

**超短波放送（FM 放送）における同一周波数放送波中継
による同期放送に関する調査検討**

報 告 書

令和 7 年 3 月

**超短波放送（FM 放送）における同一周波数放送波中継
による同期放送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	-4-
第1章 調査検討の概要.....	-5-
1. 1 調査検討の目的	-5-
1. 2 調査検討項目	-5-
1. 3 調査検討会の設置及び開催期間.....	-6-
第2章 同一放送波中継装置の概要.....	-10-
2. 1 同一放送波中継装置「FM回り込みキャンセラー」の仕組み.....	-10-
2. 2 同一放送波中継装置が開発された背景.....	-12-
2. 3 同一放送波中継装置の導入事例.....	-13-
第3章 FM同期放送技術の概要.....	-15-
3. 1 FM同期放送のイメージ.....	-15-
3. 2 既存FM局の同期放送導入状況.....	-15-
3. 3 各種同期方式	-17-
3. 4 同期放送システムの設計手法.....	-18-
3. 5 同期放送システム設計及び運用のための技術.....	-20-
3. 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	-21-
第4章 屋内試験の実施.....	-22-
4. 1 屋内試験における測定条件.....	-22-
4. 2 試験方法、試験系統図.....	-23-
(1) 予備試験	-23-
(2) FM中継局－FM実験局を想定した屋内試験（条件①）	-24-
(3) FM中継局－FM実験局を想定した屋内試験（条件②）	-25-
(4) 「FM中継局－FM中継局1」及び「FM中継局2－FM実験局「FM回り込み キャンセラー装置」が設置された実験試験局を想定した屋内試験（条件③）	-25-
(5) FM中継局から多方向（「FM中継局－FM実験局1」及び「FM中継局－FM 実験局2」）で「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された実験試験局 を想定した屋内試験（条件④）	-26-
(6) FM中継局－FM実験局（ともにフリー状態）を想定した屋内試験（条件⑤）	-27-
(7) 音質の測定方法と評価の尺度	-27-
4. 3 試験結果	-28-
(1) 予備試験結果	-30-
(2) FM中継局－FM実験局を想定した屋内試験（条件①）	-33-
(3) FM中継局－FM実験局を想定した屋内試験（条件②）	-36-
(4) 「FM中継局－FM中継局1」及び「FM中継局2－FM実験局「FM回り込み キャンセラー装置」が設置された実験試験局を想定した屋内試験（条件③）	-37-
(5) FM中継局から多方向（「FM中継局－FM実験局1」及び「FM中継局－FM 実験局2」）で「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された実験試験局を 想定した屋内試験（条件④）	-38-

(6) FM 中継局－FM 実験局（ともにフルラン状態）を想定した屋内試験（条件⑤）	-40-
第5章 屋外試験の実施.....	-41-
5. 1 屋外試験における測定条件.....	-41-
5. 2 測定機材、測定系統図.....	-41-
5. 3 移動測定における端子電圧とPSEERの評価基準について.....	-45-
5. 4 実験試験局の概要.....	-46-
(1) KRY※豊北FM実験局の概要.....	-46-
(2) KRYキャンセラーじっけん1, 2, 3の概要と実験イメージ.....	-48-
(3) KRYキャンセラーじっけん1, 2, 3（山口大学）の設置概要.....	-51-
(4) KRYキャンセラーじっけん3（雨乞岳）の設置概要.....	-57-
5. 5 実験試験局の設置状況.....	-62-
5. 6 KRY豊北実験局を活用した試験.....	-68-
(1) KRY豊北FM実験局～KRY長門FM局間の屋外試験.....	-68-
(2) KRY豊北FM実験局～KRY豊田FM局間の屋外試験.....	-74-
(3) 各局毎の電界分布測定.....	-80-
(4) KRY豊北実験局の状況.....	-86-
5. 7 山口大学の建物を活用した試験.....	-92-
(1) 実験局A・B・Cの組み合わせと偏波面の組み合わせによる試験.....	-93-
(2) 実験局A・B・Cの合成と周波数シフトの組み合わせによる試験 （水平＋水平）.....	-100-
(3) 実験局A・B・Cの合成と周波数シフトの組み合わせによる試験 （水平＋垂直）.....	-104-
(4) 実験局A・B・Cの合成と周波数シフトの組み合わせによる試験 （垂直＋垂直）.....	-108-
(5) 山口大学での屋外試験.....	-112-
(6) 考察.....	-115-
5. 8 複数の「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された環境での屋外試験	-116-
第6章 試験結果.....	-120-
6. 1 試験結果と技術的要件.....	-120-
(1) 「FM回り込みキャンセラー装置」を設置する際に必要となる技術的要件.....	-120-
(2) 放送波中継における親局と「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した 中継局の放送区域が交差する場合に必要な技術的要件.....	-121-
(3) 「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局と、FM同期放送による 中継局の放送区域が交差する場合に必要な技術的要件.....	-122-
(4) 放送波中継における同一の親局とする「FM回り込みキャンセラー装置」を 設置した中継局1と「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局2 の放送区域が交差する場合に必要な技術的要件.....	-123-

※目次および本文中で、「山口放送株式会社」を略称の「KRY」と併記。

6. 2 今後の展望.....	-125-
第7章 調査検討のまとめ.....	-126-
7. 1 屋内試験からの考察.....	-126-
7. 2 屋外試験からの考察.....	-126-
7. 3 公開試験.....	-126-
7. 4 山口放送「豊北FM実験局」の今後について.....	-129-
あとがき	-130-
資料編	
資料1. FM放送の現行関連規定	-132-
資料2. アンケート調査結果.....	-145-
資料3. 屋内試験データ.....	-149-
資料4. 屋外試験データ.....	-178-
資料5. 屋内試験データ（補完試験）	-194-

はじめに

一般に FM ラジオとして親しまれてきた超短波放送は音楽などに適した高音質なステレオ音声信号を放送する手段として広く普及している。最近では中波放送である AM ラジオ放送を FM ラジオ放送に転換する FM 転換が検討されていることと、地域に密着した放送を届けるコミュニティ放送局の増加を背景として FM ラジオ放送局数が増加している。FM ラジオ放送は対応受信機が車両にほぼ標準的に搭載されていることから、移動中における手軽な情報源として活用されている。また、災害時などにおけるラジオの重要性も繰り返し認識されているところである。

FM ラジオに利用できる周波数帯は FM 補完放送局(ワイド FM)の導入時に拡張されたが、相互の干渉などを考慮すると依然として余裕がない状態である。VHF 帯電波伝搬の特性上、広いサービスエリアを確保するために比較的多くの送信所を設置することになるが、干渉を避けるため隣接する送信所間では基本的に周波数を変える必要がある。特に山が多い地域では多数の送信所が必要となるため、単一の放送局であっても多数の送信周波数を必要とする。しかも、移動中に受信している聴取者にとっては、移動に伴って周波数を頻繁に変更する必要が生じており、利便性が高いとは言えない状況にある。

この課題に対してこれまで FM 同期放送への取り組みが行われてきた。この技術は、複数の送信所から同じ周波数で同時に同じプログラムの送信を行うものであり、周波数利用効率の改善、サービスエリアの拡大と聴取者の利便性確保に有効なシステムである。しかし、複数の送信所からの同一周波数信号の伝搬遅延時間差によりマルチパス歪みが生じる。この歪みは従来から地物による反射によっても生じていたものであるが、同期放送では放送側が自ら生じさせる形となる。このため、これまでに信号の強度差や遅延時間差について慎重な検討が行われてきた。また、複数の送信所へ同じプログラムを伝える中継回線が別途必要とされることも経済面で課題であった。

このような状況を背景として、本調査検討会では FM 同期放送を放送波中継によって実現する技術的条件について検討を行った。この検討では、主に移動受信を想定して同期放送の各種送信パラメータと受信品質の関係について、屋内実験のみならず実験局を利用した屋外実験も含めて詳細に調査している。この検討結果が今後の利便性と効率に優れた FM 同期放送実用化に役立つことを願っている。

令和7年3月

超短波放送(FM 放送)における同一周波数放送波中継による同期放送に関する調査検討会

座長 村田 英一

第1章 調査検討の概要

1.1 調査検討の目的

超短波放送(以下「FM放送」という。)における同一周波数放送波中継による同期放送は、放送波中継で受信する周波数と放送用中継局(以下「自局」という。)で送信する周波数が同一であることから、自局の受信設備で受信する放送波と自局が送信する放送波との判別が難しいことなどから実用化されていない。

本調査検討では、新たに開発された「FM回り込みキャンセラー機能を内蔵したFM放送中継装置(以下「FM回り込みキャンセラー装置」という。)」を活用して、同一周波数放送波中継による同期放送に関する技術的条件を検討するものであり、「FM回り込みキャンセラー装置」の実用化に向けて、周波数偏差、最大周波数偏移、遅延時間などの技術的条件を明らかにすること及び屋内・屋外試験により「FM回り込みキャンセラー装置」の有用性を確認することを目的とした。

1.2 調査検討項目

(1)「FM回り込みキャンセラー装置」の屋内試験(機器性能の確認)

「FM回り込みキャンセラー装置」の実用化に向け、FM中継局と同一の性能を有する機器を用いて、必要な技術的条件を屋内で検討する。特に、上位局からの放送波を受信する周波数と自局が送信する周波数を識別する必要があることから、送信周波数を「常時±100Hzの範囲内でシフトさせる方式」と「+100Hz」又は「-100Hz」で固定する方式」に関して確認した。

- (ア) 周波数偏差
- (イ) 最大周波数偏移
- (ウ) 装置単体による遅延時間
- (エ) その他必要な技術的条件

(2)「FM回り込みキャンセラー装置」の屋外試験

「FM回り込みキャンセラー装置」の実用化に向け、FM中継局及びFM親局を活用し、必要な技術的条件を屋外で検討する。特に、上位局からの放送波を受信する周波数と自局が送信する周波数を識別する必要があることから、送信周波数を「常時±100Hzの範囲内でシフトさせる方式」と「+100Hz」又は「-100Hz」で固定する方式」に関して確認した。

- (ア) 周波数偏差
- (イ) 最大周波数偏移
- (ウ) 装置単体による遅延時間
- (エ) その他必要な技術的条件

(3)「FM中継局－FM中継局1」、「FM中継局2－FM実験局」を想定した屋内試験

「FM回り込みキャンセラー装置」の実用化に向け、「FM中継局」と「FM中継局1」、「FM中継局2」と「FM実験局」間で等電界地域における同期放送に必要な技術的条件を屋内で検討した。

(4) 「FM中継局－FM中継局1」、「FM中継局2－FM実験局」を活用した屋外試験

「FM回り込みキャンセラー装置」の実用化に向け、「FM中継局」と「FM中継局1」、「FM中継局2」と「FM実験局」間で等電界地域における同期放送に必要な技術的条件を屋外で検討した。

(5) 上位局を同一とし複数台「FM回り込みキャンセラー装置」を活用した場合の屋内試験

FM中継局から多方向（「FM中継局－FM実験局1」及び「FM中継局－FM実験局2」）で「FM回り込みキャンセラー装置」が設置されたことを想定し、必要な技術的条件を屋内で検討した。

(6) 上位局を同一とし複数台「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した場合の屋外試験

FM中継局から多方向（「FM中継局－FM実験局1」及び「FM中継局－FM実験局2」）で「FM回り込みキャンセラー装置」が設置されたことを想定し、必要な技術的条件を屋外で検討した。

(7) 検討結果の取りまとめ

- (ア) 「調査検討事項（1）～（6）」までのデータを整理し取りまとめた。
- (イ) 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。）を含めて報告する。
- (ウ) 報告書には、調査検討結果から、技術基準として検討・確認が必要な項目を盛り込んだ。
- (エ) 報告書には、調査及び分析において得られた実施上の知見及び分析の改善点を整理し盛り込んだ。
- (オ) 報告書には、今年度の調査検討結果を踏まえ、次年度、必要な調査項目及び実施計画の骨子を報告した。

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。）

本調査検討会は、設置の日から令和7年3月末まで開設し、計5回の会合、2回の視察、及び1回の公開試験を実施した。（調査検討会及び公開試験 開催日程を表1-2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	村 田 英 一	山口大学大学院 創成科学研究科 工学系学域電気電子工学分野 教授
副 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	松 井 浩 孝	日本放送協会広島放送局 コンテンツセンター 共通業務グループ システム技術(送受信)副部長
構 成 員	河 内 庸 彦	株式会社中国放送 技術局放送センター長
構 成 員	寺 島 陸 雄	広島エフエム放送株式会社 管理本部技術部長
構 成 員	恵 良 勝 治	山口放送株式会社 取締役技術局長
構 成 員	河 野 憲 治	日本通信機株式会社 取締役技師長
構 成 員	富 永 洋 一	株式会社コミュニティエフエム下関 代表取締役会長
構 成 員	高 田 政 幸	一般社団法人電波産業会 デジタル放送システム開発部会 デジタル STL/TTL 作業班 主任
構 成 員	伊 藤 英 知	中国総合通信局 無線通信部長(第1回まで)
構 成 員	遠 藤 鉄 裕	中国総合通信局 無線通信部長(第2回以降)
構 成 員	小笠原 通 晴	中国総合通信局 放送部長

表1－2 調査検討会及び視察・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6年7月3日	TKP ガーデンシティ PREMIUM 広島駅前 2A
第2回検討会	令和6年8月24日	TKP ガーデンシティ PREMIUM 広島駅前 8B
屋内試験視察	令和6年11月24日	日本通信機株式会社 本社(相模原)
第3回検討会	令和6年12月10日	山口放送株式会社 7階会議室
屋外試験視察	令和6年12月11日	山口県内 長門～豊北～豊田
第4回検討会	令和7年3月11日	TKP ガーデンシティ PREMIUM 広島駅前 8B
公 開 試 験	令和7年3月26日	山口大学 工学部キャンパス

調査検討会及び視察・公開試験の様子を図1-1～図1-8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 屋内試験視察(日通機本社)



図 1-4 第3回 調査検討会(山口放送)



図 1-5 屋外試験視察(KRY 豊北実験局周辺)



図 1-6 第4回 調査検討会



図 1-7 公開試験(山口大学)



図 1-8 第 5 回 調査検討会

第2章 同一放送波中継装置の概要

第2章ではFM同一放送波中継装置「FM回り込みキャンセラー装置」の概要について説明する。

2.1 同一放送波中継装置「FM回り込みキャンセラー」の仕組み

放送波中継局において、上位局と同じ周波数で送信すると受信アンテナには高いレベルで自局の送信波が回り込む。同じ周波数なので入力フィルタで分離することはできない。「FM回り込みキャンセラー装置」は受信信号に含まれる自局の回り込み波を除去し、上位局の信号のみを取り出して再送信するための装置である。図2-1は「FM回り込みキャンセラー装置」の構成図を示す。

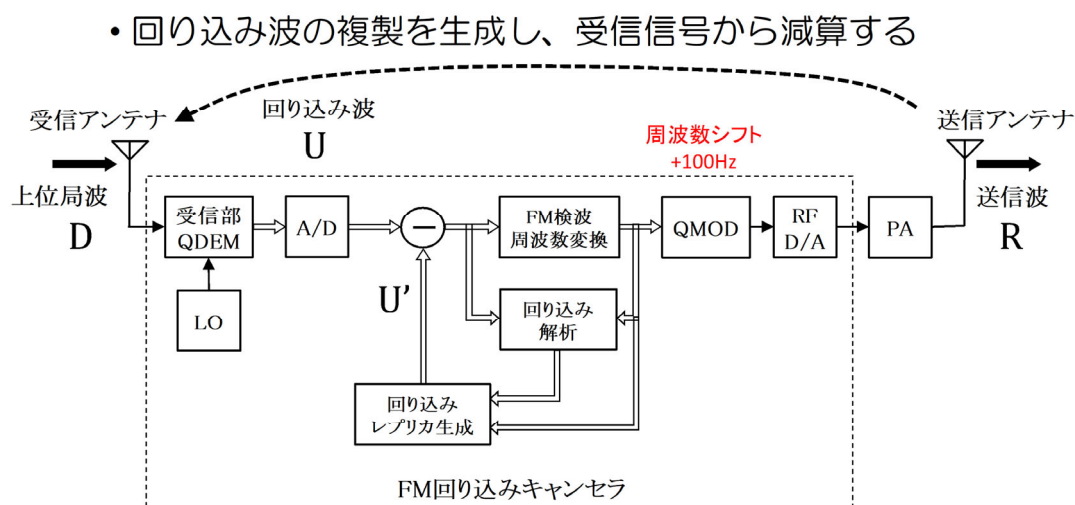


図2-1. FM回り込みキャンセラー装置の構成図

回り込み波を除去する原理は回り込み波Uの複製U'を作って、受信信号から引き算をする。(Uと同じU'を生成すれば、 $R = D + U - U' \simeq D$ となり、親局波のみを中継することができる)これは、地デジの回り込みキャンセラーやWeb会議システムで使われている音声信号のエコーキャンセラーも同様の原理である。FM放送はアナログ変調であるため、無音のときは変化のない変調信号となってしまうため遅延時間の解析が通常は正しく行えないが、現在試験運用しているFM回り込みキャンセラーは、無音となったときでも遅延解析が正しく行えるように送信周波数をわずかにずらしている。QMOD(直交変調)部の上に記載しているように+100Hz周波数をシフトしている。「FM回り込みキャンセラー」の詳細については、映像情報メディア学会に投稿している論文を参照のこと。特筆すべきところは、下の図のようにFM放送でも遅延プロファイルの解析を可能にしたことである。これで複数の回り込み反射波にも対応することができる。



図 2-2 回り込み波の遅延プロファイル

FMの信号は、レベルが一定で周波数が偏移する信号、つまり角速度が変化する信号である。IQ複素平面上では、レベルが一定で位相が変化する信号は円を描いて見える。Sin 波の信号が複素平面上では、円を描くことと同じである。干渉が無いFM変調信号は一定半径の円周上を移動する信号なので、細い輪を描く。(図2-3) FMの干渉があると主波の輪の上に干渉波の輪が重畳されて、二重の輪を描くように見える。(図2-4)

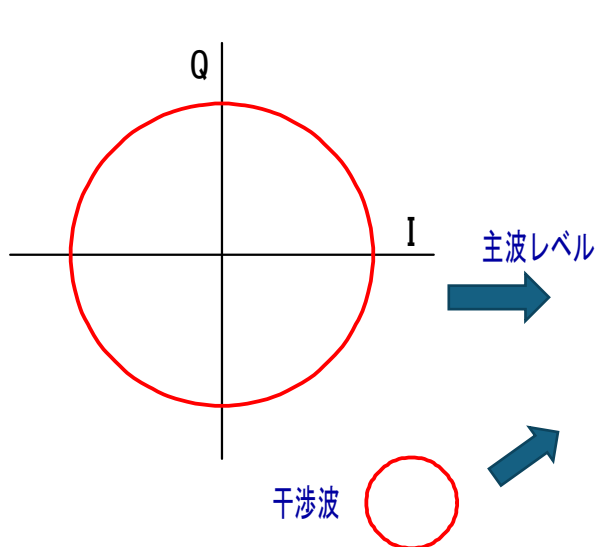


図2-3 干渉が無いFM変調信号

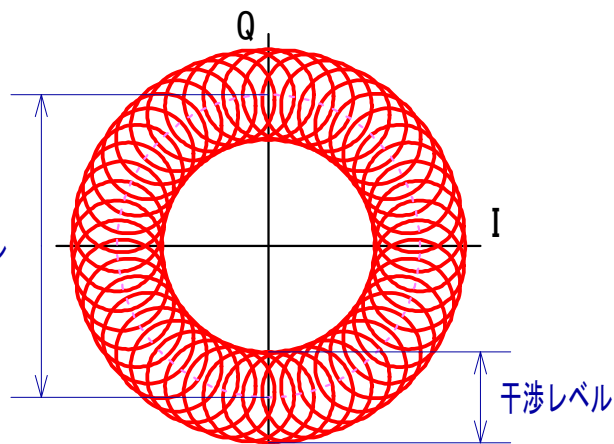


図2-4 干渉があるFM変調信号

このようにIQ複素平面では干渉波に応じて輪の状態が変わることによって干渉を計測することができる。FM回り込みキャンセラーの IQ OUT をオシロスコープに接続してXY表示させると、IQ複素平面上のFM変調信号を見ることができる。図2-5は「2アンテナタイプ」の回り込みキャンセラーの構成図を示す。

・最大の回り込み直達波にアンテナ合成ヌルを形成する

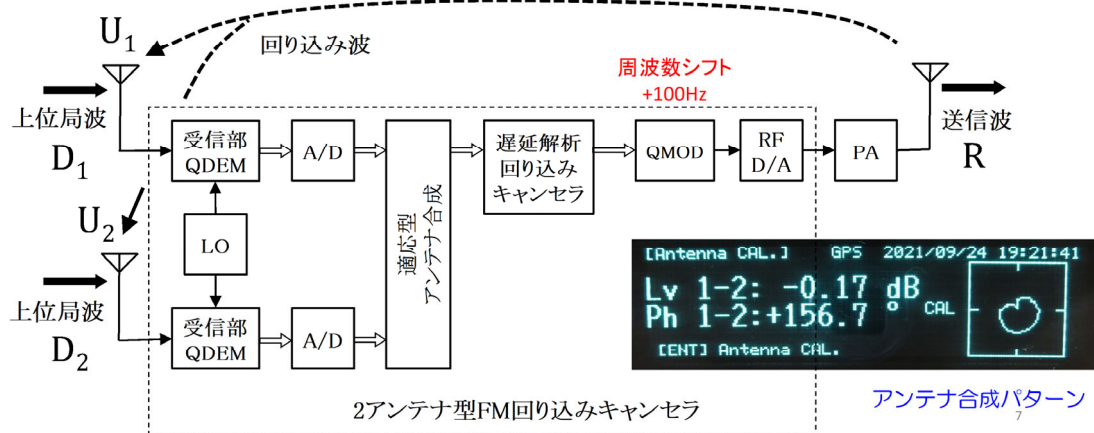


図2-5 「2アンテナタイプ」の回り込みキャンセラーの構成図

KRY豊北実験局では、受信アンテナは垂直偏波、送信アンテナは水平偏波として偏波による分離も行っているが、それでも回り込みD/Uは、 -30dB 程度という極めて厳しい受信条件となっている。(上位局波より回り込み波が 30dB も高く受信されるということである)

地デジ用回り込みキャンセラーでの回り込み限界D/Uの規格が -13dB ということを考えるとFM帯周波数での回り込みの厳しさがわかる。そこで、FM回り込みキャンセラーでは受信アンテナを複数設置してアンテナ合成による回り込み波の除去も行っている。遅延解析による回り込みキャンセル回路の前に、適応型のアンテナ合成を追加している。このアンテナ合成で、最大の回り込み直達波に合成ヌルを生成し、残りの回り込み反射波を遅延解析による複製で除去する。(2アンテナタイプの場合、アンテナ配置が重要。)上位局波の位相差に対し、回り込み直達波の位相差が 180° になるように配置するのがベストである。アンテナ設置の指標として位相差がわかりやすいように、アンテナ合成パターンを表示できる。適応型なので、ある程度以上の位相差があれば動作するが、図2-5の右下の波形のように上側にヌル(凹み)ができて、ハート形になるのが望ましいアンテナ配置となる。

2.2 同一放送波中継装置が開発された背景

地上デジタル放送では、デジタル変調であることを利用して各種補償器が実用化されてきた。

- ・伝送路でのマルチパスを除去する「マルチパス等化装置」
- ・同一周波数で放送波中継を実現する「回り込みキャンセラー」
- ・同一チャンネルの混信波を除去する「同一Ch干渉除去装置」

などがある。

山口放送(株)では、放送エリアを拡張するにあたって、FMでも放送波中継用の補償器があれば… という思いから開発と実験を行ってきた。これまで、アナログ変調であるFMでは実用化が困難であったが、数々の困難を乗り越えてついにFMでも放送波中継用の補償器を実現することができた。2020年から、山口放送 豊北FM実験局で「FMでの回り込みキャンセル」の実験を行っている。2021年8月からは、山口放送 豊田FM局で韓国波や中国波の混信を除去する「同一周波数干渉除去装置」が稼働している。

FM回り込みキャンセラーを使うと、同一周波数での放送波中継が可能となる。図2-6に示すように、山間部などで親局の電波が届きにくいところに中継局を設置して、同一周波数で放送エリアを拡張するという使い方になる。また、臨時災害局など同一周波数での再送信が望まれる用途に活用できると考えている。しかしながら、どうしても上位局の波を受信して再送信するため中継遅延がある。そのため、重複エリアで遅延時間差のある干渉となり、受信品質が劣化することになる。D/Uが十分確保できれば特に問題となることはないが、放送エリアの重複はできるだけ狭いエリアとなるようにするのが望ましいと言える。本検討会では、この放送エリアの拡張と受信品質の劣化状況を検討していくことになる。

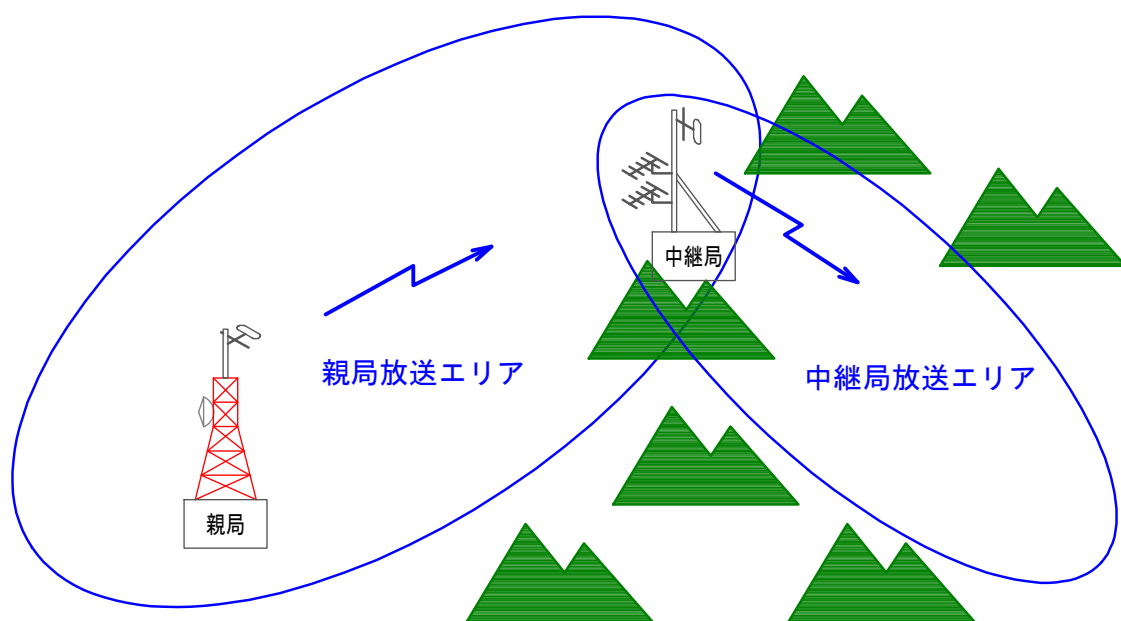


図 2-6 FM 回り込みキャンセラーによる放送波中継局の設置イメージ

2.3 同一放送波中継装置の導入事例

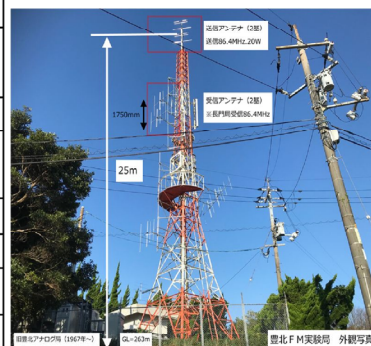
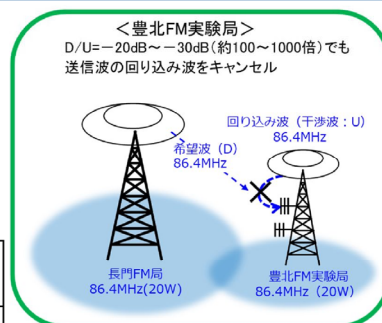
KRY 豊北実験局の概要を示す。

豊北FM実験局(同一周波数実験運用)

豊北FM実験局

- ・送信場所: 下関市豊北町大浦岳(旧アナログテレビ送信所)
- ・海拔高 : 288.1m
- ・周波数 : 86.4MHz
- ・出力 : 50W
- ・中継方式: 長門局からの放送波中継
- ・実験経過

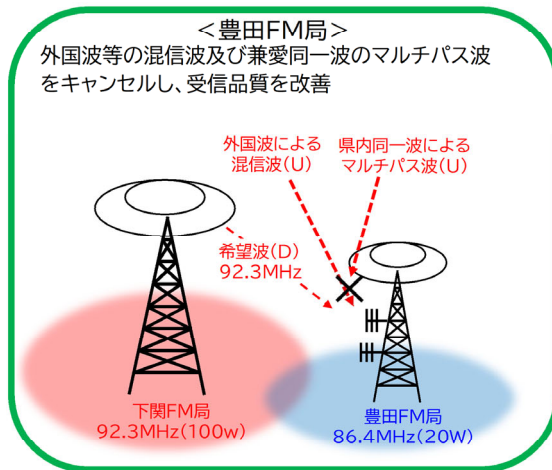
2020年	7/21	試験運用開始 周波数86.4001MHz 出力20W (回り込み波と親局波を区別するため送信周波数を100Hzシフト)
	9/15	位相、レベルの変動検出計算間隔10ms→0.625ms 毎の移動平均算出に変更、受信アンテナを上方向に20°程向けて車の影響を低減
	10/10	マルチパスキャンセル(上位局と同一周波数抑圧)機能追加 受信アンテナの地上高を高くして回り込み波の安定化
	10/30	マルチパスキャンセル時間を 72μs→300μsまで拡張
	11/20	回り込み反射波とマルチパスの遅延プロファイルの学習機能追加 萩局のマルチパスも捕らえる(遅延時間 約113μs)
2021年	3/6	周波数シフト 0Hz化(装置遅延時間の分離による相関検出)
	3/10	周波数無音時のみ100Hzシフト設定
2022年	4/22	出力増力 20W→50W
	7/23	周波数偏移シフト±100Hz切替方式※ に設定(切替周期 2Hz)



豊田FM局(FM放送で初の干渉抑圧装置を活用し2021年8月開局。)

豊田FM局概要

- ・送信場所: 下関市豊田町大字江良字華山
- ・海拔高 : 717m
- ・周波数 : 86.4MHz(美祢局との同期放送)
- ・出力 : 20W
- ・中継方式: 下関局(92.3MHz)からの放送波中継



Yamaguchi Broadcasting Co., Ltd.

第3章 FM同期放送技術の概要

第3章は、FM放送における同期放送技術の概要と設計手法の説明を行う。

3.1 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る。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0dBとなる等電界地域が存在する。

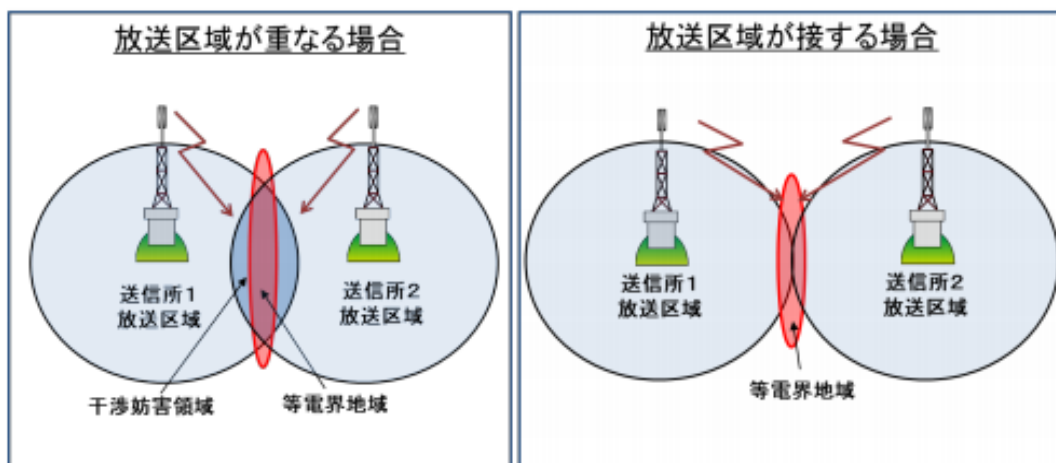


図3-1 同期放送のイメージ

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。

3.2 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、ギャップファイラー装置(GF)が実用化、制度化されており、導入が進められている。

(1) 株式会社中国放送の導入例

株式会社中国放送で導入されている FM 同期放送について、図3-2に示す。株式会社中国放送では、94.6MHzで同期放送を行っている。中継方式は、IP 回線(マルチキャスト IP 網)を利用した方式を採用している。

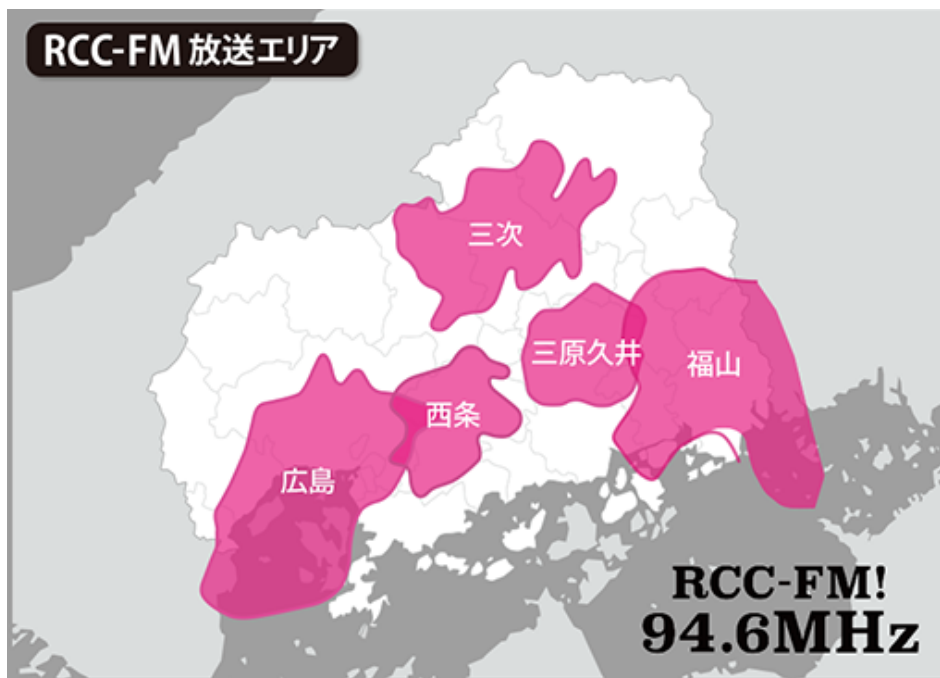


図3-2 株式会社中国放送の FM 同期放送

(2) 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3-3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3-3 山口放送株式会社の FM 同期放送

3.3 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ので、下位局では、回線による遅延時間を調整するだけでよい。

(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容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。

3.4 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。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同期放送によるサービスが可能である。

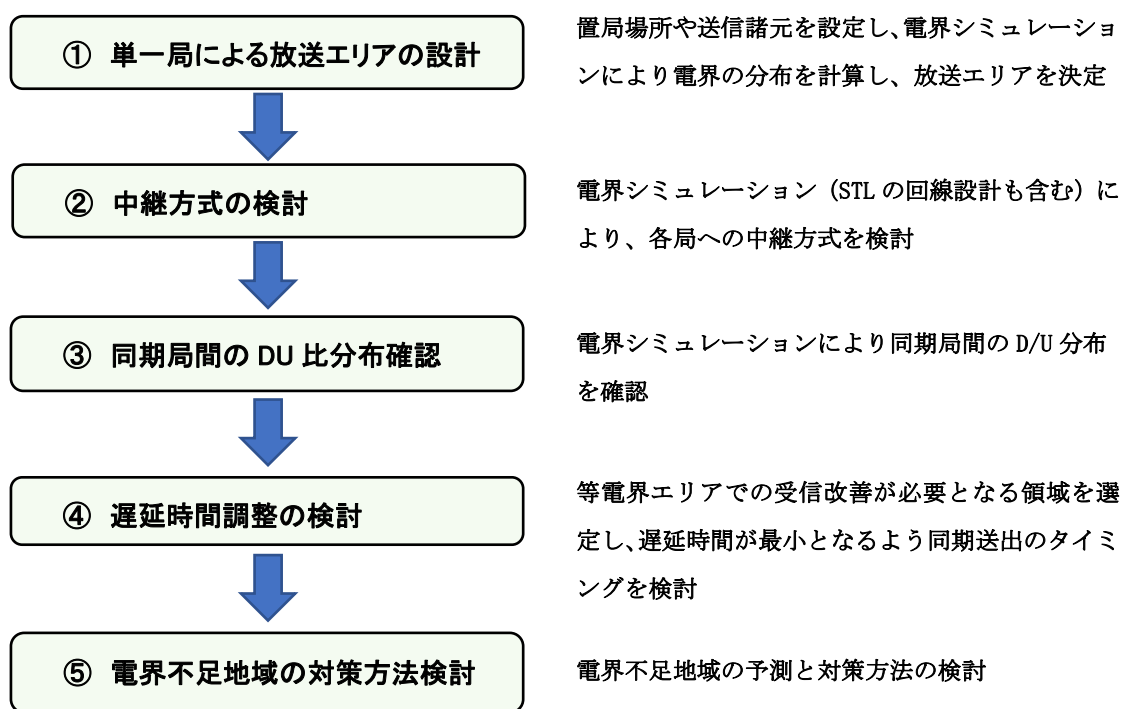


図3-4 同期放送システムの検討手順

(1) 放送エリアの検討

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 の回線設計、設置場所の設置条件等を把握し、適切な中継方式を検討する。

(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。

(4) 遅延時間調整の検討

③で計算した DU 比分布から等電界エリアで受信改善が必要となる地域を選定し、その地域の遅延時間が最小となるように同期局の送出タイミングを調整する。各放送局の遅延時間差 Δt は、

$$\Delta t (\mu s) = (d1 - d2) / 299,729 (\text{km/s})$$

$d1 (\text{km})$: 送信所1と遅延差測定ポイントとの距離

$d2 (\text{km})$: 送信所2と遅延差測定ポイントとの距離

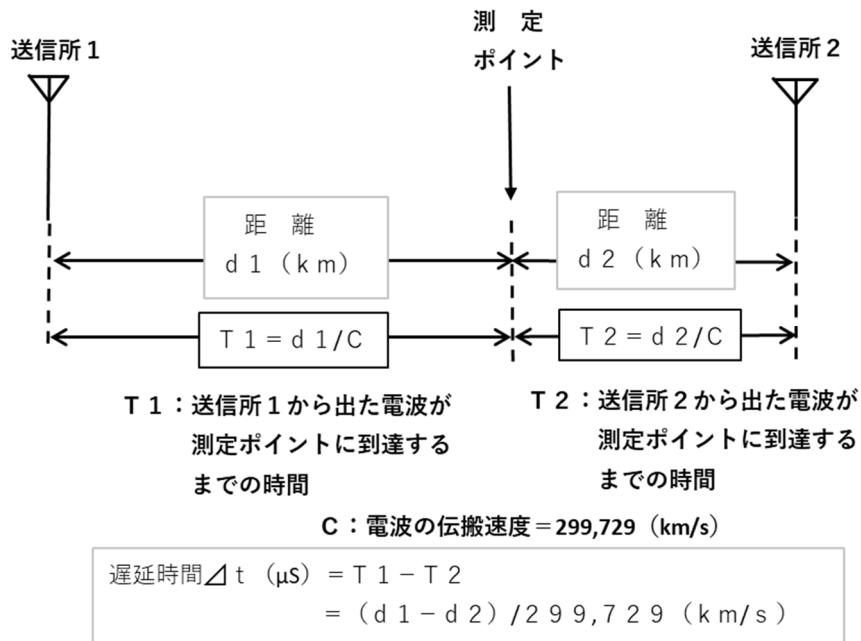


図3-5 測定ポイントでの遅延時間

送信所1、送信所2の電波の送出タイミングを同一の基準信号で管理し、送信所1、送信所2の電波の送出タイミングを一致させると、測定ポイントまでの距離が短い送信所2の電波は $\Delta t (\mu s)$ だけ送信所1の電波より早く測定ポイントに到達する。したがって、測定ポイントで送信所1、送信所2の電波が同時に受信されるためには、送信所2の電波の送出タイミングを基準信号より $\Delta t (\mu s)$ だけ遅らせるよう調整する。

(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ィラーによる補完を検討する。

3.5 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。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) D/U 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方法もある。

(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 $0 \mu\text{sec}$ となるように後発局の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)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「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. 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る。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。

第4章 屋内試験の実施

第4章は屋内試験の実施方法と結果について報告する。屋内試験では、装置単体の動作や性能の確認を先に実施し、要求される確認事項について試験を行った。

4.1 屋内試験における測定条件

屋内試験を行うにあたり、測定条件を検討した。基本的な系統図を下図に示す。ブロックで分けると、①親局信号作成部、②FM回り込み信号合成部、③FM回り込みキャンセラー装置、④FM測定部の4ブロック構成とした。

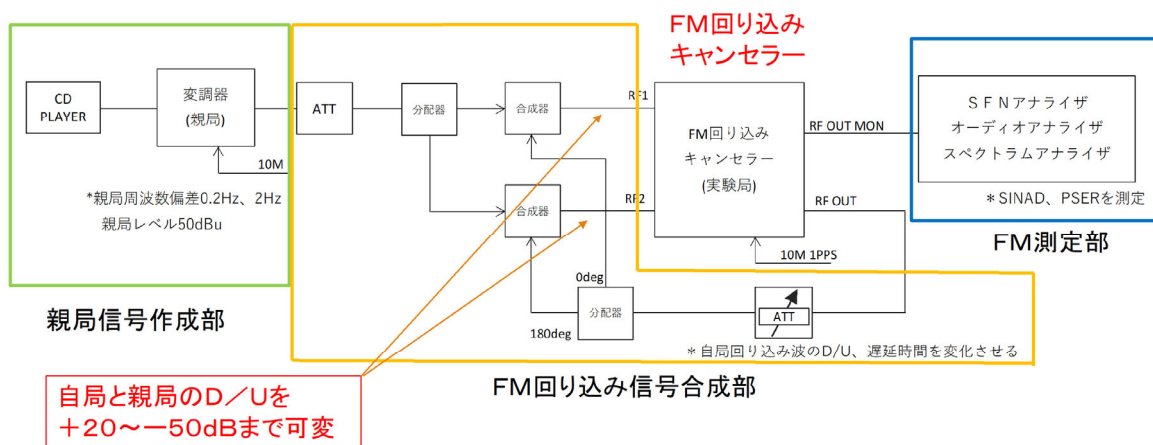


図4-1 屋内試験の基本系統図



図4-2 親局信号作成部

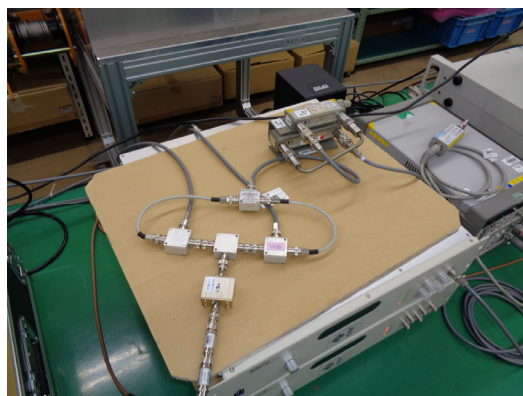


図4-3 FM回り込み信号合成部

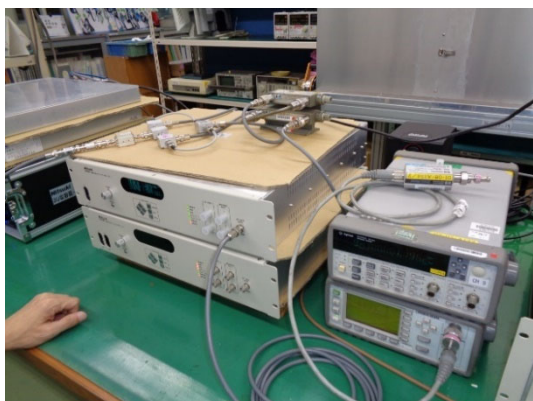


図4-4 FM回り込みキャンセラー

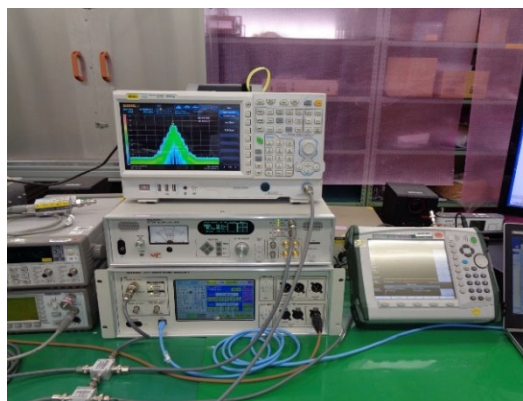


図4-5 FM測定部

4. 2 試験方法、試験系統図

試験方法の系統図について示す。本検討会にて要求されるFMキャンセラーに関する確認事項は以下の通りとし、条件①②③④という簡易な表現を使用した。

- ・条件①: FMキャンセラー装置単体の性能を確認
- ・条件②: 上位局とFMキャンセラーの電波(同一周波数)が合成されるエリアを想定した試験
- ・条件③: 別の放送中継ルートによる電波とFMキャンセラーの電波(同一周波数)が合成されるエリアを想定した試験
- ・条件④: 二つのFMキャンセラー中継局の電波(同一周波数)が合成されるエリアを想定した試験
- ・条件⑤: 親局、FMキャンセラー装置ともにフリーラン(周波数安定化されていない)時の動作試験

(1) 予備試験

FM回り込みキャンセラーの屋内試験を行うにあたり、装置単体の基本装置や基準となる同期放送時の特性など予備試験を実施した。測定項目は以下の通り。

- ① FM中継装置としての基本性能
- ② SINADとPSERの関係1(対C/N)
- ③ SINADとPSERの関係2(対端子電圧)
- ④ FM同期放送の確認(キャンセラー動作無し)

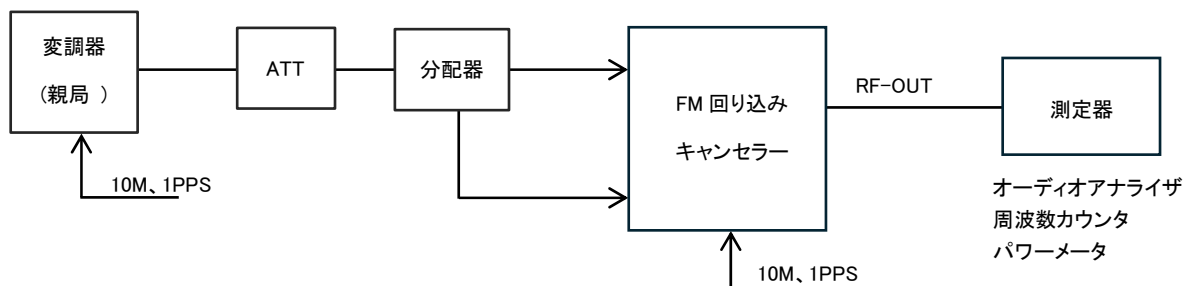


図4-6 中継装置としての基本性能確認 測定系統図

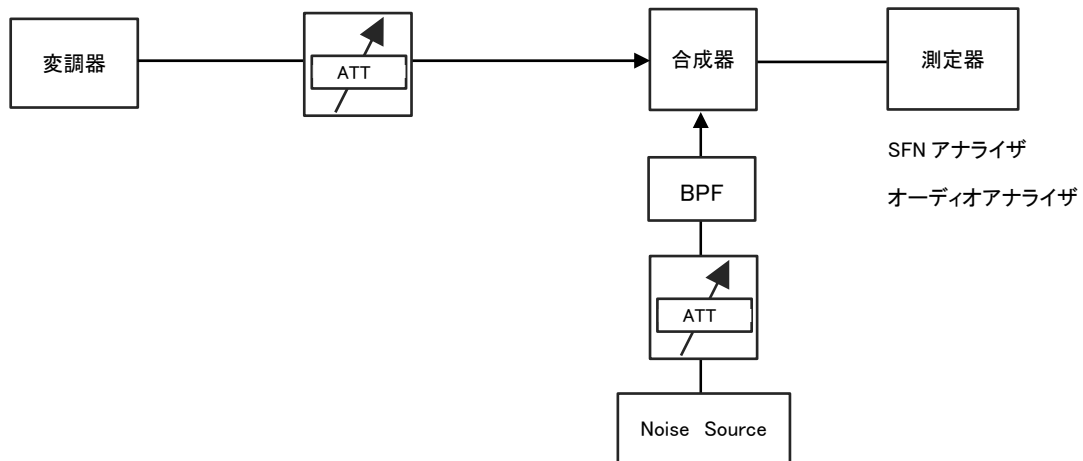


図4-7 SINADとPSERの関係 測定系統図

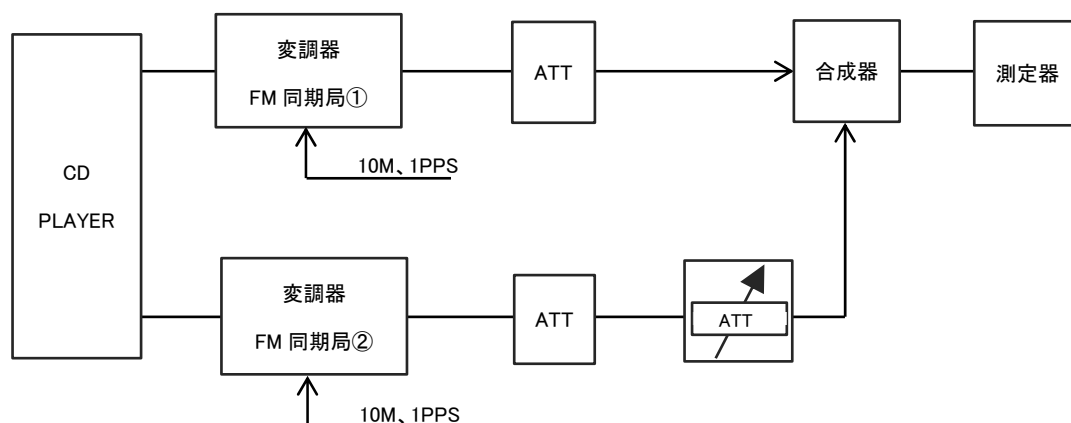


図4－8 FM同期放送の確認用 測定系統図

(2) FM中継局－FM実験局を想定した屋内試験(条件①)

「FM回り込みキャンセラー」としてFM中継局で運用した場合を想定した屋内試験を行った。上位局は同期放送で運用中のFM中継局を想定し、基準信号を入力して周波数を安定化させた。「FM回り込みキャンセラー」にも基準信号を入力し、周波数を安定化させた。回り込みキャンセラーは自局の信号と親局の信号の区別をさせるため、周波数シフトを設定している。周波数シフトは $+100\text{Hz}$ 、 -100Hz 、 $\pm 100\text{Hz}$ の3パターンとした。回り込みキャンセラーの動作は「2アンテナモード」とし、自分の送信した電波と上位局の電波を合成した信号をFM回り込みキャンセラーに入力し、「FM回り込みキャンセラー」の遅延時間や回り込み波のD/Uを変化させてSINAD・PSERを測定し、回り込み波の除去性能を確認した。試験系統を下図に示す。

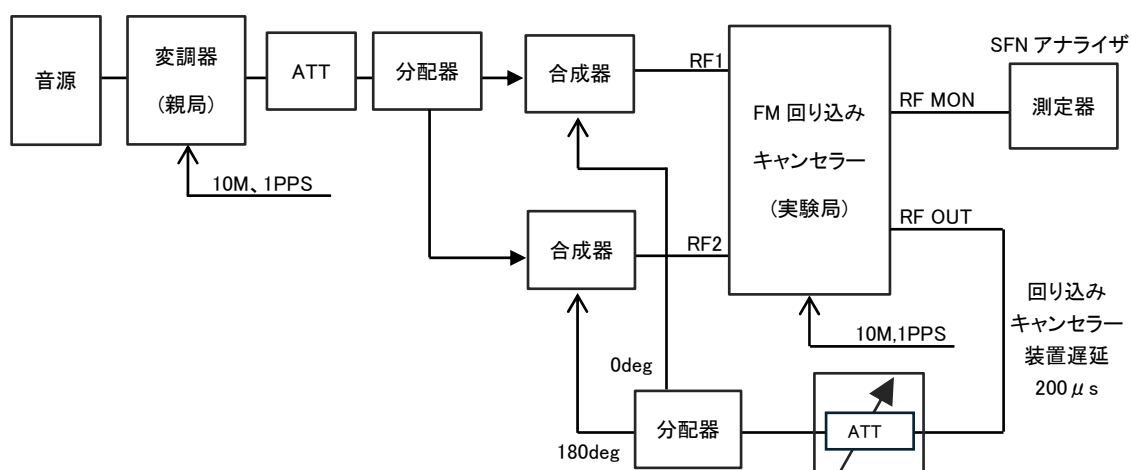


図4－9 FM中継局－FM実験局を想定した屋内試験(条件①) 系統図

(3) FM中継局－FM 実験局を想定した屋内試験(条件②)

「FM回り込みキャンセラー」の電波と上位局の電波がエリアで合成されるケースを想定した屋内試験を行った。親局は同期放送で運用中のFM中継局を想定し、基準信号を入力して周波数を安定化させた。「FM回り込みキャンセラー」にも基準信号を入力し、周波数を安定化させた。回り込みキャンセラーは自局の信号と親局の信号の区別をさせるため、周波数シフトを設定している。周波数シフトは $+100\text{Hz}$ 、 -100Hz 、 $\pm 100\text{Hz}$ の3パターンとした。回り込みキャンセラーの動作は「2アンテナモード」とし、自分の送信した電波と親局の電波を合成した信号をFM回り込みキャンセラーに入力した。さらに、最終段で親局の電波と合成を行い、SINADやPSER測定を行った。なお、「FM回り込みキャンセラー」の上位局と自局回り込み波のD/Uは -30dB 固定(自局の信号が 30dB 高い)とした。試験系統図を下図に示す。

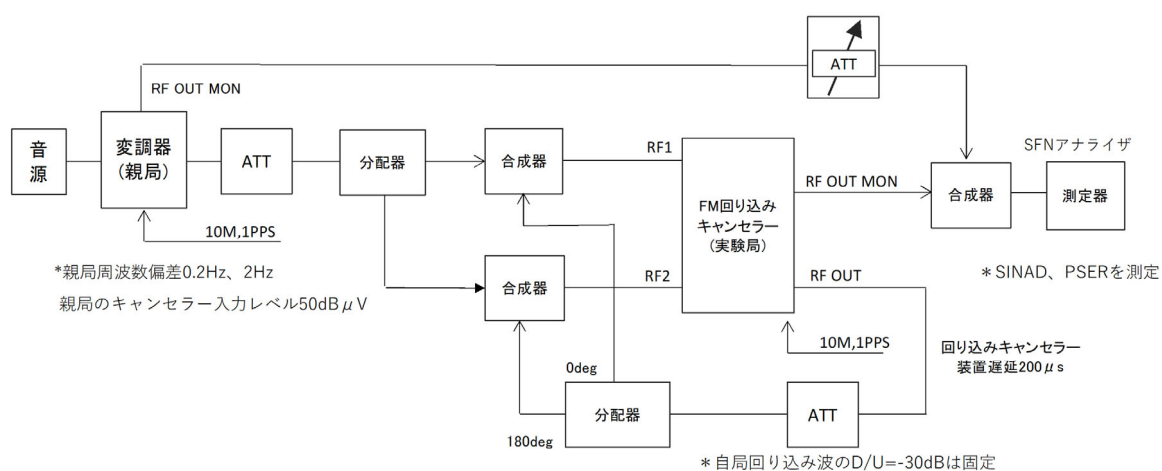


図4-10 条件② 測定系統図

(4)「FM中継局－FM中継局1」及び「FM中継局2－FM実験局「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された実験試験局を想定した屋内試験(条件③)

「FM回り込みキャンセラー」の電波と、別の放送波中継ルートによる同一メディアのFM中継局の電波がエリアで合成されるケースを想定した屋内試験を行った。別ルートの中継局は同期放送で運用中のFM中継局を想定し、基準信号を入力して周波数を安定化させた。「FM回り込みキャンセラー」にも基準信号を入力し、周波数を安定化させた。回り込みキャンセラーは自局の信号と上位局の信号の区別をさせるため、周波数シフトを設定している。周波数シフトは $+100\text{Hz}$ 、 -100Hz 、 $\pm 100\text{Hz}$ の3パターンとした。回り込みキャンセラーの動作は「2アンテナモード」とし、自分の送信した電波と上位局の電波を合成した信号をFM回り込みキャンセラーに入力し、さらに、最終段で別ルートの他局電波と合成を行い、SINADやPSER測定を行った。なお、「FM回り込みキャンセラー」の上位局と自局回り込み波のD/Uは -30dB 固定(自局の信号が 30dB 高い)とした。「FM回り込みキャンセラー」局は固有の遅延時間が200 μ sからの設定(固有値)となるため、別ルートの中継局も遅延時間を200 μ sに設定し、遅延時間差が0 μ sから遅延時間差及びD/Uを可変して試験を行った。試験系統図を図4-11に示す。

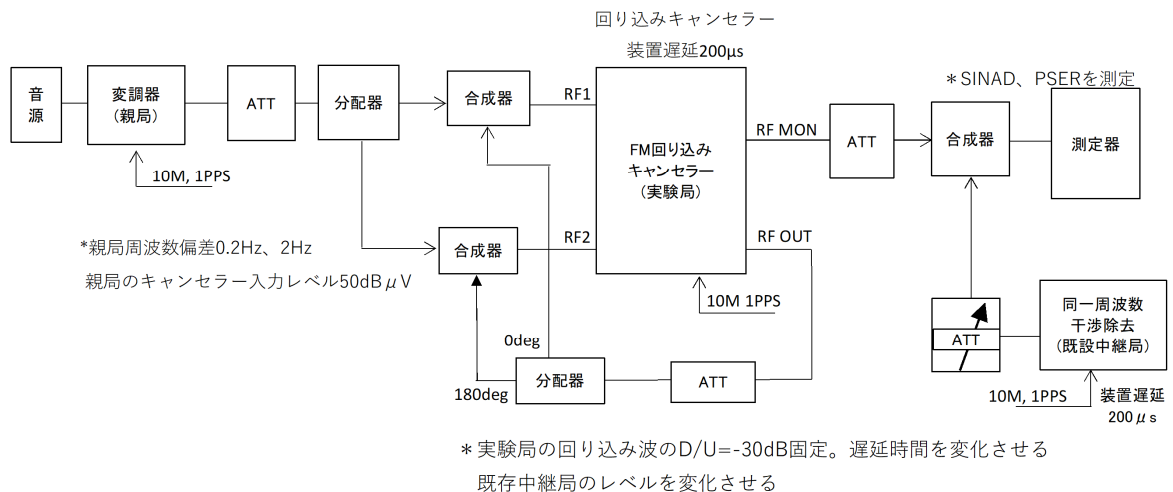


図4-11 条件③測定系統図

(5) FM 中継局から多方向(「FM 中継局-FM 実験局1」及び「FM 中継局-FM 実験局2」)で「FM 回り込みキャンセラー装置」が設置された実験試験局を想定した屋内試験(条件④)

上位局を同一とする「FM回り込みキャンセラー①」の電波と「FM回り込みキャンセラー②」の電波がエリアで合成されるケースを想定した屋内試験を行った。上位局・FM実験局1・FM実験局2は基準信号を入力して周波数を安定化させた。回り込みキャンセラーは自局の信号と上位局の信号の区別をさせるため、周波数シフトを設定している。周波数シフトは+100Hz、-100Hz、±100Hzの3パターンとした。回り込みキャンセラーの動作は「2アンテナモード」とし、自分の送信した電波と上位局の電波を合成した信号をFM回り込みキャンセラーに入力した。「FM回り込みキャンセラー」の上位局と自局回り込み波のD/Uは-30dB固定(自局の信号が30dB高い)とした。最終段でFM実験局1とFM実験局2の電波を合成し、FM実験局2の出力を変化させてD/Uを可変し、さらに遅延時間差を変化させて試験を行った。試験系統図を図4-12に示す。



図4-12 条件④ 測定系統図

(6) FM中継局－FM 実験局(ともにフリーラン状態)を想定した屋内試験(条件⑤)

「FM回り込みキャンセラー」としてFM中継局で運用した場合を想定した屋内試験を行った。上位局は同期放送ではない状態のFM中継局を想定し、基準信号を入力していないフリーラン状態を想定した。「FM回り込みキャンセラー」にも基準信号を入力せず、フリーラン状態とした。回り込みキャンセラーは自局の信号と親局の信号の区別をさせるため、周波数シフトを設定している。周波数シフトは $+100\text{Hz}$ 、 -100Hz 、 $\pm 100\text{Hz}$ の3パターンとした。回り込みキャンセラーの動作は「2アンテナモード」とし、自分の送信した電波と上位局の電波を合成した信号をFM回り込みキャンセラーに入力し、「FM回り込みキャンセラー」の遅延時間や回り込み波のD/Uを変化させてSINAD・PSERを測定し、回り込み波の除去性能を確認した。試験系統図を図4－13に示す。

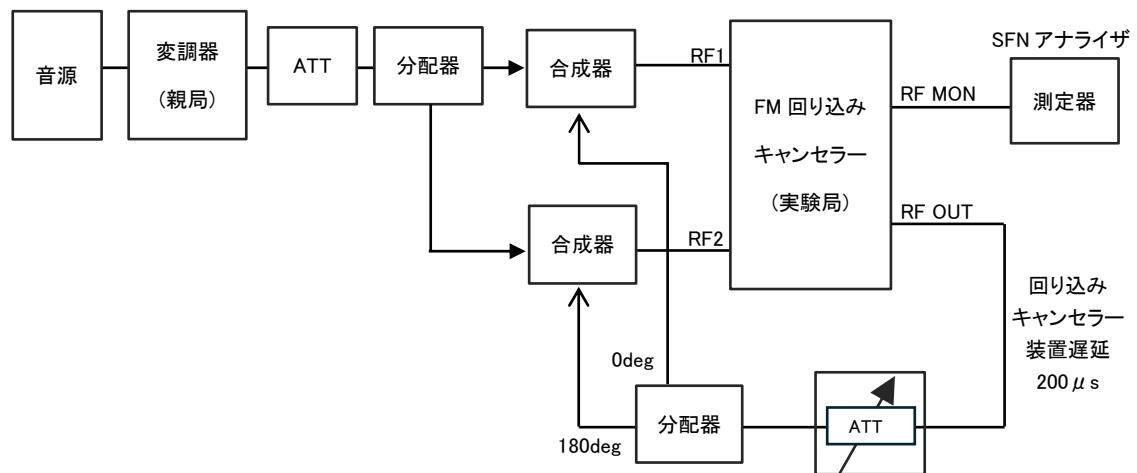


図4－13 条件⑤ 測定系統図

(7) 音質の測定方法と評価の尺度

屋内試験を行うにあたり、採用した測定方法は次の2通りとした。

SINAD	Signal-to-noise and distortion ratio
PSER	パイロット信号エラーレシオ(Pilot Signal Error Ratio)

評価の尺度については、5段階評価とし、以下の尺度と評価を採用した。

評価の尺度	評価
原音との違いがわからない	5
原音との違いがわかるが気にならない(干渉音を認めるが気にならない)	4
原音との違いがやや気になる(干渉音があるのがやや気になる)	3
原音との違いが気になる(干渉音が多く、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(干渉音で音源が聞きづらい)	1

4. 2 試験結果

屋内試験を行う前に、FM回り込みキャンセラーの周波数シフト動作について確認を行った。リアルタイムスペクトラムアナライザー（以下RTスペアナ）で波形を観測することで、周波数シフトの動作状況を確認することができた。以下はRTスペアナによる波形写真を示す。

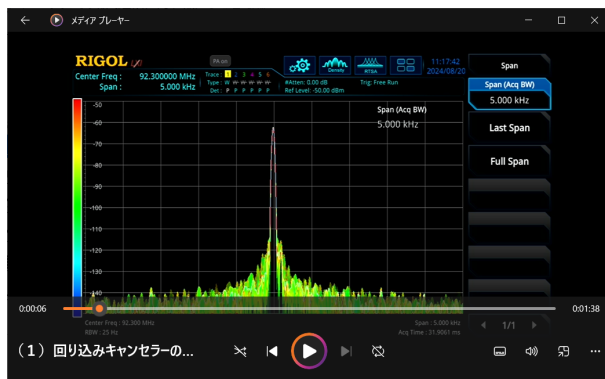


図4-14 RTスペアナによる波形観測例1

① FM回り込みキャンセラーからの回り込み波がない状態（無変調時）

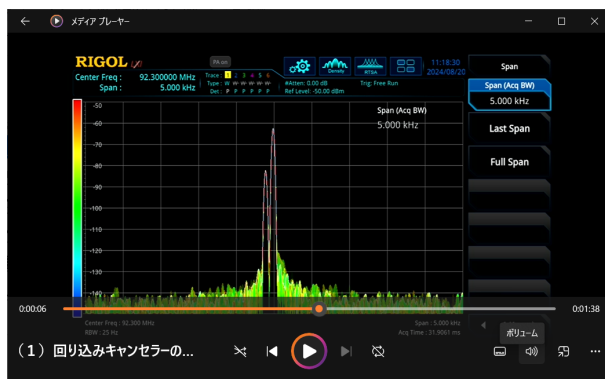


図4-15 RTスペアナによる波形観測例2

② FM回り込みキャンセラーが動作した際の回り込み波の観測（周波数シフト-100Hz：無変調時）

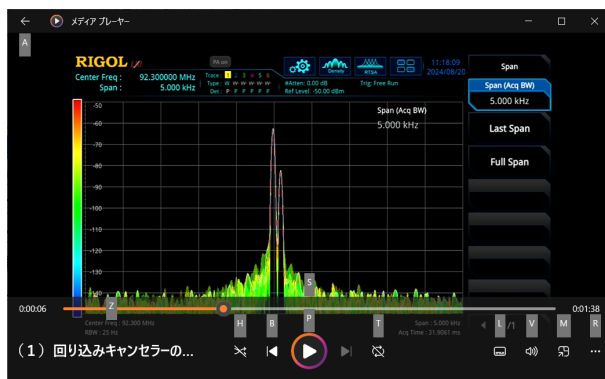


図4-16 RTスペアナによる波形観測例3

③ FM回り込みキャンセラーが動作した際の回り込み波の観測（周波数シフト+100Hz：無変調時）

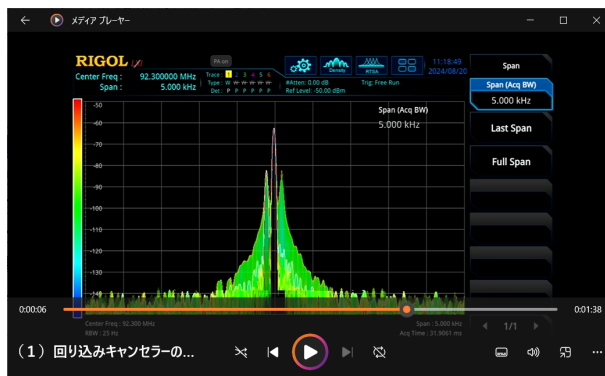


図4-17 RTスペアナによる波形観測例4

④ FM回り込みキャンセラーが動作した際の回り込み波の観測（周波数シフト±100Hz：無変調時）

次に、周波数シフト量を+100Hz,+200Hz,+300Hz,+400Hz,+500Hz に変化させた場合のRTスペアナ画面を図4-18～22に示す。同時に音質についても確認を行った。なお、測定器の SPAN は 5kHz で設定した。



図4-18 周波数シフト-100Hz



図4-19 周波数シフト-200Hz



図4-20 周波数シフト-300Hz



図4-21 周波数シフト-400Hz



図4-22 周波数シフト-500Hz

周波数シフト量を大きくすると上位局の電波と自局の電波の識別がより分かりやすくなるため、周波数シフト量は大きい方がキャンセリング性能はよくなるが、200Hzを越えたあたりから周波数シフト量に応じたビート音のようなノイズがFMラジオで確認された。なお、100Hzでも実際はノイズ音が発生しているが人の耳には聞こえずらい低い周波数の成分となるため、結果的に音質に対する影響が少ない100Hz動作とした。なお、100Hzより少なくてもキャンセリング動作は行いうが、①無音時に発振しやすくなる、②キャンセリング開始時の回り込み判定に時間がかかる、などの理由で最低でも100Hzの周波数シフトが必要である。以上のことから、本検討会では +100Hz、-100Hz、±100Hzの3つの周波数シフト方式で検討を行うこととした。

(1) 予備試験結果

① FM中継装置としての基本性能

FM回り込みキャンセラー装置のFM中継装置としての基本性能を以下の項目で確認した。

- ・送信周波数偏差
- ・出力レベル
- ・周波数特性
- ・左右分離度
- ・歪率
- ・S/N

No.	項 目	規 格		試験成績
1-1	送信周波数偏差	92.3MHz	±1Hz 以内 (外部基準入力時)	92.300000MHz
1-2	出力レベル	0dBm ± 0.5dBm		0.0dBm

No.	項 目	規 格								
2-1	周波数特性 (音声信号入力)	±0.5dB以内 (1kHzを基準とし、50Hz～15kHzにおける50μs標準プリアンファシス特性に対して)								
	周波数	50Hz	100Hz	400Hz	1kHz	3kHz	5kHz	7.5kHz	10kHz	15kHz
	50μs標準プリアンファシス特性	-0.41dB	-0.40dB	-0.34dB	0.00dB	+2.35dB	+4.99dB	+7.78dB	+9.95dB	+13.25dB
	MONO	-0.37dB	-0.38dB	-0.31dB	+0.00dB	+2.44dB	+5.04dB	+7.83dB	+9.93dB	+12.97dB
	STEREO(L)	-0.36dB	-0.36dB	-0.31dB	+0.00dB	+2.51dB	+5.10dB	+7.85dB	+9.95dB	+13.00dB
	STEREO(R)	-0.42dB	-0.42dB	-0.37dB	+0.00dB	+2.43dB	+5.03dB	+7.82dB	+9.88dB	+12.87dB
2-2	左右分離度	50dB以上 (100Hz～10kHzにおいて)								
	周波数	50Hz	100Hz	400Hz	1kHz	3kHz	5kHz	7.5kHz	10kHz	15kHz
	L→R	60.0dB	60.2dB	60.6dB	60.4dB	60.4dB	59.7dB	57.3dB	56.9dB	54.6dB
	R→L	60.4dB	60.7dB	60.2dB	60.8dB	60.6dB	59.9dB	57.4dB	58.2dB	55.5dB
2-3	ひずみ率	0.5%以内 (50Hz～15kHzにおいて)								
	周波数	50Hz	100Hz	400Hz	1kHz	3kHz	5kHz	7.5kHz	10kHz	15kHz
	MONO	0.09%	0.09%	0.08%	0.08%	0.09%	0.11%	0.25%	0.10%	0.19%
	STEREO(L)	0.07%	0.08%	0.07%	0.09%	0.09%	0.11%	0.26%	0.10%	0.19%
	STEREO(R)	0.07%	0.09%	0.08%	0.10%	0.09%	0.11%	0.25%	0.10%	0.16%
2-4	S/N									
	MONO	65dB以上/1kHz 100%変調時 (ただし変調器のS/Nが70dB以上であること)						67.6dB		
	STEREO(L)							67.4dB		
	STEREO(R)							67.5dB		

図4-23 FM中継装置としての基本性能の確認

測定の結果、FM中継装置としての性能は問題ないことが確認された。

②SINADとPSERの関係（対C/N、対端子電圧）

次に、FM中継装置の音声品質を数値として測定することが出来る評価手法のSINAD測定とPSER測定についての相関関係を確認した。FM中継装置の音声特性や品質を確認する手法としてはSINAD測定が主流ではあるが、SINAD測定は1kHzの音声信号でのみ測定が可能ことから、プログラム音声信号による測定は不向きである。そのため、プログラム音声信号による測定方法としてFM変調のステレオパイロット信号を利用した測定方法として、PSER測定を今回の主な測定方法としたため、SINADとPSERの相関関係や端子電圧との相関関係について確認を行った。

結果、対C/Nについては、図4-24の通りSINADとPSERは相関関係があることが確認された。なお、PSERはパイロット信号を特定の位相角度(60度間隔)で抽出した信号をもとに分散度を計算で求めている関係から上限がある。(50dB以上は計測出来ない)また、C/Nが6dBを割ったあたりから数値が急に悪くなることが確認された。

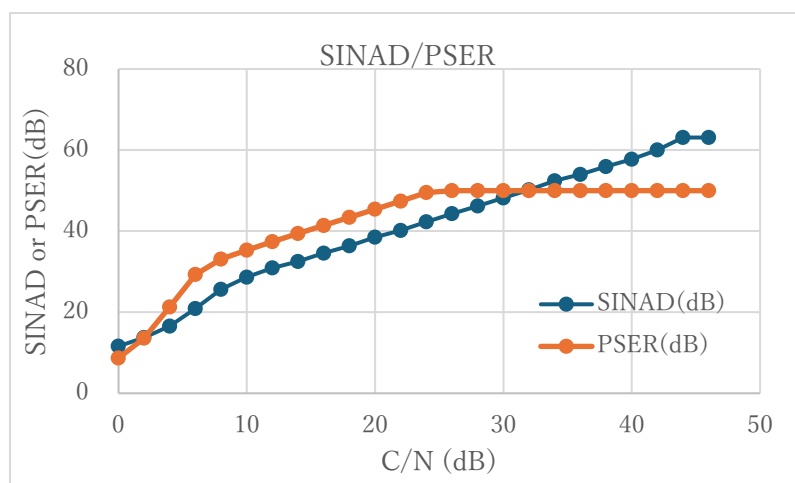


図4-24
SINADとPSERの比較
(対C/N)

