_0(f)$ の離散点を結んだ線の傾きは二つの信号の遅延時間差に従うことになるので、遅延時間差 τ_0 は

$$\tau_0 = (\theta_0(f_1) - \theta_0(f_2)) / (f_1 - f_2)$$

として計測できることになる。

この方法は音声信号の周波数成分の位相差のみに着目しているので2局間のFM変調器の変調度偏差等には依存し



- 遅延差は、それぞれの周波数における位相差となって表れ、一定の傾きとなる
- すべての周波数成分が存在するわけではないので、データは離散的になる

図10 周波数軸に表現された位相差

ないで正確な測定が可能である。

3.4 送信所間の性能偏差測定について

同期放送においては同期を形成する二つの送信所のFM変調特性の同一性が重要であることはすでに述べた。ここでは二つの送信所間の物理的な変調特性の偏差を通常の放送波を受信しながら測定する方法⁵⁾について述べる。

以下に述べる計測法は今回開発したデジタル型FM復調器にFM変調度を校正した復調感度を持たせたことで実現したものである。

(1) 局間の平均変調度偏差測定

平均変調度を測定するために使用するデータは先の2.4.2項および2.4.3項で遅延時間差計測に用いたものと同じくRF入力1とRF入力2の復調信号を同一のタイミングで抜き取った音声デジタル信号(L+R)である。

FM復調は送信側のFM変調波の周波数偏移に比例して音声レベルを出力することであるので、絶対値校正されたFM復調器で出力される音声信号レベル(デジタル値)はその値が瞬時の周波数偏移量を示している。

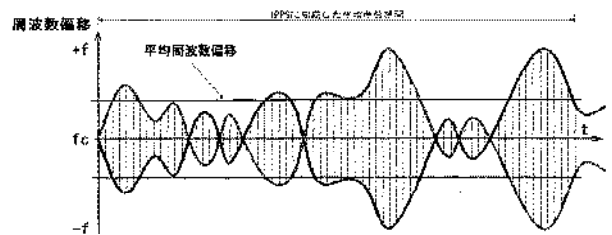
このためある一定区間(時間平均を取るのに十分な時間)の音声デジタル信号データ列をプラス側に絶対値として折り返してその平均処理を行うことで平均周波数偏移が計測できる。

この様子を図11に示す。こうして得られる各入力の平均周波数偏移の差が平均周波数偏移偏差となる。

(2) 局間の平均中心周波数(DCオフセット)偏差

同期放送で干渉雑音の大きな要因となるのが2局間の送信波の平均中心周波数の変化が時間的に異なる場合である。

この平均中心周波数を計測する方法について述べる。



2系統の復調信号に対し基準時刻(1PPS)に同期した同じタイミングで、絶対値平均処理を行

図11 平均変調度偏移の測定

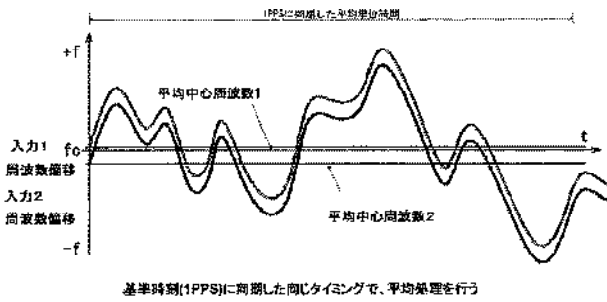


図12 平均中心周波数の測定

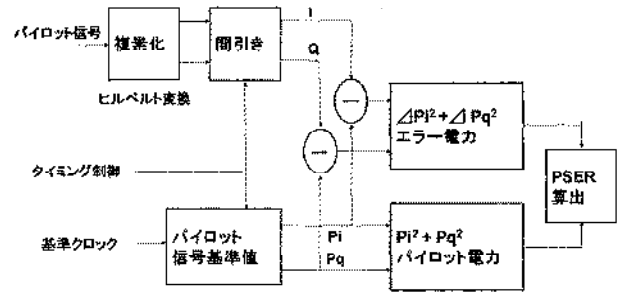


図14 パイロット信号エラー比 (PSER) 測定系統図

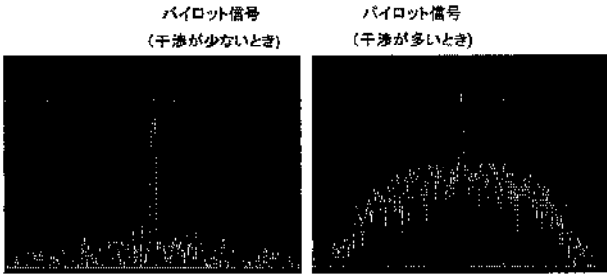
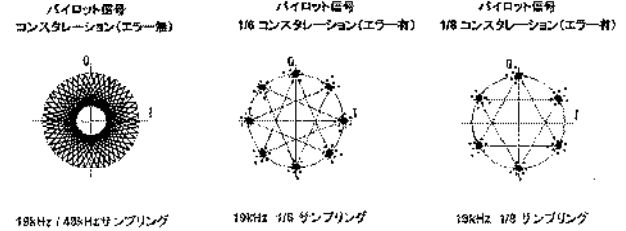


図13 パイロット信号の復調後のスペクトラム



・19kHz コンスタレーションをそのまま表示すると、基準点間が近くエラーがあると見づらくなる
 ・基準とする点を間引くことで見やすくする (サンプリング周波数は 48kHz)
 ・間引くと情報量が少なくなるので、適度な間引きとして 1/8 または 1/8 とした

図15 パイロット信号のコンスタレーション

平均中心周波数はデジタル音声信号の正負の符号をつけたまま一定区間の加算と平均処理を行うことで計測できる。

2入力間の差をとることで平均中心周波数偏差として計測できる。この様子を図12に示す。

3.5 同期放送の音声品質の測定について

同期放送においては干渉しているフィールドにおいて放送波音声の受信品質を客観的に測定する手段はなかった。今回実際の放送波の中に常に存在するパイロット信号(図5参照)に着目し音声品質測定の代替手段とできないかを検討した。すなわち、先に述べたように同期放送下では干渉D/Uと遅延時間差に応じて受信音声品質が変化する。これはパイロット信号も同様に影響を受けることが観測された。この様子を図13に示す。図ではパイロット信号をスペクトラムアナライザで観測した時の波形を示しており左が干渉が少ないとき、右が干渉が多いときのそれである。

この観測データから下記の方法⁹⁾によりパイロット信号の干渉雑音比(ここではパイロット信号エラーレシオと定義する)を計測してその値と主観評価のデータ(後述)との相関を調査することとした。

(1) パイロット信号エラーレシオ (Pilot Signal Error Ratio) の計測

PSER (Pilot Signal Error Ratio) の計測の系統図を図14に示す。デジタル方式でFM復調されたコンポジット信号からパイロット信号をBPFを用いて抽出しヒルベルト変換により複素化を行う。

この複素化されたパイロット信号は複素平面では図15の左に示すコンスタレーションを描くことになる(サンプリング周波数は48kHz)。この48の点の隣接する距離は位相角では7.5°(360°/48)と近接するので本システムでは干渉

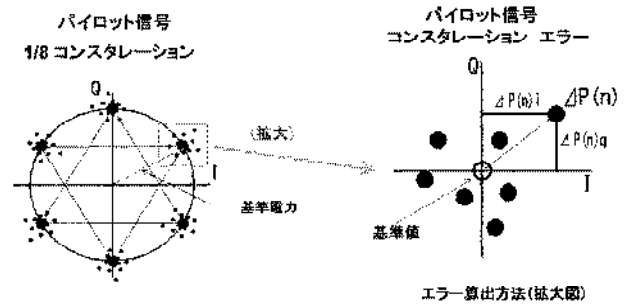


図16 パイロット信号エラー比の計測

雑音の誤判定を避けるためにこのコンスタレーション全体の点の1/8の6点を計測の対象とした(図15の右図参照、系統図では間引きに相当する)。

一方干渉がない場合のパイロット信号のコンスタレーションは既知であるので基準となるクロックを用いて複製し、受信したパイロット信号との差分をとり干渉がおきたときの干渉雑音によりこの基準星座点から離れる距離を測定する(図16)。

(2) PSER (Pilot Signal Error Ratio) の定義

上記にて得られたパイロット信号のI成分をPi、Q成分をPqとするとパイロット電力Ppowerは

$$Ppower = P_i^2 + P_q^2$$

でありまた干渉により生ずるエラーを $\Delta P(n)$ としその直交成分を $\Delta P(n)_i$ 、 $\Delta P(n)_q$ とするとエラー電力は

$$\Delta P(n) = \Delta P(n)_i^2 + \Delta P(n)_q^2$$

と計測できる。

これを用いてPSER (Pilot Signal Error Ratio) を下記にて定義する。すなわち

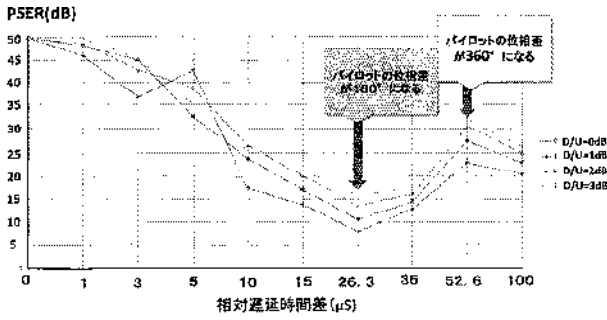


図17 PSER対遅延時間差特性

$$PSER(dB) = 10 * \text{LOG}(\Sigma(N * P_{power}) / \Delta P(n))$$

である。

(3) PSERの計測例

2波干渉時のD/Uと遅延時間差に対してPSERを測定した結果を図17に示す。計測条件は評価素材としてラジオ放送で多くの割合を占めるアナウンサによる読み上げトークシーン(1分間の尺)を作成し、2台の変調器で同期して変調をかけた上で干渉が起こらない無変調時(音声の無音検知を行い)を除いて1分間の平均値を採用した。

図に示すように、26.3μs(パイロット信号の位相差が互いに180°となる)でPSERの極小値が生ずる。これは二つの干渉し合う信号で受信機ではパイロットが打ち消されて受信できなくなるために劣化が起きていることがわかる。それ以降53μs(パイロットの位相が1周して互いに同相となる)まではPSERは増加傾向になる。

3.6 主観評価の例

同期放送時の受信音声の品質について、干渉D/Uと遅延時間差に対して主観評価実験を行った。

評価素材はPSER計測に使用したトークシーンを20秒の尺に短縮して使用した。

評価者は同期放送の関係者7名で行い、通常の5段階評価とし評点の最高点と最低点を1個ずつ除いて5名の平均値を評点とした。評価点の基準は下記とした。

- 評点5：原音との違いがわからない
- 評点4：干渉音を認めるが気にならない
- 評点3：干渉音があるのがやや気になる
- 評点2：干渉音が多く原音との違いが気になる
- 評点1：干渉音で原音が聞きづらい

その結果を表3に示す。

PSERと主観評価の詳しい相関については次章で述べるが、表3からはパイロットの位相差が180°になる26.3μsまでPSERと主観評価は減少(品質が悪い方向)していく。また、パイロットの位相差が360°となる53μsではPSERと主観評価はともに増大して100μsでは減少する。このことからPSERと主観評価は同一の傾向を示し相関があることがわかる。したがって、PSERは同期放送の遅延時間差に限らずFMステレオ放送なら音声品質の評価に使用できる。

3.7 Pilot品質と主観評価の相関について

図18に0~26.3μs以内でのPSER - 主観評価の相関図を

表3 音声主観評価(トークシーン)

D/U(dB)	遅延時間差(μs)									
	0	1	3	5	10	15	26.3	35	53	100
0	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1
1	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1.2
2	5	4.6	4.2	5	5	5	2.6	1.4	1	2
3	4.4	4.6	5	4	5	5	2.6	2	1	2.2
4			5	5	5	5	2.8	1.4	2	2.4
5			4.2	4	4	4	1.8	1.8	1.8	1.8
6				4.6	4	4	1.8	2.2	2.2	2.2
7				4.4	4.2	4	1.8	2	2	2.6
8					4	4	2	2.2	2.2	2.6
9							2	2.4	2.4	2.6
10								2	2.4	2.6

評点値 2以下 評点値 2~3 評点値 3~4 評点値 4以上

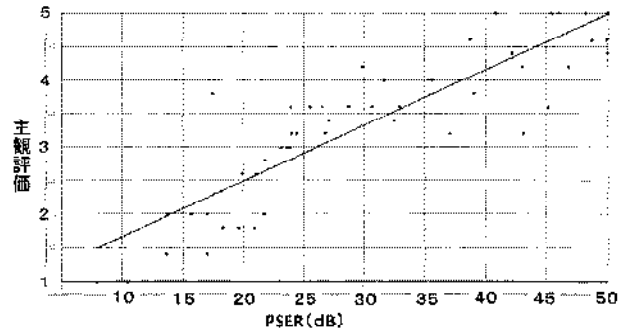


図18 PSER対主観評価 相関図

表4 本装置のその他の計測・表示機能

FM帯域のRFスペクトル表示	2RF(76.1~94.9MHz)入力に対して(分離受信機採用)
RF入力レベルの表示	2受信入力に対して(dBμV)
RF入力レベル比の表示	上記2入力の差分(dB)として
復調音声信号の波形表示	2受信入力に対して
復調音声信号のスペクトル表示	0~5KHz帯域にて
パイロット信号の位相	基準1PPSの立ち上がりで0°基準として(0°±180°)
SINAD測定	試験トーン信号(1kHz等)受信時
S/N測定	同上

示す。

PSERと主観評価の間には強い相関が見られ、PSERを同期放送の品質を示す客観値として利用できることがわかった。

なお、一般に市販されているカーチューナやポケット型携帯ラジオは弱電界時や強いマルチパス信号を受けて(同期放送時の干渉に酷似)パイロット信号を良好に再生できない場合は自動的にモノラル受信に切り替えて品質を維持する等の手段が取られていることが多いが、今回製作したFM復調器は干渉時のパイロット信号をそのまま用いてステレオ復調後の音声を出力しているため音声品質とパイロット信号品質の関係は保たれている。

このため、カーチューナで試聴するときの主観評価値とは異なることになる(一般にカーチューナの方が受信品質は良くなることを事前の実験で確認済である)。

3.8 その他の機能

本装置をFM同期放送はもとより通常のFM放送についてもフィールドでの使用を便利にする補助的な機能を持たせた。その機能を表4に示す。

4. 実フィールドにおける検証

今回試作した装置の外観を写真1に示す。

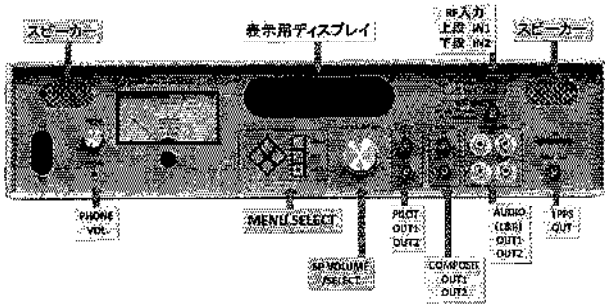


写真1 FM-SFNフィールドアナライザ

本装置を実際の同期放送エリアで試験した結果を測定例を用いて以下に述べる。

4.1 試験エリアの特徴

今回の試験地点はFM-KRY山口局とそのエリア内に建設したFM-KRY柳井局の同期放送エリアで行った。試験地点(山口県上関町)を図19に示す(図中において赤線で山口局の放送エリア、青線で柳井局の放送エリアを示している)。

この地点は山口局と柳井局が弱電界(50 dB μ V以下)で等電界で重なる地点であり、特に山口局からは海上伝搬受信で、柳井局からは丘回折で受信する複雑な地形のポイントである。受信試験の様子を図20に示す。

試験は2018年10月14日(日)夕方に実際のオンエア放送波を用いて行った。図に示すように2基の2素子八木アンテナを用い、それぞれ山口局(アンテナ1)と柳井局(アンテナ2)を選択分離受信するように設置した。

選択分離受信の様子を図21に示す。



図19 実フィールドにおける測定試験地点



図20 実フィールドにおける検証の様子
(測定地点:山口県上関町)

図21は受信アンテナ1で山口局の選択分離受信の様子を示しているが、受信アンテナ2では柳井局を選択受信している(スペクトラム写真は略)アンテナ1では約10~15dBの分離受信ができていることがわかる。

4.2 送信所間のFM変調波の偏差測定

図22に各送信所のFM波の変調特性とその偏差についての測定結果を示す。

図に示すように平均中心周波数(DCオフセット量)は偏差-0.1Hzであり平均変調度(トークシーンにて)は0.0023dBの誤差を持っていることがわかる。

4.3 送信所間の遅延時間差測定

図23に2局間の遅延時間差についての測定結果を示す。

図において、上段が時間軸で音声信号の畳み込み法(2.4.2項(2)に示す)で計測した結果、下段に周波数軸FFT(2.4.2項(3)に示す)で測定した結果を示す。先に2局の変調度が一致していることを示したようにこのような環境下では時間軸法と周波数軸法では大きな差異は生じないことがわかる。なおこの遅延時間差は当初の設計値通りの値を示している。

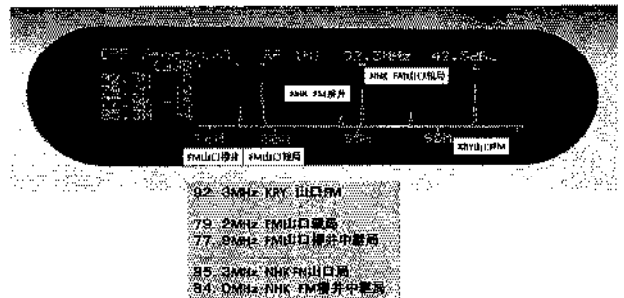


図21 選択分離受信の状態
(受信アンテナ(RF IN1):山口県大平山方向)

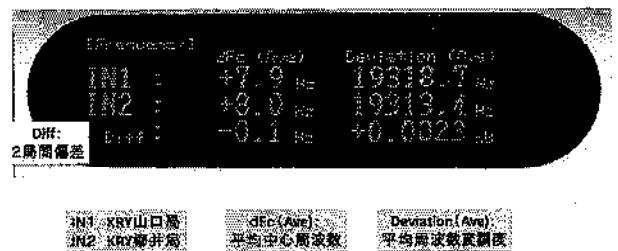


図22 2局間周波数変調特性の測定

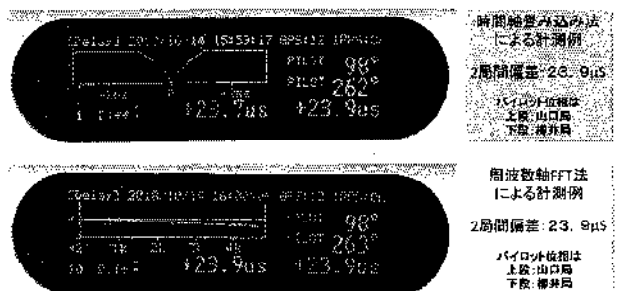


図23 遅延時間差測定例

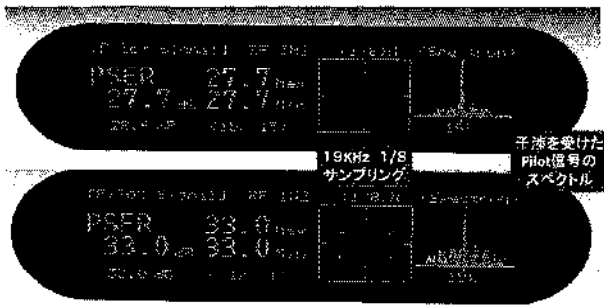


図24 同期放送時のPSERによる品質測定例

また、画面右側に2局を受信したパイロット信号の位相とパイロット位相差から計測される遅延時間差を表示している。すなわち、遅延時間差 Δt は下記により求めている。

$$\Delta t = 1/19\text{kHz} \times (262^\circ - 98^\circ) / 360^\circ = 23.97\mu\text{S}$$