(参考)対端子電圧については、図4-25の通りとなった。SINADは端子電圧の低い領域まで比較的直線的に変化するが、PSERは15dB μ ぐらいまではほとんど変化せず、その後は急激に低下することが確認された。また、端子電圧の低い領域(13dB μ より低い方向)では、ピアノ音と1kHz音では10dB程度の差が発生することが確認された。SFNアナライザーを使用してPSERを測定する場合、低電界地域で使用する場合は注意が必要である。

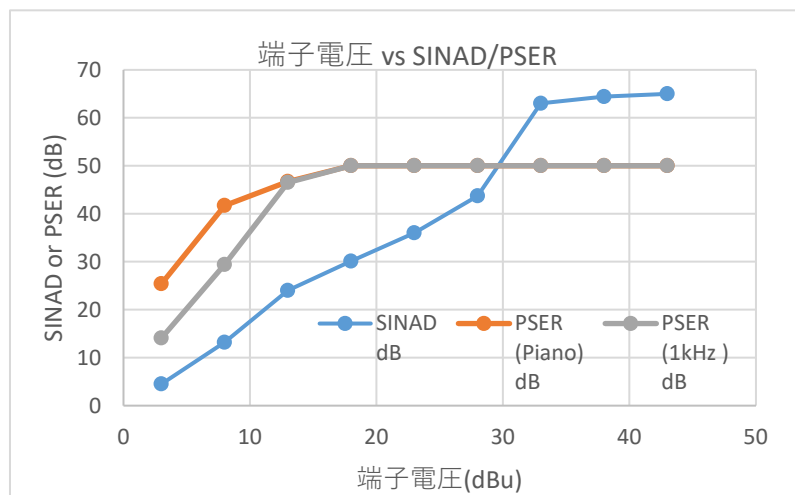


図4-25
SINADとPSERの比較
(対端子電圧)

③FM 同期放送の確認(キャンセラー動作無し)

FM回り込みキャンセラー装置は専用のGPSアンテナを接続することで周波数の安定化を行うことが出来る。また、外部からの基準信号(10MHz、1PPS)を入力することも可能で、より高安定化させることができる。ただし、回り込みキャンセラー機能を行うためには出力周波数を上位局(親局)の受信周波数に対して+100Hz(または-100Hz、または±100Hz)ずらす必要があり、さらに内部でキャンセリング動作を行うために遅延時間が必要で、最低でも200 μs 以上必要となる。屋内実験を行う上で、基準となる同期放送との比較を行うため、同期放送の試験を行った。測定の結果を下図に示す。

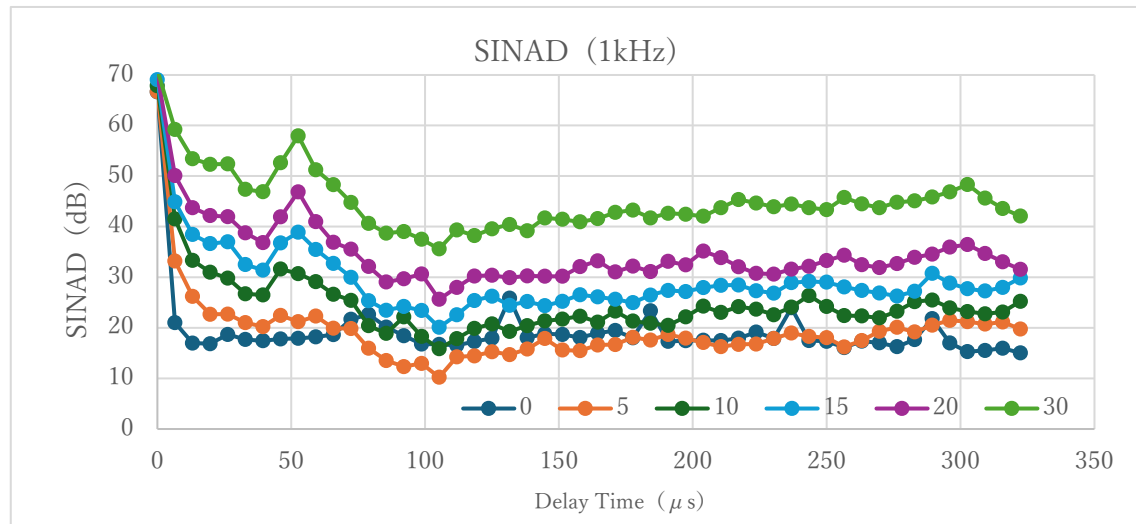


図4-26 FM同期放送のSINAD測定グラフ

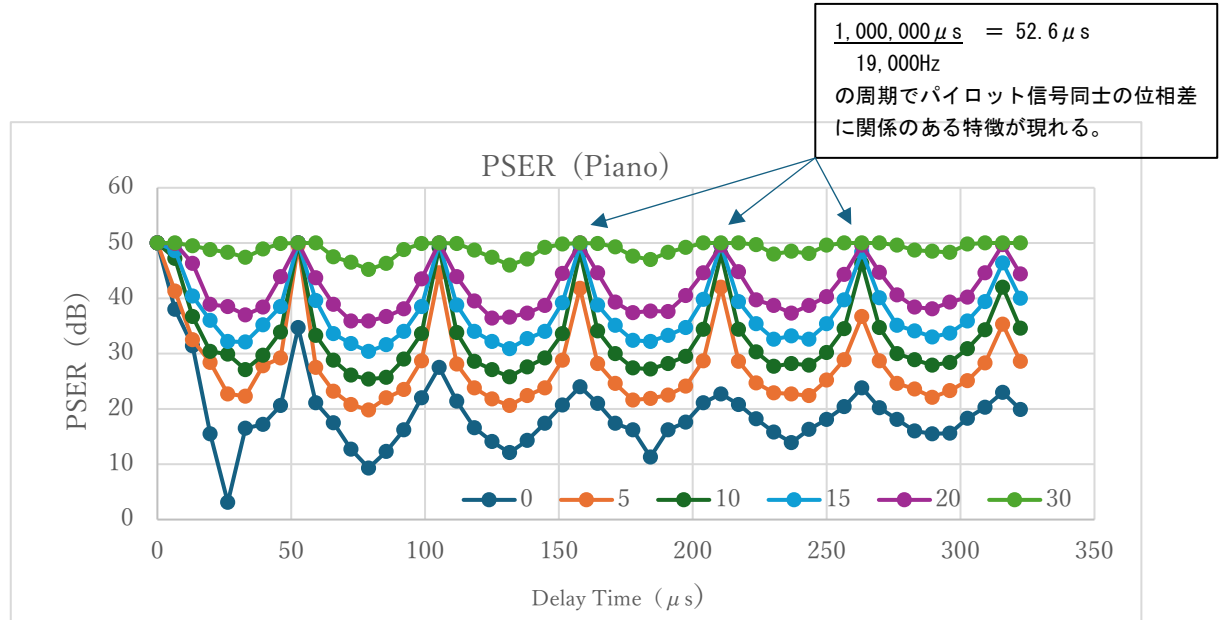


図4-27 FM同期放送のPSER測定グラフ

SINAD、PSERともにD/Uは大きいほど品質はよく、D/U=10dB以上あれば評価3以上が得られる。また、遅延時間差が少ない領域(5 μs 以内)では、D/U=0dBでも音質評価は3以上を確保することが可能となった。なお、PSERはパイロット信号を利用した測定方法となるため、2つのFMステレオ変調信号が合成される場合、片方のRF遅延時間を変化させるとパイロット信号の位相合成の影響(52.6 μs の周期で変化)を受けることになる。

(参考)PSERの位相関係について補足説明をする。図4-28は長門局と豊北局が同期放送を行った場合の遅延時間の分布図となる。長門局と豊北局が同じタイミングで電波を発射した場合、2局間の中間点が遅延時間差 $0\mu s$ となる。その地点から前後に約3.9km離れた地点に位相差 26.3μ の(パイロット信号が逆相となる)エリアが発生する。 $(26.3\mu s \times 0.3km \times 0.5 = \text{約} 3.9km)$

実際のエリアでは、いずれか一方の送信点に近づくためD/Uが増えていき音質への影響は少なくなる。

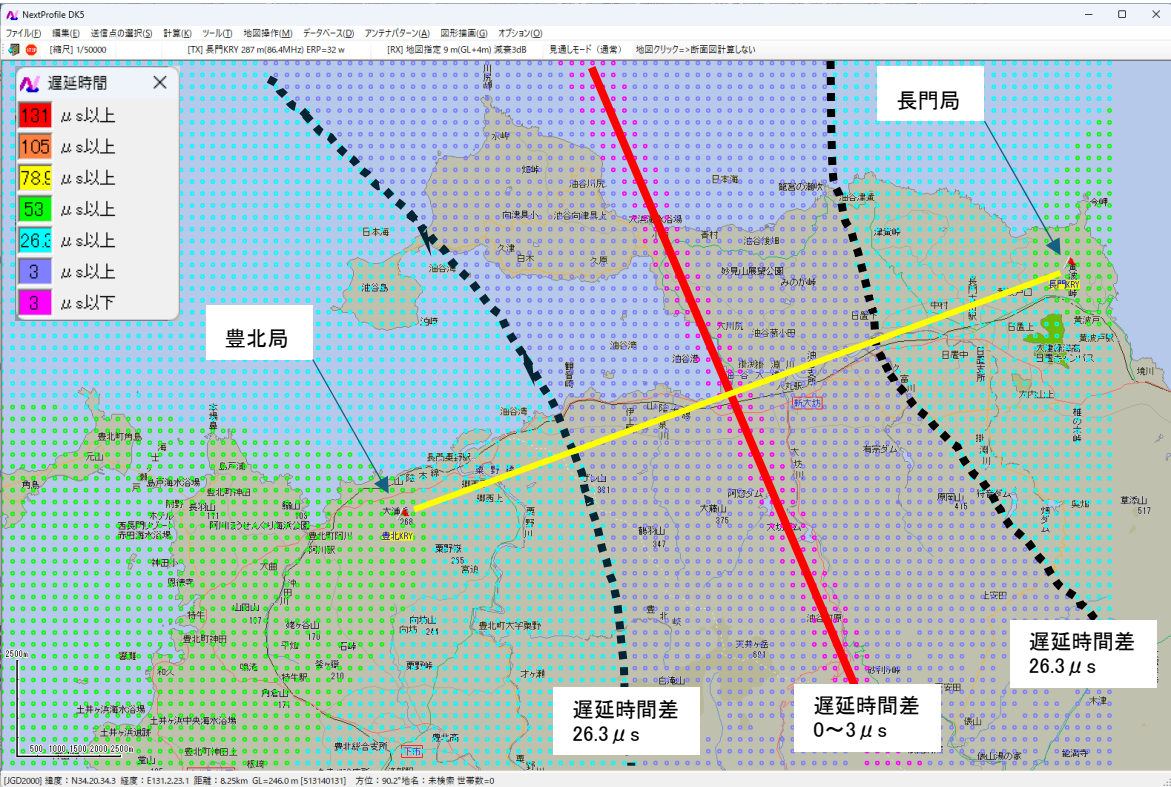


図4-28 同期放送時の遅延時間差の分布図

(2)FM 中継局－FM 実験局を想定した屋内試験(条件①)

FM中継局－FM 実験局を想定した屋内試験(条件①)の測定結果の一例を下図に示す。条件①はFM実験局が「FM回り込みキャンセラー」として動作をさせた場合の送信出力信号の測定となる。縦方向の「自局D/U(dB)」は上位局の受信入力信号と自局の回り込み波のD/Uを表す。-30dBとは、自局の回り込み波が受信入力信号よりも30dB高いことを示す。

表4-1 FM 中継局－FM 実験局を想定した屋内試験(条件①)の一例 (周波数シフト=+100Hzの場合)

周波数 シフト	自局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)					音源=Piano PSER(dB)				
		自局回り込み波 遅延時間 (μs)					自局回り込み波 遅延時間 (μs)				
		200	210	230	250	300	200	210	230	250	300
+100Hz	20	63.1	61.9	60.9	61.9	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	61.9	61.9	59.2	64.4	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	63.1	60.9	63.1	63.1	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	60.9	60.9	60.9	59.2	60.9	49.3	50.0	48.8	49.9	49.9
	-20	54.0	53.6	53.6	53.6	52.4	49.8	50.0	48.5	50.0	49.6
	-30	44.7	44.7	44.4	44.7	44.7	47.2	48.1	46.8	49.8	48.9
	-40	35.1	35.1	35.1	35.0	35.3	40.4	42.8	39.3	42.3	40.8
	-50	21.7	21.8	21.5	21.6	21.4	30.6	31.2	30.0	31.2	31.0

測定の結果をもとに、グラフを作成した。(図4-29～31) 自局の回り込みのD/Uは20dB～-50dBまで10dBステップで変化させた。遅延時間は200 μ s～300 μ s まで適当な間隔で変化させた。なお、FM回り込みキャンセラー装置は一定の遅延時間が必要で、200 μ sからの開始となる。周波数シフトは+100Hz, -100Hz, $\pm$ 100Hzの3パターンで比較した。周波数偏差については、PSER測定のみ0.2Hz、2Hzの2パターンで測定した。(グラフは+100Hzのみ掲載)

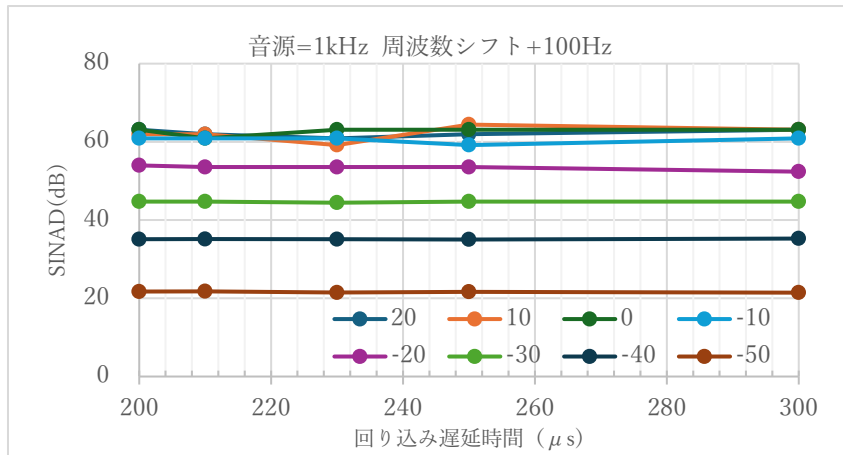


図4-29

FM回り込みキャンセラー単体試験
(シフト=+100Hz、0.2Hz偏差)
SINAD測定データ

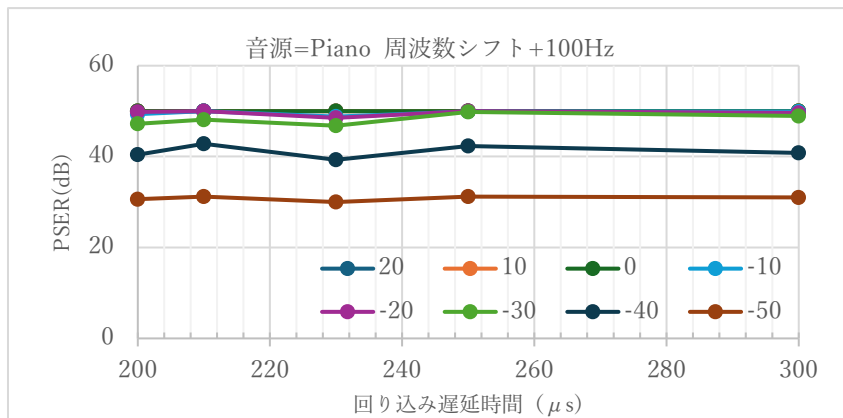


図4-30

FM回り込みキャンセラー単体試験
(シフト=+100Hz、0.2Hz偏差)
PSER測定データ

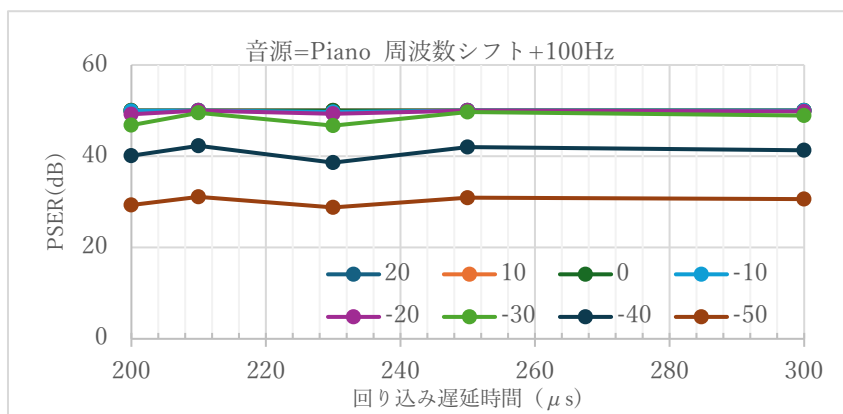


図4-31

FM回り込みキャンセラー単体試験
(シフト=+100Hz、2Hz偏差)
PSER測定データ

結果、自局の回り込み波のD/Uは-40dBでも送信のPSER=40dB程度確保されることを確認した。また、回り込み波のD/Uが厳しくなるとキャンセルできない成分が出力されることを確認した。屋内試験では-40dBでも運用可能のように見えるが、実際にFM中継局で使用する場合、周囲からの反射や希望波のレベルが季節変化や気象状況の変化による変動が考えられることから、余裕をみて-35dB以内におさえることが望ましい。なお、FM回り込みキャンセラーの周波数シフト方式による違

いについては確認されなかった。また、周波数偏差による違いも確認されなかった。なお、SINADとP
SERの比較では、回り込みD/Uの数値が厳しい場合、PSERは30dB前後であったがSINADは約
21dBとなり、PSERの値が高くなる傾向を確認した。

(参考)回り込みD/Uを変化させた際のキャンセラー装置の出力波形について、帯域外スプリアス
領域との関係について以下の通り確認した。



図4-32 回り込みD/U=0dB時の出力波形

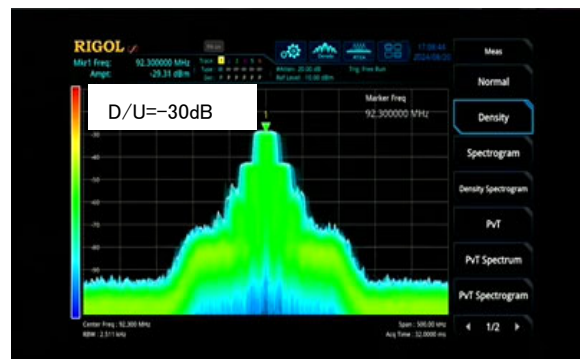


図4-33 回り込みD/U=30dB時の出力波形

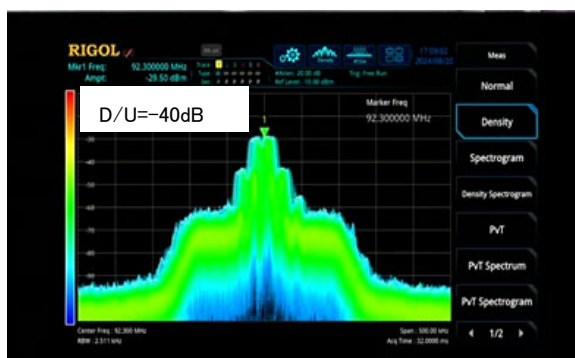


図4-34 回り込みD/U=40dB時の出力波形

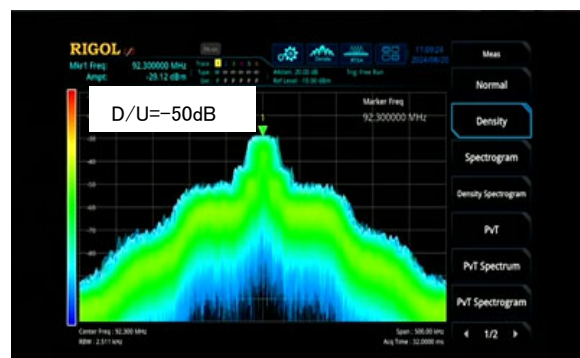


図4-35 回り込みD/U=50dB時の出力波形

回り込み波が大きいと(D/Uが-30dBを超えたあたりから)、キャンセルできない信号が出力され、
上下両側の肩が盛り上がってきた。これは帯域外領域に該当する帯域となるため、スプリアス発射の
強度が電波法の規格を割る可能性があることから注意が必要。

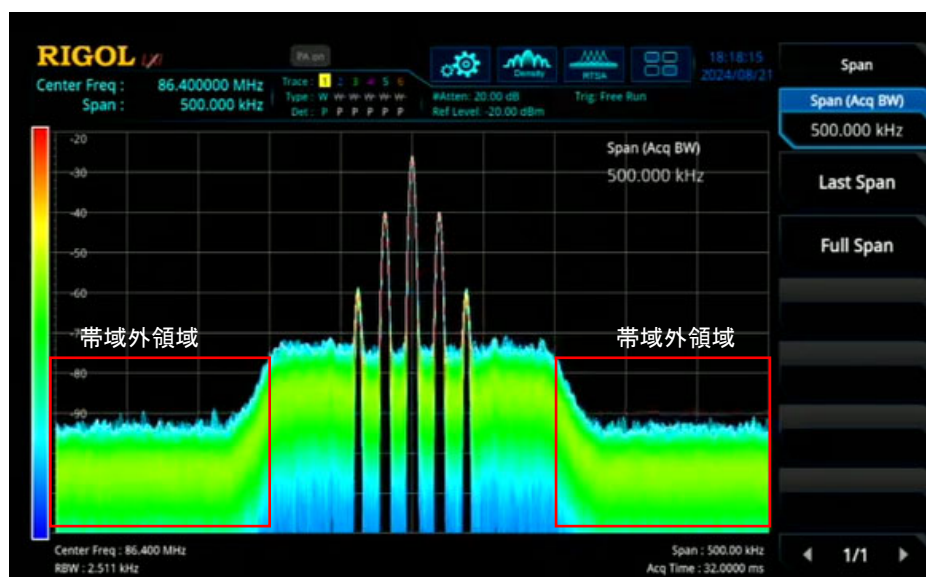


図4-36 帯域外領域へのスプリアスの影響

(3) FM 中継局－FM 実験局を想定した屋内試験(条件②)

FM中継局－FM 実験局を想定した屋内試験(条件②)の測定結果の一例を以下に示す。条件②はFM実験局が「FM回り込みキャンセラー」として動作をさせた場合の送信出力電波が上位局(親局)とエリアで合成されるケースを想定した場合の試験となる。縦方向の「実験局D/U(dB)」は上位局から送信された直接波と「FM回り込みキャンセラー」経由の電波とのD/Uを表す。D/Uの調整は親局の出力系統にあるため、例として20dBの場合、上位局(親局)の電波よりも「FM回り込みキャンセラー」局の電波が20dB高いことを示す。実験局の遅延時間とD/Uを変化させた場合の試験を行った。

表4-2 FM 中継局－FM 実験局を想定した屋内試験(条件②)の一例 (周波数シフト=+100Hzの場合)

周波数シフト	実験局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)									
		実験局 遅延時間 (μs)									
		200.0	210.5	223.7	236.8	250.0	263.2	276.3	289.5	302.6	315.8
+100Hz	0	29.0	28.8	28.6	31.1	27.7	27.3	27.0	29.5	26.0	25.4
	5	31.1	35.3	32.6	34.0	32.9	33.5	31.7	31.9	37.6	34.7
	10	38.7	37.1	39.8	39.2	37.4	38.6	39.6	38.1	39.4	41.0
	15	42.7	41.8	41.8	42.1	42.1	41.4	42.4	44.3	43.2	42.5
	20	44.2	44.1	44.1	44.3	44.4	44.5	44.3	44.2	44.9	44.7
	30	45.9	45.9	45.7	46.0	45.8	45.6	45.9	46.0	46.1	46.0

周波数シフト	実験局 D/U(dB)	音源=Piano PSER(dB)									
		実験局 遅延時間 (μs)									
		200.0	210.5	223.7	236.8	250.0	263.2	276.3	289.5	302.6	315.8
+100Hz	0	17.5	22.5	16.1	11.2	16.4	21.3	16.4	10.3	16.3	22
	5	25.7	37.9	24	22.5	24.4	35.7	24.6	22.1	25.2	37.5
	10	31.3	47.4	30	27.2	29.9	43.5	29.5	28.2	29.8	42
	15	35.9	48	33.8	32.9	34.1	46.4	34.6	32.5	35.5	47
	20	39.2	49.1	38.5	36.2	39.7	49.2	39.7	37.1	39	48.7
	30	44.5	49.9	43.6	43.6	45.8	49.9	44.7	43.1	45.5	49.9

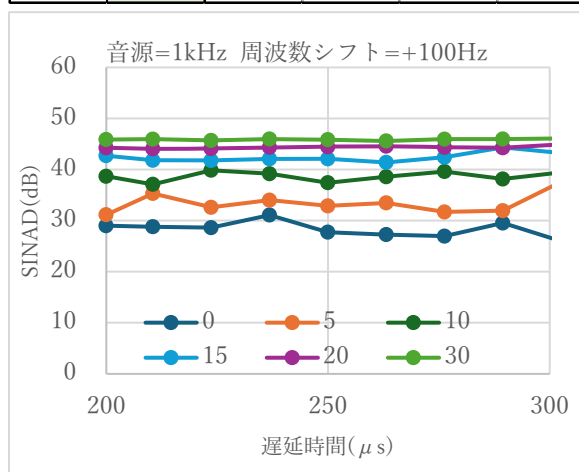


図4-37 条件② SINAD測定グラフ

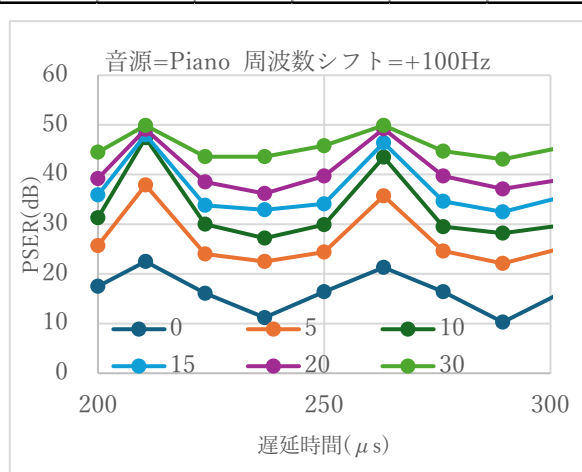


図4-38 条件② PSER測定グラフ

試験の結果、PSER測定ではD/U=0dBの場合20dB以下となり、音質評価は2以下となった。D/U=5dBあればかなり改善され、10dB以上あれば良好に聞こえる状態になった。同期放送との違いは「FM回り込みキャンセラー」装置の送信電波は遅延時間が200μs 遅れた状態からのスタートとなることと周波数偏差が100Hzあるためと思われる。また、PSERではパイロットの位相差関係が確認されるデータとなった。周波数シフト方式については、差は見られなかった。

(4)「FM中継局－FM中継局1」及び「FM中継局2－FM実験局(FM回り込みキャンセラー装置が設置された実験試験局)」を想定した屋内試験(条件③)

条件③はFM実験局が「FM回り込みキャンセラー」として動作をさせた場合の送信出力電波と、別の放送波中継ルートで放送を行う中継局の電波がエリアで合成されるケースを想定した場合の試験となる。縦方向の「実験局D/U(dB)」は別ルートの中継局から送信された電波波と「FM回り込みキャンセラー」経由の電波とのD/Uを表す。D/Uの調整は別ルートでの中継局の出力系統にあるため、例として20dBの場合、別ルートの電波よりも「FM回り込みキャンセラー」局の電波が20dB高いことを示す。実験局の遅延時間とD/Uを変化させた場合の試験を行った。なお、別ルートの中継局は同期放送を想定し、実験局との遅延時間差はエリアの特定地点で時間差0 μ sに合わせることが可能な状況を想定した。

表4-3 FM中継局－FM中継局1及びFM中継局2－FM実験局を想定した屋内試験(条件③)の一例

周波数 シフト	実験局 D/U (dB)	音源=1kHz SINAD(dB)										音源=Piano PSER(dB)									
		実験局 遅延時間 (uS)										実験局 遅延時間 (uS)									
		0	1	5	10	15	26.3	35	53	100	0	1	5	10	15	26.3	35	53	100		
+100Hz	0	36.2	32.9	26.9	24.6	24.1	25.1	25.5	23.8	23.0	47.5	44.2	28.4	17.5	14.7	4.7	14.1	16.9	13.9		
	5	44.2	46.1	44.3	40.2	38.2	37.4	36.8	34.7	26.3	48.9	46.8	36.7	30.4	23.9	19.9	21.5	27.7	24.4		
	10	45.3	46.9	46.1	44.4	43.0	42.6	41.3	42.8	35.0	48.9	48.6	42.4	35.1	29.9	25.0	26.2	33.3	27.6		
	15	46.0	47.1	46.6	46.0	45.3	45.0	44.2	45.2	39.8	47.9	48.6	46.3	40.6	34.8	30.2	31.4	37.1	34.5		
	20	46.7	47.1	46.8	46.7	46.4	46.0	45.6	46.4	42.3	48.8	47.9	48.0	44.1	39.9	34.7	36.0	41.6	38.9		
	30	47.2	47.3	46.9	47.1	46.8	46.9	46.9	47.0	46.0	47.7	48.6	48.6	49.0	47.1	42.6	42.6	48.5	45.4		

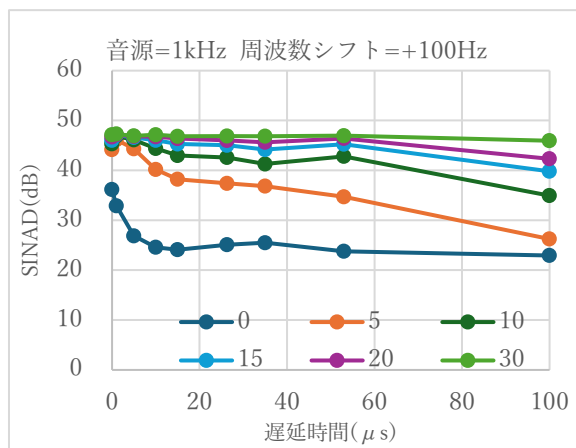


図4-39 条件③ SINAD測定グラフ

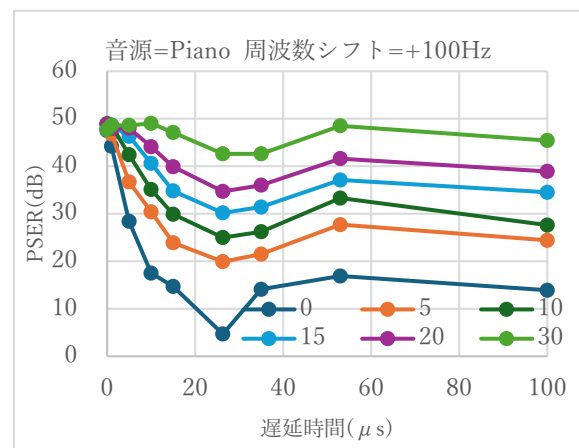


図4-40 条件③ PSER測定グラフ

試験の結果、PSER測定では同期放送時と同じ傾向となった。D/U=0dBの場合20dB以下となり、音質評価は2以下となった。D/U=5dBあるとかなり改善され、10dB以上あれば良好に聞こえる状態になった。同期放送と同様に遅延時間差が少ない場合の音質は良好であった。周波数偏差が100Hzあるが、同期放送とほぼ同様の傾向となった。また、PSERではパイロットの位相差関係が確認されるデータとなった。周波数シフト方式の違いについては、差は見られなかった。

(5) FM 中継局から多方向(「FM 中継局－FM 実験局1」及び「FM 中継局－FM 実験局2」)で「FM 回り込みキャンセラー装置」が設置された実験試験局を想定した屋内試験(条件④)

条件④は上位局(親局)を同一とするFM実験局1とFM実験局2の電波がエリアで合成されるケースを想定した場合の試験となる。縦方向の「実験局D/U(dB)」は実験局1と実験局2の電波のD/Uを表す。D/Uの調整は実験局2の出力系統にあるため、例として20dBの場合、実験局1の電波よりも実験局2の電波が20dB低いことを示す。実験局2の遅延時間とD/Uを変化させた場合の試験を行った。実験局1と実験局2は同期放送を行うことが可能となるため、遅延時間差はエリアの特定地点で時間差 $0\mu s$ に合わせることが可能な状況を想定した。周波数シフトの組み合わせは+100Hzと+100Hz、+100Hzと-100Hz、+100Hzと±100Hz、±100Hzと±100Hzの4パターンの組み合わせとした。

表4-4 FM 中継局から多方向でFMキャンセラー装置が設置された実験試験局を想定した屋内試験(条件④)

周波数 シフト	実験局② D/U (dB)	音源=1kHz SINAD(dB)									音源=Piano PSER(dB)								
		実験局② 遅延時間 (uS)									実験局② 遅延時間 (uS)								
		0	1	5	10	15	26.3	35	53	100	0	1	5	10	15	26.3	35	53	100
実験局① +100Hz 実験局② +100Hz	0	46.8	46.8	22.4	22.6	21.7	22.4	22.2	22.4	18.0	46.7	44.6	33.8	26.3	20.9	5.4	13.5	26.2	19.3
	5	37.0	37.9	30.5	26.7	26.4	23.3	20.1	20.1	16.4	46.8	47.7	40.3	31.4	25.9	21.1	21.1	30.9	23.0
	10	37.1	39.4	35.7	32.4	29.9	29.0	25.8	29.4	17.3	47.3	48.7	45.1	35.8	29.6	26.5	26.2	33.7	30.0
	15	39.1	41.1	38.6	36.1	35.7	32.8	30.6	35.2	21.6	48.6	48.0	45.9	41.0	35.4	30.5	31.4	37.5	35.0
	20	40.3	42.3	41.3	38.9	36.9	37.0	33.8	38.3	26.3	48.2	48.8	48.2	43.3	40.7	34.7	35.8	42.8	38.3
	30	41.6	42.4	42.1	41.3	40.6	40.3	38.8	41.3	34.6	48.0	49.1	49.2	48.7	47.4	43.1	43.0	48.8	45.4
実験局① +100Hz 実験局② -100Hz	0	28.7	29.6	26.5	25.9	26.7	27.2	27.3	26.9	27.3	40.9	37.5	23.0	15.7	13.0	4.0	13.1	14.4	11.3
	5	38.3	41.1	39.9	36.5	35.1	34.8	33.8	33.0	24.6	46.8	42.2	31.9	26.4	23.6	19.0	20.6	25.4	22.1
	10	39.0	42.1	41.7	40.7	39.8	39.5	38.9	39.3	33.4	47.6	47.2	38.9	31.9	28.7	25.2	26.0	31.4	27.0
	15	39.8	42.3	42.3	41.8	41.4	41.0	40.7	41.3	36.1	47.1	48.5	43.7	37.4	33.4	30.3	30.9	36.5	32.0
	20	40.3	42.1	42.1	41.9	41.7	41.5	41.4	41.9	39.9	47.8	48.0	47.0	42.5	38.3	34.8	35.8	40.5	37.9
	30	41.4	42.3	42.3	42.2	42.3	42.2	42.1	42.2	41.8	48.7	47.4	49.1	49.1	46.4	42.5	42.9	47.7	45.3
実験局① +100Hz 実験局② ±100Hz	0	30.1	30.6	23.5	22.5	22.7	25.0	22.5	21.8	21.4	40.7	37.9	24.8	16.4	13.2	4.9	12.2	16.1	12.6
	5	39.2	40.9	35.0	28.5	25.8	24.0	21.4	22.0	15.8	47.8	44.5	34.2	28.3	24.6	19.2	21.3	26.6	23.1
	10	40.9	42.0	38.9	33.8	31.8	29.8	26.8	30.1	21.3	48.4	47.9	40.8	32.9	29.6	24.8	26.1	32.0	28.2
	15	41.4	42.0	40.1	37.3	35.6	34.9	31.5	36.2	24.5	48.9	48.8	45.4	37.9	34.8	29.9	31.1	37.4	33.1
	20	42.1	42.3	41.5	40.1	39.0	38.4	35.9	39.8	30.1	48.2	49.1	48.2	42.5	39.5	34.7	35.6	41.7	37.8
	30	41.9	41.9	41.8	41.6	41.4	41.3	40.6	41.8	37.0	48.7	49.2	49.1	48.8	47.1	42.6	43.1	48.2	45.6
実験局①② ±100Hz	0	43.9	46.8	45.1	23.9	18.4	23.7	23.4	21.3	26.0	45.8	45.3	36.2	24.5	18.7	4.5	13.5	24.1	15.2
	5	34.3	35.8	30.4	27.2	24.6	21.1	19.4	21.1	12.2	47.8	47.1	40.3	32.4	25.2	20.0	21.8	29.3	25.5
	10	41.1	43.7	38.7	32.1	29.7	28.7	26.5	28.7	17.0	48.4	47.1	43.9	36.2	31.3	25.1	27.0	33.4	29.5
	15	39.5	41.2	38.6	35.2	33.8	32.7	29.3	34.8	22.9	48.1	48.8	47.0	39.4	35.6	30.8	31.3	39.0	33.0
	20	39.8	41.3	40.5	37.9	37.9	37.2	33.2	38.2	25.9	48.2	48.8	48.7	44.0	39.2	36.1	35.5	43.8	38.5
	30	41.6	42.1	42.1	41.3	40.7	40.2	38.6	41.0	34.7	48.0	48.5	49.3	49.2	46.2	43.4	42.9	48.7	45.8

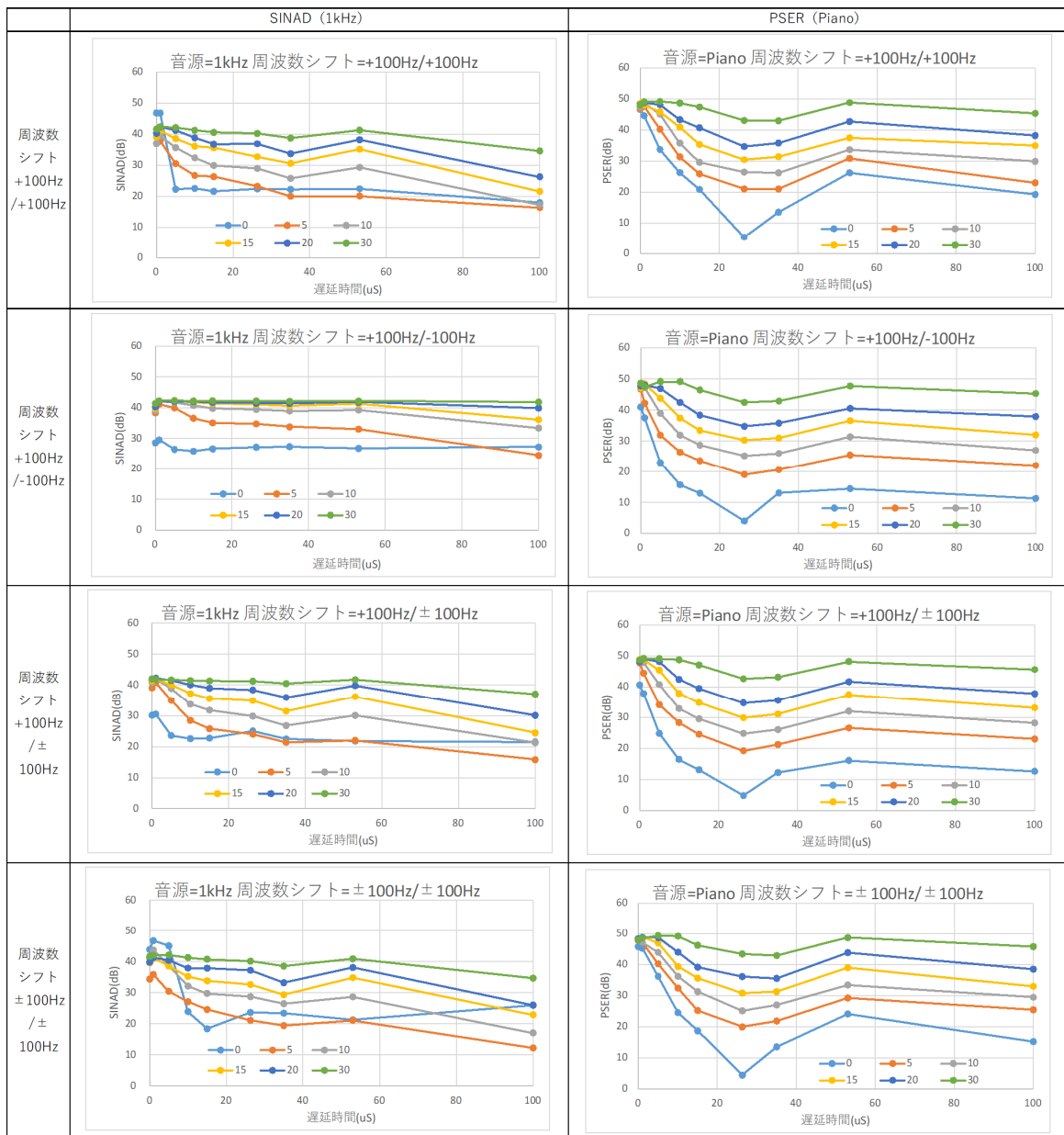


図4-41 条件④ SINAD、PSER測定グラフ

試験の結果、PSER測定では同期放送時と同じ傾向となった。FM回り込みキャンセラーはGPSアンテナを接続することが可能で、周波数の安定化と周波数シフトをするタイミングを他のキャンセラー局と合わせることが可能なため、ほぼ同期放送と同じ状況となる。D/U=0dBの場合、PSERは20dB以下となり、音質評価は2以下となった。D/U=5dBになるとかなり改善され、10dB以上あれば良好に聞こえる状態になった。同期放送と同様に遅延時間差が少ない場合の音質は良好であった。周波数シフトの組み合わせについては、PSERには現れなかったが音質を確認した結果、+100Hzと+100Hzの組み合わせ、もしくは±100Hzと±100Hzの組み合わせが良好であった。+100Hzと-100Hzまたは+100Hzと±100Hzの組み合わせは、D/U=0dBでは一番悪いPSERとなったが、D/Uが確保されると他の組み合わせと同じ傾向になった。また、PSER測定ではパイロットの位相関係が確認されるデータとなった。

(6)FM中継局－FM 実験局(ともにフリーラン状態)を想定した屋内試験(条件⑤)

条件⑤は系統図としては条件①と同じで「FM回り込みキャンセラー」単体のキャンセリング動作の確認を行う試験であるが、異なるのはGPSアンテナなどを接続しない(外部同期がかからない)フリーラン状態を想定した試験を行った。結果を以下に示す。

表4－5 FM 中継局－FM実験局(ともにフリーラン状態)を想定した屋内試験(条件⑤)

周波数 シフト	自局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)					音源=Piano PSER(dB)				
		自局回り込み波 遅延時間 (μs)					自局回り込み波 遅延時間 (μs)				
		200	210	230	250	300	200	210	230	250	300
+100Hz	20	60.0	60.0	58.4	57.1	55.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	60.9	59.2	58.4	60.9	55.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	60.9	60.9	60.0	58.4	58.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	59.2	59.2	57.7	57.7	54.4	49.9	50.0	49.9	50.0	50.0
	-20	54.9	54.9	54.9	54.4	53.2	48.4	49.9	48.9	49.9	49.7
	-30	45.8	46.0	46.2	45.8	45.7	48.0	49.8	46.4	49.9	49.0
	-40	37.1	36.8	37.0	36.5	36.9	42.0	44.2	41.2	44.2	42.5
	-50	23.6	23.3	23.6	23.4	23.6	27.3	30.8	30.3	32.8	31.8

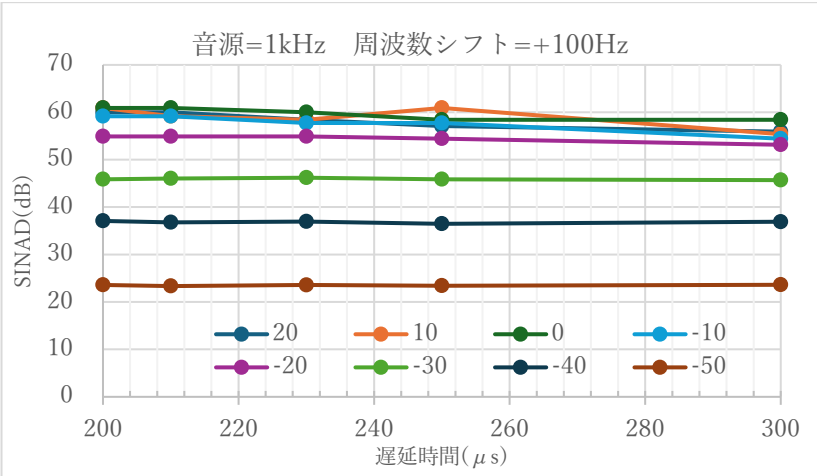


図4－42
FM回り込みキャンセラー単体試験
(シフト=+100Hz、0. 2Hz偏差)
SINAD測定データ

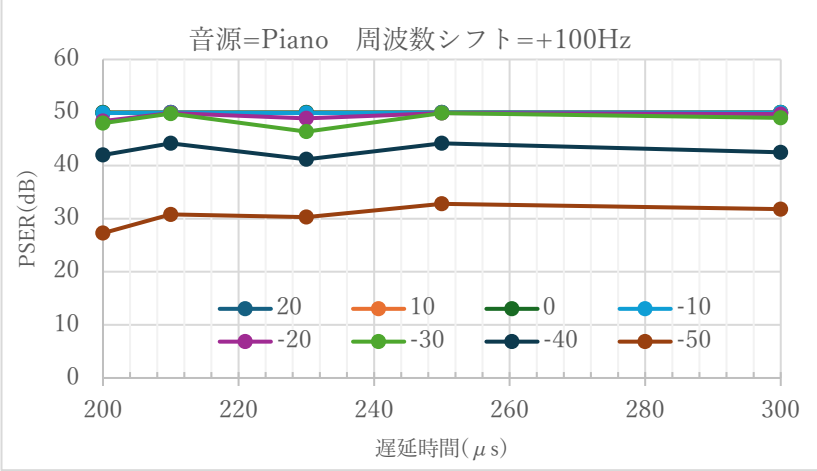


図4－43
FM回り込みキャンセラー単体試験
(シフト=+100Hz、0. 2Hz偏差)
PSER測定データ

結果、条件①とほぼ同等の結果となった。「FM回り込みキャンセラー装置」は上位局(親局)の周波数を基準にそこから周波数シフト分だけずらした周波数で送信するため、親局の周波数ずれが直接影響することが確認された。なお、周波数シフト方式の違いによる差は見られなかった。

第5章 屋外試験の実施

屋内試験の測定データをもとに、屋外試験にて検証する。各試験項目における測定条件は以下の通りとする。

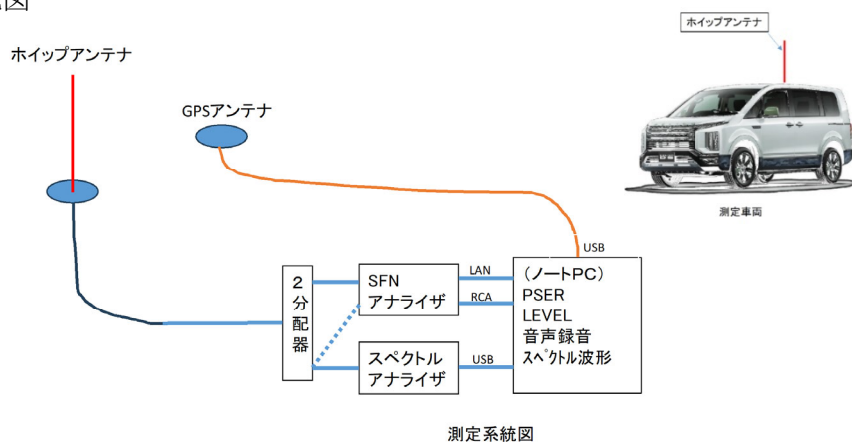
5.1 屋外試験における測定条件

- (1) 「FM中継局－FM実験局」を活用した屋外試験（条件②の確認）
 - ・ K R Y 豊北実験局と K R Y 長門局の電波が交差するエリアでの試験を実施する
 - ・ $D/U = 10\text{ dB}$ 以内となるエリアを調査し、P S E R や音質の確認を実施
 - ・ 周波数シフトを3パターン変化させて、比較測定を行う
- (2) 「FM中継局－FM中継局1」及び「FM中継局2－FM実験局（FM回り込みキャンセラー装置が設置された実験試験局）」を活用した屋外試験（条件③の確認）
 - ・ K R Y 豊北実験局＋K R Y 豊田局の電波が交差するエリアでの試験
 - ・ $D/U = 10\text{ dB}$ 以内となるエリアを調査し、P S E R や音質の確認を実施
 - ・ 周波数シフトを3パターン変化させて比較測定を行う
- (3) FM中継局から多方向（「FM中継局－FM実験局1」及び「FM中継局－FM実験局2」）で「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された実験試験局を活用した屋外試験（条件④の確認）
 - ・ K R Y 豊北実験局＋「K R Y キャンセラーじっけん3」（雨乞岳）を活用した試験
 - ・ 山口大学構内で小規模の実験局を3局設置し、3局の電波が交差するエリアでの試験
 - ・ エリア内で各局の D/U を調査し、P S E R や音質の確認を実施
 - ・ 周波数シフト、遅延時間、 D/U などパラメータを変化させて試験を実施

5.2 測定機材、測定系統図

屋外試験において使用する測定器や系統図について説明する。

(1) 屋外試験系統図



(2) 測定機材

図5-1 測定系統図

(ア) S F Nアナライザー：MODEL 5775A（日本通信機 株式会社）



図5-2 SFNアナライザー外観図

(イ) リアルタイムスペクトラムアナライザー：RSA3000（R I G O L）



図5-3 スペクトラムアナライザ外観図

(ウ) アンテナ：303WA-2（アペックスラジオ）



図5-4 アンテナ外観図

(エ) G P S アンテナ：GR-7BN、BU-353N5 など各種



図5-5 GPSアンテナ外観図

(オ) ノートパソコン：一般的な WindowsPC



図5-6 ノートパソコン外観図

(参考) 移動測定にて使用するアンテナの仕様について

今回、移動測定で使用しているアンテナは Apex Radio 製「303WA-2」を使用した。このアンテナは長中短波受信用アンテナで、対応周波数範囲は 30 kHz ～ 30 MHz となっている。本調査では測定対象の周波数が超短波のため製品としての設計帯域からは外れているが、エレメントが 3 本継ぎとなっており、真ん中の素子を 1 本抜いて 2 本継ぎにすることで、超短波帯域付近まで帯域が延びるのではないかと期待から改造を行ったところ、他のアンテナと比較して高利得・低ノイズであったため採用した。主な仕様は以下の通り。(株式会社アペックスラジオ ホームページより掲載)

製品概要 303WA-2

303WA-2 は、アペックスラジオが独自開発したパッシブ式の屋外設置型受信アンテナです。限られた空間に短波アンテナを設置するソリューションとして、ホビーユーザー様から放送事業者様にいたる多くのお客様に活用いただいています。

30kHz～30MHz を混変調や相互変調の心配なく、低雑音で受信するために開発設計されたコンパクトな受信アンテナです。設置面積が非常に小さく、バランダやルーフサイドなどへの設置にも適しています。

303WA-2 は、全長は約1.8mの垂直型です。軽量でコンパクトなサイズながら、独自のマッチング回路（実用新案出願中）を採用したことで、長波～短波帯の広帯域において優れた受信性能を発揮します。特に、長波～中波放送の受信用としても優れており夜間の長距離AM放送受信にもご使用になれます。

また、303WA-2は能動素子を持たず、受動素子で構成される完全パッシブタイプです。従って、アクティブタイプの屋外アンテナで見られやすいアンテナでの混変調の心配が極めて少なく快適な受信を楽しむことができます。

- ★ 全長1.8m、取付金具、同軸ケーブル10m 付 (MP-BNCP)
- ★ このアンテナは受信専用です

受信周波数範囲	30kHz - 30MHz
形式	垂直式
全長	約1.8m
重量	約 450 g.
コネクタ形状	M型プラグ(MP)
同軸ケーブル	RG-58A/U 約10m (BNCP-MP装着)
適合マスト径	Φ10 - Φ50
付属品	同軸ケーブル、取付金具、六角レンチ(作業用)、自己融着テープ(防水処理用)、取説
標準価格	
JANコード	4573533000015
参考資料	303WA-2 取扱説明書 (PDF)

図5-7 アンテナの主な仕様

[[303WA-2 長中短波受信用アンテナ ApexRadio - BCL 短波 中波 航空無線 エアーバンド アマチュア無線 4573533000015 株式会社アペックスラジオ](#)]

ApexRadio 303WA-2

Superior low noise antenna for LW-MW-SW

303WA-2 は、30kHz～30MHz を混変調や相互変調の心配なく、低雑音で受信するために開発設計されたコンパクトな受信アンテナです。設置面積が非常に小さく、軽量ですのでベランダ等への設置にも適しています。開梱されましたら、次の表に従って各部品の数量を確認してください。

部 品 名	数 量
アンテナ本体(給電部～下部ジョイント、約 600 mm)	1
中間エレメント (上部ジョイント付 約 600 mm)	1
上部エレメント (約 600 mm)	1
M 型中継コネクタ M-A (J-J)	1
六角ナット (M 型コネクタ用)	2
マスト取付用 L 金具	1
U 字ボルト	1
ナット (U 字ボルト用)、スプリングワッシャ、平ワッシャ	各 2
同軸ケーブル (MP-BNCP)	1
防水用自己融着テープ	1
ジョイント締付用六角レンチ	1
取扱説明書	本紙

【設置】

この素子を取り外して 2 段で使用

1. 屋外のなるべく周囲のひらけている場所に設置された 10φ～50φ のマスト、またはベランダの手すりなどに、図を参考に基台部 (L 金具、U 字ボルト類) を取付けて固定します。
2. アンテナ本体の下部ジョイント部に中間エレメントを装着、上部ジョイントに上部エレメントを装着し、それぞれ (上部、下部) のジョイントを六角レンチで、しっかりと締付けます。
3. L 金具の穴 (16.5φ) に、M 型中継コネクタ M-A (J-J) を六角ナットで取付けます。
4. M 型中継コネクタの上側にアンテナ本体をねじ込んで、しっかりと固定します。このとき、アンテナが垂直になるように確認し、垂直でない場合には L 金具の固定を調節して垂直になるようにしてください。
5. 同軸ケーブル (M-P 側) を M 型中継コネクタの下側に接続し、防水用自己融着テープで防水処理を行います。
6. 同軸ケーブル (BNC-P 側) を適切に屋内に引き込むなどして受信機に接続します。受信機側のコネクタが BNC 型でない場合には、変換コネクタなどをご用意ください。

【ご注意】

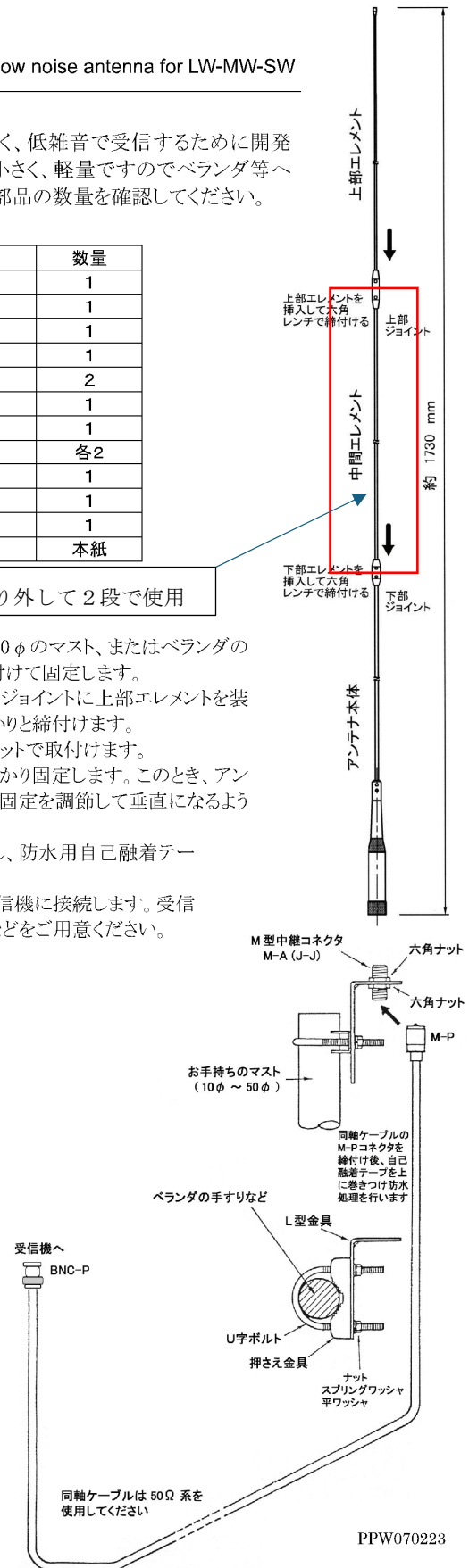
このアンテナは、受信専用です。送信用として使用することはできません。送信しようすると内部回路が破壊されますので、絶対に送信しないでください。

高所作業の際は落下事故やケガ防止の為、安全帽、安全帯を使用してください。アンテナが万一倒れたり部品が落下しても人物や構造物などに危害を与えない場所に設置してください。風などによる振動で取付ネジや金具類が緩まないように、しっかりと締付け固定してください。また定期的にゆるみがないかをチェックして必要に応じて増し締めをしてください。なお、303WA を受信アンテナとしての用途以外には使用しないでください。

改良の為、予告なく外観、仕様を変更することがあります。

株式会社 アペックスラジオ

図5-8 アンテナの取り扱い説明書



5. 3 移動測定における端子電圧とP S E Rの評価基準について

本実験において、車両による移動測定の数値を地図上へ表示する際の評価基準・表示方法は以下の通りとした。

(測定条件) 使用アンテナ: A p e x R a d i o 3 0 3 W A - 2 (エレメントは2段に短縮)

測定器: 日本通信機 MODEL 5 7 7 5 A

帯域は通常M I D D L E, 必要に応じてN A R R O W

(1) 端子電圧測定レベルと電界強度への換算 (暫定値)

移動測定で得た端子電圧を電界強度に換算するのは多少乱暴ではあるが、実聴エリアを色付けなどで表現する場合、得られたデータを電界強度に換算して表現することも必要と考える。本実験では暫定ではあるが過去の測定結果から以下の数値を目安にした。

(ア) 水平偏波の場合: 3 0 d B

(イ) 垂直偏波の場合: 2 0 d B

(ウ) 水平偏波と垂直偏波が混在する場合: 2 5 d B

なお、地図上へ端子電圧の測定値もしくは電界強度に換算した値をマッピングする場合は、必要に応じてアイコンなどの色を設定する。今回は端子電圧表示とし、色の表現は右図の通りとした。



図5-9 端子電圧表示の凡例

(2) P S E Rと音質評価の関係

P S E Rと音質の主観の関係については、映像情報メディア学会などで報告されている「FM同期放送用S F Nフィールドアナライザの開発と実用化」の論文内で以下のグラフが紹介されている。

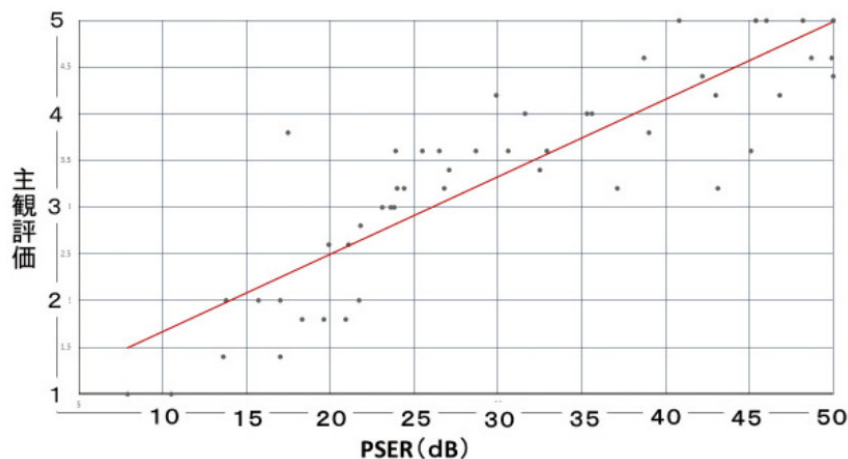


図5-10 P S E Rと主観評価のグラフ

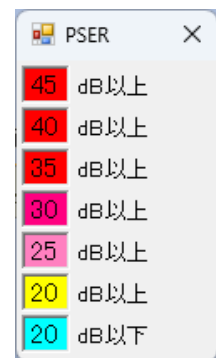


図5-11 P S E Rの凡例

本実験では、上記グラフを参考にして、P S E R = 2 5 d B : 評価3を一つの目安とし、「図5-11 P S E Rの凡例」の表現を採用した。

(1) KRY豊北FM実験局の概要

山口放送株式会社は現在、基幹局を含めて14局のFM補完局を開設している。図5-12は山口県内におけるFMネットワークの系統図を示す。瀬戸内海側は92.3MHz、日本海側は86.4MHzで同期放送を実施中である。また、KRY豊北実験局、及びKRY錦実験局にて「FM回り込みキャンセル装置」による実験試験局を設置中である。本検討会では、KRY豊北実験局を活用した屋外試験を行った。



- ・送信場所 : 下関市豊北町大浦岳(旧アナログテレビ送信所)
- ・海拔高 : 288.1m
- ・周波数 : 86.4MHz
- ・出 力 : 50W
- ・中継方式 : 長門局からの放送波中継



・実験経過状況

表5－1 豊北実験局の実験経過状況

2020 年	8/24	試験運用開始 周波数 86.4001MHz 出力 20W (回り込み波と親局波を区別するため送信周波数を 100Hz シフト)
	9/15	位相、レベルの変動検出計算間隔 10ms→0.625ms 毎の移動平均算出に変更。受信アンテナを上方向に 20° 程向けて車の影響を低減
	10/10	マルチパスキャンセル(上位局と同一周波数除去)機能追加 受信アンテナの地上高を高くして回り込み波の安定化
	10/30	マルチパスキャンセル時間を $72\mu s$ → $300\mu s$ まで拡張
	11/20	回り込み反射波とマルチパスの遅延プロファイルの学習機能追加 萩局のマルチパスも捕らえる(遅延時間 約 $113\mu s$)
2022 年	4/22	出力増力 20W→50W
	7/23	周波数偏移シフト±100Hz 切替方式※ に設定(切替周期 2Hz)



図5－15 豊北実験局

(2) 実験試験局「KRYキャンセラーじっけん1, 2, 3」の概要と実験イメージ

本検討会で試験を行うために申請を行った実験試験局は計3局である。実験試験局の諸元一覧を以下に示す。

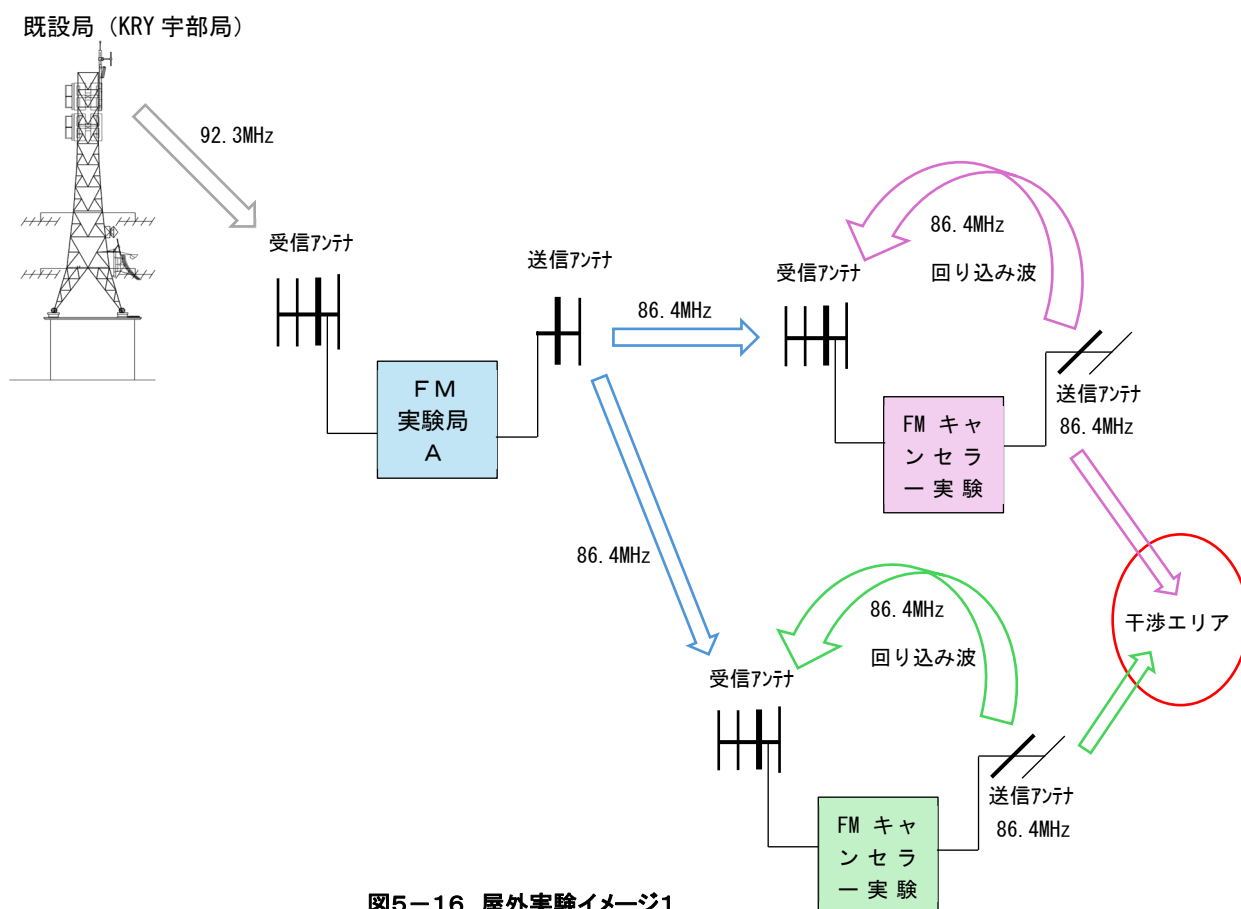
表5-2 実験試験局諸元一覧表

	実験局A (FM中継局)	実験局B (FMキャンセラー中継局)	実験局C (FMキャンセラー中継局)	
識別信号	KRYキャンセラー じっけん1	KRYキャンセラー じっけん2	KRYキャンセラー じっけん3	
変調方式	FM	FM	FM	
通信方式	TN1H	TN1H	TN1H、TN1C	
周波数	86.4MHz	86.4MHz	86.4MHz	
電波の形式	F3E、F8E	F3E、F8E	F3E、F8E	
占有周波数帯域幅	200kHz以内	200kHz以内	200kHz以内	
定格出力	0.1mW～1mW	0.1mW～1mW	0.1mW～1mW	1W～20W
低下方法	可変ATT	可変ATT	可変ATT	固定ATT 3,6,10,13
空中線利得	2	2	2	3
給電線損失	0.7	0.7	0.7	0.3
その他の損失	0.5	0.5	0.5	0
実効輻射電力	1.2mW	1.2mW	1.2mW	37w
送信空中線形式 偏波	2素子八木 水平・垂直	2素子八木 水平・垂直	2素子八木 水平・垂直	FLアンテナ1段1面 水平・垂直
周波数シフト	なし	+100Hz,-100Hz, ±100Hz	+100Hz,-100Hz,±100Hz	
無線設備の 製造業者名	日本通信機 株式会社	日本通信機 株式会社	日本通信機株式会社	

(ア)．小規模エリアでの実験

FM回り込みキャンセラー機能を内蔵した実験局(FM中継局)を2局開設し、実験局同士の放送エリアが交差した場所での品質確認やPSER測定を実施した。開設予定地は①山口県宇部市、②長門市油谷周辺を想定した。なお、宇部市での開設予定地付近はKRY宇部局や大平山からの電波(92.3MHz)が強力であることが想定されるため、実験局の送信周波数は86.4MHzで実施した。FM回り込みキャンセラー機能の動作を確認するため、実験局の親局となる実験局Aも同時に開設した。実験局AはKRY宇部局を親局とするFM中継局とした。実験局Aの送信周波数は86.4MHzで実施した。

(イ) 屋外実験イメージ1：全体



■実験局A 受信周波数:92.3MHz、送信周波数:86.4MHz

■実験局B 受信周波数:86.4MHz、送信周波数:86.4MHz(周波数シフトあり※)

■実験局C 受信周波数:86.4MHz、送信周波数:86.4MHz(周波数シフトあり※)

※実験局B、及び実験局Cの送信周波数は、+100Hz、-100Hz、±100Hzの周波数シフトモードで動作する。

また、実験局B、及び実験局CはFMキャンセラー実験局B、FMキャンセラー実験局Cと表示する場合がある。

(ウ) 屋外実験イメージ2：実験局Bと実験局Cが交差するエリアでの試験

実験局Bの電波と実験局Cの電波が交差するエリアにおいて、各種周波数シフトの組み合わせを行い、品質等を確認した。周波数シフトの組み合わせは以下のとおり。

パターン1: 実験局B = +100Hz、実験局C = +100Hz

パターン2: 実験局B = +100Hz、実験局C = -100Hz

パターン3: 実験局B = +100Hz、実験局C = ± 100 Hz

パターン4: 実験局B = ± 100 Hz、実験局C = ± 100 Hz

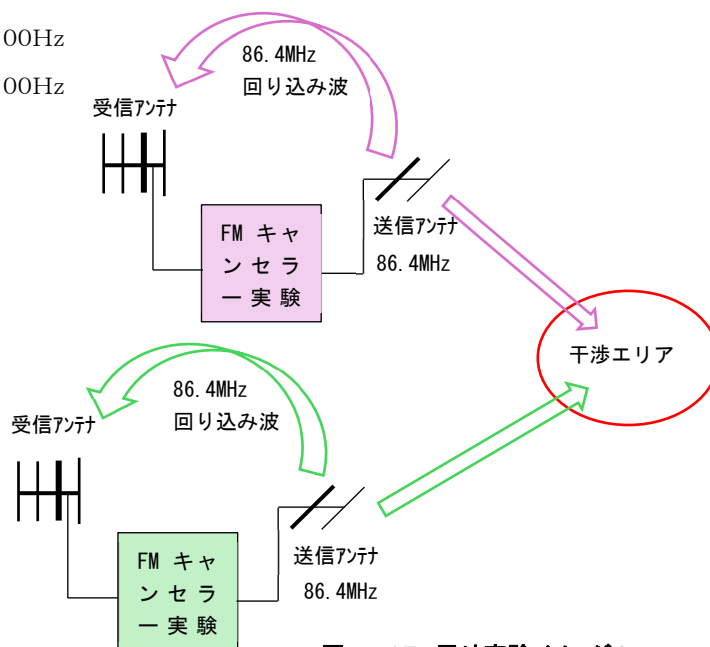


図5-17 屋外実験イメージ2

(エ) 実験局A（親局）とFMキャンセラー実験局Cの周波数シフトの組み合わせ

FM実験局A（親局）とFMキャンセラー実験局Cの電波が交差するエリアにおいて、各種周波数シフトの組み合わせを行い、品質等を確認した。周波数シフトの組み合わせは以下のとおり。

パターン1: 実験局C = +100Hz

パターン2: 実験局C = -100Hz

パターン3: 実験局C = ± 100 Hz

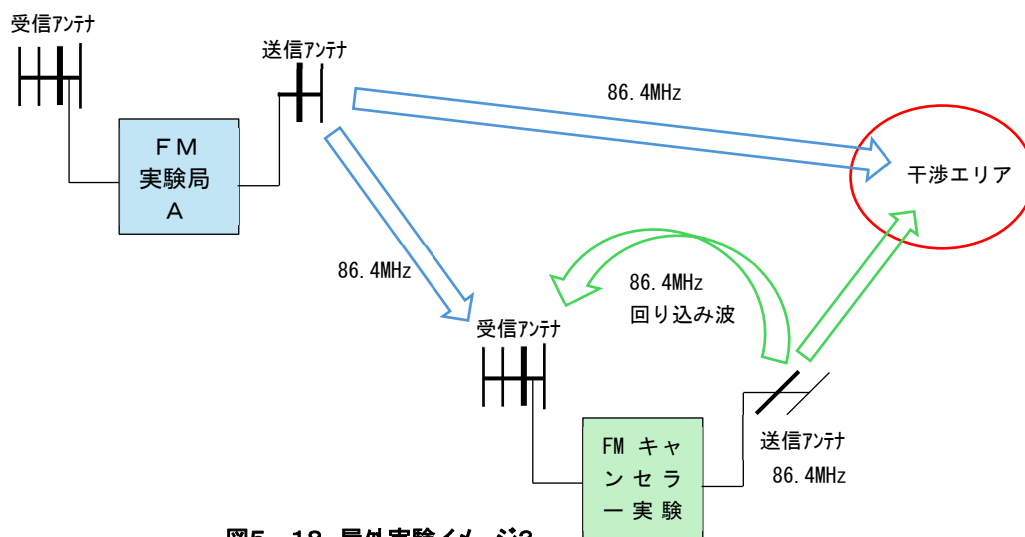


図5-18 屋外実験イメージ3

(3) 「KRYキャンセラーじっけん1, 2, 3」(山口大学) の設置概要

山口大学常盤キャンパスの建物を活用した実験局の設置イメージを 図5-19 に示す。



図5-19 山口大学常盤キャンパスでの実験イメージ

山口大学常盤キャンパスでの実験系統図(全体)を 図5-20 に示す。

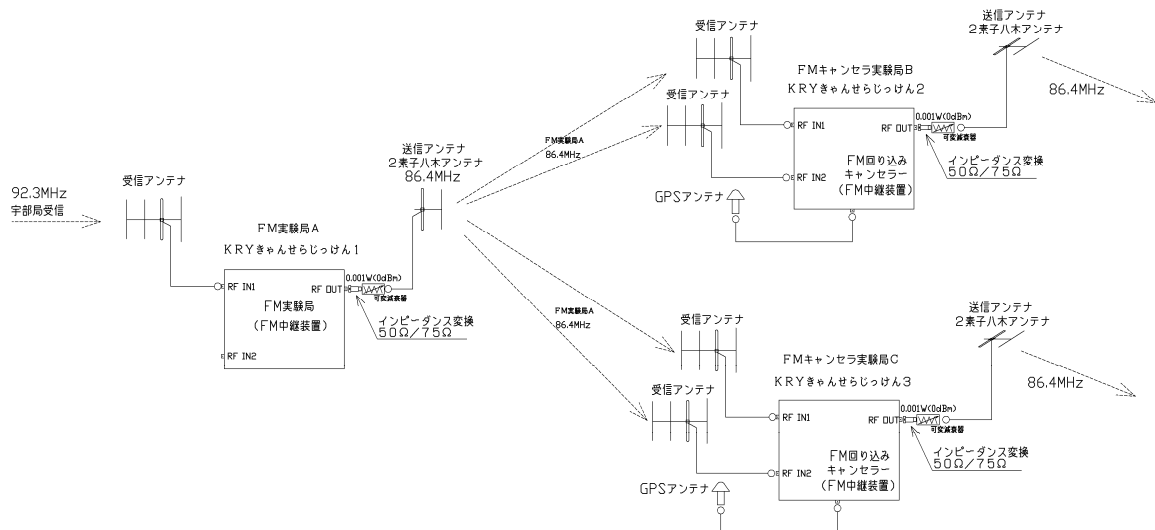
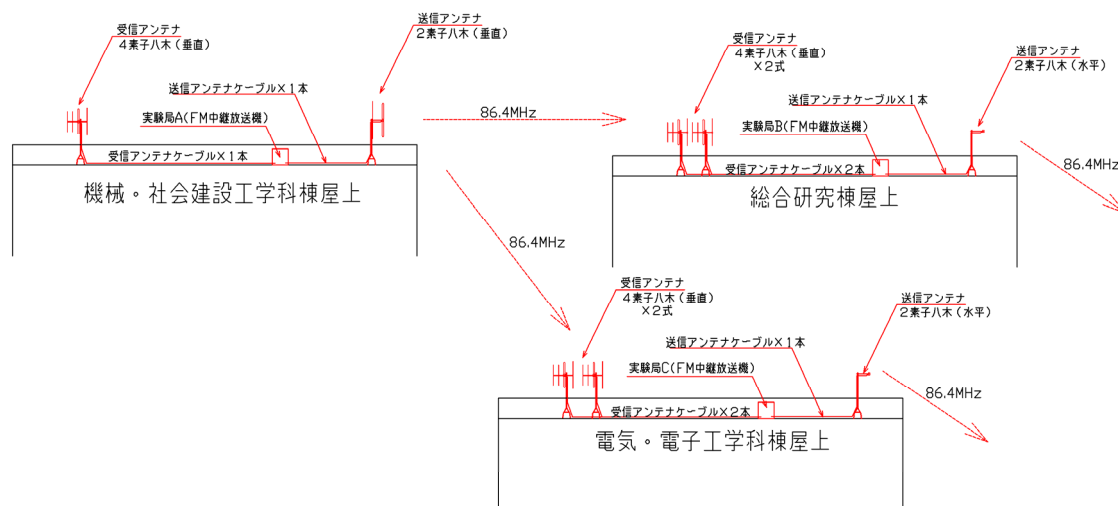
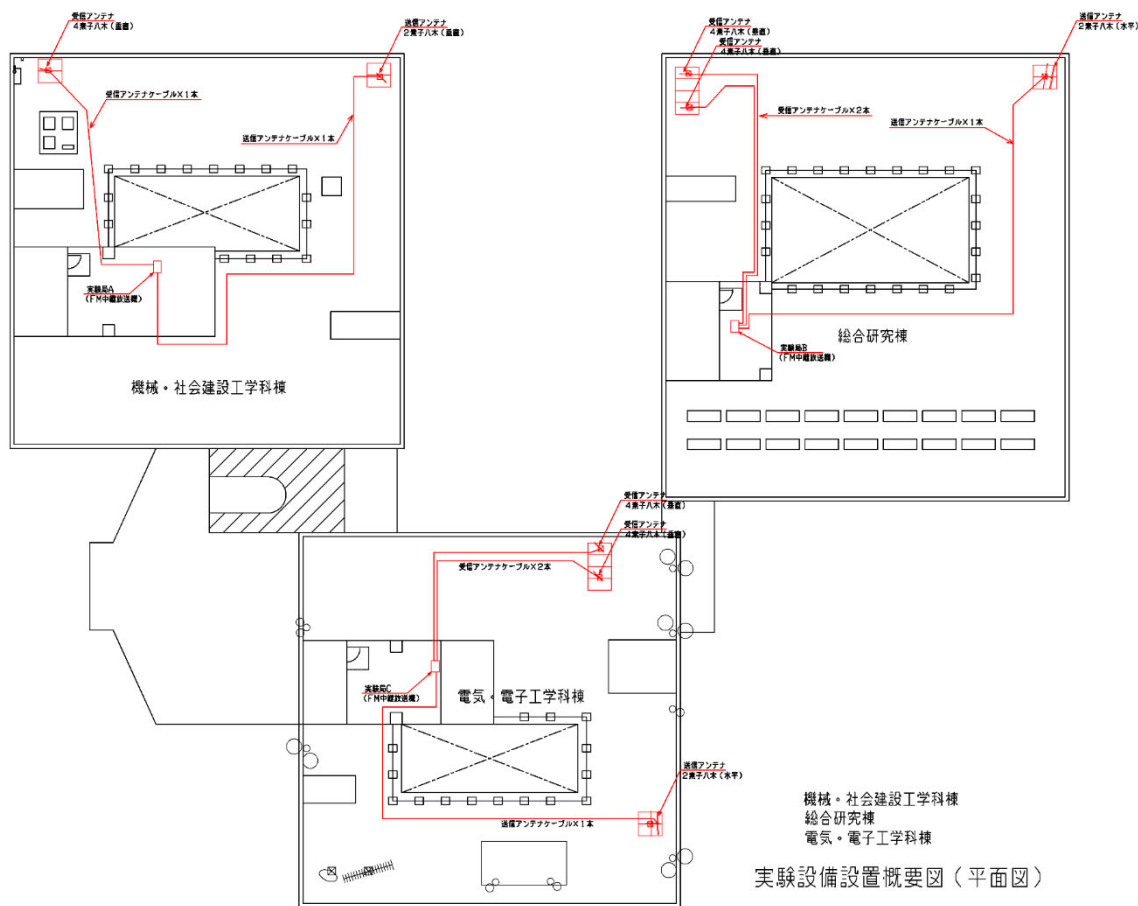


図5-20 山口大学常盤キャンパスでの実験系統図(全体)

山口大学常盤キャンパスでの実験設備 設置概要図(平面図・側面図)を 図5-21 に示す。



機械・社会建設工学科棟
総合研究棟
電気・電子工学科棟

実験設備設置概要図(側面図)

図5-21 山口大学常盤キャンパスでの実験設備 設置概要図(平面図・側面図)

実験局A, B, Cに使用する送信空中線の概要は以下の通り。(型名:FM2A:マスプロ電工(株))

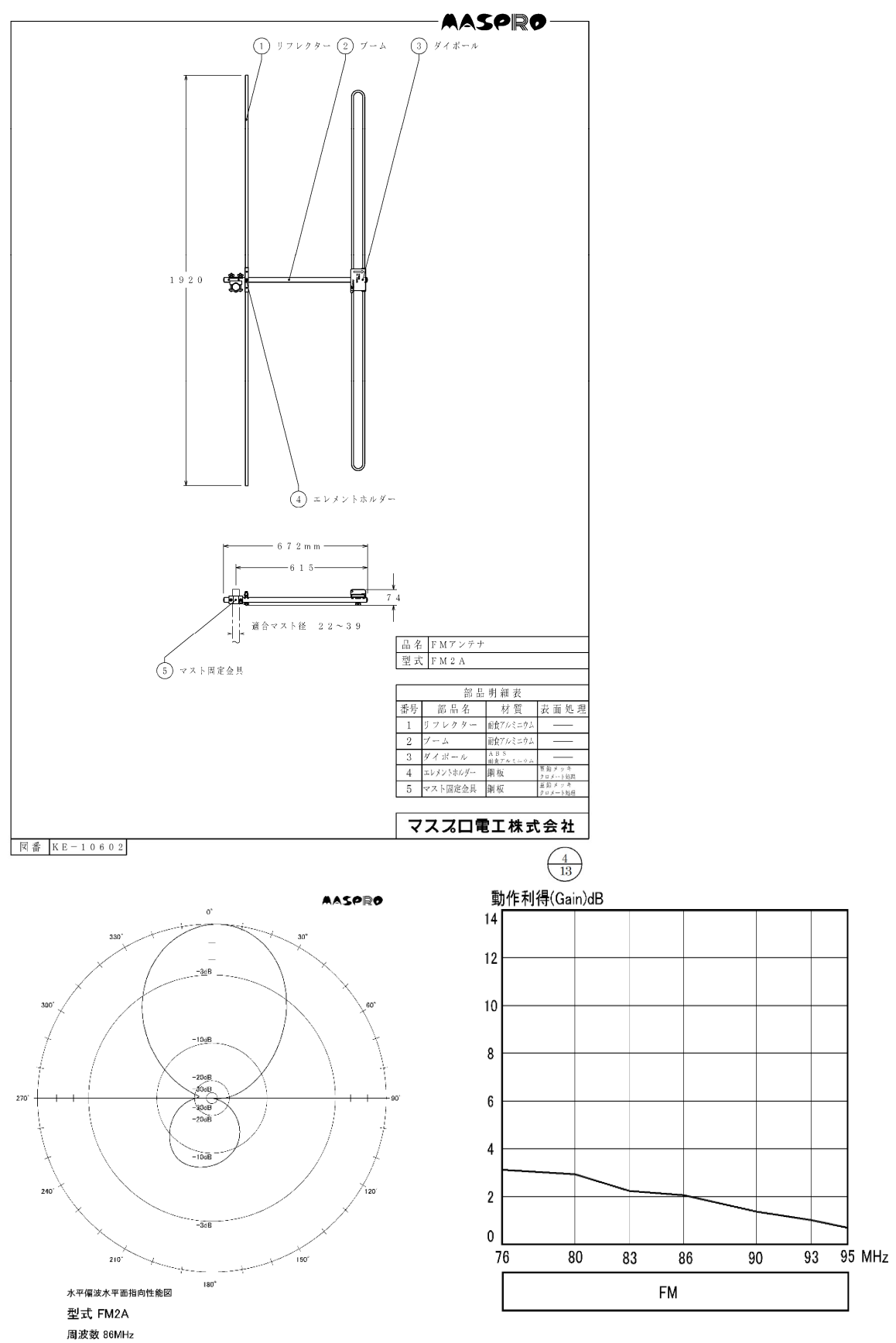
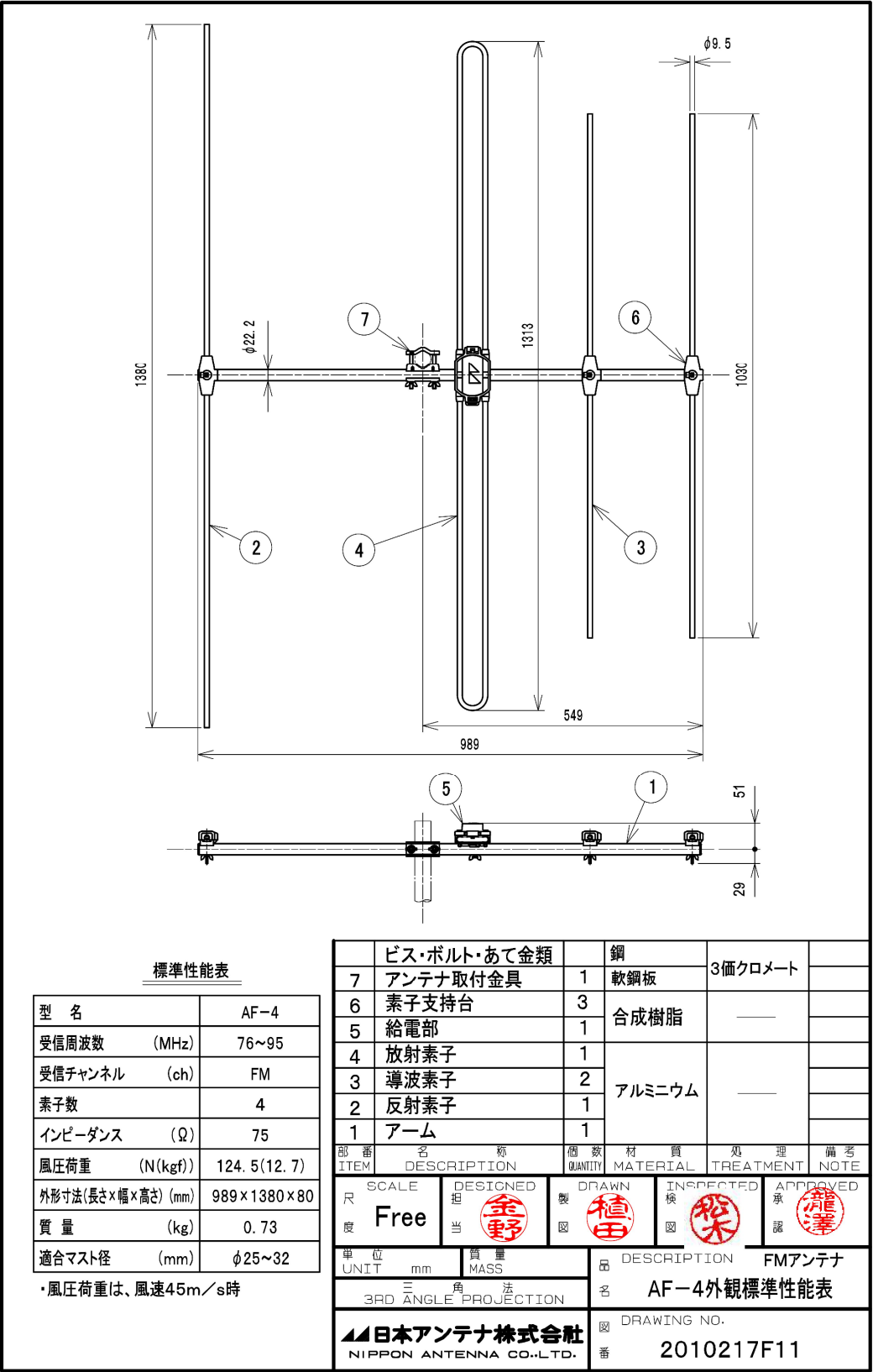


図5-22 実験局で使用する送信空中線の概要

実験局A, B, Cに使用する受信空中線の概要は以下の通り。(型名:AF-4:日本アンテナ(株))

図面を実測しない事

DO NOT SCALE DRAWING



A4-S-ME

図5-23 実験局で使用する受信空中線の概要

(実験局の個別系統図、及び 実効輻射電力)

① K R Y キャンセラーじっけん 1 (実験局 A)

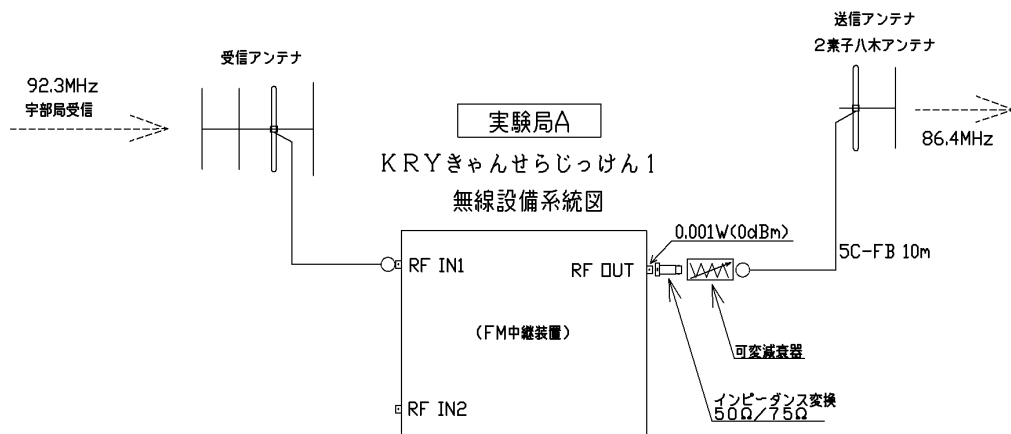


図5-24 実験局A 個別系統図

② K R Y キャンセラーじっけん 2 (実験局 B)

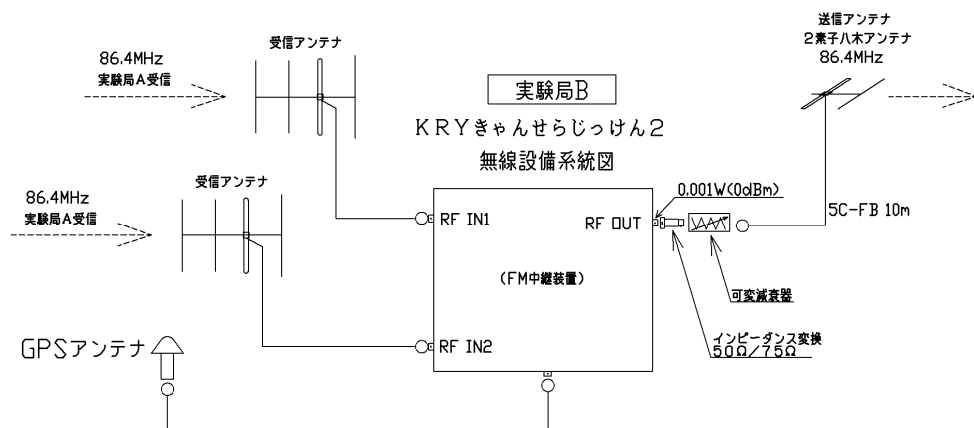


図5-25 実験局B 個別系統図

③ K R Y キャンセラーじっけん3

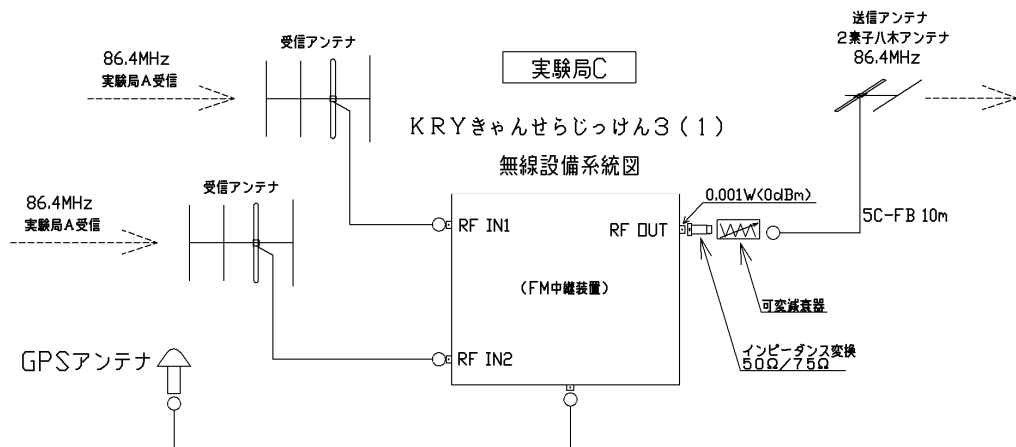


図5-26 実験局C 個別系統図

④実効輻射電力

実効輻射電力については、実験局A，B，Cともに同じ電力。

2素子八木1段1面(宇部周辺で使用)					
	A面	B面	C面	単位	分配比の合計
水平面方位	120			°	
1段	1				1
2段					
3段					
単体利得	2			dB	
分配減衰	0			dB	
段積上利得	0			dB	段数の積み上げ利得－段数×0.1
異分配ロス	0			dB	
利得	2			dB	
申請:利得	2.00	0.00		dB	
給電線損失	-0.7			dB	5C-FB 10m 0.07dB/m
共用器損失	0				
その他損失	-0.5				インピーダンス変換挿入損失
申請:損失	-1.2	0		dB	
総合利得	0.8	0		dB	
放送機出力	-30			dBm	0.001 W
空中線電力	-29.2			dB	
W換算	0.0012023			dB	
総通計算	1.2			mW	

頭が1の場合は3桁目を2捨3入7捨て8入、0か5単位

図5-27 実効輻射電力計算表

(4)「KRYキャンセラーじっけん3」(雨乞岳)の設置概要

超短波放送(FM放送)における同一周波数放送波中継による同期放送に関する調査検討のフィールド試験を実施するため、油谷湾周辺を放送区域とする雨乞岳実験局を開設した。油谷湾周辺は、KRY長門局、KRY豊北実験局(FMキャンセラー)の電波が混在する地域となる。調査検討会では、親局を同一とするFMキャンセラー局が混在するエリアの状況確認を行う必要があることから、親局を長門局とする雨乞岳実験局から電波を発射し、豊北実験局との電波が混在する地域での受信状況を確認した。送信機の出力は20wまで発射可能とした。



図5-28 雨乞岳の位置図

(雨乞岳実験局の諸元)

- ・送信空中線海拔高 349m (地上高4m)
- ・送信機出力 20w
- ・送信空中線 FL型アンテナ 1段1面 (TNから310度方向、水平偏波)
- ・北緯34度23分55秒、東経131度03分30秒
- ・放送波中継 (親局長門局 86.4MHz 垂直)
または自局変調方式 (プログラム伝送 長門局から4.9GHz FWA 回線)

雨乞岳から電波を発射した場合、広い範囲で長門局・豊北実験局・雨乞岳実験局の3つの電波が交差するエリアになるため、実際の電波を発射するタイミングは夜間となった。



図5-29 雨乞岳周辺のFM放送区域と調査場所



図5-30 雨乞岳実験局の設備設置場所

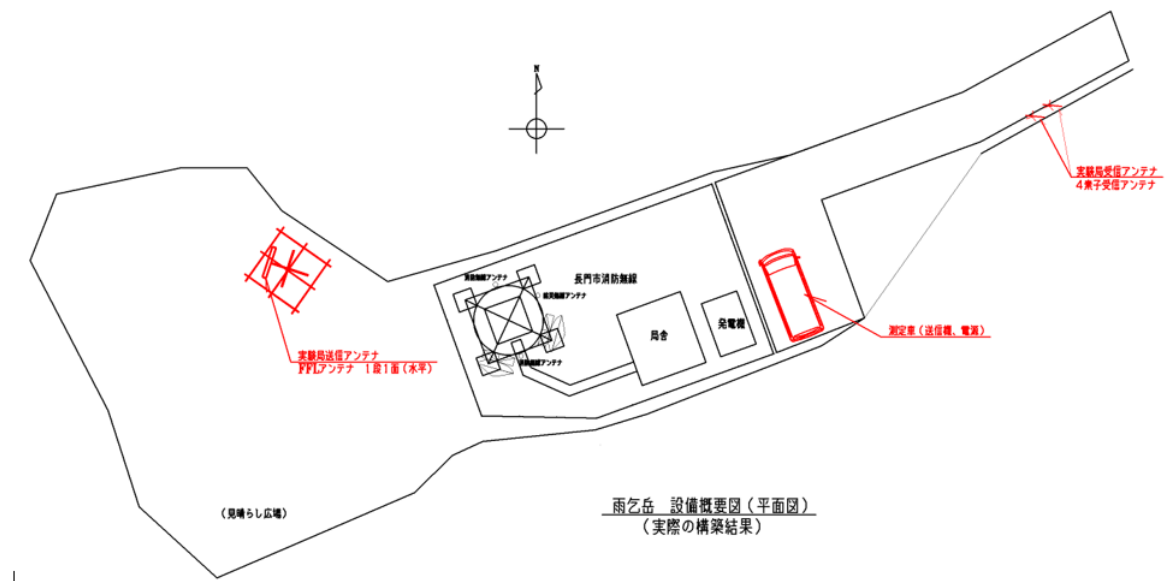


図5-31 雨乞岳実験局の機器配置図(平面図)

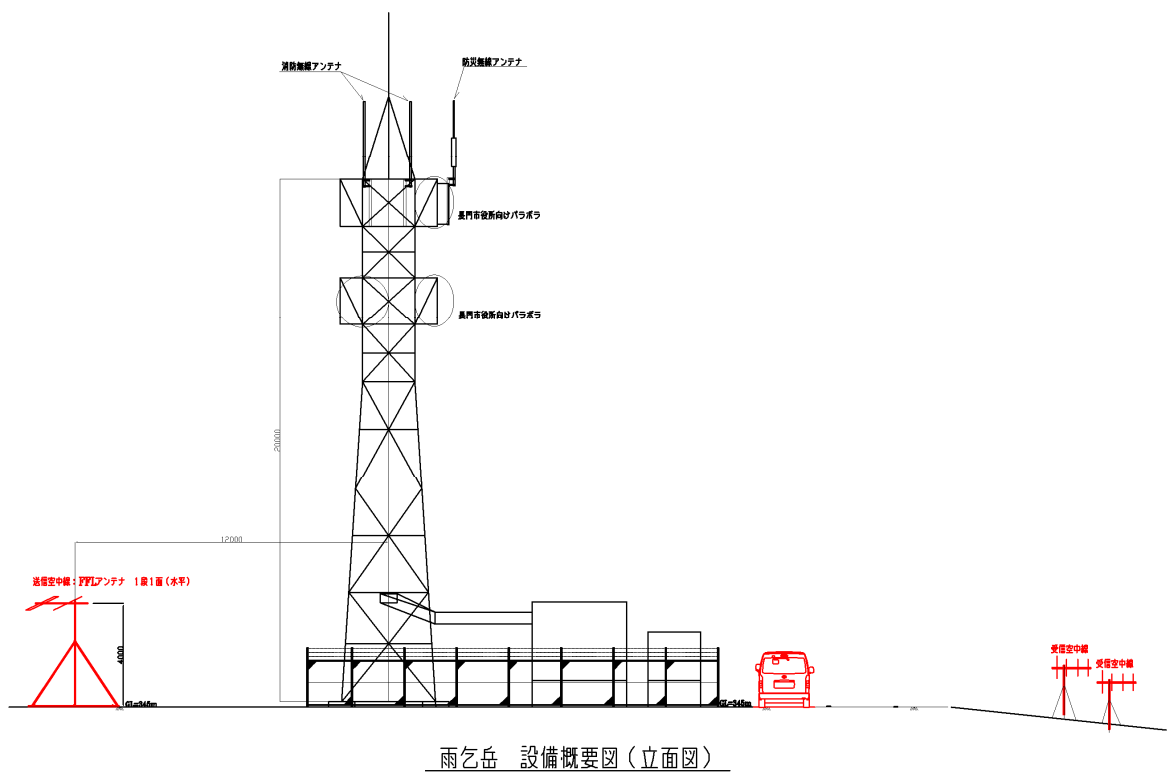


図5-32 雨乞岳実験局の機器配置図(立面図)

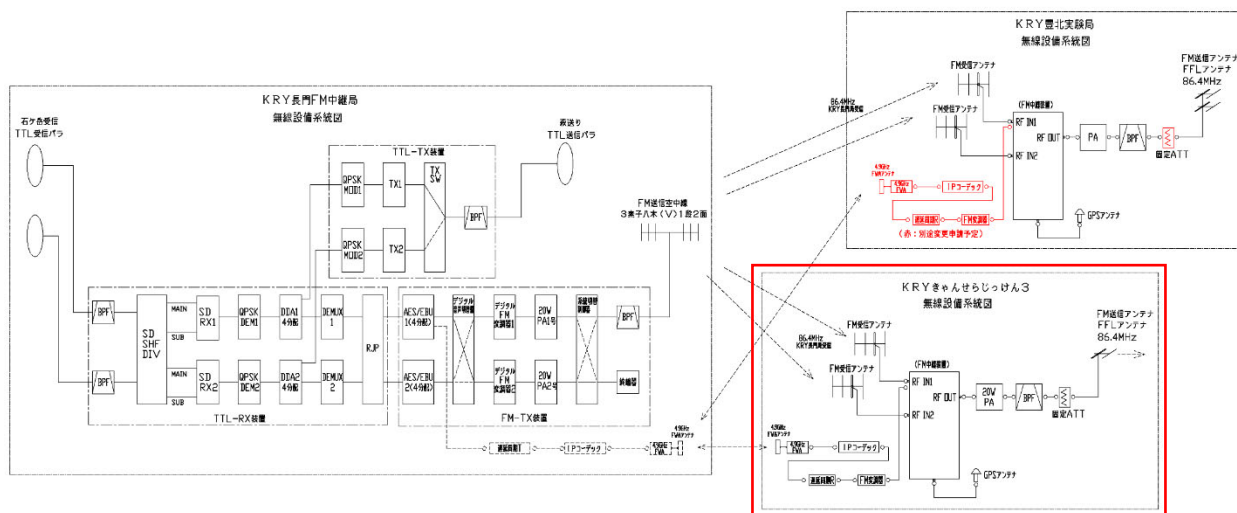


図5-33 雨乞岳実験局の総合系統図

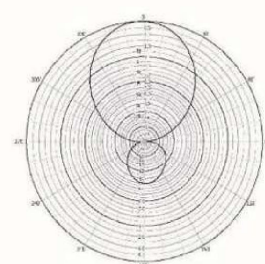
レフダイポールアンテナ 有指向型 / 型名: FFL-1

基本仕様

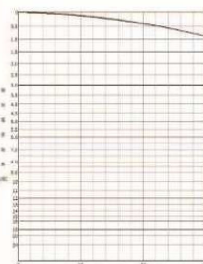
項目	仕様
使用周波数帯域	76MHz～108MHz
利得	3dBd(単体)
VSWR	1.5以下(76MHz～108MHz)※
入力	N型(標準)
インピーダンス	50Ω
耐電力	250W(単体)以下
耐風速	65m/秒 以下
気密性	無充填型
寸法	約1700mm×2000mm
材質	耐食性高強度アルミ(素子部)
重量	約5kg

※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

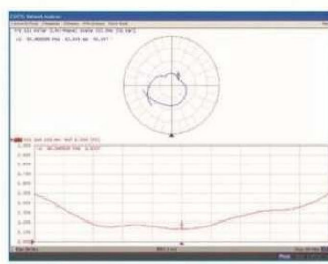


図5-34 雨乞岳実験局の送信空中線

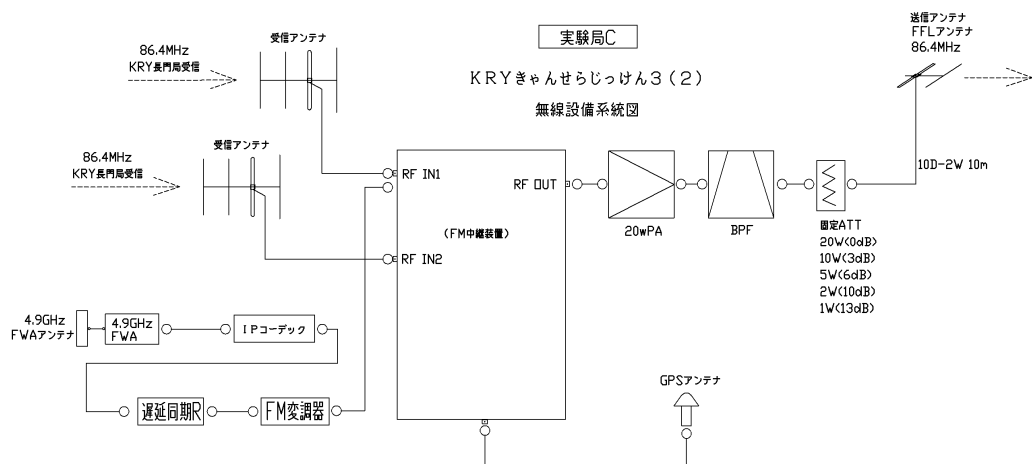


図5-35 雨乞岳実験局の系統図

FFLアンテナ1段1面(油谷周辺で使用)					
	A面	B面	C面	単位	分配比の合計
水平面方位	285			°	
1段	1				1
2段					
3段					
単体利得	3			dB	
分配減衰	0			dB	
段積上利得	0			dB	段数の積み上げ利得－段数×0.1
異分配ロス	0			dB	
利得	3			dB	
申請:利得	3.00	0.00		dB	
給電線損失	-0.3			dB	10D-2W 10m 0.03dB/m
共用器損失	0				
その他損失	0				
申請:損失	-0.3	0		dB	
総合利得	2.7	0		dB	
放送機出力	13.0103			dBm	20 W
空中線電力	15.7103			dB	
W換算	37.241743			dB	
総通計算	37			W	

頭が1の場合は3桁目を2捨3入7捨て8入、0か5単位

図5-36 雨乞岳実験局の実効輻射電力計算表

5. 5 実験試験局の設置状況

各実験試験局の設置状況を写真で報告する。

(1) 雨乞岳実験局



図5-37 雨乞岳実験局の送信空中線写真



図5-38 雨乞岳実験局の受信空中線写真



図5-39 FM送信機収容車両

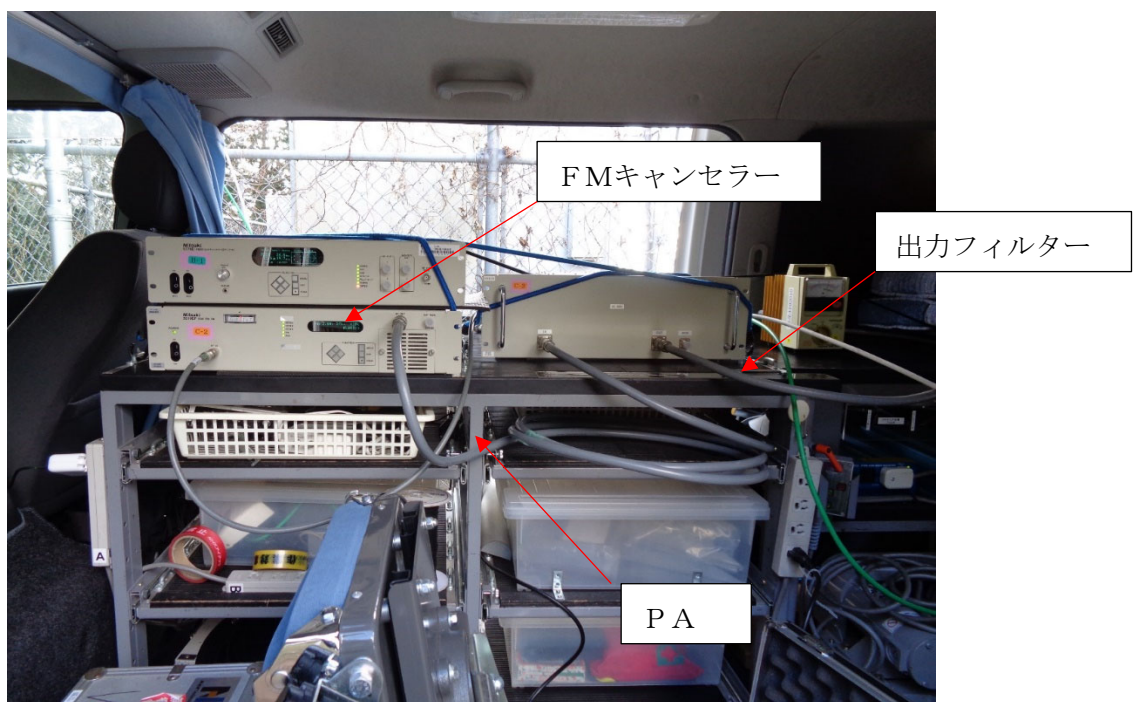


図5-40 FM送信機収容状況

(2) 山口大学 工学部（宇部）実験試験局の設置状況



図5-41 山口大学 実験局設置場所(地図)



図5-42 山口大学 実験局設置場所(航空写真)



図 5 - 4 3

機械・社建棟（実験局 A）

受信空中線 設置状況



図 5 - 4 4

機械・社建棟（実験局 A）

F M 中継装置 設置状況



図 5 - 4 5

機械・社建棟（実験局 A）

送信空中線 設置状況



図 5 - 4 6
総合研究棟（実験局 B）
受信空中線 設置状況

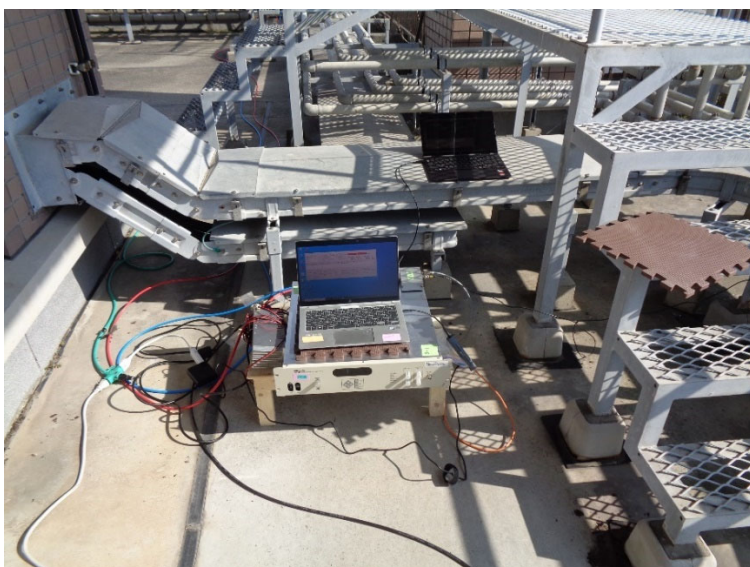


図 5 - 4 7
総合研究棟（実験局 B）
FM 中継装置 設置状況



図 5 - 4 8
総合研究棟（実験局 B）
送信空中線 設置状況



図 5 - 4 9

電気・電子棟（実験局 C）
受信空中線 設置状況



図 5 - 5 0

電気・電子棟（実験局 C）
FM中継装置 設置状況



図 5 - 5 1

電気・電子棟（実験局 C）
送信空中線 設置状況

5. 6 KRY豊北実験局を活用した試験

KRY豊北実験試験局を活用した試験結果については、豊北実験局と長門FM局間、及び豊北実験局と豊田FM局間の試験を行ったので報告する。

(1)KRY豊北 FM 実験局～KRY長門 FM 局間の屋外試験

KRY豊北実験試験局を活用し、上位局(親局)であるKRY長門FM中継局の電波とKRY豊北実験局の電波が交差するエリアの屋外試験を実施した。(条件②の確認)

(測定条件)

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(SFNアナライザー)
- ・測定周波数は86.4MHz
- ・測定信号はプログラム音声
- ・測定項目は端子電圧、PSER, GPS位置情報
- ・プログラム音声も録音(1分単位で分割、チューナーはSFNアナライザー)
- ・同じルートを周波数シフトごとに3往復走行
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・SFNアナライザーの帯域幅は Middle で設定
- ・KRY豊北実験局は送信機出力50w



図5-52 豊北～長門間 試験走行ルート

(ア) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(端子電圧とPSERの関係: +100Hz)

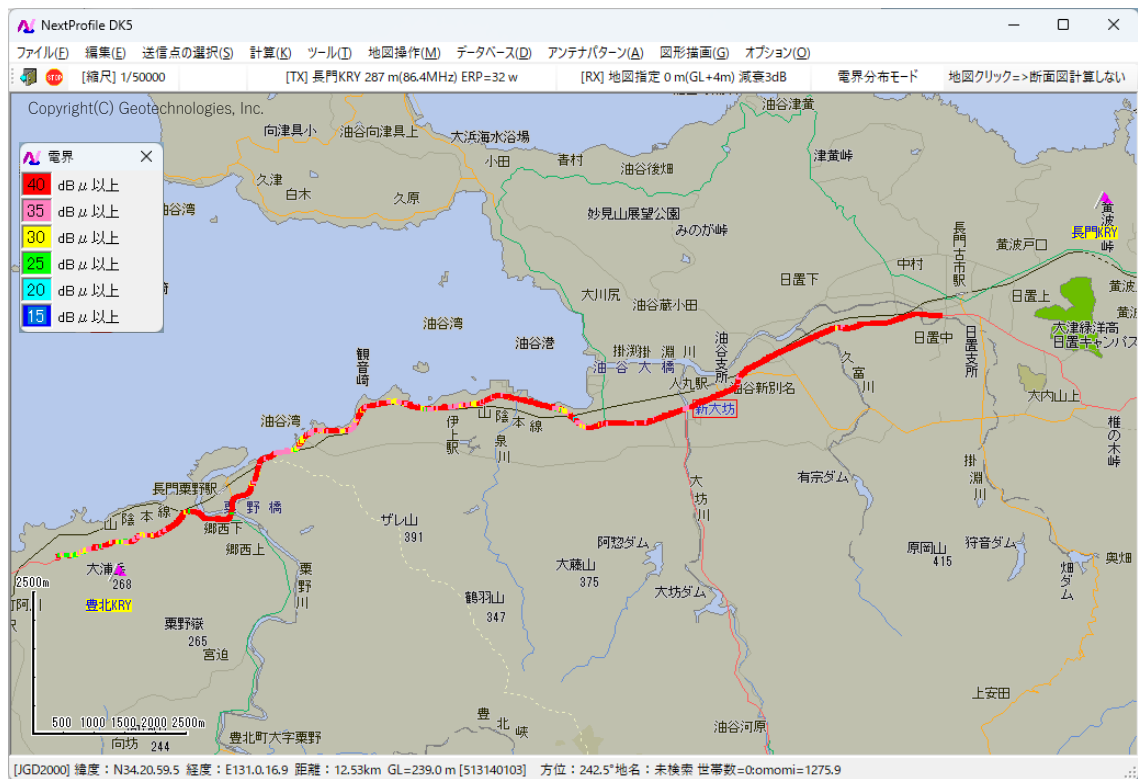


図5-53 豊北～長門間 端子電圧分布図(豊北実験局+100Hz)

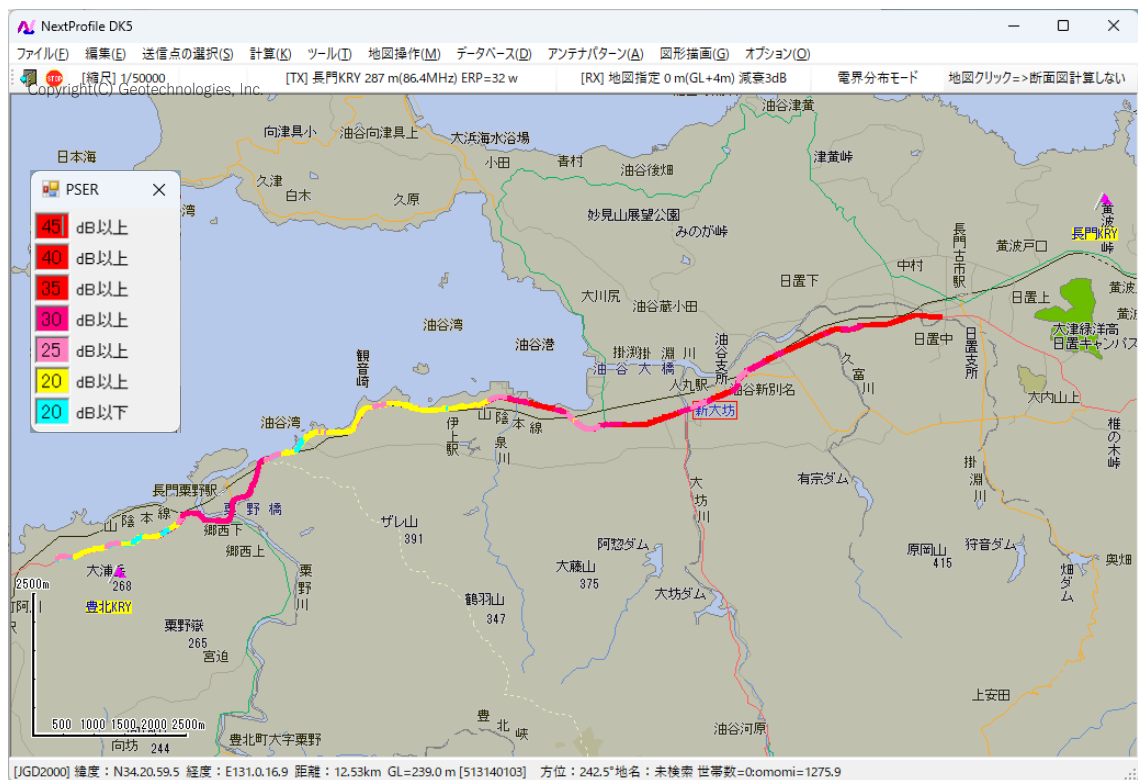


図5-54 豊北～長門間 PSER 分布図(豊北実験局+100Hz)

(イ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(端子電圧とPSERの関係:-100Hz)

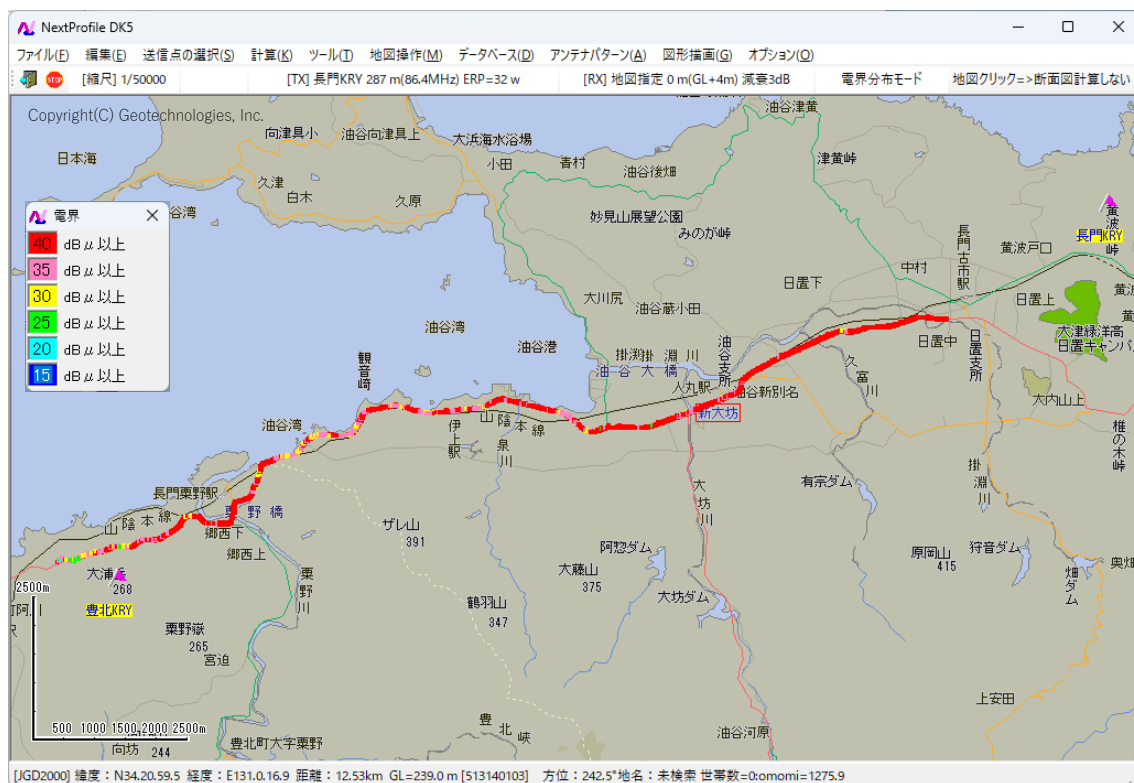


図5-55 豊北～長門間 端子電圧分布図(豊北実験局-100Hz)

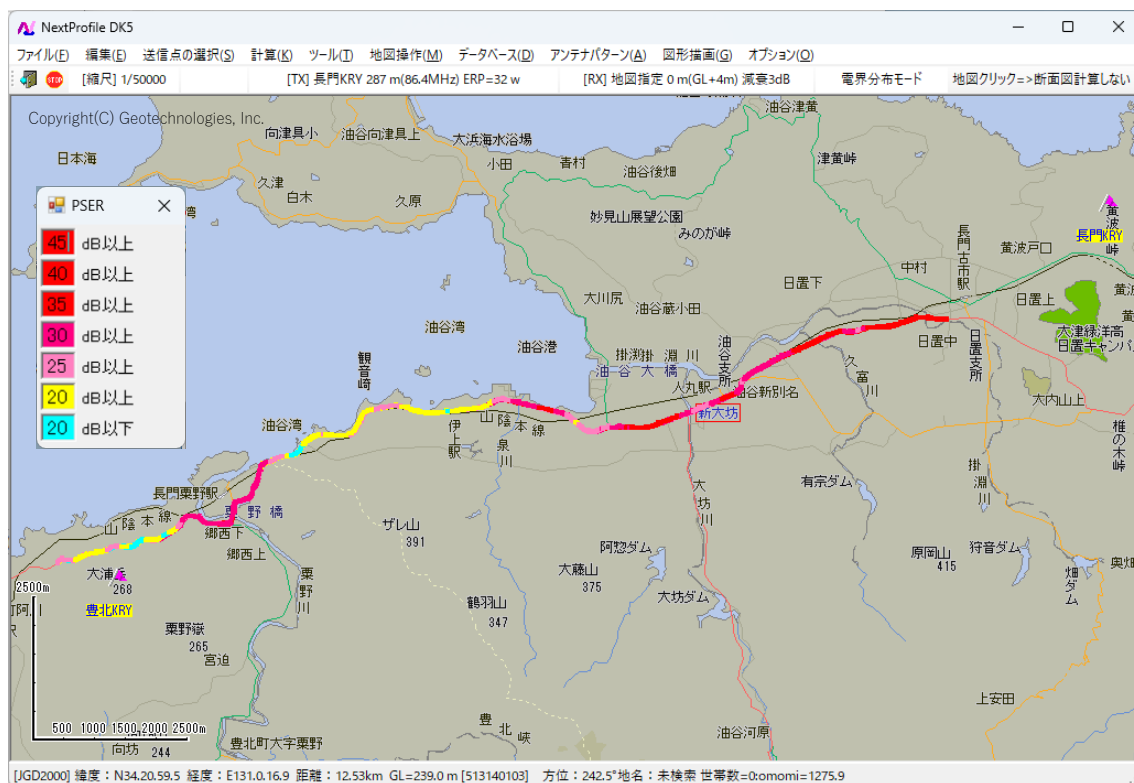


図5-56 豊北～長門間 PSER 分布図(豊北実験局-100Hz)

(ウ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(端子電圧とPSERの関係: $\pm 100\text{Hz}$)

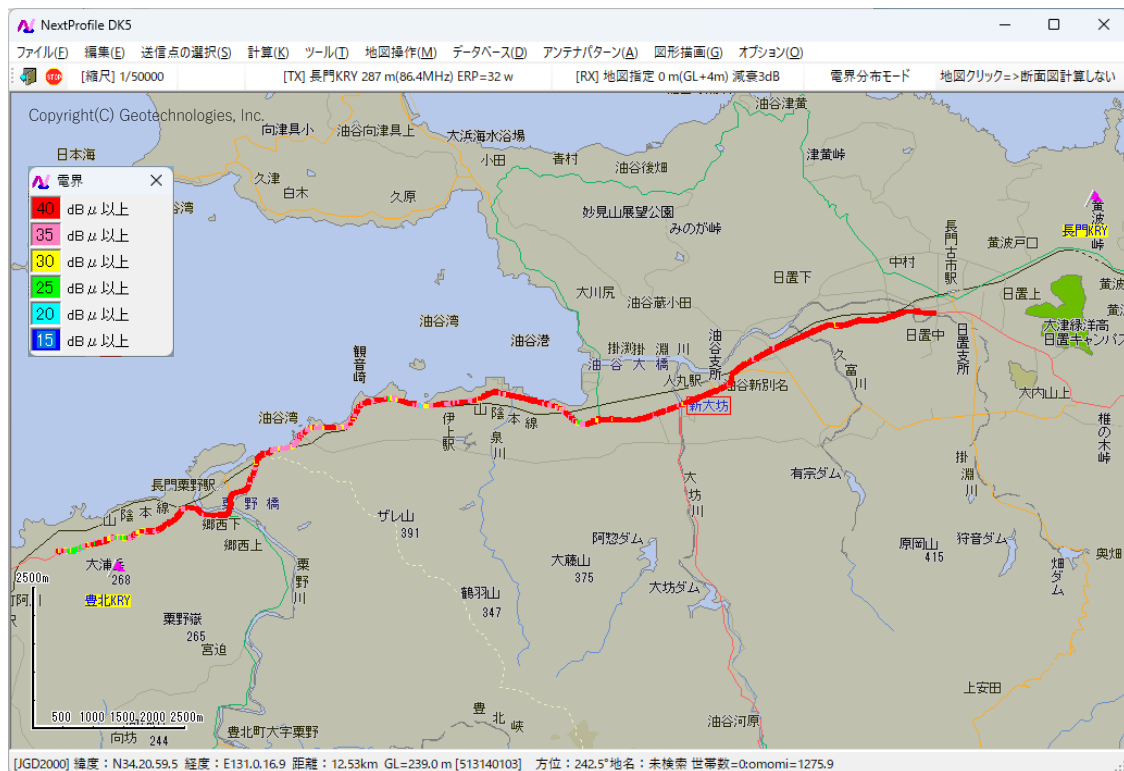


図5-57 豊北～長門間 端子電圧分布図(豊北実験局 $\pm 100\text{Hz}$)

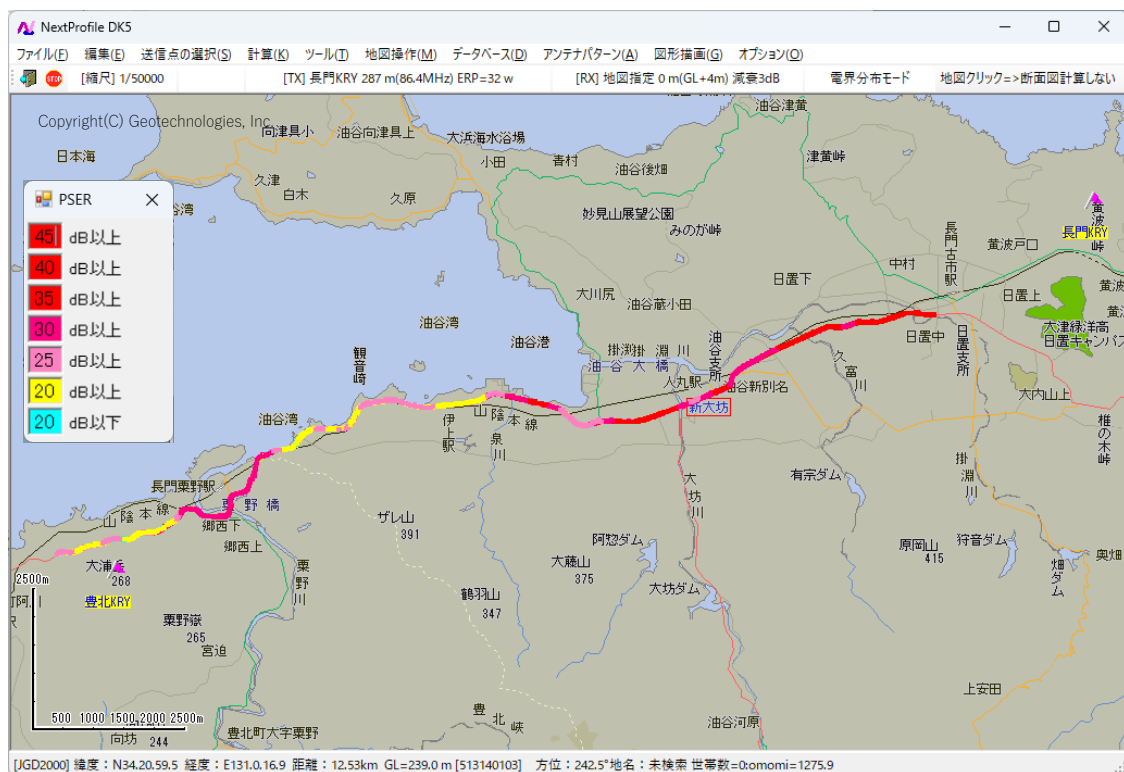


図5-58 豊北～長門間 PSER 分布図(豊北実験局 $\pm 100\text{Hz}$)

(エ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データグラフ(100m単位で集計)

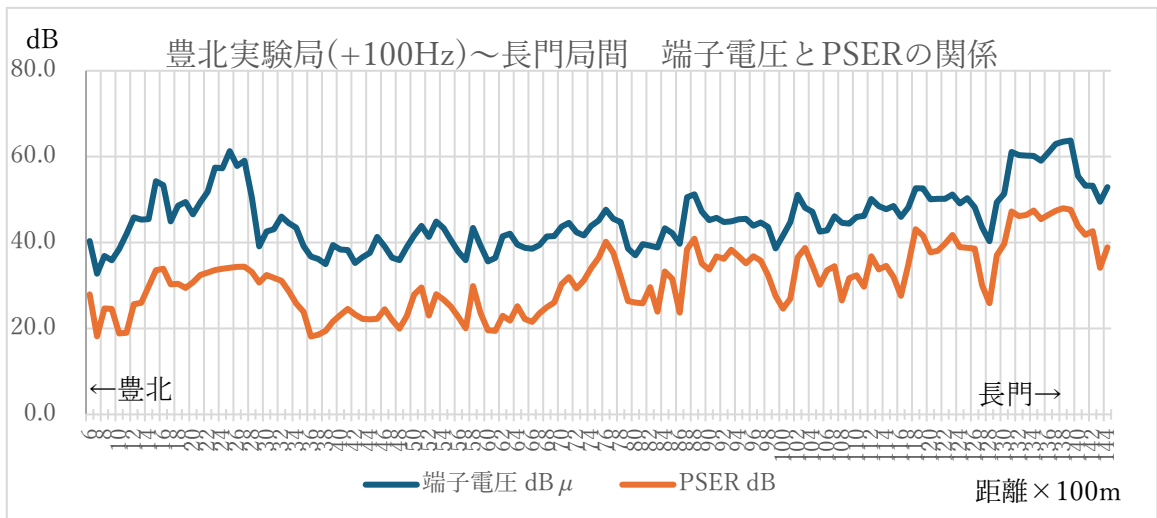


図5-59 豊北～長門間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局+100Hz)

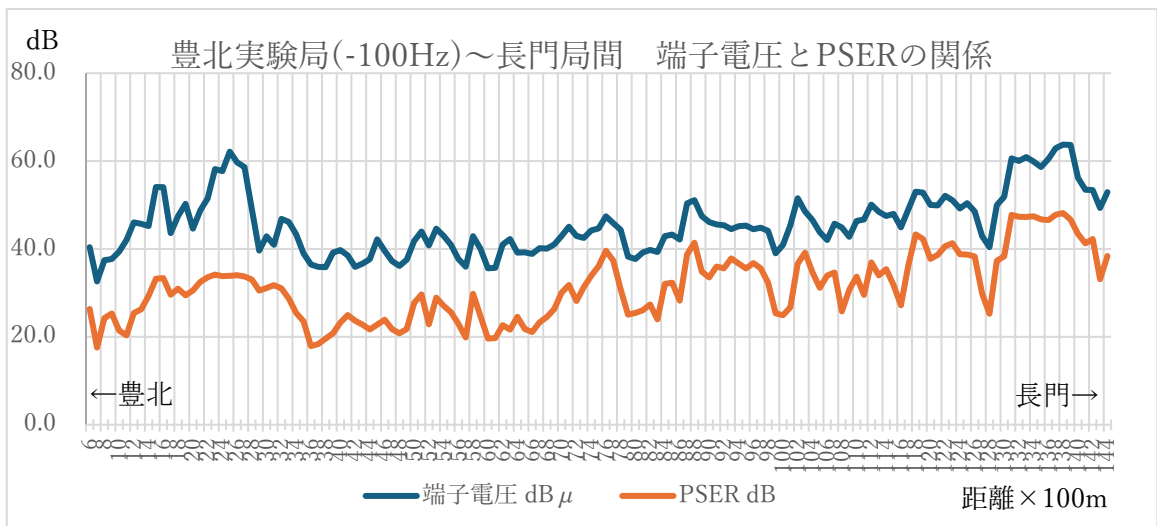


図5-60 豊北～長門間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局-100Hz)

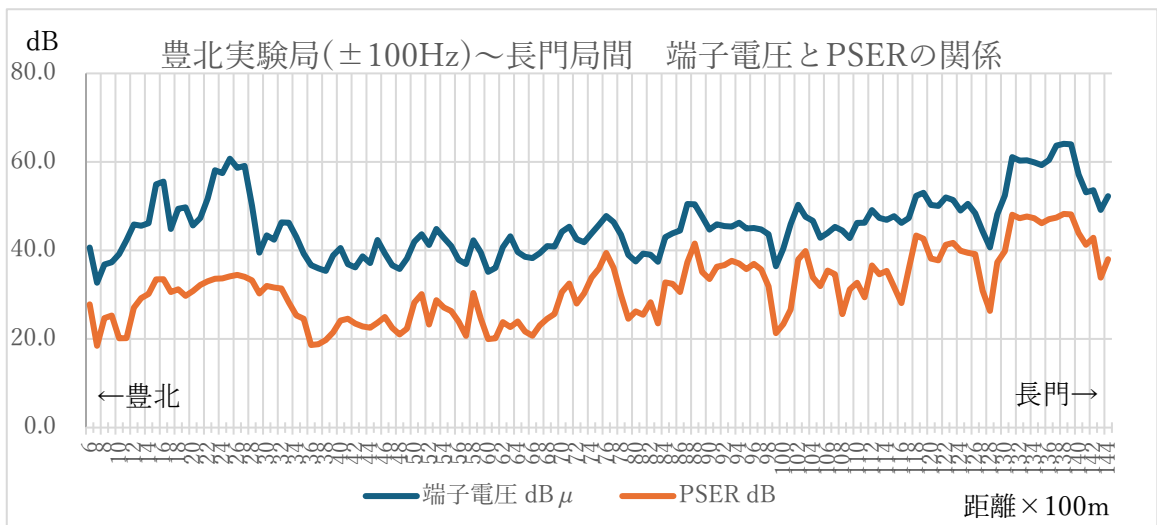


図5-61 豊北～長門間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局±100Hz)

(オ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(各シフト方式で比較、100m単位で集計)

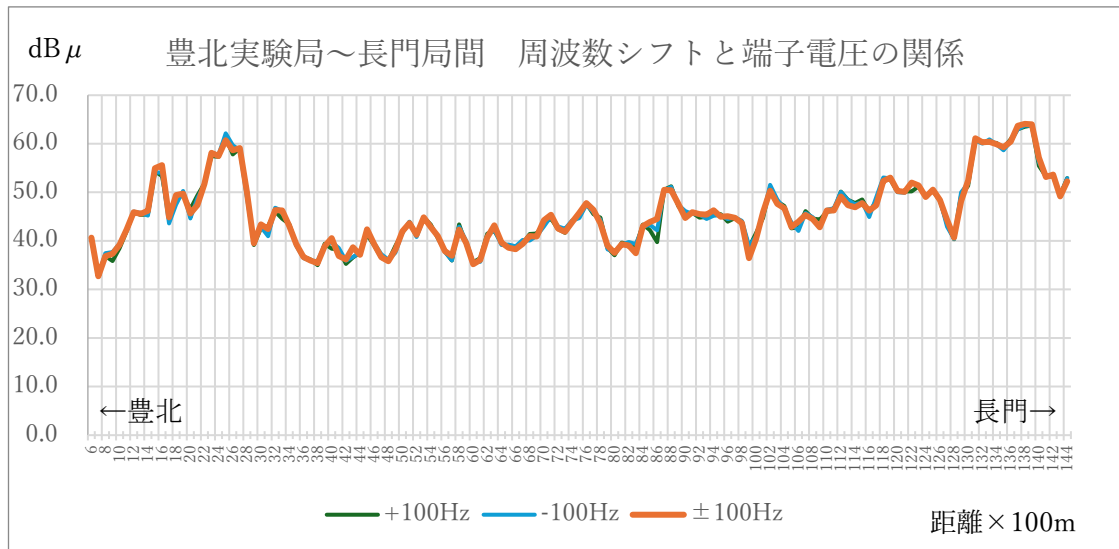


図5-62 豊北～長門間 周波数シフトと端子電圧の関係

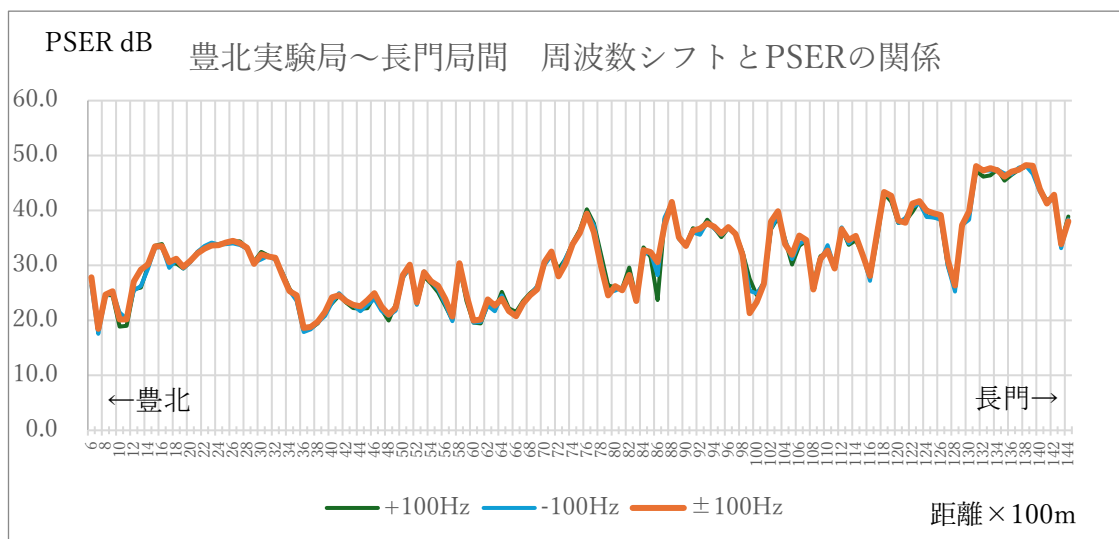


図5-63 豊北～長門間 周波数シフトとPSERの関係

(考察)

周波数シフト方式の違いによる差については顕著な差は見られなかった。

音質についても、周波数シフト方式による差は確認できなかった。

(2) KRY豊北FM実験局～KRY豊田FM局間の屋外試験

KRY豊北実験試験局を活用し、別の放送波中継ルートとなるKRY豊田FM中継局の電波とKRY豊北実験局の電波が交差するエリアの屋外試験を実施した。(条件③の確認)

(測定条件)

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(SFNアナライザー)
- ・測定周波数は86.4MHz
- ・測定信号はプログラム音声
- ・測定項目は端子電圧、PSER、GPS位置情報
- ・プログラム音声も録音(1分単位で分割、チューナーはSFNアナライザー)
- ・同じルートを周波数シフトごとに3往復走行
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・SFNアナライザーの帯域幅は Middle で設定
- ・KRY豊北実験局は送信機出力50w

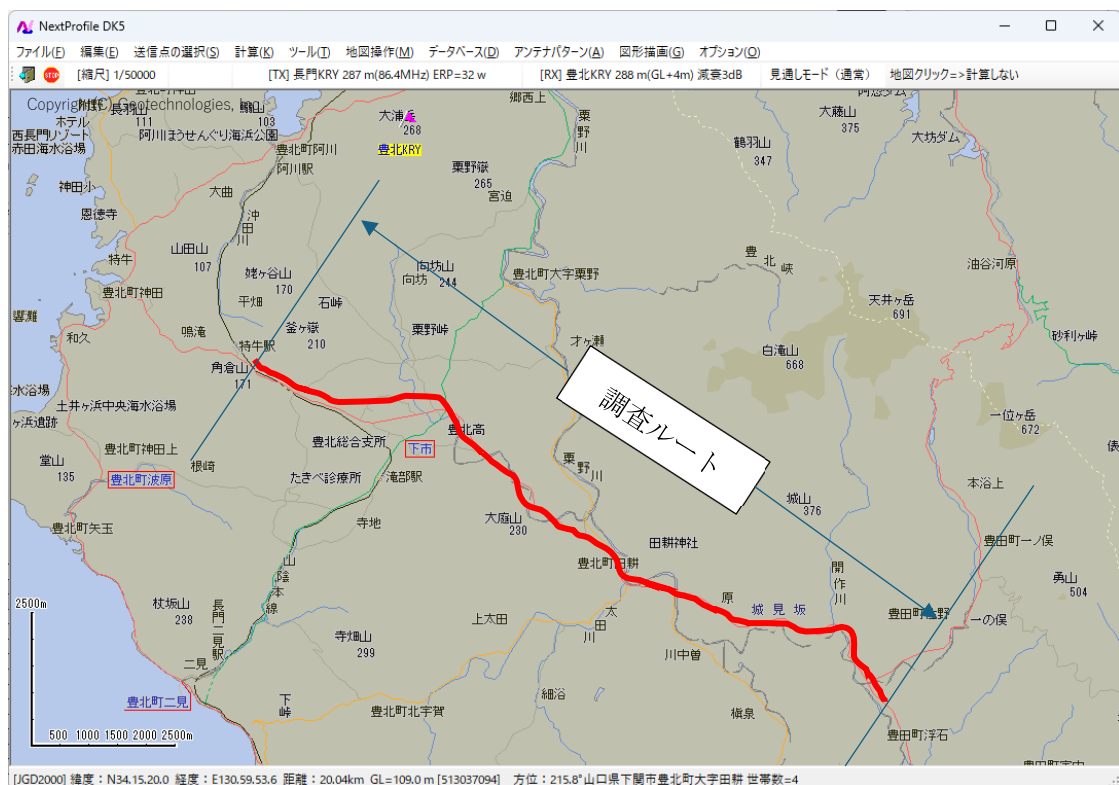
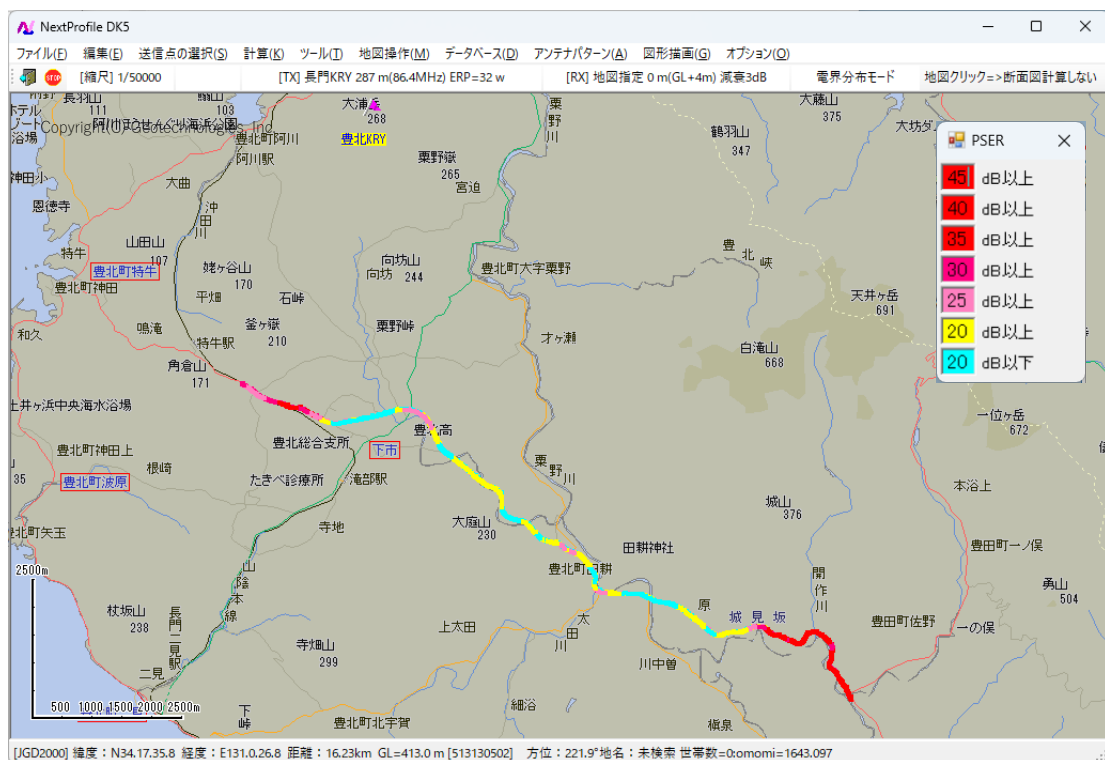


図5-64 豊北～豊田間 試験走行ルート

(ア) 豊北実験局～豊北局間 移動測定データ（端子電圧とPSEERの関係：+100Hz）



(イ) 豊北実験局～豊北局間 移動測定データ（端子電圧とPSEERの関係：-100Hz）



図5-67 豊北～豊田間 端子電圧分布図(豊北実験局—100Hz)