であり、上記の2方式による計測値と一致している。

注) この山口局と柳井局の同期放送エリアでは他にも2局の電波が等電界となる地点が複数存在する。このうち強電界(70 dB μ V以上)で等電界となる地点を選んで2局の遅延時間差が0 μ Sとなるように設定しており、結果として上関町地点ではこの遅延時間差となっている。

4.4 同期放送受信の品質測定

図24にPSERを用いて計測した同期放送受信の測定例を示す。

PSERの測定値は前述と同じ選択分離受信を行った時のD/U条件下(10~15 dB)での計測値である。それはこの地点(D/U=0 dB, 2波の遅延時間差=23.9 μ S)で一般家庭の聴取者が固定受信機で受信し、2素子八木アンテナ程度の選択指向性を持つアンテナで良好な受信状況を確保した時の得られる受信品質と想定した。この時RF-IN1(山口局)はPSER=28 dB(主観評価換算3+) RF-IN2(柳井局)はPSER=32 dB(主観評価換算4-)が得られることがわかる。

また移動時の受信環境ではカーチューナ等が用いられ、その場合はこのような環境下ではモノラル受信に切り替わり主観評価は4以上が得られることを確認している。

5. 考察と今後の課題

FM同期放送の同期状態や放送品質を計測できる装置を開発することができた。現在(2019年3月時点)これまで従来法で同期放送の遅延調整を実施してきた地点で本装置を使用して比較測定を行っているが、多くの地点で $\pm 2\sim 5\mu\text{S}$ の誤差が確認され本装置による再調整を行っている。これも本装置により通常の放送時間に調整確認作業を容易に行えるようになったおかげである。また同期放送にとって最も重要なパラメータである遅延時間差測定については三つの方法を考案しその3通りでの計測結果が良く一致しており、その結果干渉しているフィールドでPSER測定による値が向上したことを確認し、本装置の実証性が確認できた。

本装置の計測の精度は冒頭にのべた選択分離受信ができることが前提であり、フィールドでそのような状況を得る

ためには周囲環境や空中線の指向性等種々工夫することが必要である。また必要となる分離度は同期放送を構成する変調器の性能とその同一性に依存することを確認しており今後はそのような条件を調査し定式化したうえで本装置を容易に使用できるようにしていきたい。

6. むすび

同期放送を実施する上で重要な要素である2局間の変調度偏差、平均中心周波数偏差や相対遅延時間差を通常の放送中に計測できることが確認できた。また同期放送の品質を客観的な物理量に置き換える試みとしてPSERの概念を導入し主観評価との相関を明らかにした。今後は異なる音声素材を用いての相関を検証していく所存である。

このSFNフィールドアナライザがこれからのラジオ受信技術の一助となることを期待しております。

謝辞 終わりに、FM同期放送の実現にあたり総務省、並びに中国総通より現地視察を含め、種々のご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

〔文 献〕

- 1) 恵良, 山崎, 貝嶋, 河野, 櫻尾, 岩木: “高精度デジタル型FM変調器の開発とFM同期放送の実現”, 映像学誌, 71, 12 (2017)
- 2) 平成10年度電気通信審議会答申: “諮問92号FM放送の置局に関する技術的条件参考資料3(別紙6)”
- 3) 特許出願番号, 特願2018-187448
- 4) 特許出願番号, 特願2018-187449
- 5) 特許出願番号, 特願2018-187450
- 6) 特許出願番号, 特願2018-195854



恵良 勝治 1989年、徳山高等機械電気工学科卒業。同年、山口放送(株)入社。技術局送出部送出課、2004年、報道制作局制作技術課長、2011年、技術局技術部次長、2014年、技術局技術部次長(部長待遇)、2016年、技術局技術部長、2018年、技術局次長となり、現在に至る。正会員。



山崎 浩介 1978年、明治大学商学部卒業。同年、山口放送(株)入社。報道部報道課、1992年、報道課長、1995年、テレビ制作課長、2000年、山口支社長、2005年、取締役報道制作局長、2010年、技術局長兼務、2011年、常務取締役、2015年、専務取締役となり、現在に至る。正会員。



貝嶋 誠 1969年、九州大学工学部電子工学科卒業。同年、東京芝浦電気(株)(現 東芝(株))入社。放送衛星、通信衛星(SNG)、地上デジタル放送等の放送・伝送・送信設備の開発・設計に従事。2005年、日本通信機(株)入社。常務取締役、代表取締役社長、取締役会長を経て、現在、同社相談役。正会員。



河野 憲治 1985年、茨城工業高等専門学校電気工学科卒業。同年、日本通信機(株)入社。以来、CPUソフトウェア、FPGAデジタル信号処理技術を用いた製品の開発に従事。現在、同社取締役技師長、正会員。



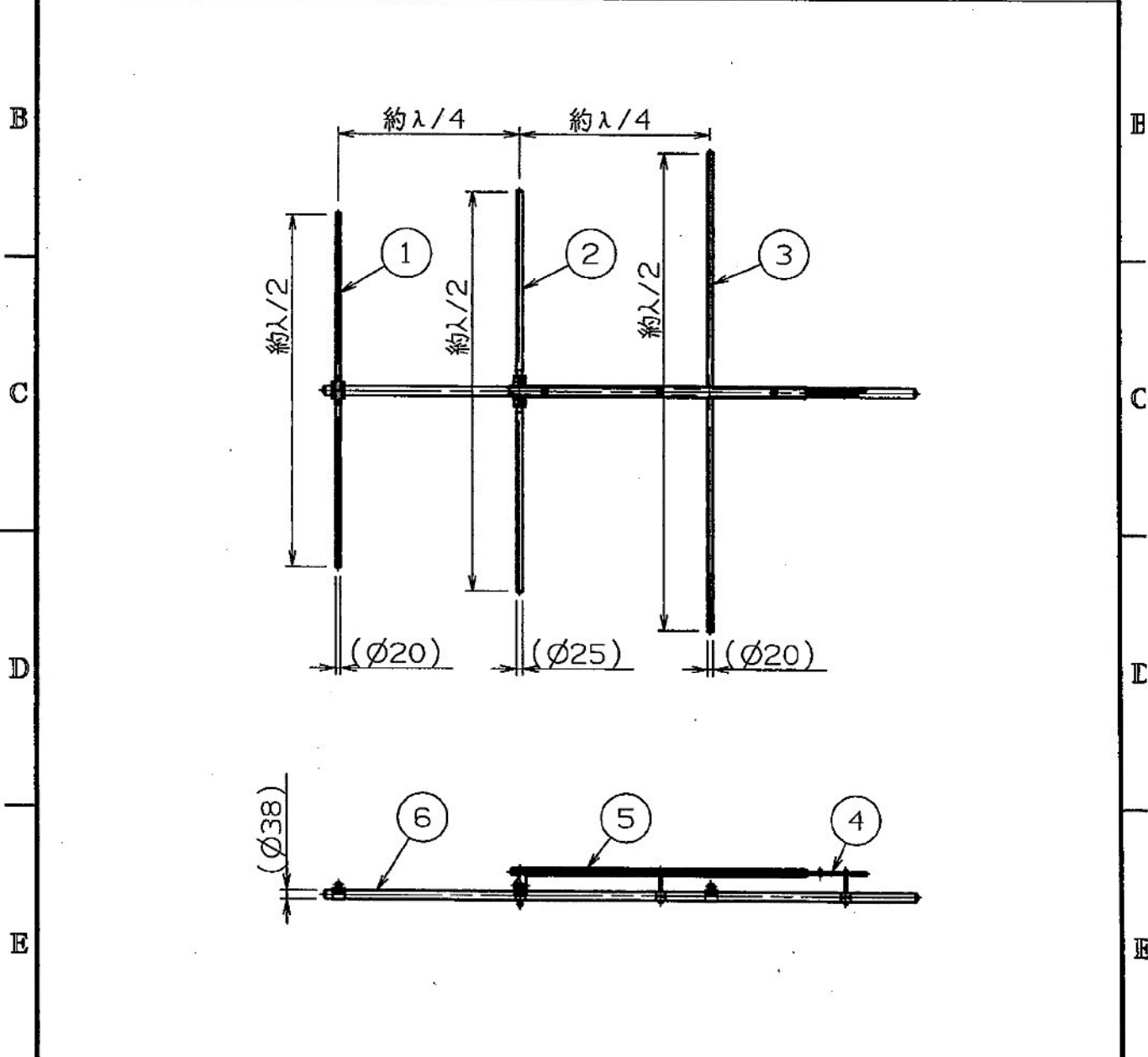
上田 大一郎 1995年、信州大学工学部電気電子工学科卒業。同年、住友電設(株)入社。2005年、(株)NHKアイテック入社。以来、デジタルテレビ・FM中継放送所等の設計・施工業務に従事し、現在に至る。正会員。

資料9：FM用空中線

コミュニティFM用送信アンテナ
FM3素子八木アンテナ

1. 形 式 : FM3素子八木アンテナ
2. 周 波 数 : FM帯の御指定1波
3. 偏 波 面 : 水平偏波 または 垂直偏波
4. 利 得 : 1段(単体) 5.5dBd以上
2段 8.0dBd以上
3段 10.0dBd以上
5. 入力インピーダンス : 50Ω
6. V S W R : 1.3以下(指定周波数にて)
7. 外 観 図 : Y53872-4(アンテナ単体)
図-1(2段4面構成)
8. 水平面指向特性 : 3Y-HV (アンテナ単体)
3Y-H-C (合成)
9. 垂直面指向特性 : 3Y-HV (アンテナ単体)
3Y-V-C (合成)
10. 入 力 電 力 : 定格 20W以下
(最大 100W以下)
11. 入 力 端 子 : N-J
12. 耐 風 速 : 60m/sec
13. 重 量 : 約12kg(アンテナ単体、取付金具は含まず)
14. 受 風 面 積 : 約0.57m²(アンテナ単体、取付金具は含まず)

1	2	3	4
品番	名 称	材 質	処 理
1	導波素子	A6063TD	
2	放射素子	A6063TD	
A 3	反射素子	A6063TD	
4	バラン	C2700T他	Ep-Cu/Ni
5	防雪カバー	ABS	
6	ブーム	SS400	HDZ



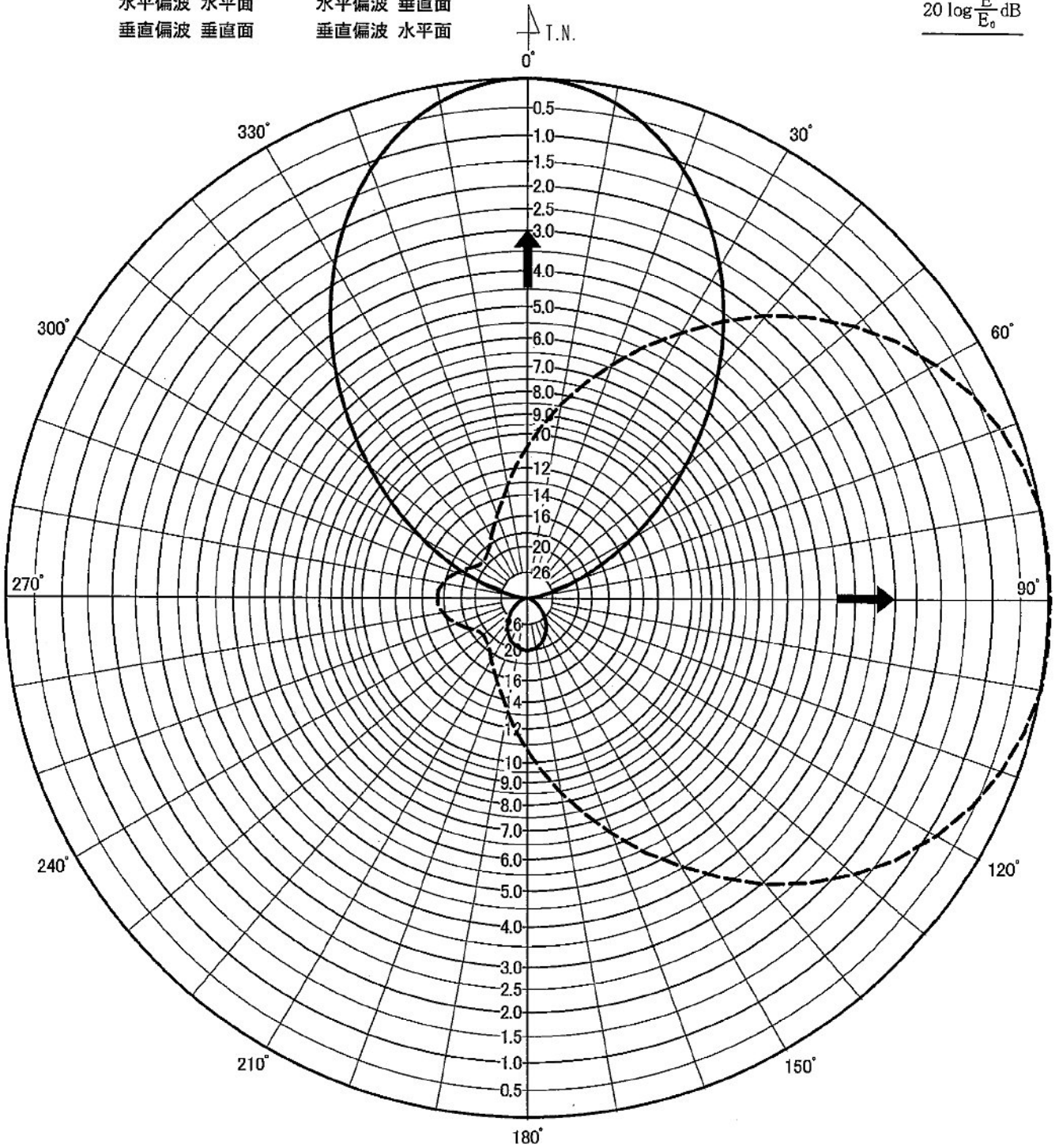
変更	△					変更	△						
変更	△					変更	△						
変更理由				日付	担当	承認	変更理由				日付	担当	承認
承認		図名 3素子YW形八木アンテナ(FM)					Rev. 000						
審査		外觀図					図番						
設計		尺度	NON	単位	mm	日付	09.3						
製図													

1 | 2 | 3 | 4

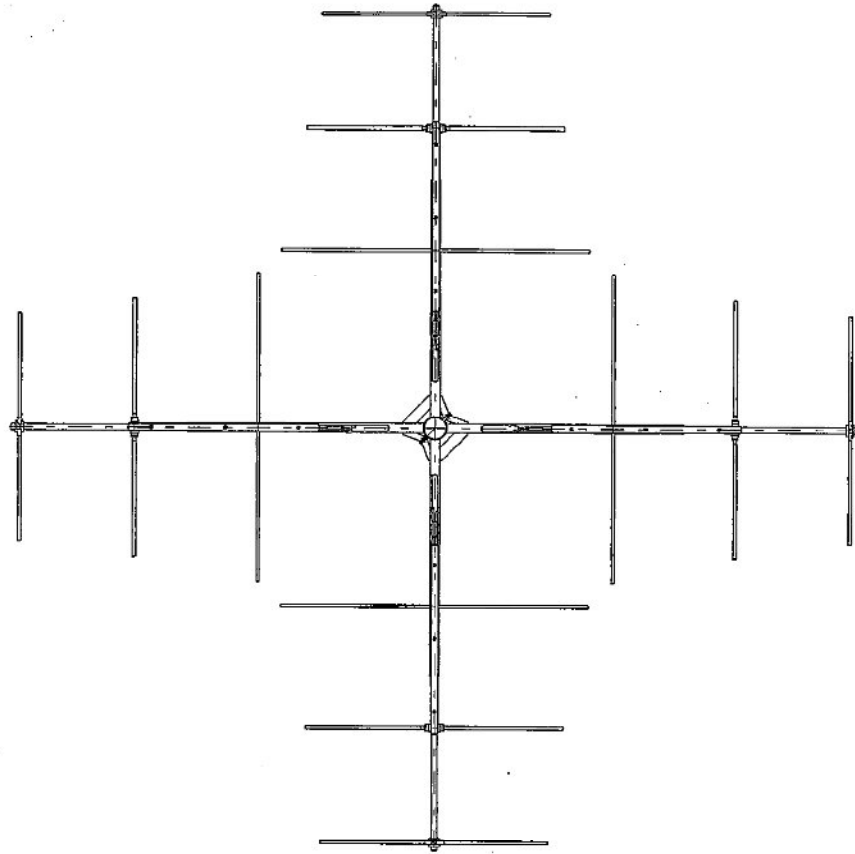
TITLE 題目		FM3素子八木アンテナ (単体) 標準指向性			MEASURED 測定値	
STATION 局名		DATE 月日	WEATHER 天候	NAME 名前		
				CALCULATED 計算値		