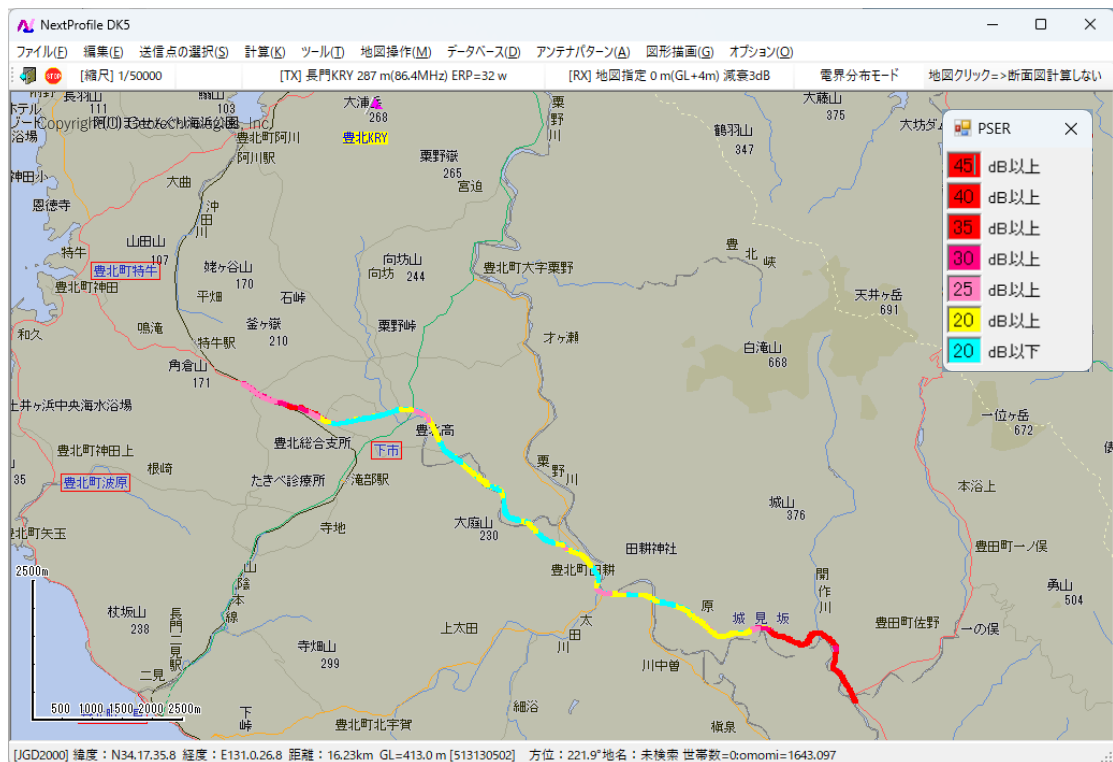


図5-68 豊北～豊田間 PSER 分布図(豊北実験局—100Hz)

(ウ) 豊北実験局～豊北局間 移動測定データ（端子電圧とPSEERの関係：±100Hz）



図5-69 豊北～豊田間 端子電圧分布図(豊北実験局±100Hz)



図5-70 豊北～豊田間 PSEER 分布図(豊北実験局±100Hz)

(エ) 豊北実験局～豊田局間 移動測定データグラフ（100m単位で集計）

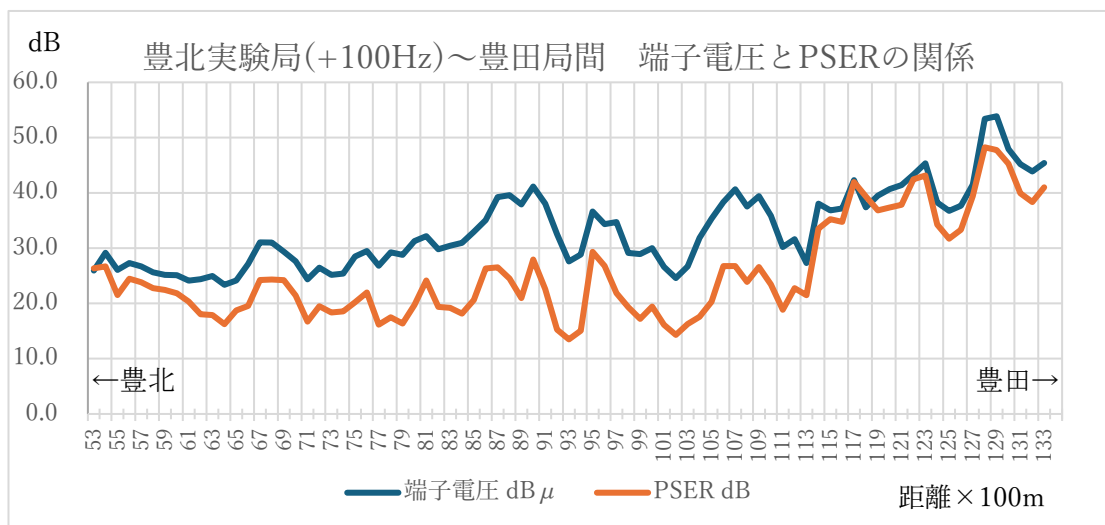


図5-71 豊北～豊田間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局+100Hz)

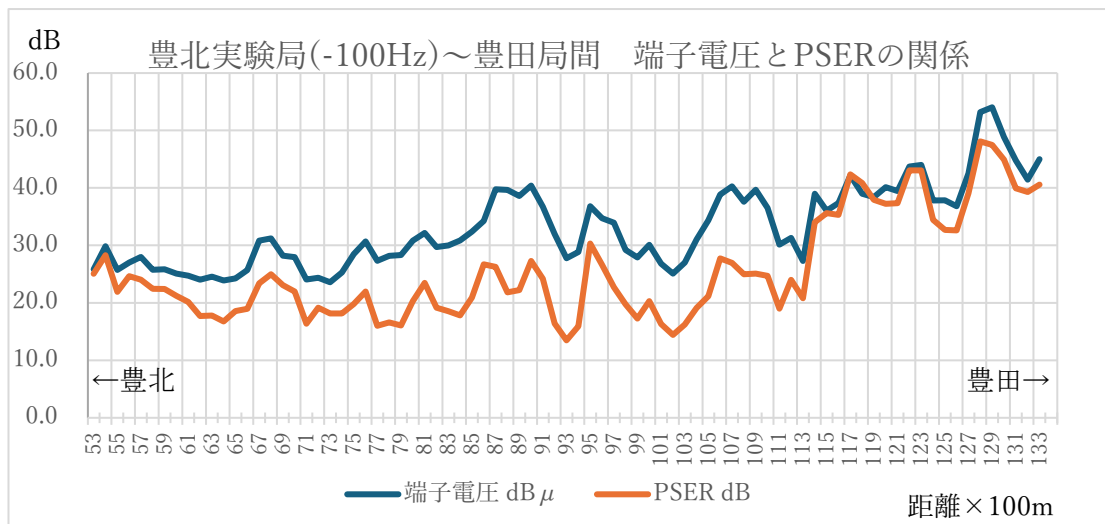


図5-72 豊北～豊田間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局-100Hz)

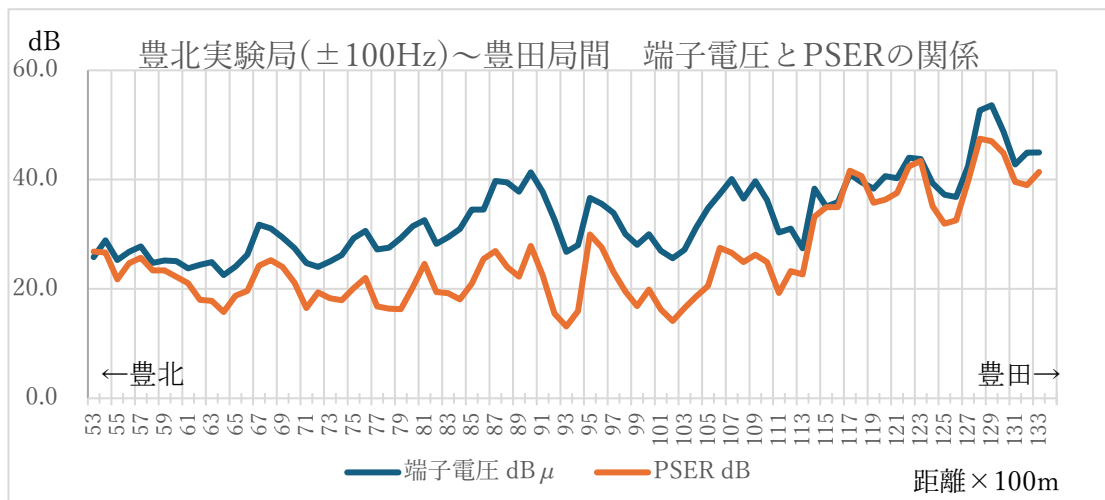


図5-73 豊北～豊田間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局 $\pm 100\text{Hz}$)

(オ) 豊北実験局～豊田局間 移動測定データ（各シフト方式で比較、100m単位で集計）

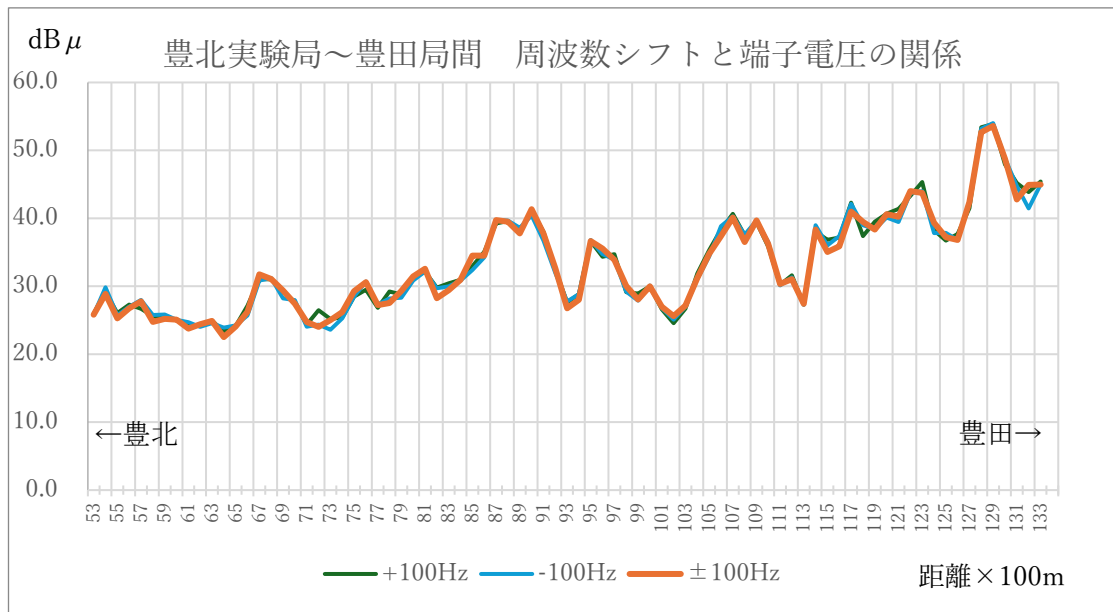


図5-74 豊北～豊田間 周波数シフトと端子電圧の関係

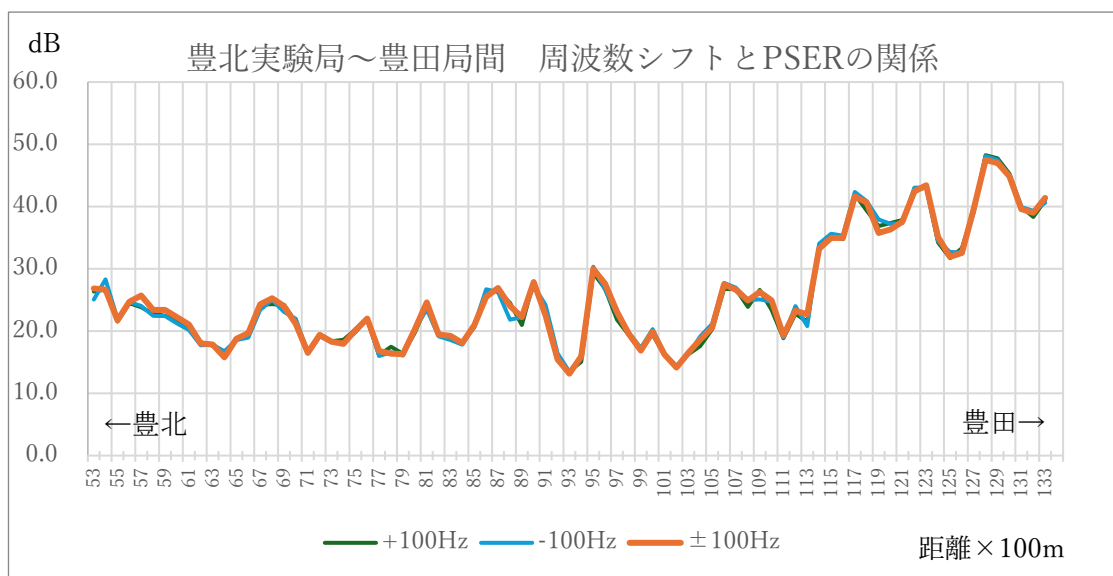


図5-75 豊北～長門間 周波数シフトとPSERの関係

(考察)

水平偏波同士が交錯するエリアでの試験となった。端子電圧が全体的に低めで、PSERの値も低めの範囲が広がった。

長門局と同様に周波数シフト方式の違いによる差については顕著な差は見られなかった。

音質についても、周波数シフト方式による差は確認できなかった。

(3) 各局毎の電界分布測定

山口放送様は、山陰沿いでは86.4MHzでFM同期放送をおこなっておられるため、エリアが輻輳する地域では各局の電波が混ざった状態にあるが、日曜日の深夜は放送休止(無音)となるため、リアルタイムスペアナで周波数範囲(SPAN)を狭めて測定することにより豊北実験局、長門局、豊田局それぞれの電波を分けて測定することができる。これにより、豊北実験局と他局とのDU比が少ない地点を求める。

(測定条件)

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(リアルタイムスペアナ)
- ・測定周波数は86.4MHz(SPAN:5kHz)
- ・測定信号は無音(モノラル)
- ・測定項目は端子電圧、GPS位置情報
- ・特定のルートを1回測定。(豊田～豊北～角島～油谷～長門)
- ・周波数シフトは+100Hzのみ。
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・豊北実験局は送信機出力50w

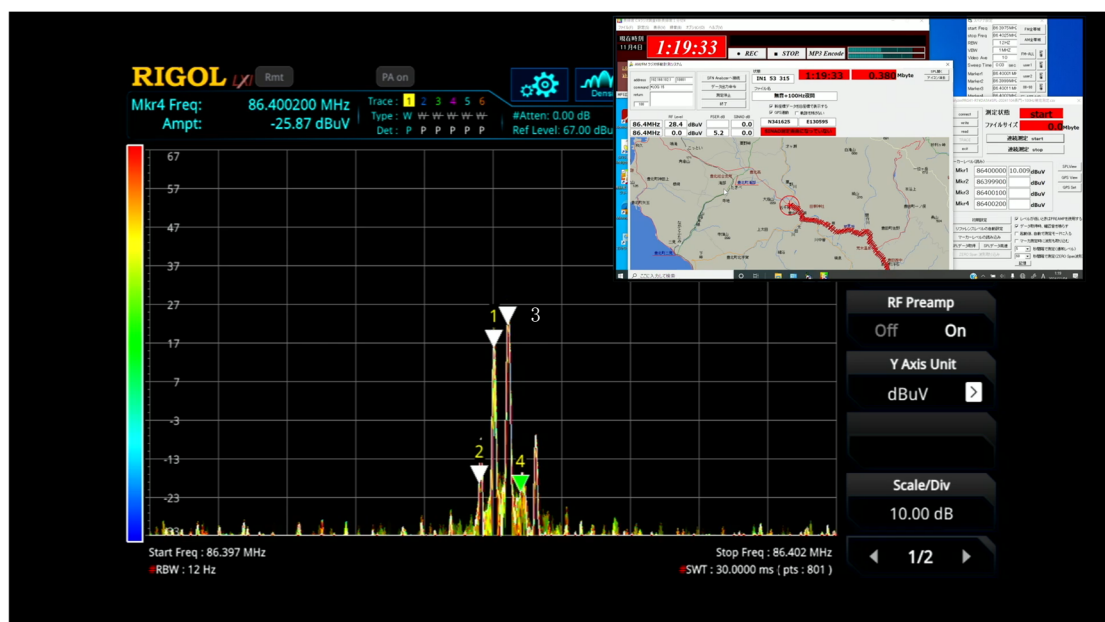


図5-76 無音時のスペアナ波形

- マーカー1: オフセット0Hz(長門局、豊田局)
- マーカー2: オフセット-100Hz
- マーカー3: オフセット+100Hz(豊北実験局)
- マーカー4: オフセット+200Hz

(ア) リアルタイムスペアナによる端子電圧測定結果

周波数:86.400000MHz

変調信号:無音(モノラル)

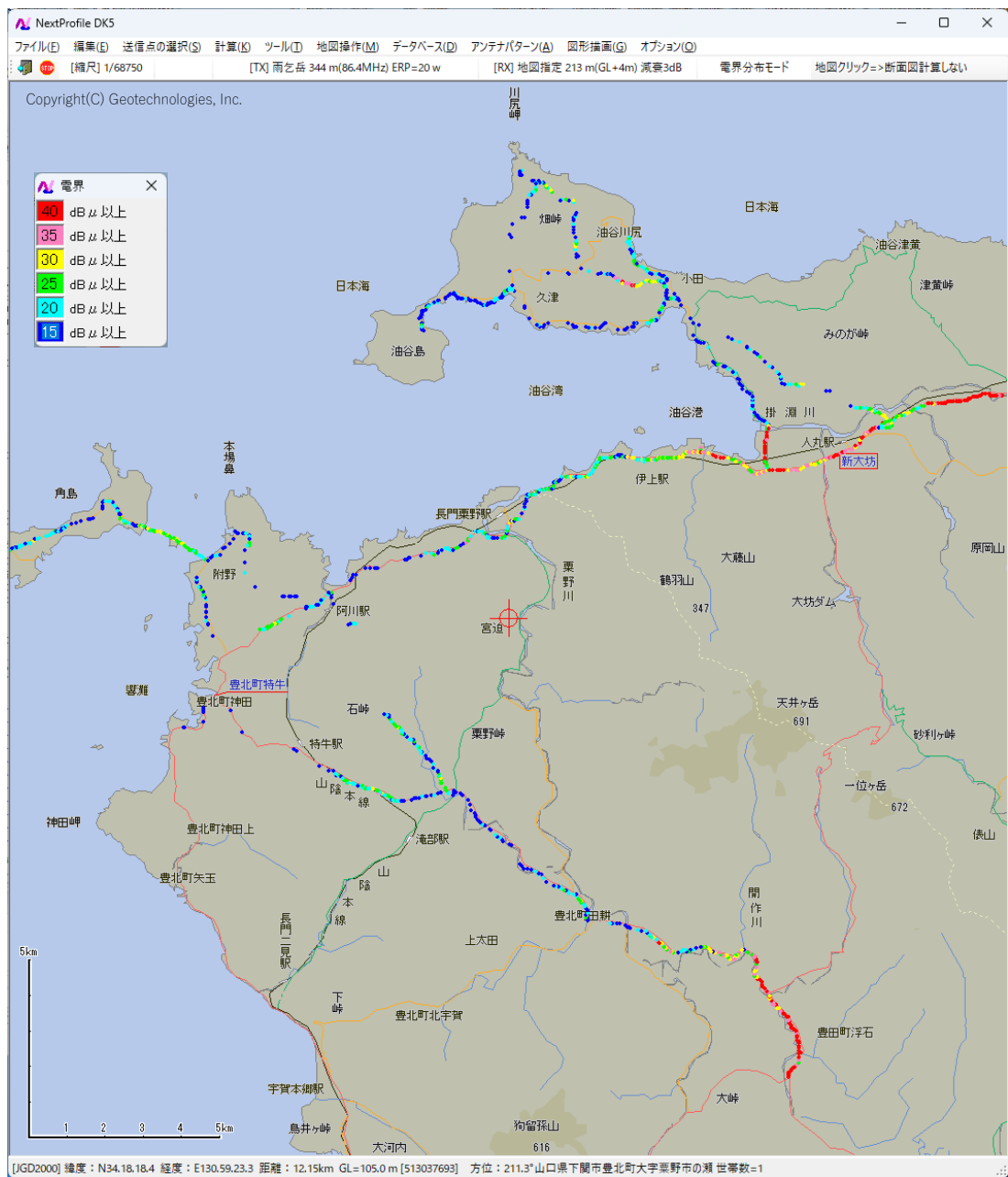
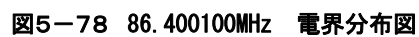


図5-77 86.400000MHz 電界分布図

変調信号：無音（モノラル）



(ウ) 豊北実験局～長門局間の電界カーブ（100m単位で集計）

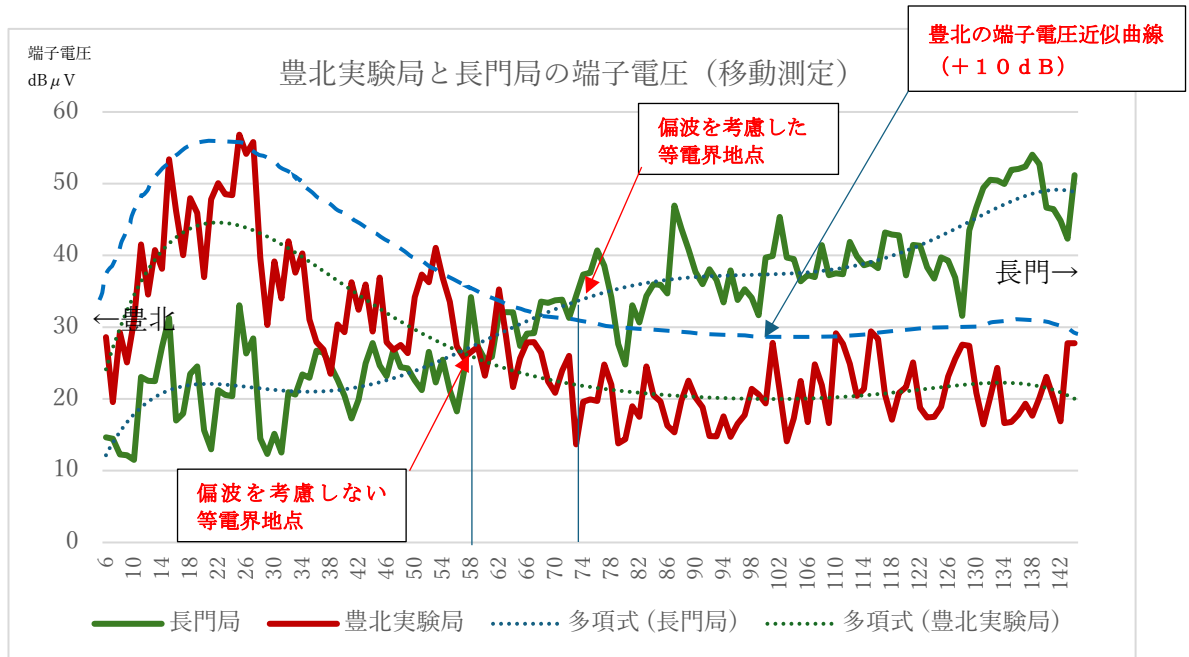


図5-79 豊北～長門間の端子電圧（移動測定）



図5-80 豊北～長門間の端子電圧によるD/U分布図

(エ) 豊北実験局～豊田局間の電界カーブ（１００m単位で集計）

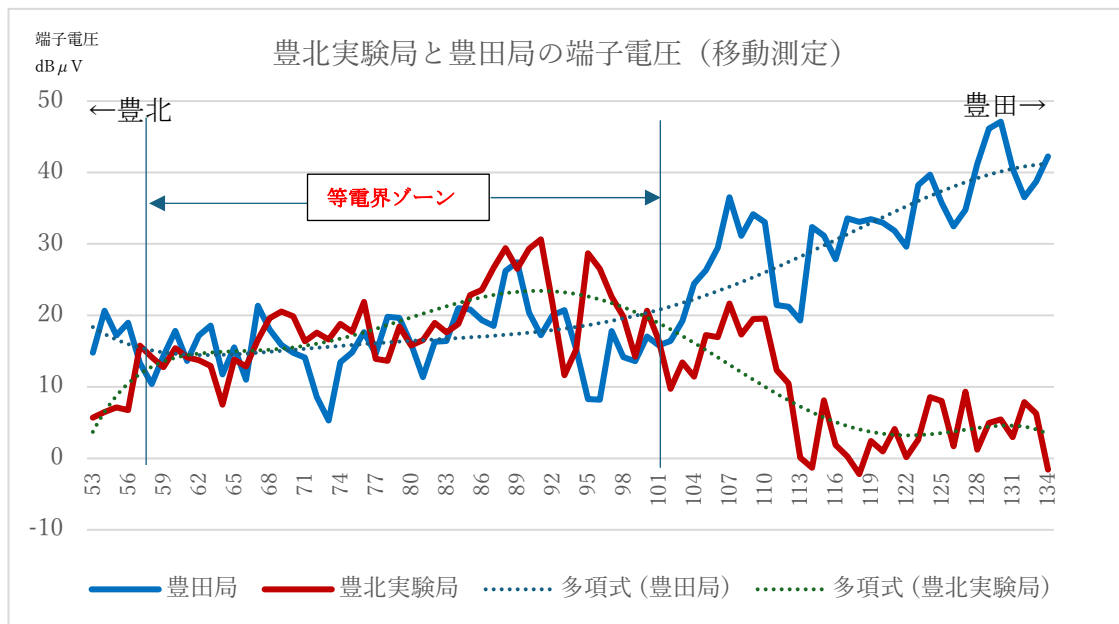


図5-81 豊北～豊田間の端子電圧（移動測定）



図5-82 豊北～豊田間の端子電圧によるD U分布図

(オ) リアルタイムスペアナによる広範囲でのD/U分布測定結果



図 5-83 長門～豊北～豊田間の広域D/U分布図

- ・SFNアナライザーによるPSER測定結果と同じ傾向となった。
- ・角島大橋付近はDU比が少なく、受信状況がよくない状況とみられる。

（４）KRY豊北実験局の状況

豊北実験局は送信機出力50wで放送中。実験局の出力を変化させた場合の豊田局や長門局との電波が交錯するエリアに対して、どのような影響があるかについて試験を行う。送信機出力は12.5w、2.5w、0wまで変化させ、50w時との比較を行う。

（測定条件）

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(SFNアナライザー)
- ・測定周波数は86.4MHz
- ・測定信号はプログラム
- ・測定項目は端子電圧、PSER, GPS位置情報
- ・プログラム音声も録音(1分単位で分割、チューナーはSFNアナライザー)
- ・周波数シフトは+100Hz
- ・特定のルートを1回測定。(豊田～豊北～角島～油谷～長門)
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・SFNアナライザーの帯域幅は Middle で設定
- ・豊北実験局の送信機出力は50w、12.5w、2.5w、0wで試験を行う

(1) 電界分布、P S E R分布図（豊北実験局 5 0 w時）

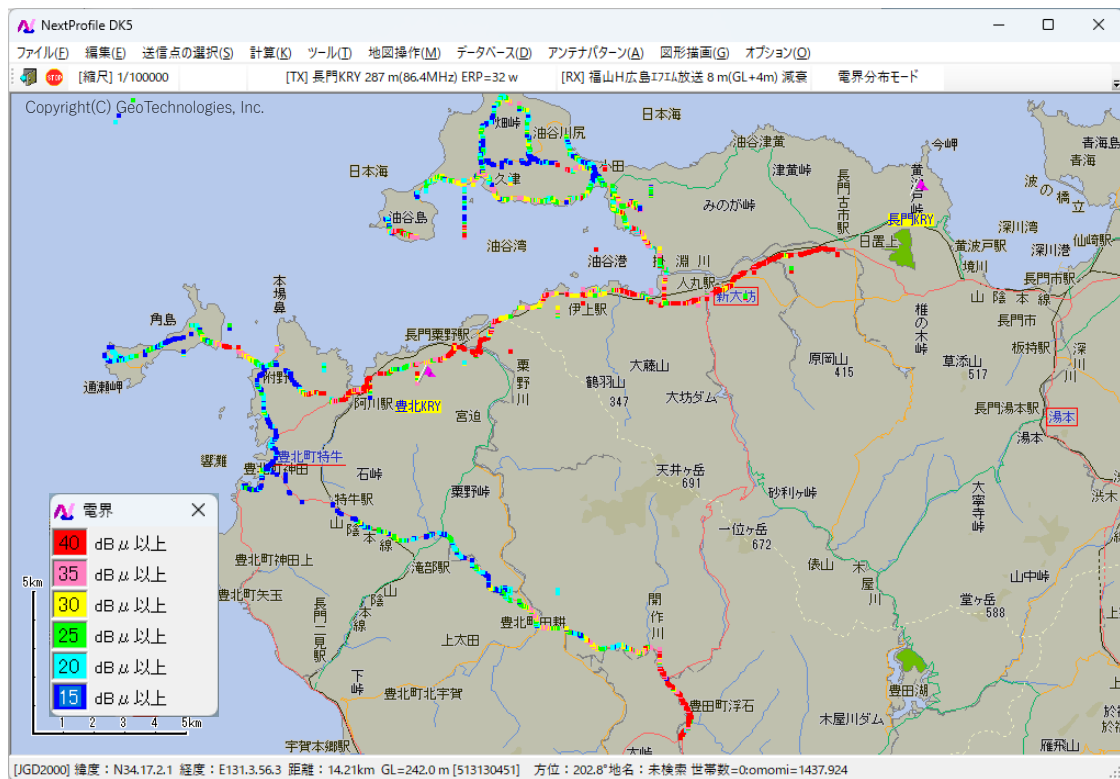


図 5－84 豊北実験局 5 0 w時の電界分布図

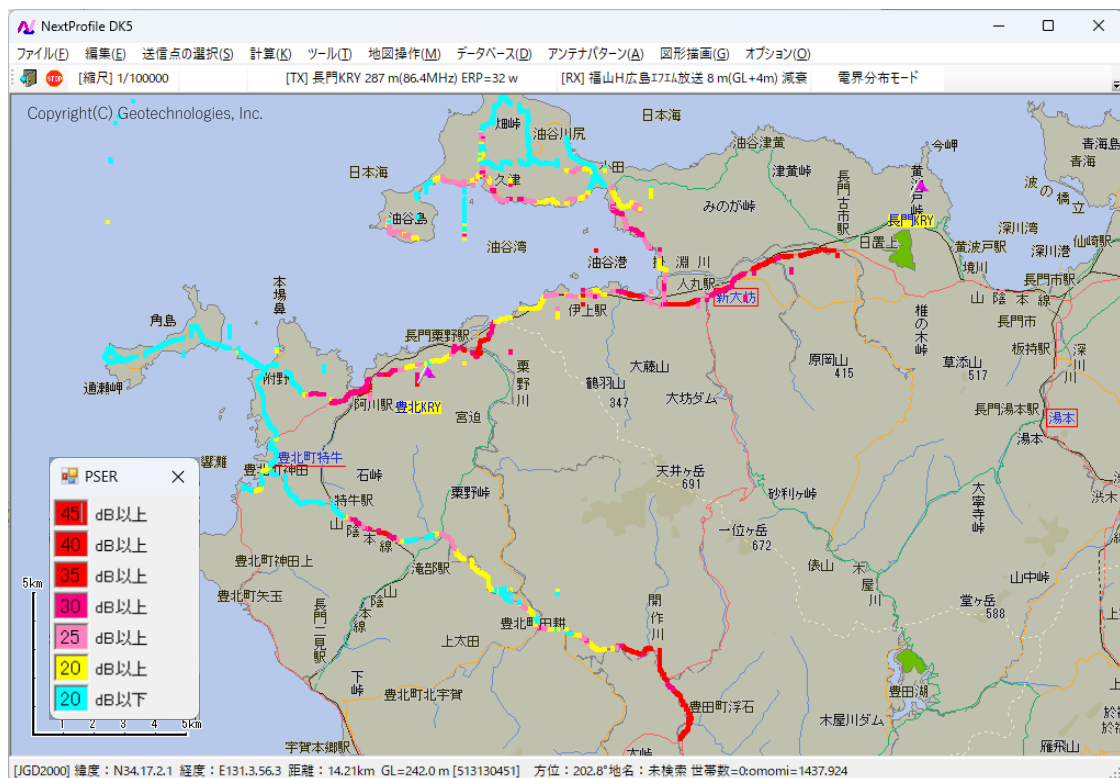
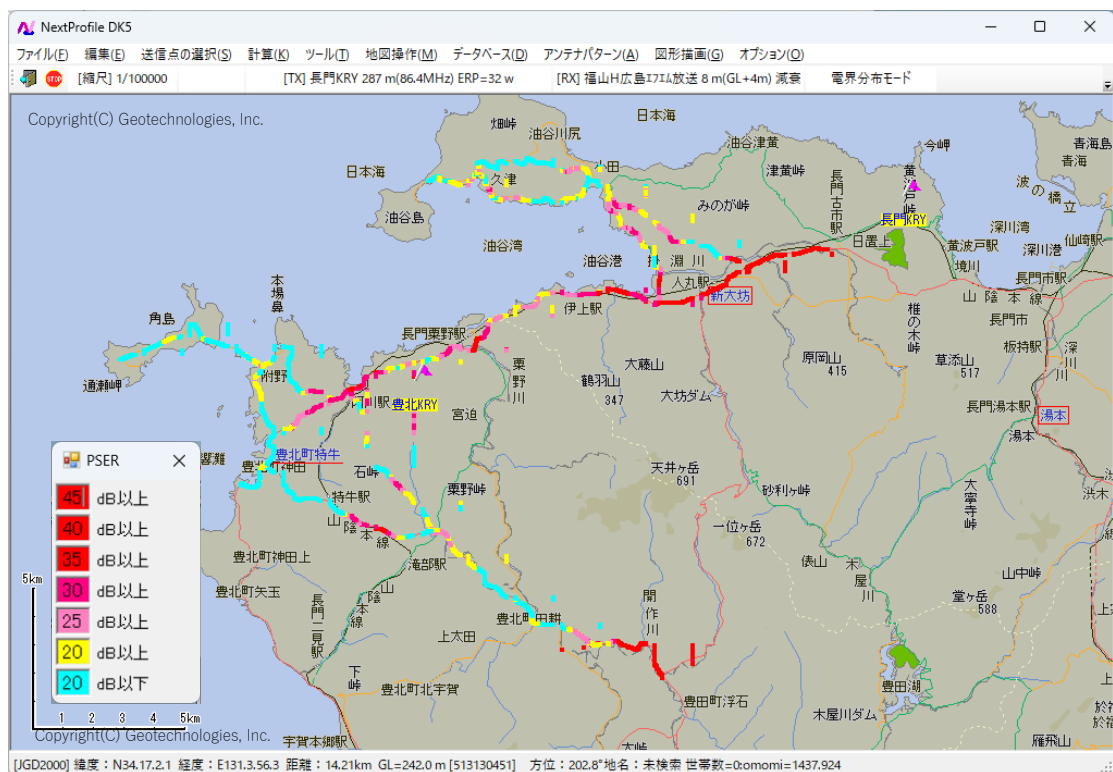
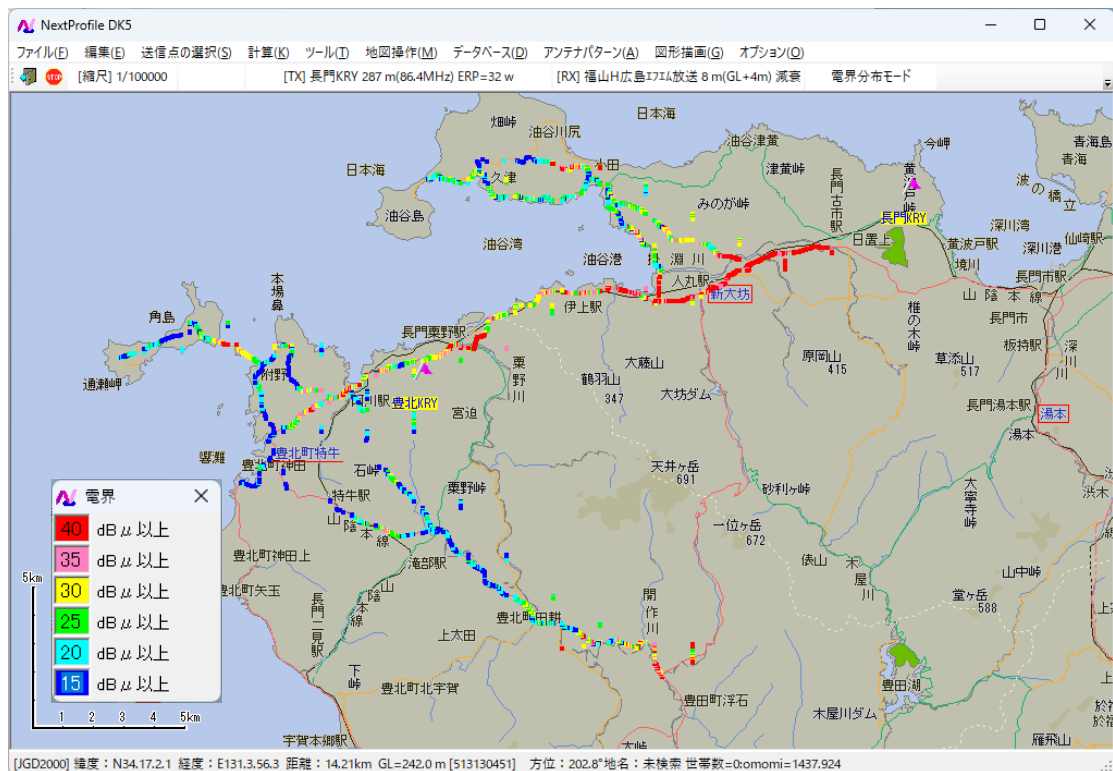


図 5－85 豊北実験局 5 0 w時のP S E R分布図

(2) 電界分布、P S E R分布図（豊北実験局 1 2. 5 w）



(3) 電界分布、P S E R分布図（豊北実験局 2. 5 w）

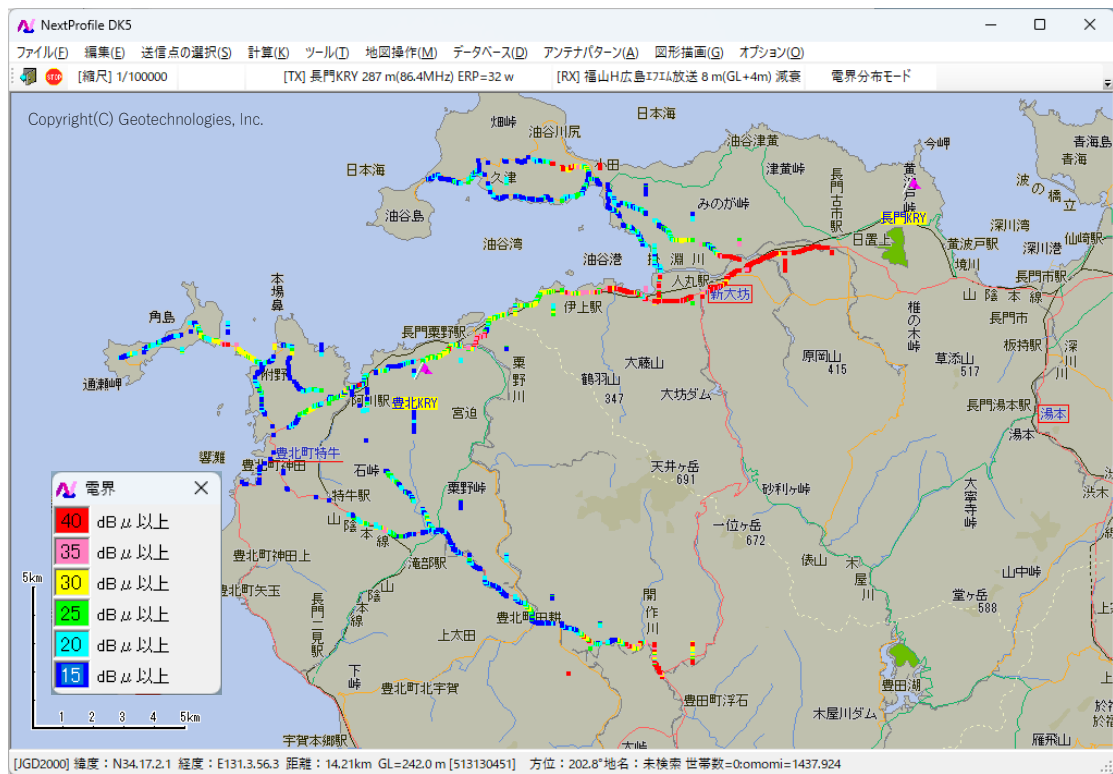


図 5-88 豊北実験局 2. 5w時の電界分布図



図 5-89 豊北実験局 2. 5w時のP S E R分布図

(4) 電界分布、P S E R分布図（豊北実験局 O w）

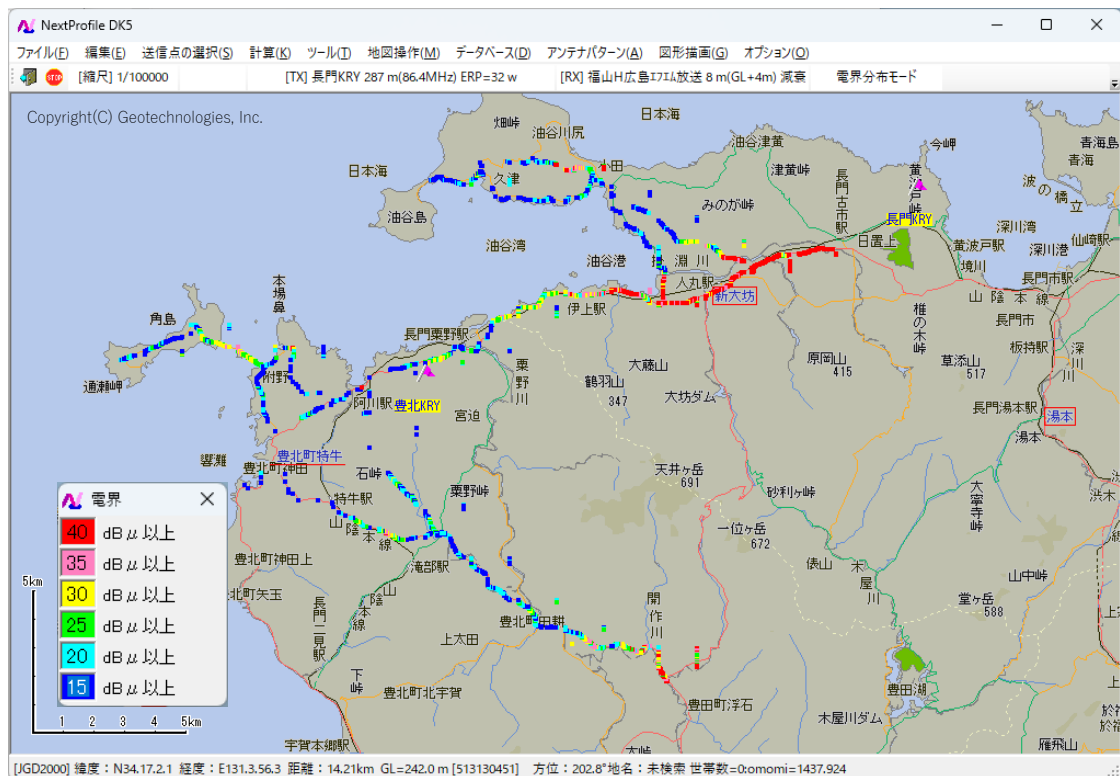


図5－90 豊北実験局 O w時の電界分布図

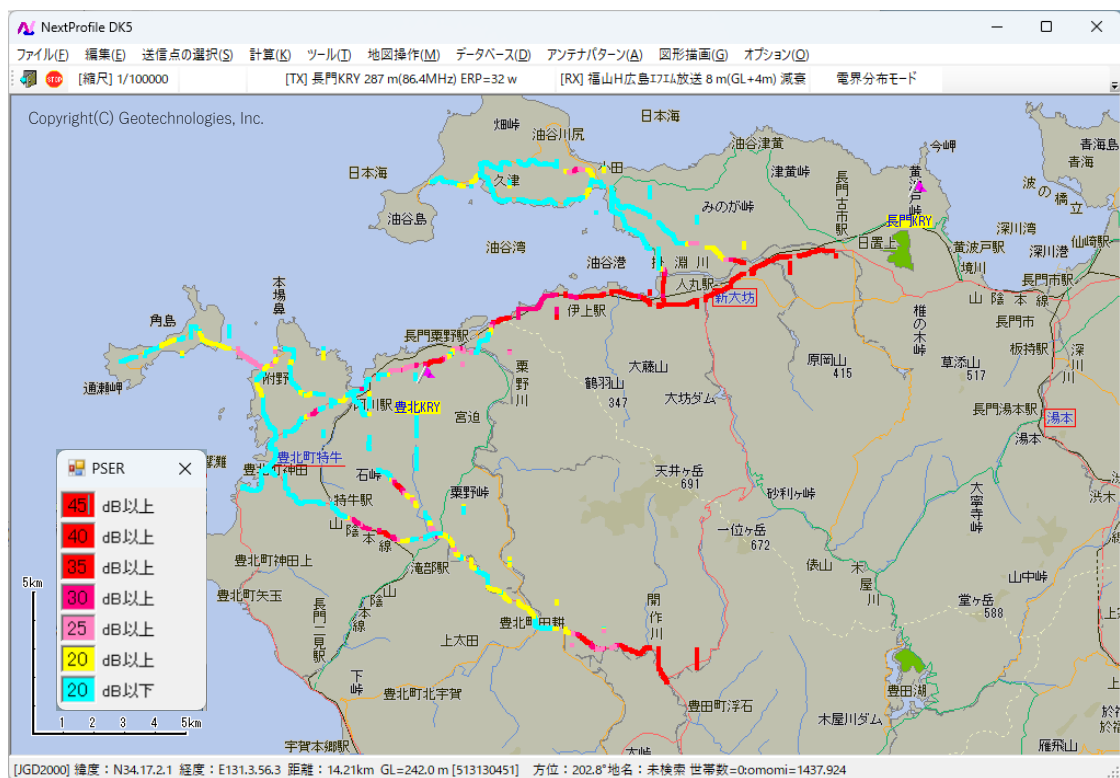


図5－91 豊北実験局 O w時のP S E R分布図

(考察)

- ・油谷湾の北側では、豊北実験局の電波がよく飛んでおり、豊北実験局の出力を下げると音質も低下する。
- ・伊上駅付近では、豊北実験局と長門局のD/Uが少ない地点のため、豊北実験局の出力を下げると長門局が高くなり音質が改善する。
- ・阿川駅付近(豊北局の直下)では豊北実験局の電波が支配的で、豊北実験局の出力を下げると受信できなくなる。
- ・角島大橋付近は、豊北実験局の出力を下げると音質は改善方向になる。ただし、長門局、豊浦局、美祢局、豊田局などの電波が混在する地点となる。
- ・豊北町田耕付近(豊北と豊田の中間点)は豊北実験局の出力を下げて音質の改善方向にはならない。

5. 7 山口大学の建物を活用した試験

山口大学に設置した実験試験局では、①親局とFMキャンセラー1間のD/U分布及びPSERの確認、FMキャンセラー1とFMキャンセラー2のD/U分布やPSERの確認を行い、公開実験の基礎データを取得した。実験局AはFMキャンセラー実験局B・実験局Cの親局としての役割となる。実験局Bと実験局CはFM回り込みキャンセラー局となる。

周波数の送受信関係は以下のとおり。

- ・A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V受信)、送信86.4MHz、V偏波)出力1mW
- ・B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A受信)、送信86.4MHz)出力1mW
- ・C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A受信)、送信86.4MHz)出力1mW

調査地点については、実験局の近くに教職員・学生用の駐車場があり、利用した。経路が直線ではないため、グラフにまとめる際には距離と角度を考慮した計算により横軸を設定した。横軸の計算は以下の通り。

- ・横軸の数値：(実験局Aからの距離＋(実験局Aから見た方位－90)×1.5))×0.1

上記式によって得られる地図上の位置の目安は下図のとおり。

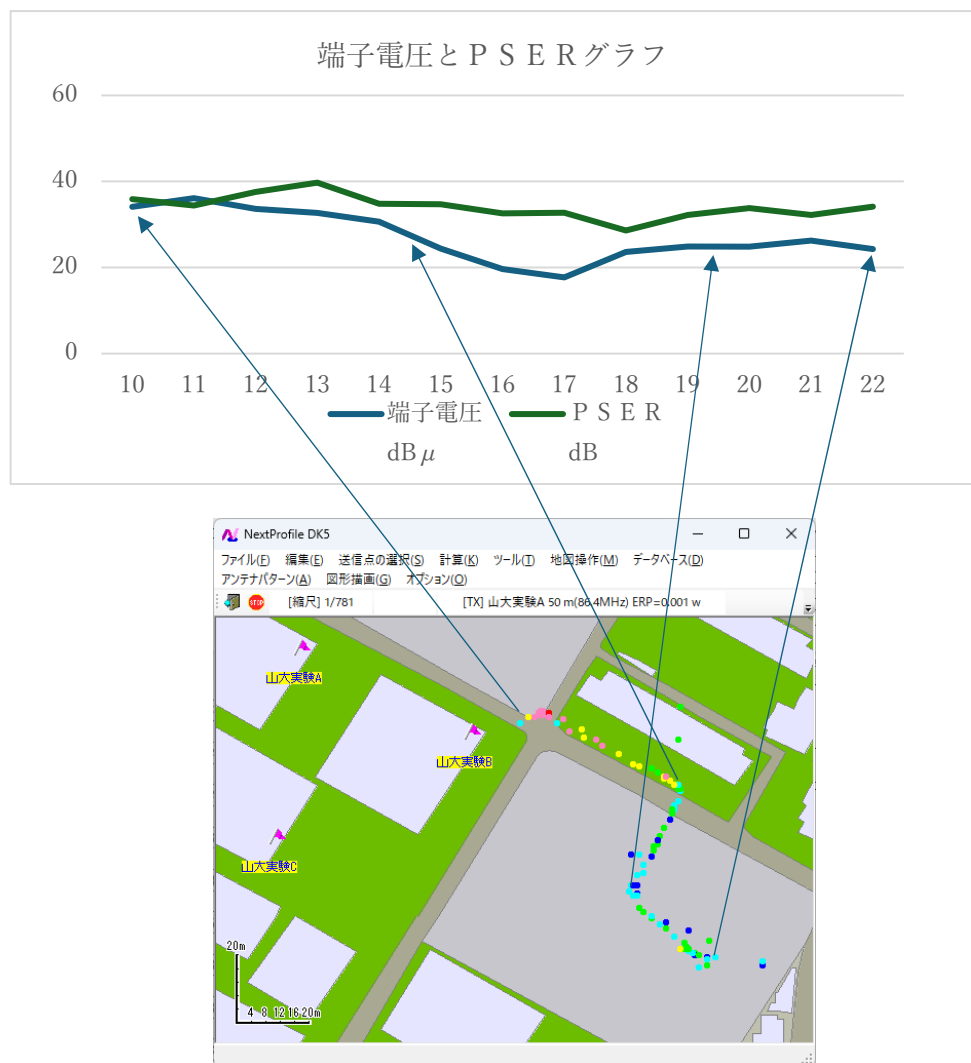


図5-92 調査ポイントとグラフの横軸の解説

(1) 実験局A・B・Cの組み合わせと 偏波面の組み合わせによる試験

- (ア) A(親局)のみ
- (イ) A+BH
- (ウ) A+CH
- (エ) A+BV
- (オ) A+CV
- (カ) A+BH+CH
- (キ) A+BV+CV
- (ク) A+BH+CV
- (ケ) 端子電圧の比較グラフ(1波、2波、3波の組み合わせ)
- (コ) PSERの比較グラフ(1波、2波、3波の組み合わせ)
- (サ) 端子電圧の比較グラフ(3波による偏波の組み合わせ)
- (シ) PSERの比較グラフ(3波による偏波の組み合わせ)

(表現の説明)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H:水平偏波、V:垂直偏波

(ア) A (親局) のみ

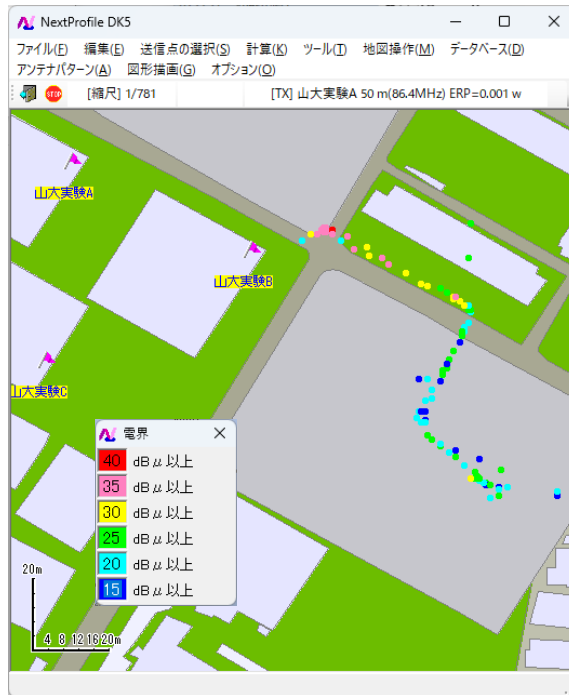


図5-93 電界分布 (Aのみ)



図5-94 PSER (Aのみ)

(イ) A+BH

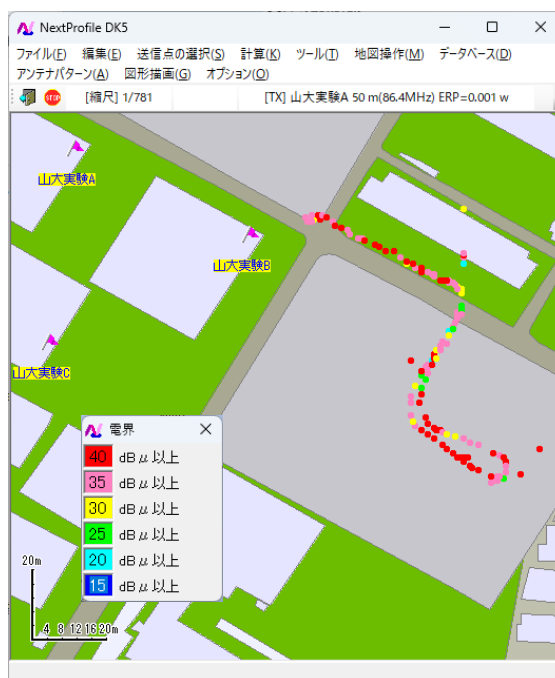


図5-95 電界分布 (A+BH)

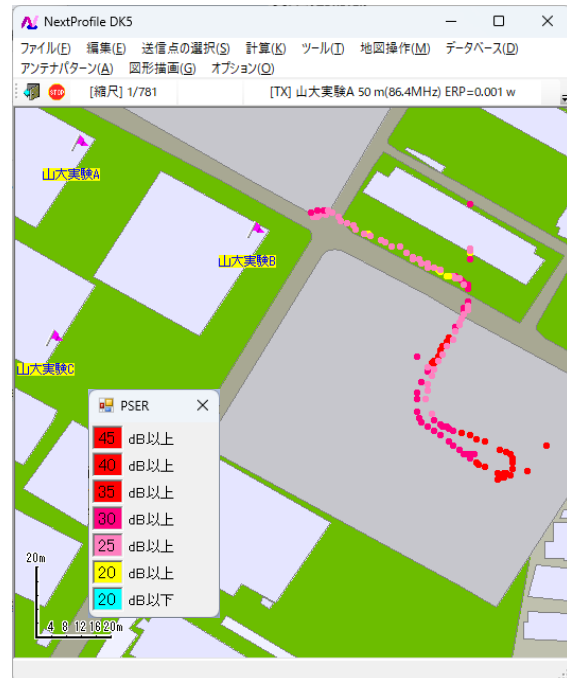


図5-96 PSER (A+BH)

(ウ) A+CH

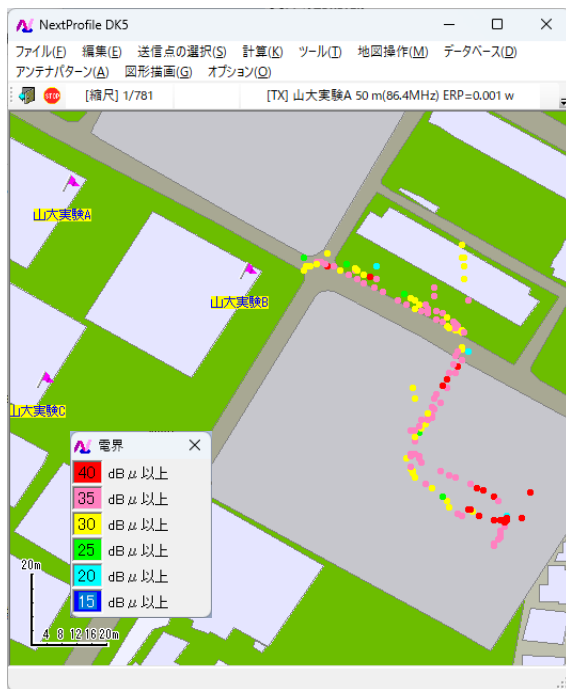


図5-97 電界分布 (A+CH)



図5-98 PSER (A+CH)

(エ) A+B V



図5-99 電界分布 (A+B V)

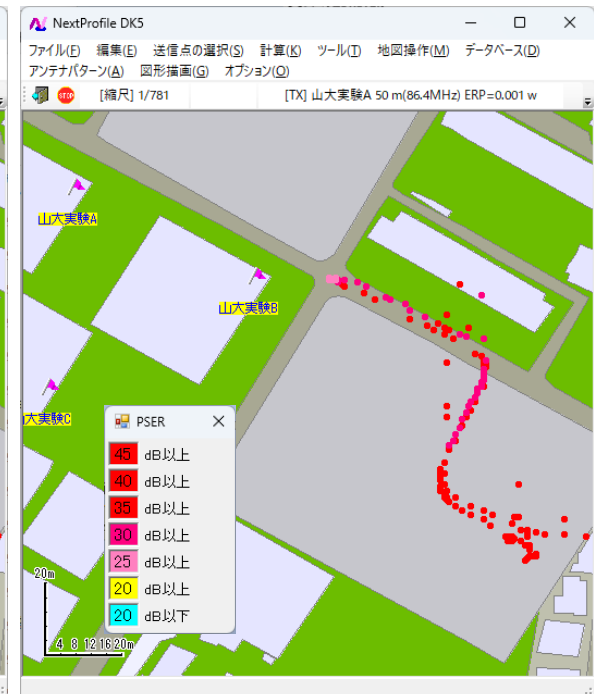


図5-100 PSER (A+B V)

(オ) A+CV



図5-101 電界分布 (A+CV)

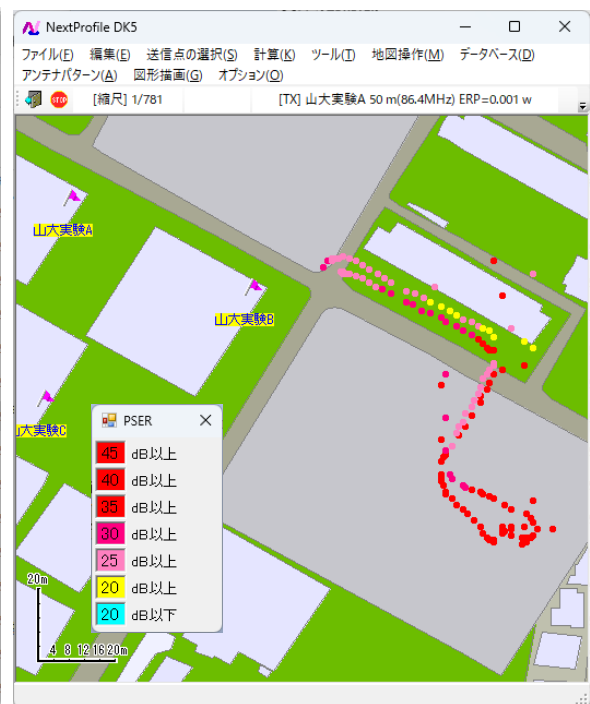


図5-102 PSER (A+CV)

(カ) A+BH+CH



図5-103 電界分布 (A+BH+CH)



図5-104 PSER (A+BH+CH)

(キ) A+BV+CV

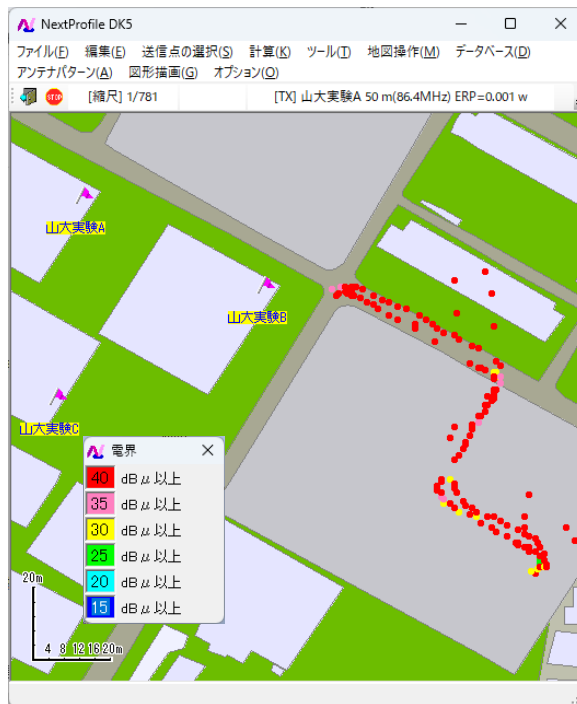


図5-105 電界分布 (A+BV+CV)

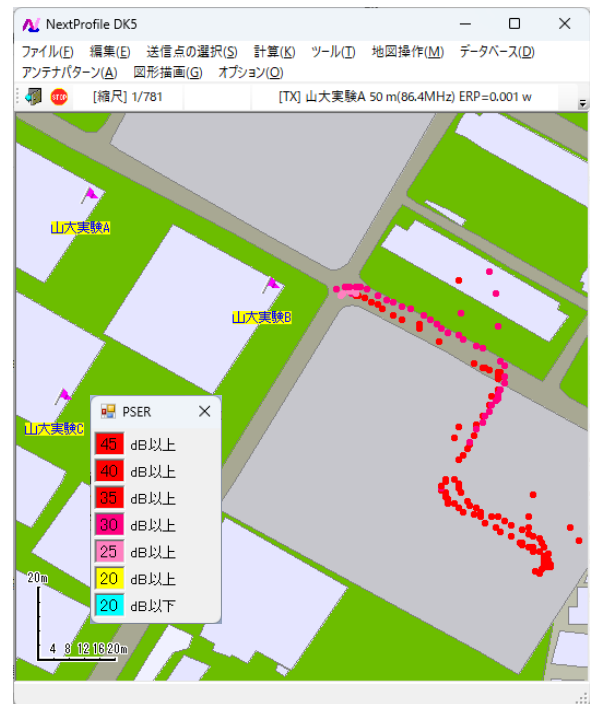


図5-106 PSER (A+BV+CV)

(ク) A+BH+CV



図5-107 電界分布 (A+BH+CV)

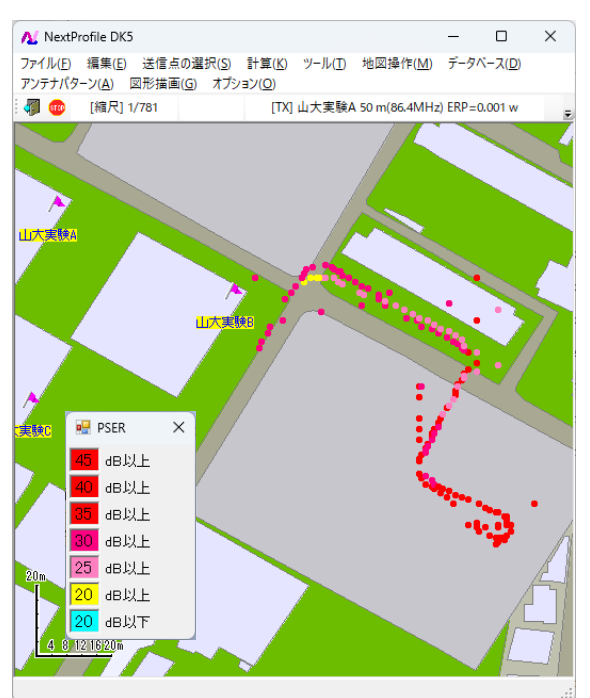


図5-108 PSER (A+BH+CV)

(ケ) 端子電圧の比較グラフ（１波、２波、３波の組み合わせ）

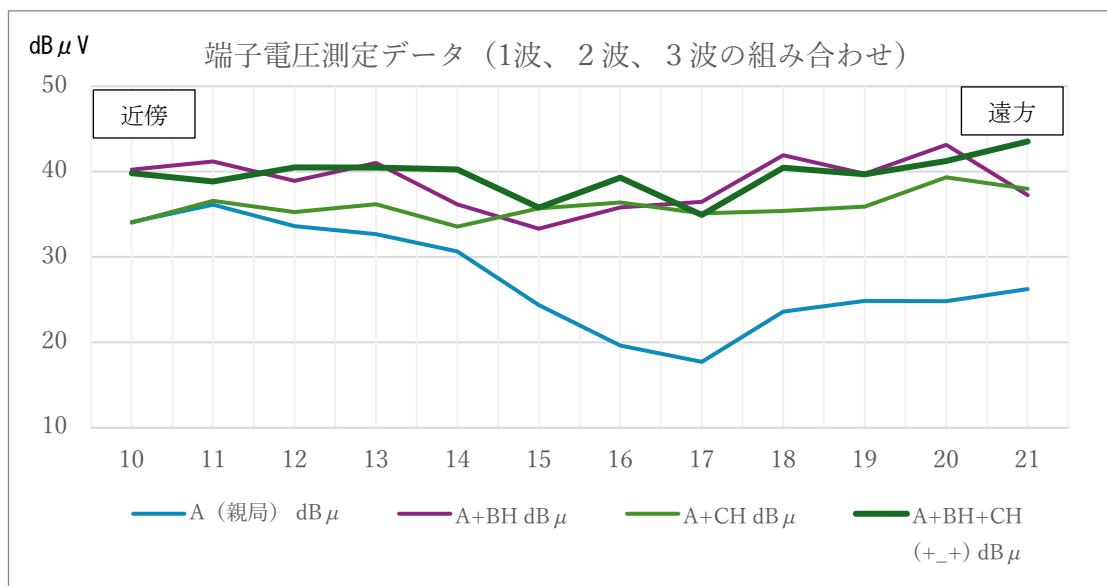


図５－１０９ 実験局の組み合わせによる端子電圧の比較

Aは送信場所が一番離れており、遠方になると建物の陰になり見通し外となる。端子電圧も遠方になると低くなる。またC局もB局よりは遠方になるため端子電圧は若干低めとなっている。

(コ) P S E Rの比較グラフ（１波、２波、３波の組み合わせ）

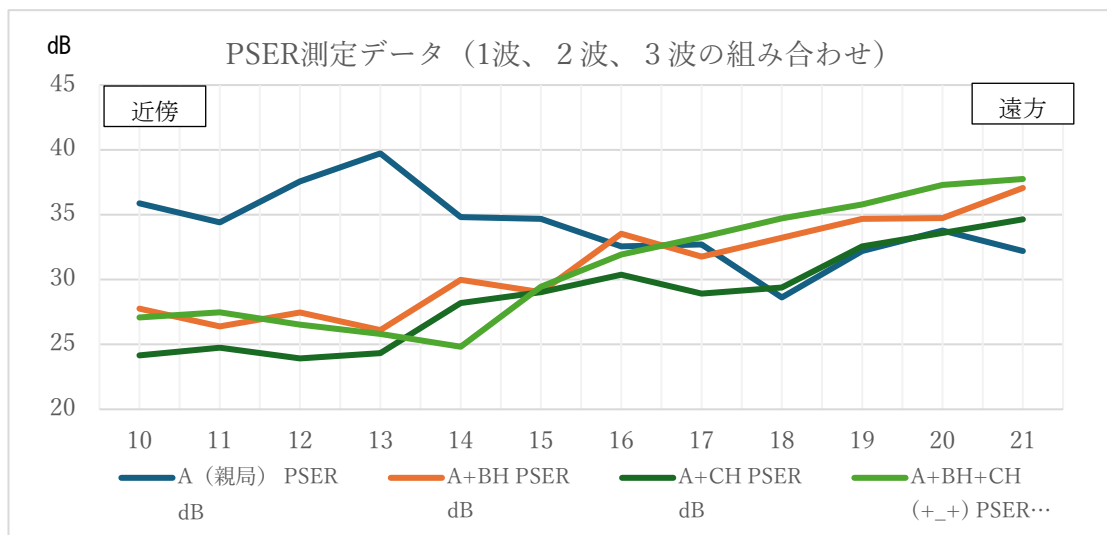


図５－１１０ 実験局の組み合わせによるP S E Rの比較

Aは周波数変換された信号のため品質が一番良い。回り込みキャンセラー局のB局・C局が合成されると、周波数偏差（100Hzずれ）と遅延時間差（200μs以上遅延）があるため、A局の端子電圧が高い場所ではD/Uが少ないためP S E Rの低下につながる。

(サ) 端子電圧の比較グラフ（3波による各偏波の組み合わせ）

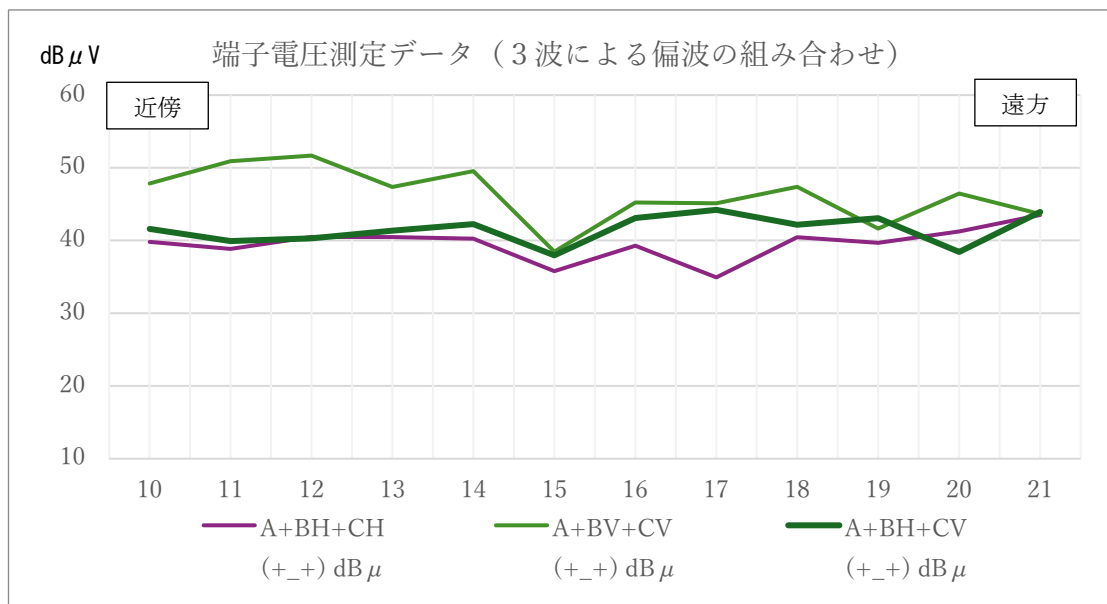


図5-111 実験局の偏波面の組み合わせによる端子電圧の比較

試験の結果、近傍では垂直偏波の組み合わせが一番高かったが遠方になると大差がなかった。

(シ) P S E Rの比較グラフ（3波による各偏波の組み合わせ）

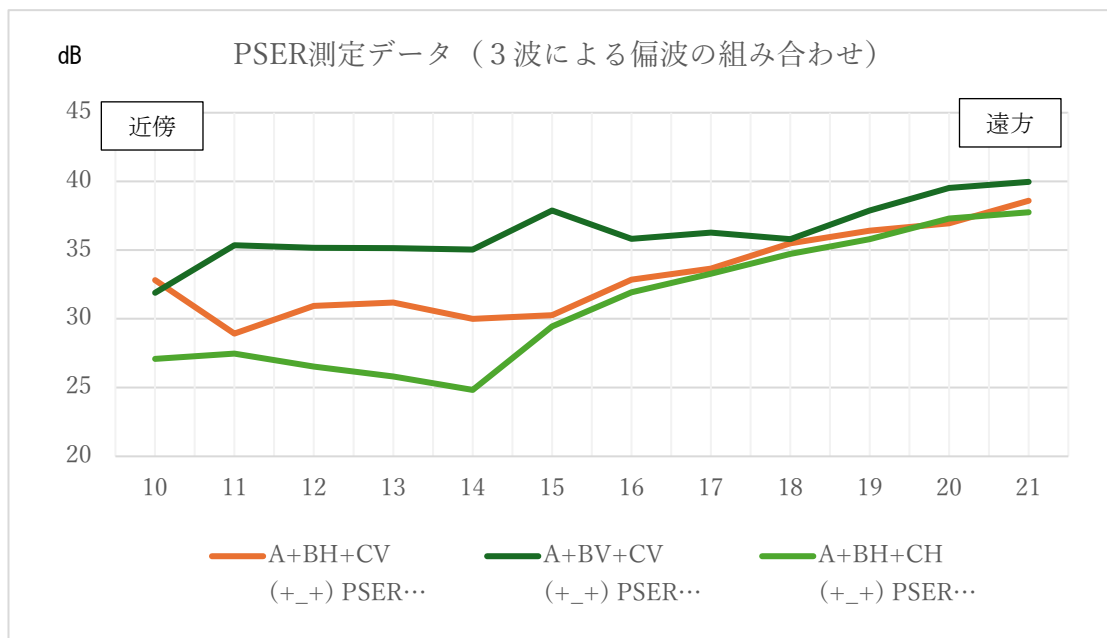


図5-112 実験局の偏波面の組み合わせによるP S E Rの比較

近傍では垂直偏波の組み合わせがP S E Rも一番良好であったが遠方になると大差は確認されなかった。近傍は送信アンテナの直下付近になるため、周囲の建物による反射の影響や送信アンテナ指向性などの影響を受けているものと予測する。