——— E面
 水平偏波 水平面
 垂直偏波 垂直面
 - - - H面
 水平偏波 垂直面
 垂直偏波 水平面

$20 \log \frac{E}{E_0}$ dB



DWG NO. 3Y-HV



Y-Y矢視

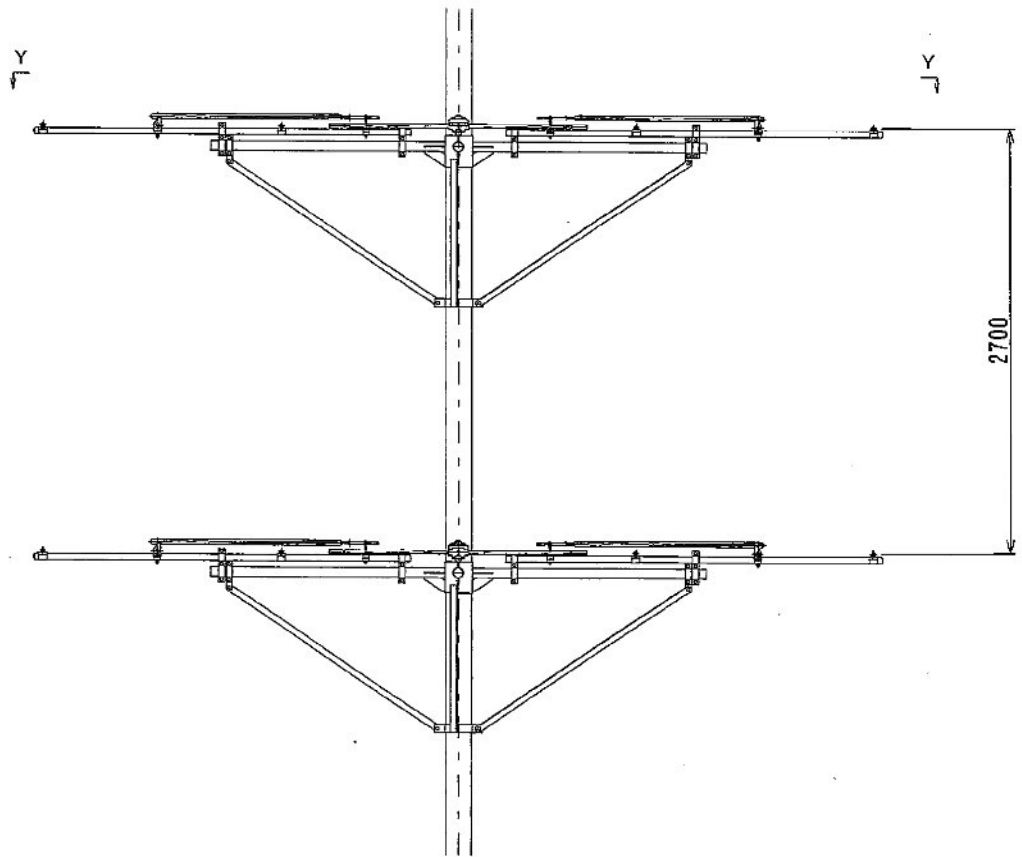
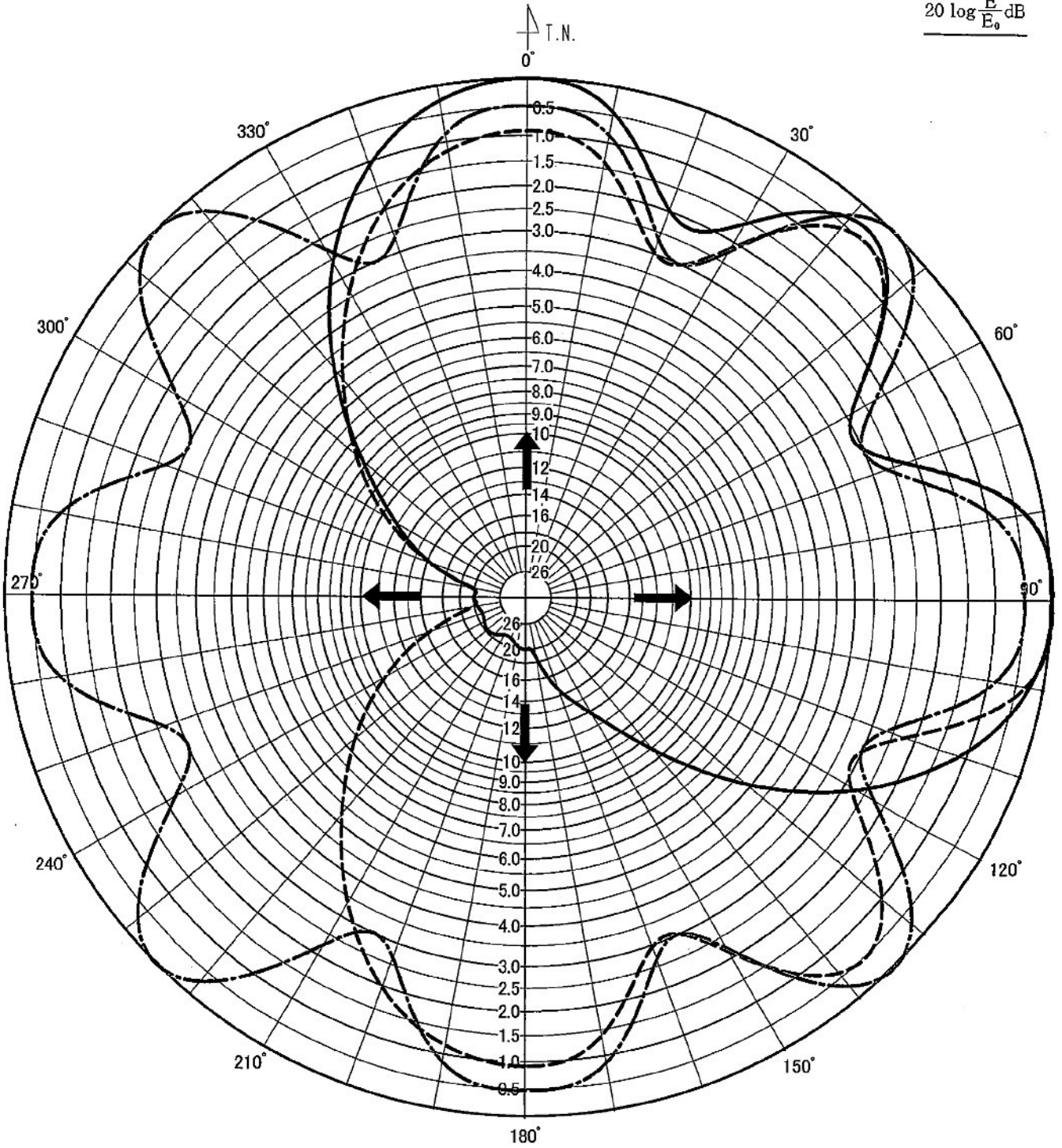


図-1 FM3素子八木アンテナ2段4面構成 外観図

TITLE 題目		FM3素子八木アンテナ 水平偏波-水平面合成指向特性(90°配置)			MEASURED 測定値
STATION 局名		DATE 月日	WEATHER 天候	NAME 名前	CALCULATED 計算値

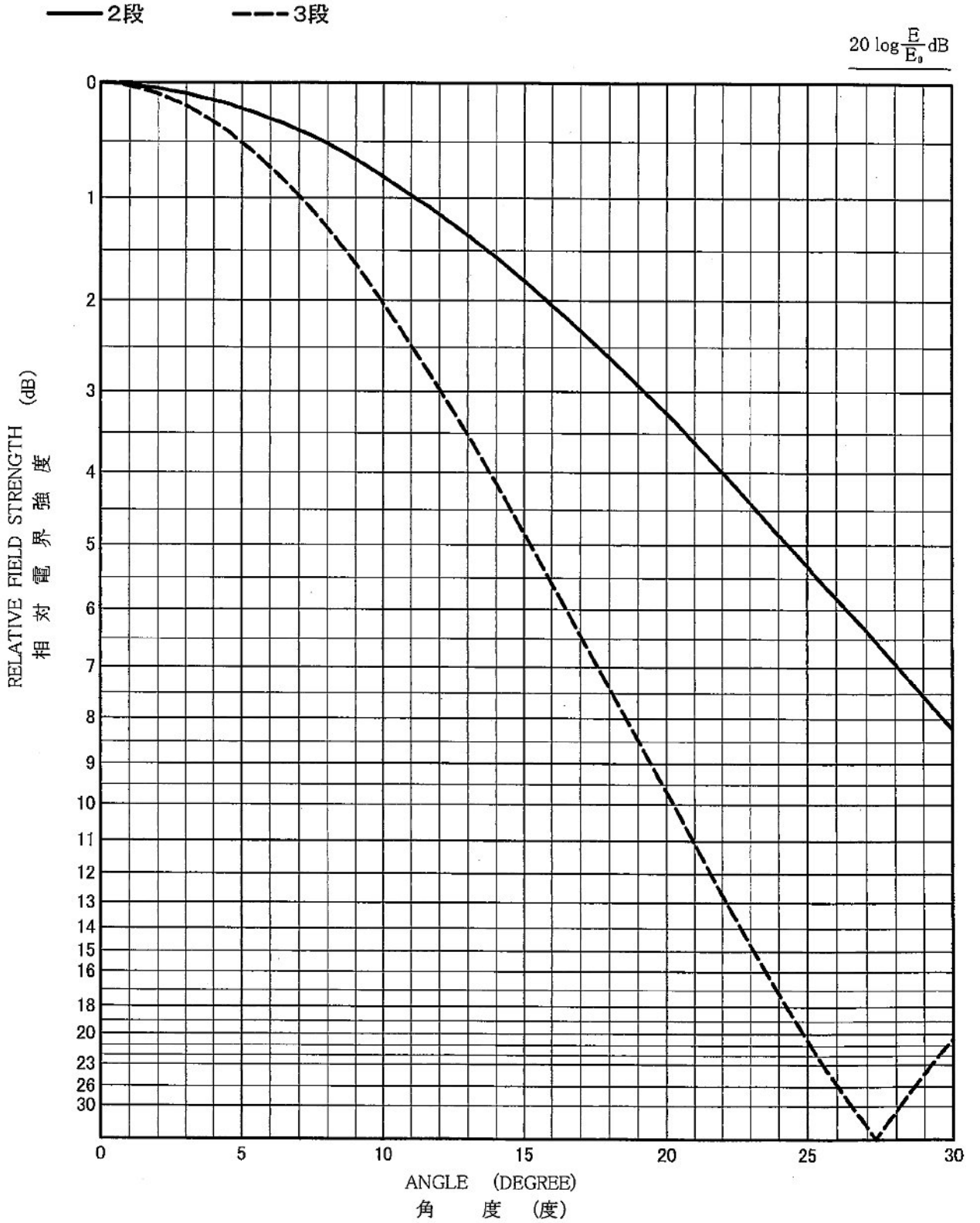
—— 2面配置 - - - 3面配置 - · - · 4面配置

$20 \log \frac{E}{E_0}$ dB



DWG NO. 3Y-H-C

TITLE 題目		FM 3素子八木アンテナ 水平偏波-垂直面合成指向特性			MEASURED 測定値
STATION 局名		DATE 月日	WEATHER 天候	NAME 名前	CALCULATED 計算値

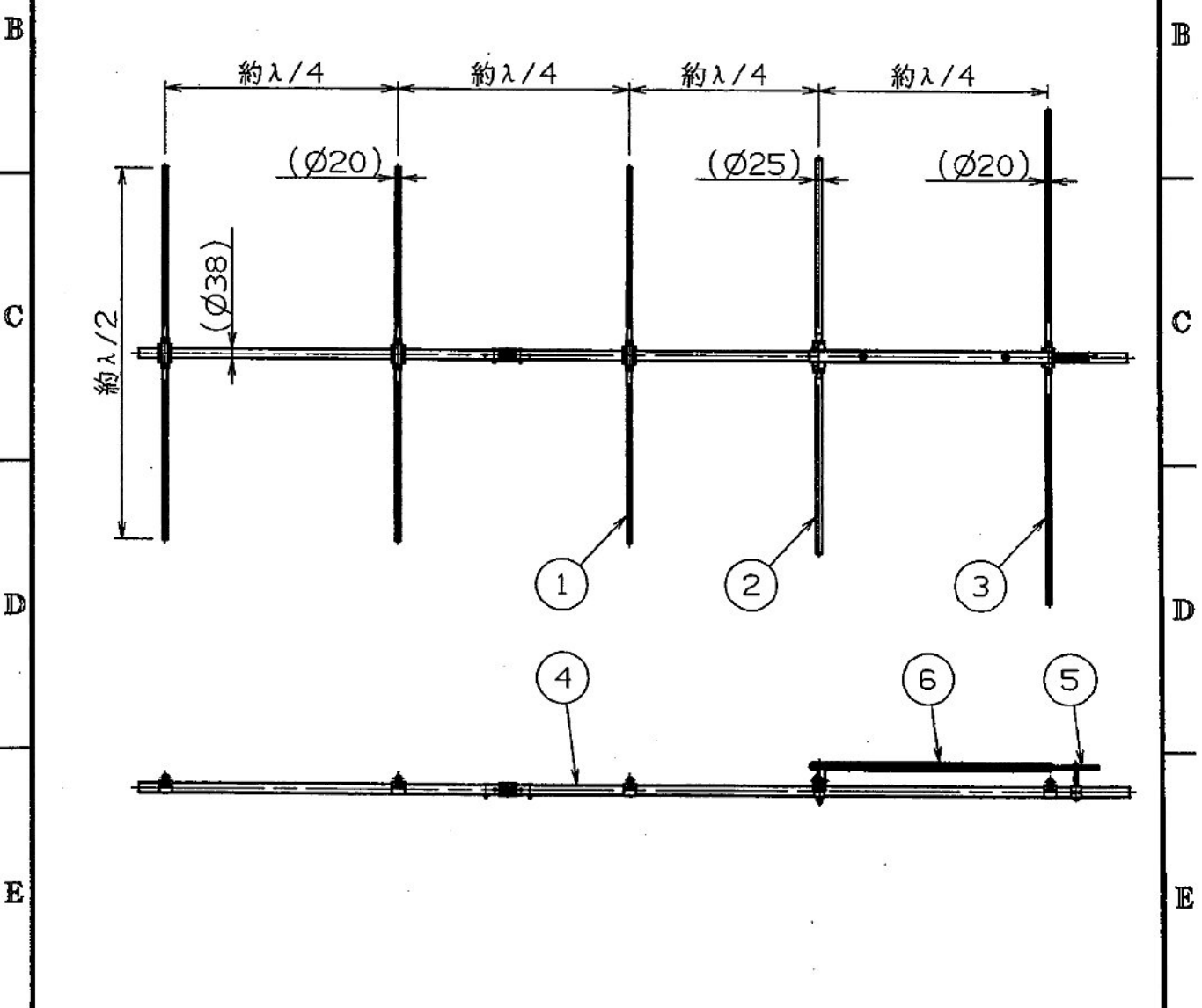


DWG NO. 3Y-V-C

コミュニティFM用送信アンテナ
FM5素子八木アンテナ

1. 形 式 : FM5素子八木アンテナ
2. 周 波 数 : FM帯の御指定1波
3. 偏 波 面 : 水平偏波 または 垂直偏波
4. 利 得 : 1段 (単体) 8.0 dBd以上
2段 10.5 dBd以上
3段 12.5 dBd以上
5. 入力インピーダンス : 50Ω
6. V S W R : 1.3以下 (指定周波数にて)
7. 外 観 図 : Y53817-4 (アンテナ単体)
8. 水平面指向特性 : 5Y-HV (アンテナ単体)
9. 垂直面指向特性 : 5Y-HV (アンテナ単体)
10. 入 力 電 力 : 定格 20W以下
(最大 100W以下)
11. 入 力 端 子 : N-J
12. 耐 風 速 : 60m/sec
13. 重 量 : 約17kg (アンテナ単体、取付金具は含まず)
14. 受 風 面 積 : 約0.72m² (アンテナ単体、取付金具は含まず)

品番	名 称	材 質	处 理	個 数 (分)	質 量(kg)	備 考
1	導波素子	STK400	HDZ	3		塗装
2	放射素子	A6063TE		1		塗装
3	反射素子	STK400	HDZ	1		塗装
4	ブーム	STK400	HDZ	1		塗装
5	バルン	C2700T他	Ep-Cu/Ni	1		
6	防雪カバー	ABS		1		協会色1号



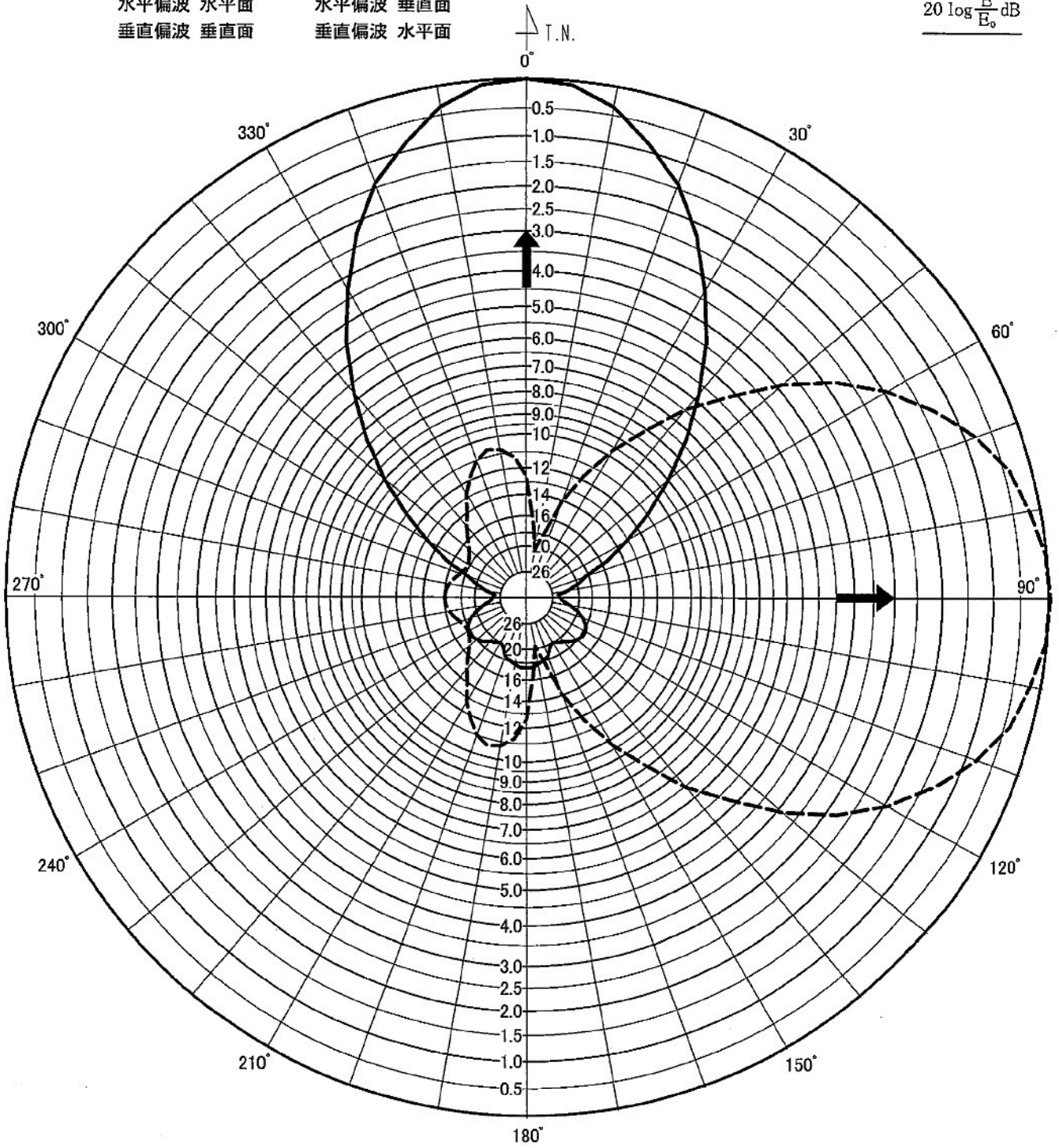
変 更	△					変 更	△							
	△						△							
	変 更 理 由				日 付	担 当	承 認	変 更 理 由				日 付	担 当	承 認

承認		図名	5素子YW形八木アンテナ(FM) 外観図										Rev. 000
審査		図番											
設計		尺度	1/25	単位	mm	日付	07.12						
製図													

TITLE 題目		FM5素子八木アンテナ (単体) 標準指向性			MEASURED 測定値
STATION 局名		DATE 月日	WEATHER 天候	CALCULATED 計算値	
				NAME 名前	