(2) 実験局A・B・Cの合成と
周波数シフトの組み合わせによる試験
(B : 水平 + C : 水平)

(ア) $A+BH+CH(+_+)$

(イ) $A+BH+CH(+_ -)$

(ウ) $A+BH+CH(+_ \pm)$

(エ) $A+BH+CH(\pm_ \pm)$

(オ) 端子電圧とPSERグラフ (B: 水平、C: 水平)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H: 水平偏波、V: 垂直偏波

(ア) A+BH+CH (+__+)



図5-113 電界分布 (+__+)



図5-114 PSER (+__+)

(イ) A+BH+CH (+__-)

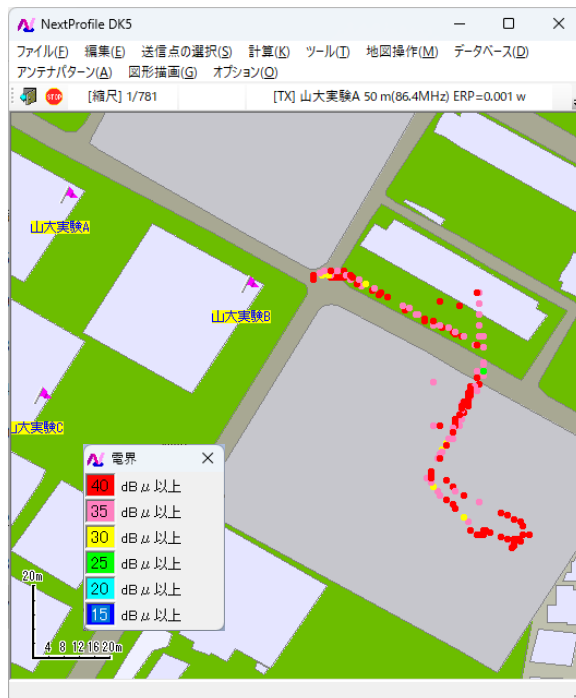


図5-115 電界分布 (+__-)



図5-116 PSER (+__-)

(ウ) A+BH+CH (+__±)

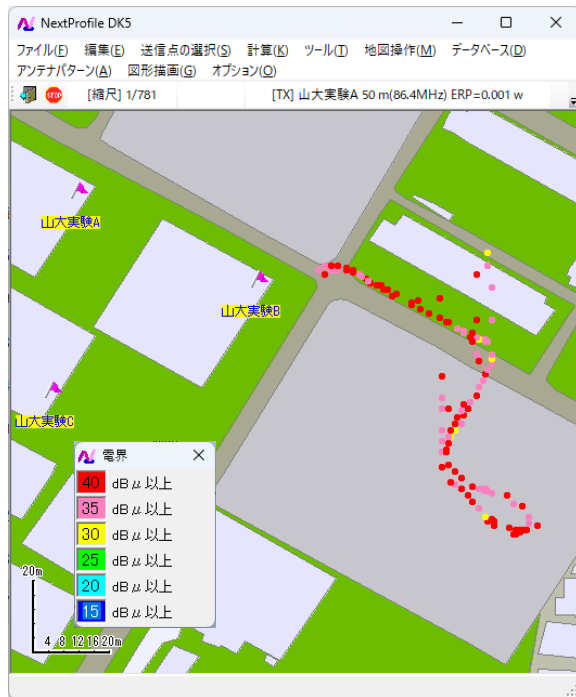


図5-117 電界分布 (+__±)

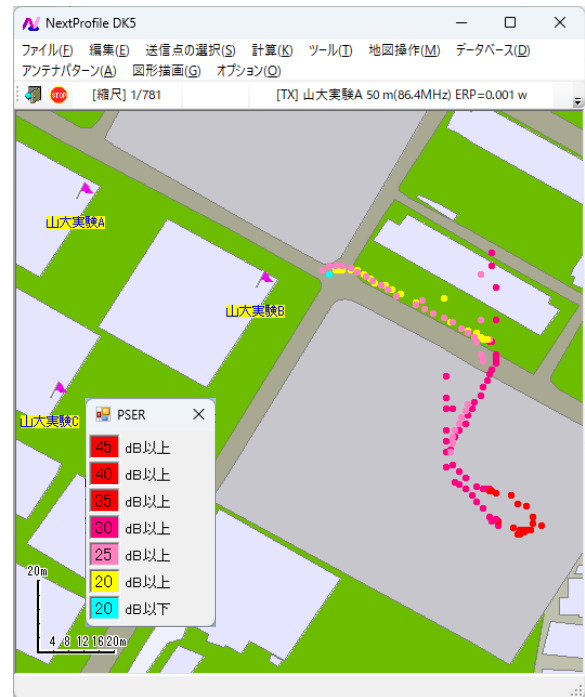


図5-118 PSER (+__±)

(エ) A+BH+CH (±__±)



図5-119 電界分布 (±__±)



図5-120 PSER (±__±)

(オ) 端子電圧と P S E R グラフ (B : 水平、C : 水平)

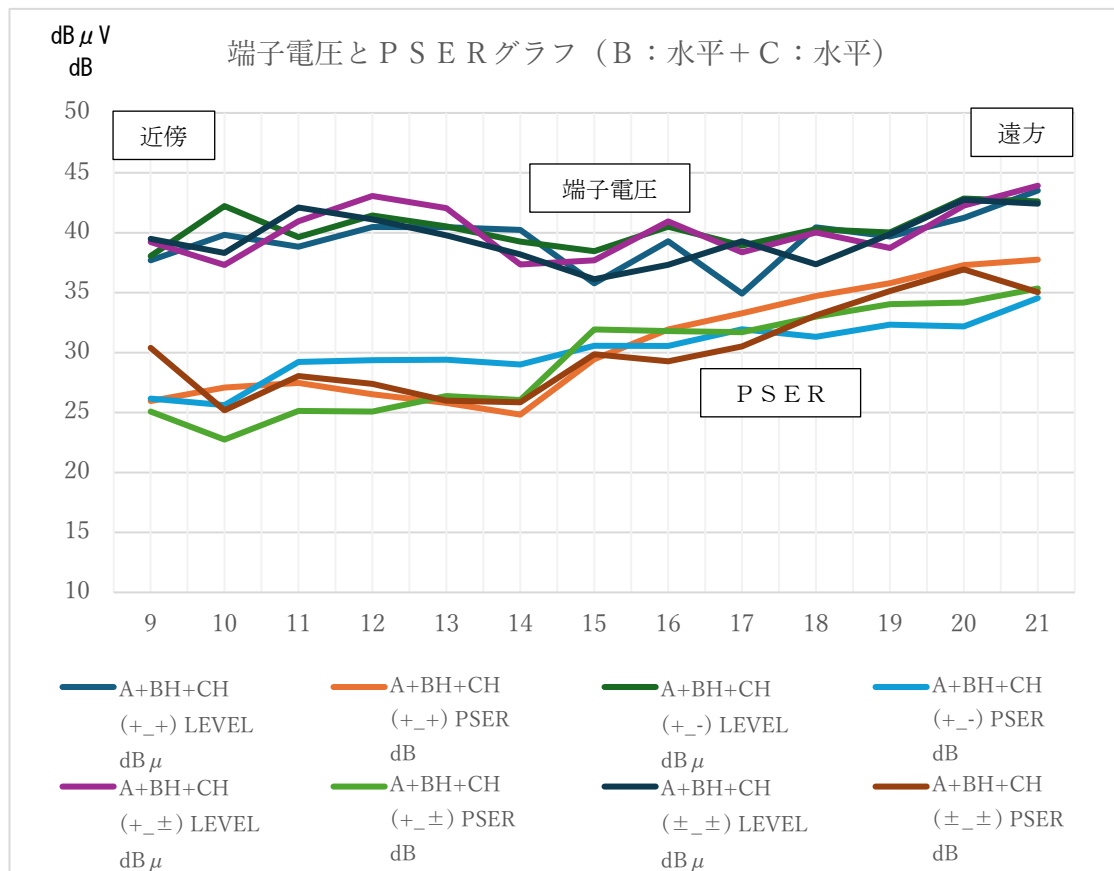


図 5 - 1 2 1 周波数シフトの組み合わせによる端子電圧、及び P S E R の比較

全体的には遠方になるほど P S E R は良好となる傾向となった。遠方になると、周波数シフトが (+_+) または (±_±) の同じシフト方式の組み合わせの時、P S E R が良好となった。音質については、シフト方式が異なる組み合わせでは多少ノイズが気になる音質であった。

(3) 実験局A・B・Cの合成と
周波数シフトの組み合わせによる試験
(B：水平+C：垂直)

(ア) $A+BH+CV(+_+)$

(イ) $A+BH+CV(+_ -)$

(ウ) $A+BH+CV(+_ \pm)$

(エ) $A+BH+CV(\pm_ \pm)$

(オ) 端子電圧とPSERグラフ(B:水平、C:垂直)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H:水平偏波、V:垂直偏波

(ア) A+BH+CV (+__+)



図5-122 電界分布 (+__+)



図5-123 PSER (+__+)

(イ) A+BH+CV (+__-)

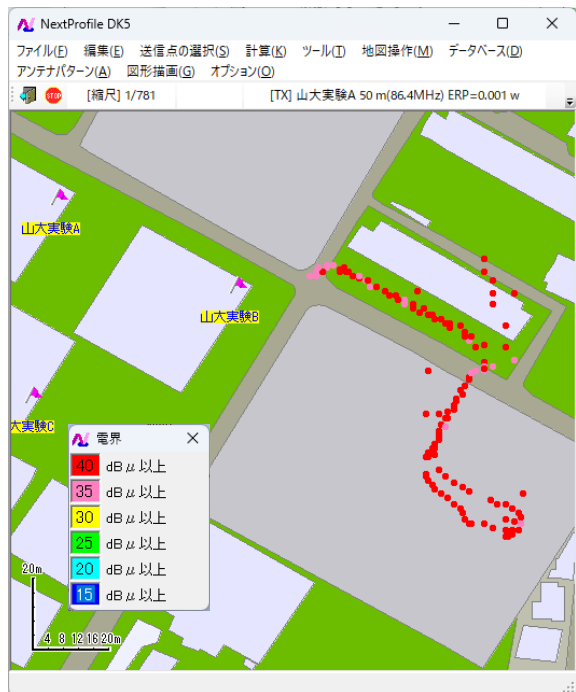


図5-124 電界分布 (+__-)

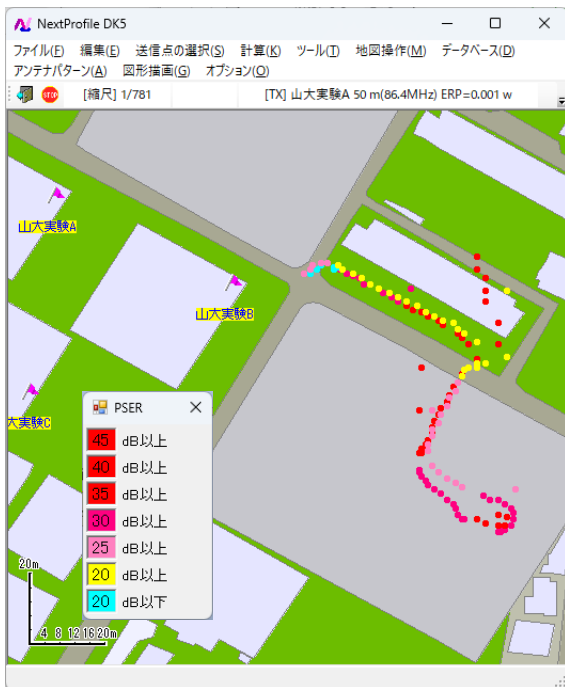


図5-125 PSER (+__-)

(ウ) A+BH+CV (+__±)



図5-126 電界分布 (+__±)



図5-127 PSER (+__±)

(エ) A+BH+CV (±__±)

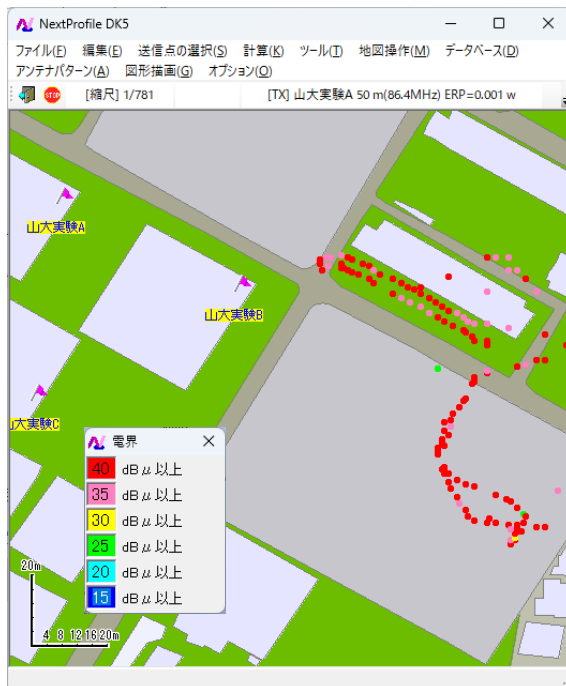


図5-128 電界分布 (±__±)



図5-129 PSER (±__±)

(オ) 端子電圧と P S E R グラフ (B : 水平、C : 垂直)

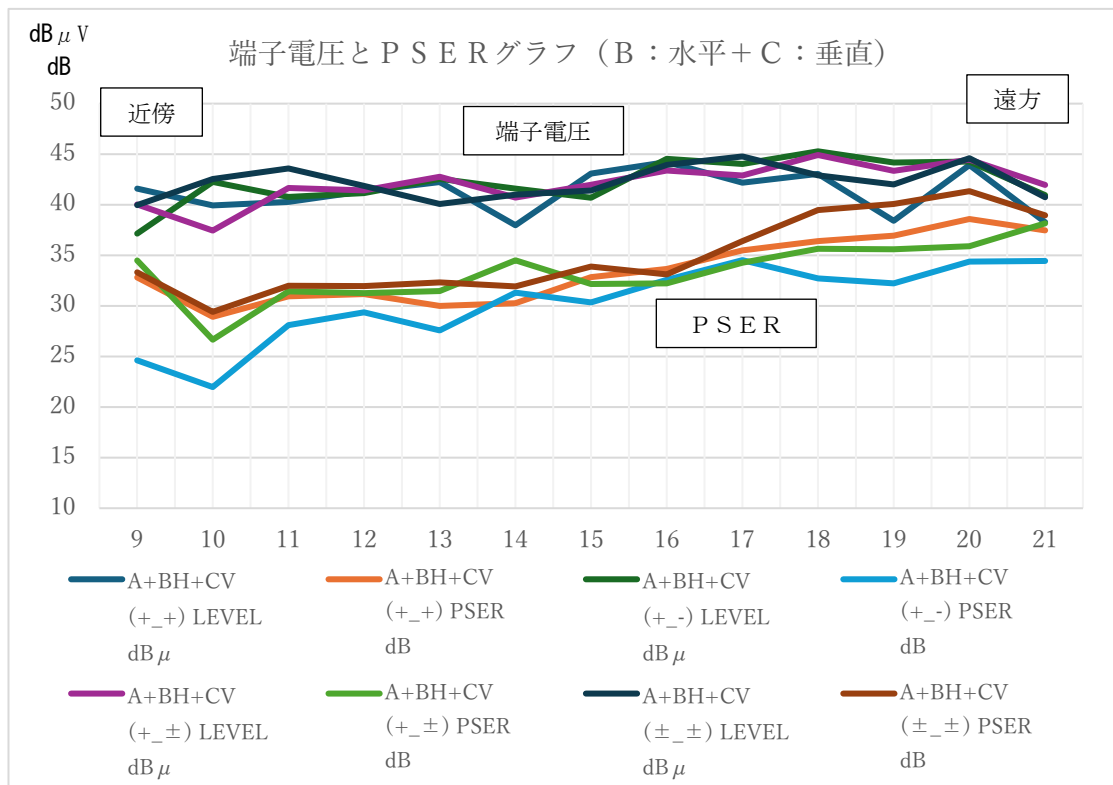


図 5 - 1 3 0 周波数シフトの組み合わせによる端子電圧、及び P S E R の比較

全体的に水平偏波の組み合わせと同様に遠方になるほど P S E R は良好となる傾向となった。遠方になると、周波数シフトが (+ _ +) または (± _ ±) の同じシフト方式の組み合わせの時、P S E R が良好となった。音質については、シフト方式が異なる組み合わせでは多少ノイズが気になる音質であった。

(4) 実験局A・B・Cの合成と
周波数シフトの組み合わせによる試験
(B：垂直+C：垂直)

(ア) $A + BV + CV (+ _ +)$

(イ) $A + BV + CV (+ _ -)$

(ウ) $A + BV + CV (+ _ \pm)$

(エ) $A + BV + CV (\pm _ \pm)$

(オ) 端子電圧とPSERグラフ (B:垂直、C:垂直)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H:水平偏波、V:垂直偏波

(ア) A+BV+CV (+__+)



図5-131 電界分布 (+__+)

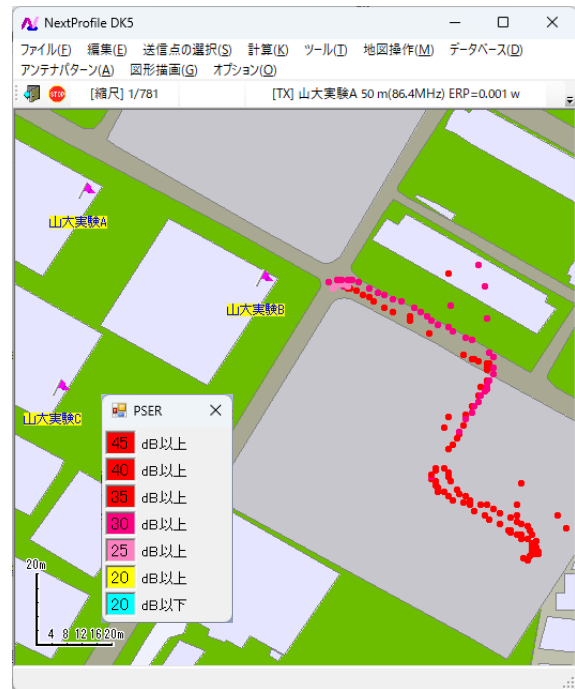


図5-132 PSER (+__+)

(イ) A+BV+CV (+__-)

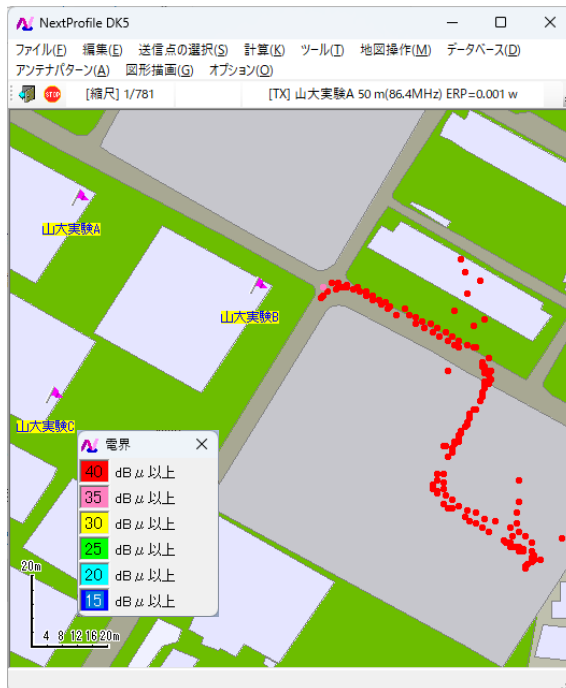


図5-133 電界分布 (+__-)



図5-134 PSER (+__-)

(ウ) A+BV+CV (+__±)



図5-135 電界分布 (+__±)



図5-136 PSEIR (+__±)

(エ) A+BV+CV (±__±)



図5-137 電界分布 (±__±)

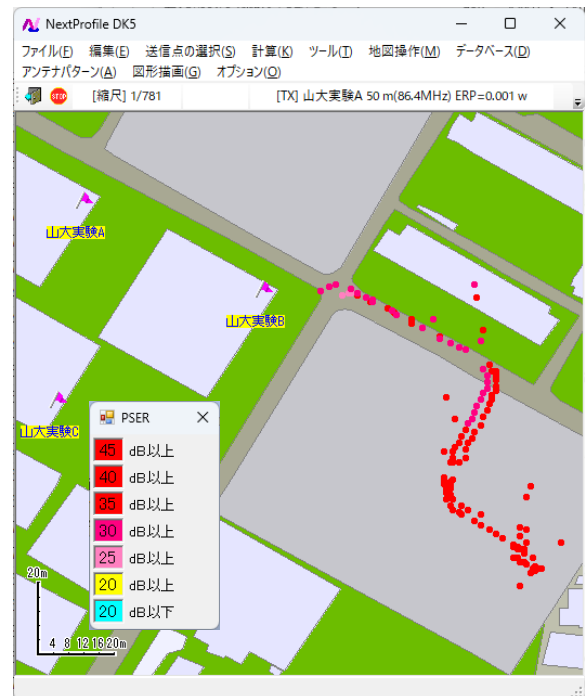


図5-138 PSEIR (±__±)

(オ) 端子電圧とP S E Rグラフ (B : 垂直、C : 垂直)

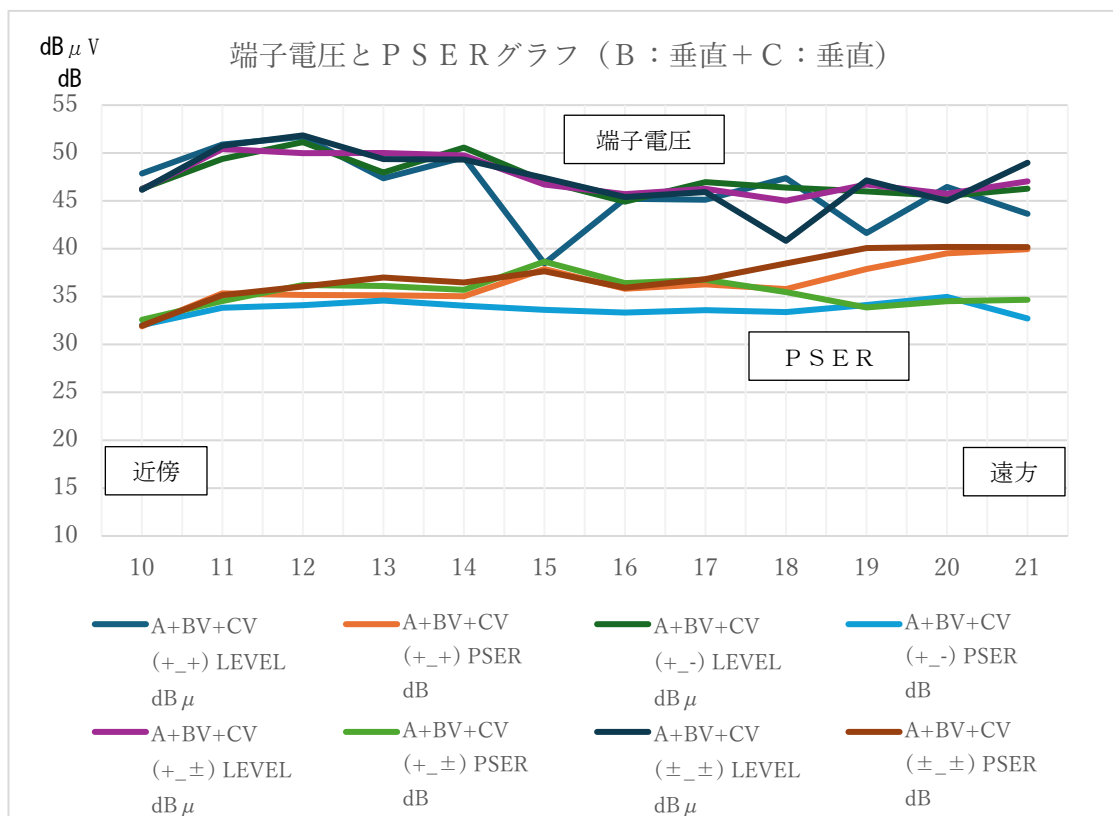


図5-139 周波数シフトの組み合わせによる端子電圧、及び P S E Rの比較

垂直偏波の組み合わせでは、近傍のほうが端子電圧が高くなった。P S E Rについては遠方になるほど良好となる傾向となった。また、周波数シフトが(+₋+)または(±₋±)の同じシフト方式の組み合わせの時にP S E Rが良好となった。音質については、シフト方式が異なる組み合わせでは多少ノイズが気になる音質であった。(他の偏波の組み合わせと同じ傾向)

(5) 山口大学での屋外試験

山口大学の屋外試験結果をもとに、調査を行うポイントを以下のとおり決めた。なお、実験局Bと実験局Cの送信偏波は水平偏波とした。調査地点は2か所とした。

(ア) 地点1：実験局Bと実験局Cの等電界地点

「回り込みキャンセラー装置」の実験局Bと実験局Cの端子電圧がほぼ同等で、実験局A（親局）の端子電圧が低いポイントを地点1とし、D/Uや遅延時間など変化させて「条件④」を確認する試験を実施した。また周波数シフト方式を各種組み合わせ、音質を確認した。

(イ) 地点2：親局である実験局Aと、実験局Bの端子電圧がほぼ同等の地点

親局である実験局Aと、「回り込みキャンセラー装置」の実験局Bの端子電圧がほぼ同等のポイントを地点2とし、D/Uや遅延時間など変化させて「条件②」を確認する試験を実施した。

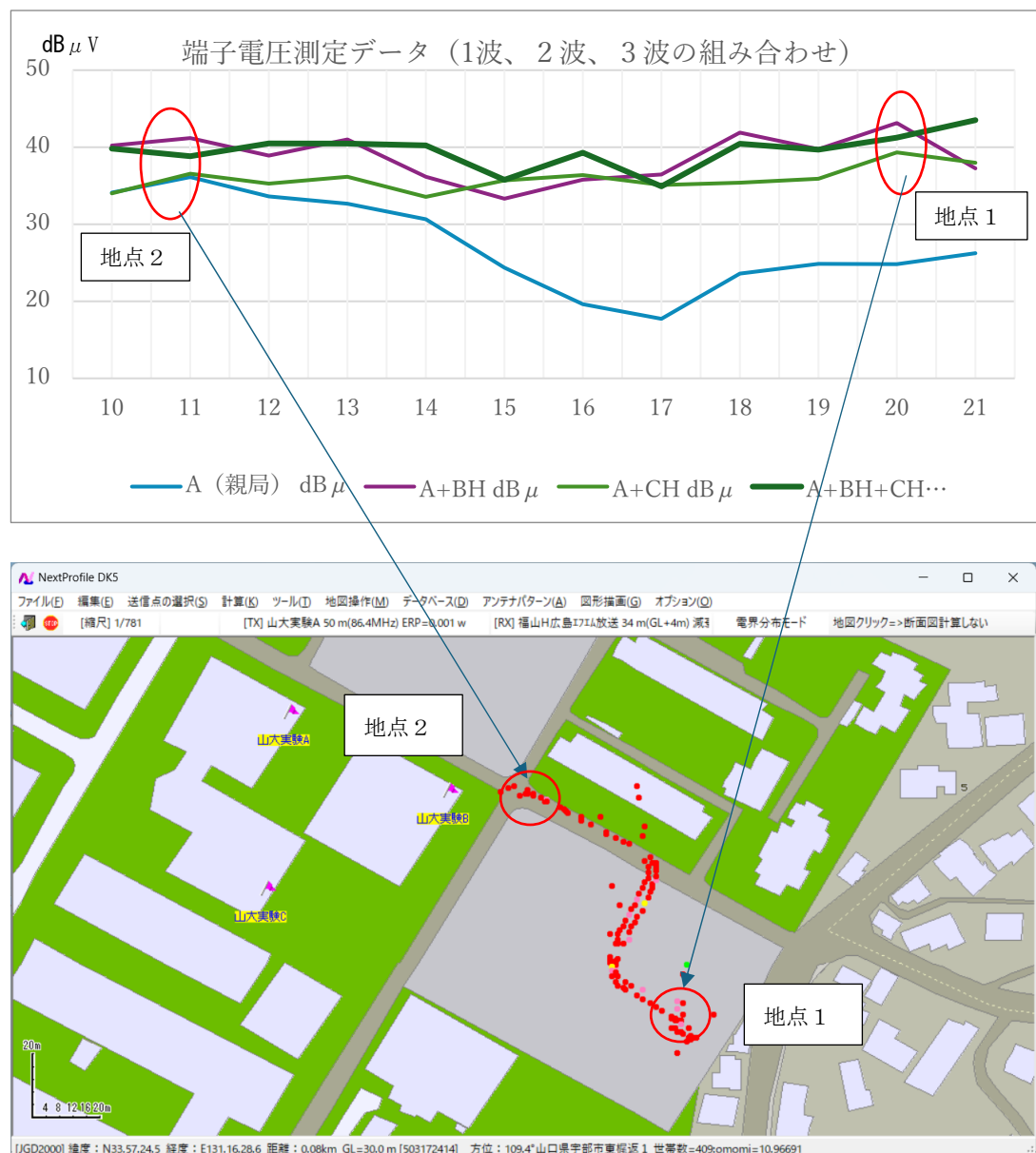


図5-140 公開実験の調査ポイント

(ウ) 実験局A（親局）と実験局B（回り込みキャンセラー局）間での重複エリアの確認

地点2にて、実験局A（親局）と実験局B（回り込みキャンセラー局）の電波が合成される条件を想定した屋外試験を行った。測定系統図は次の通り。（条件②の確認）

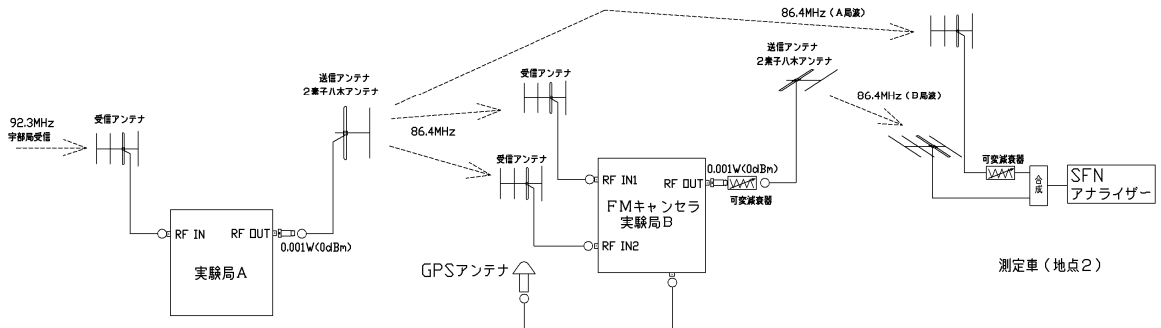


図5-141 屋外試験（5）条件②の確認 測定系統図

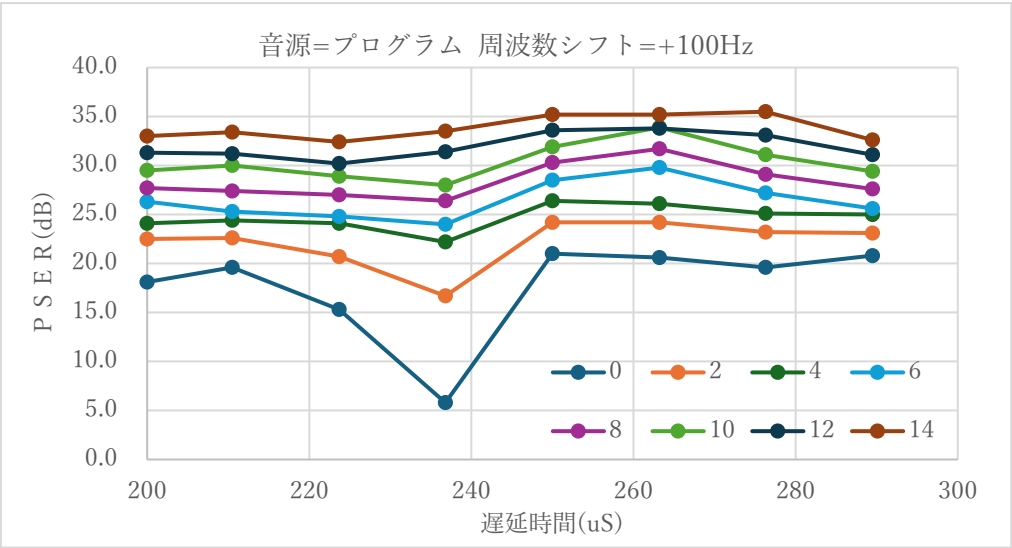


図5-142 屋外試験（5）条件②の確認 測定結果

試験の結果、屋内試験と同様の結果となった。実験局Bの電波は「FM回り込みキャンセラー」の電波で、実験局Aの電波より遅延時間が200 μ s以上遅れており、周波数も+100Hzずれているため、親局とのD/Uは一定量必要といえる結果となった。上記グラフから、評価3はD/U=5dB以上、評価4はD/U=10dB以上必要という結果になった。

(エ) 実験局B（回り込みキャンセラー局）と実験局C（回り込みキャンセラー局）間での重複エリアの確認（条件④の確認）

地点1にて、実験局B（回り込みキャンセラー局）と実験局C（回り込みキャンセラー局）の電波が合成される条件を想定した屋外試験を行った。なお、親局である実験局Aの電波は建物の影響や距離の関係からキャンセラー局（B局、C局）よりも20dB以上低いD/Uが確保されている。測定系統図は次の通り。

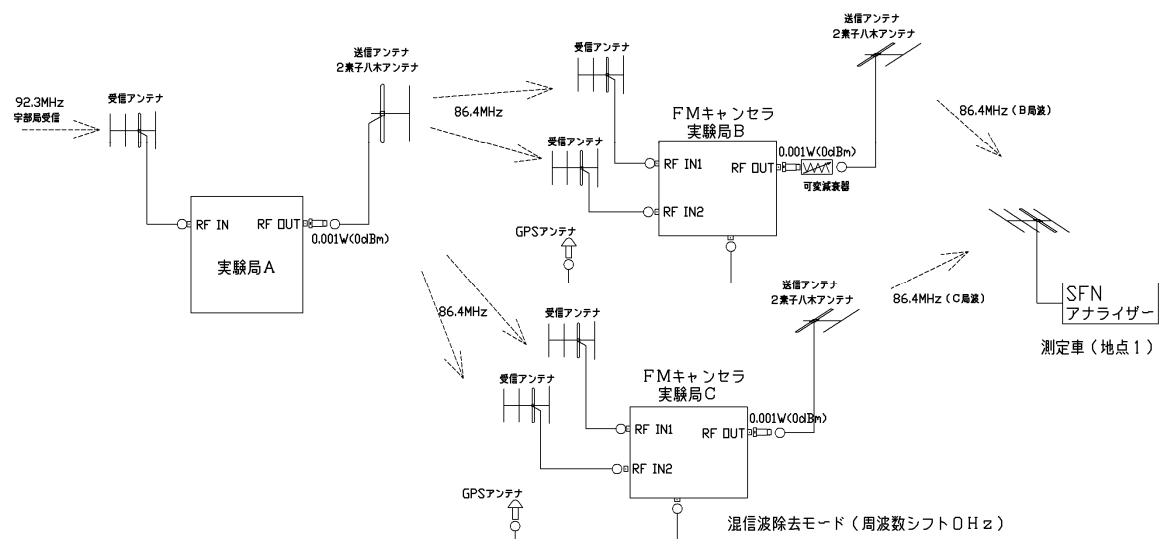


図5-143 屋外試験（6）条件④の確認 測定系統図

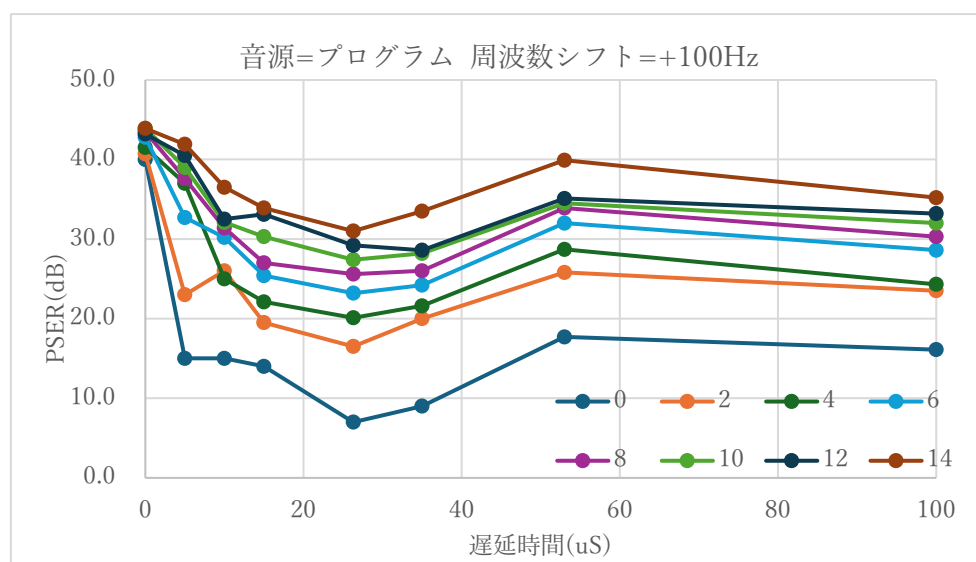


図5-144 屋外試験（6）条件④の確認 測定結果

試験の結果、屋内試験と同様の結果となった。実験局Bと実験局Cの電波は「FM回り込みキャンセラー」の電波であるが、親局が同じで周波数シフトも同じ+100Hzであるため、同期放送と同等の周波数偏差となり、同期放送と同様の傾向となった。なお、遅延時間が0 μ sでは良好な音質であったが5 μ s片方をずらすとPSERがゆっくりではあるが周期的に大きく変動する結果となった。表及びグラフはPSERの最小値を記載した。上記グラフから、遅延時間差が少ない場合はD/Uは少なくともよいが、遅延時間差が大きくなると一定量のD/Uが必要で、20 μ s以上の場合、評価3はD/U=6dB以上、評価4はD/U=10dB以上必要という結果になった。

(6) 考察

(ア) FMキャンセラー装置のキャンセリング機能

山口大学の構内で実施した試験結果では、回り込みキャンセラーの機能はとても性能が高く、受信アンテナの設置については自局の回り込み量をほとんど意識せずとも安易に設置した状況でも運用が可能であることが確認された。

(イ) 複数のキャンセラー局同士の回り込み

山口大学の試験では、回り込みキャンセラー局同士の距離が近く、お互いの電波がそれぞれの受信アンテナに回り込むことが予測された。電波を発射した結果、自局の回り込みとともにそれぞれお互いの電波の回り込みが確認されたが、マルチパス除去機能により送信波には影響しなかった。

(ウ) 小規模エリアでの試験結果

今回の実験では、親局の電波＋2台のキャンセラー実験局の計3波が合成される状況を作成した。キャンセラー局同士が合成される状況では、室内試験と同様にD/Uが少ない地点でも周波数シフトを同じ方式にすれば同期放送と同じ状況になることが確認された。

親局の電波がエリアで重なる場合は、D/Uは大きいほうが音質はよかった。理由は、回り込みキャンセラー装置を経由すると100Hzの周波数ずれと200 μ s 以上の遅延時間が発生するためである。試験結果から、D/U＝10dB以上あれば音質は良好であることを確認した。

2つのキャンセラー局の電波が合成されるエリアを想定し、D/Uと遅延時間を変化させてPSERの測定を行ったが、遅延時間差が5 μ s～10 μ s付近では、D/Uが少ないと大きくPSERが変動することが確認された。全体的には、室内試験と同様の結果となった。試験結果から、D/Uは10dB以上あれば音質については問題無いことが確認された。また、周波数シフトの方式が異なる電波がエリアで合成される場合、D/U＝0付近では同じシフト方式同士が合成された際のPSERに対して5～10dBの低下が見られた。よって、回り込みキャンセラー装置を経由する電波がエリアで合成される場合、周波数シフトは同じ方式に合わせたほうが音質はよくなる結果となった。

5. 8 複数の「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された環境での屋外試験

雨乞岳での試験については、実際に試験電波の発射を行い、エリア調査も数回実施したが、結果として報告できるようなデータの取得ができなかった。考えられる原因としては、以下のとおり。

(1) 親局電波の他局からのマルチパスの影響

雨乞岳実験局の上位局(親局)は長門局としたが、同期放送を行っている萩局の電波がほぼ同じ方向から飛来してきており、偏波面も同じ垂直偏波のため受信アンテナの指向性を利用した品質改善ができなかった。マルチパスとしては90%以上となった。回り込みキャンセラー装置のマルチパスキャンセラー機能を用いて、ある程度は品質が改善した状態で電波を発射することができたが、特に夜間になるとマルチパスの変動があるようで安定した品質での電波発射が出来なかった。

(2) IP伝送による同期放送の確認

雨乞岳実験局と豊北実験局の同期放送の状態を構築し、FMキャンセラー装置を使用した同期放送の確認を行った。4. 9GHzのFWA回線とIPコーデック装置の遅延量が大きく、さらに周辺の同期放送を行っている他局(美祢、豊田、萩、豊浦、須佐田万川など)からの電波も予想以上に飛来しており、音声品質の確保ができなかった。

(3) 同期放送の検討

キャンセラー局同士の電波がエリアで交差する環境を構築する場合の同期放送については、D/Uの少ないポイントでRF遅延と音声遅延の両方を調整する必要がある。雨乞岳実験局と豊北実験局の試験では、FM回り込みキャンセラーによる放送波中継とする場合、雨乞岳が親局に近い分の遅延時間差を豊北局の設定値に対してさらに追加した遅延時間を設定する必要がある。

$$【遅延時間差 = (17.4 - 6.2) / 0.3 = 37.3 \mu s】$$

今回、雨乞岳実験局に $37.3 \mu s + 22.4 \mu s = 59.7 \mu s$ の遅延時間を設定することによって、固定受信地点に置いて豊北局との遅延時間差がほぼ0になることの確認ができた。



図5-141 雨乞岳と豊北の遅延時間差

(4) 電波発射時の送信機のログとキャンセラー効果の確認

雨乞岳実験局では、周辺の無線局に対して妨害の有無等を確認しながら試験電波の発射を行った。その際にFM回り込みキャンセラー装置のキャンセル性能を確認するため、FM回り込みキャンセラー送信機のログを取得したので、グラフ化した。

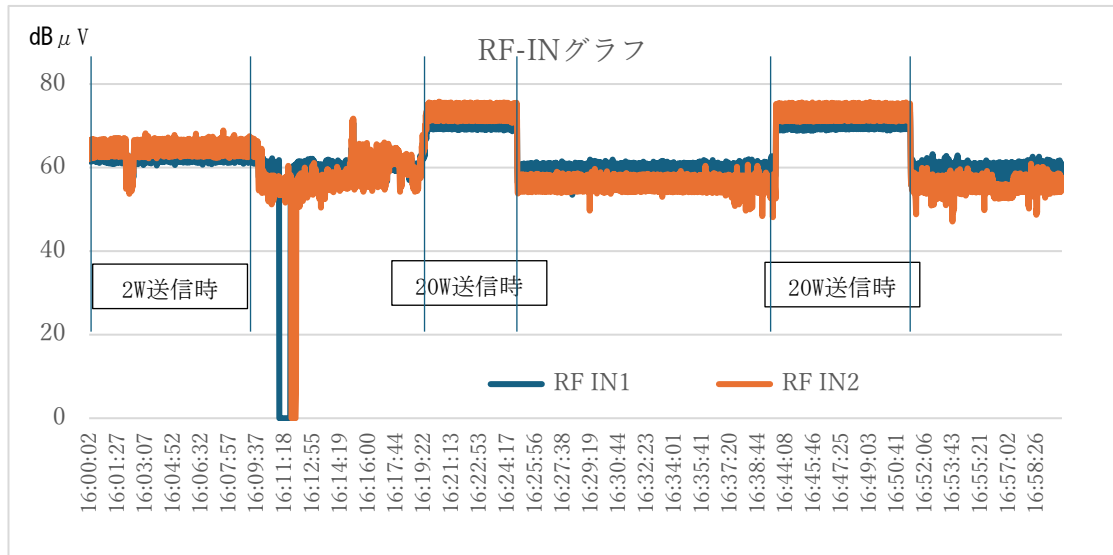


図5-142 試験電波発射時のFMキャンセラー装置ログ (RF-IN)

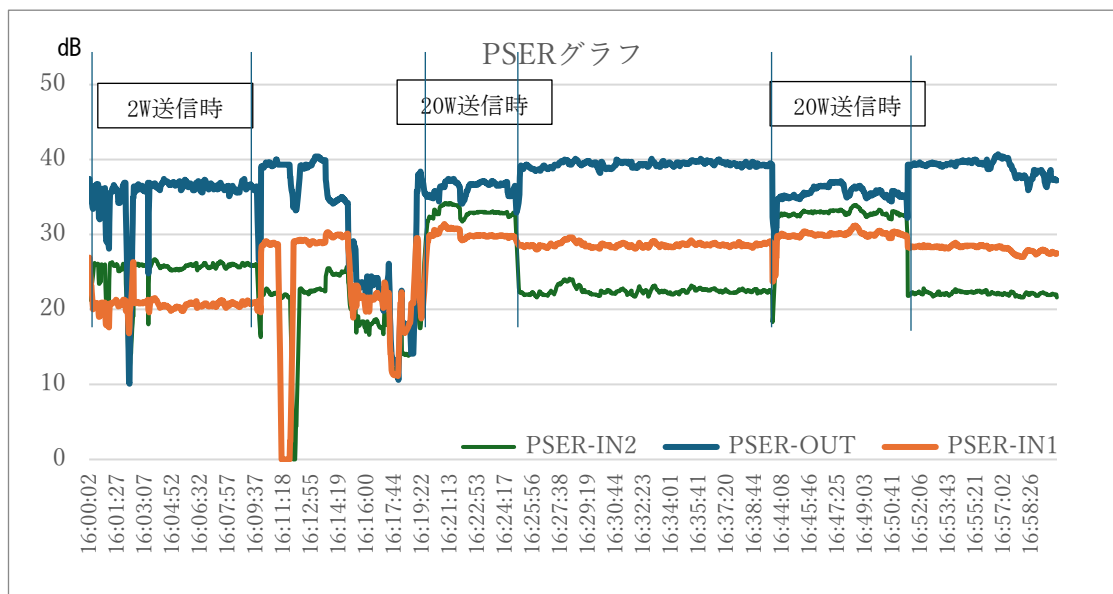


図5-143 試験電波発射時のFMキャンセラー装置ログ (PSER)

2 wでの電波発射時、RF-IN (受信アンテナ入力レベル) は60~63 dB μ Vに対して20 wでの電波送信時は65~68 dB μ Vとなり、自局回り込み波によってRFレベルが上昇することが確認された。PSERについては、電波を発射していない状態では40 dBであったが、20 w送信時は35 dB付近まで低下し、さらに変動していることが確認できる。送信のPSERはできるだけ高く、変動の少ない状態を維持できる設備にする必要がある。

(5) 試験電波発射時のエリア状況確認

(4) で実施した試験電波発射の際には、エリアとなる日置小学校前路上付近にて固定受信による確認を行った。その際のSFNアナライザーの測定データを下図に示す。

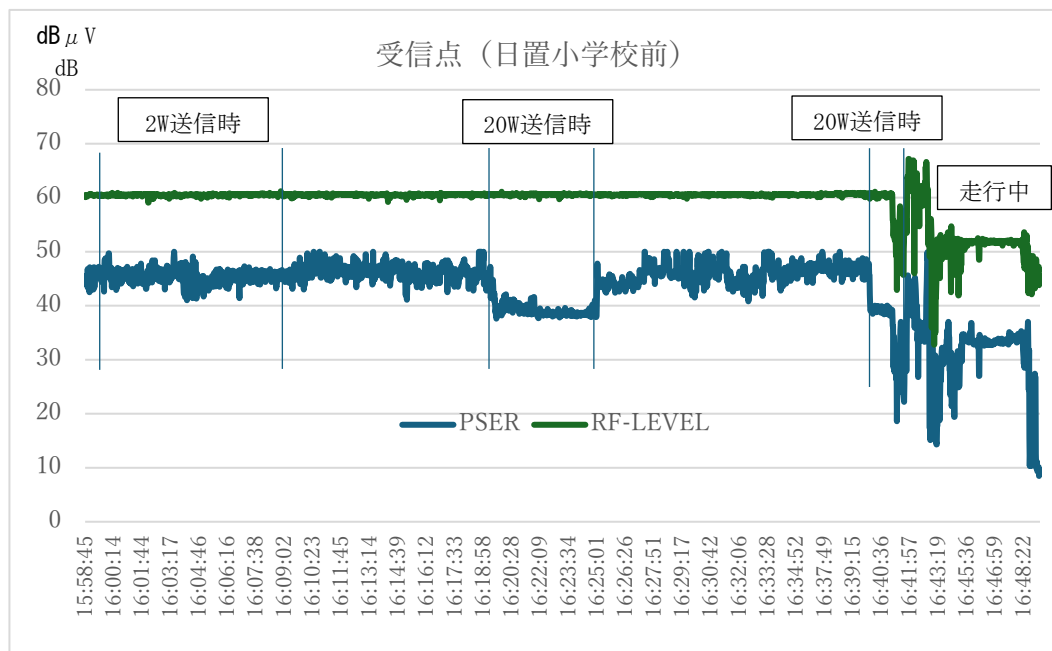


図5-144 試験電波発射時のエリア内での測定データ

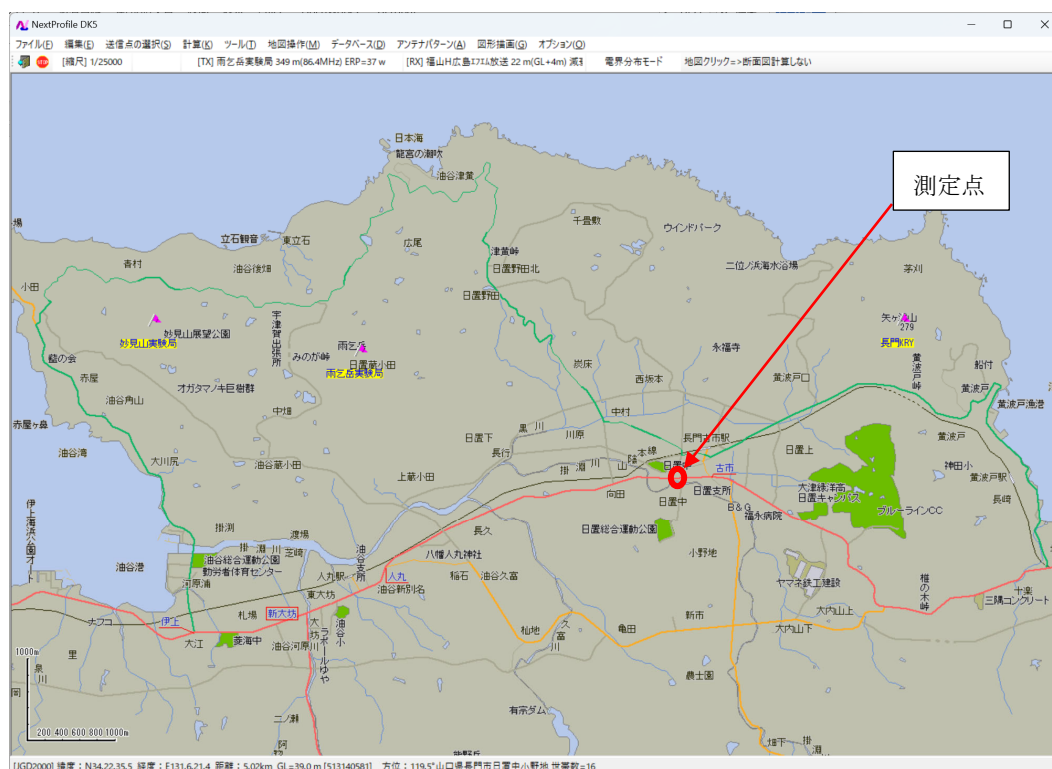


図5-145 エリア内測定地点地図

当初、2wで電波を発射した際には、長門局の電波が支配的で雨乞岳の電波の影響は少なかったが、20w発射時にはPSERが少し低下し、雨乞岳の電波の影響が現れたことが確認された。16:40

分以降は20wでの電波発射となったが、その後は測定車両を移動し実聴確認作業をおこなったためグラフは大きく変動している。

雨乞岳実験局でのデータ取得については、設備の設置状況の問題や周辺局からの電波の飛び込みなどの影響があり、報告できるようなデータの取得ができなかった。今後、同様の実験を行う際には、今回の問題点等を参考にされたい。

第6章 試験結果

6. 1 試験結果と技術的条件

(1)「FM回り込みキャンセラー装置」を設置したFM中継局を構築する際に必要となる技術的条件

FM回り込みキャンセラー装置を設置したFM中継局を構築するにあたり、必要となる技術的条件は以下のとおり。

(ア)周波数シフトの方式と周波数について

FM回り込みキャンセラーは親局からの受信電波と自局の電波を識別する必要があることから、自局の送信電波をシフトする必要がある。今回の調査検討では、周波数シフトを $+100\text{Hz}$ 、 -100Hz 、 $\pm 100\text{Hz}$ の3つの方式で比較検討を行った。中継装置単体の性能では、それぞれの方式による優劣は確認されなかったが、 $\pm 100\text{Hz}$ については周波数シフト方式ではない同期放送の電波とエリアなどで合成した場合、 D/U が 0dB で、遅延時間が $0\mu\text{s}$ でも音質に多少ノイズがあることが確認された。理由は周波数シフトをする際に周波数偏差 0Hz を通過するため、タイミングによってはノイズが発生する模様。 $\pm 100\text{Hz}$ の方式は周波数カウンターなどの測定器で周波数を測定する際に、周波数偏差が 0Hz で計測されるというメリットがあるが、音質のことを考えると選択しないほうがよいと考える。 -100Hz については、多段での放送波中継を行う際に上位局が $+100\text{Hz}$ でシフトしている場合、 -100Hz のシフトを使用することでシフト量を 0Hz に戻す用途として利用できる。よって -100Hz については、多段中継用途としての利用を推奨する。以上のことから、1段目の「同一周波数放送波中継」で使用する周波数シフト方式は「 $+100\text{Hz}$ 」を推奨する。

なお、周波数シフト量を大きくすると上位局の電波と自局の電波の識別がより分かりやすくなるため、シフト量は大きい方がキャンセリング性能はよくなるが、 200Hz 付近より高い周波数ではシフト量に応じたビート音のようなノイズがFMラジオで確認された。また、 100Hz より低い周波数では①無音時に発振しやすくなる②キャンセリング開始時の回り込み判定に時間がかかるなどの理由により、周波数シフトは $+100\text{Hz}$ が最適である。

(イ)自局の回り込みレベル

FM回り込みキャンセラー装置に入力するRF信号は、希望波の信号レベルを可能な限り高くすることと、希望波に対する自局の回り込み波との D/U をできるだけ小さくする必要がある。屋内試験での静的環境下においては装置単体の性能として $D/U = -50\text{dB}$ （回り込み波が 50dB 高い）でも発振せずに電波を送信することが出来たが、屋外のような動的環境下においては希望波の季節変動や、気象状況・季節変化による周辺からの反射波の変動などで回り込み波のレベルと位相が時間的に変化することが想定されることから、 $D/U = -35\text{dB}$ 以内で、親局波と回り込み波の位相差が 180° 付近で安定する場所に受信アンテナの配置を行う必要がある。さらに、希望波（親局）の受信入力信号レベルが低くなると、自局の回り込み波がキャンセルできずに送信電波に出てくる可能性があり、電波法上の最大周波数偏移（ 200kHz 以内）への影響や、帯域外スプリアス領域における不要波の輻射レベルが上昇する可能性も考えられることから、規格内に収まるかどうか留意しながら設備の構築を行う必要がある。

回り込みD/Uの目標値：-35dB以内(帯域外スプリアス発射が規格内)

送信電波の品質:PSER=30dB以上、可能であれば35dB以上

希望波の RF 受信入力端子電圧は高いほうがよい(目標:60dB μ V以上)

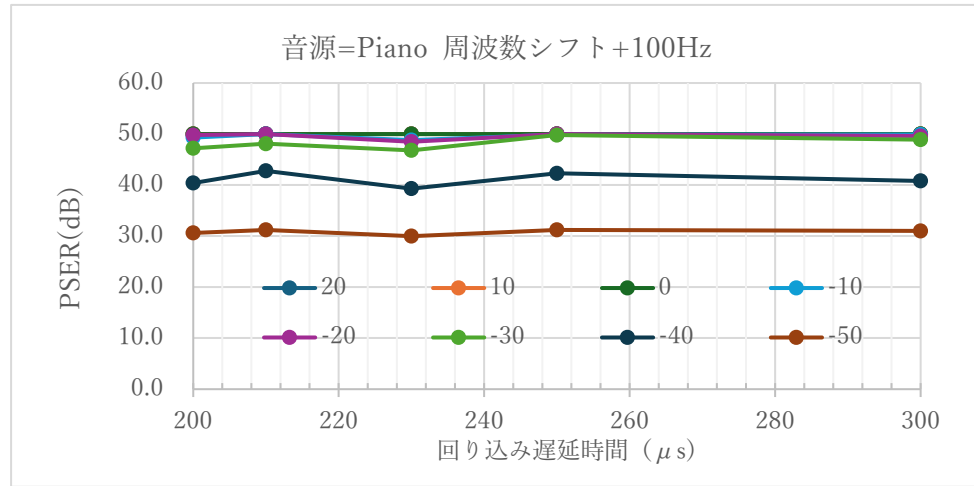


図6-1 回り込みD/UとPSERと遅延時間の関係

(2)放送波中継における親局と「FM 回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局の放送区域が交差する場合に必要な技術的要件

親局の電波とFM回り込みキャンセラー装置が設置されたFM中継局の電波がエリアで交差する場合、遅延時間差が200 μ s以上あり、周波数も100Hzずれていることから、可能なかぎりD/Uを確保する必要がある。屋内試験の結果(図6-2)及び山口大学構内で実施した屋外試験の結果(図6-3)及び資料5-1、5-2、5-5から、基準は以下の通りとする。

親局と電波が交差する場合のエリア内D/U：12dB以上(評価4)

：8dB以上(評価3)

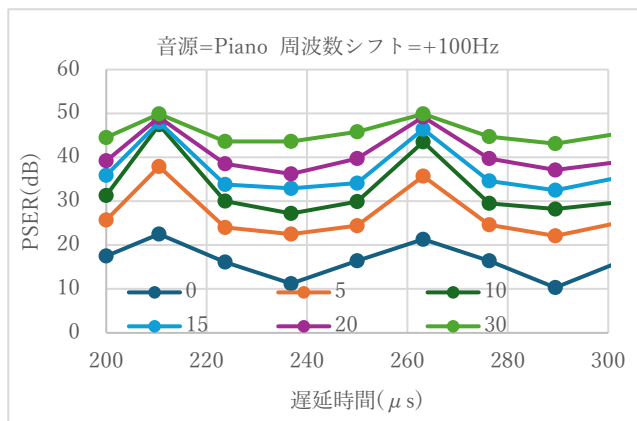


図6-2 親局と電波が交差する場合の所要D/U(屋内)

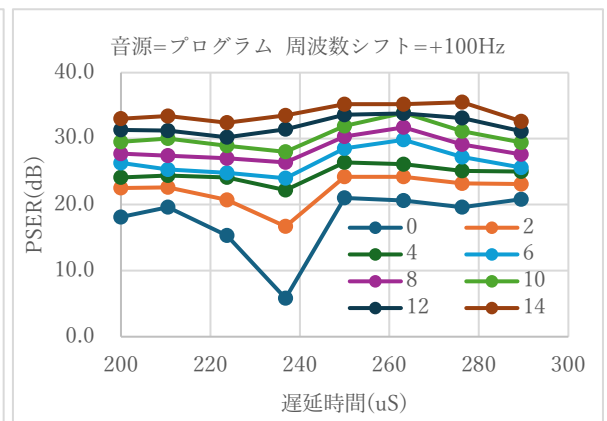


図6-3 親局と電波が交差する場合の所要D/U(屋外)

(3)「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局と、FM同期放送による別の放送波中継局の放送区域が交差する場合に必要な技術的条件

別の放送波中継ルート上の電波とFM回り込みキャンセラー装置が設置されたFM中継局の電波がエリアで交差する場合、屋内試験の測定結果より同期放送での試験結果と大差がないことから、同期放送局同士の技術的条件を設定する。なお、FM回り込みキャンセラー装置を経由した電波は周波数が100Hzずれていることから、D/Uは多めの設定が望ましい。

遅延時間とD/Uの関係については、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」の中の「表1-2 同期放送の技術的条件」で記されている「ギャップフィルター局間の同期放送の条件」を参考に、下記の表を作成した。同期局とキャンセラー局間のD/Uは屋内試験の結果及び資料5-3及び資料5-5をもとに設定した。なお、遅延時間差が20μs以上のD/Uの設定が無かったが、屋内試験の結果、20μs以降はパイロット信号の位相関係に応じた音質変化の状態が繰り返され継続するが、D/U=12dB以上あれば評価4を確保できることを確認した。

表6-1 同期放送とFMキャンセラーの技術的条件(エリア内D/U)

送信局間の 遅延時間差	同期局同士 D/U	同期局とキャンセラー局 D/U	備 考
5μs 以内	規定せず	2dB 以上 ※	周波数 100Hz ずれ
5～10μs 未満	6dB 以上	8dB 以上 ※	周波数 100Hz ずれ
10μs 以上 20μs	9dB	10dB 以上 ※	周波数 100Hz ずれ
20μs 以上		12dB 以上 ※	周波数 100Hz ずれ

※：資料5-3、資料5-5による

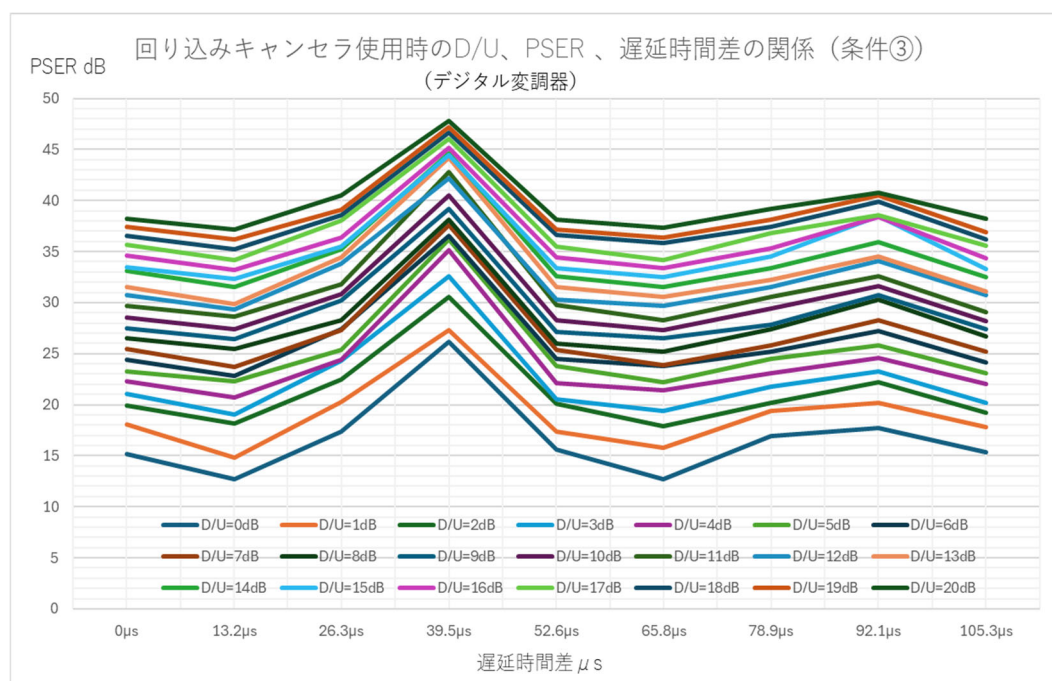


図6-4 別ルートの電波が交差する場合のエリア内所要D/U

(4) 放送波中継における同一の親局とする「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局1と「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局2の放送区域が交差する場合に必要な技術的条件

同一の親局とする「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局1と「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した中継局2の電波がエリアで交差する場合、屋内試験の測定結果及び山口大学構内で実施した屋外試験の結果から、FM同期放送の技術的条件と同等で問題無い。よって、遅延時間とD/Uの関係については、令和2年情報通信審議会答申「諮問第2023号 FM同期放送の技術的条件」の中の「FM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)」を採用する。

表6-2 FM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 (μ s)	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

令和2年情報通信審議会答申「諮問第2023号 FM同期放送の技術的条件」参照

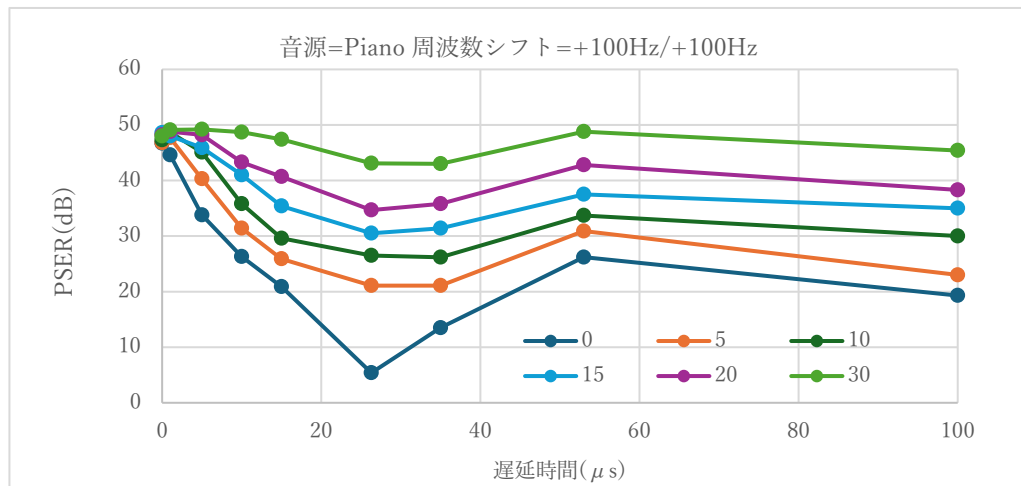


図6-5 回り込みキャンセラー局の電波が合成される場合のD/Uと遅延時間とPSERの関係(屋内)

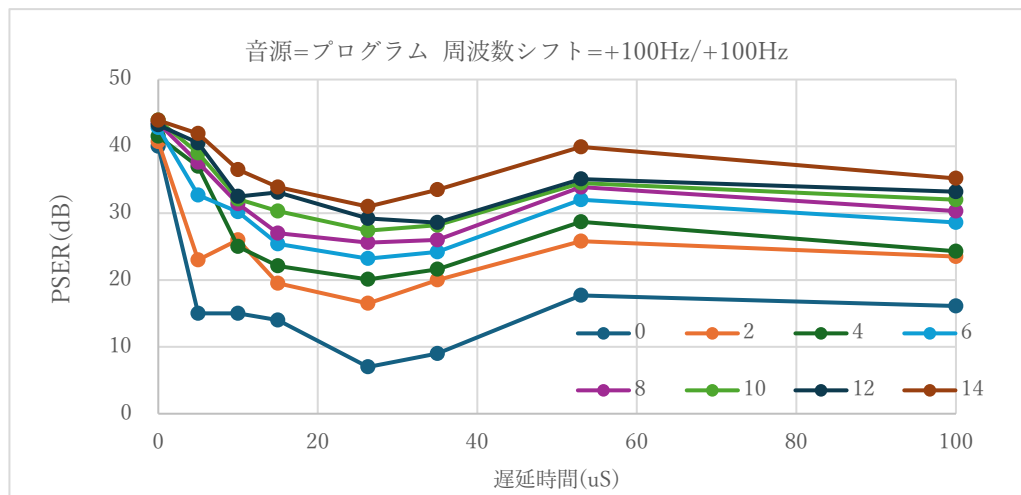


図6-6 回り込みキャンセラー局の電波が合成される場合のD/Uと遅延時間とPSERの関係(屋外)

(参考 1) 同期放送でのD/Uと遅延時間とPSERの関係グラフ (屋内)

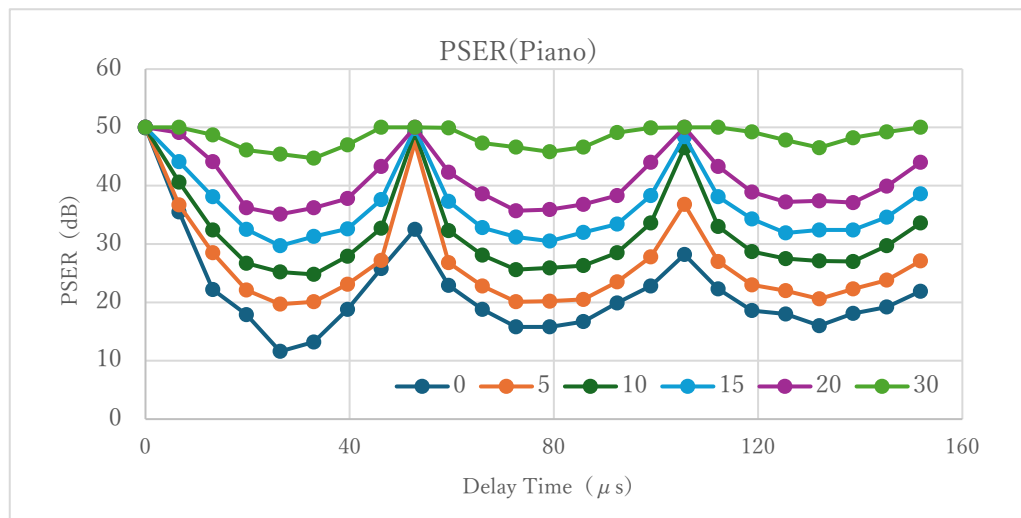


図6-7 同期放送の電波が交差する場合のD/Uと遅延時間

6. 2 今後の展望

今回の試験では、「FM回り込みキャンセラー装置」の基本性能について、多くの有意性を確認することが出来た。特に、FM中継装置の機能として、受信した周波数と同じ周波数の電波で送信が行えることのメリットは大きく、放送事業者としては同一周波数による広域放送(同期放送)を構築するために必要となるTTL固定回線の構築や、光回線などの専用線によるプログラム伝送設備が不要となることから、設備構築費やランニングコストに対するメリットは大きい。また、コミュニティFM放送のように周波数が1波しか利用できない場合でも「FM回り込みキャンセラー装置」を活用することで、低コストで広域での放送サービスを行うことが可能となる。受信者側からみても、一つの周波数による広範囲での放送サービスを受信することが可能となり、車両など移動受信中でも受信周波数を切り替える必要がなくなるなど、メリットは大きい。キャンセラー単体の動作では、回り込みのD/Uが -50dB (回り込み波が 50dB 高い)でも発振せずに電波を送信することが出来た。回り込みのD/Uが -40dB でもPSE Rは 40dB を確保することができ、良好な音質で放送を行うことが可能であった。

なお、「FM回り込みキャンセラー装置」は装置自体の遅延時間が大きいこと($200\mu\text{s}$)や周波数が受信した周波数に対して 100Hz シフトしている点から、他局の電波と合成した場合、同期放送とは異なる受信状況となる。また、複数の「FM回り込みキャンセラー装置」の電波が合成される状況では、同期放送と同じ性質の電波になるため、今までにはない独特の電波になると感じた。エリアでの混信保護比については、電波の組み合わせに応じた基準を個別で設ける必要があるため、本報告書にてD/Uを設定した。

大規模局での実験試験局については、報告できるようなデータの取得ができなかったのは残念である。問題点については確認されたので、今後、再び実施することがあれば今回の結果を参考にしていただき、効率的な実験に繋がるよう活用いただければと願う。

今回の試験では「FM回り込みキャンセラー装置」の基本性能については充分有用性を確認することができた。今後は「FM回り込みキャンセラー装置」を使用した中継局の多段中継に関する調査・検討を行うことにより、同一周波数による広域放送への展開に繋がるような試験が行われることを期待する。

第7章 調査検討のまとめ

7. 1 屋内試験からの考察

屋内試験では、日本通信機(株)工場で行った。基本となる同期放送でのデータを取得し、そのデータを基準に「FM回り込みキャンセラー装置」を実際に設置されるケースを想定した試験を行った。その中で、回り込みキャンセラーの性能については、かなり安定して動作をしているといった印象を感じた。「FM回り込みキャンセラー装置」の信号は親局の信号から100Hzずれており、さらに200 μ s 遅延が発生していることから、音質については問題ないか慎重に確認したが、D/Uが-30dB(30dB回り込み信号が高い)でも問題無くキャンセリング出来ていることを確認した。音質も良好であった。「FM回り込みキャンセラー装置」の信号は今まで採用してきた同期放送の概念とは異なる基準で考える必要があると感じたが、プログラム信号が同じということから音質の評価としてはマルチパスが強い状況に近いものとなった。ただし、エリアで交差する場合は①親局の電波と交差、②他の放送中継ルートからの電波と交差、③FMキャンセラー局同士の電波が交差するケースが想定されることからそれぞれのD/Uと遅延時間差を試験したが、結果的には同期放送の技術的条件とほぼ同じ基準で考慮しても問題無いことが確認された。ただし、親局の電波と交差するエリアが発生する状況は可能な限り設定しないほうが望ましいと考える。