—— E面
 水平偏波 水平面
 垂直偏波 垂直面
 - - - H面
 水平偏波 垂直面
 垂直偏波 水平面

$$20 \log \frac{E}{E_0} \text{ dB}$$

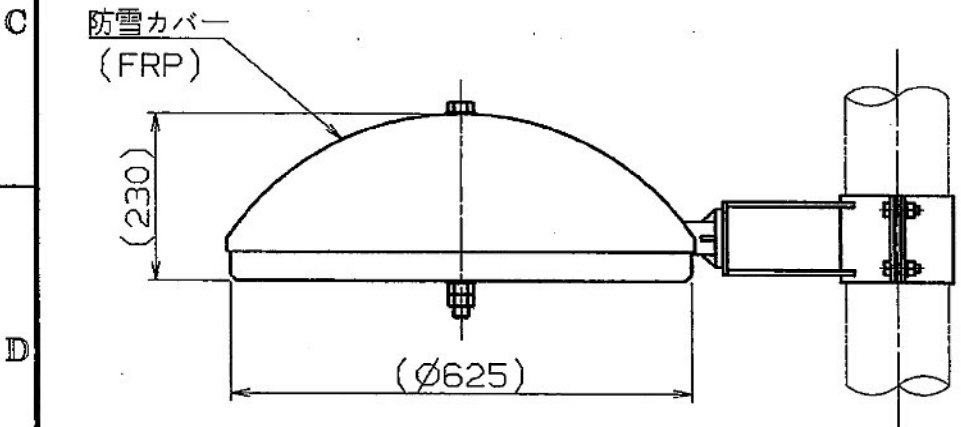
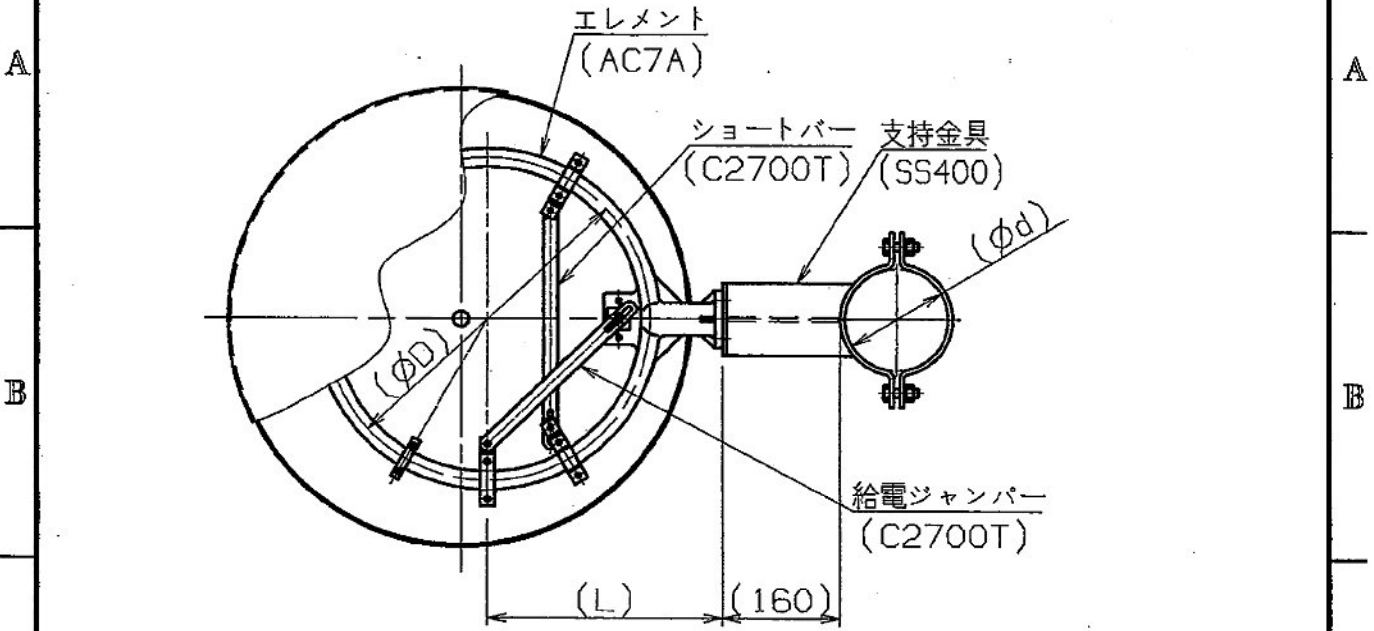


DWG NO. 5Y-HV

コミュニティFM用送信アンテナ
FMリングアンテナ

1. 形 式 : FMリングアンテナ
2. 周 波 数 : FM帯の御指定1波
3. 偏 波 面 : 水平偏波
4. 利 得 : 1段(単体) -0.5dBd以上
2段 1.0dBd以上
3段 3.3dBd以上
4段 4.5dBd以上
5. 入力インピーダンス : 50Ω
6. V S W R : 1.2以下(指定周波数にて)
7. 外 観 図 : L5369-4A(アンテナ単体)
図-2(2段構成)
8. 水平面指向特性 : RG-H
9. 垂直面指向特性 : RG-V
10. 入 力 電 力 : 定格 20W以下
(最大 100W以下)
11. 入 力 端 子 : N-J
12. 耐 風 速 : 60m/sec
13. 重 量 : 約10kg(アンテナ単体、取付金具は含まず)
14. 受 風 面 積 : 約0.32m²(アンテナ単体、取付金具は含まず)

1	2	3	4
品番	名称	材質	処理

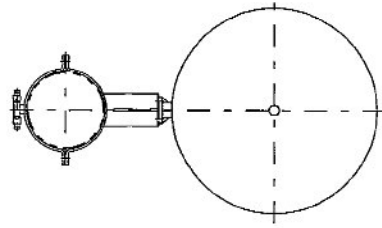


ポール外径	φd
89.1	91
101.6	103
114.3	116
139.8	141
165.2	166
190.7	192
216.3	218
241.8	243
267.4	269
318.5	320

φD	L	FREQ BAND
496	350	76~80MHz
469	335	80~85MHz
442	320	85~90MHz

変更	△					変更	△				
	△						△				
変更理由		日付	担当	承認	変更理由		日付	担当	承認		

承認		図名	FM用 1素子リングアンテナ				図番	
審査			外觀図					
設計		尺度	1/10	単位	mm	日付		99.12
製図								



Y-Y矢視

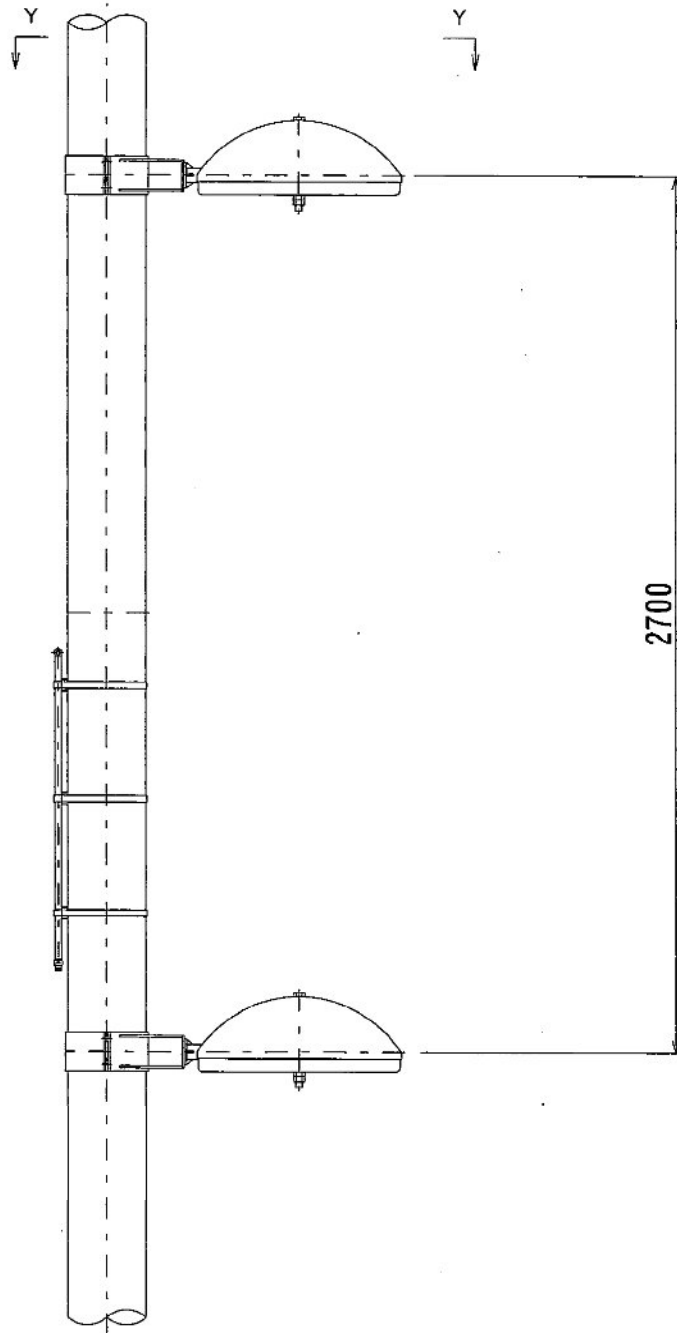
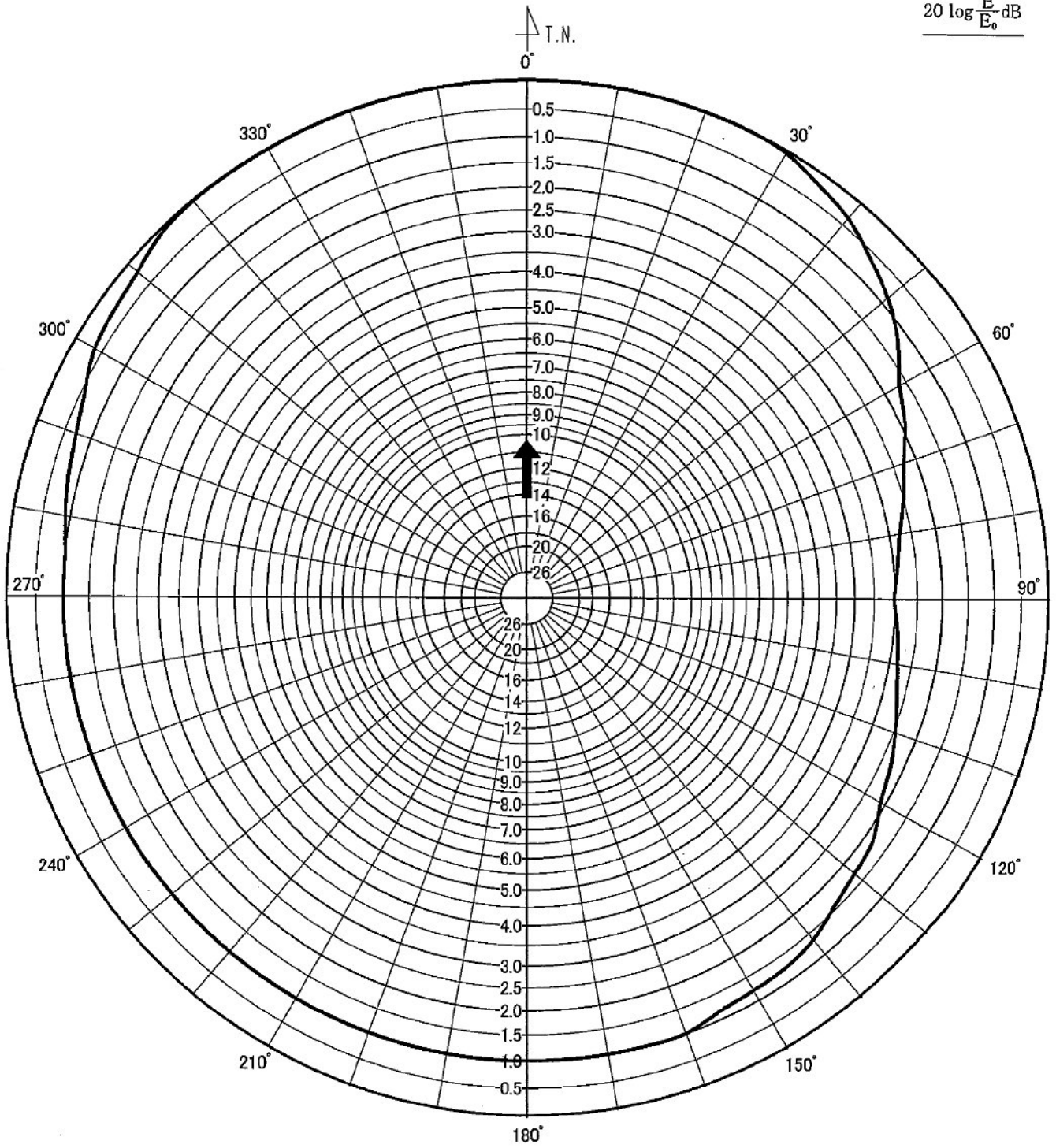


図-2 FMリングアンテナ2段構成 外観図

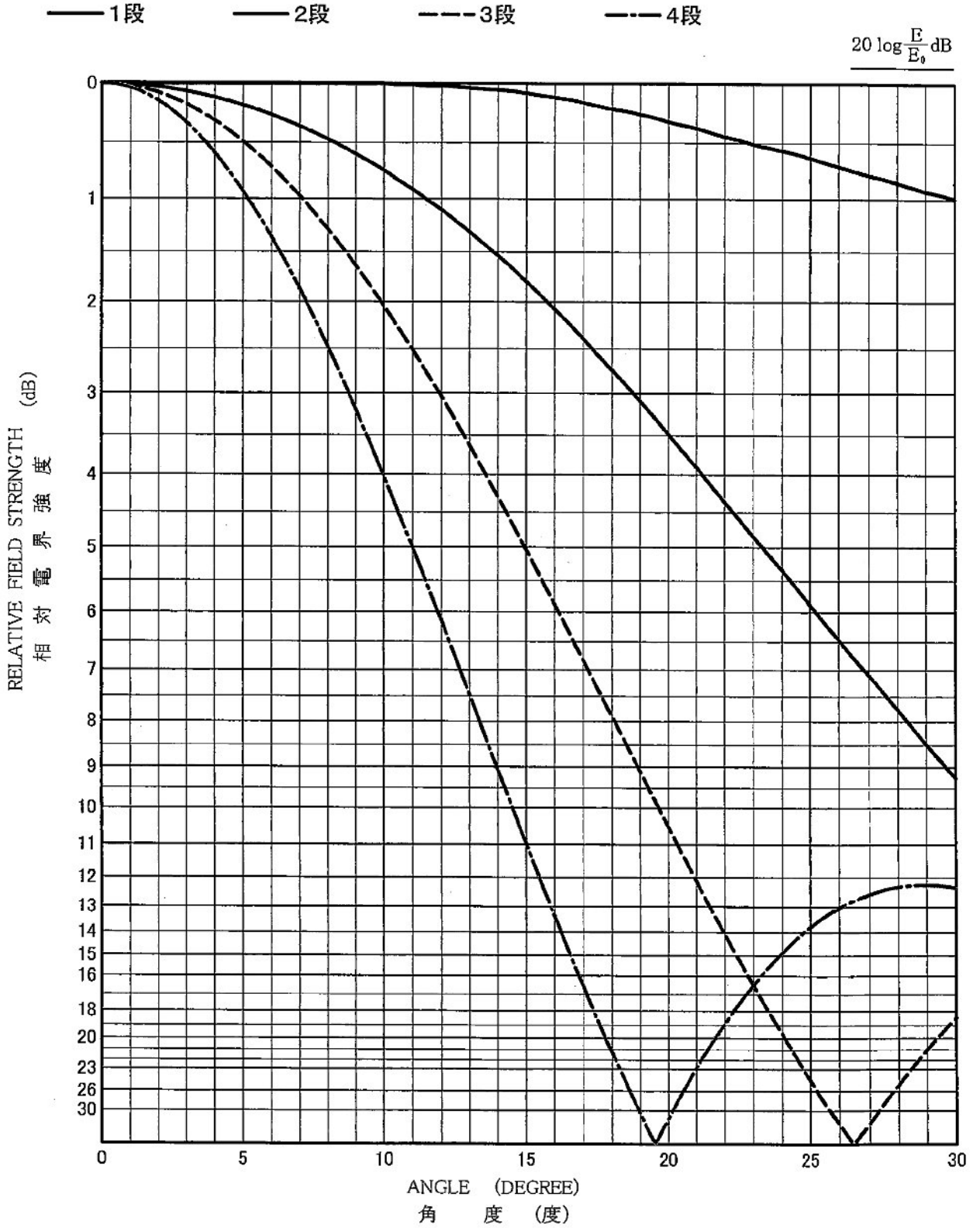
TITLE 題目				MEASURED 測定値	
FMリングアンテナ 水平偏波水平面指向特性				CALCULATED 計算値	
STATION 局名	DATE 月日	WEATHER 天候	NAME 名前		

$20 \log \frac{E}{E_0}$ dB



DWG NO. RG-H

TITLE 題目				FMリングアンテナ 水平偏波垂直面指向特性		MEASURED 測定値
						CALCULATED 計算値
STATION 局名		DATE 月日		WEATHER 天候		NAME 名前



DWG NO. RG-V

コミュニティFM用送信アンテナ
FM VDアンテナ

1. 形 式 : FM VDアンテナ
2. 周 波 数 : FM帯の御指定1波
3. 偏 波 面 : 垂直偏波
4. 利 得 : 1段 (単体) 1.0 dBd以上
2段 3.8 dBd以上
3段 5.5 dBd以上
5. 入力インピーダンス : 50Ω
6. V S W R : 1.2以下 (指定周波数にて)
7. 外 観 図 : Y52548-4 (アンテナ単体)
図-3 (2段構成)
8. 水平面指向特性 : VD-H
9. 垂直面指向特性 : VD-V
10. 入 力 電 力 : 定格 20W以下
(最大 100W以下)
11. 入 力 端 子 : N-J
12. 耐 風 速 : 60m/sec
13. 重 量 : 約6.0kg (アンテナ単体、取付金具は含まず)
14. 受 風 面 積 : 約0.16m² (アンテナ単体、取付金具は含まず)

1	2		3		4	
品番	名 称	材 質	处 理	個 数 (分)	質量(kg)	備 考
1	放射素子	A6063TE		1		塗装
2	防雪カバー	ABS		1		協会色1号
A 3	バルン	C2700T他	MBNi	1		

B
B

C
C

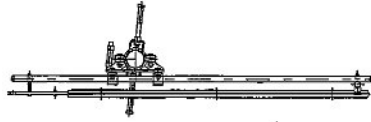
D
D

E
E

F
F

△		△	
△		△	
△	変 更 理 由	日付	担 当 承 認
△	変 更 理 由	日付	担 当 承 認

承認		図名	VDアンテナ 外観図				
検図		図番					
設計		尺度	1/20	単位	mm	日付	94.8
製図							t



Y-Y矢視

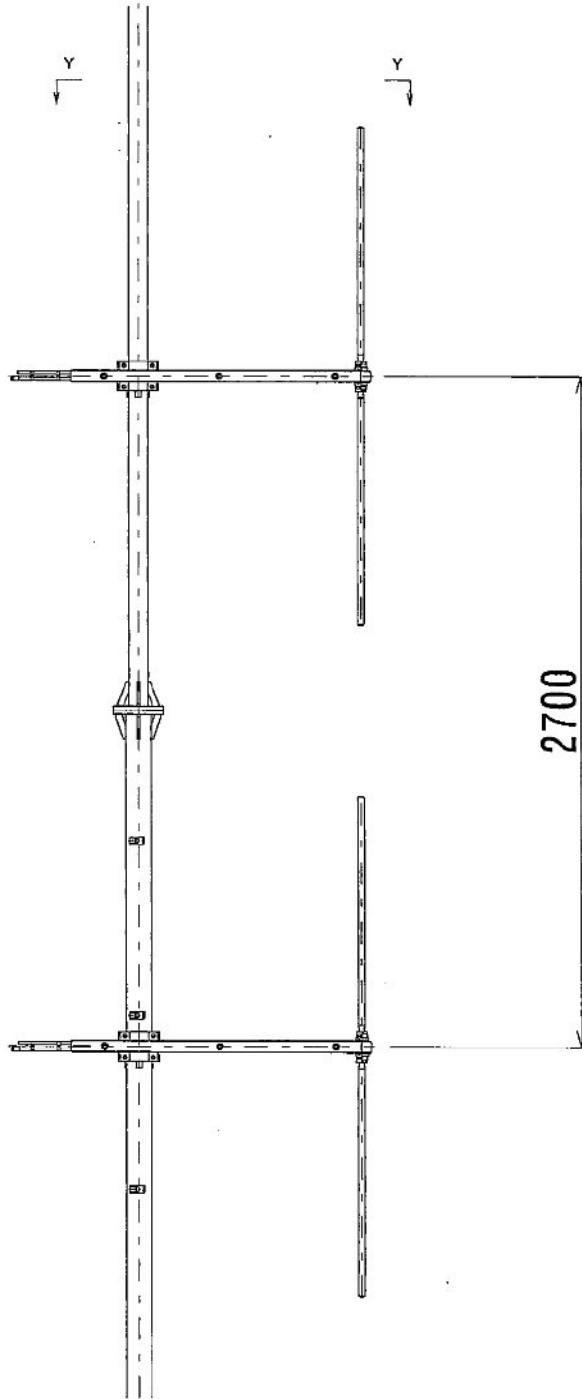
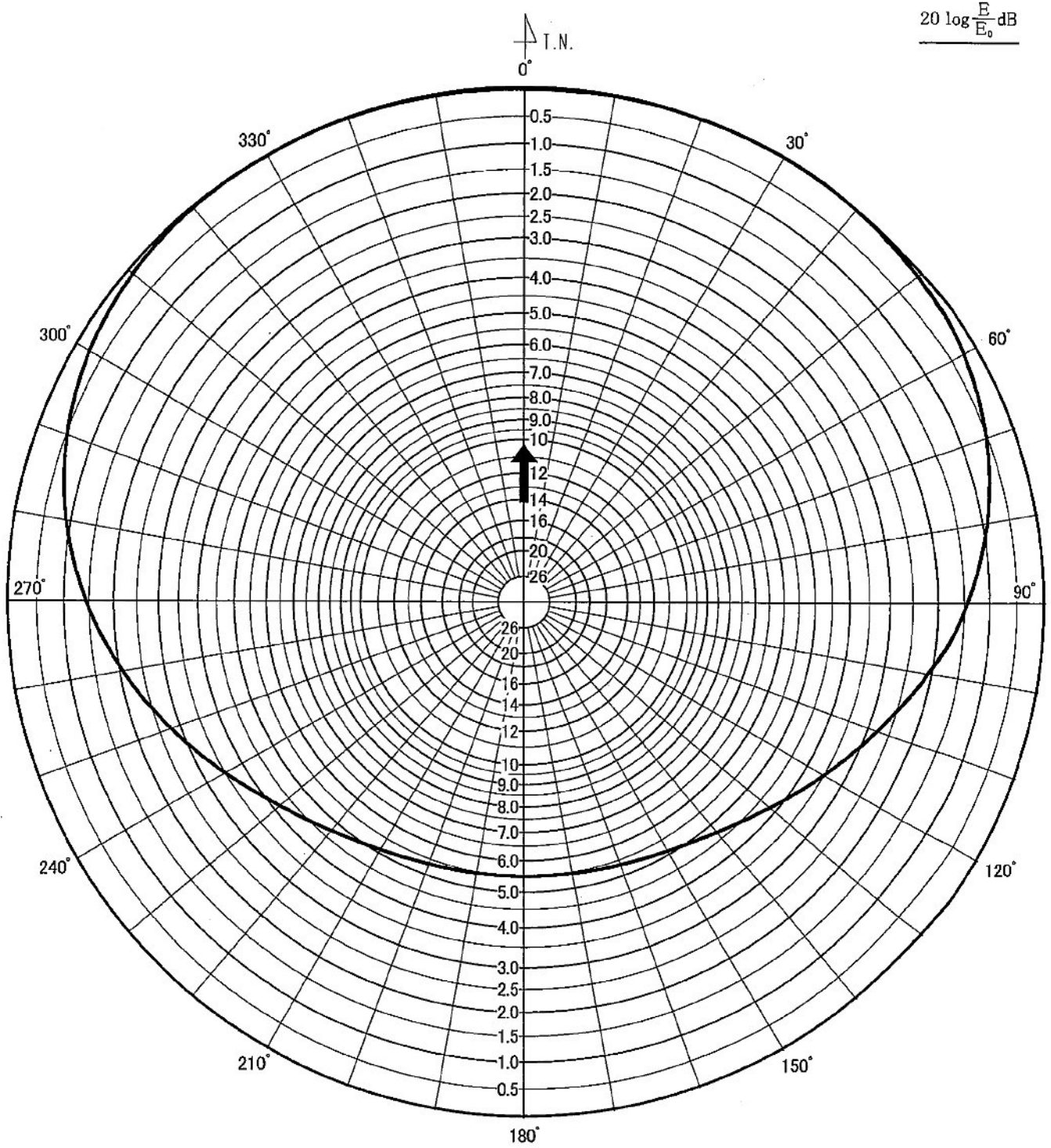


図-3 FM VDアンテナ2段構成 外観図

TITLE 題目		FM VDアンテナ 垂直偏波水平面指向特性			MEASURED 測定値
STATION 局名		DATE 月日	WEATHER 天候	NAME 名前	CALCULATED 計算値

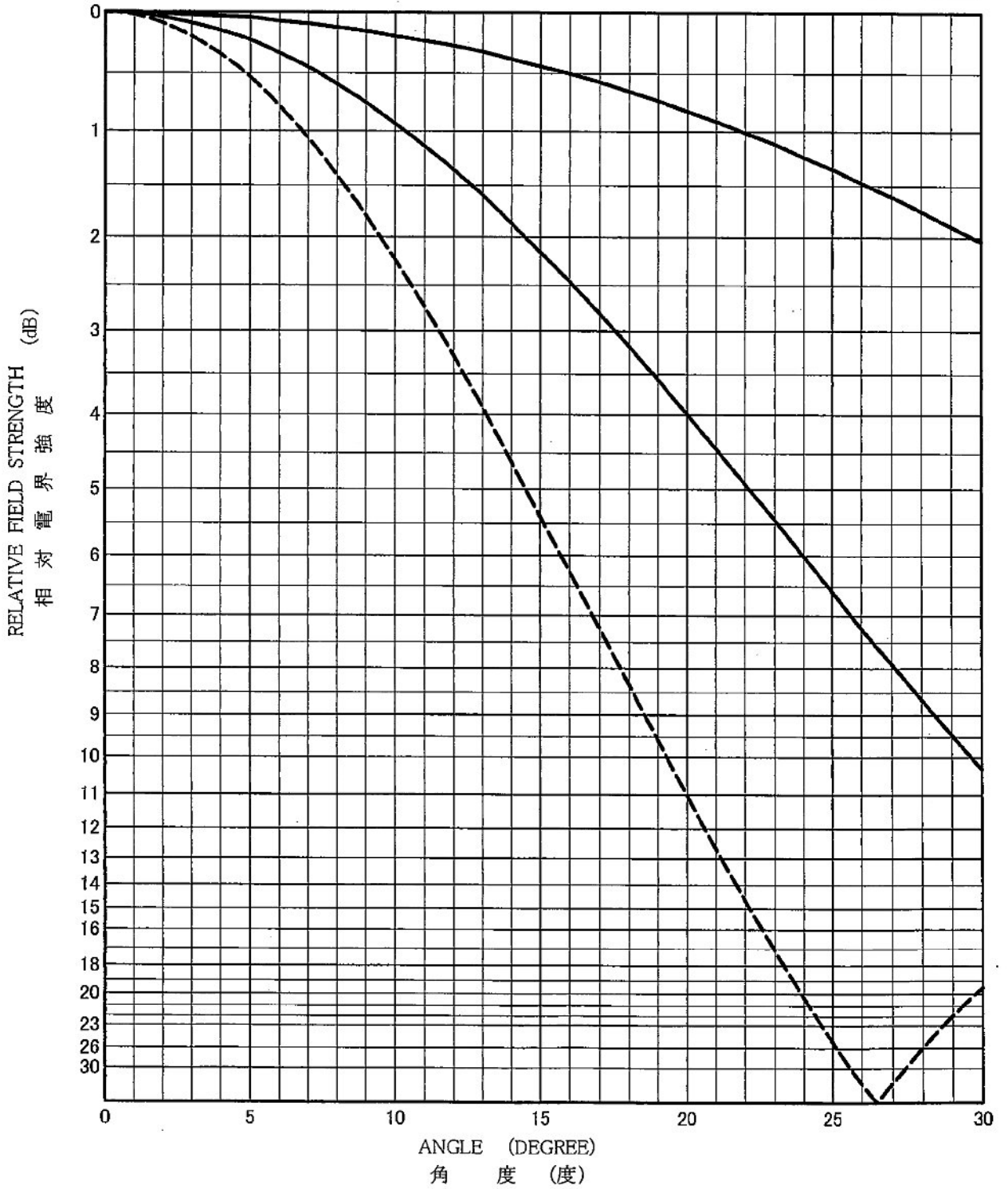


DWG NO. VD-H

TITLE 題目				MEASURED 測定値	
FM VDアンテナ 垂直偏波垂直面指向特性				CALCULATED 計算値	
STATION 局名	DATE 月日	WEATHER 天候	NAME 名前		

—— 1段 —— 2段 - - - - 3段

$20 \log \frac{E}{E_0}$ dB

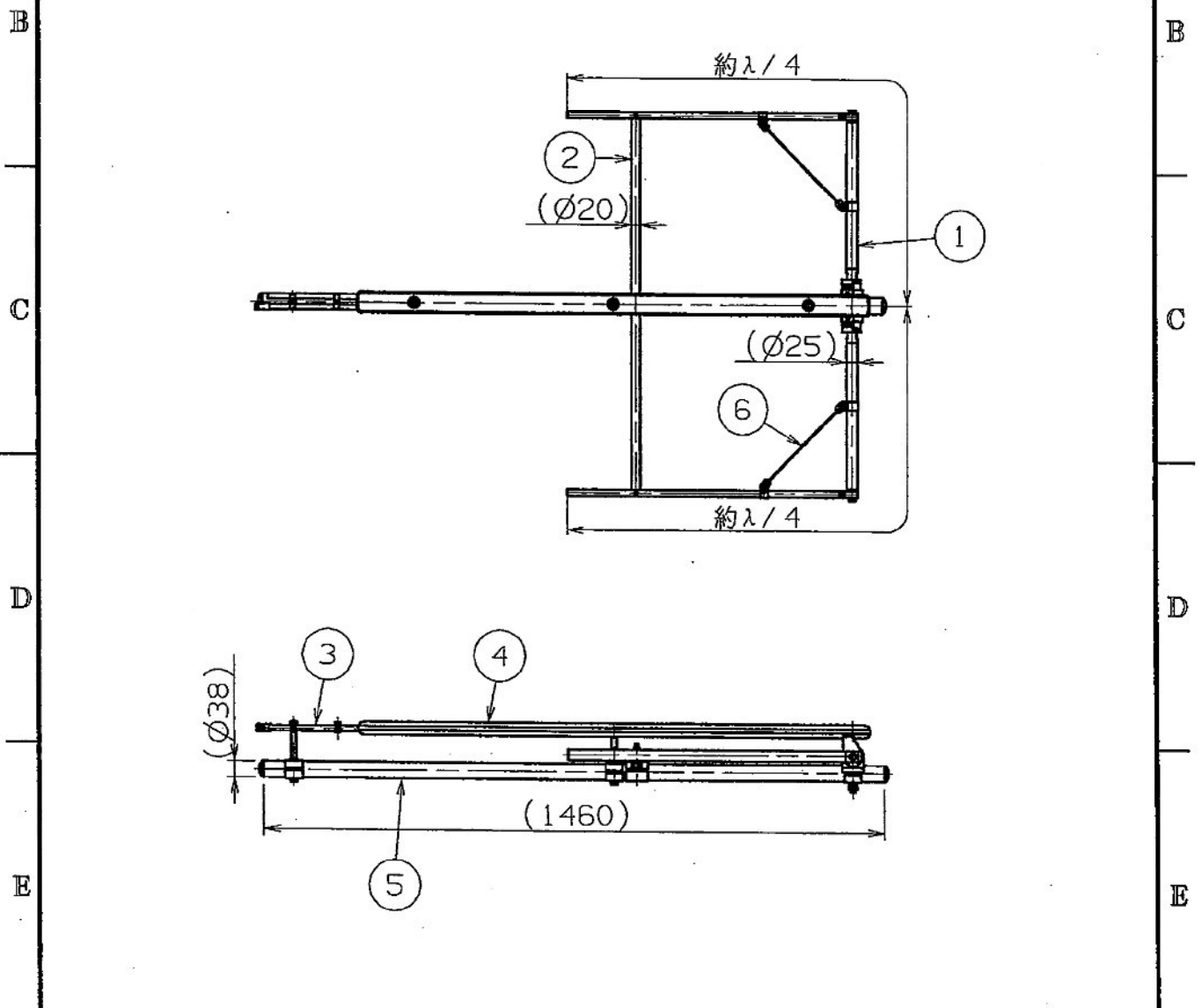


DWG NO. VD-V

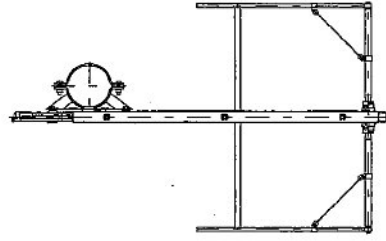
コミュニティFM用送信アンテナ
特殊ダイポールアンテナ

1. 形 式 : FM特殊ダイポールアンテナ
2. 周 波 数 : FM帯の御指定1波
3. 偏 波 面 : 水平偏波
4. 利 得 : 1段(単体) 0.0dBd以上
2段 2.5dBd以上
3段 4.5dBd以上
4段 5.6dBd以上
5. 入力インピーダンス : 50Ω
6. V S W R : 1.2以下(指定周波数にて)
7. 外 観 図 : D8613-4A(アンテナ単体)
図-4(2段構成)
8. 水平面指向特性 : 特D-H
9. 垂直面指向特性 : 特D-V
10. 入 力 電 力 : 定格 20W以下
(最大 100W以下)
11. 入 力 端 子 : N-J
12. 耐 風 速 : 60m/sec
13. 重 量 : 約10kg(アンテナ単体、取付金具は含まず)
14. 受 風 面 積 : 約0.2m²(アンテナ単体、取付金具は含まず)

1	2	3	4
品番	名 称	材 質	処 理
1	放射素子	A6063TD-16 A5052P	
2	補強棒	FRP	
3	バラ	C2600T他	
4	防雪カバー	ABS	
5	ブーム	STK400	HDZ
6	ショートバー	C2801P	Ep-Cu/Ni, Cr



変更	△					変更	△					
	△						△					
	変更理由			日付	担当	承認	変更理由			日付	担当	承認
承認	図名		特殊ダイポールアンテナ				図番					
検図			外觀図									
設計	尺度	1/15	単位	mm	日付	97.8						
製図												



Y-Y矢視

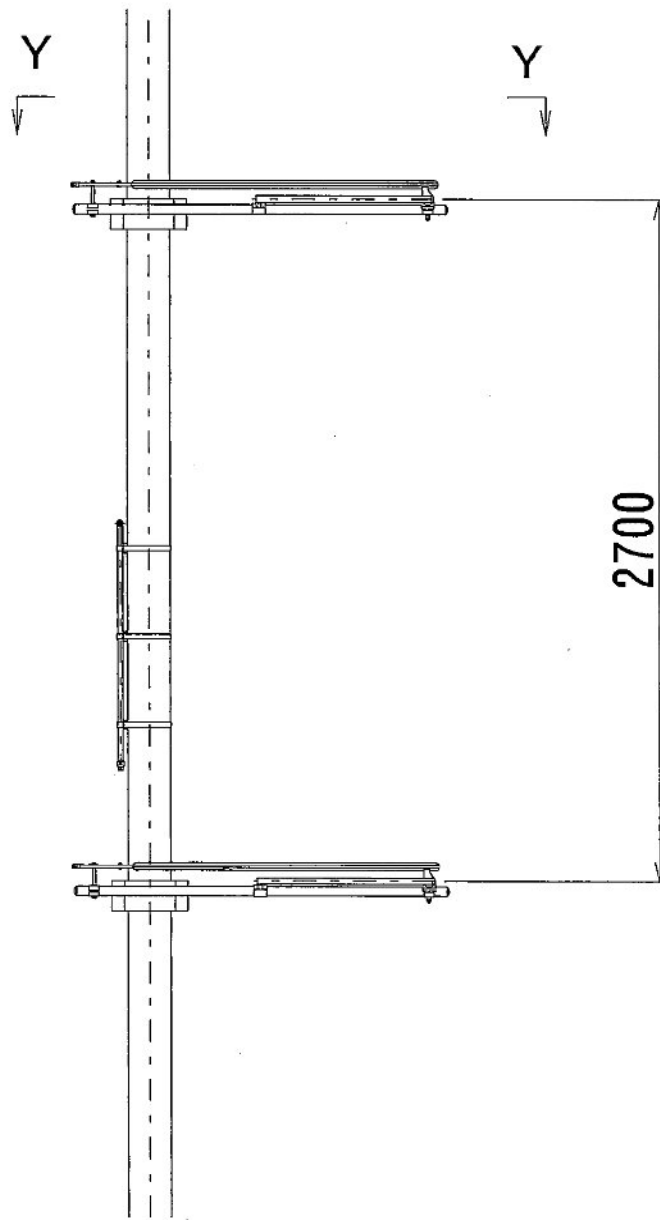
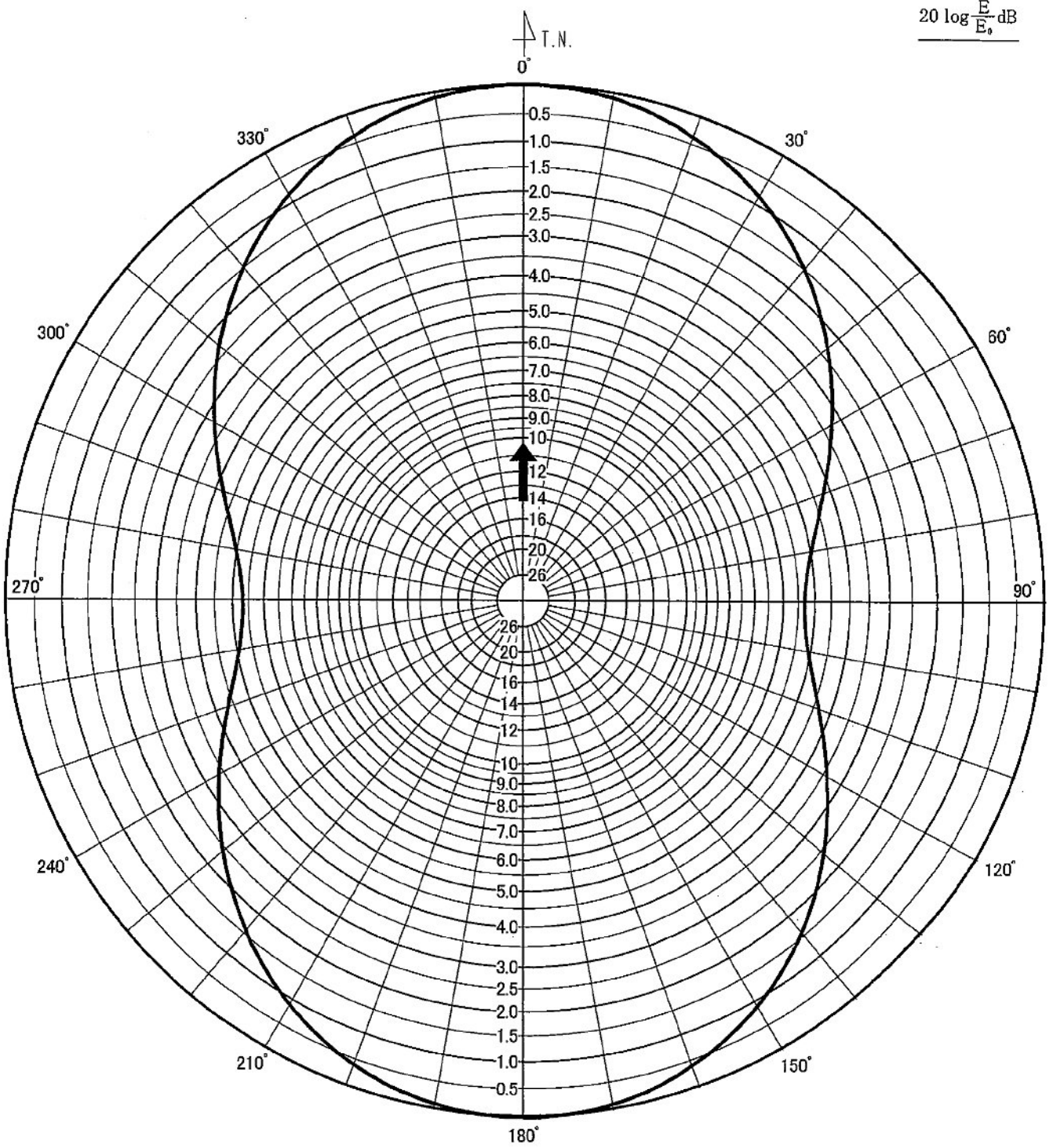