7. 2 屋外試験からの考察

屋外試験では、屋内試験で得た結果の検証を行う予定ではあったが、主にKRY豊北実験試験局を活用した試験となった。また、移動測定を活用し、点ではなく面による広範囲の調査となった。KRY豊北実験局は親局である長門局の電波が比較的良好に飛んできており、等電界となる範囲が比較的広いと感じた。また、豊北実験が水平偏波で、親局である長門局が垂直偏波のため、エリアでの等電界ポイントをどこに設定するか悩んだ。周波数シフト方式による違いについては、まったく無いことを検証することが出来た。音質の評価をするための手法としてSFNアナライザーによるPSER測定データを活用した。PSER測定はパイロット信号を利用して音声の品質を計測する技術であるが、今回の試験でもSFNアナライザーによる移動測定で利用したところ、プログラム信号でも音質の評価を数字で計測することが確認された。

7. 3 公開試験

公開試験は、山口大学工学部で実施した。実験試験局を3局設し(内、FM回り込みキャンセラー装置は2か所)試験を行った。

(1)開催日時

2025年3月26日(水)13:30~15:30

(2)試験場所

山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学 工学部 常盤キャンパス内

(3)実施項目

- ・機械・社建棟屋上に「FM回り込みキャンセラー実験局」の親局となる「実験局A」を設置。
- ・総合研究棟屋上に「FM回り込みキャンセラー実験局(実験局B)」を設置。

- 電気電子棟屋上に「FM回り込みキャンセラー実験局(実験局C)」を設置。
- 調査地点を2か所設置。調査地点1は実験局Bと実験局CのD/Uが少ない地点とした。調査地点2は実験局Aの電界が高く、実験局BとのD/Uが少ない地点とした。
- 調査地点1では、実験局Bの出力と遅延時間を変化させ、PSERや音質の確認を行った。また、周波数シフト方式の組み合わせを変えてPSERや音質の確認を行った。
- 調査地点2では、実験局Bの出力と遅延時間を変化させ、実験局AとのD/Uを確認しながらPSERや音質の確認を行った。

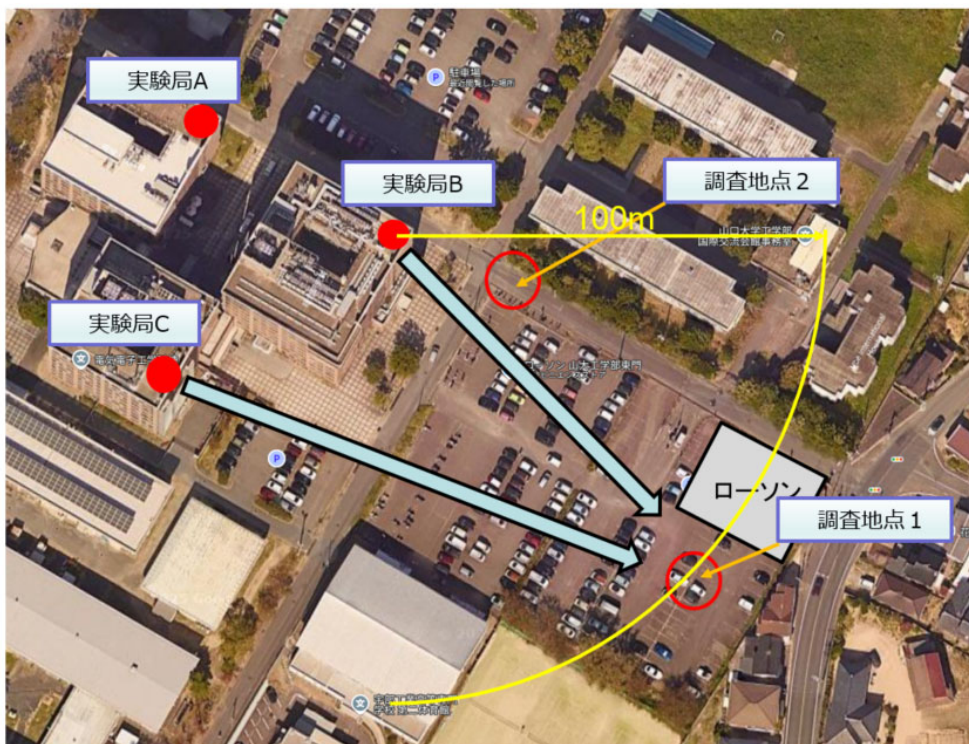


図7-1 公開実験の実験局設置場所と調査ポイント

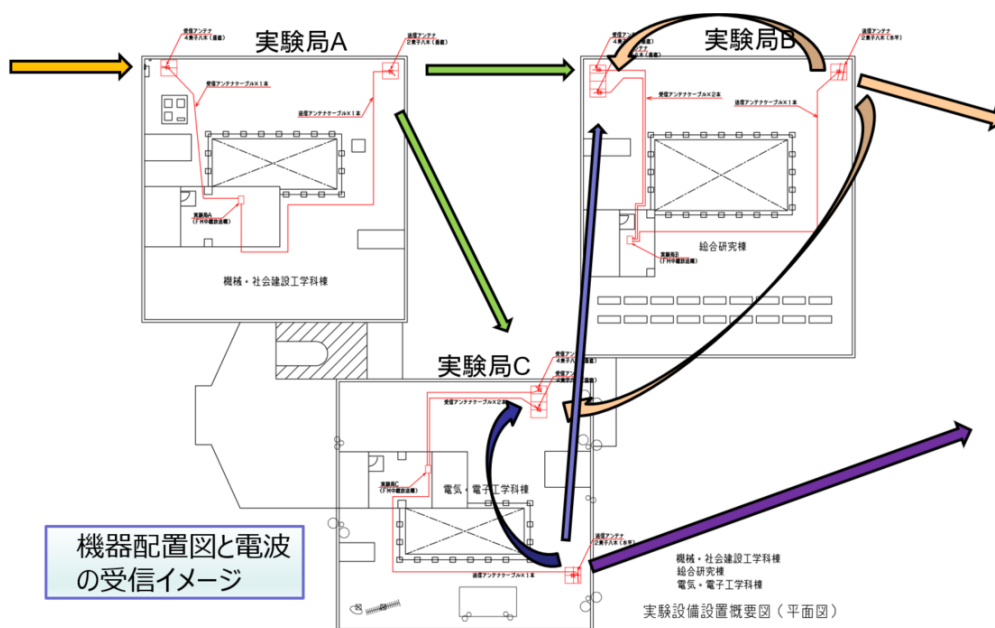


図7-2 公開実験の実験局設置場所と電波の回り込みイメージ

(4) 公開試験の様子

公開実験時の様子を図7-3～10に示す。



図7-3 FM回り込みキャンセラーの設置



図7-4 実験局アンテナ設置状況



図7-5 実験前の全体説明



図7-6 実験概要の説明



図7-7 公開試験中



図7-8 公開試験中



図7-9 公開試験中

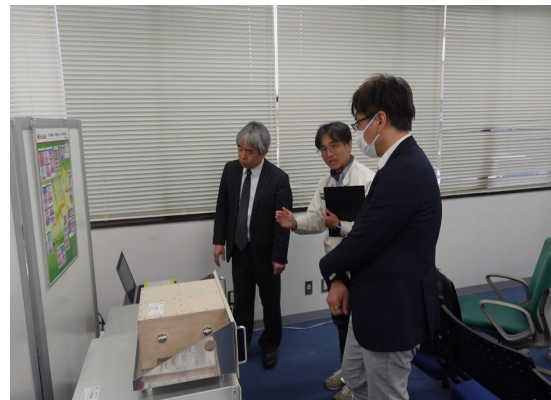


図7-10 機器の展示

（５）公開試験結果

（ア）調査地点1にて、上位局を同一とする複数の「FM回り込みキャンセラー装置」を設置した場合の屋外試験を実施した。実験局Bの出力及び遅延時間を変化させ、実験局CとのD/Uや遅延時間差によるPSERや音質の評価を行った。また、周波数シフト方式の組み合わせを行い、音質の確認を行った。

（イ）調査地点2にて、FM回り込みキャンセラーの電波と親局の電波が合成されるエリアを想定した屋外試験を実施した。実験局Bの出力や遅延時間を変化させ、実験局AとのD/Uや遅延時間差によるPSERや音質の評価を行った。また、周波数シフト方式の組み合わせを行い、音質の確認を行った。

7. 4 「FM回り込みキャンセラー装置」の今後について

山口放送(株)の豊北FM実験局は2020年8月から実験を開始しており、現在までに「回り込み波のキャンセリング性能の改善」、「外国波等マルチパス波の除去機能の追加」、「無音時の発振対策」等を行い、安定的に試験放送を継続している。また、隣接局(長門局・豊田局・萩局・豊浦局など)の受信者から音質に関する問合せ等もない状態である。本調査検討会としては、豊北FM実験局や「FM回り込みキャンセラー装置」を活用したFM放送エリアの拡張を希望しておられる放送事業者の要望に応えるため、必要となる制度の早期整備を希望する。

あとがき

「超短波放送(FM放送)における同一周波数放送波中継による同期放送に関する調査検討会」は、これまで実用化されていない「同一周波数放送波中継」が、KRY山口放送などが開発した「FM回り込みキャンセラー機能を内蔵したFM放送波中継装置(以下「FM回り込みキャンセラー装置」という。)」を活用して可能となれば、

- ・ 同一周波数エリアが広がり、必要なFM周波数帯域の削減ができること。
- ・ 自動車などで移動しながら聴取する方々の利便性向上が図られること。
- ・ 無線回線や有線回線などの中継回線を使用することが不要になること。

といった周波数有効利用、聴取者の利便性向上、放送事業者の設備投資コストの削減など、多くのメリットがあるとみられることから、総務省情報流通行政局放送技術課と協議の上で開催準備を進め、実施することとなりました。

本調査検討会では、調査検討会(全5回(公開試験を含む))や屋内試験・屋外試験現場の視察、公開試験などでの測定データの確認や実際の音質確認などにより、委員の皆様にその有用性を確認していただくことができました。

令和7年度は、これまでの調査検討会の結果を踏まえ、「FM回り込みキャンセラー装置」を活用した多段中継に取り組む予定としております。

昨年7月の第一回検討会以来、村田座長、西副座長をはじめとした委員の皆様や多くの関係者の皆様の多大な御協力により報告書を取りまとめることができたことに深く御礼申し上げます。

また、請負業者であるNHKテクノロジーズにおかれましては、9か月の期間内での屋内・屋外データの取得、また、調査検討会での指摘などを踏まえた対応や測定データの再取得、さらには、委員の皆様に実際の音質を確認していただくための屋内試験・屋外試験の視察準備などを行っていただきました。改めて感謝申し上げます。

一方、広域・県域ラジオ放送事業者の皆様には、同一周波数放送波中継による同期放送に関するアンケート調査に御協力いただきました。アンケート結果からは、「FM回り込みキャンセラー装置」の活用を検討しないとする事業者が半数以上ではありましたが、それらの事業者であっても「設備更新時には検討する」とする回答もあり、また、その他本調査検討会への自由な意見を募った中には、「調査結果を詳細に共有願いたい」、「技術基準策定に期待」との意見が寄せられています。

本調査検討会の報告書が技術基準策定に繋がり、多くの広域・県域ラジオ事業者やコミュニティ放送事業者において活用されることを期待しております。

令和7年3月31日

事務局：中国総合通信局無線通信部電波利用企画課

資料編

- 資料 1. FM 放送の現行関連規定
- 資料 2. アンケート
- 資料 3. 屋内試験データ
- 資料 4. 屋外試験データ
- 資料 5. 屋内試験データ（補完試験）

資料1. 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、(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(移動受信用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、實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)

5 地上基幹放送局等の送信設備のスプリアス発射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 ステレオホンニッ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 ステレオホンニッ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) 基幹放送用周波数使用計画

(告示 令和2年7月16日)

第1 総則

[1～11 略]

12 以上のほか、基幹放送用の周波数の使用は、電波に関する国際的取り決め及び次に掲げる要件に適合するとともに、電波の公平かつ能率的な利用の確保に資するものとする。

[(1)・(2) 略]

(3) 超短波放送(地上系)(移動受信用地上基幹放送を行うものを除く。)

ア 必要と認められる場合には、指向性空中線、俯角付き空中線、垂直偏波及び次に掲げる基準に合致する同期放送方式を使用させることができるものとする。

相互に同期放送の関係にある基幹放送局は、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の搬送周波数の差が2Hzを超えて変わらないものであること、かつ、最大周波数偏移の差が1kHzを超えて変わらないものであること。

[イ 略]

[第2～第7 略]

(6) 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。

(ウ) 相互に同期放送の関係にあるFM放送局間における干渉妨害の低減のために必要と認められる場合。

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。)であって、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ィラー」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っては、(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 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.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性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って地域的に存在し、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特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車中放送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って地域的に存在し、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ァイラーの場合は除く。)	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$\pm 200\text{kHz}$ 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 $2f_1 - f_2\text{MHz}$ ② $f_1 + f_2 - f_3\text{MHz}$ 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、 $10.7 \pm 0.1\text{MHz}$ 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(注)
	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	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。 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。 $2f_1 -$ $f_2\text{MHz}$ ここで、「 f_1 」及び「 f_2 」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。	
9 一般無線局からの FM 放送受信に 対する干渉検討	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。 ① $(f - 2f) \pm 400\text{kHz}$ ② $((f - f) \times 2 \pm f) \pm 400\text{kHz}$ ③ $f/2 \pm 400\text{kHz}$ ④ $2f \pm 400\text{kHz}$ ここで、「 f 」は自局の周波数及び「 f 」は FM 放送受信機の中 間周波数を示す。	

10 一般無線局への干渉検討	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。
11 受信障害対策中継局における検討	(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つては、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 (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つては、割当可能な周波数のうち低い周波数から選定 (3)複数の周波数を使用して再送信を行う場合にあつては、当該周波数の差が 600kHz 以上となる周波数を選定

(注) 他のFM放送局が自局と同期の関係にある場合には、この値によらないことができるが、その判断に必要な受信状況に関する資料の提出を当該申請者から求めること。

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年電気通信技術審議会答申「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

- ・場所率50%以上、時間率50%以上を確保
- ・遅延時間20μs以下、各送信点からのD/U 14dB以上で主観評価3以上
- ・精密な周波数制御により同期放送を行う場合、以下のように定める
 - 遅延時間10μs以上20μs未満であれば、D/U 9dB以上で主観評価3
 - 遅延時間 5μs以上10μs未満であれば、D/U 6dB以上で主観評価3
 - 遅延時間 5μs未満であれば、D/U 0dB以上の領域でも主観評価3

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	5μs未満	規定せず
			5μs以上10μs未満	6dB以上
			10μs以上20μs	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 年情報通信審議会答申「諮問第 2 0 2 3 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。(別添「FM 放送局の周波数選定方法」にて定められている「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」と基準値が異なるため省略。)

(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

「超短波放送(FM放送)における同一周波数放送波中継
による同期放送」に関するアンケート調査結果

「超短波放送（FM放送）における同一周波数放送波中継による同期放送」に関するアンケート調査結果

- 本アンケート調査は、「超短波放送（FM放送）における同一周波数放送波中継による同期放送」に関して、広域・県域でラジオ放送に取り組まれている事業者の皆様を対象として実施しました。
- 本アンケートは、各総合通信局（沖縄総合通信事務所を含む。）を通じて技術関係部署へ送付しました。
- 本アンケートへの回答は、各事業者の今後の計画に影響を及ぼすものではありません。あくまで技術関係部署として、今後の検討の一つに加えられるか否かを確認したものです。

○ アンケート項目

Q1：中国総合通信局において、「超短波放送（FM放送）における同一周波数放送波中継による同期放送に関する調査検討会」を開催していますが、ご存じですか。

A1：□ はい □ いいえ

Q2-1：FM放送における同期放送を実施していますか（又は関心がありますか）。

A2-1：□ 実施している → Q4へ □ 関心がある → Q2-2、Q3へ □ 実施していない（関心がない） → Q8へ

Q2-2：（Q2-1で関心があると回答された方）実施に向けた一番の課題は何ですか。（差支えない範囲内でお答えください）

A2-2：（ ）

Q3：（Q2-1で「関心がある」と回答された方）同期放送を具体的に検討されていますか。

A3：□ 検討している → Q4へ □ 検討していない → Q8へ

Q4：（Q2-1で「実施している」、Q3で「検討している」と回答された方）実施（又は検討）されている場合、それは県内（広域内）全域ですか。

A4：□ 全域で実施している → Q6へ □ 全域で検討している → Q5へ □ 一部エリアで実施している → Q7へ

※ 放送対象区域内の全域で実施している場合は、「全域で実施」を選択

※ 放送対象区域内の全域で検討している場合は、「全域で検討」を選択

※ 放送対象区域内の一部のエリア内で実施（検討）されている場合は、「一部エリア」を選択

Q5：（Q4で「全域で検討している」と回答された方）具体的な中継回線などを検討されていますか。

A5：□ 検討している → Q6へ □ 検討していない → Q8へ

Q6：（Q4で「全域で実施している」、Q5で「検討している」と回答された方）中継回線として、具体的に実施又は検討されている方式はどのような回線ですか。

A6：□ 無線中継回線（TTL回線） □ 有線回線（IP回線など） □ その他（具体的に記載ください。）（ ）

Q7：（Q4で「一部のエリア」と回答された方）中継回線として、具体的に実施又は検討されている回線はどのような回線ですか。

A7：□ 無線中継回線（TTL回線） □ 有線回線（IP回線など） □ 放送波中継 □ その他（具体的に記載ください。）（ ）

（全ての事業者の方）

Q8：「FM回り込みキャンセラー機能を内蔵したFM放送波中継装置」が実用化（技術基準などが策定）された場合、同期放送の実現に向け検討されますか。

A8：□ 検討する → Q9へ □ 検討しない → Q10へ

Q9：（Q8で「検討する」と回答された方）今後、中国総合通信局では、令和7年度において、引き続き、同システムを活用した多段中継の可能性に関して検討する予定です。多段中継が可能となった場合、同期放送は、それは、県内全域ですか。

A9：□ 全域で検討する。 □ 無線中継回線（TTL回線）、有線回線（IP回線など）を活用するが、一部エリアで検討する。

Q10：（Q8で検討しないと回答された方）差し支えない範囲内で検討されない理由をお聞かせください。

A10：（ ）

Q11：その他（本調査検討会へのご意見・ご要望などがあればお聞かせください。）

A11：（ ）

○ アンケート調査結果（調査票送付者数 99事業者、有効回答者数 91事業者）

- ・ アンケート調査の回答率は、約92%であった。
- ・ アンケート調査により本調査検討会の取組を多くの広域・県域事業者に周知することができた。
- ・ 「FM回り込みキャンセラー装置」が実用化（技術基準などが策定）された場合、同期放送の実現に向け検討されるかとの質問に対して、「検討する」と回答された事業者は34%であったと同時に「検討しない」と回答された事業者であっても「設備更新時期には検討する」などのコメントも多数寄せられた。
- ・ また、その他の意見として、「FM中継局整備等は、社内検討中。技術的な観点からの検討・情報収集は行う。」、「調査結果を詳細に共有願いたい。」、「調査検討会の成果に期待。」、「中継局設置等の検討には意義のある。」、「技術開発の知見を積極的に共有願いたい。」など「FM回り込みキャンセラー装置」への期待の意見が多数寄せられていた。

Q1：中国総合通信局において、「超短波放送（FM放送）における同一周波数放送波中継による同期放送に関する調査検討会」を開催していますが、ご存じですか。

- ・ はい 38事業者
- ・ いいえ 53事業者

※ 本アンケート調査を通じて、令和6年度調査検討会の取組を多くの関係者に周知することに繋がったものとする。
 ※ また、コミュニティ放送事業者には、日本コミュニティ放送協会を通じて周知を行うこととしている。

Q2-1：FM放送における同期放送を実施していますか（又は関心がありますか）。

- ・ 実施している 14事業者
- ・ 関心がある 41事業者
- ・ 検討していない（関心がない） 36事業者

※ 同期放送の「実施」又は「関心がある」があるが半数以上を占めており、関心の高さが伺える。
 ※ なお、検討していない（関心がない）と回答された事業者であっても多くが、『同期放送を実施するうえで、「他局への混信」、「費用対効果」、「中継回線設置コスト」』などを挙げた。

Q3：（Q2-1で「関心がある」と回答された方）同期放送を具体的に検討されていますか。

（Q2-1で「関心がある」と回答した事業者 41事業者）

- ・ 検討している 5事業者
- ・ 検討していない 36事業者

Q4：（Q2-1で「実施している」、Q3で「検討している」と回答された方）実施（又は検討）されている場合、それは県内（広域内）全域ですか。（回答できる範囲内でお願いします）

（Q2-1で「実施している」と回答した事業者 14事業者、Q3で「検討している」と回答した事業者 5事業者）

- ・ 全域で実施している 4事業者
- ・ 全域で検討している 4事業者
- ・ 一部エリア 11事業者

Q5：（Q4で「全域で検討している」と回答された方）具体的な中継回線などを検討されていますか。

（Q4で「全域で検討している」と回答された事業者 4事業者）

- ・ 検討している 3事業者
- ・ 検討していない 1事業者

Q6：（Q4で「全域で実施している」、Q5で「検討している」と回答された方）中継回線として、具体的に実施又は検討されている方式はどのような回線ですか。

（Q4で「全域で実施している」と回答された事業者 4事業者、Q5で「検討している」と回答された事業者 3事業者）

- ・ 無線中継回線（TTL回線） 3事業者
- ・ 有線回線（IP回線など） 3事業者
- ・ その他（無線中継回線＋有線回線） 1事業者

Q7：（Q4で「一部のエリア」と回答された方）中継回線として、具体的に実施又は検討されている回線はどのような回線ですか。

（Q4で「一部のエリア」と回答された事業者 11事業者）

- ・ 無線中継回線（TTL回線） 3事業者
- ・ 有線回線（IP回線など） 2事業者
- ・ 放送波中継回線 3事業者
- ・ その他（無線中継＋有線回線の複数使用） 3事業者

Q8：（全ての事業者の方）「FM回り込みキャンセラー機能を内蔵したFM放送波中継装置」が実用化（技術基準などが策定）された場合、同期放送の実現に向け検討されますか。

- ・ 検討する 34事業者
- ・ 検討しない 57事業者

※「検討しない」と回答した主な意見は、「地形的な影響から重複エリアが少ない」、「経営状況から設備投資ができない」、「中継局の置局予定がない」、「設備更新時期ではない」、「既に同期放送を実施」、「長年地域に根付いている周波数であり、周波数変更の必要がない」などであった。

※なお、「検討しない」と回答された中には、「設備更新の時には検討する」と回答された事業者もあった。

Q9：（Q8で「検討する」と回答された方）今後、中国総合通信局では、令和7年度において、引き続き、同システムを活用した多段中継の可能性に関して検討する予定です。多段中継が可能となった場合、同期放送は、それは、県内全域ですか。

（Q8で「検討する」と回答された事業者 34事業者）

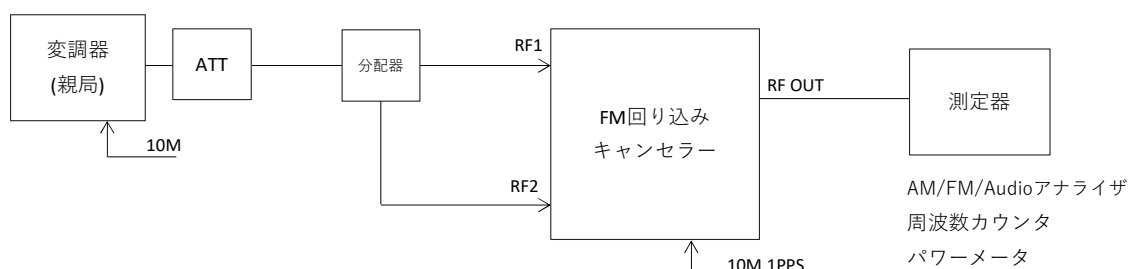
- ・ 全域で検討する 15事業者
- ・ 一部エリアで検討する。 19事業者

Q11：その他（本調査検討会へのご意見・ご要望などがあればお聞かせください。）

- ・ 「FM回り込みキャンセラー機能」技術は技術基準として統一化されるのか。
- ・ 親局のみ運用中。FM中継局整備等は、社内検討中。技術的な観点からの検討・情報収集は行う。
- ・ 調査結果を詳細に共有願いたい。調査検討会の成果に期待。中継局設置等を検討には意義のある。技術開発の知見を積極的に共有願いたい。
- ・ 現用設備をどの程度改修が必要か、または、セット更新か。メーカーが限定されるか。
- ・ 周波数の有効活用への効果に期待。リスナーサービスからは周波数は同一であることが望ましい。
- ・ 現行の放送波中継と同等に利用しやすく、価格も相当であれば、有線（光）回線とキャンセラー中継を併用も検討できる。
- ・ 「FM回り込みキャンセラー装置」の実用化は、コスト削減につながる。是非とも実用化願いたい。
- ・ 「FM回り込みキャンセラー装置」の出力は100Wが可能か。導入する場合、補助事業などを活用したい。
- ・ 周波数の有効利用に繋がる同期放送実施においては、補助事業の拡大等を検討願いたい。
- ・ 同期放送の研究は技術的な知見を蓄える意味では価値あることと考えます。
- ・ 車社会でもあることからSFNの有効性に期待。機器調達コスト削減になど、事業者メリットを享受できるよう期待。
- ・ 同期放送は、聴取者へのメリットは大。コスト的に現時点で検討は難しいが、調査検討会の議論は参考したい。
- ・ 同期放送を導入しなかった理由として、回線（TTL・IP）の問題がある。放送波で実現可能であれば導入を検討する事業者は増える。期待したい。
- ・ 現在行われている同期放送の放送機と「FM回り込みキャンセラー装置」を使用した同期放送を比較した資料があれば示してほしい。

資料 3. 屋内試験データ

FM回り込みキャンセラー 技術試験 屋内試験(予備試験①) 中継装置としての基本性能



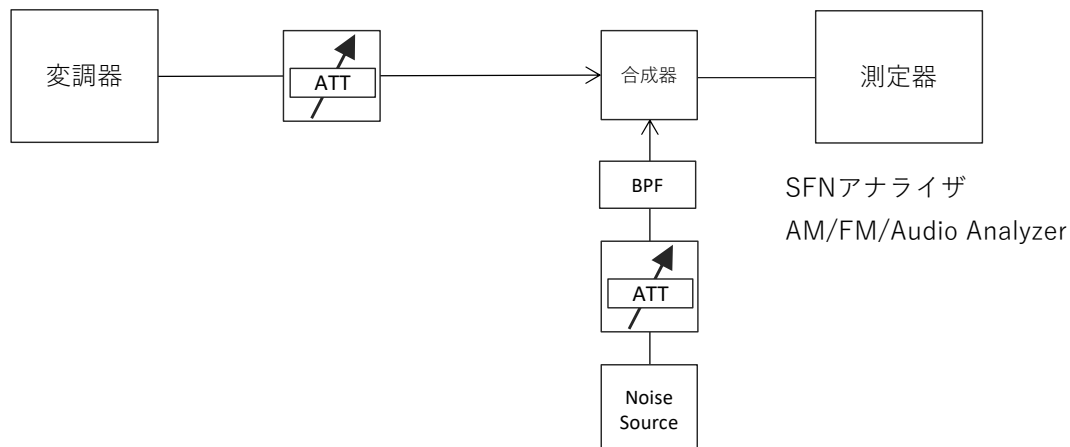
No.	項 目	規 格	試験成績
1-1	送信周波数偏差	92.3MHz ±1Hz 以内 (外部基準入力時)	92.300000MHz
1-2	出力レベル	0dBm±0.5dBm	0.0dBm

項	項 目	規 格								
2-1	周波数特性(音声信号入力)	±0.5dB以内(1kHzを基準とし、50Hz～15kHzにおける50μs標準プリアンフ特性に対して)								
	周波数	50Hz	100Hz	400Hz	1kHz	3kHz	5kHz	7.5kHz	10kHz	15kHz
	50μs標準プリアンフ特性	-0.41dB	-0.40dB	-0.34dB	0.00dB	+2.35dB	+4.99dB	+7.78dB	+9.95dB	+13.25dB
	MONO	-0.37dB	-0.38dB	-0.31dB	+0.00dB	+2.44dB	+5.04dB	+7.83dB	+9.93dB	+12.97dB
	STEREO(L)	-0.36dB	-0.36dB	-0.31dB	+0.00dB	+2.51dB	+5.10dB	+7.85dB	+9.95dB	+13.00dB
	STEREO(R)	-0.42dB	-0.42dB	-0.37dB	+0.00dB	+2.43dB	+5.03dB	+7.82dB	+9.88dB	+12.87dB
2-2	左右分離度	50dB以上(100Hz～10kHzにおいて)								
	周波数	50Hz	100Hz	400Hz	1kHz	3kHz	5kHz	7.5kHz	10kHz	15kHz
	L→R	60.0dB	60.2dB	60.6dB	60.4dB	60.4dB	59.7dB	57.3dB	56.9dB	54.6dB
	R→L	60.4dB	60.7dB	60.2dB	60.8dB	60.6dB	59.9dB	57.4dB	58.2dB	55.5dB
2-3	ひずみ率	0.5%以内(50Hz～15kHzにおいて)								
	周波数	50Hz	100Hz	400Hz	1kHz	3kHz	5kHz	7.5kHz	10kHz	15kHz
	MONO	0.09%	0.09%	0.08%	0.08%	0.09%	0.11%	0.25%	0.10%	0.19%
	STEREO(L)	0.07%	0.08%	0.07%	0.09%	0.09%	0.11%	0.26%	0.10%	0.19%
	STEREO(R)	0.07%	0.09%	0.08%	0.10%	0.09%	0.11%	0.25%	0.10%	0.16%
2-4	S/N									
	MONO	65dB以上/1kHz 100%変調時 (ただし変調器のS/Nが70dB以上であること)						67.6dB		
	STEREO(L)							67.4dB		
	STEREO(R)							67.5dB		

FM回り込みキャンセラー 技術試験 屋内試験(予備試験②)

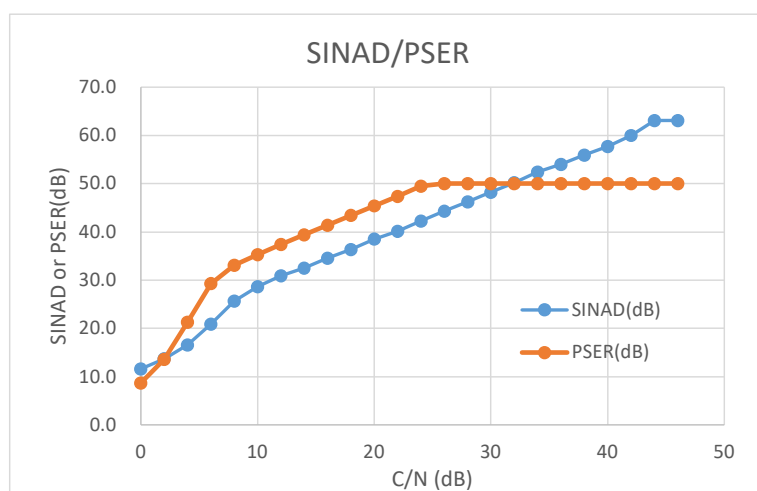
SINADとPSERの測定結果に相関があることを確認する

C/N 対 SINAD or PSER (1kHz)



音声信号：トーン信号(1kHz)

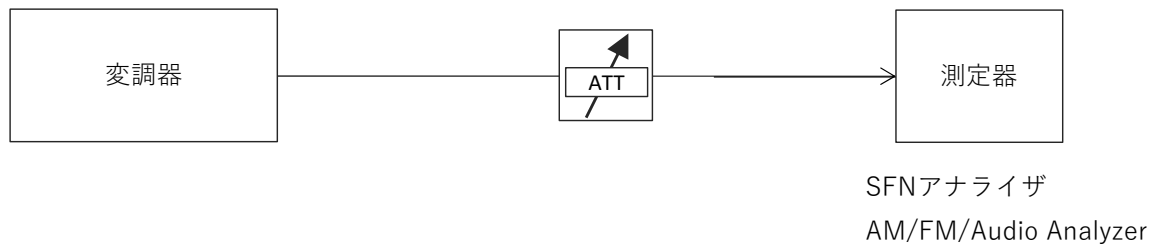
RF C/N(dB)	SINAD(dB)	PSER(dB)
0	11.6	8.7
2	13.7	13.6
4	16.6	21.3
6	20.9	29.3
8	25.6	33.1
10	28.6	35.3
12	30.9	37.4
14	32.5	39.4
16	34.6	41.4
18	36.4	43.4
20	38.5	45.4
22	40.2	47.4
24	42.3	49.5
26	44.3	50
28	46.2	50
30	48.2	50
32	50.2	50
34	52.4	50
36	54.0	50
38	55.9	50
40	57.7	50
42	60.0	50
44	63.1	50
46	63.1	50



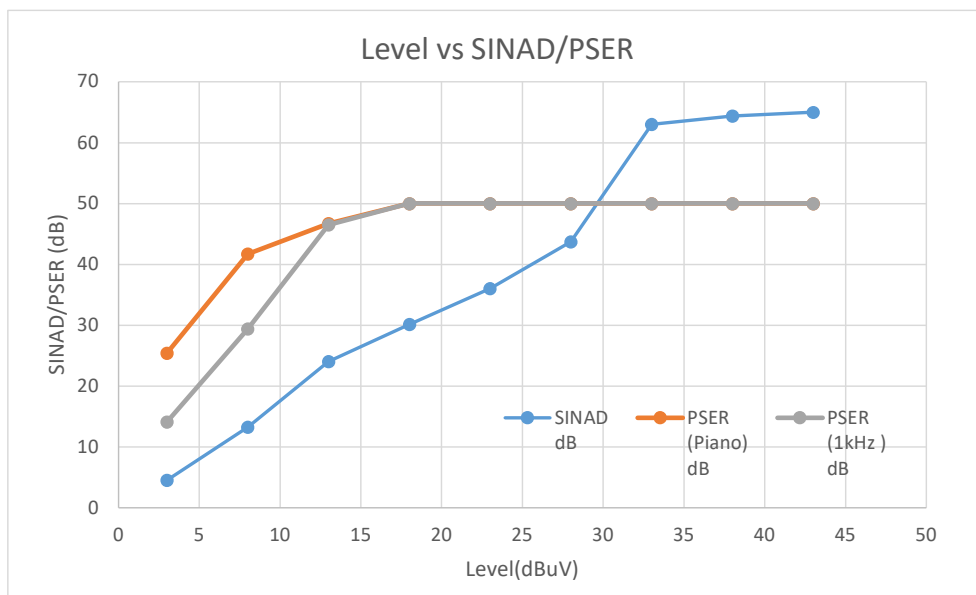
FM回り込みキャンセラー 技術試験 屋内試験(予備試験②)

SINADとPSERの測定結果に相関があることを確認する

端子電圧 対 SINAD or PSER (1kHz) or PSER (Piano)

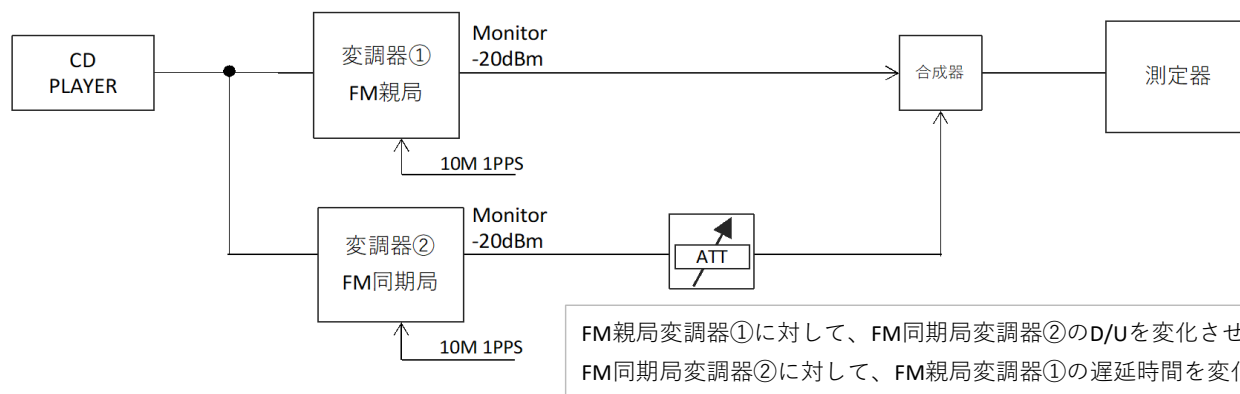


Level (dBuV)	SINAD dB	PSER (Piano) dB	PSER (1kHz) dB
43	65	50	50
38	64.4	50	50
33	63	50	50
28	43.7	50	50
23	36	50	50
18	30.1	50	50
13	24	46.7	46.5
8	13.2	41.7	29.4
3	4.5	25.4	14.1



FM回り込みキャンセラー 技術試験 室内実験(予備実験③)

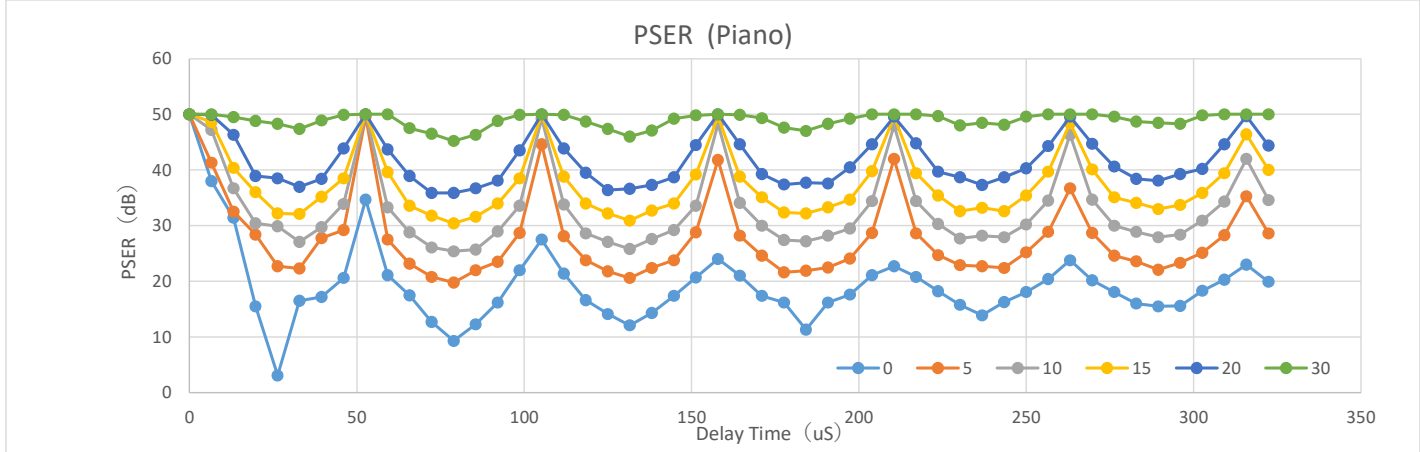
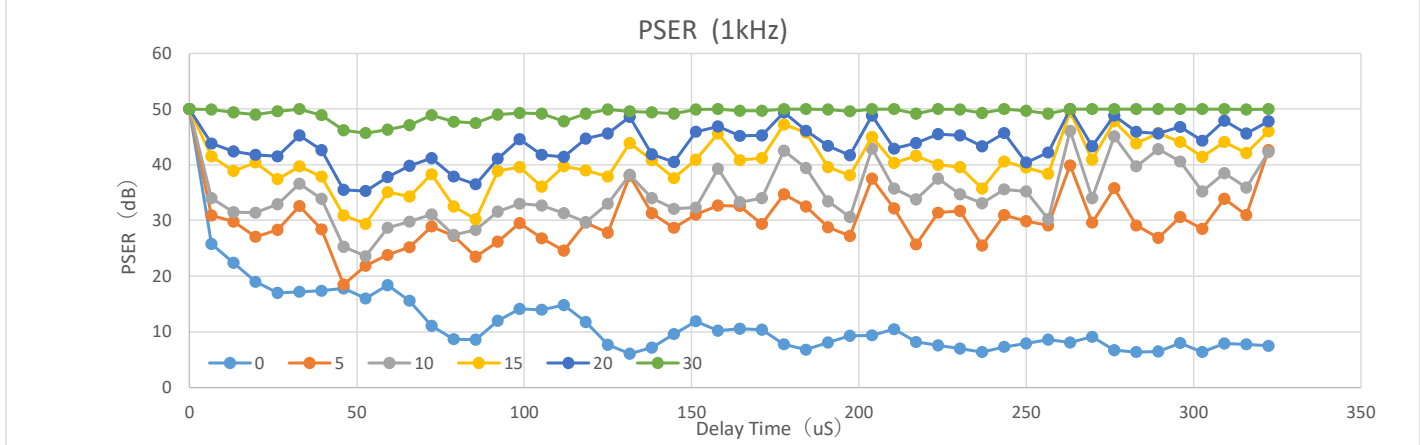
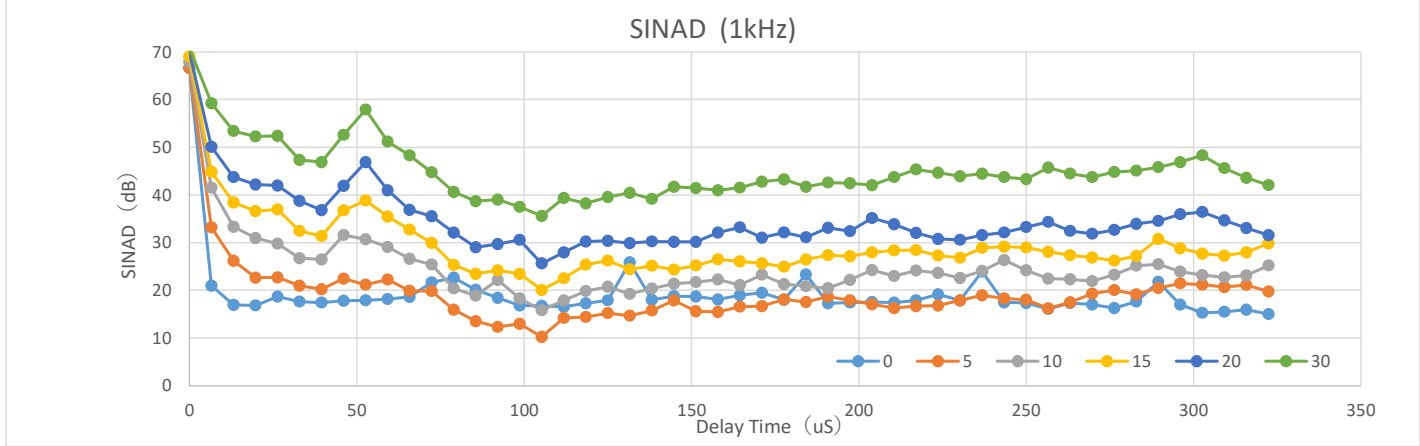
SFNアナライザ



周波数偏差 0.2Hz

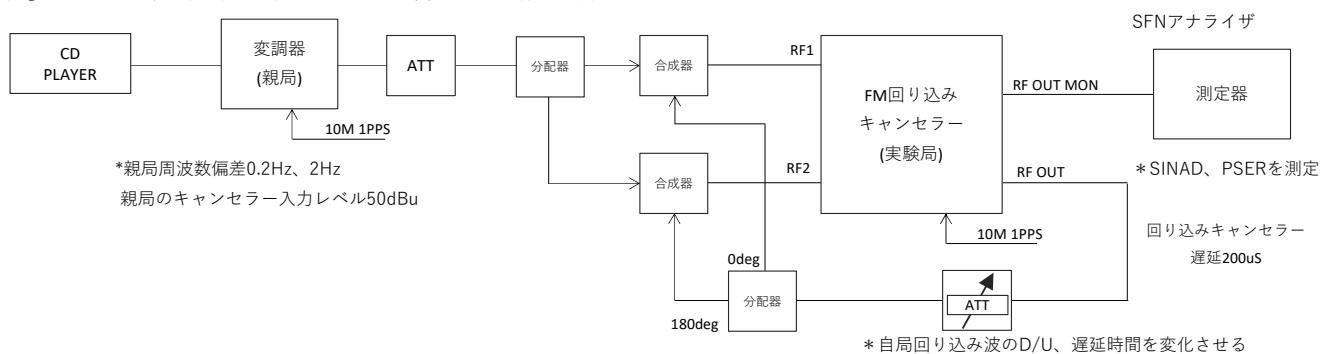
	音源=1kHz SINAD(dB)						音源=1kHz PSER(dB)						音源=Piano PSER(dB)					
	同期局② D/U(dB)						同期局② D/U(dB)						同期局② D/U(dB)					
同期局① 遅延時間 (μ S)	0	5	10	15	20	30	0	5	10	15	20	30	0	5	10	15	20	30
0.0	66.6	66.7	67.8	69.0	70.0	70.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
6.6	21.0	33.2	41.5	44.9	50.1	59.2	25.8	30.9	34.0	41.5	43.8	49.9	38.0	41.3	47.2	48.6	49.9	50.0
13.2	17.0	26.2	33.3	38.4	43.7	53.4	22.4	29.8	31.5	38.9	42.4	49.4	31.4	32.5	36.7	40.4	46.3	49.5
19.7	16.9	22.7	31.0	36.6	42.2	52.3	19.0	27.1	31.4	40.4	41.8	49.0	15.5	28.4	30.4	36.0	38.9	48.8
26.3	18.7	22.7	29.8	37.0	42.0	52.4	17.0	28.3	32.9	37.4	41.5	49.6	3.1	22.7	29.9	32.2	38.5	48.3
32.9	17.7	21.0	26.7	32.5	38.8	47.4	17.2	32.6	36.6	39.7	45.3	50.0	16.5	22.3	27.1	32.1	37.0	47.4
39.5	17.4	20.2	26.5	31.4	36.8	46.9	17.4	28.4	33.9	37.9	42.6	48.9	17.2	27.8	29.7	35.2	38.4	48.9
46.1	17.8	22.4	31.6	36.8	41.9	52.6	17.8	18.5	25.3	30.9	35.5	46.2	20.6	29.2	33.9	38.5	43.9	49.9
52.6	17.9	21.2	30.7	38.9	46.9	57.9	16.0	21.9	23.6	29.4	35.3	45.7	34.7	49.6	50.0	50.0	50.0	50.0
59.2	18.2	22.3	29.1	35.5	41.0	51.2	18.4	23.8	28.7	35.1	37.8	46.3	21.1	27.5	33.3	39.6	43.7	50.0
65.8	18.6	19.9	26.6	32.7	36.9	48.3	15.6	25.2	29.8	34.3	39.8	47.1	17.5	23.2	28.8	33.6	38.9	47.5
72.4	21.7	19.8	25.4	30.0	35.5	44.8	11.1	28.9	31.1	38.3	41.2	48.9	12.7	20.8	26.1	31.8	35.9	46.5
78.9	22.6	15.9	20.4	25.3	32.1	40.6	8.7	27.2	27.4	32.5	37.9	47.7	9.3	19.8	25.4	30.4	35.9	45.2
85.5	20.1	13.5	18.9	23.5	29.0	38.7	8.6	23.5	28.3	30.2	36.5	47.5	12.3	22.0	25.7	31.6	36.7	46.3
92.1	18.4	12.3	22.2	24.2	29.7	39.0	12.0	26.2	31.6	38.9	41.1	49.0	16.2	23.5	29.0	34.0	38.1	48.8
98.7	16.8	13.0	18.3	23.4	30.6	37.5	14.1	29.5	33.0	39.6	44.6	49.3	22.0	28.7	33.6	38.5	43.5	49.9
105.3	16.7	10.2	15.9	20.1	25.6	35.6	14.0	26.8	32.7	36.1	41.8	49.2	27.5	44.6	49.2	49.9	50.0	50.0
111.8	16.5	14.2	17.9	22.6	28.0	39.3	14.8	24.6	31.3	39.7	41.4	47.8	21.4	28.1	33.8	38.8	43.9	49.9
118.4	17.3	14.4	19.9	25.4	30.2	38.2	11.8	29.6	29.7	39.0	44.7	49.2	16.6	23.8	28.6	34.0	39.5	48.7
125.0	17.9	15.3	20.8	26.2	30.4	39.6	7.7	27.8	33.0	37.9	45.6	49.9	14.1	21.8	27.1	32.2	36.4	47.4
131.6	25.9	14.7	19.3	24.4	29.9	40.4	6.1	38.0	38.2	43.9	48.6	49.6	12.1	20.6	25.8	30.9	36.6	46.0
138.2	18.0	15.8	20.4	25.2	30.3	39.2	7.2	31.3	34.0	40.8	41.9	49.4	14.3	22.4	27.6	32.7	37.3	47.1
144.7	18.8	17.9	21.4	24.4	30.2	41.7	9.6	28.7	32.1	37.6	40.5	49.2	17.4	23.8	29.2	34.0	38.7	49.2
151.3	18.7	15.6	21.7	25.2	30.2	41.5	11.9	31.1	32.3	40.9	45.9	49.9	20.7	28.8	33.6	39.2	44.5	49.8
157.9	18.1	15.5	22.3	26.5	32.1	40.9	10.2	32.7	39.3	45.6	46.9	50.0	24.0	41.8	48.3	49.6	50.0	50.0
164.5	18.9	16.6	21.1	26.1	33.2	41.6	10.6	32.6	33.3	40.8	45.2	49.7	21.0	28.2	34.1	38.8	44.6	49.9
171.1	19.5	16.7	23.3	25.6	31.0	42.8	10.4	29.4	34.0	41.2	45.3	49.7	17.4	24.6	30.0	35.1	39.3	49.3
177.6	18.0	18.1	21.3	25.0	32.2	43.3	7.8	34.7	42.5	47.2	49.4	50.0	16.2	21.6	27.4	32.4	37.4	47.6
184.2	23.4	17.6	20.9	26.5	31.1	41.7	6.8	32.5	39.4	45.8	46.1	50.0	11.3	21.9	27.2	32.2	37.7	47.0
190.8	17.3	18.7	20.5	27.4	33.1	42.6	8.1	28.8	33.4	39.6	43.4	49.9	16.2	22.5	28.2	33.3	37.6	48.3
197.4	17.5	17.9	22.2	27.2	32.4	42.4	9.3	27.2	30.6	38.1	41.7	49.6	17.6	24.1	29.5	34.7	40.5	49.2
203.9	17.5	17.1	24.3	27.9	35.2	42.0	9.4	37.5	42.9	45.0	48.8	50.0	21.1	28.7	34.4	39.8	44.6	50.0
210.5	17.5	16.3	23.0	28.4	33.9	43.7	10.5	32.2	35.7	40.3	42.9	50.0	22.7	42.0	48.0	49.6	49.6	50.0
217.1	17.9	16.7	24.2	28.5	32.1	45.3	8.2	25.7	33.8	41.6	43.9	49.2	20.8	28.6	34.4	39.4	44.8	50.0
223.7	19.1	16.8	23.7	27.3	30.8	44.7	7.6	31.4	37.5	40.0	45.5	50.0	18.2	24.7	30.3	35.4	39.7	49.7

同期局① 遅延時間 (μ S)	同期局② D/U(dB)						同期局② D/U(dB)						同期局② D/U(dB)					
	0	5	10	15	20	30	0	5	10	15	20	30	0	5	10	15	20	30
230.3	17.9	17.9	22.6	26.9	30.6	43.9	7.0	31.7	34.7	39.6	45.3	49.9	15.8	22.9	27.7	32.6	38.7	48.0
236.8	24.0	19.0	24.1	28.9	31.6	44.5	6.4	25.5	33.1	35.7	43.3	49.3	13.9	22.7	28.2	33.2	37.3	48.5
243.4	17.5	18.3	26.4	29.2	32.2	43.7	7.3	31.0	35.6	40.6	45.7	50.0	16.3	22.4	27.9	32.6	38.7	48.1
250.0	17.3	18.1	24.2	29.0	33.3	43.3	7.9	29.9	35.2	39.5	40.4	49.7	18.1	25.2	30.2	35.4	40.3	49.6
256.6	16.1	16.2	22.4	28.1	34.3	45.8	8.6	29.1	30.2	38.4	42.2	49.2	20.4	28.9	34.5	39.7	44.3	50.0
263.2	17.4	17.5	22.3	27.4	32.5	44.5	8.1	39.9	46.1	49.5	50.0	50.0	23.8	36.7	46.3	48.4	49.6	50.0
269.7	17.0	19.3	22.0	26.9	31.9	43.7	9.1	29.6	34.0	40.9	43.3	50.0	20.2	28.7	34.7	40.1	44.7	50.0
276.3	16.3	20.1	23.3	26.3	32.7	44.8	6.7	35.8	45.1	47.8	48.8	50.0	18.1	24.6	30.0	35.1	40.6	49.6
282.9	17.7	19.2	25.2	27.2	33.9	45.1	6.4	29.1	39.7	43.8	45.9	50.0	16.0	23.6	28.9	34.1	38.4	48.7
289.5	21.8	20.5	25.5	30.8	34.6	45.8	6.5	26.9	42.8	45.7	45.6	50.0	15.5	22.1	27.9	33.0	38.1	48.5
296.1	17.0	21.5	23.9	28.8	36.0	46.9	8.0	30.6	40.6	44.1	46.8	50.0	15.6	23.3	28.4	33.7	39.3	48.3
302.6	15.3	21.2	23.2	27.7	36.4	48.3	6.4	28.5	35.2	41.4	44.3	50.0	18.3	25.1	30.9	35.9	40.2	49.8
309.2	15.5	20.7	22.8	27.3	34.7	45.6	7.9	33.9	38.5	44.1	47.9	50.0	20.3	28.3	34.3	39.4	44.6	50.0
315.8	16.0	21.1	23.1	28.0	33.1	43.6	7.8	31.0	35.9	42.1	45.6	49.9	23.0	35.3	42.0	46.4	49.7	50.0
322.4	15.0	19.7	25.2	29.8	31.5	42.1	7.5	42.6	42.3	46.0	47.8	50.0	19.9	28.6	34.6	40.0	44.4	50.0



FM回り込みキャンセラー 技術試験 屋内試験 条件①

条件① 親局、実験局間で送信アンテナからの回り込み波の除去を確認



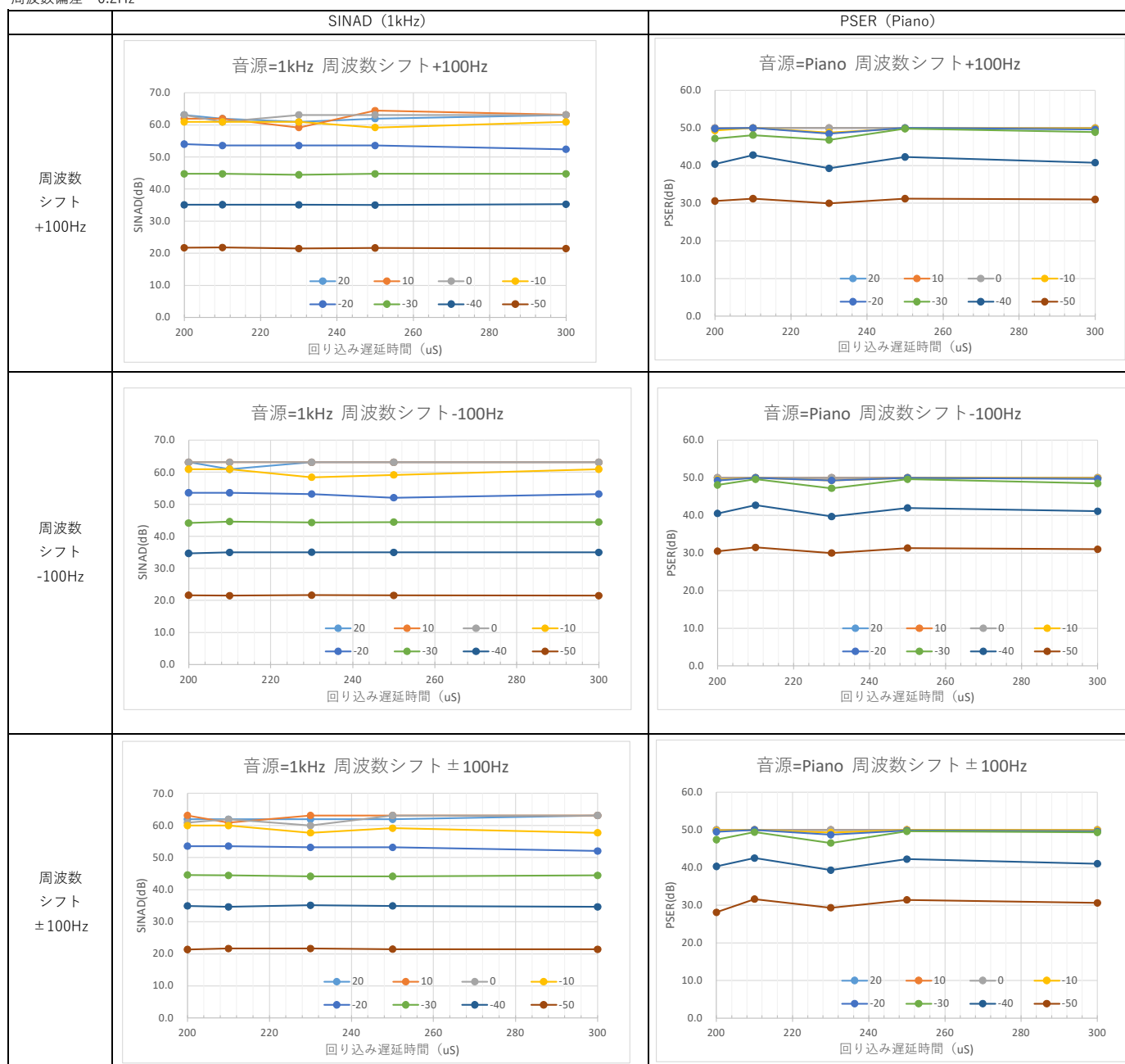
周波数偏差 0.2Hz

周波数 シフト	自局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)					音源=Piano PSER(dB)				
		自局回り込み波 遅延時間 (uS)					自局回り込み波 遅延時間 (uS)				
		200	210	230	250	300	200	210	230	250	300
+100Hz	20	63.1	61.9	60.9	61.9	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	61.9	61.9	59.2	64.4	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	63.1	60.9	63.1	63.1	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	60.9	60.9	60.9	59.2	60.9	49.3	50.0	48.8	49.9	49.9
	-20	54.0	53.6	53.6	53.6	52.4	49.8	50.0	48.5	50.0	49.6
	-30	44.7	44.7	44.4	44.7	44.7	47.2	48.1	46.8	49.8	48.9
	-40	35.1	35.1	35.1	35.0	35.3	40.4	42.8	39.3	42.3	40.8
-100Hz	20	63.1	60.9	63.1	63.1	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	60.9	60.9	58.4	59.2	60.9	49.5	50.0	49.3	50.0	49.9
	-20	53.6	53.6	53.2	52.0	53.2	49.3	50.0	49.3	50.0	49.7
	-30	44.2	44.6	44.3	44.4	44.4	48.1	49.6	47.2	49.6	48.5
	-40	34.7	35.0	35.0	35.0	35.0	40.5	42.7	39.7	42.0	41.1
±100Hz	20	61.9	61.9	61.9	61.9	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	63.1	60.9	63.1	63.1	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	60.9	61.9	60.0	63.1	63.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	60.0	60.0	57.7	59.2	57.7	49.8	50.0	49.3	50.0	49.9
	-20	53.6	53.6	53.2	53.2	52.0	49.5	50.0	48.7	49.8	49.6
	-30	44.6	44.4	44.2	44.2	44.4	47.4	49.4	46.5	49.6	49.3
	-40	34.9	34.7	35.1	34.9	34.7	40.3	42.5	39.3	42.2	41.0
	-50	21.4	21.7	21.6	21.4	21.4	28.1	31.6	29.3	31.4	30.6

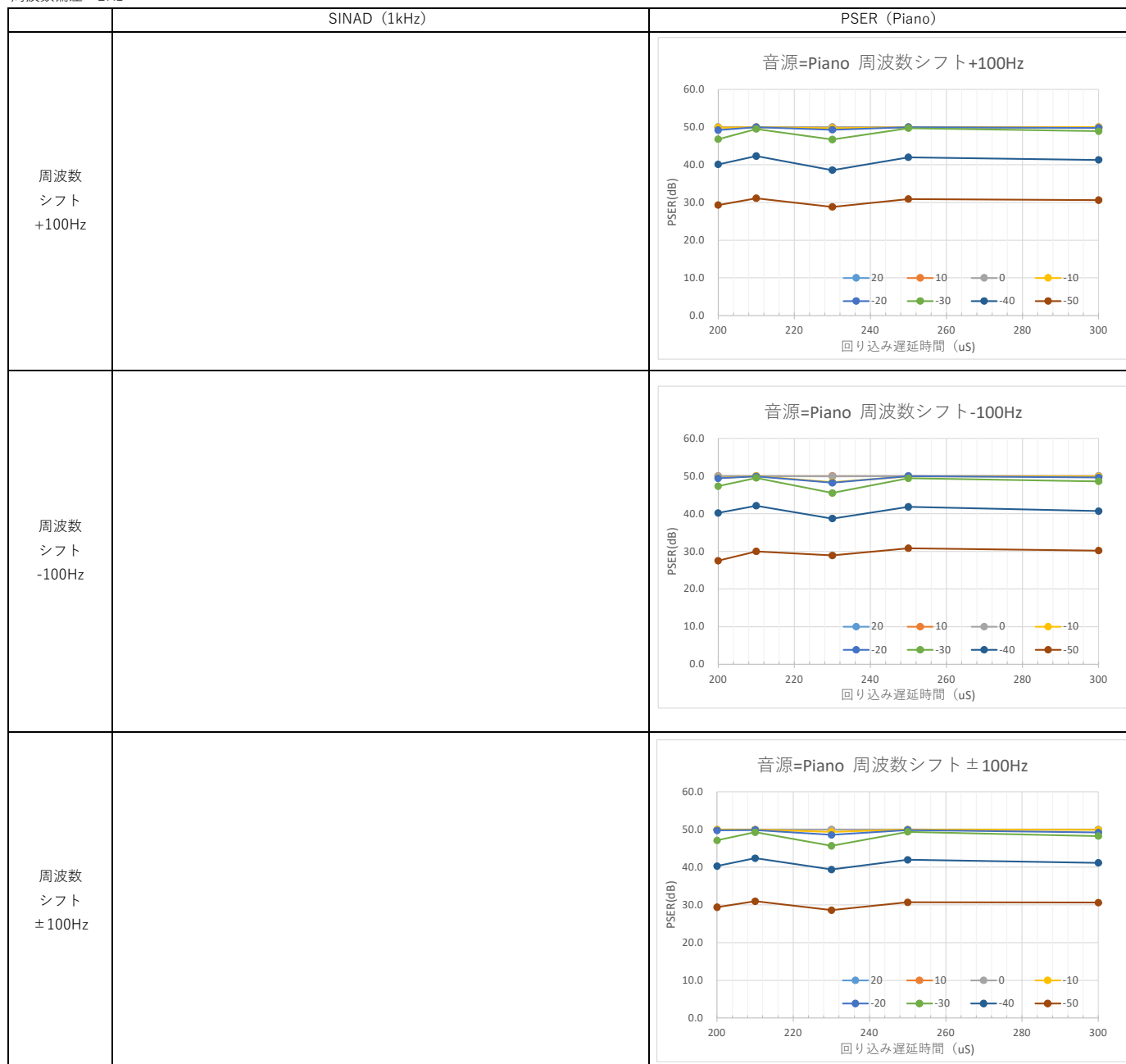
周波数偏差 2.0Hz

周波数シフト	自局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)					音源=Piano PSER(dB)				
		自局回り込み波 遅延時間 (uS)					自局回り込み波 遅延時間 (uS)				
		200	210	230	250	300	200	210	230	250	300
+100Hz	20						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10						49.9	50.0	49.7	50.0	50.0
	-20						49.2	50.0	49.3	50.0	49.8
	-30						46.8	49.5	46.7	49.7	48.9
	-40						40.1	42.3	38.6	42.0	41.3
-100Hz	20						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0						50.0	50.0	49.9	50.0	50.0
	-10						49.5	50.0	48.4	49.9	49.9
	-20						49.4	49.9	48.2	50.0	49.6
	-30						47.3	49.5	45.5	49.4	48.6
	-40						40.2	42.1	38.7	41.8	40.7
±100Hz	20						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0						50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10						50.0	50.0	49.4	50.0	49.9
	-20						49.8	49.9	48.6	49.9	49.2
	-30						47.1	49.3	45.7	49.4	48.3
	-40						40.3	42.4	39.4	42.0	41.2
	-50						29.4	31.0	28.6	30.7	30.6

周波数偏差 0.2Hz

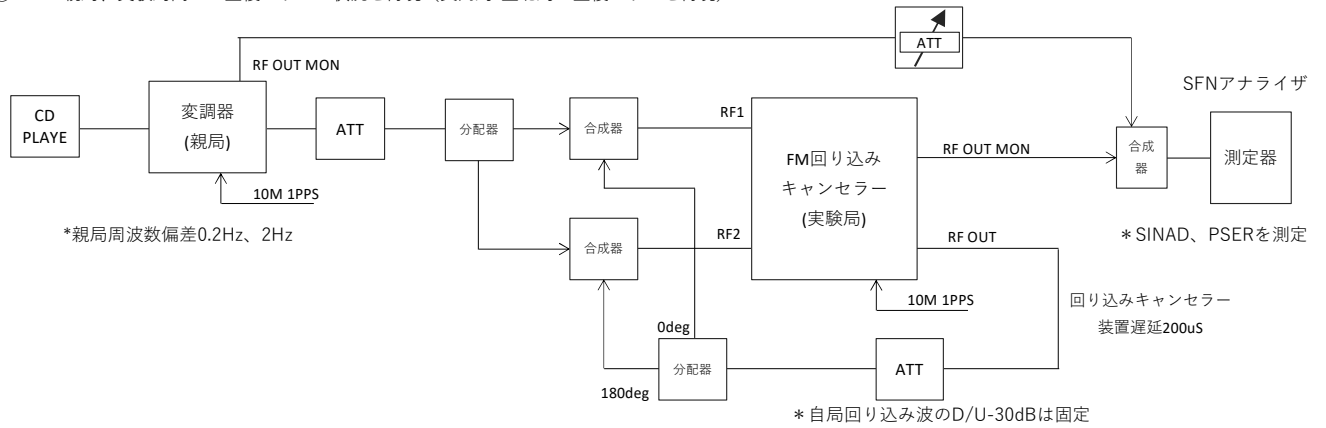


周波数偏差 2Hz



FM回り込みキャンセラー 技術試験 室内実験 条件②

条件② 親局、実験局間での重複エリアの状況を再現（長門局-豊北局の重複エリアを再現）



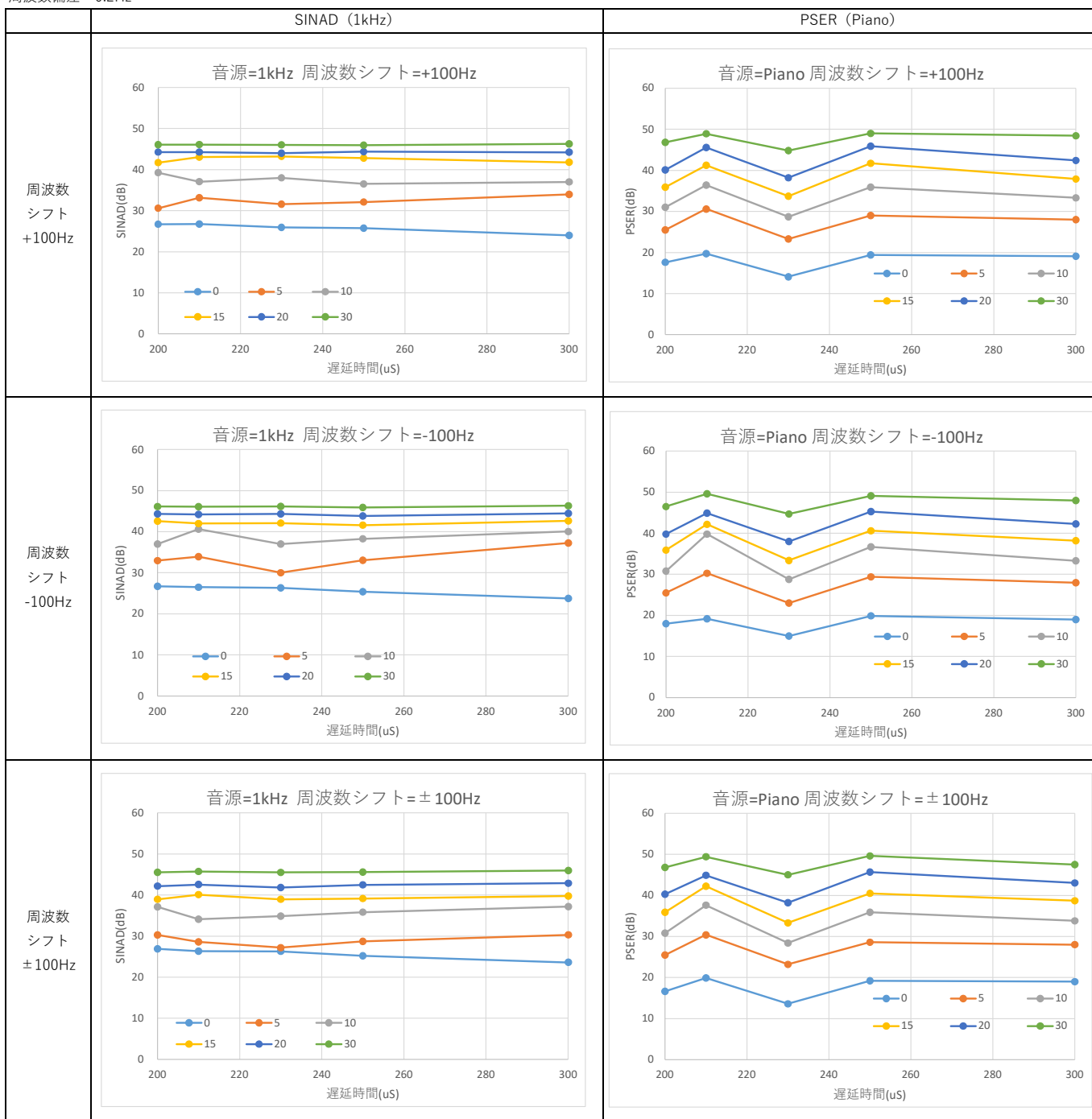
周波数偏差 0.2Hz

周波数 シフト	実験局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)					音源=Piano PSER(dB)				
		実験局 遅延時間 (uS)					実験局 遅延時間 (uS)				
		200	210	230	250	300	200	210	230	250	300
+100Hz	0	26.7	26.7	25.9	25.7	24.0	17.6	19.7	14.1	19.4	19.1
	5	30.6	33.1	31.6	32.1	34.0	25.5	30.6	23.3	29.0	28.0
	10	39.2	37.1	38.0	36.5	37.0	31.0	36.4	28.7	35.9	33.3
	15	41.7	43.0	43.2	42.8	41.8	35.9	41.2	33.7	41.7	37.9
	20	44.3	44.3	44.0	44.4	44.2	40.1	45.6	38.2	45.9	42.4
	30	46.0	46.1	46.0	45.9	46.3	46.8	48.9	44.8	49.0	48.4
-100Hz	0	26.7	26.5	26.3	25.4	23.8	18.0	19.2	15.0	19.9	19.0
	5	33.0	33.9	30.0	33.0	37.2	25.5	30.3	23.0	29.4	28.0
	10	37.0	40.6	37.0	38.3	40.0	30.8	39.8	28.8	36.7	33.3
	15	42.6	42.0	42.1	41.6	42.6	35.9	42.2	33.4	40.6	38.2
	20	44.3	44.2	44.3	43.8	44.5	39.8	44.9	38.0	45.3	42.3
	30	46.1	46.1	46.1	45.9	46.3	46.5	49.6	44.7	49.1	48.0
±100Hz	0	26.9	26.3	26.3	25.2	23.6	16.6	19.9	13.6	19.2	19.0
	5	30.3	28.6	27.2	28.7	30.3	25.5	30.4	23.2	28.6	28.0
	10	37.1	34.1	34.8	35.8	37.2	30.8	37.6	28.4	35.9	33.8
	15	39.0	40.1	38.9	39.1	39.8	35.9	42.2	33.3	40.5	38.7
	20	42.1	42.5	41.8	42.5	42.9	40.3	44.9	38.2	45.7	43.0
	30	45.5	45.7	45.5	45.5	45.9	46.8	49.4	45.0	49.6	47.5