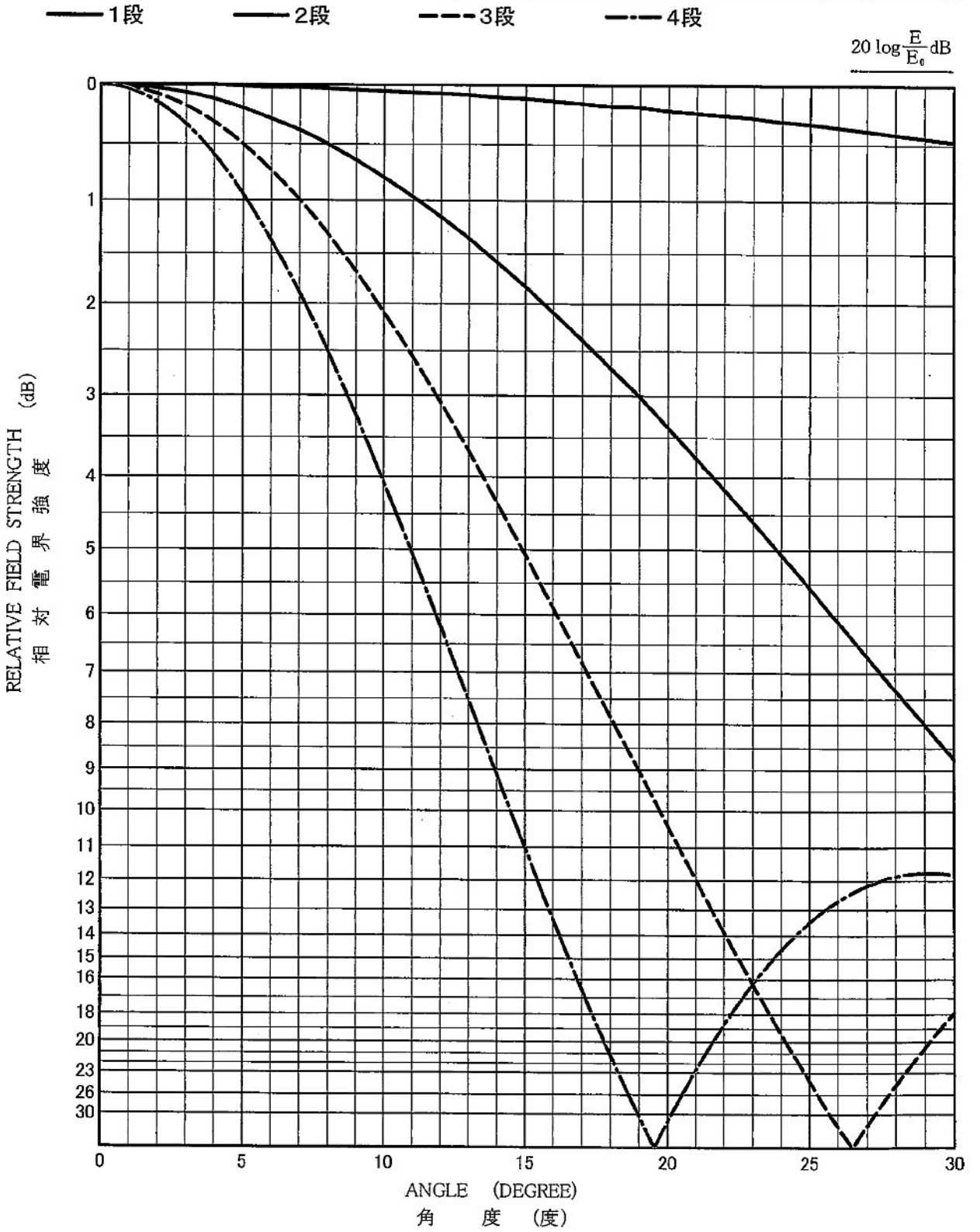
図-4 特殊ダイポールアンテナ 2 段構成 外観図

TITLE 題目		特殊ダイポールアンテナ 水平偏波水平面指向特性			MEASURED 測定値	
STATION 局名		DATE 月日	WEATHER 天候	CALCULATED 計算値		
				NAME 名前		



DWG NO. 特D-H

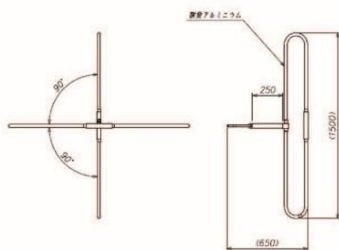
TITLE 題目		特殊ダイポールアンテナ 水平偏波垂直面指向特性		MEASURED 測定値	
STATION 局名		DATE 月日	WEATHER 天候	CALCULATED 計算値	
				NAME 名前	



DWG NO. 特D-V

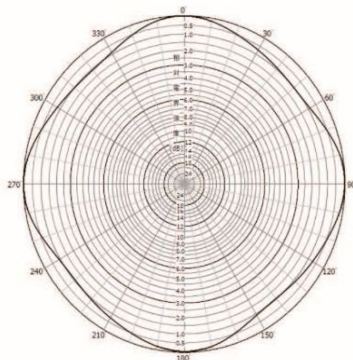
クロスダイポールアンテナ 無指向型 / 型名: FFX-1

基本仕様

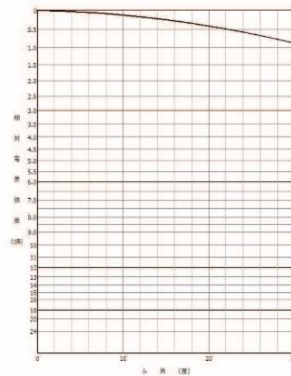


項目	仕様
使用周波数帯域	76MHz~108MHz
利得	-3dBd (1段)
VSWR	1.5以下 (76MHz~108MHz)
入力	WX-20Dフランジ (標準)
インピーダンス	50Ω
耐電力	500W (1段) 以下
耐風速	65m/秒 以下
気密性	無充填型
寸法	約1500mm×1500mm×650mm
材質	耐食性高強度アルミ (素子部)
重量	約10kg

指向性例

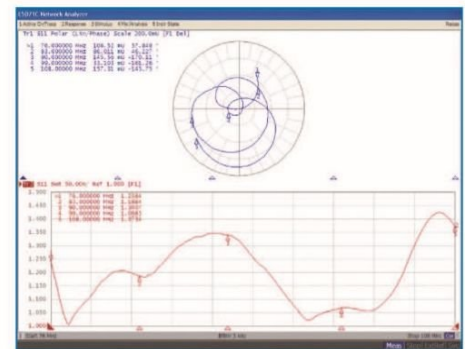


水平面



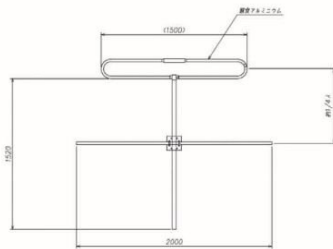
垂直面

VSWR例



レフダイポールアンテナ 有指向型 / 型名: FFL-1

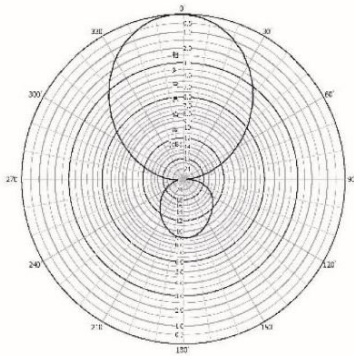
基本仕様



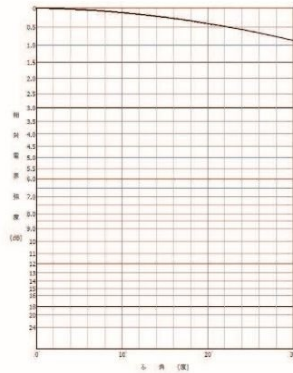
項目	仕様
使用周波数帯域	76MHz~108MHz
利得	3dBd (単体)
VSWR	1.5以下 (76MHz~108MHz) ※
入力	N型 (標準)
インピーダンス	50Ω
耐電力	250W (単体) 以下
耐風速	65m/秒 以下
気密性	無充填型
寸法	約1700mm×2000mm
材質	耐食性高強度アルミ (素子部)
重量	約5kg

※使用周波数での適応となります

指向性例

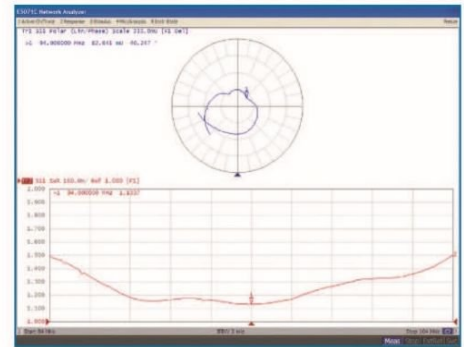


水平面



垂直面

VSWR例

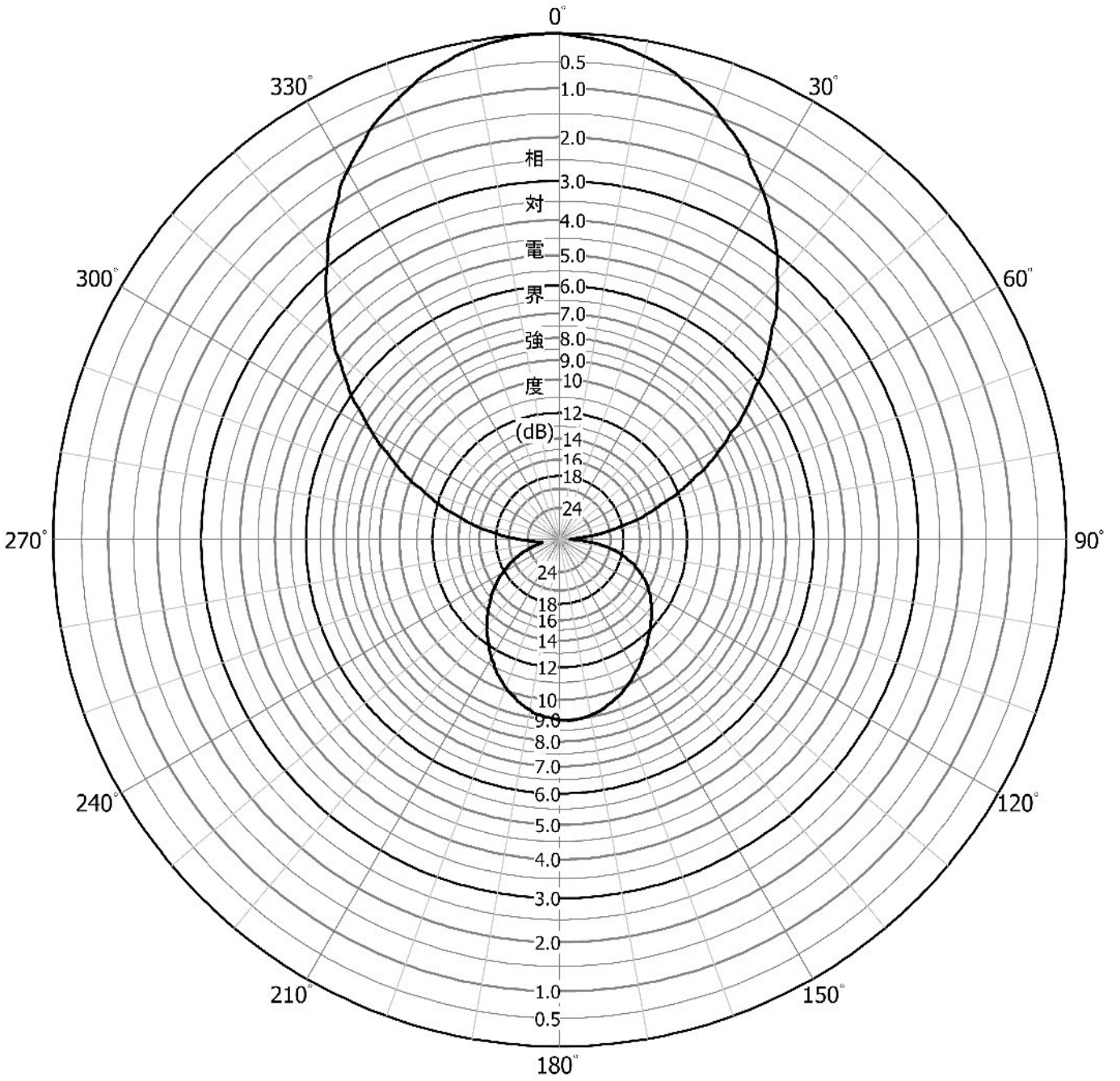




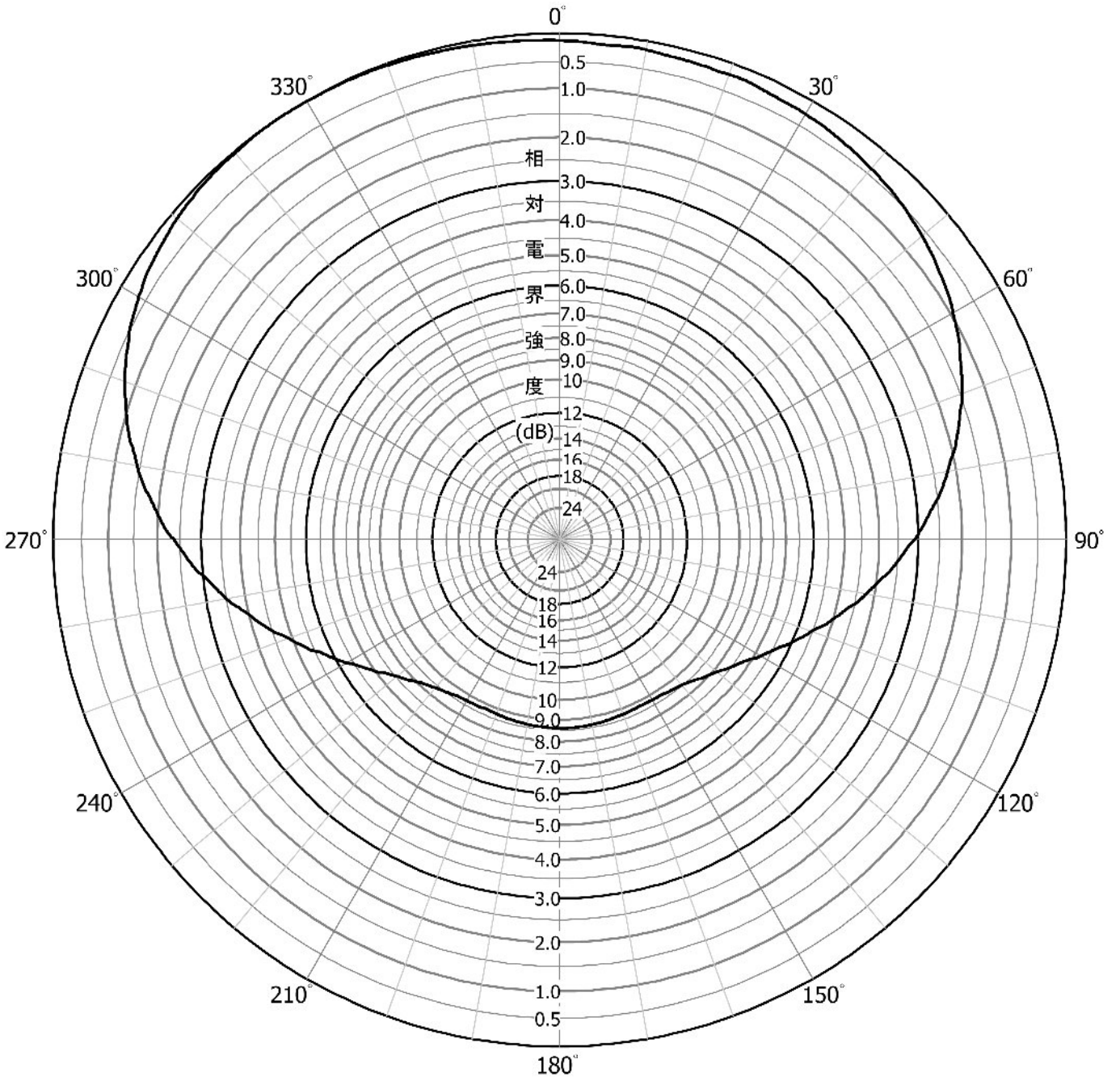
クロスダイポールアンテナ



レフダイポールアンテナ

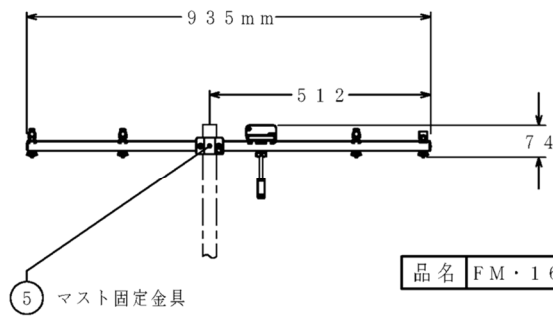
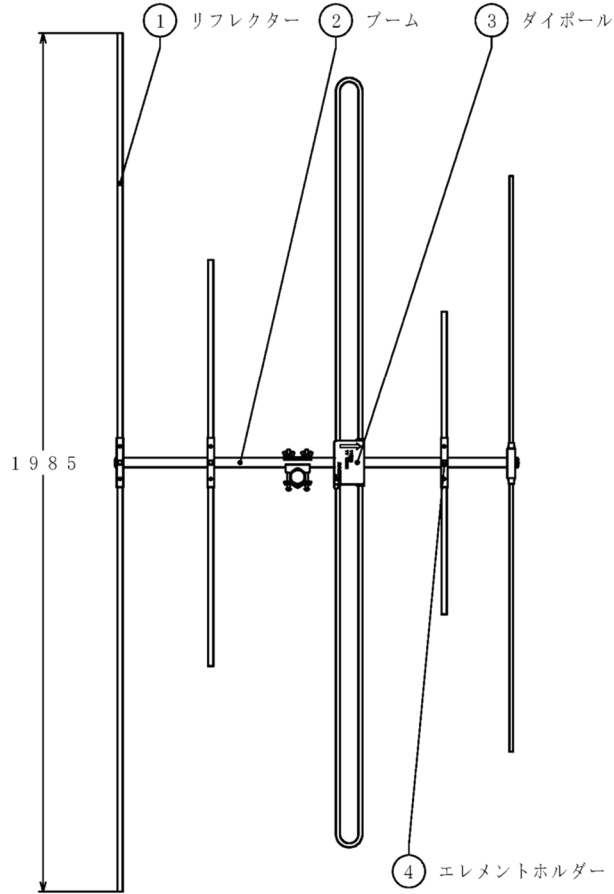


認	検図	担当	名 称
			FFL-1 (H) 水平指向性計算値
			図面番号
			作成日



認	検図	担当	名 称
			FFL-1(V) 水平指向性計算値
			図面番号
			作成日

FM・160Hz 帯受信用アンテナ



品名 FM・160MHz 帯受信用アンテナ

部品明細表			
番号	部品名	材質	表面処理
1	リフレクター	耐食アルミニウム	—
2	ブーム	耐食アルミニウム	—
3	ダイポール	ABS 耐食アルミニウム	—
4	エレメントホルダー	鋼板	亜鉛メッキ クロメート処理
5	マスト固定金具	鋼板	亜鉛メッキ クロメート処理

FM・160Hz 帯受信アンテナ

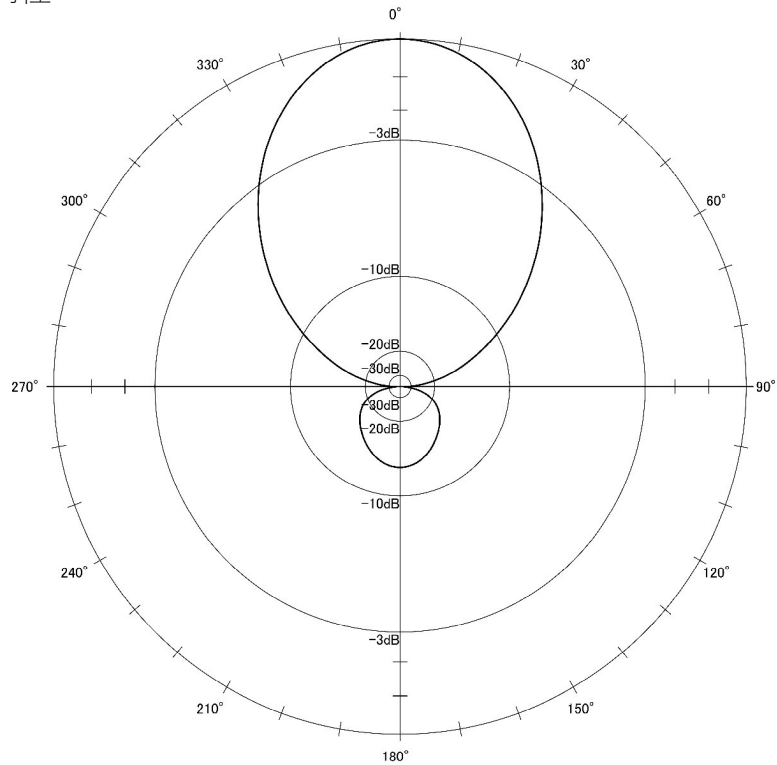
周波数 77.3MHz

水平偏波水平面指向性

利得 3.5dBd

前後比 12.6dB

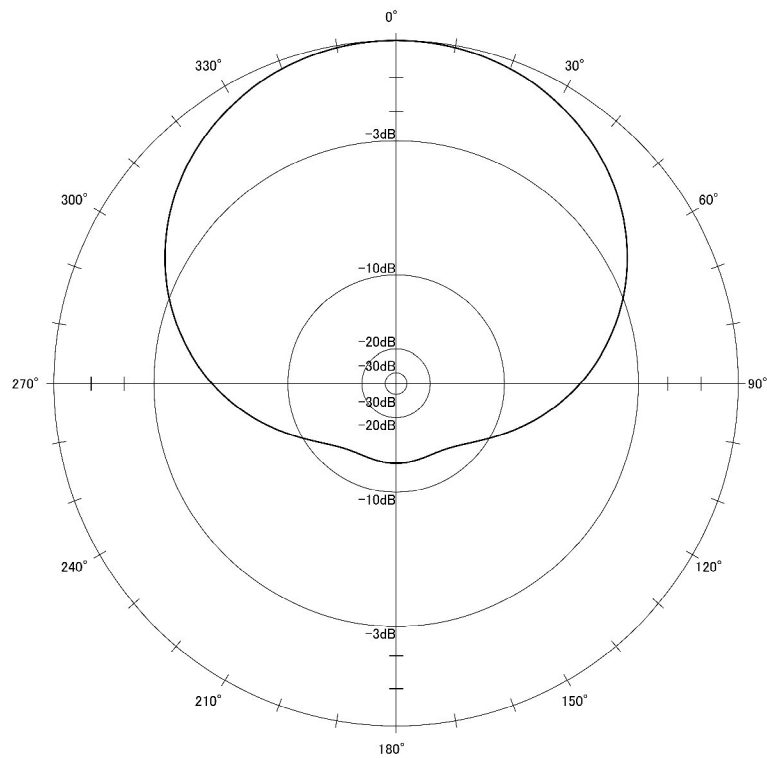
半値角 70°



水平偏波垂直面指向性

前後比 9.8dB

半値角 139°



FM・160Hz 帯受信アンテナ

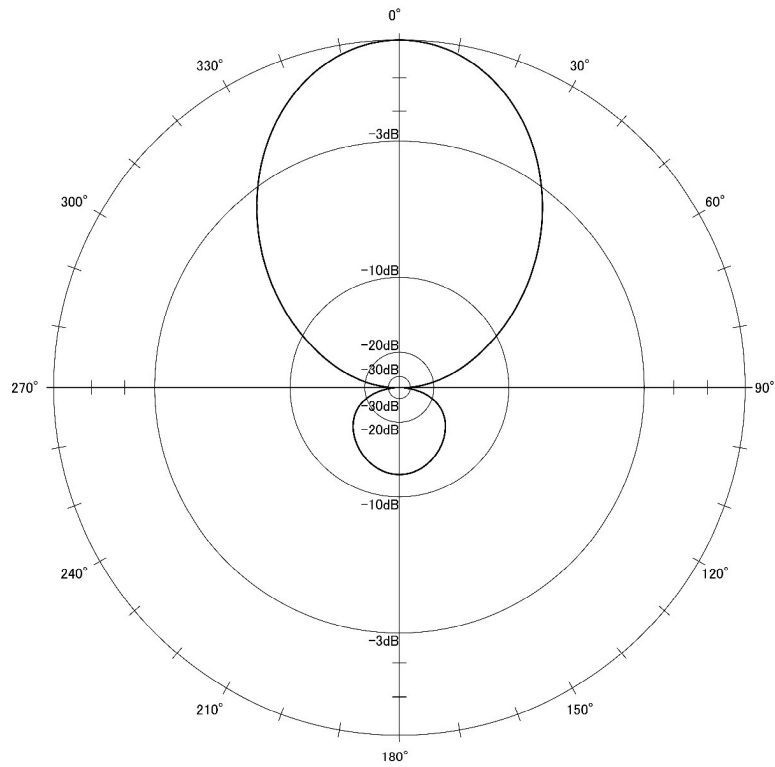
周波数 79.3MHz

水平偏波水平面指向性

利得 3.4dBd

前後比 12dB

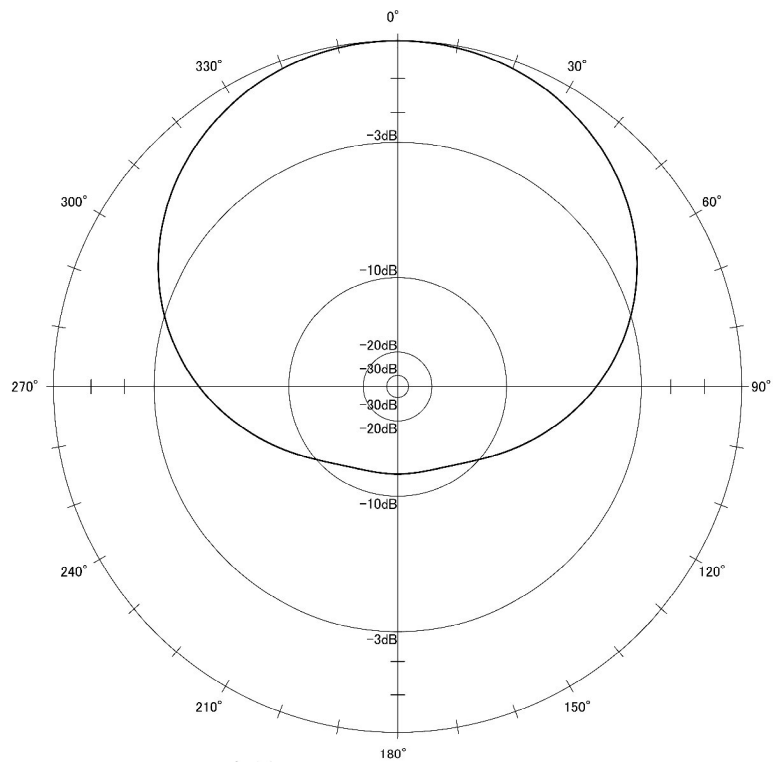
半値角 71°



水平偏波垂直面指向性

前後比 8.5dB

半値角 146°



FM・160Hz 帯受信アンテナ

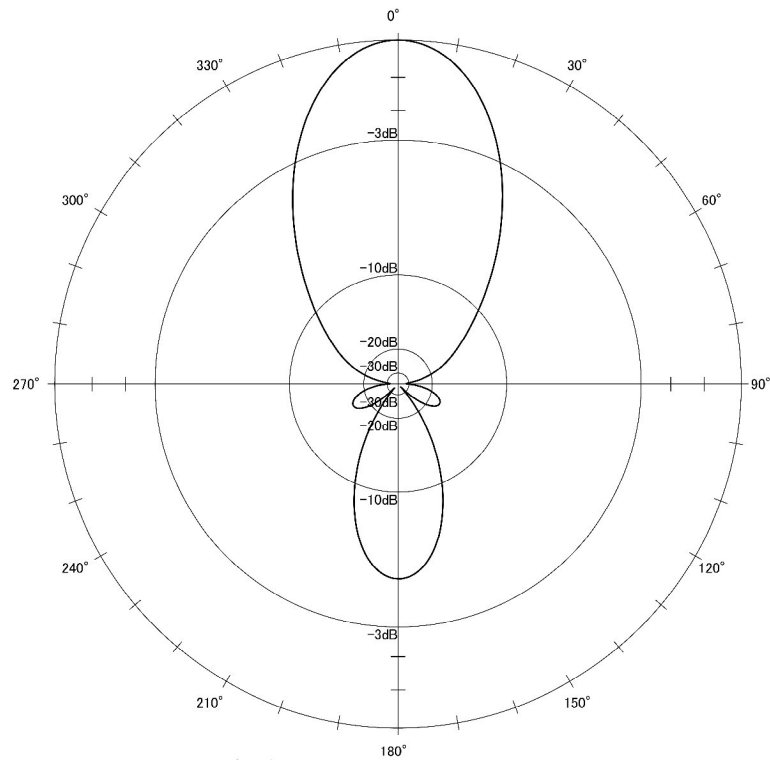
周波数 160MHz

水平偏波水平面指向性

利得 3.9dBd

前後比 4.9dB

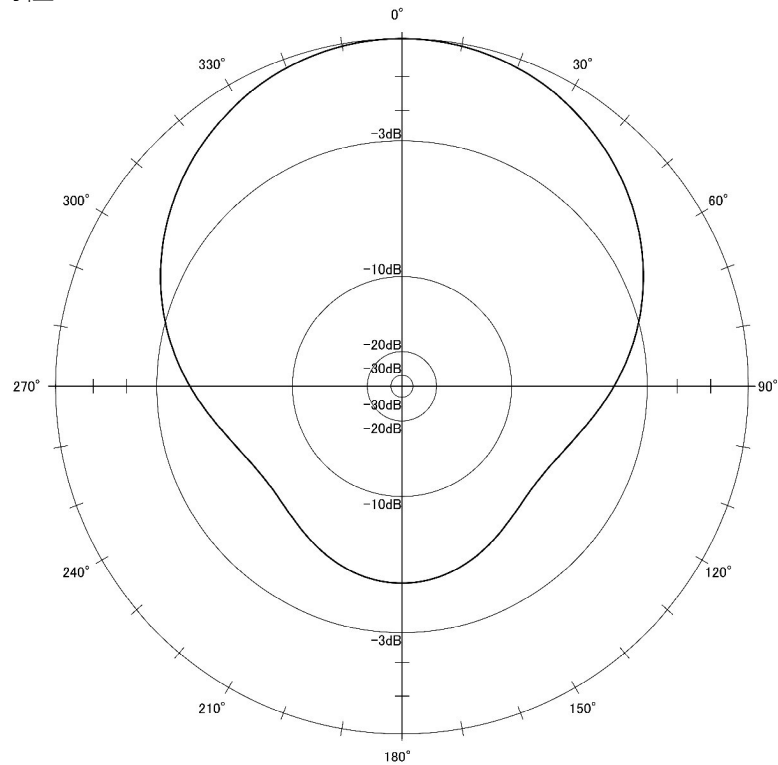
半値角 50°



水平偏波垂直面指向性

前後比 4.9dB

半値角 150°



FM・160Hz 帯受信用アンテナ

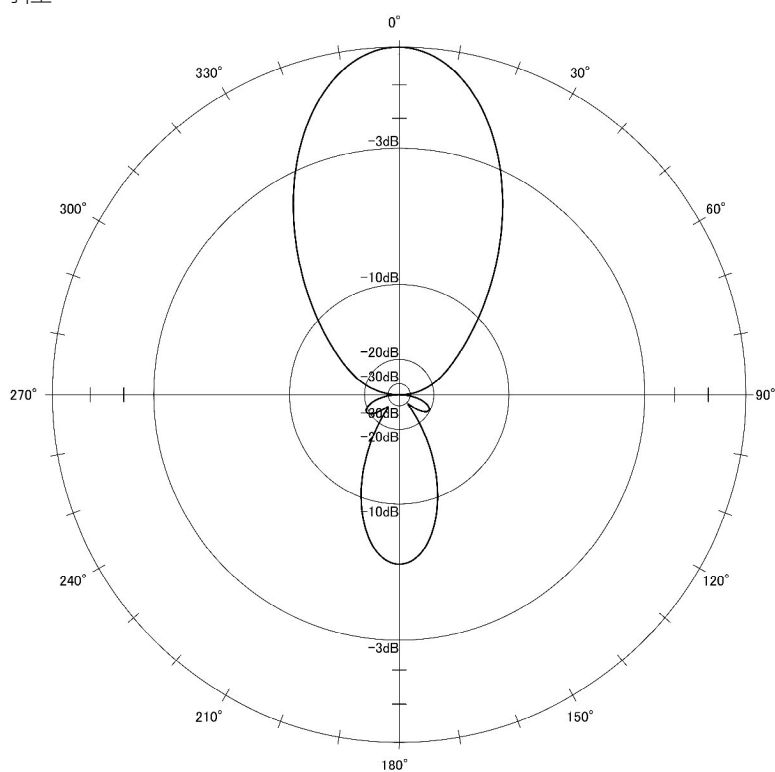
周波数 169MHz

水平偏波水平面指向性

利得 4.0dBd

前後比 6.2dB

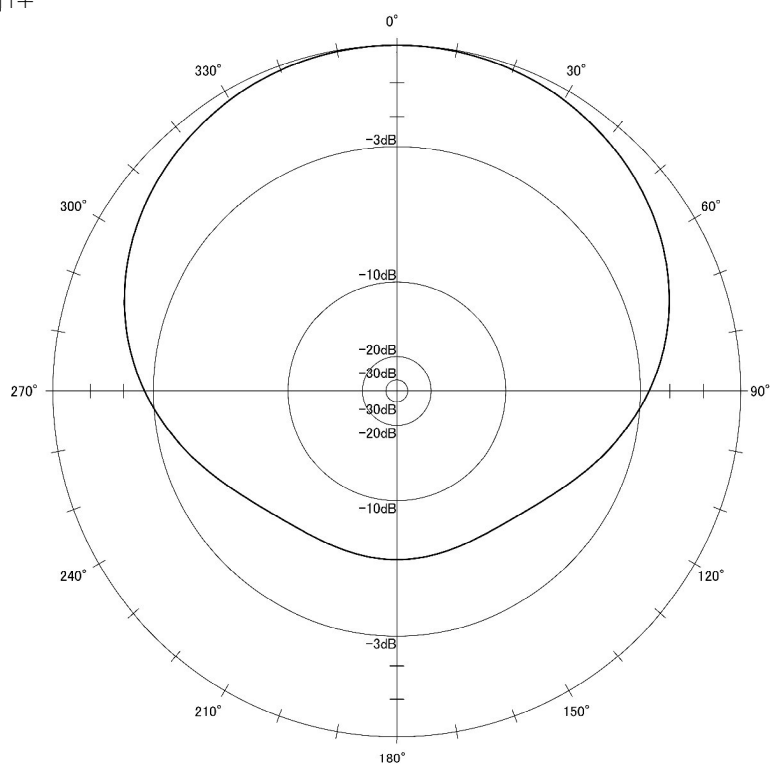
半値角 49°



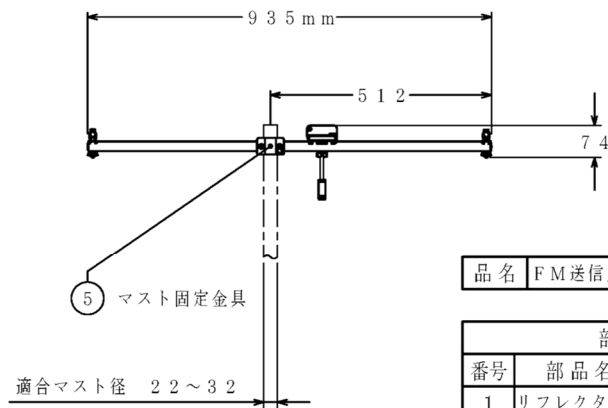
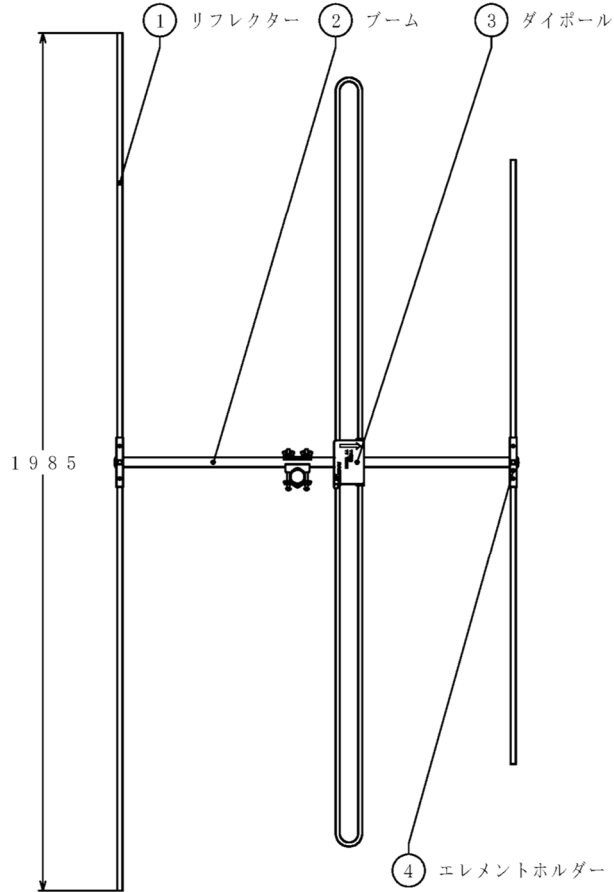
水平偏波垂直面指向性