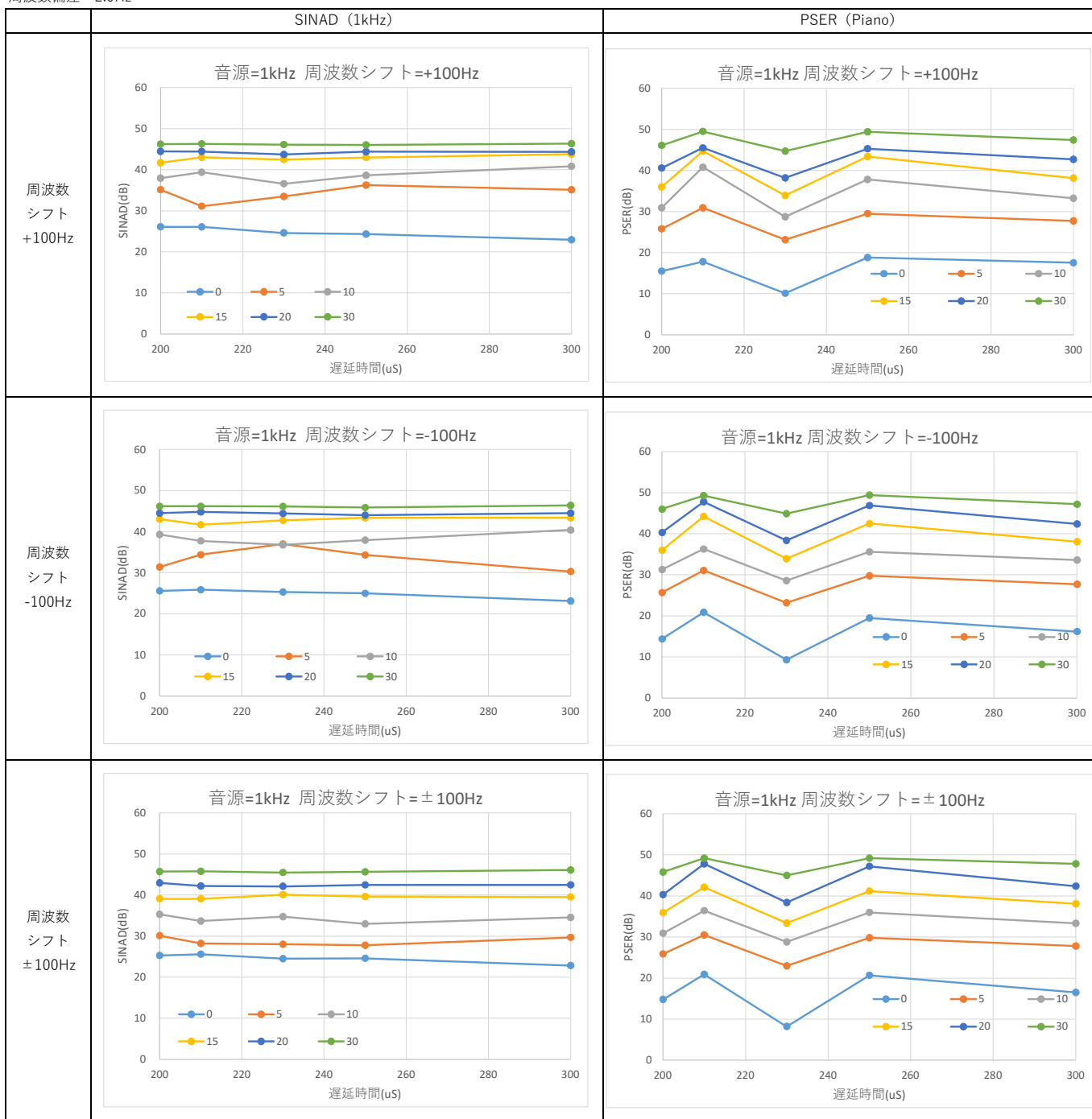
周波数偏差 2.0Hz

周波数 シフト	実験局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)					音源=Piano PSER(dB)				
		実験局 遅延時間 (uS)					実験局 遅延時間 (uS)				
		200	210	230	250	300	200	210	230	250	300
+100Hz	0	26.1	26.0	24.6	24.3	22.9	15.5	17.8	10.1	18.8	17.5
	5	35.1	31.1	33.5	36.2	35.1	25.8	30.9	23.1	29.5	27.7
	10	37.9	39.4	36.6	38.6	40.8	30.9	40.8	28.7	37.8	33.2
	15	41.7	43.0	42.5	42.9	43.7	36.0	44.7	33.9	43.4	38.1
	20	44.5	44.4	43.7	44.4	44.3	40.6	45.5	38.2	45.3	42.7
	30	46.2	46.3	46.1	46.0	46.3	46.1	49.5	44.7	49.4	47.4
-100Hz	0	25.6	25.9	25.3	25.0	23.1	14.4	20.9	9.3	19.5	16.2
	5	31.4	34.4	37.0	34.3	30.3	25.7	31.1	23.2	29.8	27.7
	10	39.3	37.8	36.8	37.9	40.4	31.3	36.3	28.6	35.6	33.6
	15	43.1	41.7	42.7	43.4	43.4	36.0	44.2	33.9	42.5	38.1
	20	44.5	44.8	44.5	44.0	44.5	40.3	47.8	38.4	46.9	42.4
	30	46.2	46.2	46.1	45.9	46.4	46.0	49.3	44.9	49.4	47.2
±100Hz	0	25.3	25.6	24.5	24.6	22.8	14.8	20.9	8.2	20.7	16.5
	5	30.1	28.2	28.0	27.8	29.7	25.9	30.5	23.0	29.8	27.8
	10	35.3	33.7	34.7	33.0	34.5	30.9	36.4	28.8	36.0	33.3
	15	39.1	39.1	40.1	39.6	39.5	35.9	42.1	33.4	41.2	38.1
	20	43.0	42.2	42.1	42.5	42.5	40.3	47.8	38.4	47.2	42.4
	30	45.7	45.8	45.5	45.6	46.1	45.8	49.2	45.0	49.2	47.8

周波数偏差 0.2Hz

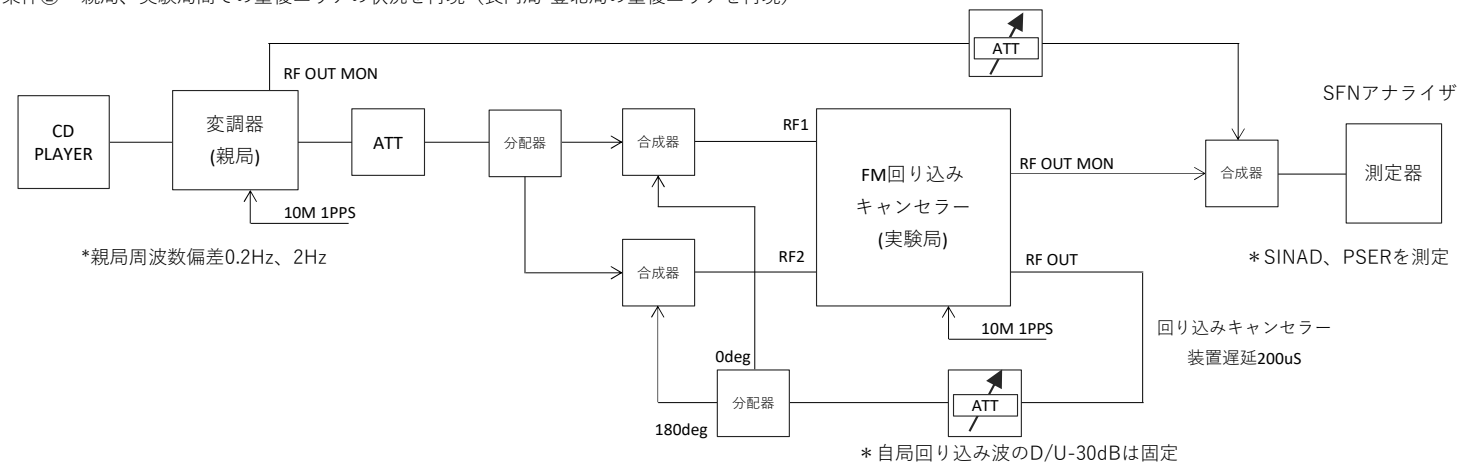


周波数偏差 2.0Hz



FM回り込みキャンセラー 技術試験 室内実験 条件② 【追加試験】

条件② 親局、実験局間での重複エリアの状況を再現（長門局-豊北局の重複エリアを再現）



周波数偏差 0.2Hz

周波数 シフト	実験局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)									
		実験局 遅延時間 (uS)									
		200.0	210.5	223.7	236.8	250.0	263.2	276.3	289.5	302.6	315.8
+100Hz	0	29.0	28.8	28.6	31.1	27.7	27.3	27.0	29.5	26.0	25.4
	5	31.1	35.3	32.6	34.0	32.9	33.5	31.7	31.9	37.6	34.7
	10	38.7	37.1	39.8	39.2	37.4	38.6	39.6	38.1	39.4	41.0
	15	42.7	41.8	41.8	42.1	42.1	41.4	42.4	44.3	43.2	42.5
	20	44.2	44.1	44.1	44.3	44.4	44.5	44.3	44.2	44.9	44.7
	30	45.9	45.9	45.7	46.0	45.8	45.6	45.9	46.0	46.1	46.0

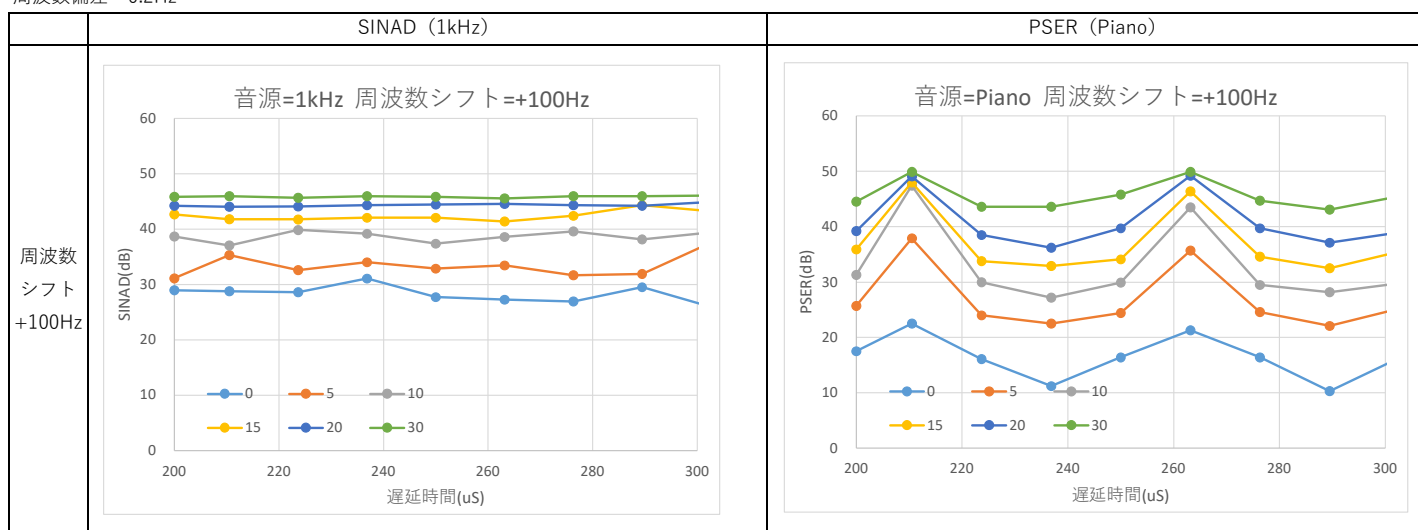
周波数 シフト	実験局 D/U(dB)	音源=Piano PSER(dB)									
		実験局 遅延時間 (uS)									
		200.0	210.5	223.7	236.8	250.0	263.2	276.3	289.5	302.6	315.8
+100Hz	0	17.5	22.5	16.1	11.2	16.4	21.3	16.4	10.3	16.3	22.0
	5	25.7	37.9	24.0	22.5	24.4	35.7	24.6	22.1	25.2	37.5
	10	31.3	47.4	30.0	27.2	29.9	43.5	29.5	28.2	29.8	42.0
	15	35.9	48.0	33.8	32.9	34.1	46.4	34.6	32.5	35.5	47.0
	20	39.2	49.1	38.5	36.2	39.7	49.2	39.7	37.1	39.0	48.7
	30	44.5	49.9	43.6	43.6	45.8	49.9	44.7	43.1	45.5	49.9

周波数偏差 2.0Hz

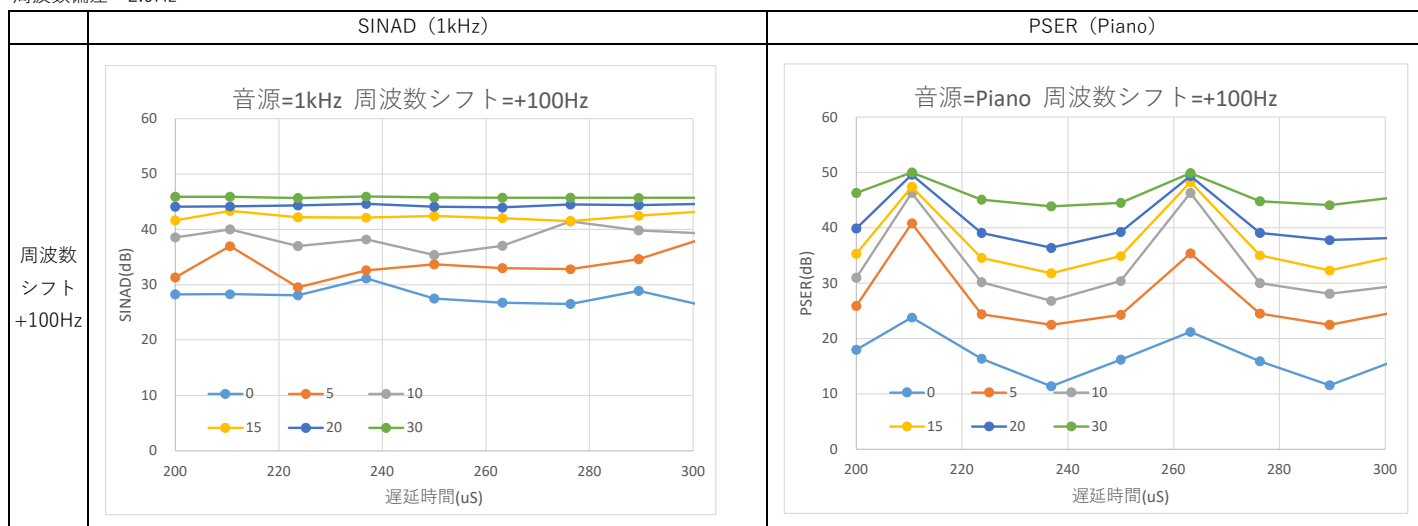
周波数 シフト	実験局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)									
		実験局 遅延時間 (uS)									
		200.0	210.5	223.7	236.8	250.0	263.2	276.3	289.5	302.6	315.8
+100Hz	0	28.3	28.3	28.1	31.1	27.5	26.8	26.5	28.9	26.1	25.4
	5	31.3	37.0	29.5	32.6	33.7	33.0	32.8	34.6	38.6	33.3
	10	38.6	40.0	37.0	38.2	35.4	37.0	41.5	39.8	39.2	40.1
	15	41.6	43.3	42.2	42.1	42.4	42.0	41.5	42.5	43.3	42.6
	20	44.1	44.1	44.3	44.6	44.1	43.9	44.5	44.4	44.6	45.1
	30	45.9	45.9	45.7	45.9	45.8	45.7	45.7	45.7	45.7	46.0

周波数 シフト	実験局 D/U(dB)	音源=Piano PSER(dB)									
		実験局 遅延時間 (uS)									
		200.0	210.5	223.7	236.8	250.0	263.2	276.3	289.5	302.6	315.8
+100Hz	0	18.0	23.8	16.4	11.4	16.2	21.2	15.9	11.6	16.3	20.7
	5	25.9	40.8	24.4	22.5	24.3	35.4	24.5	22.5	24.9	38.0
	10	31.0	46.3	30.2	26.8	30.4	46.3	30.0	28.1	29.6	42.0
	15	35.3	47.4	34.6	31.8	34.9	48.3	35.0	32.3	35.0	46.6
	20	39.9	49.6	39.1	36.4	39.3	49.4	39.1	37.8	38.2	48.2
	30	46.3	50.0	45.1	43.9	44.5	49.9	44.8	44.1	45.6	49.9

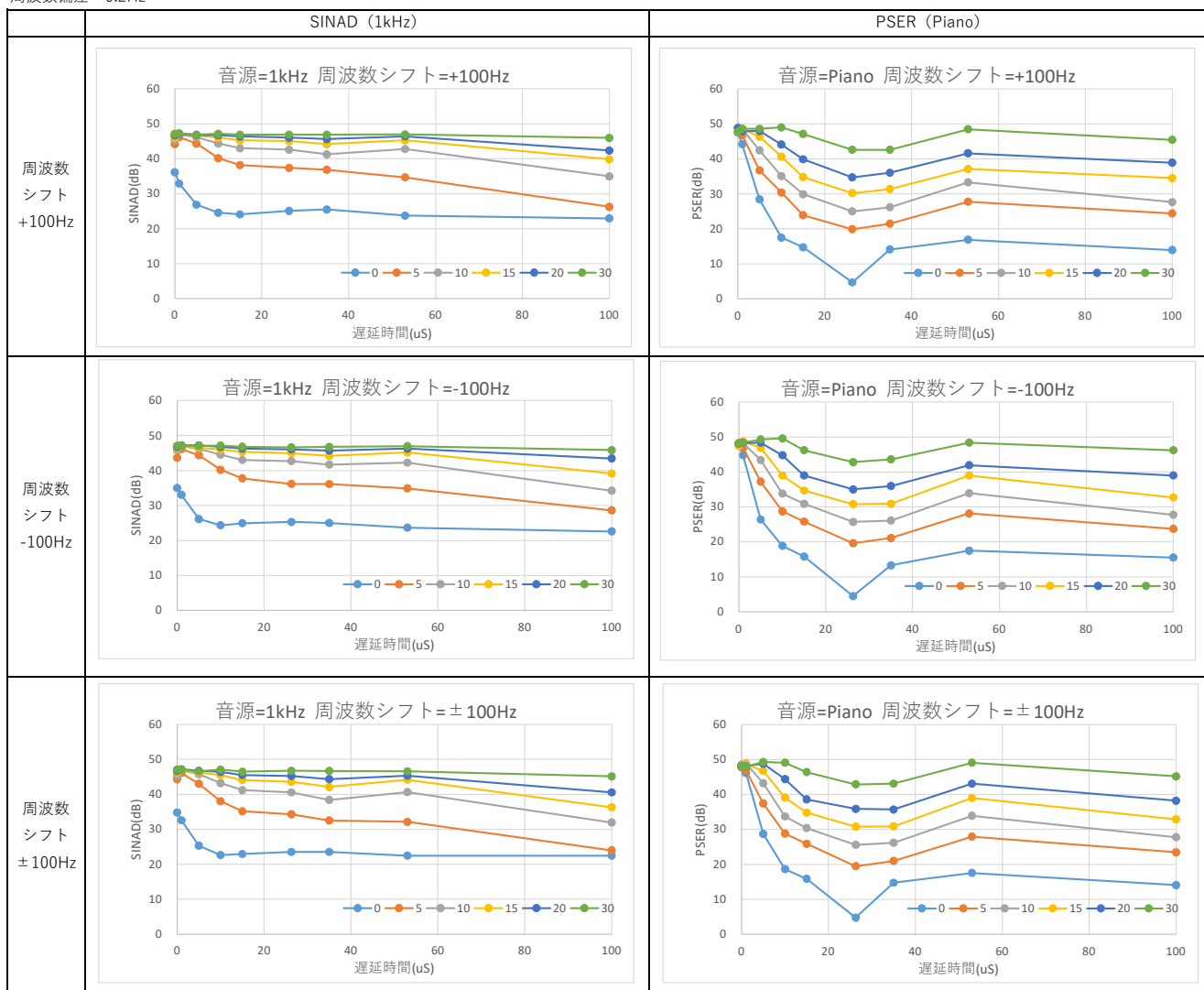
周波数偏差 0.2Hz



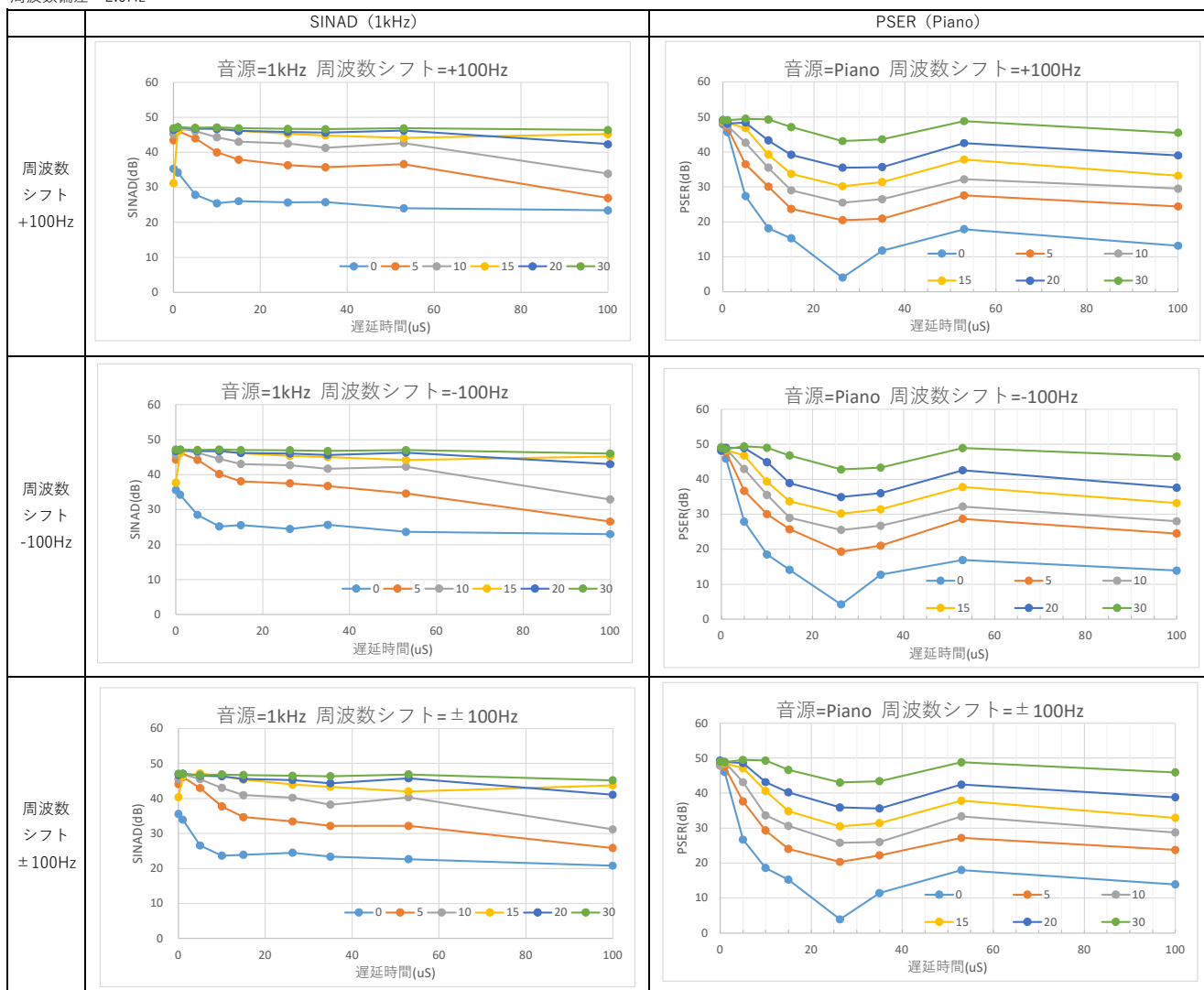
周波数偏差 2.0Hz



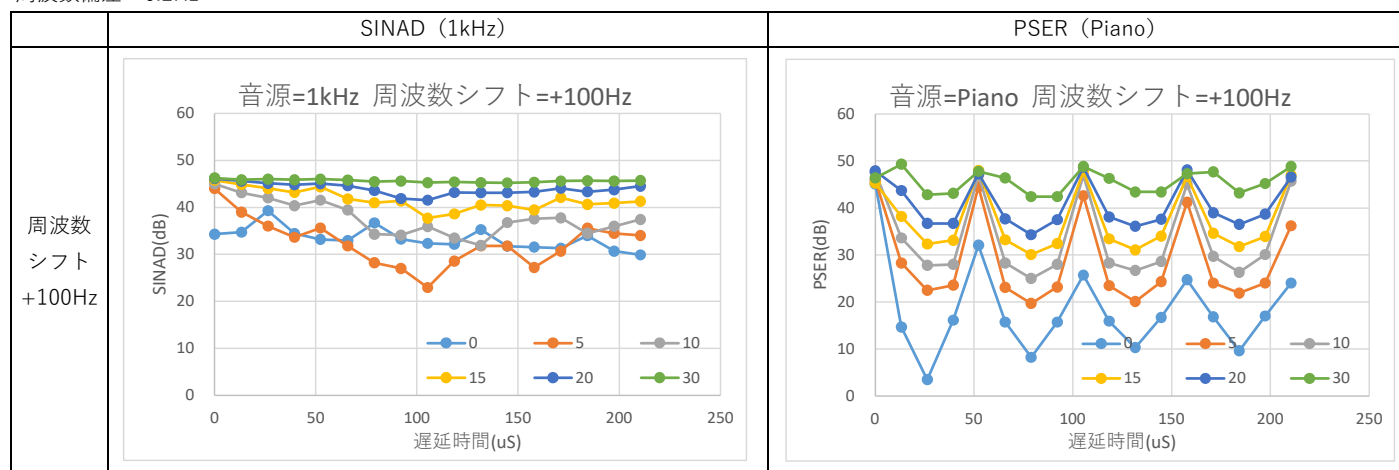
周波数偏差 0.2Hz



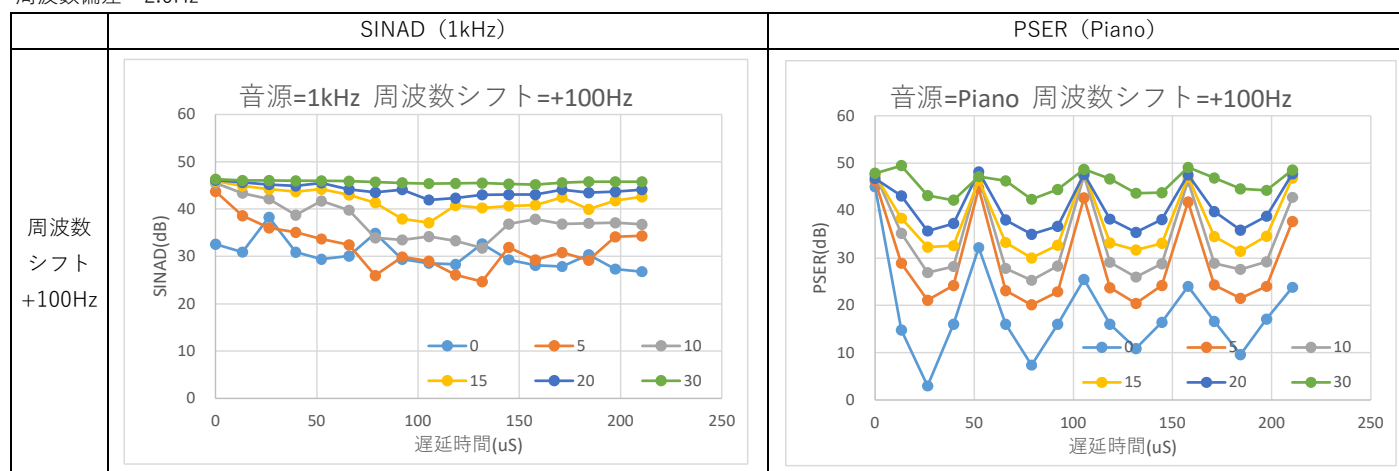
周波数偏差 2.0Hz



周波数偏差 0.2Hz

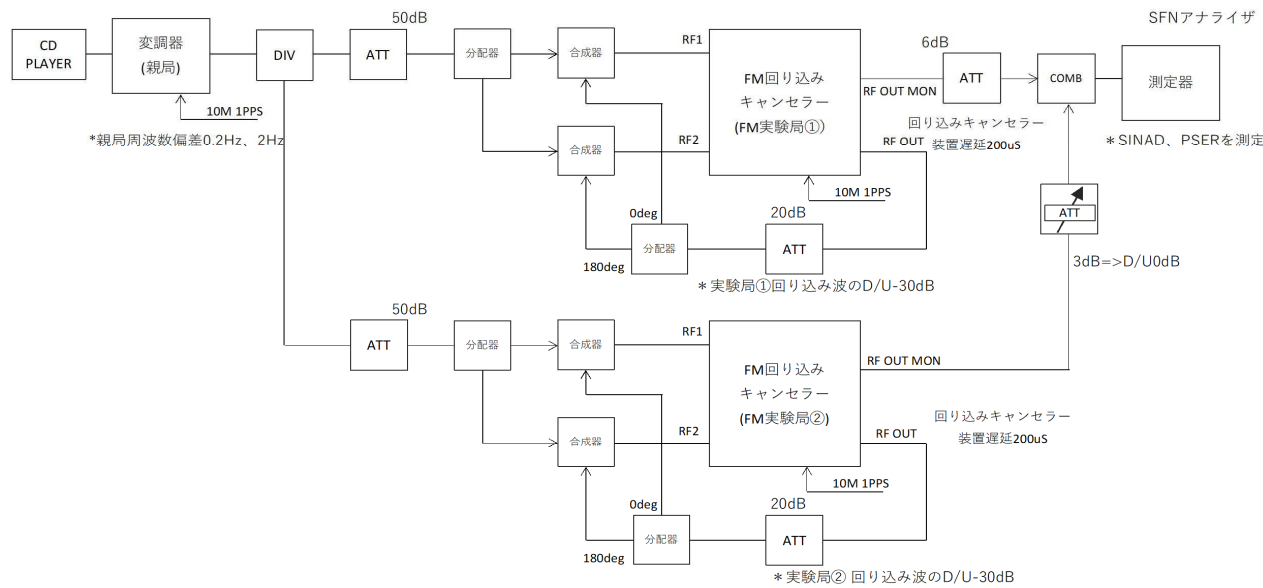


周波数偏差 2.0Hz



FM回り込みキャンセラー 技術試験 室内実験 条件④

条件④ 回り込み実験局①と回り込み実験局②のエリア重複をイメージ（豊北局と実験局Xの重複エリアを再現）



FM実験局①に対して、FM実験局②のD/Uを変化させる
FM実験局②に対して、FM実験局①の遅延時間を変化させる

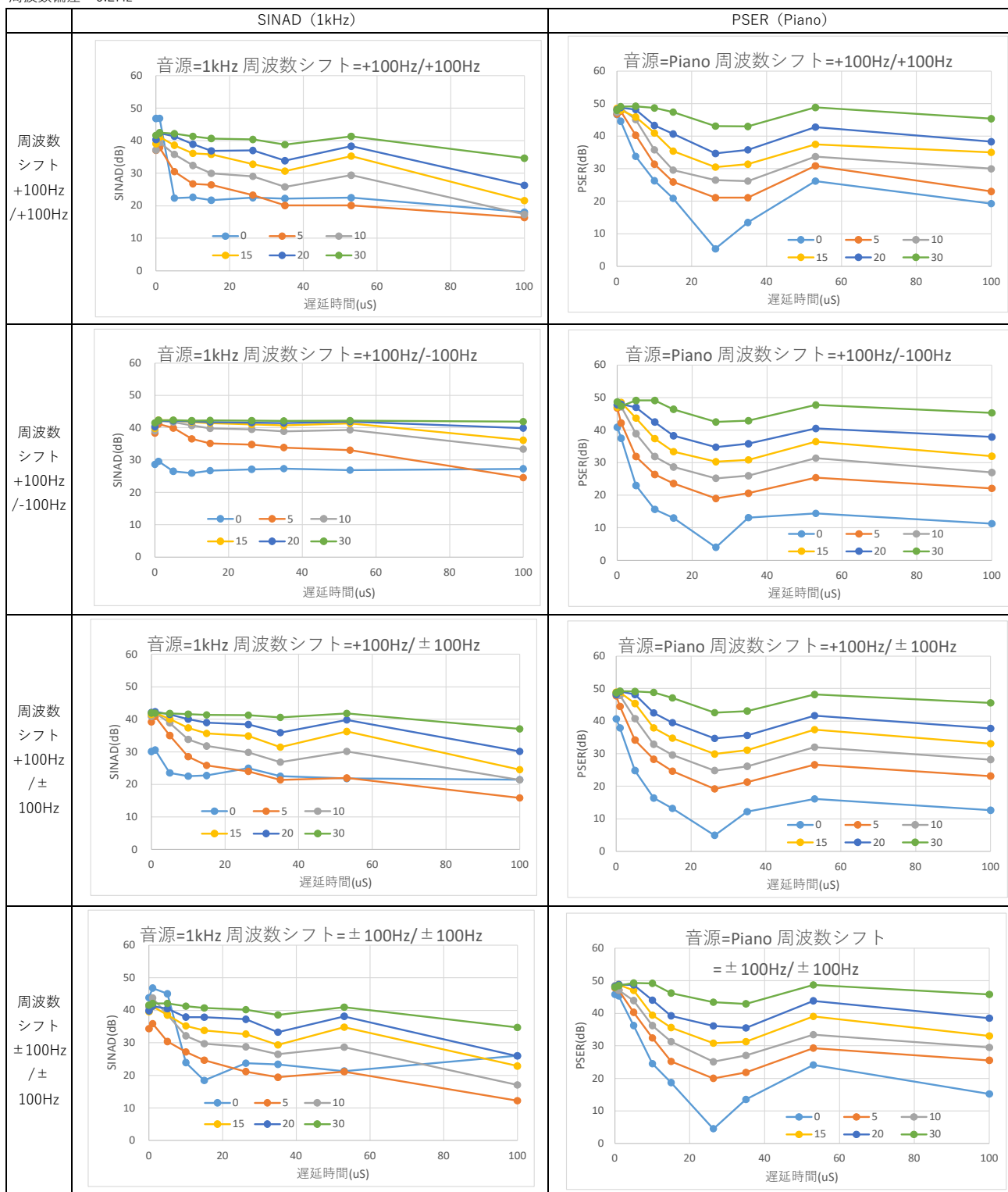
周波数偏差 0.2Hz

周波数 シフト	実験局② D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)										音源=Piano PSER(dB)									
		実験局② 遅延時間 (uS)										実験局② 遅延時間 (uS)									
		0	1	5	10	15	26.3	35	53	100	0	1	5	10	15	26.3	35	53	100	0	1
実験局① +100Hz 実験局② +100Hz	0	46.8	46.8	22.4	22.6	21.7	22.4	22.2	22.4	18.0	46.7	44.6	33.8	26.3	20.9	5.4	13.5	26.2	19.3		
	5	37.0	37.9	30.5	26.7	26.4	23.3	20.1	20.1	16.4	46.8	47.7	40.3	31.4	25.9	21.1	21.1	30.9	23.0		
	10	37.1	39.4	35.7	32.4	29.9	29.0	25.8	29.4	17.3	47.3	48.7	45.1	35.8	29.6	26.5	26.2	33.7	30.0		
	15	39.1	41.1	38.6	36.1	35.7	32.8	30.6	35.2	21.6	48.6	48.0	45.9	41.0	35.4	30.5	31.4	37.5	35.0		
	20	40.3	42.3	41.3	38.9	36.9	37.0	33.8	38.3	26.3	48.2	48.8	48.2	43.3	40.7	34.7	35.8	42.8	38.3		
実験局① +100Hz 実験局② -100Hz	30	41.6	42.4	42.1	41.3	40.6	40.3	38.8	41.3	34.6	48.0	49.1	49.2	48.7	47.4	43.1	43.0	48.8	45.4		
	0	28.7	29.6	26.5	25.9	26.7	27.2	27.3	26.9	27.3	40.9	37.5	23.0	15.7	13.0	4.0	13.1	14.4	11.3		
	5	38.3	41.1	39.9	36.5	35.1	34.8	33.8	33.0	24.6	46.8	42.2	31.9	26.4	23.6	19.0	20.6	25.4	22.1		
	10	39.0	42.1	41.7	40.7	39.8	39.5	38.9	39.3	33.4	47.6	47.2	38.9	31.9	28.7	25.2	26.0	31.4	27.0		
	15	39.8	42.3	42.3	41.8	41.4	41.0	40.7	41.3	36.1	47.1	48.5	43.7	37.4	33.4	30.3	30.9	36.5	32.0		
実験局① +100Hz 実験局② ±100Hz	20	40.3	42.1	42.1	41.9	41.7	41.5	41.4	41.9	39.9	47.8	48.0	47.0	42.5	38.3	34.8	35.8	40.5	37.9		
	30	41.4	42.3	42.3	42.2	42.3	42.2	42.1	42.2	41.8	48.7	47.4	49.1	49.1	46.4	42.5	42.9	47.7	45.3		
	0	30.1	30.6	23.5	22.5	22.7	25.0	22.5	21.8	21.4	40.7	37.9	24.8	16.4	13.2	4.9	12.2	16.1	12.6		
	5	39.2	40.9	35.0	28.5	25.8	24.0	21.4	22.0	15.8	47.8	44.5	34.2	28.3	24.6	19.2	21.3	26.6	23.1		
	10	40.9	42.0	38.9	33.8	31.8	29.8	26.8	30.1	21.3	48.4	47.9	40.8	32.9	29.6	24.8	26.1	32.0	28.2		
実験局①② ±100Hz	15	41.4	42.0	40.1	37.3	35.6	34.9	31.5	36.2	24.5	48.9	48.8	45.4	37.9	34.8	29.9	31.1	37.4	33.1		
	20	42.1	42.3	41.5	40.1	39.0	38.4	35.9	39.8	30.1	48.2	49.1	48.2	42.5	39.5	34.7	35.6	41.7	37.8		
	30	41.9	41.9	41.8	41.6	41.4	41.3	40.6	41.8	37.0	48.7	49.2	49.1	48.8	47.1	42.6	43.1	48.2	45.6		
	0	43.9	46.8	45.1	23.9	18.4	23.7	23.4	21.3	26.0	45.8	45.3	36.2	24.5	18.7	4.5	13.5	24.1	15.2		
	5	34.3	35.8	30.4	27.2	24.6	21.1	19.4	21.1	12.2	47.8	47.1	40.3	32.4	25.2	20.0	21.8	29.3	25.5		
実験局①② ±100Hz	10	41.1	43.7	38.7	32.1	29.7	28.7	26.5	28.7	17.0	48.4	47.1	43.9	36.2	31.3	25.1	27.0	33.4	29.5		
	15	39.5	41.2	38.6	35.2	33.8	32.7	29.3	34.8	22.9	48.1	48.8	47.0	39.4	35.6	30.8	31.3	39.0	33.0		
	20	39.8	41.3	40.5	37.9	37.9	37.2	33.2	38.2	25.9	48.2	48.8	48.7	44.0	39.2	36.1	35.5	43.8	38.5		
	30	41.6	42.1	42.1	41.3	40.7	40.2	38.6	41.0	34.7	48.0	48.5	49.3	49.2	46.2	43.4	42.9	48.7	45.8		

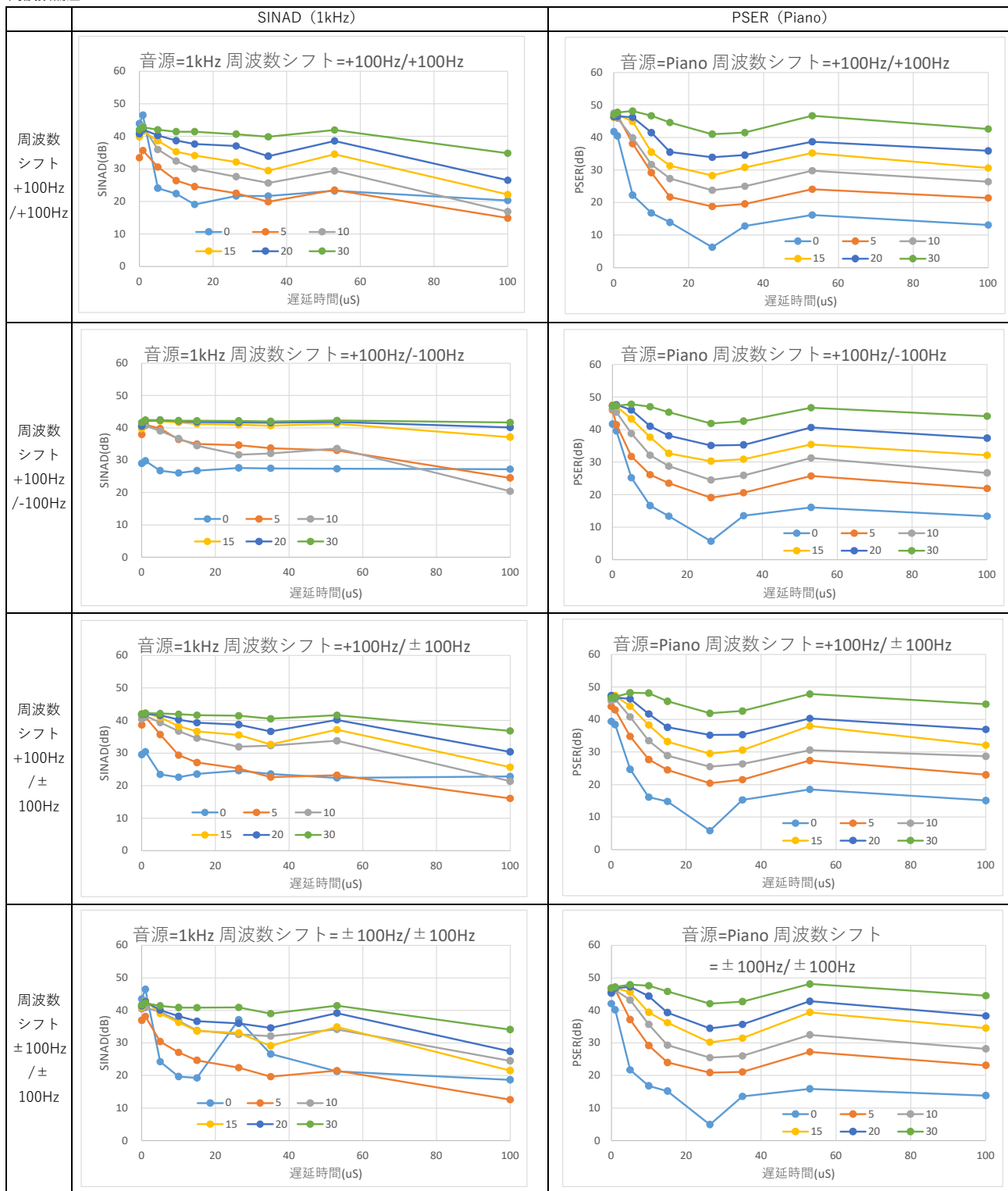
周波数偏差 2.0Hz

周波数 シフト	実験局② D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)										音源=Piano PSER(dB)									
		実験局② 遅延時間 (uS)										実験局② 遅延時間 (uS)									
		0	1	5	10	15	26.3	35	53	100		0	1	5	10	15	26.3	35	53	100	
実験局① +100Hz 実験局② +100Hz	0	43.9	46.5	24.1	22.4	19.0	21.7	21.7	23.3	20.3		41.8	40.5	22.3	16.8	13.9	6.3	12.8	16.2	13.1	
	5	33.4	35.7	30.6	26.4	24.6	22.5	19.9	23.5	14.9		46.2	46.8	38.1	29.2	21.7	18.8	19.6	24.1	21.4	
	10	40.9	43.2	35.9	32.4	30.0	27.6	25.7	29.4	16.9		47.5	45.9	39.9	31.7	27.4	23.8	25.0	29.8	26.4	
	15	39.9	41.5	38.6	35.3	34.1	32.1	29.5	34.5	22.1		46.2	47.1	44.9	35.5	31.3	28.3	30.8	35.2	30.6	
	20	40.8	42.1	40.2	38.7	37.6	37.1	33.9	38.6	26.5		46.4	46.5	46.2	41.5	35.5	33.9	34.6	38.7	35.9	
	30	42.0	42.8	42.0	41.4	41.4	40.7	39.8	41.9	34.8		47.0	47.7	48.1	46.7	44.6	41.0	41.5	46.7	42.6	
実験局① +100Hz 実験局② -100Hz	0	29.0	29.8	26.8	26.0	26.7	27.6	27.5	27.3	27.2		41.7	39.6	25.2	16.6	13.4	5.7	13.5	16.1	13.4	
	5	37.9	41.0	39.8	36.4	35.0	34.7	33.7	33.0	24.5		46.0	41.5	31.7	26.1	23.5	19.1	20.6	25.7	21.9	
	10	40.2	40.6	39.0	36.7	34.5	31.7	32.1	33.6	20.4		46.4	45.3	38.8	32.1	28.7	24.5	25.9	31.3	26.7	
	15	39.8	42.2	42.1	41.6	41.2	41.0	40.7	41.3	37.1		47.5	47.2	43.3	37.6	32.7	30.3	30.9	35.4	32.1	
	20	40.5	42.2	42.4	42.1	41.9	41.6	41.6	41.8	40.1		47.3	47.6	46.0	41.0	38.1	35.1	35.3	40.6	37.4	
	30	41.6	42.4	42.4	42.2	42.2	42.1	42.0	42.3	41.7		47.2	47.3	47.8	47.0	45.3	41.9	42.6	46.7	44.1	
実験局① +100Hz 実験局② ±100Hz	0	29.6	30.4	23.5	22.6	23.6	24.6	23.6	22.4	22.8		39.4	38.4	24.7	16.1	14.8	5.8	15.3	18.5	15.1	
	5	38.7	41.1	35.7	29.4	27.1	25.3	22.6	23.2	16.1		44.0	42.9	34.8	27.7	24.5	20.4	21.5	27.4	23.0	
	10	40.4	41.4	39.4	36.7	34.6	31.9	32.3	33.8	21.3		45.7	46.2	40.8	33.5	28.9	25.5	26.3	30.6	28.7	
	15	41.9	42.3	41.0	38.2	36.7	35.6	32.7	37.2	25.7		47.0	47.3	44.1	38.3	33.2	29.5	30.6	38.0	32.1	
	20	41.9	42.1	41.6	40.3	39.4	38.7	36.7	40.2	30.4		47.3	46.8	46.3	41.7	37.6	35.2	35.3	40.3	36.9	
	30	42.1	42.2	42.1	42.0	41.7	41.5	40.6	41.7	36.8		46.6	46.9	48.2	48.1	45.6	41.9	42.6	47.8	44.7	
実験局①② ±100Hz	0	43.5	46.5	24.2	19.7	19.2	37.1	26.6	21.2	18.7		42.1	40.2	21.7	16.8	15.2	4.9	13.6	15.9	13.8	
	5	37.0	38.2	30.4	27.1	24.6	22.4	19.6	21.4	12.5		45.8	46.4	37.2	29.2	24.0	20.9	21.1	27.2	23.1	
	10	40.5	40.8	39.5	36.7	33.8	32.7	32.1	34.2	24.5		46.9	46.2	43.2	35.7	29.3	25.5	26.0	32.5	28.2	
	15	41.0	43.0	39.0	36.3	33.7	33.1	29.1	34.9	21.5		46.4	46.8	45.6	39.4	36.2	30.2	31.5	39.4	34.6	
	20	41.3	42.7	40.1	38.2	36.7	36.0	34.6	39.2	27.4		45.3	46.8	47.2	44.4	39.3	34.5	35.7	42.8	38.3	
	30	41.7	42.3	41.4	40.9	40.8	40.9	39.0	41.5	34.1		46.8	47.2	47.9	47.6	45.8	42.1	42.7	48.1	44.5	

周波数偏差 0.2Hz

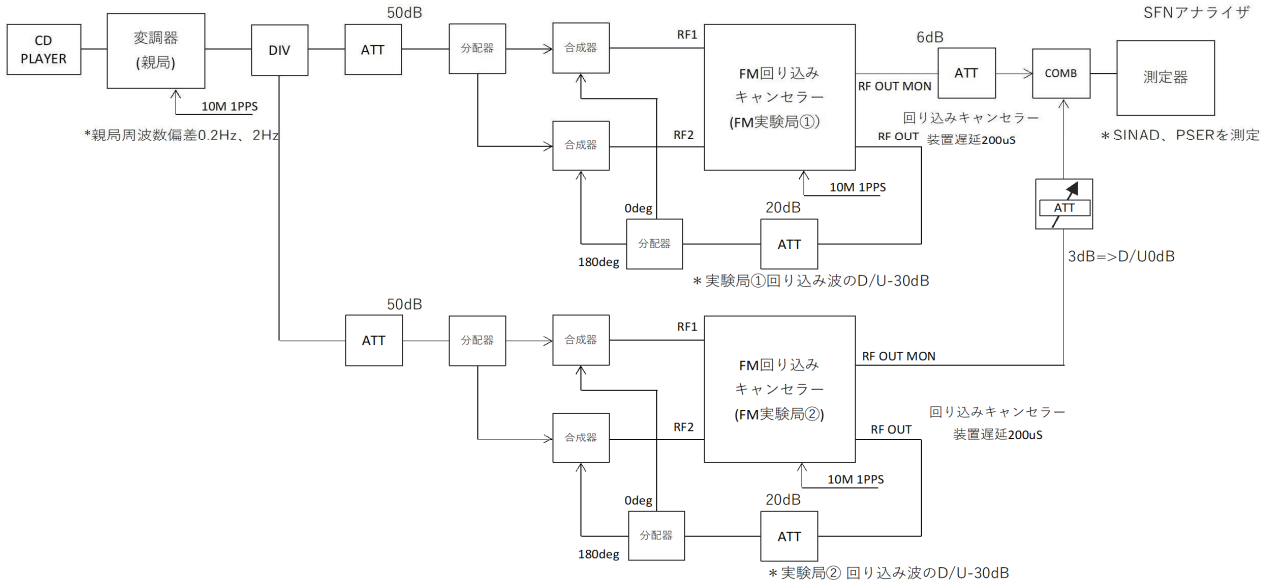


周波数偏差 2.0Hz



FM回り込みキャンセラー 技術試験 室内実験 条件④ 【追加試験】

条件④ 回り込み実験局①と回り込み実験局②のエリア重複をイメージ（豊北局と実験局Xの重複エリアを再現）



FM実験局①に対して、FM実験局②のD/Uを変化させる
FM実験局②に対して、FM実験局①の遅延時間を変化させる

周波数偏差 0.2Hz

周波数 シフト		音源=1kHz SINAD(dB)																
	実験局② D/U(dB)	実験局 遅延時間 (uS)																
		0.0	13.2	26.4	39.5	52.3	65.8	78.9	92.1	105.3	118.4	131.6	144.7	157.9	171.1	184.2	197.4	210.5
実験局① +100Hz 実験局② +100Hz	0	46.2	36.8	40.0	33.7	34.8	35.6	39.7	34.9	33.8	34.6	38.8	35.9	33.4	33.8	38.9	33.2	33.4
	5	46.2	26.5	23.4	19.9	20.9	17.9	15.2	12.9	9.6	13.2	14.2	18.7	17.1	16.7	16.0	16.0	15.2
	10	47.3	31.8	27.8	24.7	28.6	26.2	20.2	20.9	16.1	17.5	18.9	19.1	20.0	22.2	22.0	23.3	20.7
	15	45.9	37.4	34.0	30.1	36.0	29.8	24.8	25.2	20.6	22.6	25.2	26.6	25.0	26.0	24.6	27.1	25.0
	20	46.5	40.7	37.9	35.1	40.3	34.8	32.2	28.1	25.9	28.5	28.3	28.7	30.0	30.9	29.4	31.2	30.7
	30	46.4	44.1	43.1	41.0	44.9	41.0	37.1	36.7	32.9	35.8	35.9	38.5	37.3	37.7	37.7	38.0	39.4
実験局① +100Hz 実験局② -100Hz	0	35.2	35.8	40.7	36.1	35.6	35.6	39.1	35.5	34.9	34.7	35.1	34.5	34.5	37.9	34.2	34.0	32.5
	5	40.4	37.2	35.6	33.5	32.3	29.0	26.7	28.6	22.8	23.9	30.5	30.4	26.9	32.2	29.7	29.6	29.6
	10	42.7	42.9	41.7	40.2	41.4	38.6	37.0	32.5	29.6	35.3	36.3	35.1	35.8	39.8	37.1	36.0	39.4
	15	43.6	44.7	44.0	42.5	44.2	42.5	38.7	39.6	40.0	38.2	39.2	41.0	40.6	41.4	42.0	41.6	41.1
	20	44.5	45.3	45.2	44.8	45.2	44.3	42.7	43.3	42.2	42.5	42.1	43.7	43.4	43.7	43.4	43.6	43.8
	30	45.6	45.9	46.0	45.9	46.0	45.8	45.6	45.4	45.2	45.4	45.4	45.1	45.1	45.5	45.6	45.6	45.8

周波数 シフト		音源=Piano PSER(dB)																	
	実験局②	実験局 遅延時間 (uS)																	
	D/U(dB)	0.0	13.2	26.4	39.5	52.3	65.8	78.9	92.1	105.3	118.4	131.6	144.7	157.9	171.1	184.2	197.4	210.5	
実験局① +100Hz 実験局② +100Hz	0	48.3	44.5	4.0	19.7	34.6	19.1	4.8	14.1	24.5	17.8	5.3	13.8	23.1	14.0	6.3	13.6	24.3	
	5	46.2	23.4	19.6	22.7	44.8	21.8	19.3	23.3	41.6	24.0	20.6	24.2	40.0	24.6	20.5	24.3	38.2	
	10	46.9	39.8	30.7	34.5	48.5	30.1	26.2	28.5	46.1	29.1	25.6	29.6	45.9	29.5	27.3	29.3	42.9	
	15	48.5	42.5	35.7	35.1	46.8	33.8	29.7	32.6	46.1	34.1	30.9	33.8	47.7	33.8	32.4	33.6	45.1	
	20	48.0	42.8	36.5	37.8	47.6	37.3	35.3	37.6	48.4	38.6	36.2	37.5	48.4	38.8	37.0	38.9	48.0	
	30	48.1	48.7	42.2	43.5	46.9	46.7	42.1	43.3	49.2	46.2	43.8	44.3	49.0	47.5	43.6	45.2	48.6	
実験局① +100Hz 実験局② -100Hz	0	43.4	15.5	4.2	14.8	31.3	15.1	4.8	14.7	26.0	14.9	5.3	14.6	22.6	14.5	4.8	13.9	24.8	
	5	45.0	25.3	20.5	22.8	44.6	22.8	19.5	22.9	41.4	23.0	21.2	23.6	39.6	24.4	21.1	24.7	39.6	
	10	45.1	31.1	26.0	28.1	47.4	27.8	25.4	27.6	46.4	28.8	25.5	29.3	45.9	29.7	26.5	29.4	43.1	
	15	46.5	36.7	30.7	32.8	48.0	32.5	30.3	32.9	46.9	33.8	30.4	34.1	47.7	34.4	32.2	33.8	45.9	
	20	48.0	41.6	35.6	36.4	47.8	37.5	34.6	37.4	47.0	38.6	35.6	37.5	48.4	38.5	37.2	38.2	47.4	
	30	47.7	48.8	42.4	43.4	47.5	46.0	42.2	44.3	48.7	46.5	44.2	43.7	48.7	47.1	43.6	45.1	48.1	

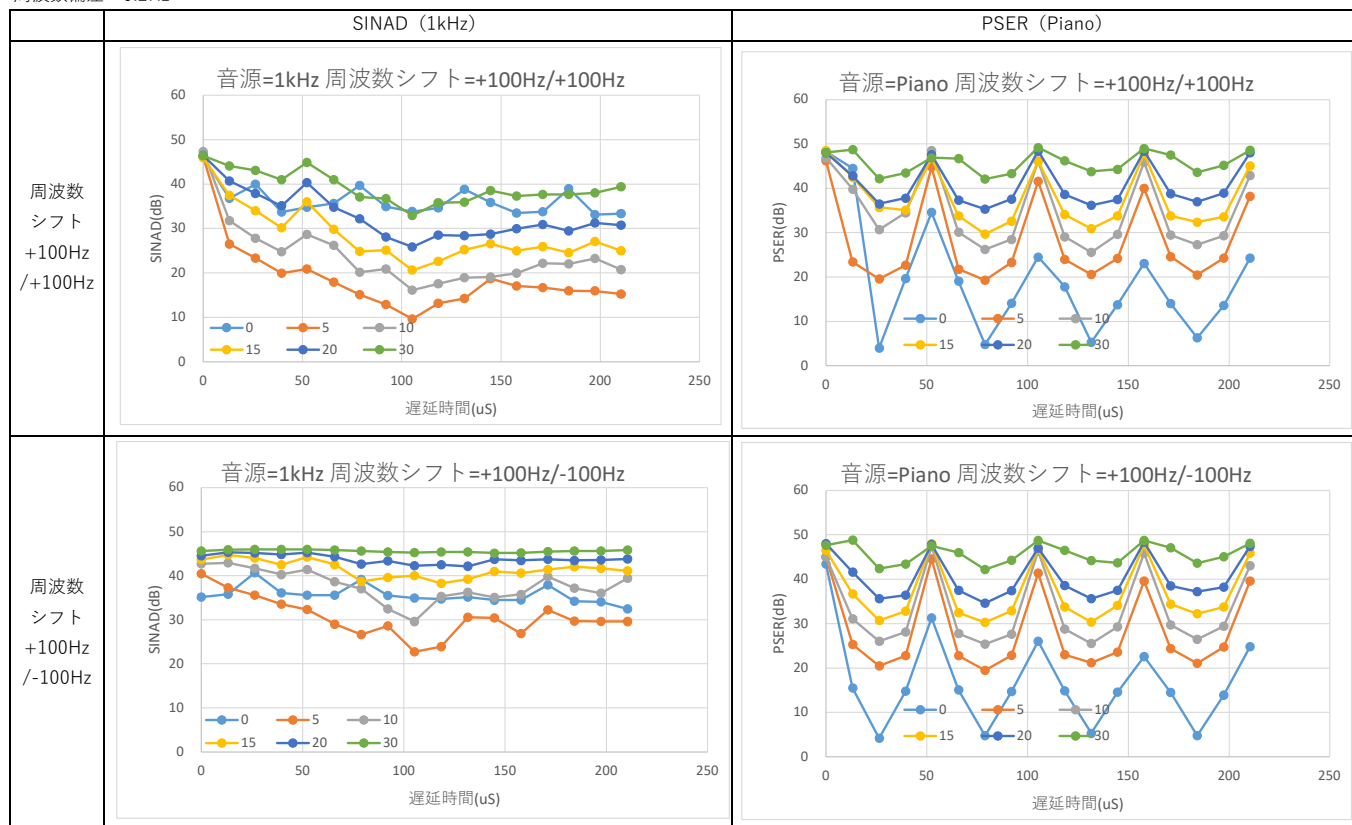
周波数偏差 2.0Hz

周波数 シフト	実験局② D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)																	
		実験局 遅延時間 (uS)																	
		0.0	13.2	26.4	39.5	52.3	65.8	78.9	92.1	105.3	118.4	131.6	144.7	157.9	171.1	184.2	197.4	210.5	
実験局① +100Hz 実験局② +100Hz	0	47.1	27.3	37.4	30.1	26.6	0.0	27.1	36.9	30.2	24.9	27.2	36.5	26.1	21.4	29.5	34.1	29.5	
	5	44.4	26.5	22.6	21.2	21.7	0.0	20.7	16.3	14.5	10.2	14.4	13.9	14.0	15.0	20.9	15.5	17.1	
	10	51.9	33.4	29.7	26.7	28.9	0.0	28.1	21.4	18.6	17.1	16.9	19.4	21.9	21.7	20.8	20.1	21.6	
	15	53.4	38.6	35.5	30.5	36.7	0.0	31.5	25.1	25.1	20.2	24.7	23.3	24.0	26.0	25.5	26.7	28.5	
	20	53.8	43.8	39.7	36.0	43.2	0.0	36.7	30.3	30.6	26.5	28.1	28.3	34.5	32.5	31.7	34.5	30.1	
	30	55.0	49.8	48.3	44.6	50.9	0.0	44.5	41.3	38.4	34.7	38.2	39.1	40.2	39.6	42.6	41.1	40.0	
実験局① +100Hz 実験局② -100Hz	0	32.6	32.3	0.0	40.3	32.5	32.2	32.4	37.6	32.9	32.1	31.6	36.0	31.7	30.9	0.0	30.9	34.6	
	5	44.8	39.0	0.0	36.8	32.1	35.7	32.1	28.0	29.3	23.3	29.7	28.0	30.1	30.3	0.0	30.4	32.6	
	10	48.7	46.7	0.0	44.9	42.5	44.8	37.6	37.9	34.1	32.2	32.8	34.0	39.5	35.4	0.0	38.1	40.3	
	15	50.8	50.5	0.0	49.5	47.0	49.4	45.9	44.1	38.7	41.3	40.4	39.9	44.1	41.9	0.0	45.4	43.2	
	20	51.9	52.5	0.0	51.7	51.2	52.5	49.8	47.2	47.0	47.1	47.4	48.1	48.5	47.2	0.0	49.5	47.7	
	30	53.4	53.7	0.0	53.9	53.7	53.0	53.1	53.0	53.2	52.1	52.5	52.7	52.8	53.1	0.0	52.4	52.9	

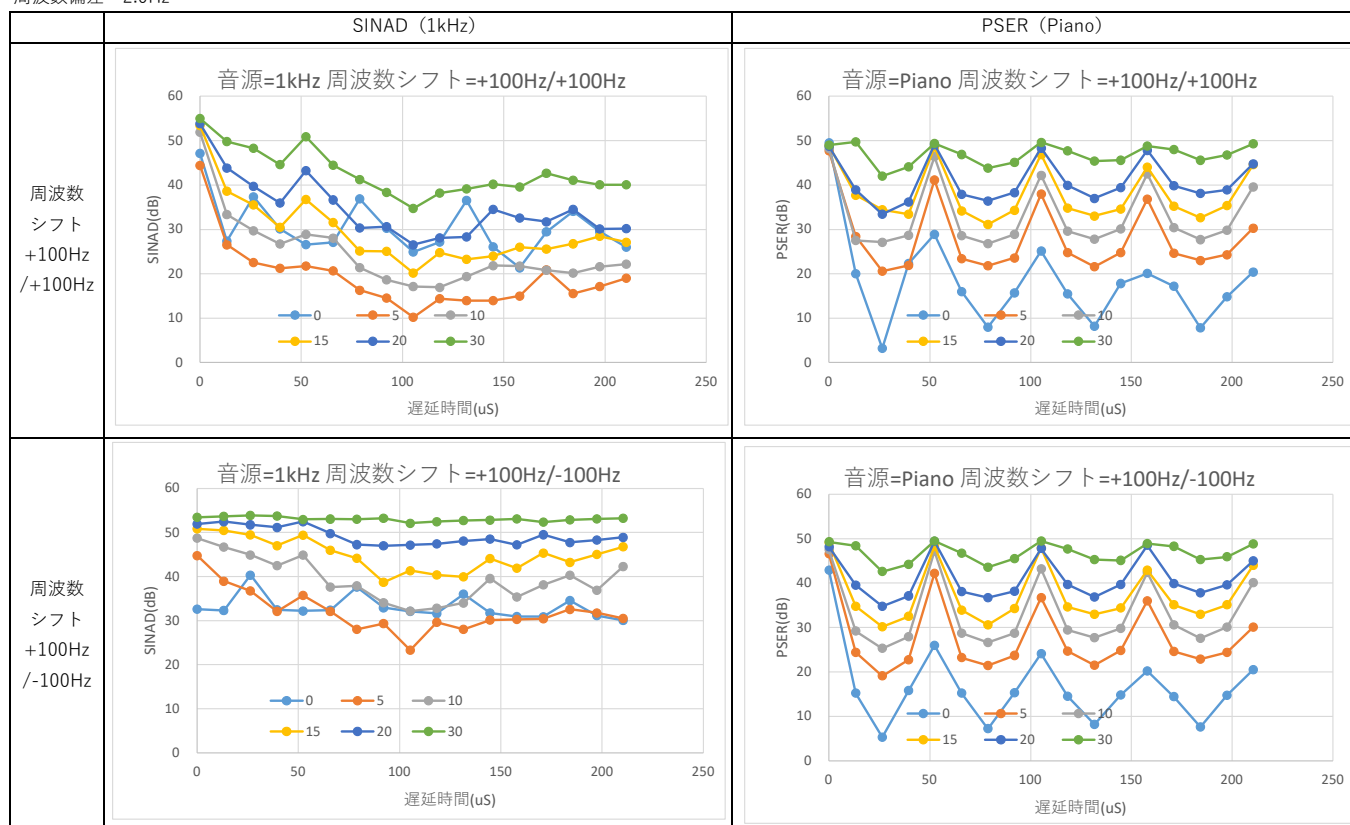
周波数偏差 2.0Hz

周波数 シフト		音源=Piano PSER(dB)																	
	実験局②	実験局 遅延時間 (uS)																	
	D/U(dB)	0.0	13.2	26.4	39.5	52.3	65.8	78.9	92.1	105.3	118.4	131.6	144.7	157.9	171.1	184.2	197.4	210.5	
実験局① +100Hz 実験局② +100Hz	0	49.5	20.0	3.2	22.3	28.9	16.0	8.0	15.7	25.1	15.5	8.2	17.8	20.1	17.2	7.8	14.8	20.4	
	5	47.7	28.4	20.6	21.9	41.1	23.4	21.8	23.6	38.0	24.8	21.6	24.8	36.8	24.6	23.0	24.3	30.3	
	10	48.2	27.5	27.1	28.7	46.4	28.6	26.8	28.9	42.2	29.6	27.8	30.1	42.5	30.4	27.7	29.8	39.6	
	15	48.9	37.7	34.4	33.4	48.6	34.2	31.1	34.3	46.9	34.8	33.0	34.6	44.0	35.2	32.6	35.4	44.6	
	20	48.7	38.9	33.4	36.2	49.1	37.9	36.4	38.3	48.3	39.9	37.0	39.4	47.8	39.8	38.1	38.9	44.8	
	30	49.0	49.7	42.0	44.1	49.4	46.9	43.8	45.1	49.6	47.7	45.4	45.6	48.8	48.0	45.6	46.8	49.3	
実験局① +100Hz 実験局② -100Hz	0	42.9	15.2	5.3	15.8	26.0	15.2	7.2	15.3	24.1	14.5	8.2	14.8	20.2	14.4	7.6	14.7	20.5	
	5	46.6	24.4	19.1	22.7	42.2	23.2	21.4	23.7	36.7	24.7	21.5	24.8	36.0	24.6	22.9	24.4	30.1	
	10	47.5	29.2	25.3	27.9	47.2	28.7	26.6	28.7	43.2	29.4	27.7	29.8	42.4	30.6	27.6	30.1	40.1	
	15	49.1	34.8	30.2	32.5	48.3	33.9	30.6	34.3	47.9	34.6	33.0	34.4	42.9	35.1	33.0	35.1	44.0	
	20	48.2	39.5	34.8	37.1	49.4	38.1	36.7	38.2	47.8	39.7	36.9	39.7	48.5	39.9	37.8	39.6	45.0	
	30	49.3	48.4	42.6	44.2	49.5	46.7	43.6	45.5	49.5	47.7	45.3	45.1	48.9	48.3	45.3	45.9	48.8	

周波数偏差 0.2Hz

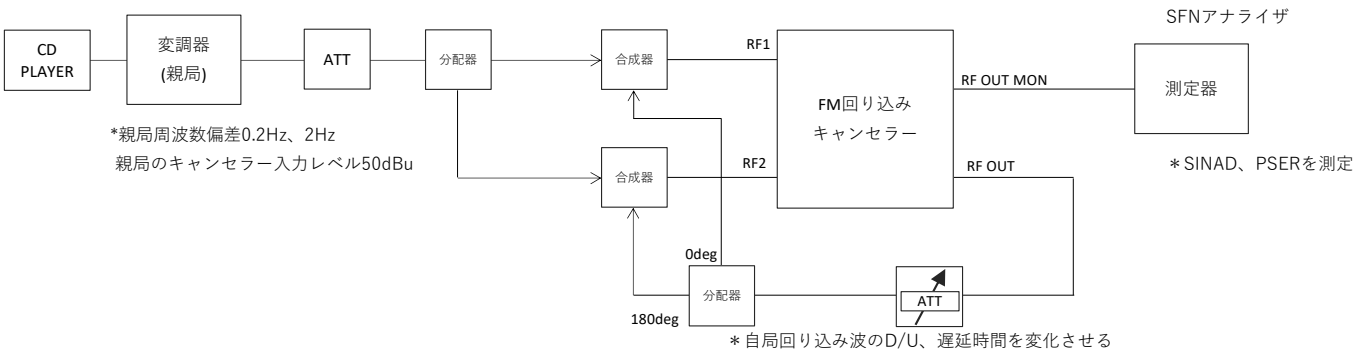


周波数偏差 2.0Hz



FM回り込みキャンセラー 技術試験 屋内試験 条件⑤

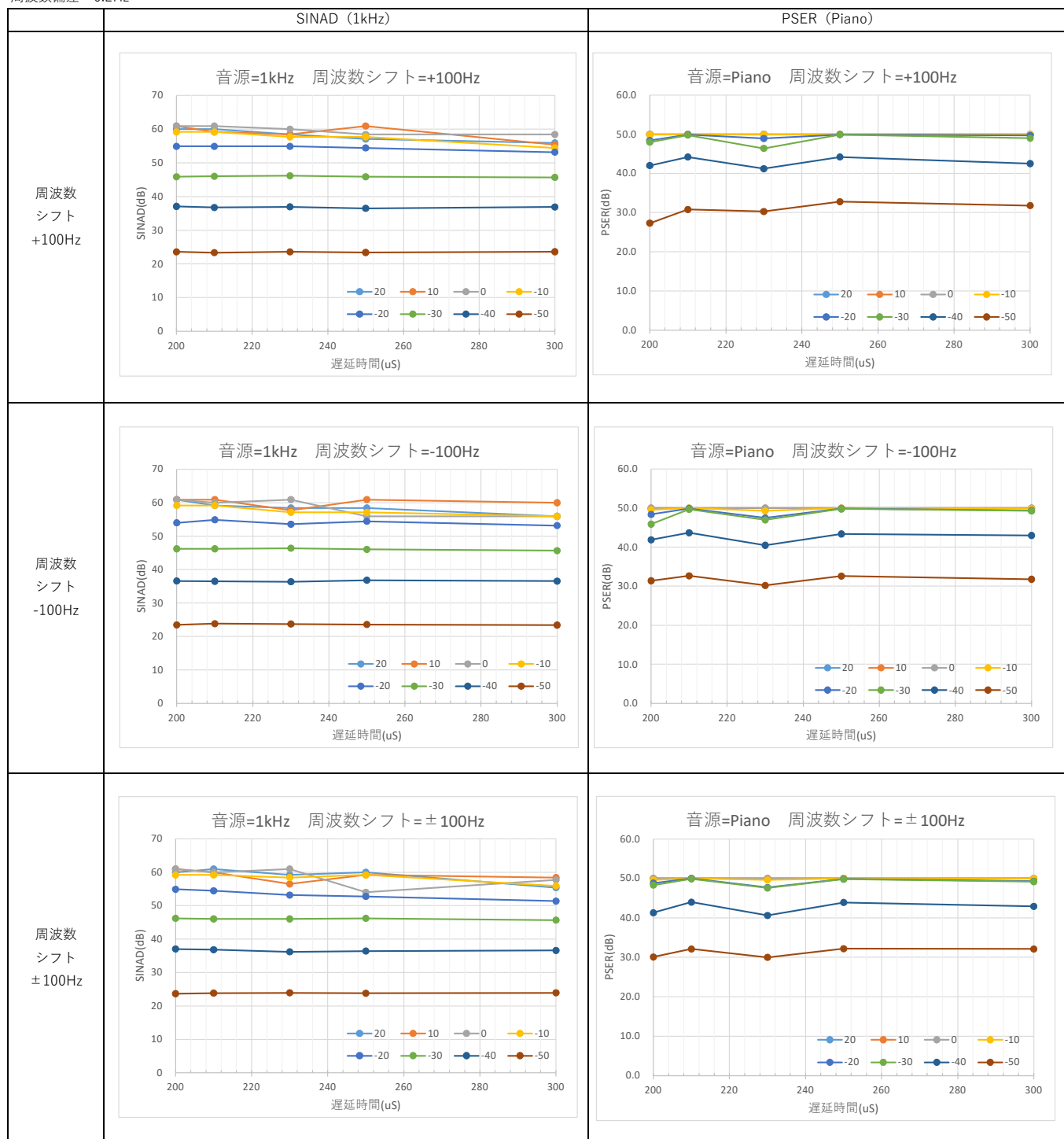
条件⑤ 親局、FM回り込みキャンセラーがフリーランの時の動作



周波数偏差 0.2Hz

周波数シフト	自局 D/U(dB)	音源=1kHz SINAD(dB)					音源=Piano PSER(dB)				
		自局回り込み波 遅延時間 (uS)					自局回り込み波 遅延時間 (uS)				
		200	210	230	250	300	200	210	230	250	300
+100Hz	20	60.0	60.0	58.4	57.1	55.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	60.9	59.2	58.4	60.9	55.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	60.9	60.9	60.0	58.4	58.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	59.2	59.2	57.7	57.7	54.4	49.9	50.0	49.9	50.0	50.0
	-20	54.9	54.9	54.9	54.4	53.2	48.4	49.9	48.9	49.9	49.7
	-30	45.8	46.0	46.2	45.8	45.7	48.0	49.8	46.4	49.9	49.0
	-40	37.1	36.8	37.0	36.5	36.9	42.0	44.2	41.2	44.2	42.5
-100Hz	20	60.9	59.2	58.4	58.4	55.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	60.9	60.9	57.7	60.9	60.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	60.9	60.0	60.9	55.9	55.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	59.2	59.2	57.1	57.1	55.9	49.6	50.0	49.3	50.0	49.9
	-20	54.0	54.9	53.6	54.4	53.2	48.4	49.9	47.5	49.9	49.4
	-30	46.2	46.2	46.4	46.0	45.7	45.9	49.7	47.0	49.8	49.3
	-40	36.6	36.5	36.4	36.8	36.5	41.9	43.7	40.5	43.4	43.0
±100Hz	20	60.0	60.9	59.2	60.0	55.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	10	60.9	60.0	56.5	59.2	58.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	0	60.9	60.0	60.9	54.0	57.7	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	-10	59.2	59.2	58.4	59.2	55.9	49.6	50.0	49.6	50.0	50.0
	-20	54.9	54.4	53.2	52.8	51.4	48.8	50.0	47.7	49.9	49.3
	-30	46.2	46.0	46.0	46.2	45.7	48.3	49.9	47.6	49.8	49.2
	-40	37.0	36.8	36.2	36.4	36.6	41.3	44.0	40.6	43.9	42.9
±100Hz	20	23.6	23.8	23.9	23.8	23.9	30.1	32.1	30.0	32.2	32.1

周波数偏差 0.2Hz



使 用 測 定 器

品名	形式	メーカー	備考
回り込みキャンセラー	5776	日本通信機	
FMデジタル変調器	5946MD	日本通信機	
AM/FM/Audioアナライザ	3818	日本通信機	
周波数カウンタ		アジレントテクノロジー	
パワーメータ		アジレントテクノロジー	
パワーセンサ		アジレントテクノロジー	

資料 4. 屋外試験データ

FM回り込みキャンセラー 屋外試験（１）

K R Y 豊北実験局を活用した試験 長門～豊北間 移動測定

測定器：S F Nアナライザー

アンテナ：3 0 3 W A - 2

同じルートを3往復

集計方法：K R Y 豊北実験局からの距離（100m単位で集計）、平均値

周波数シフト	+100Hz			-100Hz			± 100Hz		
距離 × 100m	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB
6	40.3	39.6	27.9	40.4	39.3	26.3	40.6	39.8	27.8
7	32.7	29.5	18.2	32.6	29.6	17.6	32.7	29.9	18.5
8	36.9	34.6	24.6	37.5	35.5	24.3	36.8	36.0	24.7
9	35.9	34.1	24.6	37.7	36.4	25.3	37.3	36.3	25.3
10	38.5	35.9	18.8	39.4	37.5	21.4	39.2	36.8	20.2
11	42.0	38.7	19.0	42.0	38.6	20.3	42.3	40.1	20.2
12	45.9	45.1	25.6	46.0	44.9	25.4	45.9	45.7	27.1
13	45.3	45.2	26.0	45.7	45.7	26.2	45.6	47.1	29.2
14	45.4	45.3	29.8	45.2	44.9	29.3	46.2	46.0	30.2
15	54.3	53.6	33.6	54.1	54.3	33.2	54.9	54.6	33.4
16	53.3	51.6	33.9	54.0	53.4	33.3	55.6	54.5	33.5
17	44.9	44.8	30.3	43.6	43.4	29.6	44.8	46.8	30.6
18	48.6	49.2	30.4	47.5	48.1	31.0	49.4	50.3	31.2
19	49.4	48.5	29.4	50.3	49.3	29.4	49.7	49.3	29.7
20	46.5	47.1	30.7	44.6	44.6	30.6	45.6	45.6	30.8
21	49.3	48.9	32.5	48.8	49.6	32.5	47.3	48.1	32.2
22	51.8	52.1	33.0	51.5	52.2	33.5	51.7	52.3	33.0
23	57.4	56.3	33.6	58.2	56.7	34.2	58.1	56.8	33.6
24	57.3	55.3	33.9	57.7	57.0	33.8	57.5	56.3	33.7
25	61.3	58.5	34.1	62.1	60.0	33.9	60.7	59.3	34.2
26	57.8	56.5	34.3	59.7	57.2	34.0	58.6	56.6	34.5
27	59.0	57.4	34.4	58.6	56.9	33.7	59.1	57.0	34.0
28	50.5	49.8	33.1	49.1	48.7	33.0	50.1	49.9	33.2
29	39.1	37.8	30.7	39.6	38.7	30.5	39.5	38.1	30.3
30	42.6	42.6	32.4	42.9	42.8	31.1	43.4	42.8	32.0
31	43.1	41.1	31.8	40.9	40.5	31.7	42.4	41.3	31.6
32	46.0	46.8	31.1	46.8	48.0	31.0	46.3	46.8	31.4
33	44.5	44.4	28.7	46.1	44.6	28.7	46.2	44.5	28.2
34	43.5	41.0	25.8	43.3	41.0	25.4	43.1	40.3	25.3
35	39.2	36.5	23.9	39.0	35.8	23.5	39.3	37.3	24.6
36	36.7	32.8	18.2	36.4	31.6	17.9	36.7	32.1	18.6
37	36.2	31.9	18.5	35.9	31.5	18.4	35.9	31.8	18.8
38	35.0	30.7	19.4	35.8	31.9	19.6	35.4	32.2	19.7
39	39.4	35.3	21.7	39.2	34.7	20.8	38.9	34.9	21.5
40	38.4	36.0	23.1	39.7	37.9	23.2	40.5	38.4	24.2

周波数シフト	+100Hz			-100Hz			± 100Hz		
距離 × 100m	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB
41	38.2	35.1	24.5	38.5	35.8	25.0	36.9	35.0	24.6
42	35.2	33.0	23.2	35.9	36.2	23.7	36.2	34.3	23.5
43	36.6	36.1	22.2	36.7	36.5	22.8	38.7	37.2	22.8
44	37.6	33.3	22.1	37.7	33.6	21.7	37.1	34.0	22.6
45	41.3	37.5	22.2	42.2	38.6	22.8	42.3	39.3	23.7
46	39.1	36.7	24.5	39.5	36.8	23.9	39.3	36.4	25.0
47	36.5	34.2	22.0	37.2	33.6	21.7	36.6	33.5	22.5
48	35.9	32.0	20.0	36.1	31.6	20.8	35.8	33.3	21.0
49	38.9	35.4	22.9	37.5	34.4	21.8	38.2	35.2	22.3
50	41.6	40.7	27.9	41.8	40.4	27.7	42.0	40.8	28.2
51	43.9	42.6	29.5	44.0	43.0	29.6	43.7	43.3	30.1
52	41.3	37.9	23.0	40.8	37.5	22.8	41.2	37.1	23.3
53	44.9	44.4	28.0	44.6	43.8	28.9	44.8	44.0	28.8
54	43.4	41.2	26.7	43.0	41.2	27.1	42.8	40.6	27.1
55	40.5	38.5	25.1	40.9	38.1	25.6	41.0	39.0	26.3
56	37.8	34.4	22.7	37.7	34.1	23.0	37.9	35.4	23.9
57	35.9	31.4	20.0	36.0	32.3	19.8	36.9	33.2	20.7
58	43.4	41.3	29.9	42.9	40.2	29.8	42.3	40.4	30.4
59	39.2	35.4	23.5	40.0	35.9	24.6	39.6	36.1	24.6
60	35.6	31.2	19.6	35.6	31.6	19.6	35.2	31.2	20.0
61	36.4	32.9	19.5	35.7	31.8	19.7	36.1	31.4	20.1
62	41.5	35.7	23.0	41.0	36.3	22.7	40.7	35.6	23.8
63	42.1	37.3	21.8	42.2	35.9	21.6	43.2	37.1	22.7
64	39.5	36.7	25.2	39.1	35.8	24.5	39.6	36.1	23.9
65	38.8	34.8	22.2	39.2	35.4	21.8	38.6	34.3	21.7
66	38.5	34.7	21.5	38.9	33.5	21.1	38.3	35.1	20.7
67	39.4	36.4	23.5	40.2	37.1	23.3	39.4	35.8	23.1
68	41.4	38.5	24.9	40.1	36.1	24.5	41.0	37.5	24.6
69	41.5	38.6	26.0	41.0	39.8	26.3	40.9	38.2	25.7
70	43.7	41.7	30.3	42.9	41.5	30.0	44.2	42.8	30.6
71	44.6	43.5	32.0	45.0	43.8	31.8	45.4	44.1	32.5
72	42.4	40.1	29.3	42.9	41.2	28.2	42.5	40.1	28.0
73	41.7	40.0	31.2	42.5	41.2	31.3	41.9	40.8	30.3
74	43.9	41.8	34.1	44.2	42.7	33.9	43.8	42.0	33.9
75	45.1	44.1	36.4	44.7	44.5	36.0	45.7	45.0	35.9
76	47.7	47.5	40.2	47.4	48.0	39.6	47.8	47.9	39.4
77	45.5	45.8	37.6	45.9	45.5	37.3	46.4	46.4	36.1
78	44.8	44.3	32.1	44.4	43.0	30.8	43.6	42.2	29.9
79	38.6	36.8	26.4	38.2	36.2	25.1	39.0	36.8	24.5
80	37.0	34.7	26.0	37.7	35.1	25.4	37.5	34.7	26.2
81	39.6	36.0	25.9	39.2	35.7	26.0	39.3	35.9	25.5
82	39.3	37.6	29.6	39.8	37.0	27.3	39.0	36.9	28.3
83	38.9	35.2	23.9	39.3	35.1	23.9	37.4	33.8	23.5

周波数シフト	+100Hz			-100Hz			± 100Hz		
距離 × 100m	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB
84	43.3	40.3	33.3	42.9	39.5	32.1	43.0	39.9	32.8
85	42.2	38.2	31.6	43.3	40.6	32.3	43.9	40.0	32.4
86	39.7	35.3	23.7	42.2	40.0	28.2	44.5	41.7	30.6
87	50.5	48.7	38.5	50.4	49.1	38.7	50.5	49.3	37.4
88	51.2	50.5	40.9	51.1	51.0	41.4	50.4	50.6	41.6
89	47.2	46.2	35.1	47.4	47.1	34.8	47.6	46.8	35.1
90	45.2	44.4	33.7	46.1	45.1	33.5	44.7	43.6	33.5
91	45.7	44.3	36.8	45.6	44.0	36.0	45.9	44.9	36.3
92	44.8	42.4	36.2	45.4	43.1	35.6	45.5	42.6	36.7
93	44.9	43.2	38.3	44.5	43.9	37.8	45.4	43.9	37.7
94	45.4	44.6	36.8	45.1	44.1	36.7	46.3	44.1	37.0
95	45.5	42.0	35.1	45.3	43.5	35.6	45.0	43.3	35.8
96	43.9	42.7	36.8	44.5	43.0	36.8	45.1	43.0	37.0
97	44.7	43.0	35.8	44.8	42.6	35.6	44.7	42.7	35.7
98	43.6	41.4	32.4	44.1	42.5	32.3	43.6	40.9	31.9
99	38.6	36.8	27.6	39.0	36.9	25.4	36.4	33.5	21.3
100	41.6	39.8	24.6	40.9	38.8	24.9	40.4	39.1	23.3
101	44.7	42.9	26.9	45.4	43.0	26.7	45.9	43.0	26.6
102	51.1	48.3	36.6	51.5	50.7	36.6	50.3	49.5	38.0
103	48.1	47.6	38.7	48.5	48.6	39.2	47.6	47.7	39.9
104	47.2	46.4	34.7	46.6	46.8	34.7	46.7	46.4	33.9
105	42.6	40.7	30.2	43.8	41.3	31.1	42.9	40.1	31.9
106	42.8	41.3	33.6	42.0	40.6	33.9	43.9	42.1	35.4
107	46.1	45.7	34.5	45.7	45.2	34.6	45.3	45.2	34.6
108	44.6	41.4	26.5	44.9	41.8	25.8	44.5	40.2	25.6
109	44.4	42.9	31.7	42.8	40.6	30.7	42.8	41.0	31.2
110	46.0	45.3	32.4	46.4	45.3	33.7	46.2	44.9	32.7
111	46.2	44.7	29.7	46.7	45.5	29.6	46.2	45.5	29.4
112	50.1	50.5	36.8	50.1	50.1	36.9	49.1	49.6	36.6
113	48.4	48.0	33.8	48.4	47.8	34.0	47.3	47.2	34.6
114	47.8	47.0	34.6	47.5	47.5	35.4	46.9	47.3	35.4
115	48.5	48.4	32.0	48.0	47.9	31.8	47.8	48.3	31.8
116	46.0	43.9	27.6	44.9	44.0	27.2	46.2	45.2	28.1
117	48.2	48.3	34.9	49.0	48.6	36.2	47.3	47.2	35.8
118	52.6	53.2	43.1	53.0	53.1	43.3	52.3	52.2	43.4
119	52.6	53.3	41.6	52.8	52.9	42.2	53.0	53.2	42.6
120	50.1	50.5	37.7	50.0	50.2	37.7	50.3	50.5	38.2
121	50.2	51.0	38.1	49.9	49.8	38.6	50.1	50.1	37.8
122	50.2	52.2	39.7	52.1	52.6	40.6	52.0	52.3	41.3
123	51.2	51.8	41.7	51.1	51.7	41.3	51.4	51.6	41.7
124	49.1	49.5	38.9	49.2	49.9	38.8	49.0	49.7	39.9
125	50.3	50.8	38.8	50.4	50.9	38.7	50.5	50.6	39.5
126	48.2	48.8	38.6	48.5	49.0	38.3	48.4	48.7	39.2

周波数シフト	+100Hz			-100Hz			± 100Hz		
距離 × 100m	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB
127	43.5	42.2	30.1	42.9	40.7	29.9	44.3	42.9	30.9
128	40.3	37.7	25.9	40.4	38.0	25.2	40.7	38.4	26.4
129	49.4	48.2	37.1	50.0	49.3	37.3	48.2	48.2	37.3
130	51.3	50.6	39.7	51.9	49.3	38.3	52.4	50.7	39.8
131	61.1	57.6	47.2	60.6	57.2	47.7	61.1	57.6	48.1
132	60.3	57.0	46.2	60.0	56.9	47.3	60.3	56.1	47.3
133	60.2	57.4	46.4	60.9	57.5	47.3	60.4	57.6	47.7
134	60.2	57.8	47.4	59.9	57.1	47.4	59.9	57.1	47.3
135	59.1	56.6	45.4	58.6	56.4	46.7	59.3	56.5	46.2
136	60.9	57.6	46.5	60.5	57.6	46.6	60.4	57.9	47.0
137	62.9	59.6	47.4	62.9	58.5	47.8	63.7	59.8	47.4
138	63.5	60.1	48.0	63.8	60.2	48.2	64.1	60.4	48.3
139	63.8	60.1	47.7	63.7	60.8	46.6	64.0	60.8	48.1
140	55.5	55.1	43.8	56.2	55.6	43.4	57.1	55.7	43.9
141	53.2	53.7	41.8	53.5	53.6	41.3	53.1	53.4	41.3
142	53.2	52.9	42.7	53.4	53.8	42.3	53.6	53.1	42.9
143	49.5	49.6	34.1	49.3	50.0	33.1	49.2	49.9	33.9
144	52.9	53.5	38.9	52.9	52.8	38.4	52.3	52.5	38.0

FM回り込みキャンセラー 屋外試験（2）

K R Y 豊北実験局を活用した試験 豊田～豊北間 移動測定

測定器：S F N アナライザー

アンテナ：3 0 3 W A - 2

同じルートを3往復

集計方法：K R Y 豊北実験局からの距離（100m単位で集計）、平均値

周波数シフト	+100Hz			-100Hz			± 100Hz		
距離 × 100m	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB
53	25.9	30.3	26.3	25.8	29.8	25.1	25.8	31.0	26.8
54	29.1	32.2	26.7	29.9	34.5	28.3	28.9	33.2	26.7
55	26.1	29.7	21.5	25.7	30.0	21.9	25.3	30.0	21.8
56	27.3	31.3	24.5	27.0	31.4	24.6	26.8	32.0	24.7
57	26.7	31.3	23.8	28.0	30.7	24.0	27.8	32.3	25.7
58	25.6	29.9	22.7	25.8	29.0	22.4	24.8	29.9	23.4
59	25.2	29.5	22.5	25.8	29.4	22.4	25.2	29.1	23.4
60	25.1	28.5	21.8	25.1	27.5	21.2	25.1	29.0	22.2
61	24.1	27.1	20.3	24.7	27.5	20.2	23.8	27.8	21.1
62	24.4	27.2	18.0	24.0	26.8	17.7	24.4	27.3	18.0
63	25.0	28.1	17.9	24.6	27.1	17.8	24.9	28.2	17.8
64	23.4	26.1	16.3	23.9	26.7	16.7	22.5	25.8	15.8
65	24.1	26.7	18.7	24.2	26.9	18.6	24.1	27.9	18.8
66	27.1	30.5	19.6	25.7	28.8	18.9	26.2	30.1	19.6
67	31.0	35.5	24.2	30.8	34.9	23.4	31.7	36.5	24.3
68	31.0	35.6	24.3	31.2	35.2	25.0	31.1	36.0	25.2
69	29.3	34.2	24.2	28.2	32.5	23.1	29.4	34.0	24.0
70	27.6	31.6	21.4	28.0	31.4	22.0	27.4	31.3	21.1
71	24.3	28.0	16.7	24.0	27.1	16.4	24.7	28.1	16.5
72	26.5	30.1	19.5	24.3	28.0	19.2	24.0	28.6	19.4
73	25.2	29.1	18.4	23.6	27.6	18.2	25.0	28.9	18.3
74	25.4	29.1	18.6	25.3	28.2	18.1	26.2	29.6	17.9
75	28.5	33.1	20.2	28.5	32.4	19.8	29.3	32.9	20.1
76	29.5	34.5	22.0	30.7	34.7	22.0	30.6	34.7	22.0
77	26.8	30.4	16.1	27.3	30.1	16.0	27.2	30.4	16.8
78	29.2	32.0	17.5	28.2	30.1	16.6	27.5	30.7	16.4
79	28.8	31.7	16.4	28.3	31.1	16.1	29.3	32.5	16.3
80	31.3	35.0	19.7	30.8	34.1	20.3	31.5	35.3	20.3
81	32.2	36.5	24.2	32.2	35.4	23.5	32.6	36.9	24.6
82	29.8	34.4	19.4	29.7	32.3	19.1	28.2	32.0	19.4
83	30.4	34.2	19.2	30.0	32.8	18.5	29.4	33.2	19.2
84	31.0	33.8	18.1	30.8	33.6	17.8	31.0	33.4	18.1
85	33.0	36.5	20.6	32.4	35.7	20.9	34.5	37.8	20.9
86	35.1	39.5	26.3	34.2	38.8	26.7	34.5	39.2	25.5
87	39.2	44.1	26.5	39.7	44.4	26.3	39.7	44.2	26.9

周波数シフト	+100Hz			-100Hz			± 100Hz		
距離 ×100m	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB
88	39.6	43.8	24.5	39.7	43.6	21.8	39.5	43.3	24.0
89	37.9	41.3	21.0	38.6	42.5	22.2	37.8	40.7	22.2
90	41.2	45.2	27.9	40.4	43.9	27.3	41.3	44.7	27.9
91	38.0	40.3	22.6	36.7	40.8	24.2	37.8	39.8	22.5
92	32.5	33.3	15.3	32.0	32.6	16.4	32.7	32.9	15.5
93	27.6	29.1	13.5	27.8	28.8	13.5	26.8	28.4	13.2
94	28.8	31.4	15.0	28.8	31.8	15.9	28.0	30.6	15.9
95	36.6	41.6	29.3	36.8	41.7	30.3	36.6	41.3	30.0
96	34.3	39.7	26.8	34.7	39.4	26.6	35.6	40.4	27.6
97	34.7	38.7	21.9	33.9	38.3	22.7	33.9	38.2	23.1
98	29.1	33.7	19.3	29.2	33.2	19.7	30.0	34.3	19.5
99	28.9	32.7	17.2	27.9	31.2	17.3	28.1	31.1	16.9
100	30.0	33.8	19.4	30.1	33.5	20.3	30.0	33.1	19.9
101	26.6	30.6	16.1	26.8	29.4	16.3	27.0	30.1	16.2
102	24.6	28.2	14.3	25.1	28.0	14.4	25.6	28.6	14.1
103	26.7	30.6	16.3	27.0	29.3	16.2	27.2	30.4	16.5
104	31.9	34.9	17.6	31.1	33.8	19.1	31.2	35.0	18.6
105	35.3	38.6	20.3	34.4	37.3	21.2	34.8	37.8	20.5
106	38.3	43.4	26.7	38.9	43.6	27.7	37.4	42.1	27.5
107	40.7	45.7	26.7	40.3	45.5	27.0	40.1	45.4	26.6
108	37.5	43.0	23.9	37.6	41.7	25.0	36.5	41.2	24.9
109	39.4	44.8	26.6	39.7	45.0	25.1	39.7	43.2	26.3
110	35.8	40.4	23.4	36.5	40.3	24.7	36.2	40.0	24.9
111	30.2	33.7	18.8	30.1	32.9	19.0	30.3	32.8	19.3
112	31.6	36.0	22.8	31.3	34.8	24.0	31.0	35.2	23.3
113	27.3	32.7	21.5	27.3	31.0	20.8	27.4	32.1	22.7
114	38.0	44.4	33.5	39.0	43.1	34.0	38.3	42.3	33.2
115	36.8	42.5	35.2	36.0	41.4	35.6	35.1	39.3	35.0
116	37.2	42.8	34.8	37.4	42.2	35.3	35.9	40.7	35.0
117	42.3	49.1	42.0	42.1	47.4	42.3	41.0	46.2	41.6
118	37.4	43.8	39.3	39.0	44.1	40.9	39.5	44.7	40.6
119	39.5	45.2	36.8	38.4	43.4	37.9	38.3	42.8	35.8
120	40.7	46.9	37.3	40.1	44.9	37.2	40.6	44.9	36.3
121	41.4	48.0	37.8	39.4	44.3	37.3	40.2	45.1	37.5
122	43.3	49.8	42.4	43.7	50.0	43.0	44.0	49.0	42.4
123	45.3	52.8	43.1	44.0	49.9	43.0	43.7	49.8	43.4
124	38.2	44.5	34.2	37.8	42.3	34.4	39.3	44.7	35.1
125	36.7	42.5	31.7	37.8	42.8	32.7	37.2	41.4	31.9
126	37.7	44.1	33.3	36.8	41.3	32.6	36.8	41.3	32.5
127	41.5	48.4	39.4	42.5	48.1	39.1	42.4	47.8	39.6
128	53.4	60.2	48.3	53.2	57.7	48.1	52.7	58.3	47.5
129	53.9	60.9	47.7	54.0	59.1	47.5	53.6	58.6	47.0
130	47.9	55.1	45.3	48.8	53.9	44.9	48.8	54.6	44.8

周波数シフト	+100Hz			-100Hz			± 100Hz		
距離 × 100m	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB	端子電圧 dB μ V	SN dB	PSER dB
131	45.2	52.5	39.9	44.8	50.5	39.9	42.8	48.7	39.6
132	43.9	51.5	38.3	41.4	48.1	39.3	44.9	51.4	39.0
133	45.4	51.8	41.0	45.0	50.7	40.6	45.0	50.3	41.4

FM回り込みキャンセラー 屋外試験（3）

K R Y 豊北実験局を活用した試験 長門、豊田、豊北 単独レベル測定

測定器：リアルタイムスペクトラムアナライザー RSA 3000

アンテナ：303WA-2

無音時に測定（豊北局+100Hz）

集計方法：K R Y 豊北実験局からの距離（100m単位で集計）、平均値

長門～豊北間				豊田～豊北間			
距離 ×100m	長門局 dB μ V	豊北局 dB μ V		距離 ×100m	豊田局 dB μ V	豊北局 dB μ V	
6	14.6	28.6		53	14.8	5.7	
7	14.4	19.6		54	20.6	6.5	
8	12.3	29.2		55	17.2	7.1	
9	12.2	25.1		56	19.0	6.8	
10	11.5	30.9		57	13.3	15.8	
11	23.1	41.5		58	10.4	14.2	
12	22.5	34.5		59	14.3	12.7	
13	22.5	40.7		60	17.8	15.4	
14	27.2	38.1		61	13.6	14.1	
15	31.3	53.4		62	17.2	13.7	
16	17.0	46.2		63	18.6	12.9	
17	17.9	40.0		64	11.7	7.5	
18	23.5	48.0		65	15.5	13.8	
19	24.5	45.9		66	11.0	12.9	
20	15.6	37.0		67	21.3	16.6	
21	13.0	47.8		68	18.0	19.6	
22	21.2	50.1		69	15.9	20.5	
23	20.6	48.5		70	14.8	19.9	
24	20.4	48.4		71	14.1	16.4	
25	33.1	56.8		72	8.6	17.6	
26	26.3	54.1		73	5.3	16.6	
27	28.4	55.8		74	13.4	18.8	
28	14.5	39.7		75	14.8	17.7	
29	12.3	30.3		76	17.6	21.9	
30	15.1	39.2		77	14.6	13.9	
31	12.5	34.0		78	19.8	13.6	
32	20.9	42.0		79	19.6	18.4	
33	20.6	37.6		80	16.0	15.8	
34	23.4	40.3		81	11.4	16.5	
35	22.9	31.1		82	16.3	18.9	
36	26.7	27.9		83	16.4	17.6	

	長門～豊北間			豊田～豊北間			
距離 ×100m	長門局 dB μ V	豊北局 dB μ V		距離 ×100m	豊田局 dB μ V	豊北局 dB μ V	
37	26.5	26.9		84	21.0	18.8	
38	24.6	23.5		85	20.8	22.8	
39	22.6	30.4		86	19.3	23.6	
40	20.4	29.3		87	18.5	26.7	
41	17.3	36.3		88	26.2	29.4	
42	19.9	32.4		89	27.4	26.5	
43	25.0	35.9		90	20.4	29.3	
44	27.8	29.4		91	17.2	30.6	
45	24.7	36.9		92	20.0	21.6	
46	23.2	27.9		93	20.7	11.6	
47	27.0	26.8		94	15.2	15.3	
48	24.4	27.5		95	8.3	28.7	
49	24.3	26.4		96	8.2	26.5	
50	22.6	34.2		97	17.8	22.6	
51	21.2	37.3		98	14.2	19.8	
52	26.6	36.3		99	13.6	14.2	
53	22.3	41.1		100	17.0	20.6	
54	25.5	36.8		101	15.8	16.5	
55	21.2	33.5		102	16.4	9.7	
56	18.3	27.3		103	19.2	13.4	
57	23.7	25.7		104	24.4	11.4	
58	34.2	26.5		105	26.3	17.2	
59	27.3	27.3		106	29.4	17.0	
60	25.5	23.2		107	36.5	21.7	
61	25.9	27.7		108	31.1	17.3	
62	31.9	35.3		109	34.2	19.5	
63	32.1	28.7		110	33.0	19.5	
64	32.1	21.7		111	21.4	12.3	
65	27.4	25.7		112	21.2	10.5	
66	29.1	27.9		113	19.3	0.1	
67	29.2	27.9		114	32.4	-1.3	
68	33.6	26.5		115	31.2	8.1	
69	33.4	22.4		116	27.9	1.9	
70	33.7	20.8		117	33.6	0.2	
71	33.8	23.9		118	33.1	-2.2	
72	31.3	26.0		119	33.5	2.4	
73	34.3	13.7		120	33.0	1.0	
74	37.3	19.6		121	31.8	4.1	
75	37.6	19.9		122	29.6	0.2	

	長門～豊北間			豊田～豊北間			
距離 ×100m	長門局 dB μ V	豊北局 dB μ V		距離 ×100m	豊田局 dB μ V	豊北局 dB μ V	
76	40.7	19.7		123	38.2	2.6	
77	38.6	24.8		124	39.7	8.6	
78	34.2	22.0		125	35.7	8.0	
79	27.7	13.8		126	32.4	1.7	
80	24.8	14.4		127	34.8	9.3	
81	33.1	19.0		128	41.2	1.2	
82	30.7	17.5		129	46.1	4.9	
83	34.3	24.5		130	47.1	5.4	
84	36.0	20.5		131	40.5	3.0	
85	35.9	19.6		132	36.5	7.9	
86	34.7	16.3		133	38.7	6.3	
87	46.9	15.3		134	42.2	-1.6	
88	43.7	19.8					
89	40.9	22.5					
90	37.7	20.2					
91	36.0	18.8					
92	38.1	14.8					
93	36.6	14.8					
94	33.4	17.6					
95	37.9	14.7					
96	33.8	16.5					
97	35.3	17.7					
98	34.1	21.4					
99	31.7	20.6					
100	39.7	19.4					
101	39.9	27.8					
102	45.4	21.1					
103	39.7	14.1					
104	39.5	17.3					
105	36.4	22.5					
106	37.3	16.8					
107	37.0	24.8					
108	41.4	21.9					
109	37.2	16.6					
110	37.5	29.2					
111	37.4	27.7					
112	41.9	24.9					
113	39.9	20.4					
114	38.6	21.4					

	長門～豊北間			豊田～豊北間			
距離 ×100m	長門局 dB μ V	豊北局 dB μ V		距離 ×100m	豊田局 dB μ V	豊北局 dB μ V	
115	38.9	29.4					
116	38.2	28.4					
117	43.2	20.6					
118	42.9	17.1					
119	42.8	20.8					
120	37.2	21.6					
121	41.5	25.1					
122	41.3	18.8					
123	38.3	17.4					
124	36.8	17.5					
125	39.7	18.9					
126	39.3	23.1					
127	36.9	25.6					
128	31.6	27.6					
129	43.5	27.4					
130	46.7	20.9					
131	49.4	16.4					
132	50.5	20.2					
133	50.4	24.3					
134	50.0	16.6					
135	51.9	16.8					
136	52.0	17.8					
137	52.4	19.3					
138	54.0	17.7					
139	52.7	20.1					
140	46.7	23.1					
141	46.5	20.1					
142	44.9	16.9					
143	42.3	27.8					
144	51.2	27.8					

FM回り込みキャンセラー 屋外試験（４）－①

山口大学 実験局 A・B・C の組み合わせと偏波の組み合わせ

測定器：S F Nアナライザー

アンテナ：3 0 3 W A - 2

変調：プログラム音声

集計方法：A（親局）からの距離と方位で集計（約10m範囲で集計）、平均値

端子電圧測定

	A（親局）	A+BH	A+CH	A+BV	A+CV	A+BH+CH (+ _ +)	A+BV+CV (+ _ +)	A+BH+CV (+ _ +)
距離 ×10m	端子電圧 dB μ V	端子電圧 dB μ V	端子電圧 dB μ V	端子電圧 dB μ V	端子電圧 dB μ V	端子電圧 dB μ V	端子電圧 dB μ V	端子電圧 dB μ V
10	34.1	40.2	34.0	47.7	35.9	39.8	47.8	41.6
11	36.1	41.2	36.6	51.4	38.1	38.8	50.9	39.9
12	33.6	38.9	35.3	51.1	38.1	40.5	51.7	40.3
13	32.7	41.0	36.2	49.2	39.6	40.5	47.4	41.3
14	30.6	36.2	33.6	50.0	40.3	40.2	49.5	42.2
15	24.4	33.3	35.7	45.0	42.3	35.8	38.5	38.0
16	19.6	35.8	36.4	43.6	43.3	39.3	45.2	43.1
17	17.7	36.5	35.1	46.2	40.5	34.9	45.1	44.2
18	23.6	41.9	35.4	41.9	45.3	40.5	47.4	42.2
19	24.9	39.7	35.9	42.9	43.6	39.7	41.6	43.1
20	24.8	43.1	39.3	44.0	43.9	41.2	46.5	38.4
21	26.2	37.2	38.0	45.9	38.5	43.5	43.6	43.9

P S E R測定

	A（親局）	A+BH	A+CH	A+BV	A+CV	A+BH+CH (+ _ +)	A+BV+CV (+ _ +)	A+BH+CV (+ _ +)
距離 ×10m	PSER dB	PSER dB	PSER dB	PSER dB	PSER dB	PSER dB	PSER dB	PSER dB
10	35.9	27.8	24.1	32.3	27.3	27.1	31.9	32.8
11	34.4	26.4	24.7	35.3	28.8	27.5	35.3	28.9
12	37.6	27.5	23.9	35.8	29.3	26.5	35.2	30.9
13	39.7	26.1	24.3	39.0	28.3	25.8	35.1	31.2
14	34.8	30.0	28.2	39.4	30.2	24.8	35.0	30.0
15	34.7	29.0	29.0	39.8	34.5	29.4	37.9	30.3
16	32.6	33.5	30.4	36.2	33.6	31.9	35.8	32.8
17	32.7	31.8	28.9	36.7	36.7	33.3	36.3	33.7
18	28.6	33.2	29.4	36.8	37.5	34.7	35.8	35.5
19	32.2	34.7	32.6	38.0	37.9	35.8	37.9	36.4
20	33.8	34.7	33.6	38.5	39.4	37.3	39.5	36.9
21	32.2	37.1	34.7	39.0	38.5	37.8	40.0	38.6

FM回り込みキャンセラー 屋外試験（４）－②

山口大学 実験局 A・B・C 周波数シフトと偏波面の組み合わせ

測定器：S F Nアナライザー

アンテナ：303WA-2

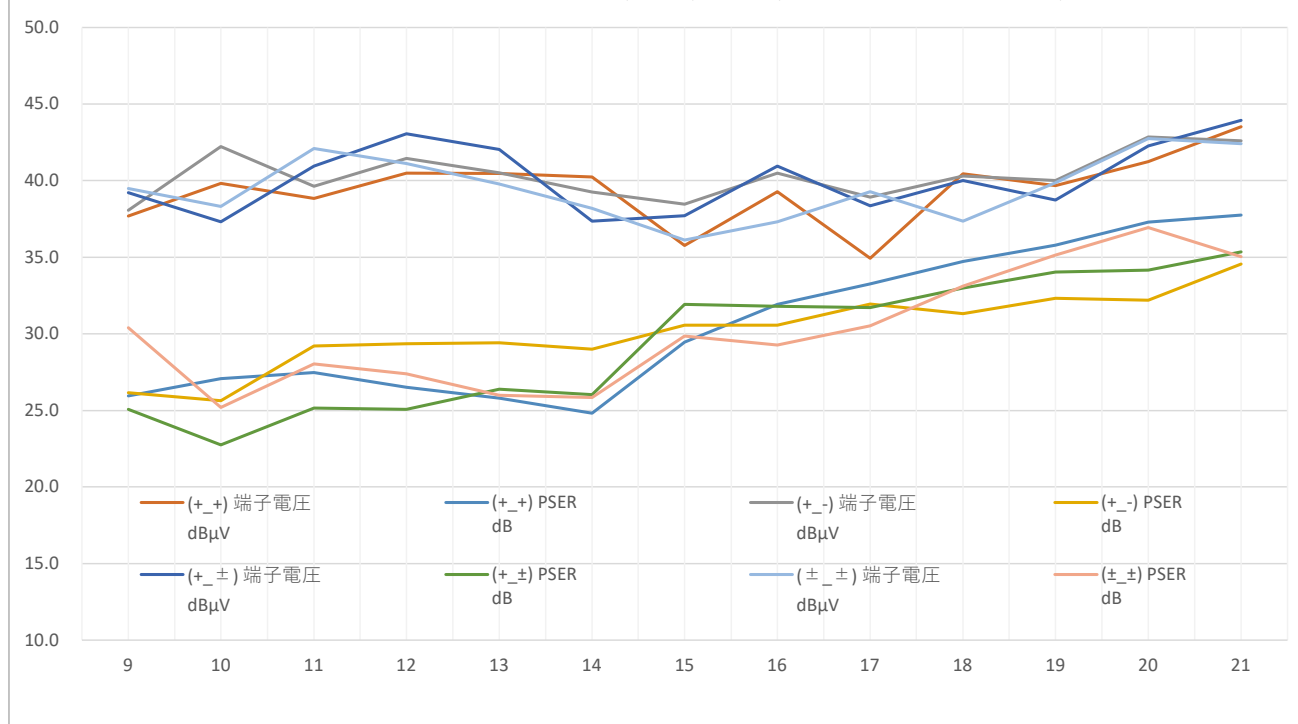
変調：プログラム音声

集計方法：A（親局）からの距離と方位で集計（約10m範囲で集計）、平均値

端子電圧、P S E R測定（B：水平、C：水平）

	(+_+)		(+_-)		(+_±)		(±_±)	
距離 ×10m	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB
9	37.7	26.0	38.1	26.2	39.2	25.1	39.5	30.4
10	39.8	27.1	42.2	25.6	37.3	22.8	38.3	25.2
11	38.8	27.5	39.6	29.2	41.0	25.1	42.1	28.0
12	40.5	26.5	41.4	29.4	43.1	25.1	41.1	27.4
13	40.5	25.8	40.5	29.4	42.0	26.4	39.8	26.0
14	40.2	24.8	39.3	29.0	37.3	26.0	38.2	25.9
15	35.8	29.4	38.5	30.6	37.7	31.9	36.1	29.9
16	39.3	31.9	40.5	30.6	40.9	31.8	37.3	29.3
17	34.9	33.3	38.9	31.9	38.4	31.7	39.3	30.5
18	40.5	34.7	40.3	31.3	40.0	33.0	37.4	33.1
19	39.7	35.8	40.0	32.3	38.7	34.0	39.9	35.1
20	41.2	37.3	42.9	32.2	42.3	34.2	42.8	36.9
21	43.5	37.8	42.6	34.6	43.9	35.4	42.4	35.0

端子電圧とP S E Rグラフ（3波）（B：水平＋C：水平）



FM回り込みキャンセラー 屋外試験 (4) -③

山口大学 実験局 A・B・C 周波数シフトと偏波面の組み合わせ

測定器：S F Nアナライザー

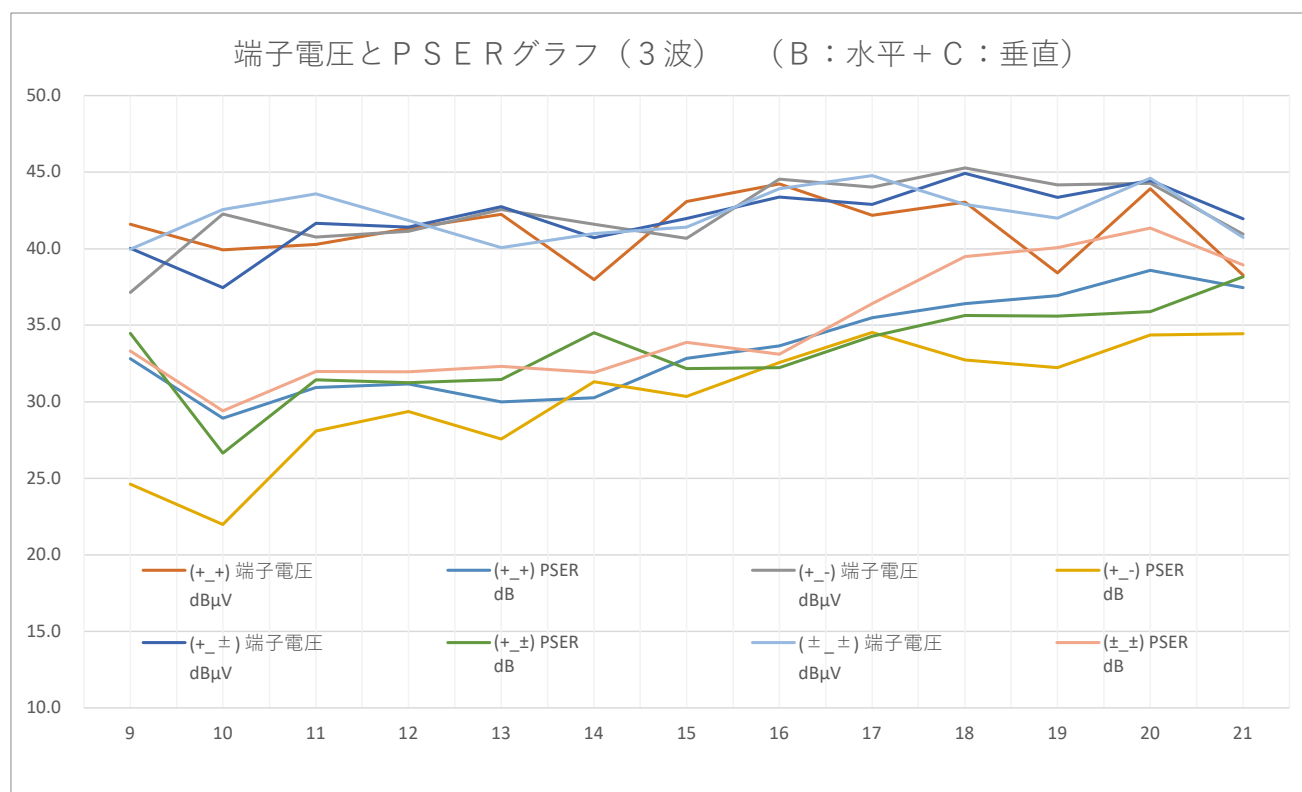
アンテナ：303WA-2

変調：プログラム音声

集計方法：A（親局）からの距離と方位で集計（約10m範囲で集計）、平均値

端子電圧、P S E R測定（B：水平、C：垂直）

	(+_+)		(+_-)		(+_±)		(±_±)	
距離 ×10m	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB
9	41.6	32.8	37.1	24.6	40.0	34.5	40.0	33.3
10	39.9	28.9	42.3	22.0	37.5	26.7	42.5	29.4
11	40.3	30.9	40.8	28.1	41.7	31.4	43.6	32.0
12	41.3	31.2	41.1	29.4	41.4	31.3	41.9	32.0
13	42.2	30.0	42.6	27.6	42.8	31.5	40.1	32.3
14	38.0	30.3	41.6	31.3	40.7	34.5	41.0	31.9
15	43.1	32.8	40.7	30.3	42.0	32.2	41.4	33.9
16	44.2	33.7	44.5	32.6	43.4	32.2	43.9	33.1
17	42.2	35.5	44.0	34.5	42.9	34.3	44.8	36.4
18	43.1	36.4	45.3	32.7	44.9	35.6	42.9	39.5
19	38.4	36.9	44.2	32.2	43.3	35.6	42.0	40.1
20	43.9	38.6	44.3	34.4	44.5	35.9	44.6	41.4
21	38.3	37.5	40.9	34.5	42.0	38.2	40.7	39.0



FM回り込みキャンセラー 屋外試験 (4) -④

山口大学 実験局 A・B・C 周波数シフトと偏波面の組み合わせ

測定器：S F Nアナライザー

アンテナ：303WA-2

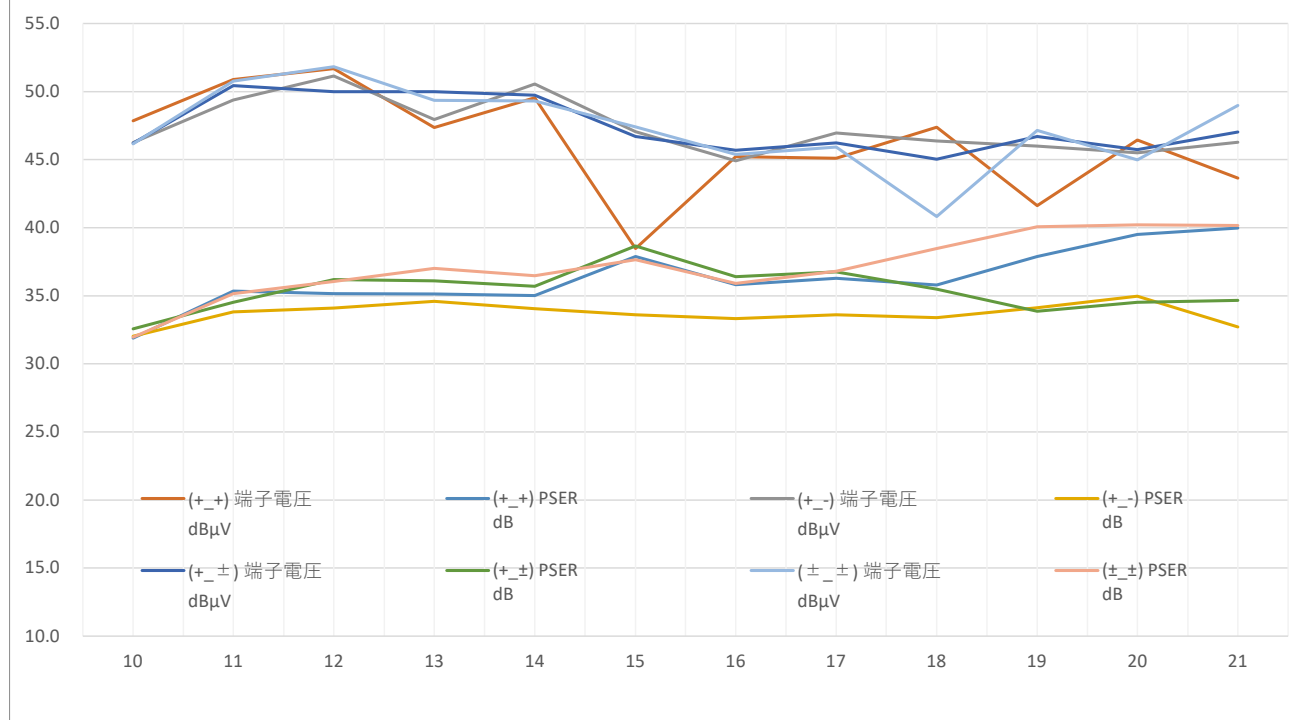
変調：プログラム音声

集計方法：A（親局）からの距離と方位で集計（約10m範囲で集計）、平均値

端子電圧、P S E R測定（B：垂直、C：垂直）

	(+_+)		(+_-)		(+_±)		(±_±)	
距離 ×10m	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB	端子電圧 dB μ V	PSER dB
10	47.8	31.9	46.3	32.0	46.2	32.6	46.2	32.0
11	50.9	35.3	49.4	33.8	50.4	34.5	50.8	35.1
12	51.7	35.2	51.1	34.1	50.0	36.2	51.8	36.0
13	47.4	35.1	48.0	34.6	50.0	36.1	49.4	37.0
14	49.5	35.0	50.6	34.0	49.7	35.7	49.3	36.5
15	38.5	37.9	47.1	33.6	46.7	38.7	47.4	37.6
16	45.2	35.8	44.9	33.3	45.7	36.4	45.4	35.9
17	45.1	36.3	47.0	33.6	46.2	36.8	45.9	36.8
18	47.4	35.8	46.4	33.4	45.0	35.5	40.8	38.5
19	41.6	37.9	46.0	34.1	46.7	33.9	47.1	40.1
20	46.5	39.5	45.5	35.0	45.7	34.5	45.0	40.2
21	43.6	40.0	46.3	32.7	47.0	34.7	49.0	40.2

端子電圧とP S E Rグラフ（3波）（B：垂直 + C：垂直）

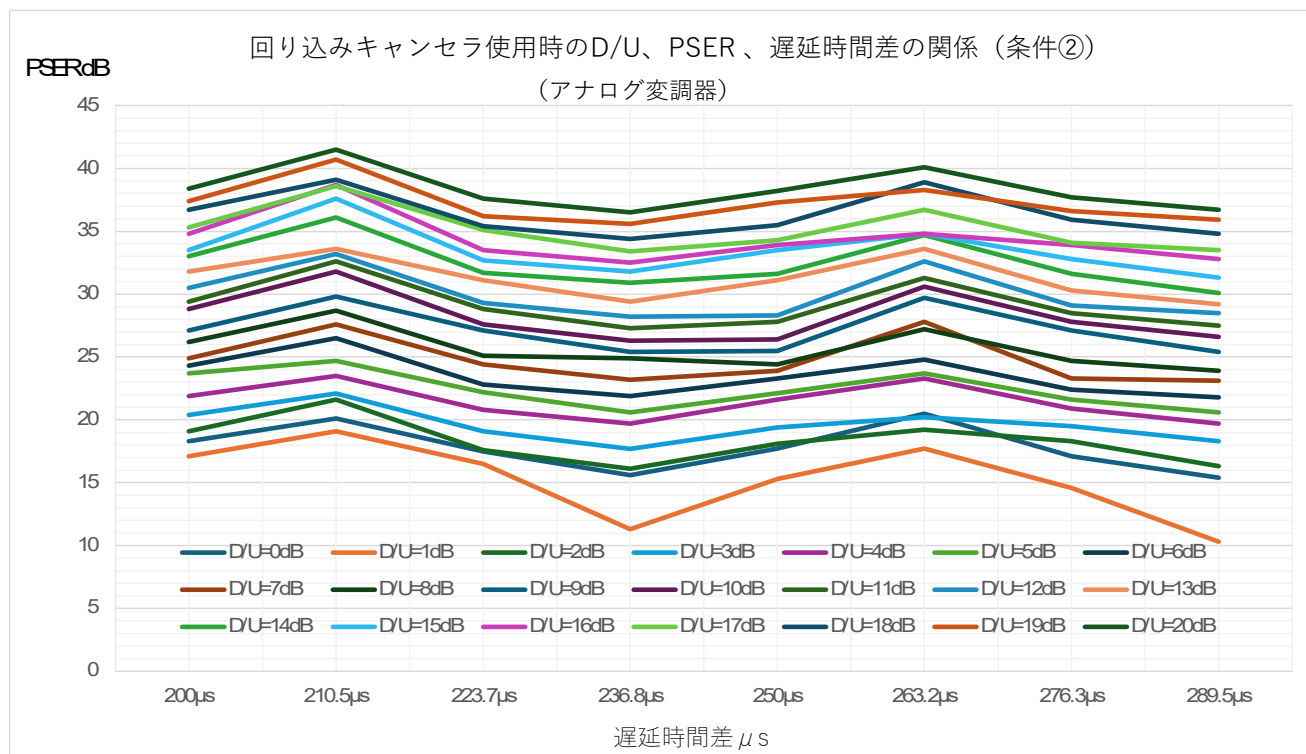


資料 5. 屋内試験データ（補完試験）

FM回り込みキャンセラ 屋内試験（補完試験1－1）

5－1. FM回り込みキャンセラーと親局（アナログ変調器）の電波が合成される場合のPSERと音質評価 条件②の確認

D/U	200 μs	評価	210.5 μs	評価	223.7 μs	評価	236.8 μs	評価	250 μs	評価	263.2 μs	評価	276.3 μs	評価	289.5 μs	評価
0	18.3	2	20.1	2	17.5	2	15.6	2	17.7	2	20.5	2	17.1	2	15.4	2
1	17.1	2	19.1	2	16.5	2	11.3	1	15.3	2	17.7	2	14.6	2	10.3	2
2	19.1	2	21.6	2	17.6	2	16.1	2	18.1	2	19.2	2	18.3	2	16.3	2
3	20.4	2	22.1	2	19.1	2	17.7	2	19.4	2	20.2	2	19.5	2	18.3	2
4	21.9	2	23.5	2	20.8	2	19.7	2	21.6	2	23.3	2	20.9	2	19.7	2
5	23.7	2	24.7	3	22.2	2	20.6	2	22.1	2	23.7	2	21.6	2	20.6	2
6	24.3	2	26.5	3	22.8	2	21.9	2	23.3	3	24.8	3	22.4	2	21.8	2
7	24.9	3	27.6	3	24.4	2	23.2	2	23.9	2	27.8	3	23.3	2	23.1	2
8	26.2	3	28.7	3	25.1	3	24.9	2	24.4	3	27.2	3	24.7	3	23.9	2
9	27.1	3	29.8	3	27.1	3	25.4	3	25.5	3	29.7	3	27.1	3	25.4	3
10	28.8	3	31.8	4	27.6	3	26.3	3	26.4	3	30.6	4	27.8	3	26.6	3
11	29.4	4	32.6	4	28.8	3	27.3	3	27.8	3	31.3	4	28.5	3	27.5	3
12	30.5	4	33.2	4	29.3	3	28.2	3	28.3	3	32.6	4	29.1	4	28.5	3
13	31.8	4	33.6	4	31.1	4	29.4	3	31.1	4	33.6	4	30.3	4	29.2	4
14	33	4	36.1	4	31.7	4	30.9	3	31.6	4	34.7	4	31.6	4	30.1	4
15	33.5	4	37.6	4	32.7	4	31.8	4	33.5	4	34.8	4	32.8	4	31.3	4
16	34.8	4	38.7	4	33.5	4	32.5	4	33.9	4	34.8	4	33.9	4	32.8	4
17	35.3	4	38.6	4	35.1	4	33.4	4	34.3	4	36.7	4	34.1	4	33.5	4
18	36.7	4	39.1	4	35.4	4	34.4	4	35.5	4	38.9	4	35.9	4	34.8	4
19	37.4	4	40.7	4	36.2	4	35.6	4	37.3	4	38.3	4	36.6	4	35.9	4
20	38.4	4	41.5	4	37.6	4	36.5	4	38.2	4	40.1	4	37.7	4	36.7	4



0dBと1dBが逆転しているのは1dBのほうがD/U=0dBに近かったものと推測。

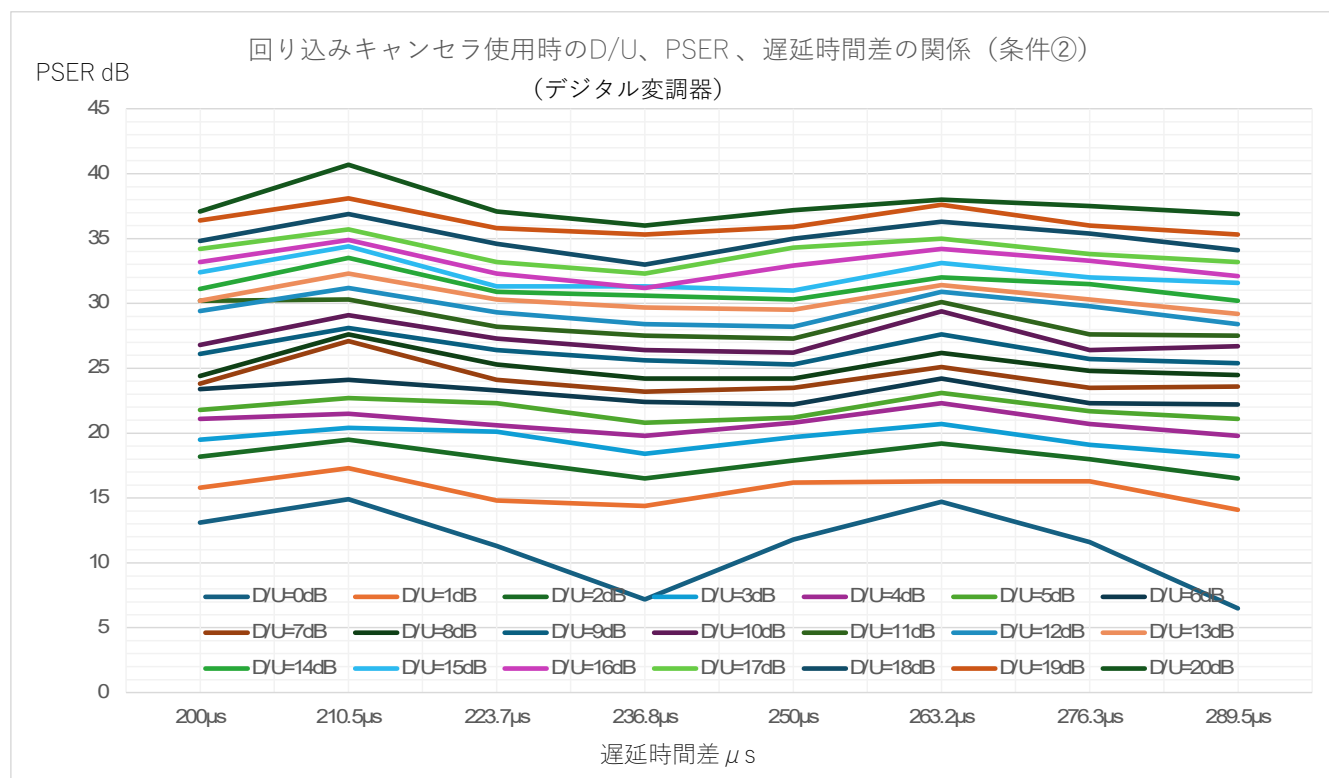
D/U=6～14dBで評価3

D/U=10～15dBで評価4

FM回り込みキャンセラ 屋内試験（補完試験1－2）

5－2. FM回り込みキャンセラーと親局（デジタル変調器）の電波が合成される場合のPSERと音質評価 条件②の確認

D/U	200 μs	評価	210.5 μs	評価	223.7 μs	評価	236.8 μs	評価	250 μs	評価	263.2 μs	評価	276.3 μs	評価	289.5 μs	評価
0	13.1	2	14.9	2	11.3	2	7.2	2	11.8	2	14.7	2	11.6	2	6.5	2
1	15.8	2	17.3	2	14.8	2	14.4	2	16.2	2	16.3	2	16.3	2	14.1	2
2	18.2	2	19.5	2	18	2	16.5	2	17.9	2	19.2	2	18	2	16.5	2
3	19.5	2	20.4	2	20.1	2	18.4	2	19.7	2	20.7	2	19.1	2	18.2	2
4	21.1	2	21.5	2	20.6	2	19.8	2	20.8	2	22.3	2	20.7	2	19.8	2
5	21.8	2	22.7	2	22.3	2	20.8	2	21.2	2	23.1	2	21.7	2	21.1	2
6	23.4	2	24.1	3	23.3	2	22.4	2	22.2	2	24.2	2	22.3	2	22.2	2
7	23.8	2	27.1	3	24.1	2	23.2	2	23.5	2	25.1	3	23.5	2	23.6	2
8	24.4	3	27.6	3	25.3	3	24.2	2	24.2	2	26.2	3	24.8	3	24.5	2
9	26.1	3	28.1	3	26.4	3	25.6	3	25.3	3	27.6	3	25.7	3	25.4	3
10	26.8	3	29.1	4	27.3	3	26.4	3	26.2	3	29.4	4	26.4	3	26.7	3
11	30.2	4	30.3	4	28.2	3	27.5	3	27.3	3	30.1	4	27.6	3	27.5	3
12	29.4	4	31.2	4	29.3	3	28.4	3	28.2	3	30.9	4	29.8	4	28.4	3
13	30.2	4	32.3	4	30.3	4	29.7	4	29.5	4	31.4	4	30.3	4	29.2	4
14	31.1	4	33.5	4	30.9	4	30.6	4	30.3	4	32	4	31.5	4	30.2	4
15	32.4	4	34.4	4	31.3	4	31.3	4	31	4	33.1	4	32	4	31.6	4
16	33.2	4	34.9	4	32.3	4	31.2	4	32.9	4	34.2	4	33.3	4	32.1	4
17	34.2	4	35.7	4	33.2	4	32.3	4	34.3	4	35	4	33.8	4	33.2	4
18	34.8	4	36.9	4	34.6	4	33	4	35	4	36.3	4	35.4	4	34.1	4
19	36.4	4	38.1	4	35.8	4	35.3	4	35.9	4	37.6	4	36	4	35.3	4
20	37.1	4	40.7	4	37.1	4	36	4	37.2	4	38	4	37.5	4	36.9	4



D/U=6～12dBで評価3

D/U=10～13dBで評価4

アナログ変調器よりは1～2dB改善されている。D/U=0dB付近のノイズも少ない。

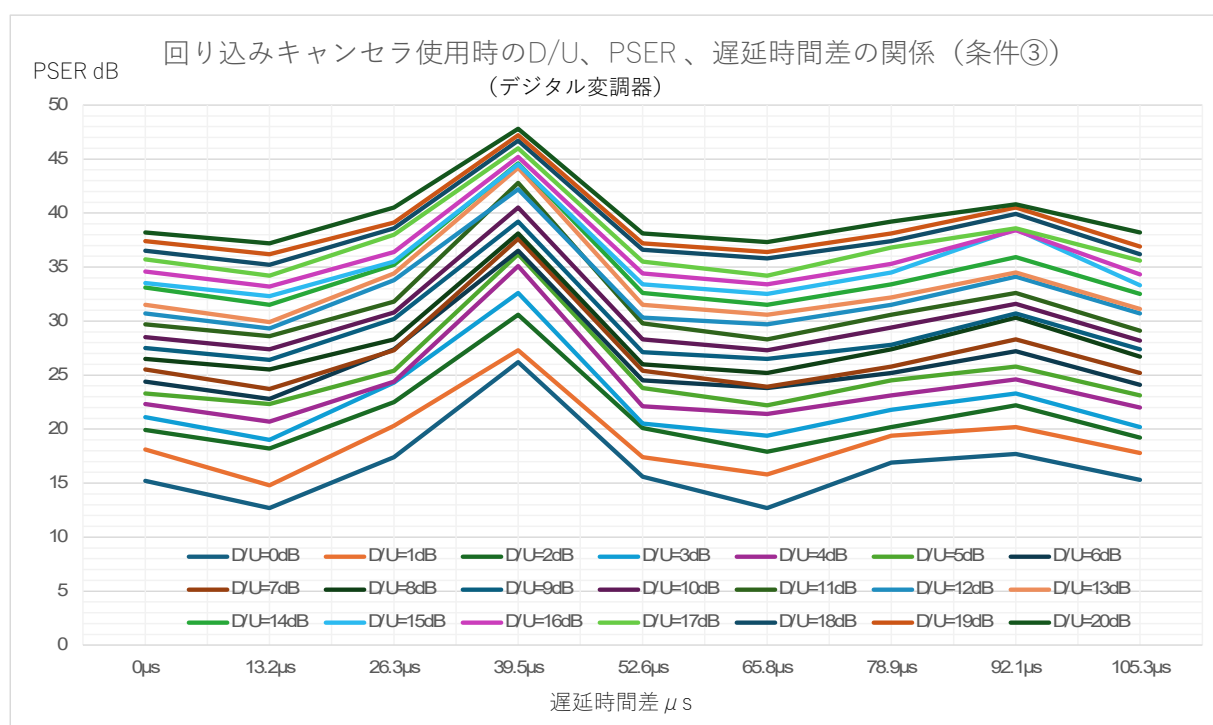
FM回り込みキャンセラ 屋内試験（補完試験 2）

5-3. 別ルートの同期局とFM回り込みキャンセラーが合成される場合のPSERと音質評価

条件③の確認

D/U	0 μs	評価	13.2 μs	評価	26.3 μs	評価	39.5 μs	評価	52.6 μs	評価	65.8 μs	評価	78.9 μs	評価	92.1 μs	評価	105.3 μs	評価
0	15.2	2	12.7	2	17.4	2	26.2	3	15.6	2	12.7	2	16.9	2	17.7	2	15.3	2
1	18.1	2	14.8	2	20.3	2	27.3	3	17.4	2	15.8	2	19.4	2	20.2	2	17.8	2
2	19.9	2	18.2	2	22.5	2	30.6	4	20.1	2	17.9	2	20.2	2	22.2	2	19.2	2
3	21.1	2	19	2	24.3	2	32.6	4	20.5	2	19.4	2	21.8	2	23.3	2	20.2	2
4	22.3	2	20.7	2	24.4	2	35.1	4	22.1	2	21.4	2	23.1	2	24.6	2	22	2
5	23.3	2	22.3	2	25.4	3	36.2	4	23.8	2	22.2	2	24.5	2	25.8	3	23.1	2
6	24.4	2	22.8	2	27.4	3	36.5	4	24.5	3	23.8	2	25.2	3	27.2	3	24.1	2
7	25.5	3	23.7	2	27.3	3	37.6	4	25.4	3	23.9	2	25.8	3	28.3	3	25.2	3
8	26.5	3	25.5	3	28.3	3	38.1	4	26	3	25.2	3	27.4	3	30.3	4	26.7	3
9	27.5	3	26.4	3	30.2	4	39.2	4	27.1	3	26.5	3	27.8	3	30.7	4	27.4	3
10	28.5	3	27.4	3	30.8	4	40.5	4	28.3	3	27.3	3	29.4	4	31.6	4	28.2	3
11	29.7	4	28.6	3	31.8	4	42.8	4	29.8	4	28.3	3	30.6	4	32.6	4	29.1	3
12	30.7	4	29.3	4	33.8	4	42.2	4	30.3	4	29.7	4	31.5	4	34.1	4	30.7	4
13	31.5	4	29.9	4	34.4	4	44.2	4	31.5	4	30.6	4	32.2	4	34.5	4	31.1	4
14	33.1	4	31.5	4	35.2	4	44.6	4	32.6	4	31.5	4	33.4	4	35.9	4	32.5	4
15	33.5	4	32.3	4	35.5	4	44.5	4	33.4	4	32.5	4	34.5	4	38.5	4	33.3	4
16	34.6	4	33.2	4	36.4	4	45.2	4	34.4	4	33.4	4	35.3	4	38.4	4	34.3	4
17	35.7	4	34.2	4	38	4	46	4	35.5	4	34.2	4	36.8	4	38.6	4	35.6	4
18	36.5	4	35.2	4	38.6	4	46.7	4	36.6	4	35.8	4	37.4	4	39.9	4	36.2	4
19	37.4	4	36.2	4	39.1	4	47.2	4	37.2	4	36.4	4	38.1	4	40.5	4	36.9	4
20	38.2	4	37.2	4	40.5	4	47.8	4	38.1	4	37.3	4	39.2	4	40.8	4	38.2	4

日通機で実施した屋内試験とは異なり、キャンセラー局側にD/U比調整用のATTを入れています。



D/U=0~10で評価3、D/U=2~11で評価4

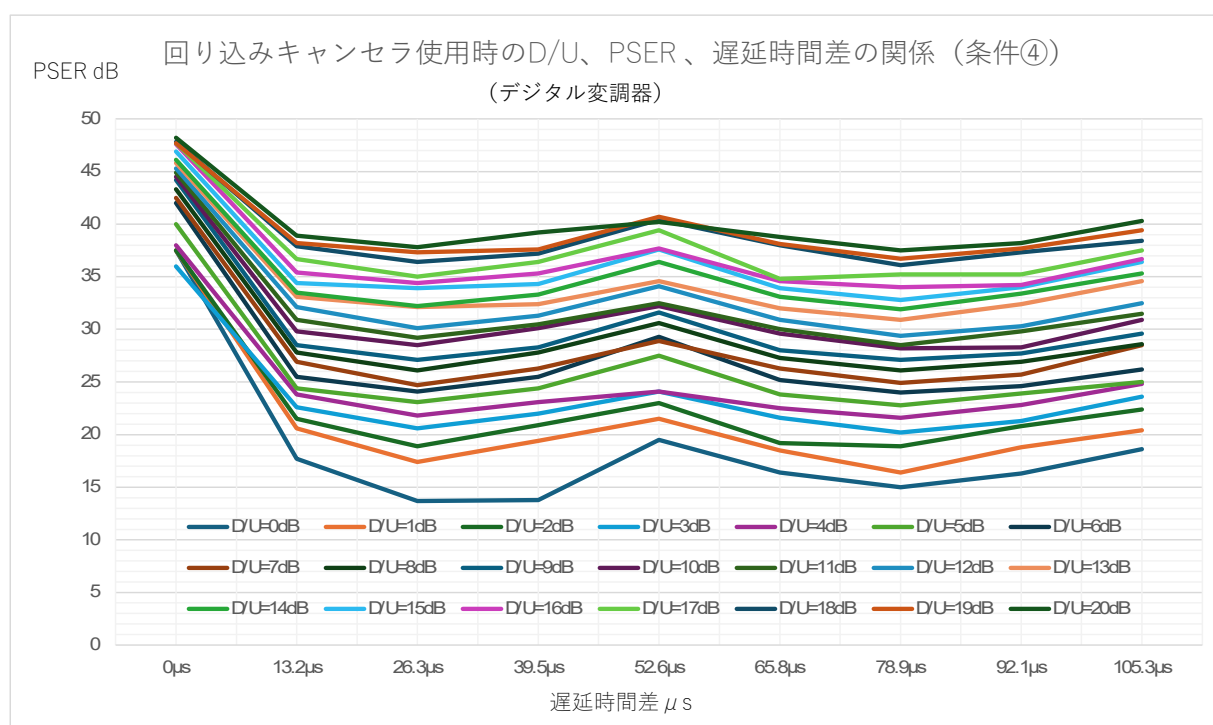
39.5 μs で音質良好=>パイロットの位相が合った可能性 =>遅延時間を調整すれば音質はよくなる**39.4 μs を遅延時間差5 μs 以内とすると、 $\pm 5 \mu s$ 以内で評価4となるD/Uは上記表から2 dBとする。****39.4 μs を遅延時間差5 μs 以内とすると、 $\pm 10 \mu s$ 以内で評価4となるD/Uは上記表・グラフから8 dBとする。****39.4 μs を遅延時間差5 μs 以内とすると、 $\pm 20 \mu s$ 以内で評価4となるD/Uは上記表・グラフから10 dBとする。****39.4 μs を遅延時間差5 μs 以内とすると、 $\pm 20 \mu s$ 以上で評価4となるD/Uは上記表・グラフから12 dBとする。**

FM回り込みキャンセラ 屋内試験（補完試験3）

5-4. 2つのキャンセラ局の電波が合成される場合のPSERと音質評価

条件④の確認

D/U	0 μs	評価	13.2 μs	評価	26.3 μs	評価	39.5 μs	評価	52.6 μs	評価	65.8 μs	評価	78.9 μs	評価	92.1 μs	評価	105.3 μs	評価
0	37.5	4	17.7	2	13.7	2	13.8	2	19.5	2	16.4	2	15	2	16.3	2	18.6	2
1	37.5	4	20.6	2	17.4	2	19.4	2	21.5	2	18.5	2	16.4	2	18.8	2	20.4	2
2	37.5	4	21.5	2	18.9	2	20.9	2	23	2	19.2	2	18.9	2	20.8	2	22.4	2
3	36	4	22.6	2	20.6	2	22	2	24.1	2	21.6	2	20.2	2	21.3	2	23.6	2
4	38	4	23.8	2	21.8	2	23.1	2	24.1	2	22.5	2	21.6	2	22.8	2	24.8	3
5	40	4	24.4	2	23.1	2	24.4	2	27.5	3	23.8	2	22.8	2	23.9	2	25	3
6	42	4	25.5	3	24.1	2	25.5	3	29.3	3	25.2	3	24	2	24.6	2	26.2	3
7	42.5	4	26.9	3	24.7	3	26.3	3	28.9	3	26.3	3	24.9	3	25.7	3	28.5	3
8	43.3	4	27.8	3	26.1	3	27.8	3	30.6	3	27.3	3	26.1	3	26.9	3	28.6	3
9	44.2	4	28.5	3	27.1	3	28.3	3	31.6	4	28	3	27.1	3	27.7	3	29.6	3
10	44.5	4	29.8	4	28.5	3	30.1	3	32.2	4	29.6	3	28.2	3	28.3	3	30.9	3
11	44.9	4	30.9	4	29.2	3	30.5	4	32.5	4	30	4	28.5	3	29.8	3	31.5	4
12	45.3	4	32.1	4	30.1	4	31.3	4	34.1	4	30.9	4	29.4	4	30.3	4	32.5	4
13	45.8	4	33.1	4	32.1	4	32.4	4	34.6	4	32	4	30.9	4	32.4	4	34.6	4
14	46.1	4	33.5	4	32.2	4	33.3	4	36.4	4	33.1	4	31.9	4	33.4	4	35.3	4
15	46.9	4	34.4	4	33.9	4	34.3	4	37.6	4	33.9	4	32.8	4	34	4	36.4	4
16	47.6	4	35.4	4	34.4	4	35.3	4	37.7	4	34.6	4	34	4	34.2	4	36.7	4
17	47.7	4	36.7	4	35	4	36.4	4	39.4	4	34.8	4	35.2	4	35.2	4	37.5	4
18	47.8	4	37.9	4	36.4	4	37.2	4	40.4	4	38	4	36.1	4	37.3	4	38.4	4
19	47.7	4	38.2	4	37.3	4	37.6	4	40.7	4	38.1	4	36.7	4	37.7	4	39.4	4
20	48.2	4	38.9	4	37.8	4	39.2	4	40.2	4	38.8	4	37.5	4	38.2	4	40.3	4



D/U=0～11で評価3

D/U=0～12で評価4

遅延時間を調整すれば音質はよくなる可能性あり

FM回り込みキャンセラ 屋内試験（補完試験結果一覧）

5-5. 音質評価とD/Uの関係一覧表

条件	遅延時間差 μs	パイロット 位相から見た 遅延時間差	音質評価3の 始まりの PSER dB	音質評価3の 始まりの D/U dB	音質評価4の 始まりの PSER dB	音質評価4の 始まりの D/U dB	考察
条件②-1	200		24.9	7	29.4	11	評価3となるD/Uの平均 値は7.6 dB(8dB以上)とす る。同様に評価4となる D/Uの平均値は12.1dB (12dB以上)とする。
条件②-1	210.5		24.7	5	31.8	10	
条件②-1	223.7		25.1	8	31.1	13	
条件②-1	236.8		26.3	10	31.8	15	
条件②-1	250		24.4	8	31.1	13	
条件②-1	263.2		24.8	6	30.6	10	
条件②-1	276.3		24.7	8	29.1	12	
条件②-1	289.5		25.4	9	29.2	13	
条件②-2	200		24.4	8	30.2	11	評価3となるD/Uの平均 値は8.0 dB(8dB以上)とす る。同様に評価4となる D/Uの平均値は11.9dB (12dB以上)とする。
条件②-2	210.5		24.1	6	29.1	10	
条件②-2	223.7		25.3	8	30.3	13	
条件②-2	236.8		25.6	9	29.7	13	
条件②-2	250		25.3	9	29.5	13	
条件②-2	263.2		25.1	7	29.4	10	
条件②-2	276.3		24.8	8	29.8	12	
条件②-2	289.5		25.4	9	29.2	13	
条件③	0	20 μs 以上	25.5	7	29.7	11	5 μs 以内の評価4の D/U=2dBとする。5~10 μs 以内の評価4のD/Uは グラフからD/U=8dBとす る。10~20 μs 以内の評価 4のD/U=10dBとする。 20 μs 以上の評価4のD/U は11dBとなったが、条件 ②のD/Uを参考に D/U=12dBとする。
条件③	13.2	20 μs 以上	25.5	8	29.3	12	
条件③	26.3	10~20 μs 未満	25.4	5	30.2	9	
条件③	39.5	5 μs 以内	26.2	0	30.6	2	
条件③	52.6	10~20 μs 未満	24.5	6	29.8	11	
条件③	65.8	20 μs 以上	25.2	8	29.7	12	
条件③	78.9	20 μs 以上	25.2	6	29.4	10	
条件③	92.1	20 μs 以上	25.8	5	30.3	8	
条件③	105.3	20 μs 以上	25.2	7	30.7	12	
条件④	0		-	-	37.5	0	D/U=12dB以上あれば評 価4を確保することを確認 した。
条件④	13.2		25.5	6	29.8	10	
条件④	26.3		24.7	7	30.1	12	
条件④	39.5		25.5	6	30.5	11	
条件④	52.6		27.5	5	31.6	9	
条件④	65.8		25.2	6	30	11	
条件④	78.9		24.9	7	29.4	12	
条件④	92.1		25.7	7	30.3	12	
条件④	105.3		24.8	4	31.5	11	