前後比 5dB

半値角 189°



FM 送信用アンテナ



品名	FM送信用アンテナ
----	-----------

部品明細表			
番号	部品名	材質	表面処理
1	リフレクター	耐食アルミニウム	—
2	プーム	耐食アルミニウム	—
3	ダイポール	ABS 耐食アルミニウム	—
4	エレメントホルダー	鋼板	亜鉛メッキ クロメート処理
5	マスト固定金具	鋼板	亜鉛メッキ クロメート処理

FM 送信用アンテナ

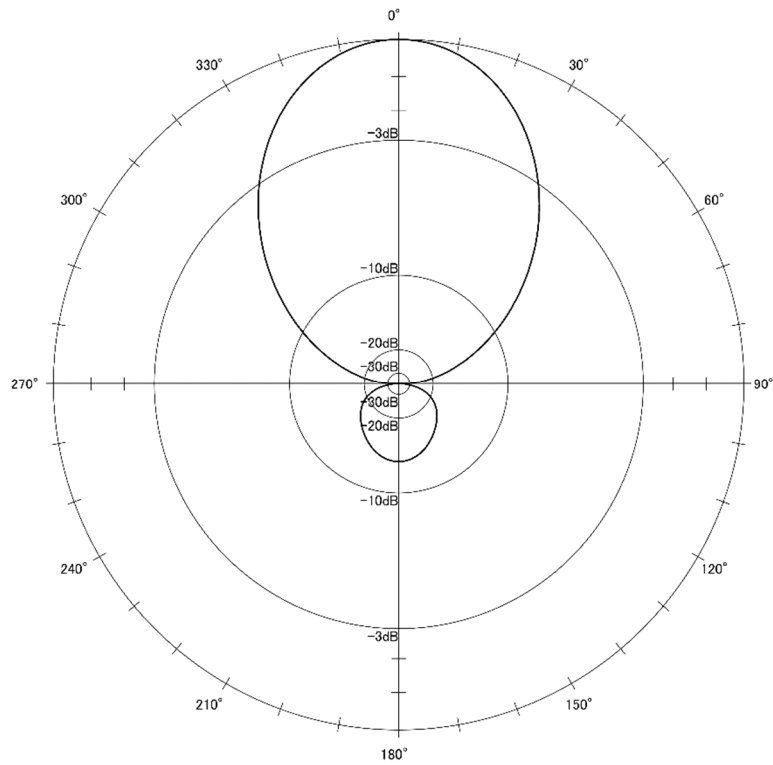
周波数 77.3MHz

水平偏波水平面指向性

利得 3.5dBd

前後比 12.9dB

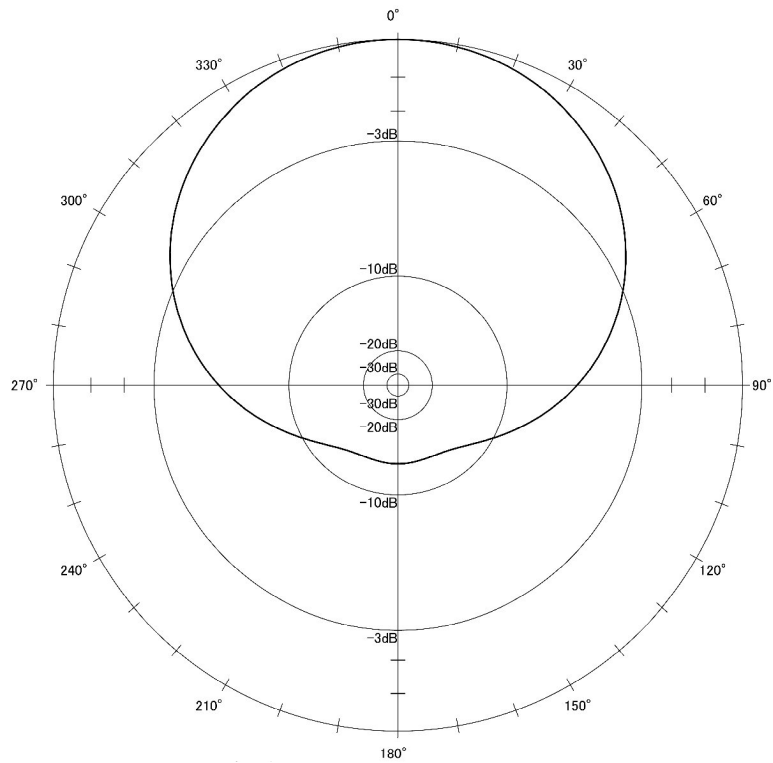
半値角 70°



水平偏波垂直面指向性

前後比 10dB

半値角 135°



FM 送信用アンテナ

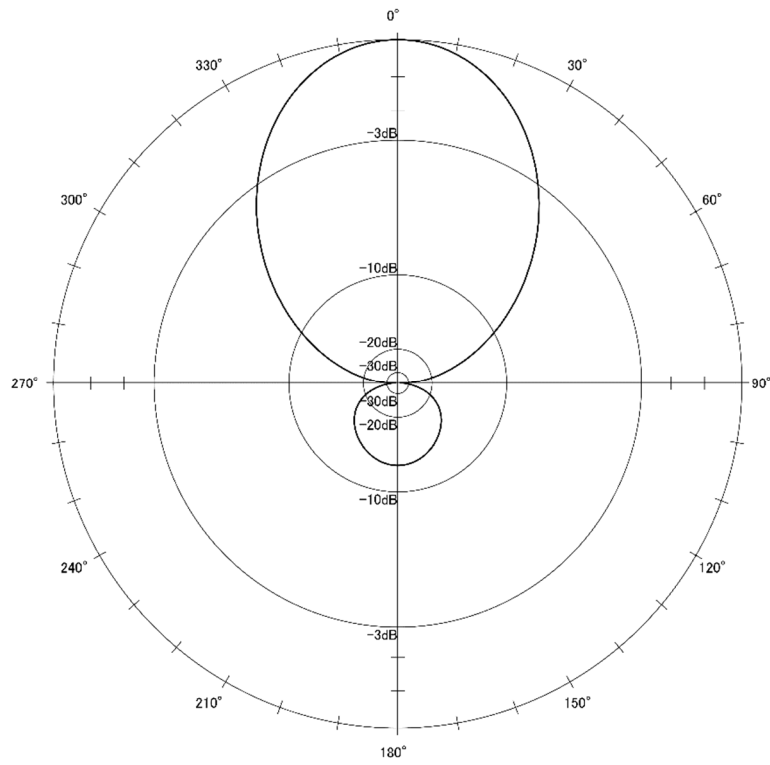
周波数 79.3MHz

水平偏波水平面指向性

利得 3.5dBd

前後比 12.4dB

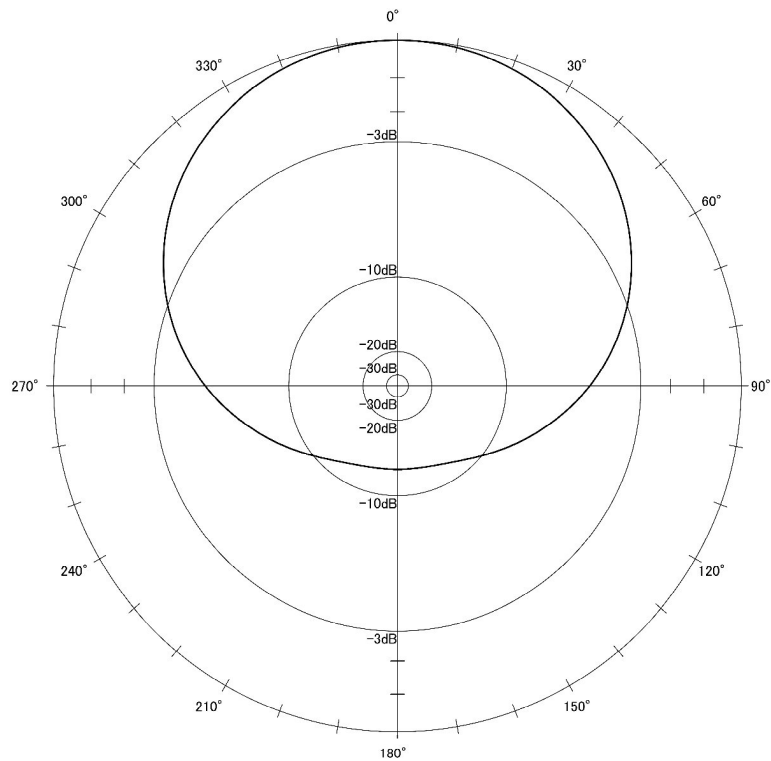
半値角 70°



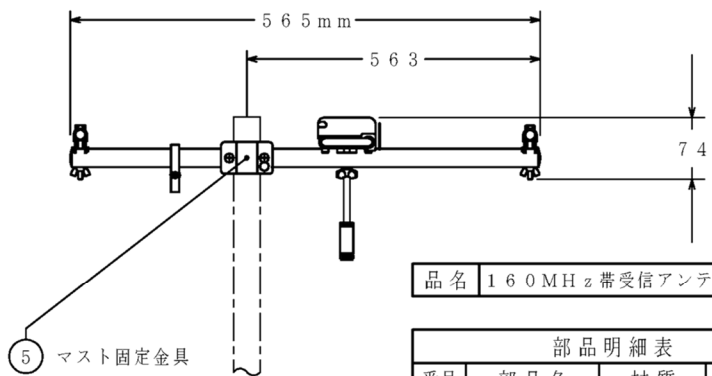
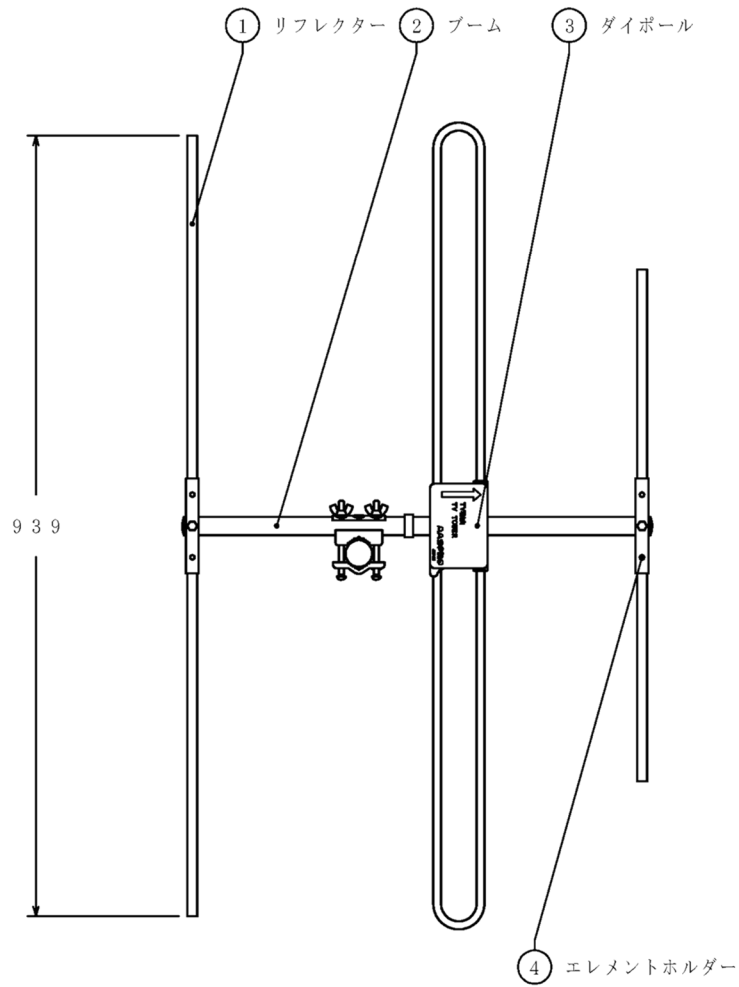
水平偏波垂直面指向性

前後比 8.8dB

半値角 142°



160MHz 帯受信アンテナ



品名 160MHz 帯受信アンテナ

部品明細表			
番号	部品名	材質	表面処理
1	リフレクター	耐食アルミニウム	—
2	ブーム	耐食アルミニウム	—
3	ダイポール	ABS 耐食アルミニウム	—
4	エレメントホルダー	鋼板	亜鉛メッキ クロメート処理
5	マスト固定金具	鋼板	亜鉛メッキ クロメート処理

160MHz 帯受信用アンテナ

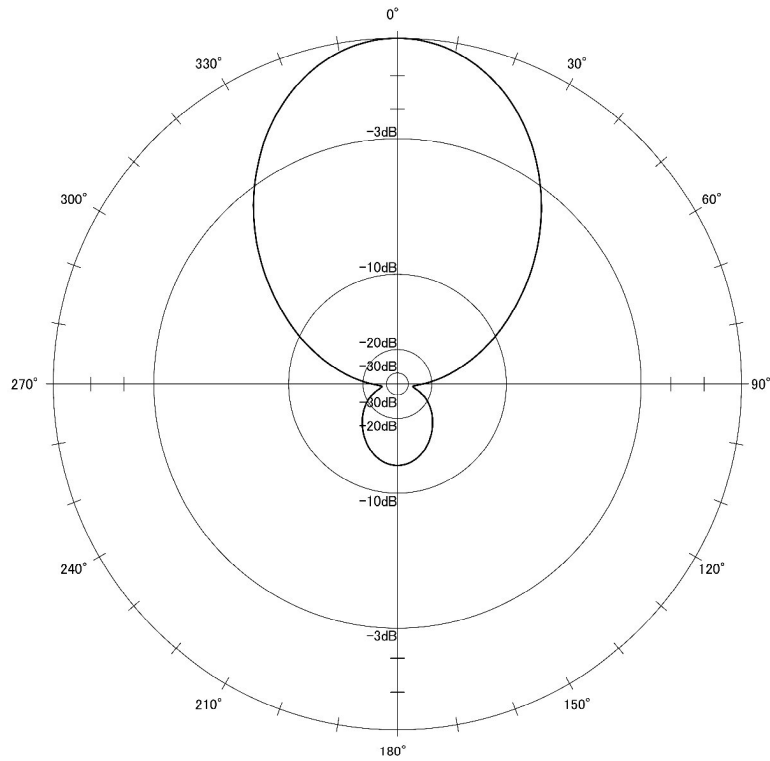
周波数 160MHz

水平偏波水平面指向性

利得 4.0dBd

前後比 12.4dB

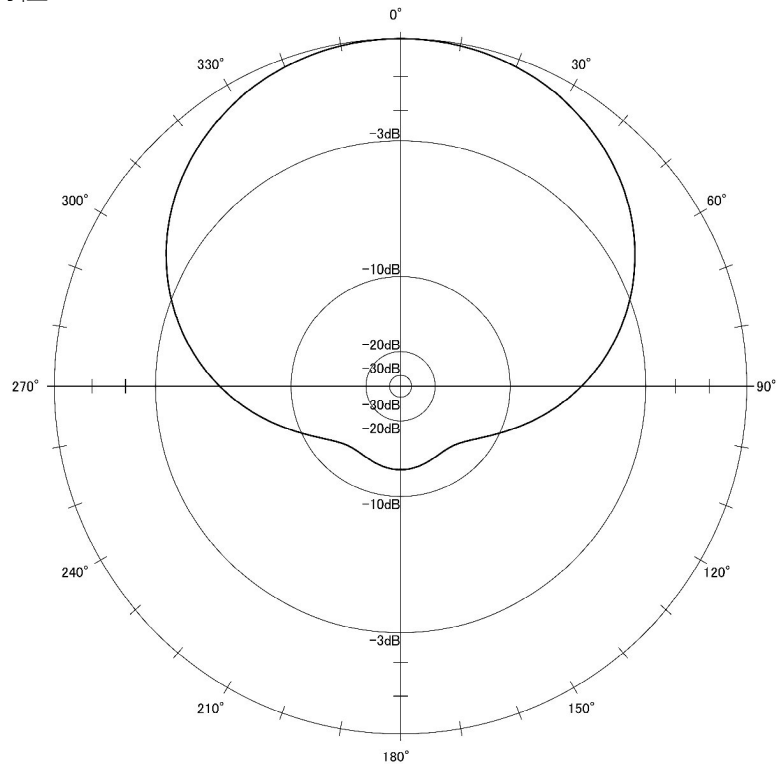
半値角 71°



水平偏波垂直面指向性

前後比 10.6dB

半値角 139°



160MHz 帯受信用アンテナ

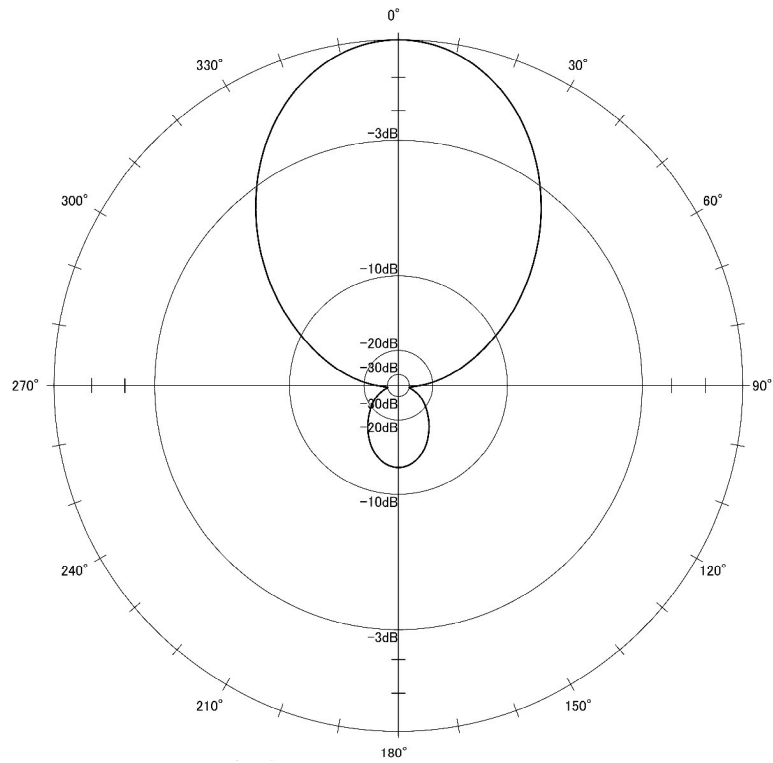
周波数 169MHz

水平偏波水平面指向性

利得 3.7dBd

前後比 12.5dB

半値角 72°



水平偏波垂直面指向性

前後比 8.5dB

半値角 152°

